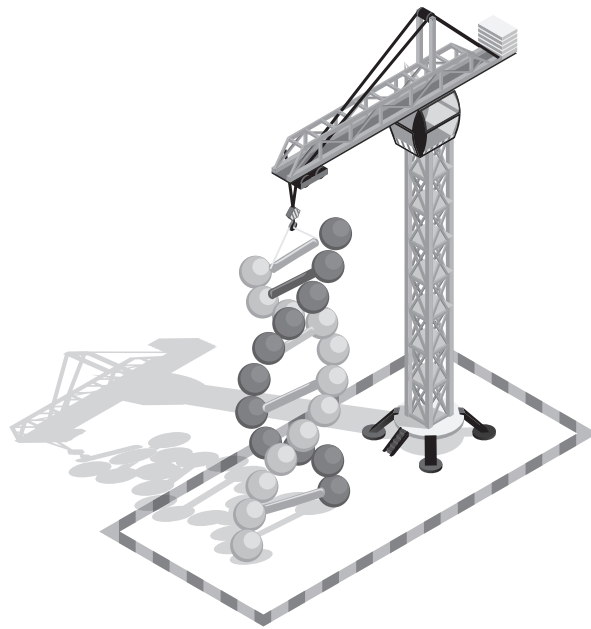


工程 研究与应用

Engineering Research and Application



ART AND DESIGN PRESS INC.

(626 810 4480)

119 S Atlantic Blvd, Suite 300D

Monterey Park, CA 91754

Copyright © 2024 by ART AND DESIGN PRESS INC.

Complimentary Copy



Editorial Board

Editors-in-Chief

Xiaolei Ju

China Architectural Design and Research Institute, China

Meilian Chao

Heze Dehe Construction Engineering Group Co., Ltd.

Editorial Board Member

Xianbo Tu

Guizhou Institute of Geological Exploration, General Bureau of Geology
and Mines, Sinochem, China

Neda Abbasi

School of Engineering and Technology

Tanvir Ahamed

School of Engineering and Technology

Zhen Xu

Zhongtong Bus Holding Co., Ltd.

工程研究与应用

Engineering Research and Application

第2卷 第11期 2024年11月刊

主管 ART AND DESIGN PRESS INC.

主办 ART AND DESIGN PRESS INC.

编辑 《工程研究与应用》编辑部

ISSN(O): 2993-2742

ISSN(P): 2995-3154

地址: 119 S Atlantic Blvd, Suite 300D Monterey
Park, CA 91754

网址: <https://www.artdesignp.com>

本刊说明:

凡向本刊所投稿件, 全体作者需签署论文著作权
转让声明书和论文发表承诺书, 声明、承诺及相关事
项如下:

- 作者将论文的复制权、发行权、网络传播权、
翻译权、汇编权、信息网络传播权、改编权等著
作权在世界范围内免费转让给本刊。
- 论文不侵犯他人著作权和其他权利, 否则作者将
承担由此产生的全部责任, 并赔偿由此给出版单
位造成的全部损失。
- 论文署名作者享有该作品的完全著作权, 署名作
者的身份真实。
- 论文未曾以任何形式公开发表过。
- 作者所投本刊稿件, 本刊编辑部拥有修改权。



工程科学 | ENGINEERING SCIENCE

- 005 混凝土道路沥青化改造施工技术研究及其应用效果分析 周鋈涛
Research on Asphalt Transformation Construction Technology
of Concrete Road and Analysis of Its Application Effect Zhou Yuntao
- 008 型砂生产矿浆浓度及流量自动控制方法的研究与应用 母宇宽, 张志涛
Research and Application of Automatic Control Method for Slurry
Concentration and Flow Rate in Sand Production Mu Yukuan, Zhang Zhitao
- 011 中国特色学徒制背景下现场工程师学院
建设路径探究 高占国, 张艳, 李海红, 吴凤娇, 胡迪炜
Exploration of the Construction Path of On-Site Engineering Colleges
under the Background of Chinese Characteristic Apprenticeship
System Gao Zhanguo, Zhang Yan, Li Haihong, Wu Fengjiao, Hu Diwei
- 014 勘察成果施工图审查过程中关于岩土层成因问题的探讨 余再西
Discussion on the Origin of Geological Layers in the Construction
Drawing Review Process of Geotechnical Investigation Results Yu Zaixi
- 017 LKJ 车载数据无线换装系统安全设计 闫龙¹, 尹亮¹, 赵志宽²
Safety Design of LKJ Vehicle Data Wireless
Replacement System Yan Long¹, Yin Liang¹, Zhao Zhikuan²
- 021 基于交通安全视角的公路路线规划与设计探讨 卢伟
Discussion on Highway Route Planning and Design Based
on Traffic Safety Perspective Lu Wei
- 024 公路路线通过林草资源保护区域的冲突与解决对策研究 桂云海
Conflicts and Solutions of Forest and Grass Resource
Protection Area Through Highway Route Gui Yunhai
- 027 水文地质勘察在工程建设中的关键作用 苏宇超
The Key Role of Hydrogeological Survey in Engineering Construction Su Yuchao
- 030 基于大数据的市政道路设计方法及应用 朱成煜
Design Method and Application of Municipal Roads Based on Big Data Zhu Chengyu
- 033 卷烟生产过程中水分仪实时监测与预警系统开发 王海峰
Development of Real time Monitoring and Early Warning System
for Moisture Meter in Cigarette Production Process Wang Haifeng
- 036 道路桥梁施工中的环境保护与绿色施工技术 唐鹏
Environmental Protection and Green Construction Technologies
in Road and Bridge Construction Tang Peng
- 039 皮带机跑偏原因分析和应对措施探讨 朱利荣¹, 李辉²
Analysis of Reasons for Belt Conveyor Deviation and
Discussion on Countermeasures Zhu Lirong¹, Li Hui²
- 042 齿轮减速机日常维护及
检修方法 杨立伟, 栾玉生, 王喜柱, 姜文浩, 张艳飞
Daily Maintenance and Inspection and Maintenance Methods
of Gear Reducer Yang Liwei, Luan Yusheng, Wang Xizhu, Jiang Wenhao, Zhang Yanfei
- 045 无人驾驶技术在矿用电机车中的
实施与应用 王滨滨, 王昭伟, 李艳青, 李存财, 呼拉乌苏
Implementation and Application of Driverless Technology in Mining Motor
Locomotive Wang Binbin, Wang Zhaowei, Li Yanqing, Li Cuncai, Hulawusu

048	高速公路业主方标准化管理制度体系设计及运行研究 Research on the Design and Operation of Standardized Management System for Highway Owners	于清清 Yu Qingqing
051	冶金工业动力系统能效评价及优化研究 Research on Energy Efficiency Evaluation and Optimization of Metallurgical Industry Power System	杨丹丹 Yang Dandan
054	岩土工程勘察、设计、施工一体化管理模式探讨 Discussion on Integrated Management Mode of Geotechnical Engineering Investigation, Design and Construction	陶建华 Tao Jianhua
057	一体化脱硫废水处理技术的应用 Application of Integrated Desulfurization Wastewater Treatment Technology	郑文静 Zheng Wenjing
060	高效焊接技术在机械装备制造中的应用 Research and Application of Efficient Welding Technology in Mechanical Equipment Manufacturing	陆翔健 Lu Xiangjian
063	LKJ 临时数据无线换装系统研究 Research on the Application of LKJ Temporary Data Wireless Relocation System	尹亮, 闫龙, 张坤 Yin Liang, Yan Long, Zhang Kun
067	凝聚各方力量深度参与 “百千万工程” Uniting all forces For Deep Involvement in the "Hundred-Thousand-Ten Thousand Project"	黄秋华 ^{1,2} Huang Qiuhua ^{1,2}
070	地表水环境自动监测技术应用分析 Analysis of the Application of Automatic Monitoring Technology for Surface Water Environment	高燕, 颜子钦, 金朝阳, 刘瑾 Gao Yan, Yan Ziqin, Jin Chaoyang, Liu Jin
073	商用客机航空电子系统研制需求管理: 规范化工作及其演进探讨 Demand Management in the Development of Avionics Systems for Commercial Passenger Aircraft: Standardization and Evolutionary Exploration	邓琪 Deng Qi
076	工程招标代理在项目管理中的作用与价值分析 Analysis of the Role and Value of Engineering Bidding Agency in Project Management	葛俊 Ge Jun

建筑科学 | BUILDING SCIENCE

079	建设单位合同管理流程优化与信息化建设研究 Research on Optimization of Contract Management Process and Informationization Construction for Construction Units	姚艳 Yao Yan
082	房屋建筑施工中的软土地基处理技术探析 Analysis of Soft Soil Foundation Treatment Technology in Building Construction	孟宪明 Meng Xianming

能源科学 | ENERGY SCIENCE

085	煤矿自动化开采系统中的电气控制优化与协同作业研究 Research on Electrical Control Optimization and Collaborative Operation in Coal Mine Automation Mining Systems	宋野 Song Ye
088	大型地下磷矿山穿越含水层技术研究 Research on Technology of Crossing Aquifer in Large Underground Phosphorus Mines	李晓军 Li Xiaojun
091	煤炭水文地质特征与矿井水防治研究 Research on Hydrogeological Characteristics of Coal And Prevention and Control of Mine Water	赵盟 Zhao Meng
094	煤矿水文地质特征及矿井水害防治的研究 Research on the Hydrogeological Characteristics of Coal Mines and the Prevention and Control of Mine Water Hazards	阿依别克·莫合塔尔汗 Ayibieke·Mohetaerhan
097	煤矿管网智能监控系统研究 Research on Intelligent Monitoring System for Coal Mine Pipeline Network	张丙辉 Zhang Binghui
100	分布式光伏电站运维管理与发展趋势 Distributed Photovoltaic Power Station Operation And Maintenance Management and Development Trend	刘畅 Liu Chang
103	冀东沿海农村太阳能采暖研究 Research on Solar Heating in Rural Areas along the Eastern Coast of Hebei Province	孙素丽, 毛佩柱, 高英杰, 姚秀菊 Sun Suli, Mao Peizhu, Gao Yingjie, Yao Xiujia
106	除氧器节能型预热装置的研制 Development of Energy-Saving Preheating Device for Deaerator	卢汉 Lu Han
109	柴油发电机房建设相关问题 Issues Related to the Construction of Diesel Generator Rooms	富九思 Fu Jiusi
112	分布式光伏接入对配电网调控运行影响分析 Analysis of the Impact of Distributed Pv Access on the Regulation and Operation of the Distribution Network	彭海恩 Peng Hai'en

电子与通信工程 | ELECTRONIC AND COMMUNICATION ENGINEERING

115	卫星遥感技术在电力线路设计中的应用分析 Application Analysis of Satellite Remote Sensing Technology in Power Line Design	刘建蓝 Liu Jianlan
118	电子电路中直流稳压电源的设计 Design of DC Regulated Power Supply in Electronic Circuit	杨颖, 刘金震 Yang Ying, Liu Jinzhen
121	浅谈超控在内话系统中的应用 A Brief Discussion on the Application of Override Control in Voice Switch System	饶家兴 Rao Jiaxing

混凝土道路沥青化改造施工技术研究及其 应用效果分析

周鋈涛

中交四航局第六工程有限公司，广东 珠海 519000

摘 要： 混凝土道路沥青化改造是指在既有混凝土路面上铺筑沥青面层，以改善路面功能性状、延长使用寿命的一项道路养护与修复技术。本文系统分析了沥青化改造的施工技术特点和应用效果。研究表明：路面铣刨、界面处理、热再生等关键技术在沥青化改造中得到有效应用，改善了混凝土路面的平整度、抗滑性等技术指标，延长了道路使用寿命，提升了路网服务水平。

关 键 词： 混凝土道路；沥青化改造；施工技术；应用效果

Research on Asphalt Transformation Construction Technology of Concrete Road and Analysis of Its Application Effect

Zhou Yuntao

China Communications Fourth Navigation Bureau Sixth Engineering Co., Ltd. Zhuhai, Guangdong 519000

Abstract： Asphalt transformation of concrete roads refers to a road maintenance and repair technology that involves laying an asphalt surface layer on an existing concrete pavement to improve its functional properties and extend its service life. This article systematically analyzes the construction technology characteristics and application effects of asphalt transformation. Research has shown that key technologies such as pavement milling, interface treatment, and thermal regeneration have been effectively applied in asphalt transformation, improving technical indicators such as the smoothness and skid resistance of concrete pavement, extending the service life of roads, and improving the service level of road networks.

Keywords： concrete road; asphalt transformation; construction technology; application effect

引言

改革开放以来，我国公路建设事业取得了举世瞩目的成就。截至2022年底，全国公路总里程已达5.39万公里，位居世界第一。在公路建设快速发展的同时，一批20世纪八十年代建成的混凝土道路也面临日益凸显的路况恶化和功能退化问题。混凝土路面因其刚度模量高、稳定性好等优点，在高等级公路建设中得到广泛应用。沥青化改造是指在原有混凝土路面上铺筑一层或多层沥青混凝土，形成以柔克刚的复合式路面结构，以改善路面的耐久性和使用功能。20世纪90年代末，沥青化改造技术引入我国，并在各地率先开展试点。2006年，交通运输部颁布了《公路沥青路面设计规范》（JTG D50-2006），将沥青化改造技术纳入公路养护体系^[1]。2010年，交通运输部发布了《公路水泥混凝土路面维修设计规范》（JTG 5142-2019），进一步明确了混凝土路面沥青化改造的评价指标、设计方法和施工要求。经过20余年的实践探索和技术积累，沥青化改造已发展成为一项较为成熟的道路养护与修复方案，在延长混凝土路面使用寿命、改善路用性能、提升路网服务水平等方面发挥了重要作用。

一、混凝土道路沥青化改造施工技术概述

混凝土道路沥青化改造是指在原有混凝土路面上铺筑一层或多层沥青混凝土面层，以改善路面的耐久性、平整度和行车舒适性的一种道路维修技术。与传统的混凝土路面相比，沥青化改造后的路面具有改善路面平整度、提高行车舒适性、延长道路使用

寿命以及节约维修成本等优点^[2]。

沥青化改造施工的基本工艺流程包括：施工准备、路面预处理、沥青混合料铺装以及质量控制等环节。其中，路面预处理是确保改造质量的关键，沥青混合料的选择、配合比设计以及摊铺、碾压等施工工艺的控制也直接影响改造后路面的性能和耐久性^[3]。尽管沥青化改造具有诸多优点，但其也存在一定的局限性，

需要综合考虑路面状况、交通特点、气候条件等因素，选择合适的改造方案 and 材料。

二、混凝土道路沥青化改造施工技术分析

（一）路面铣刨技术

路面铣刨是混凝土道路沥青化改造施工的重要环节之一，其目的是去除混凝土路面上的部分老化或损坏层，为后续的沥青面层铺装创造良好的基础条件。铣刨机的选型、铣刨深度的控制以及铣刨面的清理和处理等，都需要严格按照规范要求进行，确保铣刨质量和效率^[4]。

在铣刨施工中，通常采用大型铣刨机进行连续作业，铣刨宽度可达2—4m，铣刨深度可控制在5—50mm 范围内。铣刨过程中，要注意控制铣刨速度和铣刨头的转速，确保铣刨面的平整度和粗糙度满足要求。铣刨后的混凝土路面需要及时进行处理，包括清扫铣刨碎屑、修补局部损坏、调整平整度等，为后续的界面处理和沥青面层铺装创造良好的施工条件。

（二）界面处理技术

界面处理是指在混凝土路面与沥青面层之间设置一定的粘结层，以提高新旧路面的粘结性能，防止沥青面层的滑移和脱空。常用的界面处理技术包括喷洒透层油、涂刷乳化沥青、铺设乳化沥青砂封层等。在界面处理施工中，需要根据混凝土路面的表面状况和环境条件，选择适宜的界面处理材料和施工工艺^[5]。例如，对于表面较为光滑的混凝土路面，可采用喷洒透层油的方式，提高路面的粗糙度和渗透性；对于温度较低的施工环境，可采用乳化沥青的涂刷或砂封层的铺设，提高界面层的粘结强度和耐久性。

（三）沥青混合料配合比设计技术

沥青混合料是沥青化改造的关键材料，其配合比设计的合理性直接决定了改造后路面的力学性能和耐久性。混合料的级配类型、油石比、矿料和沥青品种等参数需要根据改造工程的交通荷载、气候条件等因素进行优化设计。在配合比设计过程中，需要根据工程实际情况确定混合料的类型和等级，如密级配沥青混凝土、SMA、OGFC 等^[6]。然后，通过室内试验和理论计算，优化矿料的级配曲线和油石比，使其满足规范要求的同时，具有良好的力学性能和耐久性。此外，还需要综合考虑改造路面所处的气候条件、交通荷载等因素，选择适宜的沥青品种和添加剂，进一步提高混合料的高温稳定性、低温抗裂性和水稳定性。配合比设计完成后，需要进行试验段铺装，通过实际道路的成型和承载性能验证，对配合比进行必要的调整和优化，最终确定合理的沥青混合料配合比参数，指导后续的大规模生产和施工。

（四）沥青混合料摊铺碾压技术

沥青混合料的摊铺碾压是沥青化改造施工的核心环节，直接影响到路面的平整度、密实度和厚度均匀性。采用现代化的摊铺设备，如全宽摊铺机、高压实度碾压机等，可以有效提高摊铺碾压效率和质量。在摊铺施工中，需要严格控制摊铺温度、摊铺速度、层厚度等参数，确保混合料的均匀性和连续性^[7]。通常采用全

宽摊铺机进行一次性摊铺，摊铺宽度可达4—12m，摊铺速度可达3—6m/min。摊铺过程中，要注意控制纵向和横向接缝的质量，避免出现接缝高差和不平整现象。在碾压施工中，需要合理选择碾压机械类型和碾压遍数，并严格控制碾压温度、碾压速度和轨迹重叠等参数。通常采用双钢轮振动压路机进行初压，双钢轮静压压路机进行复压，胶轮压路机进行终压。碾压过程中，要实时监测混合料的温度变化和压实度，确保碾压质量满足规范要求。

三、混凝土道路沥青化改造施工技术应用效果

（一）功能性状的显著改善

对于表面破损严重、行车舒适性差的混凝土路面，采用沥青化改造技术可以有效改善路面的平整度、抗滑性能和降噪性能等功能性状。路面铣刨作为沥青化改造的关键工序，能够去除混凝土路面表层的裂缝、坑槽、错台等病害，为后续沥青面层的施工提供良好的基础条件。以服役多年的高速公路混凝土路面为例，当路面出现大量网裂、线裂以及局部破碎等病害时，直接影响到行车的安全性和舒适性。采用大型铣刨机对路面进行铣刨处理，铣刨深度一般控制在5—10cm 范围内。铣刨后的混凝土路面呈现出均匀的纹理和适宜的粗糙度，有利于与后续铺筑的沥青面层形成良好的粘结界面^[8]。同时，铣刨过程也彻底清除了表层的松散破碎料和浮浆层，暴露出新鲜的混凝土面，增强了路面结构的整体性和承载能力。通过对比沥青化改造前后混凝土路面的性能指标，可以定量评价路面铣刨技术的应用效果。铣刨处理后，混凝土路面的平整度指标 IRI 值一般可提高30% 以上，满足高速公路的平整度要求；抗滑性能指标 SFC 值可提高20% ~ 40%，改善了路面的防滑性能；路面噪音也可降低3—5dB，改善了行车的舒适性。

路面铣刨技术在混凝土道路沥青化改造中发挥了关键作用，是改善路面功能性状的有力保障。针对不同路况特点和病害程度，选择合适的铣刨设备和工艺参数，可最大限度地发挥路面铣刨的综合效益，为后续沥青面层的施工和路面性能的提升奠定坚实基础。

（二）使用寿命的有效延长

混凝土道路经过沥青化改造后，在原有路面结构的基础上增加了韧性较好的沥青面层，形成了以柔克刚的复合式路面结构体系，从而延缓了路面在车辆荷载和环境因素作用下的老化和损坏过程，延长了道路的使用寿命。

以采用界面处理技术进行沥青化改造的城市主干道为例。原有混凝土路面虽然承载能力较高，但表面已出现大量裂缝和局部破损，影响到路面的耐久性和使用功能。在沥青化改造中，施工单位在混凝土路面上喷涂一层聚合物改性乳化沥青作为界面层，然后铺筑上面层沥青混合料^[9]。改性乳化沥青具有优异的粘结性能和防水性能，能够显著提高沥青面层与混凝土基层的粘结强度，减缓车辆荷载引起的应力集中和反射裂缝，同时也阻止了雨水和有害物质通过裂缝进入混凝土内部，延缓了混凝土的劣化过程。

通过对沥青化改造后道路使用性能的长期跟踪监测，可以客观评价界面处理技术对延长道路使用寿命的效果。采用改性乳化

沥青界面层的沥青化改造道路，其使用寿命可比原有混凝土路面延长50%以上，一般可达到15—20年，大大减少了道路的养护和大修频次。同时，得益于界面层的应力吸收和裂缝阻断作用，改造后的道路裂缝发展速率明显降低，路面保持良好的整体性和承载能力，也延长了道路的使用寿命。

（三）经济效益的显著提升

与完全重建混凝土道路相比，采用沥青化改造技术对混凝土路面进行功能性修复和结构性提升，可节约大量的工程投资和养护费用，同时也减少了材料消耗和环境影响，经济效益十分显著。

以采用热再生技术进行沥青化改造的国道为例。该路段混凝土路面已使用多年，路面破损较为严重，按常规处治方案需要对混凝土板进行全面更换或局部维修，工程量大、费用高。为节约工程成本，施工单位采用热再生技术对混凝土路面进行就地再生处理，即利用热再生设备将路面铣刨料进行加热、翻松、筛分，掺入一定比例的新料和再生剂，再进行现场摊铺和碾压，形成一个结构完整、强度适宜的沥青再生层，最后铺筑上面层沥青混合料^[10]。与完全重建相比，热再生技术可节约40%—50%的工程投资，且施工速度更快、通车时间更短。

通过对比分析沥青化改造前后的道路养护费用，可以直观评价热再生技术的经济效益。按照常规的混凝土路面维修方案，对严重破损路段进行混凝土板更换或罩面处治，每平方米道路的年均养护费用高达30—50元。而采用热再生技术进行沥青化改造后，由于再生利用了大量的旧料，节约了材料成本，同时改造后路面的耐久性和使用性能也得到明显改善，每平方米道路的年均养护费用可降低到10元以下，10年内可节约养护费用1000多万元，经济效益非常可观。

（四）交通干扰的有效减少

与常规的混凝土路面维修方案相比，采用沥青化改造技术对既有混凝土道路进行改造，具有施工时间短、占用车道少等优点，能够有效减少对交通的干扰和影响，既保证了道路改造质

量，也最大限度地维护了公众的出行权益。

以城市快速路的沥青化改造为例。采用常规罩面法或局部修补处治混凝土路面，往往需要较长的施工周期和较多的交通导改，严重影响交通流的通行能力。而采用智能化摊铺碾压设备一体化作业，配合精细化的施工组织，沥青化改造的关键工序可在夜间或避峰时段内完成。如利用全宽摊铺机，可实现10m宽幅、1000m长的沥青混合料一次性摊铺；采用双钢轮压路机和胶轮压路机梯次碾压，可在2—3小时内完成整幅道路的碾压作业，第二天即可恢复通车。整个沥青化改造周期可缩短至2—3天，比传统处治方式减少了70%以上的施工时间。

精细化的沥青化改造施工组织减少了道路封闭时间，也最大限度地减轻了交通干扰和拥堵。采取半幅施工、错时施工等交通导改措施，保证了车流的正常通行。同时，合理划设施工作业区，规范材料堆放和机械操作，也把施工对周边环境的负面影响降到最低。改造完成后，依托完善的交通组织，道路很快恢复了正常的通行能力，行车条件明显改善。

四、结束语

混凝土道路沥青化改造施工技术是近年来我国道路工程建设与养护领域的一项重大技术进步。沥青化改造通过在既有混凝土路面基础上铺筑沥青面层，形成以柔克刚的复合式路面结构，可有效改善路面的功能性状，延长道路使用寿命，提高行车安全性与舒适性。在沥青化改造实践中，路面铣刨、界面处理、热再生等关键技术的集成应用，大幅度提高了改造质量和效率，也实现了道路建设与养护的节能减排和材料循环利用，体现了道路工程可持续发展的时代要求。随着我国公路事业的快速发展和交通运输需求的日益增长，既有混凝土道路的综合性能提升任重道远。沥青化改造技术体系经过多年的工程实践积累和不断完善，已经成为当前混凝土道路预防性养护与修复的成熟方案。

参考文献

[1] 张远强. 市政 engineered 水泥混凝土道路沥青化改造施工技术 [J]. 石材, 2024(002):000.
[2] 李达, 唐新宇. 市政 engineered 水泥混凝土道路沥青化改造土工布施工及管理方法研究 [J]. 建筑与装饰, 2023(10):40-42.
[3] 刘喜清. 浅谈市政 engineered 水泥混凝土道路沥青化改造施工及管理 [J]. 中国科技期刊数据库 工业 A, 2023(4):4.
[4] 赵鑫, 陈显良. 沥青混凝土路面改造技术在市政道路施工中的应用 [J]. 中国科技期刊数据库 工业 A, 2023.
[5] 包家豪. 基于 SWMM 的老旧小区海绵化改造适用技术研究与应用 [D]. 绍兴文理学院, 2023.
[6] 王鹏, 王敏, 王康宁, 等. 基于 UHPC 预制结构的 BRT 站台铺装层快速维修技术 [J]. 城市道桥与防洪, 2024(3):140-145.
[7] 牛胜龙. 市政混凝土道路沥青化改造施工及管理研究 [J]. 国际援助, 2022(2):157-159.
[8] 马骏. 浅谈混凝土道路沥青化改造工程的施工及管理 [J]. 四川水泥, 2022(002):000.
[9] 黄钦寿, 陈晋平, 曾威凯, 等. 沥青加铺层反射裂缝动应力强度因子分析 [J]. 公路工程, 2023, 48(5):75-84.
[10] 李平. 裂均质化再生技术在道路改造工程中的应用研究 [J]. 西部交通科技, 2023(12):120-123.

型砂生产矿浆浓度及流量自动控制方法的研究与应用

母宇宽, 张志涛

通辽市大林型砂有限公司, 内蒙古 通辽 028000

摘 要： 随着工业化进程的加快，型砂的需求不断增加，同时对其生产效率和质量的要求也日益提高。在型砂的生产过程中，矿浆的浓度和流量是影响型砂性能的关键参数。矿浆的浓度直接关系到型砂的强度和流动性，而流量则影响整个生产线的稳定性和效率。本文设计了一款型砂生产矿浆浓度及流量自动控制系统，基于实际生产中面临的难点进行功能需求分析，对型砂生产矿浆浓度及流量自动控制系统的设计方法以及应用策略进行阐述，为推动型砂生产的自动智能化效率提供建设性意见。

关 键 词： 型砂；矿浆浓度；流量控制；控制方法；应用探究

Research and Application of Automatic Control Method for Slurry Concentration and Flow Rate in Sand Production

Mu Yukuan, Zhang Zhitao

Tongliao Dalin Sand Co., Ltd. Tongliao, Inner Mongolia 028000

Abstract： With the acceleration of industrialization, the demand for molding sand is constantly increasing, and the requirements for its production efficiency and quality are also increasing. In the production process of molding sand, the concentration and flow rate of the slurry are key parameters that affect the properties of the molding sand. The concentration of the slurry directly affects the strength and flowability of the molding sand, while the flow rate affects the stability and efficiency of the entire production line. This article designs an automatic control system for slurry concentration and flow rate in sand production. Based on the difficulties faced in actual production, functional requirements analysis is carried out. The design method and application strategy of the automatic control system for slurry concentration and flow rate in sand production are elaborated, providing constructive suggestions for promoting the automatic and intelligent efficiency of sand production.

Keywords： molding sand; slurry concentration; flow control; control methods; application exploration

前言

传统的型砂生产模式多依赖人工操作和经验，容易导致生产过程中参数的波动，从而影响型砂的质量和生产效率。尤其是在采砂船、缓冲仓及分级设备等环节，操作人员面临着如船内漏水、开采深度不稳定、上矿量不稳定、调节耗时等一系列问题，不仅延长了生产周期，还增加了生产成本，亟需通过先进的自动控制技术进行改善^[1]。为了应对上述挑战，现代型砂生产逐渐引入自动化控制系统，通过整合各种传感器、流量计和控制算法，实现对矿浆浓度和流量的实时监测与控制，不仅为型砂生产提供了可持续的技术支持，还为行业的转型升级指明了方向。

一、型砂生产矿浆浓度及流量自动控制的难点

（一）采船稳定性

采船在矿砂开采过程中面临漏水和开采深度不稳定的问题。这些问题导致船内水位的波动，影响开采效率。尤其是在水位过高或过低时，都会对矿浆浓度产生影响，因此需安装水位计和摄像头，实时监测船内状态，以确保采砂深度的稳定。

（二）上矿量控制

缓冲仓及搅拌设备的上矿量往往不稳定，导致后续处理过程的矿浆浓度波动。必须采用擦洗机的浓度检测、搅拌的水量监控和电机功率监测等多种手段，实时调整给矿量，以确保矿浆的均匀性和稳定性，从而提高生产效率^[2]。

（三）脱泥与分级过程

在脱泥与分级的过程中，调节参数通常依赖于经验，导致调

母宇宽（1981.02—），男，满族，内蒙古通辽人，中级工程师，中共党员，研究生，研究方向：工艺优化，技术改进，新品研发，企业管理。

整耗时且效果不确定。需要实时监测水量和给矿量，并根据这些数据制定控制程序，以减少经验依赖，提高调节的准确性和时效性，从而优化整个分级过程。

（四）水量监控

在螺旋分级和搅拌桶的操作中，水量过大会导致矿浆表面泛花，影响分级效果。缺乏有效的水量参考，难以实现精确控制。应安装流量计和摄像头等监测设备，实时反馈水量和分级效果，以便及时调整水量，确保稳定的分级结果。

（五）粒度在线检测

原矿粒度的在线检测是确保矿浆质量的重要环节，且粒度偏差会直接影响矿浆浓度，进而影响后续工艺，需要建立高效的在线检测系统，确保对原矿粒度进行实时监控，及时反馈并调整生产参数，以保持粒度在70-140范围内，提高产品质量^[3]。

（六）控制软件与程序

中控软件的功能和性能对矿浆浓度及流量的自动控制至关重要，当软件无法及时处理和反馈各个环节的数据的情况下，将导致自动化控制效果不佳，需要开发完善的控制程序，优化中控软件，确保各个环节数据的实时监测和调整，从而提升整个生产系统的效率与稳定性。

二、型砂生产矿浆浓度及流量自动控制系统的需求分析

型砂生产矿浆浓度及流量的自动控制系统是提高生产效率、保障产品质量及实现节能减排的重要手段，下面需要对该系统需求的分析，从技术需求、功能需求、用户需求和**安全需求**等方面进行全面分析：

（一）技术需求

系统需具备对矿浆浓度、流量、水位和粒度的实时监测能力，以便及时调整生产参数，确保矿浆的稳定性，并且具备数据采集和分析功能，对各个环节的数据进行记录和处理，为后续优化提供依据^[4]。在此基础上通过自动化控制程序，系统能够实现**对矿浆浓度和流量的远程控制**，提高生产效率，降低人为干预。

（二）功能需求

自动控制系统应具备调节矿浆浓度的能力，根据实时监测的数据调整给矿量和水量，确保浓度符合生产要求，且系统需具备流量控制功能，能够根据生产工艺需求，自动调节水流量，保持矿浆的流动性和稳定性。当系统出现故障或监测数据异常时，需具备报警功能，及时通知操作人员，并能够快速定位和处理故障。

（三）用户需求

设计完成的系统界面应简洁明了，操作人员能够快速上手，减少培训时间，提高工作效率，且系统应支持多层次权限管理，以保障数据安全，避免非授权人员进行系统操作^[5]。除此之外，系统应能够自动生成各类数据报表，方便管理人员进行统计分析和决策支持。

（四）安全需求

控制系统需具备防火墙、数据加密等安全机制，确保系统在

网络环境中的安全性，防止黑客攻击和数据泄露，后续在矿浆生产过程中，应设置安全保护措施，防止因操作失误或设备故障造成的安全事故，并且系统应具备应急处理机制，以应对突发事件，确保生产安全和人员安全。

（五）环境需求

系统设计应考虑节能与环保，尽量减少资源消耗和废物排放，符合相关的环保法规和标准，在恶劣的生产环境下，系统硬件和软件应具备一定的抗干扰能力，确保稳定运行。

三、型砂生产矿浆浓度及流量自动控制系统的设计方法

（一）系统架构设计

型砂生产矿浆浓度及流量自动控制系统可以分为数据采集层、控制层和用户交互层。具体而言，数据采集层负责实时获取和传输矿浆浓度、流量和水位等关键数据。这一层通常包括各种传感器及其数据接口。控制层则是系统的核心，采用控制算法对数据进行处理和分析，并根据结果自动调整各项参数，以实现精确控制^[6]。用户交互层提供友好的界面供操作人员使用，包括数据可视化、设置控制参数和监控系统状态等功能。

（二）传感器选择

传感器是型砂生产矿浆浓度及流量自动控制系统的关键组成部分，直接影响到数据采集的准确性和实时性，可以选择合适的传感器类型及其技术参数，是确保系统性能的重要前提。在浓度监测方面，通常采用电导率传感器或超声波传感器；电导率传感器通过测量矿浆的电导率变化来推算浓度，具有较好的实时性和精度^[7]；超声波传感器则利用声波在液体中传播的速度变化来进行浓度测量，适用于复杂液体的监测。

在流量监测方面，常见的流量传感器有电磁流量计和涡轮流量计。电磁流量计通过电磁原理测量导电流体的流量，适用于高浓度矿浆环境，具备良好的耐用性和稳定性。涡轮流量计则在流体通过时产生涡旋，通过测量涡旋频率来计算流量，适用于流量变化较大的场合。对于水位监测，水位计（如超声波水位传感器或压力水位传感器）可实时监控船舱及缓冲仓的水位，确保矿浆浓度控制的准确性。

（三）控制算法设计

控制算法是型砂生产矿浆浓度及流量自动控制系统核心，决定了系统对数据的处理能力和响应速度。常用的控制算法包括PID控制、模糊控制和自适应控制等，PID控制是一种经典的控制策略，通过调节比例、积分和微分三项参数来达到系统的最优控制效果^[8]。该算法简单易懂，广泛应用于工业控制中，能够有效抑制系统的超调和稳态误差，使矿浆浓度和流量保持在设定范围内。

（四）数据处理与分析

数据处理与分析是型砂生产矿浆浓度及流量自动控制系统中不可或缺的环节，数据处理与分析过程包括实时数据采集、存储、处理和分析，以支持控制决策和生产优化。系统需具备强大的数据采集能力，能够实时接收来自各个传感器的数据流，所获

取的数据包括矿浆浓度、流量、水位和其他相关参数，必须通过高效的数据接口进行有效整合。

在数据存储方面，采用关系型数据库或非关系型数据库，以便于对大量数据的管理和检索，系统还应支持历史数据的存储，便于后续的数据分析与比较，后续的数据处理环节，需应用算法对采集到的数据进行过滤、清洗和整理，以去除噪声和异常值，确保数据的准确性和可靠性^[9]。

（五）用户界面设计

友好的用户界面不仅能够提高操作人员的工作效率，还能减少操作失误，提升系统的安全性。设计过程中，首先需要考虑界面的直观性与易用性。界面应采用清晰的布局，合理组织各项功能模块，方便用户快速找到所需信息和操作功能。

在信息展示方面，应以图形化的方式呈现实时数据，如使用仪表盘显示当前矿浆浓度、流量和水位等关键参数。通过图表和曲线图可以直观展示数据变化趋势，帮助操作人员及时判断系统运行状况。

四、型砂生产矿浆浓度及流量自动控制系统的应用策略

（一）整合监测与控制系统

型砂生产矿浆浓度及流量自动控制系统通过对生产环节中的关键参数进行实时监测和控制，确保整个生产过程的稳定性与一致性。具体而言，系统需要部署高精度的传感器和监测设备，包括流量计、水位计、浓度传感器和图像识别系统，相关的设备能够实时收集矿浆的物理和化学性质数据。例如，流量计可以精确测量矿浆的流动速度和体积，而浓度传感器则能检测矿浆中固体颗粒的比例，对应的数据将被传输到中央控制系统，为后续的数据处理和决策提供依据^[5]。

监测系统需具备自动报警和故障诊断功能，可以设置预警阈值，当监测到某一参数超出设定范围时，系统会自动发出警报，并记录异常数据。

（二）优化设备配置与管理

首先，在设备选择上，应根据生产规模和工艺流程，选用高效、低能耗的设备。例如，采用先进的擦洗机和搅拌桶，以提高型砂矿浆处理的效率。同时，考虑设备的兼容性和模块化设计，使其在后续的工艺升级和扩展中，能够灵活适应新的需求。其次，设备应根据生产流程的逻辑顺序进行布局，避免物料在运输

过程中的无谓损耗。例如，将搅拌桶放置在靠近擦洗机的地方，可以缩短物料的转移时间，提高生产效率，并且确保设备之间的空间合理，以便于后续的维护和检修。最后，在管理方面，建立设备的定期维护和检查制度至关重要，通过定期对设备进行维护和检修，确保设备在最佳状态下运行，降低故障率。

（三）构建数据驱动的决策支持体系

构建数据驱动的决策支持体系是提高型砂生产矿浆浓度及流量自动控制系统智能化水平的关键，通过对生产数据的深入分析，可以实现科学决策，优化生产流程。型砂生产矿浆浓度及流量自动控制系统应涵盖所有关键参数的实时监测，如矿浆浓度、流量、粒度分布等。工作人员可以建立全面的数据库，可以为后续的数据分析提供基础。数据的采集不仅包括实时数据，也应整合历史数据，以便进行趋势分析。

一方面，通过分析矿浆浓度和流量的变化趋势，可以识别出生产过程中的瓶颈环节，及时调整生产参数，机器学习算法还可以根据不同的生产条件，优化控制策略，提高生产效率^[10]。另一方面，技术人员需要构建决策支持系统应结合可视化工具，将复杂的数据转化为易于理解的信息，基于图形化的界面的设计，管理人员可以直观地查看生产数据，快速识别问题，并做出相应决策，实际可以利用实时监控界面，操作人员能够实时监测矿浆的流量和浓度变化，一旦发现异常，可迅速采取措施。

五、结语

在现代型砂生产过程中，矿浆浓度及流量的自动控制系统是提升生产效率与产品质量的关键。整合监测与控制系统的策略通过实时数据采集和反馈机制，确保生产过程的稳定性与一致性，使操作人员能够快速应对各种工况变化。与此同时，优化设备配置与管理策略通过合理布局、设备选型及定期维护构建数据驱动的决策支持体系为生产过程提供了科学的决策依据，通过对历史和实时数据的深入分析，识别生产瓶颈并动态优化控制策略，不仅实现了高效、稳定的矿浆生产流程，还促进了企业的可持续发展。在实际应用中，结合采船、缓冲仓、脱泥与分级设备的各项控制需求，基于综合方案实现了矿浆流量及浓度的精确控制，进而为型砂生产提供了坚实的技术支持和保障。综上所述，自动控制系统的有效应用标志着型砂生产迈向智能化与高效化的新阶段，为行业发展注入了新的动力。

参考文献

- [1] 吴仁贵. 混合湿型旧砂再生技术现状与展望 [J]. 铸造工程, 2024, 48(5): 68-72.
- [2] 陈杰, 赵林栋, 李峰, 等. 一种智能型砂箱自动化加工生产线 [J]. 中国铸造装备与技术, 2024, 59(4): 35-38.
- [3] 赵书锋, 宋永亮, 李伟涛, 等. 高压造型用湿型砂质量控制 [J]. 铸造设备与工艺, 2024(3): 44-47.
- [4] 桂瑞峰. 水分对湿型砂性能影响的研究 [J]. 河北北方学院学报(自然科学版), 2023, 39(7): 7-12.
- [5] 李海波, 柴天佑, 赵大勇. 混合选别浓密机底流矿浆浓度和流量区间智能切换控制方法 [J]. 自动化学报, 2014, 40(9): 9.
- [6] 姜涛. 碱酚醛树脂砂混砂机流量控制系统的性能优化分析 [J]. 中国重型装备, 2016(4): 3.
- [7] 姜勇. 砂处理线工艺参数的确定 [J]. 现代铸铁, 2024, 44(1): 57-64.
- [8] 胡央央, 单忠德, 杨浩秦, 等. 多材料砂型增材制造一体化共面铺砂工艺研究 [J]. 精密成形工程, 2024, 16(1): 148-157.
- [9] 章顺亮. 铸铁件用新型硅酸盐自硬粘结剂砂性能的研究 [D]. 华中科技大学, 2023.
- [10] Per Larsen, Tim J. Baron, 陈之伟译, 等. 湿型砂铸铝: 打开新的视角 [J]. 铸造, 2024, 73(1): 135-138.

中国特色学徒制背景下现场工程师学院建设路径探究

高占国, 张艳, 李海红, 吴凤娇, 胡迪炜

北京金隅科技学校, 北京 102403

摘 要 : 本文通过探索学校与企业紧密合作, 建设北京建筑材料检验研究所现场工程师学院, 对接检验检测领域人才紧缺技术岗位需求, 解决校企合作融合深度不够、师资质量参差不齐、课程体系和行业发展适应性差、传统教材较难契合人才培养模式、教学质量评价指标体系不完善等问题。针对这些问题, 提出从建设思路、建设目标、建设任务与重点举措以及预期效果及特色创新等方面构建中国特色学徒制背景下现场工程师学院, 为探索培养具有实践能力和创新精神的高素质优秀检验检测类专业人才奠定基础。

关 键 词 : 中国特色学徒制; 现场工程师; 学院建设

Exploration of the Construction Path of On-Site Engineering Colleges under the Background of Chinese Characteristic Apprenticeship System

Gao Zhanguo, Zhang Yan, Li Haihong, Wu Fengjiao, Hu Diwei

Beijing Jinyu Science and Technology School, Beijing 102403

Abstract : This article explores the close cooperation between schools and enterprises to establish the on-site engineering college of Beijing Building Materials Inspection and Research Institute, to meet the demand for technical positions in the field of inspection and testing, and to solve problems such as insufficient integration of school enterprise cooperation, uneven quality of teaching staff, poor adaptability of curriculum system and industry development, difficulty in matching traditional textbooks with talent training mode, and incomplete evaluation index system for teaching quality. In response to these issues, it is proposed to establish a field engineering college under the background of Chinese characteristic apprenticeship system from the aspects of construction ideas, construction goals, construction tasks and key measures, expected effects, and characteristic innovation, laying the foundation for exploring and cultivating high-quality and excellent inspection and testing professionals with practical ability and innovative spirit.

Keywords : Chinese characteristic apprenticeship system; on site engineer; college construction

中国特色学徒制是国家对高素质技术技能人才培养的顶层设计和战略规划, 为国家经济高质量发展提供了有力支撑。根据《教育部办公厅等五部门关于实施职业教育现场工程师专项培养计划的通知》(教职成厅[2022]2号)和《北京市教育委员会关于开展北京市第一批现场工程师专项培养计划项目申报工作的通知》(京教函[2023]129号)要求, 经学校申报和专家评审, 我校与北京工业职业技术学院以及北京建筑材料检验研究院股份有限公司联合申报的智慧建筑装饰专业群现场工程师联合培养项目确定为北京市第一批现场工程师专项培养计划项目, 本项目聚焦校企联合现场工程师培养, 探索先进经验、培养标准和育人模式, 创新中国特色学徒制人才培养模式, 培养具备工匠精神, 精操作、懂工艺、会管理、善协作、能创新的现场工程师, 为服务首都高质量发展做出新的贡献。

一、建设目标

贯彻落实中共中央、国务院关于《质量强国建设纲要》的总体要求, 紧密对接企业人才需求, 积极推进企业检验检测、认证认可等工作更高水平协同发展。校企共同构建“人才共育、基地共建、人员互聘、资源共享、协作服务和文化交融”的产教融合新格局, 共同培养化学分析、质量检测方向两批共计60人的现场工程师, 使其成为业务技能精、工作质量高、服务意识好、创新意识强且具有一定管理经验的高端技术技能型人才。^[1]

作者简介: 高占国(1980.05-), 男, 汉族, 河北省魏县, 高级工程师, 研究方向为: BIM 技术 智能建造、物业管理与服务、既有建筑数字化运维等。

二、建设思路

一是改革教学模式, 以企业的检测工程师岗位人才需求为导向设计符合现场工程师岗位要求的课程体系和教学内容。二是加强教师队伍建设, 通过组织教师参加企业的岗位培训、实习实践、技术交流等活动, 提升教师的专业知识和技能。三是深化校企合作, 利用企业的资源优势, 打造具有行业特色和实践性的产教融合实训基地, 提高学生的实践能力和就业竞争力。四是建立质量保障机制, 建立和完善现场工程师培养的评价标准和考核方

法,不断优化现场工程师培养方案,确保培养质量和效果。^[2]

三、年度建设目标

第一年组建北京建筑材料检验研究院现场工程师项目管理委员会等协同育人机制、现场工程师人才培养方案,通过“申请+考核+面试”的考试方式择优选拔独立成班,签订校企合作协议书及校企学生三方协议;校企共建化学分析、建筑材料检测等2个产教融合实践基地;组建校企双导师团队,设计和创新教学考试评价方式,制定考核评价标准。^[3]

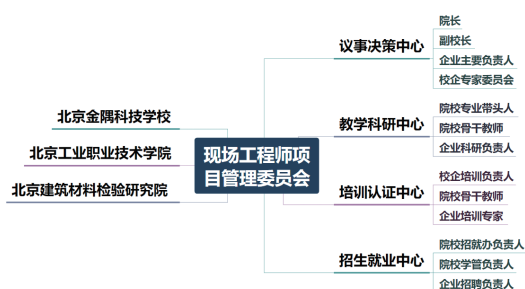
第二年开发建设1门国家级精品课程,2门市级精品课程以及课程体系内数字化教学资源,2门岗位培训手册;修订完善现场工程师人才培养方案以及考试招生办法,升级化学分析、建筑材料检测等2个产教融合实践教学基地,升级实训环境及设备设施和软硬件;达到实验室相关认证要求,构建更加合理的校企双导师团队和教师结构比例,同时面向企业员工开展培训,助力提升员工数字技能。

第三年以企业岗位需要为核心,组织学生参与企业顶岗实习,强化技能和综合职业能力;优化校企人员双向交流管理机制,形成双导师管理制度示范样本,作为案例推广;校企共同总结项目经验,优化培训资源及题库,形成可复制可推广的培训体系。经过4年的努力,将建成人才培养体系科学合理、资源共享、开放服务的产教融合实训基地,培养企业所需的“精工程材料质量检测操作、懂工程材料生产工艺及应用、会建筑工程质量管理、善团队沟通协作、能创新检测技术”的复合型紧缺工程技术应用人才,精准服务企业实现高质量发展,为适应区域产业转型升级要求的技术人才培养提供有力支撑。^[4]

四、重点任务与建设举措

(一) 建立现场工程师项目管理委员会

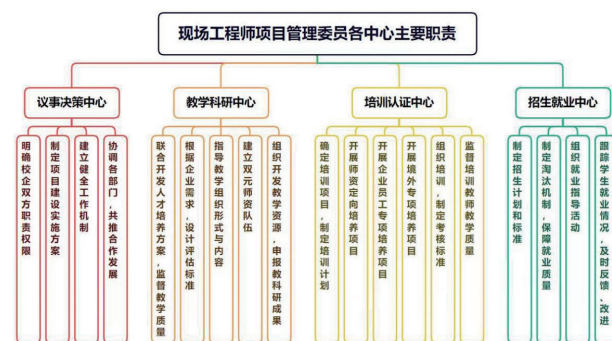
为促进现场工程师项目的顺利推进,提升人才培养质量,校企双方共同制定现场工程师项目管理机制,建立现场工程师项目管理委员会,下属议事决策中心、教学科研中心、培训认证中心、招生就业中心。同时,制定与现场工程师项目相适应的运行和管理制度、教学考核评价与督查制度、教学诊断与改进制度等,建立起完善的校企协同育人机制,确保现场工程师项目的人才培养工作能够正常开展,组织机构(见图1)及各中心主要职责(见图2)。



> 图1 现场工程师项目管理委员会组织机构

(二) 共同确定人才培养目标定位

本项目立足企业现场工程师学徒岗位发展需求,培养德智体美全面发展,具有扎实的检测标准和规程,具备较强的实践能力、创新能力等,能够从事环境、样品化学分析、建筑材料及制品及装修材料等实验室检测以及土建工程等现场检测工作;能够从事实验室管理与质量控制、实验室仪器设备的日常维护和保养等工作;能够承担企业新材料新产品测试技术开发、标准编制以及科研项目的验证试验、体系认证等工作,具备工匠精神,精操作、懂工艺、会管理、善协作、能创新的高端技术技能型人才。^[5]



> 图2 现场工程师项目管理委员会各中心主要职责

(三) 联合研制人才培养方案

企业充分发挥主体作用参与人才培养全过程;校企双方分析企业岗位群,各岗位应具备专业知识、职业能力、职业素质,确定专业人才培养目标,并结合企业的典型工作任务和职业能力要求,共同设计满足岗位用人需求的课程体系,共同开发基于工作过程的课程内容、共同制定课程标准、设计核心课程学习项目等,推动职业教育资源与外部企业资源有效匹配,产业链与人才链精准对接。

基于企业检测工程师助理岗位人才需求,以双师结构进行现场工程师培养,校方深入企方岗位实际工作场景,共同分析岗位能力,开发对应的课程、教材及数字化教学资源,搭建课程体系。根据知识技能递进逻辑,结合企业真实生产任务灵活组织教学任务,工学交替强化岗位实践能力。按阶段串联人才培养方案开发路径(见图3),最终形成符合企业岗位能力要求的现场工程师人才培养方案。



> 图2 现场工程师学院人才培养方案开发路径

(四) 共同构建专业核心课程体系

校企共同构建专业课程体系,将职业能力和职业素质合理分解到专业课程、尤其是核心课程中,创新基于企业岗位真实生产任务的毕业设计。

1. 构建“一平台、双主体、三阶段”岗课赛证融通的课程体系

根据企业用人需求,专业定位方向为建筑材料与无机非金属材料产业领域检测工程师助理岗位,根据岗位要求确定化学分析、质量检测典型工作任务,梳理所需的职业能力、职业素质,同时对照最新的国家专业教学标准,进行专业课程开发。



2. 构建“岗证赛课”融通的模块化专业核心课程体系

依据企业岗位核心能力要求，对“水泥抗压抗折强度检测”、“混凝土凝结时间检测”等典型工作任务进行归纳、整理和重组，开发核心课程，对照最新的国家专业教学标准，深挖职业能力、职业素质要求，结合土木工程混凝土材料检测“1+X”和建材物理检验员等职业资格证书以及技能竞赛内容，实现与“分析、检测、认证”岗位“零对接”，构建与企业人才需求相适应的“岗课赛证”融通专业核心课程体系。^[6]

（五）制定管理制度和质量监控措施

为保证现场工程师项目顺利实施，校企将共同制定运行和管理制度。

1. 制定项目管理制度，明确责任和权限，确保现场工程师项目的规范和顺利实施；建立学生管理制度，确保学生的学习和培训质量，为学生的职业发展提供保障；建立教学质量管理制度，持续优化教学质量和教学效果。

2. 将现场工程师实施情况纳入学校教学诊断与改进、质量年度报告的重要内容。建立现场工程师工作目标责任制，对项目进行跟踪，定期检查工作完成情况。建立质量监控制度，定期自查，使项目建设不断改进完善。为项目小组成员制定工作目标管理及年度绩效考核办法，确保现场工程师项目保质保量按期完成。

五、预期成效及特色创新

1. 校企联合探索“协同育人、联合培养”中国特色学徒制培养模式，落实复合型建筑材料与无机非金属材料检测人才培养。

通过北京建筑材料检验研究院所设立的现场工程师岗位，有效整合校企、行业等优质资源，校企双方共同制定现场工程师项目管理机制，建立现场工程师项目管理委员会，制定现场工程师项目运行管理制度、教学考核评价与督查制度、教学诊断与改进制度等，建立完善的校企协同育人机制。以材料检测和评价认证为培养方向，明确岗位知识、技能、素质要求，引入企业实训项目，配合数字化实训工具，校企共同制定人才培养方案，构建专业课程体系，实施现场工程师人才培养。争取3年内培养材料检测和评价认证高素质技术技能人才共计60人。^[7]

2. 校企共同建成“产教融合”实训基地，打通产学研路径，促进“校企、专家与教师”共研、共享、共发展。

通过校企合作现场工程师项目，共同建成建筑材料检测产教

融合实训基地。借助企业资源优势，2年内从软硬件综合实力上整合建筑工程防水材料、保温材料、水泥、玻璃等检测实训基地。以企业领先技术为依托，以院校教学需求为导向，校企共同产研开发项目，促进教师新技术开发与应用能力、企业深入职业教育业务场景能力的提升，提高学校专业办学内涵与声誉，扩容企业技术产品。

3. 校企共同研制“双导师”制度，打造双师教学创新团队，落实“工学交替、交互训教”教学组织新形式。

基于北京建筑材料检验研究院科研助理岗位人才需求，以双师结构进行现场工程师培养，项目实施过程中，企业选派具有教学能力的专业技术人员4人入校指导岗位实践教学，与学校专任教师共同开展教学研究；学校选派相关教师4人定期到企业进行岗位实践、课题研究及技术攻关等。经过3年的持续考核选拔，组建稳定的以企业资深工程师、教学名师为核心的“双导师”队伍，为现场工程师项目的持续开展，提供高质量、多元化的教学服务。^[8]

4. 校企协同、多方联动，采用“先招生后招工、众培养精选拔、严考核动补优”的招生考试评价方法，推进招生考试评价改革。

根据岗位需求，校企联合设计和创新教学考核评价方式，制定职业能力考核评价标准，企业实践课程的评价主体为北京建筑材料检验研究院。针对学生的企业实践课程考核，理论测试占比35%，技能测试占比65%。为保证编班录取学生的实际结果与岗位要求和企业实际情况相符，采取淘汰比例（第一年的企业课程考核中，淘汰比例动态保持在10%）及动态优化变动的机制。动态择优增补机制的实施可以更好地发现和保留有潜力的人才。

总之，通过校企联合实施现场工程师人才培养、双师队伍提质、推进招生考试评价改革一体化、扩大社会培训规模、建设产教融合示范基地，院校进一步提升技术技能人才培养水平、不断增大高技能人才输出力度，使院校响应地方经济社会需求的能力得以持续提升。学校根据社会反馈，及时联动企业共同调整专业结构、课程资源、师资水平、实训条件等，与首都经济社会发展提供人才支撑。

参考文献

- [1] 现场工程师专项培养计划的内涵要义、要素框架和运行逻辑[J]. 霍丽娟. 中国职业技术教育, 2023(14).
- [2] 职业教育现场工程师学院建设路径研究[J]. 帅海燕; 李卓君. 武汉交通职业学院学报, 2023(03).
- [3] 科教融汇视域下现场工程师培养的理论内涵与路径选择[J]. 颜彦. 中国职业技术教育, 2023(18).
- [4] 论职业教育现场工程师培养的四重逻辑[J]. 邱亮晶; 来文静; 雷前虎. 职业技术教育, 2023(11).
- [5] 我国职业教育现场工程师培养的价值意蕴、现实困境与实施路径[J]. 李博; 褚金星. 教育与职业, 2023(07).
- [6] 职业教育现场工程师高质量培养价值、问题与改革策略研究[J]. 曹留成. 教育与职业, 2023(03).
- [7] 陈海瑾. “卓越工程师”培养背景下理工科高校人文教育路径探究[J]. 思想教育研究, 2014, (04): 80-82.
- [8] 赵俊. 建筑工程项目管理中施工现场管理的优化路径探究[J]. 数码精品世界, 2020(4): 334.

勘察成果施工图审查过程中关于岩土层成因问题的探讨

余再西

云南建安昆宁工程设计咨询有限公司, 云南 昆明 650000

摘 要 : 勘察设计是工程建设中的重要环节, 在工程建设中起到先导和灵魂作用, 勘察设计质量不仅决定着工程的质量及安全, 而且影响建设工程建成后的投资效益、社会效益及环境效益。岩土工程勘察作为设计和施工的前置性条件, 为设计和施工提供基础资料, 其完整性、真实性、可靠性和场地主要岩土工程问题调查分析的深度和广度, 对后续的设计和施工起到至关重要的作用。岩土层成因的判定是勘察过程中的重要环节, 直接影响勘察成果的准确性和后续设计施工的安全和质量, 笔者对施工图审查过程中遇到的某项目岩土层成因判定过程进行剖析, 论述了此问题的重要性和提出了勘察过程中针对此问题的一些见解, 供同行借鉴。

关 键 词 : 勘察; 岩土成因; 施工图审查

Discussion on the Origin of Geological Layers in the Construction Drawing Review Process of Geotechnical Investigation Results

Yu Zaixi

Yunnan Jianan Kunming Engineering Design & Consulting Co., LTD. Kunming, Yunnan 650000

Abstract : The investigation and design are important links in the engineering construction process, playing a leading and soul role in the construction. The quality of the investigation and design not only determines the quality and safety of the project, but also affects the investment benefits, social benefits, and environmental benefits of the completed construction project. Geotechnical engineering investigation serves as a prerequisite for design and construction, providing basic data for design and construction. Its completeness, authenticity, reliability, and depth and breadth of investigation into the main geotechnical engineering problems of the site are crucial for subsequent design and construction. The determination of the origin of the geotechnical layers is an important link in the investigation process, directly affecting the accuracy of the investigation results and the safety and quality of subsequent design and construction. In this paper, the author analyzes the process of determining the origin of geotechnical layers in the construction drawing review process of a certain project, discussing the importance of this issue and presenting some insights in the investigation process for this issue, which can be used as a reference by peers.

Keywords : site investigation; geotechnical origin; construction drawing review

引言

勘察设计在工程建设中起到先导和灵魂作用, 勘察设计质量不仅决定着工程质量、安全、造价和效益, 而且影响建设工程建成后的使用价值、功能和运行效益, 是建设工程的决定性环节^[1]。岩土工程勘察作为设计和施工的前置性条件, 为设计和施工提供基础资料, 其完整性、真实性、可靠性和对场地主要岩土工程问题调查分析的深度和广度, 对后续的设计和施工起到至关重要的作用^[2-3]。勘察文件施工图审查的重点为: 审查资料的真实性和完整性; 分析评价的合理性和建议的可行性; 岩土层分布、地下水条件、岩土的工程特征是否基本查明; 对特殊性岩土、不良地质作用、地基承载力和变形特性、水和土的腐蚀性、场地地震效应等重要的岩土工程问题是否正准确评价; 岩土设计参数、地基基础设计设计方案及地基变形性状等^[4-5]。其中, 岩土层成因的判定是勘察过程中的重要环节, 直接影响了勘察成果的准确性^[6-7]和后续设计施工的安全和质量, 笔者对施工图审查过程中遇到的某项目岩土层成因判定过程进行剖析, 论述了此问题的重要性和提出了勘察过程中针对此问题的一些见解, 供同行借鉴。

一、项目概况

项目拟建场地位于乌蒙山脉西北面的金沙江南岸, 地处滇东北中山山原西北边缘, 因受金沙江及其支流切割, 高原面较破碎, 最高海拔3199.5米, 最低海拔340米, 拟建场地海拔在

810m~850m之间。拟建场地地貌属低中山山地风化剥蚀残坡堆积地貌, 场地原为耕地和村庄, 地形西高东低, 北高南低, 地形坡度约15° ~ 45°。拟建场地地处空旷山地斜坡地带, 如图1所示, 北区地块场地西侧3~5米为车行道路, 北侧为村庄居民住房, 如图2所示, 南侧和东侧均为空地场地周边环境条件相对简

单。本场地拟建7栋26层高度约80米的高层住宅，3栋3层高度在12.9m~15.3m的商业裙房，整个场地整体设置两层地下室，场地位于斜坡地带，存在4~26m高的永临结合边坡。



> 图1 拟建场地现场照片



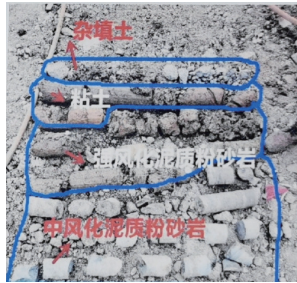
> 图2 拟建场地北侧现场照片

二、争议岩土层成因的判定过程

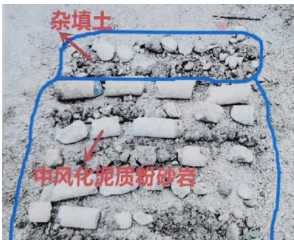
勘察单位在详细勘察阶段对揭露岩土层判定结果如下：从上往下主要地层为第四系松散堆积层 (Q_4^{ml}) (①层—杂填土)、第四系残坡堆积层 (Q_4^{st+dl}) (②层—粘土)、下伏基岩为三迭系下统飞仙关组 (T_1^f) 强~中风化泥质粉砂岩 (③层—强风化泥质粉砂岩、④层—中风化泥质粉砂岩)，典型钻孔岩芯照片如图3所示。从岩芯照片可以看出中风化泥质粉砂岩芯破碎，且岩芯断口不连续、不新鲜，非钻探过程中机械损伤造成，呈现出短柱状岩块与碎石 (角砾) 交替出现现象；常规中风化泥质粉砂岩岩芯显长柱状或短柱状但中间连续不间断，岩芯断口上下吻合度高。本项目岩体岩芯与常规类似地层岩芯存在较大差异，勘察单位未查阅临近相关勘察地质资料，也未用对场地附近露头进行详细调查分析，就对地层进行了定名，存在岩土体成因未查明，定性和定名不准确的风险。



岩芯照片1



岩芯照片2



岩芯照片3



岩芯照片4



岩芯照片5



岩芯照片6

> 图3 详细勘察阶段典型岩芯照片

施工图审查过程中，审查人员在查看卫星图全面了解拟建场地地形地貌和成因，分析对比类似地层钻探岩芯后，提出了复核强~中风化泥质粉砂岩成因的意见。此项目属于三边工程，勘察文件施工图审查的同时现场已开工，现场土方开挖揭露出的地层与勘察单位判定结果存在较大差异，如图4中照片1~照片4所示。施工过程中，旋挖钻孔灌注桩在勘察单位判定的“强风化泥质粉砂岩”和“中风化泥质粉砂岩”地层中出现了严重的垮孔现象。本应稳固的地层却频繁出现大面积垮孔与常规认知出现了较大的偏差，因此建设单位聘请了省内和当地知名岩土工程专家组成专家组到现场研判，专家组到现场对本项目开挖揭露地层和项目周边裸露岩土体 (如图4中照片5、照片6所示) 进行了详细的踏勘和调查分析，指出“现场开挖揭露的地质情况与勘察报告中关于强、中等风化岩地层的地质年代、成因等宏观判断存在差异”，专家组确认本项目开挖范围内现场未见中风化地层，现场开挖后揭露地层及周边岩体露头如图4所示：(1) 开挖揭露地层从性状和颜色上看空间变异性大，局部片区为碎石包裹的大孤石，局部为碎块石堆积体，局部疑似破碎岩体，局部为紫红色、局部为褐黄色、局部为土黄、灰白等杂色；(2) 周边露头为碎、块石包裹的大孤石，孤石裂缝大而且多有碎屑岩土体填充，这些是岩体移动 (或滚动) 过程中撞击、变形和后期风化剥蚀后留下的痕迹，即此地层为堆积体；(3) 无论从开挖后揭露地层或周边岩体露头均可以判定此地场地的地层为堆积层，并非中风化地层，这些现场特征与钻孔揭露的岩芯形状完全吻合，也印证了前期的判断。



现场开挖揭露情况照片1



现场开挖揭露情况照片2



现场开挖揭露情况照片3



现场开挖揭露情况照片4



场地周边露头照片5

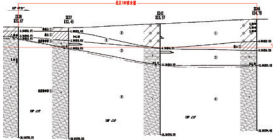


场地周边露头照片照片6

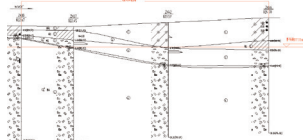
> 图4 现场开挖后及周边露头照片

勘察单位根据现场开挖情况、后期补充勘察和专家咨询意见对前期详细勘察成果进行了修正，修正后的岩土层判定结果为：场区表层分布第四系松散堆积层 (Q_4^{ml}) 及第四系残坡堆积层

(Q_4^{dl})，补钻孔(补-ZK1(60.40米)、补-ZK2(60.20米))揭露原报告中第④层中风化泥质粉砂岩定名更改为第④层块石，钻孔深度60.40米，均未揭穿该层，修改前后的典型地质剖面如图5、图6所示。修改后第③、第④层的岩土物理力学指标差于修改前，地层判断正确以后，边坡及基础设计有的放矢地优化了设计，确保质量和安全，减少了不必要的浪费，同时规避了风险。



> 图5 详细勘察报告中典型地质剖面



> 图6 调整后的典型地质剖面

三、岩土层成因误判造成的影响

从上述勘察文件施工图审查的实践中可以看出，岩土层成

因很大程度上决定着岩土体的工程特性和物理力学指标，其主要影响如下：(1)对岩土体定名(定性)的影响，如本项目第四系残坡堆积层被误判为强~中风化泥质粉砂岩，二者性质差异巨大。(2)对岩土体物理力学指标和地基基础设计方案的影响，如本项目同一岩性的第四系残坡堆积层力学指标必定远低于强~中风化岩层，判定前后物理力学指标变化情况如表1所示，两类岩土体性质差异过大，导致基础设计方案和边坡设计方案做出重大调整。(3)对项目安全、质量和投资的影响，岩土体成因判定错误可能导致项目安全质量出现很大的不确定性，给项目留下难以弥补的安全隐患。如果误判的地层性质更差，则设计偏于安全，造成投资浪费；若误判的地层性质更好(如本项目)，则设计偏于不安全，后期易出现质量安全事故，若能及时发现并进行整改，则可避免安全质量事故的发生，但是会造成前期投资概算偏低，项目实施过程中投资超概等问题。

表1 本项目地层成因修正前后物理力学指标变化一览表

土层编号	调整前土层名称	调整后土层名称	天然重度 γ (kN/m ³)	天然重度 γ (kN/m ³)	调整前固结快剪		调整后固结快剪	
					C_{cq} (kPa)	Φ_{cq} (°)	C_{cq} (kPa)	Φ_{cq} (°)
③	强风化泥质粉砂岩	碎石	19.9	19.7	46.30	18.58	12.0*	24.0*
④	中风化泥质粉砂岩	块石	25*	22.0*	80*	35*	15*	28*

四、如何避免类似问题的发生

为避免类似问题的发生可按以下思路开展勘察工作：勘察前应通过现状和历史卫星图、现场踏勘、无人机拍照等方式对周边地形地貌的现状和过去，岩土体露头进行认真分析和研判，同时收集区域地质资料和邻近项目勘察资料，对此区域和场地有个全面的掌握，对岩土体成因和类别有个初判，在此基础上编制有针对性的勘察大纲。勘察过程中对岩芯性状进行认真记录并和前期初判结果进行对比分析，若与前期初判结果存在较大差异应结合原位测试、室内试验等手段进一步调查研究确定岩土层成因和类别，对特别复杂的情况，现场编录人员难以判定的宜组织本单位或外单位专家进行现场专项研判。技术人员在整理原始资料编制报告过程中若发现地层分布或指标异常应反向查实现场资料，必要时到现场进行核实。施工图审查过程中，审查人员不能简单的读报告、看图件，而应在全面掌握此区域、场地、岩土体性状和与拟建项目相关的主要岩土工程问题的基础上对勘察报告进行审查，审查过程中应重视地形地貌、岩芯、现场照片等影像资料，重视对岩土层成因的把控，发现报告中与此区域、场地不符的问题时应追本溯源，弄清楚每个问题，把好质量关。开挖、验槽等施工过程中，勘察、施工和监理等相关参建单位应对开挖揭露的地质情况与勘察资料是否吻合，若不吻合应进行现场研判，找出差异原因，并分析其对工程建设的影响，及时处理，不能隐瞒不报，把隐患埋于地下，给工程留下难以弥补的安全隐患。

五、结论和建议

(1)岩土层成因和类别误判对地层定名、物理力学指标的取值有直接影响，进而影响项目的安全、质量和投资，故应引起重视。

(2)岩土层成因很大程度上决定着岩土体的性质和物理力学指标，勘察编录和定名过程中不能都简单的交给现场描述员根据个人经验通过岩芯去判定；对复杂场地、复杂地基应查阅临近相关勘察地质资料并结合场地附近露头和开挖揭露地层情况，去伪存真综合判定；对特别复杂的情况，现场工作人员难以判定的宜组织专家进行现场研判。

(3)钻探和施工过程中发现异常情况应认真研判，如出现大面积异常情况应思考岩土体的成因与类别判定是否合理，避免将隐患埋于地下，给工程留下安全隐患。

(4)报告编制过程中发现地层分布或指标异常应反向查实现场资料，必要时到现场进行核实。

(5)施工图审查过程中不能简单的读报告、看图件，而应在全面掌握此区域、场地、岩土体性状和拟建项目相关的主要岩土工程问题的基础上对勘察报告进行审查，审查过程中应重视地形地貌、岩芯、现场照片等影像资料，重视对岩土层成因和类别的把控。

参考文献

- [1] 房屋建筑和市政工程设计质量通病防治措施技术手册[S]. 北京：中国建筑工业出版社，2021.
- [2] 岩土工程勘察规范(GB 50021-2001)[S]. 北京：中国建筑工业出版社，2009.
- [3] 工程勘察通用规范(GB 55017-2021)[S]. 北京：中国建筑工业出版社，2021.
- [4] 房屋建筑和市政基础设施工程勘察文件编制深度规定(2020年版)[S]. 北京：中国建筑工业出版社，2020.
- [5] 岩土工程勘察文件 技术审查要点(2020版)[S]. 北京：中国建筑工业出版社，2020.
- [6] 何辉祥，蔡长发. 岩土工程勘察质量的提高管控方法探讨[J]. 四川地质学报，2021, 41(4), 682-687.
- [7] 周宇航. 金沙江巧家段第四纪堆积体发育特征及其工程效应研究[D]. 成都理工大学，2021.

LKJ 车载数据无线换装系统安全设计

闫龙¹, 尹亮¹, 赵志宽²

1. 国能新朔铁路有限责任公司机务分公司, 内蒙古 鄂尔多斯 010300

2. 河南思维自动化设备股份有限公司, 河南 郑州 450001

摘 要 : 按照《GB/T 22239-2019 信息安全技术 网络安全等级保护基本要求》以及铁路轨道交通等相关标准要求, 科学合理评估 LKJ 系统合规差距和安全风险, 协助其合理确定安全保护措施, 在此基础上科学规划设计一整套完整的安全体系, 充分发挥国密安全技术与产品、工业控制系统安全防护产品和服务的优势, 为 LKJ 车载数据无线换装系统提供全方位、多层次的深度防护, 建设基于 LKJ 车载数据无线换装系统纵深防御的一体化防御体系, 全面提升系统的自身免疫能力, 确保支撑列车运行安全的信息基础设施和重要设备安全运行的必然要求。

关 键 词 : 列车运行监控装置; 无线换装; 车载数据; 系统安全; 国密; 安全防护

Safety Design of LKJ Vehicle Data Wireless Replacement System

Yan Long¹, Yin Liang¹, Zhao Zhikuan²

1.China Energy Xinshuo Railway Co., Ltd. Locomotive Branch, Ordos, Inner Mongolia 010300

2.Henan Thinking Automation Equipment Co., Ltd. Zhengzhou, Henan 450001

Abstract : The safety design of the LKJ onboard data wireless replacement system follows the basic requirements of GB/T 22239-2019 Information Security Technology Network Security Level Protection and relevant standards for railway rail transit. It scientifically and reasonably evaluates the compliance gap and safety risks of the LKJ system, assists it in determining reasonable security protection measures, and based on this, scientifically plans and designs a complete set of security systems, fully leveraging national security technology and products The advantages of industrial control system security protection products and services provide comprehensive and multi-level deep protection for the LKJ onboard data wireless replacement system. Building an integrated defense system based on the LKJ onboard data wireless replacement system's deep defense, comprehensively enhancing the system's self immunity, and ensuring the necessary requirements for the safe operation of information infrastructure and important equipment supporting train operation safety.

Keywords : LKJ; wireless replacemen; onboard data; system safety; national secrets; safety protection

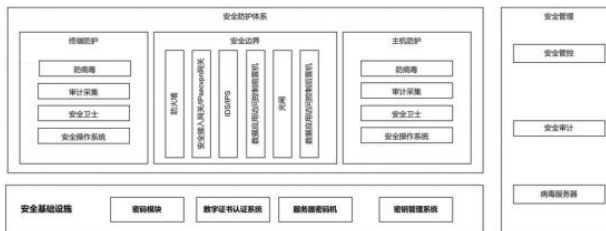
根据车载 LKJ 车载数据无线换装系统的业务特点、当前任务和未来发展需要, 结合国家网络安全等级保护相关要求, 制定针对性的系统安全设计方案^[1-2], 为 LKJ 车载数据无线换装系统, 构建国密安全应用、等级保护的安全监测、态势感知、边界安全防范、等技术手段对 LKJ 车载数据无线换装系统关键信息基础设施安全防护体系, 指导完成车载 LKJ 车载数据无线换装系统建设工作。

LKJ 系统整体安全防护技术方案主要包括: 国密安全防护体系设计、等级保护安全防护体系设计、安全监控与运维设计、车载操作系统安全加固、安全应急响应设计几部份组成。

一、安全体系系统架构

基于目前轨交行业中的现存安全风险及脆弱性, 结合车载 LKJ 系统的业务特点, 以国密技术为基础, 针对车载 LKJ 系统依据政策标准从不同的安全防护点入手, 结合“白名单”技术手段, 采用主动免疫系统防御机制, 提供基于业务模型和关键应用程序的可信体系^[3], 阻止非授权及不符合预期的网络访问或执行程序运行, 实现对车载 LKJ 系统互联边界安全、主机安全、行为操作安全等进行主动安全防御, 降低车载 LKJ 系统完整性及可用性被破坏的风险, 为车载 LKJ 系统网络打造一套安全闭环纵深防御体系。

作者简介: 闫龙 (1985.11-), 男, 汉族, 内蒙古包头土默特右旗人, 本科, 工程师, 研究方向: 铁路机车。



> 图1 安全防护体系架构

整体框架分别由安全防护体系、安全管理体系、安全基础设施三部分构成, 三套体系分别承担车载 LKJ 系统中的安全防护及安全管理能力。

（一）安全防护体系

安全防护体系分别由终端安全防护体系、边界安全防护体系^[4]、主机安全防护体系组成，其中终端安全防护体系，针对 LKJ 车载终端存在的安全风险通过安全操作系统、安全管控、安全模组等方式实现终端计算、网络的整体安全防护；边界安全防护由防火墙、安全接入网关、IDS/IPS 入侵检测等产品等构建，实现安全边界的防护、授权访问、入侵防范等能力，提升整体网络的安全防御能力；主机防护由安全操作系统、安全管理组件、防病毒软件等构成实现对地面系统主机的计算环境的安全防护。

（二）安全管理体系

安全管理体系由安全管控、安全审计、防病毒等产品构成，为保障 LKJ 车载数据无线换装系统的安全、稳定运行。其中安全管控系统实现对 LKJ 系统的基本管理，涉及本系统内的软硬件资产管理、本系统内的人员管理、人员数字证书发放撤销等日常安全管理工作；安全管控系统通过制定、下发安全策略实现对主机、安全边界的安全管控^[4]；实时收集系统内设备的运行日志，实现对系统内设备的运行状态的检测，并对异常状态实时告警；安全审计实时收集系统内各个运行主体的运行日志，对系统的安全事件进行审计，确保系统内的主机、网络等运行主机的运行活动是授权许可的，并对非授权的活动实施告警。

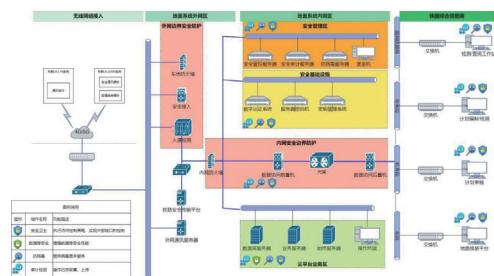
（三）安全基础设施

本方案是参照《LKJ 车载数据无线换装系统技术方案》和国标 GB/T22239-2019《信息技术信息系统安全等级保护基本要求》等相关要求设计，系统整体以身份鉴别构建基于策略的安全访问控制机制，并对访问行为进行入侵检测，实现了对整体系统的安全管控。安全基础设施是为整体系统提供基础安全服务，保障系统的基本安全运行。安全基础设施主要有密码模块、数字认证系统、服务器密码机、密钥管理系统等组成。其中密码模块和数字认证系统为 LKJ 车载终端、地面系统主机、堡垒机等提供双因素认证，保证合法、授权用户访问系统^[5]；为 LKJ 车载终端网络传输提供数据加密服务；服务器密码机和密钥管理系统为系统提供商用密码加密基础服务和密钥保存服务，实现地面系统的数据安全传输与存储，为整个系统的安全提供基础保障。

二、安全体系部署

（一）安全架构

针对 LKJ 车载数据无线换装系统的系统架构，结合本方案的安全技术体系架构，形成了 LKJ 车载数据无线换装系统安全体系的部署架构，如图所示：



> 图2 安全架构图

LKJ 车载数据无线换装系统整体可分为无线区域、地面系统区域、内网业务区。针对地面系统，基于安全防护要求^[6]，形成了5个子分区，分别是外网边界安全防护、内网边界安全防护、安全管理区、安全基础设施、云平台业务区。

（二）外网边界安全防护

主要是针对无线接入的外部网络攻击。其组成由防火墙、安全接入、入侵检测等系统组成。防火墙实现对非授权设备网络访问的阻断，入侵检测实现对网络攻击行为的检测和阻断，防火墙和入侵检测结合是实现了非授权设备和违规行为的阻断。安全接入构建了 LKJ 车载终端与地面系统的安全通讯链路，实现数据的安全传输，防止业务数据泄露。

（三）内网边界安全防护

主要针对内部网络设备对地面系统的网络攻击以及地面系统对内部网络的攻击。为了保障了系统的可靠性，因此采用了负载均衡设计。与外部边界安全防护相似，内网边界防护系统继续采用防火墙和入侵检测系统实现对内网、地面系统相互的网络攻击行为的阻断。针对地面系统与内网平台进行数据交换存在的安全风险，提供数据应用访问控制系统，实现不同网络之间数据传输单向，防止通过隐通道的安全风险，同时数据应用代理实现了协议剥离和协议分析功能，杜绝了网络传输过程中的协议攻击行为，避免了诸如 sql 注入攻击等隐蔽攻击行为，极大的保障了数据传输的安全。

（四）安全管理区

主要实现地面系统的运行体系进行管理，保障高效、安全、可靠、稳定的业务运行环境^[7]。安全管理基于三权分立原则设计，通过事前策略规划、事中访问控制、事后安全审计的面向业务的全链条的安全管控。

（五）安全基础设施

主要为系统提供基础的安全防护，包含身份认证、身份鉴别、数据加密、密码保存等安全服务和业务系统，用于为安全防护提供基础的身份鉴别以及安全管理提供基本的认证、加解密服务等。

三、安全平台

安全防护体系分别由边界安全防护、主机安全防护组成，实现对 LKJ 车载数据无线换装系统的整体安全防护。

（一）边界安全防护

边界安全防护分为内网边界防护和外网边界安全防护两部分组成。内网边界防护主要是地面系统连接铁路系统内部业务网络的部分，实现内部业务系统与地面系统之间的数据交互的安全防护；外部边界防护主要为地面系统与 LKJ 车载系统通过无线网络的数据通讯提供安全保障。内部边界防护和外部边界防护都遵守等级保护要求由防火墙、入侵检测、安全接入、数据交换平台等构成，具备边界防护、访问控制、入侵检测、病毒防护等基基本功能，同时边界防护系统纳入统一的安全管理。

（二）主机安全防护

主机安全防护系统主要针对地面运行系统中运行的主机以及

LKJ 车载终端系统存在的 安全风险，通过安全加固和安全管控或者安全卫士实施，保障主机或者终端的运行环境安全、可信、可控。主机安全防护系统主要由安全加固或者安全操作系统、安全管控或者安全卫士、防病毒软件、数据库安全组件等部分组成。

系统安全加固 / 安全操作系统，实现主机的可信度量，防止恶意代码或者非法应用使用。 避免系统受到未知病毒或代码的攻击，保证系统的运行安全。

安全管控 / 安全卫士，通过安全监管平台下发的安全策略实现主机或终端的安全管控。防止非授权的软硬件端口被访问（例如 Usb 口、串口、蓝牙、Wifi 等）。

防病毒软件实时监控系统内运行环境是否存在病毒软件或者类似病毒的攻击行为，确保系统的运行的稳定、安全。

数据库安全组件实现对数据库安全管控，确定授权用户受控访问数据，并对数据库访问行为进行安全审计。

四、安全管理

安全管理区。主要实现地面系统的运行体系进行管理，保障高效、安全、可靠、稳定的业务运行环境。安全管理平台主要由安全管控系统、安全审计审计系统、防病毒系统组成^[8]，实现对地面系统所有的设备运行维护和管理。

（一）安全管控系统

安全管控系统实现对系统内运行的设备以及使用者进行监控、管理。安全管理系统基于安全策略规则实现对管控主体的管控，针对不同的业务需求，为不同的网络设备和用户制定不同的安全策略，并下发给终端安全管控组件或者安全卫士，并实时监控策略执行情况。

（二）安全审计系统

安全审计实时收集系统内各个运行主体的运行日志，对系统的安全事件进行审计，确保系统内的主机、网络等运行主机的运行活动是授权许可的，并对非授权的活动实施告警。

（三）防病毒系统

针对本系统中安全计算环境面临病毒及恶意软件攻击的安全风险，由反病毒系统提供了全方位的信息安全保护，可以有效地保护企业系统的安全和稳定运行。

五、安全设施

安全基础设施主要为系统提供基础的安全防护，包含身份认证、身份鉴别、数据加密、密码保存等安全服务和业务系统，用于为安全防护提供基础的身份鉴别以及安全管理提供基本的认证、加解密服务等。

（一）数字认证系统

数字证书认证系统（certificate authority system，简称：CA），是 PKI/CA 应用基础产品，为生命周期内的数字证书进行全过程的管理。通过为业务系统的用户或设备签发数字证书，有效解决网络应用数据传输的安全性问题、数据的完整性问题、

身份认证问题和防抵赖问题，为网络应用提供完善的安全保障。产品可广泛应用于电子政务、电子商务、云计算、金融、物联网等对 PKI 技术有强需求的领域。该产品采用我国密码行业标准定义的“双证书 + 双中心”建设机制，双证书指签名证书和加密证书，双中心指密钥管理中心和数字认证中心。其中数字认证中心由数字证书注册系统、数字证书签发系统、在线证书查询系统、证书目录服务系统四个子系统组成。密钥管理中心和数字证书认证中心都需要依赖服务器密码机提供的密码服务。

（二）服务器密码机

密码机能够适用于各类密码安全应用系统进行高速的、多任务并行处理的密码运算，可以满足应用系统数据的签名 / 验证、加密 / 解密的要求，保证传输信息的机密性、完整性和有效性，同时提供安全、完善的密钥管理机制。

密码应用系统通过调用密码机提供的标准 API 函数来使用密码机的服务，密码机 API 与密码机之间的调用过程对上层应用透明，应用开发商能够快速的使用密码机所提供的安全功能。密码机 API 接口符合《密码设备应用接口规范（GM/T0018-2012）》标准接口规范，通用性好，能够平滑接入各种系统平台，满足大多数应用系统的要求，在应用系统安全方面具有广泛的应用前景。

（三）密钥管理系统

密钥管理系统提供对生命周期内的加密证书密钥对进行全过程管理的功能，包括密钥的生成、分发、存储、更新、归档、撤销、备份、恢复和销毁等，提供基于数字证书的身份认证及完善的安全审计等功能，为用户创建安全便捷的密钥使用环境。

密钥管理系统是国家密码管理局鉴定通过的密码算法和硬件密码加密设备，遵循国家密码管理局发布的 GM-T 0034-2014《基于 SM2 密码算法的证书认证系统密码及其相关安全技术规范》等标准规范的要求，与数字证书认证系统共同在 PKI 应用领域提供技术和策略方面的安全保障。

六、安全辅助工具

针对系统实施运维过程中存在的问题，提供两组安全套件，用于升级和运维服务。

（一）产线证书烧写工具

针对 LKJ 车载数据无线换装系统，承载密码服务的载体（安全芯片、安全模组）通常和 LKJ 车载数据无线换装系统办卡继承在一起。传统的针对密码服务载体的发证方式是面向密码服务的载体（例如 Usbkey、TFkey 等）直接插入发证终端，即可完成证书的方法^[10]。本系统中密码服务载体集成到 LKJ 车机系统中，原有的密码模块的接口以及那个封装在 LKJ 车机系统内部，除非拆卸，否则无法采用原有的方法发放证书。

根据 LKJ 车机系统，开发产线证书烧写工具，部署在产线专用 PC 机，通过 LKJ 车机板卡连接车载板卡上的安全芯片，访问发证接口服务为设备申请签发设备证书。为第三方集成，可供 SDK 形态。

（二）国密中间件

针对 LJK 车载数据无线换装系统中存在基于 WEB 形态的网络传输机制，针对 WEB 传输过程中存在的安全风险需要进行基于国密算法的加密改造。通常 WEB 应用的国密改造需要在服务端的算法、证书等改造，客户端浏览器也需要进行算法和证书等改造，有一定的工作量，且可能影响业务的发展。

针对已有、在建的 WEB 应用系统提供一种透明的国密改造。基于 Nginx 反向代理原理，实现对 WEB 应用的透明加密传输改造，数据通道支持国产密码算法，支持国密数字证书的双向认证，支持信创的国密浏览器。通过配置可实现 WEB 应用的安全传输，避免对 WEB 应用的改造。同时该组件支持同时可支持同时多 WEB 应用。

七、结束语

LKJ 车载数据无线换装系统建设不仅要满足网络安全等级保护 2.0 和《网络安全法》等安全合规性需求，还需要在铁路系统联动趋势加速、信息安全形势日益严峻的今天，充分保障 LKJ 系统业务和数据资产不受威胁^[9]。如何在 LKJ 系统建设之初就统筹规划好安全体系建设，使之既能满足等级保护要求，又能充分发挥安全技术体系的有效性，抵御新威胁，切实地解决安全问题，减少事故发生的概率，注定成为 LKJ 业务基础架构的必然要求和重点关注对象。

参考文献

[1] 何之煜, 李辉. LKJ 无线换装车地数据传输关键技术研究 [J]. 铁道通信信号, 2023, 59(5): 67-71.
HE Zhiyu, LI Hui. Research on Key Technologies of LKJ Remote Reloading Process Between Train and Ground [J]. Railway Signalling & Communication, 2023, 59(5): 67-71.
[2] 姜永富. 把握规律 化解风险 着力提升铁路通信本质安全水平 [J]. 铁道通信信号, 2023, 59(4): 1-6.
JIANG Yongfu. Grasp the Rules and Resolve Risks Strive to Improve the Intrinsic Safety Level of Railway Communication [J]. Railway Signalling & Communication, 2023, 59(4): 1-6.
[3] 曹玉. 深化安全基础建设 提升电务本质安全 服务铁路现代化高质量发展——2023 年全路电务重点工作 [J]. 铁道通信信号, 2023, 59(2): 1-5.
CAO Yu. Deepen the Safety Infrastructure Construction, Improve the Intrinsic Safety of Signaling Service, Serve the High-quality Development of Railway Modernization — the Key Work of Signaling Service of the Whole Railway in 2023 [J]. Railway Signalling & Communication, 2023, 59(2): 1-5.
[4] 叶永华. 提升 LKJ 数据管理水平的实践 [J]. 铁道通信信号, 2023, 59(1): 90-93.
YE Yonghua. Practice of Improving LKJ Data Management Level [J]. Railway Signalling & Communication, 2023, 59(1): 90-93.
[5] 陈庆华, 何镭强, 牛勤, 等. LKJ 车载数据无线换装功能实现 [J]. 铁道通信信号, 2020, 56(12): 6-9, 13.
CHEN Qinghua, HE Lei-qiang, NIU Qin, et al. Realization of LKJ Onboard Data Replacement via Wireless Transmission [J]. Railway Signalling & Communication, 2020, 56(12): 6-9, 13.
[6] 郑理华, 李一楠, 阳亦斌. LKJ 车载数据无线远程换装系统设计 [J]. 铁道运输与经济, 2018, 40(9): 51-56.
ZHEN Lihua, LI Yinan, YANG Yibin. A Design of LKJ Onboard Radio Remote Data Reloading System [J]. Railway Transport & Economy, 2018, 40(9): 51-56.
[7] 朱晓慧. 列车运行监控记录装置软件设计与实现 [J]. 信息通信, 2015(12): 282-283.
[8] 路峻崴, 王晓霞. 机车 LKJ 监控装置数据换装卡控管理信息系统 [J]. 科技创新与生产力, 2014(7): 97-99.
LU Junwei, WANG Xiaoxia. LKJ Locomotive Facelift Card Data Monitoring Device Control Management Information System [J]. Sci-tech Innovation and Productivity, 2014(7): 97-99.
[9] 迟学力. LKJ 车载基础数据换装方案探讨 [J]. 中国铁路, 2015(10): 51-53.
CHI Xueli. Discussion on Transform Plan of LKJ On-board Basic Data [J]. China Railway, 2015(10): 51-53.
[10] 刘晓虎. 基于无线网络技术实现 LKJ 车载数据的换装 [J]. 铁路计算机应用, 2012, 21(7): 52-54.
LIU Xiaohu. Implementation of on-board data replacement based on wireless network technology [J]. Railway Computer Application, 2012, 21(7): 52-54.

基于交通安全视角的公路路线规划与设计探讨

卢伟

国家林业和草原局西南调查规划院，云南 昆明 650000

摘要： 由于我国经济的快速发展，高速公路和普通公路的建设规模不断扩大，公路交通在国民经济和社会发展中的作用日益凸显。但是交通安全问题也日益引起广泛关注，据统计我国每年因交通事故造成的人员伤亡和经济损失数额巨大，交通安全已经成为影响国民生活质量和经济发展的重要因素。所以从交通安全视角出发探讨公路路线规划与设计，对于提高公路交通安全水平具有重要意义。

关键词： 交通安全视角；公路路线；规划与设计

Discussion on Highway Route Planning and Design Based on Traffic Safety Perspective

Lu Wei

Southwest Survey and Planning Institute, National Forestry and Grassland Administration, Kunming, Yunnan 650000

Abstract： Because of the rapid economic development of our country, the scale of construction of the highways and ordinary highways is continuously expanding, the role of the highway transportation in the national economy and social development is becoming more and more prominent. However, traffic safety issues have increasingly attracted widespread attention, according to statistics, China's annual traffic accidents caused by casualties and economic losses are huge, traffic safety has become an important factor affecting the quality of national life and economic development. Therefore, it is of great significance to discuss highway route planning and design from the perspective of traffic safety for improving highway traffic safety.

Keywords： traffic safety perspective; highway route; planning and design

引言

伴随着我国经济社会的快速发展，高速公路、国道等公路建设步伐不断加快，公路交通已经成为国民经济和社会发展的重要支撑。但是交通安全问题也日益凸显，交通事故频发，这就给人民群众的生命财产安全带来严重损失。公路路线规划与设计是保障交通安全的关键环节，如何在公路路线规划与设计充分考虑交通安全因素，降低交通事故发生率，提高公路交通安全性，已经成为当务之急。本文将从交通安全视角，探讨公路路线规划与设计的相关问题，期望为我国公路建设提供有益的借鉴。

一、交通安全与公路路线规划设计的关系

（一）交通安全的重要性

交通安全是保障人民群众生命财产安全、促进经济社会发展的重要前提。交通事故的发生不仅给受害者带来巨大的身心伤害，还可能导致巨大的经济损失和社会影响，基于此提高交通安全水平是我国公路建设的重要任务。交通安全涉及诸多因素，主要包括驾驶员素质、车辆状况、道路条件、交通环境等。其中公路路线规划与设计作为道路建设的基础环节，它对交通安全具有深远的影响。

（二）公路路线规划设计对交通安全的影响

公路路线规划设计是公路建设的基础和前提，其合理性直接

影响交通安全。第一合理的线形设计可以减少驾驶员的疲劳程度，降低事故风险。公路线形设计需要充分考虑地形、地质、气候等自然条件，以及交通需求、交通流量等社会因素，确保路线的平顺、稳定。第二合理的几何参数设计可以提高道路的通行能力，降低交通事故发生率。公路路线设计应该考虑道路几何参数，比如直线段长度、曲线半径、超高、加宽等，以满足不同车型、不同速度的行驶需求^[1]。

二、基于交通安全的公路路线规划原则

（一）顺应地形地貌

公路路线规划与设计应该充分考虑地形地貌因素，遵循地形

地貌的自然规律。其一在地形起伏较大的地区，应避免高填深挖，尽量减少对地表植被和地貌的破坏，降低工程成本和施工风险。其二要充分利用地形地貌条件，实现路线的平顺过渡，避免出现较大的起伏和曲折，降低行车风险。在设计过程中要充分考虑地形地貌对路线走向、线形、路基结构等方面的影响，以确保路线与地形地貌的和谐统一。

（二）考虑交通流量

交通流量是影响公路路线规划与设计的重要因素，所以在规划过程中要充分了解和预测各路段的交通流量，合理确定路线的规模和设计标准。第一要分析不同路段的交通流量特点，区分主次干道和城市、乡村道路，确定合理的车道数和路面宽度。第二考虑交通流量与线形、路基结构等因素的匹配，确保道路通行能力与交通需求相适应。第三关注交通流量的变化趋势，为公路改扩建和养护提供依据。第四要结合交通流量特点，合理设置交通标志和信号灯等设施，提高交通组织和管理的效率。

三、影响公路交通安全的因素

（一）路线几何设计

路线几何设计是公路设计的基础，主要包括路线的平曲线、纵曲线、横断面等设计要素。合理的路线几何设计需要充分考虑地形、地质、气候等自然条件，以及交通需求、设计速度、车道宽度等参数。若路线几何设计不合理，就会容易导致驾驶员视线受阻、视距不足，进而引发交通事故。除此路线几何设计中的平曲线半径、纵坡等参数设置不当，也可能导致车辆行驶稳定性降低，增加事故风险^[2]。

（二）视距与视线诱导

视距与视线诱导是保障公路交通安全的关键因素，视距包括停车视距、会车视距和超越视距。合理的视距设计可以确保驾驶者在行驶过程中能够及时发现前方障碍物，采取措施避免事故。视线诱导是指通过道路线形、标志、标线等设施，引导驾驶者正确判断道路方向和位置。视线诱导设施的设计应该充分考虑驾驶者的视觉特性，以此确保驾驶者在行驶过程中能够保持良好的视线。

（三）交通标志与标线

交通与标线是公路交通中的重要设施，主要用于指示道路方向、提醒驾驶员注意路况、规范交通行为。交通标志与标线的设计和设置是否合理直接关系到驾驶员的安全行车，举例来说，若交通标志与标线设计不合理，比如标志位置不当、标线磨损严重，可能导致驾驶员在行驶过程中无法及时获取道路信息，从而增加交通事故的风险。

（四）路面状况

路面状况对交通安全影响较大，具体来说良好的路面状况可以提高车辆行驶稳定性，减少事故发生。路面状况主要包括路面结构、材料、粗糙度、抗滑性等。在公路路线规划与设计过程中应该充分考虑以下因素：第一选择合适的路面结构，确保路面承载能力满足交通需求。第二采用耐磨损、抗滑性能好的路面材

料。第三定期对路面进行维护保养，保持路面状况良好。

四、基于交通安全的公路路线规划与设计策略

（一）合理设置弯道与坡度

1. 为了确保公路的行车安全，在进行公路路线规划与设计时需要对弯道半径、坡度等内容进行合理设置，从而降低交通事故的发生概率。其一在对公路进行设计时应该尽量避免设计曲线路段，同时还需要保证曲线路段的直线长度符合相关要求。其二在进行弯道半径设置时需要根据地形、地质条件等因素进行合理设置。若地形条件限制，无法保证公路的弯道半径满足要求时则可根据实际情况适当缩短弯道半径。同时还需要保证公路的直线长度满足相关要求，并确保直线长度符合相关规定^[3]。

2. 在进行公路路线规划与设计的过程中应该对路线中的弯道、坡度等内容进行合理设置，确保在车辆行驶过程中能够保证行车安全。第一根据相关要求对弯道半径进行合理设置，通常情况下弯道半径越大，则车辆在转弯过程中的行车安全性越高。在进行弯道半径设置时必须综合考虑公路周围的地形以及地质条件、经济发展情况等因素，并以安全、经济为主要原则确定。第二对于公路路线坡度的设置需要进行合理设置，因为如果坡度过大就会容易造成车辆行驶过程中发生侧滑、翻车等交通事故，严重影响车辆行驶安全。

（二）明确标识标线设置

1. 在公路路线设计过程中应当明确公路交通安全标识标线的设置，规范标志、标线和标牌等设施。其中道路交通安全标识标线是指在道路交通过程中，用于指示车辆行驶方向、指示车辆行驶速度和距离的设施。道路交通安全标识标线包括指示标志、警告标志、禁令标志、指路标志、减速标志、提示标志以及警告标牌等。在公路路线设计过程中需要设置上述这些标志牌，用以指示车辆行驶方向和距离，避免发生交通事故。除此公路路线设计过程中需要科学设置这些标志牌，以便在车辆行驶过程中及时提示司机，避免司机出现错误判断。

2. 在公路路线设计中标识标线的设置是影响公路交通安全的重要因素，明确标识标线的设置有利于提升道路交通安全。基于该点而言在对路线进行规划设计时必须明确交通标志、交通标线等相关内容。其一公路沿线需要设置多处标志、标线、标牌等设施，确保司机可以在公路上准确判断方向、速度、距离等信息，进而确保车辆能够按照规定的路线行驶。其二在标志设计中需要遵循一定的设计原则，比如公路标志应当明确指示方向和速度，若公路需要限速行驶，则需要设置限速标志；若公路有弯道、急弯或上坡路段，则应当设置减速标志等，在这些标识标线的设置中都必须保证符合相关规范与标准要求。

五、提高公路路线交通安全的措施

（一）加强路线规划的科学性

要加强公路路线规划的科学性就要了解交通安全的特点，充

了解不同道路环境对交通安全的影响,然后根据不同情况制定合理的路线规划方案。基于该点而言在制定公路路线规划方案时必须遵循安全性、舒适性、经济性的原则。具体而言,第一在公路建设前期要对项目进行深入细致地调查研究,对沿线地质条件、环境特点等进行充分掌握,同时要对周边交通状况进行详细调研和分析,避免路线设计中出现太多不利因素。第二在公路建设过程中要根据实际情况,按照技术标准和规范进行设计,使路线规划具有针对性和合理性。第三在建设完成后要对施工质量进行严格控制,保证公路建设达到预期目标^[4]。

（二）加强规划设计阶段的安全评估

在公路路线规划设计阶段应该加强对公路路线安全性的评估,避免因路线设计存在缺陷而引发交通事故。基于该点而言在公路路线规划设计时应该充分考虑公路安全设计的原则与要求,对其安全性进行科学评估。例如在进行公路建设时,应该对不同等级的公路进行安全评估,以高速公路为例,高速公路在进行规划设计时应该将安全设计理念融入到其中,从而保证高速公路的安全性。具体的设计要注重以下几个方面:第一在进行路线规划时应该根据道路交通实际情况,科学规划路线的线形设计,将交通量、环境因素等纳入其中。第二在进行路线设计时应该认真分析道路环境条件与交通状况等因素,并对车辆运行速度和行驶路径进行深入分析。第三应该将交通标志、标线等设施设置在可以控制车速和防止车辆进入危险区域的路段。第四应将安全设施融入到道路设计中,在公路规划设计时要根据实际情况将安全设施融入其中,提高交通安全性。

（三）优化路线设计方案

在设计公路路线时要重视公路沿线的地形地貌、环境、地质等因素,在满足公路交通安全要求的前提下尽量优化设计方案,举例来说,其一对于山区公路,就要根据实际情况对路线进行适当的调整。其二对于平原区公路,要注意做好与周边环境的协调,避免因地形变化对道路安全产生影响。除此设计人员在进行路线方案设计时要合理设置平曲线与竖曲线,使公路行驶过程中

保持平稳、连续。同时要加强公路的交通安全设施设计,比如减速带、交通标识等。

（四）提高交通参与者的安全意识

1. 对于交通参与者来说,自身的安全意识直接影响着公路交通安全的程度,因此必须要提高交通参与者的安全意识。第一在公路路线规划与设计工作中,工作人员必须要充分考虑到公路路线中存在的各种问题和缺陷,从而制定出具有针对性的解决方案。第二工作人员需要积极地对交通参与者进行安全意识教育,例如在对交通参与者进行道路交通安全宣传时,工作人员可以通过讲解一些典型的事故案例来让交通参与者认识到在公路路线中存在的各种问题和缺陷,从而在日常的出行中提高自身的安全意识。第三可以对交通参与者进行事故模拟体验,以此让交通参与者认识到公路路线中存在的问题和缺陷^[5]。

2. 交通参与者的安全意识对于公路交通安全有着至关重要的影响,所以必须要不断地提高交通参与者的安全意识,举例来说,可以通过电视、广播、网络等各种媒体来进行宣传,让每一位交通参与者都能够认识到交通安全的重要性,让每一位交通参与者都能够认识到在公路路线中的重要性,从而在日常的出行中提高自身的安全意识^[6-7]。除此可以开展各种形式多样的培训活动,来提高交通参与者的安全意识,例如可以定期举办一些模拟体验活动、组织一些讲座或者观看相关案例等。

六、总结

公路路线规划与设计是保障交通安全的关键环节,从交通安全视角出发,本文探讨了公路路线规划与设计的相关问题,提出了基于交通安全的公路路线规划原则、策略和措施。只有充分重视交通安全,加强路线规划的科学性,才能为我国公路建设提供安全、舒适的出行环境,促进国民经济的发展。在今后的公路建设中我们应该继续深入研究交通安全问题,不断提高公路路线规划与设计水平,为人民群众的安全出行保驾护航。

参考文献

- [1] 吴兴宇. 基于交通安全视角的道路设计思路[J]. 中文科技期刊数据库(全文版)工程技术, 2023.
- [2] 龚菁璐. 试论基于“交通与用地”互动视角下的人行天桥规划[J]. 城市周刊, 2022(52):16-18.
- [3] 聂雅心. 基于交通安全视角的城市道路植物景观研究[D]. 河南农业大学, 2022.
- [4] 蔡军, 宋振昂, 杨琪瑶. 交通个体与出行品质视角下的路网规划思考[J]. 城市环境设计, 2022(1):265-270.
- [5] 黄坤达, 朱旭东. 新中国道路交通安全管理体制的历史变迁与政策启示——基于历史制度主义视角的考察[J]. 内蒙古社会科学, 2022, 43(6):29-36.DOI:10.14137/j.cnki.issn1003-5281.2022.06.005.
- [6] 贺光辉. 老龄化社会视角下的城市道路人行系统优化设计[J]. 交通科技与管理, 2022(3):0043-0045.
- [7] 杨在兵, 丁灿, 李三超. 慢行交通理念视角下的城市道路交通规划设计要点[J]. 中文科技期刊数据库(全文版)工程技术, 2023(4):4.

公路路线通过林草资源保护区域的冲突与解决对策研究

桂云海

国家林业和草原局西南调查规划院，云南 昆明 650000

摘 要： 在公路建设迅猛发展的今天，公路路线必然要经过林草资源保护区域从而引发一系列矛盾，本文深度分析了这些冲突的多种表现方式，包括生态环境的破坏、资源利用的冲突和景观的破坏等并从规划、建设施工、管理监督等方面分析了冲突产生的原因。基于此有针对性的提出优化规划设计来提高施工和建设技术并健全管理和监督机制及强化生态补偿和恢复的解决措施，其目的是使公路建设和林草资源保护相和谐。

关 键 词： 公路路线；林草资源保护区域；冲突；解决对策

Conflicts and Solutions of Forest and Grass Resource Protection Area Through Highway Route

Gui Yunhai

Southwest Survey and Planning Institute, National Forestry and Grassland Administration, Kunming, Yunnan 650000

Abstract： Nowadays, with the rapid development of highway construction, the highway route must pass through the forest and grass resource protection area, which leads to a series of contradictions. This paper deeply analyzes the various manifestations of these conflicts, including the destruction of ecological environment, the conflict of resource utilization and the destruction of landscape, and analyzes the causes of the conflicts from the aspects of planning, construction, management and supervision. Based on this, the paper puts forward the solution measures to improve the construction and construction technology, improve the management and supervision mechanism and strengthen the ecological compensation and restoration, which aims to make the highway construction and forest and grass resource protection in harmony.

Keywords： highway route; forest and grass resources protection area; conflict; solution

引言

经济高速发展背景下公路建设方兴未艾给区域经济腾飞带来强劲动力，但必须清楚地看到林草资源保护区域是地球生态系统中的一个重要环节，其生态价值无法估量。在公路路线无可避免的经过这些地区的过程中一连串的矛盾渐渐显现，植被破坏、野生动物栖息地被破坏、水土流失等生态问题随之而来，土地和水资源利用之间的矛盾日益突出且景观受到更严重的破坏。这些矛盾不但对生态环境造成威胁，而且对公路建设可持续发展提出严峻的挑战，所以深入研究和寻求有效解决对策迫在眉睫，对实现公路建设和林草资源保护协调共生起着关键作用。

一、研究背景与意义

（一）公路建设的快速发展及其对区域经济的推动作用

公路作为交通运输中重要的基础设施在近几年得到了快速的发展，其对地区间人员流动和物资流通有很大推动作用并且对经济迅速发展有强大支持。同时便利的公路交通网络利于增强区域间经济联系，在促进产业发展的同时增强区域竞争力。

（二）林草资源保护区域的重要生态功能和保护价值

林草资源保护区域在生态功能中起着关键作用，森林与草原对水土保持起到了至关重要的作用，可以有效地降低水土流失的程度并维护土壤肥力。这些地方为大量的野生生物提供了栖息地，对于保护生物的多样性起到了不可或缺的作用；同时林草资源具有调节气候、吸收二氧化碳、排放氧气等多种功能，在改善

区域气候环境方面发挥着重要的作用^[1]。

（三）公路路线通过林草资源保护区域所带来的冲突日益凸显，研究其解决对策的紧迫性和重要性

随着公路的发展越来越多的公路路线经过林草资源保护区域，由此引发许多矛盾；生态环境的破坏与资源利用之间产生了矛盾和景观的冲击。这些矛盾既威胁着林草资源保护又给公路建设可持续发展提出了挑战，所以对这些矛盾的化解对策进行研究，有着极其迫切的现实意义与重大长远价值。

二、林草资源保护区域概述

（一）林草资源保护区域的类型与分布

林草资源的保护区域种类繁多，主要有自然保护区、森林公

作者简介：桂云海（1982.01—），男，汉族，上海人，本科，高级工程师，研究方向：公路路线。

园和草原保护区，它们在我国山区、丘陵和草原上分布很广，并且覆盖着各种生态系统与地理环境。如中国西南地区森林资源丰富，其自然保护区较多，而北方草原地区草原保护区数量较多。

（二）林草资源保护区的生态功能

1. 水土保持功能

森林和草原根系可以固住土壤并减轻雨水冲刷。同时植被覆盖也能减少地表水流速度、提高土壤入渗能力，进而有效防治水土流失，以便能够保护土地资源与水资源。

2. 生物多样性保护功能

林草资源保护区是许多野生动植物栖居和繁殖的地方。丰富的植被类型与复杂的生态环境给各类生物以食物来源与生存空间，也是保持生物多样性的主要依据。

3. 气候调节功能

森林在光合作用中吸收二氧化碳并放出氧气的过程中，也对温度、湿度和降水等气候要素起着调节作用。与此同时草原还能起到调节局部气候以此来帮助保持区域气候稳定的作用。

三、公路路线通过林草资源保护区的冲突表现

（一）生态环境破坏

1. 植被破坏

在公路建设中开挖路基、填方及其他工程活动必然会对大量植被造成损害。并且在施工区域内采伐树木和铲除草地不仅会直接降低林草资源面积而且会损害生态系统稳定性。

2. 野生动物栖息地破坏与干扰

公路的建成把本来是持续存在的栖息地划分成了小块，使野生动物活动范围受到了限制。与此同时施工期噪音、震动及车辆行驶所发出的声音也会干扰野生动物，从而影响其取食、繁殖及迁徙行为^[2]。

3. 水土流失与土壤侵蚀加剧

受植被破坏或土地扰动等因素影响使土壤抗侵蚀能力降低，并且在雨水冲刷作用下水土流失、土壤侵蚀等问题日益严重。这样既造成土地肥力的降低又可诱发河道淤积、洪涝灾害及其他次生灾害。

（二）资源利用冲突

1. 土地资源占用

公路建设需占用大量土地，在林草资源保护范围内土地资源通常具有较大生态价值。同时修建公路使这些土地不再能发挥其原有生态功能，从而引发了土地资源利用矛盾。

2. 水资源竞争

公路在建设及运行期间要耗费一定数量的水，例如施工用水、道路养护用水等等。这有可能与林草资源保护地区植被生长和野生动物生存所需水资源发生竞争，从而影响地区水资源平衡。

（三）景观破坏与视觉污染

1. 自然景观破坏

公路的修建使原来自然景观格局发生变化，森林之美、草原之辽阔感受到破坏。同时部分开山辟路工程有破坏山体形态、影响自然景观完整性之嫌。

2. 视觉污染

道路上车辆、交通标志、路灯及其他设施及建设期间临时建筑物都可能给林草资源保护范围内的景观带来视觉污染，从而影响旅游者及周围居民观赏自然景观的感受。

四、冲突产生的原因分析

（一）规划层面的原因

1. 公路建设规划与林草资源保护规划缺乏有效衔接

规划编制时公路建设部门与林草资源保护部门沟通协调不到位，造成公路路线选择未充分考虑林草资源保护区生态功能及保护要求；并且两方案相互独立，整体性、协同性不强。

2. 规划前瞻性不足

一些公路建设规划对未来交通流量增长及区域发展需求预测不足致使公路建成不久即需扩建或者改建，这进一步加重了林草资源保护范围内的冲击。与此同时生态环境变化预测精度不高，没有事先采取有效防护措施。

（二）建设与施工层面的原因

1. 施工技术与方法不当

部分施工单位在进行公路建设时使用了传统的技术与方式，并未充分考虑到生态环境的保护问题。如爆破作业中未采取有效控制措施给周围植被及野生动物带来很大危害^[3]。

2. 环保意识淡薄

一些施工人员及管理人员环保意识淡薄，在施工期建筑垃圾乱扔乱放，并且将污水乱排乱放，给林草资源保护范围内的生态环境带来污染与损害。

（三）管理与监督层面的原因

1. 管理体制不完善

当前针对公路建设穿越林草资源保护地区管理体制不健全，出现了权责不清、权力交叉的现象。各部门在进行管理时没有有效协调机制而造成管理效率不高，所以不能及时有效解决矛盾。

2. 监督机制不健全

公路建设期间生态环境保护监督机制不够完善、监督标准不严以及监督手段不得力等现象层出不穷。有关部门对于施工单位环境行为的监管力度不强，使一些损害生态环境的现象没有得到及时的制止与处罚。

五、解决公路路线通过林草资源保护区冲突的对策

（一）优化规划设计

1. 加强公路建设规划与林草资源保护规划的协同

搭建常态化跨部门沟通协调平台如定期举办联合规划会议等，在规划的初始阶段公路建设部门应当积极地从林草资源保护部门获取关于区域生态的详尽资料，这包括了动植物的分布情况和生态敏感点的相关信息。为了生态保护，林草资源保护部门应当积极地参与公路路线的初步规划和研讨，并从生态保护的视角给出专业的建议；同时对可能通过保护区内的地段，联合开展实地勘察与评

价,在充分考虑交通需求、生态保护要求及工程可行性后拟定最佳路线方案。另外在进行规划时我们还需要明确生态保护的详细步骤和职责划分,以确保每项任务都得到有效执行。

2. 提高规划的前瞻性和科学性

通过整合先进的地理信息系统(GIS)和大数据分析技术,我们能够对公路建设区域的地理环境、生态系统以及未来的交通流量进行精确的模拟和预测。通过构建交通需求预测模型并考虑区域经济发展规划及人口增长趋势等因素,对公路建设规模及技术标准进行合理设置以避免出现过度建设或者建设不到位等问题。在生态环境预测中应用生态模型能够分析公路建设对生态系统可能产生的长远影响,例如改变了物种迁徙路径和生态群落演替;在此基础上根据这些预测结果事先制定了相关生态保护与恢复策略,例如预留生态廊道位置及宽度、规划野生动物通道以保障公路建设和生态环境协调发展。

(二) 改进建设与施工技术

1. 采用生态友好型施工技术

为了减少对周围植被和山体结构的损害,我们应当广泛采纳微创施工方法,例如使用非爆破的岩石破碎工具来进行山体的挖掘。在路基施工时应用生态挡土墙取代传统硬质挡土墙不仅保证了路基的稳定性,而且利于植被生长与生态系统连通;同时在边坡防护方面应将植物护坡和工程护坡结合起来,通过植物根系固土作用在美化环境的同时加强边坡稳定性。另外探索将新型环保材料运用到公路建设当中来降低环境污染与资源消耗^[4]。

2. 加强施工过程中的环保管理

建立完善施工环保管理手册、明确施工期环保要求及操作规程,施工之前所有施工人员都接受了环保培训以增强其环保意识与责任感。同时建立施工现场环境监测体系,定期开展空气质量、水质和噪声等各项环境指标监测,在发现环境问题及时进行处理。在此基础上要加强施工机械设备保养与管理,保证其尾气排放及噪声达到环保标准;并合理地安排施工时间与顺序,尽可能避开野生动物繁殖期与迁徙期的敏感时期开展大规模的施工活动。另外对建设期间产生的建筑垃圾、废弃物要分类收集和分类处置,可循环使用的要循环使用,无法循环使用的要按环保要求妥善处理。

(三) 完善管理与监督机制

1. 健全管理体制

明确了公路建设部门,林草资源保护部门等有关部门对公路建设穿越林草资源保护区域时的管理责任与权限。通过建立细致的管理流程及工作规范以保证项目审批、施工监管及竣工验收过程中各个部门能紧密配合、协同推进。同时要搭建信息共享平台,使部门间有关项目进展和生态环境监测数据实时共享;并且在强化管理部门人员培训与考核的同时提升他们的业务能力与管理水平,来保障管理工作高效进行。

2. 加强监督执法

建立健全公路建设项目生态环境监督执法体系、专业监督执法人员、先进监测设备等。通过建立严格监督执法标准与流程,明确各种环境违法行为处罚办法;同时要强化公路建设项目全过程监管,从建设准备阶段生态保护方案审查、施工期现场巡查、竣工验收阶段生

态环境评估等环节入手来保障各项生态保护措施切实实施。在此基础上还要强化环境违法行为查处,在公开处理具有警示作用的典型案件时严肃依法处理违规施工单位;另外要鼓励群众参与监督、设立举报电话、设立奖励机制等方式来发挥社会监督作用。

(四) 加强生态补偿与修复

1. 建立生态补偿机制

建立科学合理的生态补偿标准计算方法要充分考虑公路建设引起林草资源保护区域生态服务功能损失、土地占用价值和生态修复成本。生态补偿基金的设立要求公路建设单位应按规定的标准支付款项,具体用于生态补偿与恢复;同时厘清生态补偿方式与路径可包括资金补偿、实物补偿与技术补偿,如对本地社区的生态产业扶持资金有助于生态友好型产业的发展;对保护区域进行生态修复,提供必要的种苗、装备和其他实物支撑;对生态保护技术进行培训与普及以增强当地居民及有关部门生态保护能力。另外建立生态补偿效果评价机制,并定期评价与调整补偿执行情况以保证补偿机制有效与持续^[5]。

2. 推进生态修复工程

公路建成后随即开始生态修复工程,针对不同生态破坏类型及程度制定有针对性修复方案。对植被破坏区域采取适地适树适草原则植树造林种草,筛选当地乡土物种以增加植被恢复成功率及生态适应性;同时加强修复区域养护与管理来保障植被正常生长发育。对野生动物栖息地受损地区要采取修复栖息地自然环境,建立人工巢穴与饮水点来促进野生动物回迁与繁殖;对其进行生态监测与评价来了解生态修复进展与成效,并依据监测结果对修复措施进行调整,以保证生态系统逐渐恢复至与原水平相近。另外强调生态修复工程和周围自然景观相协调,做到生态和景观相统一。

六、结语

公路路线穿越林草资源保护区域引发的矛盾是个复杂问题,必须在规划、建设施工、管理监督和生态补偿几个方面综合采取措施解决。从优化规划设计、提高施工和建设技术、健全管理和监督机制、强化生态补偿和恢复等方面可以使公路建设和林草资源保护相协调,它不仅满足了经济社会发展对于公路交通的要求,同时也保护了林草资源所具有的生态功能与价值。在今后的发展过程中要不断加大研究与实践力度,积极探索更科学、更高效的解决措施来助力于可持续发展。

参考文献

- [1] 杜爱国. 洮河国家级自然保护区林草资源可持续发展策略[J]. 南方农业, 2022, 16(22): 80-82+86.
- [2] 郭金妹. 德钦县林草资源保护与利用存在的问题及对策[J]. 农村科学实验, 2024, (15): 46-48.
- [3] 钟立臣. 新时期林草资源保护中的护林护草防火技术[J]. 农村科学实验, 2024, (15): 139-141.
- [4] 耿国彪. 打好保护林草资源执法监管的“组合拳”[J]. 绿色中国, 2024, (15): 28-32.
- [5] 丛艳臣. 深化林草资源保护筑牢京津冀发展绿色屏障[J]. 绿色中国, 2024, (15): 68-71.

水文地质勘察在工程建设中的关键作用

苏宇超

山西省煤炭地质一一四勘查院有限公司, 山西 长治 046000

摘要： 本文对水文地质勘察在工程建设中的重要作用进行了深入的论述。首先阐述了水文地质勘察的概念、方法及重要作用, 指出水文地质勘察在工程选址、设计、施工和运行各阶段都具有不可替代的作用。在此基础上, 指出水文地质勘察对工程稳定、安全和耐久性的影响是十分重要的, 然后, 提出加强水文地质勘察工作的对策与建议, 以期提高工程质量与效益。

关键词： 水文地质勘察; 工程施工; 地下水; 岩土体; 稳定; 安全

The Key Role of Hydrogeological Survey in Engineering Construction

Su Yuchao

Shanxi Provincial Coal Geology 114 Prospecting Institute Co., Ltd. Changzhi, Shanxi 046000

Abstract： This article provides an in-depth discussion on the important role of hydrogeological exploration in engineering construction. Firstly, the concept, methods, and important role of hydrogeological survey were elaborated, pointing out that hydrogeological survey plays an irreplaceable role in various stages of engineering site selection, design, construction, and operation. On this basis, it is pointed out that hydrogeological exploration has a very important impact on the stability, safety, and durability of engineering. Then, countermeasures and suggestions are proposed to strengthen hydrogeological exploration work in order to improve the quality and efficiency of engineering.

Keywords： hydrogeological survey; engineering construction; groundwater; rock and soil mass; stable; security

引言

水文地质勘察是工程建设中的重要基础工作, 随着工程建设规模的不断扩大, 技术水平的不断提高, 准确把握水文地质条件就显得尤为重要。水文地质条件不仅对工程选址、设计、施工有直接的影响, 而且对建成后的运行安全及使用寿命有重要影响。工程建设涉及复杂地质环境, 地下水是重要的地质环境影响因素之一, 地下水的分布、运移规律及其与岩土体的相互作用对工程的稳定、安全及耐久具有重要影响。因此, 对该工程开展全面系统的水文地质勘察, 掌握其水文地质特征, 是保证工程顺利实施与长期稳定运行的关键。

一、水文地质勘察的概念与方法

(一) 水文地质勘察的概念

水文地质勘察是为了查明某一区域的水文地质情况而开展的一项调查研究工作。研究成果可为工程建设、水资源开发和环境保护提供科学依据^[1]。

(二) 水文地质勘察的方法

1. 地质测绘

在水文地质勘察中, 地质测绘是一种最基本的方法, 通过现场勘察, 可以直观地了解工程区域的地形地貌特征和地下水之间的潜在关系。通过绘制详细的地质剖面图, 为进一步的勘探工作提供了初步的指示, 并可推测出地下水的形成条件、可能的分布范围和大致的发展趋势。

2. 水文地质钻探

水文地质钻孔技术可以深入到地下, 获取重要的信息。通过钻孔取芯, 可对地层结构进行分析。同时对地下水位、水量和水质参数进行精确测量。研究成果可为工程设计提供具体数据支撑, 以确保科学应对工程建设过程中地下水位变化。

3. 物探方法

地球物理勘探是一种高效、快捷的水文地质勘查方法。电、磁、震等方法可以对地下水的分布及地质结构进行无损探测。各种地球物理勘探方法各有所长, 可以互相印证, 提高勘探的准确性, 为进一步钻探、勘探等工作提供有利条件。

4. 水文地质试验

水文地质实验是进行定量研究的一种重要方法, 如抽水试验等, 可以准确地确定渗透系数和其它参数^[2]。这些参数的确定, 对

于评价地下水的渗流特征和工程的排水设计都具有重要的意义,研究成果可为工程建设及后期运行提供科学的水文地质资料。

5. 地下水动态监测

对地下水进行动态监测,设立监测井,对水库水位、水量及水质进行定期监测。及时了解地下水位的变化规律,并对其变化趋势进行预测。在工程施工及运行期间,可根据监测结果及时调整防治措施,保证工程安全及地下水环境的稳定。

二、水文地质勘察在工程建设各阶段的作用

(一) 工程选址阶段

水文地质勘察在工程选址阶段占有重要地位,对地下水分布、水位和水质状况进行调查,可为决策者提供综合资料,对场址是否适宜进行评价。地下工程、基础工程等对地下水位变化比较敏感的工程,地下水位较高的地区可能产生许多不利影响。如地下水位过高,将加大地基施工难度,增加工程造价,增加地基浮力,影响结构稳定。另外,地下水的存在也会引起一些问题,如土壤软化、流沙等。而了解场地的水文地质情况,对工程的防洪和排水设计具有重要的指导意义,如果这个地点所处的地区是一个容易发生洪水的地区,那么地下水和地面水的交互作用就会增加洪灾的危险^[3]。通过水文地质勘察,查明地下水补源与排出路径,可以为制定合理的防洪排涝体系提供数据支撑,确保项目选址时具有较强的抗灾能力。

(二) 工程设计阶段

水文地质勘察结果对设计者来说是一个不可缺少的基础,地下水位及腐蚀是地基设计的重要参数。高水位可能需要深层地基,或者采取特殊的防水措施来保护地基不受地下水的腐蚀。地下水对边坡稳定性的影响是不容忽视的,地下水的存在使岩土体强度降低,滑移力增大,从而对边坡稳定性产生不利影响。在进行水文地质勘察时,应充分考虑地下水对边坡的影响,采取排水、补强等防护措施。

(三) 工程施工阶段

在工程建设阶段,进行水文地质勘察,对编制、调整施工方案具有重要指导作用。在基坑开挖时,是否采取降水和排水措施,取决于地下水的状况。当地下水位过高时,若不采取相应的措施,将导致基坑积水和边坡失稳,从而影响工程的安全。在隧道施工过程中,超前预报地下水是预防突水事故的重要措施。对隧道进行水文地质勘察与监测,可预先了解隧道前方地下水状况,并采取相应防治措施。

(四) 工程运营阶段

水文地质勘察是项目运行期维护与管理的基础,对受地下水影响较大的地下工程和水工建筑物,定期开展水文地质监测显得尤为重要。通过对地下水位变化的监测,能够及时掌握工程所在地水文地质环境的变化情况,如发现地下水位上升或水质恶化,可及时采取维修保养措施,保证工程安全运行。如在地下工程中,为防止地下水侵蚀,可采取防水排水措施。对于水工建筑物,可根据地下水位的变化,及时调整运行参数,保证工程稳定

运行。同时,水文地质勘察成果也可供工程改建、扩建时参考。

三、水文地质勘察对工程安全性的影响

(一) 地下水对工程防洪的影响

在水利水电工程建设过程中,地下水和地表水的相互作用十分密切,对地下水的认识不足,在工程防洪设计中容易出现偏差。地下水位的变化将影响周围土壤的渗透特性及稳定性,从而对地表径流的排泄与蓄积产生影响。当洪水来临时,地下水位与地表水位之间可能互相补充,从而提高了洪水的强度。如果不考虑地下水的作用,可能会造成防洪堤、坝等工程设计不够高、强度不够、不能有效抵御洪水。因此,在防洪设计过程中,应充分考虑地下水与地表之间的水力联系,在水文地质勘察的基础上,对地下水位、流量等信息进行准确的掌握,合理制定防洪标准及防洪措施,保证工程汛期的安全。

(二) 地下水对工程抗震的影响

地下水的存在会显著改变岩土体的动态特性,进而对工程结构的抗震性能产生重要影响。在地震作用下,地下水的存在使岩土体中的孔压增大。孔压升高使岩土体有效应力下降,从而降低了岩土体的强度、刚度。在地震作用下,强度、刚度下降的岩土材料更易发生变形破坏,从而加剧了地震对工程的危害。如建筑地基,如果场地内有丰富的地下水资源,在地震作用下,由于岩土体的弱化,地基可能发生失稳,甚至发生倾斜、开裂,甚至坍塌。因此,在工程建设中,尤其是地震多发地区,应充分考虑地下水对岩土体动力特性的影响,采取合理的抗震设计措施,以提高工程抗震性能。

(三) 地下水对工程抗浮的影响

地下水浮力对地下工程和建筑地下室的影响是不容忽视的,如果设计时不能充分考虑地下水浮力,则可能导致工程运营期间产生上浮现象。地下水浮力是由地下水位及工程构筑物容积决定的。地下水位越高,浮力越大,建筑物自身重量越大,则越容易发生上浮现象。浮升引起结构变形开裂,破坏结构的整体性与稳定性,对工程安全构成严重威胁。为此,应在设计阶段对地下水浮力进行精确计算,并采取相应的抗浮措施,如增加建筑物自重和设置防浮桩等。同时,施工期间应密切注意地下水位的变化,及时调整抗浮措施,以保证工程的安全性和稳定性。

四、水文地质勘察对工程耐久性的影响

(一) 地下水对混凝土结构的腐蚀作用

地下水中化学成分复杂,硫酸根、氯离子浓度过高时,将严重影响混凝土结构的耐久性。硫酸根离子可在混凝土中与氢氧化钙发生反应,形成膨胀产物如石膏、钙矾石等,在混凝土内部形成应力而产生裂缝。氯离子会破坏钢筋钝化膜,导致钢筋锈蚀,进而导致混凝土强度下降^[4]。随着钢筋锈蚀程度的加深,混凝土结构产生的裂缝越来越多,不仅影响外观,而且对工程的耐久性构成了威胁。工程施工时应充分考虑地下水化学组成,采用耐硫

酸盐泥和加入防腐剂等防护措施，减轻地下水对混凝土结构的侵蚀。

（二）地下水对金属结构的腐蚀作用

在地下水作用下，金属结构物的电化学腐蚀是十分复杂的，在地下水环境下，金属结构表面会形成不同的电极区，从而构成原电池。由于地下水中一般含有溶解氧和电解液，这为原电池的发生创造了条件。在此过程中，作为阳极的金属不断地失去电子而被侵蚀，从而加快了腐蚀速率。腐蚀导致金属结构强度下降，易产生断裂和变形等缺陷，影响其使用寿命，对此，可采取防腐涂料、阴极保护等措施，减轻地下水对金属结构物的侵蚀。

（三）地下水对岩土体的侵蚀作用

地下水流对岩土体产生侵蚀效应，在喀斯特地区，地下水对地下水的影响尤为突出。地下水流作用下，岩土体中的可溶物被溶解，孔隙、裂隙不断扩展，使岩土体结构趋于疏松。随着侵蚀的持续发展，可能诱发岩土体坍塌和溶洞等地质灾害。这些地质灾害的发生，不仅影响了工程的稳定，而且降低了结构的耐久性。施工前，需对施工场地岩土体进行详细的水文地质勘察，掌握其侵蚀状况。对可能遭受地下水侵蚀的地区，应采取加固岩土体、疏导地下水等措施，以保证工程的安全性及耐久性。

五、加强水文地质勘察工作的建议和措施

（一）提高对水文地质勘察的重视程度

水文地质勘察是工程建设的一个重要环节，但在实际施工过程中，一些参与方对其重视程度不够。对建设单位来说，加大对水文地质勘察的投资力度，是保证工程质量与安全的根本，有了充足的经费，才能保证勘测工作有足够的时间，有足够的财力去开展全面而深入的调查工作。设计单位应根据精确的水文地质勘察结果，合理地进行工程设计，以免因不了解水文地质情况，造成设计失误。同时，建设单位还应按照水文地质勘察报告，采取相应的施工措施，以保证施工安全，加快施工进度。只有各方对水文地质勘察工作给予足够的重视，才能保证勘察工作的质量与深度，为工程顺利开展打下良好的基础。

（二）加强水文地质勘察技术的研究和应用

随着科学技术的进步，水文地质勘察技术得到了长足的进步，电法、地震等先进的地球物理勘探技术，能在不破坏地质环境的前提下，快速获取地下地质构造及地下水分布信息。利用数值模拟技术对地下水位的变化趋势进行预测，从而提高了地下水位预测的科学性和准确性^[5]。要推广应用这些先进技术，必须加强

技术培训与交流，提高勘测人员的业务素质。在此基础上，加大技术研发投入力度，鼓励科研院所与企业加强合作，促进水文地质勘探技术的创新与发展。

（三）建立健全水文地质勘察规范和标准

为保证水文地质勘察工作的质量，必须有一套完善的标准，明确勘测内容、勘测方法和勘测技术要求，使勘测工作有章可循，避免由于勘测方法的不统一而造成勘测结果的差异。因此，在制定相关标准时，要充分考虑各地区、各类型工程的特点，以保证其广泛适用。同时，随着技术的发展，实践经验的积累，也要及时地修订、完善相关标准。另外，加强对勘察单位的监督管理，保证勘察人员严格按照规范要求开展勘察工作，对提高勘察质量具有重要意义。

（四）加强水文地质监测和预警

建立和完善地下水动态监测网，能够及时掌握地下水的动态变化，为工程建设提供准确可靠的水文地质资料。监测网络应覆盖工程所在地及其周边区域，监测地下水位、水量和水质。通过对监测资料的分析，能够及时地发现地下水位的异常变化，对可能发生的地质灾害进行预警。加强地下水监测预警，建立健全预警机制，明确预警指标及应对措施。当监测数据达到预警指标时，应立即启动应急预案，采取行之有效的措施，确保项目施工及人员的安全。

（五）加强人才培养和队伍建设

水文地质勘察是一项专业性很强的工作，因此，要提高水文地质勘察工作的质量，就必须大力培养人才。为培养具有较强理论功底和较强动手能力的水文地质专业人才，必须加强对其教育教学的研究。在此基础上，勘察单位应加强人员培训、继续教育等措施，以提高其业务素质和综合素质。此外，勘测单位要加大技术设备的投入，引进先进的勘测设备与技术，提高勘测工作的效率与准确性。

六、结束语

水文地质勘察是工程建设的重要环节。精确的水文地质条件调查可为工程选址、设计、施工及运营提供科学依据，保证工程稳定、安全、耐久。在今后的工程建设中，一定要加强对水文地质勘察工作的重视，不断提高勘察技术水平，加强标准化、标准化建设，加强人才培养与队伍建设，为高质量发展提供强有力的保证。

参考文献

- [1] 杨希. 试论水文地质在工程地质勘察中的应用[J]. 测绘与地质, 2024, 6(2).
- [2] 赵肖芒, 尧凯, 张才敏. 综合勘察技术在岩土工程勘察中的应用研究[J]. 砖瓦世界, 2024(14): 82-84.
- [3] 刘卓, 赵虎, 张泉, 等. 物探技术在工程地质勘察中的应用[J]. 世界有色金属, 2023(14): 107-109.
- [4] 罗志佳. 水文地质岩土工程勘察设计及施工研究[J]. 建材与装饰, 2023, 19(16): 112-114.
- [5] 喻磊. 矿山岩土工程中水文地质勘察问题分析[J]. 世界有色金属, 2023(1): 151-153.

基于大数据的市政道路设计方法及应用

朱成煜

武汉市汉阳市政建设集团有限公司, 湖北 武汉 430050

摘 要： 本文针对市政道路设计中的挑战，提出了基于大数据的设计方法，并对其关键技术进行了深入研究。本文起始，对大数据的概念及其特性进行了详细阐释，并探讨了市政道路设计的基础理论，同时审视了大数据在市政道路设计领域的当前应用状况。继而，本文深入阐述了基于大数据的市政道路设计方法，涵盖了数据采集与预处理、道路设计参数的提取与分析，以及市政道路设计方案的生成与优化流程。在此基础上，研究了交通大数据处理技术、道路设计参数预测技术，并构建了市政道路设计决策支持系统。研究结果表明，大数据技术在市政道路设计中的应用能够提高设计的科学性、精确性和实用性，为城市交通的可持续发展提供有力支持。本文的研究为市政道路设计领域提供了一种新的思路和方法，对于优化城市交通结构、缓解交通拥堵、提高交通安全水平具有重要意义。

关 键 词： 大数据；市政道路设计；数据预处理；交通流量分析；道路通行能力

Design Method and Application of Municipal Roads Based on Big Data

Zhu Chengyu

Wuhan Hanyang Municipal Construction Group Co., Ltd. Wuhan, Hubei 430050

Abstract： This article proposes a design method based on big data to address the challenges in municipal road design, and conducts in-depth research on its key technologies. At the beginning of this article, the concept and characteristics of big data were elaborated in detail, and the basic theory of municipal road design was explored. At the same time, the current application status of big data in the field of municipal road design was examined. Subsequently, this article elaborates on the methods of municipal road design based on big data, covering data collection and preprocessing, extraction and analysis of road design parameters, as well as the generation and optimization process of municipal road design schemes. On this basis, transportation big data processing technology and road design parameter prediction technology were studied, and a municipal road design decision support system was constructed. The research results indicate that the application of big data technology in municipal road design can improve the scientificity, accuracy, and practicality of the design, providing strong support for the sustainable development of urban transportation. This study provides a new approach and method for the field of municipal road design, which is of great significance for optimizing urban traffic structure, alleviating traffic congestion, and improving traffic safety.

Keywords： big data; municipal road design; data preprocessing; traffic flow analysis; road capacity

引言

随着城市化进程的加快，市政道路作为城市基础设施的重要组成部分，其设计质量直接关系到城市交通的效率和居民的生活品质。然而，传统的市政道路设计方法往往依赖于设计师的经验和直觉，缺乏对大量实际交通数据的深入分析，导致设计方案难以满足日益复杂的交通需求。在此背景下，大数据技术的快速发展为市政道路设计带来了新的机遇。本文旨在探讨基于大数据的市政道路设计方法及其应用，以期提高道路设计的科学性和实用性。

大数据作为一种新兴的信息资源，具有数据量大、类型多样、处理速度快和价值密度低等特点。将其应用于市政道路设计，可以实现对海量交通数据的实时采集、处理和分析，从而为道路设计提供更加精确的参数依据。

一、大数据与市政道路设计概述

随着信息技术的飞速发展，大数据已成为各行各业创新发展的新动力。在此背景下，市政道路设计领域也迎来了新的变革机遇。以下将首先对大数据的概念及其特点进行阐释，随后概述市

政道路设计的基本理论，并探讨大数据在市政道路设计中的应用现状。

（一）大数据概念及特点

大数据是一个较为抽象的概念，正如信息学领域大多数新兴概念，大数据至今尚无确切、统一的定义。在维基百科中关于大

数据的定义为：大数据是指利用常用软件工具来获取、管理和处理数据所耗时间超过可容忍时间的数据集^[1]。它具有四个显著特点：一是数据量（Volume），即数据规模庞大；二是数据种类（Variety），即数据类型繁多，包括结构化数据、半结构化数据和非结构化数据；三是数据处理速度（Velocity），即数据生成和处理的速度快；四是数据价值（Value），即数据中蕴含的价值密度相对较低，但通过有效分析可提取出高价值信息。

（二）市政道路设计基本理论

市政道路设计是一项复杂的系统工程，涉及多个学科领域。其基本理论主要包括道路工程学、交通工程学、城市规划学等。设计过程中，需综合考虑地形地貌、交通需求、环境保护、经济效益等因素，以确保道路的通行能力、安全性和舒适性^[2]。此外，市政道路设计还需遵循可持续发展、人性化设计等原则，以适应不断变化的城市交通需求。

（三）大数据在市政道路设计中的应用现状

近年来，大数据技术在市政道路设计中的应用逐渐受到关注。通过对海量交通数据的挖掘与分析，设计者能够更准确地掌握交通流量、道路通行能力、安全隐患等信息，为道路设计提供有力支持。然而，当前大数据在市政道路设计中的应用尚处于探索阶段，存在数据质量参差不齐、分析手段不够成熟等问题。为进一步推动大数据技术在市政道路设计领域的广泛应用，有必要对相关方法和技术进行深入研究。

二、基于大数据的市政道路设计方法

大数据技术的融入为市政道路设计带来了全新的视角和方法。本章节将详细介绍基于大数据的市政道路设计方法，包括数据采集与预处理、道路设计参数提取与分析，以及市政道路设计方案的生成与优化，旨在为市政道路设计提供一套科学、高效的操作流程。

（一）数据采集与预处理

在市政道路设计领域，高效的设计决策无不建立在高质量数据的基础之上^[3]。因此，数据采集与预处理环节显得尤为关键，它构成了市政道路设计方法中的核心步骤。数据的来源多种多样，涵盖了从交通流量监测数据到地理信息系统（GIS）数据，再到社交媒体数据等多个维度。这些数据的获取，为设计者提供了丰富的信息资源，但同时也带来了数据处理的挑战。

为了确保这些来源各异的数据能够在设计中发挥其应有的价值，必须经过一系列严格的预处理流程。首先，数据清洗是去除冗余、错误和异常数据的关键步骤，它保证了数据集的纯净和准确性。接着，数据转换环节将不同格式和结构的数据统一标准化，以便于后续的分析 and 处理。此外，数据归一化处理则消除了数据间的量纲影响，使得不同数据能够在同一尺度下进行比较和分析。

（二）道路设计参数提取与分析

在市政道路设计的整个流程中，道路设计参数的提取与分析扮演着至关重要的角色，它是确保设计方案合理性与科学性的关

键环节^[4]。交通流量分析，作为这一环节的核心，通过对历史和实时交通数据的深入挖掘与细致分析，为设计者提供了精准的交通需求信息，这些信息是决定道路规模和服务水平的基础。

在此基础上，道路通行能力分析进一步利用交通流量数据，对现有道路和规划道路的通行能力进行评估。这一分析过程对于指导设计中的关键参数，如道路宽度、车道数目、交叉口设计等，具有决定性意义^[5]。它不仅确保了道路设计的实用性，也预示了未来道路的运营效率。

与此同时，道路安全性能分析同样不可或缺。通过对事故数据的深入分析，设计者能够识别出潜在的安全隐患，从而在道路设计之初就采取相应的措施进行规避。这种以安全为导向的设计方法，不仅有助于减少交通事故的发生，也提升了道路使用者的整体安全感，为构建和谐安全的交通环境奠定了坚实基础。综上所述，道路设计参数的提取与分析是市政道路设计过程中不可或缺的技术手段，它为设计者提供了全面、准确的设计依据，保障了道路工程的社会效益和经济效益。

（三）市政道路设计方案生成与优化

在详尽的数据收集和深入的分析成果基础上，市政道路设计的下一步骤便是设计方案的形成与精细化优化^[6]。设计方案的生成，通常融合了计算机辅助设计（CAD）技术的精确性与智能化算法的创新能力，实现了初步设计方案的自动化构建。这一过程极大地提升了设计效率，缩短了从概念到方案的时间跨度。

随后，设计方案的优化算法成为关键，它通过反复地迭代计算，对初步方案进行精细的调整与优化，以期达到最优设计效果。在这一过程中，多种因素被纳入综合考量，包括但不限于建设成本、对环境的影响、社会经济效益等。优化的目标在于寻找一个平衡点，确保设计方案能够在满足交通功能、提升城市形象、保障公众利益等多方面需求之间取得最佳平衡。

这种综合性的优化过程，不仅体现了市政道路设计的前瞻性和实用性，也展现了设计者对城市可持续发展理念的深刻理解^[7]。通过不断地迭代和优化，设计方案得以不断完善，最终呈现出一个既经济高效又符合城市长远发展规划的市政道路设计方案。

三、基于大数据的市政道路设计关键技术研究

市政道路设计的创新与进步，离不开关键技术的深入研究与应用。本章节将聚焦于基于大数据的市政道路设计关键技术，包括交通大数据处理技术、道路设计参数预测技术，以及市政道路设计决策支持系统的构建，探讨如何通过这些技术提升道路设计的智能化水平。

（一）交通大数据处理技术

在市政道路设计方法的体系中，交通大数据处理技术扮演着核心角色，而数据挖掘技术与数据融合技术则是其不可或缺的两大支柱。数据挖掘技术如同探矿者的镐头，深入海量交通数据的矿藏之中，提炼出对道路设计具有指导意义的信息宝藏^[8]。这一过程涉及复杂的数据分析算法，旨在从杂乱无章的数据中提取出规律性和趋势性，为设计决策提供了坚实的依据。

与此同时，数据融合技术则如同编织大师的巧手，将来自不同源头、拥有各异格式和性质的数据巧妙地交织在一起。通过这一技术，设计者能够获得更为全面、更为准确的交通信息视图，这些信息不仅涵盖了交通流的动态变化，还包括了道路使用者的行为模式、交通需求的地域分布等。数据融合的成果，极大地提升了市政道路设计的精准度和有效性，使得设计方案能够更加贴合实际情况，更好地服务于城市的交通需求。

（二）道路设计参数预测技术

在市政道路设计的实践中，道路设计参数的准确预测是制定合理设计方案的关键所在。机器学习算法，作为一种先进的数据分析工具，通过从历史数据中学习到的模式，能够对未来的交通流量、道路需求等关键参数进行科学的预测。这种基于历史经验的预测方法，为设计者提供了一种量化未来交通状况的手段，从而在设计的前期阶段就能做出更为明智的决策^[9]。

进一步地，深度学习算法在机器学习的基础上，通过构建更为复杂和多层次的神经网络模型，实现了对道路设计参数的更深层次理解和更精确预测。这些深度学习模型能够捕捉到数据中的非线性关系和隐含特征，使得预测结果不仅准确，而且具有更强的鲁棒性。这种技术的应用，为设计者提供了强有力的技术支持，使得设计方案能够在充分考虑未来交通发展趋势的基础上，更加精细化和智能化。因此，机器学习与深度学习算法的结合使用，无疑是提升市政道路设计前瞻性和实用性的重要途径。

（三）市政道路设计决策支持系统

在当今大数据时代，为了有效地融合数据处理技术与参数预测技术，构建一个高效的市政道路设计决策支持系统显得尤为关键。该系统的架构设计着眼于整体的结构布局，确保系统内各组成部分能够无缝协作，从而显著提升系统的综合性能。这种设计理念强调了组件间的相互配合，旨在消除信息孤岛，促进数据流

和信息流的顺畅流通。

进一步地，功能模块的设计则是对系统功能的细致规划与布局，它涵盖了数据管理、分析预测、方案生成与评估等多个方面^[10]。数据管理模块负责数据的收集、存储、清洗和整合，为后续分析提供高质量的数据基础。分析预测模块则利用先进的数据挖掘和机器学习技术，对交通流量、道路需求等关键参数进行精准预测。方案生成模块则基于预测结果，自动生成多个设计方案，而评估模块则对这些方案进行综合评价，包括成本效益分析、环境影响评估和社会影响考量。

这一系列功能模块的精心设计，旨在为市政道路设计者提供一个直观、易用且智能的辅助工具。通过这一系统，设计者能够更加科学、高效地进行道路设计，不仅提高了设计工作的精度和速度，也为城市交通的可持续发展提供了强有力的技术保障。

四、结束语

总的来说，本文围绕基于大数据的市政道路设计方法及应用进行了深入探讨。通过提出一种新的设计方法，并对其中的关键技术进行研究，本文为市政道路设计领域带来了一定的理论贡献和实践指导。大数据技术在市政道路设计中的应用，不仅提高了设计过程的科学性和精确性，而且有助于实现道路资源的优化配置，提升城市交通系统的整体性能。尽管当前研究仍存在一定的局限性，但我们相信，随着大数据技术的不断发展和完善，其在市政道路设计中的应用将更加广泛，为我国城市交通的可持续发展提供有力支持。展望未来，我们期待更多研究者参与到这一领域，共同探索大数据技术在市政道路设计中的新方法、新思路，为建设更加智慧、高效、安全的交通环境贡献力量。

参考文献

[1] 马建光, 姜巍. 大数据的概念、特征及其应用 [J]. 国防科技, 2013, 34(02): 10-17.

[2] 雷运良, 邓博, 沈伯昭, 等. EPC 模式下市政道路设计施工 BIM 应用现状及其发展策略 [J]. 交通工程, 2023, 23(02): 49-53+60.DOI: 10.13986/j.cnki.jote.2023.02.007.

[3] 石海, 唐林平. 市政道路工程设计新理念与要点分析 [J]. 工程建设与设计, 2023, (22): 56-58.DOI: 10.13616/j.cnki.gcjsysj.2023.11.218.

[4] 翟林, 卢双, 赖楠, 等. 沿海河网地区新建市政道路雨水排水工程设计审查管控要点及案例分析 [J]. 给水排水, 2023, 59(S1): 835-839+845.DOI: 10.13789/j.cnki.wwe1964.2023.02.10.0007.

[5] 秦昊. 基于低影响开发设计原则的市政道路设计研究——以秦皇岛北戴河新区某道路工程为例 [J]. 四川水泥, 2023, (07): 181-183.

[6] 王博, 白清源, 霍旭挺. 低碳理念下的市政道路规划、设计思考——以富阎合作园区富辰八路市政工程为例 [J]. 黑龙江交通科技, 2023, 46(07): 20-22.DOI: 10.16402/j.cnki.issn1008-3383.2023.07.036.

[7] 刘鑫, 陈颖. 海绵城市建设理念在市政道路设计中的应用综述 [J]. 水资源开发与管理, 2023, 9(10): 54-60.DOI: 10.16616/j.cnki.10-1326/TV.2023.10.10.

[8] 李小微. 市政道路总体设计的“专”与“知” [J]. 城市建设理论研究 (电子版), 2023, (21): 214-216.DOI: 10.19569/j.cnki.cn119313/tu.202321071.

[9] 薛菲. 市政道路接入干线公路交通安全设计研究——以上海涓宝路新建项目为例 [J]. 工程技术研究, 2023, 8(13): 189-191.DOI: 10.19537/j.cnki.2096-2789.2023.13.059.

[10] 王超. 城市市政道路设计的方法及思路 [J]. 城市建设理论研究 (电子版), 2023, (24): 208-210.DOI: 10.19569/j.cnki.cn119313/tu.202324070.

卷烟生产过程中水分仪实时监测与预警系统开发

王海峰

江西中烟工业有限责任公司南昌卷烟厂, 江西 南昌 330000

摘 要： 本研究针对卷烟生产的水分控制需求，开发了水分仪实时监测与预警系统。文中确立了水分控制在卷烟生产中的重要性，分析了水分仪监测技术的现状、发展方向及技术挑战。进行了系统的需求分析与设计，涵盖功能性能需求、架构模块划分，并探讨了关键技术。详细阐述了系统硬件与软件的实现流程，并提出了性能优化策略。研究以预警系统的构建与实现为核心，包括理论、模型、算法及性能评估。研究成果为卷烟生产企业提供了一套高效稳定的水分控制方案，有效提升了卷烟生产质量。

关 键 词： 卷烟生产；水分控制；实时监测；预警系统；系统开发

Development of Real time Monitoring and Early Warning System for Moisture Meter in Cigarette Production Process

Wang Haifeng

Jiangxi Tobacco Industry Co., Ltd. Nanchang Cigarette Factory, Nanchang, Jiangxi 330000

Abstract： This study developed a real-time monitoring and warning system for moisture meters to meet the demand for moisture control in cigarette production. The article establishes the importance of moisture control in cigarette production, analyzes the current status, development direction, and technical challenges of moisture meter monitoring technology. We conducted a system requirements analysis and design, covering functional performance requirements, architecture module division, and explored key technologies. Detailed explanation of the implementation process of system hardware and software, and proposed performance optimization strategies. The research focuses on the construction and implementation of early warning systems, including theory, models, algorithms, and performance evaluation. The research results provide an efficient and stable moisture control scheme for cigarette production enterprises, effectively improving the quality of cigarette production.

Keywords： cigarette production; moisture control; real time monitoring; early warning system; system development

引言

在卷烟制造业中，水分管理是一个至关重要的环节，它直接关系到产品的最终品质和市场竞争力。随着工业自动化技术的不断进步，传统的手工水分检测方法已无法满足现代卷烟生产的高效率和质量要求。因此，开发一套能够实时监测并预警的水分仪系统，对于提升卷烟生产的自动化和智能化水平具有重要意义。

一、卷烟生产中水分控制的理论与技术基础

在深入探讨卷烟生产过程中水分仪实时监测与预警系统的开发之前，必须理解卷烟生产流程及其水分控制的重要性，为系统开发的后续工作提供坚实的理论和技術基础。

（一）卷烟生产流程及其水分控制的重要性

卷烟生产流程是一个复杂且精密的过程，从原料的制备到成品的产出，每一个环节都对最终产品的质量有着至关重要的影响。在整个生产流程当中，水分测量仪主要负责各工序中烟叶或烟丝水分的测量，相关工序根据水分仪所测得的水分含量来控制

加水或加蒸汽量，以使物料含水率符合工艺要求；蒸汽和水系统负责根据相关测量设备的反馈信息控制物料温度、湿度等工艺指标；而加香加料系统主要负责按照物料流量，对烟叶或烟丝喷洒固定比例的香料液，以祛除烟叶杂气，增加烟丝香气^[1]。

（二）水分仪监测技术原理与发展趋势

水分仪监测技术是基于物理或化学原理，通过检测卷烟材料中的水分含量，实现对生产过程中水分的精确测量。这一技术经历了从传统的重量法、容量法到现代的微波法、红外法等的发展，其趋势是向更高精度、更快响应和更易集成的方向发展。随着传感器技术的进步和数据处理算法的优化，水分仪监测技术在

实时性和可靠性方面取得了显著提升。

（三）卷烟生产中水分控制的关键技术问题

然而，卷烟生产中的水分控制面临着系列关键技术问题。卷烟材料的多孔性和不均匀性带来了水分分布均匀性控制的难题^[2]。同时，生产线上设备的快速运转要求水分仪必须具备高效的响应能力，以便实时对水分含量进行调整。此外，如何提高水分仪在复杂生产环境中的稳定性和抗干扰能力，以及如何实现数据的准确采集和处理，都是亟待解决的技术难题。这些问题的解决，将直接推动卷烟生产过程中水分控制技术的进步，为提升产品质量和生产效率提供有力保障。

二、水分仪实时监测系统需求分析与设计

在明确了卷烟生产中水分控制的理论与技术基础之后，本章将转向水分仪实时监测系统的需求分析与设计。

（一）系统功能需求分析

系统功能需求分析是开发过程中的首要环节，它旨在明确系统应具备的基本功能，以适应卷烟生产环境的特定需求。这些功能包括但不限于实时数据采集、水分含量计算、异常情况预警、历史数据存储与查询以及用户界面友好操作等^[3]。通过对生产流程的深入理解，本系统需确保能够实时监测水分变化，并在检测到异常时迅速做出响应，从而保障生产过程的连续性和产品质量的稳定性。

（二）系统性能需求分析

系统性能需求分析则侧重于系统在实际运行中的表现，包括响应时间、测量精度、系统稳定性、数据传输效率等。这些性能指标直接关系到系统在实际生产中的应用效果，因此，必须对系统的性能进行严格的要求和评估^[4]。例如，系统需在毫秒级时间内完成数据采集与处理，以适应高速生产线的需求；同时，测量精度需达到行业规定的标准，以确保水分控制的准确性。

（三）系统架构设计与模块划分

系统架构设计遵循模块化、可扩展和易于维护的原则，确保各模块之间既能独立运作，又能协同工作，以提高系统的整体效率和可靠性。模块划分将包括数据采集模块、数据处理模块、预警模块、通信模块和人机交互模块等，每个模块都有其明确的功能和性能要求。

（四）系统关键技术研究

系统关键技术研究是系统设计中的核心内容，它涉及传感器选型、信号处理算法、数据传输机制、预警逻辑设计等方面。传感器选型需要综合考虑测量范围、精度、响应时间和环境适应性等因素；信号处理算法则需针对卷烟生产环境中的噪声和干扰进行优化^[5]；数据传输机制要确保数据的实时性和完整性；预警逻辑设计则需要根据生产实际制定合理的预警标准和响应策略。这些关键技术的深入研究，将为系统的成功开发奠定坚实的基础。

三、水分仪实时监测系统的硬件与软件实现

在完成了水分仪实时监测系统的需求分析与设计之后，本章

节将着重探讨系统的硬件与软件实现。这一阶段是系统从理论走向实践的关键步骤。

（一）硬件系统设计与选型

在构建水分仪实时监测系统的硬件平台时，选用 Omega HS-50R 型电容式水分传感器，具备 0.01% 的体积水分分辨率和快速响应特性，适应卷烟生产线的高速测量需求。结合 National Instruments PCI-6221 数据采集卡的高采样速率，确保数据实时性与精确度^[6]。核心处理单元搭载德州仪器 AM3359 ARM Cortex-A8 处理器，高效执行数据采集、处理及预警逻辑。通信模块内置 Broadcom BCM57765 芯片，提供可靠的以太网和 RS-485 接口，实现高效数据传输。操作界面配备西门子 TP177B 工业级触摸屏，实现直观监控。电源系统采用 Mean Well RS-25-5 高效率开关电源模块，确保电源稳定与安全。整体硬件设计符合系统对高精度、快速响应和稳定性的严格标准。

（二）软件系统设计与开发

在水分仪实时监测系统的软件设计与开发过程中，采用 Microsoft Visual Studio 集成开发环境和 C++ 编程语言，以利用其高效的执行速度和数据处理能力，确保系统实时性能。数据处理方面，结合卡尔曼滤波和最小二乘法构建专用水分含量计算模型，提高测量精度。用户界面通过 Qt 框架实现跨平台直观操作，通信协议基于 TCP/IP，利用 Boost.Asio 库优化网络通信。数据库管理选用 SQLite，结合自定义 DAO 高效处理历史数据^[7]。软件集成用户权限管理和 AES 数据加密，提升系统安全性。软件设计全面考虑数据处理、算法实现、用户交互和通信安全，保障系统的高效稳定运行。

（三）系统集成与调试

在集成与调试水分仪实时监测系统过程中，首先完成硬件组件的物理连接，包括传感器、数据采集卡、触摸屏显示器等关键部件，并采用标准连接器以保证信号传输的稳定性。接着，利用 National Instruments 的 LabVIEW API 实现软件与硬件的无缝集成，并进行硬件功能验证、软件功能调试、通信调试及用户界面调试，确保各组件独立运行正常且软件算法精确无误。最终，模拟实际生产环境进行综合测试，包括连续 24 小时运行监测，以评估系统在动态环境下的性能与稳定性，确保硬件与软件的协同运作以及系统整体性能满足预期标准^[8]。

（四）系统性能优化策略

为维持水分仪实时监测系统长期运行的高效性与稳定性，实施了以下性能优化措施：应用多线程技术，借助 pthread 库在 Linux 环境下并行处理传感器数据，显著提高系统响应速度；采用快速傅里叶变换（FFT）算法优化信号处理实时性；利用内存池技术结合 C++ 的 allocator 类，减少内存碎片，增强内存使用效率；利用 STM32 微控制器的看门狗定时器确保系统稳定性；通过 LZ77 数据压缩算法减轻网络传输负担；利用 Qt 框架的事件驱动模型优化用户界面响应；设置硬件设备的低功耗模式以降低能耗。这些措施的综合运用，有效提升了系统持续运行的性能与稳定性。

四、预警系统构建与实现

在水分仪实时监测系统的硬件与软件实现基础上，本章将转向预警系统的构建与实现，这是确保卷烟生产过程中水分异常得到及时响应的关键。

（一）预警系统理论基础

预警系统理论基础是构建预警系统的根本，它涉及预警原理、风险识别、信号处理等多个领域。预警系统旨在通过分析实时监测数据，识别出潜在的生产风险，并提前发出警报，以便采取措施预防问题的发生^[9]。理论基础的研究有助于明确预警系统的设计原则和目标，为后续的模型构建和算法设计提供理论指导。

（二）预警模型构建方法

在预警系统的构建与实现中，本研究采用了一系列方法来确保预警模型的可靠性，包括通过高精度传感器进行数据采集与预处理，运用统计分析与机器学习算法如 PCA 和相关性分析进行特征选择与提取，基于卷烟生产特点选择并训练时间序列分析、SVM、ANN 或深度学习模型，同时结合安全标准和质量要求设定预警阈值，并通过实时数据验证与优化模型，以交叉验证等技术提高模型泛化能力，从而确保预警系统的准确率和实用性。

（三）预警算法设计与实现

在预警系统的构建与实现中，预警算法的设计与实现是确保系统预警准确性和及时性的关键。本研究基于卷烟生产过程中水分变化特性的深入分析，结合实时数据，选择了 ARIMA 算法进行时间序列预测，并通过 AIC 和 BIC 准则对模型参数进行优化，

以平衡预测精度和模型复杂度。在 Python 环境中，利用 pandas 和 statsmodels 库实现算法，包括数据预处理、模型拟合和残差分析。预警逻辑设计基于预测值与实际值之间的偏差，超过阈值则触发预警，阈值设定考虑了历史数据分析和生产安全标准^[10]。最终，通过对比预测结果与实际数据，以 MSE、RMSE 和预测准确率为指标，验证了算法的预测性能。

（四）预警系统性能评价与优化

预警系统性能评价与优化是对已构建预警系统性能的全面评估和提升。性能评价包括预警的准确性、及时性、误报率和漏报率等指标。通过对预警系统在实际应用中的表现进行深入分析，可以发现系统的不足之处，并采取相应的优化措施。优化策略可能涉及算法的调整、模型的更新、硬件的升级等多个方面，旨在不断提高预警系统的整体性能，确保其在卷烟生产中的有效应用。

五、结束语

本研究全面深入地探讨了卷烟生产中水分仪实时监测与预警系统的开发，从理论到实践，确立了水分控制对卷烟品质的重要性，并分析了监测技术原理及发展趋势。研究中识别了水分控制的关键技术挑战，为系统开发提供了支撑。尽管本研究为技术进步提供了新思路和方法，但在极端环境适应性和预警模型精确度方面存在局限。未来的研究应针对这些不足进行深入探索，以促进卷烟生产自动化技术的发展。

参考文献

- [1] 宋旭东. 烟草制丝工艺设备实时监测系统的研制 [D]. 厦门大学, 2019.
- [2] 朱卫东, 朱建平, 徐淮明, 等. 烟气排放连续监测系统的烟气参数在线监测技术 [J]. 分析仪器, 2011, (01): 83-88.
- [3] 卢忠岩, 张伟, 金军辉. 基于机器学习的卷烟烘丝干头出口水分预测 [J]. 中国设备工程, 2021, (04): 18-20.
- [4] 国家烟草专卖卷烟工艺规范局 [M]. 北京: 中国轻工业出版社, 2016.
- [5] 烟草及烟草制品 调节和测试的大气环境: GB/T 16447—2004 [S]. 2004.
- [6] 王海龙, 张志勇, 王新辉, 等. 基于 MFA-SM 下细支卷烟烟丝含水率自动控制系统设计 [J/OL]. 计算机测量与控制, 1-12[2024-10-22]. <http://kns.cnki.net/kcms/detail/11.4762.TP.20241022.0952.002.html>.
- [7] 王丽辉, 金曦, 徐锦, 等. 烟草企业卷烟业务链高效能协同联管体系研究 [J]. 中国市场, 2024, (30): 131-134.DOI: 10.13939/j.cnki.zgsc.2024.30.033.
- [8] 俞晓春, 于永龙, 方梦珍, 等. 卷烟工厂水系统计量率提升方法研究与应用 [J]. 设备管理与维修, 2024, (19): 175-178.DOI: 10.16621/j.cnki.issn1001-0599.2024.10.53.
- [9] 王茂方, 陈圣, 金义龙, 等. 基于多模态的卷烟厂设备健康监测系统 [J]. 科技与创新, 2024, (19): 60-63.DOI: 10.15913/j.cnki.kjycx.2024.19.016.
- [10] 何亮, 程光, 张楠, 等. 红外水分仪在电加热卷烟制品中的应用 [J]. 设备管理与维修, 2022, (24): 107-109.DOI: 10.16621/j.cnki.issn1001-0599.2022.12D.49.

道路桥梁施工中的环境保护与绿色施工技术

唐鹏

云南建投第四建设有限公司, 云南 昆明 650000

摘 要 : 道路桥梁的建设施工过程中, 越来越注重对环境保护的实施, 以及绿色施工技术的采纳, 选用低环境影响、可持续的建材, 搭配最优化的施工方案, 以及严格执行现场管理, 此举不仅减轻了施工对环境的负面影响, 而且提升了施工的效率与品质, 本研究旨在分析绿色施工技术在道路桥梁建设中的应用现状, 并在此基础上提出具体的优化方案, 期望为该领域的持续发展提供策略支持。

关 键 词 : 环境保护; 绿色施工; 可持续发展; 低碳技术; 桥梁建设

Environmental Protection and Green Construction Technologies in Road and Bridge Construction

Tang Peng

Yunnan Construction Investment Fourth Construction Co., Ltd. Kunming, Yunnan 650000

Abstract : In the construction process of road and bridge projects, there is an increasing emphasis on implementing environmental protection measures and adopting green construction technologies. The selection of materials with low environmental impact and sustainability, combined with optimized construction plans and strict on-site management, not only reduces the negative effects of construction on the environment but also enhances the efficiency and quality of construction. This study aims to analyze the current application of green construction technologies in road and bridge construction and to propose specific optimization plans based on this analysis, with the hope of providing strategic support for the sustainable development of this field.

Keywords : environmental protection; green construction; sustainable development; low-carbon technology; bridge construction

引言

公众和专业机构日益关注道路桥梁施工对环境所产生的效应, 在追求可持续发展的道路上, 绿色施工技术应运而生, 旨在确保工程质量的同时, 最大程度减少环境所受到的负面影响, 本篇论文旨在阐述绿色施工的基本理念, 并深入探讨该理念在桥梁工程领域的具体应用, 同时对目前面临的挑战及未来的发展路径进行剖析。

一、绿色施工技术的基本原则

(一) 节能材料的使用

绿色施工强调选用节能材料, 是降低建筑施工对环境造成影响的重要策略之一, 在节能领域, 以高效率隔热材料、可持续的再生建筑材料, 及低碳水泥为主要组成部分的材料技术, 正发挥着关键作用, 此类建材在建筑过程中及使用时期能显著降低能源消耗, 并且能够减轻温室气体的排放量, 以工业副产品, 诸如飞灰或矿渣, 取代水泥中的一部分成分, 所生产的混凝土不仅实现了废物利用, 降低了环境污染, 同时提升了其工作性能与持续性, 绿色建材应含有易于回收与再利用的特性, 目的是在材料的使用周期中, 最大程度地减轻对环境的压力, 在城市桥梁的施工过程中, 采用反射率较高的建材, 能够有效降低热岛现象, 此举

对提升城市环境的品质起到了关键性作用^[1]。

(二) 废弃物管理与回收

多种废弃物在道路桥梁建设过程中产生, 例如废混凝土、废钢材、包装材料以及工程剩余部分, 废弃物的有效管理以及回收利用, 不但满足环境保护的需求, 同时缩减了资源的无谓消耗, 在施工前期, 必须拟定一份详尽的废弃物分类与回收再利用方案, 以保证各类废弃物能得到适当的处理, 废弃的混凝土经过机械破碎, 能够作为新混凝土的骨料或者道路建设的底层材料。废旧钢材经高温熔化后, 可重塑形态并重新投入生产, 在建设工地, 须竖立醒目的垃圾分类指示牌, 配备充足的回收容器, 并对参与建设的人员定期开展环境保护教育, 以此增强其环保意识并激发他们参与垃圾分类的积极性, 采取上述方法, 不仅能减轻施工现场废弃物对自然界的负面影响, 而且有助于物料的再次使

作者简介: 唐鹏 (1992.09-), 男, 内蒙古赤峰市宁城县, 汉族, 道路与桥梁工程师, 材料管理, 云南建投第四建设有限公司, 邮编 650000。

用，达成建设活动中的经济利益与环境利益的同步提升。

二、环境影响评估在桥梁建设中的应用

（一）施工前的环境影响预测

在进行桥梁建造之前，对环境可能产生的变化进行预测，这一点极为关键，目的是为了辨识并量化这些建设活动可能给周边自然环境带来的各种潜在不利作用，进行全面评价是这一程序的常规内容，它涉及生态体系、水域、土壤状况、大气质量以及社会经济效应的综合性考量，在项目开展前，通过科学研究预测各项因素，有助于制定出针对环境影响的针对性防范策略^[2]。

专业团队，主要由环境顾问构成，负责执行环境影响预测工作，此过程涉及运用数据模型，并结合现场调查，以评估项目区域内的生物种类、水、土壤状况以及污染负荷，模拟施工过程中可能引发的噪音与振动问题，有助于评估对邻近居民区或生态敏感区域造成的潜在影响，对施工引发的潜在水土流失、地下水位波动以及土地利用变化进行评估，是预测工作的重要组成部分。

项目管理者可根据预测结果选取最适宜的施工技术和材料，同时设计出适宜的污染控制设施，并制定紧急预案，以保障环保目标的顺利实现，在绿色施工领域，为了最大限度地降低环境负面影响，关键在于对施工技术的实施进行严格的评估和周密的策划。

（二）施工中的环境监测

在桥梁施工过程中，环境监测措施的持续运行，为环境保护提供了有力保障，对施工过程中的各个环节进行跟踪检查，以确保它们遵循既定的环境保护方针，同时，对潜在的环境风险实施即时侦测与纠正，在建筑施工过程中，对例如空气质量、噪音、水质以及土壤状况等环境要素进行不间断的检测，覆盖范围之广，内容之丰富，实乃一项必要之举。

在特定区域内，通过部署传感器和自动监测站点，实现对粉尘、噪音和振动等环境因素的实时数据收集，这是执行环境监测的常见做法，项目团队利用这些数据，来评价施工活动是否满足预定环保标准，从而及时作出调整，避免违规发生，一旦检测到施工噪音超过既定法规或项目规定的限制，负责施工的团队应启动减噪方案，包括重新安排作业时间、部署吸音装置或构建隔音墙。

在建筑施工过程中，对水质的检测是一项关键的环境监控要素，在建筑作业期间，各类液体介质，包括地表及地下水体，有潜力遭受泥浆及各类有害物质的污染，环境工程师通过周期性地搜集并分析水体样本，得以评价建筑活动对水体的作用，随后在适宜时实施如优化排水系统及增设沉淀池等策略，旨在防止污染物侵入水循环系统。

三、桥梁施工中的节能技术

（一）现代施工机械的应用

在桥梁建设活动中，利用节能技术主要集中在现代施工机械

的运用上，这些设备在提升建筑作业效率的同时，也显著降低了能源的消耗，相较于传统的柴油机械，采用电动及混合动力驱动的施工设备，在降低排放和噪音方面表现出更高的效率，在人口密集的城市地区，运用此类装备能有效减轻其对周边环境的副作用。

例如，在现代建设活动中，桩机和挖掘机等自动化施工机械的精确运用，不仅节省了物料消耗，还降低了不必要的能源消耗，从而优化了施工流程，集成 GPS 与 AI 技术之后，施工现场的设备操作精确度大大提升，这不仅提升了能源效率，同时也显著降低了碳的排放量。

在超大型桥梁建设过程中，利用高效能的起重机械与运输工具，对降低能源消耗发挥着至关重要的作用，最新款的设备内置了旨在提升能源效率的系统，该系统能够在保证设备性能不受影响的前提下，自动对燃油消耗进行调整，进而达到对能源的高效利用，利用这些性能卓越的设备，桥梁建设项目在保障工程结构安全与质量的前提下，实现了能源节约和排放减少的目标^[3]。

（二）能源管理策略

在桥梁建设项目的施工过程中，采用能源管理策略对于达成节能目标具有重要作用，涉及能源消耗的活动需要被持续观察、评价，并采取相应改进策略，以保证各项操作符合最高的能源效率要求，实施能源管理策略的首要步骤涉及对项目能源消耗进行细致的审核，以确定能源消耗的具体情况，并识别可能存在的节能机会。

在施工现场，利用如太阳能和风能这类可持续能源进行供电，这类能源能够满足现场照明、小型机械运作以及临时办公室的电力需求，项目管理小组可通过改进机械设备运行时刻表及其逻辑顺序，降低机械闲置及待命状态的时长，进而缩减能源消耗。

实施能源管理，包括制定严格的能源利用规范及操作流程，目的是让所有团队成员认识到节能的必要性，并主动采取节能行为，在建筑作业场所，部署能够根据即时需求自动调节电力分配的自动化装置，以减少非必需的能源消耗。

采纳节能技术和能源管理策略，桥梁建设项目在降低能源成本的同时，为环境保护贡献力量，进而推动建筑行业朝着绿色可持续发展的方向发展。

四、案例研究：成功的绿色施工项目

（一）国内绿色桥梁施工案例

某座横跨浙江省江面的桥梁，在国内绿色施工方面树立了典范，在该建设项目的构建及其辅助工程中，融入了众多环保施工方法与建材，目的在于尽量降低环境污染，并确保工程的高品质与人员的安全，在本项目中，利用了具有卓越性能的低排放混凝土材料，此举不但加强了建筑结构的持久性，同时显著降低了环境中的温室气体排放，项目组执行了一套系统化的废弃物回收与再利用方案，此策略在建筑活动期间显著降低了资源消耗。

在建设现场，通过部署太阳能板，为临时设施及照明设备供

能，此举大幅减少了传统能源的消耗，在施工现场周围，为了降低对周边环境的噪音和尘埃污染，设置了一种临时的由可回收材料构成的绿色屏障，此屏障能有效吸收噪声和尘埃。

这座桥梁的成功不仅表现在绿色施工的实际应用上，也在项目完工后，其运营展现了优秀的环保特性，例如低能耗照明系统和智能交通管理系统，这些都大幅降低了对环境的影响。

（二）项目实施中的挑战与解决策略

绿色施工技术虽为环境保护和降低成本提供了众多优势，然而其推行过程中遭遇了诸多难题，首先，相较于传统材料，绿色建材往往带来较高的前期费用，这会在项目的初步阶段提高资金投入，本项目团队为解决所遭遇的难题，与供应商建立合作关系，通过大规模购入材料以及签订延期合同的手段，实现了成本的削减，依靠政府推出的旨在促进绿色建筑的财政奖励措施，我们获得了额外的资金支持^[4]。

在项目早期阶段，负责建设的团队面临绿化施工技能不足的问题，这影响了工程的进度与标准，应对此挑战，项目管理团队策划并实施了一场专项训练，旨在提升员工在绿色施工技术领域的认识及其运用技能，在这个项目里，我们邀请了在绿色建筑和可持续发展领域内的专家，担任咨询角色，加入设计和施工阶段，保障各项绿色措施得以高效执行。

例如，绿色施工技术在实践中遭遇与传统施工方式相融合的难题，一支出色的项目团队与设计师及工程师紧密配合，持续优化建筑施工的设计方案，成功地将创新技术嵌入其中，同时保持了施工进度整体的一致性。

依照所采取的策略，该建设项目最终征服了所有面临的难题，并圆满完成了施工任务，因此在绿色建筑领域树立了楷模。

五、法规与政策在推动绿色施工中的作用

（一）国内外绿色建筑标准与认证

全球范围内，绿色建筑标准及认证体系得到了广泛的应用，它们为各类建筑项目提供了明确的环保设计和施工的指导原则，在中国国内，比如，绿色建筑的规范，以三星星级为评价准则，特别注重能效、环境保护、室内空气质量以及资源的节省，不仅可持续发展在建筑行业得到推广，而且建筑的能效和环境友好性也得到了显著提升。

LEED 认证，作为国际上公认的绿色建筑评价体系，对建筑

在设计、施工阶段所涉及的节能、用水效率、材料选用以及室内环境品质等多方面可持续性因素进行评估，BREEAM，一种源自英国的绿色建筑评估方法，它推崇创新和可持续的建筑理念。

在建筑业的规划与建设过程中，一系列环保规范与认可推动了从业者对生态环境影响的重视，并促使其采纳行业内的优秀做法，目的是降低对生态系统的损害，例如税收减免、贷款利率优惠等，项目若遵循相关认证标准，便能赢得更广泛的市场认可，同时获取经济上的激励。

（二）政策支持与激励机制

在绿色施工的推广与实施过程中，政府所提供的政策扶持与激励措施发挥着不可或缺的作用，一系列的政策手段，例如财政补贴、税收减免、优惠利率贷款，将会被运用，同时，更为严苛的建筑标准规范也将被制定和实施，制定这些措施的目的是减少环保型建筑初始投资的财务负担，同时通过奖励机制促进 constructor 和 developer 社区采纳环保的建设方法。

在中华人民共和国境内，官方机构出台了一系列财政扶持与减免措施，目的在于促进可持续建筑领域的进展与创新，涉及建筑领域的材料与技术，若达到预设的能效标准，则可享受税收优惠，同时，那些采纳绿色建筑技术进行开发的项目，也能获得来自政府的直接财政资助，实施该政策后，企业所承担的经济压力得到缓解，同时，绿色建筑技术在市场上的认可度有所上升。

众多国家采纳强制性能源效率规范，并赋予绿色建筑认证以政策上的优惠，以此推动建筑业向环保方向的变革，美国政府通过提供税收减免和其他经济刺激措施，对取得 LEED 认证的建筑给予奖励，以此促进绿色建筑行业的进步与扩展^[5]。

借助一系列政策扶持和激励措施，政府得以高效地指导建筑行业朝着更加绿色环保、可持续的发展方向前进，这样做不仅能够缓解建筑行业对环境的负面影响，而且还能推动经济的增长并提升社会整体福祉。

六、结语

在众多道路桥梁的建设过程中，绿色施工技术得到了广泛应用，尽管面临不少挑战，通过技术革新与政策指引，环境保护目标已在一系列项目实施中得以实现，在桥梁建造领域，绿色施工方法的应用将因技术革新与政策支持而日趋重要，这将为环境保护及建筑行业的持续发展作出显著贡献。

参考文献

- [1] 安丽华. 园林工程施工中的环境保护措施与绿色施工实践 [J]. 现代园艺, 2024, 47(16): 183-185.DOI: 10.14051/j.cnki.xdyy.2024.16.002.
- [2] 周明旭. 水利工程绿色施工技术与生态环境保护 [J]. 人民黄河, 2024, 46(S1): 60-61+63.
- [3] 王景娟. 浅析市政道路工程中的绿色施工环境保护措施 [J]. 智能建筑与智慧城市, 2024(01): 106-108.DOI: 10.13655/j.cnki.ibci.2024.01.032.
- [4] 王菊玲. 市政道路工程中的绿色施工环境保护策略分析 [J]. 居舍, 2022(06): 64-66.
- [5] 朱丹红. 市政道路工程建设中的绿色施工环境保护措施 [J]. 绿色环保建材, 2021(01): 19-20.DOI: 10.16767/j.cnki.10-1213/tu.2021.01.010.

皮带机跑偏原因分析和应对措施探讨

朱利荣¹, 李辉²

1. 上海杉杉科技有限公司, 上海 200002

2. 上海隆麦机械设备工程有限公司, 上海 201801

摘要： 伴随着中国经济的快速发展，工业领域运行进程逐渐加快，在这其中，带式输送机是目前散料输送机械自动化领域的重要设备，被广泛应用于电厂，港口，矿山，粮食、化工以及新能源等各行各业。但是带式输送机实际运行过程中经常出现皮带跑偏现象，该故障不仅加速皮带受损，影响生产效率，还可能造成安全事故。本文将在分析皮带跑偏原因的基础上，重点探讨在设计、安装和运行阶段如何预防皮带跑偏的合理措施，以实现在各个阶段尽量规避皮带跑偏的可能性。

关键词： 皮带机；皮带跑偏；跑偏原因；预防措施；纠偏方法

Analysis of Reasons for Belt Conveyor Deviation and Discussion on Countermeasures

Zhu Lirong¹, Li Hui²

1. Shanghai Shanshan Technology Co., Ltd. Shanghai 200002

2. Shanghai Longmai Mechanical Equipment Engineering Co., Ltd. Shanghai 201801

Abstract： With the rapid development of the Chinese economy, the operation process of the industrial sector is gradually accelerating. Among them, belt conveyors are important equipment in the field of automation of bulk material conveying machinery, widely used in various industries such as power plants, ports, mines, grain, chemical industry, and new energy. However, belt deviation often occurs during the actual operation of belt conveyors, which not only accelerates belt damage and affects production efficiency, but also may cause safety accidents. On the basis of analyzing the causes of belt deviation, this article will focus on exploring reasonable measures to prevent belt deviation in the design, installation, and operation stages, in order to minimize the possibility of belt deviation in each stage.

Keywords： belt conveyor; belt deviation; analysis of reasons for deviation; preventive measures; correction method

引言

带式输送机（简称皮带机）是散料机械输送中常用的运输设备，由于其安装简单，运行可靠，能耗较低，自动化程度高等优点，被广泛应用于电厂，港口，矿山，粮食、化工以及新能源等行业的原料或燃料输送。但是皮带机在实际使用过程中也会经常出现一些故障影响其正常运行，其中最常见故障之一就是皮带跑偏，它不仅会影响皮带机本身零部件的使用寿命，而且很可能造成皮带机因撒料而污染环境，严重情况下甚至会阻碍生产进程，造成安全事故^[1]。所以只有加强对皮带跑偏的原因分析，预防措施和纠偏方法的研究，才能降低皮带跑偏的发生率，保证皮带机的安全稳定运行。

一、皮带跑偏概述

皮带跑偏的原因多种多样，有皮带机本身的内在因素，也有外界环境因素。从受力分析的角度来说，造成皮带跑偏的根本原因主要有三种：（1）皮带两侧所受张力不平衡引起皮带跑偏；（2）皮带两侧受到摩擦力不平衡引起皮带跑偏；（3）皮带受到侧向作用力导致皮带跑偏。上述原因产生的跑偏在工程建设的不同阶段（设计、安装和运维阶段）又会以不同的具体形式出现，但是主要原因往往是由于设计，安装和运行不合理引起的皮带跑偏，故在设计，安装和运行阶段采取合理的跑偏预防措施将大大减少皮带跑偏现象的出现。下面笔者将主要分不同阶段探讨皮带机皮带的跑偏原因和预防措施以及常用的纠偏方法。

二、设计阶段的皮带跑偏

（一）皮带跑偏原因分析

设计阶段主要是由于设计不当引起皮带机跑偏。具体的原因主要有以下几种：

- 皮带选型不当：皮带选型不正确或不合理容易导致皮带提前老化，变形或磨损，从而导致皮带松弛，张紧力不够或分布不均，造成皮带跑偏。另外如果采购的皮带质量差造成皮带不平整，也会引起皮带跑偏^[1]。
- 皮带机转运站溜管设计不合理：由于转运站溜管（即落煤管）的走向复杂或设计不合理，容易导致通过落煤管导流后的物料前进方向和皮带机运行方向不一致，则皮带会受到料流的侧向

作用力而引起跑偏。

3. 机架歪斜造成皮带跑偏：机架歪斜包括机架中心线歪斜和机架两侧高低倾斜^[2]，如果带式输送机的基础在设计时没有充分考虑相关的荷载因素，那么当机架受到重载荷影响时，机架整体或局部可能会出现一定程度的沉降或偏移，将会使得机架中心线歪斜或机架两侧高低倾斜，从而容易造成皮带跑偏。

4. 设计人员经验不足：在设计时，如果设计人员经验不足，在安装图纸或安装说明中对带式输送机设备的安装顺序，安装精度以及安装注意事项没有提出相关的要求，或者提出的要求不符合相关标准规范要求，也会造成皮带跑偏。

（二）设计过程中的跑偏预防措施

皮带机设计的合理性对预防皮带跑偏非常重要，在设计中主要从以下几个方面来预防皮带的跑偏。

a. 选用合适的皮带机形式和承载托辊组槽角

在皮带机选型中尽量选用符合物料特性的皮带机形式，在满足环保、投资等要求的情况下选用对跑偏适用性最强的30°至40°槽型皮带机，并充分考虑输送高度和方向，减少物料对皮带的冲击力影响从而防止跑偏。

b. 合理选择托辊组

合理选用托辊组对皮带的跑偏有着很好的预防作用，常用的调偏托辊包括自动调心托辊，前倾托辊及锥形托辊等。除特殊皮带机外，槽型承载托辊选型中尽量设置对皮带机有一定纠偏能力的调心或前倾托辊组以达到自动纠偏的目的，一般每十组托辊设置一组调心或前倾托辊。皮带机回程段可采用5°至10°槽角的V型托辊组，头部及尾部加密交叉布置V型、反V型、平型回程托辊组。需要注意的是双向运行的皮带机不适合使用前倾托辊。而对于长距离输送的皮带机，考虑到胶带的使用寿命，应尽量减少调心或前倾托辊的使用。

c. 托辊组安装孔的特殊设计

在设计时，可将托辊组两侧的安装孔设计成长孔^[6]，以便在安装或运行中出现皮带跑偏时，能够利用长孔对托辊位置进行前后调整，从而防止皮带机出现跑偏。

d. 皮带机转运点的合理设计

在皮带机转运点应充分考虑落料高度和方向，合理布置落料管。^[3]（1）在设计条件允许的情况下，通过落料管的布置保证落料方向与皮带机运行方向一致，并保证落料点位置的对称；（2）对于中心线相互垂直的上下两条皮带机，通常在设计时应当考虑转运点的相对高度，在允许条件下应尽可能增大相对高度，以减少物料对下层皮带的侧向冲击，从而防止皮带跑偏；（3）为使转运点落料均匀对中，可设置辅助对中设备来调节，可在上层皮带机头部设置可调节挡板来调整物料的下落位置，也可在转运落料管下方设置缓冲锁气装置，通过该装置的挡板控制物料下落的位置，从而防止皮带受侧向力影响而跑偏。

e. 采用适合的辅助调偏措施

可适当地设置机械调心、强制纠偏等设备，在皮带机出现跑偏的情况下对皮带进行调偏。例如，为了防止皮带向两侧的一侧跑偏可以安装限位托辊装置；还可以在皮带机上安装自动调偏托辊装置，时刻检测皮带机跑偏现象，一旦出现跑偏则自行进行纠偏^[3]。

f. 采用性能较好的清扫器设备，控制回程带料

输送带在运行过程中如果物料清理不干净容易粘在滚筒或托辊上，使得滚筒或托辊局部筒径变粗或结瘤，导致皮带所受张紧力不均匀，引起皮带跑偏。所以选用性能较好的清扫器设备，能够控制皮带回程带料，从而预防皮带跑偏。

g. 胶带选用要重点关注

因胶带本身质量问题导致伸缩不一致会引起跑偏，并且极难进行调整，故在皮带选型时需要特别关注胶带的生产质量。

h. 工艺布置尽量简单

在允许的情况下皮带机工艺布置尽量简单，采用简单的转接形式，减少头部伸缩装置、双向给料皮带机等短距离转接方式，工艺布置上尽量采用单向运行皮带机，不采用或尽量减少双向运行皮带布置数量。

三、安装阶段的皮带跑偏

（一）安装不当引起的皮带跑偏

1. 皮带接头不平直。皮带接头在硫化对接时没有对齐皮带中心线引起接头接偏，导致皮带不平直，造成皮带两侧张力不均匀从而引起皮带跑偏。皮带将始终往张紧力大的一边跑偏。

2. 滚筒、托辊轴线与皮带中心线不垂直。如果滚筒，托辊安装位置不正，导致其中心线和皮带中心线不垂直，那么皮带在运行时会受到侧向力的影响，运行时就会跑偏。特别是驱动滚筒的安装尤其重要，一旦安装不正，由它引起的跑偏将越来越严重。

3. 导料槽两侧的橡胶板压力不均匀^[7]。由于橡胶板压力不均匀，造成皮带两侧所受摩擦阻力不平衡，容易引起皮带跑偏。

4. 皮带的拉紧装置安装或调节不当是导致皮带两侧受力不均的主要原因之一。无论是垂直拉紧，车式拉紧或其他拉紧装置，在安装中必须按照标准或图纸要求将安装误差如垂直度，平面度，平行度等控制在合理范围内，一旦安装误差没有控制好，将会导致皮带两侧受力不平衡引起皮带跑偏。

5. 振动引起的跑偏。输送机在运行时的机械振动是不可避免的，在皮带运行速度越快时，振动越大，造成的皮带跑偏也越大^[6]。而造成皮带机振动的最大原因就是托辊的径向跳动，因此除了在生产时严格检测托辊径向跳动的误差，在安装时更要控制好托辊的安装精度，从而从最大程度上减少皮带机的振动。

（二）安装过程中的跑偏预防措施

对于安装不当引起的跑偏，需要在安装过程中严格按照图纸要求施工，对于安装出现的误差进行调整或者校正，严重的还必须重新更换和安装。

1. 胶带接口不正是引起跑偏问题的重要原因^[4]，对每一个接口的质量要进行重点控制，例如，皮带接头在硫化对接时要和皮带中心线对正，并控制皮带的直线度，确保皮带平直，对中心不正的皮带接头需要重新硫化制作。

2. 设备安装的顺序和精度要符合标准要求。（a）皮带机机架安装需要整齐平直，严格控制直线度，并和机头的位置要对准，确保机架在安装过程中不歪斜。（b）安装滚筒时，滚筒轴线需和皮带机中心线保持垂直，并控制滚筒轴线与水平面的平行度，以及与机架中心线的垂直度等。（c）在安装托辊时，除了控制好与机架中心线的垂直度外，还需要控制托辊上表面位于同一平面上或一个公共半径的弧面上。（d）另外在安装拉紧装置，清扫器，

导料槽等部件时都需要严格按标准和图纸要求控制好精度，减少安装误差，从而防止皮带出现跑偏现象。

3. 对皮带机设备的基础交安要进行重点审核，皮带机基础出现的问题要及时进行处理，否则很可能影响皮带机的安装。比如，基础的沉降和开裂会对皮带机长期运行造成影响，特别是机架容易受基础的沉降和开裂造成歪斜，从而导致皮带跑偏。故基础在设计和安装时需要充分考虑基础的沉降和开裂。

四、运行阶段的皮带跑偏

（一）皮带跑偏原因分析

虽然通过合理的设计和安装措施能够尽量减少皮带由于自身原因的跑偏，但在皮带机的实际运行过程中，也时常会出现由于其他外在因素引起的皮带跑偏，主要包括（1）滚筒局部磨损造成的皮带跑偏；（2）滚筒粘料造成的皮带跑偏；（3）皮带长时间运行后引起的拉伸变形或老化导致的皮带跑偏；（4）物料在皮带上分布不均匀导致落料点不对中引起跑偏；（5）雨雪较多造成皮带表面湿滑造成皮带跑偏。

（二）运行过程中的跑偏预防措施

对于运行过程中容易出现的皮带跑偏，运行维护人员需要通过观察皮带运行规律，吸取经验教训，尽量多采取预防措施来防止皮带跑偏，以保证皮带机的安全稳定运行。

1. 定期清理滚筒或皮带表面的粘料

皮带机运行过程中滚筒表面粘料是引起皮带跑偏的重要原因，为了防止皮带机运行时滚筒表面粘料，运维人员应定期清理粘附物料；另外需定期检查清扫器的工作状态，及时调整或更换清扫器以尽量防止皮带和滚筒粘料。

2. 定期检测和更换滚筒包胶

除去设计和安装不当会导致滚筒局部磨损外，皮带机运行过程中滚筒表面粘料或皮带承载不均匀也会导致滚筒局部磨损，而滚筒局部磨损主要表现在滚筒包胶的局部磨损，因此运维人员需要定期检测滚筒包胶，在皮带机运行一定时期后滚筒包胶会被局部磨损，那么磨损不均的滚筒则需要更换下来重新进行包胶处理，从而防止皮带跑偏。

3. 定期检测和更换皮带

每条皮带都有一定的使用寿命，当皮带长时间运行后，皮带容易出现老化或拉伸变形的情况，从而导致皮带跑偏，故运维人员需要定期检测皮带，在寿命周期内，可以通过维修或调节皮带机的张紧程度来防止皮带跑偏，但如果老化或变形到一定程度导致无法修复后，则需直接更换皮带。

4. 调节皮带上游设备的均匀给料

如果是由于运行上的原因导致物料在皮带上分布不均匀导致落料点不对中，那么运维人员需要调节皮带上游设备的均匀给料，从而保证物料在皮带上的均匀分布。

五、常用纠偏方法

针对安装和运行过程中容易出现的皮带跑偏，除了上述预防措施之外，操作人员还需要掌握相关的皮带纠偏方法，这在实际操作中还是非常必要的。下面简单介绍几种常用的纠偏方法。

（一）调整托辊组的位置

皮带在运行中跑偏时，可通过调节跑偏处的托辊位置进行纠偏^[1]。具体方法如下：判定皮带往哪一侧跑偏，则调节此侧的托辊顺着皮带运行方向前移，或调节另一侧的托辊往后移，如下方图示2张托辊纠偏方法示意图，若皮带向上跑偏，则托辊调整方向如图1-1；若皮带向下跑偏，则托辊调整方向如图1-2。此方法一般用于机架歪斜，托辊安装不正，或皮带机振动导致的皮带小幅跑偏，其特点为皮带纠偏程度较小，且需多次动态调整。



（二）合理调节滚筒位置

当运行中出现皮带跑偏时，可以调节滚筒的位置。头部滚筒和其他改向滚筒的纠偏方法与托辊位置的调整方法相似，比如当皮带向头部滚筒的其中一侧跑偏时，则该侧滚筒轴承座应向皮带运行方向前移，也可以在保证皮带张力的前提下将另一侧的滚筒轴承座往后移。尾部滚筒的调整方法和头部滚筒刚好相反。头部滚筒调整距离较为有限，可利用张紧装置调整改向或尾部滚筒的位置来达到纠偏目的。

（三）调整皮带机的张紧装置

皮带机张紧装置非常重要，一旦出现松动或移位等偏差将容易造成皮带跑偏。那么需要重新调整皮带机的张紧装置，可通过调整改向滚筒和张紧力来防止皮带跑偏。调整时需要注意：首先，针对重锤式张紧装置，处于重锤张紧位置上方的2个改向滚筒需要进行合理的定位和调节，确保两滚筒轴中心线平行且处于同一个水平上，并保证滚筒中心线和皮带中心线垂直。其次，针对螺旋张紧，需要确保张紧滚筒的轴承座移动过程中滚筒中心线与皮带中心线始终垂直。

六、结语

综上所述，引发皮带跑偏的原因多种多样，有外在原因和内在原因，外在原因可以通过在运行过程中运用预防措施和常用纠偏措施加以调节，而内在原因往往都是由于设计或安装不当引起的，因此在皮带机的设计和安装过程应充分研究皮带跑偏的原因，采取合理措施加以预防。而在实际工作中，需要不断学习，不断实践，不断总结摸索，从源头上找出皮带跑偏的原因，才能在最大程度上预防皮带跑偏。

参考文献

- [1] 贺加宝. 带式输送机跑偏机理及纠偏方法研究[J]. 内蒙古煤炭经济, 2018(23): 134-135.
- [2] 赵岩. 带式输送机跑偏装置系统设计研究[J]. 山东煤炭科技, 2017(7): 124-125, 127.
- [3] 冯建通, 贾纪兵. 带式输送机纠偏装置的现状与趋势[J]. 矿山机械, 2012, 40(6): 4-6.
- [4] 王文晖. 带式输送机输送带跑偏原因分析及处理方法[J]. 工矿自动化, 2013, 39(4): 109-112.
- [5] 陈捷. 选煤厂带式输送机的问题分析与改进[J]. 煤炭工程, 2018, 50(S1): 119-121.
- [6] 史建平. 煤矿皮带机常见故障及预防[J]. 机械管理开发, 2021, 36(4): 298-299.
- [7] 张军, 司俊龙. 输煤皮带导料槽的密封改造[J]. 电力安全技术, 2020, 3: 142-143.

齿轮减速机日常维护及检维修方法

杨立伟, 栾玉生, 王喜柱, 姜文浩, 张艳飞

内蒙古白音华蒙东露天煤业有限公司, 内蒙古 锡林郭勒 026200

摘 要 : 齿轮减速机是露天煤矿生产的一个重要机械部件, 运行是否安全、稳定, 很大程度上影响到煤矿生产效率和安全生产。因此, 加强齿轮减速机的日常维护和检维修工作, 有助于及时发现和解决设备故障问题, 降低设备故障几率, 提升设备使用性能和使用寿命, 降低设备维修和采购成本, 为煤矿企业带来更大的经济效益。文章围绕齿轮减速机日常维护及检维修方法展开论述, 期待为相关技术人员提供参考和支持。

关 键 词 : 检维修方法; 日常维护; 齿轮减速机; 轴承磨损

Daily Maintenance and Inspection and Maintenance Methods of Gear Reducer

Yang Liwei, Luan Yusheng, Wang Xizhu, Jiang Wenhao, Zhang Yanfei

Inner Mongolia Baiyinhua Mengdong Open Pit Coal Industry Co., Ltd. Xilin Gol, Inner Mongolia 026200

Abstract : Gear reducer is an important mechanical component of open pit coal mine production. Whether the operation is safe and stable affects the production efficiency and safety to a large extent. Therefore, strengthening the daily maintenance and inspection and maintenance of gear reducer is helpful to timely find and solve the equipment fault problems, reduce the probability of equipment failure, improve the performance and service life of equipment, reduce the cost of equipment maintenance and procurement, and bring greater economic benefits to coal mining enterprises. This paper focuses on the daily maintenance and inspection and maintenance methods of gear reducer, looking forward to providing reference and support for relevant technical personnel.

Keywords : inspection and maintenance methods; daily maintenance; gear reducer; bearing wear

在露天煤矿日常生产中, 齿轮减速机是一种不可或缺的机械设备, 主要是封闭在刚性壳体内齿轮传动的独立部件, 通常是应用在原动件和工作机之间的一种传动减速装置。借助齿轮减速机, 能够实现执行机构之间转速匹配, 传递转矩, 降低设备的运行转速, 反向增加转矩, 提高煤矿生产效率。因此, 由于作业环境较为恶劣, 长时间超负荷运转下, 磨损程度不断增加, 将大幅度增加齿轮减速机运行故障几率。因此, 加强齿轮减速机日常维护和检维修是必然选择, 有助于降低设备故障几率, 提升设备运行效率。

一、齿轮减速机的结构原理和特点

(一) 结构原理

齿轮减速机是一种煤矿企业生产中常见的部件, 其中包含了齿轮组、箱体、油位指示器、齿轮轴、轴承以及透气阀等部分, 如图1。经由联轴器, 将其原动机转速传递给减速机齿轮, 使得一级齿轮和中间齿轮啮合, 由于两种齿轮的模数相同, 但是齿数不同, 使得中间的齿轮减速, 通过齿轮啮合将减速传递给二级齿轮, 最终输出需要的转速, 起到减速、增加转矩的作用^[1]。



> 图1 齿轮减速机

(二) 特点

通过上述论述可以了解到, 齿轮减速机的结构并不复杂, 但是需要内部各部件精密配合协作, 属于静谧机械设备, 通过齿轮减速机的应用, 可以降低输出转速, 提高转矩。齿轮减速机由于结构简单, 因此有着较为广泛的应用范围, 并且在实践中形成了多种设备组合方式和结构形式。由于齿轮减速机传动比级数范围较大, 能够适应多种使用条件, 提高传动精度和运转效率, 所消耗的能耗较低, 表现出极其理想的性能。根据齿轮减速机的啮合齿轮级数, 也可以将其划分为单级或是多级减速机; 根据齿轮形状, 可以将齿轮减速机划分为圆锥齿轮减速机、圆柱齿轮减速机等^[2]。

二、齿轮减速机的日常维护和检维修方法

(一) 日常维护

齿轮减速机的日常维护至关重要, 能够及时发现问题和解决问题, 减少部件磨损程度, 降低故障几率, 提升设备运行稳定性。日常维护保养主要是检查齿轮减速机是否存在泄漏情况, 重

点检查润滑油消耗情况,使得各部件始终保持优异的润滑状态。同时,检查紧固位置是否松动,检查齿轮减速机运行稳定情况,这样才能保证设备安全稳定运行^[3]。具体维护要点如下。

1. 加强温度检查

齿轮减速机日常维护中,应加强装置的温度检查。温度过高,会到宅齿轮和轴承磨损加剧,润滑油性能下降,诱发眼中风故障问题。因此,可以设置合理的测温点,接触齿轮减速机润滑油位置,提升测量结果精准性;使用热像仪和温度计等仪器设备,监测齿轮减速机关键位置的运行温度,记录下温度变化数据,预测分析温度变化趋势,能够及时分析和解决潜在问题;齿轮减速机温度测量时,要重点分析外界温度变化影响,适宜在室内测量,室温大概在5℃~40℃左右,并且保证室内空气的自由流通,便于获取精准的温度数据^[4]。

2. 加强异常噪声监控

齿轮减速机运行中出现异常噪声,说明设备存在故障问题,技术人员可以通过听觉检查,或是使用专门的声级计设备检查设备噪声问题,能够精准定位减速机内部轴承故障、齿轮磨损等异常情况。运维人员听觉检查,可以评估齿轮减速机具体的噪音水平变化情况,如果存在异常噪音,则表明齿轮减速机轴承故障或是齿轮严重磨损等;使用声级计测量齿轮减速机噪音水平,并对检测的数值定量分析,与设备标准比对分析;噪音的来源往往是振动,运维人员使用振动分析仪来检测具体振动情况,能够掌握齿轮减速机内部部件健康程度;记录下齿轮减速机噪音水平变化趋势,及时发现和解决问题^[5]。

3. 检查润滑油数量、质量

在齿轮减速机运行中,润滑油具有减少磨损、防锈和清洁的作用,定期检查润滑油数量、质量很有必要。定期检查齿轮减速机油位变化,将油位始终控制在油标指示范围内,如果油位过低会影响到整体润滑性能,使得齿轮和轴承之间的磨损加剧;油位高则会诱发漏油问题,设备维护成本增加。油位低于标准值范围内,则要注重补充同等品牌、型号的润滑油,避免不同品牌润滑油混用,否则可能会影响到整体润滑性能^[6]。

(二) 检修方法

1. 齿轮检修

(1) 加强齿轮检修,先要切断电源,保证检修工作安全;拆卸齿轮减速机外壳和齿轮组件,记录下拆卸顺序,并做好标记,保证后期可以按照顺序组装;使用专门的清洗剂清洗干净齿轮上的灰尘、油污。

(2) 详细检查清洗后的齿轮状况,检查齿轮上是否存在裂纹、磨损和塑性变形等情况;使用千分尺、游标卡尺等测量工具,重点检查齿高、齿距等尺寸参数,将其控制在可控范围内;检查齿轮啮合情况,包括齿轮啮合角度、啮合间隙和啮合面接触等情况。

(3) 对于很多磨损程度较为轻微的齿轮,使用喷涂、对焊以及电镀等方法修复处理,使其恢复到原始状态;磨损严重齿轮,可能直接断裂,应及时更换,保证新旧齿轮的材质、规格型号相一致;齿轮修复过程中充分磨合,使得齿轮保持良好的啮合

状态^[7]。

(4) 齿轮检修后,按照标记顺序组装,合理调整啮合位置和间隙,正确啮合;组装后运行调试,检查齿轮减速机是否正常运转,有无异常振动情况。在齿轮检修全过程,要严格遵循操作规程,佩戴专门的安全防护用品,维护人员人身安全;低速轴大齿轮或高速轴齿轮等,重点关注齿轮啮合和磨损情况,这些关键位置齿轮如果出现问题,则直接影响到齿轮减速机使用性能^[8]。

2. 齿轮尺寸校核

关于齿轮尺寸规格校核,主要是测量和比对齿轮关键尺寸,合乎设计标准。校核前准备千分尺、游标卡尺和内径量表等,提高测量工具精度。关键尺寸测量,具体包括以下几点:①使用千分尺测量齿轮齿距,保证齿距精准性。②测量齿高,齿顶到根部距离,齿高变化对于齿轮强度影响较大。③齿厚测量,即测量齿轮侧面厚度,关系到齿轮的运转稳定性和噪音控制效果。④分度圆直径测量,齿顶圆到齿根圆的中间圆直径,关系到齿轮传动比。

3. 齿轮减速机的常见故障处置

(1) 高温。齿轮减速机日常运行中,高温是一个常见问题,对设备运行性能和使用寿命影响较大。对于此类问题,需要工作人员合理调整各个间隙,尤其是要调整加油量,重点控制减速机的高温问题^[9]。也可以引入在线监控系统,实时监控齿轮减速机的运行情况。

(2) 漏油。漏油是齿轮减速机的一个常见故障问题,强调运行期间主动轴密封圈区域漏油。此类问题应及时更换密封件,清洗装配,并重新涂抹密封胶。这个过程中要保证密封胶涂抹位置准确、均匀。工作让分院应做好螺栓紧固和更换,将密封胶去除,重新涂抹密封胶,适量加油。如果放油孔存在漏油问题,应重点检查油塞是否松动或是损坏,及时紧固和更换。对于机箱底部漏油问题,全面检查箱体受损情况,针对性修复。

(3) 轴承位置噪音或异常过热。齿轮减速机轴承位置产生噪音,或是表现出异常过热的问题,可能是由于润滑不足,或是减速机漏油导致。齿轮减速机运转起见,密封区域在反复摩擦中,使得轴承与端盖间隙增加。对此,要检查齿轮减速机油位高低,加入适量的润滑油;拧紧轴承,并检查密封件是否受损。

(4) 地脚螺丝松动。齿轮减速机长时间运行中,由于设备振动,不可避免出现地脚螺丝松动情况,甚至出现齿轮损坏问题。导致齿轮磨损过大的一个主要因素是振动过大,轴体变形,无法保持平衡状态。轴强度、硬度不符合实际要求,随着时间推移,齿轮减速机将会出现性能下降,轴变形。针对这些问题要好好地脚螺丝紧固,检查耦合器损坏原因,及时维修处置,并更换轴承^[10]。

(5) 疲劳点蚀和胶合。齿轮疲劳点蚀问题是一种典型的齿面失效形式,受到交变接触力作用下,齿轮表面出现麻点状侵蚀损伤现象,不断扩大连接成一片。齿轮贴近节线啮合时,相对滑动速度下降,油膜条件差,不可避免导致整体润滑性能。齿轮高速运转中,齿面压力不断增加,具有较高的瞬间速度,整体润滑效果较差。如果瞬时速度过高,则会导致啮合齿面粘连在一起,齿

面沿着相对滑动方向出现胶合现象。对于此类问题，可以使用抗胶合力较强的润滑油，能够显著减少滑动系数，提高齿面硬度，避免胶合问题出现。

4. 吊出齿轮部件

齿轮部件调出前，保证电源完全断开，准备好吊装工具，对现场作业区域清理干净，移开障碍物，提供足够的吊装作业空间。依据制造商提供的图纸拆卸齿轮减速机外壳、轴承座等部件；使用合适的工具松开齿轮部件的螺栓、螺母。吊装器件，将工具连接到齿轮部件上，平稳移动吊装，比曼骤然加减速速度损坏齿轮部件，维护人员人身安全；设置安装吊装路径，使用专人负责现场指挥。

5. 轴承磨损

对于轴承磨损程度，检维修人员要做好视觉检查，检查是否存在剥落和裂纹等现象，使用专门测量工具来检查轴承的宽度、

内外径等规格参数；手动旋转轴承，检查是否存在卡顿或是异常响动等现象。综合评估轴承磨损程度，轻微磨损适当的润滑、调整间隙等即可修复。如果受力较小的轴上有裂纹，可以焊补热处理。

除此之外，加强箱体检查，发现对结合面上漆片清理干净，如果机壳内壁存在油漆剥落，应及时的补刷，保证齿轮减速机的完整性。

三、结论

综上所述，齿轮减速机是煤矿生产的重要装置部件，长期高负荷运转下，使得部件磨损程度增加，诱发故障问题。因此，应加强齿轮减速机日常维护和检维修工作，便于及时发现和解决异常问题，提升设备运行稳定性，减少不必要经济损失。

参考文献

[1] 韩强. 齿轮减速机日常维护及检维修方法 [J]. 现代农机, 2023(4):122-124.
[2] 沈璐, 陈全文. 齿轮减速机的故障分析与维护保养分析 [J]. 山东工业技术, 2016(4):198.
[3] 贾玉刚, 武云龙. 减速机齿轮故障分析与维护 [J]. 设备管理与维修, 2020(22):55-56.
[4] 金汉. 齿轮减速机的故障分析与维护保养方法探讨 [J]. 中国战略新兴产业, 2019(12):231.
[5] 杨斌. 煤气化装置磨煤机的运行管理与维护 [J]. 设备管理与维修, 2024(8):80-82.
[6] 徐全博. 圆锥圆柱齿轮减速机的故障判断与检修 [J]. 电力设备管理, 2022(18):280-283.
[7] 姚雯聪. 蜗轮蜗杆减速机常见故障原因与处理方法 [J]. 机械管理开发, 2022,37(6):325-326,331.
[8] 吴建明, 黄海霄, 李俭松. 基于多维感知和人工智能算法的干熄焦提升机减速机状态在线监测系统 [J]. 冶金自动化, 2023,47(6):112-121.
[9] 黄伟政. 减速机改善性维修与保障措施分析 [J]. 工程技术研究, 2023,5(13):95-97.
[10] 李威, 王丹. 钢球磨煤机减速机齿轮断齿故障诊断及分析 [J]. 电脑爱好者 (普及版), 2023(11):133-135.

无人驾驶技术在矿用电机车中的实施与应用

王滨滨, 王昭伟, 李艳青, 李存财, 呼拉乌苏
内蒙古白音华蒙东露天煤业有限公司, 内蒙古 锡林郭勒 026200

摘 要 : 矿用电机车作业环境较为特殊, 风险大, 矿用电机车行驶中引入无人驾驶技术, 可以实现远程传输信号, 自动化控制矿用电机车行驶, 代替人员作业, 不仅可以满足作业生产需要, 还可以避免矿下事故对人员的伤害, 实现作业全过程连续、稳定进行。文章围绕矿用电机车中无人驾驶技术的应用进行分析, 分析运输监控、网络通信、远程驾驶以及车辆测控系统各部分功能, 探讨如何让这些系统之间紧密配合, 真正意义上实现无人驾驶矿用电机车, 促进相关行业进步和发展。

关 键 词 : 矿用电机车; 无人驾驶技术; 网络通信; 远程驾驶

Implementation and Application of Driverless Technology in Mining Motor Locomotive

Wang Binbin, Wang Zhaowei, Li Yanqing, Li Cuncai, Hulawusu
Inner Mongolia Baiyinhua Mengdong Open Pit Coal Industry Co., Ltd. Xilin Gol, Inner Mongolia 026200

Abstract : mining motor working environment is relatively special, the risk is big, mining motor introduced unmanned technology, can realize the remote transmission signal, automatic control mine motor, instead of personnel, not only can meet the needs of production, also can avoid the mine accident to personnel, realize the whole process of continuous and stable. This paper focuses on the application of driverless technology in mining motor vehicles, analyzes the functions of transportation monitoring, network communication, remote driving and vehicle measurement and control system, discusses how to make these systems closely cooperate, realize driverless mining motor vehicles in a real sense, and promote the progress and development of related industries.

Keywords : mining electric motor vehicle; unmanned driving technology; network communication; remote driving

新时期科技不断推陈出新, 云计算、大数据等先进技术不断更新迭代, 加快此类先进技术在矿业推广应用, 有助于实现矿产资源开采各环节的自动化、智慧化管控, 进而建立起智慧矿山。矿用电机车作为矿下生产作业的重要设备, 融合应用无人驾驶技术, 致力于实现矿用电机车无人驾驶作业, 更好地应对矿山下恶劣的作业环境, 司机可以从繁重和危险的工作岗位中解脱, 对于提升整体的运输效率和安全性具有重要作用。

一、矿用电机车中引入无人驾驶技术的意义

矿用电机车在井下作业中, 主要是承担着运输功能, 牵引着矿车在轨道上行走, 实现矿产资源、人员和设备的安全运送, 引入无人驾驶技术, 对于矿山行业而言具有较为深远的意义。具体如下。

(1) 提高作业安全性。基于无人驾驶技术操控矿用电机车行驶, 能够最大程度上减少人为操作所带来的风险隐患, 保障人员安全。由于矿山作业环境较为复杂, 存在很多不确定性因素, 传统人工驾驶电机车的方式伴随着一系列风险隐患, 可能存在人员误操作, 或是疲劳驾驶等, 威胁到井下人员和设备安全。运用无人驾驶技术, 依托于智能控制算法和先进的传感器, 可以实时感知车辆运行环境, 精准控制车辆行驶运作, 将人为因素带来的干扰降到最低。而且无人驾驶矿用电机车可以自动化避障, 遇到突发情况下可以自动化、智能化应急处置, 保障作业安全^[1]。

(2) 提高生产效率。相较于人工作业方式, 无人驾驶矿用电机车能够实现连续性作业, 不需要考虑到驾驶人员的疲劳问题, 实现24小时不间断作业, 提高生产效率和效率。而且借助系统配备的智能调度功能, 依据具体生产需求灵活调度, 实现电机车的行驶路线、时间等最优化调整, 提高矿下作业效率。

(3) 推动智能化升级。无人驾驶矿用电机车, 需要建立相配套的通信网络, 实现生产全过程数字化、智能化管理, 推动矿山生产水平提升同时, 还可以实现数据信息的安全传输和存储, 为矿山智能化生产与管理提供有效参考依据^[2]。

二、矿用电机车中引入无人驾驶技术的应用

(一) 通信网络

建立无人驾驶系统, 通信网络技术作为一项核心技术, 直接关系到电机车是否能够正常接收控制指令, 以及实施上传高清图

频图像。而且矿用电机车在井下行驶中,在不同区域往往需要切换基站来保障通信质量。为了提高井下矿用电机车的通信效率,一个基站具有同步接收多辆电机车信号的能力,满足矿下电机车无人驾驶信号传输需要^[3]。电机车无人驾驶通信网络具有无线接入、切换等特点,同时要提供高带宽,保证信号高速传输。同时,通信网络系统要具有较强的抗干扰性能,主要是由于井下环境较为复杂、特殊,无线信号在井下巷道传输中容易出现内壁反射问题,只有网络通信系统具有足够的抗干扰能力,才能避免多径干扰,实现信号安全、高质量传输。

建立矿用电机车无人驾驶系统,其中包含了光纤骨干网、监控中心运输调度网、移动端接入网等部分构成。其中光纤骨干网的主要功能在于转化基站接收无限信号为有线信号,输送到井下光纤骨干网。监控中心运输调度网作为核心部分,主要是多种服务器构成,如:调度服务器、视频服务器等。工作人员在计算机屏幕上即可实时观察井下电机车运作状态,具体的位置和周围画面,远程操控矿用电机车行驶。电机车在井下行驶过程中,借助车身上安装的视频、声音等各类传感器,可以监测路况信息,并提供位置信息给控制中心,用于车辆调度,并智能化反馈车辆状态信息给控制人员^[4]。移动端接入网包含了基站和无线收发器两个部分构成,用于实现数据和信号的收发。基于通信网络系统,能够实现井下电机车和地面控制中心之间实时通信连接。

(二) 运输监控

矿用电机车中引入无人驾驶技术,一个关键点是引入运输监控技术,包含了调度运行管理以及信号联锁控制。电机车运行中,基于无线车载控制器将车辆信息和路况信息等传输到井下环网中,最终汇集到调度中心,为工作人员实时控制矿用电机车行驶提供支持。运用管理软件实现道岔、信号机、分区开关、区段和整流变等区段远程控制,为电机车行驶创设安全的作业环境。工作人员操作调度管理软件,可以授权修改电机车驾驶模式,具体有以下几种:①自动化驾驶模式。在无人驾驶系统中录入车辆具体行驶路线,包含路线起点和终点,并通过无线车载控制器控制电机车自动化运输作业,不需要人为干预控制。②半自动运行模式。该模式强调人为远程控制矿用电机车行驶,需要人工保障电机车的作业安全^[5]。③手动运行模式。此种控制模式即驾驶人员到现场驾驶电机车,行驶过程中各类传感器收集电机车各种信息,传输到控制单元,动态分析电机车的运行状态,实时监测控制电机车运作。信号联锁控制,需要同步使用调度管理软件和无线车载控制器来运作,实现电机车行驶路线联锁控制。如果一个岔口同时有多辆电机车通过,调度管理软件则可以依据具体任务申请的具体顺序,以此为依据合理化调度电机车通行顺序,实现进路联锁控制功能。

(三) 远程驾驶

远程驾驶包含驾驶操作终端和显示终端,具体结构如图1。操作装置包含了操作部分和采集主机两个部分构成,将微型处理器嵌入到主机控制区域,提供两个接口,分别实现信息交换和采集操作面板信息。远程驾驶控制单元能够自动化获取控制中心的操作指令,并通过驾驶监控与管理软件系统支持,控制矿用电机车

车载控制器,即便是远距离下,仍然可以在通信网络支持下发控制指令到车载控制器。同时,借助视频监控装置,能够直观、实时掌握矿用电机车运行状况,为后续控制指令的下达提供支持^[6]。远程操控全过程为闭环控制,并且远程操控采集装置除了提供基本操控功能外,还可以为车辆提供智能诊断功能,剔除无价值信息,提高操作控制准确性,保障矿用电机车行驶安全。

无人驾驶系统还具有故障自动化预警功能。系统设计中,采用等级几号高的编码信号自动化控制电机车行驶,避免杂散电流干扰到车辆安全、正常行驶。为了避免故障误动,系统内部配备了专门的故障安全功能,一旦采集到主控机存在故障信号,测控设备自动化运作,封锁信号,只允许人员现场操作行驶^[7]。

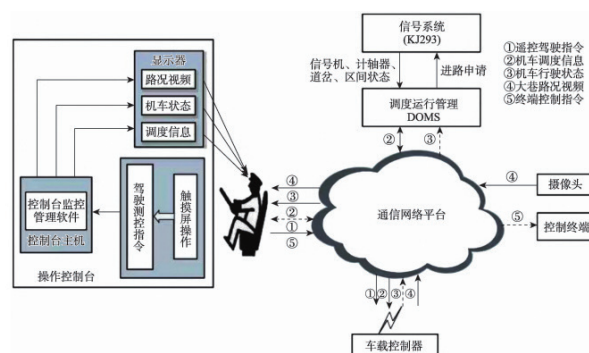


图1 远程驾驶结构

(四) 测控单元

测控单元是无人驾驶电机车的一个重要组成部分,基于车载控制器,可以自动接收控制中心发送的信号,掌握车辆的行驶路径。实时分析车辆的运输状态,收集车辆的具体位置和运行状态等信息,这些信息可用作车辆启停和速度的自动化执行控制。具体主要包括定位技术和障碍物自动识别技术。

(1) 定位技术。无人驾驶电机车的数据指令传输,主要是基于无线传感网实现,通过安装各类传感器,以无线传输方式构建动态通信网络,实现电机车运行速度、环境温湿度、路况图像等信息的实时收集和传输。传感器除了在电机车上安装外,也可以在轨道路径上安装传感器,如,视频监控头,配合车辆上的温湿度传感器、超声波测距仪等传感器,在无线网络下实现全方位覆盖,并动态更新电机车相关信息,为无人驾驶提供信息支持^[8]。目前井下电机车所使用的定位技术,当属RFID技术和Zigbee技术最具代表性。RFID技术即射频识别技术,在诸多生产环境均有所应用,通过在井下特定环境下设置射频读卡器,自动化读取电机车上RFID标签信息,用于获取电机车的位置信息。此项定位技术的成本较低,环境适用性较强,在车辆监控和人员考勤等方面均有所应用。Zigbee定位技术则是通过判断信号强度来定位传感器位置,技术结构较为简单,能够实现数百米范围内的精准定位,目前在电机车监控系统中得到了有效应用。除了上述两种技术外,UWB技术同样可以实现车辆精准定位,测量过程中时间基站和移动标签之间的信息相互传输,进而精准获得车辆距离。同时,额记住以太网将信息传输到控制中心中,获取基站数据,并通过解析对应的坐标来获得矿用电机车的具体坐标,全方位掌握矿用电机车行驶轨迹。

(2) 障碍识别技术。障碍物识别技术属于一种代表性的测控技术,有助于保证矿用电机车安全、正常行驶。矿井下作业环境复杂,电机车行驶轨道中可能有掉落的矿物,或是工作人员临时占据轨道,运用无人驾驶技术控制矿用电机车行驶,一个基础功能则是精准识别前方障碍物,及时制动,避免追尾、伤人。障碍识别主要是通过视频图像和激光雷达数据为主,基于 AI 算法将这些数据智能化处理,提取出对应的障碍物、参照物等。参照物是车辆行驶轨道中始终存在的客观物体,最具代表性的当属车辆轨道。通常情况下,无人驾驶电机车多采用测距传感技术来掌握车辆与前往障碍物距离,如果二者距离在警戒距离范围内则要第一时间刹车^[9]。测距技术包含了多种技术手段,如,红外测距技术通过发射红外光线到障碍物上,通过光线的反射来测算车辆和障碍物之间的距离,更适合一些井下照明条件较差的黑暗环境,在无

人驾驶系统中应用较为广泛。超声波测距技术则是发送超声波,计算超声波具体传播时间,用于探测车辆和障碍物之间的距离。但由于井下空间狭窄,可能存在井壁反射的情况,导致测距效果精准度不高。激光雷达测距同样是计算调制波传播时间的方式,精准计算车辆和障碍物之间的距离,帮助车辆有效避障制动。

三、结论

综上所述,矿用电机车行驶控制中引入无人驾驶技术,通过远程驾驶控制单元、测控单元、运输监控以及网络通信等单元,构成无人驾驶系统,能够实时监控矿用电机车正常、安全行驶,提升设备运行效率和安全性,保障人员人身安全,最大程度降低矿下生产成本。

参考文献

[1] 王盼盼. 矿用电机车无人安全驾驶技术研究 [J]. 西部探矿工程, 2024, 36(3): 46-49.
[2] 刘莹莹, 李昱衡, 何江, 等. 基于 ConvNext 的无人驾驶机车运行中的障碍物检测 [J]. 科学技术创新, 2024(16): 74-77.
[3] 叶继铭. 抑制轮轨滑动的无人驾驶电机车速度控制技术研究 [D]. 中国矿业大学, 中国矿业大学 (江苏), 2023.
[4] 侯华山. 无人驾驶技术在矿用电机车中的实施与应用 [J]. 今日自动化, 2023(1): 18-20.
[5] 薛忠新, 欧阳敏, 毕跃起, 等. 矿用无人驾驶电动皮卡车底层设计与整车改造 [J]. 煤炭工程, 2022, 54(10): 188-192.
[6] 王超. 矿用电机车永磁同步电机控制系统研究 [J]. 江西煤炭科技, 2023(1): 196-198.
[7] 李文宇. 5G 矿用电机车无人驾驶系统研究 [J]. 机械管理开发, 2022, 37(5): 153-155.
[8] 吴鑫. 无人驾驶技术在矿用电机车的应用研究 [J]. 机械工程与自动化, 2021(3): 200-201, 204.
[9] 张毅力, 汪令辉, 黄寿元. 地下矿无人驾驶电机车运输关键技术方案研究 [J]. 金属矿山, 2013(5): 117-120.

高速公路业主方标准化管理制度体系设计及运行研究

于清清

重庆高速资产经营管理有限公司，重庆 401120

摘 要： 本文以“高速公路业主方标准化管理制度体系设计及运行研究”为题，探讨了高速公路业主方在项目建设过程中如何设计和运行标准化管理制度体系。文章首先阐述了标准化管理制度体系的设计思路，强调了其在规范管理活动、提升管理效率中的重要性。接着，文章详细论述了标准化管理制度体系的设计原则，包括规范性、合理性、系统性、灵活性和简明化原则。随后，文章分析了标准化管理制度体系的总体结构设计，从管理对象、制度类型和制度范围三个维度进行了深入探讨。最后，文章探讨了标准化管理制度体系的运行机制，包括协调机制、合作机制、激励机制和约束机制，并提出了机制耦合的概念，以确保各机制之间的相互作用和动态平衡。

关 键 词： 高速公路；业主方；标准化管理；制度体系；运行机制

Research on the Design and Operation of Standardized Management System for Highway Owners

Yu Qingqing

Chongqing Expressway Asset Management Co., Ltd. Chongqing 401120

Abstract： This article, titled "Research on the Design and Operation of Standardized Management System for Highway Owners", explores how highway owners design and operate standardized management system during project construction. The article first elaborates on the design ideas of the standardized management system, emphasizing its importance in regulating management activities and improving management efficiency. Subsequently, the article elaborates on the design principles of the standardized management system, including normativity, rationality, systematicity, flexibility, and conciseness. Subsequently, the article analyzed the overall structural design of the standardized management system, and conducted in-depth discussions from three dimensions: management objects, system types, and system scope. Finally, the article explores the operational mechanism of the standardized management system, including coordination mechanism, cooperation mechanism, incentive mechanism, and constraint mechanism, and proposes the concept of mechanism coupling to ensure the interaction and dynamic balance between various mechanisms.

Keywords： expressway; owners; standardized management; institutional system; operating mechanism

引言

随着我国高速公路网络的迅速扩展，项目管理中业主单位的作用变得愈加关键。构建一套规范化的管理体系，对于提高工作效率、保障工程质量具有重要意义，因此其规划与执行尤为值得关注。本研究致力于分析高速公路建设项目中业主方实施标准化管理制度设计理念、基本原则、架构布局及运作机制，旨在为实际操作提供坚实的理论依据和实用指南。

一、标准化管理制度体系的设计思路

（一）主导理念与意识

构建一套标准化的管理制度体系，本质上是对先进理念与意识的具体体现。这一体系要求管理层人员依据优化后的岗位业务流程，针对上级分配的任务制定详尽的工作方案，并以全面而具体的方式履行各自岗位职责。此过程不仅彰显了管理思维的进步性，也强化了执行任务过程中个人责任感与使命感的重要性^[1]。通

过将这种标准化管理的思想融入日常工作中，相关单位能够保证所有管理活动的高度一致性和效率，进而实现整体管理水平的有效提升。

（二）规范化管理

标准化管理活动的核心在于对现有管理体系的每一环节进行更加规范、细致且高效的改进，使其达到类似于工业产品制造那样的严格标准。这不仅意味着在操作层面要追求极致的精确性，同时也强调了在整个管理流程中实现系统性的优化^[2]。借助于先进

个人简介：于清清（1991.10-），女，汉族，重庆巫山县人，本科学历，从事研究高速公路、工程管理相关专业领域。

的标准化管理与技术的应用，相关单位能够有效地促进管理工作的精细化、流程化以及标准化进程，进而显著提升管理工作的效率与质量。

（三）制度再造与设计

高速公路业主方所构建的标准化管理制度体系，并非旨在彻底否定现有的管理制度框架，而是基于对建设管理流程中关键环节与重要任务的识别，运用标准化方法重新设计或优化现行制度，以形成一套更具权威性、科学性和合理性的管理体系^[3]。此过程涵盖了对现有管理制度进行全面审视及改进，通过精准定位控制点与潜在风险领域，制定出相适应的标准管理措施。这样的制度重塑工作不仅是对原有规章的补充与完善，更涉及管理程序的根本性再设计与优化，目的在于确保整个制度架构既具权威也富有科学依据。借助这一系列步骤，项目业主能够建立起一套系统化且科学合理的管理制度，从而为高速公路项目的顺利推进奠定坚实的制度基础^[4]。

二、标准化管理制度体系的设计原则

（一）规范性原则

管理制度的规范化并非自然形成，而是通过确立明确的管理流程与行为规范来实现。当面对管理对象时，这种规范化要求所有参与项目的单位在执行过程中保持一致的行为模式、遵循相同的程序，并且达到统一的结果。这样的做法不仅提高了管理活动的可预见性和可控性，也为各参与方提供了一个清晰的行为指南，进而减少了操作过程中的不确定因素和任意决策的空间^[5]。借助于强制性的规定与流程，管理制度能够有效地对各方参与者的行为加以约束和引导，保证了项目管理工作的一致性和效率。

（二）合理性原则

在标准化管理制度体系中，各项规范性的强制要求往往难以获得所有管理对象的真正认同。因此，为了确保这套体系的有效性，它必须首先具备合理性；而这种合理性又为规范性的建立提供了基础。合理性原则强调，在制定相关制度时需全面考量各参与方的实际需求及其利益诉求，以保障所采取措施既科学又公平。遵循这一原则不仅有助于赢得各方的认可和支持，还能进一步激发其内在的积极性与主动性，进而促进整体管理水平的提升。可以说，合理性与规范性是相辅相成的两个方面，它们共同构成了标准化管理制度体系稳固的基础。

（三）系统性原则

高速公路建设管理制度标准体系本质上是一个有机整合的整体，由一系列相互关联、互相制约且彼此补充的管理规范构成，而非仅仅是各种管理办法与规章制度的简单组合^[6]。该体系遵循系统性原则，强调各部分之间的内在联系及其整体效应，要求各项管理标准在功能上能够互补，在结构上能够无缝对接，共同构建起一个既全面又协调的管理体系。依据这一原则，整个制度框架可以实现对所有相关活动的有效覆盖和合理整合，确保了不同管理措施之间的一致性和高效执行。通过采纳这种系统化的管理模式，不仅提高了管理体系的科学水平与实际应用价值，也为高速

公路项目的顺利推进提供了坚实的制度支撑^[7]。

（四）灵活性原则

所有事物都处于不断发展与变化之中，即使是在看似稳定的高速公路建设管理规范体系内也不例外。当外部因素如自然条件、社会状况或法律法规等发生变化时，那些不再适应当前需求或者显得落后的管理制度将不可避免地被更加现代化且科学合理的新制度所替代。

（五）简明化原则

标准化管理制度体系以其广泛的覆盖范围、丰富的内容以及大量的信息著称。简明化原则的核心并不在于削减制度中必要的组成部分，也不在于减少其涵盖的领域或环节，而是旨在使各项规定更加通俗易懂、便于掌握与执行。

三、标准化管理制度体系的总体结构设计

（一）管理对象

标准化管理制度体系的构建主要立足于业主单位的需求，目的在于打造一个全面、系统并具有灵活性的管理架构。该体系不仅满足了业主单位内部管理的要求，同时也对高速公路建设项目中其他参与者——如施工单位、监理机构、设计团队、咨询顾问以及材料设备供应商等——提出了设立相应管理制度的规范。通过实施这样一套综合性的管理体系，能够确保所有相关方在项目执行期间遵守一致的标准和程序，进而提高整个项目的管理和质量水平。在此过程中，业主单位承担着引领与协调的关键角色，通过确立并推行标准化管理规则，促进了各参与方之间形成有效的协作机制^[8]。

（二）制度类型

高速公路项目在建设过程中所采用的标准化管理制度体系主要包括内部管理、协调管理、目标设定及激励机制四大类。在这一体系中，目标设定机制占据核心地位，它不仅明确了整个项目的管理目标和发展方向，还为其他各项制度提供了基础和指引。内部管理规则侧重于规范业主单位内部的工作流程与操作标准，以促进其内部运作的规范化与标准化。协调管理则致力于加强各参与方之间的信息交流与合作，通过构建有效的沟通渠道来确保工程各个环节能够顺畅衔接并高效推进^[9]。而激励机制则是通过一系列奖励措施激发参与者的工作热情与创新意识，从而提升整个项目管理水平。这四类制度相辅相成，形成了一个完整的管理体系框架，为高速公路项目的成功实施奠定了坚实的制度基础。

（三）制度范围

本文旨在探讨标准化管理制度体系设计所涵盖的具体方面，即通过何种方式来规范不同管理对象的行为。从组织架构、操作流程、实施方法以及成果评估与考核这四个维度出发，明确了该体系的核心构成，以此保证所有相关活动既能够得到全面覆盖也能有效执行。

在组织管理层面，通过建立一套标准化的管理制度，明确了各参与单位之间的组织架构、职责分配以及权限设置。此制度旨在通过细化管理规则，保证所有参与者能够在项目执行过程中明

确各自的角色与责任，从而促进团队内部的有效协作，构建一个高效运作的管理体系。

在管理流程方面，通过建立一套标准化的管理制度体系来规范整个项目管理过程，涵盖从项目启动直至收尾的所有关键环节，包括但不限于规划、执行以及监控等^[10]。这样的标准化流程设计旨在增强项目活动之间的系统连贯性，有效降低因不确定性或随意决策而导致的风险。

在管理策略上，通过引入一套标准化的管理体系，运用了诸如关键路径法（CPM）、计划评审技术（PERT）以及质量管理工具（例如 PDCA 循环）等多种科学手段和技术。这些方法的应用不仅增强了项目管理的专业性和精准度，也对确保项目目标的成功达成起到了至关重要的作用。

四、标准化管理制度体系的运行机制

（一）协调机制

协调机制的关键组成部分涵盖协调理念、准则、内容、形式以及反馈机制。这些元素受到高速公路建设项目内外环境因素的广泛影响，而技术层面的因素则决定了协调机制运行的有效性。协调理念构成了该机制的基础，它反映了所有参与单位对于项目总体目标的一致理解，并通过规章制度的形式传达给各个相关方，用以指导后续的协调活动。基于此理念制定的协调准则是为了达成项目协调的目标而设立的行为规范，旨在保证信息交流与沟通过程中的标准化操作。协调内容指的是依据既定准则，有选择性地同各合作方进行沟通的过程，其目的在于确保信息传递的准确性和有效性。协调形式多样化，包括但不限于面对面交流、联席会议及工作联络单等形式，以此来增强沟通效率。最后，协调反馈机制的设计是为了保障信息流通无阻且全面覆盖，能够及时根据实际情况调整策略，从而快速响应外部环境的变化。

（二）合作机制

合作机制由信任、信息共享、风险分担及利益分配四大组成

部分构成，它们之间的关系如图所示。其中，以信任作为基础，通过增强各参与方间的信赖度来深化合作关系并降低交易成本；信息共享则被视为核心环节，它依托于统一的信息平台建设，旨在促进项目各方间的信息流通与共享，从而减少因信息不对称引起的机会主义行为；而风险分担与利益分配机制则是维持长期稳定伙伴关系的关键所在，通过明确规定各方在面临不确定性和收益时的责任与权益，确保了协作关系的可持续性。这三种机制相辅相成，共同构成了高速公路工程项目中不可或缺的合作框架，为项目的成功推进奠定了坚实的基础。

（三）激励机制

激励机制的设计应遵循一系列基本原则，这些原则包括将奖励与惩罚相融合、确保个人目标与组织需求的一致性、结合外部激励因素与内部动机以及协调各参与单位的具体目标与项目整体目标。其核心目的在于利用多样化的激励策略来激发参与者的工作热情和积极性，从而提高项目的整体管理水平。通过建立明确的奖惩体系，不仅能够促使各参与方遵守既定的操作规范，而且还可以借助于积极的奖励措施来增强他们的工作动力。此外，在设计激励方案时还必须充分考虑到各个团队的实际需要及项目目标，以保证所采取的激励方法既有科学依据又具有针对性。

五、结论

本文深入研究了高速公路业主方标准化管理制度体系的设计理念、基本原则、架构及其运作机制，阐述了该制度体系在高速公路建设过程中的关键作用及其实施策略。通过精心设计与有效实施这一管理体系，不仅能够显著提高管理效能和确保工程质量，还能促进各参与单位间的紧密合作，共同达成项目目标。展望未来，在我国高速公路持续发展的背景下，随着实践经验的不断积累，标准化管理制度体系将会得到进一步完善和优化，为我国高速公路建设事业提供更为稳固的支持。

参考文献

[1] 吴勇志. 高速公路日常养护工程标准化施工及质量控制研讨 [J]. 汽车周刊, 2024, (10): 61-63.
[2] 张克. 高速公路运营企业安全管理标准化对策研究 [J]. 劳动保护, 2024, (07): 74-76.
[3] 董营营, 王殿钧, 宗清华, 等. 高速公路企业运营管理标准化成本管控体系 [J]. 国企管理, 2024, (S1): 439-448.
[4] 张锴铤. 高速公路养护维修施工标准化研究 [J]. 产品可靠性报告, 2024, (05): 79-80.
[5] 王云山. 高速公路施工标准化管理措施研究 [J]. 质量与市场, 2024, (05): 72-74.
[6] 安明. 高速公路运营管理安全标准化建设探究 [J]. 时代汽车, 2024, (07): 181-183.
[7] 朱佰敏. 集团型高速公路企业运营管理标准化体系信息化探究 [J]. 中国交通信息化, 2021, (05): 37-40. DOI:10.13439/j.cnki.itsc.2021.05.003.
[8] 刘旭. 论高速公路项目标准化管理制度体系构建及实现机制 [J]. 河南科技, 2013, (16): 134.
[9] 陆洋, 王孟钧, 余璇. 高速公路建设标准化管理制度体系及运行机制研究 [J]. 管理现代化, 2013, (01): 43-45.
[10] 余璇. 高速公路业主方标准化管理制度体系设计及运行研究 [D]. 中南大学, 2012.

冶金工业动力系统能效评价及优化研究

杨丹丹

唐山中厚板材有限公司, 河北 唐山 063000

摘 要： 在近些年的发展。冶金工业作为国家基础产业之一，在实际生产作业中往往能耗巨大且对环境的影响也十分显著。所以学者加强对于冶金工业动力系统的研究与能效评价及优化策略不仅有助于降低生产成本，提高企业的经济效益，而且对于实现节能减排、保护环境具有重要意义。本文首先对冶金工业动力系统概述，阐述了动力系统在冶金工业中应用的意义，并通过分析冶金工业动力系统能效评价方法，提出了相对应的优化策略，期望能为冶金工业动力系统的能效优化提供帮助。

关 键 词： 冶金工业；动力系统；能效评价；能效优化

Research on Energy Efficiency Evaluation and Optimization of Metallurgical Industry Power System

Yang Dandan

Tangshan Medium Thick Plate Co., LTD. Tangshan, Hebei 063000

Abstract： In recent years in the development. As one of the basic industries of the country, the metallurgical industry often consumes a lot of energy in the actual production and has a significant impact on the environment. Therefore, scholars strengthen the research on the metallurgical industry power system and energy efficiency evaluation and optimization strategies, which not only help to reduce production costs and improve the economic benefits of enterprises, but also have great significance for realizing energy saving and emission reduction and protecting the environment. This paper first summarizes the power system of metallurgical industry, expounds the significance of the application of power system in metallurgical industry, and proposes the corresponding optimization strategy by analyzing the energy efficiency evaluation method of metallurgical industry power system, hoping to provide help for the energy efficiency optimization of metallurgical industry power system.

Keywords： metallurgical industry; power system; energy efficiency evaluation; energy efficiency optimization

引言

随着全球能源危机的日益加剧和环境保护意识的不断增强，其中冶金工业作为能源消耗大户，动力系统的能效问题受到了社会各界的广泛关注。而冶金工业的动力系统在实际应用中不仅包括传统的热能和电能的生产与转换，还涉及能源的存储、分配和使用等多个环节。因此学者对冶金工业动力系统能效评价及优化研究，不仅能够进一步提高企业生产中的能源利用效率，降低企业生产成本，还能在减少环境污染的同时促进冶金工业的可持续发展。当在目前的大多数企业应用中，冶金工业动力系统存在诸多问题，这些问题不仅影响了企业的经济效益，也对环境造成了负面影响。

一、冶金工业动力系统概述

（一）动力系统组成与功能

冶金工业动力系统在如今的冶金生产过程中，是整个过程中重要组成部分，它能为冶金工业的各个环节提供必要的动力支持。在动力系统的组成当中能源供应系统是其中的基础，它负责提供冶金工业所需的各类能源，包括电力、蒸汽、压缩空气、氧气等能源通常由外部供应商或内部自建的发电厂、锅炉房等设施提供。而动力传输系统则负责将能源供应系统提供的能源安全、高效地传输到各个生产环

节。同时作为动力系统的大脑，控制系统在冶金工业生产中通过先进的自动化控制技术，可以进一步加强工作人员对能源供应、传输和转换等环节的实时监控和管理，确保动力系统的稳定运行和高效利用。

（二）动力系统运行特点

随着工业技术的不断进步，进一步使得冶金工业的动力系统也经历了显著的变革和发展。其中冶金工业的动力系统在具体应用为了满足多样化的需求，在设计时具有的特点是多方面的。首先冶金工业的动力系统具有高能耗和高排放的特点。例如动力系统在钢铁生产中，高炉、转炉和轧机等关键设备都需要大量的电

作者简介：杨丹丹（1982.09-），女，汉族，河北省唐山市人，本科，高级工程师，研究方向：冶金动力，冶金能源管理，冶金设备管理。

力和热能支持。此外为了保障工作生产中施工人员的安全性，这就使得冶金工业的动力系统需要高度的可靠性和稳定性。例如在某钢铁企业中，动力系统采用了双电源供电模式，确保在主电源出现故障时能够迅速切换到备用电源，从而避免生产线的停产^[1]。

（三）动力系统对能效的影响因素分析

现如今在全球能源危机加剧和环境保护意识提升的社会需求下，使得动力系统的能效问题受到了广泛关注。而动力系统作为工业生产和交通运输的核心，其能效直接影响到能源的使用效率和环境的可持续发展。例如在汽车工业中，发动机的燃油效率直接决定了汽车的油耗和排放水平。高效率的发动机可以显著降低燃油消耗，减少二氧化碳和其他有害气体的排放，从而减轻对环境的影响。在实际的工业生产中动力系统的能效受多种因素影响。其中施工单位应用的技术先进性是关键因素之一。施工企业在生产中通过采用高效节能技术，如涡轮增压、直喷技术、混合动力系统等技术应用可以显著提高动力系统的能效^[2]。

二、动力系统在冶金工业中应用的意义

（一）提高能源效率与降低运营成本

动力系统在冶金工业中的应用不仅限于提升能源效率和降低运营成本，它还对整个工业的可持续发展起到了至关重要的作用。例如企业采用高效率的电动机和变频器可以减少电能消耗，而热能回收系统则可以将生产过程中产生的废热转化为可用能源，进一步提高能源利用率。此外动力系统的优化还能显著降低企业的运营成本。通过精确控制生产过程中的能源使用，企业可以减少不必要的能源开支，同时减少因设备故障导致的停机时间，提高生产效率。智能监控和维护系统可以预测设备的维护需求，避免突发故障，从而减少维修成本和生产损失。

（二）增强生产过程的可控性和灵活性

近些年来，随着工业自动化和智能化技术的飞速发展，促进了工业生产企业的快速进步，其中在冶金工业作业时动力系统的应用中提供了必要的能量支持，而且在增强生产过程的可控性和灵活性方面发挥了关键作用。例如工作人员应用动力系统在钢铁生产过程中，其就可以做到精确控制这些设备的运行速度和功率输出，从而提高生产效率和产品质量。除此之外动力系统还可以实现设备的快速启动和停止，来达到减少能耗与提高生产过程灵活性的目的。

（三）减少环境影响与提升可持续发展能力

工作人员在冶金工业的实际生产运作中，由于高炉、转炉等关键设备的运行需要大量的热能和电能，就需要优化动力系统，例如使用余热发电技术将高炉和转炉产生的高温废气转化为电能，并且将这些电能再次用于生产过程来实现能源的循环利用。这种做法不仅减少了对环境的热污染，还提高了能源的综合利用率。此外在提升可持续发展能力方面，动力系统的优化还体现在对可再生能源的利用上。例如冶金企业的管理者可以在设备建设中投资建设风能、太阳能等可再生能源发电设施，将这些清洁能源作为动力系统的补充或主要能源来源。这不仅有助于减少对传统能源的依赖，还能降低长期的能源成本^[3]。

三、冶金工业动力系统能效评价方法

（一）能效评价指标体系构建

在冶金工业动力系统的应用之下，能效评级指标体系构建是管理者指通过科学的方法和手段，来对冶金工业动力系统的能源使用效率相关指标进行量化评估，通过具体的数据体现从而为管理者降低能源消耗和减少环境污染提供决策支持。所以能效评级指标体系的构建需要管理者综合考虑冶金工业的生产特点、能源结构、工艺流程以及环境影响等多方面因素。在评价指标体系的具体构建中，管理者应明确能效评级指标体系的目标和原则，以此来确保评价指标的科学性、系统性和可操作性。在此基础上管理者可以将能效评级指标体系分为三级：一级指标为总体能效水平，二级指标包括能源消耗、能源转换效率、工艺过程效率和环境影响等，三级指标则细化为具体的能源使用效率、设备运行效率、余热回收效率、排放物浓度等具体参数^[4]。

（二）能效评价模型建立

而能效评价模型的建立就需要管理者和工程师们紧密合作，以此来进一步确保所有相关数据和参数的准确性和完整性。在管理者与工程师的合作下，首先需要去收集冶金工业动力系统运行过程中的各种数据。而能源消耗、生产量、设备效率等这些数据收集可以通过安装传感器、使用数据采集系统以及进行定期的能源审计来实现。接下来工程设计是可以利用这些数据，采用统计分析方法或机器学习算法来建立能效评价模型。例如设计师可以使用多元回归分析来确定不同因素对能效的影响程度，或者运用神经网络模型来预测系统在不同操作条件下的能效表现。而在设计师的模型建立之后，管理者需要通过实际运行数据进行验证和调整，以确保模型的准确性和可靠性^[5]。

（三）能效评价方法的比较与选择

设计师在冶金工业动力系统的设计中，进行能效评价方法的选择至关重要，往往直接关系到能源利用效率的准确评估和节能潜力的挖掘。在目前的能效评估方法应用中，企业常见的能效评价方法包括单位产品能耗法、热力学分析法、能流图分析法等。其中单位产品能耗法是一种简单直观的评价方法，在实际应用中通过计算单位产品所消耗的能源量来评估能效。其优点在于操作简便，而这种方法的缺点在于不能全面反映系统的能效状况。而热力学分析法，如熵分析和能级分析等方法在应用中的优点是能够提供更为精确的能效信息。但其缺点是计算过程复杂，对企业的施工作业人员有较高的素质要求。而能流图分析法这种方法的优点是形象直观，有助于团队协作和决策。然而能流图的构建需要大量的数据支持，且在处理复杂系统时可能会变得非常繁琐。所以就要求企业管理者与设计师在应用中需要根据自身需求，来进一步选择合适的能效评价方法以达到最佳的评价效果^[6]。

四、冶金工业动力系统优化策略

（一）能源梯级利用

能源梯级利用的核心原理是指在能源转换和使用过程中，按

照不同品质的能源特性来依次进行，通过合理分配和利用能源来进一步提高利用效率的一种方式。这种方式在近些年来的冶金工业中应用十分广泛，企业管理者在应用之下可以显著降低能源消耗，提高经济效益。

能源梯级原理在冶金工业生产的具体应用中，管理着可以将高炉煤气、焦炉煤气等低品质热能通过余热锅炉转换为蒸汽，再用于发电或工艺过程来实现热能的梯级利用。同时管理者还可以对发电机组进行优化与升级，使其在生产中能够适应不同品质热能的输入，提高发电效率^[7]

（二）能源回收与再利用

随着全球对可持续发展和环境保护意识的增强，其中冶金工业作为能源消耗大户也需要顺应时代发展，管理者对动力系统优化显得尤为重要。而能源回收与再利用是其中的关键环节，该原理在冶金工业生产应用中，例如高炉煤气的回收利用技术的应用可以将高炉产生的煤气经过净化处理后，用于发电或作为其他工业炉的燃料，从而大大减少能源浪费。此外转炉煤气的回收也是一个典型例子，转炉在炼钢过程中产生的煤气同样可以经过净化后用于发电或加热，实现能源的循环利用^[8]。

（三）自动化与智能化技术

智能化技术生产的意义在于其能够帮助企业显著提高生产效率、降低成本、减少人为错误，并且能够实现对生产过程的实时监控和优化。近些年来在冶金工业中，企业管理者在动力系统应用时通过引入自动化与智能化技术，能够实现动力系统的精准控制和高效运行。在管理者与工作人员的具体实施中，可以通过安装先进的传感器和数据采集系统来实现。通过这些先进设备与技术的应用使得工作人员可以实时监测动力系统的各项参数，如温度、压力、流量等这些数据可以实时被传输到中央控制系统，系统通过大数据分析和人工智能算法能够自动调整操作参数，以达到最佳的运行状态。其次智能化技术的应用之下，企业在生产中还还可以实现对设备的预测性维护。例如工作人员在冶金生产作业中，系统通过分析设备运行时反馈的数据，能够及时预测设备可能出现的故障，并提前进行维护与警报，从而避免生产中断和设备损坏^[9]。

（四）生产调度优化

生产调度优化是当前冶金工业领域，动力系统的应用中至关重要环节，它的优化与应用好坏直接关系到生产效率和能源消

耗。冶金企业一般会采用先进的调度算法和实时监控系統，来帮助自身在管理中实现生产过程的动态优化。例如在某钢铁企业的生产中，企业就通过引入智能调度系统，同时结合生产计划和设备状态来实时调整生产作业顺序和作业时间。该系统利用遗传算法对生产任务进行优化排程，确保高效率的生产流程。系统在实际操作中会根据炉料配比、能源消耗和设备负荷等因素，动态调整各生产线的工作计划，从而减少等待时间和设备空转，以此来进一步提高企业生产中的能源利用率^[10]。

（五）能源成本控制

企业管理者为了应对复杂的市场环境，提升企业的经济效益与核心竞争力，需要在冶金工业动力系统的应用中对能源成本控制方面采取创新措施。企业首先需要对动力系统进行了全面的能源审计，以识别能源浪费的环节和潜在的节能空间。这一策略企业管理者可以通过安装先进的能源监测设备来实现，监测设备的应用可以帮助管理者实时跟踪能源消耗情况，以此来对能源使用进行精确管理。此外企业还可以引入了能源管理系统，通过数据分析和智能算法来优化能源分配，减少不必要的能源消耗。与此同时企业还需要重点对动力设备进行了技术改造和升级，以提高能源利用效率。例如对高耗能的电机和泵进行了变频改造，通过调节设备运行速度来适应实际需求，从而降低能耗。同时企业还引入了高效节能的炉窑技术，通过优化燃烧过程和提高热效率，减少燃料消耗。

五、结语

综上所述可知，在当前冶金工业动力系统的应用中，管理者采用的优化策略是多方面的，其中涉及能源梯级利用、能源回收与再利用、自动化与智能化技术、生产调度优化以及能源成本控制等多个层面。企业管理者通过这些策略的实施不仅能够显著降低能源消耗，还能增强企业的市场竞争力和可持续发展能力。在不远的将来相信随着技术的不断进步和环保要求的日益严格，冶金工业动力系统优化将更加注重智能化、绿色化和高效化，以实现工业生产的全面升级和转型。企业管理者应紧跟时代步伐，不断探索和应用新技术、新方法，来进一步的确保企业在激烈市场竞争中立于不败之地。

参考文献

[1] 朱杰. 冶金电气自动化系统中的传感器选择与布置优化研究 [J]. 冶金与材料, 2024, 44(08): 70-72.
[2] 侯艳春. 气压给水设备在钢铁冶金行业给水系统的选型及设计 [J]. 化工设计通讯, 2024, 50(06): 131-134.
[3] 刘宇. 钢铁冶金企业电力系统自动化控制研究 [J]. 中国金属通报, 2024, (06): 81-83.
[4] 黄钰珺, 陆震云, 陆顺峰, 等. 冶金起重机起升电控系统检测研究 [J]. 机械管理开发, 2024, 39(05): 69-71.DOI: 10.16525/j.cnki.cn14-1134/th.2024.05.025.
[5] 焦彬, 刘宇轩, 刘森, 等. 粉末冶金闸片智能铆接系统的设计 [J]. 轨道交通装备与技术, 2024, 32(03): 22-25.DOI: 10.13711/j.cnki.cn32-1836/u.2024.03.006.
[6] 靳刚. 冶金电气自动化系统改造与应用研究 [J]. 世界有色金属, 2024, (08): 42-44.
[7] 郑丽欧. 基于 PLC 的冶金智能监控系统设计研究 [J]. 有色金属 (冶炼部分), 2024, (02): 154.
[8] 郭媛, 谭嘉, 李盛祥, 等. 冶金高频响高精度伺服液压缸性能测试系统软件开发 [J]. 液气传动与密封, 2024, 44(01): 29-33.
[9] 刘汪成. 冶金企业自动化控制系统的远程监控与维护 [J]. 冶金与材料, 2023, 43(11): 145-147.
[10] 刘国庆. 冶金电气系统的自动化控制与智能化管理 [J]. 冶金与材料, 2023, 43(10): 16-18.

岩土工程勘察、设计、施工一体化管理模式探讨

陶建华

山东正元地质资源勘察有限责任公司, 山东 济南 250000

摘 要： 目前，岩土工程行业所面临的工程需求越来越复杂，市场竞争也越来越激烈。基于这一背景，文章以岩土工程勘察，设计与施工一体化管理模式为研究重点，对其特征，必要性以及存在的问题和策略进行阐述。首先它具有高效协同性和资源优化配置的特征；其次必要性表现为与工程复杂性相适应和质量的提高；再次存在的问题主要是管理体制不健全，专业人才匮乏。最后提出解决问题的策略，比如完善管理体制，培养复合型人才。通过综合论述一体化管理模式，以期对岩土工程高效，优质开展提供理论支撑和实践指导。

关 键 词： 岩土工程；一体化管理；勘察设计施工；工程管理

Discussion on Integrated Management Mode of Geotechnical Engineering Investigation, Design and Construction

Tao Jianhua

Shandong Zhengyuan Geological Resources Exploration Co., LTD. Jinan, Shandong 250000

Abstract： At present, the geotechnical engineering industry is facing more and more complex engineering needs, and the market competition is becoming more and more fierce. Based on this background, this paper focuses on the integrated management model of geotechnical engineering investigation, design and construction, and expounds its characteristics, necessity, existing problems and strategies. First, it has the characteristics of efficient collaboration and optimal allocation of resources. The second necessity is to adapt to the complexity of the project and improve the quality; Again, the main problem is that the management system is not sound, and the lack of professional talents. Finally, the author puts forward some strategies to solve the problem, such as perfecting the management system and cultivating compound talents. Through the comprehensive discussion of the integrated management model, it is expected to provide theoretical support and practical guidance for the efficient and high-quality development of geotechnical engineering.

Keywords： geotechnical engineering; integrated management; survey, design and construction; project management

引言

在工程建设持续推进的今天，岩土工程需求与日俱增。传统岩土工程勘察，设计与施工相分离的管理模式已逐渐显露出许多缺点，比如难以协调和效率不高等。因此岩土工程勘察，设计和施工一体化管理模式的出现，已经成为了提高工程质量，缩短工期和降低成本的一种有效手段。本文研究目的在于对该管理模式进行深入探究，以期能够对岩土工程行业提供一些有效的理念与方法。

一、岩土工程勘察、设计、施工一体化管理模式的特点

（一）高效协同性

岩土工程勘察，设计和施工的一体化管理模式把三个关键环节紧密联系在一起，大大提高了协同效率。首先，勘察阶段由专业人员细致地调查地质情况，发现问题可以马上反馈设计部门。其次设计部门根据实际的地质状况快速优化设计的同时施工部门可以提前准备。以一个大型建筑项目为例，勘察人员及时发现了地下有溶洞并通知了设计团队。最后设计团队立即对基础设计方案进行调整，同时施工部门提前做好填充材料及施工设备的准备

工作，以免后续建设出现拖延及危险，极大地缩短项目周期并提升整体工作效率^[1]。

（二）资源优化配置

通过一体化管理可以使人力，物力和财力得到最佳配置，避免重复劳动及资源的浪费，提高了资源的利用效率。同一批次的技术人员利用其专业优势减少了不同环节的人员闲置。以某岩土工程项目为例，勘察阶段技术人员完成勘察任务之后就可以在设计阶段参与方案讨论并对地质数据给出专业建议。在施工阶段他们还可以根据施工的真实情况微调设计方案。这不仅将技术人员专业能力发挥到极致，还能避免在不同环节中由于人员配置不合

作者简介：陶建华（1975.08-），汉族，山东泰安，工程师，研究方向：岩土工程勘察、设计、施工及环境污染防治于一体。

理造成资源浪费。同时，还可以将设备及物料合理的使用到不同的阶段，减少工程的成本^[2]。

（三）全过程质量控制

一体化管理模式可以实现岩土工程的全流程质量控制。从勘察阶段的保证地质数据的准确性，设计阶段的确保方案的合理性，施工阶段的监督质量满足要求等。比如在勘察阶段就利用先进的勘察技术与装备对地质条件做了细致的调查，从而给设计提供了精准的数据基础。在设计阶段，设计师依据勘察结果精心设计以保证方案安全可行。在施工阶段，相关人员严格执行设计方案，强化质量检测与监管。例如在某段高速公路施工项目中，路基从勘察到设计再到施工都实行全过程质量控制以保证道路稳定耐久性。

二、岩土工程勘察、设计、施工一体化管理模式的重要性

（一）适应工程建设复杂性的需要

现代工程建设项目日益复杂，对岩土工程的要求不断提高。一体化管理模式能够现代工程建设项目越来越繁杂，岩土工程需求也越来越大。一体化管理模式可以将各方专业知识与技术力量融合在一起，较好的处理复杂工程地质条件与技术难题。以大型基础设施建设项目为例，一般都会涉及到很多方面的专业知识，要对勘察，设计和施工等环节进行全面考虑。某跨海大桥施工项目面临海洋地质条件复杂，气候环境恶劣。以一体化管理为手段，汇集地质、海洋、桥梁等多领域专家及技术人员，攻克地质勘察，基础设计及施工技术难关，保证该桥安全，稳定，高效地施工。

（二）提高工程质量的关键

工程质量在岩土工程中处于核心地位。一体化管理模式以全过程的质量控制保证了勘察数据的准确性，设计方案的合理性和施工质量的可靠性，进而提升了项目的整体质量。比如，优质的勘察数据是进行合理设计的依据。某高层建筑项目经过细致调查，对地下土层分布及承载能力有精确认识。因此设计团队在这些资料的基础上做出合理的基础设计，保证了建筑的稳定性。在建设期间，严格执行设计方案，强化了质量检测与监管，保证工程质量^[3]。

（三）缩短工期的有效途径

从工程建设的角度来看，时间即效益。一体化管理模式能够减少各个环节间的配合时间与等待时间并达到无缝连接，进而缩短工程工期。如设计和施工同时进行、，一边设计一边施工。将一体化管理模式应用于某工业园区施工项目，实现了设计团队与施工团队的密切配合。设计阶段施工团队预先进行场地平整及基础施工。设计方案敲定后，随即主体施工，从而极大地缩短项目周期和工作效率。

（四）降低工程成本的重要手段

通过资源优化配置，减少重复劳动与浪费，采用一体化管理模式可以降低工程成本。如避免设计变更造成施工成本上升。设计阶段充分考虑了建设的可行性及成本因素并拟定了合理设计方

案。在施工时，要严格控制费用，以免造成不必要的浪费。同时一体化管理降低各个环节间协调成本，提高工作效率，缩短项目周期以降低整体成本。在某商业建筑项目中，通过一体化管理，节约了大量的成本，提高了项目的经济效益^[4]。

（五）提升行业竞争力的必然选择

岩土工程企业运用一体化管理模式能够提升企业综合实力与竞争力，是激烈市场竞争下岩土工程企业发展的必由之路。为顾客提供更加优质，高效，节约的服务和争取更大市场份额。比如，具备一体化管理能力的企业更容易获得大型工程项目。某市轨道交通建设项目招标方偏好选择有一体化管理的公司。这些公司可以将各方资源整合在一起，有效完成项目建设任务并向顾客提供一站式服务。与此同时，一体化管理模式还有利于企业管理水平与技术创新能力的提升，提升核心竞争力。

三、岩土工程勘察、设计、施工一体化管理模式现存问题

（一）管理体制不完善

当前岩土工程一体化管理体制不健全、管理职责不清晰、标准不统一等。这样就造成各个环节协调难度较大，从而影响一体化管理成效。比如在实践中，勘察，设计，施工等部门责任划分不够明确，易产生推诿扯皮等问题。在一个建筑工程项目上，勘察部门考虑到地质问题要设计部门来处理，而设计部门却认为是由于施工部门操作不当造成的问题。由于各部门管理职责不清晰、规范不到位等原因，导致问题不能及时得到解决，工程进度及质量受到影响。另外管理体制的不健全也会造成资源分配的不合理和决策效率的低下^[5]。

（二）专业人才缺乏

一体化管理模式对勘察，设计，施工各方面专业知识与技能要求高。但是当前这种复合型人才比较匮乏，限制一体化管理模式。比如许多技术人员只是在某一方面有所专长，并不能对一体化管理起到更大的促进作用。在一个岩土工程项目当中，因为复合型人才匮乏，使得勘察，设计和施工等各个环节交流不畅而造成设计方案和实际建设情况不一致，需经常变更设计，工程成本及工期加大。针对专业人才匮乏的现状，必须加大复合型人才培养与引进力度^[6]。

（三）技术标准不统一

岩土工程勘察，设计和施工等各个环节技术标准不尽一致，导致一体化管理难度较大。如勘察数据格式及精度要求不能满足设计，施工需要，造成信息传递不灵。某道路建设项目，勘察部门给出的地质数据格式与其设计部门所需格式不符，需经过多次数据转换，既浪费时间又浪费了精力。另外，技术标准的不一致也会导致项目出现质量问题，从而影响到项目的安全可靠^[7]。

（四）信息化水平低

就一体化管理而言，信息化手段运用尚不广泛、不深入。各个环节在信息共享与沟通方面仍然存在着阻碍，从而影响管理效率。比如没有一个统一信息管理平台来进行数据实时传输与共

享。某大型工程项目因信息化水平不高,部门间信息传递以纸质文件及口头传达为主,易发生信息失真及延误。因此要想提升信息化水平就必须加强信息化建设,构建统一信息管理平台,做到各个环节信息共享与实时交流。

(五) 风险评估不全面

岩土工程一体化治理风险评价尚不全面,不深入,易忽略某些潜在风险因素对项目造成隐患。比如勘察阶段地质风险评估不足就会造成施工时发生意外情况。某隧道建设项目勘察阶段地质风险评价不全面,施工期遭遇突水和塌方,造成项目重大损失。所以企业要强化风险评估就必须构建一个综合风险评估体系来评价防范各类风险因素^[8]。

四、岩土工程勘察、设计、施工一体化管理模式的策略

(一) 完善管理体制

建立并完善岩土工程一体化管理体制与机制,确定部门管理职责与权限。企业应当建立统一管理规范与流程,强化各个环节间协调合作。如建立一体化管理专门机构,对勘察,设计和施工进行协调。这一机构能够制订详细工作计划与目标并确定各个部门的工作与职责。同时建立高效的沟通机制并定期举行协调会议以及及时解决各个环节间存在的问题。在一个大型基础设施建设项目上,成立了一体化管理领导小组,由各相关部门的负责人组成。领导小组建立统一管理规范及流程,并明确部门权责。此外通过定期举行协调会议等方式,对勘察,设计,施工等环节存在的问题及时加以解决,保证工程顺利实施。

(二) 培养复合型人才

强化岩土工程复合型人才培养,全面提高人才素质与专业技能。通过训练,交流和实践,培养出既懂得勘察,又懂得设计,更懂得施工的专业人才。如举办技术人员跨领域培训课程、项目实践等。另外相关部门可请专家演讲、培训等方式介绍岩土工程各个领域最新技术及发展趋势。同时组织技术人员到实际项目中去,使其在实践的过程中不断地总结经验,增强自身的综合能力。以一家岩土工程企业为例,建立复合型人才和培养方案,并定期安排技术人员参与培训与实践活动。通过这些举措培养出一批在各方面都有专业知识与技术的人,对企业发展起到强有力的支撑作用^[9]。

(三) 统一技术标准

建立岩土工程勘察,设计,施工的统一标准,保证各个环节信息传递与协同工作的顺利开展。如规范勘察数据格式及精度要求以满足设计,施工需要。技术标准制定小组可由不同方面的专家、技术人员组成。他们一起研究制订了统一技术标准,对勘察,设计,施工等各个环节都确定了技术要求与标准。对一岩土工程项目建立统一技术标准以规范勘察数据格式及精度要求。最终设计部门依据这些准则开展设计工作,施工部门依据设计方案开展施工工作,以保证各个环节间信息传递与协同工作的顺利开展。

(四) 提高信息化水平

加大信息化建设力度,提升岩土工程综合管理信息化水平。

搭建统一信息管理平台,使各个环节信息共享、实时交流。比如采用大数据和云计算的方法来分析处理勘察,设计以及施工数据。可编制专用信息管理软件对勘察,设计,施工等各个环节数据进行录入,集中管理与共享信息。同时采用大数据和云计算的方法对这些数据进行了分析与处理以提供科学的决策依据。以一个大型岩土工程项目为研究对象,通过搭建统一信息管理平台来实现各个环节信息共享与实时交流。通过对数据的分析和处理,及时发现了问题并采取了相应的措施,提高了管理效率和质量。

(五) 加强风险评估

构建综合风险评价体系,评价并防范岩土工程一体化经营过程中存在的各类风险因素。如勘察阶段综合评价地质风险,技术风险和安全风险,并制定风险应对措施。风险评估小组可设立,包括来自各个领域的专家及技术人员。他们携手对该项目进行了全面的风险评估,识别出可能存在的风险元素,并据此制定了针对性的风险应对策略。例如,风险评估小组对勘察阶段的地质风险,技术风险和安全风险进行综合评价。针对评价结果制定出强化地质勘察,优化设计方案和强化安全管理的风险应对措施。采取上述措施后,项目的风险得到有效的减少^[10]。

五、结语

岩土工程勘察,设计,施工一体化管理模式,是满足现代工程建设发展要求的一种重要管理模式。尽管当前的实施仍存在着一定的问题,但是可以从健全管理体制,培养复合型人才,统一技术标准和提高信息化水平等方面入手,强化风险评估及其他策略能够有效地解决上述问题并促进一体化管理模式持续发展与改进。在将来的岩土工程项目中,集成的管理方式将逐渐展现其关键性,为确保工程建设的高品质、高效率 and 持续发展提供坚实的支撑。

参考文献

- [1] 宗俊秀. 岩土工程勘察、设计与施工一体化模式标准及应用[J]. 大众标准化, 2023,(19):125-127.
- [2] 穆岩. 岩土工程勘察、设计与施工一体化模式研究[J]. 房地产世界, 2023,(13):51-53.
- [3] 梁全政. 基于岩土工程勘察设计和施工一体化模式研究[J]. 城市建设理论研究(电子版), 2022,(36):136-138.
- [4] 朱文凤. 岩土工程勘察、设计与施工一体化模式研究[J]. 价值工程, 2022,41(35):31-33.
- [5] 何潘. 岩土工程勘察设计与施工一体化模式探究[J]. 有色金属设计, 2022,49(01):50-54.
- [6] 王文波. 岩土工程勘察设计和施工一体化模式探讨[J]. 中国建筑装饰装修, 2022,(05):180-182.
- [7] 叶福多. 简析岩土工程勘察设计与施工一体化模式[J]. 中国科技投资, 2021,(08):150+162.
- [8] 肖磊. 岩土工程勘察设计与施工一体化模式研究[J]. 西部资源, 2021,(01):115-117.
- [9] 赖晓东. 岩土工程勘察设计和施工一体化模式探讨[J]. 世界有色金属, 2021,(02):219-220.
- [10] 王伟. 岩土工程勘察、设计与施工一体化模式探讨研究[J]. 地产, 2019,(24):133.

一体化脱硫废水处理技术的应用

郑文静

阜新发电有限责任公司, 辽宁 阜新 123003

摘 要： 阜新发电有限责任公司2×350MW 机组2×200MW 机组脱硫系统均采用石灰石－石膏湿式烟气脱硫工艺，脱硫废水处理系统一直实现稳定运行、废水处理效果良好，本文旨在通过对阜新发电有限责任公司原脱硫废水系统“废水缓冲箱＋三联箱（中和箱＋沉淀箱＋絮凝箱）＋澄清器＋清水箱”工艺所发现的问题、脱硫废水处理的必要性进行探讨，对脱硫废水改造的方案“一体化脱硫废水处理技术”进行论述、对一体化脱硫废水处理技术的有效、运行稳定的效果进行总结。

关 键 词： 脱硫废水；一体化处理；稳定运行；水质

Application of Integrated Desulfurization Wastewater Treatment Technology

Zheng Wenjing

Fuxin Power Generation Co., Ltd. Fuxin, Liaoning 123003

Abstract： The desulphurization system of 2*350MW units and 2*200MW units of Fux Power Generation Co., Ltd. both adopt the limestone-gypsum wet flue gas desulphurization process. The wastewater treatment system of desulphur has been stable and the treatment effect of wastewater is good. This paper aims to discuss the problems found in the original desulphurization wastewater system of Fin Power Generation Co., Ltd., which is "wastewater buffer tank three-in-one box (neutralization box sedimentation box flocculation) clarifier clear water box", the necessity of treating desulphurization wastewater, and the scheme of desulphurization wastewater transformation "egrated desulphurization wastewater treatment technology", as well as to summarize the effectiveness and stable operation of the integrated desulphurization wastewater treatment technology.

Keywords： desulfurization wastewater; integrated treatment; stable operation; water quality

一、背景分析

燃煤火电厂在全球能源供应体系中占据举足轻重的地位。作为传统的能源转换方式，燃煤火电以其稳定的供电能力和相对较低廉的成本，长期以来一直是许多国家电力供应的主力军。^[1]但燃煤火电厂的污染物排放问题不容忽视，煤炭在燃烧过程中，会释放出大量的二氧化硫等污染物，对大气环境造成污染，对人类健康和生态系统构成严重威胁。^[2]

脱硫技术是燃煤火电厂减少烟气中有害物质排放的关键技术，可以有效地去除烟气中的二氧化硫等有害物质，从而降低其对环境的污染。^[3]

阜新发电有限责任公司作为辽宁省阜新市传统燃煤火电厂，目前在运机组为2台200MW 机组（01号、02号），2台350MW 机组（03号、04号），装机总容量1100MW。4台机组都采用石灰石－石膏湿法脱硫设施，01、02号机组为脱硫两炉一塔设置，配置脱硫公用系统；03号、04号机组脱硫为一炉一塔设置，配置脱硫公用系统。目前4台机组排放的二氧化硫都可以实现超低排放。

03、04号机组脱硫废水处理工艺为“废水缓冲箱＋三联箱（中和箱＋沉淀箱＋絮凝箱）＋澄清器＋清水箱”工艺。01、02号机组脱硫装置产生的脱硫废水排入除尘器下水力冲灰系统的灰沟并可以去03、04号机组脱硫废水处理系统。脱硫废水系统投运后，开开停停，没有实现连续正常运行，系统一直处于半投入状态，运行稳定性差，出水水质不稳定，抗负荷能力强差，受水质变化影响

大，脱硫废水澄清池出水浑浊，经常有“翻池”现象，造成脱硫废水无法正常投运。脱硫废水出水污染物也无法实现稳定达标。

2019年，结合01、02号机组烟气脱硫超低排放的改造工程，对脱硫废水系统进行改造，改造工艺采用“一体化”改造技术路线。改造后实现脱硫废水水质指标稳定达到排放标准。本文旨在通过对原脱硫废水系统存在的问题进行探讨，对实现废水处理有效、运行稳定的效果进行总结。

二、原脱硫废水系统概况及存在问题

（一）脱硫废水处理的必要性

当烟气逆向经过脱硫塔进行气液接触时，大量的二氧化硫被吸附并最终去除，烟气中的少量氯离子和氟离子也同时被吸附。当脱硫系统循环运行的时候，氯离子和氟离子将会在浆液中富积。氟离子会和浆液中的铝联合作用致使石灰石的溶解性降低，从而影响脱硫效率。氯离子含量的增高不仅使设备材料腐蚀加剧，石膏品质降低，而且直接导致脱硫率的下降和硫酸钙结垢倾向增强。

湿法脱硫废水的主要特征是呈现弱酸性；悬浮物高，但颗粒细小，主要成分为粉尘和脱硫产物，含有可溶性的氯化物和氟化物、硝酸盐等，还有 Hg、Pb、Cu、Cd、Zn 等重金属离子。^[4]

脱硫废水的处理技术基于废水的排放性质，采用物化法针对不同类型的污染物，分别创造合宜的理化反应条件，使之予以彻底去除。^[5]

作者简介：郑文静（1991.02—），汉族，大学本科，研究方向：火电企业环保方面，现就职于阜新发电有限责任公司，工程师。

（二）“三联箱”脱硫废水的处理过程

脱硫废水预处理：废水处理系统分为中和、沉降、絮凝、浓缩澄清几个步骤，以减少废水中的悬浮物，提高废水 pH 值。^[6] 从脱硫工艺楼来的废水进入脱硫废水前池，通过输送泵将脱硫废水输送至脱硫废水预处理区域的脱硫废水缓冲池。通过池内一级废水输送泵送至一级反应器。脱硫废水缓冲池设曝气搅拌装置，防止悬浮物沉降。

（三）“三联箱”脱硫废水系统主要设备

表1 原有的脱硫废水处理系统参数

序号	设备名称	参数	数量
1	中和箱 (搅拌器)	容积：6.36m ³ ；Φ1800×2500mm；材质：碳钢+树脂鳞片 (材料：碳钢衬胶；尺寸：Φ300；搅拌速率：80转/分，电机功率：1.5kW)	1
2	沉降箱 (搅拌器)	容积：6.36m ³ ；Φ1800×2500mm；材质：碳钢+树脂鳞片 (材料：碳钢衬胶；尺寸：Φ680；搅拌速率：80转/分；电机功率：2.2kW)	1
3	絮凝箱 (搅拌器)	容积：6.36m ³ ；Φ1800×2500mm；材质：碳钢+树脂鳞片 (材料：碳钢衬胶；尺寸：Φ680；搅拌速率：80转/分；电机功率：2.2kW)	1
4	澄清器	95m ³ ；外径：ø10米 内径：ø9米，h6米；材质：钢筋砼	
5	有机硫加药装置		
	有机硫加药溶液箱	V=1.08m ³ ；Φ=1100mm；L=1500mm；材料：钢衬胶	1
	有机硫计量泵	隔膜计量泵，；输送量：Q=18 l/h；P=0.3 MPa；过流部分材料：PVC；电机功率：0.25KW；带变频器	2
6	石灰加药装置		
	石灰浆液计量箱	V=7.0m ³ Φ 2.0×2.5m	1
	石灰乳制备箱	V=5.0m ³ Φ 1.8×2.0m	1
	石灰浆投加泵1#	计量泵；输送量：Q =120L/h；P=0.30 MPa；过流部分材料：碳钢；电机功率：0.55KW；带变频器	2
	石灰浆投加泵2#	螺杆泵；Q=5m ³ /h；H=15M；N=3KW；带变频器	2
	石灰浆投加泵3#	螺杆泵；Q=3.6m ³ /h；H=18M；N=2.2KW；带变频器	2
7	絮凝剂加药装置		
	絮凝剂加药箱	净容量1.06m ³ ，φ 950mm×1500mm，材质：钢衬玻璃布	1
	絮凝剂计量泵	隔膜计量泵，流量50L/h，P=0.3Mpa，N=0.25kW，泵头材质：PVC	2
8	盐酸加药装置		
	计量箱	净容量3m ³ ，φ 1600mm×2000mm，材质：玻璃钢	1
	计量泵	隔膜式，流量200L/h，P=0.30Mpa，材料：PVC，N=0.25kW	2
9	出水箱 (搅拌器)	ø2.0*3.5 M 容积：10.0M ³ ；材料：碳钢+树脂鳞片 材料：碳钢衬胶；尺寸：Φ400；搅拌速率：80转/分；电机功率：1.5KW	1
10	出水输送泵	流量：Q=26m ³ /h；扬程：30mH；碳钢衬胶；电机功率：45KW	2

序号	设备名称	参数	数量
11	离心式脱水机	处理能力：6m ³ /h 功率：11KW	1
12	泥斗	容积：10m ³ 功率：3KW 材质：钢涂防腐漆	1

（四）“三联箱”脱硫废水系统存在的问题

废水系统排出水质问题：悬浮物超标、COD 超标、个别重金属超标。^[7]

当大流量脱硫废水进入到处理系统后，设计的加药量、排放量均不能满足大流量废水的要求，导致出水水质变差；其次，排放流量偏大缩短了废水在系统停留反应的时间，使重金属和悬浮物不能较好地沉淀、絮凝。

脱硫废水原水含固率超标，造成脱硫废水中固体物质的实际浓度过高，这将导致脱硫废水处理系统出力不足，严重的会导致脱硫废水处理系统瘫痪。

脱硫废水原处理系统复杂，大小主体设备20余种，人工调整难度大。

加药系统管道堵塞。絮凝剂、助凝剂计量箱出口管道经常堵塞现象，导致系统不能正常调节，出水水质变差影响达标排放。

药剂种类多（超过5种），加药稳定性差，加药系统故障多，对系统波动适应能力差。

污泥难处理，离心机，压滤机故障率高，卸泥困难。

越来越多的现场存在吸收塔结晶粒度细化的问题，细化后原废水处理系统几乎无法工作。

总之，“三联箱”工艺加药系统设备多，运行维护工作量大，加药工作繁琐，国内各电厂脱硫废水处理设施普遍的投入不好，有必要对现有脱硫废水处理系统进行改造。^[9]

三、一体化脱硫废水处理技术

（一）处理工艺

（1）工艺原理

推荐采用一体化脱硫废水处理工艺。

一体化脱硫废水处理系统所投加药剂为一体化的吸附絮凝剂，设计的投加量范围为300ppm±20%。

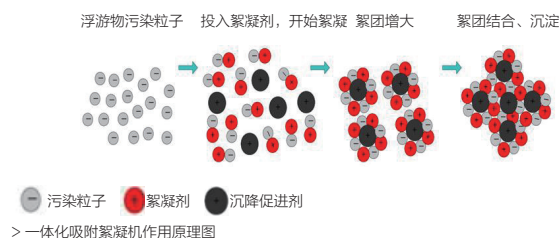
该药剂为中性无机绿色环保吸附絮凝剂，以极具吸附能力的天然矿物质材料为原料，具备显著的去除 COD、磷、SS、亚硝态氮、重金属等污水中有害物质的能力。以单一药剂替代传统加药方式中复杂的药剂制度，降低药剂成本，简化工艺，提升絮凝沉降效果，并易于实现流程波动时的水质控制。同时，重金属一经沉降，永远不再析出，污泥实现无害化。

其基本作用原理以及性能如下：

固体悬浮物去除原理

污水中的大粒子随着时间的推移而会沉淀，但是10微米以下的带有负电荷的[污染粒子]会相互排斥，难以沉淀，始终漂浮在水中，使水浑浊。

一体化吸附絮凝剂利用混合了带有（产生）正电荷的物质、吸附污染物的物质、促进沉淀的物质等多种天然矿物质的粉体，进入漂浮在污水中的[污染粒子]之间，使它们迅速絮凝、沉淀从而分离成清水和污泥。



(2) 工艺特点

工艺流程短、操作强度小，设备构成简单，可完全替代传统“三联箱”系统，且出水指标及抗波动能力远优于传统废水处理系统，有效解决脱硫废水达标排放问题。

只投加单一药剂，即可解决脱硫废水排放的问题，运行操作简便，抗水质波动能力强，药剂用量小，常规废水投加量为 300g/m³，按废水最大处理量 15m³/h，每天处理量 360 m³，每天加药量为 108kg。

药剂对污泥起到一定调理作用，增加了其疏水性，可直接进入真空皮带脱水机进行脱水单元操作。

(二) 高效复合絮凝剂

高效复合絮凝剂的合理采用是本处理工艺的技术关键。

化学成分主要包含：聚丙烯酰胺，聚二甲基二烯丙基氯化铵。其化学特征无毒、对人体健康无影响，不具有易燃性，具有化学稳定性。

一体化脱硫废水处理系统所投加药剂为一体化吸附絮凝剂，其成分可根据现场水质情况进行专门配制。预计投加量范围为 300ppm ± 20%。

四、一体化脱硫废水处理技术的改造方案

在原有的“三联箱”系统上改造，尽可能利用原有设备。在现有沉降箱顶部增设药剂投加机，更换现有沉降箱搅拌器为高剪切强度搅拌器；增设“清水泵出水回流至沉淀箱”管道以及阀门；更换现有澄清器为“高效旋流澄清器”；污泥泵出口管道接入真空皮带脱水机。

脱硫废水进入现有沉降箱的同时，通过药剂投加机向沉降箱中投加“无机高效吸附剂”，并利用更换的“高剪切强度搅拌器”对药剂和脱硫废水进行充分混合分散，并在其中进行完全反应。

反应后，废水进入絮凝箱，通过现有搅拌机实现二级慢速搅拌，使得絮团更好的长大，之后进入新更换“高效旋流澄清器”中，完成泥水分离。通过增设的污泥排放管道，底流污泥可直接接入真空皮带脱水机进行脱水，并与石膏掺混外运。最终达到处理净化脱硫废水的目的。

五、一体化脱硫废水处理技术的效果分析

(一) 改造后的出水指标

脱硫废水出水满足国家标准《污水综合排放标准》（GB8978-1996）的要求。^[8]

表2 改造后的脱硫废水处理出水参数

项 目	单位	脱硫废水处理出水	GB8978
pH	--	7.2	6~9
悬浮物	mg/L	18.78	70
化学需氧量 COD _{Cr}	mg/L	46.15	100

项 目	单位	脱硫废水处理出水	GB8978
总汞 Hg	mg/L	0.02	0.05
总镉 Cd	mg/L	未检出	0.1
总铅 Pb	mg/L	0.06	1.0
总锌 Zn	mg/L	0.33	2.0
总镍 Ni	mg/L	0.10	2.0
总砷 As	mg/L	0.10	0.5

(二) 运行成本与原有系统的比较

表3 一体化脱硫废水处理工艺与“三联箱”处理工艺加药成本比较

工艺	药品	水量 (m ³ /h)	浓度 (mg/L)	加药量 (kg/h)	单价 (万元/t)	小时 成本 (元/h)	吨水成本 (元/t)
一体化	一体化 药剂	15	300	4.5	3	135	9.0
三联 箱	石灰	15	1500	22.5	0.07	15.75	
	次氯酸 钠溶液	15	50	0.75	0.2	1.5	
	絮凝剂	15	1000	15	0.2	30	
	助凝剂	15	200	3	2	60	
	有机硫	15	100	2	3	60	
合计						167	11.2

一体化脱硫废水处理工艺与“三联箱”处理工艺加药成本比较，一体化脱硫废水处理工艺成本明显降低。

六、结论

脱硫废水的处理主要针对的就是重金属离子、酸根等等。原“三联箱”工艺流程中采用了中和、沉淀、絮凝的工艺化学流程，是传统的加药絮凝沉淀方法，此方法运行成本高，设备故障率高，投运率较低。^[9]

一体化脱硫废水系统改造达到了简化的目的。混合反应器只投放一种药剂，替代原有五种药剂制备及投放装置；循环过程少，减少大量泵及管道投入。底流污泥成稳定絮团，直接给入石膏真空皮带机，省去污泥脱水设备投入；重金属不再析出，污泥实现无害化处理。^[10]

阜新发电有限责任公司脱硫废水系统改造是成功的，经处理后的脱硫废水，其出水指标满足排放标准。脱硫废水改造工程的工程经验具有推广价值。

参考文献

- [1] 刘攀，李静. 燃煤火电厂烟气在线监测系统与节能减排研究 [J]. 中国资源综合利用，2021(7): 154-156.
- [2] 操斌，张增利，朱敬宏. 脱硫废水零排放处理技术 [J]. 中国氯碱，2017(02)
- [3] 王金袖. 燃煤电厂三氧化硫排放在线监测技术研究 [D]. 华北电力大学，2019.
- [4] 周至祥，段建中，薛建明. 火电厂湿法烟气脱硫技术手册 (M). 北京: 中国电力出版社，2006.
- [5] 孙少鹏，朱文中，蒋文，胡清，颜喜. 燃煤火力发电厂脱硫废水处理技术的研究 [J]. 节能与环保，2015(09).
- [6] 苏颖，马芳，肖子博. 电厂废水处理及回用技术的研究进展 [J]. 资源节约与环保，2016(05).
- [7] 王冬梅，夏春雷，崔伟强，韩琳，孙立娇，郭鹏飞. 脱硫废水处理系统设计问题和运行难点对策分析 [J]. 水处理技术，2015(12).
- [8] 污水综合排放标准 GB 8978-1996. (S) .
- [9] 宋志强，祁利明. 火力发电厂烟气脱硫废水处理工艺. 水处理技术. 2010(03).
- [10] 马双忱，于伟静，贾绍广，柴峰，张润盘. 燃煤电厂脱硫废水处理技术研究与应用进展 [J]. 化工进展，2016(01).

高效焊接技术在机械装备制造中的研究与应用

陆翔健

天津中集集装箱有限公司, 天津 300461

摘要： 本文系统研究了高效焊接技术在机械装备制造中的应用，涵盖理论、关键技术、应用策略及质量控制。本文首先从理论层面深入分析了焊接过程中的热力学行为、物理化学原理以及焊接接头组织与性能之间的关系，为高效焊接技术的应用提供了坚实的理论基础。接着，研究了工艺参数的优化、接头设计的预测以及高效焊接装备的自动化，全面展示了高效焊接技术的实际应用潜力。进一步，提出了大型结构件与精密零部件的高效焊接策略，凸显场景与材料选择的关键性。最终，建立了质量控制体系，并明确了缺陷检测与接头性能评价方法，保障了焊接结构的可靠性。本研究对机械装备制造的技术提升和产业升级具有显著推动作用。

关键词： 高效焊接技术；机械装备制造；焊接原理与方法；焊接过程热力学行为；焊接接头组织与性能

Research and Application of Efficient Welding Technology in Mechanical Equipment Manufacturing

Lu Xiangjian

Tianjin CIMC Container Co., Ltd. Tianjin 300461

Abstract： This article systematically studies the application of efficient welding technology in mechanical equipment manufacturing, covering theory, key technologies, application strategies, and quality control. This article first deeply analyzes the thermodynamic behavior, physical and chemical principles, and the relationship between the microstructure and properties of welding joints during the welding process from a theoretical perspective, providing a solid theoretical basis for the application of efficient welding technology. Subsequently, the optimization of process parameters, prediction of joint design, and automation of efficient welding equipment were studied, fully demonstrating the practical application potential of efficient welding technology. Furthermore, an efficient welding strategy for large structural components and precision parts was proposed, highlighting the criticality of scene and material selection. Finally, a quality control system was established and the methods for defect detection and joint performance evaluation were clarified, ensuring the reliability of the welded structure. This study has a significant driving effect on the technological advancement and industrial upgrading of mechanical equipment manufacturing.

Keywords： efficient welding technology; mechanical equipment manufacturing; welding principles and methods; thermodynamic behavior during welding process; microstructure and properties of welded joints

引言

随着现代工业的快速发展，机械装备制造行业对焊接技术的要求越来越高。高效焊接技术作为一种先进的生产工艺，在提高生产效率、降低制造成本、保证焊接质量等方面发挥着至关重要的作用。高效焊接技术在机械装备制造中的应用，不仅可以提高结构件的焊接速度，还能保证焊接接头的性能和稳定性。

然而，高效焊接技术在推广应用过程中，仍面临着诸多挑战，如焊接工艺参数的优化、焊接质量的控制与检测、特殊材料焊接技术的研发等。为此，本文将对这些问题进行深入探讨，以期的高效焊接技术在机械装备制造领域的进一步发展提供理论支持和实践指导。

一、高效焊接技术的理论基础

在深入探讨高效焊接技术在机械装备制造中的应用之前，必须先建立起对高效焊接技术理论基础的全面理解。以下将对焊接过程中的热力学行为、高效焊接技术的物理化学原理，以及焊接

接头的组织与性能关系进行详细分析，以揭示高效焊接技术的科学内涵和关键机制。

（一）焊接过程中的热力学行为分析

焊接过程中的热力学行为分析涉及对焊接热源的作用机制、热传递的动态过程以及材料相变和应力应变场的深入研究。在这

一过程中，焊接热输入的分布、熔池的形成与动态行为、热影响区的宽度及其对焊接接头性能的影响，都是不可忽视的重要方面。通过对焊接热循环的精确控制，可以有效地调控焊缝及热影响区的微观组织，从而优化焊接接头的力学性能和服役性能。

（二）高效焊接技术的物理化学原理

高效焊接技术的物理化学原理，则涵盖了电弧物理、熔滴过渡、熔池冶金反应等多个层面。当今工业生产应用最为广泛的双弧焊接工艺，其主要代表公司有德国的 CLOOS 公司和奥地利 Fronius 公司的 TANDEM 焊接。德国 CLOOS 公司的 Tandem 双丝焊接系统是由两台送丝机、一把焊枪以及两台焊机所组成的，能够与焊接机器人或者自动化专机相互配套使用。送丝机利用送丝管把焊丝送入焊枪的独立导电嘴中。然后在双电弧中被熔化。而奥地利 Fronius 公司所开发的最新 GMA 焊接系统，这个系统采用了两套送丝系统和电源。焊接的电流和送焊丝的速度以及电压与短路的相对时序关系都能够进行分开控制，进而有效提高焊接的速度^[1]。

（三）焊接接头的组织与性能关系

进一步地，焊接接头的组织与性能关系研究，揭示了焊接过程中微观组织演变与宏观性能之间的内在联系。这一研究不仅关注焊缝金属的凝固过程、晶粒生长方向和析出相的形态与分布，还涉及热影响区的相变行为及其对焊接接头脆性、韧性、疲劳性能和腐蚀性能的影响^[2]。通过深入探究这些关系，可以为焊接工艺的优化和焊接材料的开发提供理论依据，进而提升焊接结构的整体性能和可靠性。

二、高效焊接技术在机械装备制造中的关键技术研究

在机械装备制造领域，高效焊接技术的应用至关重要，它直接关系到生产效率、成本控制以及最终产品的质量。以下将针对高效焊接技术在机械装备制造中的几项关键技术进行深入研究，包括高效焊接工艺参数的优化、焊接接头的设计与性能预测，以及高效焊接设备与自动化系统的开发。

（一）高效焊接工艺参数优化

高效焊接工艺参数优化的研究，旨在通过科学的方法确定最佳的焊接工艺参数组合，以实现焊接过程的高效率和高品质。这涉及对焊接电流、电压、焊接速度、热输入等参数的精确控制，以及对焊缝成型、熔池行为、热影响区大小和焊缝金属的微观组织结构的深入理解^[3]。通过采用先进的数学模型和优化算法，可以实现对焊接工艺参数的智能化调控，从而在保证焊接质量的同时，提高生产效率。

（二）焊接接头设计与性能预测

焊接接头的设计与性能预测是现代焊接工程中的关键技术之一，它涉及对接头结构的精确设计和材料科学的深入理解，目的是准确预测接头在特定工况下的行为表现。在这一复杂的过程中，必须综合考虑焊接接头的力学属性，如屈服强度、拉伸性能和弯曲刚度；疲劳寿命，涉及疲劳裂纹的萌生与扩展；断裂韧性，反映材料对裂纹扩展的抗力；以及腐蚀抗力，确保在特定环

境介质中的稳定性^[4]。通过采用先进的有限元分析技术，可以在虚拟环境中对接头的应力分布、应变状态和温度场进行精确模拟，同时结合材料性能数据库，该数据库中包含了广泛材料在不同条件下的性能数据，从而为预测焊接接头在不同服役条件下的性能提供了坚实基础。

（三）高效焊接设备与自动化系统

高效焊接设备与自动化系统的研发，是提升机械装备制造自动化水平和焊接质量的关键。这包括了对焊接电源、送丝系统、焊接机器人、视觉检测系统等硬件的集成和创新，以及相应的控制软件 and 数据处理算法的开发。高效焊接设备的研发不仅要满足高速、高精度焊接的需求，还要考虑到设备的稳定性、易用性和维护性^[5]。自动化系统的应用，能够显著提高焊接生产的一致性和重复性，减少人为误差，提升整体生产效率。

三、高效焊接技术在机械装备制造中的应用策略

在机械装备制造领域，高效焊接技术的应用策略是实现焊接工艺与产品性能完美结合的核心。以下将详细探讨高效焊接技术在机械装备制造中的应用策略，包括应用场景分析与材料选择，以及在大型结构件和精密零部件制造中的应用实践。

（一）应用场景分析与材料选择

在机械装备制造领域，高效焊接技术的应用策略要求对特定场景进行深入分析并精确匹配材料，考虑焊接结构的复杂性、材料特性、焊接环境和成本效益等因素，以确保焊接接头满足设计要求并具备良好的服役性能。材料选择侧重于焊接性、力学性能、耐腐蚀性及成本，同时考虑母材与填充材料的兼容性，以优化焊接工艺、减少缺陷、提升接头质量^[6]。此外，应用策略还包括焊接工艺的创新与优化，以适应材料特性，通过科学合理地分析和选择，实现焊接工艺与产品性能的完美结合，提高装备制造水平和市场竞争力。

（二）高效焊接技术在大型结构件制造中的应用实践

在大型结构件制造领域，高效焊接技术的应用实践展现了其对提高生产效率和保障结构性能的重要作用。针对大型结构件的焊接需求，高效焊接技术通过精确控制焊接热输入和熔池动态行为，有效减少了热影响区和焊接变形，确保了接头的完整性和力学性能。实践中，采用高效焊接技术能够实现大型结构件的快速拼接，缩短了制造周期，降低了生产成本。同时，通过优化焊接路径和工艺参数，提高了焊接过程的稳定性和自动化水平，减少了人为因素对焊接质量的影响。在材料选择上，高效焊接技术能够适应多种高强钢、耐热钢等高性能材料的焊接，满足大型结构件在复杂工况下的服役要求^[7]。此外，结合先进的焊接缺陷检测技术和性能评价标准，高效焊接技术在大型结构件制造中的应用不仅提高了生产效率，还确保了焊接结构的安全可靠，为大型机械装备的制造提供了坚实的工艺支持。

（三）高效焊接技术在精密零部件制造中的应用策略

在精密零部件制造中，高效焊接技术的应用策略专注于实现高精度和高一致性的焊接质量，通过精确控制热输入、熔池形态

和冷却速率来减少热影响区和焊接变形，保障尺寸精度和表面完整性。依托先进的焊接设备、精确的工艺参数优化和高灵敏度监控技术，采用激光焊接、电子束焊接等高能束方法实现微连接，同时优化接头设计以减少应力集中，并通过模拟仿真预测热应力和变形^[8]。自动化和智能化焊接系统确保了焊接过程的稳定性和可重复性，而非破坏性检测技术则用于精确识别焊接缺陷，这些综合策略的应用显著提升了精密零部件的制造效率和产品可靠性，对精密机械制造业的整体水平提升具有重要意义。

四、高效焊接质量控制与性能评价

在高效焊接技术的应用中，焊接过程中实时检测和监控焊接质量具有一定难度，焊接质量控制与性能评价是确保焊接结构安全可靠的关键环节。以下将深入探讨高效焊接质量控制体系的构建，焊接缺陷的检测与评价方法，以及焊接接头性能评价的标准与试验方法。

为确保高效焊接技术在机械装备制造中的应用效果，构建一个完善的高效焊接质量控制体系至关重要。该体系应涵盖焊接工艺的每个环节，从原材料的选择、工艺参数的设定、设备维护到操作人员的培训，均需制定严格的标准和流程。通过实施全面的质量管理，包括过程监控、数据分析、持续改进等措施，可以有效预防焊接缺陷的产生，提升焊接接头的整体质量。

（一）焊接缺陷检测与评价方法

焊接缺陷的检测与评价方法是高效焊接质量控制体系中的重要组成部分。现代焊接缺陷检测技术包括超声波检测、射线检测、磁粉检测、涡流检测等，这些方法能够精确地识别焊缝中的裂纹、气孔、夹渣等缺陷^[9]。评价方法则涉及对缺陷的尺寸、位

置、分布及其对焊接接头性能影响的分析。通过对焊接缺陷的准确检测和评价，可以为焊接工艺的优化和焊接质量的提升提供重要依据。

（二）焊接接头性能评价标准与试验方法

焊接接头性能评价标准与试验方法的建立，是评估焊接接头是否满足设计要求和服役性能的关键。这些标准和方法应当基于焊接接头的力学性能、耐腐蚀性能、疲劳性能等指标，通过标准的试验程序，如拉伸试验、弯曲试验、冲击试验、硬度测试等，来全面评价焊接接头的性能^[10]。此外，随着材料科学和测试技术的发展，新的评价方法和试验技术也在不断被引入，以更准确地预测和评估焊接接头的长期性能和可靠性。

五、结束语

本文围绕高效焊接技术在机械装备制造中的应用，从理论基础、关键技术、应用策略到质量控制与性能评价，进行了全面而深入的探讨。通过揭示高效焊接技术的科学内涵和关键机制，为实际制造过程提供了理论指导和技术支持。同时，本文提出的焊接工艺参数优化方法、焊接接头设计与性能预测技术，以及高效焊接设备与自动化系统的开发，为提升机械装备制造水平奠定了坚实基础。此外，构建的高效焊接质量控制体系和焊接接头性能评价标准，为确保焊接结构的安全可靠提供了有力保障。

展望未来，高效焊接技术将继续在机械装备制造领域发挥重要作用。随着新材料、新工艺的不断涌现，高效焊接技术将面临新的挑战 and 机遇。为此，研究者们需继续深化理论研究，创新关键技术，完善质量控制体系，以推动高效焊接技术在机械装备制造中的应用向更高效、更绿色、更智能的方向发展。

参考文献

- [1] 李兵. 浅析高效焊接技术研究现状和进展 [J]. 山东工业技术, 2014, (21): 14. DOI: 10.16640/j.cnki.37-1222/t.2014.21.044.
- [2] 易耀勇. 先进高效焊接技术基础及工程应用研发平台建设. 广东省, 广东省科学院中乌焊接研究所, 2021-12-22.
- [3] 陈韬. 钢结构高效智能焊接技术和设备集成研发与应用. 广东省, 中建钢构工程有限公司, 2021-05-07.
- [4] 沈家明. 全自动高效控制柜焊接技术. 浙江省, 浙江诺华机械股份有限公司, 2021-05-06.
- [5] 周彦彬, 史维琴. 双电弧高效焊接技术研究与发展现状 [J]. 电焊机, 2019, 49(12): 44-51.
- [6] 陈韬. 钢结构高效智能焊接技术和设备集成研发与应用. 江苏省, 中建钢构江苏有限公司, 2019-12-01.
- [7] 夏佐龙. 关于建筑钢结构高强钢高效焊接技术的分析 [J]. 江西建材, 2019, (09): 120-121.
- [8] 罗信飞. 建筑钢结构高强钢高效焊接技术分析 [J]. 绿色环保建材, 2019, (07): 200-201. DOI: 10.16767/j.cnki.10-1213/tu.2019.07.152.
- [9] 李练. 高效焊接在液压支架结构件中的应用 [J]. 内蒙古煤炭经济, 2019, (06): 47-48. DOI: 10.13487/j.cnki.imce.013694.
- [10] 宗绮雯, 刘兆坤, 王玉华, 等. 对于建筑钢结构高强钢高效焊接技术的思考 [J]. 城市建设理论研究 (电子版), 2019, (25): 36. DOI: 10.19569/j.cnki.cn119313/tu.201925033.

LKJ 临时数据无线换装系统研究

尹亮, 闫龙, 张坤

国能新朔铁路有限责任公司机务分公司, 内蒙古 鄂尔多斯 010300

摘 要 : LKJ 临时数据是 LKJ 控制功能实现的基础, 是 LKJ 保证行车安全, 实施减速控制、改变行车方式、提示有关操作的重要技术数据, 因此 LKJ 临时数据的编制、核对、换装等各个环节要求必须严谨。本文针对 LKJ 临时数据换装作业现状, 分析实现 LKJ 临时数据无线换装系统的必要性和可行性。介绍了 LKJ 临时数据分类, 说明了 LKJ 临时数据换装的原因, 总结了目前 LKJ 临时数据换装作业现状及存在的问题, 梳理了 LKJ 临时数据换装作业流程, 定义了 LKJ 临时数据无线换装作业关键点, 根据作业关键点, 对各业务相关部门作业进行梳理定义, 研究了 LKJ 临时数据无线换装时的安全机制及系统卡控要求^[1], 研究了 LKJ 临时数据换装场景和无线换装系统运用后带来的安全效益的提升, 为后续全路扩大运用提供参考。

关 键 词 : LKJ; 车载临时数据; 无线换装; 安全效益; 安全机制

Research on the Application of LKJ Temporary Data Wireless Relocation System

Yin Liang, Yan Long, Zhang Kun

China Energy Xinshuo Railway Co., Ltd. Locomotive Branch, Ordos, Inner Mongolia 010300

Abstract : LKJ temporary data is the foundation for implementing LKJ control functions, and is an important technical data for LKJ to ensure driving safety, implement deceleration control, change driving mode, and prompt relevant operations. Therefore, the preparation, verification, and replacement of LKJ temporary data must be rigorous in all aspects. This article analyzes the necessity and feasibility of implementing a wireless LKJ temporary data replacement system based on the current situation of LKJ temporary data replacement operations. Introduced the classification of LKJ temporary data, explained the reasons for LKJ temporary data replacement, summarized the current situation and existing problems of LKJ temporary data replacement operations, sorted out the process of LKJ temporary data replacement operations, defined the key points of LKJ temporary data wireless replacement operations, sorted and defined the operations of various business related departments based on the key points, and studied the security mechanism and system card control requirements during LKJ temporary data wireless replacement. Studied the improvement of safety benefits brought by LKJ temporary data replacement scenarios and wireless replacement systems, providing reference for the subsequent expansion of the entire road.

Keywords : LKJ; temporary data; wireless replacement; safety benefits; security mechanism

列车运行监控装置 (简称 LKJ) 采用车载数据模式, LKJ 临时数据是 LKJ 限速、行车变化、路况提示等控制功能实现的基础^[2], LKJ 临时数据是监控列车安全运行的前提和保障。是 LKJ 保证行车安全, 实施减速控制、改变行车方式、提示有关操作的重要技术数据^[3]。当前 LKJ 临时数据换装作业方式是由乘务员值乘时通过 IC 卡手工刷入 LKJ 主机, 现有人工作业方式在机车在途运用过程中, 经常出现 LKJ 临时数据不能及时上车的问题, 只能通过乘务员手工操作达到控制要求, 给实际行车过程带来严重的安全隐患。

随着移动通信技术的发展与广泛应用, 其安全性、传输速率得到大幅提升, 同时 LMD 系统在铁路电务领域全面推广应用, 为全新数据换装方式的实现提供了成熟稳定的技术基础。系统通过利用即有公用移动通信网络, 在既有车载 LKJ 系统基础上, 研制相应的地面系统及车载设备, 在确保车载数据安全、可靠的前提下, 通过无线方式将 LKJ 临时数据上载至机车, 可很好解决既有临时数据上车作业方式存在的问题, 提高车载临时数据变更效率, 管控风险。进一步提升 LKJ 临时数据信息化运维管理水平。系统的运用和实施符合当前铁路“提质增效”的实际需求^[4]。

作者简介: 尹亮 (1983.04-), 男, 汉族, 陕西安康市人, 本科, 工程师, 研究方向: 铁路机车。

张坤 (1989.01-), 男, 汉族, 河南周口人, 本科, 工程师, 研究方向: 软件工程。

一、LKJ 临时数据简介

(一) LKJ 临时数据定义

指依据相关机务段提前下达的运行揭示调度命令, 编辑形成 IC 卡数据文件载入 LKJ 设备, 对列车运行实施减速控制、改变行车方式、提示有关操作的各类临时性数据。LKJ 临时数据文件由机车司机负责载入 LKJ 设备。LKJ 临时数据是 LKJ 数据体系的重要组成部分, 在防止列车通过施工地段超速等安全关键控制上, 起着至关重要的作用^[5]。

（二）LKJ 临时数据项

LKJ 临时数据文件数据项包括：数据类型、时间类型、工务线路、命令号、行别、起始里程、终止里程、车站编码、股道号、开始日期、开始时间、结束日期、结束时间、客货、客车限速、货车限速。

(三) LKJ 临时数据分类

LKJ 临时数据分为三大类：限速控制类、行车变化控制类、路况提示类。具体如下表所示：

表1 临时数据分类表

序号	临时数据类别	临时数据文件类型
1	限速控制类	临时限速
2	限速控制类	股道限速
3	限速控制类	乘降所
4	行车变化控制类	停基改电
5	行车变化控制类	绿色许可证
6	行车变化控制类	特定引导
7	路况提示类	防汛提示

二、LKJ 临时数据换装原因

（一）限速变化

1. 由于线路施工或改造对施工区域线路里程范围要求列车限速运行, 机务根据收到的调度命令编制新的临时限速数据。

2. 由于车站股道施工或改造要求列车限速运行, 机务根据收到的调度命令编制新的股道限速数据。

3. 根据需要列车需在指定区间位置停车供乘客乘降, 机务根据收到的调度命令编制新“乘降所”类临时数据。

（二）行车变化

1. 调度命令中指定车站（线路所）停用基本闭塞改用电话闭塞法行车，机务根据收到的调度命令编制新的“停基改电”类临时数据。

2. 调度命令中指定车站（线路所）发车进路、出站信号机停用，使用绿色许可证、调度命令、半自动闭塞发车进路通知书等作为行车凭证，机务根据收到的调度命令编制新的“绿色许可证”类临时数据文件。

3. 调度命令中指定以不超过60km/h 进站的特定引导接车, 机务根据收到的调度命令编制新的“特定引导”类临时数据文件。

（三）路况提示类

调度命令中指定纳入提示的防汛地点，机务根据收到的调度命令编制新的“防汛提示”类临时数据文件。

三、LKJ 临时数据换装现状及问题

目前通常情况下调度命令到达时机务运管值班员根据调度命令编制生成LKJ临时数据,再由乘务员出勤时写入IC卡,值乘时通过IC卡刷入LKJ主机,完成LKJ临时数据换装,起到列车运行安全卡控目的。

在机车实际运用过程中,经常出现LKJ车载临时数据需及时上传至车载的问题,因机车在途运行,此时乘务员通过IC卡将临时数据带上机车方式无法实现,只能通过其它方式如电话告知再由乘务员手工操作达到控制要求,给行车安全带安全隐患^[6]。

施工点首趟、次趟临时限速目前由行车调度通知司机口头确认,无法机控实现,形成一定安全隐患。

通过分析不难发现当前手工作业方式无论从作业效率还是卡控效果上都很难达到预期效果,并且也不满足安全卡控要求。由人为控制列车限速存在较大安全风险,迫切需要探索新的作业方式解决当前手工作业存在的问题和隐患。

四、业务关键点

通过对 LKJ 临时数据当前整个作业流程分析梳理, 将 LKJ 临时数据换装业务定义为以下几个业务关键点, 在 LKJ 临时数据无线换装系统中按照临时数据换装实际作业流程实现相关业务功能^[7], 包括临时数据文件编制、文件上传至服务器、上载至机车、文件更新、结果确认和监测等全部作业流程。

1. 机务运管值班员根据调度命令, 通过写卡软件编制生成待上车临时数据文件。

2. 机务运管值班员将已编制完成的临时数据文件上传至 LKJ 车载临时数据无线换装系统。

3. 机务运管值班员根据机车、车次信息选择特定机车完成临时数据文件上载, 将临时数据文件上传到 LKJ 车载设备。

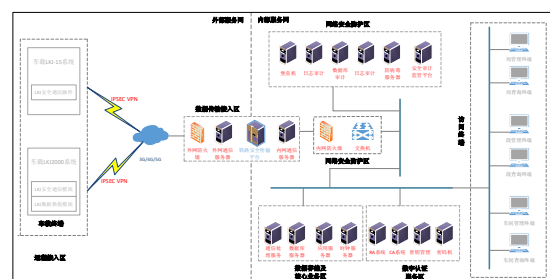
4. 乘务员根据 LKJ 车载显示器提示完成 LKJ 临时数据更新和确认工作。

5. 机务运管值班员通过系统确认临时数据上传和更新结果。

五、LKJ 临时数据无线换装

（一）系统总体架构

LKJ 临时数据无线换装系统由车载子系统、无线通信网络、地面子系统 3 部分构成, 系统总体架构示意图如下所示。



> 图1 无线换装系统总体架构

显示倒计时提示框,在临时数据更新前提醒乘务员,避免临时数据更新完成后直接起控时司机操作不及时引起的排风等问题。提示内容包含对本次临时数据换装作业地面发起人姓名、部门、电话、倒计时剩余时间等,乘务员可以等倒计时结束也可以手动结束倒计时进入临时数据更新流程。

(二) 换装确认机制

在车载端临时数据文件更新完成后,乘务员点击显示器(DMI)弹出窗体中“确认”按钮后,显示器弹出已更新临时数据文件内容,供乘务员查看和确认。乘务员确认信息状态实时回传地面,地面换装控制人员能够实时掌握临时数据文件上传、更新结果。

(三) 文件校验机制

系统在临时数据文件上传至系统时后台对文件完成CRC32及校验和等安全性校验,确保上传文件的正确性。在车地数据交互过程中每包数据和整体数据传输完成后对整个文件都要完成CRC48校验确保数据传输过程中的完整性。

(四) 通道加密机制

车载LKJ系统与地面系统采用CA数字证书进行双向身份认证,按照证书(机型、车号、AB节、设备ID)+车号方式实现一车一证绑定关系,依托CA证书系统在车地间建立国密IPSec VPN加密传输通道,实现接入网络设备身份校验和预警,有效识别并及时阻断非法终端接入网络。

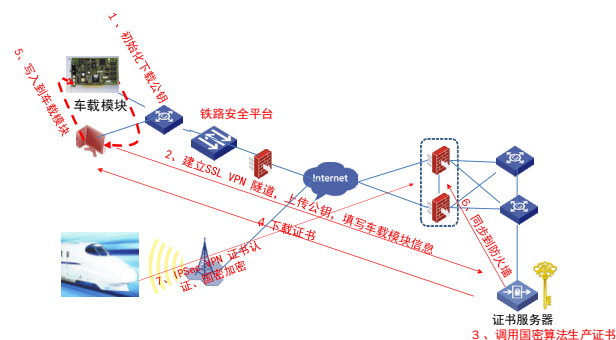


图4 车地IPSec VPN通道建立示意图

(五) 身份鉴权机制

系统有严格的身份鉴权防护措施,通过IP白名单策略只允许通过在系统中已授权的IP登录系统,通过UKEY证书+用户绑定+人脸指纹双因子识别认证措施进一步对系统关键操作进行安全防护。另系统有严格的安全管控策略,可根据登录用户的权限分配相应业务菜单。

八、系统安全效益分析

通过应用“LKJ临时数据无线换装系统”,能够在办公网络实现对LKJ临时数据换装各项作业流程管理、日常工作过程全程可追溯,让管理由“人控”变为“机控”。使LKJ临时数据换装的动态进度和设备情况以“现场直播”的方式展现在管理者面前,给管理者提供了一个“可视化”的阵地指挥平台。解决临时调度命令发布时机车已出库,无法通过IC卡更新LKJ临时数据文件时由司机人为控制限速存在的安全风险。解决临时限速首趟、次趟无法机控问题。有利于提高铁路行车安全保障和管理能力,提高管理效率,提升应急指挥处理能力^[11]。

九、结束语

系统依靠信息化技术、网络安全技术、无线通信技术,安全、可靠、稳定的完成LKJ临时数据无线换装业务功能,LKJ临时数据无线换装系统的运用,构建了高效、安全的LKJ临时数据换装作业新模式,解决了LKJ临时数据无法及时上车由乘务员人工控制限速从存在安全隐患的难题,同时通过试验总结运用管理经验,建立适应全路LKJ临时数据无线换装管理新模式。提升LKJ信息化运维管理水平,符合铁路当前“提质增效”倡议的需要^[12]。

参考文献

- [1] 姜永富. 车载把握规律 化解风险 着力提升铁路通信本质安全水平[J]. 铁道通信信号, 2023, 59(4): 1-6.
- [2] 陈庆华, 何镭强, 牛勤, 李志民. LKJ车载数据无线换装功能实现[J]. 铁道通信信号, 2020, 56(12): 6.
- [3] 夏云浩. 机务LKJ临时数据作业管理系统设计与实现[J]. 上海铁道科技, 2017(1): 51-53.
- [4] 钱磊. LKJ数据换装管理信息系统探讨[J]. 成铁科技, 2010(1): 38-39.
- [5] 叶永华. 关于LKJ车载基础数据换装方案的探讨[J]. 铁道通信信号工程技术, 2016, 13(4): 98-100.
- [6] 王奇. LKJ2000型列车运行监控记录装置的可靠性与安全性设计[J]. 机车电传动, 2001(5): 26-29.
- [7] 马裕厚, 高宇. 车载LKJ数据换装闭环管理的实现和经验探讨[J]. 铁道通信信号, 2014, 50(4): 54-55.
- [8] 董丽秀. 车载LKJ数据换装闭环管理的实现和经验探讨[J]. 内蒙古科技与经济, 2013, 50(18): 84-84.
- [9] 周燕, 金佳林. 车载LKJ数据换装闭环管理的实现和应用技术探讨[J]. 铁道通信信号, 2011, 47(2): 17-19.
- [10] 唐国平. LAIS列车运行状态信息系统[J]. 机车电传动, 2007(4): 11-13.
- [11] 周志辉. 基于LAIS的LKJ数据版本管理系统设计[J]. 铁路计算机应用, 2011, 20(9): 5-6.
- [12] 迟学力. LKJ车载基础数据换装方案探讨[J]. 中国铁路, 2015(10): 26-27.

凝聚各方力量深度参与“百千万工程”

黄秋华^{1,2}

1. 惠州学院 地理与旅游学院, 广东 惠州 516007

2. 惠州市惠城区住房与城乡建设局, 广东 惠州 516008

摘 要： 广东省百县千镇万村高质量发展工程简称“百千万工程”是广东省委立足新发展阶段为促进城乡区域协调发展提出的战略性举措。针对该项“百千万工程”惠州市实施了“百千万工程”人才服务团选派工作方案，根据各县区提出的岗位需求情况，重点选派相关专业人才到基层开展智力帮扶和科技服务，为我市推进“百千万工程”提供人才支撑和智力支持。同时广东省团委发出了广东青年大学生“百千万工程”突击队，组织学生利用暑假投身到“百千万工程”建设项目中，通过多方力量深度参与“百千万工程”来促进工作有效开展。

关 键 词： 百千万工程；高质量发展；广东青年大学生“百千万工程”突击队

Uniting all forces For Deep Involvement in the “Hundred-Thousand-Ten Thousand Project”

Huang Qiuhua^{1,2}

1. School of Geography and Tourism, Huizhou University, Huizhou, Guangdong 516007

2. Huicheng District Housing and Urban-Rural Construction Bureau, Huizhou, Guangdong 516008

Abstract： The "Hundred Counties, Thousand Towns, and Ten Thousand Villages High-Quality Development Project" in Guangdong Province, referred to as the "Hundred-Thousand-Ten Thousand Project", is a strategic initiative proposed by the Guangdong Provincial Party Committee based on the new stage of development to promote coordinated urban and rural regional development. In response to this "Hundred-Thousand-Ten Thousand Project", Huizhou City has implemented a work plan for selecting and dispatching talent service teams for the "Hundred-Thousand-Ten Thousand Project". Based on the job demands proposed by various counties and districts, the focus is on assigning relevant professionals to the grassroots level to provide intellectual assistance and technological services, providing talent and intellectual support for the city's promotion of the "Hundred-Thousand-Ten Thousand Project". Simultaneously, the Guangdong Provincial Youth League Committee has launched a "Hundred-Thousand-Ten Thousand Project" task force for young university students in Guangdong, organizing students to participate in "Hundred-Thousand-Ten Thousand Project" construction projects during the summer vacation. Through the deep involvement of multiple forces in the "Hundred-Thousand-Ten Thousand Project", effective work promotion is facilitated.

Keywords： "Hundred-Thousand-Ten Thousand Project"; high-quality development; "Hundred-Thousand-Ten Thousand Project" task force for young university students in Guangdong

前言

为了更好地促进城乡区域协调发展，补齐县、镇以及乡村发展中存在的短板，让县（区）、镇（街道）、村得到高质量协调发展，广东省实施了“百千万工程”项目。惠州市于2024年组建了一支“百千万工程”服务团，该服务团主要是根据各县区提出的岗位需求情况，重点选派专业相关人才到基层挂职，对挂职人员提出了学历、职称、工作经验等方面的相关要求，以更好地服务“百千万工程”各项建设工作。政府分别与高校、央企、民企等机构建立合作关系共同助力“百千万工程”建设工作，同时调动各个高校的大学生以广东青年大学生“百千万工程”突击队的形式参与到“百千万工程”建设中。

中山市为更好促进城乡融合发展，李淦忠以小榄镇实际案例为依托，探讨如何以实施“百千万工程”为抓手，创建省级典型镇。其分别从基础设施提档升级、公共服务完善提升、老旧小区改造更新、农房质量安全管控、实施“六乱”治理系列工程、落实风貌品质提升行动、开展产业转型升级行动等方面提出发展策略与要点^[1]。阳江市人大常委会及机关紧紧围绕“百千万工程”这一广东高质量发展

项目：惠州市社会科学界联合会，立项编号：HZSK2024GJ069。

作者简介：黄秋华（1981.08-），女，汉族，辽宁营口，惠州学院教师，讲师，博士，3S技术集成应用，E-mail: huangqiuhua2000@hzu.edu.cn。

的“头号工程”，聚焦产业高质量发展、绿美阳江生态建设等重点工作，开展了一系列工作，推动全市上下形成万众一心推进“头号工程”的强劲势头和强大合力^[2]。邹大强、王胜、汪兴宇、周平等通过对老旧小区优质饮用水改造工程的案例分析，研究了百千万工程在实践中的策略及对新质生产力的提升作用^[3]。在普宁市流沙西街道，人大代表积极响应招商引资工作，发动在外企业家一起参与普宁市电商产业园建设^[4]。

自省委实施“百千万头号工程”以来，南雄市人大常委会组织各级人大代表积极响应，主动投身主战场，助力“百千万头号工程”，展现代表风采，聚焦党委政策当好“宣传员”^[5]。网点是为广大人民群众提供服务的最前沿，工商银行下发《2024年网点“百千万工程”实施方案》，这是在网点竞争力提升基础工程实施三年的基础上，对网点建设做出的最新安排^[6]。乡村民宿是乡村旅游的新业态，是促进绿色发展、推动乡村振兴的重要抓手。广东省、广州市均将发展乡村民宿列入2024年推进“百千万工程”重点工作任务^[7]。从生态文明视角发挥河源生态资源优势，对于激活经济发展新质生产力潜能、推进“百千万工程”高质量发展，具有现实可行性^[8]。文化艺术在“百千万工程”的实施过程和目标实现中能够发挥重要作用，将文化建设与乡村振兴、区域协调发展结合起来，能够更好地赋能“百千万工程”的实施^[9]。以农村电商与农业自动化为核心抓手协力共助百千万工程，可以起到推动镇域经济前行，支撑县域经济高质量发展的积极作用^[10]。

一、调研方法

本研究中所使用的主要调研方法有文件资料法、观察法和访谈法。

（一）文件资料法

文件资料法是通过收集、整理和分析相关文件资料，以获取所需信息和数据，并对研究对象进行深入分析。文件资料包括各种文字、图片、图表、报告、统计数据、研究文献、政策文件等。这些文件资料可以来自于各个领域和部门，例如政府部门、学术研究机构、行业协会、企业报告等。使用文件资料法进行调研有以下优点：方便快捷，多样性，可靠性和历史性；但同时也存在以下一些限制和挑战：信息不完整、可能存在偏见、可能存在误差和无法获取最新信息。在使用文件资料法时，研究者需要善于收集、整理和分析文件资料，结合其他调研方法进行综合分析，以获得准确、全面的研究结果。

本研究主要参考的文件是由惠州市惠城区“百千万工程”指挥部办公室印发的《惠城区“抓两头促中间”助推“百千万工程”镇（街）建设评价考核实施细节》中的附件3《惠城区街道建设评价指标（试行）》。通过各评价指标的详细解读进一步弄清楚街道“百千万工程”建设中的重点任务，从指标计算结果中及时发现各街道存在的短板并给出进一步改进建议。

（二）观察法

观察法是一种常见的调研方法，它通过直接观察并记录现象来收集数据和信息。观察法可以用于研究各种不同的情境和领域，包括社会科学、行为科学、教育、商业等。观察法可以分为两种主要类型：非参与观察和参与观察。本研究主要是非参与观察，通过使用摄像机进行图片拍摄来收集相关数据。

本研究由于很多考核指标单单从文件资料中很难发现该街道是否存在问题，需要辅助现场观察法来发现问题，然后加以整改。通过现场观察了解各街道“百千万工程”建设现状，及时发现各街道在“百千万工程”建设中存在的问题，并及时督促其进行整改。

（三）访谈法

访谈法是一种常用的研究方法，用于获取关于特定主题的详细信息。它通常涉及研究者与受访者进行面对面或电话交流，通过提问和回答的方式来获取信息。本研究通过与各街道相关负责人进行交流了解“百千万工程”建设中存在的主要问题，针对各街道存在的主要共性问题采取一定的解决办法。

二、调研结果

（一）多个区直部门共同参与街道“百千万工程”指标考核工作

从《惠城区“抓两头促中间”助推“百千万工程”镇（街）建设评价考核实施细节》中附件3《惠城区街道建设评价指标（试行）》中了解到，各街道评价指标主要由5个一级指标、17个二级指标和8个三级指标构成，共涉及23项单独给分指标项。

一共有12个区直部门，分别为区城管执法局、区住房城乡建设局、区交通分局、区文化广电旅游体育局、区卫生健康局、区农业农村水利局、区科工信局、区教育局、区民政局、区委组织部、区政务服务数据管理局、区公安分局牵头参与“百千万工程”街道考核指标打分工作，另外有5个协助参与评分的区直部门分别为：区发改局、区供电局、区自然资源局、区统计局、区财政局，总计共涉及17个区直部门直接参与“百千万工程”建设工作。

（二）各街道多项考核指标计算错误

通过检查各街道上交的台账信息发现全部街道都存在部分考核指标计算错误的现象，通过访谈各街道相关工作人员得知各街道无相关专业工作人员，所以无法搞懂某些专业性考核指标的含义，最后导致其在计算过程中随意性很大直接将其考核指标认定为合格，并在自我评价中给了满分。

（三）现场检查情况

通过现场检查发现很多实地现场情况不容乐观，我调研团队以暗访形式走访惠城区全部街道，将现场图片拍照保存，此处挑

选3张比较具有代表性的现场图片显示,发现“百千万工程”任重道远,还需要更多力量参与进来,为取得“百千万工程”伟大成效一起努力。



>图1现场暗访垃圾分类情况 >图2现场暗访乱拉挂情况 >图3现场暗访乱拉挂和乱贴画情况

(四) 各基层部门人员配备专业不合理

通过与各街道主要负责人访谈了解到大部分街道没有地理信息科学相关专业人才或者会 GIS 数据处理知识的人才,而街道“百千万工程”建设指标考核中涉及到近 1/3 的考核指标需要用 GIS 专业知识,各街道在选拔人才的过程中专业配置需要进一步优化。对于街道后续的信息化建设和智慧化管理,地理信息科学专业人才都是必须储备的,缺少专业人才会影响到街道各项建设工作的具体开展。

三、建议和对策

(一) 调动大学生力量深入参与“百千万工程”

根据指标计算的专业性及街道专业人才紧缺的现状,积极动员惠州学院21级和22级地理信息科学专业学生利用暑假时间参与广东青年大学生“百千万工程”突击队活动,由专业学生完成相关专业考核指标的计算,并根据计算结果给出指导性建议,充分发挥大学生在“百千万工程”建设中的作用。

(二) 调动群众力量深入参与“百千万工程”

对于一级指标中的环境秩序整治(占分38分)和服务功能提质(占分30分),这两项指标占总分的68%,可见其在街道“百千万工程”中的重要性,这两项指标尤其是环境秩序整治需要群众的支持与配合。可以采取以下措施:

1. 社交媒体宣传:利用微信、抖音等社交媒体平台进行宣

传,发布相关信息和视频,向公众解释“百千万工程”的意义和进展情况。

2. 举办宣传活动:组织各类宣传活动,如主题讲座、座谈会、展览等,可以选择一些具有代表性的案例进行展示,让公众亲身感受到“百千万工程”对于国家和个人的影响。

3. 启动社区宣传:组织社区活动,如社区讲座、义工活动等,向社区居民普及“百千万工程”的知识。

通过以上措施的综合运用,可以提升全民对于“百千万工程”的知晓度,增强公众对于该建设的关注和支持,进而推动其实施并取得更好的成果。

(三) 调动高校力量深入参与“百千万工程”

为了更好地推进惠城区“百千万工程”建设项目,惠城区住建局与惠州学院地旅学院及建土学院进行深入合作并签署了合作框架协议,学校将在“百千万工程”建设中充分发挥高校的优势。

1. 高校可以利用自身资源和专业知识,为“百千万工程”提供支持和建议,同时也可以将相关信息和成果传达给学生和社会大众。

2. 高校可以鼓励学生参与“百千万工程”的实践活动,例如志愿者服务、社会调研、创新创业等。

四、结论

通过各区直部门、大学生、群众以及高校等机构深度参与“百千万工程”,以构建城乡区域协调发展新格局为目标,壮大县域综合实力,全面推进乡村振兴。通过凝聚各方力量深度参与“百千万工程”,惠城区街道在人居环境秩序整治方面获得明显改善,在基础设施提标、服务功能提质、风貌提升和治理能力增效方面也取得较大进展,及时发现各街道辖区内的突出短板,使城乡区域基础设施通达程度更加均衡,基本公共服务均等化水平显著提升,城乡区域发展更加协调更加平衡。

参考文献

[1] 李淦忠. “百千万工程”助力小榄镇建设的实践与启示[J]. 城市建设理论研究(电子版), 2024, (24): 10-12. DOI: 10.19569/j.cnki.cn119313/tu.202424004.

[2] 钟剑文. 以“头号力度”助推“头号工程”加力提速[J]. 人民之声, 2024, (06): 60.

[3] 邹大强, 王胜, 汪兴宇, 等. 百千万工程的实践策略与新质生产力的提升[J]. 住宅与房地产, 2024, (23): 13-16.

[4] 林捷勇, 陈耿雄. 五级人大代表共同助力“百千万工程”[J]. 人民之声, 2024, (07): 56.

[5] 杜嗣卿. “五聚焦”助力“百千万工程”落地见效[J]. 人民之声, 2024, (06): 57.

[6] 毛群. 夯基固本提效能全面推动网点“百千万工程”落地见效[J]. 现代商业银行, 2024, (13): 48-51.

[7] 何小敏. 代表深调研助推“百千万工程”[J]. 人民之声, 2024, (08): 38-39.

[8] 何琪. 生态文明视阈下推进“百千万工程”的实践路径——以河源市为例[J]. 农村经济与科技, 2024, 35(15): 76-79.

[9] 张艳. 以文化建设助力“百千万工程”协同区域协调发展[J]. 广东省社会主义学院学报, 2024, (03): 110-112.

[10] 邓清文, 陈俊钦. 农村电商与农业自动化协力共助“百千万工程”探析——以云浮市六都镇为例[J]. 农村经济与科技, 2024, 35(12): 257-259+274.

地表水环境自动监测技术应用分析

高燕, 颜子钦, 金朝阳, 刘瑾

武汉市生态环境保护局江岸区生态环境监测站, 湖北 武汉 430000

摘 要 : 随着环境保护意识的不断提高和对水质监测要求的日益严格, 地表水环境自动监测技术得到了广泛应用。本文详细分析了地表水环境自动监测技术的原理、组成、优势, 探讨了其在不同场景下的应用, 包括水质预警、污染溯源、水环境管理等方面的作用。通过对地表水环境自动监测技术的全面剖析, 为提高水环境监测水平、保护水资源提供了有益的参考, 期望带来借鉴。

关 键 词 : 地表水环境; 自动监测技术; 应用

Analysis of the Application of Automatic Monitoring Technology for Surface Water Environment

Gao Yan, Yan Ziqin, Jin Chaoyang, Liu Jin

Jiang'an District Ecological Environment Monitoring Station, Wuhan Ecological Environment Protection Bureau, Wuhan, Hubei 430000

Abstract : With the increasing awareness of environmental protection and the increasingly strict requirements for water quality monitoring, automatic monitoring technology for surface water environment has been widely used. This article analyzes in detail the principles, components, and advantages of automatic monitoring technology for surface water environment, and explores its applications in different scenarios, including water quality early warning, pollution tracing, and water environment management. Through a comprehensive analysis of the automatic monitoring technology for surface water environment, it provides a useful reference for improving the level of water environment monitoring and protecting water resources, hoping to bring reference.

Keywords : surface water environment; automatic monitoring technology; application

一、绪论

水是生命之源, 地表水环境质量直接关系到人类的生存和发展。传统的手工水质监测方法存在监测频率低、数据滞后、耗费人力物力等诸多弊端^[1]。而地表水环境自动监测技术能够实现对水质的实时、连续监测, 为及时掌握水质变化情况、采取有效的环境保护措施提供了有力的技术支持。

自动监测技术能够实现对水质的实时监测, 及时掌握水质变化情况。与传统手工监测相比, 大大缩短了监测周期, 提高了监测效率。自动监测系统采用先进的传感器和分析仪器, 具有较高的测量精度和稳定性。同时, 系统可以进行自动校准和质量控制, 确保数据的准确性。自动监测系统可以连续运行, 不间断地采集和分析水质数据。这有助于了解水质的长期变化趋势, 为环境管理提供更全面的信息。传统手工监测需要大量的人力和物力投入, 而自动监测系统可以实现无人值守, 及时了解水质状况, 提高了工作效率。

二、地表水环境自动监测技术原理

(一) 传感器技术

地表水环境自动监测系统主要依赖各种传感器来检测水质参

数。例如, 溶解氧传感器利用电化学原理, 通过测量电极间的电流来确定水中溶解氧的含量; pH 传感器则是根据玻璃电极与参比电极之间的电位差来测量水体的酸碱度。不同的传感器针对不同的水质参数, 如温度、电导率、浊度、氨氮、总磷、总氮等, 采用特定的检测原理进行测量。

(二) 数据传输与处理

数据处理中心对接收的数据进行存储、分析和处理, 通过特定的算法和模型对水质状况进行评估, 并生成相应的报表和预警信息。同时, 数据可以通过网络平台实时发布, 供相关部门和公众查询。

三、地表水环境自动监测系统组成

(一) 采水单元

采水单元负责从监测点位采集水样, 并将其输送到分析单元。采水方式一般有浮筒式、悬臂式等, 需要根据不同的监测环境进行选择。采水单元通常包括水泵、管路、过滤器等设备, 以确保采集到的水样具有代表性。

(二) 分析单元

分析单元是自动监测系统的核心部分, 由各种水质分析仪器组成。这些仪器根据不同的检测项目采用相应的分析方法, 如分

作者简介: 高燕 (1974.05-), 女, 汉族, 湖北武汉, 硕士研究生, 正高, 主要研究方向: 生态环境保护。

光光度法、电极法、色谱法等。分析单元能够快速、准确地测量各种水质参数，并将结果传输到数据处理单元。

（三）数据传输单元

数据传输单元负责将分析单元得到的水质数据传输到数据处理中心。传输方式可以有有线网络（如光纤、以太网等）或无线网络（如 GPRS、4G、5G 等）。数据传输单元需要保证数据的准确性、及时性和稳定性。

（四）数据处理与控制单元

数据处理与控制单元是自动监测系统的大脑，负责对采集到的数据进行存储、分析、处理和管理。它可以通过软件程序实现对整个系统的控制，包括采水时间、分析周期、数据传输等参数的设置。同时，该单元还可以生成各种报表和预警信息，为环境管理部门提供决策依据。

（五）辅助单元

辅助单元包括供电系统、防雷系统、站房等设施。供电系统一般采用市电和太阳能相结合的方式，确保系统在各种情况下都能正常运行。防雷系统则是为了保护自动监测系统免受雷击损坏。站房为自动监测系统提供了一个稳定的工作环境，同时也方便设备的维护和管理^[2]。

四、地表水环境自动监测技术的应用场景

（一）水质预警

自动监测系统可以实时监测水质变化，当水质参数超过设定的阈值时，系统会立即发出预警信息，提醒相关部门采取措施。例如，当水中溶解氧含量过低或氨氮、总磷等污染物浓度过高时，可能会对水生生物造成危害，自动监测系统可以及时发现并预警，以便采取相应的治理措施。

（二）污染溯源

在发生水污染事件时，自动监测系统可以通过对不同监测点位水质数据的分析，确定污染的来源和扩散方向。这有助于快速锁定污染源，采取有效的应急处置措施，减少污染损失。

（三）水环境管理

自动监测技术为水环境管理提供了科学依据。通过对长期监测数据的分析，可以了解水质的变化趋势和规律，制定合理的水环境治理和保护措施。同时，自动监测系统还可以对污水处理厂、工业企业等重点污染源进行监控，确保其达标排放。

（四）水资源调配

在水资源调配过程中，自动监测系统可以实时监测水源地和受水区的水质状况，确保水资源的安全和合理利用。例如，在跨流域调水工程中，自动监测系统可以对调水线路上的水质进行全程监控，及时发现和处理水质问题。

（五）科学研究

自动监测技术为水生态环境科学研究提供了大量的数据支持。研究人员可以通过对长期监测数据的分析，研究水质变化对水生生物、生态系统的影响，以及水污染的治理和修复技术等^[3]。

五、地表水环境自动监测技术面临的挑战

（一）传感器稳定性和可靠性

目前，一些传感器的稳定性和可靠性还存在一定问题，容易受到环境因素的影响，如温度、湿度、水质波动等。这可能导致测量数据不准确，影响自动监测系统的性能。传感器容易受到温度、湿度、水质波动等环境因素的影响^[4]。例如，在极端温度下，传感器的性能可能会下降，导致测量数据不准确。水质的酸碱度、盐度等变化也可能对传感器的稳定性产生不良影响。随着时间的推移，传感器可能会出现老化、漂移等问题，影响其测量的准确性和稳定性。例如，一些传感器在长期运行后，可能会出现测量值逐渐偏离真实值的情况。

（二）数据质量控制

自动监测系统产生的大量数据需要进行有效的质量控制，以确保数据的准确性和可靠性。然而，目前的数据质量控制方法还不够完善，需要进一步加强研究和应用。由于传感器的稳定性和可靠性问题，以及环境因素的影响，自动监测数据的准确性难以保证^[5]。例如，传感器的测量误差可能会导致数据不准确，环境中的干扰因素也可能影响数据的质量。在数据传输和存储过程中，可能会出现数据丢失、损坏等情况，导致数据的完整性不足。例如，网络故障、存储设备故障等都可能导致数据丢失。

（三）维护管理难度大

自动监测系统分布在不同的监测点位，维护管理难度较大。特别是在偏远地区或恶劣环境下，设备的维护和故障排除需要耗费大量的时间和精力。地表水环境自动监测站点通常分布在不同的地理位置，有些站点可能位于偏远地区或恶劣环境中，给维护管理带来了很大的困难。例如，在山区、河流源头等偏远地区的监测站点，交通不便，维护人员到达现场需要花费大量的时间和精力。自动监测系统包含多种设备，如传感器、分析仪、数据传输设备等，这些设备的维护管理需要专业的技术知识和技能^[6]。例如，传感器的校准、分析仪的故障排除等都需要专业人员进行操作，增加了维护管理的难度。由于自动监测系统的复杂性，当出现故障时，故障排查难度较大。例如，数据传输中断可能是由于网络故障、设备故障等多种原因引起的，需要逐一排查才能确定故障原因。

（四）成本较高

自动监测系统的建设和运行成本较高，包括设备采购、安装调试、维护管理等费用。这对于一些经济欠发达地区来说，可能会成为推广应用的障碍。地表水环境自动监测系统需要使用先进的传感器、分析仪、数据传输设备等，这些设备的采购成本较高。例如，一些高精度的传感器和分析仪价格昂贵，增加了自动监测系统的建设成本。自动监测系统的运行维护需要专业的技术人员和设备，运行维护成本较高。例如，传感器的校准、设备的维修、数据的传输和存储等都需要花费一定的费用^[7]。

五、强化地表水环境自动监测技术的具体措施

（一）传感器稳定性和可靠性处理措施

研发抗干扰能力强、适应不同环境条件的传感器。采用先进

的材料和技术,提高传感器的稳定性和可靠性。例如,使用耐腐蚀、耐高温的材料制作传感器外壳,增强其对恶劣环境的适应能力。建立严格的传感器校准制度,定期对传感器进行校准,确保测量数据的准确性。同时,加强对传感器的日常维护,及时发现并解决潜在问题。例如,定期清洗传感器,检查传感器的连接线路是否正常。在传感器投入使用前,进行充分的环境适应性测试。模拟各种实际工作环境,对传感器的性能进行评估和优化^[8]。例如,在不同温度、湿度、水质条件下对传感器进行测试,确保其在各种环境下都能稳定工作。

（二）数据质量控制问题处理措施

制定统一的数据质量控制标准和规范,建立严格的数据审核制度。对自动监测数据进行多级审核,确保数据的准确性和完整性。例如,设置数据采集、传输、存储、分析等多个环节的审核机制,对异常数据进行及时排查和处理。利用数据滤波、异常值检测、数据融合等先进的数据处理技术,提高数据的质量。例如,通过数据滤波技术去除噪声干扰,通过异常值检测技术识别和剔除异常数据,通过数据融合技术综合多个数据源的数据,提高数据的准确性和可靠性。建立数据质量监测和评估机制,定期对自动监测数据的质量进行监测和评估。例如,通过对比不同监测点位的数据、与手工监测数据进行对比等方式,评估数据的质量和可靠性。对质量不达标的数据进行深入分析,找出问题所在,并采取相应的改进措施^[9]。

（三）维护管理难度大的处理措施

利用物联网、云计算等技术,建立远程监控和管理系统。通过该系统,维护人员可以实时监测自动监测站点的设备运行状态,及时发现并解决问题。例如,当设备出现故障时,系统可以自动发送报警信息,维护人员可以远程诊断故障原因,并采取相应的措施进行修复。提高维护人员的专业技术水平,加强对维护人员的培训。培训内容包括设备的操作、维护、故障排查等方面的知识和技能。例如,定期组织维护人员参加技术培训和交流活动,分享经验和解决问题的方法。

制定完善的维护管理计划和制度,明确维护管理的责任和流程。例如,建立设备巡检制度,定期对设备进行巡检和维护;建立故障处理流程,确保故障能够及时得到处理。同时,加强对维护管理工作的监督和考核,提高维护管理的效率和质量。

（四）成本较高的处理措施

通过招标采购、批量采购等方式,降低设备的采购成本。同时,鼓励国内企业研发和生产自动监测设备,提高国内设备的市场占有率,降低设备价格。例如,政府可以出台相关政策,支持国内企业进行技术创新和产品研发,提高国内设备的质量和性能。通过建立远程监控和管理系统、加强维护人员培训等方式,提高运行维护的效率,降低运行维护成本。例如,利用远程监控系统可以减少维护人员的现场巡检次数,降低人力成本;通过优化维护管理流程,可以提高设备的使用寿命,降低设备维修成本。根据实际需要,合理规划和布局地表水环境自动监测站点,避免盲目建设和重复建设。例如,在重点流域、水源地等区域设置监测站点,提高监测的针对性和有效性,降低建设成本。同时,加强不同部门之间的合作和资源共享,避免重复建设监测站点,降低成本^[10]。

六、结束语

地表水环境自动监测技术具有实时性强、数据准确性高、连续性好、节省人力物力、远程监控等诸多优势。在水质预警、污染源溯源、水环境管理、水资源调配和科学研究等方面发挥着重要作用。然而,该技术目前也面临着传感器稳定性和可靠性、数据质量控制、维护管理难度大、成本较高等挑战。随着传感器技术的不断进步、智能化数据分析、远程监控与维护、多参数集成监测和低成本化等发展趋势,地表水环境自动监测技术将不断完善和发展,为我国的环境保护和水资源管理提供更加有力的技术支持。

参考文献

[1] 谷辉宁, 卢一杰, 谢海星. 地表水环境自动监测技术应用与发展探讨 [J]. 皮革制作为与环保科技, 2021, 2(24): 40-42.
[2] 谢剑鸣. 探讨地表水环境自动监测技术应用与发展趋势 [J]. 低碳世界, 2021, 11(08): 33-34.
[3] 门强. 地表水环境自动监测技术应用与发展——以内江市为例 [J]. 资源节约与环保, 2021, (01): 53-54.
[4] 徐学龙. 地表水环境自动监测技术应用与发展趋势探究 [J]. 环境与发展, 2020, 32(06): 131-132.
[5] 段秋宴. 地表水环境自动监测技术应用与发展趋势 [J]. 中国资源综合利用, 2020, 38(05): 30-32.
[6] 罗强. 地表水环境自动监测技术应用与发展趋势 [J]. 中国资源综合利用, 2020, 38(03): 47-49.
[7] 崔欣. 地表水环境自动监测技术应用与发展趋势 [J]. 中国资源综合利用, 2019, 37(10): 170-171+177.
[8] 杨宏对. 解读地表水环境自动监测技术应用与发展趋势 [J]. 节能与环保, 2019, (02): 102-103.
[9] 孟霞, 龚娟. 地表水环境自动监测技术应用分析 [J]. 环境与发展, 2018, 30(08): 129-130.
[10] 刘京, 刘廷良, 刘允, 等. 地表水环境自动监测技术应用与发展趋势 [J]. 中国环境监测, 2017, 33(06): 1-9.

商用客机航空电子系统研制需求管理： 规范化工作及其演进探讨

邓琪

中国航空无线电电子研究所，上海 200240

摘 要： 本文就商用客机航空电子系统的研制中，其需求管理的规范化、流程化工作内容及要点进行了探讨。并初步介绍了 Model-Based Systems Engineering (MBSE) 和人工智能 (AI) 技术的引入对此过程的质量和效率的影响。初步分析当前的实践方法，并展望未来的发展趋势。

关 键 词： 航空电子系统；需求管理；商用客机；MBSE；AI

Demand Management in the Development of Avionics Systems for Commercial Passenger Aircraft: Standardization and Evolutionary Exploration

Deng Qi

China Aeronautical Radio Electronics Research Institute, Shanghai 200240

Abstract: This article explores the standardization and process-oriented work content and key points of demand management in the development of avionics systems for commercial passenger aircraft. It also introduces the impact of the introduction of Model-Based Systems Engineering (MBSE) and Artificial Intelligence (AI) technologies on the quality and efficiency of this process. The current practical methods are initially analyzed, and future development trends are prospected.

Keywords: avionics system; demand management; commercial passenger aircraft; MBSE; AI

引言

商用客机航空电子系统研制过程中的需求管理是非常复杂的一个过程，涉及多个阶段和多个利益攸关方，是确保研制方案全面、产品架构清晰、研制过程顺畅、高效及研制产品最终满足飞机要求的关键环节。随着航空电子技术的快速发展，航空电子系统的复杂度急剧提升，需求管理的规范化和程序化变得尤为重要。为了确保需求的正确性、完整性和可追溯性，需求管理必须遵循严格的规范和程序。规范化工作不仅能提高需求的效率和质量，还间接保障了系统的安全性和可靠性。本文旨在探讨如何利用模板和检查单来实现规范化一过程，并分析 MBSE 和 AI 技术如何推动需求管理工作的演进。

一、需求管理的规范化工作

(一) 模板的引入

模板化管理通过提供标准化的文档结构和内容指南，确保了需求管理过程的一致性和可重复性。

首先，应当建立需求管理的模版，如需求管理计划模板、需求确认计划模板、需求验证计划模板等，通过规范化的管理安排，确保统筹整个需求工程过程，规范需求管理经理及相关工程人员的工作安排，为此过程的任务策划全面、合理、高效奠定基础^[1]。

其次，在开展整个需求工程过程中，根据具体的需求识别、

需求确认、需求验证、状态监控机需求变更管理的子过程，可以建立需求捕获文档模板、运行概念模板与编制指南、需求分析文档模板、功能清单模板、系统规范编写模板、研制规范模板、软件需求规格说明模板、硬件（如 FPGA 等）需求规格说明模板、需求变更单等模版。以上述模版为基础，结合生命周期工作目标，串联起整个航电系统研制的需求工程过程，确保整个研制过程的规范化。

由于商用客机航空电子系统，随着芯片技术、传感器技术、软件技术等基础技术的发展，已经是一个非常庞大且可以高度集成的系统，其产品的开发迭代周期短，任务重，需求工程过程又是初步设计过程中的关键活动，所以通过各类模版及相关知识工

作者简介：邓琪（1973.09-），女，中国航空无线电电子研究所，民机航电系统部，长期从事构型管理、需求管理相关工作。

程的支持,已变成其开发过程必不可少的过程管控手段。

(二) 检查单机制的实施

由于需求表达以文本及条目为基础,其表达是否完整、逻辑是否恰当、内容是否全面,需要在需求工程过程中进行持续的质量管控,检查单是确保需求质量的重要环节。

结合上述提到的需求工程子过程,承接飞机机需求输入,可编制如功能清单检查单、系统规范检查单和需求正确性检查单,为需求的验证和确认提供了详细的检查点,有助于系统化地识别和修正错误。

根据需求的特点及需求管理的阶段要求,可以编制功能清单检查单、系统规范/研制规范检查单、需求正确性检查单、需求完整性检查单、需求确认计划检查单、需求确认总结检查单、需求验证计划检查单、需求验证总结检查单、需求变更影响性分析检查单。

检查单的实施过程即可以在日常需求工程阶段实施,包括联合定义、需求捕获等环节,也可以结合整个商用客机的研制过程,落入相关门禁要求,在关键研制阶段转段的过程中开展实施。除了实施需求的检查工作,关键还需做好对检查出来不符合项的管控,不符合项的出现也会导致需求的变更,针对变更,其协调和通知也应有规范化流程管控好。以上环节是确保需求质量的必要环节,也是减少研制反复的有力举措。

(三) 需求追溯矩阵的应用

需求追溯矩阵模板为需求提供了一个结构化的跟踪机制,确保从系统需求到子系统需求,再到硬件和软件需求的可追溯性,有助于在变更发生时快速识别影响范围。具体的工作模版有需求追溯矩阵模板、需求确认矩阵模板、需求确认总结模板、需求验证矩阵模板、需求验证总结模板、需求符合性矩阵模板、需求度量报告模板。

需求追溯是正向设计的直观体现,也是适航表明符合性所必要的环节和证明,需求追溯应建立直观、规范、严格的程序,推荐通过需求管理工具如 DOORS 或者其他平台工具,进行规范控制^[2]。

二、需求管理的演进

(一) MBSE 的引入

MBSE 通过创建可视化的系统模型,提供了一个统一的平台来管理和验证需求,降低了文本化需求表达中的模糊性,增强了需求的可追溯性和一致性。MBSE 工具,如 SysML 和 Simulink,为需求表达的结构化、规范化提升奠定基础。模型化同时为需求的验证,提供了基础,推进需求管理摆脱文档的桎梏并推进至“信息化”时代。MBSE 在以下方面优化了传统需求管理方式:

a. 需求分析与验证:利用模型执行仿真和分析,验证需求的可行性和一致性,减少后期变更的风险。

b. 多学科协作:提供一个共享的模型平台,促进不同背景的工程师之间的沟通和协作。

c. 需求变更管理:通过模型的版本控制和影响分析,管理需

求变更,评估变更对系统的全面影响^[3]。

与此同时,MBSE 也在需求的表达、需求的追溯和链接以及基线生成、文本生成等方面对于传统需求管理工作有改进和优化,但与此同时,MBSE 过程的规范化也是一个需要重点关注的内容。

(二) AI 技术的影响

AI 技术的引入为需求管理带来了新的可能性,如智能算法和机器学习模型的应用,提高了需求分析和验证的效率。同时,AI 技术也对需求的内容、验证方法和安全性要求提出了新的挑战。

AI 对需求管理的主要影响有:

a. 自动化需求识别:AI 可以分析历史数据和用户反馈,自动识别和提出潜在的需求,减少人工识别需求的工作量。利用 NLP 技术,AI 可以从非结构化数据中提取需求,如从用户评论、论坛讨论和社交媒体中提取用户需求。

b. 智能需求推荐:AI 可以根据项目的历史数据和类似项目的经验,推荐可能的需求选项,帮助需求分析师做出更全面的决策。模型验证和仿真:AI 技术可以用于模拟系统行为,验证需求的可行性,减少实际系统测试的需求。

c. 预测分析:AI 可以基于历史项目数据和市场趋势,预测不同需求的优先级和影响,帮助项目团队确定最关键的需求。

d. 变更影响分析:AI 可以帮助分析需求变更对项目的影响,预测变更带来的风险和成本,从而更有效地管理变更。自动化跟踪:AI 系统可以自动跟踪需求的变更历史,减少人工跟踪的需求,提高变更管理的效率。

(三) 演进探讨

MBSE 是需求管理由文本至模型的深入,是需求走向完全定量过程的关键里程碑。而 AI 则给传统需求管理带来巨大机遇和挑战,机遇在于 AI 经过有效训练,可以大大缩短需求工程的周期,同时提高需求管理的效率,而挑战在于,未来的产品开发,随着 AI 能力的加强,其将逐步由辅助的角色转换成替代,是否还按目前这种模式,需要一个复杂的需求管理过程?这个问题值得深入思考和观察。

三、应对策略探讨

(一) 完善需求管理流程

“基本功”依旧是重点,需求管理流程需要不断完善,以适应 MBSE、AI 技术的发展。这包括对需求识别、分析、规格编制、验证和变更管理等环节的持续改进。

(二) 提升团队 MBSE、AI 技术能力

需要将“新技术”普及,变成基础技术。需求管理团队需要提升对 MBSE、AI 技术的理解和应用能力,以确保需求的可实现性和一致性。

(三) 加强法规标准研究

需求管理团队需要加强对航空法规和标准的研究,提出对于新技术应用的规章修订建议,以确保需求管理符合最新的法规要求。

（四）推动跨学科合作

随着 MBSE 和 AI 技术的应用，需求管理过程中跨学科的沟通和协作变得更加重要。需求管理团队需要与数据科学家、软件工程师和人机交互专家等进行更紧密的合作，以应对 AI 技术带来的挑战。这要求需求管理团队不仅要理解各种航电系统的技术细节，还要能够协调不同系统之间的交互和兼容性，以更好的应用 MBSE 和 AI 技术。

（五）管控组织、文化挑战

MBSE 和 AI 实施需要跨部门的合作和协调，这需要建立有效的沟通机制和协作流程。通过建立跨学科团队和协调机制，可以促进 MBSE 及 AI 的实施。

MBSE 以及 AI 的推广需要改变传统的工作习惯和文化，这需要时间和持续的努力。通过持续的教育和培训，可以逐步建立

MBSE 的工程文化。同时，需要建立培育 AI、应用 AI 的文化，挖掘需求工程师区别于 AI 的贡献内容，以确保技术和人才相容。

四、结论

商用客机航空电子系统研制需求管理的规范化工作是确保系统安全性和可靠性的关键，规范化过程中相关的模版和检查同时是研制过程得到有效管控的保障，以及研制质量管控的有效手段。随着 MBSE 和 AI 技术的发展，需求管理的实践也在不断演进，为航空工业带来了新的挑战和机遇。未来的工作可以进一步探索如何将这些工具与现有的管理实践相结合，以实现更高效的需求管理。

参考文献

-
- [1] Klaus Pohl 需求工程－基础、原理和技术 机械工业出版社 2012.
[2] 贺东风、钱仲焱等 中国商用飞机有限责任公司 系统工程手册（第6版）上海交通大学出版社 2022.
[3] 汉斯－亨利奇·阿尔特菲尔德著 唐长红等译 商用飞机项目——负责高端产品的研发管理 航空工业出版社 2013.

工程招标代理在项目管理中的作用与价值分析

葛俊

台州市建设咨询有限公司，浙江 台州 318000

摘要： 本文深入探讨了工程招标代理在项目管理中的作用与价值。本文起始部分对工程招标代理的概念、法律法规框架以及其业务领域和特性进行了详细阐述，确立了其在工程建设行业中的关键角色。随后，本文探讨了项目管理的基础理论，并对项目管理在工程建设实践中的运用进行了深入分析。在此基础上，本文详细阐述了工程招标代理在优化项目资源配置、降低项目风险、提高项目效益以及保障项目进度和质量方面的作用。最后，本文从提升项目决策水平、优化项目组织结构、提高项目合同管理能力以及促进项目协同创新四个方面，深入剖析了工程招标代理在项目管理中的价值。研究表明，工程招标代理通过其专业服务，对项目管理的顺利实施和项目整体绩效的提升具有重要意义。

关键词： 工程招标代理；项目管理；资源配置；风险控制；效益提升

Analysis of the Role and Value of Engineering Bidding Agency in Project Management

Ge Jun

Taizhou Construction Consulting Co., Ltd. Taizhou, Zhejiang 318000

Abstract： This article delves into the role and value of engineering bidding agencies in project management. It begins by detailing the concept of engineering bidding agency, its legal and regulatory framework, as well as its business scope and characteristics, establishing its crucial role in the construction industry. Subsequently, the paper explores the basic theories of project management and conducts an in-depth analysis of its application in construction practices. On this foundation, the article elaborates on how engineering bidding agencies optimize project resource allocation, reduce project risks, enhance project efficiency, and ensure project schedule and quality. Finally, the study deeply examines the value of engineering bidding agencies in project management from four perspectives: improving project decision-making, optimizing project organizational structure, enhancing project contract management capabilities, and promoting collaborative innovation within projects. The research findings indicate that engineering bidding agencies, through their professional services, are significant for the smooth implementation of project management and the overall improvement of project performance.

Keywords： engineering bidding agency; project management; resource allocation; risk control; efficiency improvement

引言

在当今经济高速发展的时代，工程建设项目的规模和复杂性日益增加，项目管理的重要性愈发凸显。作为项目管理的关键环节之一，工程招标代理在项目生命周期中扮演着至关重要的角色。本研究旨在深入分析工程招标代理在项目管理中的作用与价值，探讨其如何通过专业服务提升项目整体效率和成功率。

工程招标代理作为连接业主与承包商的桥梁，其职能不仅限于传统的招标程序操作，更涵盖了项目前期策划、合同管理、风险评估等多个层面。随着建筑市场的日益成熟和规范化，招标代理的专业性对于项目成功的影响愈发显著。然而，目前关于工程招标代理在项目管理中的具体作用和价值的研究尚不充分，实践中对其职能的认识也存在一定的局限性。

一、工程招标代理概述

在现代工程建设领域，工程招标代理作为一项专业服务，其存在和发展对于确保项目顺利实施、提高资金使用效率以及维护市

场公平竞争具有不可替代的作用。以下将从工程招标代理的相关概念、法律法规体系以及业务范围与特点三个方面进行详细阐述。

（一）工程招标代理的相关概念

工程招标代理不仅要代理工程勘察、设计、监理、施工，同

时还要代理与工程相关的重要设备、材料采购招标，需要注意的是其中不包含进口机电设备。项目投标代理主要从事以下几个方面的工作：为项目投标单位编制投标文件；对招标文件的内容进行解析，回答有关项目招标方面的问题；在此基础上，根据机构的重要性，开展了一系列的招标、评标、定标等工作。而项目招标代理的工作主要有以下几个方面：对参加投标的施工团队进行筛选；对投标者的资质进行审核，并对审核结果进行报告；为可能的竞标方提供技术指导，并对竞标方进行实地考察；编制招标文件，发布招标公告、投标邀请函，组成评标委员会，开展开标、评标及定标工作，对招标文件进行解释。工程招标代理机构要想进行代理业务，必须依法取得相关资格，并得到被代理人的授权^[1]。

（二）工程招标代理的法律法规体系

工程招标代理的法律法规体系是确保其职能得以有效发挥的基石。该体系涵盖了国家层面的法律、行政法规，以及地方性法规、部门规章和规范性文件等多个层次^[2]。其中，以《中华人民共和国招标投标法》为核心，辅之以《中华人民共和国招标投标法实施条例》等配套法规，共同构成了工程招标代理的法律框架。这些法律法规不仅明确了工程招标代理的职责权限、行为规范和法律责任，也为招标代理机构提供了操作指南，确保了招标代理活动的规范性和有序性。

（三）工程招标代理的业务范围与特点

工程招标代理的业务范围广泛，涉及工程建设的各个阶段，包括项目的可行性研究、设计、施工、监理以及材料设备采购等。其特点主要体现在专业性、独立性、公正性和服务性四个方面。专业性要求招标代理机构具备相应的资质和经验丰富的专业人员；独立性要求其在招标过程中保持中立，不受任何一方的不当影响；公正性则体现在对所有投标单位一视同仁，确保招标过程的公开透明；服务性则强调以客户需求为导向，提供高效、优质的招标代理服务^[3]。这些特点共同构成了工程招标代理的核心价值，也是其在项目管理中发挥重要作用的前提。

二、项目管理理论概述

项目管理作为一门综合性学科，其理论体系的构建和实践应用对于提高工程建设的效率和质量具有深远的影响。以下将从项目管理的定义与发展、基本原理与方法以及在工程建设中的应用三个方面，对项目管理理论进行系统性的概述。

（一）项目管理的定义与发展

项目管理的定义并非一成不变，而是随着实践活动的深入和理论研究的拓展而不断丰富和完善。简而言之，项目管理是指通过科学的计划、组织、协调和控制，以实现项目目标的过程^[4]。它起源于20世纪50年代的美国，随着全球化和技术进步的推动，项目管理逐渐发展成为跨学科、跨领域的专业管理活动。从最初的传统项目管理到现代项目管理的转变，项目管理理论不断吸收系统论、控制论、行为科学等领域的成果，形成了以项目为导向的管理模式，广泛应用于各个行业。

（二）项目管理的基本原理与方法

项目管理的基本原理立足于项目的独特性、临时性和不确定性，强调以目标为导向，以人为中心，以过程为主线，以方法为支撑。这些原理具体体现在项目管理的五大过程组（启动、规划、执行、监控、收尾）和十大知识领域（范围管理、时间管理、成本管理、质量管理、人力资源管理、沟通管理、风险管理、采购管理、利益相关者管理、整合管理）中^[5]。项目管理的方法论则包括了工作分解结构（WBS）、关键路径法（CPM）、挣值管理（EVM）等工具和技术，这些方法为项目管理者提供了系统化的思维框架和操作指南。

（三）项目管理在工程建设中的应用

在工程建设领域，项目管理理论的应用显得尤为重要。工程建设项目的复杂性、高风险性和长期性等特点，要求项目管理者必须运用项目管理的原理和方法，对项目的全生命周期进行有效管理。从项目可行性研究、设计、施工、竣工到运营维护，项目管理在确保项目按时按质完成、控制成本、降低风险、满足利益相关者需求等方面发挥着关键作用。通过项目管理的科学应用，工程建设能够实现资源的优化配置，提高项目的整体绩效，最终推动建筑行业的持续健康发展。

三、工程招标代理在项目管理中的作用

工程招标代理作为项目的专业服务机构，其核心职能在于通过专业化的操作和咨询服务，为项目管理的顺利实施提供有力支持。以下将从优化项目资源配置、降低项目风险、提高项目效益以及保障项目进度和质量四个方面，深入探讨工程招标代理在项目管理中的重要作用。

（一）优化项目资源配置

工程招标代理在项目管理中扮演着优化资源配置的关键角色。在项目启动和规划阶段，代理机构运用专业知识和市场经验，全面分析项目所需资源，协助业主制定合理的招标方案，确保资源与项目目标一致。其作用主要体现在：通过规范的招标流程吸引合格企业参与，保障资源优质高效；在招标文件中明确资源需求和技术标准，指导承包商和供应商提出实际方案^[6]；通过竞争性招标优化市场资源配置，实现成本控制和效益最大化；并根据项目进度动态调整资源，确保合理利用和高效运营。

（二）降低项目风险

工程招标代理凭借专业分析和行业经验，实施精准招标管理，降低项目风险。严格审查承包商资质与能力，确保合理选择，规避风险。招标文件编制时，考虑实施风险并制定风险分配策略，通过合同条款界定权责，进行风险管理。评标时，运用专业知识确保评标公正，选出最优承包商。项目执行中，持续监控承包商履约，及时处理问题，预防风险^[7]。处理合同纠纷，保障项目稳定，通过专业服务，为项目风险识别、评估和控制提供支持，确保项目顺利推进。

（三）提高项目效益

工程招标代理机构专业运作招标流程，促进市场竞争，确保

承包商在价格、质量和服务上充分竞争，为业主带来优势报价并激发承包商创新与服务提升，提升项目价值。通过专业评估，协助业主选出高性价比承包商，实现质量与成本的最优化。代理机构对项目需求进行深入分析，优化资源分配，提升效率，增进经济效益。在项目执行阶段，监督承包商履约，确保项目按计划标准执行，防止进度和成本问题^[9]。通过有效的合同管理，防范争议，降低损失，确保项目效益达成。

（四）保障项目进度和质量

工程招标代理在项目启动阶段即协助业主精确界定需求，制定合适的招标方案与进度计划，确保招标与项目进度协调。招标过程中，代理机构依法依规操作，保障流程公正透明，吸引合格投标人，为项目奠定基础。评标时，专业团队综合评估投标文件，关注施工设计、质量管理及业绩，确保中标单位实力。合同谈判中，代理机构明确条款及违约责任，为项目进度和质量控制提供法律支持。项目执行期间，通过定期巡查与专项检查，实时监控施工进度与质量，及时校准偏差，协助解决施工问题，确保项目顺畅推进和质量持续保障。

四、工程招标代理在项目管理中的价值分析

工程招标代理在项目管理中的价值不仅体现在其直接参与的项目活动上，更在于其能够为项目带来深层次的影响和提升。以下将从提升项目决策水平、优化项目组织结构、提高项目合同管理能力以及促进项目协同创新四个方面，深入剖析工程招标代理在项目管理中的价值。

（一）提升项目决策水平

工程招标代理通过专业化服务，为项目业主提供了全面的市场信息和深入的可行性分析，确保了项目决策的明确性和前瞻性。代理机构凭借行业经验和对市场动态的敏锐洞察，精确识别项目需求，制定定制化招标策略，并通过综合评估潜在承包商的能力和业绩，为业主提供决策关键数据^[9]。此外，代理机构的专业建议有助于优化项目设计，提升其适应性和灵活性，确保决策的透明性和公正性，从而在防范风险的同时，增强项目的社会责任感和公众信任度，为项目的成功实施和持续发展提供了有力支持。

（二）优化项目组织结构

工程招标代理凭借专业能力，协助业主优化项目管理组织结构，建立高效协调的管理体系，明确职责，提升沟通与协作效率。代理机构精通项目管理流程，调整组织架构，推动专业分工与跨部门协作，确保项目在动态环境中保持灵活性和响应力，有效整合资源，增强决策执行力。此外，构建风险管理框架，降低内耗，提升项目管理专业度，促进团队成长，增强组织竞争力。在合同管理层面，工程招标代理的专业介入确保了合同条款的严谨与公正，提升了合同执行的可控性和合规性，为项目稳定运行提供了有力支撑^[10]。

（三）提高项目合同管理能力

工程招标代理通过专业的合同管理，显著提升了项目管理的价值。凭借深厚的专业知识和行业经验，代理机构为业主定制了全面的合同管理策略，有效规避风险，明确各方权责，确保项目

符合法律规定。在合同谈判、起草至审查环节，代理机构的专业操作确保了合同的法律效力，并平衡了商业利益与风险控制。项目执行期间，代理机构持续监控合同履行，及时处理偏差和争议，保障业主权益，提升执行透明度，促进承包商与业主间的信任与合作，提高团队协作效率。这种专业合同管理为项目顺利推进提供了法律保障，并为业主带来了更大的商业价值。

（四）促进项目协同创新

工程招标代理在项目管理中的价值进一步体现在推动项目协同创新方面。通过搭建开放互动的沟通平台，代理机构促进了项目参与方的知识共享和技术交流，激发了创新潜能。在招标过程中，代理机构鼓励承包商提出创新解决方案，提升项目技术含量和效率，推动项目持续改进。代理机构的专业能力体现在识别和整合资源，推动跨学科合作，为项目引入新视角。构建协同工作机制加强了各方联系，优化管理流程，创造更多创新机遇。

五、结束语

本文通过对工程招标代理在项目管理中的作用与价值进行深入分析，旨在为相关从业人员提供理论指导和实践参考。然而，需要注意的是，工程招标代理在实际操作过程中仍面临诸多挑战，如法律法规环境的变化、市场竞争的加剧以及技术创新的压力等。因此，工程招标代理机构应不断提升自身专业素质，完善服务体系，以适应不断变化的市场环境。

展望未来，随着建筑行业的持续发展，工程招标代理在项目管理中的作用将愈发凸显。基于政府、企业和社会各界的协同合作，可以预见工程招标代理行业将持续创新与进步，进一步为我国工程建设项目的顺利推进和建筑行业的持续健康发展贡献更为显著的力量。

参考文献

- [1] 陈德[立]. 建筑工程招标代理的质量管理策略[J]. 居业, 2023,(10):128-130.
- [2] 廖木[林]. 建筑工程招标代理存在问题及解决对策[J]. 居业, 2023,(09):98-100.
- [3] 许嘉[琳]. 工程招标代理服务的现状、问题与前景——基于评定分离制度的探讨[J]. 江西建材, 2023,(07):317-319.
- [4] 吴敬[航]. 建筑工程招标代理质量管理提升对策探析[C]//中国智慧城市经济专家委员[会]. 2023年智慧城市建设论坛上海分论坛论文[集]. 石狮市毓才建设有限责任公司, 2023:2.DOI:10.26914/c.cnkihy.2023.011160.
- [5] 谢培[青]. 建设工程招标代理服务存在的问题及提升措施探讨[J]. 江西建材, 2023,(01):392-393.
- [6] 茅盼[春]. 工程招标代理及施工招标阶段造价管理措施[C]//广东省国科电力科学研究所[院]. 第二届电力工程与技术学术交流会论文[集]. [出版者不详], 2022:7. DOI:10.26914/c.cnkihy.2022.081648.
- [7] 党文[辉]. 建筑工程招投标中招标代理的作用[J]. 今日财富(中国知识产权), 2022,(10):49-51.
- [8] 唐[慧]. 建设工程招标代理及招标阶段造价管理的方法和策略研究[J]. 房地产世界, 2022,(16):140-142.
- [9] 郭康玺, 李雪莲, 郭纯[青]. 招标代理企业在融入全过程工程咨询服务中的人才培养[J]. 招标采购管理, 2022,(07):22-26+30.
- [10] 胡宗[霞]. 建设工程招标代理服务质量提升制约因素及措施[J]. 质量与市场, 2022,(14):172-174.

建设单位合同管理流程优化与信息化建设研究

姚艳

苏州交投建设管理有限公司，江苏 苏州 215000

摘要： 优化建设单位合同管理流程与推动信息化建设能够有效提升合同履约效率与项目管控水平。通过分析现有管理模式中的痛点与瓶颈，设计科学合理的流程优化方案，并结合现代信息技术，实现合同全生命周期的数据化与智能化管理。采用信息系统支持合同签订、变更、审核、付款等环节，确保流程透明、实时监控，降低合同执行风险。同时，通过集成数据共享平台与自动预警机制，提高协同效率与决策能力。优化后的管理流程不仅缩短项目周期，降低管理成本，还能提升合同管理质量与项目整体效益。

关键词： 合同管理流程优化；信息化建设；数据化管理；项目管控；智能化应用

Research on Optimization of Contract Management Process and Informationization Construction for Construction Units

Yao Yan

Suzhou Jiaotou Construction Management Co., Ltd. Suzhou, Jiangsu 215000

Abstract： Optimizing the contract management process of construction units and promoting information technology construction can effectively improve the efficiency of contract performance and project control level. By analyzing the pain points and bottlenecks in the existing management model, designing a scientifically reasonable process optimization plan, and combining modern information technology, achieving data-driven and intelligent management of the entire contract lifecycle. Adopting information systems to support contract signing, modification, review, payment and other processes, ensuring transparency and real-time monitoring of the process, and reducing contract execution risks. At the same time, by integrating data sharing platforms and automatic warning mechanisms, collaborative efficiency and decision-making capabilities can be improved. The optimized management process not only shortens the project cycle and reduces management costs, but also improves the quality of contract management and overall project efficiency.

Keywords： optimization of contract management process; information technology construction; data management; project management and control; intelligent application

引言

随着工程项目规模与复杂性的不断提高，传统合同管理方式在应对多变市场需求和复杂项目环境时逐渐暴露出诸多不足，如信息分散、审批滞后和管理效率低下等问题。在信息技术快速发展的背景下，将流程优化与信息化深度融合成为提升管理水平的关键路径。优化后的流程不仅能实现各环节的精准把控，还能通过数字化手段增强项目透明度与管理灵活性。这一趋势有助于推动行业管理方式的转型升级，为工程项目的高效运行奠定坚实基础。

一、建设单位合同管理现状与主要问题分析

建设单位的合同管理贯穿项目建设的各个阶段，涵盖了合同的拟定、签订、审批、履约管理和结算等关键环节。然而，传统的合同管理方式依赖于大量人工操作和纸质流程，这在应对复杂工程项目时暴露出明显的不足。首先，合同审批流程繁琐，涉及多个部门和管理层级，需要逐级签批，造成合同审批周期长，延误项目进度。其次，由于信息分散，管理系统之间缺乏数据共享，合同的签订和履约信息无法实时传递，影响了各部门的协同效率和管理透明度^[1]。

另一个主要问题是合同执行过程中的变更与风险控制不到位。项目建设过程中常常会出现合同变更或调整的需求，但传统的变更管理依赖于线下传递和多次沟通，容易造成信息滞后和遗漏。此外，风险控制机制不完善，许多潜在风险无法在早期阶段得到有效识别和预警，导致问题爆发时缺乏应对方案，增加了管理成本和项目风险。

合同档案管理缺乏系统化的管理方式也是一大问题。合同文件通常以纸质档案形式保存，不仅增加了管理和存储成本，还容易出现遗失或损坏的情况。而在项目后期的审计与结算环节，由于合同和结算资料的管理不完善，数据不一致的情况时有发生，

影响了项目的及时结算和清算效率^[2]。

人员能力和管理水平也直接影响合同管理的质量。部分建设单位在合同管理方面缺乏系统的培训和专业人才支持，导致合同条款审核不严谨，履约跟踪不全面，甚至在合同纠纷处理上缺乏应对能力。这种情况不仅影响项目的顺利推进，还可能引发法律纠纷，进一步增加企业的运营风险。

二、合同管理流程优化的设计与实施路径

在设计优化路径时，需要对现有流程进行全面梳理，识别出冗余和低效的步骤。通过流程再造理论，重新构建合同管理的各个环节，使合同的拟定、审批和签订过程更加简洁高效。例如，将合同的初审环节与部门审批合并，减少不必要的反复审核，缩短审批周期。

在优化合同管理流程时，需重点关注合同变更和履约管理的环节。针对合同变更的频繁性，应建立标准化的变更管理流程，明确变更申请、审批和实施的责任主体和时限要求。通过引入合同变更跟踪系统，确保变更的每一步都可被记录和追溯，防止信息遗漏和执行偏差。此外，履约管理方面应加强实时跟踪和监督，确保合同条款能够按时、按质、按量执行。建立定期检查与反馈机制，确保项目进度、质量和合同条款的履行情况能够及时反馈给管理层，从而在项目推进过程中对潜在风险进行预警和干预^[3]。

信息化建设是流程优化的重要技术支撑，信息系统的引入能够为合同管理提供数据化和自动化的保障。在具体实施路径中，首先可以考虑建设合同管理平台，将合同的拟定、审批、签订、变更、履约管理和结算等环节集成到统一的系统中，实现全流程的数字化管理。通过在线审批、电子签章、流程追溯等功能，确保各环节数据的无缝衔接和可追溯性。同时，信息化平台应与企业现有的财务管理系统、采购管理系统等实现数据对接，确保合同履行情况与项目支出和物资供应能够形成联动，提高各部门间的协同效率。

此外，流程优化的另一个重要实施路径是加强风险控制与预警机制的建设。在优化后的合同管理体系中，应引入自动化的风险识别和预警工具，通过数据分析和大数据技术，提前预测可能影响合同执行的风险因素，如项目延期、质量问题或合同违约等。一旦系统发现风险信号，可以及时发送预警信息至相关部门，以便采取应对措施，避免风险扩大化。同时，风险预警机制还可以帮助管理者实时掌握合同履行过程中的问题，提供数据支持，辅助管理层做出及时、精准的决策^[4]。

在合同管理流程优化的实施过程中，人员培训和文化变革同样至关重要。优化后的流程需要企业内部相关人员的高度配合和执行，因此必须加强对合同管理人员的培训，确保他们掌握新的流程和信息化系统的操作。同时，企业文化应鼓励信息透明化和责任意识的提升，以确保流程优化和信息化建设的顺利实施和长效运行。这不仅有助于提升合同管理的整体水平，还将为企业的长远发展提供制度性支持。

三、信息化建设在合同全生命周期管理中的应用

信息化建设贯穿合同全生命周期管理的各个环节，从合同的拟定、审批、签订到变更、履约和结算，为管理提供了数据化和智能化的支持。合同拟定阶段，通过信息化系统可使用模板化的合同条款和标准文本，减少人为编制错误，同时提升合同编制效率。系统还能自动生成合同草案，并支持多方在线协作与审核，实现快速确认。此外，审批流程也可在平台上完成，各相关部门通过系统在线审核合同内容，并利用电子签章完成合同的正式签订，大幅缩短签批周期^[5]。

在合同履行阶段，信息化系统可以实时跟踪合同执行情况，确保项目各项任务与合同条款的一致性。管理者能够通过系统随时掌握合同的进度和执行状态，如物资交付、施工进度、付款节点等，避免因信息不对称造成的履约偏差。履约系统还支持设置里程碑节点和关键任务的提醒，确保重要环节不被遗漏。同时，通过与企业财务系统和采购系统的数据联动，可确保物资采购、资金支付与合同履约的同步管理，提高整体协同效率。

合同变更和风险控制是信息化系统在全生命周期管理中的重要应用。信息化平台支持在线提交和审批合同变更申请，所有变更信息自动记录在案，确保变更流程透明可追溯，避免因信息遗漏导致的风险。此外，通过集成大数据分析和自动化预警机制，系统能够识别和预测潜在的风险因素，并在风险发生前向管理者发出警报^[6]。

合同档案管理的数字化也是信息化建设的重要应用之一。系统支持合同文件的电子化存储和分类，所有合同资料均可通过关键词搜索快速检索，提高资料查询效率。电子档案不仅减少了纸质存档的管理成本，还降低了文件丢失和损坏的风险。在项目审计和结算环节，信息化系统能够快速汇总合同履行和财务信息，确保数据一致性，提升审计和结算的准确性与及时性。

四、合同管理流程优化与信息化融合的关键技术与工具

电子签章技术是确保合同签署安全性和合规性的重要工具，通过电子签章，合同可以在线签订，并具备与纸质签章同等的法律效力。电子签章系统不仅提高了签署效率，还避免了传统纸质文件的传递延误和篡改风险，同时支持多方在线签署，实现跨地域合作的无缝对接。

自动化工作流引擎是流程优化的核心技术之一，通过预设审批流程和规则，系统能够自动触发相应的操作，如合同拟定后的多级审批或付款申请的流程处理。这一技术确保各环节严格按照既定流程执行，减少人为干预带来的操作误差。工作流引擎还支持灵活配置，不同类型的合同可根据需要设置个性化流程，实现流程的动态调整，提升了系统的适应性和灵活性^[7]。

数据分析与智能预警系统为合同管理中的风险控制提供了有效手段。系统能够实时采集和分析合同执行中的关键数据，并利用大数据分析技术识别出潜在风险，如履约进度滞后或合同条款执行异常。当系统检测到风险信号时，会自动生成预警通知，提

醒相关责任人采取措施进行处理。此外，智能预警系统支持风险的全过程跟踪，确保问题能够及时闭环解决，为企业的风险管理提供精准的数据支持^[8]。

在信息化系统与其他管理系统的对接中，系统集成与数据接口技术发挥着关键作用。合同管理平台需要与财务系统、采购系统、项目管理系统等实现无缝集成，以保证数据的一致性和实时共享。通过开放 API 接口和中间件技术，系统之间的对接和数据传输更加便捷，减少了数据孤岛的出现，提高了各业务系统的协同效率。

最后，云存储与数字档案管理技术为合同的存储和归档提供了安全高效的解决方案。合同文件、审批记录、履约报告等数据可以集中存储于云端，减少了纸质文件的管理成本，并确保数据的安全性和长期可用性。云存储系统支持合同资料的分类归档和快速检索，提高了审计和管理工作的效率。此外，合同数据的加密与权限控制技术确保了敏感信息的安全，防止数据泄露，为企业的合同管理构建了坚实的信息安全体系。

五、优化与信息化建设后的效益分析及未来发展建议

审批效率得到了大幅提升，传统的人工审批流程因信息化系统的引入而得到简化。通过在线审批和电子签章技术，各环节审批透明且快速，缩短了合同签订的周期，加快了项目的启动和推进。同时，减少了纸质文件的传递环节，有效避免了因文件丢失或信息延误而导致的管理风险。

信息化管理提高了合同履行过程中的透明度和协同效率。合同履行过程中，系统实时监控进度与关键节点，通过自动提醒功能确保合同条款按计划执行。信息系统与财务、采购系统的集成，实现了合同与资金、物资流的联动管理，有助于各部门间的高效协同，减少信息孤岛问题。企业管理者能够通过平台实时查看合同履行状态，为决策提供精准的数据支持，提高管理决策的及时性和科学性^[9]。

风险控制能力的提升也是优化与信息化建设的重要成果。借

助智能预警系统，潜在风险能够在问题发生之前得到及时识别和处理，避免项目因合同纠纷、进度滞后或质量问题而遭受损失。通过流程优化和系统的全面监控，企业能够减少违约事件的发生频率，并有效降低项目建设中的不确定性。此外，信息化建设增强了合同档案的管理能力，所有合同文件实现了云端存储与分类归档，提升了审计效率并确保数据的安全性。

未来发展建议方面，企业应进一步加强信息化平台的智能化升级。结合物联网、大数据和人工智能技术，系统可以深入挖掘合同数据，为企业提供更 valuable 的预测分析和决策支持。例如，通过大数据分析合同履行中的模式和趋势，为管理层提供优化建议。同时，利用人工智能技术实现智能化的合同条款审核和合同风险评估，进一步减少人工干预，提升管理的自动化水平^[10]。

此外，企业在推广信息化建设过程中应注重人才培养和文化建设。信息化系统的有效运行需要专业技术人员和管理人员的配合，因此必须加强对员工的系统培训，确保他们能够熟练使用平台。同时，企业文化应鼓励信息透明、责任明确和高效协作，以形成优化与信息化建设的良性循环。未来，随着技术的不断发展和市场环境的变化，企业应保持开放的态度，不断优化合同管理模式和信息系统，以适应新的市场需求和项目挑战。

六、结语

合同管理流程优化与信息化建设为建设单位提升管理效率、降低风险、实现精细化运营提供了重要支持。通过流程再造减少冗余步骤，结合信息化平台实现合同全生命周期的数字化管理，各环节数据透明、协同高效，显著缩短审批周期并降低违约风险。同时，智能预警与风险控制系统提升了合同履行的可控性，云端存储保障了数据的安全和管理的规范性。未来，企业应结合大数据和人工智能技术，进一步提升系统智能化水平，并注重人才培养和组织文化建设，以确保合同管理模式与技术变革持续融合，推动项目管理的高质量发展。

参考文献

[1] 张毅. 企事业单位合同管理信息化建设流程分析 [J]. 中国招标, 2023, (05): 76-77.
[2] 陈然. 信息化环境下 G 集团内部控制优化研究 [D]. 东华理工大学, 2023.DOI: 10.27145/d.cnki.ghddc.2023.000508.
[3] 陈丽金. 浅谈合同管理的信息化建设 [J]. 支点, 2023, (12): 105-107.
[4] 李楠. 佳电公司销售信息管理流程优化研究 [D]. 吉林大学, 2017.
[5] 黄伟. 基于提高工作效率为目的的合同优化及信息化建设 [J]. 现代经济信息, 2018, (13): 115.
[6] 陈银. 业财融合背景下 Y 公司财务信息化建设研究 [D]. 西南交通大学, 2022.DOI: 10.27414/d.cnki.gxnju.2022.004370.
[7] 洪孜颖. 基于 OA 系统的企业内部审批流程优化研究 [D]. 汕头大学, 2022.DOI: 10.27295/d.cnki.gstou.2022.000401.
[8] 代梦露. 数字化背景下 GJ 监理公司财务信息化建设研究 [D]. 华北水利水电大学, 2021.DOI: 10.27144/d.cnki.ghbhc.2021.000530.
[9] 陈小泉. 基于 BPR 的深证通对外业务流程优化方案设计 [D]. 兰州大学, 2019.
[10] 李秀萍. W 公司关联交易对账管理的流程优化研究 [D]. 北京交通大学, 2019.

房屋建筑施工中的软土地基处理技术探析

孟宪明

微山县建筑设计院，山东 微山 277600

摘 要： 现在，城市中的建筑不断增多，在建设建筑时，工作人员除了要注意检查材料的质量和性能之外，还要注意自身的技术，在建筑建设之初，需要进行地基建设，地基建设非常关键。在建设时，工人一般使用的都是软土地基处理技术，这项技术能增强地基的稳定性，软土地基与建筑的质量有直接关系，因此，在使用时，工人一定要按照相关要求进行施工，在施工期间，要规避一些影响因素。目前，工人在使用软土地基施工时，仍存在问题，这些问题会影响软土地基处理的质量，也会对房屋建设的整体质量产生影响。对此，相关人员要重视软土地基的处理工作，在处理时，要采取适合的处理措施，对施工技术进行完善，确保所使用的软土地基处理技术能够符合房屋建筑的标准。

关 键 词： 房屋建筑；软土地基处理技术；施工技术；地基建设；地基基础工程

Analysis of Soft Soil Foundation Treatment Technology in Building Construction

Meng Xianming

Weishan County Architectural Design Institute, Weishan, Shandong 277600

Abstract： Nowadays, there are more and more buildings in cities. When constructing buildings, workers not only need to pay attention to the quality and performance of materials, but also need to pay attention to their own technology. At the beginning of building construction, foundation construction is crucial. During construction, workers generally use soft soil foundation treatment technology, which can enhance the stability of the foundation. Soft soil foundation is directly related to the quality of the building. Therefore, when using it, workers must follow relevant requirements for construction and avoid some influencing factors during the construction period. At present, there are still some problems that workers encounter when using soft soil foundation for construction, which can affect the quality of soft soil foundation treatment and the overall quality of building construction. In this regard, relevant personnel should attach great importance to the treatment of soft soil foundation. During the treatment, appropriate measures should be taken to improve the construction technology and ensure that the soft soil foundation treatment technology used can meet the standards of building construction.

Keywords： building construction; soft soil foundation treatment technology; construction technology; foundation construction; foundation engineering

引言

随着人们住房需求不断提升，对于房屋的质量有着新的要求，在建设房屋时，要做软土地基处理工作，地基是房屋建设的关键，在建设期间，会因为土质、地质条件等原因，导致地基出现不均匀沉降。地基的稳定性关系到房屋建筑的质量，如果地基不稳，会降低房屋建筑的承重性，一旦遇到地震等自然灾害，房屋很容易倒塌，会危害到居民的生命安全。地基也关系到房屋的抗震性，如果地基不稳会影响房屋抗震性，为了增强地基的稳定性，工人在进行地基建设时，要使用软土地基处理技术，为房屋的稳定性提供保障。软土地基的承载性能较弱，土壤内部的含水量较高，土质比较松软，在处理软土地基时，要采用科学的方式，做好质量控制工作，对现有的施工技术进行优化，增强软土地基的承载性能，提高房屋建筑的稳定性^[1]。

一、房屋建筑工程中软土地基处理的重要性

软土地基，特指在静水或缓流水域沉积形成的饱和粘土层，其状态为流塑状，具有高含水量、高压缩性、低承载力及低渗透

性等特点。这类土壤广泛分布于沿海地区、平原及高山湖泊周边，包括河岸、湖泊及池塘沉积的淤泥与粘性土。软土因其独特的物理性质，如高自然含水量、大孔隙率、高压缩性、低剪切强度、低固结系数及长固结时间等，难以满足建筑施工设计与要

作者简介：孟宪明（1970.05-），男，汉族，江苏省，本科，研究方向：建筑设计和管理。

求。因此，对于施工人员而言，如何合理有效地处理软土地基成为亟待解决的问题。随着国家经济的稳步增长，民众生活水平显著提升，对房屋质量的要求也愈发严格，这对建筑行业提出了严峻挑战。在房屋建设过程中，受多种因素影响，地基不稳、抗震性差等问题时有发生。为解决这些问题，需采用科学的软土地基处理技术，以确保房屋建筑的整体稳定性及工程质量。鉴于软土地基承载力低、压缩性强及含水量高的特点，在处理过程中，必须注重质量控制，采取科学的施工方法及措施，以增强其实际承载力，从而保障房屋建筑的整体稳定性^[2]。

软土地基结构因其不稳定性、不可预测性、低透水性和高可压缩性等特点，对房屋建筑工程结构构成潜在的质量安全威胁。为确保建筑施工的顺利开展和建筑结构施工要求得到满足，应采用先进的施工技术对软土地基进行力学性能的改造，并进行必要的换填处理。施工前期，施工单位需与地质勘探单位密切沟通，明确土壤类型及性质，并尽量采用新设备、新技术来改善地基性能。同时，监管部门应制定有效的监管程序，确保软土地基处理的有效性，以防止房屋建筑工程出现不均匀沉降等质量问题。地基基础结构的施工品质是房建工程项目的关键，直接关系到整体建造质量，因此必须予以高度重视^[3]。

二、房建工程项目地基施工技术处理措施

（一）注浆地基法

要想做好软土地基处理工作，首先就要对软土地基进行加固，在加固过程中，所使用最多的方法就是注浆地基法，这种方式主要是通过压力，将水泥材料或硅化浆料注入软土地基当中，这两种材料能够增强软土地基的硬度，强化软土地基的结构，排出地基内多余的水分，减少土壤内部的含水量，增强地基的稳定性，保障房屋建筑的安全性。在灌浆期间，要注意材料之间的比例，按照相关要求做好配比工作，注浆时，要控制好注浆的压力，材料的比例以及注浆的压力都会影响软土地基的加固效果^[4]。

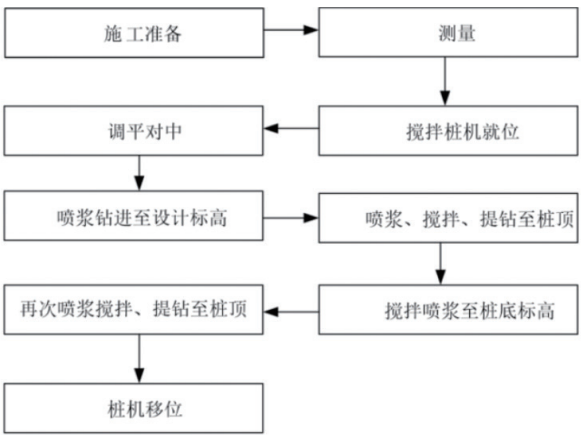
（二）石灰搅拌桩

在对软土地基进行加固时，也可以使用石灰搅拌桩进行加固，石灰搅拌桩能够吸收软土基内部的水分，能够降低地基的含水量，其原理主要是内部的石灰与土地充分凝结，通过这项原理，形成石灰搅拌桩，将石灰搅拌桩运用到软土地基当中，能够防止地基内的颗粒聚集，这样可以对软土地基形成保护，以免因为外界因素，对软土地基造成破坏^[5]。

在建筑施工过程中，遇到深浅不一的土层需要进行地质预处理，经过这种流程才能继续进行深层软石灰粉或者搅拌桩技术。在选择石灰时，一定要确定好石灰的材质，通常情况下，会选择细磨石灰，这类石灰能够起到较强的保护作用，能够增强软土地基的加固效果。当此类新鲜石灰与软土层发生化学反应后，才能够加固软地基，所以石灰材料的使用决定该技术能否正常实施。石灰的质量与安全状况会对高层建筑质量造成深远影响，因此对石灰的质量把控关乎工程安全。尽量使用硬石灰与大量软基粉混合料，同时避免使用过多的软基石灰。在土壤混合操作之前，应

进行正式的土壤混合试验及化学分析，从而为技术图纸的绘制及后续设计提供物理参数、其他相关参数以及精确的设计数据^[6]。

具体操作流程中，首先施工人员应及时组织专家团队对搅拌站施工周边环境进行安全检查，包括对周围的地质条件、气候条件及水文状况等相关数据的测量。只有对这些关键数据掌握控制，才能进行混合料的施工进度。其次，在我国建筑实践中，施工人员必须严格遵守工艺流程以及施工安全技术标准，施工人员要严格控制不同混合料之间的运输距离，保持至少1米的间距，并将混合物呈现方形或三角形布置，通过这种方式促进混合物与软土的化学反应，以此来提高施工质量和强度。施工流程如图所示：



> 图1石灰搅拌桩的流程

（三）钢筋混凝土桩基

为了满足人们的住房需要，缓解土地资源紧缺的现状，大部分建筑单位开始建设高层建筑，对于这些高层建筑来说，在进行地基处理时，需要地基需要较强的承载力，基坑的大小和深度主要根据建筑的高度和占地面积来决定，为了增强地基的承载性能，工作人员可以采用钢筋混凝土桩对软土地基进行处理。这种处理方式主要是利用相应的荷载将桩体插入到土壤当中，这种处理技术在使用时，受力方式主要包括摩擦桩和端承桩，工作人员可以结合具体的施工情况，选择使用灌注桩或者是预制桩，在使用灌注桩之前，需要进行钻孔，将钢筋放入到混凝土当中，制作成钢筋混凝土桩基，并将桩基打入到软土地基当中，增强软土地基的承载性能。在使用预制桩时，需要先进行观察，确定现场的施工条件符合预制桩使用要求后，可以直接将预制桩打入土壤当中，在此过程中，工作人员要检测桩头上的承受荷载，确保结构荷载达到规定标准，这样才能增强软土地基的承载性能。在房屋建筑施工的地基处理中，桩基技术以其高承载力和低沉降特性著称。该技术利用重力转移地基荷载至深层坚硬土层或基岩，增强基础设施稳定性，有效控制建筑沉降。桩基施工主要分为机械成孔灌注桩与人工挖孔桩两类。机械成孔灌注桩涵盖旋挖、冲击及冲抓等多种方法，适用于广泛地质条件，尤其旋挖成孔适用于各类地层且施工迅速；冲击成孔则适用于碎石、淤泥、填土、粘土、砂层等地层，但不适用于硬岩。人工挖孔桩适用于粉质粘土、黏土及含少量砾石黏土，深度一般6至20米，质量控制直观但需注重护壁安全，不适用于淤泥土层及流沙地质。机械成孔在

复杂地层（如水、流沙、淤泥丰富区域）中展现高安全性，可进行水下混凝土浇筑，其中沉渣清除是质量关键，首斗混凝土需足量快浇，以强大冲击力清除孔底残留物^[7]。

（四）预应力管桩技术

在进行软土地基处理时，可以使用预应力管桩技术，这项技术可以有效解决软土地基松软的问题，这项技术的原理主要是将预应力管桩打入到地基内部，通过这种方式对地基进行处理，增强地基的承载力。在使用这项处理技术之前，工作人员首先要确定地基建设的位置，确定好位置之后，在进行施工，确保软土地基处理的科学性。在进行加固时，为了保障加固的质量，在确定好地基位置之后，工作人员要做好测量工作，通过测量确定打桩的位置，并进行软土地基处理。工作人员要在检测数据的基础上进行打桩，在打桩的同时，要在软基处放置预应力管桩，通过预应力管桩对软土地基起到加固作用。在选择预应力管桩时，工作人员要根据现场的环境选择适合的预应力管桩，并结合软基的特点进行加固，增强软土地基的加固效果。打桩完毕之后，要在打桩的位置做好标记，由于现场的人员流动比较频繁，为了对桩基进行保护，要做好标记，引起工人重视。在房屋建筑施工中，预应力管桩技术被广泛应用于处理地基松软问题，其效果显著。该技术的基本原理在于将预应力管桩合理埋设至软土地基内部，通过改变整体土质结构的应力分布，稳步强化地基的实际承载力。在施工前期，应做好现场勘探工作，结合软土的力学性能、受力情况确定地基位置及管桩埋置位置，以确保软土地基施工的科学性。随后，配置具有专业技术与经验的施工人员，对周围环境进行详细了解，分析影响软土地基力学性能的因素，为打桩施工做好准备。打桩前，需完成测量任务，确保打桩位置的准确性，并依据测量数据投放预应力管桩，以强化对软土地基的加固效果。在选择预应力管桩时，施工人员需充分考虑施工环境及管桩本身特点，以确保加固效果合理。施工过程中，技术人员应加强安全管理，确保施工有效且安全进行。完成打桩任务后，在适宜位置设置标志牌，避免对加固区域造成干扰，从而全面提升软土地基的稳定性和承载能力^[8]。

（五）土工合成材料

运用土工合成材料处理软土地基，能够增强软土地基的排水

效果，从而增强软土地基的稳定性。在使用时，工人需要挖出地基结构中的软土层，其次要铺设钢筋垫层，确定钢筋垫层与土层之间的摩擦力达到规定标准之后，再进行加固工作。具体实施过程中首要步骤是减少软土内的有机质比例，以预防土基对钢筋混凝土基础的侵蚀作用。随后，需调控软土基础的含水量，对高黏性土壤实施筛分作业。完成土壤改良后，应在基础位置安置人工土工合成材料层，旨在维持处理后土壤地基的化学稳定性。此土工合成材料层扮演着保护改良后软土地基力学性能的角色，故而，在施工过程中，必须验证土工材料的化学特性达标，以保障地基基础稳固性不受损。此外，施工团队应配置专业的技术人员，以保障施工流程的顺利进行及工程质量的达标^[9]。

三、结束语

根据上文可知，房屋建筑建设期间，最重要的就是软土地基处理工作，在处理时，要使用适合的软土地基处理技术，利用这项技术增强软土地基的稳定性，从而提高房屋建筑建设的质量。我国地域辽阔，地质类型复杂多样，建筑从业者需认识到土的类型与技术应用的广泛性远超单一软土地基范畴。在大型建设项目中，软土地基处理是不确定因素，需施工人员高度重视，结合地质地形条件，合理选择并应用软土地基技术，以最大限度提高土地利用率，化不利为有利，满足建筑业需求^[10]。同时，随着城市发展，高层建筑增多，对地基强度和稳定性要求更高，基础工程建设技术要求不断提升。施工人员需根据房屋建筑实际情况、现场环境及地质条件，选择并优化施工技术，确保施工质量。基础承载能力决定整体建筑结构力学性能，软土地基处理尤为关键，需配置专业人才，确保施工准确性、专业性及安全性。施工单位应监管软土地基施工过程，制定监管方案，明确责任划分，提升施工人员责任感，减少安全隐患。施工前应应与地质勘探部门交接，了解土壤实际情况，合理处理软土地基，确保房屋建筑工程承载能力达标^[11]。在软土地基处理中，应重视细节，运用科学手段控制质量，确保项目稳定性和可靠性。综上所述，明确房屋建筑软土地基处理技术，编制合理质量控制方案，对提升项目稳定性和可靠性具有重要意义^[12]。

参考文献

- [1] 刘红健. 建筑工程施工中软土地基处理技术的应用[J]. 工程设计与设计, 2022(01):41-43.DOI:10.13616.
- [2] 郑萌, 吴朝阁, 陈君, 曹健健, 唐文忠. 房屋建筑施工中的软土地基处理技术[J]. 工程技术研究, 2021, 6(22):72-73.DOI:10.19537.
- [3] 王中旗, 树文韬, 王晓东. 软土地基处理技术在房屋建筑工程中的应用[J]. 中国建筑金属结构, 2021, (06):104-105.
- [4] 李俊. 房屋建筑施工中地基基础工程的施工技术处理措施[J]. 砖瓦, 2021(02):166-167.DOI:10.16001/j.cnki.1001-6945.2021.02.087.
- [5] 戴林建. 软土地基处理技术在建筑工程施工中的应用[J]. 住宅与房地产, 2020(30):177+241.
- [6] 张雅杰. 房屋建筑施工中软土地基处理技术及质量控制[J]. 住宅与房地产, 2021(15):168-169.
- [7] 吴家杰, 王海平, 姜永福. 房屋建筑施工工程中的地基处理技术[J]. 科技与企业, 2015, (15):166.DOI:10.13751/j.cnki.kjyqy.2015.15.152.
- [8] 祝峻. 基于房屋建筑施工工程中的地基处理技术分析[J]. 工程设计与设计, 2016, (07):66-69.DOI:10.13616/j.cnki.gcjsysj.2016.07.014.
- [9] 陈楚君. 地基处理技术在房屋建筑工程施工中的应用分析[J]. 房地产世界, 2023, (17):133-135.
- [10] 王斌臣. 房屋住宅建筑施工中的软土地基处理技术[J]. 居舍, 2022, (35):65-67.
- [11] 黄建华. 地基处理技术在房屋建筑工程施工中的探讨[J]. 冶金管理, 2023, (01):90-92.
- [12] 董兴强. 房屋建筑工程施工中的地基处理技术探究[J]. 居舍, 2018, (34):91.

煤矿自动化开采系统中的电气控制优化与协同作业研究

宋野

内蒙古白音海州露天煤矿有限公司，内蒙古 锡林郭勒 026200

摘 要： 随着煤炭行业的快速发展和技术的不断进步，煤矿自动化开采系统已成为提高生产效率、保障安全生产的重要手段。然而，当前煤矿电气控制系统中仍存在设备选型不合理、编程工具局限、系统软件结构复杂等问题，这些问题严重制约了煤矿自动化开采系统的性能与效率。本文旨在探讨煤矿自动化开采系统中的电气控制优化与协同作业策略，通过优化设备选型、革新编程工具、优化系统软件结构以及强化协同作业机制，提升煤矿开采的自动化水平和整体效能。

关 键 词： 煤矿自动化开采系统；电气控制优化；协同作业

Research on Electrical Control Optimization and Collaborative Operation in Coal Mine Automation Mining Systems

Song Ye

Baiyinhua Haizhou Open-Pit Coal Mine Co., Ltd. Xilin Gol, Inner Mongolia 026200

Abstract： With the rapid development of the coal industry and continuous technological advancements, coal mine automation mining systems have emerged as pivotal tools for enhancing production efficiency and ensuring safe operations. However, current electrical control systems in coal mines still confront challenges such as irrational equipment selection, limitations in programming tools, and complex software architectures, which significantly hinder the performance and efficiency of coal mine automation mining systems. This paper aims to explore strategies for electrical control optimization and collaborative operation within coal mine automation mining systems, aiming to elevate the level of automation and overall efficiency in coal mining through optimizing equipment selection, innovating programming tools, refining system software architectures, and strengthening collaborative operation mechanisms.

Keywords： coal mine automation mining systems; electrical control optimization; collaborative operation

引言

随着科技的飞速发展，煤矿行业正逐步向自动化、智能化转型。煤矿自动化开采系统作为提升生产效率、保障安全生产的关键技术，其电气控制与协同作业水平直接影响着煤矿的整体运营效能。然而，当前煤矿电气控制系统中仍存在诸多不足，如设备兼容性差、编程效率低下、系统软件复杂难以维护、以及各环节间协同作业不畅等问题，这些问题严重制约了煤矿自动化开采系统的性能发挥。因此，本文旨在探讨煤矿自动化开采系统中的电气控制优化与协同作业策略，以期通过一系列改进措施，提升煤矿开采的自动化水平和整体效能。

一、煤矿自动化开采系统中设备选型优化

设备选型是电气控制优化的基础。针对煤矿开采的特殊需求，应优先选择高性能、高可靠性、易维护的电气设备。

（一）设备性能与煤矿开采需求的精准匹配

在煤矿自动化开采系统中，设备选型的首要任务是确保所选设备能够精准匹配煤矿开采的特殊需求。这要求我们在选型过程

中，不仅要关注设备的基本性能指标，如功率、效率、耐用性等，更要深入理解煤矿开采的工艺流程、作业环境以及安全规范。^[1] 例如，对于采煤机而言，其截割能力、牵引力、稳定性以及防尘防爆性能都是决定其是否适合煤矿开采的关键因素。因此，在选型时，我们需要通过详细的技术参数对比，结合煤矿的实际开采条件，选择那些能够高效、稳定、安全地完成开采任务的设备。

作者简介：宋野（1988.09-），汉族，本科学历，现就职于内蒙古白音海州露天煤矿有限公司，机电工程师、煤矿电气工程工程师，研究方向：电气工程及其自动化、智能化。

此外,随着煤矿开采技术的不断进步,对设备性能的要求也在不断提高。因此,在选型过程中,我们还应关注设备的技术创新能力和升级潜力,确保所选设备能够跟上行业发展的步伐,满足未来煤矿开采的需求。

（二）设备可靠性与煤矿生产稳定性的保障

煤矿生产是一个连续、高强度的过程,对设备的可靠性有着极高的要求。一旦设备出现故障,不仅会影响生产效率,还可能引发安全事故。因此,在设备选型时,我们必须将设备的可靠性放在首位。这要求我们在选择设备时,要充分考虑其制造商的信誉、历史业绩以及售后服务体系等因素。^[9]同时,我们还可以通过查阅相关文献资料、咨询行业专家等方式,了解设备的故障率、维修周期以及维修成本等关键指标,从而做出更加明智的决策。

（三）设备易维护性与降低运维成本的考量

煤矿开采环境恶劣,设备长期处于高负荷运行状态,因此设备的易维护性对于降低运维成本、提高生产效率具有重要意义。在设备选型时,我们应优先选择那些结构简单、易于拆装、零部件通用性强的设备。这样的设备在出现故障时,能够迅速找到替换件并进行维修,从而缩短停机时间,降低维修成本。^[9]同时,我们还应关注设备的维护手册、故障诊断软件等配套资料是否齐全、易用。这些资料能够为维修人员提供详细的维护指南和故障诊断方法,帮助他们快速定位问题并解决问题。此外,我们还可以通过和设备制造商建立长期合作关系,获得更加专业的技术支持和培训服务,进一步提升设备的维护水平。

二、煤矿自动化开采系统中编程工具革新

编程工具是电气控制系统开发的核心。传统的编程工具往往存在功能单一、界面不友好、维护困难等问题。为了提升编程效率和质量,应积极引入先进的编程工具和技术,如基于模型的设计、图形化编程等。这些工具能够大大降低编程门槛,提高程序的可读性和可维护性,同时也有助于提升系统的灵活性和扩展性。

（一）从传统到现代的跨越：编程工具的进化之路

在煤矿自动化开采系统的电气控制领域,编程工具的革新是推动技术进步和效率提升的关键因素。传统编程工具受限于其功能单一、界面复杂、学习曲线陡峭等缺陷,难以满足现代煤矿开采对高效、灵活编程的需求。因此,引入先进的编程工具和技术,如基于模型的设计(MBD)、图形化编程等,成为行业发展的必然趋势。^[4]这些新工具通过直观的操作界面、强大的功能集成以及高度的可定制性,极大地降低了编程的门槛,使得非专业编程人员也能参与到电气控制系统的开发中来,从而促进了技术创新的普及和应用。

（二）提升编程效率与质量的双重保障

先进的编程工具在提升编程效率方面展现出显著优势。它们通过提供丰富的库函数、模板和自动化代码生成功能,减少了程序员手动编写代码的工作量,缩短了开发周期。同时,这些工具还具备强大的调试和测试功能,能够及时发现并修复程序中的错误,提高了编程质量。^[5]在煤矿自动化开采系统中,这意味着电气

控制系统能够更快地响应变化、更准确地执行指令,从而提高了生产效率和安全性。

（三）增强程序的可读性与可维护性

图形化编程和基于模型的设计等先进工具以其直观、易懂的界面设计,极大地增强了程序的可读性。与传统文本编程相比,图形化编程通过图形、图标和流程图的方式来表示程序逻辑,使得非专业人员也能轻松理解程序的结构和功能。这种直观性不仅有助于程序员之间的交流和协作,还有助于后续的维护和升级工作。在煤矿自动化开采系统中,这意味着当系统需要升级或修改时,维护人员能够更快地理解现有程序的结构和逻辑,从而更有效地进行维护和优化工作。

三、煤矿自动化开采系统软件结构优化

系统软件结构是影响系统稳定性和响应速度的关键因素。针对当前煤矿自动化开采系统软件结构复杂、难以维护的问题,应进行优化重构。^[6]通过模块化设计、分层架构等方法,将系统软件划分为多个相对独立的模块或组件,降低模块间的耦合度,提高系统的可维护性和可扩展性。

（一）模块化设计：提升系统可维护性的基石

模块化设计是优化煤矿自动化开采系统软件结构的核心策略。通过将复杂的系统划分为多个功能明确、相互独立的模块,每个模块负责特定的任务和数据处理,有效降低了模块间的耦合度。这种设计不仅简化了系统的开发和维护过程,还提高了代码的复用率和系统的可扩展性。当需要修改或升级系统时,只需针对特定模块进行调整,而不必影响整个系统的运行,从而显著提升了系统的可维护性。

（二）分层架构：保障系统稳定性的关键

分层架构是构建稳定、高效煤矿自动化开采系统的另一重要手段。通过将系统软件划分为不同的逻辑层次,如数据采集层、处理层、控制层等,每一层负责特定的数据处理和逻辑控制任务,层与层之间通过清晰的接口进行通信。^[7]这种架构不仅提高了系统的模块化程度,还有助于实现功能的独立开发和测试,降低了系统开发和维护的复杂性。同时,分层架构还增强了系统的容错能力,当某一层出现故障时,可以通过隔离故障层来保障其他层的正常运行,从而提高了系统的整体稳定性。

（三）实时性优化：应对恶劣工况的保障

煤矿开采环境复杂多变,对自动化开采系统的实时性提出了极高的要求。在软件结构优化过程中,必须注重实时性优化。通过采用高效的算法、优化数据处理流程以及提升系统硬件性能等措施,确保系统能够在恶劣工况下快速响应并准确执行控制指令。此外,还应建立实时监控系統对系统的运行状态进行实时监控和评估,及时发现并处理潜在的问题和隐患,以保障系统的稳定运行。

四、协同作业机制强化

协同作业是提升煤矿开采整体效能的重要手段。为了强化协

同作业机制，应建立统一的调度指挥中心，对煤矿开采过程中的各个环节进行集中监控和调度。

（一）构建统一的调度指挥中心：协同作业的神经中枢

在煤矿自动化开采系统中，协同作业的高效运行离不开一个强有力的指挥中枢。建立统一的调度指挥中心，是强化协同作业机制的首要任务。^[8] 这一中心应集成先进的监控技术、通信技术以及数据处理能力，能够实时、全面地掌握煤矿开采过程中的各个环节信息。通过大屏幕显示、远程监控等手段，调度人员可以直观地了解各设备的运行状态、生产进度以及潜在的安全隐患，从而做出迅速而准确的决策。同时，调度指挥中心还应具备强大的数据分析能力，能够通过海量数据的深入挖掘，发现生产过程中的规律和趋势，为优化生产流程、提高生产效率提供有力支持。

（二）实现信息共享与实时通信：协同作业的血脉循环

信息共享与实时通信是协同作业机制的核心。在煤矿自动化开采系统中，各环节之间需要频繁地进行信息交流，以确保任务的顺利执行和问题的及时解决。为了实现这一目标，我们应构建一套高效的信息共享平台，采用标准化的通信协议和数据格式，确保各环节之间的信息能够无缝对接和顺畅流通。^[9] 同时，还应引入先进的实时通信技术，如5G、Wi-Fi 6等，提高数据传输的速度和可靠性，减少通信延迟和丢包现象。这样一来，无论是设备之间的联动控制，还是人员之间的协作配合，都能够更加高效、

精准地完成。

（三）强化人员培训与技能提升：协同作业的软实力

人是协同作业中最具活力和创造力的因素。为了强化协同作业机制，我们必须重视人员的培训和技能提升。^[10] 首先，应加强对操作人员的专业知识和技能培训，使他们能够熟练掌握自动化开采系统的操作方法和维护技巧。其次，应培养操作人员的协同作业意识和能力，让他们明白在团队中各自的角色和责任，以及如何与他人进行有效的沟通和协作。此外，还应定期组织模拟演练和应急演练等活动，提高操作人员在复杂情况下的应变能力和团队协作能力。通过这些措施的实施，我们可以不断提升操作人员的综合素质和专业技能水平，为协同作业的高效运行提供坚实的人才保障。

五、结论

综上所述，通过电气控制优化与协同作业机制的强化，煤矿自动化开采系统实现了更高效、更稳定的运行。协同作业机制的建立促进了各环节间的信息共享与配合，显著提升了整体开采效能。未来，持续优化与创新将是推动煤矿自动化开采技术发展的关键。随着技术的不断进步和应用的深入推广，煤矿自动化开采系统将迎来更加广阔的发展前景，为煤矿行业的可持续发展提供有力支持。

参考文献

[1] 冯文博. 煤矿电气自动化控制系统的优化设计思路[J]. 电子世界, 2020(19): 92-93.
[2] 高亚超. 煤矿电气自动化控制系统的优化设计研究[J]. 中国管理信息化, 2022(2): 76-78.
[3] 景玮烨, 陈炜. 煤矿电气自动化控制研究与优化[J]. 电子技术与软件工程, 2023(4): 162-166.
[4] 李欣. 煤矿电气自动化控制系统的优化设计分析[J]. 电力设备管理, 2022(15): 314-316.
[5] 栗靖, 董小波, 黄泉清, 席艳凯, 姜红. 电气自动化控制在煤矿开采作业中的运用研究[J]. 内蒙古煤炭经济, 2019(15): 29-30.
[6] 刘洋. 煤矿开采作业中的电气自动化控制技术研究[J]. 中文科技期刊数据库(全文版)工程技术, 2023(10): 95-98.
[7] 倪震. 煤矿井下电气设备自动化控制应用与优化[J]. 当代化工研究, 2023(8): 113-115.
[8] 石文利. 煤矿电气自动化控制系统设计及优化[J]. 电子技术与软件工程, 2021(13): 119-120.
[9] 王锋. 煤矿电气自动化控制系统的优化设计研究[J]. 当代化工研究, 2021(7): 63-64.
[10] 邢剑. 电气自动化控制在煤矿开采作业中的应用研究[J]. 中国化工贸易, 2019(4): 130.

大型地下磷矿山穿越含水层技术研究

李晓军

中国水利水电第九工程局有限公司, 贵州 贵阳 550081

摘 要 : 随着露天矿山相继转入地下开采, 地下矿山占比越来越大。在建设及开采过程中, 突涌水是不可忽视的风险因素, 极易引发群体事故, 危害安全生产。加强矿山水害管理, 提高应急处置能力, 很有现实意义。本文旨在论证大型地下磷矿山穿越含水层技术施工的可行性及高效性。

关 键 词 : 地下矿山; 含水层施工; 排水系统; 注浆固结; 短掘短支

Research on Technology of Crossing Aquifer in Large Underground Phosphorus Mines

Li Xiaojun

SINOHYDRO BUREAU 9 CO., LTD. Guiyang, Guizhou 550081

Abstract : As open-pit mines are successively converted to underground mining, the proportion of underground mines is increasing. During the construction and mining process, water inrush is a non-negligible risk factor that can easily cause group accidents and endanger safe production. It is of great practical significance to strengthen the management of mine water disasters and improve emergency response capabilities. This article aims to demonstrate the feasibility and efficiency of technical construction for large underground phosphorus mines crossing aquifers.

Keywords : underground mine; aquifer construction; drainage system; grouting consolidation; short excavation and short support

引言

磨坊深部磷矿位于贵州省福泉市北西约37km, 矿区属高坪矿区北段, 南起磨石口, 北抵龙王田, 呈南北向长条形状。地理坐标: 东经107°20'15" ~ 107°21'18", 北纬 26°58'15" ~ 27°00'28", 矿区南北长4.93km, 东西宽0.33 ~ 2.29km, 面积3.82k m²。

磨坊深部磷矿 150 万 t/a 地下采矿开拓工程主胶带斜井井筒总长 1828.6m, 坡度 i=22%(12°24'27"); 净断面宽 4.5m, 高 3.5m, 周长 14.48m, 面积14.32m²; 锚网喷支护段开挖断面宽 4.8m, 高 3.8m, 周长 15.54m, 面积 16.57m²; 钢拱架、锚网喷支护段开挖断面宽 5.06m, 高 4.13m, 面积 19m²; 衬砌支护段开挖断面宽 5.4m, 高 4.3m, 周长 17.48m, 面积 21.01m²。

磨坊深部磷矿 150 万 t/a 地下采矿开拓工程主胶带斜井、回风斜巷及后续中段巷、运输平巷均需进入含水层施工, 含水层巷道总长约 7000m, 且在完全进入含水层前存在约 500m 的隔水层与含水层交界面软弱带, 遇水易垮落, 交接面软弱带与含水层存在导水通道。地质复杂, 存在多处地质破碎带, 板岩遇水易软化离层, 造成冒顶事故。^[2] 含水层中存在溶洞, 可能与预掘进巷道存在联系, 可能突发涌水; 目前已局部揭露含水层, 导致巷道发生冒顶, 并伴随涌水涌砂, 处置冒顶及涌水耗费时间共 2 个月, 严重影响施工进度及安全。

一、水文地质背景

磨坊深部磷矿地层由老到新依次为: 新元古界青白口系下江时期清水江组 (Pt₃^{1d}q)、南华系上统南沱冰碛岩组 (Pt₃^{2c}n)、震旦系下统陡山沱组 (Pt₃^{3d}) 和震旦系上统 - 寒武系组芬兰统灯影组 (Pt₃^{3b} ∈₁dy)、古生界寒武系组芬兰统 - 第二统牛蹄塘组 (∈ 1-2n)、寒武系第二统明心寺组 (∈ 2m)、金顶山组 (∈ 2j) 及第四系 (Q)^[6]。

隔水层巷道主要布置在青白口系下江时期清水江组 (Pt₃^{1d}q) 灰绿色薄至中厚层变余凝灰质粉砂岩与变余凝灰质粘土岩的韵律

组成。含水层巷道主要布置在、震旦系下统陡山沱组 (Pt₃^{3d}) 和震旦系上统 - 寒武系组芬兰统灯影组 (Pt₃^{3b} ∈₁dy)。

磨坊深部磷矿矿区断裂构造发育, 地形有利于自然排水。区内主山脊线与构造线一致, 呈北北东 - 南南西方向条带状展布。磨坊河自南而北纵贯矿区, 形成小型 V-U 型河谷。次一级山脊、沟谷横向分布并列相间。

年平均降雨量为1120.0mm; 年平均蒸发量为1088.1mm; 最大年降雨量为1999年1503.1mm, 最小年降雨量为2011年726.3mm。每年4月中下旬到11月为雨季, 12月到翌年2月有间断冰冻。区内相对湿度一般80%左右。

作者简介: 李晓军 (1984.03-), 男, 汉族, 河南安阳, 大学本科, 高级工程师, 研究方向: 金属非金属矿山施工, 工作单位: 中国水利水电第九工程局有限公司。

矿区最低侵蚀基准面为1098m，矿体大部分位于最低侵蚀基准面之下。矿区补给条件良好，含水层的富水性中等。地下水类型以岩溶裂隙水充水为主，矿区的充水方式主要是矿井顶板直接进水。地质构造条件简单偏中等，断裂破碎带的含水性较弱或与围岩相当，一般不单独构成矿坑充水的主要因素。磷矿床矿区水文地质勘探类型为以顶板直接进水的岩溶充水矿床，水文地质条件中等，属三类二型。

二、含水层情况

根据水文地质与物探报告设计探放水孔5个，编制施工方案，完成2#探水孔施工，单孔水量130m³/h，无水压，3月后涌水量减小至90m³/h。继续施工3#、4#、5#孔，其中，3#、4#孔为出水孔，采用止水阀止水，未进行放水。

掌子面已施工探放水孔4个，孔径 $\phi 94\text{mm}$ ，水平向上10°，放水孔终孔深度62m，其中：18m遇水，水质清、岩层硬；19-56m水质浑、岩层软；57-62m水质清、岩层硬，19-56m处于含水层与隔水层交界面软弱带，56m后完全进入硅质白云岩含水层施工，按照前期含水层施工经验，硅质白云岩岩层稳定性好，工作面水呈淋雨状。

根据探放水孔水量变化分析：主胶带斜井k1+177m至k1+195m段为隔水层板岩，水量稳定、无水压。k1+195m至k1+255m段为隔水层与含水层交界面软弱带，水量及水压均无变化，k1+255m以后进入含水层，水量水压再通过探放水孔进行验证。

三、穿越含水层工艺

主胶带斜井原排水系统只能满足现工作面排水能力，针对进入含水层施工，新建了排水系统。新系统水仓容量1500m³，最大排水能力600m³/h以上。钻探施工时两帮分别设置临时水窝，配置大流量小扬程水泵，抽水至环形水仓内。两侧分次机械半幅掘进，双水泵交替作业，短掘短支，采用加密钢拱架+锚网喷+加密超前管棚的支护工艺。

影响巷道稳定性的因素有岩体性质、岩体结构、地下水、地应力、地质构造、工程技术等。穿越含水层施工从以上几种因素中分析，技术重难点为掌子面放水控制、k1+177m至k1+195m段隔水层板岩施工、k1+195m至k1+255m段隔水层与含水层交界面软弱带施工及过断层施工^[1]。

1. 掌子面放水控制

矿山防治水坚持“预测预报，有疑必探，先探后掘，先治后采”原则，采取“防、堵、疏、排、截、避”综合治理措施。水文地质条件中等。施工采用物探化探结合，钻探验证的方式^[7]。

在强含水层及高水压地层中作业应遵守下列规定：边探边掘，打钻孔超前探水，每次钻孔数量不少于4个；主胶带斜井从现掌子面k1+177m开始，每次钻探作业钻进孔深50m，超前距最小20m，允许钻进距离最大30m，每次探放水作业布置两排6个钻孔^[6]。

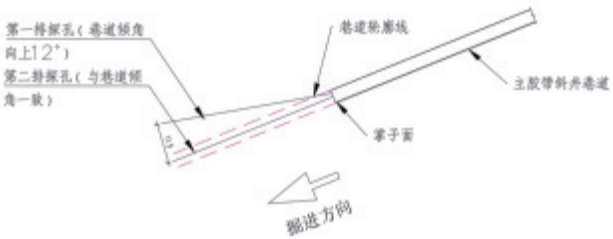
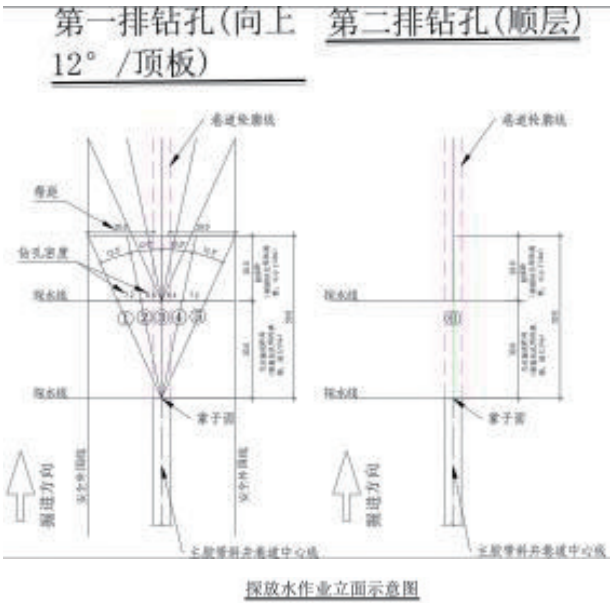


图3 探放水作业立面示意图

探放水钻孔的位置、方向、数目、超前距离等根据水压大小、岩层或矿层硬度、厚度和节理发育程度确定，根据实际情况进行设计，必须满足规范要求。

1) 超前距

水害威胁大时，超前距不小于20m；根据巷道所处岩层地质结构、巷道断面及静水压，确定探水超前距，水压大于2MPa时，每增加0.1MPa，超前距增加1m；

2) 止水管安装

主胶带斜井探放水孔，呈扇面形布置在巷道的前方；水压<1Mpa时，安装5m长度 $\phi 108\text{mm}$ 孔口止水管，2Mpa>水压>1Mpa时，止水长度增加至10m，采用干海带+孔口锚杆加固，止水管安装完成后，进行泄水闸阀、止水闸阀、压力表安装。

止水管施工完成后，进行耐压检测。注浆泵水压试压，^[9]试压力不低于2Mpa，延续时间不少于30min。试压过程要详细记录，专人检查止水管端口及掌子面附近的情况，如发现孔口管端口及掌子面周围有渗水、跑水等现象，停止试压。进行注浆水泥浆固结孔口管，直至试压压力达到巷道可承受最大地下水压且无泄漏后再继续钻进。

孔口管无异常后端头焊接法兰盘，法兰盘上安装封水闸阀与防喷阀后进行套孔钻进。套孔钻进采用 $\Phi 94\text{mm}$ 无芯钻头进行。钻进时作业人员定期检查孔内岩粉及沉渣，经常冲孔，确保孔底干净，防止发生埋钻卡钻。

钻进过程中实时观察、测量钻孔涌水，做好钻孔记录，准确

记录探孔的岩层状况、出水的层位、水量，根据钻进速度及返屑情况进行岩性层位判别。

2. k1+177m 至 k1+195m 段隔水层板岩施工

隔水层内施工采用机械半幅开挖掘进，掘进循环控制在 0.5m 内，采用短掘快支，上下双层布置、20cm 间距的 4.5m 注浆小导管超前支护；每 0.5m 进行钢拱架 + 锚网喷支护作业，预防冒顶风险，疏放堵水措施严格按照掌子面放水控制措施执行。

3. k1+195m 至 k1+255m 段隔水层与含水层交界面软弱带施工

施工前严格按照掌子面放水措施钻探施工，根据水文地质信息选择施工工艺：^[3] 若岩石较完整，则采用逐排超前预注浆，形成截水帷幕，机械半幅开挖，短掘快支通过。

施工工艺：超前管棚 / 注浆小导管施工→超前预注浆→机械半幅开挖→支护

注浆小导管与超前管棚采用上下双层布置、交错布置，超前管棚角度为巷道倾角向上 5°，注浆小导管角度为巷道倾角向上 15°-20°，每根管棚与临近注浆小导管间距 15cm，长度 5m，隔水帷幕影响范围为断面两帮及顶拱，每排截水帷幕 5m 长，开挖 3m 后施工下一排隔水帷幕，每两排截水帷幕间搭接长度 2m；截水帷幕完成后采用机械半幅开挖掘进，掘进循环控制在 0.5m 内，短掘快支，每 0.5m 进行钢拱架 + 锚网喷支护作业。

按《有色金属矿山井巷工程质量验收规范》要求，倾斜巷道支架的迎山角应符合规范。主胶带斜井角度为 12.7°，支架架设时有 2°-3° 迎山角^[8]。

岩石极破碎时，采用全断面超前预注浆通过交界面软弱带。^[10] 根据勘探线、实际方位、实际倾角确定孔位，测量孔内涌水量。根据含水层深度，确定堵水范围、注浆层位和部位选择注浆方式和止浆方法，预算注入量。

施工工艺：注浆孔施工→掌子面封堵→全断面预注浆→超前管棚施工→机械半幅开挖→支护

双排超前管棚施工，使用 4.5m/ 根管棚，每两循环超前管棚搭接长度超过 2m；管棚间距、数量符合设计规定；进入钻探施工测得软弱层大致范围后，通过每排超前管棚钻孔确定软弱层精确位置，管棚上布置注浆孔，根据现场情况实施注浆作业。注浆孔大小 $\phi 10\text{mm}$ ，注浆孔间距 200mm，梅花形布置。

全断面施工注浆孔，巷道断面边缘注浆孔向外偏 10° 施工，每循环长度 5m，掌子面采用 18# 工字钢 +5mm 厚钢板封堵，注浆作业完成后进行上下双层布置、20cm 间距的 4.5m 超前管棚施工，采用机械半幅开挖掘进，掘进循环控制在 0.5m 内，每 0.5m 进行钢拱架 + 锚网喷支护作业。

注浆采用水泥 - 水玻璃双液浆进行劈裂注浆，^[4] 水泥 - 水玻璃浆液克服了单液水泥浆凝结时间长且不能控制、结石率低等缺点，提高了注浆效果。浆液比通过试验段形成的固结体质量确定。

钢拱采用 18# 矿用工字钢制作，安装支护间距 0.5m/ 榀，超前管棚防护，在钢拱架上搭接超前管棚，规格 $\phi 42 \times 4\text{mm}$ ，单根钢管长 4.5m，壁厚 4mm，钢管向上偏角 5° 施工，钢管间距

10cm。连接筋用 $\phi 22$ 螺纹钢筋制作，间距 800mm；钢拱架上单层铺设 $\phi 6.5\text{mm}$ 钢筋网，网度 150mm*150mm；管棚前端插入掌子面基岩，末端与钢拱架拱顶部采用焊接等刚性连接。

4. 含水层施工

全断面进入含水层掘进视现场围岩性质确定，拟用全断面一次爆破、分次爆破、小爆破 + 机械掘进、机械掘进四种方式。

遇软弱带时采用弱爆破 + 机械掘进工艺

钻孔直径 $\phi 40\text{mm}$ ，掏槽眼两排共 8 个，采用楔形掏槽，炮孔与工作面夹角 70°，孔深 2m，单孔装药量 1.8kg。掏槽辅助眼两排共 8 个，炮孔与工作面夹角 80°，孔深 1.8m，单孔装药量 1.5kg。底板眼一共 5 个，炮孔与工作面夹角呈 90°，孔深 1.8m，单孔装药量 1.5kg。起拱线以下辅助眼共 6 个，炮孔与工作面夹角 90°，孔深 1.8m，单孔装药量 1.5kg。起拱线以上辅助眼共 9 个，炮孔与工作面夹角 90°，孔深 1.8m，不装药。

起拱线以下周边眼共 8 个，起拱线以上周边眼 12 个，孔深 1.8m，间距 500mm，全部布置在断面轮廓线上，各炮孔互相平行，孔底落在同一平面上，炮孔与工作面夹角基本 90°，为下一排周边眼施工方便一般向巷道边帮外偏移 1-2°，仅起拱线以下周边眼装药，单孔装药量 0.9kg。每循环爆破作业使用炸药 42kg。

5. 过断层施工

于断层 50m 距离外进行物探与化探结合探水、钻探的方式探清特殊地质构造情况，探孔通过全断面并竖向呈扇形分布，若不能探清地质情况，在地表增设勘探孔进行探测；针对探明的信息采取地面、工作面预注浆结合，形成全断面截水帷幕，隔断断层内以及溶洞周边可能存在的导水通道，防止涌水涌砂，在巷道掘进范围前方进行全断面注浆固结，巷道在固结体中进行机械掘进，超前管棚联合钢拱架锚网喷加强加密支护，防止冒顶，必要时增设钢筋混凝土二次衬砌支护，通过断层带。

四、主要结论

大型地下磷矿山穿越含水层技术研究在含水岩层以及含水岩层与隔水岩层交界面软弱带中施工工艺上做出了创新，保障了于富水区域进行井巷作业的施工安全、质量以及整体施工进度，将为同属矿业、隧道及类似工程项目提供冒顶处置的施工思路 and 实践经验。

参考文献

- [1] 《井巷工程》东兆星、刘刚，徐州：中国矿业大学出版社，2013.
- [2] 《矿山安全工程》陈宝智，北京：冶金工业出版社，2009.
- [3] 《岩土加固技术》韩立军，徐州：中国矿业大学出版社，2005.
- [4] 《岩土注浆理论与工程实例》邝健政，北京：科学出版社.
- [5] 《金属非金属矿山安全规程》GB 16423-2020.
- [6] 《贵州省磨坊地区深部磷矿体特征及其古地理意义》向明坤，杨正坤、刘波，西部探矿工程期刊，2019.
- [7] 《金属非金属地下矿山防治水安全技术规范》AQ 2061-2018.
- [8] 《有色金属矿山井巷工程质量验收规范》GB 51036-2014.
- [9] 《唐安煤矿疏放老空水的实践》张刚，内蒙古煤炭经济期刊，2016.
- [10] 《唐安煤矿疏放老空水的实践》王志忠，城市建设理论研究期刊，2013.

煤炭水文地质特征与矿井水防治研究

赵盟

山西省煤炭地质——四勘查院有限公司, 山西 长治 046000

摘要： 本文深入探讨了煤炭水文地质特征及矿井水防治的相关内容。详细分析了含煤地层的岩性与岩相特征、含水层与隔水层的划分、地下水的补径排条件。并阐述了矿井水的形成机制，包括直接和间接充水水源及影响因素。此外还重点介绍了多种矿井水防治技术与措施，如水文地质勘查与预测、疏干排水技术、注浆堵水技术、防水煤柱留设以及加强矿井水监测与管理等。通过对这些方面的研究，为煤炭开采中的矿井水防治提供了科学依据和有效策略，以保障煤炭安全生产和可持续发展。

关键词： 煤炭；水文地质；矿井水防治

Research on Hydrogeological Characteristics of Coal And Prevention and Control of Mine Water

Zhao Meng

Shanxi Provincial Coal Geology 114 Prospecting Institute Co., Ltd. Changzhi, Shanxi 046000

Abstract： This article deeply explores the hydrogeological characteristics of coal and the related content of mine water prevention and control. Detailed analysis was conducted on the lithology and lithological characteristics of coal bearing strata, the division of aquifers and aquitards, and the conditions for groundwater recharge, runoff, and discharge. And elaborated on the formation mechanism of mine water, including direct and indirect water sources and influencing factors. In addition, various mine water prevention and control technologies and measures were emphasized, such as hydrogeological exploration and prediction, dewatering and drainage technology, grouting and water blocking technology, waterproof coal pillar retention, and strengthening mine water monitoring and management. Through research in these areas, scientific basis and effective strategies have been provided for the prevention and control of mine water in coal mining, in order to ensure safe production and sustainable development of coal.

Keywords： coal; hydrogeology; mine water prevention and control

煤炭作为我国重要的能源资源，在其开采过程中，矿井水问题一直是制约安全生产的关键因素之一。深入了解煤炭水文地质特征，揭示矿井水的形成机制，采取有效的防治技术与措施，对于预防矿井水灾、保障矿工生命安全、提高煤炭资源回收率以及保护矿区生态环境具有极其重要的意义。

一、煤炭水文地质特征

（一）含煤地层的岩性与岩相特征

含煤地层的岩性组成较为复杂，通常包括砂岩、页岩、泥岩以及煤层等多种类型。砂岩一般具有较好的渗透性，颗粒较大，孔隙相对较发育，为地下水的储存和运移提供了一定的空间，页岩和泥岩则较为致密，渗透性差，往往起到隔水的作用。在岩相方面，常见的有河流相、湖泊相和沼泽相。河流相沉积环境下，沉积物粒度较粗，以砂岩为主，地层的横向变化较大。湖泊相则以细粒的页岩和泥岩沉积为主，地层相对稳定。沼泽相是煤层形成的主要环境，通常由泥炭堆积而成，其岩性特征较为特殊。例如，在某矿区，含煤地层中砂岩的厚度和分布受到古河流的影响，呈现出明显的条带状分布^[1]。

（二）含水层与隔水层的划分

含水层是指能够储存和传输地下水的岩层。在煤炭地质中，常见的含水层有砂岩含水层、灰岩含水层等，砂岩含水层由于其孔隙和裂隙较为发育，具有较好的储水和导水性能，灰岩含水层通常具有岩溶发育的特点，地下水的储存和运移更加复杂。而隔水层则是阻止地下水流动的岩层，如致密的页岩、泥岩和黏土岩等，它们的孔隙度和渗透率极低，有效地限制了地下水的垂直和水平运动。在实际划分中，需要综合考虑岩层的岩性、厚度、渗透性以及地下水的赋存状态等因素。例如，某煤矿的上部地层中，存在一层厚度较大的泥岩，经过抽水试验和水文地质分析，确定其为隔水层，有效地阻隔了上部地表水与下部含水层的

作者简介：赵盟（1995.08-），男，河南省内黄县人，汉族，本科，助理工程师，研究方向：水工环。

联系。

（三）地下水的补径排条件

地下水的补给来源多种多样，包括大气降水、地表水的渗入以及相邻含水层的侧向补给等。在山区，大气降水往往是主要的补给来源，通过岩石的裂隙和孔隙渗入地下，在平原地区，地表水的入渗可能更为重要。地下水的径流方向和速度受到地形、地质结构和含水层渗透性等因素的控制。一般来说，地下水从补给区向排泄区流动，在渗透性好的地层中径流速度较快，而在渗透性差的地层中则较为缓慢。而排泄方式主要有泉排泄、向河流排泄以及人工开采等，泉是地下水在地形切割处自然涌出地表的现象。在河流附近，地下水可能向河流排泄，形成河水与地下水的相互补给关系。

二、矿井水的形成机制

（一）直接充水水源

直接充水水源是指能够直接进入矿井并造成充水的水体，在煤矿开采过程中，常见的直接充水水源主要包括地下水和地表水。首先，地下水是矿井水的重要直接来源之一。含水层中的地下水，如孔隙水、裂隙水和岩溶水，在采矿活动的影响下，可能会突破隔水层或通过导水通道涌入矿井。孔隙水存在于松散岩层的孔隙中，其水量和水压相对较小，但在特定条件下仍可能对矿井造成威胁。裂隙水则赋存于岩石的裂隙中，其渗透性和富水性往往与裂隙的发育程度密切相关。岩溶水在岩溶发育地区，具有水量大、水压高的特点，一旦与矿井导通，极易引发突水事故。其次，地表水如河流、湖泊和水库等，当它们与矿井存在水力联系时，也会成为直接充水水源，特别是在雨季，地表水体水位上涨，水压增大，若存在导水通道，地表水会迅速涌入矿井。例如，当矿井开采导致地表出现裂缝，或者井口位于河流附近且防护不当，地表水就有可能直接灌入矿井。

（二）间接充水水源

间接充水水源是指不能直接进入矿井，但通过一定的水文地质条件和作用方式，对矿井充水产生影响的水源，老空水和相邻含水层水是常见的间接充水水源。首先，老空水是指在以往的采矿活动中遗留下来的采空区积水。这些积水往往处于封闭状态，水量和水压难以准确预测，一旦新的采掘工程接近或揭露老空区，老空水就会突然涌出，给矿井安全生产带来巨大威胁。由于老空水的形成时间长，水质通常较差，可能含有有害物质，对矿工的健康和设备的腐蚀也会造成影响。其次，相邻含水层水是指与开采煤层相邻的其他含水层中的水。虽然这些含水层与矿井之间有隔水层分隔，但在开采过程中，由于采动影响导致隔水层破坏，或者通过导水断层等构造，相邻含水层的水会向矿井渗透和补给。相邻含水层的富水性和水头压力不同，对矿井充水的影响程度也有所差异^[2]。

（三）矿井水形成的影响因素

矿井水的形成受到多种因素的综合影响，包括地质构造、含水层特征、开采深度和强度、大气降水以及人为因素等。首先，

地质构造是影响矿井水形成的重要因素之一。断层、褶皱等地质构造的存在会改变岩层的完整性和渗透性，从而影响地下水的赋存和运移。断层带往往是地下水的良好通道，当矿井接近或穿过断层时，容易发生突水事故。褶皱构造会使岩层发生弯曲变形，形成向斜和背斜，向斜轴部往往是地下水的聚集区，增加了矿井充水的可能性。其次，含水层的特征，如含水层的厚度、岩性、渗透性和富水性等，直接决定了矿井水的补给来源和水量大小，含水层厚度越大、渗透性越好、富水性越强，矿井水的威胁就越大。再次，开采深度和强度对矿井水的形成也有显著影响。随着开采深度的增加，地应力增大，岩石的裂隙发育程度增加，含水层的水压也相应增大，导致矿井充水的风险增加。开采强度的加大，如采煤速度加快、采空区面积增大等，会破坏原有的水文地质平衡，使更多的地下水涌入矿井。另外，大气降水是矿井水的重要补给来源。在降水丰富的地区，大气降水通过地表入渗、河流补给等方式进入含水层，增加了含水层的水量，降水的季节性和周期性变化，也会导致矿井涌水量的相应波动。最后，人为因素在矿井水的形成中也起到了不可忽视的作用。不合理的开采布局、排水系统不完善、防水措施不到位等，都可能导致矿井水害的发生。例如，在开采过程中未留设足够的防水煤柱，或者对含水层的破坏未进行有效的治理，都会增加矿井充水的风险。

三、矿井水防治技术与措施

（一）水文地质勘查与预测

水文地质勘查与预测是矿井水防治的基础工作。通过对矿井所在区域的地质、水文地质条件进行详细勘查和分析，可以为后续的防治工作提供重要依据。在进行水文地质勘查时，需要综合运用多种勘查手段，如地质测绘、钻探、物探、水文地质试验等。以某煤矿为例，该煤矿位于山区，地质构造复杂，勘查人员首先进行了大面积的地质测绘，对地层分布、岩性特征、构造形态等进行了详细记录。然后，布置了多个钻探孔，获取了地下岩层的岩芯样本，并进行了水文地质试验，测定了含水层的渗透系数、富水性等参数。而通过综合勘查，查明了该煤矿的含水层分布、隔水层厚度、地下水的补给、径流和排泄条件等。在此基础上，利用数学模型和数值模拟方法，对矿井涌水量进行了预测，预测结果显示，在开采过程中，矿井涌水量较大，需要采取有效的防治措施。通过水文地质勘查与预测工作不仅可以为矿井水防治提供科学依据，还可以在煤矿设计和开采方案制定中发挥重要作用，通过合理规划开采布局，避开富水区域，减少矿井涌水的风险^[3]。

（二）疏干排水技术

疏干排水是矿井水防治的重要手段之一。其目的是在开采前或开采过程中，将含水层中的地下水提前疏干，降低地下水位，减少矿井涌水量。常见的疏干排水方法包括地表疏干、地下疏干和联合疏干等，地表疏干通常采用疏干井、截水沟等方式，将地表水拦截或排出，防止其渗入地下。地下疏干则是通过在井下施工疏干巷道、疏干钻孔等，将含水层中的地下水抽出。联合疏干

则是将地表疏干和地下疏干相结合，提高疏干效果。以某大型煤矿为例，该煤矿采用了地下疏干和联合疏干相结合的方法。首先，在井田范围内施工了多条疏干巷道，深入到含水层中，通过安装排水设备，将地下水抽出。其次，在井田周边布置了一定数量的疏干井，对地表水体进行拦截和疏排，通过这种联合疏干的方式，有效地降低了地下水位，减少了矿井涌水量。而在实施疏干排水技术时，需要注意合理布置疏干工程，避免对周边环境造成不良影响。

（三）注浆堵水技术

注浆堵水技术是一种常用且有效的矿井水防治方法。它通过将特制的浆液注入到含水层、导水通道或破碎岩体中，以封堵地下水的流动，减少矿井涌水量。在实际应用中，首先需要矿井的地质条件进行详细的勘察和分析，确定注浆的位置、深度和浆液的类型。例如，在某煤矿的开采过程中，发现一条较大的导水断层，导致矿井涌水量急剧增加，经过地质勘探和分析，决定采用水泥-水玻璃双液浆进行注浆堵水。其次，施工过程中，严格控制注浆压力和浆液配比，确保浆液能够充分填充断层破碎带，经过一段时间的注浆作业，对注浆效果进行检测，发现涌水量明显减少，有效地保障了矿井的安全生产。而注浆堵水技术的优点在于能够针对性地处理导水通道，效果显著。但同时也存在施工难度大、成本较高等问题。因此，在应用时需要综合考虑矿井的实际情况和经济成本^[4]。

（四）防水煤柱的留设

防水煤柱是为了防止地下水涌入矿井而在煤层周围预留的一定宽度的煤体，合理留设防水煤柱是预防矿井突水的重要手段之一。首先，在留设防水煤柱时，需要充分考虑地质条件、含水层的富水性、水压以及煤层的赋存情况等因素。例如，某煤矿在开采过程中，面临着复杂的水文地质条件，井田内存在多个含水层，且水压较大。经过详细的地质勘探和分析，技术人员确定了需要留设防水煤柱的区域，通过精确计算和模拟，确定了煤柱的宽度，以确保能够有效阻挡地下水的涌入。其次，留设防水煤柱不仅要依靠理论计算，还需要结合实际情况进行调整。在另一处煤矿，尽管最初按照设计留设了防水煤柱，但在开采过程中发现

地下水位上升，水压增大。经过再次评估和分析，对防水煤柱的宽度进行了适当增加，从而避免了可能发生的突水事故。最后，对于一些特殊地质构造区域，如断层、陷落柱等，更需要加大防水煤柱的留设尺寸。某煤矿曾因在断层附近未留设足够宽的防水煤柱，导致断层导通含水层，发生了严重的突水事故，造成了巨大的经济损失和人员伤亡，这一惨痛的教训提醒我们，在防水煤柱的留设上必须严谨、科学，不能有丝毫的马虎。

（五）加强矿井水监测与管理

加强矿井水监测与管理是及时发现和处理矿井水患的重要保障。首先，要建立完善的矿井水监测系统，这包括在井下关键位置安装水位、水压、水质等监测设备，实时获取数据。某大型煤矿通过安装先进的监测设备，实现了对矿井水的24小时不间断监测，一旦数据出现异常，系统会立即发出警报，为采取应对措施争取了宝贵的时间。其次，要加强对监测数据的分析和处理。专业人员定期对监测数据进行整理和分析，通过对比历史数据和趋势，预测可能出现的水患风险。在一个小型煤矿，由于技术人员对监测数据的敏锐分析，提前发现了地下水位的异常上升，及时采取了疏水降压措施，避免了水害的发生。最后，除了监测，科学的管理也是至关重要的。要制定完善的矿井水管理制度，明确各部门和人员的职责。加强对排水设备的维护和管理，确保其正常运行。在某煤矿，由于对排水设备的疏于管理，导致设备故障，在遭遇强降雨时，矿井内积水无法及时排出，造成了局部停产^[5]。

四、总结

综上所述，煤炭水文地质特征的研究是矿井水防治的基础，只有深入了解水文地质条件，才能准确揭示矿井水的形成机制，进而采取科学有效的防治技术与措施。随着煤炭开采深度和强度的不断增加，矿井水防治面临着更加严峻的挑战。未来，我们需要不断创新和完善防治技术，加强多学科交叉研究，提高矿井水防治的水平，实现煤炭资源的安全、高效、绿色开采。

参考文献

- [1] 王保平. 煤矿水文地质特征与矿井水害防治研究[J]. 科技创新与生产力, 2017(7):82-83,86.
- [2] 王志亮. 矿井开采后水文地质特征及水害防治技术研究[J]. 矿业装备, 2021(1):102-103.
- [3] 彭创. 探析煤矿水文地质特征与矿井水害防治技术[J]. 科学与财富, 2023(25):46-48.
- [4] 王新, 郭小铭. 越层水文地质现象及对煤矿防治水的影响研究[J]. 煤炭科学技术, 2020,48(8):150-156.
- [5] 张琛, 吕游. 浅谈关于煤矿水文地质特征及矿井水害防治[J]. 地质研究与环境保护, 2022,1(4).

煤矿水文地质特征及矿井水害防治的研究

阿依别克·莫合塔尔汗

国能新疆宽沟矿业有限责任公司，新疆 昌吉 831215

摘要： 本研究旨在深入探讨煤矿水文地质特征及矿井水害防治技术，以保障煤矿的安全生产和可持续发展。通过对水文地质特征的全面分析，结合矿井水害防治的实际案例，本研究提出了系统的矿井水害防治方法。研究揭示了煤矿水文地质特征的复杂性及其对采矿活动的影响。最终成果包括建立了煤矿水文地质数据库，制定了科学合理的煤矿开采方案，并提出了有效的矿井水害防治技术，为煤矿安全生产提供了科学依据和技术支持。研究结果表明，煤矿水文地质特征的研究对于保障煤矿安全生产和推动煤矿行业的可持续发展具有重要意义。

关键词： 煤矿水文地质特征；矿井水害防治；安全生产；可持续发展

Research on the Hydrogeological Characteristics of Coal Mines and the Prevention and Control of Mine Water Hazards

Ayibieke · Mohetaerhan

Guoneng Xinjiang Kuangou Mining Co., Ltd. Changji, Xinjiang 831215

Abstract： The purpose of this study is to deeply explore the hydrogeological characteristics of coal mines and the prevention and control technology of mine water hazards, so as to ensure the safe production and sustainable development of coal mines. Based on a comprehensive analysis of the hydrogeological characteristics and the actual cases of mine water hazard prevention, this study proposes a systematic method for mine water hazard prevention. The study reveals the complexity of the hydrogeological characteristics of coal mines and their impact on mining activities. The final results include the establishment of a coal mine hydrogeological database, the formulation of a scientific and reasonable coal mining plan, and the proposal of effective mine water hazard prevention and control technology, which provides a scientific basis and technical support for coal mine safety production. The results show that the study of the hydrogeological characteristics of coal mines is of great significance to ensure the safe production of coal mines and promote the sustainable development of the coal mining industry.

Keywords： hydrogeological characteristics of coal mines; mine water hazard prevention; safe production; sustainable development

引言

煤炭作为我国主要的能源之一，在国民经济发展中占据重要地位。然而，煤矿水文地质条件的复杂性给煤矿安全生产带来了巨大挑战。矿井水害是煤矿生产过程中常见的灾害之一，不仅严重威胁着矿工的生命安全，还可能导致矿井停产甚至报废，给煤矿企业带来巨大的经济损失。因此，深入研究煤矿水文地质特征及矿井水害防治技术，对于保障煤矿安全生产、推动煤矿行业的可持续发展具有重要意义。本文将从煤矿水文地质特征出发，分析其主要影响因素及表现形式，探讨矿井水害的形成机制及防治措施。通过综合运用野外调查、室内实验和数值模拟等方法，揭示煤矿水文地质特征的本质及其对采矿活动的影响。在此基础上，提出系统的矿井水害防治方法，为煤矿安全生产提供科学依据和技术支持。

一、煤矿水文地质特征分析

（一）主要含水层与隔水层

煤矿矿区的水文地质结构复杂，含水层与隔水层的交替出现，构成了独特的水文地质环境。一是第四系松散含水层组由松散沉积物组成，如砂土、粘土和砾石等。其厚度和岩性变化较

大，受地形和气候条件的影响显著。在煤矿开采过程中，第四系松散含水层组往往是矿井水的主要来源之一，特别是在浅层煤矿开采中，其影响尤为突出。二是上侏罗统底部砾岩含水层由砾岩和砂岩组成，具有良好的透水性和储水性。其厚度和分布范围受地质构造和沉积环境的影响。在煤矿开采过程中，若上侏罗统底部砾岩含水层与煤层直接接触，则可能引发突水事故，对煤矿安

作者简介：阿依别克·莫合塔尔汗（1995.05-），新疆阿勒泰，本科，助理工程师。

全生产构成严重威胁^[1]。三是下侏罗纪西山窑组底部分界砂岩含水层主要由砂岩组成，具有一定的透水性和储水性。其厚度和岩性变化较大，受地质构造和沉积环境的影响。在煤矿开采过程中，下侏罗纪西山窑组底部分界砂岩含水层的水位和水量变化对矿井排水系统产生重要影响，需要密切关注其动态变化。四是与含水层相对应的是隔水层，它们在煤矿水文地质结构中起着重要的阻隔作用。主要隔水层包括三工河组底部泥岩隔水层、三工河组中段砂泥岩段隔水层等。这些隔水层主要由泥岩、石炭系凝灰岩等不透水或弱透水性岩石组成，能够有效地阻隔地下水的流动，对矿井水害防治具有重要作用。五是三工河组底部泥岩隔水层由泥岩组成，具有较低的透水性和良好的隔水性能。其厚度和分布范围受地质构造和沉积环境的影响。在煤矿开采过程中，三工河组底部泥岩隔水层能够有效地阻隔上覆含水层的水下渗，减少矿井涌水量，降低水害风险。六是三工河组中段砂泥岩段隔水层由砂泥岩组成，具有一定的隔水性能。其厚度和岩性变化较大，受地质构造和沉积环境的影响。在煤矿开采过程中，三工河组中段砂泥岩段隔水层能够减缓地下水的流动速度，降低矿井排水系统的压力，为矿井水害防治提供有利条件。

（二）水文地质条件与影响因素

煤矿水文地质条件受到多种因素的影响，包括地质构造、煤层地质条件、气候条件和人类活动等。这些因素相互作用，共同决定了煤矿水文地质特征的复杂性和多样性。首先，地质构造对地下水的分布和流动路径具有重要影响。褶皱、断层等地质构造能够改变地下水的流向和流速，形成地下水富集区或贫水区。其次，煤层地质条件决定了煤矿水文地质过程的复杂性和多样性。煤层的厚度、倾角、埋藏深度以及煤质等因素都会影响地下水的赋存和运移。例如，厚煤层往往伴随着丰富的地下水资源，而薄煤层则可能相对贫水^[2]。再者，气候条件主要通过降水量和蒸发量的变化影响地下水的补给和排泄。在雨季，大量的降水会迅速补给地下水，导致地下水位上升，增加矿井涌水量和突水风险。而在旱季，地下水补给量减少，地下水位下降，但长期干旱也可能导致隔水层干裂，降低其隔水性能。最后，人类活动如煤矿开采、排水和尾矿处理等也会对煤矿水文地质特征产生显著影响。煤矿开采会破坏原有的水文地质结构，导致地下水的重新分布和运移。排水活动会改变地下水的自然流态，影响矿井涌水量和水质。而尾矿处理不当则可能引发尾矿库溃坝等事故，对下游环境和矿井安全构成严重威胁。

（三）水文地质分区与特征

根据地下水的分布和运移特征，煤炭层内部可以划分为不同的水文地质分区，包括充水区、渗透区、稳定水区和干燥区。这些分区各自具有独特的水文地质特征和对煤矿开采活动的影响。第一，充水区地下水丰富，水位高，水压大，是矿井水害的高发区域。在充水区进行煤矿开采时，需要特别关注突水和透水事故的风险，采取有效的防治措施，如注浆加固、疏水降压等。第二，渗透区地下水流动速度较快，透水性强，对矿井排水系统造成较大压力。在渗透区进行煤矿开采时，需要加强排水系统的建设和维护，确保排水畅通无阻，避免水灾事故的发生。第三，稳

定水区地下水位相对稳定，水压适中，对煤矿开采活动的影响较小。但稳定水区也可能因地质构造变化或人类活动的影响而转化为充水区或渗透区，因此需要密切关注其动态变化，及时采取措施进行防治。第四，干燥区地下水贫乏，甚至无地下水存在，对煤矿开采活动的影响较小。但在某些情况下，干燥区也可能因地质构造变化或人类活动的影响而出现地下水，因此需要加强水文地质勘探和监测工作，确保煤矿开采的安全进行。

二、矿井水害的形成机制

（一）矿井水害的类型

矿井水害作为煤矿开采过程中的一大安全隐患，其类型多样，每种类型都对应着不同的成因和防治策略。主要类型包括地表水害、老空水害和底板突水。

地表这类水害通常发生在矿井周围存在大量地表水体或降雨量较大的地区。地表水通过裂隙、塌陷区、废弃井筒等自然或人为形成的通道涌入矿井，造成淹井、设备损坏甚至人员伤亡。地表水害的发生往往与矿井地理位置、地形地貌、气候条件以及人类活动密切相关。

老空水害是指采空区或旧巷道内积聚的地下水，在采矿活动的影响下突然涌出造成的水害。这类水害通常发生在煤矿开采历史较长、采空区分布广泛的矿区。老空水害具有突发性强、水量大、危害严重等特点，是煤矿安全生产中的一大威胁^[3]。

底板突水是指煤层底板隔水层在采矿活动的影响下发生失稳，导致地下水突破隔水层涌入矿井的水害。这类水害通常发生在煤层底板存在薄弱带、断层或裂隙发育的地区。底板突水的发生与煤层底板的地质构造、水文地质条件以及采矿活动的强度密切相关。

（二）水害形成的原因

矿井水害的形成原因复杂多样，既包括自然因素，也涉及人为因素。

自然因素方面，地质构造是影响矿井水害形成的重要因素。断层、褶皱等地质构造能够改变地下水的流向和流速，形成地下水富集区或贫水区。水文地质条件决定了地下水的分布和运移特征。含水层的厚度、岩性、透水性以及隔水层的性能等都会影响矿井水害的形成。气候条件主要通过降水量和蒸发量的变化影响地下水的补给和排泄。在雨季，大量的降水会迅速补给地下水，增加矿井涌水量和突水风险。而在旱季，地下水补给量减少，但长期干旱也可能导致隔水层干裂，降低其隔水性能。

人为因素方面，不合理的采矿方法会破坏原有的水文地质结构，导致地下水的重新分布和运移。例如，采用不适当的开采顺序、开采强度或开采深度等，都可能引发矿井水害。排水系统是矿井水害防治的基础设施。如果排水系统设计不合理、设备老化或维护不善，将导致排水能力不足，无法及时排出矿井涌水，从而引发水害。缺乏有效的水害防治措施或防治措施执行不力也是导致矿井水害发生的重要原因。例如，未按规定进行水文地质勘探、未制定详细的水害防治方案、未落实水害防治责任等。

（三）水害发生的预兆与识别

矿井水害在发生前通常会有一些预兆，这些预兆对于及时识别矿井水害、采取有效防治措施具有重要意义。当煤层或岩层表面出现潮湿或颜色变暗时，可能意味着地下水正在向矿井渗透或积聚。巷道壁或顶板出现水珠或水雾，类似于“挂汗”现象，这往往是地下水渗透的迹象。煤层或岩层温度异常下降，可能表明地下水正在流经该区域。矿井内出现异常的水声，如水流声、水击声等，可能意味着地下水正在大量流动或积聚。地下水涌出时可能携带大量气体，如甲烷、二氧化碳等，导致矿井内气体浓度异常升高。

三、矿井水害防治技术

（一）防治水技术路线

矿井水害防治应遵循“预测预报、有疑必探、先探后掘、先治后采”的原则，认真落实“探、防、堵、疏、排、截、监”七项综合治理措施。具体技术路线包括建立完善的矿井排水系统，确保排水设备性能可靠、排水能力充足。同时，加强排水系统的日常维护和保养，确保其正常运行和有效使用。通过地质勘探、物探、化探等手段查明矿井水文地质条件和水害隐患。重点探查含水层的分布、厚度、岩性、透水性以及隔水层的性能等，为制定水害防治方案提供依据。根据探查结果采取相应措施进行治理。例如，对于地表水害，可以修筑防排水工程、填堵塌陷区等；对于老空水害，可以通过钻孔探放水、底板泄水巷探放水等措施进行防治；对于底板突水，则可以通过疏水降压、底板注浆加固等措施进行防治。

（二）具体防治措施

针对不同类型的矿井水害，需要采取不同的防治措施。

地表水害防治方面，一是在矿井周围修筑堤坝、水渠等防排水设施，防止地表水涌入矿井。二是对于因采矿活动导致的地表塌陷区，及时进行填堵和复垦，恢复地表植被和土壤结构，减少地表水下渗和积聚。三是建立地表水害监测预警系统，实时监测地表水体的水位、流量等参数，及时发现并处理异常情况。

老空水害防治方面，一是在采矿过程中，定期通过钻孔探放老空区积水，降低其水位和水压，减少突水风险^[4]。二是在煤层底板开凿泄水巷，将老空区积水引入泄水巷并排出矿井。三是定期对老空区进行探查和监测，掌握其积水情况和动态变化，为制定

防治措施提供依据。

底板突水防治方面，通过钻孔或巷道将煤层底板含水层的水位降低至安全水平，减少突水风险。对煤层底板进行注浆加固处理，提高其隔水性能和稳定性，防止地下水突破隔水层涌入矿井。对煤层底板的地质构造和水文地质条件进行详细勘探和监测，及时发现并处理潜在的水害隐患。

（三）新技术新方法的应用

随着科技的不断发展，新技术新方法在矿井水害防治中得到了广泛应用。这些新技术新方法的应用大大提高了矿井水害防治的效率和准确性。第一，利用电法、重力法、地震法等地球物理勘探技术可以判断煤炭层内的地下水分布和运移情况。这些技术具有探测深度大、精度高、分辨率强等特点，能够为矿井水害防治提供重要的地质信息。第二，利用计算机模拟技术进行水文地质数值模拟，可以模拟煤炭层内地下水的分布、运移和水化学特征等情况。通过数值模拟可以预测矿井涌水量、突水风险等关键参数，为制定防治措施提供依据。第三，羽状多分支水平定向钻进技术，这种技术可以用于煤层底板加固和水害防治。通过钻进多个分支孔道并注入加固材料，可以形成一道坚固的隔水屏障，防止地下水突破隔水层涌入矿井。这种技术具有施工速度快、加固效果好、对煤层破坏小等优点。第四，利用物联网、大数据、人工智能等技术构建智能监测预警系统，可以实时监测矿井内的水位、水压、气体浓度等参数，并通过数据分析和模型预测来发现潜在的水害隐患。这种系统具有自动化程度高、响应速度快、预测准确等特点，能够为矿井水害防治提供有力的技术支持。

四、结束语

综上所述，煤矿水文地质特征及矿井水害防治的研究对于保障煤矿安全生产和推动煤矿行业的可持续发展具有重要意义。通过深入分析煤矿水文地质特征及其影响因素、探讨矿井水害的形成机制及防治措施、应用新技术新方法提高矿井水害防治的效率和准确性等措施的实施，可以有效降低矿井水害的发生频率和危害程度，保障煤矿的安全生产。未来，随着科技的不断发展和管理水平的不断提高，我国矿井水害防治工作将取得更加显著的成效。同时，我们也应继续加强研究与实践探索，为煤矿行业的可持续发展贡献更多智慧和力量。

参考文献

- [1] 许林, 王鹏程, 张衍鹏, 等. 煤矿水文地质特征与水害防治方案[J]. 当代化工研究, 2024, (09): 106-108.
- [2] 侯志星. 煤矿水文地质特征与矿井水害防治技术质量分析[J]. 矿业装备, 2024, (03): 122-124.
- [3] 徐少勤, 唐凡迎. 煤矿水文地质条件分析及矿井水害防治技术[J]. 内蒙古煤炭经济, 2023, (19): 187-189.
- [4] 孙豫陇. 水文地质特征与矿井水害防治对策[J]. 中国金属通报, 2022, (03): 121-123.

煤矿管网智能监控系统研究

张丙辉

中信重工开诚智能装备有限公司，河北 唐山 063000

摘 要：针对现有煤矿供风、供水管网均停留在人工、手动管理水平，人员多、效率低、信息获取不及时等问题，研究设计了煤矿管网监控系统。介绍了煤矿管网监控系统的设计方案和功能设计，详细阐述了控制方式、输配调度、监测点布置、传感器安装位置选择设计等实现煤矿管网智能监控系统的关键技术环节设计。该系统达到了管理、控制、监测于一体及减员增效的目的，提高了矿井管网监控环节的安全性、信息化、智能化水平。

关 键 词： 供风；供水；动态数据监测；管网输配调度

Research on Intelligent Monitoring System for Coal Mine Pipeline Network

Zhang Binghui

CITIC Heavy Industry Kaicheng Intelligent Equipment Co., Ltd. Tangshan, Hebei 063000

Abstract： In view of the problems of the existing coal mine wind supply and water supply network at the level of manual management, many personnel, low efficiency and delayed information acquisition, the monitoring system of coal mine pipe network is studied and designed. This paper introduces the design scheme and functional design of coal mine pipe network monitoring system, and expounds the key technical link design of intelligent monitoring system of coal mine pipe network, such as control mode, transmission and distribution scheduling, monitoring point layout, sensor installation position selection design. The system has achieved the purpose of management, control, monitoring and staff reduction and efficiency increase, and improved the safety, information and intelligence level of the mine pipe network monitoring link.

Keywords： wind supply; water supply; dynamic data monitoring; pipe network transmission distribution scheduling

引言

煤矿井下供风、供水系统是煤矿正常生产的关键部分，是保证煤矿安全生产的必备条件，也被称为井下的“血液循环系统”^[1]。目前大部分煤矿供风、供水管网管理均停留在手动、人工的管理水平^[2]，管理难度和系统的把控，距离智能化矿井存在不小的差距，随着新采区及工作面的延伸，风水管网变得更为复杂。一些管路布置时间长，受自然环境侵蚀严重，同时受部分巷道变形及矿井采动压力等影响较大，跑、冒、滴、漏等管路故障层出不穷^[3]，由于管网延伸距离远，处理故障时需人工逐步沿管路查找问题，及其费时费力。严重影响正常生产作业，制约了矿井的高效发展。基于此开发了煤矿管网智能监控系统，实现煤矿管网动态数据监控（管道流量、压力监测），对整个井下供风、供水系统的供风、输配风水管道流量、压力进行监测，以便于科学、准确的进行调度。

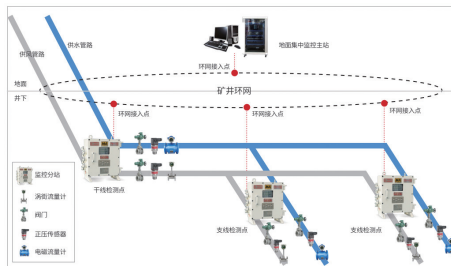
一、煤矿管网智能监控系统总体设计方案

煤矿井下管网系统，广泛布置于煤矿井下巷道，结构复杂，这增加了管网运营和管理的难度。现场配置管网监测终端设备，采集流量、压力数据^[4]，同时更改管路沿线手动阀门为电动阀门，并传输至监控中心实现远程监控。工作人员可以在调度中心远程监控井下供风、供水管网的压力及流量情况。科学指挥监控启停调节巷道内供风、供水阀门^[5]，提高对整体管网系统的掌控能力、科学的调配能力，保障整个管网系统供水、供风压力平衡、流量稳定。

（一）系统结构

煤矿井下管网监控系统主要由地面集中监控主站、现场监控分站、感知设备、数据通讯设施等组成。系统是融合现场总线技

术、计算机技术、网络通信技术、传感器技术、数据库技术等于一体的集成控制系统。



> 图1 煤矿管网智能监控系统总体架构

系统通过地面集中监控主站与各远程站点进行通讯链接，能够远程监控管网的运行情况，负责处理、存储、管理从输配管网

作者简介：张丙辉（1985.10—），男，汉族，河北省平泉市，大专，工程师，研究方向：煤矿智能化自动化技术服务工作。

各远程站点传送来的实时数据,提供事件推送、组态展示、预警管理、策略管理、远程控制等应用服务。同时又为网络中的其他服务器和工作站提供实时数据。

现场监控分站作为本系统的远程监控站,采集并处理现场传感器数据,远程站点接受控制中心下达的指令并向控制中心传递信息;同时它们也是一个相对独立的监控站,在本地配备显示终端,具有就地控制显示功能。控制分站出现故障时,不会妨碍控制中心与其他站点的通讯。如果控制中心与任何一个站点出现通讯故障,该点的控制系统将保持现场的控制、数据采集的现行状态,并存储所有的数据。

远程监控站传输网络与控制中心连接构成分布式控制网络。远程监控站与控制中心的数据传输采用专门的工业通讯协议,确保传输数据的正确性。

感知设备包括电磁流量计、涡街式流量计、压力传感器、水质传感器等,感知设备安井下供风、供水管网中采集处理并上传信息。利用感知设备对地下管网水环境所需要参数进行多元化、全方位动态监测,也是支撑本系统的基础支撑部分。

执行装置包括电动闸阀、电动调节阀等设备,接收监控分站下达的控制命令,实现管路的打开、关闭控制以及阀门的开度调节,实现管网供风、供水压力平衡、流量稳定控制。

（二）控制方式设计

1. 自动控制

当系统选择自动控制模式时。系统实时检测（接收）供风、供水管路用水点压力。系统实时检测、接收水源管路、用水管路压力,根据检测到管路的实时压力值,自动调节闸阀开度,使闸阀开度保持在用水、用风点预设的压力范围内进行工作。当用水管路压力过低时,风源、水源管路压力不在低位时,系统自动调节闸阀开度,根据增加用风、用水点的供风、供水量;当压力过低无法补偿时系统发出声光报警信号。

2. 手动控制

根据实际生产需要可以从自动控制方式切换为手动控制方式。此方式下操作人员在控制箱、上位机上人工手动控制管路上阀门,实现供风、供水管路的手动输配调度。

（三）输配调度设计

系统主要目的是保证供风、供水管网的安全运行和监控的可靠操作。系统输配调度原则如下:

1. 控制中心负责管网的安全运行及供风、供水的供需平衡,并将风、水输送至各供应点;
2. 通过对采集的管网流量、压力等参数分析,可以更合理地调配资源,优化矿井供风、供水管网运行方案,最大限度的节省资源,降低成本;

3. 调度管理安全性、可靠性;

其原则和技术措施如下:

- 采用模块化设计,确保系统结构合理、易于扩充;
 - 关键设备和场所采用冗余设计,确保管网安全可靠的运行;
 - 系统的管理与操作既可在控制中心实现,又可在现场直接操作,确保系统具有优秀安全的可控性能;
4. 方案设计采用有效的系统容错功能,确保系统在高度可靠

的前提下运行,杜绝管网出现失控状态。

（四）监控站点布置设计

煤矿供风、供水管网监测点的布设要求是确保供风、供水管网监测工作的有效性和可靠性的基础。合理的布设原则和要求可以提高监测点的覆盖范围和监测效果,保障供风、供水管网的正常运行满足用风、用水点需求。对监测点的建设和管理,确保监测点的有效检测和方便维护。

1. 主干管道:主干管道是管网的重要组成部分,监测点应布设在主干管道的关键位置,如交叉口、分风分水口等,以便及时发现管道堵塞、泄漏等问题。

2. 支管道:支管道是供风、供水管网的补充部分,监测点应布设在支管道的起始点和终点,以便及时发现支管道的问题。

3. 井口:井口是管网监控的重要节点,监测点应布设在井口附近,以便及时发现井口的问题。

4. 使用点:使用点管路流量、压力是衡量管网调配合理与否的重要依据,监控点应布置在供风、供水使用点,以便实现风水资源的智能调控。

（五）传感器安装位置选择设计

监测站一般布置于主干管、重点支管、井口、使用点等。在实际安装的过程中,应遵循以下原则:

1. 应当安装于水流平缓稳定、没有回流和漩涡、处于测量范围内的干扰等环境下。

2. 避免在排水口、垂直跌水、管道汇流、管道弯曲等位置处安,这种位置将会严重影响到测量精度,应避免此类位置处安装,应在该位置的上游或下游水流平缓稳定的环境下进行安装。

3. 监测站应避免在现场环境复杂的位置安装,因为设备安装固定、取电等,复杂环境和损坏巷道结构会增加安装施工的难度。

二、系统功能

1. 实时监控

实时监测各个管网监测点压力、流量、阀门状态等信息,对管网排查和管网监测结果进行数据挖掘,对管道内流量、水质、压力、水位、阀门开度大小等数据进行实时监控,展示监测点的各时段变化曲线,同步在安卓 /IOS 手机、电脑、LED 监控大屏等信息终端上,多平台同步。

2. 集中监控

应用 GIS 地理信息系统技术手段^[6],可将整矿井的监测点囊括其中,组态云平台的分类管网拓扑,集中监控整个供风、供水管网,获取完整数据。



> 图2 煤矿管网智能监控系统应用界面

3. 自动调配功能

根据系统设定的压力、流量值与实际采集检测数值的偏差进行线性调节，控制供水管路闸阀开度。保证水压保持在压力设定值的上、下限范围之内，实现用水点压力满足现场使用需求。系统继续通过主管路、用水点等监控点压力、流量等仪表传送来的检测信号进行分析、计算、判断使管路压力、流量稳定的保持在设定范围内。

4. 自动报警

根据实时监测的数据，根据预设报警阈值，可设置管网压力、流量等指标为报警事件，当压力、流量超限，通讯系统产生故障等情况发生时，系统自主判断，并自动触发报警机制，以云平台消息、现场声光、微信消息等方式进行报警，工作人员可根据报警信息快速判断问题所在，降低事故产生的损失，保障管网运行。

5. 数据记录

监测数据、报警事件等历史数据自动存储，并生成相应报表，实时记录管网数据等信息，为管网巡查、检漏、改造等工作方向提供科学依据，方便工作人员查看。

· 历史数据管理

基于系统的存储数据，对历史数据进行分析对比、查询、导出下载等操作，查询数据可以 Excel 格式导出，进行打印，方便对事件的查询统计，确保设施设备正常运行。

· 账号管理

系统支持账号管理，对登录系统的账号设定管理员、操作员等进行监控分级管理，针对各部门的级别、负责区域进行授予权限，辅助协调管理人员。

· 可扩展功能

系统具有丰富的接口，可以接入不同数量和类型的监测设备，可以更加完善、全面的监测不同类型的数据。比如还可以接入水质传感器，为管网水环境“质量”奠定数据基础。

6. 故障定位

利用管道瞬态模型，采用流量报警、压力定位，以及流量 + 压力综合分析报警、定位（根据现场实际情况确定报警、定位的分析方式）。当出现泄漏、爆管等问题时，系统可以快速定位问题的位置，从而有效降低维修时间和成本确保生产。

三、系统特点

1. 实时性

实时监测管网压力、流量、水质等重要数据，数据可精准至每一秒钟，且数据准确采集与传输有效储存，运行状态数据无丢失，实现系统内各项监测数据可追踪。

2. 可靠性

24 小时全天候运行的工作模式，实时保障管道网安全、降低管网事故风险，提高异常处理效率。

3. 科学性

选用物联网、自动化控制、边缘计算、大数据等技术户，做

到多维度分析，科学化判断，让管网运营高效。

4. 可扩展性

支持水平和垂直方面的扩展，灵活应用软、硬件设备，满足多样化的需求。

5. 改进运营管理

自动化、智能化运行，实时警报。改进矿井供风、供水部门运营管理方式。

6. 互联互通

互联互通可以将数据汇集在一起，并根据实时信息提出行动建议。

7. 全面性

监测点覆盖供风、供水管网的各个部分，包括主干管道、支线管道、井口等，以确保对整个风水管网的监测。

8. 合理性

监测点的布设根据管网的结构和特点进行合理规划，避免重复布设和盲区。

9. 可行性

监测点的布设考虑到施工和维护的便利性，以确保监测设备的正常运行和维护。

四、总结

煤矿井下管网监控系统是一种集传感器技术、数据处理能力、自动化与智能化于一体的先进监测和管理系统。在各类管网管线上布设监测传感器，将监测数据进行分析、管理等，实现煤矿供风、供水管网的自动化数据采集、监控、预警等，它能够实现对供风、供水管网的全面、精准、高效的监控，从而提高供风、供水服务的质量、降低人工成本，加快反应能力，提高工作效率。

参考文献

[1] 谢佳琪. 煤矿井下风、水管网压力实时监测及故障报警系统 [J]. 煤, 2017, 26(7): 50-51.

[2] 王博, 亢俊明, 王小永, 等. 井下压风、供水管网监测监控系统的应用 [J]. 农家致富顾问, 2015(14): 94-96.

[3] 姜涛. 管道泄漏检测与定位的应用研究 [D]. 哈尔滨工程大学, 2008.

[4] JORG BERGER. 管道数据监测实现自动化 - 管线维护中的自动化监测系统 [J]. 流工程工业, 2011, (7): 36-37.

[5] 季海明, 侯宇刚, 马运基, 等. 井下供水管网自动调节与监控系统研制与应用 [C]. 第 20 届全国煤矿自动化与信息化学术会议暨第 2 届中国煤矿信息化与自动化高层论坛论文集. 2010: 84-89.

[6] 陈从书. 基于移动 GIS 终端的供水管网巡检监控系统应用 [C]. 第十五届华东省一市测绘学会学术交流会 (江苏、上海分册) 论文集. 2013: 66-68.

分布式光伏电站运维管理与发展趋势

刘畅

中电（江门）综合能源有限公司，广东 江门 529000

摘 要： 文章阐述了光伏组件清洁维护、电气设备监测、电站性能优化和运维数据管理四大核心内容。最后，本文展望了分布式光伏电站运维管理的三大发展趋势。通过这些创新趋势将推动分布式光伏电站运维管理向更高效、更智能、更可持续的方向发展，为能源转型和双碳目标实现提供有力支撑。

关 键 词： 分布式光伏电站；运维管理；发展趋势；管理措施

Distributed Photovoltaic Power Station Operation And Maintenance Management and Development Trend

Liu Chang

Zhongdian (Jiangmen) Comprehensive Energy Co., Ltd. Jiangmen, Guangdong 529000

Abstract： The article elaborates on four core contents: cleaning and maintenance of photovoltaic modules, monitoring of electrical equipment, optimization of power station performance, and management of operation and maintenance data. Finally, this article looks forward to three major development trends in the operation and maintenance management of distributed photovoltaic power plants. Through these innovative trends, the operation and maintenance management of distributed photovoltaic power plants will be promoted towards a more efficient, intelligent, and sustainable direction, providing strong support for energy transformation and the achievement of dual carbon goals.

Keywords： distributed photovoltaic power station; operation and maintenance management; development trend; management measures

引言

在全球能源转型和碳达峰、碳中和目标的背景下，分布式光伏发电以其清洁低碳、灵活多样的特点，成为世界各国大力推广的重要选择。然而，与大型地面电站不同，分布式光伏电站在运维管理方面面临着诸多挑战。传统的运维管理模式难以适应日益复杂的多场景应用，数字化转型和智能化升级成为行业发展的必然趋势。

一、分布式光伏电站运维管理面临的困境

（一）多场景多模式下的协同管理难题

分布式光伏电站的多场景多模式应用，给运维管理带来了前所未有的挑战。屋顶电站、农光互补、渔光互补、光储充一体化等模式各具特色，电站的设计、建设、运营、维护差异明显，传统的运维管理模式难以适应这种复杂多变的场景^[1]。协同管理成为一大难题，亟需创新管理理念和技术手段。如何在多场景多模式下实现全生命周期的统筹管理，构建一套灵活智能的协同管理体系，已成为分布式光伏电站运维管理的关键所在。这需要打破不同场景和模式间的壁垒，实现数据共享和业务协同，还要充分考虑各场景的个性化需求，提供差异化的运维服务。

（二）新型业务模式对运维管理的冲击

传统的运维管理模式难以适应能源互联网、虚拟电厂、电力现货市场等新业态新模式的需求，面临着理念滞后、流程僵化、

技术落后等诸多问题。一方面，新型业务模式要求运维管理提供更加灵活、精准、实时的服务，而现有的管理体系和技术架构无法满足这一要求，亟需进行数字化、智能化的升级改造^[2]。另一方面，运维管理还要与能源市场、电网调度等外部环境深度融合，这对管理的协同性和开放性提出了更高要求。然而，受制于体制机制的约束，运维管理在跨界融合方面往往难以突破。如何在新型业务模式的冲击下，突破运维管理的困境，实现管理模式和服务方式的创新，已成为分布式光伏电站高质量发展的关键所在。

（三）数字孪生技术在运维领域的应用探索

虽然数字孪生可以通过对电站全生命周期的数字化建模和仿真，实现全景感知、实时监控、智能预警等功能，大幅提升运维管理效率和水平，但在具体应用中却面临着诸多挑战^[3]。首当其冲的是模型构建的难题，分布式光伏电站涉及复杂的物理系统和业务场景，如何构建一个全面、精准、动态的数字孪生模型，是一个技术难题。其次，数据集成也是一大障碍，分布式光伏电站的

作者简介：刘畅（1989.02-），男，汉族，湖北省监利市人，大专，助理工程师，研究方向：运行与维护。

数据来源广泛、格式多样，如何实现数据的标准化、规范化和高效集成，直接影响数字孪生的效果。

二、分布式光伏电站运维管理的主要内容

（一）光伏组件的清洁与维护：保障发电效率

光伏组件作为分布式光伏电站的核心部件，其清洁与维护直接关乎整个系统的发电效率和寿命。随着技术的不断进步，这一领域正在经历深刻变革。先进的纳米涂层技术为组件表面提供了自清洁能力，大幅减少了人工干预的需求。然而，在特殊气候条件下，如沙尘暴频发地区，仍需采取针对性措施。智能清洁机器人的引入极大地提高了清洁效率，它们能够根据污染程度自主调整清洁强度，同时通过精准导航避免对组件造成损伤^[4]。水资源管理也日益受到重视，闭环水循环系统和干冰清洁技术的应用不仅节约了宝贵的水资源，还最大限度地降低了环境影响。值得注意的是，清洁过程已不再是单一的维护行为，而是与检测紧密结合。配备高精度热成像仪的无人机能够在清洁同时进行全面扫描，及时发现微裂纹、热斑等潜在问题^[5]。人工智能算法的引入更是将组件维护推向了新高度，通过分析海量运行数据，系统能够预测组件性能衰减趋势，制定最优化的维护策略。这种预测性维护模式提高了发电效率，还显著延长了组件使用寿命。

（二）电气设备的监测与维护：确保系统稳定

电气设备监测与维护是分布式光伏电站稳定运行的关键保障。随着物联网技术的飞速发展，传统的定期巡检模式正逐步被智能化实时监测所取代。新一代传感器网络以毫秒级的响应速度捕捉设备运行状态的微小变化，为故障预警提供了坚实基础^[6]。人工智能算法的引入更是让预测性维护成为可能，通过对海量运行数据的深度挖掘，系统能够精准识别潜在故障，并给出最优维护方案。值得关注的是，边缘计算技术的应用大大提升了数据处理效率，使得复杂的故障诊断能够在现场实时完成，为快速决策提供了有力支持。

在具体实践中，高压设备的状态监测尤为重要。先进的局部放电检测技术能够在绝缘劣化初期就发出预警，有效防范重大事故的发生。同时，智能变电站的概念正在重塑电气设备的维护模式。数字化二次设备简化了系统结构，还实现了设备间的无缝通信，大幅提高了系统的可靠性和灵活性。随着分布式能源的深度接入，电网侧设备的监测维护也日益受到重视^[7]。智能配电网能够实现电力潮流的精确调控，还能够主动应对光伏发电的间歇性，确保系统的稳定运行。此外，新型储能系统的引入为电网调峰调频提供了新的手段，其监测维护也成为确保系统稳定的重要一环。面对日益复杂的电气系统，运维人员的技能要求也在不断提升。跨学科知识的整合能力、数据分析能力以及快速决策能力已成为新时代运维工程师的必备素质。

（三）电站性能的分析与优化：提升发电收益

电站性能分析与优化是提升分布式光伏发电收益的关键环节。随着大数据和人工智能技术的深度应用，这一领域正经历着革命性的变革。先进的数据挖掘算法能从海量运行数据中提取有

价值的信息，揭示电站性能衰减的潜在规律^[8]。这种数据驱动的方法能精准定位影响发电效率的关键因素，还能预测未来发电趋势，为优化决策提供科学依据。机器学习模型通过持续学习历史数据和环境因素，实现逆变器参数的自主调整和 MPPT 跟踪策略的动态优化，大幅提高了电站对复杂环境的适应能力。跨站协同优化成为新的研究热点，区域级性能评估模型使运维人员能全面把握电站群运行状况，实现资源的最优配置。在用电高峰期，系统可自动调度高性能电站增加发电量，同时将维护需求较高的电站安排在低谷时段检修，实现整体收益最大化。随着能源互联网理念普及，性能优化的边界不断扩大。智能化需求侧响应策略能根据电价信号和用电需求动态调整发电计划，实现经济和社会效益的双重优化。与储能系统的深度融合为性能优化开辟新空间。合理的充放电策略不仅能平滑发电波动，还能实现峰谷套利，进一步提升经济效益。

（四）运维数据的管理与应用：夯实管理基础

运维数据的管理与应用是分布式光伏电站高效运营的基石。随着物联网技术的广泛应用，海量运维数据正源源不断地涌现，为精细化管理提供了前所未有的机遇。新一代数据采集系统以毫秒级的精度捕捉电站各个环节的运行状态，从组件温度到逆变器效率，再到并网点电能质量，无所不包。这些丰富多样的数据流构成了电站的数字神经系统，为全方位的状态感知和实时监控奠定了坚实基础。

面对结构复杂、来源多样的运维数据，建立统一的数据标准和规范显得尤为重要。先进的数据清洗算法能够有效识别并剔除异常值，确保数据质量。同时，基于区块链技术的数据溯源机制正在重塑数据管理模式，为数据的真实性和可靠性提供了有力保障。大数据分析技术的深度应用正在重塑决策流程^[9]。机器学习算法通过对历史数据的深度挖掘，能够揭示设备性能退化的潜在规律，为预测性维护提供科学依据。智能故障诊断系统能够快速定位故障原因，大幅缩短停机时间。基于数据驱动的优化模型不断调整运行参数，实现发电效率的动态优化。边缘计算技术的引入正在改变数据处理模式。通过将部分计算任务下沉到现场设备，能够减轻中心系统的负担，还能实现毫秒级的响应速度，为实时控制和紧急处置提供了可能。这种分布式的智能架构极大地提升了系统的可靠性和灵活性。

三、分布式光伏电站运维管理的发展趋势

（一）智慧运维：以数字化重塑管理模式

智慧运维正以数字化为核心，重塑分布式光伏电站的管理模式。5G 技术的广泛应用为海量数据的实时传输提供了高速通道，边缘计算则将智能决策前移至现场设备，实现毫秒级响应。人工智能算法通过对运行数据的深度挖掘，不断优化预测模型，使得故障预警和性能优化更加精准。数字孪生技术构建了电站的虚拟映射，为全生命周期管理提供了直观平台。区块链的引入重塑了数据管理范式，确保了跨主体间的可信交互。虚拟现实技术则开创了沉浸式远程运维新模式，突破了地理限制。这种全方位的数

字化转型不仅提升了运维效率，还催生了新的商业模式。基于大数据的精准化服务和个性化解决方案正成为新的价值增长点。可以预见，随着技术的不断演进，智慧运维将持续深化，推动分布式光伏电站向更高效、更智能、更可持续发展的方向。

（二）一体化管理：打通全生命周期的闭环管理

一体化管理正在重塑分布式光伏电站的全生命周期闭环管理模式。数字孪生技术构建了电站的虚拟映射，实现了从规划设计到退役拆除的全程可视化管理。智能化设计平台将运维经验数据化，反哺前端设计，优化电站布局和设备选型。物联网技术贯穿建设施工全过程，实现材料、人员、设备的精准管控。运营阶段，基于大数据的预测性维护策略显著提升了设备可靠性，延长了使用寿命。资产管理系统与运维系统深度融合，实现了技术与财务的协同优化。退役环节，智能化回收方案最大化了资源再利用率，推动了循环经济发展。这种全方位的一体化管理不仅打破了传统阶段性管理的壁垒，还创造了新的价值增长点。随着技术的不断演进，一体化管理将持续深化，推动分布式光伏电站向更高效、更经济、更可持续发展的方向。

（三）智能运维机器人：开启运维管理新时代

智能运维机器人正在开启分布式光伏电站管理的新纪元。先进的多关节机械臂配合高精度视觉系统，能够精准执行组件清洁、接线盒检测等复杂任务。全地形履带式机器人突破了地理限制，实现了山地、沙漠等特殊环境下的全天候巡检。空中巡检无人机搭载热成像设备，快速识别组件热斑和隐裂，大幅提升了故

障诊断效率。水下机器人则为水上光伏电站提供了全方位的水下检测服务。这些智能机器人不仅替代了人工在高危环境中的作业，还通过深度学习算法不断积累经验，持续优化作业策略^[10]。边缘计算的引入使得机器人能够实现本地化的智能决策，大幅提升了响应速度。群体协作算法的应用则开启了多机器人协同作业的新模式，显著提高了大型电站的运维效率。可以预见，随着人工智能和机器人技术的不断进步，智能运维机器人将在分布式光伏电站管理中发挥越来越重要的作用，推动整个行业向更安全、更高效、更智能的方向。

四、结束语

综上所述，分布式光伏电站运维管理正经历着深刻的变革。智慧运维以数字化为核心，重塑了传统管理模式，将海量数据转化为智能决策的基石。一体化管理打通了全生命周期的闭环，实现了从规划设计到退役拆除的全程优化。智能运维机器人的广泛应用则开启了运维管理的新纪元，大幅提升了作业效率和安全性。这些创新趋势提高了电站的运行效率和经济效益，还推动了整个行业向更智能、更可持续发展的方向。面对能源转型的新形势，分布式光伏电站运维管理将继续深化技术创新，不断优化管理策略，为清洁能源的大规模应用提供坚实保障，助力实现碳达峰、碳中和的宏伟目标。

参考文献

[1] 贾全. 基于物联网的分布式光伏电站运维管理系统设计与优化 [J]. 通信电源技术, 2024, 41(11):240-242.
[2] 孙宇, 郭晓东. 基于交通设施的光伏电站运维与管理系统设计 [J]. 信息与电脑, 2023, 35(10):91-93.
[3] 薛静, 李建琦. 光伏扶贫电站发展建设与运维 [J]. 农村电工, 2023, 31(3):29-30.
[4] 毛源军. 基于计量数据的分布式光伏系统故障诊断研究 [D]. 长沙理工大学, 2022.
[5] 顾炜晨. 分布式光伏电站运维管理的发展趋势 [J]. 自动化应用, 2023, 64(3):58-61.
[6] 高雪松, 李昌宝. 分布式光伏电站运维管理浅析 [J]. 中文科技期刊数据库 (文摘版) 工程技术, 2022(5):3.
[7] 顾炜晨. 分布式光伏电站运维管理的发展趋势 [J]. 自动化应用, 2023, 64(03):58-61.
[8] 董亚兰. 分布式光伏电站信息化运维的趋势分析 [J]. 太阳能, 2024.
[9] 梁皓钦, 张帆. 分布式光伏电站运维相关问题研究 [J]. 电工技术, 2023(10):91-94.
[10] 张洪昶, 王宇. 基于物联网技术的分布式光伏电站智能运维系统 [J]. 物联网技术, 2023, 13(1):137-139.

冀东沿海农村太阳能采暖研究

孙素丽, 毛佩柱, 高英杰, 姚秀菊

河北省秦皇岛市气象局, 河北 秦皇岛 066000

摘 要 : 用乐亭、秦皇岛5年温度、湿度、天气现象、风向、风速、能见度等资料,日照、太阳能资料的分析研究,在秦皇岛市海港区西岗镇大乐安寨村2021.12~2024.4月3个冬季的太阳房试验,得出冀东地区农村一层建筑改造成绿色节能的零碳建筑,需要采取的措施。结果显示:在冀东地区实现农村单层100平米住宅需要:第一对原有住宅进行太阳房改造,即对原有住宅加装保温材料,南向加装阳光房或特朗勃墙;第二屋顶安装200支真空管集热器,10吨热水的保温箱;第三屋顶安装10千瓦太阳能光伏发电站。这样花费在6~8万元,可实现冬季采暖,夏季空调降温 and 日常用电等。

关 键 词 : 太阳房;采暖;特朗勃墙;真空管集热器;光伏发电站

Research on Solar Heating in Rural Areas along the Eastern Coast of Hebei Province

Sun Suli, Mao Peizhu, Gao Yingjie, Yao Xiuju

Hebei Qinhuangdao Meteorological Bureau, Qinhuangdao, Hebei 066000

Abstract : Based on the analysis and research of temperature, humidity, weather phenomena, wind direction, wind speed, visibility and other data from Leping and Qinhuangdao over the past five years, as well as sunshine and solar energy data, a solar house experiment was conducted in Dale Anzhai Village, Xigang Town, Haigang District, Qinhuangdao City from December 2021 to April 2024. The measures needed to transform one story rural buildings in eastern Hebei Province into green and energy-saving zero carbon buildings were determined. The results show that in order to achieve single story 100 square meter residential buildings in rural areas of eastern Hebei, the first step is to renovate the original residential buildings with sunrooms, which involves installing insulation materials and installing sunrooms or Trongbo walls facing south; Install 200 vacuum tube collectors and a 10 ton hot water insulation box on the second roof; Install a 10 kW solar photovoltaic power station on the third roof. This cost ranges from 60000 to 80000 yuan and can achieve winter heating, summer air conditioning cooling, and daily electricity consumption.

Keywords : solar room; heating; Trongbo wall; vacuum tube collector; photovoltaic power station

引言

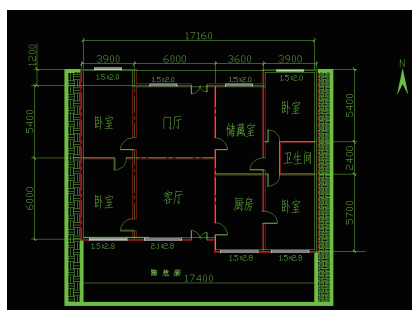
在碳中和碳达峰大背景下,河北农村还有很多住宅比较简陋,没有保温措施,用电用气采暖价格昂贵。2017年河北省农村给每户农宅安装真空管太阳能采暖加电系统,但是太阳能真空管数量少,夜间全部用电采暖,耗电大,电网无法承受,经常断电,采暖效果不太好。从2019年本人开始给秦皇岛市政府写调研报告,研究太阳能采暖。本人在多年的实践中取得了很多北方农村采暖的经验。为农民温暖过冬,夏季降温,零碳建筑方面取得了一定成果。在增加房屋内外保温,增加门窗保温的情况下,南向安装阳光房。屋顶安装真空管热水器,一部分安装光伏电站。以达到冬季采暖夏季降温作用,实现零碳建筑。多余的电可以卖给国家电网,农民还可以赚钱,增加收入。

一、太阳房试验

一般农村住宅保温性能差,只有24厘米的砖墙,加1~2厘米的抹灰,导热系数达 $1.7\text{W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$,占建筑耗能的20%;屋顶一般为10厘米的现浇混凝土,导热系数 $1.26\text{W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$,占20%;门窗更是高达 $6.4\text{W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$,占建筑耗能的50%多,地面占10%。将

原有农村一层住宅改造成太阳房,经计算改造前建筑综合耗热量为 19332.63kW ,折算单位面积用能指标为 $84.05\text{W}/\text{m}^2$ 。主要方法是住宅南面加阳光间或特朗勃墙、屋顶加采光板保温(内放太阳能晒水袋)。背光面墙面采用保温板或保温棉帘,主要卧室做内保温。采用太阳能热水+电的采暖模式(或者燃气采暖),再加住宅的太阳房改造,可以使农村冬季采暖节能70%以上^[1]。

作者简介:孙素丽(1966.04~)女,汉族,河北省秦皇岛市,高级工程师,本科,研究方向:新能源开发。

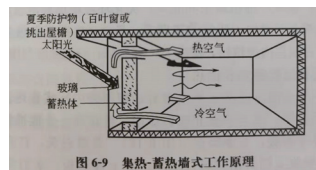


> 图1平面图

选择秦皇岛市海港区西港镇大乐安寨村,南向高度半米以上没有遮挡,建筑物南立面平直。建筑面积在220平米,3-4人居住,(如图1、2所示)。该建筑主要人员居住在南向朝阳房间,有东西两个卧室,一个厨房,一个客厅。北侧为储藏室、卫生间等辅助功能区。卧室需求的温度较高16-18℃,客厅、和卫生间较低12-13℃。具体改造如下:

(一) 第一期工程(2021.12-2022.3期间)

(1) 南侧建阳光间:在南墙外加3米宽的阳光间,白天有阳光时,阳光透过率高的玻璃(或PC板)照射到阳光间里,阳光间空气加热可比室外温度高出10℃。在南墙外再盖一层玻璃做成特朗勃墙,可以增加室温^[2]。玻璃与墙体之间形成空气夹层,经过阳光照射,空气夹层的温度迅速升高,与室内的空气进行换热。开窗大小可以人工调节,足够通风换气用。夜间将窗户关闭,室内空气与特朗勃墙夹层内空气不进行热交换(如图2)。这样东南集热墙热墙面积占75%,直接受益窗占35%。由于是老的塑钢窗,密闭性较差,门窗热量散失严重。以最冷月进行计算,室外温度平均温度-5.4℃,因为采用阳光房,将室外温度提高了10℃。



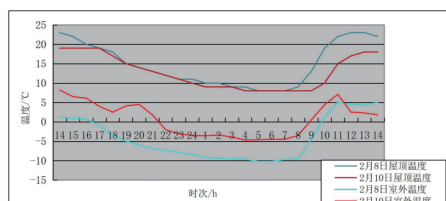
> 图2 特朗勃墙



> 图3 西侧立面图

(2) 屋顶改造:屋顶用采光瓦做尖顶1.5-2.0米高(如图3),或1.0米高拱形屋顶。屋顶不做保温,上面涂成黑色,以便吸收阳光。一般现浇的混凝土传热系数比较大,吊顶用铝合金栅格。这样白天尖顶内温度升高可以向室内辐射热量^[3]。在尖顶内放黑色晒水袋,袋内充满水,晒水袋外做好保温,以免晒水袋内冻冰。尖顶内冬季白天温度最高气温也可以达到20-35℃,阳光将水袋内水温度晒高,夜间用来散热平衡温度,全天24小时平均温度提高了11℃(见图4)。

(3) 北门做保温门帘;东西两面各有一个胡同,进行封闭保温。



> 图4 2022年2月8日、10日屋顶温度与室外温度对比

(二) 第二期工程(2022.11-2023.4)

2022.11-2023.2对大乐安寨农宅进行重新改造。重新安装南侧阳光房,西侧特朗勃墙,还有西侧采光瓦屋顶,并且在客厅隔出一个3.5*4米的试验房^[4]。

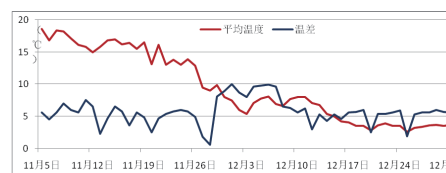
(1) 主要对客厅内的试验阳光房进行观测,东侧北侧用冷库板隔墙,西侧只是24厘米砖墙未做保温,南侧窗户过大而且气密性不好。所以影响了室内夜间保温效果。但是2022年11月5-27日的23天和2023年3月3日到4月5日一共57天有53天平均室内温度超过13℃。达到太阳房室内温度标准($\geq 13^\circ\text{C}$ 占35%以上)。

(2) 对西屋南侧加装特朗勃墙,屋顶加装透明尖顶,内放黑色热水袋做成蓄热屋顶;东屋南侧加特朗勃墙,屋顶做保温吊顶。对东西两屋3月5日到4月5日监测。试验结果表明:从3月8日开始西屋平均温度高于13℃。西屋比东屋室内平均温度高5℃左右。说明屋顶做采光屋顶室内温度比一般保温屋顶室内温度高得多。

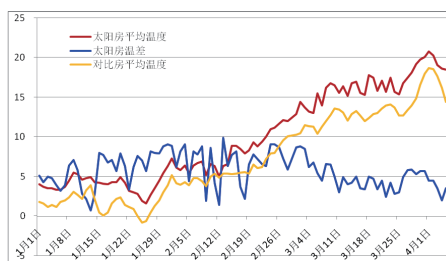
(3) 客厅隔出的房间做了屋顶和东、北三面保温,室内温度比不做保温高出5-6℃,说明保温在冬季农宅采暖中的作用是最大的^[5]。而且保温是全方位的,不是一个方向的。由于热空气向上运动,所以屋顶保温是最重要的。但是门窗散热量最大,门经常有人出入。玻璃导热系数大于混凝土屋顶,所以门窗保温最重要。

通过计算,通过增加阳光房和屋顶的改造,建筑综合耗热量降低30.5%,热指标由原来84.05w/m²降低到48.41w/m²。

从2022年11月27日到2023年2月28日试验房内平均气温不到13℃。有41%的时间达不到太阳房采暖标准;59%可达到^[6]。



> 图5 2022.11-12月太阳房平均温度、最高最低温差



> 图6 2023.1.1日-4.5日太阳房平均温度、温差、对比房平均温度

二、太阳能真空管采暖系统

在屋顶安装200支真空太阳能管、室内安装10吨保温水箱,可以储存3000千瓦时的能量。实现低温储热,提高集热器效率提高15%左右。动控制柜,水泵两台,大约需要2万元,东屋安装4吨保温水箱在东北角;西屋和客厅南封闭阳台内安装6吨保温水箱。实现全自动上水下水,生活热水。使集热器在低温情况使用一般在40-50℃^[7]。

按照秦皇岛地区太阳房每平米耗热30瓦计算,40平米200支太阳能产生的热水可以保证连续两天没有日照采暖使用。

近年来,政府安装的太阳能真空管采暖系统不成功就是因为真空管数量不够,每户只有20多支管子,储水箱只有1-2吨。因为冬季真空管内水温一般只有40-55℃,只有到达一定的数量采暖得到足够采暖用的热量^[8]。也只有储存的热水达到足够的重量和温度才能达到采暖要求。按照40瓦每平米的采暖指标,100平米需要4000瓦功率,24小时是96度电的热量。10吨水升高20度需要233度电,可以用两天。

三、光伏电站试验

面积100平米的农宅屋顶安装50平米10千瓦的发电站,通过对5个农宅屋顶加装光伏电站调查,10千瓦发电站从11月到第二年3月五个月的发电量在6000度左右,完全可以满足100平米住宅的太阳房采暖期辅助热源用电量。其他7个月可发电10000度,卖电3千元-4千元。

每平米光伏日发电量,光伏发电效率:

$$X_m = (T_m - 25) * (-0.37\%) + X_{25} \quad (2)$$

对于每个光伏电站 X_{25} 就是在组件25℃时的发电效率,是个常数。这样如果预报出某一时段的温度、风速,就可以算出该时段的发电量。

每平米光伏日发电量 (W) = 太阳辐射量 Q * 发电效率 (X_m) (3)

装机容量是一定的,根据上面公式发电量与某地接收的太阳辐射总量、发电效率成正比。发电效率与设备表面温度有关。一年中固定日期晴天太阳总辐射量也是固定的,所以太阳总辐射能量只与天气现象和大气透明度有关,即与阴雨雪、雾霾等天气有关。研究发现昼长不是匀速增加或减少的^[9]。11月初到12月21日(或22日)冬至前平均每天白昼长度减少1分多钟;冬至以后到1月底每天增加1分多钟;2月、3月每天增加2分多钟。所以晴天太阳总辐射量也不是匀速变化的。11月昼长时间从10小时30分减少到9小时35分,相差55分钟;12月1日到冬至从9小时20分减少到9小时20分,冬至到12月31日增加到9小时34分,只有相差只有14分钟;1月份从9小时24分增加到10小时08分,相差44分钟;2月份从10小时10分增加到11小时15分,相差65分钟;3月份从11小时17分增加到12小时36分,相差79分钟。冬季昼长最大时差3小时16分钟,196分钟。这就决定了晴天发电量以冬至为中心向两边增加的趋势^[10]。

晴天的太阳能:每天的 Q_q 应该为一个常数

$$\text{晴天模式: } W_q = Q_q X_m$$

$$\text{云雾模式: } W_y = W_q * (10 - \text{云量}) / 10; W_m = W_q * \text{能见度} / 10000$$

经过入户调查20千瓦、50千瓦发电站发电量,从2022、2023两年的发电总量看每平米发电量没有太大区别,正常情况应该11月发电量大于12月,但是2022年却相反,说明发电量与白昼时长不一定成正比,还受雨雪、雾霾等天气的影响。2023年2月份发电量小于1月份。发电量最多可能出现在6月也可能是5月。两年中发电量最少的是2023年12月50千瓦发电站发电4040度。50千瓦折合成10千瓦光伏电站的发电量11月:1140度;12月:808度;1月:1200度,2月:1160度,3月:1560度。

1月份平均气温最低,发电量却不低,10千瓦电站平均每天发电38.7度。一般来说12月份发电量最低,每天平均26度左右,11月份38度,2月份42度,3月份50度,基本与每月太阳能量成正比^[11]。而且最冷的12月、1月与其他月份发电量差别并不是很大,这说明温度越低发电量效果越好。这一特点为实现冬季采暖提供有利条件。

四、结论

(1)在选址新建农宅时要朝向南,左右偏差不超过15°,距离前面建筑物超过其高度两倍距离。

(2)在农宅冬季采暖中保温是最重要的,并且要做全方位的保温。对房屋外墙要安装10厘米以上的保温材料,卧室要做5厘米的内保温,窗户、门帘、屋顶、地面都要做保温。

(3)屋顶的集热和保温比南向阳光房效果好,2-3月可以提升室温5℃以上。在做墙保温和屋顶采光集热、阳光房的情况下,秦皇岛11月、3月、4月在不用辅助热源室内平均温度有30天可以达到16℃-18℃,其他月份也可以节约60%的辅助能源。11月中上旬、3月、4月基本不用采暖。采暖期可缩短至120天。

(4)安装200支太阳能真空管、10吨储热水箱的采暖系统,基本可以满足整个冬季的采暖热量需求。除非连续三天以上的大雾或者雨雪天气,没有日照的情况需要辅助加热。

(5)安装50平米光伏板,大约10千瓦的发电站,用于冬季采暖辅助热源和家庭日常用电。

(6)这样先把100平米农宅改造成太阳房;屋顶安装200支太阳能真空管、10吨储热水系统;再安装50平米发电站,采暖期用电做辅助热源和家庭用电,4-10月份还可以卖电3-4千元。

参考资料

- [1] 孙素丽 吴正琪 徐静 京津冀地区农村实现太阳能采暖的可行性. 第26届中国气象学会年会气候资源应用研究分会论文集 中国气象学会会议论文集.
- [2] 孙素丽 康熙言 河北及京津地区如何在建筑中应用太阳能 2008年中国气象学会年会气候资源应用研究分会论文集 中国气象学会会议论文集.
- [3] 罗运俊 何梓年 王长贵《太阳能利用技术》化学工业出版社.
- [4] 中华人民共和国住房和城乡建设部《被动式太阳能建筑技术规范》中国建筑工业出版社出版.
- [5] 程博,姜曙光,胡智毅,等. 基于被动式技术严寒地区节能农宅的设计方案[J]. 石河子大学学报(自然科学版),2015,33(04):511-517.
- [6] 黑赏盟,姜曙光,杨骏,等. 特朗伯墙体冬季集热性能的 CFD 模拟分析[J]. 四川建筑科学研究,2018,44(3):116-121.
- [7] 邹广宇 东北村镇住宅附加阳光间式被动太阳房优化策略研究[D]. 哈尔滨工业大学,2016.
- [8] 陈明东,史宇亮,刘学兵 附加阳光间型被动式太阳房供暖实验研究[J]. 太阳能学报,2012,33(6):944-947.
- [9] 余九如,任康. 集热蓄热墙被动式太阳房设计与研究[J]. 甘肃工业大学学报,1994,(04):78-82.
- [10] 任志坤. 冀东地区乡村住宅被动式节能技术应用研究[D]. 河北建筑工程学院,2018.
- [11] 马坤茹,李雅欣,颜丽娟. 被动式太阳房阳光间通风口优化设计[J]. 河北工业科技,2019,36(02):107-114.

除氧器节能型预热装置的研制

卢汉

广西中烟工业有限责任公司, 广西 南宁 530001

摘 要 : 锅炉常配备蒸汽空气预热装置, 该装置利用汽包及汽轮机抽出的蒸汽, 对一次及二次风进行加热。为提升机组能效, 关键在于减少蒸汽消耗或降低高参数蒸汽的依赖。空气预热器的汽水循环系统采用多级闪蒸技术, 通过逐级降低闪蒸汽压力, 实现热量的分段传递, 使得高参数蒸汽的使用比例得以缩减。本研究致力于开发一种除氧器节能型预热装置, 以解决现有除氧器在运行时温度波动大、能耗高的问题。该预热装置集成了高效的热回收与控制系统, 能够稳定除氧器温度, 同时显著提高能源利用效率。

关 键 词 : 除氧器; 节能型设备; 分段换热; 预热装置

Development of Energy-Saving Preheating Device for Deaerator

Lu Han

Guangxi Tobacco Guangxi Industrial Co., Ltd. Nanning, Guangxi 530001

Abstract : Garbage incineration and alkali recovery boilers are often equipped with steam air preheating devices, which use steam extracted from the steam drum and turbine to heat the primary and secondary air. To improve the energy efficiency of the unit, the key is to reduce steam consumption or decrease dependence on high parameter steam. The steam water circulation system of the air preheater adopts multi-stage flash evaporation technology, which reduces the flash steam pressure step by step to achieve segmented heat transfer, reducing the proportion of high parameter steam usage. This study aims to develop an energy-saving preheating device for deaerators to solve the problems of large temperature fluctuations and high energy consumption during operation of existing deaerators. This preheating device integrates an efficient heat recovery and control system, which can stabilize the temperature of the deaerator and significantly improve energy utilization efficiency.

Keywords : deaerator; energy saving equipment; segmented heat exchange; preheating device

锅炉除氧器使用蒸汽进行加热除氧, 每月使用蒸汽量300多吨, 约占锅炉产汽量的10%, 运行中排放的温度120℃高达废汽1.0~1.5吨/h, 包含大量可以回收余热, 具有较高回收价值, 进行回收利用将有利于降低除氧器的蒸汽消耗量达到节能降耗目标^[1]。本研究在锅炉除氧器购置安装一套蒸汽余热回收系统, 把高温废汽与低温除氧器进水引入余热回收装置进行热量交换, 低温水吸热后进入除氧器从而进入锅炉实现热能的回收, 以此来探究除氧器节能型预热装置研制的相关内容^[2]。提出了一种创新的节能型预热装置设计方案, 该装置通过集成表面式换热器和智能反馈控制系统, 实现对除氧器废气热量的高效回收与再利用, 有效解决了除氧器温度波动和能耗高的问题, 为工业锅炉系统的节能降耗提供了新的解决方案^[3]。

一、除氧器节能型预热装置抽汽

利用废蒸汽预热进入除氧器的水进行抽汽, 效果主要由蒸汽热源的特性决定。某锅炉的主蒸汽参数设定为4MPa、400℃, 而锅筒运行中实际压力为4.5MPa、温度为257℃, 汽轮机一级抽汽参数为1.2MPa、300℃, 其对应的饱和温度为188℃^[4]。当废蒸汽加热“给水”从20℃开始被加热时, 首先利用汽轮机一级抽汽可将其温度提升至150℃至160℃之间, 随后采用锅筒的饱和蒸汽进行二次加热, 废蒸汽加热“给水”可进一步达到220℃至230℃^[5]。对于高参数锅炉运行使用来说, 预热废蒸汽时, 蒸汽的选取有多种策略, 但核心目标在于最大化废蒸汽热量的利用, 并尽量减少高参数废蒸汽的消耗^[6]。

二、除氧器节能型预热装置设计

(一) 换热面积计算

本研究研制一种间壁式换热器, 废蒸汽加热预热器通管内蒸汽放热和管外废蒸汽加热“给水”吸热, 换热面积计算如下:

$$Q=K \cdot S \cdot \Delta T \quad (1)$$

式子(1), 热负荷用 Q 表示; 折算换热系数用 K 表示; 换热面积用 S 表示; ΔT 为对数平均温差。在换热需求恒定的条件下, 若换热管构造维持原样, 则换热器 S 与 ΔT 成反比。

(二) 放热过程特点

蒸汽换热过程中, 显著特点是其潜热释放远大于显热传递, 导致废蒸汽加热“给水”预热器中的主要热交换阶段聚焦于蒸汽

于饱和温度点凝结为水的转变过程。

本文以300℃、1.2Mpa 汽机抽汽放热过程为例，蒸汽放热过程中焓值变化如表1所示。

表1 过热蒸汽放热转变为冷水焓值变化

	放热前	放热后	焓值
放热阶段1	过热蒸汽	饱和蒸汽	262KJ/kg
	300℃	188℃	
	3046KJ/kg	2784KJ/kg	
放热阶段2	饱和蒸汽	饱和水	1986KJ/kg
	188℃	188℃	
	2784KJ/kg	798KJ/kg	
放热阶段3	饱和水	过冷水	378KJ/kg
	188℃	100℃	
	798KJ/kg	420KJ/kg	

由表1可知，放热阶段1占热负荷的10%，放热阶段2占热负荷的75.8%，放热阶段3占热负荷的14.2%。

（三）换热管内系数

水蒸气在管道内部凝结时的换热效率极高，通常介于10000–20000W/m²·℃之间，而一旦蒸汽完全凝结成水，该换热系数会显著降低至800–2000W/m²·℃。值得注意的是，水蒸气在管内凝结过程中，虽释放大热量，但温度保持稳定，使得冷热两侧能维持较大的温差^[7]。相比之下，若管道内为热水废蒸汽加热“给水”，随着热量的释放，热水温度持续下降，导致换热温差逐渐缩小^[8]。因此，蒸汽因其高效的换热性能和在放热过程中保持的温差优势，成为一种优质的加热媒介^[9]。

三、除氧器节能型预热装置设计效果分析

（一）目标值检查

除氧器节能型预热装置安装调试完成后，研究分别于2023年6月–8月对其效果进行检查。除氧器加装了节能型预热装置之后，6、7、8月除氧器温度Cpk分别为1.35、1.37、1.38，均达到目标值以上，均值约为1.37，系统运行稳定。

（二）设备运行检查

设备运行检查与安全检查情况如表3、表4所示。

表3 设备运行检查结果

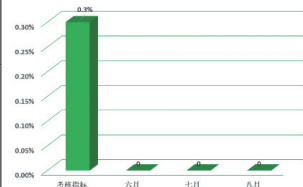
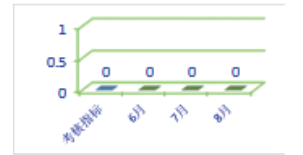
月份	6月	7月	8月	柱状图										
除氧器故障率 (%)	0	0	0	 <p>A bar chart titled '柱状图' (Bar Chart) comparing the fault rate of the deaerator against a target value. The y-axis represents the fault rate percentage, ranging from 0.00% to 0.30% in 0.05% increments. The x-axis lists the months June (六月), July (七月), and August (八月). The '考核目标' (Target) is shown as a green bar at 0.30%. The actual fault rates for June, July, and August are all 0%, represented by very short green bars at the bottom of the chart.</p> <table border="1"><thead><tr><th>项目</th><th>故障率 (%)</th></tr></thead><tbody><tr><td>考核目标</td><td>0.3%</td></tr><tr><td>六月</td><td>0%</td></tr><tr><td>七月</td><td>0%</td></tr><tr><td>八月</td><td>0%</td></tr></tbody></table>	项目	故障率 (%)	考核目标	0.3%	六月	0%	七月	0%	八月	0%
项目	故障率 (%)													
考核目标	0.3%													
六月	0%													
七月	0%													
八月	0%													
故障率考核指标 (%)	≤ 0.3%													

表4 安全检查结果

月份	6月	7月	8月	柱状图
安全事故 (次)	0	0	0	
考核指标 (次)	0			

项目实施后，系统经长时间的运行表明，未对生产、安全、环境及设备的运行操作造成不良影响。

（三）效益分析

该系统投入使用后，根据能管系统以及《锅炉运行记录表》，对2023年6、7、8月除氧器温度过低时的恢复时间与同期2022年6、7、8月进行对比分析，从能管系统每月生产时间随机抽取10天记录除氧器恢复时间，结果如表5所示。

表5 除氧器温度恢复时间调查结果

项目	调查内容					
数据分析	随机记录30个除氧器温度恢复时间（2022年）					
	序号	恢复时间 6月 /min	序号	恢复时间 7月 /min	序号	恢复时间 8月 /min
	1	38.1	11	45.4	21	34.5
	2	38.2	12	38.2	22	36.1
	3	36.1	13	28.1	23	33.5
	4	27.6	14	41.8	24	33.1
	5	35.3	15	41.0	25	36.1
	6	40.9	16	31.8	26	37.5
	7	33.9	17	30.2	27	33.9
	8	35.9	18	28.6	28	31.7
	9	35.5	19	39.8	29	35.5
	10	35.3	20	41.1	30	39.4
	月平均	35.7		36.6		35.1
	总平均	35.8				
	随机记录30个除氧器温度恢复时间（2023年）					
	序号	恢复时间 6月 /min	序号	恢复时间 7月 /min	序号	恢复时间 8月 /min
	1	6.9	11	12.9	21	9.0
	2	8.5	12	8.6	22	7.3
	3	7.4	13	5.0	23	6.9
	4	8.0	14	9.5	24	7.6
	5	8.9	15	8.8	25	7.9
	6	7.8	16	7.2	26	5.2
	7	8.1	17	5.1	27	7.1
	8	6.7	18	7.7	28	3.8
	9	5.8	19	8.8	29	5.1
	10	11.8	20	8.1	30	10.1
	月平均	8.0		8.2		7.0
	总平均	7.7				

由表可知，除氧器回热回收装置投入使用后，除氧器温度复时间极大的减少，活动后除氧器温度恢复时间由平均每次35.8分钟降低为7.7分钟，效率提升^[10]。512.7%提升恢复温度效率=（活动后工作效率–活动前工作效率）/活动前工作效率*100%=[工作量（W）/活动后工作时间–工作量（W）/活动前工作时间]/[工作量（W）/活动前工作时间]*100%=(W/7.7–W/35.8)/[W/35.8]*100%=512.7%。

结合系统投入成本来看，该系统成本少于5万元，符合车间预算要求，具有良好的经济效益。投入成本如表6所示。

表6 系统投入成本

序号	除氧器节能型 预热装置构成	数量	费用产生情况	新增费用 (元)
1	膨胀节	2个	购买膨胀节	2000
2	电动阀	2个	购买电动阀	3000
3	温度传感器	2个	购买 Pt100温度传感器	2400
4	管道材料	10米	购买管道材料	3000
5	压力变送器	2个	购买 ZWP-L61-K 压力 变送器	1000
6	可编程控制器	1套	购买 SIEMENS S7-300 PLC	5980
7	管壳式换热器	1套	购买换热器	30000
合计 (元)			47380	

四、结论

除氧器节能型预热装置在实际应用中展现出显著的价值与深远的意义，其核心功能在于优化能源利用，提升系统效率。该装置通过回收并利用除氧过程中的废热，有效预热进入除氧器的废蒸汽加热“给水”，从而减少传统加热方式所需的能源消耗。这一创新设计不仅降低了运行成本，还显著提升了除氧器的除氧效率，确保了锅炉及供热系统的稳定运行。从环保角度来看，该预热装置的应用有助于减少温室气体排放，降低对环境的影响，符合当前绿色、低碳的发展理念，符合集体供热锅炉减排生产规划的需求。同时，其显著的节能效果也为工业领域实现可持续发展目标提供了有力支持，对于推动工业领域的节能减排与可持续发展具有重要意义。

参考文献

[1] 全斌. 热力式除氧器蒸汽耗量影响因素与解决措施 [J]. 油气田环境保护, 2024, 34 (1): 15-18.

[2] 王瑞, 徐丹. 关于新型节能蒸汽空气预热器汽水系统的研究 [J]. 锅炉制造, 2024, (1): 34-35+38.

[3] Yang J ,Yao S ,Wang C , et al. Modeling and simulation of a new bubbling thermal deaerator [J]. International Journal of Heat and Fluid Flow, 2024, 108 109482-109482.

[4] 张赞流. 超临界机组除氧器排气系统改造及效果分析 [J]. 重庆电力高等专科学校学报, 2023, 28 (4): 6-8.

[5] 张明宝, 百万等级核电华龙一号压水堆机组单体式除氧器研制及应用. 黑龙江省, 哈尔滨锅炉厂有限责任公司, 2023-03-20.

[6] Zhang H ,Kong N ,Song Y , et al. Study on the safety of a magnetic strainer at the deaerator outlet under two-phase and large-scale flow fields [J]. Chemical Engineering Research and Design, 2024, 205 802-821.

[7] Mingming L ,Yu Y ,Shan Y , et al. A Numerical Study on Dehydrogenation of Liquid Steel Supersaturated With Hydrogen in a Vacuum Degasser (VD) [J]. Metallurgical and Materials Transactions, 2023, 54 (4): 1819-1830.

[8] 蓝小波, 李亚鹏, 秦为军. 垃圾焚烧锅炉空气预热系统的改造 [J]. 能源研究与利用, 2020, (5): 45-46+55.

[9] 李开盈, 邱磊, 董玉领, 等. 主蒸汽至除氧器系统供气调节阀板簧失效原因分析 [J]. 设备管理与维修, 2022, (23): 92-94.

[10] 宋前顺, 邵峰, 龚长金, 等. 干熄焦除氧器自动化配用低品位蒸汽实践 [J]. 燃料与化工, 2022, 53 (2): 11-12+16.

柴油发电机房建设相关问题

富九思

中国中元国际工程有限公司，北京 100089

摘 要： 说明整理现行规范图集中对柴油发电机组的设置要求，并结合一些地方的文件和规范，如柴油发电机房选址要求。柴油发电机组的功率通常包括常用功率和备用功率。选择柴油发电机组是要根据实用需求计算需要的发电机功率值。发电机功率的计算需要按稳定负荷功率、最大电动机启动电流及电动机启动时母线允许电压降三种情况确定。在柴油发电机房的设计时，需要建筑和暖通专业配合，满足机房使用的相关要求。

关 键 词： 柴油发电机房；功率；减振；散热；排烟

Issues Related to the Construction of Diesel Generator Rooms

Fu Jiusi

China IPPR International Engineering Co.,Ltd. Beijing 100089

Abstract： Explain the requirements for setting up diesel generator sets in the current standard atlas, and combine them with some local documents and regulations, such as the site selection requirements for diesel generator rooms. The power of diesel generator sets usually includes common power and standby power. Choosing a diesel generator set requires calculating the required generator power value based on practical needs. The calculation of generator power needs to be determined based on three conditions: stable load power, maximum motor starting current, and allowable voltage drop on the bus during motor starting. When designing a diesel generator room, it is necessary to cooperate with the architecture and HVAC professionals to meet the relevant requirements for the use of the room.

Keywords： diesel generator rooms; electric power; reduction heat; radiation; smoke evacuation

引言

建筑用电负荷中的一级负荷需要双重电源供电^[1]。当市政供电系统不能提供2路电源时，建筑就需要设置备用电源。用电负荷中的特级负荷，有双重电源的条件下，仍需增设应急电源^[1]。应急电源是和电网在电气上相对独立的系统。应急电源可以采用柴油发动机和蓄电池等独立的供电设备。作为备用电源和应急电源的常用设备为柴油发电机组。其是市政供电系统出现故障后，保证重要设备能够继续运行的强大保证。另一方面，人民防空工程的内部电源也经常选用柴油发电机组。根据发电机组的特性可以分为固定电站和移动电站。

柴油发电机组相对独立于正常电源的专用馈电线路更可靠；相对蓄电池能够带动的负荷容量更大，适用的负荷类型更多。柴油发电机组具有热效率高、启动迅速、结构紧凑、燃料存储方便、占地面积小、工程量小、维护操作简单等特点。所以柴油发电机组在建筑配电系统中是十分重要的设备。柴油发电机组通常由柴油机、发电机及其控制设备三部分组成，这三部分通常安装在一个公共底盘上，形成柴油发电机组。

本文旨在结合规范要求和工程建设实践，探讨柴油发电机房建设过程中应该注意的问题。并总结柴油发电机房建设工作中的经验。

一、柴油发电机组功能要求

柴油发电机组的自动化等级分为三级，如表1-1。

表1-1 机房各房间的温湿度要求

自动化等级	自动化等级特征
1	维持准备运行状态等的自动控制、保护和显示。

自动化等级	自动化等级特征
2	1级的特征，燃油、机油、冷却介质的自动补给以及并联运行等的自动控制。
3	(1) 1级的特征以及远程计算机通信控制功能的自动控制。 (2) 2级的特征以及远程计算机通信控制功能的自动控制、集中监控和故障自诊断。

作者简介：富九思（1982.05-），男，汉族，北京市，高级工程师，本科，建筑电气工程。

当柴油发电机组作为应急电源时应达到2级以上自动化等级。

表1-2 柴油发电机组性能等级

性能等级	定义	用途
G1级	用于只需规定基本电压和频率的连接负载	一般用途（照明和其他简单的电气负载）
G2级	用于对其电压特性与公用电力系统有相同要求的负载。当负载变化时，可有暂时的然而允许的电压和频率的偏差。	照明系统、风机、泵和卷扬机。
G3级	用于对频率、电压和波形特性有严格要求的连接设备。（整流器和晶闸管整流器控制的负载对发电机电压波形影响需要特殊考虑的）	无线电通信和晶闸管整流控制的负载。
G4级	用于对发电机组的频率、电压和波形特性有特别严格要求的负载。	数据处理设备或计算机系统。

二、柴油发电机房所址选择

首先，柴油发电机房一般应设置在变配电所的附件。因为多数柴油发电机为低压供电，距离太远会造成线路电压损失过大。规范要求柴油发电机房不能设置在人员密集场所的上一层、下一层或贴邻^[2]。所以，如果机房设置在建筑内，通常会选择设置在地下层。同时考虑到机房的防洪水需求，一般不宜设置在最底层。但是，经历了2021年郑州市的特大暴雨后，有的省市要求柴油发电机房必须设置在地上。这需要引起设计人员的注意，不要违返建设地政府的法律法规要求。

第二，柴油发电机运行时会产生很大的噪声和震动，就需要远离智能化系统机房^[3]和磁共振成像（MRI）机房。

第三，柴发机房不应设在厕所、卫生间、盥洗室、浴室、厨房或其他蓄水、经常积水场所的直接下一层设置，且不宜与上述场所贴邻^[4]。

三、柴油发电机容量选择

发电机的功率通常分为常用功率（PRP）和备用功率（ESP）。常用功率适用于为可变负载不限时供电。备用功率适用于市电断电时为不可变电气负载供电。具体依据哪个功率选择发电机，需要根据发电机供电负载的使用需求确定。作者设计的医院通常要求发电机的供油时间大于24小时^[5]。所以，通常按发电机的常用功率（PRP）确定机组的功率。

在方案阶段，可以按变压器容量的20%估算柴油发电机组的功率^[6]。

到了初步设计阶段，就可以按照稳定负荷计算发电机组的功率。稳定负荷要分两种情况计算。一种是包括特级负荷，以及评估项目情况后认为需要由发电机供电的部分一级负荷。另一种是包括消防负荷，以及火灾时不允许中断供电的非消防负荷。发电机的功率需要按以上两种计算结果中较大的确定。

$$S_{cl}=aP_z/\eta_z/\cos\varphi \quad (2.1)$$

式中： S_{cl} ——按稳定负荷计算的发电机容量，kVA；

P_z ——总负荷，kW；

η_z ——总负荷的计算效率，一般取0.82~0.88；

α ——负荷率；

$\cos\varphi$ ——发电机额定功率因数，可取0.8；

按稳定负荷计算发电机容量后，还需要用电动机的启动电流复核发动机的容量。作者设计的项目发电机所带的负荷中最大功率的一般为消防水泵。校验时取火灾时不允许中断供电设备容量，校核发电机容量。

$$S_{c2}=((P_z-P_m)/\eta_z+P_mKC\cos\varphi_m)/\cos\varphi \quad (2.2)$$

式中： S_{c2} ——按最大的单台电动机启动电流计算发电机组的容量，kVA；

P_z ——总负荷，kW；

P_m ——启动容量最大的电动机，kW；

η_z ——总负荷的计算效率，一般取0.82~0.88；

$\cos\varphi$ ——发电机额定功率因数，可取0.8；

$\cos\varphi_m$ ——电动机的启动功率因数，一般取0.4；

K ——电动机的启动倍数；

C ——按电动机启动方式确定的系数，全压启动： $C=1.0$ ；

Y- Δ 启动： $C=0.67$ 。

当发电机距离应急负荷中心较近时，需要校核启动电动机时母线允许电压降。

$$S_{c3}=P_nKCX_d''/(1/\Delta E-1) \quad (2.3)$$

式中： S_{c3} ——按启动电动机时母线允许电压降计算发电机组的容量，kVA；

P_n ——电动机总负荷，kW；

X_d'' ——电动机的暂态电抗，一般取0.25；

K ——电动机的启动倍数；

C ——按电动机启动方式确定的系数，全压启动： $C=1.0$ ；

Y- Δ 启动： $C=0.67$ ；

ΔE ——应急负荷中心母线允许的电压降，一般 ΔE 取0.25~0.3（有电梯时取0.2）。

以上所选择的发电机功率是在外界大气压力100kPa，温度25℃，空气相对湿度30%的情况下。如果外界条件变化时，应对发电机功率做修正。可以查设备样本或图集对应海拔高度下的功率修正系数。实际功率就是额定功率乘以功率修正系数。

四、机房内设备布置

机组在机房内布置时，各方向的间距应满足设备运输、就地操作、维护维修及布置辅助设备的需要。特别说明下机房高度的要求。在确定机房高度时，一方面是考虑满足排烟管的安装需求高度。这个高度包括排烟管的高度，排烟管的管径及其保温层的厚度，以及排烟管的坡度要求。另一方面，机房的高度需要考虑机组的安装和检修需求。能够满足利用预留吊钩用手动葫芦吊起活塞、连杆、曲轴所需的高度。

五、对土建专业的要求

柴油发电机间和控制室长度大于7米时，应至少设置2个出入口^[7]。机房地面或门槛宜高出所在楼层楼地面不小于0.1米。如果在地下层，其地面或门槛宜高出所在楼层楼地面不小于0.15米^[8]。有些地方规范要求机房不能设置在地下，并且机房地面标高要高于室外地坪0.6米，在蓄滞洪区、低洼地带不应小于1米。设计时要注意各地方的要求。

当柴油发电机房设置在地下时，宜贴临建筑外维护墙体。因为这样设置一方面，有利于设置设备的吊装口；另一方面，有利于设置送、排风井。机房的送、排风井应直通室外。室外排烟管（井）的口部下缘距地面高度不宜小于2米。排烟口的安装高度还需要征询当地环保部门的意见。

民用建筑内的柴油发电机房内设置储油间时，其总储存量不应大于1立方米。当需要供油量大于1立方米时，需要设置室外储油罐，或者在室外设置供油车的接驳口。当采用接驳口方案时，需要和项目附件的供油站联系，确保紧急情况下能够保证油料的供应。

功率较小的机组采用发动机、发电机与底座之间使用一体式内置橡胶减振器。或者可以采用钢制弹簧减振器。当机组设置在主体建筑内或地下层时，应防止与房屋产生共振。

发电机房的降噪设置：在进风口和排放口安装消声器；在排烟管设置波纹管和消声器；机房内设置吸声墙面和吊顶；选用隔声门。当机房下层为噪声敏感区时，机房地面还可以设置浮筑地板^[9]。

六、对暖通专业的要求

机房各房间的温湿度要符合下表的要求。严寒和寒冷地区需

在机房设置值班采暖或其他防冻措施。

表5-1 机房各房间的温湿度要求

房间名称	冬季		夏季	
	温度（℃）	湿度（%）	温度（℃）	湿度（%）
机房（就地操作）	15~30	30~60	30~35	40~75
配电间	16~18	≤ 75	28~30	≤ 75

柴油机燃烧所需的新风量可在产品样本上查到。当海拔高度增加时应对新风量作修正。柴油发电机所需要的进、排风口面积可以在图集上查到。当不能满足进、排风口面积要求时，需要增生机械通风系统。

进、排风机的二次控制回路需要接受发电机组的连锁启停信号。

当排烟管较长时，机组出口处的排烟管径需要适当加大。根据排烟管外表面的温度，选择合适的保温层材料和保温层厚度。排烟管的壁厚不应小于3毫米。

七、结语

柴油发电机组是民用建筑供配电系统应急电源和备用电源的常用选择。是保障特级负荷和一级负荷供电稳定和持续的重要保障。作者整合现有规范和图集内容，结合日常工作中遇到的问题，说明柴油发电机组工程设计中的主要步骤，以及一些容易遗漏的细节^[10]。另外，随着工程建设的发展，社会环境的变化，柴油发电机组的设置要求也会不断变化。设备建成运行中，实际运行情况的反馈，是可以总结的经验。可以使以后的设计更实用，也就是更贴近供配电系统的实际运行工况，使工程建设更加经济。

参考文献

[1] 中国机械工业联合会. GB5052-2009 供配电系统设计规范 [S]. 北京：中国计划出版社，2010.

[2] 中华人民共和国公安部. GB50016-2014（2018年版）建筑设计防火规范 [S]. 北京：中国计划出版社，2018.

[3] 中国建筑东北设计研究院有限公司. GB51348-2019 民用建筑电气设计标准 [S]. 北京：中国建筑工业出版社，2019.

[4] 中华人民共和国住房和城乡建设部. GB50352-2019 民用建筑设计统一标准 [S]. 北京：中国建筑工业出版社，2019.

[5] 中国建筑设计研究院. JGJ312-2013 医疗建筑电气设计规范 [S]. 北京：中国建筑工业出版社，2013.

[6] 中国航空设计规划研究总院有限公司. 工业与民用供配电设计手册 [M]. 4版. 北京：中国电力出版社，2016.

[7] 中华人民共和国住房和城乡建设部. GB55024-2022 建筑电气与智能化通用规范 [S]. 北京：中国建筑工业出版社，2022.

[8] 中国建筑标准设计研究院. 15D202-2 柴油发电机组设计与安装 [M]. 北京：中国计划出版社，2015.

[9] 杨子学. 民用建筑柴油发电机房的通风与冷却设计 [J]. 制冷空调与电力机械，2010，31（2）：38-40.

[10] 姚俊琪. 柴油发电机组隔振降噪与通风散热 [J]. 通信电源技术，2003（1）：42-44.

分布式光伏接入对配电网调控运行影响分析

彭海恩

国网四川省电力公司广元供电公司, 四川 广元 628000

摘 要 : 分布式光伏发电属于代表性的新能源发展方式, 发电量逐年增长, 大规模接入配电网即便能够缓解供电压力, 但配电系统多电源供电的特性, 使其面临着更大的不确定性, 增加电压波动几率, 或是出现电流谐波、孤岛效应等现象, 影响到电网运行稳定性。文章主要围绕分布式光伏接入背景下, 对于配电网调控运行的负面影响展开分析, 提出一系列应对策略提供参考。

关 键 词 : 配电网; 调控运行; 分布式光伏; 设备检修; 电压波动

Analysis of the Impact of Distributed Pv Access on the Regulation and Operation of the Distribution Network

Peng Hai'en

State Grid Sichuan Electric Power Company, Guangyuan, Sichuan 628000

Abstract : Distributed photovoltaic power generation belongs to the representative of new energy development mode, capacity increased year by year, large-scale access to distribution network even can alleviate the power supply pressure, but the characteristics of the power distribution system, make it facing greater uncertainty, increase the voltage fluctuation, or current harmonic, island effect, affect the stability of the grid operation. The paper mainly focuses on analyzing the negative impact of the regulation and operation of the distribution network under the background of distributed photovoltaic access, and puts forward a series of coping strategies to provide reference.

Keywords : distribution network; control operation; distributed photovoltaic; equipment maintenance; voltage fluctuation

新能源发电是当前电力事业发展的一个主要方向, 由于太阳能的可再生性, 并且不会对环境产生污染, 因此该技术具有强大的潜力。随着我国光伏发电规模扩大, 光伏发电量大幅度增加, 出现了产能过剩的问题。为了有效消纳光伏发电量, 分布式光伏开始大规模并网, 但是对配电网的运行稳定性带来了一定负面影响。分布式光伏接入配电网, 配电网原本的单一辐射状供电模式转变成多电源灵活配电体系, 如何有效减少分布式光伏接入带来的负面影响, 还需要进一步加强管控, 为电网安全稳定运行提供保障。

一、分布式光伏并网分析

(一) 分布式光伏电源的特点

分布式光伏电源是一种代表性的清洁能源发电方式, 强调转化太阳能为电能, 进而输送到发电系统中, 起到电源的功能作用。此种分布式发电系统涵盖了逆变器、太阳能电池板以及控制器等部件。就分布式光伏电源来看, 其特征可以归结为以下几点: ①清洁环保。分布式光伏电源运行中所产生的噪音微乎其微, 并且对于水资源和大气环境等也不会产生负面影响。②输出功率较低。结合现有实践经验来看, 分布式光伏系统大多是几千瓦的容量, 太阳能发电站规模与发电效率之间的联系并不强, 相应的不会对经济效益产生过大的影响。③缓解用电压力。分布式光伏发电能够减少化石能源发电的资源压力, 解决区域用电紧张问题, 但是由于光伏发电能量密度较低, 并且太阳能电池安装的位置条件要求较高, 使得这一问题未能从源头上彻底解决^[1]。④发电用电同步。分布式光伏接入配电网后, 能够实现发电和用电同

步展开, 实现部分能源就地消纳。

(二) 分布式光伏接入方式

分布式光伏主要是以太阳能为发电能量, 接入配电网后, 保持10kV或以下的电压运行, 同配电网相互补充, 能够有效改善部分区域的用电压力。在分布式光伏接入配电网期间, 要求控制单向并网整体装机容量在6MW以内^[2]。

二、分布式光伏接入对配电网调控运行的影响

分布式光伏并网后, 部分电能可以就地消纳, 在白天用电高峰阶段, 分布式光伏量较大, 并网后可能有效改善电网系统运行压力, 带来更为理想的效益。但带来积极影响同时, 也为配电网调控运行带来了一定的负面影响^[3]。分布式光伏系统是配电网间歇式能源补充方式, 如果配电网运行负荷增加, 借助分布式光伏系统储能装置, 能够为配电网系统提供部分负荷支撑, 显著提高用户供电稳定性和可靠性。但分布式光伏系统接入配电网后, 配电

网结构转变为遍布电源有源系统结构，一旦系统的接入位置、接入量和运行方式等存在变化，将会对配电网的稳态运行带来负面影响。故此，应该深入研究分布式光伏接入对配电网调控运行的负面影响，便于后期制定合理有效措施予以防控，将这种负面影响降到最低。具体表现在以下几点。

（一）电流保护

分布式光伏接入后，配电网中的电流量会受到影响，一旦配电网故障问题，距离故障点区域较近的线路的电流会随之增加，达到了系统极限时容易出现误动问题。如果故障点处于光伏和保护中间区域，短时间内会导致短路电流暴涨，保护电流速度增加^[4]。如果故障点在光伏下方，会导致保护电流有所下降，对于系统故障问题保护装置反应迟钝，可能导致设备受损。分布式光伏系统容量在标准值以上，为了避免过电流冲击影响，则会保护性跳闸。如果保护电流值持续增加，将会对下一级线路带来负面影响，影响范围扩大，进一步诱发跳闸故障。

（二）电能质量

分布式光伏接入配电网后，对于电能质量的影响尤为明显。一般情况下，分布式光伏主要是采用逆变的方式接入到配电网，其输出的直流电通过逆变转化成交流电，这个过程中会出现谐波。随着分布式光伏电源大规模并网，谐波分量将会进一步增加，加剧谐波污染问题，对于电网电能质量产生负面影响。而且光伏发电单元频繁启停，配电线路负荷潮流也会随之增加，使得电压调整难度变大。一旦线路出现故障问题，变电站侧断路器会快速跳闸，线路重合闸的时间短于光伏供电解列时间，则导致光伏电源无法及时跳开，系统侧和光伏侧未能同步合闸，此种情况所产生的冲击电流破坏性较大，不仅会诱发继电保护误动，还会损坏光伏侧设备。另外，系统侧断路器跳闸后，故障点与其绝缘，光伏侧如果未能同故障点绝缘，光伏侧将会继续供电给故障点，无法正常重合闸。

（三）电压分布

分布式光伏接入配电网，使得无法精准预测发电投入和退出时的功率输出变化，使得电压分布产生变化，一定程度上增加了配电网线路电压调控难度。配电网调压时，大多是依据高压侧朝着低压侧单向流动进行调控，但由于分布式光伏发电亮的增加，大规模并网后使得潮流出现反向流动趋势，受到馈线阻抗压降影响，负荷侧电压远远强于母线电压，加剧线路过载和电压升高等问题。对于部分农村地区电网系统而言，架空线路较细、过长、阻抗大，容易存在电压过高问题，电网线路运行过载。

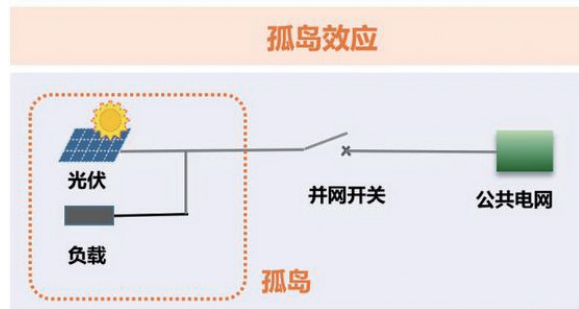
（四）系统运行稳定性

分布式光伏大规模接入配电网时，存在无功不能发的情况，系统整体电压稳定性下降明显。一般情况下，电力分布功率因数保持在0.98 ~ 0.99，部分水电厂或是风电厂装机容量较大，无功功率偏低，将影响到电网电压稳定性。以往配电网的设计规划中，并未考虑到后期分布式电源的接入需求，随着大规模分布式电源并网，使得电网潮流分布和功率走向等发生转变，而且发电量增加，可能导致电网潮流和电压越界，威胁到电网运行稳定性。未来电力系统容量将持续增加，这种不稳定性将进一步加

剧，亟待解决。

（五）孤岛效应

光伏发电装置如果处于断点状态，但是正常的传输电量，说明系统存在孤岛效应，这一问题风险较大，可能会威胁到维修工作人员人身安全，如图1。即便目前配电网所使用的逆变器具有防孤岛功能，但逆变器质量可能无法得到有效保障，因此无法完全保障人员安全。分布式光伏接入配电网后，应确保至少两套以上逆变器具有防孤岛检测功能。另外，分布式光伏采用10kV电压接入配电网，要检查并网点与开断设备要求是否保持一致。



> 图1 孤岛效应

三、分布式光伏接入配电网后的应对策略

（一）强化日常调度管理和防孤岛保护

光伏电站运行中，为了保障系统运行安全，应该交由专业技术人员管控电站运行，听从系统整体的调度指令，禁止出现调度指令延迟执行。光伏发电具有随机性和间歇性特点，在不同程度上影响到电压水平、潮流分布和网损等参数，增加配电网调度运行难度。可以引入先进监测系统，实时监测分布式光伏发电功率，能够帮助调度运行人员及时掌握光伏电源输出情况，动态调整配电网的运行策略。依托于及其学习技术和大数据技术，提高数据信息的预测精度，为系统调度运行决策提供参考支持。结合分布式光伏发电特性，制定灵活的调度运行策略，尤其是光伏发电高峰阶段，应该适当的减少电源输出量，保障电网供需关系平衡稳定。加强配电网潮流控制，采用投切电容器或是变压器分接头调整等方式，实现电压合理化分布，最大程度上减少网损^[5]。

孤岛效应出现，将会影响到电网运行安全，切断配电网和分布式光伏电源联系，影响到分布式光伏电源有效管控，情况下诱发重大安全事故，做好防孤岛保护很有必要。因此，安装专门的防孤岛保护装置，可以实时监测电网和光伏电源频率、电压等参数，检测到有孤岛效应时，防孤岛保护装置会快速发出跳闸信号给断路器，切断配电网和光伏电源联系，最大程度上保障人员和设备安全。除此之外，也可以选择低电流保护、过电流保护和逆功率保护等参数，发生孤岛效应时保障电源及时切断，避免对抢修人员生命安全带来威胁。定期检修和测试防孤岛保护装置，提高装置运行稳定性。

（二）调度人员规范操作行为

为了实现光伏电能充分消纳，实现分布式光伏安全接入配电网，应进一步规范调度人员的操作行为，严格遵循操作规程，运

用先进的调控技术手段处理，为调控运行安全稳定提供坚实保障。因此，要明确配电网调控运行要求，制定科学合理的操作规程，明确具体注意事项，并且在后期持续修订和完善操作规程，使得操作人员尽快适应新的调控环境。定期组织调度人员参加专业培训，学习配电网调控运行原理、分布式光伏发电技术和设备操作等内容；提高调度运行人员的电网事故处理和配电网安全规程等教育，提高调度运行人员的应急处置能力，在出现问题时减少损坏。同分布式光伏电站运维人员交流沟通，彼此之间形成紧密协作关系，灵活有效应对分布式光伏接入带来的负面影响。此外，大力推广实施智能调度系统，在智能化技术手段支持下，全方位提高调度运行效率和稳定性，将调度人员负担进一步降低，为调度决策提供有效依据。

（三）保障光伏电源设备使用安全

分布式光伏电源是配电网中不可或缺的部分，关系到系统运行安全和稳定。因此，要做好设备选型，重点选择经过国家认证的光伏组件、汇流箱、逆变器等设备；光伏电源设备严格质量测试，使得设备有效投入运行。编制合理的设备维护计划，定期检修和维护光伏电源设备，及时发现和解决潜在的故障隐患。如果设备出现故障问题，则要第一时间组织人员检修处置，根据故障

原因制定有效措施予以处置，避免事故扩大带来更大的损失。分布式光伏电源联络线上配备光差保护装置以及过电流保护装置，控制重合闸处于同期，不匹配情况下则要及时退出，实现重合闸正常动作。

（四）加强电压越限控制

光伏发电技术水平高低，与社会生产生活有着密切联系，为了促进光伏发电技术有效接入配电网，加强电压越限控制至关重要。因此，要结合光伏发电功率额和移动平均计算方式，计算具体发电功率缩减程度。同时，根据光伏曲线图，计算发电功率，精准掌握各时间段下光伏发电具体功率大小，为控制电压越限提供依据。

四、结论

综上所述，分布式光伏接入配电网，能够有效减少电网运行压力，实现新能源有效消纳。但分布式光伏接入也会对配电网带来诸多负面影响，为了规避此类问题出现，应该选择合理有效的调控运行策略，降低配电网运行故障几率，为社会生产生活提供持续稳定的供电服务。

参考文献

[1] 钱星旭, 谢惠. 基于分布式光伏接入供电电压合格率调控技术研究 [J]. 电力设备管理, 2024, (15): 102-104.
[2] 赵洪山, 胡波, 魏伟, 温开云. 基于 SAO-VIKOR 的配电网分布式光伏承载能力综合评估方法 [J]. 华北电力大学学报 (自然科学版), 1-10.
[3] 张金桂, 罗明. 计及电动汽车接入的有源配电网电压调控研究 [J]. 微型电脑应用, 2024, 40 (07): 184-187.
[4] 朱进, 李光熹, 孙子雯, 顾阳. 分布式光伏参与的有源配电网无功调控策略 [J]. 电气技术与经济, 2024, (06): 91-94.
[5] 陈炳旭. 分布式光伏电源接入对配电网的影响探析 [J]. 中关村, 2024, (09): 90-91.

卫星遥感技术在电力线路设计中的应用分析

刘建蓝

福建永福电力设计股份有限公司，福建 福州 350108

摘要：随着电力线路建设对环境适应性要求提升，卫星遥感技术成为电力线路设计中的重要工具，该技术具备高精度、广域覆盖和多源数据融合等优势，能够在线路路径优化、基础设施布局、防雷策略等方面提供精准支持。基于此，本文重点分析了卫星遥感技术在电力线路设计中的应用方法，旨在为智能化线路设计提供技术参考。

关键词：卫星遥感技术；电力线路设计；应用

Application Analysis of Satellite Remote Sensing Technology in Power Line Design

Liu Jianlan

Fujian Yongfu Power Design Co., Ltd. Fuzhou, Fujian 350108

Abstract： With the increasing demand for environmental adaptability in power line construction, satellite remote sensing technology has become an important tool in power line design. This technology has the advantages of high precision, wide area coverage, and multi-source data fusion, and can provide precise support in line path optimization, infrastructure layout, lightning protection strategies, and other aspects. Based on this, this article focuses on analyzing the application methods of satellite remote sensing technology in power line design, aiming to provide technical references for intelligent line design.

Keywords： satellite remote sensing technology; power line design; application

前言

电力线路设计对我国电能供应稳定性具有直接影响，因此近年来我国在积极加强电力系统建设过程中，不仅对电力线路设计重要性产生了深刻认知，同时也加大了对各种先进技术的应用力度。卫星遥感技术在实际使用中呈现出高精度特点，借助卫星遥感数据可更加全面地掌握线路沿线地形特征、植被分布、水文情况以及气象条件，为路径优化奠定了基础。在这种情况下，积极探索卫星遥感技术在电力线路设计中的应用研究具有重要意义。

一、卫星遥感技术融入电力线路设计的优势

卫星遥感技术在电力线路设计中的应用能够为线路规划、路径优化、防雷设计等环节提供精确数据依据，以高分辨率遥感影像全面覆盖地形地貌，可精确掌握线路经过区域的地形变化、植被分布、水文条件等重要参数来提高线路规划的精度，确保设计中避开地形复杂区域，优化线路路径，降低工程难度^[1]。卫星遥感技术还能够实时提供地表温度、气象条件等信息，对线路的防雷策略进行有效设计，分析雷击频率和雷电强度分布，可精准判断线路受雷电影响的区域，优化防雷装置的布设，从而有效降低线路运行过程中的风险^[2]。此外，卫星遥感技术还能够通过智能化数据处理和建模，提取地表三维模型，快速获取线路沿线的高差信息，计算线路倾斜角度，确保线路能够适应地形变化。在此基础上结合多光谱影像，可识别植被类型和覆盖度，从而为防火设

计提供支持，合理选择线路走廊的植被清理范围，使线路路径避开植被茂密或水流密集区域，减少外界环境对线路安全运行的影响，提供电力线路周边环境的动态监测能力，在设计初期即可对潜在的地质灾害风险区域进行预测和规避，减少自然灾害对电力线路的影响，从根本上确保电力线路的安全性、经济性^[3]。

二、基于卫星遥感技术的电力线路设计要点

（一）路径优化实现智能选址

基于卫星遥感技术的电力线路设计能够实现路径优化和智能选址，形成的高分辨率地形数据，能够获取线路沿线的地理环境重要信息，用作初步筛选路径的基础，在综合分析不同区域的地质、气候及生态因素，避开地质灾害频发区 and 环境敏感区，优化线路走廊^[4]。三维地形模型结合遥感影像，可精准计算线路坡度

和高差，确保线路在复杂地形中的可行性，避免线路因地形复杂而增加建设和维护成本。遥感影像实际应用中能自动提取地表特征，线路路径可以基于地表反射率、地貌特征进行优化，遥感影像中不同波段反映的植被覆盖情况及水体信息，可以为路径规划提供数据支持，避免线路经过植被茂密或水文复杂区域，降低环境对线路安全的影响^[5]。

（二）基础设施精细化布局

卫星遥感技术所产生的高分辨率遥感影像能够精准识别线路沿线的地理环境，并构建三维地形模型确定变电站、输电塔等关键基础设施的位置，使其合理避开高陡坡地、滑坡区等不稳定区域，保证线路安全性^[6]。遥感数据可实时监测地表变化，结合地质分析模型为基础设施布局提供准确的地质信息支持，在分析不同区域的地质条件、气象数据中可确保基础设施布局在地质灾害易发区得到科学规划，降低运营风险^[7]。另外，遥感技术还能够优化线路路径周围的空间利用，精准布设防雷设施、基础支撑结构等，同时能够识别周边环境中的干扰因素，避免布局中出现潜在风险（见表1）。

表1：电力线路设计中的基础设施精细化布局

区域	地形特征	植被覆盖率 (%)	水文条件	地质灾害风险	优化布局
线路沿线 A	高陡坡地	75	中等	高	避开
线路沿线 B	滑坡区	60	较差	中	避开
线路沿线 C	平坦区域	25	良好	低	适合
线路沿线 D	植被密集	90	中等	高	避开

（三）综合防雷布局

电力线路设计中采用卫星遥感技术进行综合防雷布局可精确获取雷击频发区域的气候特征，掌握雷暴活动的强度、频率和分布范围，集中分析雷电活动密集区，可实现对线路路径的优化，避开雷击高发区域，降低雷击对电力线路安全运行的影响，同时借助多光谱成像技术识别地表的电导率差异，精准定位易受雷电影响的区域，能为防雷设施的布局提供依据。卫星遥感技术可构建三维地形模型，结合线路走廊的地形高差计算雷电导流路径，合理布设防雷设施，避免因地形影响导致雷击概率增大^[8]。气象数据结合线路周边植被信息，可有效分析线路所处区域的雷击风险，并合理布设防雷杆塔、避雷针等设备，确保电力线路防雷系统能够在不同环境条件下保持高效、稳定地运行。

三、基于卫星遥感技术的电力线路设计流程

（一）数据采集预处理

卫星遥感技术在电力线路设计中的应用需利用数字高程模型（DEM）数据和高分辨率遥感影像数据，全面采集地形地貌信息，其中 DEM 数据能提供三维地形的详细信息，确定线路路径的高差及倾斜角度，确保线路设计与地形匹配。遥感影像数据通过光学影像可以清晰展现地表的植被、水体及建筑物分布，重点关注云层覆盖的影响，尤其在多云区域，云彩覆盖面积过大会导致数据失真，影响线路设计的精度^[9]。在预处理中，影像数据的辐射校

正与几何校正是保证数据精度的基础，辐射校正用于消除大气散射和吸收对影像亮度的影响，确保影像的光谱信息能够准确反映地表物体特征；几何校正则通过调整影像的几何形变，使其与实际地理坐标系对齐，确保影像中每个像素与地理位置一一对应，提升设计中的空间精度。影像的光谱分析也在预处理阶段进行，针对植被和水体的光谱特征，能够利用多波段数据识别不同地表类型，为路径选择提供数据支撑。预处理过程中，影像颜色的变化也需要重点分析，特别是在地形复杂区域，影像颜色反差较大时，可能代表地表高度、植被密度或其他地表特征的显著变化。对颜色变化的定量分析，可以优化线路设计方案，使线路避开地形突变或环境复杂区域，影像处理后，生成的栅格数据将作为输入，为后续的路径优化、基础设施布局等环节提供精确的地理参考（见表2）。

表2：电力线路设计中数据采集与预处理

数据类型	用途	关键操作	精度要求	数据分辨率（米）	覆盖面积（平方公里）
DEM数据	提供三维地形信息	高差计算	高	10	1000
遥感影像	显示地表植被、水体、建筑物分布	云层影响分析	中	0.5	500
影像辐射校正	消除大气散射影响	辐射误差修正	高	1	100
影像几何校正	校正影像几何变形	像素与地理位置对齐	高	1	100
影像光谱分析	识别地表类型	光谱特征提取	中	0.3	50

（二）卫星遥感影像高精度校正

卫星遥感影像技术应用中，影像像元的二值化处理能够通过明确地表物体的光谱特征，将影像中各像元分为目标和背景两类，提取线路路径设计所需的特定地理信息。可设定合理的阈值对影像进行分类，避免干扰因素对设计结果的影响，二值化处理后，几何校正通过消除影像在拍摄时因传感器角度、地形高差等因素产生的几何畸变，实现影像与实际地理坐标系统一致。辐射定标能够消除由于大气散射、太阳高度角变化等因素引起的影像亮度误差，确保影像中每个像元反映地表物体的真实光谱特性^[10]。使用辐射定标后，影像能够提供准确的辐射信息，特别是在识别地形、植被覆盖和水体等地理特征时，能够进一步提升影像数据的可靠性。此外，多光谱影像的校正过程还需考虑各波段间的辐射差异，确保各波段数据能够在同一光谱范围内提供一致的地理信息，避免在路径优化时因波段误差影响线路选择的精确性。影像数据经过高精度校正后，可以用于电力线路的路径优化、防雷策略制定等环节，提升线路设计的科学性和智能化水平。影像校正的精度要求能够直接影响线路设计过程中地形分析、障碍物识别等环节的准确性，为后续的基础设施布局和线路安全评估提供重要依据。

表3：卫星遥感影像精准矫正数据表

校正步骤	主要功能	精度要求	误差范围（米）	控制点数量（个）	辐射定标参数
像元二值化	提取目标地理信息	中	1	50	光谱阈值
几何校正	消除影像几何畸变	高	0.5	100	GCP 配准
辐射定标	消除亮度误差	高	0.1	80	大气模型校正
多光谱波段校正	校准波段间辐射差异	中	0.3	60	波段重叠校准

（三）影像无缝接边与镶嵌技术

将 RGB-D 格式转换为 ICC 文件格式，能够确保影像色彩的精准表达，尤其在大尺度影像处理时，能够避免色彩失真的问题。无缝接边要求影像边界间无明显色差或亮度差异，因此需要对影像反射率进行精细控制。当反射率为 0% 时，影像色调无明显变化，但当反射率超过 50% 时，色阶差异可能明显增大，产生亮度不均匀问题^[1]。因此，需要在镶嵌过程中对每个像素点的反射率进行动态调整，确保影像边缘的色彩和亮度能够保持一致。影像镶嵌技术能够通过多幅影像的融合，生成大范围的连续影像，使用双线性插值法对影像重叠区域进行平滑处理，能够消除不同影像间的边缘效应，保证影像镶嵌后的整体连续性。在影像拼接过程中，需要对影像进行几何校正，确保不同影像的坐标系统完全匹配，避免因地理位置偏差导致的影像错位，对于地形复杂区域，影像的高程信息需要结合数字高程模型（DEM）进行校正，可确保影像镶嵌后地形信息的准确性。

（四）多源影像数据深度融合

多源影像数据深度融合中，将卫星遥感影像、LiDAR 数据和数字高程模型（DEM）进行统一处理，为电力线路设计提供精确的地理基础。影像融合过程需要选择合适的算法完成匹配，常用方法包括基于特征点的 SIFT 算法或 SURF 算法，精确识别并对齐不同数据源中的地理特征点，确保数据间的几何一致性。将各类影像数据作为基础底图进行多维度融合时，优先处理高程数据、地表反射率、植被覆盖度等多种参数，确保电力线路设计中能够精确反映线路经过的复杂地形与地表信息。多源数据融合过

程中，还需针对不同分辨率的数据进行精细化处理，使用小波变换或金字塔融合等算法能够有效解决分辨率差异带来的误差。高分辨率数据用于提取地表细节，低分辨率数据提供广域覆盖，通过这一层次融合方式，能够在电力线路设计中实现全局视野与局部精度的有效结合。深度融合不仅能够优化线路路径，还能够防雷策略制定中，结合气象卫星数据识别雷击高发区，确定合理的避雷设施布设点。

（五）线路设计智能化

线路设计智能化依托卫星遥感技术结合 GNSS 定位、无人机激光雷达技术，可实现电力线路设计流程的高度自动化，GNSS 定位技术能够精确获取线路沿线的地理坐标，为线路设计提供高精度的空间参考。无人机搭载激光雷达（LiDAR）技术在复杂地形中发挥关键作用，能够实时获取地表三维模型数据，并结合数字高程模型（DEM），为线路路径优化提供详细的地形高差、坡度和地貌特征信息。通过激光雷达的高分辨率点云数据，能精确识别线路沿线的障碍物和地形变化，确保线路规划避免高风险区域。智能化设计还能够通过人工智能算法优化线路路径，借助算法模型对多源数据进行综合分析，动态生成最优线路路径，减少线路穿越高风险地带或复杂地形的风险。数据融合后自动化算法能够根据不同环境因素，实时调整线路设计方案，确保线路路径在各个环节的安全性及经济性，路径优化的智能化进一步结合大数据分析技术，能在短时间内处理大量数据并给出合理设计方案，提升整体设计效率。

四、结论

综上所述，卫星遥感技术在电力线路设计中发挥了重要作用，能够通过精准的数据采集、影像校正、无缝接边与多源数据融合等技术手段，提升线路设计的智能化水平与精确度。随着该技术的不断发展，电力线路设计在面对复杂地形与多变气候时的适应能力将进一步增强，确保电力系统运行的安全性与稳定性。未来，电力线路设计还将进一步结合更多先进技术，实现全面的智能化与高效化转型。

参考文献

- [1] 赵寅峰, 张竟超, 陈少宏, 等. 智能电力巡检中基于卫星遥感的环境要素提取方法 [J]. 电力系统装备, 2024(2):139-141.
- [2] 邹绍悦, 刘翔, 夏昊. 基于卫星影像的输电线路周边地表隐患识别方法 [J]. 中国科学院大学学报, 2023, 40(6):778-787.
- [3] 杨潇钰, 余勤, 叶强, 等. 基于遥感技术的输电走廊植被山火预警平台研究 [J]. 自然灾害学报, 2021, 30(6):67-76.
- [4] 文刚, 周仿荣, 李涛, 等. LINS-GNSS: 滤波与优化耦合的 GNSS/INS/LiDAR 巡检机器人定位方法 [J]. 南京信息工程大学学报, 2023, 15(1):85-93.
- [5] 周仿荣, 文刚, 马仪, 等. 遥感数据驱动的电力污秽等级 XGBOOST 预测模型 [J]. 地理空间信息, 2023, 21(12):21-24.
- [6] 苏晓, 张卓成, 陈峻宇, 等. 基于多源遥感数据的输电线路危险源检测及智能运维方案研究 [J]. 电气技术与经济, 2023(2):26-30.
- [7] 丁琦. 利用遥感图像目标定位算法开展 500 kV 架空输电线路山火跳闸预警系统设计 [J]. 电力系统装备, 2023(12):8-10.
- [8] 贺晓波, 杜永军, 黄文华. 基于无人机多源遥感数据的输电线路勘测设计 [J]. 电力勘测设计, 2023(z1):118-122.
- [9] 张可, 张庚生, 王宁, 等. 基于遥感和深度学习的输电线路地表水深预测 [J]. 自然资源遥感, 2023, 35(1):213-221.
- [10] 陈诚, 戴永东, 沈筠, 等. 基于无人机遥感技术的配电网巡检系统设计 [J]. 微型电脑应用, 2023, 39(5):107-110.
- [11] 赵华伟, 周林, 谭明伦, 等. 基于光学遥感和 SBAS-InSAR 的川渝电网滑坡隐患早期识别 [J]. 自然资源遥感, 2023, 35(4):264-272.

电子电路中直流稳压电源的设计

杨颖, 刘金震

临沂大学 自动化与电气工程学院, 山东 临沂 276005

摘 要 : 模拟电子电路和数字电子电路都需要直流稳压电源供电, 稳定的电源可以保证这两类电子电路的正常运行。针对电子电路中常用的固定式直流稳压电源、可调式直流稳压电源和串联型直流稳压电源电路, 分析它们的结构组成和工作原理, 明确各电源电路中所用电子元器件选择使用的方法及其在电路中的作用, 解析各电源电路主要性能指标的确定方法。直流稳压电源不仅可以保护电子元器件, 使其免受电源电压波动产生的不良影响, 在提升电子电路工作的稳定性和可靠性方面也可发挥重要作用。

关 键 词 : 直流稳压电源; 集成稳压器; 整流; 滤波; 稳压

Design of DC Regulated Power Supply in Electronic Circuit

Yang Ying, Liu Jinzhen

School of Automation and Electrical Engineering, Linyi University, Linyi, Shandong 276005

Abstract : Analog electronic circuit and digital electronic circuit need DC voltage regulator power supply, stable power supply can ensure the normal operation of these two types of electronic circuit. Based on the fixed DC power supply, adjustable DC power supply and series DC power supply circuits commonly used in electronic circuits, this paper analyzes their structure and working principle, defines the method of selecting and using the electronic components used in each power circuit and its role in the circuit, and analyzes the determination method of the main performance indicators of each power circuit. DC regulated power supply can not only protect electronic components from the adverse effects of power supply voltage fluctuations, but also play an important role in improving the stability and reliability of electronic circuits.

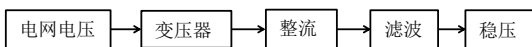
Keywords : DC voltage regulator; integrated voltage regulator; rectification; filtering; stabilization

引言

根据处理的信号的不同, 通常把电子电路分为模拟电子电路和数字电子电路两大类, 两类电子电路都需要使用直流稳压电源提供电能。直流稳压电源可以将交流电转换为稳定的直流电, 为各种需要直流电源供电的电子电路供电, 广泛应用于信号处理、通信、仪器仪表、工业控制以及家用电器等众多领域^[1]。

一、直流稳压电源的结构组成

直流稳压电源通常由电源变压器、整流电路、滤波电路和稳压电路四部分组成, 其结构组成如图1所示。首先电网电压经变压器将输入的交流电转换为合适的交流电压, 然后经整流将交流电转换为脉动的直流电, 接着再进行滤波, 以减小电压中的纹波, 使电压更加稳定, 最后由稳压电路进一步稳压后, 输出稳定的直流电给需要的设备供电^[2]。



> 图1 直流稳压电源结构框图

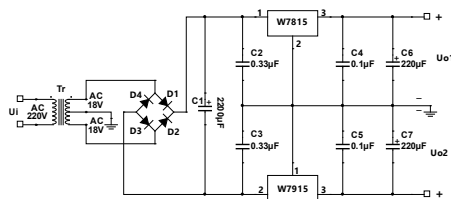
二、直流稳压电源的设计

(一) 固定式直流稳压电源的设计

电子电路中的直流稳压电源多数输出功率不太, 小功率三端集成稳压器因其输出电流大、体积小、可靠性高等特点被广泛应用于直流稳压电源的设计中^[3]。本设计使用 W7815 和 W7915 集成稳压器构成固定式直流稳压电源。W7815 可输出 +15V 的直流电压, W7915 可输出 -15V 的直流电压, 二者输入与输出之间的电压差都不得小于 3V, 由它们组成的正负输出直流稳压电源电路如图2所示。

基金项目: 国家自然科学基金项目 (编号: 51471130); 山东省一流本科课程“数字电子技术” (编号: 暂无); 临沂大学课程思政示范课程“数字电子技术” (编号: KCSZ202121); 临沂大学教学质量工程项目 (重点项目) 一流本科课程“数字电子技术” (项目编号: YLKC202103); 临沂大学本科教学改革研究项目“高等学校‘思政’与‘双创’贯通融合协同育人研究与实践” (编号: JG2023M35)。

作者简介: 杨颖 (1970-), 女, 教授, 博士, 主要从事电子技术、光电测量、光纤传感等方面的教学和研究工作。



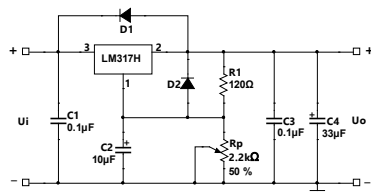
> 图2 正负输出直流稳压电源电路

电路中先由变压器 Tr 将 220V、50Hz 的交流电转换为设计所需的低压交流电，再通过由二极管 $D_1 \sim D_4$ 组成的整流桥将交流电整流为单向的直流电。为了较小直流电压的脉动幅度，在整流电路后使用大容量电解电容 C_1 组成滤波电路，再对电压信号做平滑处理；最后再接入基于 W7815 和 W7915 的集成稳压电路，从而输出 +15V 和 -15V 的固定直流稳定电压。稳压电路部分的对称的电容 C_4 、 C_5 与 C_6 、 C_7 则用于滤波，以改善负载的瞬态效应，消除电路中的杂波噪音。

变压器是一种利用电磁感应原理来升压或降压的装置，设计中使用的是降压变压器。选用线圈匝数比为 12 : 1 的变压器，根据变压器变压比公式 $U_1 : U_2 = N_1 : N_2$ 可知，变压器输出电压 U_2 约等于 18V，降压后一、二次电压频率仍保持 50Hz 不变。变压器的功率则根据变压器副边的输出功率来确定。整流桥中的整流二极管选用 1N4001 型二极管，电路工作时每个二极管所承担的反向电压的最大值为 $\sqrt{2} U_2$ ， U_2 为变压器输出电压的有效值，流经二极管的平均电流为整流桥输出电流的一半。采用 2200 μ F、25V 的大容量电解电容 C_1 作为滤波电容，使输出电压更加平滑，电源的瞬态特性得到改善。 C_2 、 C_3 用于高频滤波，防止因 C_1 的感抗特性而使电路产生的自激振荡。稳压部分 W7815 和 W7915 输出端并联的 220 μ F 滤波电容和 0.1 μ F 的瓷片电容，用于滤除电源杂波和交流残留，使输入到集成电路的直流电压尽可能的平滑和纯净，同时也改善负载的瞬态响应。

（二）可调式直流稳压电源的设计

LM317 是一款常用的三端可调式集成稳压器，用其设计的可调式直流稳压电源电路如图 3 所示。



> 图3 可调式直流稳压电源电路

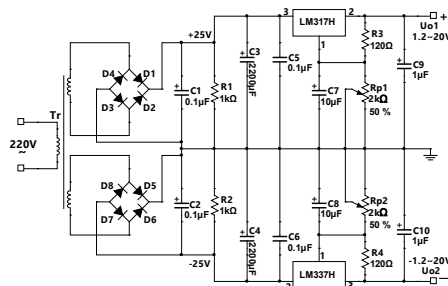
电路中的核心器件 LM317 三个引脚分别是输入端（IN）、输出端（OUT）和调整端（ADJ），LM317 的输出电流范围为 5mA~1.5A，输出电压可在 1.2V~37V 之间连续调节，仅需外接两个电阻 R_1 、 R_p 即可调节输出端电压^[4]。

LM317 输出端 1、2 引脚间的参考电压为 1.25V，则输出端电压 $U_o = 1.25(1 + R_p/R_1)$ 。一般固定 R_1 ，调节 R_p 以获得 1.25V~37V 的电压。若 R_1 、 R_p 温度系数相同，则 R_p/R_1 不受温度影响，一般选铜材料做成的电阻。为保证稳压器的输出性能， R_1 应小于 240 Ω ，设计中选用 120 Ω 电阻。 D_1 、 D_2 用于保护 LM317，二极管 D_1 用于防止输入短路时 C_1 反向放电而损坏集成稳压器，可采用 1N4002 型二极管；二极管 D_2 可防止稳压器输出短路时， C_2 通过调整端放电损坏集成稳压器，可采用 1N4007 型低频整流二极管。

此电路输出电压可在 1.25V~37V 之间连续可调，输出电流最大值为 1.5A。

（三）可调式正负电压输出直流稳压电源的设计

上述 LM317 是三端可调正稳压器，LM337 则是三端可调负稳压器，其输出电流范围也为 5mA~1.5A，输出电压范围为 -1.2V~-37V。LM337 和 LM317 在用作调节电源时，电压从 1.25V 起调，要求输入电压要高于输出电压 2V 以上^[5]。它们组成的正负双电压可调式稳压电源电路图如图 4 所示。



> 图4 可调式正负电压输出直流稳压电源电路

为保证 LM317 在空载也能够稳定地工作，使其输出电流大于其最小稳定工作电流 1.5mA 即可。选择 R_3 为固定电阻， R_{p1} 为可调电阻，改变 R_{p1} 的值则可调节输出电压值，输出电压 U_o 的表达式为： $U_o = 1.25(1 + R_{p1}/R_3)$ 。

稳压电阻 R_4 、 R_{p2} 的选择及使用方法同 R_3 、 R_{p1} 。

LM317 和 LM337 的输出端接滤波电容能起到改变瞬态响应、抑制纹波的作用。图中 C_9 、 C_{10} 为滤波电容，可以抑制输出端的纹波电压，使输出电压更加稳定^[6]。

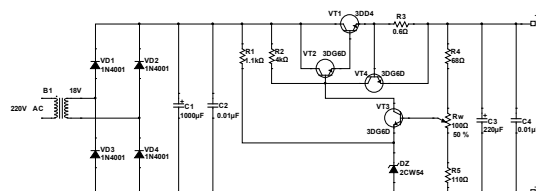
电子电路中使用的直流电源多数在 0~18V 之间，又因 LM317、LM337 的极限电压值分别为 +37V 和 -37V，所以选择变压器时其输出电压在 -37V~+37V 范围内即可，比如为 $\pm 18V$ ，按照输出电流 $I_o = 1.5A$ ，则单路电源消耗的功率为： $P_i = U_i I_i = 18 \times 1.5 = 27W$ （ $i = 1, 2$ ）

两路电源消耗的总功率为： $P = P_1 + P_2 = 2P_1 = 27 \times 2 = 54W$

普通变压器的工作效率约为 90%，则变压器的功率约为： $P_a = P/90\% = 54/90\% = 60W$ 。

（四）串联型直流稳压电源的设计

串联型直流稳压电源也由变压器、整流、滤波、稳压四部分电路组成，其中稳压电路采用的是串联型直流稳压电路，电路结构如图 5 所示，由采样、基准电压、比较放大和电压调整四部分电路组成。实现稳压的原理是：当电网电压产生波动或输出端负载发生变化时，会引起输出端电压发生变化，由采样电路取出输出电压的一部分送至比较放大器，并与基准电压电路提供的基准电压进行比较，将它们的差值经放大器放大后送至调整管，此时会引起调整管的管压降发生变化，以此来补偿、平衡输出电压的变化，从而得到稳定的输出电压值^[7]。



> 图5 串联型直流稳压电源电路

1. 变压器的选定

常用的输入电压为220V的变压器，其额定输出电压有48V、36V、24V、18V、15V、12V、9V、6.3V等标准规格，其它输出电压等级的变压器需要专门定制。选择变压器时，应以电网电压最低时，去确定次级电压，使次级电压值最接近电压要求，电压偏离越大，损耗也越大，故应先确定变压器次级电压 $U_{\text{次}}$ 。假设设计要求输出电压 $U_o=8\sim 15\text{V}$ ，最大值 $U_{\text{Omax}}=15\text{V}$ ，考虑到电网电压10%的电压波动，变压器最低输入电压发生在 $\sim 220-220\times 10\%=198\text{V}$ ，此时变压器次级电压若为15V，则在变压器正常输入电压为220V时，其次级电压 $U_{\text{次}}$ 有： $U_{\text{次}}=15\times 220/198=16.7\text{V}$ 。

取 $U_{\text{次}}=17\text{V}$ 。

因此，本设计选择输入/输出额定电压为220V/18V的变压器。

2. 整流及滤波电路

整流电路由四只整流二极管 $VD_1\sim VD_4$ 组成的整流桥组成，可对变压器输出的交流电压进行全波整流。设每只整流二极管可承担的反向电压为 U_{BRM} ，因变压器最高输入电压为 $\sim 220+220\times 10\%=242\text{V}$ ，此时变压器次级电压为 $U_{\text{次}}=18\times 242/220=19.8\text{V}$ ，所以 $U_{\text{BRM}}=\sqrt{2}\times U_{\text{次}}=\sqrt{2}\times 19.8=27.7\text{V}$ 。

整流二极管选用IN4001，其可以承受的最大反向电压值为50V，最大电流值为1A，常用于整流电路中。

采用大、小容量不同的电容进行滤波，大电容对低频的电压起平滑作用，使电源的电压趋于平稳。小电容对高频的信号起旁路作用，高频干扰信号通过小电容回到地，可有效滤除高频信号^[8]。

由设计要求输出电压最大值 $U_{\text{Omax}}=15\text{V}$ ，得电容器上的压降 $U_c=U_{\text{Omax}}+U_{\text{CES}}$ ，其中 U_{CES} 为调整管 VT_1 的C、E间的饱和压降，取 $U_{\text{CES}}=3\text{V}$ ，得 $U_c=18\text{V}$ 。

正常工作时，电容器不停地充电和放电，其两端的电压 $U_c=(1.1\sim 1.2)U_{\text{次}}$ 。

取 $U_c=1.2U_{\text{次}}$ ，得： $U_{\text{次}}=U_c/1.2=18/1.2=15\text{V}$ 。

3. 基准电压电路

基准电压电路由限流电阻 R_1 和稳压二极管 D_z 组成，稳压管 D_z 上的电压即为基准电压 U_{DZ} 。 U_{DZ} 将与采样电路提供的采样电压进行比较，它们的差值将由放大电路做放大处理。选基准电压为6V，可选稳压管2CW54，其稳定电压 U_{DZ} 为5.5V~6.5V。

4. 采样及比较放大电路

采样电路由 R_4 、 R_5 和 R_w 组成，该部分电路与负载 R_L 并联。当输出电压 U_o 的值发生变化时，由采样电阻对该变化量进行采样，并将采样值送至比较放大电路的输入端^[9]。

取样电路中 VT_3 基极的电位： $V_{B3}=U_{\text{DZ}}+0.7=6.7\text{V}$ 。

因输出电压 U_o 要求在8V~15V，最大值 $U_{\text{Omax}}=15\text{V}$ ，最小值 $U_{\text{Omin}}=8\text{V}$ 。

有： $U_{\text{Omax}}=(R_4+R_w+R_5)\times V_{B3}/R_5$

$U_{\text{Omin}}=(R_4+R_w+R_5)\times V_{B3}/(R_5+R_w)$

比较放大电路由三极管 VT_3 组成，该部分电路将采样电压与基准电压的差值进行放大，之后将放大后的信号传送到调整管的基极。

5. 调整电路

调整电路由三极管 VT_1 、 VT_2 组成，为了扩大输出电流，将 VT_1 、 VT_2 连成复合管。电路中将此复合管串联在输入电压 U_1 与输出电压 U_o 之间，所以该部分电路又称为串联型直流稳压电路。

当输出电压 U_o 发生变化时， VT_1 、 VT_2 组成的复合管的集电极与发射极之间的电压 U_{CE} 会随之发生相应的变化，用来补偿 U_o 的波动，从而起到稳定 U_o 的目的^[10]。

因变压器最高输入电压为242V时，变压器次级电压为 $U_{\text{次}}=18.7\text{V}$ ，此时电容器上的压降 $U_c=1.2U_{\text{次}}=1.2\times 18.7=22.44\text{V}$ 。

所以调整管最大管压降为： $U_{\text{CE}}=U_c-U_E=U_c-U_o=22.44-15=7.44\text{V}$ 。

假设设计要求输出电流： $I_o=1\text{A}$ ，取其最大值 $I_{\text{OM}}=1.2\text{mA}$ ，则调整管最大集电极耗散功率为： $P_{\text{CE}}=U_{\text{CE}}\times I_{\text{OM}}=7.44\times 1.2=8.9\text{W}$ 。

取 $P_{\text{CM}}=15\text{W}$ 。

由上分析， VT_1 可选用3DA1型大功率NPN硅管，也可用3DA4、3DD4、3DD01等型号的三极管。 VT_2 选用NPN型小功率硅管，可选用3DG4、3DG6、3DK3等型号，也可选用电流放大系数 β 较大的9011、9013、9014等型号。

6. 保护电路

保护电路由 R_3 组成，实现过流保护、短路保护和过载保护等功能。当 $I_{\text{OM}}=1.2\text{A}$ 时保护，取 R_o 即 $R_3=0.6\Omega$ ，则 $U_{\text{RO}}=1.2\times 0.6=0.72\text{V}$ 。

三、结论

实际应用中，给电子电路供电的直流电压多数是由交流电网电压转换得到，当电网电压或负载电阻变化时，上述几种直流稳压电源都可输出较为稳定的直流电压值。随着电子产品向高精度、高性能稳定性和高可靠性的方向发展，对直流稳压电源也提出了更高的要求。比如可以对电压、电流等参数进行精确调节，以满足不同设备的供电要求，同时需具有多重保护功能，能够在电子设备出现故障时及时切断供电，保护设备不受损坏等，这些都有待于对直流稳压电路进行进一步的优化和完善，可通过结合数字控制技术得以提高其各方面的性能，使其在电子电路中发挥更好的作用。

参考文献

- [1] 崔建国，宁永香. 输出电压值可调的稳压电路的设计[J]. 电子世界，2020，(10): 120-121.
- [2] 商林，赵新. 宽输入高稳定输出的稳压电源设计与实现[J]. 襄阳职业技术学院学报，2020，19(02): 73-76.
- [3] 冯瑞珏，李志锋，马海霞，等. 直流稳压电源实验案例的设计与教学[J]. 中国现代教育装备，2021，(13): 127-130.
- [4] 王凤国，陈小雷，许宝立，李信. 一种稳压电源远端供电电压补偿方法设计[J]. 电子器件，2019，42(04): 827-831.
- [5] 卿丹. LM317可调直流稳压电源的设计与制作[J]. 教育视界，2024，(Z1): 53-57.
- [6] 黄美红，熊斌. LM317可调直流稳压电源的制作[J]. 电子制作，2016，(18): 32.
- [7] 曹嘉伟. 输出电压值可调的稳压电路的设计[J]. 电子制作，2019，(19): 78-79.
- [8] 禹旺兵，邹孝，刘万新. 反激式开关稳压电源实验教学案例设计[J]. 电子制作，2019，(15): 87-89+68.
- [9] 刘晓文，郭雨，薛雪. 磁耦合谐振式无线电能传输的智能稳压电源设计与实践[J]. 实验室研究与探索，2019，38(09): 112-115.
- [10] 谢永超，严俊，杨利. 一种数字式可调稳压电源系统的设计[J]. 计算机测量与控制，2021，29(04): 251-255.

浅谈超控在内话系统中的应用

饶家兴

民航华北空管局, 北京 100621

摘 要： 本文根据作者的实际工作与测试经验，对内话系统超控功能的实现原理、应用场景以及未来展望进行研究，旨在提升系统维护人员对超控功能的理解和对未来技术发展趋势的学习。

关 键 词： 内话系统；超控；E1；VoIP

A Brief Discussion on the Application of Override Control in Voice Switch System

Rao Jiaxing

North China Air Traffic Control Bureau, Beijing 100621

Abstract： Based on the author's practical work and testing experience, this paper studies the implementation principles, application scenarios, and future prospects of the override function in the internal communication system. The aim is to enhance system maintenance personnel's understanding of the override function and their learning of future technology development trends.

Keywords： internal communication system; override; E1; VoIP

引言

随着社会经济的持续发展和人民生活水平的不断提高，航空已成为人们重要的出行方式之一。十四五规划以来，国内国际航班数量大幅增长，全国各地新机场项目如雨后春笋，民航管制扇区数量持续增加，管制扇区功能也划分得更加细致，中大型机场多跑道平行进近也已成为常态。在管制部门压力逐渐增加的同时，对于空管设备硬件以及人员技术保障能力的要求也在迅速提升，特别是管制部门对可靠的地空通信业务的需求，更是确保民航空管安全运行的重中之重。

一、超控功能介绍

频率超控技术主要应用场景是在发生航空器故障、紧急着陆等紧急事件时，进近管制员需要迅速接管通信频率，以便指挥特情航空器规避险情，还有当塔台通信系统发生故障或无法正常工作，进近管制员可以通过频率超控接管塔台频率，确保通信的连续性，以及多跑道独立进近模式时的技术支撑。北京首都国际机场和北京大兴国际机场均为多跑道运行，国际民航组织 ICAO 以及中国民航局对多跑道运行的设备技术条件有详细规定，运行基本条件除了要求具备高精度的场面监视雷达，还特别提出了频率超控^[1]。民航总局 123 号令《平行跑道同时仪表运行管理规定》第三十九条，实施相关平行仪表进近应当具备下列条件中第七项，进近管制员具备超控塔台管制员无线电通话的能力。与此相呼应，在《MH/T 4027-2019 民用航空空中交通管制语音通信交换系统技术要求》中对超控功能进行了详细的功能定义，5.2.10 中明确指出，内话系统应具有 PTT 超控功能，能设置席位对指定频率的超控权限，当多个席位选择相同的频率时，具有超控权限的席位通过占用 PTT，能超控正在进行发射的其他席位，其他席位

的 PTT 信号失效，同时，其他席位的音频输入输出设备产生被超控声音提示^[2]。

二、超控实现原理

频率超控作为内话系统中一项非常重要的无线功能，它的实现原理并不十分复杂，主要是通过空管内话系统中的硬件控制或软件配置对频率资源进行灵活地管理和控制。频率超控的实现原理根据使用场景以及所使用内话系统的不同，可分为内话系统内超控和内话系统间超控两大类。内话系统间超控按实现手段可以再细分为基于 E1 技术超控和基于 VoIP 技术超控。

（一）系统内超控

在同一内话系统中，我们超控功能常用的两个场景，一个是在同一席位中，管制教员为及时纠正错误指令，对学员的超控；另一种是主任管制员对管制席位的超控。无论音频矩阵中定义席位配置几个插孔盒，在非地空分离模式下，同一席位的 CO 接口都是可以超控 OP 接口的，使用 OP 接口的管制员将无法发话，此时席位的频率组并不会有任何的提示，这也是符合相关的技术

作者简介：饶家兴（1994.09-），男，汉族，北京，大学本科，空管地空通信专业。

要求的。在同一内话系统中，席位间超控的实现，以 Frequentis VCS3020X 系统为例，它依赖于逻辑扇区的频率优先级配置，在 preemption 选项中有数字 0-5 可以选择，0 代表不配置超控优先级，1-5 数字越大，代表超控的权限越高，当席位无线频率被超控时，被超控的频率组会显示红色，并有声音提示。根据各个现场的管制需求，我们还可以勾选 No priority override 功能项，使得正在启用的超控通话不会被更高级别的席位超控^[3]。飞坤内话系统中还有一个 Multiple OP PTT: Tx Voice Conferenced 选项，系统默认设置不勾选，按照超控规则只能有一个席位发射语音；勾选后系统同一个频率可以允许多个席位同时发射，发射音频为混音，此时超控不再生效，自锁同样失效。

（二）系统间超控

1. 基于 E1 技术超控

内话系统间超控功能可以通过 E1 频率共享的方式实现。例如飞坤 VCS3020X 系统的 E1 共享频率的方式依托于 GPIF04.xx 硬件，通过软件配置，双方 E1 联网板卡的时隙匹配，来实现两套内话系统间频率超控。

E1 的帧结构由 32 个时隙组成，每个时隙带宽为 64kb/s，可以用于传输一路 PCM 语音信号。一路 PCM 语音信号抽样频率为 8000Hz，即抽样周期为 125 μ s，这就是一帧的时间。将 125 μ s 按 TDM 的方式分为 32 个时隙，每个时隙容纳 8bit，就组成了 E1 的基本帧结构常用的 E1 帧结构称为 PCM30，即一个 E1 帧利用 30 个时隙传输 30 路语音信号，其中 TS0 用于帧同步，TS16 用于控制信令，TS1-15 及 TS17-31 用于传输共 30 路语音信号。所以使用的 GPIF04.xx 硬件，可以实现 30 个频点的 E1 频率共享^[4]。

频率共享分为共享方和被共享方，比如塔台被进近超控，那么塔台为共享方，进近则为被共享方。共享方（通常为塔台）创建 Ropif Groups 共享组：首先要在内话系统的客户端上创建新的 E1 无线板卡，并进行相应的软件设置，其中 E1 板卡类型选择 RAIFDigital，无线接口类型选择 DigitalRadio；随路信令类型选择 InternVCS。在共享组中创建相应的频率组，将系统中需要被共享的资源与 E1 板卡中的某个信道进行关联，此处的 Preemption 是用来定义被共享方的优先级，通常设置为较高的数值，超控时系统会将这个优先级数值与该频率在共享方角色上的优先级进行比较，从而实现频率超控功能。

被共享方（通常为进近）也需要在客户端创建 E1 无线板卡，并进行相应的软件设置，与共享方相同，板卡类型选择 RAIFDigital，无线接口类型选择 DigitalRadio；随路信令类型选择 InternVCS；共享方不需要创建 Ropif Group，也无需设定超控的优先级，只需要在超控所需的频率组中创建一个新频点，然后将前面创建的 GPIF04.XX 板卡里的指定信道与该频点进行关联，值得注意的是这里关联的通道号应于共享方相应频点的通道号一致^[5]。

系统间的频率共享可以通过 E1 技术实现，而共享方的控制信息，例如频点的点选状态是不能够通过 E1 的时隙传递到系统之外的，所以超控发起方在被超控方不发话时就无法获取其频点的点选状态，存在着无法实现超控功能的风险。对此，我们通常

会有两种解决方案：第一种，超控发起方与被超控方相互协商确定使用的频点。这种方法的缺点是会对频率使用者造成不必要的限制，以及在更换频点后需要与被共享方重新进行协商。第二种方法是在被共享方的客户端将超控频率的各个频点设置不同的频偏，在超控时就可以使用频率群发功能，这样无论被超控方使用任何频点，超控方都可以成功实现对其超控。群发功能的实现需要内话系统与电台端共同对频偏进行设置，飞坤内话系统的频偏设置从 minus3 到 0 再到 plus3 一共有 7 个频偏值，在 FRQ7.1 及其以前的系统版本中客户端设定频偏值与实际电台端频偏值并无关联，只是用作系统内部对频偏与否的判断，换言之，一个频率的两个不同频点，在内话端设置不同的频偏值，而电台端未进行频偏设置，频率群发功能仍可以生效，但两个频点之间会产生同频干扰。

2. 基于 VoIP 技术超控

在网络技术不断发展的今天，VoIP 在空管内话系统中的应用也是日益增加，目前 VoIP 技术逐步应用于内话系统、甚高频电台、语音记录仪之间的互联互通以及有线无线功能的实现。

VoIP (Voice over Internet Protocol) 是把语音信号经过脉冲编码调制转换为数字信号，然后对数字信号进行封装，网络设备根据数据包中的 IP 地址信息来确定传输路径，并将这些数据通过互联网协议 (IP) 进行传输，当数据包到达目标地址时，它们被解包并解码，还原为原始的语音数据。然后，被转换为模拟信号的音频通过终端设备播放出来，从而实现语音通信^[6]。

首先，VoIP 相比于传统的模拟信号传输方式，能够大大提高带宽利用率，这意味着在内话系统中使用 VoIP 技术可以更有效地利用有限的网络资源。其次，VoIP 采用成熟的语音处理技术和 QoS (Quality of Service) 质量监控，使得语音信号的传输更加可靠及时。其次，由于 VoIP 技术基于互联网进行语音通信，无需额外的电话线路费用，因此可以大大降低内话系统的运行成本。与此同时，VoIP 技术具有国际统一的协议标准，使得各个厂商不同型号的的内话系统得以相互兼容，内话系统间的互联变得更加灵活便捷。

不同品牌内话系统之间的 VoIP 联网通信，要求内话系统接口部分的对外通信应符合 ED137 相关标准，在使用 VoIP 技术超控实现超控时，主要关注无线通信 RTP-HE 中 PTT type，PTT id 的数值及其含义。ED137 标准中 Radio:5.5.5 章节中，对 RTP-HE 字段进行了阐述，其中 PTT type 用一个三位的二进制数进行表示，该字段定义了 VCS 端点向 GRS 收发器 / 发射器端点发送的 PTT 类型，用于激活发射，换算成十进制后，0 代表此时无 PTT 激活；1 代表 PTT 激活，优先级为 Normal；2 代表频率耦合下的 PTT 激活；3 代表 PTT 激活，优先级为 Priority；4 代表 PTT 激活，优先级为 Emergency，其余数值含义为保留。对于 GRS 设备而言，优先级为 Emergency 的 RTP 音频数据流可以抢占优先级为 Priority 的 RTP 音频数据流的发送；优先级为 Priority 的 RTP 音频数据流可以抢占优先级为 Normal 的 RTP 音频数据流的发送；而 GRS 设备的参数设定决定了 Coupling PTT 与其他优先级的 PTT 的关系：混音或者耦合发射被抢占。^[7]

PTT id 是 SIP 通话建立过程中, 由 GRS 端点为 VCS 端点分配, 在 SIP 通话建立期间采用 SDP 属性在 200 OK 响应中发送。PTT-id 值的范围应在 1 到 SIP 通话最大允许数量, 我们在 RTP 数据流中根据 PTT id 的变化来验证超控功能的实现^[8]。

GRS 端电台使用收发一体机，电台 ip 地址设为 25.2.1.11，电台端发射配置为 PPT 自锁；

VCS 端内话 A 系统 ip 地址为 26.2.1.41，内话端 PTT type 设为 Emergency；

VCS 端内话 B 系统 ip 地址为 26.1.1.1，内话端 PTT type 设为 Normal。

[illegible]

> 图1

图1为电台发给内话 A 系统的 R2S 包中的信息, 其中 PTT type 为 Normal, PTT id 为 4, 为内话 B 系统正在发射;

[illegible]

> 图2

图2为电台发给内话 A 系统的 R2S 包中的信息, 其中 PTT type 为 Emergency, PTT id 为 3, 表示内话 A 系统优先级为

Emergency 的发射已经成功抢占内话 B 系统优先级为 Normal 的发射, 从而实现了不同内话系统间基于 VoIP 技术的频率超控功能。

三、现存问题

当系统间的频率通过 E1 技术实现共享时, 共享方席位上对频点的选中状态不能够通过 E1 的时隙传递给对端内话系统, 所以超控发起方在被超控方不发话时就无法获取其频点的点选状态, 存在着无法实现超控功能的风险^[9]。对此, 我们通常会有采取超控发起方群发或超控方与被超控方事先进行商定的方法来规避因不能读取被控方席位频点选中状态导致超控失效的风险。值得一提的是, 同一品牌的内话系统在不同硬件版本下, 超控功能实现的细节也是有所差异的。飞坤 VCX3020X Rel7.1 通过 E1 频率共享群发超控飞坤 VCX3020X Rel7.1 时, 只有被超控方选中的频点可以对外发射; 与之不同的是飞坤 VCX3020X Rel7.1 通过 E1 频率共享群发超控飞坤 VCX3020X Rel5.0 时, 被超控方所有频点群发。在大型机场的运行环境下, 可能存在多现场, 多品牌, 多版本内话系统的同时运行, 我们应注意发现和识别系统间的差异, 以便对系统间的深入理解和故障的排查。

四、结束语

随着航班量的日益增长,作为平行跑道同时仪表运行的重要保障手段,内话系统频率超控功能也随之变得越来越重要。VoIP 技术作为一种新兴的语音通信技术,在内话系统中展现出了巨大的潜力和优势^[10]。VoIP 技术在互联互通上拥有全球统一的通信标准,这有助于打破各品牌内话系统在私有协议上的技术壁垒,使得内话系统对外的互联互通更加便捷、经济、可靠和灵活。随着技术的不断发展,VoIP 技术在内话中的可能拓展到远程维护、故障排查等。作为技术维护人员我们也应注意未来通信技术的发展趋势,不断加强 VoIP 技术知识的学习与运用,在今后系统间的互联互通,内话网络安全和隐私保护的、故障的分析与排查、系统性能的监控与提升中做出应有的贡献,为我国民航事业的蓬勃发展添砖加瓦。

参考文献

- [1] 贺丽雅. 北京新机场及首都机场多套内话系统运行模式探索与研究 [A]. 北京: 民用机场, 2021.
- [2] 李博 刘彤. 基于 VoIP 模式下不同内话系统间超控功能的研究与实现 [J]. 北京: 民航学报, 2022.
- [3] 孙英晖, 杨康, 张朋. 空管内话系统 VoIP 场景共享通信设计 [J]. 指挥信息系统与技术, 2023.
- [4] 郑青青, 田才艳. 基于 VOIP 的空管语音交换系统 [J]. 长江信息通信, 2024.
- [5] 于兆鹏, 魏金光, 周斐, 等. 基于 SIP 协议的高可用 VoIP 音频通信系统设计与实现 [J]. 电子技术, 2023.
- [6] 潘蒙. VoIP 技术在民航 VHF 通信中的优势及发展 [J]. 通讯世界, 2019.
- [7] 胡丹. VoIP 空中交通管理系统甚高频电台网关设计 [J]. 电讯技术, 2019.
- [8] 曾锐华. 浅谈 VoIP 技术在 ATC 地空通信系统中的延时 [J]. 信息通信, 2019.
- [9] 杨连军. ED137 标准在空管语音通信系统中的应用研究 [J]. 空运商务, 2019.
- [10] 纪凌. 基于 VoIP 协议的电台控制系统及其应用研究 [D]. 南京理工大学, 2018.

