

# 现代工程学

## Modern Engineering



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 Member

Xiaoli He

Zhejiang Tongfang Engineering Management Consulting Co., Ltd

Xiaoshi Yan

Chifeng Saige Architectural Planning and Design Co., Ltd

Jiaming Li

North CMA Technology Co.,Ltd.

Xiao Yu

Chongqing Zongheng Engineering Design Co., Ltd.

# 现代工程学

Modern Engineering

第1卷 第2期 2024年4月刊

主管 ART AND DESIGN PRESS INC.

主办 ART AND DESIGN PRESS INC.

编辑 《现代工程学》编辑部

ISSN(O): 2996-6981

ISSN(P): 2996-6973

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。



## 建筑工程 | ARCHITECTURAL ENGINEERING

- 005 房地产经纪服务中的建筑环境可持续性评估体系构建 郭俊玲  
Construction Of Sustainable Evaluation System Of Built Environment  
In Real Estate Brokerage Service Guo Junling
- 008 西藏自治区建筑物混凝土在全寿命  
周期内降低碳排放分析 李依桐, 郝天琪<sup>\*</sup>, 张雪  
Analysis Of Carbon Emission Reduction Of Building Concrete During Its  
Life Cycle In Tibet Autonomous Region Li Yitong, Hao Tianqi<sup>\*</sup>, Zhang Xue
- 011 关于拆分项目规避招标数据模型的研究 卢亚茹  
Research On Splitting The Project Avoidance Of Bidding Data Model Lu Yaru
- 015 住宅建筑工程技术管理与质量控制策略 彭锐江  
Technical Management And Quality Control Strategies  
For Residential Construction Engineering Peng Ruijiang
- 018 浅谈预制梁生产施工质量控制要点 任铁军  
Talking About The Key Points Of Quality Control  
In Production And Construction Of Prefabricated Beams Ren Tiejun
- 021 再生建筑材料在结构加固  
修复中的应用思考 苏唤东, 李金峰<sup>\*</sup>, 郝天琪, 吴欣航, 达瓦, 代志敏  
Consideration On The Application Of Recycled Building Materials  
In Structural Reinforcement And Restoration Su Huandong, Li Jinfeng<sup>\*</sup>, Hao Tianqi,  
Wu Xinhang, Da Wa, Dai Zhimin
- 024 大断面地下洞室混凝土衬砌施工技术研究 王靖玮, 郝卫超, 汪翔, 刘东  
Study On The Construction Technology Of Concrete Lining Of Large  
Section Underground Cave Wang Jingwei, Hao Weichao, Wang Xiang, Liu Dong
- 027 水利工程施工中混凝土防裂技术的优化与应用探讨 闫平安  
Discussion On The Optimization And Application Of Concrete Crack Prevention  
Technology In Water Conservancy Project Construction Yan Ping'an
- 030 预制梁场中钢筋加工和钢筋安装智能化技术应用综述 张达志<sup>1</sup>, 李宜达<sup>2</sup>  
Review On The Application Of Intelligent Technology Of Rebar Processing  
And Rebar Installation In Beam Fabrication Yard Zhang Dazhi<sup>1</sup>, Li Yida<sup>2</sup>
- 033 影响城市园林绿化管护质量的因素及对策 张晶  
Factors Affecting The Quality Of Urban Landscape Management  
And Protection And Countermeasures Zhang Jing
- 036 基于市政道路桥梁隧道软土地基处理措施探讨 朱振涛  
Discussion On Treatment Measures Of Soft Soil Foundation Based  
On Municipal Roads, Bridges And Tunnels Zhu Zhentao
- 039 高新技术产业开发区安全管理体系建设研究 路晓锐  
Research On The Construction Of Safety Management System  
In High Tech Industrial Development Zone Lu Xiaorui

## 机械工程 | MECHANICAL ENGINEERING

- 042 某发动机电子控制器密封性研究 吴兴浪, 颜鹏程, 曾夏青, 黄欢, 徐滔  
Study On Sealing Property Of An Engine Electronic  
Controller Wu Xinglang, Yan Pengcheng, Zeng Xiaqing, Huang Huan, Xu Tao

|     |                                                                                                                                                        |                                                                                        |
|-----|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------|
| 045 | 过程控制系统中热工参量检测误差的分析、处理与应用<br>Analysis, Treatment And Application Of Thermal Parameter Detection Errors In Process Control System                        | 杜晓妮<br>Du Xiaoni                                                                       |
| 048 | 基于机器视觉的车辆行人检测与主动避让技术研究<br>Research On Vehicle Pedestrian Detection And Active Avoidance Technology Based On Machine Vision                             | 梁金兰<br>Liang Jinlan                                                                    |
| 051 | 现代工程设计施工中数字化技术应用的效益评估<br>Benefit Evaluation Of Digital Technology Application In Modern Engineering Design And Construction                            | 夏骏<br>Xia Jun                                                                          |
| 054 | 民用航空发动机燃油附件恒加速验证符合性分析方法研究<br>Study On Conformance Analysis Method For Constant Acceleration Verification Of Fuel Accessories Of Civil Aviation Engines | 游雅利, 曾夏青, 张伟锋, 江平, 许晨昱<br>You Yali, Zeng Xiaqing, Zhang Weifeng, Jiang Ping, Xu Chenyu |
| 056 | 微波光电调制器的封装设计<br>Package Design Of Microwave Electro-Optic Modulator                                                                                    | 崇毓华, 曹继明, 田朝辉<br>Chong Yuhua, Cao Jiming, Tian Zhaohui                                 |
| 058 | 某发动机动力涡轮转速信号采集优化研究<br>Study On Optimization Of Speed Signal Acquisition For Power Turbine Of An Engine                                                 | 吴兴浪, 颜鹏程, 曾夏青, 黄欢, 徐滔<br>Wu Xinglang, Yan Pengcheng, Zeng Xiaqing, Huang Huan, Xu Tao  |

## 信息工程 | INFORMATION ENGINEERING

|     |                                                                                                                                           |                                   |
|-----|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------|
| 061 | 协同安全运营综述<br>Overview of Collaborative Security Operations                                                                                 | 陈晔<br>Chen Ye                     |
| 065 | 信息化系统工程项目管理中的流程优化与效率提升<br>Process Optimization And Efficiency Improvement In Information System Engineering Project Management            | 单宏超<br>Shan Hongchao              |
| 068 | 智能天线技术在无线通信中的应用与分析<br>Application And Analysis Of Smart Antenna Technology In Wireless Communication                                      | 刘畅<br>Liu Chang                   |
| 071 | 网络化多智能体系统的事件触发一致性研究<br>Study On Event Triggering Consistency Of Networked Multi-Agent Systems                                             | 娄全福, 余丽娟<br>Lou Quanfu, Yu Lijuan |
| 074 | 第三方检验检测实验室 HSE 管理体系建设与实践<br>Construction and Practice of HSE Management System for Third Party Inspection and Testing Laboratories        | 施兵<br>Shi Bing                    |
| 077 | 红外与可见光图像融合技术的研究与应用<br>Research And Application Of Infrared And Visible Image Fusion Technology                                            | 涂毅晗<br>Tu Yihan                   |
| 080 | 基于大数据技术的城市内涝预警仿真平台设计与实现<br>Design And Implementation Of Urban Waterlogging Early Warning Simulation Platform Based On Big Data Technology | 吴建<br>Wu Jian                     |

## 能源工程 | ENERGY ENGINEERING

|     |                                                                                                                                                                  |                                                                           |
|-----|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------|
| 083 | 新能源风电工程建设施工的管理分析<br>Management Analysis Of New Energy Wind Power Project Construction                                                                            | 李俊才<br>Li Juncai                                                          |
| 086 | 新能源工程主要电气设备质量技术选型标准化研究<br>Study On Standardization Of Quality Technology Selection Of Main Electrical Equipment In New Energy Engineering                        | 李林, 卢明玥, 朱晓松, 徐辉, 乔学<br>Li Lin, Lu Mingyue, Zhu Xiaosong, Xu Ye, Qiao Xue |
| 089 | 用户综合能源系统一体化规划设计研究及应用<br>Research And Application Of Integrated Planning And Design Of User Integrated Energy System                                              | 李小仕, 王雅婷<br>Li Xiaoshi, Wang Yating                                       |
| 093 | 光伏并网箱技术创新对可再生能源并网效率的影响探讨<br>Discussion On The Influence Of Photovoltaic Parallel Cage Technology Innovation On The Grid-Connected Efficiency Of Renewable Energy | 王球飞<br>Wang Qiufei                                                        |
| 096 | 电动汽车智能电池寿命预测系统的准确性评估与改进策略<br>Accuracy Evaluation And Improvement Strategy Of Electric Vehicle Intelligent Battery Life Prediction System                         | 魏海连<br>Wei Hailian                                                        |
| 099 | 基于点云的变电站工程测绘信息提取<br>Substation Engineering Mapping Information Extraction Based On Point Cloud                                                                   | 杨涛<br>Yang Tao                                                            |
| 102 | 有关煤矿采矿安全管理与事故防范的探讨<br>Discussion On Mine Safety Management And Accident Prevention                                                                               | 尹耀辉<br>Yin Yaohui                                                         |

# 房地产经纪服务中的建筑环境可持续性评估体系构建

郭俊玲

长治市公共资源交易中心，山西 长治 046000

**摘 要：** 房地产行业是影响全球资源消耗与环境的一个重要方面，房地产行业的可持续发展越来越受到关注。背景主要集中在房地产经纪服务对促进建筑环境可持续性发展的重要性。旨在论述建筑环境可持续性评价体系建设的必要性，可行性和实施策略。采用理论分析和国内外房地产经纪服务环境评估体系对比的方法，对评估体系目标、评估原则、评估框架设计、评估指标体系和评估方法及技术路径进行构建。得出结论：通过科学合理的评估体系能够增强房地产经纪服务专业性、推动房地产行业可持续发展并对相关领域具有理论参考与实践指导作用。

**关 键 词：** 房地产经纪服务；建筑环境可持续性；评估体系构建；可持续发展；房地产行业

## Construction Of Sustainable Evaluation System Of Built Environment In Real Estate Brokerage Service

Guo Junling

Changzhi Public Resources Trading Center, Changzhi, Shanxi 046000

**Abstract：** The real estate industry is an important aspect that affects the global resource consumption and environment, and the sustainable development of the real estate industry has attracted more and more attention. The background focuses on the importance of real estate brokerage services in promoting sustainable development of the built environment. The purpose is to discuss the necessity, feasibility and implementation strategy of the evaluation system of built environment sustainability. By using the method of theoretical analysis and comparison of domestic and foreign real estate brokerage service environment assessment system, the evaluation system objectives, evaluation principles, evaluation framework design, evaluation index system, evaluation methods and technical paths are constructed. It is concluded that the scientific and reasonable evaluation system can enhance the professionalism of real estate brokerage services, promote the sustainable development of real estate industry, and provide theoretical reference and practical guidance for related fields.

**Keywords：** real estate brokerage service; built environment sustainability; evaluation system construction; sustainable development; real estate industry

## 引言

全球环境挑战日益严峻，作为资源消耗与碳排放主要源头的房地产行业的可持续发展越来越引起人们的重视。房地产经纪服务是开发商和消费者之间的关键联系纽带，在促进建筑环境可持续性发展中起着举足轻重的作用。文章将在阐述房地产经纪服务和建筑环境可持续性之间关系的基础上，对评估体系构建的必要性进行分析，探究评估体系构建的可行性和实施策略。通过评估体系的建设，既能提升房地产经纪服务专业水平、推动房地产行业绿色发展、又能给消费者带来更多综合服务、精准的建筑环境信息指导消费者进行更环保的抉择。并将中外房地产经纪服务环境评估体系作了对比分析，为建立适合中国国情的评估体系作参考。

## 一、房地产经纪服务与建筑环境可持续性

### （一）房地产经纪服务概述

房地产经纪服务指房地产交易中的专业经纪人为房地产交易提供房源信息收集、发布、交易撮合、价格谈判、签订合同等中介服务。在房地产市场飞速发展的今天，房地产经纪服务已经成

为联系房地产开发商，投资者与消费者之间的首要环节。但目前房地产经纪服务对促进建筑环境可持续性的促进作用还没有完全发挥出来，因此有必要建立一个科学而系统的评价体系，以期指导房地产经纪服务为建筑环境可持续发展提供更优质的服务。

房地产经纪服务最核心的价值是推动房地产市场高效运行，合理分配资源。在此过程中房地产经纪人必须有专业市场分析能

作者简介：郭俊玲（1987.05.23-），性别女，政治面貌群众，学历大学本科，研究方向房地产经纪等。

力、风险评估能力以及沟通协调能力才能保证交易顺利进行。但传统房地产经纪服务通常更多地关注交易及时利益而忽略建筑环境长远可持续性。比如进行房源推荐时，经纪人有可能优先选择外观奢华且价格较贵的楼盘进行推荐，却忽视了其对能源的消耗和对环境的影响这一潜在问题。这一短视行为有损消费者长远利益和房地产行业可持续发展。

## （二）建筑环境可持续性的概念与重要性

建筑环境可持续性涉及建筑设计、建造、运行直至拆除等全生命周期，其目标是使环境、经济与社会三要素平衡发展，谋求资源高效利用与环境影响最小化。它以达到人类活动和自然环境和谐共生为中心目的。在全球气候变化、资源日趋紧张等挑战下，建筑环境可持续性问题受到国际社会普遍关注。

建筑环境的可持续性，其重要性体现在几个层次上。建筑业是全球能源消耗与温室气体排放的重要组成部分，提高建筑能源效率、利用清洁能源可显著减少对环境造成的不利影响。推广可持续建筑有利于减少运营成本、提高经济效益、给业主及使用者带来长期经济利益。推广绿色建筑与生态建筑，既能改善居民生活质量又能推动社会和谐发展。

## （三）房地产经纪服务在建筑环境可持续性中的作用

房地产经纪服务是房地产开发商和消费者之间的关键联系纽带，对促进建筑环境可持续性起着关键作用。房地产经纪人员可通过宣传教育活动促进消费者了解可持续建筑并满足其需要。通过将绿色建筑、生态建筑等优点介绍给消费者，指导消费者挑选环保节能的居住及办公空间；可参与建筑环境可持续性评价体系建设与实施。本文对房地产项目进行评价，以期给开发商及消费者一个客观公正的评价结果来推动房地产行业良性发展。

构建房地产经纪服务建筑环境可持续性评价体系需要遵循如下原则：一是评价体系要以客观数据为依据，以科学的分析方法为手段，保证评价结果准确可靠；二是评估体系要涵盖建筑全生命周期各阶段并综合考虑环境，经济，社会三大要素；三是评估体系要通俗易懂、适用，方便房地产经纪人员及消费者；四是评估体系要随技术进步与市场需求而不断地更新与改进。

# 二、建筑环境可持续性评估体系的理论基础

## （一）可持续发展理论

可持续发展理论为评估体系的构建奠定了理论基石。这一理论强调经济、社会、环境协调发展，寻求人与自然和谐相处。在房地产经纪服务当中，可持续发展理论需要房地产经纪服务在注重经济效益的前提下，综合考虑社会与环境效益来推动房地产行业持续发展。

可持续发展理论最核心的内容是：合理使用与保护资源，保障资源可持续使用；保护环境与改善、降低房地产项目带来的不利环境影响；维护社会公平与公正，维护不同人群利益与需要。在促进房地产经纪服务可持续发展过程中需要兼顾经济，社会与环境之间的相互关系，才能使房地产项目得到全面，协调与可持续发展。

## （二）绿色建筑与生态建筑理论

绿色建筑与生态建筑理论对房地产经纪服务建筑环境可持续性评价体系的构建提供了具体技术路径与实践指导。生态建筑理论更加重视建筑与自然环境之间的协调共生关系，它强调建筑要遵循自然规律、利用自然资源、使建筑与环境互相促进、互相配合。在房地产经纪服务方面，绿色建筑与生态建筑理论对评估体系起到了如下引导作用：在建筑设计阶段要充分考虑到建筑节能、节水、节地、节材等因素，增强其绿色性能；在建筑施工阶段要使用环保材料与施工技术来降低建筑施工带来的环境影响；在建筑运营阶段要加强节能管理与环境监测以提升其生态效益。

## （三）房地产经纪服务与环境评估的关联性

建筑环境可持续性评价体系中房地产经纪服务起着关键作用。房地产经纪服务既是房地产开发商与消费者之间信息交流平台，又应该是绿色建筑、生态建筑理念宣传的通道。通过房地产经纪服务能够有效地将环境评估理念融入房地产交易过程之中，指导消费者选择更加环保和节能的居住或者商业物业。另外，房地产经纪服务通过为房地产开发商提供环境评估专业咨询服务来帮助房地产开发商进行建筑设计优化和改善其环境性能，使房地产行业能够持续发展。

## （四）国内外房地产经纪服务中环境评估体系的比较分析

从国际上看，很多发达国家都已建立起一套比较成熟的房地产经纪服务环境评价体系。举例来说，在美国，房地产经纪服务通常会提供由 LEED（Leadership in Energy and Environmental Design）认证的绿色建筑评估服务，以帮助消费者识别和选择符合环保标准的建筑。在欧洲，房地产经纪服务更加重视建筑的能源效率和碳排放问题，通过提供 BREEAM（Building Research Establishment Environmental Assessment Method）等评估工具，引导消费者和开发商关注建筑的长期环境影响。

与此形成鲜明对比的是，房地产经纪服务中的环境评估还刚刚起步。尽管近年来随着绿色建筑、生态建筑等概念的普及，一些房地产经纪服务也开始尝试将环境评估服务引入其中，但是总体来看我国房地产经纪服务中环境评估的专业性、系统性仍有待完善。我国房地产经纪服务在今后发展过程中，应该吸取国外成熟的经验并结合本国国情，建立符合中国国情的环境评估体系来推动房地产行业可持续发展。

# 三、房地产经纪服务中的建筑环境可持续性评估体系构建

## （一）评估体系构建的目标与原则

房地产经纪服务建筑环境可持续性评价体系建设的核心目的是创建一个兼具权威性和实用性的评价框架，目的是深入融入和优化房地产市场绿色转型过程。既追求标准化和系统化，又致力于准确衡量和促进房地产项目环境友好和资源高效利用等综合能力。目标细化方面，通过对建筑全生命周期环境影响进行量化分析，包括碳排放量、水资源消耗和可再生能源利用率，启发开发商采用更环保的设计和建造策略以达到集约利用土地资源和切实



保护自然生态；提高房地产经纪人专业素养，让他们在科学评估结果的基础上为顾客提供专业全面的绿色房产建议，提高服务附加值，促进产业走向优质可持续发展；通过透明化的评估报告和评级体系提高消费者对于绿色建筑的价值认知，并鼓励他们优先考虑在设计，施工和经营各个阶段都能反映高度可持续性的房产项目，由此刺激市场需求，加快绿色建筑市场繁荣。

在原则遵循方面，突出科学性：以环境科学，经济学以及建筑学为支撑，以多学科交叉知识为基础，建立严密而科学的评估模型和指标体系，以保证评估结果准确和权威；系统性：从建筑项目规划布局，建筑材料，能源使用，水资源管理，室内环境质量和运营管理几个维度进行考虑，构成一个全面覆盖和相互联系的评估网络；可操作性：简化了评估流程、明确了评估标准和操作方法、保证了评估工作不仅能够深入、细致，而且能够高效、方便地运用到实际项目当中；动态性：跟上全球绿色建筑的发展趋势和技术创新的步伐，对评估体系进行定期的检讨和更新，以保证评估体系能灵活处理环境变化和新兴的挑战，继续领导产业向前发展。

（二）评估体系的框架设计

评估体系框架设计为评估体系建设提供了依据。一个合理的框架设计能够确保评估体系的系统性和完整性。评估体系框架设计应当包括如下内容：确定评估目标并保证评估体系目标符合房地产经纪服务现实需要；对评估内容进行界定，厘清评估体系涉及的各方面问题，例如环境保护，资源节约和社会影响；对评估方法进行筛选，并依据评估内容筛选出了适合自己的评估方法：定性评估，定量评估和综合评估；制定了评估流程，并明确了评估的各个步骤和流程，以确保评估工作能够顺利完成。

（三）评估指标体系的构建

评估指标体系在整个评估体系中处于核心地位，直接关系到评估结果是否准确可靠。评估指标体系的建构需考虑如下几个问题：指标的选取，依据评估目标及内容选取有代表性、可操作性强的指标；分类指标方面，把指标按不同维度划分，比如环境维度、经济维度和社会维度；对指标权重进行赋值，并依据其重要程度进行合理赋值，保证评估结果公正；理清指标数据来源、清晰指标数据出处及获取途径，保证数据准确可靠。通过构建科

学、合理的评估指标体系能够对房地产经纪服务进行精准评估，推动房地产行业可持续发展。

构建评估指标体系时应充分考虑房地产经纪服务特点与需要，保证评估指标体系适用有效。例如可设定下列类型的评估指标：能源消耗，水资源利用和废弃物处理的环境影响指标；资源利用效率指标包括建筑材料循环利用率 and 土地利用效率；社会影响指标如房地产项目对于周边小区的影响和居民生活质量。将上述指标结合起来，就能对房地产项目可持续性表现进行综合评价。

（四）评估方法与技术路径

评估方法与技术路径选择是评估体系有效执行的关键。评估体系的建构要依据评估目标，评估内容及指标体系来选择恰当的评估方法。常用评估方法有：定性评估通过专家打分和问卷调查评估房地产项目可持续性；定量评估通过对房地产项目各指标数据进行计算与分析得到评估结果；综合评估综合运用定性评估与定量评估相结合对房地产项目可持续性作出综合评价。

就技术路径选择而言，可采取如下方式：数据收集及处理通过对房地产项目相关信息及数据的搜集、整理、分析；在模型构建方面，依据评估目标及评估内容，构建了生命周期评估，成本效益分析及其他相关评估模型；软件工具应用方面，采用专业评估软件工具对数据进行录入，处理与分析，以提高评估效率与准确性；专家咨询方面，请房地产、环境与经济方面的专家加入到评估过程中，并提出专业意见与建议。

四、结束语

文章深入分析房地产经纪服务对推动建筑环境可持续性发展的关键作用，论证构建建筑环境可持续性评价系统的必要性和可能性。一般的看法是房地产行业是一个资源消耗和环境影响都很明显的行业，可持续发展议题非常关键。房地产经纪服务是连接房地产开发商和消费者的首要环节，在促进建筑环境可持续性方面有着显著作用。另外，本研究也为有关方面的研究奠定理论基础和实践指导，有一定的理论价值和实践意义。

参考文献：

[1] 朱大明. 当代建筑评论的新视野——可持续发展的绿色建筑[J]. 新建筑, 2000(3): 7-10.  
[2] 王姬. 基于三重底线理论的住宅建筑可持续性评估体系构建[J]. 建筑与文化, 2022(4): 63-64.  
[3] 乔丹阳. 基于熵值法的地方财政可持续性指标体系构建[J]. 华北金融, 2022(11): 86-94.  
[4] 刘蕾蕾. 降费背景下我国城镇职工基本养老保险可持续性指标体系构建与测度[J]. 时代金融, 2022(2): 64-66.  
[5] 毛珊珊, 史敏, 罗建. 基于生态修复的污水处理技术可持续性评价指标体系及方法[J]. 中南林业科技大学学报, 2021(12): 146-157.  
[6] 申莹. 基于模糊综合评价的环境可持续性评价指标体系构建研究[J]. 环境科学与管理, 2021(8): 180-184.  
[7] 秦家辉, 陈玖豪, 杨智豪. 高等教育体系健康状况与可持续性评估及预测[J]. 科技风, 2021(26): 139-141.  
[8] 蒋晨, 俞婷婷, 吴晓旭. 构建可持续性管理长效机制, 创造多方价值——青浦供电可持续性管理体系关键问题解析[J]. 可持续发展经济导刊, 2021(12): 52-54.  
[9] 刘光忱, 孙磊, 赵曼. 基于绿色建筑理念的建筑业可持续发展探讨[J]. 建筑经济, 2011(11): 100-103.  
[10] 袁铭. 生态建筑设计的技术套路[J]. 房材与应用, 2011, (02): 41-45.

# 西藏自治区建筑物混凝土在全寿命周期内降低碳排放分析

李依桐, 郝天琪\*, 张雪  
西藏大学, 西藏 拉萨 850000

**摘要：** 西藏自治区地处青藏高原环境恶劣，我们对其建筑物的使用寿命，混凝土结构的耐久性上颇为关注，随着全球气候变暖的影响，建筑物的节能减排是我们现阶段的研究重点，以西藏某建筑为例，此建筑物每年都需要进行修缮加大了能源的损耗致使碳排放量较大，本文研究的重点就是通过改变混凝土的配合比、混凝土的品种、混凝土的掺合料等在保证结构性能的条件下降低结构物的全寿命周期内的碳排放达到节能减排的目的。

**关键词：** 西藏；节能减排；混凝土；结构；全寿命周期

## Analysis Of Carbon Emission Reduction Of Building Concrete During Its Life Cycle In Tibet Autonomous Region

Li Yitong, Hao Tianqi\*, Zhang Xue  
Tibet University, Lhasa, Tibet 850000

**Abstract：** Tibet Autonomous Region is located in the Qinghai-Tibet Plateau, where the environment is harsh, so we pay much attention to the service life of its buildings and the durability of concrete structures. With the impact of global warming, energy conservation and emission reduction of buildings are our current research focus. Take a building in Tibet as an example, it needs to be repaired every year, which increases the energy loss and leads to large carbon emissions. The focus of this paper is to reduce the carbon emission during the whole life cycle of the structure to achieve the purpose of energy saving and emission reduction by changing the mix ratio of concrete, the variety of concrete and the admixture of concrete under the condition of ensuring the structural performance.

**Keywords：** Tibet ; energy conservation and emission reduction; concrete; structure; life cycle

## 引言

针对目前全球变暖的趋势愈发的严峻，节能降碳是现阶段我们建筑发展的首要任务“十四五”是落实国家节能降碳的关键时期，在建筑领域坚持“绿色施工、节能减排”尤为重要<sup>[1]</sup>。我们首先想到的就是低碳混凝土技术，它是指在混凝土生产、使用过程中，采用新的技术方法，能够直接或间接降低碳排放的技术。在国家双碳战略的推动下，建筑行业积极探索节能减排方案。国内学者已就不同建筑类型和施工工艺下的碳排放进行研究，为建筑减碳提供了可靠依据。据曾杰研究，低层建筑住宅中，木结构的碳排放量最低，但木质结构易腐蚀，难以保养。因此，降低混凝土结构的碳排放量成为首要目标。

## 一、项目概况

本次研究依托重点为西藏某建筑展开调查，该建筑的建筑风格为上窄下宽是一个典型的藏式风格建筑，根据此建筑物的碳排放清单将各种工程量进行汇总，并参考规范中提及的公式进行计算，充分了解各部分的碳排放数据，在不影响正常使用年限的前提下对其建筑物的碳排放量进行优化，达到节能减碳的作用。针对此建筑物的节能减碳进行研究可以对藏区内其余藏式建筑的

节能减碳有一定的参考意义。

## 二、西藏自治区的生态环境与地质条件

### （一）西藏自治区的温度变化

西藏被誉为‘世界第三极’，平均海拔约为4500米，是全球气候系统的敏感区和脆弱区，由于西藏自治区的面积广阔，地形又呈现出多样化，因此它的气候特点是独特且复杂的，整体特点

作者简介：

第一作者简介：李依桐（2001—），男，汉族，黑龙江省黑河市人，研究生在读，单位：西藏大学工学院，研究方向：防灾减灾及防护工程。

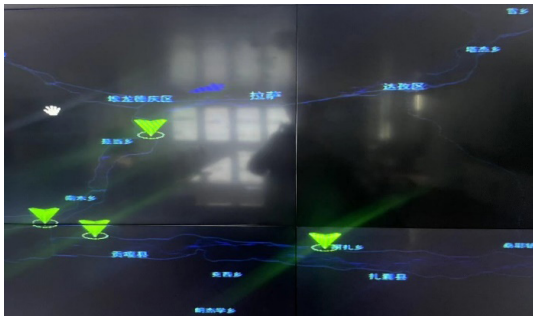
通讯作者简介：郝天琪（1999—），男，满族，辽宁省阜新市人，研究生在读，单位：西藏大学工学院，研究方向：桥梁与隧道工程。

第二作者简介：张雪（2000—），女，汉族，陕西省宝鸡市人，研究生在读，单位：西藏大学工学院，研究方向：道路交通运输。



就是高海拔、强紫外线、日照多但温度较低，气候随着海拔和纬度的升高而降低的。

因为高海拔的缘故，西藏处于太阳直射区，年辐射量在全国遥遥领先。西藏高原的气温南高北低，反映出了纬度对气温的影响。西藏夏季平均气温也不高，监测显示拉萨最热月为15.5℃，阿里地区西藏高原冬季1月份平均气温大部分地区均在0℃以下，那曲、阿里地区可低于-10℃。4月份平均气温在1~15℃之间，平均每日对地温度为2℃，最高温度为12℃，藏北高原大部分地区低于8℃，是我国盛夏温度最低的地区。西藏高原气温日变化以升温、降温迅速为主要特点<sup>[2-3]</sup>。



### （二）建筑结构所用原料

由于西藏地区的高辐射，昼夜温差较大，因此在建筑物所用的原材料选择上同内地存在着差异为了适应环境的需要，响应国家低碳节能的号召，我们应该在整个建筑的全生命周期内，对混凝土的节能减碳进行研究。生命周期内的减碳技术与碳汇技术是低碳混凝土的核心技术理念。所以我们在选取混凝土材料的时候应该尽量使用一些替代品，替代品的燃烧会减少碳的排放，解决在生产过程中的污染。

## 三、煤矸石低碳混凝土研究

### （一）降低水泥中碳排放研究

常用的水泥熟料中都是因为碳酸钙的含量较高，会导致制作时产生大量的热，引起碳排放的升高，所以在研究时候，计划采用不含碳酸钙，或者含有较少含量的碳酸钙成分制备水泥熟料，例如煤矸石等<sup>[4-5]</sup>材料在水泥的制备过程中进行掺入，将会减少碳排放。可燃性煤矸石是煤燃烧后的固体废料，我们可以针对这种材料进行深入的探究，将其掺入混凝土的制作中用以降低含有碳酸钙的物质降低其碳排放，下图为煤矸石取样图片。



### （二）提升水泥的制备效率研究

在水泥的制备过程中，由于燃烧的不充分也会导致碳排放的升高，我们可以在水泥的制备过程中采用富氧燃烧技术，使得水泥在制备的过程中得到了充分的燃烧。同时，我们也可以吸收在燃烧过程中排放的二氧化碳，使得燃烧产生的二氧化碳得到重复利用，减少向空气中的排放。

### （三）建筑物的结构性能与煤矸石混凝土结合

本文研究建筑物的梁体结构都是现浇混凝土梁，我们应该在充分考虑整个建筑物的结构性能的同时，应该在建筑物降低碳排放量的问题上进行细节研究，做到绿色施工，节能环保。在混凝土中大量的掺入煤矸石，是现阶段研究的重点，通过实验数据分析判断在煤矸石掺入量在20-30之间时不会影响建筑物主梁的正常使用，还会对其主梁内的钢筋的防腐有着很大程度的防腐作用，但是对其耐久度还是会有轻微的影响<sup>[6-7]</sup>。对建筑结构的柱体结构方面，由于混凝土掺杂了煤矸石含有碳元素，可以对整个结构的抗氧化方面得到显著的提升，同时不会影响柱体结构的正常使用。经过分析发现这种材料在现阶段对其耐久性使用方面，还会有一些问题但这是趋势所向，经过后续的配合比设计，调整混凝土结构的水胶比，煤矸石材料制备混凝土一定会对结构的益处大于弊端。

## 四、高性能混凝土的研究

高性能混凝土（High Performance Concrete, HPC）是当前混凝土领域发展的重要趋势之一。针对HPC的配合比设计，在国内外学者的研究中涌现出了许多方法。目前，普遍采用的技术路线包括低水胶比、高性能减水剂以及超细活性矿物掺合料的复合技术。这些方法与传统混凝土相比，能够显著提升混凝土的抗压强度、耐久性和耐久性。

高性能混凝土的复合技术需要考虑多种因素，其中包括采用不同的矿物掺合料和多种化学外加剂（其组成可多达10种）。同时，对混凝土材料提出了新的要求。这导致混凝土拌和物的组成变得极为复杂，需要更为精细的配合比设计和施工管理。除此之外，高性能混凝土的研究还涉及了混凝土的自流动性、自密实性、耐久性、抗渗性以及高温抗裂性等方面的考量，这些构成了高性能混凝土研究的重要内容<sup>[8-13]</sup>。

目前国际上针对这种混凝土的设计提供了如下方法：

#### （1）美国混凝土协会（ACI）的方法

ACI 211委员会的指南是混凝土设计与施工领域的权威之一，它提供了混凝土配方设计和施工实践的指导。其中，《使用粉煤灰和硅酸盐水泥的高强混凝土设计指南》针对掺粉煤灰的高强混凝土提供了详细的配合比设计和优化方法。这些方法适用于一系列抗压强度在41至83MPa范围内的普通容重非引气混凝土。通过实验和分析不同比例和用量的胶凝材料，该指南能够帮助工程师确定最佳的配合比，以满足特定项目需求并确保混凝土的性能和可持续性。

#### （2）英国 Domone 等的方法

该方法基于最大密实度理论<sup>[14]</sup>。首先根据混凝土的强度与水

胶比关系选择混凝土的水胶比，然后确定高效减水剂的掺量；再利用特定仪器测量不同砂率下集料颗粒堆积物的空隙含量确定空隙率最小时的砂率；试验研究集料堆积物的空隙含量与其表面积的综合效应；最后确定的参数是最优砂率。

通过上述的实验我们可以在混凝土的设计阶段可以对其进行性能上的提升，同时也能对其碳排放量进行有效的控制，这种高性能绿色混凝土可以有效地帮助我们解决在建筑中碳排放超标的问题。

## 五、低碳混凝土同传统混凝土的优势

在建筑结构上的优势：

低碳混凝土相比传统混凝土在建筑结构具有以下性能优势<sup>[15]</sup>：

强度和耐久性提升：低碳混凝土通过使用替代材料，降低了碳排放，同时还能提高混凝土的强度和耐久性，减少了维护成本。

抗裂性能改善：低碳混凝土中的替代材料通常具有较好的抗裂性能，能够减少混凝土的裂缝产生和扩展，降低了混凝土的开裂风险，减少了维修和维护的成本。

环保性能：通过掺杂煤矸石作为熟料可以减少对天然资源的

开发和消耗，降低了碳排放，减少了对环境的负荷，对环境更加友好。

防震性能提高：低碳混凝土中的替代材料通常具有一定的伸缩性和韧性，能够提高混凝土的抗震性能，降低建筑物的倒塌风险。

可降解性更好：低碳混凝土中的替代材料通常具有较好的可降解性，能够减少建筑垃圾的产生和对环境的污染，能够减少建筑垃圾的产生，对环境更加友好。

## 结论

针对双碳的大环境下，我们需要对建筑结构中碳排放量进行有效的控制，本文的研究从混凝土入手，对掺杂煤矸石等材料的混凝土进行了分析，探讨了其可行性。并对于低碳混凝土的优势进行了分析，在强度和耐久性方面低碳混凝土可以满足建筑物的结构要求。

总体而言，低碳混凝土在建筑物结构性能方面与传统混凝土相比没有明显的劣势，甚至在一些方面具有优势。然而，具体的性能取决于所使用的替代材料和混凝土配比的具体设计，因此在实际应用中需要进行详细的研究和评估。

## 参考文献：

- [1] 李远华. 生态环境流量流向评价方法及其在西藏生态环境评价中的应用 [D]. 导师：姜琦刚. 吉林大学，2008.
- [2] 蒋正武，高文斌，杨巧，李晨，任强. 低碳混凝土技术理念与途径思考 [J]. 建筑材料学报：1-12.
- [3] 陈炫. 煤矸石掺量对混凝土力学性能的影响研究 [J]. 砖瓦，2023,(06):70-73.
- [4] 潘铖. 煤矸石混凝土弹塑性本构模型及损伤断裂机理研究 [D]. 导师：李永靖；崔正龙. 辽宁工程技术大学，2021.
- [5] 曹启坤. 自燃煤矸石在水泥、混凝土及路基中应用的试验研究及机理分析 [D]. 导师：张向东；周梅. 辽宁工程技术大学，2013.
- [6] 金立兵，段杰，吴强，周品，焦鹏飞，董天云. 高性能混凝土的配合比设计研究综述 [J]. 混凝土，2023,(05):168-174.
- [7]ACI. 2011. Building Code Requirements for Structural Concrete and Commentary, in ACI 318-11. Farmington Hius; American Concrete Institute.
- [8]W. Price,P. Domone.Exploitation of research into self-compacting concrete [J]. Magazine of Concrete Research,2007,59(8).
- [9]Habib A. Mesbah, Mohamed Lachemi, , Pierre-Claude Aitcin.Determination of Elastic Properties of High-Performance Concrete at Early Ages [J]. Materials Journal,2002,99(1).
- [10]Pierre-Claver Nkinamubanzi,Pierre-Claude Aitcin.Cement and Superplasticizer Combinations: compatibility and Robustness [J]. Cement, Concrete, and Aggregates,2004,26(2).
- [11]Foshag W F. 1921. The chemical composition of hydrotaleite and the hydrotalcite group of minerals, Washington, 58: 147-153.
- [12] 陶璐璐. 混凝土碳减排技术路径 [N]. 中国建材报，2022-03-21(003)
- [13] 张宝贵. 低碳混凝土与环境艺术漫谈 [J]. 建筑设计管理，2018,35(09):51-54.
- [14] 王芷芸. 低碳高性能混凝土 行业大势所趋 [N]. 广东建设报，2022-01-07(008)
- [15] 王宏利. 绿色高性能混凝土材料的研究 [J]. 四川水泥，2022,(01):5-6.

# 关于拆分项目规避招标数据模型的研究

卢亚茹

中国石油化工集团有限公司，北京 100728

**摘 要：** 提出一种基于人类行为动力学理论、核密度聚类、文本相似度分析技术搭建的拆分项目规避招标模型，通过对合同管理系统中工程类合同的合同金额、签订时间、合同名称等信息的分析，发现企业故意拆分工程项目签订多份合同情况，为核实规避应招必招问题提供线索。

**关 键 词：** 人类行为动力学；核密度聚类；文本相似度分析；拆分项目规避招标

## Research On Splitting The Project Avoidance Of Bidding Data Model

Lu Yaru

China Petroleum & Chemical Corporation Limited, Beijing 100728

**Abstract：** Puts forward a based on human behavior dynamics theory, nuclear density clustering, text similarity analysis technology to build the split project to avoid bidding model, through the contract management system of engineering contract amount, signing time, the name of the information such as analysis, found that the enterprise deliberately split project signed more contracts, to verify evade will provide clues.

**Keywords：** human behavior dynamics; kernel density clustering; text similarity analysis; split projects to avoid bidding

### 研究背景

在审计过程中，审计人员发现企业在工程项目中存在通过拆分项目相关费用需求，以达到规避招标的目的<sup>[1]</sup>。这种行为存在资金风险，有必要作为审计关注点。目前，审计人员主要靠抽样的方式，人工识别相似的合同名称来找出此类问题。但由于工程项目涵盖范围广泛，各类工程费用需求种类繁多，抽样方式可能存在漏检，若要实现全量检测，靠人工的方式将会是一项非常繁重的工作<sup>[2][3]</sup>。基于人群行为动力学理论、相似性聚类、NLP 文本识别技术搭建的拆分项目规避招标模型，通过对合同管理系统中工程类合同的合同金额、签订时间、合同名称等信息的分析，发现企业故意拆分工程项目签订多份合同情况，为核实规避应招必招问题提供线索。该模型能实现基于大数据样本的检测监控，减轻审计人员的工作量。

### 一、算法简介

本文基于人类行为动力学—幂律分布生成维度（指数尾系数，阵发/记忆系数），然后利用核密度聚类，对供应商进行聚类，利用文本相似度分析对疑似供应商合同数据进行分析。

#### （一）幂律分布

泊松分布：以往的研究中，泊松过程作为经典的刻画人类活动模式的手段。按照泊松原理，两个随机事件到达的间隔时间的概率密度函数  $\tau$  具有指数形式：

$$p(\tau)=\lambda e^{-\lambda\tau}$$

幂律分布：概率密度函数服从幂函数的分布，是一种长尾分布，广泛存在经济与金融学领域。通常如果事件发生的振幅（如供应商签订合同时间间隔、金额等）不符合自然规律时，会导致事件的低频部分呈现异常分布，指数尾的计算值能有效发现这一异常<sup>[4]</sup>。

幂律分布的事件间隔是一个幂函数形式：

$$p(\tau) \propto \tau^{-\alpha}$$

最近几年，越来越多的证据显示人们的很多行为的时间统计特性无法用泊松过程刻画。特别地，这些行为所对应的间隔时间分布具有明显偏离指数分布的肥胖的尾部，可以用幂函数更好拟合。

$$p(\tau)=\lambda e^{-\lambda\tau} \longrightarrow p(\tau) \propto \tau^{-\alpha}$$

#### 1. 指数尾系数

根据幂律分布，找到指数分布和幂律分布的拐点，计算斜率，该斜率即为指数尾系数。

（1）画直方图。计算每个供应商参加招投标活动的时间间隔频次。

（2）找拐点。找到图形中指数分布和幂律分布的拐点

（3）算斜率。利用最小二乘法计算幂指数斜率，作为供应商一个维度

## 2. 阵发 / 记忆系数

阵发性：另一种定量刻画间隔分布的方法，这些方法并不需要先假设该分布满足某种特殊的函数形式。当人类行为的时间特性可以用泊松过程描述时，事件发生频率比较均匀；反过来，当时间间隔分布服从幂函数律的时候，有时候很多事件会在较短时间内密集发生，然后又会出现一个很长的空档期，把后面这种情况叫做阵发性<sup>[5]</sup>。

引入：

$$B = \frac{\sigma_\tau - m_\tau}{\sigma_\tau + m_\tau}$$

来刻画阵发性，其中  $\sigma_\tau$  和  $m_\tau$  分别表示分布  $p(\tau)$  的标准差和平均值， $B$  的取值显然在  $-1 \sim 1$  之间。对于泊松分布，均值和标准差相等，因此阵发性恰为 0，可以看作 Goh 和 Barabási 设定的平衡点。对于严重的胖尾分布，标准差远大于均值， $B$  靠近 1；对于周期性规则信号，时间间隔分布实际上是一个  $\delta$  函数，标准差为 0， $B$  值为  $-1$ 。

由于人类行为在发生时间上具有“强阵发弱记忆”的特性，所以本文提取维度只考虑阵发性，统计每个供应商参加招标投标活动的金额，计算阵发性指标，得到阵发性 / 记忆系数。

## 3. 供应商维度提取

阵发性 / 记忆系数作为供应商另一个维度，完成供应商维度提取（指数尾系数，阵发 / 记忆系数）。

### （二）核密度估计的聚类算法

#### 1. 核密度估计

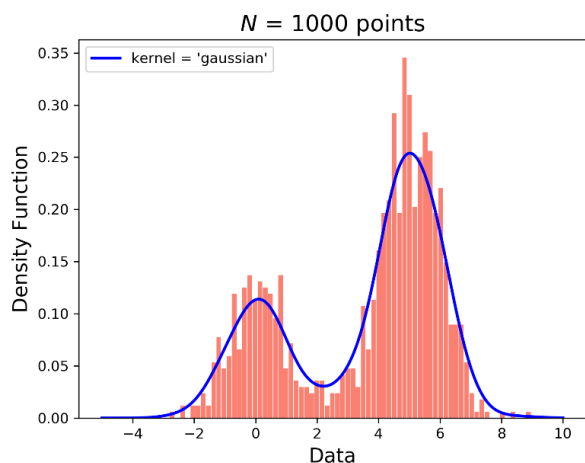
核密度估计（kernel density estimation）不利用有关数据分布的先验知识，对数据分布不附加任何假定，是一种从数据样本本身出发研究数据分布特征的方法，属于非参数检验方法之一<sup>[6]</sup>。

核函数选择均匀核函数：

$$K(x) = \frac{1}{2}, \quad -1 \leq x \leq 1,$$

加入带宽  $h$  后： $K_h(x) = \frac{1}{2h}, \quad -h \leq x \leq h$

下图和频率分布直方图的比较能更好的理解核密度估计，蓝色的线为概率密度估计，橙色的柱状图为数据出现的频率统计<sup>[6]</sup>

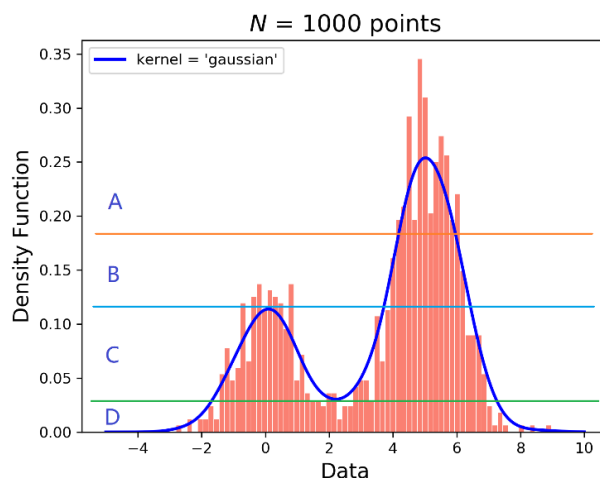


## 2. 核密度聚类

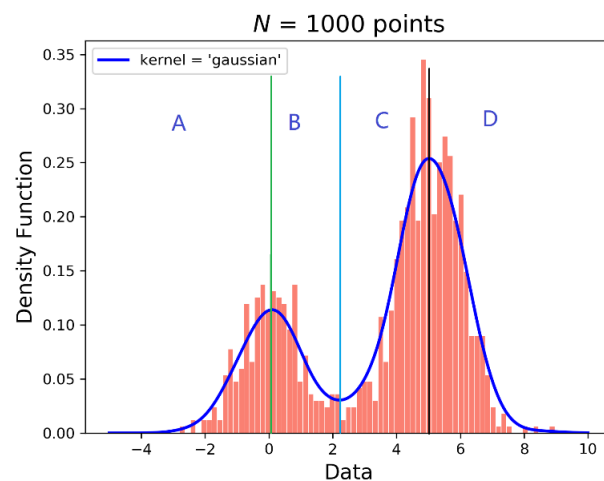
基于核密度估计的聚类算法原理是从一个任意的数据点出发，运用爬山法搜索其所属的局部吸引子。若吸引子所在点处的密度函数值达到或超过预设的阈值，则将该点赋给由吸引子生成的类，否则，认为该吸引子所吸引的数据点太少而将所吸引的样本点视为噪声数据<sup>[7]</sup>。

两种聚类方法

①按照曲线中的极大值和极小值分成几个区间根据数据的出现频率完成 A、B、C、D 分类



②按极值点的横坐标取值将数据分为每个数据段都有不同的含义的 A、B、C、D 共四个类



### （三）文本相似度分析

#### 1. 普通文本相似度

余弦相似度就是通过一个向量空间中两个向量夹角的余弦值作为衡量两个个体之间差异的大小。把 1 设为相同，0 设为不同，那么相似度的值就是在  $[0, 1]$  之间，所有的事物的相似度范围都应该是  $[0, 1]$ 。余弦值接近于 1，夹角趋于 0，表明两个向量越相似<sup>[9]</sup>。

（1）分词：将每个合同名称进行分词。

（2）对比：计算每两份合同的文本相似度，

$$\cos \theta = \frac{\sum_{i=1}^n (A_i \times B_i)}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (A_i)^2} \times \sqrt{\sum_{i=1}^n (B_i)^2}} = \frac{A \times B}{|A| \times |B|} \quad (1)$$



其中  $A$  和  $B$  是两份合同名称分词后的  $n$  维向量  
鉴于合同名称的特殊性, 本文选择余弦相似度计算。

2. 专有词语相似度

- (1) 构建专有词词库;
- (2) 提取所有可识别的专有词语;
- (3) 对比: 计算每两份合同间提取的专有词相似度, 找寻最大的相似度值, 对全域求平均<sup>[10]</sup>。

公式如下:

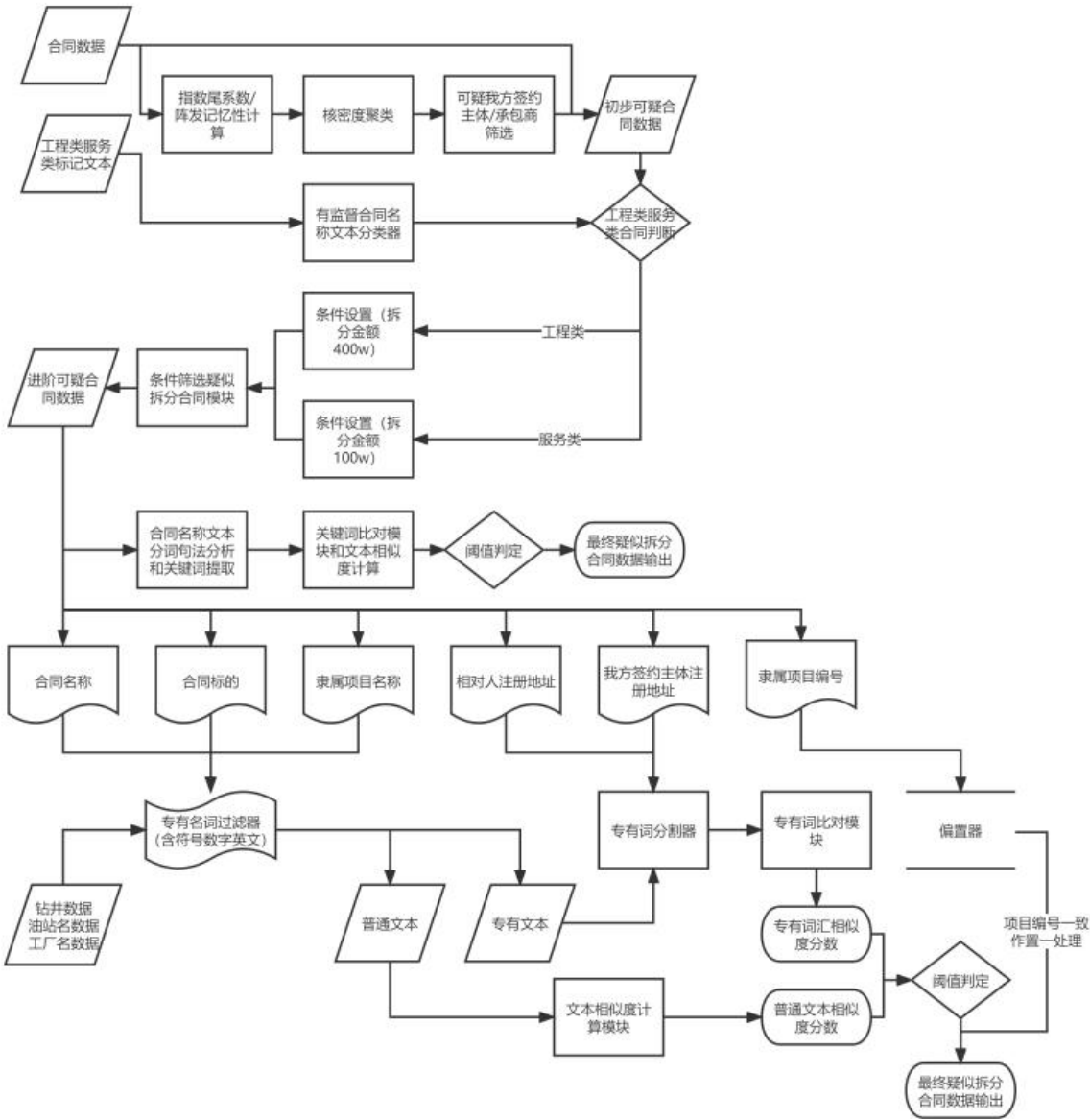
$$P(A,B)=\frac{\sum_j A_j+\sum_j B_j}{n_A+n_B} \tag{2}$$

其中  $A$ 、 $B$  为合同名称的专有分词集合,  $n_i$  为  $i$  集合的频次。

二、案例简介

(一) 分析流程

整个模型分析流程如下



(二) 疑似人为拆分合同的供应商识别

(1) 聚类。将每个供应商的两组维度 (指数尾系数、阵发 / 记忆系数), 利用 KDE 方法进行聚类, 得到聚类图

(2) 筛查。最终计算聚类结果中各供应商位置与计算点位的偏离度, 偏离度越高则该供应商出现异常的可能性越大。



|            |              |
|------------|--------------|
| 公司代码       | 35000020     |
| 指数尾指标      | -0.925553514 |
| 阵发 / 记忆性指标 | 0.867926965  |
| 指标偏离度      | 2.350677     |
| 判断         | 异常           |

|            |              |
|------------|--------------|
| 公司代码       | 40727980     |
| 指数尾指标      | -2.205477145 |
| 阵发 / 记忆性指标 | 0.956426119  |
| 指标偏离度      | 0.07846      |
| 判断         | 正常           |



正常供应商的指标表现高度相似，在聚类中应当表现在聚类的中心点，而异常的供应商则会表现出多种不同的异常情况，往往离散在中心点外围。建立供应商“合同事件”视界地图，划分“自然签约合同”和“疑似人为拆分合同”的供应商分布区域，识别疑似人为拆分合同的供应商。

（三）疑似拆分工程合同的合同组合识别

取疑似人为拆分合同的供应商的所有合同，利用文本相似度分析，筛选出疑似拆分工程合同的合同组合。

以表格中的合同为例

|   | 合同名称                         | 合同标的<br>（如有） | 项目名称<br>（如有）         | 我方签约<br>主体工商<br>注册地 | 对方签约<br>主体工商<br>注册地 |
|---|------------------------------|--------------|----------------------|---------------------|---------------------|
| A | 塑料部1/2PP装置包装设施升级改造项目建设工程设计合同 | /            | 塑料部1/2PP装置包装设施升级改造项目 | 上海市金山区金一路48号        | 上海市金山区金一路143号       |

3. 输出结果并验证

| 公司代码<br>/ 简称 | 供应商编号<br>/ 名称 | 合同序号       | 合同编号                    | 合同名称                         | 合同创建日期     | 合同金额    | 合并合同<br>总额 | 普通词典<br>相似度 | 专业词典<br>相似度 |
|--------------|---------------|------------|-------------------------|------------------------------|------------|---------|------------|-------------|-------------|
| 2480         | 40562360      | 1900718808 | 30450000-19-FW0199-0544 | 塑料部4PE装置包装设施升级改造项目建设工程设计合同   | 2019-12-23 | 488,000 | 1,949,900  | 0.8825      | 0.75        |
|              |               | 1900721179 | 30450000-19-FW0199-0546 | 塑料部1/2PE装置包装设施升级改造项目建设工程设计合同 | 2019-12-23 | 479,300 |            |             |             |
|              |               | 1900721468 | 30450000-19-FW0199-0542 | 塑料部1/2PP装置包装设施升级改造项目建设工程设计合同 | 2019-12-23 | 488,600 |            |             |             |
|              |               | 1900721638 | 30450000-19-FW0199-0545 | 塑料部聚烯烃装置包装设施升级改造项目建设工程设计合同   | 2019-12-23 | 494,000 |            |             |             |

通过普通词典相似度、专业词典相似度更精准地圈定范围，根据该算法，输出结果中包含了用户提供的实例中5份合同里的4份合同，验证了该算法的可行性。

三、结论

本文提出了一种基于人类行为动力学理论、核密度聚类和文本相似度分析技术的拆分项目规避招标模型。该模型通过分析合同管理系统中的工程类合同金额、签订时间和合同名称等信息，有效地识别了企业故意拆分工程项目签订多份合同的行为，为审计人员核实规避招标问题提供了有力线索。

参考文献：

[1] 何一平；郑哈哈；詹雯；赵梦天. 论规避公开招标[J]. 中国政府采购, 2023(12):56-63.  
[2] 刘涛. 从“以化整为零方式规避公开招标”说开去[J]. 中国政府采购, 2017(09):46-49.  
[3] 廖秀红. 工程招标标段划分及多标段招标的定标方式探讨[J]. 江西建材, 2022(12):431-432+437.  
[4] 周涛, 韩筱璞, 闫小勇, 杨紫陌, 赵志丹, 汪秉宏. 人类行为时空特性的统计力学. 电子科技大学学报. 2013, 42 (04).  
[5] 李凯凯. 用户行为记忆性及其驱动机制研究[D]. 中北大学, 2017.  
[6] 朱杰, 陈黎飞. 核密度估计的聚类算法 模式识别与人工智能 PR & AR. 2017年5月 第30卷第5期.  
[7] 熊开玲, 彭俊杰, 杨晓飞, 等. 基于核密度估计的 K-means 聚类优化[J]. 计算机技术与发展, 2017, 27 (02): 1-5.  
[8] 韩鑫. 基于核的层次聚类算法研究[D]. 西安石油大学, 2021. DOI:10.27400/d.cnki.gxasc.2021.000833.  
[9] 张振亚, 王进, 程红梅, 等. 基于余弦相似度的文本空间索引方法研究[J]. 计算机科学, 2005, (09): 160-163.  
[10] 王春柳, 杨永辉, 邓霏, 等. 文本相似度计算方法研究综述[J]. 情报科学, 2019, 37 (03): 158-168. DOI:10.13833/j.issn.1007-7634.2019.03.026.

|   | 合同名称               | 合同标的<br>（如有） | 项目名称<br>（如有）       | 我方签约<br>主体工商<br>注册地 | 对方签约<br>主体工商<br>注册地 |
|---|--------------------|--------------|--------------------|---------------------|---------------------|
| B | 塑料部聚烯烃装置包装设施升级改造项目 | /            | 塑料部聚烯烃装置包装设施升级改造项目 | 上海市金山区金一路48号        | 上海市金山区金一路143号       |

1. 合同名称中的专有名词

A: { 塑料部, 1/2PP, 装置 }

B: { 塑料部, 聚烯烃, 装置 }

A: { 上海市, 金山区, 金一路, 48号 }

B: { 上海市, 金山区, 金一路, 48号 }

利用公式（2）计算相似度。

2. 合同名称中的普通文本分词

A: { 包装, 设施, 升级, 改造, 建设, 工程, 设计 }

B: { 包装, 设施, 升级, 改造 }

利用公式（1）计算相似度。

该模型的优势在于：

· 基于大数据样本：能够对大量合同数据进行全面分析，避免传统抽样方法的漏检问题。

· 自动化检测监控：减轻审计人员的工作负担，提高审计效率。

· 多维度分析：结合人类行为动力学理论、核密度聚类和文本相似度分析技术，从多个维度识别异常行为，提高识别准确率。

该模型的实际应用结果表明，其能够有效地识别疑似人为拆分合同的供应商及其合同组合，验证了模型的可行性和有效性。

未来，可以进一步研究如何将该模型应用于其他领域，例如识别虚假交易、反洗钱等，以更好地发挥其作用。

# 住宅建筑工程技术管理与质量控制策略

彭锐江

广东省佛山市顺德区代建项目中心，广东 佛山 528300

**摘 要：**住宅建筑工程具有标准化、工业化、信息化以及绿色环保等特点，其是我国建筑行业中的重要内容。住宅建筑工程建设过程也涉及很多施工技术，如 BIM 技术、基坑支护施工技术、混凝土装配式技术、数字化管理技术以及绿色建筑技术等。为了达成住宅建筑工程项目的建设目标，工程单位要根据项目施工技术特点，制订技术管理与质量控制方案，以规避项目建设中的隐患问题，提升项目建设成效。文章将分析住宅建筑工程的特点以及所涉及的技术，根据分析结果探讨技术管理以及技术质量控制，提出一些实践建议，希望能增强住宅建筑工程的施工成效，达成住宅建筑工程项目的建设目标。

**关 键 词：**住宅建筑；工程技术；技术管理；质量控制

## Technical Management And Quality Control Strategies For Residential Construction Engineering

Peng Ruijiang

Shunde District Construction Project Center, Foshan City, Guangdong Province, Foshan, Guangdong 528300

**Abstract：** Residential construction projects have the characteristics of standardization, industrialization, informatization, and green environmental protection, and are an important part of China's construction industry. The construction process of residential buildings also involves many construction technologies, such as BIM technology, foundation pit support construction technology, concrete prefabricated technology, digital management technology, and green building technology. In order to achieve the construction goals of residential construction projects, the engineering unit should formulate technical management and quality control plans based on the characteristics of project construction technology, in order to avoid hidden dangers in project construction and improve project construction effectiveness. The article will analyze the characteristics of residential construction projects and the technologies involved, explore technical management and quality control based on the analysis results, and propose some practical suggestions, hoping to enhance the construction effectiveness of residential construction projects and achieve the construction goals of residential construction projects.

**Keywords：** residential buildings; engineering technology; technical management; quality control

## 引言

在时代的发展中，城镇化加速推进，城镇的人口也急剧上升，住宅建筑工程关系着城市的可持续发展。在住宅建筑工程中，会涉及很多工程施工技术的应用，如何解决其中的隐患与问题，受到社会的广泛关注。以往在住宅建筑工程中，管理效率较低、质量把关不过关的问题比比皆是，严重影响住宅建筑工程的建设与发展。为了推进住宅建筑工程项目顺利进行，项目单位需要做好住宅工程建设控制，结合不同施工技术，制定针对性的管理与质量控制体系，这样能及时发现住宅建筑工程建设中的问题，解决其中的不足，达成住宅建筑工程项目建设的目标。因此，文章探讨住宅建筑工程中的技术管理与质量控制具有非常重要的价值，一方面能找出工程施工技术中的不足，另一方面能及时识别出施工中的质量控制难点，增强工程施工成效，从而达成住宅建筑工程项目建设的目标<sup>[1]</sup>。

## 一、住宅建筑工程施工特点

住宅建筑工程是社会发展的的重要组成部分，其特点包括标准化、工业化、信息化以及绿色环保等，具体阐述如下。

### （一）标准化

住宅建筑工程的项目建设环节，其具有标准化特点。比如住宅建筑工程施工过程，工程单位会按照统一化标准进行设计，各个技术应用的过程都会遵循一定的标准，使整个项目施工阶段合

理且规范。再如住宅建筑工程的技术管理与质量控制环节也会遵循标准化,按照标准进行施工工艺的过程监控以及施工质量方面的监控,这样能减少项目施工建设中的风险隐患,有助于达成住宅建筑工程的建设目标。

### (二) 工业化

住宅建筑工程中有着工业化特点。比如现代建筑广泛应用装配式技术,该项技术是指,建筑构件于工厂生产,之后运输到现场,由专业人员组装施工。整个过程施工效率较高、施工风险较少,同时建筑构件的尺寸精度也能很好掌握,可以满足住宅建筑工程质量控制的目标<sup>[1]</sup>。

### (三) 信息化

住宅建筑工程具有信息化特点。当前住宅建筑工程中,设计阶段、施工阶段都会或多或少引入信息化技术。如设计阶段采用 BIM 技术,由专业设计人员根据工程项目前期采集的数据信息,构建 BIM 三维模型,利用 BIM 模型找出项目方案中的问题,识别出施工风险、造价影响要素、质量问题等,为工程项目方案的优化、完善提供参考。施工阶段采用数字化技术,由工程单位根据项目情况,在关键位置安装传感器,便于搜集相应的数据信息,管理人员能根据平台反馈的信息,适当调整工程管理方案,实现过程针对性管理;施工人员能结合平台反馈的信息,合理应用施工工艺,增强施工效果。

### (四) 绿色环保

当前住宅建筑工程具有绿色环保的特点。在低碳发展、可持续发展等理念影响下,住宅建筑工程开始注重绿色环保,即减少工程项目污染、减少项目能源以及资源损耗等。比如以往住宅建筑工程过程污染严重,包括大气污染、噪声污染、水土污染等,严重影响住宅建筑工程项目建设效果。而当前住宅建筑工程项目中,注重绿色环保,如对新材料的应用、施工节能技术的应用等,进一步减少住宅建筑工程项目中的施工问题,达成住宅建筑工程绿色环保的建设目标<sup>[2]</sup>。

## 二、住宅建筑工程技术分析

住宅建筑工程项目建设中,涉及很多施工技术,如 BIM 技术、基坑支护施工技术、混凝土装配式技术、数字化管理技术以及绿色建筑技术等。以下将详细阐述。

### (一) BIM 技术

BIM 技术属于新技术,在住宅建筑工程中得到广泛应用。该项技术能应用于设计阶段、施工阶段等环节,如设计阶段,由专业化设计人员,根据项目前期勘察采集的数据信息,拟定施工工艺方案。设计人员依托于 BIM 技术平台,能构建三维立体化模型,可视化、直观化显示项目工程中的细节,及时找出项目工程中的缺陷问题。再如施工阶段,施工管理人员依据项目工程中的反馈,及时找出项目中的数据信息,包括资源分配不合理的信息、工艺流程不合理的信息,以便对施工过程规划与部署,有效解决其中的问题<sup>[3]</sup>。

### (二) 基坑支护施工技术

基坑支护施工技术是住宅建筑工程中的常见技术,其具有多

样性、综合性、协调性的特点。在技术应用前,有专业技术人员运用全站仪,进行桩位的定位和放样,之后在桩位位置进行标记,围绕标记位置开展钻孔作业。钻孔施工作业阶段后,需要做好清孔处理,清除孔洞中的淤泥,并在短时间内完成钢筋笼,避免孔壁干裂对施工过程的影响。钢筋笼制作与安装环节,由专业技术人员对钢筋的数据信息进行检查,要求钢筋笼的长度小于 9cm,严格按照要求开展钢筋搭接、焊接,实现钢筋笼的制作,比如在制作时对钢筋笼进行除锈,如果钢筋有弯曲情况,需要拉直;钢筋焊接环节,注重焊接点的饱满与准确,实现钢筋笼制作;钢筋笼安放环节,施工技术人员需时刻观察钢筋笼是否出现变形或者脱落,并做好相应问题的应对预防<sup>[4]</sup>。

### (三) 混凝土装配式技术

混凝土装配式技术属于现代化建筑技术,该项技术是根据对建筑模型的工厂化生产实现,比如住宅建筑的墙板、楼板以及梁柱,各个构件会按照要求进行定制生产,能增强施工过程的精度,避免施工浪费。相较于传统施工方式,混凝土装配式技术的应用过程,环境污染较少、施工效率较高,能达成住宅项目建设的目标。以某项工程的预制墙板安装为例,项目开始前,由勘察人员采集项目区域的实际数据信息,以便为工厂化生产提供参考。在预制墙板构件生产完成后,运输到指定施工现场,由专门人员负责检查相关构件的数量、质量,并根据住宅建筑工程项目要求,做好施工设备准备,包括吊车、起重机、搅拌机等。预制墙板安装环节,工程项目施工人员按照图纸要求,指挥构件吊装;整个构件吊装环节,需要注意墙板的平稳与垂直安放,防止墙板吊装过程出现倾斜。预制墙板安装结束后,由专业施工人员负责钢筋绑扎,根据预定要求合理布置钢筋的位置与数量,之后开展混凝土浇筑;混凝土浇筑环节,施工人员按照混凝土特性,合理使用振动器振捣,增强混凝土的密实性<sup>[5]</sup>。

### (四) 数字化管理技术

当前住宅建筑工程中,数字化技术得到广泛应用。数字化技术作为当前应用广泛的技术,其在住宅建筑工程管理中具有不错的应用成效。比如项目单位根据工程实际情况,构建数字化平台,利用平台采集各项数据信息,管理人员根据平台反馈,分析项目工程中的造价影响要素、质量影响要素、进度影响要素以及风险因素要素,制定针对性的管理措施,实现对住宅建筑工程的全面管控。

## 三、住宅建筑工程技术管理与质量控制的实践建议

住宅建筑工程项目中,常会应用 BIM 技术、基坑支护施工技术、混凝土装配式技术以及数字化管理技术,如何做好项目工程中的技术管理以及质量控制,成为住宅建筑工程建设的关键。为此,本章将结合项目案例,探讨其中的技术管理与质量控制应用,希望能增强项目工程建设成效,达成住宅建筑工程的目标。

### (一) 工程概况

本次探讨的住宅项目的总建筑面积为 95000m<sup>2</sup>,829 户住宅用房(以下简称 A 项目)。A 项目建设中,涉及 BIM 技术、混凝

土装配式技术、数字化管理技术等，为了增强相关技术的应用效果，工程单位将根据技术要求与标准，制订技术管理与质量控制措施，以满足住宅项目的目标。

### （二）工程实践

1. 准备环节。A 项目应用 BIM 技术、混凝土装配式技术、数字化管理技术等技术之前，工程单位需要做好准备工作。第一，设备与材料准备。以混凝土装配式技术为例，其是利用工厂方式生产建筑构件，运输到现场由专业人员负责吊装施工。在该项技术应用之前，由工程项目单位做好项目设备与材料的准备，比如分析凝土装配式施工中的设备类型，根据不同种类的工程设备，制订设备故障检查与运维方案，避免施工设备在施工前出现问题。材料准备方面，由工程项目单位做好材料准备工作，比如对运输到施工现场的装配式材料进行数量、质量方面的检查，及时找出其中的不足。第二，人员准备。以 BIM 技术应用为例，A 项目工程单位要做好人员准备，主要针对不了解 BIM 技术的设计人员，由工程项目单位从人才引进、人才培养的角度出发，建设专业化技术队伍。一方面，项目人才引进。A 项目工程单位要做好项目人才引进分析，如人才引进的要点分析，结合自身实际情况以及 BIM 技术的应用，制订针对性、适宜性的人才引进方案，组建具有 BIM 技术应用能力的设计队伍。另一方面，人才培养环节。工程单位根据 BIM 技术特点及应用，设计针对性的培育课程，如线上开展 BIM 技术与工程设计的理论培训、线下开展 BIM 技术与工程设计的实践培训，利用混合培训方式增强设计人员的 BIM 技术素养，达成 A 项目工程的设计要求<sup>[6]</sup>。

2. 应用环节。A 项目的技术应用过程，工程项目单位要做好技术管理与质量控制工作。第一，技术管理。首先是技术管理观念。工程项目单位在 A 项目的技术管理中，要树立正确的管理观念，如全过程管理、精细化管理。比如 A 项目技术应用环节，工程单位要秉持全过程管理理念，将管理融入项目的整个过程。在全过程管理理念的支持下，能及时发现技术应用中的问题，增强技术管理成效。其次是技术管理内容。工程项目单位在技术管理中，要注重丰富技术管理的内容，比如造价管理、进度管理、质

量管理以及风险管理等。以混凝土装配式技术为例，工程项目单位在 A 项目建设环节，要做好该项技术的质量分析、进度分析、造价分析以及风险分析，结合各方面分析，拟定针对性的管理指标，实现对混凝土装配式技术应用管理。最后是技术管理评价。工程项目单位根据项目技术的应用，要注重技术管理评价。比如分析项目技术的要点，设计针对性的管理评价指标，利用管理评价方式反馈项目技术应用，找出其中的不足。第二，质量控制。基于 A 项目施工技术的应用，工程单位要注重质量控制。一方面，工程单位要分析技术应用的质量控制要点，根据质量控制要点设计标准化、规范化的控制指标。比如由专业人员对施工技术的应用进行分析，结合要点制定针对性的控制指标，通过这种方式可以及时找出施工技术中的不足。另一方面，工程单位要转变传统质量控制观念，推进数字化、智能化建设，利用数字化、智能化技术，及时找出建筑工程施工中的一些问题，增强 A 项目的施工成效。同时在数字化质量控制过程，项目单位要注重定期软硬件运维，及时找出软件系统以及硬件设备中的问题，保障相关技术在 A 项目技术质量控制中的有效应用<sup>[7]</sup>。

### 结语

总之，住宅建筑工程项目中会应用到 BIM 技术、基坑支护施工技术、混凝土装配式技术以及数字化管理技术，如何做好项目工程中的技术管理以及质量控制，成为住宅建筑工程建设的关键。为此，文章将结合项目案例，对项目中的技术管理与质量控制提出了一些建议，比如分析技术施工中的设备类型，根据不同种类的工程设备，制订设备故障检查与运维方案，避免施工设备在施工前出现问题；线上开展技术理论培训、线下开展技术实践培训，利用混合培训方式增强人员的素养；秉持全过程管理理念，将管理融入项目的整个过程；分析项目技术的要点，设计针对性的管理评价指标，利用管理评价方式反馈项目技术应用等。希望上述探讨与分析能为住宅建筑工程项目的技术管理与质量控制提供参考，以达成项目建设的目标。

### 参考文献：

- [1] 包振齐. 建筑工程项目管理及施工质量控制有效策略的探讨 [J]. 砖瓦世界, 2023, (18): 115-117.
- [2] 卢祥心. 建筑工程管理及施工质量控制的有效策略探讨 [J]. 城市情报, 2023, (13): 187-189.
- [3] 刘岩, 姚翠. 建筑工程施工技术管理及质量控制探讨 [J]. 居舍, 2022, (10): 150-152.
- [4] 武沛涛. 高层房屋建筑工程技术管理中的控制要点与优化措施 [J]. 散装水泥, 2021, (03): 98-99+102.
- [5] 于潇. 基于 BIM 的住宅建筑质量控制研究 [D]. 山东大学, 2018.
- [6] 张伟. 论节能住宅建筑施工技术管理要点 [J]. 江西建材, 2016, (22): 266+269.
- [7] 张海鹏. 高层住宅的施工技术管理探析 [J]. 山西建筑, 2013, 39(08): 234-235.



# 浅谈预制梁生产施工质量控制要点

任铁军

河南省许昌市建安区公路事业发展中心, 河南 许昌 461000

**摘 要 :** 预制梁在公路及市政工程施工中较为普遍, 他是一种提前做好的构件, 可以直接运至工地上进行安装, 大大节省了施工时间。与传统现浇混凝土相比, 预制梁只需要在现场进行简单的拼装, 就能够快速完成工程, 很大程度上提高了施工的效率。本篇文章, 从预制梁生产的各工序分析, 对于预制梁施工中常见问题及质量进行简析, 旨在共同学习和提高管理施工水平, 由于笔者水平有限, 不足之处敬请包涵。

**关 键 词 :** 公路工程; 预制梁

## Talking About The Key Points Of Quality Control In Production And Construction Of Prefabricated Beams

Ren Tiejun

Henan Xuchang City Jian'an district highway development center, Xuchang, Henan 461000

**Abstract :** Prefabricated beams are more common in highway and municipal engineering construction, and they are a kind of components made in advance, which can be directly transported to the ground for installation, greatly saving construction time. Compared with traditional cast-in-place concrete, precast beams only need to be assembled on site, which can quickly complete the project and greatly improve the efficiency of construction. This article, from the process of prefabricated beam production analysis, for the prefabricated beam construction of common problems and quality analysis, aimed to learn and improve the management of construction level, due to the limited level of the author, please forgive the shortcomings.

**Keywords :** highway engineering; precast beam

### 一、梁场的选址

在公路工程施工中, 梁场的选址是一件复杂并非常重要的一项工作, 他牵涉到地形形式、位置、运输距离等诸多因素。

#### (一) 地形形式

梁场应设置在地形起伏不能过大, 以保证机械设备、材料和梁体运输的安全; 尽量选择在地势相对较为平坦的路基旁, 以减少场地的征迁补偿<sup>[1]</sup>。当然, 在条件不允许时, 也可设置在路基上, 并且选择在桥梁孔数相对集中的位置, 便于后期降低运输成本和龙门吊等大型机械设备的布置。

#### (二) 地理位置

梁场的选择应尽量靠近国家主要干路网, 因为梁体往往比较长, 需采用炮车等运输工具, 道路等级过低, 不但影响梁体的运输安全, 而且还增加运输的难度。

#### (三) 运输距离

在选址前, 应充分调查运输段落上可能遇到的障碍物, 以保证梁体运输不受外界因素的干扰, 本人认为, 在平原地区, 梁体最大运输距离为30Km<sup>[2]</sup>。

### 二、临时配套设施的建设

#### (一) 龙门吊的选取

首先根据梁体长度、吨位等信息, 选择适合吨位的龙门吊型号, 公路工程施工常见为门式龙门吊。在确定好型号后, 一般采用混凝土基础, 开挖后需做地基承载力试验, 防止后期使用过程中发生不均匀沉降。为便于排水, 基础和轨道往往带有一定的坡度, 一般不超过1%, 以保证龙门吊的正常运行和使用安全。超过这个标准可能会严重影响龙门吊的使用效果, 甚至可能引发安全事故<sup>[3]</sup>。

#### (二) 制、存梁台座的设置

梁场制梁台座根据生产梁的数量来设置, 台座基础则必须同



作者简介: 任铁军, 1974年11月, 男, 汉族, 河南许昌, 大学本科, 工程师。



样满足相应承载力的要求，如今基础常见为钢筋混凝土现浇结构，施工时注意预留预埋件的设置。

存梁台座往往结合预制梁生产速度、架梁速度合理安排布置，一定要注意，当存梁区需要存放多种尺寸规格的梁体时，因为是简支梁，务必保证梁体除了两端以外，中间及其他部分不允许受力，其他相对较短的台座在施工时，其标高可适当降低5—10cm，以满足不同尺寸的梁体存放，同时要定期派人监测观察，观测存梁台座是否发生严重的沉降变形及倾斜等，一旦有不安安全因素，则要立即处理，防止其倾覆及其他安全事故的发生<sup>[4]</sup>。

制梁台座多为钢结构或钢结构与混凝土组合结构，无论采用哪种制梁台座，必须设置预拱度，他的作用是抵消梁体结构在重力作用下的荷载变形，预拱度的大小一般为设计梁长的 $L/1000$ （mm），计算过程相对较为复杂，可取经验值即可满足误差要求<sup>[5]</sup>。

### （三）办公区、生活区的设置

对于在梁场场区内设置搅拌站的，办公区、生活区务必选择在搅拌站的上风向，同时要制梁区保持适当的距离，因为生产预制梁时，使用高频振动器产生的噪音可能使人产生不适，所以在有限的空间内，尽量合理布置各个作业区。

### （四）养护锅炉的设置

对于生产体量较多的大型梁场，在中、北部冬季施工时，往往采取集中供暖，通常需要设置养护锅炉，对于燃料可选用煤炭、柴油、酒精等燃料，随着近些年环保要求的提高，采用柴油作为燃料较为常见。锅炉尽量设置在两端或者中间部位均可<sup>[6]</sup>。对于生产体量不大的梁场，建议采用较为灵活的电加热可移动式小型加热器，该设备相对较为灵活，随取随用，无需布置较长的加热管道。总之，至于要不要设置锅炉及如何选择加热设备，要根据生产梁体体量的大小及当地的气候条件综合考虑。

## 三、各工序的控制要点

### （一）钢筋的加工与安装

首先，钢筋原材料进场时要查验其相关合格证明材料，项目上要对新进场的材料，联合物资、工程等部门进行联合验收，严禁不合格材料流入施工现场。钢筋的下料要严格按照图纸设计要求的长度进行截取。

钢筋连接采用机械连接或者焊接，对于焊接而言，单面焊缝长度不小于 $10d$ ，双面焊缝长度不小于 $5d$ ，焊缝厚度不小于主筋直径的30%，宽度不小于主筋直径的80%。在绑扎钢筋时注意，在于主筋的接触部位钢筋都应进行绑扎，且扎丝方向向内设置。同时需注意在钢筋绑扎时，要同时预埋通气孔、泄水孔等相关的预埋件，预埋件的位置要准确安装要牢固，防止浇筑混凝土时预埋位置发生偏移，造成后期施工困难。钢筋绑扎完毕时，要注意检查保护层垫块数量是否满足要求，一般每平方设置4个垫块，且垫块的混凝土强度不低于梁体混凝土的强度等级。

对于端部锚垫板附近的钢筋施工，应严格按照图纸设计要求进行施工，因为此处受力较为集中，应严格控制其施工质量，作为梁体施工的重要质量控制点。

### （二）模板安装

模板施工前需打磨干净，涂刷脱模剂，禁止用废机油、废柴油等来代替脱模剂。在安装模板前要检查梁体高、低边是否正确，当模板安装完毕后，应进行复测并校正，及时进行模板调整。需检查梁体两端是否设置正确，即简支端或连续端的位置是否准确无误。并测量梁体模板尺寸，尤其是长度，因为对于简支梁来说，梁与梁之间的伸缩缝间距较小，根据施工经验，在简支梁长度控制方面宁短勿长，可比设计短0—3cm较为适宜，并严格控制两端端模垂直度<sup>[7]</sup>。

### （三）混凝土浇筑

浇筑前模板之间的连接缝隙确保不漏浆跑浆，对到场的混凝土测试其塌落度，对于塌落度不够的混凝土，禁止直接加水，因为加水后会稀释水泥浆，造成混凝土强度降低，还可能使混凝土表面产生裂缝。正确的做法是，可添加减水剂后快速搅拌，或者添加与原混凝土相同水灰比的水泥浆。

混凝土浇筑由一端向另一端且分层进行，每层控制在30cm以内，并保证浇筑后立即振捣，振捣棒要做到快插慢拔，当振捣棒周围混凝土不再下沉且没有气泡跑出时即可拔出，防止过振和漏振，并注意避开预应力波纹管的布置位置。对于腹板以下的混凝土，往往需要借助高频振动器辅助振捣，高频振动器的布置应按间距1.5m左右的等边三角形设置，由于梁端锚固钢筋布置较为密集，在此处设置的振动器间距可适当缩小，以保证振捣质量。振捣器的振动时间宜为30—60秒，且模板两侧对称同时进行<sup>[8]</sup>。

梁体拆模时间，可根据施工经验确定，并注意保证梁体棱角不被破坏，梁体的养护，在夏季可选择预埋在底座附近的喷淋装置进行养护，冬季有条件的则尽量选择蒸汽养护，养护时间不低于7天。

### （四）预应力施工

预应力施工是梁体施工中重要的一道工序，通过施加预应力，可很大程度上提高梁体的承载能力。预应力分为先张法和后张法，对于小型构件，往往采用先张法施工，两者具有许多相似处，本文重点介绍相对较为复杂的后张法施工。

在施工前需确保梁体混凝土达到设计的75%以上，且混凝土强度等级在C30及以上，如果强度达不到要求，则会出现锚垫板附近混凝土被拉裂和梁体上拱度过大，严重影响了梁体的安全使用。

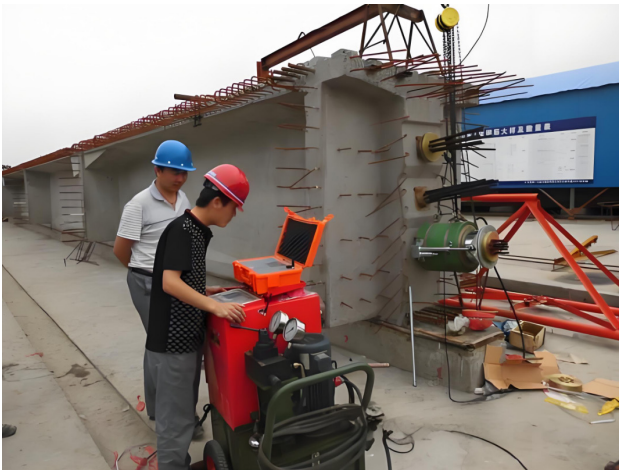
除了混凝土强度和龄期满足要求，对于张拉顺序则要严格按照图纸设计要求进行，对于30m以上的T梁往往还需要初张拉，张拉前要确保锚垫板、锚具、千斤顶和预应力钢筋在一条直线上，并检查张拉设备（千斤顶）和油表配套使用，并且在检验有效期内。预应力筋的施工采用双控，即伸长量和张拉力，且以张拉力控制为准，伸长量作为校核，根据规范要求，伸长量控制在 $\pm 6\%$ 以内<sup>[9]</sup>。目前为保证施工质量，多采用数控张拉设备，在很大程度上提高了两端张拉的不同步率，并且非常直观的看出相关数据，便于后期内业资料的整理。

预应力张拉应该逐级对称张拉，第一次张拉时，逐孔预应力施加至50%的张拉控制应力加 $\sigma_{com}$ 。张拉顺序第一次为左右

侧对角线交叉进行,对于 T 梁而言,马蹄宽度小,位置不够,只能逐孔张拉。第一孔张拉至 50% 的  $\sigma_{com}$  后拆下千斤顶,移至第二孔张拉,以此类推;第二次张拉时按第一次张拉顺序逐孔张拉到 80%  $\sigma_{com}$ ;第三次张拉时按前二次张拉顺序逐孔张拉到 100%  $\sigma_{com}$ 。实践证明,采取这种方法,可以有效地避免梁体在张拉中侧向扭曲问题<sup>[10]</sup>。

### (五) 预应力孔道注浆

张拉完毕后,应采用砂轮锯切除多余的钢绞线,不得用氧气乙炔进行切割,钢绞线的外露长度控制在 3—5cm 即可。预应力施工完毕后,应在 24 小时之内完成梁体压浆,压浆尽量选用螺旋式注浆设备,因为该型号的机械可连续式注浆,相比于传统的活塞式的设备,很大程度上提高工人施工效率。根据规范要求,压浆施工环境温度不低于 5 度,冬季施工时,压浆完毕后,应保持 48 小时内,梁体的环境温度在 10 度以上,一般在存梁区进行覆盖保温。在夏季高温时,压浆可安排在夜间进行。



### 参考文献:

- [1] 赵俊良. 桥梁后张法预应力施工质量控制措施 [J]. 民营科技, 2011, (01): 256.
- [2] 郑学旗. 桥梁工程中预应力混凝土施工质量控制 [J]. 科学之友, 2011, (03): 68-69.
- [3] 方黎君. 影响预应力张拉锚固体系质量因素及常见故障探讨 [J]. 科技资讯, 2010, (17): 130.
- [4] 曾延平. 智慧化预制梁场总体建设布置设计分析 [J]. 四川水泥, 2023, (06): 101-103.
- [5] 曹红河. 高速铁路预制箱梁检验项目的施工质量控制研究 [J]. 太原学院学报 (自然科学版), 2020, 38(02): 11-15.
- [6] 孙金更. 预应力混凝土后张梁张拉施工质量问题及控制措施 [J]. 铁道建筑, 2015, (06): 20-23.
- [7] 喻义明. 高速公路预制梁生产质量控制 [J]. 中国高新技术企业, 2010, (15): 183-184.
- [8] 王应斌, 李正垣, 张铁柱, 等. 桥梁工程中预制梁的施工质量控制 [J]. 科技创新导报, 2019, 16(36): 18-19.
- [9] 彭翰杏. 预制装配式标准箱梁桥施工安全及质量控制研究 [D]. 湖南科技大学, 2023.
- [10] 吴象伟. 桥梁工程后张法预应力预制梁板施工质量控制 [J]. 中国城市经济, 2011, (14): 238+240.

# 再生建筑材料在结构加固修复中的应用思考

苏焕东, 李金峰\*, 郝天琪, 吴欣航, 达瓦, 代志敏

西藏大学, 西藏 拉萨 850000

**摘 要 :** 随着可持续发展理念的普及与环保意识的提高, 再生建筑材料在结构加固修复中的应用得到了广泛的关注。再生建筑材料通过回收废弃材料或资源, 经过加工处理后得到的新材料。再生建筑材料分为: 再生混凝土、再生钢筋、再生纤维、再生木材、再生塑料等。具有可持续性、环保性和经济性等优势, 在结构加固修复中可以发挥重要作用。

**关 键 词 :** 再生建筑材料; 结构加固修复; 可持续性; 环保性; 经济性

## Consideration On The Application Of Recycled Building Materials In Structural Reinforcement And Restoration

Su Huandong, Li Jinfeng\*, Hao Tianqi, Wu Xinhang, Da Wa, Dai Zhimin

Tibet University, Lhasa, Tibet 850000

**Abstract :** With the popularization of the concept of sustainable development and the improvement of environmental protection awareness, the application of recycled building materials in structural reinforcement and restoration has been widely concerned. Recycled building materials New materials obtained after processing by recycling waste materials or resources. Recycled building materials are divided into: recycled concrete, recycled steel, recycled fiber, recycled wood, recycled plastic and so on. It has the advantages of sustainability, environmental protection and economy, and can play an important role in structural reinforcement and restoration.

**Keywords :** recycled building materials; structural reinforcement and repair; sustainability; environmental protection; economy

## 引言

随着我国城市化进程的快速提升和人们生活质量的提升, 对建筑物的功能需求和安全要求日趋严格。对现有建筑物的升级改造是社会发展的必然趋势, 其中建筑物的结构加固显得尤为重要。现阶段全球变暖的趋势愈发严峻, 同时“十四五”期间又是我国节能减排的关键时期, 采用再生建筑材料对建筑物进行结构加固具有很深的研究意义与应用前景。

## 一、再生建筑材料的概念和分类

### (一) 再生建筑材料的概念

再生建筑材料是指通过回收和再利用废弃材料或资源, 制造出具有一定性能和品质的建筑材料。这些材料可以包括废弃的混凝土、砖块、木材、钢铁、玻璃等。再生建筑材料的制造过程通常会减少原材料的消耗和对环境的影响, 同时降低废弃物的产生和处理成本。再生建筑材料的使用有助于减少对自然资源的依

赖, 促进可持续发展, 并减少建筑行业对环境的负面影响<sup>[1]</sup>。

### (二) 再生建筑材料的分类

1. 再生骨料混凝土: 如图1图2所示再生骨料混凝土是通过回收和再利用废弃混凝土制成的材料。在结构加固修复中, 再生骨料混凝土可以用于补充或替代传统混凝土, 用于修复受损的混凝土结构。再生骨料混凝土具有与传统混凝土相似的力学性能, 同时减少了对原材料的需求, 降低了碳排放。通过设计处理, 再生骨料混凝土可以有效地提高结构的强度和耐久性。

作者简介:

苏焕东(1999—), 男, 汉族, 河南省开封市人, 研究生在读, 单位: 西藏大学工学院, 研究方向: 防灾减灾及防扩工程。

郝天琪(1999—), 男, 满族, 辽宁省阜新市人, 研究生在读, 单位: 西藏大学工学院, 研究方向: 桥梁与隧道工程。

吴欣航(2000—), 女, 汉族, 重庆人, 研究生在读, 单位: 西藏大学工学院, 研究方向: 道路交通安全。

达瓦(2000—), 男, 藏族, 西藏日喀则市人, 工学硕士, 单位: 西藏大学工学院, 研究方向: 道路运输。

代志敏(1997—), 男, 汉族, 湖南省郴州市宜章县人, 研究生在读, 单位: 西藏大学工学院, 研究方向: 岩土体稳定性及工程环境效应。

通讯作者: 李金峰(1998—), 男, 汉族, 甘肃天水人, 研究生在读, 单位: 西藏大学工学院, 研究方向: 岩土工程。

本项目由西藏大学研究生“高水平人才培养计划”项目资助, 2022-GSP-S012。





> 图1



> 图2

2. 再生钢筋：如图3图4所示再生钢筋是通过回收和再利用废弃钢铁制成的材料。在结构加固修复中，再生钢筋可以用于替代传统的钢筋，对于受损或老化的钢筋结构进行加固。再生钢筋具有良好的机械性能，同时减少了对原材料的需求和能源消耗。采用再生钢筋可以有效地延长结构的使用寿命，并且节约了资源。



> 图3

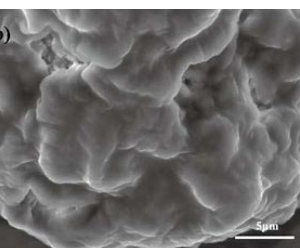


> 图4

3. 再生纤维：如图5图6再生纤维是指通过回收和再利用废弃纤维素材料制成的材料，常见的有再生玻璃纤维和再生碳纤维等。在结构加固修复中，再生纤维的应用可以有效增强和改善结构的力学性能。



> 图5



> 图6

4. 再生木材：再生木材是通过回收和再利用废弃木材制成的材料。在结构加固修复中，再生木材可以用于替代传统的新木材，用于修复受损的木结构或增加结构的承载能力。再生木材具有良好的强度和稳定性，同时减少了对原木资源的需求和森林砍伐的压力。采用再生木材可以实现结构的可持续发展和环境保护。

5. 再生塑料：再生塑料是通过回收和再利用废弃塑料制成的材料。在结构加固修复中，再生塑料可以用于制造增强板、支撑材料或填充材料，用于提高结构的强度、稳定性和耐久性。再生塑料具有轻质、耐腐蚀和可塑性强的特点，同时减少了对新塑料原料的需求和能源消耗。使用再生塑料可以有效地降低结构加固修复的成本，并实现废弃塑料资源的循环利用。

## 二、再生建筑材料在结构加固修复中的应用

### （一）再生骨料混凝土在结构加固中的应用

再生骨料混凝土可以充分利用废弃混凝土中的有用成分，减

少对新型材料的需求，达到节约资源的意义。同时再生骨料混凝土的抗压性能优于传统混凝土，可以满足建筑物的加固要求<sup>[2]</sup>。同时再生骨料混凝土的抗裂性能优于传统混凝土，可以更有效的防止建筑物出现裂缝。

在建筑结构加固修复过程中，墙体结构的加固尤为重要，传统的墙体加固需要在墙体表面布置钢筋网，然后再进行抹灰等施工工序，较为繁琐，而采用再生骨料混凝土，对墙体结构进行加固修复，不仅可以缩短工期，还能保证墙体的强度和稳定性。

在建筑结构中，柱子是建筑物承重结构的核心部件，柱子的稳定性及其强度直接影响建筑物的安全性。采用再生骨料混凝土对柱子进行加固，可以提高柱子的抗裂性能和抗压性能，有效的保证了建筑物的整体稳定性和安全性。

在建筑结构中，地面的稳定性，直接影响建筑物整体的稳定性，其稳定性与强度是极其重要的。采用再生骨料混凝土对地面进行加固，可以提高地面的抗压性能和抗裂性能，有效的防止地面出现裂缝和坍塌等问题<sup>[3]</sup>。

### （二）再生钢筋在结构加固修复中的应用

再生钢筋在结构加固修复中，可以对混凝土结构进行修复，对于已经损坏的混凝土结构，可以在结构表面或内部加固层中使用再生钢筋，恢复结构的完整性和承载力。同时再生钢筋可以对已经损坏或承载能力不足的梁和柱子进行加固修复，可以在其受拉或受压区域使用再生钢筋进行加固，通过再生钢筋与原结构钢筋进行连接或覆盖，可以增加结构的承载能力与抗震性能<sup>[4]</sup>。

在建筑结构中，梁柱的节点位置是整个结构中较易发生破坏的位置。使用再生钢筋通过套筒连接、焊接、粘接的方式将再生钢筋同原结构钢筋进行连接，这种加固形式可以节点的承载能力与抗震性能。

地基是建筑物的重要支撑，如果地基承载力不足或者存在沉降问题，可以使用再生钢筋加固地基。可以在地基下方设置钢筋网格，提供额外的支撑和增强效果，以增加地基的稳定性和承载能力。

### （三）再生纤维在结构加固修复中的应用

再生纤维在结构加固修复中可以在混凝土结构、钢筋结构、木结构中发挥一定的优势。

1. 加固混凝土结构：再生纤维可以与环氧树脂等粘合剂结合，形成纤维布或纤维片，用于加固混凝土结构。通过将纤维布或纤维片粘贴在混凝土表面或内部，可以提高混凝土结构的抗裂、抗震和抗拉强度。再生玻璃纤维和再生碳纤维都可以作为加固材料，它们具有高强度、耐久性和良好的黏结性能，能够有效增强混凝土结构的承载能力<sup>[5]</sup>。

2. 加固钢筋结构：再生纤维也可以用于加固钢筋结构，特别是在受锈蚀或损伤的钢筋上。通过将再生纤维与环氧树脂等粘合剂结合，包覆在钢筋周围，可以提高钢筋的抗腐蚀性能和抗拉强度。再生纤维的使用还可以延缓锈蚀的进一步发展，延长钢筋的使用寿命。

3. 加固木结构：再生纤维也可应用于加固木结构建筑，特别是在老化、腐朽或受损的木材上。通过将再生纤维与适当的粘



合剂结合，粘贴在木材表面或内部，可以提高木材的抗弯强度和刚度。

（四）再生木材在结构加固修复中的应用

在木结构建筑物中，再生木材同样可以对结构进行加固修复。在梁和柱结构中，再生木材通过需要进行削减、雕刻和连接用来适应所需要的加固结构的形状和尺寸。将再生木材与原木材结构进行粘接或螺栓连接，来增加结构的承载能力和稳定性<sup>[6]</sup>。

在墙体结构中，对于已经开裂或承载力不足的墙体，可以使用再生木材进行加固修复。可以将再生木材制成加固板或加固框架，通过胶粘剂或螺栓固定在墙体表面或内部。再生木材的强度和稳定性可以提高墙体的抗震和抗侧向荷载能力。

在地板结构中，对于受损的地板结构，可以使用再生木材进行修复。再生木材可以替换或覆盖受损的地板板材，通过连接或粘贴固定，恢复地板的平整度和强度。

（五）再生塑料在结构加固修复中的应用

再生塑料在结构加固修复中，有着很大的发展前景。对于已经损坏或承载力不足的柱子，我们可以使用再生塑料进行加固。再生塑料可以制成加固板或管道等形状，通过螺栓连接或胶粘剂固定在结构上，提高结构的承载能力。再生塑料具有轻量、耐候性和可塑性等特点，适用于各种不同形状和尺寸的梁柱结构的加固修复<sup>[7]</sup>。

对于已经开裂或承载力不足的墙体，可以使用再生塑料进行加固修复。可以将再生塑料制成加固板或网格等形状，嵌入墙体内部，通过胶粘剂或夹紧等方式固定，增加墙体的强度和稳定性。再生塑料的耐候性和抗腐蚀性性能比较好，可以适应不同的墙体材料，如混凝土、砖石等。

结论

再生建筑材料在结构加固修复中的发展前景是巨大的，它们不仅能够满足结构加固修复的需求，还能够促进可持续发展和资源循环利用。

再生建筑材料具有良好的性能：再生建筑材料经过适当的处理和加工后，可以具备与传统建筑材料相当甚至更好的性能，如强度、耐久性、抗震性等。这使得它们成为结构加固修复的理想选择。

再生建筑材料的环保性：再生建筑材料采用废旧材料回收再利用，减少了对原始资源的需求，降低了能源消耗和环境污染。通过使用再生建筑材料，可以减少建筑业对自然资源的开采和废弃物的产生，实现可持续发展。

再生建筑材料的经济性：尽管再生建筑材料的生产成本可能较高，但由于其可回收利用的特性，可以降低结构加固修复的成本。

参考文献：

[1] XIAO J Z, WANG C H, DING T, et al. A recycled aggregate concrete high- rise building: Structural performance and embodied carbon footprint [ J ]. Journal of Cleaner Production, 2018, 199: 868- 881.

[2] 肖建庄, 夏冰, 肖绪文. 工程结构可持续性设计理论架构 [ J ]. 土木工程学报, 2020, 53 ( 6 ) : 1- 12.

[3] 李惠, 关新春, 郭安薪, 戚贵军, 欧进萍. 可持续土木工程结构的若干科学问题与实现技术途径 [ J ]. 防灾减灾工程学报, 2010, 30 (S1): 387-393.

[4] 邓寿昌. 林区道路再生混凝土配合比设计新方法 & 全再生钢筋混凝土构件应用实验研究 [ D ]. 导师: 罗迎社. 中南林业科技大学, 2019.

[5] 赵涛. 再生混凝土和再生纤维混凝土力学性能试验研究 [ D ]. 导师: 王社良; 谢龙学. 西安建筑科技大学, 2014.

[6] 池颖. 中国废旧木材资源与再生纤维利用概况 [ J ]. 林产工业, 2020, 57 (03): 65-67.

[7] 马殿光. 淤泥再生废弃泡沫塑料轻质混合土试验研究 [ D ]. 导师: 朱伟. 河海大学, 2005.

# 大断面地下洞室混凝土衬砌施工技术研究

王靖玮, 郝卫超, 汪翔, 刘东

中国水利水电第一工程局有限公司, 吉林 长春 130000

**摘 要 :** 随着我国地下工程建设规模的不断扩大, 大断面地下洞室的需求日益增加。作为地下洞室的关键构造, 混凝土衬砌在确保结构安全和使用功能方面发挥着至关重要的作用。然而, 大断面地下洞室的复杂环境和特殊要求给混凝土衬砌施工带来了诸多挑战。为应对这些难题, 本文深入研究大断面地下洞室混凝土衬砌施工技术, 从施工准备、浇筑技术到后期处理等方面提出了一系列优化策略和创新方法。通过系统性地探讨和改进施工技术, 期望能够提高大断面地下洞室混凝土衬砌的施工质量和效率, 为相关工程实践提供有力的技术支持和参考。

**关 键 词 :** 大断面地下洞室; 混凝土衬砌; 施工技术

## Study On The Construction Technology Of Concrete Lining Of Large Section Underground Cave

Wang Jingwei, Hao Weichao, Wang Xiang, Liu Dong

China Water Resources and Hydropower First Engineering Bureau Co., LTD., Changchun, Jilin 130000

**Abstract :** With the continuous expansion of the scale of underground engineering construction in our country, the demand for large section underground caverns is increasing day by day. As the key structure of underground cavern, concrete lining plays a vital role in ensuring the safety and function of the structure. However, the complex environment and special requirements of large section underground caverns bring many challenges to the construction of concrete lining. In order to solve these problems, this paper deeply studies the construction technology of large-section underground cavern concrete lining, and puts forward a series of optimization strategies and innovative methods from the aspects of construction preparation, pouring technology and post-treatment. Through the systematic discussion and improvement of construction technology, it is expected to improve the construction quality and efficiency of concrete lining of large section underground caverns, and provide strong technical support and reference for related engineering practice.

**Keywords :** large section underground cavern; concrete lining; construction technique

大断面地下洞室是现代地下工程中的重要组成部分, 其混凝土衬砌施工是确保结构安全 and 功能实现的关键环节。这类工程通常具有空间尺寸大、地质条件复杂、施工难度高等特点。混凝土衬砌作为永久支护结构, 需要承担巨大的岩土压力和地下水压力。施工过程中涉及开挖支护、模板安装、混凝土浇筑、养护等多个环节, 每个环节都需要精细化管理和技术创新。面对这些挑战, 深入研究和优化施工技术对于提高工程质量、缩短工期和降低成本具有重要意义。

### 一、大断面地下洞室混凝土衬砌施工准备

#### (一) 洞室开挖及支护技术

大断面地下洞室的开挖及支护是混凝土衬砌施工的前期关键工序。在开挖过程中, 通常采用台阶法或分步开挖法, 以确保洞室的稳定性<sup>[1]</sup>。台阶法开挖时, 一般将洞室分为3~5个台阶, 每个台阶高度控制在3~5米之间。开挖顺序为自上而下, 上部台阶超出下部台阶5~10米。分部开挖法则根据洞室断面形状, 将其划分为拱顶、边墙和底板等部位, 按照“先拱后墙、先墙后底”的顺序进行。开挖过程中, 需严格控制超挖量, 一般不超过设计

轮廓线30cm。同时, 采用光面爆破技术, 爆破参数如孔距60~80cm, 装药量0.8~1.2kg/m<sup>3</sup>, 以减少对周围岩体的扰动。开挖完成后, 立即进行初期支护是确保洞室稳定的关键措施。常用的支护方式包括锚杆、钢筋网、喷射混凝土等。锚杆采用全长黏结型, 直径22~25mm, 长度3~6m, 间距0.8~1.2m。钢筋网采用Φ6~8mm钢筋, 网格间距15~20cm。喷射混凝土强度等级不低于C25, 厚度15~30cm, 分2~3层喷射。对于地质条件较差的区段, 可增设工字钢支撑, 间距0.5~1.0m。支护过程中, 应及时进行收敛变形监测, 控制变形速率在2mm/d以内。通过这些精细化的开挖和支护技术, 可为后续混凝土衬砌施工创造良好的基础条

件，确保大断面地下洞室的整体稳定性和安全性<sup>[2]</sup>。

### （二）衬砌模板系统设计与制作

大断面地下洞室混凝土衬砌施工中，模板系统的设计与制作直接影响衬砌质量和施工效率。鉴于洞室断面尺寸大、荷载复杂，通常采用定制化的钢模板系统。该系统主要由面板、主肋、次肋、背撑及调节机构等组成<sup>[3]</sup>。面板采用 Q235 钢材，厚度 8-10mm，表面经过抛光处理，粗糙度控制在  $Ra1.6\mu m$  以内，以确保混凝土表面的平整度。主肋和次肋采用 H 型钢或工字钢，规格分别为  $H200\times200\times8\times12mm$  和  $H150\times150\times7\times10mm$ ，间距 600-800mm。背撑系统则使用  $\phi 48\times3.5mm$  的钢管，纵向间距 1.5-2m，横向间距 1-1.5m，形成稳固的空间支撑结构。模板系统设计时需考虑混凝土侧压力，通常按  $25-30kN/m^2$  计算。为适应不同断面尺寸，模板采用分段组装方式，每段长度控制在 3-5m。模板拼接处采用高强螺栓连接，螺栓规格 M20，间距 200-300mm。为便于拆卸和周转使用，模板系统配备液压千斤顶和滑移装置，千斤顶承载能力 50-100kN，行程 200-300mm。此外，模板表面涂覆脱模剂，用量  $0.2-0.3L/m^2$ ，以减少混凝土粘结。模板制作完成后，需进行试拼装，确保各部件吻合度误差不超过 5mm。通过精心设计和制作的模板系统，可有效保证大断面地下洞室混凝土衬砌的几何尺寸精度和表面质量，同时提高施工效率，缩短工期。

### （三）混凝土材料选择与配比优化

大断面地下洞室混凝土衬砌对材料性能要求较高，因此材料选择和配比优化至关重要。水泥选用 P.O 42.5 或 P.O 52.5 硅酸盐水泥，其 28 天抗压强度不低于 42.5MPa 或 52.5MPa。粗骨料采用连续级配的碎石或卵石，粒径 5-31.5mm，针片状含量控制在 10% 以下。细骨料选用中砂，细度模数 2.3-3.0，含泥量不超过 3%。为改善混凝土的工作性能和耐久性，通常参加粉煤灰和矿渣粉等矿物掺合料，掺量分别为胶凝材料总量的 15%-25% 和 20%-30%。此外，还需添加高效减水剂，用量为胶凝材料质量的 0.8%-1.2%，以降低水胶比并提高混凝土的流动性。

配比优化过程中，需综合考虑强度、抗渗性、耐久性等多项指标。以 C30 混凝土为例，其配合比设计可采用以下参数：水胶比 0.38-0.42，胶凝材料用量  $380-420kg/m^3$ ，砂率 35%-38%。通过试配和性能测试，确定最终配比为：水泥  $320kg/m^3$ ，粉煤灰  $60kg/m^3$ ，矿渣粉  $40kg/m^3$ ，水  $160kg/m^3$ ，粗骨料  $1150kg/m^3$ ，细骨料  $650kg/m^3$ ，减水剂  $4.2kg/m^3$ 。该配比下，混凝土的坍落度控制在 180-220mm，扩展度 500-600mm，初凝时间不少于 8 小时，终凝时间不超过 12 小时。28 天抗压强度可达 38-42MPa，抗渗等级不低于 P8。通过精细的材料选择和配比优化，可确保大断面地下洞室混凝土衬砌具备良好的工作性能和长期使用性能，满足工程的各项技术要求<sup>[4]</sup>。

## 二、大断面地下洞室混凝土衬砌浇筑技术

### （一）分层分段浇筑方法

大断面混凝土衬砌浇筑采用分层分段法，这种方法可有效控

制混凝土的温度应力和收缩应力，减少裂缝的产生。通常将衬砌断面划分为拱顶、边墙和仰拱三个主要部位，每个部位再进行分层浇筑<sup>[5]</sup>。拱顶和边墙一般分为 2-3 层，每层厚度控制在 1.5-2.0m；仰拱则根据断面尺寸可分为 1-2 层，每层厚度 1.0-1.5m。纵向分段长度通常为 10-15m，以满足混凝土收缩要求。相邻段之间设置施工缝，缝宽 20-30mm，采用止水钢板或橡胶止水带进行防水处理。浇筑顺序遵循“先仰拱、后边墙、再拱顶”的原则，以确保结构的整体性和稳定性。每层混凝土浇筑完成后，需进行表面处理，采用粗糙面或凿毛处理，以增强新拌混凝土的结合强度。层间间隔时间控制在 12-24 小时，确保下层混凝土初凝但未完全硬化。

### （二）混凝土泵送与布料技术

大断面混凝土衬砌施工中，泵送与布料技术是确保混凝土均匀性和密实度的关键环节。泵送设备选用大功率柱塞泵，输送能力达  $80-120m^3/h$ ，泵送压力不低于 8MPa。输送管道采用内径 125-150mm 的无缝钢管，管壁厚度 8-10mm，以承受高压输送。管道连接使用快速卡箍式接头，每 50-100m 设置一个减压阀，确保输送压力均衡<sup>[6]</sup>。混凝土坍落度控制在 180-220mm，并添加 0.03%-0.05% 的泵送剂以改善可泵性。泵送过程中，管道内混凝土流速保持在 0.8-1.2m/s，以防止离析和堵管。布料系统由固定式布料机和可伸缩布料臂组成。固定式布料机安装在施工平台上，回转半径不小于 15m，变幅范围  $0-40^\circ$ 。可伸缩布料臂长度达 18-25m，末端配备 3-5m 长的软管。布料时，混凝土自由倾落高度严格控制在 1.5m 以内，防止骨料分离。布料点间距为 3-4m，每个布料点浇筑量  $2-3m^3$ 。采用“之”字形布料方式，布料速度控制在  $15-20m^3/h$ 。布料过程中，混凝土温度保持在  $10-30^\circ C$ ，环境温度超过  $25^\circ C$  时，需采取降温措施<sup>[7]</sup>。

### （三）振捣密实度控制措施

大断面混凝土衬砌施工中，振捣密实度控制是确保结构质量的关键环节。振捣采用高频插入式振动棒，其频率为 180-200Hz，振幅 1-2mm，振捣棒直径 50-70mm。振捣时，振捣棒应垂直插入混凝土中，插入深度不小于 30cm，并应插入下层混凝土 5-10cm，以确保新旧混凝土的有效结合。振捣点间距控制在 1.5 倍有效振捣半径，通常为 30-50cm。每个振捣点的振捣时间为 20-30 秒，以混凝土表面不再出现大气泡、泛浆和表面平整为准。对于拱顶等难以振捣的部位，可采用附着式振动器辅助振捣，其振动频率为 50-60Hz，振幅 0.5-1mm。为确保混凝土的均匀密实，振捣过程中需采取分层、分块的方式进行。每层厚度控制在 30-50cm，与振捣棒长度相适应。振捣顺序遵循“先深后浅、先角落后中间”的原则，确保混凝土充分密实<sup>[8]</sup>。

## 三、大断面地下洞室混凝土衬砌后期处理技术

### （一）混凝土养护技术

大断面地下洞室混凝土衬砌施工完成后，养护工作对于确保混凝土性能至关重要。养护过程主要包括温度控制和湿度维持两个方面。温度控制采用智能测温系统，在混凝土内部埋设温度传

感器,间距3-5m,实时监测混凝土内部温度。养护期间,混凝土内部温度应控制在15-25℃,温度梯度不超过20℃/m,降温速率控制在2-3℃/d。为达到这一目标,可采用循环水管降温系统,水管间距30-50cm,冷却水温度控制在10-15℃,流量0.5-1.0m<sup>3</sup>/h。对于拱顶等难以布置水管的部位,可采用喷雾降温,喷雾压力0.3-0.5MPa,喷雾量0.5-1.0L/m<sup>2</sup>·h。湿度维持是养护的另一关键环节。养护期间,混凝土表面相对湿度应保持在95%以上。初期养护采用喷雾养护,喷雾压力0.2-0.3MPa,喷雾量0.3-0.5L/m<sup>2</sup>·h,持续时间不少于7天。后期可采用覆盖养护,使用塑料薄膜或养护毯覆盖混凝土表面,覆盖材料搭接宽度不小于20cm。养护时间根据混凝土强度等级确定,一般不少于14天。对于采用矿物掺合料的混凝土,养护时间可适当延长至21-28天。通过科学的养护技术,可有效减少混凝土的收缩开裂,提高其抗渗性和耐久性,确保大断面混凝土衬砌结构的长期性能<sup>[9]</sup>。

### (二) 衬砌表面修饰工艺

大断面混凝土衬砌完成后,表面修饰工艺是提升结构美观性和耐久性的重要环节。修饰工艺主要包括表面处理和涂装两个阶段。表面处理首先采用高压水枪清洗,水压控制在15-20MPa,清洗距离0.3-0.5m,以去除表面浮浆和松散物。随后使用金刚石磨头进行打磨,磨头粒度由粗到细依次为80#、120#、180#,打磨深度控制在0.5-1.0mm。对于局部凹凸不平区域,采用环氧砂浆修补,砂浆强度等级不低于M30,修补厚度3-5mm。修补后进行二次打磨,确保表面平整度偏差不得超过2mm/m。涂装工艺采用多层复合涂装系统,包括底漆、中涂和面漆。底漆选用环氧树脂底漆,涂布量150-200g/m<sup>2</sup>,固化时间8-12小时。中涂采用环氧铁中涂,涂布量250-300g/m<sup>2</sup>,固化时间12-24小时。面漆使用聚氨酯面漆,涂布量100-150g/m<sup>2</sup>,固化时间24-48小时。涂装过程中,环境温度控制在10-30℃,相对湿度不超过

80%。涂装设备选用无气喷涂机,喷涂压力15-20MPa,喷嘴尺寸0.38-0.53mm。涂装完成后,进行附着力测试,拉断强度不低于2.0MPa。通过精细的表面修饰工艺,可显著提升大断面混凝土衬砌的外观质量和防护性能,延长结构使用寿命。

### (三) 防水防渗处理方法

大断面混凝土衬砌的防水防渗处理采用多重防护体系,包括外部防水层、内部防渗层和结构自防水。外部防水层选用高分子自粘防水卷材,厚度1.5-2.0mm,拉伸强度≥8MPa,断裂伸长率≥300%。卷材铺设时搭接宽度不小于100mm,采用热熔法粘接。为增强防水效果,在防水卷材外侧设置30mm厚的细石混凝土保护层,其强度等级不低于C20。内部防渗层采用结晶型防水涂料,涂布量1.5-2.0kg/m<sup>2</sup>,分2-3遍涂刷,每遍间隔时间4-6小时。结构自防水则通过优化混凝土配比实现,水胶比控制在0.38-0.42,掺加5%-8%的硅灰和0.8%-1.2%的高效减水剂,以提高混凝土的密实度和抗渗性。

为确保防水防渗效果,施工过程中需进行严格的质量控制<sup>[10]</sup>。防水卷材铺设完成后,采用高压电火花检测仪进行检测,检测电压15-20kV,漏电流不得超过1%。结晶型防水涂料施工后,进行淋水试验,持续24小时,不得有渗漏现象。混凝土浇筑时,采用插入式测温仪监测内部温度,控制温度梯度不超过20℃/m,以防止温度应力导致的裂缝。

## 结束语

大断面混凝土衬砌施工技术是一项复杂而精细的工程实践。通过科学的设计、精确的材料选择、先进的施工方法以及严格的质量控制,可以有效保证衬砌结构的整体性能和长期耐久性。持续优化和创新这些技术,将为地下工程建设提供更可靠的支撑,推动基础设施建设向更高水平发展。

## 参考文献:

- [1] 段兆林, 张博, 姜晓博, 等. 地下等截面交叉洞室扩建衬砌拆除及支护方法[J]. 科学技术与工程, 2022, 22(34): 15291-15303.
- [2] 陈二平. 既有大断面交叉洞室衬砌拆除控制及围岩稳定性研究[J]. 公路, 2022(003): 067.
- [3] 郑阳, 刘海龙. 地下洞室大断面双层衬砌共架可変模板施工技术[J]. 砖瓦世界, 2021, 000(012): 89-90.
- [4] 马海军. 地下洞室衬砌混凝土裂缝与预防策略探讨[J]. 建筑工程技术与设计, 2018.
- [5] 张金祥. 隧洞混凝土衬砌施工混凝土损耗控制措施[J]. 云南水力发电, 2023, (08): 69-72.
- [6] 肖云. 水库输水隧洞混凝土衬砌施工技术研究[J]. 低碳世界, 2019, 9(1): 2.
- [7] 邓小飞. 圆形有压隧洞钢管混凝土衬砌施工技术[J]. 红水河, 2023, (03): 46-49.
- [8] 李立功, 张立勃. 隧道衬砌中高流动性混凝土施工技术研究及应用[J]. 建筑结构, 2023, 53(S01): 2319-2326.
- [9] 冯春怀. 渠道现浇混凝土衬砌施工技术研究[J]. 珠江水运, 2019(13): 2.
- [10] 杨紫慧. 大断面地下洞室混凝土衬砌施工技术[J]. 技术与市场, 2021, (10): 84-85+88.



# 水利工程施工中混凝土防裂技术的优化与应用探讨

闫平安

鄄城县李进士堂镇农业综合服务中心，山东 菏泽 274600

**摘 要：** 水利工程在社会发展中发挥着关键作用，而混凝土作为水利工程施工的重要材料，其裂缝问题一直备受关注。本文深入探讨了水利工程施工中混凝土防裂技术的优化与应用。通过分析混凝土裂缝的成因，包括材料特性、施工工艺、环境因素及结构设计等，提出了一系列针对性的优化策略。详细阐述了从材料选择、施工过程控制到养护环节的改进措施，并结合实际案例分析了优化防裂技术的应用效果。

**关 键 词：** 水利工程；混凝土；防裂技术；优化；应用

## Discussion On The Optimization And Application Of Concrete Crack Prevention Technology In Water Conservancy Project Construction

Yan Ping'an

Juancheng County Li Jinshi Tang Town agricultural comprehensive service center, Heze, Shandong 274600

**Abstract：** Water conservancy project plays a key role in social development, and concrete as an important material of water conservancy project construction, its crack problem has been concerned. This paper discusses the optimization and application of concrete crack prevention technology in the construction of water conservancy project. By analyzing the causes of concrete cracks, including material characteristics, construction technology, environmental factors and structural design, a series of targeted optimization strategies are put forward. The improvement measures from material selection, construction process control to maintenance are expounded in detail, and the application effect of optimized anti-crack technology is analyzed in combination with the actual case.

**Keywords：** water conservancy project; concrete; anti-crack technology; optimization; application

### 一、绪论

在水利工程建设中，混凝土的应用极为广泛，然而混凝土裂缝问题却始终是一个亟待解决的关键挑战。混凝土裂缝的出现不仅会影响水利工程的外观和耐久性，更可能危及工程的结构安全和正常运行。随着水利工程规模的不断扩大和技术要求的日益提高，对混凝土防裂技术的优化与应用提出了更高的要求。为有效解决这一问题，众多学者和工程技术人员开展了广泛而深入的研究。本论文旨在综合分析当前水利工程施工中混凝土裂缝的成因，深入探讨混凝土防裂技术的优化策略及其实际应用。

### 二、水利工程中混凝土裂缝的成因分析

#### （一）混凝土材料特性与裂缝产生的关系

水泥的水化热是导致裂缝的重要因素之一。水泥在水化过程中释放大量热量，若混凝土体积较大，内部热量难以散发，内外温差过大，会产生温度裂缝。骨料的质量与级配同样关键。骨料含泥量过高会影响混凝土强度和耐久性，级配不合理则可能导致混凝土内部结构不均匀，增加裂缝产生的风险<sup>[1]</sup>。外加剂的使用不当也可能引发问题。例如，减水剂用量过多可能导致混凝土坍落度过大，影响其凝固和强度发展，从而产生裂缝。

#### （二）施工工艺对混凝土裂缝的影响

混凝土的搅拌与浇筑环节至关重要。搅拌不均匀会导致混凝土成分分布不均，影响其性能的一致性，从而增加裂缝产生的可能性。浇筑时，若速度过快或不连续，会使混凝土内部产生空隙和应力集中，引发裂缝。振捣方式与时间的把控同样关键。振捣不足会使混凝土密实度不够，内部存在空隙；振捣过度则可能导致骨料下沉、水泥浆上浮，削弱混凝土的结构强度，易产生裂缝<sup>[2]</sup>。养护条件与方法对混凝土裂缝也有显著影响。养护不及时或养护不当，如湿度不够、温度变化大，混凝土会因失水过快或内外温差大而产生收缩裂缝。

#### （三）环境因素导致混凝土裂缝的原因

温度变化对混凝土裂缝的产生影响显著。昼夜温差大或季节交替时，混凝土表面与内部温度差异明显，热胀冷缩不均匀，从而产生裂缝。湿度差异也不可忽视，干燥环境会加速混凝土水分蒸发，导致体积收缩，产生裂缝。地基不均匀沉降是另一个关键因素。水利工程所处地基的地质条件复杂，若地基承载力不均，在建筑物自重作用下，会引发不均匀沉降，致使混凝土结构受到拉应力，超过其抗拉强度时就会产生裂缝。此外，风、雨、雪等自然现象也会影响混凝土的性能。强风可能加快混凝土表面水分散失，降雨雪可能使混凝土遭受冻融循环，这些都会削弱混凝土的结构稳定性，增加裂缝出现的风险。

#### （四）结构设计因素与混凝土裂缝的关联

结构的形状和尺寸不合理会导致混凝土内部应力分布不均。例如，过长的结构容易产生收缩裂缝。配筋设计也是关键因素。配筋不足无法有效抵抗混凝土的拉应力，易引发裂缝；而配筋分布不合理，则不能均衡地分担应力<sup>[3]</sup>。结构的约束条件同样重要。当混凝土受到基础、相邻构件等的强约束时，其变形受到限制，从而产生裂缝。此外，结构受力分析不准确，可能导致在实际使用中混凝土承受的荷载超过设计值，引发裂缝。

### 三、混凝土防裂技术的原理与分类

#### （一）混凝土防裂技术的基本原理

其一，控制温度应力。混凝土在水化过程中会释放大量热量，导致内部温度升高，与外部环境形成温差，从而产生温度应力。通过选用低热水泥、控制水泥用量、优化骨料级配等措施，减少水化热的产生；同时采取分层浇筑、预埋冷却水管等方法，加快内部热量散发，有效降低温差，减小温度应力，预防裂缝出现。

其二，提高混凝土的抗拉性能。这可通过合理的配合比设计，增加混凝土的密实度和均匀性，从而提高其抗拉强度。此外，在混凝土中添加适量的纤维材料，如钢纤维、聚丙烯纤维等，能够增强混凝土的韧性和抗裂能力。同时，配置合理的钢筋，利用钢筋的抗拉作用，分担混凝土所承受的拉应力，限制裂缝的扩展。

#### （二）常见的混凝土防裂技术

通过合理控制水泥、骨料、水和外加剂的比例，减少水泥用量，降低水化热，从而减小混凝土内部温度应力，预防裂缝产生。增设构造配筋是有效手段之一。在易裂部位配置适量钢筋，能增强混凝土的抗拉能力，约束裂缝的扩展<sup>[4]</sup>。保温保湿养护也是必不可少的技术。及时覆盖保温材料，保持混凝土表面的湿度和温度稳定，减少内外温差，避免因温度变化过快导致裂缝。预应力技术的应用同样重要。通过对混凝土预先施加一定的压应力，抵消后续可能产生的拉应力，从而防止裂缝出现<sup>[5]</sup>。

#### （三）新型混凝土防裂技术的发展

在水利工程领域，新型混凝土防裂技术不断涌现。其中，自愈混凝土技术引人注目。这种混凝土中掺入特殊的微生物或胶囊化修复剂，当混凝土出现裂缝时，能自动触发修复机制，实现裂缝的自行愈合，增强结构的耐久性。纤维增强混凝土技术也取得了显著进展。通过添加高性能纤维，如碳纤维、玄武岩纤维等，大幅提高混凝土的抗拉强度和韧性，有效抑制裂缝的产生和扩展<sup>[6]</sup>。此外，纳米材料在混凝土防裂中的应用逐渐增多。纳米级的二氧化硅、碳酸钙等材料能改善混凝土的微观结构，降低孔隙率，提高混凝土的抗裂性能<sup>[7]</sup>。

### 四、水利工程中混凝土防裂技术的优化策略

#### （一）基于材料选择的优化

首先，应选用低热水泥，其水化热释放较为缓慢，能有效减

少混凝土内部温度的积聚，降低温度裂缝产生的风险。优质骨料的筛选同样关键，级配良好、粒形规整的骨料能提高混凝土的密实度，增强其抗裂性能。此外，合理使用外加剂能改善混凝土的性能。例如，减水剂可减少用水量，降低水灰比，提高混凝土强度和抗裂能力；膨胀剂能补偿混凝土的收缩，减少收缩裂缝。同时，掺入适量的粉煤灰、矿渣粉等矿物掺合料，可降低水泥用量，减少水化热，还能改善混凝土的和易性<sup>[8]</sup>。在材料选择优化过程中，需综合考虑工程需求、材料性能及成本等因素，通过科学配比，为水利工程提供高质量、抗裂性能优良的混凝土。

#### （二）施工过程中的防裂优化措施

首先，合理安排施工进度是关键。避免混凝土浇筑在极端天气条件下进行，减少温度和湿度的不利影响。同时，要充分考虑混凝土强度发展规律，确保施工间隔合理，避免因施工过快或过慢导致裂缝产生。分层分段浇筑技术能有效降低混凝土内部的温度应力。根据工程结构特点和混凝土性能，科学划分浇筑层和段，使混凝土在硬化过程中均匀散热，减少温度裂缝的出现。控制浇筑温度也是重要一环。在高温季节，可对原材料进行降温处理，如对骨料洒水冷却、使用低温水搅拌等。在低温季节，采取适当的保温措施，保证混凝土入模温度适宜。

#### （三）养护环节的优化方案

首先，应采用智能养护系统，通过传感器实时监测混凝土的温度、湿度等参数，根据数据自动调整养护措施，确保养护条件的精准控制。其次，延长养护时间是关键。在常规养护时间基础上，适当增加养护周期，尤其是在早期强度增长阶段，充分保证混凝土的水化反应进行完全。再者，使用保湿效果良好的覆盖材料，如塑料薄膜、土工布等，减少水分蒸发，保持混凝土表面湿润。另外，对于大体积混凝土，可采用蓄水养护法，利用水的比热容大的特点，有效控制混凝土内部温度。最后，在养护期间，应加强对混凝土的检查和监测，及时发现并处理可能出现的问题，如裂缝的早期迹象，以便采取针对性的补救措施，确保混凝土的质量和耐久性。

#### （四）结构设计方面的优化建议

首先，应合理规划结构形状，避免突变和尖角，以减少应力集中。优化构件尺寸，使其在满足承载要求的同时，尽量降低混凝土内部的拉应力。在配筋设计方面，应根据受力情况合理配置钢筋，增加抗裂钢筋的数量和分布密度，提高混凝土的抗拉能力。对于大体积混凝土结构，可采用分层分块设计，设置后浇带或施工缝，以释放混凝土早期的收缩应力。同时，注重结构的整体性和稳定性，合理设置伸缩缝，确保结构在温度变化和基础不均匀沉降时能有足够的变形空间，减少裂缝的产生。

### 五、混凝土防裂技术在水利工程中的应用

#### （一）水利工程不同部位的防裂技术应用

在水利工程中，不同部位对混凝土防裂技术的需求各异。大坝坝体通常体积庞大，水泥水化热易导致内部温度过高产生裂缝，可采用分层分块浇筑，并预埋冷却水管以降低内部温度。溢

洪道部位因水流冲刷，需具备较高的抗裂性能。优化混凝土配合比，增加粉煤灰等掺合料，能提高其和易性与抗裂能力。渠道衬砌部位长期受干湿交替影响，易产生裂缝。施工时应加强振捣，确保混凝土密实，并及时进行保湿养护。水闸闸墩等结构复杂部位，容易因约束作用产生裂缝。可设置后浇带，减少早期收缩应力，还可配置适量的构造钢筋，增强混凝土的抗裂性。根据水利工程不同部位的特点和受力情况，有针对性地选择和优化防裂技术，是保障工程质量、延长使用寿命的关键。

### （二）应用中的注意事项

首先，原材料的质量把控至关重要。水泥的品种、骨料的级配及含泥量等都应严格符合标准，避免因材料缺陷引发裂缝。施工过程中，浇筑温度和速度需合理控制。高温时应采取降温措施，浇筑速度不宜过快，以确保混凝土均匀凝固，减少内部应力<sup>[9]</sup>。模板的选择和支设也不容忽视，要保证其牢固、平整，避免因模板变形导致混凝土裂缝。养护环节更是关键，要根据环境条件及时进行保湿、保温养护，养护时间应足够，防止混凝土早期失水或温度骤变。

### （三）应用效果的评估方法

首先，可通过外观检查，直接观察混凝土表面裂缝的数量、

长度、宽度和分布情况。利用裂缝观测仪等工具进行精确测量，并与预设标准对比。其次，进行物理性能检测，如抗压强度、抗拉强度和弹性模量等，判断混凝土的力学性能是否达到设计要求<sup>[10]</sup>。再者，监测温度和湿度变化，分析混凝土内部温度梯度和水分迁移对裂缝产生的影响。还可借助超声波检测技术，了解混凝土内部的密实度和缺陷情况。此外，长期的跟踪观测也必不可少。记录工程在不同季节和运行条件下的表现，评估防裂技术在长期使用中的稳定性。

## 结论

本文通过对混凝土裂缝成因的深入分析，探讨了多种防裂技术的原理、分类以及优化策略，并结合实际案例进行了应用效果的评估。研究表明，优化混凝土配合比、合理控制施工工艺、加强养护措施以及采用新型防裂技术等方法能够有效减少混凝土裂缝的产生。在实际工程应用中，应根据工程的具体特点和要求，综合考虑各种因素，选择合适的防裂技术组合。然而，本文仍存在一定的局限性，对于某些复杂环境和特殊结构的水利工程，防裂技术的应用效果还需要进一步深入研究。

## 参考文献：

- [1] 尹雪保. 水利工程施工中混凝土裂缝的控制技术探究 [J]. 居舍, 2022(16): 53-56.
- [2] 后永亮. 混凝土防裂技术在水利工程建设中的应用 [J]. 智能城市, 2021, 7(19): 157-158.
- [3] 张志华; 夏天; 郭志杰. 泵站进水流道混凝土温控技术措施 [J]. 四川水利, 2023(01): 104-107.
- [4] 阳俊, 张思, 秦明强. 常泰长江大桥桥塔 C60 大体积混凝土配合比设计及防裂技术 [J]. 建材世界, 2023, 44(05): 40-43+52.
- [5] 吴盛灿. 大体积混凝土温控防裂技术的研究与应用 [J]. 产品可靠性报告, 2023, (09): 88-90.
- [6] 周海超. 进水闸工程大体积混凝土浇筑技术及防裂措施 [J]. 中国建筑金属结构, 2023, 22(04): 56-58.
- [7] 张彬彬. 关于建筑施工中混凝土防裂控制技术的分析 [J]. 居业, 2022, (12): 58-60.
- [8] 王宏波. 孟加拉河底隧道项目主体结构大体积混凝土防裂技术研究 [J]. 中国高新科技, 2022, (22): 120-122.
- [9] 余晓瑛. 水利施工中混凝土防裂缝技术控制 [J]. 大陆桥视野, 2022, (09): 129-130.
- [10] 朱国军, 彭春艳, 刘拼, 等. 某长江大桥桥台大体积混凝土低温防裂技术分析 [J]. 混凝土世界, 2022, (02): 84-88.

# 预制梁场中钢筋加工和钢筋安装智能化技术应用综述

张达志<sup>1</sup>, 李宜达<sup>2</sup>

1. 中国水利水电第五工程局有限公司, 四川 成都 610225

2. 石家庄铁道大学 土木工程学院, 河北 石家庄 050043

**摘 要：** 随着科技的不断发展，在工程建设预制梁场领域中，智能化技术得到了广泛应用，极大地提高了生产效率和工程质量。在钢筋加工环节过程中，数控切割机、弯曲机器人等设备以及数字化设计和管理技术的应用，可以实现钢筋加工过程的智能化和精准化。在钢筋安装环节过程中，智能绑扎机器人可以自动完成钢筋的识别、定位和绑扎，极大地提高了安装效率和质量。并且，智能化技术的应用还可以使钢筋加工和安装环节的衔接更加紧凑，更进一步提高了生产效率和工作质量。但是，智能化技术在工程建设制梁场领域中的应用仍有一些问题待解决，如技术标准的统一、成本控制等，从而需要进一步研究。因此，未来的研究方向应聚焦于智能化技术的关键技术研发、技术标准的统一及应用案例的积累和推广等方面，从而推动制梁场的智能化和数字化发展。

**关 键 词：** 预制梁场；智能施工；钢筋加工；钢筋安装

## Review On The Application Of Intelligent Technology Of Rebar Processing And Rebar Installation In Beam Fabrication Yard

Zhang Dazhi<sup>1</sup>, Li Yida<sup>2</sup>

1. Sinohydro Fifth Engineering Bureau Co., LTD., Chengdu, Sichuan 610225

2. School of Civil Engineering, Shijiazhuang Tieda University, Shijiazhuang, Hebei 050043

**Abstract：** With the continuous development of technology, intelligent technology has been widely applied in the field of prefabricated beam yards in engineering construction, greatly improving production efficiency and engineering quality. In the process of steel bar processing, the application of equipment such as CNC cutting machines, bending robots, and digital design and management technology can achieve intelligence and precision in the steel bar processing process. During the steel bar installation process, the intelligent binding robot can automatically identify, locate, and bind the steel bars, greatly improving installation efficiency and quality. Moreover, the application of intelligent technology can make the connection between steel bar processing and installation more compact, further improving production efficiency and work quality. However, there are still some problems to be solved in the application of intelligent technology in the field of engineering construction beam yard, such as the unification of technical standards, cost control, etc., which require further research. Therefore, future research directions should focus on the key technology research and development of intelligent technology, the unification of technical standards, and the accumulation and promotion of application cases, in order to promote the intelligent and digital development of beam manufacturing fields.

**Keywords：** beam fabrication yard; intelligent construction; rebar processing; rebar installation

### 一、研究背景

随着工程建设预制梁场领域的不断发展，智能化技术在制梁场中的应用越发重要。制梁场作为工程建设加工领域的重要环节，其完成效率和工作质量直接决定着整个工程的进度和质量。传统的人工操作存在着效率低、强度大、施工质量难以保证等相关问题，因此，智能化技术的提出和应用成为提升制梁场生产效率和质量的重要途径。

在钢筋加工环节，钢筋加工具有耗时且复杂的特点，传统的人工操作容易出现误差并且存在效率低下的问题。智能数控钢筋加工设备的出现为解决这些问题提供了新的方案<sup>[1]</sup>。智能化技术可以通过相应的自动化设备和数字化管理等手段，从而实现对钢筋加工过程中的智能化和精准化操作控制。例如，图1数控切割机、

弯曲机器人等相应设备的引入，可以极大地提高钢筋加工的速度和精度；从而减少工程所需的时间和提高相应的工程质量。



图 1 数控切割机



在钢筋安装环节，智能化技术的应用主要体现在图2智能绑扎机器人的应用。传统的钢筋绑扎环节需要投入大量的人力，并且传统的钢筋捆绑操作复杂且具有安全隐患等问题，而智能绑扎机器人<sup>[2]</sup>具有自动识别、定位和绑扎功能，可以实现对钢筋的自动化绑扎，极大地提高了钢筋捆绑的的安装效率和安全性。



> 图2 智能绑扎机器人

## 二、研究意义

工程建设预制梁场领域中智能化技术的研究和应用具有重要的理论和实践意义。

首先，智能化技术的应用可以极大地提高制梁场的生产效率。传统的人工操作方式在钢筋加工和钢筋安装环节中存在效率低、工作强度大且具有安全隐患等问题，而引入智能化技术可以实现自动化生产和智能化管理，通过相应的智能化技术，如BIM技术等。随着建筑行业数字升级，BIM技术与智能建造系列新技术一体化集成应用势在必行<sup>[3]</sup>，这一技术可以实现钢筋加工的自动化和精确操作，从而大幅提高生产效率，缩短工期，降低安全隐患。

其次，智能化技术的应用可以提高制梁场中钢筋加工和钢筋安装环节的安全性和环境保护水平。同时，智能化技术在制梁场中应用还可以减少相应的能源消耗和废弃物排放，极大地降低对环境的影响，推动工程建设预制梁场领域的可持续发展。

此外，研究工程建设预制梁场领域中智能化技术的应用，有助于推动工程建筑行业的数字化转型和智能化的可持续发展。随着科技的不断进步，智能化技术已成为建筑工程领域的重要发展方向，通过研究智能化技术在制梁场中的应用，可以为建筑行业的现代化建设提供重要经验和参考。

## 三、国内外研究现状

### （一）国内研究现状

制梁场的钢筋加工和钢筋安装环节的智能化在国内的现状为逐步推广和逐渐应用，但仍面临一些问题和挑战。

智能化、数字化技术在钢筋加工环节已经开始逐步应用。如今，在数字化技术的加持下，人员众多、尘土飞扬、杂乱喧嚣的传统建设场景发生了翻天覆地的变化，越来越多机器人被引入工地，智能建造成为建筑行业的发展趋势<sup>[4]</sup>。近些年来随着世界各国

科技的不断发展和创新，人工智能已成为当今时代发展的潮流和方向，随着各行各业不断发展，机器人技术已经得到了较大的发挥，同时机器人技术也是衡量一个国家科技发展的重要指标<sup>[5]</sup>。

智能化钢筋加工和钢筋安装不仅限于生产线的自动化，还包括数据管理和优化设计等方面。例如，通过BIM技术和智能算法，可以优化钢筋设计，提高加工质量和生产效率，减少加工方面的失误。

未来，随着智能化技术的进一步发展和国家政策的支持，智能化钢筋加工和钢筋安装将更加普及。并且随着建筑工业化的快速发展，设计效率和质量的要求日趋严格，亟待完善智能化设计与方法<sup>[6]</sup>。

### （二）国外研究现状

在国外，智能化技术在制梁场中的研究也取得了一定成果。

首先，在欧美发达国家，智能化技术在工程建筑领域的应用更为广泛。一些大型建筑公司已引入了先进的自动化设备和数字化管理系统，实现了建筑生产过程的全面智能化和数字化。

其次，在日本等亚洲国家，智能化技术在制梁场中的研究也有所涉及。日本的一些建筑公司通过引入智能机器人和人工智能技术，实现了建筑生产过程的智能化和自动化。

在具体的应用案例中，智慧梁场采用了数字化、信息化和智能化的综合应用模式，通过智能化生产线显著提高了生产效率和质量，基于BIM的钢筋智能加工技术的使用可以实现钢筋优化设计到钢筋下料单的自动导出，合理使用材料，达到降本增效的目的<sup>[7]</sup>，同时减少了作业环境的污染。

此外，智能化钢筋加工不仅限于传统的焊接和捆绑，还包括更为复杂的操作如钢筋折弯、套料管理等，这些都通过智能化设备和系统实现，无需复杂的人工操作，可以24小时连续生产。

## 四、文献评述

在制梁场的生产加工中，钢筋加工和钢筋安装是两个重要的环节，直接决定着工程的完成质量和完成效率。近年来，随着科技的进步，钢筋加工和钢筋安装的智能化水平得到了显著提升。

在钢筋加工方面，传统的手工操作已经逐渐被智能化、自动化生产所取代。例如，传统的钢筋加工多采用人工操作，工艺落后，生产效率低下，并且难以保证加工质量，操作者的劳动强度大，加工成本偏高<sup>[8]</sup>，中建八局研发的智能钢筋加工生产线，通过智能算法优化匹配钢筋料单和原材料，提高了钢筋利用率，降低了废料率。此外，还有基于BIM技术的智能化钢筋加工，能够实现钢筋加工全流程的信息化管理，提高生产效率。这些技术的应用，不仅提高了加工精度和品质，还大大减少了人力成本和时间消耗。

钢筋安装环节也迎来了技术创新。建筑机器人被认为是提高施工效率、质量和安全的有效方法之一<sup>[9]</sup>。中建八局推出的智能钢筋绑扎机器人RBBD-Bot1.0和RBBD-Bot2.0，具有小型化、智能化的特点，能够自动完成钢筋的绑扎工作。这些机器人集成了视觉识别、自主行走等先进技术，能够在施工现场快速适应并完

成钢筋网片的绑扎任务。

钢筋智能绑扎机器人的开发和应用，为传统的人工绑扎提供了有效替代。这些机器人具备自主视觉识别、自主行走和自主绑扎的功能，能够快速适应各种复杂的施工环境。例如，中建八局研发的 RBBD-Bot1.0和图3RBBD-Bot2.0机器人，不仅提高了绑扎速度，还能确保绑扎质量，避免了人工绑扎中常见的漏绑和梅花绑问题。



> 图 3RBBD-Bot2.0 机器人

智慧梁场概念的提出进一步推动了钢筋加工和安装的智能化的发展。智慧梁场通过整合数控设备、传感器和信息化平台，实现了从钢筋加工到混凝土浇筑等一系列工序的自动化和智能化控

制。这种模式不仅提高了生产效率，还增强了工程质量的可控性和安全性，建筑工程的质量关系到建筑物的使用寿命和安全性，工程质量也一直是建筑工程开展的关注要点之一<sup>[10]</sup>。

## 五、结论

制梁场中的钢筋加工和钢筋安装智能化的研究表明，通过智能化技术的使用，生产效率得到了极大地提升，降低人工劳动强度和安全隐患，并使钢筋加工的精确度和质量得到提升。得到了具体结论如下：

1. 自动化和智能化加工：智能化钢筋加工设备能够自动执行加工任务，如自动下料、自动焊接和自动摆放，从而减少人工操作错误并提高加工速度。例如，智能钢筋加工生产线可以实现不同规格和尺寸钢筋的自动化生产，大大提高了生产效率。
2. 提高安全性和减少风险：智能化钢筋加工设备减少了工人的直接接触危险物质，降低了工作场所的安全风险。此外，智能化管理系统还能追踪每批次钢筋的加工状态，确保施工质量和安全。
3. 推动行业发展：智能化钢筋加工不仅提升了单个项目的效率和质量，还为整个建筑行业的智能化转型提供了范例，有助于推动行业向更高效、更环保的方向发展。

## 参考文献：

- [1] 卜海阔. 智能数控钢筋加工设备在工程施工中的应用 [J]. 工程技术研究, 2023, 8(24): 101-103.
- [2] 中建八局第二建设有限公司. 中建八局二公司：智能建造助力建筑业绿色数智化转型升级. 建筑. 2023(12): 68-71.
- [3] 王攀, 贺秋利, 林福生, 等. BIM+ 系列技术在铁路梁场施工中的创新及应用 [C] 中国图学学会土木工程图学分会, 《土木建筑工程信息技术》编辑部. 2023-06-28.
- [4] 黄仕强. 工地上来了机器人“工友” [N]. 工人日报, 2023-12-22(007).
- [5] 赵加龙. 隧道二衬切割机器人控制系统设计 [D]. 青岛大学, 2021.
- [6] 许成然. 基于智能算法的钢筋混凝土结构深化设计方法 [D]. 重庆大学, 2023.
- [7] 杨也, 王海珠, 李金阳, 等. 绿色公路背景下基于 BIM 的钢筋智能加工技术 [J]. 中国建设信息化, 2023(11): 60-64.
- [8] 张碧清. 数控加工技术在金属材料加工中的应用 [J]. 内燃机与配件, 2019(15): 97-98.
- [9] 张顺善, 尹华辉, 张吉松. 建筑机器人研究综述 [C] // 中国图学学会建筑信息模型 (BIM) 专业委员会. 第九届全国 BIM 学术会议论文集. 中国建筑工业出版社, 2023: 8.
- [10] 郭春鹏. 探析建筑工程防水技术对提高建筑工程质量的影响 [J]. 陶瓷, 2023(06): 137-139.

# 影响城市园林绿化管护质量的因素及对策

张晶

江苏华苑环境建设有限公司，江苏 镇江 212000

**摘 要：** 在当前阶段，随着城市化进程的不断加快，城市人口数量也是越来越多，在这种大环境之下，相关单位对于城市环境工作的开展情况也是愈发重视起来，对于园林绿化有了更高的需求。作为城市生态环境的重要内容，城市园林绿化的建设情况将会直接对城市居民的生活质量造成影响。尤其是近几年来，随着可持续发展理念的提出，人们在生活中愈加注重生态化与绿色化，所以对于城市园林工程的建设刻不容缓，为此本文主要对现阶段城市园林绿化管护进行了相关分析。<sup>[1]</sup>

**关 键 词：** 园林绿化；城市建设；绿化管理；管护措施

## Factors Affecting The Quality Of Urban Landscape Management And Protection And Countermeasures

Zhang Jing

Jiangsu Huayuan Environmental Construction Co., LTD, Zhenjiang, Jiangsu 212000

**Abstract：** At the current stage, with the continuous acceleration of the urbanization process, the number of urban population is also more and more, in this environment, the relevant units for the development of urban environment work is also more and more attention, there is a higher demand for landscaping. As an important part of urban ecological environment, the construction of urban landscape greening will directly affect the quality of life of urban residents. Especially in recent years, with the concept of sustainable development, people pay more and more attention to ecology and green in life, so the construction of urban landscape engineering is urgent, so this paper mainly analyzes the management and protection of urban landscape greening at the present stage.

**Keywords：** landscape greening; urban construction; afforestation management; management and protection measures

## 引言

园林建设是现代城市规划建设体系的重要组成部分，其与城市环境、居民生活、区域文化等方面密切相关。为推动城市发展，营造优质环境，需重视景观园林工程，并从施工管理、绿化养护等方面出发，积极探索提升景观园林美观性、实用性、优质性的可行性路径。<sup>[2]</sup>

## 一、城市园林绿化管护原则

### （一）整体性

城市园林是基础环境与多种景观元素的结合体，且通常具有明确的造景风格、文化色彩或个性主题。在城市园林施工设计时应坚持整体性原则，既要保证园林各景观、各分区相互协调、顺畅衔接，又要保证所有景观形成整体景色或园林系统，并彰显一定的风格特点或主题特征。若城市园林整体采用古朴素雅的设计风格，则其内部所有景观均应体现传统、简约、典雅风貌，不宜出现景观植物花色过杂、雕塑小品造型前卫等情况。整体化设计能确保所有施工设计元素均服务于城市园林的整体风格，避免出现园林环境杂乱无章、不伦不类等问题。除此之外，城市园林处

于城市规划区域内，直接与城市公共环境衔接。因此，在城市园林设计时还应注重把控园林小环境与城市大环境间的整体性。若城市环境风格的自然山水韵味较浓，园林设计风格也应贴近自然。反之，若园林靠近商圈或文化建设区，其风格也应趋向现代化、文艺化。这既能避免园林内外环境存在风格冲突，又能引导与强化园林氛围。<sup>[3]</sup>

### （二）人本性

城市园林的服务对象以居民、游客为主，兼具休闲娱乐、观光旅游等功能。在设计时应坚持以人为本的原则。例如，为满足残疾人群的游园需求，园林内部应设计多种便利性设施，如无障碍通道、残障人士观光平台等。为保障游园者人身安全，城市园林设计应注意规避多种风险隐患，如在水体景观处设置围栏、警



示牌，对座椅设施进行圆角化设计等。

### （三）适宜性

在城市园林施工设计时，应坚持适宜性原则，包括因人制宜、因地制宜等。例如，在设计实践前需对附近居民的休闲习惯、年龄分布、人群特点等进行调研，据此确定景观主题、设施结构等规划，既能从源头上保证城市园林的风格、配置与居民需求相匹配，又能避免设计资源、施工资源的闲置浪费。在设计景观植物、景观设施时，需对城市园林所处区域的环境、气候条件等进行调研，优选适宜的植被类型、设施类型、道路铺装材质等设计方案，以确保城市园林实际建设成果、投用效果与设计预期相符，并提高城市园林服务的优质性、安全性、稳定性。<sup>[4]</sup>

## 二、制约城市园林绿化建设和管理的主要因素

### （一）经济因素

对于园林工程而言，其本身在建设过程中多以公益事业为主，在经济上以政府支持为主，由政府部门拨款进行建设。尤其是随着城市人口的不断增加，城市规模也在逐渐增大，为了保证城市本身的生态环境，需要对城市园林加大建设力度，所以园林建设任务也是逐渐增多，给政府部门所带来的经济压力日渐加大，导致城市园林绿化建设受到经济上的制约，不利于其长久发展。

### （二）市场因素

近年来，随着人们思想的变革，对于城市园林绿化建设的重视力度逐渐加大，在一定程度上推动了该行业的发展。随着园林工程建设数量的增加，与之相关的周边产业也得到了快速兴起，比如苗木培育、绿色设施管理等行业，都得到了较好的发展。但是与此同时，园林绿化工程在建设中的问题也逐渐开始显现出来，受到市场大环境的影响，在一定程度上导致了园林工程的滞后。首先，所面临的的就是技术人员匮乏的问题，在园林工程建设中，多数人员缺乏专业领域上的认知，无法对园林进行系统性的规划与建设，对其发展造成了一定的影响。其次，缺乏对于后续养护工作的重视，并未结合自身实际情况制定出有效的养护管理方案，影响了园林工程的使用性。不仅如此，在具体建设中还存在政企责任划分不明确的问题，影响了相关单位工作进度地开展，甚至有些企业与政府之间存在利益关系，出现腐败问题，影响园林工程的开展。<sup>[5]</sup>

### （三）管理因素

就目前实际情况而言，在城市园林绿化管护过程中还存在一些问题制约其发展。管理体制不完善就是其中的重要问题之一。由于相关单位在建设过程中并未根据实际情况建设出明确的管理体制，导致园林工程所使用的管理手段无法满足市场发展需求，进而影响了相关工作的开展。具体而言主要体现在以下几个方面：其一，基础设施不完善。在城市园林绿化规划中存在设施建设不完善的情况，如在公园等活动场所未能安装相关运动设备，没有充分考虑城市居民意愿，导致人们活动受限，影响园林工程建设质量。其二，工程管理缺乏规范性。在建设中未能结合实际

情况做出考量，没有制定出科学合理的施工管理准则，进而导致施工过程松散，缺乏标准制约。

## 三、城市园林绿化管护质量管理措施

### （一）对园林格局进行合理规划

对于我国城市发展而言，进行园林绿化建设是其中的重要发展环节之一，园林绿化施工管理不仅能够实现城市环境的美化，更重要的是能够有效提高城市居民的生活质量，满足其对于生态化的需求，为城市发展注入新的活力。为此相关单位需要加大城市园林绿化管理力度，使其实现进一步发展。在建设过程中，为了能够达成这一目标，需要对城市园林格局进行合理规划，以此实现园林工程与其他工程建设的协调发展，实现对于土地资源以及其他资源的最大化利用。在进行建设规划中可以从以下几点着手展开工作：第一，以城市街道分布情况为基点，对园林绿色工程进行整体上的规划，达到统筹全局的作用。在建设过程中，要对人们的要求以及意愿做出考虑，从而对园林工程的使用功能进行完善，实现园林工程的优质化发展；第二，在园林建设过程中要对植物进行合理化搭配，在不破坏本土植物的同时引进外来植物，确保植物种类上的多样性，这是在植物种类选择上需要注意的，同时还要注重植物之间的层次分布情况，以此提升视觉上的美观性，将园林工程建设的作用实现最大化发挥；第三，要将园林建设与城市发展特点进行有机结合，以此在维护生态环境的同时对自身城市的文化底蕴进行丰富，增强城市本身的核心竞争力，使其能够实现生态效益与经济效益的结合。<sup>[6]</sup>

### （二）景观植物的选配

在园林景观体系中，植物景观是重要组成部分。若植物景观构建不佳，不仅影响园林美化效果及环境质量，还会降低游园者的体验感。因此，景观园林施工时须将植物的选择与配置作为重点。一方面选择存活能力、抗病能力强的植物类型，并尽量以本土植物为主，以确保其成活率与长势处于较高水平。另一方面，要注重景观植物的功能性，如刺槐、女贞等植物可净化空气、吸附烟尘，天芥菜、薰衣草、晚香玉等植物能散发芳香、清新提神等。

在配置景观植物时，需保证植物观赏形式的多样化，合理搭配观花植物、观叶植物、观果植物。实现植物景观的多层次处理，将高大乔木、灌木植物、藤本植物、地被植物等高低相适、疏密有致、远近结合地融入景观空间。通过此种方式，既可提升园林中植物景观的多样性，又能形成更具观赏性与娱乐性的景致，为游园者提供丰富的观赏体验。此外，不同景观植物的生长周期存在差异，使其观赏性具有明显的阶段性或季节性特点。在此背景下，应进一步做好时间维度的植物配置，如在同一景观环境内种植花期不同的植物，以实现四季开花、各有所美的景观效果。部分植物存在相生相克关系，如红瑞木与接骨木可相互促进生长，丁香与紫罗兰混种会降低两种花的成活率与美观性，故应在景观植物配置时引起重视。<sup>[7]</sup>

### （三）施工质量的把控

景观园林的施工建设具有一定的复杂性，且存在投入大、周



期长、要求高、风险多等特点。因此，在开展施工实践时，必须多角度、全程化地做好施工质量把控。1) 在正式进行地形处理、路面铺装、植物栽培、设施安置等施工前，相关人员必须做好资料分析、现场调查、信息复核、放线标记等工作，以保证后续施工活动能按图施工、按规范施工，并提升景观定位、细节把控等方面的准确性、严谨性。2) 在园林施工过程中，要严格把好设备、材料的质量关。一方面，应用挖掘机、起重机、压路机等机械设备时，必须提前做好调试检查、参数设置等工作，严格把控设备操作过程，进而提升景观园林施工的质量与效率，防止土壤超挖、机械故障、设备失控等情况发生，保障施工活动的安全性、经济性。另一方面，在工程材料、景观设施等运输到场后，需要结合采购清单、设计图纸、出厂合格证明等文件资料，对铺装材料、雕塑制品、植保设施等的数量、材质、规格等实际情况进行审核。在必要情况下，还应使用一定的现场检测或抽样送检手段，以明确相关物料的具体信息。其后，若验收合格，则可将相关材料、设施用于园林施工。反之，则不予进场，以免对施工质量、景观效果产生负面影响。3) 做好细节性的施工技术把控，如采用“先机械开挖，后人工修整”的园林土壤换填方式，动态关注路面铺装平整度、雕塑位置偏离度等参数是否超出设计允许误差范围等，并在施工完成后严格落实验收工作。<sup>[9]</sup>

#### (四) 后期养护

在园林植物生长过程中需通过有效养护措施，实现光照、水分、营养等多方面的资源保障。在光照方面需在保证基础种植密度合理的前提下，定期观察植物枝叶的发育情况。若上方植物遮光现象严重，应及时修剪遮光部位的枝干、叶片，尽可能保证绿化区域内各类植物采光充足。在肥水方面，要结合植物不同生长阶段需求，适时、适量地开展浇水、施肥等工作，并根据景观园林实际的气候情况，把控肥水用量。例如，在炎热天气下，植物代谢活动加快、蒸腾作用较强，此时应适当增加浇水量或浇水频率。反之，在降雨或寒冷气候条件下，应适当降低浇水量，以免植物根系出现腐烂、染病等问题。除此之外，为保障植物的健康稳定生长，应及时采取药物、生物、化学等防治手段，对病虫害

进行针对性、科学化的防范治理，以免植物因虫害、病害发生枝叶病变、生长滞缓、枯萎死亡等情况。冬季保护。在冬季，由于气温较低，许多植物会进入休眠状态。为了保护植物免受冻害和干旱的影响，应采取有效的保护措施。例如，可以采用稻草、薄膜等覆盖物来保温保湿；对于不耐寒的植物，可以采用搭建保温棚的方式进行保护。<sup>[9]</sup>

#### (五) 提升施工人员素质，确保工程质量达标

进行城市园林管理养护过程中，需要相关人才的大力支持与推进。人才的进步代表先进生产力的进步，需要对人才进行统一管理 & 培训，邀请技术专家举办讲座，传授最先进的园林施工技术与管理经验，再将多种理论知识运用到实践中去，不断提升人员的专业技能。与此同时，技术人员还需要在园林试验基地对管护人员进行现场教学，不断解答学员的疑难问题，总结成功经验 & 失败教训。在具体实施过程中，要注重遵循赏罚分明的工作原则，保证激励机制开展的公平性。以此才能有效推动员工对工作保持长久的热情，提高自身开展工作的责任心。对于园林管护人员来说，在激励机制建立的过程中，要注重针对相应的人员、场景、地点等不同因素适当进行调整和改进，发挥榜样作用，不断调动学员的学习热情和积极性，提升工作质量和效率。定期组织全体技术人员会议，鼓励他们不断交流成功经验与失败教训，减少技术失误和可能出现的安全问题，在保证生态环境不受影响的前提下，实现园林工程项目的改造升级。

### 结束语

综上所述，园林工程项目的建设发展推动城市化建设发展进程，有利于保障居民的生活环境，提升城市整体形象和综合素质，在建设过程中，运用科学高效的管护方法，可以保证园林整体规划合理，植物生长、配置符合大众审美要求，同时需要从全局角度出发，与城市未来发展规划相得益彰，不断平衡生态效益、经济效益和建设单位发展之间的关系，真正做到以人为本，实现人与自然的和谐统一，打造全方位立体化的市政园林。<sup>[10]</sup>

### 参考文献：

- [1] 林俊钦. 园林绿化管理在城乡规划建设管理中的应用探析 [J]. 江西建材, 2021 (8) : 250-251.
- [2] 吴人韦, 尹仕美, 周进. 我国城市绿化规划实施管理的现状与对策 [J]. 规划师, 2005 (2) : 64-66.
- [3] 王平. 对城市园林绿化经济管理模式的探讨 [J]. 中华民居, 2011 (9) : 63.
- [4] 徐晓明. 论如何建立良性的城市园林绿化管理模式 [J]. 现代农业科学, 2009, 16 (4) : 126-128.
- [5] 刘世敏. 加强园林绿化工程造价全过程控制的措施分析 [J]. 居业, 2022 (1) : 135-137.
- [6] 袁晓婷. 昆明市园林绿化养护管理存在的问题及对策 [J]. 农业科技与信息, 2023 (1) : 148-150, 157.
- [7] 张震. 城市园林绿化养护管理存在的问题及其应对策略 [J]. 城市建设理论研究 (电子版), 2022 (30) : 164-166.
- [8] 张俊辉. 浅谈城市园林绿化养护管理存在问题及对策——以三明市城区绿化为例 [J]. 福建热作科技, 2023 (4) : 61-65.
- [9] 陈超. 浅谈园林绿化养护精细化管理存在的问题及对策 [J]. 城市建设理论研究 (电子版), 2023 (19) : 223-225.
- [10] 高卓逸. 城市园林绿化管理问题及对策研究 [D]. 呼和浩特: 内蒙古农业大学, 2023.

# 基于市政道路桥梁隧道软土地基处理措施探讨

朱振涛

浙江八咏公路工程集团有限公司, 浙江 金华 321000

**摘 要：** 市政道路桥梁隧道建设中，软土地基处理是关键环节。软土地基因其高含水量、高压缩性、低剪切强度及渗透性差等特性，对工程稳定性和安全性构成显著威胁。本文全面探讨软土地基处理措施，深入分析不同处理方法的原理、适用条件及效果，包括但不限于预压法、换填法、强夯法、桩基加固法等。通过对比分析，旨在揭示各方法的优缺点，为实际工程提供科学指导，确保软土地基得到有效处理，提升市政道路桥梁隧道的整体稳定性和安全性，保障交通基础设施的长期稳定运行。

**关 键 词：** 市政道路桥梁隧道；软土地基；处理措施；地基加固；排水处理

## Discussion On Treatment Measures Of Soft Soil Foundation Based On Municipal Roads, Bridges And Tunnels

Zhu Zhentao

Zhejiang Bayong Highway Engineering Group Co., LTD, Jinhua, Zhejiang 321000

**Abstract：** Soft soil foundation treatment is a key link in the construction of municipal roads, bridges, and tunnels. The high moisture content, high compressibility, low shear strength, and poor permeability of soft soil genes pose a significant threat to the stability and safety of engineering. This article comprehensively explores the treatment measures for soft soil foundation, and deeply analyzes the principles, applicable conditions, and effects of different treatment methods, including but not limited to preloading method, replacement method, dynamic compaction method, pile foundation reinforcement method, etc. Through comparative analysis, the aim is to reveal the advantages and disadvantages of each method, provide scientific guidance for practical engineering, ensure effective treatment of soft soil foundation, improve the overall stability and safety of municipal roads, bridges and tunnels, and ensure the long-term stable operation of transportation infrastructure.

**Keywords：** municipal roads, bridges, and tunnels; soft soil foundation; handling measures; foundation reinforcement; drainage treatment

### 一、引言

随着城市化进程的加快，市政道路桥梁隧道的建设日益增多。然而，软土地基问题成为制约工程质量和进度的关键因素之一。软土地基处理不当，易导致地基沉降、滑移等工程事故，严重影响道路的使用性能和安全性。因此，深入研究软土地基处理措施，对于提高工程质量、保障人民生命财产安全具有重要意义。

### 二、软土地基特性分析

#### （一）高含水量

软土的含水量极高，一般在35% ~ 80%之间，远高于普通土壤。这种高含水量使得软土颗粒间的水分膜增厚，颗粒间的相互作用力减弱，导致土体压缩性增大，承载能力显著降低。

#### （二）高压缩性

软土在受到外界压力时，由于其颗粒间的松散结构和高含水量，易发生压缩变形。这种压缩变形往往是不均匀的，且随时间

持续增长，导致地基沉降问题严重。

#### （三）低剪切强度

软土的剪切强度较低，抗剪性能差。这意味着在受到剪切力作用时，软土容易发生破坏和滑动，从而导致地基失稳。这一特性对工程的稳定性和安全性构成了严重威胁。

#### （四）渗透性差

软土的渗透系数很低，这意味着水分在软土中的渗透速度非常慢。这种渗透性差的特点导致软土在排水固结过程中的速度十分缓慢，进一步影响了地基的稳定性。在工程中，这可能导致地基长时间无法稳定，给施工带来极大困难。

### 三、软土地基处理措施

#### （一）排水处理技术

排水处理是软土地基处理中的核心环节之一，旨在通过排除土体中的多余水分，提高地基的固结性能。

##### 1. 表层排水技术

表层排水技术是通过在地表铺设砂垫层或碎石垫层来实现排

水的。这些垫层材料具有良好的透水性，能够形成有效的排水通道，加速地表积水的排除，从而降低地基的含水量。砂垫层的厚度是这一技术的关键参数，一般控制在0.6 ~ 1.0m之间。具体厚度的确定需要综合考虑工程地质条件、地基承载力要求以及施工条件等因素<sup>[1]</sup>。通过合理的厚度设计，可以确保砂垫层既能有效排水，又能保持地基的稳定性。

## 2. 深层排水技术

对于深层软土，由于其排水路径较长，单纯依靠表层排水往往难以达到理想的效果。因此，需要采用深层排水技术。这一技术主要包括排水井、排水板等深层排水设施的使用。这些设施能够深入土体内部，形成有效的排水通道，促进深层土体的排水固结。在实际应用中，深层排水技术常与预压法结合使用。通过施加预压荷载，可以加速土体的固结过程，进一步提高地基的承载力和稳定性。同时，结合挤密技术，还可以有效改善土体的物理力学性质，为市政道路桥梁隧道的建设提供更加坚实的地基支撑。

## （二）地基加固技术

地基加固技术是土木工程领域中一项至关重要的技术，其核心目的在于通过改变软土的物理和力学性质，显著增强其承载能力和稳定性，以确保建筑物的安全与稳定。以下将详细介绍几种常见的地基加固技术。

### 1. 换填法

换填法是一种直接且有效的地基加固方法。该方法的核心步骤是将地基中承载力较低、稳定性较差的软土挖除，随后换填以砂、碎石等透水性良好、承载力高的材料。这些替换材料具有优异的物理和力学性质，能够显著提升地基的承载能力和稳定性。换填法特别适用于软土层较薄、分布范围较小的工程，因其操作简单、效果显著，在工程实践中得到了广泛应用<sup>[2]</sup>。

### 2. 灰浆注浆法

灰浆注浆法是一种化学加固方法，通过在软土中注入灰浆等固化剂，与软土发生化学反应，生成具有胶结硬化特性的新体系。这一过程能够显著改善软土的物理性质和力学性能，提高其承载力和稳定性。灰浆注浆法特别适用于深层软土地基加固，因其能够有效渗透到软土深层，实现全面加固<sup>[3]</sup>。该方法在工程实践中取得了显著成效，为提高地基承载能力提供了一种有效手段。

### 3. 管桩加固法

管桩加固法是一种通过现场灌注钢筋混凝土管桩来增强地基承载能力和稳定性的方法。该方法采用钢筋混凝土管桩作为加固材料，具有施工简便、成桩质量高、加固效果显著等优点。管桩加固法适用于各种软土地基处理，无论软土层的厚度和分布范围如何，都能实现有效的加固效果。在工程实践中，管桩加固法因其显著的加固效果和广泛的适用性而得到了广泛应用。

## （三）预压处理技术

### 1. 真空预压法

真空预压法通过在需要加固的软土地基表面铺设砂垫层，并覆盖一层不透气的薄膜，利用真空泵或其他真空手段抽真空，形成膜下负压环境。这一负压环境加速了土体中孔隙水的排出，促

进了土体的排水固结过程。该方法特别适用于深厚软弱土层中的地基处理与加固，具有工期短、施工安全、无污染环境、费用低等优点。真空预压法不仅提高了地基土的承载力，还减少了地基的沉降，使地基土性质更加均匀。

### 2. 堆载预压法

堆载预压法是在地基表面堆载重物，通过施加预压荷载加速土体的固结过程。这种方法常与排水系统结合使用，如在地基中设置砂井或塑料排水板作为竖向排水体，以改善土体的排水条件，进一步提高处理效果。堆载预压法使地基在预压荷载作用下基本完成固结，然后卸去预压荷载再建造建筑物，以消除基础的部分固结沉降。这种方法适用于各种软土地基，如淤泥质粘土、淤泥等，已在国内港口工程、工业与民用建筑、机场跑道建设等地基处理工程中大量推广使用，并取得了良好的加固效果与经济效益<sup>[4]</sup>。

## （四）加筋技术

加筋技术是一种旨在增强土体稳定性和承载能力的创新工程方法。该技术通过在土体中铺设加筋材料，如钢条、钢带和土工合成材料等，显著提升土体的抗剪性能、抗弯性能和整体稳定性。这些加筋材料以其高强度和优异的力学性能，与土体紧密结合，形成一个复合的整体结构。当土体受到外部荷载作用时，加筋材料能够有效地分散和传递应力，防止土体的局部破坏和整体失稳。同时，加筋技术还能够限制土体的侧向变形，提高地基的整体刚度和承载能力。这一技术的应用范围广泛，特别适用于需要提高地基整体稳定性的工程，如边坡加固、路堤和挡土墙建设、水利工程等。在这些工程中，加筋技术能够有效地防止滑坡、减少沉降和变形，确保工程的安全性和长期稳定性。综上所述，加筋技术以其独特的优势和广泛的应用前景，成为提升土体稳定性和承载能力的重要手段之一，为解决复杂地基问题提供了新的思路和解决方案<sup>[5]</sup>。

## （五）地下连续墙技术

地下连续墙技术是一种在软土地基中采用的有效工程方法，旨在提高地基的稳定性和承载能力。该技术通过设置一道或多道连续的围护结构，如钢板桩墙、混凝土墙等，在地下形成一个稳固的屏障。这些连续墙体具有高强度和刚度，能够有效地抵抗外部水土压力和其他荷载，确保地基的稳定性。地下连续墙技术特别适用于地质条件复杂、对地基稳定性要求高的工程，如城市地下空间开发、深基坑支护、水利工程建设等。在这些工程中，地下连续墙能够有效地隔绝地下水，防止土壤侵蚀和地基沉降，同时还可以作为永久性的结构部分，提高整体工程的承载能力和安全性。该技术具有施工精度高、适应性强、隔水性能好等优点，能够满足各种复杂地质条件下的工程需求<sup>[6]</sup>。

## 四、工程实例分析

以某市政道路桥梁隧道工程为例，该工程地基主要面临软土地基的挑战。软土地基因其特有的高含水量、高压缩性、低剪切强度以及较差的渗透性，给工程的稳定性和安全性带来了显著威

胁。为确保工程的顺利进行，项目团队根据地质勘查结果和工程要求，制定并实施了一系列综合处理措施。

首先，采用了表层排水技术。在地表铺设了0.8米厚的砂垫层，这一措施有效形成了排水通道，使得地表水能够迅速排出，降低了地基的含水量，为后续处理创造了有利条件。

其次，实施了深层排水技术。通过结合排水井和排水板的使用，促进了深层土体的排水固结。这一技术有效加速了软土地基中水分的排出，提高了土体的稳定性和承载能力。

为了进一步提高地基的承载能力和稳定性，项目团队采用了管桩加固法。在地基中灌注钢筋混凝土管桩，这一措施显著增强了地基的支撑力，为市政道路桥梁隧道的建设提供了坚实的基础。

此外，还采用了预压处理技术。通过真空预压法结合堆载预

压法的应用，有效加速了地基的固结过程。这一技术不仅缩短了工期，还进一步提高了地基的稳定性。

除了上述措施外，还运用了加筋技术。在路堤内铺设了土工合成材料，这一措施有效提高了地基的整体稳定性，防止了地基的沉降和变形。

## 五、结论

软土地基处理是市政道路桥梁隧道建设中的关键环节。通过采用合理的处理措施，如排水处理技术、地基加固技术、预压处理技术等，可以有效提高地基的承载能力和稳定性，保障工程质量和安全。在实际工程中，应根据地质条件、工程要求和工期等因素综合考虑选择合适的处理措施，以达到最佳的处理效果。

## 参考文献：

- [1] 刘文通. 谈市政道路桥梁隧道软土地基处理对策 [J]. 砖瓦世界, 2021(1):137-138.
- [2] 潘东宏. 探讨市政道路桥梁隧道软土地基处理对策 [J]. 建筑与装饰, 2021(10):118.
- [3] 管学其. 市政道路桥梁隧道软土地基处理对策分析 [J]. 建材与装饰, 2020(8):289-290.
- [4] 邢军. 市政道路桥梁隧道软土地基处理对策分析 [J]. 魅力中国, 2020(27):348.
- [5] 王亚芬. 分析道路桥梁隧道工程施工中的难点和养护技术 [J]. 四川建材, 2023(03):174-175+194.
- [6] 范双丰. 市政道路桥梁隧道软土地基处理对策研究 [J]. 建筑工程技术与设计, 2021(16):1517.



# 高新技术产业开发区安全管理体系建设研究

路晓锐

南京兴智科技产业发展有限公司, 江苏 南京 210000

**摘 要：** 当前,我国经济社会发展进入了新阶段,我国工业化、城镇化、信息化、农业现代化进程加速推进,各类安全风险与日俱增,安全生产形势仍然严峻复杂。在全国范围内,特别是经济发达的地区,安全生产事故发生频率居高不下。以高新技术产业开发区(产业园)等为代表的高新区是经济发展的重要引擎,园区企业数量众多,类型多样,既有高新产业,又有传统工业。这些企业在安全生产管理方面存在一定的共性问题:一是安全投入不足;二是安全管理基础薄弱;三是企业主体责任落实不到位。为解决这些问题,应加强对高新区安全管理体系建设的研究。

**关 键 词：** 高新技术产业开发区;安全管理基础;企业主体责任落实

## Research On The Construction Of Safety Management System In High Tech Industrial Development Zone

Lu Xiaorui

Nanjing Xingzhi Technology Industry Development Co., Ltd, Nanjing, Jiangsu 210000

**Abstract：** Currently, China's economic and social development has entered a new stage, with the acceleration of industrialization, urbanization, informatization, and agricultural modernization processes. Various safety risks are increasing day by day, and the situation of safety production remains severe and complex. The frequency of safety production accidents remains high nationwide, especially in economically developed regions. High tech zones, represented by high-tech industrial development zones (industrial parks), are important engines of economic development. There are numerous and diverse types of enterprises in the park, including both high-tech and traditional industries. These enterprises have certain common problems in safety production management: firstly, insufficient investment in safety; Secondly, the foundation of safety management is weak; Thirdly, the main responsibility of the enterprise is not fully implemented. To address these issues, it is necessary to strengthen research on the construction of the safety management system in high-tech zones.

**Keywords：** high tech industrial development zone; fundamentals of safety management; implementation of corporate responsibility

## 引言

党的十八大以来,总书记多次对安全生产工作作出重要指示和批示,党中央、国务院也对安全生产工作给予了高度重视。随着我国对安全生产工作的高度重视,有关法律法规、政策体系的相继出台与实施,使安全生产工作得到有效的规范与强化,安全生产工作取得了显著成效,但是与人民群众的期盼相比还有较大差距。事故总量虽然大幅度下降,但是死亡人数还是较大,重特重大事故还时有发生。

目前,我国还处在事故的多发易发阶段,还是爬坡期、过坎期。尤其是一些新产业、新领域的发展,产生了一些新的隐患、新的风险,对安全生产工作带来了新的挑战,形势依然复杂严峻,特别是高新技术产业开发区(产业园)(以下简称高新区)企业的安全生产工作还存在诸多问题。<sup>[1-2]</sup>

## 一、高新区安全管理的现状

高新区作为我国经济发展的重要引擎,是创新发展的重要载体,在引领地方经济增长中发挥着重要作用。目前,全国已有各级各类高新区1100余家,其中国家级高新区有74家,省级高新区

有1070家。高新区集聚了全国75%的高新技术企业、75%的上市公司、70%的外资企业、90%以上的“独角兽”企业和60%以上的“瞪羚”企业。

经过几十年的发展,高新区在产业结构优化升级和城市建设方面取得了突出成就。园区产业集群优势明显,涌现出了一批龙

头骨干企业和行业领军企业。同时，园区作为城市经济增长极，对地方经济社会发展起着重要的引领带动作用。但在快速发展的过程中，也存在着安全生产基础薄弱、安全保障能力不足等问题。<sup>[3]</sup>

高新区作为我国经济发展的重要引擎和科技创新高地，也面临着各类新情况、新问题。例如：由于企业数量众多、类型多样、规模不一，高新区在安全管理方面面临着许多共性问题，如安全投入不足、基础管理薄弱、企业主体责任落实不到位等。

## 二、园区企业存在的主要问题

### （一）安全投入不足

国家对企业的安全方面的投入有严格的规定和要求，以保证对企业生产过程的安全生产给予足够的关注。但是，虽然这些规定已经颁布了很多年，并且得到了普遍的重视，但是实际执行的情况却是参差不齐。特别是在某些民营中小企业中，主要负责人往往把利润看得很重，对安全投入的重视程度较低，对安全生产的基本原理认识不足。另外，也有一些企业抱着“以效益为先、安全次之”的理念，认为只要能满足员工的工资要求，给员工提供丰厚的奖金和福利就可以了，而对员工工作期间的安全生产问题则没有那么大的重视。这一观点忽略了一个核心问题，那就是员工的生命安全和健康与公司的长期发展有着直接的关系。企业应认识到，只有员工在安全的环境中工作，才能全身心地投入工作，创造更大的价值，才能保证自身的生命和财产安全。因此，企业在追求经济效益的同时，也不能忘了履行自己的社会责任，为员工的安全负责。<sup>[4-5]</sup>

### （二）管理基础薄弱

在一些企业中，对于全员培训的重视程度不足，这种态度直接影响了员工的安全意识和技能水平。许多员工因为缺乏系统的安全教育和培训，往往无法熟练掌握各自岗位上的操作规程，这不仅增加了工作风险，也可能导致事故的发生。同时，有的企业的管理模式仍然停留在陈旧过时的阶段，管理手段不够人性化，缺少激励和考核的激励措施，使得员工感受不到应有的成就感和归属感，从而产生消极情绪和职业倦怠。这些因素共同作用，削弱了企业的竞争力，也对员工的个人发展造成了不利影响。

### （三）主体责任落实不到位

一些企业对《安全生产法》《职业病防治法》等法律法规学习不够、执行不到位、效果不好；有的企业“三违”现象屡禁不止；一些企业特别是民营中小企业主和个体工商户缺乏社会责任感，经常冒险蛮干。部分企业负责人不重视安全生产工作，不重视员工的劳动保护、职业病防治和生产安全事故的预防；部分企业安全管理机构不健全、人员配备不足或配备了人员却不能正常开展工作；部分企业负责人对事故应急处置知识和能力缺乏。

## 三、体系建设的指导思想、原则和目标

高新区安全管理体系建设的指导思想是：以总书记新时代中

国特色社会主义思想为指导，坚持“安全第一、预防为主、综合治理”的方针，全面落实《安全生产法》，按照“谁主管谁负责”“管行业必须管安全”和“管业务必须管安全”的原则，强化高新区安全监管责任，完善高新区安全管理体系机制，推进高新区安全管理创新，不断提高高新区本质安全水平。<sup>[6]</sup>

高新区安全管理体系建设的原则是：一是坚持统筹规划，科学布局，分类指导的原则；二是坚持制度完善、标准统一、操作规范、全员参与的原则；三是坚持“一把手”负责的原则；四是坚持企业主体责任和政府监管责任落实到位的原则；五是坚持实事求是、循序渐进、标本兼治的原则。

高新区安全管理体系建设的目标是：通过实施高新区安全管理体系建设，全面提升高新区企业本质安全水平，实现“三不生产”（不安全不生产、安全隐患不排除不生产、安全防范措施不落实不生产）和“三减少”（事故减少、伤害减少、损失减少）目标，确保高新区安全生产形势持续稳定向好。<sup>[7-8]</sup>

## 四、体系建设框架和具体措施

高新区安全管理体系建设应遵循“坚持以人为本、坚持预防为主、坚持综合治理、坚持创新发展”的总体要求，以国家相关法律法规为指导，以高新区实际情况为依据，构建具有高新区特色的安全管理体系。主要框架包括：

- （1）安全生产法律法规与标准规范的宣贯；
- （2）高新区风险分级管控和隐患排查治理双重预防机制建设；
- （3）高新区危险化学品生产、经营、储存、使用、运输和废弃处置各环节的安全管理；
- （4）高新区安全生产标准化建设；

具体措施包括：建立高新区企业安全生产责任制和安全生产管理制度，落实企业主体责任；开展风险分级管控和隐患排查治理双重预防机制建设；开展危险化学品全生命周期信息化建设，实现危险化学品生产、储存、使用、经营、运输和废弃处置各环节的信息化管理；充分利用各级各类安全生产监管平台开展园区企业安全生产信息监管工作；给予高新区管理机构一定的执法权限并在管理机构内部设立专门的安全生产监管部门。<sup>[9]</sup>

## 结语

我国经济社会发展进入了新时代，但安全生产形势依然严峻，全国范围内的安全生产事故发生频率仍然居高不下。面对这些问题，应认真学习贯彻总书记关于安全生产工作的重要论述，始终坚持人民至上、生命至上，牢固树立“隐患就是事故”的理念，牢固树立“风险意识”和“红线意识”，深刻汲取国内外重大安全生产事故教训。各级党委政府和行业部门应高度重视高新区安全生产工作，加强对高新区的指导、检查和服务力度，持续推进高新区安全生产专项整治三年行动计划落地落地。同时，在高新区内的企业也应主动履行安全主体责任，强化安全投入、提

高安全管理水平。总之，要坚持以防为主、防治结合、综合治理的方针，落实“管行业必须管安全、管生产经营必须管安全”的要求，坚持标本兼治、重在治本、突出重点、抓住关键的原

则，针对高新区内企业普遍存在的共性问题，建立健全高新区安全管理体系，实现高新区本质安全水平和经济效益双提升。<sup>[10]</sup>

参考文献：

[1] 史晓梅. 关于高新技术产业开发区统计监测工作的研究 [J]. 现代经济信息, 2012, (18):98.  
[2] 聂永川. 河北省高新技术产业数据采集与监测分析. 河北省, 河北省科技评估中心, 2019-02-27.  
[3] 阎文圣. 关于高新技术产业开发区统计监测工作的研究 [J]. 统计研究, 2003, (02):62-63.DOI:10.19343/j  
[4] 钱城江, 张瑜, 孔宇, 等. 高新技术产业开发区安全管理体系建设研究 [J]. 江苏科技信息, 2022, 39(7):39-41. DOI:10.3969/j.issn.1004-7530.2022.07.010.  
[5] 林琦玮. 建筑施工安全管理的重要性及实施策略研究 [J]. 中国建筑装饰装修, 2022(6):115-117. DOI:10.3969/j.issn.1672-2167.2022.06.035.  
[6] 尚志娇. 高新技术产业开发区环境建设与管理与实践与研究 [D]. 陕西: 长安大学, 2003. DOI:10.7666/d.y559153.  
[7] 林琦玮. 建筑施工安全管理的重要性及实施策略研究 [J]. 中国建筑装饰装修, 2022(6):115-117. DOI:10.3969/j.issn.1672-2167.2022.06.035.  
[8] 任彦丞. 高新技术产业开发区智慧园区建设方案研究 [J]. 广东通信技术, 2023, 43(10):7-9+73.  
[9] 管娜娜. 强化建筑工程基础施工安全管理 [J]. 房地产世界, 2021, (11):95-97.  
[10] 张小平. 高新区施工安全管理规划研究 [D]. 天津大学, 2010.

# 某发动机电子控制器密封性研究

吴兴浪, 颜鹏程, 曾夏青, 黄欢, 徐滔

中国航发湖南动力机械研究所, 湖南 株洲 412002

**摘 要 :** 本文分析了某发动机数字电子控制器结构, 对影响数字电子控制器密封性的因素进行分析, 控制器结合面密封性、航插面板密封性及导流排水设计等均会影响数字电子控制器的密封性, 通过控制其可以提高数字电子控制器的密封性, 并通过某发动机整机腐蚀试验电子控制器密封性问题进一步进行分析。

**关 键 词 :** 发动机; 电子控制器; 密封性

## Study On Sealing Property Of An Engine Electronic Controller

Wu Xinglang, Yan Pengcheng, Zeng Xiaqing, Huang Huan, Xu Tao

Avic Hunan Power Machinery Research Institute, Zhuzhou, Hunan 412002

**Abstract :** In this paper, the structure of an engine digital electronic controller is analyzed, and the factors affecting the sealing performance of the digital electronic controller are analyzed. The sealing performance of the controller joint surface, the sealing performance of the navigation panel, and the design of diversion and drainage will all affect the sealing performance of the digital electronic controller, which can be improved by controlling it. The sealing problem of the electronic controller of an engine corrosion test is further analyzed.

**Keywords :** engine; electronic controller; leakproofness

## 引言

航空发动机数字电子控制系统是发动机可靠稳定工作的重要保障<sup>[1][2]</sup>, 数字电子控制器是数字电子控制系统的核心, 其正常工作与否是发动机可靠工作的关键因素<sup>[3]</sup>。当发动机工作在海洋环境中时, 电子控制器的密封性优劣是其能否可靠长期工作的重要因素。

## 一、数字电子控制器结构简介

某发动机采用全权限数字电子控制系统, 数字电子控制系统采用双控制通道的数字电子控制器<sup>[4]</sup>。数字电子控制器主要由机箱、功能电路模块、P0大气压力传感器及其他零部件组成, 包括开入模块、开出模块、连接板模块、电源模块、减振器等<sup>[5]</sup>。数字电子控制器中除外部机箱外, 内部包含较多电子元器件、印制板、导线等材料, 为保证内部电路可靠安全的工作, 对数字电子控制器进行了封闭式结构设计, 一定程度上隔离外界恶劣的自然条件<sup>[6][7]</sup>。

## 二、数字电子控制器密封性改进分析

当发动机工作在海洋环境中, 数字电子控制器的工作环境包括了高湿、盐雾及淋雨等条件, 密封性优劣是其是否能长期工作的重要因素。

根据控制器密封结构及参考其他发动机控制器密封性改进措施, 数字电子控制器密封性改进分析具体如下。

### (一) 提高控制器结构密封性影响分析

#### 1. 控制器结合面密封性影响

数字电子控制器机箱的结合面一般采用橡胶屏蔽条进行封闭, 如果螺钉安装孔与螺钉之间存在间隙, 且两个箱体之间不能保证完全贴合, 螺钉孔位置存在间隙会使的控制器内腔与外部环境不完全气密。当控制器在海洋环境长时间工作时, 外部的高湿盐雾空气进入控制器内部, 在控制器工作过程中, 内外之间存在气压差, 则会存在内外气体交换现象, 当工作一段时间后, 存在凝结积液的可能<sup>[8]</sup>。通过调整屏蔽条选型, 增加屏蔽条紧度从而提升结构密封性; 另外可以通过设计将上下箱体的紧固螺钉的装配间隙与控制器内腔隔离, 保证内腔气密性, 提高机箱结合面的密封性。

#### 2. 航插面板密封性影响分析

一般数字电子控制器的航插面板采用的是普通航插固定方式, 没有针对气密性进行设计。当控制器在海洋环境长时间工作时, 外部的高湿盐雾空气进入控制器内部, 存在凝结积液的可能<sup>[9]</sup>。由于航插及航插装配螺钉处不能保证气密性, 可以采用外部密封胶灌封方式进行密闭, 从而提高其密封性。



## （二）增加导流排水设计影响分析

数字电子控制器散热性和密封性在设计时均需考虑，电子控制器机箱开孔过多，可以提高散热性，但存在积液腐蚀的可能。在设计时可以在控制器下箱体角落进行开孔，且数字电子控制器在飞机上实际安装时倾斜一定的角度，如有积液可及时排出<sup>[10]</sup>。

控制器如需长期放置在海洋环境中，机箱开孔后，控制器内部电路、结构与外部环境的接触面增大，海洋环境中的高浓度酸性盐雾会大量进入控制器内部，对内部电路、结构等产生腐蚀，可能导致产品的可靠性降低，长期在海洋环境使用的风险较大，适用于周期相对较短的腐蚀防护环境。

## 三、某发动机整机腐蚀试验电子控制器密封性问题分析

某发动机在进行整机抗腐蚀性试验时，数字电子控制器 B 通道主控在起动过程时，未采集到起动电磁阀回采信息，报起动电磁阀未响应故障，发动机起动不成功。随后数字电子控制器切换到 A 通道主控后起动成功。

起动电磁阀的功能是控制发动机起动油路的通断，起动过程其不响应则发动机不能起动成功。起动电磁阀为单余度，控制器双通道共用外部起动电磁阀负载及电缆，因此初步判断控制器内部 B 通道起动电磁阀输出电路存在故障，定位到控制器本体故障。

### （一）问题分析

将试验时数字电子控制器进行分解检查，检查对象为机箱内部、金属结构件、内部功能模块、相关接线和传感器等，控制器打开后发现内部存在少量积水，积水处为箱体底面，电路模块表面有水渍，金属结构件未出现腐蚀。控制器在试验时处于平放状态，电源、频率量及开出模块 B 在下箱体的最底部，内部积液浸泡，电路板腐蚀较严重，主要涉及起动电磁阀驱动电路。其中 B 通道起动电磁阀驱动电路腐蚀，导致数字电子控制器 B 通道起动电磁阀控制信号不能输出，与台架试验过程时故障相吻合。

对某发动机机腐蚀防护试验中数字电子控制器电路腐蚀进行问题分析，具体如下。

#### a) 使用环境苛刻

控制器在性能验证阶段按照 GJB150A 要求通过了酸性大气、湿热、酸性盐雾等试验。对本次发动机机腐蚀试验和控制器腐蚀试验条件进行对比，相比控制器单项进行的腐蚀试验条件，发动机器腐蚀试验条件复杂，试验时间远多于控制器试验时间。

经试验现场观察，发动机腐蚀试验时由压缩机提供含湿气、温度、盐雾的压缩空气，吹风口对着控制器，有应力时流量约为 4.9kg/s，无应力时为 1.7kg/s，风速较大。而控制器放置的机载设备舱为封闭环境，没有如此强度的气流应力，且控制器盐雾、湿热试验时只施加微量的风。

综上可得，发动机腐蚀试验条件比控制器腐蚀试验条件严酷，因此不能排除使用环境苛刻引发控制器积液，从而导致电路腐蚀的可能性。

#### b) 机箱结构不合理

控制器中除外部机箱外，内部包含较多电子元器件、印制

板、导线等材料，为保证内部电路可靠安全的工作，对控制器进行了封闭式结构设计。机箱主体的上下箱体之间采用阶梯配合的安装方式，并设计了密封条。航插安装处均设计有导电密封垫，导电密封垫的有效压缩使得航插安装处密封处理较好一定程度上隔离外界恶劣的自然条件。

根据现场试验情况，控制器放置于发动机前侧，直接面对试验的强风。该情况下，控制器表面不会产生积水，主要原因为：1) 风速过快，凝水速度低于蒸发速度，湿空气无法凝结；2) 即使产生凝水，在强风直接吹拂下，凝水直接被吹走，无法保留在控制器表面。因此，可以排除外部凝水或其他水进入控制器的情况。

控制器结构达不到气密性设计要求，外部水汽可通过呼吸作用进入内部凝结产生积液，从而产生腐蚀，因此机箱结构密封性设计欠缺可导致电路腐蚀。

#### c) 机箱加工制造缺陷

机箱加工缺陷或使用过程中磕碰会破坏机箱的封闭结构，而导致水或湿气进入控制器内部，产生积液。经开箱检查，控制器机箱等结构件无磕碰情况，装配结合处光滑、平整，未见结构明显缺陷，可排除机箱加工制造缺陷致进水腐蚀的可能。

#### d) 电路防护不当

电路模块防护不当可导致电路接触高湿、盐雾气体时产生腐蚀。控制器中所有电路模块均采用专用三防漆涂覆处理，使用的三防漆均采购自同一生产厂家以保证三防漆成分的一致性。数字电子控制器选用的涂覆方式为设备涂覆，使用的涂覆设备为喷涂式。对于设备涂覆工艺，在涂覆工艺规范中详细规定了材料配比、配置方法、涂覆、固化以及检测要求等，从而保证涂覆工艺的一致性。

三防漆按照 GJB150A 要求通过了湿热、盐雾和霉菌试验验证。经分解检查确认，未被积液浸泡区域的电路模块三防涂层完好，因此可基本排除电路防护不当引起电路腐蚀的可能。

通过上文分析可知，数字电子控制器虽然是封闭式结构，但缺乏有效的密封性设计，在发动机腐蚀防护试验的严酷条件下长时间使用，非气密的控制器在试验过程中的温度条件变化下，产生呼吸作用，使得试验中的高湿度盐雾气体进入控制器内部，在降温过程中产生凝水，并吸收盐雾形成 NaCl 溶液，浸润到电路板的器件，使得器件被腐蚀而损坏，最终导致控制器出现 B 通道起动电磁阀未响应异常现象。

## （二）纠正措施

控制器腐蚀故障的主要原因是外部高湿盐雾空气进入控制器内部凝结积液所致。针对该问题从结构、工艺两方面进行改进设计，通过提升机箱密封性来减少高湿盐雾空气进入控制器内部，避免冷凝积液。

对控制器结构上非密封部位进行了全面梳理，发现机箱上下箱体结合处、机箱顶部螺钉和航插面板与航插法兰盘的结合处等位置存在非密封，通过屏蔽条选型改进、屏蔽条安装槽改进、屏蔽条与机箱紧固螺钉孔的相对位置更改和航插面板涂胶密封等措施进行优化。

## （三）验证情况

### 1. 屏蔽条形位参数加工工艺试验

为了保证屏蔽条密封效果，机箱上安装屏蔽条的槽和结合面

的形位尺寸精度要求较高,因此需要对机箱加工的工艺参数进行预先确认。预先选取平板工艺样件,确定铣削工艺参数,使用该工艺参数加工平板工艺样件,对样件平整度和粗糙度进行了测量。结果表明样件的平整度和粗糙度满足设计图纸要求,通过工艺过程保证的方法,可以确保产品的加工精度满足设计要求。

## 2. 密封性提升措施有效性验证

机箱泄露通道可分为两大类:一、上下箱体间隙;二、航插面板间隙。针对两类泄露通道进行了专项验证,分别对改进后的上下箱体间隙和航插面板间隙进行密封性测试。

控制器工作高度最大为6000m,此时外部大气压力为47.2KPa,假设控制器内部气压为101KPa,则控制器内外压差最大约为54KPa。本次打压试验设定控制器机箱内外压差为101KPa,覆盖了真实工况的最大压差。

为确认上下箱体间隙密封性改进措施的有效性,采用改进前的控制器和密封槽改进后的工艺机箱做试验件,按照整机施加温度-湿度-高度试验的环境应力,试验结束后开箱对比进水情况。

试验条件如图1所示,温度-20℃、25℃;湿度95%;高度6000m;

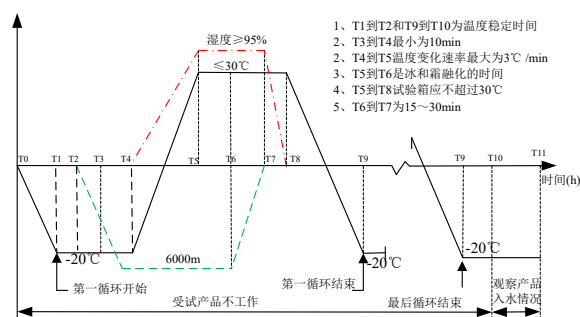


图1故障重现法试验应力谱

试验步骤如下:

- 准备两个试验件:一个改进前控制器,用堵盖及密封胶堵住航插口;一个密封槽改进后的工艺机箱;
- 将两个控制器安装在试验箱的中央;
- 控制器不工作,以不大于3℃/min 的温度变化速率将温度箱调整到-20℃,并保持2h;
- 保持-20℃,将试验箱压力调整到6000m(472mba),保持此温度和压力10min;

## 参考文献:

- 樊思齐,李华聪,樊丁等. 航空发动机控制(上册、下册)[M]. 西安:西北工业大学出版社,2008.
- 孙健国. 现代航空动力装置控制[M]. 北京:航空工业出版社,2009.
- 曾英俊. 航空动力装置控制[M]. 北京:航空工业出版社,1995.
- 王晓燕,刘振侠;力宁;胡廷勋;周坤;潘君. 刷式篦齿组合密封性能试验研究[J]. 推进技术,2022(07):353-359.
- 杨瑞峰;马铁华. 声发射技术研究及应用进展[J]. 中北大学学报(自然科学版),2006(05).
- 乔坤,刘冬,高天阳. 航空发动机数字电子控制器通道恢复技术研究[J]. 机械管理开发,2023,38(11).
- 李轶,郑国栋,陈志翔. 混动专用发动机密封系统设计[J]. 中国机械,2023,(20).
- 孔祥明,邵志江,顾颖慧. 全权限数字电子控制器雷电试验方法研究[J]. 航空发动机,2016,42(05).
- 张天宏. 航空发动机数字电子控制器的BIT技术[J]. 航空制造技术,2009,(18):42-45.
- 韩小宝. 嵌入式航空发动机数字电子控制器设计研究[D]. 西北工业大学,2005.

e)以不大于3℃/min 的温度变化速率将温度箱调整到25℃,同时调整试验箱湿度达到95%,保持该状态使所有的霜和冰融化;

f)以不小于30mbar/min 的升压速率,将试验箱压力升高到室内环境压力,再调整试验箱的相对湿度到正常环境时的相对湿度;

g)图1中为一个循环,重复c)~f),共完成25个循环;

h)在最后一个试验循环结束时,将试验箱温度稳定在-20℃;

i)试验结束后,打开控制器,观察控制器内积水量。

试验结果:经开箱检查,改进前控制器电路模块上有大量水珠,改进后工艺机箱内部无水珠,初步表明上下箱体间隙密封改进措施有效。

## 3. 控制器腐蚀验证试验

为了验证改进后的控制器在发动机抗腐蚀性试验中的温度、湿度和盐雾等综合条件下的持续工作能力、材料耐腐蚀能力,参照发动机抗腐蚀性试验条件开展控制器验证试验。

试验结束后对控制器进行了外观检查、功能性能检查及分解检查,具体如下:

- 控制器插座、电缆插头内部无积水、腐蚀;控制器上下箱体未变形;上下箱体的结合缝隙正常;航插面板上密封胶无脱落和起泡;
- 按电子控制器检验规程对控制器进行了功能性能检测,检测合格;
- 对控制器进行了解体检查:上下箱体结合面的密封措施无失效迹象,机箱内部及模块上干燥无积液,电子元器件、焊点及内部结构件无腐蚀迹象。

腐蚀验证试验后控制器功能性能正常,机箱内部及电路模块上干燥无积液,电子元器件、焊点及结构件未见明显腐蚀,改进部位的密封性能未见明显衰减,证明了改进措施有效。

## 总结

通过对某发动机数字电子控制器密封性改进分析及发动机整机腐蚀试验电子控制器密封性问题分析,通过控制数字电子控制器结合面密封性、航插面板密封性及导流排水设计等措施可以提高数字电子控制器的密封性。

# 过程控制系统中热工参量检测误差的分析、处理与应用

杜晓妮

青岛职业技术学院 海尔学院, 山东 青岛 266555

**摘 要：** 过程控制系统中的测量，主要是对连续变化的模拟量的测量，如液位、流量、温度、压力等热工参量。过程控制系统运行过程中使用的介质有气体、液体、固体、混合物等多种形态，同时可能还会有强腐蚀性、强辐射、高温、高压、真空、高粘度等特殊性质；测量时可能会有许多扰动现象，如电源电压、频率发生变化，环境气压、湿度、亮度、不同成分气体含量、烟雾等因素变化，以上加热炉水温定值控制系统中情况都需要控制系统中用到的测量设备具有稳定性、安全性、适应性。在检测仪表使用过程中，会因各种原因产生误差，要求工作人员能够正确地分析、调整误差，想办法减小甚至消除误差，并根据社会发展，对检测仪表进行升级更新，向着更高端化、智能化、绿色化发展，以适应新质生产力发展的要求。

**关 键 词：** 过程控制；绝对误差；精确度等级；新质生产力

## Analysis, Treatment And Application Of Thermal Parameter Detection Errors In Process Control System

Du Xiaoni

Qingdao Technical College Haier College, Qingdao, Shandong 266555

**Abstract：** The measurement in the process control system is mainly the measurement of continuously changing analog quantities, such as liquid level, flow rate, temperature, pressure and other thermal parameters. The medium used in the operation of the process control system has various forms such as gas, liquid, solid, mixture, etc., and may also have special properties such as strong corrosion, strong radiation, high temperature, high pressure, vacuum, and high viscosity. When measuring, there may be many disturbance phenomena, such as changes in power supply voltage and frequency, changes in ambient pressure, humidity, brightness, gas content of different components, smoke and other factors. The above situation in the control system of heating furnace water temperature setting requires the measurement equipment used in the control system to have stability, safety and adaptability. In the process of using the detection instrument, there will be errors due to various reasons, requiring the staff to correctly analyze and adjust the error, find ways to reduce or even eliminate the error, and according to social development, upgrade the detection instrument to a more high-end, intelligent, green development, in order to meet the requirements of the development of new quality productivity.

**Keywords：** process control; absolute error; accuracy level; new quality productivity

### 一、检测误差的类型讨论

过程控制系统检测过程中被测参数都要经过信号传输类型的一次或多次转换，从而得到后续环节进行信号处理所需要的规格与形式，然后与相应的测量单位进行比较，以刻度或数字的形式进行读取<sup>[1]</sup>。测量过程中，由于多种原因会产生误差，这个误差是在测量仪表上得到的被测变量的显示值和被测变量的真实值之差，这个差值就是测量误差。根据测量误差的性质和产生的原因，测量误差主要有系统误差、疏忽误差、随机误差三种类型<sup>[2]</sup>。

测量误差也被称为绝对误差，计算方法为： $\Delta = x_i - x_0$

式中： $x_i$ 表示检测仪表的指示值， $x_0$ 表示被测物理量的真实值。

由于真实值无法得到，所以绝对误差表示为： $\Delta = x - x_0$

式中： $x$ 表示被校检测仪表的读数， $x_0$ 表示标准表的读数。

把绝对误差折合成标尺范围的百分数表示就是相对百分误差，计算方法为：

$$\delta = \frac{x - x_0}{\text{标尺上限值} - \text{标尺下限值}} \times 100\% = \frac{\Delta x}{\text{检测仪表量程}} \times 100\%$$

根据检测仪表在规定的工作条件下允许的最大相对百分误差确定检测仪表的精确度等级<sup>[3]</sup>。

### 二、在实例中讨论检测误差的应用与处理

在加热炉水温定值控制系统中，被控变量为加热炉的温度，要求加热炉的温度稳定在设定值SV。将加热炉温度变送器TT1

检测到的加热炉的温度信号作为反馈信号，在与设定值 SV 比较后的差值通过控制器 PLC 控制三相移相调压装置 SCR 的输出电压，进而调节三相电加热管的加热功率，以达到使加热炉的温度达到并稳定在设定值的目的<sup>[4]</sup>。该定值控制系统的方框图如图 1 所示。

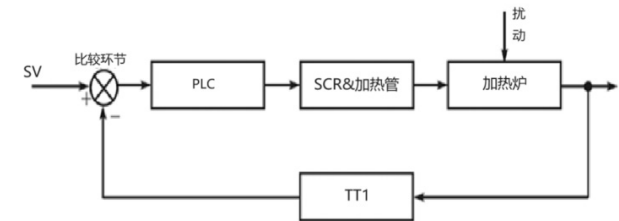


图 1 加热炉水温定值控制系统方框图

本控制系统使用一台具有线性关系的温度测量范围是 0 ~ 200℃ 的温度变送器 TT1 进行加热炉水温测量，TT1 的标准输出电流信号范围是 4 ~ 20mA。对 TT1 进行校验后得到以下上、下行程的测量值，现在需要确定 TT1 的准确度等级，计算其线性度、变差等品质指标。

|       |                       |      |      |       |       |       |
|-------|-----------------------|------|------|-------|-------|-------|
| 输入温度值 | 标准温度 /℃               | 0    | 40   | 80    | 120   | 200   |
| 输出电流值 | 上行程测量值 X <sub>上</sub> | 4    | 7.20 | 10.39 | 13.59 | 20    |
|       | 下行程测量值 X <sub>下</sub> | 4.02 | 7.10 | 10.60 | 13.69 | 20.01 |

温度变送器 TT1 每个温度检测值对应的标准电流输出值 X<sub>标</sub> 的计算方法为：

$$X_{\text{标}} = \frac{\text{温度检测值}(\text{输出电流上限值}-\text{输出电流下限值})}{\text{温度测量范围}} + 4$$

TT1 的输入温度检测值是 40℃ 时输出的标准电流值 X<sub>标</sub> 为：

$$X_{\text{标}} = \frac{40(20-4)}{200-0} + 4 = 7.2 \text{ (mA)}, \text{ 其他温度检测值的标准输出电流值均依此计算。}$$

根据已知测量数据，计算出各个温度检测值对应的绝对误差 Δ<sub>正</sub> 与 Δ<sub>反</sub>，并计算出各个上、下行程测量值之差 Δ<sub>变</sub>，将所有中间数据整理在下面表格中。

|       |                           |      |      |       |       |       |
|-------|---------------------------|------|------|-------|-------|-------|
| 输入温度值 | 标准温度 /℃                   | 0    | 40   | 80    | 120   | 200   |
| 输出电流值 | 上行程测量值 X <sub>上</sub>     | 4    | 7.20 | 10.39 | 13.59 | 20    |
|       | 下行程测量值 X <sub>下</sub>     | 4.02 | 7.10 | 10.60 | 13.69 | 20.01 |
|       | 标准电流输出值 X <sub>标</sub>    | 4    | 7.20 | 10.40 | 13.60 | 20    |
|       | 上行程绝对误差 Δ <sub>上</sub>    | 0    | 0    | 0.01  | 0.01  | 0     |
|       | 下行程绝对误差 Δ <sub>下</sub>    | 0.02 | 0.10 | 0.20  | 0.09  | 0.01  |
|       | 上、下行程测量值之差 Δ <sub>变</sub> | 0.02 | 0.10 | 0.21  | 0.10  | 0.01  |

根据上述中间数据，加热炉水温定值控制系统中 TT1 的最大绝对误差是取自 Δ<sub>上</sub> 和 Δ<sub>下</sub> 的最大值 0.20mA，因此其最大相对百分误差是 1.25%，去掉正负号和百分号，余下的数值是 1.25，这个数值在检测仪表工业规定的精确度等级数值的 1.0 和 1.5 之间。在

对检测仪表的精确度等级进行确定时，要求检测仪表的允许误差应大于或等于检测仪表校验时所得到的最大相对百分误差<sup>[5]</sup>。这个原则在过程控制系统的检测仪表精确度等级确定或选择工作中要特别注意。由于 TT1 的最大相对百分误差 1.25% 超过 1.0 级检测仪表允许的最大相对百分误差，所以 TT1 的准确度等级确定为 1.5 级。

检测仪表品质指标中的变差，是当环境条件相同的情况下，使用同一块检测仪表对被测变量在全量程范围内进行上、下行程检测时，分别检测到的实际测量值之间的最大差值<sup>[6]</sup>。计算方法为：

$$\text{变差} = \frac{\text{上下行程最大绝对差值}}{\text{检测仪表量程}} \times 100\%$$

加热炉水温定值控制系统中 TT1 的变差为：

$$\text{变差} = \frac{0.21}{20-4} \times 100\% = 1.313\%$$

1.313% 在 1.5 级温度变送器允许的误差范围之内，这个变差数值不会影响 TT1 的准确度等级。反之则要在实际应用中应根据具体原因进行进一步校验，甚至需要更换温度变送器。

检测仪表的线性度是表征线性刻度仪表的输出信号值与输入信号值的实际校准曲线与理论直线的吻合程度<sup>[7]</sup>。计算方法为：

$$\text{线性度} = \frac{\Delta f_{\text{max}}}{\text{检测仪表量程}} \times 100\%$$

式中，Δ<sub>fmax</sub> 为校准曲线对于理论直线的最大偏差。

根据中间数据，加热炉水温定值控制系统中 TT1 非线性误差的最大值 Δ<sub>fmax</sub> = 0.20 (mA)，所以线性度为：

$$\text{线性度} = \frac{0.20}{20-4} \times 100\% = 1.25\%$$

检测仪表的其他品质指标还有重复性、灵敏度<sup>[8]</sup>等。

### 三、检测仪表误差研究的意义

#### 1. 检测仪表精确度等级的确定、选择。

文中计算的温度变送器 TT1 的相对百分误差、线性度、变差都是稳态误差，是加热炉温度定值控制系统在静态时测量过程中产生的误差。如果这台温度变送器的敏感元件、测量电路以及检测系统中存在滞后现象、温度 - 电流信号传输转换需要时间，这些情况会使其出现动态误差。在计算过程中，由于进行了上、下行程的测量，并且变差的数值超出了最大相对百分误差允许的范围，工作人员可以了解各种误差产生的原因，分析对实际控制系统产生的危害程度，同时对检测仪表的精确度等级进行确定，实施对检测仪表的校正操作，在控制领域中，这样做也符合目前我国来到了全面以技术研发、技术创新来推动生产经济增长阶段的要求<sup>[9]</sup>。

#### 2. 检测技术及仪器仪表的发展。

在过程控制系统的实际应用中，参数检测环节也向着现代化、智能化发展，需要根据实际情况不断研发出新的检测方法以及检测仪表，结合硬件技术、电子技术、数字化技术、计算机技



术,伴随软测量技术和虚拟仪器的开发,结合社会发展、科技进步,根据实际应用情况,对检测设备进行升级改造,这更符合新质生产力的要求,在各个控制领域,具有更丰富知识、更高技能的操作人员,使用更加智能、高效、低碳、安全的检测设备,对传统的和新型的劳动对象进行优化组合,对物理量进行检测与控制,实现生产过程高端化、智能化、绿色化操作,从而实现提升全要素生产率<sup>[10]</sup>。

参考文献:

---

[1] 倪志莲, 龚素文 主编, 过程控制与自动化仪表, 北京: 机械工业出版社, 2023

[2] 穆亚辉 主编, 传感器与检测技术, 长沙: 国防科技大学出版社, 2021

[3] 梁森, 王侃夫, 黄杭美 编著, 自动检测与转换技术, 机械工业出版社, 2014

[4] 王鼎盛. 精细化物理计算的热工反馈研究 [D]. 哈尔滨工程大学, 2021.

[5] 任少君. 热工过程海量数据流模型分析及诊断方法研究 [D]. 东南大学, 2018.

[6] 刘东尧, 周彦煌, 余永刚, 等. 火炮装药温度的传热综合参量确定法 [J]. 南京理工大学学报, 2016, 40(05):515-519.

[7] 陈涵瀛, 高璞珍, 谭思超, 等. 基于极限学习机模型的流动不稳定性多热工参量联合预测方法 [J]. 原子能科学技术, 2015, 49(12):2164-2169.

[8] 王文光, 胡爱军. 关于温湿度检定箱校准参数的探讨 [J]. 电子产品可靠性与环境试验, 2017, 35(01):62-66.

[9] 赵阳. 证据回归建模方法研究及其在热工对象中的应用 [D]. 东南大学, 2018.

[10] 潘亮, 刘琨, 江俊峰, 等. 分布式光纤振动和温度双物理量传感系统 [J]. 中国激光, 2018, 45(01):266-271.

# 基于机器视觉的车辆行人检测与主动避让技术研究

梁金兰

星软集团有限公司, 浙江 杭州 310000

**摘 要 :** 研究探讨了基于机器视觉的车辆行人检测与主动避让技术的现状、挑战、技术实现、实际应用及未来发展。分析了现有技术在复杂环境适应性、检测精度与速度、数据标注与训练、传感器融合等方面的不足,并提出了算法优化、硬件性能提升、数据资源丰富以及多模态数据融合的解决方案。实际应用案例展示了该技术在自动驾驶、智能交通管理和辅助驾驶系统中的广泛应用和显著效果。未来发展展望中,指出机器视觉技术将在提升交通安全性、管理效率和系统智能化方面发挥更为重要的作用。

**关 键 词 :** 机器视觉; 车辆检测; 行人检测; 主动避让; 智能交通

## Research On Vehicle Pedestrian Detection And Active Avoidance Technology Based On Machine Vision

Liang Jinlan

Star Soft Group Co., LTD., Hangzhou, Zhejiang 310000

**Abstract :** This paper discusses the status quo, challenges, technical realization, practical application and future development of vehicle pedestrian detection and active collision avoidance technology based on machine vision. The shortcomings of existing technologies in complex environment adaptability, detection accuracy and speed, data annotation and training, sensor fusion and so on are analyzed, and the solutions of algorithm optimization, hardware performance improvement, abundant data resources and multi-modal data fusion are proposed. Practical application cases show the wide application and remarkable effect of this technology in automatic driving, intelligent traffic management and assisted driving systems. In the future development outlook, it is pointed out that machine vision technology will play a more important role in improving traffic safety, management efficiency and system intelligence.

**Keywords :** machine vision; vehicle detection; pedestrian detection; active avoidance; intelligent traffic

### 引言

随着城市化进程的加快,交通事故频发成为亟待解决的社会问题。传统的车辆和行人检测方法存在检测精度低、反应速度慢等问题,难以满足复杂交通环境的需求。机器视觉技术作为一种新兴的计算机视觉技术,具有高精度、高实时性的特点,被广泛应用于智能交通领域。本研究旨在利用机器视觉技术,开发一种高效的车辆行人检测与主动避让系统,通过提高交通环境下的安全性,减少交通事故的发生。本文将详细探讨该技术的实现方法及其在实际应用中的效果,期望为未来智能交通系统的发展提供参考和借鉴。

### 一、机器视觉技术在交通检测中的应用现状

机器视觉技术在交通检测中的应用已经取得了显著进展,成为智能交通系统的重要组成部分。该技术通过摄像头和图像处理算法,实现对交通环境中车辆和行人的自动识别与跟踪,提高交通管理的自动化和智能化水平。近年来,随着深度学习算法和硬件性能的提升,机器视觉技术在交通检测中的应用效果进一步提升。目前,机器视觉技术在交通检测中的主要应用包括车辆检测、行人检测、交通标志识别以及车道线检测等<sup>[1]</sup>。车辆检测方

面,利用卷积神经网络(CNN)等深度学习模型,可以在复杂背景下准确识别和分类车辆。研究表明,基于YOLO(You Only Look Once)和SSD(Single Shot MultiBox Detector)等模型的车辆检测算法,能够在毫秒级时间内完成检测,精度可达95%以上,有效支持实时交通监控。

行人检测是交通检测中另一个关键应用领域。基于机器视觉的行人检测技术,通过区域提取、特征描述和分类器训练等步骤,实现对行人的高效识别。当前主流的行人检测算法,如Faster R-CNN、Mask R-CNN等,能够在拥挤和光照变化的环

境中维持较高的检测准确率。数据显示，这些算法在标准数据集上的检测精度已经超过90%，并且检测速度在实际应用中已达到可接受的水平。交通标志识别是交通检测中的重要组成部分。通过机器视觉技术，可以自动识别和分类各种交通标志，提高驾驶辅助系统的智能化程度<sup>[2]</sup>。

目前，基于深度学习的交通标志识别算法，如 AlexNet、ResNet 等，能够在大规模标志数据库上进行训练，并在实际场景中实现高精度的识别。研究表明，这些算法在常见标志数据集上的识别准确率可达98%以上，有效提升了自动驾驶系统的安全性和可靠性。车道线检测也是机器视觉技术在交通检测中的重要应用之一。通过摄像头采集道路图像，利用图像处理和机器学习算法，可以精确识别和追踪车道线。现有的车道线检测算法，如 Hough 变换、Canny 边缘检测等，已经在实际应用中得到广泛验证，其检测精度和鲁棒性都达到了较高水平。

## 二、当前车辆行人检测与避让技术的挑战

当前车辆和行人检测与避让技术在实际应用中面临诸多挑战，影响了智能交通系统的全面推广和应用。这些挑战主要体现在复杂环境适应性、检测精度与速度、数据标注与训练、传感器融合，以及系统可靠性与安全性等方面。复杂环境适应性是车辆和行人检测与避让技术面临的首要难题。在实际交通环境中，光照变化、天气条件、动态背景等因素会显著影响检测算法的性能。夜间低光照环境、强光下的阴影区域、雨雪天气导致的能见度降低等情况，都会对摄像头采集的图像质量造成干扰，进而降低检测准确性<sup>[3]</sup>。研究表明，现有的检测算法在恶劣天气条件下的准确率往往下降超过20%，这对系统的稳定性和可靠性提出了严峻考验。

检测精度与速度也是当前技术的一大挑战。为了保证交通安全，检测系统不仅需要高精度的识别能力，还要求实时响应速度。然而，检测精度和速度常常呈现相互制约的关系。尽管深度学习模型如 YOLO、Faster R-CNN 在检测精度上表现优异，但其计算复杂度较高，导致实时性不足。在车辆行人密集的复杂交通场景中，过高的计算延迟可能会导致系统无法及时作出避让决策，增加了事故风险。当前，如何在保证高精度的同时提升检测速度，仍然是研究的重点方向<sup>[4]</sup>。

数据标注与训练也是一个不可忽视的问题。高效的车辆和行人检测算法依赖于大规模、高质量的标注数据集。然而，数据标注是一项耗时耗力的工作，特别是在交通场景中，需要对大量图像中的车辆和行人进行精确标注。数据集的不平衡性，如特定场景或类别数据的缺失，也会影响模型的泛化能力。为了提升模型的检测性能，必须持续收集和标注多样化的交通数据，这对数据资源和人力资源都提出了较高要求。传感器融合技术的挑战也不容忽视。在实际应用中，单一类型的传感器往往难以应对复杂的交通环境。为此，研究人员提出了多传感器融合方案，将摄像头、激光雷达、毫米波雷达等多种传感器的数据进行融合处理，以提高检测的准确性和可靠性。然而，不同传感器的数据具有异

构性，融合过程中需要解决数据同步、坐标对齐、信息冗余等技术难题，增加了系统的复杂性和计算负担。

## 三、机器视觉在车辆行人检测与主动避让中的技术实现

机器视觉技术在车辆和行人检测与主动避让中的实现过程涉及多个关键环节，包括图像采集、特征提取、目标检测与分类、跟踪以及决策与控制等。通过这些环节的协同工作，能够构建一个高效、可靠的智能交通系统。图像采集是实现机器视觉技术的第一步。高分辨率摄像头安装在车辆前部、侧面和后部，通过采集周围环境的图像数据，为后续处理提供基础。为了提高图像质量，摄像头通常配备自动对焦、白平衡调整和防抖动功能<sup>[5]</sup>。在光照变化较大的场景中，高动态范围（HDR）摄像头能够有效捕捉细节，增强图像的清晰度和对比度。

特征提取是图像处理的核心环节。通过卷积神经网络（CNN）等深度学习模型，从图像中提取车辆和行人的特征信息。常用的特征提取算法包括 SIFT（尺度不变特征变换）、SURF（加速鲁棒特征）和 ORB（快速旋转二进制特征），这些算法能够识别图像中的关键点和局部特征。深度学习模型在特征提取过程中表现出色，特别是在复杂背景和多变光照条件下，依然能够保持高效的特征提取能力<sup>[6]</sup>。目标检测与分类是实现车辆和行人检测的关键步骤。基于深度学习的目标检测算法，如 YOLO 和 Faster R-CNN，在交通检测中得到了广泛应用。这些算法通过在图像中生成候选区域，对每个区域进行分类和边界框回归，实现高精度的目标检测。研究表明，YOLOv4 算法在 MS COCO 数据集上的平均精度（mAP）达到43.5%，处理速度可达65 FPS，能够满足实时检测的需求。

目标跟踪是实现连续检测和避让的重要环节。通过卡尔曼滤波器、粒子滤波器等算法，对检测到的目标进行跟踪，预测其运动轨迹，确保检测的连续性和稳定性。多目标跟踪（MOT）算法，如 SORT 和 Deep SORT，通过结合检测结果和运动信息，实现对多个目标的高效跟踪。实际应用中，这些算法能够在复杂交通环境中保持较高的跟踪精度和实时性。决策与控制是实现主动避让的最终环节。基于检测和跟踪的结果，通过路径规划和控制算法，生成避让决策，控制车辆的加速、减速和转向，确保行车安全。常用的路径规划算法包括 A\*、Dijkstra 和 RRT（快速随机树），这些算法能够在复杂环境中生成最优路径。

## 四、检测与避让技术在实际交通环境中的应用案例

在自动驾驶领域，检测与避让技术是实现无人驾驶的重要组成部分。自动驾驶汽车通过安装在车身各处的摄像头、雷达和激光雷达，实时采集周围环境的信息，利用先进的图像处理和机器学习算法进行车辆和行人检测。根据 Waymo 的测试数据，其自动驾驶系统在复杂城市环境中能够实现99.9%的检测精度，有效识别和避让行人、车辆和其他障碍物。在实际运营中，Waymo 的自

自动驾驶车辆已累计行驶超过2000万英里，展示了检测与避让技术在提高交通安全和减少事故方面的潜力。智能交通管理系统也是检测与避让技术的重要应用场景。通过在城市道路和交叉口安装高精度摄像头和传感器，交通管理中心能够实时监控交通流量和路况，快速识别潜在的交通事故和安全隐患<sup>[7]</sup>。北京市交通管理局引入的智能交通监控系统，通过实时图像分析和机器学习技术，实现了对车辆违章行为的自动检测和处理。

数据显示，自该系统投入使用以来，交通事故率下降了15%，交通拥堵情况也得到了显著改善。在辅助驾驶系统中，检测与避让技术进一步提升了驾驶员的安全性和舒适性。高级驾驶辅助系统（ADAS）利用前置摄像头和传感器，实时监控前方道路状况，提供车道偏离警告、碰撞预警和自动紧急制动等功能。特斯拉的Autopilot系统结合摄像头、雷达和超声波传感器，通过深度学习算法实现了高效的车辆和行人检测。在高速公路行驶时，该系统能够自动调整车速和方向，确保安全行驶。根据特斯拉发布的数据，启用Autopilot功能的车辆事故率比未启用时下降了40%，显示出显著的安全优势。

检测与避让技术还在智慧城市建设中发挥着重要作用。通过在关键路段和公共场所部署智能监控设备，城市管理者能够实时掌握交通动态，优化交通信号控制，减少交通拥堵<sup>[8]</sup>。上海市在重要交通枢纽和商业区安装了智能监控摄像头，通过实时视频分析，实现了对人流和车流的动态管理。自系统上线以来，平均通行时间减少了12%，公共交通效率提升了8%，大大改善了市民的出行体验。

## 五、智能交通系统中机器视觉技术的发展展望

智能交通系统中的机器视觉技术正经历快速发展，未来有望在多个方面取得重大突破。随着深度学习和计算机视觉算法的不断进步，检测与避让的精度和速度将大幅提升，为实现全面自动驾驶和智能交通管理提供强有力的技术支撑。在算法优化方面，未来的机器视觉技术将更加依赖于先进的深度学习模型，如Transformer和自监督学习等新兴技术。这些模型具有更强的特

征提取和模式识别能力，可以在复杂多变的交通环境中实现更高的检测精度和实时性。集成多模态数据融合技术，将摄像头、激光雷达、毫米波雷达等多种传感器的数据进行综合处理，可以显著提升系统的可靠性和鲁棒性<sup>[9]</sup>。

硬件性能的提升也是未来机器视觉技术发展的重要方向。随着计算能力的不断增强，嵌入式系统和边缘计算设备将能够处理更复杂的视觉任务。在车辆中部署高性能的GPU和专用AI芯片，可以实现实时图像处理和深度学习推理，减少延迟，提升系统响应速度。智能交通基础设施中也将采用更高分辨率的摄像头和更快速的数据传输技术，支持大规模、实时的交通监控和管理。数据资源的丰富和标注技术的进步将为机器视觉技术的发展提供坚实的基础。通过大规模数据集的构建和开源，研究人员可以训练更加健壮和泛化能力强的模型<sup>[10]</sup>。

自动化数据标注工具的应用，可以大幅减少人工标注的工作量，提高数据处理的效率和准确性。持续的数据收集和更新，将帮助模型不断适应新的交通环境和场景，保持高水平的检测性能。在应用层面，未来的机器视觉技术将更加深入地融入智能交通系统，推动智慧城市的建设。自动驾驶车辆将逐步普及，机器视觉技术作为其核心，将显著提升行车安全和交通效率。智能交通管理系统将更加智能化和自动化，通过实时监控和动态优化交通流量，减少拥堵，提高城市的通行能力。面向行人和非机动车的安全防护系统也将得到进一步发展，为各类交通参与者提供全面的安全保障。

## 结语

现有技术在复杂环境适应性、检测精度与速度、数据标注与训练、传感器融合等方面面临诸多挑战，但也展现出巨大的潜力和应用价值。未来，随着算法优化、硬件性能提升、数据资源丰富以及多模态数据融合技术的发展，机器视觉技术将在提升交通安全性、管理效率和系统智能化方面发挥更为重要的作用，为构建智慧交通系统提供强有力的技术支持。

## 参考文献：

- [1] 李明. 机器视觉在智能交通中的应用现状与挑战[J]. 计算机工程与应用, 2022, 58(4): 56-63.
- [2] 王强. 基于深度学习的行人检测算法研究[J]. 软件学报, 2021, 32(12): 3012-3025.
- [3] 陈华. 智能车辆避碰系统的设计与实现[J]. 电子技术应用, 2020, 46(7): 89-94.
- [4] 张伟. 城市交通中车辆检测与行人避让技术的发展[J]. 智能系统学报, 2023, 15(3): 66-72.
- [5] 刘洋. 复杂交通环境下的机器视觉算法优化[J]. 交通信息与安全, 2019, 37(6): 45-50.
- [6] 郭瑞祥. 基于机器视觉的自动避让系统优化研究[J]. 电子设计工程, 2021, 29(10): 96-100.
- [7] 谢阳. 智能车辆环境感知与决策技术[J]. 车辆与驾驶技术, 2023, 44(2): 18-23.
- [8] 王立军. 基于YOLO的交通监控系统的设计与实现[J]. 计算机工程与设计, 2020, 41(1): 27-32.
- [9] 邱泽宇. 增强现实技术在智能驾驶辅助系统中的应用[J]. 计算机工程, 2019, 45(4): 162-167.
- [10] 刘瑾. 深度神经网络在车辆检测中的应用[J]. 通信技术, 2021, 54(2): 424-430.



# 现代工程设计施工中数字化技术应用的效益评估

夏骏

杭州余杭置业有限公司, 浙江 杭州 310000

**摘 要：** 数字化技术在现代工程设计施工中的应用已成为行业发展的重要趋势。本文通过分析数字化技术在工程设计与施工中的具体应用, 评估其带来的效益。研究发现, 数字化技术显著提高了施工效率和工程质量, 减少了施工成本, 并促进了信息共享和协同工作。本文还探讨了当前应用中存在的问题及其解决方法, 并通过实际案例展示了数字化技术的应用效果, 对未来的发展进行了展望。通过本研究, 为相关从业人员提供参考, 助力工程项目的数字化转型。

**关 键 词：** 数字化技术; 工程设计; 施工效率; 工程质量; 信息共享

## Benefit Evaluation Of Digital Technology Application In Modern Engineering Design And Construction

Xia Jun

Hangzhou Yuhang Real Estate Co., LTD., Hangzhou, Zhejiang 310000

**Abstract：** The application of digital technology in modern engineering design and construction has become an important trend of industry development. This paper analyzes the specific application of digital technology in engineering design and construction, and evaluates its benefits. The study found that digital technology significantly improved construction efficiency and project quality, reduced construction costs, and promoted information sharing and collaborative work. This paper also discusses the existing problems in the current application and their solutions, and shows the application effect of digital technology through practical cases, and looks forward to the future development. Through this study, it can provide reference for relevant practitioners and help the digital transformation of engineering projects.

**Keywords：** digital technology; engineering design; construction efficiency; engineering quality; information sharing

## 引言

数字化技术在工程设计与施工中的应用已成为现代工程项目发展的必然趋势。随着信息技术的快速发展, BIM、云计算、大数据和物联网等数字化技术不断渗透到工程领域, 极大地改变了传统的设计和施工模式。传统工程项目常面临信息不对称、沟通不畅、施工效率低下等问题, 而数字化技术的应用为解决这些问题提供了新的途径。本文旨在探讨数字化技术在现代工程设计与施工中的应用现状、效益及未来发展方向, 通过具体案例展示其实际应用效果, 并为相关从业人员提供参考和指导, 以促进工程项目的数字化转型和升级。

## 一、数字化技术在工程设计与施工中的应用现状

数字化技术在现代工程设计与施工中的应用日益广泛, 尤其是建筑信息模型 (BIM)、云计算、大数据和物联网等技术的引入, 极大地提升了工程项目的设计和施工水平。BIM 技术作为一种集成了建筑物的三维模型及相关信息的数字化表达方式, 已经成为工程设计阶段的重要工具。通过 BIM 技术, 设计师可以在一个统一的平台上进行协同工作, 实现从概念设计到详细设计的全过程管理, 提高设计效率和质量<sup>[1]</sup>。BIM 技术还可以通过虚拟建造和碰撞检测, 提前发现设计中的冲突和问题, 减少后期施工中的返工和浪费。

在施工管理中, 云计算技术的应用也越来越普遍。云计算可以提供强大的数据存储和计算能力, 使得项目管理者可以随时随地访问和处理项目数据。通过云计算平台, 项目各方可以实现数据的实时共享和协同工作, 提高项目管理的效率和透明度。例如, 在某大型建筑项目中, 施工团队通过云计算平台共享施工进度、成本和质量等数据, 实现了对施工全过程的精细化管理, 显著提高了施工效率和质量。大数据技术在工程项目中的应用也展现出巨大的潜力。通过对施工过程中产生的海量数据进行分析 and 挖掘, 可以发现潜在的问题和规律, 为项目管理提供科学的决策支持。例如, 通过对设备运行数据的分析, 可以预测设备的故障率, 提前进行维护, 避免因设备故障导致的施工延误。此外, 通

通过对施工人员的行为数据进行分析，可以优化施工组织和安排，提高施工效率 and 安全性。

物联网技术在工程项目中的应用也在不断扩大。通过在施工现场安装各种传感器和设备，可以实现对施工过程的实时监控和管理<sup>[2]</sup>。例如，通过物联网技术对施工机械进行远程监控，可以及时发现和解决设备故障，提高设备的利用率和施工效率。在某基础设施项目中，通过物联网技术对施工现场的环境参数进行监测，及时发现和处理环境污染问题，确保施工过程的绿色环保。尽管数字化技术在工程设计与施工中的应用展现出巨大的潜力，其应用仍然面临一些挑战。例如，不同技术之间的集成度不高，各类数据的标准化程度不够，导致信息孤岛现象严重。此外，数据安全和隐私保护问题也是数字化技术应用中的一个重要挑战。为了充分发挥数字化技术的优势，需要不断提高技术集成度和标准化水平，加强数据安全和隐私保护措施。

## 二、数字化技术应用中存在的问题

尽管数字化技术在工程设计与施工中展现出巨大的潜力和应用价值，但在实际应用过程中仍然面临诸多问题。技术集成与标准化问题是当前数字化技术应用中的主要挑战之一。不同的数字化技术和平台之间往往缺乏统一的标准和规范，导致信息孤岛现象严重<sup>[3]</sup>。例如，不同的 BIM 软件之间的数据格式和标准不一致，使得各方在进行数据交换和共享时面临困难，影响了 BIM 技术的应用效果。在工程项目中，数据的标准化程度不够，导致信息无法有效共享和利用。

在某大型基础设施项目中，各参与方使用了不同的数字化平台和工具，导致数据的格式和标准不一致，信息传递和共享效率低下，影响了项目的整体进度和质量。为了提高数字化技术的应用效果，必须制定统一的技术标准和规范，实现各类数字化技术和平台的互操作性和数据兼容性<sup>[4]</sup>。数据安全和隐私保护问题也是数字化技术应用中的一个重要挑战。随着数字化技术的广泛应用，工程项目中的数据量和数据种类不断增加，数据的安全性和隐私保护问题日益凸显。例如，在某建筑项目中，设计图纸、施工进度、成本信息等敏感数据一旦泄露，将对项目造成严重影响。

随着网络攻击和数据泄露事件的频发，如何保护工程项目的数据安全成为一个亟待解决的问题。为了应对数据安全和隐私保护问题，必须采取多种措施。采用先进的加密技术对数据进行保护，确保数据在存储和传输过程中的安全性。可以采用 SSL/TLS 等加密协议，确保数据在传输过程中的安全。建立完善的安全防护体系，通过防火墙、入侵检测系统等安全设备，防止网络攻击和数据泄露。此外，还需要加强对员工的安全培训，增强员工的安全意识和技能，确保数据安全管理措施的有效实施。

## 三、解决数字化技术应用问题的方法

为了解决数字化技术在工程设计与施工中的应用问题，需要

采取多方面的措施。提高技术集成度是解决问题的关键之一。不同的数字化技术如 BIM、云计算和物联网等，必须实现有效的集成和互操作，才能充分发挥其优势。为此，相关企业和机构应加强技术合作，制定统一的技术标准和接口规范<sup>[5]</sup>。例如，可以通过建立 BIM 模型标准库，实现不同 BIM 软件之间的数据兼容和共享，从而提高 BIM 技术的应用效果。还可以通过开发综合性平台，将 BIM、云计算和物联网等技术集成到一个统一的平台上，方便用户进行集成管理和操作。

加强数据安全和隐私保护也是解决数字化技术应用问题的重要措施。数据安全和隐私保护问题在数字化技术应用中尤为重要，必须采取多种措施确保数据的安全。需要采用先进的加密技术对数据进行保护，确保数据在存储和传输过程中的安全性<sup>[6]</sup>。例如，可以采用 SSL/TLS 等加密协议，确保数据在传输过程中的安全。建立完善的安全防护体系，通过防火墙、入侵检测系统等安全设备，防止网络攻击和数据泄露。此外，还需要加强对员工的安全培训，增强员工的安全意识和技能，确保数据安全管理措施的有效实施。

通过实际案例分析，可以展示解决方法的实际应用效果。在某大型建筑项目中，采用 BIM 技术进行设计和施工管理，通过建立统一的 BIM 模型标准库，实现了不同 BIM 软件之间的数据共享和集成管理，显著提高了设计和施工效率。例如，在某高层建筑的设计中，通过 BIM 技术进行三维建模和碰撞检测，发现并解决了多个专业之间的冲突问题，避免了后期施工中的返工和浪费。在施工阶段，通过 BIM 模型提供精确的施工指导，减少了施工误差和质量问题，提高了施工质量和效率。

## 四、数字化技术应用的实际案例分析

在施工阶段，BIM 技术发挥了重要作用。通过建立详细的 BIM 模型，施工人员可以根据模型进行施工，减少了施工误差和质量问题。例如，在某高层建筑的施工中，通过 BIM 模型进行钢筋绑扎和管线安装，实现了精确施工，显著提高了施工质量和效率。BIM 技术还能够提供施工进度的可视化管理，通过模型直观展示施工进度和计划，提高了项目管理的效率和准确性<sup>[7]</sup>。

在某基础设施项目中，采用了云计算技术进行数据管理和协同工作。通过云平台，实现了各方数据的实时共享和协同工作，显著提高了项目管理效率。例如，在某高速公路建设项目中，通过云平台进行进度管理和协调工作，各方可以实时查看施工进度和计划，进行协同工作，避免了信息不对称和沟通不畅的问题。通过云平台对施工现场的设备进行监控和管理，及时发现和解决设备故障，提高了施工效率和质量。

在某基础设施项目中，通过物联网技术对施工现场的环境参数进行监测，及时发现和处理环境污染问题，确保施工过程的绿色环保<sup>[8]</sup>。例如，在某大型基础设施项目中，通过物联网技术对施工现场的环境参数进行实时监测，发现并处理了多个环境污染问题，确保了施工过程的绿色环保。通过物联网技术对施工机械进行远程监控，可以及时发现和解决设备故障，提高设备的利用率

和施工效率。

这些实际案例展示了数字化技术在工程设计与施工中的应用效果，为其他工程项目提供了参考和借鉴。通过这些案例分析，可以看出数字化技术在提升施工效率、提高工程质量、降低施工成本等方面具有显著优势。例如，在某建筑项目中，通过 BIM 技术进行设计和施工管理，显著提高了设计和施工效率，减少了设计变更和施工错误，提高了施工质量和效率。在某基础设施项目中，通过云计算技术进行数据管理和协同工作，显著提高了项目管理效率，减少了信息不对称和沟通不畅的问题，提高了施工效率和质量。

## 五、数字化技术在工程设计与施工中的未来发展

数字化技术的不断发展和应用，工程设计与施工领域的未来前景愈加广阔。BIM 技术将更加深入地应用于工程项目的全生命周期管理。通过建立更加精细和全面的 BIM 模型，可以实现从设计、施工到运营维护的全过程管理，提高工程项目的管理效率和质量。例如，在未来的建筑项目中，通过建立全生命周期的 BIM 模型，可以对建筑的运营和维护进行精细化管理，延长建筑的使用寿命，降低运营成本。

云计算和大数据技术将在工程项目中发挥更加重要的作用。通过云计算技术，可以为工程项目提供强大的数据存储和计算能力，支持大规模的数据处理和分析<sup>[9]</sup>。例如，在未来的基础设施项目中，通过云计算平台对施工过程中的各类数据进行实时分析，可以发现和解决潜在的问题，提高项目管理的效率和质量。大数据技术可以通过对海量数据的分析和挖掘，提供科学的决策支持，帮助工程项目进行科学管理和优化。例如，通过对施工过程中的数据进行分析，可以发现影响施工进度和质量的关键因素，制定针对性的解决方案，提高施工效率和质量。

物联网技术将在工程项目中得到更加广泛的应用。通过物联网技术，可以实现对施工现场各类设备的实时监控和管理，提高

施工效率 and 安全性。例如，在未来的施工现场，通过物联网技术对施工设备进行实时监控，可以及时发现和解决设备故障，避免施工延误和安全事故。通过物联网技术对施工人员进行定位和监控，可以提高施工现场的安全管理水平，减少安全事故的发生。例如，在某大型基础设施项目中，通过物联网技术对施工人员进行定位和监控，发现并处理了多个安全隐患问题，提高了施工现场的安全管理水平。虚拟现实（VR）和增强现实（AR）技术也将在工程项目中发挥重要作用。通过 VR 和 AR 技术，可以实现对设计方案的虚拟展示和体验，提高设计质量和效率。

通过 VR 技术，设计师可以在虚拟环境中进行设计方案的展示和优化，提高设计质量和效率<sup>[10]</sup>。通过 AR 技术，施工人员可以在现场通过增强现实设备查看设计图纸和施工指导，提高施工效率和质量。未来，随着技术的不断进步和应用，数字化技术将在工程项目中发挥更加重要的作用，推动工程项目的数字化转型和升级。通过不断创新和发展，数字化技术将在提升施工效率、提高工程质量、降低施工成本等方面发挥更加显著的作用，为工程建设事业的发展提供强大的动力。数字化技术的应用将为工程项目带来更多的效益和价值，推动工程项目的数字化转型和升级，为工程建设事业的发展提供强大的动力。

## 结语

通过对数字化技术在工程设计与施工中的应用现状、效益及未来发展的探讨，可以看出数字化技术在提升施工效率、提高工程质量、降低施工成本等方面具有显著优势。然而，数字化技术的应用仍面临一些挑战，如技术集成与标准化、数据安全与隐私保护等问题。未来，随着技术的不断进步和应用，这些问题将逐步得到解决，数字化技术将在工程项目中发挥更加重要的作用。通过不断创新和发展，数字化技术将推动工程项目的数字化转型和升级，为工程建设事业的发展提供强大的动力。

## 参考文献：

- [1] 王晓峰. 数字化技术在工程设计与施工中的应用研究 [J]. 工程管理学报, 2020, 34(4): 56-61.
- [2] 李明. BIM 技术在建筑工程中的应用与效益分析 [J]. 建筑技术, 2019, 39(2): 45-50.
- [3] 张慧. 云计算技术在施工管理中的应用与发展 [J]. 施工技术, 2021, 37(1): 32-37.
- [4] 陈伟. 物联网技术在工程施工中的应用研究 [J]. 工程技术, 2018, 28(3): 22-27.
- [5] 刘强. 数字化技术在基础设施项目中的应用与挑战 [J]. 基础设施建设, 2022, 40(6): 15-20.
- [6] 曹芳魁, 吴子宜. 数字化技术在电力工程设计中的应用 [J]. 集成电路应用, 2023, 40(12): 208-209.DOI: 10.19339/j.issn.1674-2583.2023.12.093.
- [7] 金仕, 李郁芳. 探讨数字化技术在电力工程设计中的应用 [J]. 电气技术与经济, 2022, (06): 94-96.
- [8] 任嘉祺. 电力工程设计中数字化技术运用研究 [J]. 工程建设与设计, 2022, (19): 161-163.DOI: 10.13616/j.cnki.gcjsysj.2022.10.045.
- [9] 徐卫. 数字化技术在电力工程设计中的应用 [J]. 数字技术与应用, 2021, 39(11): 112-114.DOI: 10.19695/j.cnki.cn12-1369.2021.11.36.
- [10] 朱志勇, 滕志锋, 方涛. 数字化技术在电力工程设计中的运用 [J]. 光源与照明, 2021, (05): 131-132.

# 民用航空发动机燃油附件恒加速验证符合性分析方法研究

游雅利, 曾夏青, 张伟锋, 江平, 许晨昱

中国航发湖南动力机械研究所, 湖南 株洲 412002

**摘 要 :** 本文阐述了民用航空发动机燃油附件恒加速验证适航要求, 并提出了一种从损伤评估以及性能评估两个方面进行燃油附件恒加速验证符合性分析方法, 可为后期恒加速验证符合性分析提供参考。

**关 键 词 :** 民用航空发动机; 燃油附件; 恒加速; 分析

## Study On Conformance Analysis Method For Constant Acceleration Verification Of Fuel Accessories Of Civil Aviation Engines

You Yali, Zeng Xiangqing, Zhang Weifeng, Jiang Ping, Xu Chenyu

Avic Hunan Power Machinery Research Institute, Zhuzhou, Hunan 412002

**Abstract :** This paper describes the airworthiness requirements of constant acceleration verification of fuel accessories of civil aviation engines, and proposes a method of conformity analysis of constant acceleration verification of fuel accessories from two aspects of damage assessment and performance assessment, which can provide reference for the conformity analysis of constant acceleration verification in the later stage.

**Keywords :** civil aviation engine; fuel accessories; constant acceleration; analyze

### 一、引言

根据 CCAR-33R2 航空发动机适航规定第 33.91 条发动机部件试验要求, 对不能在 33.87 条持久试验中予以充分验证的系统或部件, 申请人必须进行附加的验证, 以证明这些系统或部件在所有已声明的环境和工作条件下能可靠地完成预定功能<sup>[1]</sup>。验证工作可以是试验、分析、与先期取证发动机附件的类比, 或者三者的结合<sup>[2]</sup>。

恒加速试验作为附件适航试验, 适用于所有内部有活动零件的附件, 其常用试验设备为离心机, 这导致对于燃油附件、滑油附件、空气系统附件等需要通油通气试验的附件很难实现工作状态来进行试验验证。对此, 本文提出了一种从损伤评估以及性能评估两个方面进行燃油附件恒加速验证符合性分析方法, 并结合实例进行符合性分析。

### 二、适航要求

根据民用航空发动机系统和附件试验 33.91 的要求, 恒加速试验参考 SAE ARP5757A 第 5.7 节。恒加速试验验证附件暴露在加速载荷下不会出现损伤, 并且在这些载荷下仍然能够执行预期的功能, 验证过程可从“损伤评估”和“性能评估”两方面分别进行<sup>[3]</sup>。

a) 损伤评估——许多控制系统部件暴露在要求的振动或冲击下产生的“g”载荷比暴露在要求的恒加速力下产生的“g”载荷更高。在这种情况下, 振动试验或冲击试验可同样表明部件在要求的恒加速载荷下不会出现损伤。如果需要进行恒加速试验, 试验程序可参照 MIL-STD-810 方法 513 的程序 I 或者 ISO 2669 进行。

b) 性能评估——部件暴露在恒加速力下的功能验证可以通过试验方法或者分析方法进行。如果无法通过分析得到部件功能, 则需要通过试验进行, 试验程序可参照 MIL-STD-810 方法 513 的程序 II 或者 ISO 2669。在试验期间, 部件必须处于运行状态, 将加速度加在部件的 3 个轴向上, 同时应进行测量以验证部件运行正常。

通常, 可以通过分析表明可移动零件的位置不会因恒加速力的影响而使部件不能达到预期的功能。许多可移动零件都是闭环控制系统的一部分, 因此决定零件位置的定位力是可变的。在闭环控制中, 当零件暴露在恒加速力下时, 只要有充足的定位力裕度, 零件就不会移动。在这种情况下, 通过分析来表明可用定位力大于需用定位力是可接受的验证方法之一。

### 三、符合性分析

依据 SAE ARP 5757A 中 5.7 节要求, 可通过试验或分析的方法, 评估附件在加速度载荷下的损伤和性能情况, 表明其恒加速符合性。因此, 民用航空发动机燃油附件恒加速验证符合性分析可从对燃油附件的损伤评估以及性能评估两个方面来分析说明。

#### (一) 损伤评估

依据 SAE ARP 5757A 中 5.7 节, 在振动试验或工作冲击试验下产生的加速度载荷比恒加速载荷更高时, 可通过振动试验或工作冲击试验代替独立试验表明符合性。民用航空发动机燃油附件损伤评估当通过独立试验表明符合性时, 通常采用试验程序 ISO 2669: 1995 的 B 类<sup>[4]</sup>, 其加速度试验量值见表 1。工作冲击和坠撞安全试验的坠撞安全(冲击)采用程序 RTCA/DO-160G 第 7



章,其试验量值20 g,大于恒加速度试验要求的量值,因此,民用航空发动机燃油附件恒加速的损伤评估可通过附件的工作冲击和坠撞安全试验的坠撞安全(冲击)试验结果进行评估。根据燃油附件通过工作冲击和坠撞安全试验考核,可表明燃油附件在恒加速载荷下不会出现损伤。

表1 燃油附件加速度试验量值

| 严格等级 | 任意安装的设备的加速度 |      |
|------|-------------|------|
|      | 功能试验        | 结构试验 |
| 1    | 4g          | 6g   |
| 2    | 7g          | 10g  |
| 3    | 8g          | 12g  |
| 4    | 10g         | 15g  |

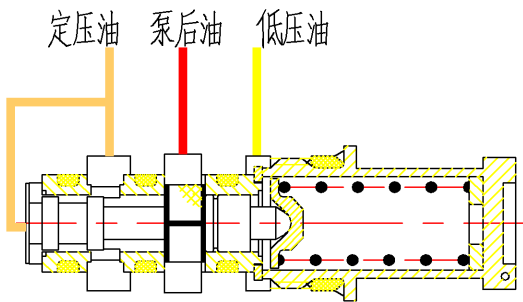
(二) 性能评估

燃油附件性能评估通过试验表明符合性时,采用试验程序 ISO 2669:1995的B类,试验期间在附件的3个轴向上施加加速度,同时需测量以验证部件运行正常。根据 SAE ARP 5757A 中5.7节,采用分析方法进行燃油附件性能评估,需表明可移动零件的位置不会因恒加速力的影响而使部件不能达到预期的功能<sup>[5]</sup>。

对于民用航空发动机燃油附件而言,可移动零件主要有定压活门、计量活门、增压活门、安全活门等各类活门,可通过受力计算分析表明活门受加速度附加力不产生位移从而影响其功能正常,或者在闭环控制中,其受到的驱动力裕度远大于加速度附加力,可调控活门稳定在给定位置,使其性能不受影响。通过对燃油附件的所有活门进行分析,表明其性能不受恒加速力的影响,则可表明燃油附件不会因恒加速力影响其性能。本文以定压活门、计量活门两个典型活门进行分析评估<sup>[6]</sup>。

1. 定压活门

定压活门是为提供压力稳定的油源,起到稳压作用,其结构见图1。低压油和弹簧的共同作用力为: $F=PS$ ( $P$ 为定压油压力, $S$ 为阀芯端面面积);定压活门阀芯和腔体燃油产生的加速度附加力为: $F_{加}=ma$ ( $m$ 为阀芯和腔体燃油的质量, $a$ 为加速度量值)。通过计算低压油和弹簧的共同作用力 $F$ 裕度远大于定压活门阀芯受到的加速度附加力 $F_{加}$ ,则表明定压活门阀芯位置不会产生移动,定压活门稳压性能不受加速度附加力的影响<sup>[7]</sup>。

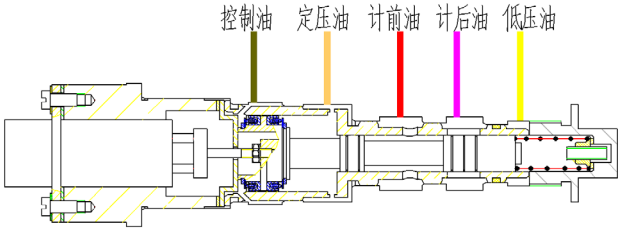


> 图1 压差活门结构原理图

2. 计量活门

计量活门主要用于燃油计量,其常见结构见图2,有位置闭环性能和响应时间性能,受伺服阀输出控制油的作用产生位移,再通过位移传感器将活门位置信号反馈给电子控制器,当给定位置

与反馈位置不一致时,计量活门阀芯在液压驱动力的作用下向开启方向(向右)或者向关闭方向(向左)运动,最终达到给定位置与反馈位置一致,形成位置闭环;计量活门的响应时间,是阀芯在液压驱动力控制下阀芯的移动到规定位置的时间<sup>[8]</sup>。



> 图2 计量活门结构原理图

对于计量活门,其主要受到控制油压力 $F_{控}$ (伺服控制系统液压驱动力)的调控,在受到恒加速附加力时,只需 $F_{控}$ 裕度远大于计量活门阀芯和腔体燃油受到的加速度附加力 $F_{加}$ ,则可表明计量活门在伺服系统液压驱动力的调控下可以回到给定位置,闭环控制不会产生影响;同时,计量活门打开和关闭的响应时间,是液压驱动力控制下计量活门阀芯的移动的时间,伺服控制系统提供的液压驱动力裕度远大于计量活门阀芯受到的加速度附加力,因此对计量活门的响应时间不会产生影响<sup>[9]</sup>。

综上,在进行燃油附件性能评估时,可对燃油附件的可移动零件进行单独的受力情况计算分析,通过对比驱动力或者定位力与加速度附加力,当驱动力或者定位力远大于加速度附加力时,可表明其在恒加速环境中可移动零件不会受力移动或者移动影响其性能<sup>[10]</sup>。

四、结论

本文通过对民用航空发动机燃油附件恒加速验证适航要求的梳理,提出了一种从损伤评估以及性能评估两个方面进行民用航空发动机燃油附件恒加速验证符合性分析方法,为后期恒加速验证符合性分析提供参考。

参考文献:

[1] 中国民用航空局. 航空发动机适航规定 CCAR 33-R2 [S]. 2011.  
[2] 刘富荣, 高艳蕾. 涡轮发动机附件环境试验适航符合性审查策略 [J]. 航空维修与工程, 2022, (05): 40-43. DOI: 10.19302/j.cnki.1672-0989.2022.05.019.  
[3] SAE Technical Committee. Guide-lines for engine component tests: SAEARP 5757A [S]. USA: SAE International, 2016.  
[4] International Standard. Environmental tests for aircraft equipment—steady-state acceleration: ISO 2669 [S]. 1995.  
[5] 陆思达, 王玉东, 严红明. 民用涡扇发动机高原起动机风险规避试验方法 [J]. 航空发动机, 2023, 49(2): 160-167. DOI: 10.13477/j.cnki.aeroengine.2023.02.021.  
[6] 陈礼顺, 张莹松, 赵翌, 等. 航空发动机轴承失效分析 [J]. 航空制造技术, 2015(23): 120-123, 128.  
[7] 詹婷受. 航空油料储罐结构特性与优化设计 [J]. 化工管理, 2018(35): 22-23.  
[8] 余杰. SR20型飞机电动燃油增压泵密封性测试改进 [J]. 机电信息, 2022(11): 62-65.  
[9] 周莉, 是介, 王占学. 开式转子发动机研究进展 [J]. 推进技术, 2019, 40(9): 1921-1932.  
[10] 李果, 鲍梦瑶, 丁水汀. 航空发动机安全性与适航学科建设思考 [J]. 工业和信息化教育, 2023, (12): 1-5+15.

# 微波电光调制器的封装设计

崇毓华, 曹继明, 田朝辉

中国电子科技集团公司第三十八研究所, 安徽 合肥 230000

**摘 要 :** 本文针对一种高频微波电光调制器, 重点讨论和研究了其射频封装、光耦合封装, 以及封装实现工艺。首先介绍了高速硅基光调制器的工作原理和整体封装设计。针对射频封装, 建立了完整的射频仿真流程。针对 GCPW 射频过渡形式, 综合考虑微波传输线过渡设计、金丝过渡仿真以及阻抗匹配设计, 完成了 40GHz 带宽射频过渡 GSG 设计。详细讨论对比了光纤垂直耦合和水平耦合两种类型的优缺点, 采用了剖面高度更低的水平耦合实现一个硅基调制器芯片光学耦合封装, 操作简单、易于实现, 封装管壳结构强度高、实用性强。

**关 键 词 :** 电光调制器; 阻抗匹配; 射频封装; 光耦合

## Package Design Of Microwave Electro-Optic Modulator

Chong Yuhua, Cao Jiming, Tian Zhaohui

The 38th Research Institute of China Electronics Technology Group Corporation, Hefei, Anhui 230000

**Abstract :** In this paper, a kind of high frequency microwave electro-optic modulator, RF packaging, optical coupling packaging and packaging realization technology are discussed and studied. Firstly, the working principle and package design of high speed silicon based optical modulator are introduced. For RF packaging, a complete RF simulation process is established. Considering the microwave transmission line design, gold wire transition simulation and impedance matching design, the 40GHz bandwidth GSG transition design is completed for the GCPW RF transition form. The advantages and disadvantages of vertical coupling and horizontal coupling are discussed in detail. The horizontal coupling with lower profile height is used to realize an optical coupling package of silicon modulator chip, which is simple to operate and easy to implement, and has high strength and practicability.

**Keywords :** electro-optic modulator; impedance matching; RF packaging; optical coupling

## 引言

光纤网络和数据中心通信容量的快速扩展增加了对更快短程光互连的需求。硅光器件因其低成本、CMOS 兼容性和占地面积小的优点而被视为光学互连中有前景的技术。作为硅光子学的关键组件, 基于 PN 结载流子耗尽机制的硅基马赫曾德 (Mach Zehnder, MZM) 调制器在过去几十年中得到了广泛的研究<sup>[1-3]</sup>。

为了满足光互连对高数据速率传输的需求, 迫切需要大带宽的高速硅光调制器。通过降低行波电极 (TWE) 的射频 (RF) 损耗, 预期可以大幅提高调制带宽, 因为调制带宽部分受到 RF 信号衰减的限制<sup>[4]</sup>。与双驱动调制器相比, 单驱动推挽式硅光调制器具有更宽的电光 (EO) 带宽, 其中嵌入在两个调制臂中的两个 PN 结以相反的极性串联连接, 结电容减半, 从而降低了射频损耗并增加了调制带宽<sup>[5-7]</sup>。此外, 单驱动调制器通过使用接地信号 (GS) 共面条形电极而不是双驱动调制器中的接地信号-接地 (GSG) 共面波导, 具有更小的占地面积。这些优点使得单驱动推挽式硅调制器在宽带通信方面具有广阔的应用前景<sup>[8]</sup>。

微波光电调制器的封装内容包括: 射频封装和光耦合封装<sup>[9]</sup>。其中射频封装包括模块输出射频连接器的设计、射频连接器与光芯片的微带过渡与阻抗匹配设计、微带与光芯片的金丝键合设计等<sup>[10]</sup>。首先, 基于微波光电芯片器件的特征, 确定用于该芯片射频连接的射频过渡板 (下文称为 PCB 板)、芯片光学耦合封装形式; 并根据芯片、PCB 板、端面耦合光纤阵列 (FA) 的位置和尺寸关系, 确定金属壳体的外围尺寸和内部结构。此时, 需要综合考虑 PCB 板的设计与装配: 芯片需贴装在金属壳体底部并保证芯片上表面略高于 PCB 板上表面, 以便于 FA 的耦合对准时的观察, 从而大幅降低封装费用, 此外 PCB 板需通过导电胶或者钎焊的方式固定在金属壳体上。

本文围绕一种硅基光调制器芯片开展芯片高频封装和光学耦合设计, 具体包括: 优化设计片上金属电极与传输线, 降低微波传输损耗; 优化设计阻抗匹配和电场模式匹配, 避免电磁谐振; 为了降低器件的剖面高度, 优化选择端面光耦合方式。

## 一、高频过渡仿真设计

在芯片封装过程中采用的是同轴高频封装, 用同轴高频接头

作为调制信号的输入接口, 外部调制信号通过同轴接头加载到传输线上, 继而加载到芯片上。封装结构与电路包括: 同轴高频接头、与同轴高频接头相连的在基片上制作的特征阻抗为 50  $\Omega$  的共

作者简介: 崇毓华 (1985年5月), 男, 汉族, 安徽省天长市, 高级工程师, 博士, 从事微波光子技术研究。

面波导传输线、金丝，称其为封装电路。在封装结构设计中，其中需要考虑的核心问题是高频信号的有效馈送。通过对高频封装电路进行综合优化，以达到芯片高频性能的目的。

射频过渡仿真流程主要包含板材选择、建模仿真、阻抗匹配和参数优化等几个步骤，具体如下：

(1) 通过需要传输信号的类型与频率等信号特性选择合适的印制板材料；

(2) 建立调制器芯片模型与射频传输模型，然后设置端口激励、边界条件与求解类型等相关设置；

(3) 设置阻抗匹配。建立完成仿真模型之后，一般情况下，信号传输效果不是处于最佳状态，此时需要在信号传输线上设置阻抗匹配，并对阻抗的尺寸大小进行最优化扫描，使信号传输处于最佳状态；

(4) 将 HFSS 仿真结果导出信号传输矩阵数据，与芯片实测的 S 参数代入 ADS 软件进行联合仿真，此时的传输效果为一次仿真的信号射频传输结果；

(5) 判断信号传输效果是否符合指标要求，若符合，则完成仿真设计。若不符合指标要求。则返回信号建模流程，更改建模参数，如传输线宽度、传输线与地线间距等参数，进一步优化射频传输结构，直到射频传输仿真效果符合指标要求为止。

在高频封装结构的仿真设计中，共面波导传输线的接地电极与金属平台之间形成了接地共面波导 (GCPW)，接地电极与背面金属电极之间存在其他的高阶模式，例如类微带线模式 (MSL)。为了抑制 GCPW 中的 MSL 模式对传输线的传输响应的影响，采用打接地通孔的微波传输线结构，金属通孔的存在会破坏 MSL 模式的电磁场边界条件，可以形成对微波谐振的抑制。

采用高频仿真软件 HFSS 建立了含接地通孔的 CPW 波导传输线模型，分析了通孔直径固定为 240  $\mu\text{m}$  情况下的性能。对于 MSL 中的最低谐振模式 TE<sub>100</sub> 模式而言，由于金属通孔的存在，其谐振频率主要受到通孔之间的 z 向距离和通孔之间 y 向距离的影响。当 y 向通孔间距为 0.42 mm 时。在信号传输线条上加匹配结构，对高频传输性能具有一定优化效果。匹配结构的尺寸根据 HFSS 仿真对其长度、宽度、位置进行参数扫描，最终确保匹配结构具有最优效果。射频耦合与过渡仿真结果表明可以实现 40 GHz 带宽内的微波谐振抑制。

## 二、光纤耦合设计

芯片上光纤耦合端口可设计为垂直耦合和水平耦合两种类型。对于垂直耦合封装，工艺难度容易实现，8° 倾斜角垂直封装后加固，由于需要安装光纤支架，封装体积较大，特别是 Z 轴需要高度超过 20mm。对于水平端面封装，对芯片集成位置有特色要求，封装难度相比垂直耦合更大一些，模场直径需大于 3.5 $\mu\text{m}$ ，单端的封装损耗比垂直封装大。

根据芯片上输入输出光栅通道间距定制 FA 尾纤，典型值为 0.127mm 或 0.25 mm。将 FA 与芯片光口进行对准，通过三维调整臂控制芯片与 FA 的相对位置，并在 FA 输入端注入适当强度激

光信号，在 FA 输出端监测输出光功率大小。通过控制三维调制臂的不同位置，记录 FA 输出端输出光功率的值。当 FA 输出端光功率出现最大值时，认为 FA 与芯片输入输出光栅为最佳对准状态。

由于 FA 与芯片材料不同，存在折射率差，需要预先根据 FA 与芯片波导材料折射率调制胶水，以确保 FA 与芯片之间有最佳的传输效率。当 FA 与芯片处于最佳对准状态时，通过折射率匹配胶水固定 FA 与芯片，并放入恒温箱内待胶水固定。

本芯片为水平耦合端面，在定制所需的相应间距 FA 之后，将芯片与 FA 进行对准，最后使用特定折射率胶水进行固定。由于光耦合封装在电封装之后，实际光耦合封装需要在壳体内完成，因此需要在设计壳体时，提前预留光耦合夹具所需操作空间，并且 FA 尾纤部分也需预留足够空间用于 FA 尾纤的光纤固定。根据上述设计要求，针对一个硅基调制器芯片实现了射频与光耦合封装。

## 三、结论

针对高速电光调制器的宽带封装需求，本文研究了射频封装与光耦合封装。针对射频封装，建立了完善的射频仿真流程。针对 GCPW 射频过渡形式，开展了阻抗匹配设计，匹配结构的尺寸根据 HFSS 仿真对其长度、宽度、位置进行参数扫描，最终确保匹配结构具有最优效果。射频耦合与过渡仿真结果表明，可以实现 40 GHz 带宽内的微波谐振抑制。详细讨论对比了光纤垂直耦合和水平耦合两种类型的优缺点，实际封装采用了剖面高度更低的水平耦合。针对一个硅基调制器芯片实现了射频与光耦合封装，操作简单、易于实现，封装管壳结构强度高、实用性强。

## 参考文献：

- [1]Soref R. A. The past, present, and future of silicon photonics. IEEE Journal of Selected Topics in QuantumElectronics 12, 1678–1687 (2006).
- [2]Chagnon M. et al. Experimental study of 112 Gb/s short reach transmission employing PAM formats and SiPintensity modulator at 1.3  $\mu\text{m}$ . Optics Express 22, 21018–21036 (2014).
- [3]Streshinsky M. et al. Low power 50 Gb/s silicon traveling wave Mach–Zehnder modulator near 1300 nm. OpticsExpress 21, 30350–30357 (2013).
- [4]Ding J. et al. Low-voltage, high-extinction-ratio, Mach–Zehnder siliconoptical modulator for CMOS-compatibleintegration, Optics Express 20, 3209–3218 (2012).
- [5]Dong P., Chen L., and Chen Y.-K., High-speed low-voltage single-drive push-pull silicon Mach–Zehnder modulators, Optics Express 20, 6163–6169 (2012).
- [6]Zhou Y. et al. Modeling and optimization of a single-drive push-pull silicon Mach–Zehnder modulator. PhotonicsResearch 4, 153–161 (2016).
- [7]夏雨楠. 先进射频封装技术发展面临的挑战. 电子与封装 16, 1681–1070 (2016).
- [8]汪金华, 刘亚东, 宣扬, 等. 一种前沿高速硅基光调制器的封装优化设计. 混合微电子技术 26, 6 (2015).
- [9]汪冰, 黄平, 杨磊. 高速光调制器的发展与封装技术研究. 电子与封装 13, 003, 2013.
- [10]祝宁华著. 光电子器件微波封装和测试. 科学出版社, 2011.

# 某发动机动力涡轮转速信号采集优化研究

吴兴浪, 颜鹏程, 曾夏青, 黄欢, 徐滔

中国航发湖南动力机械研究所, 湖南 株洲 412002

**摘 要 :** 本文分析了某发动机动力涡轮转速信号采集原理, 对影响动力涡轮转速信号采集的因素进行分析, 得到传感器输出极性、电缆分布电容大小及传感器与音轮之间的间隙等均会影响动力涡轮转速信号的采集, 控制其可以优化动力涡轮转速信号采集, 并通过某发动机动力涡轮转速采集异常现象进一步进行分析。

**关 键 词 :** 动力涡轮转速; 采集原理; 优化

## Study On Optimization Of Speed Signal Acquisition For Power Turbine Of An Engine

Wu Xinglang, Yan Pengcheng, Zeng Xiaqing, Huang Huan, Xu Tao

Avic Hunan Power Machinery Research Institute, Zhuzhou, Hunan 412002

**Abstract :** This paper analyzes the principle of speed signal acquisition for power turbine of an engine, and analyzes the factors that affect speed signal acquisition for power turbine. It is concluded that sensor output polarity, cable distribution capacitance and gap between sensor and sound wheel will all affect speed signal acquisition for power turbine, and controlling it can optimize speed signal acquisition for power turbine. The abnormal phenomenon of speed acquisition of power turbine of an engine is further analyzed.

**Keywords :** power turbine speed; acquisition principle; optimize

## 引言

动力涡轮转速信号是反映涡轴发动机状态的一个重要参数<sup>[1]</sup>。发动机空中慢车及以上状态, 当发动机状态发生变化时, 发动机数字电子控制器控制动力涡轮转速恒 100% 来调节发动机的燃油流量<sup>[2][3]</sup>。动力涡轮转速信号采集准确与否极大影响了控制的精度, 在提高控制系统控制精度上动力涡轮转速信号扮演着重要角色。

## 一、动力涡轮转速信号采集原理

### (一) 传感器工作原理

动力涡轮转速传感器为磁电式传感器, 主要由壳体、线圈组件、磁芯、磁钢、密封圈及插座组成<sup>[4]</sup>。根据法拉第电磁感应定律, 音轮转动时, 音轮的齿顶和齿槽不断经过转速传感器的探头, 导致磁阻周期性变化, N 匝线圈所在磁场的磁通发生变化, 线圈中所产生的感应电动势 E 的大小决定于穿过线圈的磁通量的变化率<sup>[5]</sup>。

### (二) 数字电子控制器采集原理

当发动机音轮转动时, 音轮的齿顶和齿槽不断经过动力涡轮转速传感器的探头部位, 导致传感器内部线圈感受到的磁阻发生变化, 传感器输出周期性的类似正弦波信号<sup>[6]</sup>。

外部动力涡轮转速传感器信号经过发动机电缆到数字电子控制器后, 首先进行原始波形的低通滤波, 其次经过放大电路对波形进行放大, 再经过迟滞比较器将正弦波转换为方波信号, 方波

信号进入 FPGA 计数电路进行计数, 可得到动力涡轮转速信号的频率值<sup>[7]</sup>。

## 二、动力涡轮转速信号采集影响分析

根据动力涡轮转速传感器采集原理, 对影响动力涡轮转速采集的因素进行分析, 具体如下。

### (一) 传感器与电缆之间分布电容影响

信号传输电缆普遍存在分布电容的现象, 电缆分布电容与电缆长度、电缆中导体间的绝缘形式、电缆的屏蔽形式以及电缆的结构形式等因素有关, 分布电容的大小是上述因素共同决定的一个复杂结果<sup>[8]</sup>。

动力涡轮转速传感器内部线圈存在电阻和电感, 与电缆分布电容组成一个等效的 LCR 模型。由于动力涡轮转速传感器音轮形状的特性, 动力涡轮转速传感器根据磁阻变化而感应产生的原始波形并非标准正弦波。在感应产生的波形中, 除了一个与理论频



率一致的基波外，还包含二次谐波、三次谐波等高次谐波，且高次谐波的频率为基波频率的相应倍数，高次谐波分量越小，原始波形越接近于正弦波波形。当电缆存在分布电容时，传感器内部线圈和外部电缆分布电容组成 LCR 模型，当音轮转速逐渐升高时，基波和高次谐波的频率也随着音轮转速增加也在逐渐增大。当传感器原始输出信号中高次谐波分量较大时，会导致波形经过电缆传输后发生畸变，畸变后在正常波形上叠加出“凸台”现象，当产生的“凸台”波形幅值大于控制器内部迟滞比较器比较窗口的阈值时，会使得控制器动力涡轮转速信号采集异常<sup>[9]</sup>。

### （二）传感器与音轮之间间隙大小影响

动力涡轮转速传感器与发动机音轮之间的间隙大小一般为毫米级别，该间隙由传感器安装法兰距探头距离尺寸、机匣上产品安装端面距齿轮轴线距离尺寸及齿轮外径尺寸的尺寸链计算得出，与上述零件加工公差有关，存在设计上的最小间隙和最大间隙。当间隙大小不同时，且受分布电容大小的影响，会导致动力涡轮转速信号采集异常<sup>[10]</sup>。

通过试验验证，当间隙越小时，由电缆分布电容造成的波形畸变对电子控制器的动力涡轮转速信号采集影响越严重。

### （三）齿轮形状影响

根据磁电类转速传感器工作原理，齿轮转动时，齿轮的齿顶和齿槽不断经过转速传感器的探头，导致磁阻周期性变化，使得传感器输出周期性变化信号。

齿轮形状将直接影响传感器输出原始波形，即影响原始波形中高次谐波分量大小。齿顶和齿槽经过传感器探头时，磁阻周期性变化趋势不同，使得传感器原始输出波形不同。不同的原始波形经过电缆传输，因高次谐波分量不同，受电缆分布电容影响后，产生的畸变程度不同，从而影响转速信号的采集。

### （四）传感器输出极性影响

动力涡轮转速传感器的线圈组件的接线方式以及磁钢的安装方向均会影响波形输出特性。当受电缆分布电容影响时，传感器输出“凸台”波形会落在控制器迟滞比较器的阈值范围内，从而导致动力涡轮转速信号采集异常。

控制传感器的线圈组件的接线方式以及磁钢的安装方向，即控制传感器输出极性，可使得传感器输出“凸台”波形不落在控制器迟滞比较器的阈值范围内，使得动力涡轮转速信号采集正常。

### （五）小结

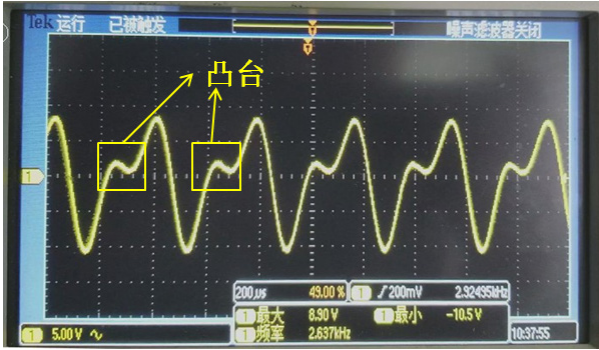
通过上文分析可知，传感器与电缆之间分布电容的大小、传感器与音轮之间间隙的大小、齿轮的形状影响以及传感器输出极性的特性等因素均会影响动力涡轮转速信号的采集。

## 三、某发动机动力涡轮转速信号异常现象分析

某涡轴发动机在试验的停车过程中，数字电子控制器报动力涡轮转速信号双通道交叉对比故障，其中 B 通道动力涡轮转速信号由 40% 左右向上跳变到 70% 左右，A 通道动力涡轮转速信号采集正常。由于双通道动力涡轮转速信号之间的差异值大于交叉对

比故障比较阈值，控制器报动力涡轮转速双通道交叉对比故障，依据故障处置对策，取双通道较大值进行重构 A 通道的动力涡轮转速信号值。

对故障发生时经过电缆传输后的动力涡轮转速波形进行观察，如图 1 所示，从图中可以看出，经过电缆传输后的动力涡轮转速传感器波形发生畸变现象，畸变出“凸台”。根据电子控制器动力涡轮转速信号采集电路的工作原理，当畸变“凸台”幅值位于波形正半周期零点以上位置，且幅值超过采集电路迟滞比较器比较窗口时，畸变“凸台”将被额外转化为一个输出信号来处理，导致动力涡轮转速信号采集结果异常偏大。



> 图 1 故障发生时 Np 波形经过电缆传输后波形

该发动机每台份装配 2 支动力涡轮转速传感器，其中传感器 1 的 A 通道进入数字电子控制器 A 通道采集，传感器 2 的 A 通道进入数字电子控制器 B 通道采集，传感器 2 的 A 通道经过电缆分线给发动机台架，用于台架测量发动机动力涡轮的转速。

### （一）分析

将台架电缆输出端动力涡轮转速传感器波形畸变出影响测量的“凸台”进行问题分析，具体如下。

#### a) 信号电气回路受干扰

若动力涡轮转速传感器信号电气回路受到干扰，则动力涡轮转速信号异常在相同的台架试车条件下均会出现。但动力涡轮转速信号异常仅出现在发动机起动和停车过程中，且发生异常和未发生异常条件下，电气环境的技术状态相同，因此该因素可排除。

#### b) 传感器原始输出波形出现“凸台”

当传感器原始输出波形出现“凸台”时，波形会传输到电缆输出端，导致电缆输出端波形同样出现“凸台”。

在转速试验台上对动力涡轮转速传感器的原始输出波形进行示波器测试观察，直接接动力涡轮转速传感器插座针脚端信号进行测试。将动力涡轮转速由 0 升高到 100%，观察动力涡轮转速传感器原始输出波形，观察发现动力涡轮转速传感器输出波形无异常，可排除该因素影响。

#### c) 电缆分布电容影响

根据上文分析可知，电缆分布电容的大小可能会影响动力涡轮转速信号的采集。使用 LCR 测试仪对车台电缆进行分布电容测试，断开电缆动力涡轮转速传感器 A 插头与传感器插座的连接，同时断开电缆控制器插头与控制器的连接，测得台架电缆中动力涡轮转速传感器的 A 通道分布电容约为 3.2nF，电缆中动力涡轮转

速传感器的 B 通道分布电容约为 8.5nF, B 通道电缆分布电容较大的原因为该通道并接一路电缆至台架操作间用于台架动力涡轮转速传感器信号测量。

为了模拟电缆分布电容的影响,通过转速试验台进行了音轮、传感器、电缆及电子控制器的联合测试。测试时使用转速试验台施加转速,将可调电容箱与动力涡轮转速传感器并联模拟台架电缆分布电容的影响。测试时将间隙调至最小间隙。通过并联电容箱电容调至 3.2nF,以模拟台架电缆 A 通道分布电容。将动力涡轮转速从 0 升高到 120%,使用三支传感器测试结果表明畸变都只会出现在波形的零点以下,不会导致控制器采集异常。将并联电容箱电容调至 8.5nF,以模拟台架电缆 B 通道分布电容,使用三支传感器进行测试,将动力涡轮转速从 0 升高到 120%,三支传感器实测结果表明畸变在零点以上开始出现,并随转速升高逐渐下移,实测会导致控制器采集异常,与台架试验结果相符。

通过分析,可知原始动力涡轮转速波形经过电缆后,由于电缆分布电容的影响,波形发生畸变。当分布电容足够大时,畸变会出现在零点以上,导致电子控制器动力涡轮转速采集跳变,因此不能排除电缆分布电容的影响。

d) 传感器与齿轮间隙过小

根据上文可知,传感器与音轮之间设计上存在最小和最大间隙,且间隙越小时,由电缆分布电容造成的波形畸变对电子控制器的动力涡轮转速信号采集影响越严重,因此不能排除传感器与齿轮之间间隙的影响。

经过上文分析可知,引起动力涡轮转速信号异常跳变的原因如下:由于电缆分布电容的影响,导致动力涡轮转速传感器输出波形经过电缆传输后,波形畸变出“凸台”。当传感器与齿轮间隙太小时,随着转速变化,畸变出的“凸台”幅值达到电子控制器采集门限值,引起电子控制器动力涡轮转速信号采集异常。

(二) 纠正措施

当传感器与齿轮间隙增大到一定范围内时,由于电缆分布电

容造成的波形畸变将仅限于在零点以下出现,不会导致动力涡轮转速信号采集异常。针对上述动力涡轮转速信号采集异常的纠正措施为:通过控制传感器探头与音轮齿之间的间隙,将“凸台”控制在不影响电子控制器采集的电压范围内。根据已有的内控指标控制要求,对传感器与音轮进行选配,保证间隙满足内控指标要求,可消除台架电缆分布电容较大的影响。

(三) 验证情况

选取三支转速传感器,分别在 0.3mm、0.7mm 及 1.4mm 间隙下,测试电缆分布电容对动力涡轮转速信号采集结果的影响。测试时,将电容箱并联在传感器输出端模拟电缆分布电容,不断增大电容,直到电子控制器动力涡轮转速信号采集信号出现异常,此时所加电容即为该间隙下,电子控制器能够接受的最大电缆分布电容。

通过试验结果得知,在当前最小 0.3mm 间隙下,当电缆分布电容大于 5nF 时,将导致电子控制器动力涡轮转速信号采集异常。台架电缆 A 通道分布电容实测为 3.2nF,小于 5nF,故试验时 A 通道没有发生过动力涡轮转速信号采集异常问题。在 0.7mm ~ 1.4mm 间隙下,不断加大电容,都不会导致电子控制器动力涡轮转速信号采集异常。可见控制传感器探头与音轮齿之间的间隙,能够消除外部电容对动力涡轮转速信号采集造成的影响。

总结

通过对动力涡轮转速采集影响分析及某发动机动力涡轮转速信号采集异常分析可知,通过控制传感器与电缆之间分布电容的大小、传感器与发动机音轮之间间隙的大小以及传感器输出极性的特性等可以优化动力涡轮转速传感器的采集。

参考文献:

[1] 樊思齐,李华聪,樊丁等. 航空发动机控制(上册、下册)[M]. 西安:西北工业大学出版社,2008.  
[2] 孙健国. 现代航空动力装置控制[M]. 北京:航空工业出版社,2009.  
[3] 曾英俊. 航空动力装置控制[M]. 北京:航空工业出版社,1995.  
[4] 程世扬;程春尧;邓春珍. 民用涡轴发动机典型件制造技术概述[J]. 航空动力,2022(06):43-47.  
[5] 冯浩,师毓,黄新阳. 基于 DSP+CPLD 架构的某型直升机旋翼转速信号采集设计[J]. 微电机,2023,56(01).  
[6] 彭晔榕. 倾转旋翼机飞/发综合建模及控制方法研究[D]. 南京航空航天大学,2022.  
[7] 陈昊洋,杜紫岩. 涡轴发动机动力涡轮转速传感器容错控制方法研究[J]. 电气应用,2021,40(06).  
[8] 李康乐,邢林. 航空发动机转速变周期采集方法研究[C]//中国航空学会制导,导航与控制分会,飞行器控制一体化技术重点实验室,IEEE 控制系统协会南京分会. Proceedings of 2016 IEEE Chinese Guidance, Navigation and Control Conference (IEEE CGNCC 2016). 中航工业航空动力控制系统研究所;,2016:5.  
[9] 高颖,李兵强,常晨晨,等. 航空发动机转速传感器频率信号采集方法[J]. 电子技术与软件工程,2015,(11).  
[10] 张弛,毛宁,常博博,等. 发动机转速信号采集[J]. 自动化应用,2014,(04).

# 协同安全运营综述

陈晔

国富人寿保险股份有限公司，广西 南宁 537000

**摘 要：** 本文综述了协同安全运营的重要性及其在企业网络安全中的应用。面对网络攻防极不对等的挑战，企业面临技术能力、装备、组织、限制及价值等多方面的劣势。协同安全运营通过跨组织合作，共享安全信息和资源，提高响应时效性，降低经济和社会风险，增强整体安全防护能力。其核心在于协同机制与安全文化的构建，涉及人员组织、制度流程和技术工具的整合。协同安全运营相比传统模式更灵活高效，但也面临沟通协调、技术与标准不统一等挑战。在未来，协同安全运营将向自动化智能化、数据驱动、云原生安全和供应链安全等方向发展，为企业网络安全提供更强有力的保障。

**关 键 词：** 网络安全；协同安全运营

## Overview of Collaborative Security Operations

Chen Ye

Guofu Life Insurance Co., Ltd. Nanning, Guangxi 537000

**Abstract：** This article summarizes the importance of collaborative secure operation and its application in enterprise network security. Faced with the challenge of extremely unequal network attack and defense, enterprises face disadvantages in various aspects such as technological capabilities, equipment, organization, limitations, and value. Collaborative security operation improves response timeliness, reduces economic and social risks, and enhances overall security protection capabilities through cross organizational cooperation, sharing security information and resources. Its core lies in the construction of collaborative mechanisms and safety culture, involving the integration of personnel organization, institutional processes, and technical tools. Collaborative secure operation is more flexible and efficient compared to traditional models, but it also faces challenges such as communication and coordination, as well as inconsistent technology and standards. In the future, collaborative security operations will develop towards automation and intelligence, data-driven, cloud native security, and supply chain security, providing stronger guarantees for enterprise network security.

**Keywords：** network security; collaborative security operation

### 一、引言 – 网络安全攻防不对等的局面

如果只能用一个词说明企业当前面临的网络安全挑战，那应该是“极不对等”。这种极不对等主要体现在技术能力、组织、装备、限制、价值。

#### （一）价值

能够认识到并且获益于网络信息安全能力带来价值的企业占比极少。即使是全球500强企业，也难免经常把安全看作负担与成本。反观攻击方，安全能力带来的价值包括且不限于经济价值和个人成就感。

#### （二）装备

企业级的安全防御和检测装备和攻击方的武器库相比差不是一个数量级。

#### （三）限制

企业的安全研究人员能够有条件完成的研究成果不仅受限于技术，更受限于每个国家和地区的法律/法规。再看黑产，本身就不是合法的营生，做事只受限于物理定律。这里就说还存在举

国之力打造的网军。

#### （四）组织

企业的组织，特别是大企业，注重内控、合规，厌恶风险。黑产的组织，一切以攫取最大经济利益为目的，注重效率、效果，天然不在乎风险。

#### （五）技术能力

能够给高水平的安全人员开出足够好的待遇的企业占比极低。黑产则在发展过程中自然地形成了严密的分工和待遇与贡献匹配的机制。高水平的安全人员都是攻守兼备型的人才。只有内心足够强大，能够抵御黑化的诱惑才能安于相对低得多的待遇。

### 二、破局 – 跨组织协同缓解不对等

#### （一）经济效益

通过协同安全运营，企业可以共享安全信息和资源，及时发现并应对安全威胁，从而降低数据泄露、系统瘫痪等安全风险。这些风险的减少直接避免了潜在的经济损失，这种合作模式提高

作者简介：陈晔（1973.10.30），男，汉族，籍贯：湖北省枣强县，学历：硕士研究生，专业：电子与通信工程。



了安全管理的效率，降低了单个企业的运营成本。

（二）社会效益

在数字化转型的背景下，企业的网络安全水平已成为衡量其综合实力的重要指标之一。通过协同安全运营，企业可以提升自身的安全防护能力，进而增强市场竞争力。这种竞争力的提升不仅有助于企业在激烈的市场竞争中脱颖而出，还能为整个行业的健康发展贡献力量。

（三）响应时效性

协同安全运营通过建立一个集中的安全监控和响应机制，可以显著提升对安全事件的响应时效性。当一家企业检测到安全威胁时，可以迅速将这一信息分享给协同网络中的其他成员，从而实现快速响应和共同防御。这种及时的信息共享和协同作战能力，对于有效应对不断变化的网络威胁至关重要。

（四）能力可行性

在网络安全领域，一家单位仅靠自身能力往往难以应对所有挑战。通过融入协作网络，企业可以充分利用其他成员的专业知识和资源，共同应对复杂多变的安全威胁。这种协同作战的方式不仅提高了整个网络的安全防护能力，也使得每家企业都能在自身能力范围内有效地参与到网络安全保障工作中来。

三、协同安全运营：定义、起源、框架、核心

（一）定义

协同安全运营，顾名思义，强调的是在网络安全运营过程中的“协同”作用。从狭义层面来看，是以 IT 资产为核心，通过威胁事件管理的关键流程，利用安全运营平台来支撑事件发现、风险分析、预警管理和应急响应处置的集中安全管理体系。从广义层面，协同安全运营是一个融合了技术、流程和人员组织的复杂系统工程，其目标是通过聚合和挖掘多个组织的安全产品、工具和服务产出的数据，持续输出价值，更好地消减网络信息安全风险，确保网络安全。<sup>[1]</sup>

（二）起源与发展历程

协同安全运营的概念源于网络安全领域对更高效、更协同的安全管理模式的需求。随着网络技术的飞速发展和网络威胁的不断增多，传统的孤立、分散的安全管理方式已经难以应对。因此，业界开始探索如何通过协同合作来提升安全管理的效率和效果。协同安全运营应运而生，它强调多方协作、信息共享和资源整合，以共同应对网络安全挑战。协同安全运营在安全行业最常见的形式之一是 MSS（Managed Security Service）。<sup>[2]</sup>

（三）框架结构

1. 安全能力：企业自身的安全能力是协同安全运营的基础，包括各种安全技术、工具和专业知识。通过协同工作，互相借力，更有效地利用和发挥各参与方的安全能力。
2. 安全数据：在协同安全运营中，数据的共享和分析至关重要。各方需要共享安全数据，才能做到更深入的风险分析和更及时的威胁预警。
3. 运营能力：包括安全运营管理流程、应急响应机制等。通过协同合作，可以聚合各参与方的安全运营能力，提高安全事件的处置效率。

这三个要素之间相互作用、相互影响，共同构成了一个高效的协同安全运营体系。在这个体系中，各方通过共享资源、信息和经验，共同应对网络安全威胁，实现网络安全的整体提升。<sup>[3-4]</sup>

（四）核心：机制与文化

1. 协同机制

协同机制是指不同组织、团队或个人之间在安全运营过程中的协作方式和规则。协同机制促进信息共享、资源整合和共同决策，以实现更高效的网络安全管理。良好的协同机制能够打破信息孤岛，提升整体的安全防护效果，是协同安全运营不可或缺的一环。

2. 安全文化

安全文化是指组织内部对网络安全的重视程度、安全意识和行为习惯等。安全文化影响着员工的安全行为和组织的安全氛围，是协同安全运营的重要支撑。积极的安全文化能够增强员工的安全责任感，提高整个组织对安全风险的敏感性和应对能力。

机制与文化，一实一虚，相互影响，共同构成了协同安全运营的核心。前述的安全能力、安全数据、运营能力就是围绕这个核心构建的框架。<sup>[5-6]</sup>

四、协同安全运营与传统安全运营的对比

用 PPT 模型（People - 人员与组织、Process - 制度与流程、Technology - 技术与工具）分析协同安全运营与传统安全运营的差异如下表所示。

|       | 协同安全运营                                                                                                        | 传统安全运营                                                                                        |
|-------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------|
| 人员与组织 | •强调团队协作，多人协同完成共同的任務，各成员之间需要紧密沟通、协调，以便实现良好的协同效果。<br>•注重跨部门、跨团队的协作，甚至可能涉及外部合作伙伴的联合。<br>•组织结构更加扁平化，鼓励信息共享和快速决策。  | •由单个或少数人负责安全工作，沟通方式相对简单。<br>•组织结构可能较为层级化，决策和信息流动可能较慢。<br>•安全团队可能相对孤立，与其他部门或团队的协作有限            |
| 制度与流程 | •有完善的协同工作制度 and 流程，明确各成员的角色和责任。<br>•强调流程的灵活性和快速响应，以适应不断变化的安全威胁。<br>•可能有专门的协同平台或工具来支持流程的执行和监控。                 | •制度和流程可能较为固定和繁琐，难以适应快速变化的安全环境。<br>•可能缺乏明确的协同机制和流程，导致响应速度较慢。<br>•流程的执行可能更依赖于人工操作和监控。           |
| 技术与工具 | •充分利用现代科技手段，如大数据分析、人工智能等，来提升安全防护能力。<br>•使用在线工具来协调任务分工、进度跟踪、文件共享等，提高工作效率。<br>•可能采用专门的协同安全运营平台或系统来整合各种安全工具和数据源。 | •可能更依赖传统的安全技术和工具，如防火墙、入侵检测系统（IDS）等。<br>•工具和技术的更新可能较慢，难以应对新型安全威胁。<br>•缺乏统一的安全管理平台来整合各种安全信息和资源。 |

从上图可以看出，协同安全运营在人员与组织、制度与流程、技术与工具这三个方面都表现出更强的灵活性、协同性和整合性，从而更好地应对网络安全挑战。

五、协同安全运营：资源共享、优势互补

下面分3种情况阐述两家（含）以上单位采取协同安全运营工作时所需的资源共享以及预期实现的优势互补效果：

|                      | 资源共享                                                                                                                                                      | 优势互补                                                                                                                                                                |
|----------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 两家有业务往来的企业           | 1.安全信息和数据：双方可以共享各自的安全日志、威胁情报等，更全面地了解当前的安全态势。<br>2.安全工具和平台：通过共享安全工具和平台，如SIEM、威胁情报等，提高双方的安全监测和响应能力。<br>3.安全专家和资源：双方可以共享安全专家资源，共同应对复杂的安全威胁和响应。               | 1.提升安全可见性：通过共享安全信息和数据，双方可以获得更全面的安全情报，减少安全盲区。<br>2.增强安全响应能力：共享安全工具和平台使得双方能够更快地检测和响应安全事件，降低损失。<br>3.专业知识和共享：安全专家资源的共享可以帮助双方提升安全团队的专业水平，更好地应对不断变化的安全威胁。                |
| 企业和上级集团/公司（或企业/主管单位） | 1.安全政策和标准：集团/公司可以提供统一的安全政策和标准，确保企业符合相关的安全要求。<br>2.安全基础设施：集团/公司可能拥有更强大的安全基础设施，如安全运营中心（SOC）等，这些资源可以共享。<br>3.安全培训和资源：集团/公司可以提供全面的安全培训和教育资源，帮助企业提升员工的安全意识和技能。 | 1.统一的安全管理：通过共享安全政策和标准，确保企业在安全运营上的一致性和规范性。<br>2.强大的安全后盾：借助集团/公司的安全基础设施和资源，企业可以获得更强大的安全支持和保障。<br>3.提升员工安全意识：通过集团/公司的安全培训和教育资源，企业员工的安全素养和防范意识将得到提升。                    |
| 企业与安全运营服务商           | 1.专业的安全服务：安全运营服务商提供专业的安全服务，包括安全监测、事件响应、威胁情报等。<br>2.先进的安全技术：安全运营服务商通常掌握着最新的安全技术和解决方案，这些技术可以与企业共享。<br>3.安全咨询和规划：安全运营服务商可以提供全面的安全咨询和规划，帮助企业构建更完善的安全体系。       | 1.专业的安全保障：借助安全运营服务商的专业服务和技术支持，企业可以获得更全面、更专业的安全保障。<br>2.及时的应急响应：与安全运营服务商合作可以确保企业在面临安全事件时能够及时、有效的响应和支持。<br>3.完善的安全规划：通过安全运营服务商的咨询和规划服务，企业可以构建更完善、高效的安保体系，提升整体的安全防护能力。 |



## 六、协同安全运营：责任划分与协作机制

两家（含）以上单位开展协同安全运营是一个复杂而细致的过程，涉及多方面的责任划分与紧密的协作机制。以下是对这一过程的详细阐述，以及协同运营相比单独开展安全运营的优势和所需额外成本的探讨。

### （一）责任划分与协作机制

#### 1. 责任分配

**主导单位：**通常负责整体安全策略的制定，监督安全运营的执行情况，并确保各单位之间的有效协作。**参与单位：**根据自身的专业能力和资源，承担特定的安全运营任务，如威胁监测、事件响应、系统维护等。<sup>[7]</sup>

#### 2. 协作方式

**信息共享：**各单位之间建立安全信息共享机制，实时交换威胁情报、安全事件数据等，以提高整体的防御能力。**任务协调：**根据安全事件的性质和影响范围，协同分配任务和资源，确保高效应对。

#### 3. 沟通机制

**定期会议：**通过定期的安全会议，讨论当前的安全形势、存在的问题和改进措施。**紧急联络渠道：**建立24/7的紧急联络机制，以便在发生重大安全事件时能够迅速响应和协调。

### （二）协同运营的优势

#### 1. 提高运营效率

通过信息共享和任务协调，各单位能够更快地识别和响应安全威胁，减少重复工作和资源浪费。协同运营可以集中优势资源，共同应对复杂的安全挑战，提高整体运营效率。

#### 2. 降低成本

共享安全设备和人力资源，避免不必要的重复投资，降低运营成本。通过集体采购安全服务和产品，可能获得更优惠的价格和更全面的技术支持。

#### 3. 增强市场竞争力

协同运营有助于提升整个供应链或合作体系的安全性，从而增强市场竞争力。共同应对安全威胁能够提升客户信心，维护品牌形象。

### （三）需要额外付出的成本

#### 1. 资源投入

初期可能需要投入资金来建立信息共享平台、购置必要的安全设备和工具。为了确保协作的顺畅进行，可能需要增加网络带宽、数据存储等基础设施的投入。

#### 2. 时间成本

在协同运营的初期阶段，各单位需要花费时间进行磨合和协调，以确保协作机制的有效运转。定期的安全会议和紧急联络可能需要占用一定的工作时间。

#### 3. 人力成本

可能需要设立专门的安全协作团队或指派专人负责协同运营工作。为了提升团队的安全素养和协作能力，可能需要进行定期的培训和教育。

## 七、协同安全运营：挑战

多家单位开展协同安全运营过程中可能遇到包括“难以沟通与协调”“技术与标准不统一”和其他不能忽视的挑战。

### （一）挑战一：难以沟通与协调

#### 1. 产生原因

**语言和文化差异：**如果两家单位来自不同的国家或地区，可能会存在语言和文化上的差异，导致沟通障碍。**组织架构不匹配：**两家单位的组织架构和管理模式可能不同，使得在协同工作过程中难以找到对应的接口人和部门。**信息不透明：**各单位可能出于保护自身利益的考虑，不愿意完全共享信息，导致沟通不畅。<sup>[8]</sup>

#### 2. 解决方案

**建立共同沟通语言：**确定一种双方都能接受的工作语言，并为需要的人员提供语言培训。**文化建设与培训：**为团队成员提供跨文化沟通的培训，以增加对不同文化背景的理解。**明确沟通渠道和流程：**建立清晰的沟通渠道和定期的会议机制，确保信息能够及时、准确地传递。

**促进信息共享：**通过签订保密协议等方式，建立信任，促进双方之间的信息共享。

### （二）挑战二：技术与标准不统一

#### 1. 产生原因

**技术发展差异：**两家单位可能使用不同的技术栈和安全解决方案，导致在协同工作时存在技术障碍。**标准不统一：**由于缺乏统一的安全标准和规范，两家单位在协同工作时可能难以达成一致。

#### 2. 解决方案

**技术对接与整合：**明确双方的技术需求和标准，寻找或开发能够实现技术对接的解决方案。**制定统一的安全标准：**双方协商并制定统一的安全标准和操作规范，以确保协同工作的顺利进行。**技术培训和交流：**定期组织技术交流和培训活动，提高双方团队的技术水平和协作能力。<sup>[9]</sup>

## 八、协同安全运营：总结与展望

### （一）协同安全运营的实践意义与价值

协同安全运营通过整合多方资源和技术，能够更高效地应对网络安全威胁。通过共享安全数据、工具和服务，各方能够更快地识别风险、验证问题并共同响应，从而提升整体安全防护的效果。协同安全运营促进了不同组织之间的紧密合作。这种合作模式不仅有助于提升单个组织的安全能力，还能加强整个行业的安全防线，共同抵御网络攻击。通过协同工作，组织可以共享安全投入，避免重复建设和资源浪费。这种成本效益的考虑对于资源有限的组织来说尤为重要。协同安全运营有助于组织更好地满足法规要求，保护关键业务数据和客户信息，从而确保业务的连续性和企业的声誉。<sup>[10]</sup>

### （二）未来协同安全运营的发展趋势与预测

随着技术的发展，协同安全运营将更加依赖自动化和智能化

工具。这些工具能够实时监控网络状态，自动响应安全事件，从而减轻人工负担并提高响应速度。未来，协同安全运营将更加依赖数据驱动的决策。通过收集和分析大量安全数据，组织能够更准确地识别风险并制定相应的防护措施。随着云计算的普及，云原生安全将成为协同安全运营的重要组成部分。组织将需要更加关注云环境中的安全风险，并制定相应的防护策略。近年来，供应链攻击事件频发，未来协同安全运营将更加重视供应链安全。

组织将加强与供应商的合作与沟通，共同确保整个供应链的安全性。

综上所述，协同安全运营在提升网络安全防护能力、降低安全成本、增强组织间协作等方面具有重要意义。未来，协同安全运营将朝着自动化与智能化、数据驱动、云原生安全和供应链安全等方向发展。

### 参考文献:

- [1] 江旺, 范海亮, 周正虎等. 协同作战平台在网络空间安全运营中的研究与应用 [J]. 网络安全技术与应用, 2023, (10): 23-26.
- [2] 张慧. 网络安全的国家治理逻辑: 内涵、标准与路径 [J]. 天水行政学院学报, 2021, 22(03): 20-25.
- [3] 江旺, 范海亮等. 协同作战平台在网络空间安全运营中的研究与应用 [J]. 网络安全技术与应用, 2021, 23(10): 23-26.
- [4] 江黄翔, 刘晓静等. 基于云边协同的数字电网通信信息网络安全策略研究 [J]. 电力大数据, 2023, 26(10): 42-49.
- [5] 何春中. 筑牢网络安全防线 共享清朗网络空间 [J]. 中国青年报, 2023: 3.
- [6] 李阳, 毕钰. 加强关键信息基础设施网络安全协同防护, 健全网络安全保障体系 [J]. 中国信息化, 2023(08): 29-32.
- [7] 詹海宝, 孙江, 郭梦圆等. 基于人机协同的网络文化安全治理新模式 [J]. 传媒, 2023(15): 75-77.
- [8] 顾林哈. 业界大咖共话数据安全 [J]. 传媒, 2023(05): 2.
- [9] 王皓. 智慧城轨云平台和数据平台及网络安全融合协同技术研究 [J]. 都市轨道交通, 2022, 35(06): 64-68.
- [10] 邱勤, 徐天妮等. 算力网络安全应用需求与关键技术研究 [J]. 信息技术与标准化, 2022, (11): 19-24.

# 信息化系统工程项目管理中的流程优化与效率提升

单宏超

浙江天航咨询监理有限公司，浙江 杭州 310000

**摘 要：** 信息化系统工程项目管理正经历着由传统手工管理向自动化、智能化转变的关键时期。本文深入分析了当前信息化系统工程项目管理的现状，识别了效率瓶颈与流程缺陷，并提出了相应的优化策略。通过实施流程优化，项目效率得到显著提升，成本得到有效控制，风险管理更加科学，客户满意度亦有所提高。未来展望中，人工智能、云计算、大数据、物联网等技术的应用将为项目管理带来新的变革，推动项目管理向更加智能化、自动化的方向发展。项目管理者需不断学习新技术，提升专业能力，以适应未来项目管理的需求，确保项目管理的持续优化与提升。

**关 键 词：** 信息化系统；工程项目管理；流程优化；效率提升；案例分析

## Process Optimization And Efficiency Improvement In Information System Engineering Project Management

Shan Hongchao

Zhejiang Tianhang Consulting and Supervision Co., LTD., Hangzhou, Zhejiang 310000

**Abstract：** Information system engineering project management is experiencing a critical period of transformation from traditional manual management to automation and intelligence. This paper deeply analyzes the current situation of information system engineering project management, identifies the efficiency bottleneck and process defect, and puts forward the corresponding optimization strategy. Through the implementation of process optimization, project efficiency has been significantly improved, costs have been effectively controlled, risk management has been more scientific, and customer satisfaction has also been improved. In the future outlook, the application of artificial intelligence, cloud computing, big data, Internet of Things and other technologies will bring new changes to project management and promote the development of project management to a more intelligent and automated direction. Project managers need to constantly learn new technologies and improve their professional abilities to meet the needs of future project management and ensure the continuous optimization and improvement of project management.

**Keywords：** information system; engineering project management; process optimization; efficiency improvement; case study

### 引言

在数字化时代背景下，信息化系统工程项目管理的重要性日益凸显。然而，随着项目规模的扩大和复杂性的增加，传统的管理流程已难以满足现代项目管理的需求。本文将探讨如何通过流程优化来提升信息化系统工程项目的管理效率，解决当前存在的效率瓶颈问题。研究将从信息化系统工程项目的现状出发，分析存在的问题，并提出相应的优化策略。通过案例分析，验证优化策略的有效性，并对未来的发展趋势进行展望。

### 一、信息化系统工程项目管理现状分析

信息化系统工程项目管理作为现代项目管理的重要分支，其核心在于通过信息技术的应用，提高工程项目的管理效率和质量。当前，随着大数据、云计算、物联网等技术的发展，信息化系统工程项目管理正逐步实现从传统的手工管理向自动化、智能化的转变。在信息化系统工程项目管理的实践中，信息技术的应

用已经渗透到项目管理的各个环节，包括项目规划、资源配置、进度控制、质量监督、风险管理等。通过信息系统，项目管理者能够实时获取项目进展的详细信息，及时调整管理策略，确保项目目标的实现。例如，利用项目管理软件，可以对项目进度进行精确的跟踪和控制，通过数据分析预测潜在的延误风险，并制定相应的应对措施<sup>[1]</sup>。

然而，尽管信息化技术为项目管理带来了诸多便利，但在实

际应用中仍存在问题。一方面，信息化系统的建设和维护需要较高的成本，对于一些中小型企业来说，这可能是一个不小的负担。另一方面，信息化系统的实施往往需要项目团队成员具备一定的信息技术能力，而目前许多项目团队成员在这方面的培训和教育还不够充分，导致信息化系统的应用效果并不理想。信息化系统工程项目管理在数据安全和隐私保护方面也面临着挑战。随着项目数据量的增加，如何确保数据的安全存储和传输，防止数据泄露和被未经授权访问，成为信息化系统管理中的一个重要问题<sup>[2]</sup>。由于信息化系统的普及，项目管理过程中产生的大量数据需要进行有效的整合和分析，以提供决策支持，这对数据管理和分析能力提出了更高的要求。

## 二、效率瓶颈与流程缺陷识别

在信息化系统工程项目管理的进程中，效率瓶颈和流程缺陷是影响项目成功的关键因素。效率瓶颈通常指的是在项目管理过程中，由于某些环节的低效或停滞，导致整个项目进度受阻的现象。而流程缺陷则是指项目管理流程中存在的不足或漏洞，这些缺陷可能会引起资源浪费、成本增加、风险控制不力等问题。在当前的项目管理实践中，效率瓶颈和流程缺陷往往表现为以下几个方面：一是信息孤岛问题，即不同部门或团队之间信息共享不畅，导致决策延迟和资源配置不合理；二是流程冗余，即项目管理流程过于复杂，存在不必要的步骤，增加了管理成本和时间成本；三是技术应用不足，即信息化技术在项目管理中的应用不够广泛或深入，未能充分发挥其提高效率的潜力<sup>[3]</sup>。

针对这些问题，项目管理者需要采取一系列措施进行识别和改进。通过建立统一的信息平台，实现信息的集中管理和共享，打破信息孤岛，提高决策效率。对现有项目管理流程进行梳理和优化，剔除不必要的环节，简化流程，减少冗余，从而降低管理成本。加大信息化技术的投入和应用，利用项目管理软件、大数据分析等工具，提高项目管理的自动化和智能化水平。项目管理者还需要关注流程中的潜在风险点，通过风险评估和管理，预防和控制可能对项目造成不利影响的风险因素。加强团队协作和沟通，确保项目团队成员之间的信息流通和协作顺畅，提高团队的整体执行力。

根据相关研究，通过识别和解决效率瓶颈与流程缺陷，项目的平均完成时间可以缩短10%至15%，资源利用率可以提高20%左右。这表明，对效率瓶颈和流程缺陷的有效识别和改进，对于提升项目管理效率具有重要意义。然而，这一过程需要项目管理者具备敏锐的洞察力和专业的管理能力，同时也需要项目团队成员的积极参与和协作。在实际应用中，项目管理者还需要根据项目的具体情况，灵活调整和优化管理策略<sup>[4]</sup>。例如，在大型复杂项目中，可能需要更加细致的流程设计和风险控制；而在小型项目中，则可能更注重流程的简化和效率的提升。通过不断的实践和探索，项目管理者可以逐步形成一套适合自身项目特点的高效管理流程，从而实现项目管理的持续优化和提升。

## 三、流程优化策略的提出与实施

在信息化系统工程项目管理中，流程优化策略的提出与实施是提升项目效率的关键环节。流程优化不仅涉及对现有流程的重新设计，还包括对管理理念、组织结构和技术应用的全面革新。通过流程优化，可以显著提高项目管理的灵活性、响应速度和整体效率。在提出流程优化策略时，首先需要对现有的项目管理流程进行全面的审查和评估。这一步骤包括识别流程中的瓶颈环节、冗余步骤和潜在风险点。通过数据分析和团队反馈，可以准确地定位问题所在，为后续的优化提供依据。例如，利用流程挖掘技术，可以深入分析流程执行数据，发现流程中的异常和低效环节。

在实施流程优化策略时，需要综合考虑项目管理的目标、资源、时间和技术等因素。优化策略的制定应基于对项目环境的深入理解和对项目需求的准确把握。例如，通过引入敏捷管理理念，可以提高项目管理的适应性和灵活性，快速响应项目需求的变化。通过采用模块化设计和并行工程，可以缩短项目周期，提高资源利用率。技术的应用也是流程优化策略的重要组成部分。利用先进的信息技术，如项目管理软件、云计算平台和大数据分析工具，可以提高项目管理的自动化和智能化水平。这些技术可以帮助管理者实时监控项目进展，快速做出决策，优化资源配置<sup>[5]</sup>。

为了确保流程优化策略的有效实施，还需要建立一套完善的执行机制。这包括明确的责任分配、有效的沟通协调和持续的监督评估。通过建立项目管理办公室（PMO），可以实现对项目流程的集中管理和优化。通过定期的项目评审和流程审计，可以及时发现并解决实施过程中的问题。流程优化策略的实施还需要得到项目团队成员的支持和参与。通过培训和教育，可以提高团队成员对流程优化的认识和能力。通过激励和奖励机制，可以激发团队成员的积极性和创造性，促进流程优化策略的顺利实施<sup>[6]</sup>。

在实际应用中，流程优化策略的提出与实施是一个持续的过程。随着项目环境的变化和项目需求的演进，流程优化策略也需要不断地调整和完善。通过不断的实践和探索，项目管理者可以逐步形成一套适合自身项目特点的高效管理流程，从而实现项目管理的持续优化和提升。

## 四、流程优化的实际效果

流程优化在信息化系统工程项目管理中的实际效果是多方面的，它不仅提升了项目执行的效率，还增强了项目团队的协作能力，降低了成本，并提高了客户满意度。通过实施流程优化策略，项目管理变得更加系统化和科学化，从而在多个层面上实现了显著的改进。在效率提升方面，流程优化通过消除不必要的步骤、简化决策流程，以及提高信息流通速度，使得项目能够更快地推进<sup>[7]</sup>。例如，通过引入自动化工具来处理常规的行政任务，项目团队可以将更多的时间和精力集中在核心工作和创新上。根据一项行业分析报告，流程优化可以使项目交付时间缩短约15%，显著加快了项目进度。在成本控制方面，流程优化有助于减少浪



费和重复工作，优化资源分配，从而降低项目成本。通过精确的需求分析和资源规划，项目管理者能够更有效地利用有限的资源，避免资源的闲置和浪费。实际案例表明，通过流程优化，项目成本平均可以降低 10% 至 20%。

流程优化还提升了项目团队的协作能力。通过建立统一的沟通平台和共享的工作空间，团队成员之间的信息交流变得更加顺畅，协作更加紧密。这种协作的提升不仅加快了问题解决的速度，还提高了团队成员的工作满意度和忠诚度。在风险管理方面，流程优化通过建立更为严格的监控和控制机制，使得项目管理者能够更早地识别潜在风险，并采取预防措施。这种早期的风险识别和控制，极大地减少了项目失败的可能性，提高了项目成功率。客户满意度也是流程优化效果的一个重要体现<sup>[9]</sup>。通过流程优化，项目能够更快速、更高效地满足客户需求，提供高质量的成果。

## 五、信息化系统工程项目管理的未来展望

信息化系统工程项目管理的未来充满了机遇与挑战。随着技术的不断进步，未来的项目管理将更加依赖于智能化、自动化和数据驱动的决策。在这一趋势下，项目管理的效率和质量有望得到进一步的提升。人工智能和机器学习技术将在项目管理中扮演越来越重要的角色。通过这些技术，项目管理软件能够自动分析大量的项目数据，预测项目风险，优化资源配置，并提供决策支持。例如，利用机器学习算法，可以对项目进度进行实时监控，自动识别潜在的延误，并自动调整项目计划以避免延误<sup>[9]</sup>。

云计算和大数据技术将为项目管理提供更加强大的数据处理和存储能力。项目管理者可以利用云计算平台，实现项目管理数据的集中存储和处理，提高数据的安全性和可访问性。通过大数据分析，可以深入挖掘项目数据，发现项目执行中的规律和趋势，为项目管理提供更加科学的依据。物联网技术将使得项目管

理更加智能化和自动化。通过物联网设备，可以实时收集项目现场的各种数据，如温度、湿度、设备状态等，并将这些数据实时传输到项目管理系统中。项目管理者可以根据这些数据，实时监控项目现场的情况，及时发现并解决问题。

虚拟现实和增强现实技术也将 在项目管理中得到应用。通过这些技术，项目管理者和团队成员可以更加直观地了解项目的设计和施工情况，提高沟通效率，减少误解和错误。这些技术还可以用于项目培训和教育，提高团队成员的技能和知识。随着项目管理的国际化，跨文化管理和协作将变得越来越重要。项目管理者需要具备更强的跨文化沟通和协作能力，以适应不同文化背景下的项目管理需求<sup>[10]</sup>。项目管理软件和工具也需要支持多语言和多时区，以满足全球化项目管理的需求。根据行业预测，到 2025 年，超过 70% 的项目管理软件将集成人工智能和机器学习功能，超过 50% 的项目将利用物联网技术进行实时监控和管理。这些数据表明，未来的信息化系统工程项目管理将更加智能化、自动化和数据驱动。

## 结语

信息化系统工程项目管理的未来，随着技术革新的不断推进，展现出无限的可能性。智能化、自动化和数据驱动的决策将成为项目管理的新常态，极大地提升项目的执行效率和质量。人工智能、云计算、大数据、物联网等前沿技术的应用，将为项目管理带来革命性的变革。同时，跨文化管理和协作的重要性日益凸显，要求项目管理者具备更加全面的能力和视野。面对未来的挑战和机遇，项目管理者需要不断学习新技术，提升自身的专业素养，以适应不断变化的项目管理需求。通过持续的创新和优化，信息化系统工程项目管理将迈向更加高效、智能和人性化的未来。

## 参考文献：

- [1] 王磊. 信息化工程项目管理流程优化研究 [J]. 项目管理技术, 2021, 19(2): 45-49.
- [2] 李强. 信息化背景下的工程项目管理效率提升策略 [J]. 现代经济信息, 2020, 38(6): 72-74.
- [3] 张华. 信息化时代工程项目管理流程再设计探讨 [J]. 科技资讯, 2019, 17(11): 90-92.
- [4] 赵刚. 信息化系统在工程项目管理中的应用研究 [J]. 工程技术研究, 2022, 36(4): 55-58.
- [5] 陈晨. 基于信息化的工程项目管理流程优化案例分析 [J]. 科技创新与应用, 2023, 31(3): 65-68.
- [6] 徐晓. 工程项目管理中的信息系统集成问题探索 [J]. 企业科技与发展, 2021, 32(1): 79-83.
- [7] 马芳. 信息技术对工程项目管理的影响分析 [J]. 现代管理科学, 2019, 18(6): 34-37.
- [8] 余波. 工程项目管理中的风险控制策略 [J]. 经济管理, 2020, 38(10): 98-102.
- [9] 郭洋. 大数据背景下的项目管理创新路径 [J]. 信息与计算机 (理论版), 2022, 34(2): 130-134.
- [10] 孙勇. 物联网技术在工程项目管理中的应用前景 [J]. 科技视界, 2021, 31(18): 88-91.

# 智能天线技术在无线通信中的应用与分析

刘畅

黑龙江工商学院，黑龙江 哈尔滨 150016

**摘 要：** 随着无线通信技术的日新月异，智能天线技术已成为该领域的一项关键技术，凭借其独特的优势在无线通信系统中发挥着越来越重要的作用。本文不仅深入探讨了智能天线技术在无线通信中的多重应用，如扩大系统容量、提高信号质量、降低干扰和误码率等，还进一步分析了其在增强系统的抗干扰能力和稳定性，以及降低能耗和成本方面的显著效果。通过对这些应用的全面剖析，我们得以更深刻地理解智能天线技术如何为现代无线通信带来翻天覆地的变革，以及它在提升通信效率、优化用户体验和推动无线通信行业可持续发展中的关键作用。

**关 键 词：** 智能天线技术；无线通信；系统容量；信号质量；抗干扰；能耗成本

## Application And Analysis Of Smart Antenna Technology In Wireless Communication

Liu Chang

Heilongjiang Business and Industry University, Harbin, Heilongjiang 150016

**Abstract：** With the rapid development of wireless communication technology, smart antenna technology has become a key technology in this field, and plays an increasingly important role in wireless communication system with its unique advantages. This paper not only deeply discusses the multiple applications of smart antenna technology in wireless communication, such as expanding system capacity, improving signal quality, reducing interference and bit error rate, but also further analyzes its significant effects in enhancing the anti-interference ability and stability of the system, and reducing energy consumption and cost. Through a comprehensive analysis of these applications, we gain a deeper understanding of how smart antenna technology is revolutionizing modern wireless communications and its key role in improving communication efficiency, optimizing user experience, and driving sustainable development of the wireless communications industry.

**Keywords：** smart antenna technology; wireless communication; system capacity; signal quality; anti-interference; energy consumption cost

## 引言

在数字化、网络化的时代背景下，无线通信已经成为人们日常生活与工作中不可或缺的一部分。随着智能手机、物联网设备以及各种智能穿戴设备的普及，无线通信的需求呈现出爆炸式的增长。然而，这种增长不仅带来了前所未有的机遇，同时也伴随着一系列技术挑战，如信号干扰、传输质量不稳定、频谱资源紧张以及能耗过高等问题。正是在这样的背景下，智能天线技术应运而生，并逐渐发展成为解决上述问题的关键技术之一。智能天线技术通过其独特的波束赋形和零点指向功能，为无线通信系统带来了革命性的改进。它能够根据信号环境和用户需求，智能地调整天线阵列的发射和接收模式，从而优化信号传输效率，提升系统性能。<sup>[1]</sup>

## 一、智能天线技术的基本概念

智能天线技术，也称为自适应天线阵列技术，是现代无线通信领域中的一项创新技术。智能天线，或称自适应天线阵列，本质上是一种能够判定信号空间信息（如信号的传播方向）并具备跟踪、定位信号源能力的天线阵列。它集成了智能算法，可根据获取的信号空间信息进行空域滤波<sup>[1]</sup>。智能天线主要由三大部分

构成：天线阵列、波束形成网络以及波束形成算法。这些组件协同工作，通过特定的算法调整每个天线阵元的信号加权幅度和相位，从而精确地控制天线阵列的方向图形状。智能天线利用多个天线单元组成的阵列，通过精确调整每个单元的信号参数，实现无线信号的空间滤波和波束赋形。这种技术能有效抑制干扰信号，显著提升信号的传输质量和数据传输速率。此外，它还能在不增加系统复杂度的情况下，满足服务质量和网络扩容的需求。

综上所述，智能天线技术以其独特的空间滤波和波束赋形功能，成为无线通信领域的重要技术之一。通过精确控制天线阵列的方向图，智能天线能够显著提高信号接收质量和系统容量，为现代无线通信系统的发展提供了有力支持。

## 二、智能天线的类型分析

智能天线根据其工作方式和技术特点，主要分为波束切换型天线和自适应阵列型天线两种。这两种类型的天线各有其独特的优势和局限性，适用于不同的应用场景。

### （一）波束切换型天线

波束切换型天线，顾名思义，是通过在不同预设波束之间进行切换来工作的。这种天线通常具有多个固定的波束模式，每个模式都覆盖一个特定的方向区域。当移动用户位于某个波束覆盖范围内时，基站会选择相应的波束进行通信。其特点是结构简单，能够快速切换。当用户移动或信号环境发生变化时，可能无法保证波束始终精确对准用户，从而导致信号质量下降<sup>[2]</sup>。

### （二）自适应阵列型天线

自适应阵列型天线则采用了更为先进的技术，能够实时地根据信号环境和用户位置调整天线的波束方向。它通过复杂的算法和信号处理技术，动态地优化天线阵列中每个元素的幅度和相位，以形成指向特定用户的波束。其特点是高度灵活，性能优越。能够实时调整波束方向，确保用户始终位于波束的主瓣内，从而获得最佳的信号质量。通过优化波束形状，可以更有效地抑制干扰，提高信号接收的灵敏度和系统容量。为了实现实时的波束调整和优化，需要更为复杂的网络控制体系来支持。

波束切换型天线和自适应阵列型天线各有优缺点，适用于不同的应用场景和需求。在选择智能天线类型时，需要综合考虑系统性能、成本、复杂性以及具体的应用需求等因素。

## 三、智能天线技术在无线通信中的主要应用

随着无线通信技术的飞速发展，智能天线技术已经成为提升系统性能、优化信号传输的重要手段。智能天线，又称自适应天线，其利用数字信号处理技术形成定向波束，不仅能提高信号接收质量，还能有效抑制干扰，进而提升无线通信系统的整体性能。

### （一）在提高信噪比和覆盖范围中应用

智能天线通过其波束形成技术，能够将信号能量集中指向特定的用户或方向，从而增强信号强度，提高信噪比。这不仅可以改善通信质量，还能使信号覆盖更远的距离，扩大广播通信的覆盖范围。

#### 1. 在提高信噪比方面的应用

通过智能天线的波束形成技术，可以精确地将信号传送到特定用户。例如，在4G或5G网络中，基站通过智能天线向手机用户发送数据，确保信号直接到达用户设备，减少信号在传输过程中的散射和衰减，从而提高信噪比。智能天线可以识别并抑制来

自非目标用户的干扰信号<sup>[3]</sup>。在一个多用户环境中，比如城市中心的移动通信网络，智能天线通过形成零点（null）来抵消干扰信号，确保目标用户接收到的信号更加纯净，进而提高信噪比。例如，在密集的城市环境中，智能天线可以准确地将信号发送到位于高楼大厦中的用户设备，避免了信号被建筑物阻挡或衰减。

#### 2. 在扩大覆盖范围方面的应用

在传统天线覆盖不到的边缘地区，智能天线可以通过调整波束方向和形状，将信号有效地送达这些区域。比如，在农村或偏远地区，通过智能天线的波束调整，可以确保居民即使在距离基站较远的地方也能接收到稳定的信号。在城市环境中，高楼大厦和其他障碍物可能会阻挡无线电波的传输。智能天线能够通过调整波束，使其绕过或穿透这些障碍物，确保信号能够覆盖到更多区域。随着用户移动和设备使用情况的变化，智能天线可以动态调整其波束覆盖区域，确保在任何时候都能提供最佳的信号覆盖。例如，在体育场或音乐节等大型活动中，智能天线可以实时调整波束以满足大量用户同时通信的需求。通过这些具体应用，智能天线在提高无线通信的信噪比和扩大覆盖范围方面发挥了重要作用，为用户提供了更稳定、更可靠的通信服务。

### （二）在减少干扰和误码率方面的应用

智能天线通过其独特的空间滤波功能，能够区分期望信号和干扰信号。这主要是通过调整天线阵列中各个元素的权重系数实现的。在期望信号的方向上，智能天线会形成一个主波束，以增强信号的接收；而在干扰信号的方向上，则会形成零陷或较低的增益，从而有效抑制这些干扰。具体来说：在城市密集区域，多个移动通信基站之间可能存在信号干扰，导致通信质量下降和误码率上升。另外，在智能天线的应用，通过部署智能天线，基站能够更精确地控制信号覆盖范围，减少相邻基站间的干扰。智能天线在期望信号方向上形成主波束，同时在可能造成干扰的方向上形成零陷，从而有效降低误码率并提高数据传输速率。

除此之外，还能够为高铁无线通信提供保障，高速铁路沿线，由于列车的高速移动和复杂多变的环境，无线通信的稳定性和可靠性面临挑战。智能天线能够快速追踪列车的移动，并动态调整波束指向，确保信号稳定连接。通过减少多普勒效应和其他干扰源的影响，智能天线显著降低了通信过程中的误码率，为高铁乘客提供了高质量的通信体验。另外，随着物联网设备的激增，无线通信网络面临着巨大的连接压力和干扰挑战。在物联网网关或基站上部署智能天线，可以实现对大量设备的精准信号覆盖和干扰管理。通过智能天线的波束赋形技术，网络能够更高效地处理并发连接，减少设备间的信号干扰，从而降低误码率并提升整体网络性能<sup>[4]</sup>。

### （三）在增强抗干扰能力和稳定性的应用

在增强抗干扰能力和稳定性方面，智能天线技术的应用主要体现在以下几个方面：在无线通信环境中，智能天线通过波束赋形技术，能够动态地调整波束的方向和宽度，以确保接收到的信号质量最佳。这种优化尤其在存在多个干扰源的情况下显得尤为重要，智能天线可以实时调整波束，避开干扰源，从而显著提升信号接收的抗干扰能力；智能天线的零点指向功能使得系统能够



在识别到干扰信号的方向后，主动在该方向上形成信号零点，即在该方向上几乎不接收任何信号，从而有效避免干扰信号对通信的影响。这种技术显著增强了无线通信系统的稳定性，尤其是在电磁环境复杂的区域；对于移动中的通信设备，如车载通信或移动通信终端，智能天线能够实时跟踪设备的移动，并动态调整波束指向，确保通信链路的稳定。这种对动态环境的快速适应能力，大大提高了通信系统的稳定性和可靠性；智能天线技术通过精确地定向传输信号，减少了信号在空间中的扩散，从而提高了频谱的利用效率。这意味着在相同的频谱资源下，可以容纳更多的通信链路，同时保持每个链路的稳定性和抗干扰能力；通过智能天线的波束赋形，基站可以更有效地覆盖特定区域，同时减少对邻近区域的干扰。这不仅提升了网络的整体覆盖能力，还允许在同一区域内增加更多的用户，从而提高了网络的容量和稳定性。综上所述，智能天线技术通过波束赋形和零点指向功能，显著增强了无线通信系统的抗干扰能力和稳定性。这些技术在现代无线通信网络中发挥着至关重要的作用，为用户提供了更加可靠和高效的通信服务。

#### （四）在降低能耗和成本方面的应用

在降低能耗和成本方面，智能天线技术的应用主要体现在以下几个点：精确信号传输。智能天线技术能够精确地将信号能量发送到指定的接收地点，避免了信号的无效散射和浪费。这种定向传输方式相比传统的全向天线，可以大大减少发射功率的损耗，从而提升能量使用效率；对于移动设备而言，提升能量效率意味着在相同的使用条件下，设备的电池续航时间会得到延长。这一点对于依赖电池供电的移动通信设备尤为重要，如智能手机、平板电脑等；基站通过使用智能天线<sup>[6]</sup>，可以更精确地控制信号的覆盖范围，避免不必要的能量辐射。这种优化的发射策略有助于降低基站的总体能耗，特别是在需要覆盖较大区域或提供高质量服务时；传统的基站设备由于能耗高，往往会产生大量的热量，需要额外的冷却系统来维持设备的正常运行<sup>[5]</sup>。而智能天线通过降低能耗，也间接减少了基站的冷却需求，从而进一步节约了

能源；在传统的通信系统中，为了对抗干扰和提高信号质量，往往需要设置额外的冗余设备。而智能天线通过其独特的空间滤波功能，能够有效地抑制干扰，从而提高信号质量。这意味着在部署智能天线的系统中，可以减少或省略这些冗余设备，从而降低系统的建设成本；智能天线的波束赋形和零点指向功能使得网络规划更为灵活和高效。基站可以更精确地覆盖目标区域，避免了过度覆盖和盲区的问题。这不仅提高了网络的服务质量，也在一定程度上降低了网络规划和优化的成本。由此可见，智能天线技术在降低能耗和成本方面具有显著的优势。通过提升能量效率<sup>[7]</sup>、降低基站能耗以及减少建设和运营成本，智能天线为无线通信系统的可持续发展做出了重要贡献。智能天线技术在无线通信中的主要应用体现在提高信号质量、扩大覆盖范围、减少干扰、增强系统稳定性以及降低能耗和成本等多个方面。这些优势使得智能天线成为现代无线通信系统中不可或缺的一部分。<sup>[8]</sup>

## 结束语

智能天线技术以其卓越的性能和灵活性，在无线通信领域展现出了显著的优势和广阔的应用前景。随着科技的不断进步和创新，智能天线将在未来的无线通信系统中扮演更加重要的角色。技术的持续进步意味着智能天线将拥有更高的精度和更强的处理能力。这将进一步提升系统性能，使得无线通信更加快速、稳定，从而满足不断增长的数据传输需求。无论是在城市的高楼大厦之间，还是在偏远的乡村地区，智能天线都能通过其波束赋形技术，确保信号的稳定传输，扩大网络的覆盖范围。智能天线技术还能为用户提供更丰富、更精准的服务。例如，在物联网、车联网等新兴领域，智能天线能够实现对特定设备的精准定位和数据传输，从而推动这些领域的快速发展。同时，随着5G、6G等新一代通信技术的普及，智能天线将在实现高速率、低时延的通信服务中发挥关键作用。<sup>[9-10]</sup>

## 参考文献：

- [1] 王霖, 陈金. 智能天线关键技术及应用探讨 [J]. 通信与信息技术, 2020, (05): 22-23+76.
- [2] 杨贺. 探析未来无线通信中智能天线技术的发展趋势 [J]. 中国新通信, 2020, 22(12): 7.
- [3] 孙秀蓉. 无线通信抗干扰技术研究 [J]. 信息记录材料, 2020, 21(05): 193-194.
- [4] 陈水清, 黄立辉. 智能天线及其在无线通信中的应用 [J]. 中国新通信, 2020, 22(05): 84.
- [5] 蒋玲玲. 智能天线去耦技术实证研究 [J]. 科技视界, 2019, (12): 73-74+62.
- [6] 王戮. 5G 通信系统中的多用户技术 [J]. 中国新通信, 2023, 25(21): 9-15.
- [7] 康建明. 面向 5G 的大规模天线无线传输技术研究 [J]. 长江信息通信, 2023, 36(09): 178-180.
- [8] 徐彤. 智能天线技术在地空通信中的应用分析 [J]. 电讯技术, 2013, 53(04): 493-497.
- [9] 兰惠. 智能天线技术在无线通信中的应用 [J]. 中国新通信, 2014, 16(10): 81.
- [10] 何坤. 智能天线原理及其在现代移动通信网的应用分析 [J]. 中国新通信, 2020, 22(03): 116-117.



# 网络化多智能体系统的事件触发一致性研究

姜全福, 余丽娟

南昌应用技术师范学院, 江西 南昌 330108

**摘 要 :** 本文展开了对网络化多智能体系统的事件触发一致性研究。概述了多智能体系统和事件触发机制, 揭示了其基本概念和分类, 并对多智能体系统中事件触发的应用进行了阐述。对网络化多智能体系统的特性和面临的挑战进行了探讨, 特别强调了事件触发一致性的重要性和所面临的困境。叙述了事件触发一致性研究的现状, 包括对已有研究成果的相关理论和方法的概述和分析。结合对研究现状的总结, 为网络化多智能体系统的发展提供理论支撑和技术指导, 提出了未来研究的展望和改进方向。

**关 键 词 :** 网络化多智能体系统; 事件触发; 多智能体系统

## Study On Event Triggering Consistency Of Networked Multi-Agent Systems

Lou Quanfu, Yu Lijuan

Nanchang Normal College of Applied Technology, Nanchang, Jiangxi 330108

**Abstract :** In this paper, the event-triggered consistency of networked multi-agent systems is studied. This paper summarizes the multi-agent system and event triggering mechanism, reveals its basic concept and classification, and expounds the application of event triggering in multi-agent system. The characteristics and challenges of networked multi-agent systems are discussed, especially the importance of event-triggered consistency and the dilemma. This paper describes the current situation of the study of event-triggered consistency, including the summary and analysis of the relevant theories and methods of the existing research results. Combined with the summary of the research status, it provides theoretical support and technical guidance for the development of networked multi-agent systems, and puts forward the prospect and improvement direction of future research.

**Keywords :** networked multi-agent system; event trigger; multi-agent system

## 一、引言

随着信息技术的迅猛发展, 网络化多智能体系统正成为当今社会中的重要组成部分。这些系统由多个智能体组成, 这些智能体可以相互交互、协作和竞争, 从而实现各种复杂的任务和功能。这种系统广泛应用于物联网、智能交通、工业自动化等领域, 为社会的发展和进步提供了巨大的推动力。随着系统规模的增大和功能的复杂化, 如何有效地管理和控制多智能体系统中的事件触发成了一项关键挑战<sup>[1]</sup>。

多智能体系统中的事件触发是指当系统中的某些条件或事件发生时, 触发系统中其他智能体的相应行为或反应。在网络化环境中, 多智能体系统的事件触发机制更加复杂和多样化, 涉及各种网络通信、信息传输和决策协调等方面的问题。在智能交通系统中, 当某车辆检测到交通拥堵时, 它可以通过网络向其他车辆发送信息, 以协调交通流量并减少拥堵情况。在工业自动化领域, 多个机器人可以通过网络实时共享任务信息, 实现协作操作和生产调度。研究如何实现网络化多智能体系统中的事件触发一

致性, 具有重要的理论意义和实际应用价值。

## 二、多智能体系统的事件触发机制

### (一) 多智能体系统概述

多智能体系统 (Multi-Agent Systems, MASs) 是由多个智能体 (Agent) 组成的复杂系统, 每个智能体都具有自主性、感知能力和决策能力, 能够根据环境变化和其他智能体的行为作出相应的响应。在多智能体系统中, 智能体之间通过通信和协作来完成各种任务和目标, 形成了一个分布式的决策和执行网络<sup>[2]</sup>。智能体可以是机器人、传感器、软件代理等各种实体或虚拟实体, 它们可以位于不同的地理位置, 运行在不同的计算平台上, 并且可以具有不同的功能和能力。多智能体系统的设计和实现涉及智能体的建模与设计、通信协议的设计以及系统整体的协调与管理等方面。

在多智能体系统中, 智能体之间的关系通常是动态变化的, 它们之间可以相互竞争, 相互协作, 相互学习, 从而形成一套复

作者简介:

姜全福 (1979年9月-), 男, 蒙古族, 江西抚州, 硕士, 教授, 研究方向: 课程与教学论 (数学), 应用数学和教育教学。

余丽娟 (1988年2月-), 女, 汉族, 江西上饶, 硕士研究生, 高校讲师, 研究方向: 马克思主义理论, 高校思想政治教育。

基金项目:

江西省教育厅科学技术研究项目, 基于动态事件触发的离散时间多智能体系统安全一致性, 项目编号: GJJ2203203

江西省教育厅科学技术研究项目, 课题名称: 基于非线性方程组有限元方法的采摘机器人模拟研究, 课题编号: GJJ219003

杂的自组织系统（self-self-）不受中心化控制机构的指导，而是由各个智能体的局部行为和相互作用决定了多智能体系统的行为。这种分布式决策与执行结构，使多智能体系统在应对复杂、动态和不确定环境时，具有较高的灵活性和应变能力<sup>[3]</sup>。智能交通、智能制造、智能家居、物联网等各种领域都可以应用多个智能车身系统，为人类生活、工作带来了诸多便利与变革。在智能交通系统中，多台智能车辆可以实现优化交通流量，并通过通信和协作来预防交通事故的发生；在智能制造中，多台智能机器人协同工作，生产效率和质量都能得到提升<sup>[4]</sup>。应用前景广阔，具有研究价值的多智能车身系统。

### （二）事件触发的定义与分类

事件触发是多智能体系统中的一种重要机制，指的是当系统中的某些条件或事件发生时，触发系统中其他智能体的相应行为或反应。在多智能体系统中，事件触发机制扮演着协调和控制智能体行为的重要角色，能够实现系统的灵活性和自适应性。事件触发可以根据触发的方式和机制进行分类，主要分为外部事件触发和内部事件触发两类。

外部事件触发是指由系统外部环境或其他系统产生的事件引发系统中智能体的响应。这些外部事件可以是来自传感器的环境变化信息、用户的指令或其他系统的消息等。在智能交通系统中，当传感器检测到交通拥堵或者车辆之间的碰撞时，会触发系统中其他车辆采取相应的行驶策略，以减少交通事故的发生和交通拥堵的程度。内部事件触发则是指系统内部的某些条件或事件引发智能体间的相互作用和协调<sup>[5]</sup>。这些内部事件可以是某个智能体完成了特定任务、达到了某个状态或者发生了某种变化。在工业自动化系统中，当某个机器人完成了特定的生产任务时，会触发其他机器人或系统采取相应的行动，实现生产线的协调运作。通过对事件触发的分类和定义，可以更好地理解多智能体系统中事件触发机制的本质和作用，为系统设计和优化提供指导和参考。

### （三）事件触发在多智能体系统中的应用

事件触发广泛而深入地应用于多智能车身系统。这一机制不仅可以促进智能机体之间的协作与信息沟通，而且可以提高系统的响应速度与效率，从而实现系统功能的最优化与智能化。在智能交通领域，在交通管理和车辆控制系统中，广泛使用事件触发机制。当红绿灯检测到某路口车流量过大时，为优化车辆通行流畅度，系统会触发信号灯时长的调整<sup>[6]</sup>。智能车辆之间还可以通过事件触发机制，提高交通安全和效率，实现信息共享和协同行驶。在物联网中，实时监控和控制环境变化，可以通过事件触发机制实现各种传感器节点。当一个温度传感器察觉到周遭气温超越既定界限时该系统将自动启动警示并执行必要的调节行动，例如启动空调或通风系统，协助人们迅速适应气候的波动，同时提升能源的使用效率与减缓资源的耗损。在制造业的自动化领域通常采用基于事件的启动机制来安排生产流程和任务合作。例如当一个机器人完成了它的指定生产活动，它会激发其他机器人或控制系统开始执行接下来的工序，这样确保了生产线的流畅对接与高效运作<sup>[7]</sup>。通过这种方式不仅实现了生产过程的自主化与智能

化，而且还在提升生产速度和品质的同时，达到了资源使用的最佳化。借助于事件激发系统制造业的作业流程得以转变为自动化与智能化操作。这一转变不仅提升了制作效能与产品品质而且还确保了资源的最佳化配置。

## 三、网络化多智能体系统的特点与挑战

### （一）网络化系统的特点

其高度分布式、动态变化和异构性主要体现了网络化多智能体系统的特点。联网系统是由多个通过网络连接的智能体组成的，它们之间可以在不同的计算平台上运行，处于不同的地理位置。这种高度分布式的结构，使系统在适应不同环境 and 应用需求的同时，灵活性和扩展性都很强。联网系统的结构和拓扑经常是动态变化的，随着时间和环境的变化，智能体之间可能会发生连接和关系的变化。这种动态性需要通过适应性极强的算法和机制来实现系统的稳定可靠运行，从而使系统的设计和管理变得更加复杂和困难<sup>[8]</sup>。联网系统中的智能体，其功能和能力往往不同，对系统的整合和交互都会带来一定的挑战，可能会采用不同的通讯协议和数据格式。

### （二）多智能体系统的挑战

NetworkMulti-Smart 系统面临诸多挑战，主要包括通信延迟、信息不确定、冲突协调以及安全隐私等方面。智能机体之间的信息传递可能会因网络通信的延迟和不稳定而产生一定的延迟和丢包现象，从而对系统的实时性和响应性产生影响。系统中的信息不确定性是一个普遍存在的问题，智能机体往往只能获取局部的信息，而这种信息不对称会导致系统决策和行为不够准确和一致，因此对整个系统的整体状态的了解有限。资源分配冲突、任务调度冲突等智能机体之间在多智能体系统中可能存在的冲突和竞争，需要通过恰当的协调机制加以解决。智能机体之间的通信和数据传输可能受到攻击和窃听，导致系统安全受到威胁，这也是互联网系统中安全和隐私保护的重要挑战。网络化多智能体机器系统在设计 and 实现过程中迫切需要解决的关键问题是如何有效地管理和解决这些挑战。

### （三）事件触发一致性的必要性与困难

事件触发一致性是网络化多智能体系统中保证系统稳定与性能的重要因素。事件触发一致性要求能够在系统中的某一事件发生时，为了保持系统的一致性和协调性，触发所有相关智能体的相应行为或反应。网络化多智能体系统中实现事件触发一致性并不是一件容易的事情。可能导致不同智能体之间的事件触发时间不一致，从而影响系统的整体一致性，因为系统的分布式结构和网络通信的延迟。智能体之间的异构性和信息不对称性，会使事件触发的条件和响应方式产生差异，使管理和控制难以统一。如何合理调度和协调事件触发，可能存在系统中的冲突和竞争现象，可能存在不同智能体之间的优先级和权重不同的问题，具有挑战性。事件触发一致性的实现需要采用合适的算法和技术手段，综合考虑系统的结构特征、沟通机制和协调策略等因素加以解决。

## 四、事件触发一致性研究现状

### （一）相关理论与方法概述

事事件触发一致性的研究涉及多智能体系统的协同控制、通信协议设计和分布式算法等多个领域。在相关理论与方法概述中，时间同步算法是其中一项关键技术<sup>[9]</sup>。时间同步算法的目标是确保系统中的智能体在相同的时间点上触发事件，以维持系统的一致性。常见的时间同步算法包括：基于网络时间协议（Network Time Protocol, NTP）的时钟同步算法和逻辑时钟（Logical Clocks）算法。NTP 算法通过网络中的时间服务器向智能体提供精确的时间信息，实现智能体间的时钟同步。逻辑时钟算法则利用事件发生的先后顺序来标记事件的逻辑时间戳，从而实现智能体间的事件顺序一致性。逻辑时钟的更新规则可以表示为：

$$C_i(t) = \max(C_i(t'), V_j(t)) + 1$$

其中  $C_i(t)$  表示智能体  $i$  的逻辑时钟， $t'$  是智能体  $i$  上一个事件的时间戳， $V_j(t)$  表示智能体  $j$  在时间  $t$  时的逻辑时钟。

基于事件图的建模方法是研究事件触发一致性的重要手段，除了时间同步算法。事件图可以清晰地描述事件触发关系和系统中的时序限制，有助于研究者对事件触发的先后顺序和时序关系进行分析。事件图的数学表述可以用有方向的图  $G=(V,E)$  来表示，系统中的事件以节点  $V$  来表示，事件之间的触发关系则用边  $E$  来表示。通过分析事件图来实现系统的一致性和稳定性，合适的事件触发策略和控制算法可以被设计出来。在当前的事件触发一致性研究中，时间同步算法和基于事件图的建模方法是两个重要的方向，它们提供了重要的理论支持和技术手段，以实现联网多智能体系统的稳定运行。

### （二）已有研究成果与案例分析

有许多理论和方法被提出，并在事件触发一致性研究领域取得了一些重要的研究成果。有研究者提出了基于事件图（EventGraph）来描述事件触发关系和系统中时序约束的建模方法。事件图可以表示系统中的事件和触发条件为结点，以边表

示触发关系，这样就形成了有方向的图形结构。基于事件图的建模方法可以帮助研究人员设计合适的触发策略和控制算法，以分析事件触发的顺序和系统中的时序关系。部分研究工作还对事件触发一致性方法的有效性和性能进行了模拟实验和案例分析的验证。研究者可以通过在智能交通系统中的应用实验，评估不同事件触发策略对系统交通流量和拥堵状况的影响，使控制算法和协调策略在系统中得到优化。

### （三）研究存在的不足与改进空间

虽然在事件触发一致性方面有了不少研究工作的进展，但仍有一些不足之处，也有一些问题需要解决。现有的方法常常假定系统中的智能体之间存在着对可能出现的恶意攻击和安全威胁的完全信任和协作，而对此加以忽视。未来的研究能够加强对事件触发一致性算法的考虑，该算法能够更加健康和更安全地设计在系统安全和隐私保护方面。对系统动态变化和不确定因素的处理往往缺乏现有的方法，对复杂的动态环境不能很好地适应<sup>[10]</sup>。实现对环境变化和不确定性的系统适应性调整和优化，可引入适应性控制和强化学习等方法。现有的方法往往只考虑技术和算法，即事件触发一致性，而忽略匹配商业需求和用户预期。未来的研究可以将事件触发一致性的方案设计得更符合实际需求和可行性，与实际应用场景和用户需求相结合。

## 五、结论

本文对事件触发一致性的重要性和面临的困难进行了分析，对已有研究成果和案例进行了回顾，对有关理论和方法进行了分析，对事件触发一致性研究的现状和进展进行了揭示。对现有研究中的不足和改进空间进行了总结，并对今后的研究提出了展望和努力方向。事件触发一致性的研究不仅涉及技术层面的挑战，还需要考虑到系统的安全性、适应性和实用性，为推动网络化多智能体系统的发展和应用，未来的研究还需要继续加强系统整体性能的优化和改进。

## 参考文献：

- [1] 基于多率采样的 MASs 在 FDI 攻击下的安全一致性 [J]. 贾新春; 吕腾; 王悦; 白文杰. 山西大学学报 (自然科学版), 2022(05): 1186-1194.
- [2] 陈婷; 牛兴龙; 兰艳亭. 具有外部干扰的非线性多智能体系统的编队控制 [J]. 系统科学与数学, 2023(05): 1106-1119.
- [3] 王悦; 贾新春; 游秀; 吕腾. DoS 攻击下基于多率采样的多智能体系统安全一致性 [J]. 控制理论与应用, 2022(10): 1890-1897.
- [4] 赵玉康. 基于云的网络化多智能体系统分布式一致性控制 [D]. 南京邮电大学, 2023. DOI: 10.27251/d.cnki.gnjdc.2023.001647.
- [5] 张雅淳; 武艳; 杨清海. 通信链路感知的多智能体动态事件触发一致性控制 [J/OL]. 北京邮电大学学报, 2024, 47 (02): DOI: 10.13190/j.jbupt.2023-106.
- [6] 陈世明; 叶舒康; 马旭阳, 等. 基于事件触发的不确定多智能体系统自适应一致性 [J/OL]. 控制理论与应用, 2023-12-15.
- [7] 林娜. 基于事件触发的网络化多智能体系统一致性问题研究 [D]. 中国科学技术大学, 2023. DOI: 10.27517/d.cnki.gzkju.2023.000051.
- [8] 吕伊铮. 有向拓扑下基于动态事件触发的多智能体系统领导跟随一致性研究 [D]. 华东交通大学, 2023. DOI: 10.27147/d.cnki.ghdju.2023.000104.
- [9] 张保俊. DoS 攻击下多智能体系统隐私保护平均一致性研究 [D]. 杭州电子科技大学, 2023. DOI: 10.27075/d.cnki.ghzdc.2023.001217.
- [10] 熊明月. 网络攻击下基于事件触发的多智能体系统一致性控制 [D]. 西南大学, 2023. DOI: 10.27684/d.cnki.gxndx.2023.003457.



# 第三方检验检测实验室 HSE 管理体系建设与实践

施兵

江苏诚大检测科技有限公司, 江苏 苏州 215000

**摘 要：** HSE 管理体系是实验室管理的重要组成部分，它涵盖了实验室运行中的健康、安全 and 环境等方面。本文探讨了第三方检验检测实验室 HSE 管理体系的建设与实践，分析了 HSE 管理体系在第三方检验检测实验室中的重要作用和意义。接着，详细阐述了 HSE 管理体系的构建过程，包括组织结构设计、制度建设、人员培训等方面，通过具体案例分析了 HSE 管理体系在实验室运行中的实践应用，并总结了其成效与经验，提出了相应的改进措施和建议。

**关 键 词：** 第三方检验检测实验室；HSE 管理体系；建设

## Construction and Practice of HSE Management System for Third Party Inspection and Testing Laboratories

Shi Bing

Jiangsu Chengda Testing Technology Co., Ltd., Suzhou, Jiangsu 215000

**Abstract：** HSE management system is an important component of laboratory management, covering aspects such as health, safety, and environment in laboratory operations. This article explores the construction and practice of HSE management system in third-party inspection and testing laboratories, and analyzes the important role and significance of HSE management system in third-party inspection and testing laboratories. Subsequently, the construction process of the HSE management system was elaborated in detail, including organizational structure design, system construction, personnel training, and other aspects. Through specific case studies, the practical application of the HSE management system in laboratory operations was analyzed, and its effectiveness and experience were summarized. Corresponding improvement measures and suggestions were proposed.

**Keywords：** third-party inspection and testing laboratory; HSE management system; build

当今社会飞速发展，科学技术不断进步，第三方检验检测实验室对于保证产品质量，推动贸易发展起到了越来越大的推动作用。但实验室运行中存在的健康，安全，环境等问题也越来越突出，并已成为实验室可持续发展不可忽视的限制因素。所以，构建完整的 HSE 管理体系对保障实验室安全运行，提高工作效率和降低风险等方面都有着十分重要的作用。文章旨在通过对第三方检验检测实验室 HSE 管理体系构建及实践进行论述，以供参考及借鉴。

### 一、第三方检验检测实验室 HSE 管理体系的作用和意义

#### （一）确保人员安全

保障第三方检验检测实验室日常运行过程中人员安全为重中之重。HSE 管理体系建设和实施对确保实验室人员安全具有重要作用：

一是 HSE 管理体系是通过建立详尽的安全操作规程与体系，给实验室人员一个清晰的安全行为准则。这些规程与制度既规范了试验期间实验室人员的操作，又明确了应急情况下的应急处理措施，从而有效地减少了由于操作失误或疏忽大意而造成人员受伤的风险<sup>[1]</sup>。

二是 HSE 管理体系突出实验室人员安全教育与培训。通过

经常性的安全培训与技能提升使实验室人员对安全知识与技能有了全面地认识与掌握，增强了自我防范意识与应急处理能力。同时 HSE 管理体系也促使实验室人员主动参与到安全管理与监督中去，营造出一种人人参与，共同保障安全的氛围。另外，在 HSE 管理体系中，也建立起一套完整的安全检查机制，通过对实验室设施、设备及化学品定期安全检查，发现并排除可能存在的隐患，保障实验室安全运行。同时 HSE 管理体系也促使实验室人员主动上报安全隐患与事故，从而采取及时的措施加以纠正与防范。

#### （二）确保设备安全

第三方检验检测实验室的设备安全也是重中之重。建立并实施 HSE 管理体系对确保实验室设备正常工作，延长设备使用寿命有着十分重要的作用：



一是 HSE 管理体系规定实验室必须定期检修与维护设备，以保证其工作状态良好。这样既能提高装置检测的准确性与稳定性，又能减少由于装置故障而带来的安全风险<sup>[2]</sup>。

二是 HSE 管理体系突出设备规范运行管理。通过建立周密的设备操作规程及管理制度，规范实验室人员的设备操作行为及管理要求。这样既避免了由于误操作造成的装置损坏，又保证了装置运行时不危害人与环境。另外，在 HSE 管理体系中设置设备安全检查机制，定期开展设备安全检查，发现并排除可能存在的隐患，保障设备正常工作。同时 HSE 管理体系也促使实验室人员主动上报设备故障及安全隐患，从而采取及时的维修与防范措施。

### （三）预防环境风险

第三方检验检测实验室环境风险防范是维护生态环境和可持续发展所必需，建立并实施 HSE 管理体系对预防实验室在运行中可能出现的环境风险至关重要。

一是 HSE 管理体系规定实验室的设计与施工过程必须充分考虑环境因素、使用环保材料、节能技术等，以减少实验室操作给环境带来的不利影响。

二是 HSE 管理体系突出实验室废弃物处理管理，通过建立严格的废弃物管理制度与操作规程来保证实验室废弃物的合理处理与处置，避免危害环境与人体健康。同时 HSE 管理体系也鼓励实验室使用环保技术与方法来降低废弃物生成与排放。另外，在 HSE 管理体系中设置环境风险评估与监测机制。通过评价与监控实验室在运行中可能存在的环境风险，发现并处理潜在环境风险，保障实验室环境安全。同时 HSE 管理体系也促使实验室人员主动参与到环保活动中去，增强环保意识，为保护生态环境而共同努力。

## 二、第三方检验检测实验室 HSE 管理体系建设与实践的方法

### （一）优化组织结构设计

构建第三方检验检测实验室 HSE 管理体系时，组织结构的优化设计是保证体系高效运转的根本，一个合适的组织架构可以清晰地界定各个部门和岗位的职责与权限，确保所有工作都能有条不紊地进行。具体地说，优化组织结构设计的内容如下：

一是实验室管理层次及部门设置需清楚。根据实验室规模大小及业务需要，对管理层级及科室进行合理设置，以保证科室间权责清晰，协调一致<sup>[3]</sup>。可成立安全管理部门具体负责 HSE 管理体系制定、监督与执行，并配备专职安全管理人员以保证各项安全制度与操作规程的落实。

二是要明确各个岗位权责。通过编制详尽的岗位说明书来明确各个岗位的责任，权限，工作内容以及任职要求等，保证每一位员工对自身的责任与权限有一个清晰的认识，并能根据需求完成任务。还要建立岗位轮换、交叉培训等制度以提高职工综合素质及应变能力。

三是必须要有一套行之有效的沟通机制。采取定期开会讨论，组织培训，交流经验等形式，增进部门间、岗位间的交流与

合作，保证信息通畅，实现资源共享。可设立 HSE 管理体系例会，定期报告系统运行情况，探讨问题及解决措施，推动系统不断完善与提高。

以一个第三方检验检测实验室为例，进行 HSE 管理体系建设和组织结构的优化设计时，成立专门安全管理部门负责建立 HSE 管理体系，并对其进行监督与执行。同时他们编制了一份详尽的岗位说明书以明确各个岗位的权责。除此之外，他们还创建了 HSE 管理体系的定期会议制度，以定期报告该体系的运行状况，并讨论当前存在的问题以及可能的解决策略，这些举措的落实有效地提升了实验室安全管理水平和检测工作顺利开展。

### （二）建立科学操作规程

在构建第三方检验检测实验室 HSE 管理体系时，科学操作规程的建立是保证试验过程安全，准确和可靠进行的关键。具体地说，建立科学操作规程有如下几方面内容：

一是要求明确试验目的、原则、方法及程序。通过对实验原理与方法的深入理解，并根据实验室实际情况制定了详尽的实验步骤与操作方法<sup>[4]</sup>。比如在化学分析过程中，必须清楚地了解需要使用的化学试剂、仪器设备、操作方法及实验条件，以保证实验过程安全、准确地进行。

二是要有严格的安全制度与操作规程。通过建立周密的安全制度及操作规程来规范实验室人员操作，以保证其在试验中符合安全要求，预防事故发生。如要求规定实验室人员应穿戴满足要求的防护用品，遵守实验室安全制度及操作规程，妥善处理实验废弃物。之后，还要建立操作规程审核更新机制，在实验室业务日益发展、技术日益进步的情况下，操作规程还需更新、提高。为此，必须建立操作规程审核与更新机制，对其有效性与适用性定期进行检查与评价，并视需要不断修订与提高。

以一家第三方检验检测实验室为例，其在 HSE 管理体系建设方面，建立了一套科学操作规程，对不同种类的检测项目都制订了详尽的实验步骤及操作方法，对需要使用的化学试剂、仪器设备、操作方法及实验条件都有明确的规定。同时也建立了一套严格的安全制度及操作规程来规范实验室人员操作行为。另外，建立操作规程审核与更新机制，并定期审核与修订。这些措施的落实有效地保证了试验过程中安全、准确、可靠地进行，使试验结果更加准确可靠。

### （三）加强环境因素的控制

在构建第三方检验检测实验室 HSE 管理体系时，加强对环境因素的控制，是保障实验室环境安全和保护生态环境的一个重要环节。其中，要对实验室在操作时可能出现的环境因素进行鉴定与评价，通过综合检查与评价实验室内设施、设备和化学品，确定废气、废水和噪声等潜在环境因素。与此同时，也要评价这些环境因素，以查明它们可能产生的环境影响及其危害范围。之后，需建立相关环境因素控制措施，基于环境因素识别与评价结果制定了相关控制措施，包括设置废气处理设备、设置废水处理系统以及隔声降噪措施。与此同时，必须建立环境因素监测机制并对实验室环境因素定期监测与评价，以保证控制措施有效<sup>[5]</sup>。另外还要加强对实验室人员环保意识的教育，通过举办培训和宣

传,增强了实验室人员环保意识,使其充分意识到保护环境的重要性,同时也需鼓励实验室人员主动参与环保活动来共同保护生态环境。

以一个第三方检验检测实验室为例,在HSE管理体系的建设上,加强对环境因素的控制,先对实验室设施,设备和化学品进行综合检查与评价,确定可能存在的废气,废水和其他环境因素。接着,为这些环境问题设计了特定的管理策略,例如安装废气处理工具和构建废水处理系统等<sup>[6-8]</sup>。除此之外,还构建了一套环境因素的监测体系,以周期性地对实验室内的环境状况进行细致的观察和评价。除此之外,他们还对实验室工作人员进行了环保意识的加强教育,从而提升了他们的环境保护意识。这些举措的实施有效地减少了实验室运行给环境带来的不利影响,使生态环境得到保护。

#### (四) 协助数字化智能管控系统的建设

第三方检验检测实验室HSE管理体系构建中数字化智能管控系统起关键作用。本系统通过引进先进信息技术,使实验室各环节都融入到数字化管理中,并对数据进行实时收集、分析与处理,进而对实验室安全,健康与环境进行综合监测与管理。

一是数字化智能管控系统可以对实验室环境参数进行实时监控。该系统通过设置传感器,摄像头和其他监测设备可实时采集实验室温度、湿度和有害气体浓度信息。当这些参数均超出预设安全范围时,该系统将即时进行报警,以声音和灯光形式,提醒实验室人员及时采取应对措施保障实验室环境安全<sup>[9]</sup>。

二是数字化智能管控系统也可以对实验室设备运行状况进行监测。通过与该装置相连的传感器及控制系统,该系统能够实时采集该装置的开关状态,运行时间,故障信息以及其他数据。当

设备发生故障或者异常情况时,系统即刻报警,自动记录故障信息。这样既可以帮助实验室人员发现问题及时解决,又可以对后续维护与检修提供数据支持。另外数字化智能管控系统可以对实验室工作过程进行自动化管理,通过预设工作流程及操作规范,该系统能够引导实验室人员按指定步骤执行,降低人为错误发生率<sup>[10]</sup>。同时该系统能够自动地记录实验过程中数据及结果,方便后续数据分析及报告生成。这样既提高实验室工作效率又保证实验数据准确可靠。

三是数字化智能管控系统同时具有较强的数据统计分析功能,该系统通过对实验室各种数据的采集、整理与分析,能够产生多种报表与图表,有利于实验室人员深入了解实验室运行状况与管理效果。同时该系统也能基于历史数据对未来趋势及变化进行预测,从而对实验室决策起到辅助作用。

#### 结束语

随着全球对于HSE(健康、安全、环境)管理标准的日益严格,第三方检验检测实验室在追求技术革新和检测准确性的过程中,应更加重视HSE管理体系的构建和实际应用。它既是实验室本身发展的要求,也是一种社会责任。通过本论文的论述,对第三方检验检测实验室HSE管理体系的重要性及建设方法有一个深刻的认识,并且通过实践案例体会它所带来的明显效果。尽管在体系运行过程中会面临各种挑战和问题,但只要持续不断地改进和完善,就一定能够建立起一个高效、安全、环保的HSE管理体系。

#### 参考文献:

- [1] 李颖舒,郭滔,杨建庭,等. 检测实验室中质量管理体系的建立与运行[J]. 机电工程技术, 2022,51(09):55-57+102.
- [2] 王嘉子,余雅文,曾紫珊. 检测实验室质量管理体系运行中常见问题分析[J]. 产业科技创新, 2022,4(02):114-116.
- [3] 李巧,周进,周韬. 检测实验室质量管理体系的建立及其运行[J]. 大众标准化, 2021(14):19-21.
- [4] 李叶,谭杰. 生态环境检测实验室现场采样质量管理技术数字化研究与应用[J]. 皮革制作与环保科技, 2022,3(06):171-172+175.
- [5] 刘宏,席红菊,曹米娜. 有效控制和确保环境检测实验室分析工作的质量探讨[J]. 科技创新与应用, 2022,12(05):130-132.
- [6] 葛丽萍,郝美玲. 浅析药品检验检测实验室数据质量控制与管理[J]. 北方药学, 2020,17(11):194-196.
- [7] 李绍群. 食品检验实验室检验过程质量控制分析[J]. 食品安全导刊, 2022,(4):70-72.
- [8] 陈秋媛. 食品安全抽样微生物检验过程的质量控制[J]. 现代食品, 2022,28(6):127-129.
- [9] 李向威. 检验检测实验室质量控制实施探讨[J]. 中国检验检测, 2022,30(03):46-47+22.
- [10] 张悦悦,段慧灵,郭千轶. 如何提升检验检测实验室的质量管理[J]. 时代汽车, 2021(19):163-164.

# 红外与可见光图像融合技术的研究与应用

涂毅晗

江西应用科技学院, 江西 南昌 330100

**摘 要 :** 图像融合主要指将来自不同源图像的互补信息融合在一起, 生成全新的质量较高和拥有更多信息量的清晰图片。在社会发展新阶段, 红外与可见光图像融合成为图像融合领域的研究热点和重点。本文主要对红外与可见光图像融合技术的研究与应用进行分析。相关工作者可通过利用更新的工作观念加强对红外与可见光图像融合技术的研究力度, 确保红外与可见光图像融合技术在应用过程中能发挥良好的应用作用, 让我国图像融合领域获得更好的发展, 让我国在整体上拥有强大科技实力。

**关 键 词 :** 红外; 可见光; 图像融合; 技术; 研究应用

## Research And Application Of Infrared And Visible Image Fusion Technology

Tu Yihan

Jiangxi college of application science and technology, Nanchang, Jiangxi 330100

**Abstract :** Image fusion mainly refers to the fusion of complementary information from different source images to generate a new clear picture with higher quality and more information. In the new stage of social development, infrared and visible image fusion has become the research focus and emphasis in the field of image fusion. This paper mainly analyzes the research and application of infrared and visible image fusion technology. Relevant workers can strengthen the research on infrared and visible light image fusion technology by using the updated work concept, to ensure that infrared and visible light image fusion technology can play a good application role in the application process, so that China's image fusion field to obtain better development, so that China's overall strong scientific and technological strength.

**Keywords :** infrared; visible light; image fusion; technology; research and application

### 一、案例分析

我国图像融合领域相关工作者为更好的增强夜视背景, 加强红外和可见光图像融合, 使每个弱光照区域的可见光图像的原始细节得以增强, 尽可能提高其可视性, 可将红外图像中的所有重要信息转换成可见光图像, 同时, 保留可见光图像的细节和背景景物, 使融合后的图像更适合人类感知。在该过程中, 相关工作者加强红外与可见光图像融合的算法主要为, 提出一种基于引导滤波器的动态范围压缩和对比度恢复的自适应增强方法, 提高融合前可见光图像中弱光细节的可见度, 随后, 提出一种基于引导滤波器的混合多尺度分解方法, 并通过多尺度融合, 将红外图像信息注入可见光图像中。详细而论, 相关工作值班增强融合前的可见光图像时, 算法为  $I_b = GFr, \epsilon(l), I_b \sim \log(I_b + \xi)$ , 其中,  $I$  为原始图像,  $I_b$  为引导滤波后的图像, ( $r = \text{floor}(0.04 \max(w, h))$ ,  $\epsilon = 0.01$ ) 为引导滤波参数,  $\xi = 1$ , 防止出现  $I_b = 0$  的情况。

基础层和细节层的融合重建与 Hybrid-MSD 的方法是一致的。基于感知的参数选择, 使用 Sobel 算子计算整幅图像的梯度, 然后将图像分为 ( $40 \times 40$  大小不重叠的块区域, 然后将每个局部窗口上的区域图像信息转换为频域); 使用 CSF (对比度敏感函数) 对频域信息进行过滤。

相关工作者使用了引导滤波、对比度敏感函数对图像进行融合, 可基于其融合在一些性能指标上优于一些算法, 再将图像分解为 4 层, 然后进行融合, 从算法时间上看, 无法达到实时, 但是从效果上看, 确实优于一些其他算法。

相关工作者在探索红外与可见光图像融合技术应用时, 可以此为鉴, 加强红外与可见光图像融合技术落实, 确保工作成效。

### 二、红外与可见光图像概述

红外图像是一种通过红外传感器接收地物反射或自身发射的红外线而形成的图像。红外图像成像特点包括分辨率差、对比度低、信噪比低、视觉效果模糊、灰度分布与目标反射特征无线性关系。红外图像可以是黑白的, 也可以是彩色的。彩色红外图像是通过将灰度图像经过伪彩色增强得到的。红外图像在计算机视觉、军事、遥感和医学等领域有广泛应用, 例如可见光与红外图像融合跟踪 (RGB-T tracking)、人脸识别、人耳识别、SLAM、国防领域等<sup>[1]</sup>。

可见光图像是指用可见光范围拍摄的照片, 通常包括红、橙、黄、绿、青、蓝、紫这七种光。人眼可以感知的电磁波的波长一般在 380 纳米到 780 纳米之间。可见光图像就是我们通常说的

本文为 2022 年江西省教育厅科技项目“红外与可见光图像融合技术的研究与应用”(课题编号: GJJ2203310) 的阶段性研究成果。



照片，与红外线图像、X 射线图像等其他成像方式得到的图像有所不同。

### 三、红外与可见光图像融合的作用

相关工作者在社会发展新言论，利用更新的观念和不断积累的有效经验加强红外与可见光图像的融合，可利用多个传感器提供的冗余信息，有针对性的提高融合图像的精确性，确保融合图像在后续应用过程中具有一定的可靠性，这种融合图像的鲁棒性，让个别传感器故障不会对融合图像产生相应的影响。除此之外，相关工作者的加强红外与可见光图像的融合，还可通过促进图像融合，让多个传感器互补信息，让经优化后的融合图像不仅全面，还更符合人或机器的视觉特性。相关工作者的落实有效的红外与可见光图像融合方法，还可在如烟、尘、云、雾、雨等不利的环境条件下，利用多传感器图像融合改善检测的性能，如在烟、尘、云、雾、雨等环境中，借助毫米波雷达较强的穿透能力，对图像精准获取，尽管信号会有些衰减，但仍然可获得较清晰的图像。从多方面和多角度体现红外与可见光图像融合的作用<sup>[2]</sup>。

### 四、红外与可见光图像融合技术的应用方法

#### （一）将红外与可见光图像融合技术应用于电缆故障检测中

电缆故障检测工作中，传统人工巡检有许多的缺点，如很容易对电缆设备造成损害，或者检测不准确，工作效率低等。详细而论，随着城市用电需求的不断增加，我国社会中电缆敷设工程越来越多，电缆井内电缆线路也越来越复杂。在该过程中，工作人员受井内空间的限制，往往会对电缆进行大幅度的扭转，所以，会对机械造成许多细小损伤<sup>[3]</sup>。另外，由于我国对于普通电缆的电力维护一直采用人工定期巡检的方式并进行预防性维护，导致电缆井内潮气对电缆接头的侵蚀与机械应力对电缆接头造成的损伤都是缓慢进行的，所以，电缆故障检测工作开展时，尽管相关工作人员会定期对井内电缆进行巡检，也会存在无法预料电缆接头何时会发生故障的现象。相关工作者可加强红外与可见光图像融合，构建电缆检测系统框架图，让电缆检测系统框架图总体系统分为感知层、网络层与应用层，让感知层的红外与可见光图像传感器采集电缆井内电缆接头的温度与图像数据，利用网络层无线传输模块，将数据传至 PC 端，让应用层根据获得的图像，完成总体系统软件设计。可通过发挥红外与可见光图像融合技术的最优应用作用，让电缆检测系统框架图；针对电缆井阴暗潮湿或者井内电缆错综复杂的应用场景，实现红外与可见光图像传感器共同采集场景图像信息的功能。更加全面地对电缆井进行全面画像，直观地反映电缆井的实时工作情况，在满足电缆井故障预警的基础上实现了高效化，在保证经济的同时能够一定程度上提升预警效率<sup>[4]</sup>。

#### （二）将红外与可见光图像融合技术应用于玻璃幕墙安全性分析中

相关工作者的也可通过将红外与可见光图像融合技术应用到玻

璃幕墙安全性分析工作中，借助可行性较强的图像融合技术，提高工作成效。相关工作者可增强红外成像序列的重组和积分、加强数值模拟，达成既定的目标。以前者为例，相关工作者可依据损伤和良好结合区域之间的传热差异可借助两种有效的方法估计缺陷，根据每个点的温度曲线进行估计，绘制检测区域的温度分布进行估计，传统红外成像线性扫描方法在应用的过程中出现扫描速度慢，且无法提供足够检测面积的问题，避免热成像仪直接拍摄的原始图像具有严重的不均匀性。以后者为例，相关工作人员可在加强红外与可见光图像融合技术应用的过程中建立中空玻璃粘结结构数值模拟模型，利用应用性较强且能体现智能性的模型对采用表面加热和深度加热作为热源的玻璃粘结结构温度场进行分析，通过高效比较加热和检测的效率，会获得合理的加热效果，提供相应的参考。在该过程中，相关工作人员可利用红外与可见光图像融合技术应用的积极影响，防止玻璃幕墙过热导致结构胶粘性性能下降。从实践方面出发，相关工作者可进行实验设置，如使用刀切割中空玻璃样品上的不同脱粘缺陷，其中，脱粘缺陷的长度分别为 10mm、20mm、30mm 和 40mm，偏差控制 3mm，脱粘缺陷的宽度为  $8\text{mm} \pm 1\text{mm}$ ，高度为  $0.5\text{mm} \pm 0.1\text{mm}$ ，推进后续实验工作的顺利开展。随后，相关工作者的可以以长度为 20mm 的脱粘缺陷的结果分析最佳检测时间，让玻璃表面无缺陷区域和脱粘中心的温度曲线是三个重复实验数据的平均曲线，高效计算无缺陷和脱粘的温差曲线，以便于更好的分析最佳检测时间。在红外成像重建和增强中，相关工作人员可在红外成像仪扫描实验中，使初始温度在  $297.15\text{ K} \sim 300.15\text{ K}$  范围，确保红外成像仪检测每个点只需要很短的时间就可以看到很小的视野<sup>[5]</sup>。

#### （三）将红外与可见光图像融合技术应用于远距离视觉系统的设计中

无人机巡检可在工作的过程中促使相关工作提高巡检的效率和速度，可以减少人工输出，所以，相关工作者在探究红外与可见光图像融合技术应用方法的过程中，也可通过将其科学合理的应用到远距离视觉系统的设计中，让其发挥较好的应用作用，确保相关工作的高效完成。在该过程中，相关工作人员可通过优化无人机模块和负载模块以及通信模块等，达成既定的工作目标。相关工作人员在优化无人机模块的过程中，可基于输电线路大多数位于野外环境中，处于大雾、大雨、雾霾发生极端天气，确保相关装置在应用的过程中具有防水、防尘、机臂可折叠性等，适合场外恶劣环境下使用，方便工作者携带运输，特别是台风过后的中小雨、夜间、山区复杂环境。另外，相关工作人员也要根据实际情况，扩展负载能力强，改装空间大，避免飞机在工作过程中，受风雨等天气影响，姿态得不到很好地控制，让飞机选用 PID 控制器，控制夜视无人机的偏行状况，可通过智能自动飞行，让勘灾作业更高效<sup>[6]</sup>。相关工作人员在优化负载模块的过程中，可基于可见光图像在烟雾、夜间等条件下的成像效果差，而红外图像主要依靠物体自身的热辐射进行成像，突出背景中隐藏的热目标，不受光照条件、天气的影响，具备较强的应用性，但是，其对比度较低，纹理细节不丰富，让装置相机与红外摄影仪共同使



用,并搭载一个“高亮度红外激光补光装置”,让图像全程清晰补光,画质通透,且可实现超视距外的夜间补光侦察,从多方面和多角度满足低照度条件下的巡检任务。另外,相关工作者加强红外与可见光图像融合技术的应用,还可在远距离视觉系统设计优化中,让激光有良好的单色性和良好的相干性,使其应用于距离、长度以及角度的测定中时,效果更好。相关工作人员在优化通信模块的过程中,可通过结合高亮度红外激光补光装置与夜光夜视变焦相机,让红外与可见光图像融合技术得到更好的应用,让采集的数据通过2.4G传输到中继站,随后,由中继站将数据传输给后端服务器,确保无人机的通信是靠无线通讯技术中的遥测技术,实现实时监测,通过该技术来实现和无人机之间的信息传递<sup>[7]</sup>。

相关工作者加强红外与可见光图像融合,可通过进行图像配准方法的研究,即基于现有融合算法大多都是基于已配准的源图像,在实际应用中,不同类型传感器很难捕获空间严格对齐的图像,空间信息的不匹配将极大影响融合图像的质量。因此,精确的配准算法的研究就显得尤为重要<sup>[8]</sup>。或者,加强融合图像色彩保真度,基于现有IVIF方法大多只关注于融合可见光图像的梯度信息和红外图像的强度信息,很少注意到保留可见光图像中颜色信息的重要性。在保留强度信息和梯度信息的同时,保留可见光图像的色彩保真度。提升图像融合的效率。此外,相关工作者

还可结合高级视觉任务,基于现有的大部分IVIF方法都能够很好的加强红外与可见光融合的图像视觉质量,获得不错的定量指标<sup>[9]</sup>。但是,目前方法中针对下游应用任务的要求考虑较少,不能很好的满足下游应用的具体需求,在保持良好图像融合效果的情况下,符合具体视觉任务需求。完善的性能评价方法,基于红外与可见光图像融合由于没有真值标签,如何准确评估融合算法的性能没有统一完善的标准,且不同的研究需求和应用领域可能会选择不同的评价指标,这使得比较不同方法的结果变得有挑战性,进一步建立一种更为通用、公平和能被广泛接受的图像融合评价标准<sup>[10]</sup>。

## 结语

结合上述论述的相关内容可做具体总结为,红外图像可以根据辐射差异将目标与背景区分开来,这在全天候和全天/整夜的情况下效果很好。相反,可见图像与人类视觉系统一致的方式可以提供具有高空间分辨率和清晰度的纹理细节。所以,相关工作者可通过加强红外与可见光图像融合技术的研究与应用,让红外与可见光图像融合技术落实时,能够提供更全面、更准确的场景信息,在我国军事、航空航天、环境监测、医学等领域发挥较好的应用价值。

## 参考文献:

- 
- [1] 王奕森. 夏树涛. 集成学习之随机森林算法综述 [J]. 信息通信技术, 2018, 12:49-55.
  - [2] 董兰芳. 张军挺. 基于深度学习与随机森林的人脸年龄与性别分类研究 [J]. 计算机工程, 2018, 44: 246-251.
  - [3] 徐永平. 幕墙设计中开启扇的安全性分析——以某玻璃幕墙工程为例 [J]. 房地产世界, 2022(12):18-20.
  - [4] 李聪, 张喜臣. 玻璃幕墙挂钩式开启窗五金系统安全性分析 [J]. 工程质量, 2022, 40(05):65-69.
  - [5] 苏擎柱. 某机场预应力索桁架点支式玻璃幕墙安全性检测鉴定 [J]. 建筑结构, 2021, 51(S2):1425-1428.
  - [6] 王克勤. 电缆故障的在线检测系统设计 [J]. 现代信息科技, 2021, 5(23):64-68.
  - [7] 夏树涛. 集成学习之随机森林算法综述 [J]. 2018, 12(01): 49-55.
  - [8] 杨淑媛, 刘芳, 王士刚, 冯志玺. 神经网络七十年: 回顾与展望 [J]. 计算机学报, 2016, 39: 1697-1716.
  - [9] 董兰芳, 张军挺. 基于深度学习与随机森林的人脸年龄与性别分类研究 [J]. 计算机工程, 2018, 44: 246-251.
  - [10] 王奕森, 夏树涛. 集成学习之随机森林算法综述 [J]. 信息通信技术, 2018, 12:49-55.

# 基于大数据技术的城市内涝预警仿真平台设计与实现

吴建

浙江远算科技有限公司, 浙江 杭州 310000

**摘 要：** 本研究设计并实现了一种基于大数据技术的城市内涝预警仿真平台。通过整合历史气象数据、地理信息和实时监测数据，平台能够实时分析和预测城市内涝风险，提供精确的预警信息和应急响应建议。该平台采用多源数据融合与机器学习算法，有效提升了内涝预测的准确性和响应速度。通过具体案例验证，该平台在提高内涝预警的准确性和降低城市内涝灾害影响方面表现出显著优势。此平台的应用为城市防灾减灾提供了重要的技术支持。

**关 键 词：** 大数据技术；城市内涝；预警仿真；平台设计；应急响应

## Design And Implementation Of Urban Waterlogging Early Warning Simulation Platform Based On Big Data Technology

Wu Jian

Zhejiang Yuanqian Technology Co., LTD., Hangzhou, Zhejiang 310000

**Abstract：** This study designed and implemented a simulation platform for urban waterlogging early warning based on big data technology. By integrating historical meteorological data, geographic information and real-time monitoring data, the platform can analyze and predict urban waterlogging risks in real time, and provide accurate early warning information and emergency response recommendations. The platform uses multi-source data fusion and machine learning algorithm to effectively improve the accuracy and response speed of waterlogging prediction. Through the concrete case verification, the platform has shown significant advantages in improving the accuracy of waterlogging early warning and reducing the impact of urban waterlogging disasters. The application of this platform provides important technical support for urban disaster prevention and reduction.

**Keywords：** big data technology; urban waterlogging; early warning simulation; platform design; emergency response

## 引言

随着城市化进程的加快，城市内涝问题日益严重，给居民生活和城市基础设施带来巨大威胁。传统的内涝预警方式由于缺乏实时性和准确性，难以应对突发的暴雨内涝情况。基于大数据技术的预警仿真平台通过整合多种数据源，提供实时、精确的内涝预警信息，有效提高了内涝防范能力。本研究将通过具体案例，展示该平台在城市内涝预测与应急响应中的应用效果。

## 一、城市内涝问题的现状与挑战

### （一）某城市内涝问题概述

近年来，某城市由于快速城市化导致的地表硬化、水体涵养能力下降，内涝问题日益严重。每逢暴雨季节，该市多个低洼区域频繁出现积水，交通中断、居民出行受阻、房屋和基础设施受损，严重影响了市民的生活质量<sup>[1]</sup>。2019年，该市因内涝直接经济损失达1.2亿元，受影响人口超过20万人。根据气象局的统计数据，该市每年平均降雨量超过1200毫米，其中极端降雨事件逐年增加，内涝风险持续升高。此外，现有的排水系统由于设计标准较低、老化严重，已无法有效应对日益增多的暴雨事件，内涝问题日益突出。

### （二）传统内涝预警方法的不足

传统的内涝预警方法主要依赖于历史降雨数据和经验判断，缺乏实时性和精准性。预警信息通常滞后，无法及时反映暴雨引发的内涝情况，导致应急响应滞后，无法有效减少内涝造成的损失<sup>[2]</sup>。以某城市为例，2018年该市在暴雨期间因预警不及时，导致内涝严重，交通瘫痪，超过30条主要道路被淹，直接经济损失超过5000万元。传统预警系统的数据来源单一，通常只依赖气象站点的降雨数据，无法全面、实时地掌握整个城市的降雨分布情况。此外，预警信息发布渠道有限，市民获取信息的途径单一，无法及时采取防范措施。这些不足严重影响了内涝预警的效果和应急管理的效率。

## 二、设计基于大数据技术的内涝预警仿真平台

### （一）平台设计思路与架构

平台设计的核心目标是利用大数据技术提高城市内涝预警的准确性和及时性。平台架构设计分为四个主要模块：数据采集、数据处理、模型分析和预警发布。数据采集模块负责实时收集城市各区域的降雨量、积水深度、排水系统状态等数据。通过物联网传感器和遥感技术，实现对大范围、多维度数据的全面覆盖。数据处理模块使用大数据处理技术，对采集的数据进行预处理，确保数据的准确性和完整性。采用分布式存储和计算技术，能够高效处理海量数据，为内涝风险分析提供可靠的数据支持<sup>[3]</sup>。模型分析模块基于机器学习算法，构建内涝风险预测模型，对实时数据进行分析，生成内涝预警信息。预警发布模块则通过多种渠道，包括手机 APP、社交媒体、短信和广播，将预警信息及时传达给市民和相关部门，确保应急响应的迅速启动。

### （二）数据采集与处理方法

数据采集是平台运作的基础，通过整合气象数据、地理信息、实时监测数据和历史内涝数据，形成全面的数据库。平台在某城市部署了超过200个物联网传感器，这些传感器分布在易涝点、排水管网、河道等关键位置，实时监测降雨量、积水深度和排水系统运行状态<sup>[4]</sup>。数据通过无线网络传输至平台的中央数据库。为了确保数据的质量，数据处理模块采用了先进的数据清洗和过滤技术，对采集的数据进行预处理，剔除异常值和噪声数据，填补缺失值，统一数据格式。平台采用了 Apache Hadoop 和 Spark 框架，支持大规模数据的存储和并行计算，实现了数据的高效处理和分析。通过数据的深度分析，平台能够实时更新内涝风险预测模型，提高预警的准确性和及时性。在某次暴雨事件中，平台通过实时数据分析，成功预测了多个内涝高风险区域，提前发布预警，显著降低了内涝灾害的影响。

## 三、内涝预警模型的实现与应用

### （一）多源数据融合与分析

多源数据融合与分析是内涝预警系统的关键环节。通过整合气象数据、地理信息、实时监测数据和历史内涝数据，系统能够全面了解城市内涝风险的空间分布和时间变化<sup>[5]</sup>。在某城市的应用中，平台收集了过去十年内的降雨数据和内涝发生记录，结合实时监测的降雨量和积水深度信息，建立了详细的内涝风险数据库。平台采用贝叶斯网络和深度学习算法，对多源数据进行综合分析，预测内涝发生的可能性和严重程度。以某次暴雨事件为例，平台在事件发生前48小时内持续监测降雨数据，通过多源数据融合技术，成功预测了五个内涝高风险区域，提前发布预警信息。通过这种方式，平台不仅提高了内涝预警的准确性，还为城市管理部门的决策提供了科学依据，显著提升了应急响应能力。

### （二）机器学习算法在内涝预测中的应用

在内涝预测中，机器学习算法发挥了重要作用。平台采用了随机森林、支持向量机和深度神经网络等多种机器学习算法，对

历史降雨数据和内涝发生记录进行训练，构建高精度的内涝风险预测模型<sup>[6]</sup>。通过不断优化算法，平台能够实时分析降雨量、积水深度和排水系统状态，预测未来1至3小时内的内涝风险。某城市在应用该平台的过程中，通过机器学习算法成功预测了多次极端暴雨事件中的内涝发生情况。在一次强降雨过程中，平台提前2小时预测了多个内涝高风险点，并发布预警信息，相关部门迅速采取应急措施，减少了内涝带来的损失。平台的预测准确率在多次实际应用中均超过85%，显著优于传统的内涝预警方法。

表1：某城市多源数据融合内涝分析指标

| 指标        | 数据来源   | 数据类型   | 单位    | 时间范围      | 数值范围     |
|-----------|--------|--------|-------|-----------|----------|
| 降雨量       | 气象局    | 实时数据   | 毫米    | 2010-2020 | 0-350    |
| 地面径流量     | 环保局    | 历史数据   | 立方米/秒 | 2010-2020 | 0-500    |
| 地表渗透率     | 水文局    | 地理信息   | 百分比   | 2010-2020 | 10%-50%  |
| 排水系统容量    | 市政工程项目 | 实时监测数据 | 立方米   | 2010-2020 | 0-100000 |
| 内涝发生次数    | 市政管理部门 | 历史记录   | 次     | 2010-2020 | 0-20     |
| 内涝受影响区域面积 | 城市规划局  | 地理信息   | 平方公里  | 2010-2020 | 0-50     |
| 预警响应时间    | 应急管理局  | 实时监测数据 | 分钟    | 2010-2020 | 0-60     |

## 四、平台在某城市的实际应用与效果

### （一）平台实施过程与技术细节

在某城市的实际应用中，基于大数据技术的内涝预警仿真平台的实施过程包括前期调研、系统开发、数据采集、模型训练和系统部署等关键环节。前期调研阶段，项目团队深入了解该城市的地理特征、降雨模式和历史内涝数据，识别出易涝区域和关键影响因素。通过对城市排水系统的详细调研，确定了传感器布置方案和数据采集策略。系统开发阶段，平台采用微服务架构设计，确保各模块的独立性和可扩展性<sup>[7]</sup>。使用 Java 和 Python 语言开发了数据采集、处理、分析和预警发布等模块。数据采集模块整合了气象站、雨量计、排水管网传感器和地理信息系统（GIS），实现了多源数据的实时采集。数据处理模块利用 Apache Hadoop 和 Spark 框架，对海量数据进行分布式存储和并行计算，提高了数据处理效率。模型训练阶段，项目团队使用历史降雨和内涝数据，采用机器学习算法进行模型训练和验证。选择了随机森林、支持向量机和深度神经网络等多种算法，对比各算法在内涝预测中的表现，最终确定了最优的预测模型。模型训练过程中，充分考虑了降雨量、地表渗透率、排水系统容量等多种影响因素，确保预测模型的高精度和鲁棒性。系统部署阶段，平台被部署在云端服务器上，通过 Web 界面和移动端应用，提供实时的内涝预警和应急响应服务。平台具备高可用性和容错性，能够在

极端天气条件下稳定运行。预警信息通过多种渠道发布，包括短信、手机 APP、社交媒体和广播，确保市民和应急管理部门能够及时获取预警信息。平台的实施过程还包括对相关人员的培训，确保他们能够熟练使用平台，提高应急响应的效率。

（二）内涝预警与应急响应效果评估

平台在某次强降雨事件中的实际应用效果显著，展示了其在内涝预警和应急响应中的强大功能。该次事件中，平台通过实时监测和数据分析，成功提前2小时发布了内涝预警信息。预警信息包括具体的内涝高风险区域、预计积水深度和应急措施建议<sup>[9]</sup>。应急管理部门迅速响应，提前部署了排水泵和应急队伍，对易涝区域进行了重点监控和及时排水，有效减少了内涝灾害的影响。事件结束后，通过对比历史数据和本次事件中的应急响应效果，评估显示平台的预警准确率达到87%，预警提前时间平均为1.5小时，应急响应时间缩短了40%。具体该次事件中，内涝受影响区域的积水深度比以往降低了30%，直接经济损失减少了35%。居民对平台的满意度也显著提高，认为平台提供的预警信息及时、准确，为防范内涝灾害提供了有力支持。平台在多次实际应用中的表现都超过了预期。在另一场暴雨事件中，平台同样提前发布了内涝预警信息，相关部门迅速启动应急预案，提前疏散了低洼区域的居民，并采取临时排水措施，成功避免了大规模内涝灾害的发生。这次事件中，预警信息提前发布时间达到了2小时，积水深度较历史事件平均降低了25%，经济损失减少了28%。通过这些实际应用案例，可以看出平台在内涝预警和应急响应中的应用效果显著，提高了城市管理部的应急处理能力，减少了内涝灾害带来的经济损失和社会影响。

五、基于案例的经验与启示

（一）提升内涝预警准确性的关键因素

提升内涝预警准确性的关键因素主要包括多源数据的全面采集与融合、先进的机器学习算法以及实时的数据处理能力。多源数据的采集是预警系统准确性的基础，通过整合气象数据、地理信息、实时监测数据和历史内涝数据，系统能够全面了解内涝风险的空间分布和时间变化<sup>[9]</sup>。在某城市的应用中，平台部署了超过

200个物联网传感器，覆盖了降雨量、积水深度、排水系统状态等多种数据类型。这些传感器实时传输数据，确保平台能够及时获取和更新内涝风险信息。数据融合与处理方面，平台采用了贝叶斯网络和深度学习算法，对多源数据进行综合分析，提高了预测模型的准确性和鲁棒性。通过对历史数据的分析，平台能够识别出影响内涝发生的关键因素，例如降雨强度、持续时间、地表渗透率和排水系统容量等。在一次极端暴雨事件中，平台成功预测了多个内涝高风险区域，预警准确率达到87%，比传统方法提高了30%。

（二）对其他城市内涝预警系统的参考意义

基于某城市内涝预警系统的成功经验，对其他城市具有重要的参考意义。多源数据采集与融合技术为其他城市提供了有效的解决方案。通过部署物联网传感器、气象监测设备和地理信息系统，其他城市也可以实现对降雨量、积水深度和排水系统状态的全面监测<sup>[10]</sup>。某沿海城市可以通过类似的传感器网络，实时监测暴雨和海潮对内涝的影响，提前采取应急措施。机器学习算法的应用展示了技术创新在内涝预警中的重要性。其他城市可以借鉴这种方法，通过对历史降雨和内涝数据进行分析，构建适合本地特点的内涝预测模型。在实际应用中，某城市的深度神经网络算法成功预测了内涝高风险区域，提高了预警的准确性和及时性。其他城市可以采用类似的算法，结合本地的降雨和地理信息，提高内涝预警的精准度。

结语

城市内涝问题日益严重，基于大数据技术的内涝预警仿真平台展示了其在提升内涝预警准确性和应急响应能力方面的显著优势。通过多源数据的全面采集与融合、机器学习算法的应用以及实时数据处理能力的提升，平台能够提供精确、及时的内涝预警信息。某城市的成功经验表明，这种技术方案不仅提高了应急管理部门的决策效率，还减少了内涝灾害带来的经济损失和社会影响。未来，随着技术的不断进步和应用范围的扩大，内涝预警系统有望在更多城市得到推广和优化，为城市防灾减灾提供更为强大的技术支持，有效保障城市居民的生命财产安全。

参考文献：

[1] 王素杰. 新媒体背景下企业营销管理发展战略创新路径分析 [J]. 老字号品牌营销, 2023(17): 27-29.  
[2] 蒋莫若. 基于大数据的营销智能运营管控系统建设 [J]. 大众用电, 2019(07): 10-11.  
[3] 王政辉. 计算机网络空间安全态势感知技术发展探索——评《网络空间安全防御与态势感知》. 中国安全科学学报, 2021(10): 199.  
[4] 施长苗; 王月花; 陈燕旭; 俞文清; 陈蓉. 基于大数据慢性病健康指数模型的构建与应用研究 [J]. 中国公共卫生管理, 2023(06): 815-818.  
[5] 连永章. 基于大数据和 BIM 技术的工程造价管理策略 [J]. 铁道建筑技术, 2021(05): 175-178.  
[6] 李占华; 赵红兵; 张庆竹; 卢克; 李建东. 小清河流域数字孪生智慧平台设计与应用 [J]. 水利信息化, 2023(06): 25-31.  
[7] 曹雁, 张万辉, 朱思为, 等. 城市排水设施智慧化管理系统的设计与应用 [J]. 市政技术, 2023, 41(08): 74-80.  
[8] 王志, 薛子云, 王金龙, 等. 我国城市内涝现状及成因思考 [J]. 四川建材, 2023, 49(07): 251-253.  
[9] 李浩. Z 市城市内涝数字化治理问题及对策研究 [D]. 重庆科技学院, 2023.  
[10] 张浩瀚. 城市内涝风险专项体检指标体系与评估方法研究 [D]. 北京建筑大学, 2023.



# 新能源风电工程建设施工的管理分析

李俊才

上海斯能投资有限公司，山西 太原 030006

**摘 要：** 随着全球能源结构转型和全民环境保护意识的提升，新能源风电工程作为清洁能源的代表之一，其项目建设的重要性日益凸显，施工管理作为新能源风电工程建设管理的核心环节，施工管理的质量和效率水平直接关系到项目整体效益。本文就从新能源风电工程建设施工管理的背景和意义入手，结合实际情况分析当前新能源风电工程建设施工管理中存在的问题，并提出相应的优化策略，旨在为新能源风电工程一类项目的建设施工管理提供理论支持和实践指导。

**关 键 词：** 新能源风电；工程建设；施工管理

## Management Analysis Of New Energy Wind Power Project Construction

Li Juncal

Shanghai Sanneng Investment Co., LTD, Taiyuan, Shanxi 030006

**Abstract：** With the transformation of global energy structure and the improvement of national awareness of environmental protection, new energy wind power project as one of the representatives of clean energy, the importance of its project construction is becoming increasingly prominent. Construction management as the core link of new energy wind power project construction management, the quality and efficiency of construction management are directly related to the overall benefit of the project. This paper starts with the background and significance of the construction management of new energy wind power projects, analyzes the existing problems in the construction management of new energy wind power projects combined with the actual situation, and puts forward corresponding optimization strategies, aiming at providing theoretical support and practical guidance for the construction management of new energy wind power projects.

**Keywords：** new energy wind power; engineering construction; construction management

## 引言

随着全球能源危机的日益严重和环境保护的迫切需求，新能源的开发和利用成为当今世界的热门话题，其中，风电作为一种清洁、可再生的能源，受到了广泛关注。近年来，我国风电产业发展迅速，风电装机容量持续增长，风电工程建设施工也呈现出蓬勃发展的态势。但是，在风电工程建设施工过程中，由于施工环境复杂、技术要求高、施工周期长等特点，施工管理面临着诸多挑战。因此，对新能源风电工程建设施工管理进行深入分析，优化施工管理策略，强化新技术应用，能够更好地推动风电产业的持续健康发展。

## 一、新能源风电工程建设施工管理概述

### 1. 基本概念

新能源风电工程建设施工管理是指在风电工程建设过程中，通过计划、组织、指挥、协调、控制和监督等手段，对人力、物力、财力等资源进行优化配置，确保风电工程建设的顺利进行，并达到预期的质量、进度、成本和安全目标的过程<sup>[1]</sup>。这一过程涉及多个方面，包括施工现场管理、施工质量管理、施工进度管理、施工成本管理、施工安全管理等。

### 2. 重要性

新能源风电工程建设施工管理的重要性不言而喻。首先，风

电工程建设施工是一个复杂的系统工程，涉及多个专业领域和环节，需要各个部门和人员之间的密切配合和协同作战。只有通过有效的施工管理，才能确保各个环节之间的衔接顺畅，避免出现质量问题和安全事故。其次，风电工程建设施工具有周期长、投资大、风险高等特点，需要严格控制成本和进度，确保项目的经济效益和社会效益。通过科学的施工管理，可以合理控制成本和进度，提高项目的整体效益。最后，随着风电技术的不断发展和市场竞争的加剧，风电工程建设单位施工管理的水平和质量将直接影响企业的竞争力和市场地位<sup>[2]</sup>。因此，加强风电工程建设施工管理具有重要的现实意义和战略意义。

## 二、现阶段新能源风电工程建设施工管理问题分析

### 1. 安全管理问题

在新能源风电工程建设施工过程中，安全管理是基石。然而，目前一些风电工程项目在安全管理方面却暴露出诸多问题。首先表现为安全意识淡薄，许多项目团队对安全事故的预防和应对能力明显不足，往往只在事故发生后才匆忙应对，而忽视了事前的预防和准备，这种“亡羊补牢”的态度，无疑给风电工程建设带来了极大的安全隐患。其次是安全管理制度不完善，在一些项目中，安全责任不明确，制度执行不力，导致安全管理流于形式，难以发挥应有的作用，这不仅让安全管理人员无法有效地履行职责，也使得施工人员在面对安全隐患时缺乏应有的警觉和应对能力。最后是安全投入不足。由于资金、技术等方面的限制，一些风电工程项目在安全设施和技术手段上显得相对落后。例如，一些项目可能缺乏必要的安全防护设备，或者设备老化、损坏后得不到及时更换和维修。

### 2. 质量管理问题

质量管理作为新能源风电工程建设施工管理的核心，对于确保项目质量、提升整体性能至关重要，但是当前一些风电工程项目在施工质量管理方面仍存在不少问题。首先体现为质量管理体系不完善。在一些项目中，质量管理体系的构建缺乏系统性和全面性，导致质量控制措施难以全面覆盖各个环节。此外，一些项目虽然建立了质量管理体系，但由于执行不力、监管不严，导致体系形同虚设，无法真正发挥作用。其次体现为施工人员素质参差不齐、技术水平不高。风电工程是一个技术密集型行业<sup>[3]</sup>，对施工人员的专业素质和技能要求较高。就实际情况来看，一部分施工人员可能缺乏必要的专业知识和操作技能，对施工工艺和质量要求不熟悉，从而容易出现质量缺陷。再次体现为施工材料质量不稳定。施工材料是构成风电工程实体的基础，其质量直接影响风电工程的质量和性能。在一些风电项目中，由于建设方对施工材料的质量控制不严，可能存在使用采用劣质材料或不合格材料的情况，严重影响风电工程的质量和性能。最后体现为施工工艺不合理。施工工艺是风电工程建设施工的关键环节，其合理与否直接关系到风电工程的质量，部分风电项目可能采用落后的施工工艺或忽视施工细节，导致质量问题频发。

### 3. 进度管理问题

进度管理直接影响新能源风电工程项目建设整体效益，就当前各类风电工程项目建设实际进度管理情况来看，仍存在较大的进度压力，具体原因如下：一是风能风电工程项目建设周期相对较短，但往往在实际运行中会进一步压缩时间，导致工作量增加，容易出现失误，影响项目的建设进度。一般项目从规划到开工12—22个月，建设期17—37个月，但实际操作中可能更短<sup>[4]</sup>。二是面临复杂的外部环境因素的挑战，风电项目通常位于较为偏远的地区，地形复杂，气候条件恶劣，一旦遭遇如大风、雨雪等恶劣天气，可能导致施工中断或进度延误。三是对外协调工作量大，风电工程涉及多个部门、多个单位的协调，如政府部门、电网公司等，各级政府部门、电网公司对风电项目的支持力度不同，能否及时协调成功存

在较大不确定性，风电项目的立项、可行性研究、设计、施工、竣工验收等都需要经过多个部门审批和许可。

### 4. 成本管理问题

成本管理是新能源风电工程项目建设施工管理的重要保障部分，在风电项目施工成本管理中，从认识层面来看，存在单纯将成本管理任务交由项目成本管理财务或工程组织、材料管理等部门负责的情况，导致成本管理的权责在实际施工过程中被削弱或淡化。同时还存在工作人员成本管理意识不强、原材料浪费现象，在进行风电设备的选择时，也主要借鉴其他工程经验，没有立足于工程实际情况，变相增加了工程设备投入。从风电工程施工成本目标制订层面来看，存在制定过于表面化、简单化的情况，未将工程现场环境、工期等因素考虑在内，导致目标成本在实际施工程序的操作中缺乏可行性，难以形成科学的成本管理体系。最后是前期成本预测不够准确，没有充分考虑到土地使用费、勘察设计费、输变电工程费和建设费等各项费用，缺乏周密的成本计划，导致施工阶段成本控制难度较大。

### 5. 管理方法问题

新能源风电工程建设项目区别于以往的电力工程项目，建设方在进行施工管理的过程中，需要采取更为先进的管理技术和方法，满足整体项目建设需求。就实际情况来看，不少风电项目仍延续传统的施工管理技术方法，缺少新技术尤其是信息化技术、智能化技术、绿色施工技术的应用，一定程度上降低了整体施工管理效率和水平。

## 三、新能源风电工程建设施工管理优化策略探讨

### 1. 安全管理方面

为提升新能源风电工程建设施工安全管理水平，首先要加强安全教育培训。针对不同岗位和人员的特点，开展有针对性的安全教育培训，增强施工人员的安全意识和操作技能。同时，加强安全文化建设，以张贴宣传海报、横幅或者组织集中观看安全教育警示视频等方式营造浓厚的安全管理氛围，提高项目团队和施工人员的安全意识，让他们充分认识到安全管理的重要性。其次健全和完善施工安全管理制度，一是明确各级人员的安全职责和权力，安全主管或安全经理则负责具体的安全管理工作，包括制定安全计划、组织安全检查、监督安全制度的执行等。同时，他们还需要与其他部门密切合作，确保各部门之间的安全信息畅通，形成合力；二是建立常态化安全管理体系，包括制定详细的安全管理规定、安全操作规程、安全检查制度等。这些制度应当明确各级人员的安全职责和权力，规定安全工作的具体要求和流程，确保各项安全措施得到有效执行；三是建立相应的奖惩机制，对安全工作表现突出的个人和团队进行表彰和奖励，对违反安全规定的行为进行严肃处理；四是建立应急预案机制，明确应急响应的流程、责任人和资源保障等，同时定期组织应急演练和培训活动，提高应急响应的能力和水平。

### 2. 质量管理方面

为提升新能源风电工程建设施工质量管理水平，首先要建立

健全的质量管理体系，确保质量管理能够全面覆盖风电工程施工建设的各个环节，在此基础上加大质量管理体系的执行力度和监管力度，确保各项质量控制措施得到有效执行，定期对质量管理体系进行审查和评估，及时发现和纠正体系中存在的问题和不足。其次提高施工人员素质和技术水平。通过加强施工人员培训和教育的方式，提高施工人员的专业素质和技能水平。培训内容可以包括风电工程的基本知识、施工工艺和技术要求、安全操作规程等，同时建立并实施施工人员技能认证制度，对施工人员的技能水平进行定期考核和评估。再者加强施工材料质量控制，确保材料质量符合相关标准和要求。通过建立实施材料供应商评估和选择机制，选择具有良好信誉和质量保证能力的供应商，并对进场的材料进行严格的质量检验和验收，确保材料质量符合要求。最后根据风电工程的特点和要求，优化施工工艺和技术方案。建设单位注意采用先进的施工工艺和技术手段，提高施工效率和质量。设立技术专家小组加强施工过程中的质量控制和监管，确保施工工艺得到正确执行。

### 3. 进度管理方面

要提升新能源风电工程建设施工进度管理水平，首先要建立科学的进度管理体系，制定详细的进度计划，并进行分级管理，同时设立专门的进度管理机构，明确责任和任务并定期对进度进行检查和评估，及时发现问题并采取措施。其次强化风险管理，建立完善的风险管理体系，对可能出现的内外部风险进行预测和评估，制定相应的风险应对措施和预案，加强对施工过程的监控和管理，及时发现并处理潜在的风险问题，确保新能源风电工程建设施工项目能够按时、高质量地完成。再次是优化资源配置和技术创新，合理配置施工队伍和设备资源，引进先进的施工技术和设备，提高施工效率，保证工程进度。最后是加强对外协调工作，建设单位要加强与政府部门、电网公司等建立有效的沟通机制，提前了解审批流程和要求，确保项目能够顺利推进，减少程序上、审批上不必要的时间延误。

### 4. 成本管理方面

要提升风电工程建设施工成本管理水平，首先要增强成本意识，完善成本管理体系，一方面强调全员参与成本管理的理念，将成本管理贯穿于风电项目施工的全过程，另一方面明确成本管理的权责，不能单纯地将任务交给某个部门，要建立一个跨部门的成本管理团队，包括财务会计人员、施工组织及生产人员等，让他们共同参与成本管理，确保权责明确，避免在实际施工过程中被削弱或淡化。其次不能盲目借鉴其他工程经验，而要立足于工程实际情况，通过充分的市场调研和技术分析，选择适合本工程的风电设备，避免不必要的投入和浪费。最后充分考虑工程现场环境、工期等因素制定科学的成本控制标准，同时充分调查市场情况，准确预测前期成本，包括土地使用费、勘察设计费、输变电工程费和建设费等，根据工作分解法（WBS）<sup>[5]</sup>编制建设期间的成本计划，确保施工阶段成本控制的有效性。

### 5. 管理方法方面

随着科技的不断进步，建设单位要不断加强新技术在风电工程建设施工管理中的应用。比如通过引入信息化管理系统，实现对施工进度、质量、成本等信息的实时监控和数据分析，提高管理效率和准确性。再比如利用无人机、机器人等智能化设备进行施工现场的监测和作业，利用智能风力预测技术，预测未来风速变化，优化风力发电机组的运行，降低人工成本和施工风险。此外要加强绿色施工技术的推广应用，采用环保材料和节能设备，以减少施工过程中的环境污染和能源消耗。

## 结语

综上所述，新能源风电工程建设施工管理要从安全管理、质量管理、进度管理、成本管理等多个层面入手建立起完善的施工管理体系，同时要结合未来风电工程建设施工管理发展趋势，加强新技术应用，切实提升施工管理水平，推动风电工程建设项目可持续发展。

## 参考文献：

- [1] 唐继文. 新能源风电工程建设施工的管理要点探讨 [J]. 大众标准化, 2023, (09): 67-69.
- [2] 彭波. 新能源风电工程建设施工管理策略探讨 [J]. 工程技术研究, 2022, 7(12): 113-115.
- [3] 刘晶, 韩锐, 李英昌. 新能源风电工程建设施工的管理要点分析 [J]. 冶金管理, 2021, (11): 115-116.
- [4] 张鹏. 新能源风电工程建设施工的管理要点 [J]. 居业, 2020, (12): 177-178.
- [5] 李东. 新能源风电工程建设施工的管理要点 [J]. 住宅与房地产, 2020, (21): 237+251.

# 新能源工程主要电气设备质量技术选型标准化研究

李林, 卢明玥, 朱晓松, 徐烨, 乔学

国华能源投资有限公司, 北京 100010

**摘 要 :** 随着全球碳中和及能源转型进程的推进, 国内新能源行业迅猛发展, 各种类型的新能源场站不断涌现。项目建设周期的收紧, 必然伴随着变化多样的技术方案、设备配置、技术参数以及其他场景。新能源工程主要电气设备质量技术选型标准化是对既有新能源工程项目以及专业技术管理工作的一次全面总结和提升, 同时也是对即将开展建设的新能源工程的电气设备质量技术选型的技术指导和规范统一。

**关 键 词 :** 新能源工程; 设备选型; 技术规范; 标准化

## Study On Standardization Of Quality Technology Selection Of Main Electrical Equipment In New Energy Engineering

Li Lin, Lu Mingyue, Zhu Xiaosong, Xu Ye, Qiao Xue

Guohua Energy Investment Co., LTD. Beijing 100010

**Abstract :** With the advancement of global carbon neutrality and energy transformation process, the domestic new energy industry is developing rapidly, and various types of new energy stations are emerging. The tightening of the project construction cycle is inevitably accompanied by a variety of technical solutions, equipment configuration, technical parameters and other scenarios. The standardization of the quality technology selection of the main electrical equipment for new energy engineering is a comprehensive summary and improvement of the existing new energy engineering projects and professional technical management work, and it is also the technical guidance and standardization of the quality technology selection of electrical equipment for the upcoming construction of new energy projects.

**Keywords :** new energy engineering; equipment selection; technical specifications; standardization

### 一、新能源工程主要电气设备质量技术选型标准化研究的目的

新能源工程主要电气设备质量技术选型标准化研究是国华能源投资有限公司(以下简称:国华投资)在2023年开始开展的标准化工作,对新能源工程主变压器、高压配电装置、动态无功补偿装置、开关柜、预制舱、站用变及接地变、箱式变电站、逆变器、储能等设备逐一梳理,制定标准化技术规范书范本。

近年国内新能源发电工程建设发展迅猛,各种形式的新能源发电站不断出现,新能源工程具有建设周期紧,“短平快”的特点,必然伴有不完善、需要改进甚至是还需变化的技术方案、配置、设计参数和其他条件。制定技术规范书范本,符合落实国华投资标准化管理的要求,是适应新能源工程的快速发展、对日常技术管理工作进行的一次全面的总结和提升。

### 二、新能源工程主要电气设备质量技术选型标准化对招标采购的重要意义

技术规范书是招标文件的重要组成部分,是对所采购设备技术规范的说明文档。技术规范书是有关生产制造设备的技术要求,执行工艺过程以及产品性能、服务质量要求等方面的准则和标准<sup>[1]</sup>。

招标文件是实施招标采购过程中的关键文件,但在实际招采过程中仍存在多种缺陷,一定程度上影响招采过程的公开、公平、公正,因此应对招标文件在合法范畴内做出进一步规范的要求,提出更明确的标准,使招标文件趋于标准化和规范化,从而使招标采购过程更为科学合理、公平公正<sup>[2]</sup>。

在招标采购过程中,招标文件是投标人制定投标方案和编写投标文件的重要依据,是投标人对招标文件的响应、是参与设备竞争的重要文件,更是评标专家评分的重要依据。因此,招标文件在招标采购过程中有着十分重要的意义和作用<sup>[3]</sup>。

### 三、新能源工程主要电气设备质量技术选型标准化对典型化设计的重要意义

新能源工程主要电气设备质量技术选型标准化是对典型化设计的有力补充与支撑,同时确保典型设计的具体实施。保证电气设备在安全可靠、技术成熟、应用广泛、性价比高的前提下,适度采用较高品质的电气设备,并与国家电网及各大央企、国企发电企业的电气设备对标<sup>[4]</sup>。

通过本次电气设备技术规范标准化建设的研究,在今后新能源项目设备采购与设备制造企业合作中,实现设备招标采购标准化,实现“所招即所得”,定标后无需合同谈判、避免招标反复澄清、消除商务变更、将典型化设计方案的实施落到实处<sup>[5]</sup>。



四、新能源工程主要电气设备质量技术选型标准化文件编制的工作纲要

主变压器、高压配电装置、SVG、开关柜、站用变及接地变、箱变、逆变器、储能等设备是新能源工程最重要、最关键的设备，对电站的经济性、安全性、可靠性有直接的影响，在新能源工程造价中占有较大比例，为了使技术规范书范本能更好地适应新能源工程建设的需要、技术路线的选择及国家节能降耗的要求<sup>[6]</sup>，技术规范书范本编制原则和依据及技术规范书范本的分类说明以及组成进行如下：

（一）编制原则

安全可靠，技术先进，标准统一，通用互换。  
根据项目所在区域的不同及自身的特点，采购标准应保持灵活性。

（二）编制依据

- 1. 国家发布的有关招投标的各项法律法规；
- 2. 符合国内外厂商设备实际制造水平；
- 3. 国华投资新能源工程各项建设管理制度；
- 4. 国华投资新能源工程各项招标采购管理制度；
- 5. 新能源工程相关的各类设备设计、制造标准；
- 6. 与新能源工程建设设计、施工、调试、性能试验、竣工验收、达标投产、运行和检修相关的国家或行业标准、规范、导则、规定等。

（三）编制内容

通过对新能源工程主要电气设备技术水平、布置以及造价影响进行调研，编制新能源工程电气一次主要设备技术选型标准技术规范书（范本），包含：主变压器、GIS、SVG、开关柜、箱变、逆变器、储能装置等，形成国华投资设备采购的标准体系。

（四）编制过程

- 1. 调研设备生产厂家、各省域分公司已投运项目主要电气设备的运维情况；
- 2. 举办设备选型专题研讨会；
- 3. 编制设备技术选型标准技术规范书；
- 4. 举办设备技术选型标准技术规范书验收会；
- 5. 编制设备技术规范书索引技术指导手册；
- 6. 形成设备采购标准体系。

（五）技术规范书范本的分类说明

主要电气设备实物“ID”由英文字母及阿拉伯数字组成，代码结构由公司代码、行业代码、设备代码、电压等级代码和设备编号代码五部分构成。

- 1. 公司代码段  
公司代码段的位数为4位英文字母组成 GHTZ，用于标识电气一次设备实物“ID”归属单位，即国华投资。
- 2. 行业代码段  
行业代码段的位数为3位英文字母组成 XNY，用于标识电气一次设备实物“ID”所属行业，即新能源发电行业。
- 3. 设备代码段  
设备代码段的位数为1位英文字母组成，分别用以下字母代指下列设备：  
B- 变压器

- G-GIS 组合电器
- K- 开关柜
- S-SVG 无功补偿装置
- J- 接地变压器
- Y - 电气设备预制舱
- X- 箱式变电站
- N- 逆变器
- C- 储能

4. 电压等级代码段

电压等级代码段的位数为3位阿拉伯数字组成，分别用以下数字代指电压等级：

- 220-220kV
- 110-110kV
- 035-35kV
- 004-0.4kV

注：招标阶段电压等级无法确定设备用000代替。

5. 设备编号代码段

设备编号代码段的位数为3位阿拉伯数字组成，分别代表相应设备编号。

（六）技术规范书范本的组成

每类技术规范书范本共分为三部分，分别为使用说明、通用部分和专用部分。

- 1. 使用说明  
简述本规范书使用要求。
- 2. 通用部分

技术规范通用部分为所招标设备的通用技术要求。主要组成部分包括：总则、标准引用、通用技术要求、试验、设备监造和检验要求、技术服务、培训与设计联络、技术资料和交付进度、大件运输等内容。

3. 专用部分

技术规范专用部分为所招标设备的专用技术要求。主要组成部分包括：供货要求及交货进度、专用技术要求、供货范围、技术条款偏差表等内容。

五、新能源工程主要电气设备质量技术选型标准化文件对新能源项目的适用性

新能源发电项目的电气设备选型是一项重要的工程决策，直接影响发电场站的可靠性、安全性以及经济性。应根据实际情况选择合适的型号。在选择电气设备时，电气设备型号应符合当地电网要求，考虑发电场站所在环境及使用条件，如海拔、污秽等级、地震烈度、气温、风速、安装方式，以及发电场站的发电量要求等<sup>[7]</sup>。因此，必须结合现场实际条件分析研究，确定合理的电气设备型号，保证发电场站的安全、稳定、可靠运行。

（一）环境条件的适用性

- 1. 标准化范本环境海拔条件为1000m及以下，当具体项目海拔超过1000m时，应对容量、试验电压、最小安全净距等进行修正。当具体项目海拔2500m及以上时，可对设备型式进行调整，相关布置做相应调整。

2. 标准化范本环境污秽等级按 d 级, 户外设备外绝缘统一爬电比距按 53.7mm/kV; 当具体项目污秽等级不同时, 应修正屋外设备外绝缘统一爬电比距, 其中 a 级和 b 级按 34.7cm/kV、c 级按 43.3mm/kV、e 级按 60.6mm/kV。

## (二) 电气设备的适用性

### 1. 主变压器

标准化范本主变压器选用三相油浸式、双绕组/带平衡绕组/双分裂绕组、低损耗、自然油循环自冷式(容量 180MVA 及以下)或风冷式(容量 180MVA 以上)有载调压电力变压器。主变应按 GB 20052 中不低于 2 级能效设计, 具体项目以满足当地验收要求为准。

### 2. 开关设备

本规范设计 110kV 及以上配电装置采用气体绝缘金属封闭开关(GIS)设备, 根据环境条件选择户内或户外布置。GIS 断路器设置单独气室, 避雷器、出线侧电容式电压互感器采用户外独立式布置, 污秽条件参照 GB/T26218 的规定执行。

35kV 及以下开关设备均采用户内成套 KYN 开关柜, 海拔 2500m 以上或布置空间受限时, 宜采用 SF<sub>6</sub> 气体绝缘开关柜。

### 3. 接地变选型

本标准化设计 35kV 及以下接地变、站用变类设备均采用户内/户外干式设备, 为使接地变及站用变安全可靠运行, 本标准化设计推荐接地变与站用变分开设置, 独立运行, 互不干扰。

标准化设计中接地变中性点电阻电流值 300A、400A、800A……为推荐值。

### 4. 无功补偿设备

标准化设计无功补偿方案按常用的 SVG 装置考虑, 具体项目设计时应根据接入系统报告、电网公司批复意见及当地电网特殊要求确定最终无功补偿方案及配置容量, 必要时需设置电容器组滤波装置或调相机。

### 5. 站用电系统

35kV 站用变选用干式变压器, 安装于预制舱内; 10kV 备用变压器宜采用户外柱上油浸式变压器, 若具体项目有特殊要求可采用干式变。

低压柜采用抽屉式开关柜。

### 6. 主变低压侧连接母线

标准化设计主变低压侧导体方案采用全绝缘管母线, 具体项目当地电网公司若有特殊要求, 可采用带支柱绝缘子的半绝缘母线或共箱封闭母线。

### 7. 预制舱

标准化设计电气设备布置方案按“高压配电装置—主变—中压配电装置预制舱”顺序布置原则, 中压配电装置舱、主控舱、蓄电池舱(若有)、二次设备舱组成二次组合舱, 各舱具体尺寸可根据舱内相关设备配置情况复核调整。

### 8. 储能设备

标准化设计储能系统选用磷酸铁锂电池、非步入式、水冷户外集装箱方案, 由若干储能单元并联组成, 每个单元由储能电池组、储能变流器 PCS、升压变压器组成, 升压至 35kV 后接入升压站 35kV 母线。变压器一般选用三相双绕组铜芯干式低损耗风冷免维护的电力变压器。

储能系统布置推荐采用储能集装箱内部布置, 储能系统布置

应遵循安全、可靠、方便使用的原则, 便于安装、操作、搬运、检修和调试, 功率变换系统布置应考虑通风和散热。电池系统的布置应考虑电池的防火、通风要求。

## 六、新能源工程主要电气设备质量技术选型标准化研究的成果

新能源发电建设, 进入了以风光储为重要特征的新阶段。通过此次技术选型标准化的研究, 实现集约化管理, 发挥集团化运作的规模优势, 提高资源利用率, 提升新能源工程的建设和管理效益<sup>[9]</sup>, 多方面推动提高国华投资的整体效益, 最终形成国华投资设备采购的标准体系。目前, 国华投资新建新能源场站, 例如: 国华南乐 100MW 风电项目、国华玛依塔斯风电场 49.5MW 改造和 50MW 增容项目、国华文昌 100MW 渔光互补光伏发电扩建项目、国华儋州 100MW 农光互补光伏发电项目、国华五矿萝北一期 20 万千瓦风储项目、国华沧州“绿港氢城新材料”1090MW 光伏项目的招标文件均已采用此技术规范书范本。新能源工程主设备技术规范书范本的制定, 对规范国华投资新能源工程基建项目的设备采购、标段范围划分, 设计参数选择可以提供重要的参考<sup>[10]</sup>, 对用户单位的设备选型工作具有重要的指导意义。

## 结论

综上所述, 新能源发电领域的持续进化与技术的迭代更新再次强调了新能源工程标准化建设的紧迫性与不可或缺。回顾电力行业的发展历程, 标准化不仅是技术进步的催化剂, 更是系统安全稳定、经济高效运行的坚实保障<sup>[10]</sup>。在新技术如构网型储能、调相机和虚拟同步发电机技术等融入新能源发电的今天, 具有前瞻性的标准体系是促进全行业持续、健康发展的基石。为此, 新能源工程的各方参与者应深化合作、共同制定和完善技术规范和操作标准, 推动新能源工程实现更高层次的标准化。

## 参考文献:

- [1] 潘瑞辉, 杜博文, 张士也. 输配电及用电工程标准化发展的建议探究[J]. 中国管理信息化, 2020, 23(20): 124-125.
- [2] 林森. 输配电及用电工程的标准化发展问题探析[J]. 山东工业技术, 2018, (14): 189.D01:10.16640/j.cnki.37-1222/t.2018.14.171.
- [3] 常晓炜, 董春霞, 季鹏, 等. 基于结构化思维的招投标标准化研究[C]//中国电力科学研究院. 2019 智能电网新技术发展与应用研讨会论文集. 国网河北招标有限公司; 国网河北省电力有限公司物资分公司; , 2019: 3.
- [4] 张弛, 徐承松. 工程服务类技术规范书标准化路径研究[J]. 科技创新导报, 2017, 14(30): 164+166.D01:10.16660/j.cnki.1674-098X.2017.30.164.
- [5] 黄智星, 黄志光. 电力设备招标业务标准化及其应用研究[J]. 中国科技信息, 2011, (03): 119-121.
- [6] 周亚. 浅谈物资标准化招标文件在电力设备采购中的运用[J]. 中国设备工程, 2021, (08): 261-262.
- [7] 宋大鹏. 招标文件标准化及信息系统建设的探索实践[J]. 中国管理信息化, 2022, 25(01): 89-92.
- [8] 柴海棣. 企业招标文件标准化体系建设探索实践[J]. 招标采购管理, 2022, (10): 32-34.
- [9] 张弛, 徐承松. 工程服务类技术规范书标准化路径研究[J]. 科技创新导报, 2017, 14(30): 164+166.D01:10.16660/j.cnki.1674-098X.2017.30.164.
- [10] 钱晓东, 李志永. 论电力设备招标电子化与规范化、标准化的关系[J]. 中国市场, 2011, (10): 40-42.

# 用户综合能源系统一体化规划设计研究及应用

李小仕, 王雅婷

浙江云碳科技有限公司, 浙江 宁波 315000

**摘 要 :** 本文研究了萧山区作为能源输入城市, 在面临短时电力紧缺和新能源波动增大的问题背景下, 通过实施“光储充一体化”综合能源服务项目, 提升了能源利用效率和安全供应。研究分析了不同类型的充电站规模和需求, 详细讨论了“光储充”系统的运行策略, 并通过实际案例对储能系统配置和经济效益进行了评估。通过实证分析表明, 该一体化系统不仅能满足电动车高效充电的需求, 还能实现电力系统的优化运行和成本节约, 特别是利用退役动力电池的再利用, 进一步提高了项目的经济和环境效益。

**关 键 词 :** 光储充一体化; 综合能源系统; 电动汽车充电站

## Research And Application Of Integrated Planning And Design Of User Integrated Energy System

Li Xiaoshi, Wang Yating

Zhejiang Cloud Carbon Technology Co., LTD., Ningbo, Zhejiang 315000

**Abstract :** In this paper, Xiaoshan District, as an energy-importing city, is faced with the problem of short-term power shortage and increased fluctuation of new energy. Under the background of the implementation of the integrated energy service project of “optical storage and charging integration”, the energy utilization efficiency and security supply are improved. The study analyzes the scale and demand of different types of charging stations, discusses the operation strategy of the “optical storage” system in detail, and evaluates the configuration and economic benefits of the energy storage system through practical cases. The empirical analysis shows that the integrated system can not only meet the demand for efficient charging of electric vehicles, but also realize the optimal operation and cost saving of the power system, especially the reuse of decommissioned power batteries, which further improves the economic and environmental benefits of the project.

**Keywords :** optical storage and charging integration; integrated energy systems; charging stations for electric vehicles

## 引言

萧山区是典型的能源输入城市, 能源消费超90% 依赖于外部输入, 十四五期间萧山面临短时电力紧缺、新能源波动增大、外来电影响显著等问题。而对于用户来说, 其用能需求正逐步趋向“清洁、节约、安全”, 即用能形式清洁、用能成本节约、用能需求安全。因此, 为保障能源电力安全供应, 支撑新型电力系统建设, 同时为用户提供更加高效的用能服务方案, 开展本项目研究工作。

## 一、光储充一体收益模式分析

光储充一体化综合能源服务项目通过将光伏、储能和充电站有机结合建设, 在白天利用分布式光伏发电为电动汽车充电站负荷进行供电, 提升分布式光伏发电消纳率, 同时利用电池储能系统在用电低谷时段充电, 在用电高峰时段放电, 以减小充电站负荷峰谷差, 乃至减小上级配电变压器负荷需求。通过光伏发电、储能优化能源配置, 结合充电站提供充电服务, 综合减少用户用电成本, 支撑绿色能源和交通发展。<sup>[1]</sup>

工业园区一般会有一些闲置土地或已建停车棚资源, 另一方面, 存在大批量通勤电动大巴、摆渡电动车、巡视电动车和员工

自有电动车的充电需求。通过园区光储充一体化充电站建设, 可以达到以下目的:

①充分利用园区内已有的空闲场地或停车棚, 通过优质清洁能源和储能技术为园区充电站乃至低压配电网提供安全、可靠、稳定和优质电力供应, 通过储能削峰填谷, 减小充电站负荷峰谷差, 为企业带来稳定可观的绿色经济效益;

②全面挖掘节能环保潜力, 通过清洁能源接入、电动汽车配套设施, 发展绿色能源建设, 提升新能源发电消纳, 为后续更多的清洁能源接入以及未来电动汽车的发展提供支撑解决园区及周边绿色出行的用能需求。

“光储充”一体化充电站汇聚了光伏发电、储能、充电桩建

设等多项技术,既可以为电动汽车充电供给清洁能源,又能达到削峰填谷、缓解用电压力等多项辅助服务功能,在很大程度上提高系统运行效率。光储充系统中的储能系统的主要作用在于充电设施运营商可以在电价低谷时段利用储能装置充电存储电能,在充电负荷高峰时段将存储的电能释放用以满足充电负荷需求,从而避免直接在电价高峰时段从电网购电,以此减少充电设施运营企业的运营成本,实现峰谷电价套利为充电站带来显著地经济效益。<sup>[2-4]</sup>

此外,对于建设传统充电站而言,充电设施场地以及电网接入是长期以来亟待解决的两大难题。而“光储充”一体化充电设施可以通过电力存储和优化配置等措施,实现电力就地生产消纳,能够按照自身需要与大电网灵活互动或独立运行,减少充电设施接入对电网的冲击。在电力能源消耗上,通过储能系统供给动力电池充电需求,在一定程度上提高能源转换效率,在充电设施规划、运营阶段减少了成本支出等,变相增加了收益。<sup>[5]</sup>

不仅如此,很多“光储充”一体化充电站配备的储能系统来自电动汽车退役的动力电池,相比于普通的储能电池其成本更低,在实现对动力电池的梯次利用的同时又能进一步提升盈利空间。<sup>[6]</sup>

## 二、光储充一体化收益计算模型

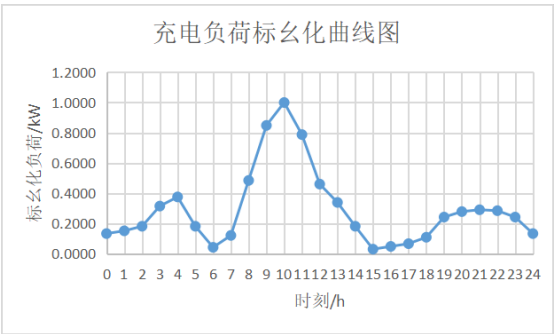
### 1. 类型归纳

光储充一体化主要以充电站规模为基础,需调研区域内新能源电动车行车轨迹及使用频率,并进行分析,得出充电需求曲线,从而确定充电站的规模,以及充电站内充电桩的数量及车位数量。不同场景充电桩规划设计情况如下图。



> 图1 不同场景充电桩规划设计情况

研究主要以商业和大工业用户典型充电桩负荷标么化曲线为基础,研究不同场景充电站与光伏、储能建设规模的关系,商业、大工业用户充电桩充电负荷标么化曲线如下:



> 图2 商业用户充电桩充电负荷标么化曲线



> 图3 大工业用户充电桩充电负荷标么化曲线

### 2. 光储充运行策略分析

相较于传统的单体充电桩,光储充一体化充电设施可以实现生产电力、存储电力和就地消纳。

运行策略为:电价低谷时段时,储能电池处于充电状态;电价处于尖峰或高峰时段时,储能电池处于放电状态,作为光伏组串的补充,共同为电动汽车充电。同时,光伏组串和蓄电池也可视为备用电源,当外部电源退出运行时,可利用光伏组件所发电量为充电桩提供电能;当光照条件充足,充电负荷低时,储能电池同时存储光伏发电余电;当光照条件不佳时,储能电池可继续为充电桩提供2h 电能,满足车辆应急充电的需求。<sup>[7]</sup>

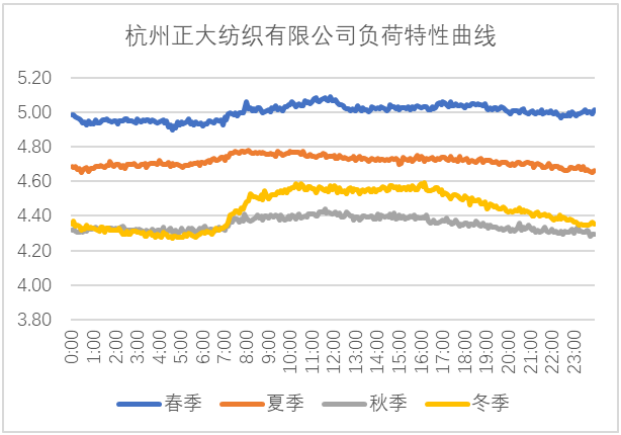
### 3. 充电站光伏、储能配置方案

确定充电站规模后,可确定充电桩和车位数量,从而确定雨棚面积,确定光伏规模,拟合充电站充电负荷曲线和光伏出力曲线,根据单体储能约束条件,确定储能规模。<sup>[8-10]</sup>

## 三、平峰型用户综合能源配置方案

水平型用户典型特征为全天生产用电负荷基本在一条水平线上,无明显高峰和低谷。

以杭州正大纺织有限公司为例,其配备装机容量为6840 kVA,最大用电负荷达到5088kW(春季4月22日11:50),最大负载率达到74.39%,属于大工业用户。该用户春夏秋冬四季负荷特性曲线如下图所示,用户四季尖峰电价时段和中午低谷时段负荷功率如下表所示。



> 图4 典型“双峰型”用户负荷特性示意图



表1 四季尖峰电价时段和中午低谷时段负荷功率表

| 季节 | 分类       | 负荷   | 单位 |
|----|----------|------|----|
| 春季 | 尖峰时段最小功率 | 5001 | kW |
|    | 低谷时段最大功率 | 5088 | kW |
| 夏季 | 尖峰时段最小功率 | 4700 | kW |
|    | 低谷时段最大功率 | 4761 | kW |
| 秋季 | 尖峰时段最小功率 | 4358 | kW |
|    | 低谷时段最大功率 | 4440 | kW |
| 冬季 | 尖峰时段最小功率 | 4497 | kW |
|    | 低谷时段最大功率 | 4577 | kW |

该用户基本电费缴纳模式为容量电费，因此结合其负荷特性曲线，最优储能配置规模为  $P_{\text{储}} = \min(P_{\text{上午尖峰 min}}, P_{\text{下午尖峰 min}}, S_{\text{变}} - P_{\text{中午谷电 max}}) = 6840 - 5088 = 1752\text{kW}$ 。因此按照该用户配置储能 1700kW/3400kWh 考虑，计算其经济收益指标如下。

表2 相关参数选取表

| 相关参数 |        |           |
|------|--------|-----------|
| 项目   | 数据     | 单位 / 说明   |
| 低谷电价 | 0.3533 | (元 / kWh) |
| 高峰电价 | 1.1051 | (元 / kWh) |
| 尖峰电价 | 1.3231 | (元 / kWh) |

相关参数

| 项目         | 数据      | 单位 / 说明                          |
|------------|---------|----------------------------------|
| 上网电价       | 0.4153  | (元 / kWh)                        |
| 现有变压器容量    | 6840    | (kVA)                            |
| 负载率        | 74.39%  | %                                |
| 现有基本电费缴费方式 | 1       | 1. 选用容量电费，容量 *30元 /kVA/ 月        |
|            |         | 2. 选用需量电费，功率 *40元 /kW/ 月         |
| 最大负荷       | 5088    | kW                               |
| 变压器功率因数    | 1       |                                  |
| 储能造价       | 2       | (元 / Wh)                         |
| 储能折旧       | 3.25%   | (收益)                             |
| 储能运行成本     | 1.00%   | (建设成本)                           |
| 储能补贴       | 0.3     | 投资补贴，年利用小时不低于600小时，一次性付清 (元 / W) |
| 储能单向效率     | 92.50%  | %                                |
| 储能放电深度     | 100.00% | %                                |
| 储能运行天数     | 300     | 天                                |
| 折现率        | 6%      | %                                |
| 电池衰减率      | 2.50%   | %                                |

表2 全寿命周期收益计算明细表

| 计算周期<br>1    |        | 建设期  | 运营期  |      |      |      |     |     |     |     |     |     |
|--------------|--------|------|------|------|------|------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
|              |        | 1    | 2    | 3    | 4    | 5    | 6   | 7   | 8   | 9   | 10  |     |
| 年利润          | 万元 / 年 |      | 172  | 167  | 159  | 147  | 132 | 116 | 99  | 81  | 65  | 50  |
| 1、现金流入       | 万元 / 年 |      | 172  | 167  | 159  | 147  | 132 | 116 | 99  | 81  | 65  | 50  |
| 2.1 储能成本     | 万元     | 680  |      |      |      |      |     |     |     |     |     |     |
| 2.2 储能运维成本   | 万元 / 年 | 7    | 7    | 7    | 7    | 7    | 7   | 7   | 7   | 7   | 7   | 7   |
| 2、现金流出       | 万元 / 年 | -680 | -7   | -7   | -7   | -7   | -7  | -7  | -7  | -7  | -7  | -7  |
| 3、净现金流量      | 万元 / 年 | -680 | 165  | 161  | 152  | 140  | 126 | 109 | 92  | 74  | 58  | 44  |
| 4、累计净现金流量    | 万元     | -680 | -515 | -354 | -202 | -62  | 64  | 173 | 265 | 339 | 397 | 448 |
| 净现金流量现值 (6%) | 万元 / 年 | -680 | 165  | 152  | 136  | 118  | 100 | 82  | 65  | 50  | 37  | 26  |
| 累计净现金流量现值    | 万元     | -680 | -515 | -363 | -228 | -110 | -11 | 71  | 136 | 185 | 222 | 247 |

表3 收益指标计算结果表

| 计算结果      |        |        |
|-----------|--------|--------|
| 分类        | 值      | 单位     |
| 储能建设功率    | 1700   | kW     |
| 占现有变压器容量比 | 24.85  | %      |
| 年充电量      | 220.54 | 万 kWh  |
| 年放电量      | 188.70 | 万 kWh  |
| 一次性建设成本   | 680.00 | 万元     |
| 储能运行成本    | 6.80   | 万元 / 年 |
| 折旧成本      | 22.10  | 万元 / 年 |

计算结果

| 分类            | 值      | 单位     |
|---------------|--------|--------|
| 投资总额          | 748    | 万元     |
| 年利润           | 171.75 | 万元 / 年 |
| 年净利润          | 142.85 | 万元 / 年 |
| 累计净利润         | 448    | 万元     |
| 静态投资回收期       | 5.49   | 年      |
| 投资回报率 (ROI)   | 25.01  | %      |
| 财务内部收益率 (IRR) | 13.14  | %      |

## 结论

萧山区作为典型的能源输入型城市，其能源供应主要依赖外部输入，面临短时电力供应不足和新能源波动增大的问题。随着

社会对能源需求的转变，人们逐渐倾向于选择清洁、节约、安全的能源利用方式。因此，本研究旨在通过“光储充一体化”技术的应用，优化能源利用结构，提高能源供应的安全性和效率，同时也满足现代用能需求的多样化。

## 参考文献：

- [1] 成飞, 陈佳, 陈辉. "光储充"一体化电站的商业模式演化动态研究——基于商业模式画布模型的分析 [J]. 现代商业, 2020(15):2.
- [2] 邢雅贤, 谢志辉, 刘恋. 新桥光储充一体化充电站能量管理策略的研究和应用 [J]. 电力与能源, 2023, 44(1):10-14.
- [3] 李欣璇, 张钟平, 王世朋, 等. 园区级光储充一体化系统关键技术研究 [J]. 能源与节能, 2023(12):46-48.
- [4] 邵祥, 刘梓洪. 光储充一体化电站设计方案及效益分析 [J]. 通信电源技术, 2022, 39(9):4.
- [5] 曹希桓. 光储充一体化充电站配置优化方法研究 [D]. 兰州理工大学, 2021.
- [6] 刘子博. 光储充一体化微网优化运行策略研究 [D]. 江南大学, 2023.
- [7] 丁雨昊, 吕干云, 刘永卫, 等. 考虑碳排放目标约束和需求侧响应的综合能源系统日前优化调度 [J]. 南方电网技术, 2022, 16(8):11.
- [8] 何佳, 闫娜, 张健, 等. 电动公交车充电站光伏储能系统容量配置优化 [J]. Journal of Central South University, 2023, 30(12):4268-4284.
- [9] 冯悦鸣, 陆水锦, 仇群辉, 等. 一种光储充一体化微网能量管理系统及方法: CN202010473552.X [P]. 2020-08-11.
- [10] 孟国情, 邱晓燕, 张明珂, 等. 计及柔性负荷和换电站的综合能源系统优化调度 [J]. 电子测量技术, 2023, 46(14):138-145.

# 光伏并网箱技术创新对可再生能源并网效率的影响探讨

王球飞

浙江诺电电力科技有限公司，浙江 温州 325600

**摘 要：** 本文探讨光伏并网箱技术创新对可再生能源并网效率影响，对光伏并网技术创新点进行概述，分析技术创新如何提升光伏发电系统转换效率，增强电网对光伏发电接纳调度能力，降低建设运营成本。量化技术创新对并网效率提升直接效应及与其他因素交互效应。推动可再生能源并网技术发展，提高并网效率。

**关 键 词：** 光伏并网箱；技术创新；可再生能源；并网效率；光伏发电

## Discussion On The Influence Of Photovoltaic Parallel Cage Technology Innovation On The Grid-Connected Efficiency Of Renewable Energy

Wang Qiufei

Zhejiang Nuodian Power Technology Co., LTD., Wenzhou, Zhejiang 325600

**Abstract：** This paper discusses the impact of photovoltaic and grid cage technology innovation on the grid-connected efficiency of renewable energy, summarizes the innovation points of photovoltaic grid-connected technology, analyzes how technological innovation can improve the conversion efficiency of photovoltaic power generation system, enhance the power grid's ability to accept and dispatch photovoltaic power generation, and reduce the construction and operation cost. Quantify the direct effect of technological innovation on improving grid-connected efficiency and the interaction effect with other factors. Promote the development of renewable energy technologies and improve the efficiency of grid connection.

**Keywords：** photovoltaic combined cage; technological innovation; renewable energy; grid-connected efficiency; photovoltaic power generation

光伏发电作为可再生能源重要组成部分，其发展速度迅猛。但光伏发电具有间歇性与不稳定性特征，给电网接纳调度带来挑战。光伏并网箱作为光伏发电系统与电网之间关键连接设备，其技术创新对提高可再生能源并网效率具有重要意义。从光伏并网箱技术创新角度出发，探讨其对可再生能源并网效率影响，为推动可再生能源并网技术发展提供理论实践支持。

### 一、光伏并网箱技术创新对可再生能源并网效率的优势

光伏并网箱集成电力电子智能控制算法，实现对光伏发电系统输出电能高效转换。使光伏并网箱适应光伏发电间歇性，快速响应调节，有效减少电能损失波动，提高光伏发电系统整体转换率。使得光伏并网箱在不同光照条件下自动调整工作模式，进一步优化光伏发电系统性能。采用通信数据交换协议，光伏并网箱实现与电网调度中心实时通信共享，为电网提供准确及时光伏发电运行状态。使电网能精确预测光伏发电，有效减少因光伏发电波动导致的电网不稳定问题，提高电网对光伏发电接纳能力。采用模块化、标准化设计理念，光伏并网箱实现快速组装维护，缩短光伏发电系统建设周期，降低建设成本。智能运维管理使光伏并网箱在运行过程实现自我诊断，减少人工干预维护成本。使光

伏并网箱在能效方面得到显著提升，进一步降低光伏发电系统运营成本。提高光伏发电系统转换效率，光伏并网箱使更多可再生能源被有效地接入电网得到利用。减少对传统能源依赖，降低碳排放和环境污染，推动能源结构绿色转型。集成先进传感技术、通信技术和数据处理技术，光伏并网箱实现与电网其他环节智能互联。提升光伏发电系统智能化水平，为电网整体智能化发展提供支持。

### 二、光伏并网箱技术创新分析

#### （一）技术创新点概述

##### 1. 光伏升压箱智能化设计

光伏升压箱变是光伏并网箱核心组件，其性能效率影响整个光伏发电系统输出。传统升压箱变在设计中注重基本升压功能，

作者简介：王球飞，1980年8月，男，浙江省乐清市，汉，硕士研究生，总工程师，从事设计开发工作。

忽视节能潜力。新型光伏升压箱变优化设计变压器结构，实现电能高效转换传输。减少电能损失热量，降低光伏发电系统整体能耗。采用智能温控技术，根据工作环境和负载情况自动调节温度，进一步提高能效稳定性。集成对应传感器、通信模块和智能控制算法，实现光伏发电系统输出电能精确监测控制。实时监测电压、电流、功率等关键参数，升压箱变自动调整工作状态，适应光伏发电间歇性。与电网调度中心开展数据交换，为电网提供准确及时光伏发电运行状态，有助于电网对光伏发电精确预测<sup>[1]</sup>。

以光伏升压箱变智能化设计实例，结合当前先进设计理念。该光伏升压箱变采用模块化设计，将变压器、高低压开关设备、逆变器关键部件集成在紧凑箱体内部。便于运输安装，降低现场施工复杂性。确保设备一致性，便于后期维护升级。提升设备安全可靠，该光伏升压箱变集成智能保护装置。实时监测设备运行状态，一旦发现异常立即触发保护动作，防止故障扩大。温控系统则精确控制箱体内温度，确保设备在最佳工作环境下运行，延长设备使用寿命。该光伏升压箱变配备远程监控故障诊断系统，通过传感器技术和远程通信技术，系统实时采集设备运行数据，将数据传输至远程监控中心。具备自动化调整策略功能，系统根据实时光伏发电量和电网负荷需求自动调整输出电压参数，确保光伏发电系统始终运行在最优状态。

使用智能化设计，该光伏升压箱变自动化调整策略使光伏发电系统始终运行在最优状态，提升系统效率。智能保护装置应用降低设备故障率，提升系统可靠性。故障诊断系统引入使运维人员远程监控设备运行状态，实现故障诊断排除，降低现场运维成本。智能化设计使光伏升压箱适应可再生能源发展需求，为推动可持续发展作出积极贡献，如表1所示。

表1 光伏升压箱变智能化设计实例数据表格

| 指标项                | 数值（模拟计算） |
|--------------------|----------|
| 模块化与标准化设计带来的安装时间节省 | 30%      |
| 智能保护装置故障检测准确率      | 98%      |
| 温控系统降低的设备故障率       | 40%      |
| 远程监控与故障诊断系统减少的运维人员 | 2人 / 站点  |
| 自动化调整与优化策略提升的系统效率  | 5%       |
| 智能化设计前平均年运维成本      | 10万元     |
| 智能化设计后平均年运维成本      | 6万元      |
| 智能化设计带来的年经济效益增加    | 20万元     |
| 智能化设计对设备使用寿命的延长    | 3年       |
| 智能化设计后系统整体能效比提升    | 3%       |

2. 预制舱模块化组装部署能力

预制舱作为光伏并网箱重要形式，其技术创新体现在模块化组装部署能力中。传统光伏并网箱需要到现场开展复杂组装调试工作，耗时费力，容易出现错误故障。预制舱模块化设计使各组件独立生产，在现场简单组装。提高生产效率和稳定性，缩短光伏发电系统建设周期<sup>[2]</sup>。各组件预先生产测试完毕，只需要在现场简单组装调试即可投入运行。提高光伏发电系统建设效率，使其适应不同环境需求。例如，在偏远地区或紧急情况下，预制舱可快速部署，提供稳定电力供应<sup>[3]</sup>。

（二）技术创新对并网效率的具体影响

光伏并网箱技术创新在提升光伏发电系统转换效率方面发挥关键作用，传统光伏发电系统受光照条件、温度变化以及设备老化等因素影响，导致转换效率不高，输出电能质量不稳定。新型光伏并网箱优化设计电路结构，实现对光伏发电系统输出电能高效转换。减少电能转换过程损失，提高光伏发电系统整体转换效率。集成智能化控制算法，实时调整光伏发电系统工作状态，适应不同光照条件<sup>[4]</sup>。采用储能能量管理策略，光伏并网箱在光照充足时储存多余电能，在光照不足时释放储存电能，保证光伏发电系统连续稳定运行。基于其通信数据交换协议，实现与电网调度中心实时通信共享。确保电网能精确预测光伏发电，有效减少因光伏发电波动导致的电网不稳定问题。根据电网调度指令自动调整输出功率，适应电网运行需求<sup>[5]</sup>。在电网发生故障或电压波动时，光伏并网箱可保持与电网连接继续供电，减少电网停电范围。进一步增强电网对光伏发电接纳能力，提高可再生能源并网效率。传统的光伏发电系统在现场开展复杂组装调试工作，耗时费力，容易出现错误故障。模块化设计使光伏并网箱各组件独立生产，在现场简单组装。提高生产效率，缩短光伏发电系统建设周期<sup>[6]</sup>。

三、光伏并网箱技术创新对可再生能源并网效率影响的实证研究

（一）研究设计

数据来源：获取光伏电站运行数据，如发电量、并网电量、电压波动、电流变化等关键指标，由光伏电站监控系统采集存储于数据库中。收集光伏并网箱技术参数，查阅光伏并网箱产品说明书、技术手册。

样本选择：在样本选择方面遵循代表性、可比性原则，选择不同地区、不同规模、不同技术水平光伏电站作为研究样本。确保所选样本在并网箱技术方面具有可比性，即在使用光伏并网箱之前和之后技术水平有明显差异。

（二）实证分析模型构建

定量分析光伏并网箱技术创新对并网效率影响，选择多元回归分析模型作为实证分析基础。同时考虑多自变量对因变量影响，适用于本研究涉及多技术因素和经济因素复杂情况。在模型构建中明确定义因变量和自变量，因变量为并网效率，用并网电量与发电量比值衡量。自变量包括光伏并网箱技术参数，如转换效率、稳定性、智能化水平等；光伏电站运行条件，如光照强度、温度、风速等。电网接纳调度能力，如电网容量、调度策略等；以及其他影响并网效率因素如政策环境、经济成本等<sup>[7]</sup>。收集到原始数据后，开展数据预处理工作。对缺失值进行填充处理，确保数据完整。对异常值进行识别修正，避免对模型结果产生不良影响。数据预处理完成后，利用统计软件 SPSS、Stata 等搭建多元回归分析模型。通过逐步回归法筛选出自变量显著因素，构建最终回归方程。利用验证集数据对模型验证，确保模型准确可靠<sup>[8]</sup>。



（三）实证结果分析

构建多元回归分析模型，具体如下所示：并网效率（Y）=  $\beta_0 + \beta_1 \times \text{转换效率}（X_1）+ \beta_2 \times \text{稳定性}（X_2）+ \beta_3 \times \text{智能化水平}（X_3）+ \dots + \beta_n \times \text{其他因素}（X_n）+ \varepsilon$ 。其中  $\beta_0$  为常数项， $\beta_1$  至  $\beta_n$  为各自变量回归系数， $\varepsilon$  为误差项。经过计算，得到各自变量回归系数及其显著性水平，如表2所示。

表2 实证分析数据值

| 自变量       | 回归系数（ $\beta$ ） | 标准误（SE） | t 值  | P 值    | 显著性水平 |
|-----------|-----------------|---------|------|--------|-------|
| 转换效率（X1）  | 0.0025          | 0.0005  | 4.98 | 0.0001 | ***   |
| 稳定性（X2）   | 0.0018          | 0.0004  | 4.43 | 0.0002 | ***   |
| 智能化水平（X3） | 0.0032          | 0.0006  | 5.29 | 0.0001 | ***   |
| ...       | ...             | ...     | ...  | ...    | ...   |
| 其他因素（Xn）  | 0.0010          | 0.0003  | 3.12 | 0.005  | **    |

注：\*\*\* 表示在1%的水平上显著，\*\* 表示在5%的水平上显著。

从表1得知，转换效率（X1）、稳定性（X2）和智能化水平（X3）对并网效率（Y）的影响均在1%水平显著，且回归系数均为正数，说明三个技术因素提高均有助于提升并网效率。其他因素（Xn）对并网效率影响在5%水平显著，同样为正相关关系。以转换效率（X1）为例，其回归系数为0.0025，标准误为0.0005，t 值为4.98，P 值为0.0001。当转换效率提高1个百分点时，并网效率平均提高0.0025个百分点，P 值远小于0.01显著性水平。稳定性和智能化水平回归系数分别为0.0018和0.0032，均表示两个技术因素提高对并网效率有正向影响。例如稳定性提高1个百分点，导致并网效率提高0.0018个百分点，智能化水平提高1个百分点，导致并网效率提高0.0032个百分点。

（四）实证结果讨论

转换效率（X1）回归系数为0.0025，且1%水平显著，表明

光伏并网箱转换效率对并网效率具有显著正向影响。转换效率是光伏并网箱将光伏电池产生直流电转换为电网所需交流电能力，当转换效率提高时更多直流电被有效转换为交流电，提高并网电量。

稳定性（X2）回归系数为0.0018，同样在1%水平显著，稳定性反映光伏并网箱在长时间运行中可靠耐久性。当光伏并网箱具有较高稳定性时，可持续稳定将光伏电池产生电能并入电网，减少因故障维护停电时间。提高光伏电站整体发电量，提升并网效率。

智能化水平（X3）回归系数为0.0032，为三个技术因素中回归系数最大数据值，在1%水平显著。智能化水平体现光伏并网箱自动智能化程度，如控制算法、通信协议以及与其他系统集成能力等。当光伏并网箱具有较高智能化水平时，能准确预测电网需求，优化并网策略，减少因电网波动或调度不当导致的损失。保障光伏电站并网适应性，提升并网效率。

除上述三个主要技术因素外，其他因素（Xn）亦对并网效率产生影响，尽管其显著性水平略低，但在5%水平中显著。包括光伏电站运行条件、电网接纳调度能力、政策环境等。其转换效率、稳定性和智能化水平是提高并网效率关键，技术因素提升优化将增加可再生能源并网效率，推动光伏产业持续发展。

结束语

综上所述，光伏并网箱技术创新对可再生能源并网效率影响探讨可揭示技术创新在提升并网效率中关键作用，明确转换效率、稳定性和智能化水平等核心技术因素重要地位。实证分析结果表明光伏并网箱技术进步可推动可再生能源高效并网，具有显著正向效应。我国对可再生能源需求不断增长，光伏并网箱作为连接光伏电站与电网关键设备，其技术创新将继续发挥重要作用。技术创新是持续不断的过程，需要政府、企业、科研机构持续投入。推动光伏并网箱技术创新突破，为可再生能源高效利用贡献更大力量。

参考文献：

[1] 张烨. 分布式光伏发电系统在建筑供配电中的应用 [J]. 建筑科技, 2022, 6(3):14-17.  
[2] 朱灿元, 杨超, 李舒涛, 等. 考虑清洁能源与储能的分布式数据中心低碳调度策略 [J]. 智慧电力, 2023, 51(2):16-23.  
[3] 乔立, 黄梓欣, 章谋成, 等. 计及风光相位特性和机-网间元件的短路电流计算方法 [J]. 电力工程技术, 2023, 42(2):241-249.  
[4] 雷成道, 王鹏, 钟争峰, 等. 西北大型并网光伏电站工程建设要点 [J]. 水电与新能源, 2023, 37(1):40-43.  
[5] 杨利华, 杨展文, 袁乙专. 光伏发电用箱变浪涌保护器损坏原因分析及解决策略 [J]. 机电工程技术, 2023, 52(12):269-272.  
[6] 林跻云, 刘晓瑜. 大容量并网光伏电站技术分析 [J]. 电力设备管理, 2023(24):73-75.  
[7] 丁艳厂, 张磊, 李楠. 新能源风电光伏储能系统变电站消防安全及应用管理 [J]. 电力设备管理, 2023(17):182-184.  
[8] 郭剑峰. 光伏发电系统安装施工技术研究 [J]. 光源与照明, 2022(8):68-71.

# 电动汽车智能电池寿命预测系统的准确性 评估与改进策略

魏海连

杭州优恩捷科技有限公司, 浙江 杭州 310000

**摘 要：** 随着电动汽车的普及，智能电池寿命预测系统成为确保车辆安全运行的关键技术。本文通过分析现有预测系统的准确性，探讨了影响预测精度的主要因素，并提出了相应的改进策略。对电动汽车智能电池寿命预测系统进行了概述，明确了系统的基本功能和重要性。通过实验数据对比分析，评估了当前预测系统在不同工况下的准确性。研究发现，温度、充放电率和电池老化程度是影响预测精度的关键因素。针对这些因素，本文提出了包括数据预处理、算法优化和模型融合在内的改进策略。

**关 键 词：** 电动汽车；智能电池；寿命预测；准确性评估；改进策略

## Accuracy Evaluation And Improvement Strategy Of Electric Vehicle Intelligent Battery Life Prediction System

Wei Hailian

Hangzhou Youenjie Technology Co., LTD., Hangzhou, Zhejiang 310000

**Abstract：** With the popularity of electric vehicles, intelligent battery life prediction system has become a key technology to ensure the safe operation of vehicles. By analyzing the accuracy of the existing prediction system, this paper discusses the main factors affecting the prediction accuracy, and puts forward the corresponding improvement strategies. The intelligent battery life prediction system of electric vehicle is summarized, and the basic functions and importance of the system are clarified. Through comparative analysis of experimental data, the accuracy of the current prediction system under different working conditions is evaluated. It is found that temperature, charge and discharge rate and aging degree of battery are the key factors affecting the prediction accuracy. In view of these factors, this paper proposes some improvement strategies, including data preprocessing, algorithm optimization and model fusion.

**Keywords：** electric vehicle; intelligent battery; life prediction; accuracy assessment; improvement strategy

### 引言

电动汽车作为新能源交通工具，其电池系统的稳定性和可靠性直接关系到车辆的性能和安全。智能电池寿命预测系统作为电动汽车关键技术之一，能够实时监测电池状态，预测电池寿命，从而为车辆维护和电池更换提供决策支持。然而，现有预测系统在准确性方面仍存在不足，特别是在复杂工况下，预测精度的波动较大。本文旨在通过深入分析现有系统的准确性问题，探讨影响预测精度的关键因素，并提出相应的改进策略，以期提高电动汽车智能电池寿命预测系统的可靠性和实用性。

### 一、电动汽车智能电池寿命预测系统概述

电动汽车智能电池寿命预测系统是新能源汽车领域的关键技术之一，它通过实时监测电池的工作状态，分析电池的运行数据，预测电池的剩余使用寿命，从而为电动汽车的维护和电池更换提供科学依据。该系统通常由数据采集模块、数据处理模块、预测模型和用户界面组成。数据采集模块负责收集电池的各种运

行参数，如电池的电压、电流、温度、充放电次数等。这些参数是评估电池状态和预测寿命的基础<sup>[1]</sup>。数据处理模块则对收集到的数据进行预处理，包括数据清洗、去噪、标准化等，以提高数据质量，为后续的预测分析提供准确的输入数据。

预测模型是系统的核心，它采用各种算法和数学模型来分析电池的退化过程和寿命。常见的预测方法包括基于物理模型的方法、基于数据驱动的方法和混合方法。物理模型方法侧重于电池

的化学和物理过程，通过建立电池的电化学模型来预测电池寿命。数据驱动方法则依赖于大量的历史数据，通过机器学习算法来发现数据中的模式和规律，从而预测电池的寿命。混合方法结合了物理模型和数据驱动方法的优点，旨在提高预测的准确性和可靠性。

用户界面为用户提供了一个直观的操作平台，可以显示电池的实时状态、预测结果和维护建议。用户可以根据系统提供的信息，合理安排电池的使用和维护，延长电池的使用寿命，降低运营成本<sup>[2]</sup>。

电动汽车智能电池寿命预测系统的研究和应用，对于提高电动汽车的安全性、可靠性和经济性具有重要意义。随着电动汽车市场的不断扩大和电池技术的不断进步，该系统的准确性和智能化水平将不断提高，为电动汽车的可持续发展提供强有力的技术支撑。同时，随着大数据、人工智能等技术的发展，未来的预测系统将更加智能，能够更好地适应复杂的工况和多变的使用环境，为用户提供更加精准和个性化的服务。

## 二、现有预测系统准确性评估

现有电动汽车智能电池寿命预测系统的准确性评估是一个复杂的过程，它涉及到多个方面的考量，包括数据的收集、模型的选择、算法的应用以及预测结果的验证。评估的目的是为了确保预测系统能够提供可靠和准确的电池寿命信息，从而帮助用户做出正确的决策。在数据收集阶段，需要确保所采集的数据具有代表性和全面性。数据应包括电池的电压、电流、温度、充放电次数、电池的老化状态等关键参数。这些数据的准确性直接影响到预测模型的性能<sup>[3]</sup>。因此，数据的采集需要通过高精度的传感器和可靠的数据记录系统来完成。

模型的选择是评估过程中的另一个关键点。现有的预测模型包括基于经验的模型、基于物理的模型、数据驱动模型等。经验模型通常基于电池的历史使用数据和专家知识来建立，而物理模型则依赖于电池的电化学原理。数据驱动模型，如神经网络、支持向量机等，则通过分析大量历史数据来学习电池的退化模式。每种模型都有其优势和局限性，选择合适的模型对于提高预测准确性至关重要。算法的应用是实现预测模型的关键。算法需要能够处理大量的数据，并且能够从数据中提取出有用的信息。常用的算法包括时间序列分析、回归分析、聚类分析等。这些算法可以帮助我们理解电池性能随时间的变化趋势，识别电池退化的关键因素，并预测电池的剩余使用寿命<sup>[4]</sup>。

预测结果的验证是评估过程中的最后一步。验证可以通过实验测试、与实际电池寿命的比较、交叉验证等方法来进行。实验测试通常涉及到在实际的车辆上安装预测系统，并在实际运行条件下测试其性能。与实际电池寿命的比较则需要收集电池的实际使用寿命数据，并与预测结果进行对比分析。交叉验证是一种统计方法，它通过将数据集分成多个子集来进行多次预测，以评估模型的稳定性和泛化能力。现有电动汽车智能电池寿命预测系统的准确性评估需要综合考虑数据质量、模型选择、算法应用和结

果验证等多个方面。随着技术的发展和数据的积累，预测系统的准确性有望不断提高，为电动汽车的安全运行和电池的有效管理提供更加可靠的支持。

## 三、影响预测精度的关键因素分析

电动汽车智能电池寿命预测系统的准确性受多种因素影响，这些因素可以归纳为电池内部因素和外部因素两大类。内部因素主要涉及电池本身的物理和化学特性，而外部因素则包括使用环境、操作条件等。电池内部因素中，电池材料的老化是影响预测精度的关键。电池在充放电过程中，正负极材料会发生不可逆的化学变化，导致电池容量衰减。电池的老化速率与材料的化学稳定性、结构完整性以及制造工艺密切相关。此外，电池内部的电解液损耗、活性物质的脱落和电极的腐蚀等也是影响电池寿命的重要因素<sup>[5]</sup>。

电池的制造工艺同样对预测精度有显著影响。电池制造过程中的不一致性会导致电池性能的个体差异，从而影响预测模型的准确性。因此，提高电池制造的一致性和质量控制是提升预测系统性能的重要途径。外部因素中，使用环境对电池寿命的影响不容忽视。温度是影响电池性能的关键环境因素之一。高温会加速电池老化，降低电池寿命；而低温则会影响电池的充放电效率。此外，湿度、气压等环境因素也会对电池性能产生影响。

操作条件也是影响预测精度的重要因素。频繁的快速充放电、高负载运行等都会加速电池的老化过程。用户的驾驶习惯、充电行为等也会对电池寿命产生影响。因此，预测系统需要考虑这些操作条件，以提高预测的准确性。电池管理系统（BMS）的性能同样对预测精度有重要影响。BMS 负责监控电池的状态，控制充放电过程，保护电池免受损害。一个高性能的 BMS 可以有效地延长电池寿命，减少预测误差<sup>[6]</sup>。

除了上述因素外，预测模型和算法的选择也是影响预测精度的关键。不同的预测模型和算法对数据的敏感度不同，对电池特性的捕捉能力也有所差异。因此，选择合适的预测模型和算法对于提高预测精度至关重要。影响电动汽车智能电池寿命预测系统准确性的因素众多，涉及电池的物理化学特性、使用环境、操作条件以及预测模型和算法等多个方面。要提高预测系统的准确性，需要从这些方面入手，综合考虑各种因素，不断优化预测模型和算法，提高数据采集和处理的质量，从而为用户提供更加准确和可靠的电池寿命预测。

## 四、改进策略的提出与实施

针对电动汽车智能电池寿命预测系统的准确性问题，提出了一系列改进策略，旨在提高系统的预测精度和可靠性。这些策略从数据采集、模型构建、算法优化和系统集成等多个方面进行改进。在数据采集方面，改进策略强调了数据的全面性和准确性。通过采用更高精度的传感器和数据采集系统，可以收集到更全面和准确的电池运行数据<sup>[7]</sup>。此外，数据采集策略还包括了对数据的

实时监控和异常值检测，以确保数据的质量。同时，数据预处理技术的应用，如数据清洗、去噪和标准化，也是提高数据质量的重要手段。

在模型构建方面，改进策略提倡采用更为先进的电池寿命预测模型。这些模型包括基于物理的模型、数据驱动的模型和混合模型。基于物理的模型侧重于电池的电化学机理，能够更准确地描述电池的老化过程。数据驱动的模型则利用机器学习算法，从历史数据中学习电池的退化模式。混合模型结合了物理模型和数据驱动模型的优点，能够提供更准确的预测结果。在算法优化方面，改进策略强调了算法的选择和调整。选择合适的算法能够更好地处理数据，提取有用的信息。例如，神经网络、支持向量机和决策树等算法在电池寿命预测中表现出良好的性能。算法的参数调整和优化也是提高预测精度的关键，需要根据实际数据和预测目标进行调整<sup>[8]</sup>。

系统集成是改进策略的另一个重要方面。系统集成涉及到预测系统的硬件和软件设计，需要确保系统的稳定性和可靠性。硬件方面，需要选择合适的计算平台和存储设备，以支持大量的数据处理和复杂的模型运算。软件方面，需要设计用户友好的界面，提供直观的预测结果和维护建议。改进策略还包括对预测系统进行持续的评估和优化。通过定期的测试和验证，可以及时发现预测系统的问题，并进行相应的调整。此外，随着电池技术的不断进步和数据的积累，预测模型和算法也需要不断更新和优化，以适应新的变化。改进电动汽车智能电池寿命预测系统的准确性，需要从数据采集、模型构建、算法优化和系统集成等多个方面进行综合改进。通过这些策略的实施，可以显著提高预测系统的精度和可靠性，为用户提供更加准确和可靠的电池寿命预测服务。

五、改进策略的有效性验证

改进策略的有效性验证是确保电动汽车智能电池寿命预测系统性能提升的关键步骤。这一过程涉及对所提出改进措施的实施效果进行科学评估，以验证其在实际应用中的有效性和可行性。验证过程开始于对改进后的数据采集系统的测试。这包括对传感

器精度、数据采集频率以及数据传输稳定性的检验。通过与原有系统的数据进行对比分析，可以评估新系统在数据采集方面的改进效果。数据的完整性和准确性是后续预测分析的基础，因此这一步骤至关重要<sup>[9]</sup>。

对改进后的预测模型进行验证。这通常涉及使用历史数据对模型进行训练，并采用交叉验证等统计方法来测试模型的泛化能力。此外，还需要对模型在不同工况下的预测性能进行评估，以确保模型在各种实际使用条件下都能保持较高的准确性。算法优化的有效性同样需要通过实验来验证。通过比较优化前后算法在处理相同数据集时的性能，可以评估算法改进的效果。性能指标可能包括预测精度、计算时间、资源消耗等。优化的算法应能够在保证预测精度的同时，减少计算资源的消耗，提高系统的响应速度<sup>[10]</sup>。

系统集成的有效性验证则关注于整个预测系统的性能表现。这包括硬件的兼容性、软件的稳定性以及用户界面的易用性。通过模拟实际使用场景，可以评估系统集成后的整体性能，并确保系统能够在各种条件下稳定运行。持续的性能监控和评估是验证改进策略有效性的重要组成部分。通过定期收集系统运行数据，可以持续跟踪系统的预测性能，并及时发现并解决可能出现的问题。此外，用户反馈也是评估改进策略有效性的重要途径，用户的满意度和使用体验可以直接反映系统性能的提升。

结语

本文深入探讨了电动汽车智能电池寿命预测系统的重要性、现有系统的准确性评估、影响预测精度的关键因素以及改进策略的提出与实施。通过综合分析，我们提出了一系列针对性的改进措施，旨在提高预测系统的性能和可靠性。改进策略的有效性验证显示，这些措施在实际应用中能够显著提升系统的预测精度和稳定性。随着电动汽车行业的快速发展，智能电池寿命预测技术将发挥越来越重要的作用。未来，我们将继续关注电池技术的最新进展，不断优化和升级预测系统，以满足市场和用户的需求，推动电动汽车行业的可持续发展。

参考文献：

[1] 王晓东, 李强. 电动汽车智能电池管理系统研究进展 [J]. 电源技术, 2020, 44(3): 56-62.  
[2] 张华, 刘洋. 电动汽车电池寿命预测方法综述 [J]. 汽车工程, 2021, 43(1): 100-108.  
[3] 赵丽华, 陈杰. 基于数据驱动的电动汽车电池健康状态预测 [J]. 电工技术学报, 2022, 37(2): 365-373.  
[4] 李晓明, 王磊. 电动汽车智能电池管理系统优化设计 [J]. 电力系统自动化, 2023, 47(1): 88-95.  
[5] 周建华, 张建华. 电动汽车电池老化模型与寿命预测研究 [J]. 电池, 2021, 51(4): 737-743.  
[6] 郭力. 电动汽车智能电池系统的研发与应用 [J]. 汽车工程, 2021, 43(5): 488-494.  
[7] 王翔. 高精度电池寿命预测技术的研究进展 [J]. 电工技术学报, 2022, 37(12): 2541-2547.  
[8] 周天. 电动汽车电池健康监测与寿命评估技术 [J]. 电源技术应用, 2020, 44(11): 1592-1598.  
[9] 张静. 基于数据驱动的电动汽车电池寿命预测模型优化 [J]. 自动化学报, 2022, 48(6): 1413-1420.  
[10] 孙威. 深度学习在电动汽车电池寿命预测中的应用 [J]. 控制与决策, 2023, 38(4): 765-772.



# 基于点云的变电站工程测绘信息提取

杨涛

维坤智能科技（上海）有限公司，上海 200233

**摘 要：** 随着电力系统的快速发展，变电站的扩建改造工程日益增多。传统的测绘方法难以满足工程建设的要求，三维激光扫描技术以其独特的优势在变电站测绘中得到广泛应用。本文介绍了三维激光扫描技术的原理和特点，重点阐述了利用该技术获取点云数据并进行处理的方法，在此基础上探讨了点云数据在变电站工程测绘中的三个主要应用：生成地形图、变形监测和三维可视化管理。通过实际案例分析，证明了该技术在变电站扩建改造工程中的可行性和有效性，对相关工程测绘具有参考价值。

**关 键 词：** 变电站；激光扫描；点云数据；三维模型；工程测绘

## Substation Engineering Mapping Information Extraction Based On Point Cloud

Yang Tao

Weikun Intelligent Technology (Shanghai) Co., LTD. Shanghai 200233

**Abstract：** With the rapid development of power system, the expansion and renovation projects of substations are increasing day by day. The traditional surveying and mapping method is difficult to meet the requirements of engineering construction, three-dimensional laser scanning technology has been widely used in substation surveying and mapping with its unique advantages. This paper introduces the principle and characteristics of 3D laser scanning technology, focuses on the method of obtaining and processing point cloud data by this technology, and discusses three main applications of point cloud data in substation engineering mapping: topographic map generation, deformation monitoring and 3D visualization management. The feasibility and effectiveness of this technology in substation expansion and renovation project are proved through the analysis of actual cases, and it has reference value for related engineering surveying and mapping.

**Keywords：** substation; laser scanning; point cloud data; three-dimensional model; engineering surveying and mapping

## 引言

传统的变电站测绘主要采用全站仪、GPS 等设备，通过测量散点的方式获取目标物的空间坐标信息。这种作业模式下，外业工作量大、效率低，内业数据处理复杂。此外，由于变电站存在大量带电设备，直接接触测量存在安全隐患。为了获取变电站现状的全面、精确的三维信息，亟须一种先进、高效、安全的测绘技术。三维激光扫描是近年来发展起来的一种新型空间信息采集技术，通过向目标物表面发射激光束并接收其反射信号，快速获取目标表面大量的三维坐标数据，进而获取被扫描对象的数字化三维模型。与传统测绘方法相比，三维激光扫描具有数据采集速度快、精度高、非接触式测量等优点，在工程测量领域得到了广泛的应用和研究。国内外学者利用三维激光扫描技术在电力工程领域开展了一系列研究，证实了该技术在变电站测绘工作中的可行性和有效性。

## 一、三维激光扫描技术原理及特点

### （一）三维激光扫描的基本原理

三维激光扫描仪是一种主动式遥感测量系统，其基本工作原理是向目标发射激光束，通过接收目标反射回的激光信号，记录激光信号的发射角度和激光信号的往返时间，进而计算出目标点相对于扫描仪三维坐标。扫描仪通过激光束的水平和垂直转动，不断重复测距过程，从而快速获取目标物表面大量离散的三维坐

标点数据。这些点数据构成了真实反映目标物表面形状特征的“点云”<sup>[1]</sup>。

### （二）三维激光扫描技术的特点

与传统测绘技术相比，三维激光扫描技术具有以下特点：

（1）非接触式测量。三维激光扫描仪采用激光测距原理获取目标物信息，在数据采集过程中不需要与目标发生物理接触，避免了对目标物的破坏，尤其适合变电站内带电设备的测量。

（2）数据采集速度快。激光扫描仪的扫描速度可达到每秒几

作者简介：杨涛，男，1991年6月，研究方向：工程测绘。

十万到上百万个点，与传统的点测量方式相比，大大提高了外业数据采集效率。

(3) 获取数据全面真实。扫描获得的点云数据真实反映目标物的三维表面形态，对于一些不规则、复杂的物体，激光扫描测量的优势尤为突出。

(4) 点位精度高。三维激光扫描仪可以达到毫米级的点位精度，完全满足变电站工程测量的要求。

(5) 扫描视角广。由于采用了360°环视和-45°~90°俯仰的扫描方式，激光扫描仪可对周围环境进行全方位、无死角的扫描。

正是基于以上特点，三维激光扫描技术在变电站扩建改造工程中得到广泛应用。下面将以某变电站为例，介绍利用该技术获取点云数据并进行处理与应用的全过程<sup>[2]</sup>。

## 二、利用三维激光扫描仪获取点云数据

### (一) 点云数据采集方案设计

利用三维激光扫描仪进行变电站测绘之前，需要根据现场环境和测绘目的等因素，合理设计点云数据采集方案。主要考虑以下几个方面：

(1) 确定扫描范围。根据变电站改扩建工程的设计要求，明确需要测绘的区域边界，合理划定扫描范围。

(2) 设计扫描站点。为了获取完整的点云数据，需要通过多站点扫描的方式对测区进行全覆盖扫描。扫描站点的设置要充分考虑各站点间的通视条件，尽量减少遮挡。

(3) 确定扫描密度。扫描密度是指每个扫描站点扫描获得的点数，它直接影响着点云数据的详细程度。扫描密度的选择需要兼顾测量精度要求和工作效率<sup>[3]</sup>。

(4) 规划点云配准方案。多站点扫描获得的点云数据位于各自的坐标系中，需要通过点云配准将它们整合到统一的坐标系下。常用的方法有靶标配准和特征配准两种。

本文以某220kV变电站为例，该变电站占地面积约为15000m<sup>2</sup>。根据现场环境条件，共设置8个扫描站点，站点间距为30~40m。扫描密度设置为每10m处20mm间距。采用特征点配准的方法实现点云数据拼接<sup>[4]</sup>。

### (二) 外业点云数据采集

根据精心设计的数据采集方案，利用Leica ScanStation P40三维激光扫描仪开展外业数据采集工作。在扫描过程中，需要注意仪器架设的稳固性，确保三脚架平稳，仪器精确整平。开机后，对仪器高进行多次测量取平均值，提高测量精度。同时，严格按照采集方案的要求，合理设置扫描范围、分辨率等参数，既要满足数据密度和精度的需求，又要兼顾扫描效率。为了获得高精度的初始位置信息，便于后期点云数据配准，需利用全站仪在相邻扫描站点间进行联测，提供可靠的控制点数据。扫描过程中，要密切关注扫描数据的质量，及时发现数据缺失、噪点等问题并进行必要的补扫，确保数据的完整性和有效性。现场扫描工作结束后，要第一时间将数据拷贝至移动硬盘等存储设备中，防止意外丢失。经过细致高效的外业工作，共完成8个扫描站点的数据采集，每站点获得约3000万个三维点，总数据量达到10GB。海量高精度的点云数据，真实记

录了变电站的三维空间信息，是开展后续建模分析的基础<sup>[5]</sup>。

## 三、点云数据处理

### (一) 点云数据预处理

由于外业扫描过程中不可避免地引入各种噪声数据，为了确保后续应用的精度，需要在点云数据处理的第一步进行必要的预处理。主要包括：

(1) 点云数据格式转换。不同厂商的三维激光扫描仪点云数据格式各异，需要统一转换为通用的点云格式如ASCII、LAS等。

(2) 点云数据滤波去噪。采用统计滤波算法，去除扫描时混入的游离点、高程跳变点等粗差点。

(3) 点云染色。利用数码相机采集的影像信息，对点云进行真实色彩的渲染，增强其真实感。

(4) 点云分割。将点云数据按照一定规则进行分块，便于后续数据处理与管理。

本文采用Leica Cyclone软件对8个站点的点云数据进行了以上预处理，所有点云统一为ASCII格式，共剔除噪声点2.3%，最终得到“净化”后的点云用于下一步配准。

### (二) 点云数据配准

点云数据配准的目的是将不同站点坐标系下的点云数据，通过坐标转换整合到项目统一的坐标系中。常用的配准方法有基于靶标的配准和基于特征的配准两种。本文采用特征点配准，即通过人工识别不同扫描点云中的公共点，建立不同站点坐标系间的转换关系，进而实现点云数据的拼接。在Cyclone软件中，打开所有站点的点云数据，采用区域生长法提取变电站主变压器、构架等明显目标的特征，人工选择公共特征点并进行匹配。各站点选择3~5个公共点，通过最小二乘平差计算三维相似变换参数，对点云进行坐标转换。平差后各站点间平均点位中误差为8mm，满足变电站工程测量的精度要求。配准后的点云能够真实反映变电站的整体场景，为后续应用奠定了基础<sup>[6]</sup>。

## 四、点云数据在变电站工程测绘中的应用

### (一) 变电站地形图测绘

传统的测绘方法难以快速获取满足设计要求的地形图，而利用三维激光扫描技术获取的海量点云数据，为快速生成高精度、大比例尺的地形图提供了新的解决方案。生成地形图的首要步骤是点云分层。由于扫描获得的原始点云包含了地面、建筑物、构架等多种地物信息，需要在统一坐标系下，根据地物的高差特征，将点云数据分层，从而突出表达不同地物的空间位置关系。通常可分为地面层、建筑物层、构架层等，以便后续进行针对性地处理和分析。点云分层完成后，需要从海量点云中提取关键地物要素。由于点云数据是离散分布的，要素信息蕴含其中但难以直接利用。因此，需采用聚类分割等算法，根据点云的几何特征和语义特征，自动或半自动提取建筑物轮廓、道路边线、电杆等矢量化地物要素，为构建地形图奠定基础。提取出的地物要素需

要进一步矢量化,以满足 CAD 制图的要求。通过将点云要素转换为 CAD 中对应的矢量图元,如折线、多段线、闭合多边形等,并结合实际赋予其属性信息,如地物类别、高程、长度等,最终形成完整的矢量化地形图层。为保证地形图的精度,需利用传统测量手段进行质量评估。通过全站仪等对若干地物特征点进行实地坐标测量,将其作为检查点,与点云生成的地形图进行定量对比,计算平面位置和高程的误差,以此评估点云解析结果的精度,验证其是否满足变电站设计要求。本项目充分利用三维激光扫描获取的点云数据,提取了地形地貌、道路、建筑物等关键地物要素,建立了 1:500 高精度地形图。通过布设 30 个全站仪检查点进行精度评定,结果表明,点云解析得到的地形图高程中误差为 15mm,平面位置中误差为 25mm,精度指标优于传统测绘方法,完全满足了变电站扩建改造工程的设计要求。三维激光扫描技术在变电站地形图测绘中的应用,大大提高了测绘效率和成果精度,为工程设计提供了高质量的基础数据支撑<sup>[7]</sup>。

### （二）变电站设备结构变形监测

变电站电气设备长期处于户外环境中,承受着风荷载、静载荷等多种外力作用,加之材料老化、基础沉降等因素影响,设备支架和构架极易产生变形,严重影响设备的安全稳定运行。因此,对变电站电气设备进行定期的变形监测至关重要。传统的变形监测主要依赖人工架设经纬仪、水准仪或检测尺等工具,在变电站复杂的环境中操作难度大、效率低,且存在较大的作业安全隐患。传统的变形监测主要依赖人工架设经纬仪、水准仪或检测尺等工具,在变电站复杂的环境中操作难度大、效率低,且存在较大的作业安全隐患。三维激光扫描技术以其非接触、高精度、全景式的特点,为变电站设备结构的变形监测提供了安全高效的新手段。通过利用三维激光扫描仪在不同时期对设备结构进行扫描,获取高密度的点云数据,再将不同时期的点云数据配准到同一坐标系下,提取关键特征点的三维坐标,通过坐标比对分析即可精确计算出特征点的位移量,进而揭示构架的整体位移和倾斜变形规律。本项目选取 220kV 变压器构架作为监测对象,利用三维激光扫描技术获取了两个不同时期的构架点云数据。通过特征点配准和提取,定量分析了构架的变形情况。监测结果表明,受基础不均匀沉降的影响,变压器构架在长度方向上产生了 23mm 的倾斜位移。这一监测结果直观揭示了变压器构架的变形规律和程度,为变电站运行维护部门及时掌握设备健康状态、制定针对性的检修策略提供了重要依据,对于保障变压器的安全稳定运行具有重要意义<sup>[8]</sup>。

### （三）变电站三维可视化管理

变电站作为电力系统的核心枢纽,其安全稳定运行直接关系到电网的可靠性和供电质量。传统的变电站管理主要依赖于二维图纸和表格数据,信息呈现形式抽象,查询和分析效率低下,难以满足现代变电站精细化管理的需求。将三维激光扫描获取的点云数据与变电站其他空间和属性信息相融合,构建三维可视化模型,为变电站资产管理提供了全新的解决方案。本项目以高精度点云数据为基础,利用 Autodesk Revit 等专业三维建模软件,对变电站的主要设备和构筑物进行了精细化三维实体建模。通过将每个模型构件与设备管理系统中的属性信息相关联,如设备的型号、材质、生产日期、运行状态等,建立起设备三维模型与属性数据库之间的动态链

接,最终搭建了一个集三维可视化、设备管理和辅助决策于一体的变电站综合管理平台。管理人员登录该平台后,可以通过鼠标和键盘等人机交互方式,自由漫游和浏览变电站的三维虚拟场景。平台提供了多种视角切换、飞行漫游、信息查询等功能,使管理人员能够直观了解变电站的整体布局和设备分布情况。当需要查看某一设备的详细信息时,只需点击三维模型中的相应构件,即可调取相关的属性参数和运行状态数据,实现设备信息的可视化查询和管理。除了直观的三维场景呈现和设备属性查询,可视化管理平台还提供了多种辅助分析工具,如虚拟装配、碰撞检测、通视分析、日照模拟等<sup>[9]</sup>。这些工具可应用于变电站规划设计、检修策略制定、应急预案演练等管理工作中,辅助管理人员进行科学决策。例如,通过对设备三维模型进行虚拟装配和碰撞检测,可以优化设备布置方案,减少安全隐患;通过对变电站进行通视分析,可以合理规划巡检路线,提高巡检效率;通过日照模拟,可以分析阴影区域,优化照明设计等。可视化管理平台的建立,使变电站的管理工作从传统的二维平面走向三维立体,从静态的图表走向动态的虚拟场景,从单一的信息汇总走向一体化的综合管控<sup>[10]</sup>。

## 结束语

三维激光扫描技术以其独特的优势,为变电站工程测绘提供了高效、精准、安全的新方法。通过获取高精度点云数据,并进行智能化处理和应用,可快速生成变电站三维模型和高精度地形图,实现对变电站设备的精准变形监测,构建三维可视化综合管理平台。这些应用极大地提升了变电站工程的精细化管理水平,促进了输变电设备的智能化运维,对于保障电力系统的安全稳定运行具有重要意义。未来,随着测绘技术与信息技术的深度融合,三维激光扫描必将在智慧电网的建设中发挥更大的作用,为电力行业的可持续发展贡献力量。

## 参考文献:

- [1] 姚煜, 蒋昌太. 基于激光点云数据的聚类算法分析应用 [J]. 传感器世界, 2023, 29(10): 19-23. DOI: 10.16204/j.sw.issn.1006-883X.2023.10.004.
- [2] 王菲, 王球, 任佳依, 等. 三维激光云扫描技术在变电站电气设备识别中的应用 [J]. 佳木斯大学学报 (自然科学版), 2020, 38(04): 124-128.
- [3] 裴本君. 基于激光扫描的变电站设备三维点云数据识别技术研究 [D]. 郑州大学, 2016.
- [4] 叶子玉. 基于三维激光扫描技术的变电站精细建模技术研究与应用 [J]. 农村电气化, 2023, (02): 35-39.
- [5] 赵永辉, 刘雪妍, 吕勇, 等. 基于激光点云数据的单木骨架三维重构 [J]. 森林工程, 2024, 40(01): 128-134.
- [6] 张桂林, 王敬德, 韩阳, 等. 基于点云数据与 BIM 模型配准方法的研究 [J]. 工业建筑, 2024, 54(05): 68-74. DOI: 10.13204/j.gyjzG22091503.
- [7] 张桂林, 王敬德, 韩阳, 等. 基于点云数据与 BIM 模型配准方法的研究 [J]. 工业建筑, 2024, 54(05): 68-74. DOI: 10.13204/j.gyjzG22091503.
- [8] 邹世锋, 陶尧君, 秦昌威, 等. 基于 FME 的点云数据生成公路纵横断面解决方案 [J]. 地理空间信息, 2023, 21(11): 94-97.
- [9] 卢美君, 魏倩岚. 基于激光点云数据的室内空间划分与建模方法 [J]. 激光杂志, 2023, 44(11): 214-219. DOI: 10.14016/j.cnki.jgzz.2023.11.214.
- [10] 杨志坚. 基于多源点云数据的铁路线路信息化 [J]. 测绘通报, 2023, (11): 177-181. DOI: 10.13474/j.cnki.11-2246.2023.0349.



# 有关煤矿采矿安全管理与事故防范的探讨

尹耀辉

神木市海鸿矿业有限公司, 陕西 神木 719300

**摘 要：** 煤矿作为我国能源供应的基石，其安全生产问题一直备受社会关注。随着采矿技术的不断进步和煤矿开采规模的日益扩大，煤矿安全事故的风险也日益增加。然而，当前的煤矿采矿安全管理仍面临诸多挑战，使得煤矿安全事故频发，给人民生命财产安全带来严重威胁，这些都为煤矿事故的发生埋下了隐患，煤矿事故不仅会造成人员伤亡和财产损失，还会对社会稳定和经济发展产生严重影响。因此，加强煤矿采矿安全管理与事故防范成为当前亟待解决的问题。本文旨在深入分析煤矿采矿安全管理的现状，探讨有效的安全管理策略和事故防范措施，以期为煤矿的安全生产提供科学、系统的指导，减少煤矿事故的发生，保障煤矿工人的生命安全和健康<sup>[1]</sup>。

**关 键 词：** 煤矿采矿；安全管理；事故防范

## Discussion On Mine Safety Management And Accident Prevention

Yin Yaohui

Shenmu City Haihong Mining Co., LTD, Shenmu, Shaanxi 719300

**Abstract：** As the cornerstone of China's energy supply, coal mine safety production has been a social concern. With the continuous progress of mining technology and the expanding scale of coal mining, the risk of coal mine safety accidents is increasing day by day. However, the current coal mine safety management is still facing many challenges, making coal mine safety accidents frequent, to people's life and property safety has brought serious threats, all of which have buried hidden dangers for the occurrence of coal mine accidents, coal mine accidents will not only cause casualties and property losses, but also have a serious impact on social stability and economic development. Therefore, strengthening coal mine safety management and accident prevention has become an urgent problem to be solved. This paper aims to deeply analyze the current situation of coal mine safety management, explore effective safety management strategies and accident prevention measures, in order to provide scientific and systematic guidance for coal mine safety production, reduce the occurrence of coal mine accidents, and protect the life safety and health of coal mine workers.

**Keywords：** coal mining; safety management; accident prevention

### 前言

煤矿作为我国能源产业的重要组成部分，其安全生产直接关系到国家的能源安全和人民的生命财产安全。然而，近年来煤矿事故频发，不仅造成了巨大的经济损失，更给社会带来了深重的灾难。这背后反映出煤矿采矿安全管理存在诸多问题。因此，对煤矿采矿安全管理与事故防范进行深入探讨，不仅具有重要的理论价值，也具有迫切的现实意义。煤矿安全管理是煤矿安全生产的核心问题。虽然采矿技术及相关管理制度都在不断的进步与完善，煤矿安全事故的发生率也在逐年下降，但是近年来的各种煤矿开采事故仍在提醒着我们，我国的煤矿采矿在事故防范与安全管理方面的工作依旧有所欠缺<sup>[2]</sup>。本文对煤矿采矿过程中存在的问题进行说明，对造成事故的原因进行分析探讨，并提出了一些改进措施，希望能为我国煤矿业的安全生产提供帮助。

### 一、煤矿开采过程存在的问题

#### （一）没有完善的管理制度

企业的安全生产无疑是其持续稳定发展的基石，而这一切在很大程度上依赖于其管理制度的健全与完善。一个科学完善的管理制度，不仅能够对企业的安全管理起到关键的指导作用，还能

在各个环节中确保生产的安全性。近年来，我国煤矿行业不幸发生了多起安全事故，这些事故的背后往往隐藏着管理体制的缺失。当采矿单位缺乏一套科学完善的管理体制时，对于安全、设备和机器的检测工作便难以得到有效的引导。这种情况下，检查过程中很容易出现疏忽，导致潜在的安全隐患被忽视。一旦这些隐患在采矿过程中被触发，就极易引发安全事故，给企业和员工



带来不可估量的损失<sup>[3]</sup>。

## （二）安全事故频发

在煤矿开采的广袤领域中，安全问题始终是最为严峻且备受关注的议题。这些安全问题一旦爆发，其后果之严重，令人痛心疾首。它们不仅威胁着矿工的生命安全，更对人们的财产造成无法估量的损害。随着我国煤矿采矿业的蓬勃发展，开采规模和效率不断提高，然而，在这一过程中，安全事故却呈现出愈演愈烈的趋势。矿难频发，给社会带来了沉重的打击，每一起事故都伴随着巨大的人员伤亡和财产损失，让人们痛心不已。这些安全事故的根源，往往在于安全管理体制的缺失或不完善。缺乏科学、系统的管理指导，使得安全防范措施难以得到有效落实，隐患难以被及时发现和消除<sup>[4]</sup>。

## （三）没有做好安全保障

煤矿开采，作为一项复杂且风险较高的工作，其特殊的工作环境和多变的地质因素使得意外事故难以完全避免。面对这一现实，采矿单位的首要任务便是建立起一套健全、完善的安全保障机制<sup>[5]</sup>。这一保障机制不仅要涵盖事故预防的各个环节，更要具备在意外发生时迅速响应、有效应对的能力。一旦不幸遭遇事故，保障机制应能立即启动，确保救援人员能够迅速到达现场，采取科学有效的措施进行人员抢救和灾情控制，最大限度地减少人员伤亡和财产损失。然而，在我国煤矿企业中，安全保障机制的不到位是许多事故后遭受巨大损失的关键原因。这种不到位可能体现在预防措施的缺失、应急响应的迟缓、救援资源的不足等多个方面。

# 二、煤矿采矿事故产生的原因

## （一）煤矿采矿人员安全意识不强

煤矿采矿事故频发，其背后往往隐藏着深层次的原因，而安全意识薄弱无疑是其中的首要因素。这种安全意识的不足，其根源复杂多样，需要我们深入挖掘并予以重视。不少煤矿企业在追求生产效率的过程中，往往忽视了对采矿人员人身安全的保障。这种对生产效益的过度追求，使得企业在安全设施投入、安全培训以及日常安全管理等方面投入不足<sup>[6]</sup>。这不仅使得煤矿采矿作业环境存在诸多安全隐患，还导致在事故发生后，由于救援设备和资源不足，救援难度加大，救援效率降低，从而加剧了事故的严重性。这种局面，实际上是煤矿企业管理者安全意识淡薄的直接体现，其未能将安全生产放在首位，从而导致了煤矿采矿事故的频发。煤矿企业采矿人员自身的安全意识也是影响事故发生率的重要因素。许多采矿人员在日常工作中，缺乏基本的安全意识，对安全生产的重要性认识不足。其往往为了多生产、快生产，而忽视了安全操作规程，甚至冒着生命危险进行作业。这种对生命的漠视，不仅是对自己生命的不负责任，也是对他人生命的漠视。而这种安全意识的缺失，往往源于其对安全生产的认知不足，以及对经济利益的过度追求<sup>[7]</sup>。

## （二）煤矿企业管理松懈

煤矿企业的管理存在严重的松懈问题，这无疑为事故的发生

埋下了巨大的隐患。这些管理上的疏忽不仅威胁着矿工的生命安全，也阻碍了煤矿企业的可持续发展。有一个普遍现象，那就是许多煤矿采矿的管理者从未亲自下井，对矿井下的实际情况一无所知。这种“外行管内行”的管理模式，导致了管理层与实际操作层之间的严重脱节。由于缺乏实地经验，管理者往往难以做出科学合理的决策，无法及时发现和纠正生产过程中的安全隐患。这种情况的存在，使得管理效果大打折扣，为事故的发生留下了极大的空间<sup>[8]</sup>。具体来说，这些管理者往往只关注表面的数据和报表，而忽视了矿井下的真实状况。其可能对于设备的运行状况、工人的操作规范以及矿井的地质环境等关键信息一无所知。这种缺乏实地了解和经验的管理方式，使得许多潜在的安全问题被忽视，从而增加了事故发生的可能性。煤矿企业的管理浮于表面，责任落实不到位也是一个严重的问题。在很多煤矿企业中，我们发现管理层往往过于注重会议安排和文件传达，而忽视了实际工作的检查和落实。这种“重会议轻落实”的现象，使得许多安全制度和措施形同虚设，无法真正发挥作用。在煤矿的具体生产过程中，对于各项安全规定的执行往往缺乏有效的监督和管理。一些关键的安全措施可能只是停留在口头或书面上，而没有得到真正的落实。这种管理上的松懈，不仅使得生产过程中的安全隐患得不到及时消除，也使得事故发生后的应急处理变得困难重重。

## （三）煤矿企业工人的安全技能不足

煤矿工人的安全技能不足，不仅阻碍了安全生产的正常进行，更在事故发生时导致了无法自救的困境，从而造成了惨重的伤亡和巨大的财产损失。深入煤矿现场，就会发现由于生产任务繁重、工作环境恶劣以及生产安全难以保障等多重因素，煤矿企业往往难以吸引到高技能、高文化水平的员工。因此，煤矿从业人员普遍呈现出文化水平较低、基础技能缺乏的特点。这是煤矿企业在招聘过程中面临的一大难题，也是制约其发展的障碍。这些煤矿工人，虽然为企业的发展提供了不可或缺的动力，但其安全技能却远远不能满足实际需求。由于知识水平有限，其在实际生产中往往难以有效保护自己，更无法应对突发的安全事故。而煤矿企业，为了追求经济效益，往往忽视了对工人进行必要的安全技能培训。缺乏安全技能培训的工人，在面临安全事故时，往往手足无措，无法采取正确的自救措施。这不仅导致了伤亡人数的增加，也给企业带来了无法挽回的经济损失。更为严重的是，这种恶性循环还可能进一步削弱企业的安全文化氛围，使安全问题愈发严重<sup>[9]</sup>。

# 三、加强煤矿安全管理防范煤矿事故发生

## （一）提升煤矿企业的整体安全意识

在煤矿采矿工作中，安全始终是首要考虑的因素。只有每个参与者都牢固树立了安全意识，我们才能真正实现安全生产，确保煤矿作业的安全与稳定。因此，树立安全意识应成为我们工作的首要任务。我们要着重推动煤矿管理者安全意识的建立。煤矿管理者的安全意识不仅关系到整个煤矿的安全生产状况，更与煤矿企业的长远发展息息相关。为了树立管理者的安全意识，我们

必须让其深刻认识到事故发生的严重危害。每一次事故都可能造成人员伤亡、设备损坏,甚至可能导致整个煤矿的停产整顿,给企业带来无法估量的损失。同时,我们也要让管理者意识到,即使是微小的安全隐患,也可能对煤矿的安全生产造成致命的影响。因此,煤矿管理者必须时刻保持警惕,把安全放在首位,确保煤矿的安全生产。我们还需要促进煤矿工人安全意识的树立。煤矿工人是煤矿生产的直接参与者,其安全意识直接影响到煤矿的安全生产状况。我们要让工人深刻认识到安全的重要性,树立“安全第一”的意识。在采矿过程中,工人要时刻关注自身的安全,遵守安全操作规程,积极防范安全事故的发生。同时,我们还要加强对工人的安全教育和培训,增强其安全意识和操作技能,确保其能够熟练掌握安全知识,有效应对各种安全风险<sup>[10]</sup>。

## （二）完善煤矿企业的安全生产制度

为了确保煤矿从业人员能够在生产过程中遵循明确的规范,我们必须建立科学、可行且符合企业实际情况的安全生产制度。完善国家层面的煤矿企业安全生产制度至关重要。这要求我们对现有的安全生产制度进行细化和完善,确保制度的严密性和针对性,从而避免不法企业利用制度漏洞进行非法生产。同时,加大对违法违规煤矿企业的处罚力度,使其在生产过程中不敢轻易逾越安全红线,确保生产的合法性和安全性。此外,落实有效的监管机制,加强对煤矿企业安全生产的监督,及时发现和纠正生产过程中的安全隐患,为煤矿企业的安全生产提供坚实的保障。煤矿企业应结合自身实际情况,制定具有针对性的安全生产规章制度。这些制度应简洁明了、通俗易懂,使从业人员能够迅速掌握并遵守。同时,制度应具有高度的可操作性,确保在实际生产过程中能够得到有效执行。煤矿企业应通过宣传、培训等方式,使从业人员充分了解这些规章制度,并在生产过程中严格遵循,确保安全生产的顺利进行。在制度的执行过程中,煤矿企业应强化责任落实,确保每个从业人员都能够明确自己的职责和义务。同时,企业应建立健全安全生产奖惩机制,对安全生产表现突出的个人和团队给予表彰和奖励,对违反安全生产规定的个人和团队进行严肃处理,形成人人关心安全、人人参与安全的良好氛围。

## （三）提高煤矿企业采矿业从业人员的素质

煤矿工人作为安全生产的核心力量,身处工作现场的第一线,其素质直接关系到煤矿生产的安全与稳定。因此,提升煤矿工人的素质,对于防范煤矿事故的发生具有至关重要的意义。对煤矿工人进行规范操作培训是必不可少的。通过系统的培训,工人们能够熟练掌握采矿过程中的各项规范操作流程,确保在实际工作中能够严格遵循操作规范,避免因违规操作而引发的安全事故。这种培训不仅要注重理论知识的灌输,更要结合实际操作,让工人们在实际操作中加深理解和记忆。提升煤矿工人应对安全事故的能力也是至关重要的。在培训中,应加入应急处理和自救互救等内容,使工人们在面对突发安全事故时能够迅速反应,采取正确的措施进行自救和互救,最大限度地减少事故对人员和设备的伤害。此外,还应定期组织应急演练,让工人们模拟的情境中提高应对能力。为了实现煤矿工人素质的全面提升,我们可以采取变招工为招生的策略。通过定向招生,吸引有志于从事煤矿工作的人才进入专业的培训机构进行系统的学习和培训。这种方式不仅能够提高新入职人员的专业素质和技能水平,还能够从源头上提升整个煤矿企业的从业人员素质。同时,通过对口招生,我们还能够根据企业的实际需求,培养具备特定技能和素质的人才,为企业的长期发展提供有力的人才保障。

## 结束语

综上所述,在煤矿采矿的复杂环境中,安全管理与事故防范始终是我们不容忽视的重要课题。经过深入的探讨和研究,我们认识到,这不仅需要先进的技术支持,更需要严格的管理制度和员工的高度责任感。煤矿企业作为安全生产的主体,应当切实履行好安全管理的职责,加强安全培训和宣传教育,增强员工的安全意识和操作技能。同时,政府和社会各界也应给予煤矿安全生产更多的关注和支持,共同构建一个安全、和谐的生产环境。我们期待煤矿采矿安全管理能够持续进步,事故防范能力不断增强,为煤矿产业的可持续发展提供坚实的保障。

## 参考文献:

- [1] 施祥云. 煤矿采矿安全管理与事故防范的途径探讨[J]. 内蒙古煤炭经济, 2023(14): 92-94.
- [2] 王小平. 有关煤矿采矿安全管理与事故防范的探讨[J]. 有色金属文摘, 2018, 033(004): 65, 67.
- [3] 罗光敏, 许士奎, 牛田瑞. 有关煤矿采矿安全管理与事故防范的思考[J]. 中国化工贸易, 2018, 10(034): 51. DOI: 10.3969/j.issn.1674-5167.2018.34.046.
- [4] 王涛. 关于煤矿采矿安全管理与事故防范的探讨[J]. 山东煤炭科技, 2016(5): 2. DOI: 10.3969/j.issn.1005-2801.2016.05.084.
- [5] 赵军. 煤矿采矿安全管理与事故防范的探讨[J]. 中小企业管理与科技(下旬刊), 2014. DOI: CNKI: SUN: ZXQX.0.2014-07-075.
- [6] 刘博. 关于煤矿采矿安全管理与事故防范的探究[J]. 中国科技期刊数据库 工业 A, 2021(1): 246-247.
- [7] 李振. 煤矿采矿安全管理与事故防范分析[J]. 内蒙古煤炭经济, 2022(07): 94-96.
- [8] 任乾. 煤矿采矿安全管理及其事故防范. 山东工业技术, 2019(10): 98.
- [9] 霍晨光. 煤矿零打碎敲事故防范工作措施探究. 中国市场, 2019(08): 119-120.
- [10] 施祥云. 煤矿采矿安全管理与事故防范的途径探讨. 内蒙古煤炭经济, 2023(14): 92-94.