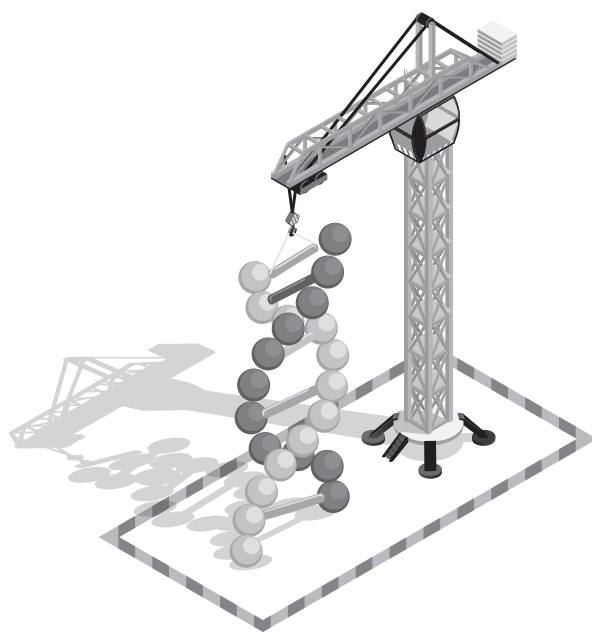


# 工程 研究与应用

Engineering Research and Application



ART AND DESIGN PRESS INC.

(626 810 4480)

Level 1

119 S Atlantic Blvd, Suite 300D

Monterey Park, CA 91754

Copyright © 2023 by ART AND DESIGN PRESS INC.

Complimentary Copy



## Editorial board

### Editors-in-Chief

Xiaolei Ju

China Architectural Design and Research Institute, China

Meilian Chao

Heze Dehe Construction Engineering Group Co. LTD

### Editorial Board Member

Xianbo Tu

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

Neda Abbasi

School of Engineering and Technology

Tanvir Ahamed

School of Engineering and Technology

# 目录CONTENTS

## 材料科学 | MATERIALS

- 005 浅谈干硬性混凝土预制块生产参数与配合比优化设计 隆国苍<sup>\*</sup>  
Introduction to the Optimization Design of Production Parameters and Ratio of Dry Rigid Precast Concrete Blocks Long Guocang<sup>\*</sup>
- 008 地下室底板上浮的处理与预防 支绍文  
Treatment and Prevention of Floating on Basement Floor Zhi Shaowen
- 011 新型材料在古建筑木结构修复中的应用 池亚徽, 黄凤飞  
Application of New Materials in the Restoration of Wooden Structures of Ancient Buildings Chi Yahui, Huang Fengfei
- 014 混凝土在硫酸镁腐蚀环境下的耐久性室内大循环快速试验评估 李飞  
Durability of Concrete in Magnesium Sulfate Corrosive Environments and Evaluation of Indoor Macrocycle Rapid Tests Li Fei

## 电子与通信工程 | ELECTRONIC AND COMMUNICATION ENGINEERING

- 018 热工仪表的可靠性与维护策略研究 何超  
Research on Reliability and Maintenance Strategy of Thermal Instrumentation He Chao
- 021 核电站仪表和控制系统的可靠性分析与改进 宋宜明  
Reliability Analysis and Improvement of Instrumentation and Control System in Nuclear Power Plants Song Yiming
- 024 面向数据采集的无人机协同通信系统优化传输策略 李瑞杰  
Optimized Transmission Strategy for Data Acquisition Oriented Unmanned Aerial Vehicle Cooperative Communication System Li Ruijie
- 027 机器人与自动化技术在工艺智能化升级中的优化 孙鹏  
Optimization of Robotics and Automation Technology in Process Intelligent Upgrading Sun Peng

## 工程科学 | ENGINEERING SCIENCE

- 030 化工设备维护与检修工作的优化及创新 黄良维  
Optimization and Innovation of Chemical Equipment Maintenance and Overhaul Work Huang Liangwei
- 033 110kV 输变电工程施工管理过程研究 孙耀军  
110kV Transmission and Substation Project Construction Management Process Research Sun Yaojun
- 036 GIS 在岩土勘察和基坑监测中的应用 明庆波  
Application of GIS in Geotechnical Investigation and Foundation Pit Monitoring Ming Qingbo
- 039 创新技术在建筑工程试验检测中的应用 徐超, 李英  
Application of Innovative Technology in Construction Engineering Test and Inspection Xu Chao, Li Ying

## 建筑科学 | BUILDING SCIENCE

- 042 一种新型装配式梁板基础梁-梁节点力学性能研究 苏估智<sup>1\*</sup>, 王臣垒<sup>2</sup>, 吴海亮<sup>1</sup>, 乔文涛<sup>2</sup>, 张戊晨<sup>1</sup>  
Mechanical Performance Study of a Novel Prefabricated Beam-Slab Foundation Beam-Beam Joint Su Jizhi<sup>1\*</sup>, Wang Chenlei<sup>2</sup>, Wu Hailiang<sup>1</sup>, Qiao Wentao<sup>2</sup>, Zhang Wuchen<sup>1</sup>
- 045 BIM 技术在装配式建筑设计和施工中的应用 高洪美  
Application of BIM Technology in the Design and Construction of Prefabricated Buildings Gao Hongmei

048	建筑工程造价控制与管理的研究与实践 Research and Practice on Cost Control and Management of Construction Projects	尹艺璇 Yin Yixuan
051	建筑施工中高强度混凝土的配制与施工技术研究 Research on Formulation and Construction Technology of High Strength Concrete in Building Construction	苑房房 Yuan Fangfang
054	建筑工程施工中深基坑支护施工技术应用研究 Research on the Application of Deep Foundation Pit Support Construction Technology in Construction Engineering	魏勇军 Wei Yongjun
057	建筑工程中的模板工程施工技术研究 Study on Formwork Construction Technology in Building Engineering	桑福涛 Sang Futao
060	建筑工程造价在工程招标与合同管理中的应用 Application of Construction Cost in Project Bidding and Contract Management	李猛 Li Meng
063	建筑工程基础底板大体积混凝土施工技术分析 Analysis of Massive Concrete Construction Technology for Foundation Base Plate of Construction Project	陈彦良 Chen Yanliang
066	绿色建造技术在土木工程结构设计中的应用 Application of Green Building Technology in Civil Engineering Structural Design	康杰, 闫小石 Kang Jie, Yan Xiaoshi

交通与储运工程 | TRAFFIC AND STORAGE AND TRANSPORTATION ENGINEERING

069	基于道路桥梁工程现场施工管理 Based on Site Construction Management of Road and Bridge Engineering	杨明 Yang Ming
072	软土路基的市政道路施工技术研究 Research on Municipal Road Construction Technology of Soft Soil Roadbed	孙朝中, 朱凯奇 Sun Chaozhong, Zhu Kaiqi
075	新疆特克斯公路隧道轮廓反光环的设计与应用 Design and Application of Contour Reflective Ring of Xinjiang Tex Highway Tunnel	周敬龙 Zhou Jinglong
078	道路 / 非道路车辆电气系统的故障诊断与智能维护 Troubleshooting and Intelligent Maintenance of Electrical Systems in On-Road/Off-Road Vehicles	付华 Fu Hua
081	公路水运试验检测机构存在的问题及解决问题探讨 Discussion on the Problems and Problem Solving of Highway and Water Transportation Test and Inspection Organization	张金慧 Zhang Jinhui
084	路基加固处理与沉降控制技术研究 Research on Roadbed Reinforcement and Settlement Control Technology	苏小培, 刘斯坦 Su Xiaopei, Liu Sitan

能源科学 | ENERGY SCIENCE

087	客户关系管理在电力营销中的应用 Application of Customer Relationship Management in Electricity Marketing	李瑞英, 王力澜 Li Ruiying, Wang Lilan
090	智能电网背景下的电力营销信息化建设 Electricity Marketing Informatization Construction in the Background of Smart Grid	吴明明 Wu Mingming
093	电力物资供应链的数字化转型与技术创新 Digital Transformation and Technological Innovation of Electric Power Material Supply Chain	陈艺铭 Chen Yiming
096	综合能源节能改造实践 Integrated Energy Saving Retrofit Practices	顾筠 Gu Yu
100	修井作业在海洋石油工业中的重要性及挑战 Importance and Challenges of Well Workover Operations in Offshore Oil Industry	杨宏业 <sup>1</sup> , 刘召 <sup>2</sup> , 王子龙 <sup>3</sup> Yang Hongye <sup>1</sup> , Liu Zhao <sup>2</sup> , Wang Zilong <sup>3</sup>
103	城市照明设施故障原因分析及解决方法 Analysis of Causes and Solutions for Urban Lighting Facility Failures	杜志学 Du Zhixue
106	分布式光伏发电对配电网短路电流的影响分析与解决方案 Analysis and Solution of the Impact of Distributed Photovoltaic Power Generation on Short Circuit Current in Distribution Networks	王彦 Wang Yan
109	高效节水灌溉技术在高标准农田建设中的应用 The Application of Efficient Water-saving Irrigation Technology in the Construction of High Standard Farmland	李敏 <sup>*</sup> Li Min <sup>*</sup>

农业与环境工程 | AGRICULTURE AND ENVIRONMENTAL ENGINEERING

112	西藏察雅的村庄规划与文化遗产：挑战与机会 Village Planning and Cultural Inheritance in Chaya, Tibet: Challenges and Opportunities	李芳 Li Fang
116	水库灌区农田灌溉节水管理措施分析 Analysis of Water-saving Management Measures for Farmland Irrigation in Reservoir Irrigation Areas	李敏 <sup>*</sup> Li Min <sup>*</sup>

# 浅谈干硬性混凝土预制块生产参数与配合比优化设计

隆国苍\*

中国水利水电第四工程局有限公司, 青海 西宁 810000

**摘 要 :** 干硬性混凝土与普通塑性混凝土呈现不同的物理状态, 显得干稠而难以流动的混凝土拌和物。依托实际工程项目, 并结合自建厂配备的全自动机械化生产设备性能, 采用试验的方法进行干硬性混凝土预制块各项性能研究, 从分析影响干硬性混凝土性能的各方面因素入手, 进行干硬性混凝土原材料试验、配合比参数与各项性能关系试验研究, 确定满足各项性能要求的干硬性混凝土预制块配合比, 同时根据试验对比, 找到最佳振动频率和振动时间, 加快生产进程, 降低预制块生产模具损坏率, 减少因模具损坏而引起后期人工处理的费用。

**关 键 词 :** 干硬性混凝土; 生产参数; 配合比

## Introduction to the Optimization Design of Production Parameters and Ratio of Dry Rigid Precast Concrete Blocks

Long Guocang\*

China Water Resources and Hydropower Fourth Engineering Bureau Co., Ltd, Qinghai, Xining 810000

**Abstract :** Dry hard concrete and ordinary plastic concrete present different physical states, appearing dry and thick and difficult to flow concrete mix. Based on the actual project and combined with the performance of the fully automatic mechanized production equipment equipped by the self-built factory, the paper adopts the experimental method to study the performance of the precast block of dry rigid concrete. Starting from analyzing the factors affecting the performance of dry rigid concrete, the paper conducts the raw material test, the mix ratio parameter and the relationship between the performance of dry rigid concrete. Determine the mix ratio of precast concrete blocks that meet the performance requirements. At the same time, the optimal vibration frequency and vibration time are found according to the test comparison, which speeds up the production process, reduces the mold damage rate and reduces the cost of manual treatment caused by mold damage.

**Key words :** dry hard concrete; production parameters; proportioning

近些年来, 随着我国装配式建筑的发展, 预制混凝土构件的应用越来越广, 其需求也在不断增加。预制混凝土构件和制品的生产中, 干硬性混凝土凭借其质量稳定、水泥用量低、模板周转率快等特点, 一直被广泛使用, 尤其在水利工程方面, 已成为江河湖泊、输水渠道、人工航道等护坡护岸工程的主要防护结构形式。预制块混凝土护坡具有良好的抗冲刷、适应变形能力等效果极佳, 并结合生态理念预制块铺设完成后空隙适宜水草、底栖生物等生长生存, 能够有效的保护生态环境。并可以进一步提高护砌施工与管理的规范化程度、提高工程施工的效率、实现施工工艺优化改进、提高工程建设信息的利用效率, 以及提高工程质量、保障工程运行的安全。为此依托实际工程, 优化各项生产工艺参数, 使项目实际预制块生产过程中既保证质量又经济合理, 对相关预制块生产工艺参数进行了探讨。

### 一、原材料试验

#### (一) 水泥

水泥为淮南海螺42.5普通硅酸盐水泥, 经检测, 比表面积为 $377\text{ m}^2/\text{kg}$ , 28天抗压强度为 $47.9\text{ MPa}$ , 28天抗折强度为 $7.5\text{ MPa}$ , 检测结果均符合相关要求。

#### (二) 粗骨料

结合工程实际、通过论证分析对碎石检测提出以下要求:

1. 碎石粒径要满足《混凝土结构工程施工规范》(GB50666—

2011)相关要求:

1) 粗骨料宜采用连续粒级, 也可用单粒级组合成满足要求的连续粒级。

2) 碎石粒级的检验方法执行《普通混凝土用砂、石质量及检验方法标准》(JGJ 52—2006)的规定。

3) 不再按《水工混凝土施工规范》(SL677—2014)要求检测碎石的超径、逊径含量和中径筛除率。

2. 碎石除粒级外, 其他指标要满足《水工混凝土施工规范》(SL677—2014)的相关规定。粗骨料采用粒径为5—10mm碎石,

\* 作者简介: 隆国苍, 男, 高级工程师, 本科, 主要从事水电水利工程施工管理工作。

所检指标均符合相关要求。

### （三）细骨料

细骨料为采用天然河砂，所检指标均符合相关要求。

## 二、干硬性混凝土配合比设计

### （一）干硬性混凝土配合比设计的基本原则

同普通混凝土相比，由于干硬性混凝土不存在流动的水泥浆体，干硬性混凝土的强度在取决于水泥用量和单位用水量的同时，混凝土的密实程度对其强度也存在重大影响。影响干硬性混凝土密实程度的因素主要有骨料级配和振动工艺参数。合理的材料配比、合适的振动频率和充足的振动时间，能够有效减少混凝土内部孔隙，进而提高干硬性混凝土抗压强度和软化系数。配合比设计的基本原则如下：

1. 通过强度对比，确定最佳生产工艺参数；
2. 按最佳生产工艺参数强度值，找到水胶比；
3. 分析混凝土各项性能结果，确定配合比。

### （二）干硬性混凝土生产工艺参数确定

#### 1. 抗压强度检测

针对干硬性混凝土预制块形状不规则性的特点，一般选用分别为：切割立方体法、钻芯取样法和干硬性混凝土圆柱体抗压强度法三种试验方法进行抗压强度检测。

切割立方体法：通过在随机抽样的砌块实体上，利用切割设备切割，得到符合  $200\text{mm} \times 200\text{mm} \times 200\text{mm}$ 、 $150\text{mm} \times 150\text{mm} \times 150\text{mm}$ 、 $100\text{mm} \times 100\text{mm} \times 100\text{mm}$  的标准立方体试件，该方法最符合混凝土常规检验标准，可以直接得到砌块的抗压强度，也是进行试验数据分析的可靠参照值。但此法配备比较大型的专业切割设备，同时预制厂生产的预制砌块本身尺寸满足不了切割出适合试验的试件，切割立方体法不适用于本工程。

钻芯取样法：该法也是混凝土常规检验方法系列之一，可以通过换算得到试件的抗压强度，也是试验数据分析的重要方法。一般芯样试件尺寸： $\Phi 100\text{mm} \times 100\text{mm}$  和  $\Phi 70\text{mm} \times 70\text{mm}$  高径比 1:1 的圆柱体试件。此法需要仪器设备易满足，操作简单。

同密度振压成型法：即将装满所需重量集料的试模放置在同密度圆柱体试件成型仪上在施加激振力的同时对试模上压板施加压力，等试件达到设定尺寸时使用脱模机脱出试件，送至养护室养护，达到龄期后进行强度试验。此方法在试件压制过程中，需要专用的带压力的小型振动台，根据试验室现有仪器设备无法满足，因此，在强度试验中，不予考虑。

结合本项目预制块形体尺寸及试验室现有资源配置，采用钻芯取样法进行试验。

#### 2. 砂率的确定

粗细骨料紧密密度在挤压法干硬性混凝土预制块密实度中起着重要作用，若两者组合级配不良，空隙率大，将增加填充空隙所需的水泥砂浆用量。为了得到最合理的粗细骨料级配，进行了不同砂率组合的粗细骨料紧密密度试验，根据试验结果，最终选择粗细骨料紧密密度大的砂率 60% 作为干硬性混凝土配合比的最优砂率。

#### 3. 生产参数的选择

干硬性混凝土由于流动性较差，成型工艺需采用振动 + 挤压

方式，使其达到密实状态下的表观密度，才能充分发挥其设计强度和耐久性，成型工艺的参数选择对于干硬性混凝土的性能无疑会产生关键性影响，当工艺参数与配合比不匹配时，混凝土制品无法达到足够密实，配合比设计的性能也无法达到要求，因此，选择生产工艺参数至关重要。

本工程预制厂生产设备为共有两条生产线，为两条美国贝赛尔机械（三河）有限公司生产的贝赛尔 LONG9 混凝土制品及固体废物处置自动生产线。布置的两条生产线可实现理想的人机对话，执行手动、半自动、全自动操作模式，振动频率可在  $3600\text{r}/\text{min} \sim 3900\text{r}/\text{min}$  内任意设置。

由于混凝土预制块所用配合比的设计至今还没有成熟的公式可以应用，根据对安徽省内一些预制块生产厂家考察，由于原材料和生产设备的差异，C25 干硬性预制块水胶比一般在  $0.31 \sim 0.44$  之间，用水量控制在  $110 \sim 140\text{kg}/\text{m}^3$ 。结合施工现场原材料及设备配置情况，通过固定其中一因素，变化其他因素，从而找出最优配合比。

干硬性混凝土配合比设计试验采用最大容重法，混凝土容重假设为  $2250\text{kg}/\text{m}^3$ ，细骨料选用纯河砂，根据干硬性混凝土的特点，选择 0.32、0.35、0.38、0.41 四个水胶比进行试验，对现场拌合后的混凝土以“手捏成团、落地分散”、挤压成型的预制块表面光洁度来判别混凝土干硬状态。经反复试验调整，最终确定砂率为 60%，用水量选取  $128\text{kg}/\text{m}^3$ 。振动频率分别为  $3600\text{r}/\text{min}$ 、 $3700\text{r}/\text{min}$ 、 $3800\text{r}/\text{min}$ 、 $3900\text{r}/\text{min}$  进行挤压成型，挤压时间设定为 20s、25s、30s、35s、40s，成型组数按每一振动频率和每一振动时间各成型 2 组，每组 6 块，成型预制块放置湿度大于 95%，温度在  $20 \pm 2$  度标准养护室进行养护，待养护 28 天后进行钻取芯样检测抗压强度，检测不同生产工艺抗压强度试验结果，根据抗压强度大小选定最佳振动频率。

通过试验数据，对比分析在不同水胶比振动频率和抗压强度关系曲线、不同水胶比振动时间和抗压强度关系曲线，可得出结论如下：

在标准养护条件下，振动频率在  $3600 \sim 3800$  范围内时，随着振动频率的增加，28d 抗压强度增长速率显著；当  $3800 \sim 3900$  范围内时，28d 抗压强度增长不明显。

在标准养护条件下，振动时间在  $20 \sim 30\text{s}$  范围内时，随着振动时间的增加，28d 抗压强度增长速率显著；当  $30 \sim 40\text{s}$  范围内时，28d 抗压强度增长不明显。

挤压法干硬性混凝土预制块生产工艺中，振动频率和振动时间是两个关键因素。从试验结果可以看出：不同水胶比 28d 抗压强度与振动频率成正比例关系，当振动频率为  $3900\text{r}/\text{min}$  时抗压强度值最大，这是因为在振动挤压作用下，随着振动频率的增大，促进混凝土集料颗粒间相互运动，排出内部空气，减小空隙率。同时，水泥浆失去稳定状态而流动，填满集料间空隙，集料结合更紧密，所以适当的振动频率可以使混凝土内部更密实，颗粒结合更紧密。当振动频率达到  $3800\text{r}/\text{min}$  时，继续增加振动频率，对干硬性混凝土抗压强度影响不大。考虑到振动频率增大，对成型模具的损伤而造成预制块变形，后期增加人工处理成本，在生产过程中最佳振动频率选取  $3800\text{r}/\text{min}$ 。

振动时间直接决定了预制块密实程度与生产效率，最佳的振动时间既保证干硬性混凝土拌合物充分振实又不能过长而导致能耗浪费。试验结果显示，随着振动时间的延长，28d 抗压强度基



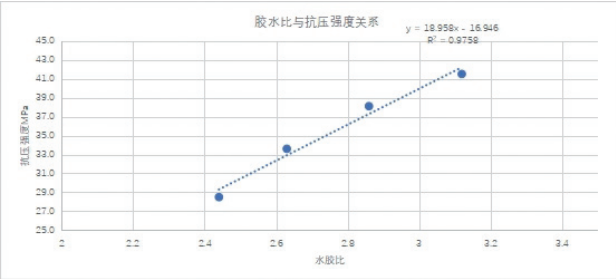
本呈增长趋势,当振动时间达到30s时,28d抗压强度增长速率缓慢,这是因为振动时间为30s时,混凝土已达到完全液化状态,继续增加振动时间,对混凝土抗压强度影响不大。综合生产效率考虑,最佳振动时间选择30s。

4. 水胶比选择

由不同生产参数配合比抗压强度试验结果得出,在最佳振动频率为3800r/min、振动时间30s时,不同水胶比抗压强度见表1。

表1 不同水胶比抗压强度

水胶比	0.32	0.35	0.38	0.41
胶水比	3.12	2.86	2.63	2.44
抗压强度	41.5	38.1	33.6	28.5



> 图3 不同胶水比与抗压强度关系图

根据《水工混凝土试验规程》SL/T352-2020附录A“水工混凝土配合比设计方法”,配制强度按以下公式计算:

$$f_{cu,0}=f_{cu,k}+t\sigma$$

式中:  $f_{cu,0}$  - 混凝土配制强度 (MPa);

$f_{cu,k}$  - 混凝土设计龄期的设计抗压强度 (MPa);

t - 保证率系数,保证率P选定95.0,保证率系数t取值为1.645;

$\sigma$  - 混凝土抗压强度标准差 (MPa),设计抗压强度C25, $\sigma$ 取值为4.0。

计算出C25干硬性预制块配制强度为31.6MPa,根据不同胶水比与抗压强度线性回归方程,可计算得出C25干硬性混凝土预制块对应水胶比为0.39。

综上所述,通过试验对比分析,最终确定现场施工配合比及设备生产参数详见表2。

表2 现场施工配合比及生产参数

水胶比	水泥 (kg)	水	河砂	骨料 (5—10mm)	砂率 (%)	振动时间 (s)	振动频率 (r/min)
0.39	328	128	1077	718	60	30	3800

三、质量控制

(一) 原材料质量控制

为了保证配合比与施工配合比的一致性、准确性,原材料进场检测是一个重要的工作环节,是保证干硬性混凝土预制块质量的前提。干硬性混凝土预制块使用的现场原材料(水泥、河砂、碎石),必须按同一批次的、具有代表性的样品进行提前抽样检测,掌握工程实际用原材料的品质和性能。

用水量作为干硬性混凝土预制块生产工艺中最重要控制环节。如果用水量过少,导致混凝土拌和物过干,造成混凝土内部

出现较多的蜂窝孔洞,造成预制块强度偏低;如果用水量过多,就会导致预制块的稳定性不够,砌块表面出现拉浆痕迹,整体外观质量较粗糙,未能达到设计要求。因此,粗细骨料的含水率检测尤为重要。砂子、小石的含水率变化每班检查二次,气温变化较大、雨后、砂石储料条件突变等情况下,每两小时应检查一次,计算结果作为施工配合比中用水量调整的依据。

对淮南海螺水泥有限公司P.O42.5水泥进行了129组物理力学性能试验,检测项目主要包括水泥的凝结时间、标准稠度用水量、比表面积、安定性、抗压强度、抗折强度,从检测结果看,水泥的各项指标均满足GB175-2007的要求。

(二) 养护

干硬性混凝土预制块采用蒸汽养护和洒水养护两种方式相结合。蒸汽养护是放置于预制厂设置的养护窑中蒸养,温度设置为±20℃,湿度≥60%,养护8—10小时达到抓码强度后,出窑继续洒水养护。洒水养护期间,设置必要的措施保证码垛产品的每个部位都能够养生到位,夏季应采用地埋式喷淋系统与土工布覆盖相结合的方式,必要时辅以人工洒水养护。洒水养护不应低于14天,养护期间预制块芯部与表层、表层与环境之间的温差不宜超过20℃。冬季采用养护窑养护,不得洒水养护。

(三) 质量检测

干硬性混凝土预制块产品分为型式检验和出厂检验,型式检验应对尺寸偏差、抗压强度、吸水率、抗冻性、碳化系数、软化系数进行全检,正常生产情况下应每年进行一次。出厂检验检测项目为外观质量、尺寸偏差、强度等级,按规格、种类、龄期和强度等级分批验收,以同一种原材料配制成的相同规格、龄期、强度等级和相同生产工艺生产的500m3且不超过3万块砌块为一批,每周生产不足500m3且不超过3万块砌块按一批计。

四、结语

综上所述,通过混凝土配合比试验,确定了用于本工程挤压法干硬性混凝土预制块的混凝土配合比;通过对比试验,分析确定了预制块生产过程中,振动频率,振动时间等生产工艺参数,保证了成型预制块质量,降低了生产成本。同时,由于预制块施工工艺是铰接式拼接,模具的损坏会引起预制块变形,造成预制块无法联结,而最佳生产工艺的确定,不仅提高了生产效率,同时降低了高频率、长时间振动对干硬性混凝土预制块生产试模损耗率,减少了因试模损坏而引起的人工处理,减少不必要投入。

参考文献

[1] 姚浩刚、徐捷. 预制干硬性混凝土空心砌块质量检验方法研究[J]. 城市道桥与防洪, 2013(6/6): 209-211+231.  
[2] 任志强、陈涛、闫文俊、崔培强. 锡张高速C25干硬性混凝土配合比设计研究[J]. 建材世界, 2012(33/5): 28-30.  
[3] 郭傲、赵铁军、王鹏刚、陆文攀. 砂率对于干硬性混凝土性能的影响[J]. 铁道建筑, 2015(2): 137-140.  
[4] 刘春艳、张旭春、贺阳、夏京亮、周永祥. 干硬性混凝土制品成型工艺研究综述[J]. 混凝土与水泥制品, 2018(5/5): 11-15.  
[5] 黄克宝、石箭光、贺阳、夏京亮、周永祥、刘剑、张旭春. 联锁块特干硬性混凝土配制技术研究[J]. 建材世界, 2019(40/3): 45-47.  
[6] 甘继胜、何清举、李昭生. 高强度干硬性混凝土护坡砌块配合比设计[J]. 水电能源科学, 2009(27/6): 116-117+169.

# 地下室底板上浮的处理与预防

支绍文

身份证号码: 330382199107015738

**摘要：** 建筑工程中，地下室底板的稳定性是至关重要的。然而，由于各种原因，地下室底板可能会发生上浮现象，这不仅会影响建筑物的安全性，还可能引发严重的工程事故。因此，对于地下室底板上浮的处理与预防显得尤为重要。为此，本文基于地下室底板上浮的原因，分别分析了底板上浮的处理和预防措施，以期确保建筑的安全性和稳定性。

**关键词：** 地下室；底板上浮；处理；预防

## Treatment and Prevention of Floating on Basement Floor

Zhi Shaowen

ID: 330382199107015738

**Abstract：** The stability of basement floor slab is crucial in construction projects. However, due to various reasons, basement floor slab uplift may occur, which will not only affect the safety of the building, but also may cause serious engineering accidents. Therefore, the treatment and prevention of basement slab uplift is particularly important. For this reason, this paper analyzes the treatment and preventive measures of basement slab uplift based on the causes of basement slab uplift, in order to ensure the safety and stability of the building.

**Key words：** basement; basement slab uplift; treatment; prevention

## 引言

在建筑设计中，地下室是一个非常重要的部分，它不仅是建筑的基础，也是地下水位较高时，建筑抵御水浮力的关键。然而，由于大量高层建筑的建设，地下水的压力越来越大，加上设计、施工等方面的原因，地下室底板上浮的现象屡见不鲜。导致了一系列的问题，如结构破坏、地面开裂、管道破裂等，严重影响了建筑的使用和安全。因此，对于地下室底板上浮的处理与预防，是建筑行业必须面对的重要问题。

## 一、地下室底板上浮原因

地下室底板上浮是一个复杂的工程问题，其原因是多方面的。

### （一）地质条件影响

地质条件是影响地下室底板上浮的一个重要因素。如果地基土的承载能力不足，或者地基土的流失会导致底板下部的支撑力减小，从而产生上浮现象。此外，地基的不均匀沉降也可能导致底板变形或开裂，进一步加剧上浮问题。

### （二）水位变化

地下水位的变化也可能导致地下室底板上浮。当地下水位上升时，会增加底板的浮力，可能导致底板上浮。此外，如果地基周围存在排水系统，如排水沟或排水井等，其维护不当可能导致排水不畅，进而使地下水位升高，加大底板上浮的风险。

### （三）施工设计问题

施工设计问题也可能是导致地下室底板上浮的原因之一。例

如，如果设计时未充分考虑地下室的抗浮能力，或者设计出的结构不符合当地的工程地质条件，可能使地下室在施工过程中或使用过程中出现底板上浮现象。

### （四）建筑材料问题

建筑材料问题也可能导致地下室底板上浮。例如，如果使用的混凝土质量不稳定，或者钢筋的数量和布置不符合设计要求，可能导致底板的强度和稳定性不足，从而产生上浮现象。

### （五）防水措施不当

防水措施不当是另一个可能导致地下室底板上浮的原因。如果地下室防水层的施工质量存在问题，或者没有采取适当的防水措施，可能会导致水渗入地下室底板下，增加底板的浮力，进而导致上浮。

### （六）结构自身限制

结构自身限制也可能是导致地下室底板上浮的一个因素。例如，如果地下室结构设计过于复杂或存在较多的悬挑结构等，可



能使结构自重产生不均匀分布，进而导致不均匀沉降和上浮现象。此外，如果结构中存在较多的薄弱环节，如薄弱的连接部位或交叉支撑等，也可能成为上浮问题的易发区域<sup>[1]</sup>。

## 二、地下室底板上浮的处理

### （一）降低地下水位

地下室底板上浮的问题在建筑工程中经常出现，严重影响了建筑物的安全性和使用寿命。地下室底板上浮的现象通常表现为底板隆起，严重时可能导致裂缝甚至底板破裂。为此可以通过降低地下水位来应对<sup>[2]</sup>。

#### 1. 施工前准备

（1）了解地下水位情况：在进行降低地下水位的施工前，需要了解地下水位的情况，包括最高水位和常年水位。

（2）确定降低水位的方案：根据地下水位情况和地下室底板的结构特点，确定降低水位的方案，包括降水井的位置、数量和深度等。

#### 2. 施工过程

（1）钻孔：在地下室周围钻孔，孔径一般为50mm左右，深度需根据地下室结构和地下水位情况确定。

（2）下管：将降水管下入钻好的孔中，管口连接水泵。

（3）抽水：启动水泵抽水，将地下水抽出，降低地下水位。

（4）监测：在施工期间，需要对地下水位进行监测，确保水位在安全范围内。

### （二）地基加固注浆

在处理地下室底板上浮问题时，地基加固注浆是一种常用的技术手段<sup>[3]</sup>。

进行地基注浆时，首先，需要进行地基加固的区域进行钻孔，孔径和深度根据实际情况而定。钻孔的目的是将加固材料注入地基中，提高地基的承载能力和稳定性<sup>[4]</sup>。然后，将配制好的加固材料通过钻孔注入地基中，加固材料可以根据需要选择，常用的有水泥基灌浆材料、高分子化学灌浆材料等。在注入过程中，应控制好注浆的压力和量，确保加固材料的充分渗透和均匀分布。此后，要采用深层搅拌桩技术，将水泥或石灰等固化剂与地基土体充分搅拌混合，形成具有较高承载能力的桩体。深层搅拌桩可以有效地提高地基的承载能力和稳定性，减少地基变形和沉降。搅拌之后就可以在需要进行加固的地基表面或内部施加压力，将浆液注入地基中。压力注浆可以有效地提高地基的密实度和承载能力，减少沉降和变形<sup>[5]</sup>。在注浆过程中，应控制好注浆的压力和量，避免对周围环境和地下管线造成影响。

### （三）采用抗浮锚杆

抗浮锚杆是一种利用地下岩层的坚硬程度，通过锚固方式固定在岩石或坚硬土层中的杆件<sup>[6]</sup>。在设计抗浮锚杆时，需要根据地下室底板的尺寸、重量、地下水位及地质条件等因素进行综合考虑，确定锚杆的直径、长度、布置方式及材料等。在运用时，首先，要根据设计要求，利用钻机在地下室底板上进行钻孔，孔径和深度需根据锚杆的直径和长度确定。钻孔的目的是将锚杆插入

到地下岩层中，并通过锚杆与岩层的相互作用，提供抵抗地下水浮力的能力。然后，要将设计好的锚杆按照要求插入钻孔中，确保锚杆的位置、角度和深度符合设计要求。安装过程中应避免锚杆受损或弯曲，以免影响锚固效果。在锚杆安装完成后，要向钻孔内灌入水泥砂浆或特殊灌浆材料，将锚杆固定在地下岩层中。灌浆应选择适当的材料，控制好灌浆压力和灌浆量，确保灌浆充分渗透到岩层中，提高锚杆的固定效果。同时，要将地下室底板与抗浮锚杆连接起来，通常可以采用钢筋混凝土套筒连接或钢板连接等方式。连接时应确保底板与锚杆之间的连接牢固、可靠，同时应注意防水处理，防止地下水渗透到地下室内部<sup>[7]</sup>。

## 三、地下室底板上浮的预防

### （一）增加结构刚度

在处理地下室底板上浮问题时，增加结构刚度是有效的方法之一。

#### 1. 增加底板厚度和配筋率

增加底板的厚度和配筋率可以显著提高底板的刚度和抗浮能力。通过合理地设计底板的配筋和厚度，可以有效地抵抗地下水的浮力作用，防止底板向上移动。

#### 2. 地下室采用整体浇筑

整体浇筑地下室可以提供更高的结构整体性，从而增加对地下水浮力的抵抗能力。在施工过程中，应确保混凝土的密实度和强度，以确保地下室的结构安全性和稳定性。

#### 3. 设置支撑和固定措施

在底板与地下室墙体之间设置支撑和固定措施可以防止底板的移动。支撑和固定措施可以包括钢支撑、钢筋锚杆、地下连续墙等。这些措施可以根据具体情况进行选择和组合，以确保地下室结构的稳定性和安全性。

#### 4. 采用高性能混凝土材料

采用高性能混凝土材料可以增加地下室的抗压强度、抗折强度和抗渗性能，从而提高地下室的刚度和稳定性。在混凝土材料的选择上，应考虑其力学性能和耐久性，以确保地下室的结构安全性和使用寿命。

#### 5. 增加侧墙刚度

在地下室设计中，侧墙的刚度也需要考虑。通过增加侧墙的厚度和配筋率，可以提高侧墙的抗弯刚度和整体稳定性，从而减轻底板上浮的问题。

### （二）优化排水系统

#### 1. 设计合理的排水方案

首先，要根据地下室的设计要求和地质条件，确定合理的排水方案。可以考虑采用排水沟、排水管、集水井等方式进行排水。其次，为了确保排水畅通，应确定合适的排水坡度。排水坡度应根据地下室的大小和地形条件进行设计，确保排水能够迅速流到集水井或排水管道中。同时，为了防止地下室积水，应设置合理的排水出口，排水出口应设置在地下室最低点，确保积水能够迅速排出。

2. 合理布置排水设施

在地下室设计中，应合理布置排水沟<sup>[8]</sup>。排水沟应设置在容易积水的地方，并确保排水沟的宽度和深度足够，以防止积水溢出。对于较长的排水距离，应采用排水管进行排水。应选择合适的排水管材料和直径，确保排水畅通。同时，应设置适当的检查井，方便维护和检修。对于面积较大的地下室，则应设置集水井进行集中排水。集水井应设置在地下室最低处，并配备水泵将积水排出。

3. 加强防水处理

对于穿过地下室的排水管道，应加强防水处理。可以在管道外侧涂抹防水涂料或加设防水套管，以防止地下水渗透到地下室内部；对于设置的检查井，应加强防水处理。可以在检查井外侧涂抹

防水涂料或加设防水盖板，以防止地下水渗透到检查井内；对于排水水泵的电源和水管部分，应加强防水处理。可以采取设置防水套管、采取防水线等措施，以防止地下水渗透到水泵内部。

4. 定期维护和检修

要定期清理集水井和排水沟等设施的淤泥，保持排水设施的畅通，防止积水；要定期检查穿过地下室的排水管道是否有漏水、堵塞等问题，并及时进行维修或更换；同时，也要定期检查和维修排水水泵，确定其正常运行，无漏水问题，如有这些问题，要及时进行维修和更换<sup>[9]</sup>。

（三）选择合适的防水材料与施工工艺

为了预防地下室底板上浮问题，选择合适的防水材料与施工工艺是非常重要的<sup>[10]</sup>。常见的防水材料有如下几种：

表1：常见的防水材料对比

防水材料	含义及代表	适用	注意事项	优点	缺点
沥青基防水材料	以沥青为基料，通过添加改性剂、填充料等制成防水材料。常见的有沥青油毡、再生橡胶防水卷材等。	适用于建筑屋面、地下室等部位的防水工程。	注意控制加热温度和铺贴质量，确保卷材与基层紧密黏结。	价格相对较低，具有较好的耐水和耐腐蚀性，施工方便。	易老化，使用寿命较短，对温度和紫外线敏感，高温下易流淌。
高分子防水材料	以高分子化合物为原料制成的防水材料，具有较好的弹性和抗拉强度。常见如丙烯酸酯防水涂料、聚氨酯防水涂料等。	适用于建筑屋面、地下室、卫生间等部位的防水工程。	注意控制涂料的粘度、涂覆厚度和均匀性，确保涂层具有良好的防水效果。	具有较好的弹性和抗拉强度，耐候性好，使用寿命长。	价格相对较高，对基层要求较高，施工不当易产生气泡、裂纹。
水泥基防水材料	以水泥为基料，通过添加活性物质、填充料等制成防水材料。常见的有水泥基渗透结晶型防水涂料、刚性防水材料等。	适用于建筑地面、卫生间、游泳池等部位的防水工程。	注意控制涂料的配合比和搅拌均匀性，确保涂料具有良好的渗透性和黏结性。	有较好的渗透性和粘结性，可与基层形成一体，耐久性好。	对施工要求较高，涂层较厚，易开裂。
金属防水材料	以金属板、金属片、金属膜等为防水材料。常见的有不锈钢板、镀锌钢板、铝板等。	适用于建筑屋面、地下室、水池等部位的防水工程。	注意控制金属板的焊接质量、密封胶的施工质量和防水层的保护措施。	具有较好的耐腐蚀性和抗拉强度，使用寿命长。	易生锈、易老化，且成本较高。

常见的防水材料施工方法如热熔法、冷粘法及涂料涂覆法。其中，热熔法是一种常用的防水材料施工工艺，适用于沥青防水卷材和部分高分子防水卷材。在施工过程中，应控制好加热温度和铺贴质量，确保卷材与底板紧密黏结。冷粘法是一种适用于高分子防水卷材的施工工艺，通过使用化学胶粘剂将卷材黏结在底板上。在施工过程中，应控制好胶粘剂的种类和用量，确保卷材与底板紧密连接。涂料涂覆法是一种适用于防水涂料的施工工艺，将涂料均匀涂覆在底板表面。在施工过程中，应控制好涂料的厚度和均匀性，确保涂层具有良好的防水效果。

四、结语

总的来说，防止地下室底板上浮是一项复杂且重要的工作，未来，要不断努力研究更为先进和有效的防止地下室底板上浮的技术和措施。随着科技的不断进步和创新，更为完善和可靠的地下室底板设计和施工方法将不断涌现。期待在未来的建筑行业发展中，能够看到更为完善和有效的防止地下室底板上浮的解决方案，从而为提高建筑的安全性和稳定性做出更大的贡献。

参考文献

[1] 万东东. 地下室上浮分析与处理措施 [J]. 中小企业管理与科技 (上旬刊), 2009(02):190.  
[2] 陆汉时, 黄辉. 地下室上浮原因分析及处理和预防 [J]. 建筑施工, 2013, 35(08):723-725.  
[3] 章建新. 地下室上浮后的纠偏复位与加固处理 [J]. 江苏建材, 2019(S2):60-62.  
[4] 卓志飞, 钟陈民. 某地下室上浮处理分析 [J]. 建筑技术开发, 2017, 44(10):102-103.  
[5] 周超. 地下室底板上浮的处理与预防 [J]. 建筑技艺, 2018(S1):337-339.  
[6] 汪健. 地下室抗浮设计与分析 [J]. 建筑技术开发, 2021, 48(12):27-28.  
[7] 何志锋, 钱铭, 吴生祥. 某公共地下建筑上浮结构检测及抗浮加固处理研究 [J]. 工程质量, 2020, 38(11):31-34.  
[8] 毛政跃, 刘春丽. 独立地下室上浮事故分析以及处理措施 [J]. 粉煤灰综合利用, 2021, 35(05):34-39.  
[9] 魏传洪, 许光进, 熊畅等. 某工程地下室上浮原因分析及处理 [J]. 散装水泥, 2019(03):43-44+67.  
[10] 娄华明, 朱冰芬. 地下车库上浮处理和预防的探讨 [J]. 建筑安全, 2013, 28(01):59-60.

# 新型材料在古建筑木结构修复中的应用

池亚徽, 黄凤飞

1.ID:350124198911066696, 福建 福州 350008

2.ID:350125199402280388, 福建 福州 350008

**摘要：** 新型材料在古建筑木结构修复中的应用具有重要的价值，本文介绍了新型材料在古建筑木结构修复中的应用价值及其存在的问题和策略。具体包括新型复合材料、新型涂层材料和新型智能材料的应用，并举例说明了各种增强材料在木结构古建筑修复中的应用。需要进一步研究和探索新型材料在古建筑木结构修复中的应用，为古建筑保护和修复提供新的思路和方法。

**关键词：** 古建筑保护；古木结构修复；碳纤维材料

## Application of New Materials in the Restoration of Wooden Structures of Ancient Buildings

Chi Yahui, Huang Fengfei

1.ID:350124198911066696, Fujian, Fuzhou 350008

2.ID:350125199402280388, Fujian, Fuzhou 350008

**Abstract：** The application of new materials in the restoration of wooden structures of ancient buildings has an important value, this paper introduces the application value of new materials in the restoration of wooden structures of ancient buildings and their problems and strategies. Specifically, it includes the application of new composite materials, new coating materials and new intelligent materials, and gives examples of the application of various reinforcing materials in the restoration of ancient buildings with wooden structures. Further research and exploration of the application of new materials in the restoration of wooden structures of ancient buildings are needed to provide new ideas and methods for the protection and restoration of ancient buildings.

**Key words：** ancient building protection; ancient wood structure restoration; carbon fiber material

## 引言

近年来，随着科技的进步和新型材料的发展，越来越多的新型材料被应用于古建筑木结构修复中。根据国际文物保护与修复研究中心（ICCROM）发布的一份报告，以及多个古建筑修复项目和材料供应商的市场调查数据，综合得出全球古建筑修复市场中新型材料的应用占比已达到30%以上，并呈现出逐年增长的趋势。在中国，由于古建筑数量众多、保护任务艰巨，新型材料在古建筑木结构修复中的应用更加广泛。

## 一、新型材料在古建筑木结构修复中的应用价值

古建筑作为人类文化遗产的重要组成部分，承载着丰富的历史信息和艺术价值。然而，由于自然灾害、环境因素以及人为破坏等原因，许多古建筑木结构出现了严重的破损和老化现象，亟待修复和保护。与传统的修复方法相比，新型材料在古建筑木结构修复中的应用具有以下优势：一是提高了木结构的承载能力和耐久性，减少了维修和更换的频率；二是保持了古建筑的外观和历史价值，避免了传统修复方法对古建筑造成的二次损害；三是降低了修复成本和维护成本，提高了经济效益和社会效益。因

此，本研究旨在探讨新型材料在古建筑木结构修复中的应用及其存在的问题和挑战，为古建筑保护和修复提供新的思路和方法。

## 二、木结构古建筑修复中新型材料的应用

### （一）碳纤维增强材料的应用

在过去，古建筑的维护与修复一直以来都是一项颇具挑战的任务。传统的方法主要依赖于使用经过岁月洗礼的木材，这种木材往往需要经过精细且复杂的老化处理，以保持其与古建筑原始风貌的一致性。然而，这种修复方式不仅耗时，而且其效果往往并不持



久。所得到的木结构尽管外观上能够维持古色古香，但其实际的耐用性却十分有限。随着科技的不断进步，一种全新的材料技术正在逐渐改变这一现状。碳纤维增强材料技术通过在木质构件中加入钢筋混凝土构件，利用其优良的力学性能，成功地提高了木结构的整体稳定性。而在木结构中加入碳纤维，更是为其稳定性提供了强有力的保证。碳纤维，作为一种高科技材料，具有极高的强度和刚度，同时还有着出色的耐腐蚀性。这使得它在许多高要求的应用场景中都表现出色。特别是在古建筑的维护中，碳纤维加固的木结构能够显著提高古建筑的稳定性和耐久性。

使用碳纤维加固的木结构通常会经过一系列的加工步骤。首先，对木材的表面进行预处理，确保其表面光滑，无瑕疵。然后，将预成型的碳纤维布覆盖在木材表面，以增强其结构性能。在这个过程中，碳纤维布的纤维方向一般会与木材的纹理平行，以最大限度地发挥其增强作用。为了确保碳纤维布与木材的紧密结合，通常会使用专用的粘合剂进行固定。之后，对整个结构进行适当地处理，以增强其耐久性和耐腐蚀性。最后，为了保护修复后的木结构免受外界环境的影响，通常还会在其表面涂上一层保护层。通过这种方式，不仅可以显著提高古建筑的稳定性和耐久性，同时还可以保护其原始的风貌不受破坏。这无疑为的古建筑保护工作提供了全新的可能性。随着技术的不断发展，有理由相信，未来的古建筑保护工作将会更加高效、更加科学。

## （二）玻璃纤维增强材料的应用

近年来，玻璃纤维增强材料作为一种先进的复合材料，被越来越多地应用于古建筑木结构的修复工作中。玻璃纤维增强材料是一种由玻璃纤维与树脂基体复合而成的材料。由于其具有轻质、高强、耐腐蚀、绝缘等优点，在许多领域得到了广泛应用。在古建筑木结构修复中，玻璃纤维材料的主要作用是替代和增强木材，以防止其进一步破坏和腐烂。

在具体的修复过程中，首先需要对受损的木结构进行详细的检查和评估。然后，根据评估结果，使用专门的修复工具将玻璃纤维材料粘贴或固定在需要修复的木结构上。由于玻璃纤维材料与木材之间的黏附力很强，因此可以有效地阻止木材的进一步破损。同时，玻璃纤维材料还可以提高木结构的承载能力，使其更加稳固耐用。除了修复损坏的木材，玻璃纤维材料还可以用于保护木结构不受环境因素的影响。例如，在某些情况下，使用玻璃纤维材料覆盖木结构可以防止其受到紫外线的照射和雨水的侵蚀。此外，玻璃纤维材料还可以用于加固和支撑木结构中的薄弱环节，提高整个结构的稳定性。在某些情况下，使用玻璃纤维材料进行古建筑木结构修复可能会导致一些负面影响。例如，使用过多的玻璃纤维材料可能会导致木材的过度依赖，使其在未来更容易受到破坏。此外，玻璃纤维材料的成本相对较高，可能会增加整个修复工程的成本。因此，在决定使用玻璃纤维材料进行古建筑木结构修复时，需要综合考虑各种因素。总的来说，玻璃纤维增强材料作为一种先进的复合材料，在古建筑木结构修复中具有广泛的应用前景。它具有轻质、高强、耐腐蚀等优点，可以有效防止木材的进一步破损和腐烂。同时，它还可以提高木结构的承载能力，使其更加稳固耐用。然而，在使用玻璃纤维材料进行

古建筑木结构修复时，需要综合考虑各种因素，以确保整个修复工程的成功实施。

## （三）玄武岩纤维材料的应用

玄武岩纤维是一种由玄武岩在1500℃高温下拉伸形成的天然材料，因其独特的物理和化学特性，使得它在许多领域中都有广泛的应用。特别是在修复古建筑方面，这种材料更是发挥了无可替代的作用。玄武岩纤维作为一种天然的保温材料，其颜色呈现出独特的褐色，给人一种古老而质朴的感觉。同时，由于其具有一定的环境友好性，因此在修复古建筑时，可以最大限度地保持原始形式，使古建筑在修复后仍然能够展现出其历史和艺术价值。

在操作方面，玄武岩纤维具有简单易行的优点。由于其重量轻，便于运输和操作，因此在维修工程中得到了广泛的应用。同时，由于其具有一定的耐久性和稳定性，使得古建筑的寿命得以大大延长。为了充分利用玄武岩纤维的优势，在修复古建筑时应注意三个方面。首先，需要对需要修复的区域进行全面清洁，确保其表面平整，以便于玄武岩纤维的粘贴和固定。其次，根据位置的不同，确定所需的材料量，并将其粘在修复表面上。在这个过程中，需要注意力的方向，慢慢地排气，直到汽包烧坏为止。最后，在玄武岩纤维的表面涂上一层树脂，以增加其耐久性和稳定性。等待树脂固化后，古建筑的寿命将得到大大的延长。玄武岩纤维对地基的修复也可以分为主动修复和被动修复两种方法。主动的方法如前所述，而被动的的方法则是将这种材料反复包裹在木结构上。然而，如果使用被动的的方法，可能会在整体直线上造成困难，从而影响到古建筑的清洁度。因此，在日常维护工作中，员工往往会选择主动的方法来进行修复。总之，玄武岩纤维作为一种天然的高温材料，具有广泛的应用前景。特别是在修复古建筑方面，它更是发挥了无可替代的作用。通过科学合理地使用这种材料，可以最大限度地保护和修复古建筑，使这些历史文化遗产得以传承和发扬光大。

# 三、古建筑木结构应用新型材料修复过程中存在的问题

## （一）新型材料的选用和判断标准不明确

古建筑木结构的修复是一个复杂而又需要精细操作的过程，其中材料的选用是至关重要的一环。然而，现如今，市场上的新型材料琳琅满目，每种材料都有其独特的性质和应用领域，这给选择适合的修复材料带来了一定的困扰。不明确的表现主要集中在以下几个方面：首先，缺乏明确的判断标准。对于古建筑木结构的修复材料，需要考虑的不仅仅是其基本性能，如耐久性、抗腐蚀性等，还需要考虑其对原有木结构的兼容性、是否会影响古建筑的外观和内在结构等。然而，目前很多新型材料并未经过这样的全面评估，无法确定其是否适用于古建筑木结构的修复。其次，缺乏明确的使用规范。即使找到了适合的修复材料，如何使用这些材料也是一个关键问题。使用不当可能会导致材料的性能无法充分发挥，甚至可能对古建筑造成损害。

## （二）新型材料的可逆及可识别性有待提高

新型材料的可逆性和可识别性是一个至关重要的问题。在古建筑木结构的修复过程中，使用新型材料时，必须确保这些材料具有

可逆性和可识别性。这是因为，任何对古建筑的修复工作都应该是可逆的，以便在未来进行再次修复或者恢复原状。同时，新型材料也应该能够清晰地区别于原有结构，以确保古建筑的完整性和真实性。然而，当前一些新型材料在应用过程中可能会对古建筑造成不可逆的损害。例如，一些新型的粘合剂或涂料可能在修复过程中对古建筑的结构或外观造成影响，而这些影响可能无法通过后续的修复工作进行消除。另外，一些新型材料在应用过程中也可能难以与原有结构进行区分，从而影响了古建筑的完整性和真实性。

### （三）新型材料的施工工艺和培训不足

古建筑木结构的修复需要的是一门高度的技艺和经验，这种技艺需要对古建筑的结构、材料、历史等多方面有深入的了解。而现如今，一些新型材料的出现，虽然为古建筑修复带来了新的可能，但是，这些新型材料的施工工艺和培训却并不完善。这种现象带来的后果是，一些没有足够技术水平的施工人员在使用这些新型材料时，很可能会导致修复效果不理想，甚至可能对古建筑本身造成损害。这种技术上的不足，实际上阻碍了古建筑修复工作的顺利进行。因此，对于古建筑修复行业来说，如何提高施工人员的技能水平，如何完善新型材料的施工工艺和培训，都是摆在他们面前的重大问题。只有解决了这些问题，古建筑修复工作才能更好地进行，才能更好地保护这些珍贵的文化遗产。

## 四、古建筑木结构应用新型材料修复技术优化策略

### （一）建立明确的选用和判断标准

首先，要考虑材料的性能与适用性。古建筑木结构修复需要选择具有良好性能和适用性的材料。例如，某些新型复合材料具有高强度、轻质和耐腐蚀等优点，适合用于加固和替换木结构的构件。因此，在选用材料时，需要对其性能和适用性进行全面地了解和评估。其次，需要建立材料评估指标和标准。对于新型材料，需要建立相应的评估指标和标准，以确保其能够满足古建筑修复的要求。这些指标和标准可以包括材料的物理性能、化学成分、耐久性、可加工性等方面。通过建立评估指标和标准，可以对新型材料进行更加全面和客观地评估，从而避免选用不当或存在安全隐患的材料。最后，需要加强材料研发与技术创新。随着科技的不断进步，需要不断研发新型材料并提高其性能。同时，也需要加强技术创新，探索新的修复方法和工艺，以提高古建筑修复的效率和质量。通过加强材料研发与技术创新，可以为古建筑木结构修复提供更多、更好的修复方案和技术支持。

### （二）提高材料的可逆性和可识别性

首先，需要研究和开发材料的可逆工艺和技术。对于任何新型材料，都应该考虑其可逆性，以便在未来进行修复或更换时，能够轻松、准确地完成。例如，对于某些高分子材料，可以利用先进的化学技术，确保其在未来能够被完全分解并回收。其次，需要开发材料识别与追踪系统。每一种新型材料都有其独特的物理和化学特性，因此，需要建立一套完整的系统，来识别和追踪这些材料。通过使用 RFID 等技术，可以对每一件材料进行追踪，从而确保其在使用过程中的可追溯性。最后，需要建立材料使用

档案和数据库。对于每一项修复工程，需要详细记录所使用的材料、工艺、技术等信息，并建立相应的数据库。这样，不仅可以更好地了解和评估修复工程的性能和质量，还可以为未来的修复工程提供宝贵的参考和经验。

### （三）加强施工工艺研发与培训

优化古建筑木结构应用新型材料修复技术的一项重要策略是加强施工工艺研发与培训。对于新型材料，研发适用于它们的施工工艺和技术至关重要。这需要深入了解材料的性质、特点以及潜在的应用领域，结合古建筑修复的具体需求，探索和开发新的施工工艺和技术。例如，针对碳纤维增强材料等高性能复合材料，可以研究其与木结构的粘结工艺和连接技术，以充分发挥其高强度、轻质和耐腐蚀等优点。加强专业培训与技能提升同样重要。新型材料的施工工艺和技术要求施工人员具备更高的专业素质和技术能力。因此，应组织针对新型材料的培训课程和技术讲座，提升施工人员的理论知识和操作技能。同时，可以建立古建筑修复专业团队，整合不同领域的专业人才，共同研究和解决新型材料在古建筑修复中的实际问题。建立工艺规范与操作指南是保障修复质量的必要条件。针对新型材料的施工工艺和技术，制定详细的工艺规范和操作指南，明确各项工艺参数和操作要求。这有助于确保施工过程的标准化和规范化，避免操作失误和质量问题。同时，工艺规范与操作指南也可以作为培训教材和实际施工的参考依据，增强培训效果和修复质量。

## 五、结语

与传统修复方法相比，新型材料的应用提高了木结构的承载能力和耐久性，保持了古建筑的外观和历史价值，降低了修复成本和维护成本，提高了经济效益和社会效益。新型材料不仅可以提高木结构的承载能力和耐久性，保持古建筑的外观和历史价值，降低修复成本和维护成本，而且还可以提高经济效益和社会效益。未来，随着科技的不断进步和新型材料的发展，古建筑木结构修复技术将不断创新和发展，为古建筑保护和修复提供更加有效的方法和手段。

## 参考文献

- [1] 朱斌. 新型材料在古建筑木结构修复中的应用[J]. 建材技术与应用, 2023,(02): 28-31.
- [2] 李海波. 对木结构古建筑修复中新型材料的运用初探[J]. 文物鉴定与鉴赏, 2020,(16): 70-71.
- [3] 刘石明. 木结构古建筑修复中新型材料的应用分析[J]. 文物鉴定与鉴赏, 2019,(22): 86-87.
- [4] 王敏, 丁雅芬, 胡朝焜. 徽州古建筑木结构加固修复方法研究[J]. 科学技术创新, 2019,(10): 120-121.
- [5] 兰芷若. 探讨新型材料在古建筑木结构修复中的应用[J]. 居舍, 2019,(04): 35.
- [6] 陈慧芳. 古建筑木结构修复中新型材料的应用[J]. 建材与装饰, 2018,(43): 44-45.
- [7] 金欣. 古建筑维修与新材料新技术应用分析[J]. 绿色环保建材, 2018,(07): 20+23.
- [8] 史永强. 浅谈木结构古建筑修复中新型材料的应用[J]. 文物鉴定与鉴赏, 2018,(13): 88-89.
- [9] 龚鑫. 浅谈古建筑木结构修复中新型材料的应用[J]. 四川水泥, 2018,(05): 283.
- [10] 梁松. 浅谈古建筑木结构修复中新型材料的应用[J]. 四川水泥, 2018,(02): 347.
- [11] 杜秀举. 浅谈古建筑木结构修复中新型材料的应用[J]. 建材与装饰, 2016,(33): 119-120.

# 混凝土在硫酸镁腐蚀环境下的耐久性及其室内大循环快速试验评估

李飞

第一署名单位：中国海洋大学海洋地球科学学院，山东 青岛 266100

第二署名单位：海南省海洋地质资源与环境重点实验室，海南 海口 570100

第三署名单位：海南省地质测试研究中心，海南 海口 570100

**摘 要：**混凝土是现代建筑工程中的基础性建材之一，然而，它常常面临着来自不同环境条件的腐蚀挑战，其中硫酸镁腐蚀是一个极具破坏性的问题。本研究旨在通过室内大循环快速试验方法，深入研究混凝土在硫酸镁腐蚀环境下的耐久性，以及不同配合比和外掺量对其性能的影响。

为实现这一目标，研究首先置入混凝土试件于高浓度硫酸镁溶液中，模拟恶劣的环境条件。然后，通过监测混凝土的质量变化、超声波波速、电化学分析和钢筋腐蚀程度来全面评估混凝土的性能。与此同时，进行了微观分析，以揭示腐蚀机理和腐蚀产物，进一步理解了硫酸镁腐蚀的机理，这有助于更好地预防和修复混凝土腐蚀。

**关 键 词：**硫酸 / 硫酸盐环境；混凝土腐蚀；腐蚀特性；实验研究

## Durability of Concrete in Magnesium Sulfate Corrosive Environments and Evaluation of Indoor Macrocycle Rapid Tests

Li Fei

First signing unit: School of Marine Geosciences, Ocean University of China, Shandong, Qingdao 266100

Second signing unit: Key Laboratory of Marine Geology, Resources and Environment of Hainan Province, Hainan, Haikou 570100

Third signing unit: Hainan Geological Testing Research Center, Hainan Haikou 570100

**Abstract：**Concrete is one of the basic building materials in modern construction projects, however, it often faces corrosion challenges from different environmental conditions, among which magnesium sulfate corrosion is a very destructive problem. The aim of this study is to investigate in depth the durability of concrete in Mg sulfate corrosive environments and the effects of different mixing ratios and external admixtures on its performance by means of an indoor macrocyclic rapid test method.

To achieve this goal, the study firstly placed concrete specimens in a high concentration of magnesium sulfate solution to simulate the harsh environmental conditions. Then, the performance of the concrete was comprehensively evaluated by monitoring the mass change of the concrete, ultrasonic wave velocity, electrochemical analysis, and the degree of reinforcement corrosion. Meanwhile, microscopic analyses were conducted to reveal the corrosion mechanism and corrosion products to further understand the mechanism of magnesium sulfate corrosion, which can help to better prevent and repair concrete corrosion.

**Key words：**sulfuric acid/sulfate environment; concrete corrosion; corrosion characteristics; experimental study

## 引言

混凝土是现代建筑工程中广泛使用的关键材料之一，然而，它在不同环境条件下可能会遭受各种腐蚀作用，对其耐久性提出了重大挑战。其中，硫酸镁腐蚀是混凝土结构长期暴露于高含硫酸盐和镁盐环境中所面临的主要问题之一。硫酸根离子和镁离子的侵蚀作用可能导致混凝土的质量下降、抗压强度减小以及钢筋腐蚀，从而威胁到结构的安全和可持续性。为了更好地理解混凝土在硫酸镁腐蚀环境下的耐久性，以及开发有效的保护和修复策略，探究不同混凝土配合比、外掺量和水胶比对混凝土的抗硫酸根离子和镁离子腐蚀性能的影响。不仅关注混凝土的质量变化和超声波波速的变化，还采用电化学分析来研究钢筋腐蚀程度，以全面评估混凝土的性能。通过对混凝土试件进行微观分析，探究腐蚀产物和腐蚀机理，以更深入地理解腐蚀过程。最终，为混凝土在硫酸镁腐蚀环境下的性能提供更详细的认识，为工程实践提供有价值的参考和指导。



一、试验设计

在考虑混凝土所处的自然环境的基础上，需要设计一个室内大循环试验模型，以进行腐蚀性能的加速试验。研究主要关注混凝土对硫酸根离子和镁离子的抗腐蚀性能。此外，由于氯盐主要腐蚀混凝土内部的钢筋，硫酸盐和氯盐可能会耦合并对混凝土和钢筋的腐蚀性产生更为复杂的影响。因此，可以采用电化学方法，通过分析钢筋的极化曲线来计算钢筋的腐蚀程度，以更全面地研究混凝土的耐久性。

研究的方法是选择不同配合比的混凝土试块，将它们长期浸泡在耦合溶液中，耦合溶液包括硫酸盐、氯盐和硫酸盐与氯盐的复合环境。然后，研究会定期测量混凝土试件的质量变化率和超声波波速的变化。这些数据将帮助评估混凝土对硫酸根离子和镁离子的抗腐蚀性能。

通过长期浸泡试验，将深入研究混凝土试件在硫酸盐、氯盐及硫酸盐氯盐耦合等三种不同环境下的耐久性表现。在这些环境中，硫酸根离子和镁离子是主要的腐蚀因素，因此将以不同的配合比试块为对象，通过测定混凝土质量变化率和超声波波速的变化来评估混凝土对硫酸根离子和镁离子的抗腐蚀性。

（一）混凝土试件的制备

根据配合比设计浇筑用于试验的混凝土试件，根据研究变量及试验方法的不同将其分为两种类型，分别为：100\*100\*100立方体混凝土试件（用于研究混凝土抗硫酸镁双因素腐蚀）；100\*100\*100立方体钢筋混凝土试件（用于采用电化学工作站的方法研究钢筋混凝土抗氯离子、硫酸根离子和镁离子的耦合腐蚀）。

（二）试件的长期浸泡

模拟实际情况，配制出4种不同浓度的溶液，分别为：5000mg/L  $MgSO_4$  溶液；2000mg/L NaCl 溶液 +5000mg/L  $MgSO_4$  溶液；200mg/L NaCl 溶液 +5000 mg/L  $MgSO_4$  溶液；20000mg/L NaCl 溶液 +5000 mg/L  $MgSO_4$  溶液。

（三）混凝土微观分析

对长期浸泡在腐蚀液中的混凝土试件进行压碎取样，通过SEM 微观检测的方法观察其腐蚀产物，进一步分析腐蚀机理及腐蚀规律。

（四）评价指标

目前我国的混凝土耐久性评价指标还没有统一，通常学者们会根据试验的具体情况选取不同的评价指标。本文采用混凝土中钢筋的腐蚀速率和腐蚀电流密度作为评价指标。

二、试验方法

1. 混凝土试件对硫酸根离子和镁离子的耐久性研究

对长期浸泡在5000mg/L 硫酸镁溶液中的5种配比的混凝土试件进行无损检测，通过定期测量波速及质量变化研究其抗腐蚀性，从而选出最优配比。

2. 钢筋混凝土试件多因素耦合作用下的电化学研究

将长期浸泡在4种不同腐蚀溶液中不同配比的钢筋混凝土试件进行电化学检测。每3个月进行一次数据采集工作。对于不同配

比的钢筋混凝土试件在硫酸根离子和镁离子双因素腐蚀液中的研究方面，在每次数据采集工作时，需将各配比试块置于5000mg/L 的硫酸镁溶液中；对于不同配比的钢筋混凝土试件在氯离子、硫酸根离子和镁离子多因素耦合液中的腐蚀研究方面，在每次数据采集工作时，需将每种配比的试件分别置于5000mg/L 的硫酸镁与 2000mg/L 氯化钠耦合液；5000mg/L 的硫酸镁与 200mg/L 氯化钠耦合液；5000mg/L 的硫酸镁与 20000mg/L 氯化钠耦合液中。在电化学测试开始前，应提前一个半小时左右将试件从浸泡取出使其表面干燥，然后采用电化学工作站进行动电位扫描，获取极化曲线。通过对检测数据的分析得出氯离子、硫酸根离子和镁离子三因素耦合作用下钢筋混凝土的损伤规律。

三、正常腐蚀条件下钢筋混凝土腐蚀特性分析

（一）不同水胶比的混凝土在硫酸盐双因素腐蚀环境中的变化规律

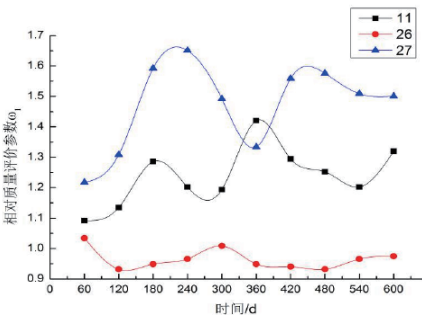
选取水胶比分别为 0.25, 0.35, 0.45, 掺和料均为 30% 的混凝土试件进行检测。

将3种不同水胶比、同一掺和料的混凝土试件长期浸泡于5000mg/L 的硫酸镁溶液中，每隔30天更换一次浸泡液使其保持新鲜，每隔 60 天进行一次无损检测，检测的数据为超声波波速及试件的质量。

表1 试件编号

试件种类	水胶比	试件编号		
		10 号	10 号	12 号
第一种	0.45	10 号	10 号	12 号
第二种	0.25	24 号	25 号	26 号
第三种	0.35	27 号	28 号	29 号

如图所示，26 号代表的混凝土水胶比为 0.25，27 号代表的混凝土水胶比为 0.35，11 号代表的混凝土水胶比为 0.45，由图 1 可知，水胶比 0.35 和 0.45 的混凝土相对质量评价参数 1 在开始长期浸泡的 180d 内试件的相对质量都增大了，之后开始出现波动式的下降，然后分别在第 270d 和第 330d 又波动式的增大；水胶比为 0.25 的混凝土试块的相对质量评价参数 1 一直在 1 附近微小波动，并没有出现大的起伏。当浸泡到第 600d 时，水胶比 0.35 和 0.45 的混凝土相对质量评价参数 w1 分别增大至 1.512 和 1.327，显示出混凝土试件的性能在增强；水胶比为 0.25 的混凝土试块的相对质量评价参数 w1 为 0.9997，显示出混凝土试件的性能几乎没有发生明显变化，既没提高也没破坏。



> 图1 相对质量评价参数

从以上三种曲线的变化可以看出,混凝土试件的相对质量评价参数  $w_1$  在浸泡初期都有所增大,但是随着浸泡时间的增加,将会出现减小的变化趋势,浸泡初期相对质量增大的原因应该是混凝土成型养护 28d 后,混凝土内部的水化反应并没有停止,经过一定时间反应结束后,浸泡时间继续增加,盐侵蚀作用将会成为腐蚀的主要因素,从而使得相对质量评价参数  $w_1$  增大趋势减缓,所以,将养护 28d 后的混凝土试件长期浸泡于硫酸镁腐蚀性溶液中,其性能在定的时间段内是增加的,这是正常的水化反应所导致的结果。

## (二) 相对动弹模结果及分析

对长期浸泡于 5000mg/L 的硫酸镁溶液,配合比分别为 0.25, 0.35, 0.45, 外掺量为 30% 的混凝土试件的相对动弹模评价参数  $w_2$  进行计算。

如图 2 所示, 26 号代表的混凝土水胶比为 0.25, 27 号代表的混凝土水胶比为 0.35, 11 号代表的混凝土水胶比为 0.45。由图可知,水胶比 0.25 和 0.35 的混凝土相对动弹模评价参数  $w_2$  在开始长期浸泡的 180d 内都增大了,随后又开始下降,后期又出现了波动式增大;水胶比为 0.45 的混凝土试块的相对动弹模评价参数  $w_2$  前 120d 有微小增大,随后开始下降,当下降到第 330d 时又开始增大,出现了上下波动的变化。当变化到第 600d 时,水胶比为 0.25, 0.35 和 0.45 的混凝土相对动弹模评价参数  $w_2$  分别为 1.289, 1.534 和 1.033,显示三种水胶比的混凝土试件的性能都在增强,其中水胶比为 0.35 的混凝土试件性能增加程度最大。

综上所述,试验结果表明混凝土的性能一直处于一个动态变化过程中,在长期浸泡初期可以看出耐久性性能的增强,一段时间之后,随着盐类侵蚀的影响变得更加明显,使得耐久性性能增加的速率下降。而曲线呈现波动式的发展趋势,应该是混凝土自身的微观非匀质性和实验操作以及外界环境的变化各种因素共同作用的结果。

## (三) 腐蚀环境中变化规律

14 号代表的混凝土外掺量为 45%, 36 号代表的混凝土外掺量为 15%, 27 号代表的混凝土外掺量为 30%。由图可知,三种掺合料的混凝土相对质量评价参数  $w_1$  在前期均呈现一小段上升,当上升到一定的时间段后就开始下降,随后又上升,出现了波动。当浸泡到第 600 天时,三种掺合料的混凝土相对质量评价参数  $w_1$  分别为 1.476、1.251 和 1.049,显示出混凝土试件的性能在增强,其中外掺量为 30% 的混凝土试件的性能增强程度最大。

从以上三条曲线的变化可以看出,混凝土试件的相对质量评价参数  $w_1$  在浸泡初期都有所增大,但是随着浸泡时间的增加,将会出现减小的变化趋势,浸泡初期相对质量增大的原因是混凝土成型养护 28d 后,内部的水化反应并未完全停止,当反应完成后,随着浸泡时间的增加,相对质量评价参数  $w_1$  的增大程度会因盐类

的侵蚀作用而减弱,所以将养护 28d 后的混凝土试件长期浸泡于硫酸镁腐蚀性溶液中,其性能在定的时间段内是增加的,这是正常的水化反应所导致的结果。

如图 4 所示, 14 号代表的混凝土外掺量为 45%, 36 号代表的混凝土外掺量为 15%, 27 号代表的混凝土外掺量为 30%。由图可知,外掺量为 30% 的混凝土相对质量评价参数  $w_2$  在前期呈现增大趋势,当增大到 180d 时出现了相对平稳的趋势,没有出现较大幅度的波动;外掺量为 15% 和 45% 的混凝土相对质量评价参数  $w_2$  前 240d 无明显变化,从第 240d 开始出现了下降趋势。当浸泡到第 600 天时,外掺量为 30% 的混凝土相对质量评价参数  $w_2$  为 1.512, 外掺量为 15% 和 45% 的混凝土相对质量评价参数  $w_2$  分别为 0.845 和 0.834,说明外掺量为 30% 的混凝土试件的性能在增强,而外掺量为 15% 和 45% 的混凝土试件性能开始下降。

由以上长期浸泡实验结果的分析可以看到,虽然可以通过 600d 的实验数据初步评价得出水胶比为 0.35, 外掺量为 30% 的混凝土试件为抗硫酸根离子和镁离子腐蚀性能最好的配比。但是由于当时工程的耐久性要求为 100 年,且由上图可以看出水胶比为 0.25, 外掺量为 30% 的混凝土试件和水胶比为 0.45, 外掺量为 30% 的混凝土试件虽然混凝土损伤程度评价参数未一直等于 1,但它们均在 0.9-1 之间波动,并且现在也不能预测它们以后的变化趋势,所以通过长期浸泡试验得出的水胶比为 0.35, 外掺量为 30% 为抗氯离子和硫酸根离子最好的混凝土配比并不具有很强的说服力。因此基于长期浸泡环境变化慢、变化周期长、损伤程度不明显、不利于室内的快速试验等缺点,有必要根据当时所处的实际环境,设计出一个变化周期更短,损伤效果更为明显的室内快速试验模型。

## 四、加速腐蚀条件下钢筋混凝土腐蚀特性分析

### (一) 实验参数校正

将试验混凝土试件置于 5000mg/L 硫酸镁溶液中,配比为 0.25 (30%), 0.35 (30%), 0.35 (15%), 0.35 (45%), 0.45 (30%), 分别比较不同水胶比 (0.25, 0.35, 0.45, ) 及不同外掺量 (15%, 30%, 45%) 混凝土的抗硫酸根离子和镁离子腐蚀性能。

将 3 种不同水胶比、同一掺和料的混凝土试件连续进行室内大循环快速试验,每隔 7 天对混凝土的质量及超声波波速进行检测记录。

### (二) 结果分析

如图 5 所示, 26 号代表的混凝土水胶比为 0.25, 27 号代表的混凝土水胶比为 0.35, 11 号代表的混凝土水胶比为 0.45, 由图可知,三种水胶比的混凝土试件在前 42d 的混凝土相对质量评价参数 1 均保持相对稳定,没有出现较明显的波动,然后开始下降,到

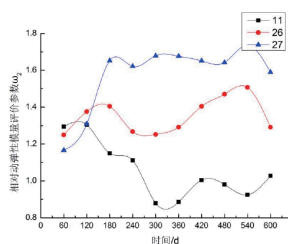


图 2 三种配合比的相对动弹模量评价参数

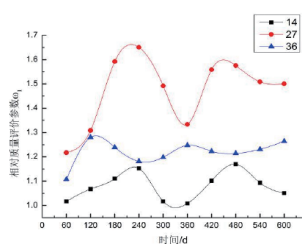


图 3 三种配合比试件的相对质量评价参数

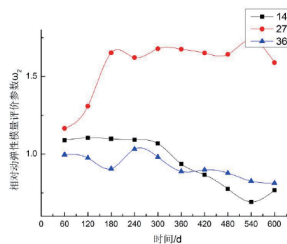


图 4 三种配合比的相对动弹模量评价参数

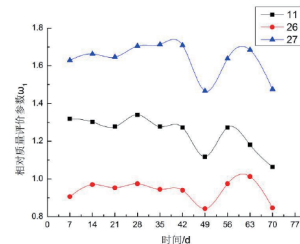


图 5 三种配合比试件的相对质量评价参数

第49d时混凝土相对质量评价参数1分别下降到了1.498,1.132和0.846,随后又出现了上升和波动,到第70d时,混凝土相对质量评价参数1分别为1.496,1.084和0.852。显示出水胶比为0.25和0.35的混凝土性能还有所提高,而水胶比为0.45的混凝土性能已经出现了下降,试件发生了轻微损伤,但并未完全破坏。

对长期浸泡于5000mg/L的硫酸镁溶液,进行室内大循环快速试验的配合比分别为0.25,0.35,0.45,外掺量均为30%的混凝土试件的相对动弹模评价参数 $w_2$ 进行计算,三种配合比试件的相对动弹模评价参数 $w_2$ 的变化如图所示。

如图6所示,26号代表的混凝土水胶比为0.25,27号代表的混凝土水胶比为0.35,11号代表的混凝土水胶比为0.45,由图可知,水胶比0.25和0.35的混凝土相对动弹模评价参数 $w_2$ 在室内大循环开始的21d内都增大了,随后便开始下降,虽然后期也出现了微小波动,但一直处于下降趋势;而水胶比为0.45的混凝土试块的相对动弹模评价参数 $w_2$ 前14d下降,随后开始升高,到第21d时达到最高,然后就一直处于下降趋势,其间也出现了轻微的波动。当变化到第70d时,水胶比为0.25,0.35和0.45的混凝土相对动弹模评价参数 $w_2$ 分别为0.472,0.623和0.446,显示三种水胶比的混凝土试件的性能都在下降,试件遭到了一定的损伤,其中水胶比为0.35的混凝土试件的相对动弹模评价参数 $w_2$ 的曲线一直处于另外两条的上方,表明水胶比为0.35的混凝土的性能在三者中相对最好。

### (三) 混凝土损伤程度参数评价

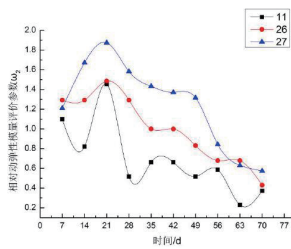
如图所示,水胶比为0.35,外掺量为30%的混凝土试件和水胶比为0.25,外掺量为30%的混凝土试件损伤程度评价参数在前42d均近似于1,其他三种配比的混凝土试件均呈现下降趋势且都降到了0.5附近;从第42d开始,水胶比为0.25,外掺量为30%的混凝土试件损伤程度评价参数开始迅速下降,而水胶比为0.35,外掺量为30%的混凝土试件的损伤程度评价参数是从第49d开始的,且在所有的室内大循环快速试验期间,水胶比为0.35,外掺量为30%的混凝土试件的损伤程度评价参数的曲线一直处于其余四种配比混凝土试件的损伤程度评价参数曲线的上方,表明水胶比为0.35,外掺量为30%的混凝土配比抗硫酸根离子和镁离子的腐蚀性能是最好的。水胶比为0.35,外掺量为15%和45%的混凝土试件的损伤程度评价参数在第70天时已达到负值,说明其已破坏。

## 五、实验结论

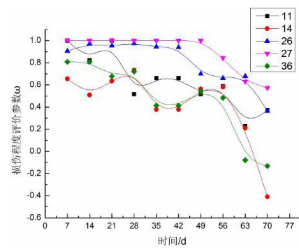
在硫酸镁腐蚀环境下,外掺量对混凝土性能的影响显著,明显大于水胶比的影响。因此,在混凝土工程中,选取合适的外掺量对提高抗硫酸根离子和镁离子腐蚀性能至关重要。

通过对混凝土试件的相对质量评价参数、相对动弹模评价参数以及损伤程度评价参数的综合分析,初步确定水胶比为0.35,外掺量为30%的混凝土配合比在抵抗硫酸根离子和镁离子腐蚀方面表现最佳。

长期浸泡环境对混凝土性能的影响变化较为缓慢,周期较长,不利于快速试验。相比之下,室内大循环快速试验能够更快、更短周期地模拟混凝土的腐蚀情况,使混凝土的损伤程度更加明显,因此更有利于室内试验的进行。



>图6 三种配合比的相对动弹模评价参数



>图7 快速试验条件下混凝土损伤程度评价参数

## 六、研究启示

这项研究对混凝土在硫酸镁腐蚀环境下的耐久性进行了深入的探讨,从而提供了一些重要的研究启示和工程应用价值:

耐久性评估方法的改进。本研究采用了室内大循环模型进行加速试验,为评估混凝土的耐久性提供了一种有效的方法。这种方法可以更快速地模拟实际环境中的腐蚀过程,为混凝土工程的性能评估提供了更灵活的手段。

考虑多种环境因素。研究中考虑了硫酸盐、氯盐和硫酸盐氯盐复合环境对混凝土的影响,这更贴近实际工程中可能遇到的多种腐蚀因素。这有助于工程师更全面地评估混凝土结构的性能和耐久性。

配合比的重要性。研究结果表明,混凝土的配合比对其抗腐蚀性能有重要影响。不同的配合比可能导致不同的性能表现,因此在混凝土工程中选择合适的配合比是至关重要的。

电化学分析的应用。电化学分析方法在评估混凝土腐蚀性性能方面具有潜在的价值。通过分析钢筋的极化曲线,可以更准确地了解钢筋的腐蚀程度,从而提供更可靠的数据支持工程决策。

可持续性考虑。混凝土在不同环境中的性能研究有助于推动混凝土工程的可持续性。通过更好地理解混凝土的性能,工程师可以设计更耐久、更可靠的结构,减少维护和修复的需求,从而降低环境和经济成本。

## 参考文献

- [1] 何文正,徐林生. 复合侵蚀环境中钢筋混凝土偏压构件腐蚀劣化试验[J]. 人民长江, 2021,52(09):209-215.
- [2] 张成琳,刘清风. 钢筋混凝土中氯盐和硫酸盐耦合侵蚀研究进展[J]. 材料导报, 2022,36(01):69-77.
- [3] 李刊,魏智强,乔宏霞,路承功,郭健,黄尚攀. 耦合盐溶液环境下钢筋/混凝土Weibull 耐久性寿命预测方法[J]. 复合材料学报, 2021,38(07):2370-2382.
- [4] 刘赫,刘俊博,朱子豪,赵雅宏,王志钢,矫立新,梁靖尧,张鹏. 混凝土腐蚀减薄对钢筋混凝土管节承载性能影响[J]. 土木工程与管理学报, 2022,39(04):62-69+75.
- [5] 尚明刚,张云升,何忠茂,乔宏霞,薛翠真. 盐渍土环境下钢筋混凝土恒电流加速锈蚀试验及可靠性分析[J]. 建筑材料学报, 2022,25(07):751-759.
- [6] 王旭杰,王中华,陈建斌,蒋建红,黎鹏,吴田. 基于微波反射法的输变电钢筋混凝土腐蚀检测[J]. 浙江电力, 2022,41(04):62-67.
- [7] 蒋琼明,农忠霖. 海工混凝土结构现场暴露试验综述[J]. 科学与技术工程, 2022,22(09):3425-3440.
- [8] 冯鹏,胡家宇,陈春超,宋倩,韦华,葛津宇. 环境因素对江苏沿海输变电钢筋混凝土的劣化机制分析[J]. 水利水电技术(中英文), 2022,53(S1):448-454.
- [9] 张利铨,林上顺,陶志蕾,张朝阳,江星. 跨海大桥 RC 桥墩防腐研究进展[J]. 水利与建筑工程学报, 2022,20(01):177-183.
- [10] 肖培胜,章春明. 三元前驱体车间钢筋混凝土地坪的腐蚀与防护[J]. 全面腐蚀控制, 2022,36(01):155-159.



# 热工仪表的可靠性与维护策略研究

何超

辽宁红沿河核电有限公司, 辽宁 大连 116001

**摘要：**随着现代工业发展，热工仪表在众多领域中发挥着至关重要的作用。热工仪表的可靠性直接关系到生产的稳定和安全。本文首先对热工仪表的可靠性进行了深入的研究，涉及了统计方法、概率论、实验模拟以及基于经验的定性评估等多种评估方法。接着，文章探讨了影响热工仪表可靠性的多种因素，包括环境因素、设备自身因素以及使用和操作因素。在此基础上，文中提出了针对热工仪表的维护策略，分别从预防性维护、现场诊断与故障检测以及维护后的性能恢复与验证三个方面进行了详细的探讨。通过对这些关键技术和策略的研究，为保障热工仪表的长期稳定运行提供了理论支持。

**关键词：**热工仪表；可靠性；维护策略

## Research on Reliability and Maintenance Strategy of Thermal Instrumentation

He Chao

Liaoning Hongyanhe Nuclear Power Co., Ltd, Liaoning, Dalian 116001

**Abstract：** With the development of modern industry, thermal instrumentation plays a vital role in many fields. The reliability of thermal instrumentation is directly related to the stability and safety of production. In this paper, the reliability of thermal instrumentation is first studied in depth, involving a variety of assessment methods, such as statistical methods, probabilistic theory, experimental simulation, and empirical-based qualitative assessment. Then, the article discusses the factors affecting the reliability of thermal instrumentation, including environmental factors, equipment factors, and use and operation factors. On this basis, the paper proposes maintenance strategies for thermal instrumentation, which are discussed in detail from three aspects, namely, preventive maintenance, on-site diagnosis and fault detection, and performance restoration and verification after maintenance. Through the study of these key technologies and strategies, it provides theoretical support for guaranteeing the long-term stable operation of thermal instrumentation.

**Key words：** thermal instrumentation; reliability; maintenance strategy

## 一、引言

热工仪表作为现代工业中的关键组件，它们在能源、化工、冶金等领域起到了核心作用。其运行的可靠性直接关系到整个生产过程的稳定与否，甚至关乎生产安全。随着技术的不断进步，人们对仪表的性能要求越来越高，因此对其可靠性的研究和维护策略的探讨显得尤为重要。本文旨在深入研究热工仪表的可靠性，并提出相应的维护策略，以期在实际应用提供有力的参考。

## 二、热工仪表的可靠性研究

### （一）可靠性的评估方法

#### 1. 统计方法和概率论在评估中的应用

统计方法和概率论为热工仪表的可靠性评估提供了强大的工具。当我们谈论热工仪表的可靠性时，实际上是在描述该仪表在一定的时间、环境和条件下正常工作的概率。这种描述本质上是概率性的，因此，统计和概率论成为评估工具的核心。在众多的实际应用中，我们通常通过收集大量的实验或现场数据，利用统

计方法对这些数据进行分析，从而得到仪表的故障率、平均无故障时间等关键参数。这些参数不仅为我们提供了对仪表可靠性的直观理解，还为后续的维护策略和决策提供了重要的依据。值得注意的是，这些统计参数并不是绝对的，它们是基于过去的数据得到的，而未来的工况和环境可能会有所变化。因此，我们还需要利用概率论对这些参数进行进一步的分析和推断，以预测仪表在未来的可靠性表现。例如，通过贝叶斯理论，我们可以结合先验信息和新的观测数据，更新我们对仪表可靠性的认识。<sup>[1-2]</sup>

#### 2. 实验及其模拟方法

实验和模拟是评估热工仪表可靠性的另一种重要手段。与统计方法不同，实验和模拟更侧重于通过模拟真实工况，直接观测仪表的性能和故障表现。实验通常是在实验室或现场条件下进行，通过模拟真实的工作环境和工况，如高温、高湿、震动等，观察仪表的反应和性能变化。这种方法可以为我们提供大量的直接和详细的数据，使我们能够深入地理解仪表在各种条件下的工作机理和故障模式。而模拟方法则是基于计算机技术，通过数学模型模拟仪表的工作过程和故障机制。与实验相比，模拟方法具有更高的灵活性和效率，可以在短时间内模拟大量的工况和场

景，而且可以无限地放大或缩小观测尺度，从微观到宏观，从短时到长时，为我们提供了宝贵的信息和洞察。当然，无论是实验还是模拟，都需要与统计方法相结合，利用统计分析技术对所得数据进行处理和分析，从而得到更加深入和系统的认识。

### 3. 基于经验的定性评估方法

除了上述的量化方法，基于经验的定性评估方法也在热工仪表的可靠性评估中发挥着重要的作用。这种方法主要是基于工程师、技术人员和操作人员的实际经验和直觉，对仪表的可靠性进行定性的描述和判断。尽管这种方法缺乏量化的依据和精确度，但它却具有直观、快速和灵活的优势，尤其是在数据不足或不明确的情况下，经验方法往往能提供有价值的指导和参考。值得注意的是，经验方法并不是孤立的，它通常需要与统计方法、实验和模拟方法相结合，形成一个完整的评估体系。例如，通过经验方法，我们可以快速地确定某些关键的工况和参数，然后通过实验或模拟方法进行详细的研究，最后利用统计方法对所得结果进行分析和总结，从而得到更加科学和全面的认识。<sup>[3]</sup>

## （二）影响热工仪表可靠性的因素

### 1. 环境因素

环境因素在热工仪表的可靠性评估中占据着至关重要的地位。实际上，无论仪表的内部构造和材料有多么先进和稳定，它们都必须在真实的环境中工作，这意味着它们不可避免地受到各种环境因素的影响。温度是影响仪表可靠性的主要环境因素之一。高温或低温都可能对仪表内部的电子元件、材料和结构产生不利影响，导致其性能下降或故障。例如，高温可能导致某些敏感元件的老化加速，而低温可能导致材料的脆性增加。湿度也是一个关键的因素，尤其是对于那些电子和电气仪表。高湿度可能导致仪表内部产生凝露，这不仅可能引起电路短路，还可能导致某些敏感元件的性能下降。震动是另一个重要的环境因素，尤其是在那些机械和动力环境中。强烈的震动可能导致仪表内部的连接断裂或部件移位，从而影响其正常工作。除了这些主要因素，还有许多其他的环境因素，如化学腐蚀、尘埃、电磁干扰等，都可能对热工仪表的可靠性产生影响。

### 2. 设备自身因素

设备自身因素对于热工仪表的可靠性同样具有决定性的影响。从材料的选择到设计的优化，再到制造工艺的完善，每一个环节都直接关系到仪表的性能和寿命。材料是仪表性能的基石。选择合适的材料不仅可以确保仪表在各种工况下的稳定性，还可以提高其抗干扰和抗腐蚀能力。例如，对于高温环境，选择能够承受高温并保持稳定性的材料是关键。而对于电子仪表，选择具有良好的电气性能和抗电磁干扰能力的材料是至关重要的。设计也是影响仪表可靠性的关键因素。一个好的设计不仅可以使仪表更加紧凑和高效，还可以提高其抗干扰和抗故障能力。制造工艺更是决定仪表质量的关键环节。精确的加工、严格的质量控制和先进的组装技术都可以确保仪表的性能和稳定性。<sup>[4-5]</sup>

### 3. 使用及操作因素

使用及操作因素在热工仪表的可靠性评估中也起到了关键的作用。事实上，即使是最先进和高质量的仪表，如果使用和操作不当，也可能导致其性能下降或故障。操作人员的经验和技能对

于仪表的正常工作至关重要。经验丰富的操作人员不仅可以正确地使用和操作仪表，还可以及时发现并解决潜在的问题，从而避免可能的故障。操作方法也是影响仪表可靠性的重要因素。正确的操作方法不仅可以确保仪表的正常工作，还可以延长其使用寿命。例如，定期的维护和检查、避免超出工作范围的操作、及时更换磨损的部件等，都可以提高仪表的可靠性。

## 三、热工仪表的维护策略研究

### （一）预防性维护策略

#### 1. 定期检查和例行维护

在实践中，定期检查和例行维护已被证明是确保热工仪表持续稳定运行的有效策略。实际上，许多潜在的问题和故障往往可以在早期阶段被检测出来，从而采取相应的措施预防其发展成为更严重的问题。这种定期的监督和干预为仪表提供了一个持续的健康检查，确保其始终处于良好的工作状态。通过系统性地检查仪表的各个部分和功能，操作人员可以及时发现异常状况，如部件磨损、性能下降或参数偏移等。此外，例行维护活动也为仪表提供了一个机会，进行必要的清洁、润滑和校准，这些操作可以大大延长仪表的使用寿命并提高其性能。例如，对于那些在高温、高湿或震动环境下工作的仪表，定期的清洁和润滑可以避免材料的老化和结构的疲劳，从而确保其长期的稳定性。<sup>[6]</sup>

#### 2. 替换磨损部件及优化设计

磨损部件的替换和设计的优化也是热工仪表维护策略的关键组成部分。随着时间的推移，仪表中的某些部件可能会因为长时间的使用和外部环境的影响而出现磨损或损坏，这不仅会导致仪表的性能下降，而且可能会影响其整体的可靠性。因此，及时替换这些磨损部件是确保仪表持续稳定运行的必要措施。在实际操作中，根据仪表的工作条件和使用情况，制定一个合理的部件更换计划是非常重要的，这可以确保仪表始终保持在最佳的工作状态。此外，对于那些经常出现故障或性能下降的仪表，优化其设计也是一个有效的解决方法。通过对仪表的结构、材料和功能进行综合分析，可以找到其存在的问题和不足，从而进行相应的优化和改进。例如，对于那些在高温环境下工作的仪表，通过使用更耐高温的材料和改进其散热设计，可以大大提高其稳定性和可靠性。

#### 3. 工作人员的培训与教育

确保工作人员接受充分的培训和教育也是热工仪表维护策略的关键部分。实际上，无论仪表有多么先进和高效，如果工作人员不知道如何正确地使用和维护它，那么它的性能和可靠性都可能受到严重影响。因此，为工作人员提供持续的培训和教育是非常重要的，这不仅可以确保他们掌握仪表的基本知识和操作技能，而且可以使他们了解仪表的工作原理和潜在的问题，从而更好地进行维护和故障排除。在实践中，定期组织工作人员进行培训和交流，分享他们在使用和维护仪表中的经验和教训，已被证明是提高仪表可靠性的有效方法。通过这种方式，工作人员不仅可以及时了解仪表的最新技术和发展趋势，而且可以及时发现并解决实际操作中的问题。<sup>[7-9]</sup>

## （二）现场诊断与故障检测

### 1. 传感器与数据采集技术

传感器与数据采集技术在热工仪表的现场诊断与故障检测中起到了至关重要的作用。为了实现仪表的实时监控与分析，需要在关键位置部署高精度、高可靠性的传感器，以便对仪表的运行状况进行持续的数据收集。传感器技术的进步使得对于各种物理量如温度、压力、流速、震动等的精确测量成为可能，这为故障的早期检测与预警提供了数据支持。在数据采集方面，随着无线通讯技术的发展，无线传感器网络的应用日益广泛，允许在大范围内进行数据的实时传输与分析。此外，大数据技术的应用也为数据的存储、处理与分析提供了强大的计算能力。在这种背景下，传感器与数据采集技术成为热工仪表现场诊断与故障检测的核心，为实现仪表的智能化与自动化提供了技术支撑。

### 2. 故障诊断算法与技术

随着传感器与数据采集技术的广泛应用，如何从大量的数据中准确地识别出故障成了一个重要的挑战。故障诊断算法与技术的研究与应用为此提供了解决方案。基于各种先进的数学模型和算法，如神经网络、支持向量机、模糊逻辑等，研究人员已经开发出了许多高效的故障诊断方法。这些方法能够从大量的数据中提取有用的信息，对仪表的运行状况进行准确的评估，并在故障发生之前进行预警。此外，机器学习技术的应用也为故障诊断带来了新的机会。通过对大量的历史数据进行学习与训练，机器学习模型能够自动地识别出故障的特征，并对未来的故障进行预测。这为热工仪表的实时监控与维护提供了强大的工具，大大提高了其可靠性与安全性。

### 3. 故障预测与预警系统

在现代的热工仪表维护策略中，故障预测与预警系统的建立和应用已经成了一个重要的趋势。这些系统利用先进的数据分析技术，如时间序列分析、频域分析等，对仪表的运行数据进行深入的挖掘与分析，从而实现对故障的早期预测与预警。这样，当仪表出现潜在的问题或故障时，系统能够及时地发出警报，提醒操作人员采取相应的措施，避免故障的进一步发展。此外，这些系统也为仪表的维护与管理提供了有力的数据支持，使得维护工作更加科学、系统与高效。

## （三）维护后的性能恢复与验证

### 1. 性能测试与验证方法

在完成热工仪表的维护工作之后，确保其性能得到恢复并满足工作要求是至关重要的，这需要进行详细的性能测试与验证。性能测试与验证方法的选择与应用成为确保仪表安全、稳定运行的重要环节。通过对仪表的各项性能参数进行测试，如响应速度、精度、稳定性等，可以确保其满足设计要求和工作条件的需要。这些测试方法通常基于一系列的标准化过程 and 标准，确保了测试的准确性和一致性。同时，高级的数据分析技术，如频谱分析、时域分析等，也被广泛应用于性能测试中，以获取更深入的信息和洞察。<sup>[10]</sup>

### 2. 数据分析与反馈

在完成性能测试与验证之后，对收集到的数据进行分析与反馈是确保热工仪表持续改进和优化的关键环节。数据分析可以揭示仪表在实际工作中的性能表现，以及可能存在的问题和不足。这些数据可以为仪表的设计、制造和维护提供宝贵的信息和建

议，使得仪表能够更好地适应实际工作环境和满足用户的需求。数据分析通常涉及各种先进的统计方法和算法，如回归分析、聚类分析、主成分分析等，这些方法可以从大量的数据中提取有用的信息和洞察，为决策提供科学依据。<sup>[11-12]</sup>

### 3. 维护工作的持续改进与优化

热工仪表的维护工作不仅仅是一个简单的修复和恢复过程，更重要的是实现其持续改进与优化。这要求对维护工作进行持续的监控、评估和反馈，确保其始终满足仪表的工作要求和用户的需求。为此，维护工作的持续改进与优化需要建立一套完整的质量管理体系和流程，确保各个环节的工作都得到有效的控制和管理。这通常涉及各种先进的质量管理方法和工具的应用，如六西格玛、持续改进、全面质量管理等。这些方法和工具不仅可以帮助确定和解决存在的问题和不足，还可以推动仪表的持续创新和升级，确保其在长期运行中始终保持高效、可靠和稳定。<sup>[13-15]</sup>

## 四、结语

通过对热工仪表的可靠性及其维护策略的深入研究，我们得以更好地理解 and 解决在实际应用中可能遇到的问题。可靠性不仅是衡量仪表性能的一个重要指标，也是保障生产稳定和安全的關鍵。而维护策略则是实现高可靠性的手段之一。希望本文的研究成果能为相关领域的技术人员提供有益的参考，推动热工仪表技术的持续发展与进步。

## 参考文献

- [1] 张月阳, 王现超. 发电厂热工仪表的检验检修方法分析 [J]. 集成电路应用, 2023, 40(08): 238-239.
- [2] 张永振, 樊聪. 火力发电厂的热工仪表安装及测量技术研究 [J]. 中国设备工程, 2023(14): 195-197.
- [3] 廖芳芳, 向友洪, 付玉等. 热工测量仪表在线计量低热电势校准回路设计 [J]. 计量与测试技术, 2023, 50(05): 71-75.
- [4] 刘磊, 叶加星. 压力计量仪表清洗装置的实现 [J]. 中国仪器仪表, 2023(05): 29-31.
- [5] 邵凯. 发电厂热工仪表中的故障与应对措施分析 [J]. 电子技术, 2023, 52(03): 319-321.
- [6] 杨力, 孟令亚. 基于 Arduino 的智能温湿度计设计 [J]. 电子制作, 2023, 31(05): 35-38.
- [7] 刘璇. 热工仪表自动化控制研究 [J]. 中国设备工程, 2023(03): 140-142.
- [8] 刘鑫. 数字式温湿度计温度、湿度修正值测量不确定度评定 [J]. 中国计量, 2023(02): 106-109.
- [9] 吉梅, 马霞, 王宜顺等. 一种新型旋压式简易呼吸装置的设计 [J]. 当代护士 (下旬刊), 2023, 30(01): 166-167.
- [10] 赵丹侠, 梁林, 张锋等. 数字式温湿度计湿度修正值的不确定度评定 [J]. 计量与测试技术, 2022, 49(12): 118-121.
- [11] 李泽栋. 热工仪表中的自动化控制及其应用 [J]. 数字技术与应用, 2021, 39(04): 16-18.
- [12] 刘华. 浅析电厂热工仪表及自动装置维护与调试 [J]. 低碳世界, 2021, 11(03): 80-81.
- [13] 王林. 电力系统中热工仪表自动化安装及运行微探 [J]. 电力设备管理, 2021(03): 202-205.
- [14] 许超, 杜智涛, 韩桂梅等. 基于红外测温传感器的湿度检定箱设计 [J]. 气象水文海洋仪器, 2021, 38(01): 69-71.
- [15] 宋海成. 煤化工苛刻工况仪表设计与选型探讨 [J]. 自动化技术与应用, 2021, 40(02): 19-23.



# 核电站仪表和控制系统的可靠性分析与改进

宋宜明

辽宁红沿河核电有限公司, 辽宁 大连 116319

**摘 要 :** 旨在通过深入分析核电站仪表和控制系统的可靠性, 提出一系列改进措施, 以提高核电站运行的安全性和效率。通过全面调查和评估核电站仪表和控制系统的可靠性, 能够更全面地了解系统中存在的潜在问题, 并为这些问题提供相应的解决方案。在实现这一目标的过程中, 采用了故障树分析 (FTA) 和可靠性块图分析 (RBD) 等可靠性分析方法, 以系统地识别潜在的故障模式和关键事件。通过这些方法, 我们能够准确定位系统中的问题源, 并提出了相应的改进措施。研究表明, 通过更新升级核电站的仪表和控制系统, 定期维护设备, 以及加强运维人员培训等改进措施, 可以显著提高核电站的整体可靠性。

**关 键 词 :** 核电站; 仪表和控制系统; 可靠性; 改进措施

## Reliability Analysis and Improvement of Instrumentation and Control System in Nuclear Power Plants

Song Yiming

Liaoning Hongyanhe Nuclear Power Co., Ltd, Liaoning, Dalian 116319

**Abstract :** The aim is to improve the safety and efficiency of nuclear power plant operation by thoroughly analyzing the reliability of nuclear power plant instrumentation and control systems and proposing a series of improvement measures. By comprehensively investigating and evaluating the reliability of nuclear power plant instrumentation and control systems, it is possible to gain a more comprehensive understanding of the potential problems existing in the systems and to provide corresponding solutions to these problems. In achieving this goal, reliability analysis methods such as Fault Tree Analysis (FTA) and Reliability Block Diagram Analysis (RBD) are used to systematically identify potential failure modes and critical events. Through these methods, we were able to accurately locate the sources of problems in the system and propose appropriate improvement measures. The results show that the overall reliability of nuclear power plants can be significantly improved by upgrading the instrumentation and control systems of nuclear power plants, maintaining equipment regularly, and strengthening the training of operation and maintenance personnel.

**Key words :** nuclear power plant; instrumentation and control system; reliability; improvement measures

## 引言

核电站作为清洁能源的重要组成部分, 其安全性和可靠性直接关系到社会的能源供应和环境保护。仪表和控制系统作为核电站运行的智能核心, 承担着监测、控制和保护核反应堆等重要任务。然而, 随着核电站运行时间的增长和技术的不断演进, 仪表和控制系统所面临的挑战也在逐渐增加。因此, 对核电站仪表和控制系统的可靠性进行深入分析, 并提出改进措施, 对于确保核电站的安全运行、提高能源利用效率具有重要意义。

## 一、核电站仪表和控制系统的现状

### (一) 设备老化问题

设备老化问题是核电站仪表和控制系统面临的迫切挑战之一。随着运行时间的不断累积, 核电站中的关键设备逐渐受到多种环境因素的影响, 其中包括辐射、温度变化、湿度等。这些因素可能引起设备的物理磨损、电气性能下降以及材料老化, 最终

导致设备功能的减弱和故障的风险增加。设备老化直接关系到核电站的安全性和可靠性。老化设备的存在可能导致系统性能不稳定, 增加了事故和故障的发生概率, 进而影响到核电站的正常运行。因此, 采取有效的设备管理和替换策略显得尤为重要<sup>[1]</sup>。

### (二) 技术更新滞后

另一个影响核电站仪表和控制系统可靠性的重要因素是技术更新滞后。由于核电站的长寿命周期和严格的安全标准, 一些系

统可能使用较旧的技术和设备，无法充分利用最新的科技进展。这种技术滞后可能导致系统性能不足、难以维护以及对新安全标准的遵循困难。因此，及时进行技术更新，引入先进的控制和监测技术，对于提高核电站的整体可靠性至关重要。

### （三）设备维护挑战

核电站仪表和控制系统的复杂性使得设备维护变得极具挑战性。定期维护对于确保系统的长期稳定运行至关重要，然而，由于核电站的特殊性质，维护涉及复杂的工作程序、高度培训的人员和对设备的高度专业的了解。设备维护不足或不合理可能导致系统性能下降，增加故障风险。因此，建立高效的设备维护策略，包括定期检查和预防性维护，是提高核电站可靠性的必要步骤。

### （四）人员培训与技能保障

仪表和控制系统的性能不仅受到设备和技术的影响，还依赖于运维人员的技能水平。由于核电站操作的特殊性质，运维人员需要具备高度的专业知识和技能，能够迅速而准确地应对潜在问题。人员培训和技能保障不足可能导致对系统故障的应对不力，进而影响核电站的运行可靠性。因此，加强运维人员的培训计划和持续技能提升，是保障核电站仪表和控制系统可靠性的重要举措。

## 二、核电站仪表和控制系统的可靠性分析方法

### （一）故障树分析（FTA）

故障树分析（FTA）是一种系统性的可靠性分析方法，通过逻辑分析系统中可能发生的故障事件，构建故障树来评估系统失效的概率。在核电站仪表和控制系统的可靠性分析中，FTA 可用于识别关键事件，找出导致系统失效的主要因素，并为制定相应的预防和纠正措施提供科学依据<sup>[2]</sup>。

#### 1. 故障树分析步骤

##### （1）定义分析目标

例如，对于核电站而言，安全系统的可靠性可能是一个关键目标，包括核反应堆的控制和应急停机系统等。可选择分析某个或某类仪表设备的可靠性，例如辐射监测仪表或温度控制设备。了解核电站仪表和控制系统整体的可靠性，可以将整个系统作为目标，考察系统的整体运行和失效情况。通过与系统相关的专业知识和文献资料，识别出可能导致系统失效的顶事件。将这些顶事件分解为基本事件，这些基本事件是构建故障树的基石。

##### （2）构建故障树

基本事件是构建故障树的基石，它们是直接导致顶事件发生的最基本的故障或失效。例如：

基本事件 A：传感器失效；基本事件 B：控制器故障；基本事件 C：电源供应中断

##### （3）构建逻辑门

利用逻辑门表示基本事件之间的逻辑关系。在核电站仪表和控制系统的故障树中，我们可以使用“与门”表示多个事件的共同发生，例如：与门 D：基本事件 A 与基本事件 B 同时发生，导致控制功能失效。

##### （4）完成故障树

将基本事件和逻辑门组合在一起，形成树状结构。树的根部

是顶事件，叶子节点是基本事件。最终构建出的故障树可以用图形的方式表示。

#### 2. 评估概率和分析结果

为每个事件节点分配概率，可以通过历史数据、专家经验或其他可靠性数据库获得。最后，计算系统失效的概率。通过对树的分析，可以确定导致系统失效的主要路径和关键事件，从而为改进系统提供指导。核电站仪表和控制系统可靠性事件节点及数据分析见下表 1。

表 1 核电站仪表和控制系统可靠性事件节点及数据分析

事件节点	概率（P）	数据来源 / 评估方法
顶事件控制功能失效	P（顶）	由专家评估或基于历史数据
与门 D	P(D)	根据基本事件 A 和 B 的关系计算
基本事件 A - 传感器失效	P(A)	基于传感器的寿命和维护历史
基本事件 B - 控制器故障	P(B)	根据控制器的寿命和维护历史
基本事件 C - 电源中断	P(C)	根据电源系统的寿命和维护历史

数据来源和评估方法：（1）专家评估：根据相关领域专家的意见和经验，评估控制功能失效的概率（P（顶））以及基本事件 A、B、C 的概率。（2）历史数据：分析过去的运行和维护记录，以获取传感器、控制器和电源系统的故障数据，用于评估基本事件 A、B、C 的概率。（3）设备寿命和维护历史：考虑设备的寿命和维护历史，评估传感器、控制器和电源系统的故障概率<sup>[3]</sup>。

计算与门 D 的概率  $P(D) = P(A) \times P(B)$ ，其中 P（A）和 P（B）是基本事件 A 和 B 的概率。通过对概率的计算和故障树的分析，可以确定导致核电站仪表和控制系统控制功能失效的主要因素和路径<sup>[4]</sup>。如果顶事件的概率较高，那么系统的可靠性可能受到威胁，需要考虑采取相应的预防和纠正措施，例如增加设备维护频率、更新老化设备或改进系统设计。这样的分析有助于提高系统的整体可靠性，确保核电站安全稳定地运行。

### （二）可靠性块图分析（RBD）

可靠性块图分析（RBD）是一种系统性的可靠性工程方法，通过将系统分解为各个可靠性块（Reliability Block）来评估系统整体的可靠性。这种分析方法有助于识别系统中的关键组件，理解它们之间的相互关系，从而指导改进措施的制定。

#### 1. 定义系统和可靠性块

首先，明确定义分析的系统范围，然后将系统分解为若干可靠性块，每个块代表系统的一个关键组件或功能单元。

#### 2. 确定可靠性块之间的关系

确定各个可靠性块之间的相互关系，包括串联和并联关系。串联关系表示必须所有块正常工作才能使整个系统正常工作，而并联关系表示只需其中一个块正常工作就能使整个系统正常工作<sup>[5]</sup>。

#### 3. 分配可靠性参数

为每个可靠性块分配可靠性参数，包括每个块的失效概率或可靠性，以及块之间的关系参数，如串联块的失效概率和并联块的失效概率。

#### 4. 计算系统的可靠性

在计算系统的可靠性时，可以使用概率和统计的方法。概率论提供了一种研究随机事件和概率相关性的数学框架。通过使用概率论，可以计算每个可靠性块和故障块的失效概率，并根据块之间的关系计算系统的整体失效概率。布尔代数则用于描述和分析不同块之间的逻辑关系，如串联、并联和重要性等<sup>[6]</sup>。通过使用布尔代

数，可以计算系统的整体可靠性指标，如可靠性函数和失效模式概率。计算系统的可靠性是一项复杂的任务，需要考虑到系统中各个组成部分之间的相互影响和不确定性<sup>[7]</sup>。在实际计算中，需要收集和分析大量的数据，包括故障率、修复时间、环境条件等。同时，还需要考虑到系统的运行模式、维护策略和人为因素等因素对系统可靠性的影响。通过综合考虑这些因素，可以得出较为准确的系统可靠性指标，为系统的设计和维护提供科学依据。

### 三、改进措施

#### （一）更新升级

针对核电站仪表和控制系统中存在的老化设备和技术更新滞后的问题，系统的更新升级是一个必要且重要的步骤。随着时间推移，旧设备的性能会逐渐下降，可能会出现故障或无法满足现代化的运行需求。同时，新技术的出现也为系统升级提供了更好的选择，既能提高系统的可靠性、安全性，又能提高系统的运行效率<sup>[8]</sup>。

在进行核电站仪表和控制系统的更新升级时，可以考虑引入先进的技术和设备。例如，采用基于数字化和自动化技术的现代控制系统，替代传统的手动操作和模拟控制。这可以提高系统的响应速度和精度，并降低操作和人为错误的风险。此外，引入支持远程监控和自动故障诊断的设备，可以提高系统的可靠性和故障处理的效率<sup>[9]</sup>。

除了技术上的更新升级，还需要考虑建立适当的维护和管理机制。定期进行设备的检修和维护，及时更换老化设备和元件，以及对系统进行全面的风险评估和控制，都是确保核电站仪表和控制系统保持高可靠性的关键措施。此外，培训和提升工作人员的技能水平和意识，使他们能够适应更新后的系统和技术，也是升级过程中的一项关键工作<sup>[10]</sup>。

#### （二）定期维护

建立定期维护机制对于核电站仪表和控制系统的稳定运行至关重要。定期维护可以提前发现潜在的问题，预防设备故障和系统故障的发生。通过定期检查设备的工作状况、清洁和润滑关键部件、更换老化的元件等措施<sup>[11]</sup>，可以有效延长设备的寿命，并确保其正常运行。

定期维护还能够发现设备的隐性故障。随着设备运行时间的增加，某些故障可能会逐渐显现，但在早期阶段难以察觉。定期维护过程中，可以进行详细的检查和测试，以确定设备是否存在潜在的故障或性能下降的情况。及时发现并修复这些问题，可以有效预防设备故障，提高系统的可靠性和稳定性。

在建立定期维护机制时，需要制定详细的维护计划和标准操作程序。维护计划应包括设备的维护周期、维护内容和具体的操作步骤。标准操作程序应确保维护工作的质量和一致性，以避免因维护不当而引起的问题<sup>[12]</sup>。此外，还应建立维护记录和维护档案，便于跟踪设备的维护历史和记录设备状态的变化。定期维护机制的有效实施可以保证核电站仪表和控制系统的正常运行，并提高系统的可靠性和稳定性。

#### （三）培训与人员素质提升

对核电站运维人员进行定期培训是提高其应对突发事件和故障能力的重要手段。培训内容可以包括新技术的学习与应用、事故案

例分析、应急预案的训练等。通过培训，运维人员可以不断提升自身的专业知识水平，了解最新的故障处理技术和解决方案，增强应对各类故障和突发事件的能力，为核电站的安全运行提供支持<sup>[13]</sup>。

除了技术培训外，运维人员的素质提升也是非常重要的。核电站运维工作需要团队合作、高效沟通和决策能力等综合素质<sup>[14]</sup>。因此，可以通过组织团队建设、反思讨论、模拟应急演练等活动，提升运维人员的团队合作能力和应对复杂情况的能力。此外，也可以通过软技能培训，例如领导力培养、沟通技巧培训等，提高运维人员在日常工作中的效能和影响力。

在培训和人员素质提升方面，还可以借鉴其他行业的经验和最佳实践。例如，可以引入生命周期维护管理理念，将培训和素质提升贯穿核电站运维的各个阶段。另外，可以建立与技术合作伙伴的紧密联系，利用他们的专业知识和资源，给运维人员提供更广泛的培训渠道。通过这些措施，可以不断提高运维人员的整体素质水平，确保他们能够应对各类突发事件和故障，保障核电站的安全稳定运行<sup>[15]</sup>。

### 四、结论

通过对核电站仪表和控制系统的可靠性进行全面分析，结合改进措施的提出，可以有效提高核电站的整体可靠性。这对于确保核电站的安全运行和提高核能的利用效率具有重要的意义。今后，还需不断深化研究，不断完善改进方案，以适应新的技术和安全标准的要求。

### 参考文献

- [1] 樊艳艳, 汪勇, 李勇. 核电厂现场总线的应用研究 [J]. 自动化仪表, 2023, 44 (S1): 371-375.
- [2] 李力. 核电厂常规岛后备监控技术研究 [J]. 科技和产业, 2023, 23 (09): 198-203.
- [3] 王传辉. 核电站数字化仪控系统改造研究 [J]. 现代工业经济和信息化, 2023, 13 (04): 306-308.
- [4] 张媛媛. 核电厂数字化仪表控制系统设备鉴定方法 [J]. 电工技术, 2021, (19): 157-158+161.
- [5] 马志刚, 李萌, 张智慧, 石桂连, 王晓伟. 核电安全级数字化仪控系统内存诊断设计与实现 [J]. 自动化博览, 2021, 38 (08): 50-54.
- [6] 李萌, 李亮, 石桂连, 马志刚, 王晓伟. 核电厂数字化大尺寸安全显示系统设计与应用 [J]. 自动化仪表, 2020, 41 (11): 58-61.
- [7] 石舒健. 核电厂数字自动化仪表控制兼容性设计 [J]. 自动化与仪器仪表, 2020, (08): 202-204+209.
- [8] 孙洪涛, 李红霞, 刘静波, 郑伟智. 核电厂数字化仪表控制系统商品级物项适用性确认方法研究与应用 [J]. 核动力工程, 2019, 40 (04): 76-80.
- [9] 刘东波, 陈玉娟, 黄勇成. 核电厂数字化仪表控制系统智能设备接口设计 [J]. 核科学与工程, 2019, 39 (03): 485-491.
- [10] 邵拓. 仿真技术应用在反应堆控制系统调试 [J]. 电子技术与软件工程, 2019, (08): 142+251.
- [11] 石舒健. 核电厂数字化仪表控制系统设备鉴定方法研究 [J]. 现代信息科技, 2019, 3 (06): 87-88.
- [12] 卢滕. 核电站数字化仪控系统改造研究 [J]. 设备管理与维修, 2019, (03): 107-108.
- [13] 徐世豪, 谢维波, 徐海燕, 彭浩, 吴志强. AP1000与CPR1000堆外核测系统对比分析 [J]. 上海交通大学学报, 2018, 52 (S1): 41-45.
- [14] 张强, 毛虎, 黄婧. 核电厂安全级 DCS 安全审评重点关注点探讨 [J]. 上海交通大学学报, 2018, 52 (S1): 160-165.
- [15] 苏立臣. 核电厂数字化仪表与控制系统的现状与发展趋势 [J]. 山东工业技术, 2019, (02): 163.



# 面向数据采集的无人机协同通信系统优化传输策略

李瑞杰

北京华麒通信科技有限公司, 北京 100000

**摘 要 :** 近年来, 随着无人机技术的不断发展, 其在军事、民用、商业等领域都得到了广泛的应用。无人机作为一种可移动的信息获取和传输平台, 可以有效解决地面固定通信网络中数据采集和传输的问题。无人机与蜂窝系统联合使用可大大提高频谱效率, 同时能够提高网络容量和安全性。因此本文针对无线传感器网络数据收集研究现状、概述以及优化传输策略展开了具体阐述, 借此作为参考。

**关 键 词 :** 数据采集; 无人机协同通信系统; 优化传输

## Optimized Transmission Strategy for Data Acquisition Oriented Unmanned Aerial Vehicle Cooperative Communication System

Li Ruijie

Beijing Huaqi Communication Technology Co., Ltd, Beijing 100000

**Abstract :** In recent years, with the continuous development of UAV technology, it has been widely used in military, civil and commercial fields. As a movable information acquisition and transmission platform, UAV can effectively solve the problems of data acquisition and transmission in ground fixed communication networks. The joint use of UAV and cellular system can greatly improve the spectrum efficiency, and at the same time can improve the network capacity and security. Therefore, this paper provides an overview of the current status of data collection research in wireless sensor networks and the optimization of transmission strategies, which is used as a reference.

**Key words :** data collection; UAV cooperative communication system; optimized transmission

### 引言

在现有的无人机协同通信系统中, 无人机的飞行高度与基站不一致, 导致基站和无人机之间存在信息传输盲区。此外, 无人机受通信环境和系统复杂度限制, 其飞行高度无法精确控制。因此, 本文提出了一种基于多无人机协同通信的优化传输策略, 通过调整系统中各无人机的飞行高度、通信半径以及与基站之间的距离等参数来保证数据采集任务顺利完成。

### 一、研究现状

#### (一) 无线传感器网络数据收集研究现状

无线传感器网络 (Wireless Sensor Networks, WSN) 是一种新型的分布式信息获取和处理技术, 可广泛应用于军事、医疗、环境监测等领域。随着科学技术的不断进步, WSN 在各个领域的应用也越来越广泛, 特别是在智慧城市、智能交通、智能家居等方面发挥着重要作用。<sup>[1]</sup> 目前, WSN 主要采用基于 MAC 层和数据链路层的多跳通信技术, 以减少数据传输对网络中其他节点的依赖。但是, 随着 WSN 应用场景和规模不断扩大, 数据量呈指数增长, 传统的网络拓扑结构已经无法满足这些场景中的需求。因此, 为满足大规模 WSN 场景中对数据传输量的要求, 本文提出了一种面向数据采集的无人机协同通信系统。该系统通过引

入多个无人机节点来提高系统的数据传输能力和稳定性。首先, 在 WSN 网络中部署多个无人机节点用于数据采集任务。其次, 为了减少数据传输对其他节点造成的干扰和影响, 本文提出了一种基于能量均衡和动态规划的自适应功率分配算法。最后, 为解决无人机通信时由于距离基站较远导致通信链路质量较差的问题, 本文提出了一种基于随机几何理论的无人机路径规划算法。本文所提出的算法通过调整无人机与基站之间的距离以及飞行高度来降低无人机之间干扰和影响。通过仿真结果可以看出, 本文所提出的算法可以有效解决多个无人机节点同时向基站传输数据时通信链路质量较差以及存在信息盲区等问题。本文所提出的算法是针对大规模 WSN 场景下数据传输问题进行研究。但是由于 WSN 中存在大量小型节点, 因此为提高系统数据传输效率和稳定性, 本文还提出了一种基于随机几何理论和分簇调度算法相结合的多

无人机协作通信方案。首先,通过随机几何理论和分簇调度算法将 WSN 网络划分为不同级别的簇;然后,根据不同簇中节点对数据传输需求不同以及距离基站远近等情况将簇头节点进行分组;最后,使用随机几何理论和分簇调度算法对簇头节点进行分组并对簇头节点进行调度。本文所提出的方案不仅能够提高系统数据传输效率,还能够保证系统稳定性。该方案首先采用随机几何理论来对多个无人机节点之间距离进行估计;然后利用分簇调度算法来实现系统中各无人机节点之间的协作传输;最后通过调整多无人机之间距离来实现系统中各无人机节点之间的协作传输。<sup>[2, 3]</sup>

## （二）无人机路径规划研究现状

无人机路径规划是指在满足飞行安全要求下,在一段路径上安排无人机的飞行线路。无人机路径规划主要应用于军事侦察、消防救援、紧急救援、资源勘测等领域。针对无人机路径规划的研究已有很多,有学者提出了一种基于遗传算法的无人机路径规划算法,并在此基础上设计了一种基于遗传算法的无人机路径规划算法,该算法可以有效地对无人机飞行路线进行优化;又如有学者提出一种基于改进粒子群优化的无人机路径规划算法,并在此基础上设计了一种基于遗传算法的无人机路径规划算法,该算法可以有效地对无人机飞行路线进行优化。<sup>[4, 5]</sup>

## 二、无线传感器网络数据采集概述

无线传感器网络由大量的传感节点组成,传感器节点通常被部署在环境恶劣的区域,以采集各种物理信息。这些传感器节点通常采用电池供电,可以使用一到两年不等,这些电池无法更换或维护,所以需要有一个能够长时间运行的节点来持续收集物理信息。在无线传感器网络中,数据采集任务通常是由节点(sink)在数据传输之前独立完成的。与传统通信系统不同,无线传感器网络中的节点通常不需要发送或接收任何信息,而是通过物理层进行数据传输。无线传感器网络中的节点分为三种类型:直接参与数据传输的传感器节点(Detector)、中继节点(Register)和汇聚节点(Connector)。Detector 通常用于通信距离较近的传感器节点之间进行通信,通过将数据发送到 Detector 来实现数据采集;中继节点通常用于传输距离较远的传感器节点之间进行数据传输;汇聚节点则是将所收到的数据汇总起来进行处理。在无线传感器网络中,网络拓扑结构可以分为簇状和网状两种类型。<sup>[6]</sup>簇状结构通常用于大规模的通信系统中,如智能电网、高速铁路等,而网状结构则更适用于无线传感器网络中。对于簇状结构而言,各簇内成员之间通过中继节点进行通信,而簇外成员之间则需要通过中继节点来进行通信。在无线传感器网络中,由于通信距离和传输速率不同,不同簇内成员之间需要利用不同的中继来实现数据传输。然而,由于网络中各个簇内成员都需要用到相同的网络资源(例如:基站、数据存储和处理等),因此需要对数据进行整合处理。在无线传感器网络中,每个簇都有一个汇聚节点(Connector)。当需要将某一簇内成员采集到的数据汇总起来时,就可以将这些数据发送到汇聚节点。为了避免在信息收集过程中产生冲突或不一致性,需要对各个簇间成员之间的通

信进行协调。无线传感器网络中的传感器节点通常采用多跳方式进行通信,因此可以通过改变网络拓扑结构来实现网络资源的合理分配。此外,在数据采集过程中也需要对采集到的数据进行整合处理,然后再传输到汇聚节点。<sup>[7]</sup>

## 三、基于优化理论的无人机传输策略

随着物联网的发展,人们对数据传输的要求越来越高。例如,在野外环境下,为了满足无人机实时传输数据的需求,通常需要由地面基站为无人机提供中继通信服务。在这些情况下,考虑到无人机有限的通信资源和高能量消耗,无人机的使用受到了一定限制。然而,随着无人机通信技术的发展,通过合理利用无人机通信技术来提高系统容量成为研究热点之一。为满足无人机实时数据传输需求,同时考虑到系统的能量消耗和用户隐私保护,本文将采用基于优化理论的无人机协同传输策略来最大化系统吞吐量、最小化用户隐私泄露概率和系统总能耗。伴随无人机技术的飞速发展,其应用领域也在不断扩大。在无人机技术与网络融合的背景下,无人机协同通信技术将成为未来无线通信领域的研究热点之一。目前,对无人机协同通信系统中数据采集节点的设计和优化还存在一些不足之处。例如,无人机在通信过程中可能受到外界干扰,导致数据采集不准确。另外,无人机之间可能存在相互干扰,导致数据传输效率低。<sup>[8]</sup>对于无人机而言,其最优飞行高度和通信半径是由飞行高度和通信半径之间的关系决定的,在现有的无人机协同通信系统中,基站通过对无人机进行调度来保证其与无人机之间的最小传输距离在实际系统中,由于环境复杂多变,故无法确定各个参数之间的具体关系。因此,本文采用最优化理论来对上述公式进行求解。在得到各个参数之间关系式后,通过仿真验证了本文所提出算法的有效性。同时,还研究了不同参数下系统吞吐量、用户数据速率及中断概率等性能指标。

## 四、仿真结果及分析

在本文的仿真环境中,无人机飞行高度为20m,通信半径为50m,与基站之间的距离为5km。以每个无人机独立采集50个数据集为例,当无人机飞行高度小于等于20m时,此时无人机之间的干扰对传输速率几乎没有影响;当无人机飞行高度大于20m时,此时干扰对传输速率的影响逐渐变大。在实际的数据采集过程中,由于无人机飞行高度受限,其采集数据量不能满足实际需求。因此,可以通过增加无人机数量来满足需求。因此,为了保证数据采集任务的顺利完成,应选择合适的无人机飞行高度。<sup>[9]</sup>

### （一）无人机飞行高度对数据传输的影响

本文仿真的无人机飞行高度分别为20m、30m、40m、50m,并以20m作为最优值,分别取100、200、300、400个数据集作为仿真的依据,仿真时间为60min。随着无人机飞行高度的增大,接收数据的数量逐渐增多,传输速率逐渐降低。这是因为:当无人机飞行高度较低时,由于无人机之间干扰较小,使得数据接收速率

保持不变；当无人机飞行高度增加到一定程度后，由于干扰变大，导致接收数据速率降低；当无人机飞行高度超过一定数值后，接收数据数量增加到一定程度后会出现饱和现象，此时再提高无人机飞行高度反而会使接收数据数量减少。这是因为随着无人机飞行高度的增加，无人机之间的干扰逐渐变大。而由于干扰变大导致接收数据速率降低后又会出现饱和现象，此时再提高无人机飞行高度反而会使接收数据量减少。<sup>[10]</sup>

## （二）不同通信距离下的数据传输性能分析

在本文的仿真环境中，为了保证无人机与基站之间的通信质量，需要选择合适的通信距离。以无人机飞行高度20m为例，在相同的通信半径下，当通信距离小于5km时，无人机传输速率几乎没有变化，当通信距离大于5km时，传输速率有一定程度的下降。其中，当通信半径小于5km时，无人机传输速率随着通信距离的增大而增大；当通信半径大于5km时，随着通信距离的增大传输速率先减小后增大。<sup>[11]</sup>其中，在一定范围内，随着无人机飞行高度的增加，无人机之间的干扰对传输速率影响越来越小；

在一定范围内，随着无人机飞行高度的增加，无人机与基站之间的干扰对传输速率影响越来越大。因此在实际应用中，需要综合考虑无人机飞行高度、通信半径以及与基站之间的距离等因素来选择合适的通信距离。本文针对多无人机协同通信系统，研究了系统中无人机飞行高度、通信半径以及与基站之间的距离对数据采集任务完成情况的影响，并提出了一种基于多无人机协同通信的优化传输策略。该策略在满足用户服务质量要求的前提下，尽可能地降低无人机飞行高度和通信半径对数据采集任务完成情况的影响，以保证多无人机协同通信系统能够顺利完成数据采集任务。<sup>[12]</sup>

综上所述，通过仿真实验研究，验证了所提出优化策略的有效性。但本文所提方案还存在一些不足之处，如只考虑了部分参数对数据采集任务完成情况的影响，而未考虑到不同参数组合时对数据采集任务完成情况的影响。此外，无人机协同通信系统中不同参数之间相互制约，如何权衡优化方案的复杂度仍是一个待解决的问题。

## 参考文献

- [1] 白露, 孙铭然, 黄子蔚, 等. 面向应急通信的多无人机协同信道建模研究 [J]. 通信学报, 2023, 44(07): 38-50.
- [2] 高赞. 面向数据采集的无人机协同通信系统优化传输策略研究 [D]. 南昌大学, 2023.
- [3] 邱文静, 韩晨, 刘爱军. 干扰环境下无人机群动态频谱决策方法 [J]. 计算机科学, 2022, 49(12): 326-331.
- [4] 汪衍佳. 无人机通信系统高能效鲁棒安全传输技术研究 [D]. 南京邮电大学, 2022.
- [5] 陈静, 陈光佳, 李天保. 无人机群分布式协同通信对抗技术综述 [J]. 舰船电子工程, 2022, 42(03): 20-23+53.
- [6] 王文敬, 张大敏. 一种无人机协同通信系统中中继转发协议研究 [J]. 中国民航飞行学院学报, 2022, 33(02): 49-53+58.
- [7] 陈成坤. 空-地协同环境下果园信息共享平台设计与实现 [D]. 西北农林科技大学, 2021.
- [8] 齐盛. 面向无人机集群的协同通信理论与仿真实现 [D]. 电子科技大学, 2021.
- [9] 吴钟博, 易建强. 无人机编队支撑网络的协同通信中继策略 [J]. 航空学报, 2020, 41(S2): 187-194.
- [10] 邢娜. 多无人机博弈决策与协同通信方法研究 [D]. 天津大学, 2020.
- [11] 黄吉传, 周德云. 无人机协同作战效能评估指标体系设计与分析 [J]. 西安工业大学学报, 2020, 40(01): 38-44.
- [12] 朱黔, 周锐. 面向目标跟踪的多机协同通信保持控制 [J]. 控制理论与应用, 2015, 32(11): 1551-1560.



# 机器人与自动化技术在工艺智能化升级中的优化

孙鹏

天津中德应用技术大学智能制造学院，天津 300350

**摘要：**在当今全球化的市场中，制造业的竞争越来越激烈。为了保持竞争优势，制造商们正在寻求各种方法来提高生产效率、降低成本并确保产品质量。随着科技的飞速发展，机器人与自动化技术已成为实现这些目标的关键工具。基于此，本文从机器人与自动化技术在工艺智能化升级中的重要性出发，分析了其在工艺智能化升级中的具体应用及优化路径，以期推动制造业的可持续发展。

**关键词：**机器人与自动化技术；工艺优化；智能化升级

## Optimization of Robotics and Automation Technology in Process Intelligent Upgrading

Sun Peng

School of Intelligent Manufacturing, Tianjin Sino-German University of Applied Sciences, Tianjin 300350

**Abstract：** In today's globalized market, the manufacturing industry is becoming increasingly competitive. In order to maintain a competitive edge, manufacturers are looking for ways to improve production efficiency, reduce costs and ensure product quality. With the rapid development of science and technology, robotics and automation have become the key tools to realize these goals. Based on this, this paper analyzes the specific application and optimization path of robotics and automation technology in process intelligent upgrading from the importance of robotics and automation technology in process intelligent upgrading, in order to promote the sustainable development of manufacturing industry.

**Key words：** robotics and automation technology; process optimization; intelligent upgrading

## 引言

制造业历来是人类社会进步的重要推动力。然而，随着全球人口的增长、资源的有限性和环境问题的凸显，传统制造业面临着诸多挑战。此外，随着技术的不断进步，消费者对产品品质和多样性的需求也在不断提高。为了应对这些挑战并满足市场需求，引入机器人与自动化技术成为一种必然选择。从初代的简单机械臂到现在的智能化、自适应机器人，机器人的性能得到了极大的提升。同时，自动化技术的应用也从简单的重复性工作扩展到复杂的决策制定和数据分析等领域。这些技术的发展为实现工艺智能化升级提供了可能。

## 一、机器人与自动化技术在工艺智能化升级中的重要性

### （一）提高工艺效率

机器人具有高精度的机械手臂和传感器，能够快速、准确地完成生产线上的任务，减少了人工操作的时间和误差，提高了生产效率。此外，机器人还可以进行24小时不间断地工作，避免了因人力因素导致的生产中断，进一步保证了生产的连续性和稳定性<sup>[1]</sup>。

### （二）降低生产成本

传统的生产方式需要大量的人工操作，不仅效率低下，而且

人力成本较高。而机器人与自动化技术的应用，可以在很大程度上减少人力成本，并且提高生产效率，从而降低了生产成本。此外，机器人还可以在危险或者高强度环境下进行工作，保障了工作人员的安全，减少了安全事故的发生<sup>[2,3]</sup>。

### （三）提高产品质量

机器人具有高精度的机械手臂和传感器，能够精确控制生产过程中的各个环节，避免了人为因素导致的误差和质量问题<sup>[4]</sup>。此外，机器人还可以进行快速、准确地检测和测量，及时发现和解决问题，进一步保证了产品的质量和稳定性。

#### （四）促进产业升级和转型

随着科技的不断发展和应用，机器人与自动化技术已经成为现代制造业的重要组成部分。在制造业向智能化、高效化、自动化的方向发展的趋势下，机器人与自动化技术的应用将进一步促进产业升级和转型，推动经济的发展和进步。

## 二、机器人与自动化技术在工艺智能化升级中的应用

### （一）制造业

在制造业中，机器人与自动化技术被广泛应用于生产线上的各种任务，包括装配、焊接、喷涂、搬运等<sup>[6]</sup>。通过引入机器人与自动化技术，企业可以提高生产效率、减少人力成本、提高产品质量，实现高效、高质地制造过程。例如，在汽车制造行业中，机器人被用于自动化生产线上的装配和焊接工作。机器人可以快速、准确地执行一系列任务，包括将零部件准确无误地放置在生产线上、进行高强度和高精度的焊接等<sup>[6]</sup>。这些机器人需要具备高精度的定位和运动控制能力，以确保生产出高质量的汽车<sup>[7]</sup>。

### （二）物流业

物流业中的自动化仓库和配送中心需要大量的机器人和自动化设备来完成任务。通过使用机器人进行货物的分类、存储、搬运等工作，可以提高物流效率和准确性，降低人力成本，提高服务质量。例如，在配送中心，机器人可以进行货物的自动分拣和搬运。通过使用先进的机器视觉和深度学习技术，机器人可以识别货物的形状和大小，并将其准确地放置在指定的位置<sup>[8]</sup>。这大大提高了配送中心的工作效率，降低了人力成本，同时减少了人为错误的可能性。

### （三）医疗行业

在医疗行业中，机器人与自动化技术被广泛应用于手术、康复训练、药物管理和分发等方面。通过使用先进的医疗机器人和自动化设备，可以提高医疗服务的效率和质量，减轻医护人员的工作负担，提高病人的满意度和康复效果。例如，手术机器人可以在医生的控制下进行高精度、微创的手术操作<sup>[9]</sup>。相比传统手术方式，手术机器人可以减少手术时间和术后恢复时间，降低手术风险，提高手术成功率。此外，康复训练机器人可以帮助病人进行肢体康复训练，加速康复进程，提高康复效果。

### （四）农业

农业中的机器人与自动化技术被广泛应用于农田管理、收割和加工等方面。通过使用先进的农业机器人设备，可以提高农业生产效率和质量，减轻农民的工作负担，提高农产品的产量和质量。例如，农业机器人可以进行播种、施肥、除草、收割等任务<sup>[10]</sup>。通过使用机器视觉和深度学习技术，农业机器人可以识别农作物的生长状况和病虫害情况，并采取相应的措施进行处理<sup>[11]</sup>。这不仅可以提高农业生产效率和质量，还可以减少农药和化肥的使用量，降低环境污染。

### （五）服务行业

服务行业中的机器人与自动化技术被广泛应用于接待、咨询、导航等方面。通过使用先进的机器人设备和技术，可以提高服务效率和质量，提高客户满意度和忠诚度。例如，在酒店行业

中，机器人接待员可以进行客人的接待和引领工作。通过使用语音识别和自然语言处理技术，机器人接待员可以与客人进行交流并回答客人的问题。这不仅可以提高服务效率和质量，还可以减少人力成本和提高酒店的智能化水平。

## 三、机器人与自动化技术在工艺智能化升级中的优化

### （一）提升设备利用率，减少人力成本

#### 1. 制定合理地维护计划

制定合理地维护计划是提高机器人与自动化设备利用率的关键。通过定期对设备进行检查、维护和保养，可以确保设备始终处于良好的工作状态，减少故障率和停机时间。同时，针对设备使用过程中出现的问题和故障，需要及时采取措施进行维修和更换，避免影响生产效率和产品质量。

#### 2. 采用先进的故障诊断和预测技术

采用先进的故障诊断和预测技术可以提前发现和解决设备故障，减少停机时间和人力成本。通过收集设备运行数据和信息，利用人工智能和大数据分析技术，可以对设备的工作状态和故障进行预测和诊断，及时采取措施进行维修和更换，提高设备利用率和生产效率。

#### 3. 优化生产流程和工艺参数

机器人与自动化技术的应用需要与生产流程和工艺参数进行协调和优化。通过对生产流程进行分析和改进，可以充分发挥机器人与自动化技术的优势，提高生产效率和产品质量。同时，对工艺参数进行优化可以进一步提高产品质量和生产效率，减少不良品率和人力成本。

### （二）提高工作效率，缩短生产周期

#### 1. 选择适合的机器人与自动化设备

选择适合的机器人与自动化设备可以大大提高工作效率和生产周期。需要根据企业的实际需求和生产特点，选择适合的机器人与自动化设备，并对其进行合理的配置和布局。同时，需要考虑设备的加工能力和精度，以及其可维护性和可靠性。

#### 2. 实现生产过程的自动化和智能化

实现生产过程的自动化和智能化可以大大提高工作效率和生产周期。通过引入先进的机器人与自动化技术，可以实现生产过程的自动化和智能化，减少人工干预和人为错误，提高生产效率和产品质量。同时，可以利用人工智能和大数据分析技术对生产过程进行实时监控和优化，及时发现和解决问题<sup>[12]</sup>。

#### 3. 加强人员培训和管理

机器人与自动化技术的应用需要加强人员培训和管理。通过对操作人员进行专业培训和技能提升，可以更好地发挥机器人与自动化技术的优势，提高生产效率和产品质量。同时，建立健全的管理制度和技术标准，可以确保机器人与自动化技术的正确使用和产品质量的一致性。

### （三）提高产品质量，提升市场竞争力

#### 1. 采用高精度的机器人与自动化设备

采用高精度的机器人与自动化设备可以大大提高产品质量。

高精度的设备可以确保加工精度和产品质量达到更高的要求，提高产品的可靠性和稳定性。同时，高精度的设备还可以减少产品不良率和返修率，提高客户满意度和忠诚度。

2. 引入先进的工艺控制技术

引入先进的工艺控制技术可以进一步提高产品质量和生产效率。通过采用先进的工艺控制技术，可以对生产过程中的工艺参数进行精确控制，确保产品质量的一致性和稳定性。同时，工艺控制技术还可以对生产过程进行实时监控和优化，及时发现和解决问题，提高生产效率和质量。

3. 加强质量管理和控制

机器人与自动化技术的应用需要加强质量管理和控制。通过对生产过程进行全面质量管理，可以确保产品质量的一致性和稳定性。同时，需要对产品质量进行严格把关和控制，确保产品符合客户的要求和标准。通过建立完善的质量管理体系和技术标准，可以进一步提高产品质量和市场竞争能力。

（四）实现个性化生产，满足消费者需求

表 1：个性化生产实现路径

个性化生产	具体说明
智能制造系统	利用先进的机器人技术和自动化设备，构建智能制造系统，实现生产过程的全面数字化和智能化。
个性化定制平台	让消费者可以通过在线界面选择产品规格、颜色、材料等，甚至参与到产品的设计和生产过程中。并且，收集和分析消费者的需求和偏好，实现产品的个性化定制和差异化生产。
灵活地生产线	采用模块化的生产线设计和部署，使得生产线可以根据市场需求快速调整和扩展。通过机器人的柔性生产和自动化设备的灵活性，实现多种产品的同时生产和快速切换，满足个性化生产的需求。

（五）优化生产流程，降低能耗与排放

1. 精准控制与优化

利用先进的机器人技术和自动化设备，对生产流程进行精准

控制和优化。这包括对生产过程中的各个环节进行精确的数据采集、分析和处理，以实现对每个环节的精细化管理。通过对生产流程的精准控制，可以有效地降低能耗和排放。

2. 自动化决策

通过机器学习和人工智能技术，让机器人能够根据生产环境的变化做出自动决策。例如，当某个生产环节出现故障时，机器人可以自动识别问题并调整生产流程，以避免因故障导致的生产中断或能耗增加。

3. 能源管理优化

通过在机器人和自动化设备中集成能源管理功能，对生产过程中的能源消耗进行实时监控和调整。这包括对设备的工作状态、电力消耗、排放等进行实时监测和优化，以实现能源的有效利用和排放的减少。

4. 循环生产

通过采用闭环生产模式，实现资源的循环利用。例如，将生产过程中的废料进行回收处理，转化为新的生产原料或能源，以减少对环境的影响。

5. 优化产品设计

在产品设计阶段就考虑如何利用机器人和自动化技术来优化生产流程，降低能耗与排放。例如，采用更加智能化、更加高效的设计方案，减少生产过程中的资源浪费和排放。

四、结语

机器人与自动化技术的引入对工艺智能化升级具有重大地优化作用。未来，随着技术的不断进步，机器人与自动化技术将在更多的领域得到应用，为人类带来更多的便利和效益。同时，我们也需要关注到机器人与自动化技术的发展仍然面临着许多挑战，如安全性、隐私性、道德问题等。如何在推动技术发展的同时，解决这些问题，是我们需要思考和探索的重要方向。

参考文献

[1] 杨阳. 智能机器人：点燃装备制造产业升级之火 [J]. 股市动态分析, 2012,(51):52-53.

[2] 彭淑素. 智能制造时代自动化技术在工业机器人中的应用研究 [J]. 科技资讯, 2022,20(18):60-62.

[3] 门峰, 董方岐, 苏青福等. 汽车企业智能制造发展现状及需求研究 [J]. 科技创新导报, 2020,17(16):93-97.

[4] 彭淑素. 智能制造时代自动化技术在工业机器人中的应用研究 [J]. 科技资讯, 2022,20(18):60-62.

[5] 郑永杰, 刘旭东, 周桐等. 机器人与自动化技术在工艺智能化升级中的优化策略研究 [J]. 制造业自动化, 2023,45(10):216-220.

[6] 续伟, 刁东镇, 赵金成. 机器人在生产线优化控制中的应用 [J]. 电子技术, 2023,52(06):180-181.

[7] 滕泉, 苗家明. 工业机器人在机械制造自动化中的应用 [J]. 集成电路应用, 2023,40(09):182-183.

[8] 赵健铭. 以自动分拣机器人为例浅析自动化技术在快递企业中的应用 [J]. 中国战略新兴产业, 2018,(04):54-55.

[9] 王晓言. 浅谈自动化技术与人工智能的发展对机器人研究的影响 [J]. 电子制作, 2013(05):223.

[10] 谢秋韵, 闫思成, 洪恺鑫. 我国农业机械自动化发展现状及制约因素 [J]. 南方农机, 2016,47(10):30.

[11] 董春晖, 董钰. 农业机械自动化控制技术应用分析 [J]. 广东蚕业, 2020,54(04):88-89.

[12] 唐元文, 刘祚时. 复杂环境移动机器人多传感器融合 SLAM 研究 [J]. 制造业自动化, 2023,45(08):108-112+166.

# 化工设备维护与检修工作的优化及创新

黄良维

海南星之海新材料有限公司，海南 儋州 578001

**摘要：**传统的化工设备维护与检修方法存在诸多局限性，无法满足现代化工企业的需求。本文旨在探讨化工设备维护与检修工作的优化及创新，以球磨机为例，通过深入研究和分析，提出可行的优化方案和创新思路，提高化工设备维护与检修工作的效率和质量，降低设备的故障率和维修成本，提高企业的生产效率和经济效益。

**关键词：**设备维护；检修；优化

## Optimization and Innovation of Chemical Equipment Maintenance and Overhaul Work

Huang Liangwei

Hainan Xingzhilai New Material Co., Ltd, Hainan, Danzhou 578001

**Abstract：**Traditional chemical equipment maintenance and overhaul methods have many limitations and cannot meet the needs of modern chemical enterprises. The purpose of this paper is to explore the optimization and innovation of chemical equipment maintenance and overhaul work. Taking ball mill as an example, through in-depth research and analysis, feasible optimization programs and innovative ideas are proposed to improve the efficiency and quality of chemical equipment maintenance and overhaul work, reduce the failure rate and maintenance costs of equipment, and improve the production efficiency and economic benefits of enterprises.

**Key words：**equipment maintenance; overhaul; optimization

## 引言

化工设备是企业生产的核心组成部分，其运行状态直接关系到企业的安全生产和经济效益。设备维护与检修工作是保障设备正常运行的关键环节，通过对设备进行检查、维护、修理，可以提高设备的可靠性和稳定性，减少故障率，提高设备的使用寿命，从而为企业创造更大的价值。传统的化工设备维护与检修方法主要以经验为主，缺乏科学的依据和规范的操作流程，这种被动式的维护方式往往不能及时发现并解决设备潜在的问题，导致设备故障率较高，维修成本增加<sup>[1]</sup>。此外，传统方法在维护和检修过程中容易导致设备停机时间过长，影响企业生产效率。随着科技的不断发展，新型的检测技术和维修技术不断涌现，为化工设备的维护与检修提供了更多的选择和手段，这些技术可以更加准确地诊断设备的运行状态，预测设备的寿命，提高维修效率，降低维修成本<sup>[2]</sup>。例如，状态监测技术的应用可以实时监测设备的运行状态，及时发现异常情况并采取相应的措施，避免故障扩大化。化工生产过程中涉及的物料往往具有易燃、易爆、有毒等特性，因此安全生产对化工设备的要求非常严格，在设备维护与检修过程中，必须采取严格的安全措施，如切断电源、隔离危险区域等，确保维修人员的安全<sup>[3]</sup>。此外，应加强设备的定期检查和隐患排查，确保设备在生产过程中始终保持安全、稳定的运行状态。因此，优化及创新化工设备维护与检修工作势在必行。

## 一、球磨机设备常见故障类型

### （一）研磨体声音异常

球磨机在运转过程中，研磨体（如球、棒等）与筒体之间产生异常噪音。研磨体位置不当，例如研磨体倾斜、偏心等，导致运动轨迹不均衡；研磨体松动或破损，研磨体与筒体之间存在松

动或破损现象，产生撞击声<sup>[4]</sup>；筒体安装不当，筒体安装不平整或与底座不匹配，导致运转过程中产生噪音。

### （二）轴承温升过高

球磨机运转过程中，轴承温度过高，甚至超过正常工作温度范围。轴承润滑系统故障或润滑油量不足，无法形成良好的润滑膜<sup>[5]</sup>；球磨机超负荷运转，导致轴承承受过大的摩擦力；轴承安装



位置不准确或安装过紧，影响散热效果。

### （三）轴承油封漏油

球磨机运转过程中，轴承油封处出现漏油现象。油封使用时间过长，出现老化现象，无法有效封油<sup>[6]</sup>；油封安装位置不准确或安装过紧，导致油封损坏；轴承润滑系统故障或润滑油量不足，导致油封处摩擦力增大。

### （四）筒体与端盖接触处漏水

球磨机运转过程中，筒体与端盖接触处出现漏水现象<sup>[7]</sup>。筒体与端盖之间的密封垫片损坏，导致漏水；筒体与端盖安装不匹配或安装过紧，导致密封不良。

是否损坏，及时更换损坏的垫片。

### （五）球磨机电机过热

球磨机电机在运转过程中，温度过高，超过正常工作温度范围。球磨机超负荷运转，导致电机过热；电机散热系统故障或环境温度过高，影响散热效果；电机内部故障，如绕组短路、轴承损坏等，导致过热。

### （六）球磨机进料口堵塞

球磨机进料口在进料过程中，出现堵塞现象，导致进料不畅。进料口尺寸过小，无法满足正常进料需求；进料口内有异物或物料湿度过高，导致堵塞；进料口密封不良，导致物料泄漏或空气进入，影响进料效果。

### （七）球磨机出料口堵塞

球磨机出料口在出料过程中，出现堵塞现象，导致出料不畅。出料口尺寸过小，无法满足正常出料需求；出料口内有异物或物料湿度过高，导致堵塞。

## 二、球磨机设备维护与检修内容

### （一）设备检查

球磨机的主体部分应与支撑架牢固连接，连接部分不得有损伤或严重磨损；检查球磨机的传动系统，包括电机、减速机、传动轴等部件，确保它们正常运转，无异响和异常振动；检查球磨机的润滑系统，包括润滑油箱、润滑油泵、润滑管道等，确保润滑系统畅通无阻；检查球磨机的进料装置、出料装置及控制装置，确保它们能正常控制物料进出；检查球磨机的密封性能，防止物料在运转过程中泄漏<sup>[8-11]</sup>。

### （二）润滑保养

根据设备要求选择合适的润滑油，并定期更换润滑油；定期检查润滑系统的油质、油量，确保润滑良好；定期清洗润滑系统，去除积垢和杂质；定期检查润滑管道和油封，防止漏油现象发生<sup>[12-15]</sup>。

### （三）运行监控

启动球磨机前，应检查设备周围是否有人或障碍物，确认无误后才能启动；运行过程中，应密切关注球磨机的运行状态，包括电机、传动系统、润滑系统等部件的运行情况；监控球磨机的进料量和出料量，确保进料量与出料量保持稳定；定期检查设备的振动和噪音，发现异常及时停机检查。

### （四）安全维护

制定安全操作规程，规范操作流程；对操作人员进行安全培训，增强操作人员的安全意识；定期检查设备的安全装置，确保安全装置有效<sup>[16]</sup>；设备维修时，应采取必要的安全措施，如停电、停气等；在设备周围设置安全警示标识和安全通道，确保操作人员安全。

### （五）故障处理

当球磨机出现故障时，应立即停机并报告给相关人员；根据故障现象，分析故障原因，制定合理的修复方案<sup>[17]</sup>；常见故障包括轴承损坏、传动轴断裂、密封不良等，应针对不同故障采取相应的处理方法；修复故障后，应对设备进行重新调试和检查，确保设备恢复正常运转。

## 三、球磨机设备维护与检修流程优化措施

### （一）加强设备日常维护

制定详细的设备维护计划，明确维护内容、时间、频次等<sup>[18]</sup>，确保设备得到及时有效的维护；建立设备运行状态监测系统，实时监控设备的运行状态，及时发现并处理异常情况；加强对设备润滑系统的维护，定期检查润滑系统的油质、油量，确保设备传动部件的良好润滑。

### （二）定期进行设备检查与检修

定期对设备进行检查，包括机械部件、电机、液压系统等，及时发现并处理潜在问题；根据设备运行情况和维修记录，制定合理的维修计划，确保设备得到及时有效的维修；在设备检修过程中，严格执行安全操作规程，确保员工的人身安全和设备安全。

### （三）加强故障处理与维修能力

建立故障诊断与处理机制，对设备出现的故障进行快速诊断与处理，提高维修效率；加强维修人员的技能培训，提高维修人员的技能水平和应对突发事件的能力<sup>[19]</sup>；建立设备故障档案库，对设备出现的故障进行归类整理，为后续维修提供参考。

### （四）优化安全操作与培训机制

制定完善的安全操作规程，明确操作步骤和注意事项，确保操作人员熟悉并遵守规程；对操作人员进行定期的技能培训和安全教育，提高操作人员的技能水平和安全意识；建立安全事故应急预案<sup>[20]</sup>，对可能发生的突发事件进行预防和应对，确保员工的人身安全和设备安全。

### （五）强化保养计划与实施效果

根据设备的运行特性和历史维修记录，制定合理的保养计划和保养周期，确保设备得到及时有效的保养；实施保养工作过程中，要严格按照保养计划进行，并对保养效果进行及时评估，确保保养工作的有效性；针对保养工作中发现的问题和不足，提出改进建议和优化措施，不断提高保养水平。

### （六）加强相关文件与记录管理

制定详细的设备相关文件清单和管理要求，对重要的文件和记录进行分类存档管理；建立设备运行和维护记录数据库，对设

备的运行状态、维护检修记录等信息进行数字化管理；对设备的维修记录和保养记录进行分析和总结，找出设备的薄弱环节和易损部件，为后续维修和保养工作提供参考。

（七）工作流程优化

采用先进的检测技术和维修技术，制定科学、规范的维护和检修流程，提高设备的可靠性和稳定性，例如，实施定期检查、预防性维修、状态监测等措施，减少设备故障率，降低维修成本；通过引入现代化的工具和管理方法，提高设备维护与检修的效率，例如，使用高效的维修工具和设备，采用信息化管理系统，优化维护和检修计划，减少设备停机时间；通过合理分配资源和优化流程，降低设备维护与检修的成本。例如，采用性价比高的维修材料和部件，减少人力和物力的浪费，提高维修资源的利用效率。

（八）工作创新

引入新型的检测和维修工具，提高设备的维护和检修效率，例如，使用机器人技术进行设备的自动化检查和维修，提高安全

性和效率；采用新型的管理方法和技术，优化设备维护与检修的管理流程，例如，引入全面质量管理、精益管理等先进的管理理念和方法，提高设备维护与检修的质量和效率。

四、总结

化工设备维护与检修工作的优化及创新是现代化工企业发展的重要方向。通过采用先进的检测和维修技术、引入新型的工具和管理方法，可以提高设备的可靠性和稳定性，降低故障率和维修成本，提高工作效率和资源的利用效率。实践案例表明，优化和创新化工设备维护与检修工作具有可行性和重要性。

展望未来，随着科技的不断进步和化工行业的不断发展，化工设备维护与检修工作将面临更多的挑战和机遇。未来研究应进一步关注新兴技术的发展和应用，推动化工设备维护与检修工作的持续优化和创新。同时，应加强员工培训和管理理念的更新，提高员工的技能水平和综合素质，推动企业实现可持续发展。

参考文献

[1] 张龙. 球磨机试车中存在的故障分析及解决方案 [J]. 设备管理与维修, 2022(22):74-76.

[2] 宋旭彤, 刘卓元, 金毅等. 基于 CNN 和预处理机制的球磨机故障诊断方法 [J]. 传感器与微系统, 2022, 41(11):134-137+142.

[3] 卫波, 赵伟, 王雷等. 浅析球磨机润滑锁程序优化排除跳停故障 [J]. 中国设备工程, 2022(08):75-76.

[4] 赵高亮. 球磨机等主要机电设备常见故障分析及对应措施 [J]. 内蒙古石油化工, 2021, 47(07):33-35.

[5] 蒋仁东. 球磨机同步电机窜轴故障排查与处理 [J]. 现代矿业, 2020, 36(07):195-197.

[6] 王延领. 浅谈溢流型球磨机的应用及故障解决方案 [J]. 设备管理与维修, 2020(12):99-100.

[7] 顾建成. 大型球磨机振动故障诊断 [J]. 火炮科技与市场, 2020(01):85+91.

[8] 吕晓序, 佟城城, 高成凤. 化工机械齿轮故障的维护方法研究 [J]. 粘接, 2019, 40(12):77-80.

[9] 袁铸, 李名莉. 基于小波分析的球磨机振动监测与故障诊断 [J]. 矿山机械, 2019, 47(12):38-41.

[10] 王晓东. 球磨机维修中的故障原因与关键技术 [J]. 价值工程, 2019, 38(26):211-212.

[11] 刘权和, 丛姗. 球磨机接触轴瓦故障频发的原因及应对措施 [J]. 科技风, 2018(15):153.

[12] 王震. 球磨机维修中的故障原因与关键技术 [J]. 设备管理与维修, 2018(08):77-78.

[13] 张伟旗. 特大型球磨机故障诊断及维修关键技术研究 [J]. 中国矿山工程, 2017, 46(06):66-71.

[14] 王银川. 球磨机的 12 种常见故障原因分析及其相对应的处理方法 [J]. 佛山陶瓷, 2017, 27(10):48.

[15] 于广宇, 王忠生. 鞍钢矿业球磨机齿轮的状态监测与故障诊断 [J]. 设备管理与维修, 2017(14):109-110.

[16] 古晋, 赵波, 贾晓东等. 溢流型球磨机常见故障及解决方案 [J]. 设备管理与维修, 2017(13):48-49.

[17] 肖辉勇, 李琼峰. 浅析远程故障诊断与分析在设备维护的应用 [J]. 工业控制计算机, 2017, 30(04):152-153.

[18] 朱延宾, 朱江. 球磨机振动分析与故障排除 [J]. 黄金, 2016, 37(12):48-50.

[19] 曹广海. 大型球磨机滑动轴承的维护及故障排除 [J]. 山东煤炭科技, 2016(03):124-125.

[20] 李璘. 浅析  $\Phi 3.8 \times 13\text{M}$  球磨机轴承温升与齿轮磨损的维修改造 [J]. 四川理工学院学报 (自然科学版), 2008(04):111-114.



# 110kV 输变电工程施工管理过程研究

孙耀军

国网湖北省电力公司恩施供电公司, 湖北 恩施 445000

**摘要：**随着电力行业的快速发展，输变电工程在电力系统中的地位日益重要。110kV 输变电工程作为电力系统的重要组成部分，其施工管理过程直接关系到工程的质量和效益。为了提高 110kV 输变电工程施工管理水平，本研究对施工管理过程中的关键因素进行了深入分析和研究。

**关键词：**110kV 输变电工程；施工管理；安全管理；质量管理

## 110kV Transmission and Substation Project Construction Management Process Research

Sun Yaojun

Enshi Power Supply Company of State Grid Hubei Electric Power Company, Hubei, Enshi 445000

**Abstract：** With the rapid development of electric power industry, transmission and substation project is becoming more and more important in electric power system. 110kV transmission and substation project is an important part of electric power system, and its construction management process is directly related to the quality and benefit of the project. In order to improve the construction management level of 110kV power transmission and substation project, this study analyzes and researches the key factors in the construction management process in depth.

**Key words：** 110kV power transmission and substation project; construction management; safety management; quality management

110kV 输变电工程是电力系统中的重要环节，承担着输配电的重要任务。随着电力系统的发展和电力市场的开放，对 110kV 输变电工程的质量和效益要求越来越高。为了满足市场需求和提高竞争力，电力企业需要加强施工过程的管理和控制。

## 一、110kV 输变电工程概述

### （一）输变电工程的基本概念

输变电工程是指将发电厂发出的电能通过输电线路传输到用户端，同时实现电能的汇集、分配和调节。它由输电线路、变压器、开关站等设施组成，通过这些设施的协同作用，实现电能的传输和调节。

输变电工程的主要任务是保障电力供应的安全、稳定和可靠，同时满足用户的需求。在输变电工程中，不同电压等级的设施发挥着不同的作用。电压等级是指电能传输过程中的电压值，它与电力系统的规模、传输距离、输送容量等因素密切相关<sup>[1]</sup>。

### （二）110kV 输变电工程的特点

广泛应用：110kV 输变电工程广泛应用于城市、农村、工业园区等各个领域，是电力系统中的重要组成部分。

传输容量适中：110kV 输变电工程的输送容量适中，既可以满足一定区域内用户的用电需求，又不会造成过多的线路损耗和电压下降。

传输效率高：110kV 输变电工程采用高压输电方式，可以减少线路阻抗和电能损耗，提高传输效率。

可靠性高：110kV 输变电工程采用多重保障措施，如双回路、备用电源等，确保电力供应的可靠性和稳定性。

技术成熟：110kV 输变电工程技术已经非常成熟，具有较高的安全性和稳定性，同时易于维护和检修。

## 二、施工管理在 110kV 输变电工程中的重要性

### （一）施工管理的定义和目标

施工管理是指在输变电工程建设过程中，对施工准备、实施、验收、后评估与总结等环节进行全面、系统、科学的管理。其目标是确保工程的质量、进度和成本得到有效控制，同时提高施工的安全性和环保性。施工管理不仅涉及工程的各个方面，还需要与设计、采购、运行等环节进行协调合作，以实现整个工程建设的顺利完成。

### （二）施工管理在输变电工程中的作用

确保工程质量：施工管理在输变电工程建设中起着至关重要的作用，通过对施工过程的有效监督和管理，可以确保工程的质量符合标准和要求。通过对材料、设备、人员等方面的严格把控，可以避免劣质材料和设备的使用，确保工程的稳定性和可靠性。同时，通过定期的质量检查和验收，可以及时发现并处理质

量问题，防止出现安全隐患。

**保障工程进度：**通过合理的施工管理，可以科学地安排施工计划，确保工程的进度按期完成。通过与各相关部门的协调合作，可以优化施工流程和资源配置，提高施工效率。同时，通过及时解决施工中出现的问题和延误，可以减少工期延误和损失。

**控制工程成本：**施工管理能够对工程的成本进行有效的控制，防止成本超支和浪费。通过对材料、设备、人工等费用的合理规划和预算，可以降低成本风险和浪费现象。同时，通过优化施工方案和材料选择，可以减少不必要的费用支出，提高工程的投资效益。

**提高安全性：**通过严格的施工管理和监督，可以降低工程中的安全风险，保障施工人员的生命安全。通过对人员的安全教育和培训，可以增强员工的安全意识和操作技能；同时对施工现场进行规范管理和安全防护措施的落实，可以减少事故发生风险。

### （三）输变电工程中的关键管理因素

**人员管理：**输变电工程中，人员是至关重要的因素。人员管理包括人员的选拔、培训、考核和激励等方面。参与工程建设的人员需要具备相应的技能和资质，并经过相应的安全生产教育和岗位技能培训，考核合格后方可参与作业。同时，特种作业人员需要取得相关特种作业证，职业禁忌作业人员需要经过体检合格，无妨碍工作的病症。在人员管理过程中，要关注年龄不小于18周岁，高处作业人员最大年龄不大于50周岁等年龄限制条件。

**材料管理：**材料是输变电工程建设的基础，对材料的管理至关重要。这包括材料的采购、储存、使用和回收等方面。材料应具备合格证并按照要求定期检测，且检测合格。设备和工器具也需要进行准入检查，确保符合规定要求。同时，按规定配备合格的安全防护用品和结构性材料均有合格证等也是材料管理的重要环节。

**设备管理：**设备是输变电工程建设中必不可少的工具，因此对设备的管理也是施工管理中的重要环节。这包括设备的选型、使用、维护和保养等方面。要根据工程需要选择合适的设备型号和规格，确保设备的性能和质量符合要求；在使用过程中要合理安排设备的运行时间和负荷，避免设备损坏和过早磨损；同时要建立设备维护和保养制度及时进行检查和维修确保设备的正常运行延长设备的使用寿命<sup>[4]</sup>。

**安全管理：**在输变电工程建设中，安全是第一位的，因此安全管理是施工管理中的重中之重。这包括安全制度的制定和执行、安全教育的开展、安全措施落实等方面。要始终坚持“安全第一，预防为主”的安全生产方针，强化现场安全管理，排查消除安全隐患，定期开展安全教育和培训，增强员工的安全意识和操作技能，确保工程的顺利进行。

**质量管理：**质量是输变电工程建设的核心，因此质量管理是施工管理中的关键环节。这包括质量标准的制定和执行、质量监督的开展、质量问题的处理等方面。要建立完善的质量管理体系，明确质量标准和要求对每个施工环节进行严格的质量检查和验收及时发现并处理质量问题确保工程的质量符合标准和要求提升工程的品质与价值。

## 三、110kV 输变电工程施工管理流程

### （一）施工准备阶段的管理

**确定施工计划和方案：**根据工程的具体情况，制定详细的施

工计划和方案，包括施工时间、进度、质量等方面的要求。

**选择合适的施工单位：**通过招标等方式，选择具有相关资质和经验的施工单位，确保施工质量和进度。

**组织召开施工协调会：**在施工前，组织相关单位和部门召开施工协调会，明确各方职责和要求，确保施工顺利进行。

**审核施工图纸和文件：**对施工单位提交的施工图纸和文件进行审核，确保符合设计要求和规范标准。

**确定安全措施和环保方案：**制定并实施安全措施和环保方案，确保施工安全和环保要求得到落实。

### （二）施工实施阶段的管理

**监督施工过程：**对施工过程进行全面、系统的监督和管理，确保施工质量和进度。

**落实安全措施：**监督施工单位落实安全措施和操作规程，确保施工安全。

**协调各方关系：**协调建设单位、设计单位、监理单位等各方之间的关系，确保施工顺利进行。

**监控进度和质量：**对施工进度和质量进行实时监控，及时发现问题并采取解决措施。

**做好记录和资料整理：**对施工过程中的各种记录和资料进行整理和保存，确保工程档案的完整性。

### （三）施工验收阶段的管理

**组织验收工作：**组织相关单位和部门进行验收工作，对工程的整体质量和性能进行评估。

**进行质量检测：**对工程的各个部分进行质量检测和试验，确保符合设计要求和规范标准。

**处理质量问题：**对验收过程中发现的质量问题进行及时处理和解决，确保工程质量。

**进场验收评估：**对整个工程进行验收评估，总结经验教训，为今后的工作提供参考。

**提交验收报告：**向建设单位提交验收报告，正式完成工程的验收工作。

### （四）施工后评估与总结阶段的管理

**进行成本效益分析：**对工程的成本效益进行分析和评估，总结投资效益和经济效益。

**进行风险评估：**对工程的风险进行评估和分析，总结风险管理和应对措施。

**总结经验教训：**对工程中的经验教训进行总结和归纳，为今后的工作提供参考。

**制定改进措施：**根据评估结果和经验教训，制定相应的改进措施和优化方案。

**完成工程移交：**将工程移交给运行管理部门或其他相关单位，确保工程的正常运行和维护。

## 四、110kV 输变电工程施工管理策略

### （一）安全管理策略

**建立完善的安全管理体系：**建立完善的安全管理体系，明确各级管理人员和操作人员的职责和义务，确保安全管理的全局实施。

制定安全规章制度：根据国家和行业相关安全法规和标准，制定适用于工程的安全规章制度，包括安全操作规程、安全检查制度等。

开展安全教育和培训：对管理人员和操作人员的安全教育和培训，增强他们的安全意识和技能水平，确保能够正确、安全地操作设备和工具。

进行定期安全检查：定期进行安全检查，发现和消除安全隐患，确保施工过程的安全性。

配备合格的安全设施和防护用品：为施工人员配备合格的安全设施和防护用品，如安全帽、安全带、防尘口罩等，确保他们在施工过程中的安全。

## （二）质量管理策略

建立完善的质量管理体系：建立完善的工程质量管理体系，明确质量标准和要求，确保工程质量符合设计要求和规范标准。

强化材料质量控制：对工程所使用的材料进行严格的质量控制，从源头上保证工程质量。

实行全过程质量监控：对工程的各个阶段进行全过程质量监控，包括施工准备阶段、施工实施阶段、验收阶段等，确保每个环节的质量都符合要求。

增强人员素质和质量意识：对管理人员和操作人员的质量教育和培训，增强他们的素质和质量意识，确保他们在施工过程中贯彻质量要求。

实行质量奖惩制度：建立质量奖惩制度，对施工质量好的单位和个人进行奖励，对施工质量差的单位和个人进行惩罚，以激励全体人员重视工程质量。

## （三）进度管理策略

制定合理的施工计划：根据工程实际情况和要求，制定合理的施工计划和进度计划，确保工程按时完成。

协调各方关系：协调建设单位、设计单位、监理单位等各方之间的关系，确保施工进度不受影响。

实行进度监控和调整：对施工进度进行实时监控和调整，根据实际情况及时调整施工计划和进度计划。

提高施工效率和管理水平：采取先进的施工工艺和管理方法，提高施工效率和管理水平，确保施工进度和质量。

做好资源保障和应急预案：为施工进度提供充足的资源保障和应急预案，如人力、物力、财力等方面的保障以及应对突发事件的能力。

## （四）成本管理策略

制定成本计划：根据工程的实际情况和要求，制定合理的成本计划和预算，明确各项成本目标和指标。

实行成本控制：在施工过程中，对各项成本进行实时监控和控制，及时发现和解决成本超支和浪费问题。

优化资源配置：合理配置人力、物力、财力等资源，提高资源利用效率，降低成本消耗<sup>[3]</sup>。

实行成本核算：对工程成本进行核算和分析，及时掌握工程成本的实际情况和问题，为采取相应的措施提供依据。

落实成本考核：对工程成本进行考核和评估，对成本控制效果好的单位和个人进行奖励，对成本控制效果差的单位和个人进行惩罚，以激励全体人员重视工程成本。

## （五）风险管理策略

风险识别和评估：在施工前，对可能存在的风险进行识别和评估，包括自然灾害、技术难题、市场变化等风险因素。

制定风险应对措施：针对可能存在的风险因素，制定相应的应对措施和预案，包括风险规避、减轻、转移等策略。

实行风险监控：在施工过程中，对可能存在的风险进行实时监控和预警，及时发现和处理风险问题。

提高风险管理能力：加强风险管理培训和教育，提高管理人员和操作人员的风险管理意识和能力。

建立风险档案：对工程的风险管理过程进行记录和归档，为今后的风险管理提供参考和借鉴。

## （六）环境管理策略

遵守环保法规：在施工过程中，严格遵守国家和地方的环保法规 and 标准，采取相应的环保措施和管理方法。

减少环境污染：通过采用环保材料、优化施工工艺等措施，减少施工过程对环境的污染和破坏。

保护生态环境：在施工过程中，加强对生态环境的保护和恢复，包括土地利用、水资源保护、野生动植物保护等方面。

实行环境监测：在施工过程中，对环境进行实时监控和管理，包括空气、水质、噪音、振动等方面的监测和控制。

加强环境培训和教育：对管理人员和人员进行环保培训和教育，增强他们的环保意识和技能水平，增强他们的环保责任感和使命感。

## 结语

本研究通过对110kV 输变电工程施工管理过程的深入研究，得出了相应的优化措施和管理策略。这些措施包括加强安全管理、优化质量管理、合理安排进度管理、降低成本管理、加强风险管理、注重环境管理等。通过对这些方面的优化和管理，可以提高110kV 输变电工程施工管理水平，确保工程质量和进度，同时降低成本和风险。

未来研究方向包括进一步探讨信息化和技术创新在110kV 输变电工程施工管理中的应用，以及加强国际合作和交流，引进国外先进的管理理念和方法，以提高我国输变电工程的整体水平。同时，电力企业也需要重视施工管理的持续改进和创新，不断完善管理体系和制度，提高企业的核心竞争力。

## 参考文献：

- [1] 于洋. 110kV 阳明输变电工程项目施工风险管理研究 [D]. 哈尔滨理工大学, 2022.
- [2] 殷铭. 110kV 输变电工程施工管理过程研究 [J]. 建材与装饰, 2020(10):139-140.
- [3] 高爱杰, 刘锋. 110kV 输变电工程施工管理过程分析 [J]. 南方农机, 2020, 51(06):184.
- [4] 周爱华. 输变电工程项目管理的探究 [J]. 科技资讯. 2018, (9).
- [5] 翟憬. 110kV 输变电工程施工管理过程初探 [J]. 大科技. 2019, (39).
- [6] 刘毅. 110kV 输变电工程项目质量管理评价及应用研究 [J]. 中国科技纵横. 2018, (10).
- [7] 方军. 110kV 输变电工程施工管理过程研究 [J]. 中国新技术新产品. 2016, (5).
- [8] 王一淳. 浅析110kV 输变电工程施工质量管理 [J]. 大科技. 2020, (19).
- [9] 杨卫强. 输变电安装工程施工安全技术与管理 [J]. 城市建设理论研究 (电子版). 2012, (17).
- [10] 段率. 影响输变电工程施工质量因素及控制 [J]. 广东科技. 2008, (3):108-109.

# GIS 在岩土勘察和基坑监测中的应用

明庆波

盐城市建筑设计研究院有限公司，江苏 盐城 224000

**摘 要：** 地理信息系统（GIS）在岩土勘察和基坑监测领域的应用已经成为现代工程实践的关键要素。本文探讨了 GIS 在这两个领域中的应用必要性、方式、优势、挑战和发展趋势。GIS 提高了数据集成性，通过整合各类地理数据，增强了工程决策的准确性，并确保基坑工程的安全性。在应用方式方面，探讨了地理信息数据采集、地质信息管理与分析以及基坑监测与分析。这包括 GPS 和遥感技术的数据采集、地质信息系统的建立和传感器技术在实时监测中的运用。GIS 在岩土勘察和基坑监测中的未来发展趋势包括多模态数据整合、智能决策支持系统和云计算的应用。这些趋势将进一步推动 GIS 在工程领域的应用，为工程提供更安全、高效和可持续的解决方案。

**关 键 词：** GIS；岩土勘察；基坑监测；应用

## Application of GIS in Geotechnical Investigation and Foundation Pit Monitoring

Ming Qingbo

Yancheng City Architectural Design and Research Institute Co., Ltd, Jiangsu, Yancheng 224000

**Abstract：** The application of geographic information system (GIS) in the field of geotechnical investigation and pit monitoring has become a key element of modern engineering practice. This paper discusses the necessity, approach, advantages, challenges and development trend of GIS application in these two fields. GIS improves data integration, enhances the accuracy of engineering decision-making by integrating various types of geographic data, and ensures the safety of foundation pit engineering. In terms of application modalities, geographic information data collection, geologic information management and analysis, and pit monitoring and analysis are explored. This includes data acquisition with GPS and remote sensing technologies, the establishment of geologic information systems, and the use of sensor technologies in real-time monitoring. Future trends of GIS in geotechnical investigation and pit monitoring include the integration of multimodal data, intelligent decision support systems, and the application of cloud computing. These trends will further promote the application of GIS in engineering to provide safer, more efficient and sustainable solutions.

**Key words：** GIS; geotechnical investigation; pit monitoring; application

## 一、引言

在当今建筑工程领域，岩土勘察和基坑监测是确保工程安全和质量的至关重要的环节。岩土勘察涉及地质、地形、土壤等复杂因素的分析，而基坑监测要求对基坑施工的各个方面进行持续监测。这两个领域的有效管理和决策对于工程的成功至关重要。在这一背景下，地理信息系统（GIS）的应用已经成为解决问题、提高效率、减少风险的关键工具。目前 GIS 的应用已经在工程领域取得了重大突破，但仍面临一系列挑战，需要继续研究和改进。通过深入了解 GIS 在岩土勘察和基坑监测中的应用，可以更好地理解其潜力，为未来工程提供更安全、高效和可持续的解决方案。

## 二、GIS 在岩土勘察和基坑监测中的应用必要性

### （一）提高数据集成性

GIS 在岩土勘察和基坑监测中的必要性首先体现在其能够显著提高数据集成性。在工程领域，涉及多种地理数据，包括地形、

地质、气象、土壤等，而这些数据的集成和整合对于全面了解工程环境至关重要。GIS 能够将这些多源数据整合到一个统一的地理信息系统中，提供直观的地理信息视图，使工程师能够更好地理解地质情况。这种综合性的数据视图有助于工程师更好地评估地质风险，选择合适的基坑施工策略，并进行有效的规划和资源分配。通过将不同数据源整合到一个平台，GIS 能够减少数据片段化，降低信息孤岛的风险，确保决策过程更全面、准确，最终提高了工程的可行性和成功率。

### （二）实时监测与快速响应

另一方面，GIS 的应用必要性体现在其能够实现实时监测和快速响应。岩土勘察和基坑监测是动态过程，而传统方法无法满足实时数据需求。GIS 结合了现代传感器技术和卫星遥感数据，使工程团队能够实时采集和监测基坑周边环境的变化。这意味着工程师可以及时检测到潜在的问题，如地质变化、地下水位波动或基坑变形，从而能够迅速采取措施以减轻风险<sup>[1]</sup>。这种实时监测和快速响应的能力有助于确保基坑工程的安全性和稳定性，减少了潜在的灾害和损失。



### （三）决策支持与规划优化

GIS 的应用必要性还在于它为决策支持和规划优化提供了有力工具。GIS 不仅能够提供详尽的地理信息数据，还提供了空间分析工具，帮助工程师更好地规划基坑施工和资源分配。通过在 GIS 平台上进行空间分析，工程师可以模拟不同的基坑设计和施工方案，评估其潜在影响，优化资源利用，降低成本，并提高施工质量<sup>[9]</sup>。决策者可以借助 GIS 支持系统制定更有效的规划和决策策略，以最大程度地减少成本和资源浪费，同时确保基坑工程的质量和可持续性。这一能力使 GIS 成为工程领域的强大工具，有助于提高整体效率和可行性。

## 三、GIS 在岩土勘察和基坑监测中的应用的方式

### （一）地理信息数据采集

地理信息数据采集是 GIS 在岩土勘察和基坑监测中的核心应用方式。为了获取准确的地理信息数据，现代工程项目使用了多种技术和工具。其中，GPS（全球定位系统）技术发挥着重要作用。GPS 接收器能够精确测量地点的经度、纬度和海拔，提供高精度的地理坐标数据。这些数据可用于基坑的几何位置、施工进度以及工程车辆的位置追踪<sup>[9]</sup>。此外，遥感技术也广泛用于数据采集。遥感卫星和飞行器搭载传感器，能够捕捉地表特征、地质情况和环境条件，为岩土勘察和基坑监测提供了详细的地理信息数据。这些数据的采集和整合在 GIS 平台上，使工程团队能够获得全面的地理信息视图，为决策提供了坚实的基础。

### （二）地质信息管理与分析

地质信息管理与分析是 GIS 在岩土勘察和基坑监测中的另一个重要应用方式。建立地质信息系统（GIS）是有效管理地质数据的关键步骤。GIS 用于存储、组织和分析各种地质信息，包括地层、岩石类型、土质、地下水位等。通过将这些数据与地理坐标关联，GIS 能够为工程师提供地质数据的三维可视化呈现，帮助他们更好地理解地下情况<sup>[4]</sup>。此外，GIS 还支持地质信息的分析与模拟。通过对地质数据进行空间分析，工程师可以评估地质条件对基坑工程的影响，预测潜在的地质风险，从而制定更合理的施工策略。GIS 的地质信息管理与分析功能为岩土勘察和基坑监测提供了有力的工具，有助于准确评估工程环境和风险。

### （三）基坑监测与分析

基坑监测与分析是 GIS 在工程领域的另一个重要应用方式，尤其是在基坑工程中<sup>[9]</sup>。传感器技术在实时监测中发挥关键作用。基坑施工中，各种传感器被用于测量基坑的变形、地下水位、地质应力等参数。这些传感器可定期或实时传输数据，而 GIS 平台用于存储和分析这些数据。基坑监测数据可以立即呈现在 GIS 地图上，使工程团队能够实时了解基坑的状态和变化。这不仅有助于及时检测潜在问题，也支持了决策者的快速响应。此外，GIS 还提供基坑变形模拟和预测功能，允许工程师对基坑未来的变化进行模拟和分析，以规划有效的施工策略，减少风险并提高基坑工程的安全性<sup>[9]</sup>。基坑监测与分析是 GIS 在工程中的关键应用方式之一，提供了实时监测和风险管理的强大工具。

## 四、GIS 在岩土勘察和基坑监测中应用的问题

### （一）数据质量与准确性

数据质量和准确性在岩土勘察和基坑监测中是重要问题。GIS 依赖于各种数据源，包括卫星遥感、传感器数据和地质勘测信息，以支持工程决策和分析，这会对决策产生负面影响。如卫星遥感数据会受到云层遮挡、大气扰动或仪器误差的影响，导致地表特征的不准确测量。传感器数据也会受到校准问题或环境条件的干扰，降低了数据的准确性。地质勘测数据的质量取决于采样密度、采样方法和分析技术，不准确的地质信息会导致错误的工程评估<sup>[7]</sup>。因此，确保数据质量和准确性对于可靠的 GIS 应用至关重要。工程团队需要采取适当的质量控制措施和数据校正方法，以减少误差并提高数据准确性，从而降低工程风险。

### （二）技术成本与培训需求

技术成本和培训需求是岩土勘察和基坑监测中的重要问题。引入 GIS 技术通常需要投资于硬件、软件和数据采集设备，这对工程项目的预算产生重大影响。此外，维护和更新 GIS 系统也需要长期资金支持<sup>[8]</sup>。同时，培训工程团队以正确使用 GIS 工具和分析方法也是不可或缺的。培训需要时间和资源，会导致项目延期和额外成本。技术成本和培训需求的管理是确保 GIS 应用成功的关键因素。工程团队需要仔细规划和预算，以确保项目按时、按预算完成，并确保团队成员具备必要的技能和知识，以有效利用 GIS 技术。

### （三）隐私与安全问题

隐私和安全问题也是岩土勘察和基坑监测中的问题。这些应用通常涉及大量敏感地理信息数据，包括土地所有权、地下基础设施和环境特征。保护这些数据的隐私和安全性至关重要，以防止未经授权的访问或数据泄露<sup>[9]</sup>。此外，GIS 系统本身也会受到网络攻击和数据损坏的风险。确保数据的隐私和安全需要采取严格的安全措施，包括数据加密、访问控制和网络安全措施<sup>[10]</sup>。工程团队需要认真评估和管理潜在的风险，并制定适当的安全策略，以确保数据和系统的完整性。处理隐私和安全问题对于确保 GIS 应用的可持续性和成功至关重要。

## 五、GIS 在岩土勘察和基坑监测中的发展趋势

### （一）多模态数据整合

多模态数据整合是 GIS 在岩土勘察和基坑监测领域的重要发展趋势。传统上，工程项目使用不同类型的数据，如地形、地质、气象和土壤数据，以支持决策和分析<sup>[11]</sup>。然而，这些数据通常分散在不同的源和格式中，导致数据整合和分析的复杂性。为了应对这一挑战，发展趋势是将多模态数据整合到一个综合的 GIS 平台中。在实际操作中，多模态数据整合的关键是采用标准化的数据格式和协议，以确保不同类型的数据可以无缝集成。此外，采用先进的数据存储和管理系统，以便快速访问和检索数据。使用云计算和大数据技术，以提高数据处理和效率。工程团队还可以采用数据质量控制方法，确保整合后的数据准确性和可

靠性。通过多模态数据整合,工程师可以获得全面的地理信息视图,支持更准确的决策和分析,提高工程质量和效率。

## (二) 智能化决策支持系统

智能化决策支持系统是另一个 GIS 在岩土勘察和基坑监测中的重要发展趋势<sup>[12]</sup>。随着人工智能和机器学习技术的发展,工程领域越来越多地使用智能化系统来分析和预测数据,以支持决策制定。在岩土勘察和基坑监测中,发展趋势是将这些智能化技术整合到 GIS 中,以提供更智能的决策支持。具体做法包括开发智能算法和模型,以分析大量数据,并提供实时的决策建议。这些算法可以检测潜在的地质风险,预测基坑的变形和变化趋势,以及优化基坑施工策略。此外,智能化决策支持系统还可以通过数据挖掘和模式识别来识别潜在的问题,提前采取措施,减轻风险。通过将智能化技术与 GIS 整合,工程团队可以更好地利用数据,提高决策的准确性和效率,降低风险,并提高工程的可行性。这两个发展趋势的采纳将使 GIS 在岩土勘察和基坑监测中发挥更大的作用,为工程提供更安全、高效和可持续的解决方案<sup>[13]</sup>。多模态数据整合将改善数据的可访问性和整合性,而智能化决策支持系统将加强决策的智能性和准确性,使 GIS 成为工程领域的关键工具。

## (三) 云计算和移动应用

在岩土勘察和基坑监测领域,云计算和移动应用是重要的发展趋势,它们将进一步推动 GIS 技术的应用。第一,云计算平台的建设。云计算技术允许工程团队将大量地理数据存储在云端服务器上,实现数据的高效存储和管理。建设专门的云计算平台,以容纳地理信息数据,并确保数据的安全和可访问性<sup>[14]</sup>。云计算平台还可以支持协作,多个工程师和团队可以同时访问和共享数据。第二,移动应用的开发。移动应用的开发是利用云计算的一部分,以便工程师和现场人员可以随时随地访问 GIS 数据和工具。这些应用程序可以在智能手机和平板电脑上运行,允许工程团队在实地工作时获取地理信息。移动应用可以包括地图浏览、实时监控、数据采集和报告生成等功能,以提高工程的效率和响应速度。第三,数据共享和协作。云计算和移动应用支持工程团队之间的数据共享和协作。通过云平台,不同团队可以轻松访问和共享数据,以支持整个项

目的协同工作。移动应用可以让多个工程师在现场采集数据,并将数据上传到云端,从而实现实时协作和决策制定<sup>[15]</sup>。第四,数据分析和可视化。云计算技术可以支持大规模数据分析,帮助工程师更好地理解地理信息数据。通过云平台,可以运行复杂的数据分析和模型,以识别潜在的问题和趋势。移动应用可以提供实时地理信息可视化,以便工程师能够立即理解数据并做出决策。第五,安全和隐私保护。云计算和移动应用的安全性和隐私保护至关重要。确保数据在云端存储和传输时受到适当的加密和访问控制。移动应用也需要具备安全功能,以保护数据免受未经授权的访问和泄露。工程团队需要采取适当的安全措施,以确保数据和系统的完整性。通过云计算和移动应用的采用,工程团队可以更好地利用 GIS 技术,提高数据的可访问性、可视化和分析能力。这将为岩土勘察和基坑监测提供更高效、灵活和便捷的解决方案,从而推动工程领域的发展。这一趋势有助于实现更安全、高效和可持续的工程项目,提高工程的质量和可行性。

## 结束语

在岩土勘察和基坑监测领域,GIS 通过提高数据集成性、实时监控与快速响应、决策支持与规划优化等方式,为工程项目提供了更精确的地理信息数据,从而提高了工程决策的准确性和可行性。应用方式部分详细阐述了地理信息数据采集、地质信息管理与分析以及基坑监测与分析的方法,提供了工程团队在实践中的具体指导。最后,发展趋势部分介绍了多模态数据整合、智能化决策支持系统以及云计算和移动应用的具体做法。这些趋势将为 GIS 在工程领域的应用带来更多的机会和潜力,提高了工程项目的效率和质量。GIS 的应用不仅为岩土勘察和基坑监测提供了技术支持,还为工程项目的安全性、可行性和可持续性做出了贡献。通过不断探索和采纳新技术和方法,工程师将能够更好地利用 GIS,创造更安全、高效和可持续的工程解决方案。这一领域的不断发展将不断推动工程领域的进步和创新,为未来的工程挑战提供了更好的准备和支持。

## 参考文献

- [1] 钟凤兴. GIS 系统建立及在岩土工程勘察中的应用 [J]. 中国科技信息, 2023,(20):92-94.
- [2] 朱永志,程书昌. GIS 在工程勘察信息系统中的应用 [J]. 智能城市, 2023,9(08):32-34.
- [3] 孟繁宇. GIS 技术在岩土工程勘察中的应用探究 [J]. 科技创新与应用, 2023,13(21):189-192.
- [4] 林洁,张钊,叶子铭,杜颜. 基于 BIM+GIS 基坑监测可视化平台 [J]. 物联网技术, 2023,13(06):45-47+52.
- [5] 翟俊阳. 基于 WebGIS 的地下工程基础信息平台应用研究 [D]. 中国矿业大学, 2023.
- [6] 张行. 测绘技术在工程变形监测中的应用 [J]. 西部资源, 2023,(02):149-151.
- [7] 盛灿军. 基于“BIM+GIS+IoT”信息管理平台的钢支撑轴力伺服系统在地铁基坑变形控制中的应用 [J]. 城市轨道交通研究, 2022,25(06):221-224+229.
- [8] 郑媛媛. 基于 WebGIS 和 BIM 的深基坑智慧监管系统的设计与实现 [D]. 中国矿业大学, 2022.
- [9] 甘珂. GIS 技术在岩土工程勘察中的运用实践探究 [J]. 世界有色金属, 2021,(22):229-230.
- [10] 钟添荣. 论在岩土工程勘察中如何运用 GIS 技术 [J]. 科技资讯, 2021,19(29):63-65.
- [11] 郝龙,杨莎莎,宋成年,傅少君,贺昌海. 基坑开挖控制的 BIM+3D GIS 融合检测方法及应用 [J]. 武汉大学学报(工学版),2021,54(S1):129-134.
- [12] 尹明军. GIS 技术在岩土工程勘察中的发展与应用实践 [J]. 中国建筑金属结构, 2021,(05):86-87.
- [13] 崔智. GIS 技术在岩土工程勘察中的应用 [J]. 西部资源, 2018,(04):97-98.
- [14] 王景深,李腾. 论 GIS 在岩土工程勘察中的应用 [J]. 世界有色金属, 2018,(08):284+286.
- [15] 裴昌会. GIS 在岩土工程勘察中的应用探析 [J]. 科学技术创新, 2018,(18):44-45.

# 创新技术在建筑工程试验检测中的应用

徐超, 李英

中交二航局(福州)建设有限公司, 福建 福州 350000

**摘要：** 建筑工程试验检测一直是确保工程质量和安全的重要环节。随着科技的不断进步，创新技术在建筑工程试验检测中的应用也日益增多。本论文将探讨一些创新技术，如无损检测、传感器技术、建筑信息模型（BIM）以及人工智能（AI）在建筑工程试验检测中的应用，以及它们对提高工程质量、降低成本和提高安全性的影响。

**关键词：** 创新技术；建筑工程；试验检测；应用

## Application of Innovative Technology in Construction Engineering Test and Inspection

Xu Chao, Li Ying

China Communications Second Aviation Bureau (Fuzhou) Construction Co., Ltd, Fujian, Fuzhou 350000

**Abstract：** Construction engineering test detection has always been an important link to ensure the quality and safety of the project. With the continuous progress of science and technology, the application of innovative technology in construction engineering test and inspection is increasing. This thesis will discuss the application of some innovative technologies, such as nondestructive testing, sensor technology, building information modeling (BIM), and artificial intelligence (AI) in construction engineering test and inspection, as well as their impacts on improving the quality of the project, reducing the cost, and improving the safety.

**Key words：** innovative technologies; construction engineering; test and inspection; application

## 引言

建筑工程试验检测是确保工程质量和安全的不可或缺的部分。传统的检测方法在一定程度上存在不足，例如依赖于人工操作、易受主观因素的影响、耗时耗力等<sup>[1]</sup>。随着创新技术的不断涌现，建筑工程试验检测迎来了巨大的改进和提升的机会。本文将重点介绍无损检测、传感器技术、BIM 和人工智能等创新技术在建筑工程试验检测中的应用，以及它们带来的益处。

## 一、创新技术在建筑工程试验检测中的应用意义

### （一）提高工程质量和可靠性

传统的试验检测方法可能存在主观性和不足之处，而创新技术，如无损检测和传感器技术，能够提供更精确的数据和信息。这有助于施工技术人员更好地了解建筑结构的实际状态，及早发现潜在问题和隐蔽缺陷，从而提高工程的质量和可靠性。通过及时的监测和反馈，施工技术人员可以采取必要的措施，防止事故发生，减少维修和修复成本<sup>[2]</sup>。

### （二）降低成本和提高效率

创新技术的应用可以大幅降低建筑工程的成本。无损检测和传感器技术可以减少人力资源的需求，同时提高检测的速度和效率<sup>[3]</sup>。建筑信息模型（BIM）可以帮助施工技术人员更好地协调各个专业，减少冲突和错误，降低了重复工作的风险。人工智能

（AI）技术可以用于预测和维护，降低了未来维修和维护成本。这些技术的应用还可以减少能源浪费，提高可持续性，进一步降低运营成本<sup>[4]</sup>。创新技术在建筑工程试验检测中的应用对于提高工程质量、降低成本和提高安全性具有重要的意义。它们为建筑行业带来了更多的机会和潜力，使施工技术人员能够更好地满足客户的需求，同时推动建筑行业向更加智能、高效和可持续的方向发展。这些技术的不断发展和应用将进一步改善建筑工程的质量和安全性，为社会的可持续发展做出贡献。

## 二、创新技术在建筑工程试验检测中的具体应用

### （一）无损检测

（1）超声波检测：超声波检测是一种常用的无损检测技术，它通过发送高频声波波束进入建筑结构，然后接收回波信号来识



别材料内部的缺陷和损伤。不同材料对声波的传播速度和反射特性不同，因此可以精确地定位问题区域，如裂纹、空洞或腐蚀<sup>[5]</sup>。这项技术可用于测量材料的厚度、密度以及检测各种结构问题，有助于提前发现潜在风险<sup>[6]</sup>。

（2）X射线和射线成像：X射线技术通常用于检测混凝土和金属结构中的内部问题。它通过发射X射线并测量通过建筑材料时的吸收量来获得图像，从而揭示隐蔽的缺陷和问题。这种技术特别适用于检测混凝土中的钢筋腐蚀、焊缝质量和其他内部结构问题。射线成像可以提供高分辨率的图像，使施工技术人员能够深入了解结构的状况。

（3）红外线成像：红外线成像技术利用建筑结构发出的热辐射，通过红外热像仪捕捉并转化成可见图像，从而检测温度差异和热分布。这对于发现隐蔽问题如水渗透、绝缘层损坏和能源损耗特别有帮助。红外线成像可以提前发现潜在的维修和维护需求，有助于提高建筑的能效和可持续性<sup>[7]</sup>。

## （二）传感器技术

传感器可以用于实时监测建筑结构的健康状况，包括振动、位移、应力、变形等参数。通过监测这些数据，施工技术人员可以及早察觉到可能的问题，如结构受力过大、裂缝、变形等。这有助于采取适当的措施，确保结构的安全性和可持续性。在大型建筑物、桥梁和隧道中，这种监测可以提供及时的警报，减少潜在的风险<sup>[8]</sup>。

传感器技术可以帮助施工技术人员实施预测性维护，即在问题发生之前预测潜在故障和维修需求。通过连续监测建筑设备的性能，传感器可以识别异常情况，如机械故障、能源浪费或设备磨损。这使得施工技术人员能够制定更有效的维护计划，减少维修成本，延长设备的寿命，并提高能源利用效率。

传感器技术通过监测温度、湿度、照明等参数，实时调整建筑设备，以优化能源利用。这有助于减少不必要的能源浪费，降低建筑的运营成本<sup>[9]</sup>，同时减少对环境的不良影响。传感器在可持续建筑中的应用，使建筑可以更好地满足绿色建筑标准，提高环保性能。

传感器将收集到的数据实时传输到中央监测系统，施工技术人员可以随时追踪建筑设备的状态。这有助于快速响应突发事件，如火灾、水泄漏或其他紧急情况。通过及时采取行动，可以最大限度地减少损失，保护人员的安全。

## （三）建筑信息模型（BIM）

建筑信息模型（BIM）作为一项创新技术在建筑工程试验检测中的应用，具有重要的意义。（1）综合型数字建模：BIM技术使用数字模型来呈现整个建筑项目，包括建筑物的结构、机械、电气、管道等各个方面。这种全面性的数字建模提供了一个综合性的平台，帮助施工技术人员在建筑项目的不同阶段进行协作和信息共享。通过BIM，设计、施工和运营团队可以更好地协调工作，避免冲突和错误，提高项目的整体效率和质量<sup>[10]</sup>。（2）可视化和模拟：BIM技术使建筑项目变得可视化，施工技术人员可以更直观的方式了解建筑结构的设计和布局。这有助于在设计阶段发现潜在问题和改进方案，提前解决可能的施工和运营挑

战。此外，BIM还允许进行模拟和分析，例如在不同条件下模拟建筑结构的性能，以评估其稳定性、可持续性和安全性<sup>[11]</sup>。这些模拟可以帮助施工技术人员更好地规划试验检测，准确地确定关键的测试点和参数。（3）提高检测的准确性：在试验检测方面，BIM提供了更多详细的信息，帮助施工技术人员更好地理解建筑结构的构建方式、材料特性和设计细节。这有助于提高检测的准确性，因为施工技术人员可以更全面地考虑各种因素，以便更精确地识别问题和缺陷。BIM还可以为实验数据提供更好的背景信息<sup>[12]</sup>，有助于解释结果和制定改进方案。BIM技术在建筑工程试验检测中的应用提供了全面的信息支持，有助于提高工程的协作性、可视化、模拟能力和检测准确性。这使施工技术人员能够更好地管理建筑项目，降低风险，提高质量，减少不必要的成本和延误<sup>[13]</sup>。因此，BIM作为一种创新技术在建筑工程试验检测中的应用对行业的进步和提高工程质量起到了积极的作用。

## （四）人工智能（AI）

第一，AI的能力处理和分析大量建筑数据具有重要意义。首先，AI可以快速处理庞大的数据集，这对于复杂的建筑项目至关重要，因为现代建筑工程产生了大量的设计文件、监测数据以及施工记录。AI能够迅速将这些数据整合，从中提取有价值的信息。这种自动化的数据处理能力节省了大量的时间和人力资源，使施工技术人员能够将更多的精力集中在实际问题的解决上，如提前发现潜在的问题和采取改进措施。其次，通过机器学习算法，AI能够挖掘数据中的模式和关联。它可以分析历史数据，了解不同因素之间的相互影响，并进行预测。在建筑工程中，这意味着AI可以帮助施工技术人员更好地理解项目的状态和趋势，识别可能的问题和风险。例如，AI可以预测材料的疲劳和寿命，提前警告潜在的问题，从而避免未来的损害或故障。这有助于提高工程的质量和可靠性，降低风险<sup>[14]</sup>。

第二，图像识别与处理是AI在建筑工程试验检测中的关键应用领域之一。AI技术通过深度学习和计算机视觉算法，能够分析和识别建筑结构的表面缺陷和损伤，如裂纹、腐蚀、褪色等问题。首先，AI技术通过图像识别可以提供高度准确的检测和分析。传统的目视检测可能受到主观性和主观误差的影响，而AI能够在图像中精确地识别问题区域，减少了人为误差。它可以检测到细微的表面缺陷，即使是在大面积结构上也能够迅速识别。这有助于施工技术人员更精确地确定维修和修复的需求，提高维护的效率。其次，AI在图像处理方面的应用能够提供更多详细的信息。它不仅能够检测问题的存在，还可以提供问题的具体特征和严重程度。例如，AI可以测量裂纹的长度、宽度和深度，评估腐蚀的程度，或检测颜色的变化。这些详细信息有助于施工技术人员更全面地了解问题的性质，有针对性地采取相应的维修和修复措施，从而提高维护的效率和质量。

第三，AI能够分析和监测建筑设备的性能数据，包括工作状态、温度、振动、能耗等参数。通过机器学习模型，AI可以识别数据中的模式和趋势，例如设备的性能下降、异常振动、温度升高等。这使得AI能够预测何时设备可能会出现故障或需要维护。这种能力有助于施工技术人员采取预防性维护措施，从而避免设



备在运行时突然故障，减少了维修的紧急性和成本。其次，AI 可以根据性能数据预测设备的寿命。通过监测设备的运行情况，AI 能够分析设备的磨损和损耗情况。它可以估计设备的寿命，预测何时设备可能会达到维修或更换的阈值。这有助于施工技术人员制定更加有效的维护计划，避免了不必要的维修和更换，降低了维护成本，延长了设备的寿命。

第四，AI 的应用还扩展到了实时监测建筑结构的健康状况，这在建筑工程试验检测中具有重要意义。首先，传感器数据与 AI 的结合允许施工技术人员实时监测建筑结构的状况。这些传感器可以测量振动、位移、应力、温度等参数，将数据传输给 AI 系统。AI 能够分析这些数据，识别结构的变化和趋势。这意味着施工技术人员可以随时了解建筑结构的实际状况，从而提前发现潜在的问题或异常<sup>[15]</sup>。其次，AI 可以根据监测数据提供实时的警报和建议。当 AI 检测到不正常的结构变化或振动超过安全范围时，它可以自动触发警报，通知施工技术人员采取措施。这使施工技术人员能够迅速应对潜在的问题，减少潜在风险。此外，AI 还可

以提供建议，如建议采取何种维修或加强措施，以确保建筑结构的安全性和可持续性。AI 的应用在实时监测建筑结构的健康状况方面为建筑工程试验检测提供了强大的支持。通过结合传感器数据和 AI 分析，施工技术人员可以随时监测建筑结构的状况，及时采取行动以减少风险。这有助于提高建筑结构的安全性和可持续性，确保工程项目的顺利进行，降低维修成本和维护的复杂性。AI 在实时监测中的应用推动了建筑工程领域的创新和进步。

### 三、结论

创新技术在建筑工程试验检测中的应用已经取得了显著的成果，为工程质量、安全性和可持续性提供了更好的保障。无损检测、传感器技术、BIM 和人工智能等技术的不断发展将进一步推动建筑工程试验检测的进步。建筑行业需要不断更新技术和培养专业人才，以更好地应对未来的挑战，确保工程的质量和可持续性。

### 参考文献

[1] 徐闪明. 建筑工程材料试验检测技术要点分析 [J]. 江西建材, 2019,(10):29+31.  
[2] 邓继峰. 建筑工程材料试验检测技术要点分析 [J]. 建材与装饰, 2020,(17):45+47.  
[3] 于宁. 建筑工程材料试验检测技术要点分析 [J]. 中国建材科技, 2020,29(03):25-26+87.  
[4] 王振宏. 建筑工程材料试验检测技术要点的相关探讨 [J]. 陶瓷, 2021,(11):83-84.  
[5] 关云龙. 建筑工程材料试验检测技术及措施探究 [J]. 四川水泥, 2021,(11):21-22.  
[6] 胡红兵. 建筑工程材料试验检测技术的应用分析 [J]. 决策探索 (中), 2020,(11):38.  
[7] 化延华. 建筑工程材料试验检测技术及措施探究 [J]. 四川水泥, 2021,(09):61-62.  
[8] 曹甫臣, 李青. 建筑土木工程试验检测措施分析 [J]. 四川建材, 2020,46(11):32-33.  
[9] 臧成达. 钢筋混凝土桥梁试验检测技术及发展趋势 [J]. 散装水泥, 2021,(06):143-145.  
[10] 卓灿明. 建筑工程桩基静载试验检测中存在的技术问题及应对措施 [J]. 住宅与房地产, 2021,(34):188-189.  
[11] 李征, 李贝贝, 丁杰. 试析建筑工程桩基静载试验检测存在的技术问题 [J]. 四川水泥, 2021,(09):85-86.  
[12] 吴金鑫. 建筑工程材料试验检测技术分析 [J]. 居舍, 2021,(14):25-26.  
[13] 王莹. 探讨建筑工程材料试验检测技术 [J]. 价值工程, 2020,39(06):181-182.  
[14] 曹立人. 建筑工程材料试验检测技术和对策分析 [J]. 中华建设, 2023,(04):146-148.  
[15] 王凤莲. 建筑工程材料试验检测技术 [J]. 绿色环保建材, 2021,(08):3-4.

# 一种新型装配式梁板基础梁－梁节点力学性能研究

苏信智<sup>1\*</sup>, 王臣垒<sup>2</sup>, 吴海亮<sup>1</sup>, 乔文涛<sup>2</sup>, 张戊晨<sup>1</sup>

1. 国网河北省电力有限公司经济技术研究院, 河北 石家庄 050000

2. 石家庄铁道大学, 河北 石家庄 050043

**摘 要：** 装配式筏板基础作为一种新型的装配式建筑结构体系，在电力行业具有广泛的工程应用和推广价值，本文提出了一种新型的装配式筏板基础梁－梁连接节点，为研究该节点的受力性能，对其开展有限元变参数分析，研究混凝土强度、T型钢腹板厚度、T型钢翼缘厚度对节点受力性能的影响，结果表明：节点承载力随着混凝土强度、T型钢腹板厚度、T型钢翼缘厚度的增大而增大，具体的：当混凝土由 C40 变化至 C50 时，极限承载力提高 12%；当 T 型钢腹板厚度由 10mm 变化至 14mm 时，极限承载力提高 5%；当 T 型钢翼缘板厚度由 12mm 变化至 16mm 时，极限承载能力提高约 11.3%。综上，混凝土强度、T 型钢翼缘板厚度对梁－梁节点承载力影响较大，T 型钢腹板厚度对节点承载力影响较小。

**关 键 词：** 装配式；梁－梁节点；静力性能；参数分析

## Mechanical Performance Study of a Novel Prefabricated Beam-Slab Foundation Beam-Beam Joint

Su Jizhi<sup>1\*</sup>, Wang Chenlei<sup>2</sup>, Wu Hailiang<sup>1</sup>, Qiao Wentao<sup>2</sup>, Zhang Wuchen<sup>1</sup>

1. Hebei Economic Research Institute of State Grid, Shijiazhuang, Hebei 050000

2. Shijiazhuang Tiedao University, Shijiazhuang, Hebei 050043

**Abstract：** As a novel prefabricated building structural system, the prefabricated raft foundation has found extensive engineering applications and promotional value in the power industry. This paper presents a novel beam-to-beam connection node for prefabricated raft foundations. To investigate the structural performance of this node, a finite element parametric analysis was conducted to study the effects of concrete strength, the thickness of T-shaped steel web, and the thickness of T-shaped steel flanges on the node's load-bearing capacity. The results indicate that the node's load-bearing capacity increases with the increase of concrete strength, T-shaped steel web thickness, and T-shaped steel flange thickness. Specifically, when the concrete strength changes from C40 to C50, the ultimate load-bearing capacity increases by 12%. When the thickness of the T-shaped steel web varies from 10mm to 14mm, the ultimate load-bearing capacity increases by 5%. When the thickness of the T-shaped steel flange changes from 12mm to 16mm, the ultimate load-bearing capacity increases by approximately 11.3%. In conclusion, concrete strength and the thickness of the T-shaped steel flange have a significant impact on the load-bearing capacity of the beam-to-beam node, while the thickness of the T-shaped steel web has a relatively smaller effect.

**Key words：** prefabricated; beam-to-beam node; static performance; parametric analysis

## 引言

伴随着装配式建筑的发展，基础能否采用合理的装配式形式的问题也逐渐得到关注。当前，装配式基础研究与应用主要集中在输变电架构及电气设备基础，对于变电站建筑物装配式基础的相应研究与应用较少。

鲁先龙等<sup>[1]</sup>在我国沙漠地区对扩展基础进行了上拔、上拔+水平荷载组合工况的现场足尺试验，获得了基础受力变化全过程曲线、确定了不同类型基础的极限承载力以及上拔角主要影响参数。刘观仕等<sup>[2]</sup>为研究输电线路金属装配式基础在风积沙地的抗压性能，开展四组足尺试验，监测基础的位移和变形特征，进而得出基础的下压极限承载力。王卫东等<sup>[3]</sup>提出了一种锥台型装配式基础，通过冻土模型试验，对基础的抗压承载能力以及冻拔特性进行了深入的研究，获得了基础在不同冻结环境下的承载性能。金子皓等<sup>[4]</sup>为研究不同偏心距和偏向方向对全金属装配式基础承载性能的影响，建立有限元模型进行分析，结果表明，单轴偏心作用下基础的承载性能最佳。查

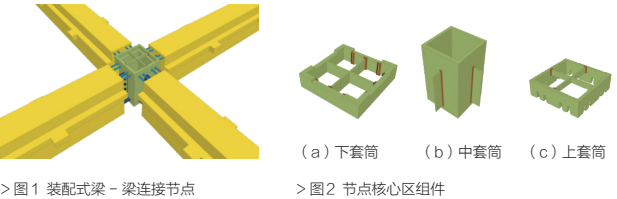
\* 作者简介：苏信智（1984—），男，河北省秦皇岛人，高级工程师，主要研究方向为：装配式建筑结构与绿色建造

晓雄等<sup>[5]</sup>提出了一种新型装配式偏心基础,对一缩尺模型进行上拔试验研究,结果表明,基础未出现上拔破坏,现有规程中基础上拔设计方法仍适用于该新型基础。王健等<sup>[6]</sup>提出了一种适用于灾后快抢快建的配网杆塔装配式基础,研究了该类型装配式基础在不同粘土地基上的极限承载力及破坏模式,讨论了基础尺寸对承载力的影响。

通过对现有研究现状的分析和总结可知,装配式基础在变电站建筑中的应用依然较少,上述问题已经成为装配式钢结构变电站建筑中亟待深化的问题。本文针对这些问题提出了一种新型的装配式梁板基础梁—梁节点,对其受力性能开展有限元分析,研究混凝土强度、T型钢腹板厚度、T型钢翼缘厚度等因素对节点受力性能的影响,为其在装配式钢结构变电站建筑中的应用和推广提供技术支撑。

一、基础梁—梁连接节点设计

装配式梁—梁连接节点如图1所示。这一连接节点主要由基础梁和后浇节点核心区构成,其中节点核心区包括上套筒、中套筒、下套筒三部分,如图2所示。具体来说,基础梁与中套筒之间采用高强螺栓连接,同时下套筒用于支撑基础梁外伸的T型钢翼缘板,并与中套筒的底部紧密对接。上套筒部分开设槽孔,以便与基础梁上部外伸的钢筋端部锚板卡扣连接。该节点具有结构简单、施工方便等特点,对于装配式基础的进一步发展具有重要意义。



二、有限元模型建立与分析

(一) 模型信息

为研究混凝土强度、T型钢腹板厚度、T型钢翼缘厚度对装配式梁板基础梁—梁节点力学性能的影响,本文以一字型梁—梁连接节点为研究对象,采用有限元软件对梁—梁节点进行数值模拟分析,建立了8个有限元模型,基础梁截面尺寸为400×500 mm,单侧梁长1500 mm,具体参数见表1。

表1 有限元模型参数

试件编号	T型钢腹板厚度 t/mm	T型钢翼缘厚度 t/mm	混凝土强度
L-1	10	16	C30
L-2	14	16	C30
L-3	18	16	C30
L-4	10	8	C30
L-5	10	12	C30
L-6	10	10	C20
L-7	10	10	C40
L-8	10	10	C50

(二) 材料属性

钢材均选用 Q235 钢,本构关系选用双折线模型,弹性模量

206GPa,泊松比为 0.3,屈服强度 180MPa。混凝土选用 abaqus 软件中的塑性损伤模型,其受拉及受压本构按规范选取,以 C30 混凝土为例,弹性模量为 30000MPa,泊松比为 0.2,塑性参数见表2。

表2 塑性参数

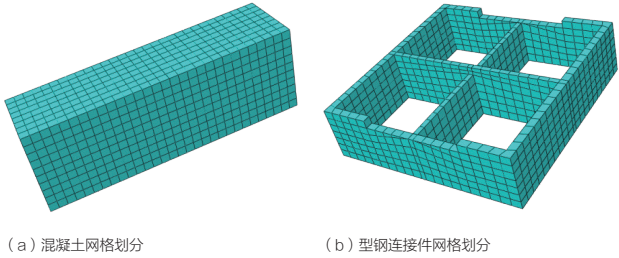
膨胀角	偏心率	$f_{bo}/f_{co}$	K	粘性系数 $\mu$
30	0.1	1.16	0.667	0.0005

(三) 有限元模型的建立

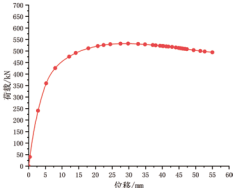
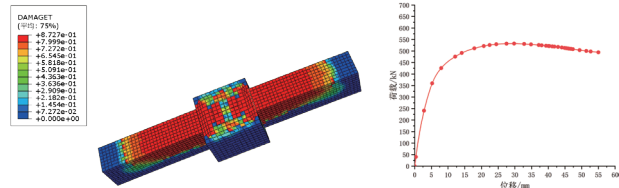
采用有限元分析软件 ABAQUS 对 8 个梁—梁连接节点试件进行数值模拟分析,混凝土单元采用 C3D8R,采用塑性损伤模型;钢筋以及型钢采用 Von Mises 屈服准则,本构关系选用双折线模型。在建模时以一字型梁—梁节点为研究对象,在节点核心区上表面以及梁端部下表面各设一个参考点,对参考点所在的平面区域进行耦合,通过参考点施加约束以及位移,型钢以及钢筋内置 (Embedded Region) 在混凝土内,节点核心区混凝土采用绑定 (tie) 的连接方式,网格划分如图3所示,采用六面体单元进行网格划分,混凝土的网格大小为 50×50×50 mm,各型钢连接件的网格大小为 30×30×30 mm。在设定边界条件以及荷载时,通过节点核心区上表面参考点,耦合平面内所有自由度,对该点施加集中荷载,实现对节点核心区的轴向加载,对梁两端处参考点施加约束,约束沿 X、Y、Z 三个方向的转动和位移,模拟真实情况下的刚性结构边界条件。

(四) 模拟结果

以 L-1 试件为例,在两端集中荷载的作用下,两端悬臂梁向



>图3 网格划分



下挠曲,节点核心区连接件未出现明显的变形,应力集中分布在靠近节点区域的T型钢受拉翼缘以及腹板上,节点区未出现较大变形,满足强节点弱构件的设计原则。由图5损伤云图可以看出,损伤主要出现在梁的加载平面上,随着荷载的增加,梁的挠度不断增大,受拉侧混凝土出现裂缝并不断开展,最终,试件破坏。

### 三、变参数分析

本节主要通过有限元软件 ABAQUS 进行数值模拟,研究各变化参数对节点承载力的影响规律,变化参数主要包括:混凝土强度、T型钢腹板厚度、T型钢翼缘厚度,以此建立了8个有限元模型。

#### (一) 混凝土强度变化对比分析

以标准试件 L-1 为参照,在 T 型钢腹板厚度、T 型钢翼缘厚度、加载方式以及边界条件均不变的情况下,仅改变混凝土的强度等级来研究梁-梁连接节点的承载能力,混凝土强度变化分别为 C20、C30、C40、C50。如下图6所示,对比不同混凝土强度下试件荷载位移曲线变化规律,对比图中数据可以看出,混凝土强度对节点静力性能有显著的影响,节点的抗弯承载力随混凝土强度的增大而增大;具体的,C40强度和C50强度的试件相比混凝土强度C30的试件分别使极限荷载提高8%和20%,混凝土强度C20时,由于混凝土强度较低,混凝土较早发生破坏,极限荷载出现较早,未能充分发挥节点区钢材的性能。

#### (二) 翼缘板厚度变化对比分析

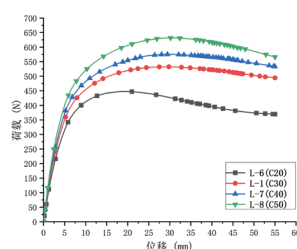
以标准试件 L-1 为参照,在混凝土强度、T型钢腹板厚度、加载方式以及边界条件均不变的情况下,仅改变预埋 T 型钢翼缘板的厚度来研究梁-梁连接节点的承载能力,T型钢翼缘厚度从8mm变化至16mm。图7所示为不同翼缘板厚度下试件荷载位移曲线,对比图中数据可以看出,随着 T 型钢翼缘板厚度的增加,试件的极限承载力也越来越大;当板厚从8mm变化至12mm时,试件极限承载能力提高约8.4%,板厚从12mm变化至16mm时,试件极限承载能力提高约11.3%,该节点的极限承载能力与 T 型钢翼缘板厚基本呈线性正相关。

#### (三) 腹板厚度变化对比分析

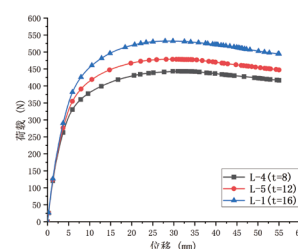
以标准试件 L-1 为参照,在混凝土强度、T型钢翼缘厚度、加载方式以及边界条件均不变的情况下,仅改变预埋 T 型钢腹板厚度来研究梁-梁连接节点的承载能力,T型钢翼缘厚度从10mm变化至18mm。图8所示为不同腹板厚度下试件荷载位移曲线,对比图中数据可以看出,随着腹板厚度的增大,试件的极限承载能力基本保持不变,极限承载力最大相差约5%,腹板厚度对该节点的承载力影响较小,在计算时,可以忽略腹板的影响。

### 四、结论

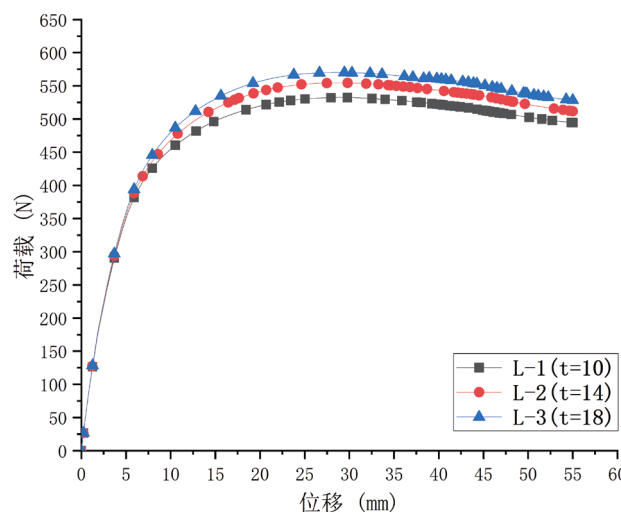
本文提出了一种新型的装配式梁板基础梁-梁连接节点,为研究该节点在静力荷载下的力学性能,开展有限元变参数分析,研究混凝土强度、T型钢腹板厚度、T型钢翼缘厚度等参数对



> 图6 不同混凝土强度下荷载位移曲线



> 图7 不同翼缘板厚度下荷载位移曲线



> 图8 不同腹板厚度下荷载位移曲线

节点抗弯承载力的影响规律,根据分析结果,得到的主要结论如下:

(1) 有限元结果表明,极限承载力随着混凝土强度、T型钢腹板厚度、T型钢翼缘厚度的增大而增大,具体的:当混凝土由C30变化至C50时,极限承载力提高20%;当T型钢腹板厚度由10mm变化至14mm时,极限承载力提高5%;当T型钢翼缘板厚度由12mm变化至16mm时,极限承载能力提高约11.3%。

(2) 有限元分析结果表明,表明混凝土强度和T型钢翼缘板厚对承载力影响较为显著,而T型钢翼缘对承载力的影响较小,在计算时可忽略不计。

### 参考文献:

- [1] 鲁先龙,丁士君,杨文智,等. 沙漠风积沙地基扩展基础抗拔现场试验研究[J]. 水利与建筑工程学报,2017,15(5):20-25.
- [2] 刘观仕,张程程,赵青松等. 风积沙地区金属装配式基础抗压承载特性研究[J]. 岩土工程学报,2022,44(S1):85-91.
- [3] 王卫东,崔强,韩杨春等. 锥台型装配式基础冻拔与抗压承载性能模型试验[J]. 人民长江,2021,52(01):196-203.
- [4] 金子皓,王京学,冀晓东等. 偏心对全金属装配式基础抗拔性能影响研究[J]. 地下空间与工程学报,2022,18(S1):209-215+225.
- [5] 查晓雄,范佳琪,肖世奎,等. 一种装配式电力偏心基础的抗拔性能[J]. 哈尔滨工业大学学报,2019,51(12):167-171.
- [6] 王健,吴涵,陈彬,等. 装配式方形基础的黏土地基承载力特性研究[J]. 福建师范大学学报(自然科学版),2019,35(2):40-47.



# BIM 技术在装配式建筑设计和施工中的应用

高洪美

山东华埠特克智能机电工程有限公司，山东 济南 250000

**摘 要：** 装配式建筑是一种现代化、高效率的建筑方式，它在减少浪费、提高工程质量和缩短工程周期等方面具有显著优势。然而，装配式建筑的成功实施面临着复杂的设计和施工要求，需要高度的协同合作和信息整合，这就需要引入 BIM 技术。本文分别从方案设计阶段、预制构件库形成与完善以及 BIM 模型构建与优化等方面探讨了基于 BIM 技术的装配式建筑设计，在此基础上，进一步探讨了 BIM 技术在装配式建筑施工中的具体应用，有助于推动 BIM 技术在装配式建筑设计和施工中应用的不断深入，进而为装配式建筑的设计和施工质量提供可靠保障。

**关 键 词：** BIM；装配式；建筑设计；施工

## Application of BIM Technology in the Design and Construction of Prefabricated Buildings

Gao Hongmei

Shandong Huabute Intelligent Mechanical and Electrical Engineering Co., Ltd, Shandong, Jinan 250000

**Abstract：** Assembled building is a modernized and highly efficient construction method, which has significant advantages in reducing waste, improving project quality and shortening project cycle. However, the successful implementation of assembled buildings faces complex design and construction requirements that require a high degree of collaboration and information integration, which requires the introduction of BIM technology. This paper discusses the assembly building design based on BIM technology from the aspects of schematic design stage, prefabricated component library formation and improvement, and BIM model construction and optimization, respectively. On this basis, it further discusses the specific application of BIM technology in assembly building construction, which helps to promote the continuous deepening of the application of BIM technology in assembly building design and construction, and then provides reliable guarantees for the assembly building design and construction quality to provide reliable guarantee.

**Key words：** BIM; prefabricated ; building design; construction

### 一、前言

装配式建筑作为一种高效、环保的建筑方式，正逐渐成为建筑业未来的重要发展方向。然而，装配式建筑设计和施工过程中存在着多样性、协同性和精细化的挑战，需要综合多领域的信息和数据，以确保项目的质量、效率和可持续性。建筑信息模型（BIM）技术作为一种综合信息管理和协同工作的工具，为解决这些挑战提供了新的可能性。

### 二、基于 BIM 技术的装配式建筑设计分析

#### （一）方案设计阶段

首先，在项目可行性评估阶段，设计团队将对装配式建筑项目进行全面的评估。这包括考虑项目的可行性，如地理位置、土地条件、法规和政策等因素。同时，评估也会涉及项目的经济性和可持续性，以确保项目的投资和运营是可行的。在这一阶段，BIM 技术可以用来创建项目的基本模型，包括项目的地理信息和基础数据，以帮助设计团队更好地了解项目的背景和潜在挑战。

其次，建设要求界定是方案设计阶段的另一个关键步骤。在这个阶段，设计团队将明确定义项目的建设要求，包括建筑类型、功能需求、设计标准和性能要求等<sup>[1]</sup>。BIM 技术可以用来创建项目的初步概念模型，以可视化地呈现设计方案，帮助项目团队更好地理解沟通和沟通设计要求。最后，在初步规划和设计阶段，设计团队将开始制定具体的设计方案。BIM 技术在这一阶段发挥了重要作用，可以用来创建三维建模、模拟和分析设计方案。设计团队可以利用 BIM 模型进行虚拟的可视化演示，以更好地理解设计方案的效果和可能的问题。

#### （二）预制构件库形成与完善

首先，构件分类与选择是预制构件库形成的第一步。在这个阶段，设计团队将根据项目的具体要求和设计方案，对各种预制构件进行分类和选择。这包括了确定所需的构件种类、规格和性能等。BIM 技术可以用来创建预制构件的详细分类和规范，帮助设计团队更好地理解每种构件的用途和特点。通过 BIM 模型，设计团队可以将各种构件进行可视化呈现，以便进行更好的选择和比较，从而满足项目的需求。其次，构件信息创建和审核入库是预制构件库形成的关键步骤之一。在这个阶段，设计团队将对每

种预制构件的信息进行详细创建和审核,包括构件的准确尺寸、材料、质量标准、制造工艺等。这些信息将被记录在 BIM 模型中,并与实际构件数据进行比对和验证<sup>[2]</sup>。BIM 技术可以帮助设计团队生成准确的构件信息,并自动检测和修正潜在的错误,从而提高信息的准确性和一致性。一旦信息被审核通过,构件将被入库,成为可供项目使用的资源。最后,构件库的控制权限是确保预制构件库的完善性和安全性的关键因素。设计团队需要建立明确的权限控制体系,以确保只有经过授权的人员可以对构件库进行访问、修改和管理。BIM 技术可以用来建立这种权限控制系统,只有具有相应权限的人员才能对构件库进行编辑和更新。这有助于防止不正当的操作和信息泄露,同时保护了构件库的完整性。

### (三) BIM 模型构建与优化

首先,构建 BIM 协同设计平台是在这一阶段的首要任务之一。设计团队需要建立一个协同工作的平台,使不同单位和专业的的设计人员能够在同一个 BIM 环境中共同协作。这个平台将用于集成和共享项目的 BIM 模型,以便实现实时协同设计和信息交流。通过这个平台,设计人员可以同时进行设计工作,有效地协调各自的任务,提高沟通效率。其次,模型调用和碰撞检查是 BIM 模型构建与优化的重要环节之一。在这个阶段,设计团队将根据项目需要从预制构件库中调用相应的构件,并将它们放入 BIM 模型中。这样可以实现 BIM 模型的构建,包括建筑结构、设备、管道等各个方面的构建。随后,通过碰撞检查工具,设计团队可以自动检测模型中的冲突问题,如构件重叠或空间冲突。这有助于及时发现并解决设计中的问题,从而提高项目的质量和效率。最后,问题发现和 BIM 模型改进是这一阶段的最后一步。一旦通过碰撞检查发现问题,设计团队需要对 BIM 模型进行相应的改进。这可能包括重新调整构件位置、修改设计参数或者优化构件选择。BIM 技术可以提供实时的反馈和可视化工具,帮助设计人员更容易地识别和解决问题。通过不断的改进和优化 BIM 模型,设计团队可以确保项目的设计是准确、协调和无冲突的<sup>[3-4]</sup>。

### (四) 构件深化设计

首先,在这一阶段,设计团队与生产单位进行密切的合作,确保设计方案可以顺利转化为可生产的预制构件。这个合作包括了与预制构件生产厂家的沟通,讨论构件生产的可行性、工艺流程、生产周期等方面的问题。通过 BIM 技术,可以实现设计团队与生产单位之间的信息共享,确保设计的可行性和生产的可控性。合作还可以涉及材料选择、质量要求、构件装配方式等方面的细节,以确保构件的生产与实际需要相符。其次,加工图设计和反馈要求是构件深化设计的重要步骤之一。设计团队需要根据预制构件的详细要求,创建相应的加工图和制造图。这些图纸包括了构件的准确尺寸、材质、制造标准、装配方式等详细信息。通过 BIM 技术,设计团队可以自动生成加工图,减少人工绘图的工作量,提高设计的准确性。最后,在构件深化设计阶段,设计团队需要建立构件深化设计模型。这个模型包括了构件的详细几何形状、尺寸、材质、装配关系等信息,用于指导生产过程。通过 BIM 技术,可以创建这个模型,并将其与加工图和制造要求关

联起来,以确保设计和生产的一致性。这个模型还可以用于施工现场的预装配和构件安装,从而提高装配式建筑的施工效率<sup>[5-6]</sup>。

## 三、BIM 技术在装配式建筑施工中的具体应用

### (一) 施工质量控制

#### (1) 事前控制

首先,通过三维建模和问题检测,BIM 技术使施工团队能够在施工开始之前对项目进行全面的三维建模,以创建一个高度准确的数字模型。这个模型可以用来模拟建筑结构、设备和管线的布局,以及各种构件的位置和关系。通过问题检测工具,BIM 技术可以自动检测模型中的潜在问题,如构件冲突、尺寸偏差等。这有助于在施工开始之前发现并解决潜在问题,从而提高施工的质量和效率。其次,管线碰撞检测和自动避让设计是事前控制的另一个重要方面。在装配式建筑中,管线的布局和安装通常较为复杂,容易出现碰撞问题。BIM 技术可以用来进行管线碰撞检测,即通过模拟和分析管线布局,自动识别和报告潜在的碰撞问题。一旦发现问题,自动避让设计工具可以帮助设计团队自动调整管线的布局,以解决碰撞问题,从而减少后期的工程变更和修复。最后,在施工仿真和工程方案优化方面,BIM 技术可以用来模拟施工过程,包括材料运输、设备操作、工程进度等各个方面。通过仿真工具,施工团队可以预测施工过程中可能出现的问题,如材料交付延迟、资源短缺等,并采取相应的措施进行优化。这有助于提前规划施工过程,最大程度地降低风险,确保施工的顺利进行<sup>[7]</sup>。

#### (2) 事中控制

首先,实时信息采集和关联比对是事中控制的重要组成部分。通过 BIM 技术,施工团队可以在施工现场使用移动设备实时采集施工相关信息,包括工程进度、材料使用、工人工时、设备运行状态等。这些数据会与 BIM 模型关联比对,确保实际施工情况与设计一致。如果出现任何偏差或问题,系统会及时发出警报,使管理人员能够迅速采取纠正措施,以避免潜在的质量问题。其次,质量问题的跟踪和记录也是事中控制的重要任务。在施工过程中,可能会出现各种质量问题,如施工缺陷、材料问题、工艺失误等。BIM 技术可以用于跟踪这些问题的发生和解决过程。当发现问题时,施工团队可以使用移动设备记录问题的详细信息,包括问题的位置、类型、严重程度等。这些信息会与 BIM 模型关联,以便随时查看问题的状态和处理情况。这有助于确保问题得到及时解决,避免问题扩大化或对工程进度造成不必要的延误。

#### (3) 事后控制

首先,数据分析和问题因素识别是事后控制的核心任务之一。在施工过程中,大量的数据会被记录和收集,包括工程进度、质量检查结果、施工问题报告等。通过 BIM 技术,这些数据可以进行整合和分析,以识别问题因素。数据分析可以帮助确定质量问题的根本原因,找出施工过程中的瓶颈和障碍,识别可能的风险因素等。这些分析结果对于改进未来的施工过程非常重

要,可以帮助施工团队更好地应对类似的问题。其次,防治措施提出和经验借鉴是事后控制的另一个关键方面。基于数据分析的结果,施工团队可以提出防治措施,以防止类似的问题再次发生。这些措施可以包括工艺改进、培训提升、监管加强等<sup>[8-9]</sup>。此外,经验借鉴也是一个重要的环节,施工团队可以回顾过去的工程项目,借鉴成功经验和教训,以改进施工管理和质量控制。通过积累经验和不断改进,可以提高未来工程项目的执行效率和质量。

## （二）施工成本控制

### （1）5D 模型概念和应用

在 BIM 技术在装配式建筑施工中的应用中,施工成本控制是一个重要的方面,其中 5D 模型的概念和应用扮演着关键角色。5D 模型结合了建筑信息模型(BIM)的三维几何信息和施工工程的时间(4D)以及成本(5D)信息,为施工项目提供了全面的视角<sup>[10]</sup>。

5D 模型的概念基于 BIM 技术,它不仅包括了建筑物的几何信息,还包括了与项目成本相关的数据。这包括材料成本、人工成本、设备租赁成本等各种成本元素。通过将成本信息与 BIM 模型进行关联,可以创建一个综合的 5D 模型,该模型允许施工团队在项目的不同阶段进行成本分析和控制。

5D 模型的应用有助于施工成本的有效控制。首先,它允许项目管理人员在项目的早期阶段制定准确的成本估算,从而帮助项目的预算编制和资金筹集。其次,通过实时更新成本信息,5D 模型可以在施工过程中进行实时成本控制,帮助管理人员监督项目的成本状况,及时发现和解决成本超支或偏差的问题。最后,5D 模型还能够进行成本预测和仿真,模拟不同的成本方案,以帮助项目团队做出明智的决策,优化资源分配,降低成本风险。

### （2）目标成本的设定和分解

在施工成本控制的过程中,目标成本的设定和分解是关键的步骤,它们有助于确保项目的成本得以合理规划和有效控制。

首先,目标成本的设定是在项目初期的重要环节。这一步骤涉及项目管理人员与相关利益相关者(如业主、设计师、承包商等)协商和确定项目的总体预算。目标成本应该充分考虑项目的规模、复杂性、所需资源以及项目的质量要求等因素。通过与各方的充分沟通和协商,可以确保目标成本是可行的、可接受的,并且与项目的整体目标一致<sup>[11-12]</sup>。其次,目标成本的分解是将总体目标成本分解为更为详细的子成本,例如工程建设成本、材料成本、劳动力成本、设备租赁成本等。这一步骤有助于将项目的成本管理细化到更具体的层面,使项目管理人员能够更好地理解和掌控各个方面的成本。通常,目标成本会被分解为不同的成本单元,每个成本单元都会被分配给相应的责任方,以便在项目的各个阶段进行监督和控制。

### （3）实际成本数据输入和差值统计

在施工成本控制的过程中,实际成本数据输入和差值统计是关键的步骤,用于跟踪项目的实际成本情况,并进行与目标成本的比较分析。

首先,实际成本数据输入是指将实际发生的成本数据录入到项目管理系统中。这些数据包括了项目的各个方面,如材料采购

成本、劳动力成本、设备租赁成本等。通常,施工团队会定期收集和记录这些数据,以确保它们的准确性和完整性<sup>[13]</sup>。这些数据的输入可以通过各种方式进行,包括手工录入、自动传感器和数据采集设备等。通过 BIM 技术,这些成本数据可以与相应的项目任务和成本单元进行关联,以便更好地进行成本追踪和分析。其次,差值统计是将实际成本数据与目标成本进行比较分析的过程。通过对实际成本和目标成本的差异进行统计和分析,可以及时发现成本超支或偏差,并采取相应的措施来解决问题。如果实际成本低于目标成本,那么可能需要重新分配资源或改进成本控制策略,以避免浪费。如果实际成本高于目标成本,那么需要查明原因并采取纠正措施,以确保项目在成本方面不偏离预算。

## 四、结语

综上所述,BIM 技术已经在装配式建筑设计和施工中展现出巨大的潜力和价值。然而,要充分发挥其优势,需要建筑行业的各方共同努力,包括设计师、施工团队、业主和政府监管部门等。只有通过更广泛的 BIM 技术应用和更深入的合作,我们才能实现装配式建筑的更高效、更可持续和更高质量的发展目标<sup>[14-15]</sup>。

## 参考文献:

- [1] 张红. BIM 技术在预制装配式建筑绿色施工中的应用[J]. 产品可靠性报告, 2023, (10): 100-101.
- [2] 葛宏亮. BIM 技术在装配式建筑结构设计中的应用[J]. 中国建筑金属结构, 2023, 22 (07): 123-125.
- [3] 杨顺, 戚超龙, 刘成玉. BIM 技术在装配式建筑施工中的应用研究[J]. 绿色建造与智能建筑, 2023, (07): 31-34.
- [4] 詹祖圣. BIM 技术在装配式建筑设计中的应用[J]. 中华建设, 2023, (07): 92-94.
- [5] 陈杨, 黄力, 刘旭, 吴挺王, 许炳炜, 张帅杰. BIM 技术在装配式建筑施工中的应用[J]. 城市建筑空间, 2023, 30 (S1): 278-279.
- [6] 韩莹. 建筑工程中 BIM 技术应用的探索与分析[J]. 价值工程, 2023, 42 (27): 21-23.
- [7] 崔景艳, 古小琳. BIM 技术在建筑给排水工程设计中的应用价值分析[J]. 中国建筑金属结构, 2023, 22 (S2): 5-7.
- [8] 李光辉, 李晓杰, 龙正熠, 邓滔文. BIM 技术助力于建筑节能化发展[J]. 上海节能, 2023, (09): 1269-1274.
- [9] 单建中, 金德霞, 朱平, 钟凡, 屈直, 李健. 基于 BIM 的协同施工管理应用研究[J]. 智慧中国, 2023, (09): 67-69.
- [10] 朱攀, 刘亚雷, 左欢, 吕洪磊, 张汶. 基于 BIM 的装配式住宅建筑装修一体化设计研究[J]. 中国建筑装饰装修, 2023, (18): 78-80.
- [11] 陈庭威. BIM 技术在桥梁领域的发展现状及未来展望[J]. 石材, 2023, (10): 70-72.
- [12] 章睿, 韩沙桐. BIM 技术在工业建筑设计中的应用[J]. 大众标准化, 2023, (18): 160-162.
- [13] 杨楠, 林武生. BIM 在绿色建筑设计决策中的支持作用探索[J]. 住宅与房地产, 2023, (26): 13-15.
- [14] 吴琦. 基于 BIM 的建筑设计三维工作流程应用形态探索[J]. 城市建设理论研究(电子版), 2023, (26): 80-84.
- [15] 刘学贤, 张森, 张超. 生命周期评估在建筑设计阶段的碳足迹测算应用[J]. 建筑与文化, 2023, (09): 22-23.



# 建筑工程造价控制与管理的研究与实践

尹艺璇

中国建筑技术集团有限公司, 北京 100013

**摘 要：**在当前经济快速发展的背景下，建筑工程的造价控制与管理成为行业焦点。这一领域的核心在于如何在确保工程质量的同时，有效控制成本，提高经济效益。本文深入探讨了建筑工程造价控制的三大重要性：经济效益最大化、质量保障和风险管理。经济效益最大化关注于资金使用的效率和效益，质量保障则着眼于工程质量与成本的平衡，而风险管理则是对预算超支和资金流断裂等风险的有效规避。同时，文章也指出了当前造价控制中存在的四个主要问题：预算估算的不准确性、资源分配的不合理性、信息沟通的不畅和监管的不足。针对这些问题，提出了四项有效的控制策略：精准的预算编制、动态的成本监控、资源配置的优化以及沟通与协调的强化。这些策略旨在为建筑工程造价控制与管理提供更为科学和实用的指导。

**关 键 词：** 建筑工程；造价控制；管理

## Research and Practice on Cost Control and Management of Construction Projects

Yin Yixuan

China Construction Technology Group Co., Ltd, Beijing 100013

**Abstract：** Under the current background of rapid economic development, the cost control and management of construction projects has become the focus of the industry. The core of this field lies in how to ensure the quality of the project while effectively controlling the cost and improving the economic benefits. This paper discusses in depth the three major importance of cost control of construction projects: maximization of economic benefits, quality assurance and risk management. Maximization of economic benefits focuses on the efficiency and effectiveness of the use of funds, quality assurance focuses on the balance between project quality and cost, and risk management is the effective avoidance of risks such as budget overruns and capital flow breaks. At the same time, the article also points out four major problems in the current cost control: inaccuracy of budget estimation, irrationality of resource allocation, poor information communication and insufficient supervision. In response to these problems, four effective control strategies are proposed: accurate budgeting, dynamic cost monitoring, optimization of resource allocation and strengthening of communication and coordination. These strategies aim to provide more scientific and practical guidance for cost control and management of construction projects.

**Key words：** construction project; cost control; management

## 一、引言

建筑工程作为国民经济的重要组成部分，其造价控制和管理的重要性日益凸显。随着社会发展和技术进步，建筑行业面临着日益复杂的挑战，尤其是在成本控制和资源利用效率方面。合理的造价控制不仅关乎项目的经济效益，还直接影响到工程的质量和可持续性。目前，建筑工程造价控制在实际操作过程中存在多方面的问题，这些问题的产生有其深层次的经济和管理原因。为了应对这些挑战，本文通过分析造价控制的重要性、存在的问题及其解决策略，旨在提供一个全面的视角来理解和改进建筑工程的造价控制与管理。通过深入分析造价控制的关键要素，可以更好地理解如何在确保工程质量的前提下实现成本的有效控制，从而促进整个建筑行业的健康发展。

## 二、建筑工程造价控制的重要性

### （一）经济效益最大化

建筑工程造价控制对于经济效益的最大化具有重要意义。首先，经济效益最大化体现在项目成本的有效管理上。通过精确的成本控制，可以使工程项目在预算范围内高效完成，避免不必要的资源浪费。据统计，合理的造价控制可以使建筑项目的总成本降低约10%至15%。其次，经济效益最大化还与资金使用效率息息相关。在建筑项目中，资金的合理分配和使用直接决定了项目的资金回报率。例如，适当的前期投资可以加快项目进度，缩短资金占用时间，从而提高整体的经济效益。最后，经济效益最大化还涉及长期的资产管理。通过优化设计和材料选择，可以降低维护成本和后期运营成本，从而提高建筑物的整体投资回报率<sup>[1]</sup>。



因此，经济效益最大化不仅要求在项目执行阶段控制成本，还要从项目的整个生命周期出发，从而实现成本的长期优化和资金的高效利用。

## （二）质量保障

建筑工程造价控制在确保工程质量方面同样扮演着关键角色。工程质量是建筑项目成功的核心，而适当的造价控制可以确保未达到预期质量标准所需的资源得到充分利用。一方面，质量保障需要合理的资金分配以确保关键阶段和关键部分的工程质量。例如，结构安全和主要功能区的建设需要充足的资金支持，以购买高质量的材料和雇佣有经验的工人。另一方面，质量保障还涉及对工程进度和成本的持续监控。通过定期的质量检查和成本审计，可以确保项目按照既定标准顺利进行，及时发现并纠正容易导致质量问题的成本超支。数据显示，有效的造价控制可以减少约20%的质量问题和返工。

## （三）风险管理

在建筑工程中，造价控制也是风险管理的关键组成部分。风险管理主要涉及预测和缓解容易影响项目成本和进度的各种不确定因素。首先，通过准确的成本预测和预算设定，可以有效预防因预算不足或估算不准确引起的金融风险。例如，对市场动态和材料价格的预测可以帮助项目管理者制定更为合理的预算，从而避免因价格波动导致的预算超支。其次，风险管理还包括对潜在的项目延误和成本增加的预警<sup>[2]</sup>。实时的进度监控和成本分析可以帮助项目团队及时调整策略，应对不可预见的挑战，如天气变化、法规变更等。据研究，有效的风险管理可以减少约30%的项目延期和成本超支。最后，风险管理还包括对供应链的控制。通过选择可靠的供应商和合理的物料采购计划，可以减少由供应链中断导致的风险。因此，造价控制在风险管理中发挥着核心作用，它不仅有助于预测和减轻风险，还能通过有效的策略实现项目的顺利完成。

# 三、建筑工程造价控制存在的问题

## （一）预算估算不准确

在建筑工程造价控制中，预算估算的准确性是实现项目成功的关键因素。然而，在实际操作中，预算估算的不准确性普遍存在，这成为造价控制的一大难题<sup>[3]</sup>。首先，估算不准确通常源于对项目需求的错误理解或评估不足。例如，对建筑材料、人工成本或设计变更的成本影响评估不足，导致实际成本远超预算。其次，预算估算中的不准确性还与市场动态和价格波动有关<sup>[4]</sup>。建筑材料和设备的价格受多种因素影响，如供需关系、政策变化和经济环境。研究显示，在一些长期建筑项目中，因市场波动导致的成本预测误差高达20%。最后，预算估算的不准确性还源于估算方法和工具的不足。传统的成本估算方法不能有效地处理复杂项目中的各种变量和不确定性。缺乏先进的估算工具和技术，如数据分析和模拟技术，也限制了预算估算的精确度。

## （二）资源分配不合理

建筑工程造价控制中的另一个主要问题是资源分配的不合理

性。资源包括材料、人力、设备等，它们的有效管理直接影响项目成本和效率。首先，材料资源管理的不当是显著问题。在许多情况下，由于缺乏精确的需求预测和计划，会导致材料浪费或短缺<sup>[5]</sup>。据估计，材料管理不当会导致项目成本增加5%至10%。其次，劳动力资源的分配问题同样重要。在建筑项目中，由于计划和调度不精确，常常出现工人闲置或短缺的情况。例如，工人在某些阶段无工作可做，而在其他阶段则需额外加班，增加了人工成本。最后，时间资源的分配不当也是造价控制中的关键问题。项目的时间管理直接影响资金流和成本累积。例如，工程延期不仅影响项目交付，还会增加资金和管理成本。据统计，项目延期则会导致直接和间接成本增加高达总成本的20%。

## （三）信息沟通不畅

在建筑工程造价控制中，信息沟通的不畅通是一个重要问题，它直接影响项目的决策效率和成本控制的效果<sup>[6]</sup>。首先，项目各方之间信息交流不畅是主要问题。在建筑工程中，设计师、承包商、供应商以及客户之间需要频繁交换信息。然而，由于沟通渠道的限制或信息传递的延迟，关键信息常常不能及时传达到所有相关方。其次，技术信息的传递不准确也是一个严重问题。技术细节、设计更改和规范要求等信息的不准确传递，会导致错误的施工方法或材料使用，进而造成成本的增加和项目延误<sup>[7]</sup>。最后，文化和语言差异也增加了信息沟通的难度。在国际合作项目中，不同的文化背景和语言习惯则会导致沟通障碍，影响信息的准确传递和理解。这种情况下，误解和沟通不畅则会导致项目延期和成本增加。

## （四）监管不足

监管不足是建筑工程造价控制中的一个显著问题，它影响项目的成本效率和透明度。首先，缺乏有效的成本监控机制是主要的问题之一。在许多建筑项目中，缺乏连续的成本跟踪和审计系统，导致成本超支和资源浪费<sup>[8]</sup>。据统计，缺乏有效监控的项目，其成本超支率可高达20%至30%。其次，项目管理和执行中的监督不充分也是一个关键问题。监督不充分也会导致项目标准和规范的执行不到位，进而影响工程质量和安全<sup>[9]</sup>。例如，不合格的材料和工艺如未能及时发现和纠正，则会导致重大的安全隐患和追加成本。最后，对外部环境变化的监管不足也会影响项目成本。例如，市场价格波动、法规变更等外部因素如没有得到及时响应和调整，则会导致项目成本的显著增加。

# 四、建筑工程造价管理的有效控制策略

## （一）精准预算编制

在建筑工程造价管理中，精准预算编制是关键的策略之一。要实现精准的预算编制，首先需要进行详细而全面的项目需求分析。这包括对项目规模、设计细节、材料需求、劳动力和设备使用的深入了解<sup>[10]</sup>。其次，运用先进的成本估算技术和工具是精准预算编制的另一关键步骤。利用数据分析和模拟软件可以提高成本估算的准确性。例如，通过历史数据分析和市场趋势预测，可以更准确地估计材料和劳动力成本。最后，持续的预算审

查和调整也是精准预算编制的重要组成部分。项目在实施过程中容易遇到各种变化，因此，定期审查和根据实际情况调整预算是必要的。例如，阶段性的成本审计可以帮助识别成本偏差，并允许及时调整预算以反映实际的项目状况。这种动态的预算管理方法可以显著提高预算编制的效果和准确性。

## （二）动态成本监控

在建筑工程造价管理中，实施动态成本监控是提高项目效率和控制预算的关键策略。动态成本监控涉及对项目成本的实时跟踪和分析，确保项目成本与预算保持一致，并及时调整以应对任何偏差<sup>[11]</sup>。首先，要建立一个全面的成本跟踪系统。这个系统需要集成所有项目相关的成本数据，包括材料、劳动力、设备租赁和其他间接费用。通过这个系统，项目管理团队可以实时监测总成本，并与预算进行比较。其次，实施动态成本监控的另一关键做法是定期进行成本审计<sup>[12]</sup>。这意味着定期检查所有成本记录，确保没有任何隐藏的费用或不准确的记录。通过定期审计，项目团队可以识别和纠正导致成本偏差的主要问题。最后，为应对不可预见的事件，动态成本监控还应包括灵活的应急预算调整。这意味着为风险或意外事件预留一定的预算空间，并根据项目进展情况进行调整。

## （三）优化资源配置

在建筑工程造价管理中，优化资源配置是确保成本效率和项目成功的关键策略。首先，应进行详尽的项目需求分析是资源配置优化的基础。这包括对工程的各个阶段进行详细评估，以确定所需材料的类型和数量、所需人员的技能和数量以及必要的设备<sup>[13]</sup>。同时确保工程不会因材料短缺而延误。这种方法能够显著减少资源浪费，据估计，可以降低至少10%的材料成本。接着，实施动态资源管理是优化资源配置的关键。这意味着根据工程进度的实际情况调整人力和设备的分配<sup>[14]</sup>。例如，在某些工程阶段会需要更多的劳动力或特定类型的设备，而在其他阶段则需

减少。此外，采用先进的资源管理工具也是实现优化配置的有效手段。通过使用项目管理软件，项目团队可以更准确地监控和调整资源配置，及时发现并解决资源配置不均或浪费的问题。

## （四）强化沟通与协调

强化沟通与协调是建筑工程造价管理中不可或缺的策略，关键在于确保项目所有相关方之间的信息流通顺畅和高效，从而控制成本并提高项目效率<sup>[15]</sup>。首先，建立一个透明且高效的沟通平台至关重要。这涉及创建一个中心化的信息系统，其中包含项目的所有重要文档、进度更新和成本报告。通过这个平台，项目参与者能够实时获取和共享关键信息，从而确保所有决策基于最新且准确的数据。其次，定期的项目会议和报告是强化沟通的重要组成部分。通过定期召开项目会议，可以及时讨论和解决项目中的关键问题，确保所有团队成员对项目的进展和挑战有清晰的认识。此外，加强项目管理人员的沟通技能培训同样重要。有效的沟通不仅仅是信息的传递，还包括确保信息被正确理解和应用。因此，提高项目团队在沟通方面的能力，对于提高项目管理的效率至关重要。

## 结束语

本文通过深入分析建筑工程造价控制与管理的关键方面，提出了具体的问题诊断及相应的有效策略。讨论了如何通过精准预算编制、动态成本监控、优化资源配置以及强化沟通与协调来应对建筑项目中的成本控制挑战。这些策略旨在提高项目管理的效率和效果，确保成本控制的精确性和项目的成功完成。实践表明，这些策略的有效实施对于控制建筑工程的成本至关重要，不仅能提升项目的经济效益，还能保障工程质量和安全。最终，这些策略为建筑工程造价控制与管理提供了实用的指导，对于推动建筑行业的可持续发展具有重要意义。

## 参考文献

- [1] 赵海迪, 唐文静. 建设工程项目管理中的全过程工程造价控制措施研究 [J]. 住宅与房地产, 2023, (26): 79-81.
- [2] 袁凯. 建设项目工程造价全过程管理与控制 [J]. 中国招标, 2023, (08): 81-83.
- [3] 龚彩菊. 建设项目工程造价全过程控制存在的问题及解决措施 [J]. 城市建筑空间, 2023, 30 (S1): 466-467.
- [4] 苏华容. 建设项目全过程工程造价控制探究 [J]. 居业, 2023, (06): 127-129.
- [5] 席秋君. 电力工程项目造价控制探究 [J]. 投资与创业, 2023, 34 (11): 45-47.
- [6] 卫星. EPC 总承包工程建设项目造价控制与管理提升 [J]. 现代企业, 2023, (03): 35-37.
- [7] 郑世勋. 建设项目全过程工程造价控制研究 [J]. 中国招标, 2023, (03): 116-118.
- [8] 韩玮轩. 建设项目工程造价全过程管理与控制 [J]. 中国招标, 2022, (12): 116-119.
- [9] 郭涛, 郑峰. 浅析建设项目全过程工程造价管理与控制 [J]. 中国石油和化工标准与质量, 2022, 42 (20): 55-57.
- [10] 斯庆. 《工程造价控制》课程标准研究与实践 [J]. 产业与科技论坛, 2019, 18 (12): 196-197.
- [11] 郭明宇. 基于标杆管理的铁路工程设计造价控制研究 [J]. 铁路工程造价管理, 2013, 28 (01): 44-47.
- [12] 刘学. 建设项目施工阶段造价控制的理论与实践研究 [J]. 企业导报, 2011, (19): 61-62.
- [13] 杜艳群. 全过程工程造价审计理论与实践研究 [D]. 重庆大学, 2008.
- [14] 彭德迟, 余良旺. 降低城市污水处理工程造价的实践与研究 [J]. 中国环保产业, 2007, (03): 21-23.
- [15] 郑顺炽. 建设项目施工阶段造价控制的理论与实践研究 [D]. 武汉理工大学, 2003.

# 建筑施工中高强度混凝土的配制与施工技术研究

苑房房

通州建总集团有限公司, 江苏 南通 226000

**摘要：** 在建筑领域，高强度混凝土的应用是实现结构强度与耐久性的关键。本文聚焦于高强度混凝土的配制与施工技术，旨在提高建筑物的整体性能。文章首先探讨了配置高强度混凝土的三大目的：增强结构承载能力，提升建筑耐久性，以及满足特殊施工要求。在配制流程方面，详细阐述了材料选择与检验、配比设计、混合搅拌及试验与质量控制的关键步骤。此外，文中对高强度混凝土施工技术做了全面分析，包括浇筑方法、养护技术、裂缝预防及施工质量监控，为建筑施工中高强度混凝土的应用提供了系统的技术指导。

**关键词：** 建筑施工；高强度混凝土；配制；施工技术

## Research on Formulation and Construction Technology of High Strength Concrete in Building Construction

Yuan Fangfang

Tongzhou Construction Group Co., Ltd, Jiangsu, Nantong 226000

**Abstract：** In the field of construction, the application of high-strength concrete is the key to realize structural strength and durability. This paper focuses on the formulation and construction technology of high-strength concrete, aiming to improve the overall performance of buildings. The article firstly discusses the three main purposes of configuring high-strength concrete: to enhance the structural load-bearing capacity, to improve the durability of the building, and to meet the special construction requirements. In terms of the formulation process, the key steps of material selection and inspection, proportioning design, mixing and stirring, and testing and quality control are described in detail. In addition, the paper makes a comprehensive analysis of high-strength concrete construction technology, including pouring method, maintenance technology, crack prevention and construction quality monitoring, which provides a systematic technical guidance for the application of high-strength concrete in building construction.

**Key words：** building construction; high strength concrete; preparation; construction technology

## 一、引言

在现代建筑工程中，高强度混凝土由于其卓越的性能，成为结构设计的重要材料。它不仅提供了更大的结构强度，还延长了建筑物的使用寿命，并能适应复杂多变的施工环境。这些特性使得高强度混凝土在大型建筑和特殊结构中的应用日益增多。然而，其配制和施工过程中面临多项技术挑战，需要精确控制材料质量、配比设计、施工方法等关键因素。因此，深入研究和掌握高强度混凝土的配制与施工技术，对于提高建筑质量和安全性具有重要意义。本文以此为出发点，系统性地探讨了高强度混凝土在建筑施工中的应用技术，旨在为相关领域的专业人员提供实用的参考和指导。

## 二、建筑施工中配置高强度混凝土的目的

### （一）提高结构承载能力

高强度混凝土在建筑施工中的首要目的是显著提高结构的承载能力。传统混凝土的抗压强度一般在30-40 MPa（兆帕）左

右，而高强度混凝土的抗压强度可达60-100 MPa 甚至更高。这种增强主要归因于其优化的粒度分布和较低的水胶比。高强度混凝土能够更有效地承受来自建筑自重、使用负荷以及环境因素（如风压、地震等）的压力<sup>[1]</sup>。例如，在高层建筑中，使用高强度混凝土可以减少柱子和梁的尺寸，从而为室内空间创造更多的可用区域。此外，对于大跨度结构，如桥梁或大型公共设施，高强度混凝土的使用可显著减少支撑结构的数量，简化设计并降低成本。这种材料的应用，不仅提升了建筑的功能性和美观性，也为现代建筑设计提供了更多的灵活性和创新空间。

### （二）增加建筑耐久性

高强度混凝土在增加建筑耐久性方面发挥着重要作用。其高强度特性意味着更好的抗裂性和较低的渗透率，这有助于减少因环境因素（如水分、化学物质侵蚀和温度变化）引起的损害<sup>[2]</sup>。例如，高强度混凝土的抗渗性能通常比普通混凝土提高50% 以上，这使得建筑更能抵抗雨水和地下水的侵袭，降低了钢筋腐蚀的风险，从而延长了建筑的使用寿命。此外，高强度混凝土在抵抗化学腐蚀、冻融循环和磨损方面的性能也优于普通混凝土，特别适合于那些暴露在恶劣环境中的结构，如海洋平台、化工厂和高速



公路等。其卓越的耐久性能不仅减少了维护成本，也提高了建筑的整体价值。

### （三）适应特殊施工要求

高强度混凝土能够满足特殊施工要求，适应各种复杂和特殊的建筑设计。在一些需要超常规尺寸或形状的建筑项目中，如高耸的摩天大楼、具有独特设计的纪念性建筑，或者是需要超长跨度的桥梁，高强度混凝土因其优异的机械性能和可塑性成为不可或缺的材料<sup>[3]</sup>。例如，对于高层建筑，高强度混凝土可以有效减轻结构重量，降低地震作用下的惯性力，从而提高结构的抗震性能。在某些极端环境条件下的建设，如极低或极高温度环境，高强度混凝土通过特殊的配方设计，能够保持其结构完整性和功能性。此外，对于紧急建设项目，如抢险救灾中的临时设施，高强度混凝土的快速固化特性可大幅缩短施工时间，确保工程的及时完成。这些特点使得高强度混凝土成为解决复杂工程问题和满足特殊设计需求的理想选择。

## 三、建筑施工中高强度混凝土的配制流程

### （一）材料选择与检验

在配制流程中，材料选择与检验是基础且关键的步骤。首先，水泥的选择必须满足特定的性能标准，通常采用强度等级不低于42.5 MPa的硅酸盐水泥。这种水泥具有更好的早期强度和稳定性，能够确保混凝土迅速硬化和发展强度。其次，骨料的选择也至关重要，通常选用粒径较小、形状规则、表面干净、无杂质的骨料，以降低混凝土的孔隙率，提高其密实度和强度<sup>[4]</sup>。例如，细骨料中石英砂的含量一般需控制在85%以上，以确保足够的硬度和耐磨性。在材料检验方面，必须对水泥的稳定性、骨料的含泥量、粒径分布以及添加剂的活性等进行严格测试。例如，水泥的初凝时间需控制在45分钟以上，终凝时间不超过10小时，以保证混凝土的施工性能。骨料的含泥量一般不超过1.5%，以免影响混凝土的粘结性和强度。

### （二）配比设计与调整

高强度混凝土的配比设计是确保其性能的核心环节。配比设计需根据工程需求、材料特性和环境条件进行精确计算。一般而言，高强度混凝土的水胶比控制在0.25至0.35之间，这有助于达到高强度和良好的耐久性。例如，在一般的建筑工程中，混凝土的抗压强度设计值通常设置为60 MPa以上，这要求水泥用量在400至500 kg/m<sup>3</sup>之间。在配比的调整过程中，需要考虑环境温度、湿度等因素对混凝土性能的影响<sup>[5]</sup>。如在高温环境下施工，就需要增加减水剂的用量或调整水泥种类以控制混凝土的硬化速度。此外，配比的设计还需通过试验验证，如通过制作试块并进行抗压强度测试，以确保最终配比能够满足设计要求和工程标准<sup>[6]</sup>。

### （三）混合与搅拌

混合与搅拌是高强度混凝土配制中的一个关键步骤，在混合过程中，首先将干燥的骨料、水泥和添加剂按照设计配比加入混合机。这一过程的时长一般控制在30秒至1分钟，以确保干材料充分混合。随后，加入水和液态添加剂，搅拌的总时长通常为3至

5分钟，这取决于混凝土的具体类型和搅拌机的性能<sup>[7]</sup>。充分的搅拌对于实现混凝土中空气泡的均匀分布至关重要，这可以显著提升混凝土的工作性和最终的结构性能。在高强度混凝土的搅拌过程中，温度控制也是一个重要因素<sup>[8]</sup>。为避免水泥水化反应过快导致的操作困难，搅拌水的温度需严格控制。例如，在夏季，搅拌水温度应控制在20℃以下，以减缓水泥的水化速度和热发展，确保混凝土的质量和性能。此外，混凝土的输送和浇筑应紧随搅拌完成后进行，以防止材料分离和性能下降。

### （四）试验与质量控制

试验与质量控制是确保高强度混凝土配制成功的重要环节。此过程包括对混凝土的各项性能进行严格测试，以验证其符合设计要求和标准规范。常见的测试包括抗压强度测试、坍落度测试和气泡含量测试<sup>[9]</sup>。例如，抗压强度测试是通过将混凝土试块施加压力直至破坏，来评估其承载能力。混凝土的设计抗压强度通常为其28天龄期强度的预定值，如60 MPa或更高。坍落度测试则用于评估混凝土的工作性。对于高强度混凝土，坍落度的标准范围通常在75至125毫米。若坍落度过高或过低，表明混凝土的流动性或黏结性不符合要求，就需要调整水泥用量或添加剂配比。在整个配制过程中，质量控制措施必须贯穿始终。这包括对原材料的质量检验、生产过程的监控以及成品混凝土的性能测试。所有测试结果都应详细记录并进行分析，以便及时调整配方和工艺，确保混凝土质量达到预期标准。

## 四、建筑施工中高强度混凝土的施工技术

### （一）浇筑方法与注意事项

在混凝土的施工过程中，浇筑是一个关键环节，其方法和注意事项直接影响着混凝土结构的质量和性能。首先，浇筑应尽快进行，以避免混凝土初凝前的质量下降。例如，在搅拌完成后的90分钟内完成浇筑是理想的时间窗口。在浇筑过程中，应避免混凝土自高处自由落下，这容易导致骨料分离和气泡积聚<sup>[10]</sup>。因此，采用泵送或导管直接输送混凝土到浇筑位置是推荐的做法。确保混凝土在浇筑过程中均匀分布也是至关重要的。为实现这一点，应采用分层浇筑的方法，每层的厚度控制在300至500毫米之间，并使用振动棒进行充分振捣，以消除气泡并保证混凝土的致密性。温度对高强度混凝土的浇筑也有显著影响<sup>[11]</sup>。在高温条件下，应采取措降低混凝土温度，如使用冷却水或冰水替代常温水，或在浇筑前对混凝土进行冷却。此外，为防止快速水分蒸发，浇筑后应立即进行表面覆盖，使用湿布或专用的保湿材料。

### （二）养护技术与环境控制

养护是保证高强度混凝土达到其设计性能的重要环节。养护的主要目的是维持混凝土中的水分，以促进水泥水化反应和强度发展。高强度混凝土的养护一般从浇筑后6至12小时开始，持续时间至少为7天，对于某些特殊要求的工程，甚至需要延长至28天。在养护过程中，温度和湿度的控制至关重要。理想的养护温度应保持在20℃至25℃之间，湿度保持在80%以上。在较热或较干燥的环境中，可以使用喷水、湿布覆盖或水泥基养护膜等方法来维持



混凝土表面的湿度<sup>[12]</sup>。另外，避免养护期间混凝土的温度过高也是关键，因为高温会加速水泥水化，容易导致内部应力增大和裂缝产生。在高温环境中施工时，可以采用遮阳措施，如设置遮阳棚或使用反射性养护膜，以减少阳光直射。此外，对于大体积混凝土结构，还需考虑内部和外部的温差控制，以防止热应力引起的裂缝。这可以通过使用低热发展的水泥、添加矿物掺合料或控制浇筑体积来实现。例如，通过在混凝土中添加粉煤灰或矿渣粉，可以降低水泥的热发展速度，减少内部应力。

### （三）裂缝预防与控制

在混凝土的施工中，裂缝的预防和控制是确保结构完整性和耐久性的关键。为此，应采取一系列具体措施。首先，在设计阶段就应考虑混凝土结构的应力分布和热膨胀问题，通过合理的结构设计和增加钢筋布置来减少应力集中<sup>[13]</sup>。例如，对于大面积的混凝土板，设计时应考虑设置适当的伸缩缝和裂缝控制钢筋，以分散应力和控制裂缝的发展。在混凝土的配制和浇筑过程中，控制水胶比是预防裂缝的关键。水胶比应保持在较低水平（通常不超过0.40），以减少混凝土收缩和裂缝的风险。同时，确保混凝土的均匀搅拌和充分振捣，可以避免由于材料分层或气泡积聚导致的内部裂缝<sup>[14]</sup>。在养护阶段，适当延长养护时间和控制养护温度对于防止裂缝形成至关重要。如前所述，养护温度应控制在20℃至25℃之间，以减少热应力。对于大体积混凝土结构，还应采取渐进式降温措施，如使用水喷淋或覆盖湿布，以避免因温度急剧下降而产生热应力裂缝。此外，采用特殊添加剂，如缓凝剂或减水剂，也是控制裂缝的有效方法。

### （四）施工质量监控

混凝土施工的质量监控是确保项目成功的重要组成部分

分。这要求在整个施工过程中进行严格的质量控制和监督。首先，应建立全面的质量管理体系，包括对原材料、混凝土配制、浇筑、养护和硬化过程的严格监控。例如，通过实时监测混凝土的温度、湿度和强度，可以及时发现和解决问题。在施工现场，应配备专业的质量控制团队，他们负责监督混凝土的搅拌、运输、浇筑和养护过程，并定期进行抽样检测，如混凝土坍落度测试、抗压强度测试等<sup>[15]</sup>。对于任何不符合规范的情况，应立即采取纠正措施。为了保证施工质量，还需采用先进的技术和设备。如使用计算机控制的自动搅拌站，可以确保混凝土配比的精准和均匀。同时，利用现代化的测量和检测工具，如电子测距仪和混凝土强度测试仪器，可以提高检测的准确性和效率。另外，施工团队的培训和技能提升也是保证质量的重要方面。通过定期的培训和技术交流，可以确保施工人员了解最新的施工技术和质量标准，提高施工过程中问题的识别和解决能力。

## 结束语

本文深入探讨了建筑施工中混凝土的配制与施工技术，提供了全面而详细的指导。通过分析混凝土的目的、配制流程和施工技术，本文强调了精确控制材料质量、配比设计、混合搅拌以及施工过程中的质量监控的重要性。分析表明，适当的材料选择、严谨的配比设计、精细的施工操作和有效的质量控制对于实现混凝土的最佳性能至关重要。这些发现对于推动建筑行业的技术进步和提高建筑结构的安全性与耐久性具有重要意义。

## 参考文献

- [1] 徐宝华, 武俊宇, 皮永豪, 谢小元. 高强透水混凝土的制备与应用研究 [J]. 新型建筑材料, 2023, 50 (05): 25-28.
- [2] 刘文彬. 公路工程高强混凝土施工技术 [J]. 四川建材, 2023, 49 (05): 128-129.
- [3] 黄霸. 先张法高强混凝土预制管桩施工技术浅析 [J]. 四川建材, 2022, 48 (10): 121-122.
- [4] 吴志华, 叶顺汉. 高、长泵程高强度箱梁混凝土配制及施工控制 [J]. 廊坊师范学院学报 (自然科学版), 2022, 22 (03): 92-96.
- [5] 刘秀红. 关于精品机制砂配制高强度混凝土的应用研究 [J]. 建筑施工, 2022, 44 (07): 1704-1708.
- [6] 刘路明. 微膨胀超高性能混凝土的配制和性能及工程应用 [D]. 湖南大学, 2022.
- [7] 王稳生. 混凝土施工技术在道路桥梁施工中的应用 [J]. 运输经理世界, 2021, (33): 85-87.
- [8] 高立军, 张逸飞. 超高层高强度混凝土泵送的综合施工技术研究 [J]. 江西建材, 2021, (10): 248-249.
- [9] 李少华, 王沂. 混凝土施工技术在水利水电施工中的应用研究 [J]. 运输经理世界, 2021, (29): 151-153.
- [10] 郑丽, 陈露一, 黄有强, 张志豪. 桥梁用高强度自密实混凝土配制试验研究 [J]. 交通科技, 2020, (05): 121-125.
- [11] 周文. 高强再生骨料混凝土的配制研究 [J]. 地产, 2019, (20): 135.
- [12] 张合春. 高强高性能混凝土的配制试验研究 [J]. 山西建筑, 2018, 44 (19): 108-110.
- [13] 李海卿, 田桃涛. 桥梁高性能混凝土应用技术的研究与进展 [J]. 江西建材, 2018, (08): 23-25.
- [14] 王龙. 早强型高强混凝土早期抗压强度影响因素的探讨 [J]. 四川建材, 2017, 43 (07): 13-14.
- [15] 赵尚传, 傅智, 罗翥, 杜天玲. 路用高弯拉强度混凝土配制与施工技术要点 [J]. 公路, 2006, (07): 1-4.

# 建筑工程施工中深基坑支护施工技术应用研究

魏勇军

北京首华建设经营有限公司, 北京 100010

**摘 要：** 基坑施工是基础工程中至关重要的环节，在基坑开挖过程中，我们必须做好基坑支护工作，以确保项目的平稳进行。随着时间推移，建设项目的规模逐渐扩大，同时为节约城市用地，建筑物的高度也在不断增加。大量高层建筑的开工，不仅增加了整个工程的工作量，还提高了对建筑结构的要求。深基坑支护施工工艺是整个基坑工程的重要组成部分，对其特点和工艺管理要点的分析对于保证工程的施工进度具有重大意义。

**关 键 词：** 建筑工程；深基坑；支护施工技术；应用策略

## Research on the Application of Deep Foundation Pit Support Construction Technology in Construction Engineering

Wei Yongjun

Beijing Shouhua Construction and Operation Co., Ltd. Beijing 100010

**Abstract：** Excavation construction is a crucial link in foundation engineering. During the excavation process, we must do a good job in excavation support to ensure the smooth progress of the project. As time goes by, the scale of construction projects gradually expands, and at the same time, in order to save urban land, the height of buildings is also constantly increasing. The construction of a large number of high-rise buildings has not only increased the workload of the entire project, but also raised the requirements for the building structure. The construction technology of deep foundation pit support is an important component of the entire foundation pit project. Analyzing its characteristics and key points of process management is of great significance for ensuring the construction progress of the project.

**Key words：** construction engineering; deep foundation pit; support construction technology; application strategy

## 引言

随着人口密度的不断提高，城市可利用的土地资源逐渐减少，为满足建筑业不断发展和建设的需要，地方政府已经加大了对基础设施的投入，特别是自住房制度实施以来，高层建筑得到了迅速的发展，在这个过程中，基坑工程的重要性也逐渐凸显出来，目前，大多数地方已经积累了丰富的深基坑工程建设经验，然而，这些经验并不一定适用于所以建设项目，对于每项基坑工程，都需要根据实际情况进行具体分析和设计。

## 一、建筑工程项目施工中的深基坑支护施工技术

### （一）深基坑支护施工技术的意义

深基坑施工是建筑工程中的重要环节，其质量直接关系到整个工程的安全性和稳定性。如果施工单位的深基坑支护施工质量控制不当，可能会导致支护施工不到位，深基坑支护加固效果未达到预期，甚至不满足施工规范，这将给后续的建筑工程施工和建筑物的安全稳定带来不利影响。因此，建设单位必须高度重视深基坑支护施工环节，充分认识其重要性，对现行的深基坑支护技术进行分析，认识到目前技术存在的缺陷，并对其进行灵活应用和优化，以提高建筑工程的安全性和稳定性。只有做好深基坑

的施工过程，才能有效提高工程的高稳定度，这既是一种高水准的施工措施，又是一种与建筑业发展和现代化经济建设相适应的升级战略。

### （二）深基坑支护工程特征

首先，深基坑工程是一个比较复杂的工程，在施工之前，有关人员必须对客观的施工情况进行调查，尽管在施工之前已经收集了施工用的地基测量资料，但由于各种因素的干扰，可能会产生一些数据上的错误，这些错误会严重影响深基坑支护的施工进度和工程的完成质量，因此，施工中土质调查数据的精度必须得到更多的关注，目前，岩土工程中普遍采用的是兰肯土压力理论，但该方法易受施工环境的影响。其次，深基坑开挖过程中存在着多个影响因

子，根据以往的工程实践，导致基坑工程质量不稳定的原因有很多，如：工程技术人员勘察设计不合理、数据测量不准确、支护设计落后、监理工作不规范等。最后，在建设阶段深基坑支护也是区域性的工程，我国幅员辽阔，地形地貌多样，各区域的土质状况差别较大，因此，土质好坏对深基坑支护工程具有直接的影响。所以，在不同的地形地貌区域或不同的地质情况下，都要根据工程和地质的需要，灵活地选用各种施工工艺。

## 二、建筑工程项目深基坑支护施工现状

目前，深基坑工程施工仍存在一些问题和不足。在建筑工程中，深基坑工程施工的质量对于整个工程的安全性和稳定性具有至关重要的作用。然而，由于深基坑工程施工的复杂性，许多问题如果不及时发现并解决，将对后续的工程施工建设造成负面影响。然而，一些建设单位往往缺乏必要的专业知识和资源，导致设计不合理或施工方法不得当，给工程带来安全隐患。此外，深基坑工程施工过程中的监测和预警体系也至关重要。然而，一些工程中缺乏有效的监测手段和预警机制，无法及时发现并处理潜在的安全隐患。

### （一）土层锚杆支护施工不到位

土层锚杆是一种常用的支撑和维护方法，广泛应用于各种工程中。它的优点在于稳定性优良，支撑效果显著，能够有效地提高土层的承载能力和稳定性，防止土层变形和塌陷。然而，在实际施工过程中，如果锚点加固孔位置不准确或者加固孔间距判断不一致，就会对土层锚杆的施工品质产生不利影响，甚至可能导致工程质量无法达标。

### （二）土钉支护施工不到位

土钉支护是一种常见的支护方法，它具有许多优点，例如经济性高、操作简便、安全可靠等。在建筑工程中，土钉支护被广泛应用于各种类型的结构中，如桥梁、路基、隧道等。它的主要作用是提供支撑和稳定作用，以确保工程的稳定性和安全性。然而，在实际施工过程中，如果施工人员的操作不当，可能会导致土钉的拉力不足，从而影响支护效果。例如，如果土钉的锚固深度不够，或者如果土钉的间距过大，都可能导致土钉的拉力不足。此外，如果土钉支护施工过程中的孔位深度、角度、间距等参数控制不当，也会对支护效果产生不利影响。例如，如果孔位深度不够，或者如果孔位角度偏离过大，都可能导致土钉的拉力不足。

### （三）深基坑支护施工技术与项目需求不匹配

深基坑支护施工技术的应用需要根据项目的实际需求进行选择和调整。然而，在当前的建筑工程项目中，一些施工单位为了追求施工进度和经济效益，往往忽视了项目需求和工程地质条件等因素，盲目采用某种支护施工技术，从而导致了深基坑支护施工的不稳定性和不安全性。同时，一些施工单位在深基坑支护施工过程中缺乏对细节的把控，如土方开挖和支护施工的协调性、土方开挖的分层厚度等，这些细节问题都可能影响到深基坑支护施工的质量和安全性。

### （四）深基坑支护施工流程不规范

深基坑支护施工是一项技术性较强的工程，其施工流程需要严格遵守相关规范和标准。然而，在实际施工过程中，一些施工单位为了追求施工进度和经济效益，往往忽视了施工流程的规范性，如土方开挖和支护施工的协调性、土方开挖的分层厚度等，这些都会对深基坑支护施工的质量和安全性产生不利影响。此外，一些施工单位在施工过程中缺乏有效的质量管理和监督机制，导致施工过程中出现各种问题，如材料质量不合格、施工工艺不规范等，这些问题都会对深基坑支护施工的质量和安全性产生不利影响。

### （五）深基坑支护施工监督不到位

深基坑支护施工监督是确保施工质量的重要环节。然而，在实际施工过程中，一些施工单位往往忽视了监督的重要性，导致施工监督不到位。此外，一些监理单位和监督人员缺乏专业知识和经验，无法对深基坑支护施工进行有效的监督和指导，这也导致了施工质量的不稳定性和不安全性。

## 三、深基坑支护施工技术的质量控制策略

### （一）做好土层锚杆支护施工

土层锚杆支护是深基坑支护的重要部分，其施工质量直接影响到整个支护工程的效果。为了做好土层锚杆支护施工，我们需要从以下几个方面入手：首先确定锚点位置和加固孔位置根据设计要求和地质勘察结果，确定锚点位置和加固孔位置，确保其准确性和合理性。其次控制孔深和间距根据设计要求，控制孔深和间距，确保其符合规范要求。再次做好锚杆制作和安装选择合适的材料制作锚杆，确保其质量和强度符合要求。安装时，要保证锚杆的位置、角度和间距符合设计要求。然后做好注浆施工选择合适的注浆材料，按照规定的比例进行配制，确保注浆质量和效果。最后加强施工监控对土层锚杆支护施工过程进行全面监控，及时发现并解决问题，确保施工质量。通过以上措施，我们可以有效提高土层锚杆支护的施工质量，为深基坑支护工程提供有力保障。

### （二）加强土钉支护施工管理

土钉支护是一种常见的支护方式，其施工质量也直接影响到整个支护工程的效果。为了加强土钉支护施工管理，我们需要从以下几个方面入手：首先控制土钉孔位深度、角度和间距根据设计要求和地质勘察结果，确定土钉孔位深度、角度和间距，确保其准确性和合理性。其次加强土钉制作和安装管理选择合适的材料制作土钉，确保其质量和强度符合要求。安装时，要保证土钉的位置、角度和间距符合设计要求。再次控制注浆施工质量和效果选择合适的注浆材料，按照规定的比例进行配制，确保注浆质量和效果。然后加强施工监控对土钉支护施工过程进行全面监控，及时发现并解决问题，确保施工质量。最后加强施工人员培训和管理对施工人员进行加强培训和管理，增强其技能水平和安全意识，确保施工质量和安全。通过以上措施，我们可以有效加强土钉支护施工管理，提高施工质量，为深基坑支护工程提供有力保障。

（三）优化深基坑支护施工技术与项目需求的匹配

深基坑支护施工技术的应用需要根据项目的实际需求进行选择 and 调整。为了优化深基坑支护施工技术与项目需求的匹配，我们需要从以下几个方面入手：首先充分了解项目需求和工程地质条件在 施工前，要对项目需求和工程地质条件进行充分了解和 分析，为选择合适的支护施工技术提供依据。其次制定合理的施工方案根据项目需求和工程地质条件，制定合理的施工方案，包括支护结构类型、施工工艺、材料选择等方面。再次加强技术交底和培训对施工人员进行技术交底和培训，使其充分了解施工方案和技术要求，确保施工质量和安全。然后及时调整施工技术在施工过程中，要根据实际情况及时调整施工技术，确保其与项目需求的匹配度。最后加强施工监督和验收对深基坑支护施工过程进行全面监督和验收，确保其符合规范要求和项目需求。通过以上措施，我们可以有效优化深基坑支护施工技术与项目需求的匹配，提高施工质量和使用安全性。

（四）规范深基坑支护施工流程

深基坑支护施工流程的规范性是保证施工质量的重要因素。为了规范深基坑支护施工流程，我们需要从以下几个方面入手：首先制定详细的施工流程图根据规范要求和实际情况，制定详细的深基坑支护施工流程图，包括土方开挖、支护结构施工、排水系统设置等方面。其次加强施工协调性管理在施工过程中，要加强土方开挖和支护结构施工的协调性管理，确保两者之间的衔接顺畅。再次控制分层厚度和分层开挖速度在土方开挖过程中，要控制分层厚度和分层开挖速度，避免对支护结构产生过大的压力。然后加强材料管理和质量检测：对进场的材料进行严格管理和质量检测，确保其符合规范要求和设计要求。最后加强施工现

场管理和安全防护措施，确保施工人员的 人身安全和施工质量。通过以上措施，我们可以有效规范深基坑支护施工流程，提高施工质量和安全性。

（五）加强深基坑支护施工监督

深基坑支护施工监督是确保施工质量的重要环节。为了加强深基坑支护施工监督，我们需要从以下几个方面入手：首先建立完善的监督机制建立完善的监督机制，明确监督责任和监督内容，确保监督工作的有效实施。其次加强现场监督对深基坑支护施工现场进行全面监督，包括施工工艺、材料质量、施工进度等方面，确保施工质量符合规范要求。然后加强技术指导和支 持对施工人员进行必要的技术指导和支 持，帮助其解决施工过程中的问题，提高施工质量。再次加强质量检测和验收对深基坑支护施工过程进行质量检测和验收，确保其符合规范要求和设计要求。最后加强信息反馈和沟通建立有效的信息反馈和沟通机制，及时发现并解决问题，确保施工质量和安全。通过以上措施，我们可以有效加强深基坑支护施工监督，提高施工质量和使用安全性。

四、结语

综上所述，深基坑支护工程是建筑工程中的重要环节，其施工质量直接影响到整个建筑工程的安全性和稳定性。为了提高深基坑支护工程的施工质量，我们需要从多个方面入手，包括优化施工技术、加强施工管理、规范施工流程、加强施工监督等。通过这些措施的实施，我们可以有效提高深基坑支护工程的施工质量和使用安全性，为建筑工程的稳定运行提供有力保障。

参考文献

[1] 戴志超. 建筑工程施工中深基坑支护施工技术应用研究 [J]. 广东建材, 2023, 39(12): 94-96.  
[2] 韩旭松. 试论建筑工程施工中深基坑支护的施工技术控制 [J]. 城市建设理论研究 (电子版), 2023, (32): 114-116.  
[3] 蔡昀晓, 张学泽, 孙涛. 岩土工程施工中深基坑支护技术的应用研究 [J]. 建筑机械, 2023, (11): 32-35.  
[4] 唐勇. 深基坑支护技术在房屋建筑施工中的应用 [J]. 城市建设理论研究 (电子版), 2023, (30): 118-120.  
[5] 宋茂兴. 建筑工程施工中深基坑支护施工技术管理研究 [J]. 居舍, 2023, (30): 65-68.  
[6] 程周炳, 闫艳艳, 唐敏等. 建筑工程施工中深基坑支护施工技术管理研究 [J]. 科技创新与应用, 2023, 13(29): 177-180.  
[7] 蔡书传. 建筑工程施工中深基坑支护的施工技术管理对策分析 [J]. 产品可靠性报告, 2023, (10): 104-106.  
[8] 吴庆伟. 深基坑支护技术在建筑施工中的应用 [J]. 中国建筑金属结构, 2023, 22(09): 77-79.  
[9] 陈天锋. 建筑工程施工中的深基坑支护施工技术 [J]. 工程设计与设计, 2023, (17): 226-228.  
[10] 张庆, 贺海利. 深基坑支护技术在高层建筑工程施工中的应用 [J]. 工程机械与维修, 2023, (05): 210-212.  
[11] 曹立, 吴波, 苏宏强. 建筑工程施工中深基坑支护的施工技术管理 [J]. 四川建材, 2023, 49(09): 77-78.  
[12] 李永航. 试析房屋建筑工程中深基坑支护施工技术应用 [J]. 散装水泥, 2023, (04): 153-155.  
[13] 熊永忠. 盘州市建筑工程施工中深基坑支护的施工技术应用探究 [J]. 城市建设理论研究 (电子版), 2023, (21): 153-155.  
[14] 张继科, 张语宸, 刘世安. 深基坑支护技术在岩土工程施工中的应用 [J]. 房地产世界, 2023, (14): 133-135.  
[15] 丁洪. 建筑工程施工中深基坑支护的施工技术探讨 [J]. 广东建材, 2023, 39(07): 100-102+95.  
[16] 陈鹏亮. 深基坑支护技术在建筑施工中的应用研究 [J]. 砖瓦, 2023, (07): 136-138.  
[17] 赵文吉. 深基坑支护施工技术在建筑工程施工中的运用 [J]. 工程设计与设计, 2023, (12): 193-195.



# 建筑工程中的模板工程施工技术研究

桑福涛

胜利油田大明工程建设有限公司，山东 东营 257000

**摘要：**随着建筑工程技术的不断进步，模板工程施工技术作为其中的关键环节，正面临着前所未有的发展机遇与挑战。本文重点探讨了当前模板工程施工技术的主要应用、关键技术要点及其创新与发展路径。在应用层面，数字化建模和自动化施工成为提高效率和精度的重要工具。同时，可持续材料的使用、智能系统的集成、模块化设计的推广以及安全监测技术的提升，标志着该领域的创新和未来发展方向。这些技术的发展不仅优化了建筑工程的施工流程，也为行业的可持续发展提供了新思路。

**关键词：**建筑工程；模板工程；施工技术

## Study on Formwork Construction Technology in Building Engineering

Sang Futao

Shengli Oilfield Daming Engineering Construction Co., Ltd, Shandong, Dongying 257000

**Abstract：** With the continuous progress of construction engineering technology, formwork engineering construction technology, as a key link, is facing unprecedented development opportunities and challenges. This paper focuses on the main application of current formwork engineering construction technology, key technical points and its innovation and development path. At the application level, digital modeling and automated construction have become important tools to improve efficiency and accuracy. Meanwhile, the use of sustainable materials, the integration of intelligent systems, the promotion of modularized design, and the enhancement of safety monitoring technology mark the innovation and future development direction of the field. The development of these technologies not only optimizes the construction process of building engineering, but also provides new ideas for the sustainable development of the industry.

**Key words：** construction engineering; formwork engineering; construction technology

## 一、引言

在现代建筑工程领域，模板工程作为一项基础且关键的施工技术，其发展趋势和技术创新对整个行业的影响深远。随着科技的迅速发展和建筑工程对质量、效率的日益追求，传统的模板工程施工方法已难以满足现代化建筑工程的需求。因此，探索和实施更高效、更安全、更环保的施工技术成为行业的当务之急。本文旨在分析当前模板工程施工技术的应用现状，深入探讨其在材料、设计、适应性和成本效益方面的关键技术要点。通过分析，旨在为建筑工程领域提供一个全面、深入的技术视角，进而推动行业的持续创新与发展。

## 二、现阶段模板工程施工技术的应用

### （一）数字化建模

在建筑工程中，数字化建模已成为模板工程施工技术的重要组成部分。通过利用高级计算机技术和软件，如 BIM（建筑信息模型），设计师和工程师能够在建筑项目开始之前创建精确的 3D 模型<sup>[1]</sup>。这种方法不仅提高了设计的准确性，还极大提高了项目规划和管理效率。例如，使用数字化建模，工程师可以精确计算

所需材料的数量，预测潜在的结构问题，并优化施工过程。根据相关分析，采用数字化建模技术的建筑项目，其设计准确性提高了约 35%，同时项目完成时间缩短了约 20%。此外，数字化建模还促进了跨专业团队之间的协作。通过共享 3D 模型，建筑师、结构工程师和施工团队可以更有效地协同工作，减少误解和错误，从而提高整体项目效率<sup>[2]</sup>。总之，数字化建模不仅提高了模板工程的精度和效率，还为建筑工程带来了更高的协作性和灵活性。

### （二）自动化施工

自动化施工技术在模板工程中的应用，是近年来建筑行业的一个重要发展趋势。通过引入机器人技术、无人机和其他自动化设备，建筑施工过程正变得更加高效和精确。例如，机器人可以被用来自动安装和拆除模板，这不仅减轻了工人的体力负担，还提高了施工的速度和安全性。据统计，引入自动化技术的建筑工程，在模板安装效率上提高了约 30%。此外，无人机可用于现场监控和数据收集，为施工进度和质量控制提供实时信息。这种技术的应用，尤其在大型或复杂的建筑项目中，极大地提高了管理效率和决策的准确性<sup>[3]</sup>。进一步地，自动化施工技术与数字化建模的结合，如使用 BIM 数据指导机器人施工，正成为行业的新趋势。这种集成应用不仅优化了施工流程，还提高了资源利用率，减少了浪费。总体而言，自动化施工技术的引入，不仅加速了模

板工程的施工进度，也为建筑行业带来了更高的效率 and 更佳的安全性。

### 三、模板工程施工技术要点分析

#### （一）材料选择

在模板工程施工技术中，材料选择是决定项目成功的关键因素之一。模板材料不仅要承受施工期间的重载，还要保证足够的稳定性和耐用性。常用的模板材料包括木材、钢材和塑料等。木材因其成本相对较低和加工容易而被广泛使用，但其主要缺点是耐久性较低，容易受到环境因素如湿度和温度的影响<sup>[4]</sup>。相比之下，钢材模板以其高强度和重复使用率高而受到青睐。根据分析，钢模板的使用寿命可达数十年，远高于木材模板的3—5年使用寿命。此外，塑料模板由于重量轻、易于搬运和安装，以及良好的耐腐蚀性能，正逐渐成为市场上的新选择。在实际应用中，材料选择还需考虑项目的特定需求，如形状复杂度、结构强度和预算限制<sup>[5]</sup>。因此，施工团队需要综合考虑各种因素，选择最适合项目需求的模板材料，以确保施工质量和效率。

#### （二）结构设计

模板工程的结构设计是确保施工安全和效率的另一项关键任务。正确的结构设计应保证模板系统在整个施工过程中的稳定性和承载能力。这要求设计师不仅要考虑到施工中的实际荷载，包括混凝土自重、施工人员和设备重量，还要预测和计算潜在的风险因素，如风载和震动<sup>[6]</sup>。结构设计的准确性直接影响到施工安全和进度。例如，过度设计还会导致材料和劳动力的浪费，而不足的设计则会引发结构崩塌等安全事故。根据行业标准，模板结构的设计安全系数通常需要达到1.5到2之间。为此，工程师通常利用先进的计算软件进行精确计算和模拟，以确保设计的可靠性和安全性。同时，考虑到环保和可持续性，结构设计还应促进材料的有效利用和回收再利用。

#### （三）现场适应性

现场适应性是模板工程施工技术中的另一个重要考虑点。由于建筑工程的地理位置、环境条件和具体要求各不相同，模板系统必须具备高度的适应性和灵活性<sup>[7]</sup>。例如，城市中心的紧凑工地需要的模板系统与郊区宽敞场地的需求截然不同。在城市环境中，施工空间的限制要求模板系统设计更加紧凑、轻巧，同时需要考虑到噪音和扬尘的控制。另一方面，郊区项目通常可以建设更大型的模板系统，但需要考虑更复杂的地形和气候条件。根据统计，针对特定施工环境定制的模板系统，可以提高施工效率约15%至25%。此外，现场适应性还涉及模板的安装和拆卸方面，灵活易操作的系统可以大幅减少劳动力成本和施工时间<sup>[8]</sup>。因此，考虑到各种现场条件，如空间限制、环境因素和施工需求，对模板系统进行精心设计和选择，对于保证施工进度和质量至关重要。

#### （四）成本效益

成本效益分析是模板工程施工技术中至关重要的一环。在进行模板工程时，成本控制不仅关乎经济效益，还直接影响到项目的可行性和质量<sup>[9]</sup>。首先，材料成本是主要的开支之一。选择成本

效益高的材料，如在满足安全和质量标准的前提下选择性价比高的模板材料，是降低总成本的关键。据估计，使用钢材模板的长期项目，其总成本可以比使用木材模板的项目低约15%。其次，施工效率也是影响成本的重要因素。高效的施工技术和方法可以显著减少劳动力成本和时间成本。根据统计，通过优化施工流程和技术，项目的竣工时间可以缩短20%至30%，相应地降低了工时和其他相关成本。最后，成本效益分析还包括对长期运营和维护成本的考虑。例如，在结构设计中采用可持续和易于维护的材料和技术，虽然会提高初期投资，但能在项目的整个生命周期内降低维护和更换成本。

### 四、模板工程施工技术的创新与发展

#### （一）可持续材料

实施可持续材料策略的核心在于选择对环境影响最小化同时保持高性能的建筑材料。首先，选择再生材料和可回收材料是关键。例如，使用回收钢材或经过认证的可持续林业产出的木材，可以大幅减少对自然资源的消耗。据统计，使用再生材料可减少高达40%的原材料消耗。其次，发展新型环保材料，如生物基塑料和轻质复合材料，可以进一步降低模板工程的环境足迹<sup>[10]</sup>。这些材料不仅具有良好的机械性能，还能在使用后更容易被回收和再利用。此外，将生命周期评估（LCA）纳入材料选择过程也至关重要。通过评估材料从采集、加工、运输到使用和废弃的全生命周期环境影响，可以做出更全面的可持续决策<sup>[11]</sup>。因此，选择本地生产的材料可以有效减少运输过程中的碳排放。最后，提高材料的使用效率也是实现可持续的关键。通过优化设计和精确计算，可以减少材料浪费，并提高重复使用率。例如，采用模块化和标准化的模板设计，不仅可以在多个项目中重复使用，还能减少现场裁剪造成的材料浪费。

#### （二）智能系统集成

智能系统集成的目标是通过使用先进技术，如物联网（IoT）和人工智能（AI），来提高建筑施工的效率和安全性。首先，通过在施工现场安装传感器和其他智能设备，可以实时监控施工环境和材料状态。例如，传感器可以监测模板的结构完整性，及时预警潜在的安全隐患。同时，这些数据可以通过AI分析，优化施工计划和资源配置。

其次，利用智能系统进行数据分析和预测，可以在施工前识别潜在的问题和瓶颈<sup>[12]</sup>。通过分析历史数据和模式，AI可以帮助决策者制定更有效的施工策略，减少意外和延误。据估计，使用AI进行施工管理可以提高效率高达20%。最后，智能系统还可以用于提高劳动力的安全性和效率。例如，使用虚拟现实（VR）和增强现实（AR）技术进行施工培训，可以在不实际进入现场的情况下，提高工人的技能和对安全风险的认识。

#### （三）模块化设计

模块化设计在模板工程施工技术的创新与发展中占据了关键地位。这种策略主要集中在创建标准化、可互换的模板部件，以提高施工过程中的效率和适应性<sup>[13]</sup>。具体实施这一策略时，首先

需要开发通用的模板模块，这些模块可以在不同的建筑项目中重复使用。通过这种方式，可以减少对定制模板的需求，从而降低材料和制造成本。例如，设计标准尺寸的模板单元，可以在多种建筑结构中使用，这种标准化设计可以减少高达30%的材料成本。其次，模块化设计还涉及改善模板系统的组装和拆卸过程。通过优化模板连接件和支撑系统的设计，可以加快施工速度，减少对工人技能的依赖<sup>[14]</sup>。据估计，使用模块化模板系统可以缩短施工时间约20%。这不仅降低了劳动力成本，也缩短了整个建筑项目的施工周期。最后，模块化设计还需要考虑到可持续性。利用可回收或生物降解的材料来制造模块，可以进一步降低环境影响。同时，设计易于拆解和重组的模块化系统，可以增强材料的循环利用率，进而实现经济和环境双重效益。

#### （四）安全监测

安全监测是模板工程施工技术发展的另一关键领域。该策略的核心在于实施实时监测和风险评估，以保证施工现场的安全。首先，可以部署传感器技术，如应变计和倾斜传感器，这些设备可以实时监测模板结构的稳定性和受力情况。通过收集这些数据，工程师能够及时发现潜在的结构问题，采取预防措施，避免事故的发生<sup>[15]</sup>。例如，传感器数据显示某一区域的压力超过安全限值，工程团队可以迅速采取行动，如加强支撑或暂停施工。

其次，安全监测还包括使用视频监控和无人机技术，以实时监控施工现场的整体状况。这些技术可以帮助工程管理团队远程检测潜在的安全隐患，如不安全的工作行为或未经授权的进入施工区域。最后，数据分析和机器学习技术在安全监测策略中扮演重要角色。通过分析历史数据，可以预测和识别施工过程中的高风险模式，从而实现预防性的风险管理。例如，通过分析过去事故的数据，可以识别出事故的常见原因，并在未来的项目中采取相应的预防措施。这种基于数据的方法可以显著提高施工现场的整体安全性。

#### 结束语

本文深入探讨了建筑工程中模板工程施工技术的多个关键方面，包括其当前应用、技术要点及创新发展策略。通过对数字化建模、自动化施工、材料选择、结构设计、现场适应性、成本效益分析，以及可持续材料使用、模块化设计和安全监测策略的详细讨论，本文不仅为建筑领域的专业人士提供了宝贵的参考，也为该领域的未来创新发展指明了方向。这些洞见和策略的应用，预期将极大地推动建筑工程的效率提升和安全性增强，同时为实现更加可持续的建筑环境贡献力量。

#### 参考文献

[1] 徐贵民. 建筑工程模板工程施工技术要点 [J]. 科技与创新, 2023,(10):107-109.  
[2] 李国强. 建筑工程项目模板工程施工技术要点 [J]. 居业, 2023,(03):22-24.  
[3] 张永鹏. 建筑工程高大模板工程施工技术及质量控制研究 [J]. 石材, 2023,(03):61-63.  
[4] 孙学红, 刘四海. 建筑工程中模板工程施工技术的应用解析——以某工程为例 [J]. 中国住宅设施, 2022,(11):88-90.  
[5] 张志坚. 简析建筑工程中模板工程施工技术 [J]. 大众标准化, 2022,(19):25-27.  
[6] 陈金龙. 建筑工程模板工程施工技术研究 [J]. 低碳世界, 2021,11(10):111-112.  
[7] 陶彪. 建筑工程高大模板工程施工技术及质量控制研究 [J]. 建筑技术开发, 2020,47(18):86-87.  
[8] 于雷. 建筑工程模板工程施工技术的应用分析 [J]. 现代物业 (中旬刊), 2019,(11):38.  
[9] 赵令锋. 浅析建筑工程模板工程施工技术 [J]. 四川建材, 2019,45(11):102-103.  
[10] 单希翔, 吴士桃. 建筑工程模板工程施工技术探讨 [J]. 建筑技术开发, 2019,(S1):261-262.  
[11] 文凤枝. 浅析建筑工程中模板工程施工技术 [J]. 技术与市场, 2019,26(08):123-124.  
[12] 霍蕊. 建筑模板工程中主体模板施工技术 [J]. 建材与装饰, 2019,(19):9-10.  
[13] 杨参. 建筑工程模板工程施工技术分析 [J]. 建材与装饰, 2019,(11):47-48.  
[14] 王雪峰. 建筑模板工程中主体模板施工技术分析 [J]. 营销界, 2019,(13):161.  
[15] 李景阳, 李晓林, 马步玲. 建筑工程模板工程施工技术分析 [J]. 居业, 2019,(03):96.

# 建筑工程造价在工程招标与合同管理中的应用

李猛

中诚房地产开发股份有限公司, 河北 保定 071000

**摘要：**在当前建筑行业的快速发展中，建筑工程造价的准确把握对于工程项目的成功至关重要。本文探讨了建筑工程造价在工程招标和合同管理中的核心作用和应用。文章首先阐述了工程造价在成本控制、投标决策和合同协商中的重要性。随后，深入探讨了其在预算编制、投标评估、合同谈判及变更管理等方面的实际应用。此外，文章还预见未来建筑工程造价在招标和合同管理中的发展趋势，这些趋势展示了造价管理向更高效、全面和可持续方向的演进。

**关键词：**建筑工程造价；工程招标；合同管理

## Application of Construction Cost in Project Bidding and Contract Management

Li Meng

Zhongcheng Real Estate Development Co., Ltd, Hebei, Baoding 071000

**Abstract：** In the current rapid development of the construction industry, the accurate grasp of construction project cost is crucial to the success of the project. This article discusses the core role and application of construction project costing in project bidding and contract management. The article first describes the importance of construction costing in cost control, bidding decision-making and contract negotiation. Subsequently, its practical applications in budgeting, bid evaluation, contract negotiation and change management are discussed in depth. In addition, the article foresees future trends in construction costing in bidding and contract management, which demonstrate the evolution of cost management towards greater efficiency, comprehensiveness and sustainability.

**Key words：** construction cost; project bidding; contract management

## 一、引言

随着建筑行业的日益复杂化和项目规模的不断扩大，工程造价管理已成为确保项目成功的关键因素。在这个背景下，深入理解建筑工程造价在工程招标和合同管理中的作用变得至关重要。工程造价不仅影响项目的经济效益，也是制订有效合同的基础。本文从工程造价的角度出发，探讨其在现代建筑工程中的应用和影响。此外，本文还探讨了工程造价在实际操作中的应用，如预算编制和投标评估，以及它在适应现代建筑行业变革中的发展方向。这包括技术的进步、对可持续性的重视和风险管理的集成，这些元素共同推动了建筑工程造价管理向着更高效、透明和综合的方向发展。

## 二、工程造价对工程招标与合同管理的重要性

### （一）成本控制和预算管理

在建筑工程中，成本控制和预算管理是工程造价对招标与合同管理重要性的首要体现。一个准确的工程造价估算不仅为项目提供了财务框架，而且还确保了资源的有效分配<sup>[1]</sup>。首先，它为决策者提供了项目可行性的初步评估。例如，通过对材料、人力和其他资源的成本进行综合分析，可以判断项目的经济效益。其次，工程造价为项目的全过程提供了成本监控的基准。在项目实

施阶段，通过与初始造价估算进行比较，项目经理能够及时识别预算偏差，并采取措施进行调整<sup>[2]</sup>。此外，成本控制在招标过程中同样至关重要。工程造价的准确估计能够帮助招标方合理的项目预算和投标价格范围。例如，通过对类似历史项目的造价分析，可以更准确地设定招标项目的预算。这样的做法不仅提高了项目的吸引力，还减少了超支的风险。

### （二）投标决策支持

工程造价在投标决策支持中的重要性体现在两个主要方面，为投标方提供竞争策略的基础和帮助招标方评估投标的可行性。对于投标方而言，准确的造价估算是制定有竞争力的投标报价的关键<sup>[3]</sup>。这一过程涉及对项目的全面成本分析，包括直接成本（如材料、劳务）和间接成本（如管理费用、运营成本）。例如，在一家建筑公司成功在保证利润的同时提交了最有吸引力的报价。对招标方来说，工程造价的分析是评估各个投标的可行性和财务稳健性的重要工具<sup>[4]</sup>。通过对投标报价与项目预算和市场情况的比较，招标方能够识别出过低或不切实际的报价，从而减少项目执行过程中的风险。因此，无论是对于投标方还是招标方，工程造价在投标决策中都发挥着至关重要的作用，确保了整个招标过程的效率和有效性。

### （三）合同协商基础

在工程招标和合同管理中，工程造价提供了一个坚实的基



础，用于形成和谈判合同条款。准确的造价估算是确定项目范围、付款条件以及完成时间表的关键因素<sup>[9]</sup>。在合同谈判过程中，双方利用工程造价数据来制定和调整合同条款，以确保合同的公平性和可执行性。这有助于避免合同执行过程中由于价格不当而引起的争议。在一个大型住宅项目中，通过深入的造价分析，双方成功协商出一个既反映了市场情况又考虑到了潜在风险的合理价格。合同谈判中的开放和透明的造价信息能够促进双方的理解和协作，降低项目执行中的冲突和误解。例如，在一个国际合作项目中，通过共享详细的造价信息，项目团队建立了强大的信任关系，有效地推进了项目的顺利实施。因此，作为合同协商的基础，工程造价的角色不仅是技术性的，还包括促进合作伙伴之间的沟通和信任，确保合同的公平性和实施的顺利。

### 三、工程造价在工程招标与合同管理中的应用

#### （一）预算编制

在建筑工程招标和合同管理的应用中，工程造价在预算编制方面起着决定性的作用。准确的造价评估确保了项目预算的实际性和可行性，为项目的成功打下了坚实的基础<sup>[10]</sup>。在预算编制过程中，详细的成本分析包括了材料、劳务、设备以及间接成本等多个方面。这种综合考虑确保了预算的全面性和准确性。此外，工程造价在预算编制中还扮演着风险管理的角色。通过对不确定因素的成本影响进行评估，如市场波动或资源短缺，预算编制可以更加全面地考虑潜在风险。因此，工程造价在预算编制中的应用是确保项目经济效益的关键，它通过精确和全面的成本分析，提供了一个稳健和实际的财务规划基础。

#### （二）投标评估

在工程招标过程中，工程造价的应用对于投标评估至关重要。它为招标方提供了一种方法，以评估和比较不同投标者提出的报价和方案。例如，在一项公共交通系统项目中，通过对各个投标的详细造价分析，招标方成功选择了既经济又能保证项目按时完成的投标方案。同时，投标评估中的造价分析还包括了对投标方案中潜在风险和成本的全面评估。因此，工程造价在投标评估中的应用是确保公正和有效选择的关键，它通过对投标报价和方案的深入分析，帮助招标方做出明智的决策。

#### （三）合同谈判

在合同管理的过程中，工程造价的应用对于合同谈判是至关重要的。它为项目的各方提供了一个共同的财务参考框架，有助于形成公平和可执行的合同条款<sup>[7]</sup>。例如，在一个大型商业综合体项目中，通过基于详细的造价分析的谈判，项目双方达成了一个既考虑了成本合理性又满足双方利益的合同协议。工程造价在合同谈判中还扮演了风险分配的角色。通过对项目中潜在风险的成本评估，如设计变更、市场波动或施工延误，合同谈判可以更加全面地考虑风险和责任的分配。在一个高速公路建设项目中，准确的风险成本分析帮助双方在合同中明确了风险责任和相应的成本调整机制。总之，工程造价在合同谈判中的应用不仅是为了确定价格和成本，还包括风险评估和管理，确保合同的平衡性和项目的顺利实施。

#### （四）变更管理

项目实施过程中的任何变更，无论是设计调整、时间延期还是资源变动，都会对原始造价产生影响。准确的造价管理确保了这些变更得到了妥善处理，保证项目不会因未预见的成本增加而受损<sup>[8]</sup>。例如，在一个大型住宅开发项目中，由于设计变更导致了额外的材料和劳务成本。通过精确的造价重新评估，项目管理团队及时调整了预算，并与相关方进行了有效沟通，确保了项目的顺利进行。在这个过程中，变更造成的成本增加约为项目总造价的8%，但由于及时的管理，项目最终按时完成且保持了质量标准。因此，工程造价在变更管理中的应用对于维护项目的经济稳定和确保项目目标的实现至关重要<sup>[9]</sup>。通过对变更造成的成本影响进行准确评估和及时调整，项目团队能够有效地管理变更，确保项目的成功完成。

### 四、工程造价在招标与合同管理中应用的发展趋势

#### （一）数字化和自动化

随着技术的不断进步，建筑工程造价的数字化和自动化已成为一种显著的发展趋势。这一趋势的核心在于利用先进的软件和技术工具，使造价评估更加准确、高效和透明<sup>[10]</sup>。具体做法包括采用建筑信息模型（BIM）技术，它能够在设计阶段就提供详细的成本信息，从而减少项目实施过程中的成本偏差。另一个关键的做法是利用机器学习和人工智能（AI）技术对历史数据进行分析，以预测未来项目的成本。这种方法可以帮助项目管理团队准确预测市场趋势和价格变化，从而更好地制定预算和风险管理计划。实际案例表明，运用AI技术进行造价预测的项目，其预算准确率提高了约15%。此外，自动化工具还被用于简化和加速日常造价工作流程，如自动化生成报价单和成本分析报告<sup>[11]</sup>。这大大提高了工作效率，减少了人为错误，使项目团队能够将更多精力投入到策略性和分析性工作中。

#### （二）集成成本管理

集成成本管理是建筑工程造价的另一个重要发展趋势，它强调在整个项目生命周期中实现成本的全面控制和管理。这一趋势的实现依赖于跨部门和跨学科团队之间的紧密合作，以及集成的软件平台的使用<sup>[12]</sup>。通过将造价管理与项目管理、供应链管理等其他方面集成，可以实现更高效和全面的成本控制。具体做法包括使用集成的项目管理软件，如ERP（企业资源规划）系统，它可以同时处理项目管理、财务管理和资源管理等多个方面。这样的系统能够实时跟踪成本和预算，提供全面的数据视图，帮助项目团队及时作出决策。在一个实际的基础设施项目中，通过使用ERP系统，项目成本的控制效率提高了约20%。此外，通过建立数据共享和通信机制，可以加强项目参与方之间的协作，从而在整个项目生命周期中实现成本的实时监控和管理。这种全面的集成方法有助于及时识别和解决成本相关的问题，减少项目延误和超支的风险。

#### （三）可持续性成本分析

在建筑工程造价的发展趋势中，可持续性成本分析正在成为

一个重要的方向。实现这一目标的关键在于将传统的成本分析方法与环境和社会因素的考量相结合<sup>[13]</sup>。首先,项目团队需要进行生命周期成本分析(LCCA),这不仅涉及建筑成本的初期投资,还包括长期运维成本、能源消耗以及废物处理等因素。例如,选择更高初始成本但长期能效更高的建筑材料,可以在项目整个生命周期中降低能源成本。在一个办公楼项目中,通过选择高效能源系统,虽然初期成本增加了12%,但长期节能效果使运维成本在十年内减少了约20%。其次,可持续性成本分析还要求评估项目对当地社区和环境的潜在影响。这包括考虑建筑项目对生物多样性、水资源和空气质量的影响<sup>[14]</sup>。通过采用环境友好的建筑方法和材料,可以减少建筑项目对环境的负面影响。例如,在一个住宅区开发项目中,通过使用可回收材料和雨水收集系统,项目不仅降低了对环境的影响,还提升了社区的生态友好性。

#### (四) 风险管理集成

风险管理集成是建筑工程造价领域的另一个关键发展趋势。这一趋势强调在造价评估过程中融入全面的风险管理,以识别、评估和缓解项目实施中容易遇到的各种风险<sup>[15]</sup>。这种方法的实施关键在于采用系统化的风险管理框架,结合专业的风险评估工具。例如,在大型基础设施项目中,通过使用这些工具,项目团

队能够识别出成本超支的主要风险因素,并采取预防措施,从而将成本超支的风险降低了约15%。除此之外,有效的风险管理还需要跨部门合作和沟通。项目团队应与设计师、承包商、供应商等各方密切合作,共同识别和解决潜在的风险。例如,通过定期举行的风险管理会议和实时的风险监控系統,可以保证项目中的每一个参与方都能及时了解并应对风险。因此,将可持续性成本分析和风险管理集成融入建筑工程造价中,不仅有助于提高项目的经济效益,还能够提升项目的环境和社会责任。

## 结束语

在本文中,全面探讨了建筑工程造价在工程招标与合同管理中的应用,通过这些讨论,可以清楚地看到,建筑工程造价不仅是建筑项目成功的关键要素,也是推动行业向更高效率、更大透明度和更强可持续性方向发展的动力。随着技术的进步和管理方法的创新,建筑工程造价的应用正变得越来越精细和全面,这对于建筑行业的未来发展无疑具有深远的影响。因此,持续关注和应用这些新的趋势和技术,将对提高项目的经济效益和可持续性产生重要作用。

## 参考文献

- [1] 陈晓铃. 建筑工程招标阶段的造价控制对策[J]. 居业, 2023, (09): 101-103.
- [2] 李木荣. 建筑工程招标阶段的造价控制方法[J]. 石材, 2023, (04): 51-53.
- [3] 陈皎姣. 建筑工程合同管理在工程造价中的重要性及应用[J]. 建筑与预算, 2023, (02): 31-33.
- [4] 张洁慧. 建筑工程招标阶段造价管理要点及措施[J]. 建筑科技, 2023, 7 (01): 63-65.
- [5] 秦向广, 刘德军. 建筑工程招标阶段造价控制的有效策略[J]. 大众标准化, 2022, (23): 115-117.
- [6] 蔡艳红. 建筑工程合同管理在工程造价中的重要性及应用[J]. 投资与合作, 2022, (06): 163-165.
- [7] 陈毅. 房屋建筑工程招标阶段的造价控制策略[J]. 江苏建材, 2022, (01): 103-104.
- [8] 马丽彩. 建筑合同管理在工程造价中的应用法研究[J]. 低碳世界, 2020, 10 (09): 177-178.
- [9] 宋祥. 建筑合同管理在工程造价中的重要性及应用分析[J]. 法制与社会, 2020, (13): 85-86.
- [10] 周嘉盈. 浅谈建筑工程招标阶段的工程造价管理[J]. 地产, 2019, (17): 66.
- [11] 张延保. 建筑工程招标阶段计价方式与合同管理对造价的影响分析[J]. 建筑技术开发, 2019, 46 (16): 126-127.
- [12] 李晓华. 建筑工程招标阶段的造价控制方法的浅述[J]. 农家参谋, 2019, (09): 208.
- [13] 支新付. 试论建筑合同管理在工程造价中的重要性及应用[J]. 科技风, 2012, (17): 243.
- [14] 崔永利. 建筑合同管理在工程造价中的应用探讨[J]. 商场现代化, 2010, (23): 106.
- [15] 黄明祚. 建筑合同管理在工程造价中的应用探讨[J]. 建材与装饰(中旬刊), 2008, (07): 339-340.

# 建筑工程基础底板大体积混凝土施工技术分析

陈彦良

辽宁省乾聚建筑工程有限公司, 辽宁 大连 116000

**摘 要：** 随着建筑工程的不断发展，基础底板作为建筑物的重要组成部分，其施工质量直接关系到建筑物的安全性和稳定性。而在大体积混凝土施工过程中，如何确保混凝土的质量、控制裂缝的产生、提高施工效率等问题一直是工程界关注的焦点。本文通过分析实际工程案例，探讨了大体积混凝土施工技术在基础底板施工中的应用，以为类似工程提供有益的参考。

**关 键 词：** 建筑；大体积混凝土施工技术；基础底板

## Analysis of Massive Concrete Construction Technology for Foundation Base Plate of Construction Project

Chen Yanliang

Liaoning Qianju Construction Engineering Co., Ltd, Liaoning, Dalian 116000

**Abstract：** With the continuous development of construction engineering, the foundation floor is an important part of the building, and its construction quality is directly related to the safety and stability of the building. In the process of mass concrete construction, how to ensure the quality of concrete, control cracks, improve construction efficiency and other issues has been the focus of attention of the engineering community. This paper discusses the application of mass concrete construction technology in the construction of foundation footings by analyzing actual engineering cases, with a view to providing useful reference for similar projects.

**Key words：** construction; mass concrete construction technology; foundation base slab

### 一、大体积混凝土施工技术特点与难点

#### （一）特点

在建筑工程中，基础底板通常占据很大的面积和体积，因此需要大量的混凝土进行浇筑。这就要求在施工过程中，必须有足够的设备、材料和人员来支持这一大规模的浇筑工作。设备的选型、材料的储备以及人员的配置都需要经过精心的计划和组织，以确保浇筑工作的顺利进行；大体积混凝土在浇筑后，其内部的水泥会与水发生水化反应，产生大量的热量。由于混凝土的导热性较差，这些热量不易散发，导致混凝土内部温度升高。当内部温度与外部环境的温差过大时，就容易产生温度裂缝。这种裂缝不仅影响混凝土的外观质量，还可能对结构的安全性造成威胁；在混凝土浇筑过程中，如果混凝土的流动性不好或者浇筑速度过快，就容易出现泌水和离析问题。泌水是指混凝土中的水分上浮到表面，形成水囊，影响混凝土的密实性；离析是指混凝土中的骨料和砂浆分离，导致混凝土的均匀性受到影响。这些问题都会影响混凝土的质量和性能；由于大体积混凝土的浇筑量大，施工周期长，因此需要合理安排施工进度。这包括设备的调度、材料的供应、人员的安排以及施工工序的衔接等。如果施工进度安排不当，可能会导致浇筑工作出现停顿或者延误，从而影响整个工程的进度和质量。

#### （二）难点

大体积混凝土的均匀性和密实性是保证其质量和使用寿命的关键。

然而，在实际施工过程中，由于混凝土的体积大、浇筑量大，很容易出现不均匀和不密实的情况。为了解决这一问题，需要在施工前对混凝土的配合比、浇筑方式、振捣方式等进行详细的研究和规划。在浇筑过程中，要严格控制混凝土的流动性和塌落度，确保混凝土能够均匀、密实地填充到模板中。同时，还要加强振捣工作，确保混凝土中的气泡和空隙得到充分排除。防止裂缝的产生是大体积混凝土施工中的另一个重要难点。如前所述，大体积混凝土内部的水化热高，易产生温度裂缝。为了预防裂缝的产生，需要采取一系列措施，如选用低水化热水泥、优化配合比设计、设置冷却水管等。在施工过程中，还要加强混凝土的养护工作，确保混凝土的抗裂性能得到充分发挥；选择合适的混凝土配合比和优化材料用量是降低混凝土内部水化热的关键。这需要根据工程的具体要求和混凝土的性能要求，进行详细的试验和研究。在配合比设计方面，要考虑到水泥的品种、骨料的种类和级配、外加剂的种类和用量等因素对混凝土性能的影响。在材料用量方面，要根据混凝土的强度等级和施工性能要求，进行优化设计，确保混凝土的质量和性能达到最佳状态；提高混凝土浇筑效率是缩短施工周期的有效途径。这需要在施工前对浇筑方案进行详细的研究和规划，包括浇筑顺序、浇筑速度、浇筑方式等。在施工过程中，要加强设备的调度和管理，确保设备的正常运行和效率的最大化。



## 二、工程实例介绍与分析

本工程实例为一幢高层建筑工程，地下2层，地上20层，总建筑面积为50000平方米。基础底板采用大体积混凝土施工技术进行浇筑。具体施工情况如下：

### （一）材料准备与设备配置

本工程采用C40强度等级的混凝土进行浇筑，水灰比为0.45。在材料准备方面，选用了优质的硅酸盐水泥、天然骨料、高效减水剂等。在设备配置方面，选用了两台HBT80型混凝土输送泵、两台50型插入式振捣器等。

### （二）混凝土浇筑与振捣

混凝土浇筑采用分层浇筑法，每层厚度控制在50cm以内。在浇筑过程中，严格控制混凝土的塌落度和扩展度，确保混凝土的均匀性和密实性。同时，采用插入式振捣器进行振捣，确保混凝土的密实度达到设计要求。

### （三）温度控制与裂缝防治

为了降低混凝土内部水化热，采取了以下措施：（1）选用低水化热水泥；（2）优化配合比设计；（3）在混凝土中加入适量的粉煤灰和矿渣粉；（4）设置冷却水管进行通水冷却。通过以上措施，有效地控制了混凝土内部的最高温度和温差，避免了温度裂缝的产生。同时，在施工过程中加强了对混凝土的养护工作，确保混凝土的抗裂性能。

### （四）泌水与离析问题处理

为了解决泌水和离析问题，采取了以下措施：（1）严格控制混凝土的用水量；（2）优化配合比设计；（3）在混凝土中加入适量的外加剂以改善其性能；（4）加强混凝土的搅拌和运输管理。通过以上措施，有效地解决了泌水和离析问题对混凝土质量的影响。

## 三、建筑工程基础底板大体积混凝土施工技术要点分析

### （一）大体积混凝土施工组织设计

在实施大体积混凝土浇筑之前，为确保施工顺利进行，我们必须全面而细致地编制施工组织设计，明确施工工艺，并制定环保和安全等方面的技术措施。施工单位在完成内部审计后，需提交给监理机构进行审批，并确保所有相关手续都已齐备，才能展开施工。在制定施工方案的过程中，我们要特别注意混凝土的收缩和温度应力问题，并针对这些问题制定具体的混凝土抗裂性能指标。除此之外，为了指导整个施工过程，我们还将编制施工总体规划图和巡视布置图，对所需设备进行详细说明，规划合理的施工进度，设计科学的浇筑顺序，并制定保温、保湿等规范措施。同时，为了应对可能出现的突发事件，我们将制定完备的应急预案，并确保在特殊气候条件下施工时能做好充分的准备，从而保障施工的顺利进行。

### （二）施工过程中的成分检测及控制

水泥是由石头、沙、水和水泥熟料混合而成的。为了使混凝土具备特定的性能，我们通常需要添加一定比例的掺合料。在制造混

凝土时，我们会使用搅拌机按照预定的比例混合所需的原料。在开始配制之前，我们必须对所使用原料的性质进行细致的测试。

当钢筋进入施工现场时，必须附上出厂合格证和材料测试报告。我们的检验人员会按照规定的取样方法，从现场随机抽取样本，并填写复验委托书。这一过程会在监理工程师的监督下进行，确保抽取的样本被送往具有相应资质的检测机构进行测试。对钢筋的复验主要集中在其屈服强度、抗拉强度、伸长率和冷弯性能上，只有当这些指标都达标时，钢筋才能被采用。二次测试涉及的抗拉强度、弯曲强度、稳定性以及凝结时间等也必须满足预定要求。复测时，我们不仅要检测水、泥和泥块的含量，还要对惰性集料进行筛分分析。对于砂样的复验，除了常规的筛分分析，我们还要关注其含水率、吸水率和含泥量等是否达标，并对无效集料进行检测。

在混凝土的搅拌过程中，我们需要根据原材料的测试数据科学地确定混合料的配比。特别是对于配合料和混合料的加入量，必须根据每种原料的特性进行合理搭配。在搅拌过程中，我们确保用水量不超过170kg/m<sup>3</sup>，并将砂率维持在38%至45%之间。粉煤灰的添加量通常不会超过胶凝材料的一半，而水胶比则被严格控制。在0.45以下。为了确保混凝土的质量，我们会对水胶比和塌落度进行严格的检测与控制。在冬季施工中，为了保证混凝土的工作性能，我们会优先采用热水法等措施。

在工地施工时，我们优先选择使用预制混凝土，并对其进行严格的质量检查，包括查验出厂合格证、水泥、砂、石、掺合料等的质量证明文件，以及混凝土的配合比和试块试验报告等。在运输拌和材料时，我们会使用专用的混凝土搅拌车，并根据工地的具体条件采取相应的防晒、防水和保温措施。最后，在生产之前，我们会对混凝土成品进行品质检测，例如确保其坍落度不超过180mm，以保证其质量能够满足各种施工工艺的要求。

### （三）合理降低混凝土水化热

大体积混凝土具有体积庞大和内部结构厚实的特点。为了减少水化热对混凝土的不利影响并预防开裂的产生，我们建议使用低水化热的普通硅酸盐水泥进行制备。在混凝土的浇注和成型过程中，由于混凝土内部材料的水化反应，会导致混凝土内外温度差异显著，进而对混凝土的施工质量造成不利影响。因此，我们必须采取适当的措施来控制所需的温度，以确保施工的质量。

在原材料的选择上，我们推荐使用复合水泥、火山灰水泥和矿渣水泥等。这些水泥具有较低的水化热特性，能够有效地控制水化热的产生。为了确保混凝土的质量和性能，我们建议将3D水泥的水化热控制在250KJ/kg以内，并将7天水化热控制在280KJ/kg以内。当使用52.5级水泥时，应确保其7天水化热不超过300KJ/kg。通过严格控制原材料和配合比，我们可以有效地降低混凝土的水化热，并提高混凝土的抗裂性能，从而确保大体积混凝土施工的质量和可靠性。同时，在施工过程中，我们还应密切关注混凝土的温度变化，并采取必要的措施进行调控，以保证施工的顺利进行。

### （四）浇筑施工过程

在大体积混凝土的浇注施工中，确保结构的整体稳定性和强



度达到设计要求是至关重要的，这也是大体积混凝土工艺的核心要点。为了实现这一目标，我们需要重点关注以下几个方面的工作内容：

（1）在施工前，业主和监造人员共同负责对隐蔽的钢筋工程、模板和支撑体系等进行细致的检查。只有在确认这些部分的质量合格后，我们才能开始进行混凝土的浇筑工作。根据具体情况，我们可以选择整层浇注或推压连续浇注的方式进行。

（2）我们要尽量保证浇筑工作的连续性。在无法进行连续浇注的情况下，我们应尽量减少浇筑的间隔时间，并在一次加固结束之前进行二次加固混凝土的浇筑工作。同时，对于连续浇筑的混凝土，我们要确保其连续进行，并且浇筑的时间不能少于单位工期的1.2倍，以保证混凝土的整体性。

（3）对于大面积的楼板浇筑，我们应采用不同的浇注方法，如跳仓浇筑等，并对具体的施工过程进行严格控制。例如，在向铸模内连续浇筑混凝土时，我们应控制浇筑的温度在5~30℃之间。当进行大块混凝土的连续浇注时，建议将浇注和模壁的厚度控制在300—500毫米之间。此外，在灌注混凝土时，我们还应密切关注外界环境的影响。如果地表的平均温度超过35℃，我们就需要采取相应的降温措施，以防止混凝土因温度变化而产生开裂，从而影响整个施工的质量。

（4）在混凝土的浇注过程中，振捣是一个至关重要的步骤。通过有效的振捣，我们可以消除混凝土内部的气泡，提高其密实性和最终产品的质量。为了达到最佳的振捣效果，我们推荐使用抽气和二次振荡工艺相结合的方式。在操作过程中，我们应使震动棒的动作迅速而收回缓慢，并且每次振捣的时间应控制在15秒

以内。当观察到周边混凝土未出现下沉且存在泌水现象时，我们应立即进行注浆处理。

### （五）大体积混凝土的养护

大体积混凝土浇筑完成后，必须根据具体工程的特点和质量要求，指派专门的负责人员进行维修、检测等后续工作。考虑到大体积混凝土的性质，我们建议在拌和料浇注完成后的至少14天内进行持续的养护。这段时间的养护是确保混凝土达到设计强度和稳定性的关键。养护期结束后，应按照浇注的层次结构，逐层清理所涂的绝缘保护层，以确保混凝土表面的整洁和外观质量。特别需要注意的是，如果室内外的最大温差低于20℃，我们在拆除任何部分之前都应确保混凝土已满足所有的养护和质量要求。此外，针对大体积混凝土的养护，我们提出了一种综合考虑温度、湿度和海拔因素的方法。这一方法充分考虑了不同环境条件下混凝土的性能变化，以确保在各种复杂条件下都能实现最佳的养护效果。通过精细的养护和后续处理，我们不仅能提高大体积混凝土的使用寿命和性能，更能确保整个工程的安全性和稳定性。

## 四、结语

综上所述，通过对建筑工程基础底板大体积混凝土施工技术的深入分析和实践应用，我们可以明确地认识到，这一技术在确保工程质量和提高施工效率方面具有重要意义。然而，其应用过程中所面临的难点和挑战也不容忽视。在未来，我们期待这一技术能在更多的工程项目中得到广泛应用和完善，为建筑业的持续发展贡献更多力量。

## 参考文献：

- [1] 陈培浩. 建筑工程基础及其底板施工分析 [J]. 城市建设理论研究 (电子版), 2023, (30): 112-114.
- [2] 周桂兵. 大体积混凝土浇筑工程中后浇带施工技术分析 [J]. 居舍, 2023, (29): 60-62.
- [3] 黄超. 土木建筑施工中大体积混凝土结构施工技术分析 [J]. 中华建设, 2023, (08): 172-174.
- [4] 王震辉. 浅基础房屋建筑基坑工程设计及施工探析 [J]. 江西建材, 2023, (07): 296-297+300.
- [5] 柳航, 沈超, 徐可等. 大体积混凝土承台浇筑施工水化热控制关键技术分析 [J]. 四川水泥, 2023, (04): 139-141.
- [6] 张华. 对建筑工程基础底板大体积混凝土施工技术分析 [J]. 居业, 2023, (02): 193-196.
- [7] 于琦. 浅谈建筑基础工程中底板混凝土施工技术 [J]. 建筑技术开发, 2021, 48(08): 39-40.
- [8] 文强. 建筑基础底板大体积混凝土浇筑的施工管理 [J]. 居舍, 2021, (03): 31-32.
- [9] 谭尚夫. 超厚基础底板大体积混凝土施工质量控制技术 [J]. 房地产世界, 2020, (16): 104-105.
- [10] 韩蕾. 建筑工程中基础大体积混凝土施工技术研究 [J]. 山东农业工程学院学报, 2019, 36(02): 40-41.

# 绿色建造技术在土木工程结构设计中的应用

康杰, 闫小石

赤峰赛格建筑规划设计有限责任公司, 内蒙古 赤峰 024076

**摘 要 :** 随着我国经济的快速发展, 社会的进步, 建筑行业也得到了较快的发展。但是在建筑行业的发展中也存在着一些问题, 比如污染、浪费、能源消耗等, 这些都是需要我们在今后的建筑工程施工中重点关注的问题。因此本文针对绿色建造技术在土木工程结构设计中的意义、作用及具体应用做出探讨, 旨在为提升我国土木建筑结构设计质量提供参考依据。

**关 键 词 :** 绿色建造技术; 土木工程; 结构设计

## Application of Green Building Technology in Civil Engineering Structural Design

Kang Jie, Yan Xiaoshi

Chifeng Saige Architectural Planning and Design Co., Ltd., Chifeng, Inner Mongolia 024076

**Abstract :** With the rapid development of China's economy and social progress, the construction industry has also experienced rapid development. However, there are also some problems in the development of the construction industry, such as pollution, waste, energy consumption, etc., which are issues that we need to focus on in future construction projects. Therefore, this article explores the significance, role, and specific application of green construction technology in civil engineering structural design, aiming to provide reference for improving the quality of civil engineering structural design in China.

**Key words :** green building technology; civil engineering; structural design

## 引言

绿色建造技术作为一种新技术, 与我国传统的建筑施工有着很大的区别, 它能够在保证建筑质量以及建筑效果的前提下, 对建筑施工过程中产生的污染进行有效的控制, 并且也能降低资源消耗, 是我国未来发展过程中建筑工程施工中应该重点关注的问题。

## 一、建筑结构设计过程中应用绿色建造技术的意义

绿色建造技术是指在建筑结构设计的过程中, 结合绿色节能理念, 通过科学合理的设计方法, 将节能、环保理念融入整个建筑项目施工中去。在实际应用的过程中, 能够有效提高建筑工程的质量, 提高资源的利用率, 降低能源消耗, 从而使我国社会经济得到快速发展。并且, 通过绿色建造技术能够减少建筑施工对环境造成的污染和破坏, 降低对人们生活质量和身体健康带来的危害。绿色建造技术不仅能够减少资源浪费, 降低资源消耗, 还能减少施工过程中对环境造成的污染和破坏<sup>[1, 2]</sup>。对于当前我国经济社会发展现状而言, 绿色建造技术有着十分重要的意义。

### (一) 绿色建造技术能够有效提高我国建筑工程整体质量

从当前我国建筑行业发展现状来看, 虽然建筑行业得到了较快的发展, 但是其发展速度远不及城市化进程的脚步。因此在这种情

况下如何提高建筑工程施工质量就成为当前我国建筑行业所面临的一个重要问题。在建筑工程施工过程中应用绿色建造技术能够有效提高工程施工质量, 从而使得建筑工程整体质量得到提高。

### (二) 绿色建造技术能够有效减少资源浪费和环境污染

当前我国建筑行业存在着资源浪费、环境污染等问题。而绿色建造技术是一种科学合理的设计方法, 能够在保证建筑质量的前提下有效减少资源消耗和环境污染。通过绿色建造技术能够对建筑物进行有效设计和规划, 从而使整个建筑物满足国家相关规定和标准<sup>[3]</sup>。通过这种方式能够在一定程度上减少资源浪费和环境污染问题。

## 二、绿色建造技术对土木工程结构设计的作用

首先, 在土木工程结构设计中应用绿色建造技术可以提高建

筑的节能效果，在保证建筑质量的同时有效地减少资源消耗。其次，绿色建造技术在土木工程结构设计中的应用可以提高建筑的抗震性能，减少建筑物在地震作用下的破坏程度。最后，绿色建造技术在土木工程结构设计中的应用可以提高建筑的环保效果，减少空气污染、污水污染、噪音污染等，提高环境质量。总之，绿色建造技术对土木工程结构设计具有重要作用，它可以有效地降低资源消耗，减少环境污染，提高建筑工程的质量。所以说，将绿色建造技术应用到土木工程结构设计中是土木工程发展的必然趋势。<sup>[5]</sup>

### 三、土木工程结构设计中应用绿色建造技术需遵循的原则

#### （一）合理性

在土木工程结构设计中应用绿色建造技术，需要保证土木工程结构设计的合理性，这样才能保证建筑物的稳定性。在实际的土木工程结构设计中，一定要结合当地的实际情况，合理地利用各种资源。比如在对房屋进行设计时，要充分考虑当地的气候因素，合理地设置房屋的通风系统、采光系统等。这样才能保证建筑施工的质量和效率，从而降低对环境造成的破坏。<sup>[6]</sup>

#### （二）全面性

在土木工程结构设计中应用绿色建造技术需要遵循全面性原则，将绿色建造技术应用到土木工程结构设计中，能够保证建筑材料、设备、设施等不会对环境造成破坏。所以在进行土木工程结构设计时，应该根据当地的实际情况进行合理的规划，保证建筑材料在使用过程中不会对环境造成破坏。

#### （三）经济性

在土木工程结构设计中应用绿色建造技术需要遵循经济性原则。在建筑工程施工前，要充分考虑到施工成本问题。<sup>[7]</sup>因为绿色建造技术是一种新技术，所以在建筑工程施工前要结合实际情况对其进行合理地规划。这样才能保证绿色建造技术能够得到有效地应用和推广。

#### （四）环保性

在土木工程结构设计中应用绿色建造技术需要遵循环保性原则，在进行土木工程结构设计时要充分考虑环境因素，然后采取有效措施保护环境。只有这样才能保证建筑工程与周围环境和諧共处。

### 四、绿色建造技术在土木工程结构设计中的应用

在进行土木工程结构设计时应该对绿色建造技术进行合理应用，这样不仅能够有效地降低能源消耗，还能够有效地提高施工效率，保证建筑施工质量。绿色建造技术作为一种新技术，它主要是由环境保护、节约资源和能源消耗等方面进行合理应用，这样不仅能够有效地提高工程建设质量，还能降低资源消耗。在进行土木工程结构设计时应该充分考虑到绿色建造技术所存在的优势，并且利用这种优势来促进整个工程建设项目更好地完成。<sup>[8]</sup>

#### （一）材料选择

（1）选择性能较好的建筑材料。在建筑工程施工中，为了更好地节约资源，应该选择性能较好的材料。目前我国市场上所使用的建筑材料有很多种，并且每一种建筑材料都有着不同的性能以及特点，在进行选择时应该根据自己的实际需求以及实际情况来进行选择。在进行施工前应该对建筑材料进行严格的检查，确保选择的建筑材料是质量合格并且符合设计要求的。同时也应该对施工中使用的建材质量进行严格的把关，确保所选择的建材能够达到规定标准。

（2）对绿色建造技术应用中产生的污染物进行处理。在绿色建造技术应用过程中会产生大量的污染物，如果这些污染物没有得到合理处理就会对环境造成严重污染。因此在对绿色建造技术应用过程中产生的污染物进行处理时，应该按照国家相关标准以及规定来进行处理。<sup>[9]</sup>对于那些不符合环保要求或者是对环境造成污染严重的材料，应该及时处理掉或者是淘汰掉，这样才能够有效避免对环境造成污染。除此之外在绿色建造技术应用过程中产生的废弃物应该进行妥善地处理掉，例如在土木工程结构设计时产生的混凝土废料以及钢筋废料等都应该妥善地处理掉，避免造成环境污染。

（3）合理选择绿色材料。在绿色建造技术应用过程中选择材料时应该根据建筑工程施工环境以及气候条件进行合理选择。如果建筑工程施工现场环境比较恶劣或者是气候条件比较恶劣时就应该选择那些易被雨水冲刷、不易腐蚀并且使用寿命较长以及环保性能较好、成本相对较低的材料。除此之外还应该根据当地天气状况选择合适材质的建筑材料，从而提高建筑工程施工质量和效率。

#### （二）预拌砂浆技术

预拌砂浆技术是由专业厂家根据客户要求将各种材料通过计量设备进行计量、配料，生产出满足客户要求的干混砂浆，它具有施工方便、质量稳定可靠、工期短等特点，可广泛用于房屋建筑、桥梁隧道、交通市政工程和地下工程等。预拌砂浆技术可以分为两种形式，一种是预拌砂浆在施工现场进行现场搅拌；另一种是直接将干混砂浆原料装在搅拌机中进行搅拌。

预拌砂浆技术在施工过程中的应用主要包括以下几个方面：

（1）水泥的选择。水泥的质量直接影响到预拌砂浆的质量，因此在选择水泥时，应该选择强度等级较高的水泥，并且应该保证其各项指标符合相关标准。<sup>[10]</sup>

（2）砂浆配合比。砂浆配合比是由各种原材料按照一定的比例进行调配而成，而砂浆配合比的好坏直接影响到整个工程的施工效果。所以在选择砂浆配合比时应该保证其质量稳定、强度合格、各项指标符合标准。

（3）搅拌设备。搅拌设备是预拌砂浆技术的重要组成部分，也是施工过程中不可缺少的设备之一。但是传统的搅拌设备存在着一些弊端，比如它会对环境造成一定的污染、对施工人员的身体健康造成一定影响等。为了能够使绿色建造技术得到更好地应用，就需要我们在选择搅拌设备时要将其与环境保护和人体健康结合起来，选择那些既能够保证工作效率又能够减少对环境污

染以及对人体健康造成影响的搅拌设备。

### （三）新型模架技术

（1）模架技术的应用。目前在我国的很多建筑施工中，都采用了新型的模架技术，并且在使用过程中，还能够降低能源的消耗，提高了施工效率。在实际的使用过程中，新型模架技术主要是利用了模板制作时使用的新型材料来实现模架技术，并且在进行建筑施工时，也能够降低对材料资源的消耗，提高建筑施工质量。

（2）剪力墙结构的应用。目前我国很多建筑工程中都采用了剪力墙结构来进行施工，这种结构在进行施工时需要使用到模板。但是在实际施工过程中，传统的模板技术对这种结构产生了很大的影响。因此为了更好地满足建筑工程施工要求，提高建筑工程质量，就需要将绿色建造技术应用到建筑结构设计。在建筑工程施工中，剪力墙结构是非常常见的一种建筑结构形式，这种结构的应用也是非常广泛的，同时在实际的应用过程中，还能够满足建筑工程施工要求。

在进行剪力墙结构设计时，要充分考虑剪力墙结构的施工要求，并且通过对建筑工程施工技术进行合理利用，才能够更好地满足建筑工程施工要求。在进行剪力墙结构设计时，要注意对建筑物的平面布局、立面布局以及高度等方面进行合理考虑。在进行设计时，要充分考虑到建筑工程的安全性能、质量性能、经济性能以及环境性能等方面，只有将这些因素都考虑到了才能够更好地提高建筑工程施工质量。因此在进行设计时，要对以上几个方面进行综合考虑。<sup>[11]</sup>

### （四）混凝土构件的设计

绿色建造技术的应用，要求在土木工程结构设计中，不仅要考虑建筑工程的性能，同时还要考虑到资源的消耗问题，从而促

进绿色建造技术的应用。目前，在土木工程结构设计中，主要采用混凝土构件来进行建筑工程。在建筑工程中使用混凝土构件，不仅能够保证建筑工程的性能，同时还能够满足绿色建造技术的要求。在进行混凝土构件设计时，应该根据实际情况选择合适的混凝土材料和配置方式。在进行混凝土构件设计时，除了要满足建筑工程的性能要求之外，还需要满足绿色建造技术对建筑工程提出的要求。例如：在进行钢筋混凝土结构设计时，应该按照建筑工程对钢筋混凝土构件的性能要求进行设计；在进行墙体设计时，应该根据实际情况选择合适的墙体材料和配置方式。

### （五）预制装配式技术

装配式技术的优势是能够在保证建筑质量的前提下，提高建筑施工效率，并降低能源消耗。对预制构件的安装进行有效管理，能够在保证施工质量的前提下，提高建筑施工效率，并减少建筑施工过程中的能源消耗。在预制装配式技术应用过程中，要重视对预制构件质量的管理工作。<sup>[12]</sup> 在应用过程中，要对预制装配式技术进行全面的了解和分析，明确预制装配式技术的优势和劣势。在设计阶段，要对建筑结构进行合理设计，避免由于预制装配式技术应用不当而导致建筑质量问题的发生。在施工阶段，要对预制构件进行严格管理。在使用过程中，要做好相关维护工作。在施工完成后，要做好后期养护工作。只有这样才能保证预制构件质量符合要求。

综上所述，在建筑工程施工过程中，应该将绿色建造技术充分的应用到建筑结构设计中，对建筑工程中产生的污染进行有效的控制。在今后的发展过程中，我国应该将绿色建造技术和土木工程结构设计有机结合起来，不断创新建筑工程施工技术，从而为我国实现可持续发展战略目标做出贡献，促进我国经济的快速发展。

## 参考文献

- [1] 王海舟. 绿色建造工程中建筑智能化技术分析 [J]. 智慧中国, 2023,(08):71-72.
- [2] 张明超, 陈佳伟, 黄瑞, 等. 西安国际足球中心 EPC 总承包项目绿色建造技术 [J]. 建筑安全, 2023,38(06):4-6+10.
- [3] 张小良. 绿色建造技术在土木工程结构设计中的应用探讨 [J]. 佛山陶瓷, 2022,32(12):116-118.
- [4] 陆勤学, 葛健, 黄伟. 住宅工程中建筑智能化技术和绿色建造技术的应用 [J]. 智能建筑与智慧城市, 2022,(11):126-128.
- [5] 李敏子, 黄晓青. 高层建筑有效实施全穿插施工绿色建造技术研究 [J]. 建筑技术开发, 2022,49(18):99-101.
- [6] 孙国帅, 姜德龙, 冯娇, 等. 碳达峰目标下中国绿色建造技术驱动因素的作用机制: 基于系统动力学仿真分析 [J]. 科技管理研究, 2022,42(14):194-201.
- [7] 柯松. 绿色建造技术在土木工程结构设计中的应用探讨 [J]. 房地产世界, 2022,(13):69-71.
- [8] 姜涛, 孙捷城, 孙华盛. 高速铁路工程绿色建造技术体系 [J]. 建筑技术开发, 2022,49(09):137-140.
- [9] 马宏斌. 建筑工程绿色建造关键施工技术分析 [J]. 四川水泥, 2022,(03):141-143.
- [10] 龚平, 滕怀江, 祝君. 建筑工程绿色建造 [J]. 中国住宅设施, 2021,(10):29-30.
- [11] 孙策. 城市桥梁预制装配化绿色建造技术应用与发展 [J]. 世界桥梁, 2021,49(01):39-44.
- [12] 武伯菊. 环渤海地区滨海城市绿色建造体系的适宜性策略研究 [D]. 西安建筑科技大学, 2020.



# 基于道路桥梁工程现场施工管理

杨明

北京易成市政工程有限责任公司，北京 100176

**摘要：** 文章基于道路桥梁工程现场施工管理进行研究，旨在提高道路桥梁工程现场施工管理的水平和效率，保障工程质量和安全。本文采用理论分析方法，对道路桥梁工程现场施工管理深入研究。结果表明，加强道路桥梁工程现场施工管理可以提高工程质量和安全，保障人民生命财产安全，具有重要意义。

**关键词：** 道路桥梁；现场施工管理；质量

## Based on Site Construction Management of Road and Bridge Engineering

Yang Ming

Beijing Yicheng Municipal Engineering Co., Ltd, Beijing 100176

**Abstract：** The article is based on the research of road and bridge engineering site construction management, aiming to improve the level and efficiency of road and bridge engineering site construction management, and guarantee the quality and safety of the project. This paper adopts the theoretical analysis method to study the on-site construction management of road and bridge projects in depth. The results show that strengthening the on-site construction management of road and bridge engineering can improve the quality and safety of the project, safeguard the safety of people's lives and properties, and is of great significance.

**Key words：** road bridge; on-site construction management; quality

## 引言

道路桥梁工程是现代交通基础设施的重要组成部分，其建设质量和安全性对于经济发展和民生改善具有重要意义。首先，良好的现场施工管理能够确保工程安全，预防和减少事故的发生，保障施工人员的人身安全<sup>[1]</sup>；其次，有效的现场施工管理可以提高工程质量，通过科学的管理手段和方法，对施工过程进行全面监控，确保工程质量符合规范和设计要求<sup>[2]</sup>；此外，合理的现场施工管理可以缩短工程周期，通过优化施工计划和资源配置，提高施工效率，确保工程按时完成<sup>[3]</sup>；最后，全面的现场施工管理可以降低工程成本，通过优化设计方案、合理使用材料和设备、降低能耗等方式，提高工程的经济效益<sup>[4]</sup>。加强道路桥梁工程现场施工管理具有重要的必要性。首先，安全风险是道路桥梁工程建设中不可避免的问题，加强现场施工管理能够降低安全风险的发生概率和影响程度<sup>[5]</sup>；其次，道路桥梁工程建设涉及巨大的经济投入，加强现场施工管理能够避免因质量问题导致的经济损失<sup>[6]</sup>；此外，道路桥梁工程建设对社会发展具有重要影响<sup>[7]</sup>，加强现场施工管理能够提高工程质量和社会效益。

## 一、道路桥梁工程施工准备管理

在开始一项道路桥梁工程之前，需要进行详尽的施工准备，以确保工程能够顺利进行，并提高施工效率和质量。以下是基于道路桥梁工程现场的施工准备内容<sup>[8-12]</sup>：

### （一）场地勘察

在施工前，需要对工程场地进行详细的勘察和评估，以了解工程地质、水文、气候等自然条件，以及现场的交通、能源、材料供应等实际情况。这些信息将有助于制定合理的施工方案和应对措施。

### （二）施工图纸审核

施工图纸是指导施工的重要文件，因此在施工前需要进行图纸审核，以确保图纸的正确性和可行性。审核过程中需要对照规范、标准、设计文件等，检查图纸中是否存在错误、遗漏、不合理等问题，并及时进行修正和完善。

### （三）施工组织设计

施工组织设计是指导整个施工过程的重要文件，包括施工方案、施工进度计划、施工质量控制措施等。在施工前，需要根据工程实际情况，制定合理的施工组织设计，以确保施工过程的高效、有序进行。

#### （四）人员、物资和设备准备

在施工前，需要组织好施工人员，进行技术交底和安全培训；采购好所需的材料和设备，并做好进场验收工作；同时还需要制定好物资和设备的保管和使用计划，以确保施工过程的顺利进行。

## 二、道路桥梁工程的施工现场管理

#### （一）现场布局与规划

施工现场布局与规划是道路桥梁工程顺利实施的基础性工作。在施工开始前，需要对施工现场进行详细的勘察和规划，合理安排施工场地、材料堆放、机械设备停放等位置，确保施工安全和顺畅<sup>[13]</sup>。同时，应根据工程规模和特点，制定合理的施工组织方案，对施工人员进行明确的任务分配和职责界定。

#### （二）安全文明施工

安全文明施工是道路桥梁工程现场管理的重要内容。在施工过程中，应严格遵守国家和地方的安全生产法规和标准，建立健全安全管理体系，落实各项安全措施<sup>[14]</sup>。同时，要保持施工现场的整洁和卫生，规范垃圾处理和排放，减少对周边环境的影响。

#### （三）施工进度管理

施工进度管理是道路桥梁工程现场管理的关键环节之一。在施工过程中，应根据施工计划和要求，对施工进度进行严格把控和调整，确保工程按期完成。同时，要关注施工进度的动态变化，及时调整施工策略和方法，保证施工的顺利进行。

#### （四）施工质量管理

施工质量管理是道路桥梁工程现场管理的核心内容。在施工过程中，应建立完善的质量管理体系，对施工质量进行全面把控和监督<sup>[15]</sup>。要加强对原材料的进场检验和质量控制，防止不合格材料进入施工现场。同时，要对施工过程中的关键工序和部位进行严格的质量控制和检查，确保工程质量符合规范和设计要求。

#### （五）施工成本管理

施工成本管理是道路桥梁工程现场管理的重要环节之一。在施工过程中，应建立科学的成本管理体系，对施工成本进行全面的核算和控制。要加强对原材料、机械设备的采购和使用管理，降低成本消耗<sup>[16]</sup>。同时，要对施工过程中的浪费现象进行严格控制和纠正，提高施工的经济效益。

#### （六）施工合同管理

施工合同管理是道路桥梁工程现场管理的重要环节之一。在施工过程中，应建立完善的合同管理制度，对合同履行情况进行全面的监督和管理<sup>[17]</sup>。要加强对合同变更和索赔的管理和处理，确保合同内容的顺利实施。同时，要根据实际情况对合同内容进行调整和优化，提高工程的效益和效率。

#### （七）施工信息管理

施工信息管理是道路桥梁工程现场管理的基础性工作之一。在施工过程中，应及时收集、整理和分析施工信息，包括工程进度、质量、安全、成本等方面的数据和情况<sup>[18]</sup>。通过信息化手段和技术，实现施工信息的实时监控和管理，为决策提供科学依据

和支持。同时，要加强对施工现场的信息化管理，提高工作效率和管理水平。

## 三、道路桥梁工程质量管理

#### （一）材料质量控制

材料质量是道路桥梁工程质量的关键因素之一。材料质量控制包括供应商选择、检验与验收以及存储与保管等环节<sup>[19-21]</sup>。在选择材料供应商时，应优先考虑具有资质和经验的合格供应商，在采购过程中，应进行充分的调查和评估，确保供应商提供的材料符合工程需求；所有进场的材料应进行严格的检验与验收，检验内容包括材料的外观、尺寸、性能等；对于关键材料，还应进行抽样检测，确保其质量符合设计要求；材料存储与保管应遵循规范要求；对于易受环境影响的材料，应采取必要的保护措施，如防水、防晒、防潮等，同时，应定期对库存材料进行检查，确保其质量不受损害。

#### （二）施工质量标准与检验

施工质量标准与检验是保障道路桥梁工程质量的重要手段。具体包括施工规范、检验制度、验收程序等方面。在施工前，应制定明确的施工规范和操作规程，确保施工人员了解并遵守相关规定，在施工过程中，应进行定期的技术培训和交底，提高施工人员的技能水平；应建立完善的检验制度，对每一道工序进行严格的检验，检验内容包括施工人员的操作规范、施工过程中的质量检测以及施工完成后的质量抽查等；在每一道工序完成后，应按照规定验收程序进行质量检测和评估，对于关键工序和隐蔽工程，应进行严格的验收，确保工程质量符合要求。

#### （三）不合格品处理与纠正措施

在道路桥梁工程施工过程中，可能会出现不合格品。为保障工程质量，应采取相应的处理措施和纠正措施。当发现工程质量不符合相关标准或设计要求时，应立即进行不合格品的判定，判定工作应由专门的质检人员进行，确保判定的准确性和公正性；对于判定为不合格的产品或工序，应采取及时的纠正措施。具体措施包括返工、修复、重新施工等，在纠正过程中，应注重原因分析，从根本上解决问题，避免类似问题再次出现；对于造成不合格品的相关责任人，应进行相应的责任追究，对于因个人原因造成的质量问题，应根据情节轻重进行处理；对于因管理不当造成的质量问题，应对相关部门或人员进行问责。

#### （四）质量记录与档案建立

为保障道路桥梁工程质量的可追溯性，应建立完善的质量记录 and 档案管理制度。通过记录和档案管理，可以追踪工程质量问题产生的原因、处理过程及纠正措施的落实情况等关键信息。

## 四、道路桥梁工程安全管理与应急预案

#### （一）道路桥梁工程安全教育培训

安全教育培训是提高施工人员安全意识和技能水平的关键措施，是预防和减少安全事故的重要手段；包括安全规章制度、安

全操作规程、应急救援知识、职业卫生知识；采用多种形式，包括集中培训、现场讲解、示范操作等，确保施工人员听得懂、学得会、用得上；定期对施工人员的安全知识掌握情况进行考核和评估，及时发现和纠正存在的问题。

（二）道路桥梁工程安全检查与隐患排查

安全检查和隐患排查是及时发现和解决潜在安全隐患的重要途径，是预防和减少安全事故的关键措施；包括施工现场的安全设施、机械设备、材料等方面，以及施工人员的安全操作和劳动保护用品的使用情况等；采取定期检查、专项检查、日常巡查等多种形式，确保及时发现和解决潜在安全隐患；对于检查中发现的问题和隐患，及时采取措施进行整改和治理，确保施工现场的安全。

（三）道路桥梁工程应急预案制定与演练

应急预案的制定与演练是提高应对突发事件能力的重要手段，是减少和减轻安全事故损失的关键措施；包括应急组织体系、应急响应程序、应急救援方案、应急资源配备等方面；采取模拟演练、实战演练等多种形式，确保应急预案的有效性和可操作性；定期对应急预案的演练效果进行评估和总结，及时发现和纠正存在的问题，提高应急响应能力。

（四）道路桥梁工程安全事故处理与责任追究

安全事故处理与责任追究是严肃查处安全生产责任事故的重要途径，是维护社会稳定和公平正义的重要手段；按照事故报告、现场勘查、调查取证、事故分析、责任认定、处理处罚等程序进行。

五、总结

综上，施工现场管理可以有效地提高道路桥梁工程现场施工管理的水平和效率，保障工程质量和安全。同时，加强道路桥梁工程现场施工管理对于保障人民生命财产安全具有重要意义。未来，研究更加有效的施工组织模式和管理方法，提高施工效率和质量；探索更加智能化的施工安全监控手段和技术，减少施工现场安全隐患；研究基于信息化、智能化、绿色化的新型道路桥梁工程现场施工管理技术和方法；加强道路桥梁工程现场施工管理的标准化和规范化建设，提高工程建设质量的稳定性和可靠性；研究道路桥梁工程现场施工管理与其他相关领域的交叉融合和发展趋势。

参考文献

[1] 卢绍清. 浅谈公路桥梁路基工程中的现场施工技术与质量管理 [J]. 中国设备工程, 2023(07):194-196.  
[2] 钟伟. 市政道路桥梁施工中现场施工技术的应用 [J]. 工程建设与设计, 2023(04):100-102.  
[3] 初立师. 市政道路桥梁施工中现场施工技术的应用与管理 [J]. 居舍, 2022(14):43-46.  
[4] 王兴. 道路桥梁工程现场监理质量的控制对策分析 [J]. 黑龙江交通科技, 2022, 45(05):183-185.  
[5] 王智勇. 桥梁工程建设中的施工现场管理措施 [J]. 低碳世界, 2022, 12(04):151-153.  
[6] 贾岩. 桥梁工程施工现场机械设备的管理和维护措施 [J]. 工程机械与维修, 2022(01):104-105.  
[7] 郭勇. 道路桥梁工程现场监理质量的管控措施分析 [J]. 四川建材, 2021, 47(12):87-88+90.  
[8] 李鸿. 道路桥梁工程中沉降段路基路面施工技术分析 [J]. 住宅与房地产, 2021(34):222-223.  
[9] 李树清. 市政道路桥梁施工中现场施工技术的运用及管理初探 [J]. 居业, 2021(09):171-172.  
[10] 王英男. 加强道路与桥梁现场施工管理的途径探讨 [J]. 工程建设与设计, 2021(02):231-232.  
[11] 孙晓思. 市政道路桥梁施工要点及现场管理措施 [J]. 住宅与房地产, 2021(02):186-187.  
[12] 陈火祥. 市政道路桥梁工程的施工管理及施工探究 [J]. 中国住宅设施, 2020(12):108-109.  
[13] 李双霞. 谈桥梁下部结构现场施工管理策略 [J]. 黑龙江交通科技, 2020, 43(09):138-139.  
[14] 林磊. 市政道路桥梁工程的施工管理策略探讨 [J]. 大众标准化, 2020(12):44-45.  
[15] 关大勇. 市政道路桥梁工程的施工管理策略解析 [J]. 建筑技术开发, 2020, 47(09):72-74.  
[16] 胡军才. 道路桥梁工程现场施工管理 [J]. 智能城市, 2020, 6(07):111-112.  
[17] 胡春雨. 如何有效保障桥梁工程施工的安全管理 [J]. 大众标准化, 2020(04):194+196.  
[18] 蒋亚伟. 市政道路桥梁施工中现场施工技术的运用及管理简析 [J]. 四川水泥, 2020(01):204.  
[19] 孙玉进. 道路桥梁工程现场施工管理难点和应对策略 [J]. 居舍, 2020(02):123.  
[20] 李鹏. 基于道路桥梁工程现场施工管理分析 [J]. 地产, 2019(24):95.

# 软土路基的市政道路施工技术研究

孙朝中, 朱凯奇

河南万里交通科技股份有限公司, 河南 许昌 461000

**摘要：** 在城市化不断推进的背景下，市政道路建设作为城市基础设施的重要组成部分，扮演着连接城市各个角落、改善居民生活的重要角色，但是城市中存在大量软土地基，其地质特性复杂，使得市政道路建设面临诸多挑战。为了在软土地基上建设稳定、耐久、安全的道路，市政道路施工技术的研究和创新变得至关重要。本文将探讨软土路基的市政道路施工技术研究，关注在软土地基条件下的道路建设所面临的问题和挑战，以及施工解决方案。

**关键词：** 软土路基；市政道路；施工技术

## Research on Municipal Road Construction Technology of Soft Soil Roadbed

Sun Chaozhong, Zhu Kaiqi

Henan Wanli Transportation Technology Group Co., Ltd, Henan, Xuchang 461000

**Abstract：** Under the background of continuous urbanization, municipal road construction, as an important part of urban infrastructure, plays an important role in connecting all corners of the city and improving the life of the residents. But there are a large number of soft soil foundations in the city with complex geological characteristics, which makes the construction of municipal roads face many challenges. In order to build stable, durable and safe roads on soft ground, the research and innovation of municipal road construction technology becomes crucial. In this paper, we will discuss the research on municipal road construction technology of soft soil roadbed, focusing on the problems and challenges faced by road construction under soft soil conditions, as well as construction solutions.

**Key words：** soft soil roadbed; municipal road; construction technology

软土路基地区通常具有土壤质地松软、含水量高、承载能力差等特点，使得传统的路基施工方法难以胜任，因此为了确保市政道路的可持续发展，市政道路施工技术需要不断创新和改进。软土路基的市政道路施工技术研究正是为了应对该挑战，为城市交通建设提供更加可行的解决方案。软土路基的市政道路施工技术研究不仅关系到城市交通的畅通，还关系到居民生活的舒适和城市可持续发展的目标。通过深入研究和持续创新，可以不断提高市政道路施工技术，使其更好地适应软土路基的复杂条件，为城市的未来提供更加坚实的道路基础。

### 一、市政道路施工中软土路基的危害

软土路基是指地基土壤质地较为松软、承载能力相对较低的地区，其特性使得道路建设面临许多问题，其危害主要包括：

（1）沉陷危害。沉陷是指土地表面因土壤的不断压缩而下沉，会导致道路表面不平整，形成坑洼，增加了交通事故的风险；沉陷会损坏排水系统，导致积水和道路表面的水损害，且沉陷还会对邻近建筑物和基础设施产生不利影响，损害城市的整体基础设施。（2）承载能力不足危害。软土路基的承载能力通常较低，不能承受大型交通负荷，在软土路基上行驶重载车辆会导致道路变形、损坏，甚至发生坍塌，不仅对交通安全构成威胁，还会导致维修和修复成本的增加，且承载能力不足还限制了道路的设计和

使用，对城市交通的发展产生制约<sup>[1]</sup>。（3）变形危害。软土路基在受到荷载压力后容易发生变形，包括沉陷、收缩和膨胀等不可逆的变形，变形不仅影响道路的平整度，还可能导致路面开裂、龟裂和损坏，变形增加道路交通产生危险，所以软土路基的变形危害对道路的安全性和可用性造成了威胁。（4）渗透危害。软土路基通常具有较高的含水量，因此容易发生渗透问题，地下水的渗透会导致道路表面软化、塌陷和损坏，同时地下水的存在还会对道路下部的土壤产生冲刷和侵蚀，从而削弱了道路的基础支撑，对道路的稳定性和耐久性造成了危害。（5）剪切破坏危害。软土路基的剪切强度通常较低，容易发生剪切破坏，剪切破坏会导致道路坡面下滑、路面龟裂和道路塌陷，不仅损害道路的质量，还增加了维修和修复的成本。



## 二、市政道路施工中软土路基处理技术

### （一）注浆加固技术

注浆加固技术是一种通过注入特定材料来增加软土地基的强度和稳定性的方法。软土地基通常由高含水量的土壤组成，土壤容易受到水分和荷载的影响，导致地基沉降和变形，注浆加固技术旨在改善土壤的工程性质，使其更适合承载道路交通和建筑物的荷载；在注浆加固过程中，通常使用水泥浆、聚合物浆或其他特定类型的浆料，能够在土壤中硬化，形成坚固的基础，增强土壤的承载能力；注浆加固通常涉及将浆料以高压注入地下，使得浆料均匀分布到地基中，填充土壤孔隙和裂缝，提高土壤的密实性和强度，且一些注浆材料在与土壤接触后会发生化学反应，导致土壤颗粒之间的黏结和硬化，进一步提高地基的强度<sup>[3]</sup>。

在注浆加固技术应用过程中，施工开始之前需要进行详细的地质调查，以了解软土地基的性质、含水量、厚度和其他关键参数，从而确定注浆加固的材料和方法；根据地质勘察的结果，选择合适的注浆材料，水泥浆通常用于增强地基的强度，而聚合物浆则常用于提高土壤的密实度；在地基上预先挖掘注浆孔，孔将用于注浆过程，注浆孔的位置和间距需要根据具体项目的要求来确定；将选定的注浆材料以高压注入地基，确保均匀分布并填满土壤孔隙，注浆施工的压力和速度需要根据地基条件进行调整，以实现最佳效果；在注浆加固过程中，需要进行实时监测和质量控制，以确保地基得到适当的强化，包括测量地基沉降和浆料的注入量。

相对于传统的地基改良方法，注浆加固通常施工速度更快，可以节省时间和成本，且注浆加固可以显著提高软土地基的承载能力，使其能够承受更大的荷载，同时通过减少软土地基的沉降，注浆加固有助于提高道路和建筑物的稳定性，减少维护成本；注浆加固技术适用于各种软土地基类型，包括沉积土、粉土、淤泥和砂土。

### （二）原位土换填技术

原位土换填技术是一种通过在现场处理软土地基，将原位土壤挖掘、改良、再填充的方法，以增加地基的承载能力和稳定性。原位土换填技术的首要目标是改良土质，增加土壤的抗压强度和稳定性；通过采用合适的压实设备和施工工艺，可以将软土地基中的空隙填实，增加土壤的密实度，提高承载能力，还可以通过化学固化方法来增加土壤的粘结性和抗剪强度；在施工中采用预压技术，可以通过施加持续的压力来改善土壤的力学性质，从而减小土壤的沉降和变形。在技术应用过程中，需要对软土路面进行评估，确定是否需要原位土换填处理；根据路面评估的结果，确定土壤改良的方式和所需的掺合料，通常水泥和石灰是常见的改良材料；使用挖掘机械将改良后的土壤挖掘出来，形成坑洞或开挖区域，并将均匀材料填充到挖掘出的区域中，确保均匀分布，之后使用振动压路机等设备将填充的材料压实，确保路面平整和坚固。软土路面的地基不稳定会导致路面开裂和坑洞，原位土换填技术可以加强地基，提高路面的承载能力，且相对于完全重新铺设路面，原位土换填技术可以减少施工成本，因

为重复使用了一部分现有路面材料<sup>[3]</sup>。

### （三）强夯加固技术

强夯加固技术是一种利用高频振动锤将砂土、黏土等软土层进行夯实，提高地基承载力的施工方法。在强夯加固技术中，振动锤通过锤击地基，将能量传递到软土层中，能量传递可以导致软土颗粒之间的摩擦减小，使土壤颗粒重新排列，从而提高了土壤的密实度；振动锤的高频振动作用下，土层颗粒在锤击的同时会发生振动，使得土壤颗粒更容易紧密排列，土壤的压实度提高，从而增加了土壤的承载力；强夯加固技术还可以通过振动作用，减小土壤内部孔隙中的水分含量，不仅有助于提高土壤的承载力，还能够降低土壤的液化风险；振动锤本身的重力也可以帮助土壤夯实，锤击时锤头的重力作用下可以促使土壤更好地排列，提高土壤的密实度。

在技术应用过程中，需要根据土壤勘察结果制定合适的施工方案，包括振动锤的选择、振动频率和振动锤的下落高度等参数；在实际施工前，需要进行施工场地的准备工作，包括清理场地、设置施工边界和搭建设备；施工准备工作完成后，振动锤可以开始施工，振动锤通过不断地锤击地基，将能量传递到软土层，实现土壤的夯实，施工人员需要掌握振动锤的操作技巧，确保施工质量。

相比传统的地基处理方法，如土石方加固，强夯加固技术施工速度更快，振动锤的高频振动和压实作用使得施工周期大幅缩短，可以减少施工时间和降低施工成本；在软土地区，液化是一种常见的地基问题。通过使用强夯加固技术，可以降低土壤内部的孔隙水含量，从而减小土壤液化的风险；强夯加固技术可以显著提高软土路基的承载力，通过高频振动锤的作用形成更为紧密的结构，使地基能够承受更大的荷载，从而提高道路的耐久性和安全性。

### （四）排水固结加固技术

在软土地质条件下，土壤的排水性能是影响道路稳定性的关键因素，如果土壤排水性能不佳，雨水会渗透进路基，导致土壤软化和沉降，从而对道路造成损害，排水固结加固技术的核心原理之一就是通过改善土壤的排水性能来减小路基的变形和沉降；排水固结技术通过使用排水设施，如排水沟和排水管，来引导雨水远离路基，可以防止水分渗透到土壤中，减少土壤软化的风险，且排水设施还可以帮助维持土壤的工程性能，提高道路的稳定性的<sup>[4]</sup>。

在软土路处理中，设计和建设排水设施为重要环节，合理设计的排水系统可以有效地引导雨水，减少水分对土壤的侵蚀，降低路基软化的风险。排水沟是一种用于收集和排放雨水的设施，通常位于道路两侧，可以收集路面上的雨水，然后将其引导到排水沟或污水处理设施中，排水沟的设计应考虑地势和降水情况，以确保雨水能够迅速排除；排水管是用于将雨水从道路下方排走的管道系统，排水管的材料和尺寸应根据具体情况进行选择，以确保其能够满足排水需求，排水管的安装通常需要专业设备和施工技术，以确保其性能可靠。在排水之后，可以采用机械压实的方法，通过使用振动压路机等设备来加固土壤，设备可以将土壤

颗粒重新排列，增加土壤的密实度和承载能力。

### （五）灰土挤密桩加固技术

灰土挤密桩，又称灰土浆注桩或灰土桩，是一种地基加固技术，通过在软土地质条件下注入灰土浆，以增加土壤的密实度和承载能力，该技术的核心原理是通过灌注或挤压方式将灰土浆注入地下，与周围土壤相互作用，形成固化的桩体，从而改善地基的性能。灰土浆通常由水、水泥、粉煤灰和其他掺合材料组成，水泥起到固化作用，粉煤灰可以增加浆体的流动性，从而更好地渗透到土壤中，通过调整不同成分的比例，可以获得适合不同软土地质条件的灰土浆。注入的灰土浆通过填充土壤孔隙，提高了土壤的密实度，可以减少土壤的变形和沉降，提高承载能力，且灰土浆中的水泥固化后，形成坚固的桩体，增加了土壤的抗压强度，从而提高地基的稳定性，同时灰土浆可以填充土壤中的微观孔隙，降低土壤的渗透性，防止水分进入土壤，减少软化的风险。

在施工之前，需要确保所有设备和材料的准备工作已经完成，包括准备足够的灰土浆、搅拌设备、注浆设备等；根据设计要求，在软土地质条件下进行钻孔或挤压操作，将灰土浆注入地下，注浆的深度和间距应根据设计要求进行控制；灰土浆需要一定时间来固化，通常需要数天至数周，在固化时间内施工区域需要避免重型机械和其他施工活动。

## 三、市政道路软土路基施工质量控制

为了确保市政道路软土路基施工质量，需要采用科学的控制措施，主要包括：（1）严格的材料控制。软土路基的质量控制首先涉及材料的选择和控制，应根据设计要求选择合适的土壤材料，对材料的来源、性质、含水率等进行严格的控制，且应确保

材料的合理储存和搅拌，以防止材料的质量受到污染或变质。

（2）压实控制。软土路基的压实是关键的施工环节，应根据设计要求选择合适的压实设备，确保压实的均匀性和密实度，压实时需要根据不同土壤类型和厚度，合理控制压实次数和轮胎压力。

（3）排水控制。软土路基容易受到地下水位的影响，因此施工过程中应采取排水措施，以防止水分对路基的不利影响，包括排水沟、渗透性材料的使用以及合理的施工排水计划。（4）建立完善监测体系。市政道路软土路基施工监测体系是一项综合性、系统性的控制措施，有助于实时监测施工过程中的各项指标，及时发现问题，采取措施进行修复和调整，以确保道路施工质量符合标准要求。不同的软土路基施工项目需要不同类型的监测仪器和设备，所以需要选择合适的监测仪器和设备，常用的监测设备包括土壤密度计、应变计、位移计、测斜仪、温湿度传感器等，可以实时监测土壤的密实度、变形情况、温湿度等参数，为施工质量控制提供有力的数据支持；监测体系需要具备数据采集和传输系统，以确保监测数据能够及时传递给相关人员，现代监测系统常采用自动化数据采集系统，通过传感器采集数据，然后通过互联网或其他通信方式传输数据至监测中心，能够实现远程监测，减少人力和时间成本<sup>[5]</sup>。

## 结束语

综上所述，市政道路软土路基施工技术的应用对城市建设和发展具有深远的意义，通过科学合理的技术手段，可以提高道路的质量和可靠性，降低维护成本，保障交通安全，推动城市可持续发展，为城市居民提供更加安全、便捷和舒适的交通环境，因此在市政道路建设中，需要采用科学的软土路基施工技术，确保道路综合质量。

## 参考文献

- [1] 郑杏君, 李宝林, 张强飞. 市政道路软土路基稳定性处理方案研究 [J]. 城市建设理论研究 (电子版), 2023(30): 189-191.
- [2] 陶彦. 市政道路工程中软土路基施工技术的运用研究 [J]. 四川建材, 2023, 49(10): 125-127.
- [3] 马穗勇. 市政道路软土路基施工技术要点研究 [J]. 城市建设理论研究 (电子版), 2023(27): 175-177.
- [4] 林学丽. 软土地基加固技术在市政道路路基施工中的应用 [J]. 工程技术研究, 2023, 8(12): 49-51.
- [5] 兰秀荣. 分析市政道路工程中软土路基施工技术的应用 [J]. 四川建材, 2022, 48(11): 161-162.
- [6] 马琴梅. 沥青混凝土道路施工技术在市政道路施工中的应用 [J]. 科技创新与应用. 2019, (28).
- [7] 林陶. 探讨市政道路工程中软土路基施工技术的应用 [J]. 建筑与预算. 2021, (12).
- [8] 刘元波. 市政道路工程中软土路基施工技术的应用 [J]. 绿色环保建材. 2021, (4): 128-129.
- [9] 张洮萌. 市政道路软土路基强夯法施工技术研究 [J]. 智能城市. 2021, 7(4): 134-135.
- [10] 周智远. 软土路基的市政道路施工技术探究 [J]. 江西建材. 2021, (3).

# 新疆特克斯公路隧道轮廓反光环的设计与应用

周敬龙

苏州交投建设管理有限公司, 江苏 苏州 215000

身份证号: 372925198507141338

**摘 要 :** 随着公路交通体系的越来越完善, 交通运输部提出了绿色公路的建设理念, 在此环境下隧道轮廓反光环运用而生, 以新疆特克斯公路隧道为工程背景, 分析了隧道布置轮廓反光环的性能优势, 研究了轮廓反光环间距参数取值, 提出了轮廓反光环在特克斯隧道中的设计方案, 为今后在建隧道轮廓反光环的设计提供借鉴参考。

**关 键 词 :** 绿色公路; 特克斯隧道; 反光环; 视线诱导

## Design and Application of Contour Reflective Ring of Xinjiang Tex Highway Tunnel

Zhou Jinglong

Suzhou Jiaotou Construction Management Co., Ltd., Suzhou, Jiangsu 215000

ID:372925198507141338

**Abstract :** With the improvement of highway traffic system, the Ministry of Transport has put forward the concept of green highway. Under this environment, the use of contour reflective ring of tunnel emerges. Taking Xinjiang Tex Highway Tunnel as the engineering background, analyzing the performance advantages of contour reflective ring of tunnel, studying the spacing parameters of contour reflective ring of tunnel, and putting forward the design scheme of contour reflecting ring in Tex Tunnel. Providing reference for the design of contour reflective rings of tunnel in the future.

**Key words :** green highway; Tex Tunnel; reflective ring; visual guidance

## 引言

在我国公路交通基础建设中, 为保证高速公路路线的平顺, 实现高速公路与自然环境的和谐统一, 隧道建设的占比逐年提高。交通运输部提倡绿色交通, 并提出了绿色公路的建设理念: 建设以质量优良为前提, 以资源节约、生态环保、节能高效、服务提升为主要特色的绿色公路, 实现公路建设健康可持续发展<sup>[1-4]</sup>。

隧道具有空间封闭、照明单一、“黑白洞”效应等特点, 长时间行驶在隧道内容易引起驾驶员的视觉疲劳, 为了提高行车的舒适性和安全性, 同时符合绿色公路的理念, 在隧道建设工程中需采用新材料、新工艺、新技术及新措施等方法来突破面临的难题, 隧道轮廓反光环在此环境下运用而生<sup>[5]</sup>。以新疆特克斯隧道为工程背景, 分析轮廓反光环在隧道中的运用优势, 提出隧道轮廓反光环的设计方案及间距取值, 并很好的应用到新疆特克斯隧道。

## 一、隧道轮廓反光环的性能优势

隧道轮廓反光环的安装可达到“三提升”:

一是提升了安全度。反光环的安装使隧道的内轮廓更加清晰, 让驾驶人员直观感受隧道的长、宽、高, 减轻了驾驶人员进入隧道口时出现的“瞬间失明”等不适感, 其等间距布置, 驾驶人员能更好地掌握车距, 起到了警示和导向作用, 行车诱导效果明显, 在隧道停电的情况下效果尤为突出。据统计, 自实施反光环安装的隧道交通事故发生率得以明显降低。

二是提升了环保度。隧道反光环沿隧道内轮廓等间距安装, 可以辅助隧道照明, 化解隧道内无法正常照明带来的困局。据统计, 与隧道中安装的高压钠灯相比, 反光环安装后, 隧道平均一公里每小时至少可以节约用电量0.6kw, 一天节约用电量14.4kw, 一年节约用电5256kw。降低了隧道照明耗电量及运营成本, 打造低碳环保隧道。

三是提升了美观度。隧道安装轮廓反光环后, 当行驶的车辆灯光照射上去, 反光环反射的光既醒目又漂亮, 宛如一条“时光隧道”, 是提升隧道工程品质的强有力措施, 值得大力推广<sup>[6]</sup>。



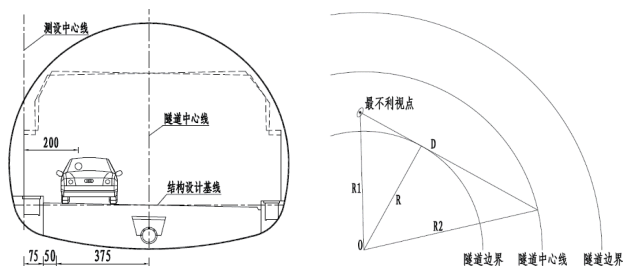
## 二、隧道轮廓反光环布置间距研究

轮廓反光环是依据绿色公路隧道理念,近几年在隧道中出现的视线诱导设施,首先在云、贵、川等省隧道中尝试使用,目前在《公路隧道设计规范》等相关规范中并没有明确的设计标准。贵州省交通运输厅发布的《贵州省高速公路勘察设计指导意见》(2015年版)中已提出要求在长隧道、特长隧道中设置被动轮廓反光环,并对该反光环的设置提出了相应的要求<sup>[7]</sup>。贵毕公路高家岩隧道为贵州首次在干线公路隧道内安装反光环的隧道<sup>[8]</sup>,隧道内安装反光环后不仅使得隧道轮廓更加清晰,也节省了照明用电,产生了较好的经济及安全效益,厦蓉高速古田路段的京源口隧道内的反光环每200米一全环,每100米一半环,增加隧道辨识度,起到减缓视觉及精神疲劳的作用<sup>[9]</sup>。

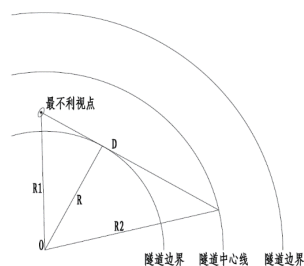
隧道轮廓反光环间距参数研究以现场试验和理论推算为主要方法,公路隧道路线一般分为直线段、大半径曲线段和小半径曲线段,反光环间距参数设置原则:在隧道直线段、大半径曲线段,能够连续清晰的看到三道反光环,在隧道小半径曲线段,以在第一道轮廓反光环最不利行车视线位置,能够看到第三道反光环的1/2的为宜<sup>[10-11]</sup>。

隧道中第一道和最后一道轮廓反光环布置间距参数通过现场试验来确定,以新疆特克斯公路隧道为工程背景,在距离隧道洞口10m、20m、30m、40m、50m、60m、70m、80m分别依次布置隧道轮廓反光环,通过多人驾车试验,当隧道轮廓反光环距洞口10m时,受到洞外环境的影响较大,反光效果不佳,距洞口20~50m时,轮廓反光环反光效果较好;当隧道轮廓反光环距洞口大于60m时,受到“黑洞”效应的影响,不能达到较好的反光效果。综合评价考虑,隧道中第一道和最后一道轮廓反光环距洞口的长度为20m~50m为宜。

隧道直线段和大半径曲线段轮廓反光环布置间距参数根据《贵州省高速公路勘察设计指导意见》(2015年版),每隔200米等间距设置一道;隧道小半径曲线段设置间距可根据具体情况适当减小,但应等间距设置。隧道轮廓反光环等间距布置有确定前方车距的作用,遂对其进行间距布置可分为100m、150m、200m,根据隧道曲线半径、最不利视线位置及第三道轮廓反光环1/2位置线进行视距计算,确定反光环间距,如图1、图2所示。



> 图1 隧道双车道横断面示意图



> 图2 隧道曲线段视距计算关系示意图

隧道双车道

$$2D_1 = \sqrt{R_1^2 - R^2} + \sqrt{R_2^2 - R^2} = \sqrt{(R+2)^2 - R^2} + \sqrt{(R+5)^2 - R^2} \quad (1)$$

式中:

$D_1$ —反光环间距;

$R$ —隧道曲线半径;

$R_1$ —最不利视点与曲线圆心间距;

$R_2$ —隧道中心线与曲线圆心间距。

通过公式(1)可知,当 $R \leq 900$ ,  $D_1 = 100m$ ;当 $900 < R \leq 1500$ ,  $D_1 = 150m$ ;当 $1500 < R$ ,  $D_1 = 200m$ 。

隧道三车道

$$2D_2 = \sqrt{R_1^2 - R^2} + \sqrt{R_2^2 - R^2} = \sqrt{(R+2)^2 - R^2} + \sqrt{(R+6.75)^2 - R^2} \quad (2)$$

通过公式(2)可知,当 $R \leq 700$ ,  $D_2 = 100m$ ;当 $700 < R \leq 1300$ ,  $D_2 = 150m$ ;当 $1300 < R$ ,  $D_2 = 200m$ 。

## 三、特克斯公路隧道轮廓反光环设计方案

### (一) 工程背景

新疆维吾尔自治区国道577线是“57712”交通规划中“五横七纵”高等级公路网中第三纵“喀纳斯至英吉沙公路”重要组成部分,同时是伊犁哈萨克自治州首府伊宁市、特克斯县、昭苏县的干线公路,也是伊犁州“四横九纵三联”骨架公路网的主要组成部分。其中修建的特克斯隧道,属旱田至特克斯公路改建项目的关键控制工程,特克斯隧道位置如图3所示。

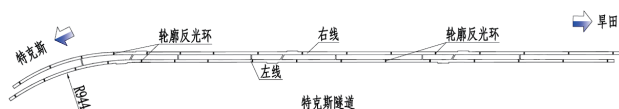
### (二) 隧道轮廓反光环间距参数设计

新疆特克斯隧道以双线四车道一级公路标准设计,设计行车速度60km/h,左洞进口桩号 ZK96+405,出口桩号 ZK99+165,长2760m,其中隧道桩号 ZK96+405~ZK98+663为直线段,长2258m,隧道桩号 ZK98+663~ZK99+165为曲线段,长502m,曲线半径944m。右洞进口桩号 K96+370,出口桩号 K99+135,



> 图3 特克斯隧道位置平面图





> 图4 特克斯隧道路线平面示意图

长2765m，其中桩号 K96+370~K98+694为直线段，长2324m，桩号 K98+694~K99+135为曲线段，长441m，曲线半径944m；特克斯公路隧道属于典型的长隧道，路线平面图如图4所示。

特克斯公路隧道曲线段曲线半径944m，由上文公式（1）可知，D取150m；根据贵州省交通运输厅发布的《贵州省高速公路勘察设计指导意见》（2015年版），隧道直线段D取200m；根据试验确定第一道和最后一道轮廓反光环距洞口20~50m为宜。综合考虑特克斯公路隧道路线特点，并且最优的发挥轮廓反光环的作用，设计布置方案如图4所示：特克斯县一侧，隧道左线第一道轮廓反光环布置距洞口30m，隧道右线第一道轮廓反光环布置距洞口35m，往旱田方向，隧道左线右线以150m间距各布置6道，以200m间距布置各9道，最后一道轮廓反光环距洞口30m；特克斯公路隧道左线右线各设计布置16道轮廓反光环，共设计布置32道轮廓反光环。

### （三）隧道轮廓反光环安装设计

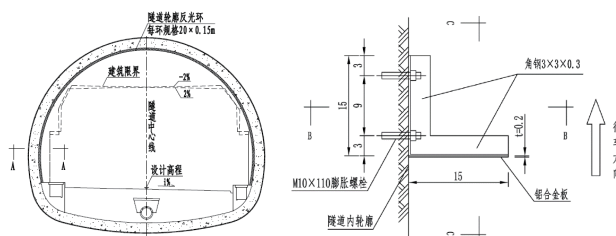
隧道轮廓反光环的安装设计在相关规范中并没有明确的规定和标准，其安装设计需要考虑两个方面：一是轮廓反光环下仰角设计，二是在隧道内轮廓上安装固定设计。

隧道轮廓反光环设置下仰角可以调节反光效果，不同距离轮廓反光环在车辆灯光照射下形成不同梯度的反光变化，有利于缓解驾驶人员的视觉疲劳，当车辆距离反光环80~100m时，形成的梯度反光效果较好<sup>[10]</sup>。特克斯公路隧道地面设计高程距离隧道顶部6.9m，驾驶员在车上视点距离隧道顶部约5.9m，此时驾驶员视线仰角为 $\alpha = \tan^{-1}(5.9 \div (80 \sim 100)) \approx 3.4^\circ \sim 4.2^\circ$ ，隧道轮廓反光环下仰角 $\beta = 90 - \alpha = 85.8^\circ \sim 86.6^\circ$ 。

隧道轮廓反光环的安装固定要紧贴隧道内轮廓，安装时若与其他隧道设施冲突，可根据现场实际情况将其断开，确保轮廓反光环不得侵入隧道建筑界限及与其他隧道设施发生遮挡，如图5（a）所示；隧道轮廓反光环的安装结构有“L”型、“I”型、“V”型、“A”型，特克斯隧道设计采用“L”型的安装结构，其托架由镀锌的三角钢组成，一端利用膨胀螺栓固定在隧道内轮廓上，一端利用铆钉与铝合金板紧密的连接在一起，托架设置的环形间距为50cm，若与其他隧道设施发生冲突可根据实际情况进行调整，铝合金板宽15cm，长100cm，外形轮廓应与隧道内轮廓相同，相邻的铝板采用斜角搭接，如图5（b）（c）、（d）所示，在铝合金板上粘贴IV类微棱镜型超高级或V类微棱镜型大角度级反光膜。

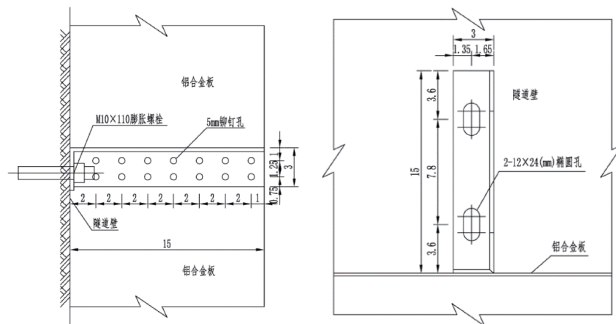
## 四、总结

隧道轮廓反光环是在绿色公路理念下产生的新设施，本文以新疆特克斯隧道为工程背景，对轮廓反光环在隧道中的设计进行了分析，得出以下结论：



（a）轮廓反光环设计图

（b）A-A剖面示意图



（c）B-B剖面示意图

（d）C-C剖面示意图

> 图5 隧道轮廓反光环安装设计示意图

（1）通过现场试验，隧道中布置第一道与最后一道轮廓反光环距洞口20m~50m为宜；当隧道为直线段或大半径曲线段，轮廓反光环以200m等间距布置；

（2）当隧道为小半径曲线段，轮廓反光环布置间距根据隧道曲线半径、最不利视线位置及第三道轮廓反光环1/2位置线关系适当减小，一般等间距布置分为100m、150m、200m，特克斯隧道采用150m与200m等间距相结合的方式布置轮廓反光环；

（3）隧道轮廓反光环的安装，提高了隧道的安全度、环保度、美观度，降低了隧道的能耗和运营成本，在特克斯隧道中获得良好的经济效益。

## 参考文献

- [1] 张德华. 践行绿色交通 推进公路转型发展——《关于实施绿色公路建设的指导意见》政策解读[J]. 吉林交通科技, 2016(3): 4-6.
- [2] 涂耘, 王少飞, 邓欣. 基于低碳理念的公路隧道绿色照明技术研究[J]. 公路隧道, 2013(3): 10-15.
- [3] 张翠. 基于可持续发展理念的绿色公路评价研究[D]. 重庆交通大学, 2011.
- [4] 黄婷, 陈云, 牟星宇, 杜志刚. 高速公路隧道提质升级交通安全设施典型问题及对策[J]. 公路, 2020(4): 256-260.
- [5] 吴嵩. 浅谈轮廓反光设施在高速公路隧道工程中的应用[J]. 公路交通科技(应用技术版), 2017(11): 59-60.
- [6] 杜志刚, 徐弯弯, 向一鸣. 基于视线诱导的公路隧道光环境优化研究框架[J]. 中国公路学报, 2018, v.31; No.176(04): 126-133.
- [7] 贵州省交通运输厅. 关于在全省高速公路隧道内推广使用反光环的通知(黔交建设[2015]46号) [http://www.qjt.gov.cn/xwzx/tzgg/201607/t20160718\\_965246.html](http://www.qjt.gov.cn/xwzx/tzgg/201607/t20160718_965246.html), 2015-02-16.
- [8] 毕节公路管理局. 贵毕公路高家岩隧道安装环形被动反光环 <http://www.gzhighway.gov.cn/gzsgljweb/web2015/common/detail.jsp?s=8&ID=22864>, 2015-09-13.
- [9] 台海网(厦门)高速隧道像“时光隧道”，这是反光环！ <http://news.163.com/17/0112/09/CAIPNG7100014AEE.html>, 2017-01-12.
- [10] 朱婧, 何斌, 李永江. 雅西高速公路隧道视线诱导设施试验与研究[J]. 四川水泥, 2017(12): 336.
- [11] 段萌萌, 陶盼盼. 隧道反光环设置间距对驾驶员视觉的影响研究[J]. 武汉理工大学学报, 2016, 38(2): 50-56.

# 道路 / 非道路车辆电气系统的故障诊断与智能维护

付华

广西柳工机械股份有限公司, 广西 柳州 545000

**摘 要 :** 随着汽车技术的迅速发展, 车辆的电气系统日益复杂, 导致各种故障的出现。本文对道路和非道路车辆的电气系统故障的类型和原因进行了深入研究, 包括电池问题、传感器和执行器、线路连接问题、控制器和软件故障, 以及外部因素如湿度、温度和振动等引起的问题。对于故障的诊断, 本文还介绍了包括传统的诊断工具、车载诊断系统、无线传感网络和基于数据与模型的故障检测方法。随着大数据和人工智能技术的崛起, 本文也讨论了这些技术在车辆电气系统的智能维护和预测性维护中的应用, 重点讨论了数据收集和分析在预测性维护中的重要性、实时健康监测与故障预警系统, 以及云计算与大数据的应用。通过这些先进的技术和方法, 可以实现对车辆电气系统的实时监控、故障预测和智能维护, 从而大大提高车辆的可靠性和安全性。

**关 键 词 :** 道路 / 非道路车辆; 电气系统; 故障诊断; 智能维护

## Troubleshooting and Intelligent Maintenance of Electrical Systems in On-Road/Off-Road Vehicles

Fu Hua

Guangxi LiuGong Machinery Co., Ltd, Guangxi, Liuzhou 545000

**Abstract :** With the rapid development of automobile technology, the electrical systems of vehicles are becoming increasingly complex, leading to various faults. This paper provides an in-depth study of the types and causes of electrical system failures in road and off-road vehicles, including battery problems, sensors and actuators, wiring connection problems, controller and software failures, as well as problems caused by external factors such as humidity, temperature and vibration. For the diagnosis of faults, this paper also describes fault detection methods including traditional diagnostic tools, on-board diagnostic systems, wireless sensor networks, and data-based and model-based fault detection methods. With the rise of big data and artificial intelligence technologies, this paper also discusses the application of these technologies to intelligent and predictive maintenance of vehicle electrical systems, focusing on the importance of data collection and analysis in predictive maintenance, real-time health monitoring and fault warning systems, and the application of cloud computing and big data. Through these advanced technologies and methods, real-time monitoring, fault prediction and intelligent maintenance of vehicle electrical systems can be realized, thus greatly improving the reliability and safety of vehicles.

**Key words :** road/off-road vehicles; electrical system; fault diagnosis; intelligent maintenance

## 一、引言

随着科技的不断进步, 道路与非道路车辆的电气系统变得越来越复杂。这不仅为现代交通带来了更高的效率和便利, 但同时也带来了更多的维护挑战。电气故障已成为车辆维护中的一个重要领域, 需要高效和及时的解决方案。这些故障不仅影响车辆的性能, 还可能影响到驾驶员和乘客的安全。因此, 深入研究电气故障的诊断和智能维护显得尤为重要。本文旨在探索这些问题, 提供一套综合的方法和技术, 以应对现代车辆电气系统中所面临的挑战。

## 二、车辆电气系统故障的常见类型及其原因

### (一) 电池故障

电池作为车辆电气系统的核心, 其故障对整体性能有着显著影响。在道路和非道路车辆中, 电池故障通常表现为电量下降、充电能

力减弱或无法启动车辆。这些问题可能源于多种原因, 如电池老化、内部短路、电解液减少或温度影响。特别是在重型工程机械中, 由于电池承受更大的负荷和更频繁的使用, 故障的发生率较高。老化是电池最常见的故障原因, 随着时间的推移, 电池的化学性能逐渐下降, 导致存储能力减弱。此外, 电池的内部短路, 通常由于物理损坏或制造缺陷引起, 会导致电池效率降低, 甚至有安全风险。在一些恶劣的环境条件下, 如极端温度或湿度, 电池的性能也会受到影响。此外, 不正确的充电和维护方式也会加速电池故障的发生。对于工程机械和重型车辆, 由于其对电池性能的依赖性更高, 因此在维护和检查时需要特别注意电池的状态。定期检查电池的电压、充电状态和外观, 可以及时发现并处理潜在的问题。同时, 合理的充电策略和适当的温度控制也是保持电池健康的关键。<sup>[1-3]</sup>

### (二) 传感器与执行器故障

传感器和执行器是车辆电气系统中不可或缺的部分, 它们负责收集信息并对车辆的各种功能进行控制。当这些部件出现故障时, 可

能导致车辆性能下降，甚至安全风险。在汽车和工程机械中，传感器通常用于监测速度、温度、压力等参数，而执行器则负责控制制动、转向和发动机等部件。传感器故障可能由多种因素引起，包括污染、物理损坏、电磁干扰或老化。例如，发动机中的温度传感器如果受到油污或灰尘的影响，可能无法准确读取温度，从而影响发动机的性能。同样，执行器的故障可能由于机械磨损、电气问题或软件故障引起。在工程机械中，由于工作环境的艰苦，传感器和执行器更容易受到损伤。因此，定期检查和维修这些部件对于确保机械的正常运行至关重要。此外，使用高质量的传感器和执行器，以及采用防护措施以减少外界因素的影响，也是预防故障的有效方法。

### （三）线路与连接器问题

线路和连接器是车辆电气系统的基础，它们确保电力和数据稳定传输。在汽车和工程机械中，线路和连接器故障可能导致电气系统的部分或全部功能失效。常见问题包括线路断裂、腐蚀、短路以及连接器的松动或损坏。线路断裂通常是由物理损伤引起的，比如在粗糙的道路行驶或在恶劣的工作环境中操作工程机械时。此外，线路的腐蚀也是一个常见问题，尤其是在潮湿或盐分较高的环境中。这种腐蚀不仅会影响电线的传导性能，还可能导致短路，甚至触发火灾。连接器的故障通常表现为接触不良，这可能是由于连接器松动、污染或机械损伤造成的。在重型车辆和工程机械中，由于震动和频繁的使用，连接器的故障率相对较高。为了防止线路和连接器的故障，定期的检查和维护至关重要。这包括检查线路的完整性、清洁和紧固连接器，以及采取适当的防腐措施。在设计阶段，选择适合特定环境的高质量材料和构造，也可以显著降低这些问题的发生概率。

### （四）控制器和软件故障

控制器和软件是现代汽车和工程机械电气系统的核心，负责处理各类信息并控制机械操作。然而，它们也容易遭遇故障，这些故障可能影响车辆的安全性和效率。控制器故障通常由硬件问题（如电路板损坏、连接故障）或外部因素（如温度极端、湿度、电磁干扰）引起。软件故障则更多与程序错误、不兼容的更新或系统冲突相关。在汽车行业，随着技术的进步和车辆系统的复杂化，软件和控制器的的重要性日益增加。这些系统负责管理发动机性能、制动系统、转向控制等关键功能。一旦出现故障，可能导致性能下降、反应迟钝甚至系统完全失效。例如，一个故障的发动机控制单元（ECU）可能导致燃油效率降低、排放增加或意外加速。对于工程机械而言，控制器和软件的可靠性对于确保作业效率和操作员安全尤为关键。这些机械通常在恶劣的环境下工作，如高温、尘土和震动等条件。这些环境对控制器硬件构成了极大的挑战，容易导致硬件故障。同时，软件必须能够处理复杂的任务，如动态地图绘制、精确位置控制等，任何软件故障都可能导致操作失误或事故。<sup>[4]</sup>

### （五）外部因素导致的故障

车辆电气系统的性能不仅受内部因素影响，外部环境因素也扮演着重要的角色。这些因素包括天气条件、物理撞击、污染、电磁干扰等，它们都可能导致系统故障或性能下降。在汽车和工程机械领域，理解和预防这些外部因素的影响至关重要。天气条件，特别是极端温度、湿度和盐雾，对电气系统组件造成的影响不容忽视。例如，低温可能导致电池效率下降，高温则可能引起电子组件过热。此外，湿度和盐雾会加速金属部件的腐蚀，影响电路的稳定性。工程机械在恶劣的环境下作业，如矿山、建筑工

地等，其电气系统必须能够抵御尘埃、泥浆和机械冲击。物理撞击和振动对车辆电气系统也是一大挑战。在日常道路使用中，汽车可能遭受交通事故的冲击，这些冲击可能损坏电气系统的敏感部件。对于工程机械来说，振动是一个常见的问题，长时间的振动会导致连接器松动、电线磨损，甚至电子组件的内部损坏。此外，电磁干扰（EMI）也是一个不容忽视的问题。随着无线通讯技术的广泛应用，车辆电气系统需要能够在复杂的电磁环境中稳定运行。EMI 可能导致信号干扰、数据丢失或控制系统失灵。

## 三、电气故障的诊断方法

### （一）传统的诊断工具和技术

在汽车和工程机械的电气系统故障诊断中，传统的诊断工具和技术起着关键作用。这些方法有助于定位和解决各种类型的故障，确保车辆或机械设备的安全性和性能。故障码扫描工具是一种常见的传统诊断工具。它们连接到车辆或机械的 OBD-II（On-Board Diagnostics II）端口，并读取故障码，这些码指示了可能存在的问题。技术人员可以根据这些故障码的解读来确定故障的性质和位置，然后采取适当的维修措施。此外，多用途计量仪和电压表等测试设备也是不可或缺的。它们用于测量电压、电流和电阻，以确认电气系统的各个部分是否正常工作。例如，通过测量电池电压，可以确定电池是否充电正常，从而排除电池故障的可能性。另一个传统的诊断方法是电路图和线束检查。技术人员可以使用电路图来查找电路中的连接点和元件，以确定是否存在断路、短路或损坏的线束。这种方法需要经验丰富的技术人员，他们可以追踪电路并手动排除问题。

### （二）车载诊断系统

车载诊断系统在现代汽车和工程机械中变得越来越重要。这些系统通过内置的传感器、控制器和软件来监测电气系统的各个方面。它们可以实时捕获数据，识别异常，并生成故障码或警报，以通知驾驶员或维修人员。例如，现代汽车配备了先进的发动机控制单元（ECU），可以监测发动机性能，并在检测到异常时记录相关信息。这些数据可以通过诊断工具或车载信息显示系统进行访问，帮助技术人员快速诊断问题。车载诊断系统还可以与云端服务集成，将数据上传到云服务器进行进一步分析。这种远程诊断功能使制造商和维修服务提供商能够远程监控车辆或机械设备的状态，并提供及时的维护建议和故障排除指导。

### （三）无线传感网络与远程诊断

无线传感网络和远程诊断技术是电气系统故障诊断的创新方法。通过将传感器部署在关键部位，如发动机、变速箱和制动系统，车辆或机械设备可以实时监测各个组件的状态。这些传感器可以使用无线通讯技术将数据传输到中央控制单元或云服务器。远程诊断人员可以随时访问这些数据，并使用机器学习算法来分析模式和趋势，以检测潜在的故障迹象。远程诊断还可以通过远程访问控制单元进行远程重置或校准，以解决某些问题，从而减少维修时间和成本。这种方法尤其对大型工程机械设备来说非常有用，因为它们通常运营在偏远或难以到达的地区。

### （四）数据驱动和模型驱动的故障检测方法

数据驱动和模型驱动的故障检测方法利用大数据和机器学习技术来改进电气系统的故障诊断。数据驱动的方法涉及数据的收集、存



储和分析。大量的电气系统性能数据可以用于建立模型，以识别正常操作和异常操作之间的差异。这些模型可以帮助检测潜在故障，即使它们不容易通过传统方法或车载诊断系统来检测。模型驱动的方法涉及建立数学模型来描述电气系统的行为。这些模型可以用于模拟系统的操作，并与实际数据进行比较，以检测异常。模型还可以用于预测系统的性能，从而提前发现潜在的故障。这些数据驱动和模型驱动的方法为电气系统故障诊断提供了更加精确和智能的工具，可以检测到传统方法难以察觉的问题，提高了维护的可靠性和效率。<sup>[6-8]</sup>

## 四、智能维护与预测性维护

### （一）引入人工智能与机器学习在维护中的作用

在现代车辆和工程机械维护中，人工智能（AI）和机器学习（ML）技术的引入具有革命性的影响。这些技术不仅改善了故障诊断的准确性，还推动了维护从预防性到预测性的转变。AI 和 ML 可以分析大规模数据，包括传感器数据、操作记录和维修历史，以识别潜在的故障模式和趋势。通过训练算法，系统可以学习正常操作的特征，并检测异常行为。这有助于提前发现电池故障、传感器问题或控制器故障等常见的电气系统问题。AI 还可以用于优化维护计划。通过预测性维护模型，系统可以根据设备的实际状况和使用情况来制定维护计划，避免不必要的维护工作，降低维护成本，并延长设备的寿命。这种方式可以减少停机时间，提高生产效率。此外，AI 和 ML 还可以支持自主维修决策。设备可以自动检测问题并提供维修建议，甚至自动执行某些维护任务。这减轻了技术人员的工作负担，并提高了维修的效率和精确度。

### （二）数据收集和分析对预测性维护的重要性

在车辆和工程机械的维护中，数据的收集和分析对于实现预测性维护至关重要。这一过程涉及采集各种数据，包括传感器数据、操作历史、环境条件等，然后使用分析工具来识别潜在的故障和性能下降。传感器数据是关键的信息来源。车辆和机械设备配备了各种传感器，用于监测温度、压力、电流、电压等参数。这些传感器实时捕捉设备的状态，允许系统检测异常行为。例如，通过监测电池电压和电流，可以识别电池健康状况，提前预测电池故障。操作历史记录提供了设备使用情况的重要信息。这包括启动和停止时间、负载变化、工作周期等。通过分析操作历史，可以确定设备的工作模式，从而更好地预测维护需求。例如，如果设备在高负载条件下运行时间较长，可能需要更频繁的维护。环境条件也是考虑因素之一，因为温度、湿度、尘埃等因素可能影响设备的性能和寿命。数据分析可以帮助确定这些外部因素对设备的影响，进而调整维护策略。最重要的是，数据分析可以识别潜在的故障模式和趋势，允许制定精确的预测性维护计划。这减少了突发故障的风险，提高了设备的可靠性和可用性。

### （三）实时健康监测与故障预警系统

实时健康监测和故障预警系统是电气系统维护中的关键组成部分。这些系统通过连续监测设备和车辆的状态来提供实时反馈，以便及时采取行动，防止潜在故障或损坏。实时健康监测系统使用传感器和数据采集设备来监测各个关键组件的性能。例如，它们可以监测发动机的温度、油压、转速等参数。如果系统检测到异常或超出预设阈值的情况，它会发出警报，通知操

作员或维修人员。故障预警系统利用先进的算法和模型来分析实时数据，识别潜在的故障迹象。这些系统可以检测到故障模式的变化，例如传感器故障、线路问题或控制器异常。一旦识别出问题，系统会发出及时的警报，允许维修团队采取适当的维护措施，从而避免设备损坏或停机。此外，实时健康监测和故障预警系统还可以与车载诊断系统和远程诊断工具集成，以提供更全面的维护支持。这种集成允许维修团队通过云端服务获取更多信息，共享数据和维修历史，并获得远程支持和指导。

### （四）云计算与大数据在智能维护中的应用

云计算和大数据技术在智能维护中的应用为电气系统的故障诊断和维护提供了强大的支持。云计算允许数据的集中存储和管理。大量的传感器数据、维修记录和操作历史可以在云服务器上进行存储和分析。这使得数据更容易访问和共享，不受地理位置的限制，为全球范围内的维护团队提供了协作和远程支持的能力。大数据技术可以处理海量数据，发现隐藏在其中的模式和趋势。通过分析多维数据，大数据算法可以更精确地识别潜在的故障，预测维护需求，从而降低设备停机时间和维修成本。云计算还支持实时数据传输和远程访问。维修团队可以随时访问设备的实时数据，监测健康状况，响应警报，并采取必要的行动。这种实时性和远程访问能力提高了维护的响应速度和效率。最重要的是，云计算和大数据技术可以提供维护数据的长期存储和分析，以改进维护策略和性能优化。通过历史数据的回顾，可以不断改进维护计划，提高设备的可用性和可靠性。<sup>[10]</sup>

## 五、结语

现代道路与非道路车辆的电气系统故障诊断与智能维护已经成为一个不可忽视的领域。通过对故障类型的深入理解和采用先进的技术，我们可以更好地应对这些挑战。人工智能、机器学习、大数据和云计算为我们提供了强大的工具，帮助我们实现对车辆电气系统的实时监控和智能维护。未来，随着技术的进一步发展，我们有望见到更加高效、智能和自动化的车辆电气系统维护方法，为现代交通领域带来更大的安全性和可靠性。

## 参考文献

- [1] 张鹏. 工程机械大灯起雾的改善研究 [J]. 中国机械, 2023, (15): 20-23.
- [2] 郭宇. 基建发力 工程机械行业稳中有升 [N]. 中国工业报, 2022-07-07 (003).
- [3] 汽车、工程机械电气系统全电子保险盒及电子零部件简介 [J]. 汽车电器, 2022, (05): 96.
- [4] 段芳媛. 重点项目建设发力 工程机械作业迎来活跃期 [N]. 中国证券报, 2022-03-21 (A06).
- [5] 裴宝浩, 邢勤, 于蓬, 周娟. 燃料电池工程机械发展现状与展望 [J]. 建筑机械, 2021, (07): 10-15.
- [6] 张明军. 基于人机工程学理论的汽车起重机操纵装置改进与设计探析 [J]. 现代农机, 2021, (02): 31-33.
- [7] 杨文娟. 工程机械机电一体化技术的应用与发展探索 [J]. 内燃机与配件, 2021, (05): 188-189.
- [8] 时虹, 冯美龙, 张鹏飞, 杨嘉骏. 工程机械混合动力能量管理策略研究现状和发展趋势 [J]. 南方农机, 2021, 52 (03): 20-22.
- [9] 申保军, 饶静, 杨立庆, 王超海. 汽车工程机械用钢表面“黑灰”原因分析与改进 [J]. 河南冶金, 2020, 28 (06): 17-18+56.
- [10] 刘凯. 工程机械一键启动控制系统研究 [J]. 建筑机械, 2020, (10): 44-46.



# 公路水运试验检测机构存在的问题及解决问题探讨

张金慧

贵州华通建设工程检测有限公司，贵州 六盘水 553000

**摘 要：**公路水运建设是国民经济发展中的一项重要内容，已成为国家、社会、公众等多方关注的焦点。但是，在实际的施工中，对试验检测工作往往会产生一些误差。但是，公路水运等工程的施工必须经过检测，并符合相应的规范，方能投入实际应用。为此，在我国公路水运施工项目施工过程中，必须加强对施工质量的检测。相关部门应加强对公路水运项目的试验检测，改进试验检测技术，保证项目的顺利实施。本文公路水运试验检测机构存在的问题及解决问题进行探讨。

**关 键 词：**公路；水运；试验检测机构；解决问题

## Discussion on the Problems and Problem Solving of Highway and Water Transportation Test and Inspection Organization

Zhang Jinhui

Guizhou Huatong Construction Engineering Inspection Co., Ltd, Guizhou, Liupanshui 553000

**Abstract：** Highway and water transportation construction is an important content in the development of national economy, and it has become the focus of attention of many parties, such as the state, society and the public. However, in the actual construction, there are often some errors on the test and inspection work. However, the construction of highway and water transportation and other projects must be tested and meet the appropriate specifications before they can be put into practical application. For this reason, in the construction process of China's highway and water transportation construction projects, it is necessary to strengthen the detection of construction quality. The relevant departments should strengthen the test and inspection of highway water transportation projects, improve the test and inspection technology to ensure the smooth implementation of the project. In this paper, from the importance of the test and inspection work of highway water transportation projects and the existing problems, we put forward the specific countermeasures to strengthen the test and inspection institutions of highway water transportation.

**Key words：** highway water transportation; test and inspection institutions; problems; problem solving

近年来，随着我国经济的不断发展，我国的运输事业也有了较大的发展。在公路水运建设工程中，试验检测是一项十分重要的工作。它既可缩短工期，又可提高工程质量。所以，在公路水运等工程施工中，必须进行试验检测。但是，现有的试验检测工作还不够完善，很难满足我国公路水运建设的高质量要求。为了保证公路水运项目施工的实效，必须进一步加强试验检测工作。

### 一、公路水运试验检测机构概述

#### （一）公路水运试验检测内容

在公路水运项目建设中，在施工过程中，要加大对设备、物料的检验力度，保证施工质量。在试验时，要对施工现场及线路进行认真的检查，对施工期间需要的材料进行检验，对施工图纸上的内容进行认真的审核，对各个工序所用的材料配比进行科学的设定，以增强施工进度计划的可行性。

#### （二）公路水运试验检测原则

当前，我国公路水运工程建设日益引起社会各界的重视。为此，必须强化检验管理，保证每个检验人员都能充分发挥其潜能，严格按照检验规程进行检验，将检验工作中出现的差错降到最低，避免出现工程质量问题。在公路水运工程建设中，应持续加强试验检测队伍的责任心，有效地防止采购中出现的一些问题，使试验检测工作更加有效、可行。

## 二、公路水运工程建设中试验检测工作的重要性

在公路水运等工程建设中,采用新的材料、新工艺,可以有效地提高工程的质量与效率。强化检验测试工作,使之满足公路水运工程建设的标准与需求,确定其有高实用性,保证其合理规范运用,保证施工效率。公路水运工程是关系到人民生活的重要组成部分,对建设的质量有很高的要求。要把试验检测工作贯穿于公路水运项目的整个施工过程中,要突出对隐蔽和关键项目的检查,并在此基础上对施工质量进行科学的评估,并对存在的质量问题进行及时的发现与处理,保证公路水运工程的施工质量符合要求。建设单位在进行公路水运工程的过程中,要注意各种资源的品质与使用,保证各种建设资源的高效使用,保证它们的质量满足相关项目的需求,为公路水运工程的施工质量打下良好的基础。

## 三、公路水运工程试验检测机构分析

### (一) 对水泥质量的试验检测

水泥的检验需要对袋装水泥和散装水泥分别做相应的处理,水泥品种、标号、购时间、购批次及品质等级都要有详细的记录。所以,在生产中应该采取随机取样的方法。其次,利用搅拌泥浆,凝聚时间以及标准浓度探测器对水泥进行探测和测定。在搅拌装置内,水泥的混合时间不能少于90 r/min。试验按下列程序进行:第一,用等湿法确定水泥标准稠度所需要的水量;第二,检查和校准相关仪器设备的质量和参数;第三,按规定搅拌水泥浆;第四,将混合好的水泥倒入模具中并进行实验;1.5分钟后,将测得的锥体深度压入土壤中进行统计分析。相关部门需要等待水泥固化后才能做出准确的施工记录。第五,对粉末的细度和强度。通过筛选和清洗,确定水泥样品的细度和质量。

### (二) 对钢筋质量的试验检测

不同尺寸的钢筋的检测和检测方法各不相同。它可对同一批、同规格、同牌号和同工艺生产的钢筋进行质量检测。在试验检测时,应从材料的力学特性与加工特性两方面进行综合分析。对于不能满足质量要求的,或者有多重缺陷的钢筋,要做化学检测和化验。同时,对经验收的钢筋进行复核,保证其质量满足设计规范的要求。

### (三) 其他

在混凝土配合比设计中,应结合工程特点,选用适当的原料,并结合气候、温、湿度等客观条件进行。在不同的温度条件下,为达到混凝土的品质及强度等级,必须设计出三种配比的混凝土。为了保证试验结果的可信度,需要不同配比的混凝土进行试验。从实际工程中随机选取28 d 标准养护条件下的混凝土试件,测定其强度指数,并对其强度进行统计评价。对钻孔灌注桩、嵌岩桩进行质量检测时,要根据其具体要求进行检测。对于超过50m 的桩,每根留桩样品都要做三套试验;对于长度在50m 以下的桩基,每根保留土样可做两套质量检测。

## 四、公路水运试验检测机构存在的问题

### (一) 管理方面

公路水运建设项目工程量比较大,在施工过程中,必须加强对试验检测环节的管理。在实际工作中,需要制定相关规范,为检验结果的科学性打下良好的基础。在此基础上,进一步完善检测内容、检测程序、检测方法的科学性,使检测结果更加准确。公路水运工程质量检验的精度,对工程建设全过程具有重要的意义。但是,从当前的市场调研与评价成果来看,我国房地产开发企业的规制工作还存在着诸多的缺陷,必须有针对性地进行完善。

### (二) 设备方面

若从公路水运工程方面进行分析,则是因为社会经济的持续发展,对检测设备的需求也越来越高。检测设备既要有良好的自适应能力,又要有精确的测量精度,才能为公路水运等施工项目提供可靠的试验检测资料。但是,从当前公路水运试验检测工作现状来看,存在着试验检测机构不能及时进行设备升级的问题,以及在公路水运运输过程中采用了传统的检测仪器,从而在一定程度上影响了最终的检验结果。究其原因,主要有:首先,受其自身规模所限,大部分机构的资格层次不高,以基本原料和实地检测为主,经济效益不高。

### (三) 人才方面

在公路水运检验机构中,人员是最重要的一环。首先,当检测人员出错时,必然会影响到其实施的有效性。另外,就当前的公路水运检测单位的实际工作状况而言,存在着检测任务繁重、检测队伍不稳定、检测组织结构不合理、专业技术人才匮乏等问题。虽然这两年来,公路水运工程施工检验人员考试的实行,使目前国内的专业人才紧缺状况有所缓解,但是,在目前的市场竞争环境下,各行各业对高质量、高技术的人才的要求还不够高。尤其要具备相关资格,并具备一定的实践操作技能。但是,由于大量的新人员加入,检验队伍的综合素质与工作能力都有了很大的降低,难以真正推动公路水运试验检验工作的发展。

## 五、公路水运试验检测机构的解决措施

### (一) 建立完善试验检测机制

在公路水运工程试验检测工作中,应实行责任制,确保检验工作质量,避免相互推卸责任。完善公路水运工程建设质量检验管理标准,确保检验检测工作的规范化,确保结果的准确性。

(1) 建立健全监督机制。建设单位应当设立相关监督岗位,明确监督任务和职责。防止施工过程中人为因素导致测量精度下降,影响公路水运工程施工质量和效率。(2) 制定全面的检验标准和规范。有关部门要结合检验工作实际,科学完善检验标准和规范,降低检验差错率,确保检验质量。

### (二) 完善试验检测机构规范体系

目前,公路水运建设正处于高速发展阶段,因此,对其进行深入、系统的研究,对于保障其运营效率与质量,显得尤为重

要。例如,在进行压实度检测时,应充分考虑地区特点,进行科学分区,细致地调研地区环境,建立符合地区需求的专用试验标准。通过对测试人员、设备的合理配置,对测试工艺、仪器的运用进行规范化管理,使测试结果更加精确,更加真实地反映出公路水运工程施工状况。为规范公路水运工程的检验与检查工作,保证其质量,保证人身与财产的安全,在检验与检查过程中,一定要严格按照有关的规定,按照工程施工的技术标准、规范和规程来进行,保证工程的实物质量符合标准,技术要求也要符合相应的标准。在试验检测期间,要对检测结果进行周期性的随机抽样,以防范可能发生的危险。

### （三）试验检验工作中使用新型现代科学技术

由于试验检测范围的限制、部门间的协作以及数据的真实度等原因,试验检测的质量问题经常发生。由于公路水运施工面广,试验检测工作难度大。在实际试验检测中,难以保证每个结果的准确。所以,在试验检测工作中,必须充分利用现有的科技与资源。长期以来,我国的试验检测工作一直沿袭着传统的手段,对新材料和新技术的研究还处于起步阶段。这给公路水运工程建设带来了很大的困难。在试验检测工作中,应与现代科技相结合,不断进行试验检测方法的创新,使之更好地适应工程建设与社会发展的需求。与现代科技相结合,能使试验检测工作得到进一步的发展,为试验检测结果的可靠性提供有力的依据。

### （四）提升相关人员的综合素质

在现代化的公路水运工程施工中,要保证施工质量与效率,就需要对试验检测队伍的综合素质进行有效地提升,保证试验检

测工作的可靠与安全。从当前公路水运项目试验检测队伍的情况来看,对试验检测工作的重视程度不高,其成员的综合素质也不高,对专项试验检测工作的开展产生了直接的影响。在未来的公路水运工程施工中,要对其进行合理的培训,提高其综合素质,保证每个试验检测人员具有良好的业务素质和良好的职业道德。在实践过程中,要对检验测试人员的业务能力进行定期的检查,以保证他们具有一定的职业素养,以适应公路水运工程测试工作的要求。通过职业培训、技能评估、绩效评估等方式,使有关人员的职业荣誉感和社会责任感得到持续提高,让他们明白自己的职责,使他们的专业素质得到持续提高。在实际试验检测中,必须严格按照有关标准进行试验检测,以保证试验检测工作的质量与效率,才能反映试验检测人员的工作价值。

## 六、结语

目前,我国公路水运项目施工中普遍存在的问题,并对其产生了一定的负面影响。同时,在公路水运工程实践中,还需要采取相应的措施,以保证工程的顺利进行。通过有效地开展试验检测工作,能够对施工期间所用的各类原材料进行检验,保证其满足工程规范及行业规范,从而为公路水运工程建设提供质量保障。同时,应充分利用现代科技手段,提高试验检测结果的准确度。还要提高人员的基础素质,才能更好的保障工程水运项目的质量。

## 参考文献:

- [1] 杜辉,林杰,陈军等.公路水运工程试验检测大数据平台设计与应用[J].公路,2023,68(09):314-319.
- [2] 朱园园,孙小男,孙满等.公路工程试验检测仪器计量现状分析[J].计量与检测技术,2023,50(04):103-105.
- [3] 李维之.中小型公路水运试验检测机构发展困境及对策[J].交通企业管理,2023,38(01):42-44.
- [4] 唐万刚.公路水运工程试验检测误差分析与控制措施[J].建筑技术开发,2022,49(20):160-162.
- [5] 孙芹丽.公路水运工程试验检测机构的等级评定[J].中国高新科技,2019,(06):127-128.
- [6] 俞陈.新时期公路水运工程试验检测管理办法[J].四川水泥,2018,(11):201.
- [7] 公路水运工程安全生产监督管理办法[J].中华人民共和国国务院公报,2017,(32):42-49.
- [8] 郑晓亮.水运工程试验检测的问题与优化方法研究[J].绿色环保建材,2017,(10):190.
- [9] 高祺欣.关于水运工程试验检测的常见问题及改进措施[J].珠江水运,2017,(07):59-60.
- [10] 康爱国.公路水运工程试验检测仪器设备评价体系研究.北京市,交通运输部公路科学研究院,2016-05-30.
- [11] 常成利.公路水运工程试验检测行业发展可持续性研究.北京市,交通运输部公路科学研究院,2014-08-01.

# 路基加固处理与沉降控制技术研究

苏小培, 刘斯坦

河南交通投资集团有限公司洛阳分公司, 河南 洛阳 471000

**摘要：** 文章研究了路基加固处理与沉降控制技术，旨在提高路基的承载能力和稳定性，减少路基沉降，延长道路使用寿命。本文重点探讨了路基加固与沉降控制技术方案，并结合工程实例进行了分析。结果表明，合理的路基加固与沉降控制技术可以有效提高路基的承载能力和稳定性，减少沉降量，提高道路的安全性和使用寿命。

**关键词：** 路基；加固；沉降控制

## Research on Roadbed Reinforcement and Settlement Control Technology

Su Xiaopei, Liu Sitan

Henan Transportation Investment Group Co., Ltd. Luoyang Branch, Luoyang, Henan 471000

**Abstract：** This article studies the technology of roadbed reinforcement and settlement control, aiming to improve the bearing capacity and stability of the roadbed, reduce roadbed settlement, and extend the service life of the road. This article focuses on exploring the technical solutions for roadbed reinforcement and settlement control, and analyzes them with engineering examples. The results show that reasonable roadbed reinforcement and settlement control technology can effectively improve the bearing capacity and stability of the roadbed, reduce settlement, and improve the safety and service life of the road.

**Key words：** roadbed; reinforcement; settlement control

## 引言

随着交通事业的快速发展，对道路基础设施的需求日益增长。路基是道路的基础，其质量和稳定性对道路的安全和正常使用至关重要。然而，由于多种因素的影响，如地质条件、气候变化、车辆载荷等，路基可能会出现各种问题，如沉降、变形、损坏等，严重影响道路的安全性和使用寿命<sup>[1-3]</sup>。因此，对路基加固处理与沉降控制技术的研究具有重要意义。

## 一、路基加固处理技术

### （一）排水固结法

排水固结法是一种常用的路基加固方法，其原理主要是通过排除土体中的多余水分，使土体得到固结，从而提高路基的承载能力和稳定性<sup>[4]</sup>。该方法主要利用天然地基的排水固结特性，在道路工程中，一般是在路基底部设置砂井、塑料排水板等竖向排水通道，然后通过水平排水砂层将路基内部的水分排出，使路基土体得到固结。

（1）优点：通过排水固结法，可以使路基土体得到固结，从而提高其承载能力；排水固结法可以有效地排除土体中的多余水分，减少路基的沉降量，从而减少因路基沉降引起的路面不平整和损坏；相对于其他路基加固方法，排水固结法的施工较为简单，成本较低，具有较好的经济效益。

（2）缺点：排水固结法需要设置砂井、塑料排水板等竖向排水通道和水平排水砂层等排水设施，增加了施工难度和成本；如

果排水设施设置不当或者排水不畅，可能会导致路基土体的不稳定，影响道路的安全使用；排水固结法对土质的要求较高，不同土质的排水固结效果会有所不同，需要在施工过程中进行针对性的处理。

### （二）注浆加固法

注浆加固法是一种通过向路基土体中注入浆液，以改善土体物理力学性质，提高路基承载能力和稳定性的方法。其技术原理主要是利用气压、液压或电化学原理，通过注浆管将浆液注入路基土体中，使浆液与土体中的土粒、岩粒等发生物理化学作用，形成具有一定强度和稳定性的固结体，以达到加固路基的目的<sup>[5]</sup>。

（1）优点：注浆加固法可以有效地改善路基土体的物理力学性质，提高路基的承载能力和稳定性；注浆加固法施工简单，操作方便，不需要大型设备，施工效率较高；注浆加固法施工时不会产生噪音、振动等不良影响，对周围环境影响较小。

（2）缺点：注浆加固法对土质的要求较高，不同土质的注浆效果会有所不同，需要在施工过程中进行针对性地处理；注浆加



固法的施工控制难度较大,需要严格控制注浆压力、注浆量等参数,保证注浆效果;注浆加固法的成本较高,需要使用专业的注浆设备和材料,增加了施工成本。

### (三) 土工合成材料法

土工合成材料法是一种利用高分子聚合物制成的土工合成材料,以增强路基的承载能力、稳定性和抗滑性能的方法<sup>[6]</sup>。其技术原理主要是将土工合成材料铺设在路基表面或路基内部,通过材料的抗拉、抗压、抗剪等特性,提高路基的承载能力和稳定性,同时增强路基表面的抗滑性能,确保道路的安全使用。

(1) 优点:土工合成材料法能够显著提高路基的承载能力,使其能够承受更大的车辆压力和负荷;土工合成材料能够保护路基免受自然因素的侵蚀,如雨水、风化等,从而延长了路基的使用寿命;在路基表面铺设土工合成材料可以增加道路的摩擦系数,提高道路的抗滑性能,确保行车安全;土工合成材料具有较好的稳定性,即使在恶劣的环境条件下也不会出现明显的性能下降土工合成材料施工简便,可以节省人力和物力,降低施工成本。

(2) 缺点:土工合成材料的制造成本较高,因此使用土工合成材料法的成本相对较高;土工合成材料在高温环境下容易变形或损坏,因此对于高温地区的使用需谨慎考虑;土工合成材料不易降解,对环境有一定的影响。如果处理不当,可能会造成环境污染问题。

### (四) 置换法

路基置换法是一种通过将劣质土、软土、膨胀土等不良路基材料置换为良性的砂、碎石、岩渣等材料,以提高路基的承载能力和稳定性的方法。其技术原理主要是通过工程置换手段,将不良路基材料替换为优质材料,以改变路基的物理力学性质和工程特性,提高其承载能力和稳定性<sup>[7, 8]</sup>。

(1) 优点:通过置换不良路基材料,可以显著提高路基的承载能力和稳定性,减少沉降量和变形;置换材料通常具有更好的工程特性和稳定性,能够有效地增强路基的稳定性;置换法可以有效地解决不良路基材料引起的工后沉降问题,减少路面不平整和损坏的可能性。

(2) 缺点:路基置换法需要大量的施工设备和人力,施工难度较大;路基置换法需要使用大量的优质材料,因此成本较高;路基置换法施工过程中可能会产生噪音、振动等不良影响,对周围环境有一定的影响。

### (五) 夯实法

路基夯实法是一种通过利用重力或机械力对路基进行强力夯实的土体加固方法<sup>[9, 10]</sup>。其技术原理主要是通过强大地冲击力和振动,使土体中的水分、气体排出,土颗粒重新排列,达到密实的效果,以此提高路基的承载能力和稳定性。

夯实法能够显著提高路基的承载能力,并延长路基的使用寿命,通过夯实,路基的密实度增加,抵抗外部压力的能力增强,减少了因承载压力而产生的沉降和变形;夯实法需要使用重型机械和大量的人力资源,施工成本相对较高。在一些地区,由于机械设备和人力资源的缺乏,实施起来可能会有一定的困难。

## 二、案例分析

### (一) 工程概况

某公路改扩建拼宽填筑路项目,位于某市境内,起始于市区某路口,终止于市郊某工业园区,该项目全长约20公里,其中拼宽填筑路段约10公里。路基拼宽填筑工程量约20万m<sup>3</sup>,路面升级改造工程量约15万m<sup>3</sup>,桥梁、涵洞加固工程量约5座,交通安全设施工程量约2000m,绿化景观工程量约3000m<sup>3</sup>,该项目总投资约为1.5亿元人民币,该项目计划建设周期为18个月,该项目旨在提高道路通行能力和安全性,改善交通状况,促进沿线经济发展和城市发展。

### (二) 路基差异沉降处治技术

#### 1. 方案选定

根据该项目的地质条件,最终选定袖阀管“双液”化学灌浆法作为处理填筑路基差异沉降的方法,此法对沉降路段路基进行加固处理,减小孔隙率,提高承载力和稳定性。同时袖阀管灌浆具有良好的可控性,可分层、分段灌浆,使土体全厚度均得到良好的充填和挤密,从而保证加固质量<sup>[11]</sup>。

#### 2. 施工准备

在开始之前,必须对工地进行清扫和整理,将工地上的各种杂物、垃圾等全部清理出来,以保证工程的正常进行;配备必要的设备,如钻机,注浆泵,袖阀管,管道紧固装置等。必须对该装置进行检验与保养,以保证其运转良好;准备好所需要的物质,如水泥浆,硅酸盐凝胶,袖阀管等等,负责检验材料的品质、规格和性能,并保证其满足设计的需要;按设计要求完成施工现场的勘测、放线、钻孔、注浆等工作;制定安全防护措施,例如设置安全标志,配备安全防护设施,以保证工程安全;加强对建筑工人的技术教育,让他们熟悉建筑工程的程序及运作方式,以保证建筑工程的质量;与有关部门做好协调工作,比如协调好道路的交通状况,协调好供电和供水,保证工程的正常进行;负责向设计方提供技术指导,使其明白设计目的及技术规范,保证按照设计规范完成工程建设<sup>[12]</sup>。

#### 3. 钻孔

根据设计要求和测量放样结果,确定钻孔的位置和深度,钻孔位置应避开路基的结构和稳定性关键区域,确保钻孔不会对路基造成损害。应根据设计要求和实际施工条件选择合适的钻孔直径,一般钻孔直径在50mm—100mm之间。根据设计要求和实际施工条件选择合适的钻孔深度,一般钻孔深度应达到路基底部,并超出设计加固范围一定距离。根据设计要求和实际施工条件选择合适的钻孔间距,一般钻孔间距在1m—2m之间;在钻孔过程中,要考虑到孔眼的大小、孔眼的深度等因素,对钻孔设备进行合理地选型<sup>[13]</sup>。采用钻头进行钻孔,钻孔时要注意钻孔的速率及钻孔的压力,以保证钻孔的垂直度及钻孔的孔径达到设计要求;在某些特定的地质情况下,需要对成孔工艺进行适当的调整,或者采取特定的成孔方式;在规定的深度内,在规定的加强区外,在规定的加强区外进行打孔。在钻孔过程中,应使用测深仪等工具对钻孔深度进行测量,确保钻孔深度符合要求;在钻孔完成

后,应使用清水或压缩空气将钻孔中的岩屑和泥浆清洗干净,确保灌浆材料能够充分填充钻孔。

#### 4. 置入袖阀管

将袖阀管插入钻孔中,确保袖阀管的位置正确。袖阀管一般采用直径为50mm的PVC管,管壁上有多个小孔,用于灌浆和排水,使用水泥浆将袖阀管固定在钻孔中<sup>[14]</sup>。在置入袖阀管后,使用砂浆将钻孔填充至设计高度,砂浆应采用质量合格的砂子和水泥进行配制,确保填充密实度和强度符合设计要求。在填充砂浆完成后,应对袖阀管进行封闭处理。

#### 5. 双液化学灌浆

将双液化学灌浆泵连接到袖阀管上,进行化学灌浆。根据设计要求和实际施工需要,将水泥浆和硅酸盐凝胶按照1:1的比例进行配制,形成双液浆。将配制好的双液浆通过灌浆泵和袖阀管注入钻孔中,在灌浆过程中,应注意控制灌浆压力和流量,确保双液浆能够充分填充钻孔,并与路基土体充分结合,一般灌浆压力控制在0.5—1.0MPa之间,灌浆速度控制在5—10L/min之间。根据设计要求和实际施工需要,对同一钻孔进行多次灌浆,每次灌浆应注意控制灌浆压力和流量,确保双液浆能够充分填充钻孔,并与路基土体充分结合。

#### 6. 清洗和养护

在填筑完成后,应使用高压清洗机械对填筑表面进行彻底清洗,确保表面无泥沙、杂物等影响路面质量的物质,清洗时,应特别注意填料表面下方1—2cm的泥土,确保清洗干净。同时,应对填料表面进行喷淋清洗,确保无残留水分,对于填料表面存在的坑洼、凸起等地形问题,应进行平整或修整,保证路面平整度<sup>[15]</sup>;在填筑完成后,应对路基进行浇水养护,保持路基表面湿润,同时,应根据实际情况,在路基表面涂刷养护剂,增强养护效果,在养护期间,应定期对路基进行检查,发现松散、沉陷等

问题应及时处理,防止行人、车辆等在养护期间损坏路基,养护期结束后,应对路基进行清洗,清除表面残留的养护材料,确保路面整洁;定期对排水设施进行清理,保持排水系统畅通,清理内容包括排水沟、排水管道等,在清理过程中,应使用专用设备将淤泥、杂物等清除干净,确保排水设施的正常运行,遇到排水管道堵塞等问题,应及时采取措施进行处理,避免对路面结构和路基造成损害。

#### 7. 质量检测

在施工完成后,应对加固后的路基进行质量检测,在填筑完成后,应对路基沉降量进行测量,分析沉降规律,评估路基稳定性,使用沉降观测仪等设备进行沉降量测量,并记录测量数据,对测量结果进行分析,对于沉降量超过规定范围的区域应及时采取处理措施;在填筑的过程中,或者是在填筑结束之后,应该对填筑材料展开密度的检测,要对填充物的密度状况有一个全面的认识,并以填充物的种类为依据,选择适合的密度检测方法,比如环刀法、灌砂法等,并对检测的结果展开分析,如果填充物的密度不符合标准,就应该对其进行相应的处理;在填筑完成后,应对填筑材料的渗透性进行检测,了解填料的透水性能,根据填料类型选择合适的渗透性检测方法,如灌水试验、渗透系数测定等,对检测结果进行分析,对于填料渗透性不符合要求的区域应进行处理。

### 三、总结

在本研究中,详细探讨了路基加固处理与沉降控制技术,包括路基加固方法和沉降原因分析,提出了相应的技术方案,并结合工程实例进行了分析。通过研究,成功地提高了路基的承载能力和稳定性,并有效地控制了路基沉降问题。

### 参考文献

- [1] 蔡颢. 公路工程施工中路基加固处理[J]. 价值工程, 2022, 41(26): 100-102.
- [2] 李岳峰, 孙子豪. 水泥土搅拌桩复合软基工后沉降预测研究[J]. 山东商业职业技术学院学报, 2022, 22(03): 96-98.
- [3] 刘欢. 公路工程软土路基加固处理技术[J]. 建材世界, 2022, 43(03): 98-100+115.
- [4] 韩苏. 高速公路路基沉降加固处理施工技术[J]. 科学技术创新, 2022, (04): 122-125.
- [5] 徐志飞. “长板—短桩”在软土路基处理中的应用[J]. 路基工程, 2021, (05): 158-162.
- [6] 蔡云鸥. 高填方路基沉降分析及控制技术研究[J]. 工程技术研究, 2021, 6(07): 90-91.
- [7] 李季宏. 铁路路基复合地基沉降计算方法[J]. 铁道建筑, 2021, 61(01): 78-82.
- [8] 陈高许. 道路软基加固处理设计方案分析[J]. 运输经理世界, 2021, (01): 45-46.
- [9] 韩胜, 刘帮平, 司俊等. 填石路基加固层的沉降观测研究[J]. 科学技术创新, 2020, (36): 129-130.
- [10] 吴发展, 吴飞. 宝坪高速公路高填路基强夯施工技术[J]. 施工技术, 2020, 49(S1): 1334-1337.
- [11] 涂少林. 深层化学灌浆法在路面下沉处治中的应用[J]. 工程机械与维修, 2023(04): 150-152.
- [12] 温忠义, 彭卫平, 张鹏等. 地铁隧道底部覆盖型岩溶场地注浆加固关键技术[J]. 地下空间与工程学报, 2021, 17(S1): 247-252+268.
- [13] 郝莎莎. 路桥过渡段的路基路面施工[J]. 交通世界, 2017, (24): 36-37.
- [14] 刘志辉. 高速公路路基沉降处理中的注浆加固技术[J]. 交通世界, 2019, (33): 70-71.
- [15] 吕东. 高速公路路基加宽拼接施工技术研究[J]. 交通世界, 2019, (30): 70-71.

# 客户关系管理在电力营销中的应用

李瑞英, 王力澜

国网山东省电力公司莘县供电公司, 山东 聊城 252400

**摘要：** 在当今的商业环境中，客户关系管理已经成为企业成功的关键因素之一。电力作为一种重要的能源，其需求量随着经济的发展而不断增加，同时客户对电力服务的需求也日益多样化。基于此，本文从电力营销中运用客户关系管理的必要性出发，分析了客户关系管理在电力营销中的具体应用，以期促进电力企业的持续发展。

**关键词：** 客户关系管理；电力营销；个性化服务

## Application of Customer Relationship Management in Electricity Marketing

Li Ruiying, Wang Lilan

Xinxian Power Supply Company of State Grid Shandong Electric Power Company, Shandong, Liaocheng 252400

**Abstract：** In today's business environment, customer relationship management has become one of the key factors for the success of enterprises. As an important energy source, the demand for electricity is increasing with the development of the economy, and at the same time, customers' demands for electricity services are becoming more and more diversified. Based on this, this paper analyzes the specific application of customer relationship management in power marketing from the necessity of using customer relationship management in power marketing, in order to promote the sustainable development of power enterprises.

**Key words：** customer relationship management; power marketing; personalized service

## 引言

客户关系管理起源于20世纪90年代初期的美国，它是一种以客户为中心的企业管理理念和模式，通过优化企业与客户之间的关系，提高客户满意度和忠诚度，从而实现企业的长期发展和持续盈利。随着经济的发展和市场竞争的加剧，客户关系管理在各行各业得到了广泛的应用。电力作为一种重要的能源，是经济社会发展的重要保障。电力营销是电力企业的重要业务之一，而客户关系管理则是提高电力营销效果的关键因素之一。

## 一、电力营销中运用客户关系管理的必要性

### （一）提高客户满意度和忠诚度

在电力营销中，运用客户关系管理对于提高客户满意度和忠诚度具有至关重要的必要性<sup>[1]</sup>。客户关系管理是一种以客户为中心的经营理念，这种理念将客户视为公司最重要的资产之一。通过建立和维护良好的客户关系，电力公司能够更好地了解客户的需求和期望，从而提供更符合客户需求的产品和服务。这能够提高客户的满意度，进而培养客户对公司的忠诚度。其次，客户关系管理能够实现与客户的及时沟通和互动。通过与客户进行有效地沟通和互动，电力公司可以及时了解客户的需求和反馈，从而针对性地改进产品和服务，可以进一步增强客户对公司的信任和认可，进一步巩固客户的忠诚度<sup>[2]</sup>。此外，客户关系管理还能够帮助电力公司更好地管理和维护客户关系。通过建立完善的客户档案

和数据库，公司可以对客户的需求、偏好和行为特征进行全面地掌握和分析，从而为客户提供更个性化的服务和解决方案。这种个性化的服务能够更好地满足客户的需求，提高客户的满意度和忠诚度<sup>[3]</sup>。

### （二）促进业务拓展和增长

在电力营销中，运用客户关系管理对于促进业务拓展和增长具有至关重要的必要性。首先，客户关系管理能够为电力公司提供准确的市场信息和客户需求。通过与客户进行有效地沟通和互动，公司可以及时了解客户的需求和反馈，从而针对性地改进产品和服务。这种准确的市场信息和客户需求不仅能够帮助公司更好地满足客户的需求，还能够为公司提供更准确的市场预测和商业机会。其次，客户关系管理能够促进电力公司的业务拓展和增长。通过与客户的紧密合作和沟通，公司可以及时了解市场变化和趋势，从而针对性地开发新产品或服务，满足客户的需要，进



而为电力公司带来更多的商业机会和市场份额<sup>[4]</sup>。此外，客户关系管理还能够为电力公司提供更优质的售后服务和支持。通过与客户进行有效地沟通和互动，公司可以及时了解客户的问题和反馈，从而提供更及时、更专业的售后服务和支持。这种优质的售后服务和支持不仅能够提高客户的满意度和忠诚度，还能够为电力公司带来更多的商业机会和口碑效应。

（三）优化资源配置和运营效率

在电力营销中，运用客户关系管理对于优化资源配置和运营效率具有极其重要的必要性。首先，客户关系管理能够帮助电力公司更好地了解客户的需求和行为特征，从而优化公司的资源配置。通过与客户进行有效地沟通和互动，公司可以及时了解客户的需求和反馈，从而针对性地改进产品和服务。这种针对性的产品和服务不仅能够更好地满足客户的需求，还能够为电力公司带来更高效、更优质的资源配置。其次，客户关系管理能够帮助电力公司优化运营流程和业务流程。通过与客户进行有效地沟通和互动，公司可以及时了解市场变化和趋势，从而针对性地调整战略和业务流程，实现更高效、更优质的运营和服务。这种优化后的运营流程和业务流程不仅能够提高公司的运营效率，还能够为客户提供更优质、更高效的产品和服务。此外，客户关系管理能够帮助电力公司实现更精细化的市场管理和营销策略。通过建立完善的客户档案和数据库，公司可以对客户的需求、偏好和行为特征进行全面地掌握和分析，从而为客户提供更个性化的服务和解决方案<sup>[5]</sup>。这种个性化的服务能够为电力公司带来更精准的市场定位和更精细化的市场管理。

二、客户关系管理在电力营销中的应用

（一）建立健全客户关系管理保障机制

1. 建立组织保障机制

电力公司应该成立专门的客户关系管理部门或团队，负责制定和实施客户关系管理战略，以及监督和评估客户关系管理的实施效果。该部门或团队应该具备专业的技能和知识，能够全面地了解客户需求、市场变化和竞争态势，同时能够协调各部门之间的沟通和协作，确保客户关系管理的顺利实施。

2. 完善制度保障机制

电力公司应该制定和完善客户关系管理制度和流程，包括客户信息管理制度、客户服务标准、客户满意度调查制度等。这些制度和流程应该明确客户关系管理的重要性的目标，同时应该明确各部门和岗位的职责和权限，确保客户关系管理的各项工作有章可循、有据可查<sup>[6]</sup>。

3. 强化技术保障机制

电力公司应该加强客户关系管理系统的建设和维护，提高系统的稳定性和安全性。同时，应该加强数据治理和数据分析工作，确保客户数据的准确性和完整性。此外，还应该加强与客户的沟通和互动，提高客户参与度和满意度。

4. 加强培训保障机制

电力公司应该加强客户关系管理方面的培训和教育，提高员

工对客户关系管理的认识和技能。培训内容可以包括客户心理学、客户服务技巧、沟通技巧等。通过培训和教育，提高员工的综合素质和服务水平，为建立和维护良好的客户关系提供有力保障。

5. 建立评估保障机制

电力公司应该建立客户关系管理评估机制，定期对客户关系管理的效果进行评估和反馈。评估内容可以包括客户满意度、客户忠诚度、市场份额等方面。通过评估，及时发现和解决客户关系管理中存在的问题和不足，进一步完善客户关系管理体系，提高电力营销效果和竞争力<sup>[7]</sup>。

（二）建立健全客户服务快速响应机制

在电力营销中运用客户关系管理时，建立健全客户服务快速响应机制至关重要。具体可以从以下几个方面推进。

表 1：客户服务快速响应机制建立

机制内容	具体措施	效果
建立客户服务标准	制定和实施客户服务标准，明确客户服务的目标、内容、流程和责任。	确保客户服务的质量和效率，提高客户的满意度和忠诚度。
优化客户服务流程	优化客户问题的受理、处理、反馈等环节流程 <sup>[8]</sup> 。	提高客户服务的响应速度和效率，减少客户等待时间和解决问题的时间。
建立客户服务快速响应小组	由具备专业技能的专人负责快速响应客户的问题和需求。	及时处理和解决客户的问题，提高客户服务的满意度和效率。
运用先进的客户服务工具	运用在线机器客服、人工服务，实现 24 小时全天候服务，	实现与客户的实时沟通和互动，提高客户服务的响应速度和效率。
建立客户服务反馈机制	及时收集和及时处理客户的反馈和意见 <sup>[9,10]</sup> 。	了解客户的需求和期望，进一步完善客户服务体系，提高客户满意度和忠诚度。
加强客户服务培训	培训内容可以包括客户心理学、沟通技巧、解决问题的方法等。	提高员工的服务素质和服务水平，为建立和维护良好的客户关系提供有力保障 <sup>[11]</sup> 。

（三）全面推进客户个性化增值服务

在电力营销中运用客户关系管理时，全面推进客户个性化增值服务是提高客户满意度和忠诚度的重要手段。个性化定制服务是建立在对客户需求的充分了解上的，故而，电力公司首先应该深入了解客户的需求和偏好，包括客户的用电量、用电习惯、缴费方式等。通过了解客户需求，为客户提供个性化的用电方案和增值服务，满足客户的特殊需求<sup>[12]</sup>。基于客户需求，电力公司可以提供定制化的服务方案<sup>[13]</sup>。例如，针对大型企业客户，可以提供能源管理、电力优化等定制化服务，帮助客户降低用电成本和提高能源利用效率。在此基础上，电力公司也应该不断研究和开发新的增值服务产品，如电能质量改善、分布式能源管理等。通过创新增值服务产品，为客户提供更优质、更智能的电力服务，满足客户的多元化需求<sup>[14,15]</sup>。

（四）注重现代网络技术的应用

在电力营销中运用客户关系管理时，注重现代网络技术的应用可以有效提高营销效果和客户满意度。



### 1. 建立客户关系管理信息系统

电力公司可以建立客户关系管理信息系统，将客户信息、服务流程、营销策略等数据进行集成和整合。通过信息系统，实现客户信息的共享和交互，提高客户服务的质量和效率<sup>[16,17]</sup>。

### 2. 利用大数据和人工智能技术

电力公司可以利用大数据和人工智能技术对客户数据进行深入分析和挖掘。通过分析客户的用电行为、缴费记录等数据，预测客户的需求和行为，为制定精准的营销策略提供支持<sup>[18,19]</sup>。

### 3. 建立网上客户服务渠道

电力公司可以建立网上客户服务渠道，如官方网站、手机APP、微信公众号等。通过网上服务渠道，为客户提供24小时不间断的服务，方便客户随时查询电费、报修故障等<sup>[20]</sup>。

### 4. 利用社交媒体与客户互动

电力公司可以利用社交媒体平台，如微博、微信、抖音等，与客户进行实时互动和交流。通过社交媒体平台，发布电力资讯、推广新产品和服务，收集客户的反馈和意见，提高客户参与度和满意度。

### 5. 建立客户服务自助系统

电力公司可以建立客户服务自助系统，包括自助缴费、自助报修、自助查询等功能。通过客户服务自助系统，客户可以自行完成查询、缴费和报修等操作，减少客户等待时间和人工服务压力。

### 6. 加强网络安全保障

电力公司在运用现代网络技术时，应加强网络安全保障措施。确保客户信息的安全和保密性，避免信息泄露和非法获取。

## 三、结语

随着科技的不断进步和社会的发展，客户关系管理在电力营销中的应用前景广阔。未来，电力企业将更加注重客户需求和体验，通过运用大数据、人工智能等技术手段，实现对客户行为的精准预测和个性化推荐。同时，电力企业将更加注重与其他企业的合作和信息共享，共同打造能源领域的生态系统，为客户提供更加智能、便捷的能源服务。此外，随着新能源的发展和能源结构的转型，客户关系管理将在能源领域的绿色发展方面发挥重要作用。

## 参考文献

- [1] 张磊. 电力营销中的客户关系管理 [J]. 现代经济信息, 2018(13):62.
- [2] 王杨. 浅谈电力企业客户关系管理 [J]. 中小企业管理与科技 (上旬刊), 2015(08):9.
- [3] 高伟平, 陈善杰. 电力营销工作中的客户关系管理研究 [J]. 黑龙江科学, 2017, 8(17):48-49.
- [4] 于亮, 钟宏伟, 冯炜辰等. 基于客户关系管理的电力营销模式分析 [J]. 电气技术与经济, 2023(03):193-194+198.
- [5] 覃绍忠. 电力营销工作中的客户关系管理研究 [J]. 通讯世界, 2018(05):246-247.
- [6] 康健. 浅析供电企业电力营销中的客户关系管理 [J]. 中国新技术新产品, 2012(01):122-123.
- [7] 张爱红. 营销工作中的客户关系管理探讨 [J]. 商场现代化, 2015(27):96-97.
- [8] 郭薇. 浅析新形势下如何做好电力企业电力营销及优质服务 [J]. 价值工程, 2019, 38(20):86-88.
- [9] 齐晶, 杨婷. 电力营销工作中的客户关系管理 [J]. 黑龙江科学, 2017, 8(11):52-53.
- [10] 秦高科, 郭鹏. 电力营销服务中的客户关系管理研究 [J]. 东方企业文化, 2014(14):203.
- [11] 张腊根, 韩慧, 赵文. 浅析供电企业的电力营销管理 [J]. 科学之友, 2011(24):114-115.
- [12] 王泓泉. 构建电力企业新时期电力营销管理机制的思考 [J]. 黑龙江科学, 2013(10):261.
- [13] 李智. 客户关系管理在电力营销中的应用 [J]. 技术与市场, 2022, 29(10):177-178.
- [14] 刘非. 探讨如何加强电力营销客户关系管理 [J]. 数字通信世界, 2018(10):215-216.
- [15] 陈康轩. 电力营销中客户关系管理的探讨 [J]. 科技资讯, 2012(07):182.
- [16] 秦荣平. 电力营销工作中的客户关系管理分析 [J]. 通讯世界, 2018(09):174-175.
- [17] 陈建军. 论述电力企业营销管理的发展 [J]. 广东科技, 2009(06):13-14.
- [18] 雷瑞雪, 潭渊. 探究新形势下电力营销中的客户关系管理 [J]. 黑龙江科技信息, 2016(25):37.
- [19] 郑瑞玲, 王晓. 基于客户关系管理的电力企业市场营销策略及应用实践研究 [J]. 知识经济, 2016(16):51.
- [20] 樊艳平, 朱旭斌. 供电营销中客户关系管理应用分析 [J]. 内蒙古科技与经济, 2014(20):37+49.

# 智能电网背景下的电力营销信息化建设

吴明明

国网山东省电力公司莘县供电公司, 山东 聊城 252400

**摘 要 :** 智能电网的出现, 使得电力系统的运行更加高效、安全和可靠, 同时也为电力营销带来了新的机遇和挑战。随着智能电网技术的不断发展, 电力行业对信息化的需求越来越强烈。电力营销信息化建设是电力企业实现可持续发展的必然选择。基于此, 本文从电力营销信息化的作用出发, 分析了智能电网背景下加强电力营销信息化建设的措施, 以期实现电力企业的可持续发展。

**关 键 词 :** 智能电网; 电力营销; 信息化建设

## Electricity Marketing Informatization Construction in the Background of Smart Grid

Wu Mingming

Xinxian Power Supply Company of State Grid Shandong Electric Power Company, Shandong, Liaocheng 252400

**Abstract :** The emergence of smart grid makes the operation of power system more efficient, safe and reliable, and also brings new opportunities and challenges for power marketing. With the continuous development of smart grid technology, the demand for informatization in the electric power industry is becoming stronger and stronger. Power marketing informatization construction is an inevitable choice for power enterprises to achieve sustainable development. Based on this, this paper starts from the role of power marketing informatization, and analyzes the measures to strengthen the power marketing informatization construction under the background of smart grid, in order to realize the sustainable development of power enterprises.

**Key words :** smart grid; power marketing; informationization construction

## 引言

随着智能电网技术的不断发展, 电力行业正面临着前所未有的挑战和机遇。智能电网以其高效、安全、可靠的特点, 逐渐成了电力行业的重要发展方向。在这个背景下, 电力营销信息化建设成为电力企业的必然选择。电力营销信息化是指利用信息技术对电力营销业务流程进行优化和再造, 实现电力营销过程的数字化、智能化管理, 提高营销效率和客户满意度<sup>[1]</sup>, 实现电力企业的可持续发展。

## 一、电力营销信息化的作用

### (一) 提高工作效率

电力营销的信息化可以大幅提高电力营销的效率。通过自动化设备处理如抄表、计费、收费等日常的营销业务, 可以大幅缩短处理时间, 提高工作效率。通过信息化手段, 电力公司可以及时响应市场需求和用户反馈, 快速定位并解决问题, 减少了响应时间, 提高了工作效率。通过数据分析和模拟, 电力公司也可以实现资源分配和管理的优化, 提高资源的利用效率和管理水平, 助力工作效率的提高。而远程管理也使得一些营销业务不再受时间和空间的限制, 办理更加方便快捷<sup>[2]</sup>。



> 图 1: 电力营销信息化的作用

（二）提高服务质量

电力营销信息化对提高服务质量有着重要的促进作用。首先，电力营销信息化可以优化业务流程，实现信息的共享和协同作业，提高业务办理的效率和质量。例如，用户可以通过网上营业厅、手机 APP 等方式进行缴费、查询等操作，不受时间和地点的限制，同时也可以减少排队等待时间，提高了用户满意度。其次，电力营销信息化可以通过快速响应市场需求和用户反馈，及时解决问题和提供服务。例如，在遇到电力故障时，电力公司可以通过信息化手段快速定位并解决问题，减少维修时间和成本，提高了用户满意度。此外，电力营销信息化可以通过实时监控电网的运行状态和用户用电情况，及时发现并解决问题。同时，还可以通过数据分析和挖掘，制定更加精准地营销策略，提高市场占有率和用户满意度<sup>[3]</sup>。

（三）提高企业核心竞争力

电力营销信息化也有利于企业核心竞争力的提升。在市场经济条件下，企业核心竞争力是指企业在市场竞争中表现出的独特能力和优势，能够使企业在激烈竞争中脱颖而出，获得更大的市场份额和利润。电力营销信息化可以通过自动化系统、数据分析和预测等技术手段，提高营销效率和精准性。通过数据分析和预测，企业可以更好地掌握市场趋势和用户需求，制定更加精准地营销策略，提高市场占有率和竞争力<sup>[4,5,6]</sup>。其次，精准的数据分析和市场预测，企业可以更好地管理库存和优化资源配置，降低库存成本和资源浪费，进而为企业在市场中带来更大的成本优势和竞争优势<sup>[7]</sup>。此外，电力营销信息化可以帮助企业创新业务模式和服务方式，实现差异化竞争。通过信息化技术手段，企业可以开发新的产品和服务模式，满足用户的不同需求和期望。同时，通过数据分析和预测，企业可以更好地了解市场需求和趋势，提前布局 and 抢占市场先机，提高企业的市场竞争力<sup>[8]</sup>。

二、智能电网下加强电力营销信息化建设的举措

（一）引进先进技术

在智能电网背景下，要实现电力营销信息化建设，先进技术的引进是至关重要的。常见的技术包括云计算技术、大数据技术、人工智能技术、物联网技术等<sup>[9]</sup>，具体优势及运用如下表所示。

表1：电力营销信息化建设先进技术优势及运用

技术	技术优势	具体运用
云计算技术	可以实现计算资源的共享和灵活扩展，为电力营销信息化建设提供稳定可靠的基础设施支持。	通过构建基于云计算的信息平台，可以整合电力营销业务数据和管理信息，实现数据的集中存储、处理和管理，提高电力营销工作的效率和准确性。
大数据技术	具有强大的数据分析和处理能力，可以为电力营销策略制定提供有力支持。	通过收集和分析用户用电数据、市场趋势等大量信息，可以了解用户需求和行为特征，实现精准营销和个性化服务。通过对市场变化的实时监测和预测，可帮助电力企业及时调整营销策略，提高市场竞争力 <sup>[10]</sup> 。

人工智能技术	可以为电力营销提供智能化的客户服务。	通过自然语言处理、语音识别等技术，可以实现智能客服和自动应答，提高客户服务的响应速度和满意度。同时，人工智能技术还可以对客户问题进行智能分类和解决建议，帮助电力企业提高客户服务质量和效率。
物联网技术	可以将电力设备和系统进行连接和智能化管管理，实现用电信息的实时监测和数据分析。	通过引入物联网技术，可以构建智能用电管理系统，对用户的用电行为进行实时监测和分析，提出更加科学地用电建议和管理方案，提高电力资源的利用效率和节能减排效果。

（二）强化信息安全

在智能电网背景下，电力营销信息化建设面临着前所未有的机遇和挑战。信息安全问题在智能电网环境中尤为突出，因此，通过强化信息安全来实现电力营销信息化建设显得尤为重要<sup>[11]</sup>。信息安全离不开相关制度的完善，要建立健全的电力营销信息安全管理制度，包括信息安全风险评估、安全事件应急预案、安全审计等方面的制度，确保在信息安全事件发生时，能够及时响应和处理。针对网络攻击和病毒等威胁，要建立完善的网络安全防护体系，包括部署防火墙、入侵检测系统、防病毒软件等，以有效预防和及时发现并处理网络攻击<sup>[12]</sup>。在进行电力营销信息化建设时，营销数据的安全性也是重要的可以采取数据加密、访问控制、数据备份等措施，防止数据泄露、篡改或丢失<sup>[13,14]</sup>。要建立信息安全监测和应急响应机制，建立24小时不间断的信息安全监测系统，及时发现和处理安全事件。同时，针对可能发生的重大信息安全事件，建立应急响应机制，确保能够快速、有效地应对。在监测的同时，也要定期对电力营销信息系统进行安全审计和监督，检查系统是否存在安全隐患和违规操作，以确保系统的安全性。同时，也要建立跨部门的信息安全协作机制，加强各部门的沟通和协作，共同应对信息安全挑战。最后，要定期开展员工信息安全培训，提升员工对信息安全的认识和重视程度，使其了解信息安全风险和应对措施，避免因操作不当导致的安全事件。

（三）创新服务模式

在智能电网背景下，电力营销信息化建设需要不断创新服务模式，以满足客户的需求并提升电力营销效率<sup>[15]</sup>。首先，要以客户为导向的服务模式，要更加注重客户需求。通过收集和分析客户数据，了解客户的用电行为和需求，提供个性化的电力服务方案，如制定不同的电费套餐、电力使用方案等，提高客户满意度与忠诚度<sup>[16]</sup>。要开发移动终端应用，让客户可以通过手机、平板等设备随时随地享受电力服务。移动终端应用可以提供更加便捷的服务通道，降低服务成本，提高服务覆盖面<sup>[17]</sup>。要利用智能电网的技术优势，建立预测性维护系统。通过对客户设备的监测和分析，提前发现潜在的故障和问题，提供及时的维护和维修服务，减少客户损失，提高服务质量<sup>[18]</sup>。同时，要对电力营销服务进行持续改进和优化，以满足不断变化的市场需求。通过收集客户反馈和建议，分析服务中存在的问题和不足，及时调整服务策略，提高电力营销服务的竞争力和吸引力。此外，要加强客户

服务质量的提升，建立完善的客户服务标准和质量管理体系。通过培训、绩效评价等方式，增强员工的服务意识和能力，为客户提供优质、高效的电力服务。最后，可以结合智能电网技术，推广智能家居和能效管理服务。通过为客户提供智能电表、智能家电等设备，帮助客户实现家电的远程控制和能效管理，增强客户的用电效率和节能意识。

（四）建立评价体系

在智能电网背景下，实现电力营销信息化建设需要建立一套完善的评价体系，以确保电力营销服务的质量和效果。首先，要明确电力营销信息化建设评价的目标，例如提高客户满意度、降低运营成本、提高市场竞争力等。在设定评价目标时，要充分考虑智能电网背景下的特点和需求。根据评价目标，制定具体的评价指标。评价指标应该包括电力营销服务的质量、效率、客户满意度等方面。同时，要将评价指标与电力营销信息化建设的实际情况相结合，确保评价的客观性和准确性。评价指标建立完成后，要建立相应的评价模型。评价模型应该包括定量和定性两个方面的评价因素，并根据实际情况确定各因素的权重。通过评价模型，可以对电力营销信息化建设进行综合评估和分析。然后，按照评价模型对电力营销信息化建设进行评价。评价过程中要采用多种方法，如问卷调查、实地访谈、数据分析等，以确保评价

的全面性和准确性。评价结束后，要将评价结果及时反馈给相关人员，以便对电力营销信息化建设进行改进和完善。同时，要根据评价结果对评价体系进行调整和优化，提高评价体系的科学性和有效性。同时，要加强各部门之间的沟通与协作，确保评价体系的有效实施。通过定期召开部门会议、分享经验教训等方式，加强部门之间的交流和合作，共同推动电力营销信息化建设的进步和发展。此外，要重点关注客户对电力营销信息化建设的反馈和建议，将其作为评价体系的重要参考依据。通过了解客户的需求和期望，不断优化和完善电力营销服务，提高客户满意度和忠诚度<sup>[19,20]</sup>。

三、结语

随着智能电网技术的不断发展，电力营销信息化建设将迎来更加广阔的发展前景。未来，电力企业将更加注重客户体验和服务质量，利用信息技术实现智能化管理和服务。同时，随着能源互联网的快速发展，电力营销将更加注重与客户的互动和沟通，实现能源的综合利用和智能化管理。未来，电力营销信息化建设将更加注重技术创新和模式创新，推动电力行业的可持续发展。

参考文献

[1] 张东. 智能电网背景下电力营销信息化 [J]. 模具制造, 2023, 23(10):217-219.

[2] 甘志清. 浅谈电网系统的信息化 [J]. 广东科技, 2010, 19(02):116-118.

[3] 向胜. 智能电网下的电力营销信息化建设分析 [J]. 低碳世界, 2019, 9(03):103-104.

[4] 刘硕. 智能电网形势下的电力营销优质服务对策探究 [J]. 新型工业化, 2021, 11(08):91-92.

[5] 朱燕. 智能电网建设中电力营销智能化体系研究 [J]. 营销界, 2019(39):81-82.

[6] 芦伟, 董洁, 赵丽新等. 电力营销智能化体系在智能电网环境下的分析 [J]. 信息化建设, 2016(02):287.

[7] 陈戈. 智能电网背景下的电力营销信息化建设 [J]. 通信电源技术, 2020, 37(01):243-244.

[8] 刘泽蓉. 分析智能电网形势下的电力营销优质服务策略 [J]. 内蒙古煤炭经济, 2021(18):94-95.

[9] 杨晓丽. 基于智能电网下的电力营销信息化建设 [J]. 化工管理, 2018(23):122-123.

[10] 龙莉娟, 李豪帅. 基于大数据分析的电力营销服务资源精细化配置 [J]. 农电管理, 2020(01):39-40.

[11] 李晖照, 郭莹, 方齐云. 湖北省电力互联网营销策略及其技术实现 [J]. 中国新通信, 2016, 18(07):102-105.

[12] 吕姬松. 电力营销技术支持系统信息安全的防护措施 [J]. 中国新技术新产品, 2019(19):139-140.

[13] 杨丽. 电力营销信息系统网络安全及防护策略 [J]. 电子技术与软件工程, 2018(24):178.

[14] 肖勇. 电力营销的信息数据安全技术探讨 [J]. 民营科技, 2017(05):72.

[15] 文涛. 智能电网视域下的电力营销信息化建设 [J]. 通讯世界, 2018(10):221-222.

[16] 潘军. 对电力市场营销管理信息化发展的几点思考 [J]. 科学咨询 (科技·管理), 2015(12):30-31.

[17] 王海洋. 智能电网形势下的电力营销优质服务对策分析 [J]. 海峡科技与产业, 2018(09):23+25.

[18] 徐子雅, 曾文姬. 智能电网背景下电力营销信息化 [J]. 中国集体经济, 2023(06):59-62.

[19] 李岩, 李剑峰. 电力营销智能化体系在智能电网环境下的分析 [J]. 现代工业经济和信息化, 2022, 12(11):234-235+238.

[20] 孙引忠, 韩泰然. 基于智能电网环境下电力营销智能化体系的研究 [J]. 能源与环保, 2020, 42(01):145-149..



# 电力物资供应链的数字化转型与技术创新

陈艺铭

福建省惠安县螺阳镇世纪大道电力公司, 福建 泉州 362100

**摘要：** 随着技术的不断进步，电力物资供应链正在经历一场数字化转型的浪潮。本文探讨了电力供应链数字化的关键技术，包括大数据分析、云计算、物联网（IoT）、人工智能（AI）和区块链技术，并分析了这些技术在优化供应链管理中的应用。同时，文章也指出了数字化转型过程中面临的挑战，如数据安全、技术整合问题、员工技能提升和政策法规的适应。通过分析成功与失败的案例，本文预测了未来趋势，特别是人工智能和机器学习在电力供应链管理中的应用，以及持续创新与可持续发展的结合。文章的目的是为读者提供一个全面的视角，了解电力供应链数字化转型的现状、挑战和未来发展方向。

**关键词：** 电力物资供应链；数字化转型；技术创新

## Digital Transformation and Technological Innovation of Electric Power Material Supply Chain

Chen Yiming

Century Avenue Electric Power Company, Luoyang Town, Hui'an County, Fujian Province, Fujian Quanzhou 362100

**Abstract：** With the continuous progress of technology, the electric power material supply chain is experiencing a wave of digital transformation. This article discusses the key technologies of power supply chain digitalization, including big data analysis, cloud computing, Internet of Things (IoT), artificial intelligence (AI), and blockchain technology, and analyzes the application of these technologies in optimizing supply chain management. At the same time, the article also points out the challenges faced in the process of digital transformation, such as data security, technology integration issues, employee skill enhancement, and adaptation of policies and regulations. By analyzing successes and failures, the article predicts future trends, especially the application of artificial intelligence and machine learning in power supply chain management and the combination of continuous innovation and sustainable development. The aim of the article is to provide readers with a comprehensive view of the current status, challenges and future directions of digital transformation in the power supply chain.

**Key words：** power material supply chain; digital transformation; technological innovation

## 一、引言

电力行业作为国民经济的基础性行业，其供应链管理的效率直接影响到整个社会的能源供应和稳定性。随着数字化时代的到来，电力供应链面临着重大的转型机遇。数字化技术的应用不仅能提高供应链的效率和透明度，还能帮助电力企业更好地应对市场变化和风险管理。本文旨在探讨电力物资供应链数字化转型的关键技术、挑战与对策，以及创新案例的分析，为电力行业的持续发展和创新提供指导。

## 二、电力供应链数字化的关键技术

### （一）大数据分析与管理在电力供应链中的应用

在电力供应链管理中，大数据分析与管理技术扮演了极其重要的角色。大数据技术能够处理和分析海量的供应链数据，从而揭示出供应链运作中的模式、趋势和潜在问题。例如，通过分析历史和实时数据，企业可以预测未来的需求趋势，优化库存管

理，降低运营成本。同时，大数据还能够提升供应链的透明度和响应速度，使得电力企业能够更加迅速地响应市场变化和供应中断。此外，利用大数据技术进行风险管理和决策支持，电力企业可以更有效地识别和应对供应链中的风险，例如供应商的可靠性和供应链的脆弱点。在实施大数据技术时，企业需注意数据的采集、存储、处理和分析过程，确保数据的准确性和安全性。通过这种方式，大数据不仅提高了电力供应链的运作效率，还提升了企业在竞争中的地位。

### （二）云计算与物联网（IoT）的应用于电力供应链

云计算与物联网（IoT）技术的结合在电力供应链中的应用开启了新的可能性，它们共同为供应链管理带来了革命性的改变。云计算提供了强大的数据处理能力和存储空间，使得电力供应链可以更加灵活和可扩展。通过云计算，企业可以实时访问和分析供应链数据，提高决策效率和精准度。与此同时，物联网技术使得实时数据采集成为可能，设备和传感器可以实时监控供应链的各个环节，如物资运输的位置和状态、库存水平等，从而实现对整个供应链的实时可视化。这种技术的结合不仅提高了供应链的

透明度，还增加了对突发事件的响应能力。例如，在遇到突发的供应中断时，企业可以及时调整策略，快速响应市场变化。然而，云计算与物联网技术的应用也带来了新的挑战，如数据安全和隐私保护问题。因此，企业在采用这些技术时，需要采取相应的安全措施，确保数据的安全性和合规性。<sup>[1-5]</sup>

### （三）人工智能在电力供应链优化中的应用

人工智能（AI）在电力供应链优化中的应用正逐渐成为一个热点话题，其作用在于通过智能化的方法改进供应链的各个环节。AI 技术能够对供应链中的大量数据进行深入分析，识别模式和关系，从而提供更加精准的需求预测和库存管理方案。例如，AI 算法可以基于历史数据和市场趋势，预测电力需求，帮助企业优化生产计划和库存水平。此外，AI 还可以用于供应链的风险管理，通过对历史事件的学习和分析，AI 能够预测并提前警告潜在的供应链风险，如供应中断和价格波动。AI 技术还可以在供应链的日常运营中发挥作用，例如通过自动化的方式优化物流路线，降低运输成本。然而，人工智能的应用也需要企业具备相应的技术基础和专业知识，以确保 AI 算法的有效性和适用性。因此，企业在采用 AI 技术时，需要考虑到技术的适用性和实施的复杂性。

### （四）区块链技术在电力供应链透明度提升中的作用

区块链技术在电力供应链管理中的作用主要体现在提高供应链的透明度和安全性上。区块链技术提供了一种分布式的账本系统，可以记录和验证供应链中的每一个交易和操作，从而确保数据的不可篡改性和可追溯性。这对于提高供应链的透明度和降低欺诈风险至关重要。例如，在供应链中，每个环节的信息如物资的来源、质量控制记录和运输状态都可以被记录在区块链上，任何相关方都可以访问这些信息，确保供应链的透明度。此外，区块链技术还可以提高供应链的效率，通过自动化的智能合约，可以加速交易流程，减少手动操作的错误和延时。然而，区块链技术的应用也面临着挑战，如技术的成熟度、规模化应用的难度和与现有系统的兼容性问题。因此，在实施区块链技术时，企业需要仔细评估其技术能力和业务需求，确保技术的有效整合和应用。<sup>[6-9]</sup>

## 三、数字化转型中的挑战与对策

### （一）数据安全与隐私保护的重要性在电力供应链数字化转型中

在电力供应链的数字化转型过程中，数据安全与隐私保护是一个不可忽视的重点领域。随着大数据、云计算和物联网技术的广泛应用，大量敏感数据被收集和处理，这就提出了严峻的数据安全挑战。数据泄露或不当使用可能导致重大的财务损失和信誉损害。为了应对这些挑战，电力企业需要建立强有力的数据安全策略，包括但不限于数据加密、访问控制和持续的安全监控。此外，隐私保护法规的遵守也同样重要，企业必须确保其操作符合地区和国际上的数据保护法律要求。在此基础上，进行员工培训和意识提升也是关键，因为很多数据泄露事件源于内部操作失误。企业还应该与供应链各方合作，确保整个供应链的数据安全标准一致，从而降低数据被非授权访问或滥用的风险。总体而言，

数据安全 and 隐私保护是电力供应链数字化转型的基石，需要得到全方位的重视和有效的实施。

### （二）技术整合与兼容性问题在电力供应链数字化转型中

在电力供应链的数字化转型中，技术整合与兼容性问题是企业需要面临的一大挑战。电力供应链涉及多个环节，从原材料采购到产品制造，再到分销和零售，每个环节都可能使用不同的技术和系统。因此，实现这些系统之间的有效整合是提高供应链效率和透明度的关键。技术整合的挑战主要体现在两个方面：一是不同供应链环节中使用的技术平台可能不同，导致数据格式和处理流程的不一致；二是新引入的技术如人工智能或物联网可能与现有的遗留系统不兼容。为了解决这些问题，企业需要采取策略性的方法，例如通过中间件或 API 接口来实现不同系统之间的数据交换和通信。同时，企业也应考虑到技术升级的成本和复杂性，避免过度投资于最新但未经充分验证的技术。此外，技术整合不仅是技术问题，还涉及组织结构和文化的改变，需要企业在转型过程中考虑到人员培训和变革管理。<sup>[10-11]</sup>

### （三）员工技能提升与数字文化建设在电力供应链数字化转型中

电力供应链的数字化转型不仅涉及技术的改变，还涉及人员的技能提升和企业文化的转变。在这个过程中，培养员工的数字技能至关重要。员工需要掌握相关的技术知识，如数据分析、云计算和人工智能等，以适应数字化转型带来的新需求。此外，企业还应鼓励创新和学习的文化，激发员工对于新技术的兴趣和探索精神。数字化建设的一个关键方面是促进跨部门的协作和信息共享，打破部门间的壁垒，确保供应链的各个环节能够有效地协同工作。此外，企业还应重视对数字化转型的持续投入和支持，包括为员工提供培训和发展机会，以及建立一种鼓励创新和持续改进的企业环境。通过这些措施，企业不仅能提升员工的技能，还能够构建一个适应数字化时代的强大组织。

### （四）政策法规与标准制定在电力供应链数字化转型中

政策法规和标准在电力供应链的数字化转型过程中扮演着重要的角色。随着技术的快速发展，政策和法规需要不断更新以适应新的技术和业务模式。例如，隐私保护和数据安全法规对于保护消费者信息和企业数据至关重要。企业在进行数字化转型时，需要密切关注这些法规的变化，并确保其业务操作符合相关法律要求。此外，行业标准的建立也是推动供应链数字化转型的重要因素。标准可以帮助确保不同技术和系统的兼容性和互操作性，促进供应链的高效运作。因此，企业应积极参与行业标准的制定和更新过程，通过与行业组织和监管机构的合作，推动标准的发展。政策法规和标准的制定不仅有助于保护企业和消费者的权益，还能够促进整个行业的健康和可持续发展。企业在这个过程中，既是遵循者，也是贡献者。

## 四、创新案例分析与未来趋势

### （一）成功案例分析：数字化转型的先行者

在电力供应链的数字化转型中，有一些企业成功地成了行业

的先行者，他们的案例提供了有价值的参考和启示。一个显著的成功例子是某知名电力公司的供应链管理系统升级项目。该公司通过引入云计算和大数据分析技术，实现了对供应链数据的实时监控和分析，显著提升了运营效率和决策质量。此外，通过部署物联网技术，该公司实现了设备状态的实时监测，预防性维护变得更加高效。公司还利用人工智能技术优化了需求预测和库存管理，减少了库存成本 and 提高了服务水平。这个案例展示了，通过整合多种数字化技术，电力供应链可以实现更加灵活和响应迅速的运营模式。成功的关键在于企业对于新技术的及时采纳，以及对于技术整合和数据管理的重视。

### （二）教训与挑战：失败案例的反思

然而，并非所有的数字化转型尝试都能取得成功。一些失败的案例提供了宝贵的教训和反思，帮助其他企业规避相似的挑战。例如，某电力企业在引入先进的供应链管理系统时，由于缺乏对现有业务流程的深入理解和充分的准备，导致新系统与旧系统的整合出现重大问题。这不仅造成了运营中断，也导致了巨大的财务损失。此外，由于未能有效培训员工使用新系统，导致员工抵触和操作错误频发。这些问题反映出，数字化转型不仅需要先进的技术，还需要对企业文化、员工技能和业务流程的综合考虑。失败的案例强调了在数字化转型过程中，企业应注重技术与现有业务的整合，员工培训和变革管理的重要性。<sup>[12-15]</sup>

### （三）未来趋势预测：人工智能与机器学习的应用

展望未来，人工智能（AI）和机器学习（ML）技术在电力供应链管理中的应用将成为主要趋势。随着 AI 和 ML 技术的不断成熟和发展，它们在优化供应链决策、提高操作效率和降低成本方面的潜力正在逐渐显现。例如，通过深度学习算法，企业可以更准确地预测市场需求和供应链风险，从而进行更有效的库存管理和风险规避。此外，AI 和 ML 也能在供应链的可持续性方面发挥作用，例如通过优化物流路线减少碳排放。然而，要实现这些潜

力，企业需要克服数据质量和量级、算法的选择和优化等一系列挑战。未来，随着技术的进步和应用案例的积累，AI 和 ML 将在电力供应链管理中发挥越来越重要的作用。

### （四）持续创新与可持续发展的结合

在电力供应链的数字化转型过程中，将持续创新与可持续发展结合起来，是实现长远成功的

关键。创新不仅限于技术层面，还包括业务模式、管理方法和组织文化等方面的创新。例如，通过采用循环经济的原则，企业可以优化资源利用，减少浪费，同时提高供应链的环境和社会绩效。此外，企业还应关注供应链的社会责任，确保其运营不仅经济高效，同时也符合社会伦理和环境保护的标准。为了实现这些目标，企业需要建立一个支持创新的环境，鼓励跨部门协作，积极探索新技术和新方法的应用。同时，企业还应与利益相关方，如供应商、客户和监管机构合作，共同推动整个行业的可持续发展。通过这种方式，企业不仅能提高自身的竞争力，也能为社会和环境的可持续发展做出贡献。

## 五、结语

通过深入分析电力物资供应链的数字化转型与技术创新，我们可以看到这一过程既充满挑战，也孕育着巨大的机遇。关键技术的应用，如大数据、云计算、物联网、人工智能和区块链，正逐步改变着电力供应链的面貌。虽然转型过程中存在数据安全、技术整合等问题，但通过有效的对策和政策支持，这些挑战可以被克服。未来，随着人工智能和机器学习技术的进一步发展，电力供应链将更加智能化、高效化。本文旨在提供一个参考框架，帮助业内人士理解并应对这一转型过程，以促进电力行业的可持续发展和创新。

## 参考文献

- [1] 王鹏; 李松; 豆科; 王治豪; 李珂. 基于 PKI 体系的电力物资信息系统安全机制研究 [J]. 电子设计工程, 2023, 31(22): 157-161.
- [2] 王洪好; 张亮. 基于数据规划的电力物资招标采购质量管理方法探究 [J]. 投资与创业, 2023, 34(20): 34-36.
- [3] 杨淑敏. 提升电力物资标准化管理的策略探讨 [J]. 品牌与标准化, 2023, (06): 181-183.
- [4] 程栋. 区块链技术在电力物资采购中的应用研究 [J]. 价值工程, 2023, 42(29): 153-155.
- [5] 姜珊; 李松岩. 物联网条件下的电力物资库存管理优化分析 [J]. 中国物流与采购, 2023, (20): 99-100.
- [6] 邢帅. 电力物资物流运营管理的标准化体系研究 [J]. 中国物流与采购, 2023, (20): 107-108.
- [7] 王光辉; 程功旭; 李青. 基于区块链技术的电力物资共享云仓设计 [J]. 计算机与现代化, 2023, (10): 99-106.
- [8] 姜珊. 基于边缘计算的电力物资信息自动查询研究 [J]. 长江信息通信, 2023, 36(10): 113-116.
- [9] 郑治华; 徐冰茹; 罗蓉娟; 张安祥. 考虑重连机制的电力物资供应链网络鲁棒性研究 [J]. 供应链管理, 2023, 4(10): 62-71.
- [10] 程栋. 基于区块链的电力物资供应链数据协同共享管理探究 [J]. 价值工程, 2023, 42(28): 73-75.
- [11] 甘露. 电网企业电力物资采购风险管理 [J]. 今日财富, 2023, (19): 52-54.
- [12] 丁宏琳; 吴健超; 王婧. 电力物资堆场数智化管理与应用研究 [J]. 中国储运, 2023, (10): 150-151.
- [13] 董威雄. 电网企业物资配送管理研究 [J]. 中国储运, 2023, (10): 186.

# 综合能源节能改造实践

顾珂

国网镇江综合能源服务有限公司，江苏 镇江 212001

**摘 要：** 在当今全球能源危机和气候变化问题的双重压力下，能源转型和节能减排成为世界各国的共同目标。综合能源节能改造实践在这样的背景下应运而生，它通过优化能源结构、提高能源利用效率、减少能源浪费等方式，为应对能源危机和气候变化问题提供了有效的解决方案。基于此，本文以某工程为例，从综合能源服务模式出发，分析了其节能改造的具体实践，以期给相关能源改造工程提供参考和建议。

**关 键 词：** 综合能源；节能改造；分布式能源；实践

## Integrated Energy Saving Retrofit Practices

Gu Yu

State Grid Zhenjiang Comprehensive Energy Service Co., Ltd, Jiangsu, Zhenjiang 212001

**Abstract：** Under the double pressure of today's global energy crisis and climate change issues, energy transformation and energy conservation have become the common goals of countries around the world. Comprehensive energy saving and transformation practice comes into being in such a background, which provides an effective solution to cope with the energy crisis and climate change problems by optimizing the energy structure, improving the energy use efficiency, and reducing the energy waste. Based on this, this paper takes a certain project as an example and analyzes its specific practice of energy-saving renovation from the integrated energy service model, with a view to providing reference and suggestions for related energy renovation projects.

**Key words：** integrated energy; energy-saving transformation; distributed energy; practice

## 引言

在全球能源结构转型和应对气候变化的背景下，综合能源节能改造越来越受到关注。随着城市化进程的加速和工业化程度的提高，能源需求持续增长，而能源资源日益紧张，节能减排成为可持续发展的必然选择。综合能源节能改造旨在通过优化能源结构、提高能源利用效率、减少能源浪费等方面，实现能源的可持续利用和发展。

## 一、工程概况

本工程改造对象为一大型商场，建筑面积大、客流量高，且照明、电气密度高，每天运行时间12h以上。在过去的五年里，年平均耗电量高达185kWh/m<sup>2</sup>，为此，决定进行节能改造。

## 二、综合能源服务模式

随着全球能源结构的转型和能源技术的不断发展，综合能源服务模式在提高能源利用效率、降低能源消耗、促进可持续发展等方面显示出巨大优势。综合能源服务模式不仅涵盖了传统的化石能源，还积极推广可再生能源和清洁能源，致力于实现能源的多元化和高效利用。

### （一）能源供应与需求管理

能源供应与需求管理是综合能源服务模式的重要基础。它通过对能源的供需进行全面预测和分析，制定相应的管理策略，以确保能源的稳定供应和高效利用。具体措施包括通过市场调研和分析，掌握能源市场的动态和变化趋势，为制定供应策略提供依据；同时，通过收集和分析用户的能源需求数据，了解用户的能耗情况，为其提供定制化的能源解决方案<sup>[1]</sup>。

### （二）能源效率优化

能源效率优化旨在通过技术手段和管理措施，提高能源利用效率，降低能源消耗。这可以通过对各类用能设备进行能效评估，采用高效的设备和系统来实现。此外，还应积极推广节能技术和普及节能知识，增强用户的节能意识和能力。通过优化管理流程和运行方式，降低运营成本，提高运营效率。



### （三）分布式能源系统

分布式能源系统是指将能源供应系统分散布置在用户端或靠近用户端的地方，以满足特定用户的能源需求<sup>[2]</sup>。分布式能源系统具有灵活、高效、环保等优点，能够有效地弥补大电网的不足。它可以通过利用可再生能源和清洁能源，如太阳能、风能等，实现能源的多元化利用。同时，分布式能源系统还可以与智能电网技术相结合，提高电力系统的可靠性和稳定性。

### （四）智能电网技术

智能电网技术是综合能源服务模式的核心技术之一<sup>[3]</sup>。它通过采用先进的传感、通信和控制技术，实现对电力系统的智能化管理和控制。智能电网技术可以提高电力系统的运行效率和可靠性，降低运营成本。它还可以为新能源的接入和需求响应提供支持，优化电力供需平衡。此外，智能电网技术还可以为用户提供定制化的用电方案和电能质量管理服务。

## 三、综合能源服务解决方案

### （一）空调系统改造

该工程中的空调系统存在着能耗高、效果差、维护困难等问题。为了提高空调效果、降低能源消耗、提高管理水平，必须进行空调系统改造<sup>[4]</sup>。

#### 1. 需求分析

（1）提高空调效果：原有空调系统采用传统的水冷式制冷机组，温度分布不均匀，局部区域温度较高或较低，影响舒适度。

（2）降低能耗：原有空调系统的能耗较高，每年需要耗费大量的电能。

（3）提高管理水平：原有空调系统采用手动控制和定时开关，无法实现智能化管理。

（4）减少维护工作量：原有空调系统维护工作量大，需要定期检查和清洗设备，耗费人力和物力。

#### 2. 方案设计

##### （1）采用高效制冷设备

该工程采用高效制冷设备替换原有的水冷式制冷机组，提高了制冷效果并降低了能耗。高效制冷设备具有先进的制冷技术和节能设计，能够更有效地控制室内温度<sup>[5]</sup>。

##### （2）安装智能控制系统

该工程采用智能控制系统，实现了对空调系统的实时监测和控制。智能控制系统可以根据实际需求调整设备的运行参数，提高了空调效果和能效。

##### （3）采用能源回收技术

该工程采用能源回收技术，将空调运行过程中产生的废热回收再利用，提高了能源利用效率。

##### （4）优化设备布局

该工程根据实际需要重新设计了设备布局，确保设备运行顺畅，减少了故障率和维护工作量。

### （二）照明系统改造

在本工程中，由于处于城市中心地带，其照明系统存在着能

耗高、照明效果不佳等问题。为了提高照明效果、降低能源消耗、提高管理水平，特决定进行照明系统改造。

#### 1. 需求分析

（1）提高照明效果：原有照明系统采用传统的荧光灯和白炽灯，光线分布不均匀，局部区域亮度不足，影响视觉效果。

（2）降低能耗：原有照明系统的能耗较高，每年需要耗费大量的电能。

（3）提高管理水平：原有照明系统采用手动开关和定时开关，无法实现智能化管理。

（4）符合环保要求：改造后的照明系统需要采用环保型光源和材料，减少对环境的影响。

#### 2. 方案设计

根据需求分析的结果，该工程采用了以下方案进行照明系统改造：

##### （1）采用 LED 灯具

LED 灯具具有高亮度、低能耗、寿命长等优点，是当前照明市场的主流产品。该工程采用 LED 灯具替换原有的荧光灯和白炽灯，以提高照明效果并降低能耗<sup>[6]</sup>。

##### （2）安装智能控制系统

该工程采用智能控制系统，实现了对照明系统的实时监测和控制<sup>[7]</sup>。智能控制系统可以根据实际需求调整灯具的亮度和颜色温度，提高了照明的舒适度和能效<sup>[8,9]</sup>。

##### （3）采用太阳能供电

该工程采用太阳能电池板为 LED 灯具提供电力，减少了对照明系统的电力依赖，降低了能源消耗<sup>[10]</sup>。

##### （4）优化灯具布局

该工程根据实际需要重新设计了灯具布局，确保光线分布均匀，提高了照明效果。

### （三）屋顶分布式光伏发电系统

在该工程中，基于其较大的屋顶面积，决定安装分布式光伏发电系统。该系统的设计旨在充分利用闲置的屋顶空间，通过太阳能发电来降低电力成本，同时减少对传统能源的依赖，实现节能减排<sup>[11]</sup>。

#### 1. 需求分析

（1）发电能力：系统需要具备足够的发电能力，以满足厂房的日常用电需求。

（2）稳定性：系统需要具备较高的稳定性，以保证持续、可靠地发电。

（3）耐久性：考虑到屋顶环境的特点，系统设备需要具备较长的使用寿命。

（4）维护方便：系统应易于维护，降低后期运营成本。

（5）安全性：在保证发电效率的同时，应充分考虑系统的安全性，避免对人员和设备造成损害。

#### 2. 方案设计

##### （1）设备选型

选用高效能的多晶硅光伏组件，搭配合适的逆变器和配电柜，确保系统发电能力和稳定性。

## （2）布局设计

根据屋顶的实际情况和用电需求，对光伏组件进行合理布局，使其充分利用屋顶面积，并确保各个组件之间的距离适当，以减少遮挡和相互干扰。

## （3）防雷设计

为防止雷电对系统的损害，应设置完善的防雷接地系统，包括避雷针、避雷带、引下线等。

## （4）监测与控制

通过引入智能监控系统，实时监测系统的运行状态和发电量，同时实现自动控制和远程管理功能。

## （5）维护计划

制定定期维护计划，包括组件清洁、设备检查等，确保系统的正常运行。

## （6）安全措施

在设备周围设置安全警示标识，并配备相应的安全防护设施，如围栏、安全网等，确保人员和设备安全。

## （7）电力储存

考虑引入电池储能系统，以在用电高峰期时缓解电力压力，同时提高系统的稳定性。

# （四）电动汽车充电桩

## 1. 需求分析

（1）充电能力：充电桩需要具备足够的充电能力，以满足日益增长的电动汽车充电需求。

（2）兼容性：充电桩应兼容多种电动汽车的充电需求，包括不同品牌、型号的电动汽车。

（3）安全性：充电桩应具备较高的安全性，保证用户在充电过程中的安全。

（4）便捷性：充电桩应易于使用和维护，提供便捷的充电体验。

（5）节能环保：在满足充电需求的同时，应充分考虑节能减排和环保方面的问题。

## 2. 方案设计

### （1）设备选型

选用直流快充充电桩，以满足电动汽车快速充电的需求<sup>[12]</sup>。同时，考虑兼容不同品牌和型号的电动汽车<sup>[13]</sup>。

### （2）布局设计

在停车场内选择合适的地点安装充电桩，确保方便用户使用。同时，考虑充电桩之间的距离和线路布局，以减少线路损耗和相互干扰。

### （3）安全性设计

在充电桩周围设置安全警示标识和防护设施，防止用户误操作和防止意外发生。同时，配备消防设备，以应对可能发生的火灾等紧急情况<sup>[14]</sup>。

### （4）便捷性设计

充电桩应支持多种支付方式，如支付宝、微信支付等，方便用户充值和支付。同时，提供操作指南和客服支持，帮助用户快速掌握使用方法。

## （5）节能环保设计

采用节能型充电桩，降低能耗。同时，合理规划充电时间，避开用电高峰期，以减轻电网负荷和减少碳排放。另外，采用可再生能源进行充电，如太阳能、风能等，进一步降低碳排放和环保压力。

## （6）系统集成

将充电桩与商业建筑的能源管理系统进行集成，实现能源的高效利用和调度。同时，将充电桩的运行数据上传至云平台进行远程监控和管理。

## （7）能耗监测与优化

通过安装能耗监测设备，实时监测充电桩的能耗情况，并进行优化调整。同时，对充电桩的运行数据进行挖掘和分析为进一步优化能源利用和提高能效提供数据支持。

# （五）数字化能源监测系统

## 1. 需求分析

该工程数字化能源监测系统的需求主要包括以下几个方面：

（1）数据采集：系统需要能够实时采集各种能源设备的运行数据，如电力、燃气、水等。

（2）数据处理：系统需要对采集的数据进行加工处理，生成各种报表和图表，便于分析和管理。

（3）数据分析：系统需要对采集的数据进行深入分析，发现能源消耗的规律和存在的问题，提出优化建议。

（4）数据展示：系统需要将采集的数据和分析结果以可视化的方式展示出来，便于管理人员查看和理解。

（5）安全性：系统需要具备较高的安全性，保证数据和系统的安全。

## 2. 方案设计

### （1）数据采集

采用智能传感器和数据采集模块，实时采集各种能源设备的运行数据，如电力、燃气、水等。同时，通过数据总线将采集的数据传输到数据处理中心。

### （2）数据处理

在数据处理中心，采用高性能的服务器和数据库管理系统，对采集的数据进行加工处理，生成各种报表和图表。同时，利用大数据分析和人工智能技术对数据进行深入分析，发现能源消耗的规律和存在的问题，提出优化建议。

### （3）数据展示

通过可视化技术将采集的数据和分析结果以可视化的方式展示出来，如趋势图、柱状图、饼图等。同时，支持移动端和PC端访问，方便管理人员查看和理解。

### （4）安全性

通过数据加密、访问控制、安全审计等技术手段保障系统的安全性。同时，建立完善的的安全管理制度，规范用户操作和管理流程。

### （5）易用性

简化用户界面和操作流程设计让系统更易于使用。同时提供完善地培训和技术支持服务以提高用户满意度。另外采用模块化

设计便于后期升级和维护从而降低运营成本。

（6）集成

将数字化能源监测系统与楼宇自动化系统集成以实现信息的互通与联动从而提高能源管理效率与减少资源浪费。例如当监测到某一设备的能耗异常时可以触发楼宇自动化系统的设备调节功能从而降低能耗<sup>[15]</sup>。

（7）故障诊断与预测

基于实时监测数据运用机器学习等技术手段建立故障诊断与预测模型实现对设备故障的提前预警和预防性维护从而降低故障率并延长设备使用寿命同时减少因故障导致的能源浪费。

四、结语

综合能源节能改造是未来能源发展的重要方向，对于实现可持续发展具有重要意义。未来，综合能源节能改造实践将会得到更广泛的关注和应用，同时也面临着诸多挑战和机遇。我们需要进一步深化对综合能源节能改造实践的理解和研究，加强技术创新和政策支持，推动其在全球范围内的广泛应用和推广。同时，我们也需要加强国际合作与交流，共同应对全球能源和气候变化挑战，为实现可持续发展的目标共同努力。

参考文献

[1] 王璟. 山西煤电产业向绿色低碳综合能源服务转型的基本思路 [J]. 现代工业经济和信息化, 2023, 13(08): 205-211+225.  
[2] 田守强, 郑伟. 贵州省综合能源服务发展模式及实施路径探究 [J]. 能源与节能, 2023(07): 9-11+99.  
[3] 胥朝涛. 基于多站融合的综合能源服务系统运行模式分析 [J]. 化学工程与装备, 2023, (10): 130-131+136.  
[4] 莫家华, 骆曦云, 廖仕凯. 综合能源节能改造实践 [J]. 广西电力, 2022, 45(04): 91-96.  
[5] 顿喆. 基于一大型办公建筑的节能诊断及改造 [J]. 能源与节能, 2022, (12): 80-84.  
[6] 赵鹏, 陈积良. 商业项目的综合能源服务及智慧节能实践 [J]. 绿色建筑, 2021, 13(06): 47-50.  
[7] 左伟. 城市照明节能及智慧化管控升级改造分析 [J]. 智能建筑与智慧城市, 2023(02): 178-180.  
[8] 张松, 赵亮亮, 国凯. 某办公建筑照明系统改造提升与节能效果分析 [J]. 建筑节能 (中英文), 2023, 51(10): 132-137.  
[9] 刘友泉. 城市照明节能及智慧化管控升级改造 [J]. 节能与环保, 2022(05): 54-56.  
[10] 赵政, 齐刚, 胡鹏涛. 数据中心节能改造设计方案探讨 [J]. 中国新通信, 2022, 24(20): 32-34.  
[11] 彭晶, 韩为宏, 韩永军等. 基于合同能源管理的分布式热管节能改造研究与应用 [J]. 节能, 2020, 39(10): 76-77.  
[12] 刘维扬, 王冰, 曹智杰. 基于区块链的电动汽车共享充电桩平台设计 [J]. 计算机工程与设计, 2020, 41(09): 2690-2696.  
[13] 路兴勇. 电动汽车智能充电桩的设计与应用研究 [J]. 内燃机与配件, 2023, (21): 51-53.  
[14] 张坤. 探究充电桩配电系统设计与布置原则 [J]. 电气技术与经济, 2023(08): 157-159.  
[15] 刘航, 毛晓波. 多能源接入下工业园区综合能耗自动监测方法 [J]. 自动化应用, 2023, 64(21): 70-71.

# 修井作业在海洋石油工业中的重要性及挑战

杨宏业<sup>1</sup>, 刘召<sup>2</sup>, 王子龙<sup>3</sup>

1. 2. 中海石油（中国）有限公司天津分公司, 天津 300459

3. 中国石油天然气管道工程有限公司, 河北 廊坊 065000

**摘要：**在全球能源结构转型的大背景下，海洋石油资源作为重要的能源补充，其开发利用受到了广泛关注。修井作业，作为海洋石油工业的关键环节，对于提高油气井产量、延长油气井寿命、保障作业安全具有至关重要的作用。然而，这一过程也面临着极端环境适应性的挑战、深水作业的技术难题、环境保护的压力以及成本与效益的平衡问题。随着技术的进步，未来修井作业将向自动化与智能化、环保技术创新、深水作业技术突破、成本效益优化等方向发展。这不仅能够提高作业效率和安全性，还有助于减少环境影响，为海洋石油工业的可持续发展提供支持。

**关键词：**修井作业；海洋石油工业；重要性

## Importance and Challenges of Well Workover Operations in Offshore Oil Industry

Yang Hongye<sup>1</sup>, Liu Zhao<sup>2</sup>, Wang Zilong<sup>3</sup>

1. 2. CNOOC (China) Limited, Tianjin Branch, Tianjin 300459

3. China Petroleum and Natural Gas Pipeline Engineering Co., Ltd, Hebei, Langfang 065000

**Abstract：** Under the background of global energy structure transformation, the development and utilization of offshore petroleum resources, as an important energy supplement, has received wide attention. Well workover operation, as a key link in the offshore oil industry, plays a crucial role in increasing the production of oil and gas wells, extending the life of oil and gas wells, and guaranteeing the safety of operation. However, this process is also faced with the challenges of extreme environmental adaptability, technical difficulties in deepwater operations, pressure on environmental protection, and the balance between costs and benefits. With the advancement of technology, future well workover operations will develop in the direction of automation and intelligence, innovation in environmental protection technology, breakthroughs in deepwater operation technology, and optimization of costs and benefits. This will not only improve operational efficiency and safety, but also help reduce environmental impact and support the sustainable development of the offshore oil industry.

**Key words：** well workover operation; offshore oil industry; importance

## 一、引言

海洋石油资源作为全球能源供应中的重要组成部分，其高效开发与利用一直是石油工业探讨的重点。在这个过程中，修井作业的重要性日益凸显。修井作业不仅关系到油气井的生产效率和寿命，而且直接影响到作业的安全和环境保护。面对极端的海洋环境、深水作业的高难度，以及环保与成本之间的平衡，修井作业的挑战不容小觑。随着科技的发展，特别是在自动化、智能化技术的推动下，修井作业呈现出新的发展趋势。这些进步不仅提高了修井作业的效率 and 安全性，还为海洋石油资源的可持续开发提供了多面性。因此，深入探讨修井作业在海洋石油工业中的重要性及其面临的挑战，对于指导实际作业、推动技术创新具有重要的理论和实践意义。

## 二、修井作业在海洋石油工业中的重要性

### （一）提高油气井产量

在海洋石油工业中，修井作业对于提高油气井产量的重要性

不言而喻。油气井的产量直接关系到一个国家的能源安全和经济效益。修井作业能够有效地提高已开发油气井的产量，尤其是在油气井产量下降或遇到地质难题时。通过采用先进的修井技术，如水力压裂、酸化处理等，可以显著提高油气藏的渗透率，从而提高油气的提取效率<sup>[1]</sup>。据分析显示，适当的修井干预可以将油井的产量提高20%至50%。此外，修井作业还可以通过技术干预，解决油气井中的堵塞问题，恢复油气的流动性。例如，通过清除油管中的沉积物或堵塞物，可以有效地恢复油气井的生产能力。在全球能源需求日益增长的背景下，通过修井作业提高油气井产量，对于满足能源需求、提高能源开采效率具有重要意义。

### （二）延长油气井寿命

修井作业在延长油气井寿命方面扮演着至关重要的角色。油气井的使用寿命是衡量一个油田经济价值的关键因素<sup>[2]</sup>。由于海洋环境的复杂性，油气井面临着多种挑战，如腐蚀、结垢、机械损耗等，这些问题会缩短油气井的寿命。通过定期进行修井作业，可以及时检测并解决这些问题。例如，通过更换损坏的设备、清理井内沉积物，可以显著减少设备的磨损和故障率，从而延长油



气井的使用寿命。根据相关探讨，适当的修井作业可以延长油气井寿命15%至35%。此外，修井作业还可以通过采用新技术，如侧钻和水平钻井等，来开发更多的油气资源，提高油田的总体开采效率<sup>[3]</sup>。因此，修井作业在维持油气井稳定运行和最大化油田价值方面发挥着关键作用。

### （三）保障作业安全

在海洋石油工业中，修井作业对于保障作业安全具有至关重要的作用。由于海洋油气开采环境的特殊性，油气井面临着许多安全风险，如井喷、井壁坍塌等<sup>[4]</sup>。修井作业通过定期检查和维护油气井设备，能够有效地预防这些风险。例如，通过对井下设备进行定期检查和维护，可以发现并及时修复潜在的安全隐患。根据统计数据，适当的修井作业可以减少约20%的事故发生率。此外，修井作业还包括对井下条件的评估和监控，通过实时监控油气井的压力、温度等参数，可以及时发现异常情况，并采取相应的应急措施。在油气井发生紧急情况时，如井控等修井作业是控制事故、保障作业人员和环境安全的关键。因此，修井作业在维护海洋油气开采作业的安全性方面发挥着至关重要的作用。

## 三、修井作业在海洋石油工业中所面临困难与挑战

### （一）极端环境适应性

修井作业在海洋石油工业中面临的首要挑战之一是极端环境的适应性。海洋环境的不稳定性，如强风、高浪、台风以及盐雾腐蚀等，对修井作业构成了极大的威胁<sup>[5]</sup>。这些环境因素不仅增加了作业难度，还容易导致设备损坏、操作失误，甚至是严重的安全事故。据统计，由于极端环境引起的事故在海洋石油开采中占比高达30%。此外，极端环境下的作业通常需要更高的技术要求和更精细的操作指导。例如，在强风和大浪的条件下进行修井作业，需要精确的海洋工程计算和稳定的平台支撑系统。这不仅对设备提出了更高的要求，也对作业人员的技能和经验提出了挑战<sup>[6]</sup>。在此背景下，研发更为先进的修井技术和设备，以及提高作业人员的技能和应对能力，成为确保作业安全和效率的关键。

### （二）深水作业难度

修井作业在海洋石油工业中另一个主要挑战是深水作业的难度。随着油气资源开采的不断深入，深水油气田成为新的开采热点。深水环境下的修井作业不仅技术难度大，而且成本昂贵<sup>[7]</sup>。深水作业面临的主要挑战包括高压高温环境、复杂的地质条件以及远离陆地的作业环境。在深水作业中，井底的压力和温度条件极为严苛，这对设备的耐压耐温性能提出了极高的要求。据估计，深水作业的成本是常规油气井的3到5倍。此外，深水作业中遇到的地质问题，如盐层穿越、深水沉积物流动等，也增加了作业的复杂性。这要求修井技术和设备必须具备更高的精确性和可靠性<sup>[8]</sup>。针对深水作业的特殊需求，开发适合深水环境的修井技术、提高设备的性能和适应性，以及优化作业流程和管理，成为提高深水修井作业效率和安全性的关键。

### （三）环境保护压力

在海洋石油工业中，修井作业面临的重要挑战之一是环境保

护的压力。海洋生态系统极其脆弱，任何小的疏忽都容易导致严重的环境污染。修井作业中使用的化学物质、废弃物的排放，以及事故泄露等都会对海洋生物造成伤害，破坏海洋生态平衡。据环保组织报告，油气行业每年约有数百起与修井作业相关的小型泄漏事件，这些事件虽然规模不大，但累积效应对环境的影响不容忽视。此外，国际社会对环境保护的要求日益严格，相关的法律和规章制度也在不断完善。这要求修井作业必须严格遵守环保规定，采用环保技术和设备<sup>[9]</sup>。例如，使用生物降解的修井液、减少有害化学物质的使用，以及优化废弃物处理流程等。应对这些环保挑战，不仅需要技术创新，还需要整个行业的共同努力，以实现环境保护与油气开采的和谐发展。

### （四）成本与效益平衡

修井作业在海洋石油工业中另一个显著的挑战是成本与效益的平衡。由于海洋油气开采的特殊性，修井作业的成本相对较高。例如，深水作业所需的专业设备和技术、极端环境下的安全防护措施，以及对环境保护的投入，都大幅提升了作业成本。据行业报告显示，深水油气开采的成本是陆上油气开采的数倍。因此，如何在保证修井作业安全、环保的同时，有效控制成本，成为行业面临的重要问题<sup>[10]</sup>。这不仅涉及作业流程的优化、技术的创新，还包括对整个项目的成本管理和效益评估。同时，提高油气井的产量和延长其寿命，也是提高项目整体效益的重要途径。综合考虑成本与效益，实现经济与环保的双赢，是修井作业在未来发展中需要解决的关键问题。

## 四、修井作业技术在海洋石油工业中未来发展趋势

### （一）自动化与智能化技术

在海洋石油工业的未来发展中，自动化与智能化技术的运用预计将带来革命性的变化。实现这一目标的路径涉及多个层面。首先是硬件层面的创新，如开发和部署更先进的自动化钻井设备和机器人技术。这些技术可以减少人为干预，降低操作风险，同时提高作业效率。其次是软件层面的发展，尤其是数据分析和人工智能算法的应用。通过收集和分析大量的钻井数据，智能系统能够提供精准的钻井指导，优化钻井参数，从而提高油气井的开采效率<sup>[11]</sup>。例如，利用机器学习算法分析地质数据，可以更准确地预测油气藏的位置和特性，减少钻探失败的风险。最后，需要推动行业标准和安全规范的制定和更新，以适应自动化与智能化技术的发展。行业协会和监管机构需共同努力，制定相应的安全 and 操作标准，确保技术的安全可靠应用。根据分析，全面实施自动化与智能化技术，有望将油气开采的效率提升至少30%以上。

### （二）环保技术创新

在应对日益严峻的环境挑战方面，海洋石油工业的未来发展趋势之一是环保技术的创新。首先是在修井液料的开发上，分析和推广使用环境友好型修井液。这些修井液不仅能有效完成修井作业任务，同时在泄漏时对海洋生态的破坏最小。例如，使用基于植物油的修井液，可以大幅降低对海洋生物的毒性。另一个重点是提高废物处理的效率和环保性。通过开发新的废物处理技

术，如高效的固体废物分离设备和废水处理系统，可以减少对海洋环境的污染<sup>[12]</sup>。此外，还需要加强环境监测和保护措施。通过安装先进的环境监测设备，如水下摄像头和传感器，可以实时监测海洋生态环境的变化，及时发现和处理潜在的环境风险。据预估，采用这些环保技术，可将修井作业对环境的影响降低40%以上。这些努力需要政府、行业组织和企业的共同参与，通过制定严格的环保标准和政策，推动环保技术的研发和应用。

### （三）深水作业技术突破

深水作业技术的突破是海洋石油工业未来发展的关键方向。为了有效开发深水油气资源，必须采用更先进的技术和方法。首先，在深水钻探设备方面，需开发更强的耐压耐腐蚀材料，以及能够适应高压高温环境的钻井设备。这些设备应具备更高的可靠性和耐久性，以应对深水环境的严酷挑战<sup>[13]</sup>。例如，利用钛合金和复合材料制造的钻井设备，可以在极端环境下保持稳定性和耐久性。其次，深水作业技术需要集成先进的遥感和数据处理技术。利用卫星和无人机进行海洋环境监测，以及运用人工智能和机器学习技术处理大量的地质和作业数据，可以更准确地识别油气藏位置，优化钻井路径。这样的技术集成不仅提高了寻找油气藏的成功率，也大大降低了风险和成本<sup>[14]</sup>。此外，深水作业中的安全管理和应急响应机制也需要不断完善。通过建立完善的安全管理体系，包括实时监控、风险评估和应急预案制定，可以有效预防和应对深水作业中容易出现的各种紧急情况。据估计，采用这些先进技术，深水作业的安全性能提高至少30%，同时也大幅提高了作业效率。

### （四）成本效益优化

在海洋石油工业的未来发展中，实现成本效益的优化至关重

要。首先，在成本控制方面，重点应放在提高作业效率和减少浪费上。通过采用高效的作业技术和设备，如高性能的钻井设备和自动化系统，可以缩短作业时间，降低人力和物料成本。例如，通过使用自动化钻井平台，可以减少所需的人力资源，同时提高钻探速度和精度。其次，成本优化还包括对供应链的管理和优化。通过采用更高效的物流和供应链管理系统，可以降低物料运输和存储的成本<sup>[15]</sup>。例如，通过采用集中采购和批量订购策略，可以降低设备和材料的采购成本。此外，为了提高经济效益，还需要通过技术创新提高油气井的产量和使用寿命。例如，通过采用先进的增产技术，如水力压裂和酸化处理，可以提高油气井的产出效率。同时，通过定期维护和修井作业，可以延长油气井的使用寿命，增加总体的产量。综上所述，通过这些方法，可以实现成本的有效控制和经济效益的最大化，为海洋石油工业的可持续发展提供支持。预计这些措施能够将成本降低20%以上，同时提高产量和效率。

## 结束语

在本次探讨中，全面审视了修井作业在海洋石油工业中的核心地位及其所面临的众多挑战。这些挑战不仅涉及技术层面，还包括环境保护、经济效益等多方面因素。未来，随着技术的不断进步和创新，修井作业将迎来新的发展机遇。自动化和智能化技术的引入、对环保技术的深入探讨、在深水作业领域的技术突破以及对成本效益的优化，将共同推动海洋石油工业的可持续发展。正视挑战，积极应对，将有助于海洋石油资源的高效、安全、环保开发，为全球能源供应贡献重要力量。

## 参考文献

- [1] 卢有军, 杨光, 张勇. 海上平台修井作业打捞技术应用探讨 [J]. 石化技术, 2023, 30 (10): 92-94.
- [2] 陶艳文, 朱武. 液压修井机在海上石油平台的应用 [J]. 中国石油和化工标准与质量, 2023, 43 (18): 100-102.
- [3] 张刚锋, 杨嘉旭, 李厚杰, 江小龙, 李明卓. 带压作业工艺在长宁区块修井作业中的应用 [J]. 石油工业技术监督, 2023, 39 (09): 49-52.
- [4] 杨述, 曾凤玲, 石闯军, 白会彦. 基于储层损害机理的修井作业技术 [J]. 石油知识, 2023, (05): 48-49.
- [5] 吴江. 修井工艺技术的改进措施 [J]. 化学工程与装备, 2023, (08): 77-78.
- [6] 刘静华. 海上平台修井作业打捞技术应用探讨 [J]. 中国石油和化工标准与质量, 2023, 43 (07): 152-154.
- [7] 陈曦. 渤海油田修井作业中解决井的完整性问题的思路与实践 [J]. 中国石油和化工标准与质量, 2023, 43 (06): 24-26.
- [8] 刘云龙. 海洋石油钻修井高处坠落事故分析与预防 [J]. 现代工业经济和信息化, 2022, 12 (12): 358-360.
- [9] 李勇, 杨来武, 张端光, 范新冉, 姜涛, 张晓璇. 油田修井作业多功能井架随机动态响应特性研究 [J]. 企业科技与发展, 2022, (09): 76-80+85.
- [10] 杨化东. 海洋无钻修机平台修井作业方式 [J]. 中国海洋平台, 2022, 37 (02): 104-108.
- [11] 郭彪, 丁鹏飞, 乌海刚, 郭威. 渤海E平台海洋修井机维护质量提高对策 [J]. 中国石油和化工标准与质量, 2020, 40 (22): 36-39+42.
- [12] 周振宇. 不压井修井技术在海上平台的应用分析与实践 [J]. 化工管理, 2019, (31): 82.
- [13] 朱洪华, 朱鹏飞, 冯硕, 石张泽. 浅谈修井作业中承压井通道的建立 [J]. 中国石油和化工标准与质量, 2019, 39 (12): 180-182.
- [14] 李晓军, 李锋. 海洋修井机维保现状及作业控制措施 [J]. 天津科技, 2019, 46 (05): 32-33+38.
- [15] 崔海朋. 钻修井作业自动化装备技术研究及发展方向 [J]. 机电工程技术, 2019, 48 (04): 45-46+73.

# 城市照明设施故障原因分析及解决方法

杜志学

衡水市路灯管理中心, 河北 衡水 053000

**摘 要 :** 近几年来, 由于我国经济的高速发展, 城镇化的不断推进, 使得城市居民的生活水平不断提高, 同时也给城市带来了新的挑战。但是, 随着我国城市照明体系的建设与发展, 我国城市照明面临着诸多问题。怎样才能保证城市照明设施的美观和安全, 是目前需要解决的主要问题。本文对城市照明设施出现故障及判断方法进行了剖析, 并给出了一些处理办法, 以期为相关部门提供参考。

**关 键 词 :** 城市照明设施; 设施故障; 原因分析; 解决方法

## Analysis of Causes and Solutions for Urban Lighting Facility Failures

Du Zhixue

Hengshui Street Lamp Management Center, Hebei, Hengshui 053000

**Abstract :** In recent years, due to the rapid development of China's economy and the continuous promotion of urbanization, the living standards of urban residents have been continuously improved, while also bringing new challenges to cities. However, with the construction and development of China's urban lighting system, urban lighting in China is facing many problems. How to ensure the beauty and safety of urban lighting facilities is currently the main problem that needs to be solved. This article analyzes the faults and judgment methods of urban lighting facilities, and provides some solutions to provide reference for relevant departments.

**Key words :** urban lighting facilities; facility malfunction; cause analysis; solution

### 一、城市照明系统发展概况

当前, 我国城市照明设施数量迅速增加, 运营支持工作压力日益增大。从管理的观点来说, 存在着管理责任不清晰、信息不对称等问题。在控制模式方面, 以人工设定灯的开关为主。由于管理者对能耗的监控与管理不力, 造成了大量的能源浪费。为了满足这种需求, 我们迫切需要采用新的技术和方法, 使之与城市照明管理体系有机地结合起来, 以取得更好的效果。在传统的运行方式下, 城市照明设施的巡检、维修、故障排除、应急响应、统计更新等工作方式已经无法适应新时期的发展需要。利用物联网、无线传感、通讯等技术, 对城市照明灯具及设施进行实时监测。以已有的照明监测系统为基础, 与平台化的运行监测相结合, 构建精细化协作的运营监测体系, 为管理者开展城区灯光管理工作提供参考, 提升城市照明运营监测的智慧程度。以城市照明为研究对象, 通过对城市照明数据的集成, 构建城市照明大数据分析模型, 实现对城市照明系统能耗特性、资源利用率、运行效益等的综合评价, 为城市规划、交通管理及相关政策的制定提供量化的参考。

### 二、城市照明设施的作用与功能

首先, 随着城镇化进程的推进, 城市照明不再仅仅满足于普通照明设施的功能, 也不再是单纯地满足夜晚昏暗环境下的照明

需求, 而是利用灯光为行人提供适宜的视觉环境。其次, 现代城市道路照明设施的主要作用是: (1) 便利居民在夜晚的交通, 这与传统的照明设施一样, 是最根本的功能; (2) 降低了夜间交通事故的发生率, 由于仅靠汽车上的照明不能对路面进行有效的照明, 并且在没有路面照明设施的情况下, 汽车本身的照度很高, 会对经过的司机产生强烈的刺激, 从而导致交通事故。(3) 从改善公共安全角度出发, 国内外多项犯罪调查显示, 约90%的夜间犯罪是在灯光较暗的情况下进行的。(4) 加强了路面的美观性, 夜间的路灯全部亮起, 一排排整齐的路灯, 构成了都市的一道亮丽的风景; (5) 将大量的历史文物、标志性建筑等与城市本身相融合, 从而推动城市的经济、文化发展。

### 三、城市照明设施常见故障及判断方法

#### (一) 灯泡故障

灯泡的作用: 当它被接通时, 它就会发出光并产生热量。灯泡主要是由灯丝, 双金属片的热继电器, 玻璃罩等构成。在通电的情况下, 灯丝可直接发出热量, 并发出可见光。解决方案: 高压钠灯的寿命在20000小时左右。由于电压波动, 镇流器故障, 以及周围环境等原因, 这些都会降低电灯泡的寿命。

故障判断方法: ①用肉眼观察法, 看电灯泡表面有没有发黑。若出现发黑, 则表示灯泡出现了故障, 应及时更换; ②试验法, 用万用表测定灯座上的电压。当电压达到220V左右时, 电灯



泡仍然没有点亮,说明电灯泡出现了问题,应该换新的。

## （二）漏电开关跳闸

路灯电源开关一般采用低电压断路器,它具有漏电保护的作用,又称漏电开关。在发生短路、接地、漏电、过压等情况下,漏电开关将自动断开,从而避免了因漏电而造成人身伤害的发生。主要构造:包括过电流释放设施,灭弧设施,接触器,外壳,接线端等。

故障判断方法:将漏电器的输出回路取下,按下试验按钮 T。若漏电开关跳脱,表示该开关状态良好。若无跳转,说明断路器已被破坏,应重新换一台;在施工安装时,由于配线不当,使照明线路的 N 号导线与接地线 PE 相连,造成漏电开关的脱扣。检查接线方法的正确性;照明线路的错误引起了漏电开关的脱扣。拆卸漏电开关的输出回路后,仍能正常工作。当重新接上照明线路时,漏电开关突然断开,显示是照明线路出了问题。必须对线路电缆进行检查,看看有没有短路或接地的情况。

## （三）接触器故障

接触器被用在要求经常迅速开/关的电路中,并能进行自动控制,从而打开或关闭主电路和辅助接触电路。主要构成:电磁系统,接触器,消弧线圈等。工作原理:接触器是自动控制灯具中不可缺少的一部分。如果该控制回路是在一种自动方式下,并且是通过一个时间继电器来进行控制的,那么在该时间控制设施到达一个设置的的时间的时候,该触点被激励,从而形成一个磁场,从而使该主电路接通。在断开接触器线圈 A1-A2 后,接触器的电磁吸引力就会消失,从而使触头重新闭合。

故障判断方法:检查触点和主触点有无发黑或融化。如有,说明触点温度过高。在规定的时间内,要将终端固定好,以防止主要触点的松脱,导致接触器发热或烧毁;接触器在啮合之后不得啮合或分离。出现这种情况的可能原因是接触器绕组 A1-A2 没有被激励或者是电压太低,从而使接触器产生的电磁力小于弹簧的反作用。用万用表检测触点 A~A2 之间的电压和铭牌上的电压是否相符。

## （四）电缆故障

在照明系统中,电缆失效是最普遍也是最困难的一种故障。电缆线路中有很多并联灯具设备,若灯具的任何一处失灵或电线失灵,都会使同一线路上的街灯变暗,这就给检修带来了困难。在实际检修中,经常会出现几乎每两盏灯都会出现短路、接地故障,甚至出现五相四线电缆故障。这就需要拆下每一盏电灯,打开维护端口,然后一步一步地检查每一根电线。

故障判断方法:首先要弄清路灯线缆的走向,确定前灯、尾灯及三角叉的位置;中间截取法是将路灯的中部截断。通常情况下,他们会在路灯的中央剪断。如果不跳转,表示在第二个阶段出现了故障。如果是脱扣,说明是在前面的一半出现了故障。此故障排除方法仅适用于电缆未损坏、导致短路或接地的情况。利用这种方法,能够迅速地故障进行定位;对于受损严重的线缆,这一保险措施是有效的。首先要确定照明设施的位置,拆下各个路段的接头,然后用绝缘电阻计测量各路段的接头电阻。虽然技术规程对绝缘电阻不低于 0.5M,但是在实践中,对于 0.5-

10M 的电缆,在潮湿天气下容易发生跳闸事故,所以必须保证绝缘电阻大于 100M。一旦发现有问题的光缆,一根光缆就有几十、上百米长,而路灯光缆又是埋在地下的,一旦受损,维修起来非常困难。为了确定线缆的走向以及准确的故障点(0.5m 以内),必须用线缆故障测试器来确定故障点,并且要对故障点进行挖掘修理。

# 四、减少城市照明设施故障的解决方法

## （一）建立有效管理机制,完善管理模式

实施网格化、精细化管理,组建一支高效率、专业的维修队伍,对各岗位的工作进行标准化,对检查、维修等工作进行了明确的划分,明确工作职责,明确各个小组和每个人的工作职责,同时还制定一套相关的检查维修体系与机制,保证照明设施的管理与维修工作系统化。比如,广泛采用的 EMC 模式,即通过政府购买服务来实现节能减排,同时也是一种通过市场手段推动节能减排的服务性制度。在合同期间,企业负责更换高质量,高效,节能的 LED 灯,并在合同期间负责维修保养。这样,既可以改善照明设施的管理与维修品质,又可以达到节能减排的目的,达到了政企三赢的目的。此模式在改善城市照明设施的同时,具有较好的经济与社会效益。

## （二）照明设施的维护方案

(1)要科学、合理地选择高质量的路灯电缆,并做好密封、防水的接头。由于很多照明设施的线缆都是埋入地下的,这样就必然会产生锈蚀。所以,为了更好地保护电缆不受水及其他腐蚀材料的损害,还可以采用多层的塑料管来包裹电缆。(2)加强综合整治观念,增强风险辨识能力;这就需要在照明设施的管理中,除了要重视短路接触保护之外,还需要对设施中存在的各种安全隐患进行实时监测,例如,对现场的泄漏信号进行同步探测,在检测时采用零序电流互感设施等。(3)对路面的灯光设备进行分类保养,并配备相应的维修技术人员。首先,将照明设施的维修划分为三个类别:例行保养、中度保养和维修保养。例行保养工作,主要是维修普通损伤,保证灯具的正常运转;中度维修,是针对某一路段或某一地区的灯光设施,以改善该路段的正常使用状况;维修保养,就是对路段的照明设施进行综合整治。

## （三）建立智能控制系统,加强设施监管

照明智能化控制是近几年来快速发展的一项重要技术。该系统能对各种照明设施进行实时监测,尽早发现、掌握设备的运行状况,尽早进行治理。同时,该系统还具备漏电探测、电缆防盗监测等多项功能。建设一个智能化的照明监控系统,既能减少管理费用,又能提高工作效率。传统的照明管理方式,要求巡检人员及车辆在路面上巡视,以侦测到存在的问题,既要增加人力物力,又要增加车辆的投入。该系统投入使用后,既节约了人力、物力,又节约了测试工作中所需的费用。同时,该系统还具有实时监测的功能,大大提高了系统的工作效率。另外,在巡察过程中发现了问题,或者接到了群众的投诉。维修效率低下,不能及时发现电缆渗漏。尤其是在雨雪等恶劣天气,对巡灯的人、车都



有较大的安全隐患。通过建立智能控制系统，实现了对照明故障的主动监测，减少了维修周期，提高了维修管理的效率。

（四）优化照明控制技术

智能建筑照明自动控制系统通常采用时钟控制，感应控制，恒定照明控制，接触控制，紧急情况缩减控制等。（1）钟表控制。在现场设置一个时钟管理系统，可以根据照明的需要，预先设置各个区域或者各个分区的工作时间。在设定的时间周期内，该设施会自动开启或关闭场地内的灯光。同时，也可以在一种控制模式中创建多个光照情景，当光照达到一定的时刻，就会自动转换成对应的光照情景。这种控制方法结构简单，实现简单，稳定性好，但对环境的感知与适应能力差，不能随环境光照品质及光照要求的改变而进行调节。（2）感应控制。现场安装有红外线感应设施，摄影机，声音感应设施等，当侦测到有人走动或发出声响时，这些设施就会自动开启。当一个人走了或者声音停止了，灯光会在数秒后自动熄灭。此项技术可应用于一些不常用的地方，如楼梯井、维修室等，以减少实际的光照时间来实现节能。若在高频区域内应用感应式控制，则会使灯具工作在频繁切换中，易发生故障。（3）恒定照明控制。结合对光照的需求，预先确定各个分区的照度标准值，以维持较高的亮度。根据现场的监控信号，可判定照明系统的实际照明强度是否超标或超标。如果照明强度超出了规定的要求，就应该减少照度或者关掉一些照明设施。在光照不足的情况下，应加大照明强度或开启剩余的照明。该控制方法的灯光控制效果最为明显，能够在灯光品质与节能之间取得很好的平衡。

（五）优化故障诊断与报警技术

照明控制系统结构复杂，工作环境苛刻。在照明过程中，一些照明灯具及现场测控装置的失效是难以避免的，它们严重影响了照明品质及控制效果。例如，在采用恒压照明控制方式下，因自然光照及光照变化，需对灯具进行频繁切换、调光，从而加快灯具老化速率。在高速开关状态下，极易出现断丝等故障。所以，要确保照明系统能正常运转，并能成功地达到控制的目的，就必须运用两项技术：故障诊断与预警。（1）故障诊断。构建专家知识库，对灯泡过热、断丝、调光等典型故障进行分析。通过对样例事例的自动学习，使其能够识别出错误的形成方式。通过对现场监测信号的分析，对照明系统的工作状态有一个全面的了解。当灯具出现工作温度过高时，要及时查找有关资料，以便判断故障的种类和产生的原因。（2）故障报警。该系统在发现灯具、传感器及现场控制器发生故障后，将故障码及诊断结果同时传送至现场管理人员，方便现场检修。同时，该系统还具备了对故障进行处理的功能，实现了对故障点的自动切除。

五、结语

总之，在我国目前已建成的城市照明体系中，照明智能化控制体系的构建与实现，是提高我国城市公共管理与服务水平的重要途径。对城市照明进行有效的故障检修，是完成城市各种功能的基础性工作。在故障检修工作中，既要重视技术的革新与开发，又要树立分级检修的管理思想，使之能更好地发挥更好的作用。

参考文献：

[1] 廖雯瑜，朱其猛. 城市照明供电线路漏电监测系统应用 [J]. 照明工程学报, 2023,34(05):117-124.

[2] 梁海，王鹏展，陈俊羽等. 基于城市照明的智慧杆设施综合感知平台研究初探 [J]. 中国照明电器, 2023,(09):29-34+40.

[3] 宫仁，宗言. 检修照明设施守护行人安全 [J]. 建筑工人, 2023,44(09):63.

[4] 王森. 浅析城市照明设施漏电问题及对策建议 [J]. 低碳世界, 2023,13(07):106-108.

[5] 欧良新. 道路照明中接地形式与接地故障防护措施选择探析 [J]. 福建建筑, 2023,(05):139-142.

[6] 左伟. 城市照明节能及智慧化管控升级改造分析 [J]. 智能建筑与智慧城市, 2023,(02):178-180.

[7] 甄莹. 城市照明中自动化智能监控系统的应用 [J]. 光源与照明, 2023,(01):60-62.

[8] 李志平. 城市道路照明智能控制及节能研究 [J]. 昆明冶金高等专科学校学报, 2022,38(04):62-67+78.

[9] 杜柏林. 路灯供电电缆故障检测及故障点定位方法分析 [J]. 灯与照明, 2022,46(02):26-29.

[10] 顾新艳. 照明设施低压断路器的选用和故障解决 [J]. 光源与照明, 2022,(02):168-170.

[11] 张振宗. 城市路灯照明智能控制系统的应用 [J]. 光源与照明, 2021,(12):29-30.

[12] 蔡腾腾. 城市智慧照明系统运维管理优化研究 [D]. 扬州大学, 2021.

[13] 黄向阳，奚春华，齐志飞. 浅析南通市城市照明智慧运维平台 [J]. 中国测绘, 2021,(05):62-65.

[14] 郑瑶. 城市道路照明智慧监控系统研究 [D]. 湖南大学, 2021.

[15] 田瑜基. 城市照明智能管理系统建设研究 [J]. 智能建筑与智慧城市, 2021,(01):125-127.

[16] 周逊盛. 城市照明的管理与维护对策分析 [J]. 科技创新与应用, 2021,(02):185-187.

[17] 彭建军，周科，纪久祥. 城市道路照明接地故障防护电器的选择和整定 [J]. 建筑电气, 2020,39(11):43-46.

[18] 程子韬，赵海龙，王宾波等. 智慧照明信息化综合管理系统的研究与应用 [J]. 住宅产业, 2020,(07):16-19.

# 分布式光伏发电对配电网短路电流的影响分析与解决方案

王彦

鄂尔多斯供电公司伊金霍洛供电分公司, 内蒙古 鄂尔多斯 017000

**摘 要 :** 随着全球对可再生能源需求的日益增长, 分布式光伏发电作为一种清洁、高效的能源转换方式, 在全球范围内得到了广泛应用。然而, 分布式光伏发电的大规模接入配电网, 给传统配电网带来了诸多挑战, 其中之一便是对短路电流的影响。短路电流是配电网安全运行的关键因素, 而分布式光伏发电的接入改变了配电网的短路电流特性, 可能导致保护装置误动作、故障定位困难等问题。因此, 深入分析分布式光伏发电对配电网短路电流的影响, 并提出有效的解决方案, 对于确保配电网的安全稳定运行具有重要意义。本文旨在探讨这一问题, 并提出相应的解决策略, 以期为相关领域的研究和实践提供参考。

**关 键 词 :** 分布式光伏发电; 配电网; 短路电流; 影响分析; 解决方案

## Analysis and Solution of the Impact of Distributed Photovoltaic Power Generation on Short Circuit Current in Distribution Networks

Wang Yan

Ejin Horo Power Supply Branch of Ordos Power Supply Company, Ordos, Inner Mongolia 017000

**Abstract :** With the increasing global demand for renewable energy, distributed photovoltaic power generation, as a clean and efficient energy conversion method, has gained worldwide recognition Widely applicable. However, the large-scale integration of distributed photovoltaic power generation into the distribution network has brought many challenges to traditional distribution networks, one of which is the control of short-circuit currents Impact. Short circuit current is a key factor for the safe operation of distribution networks, and the integration of distributed photovoltaic power generation has changed the short-circuit current characteristics of distribution networks, which may lead to Problems such as misoperation of protective devices and difficulty in locating faults. Therefore, an in-depth analysis of the impact of distributed photovoltaic power generation on short-circuit current in distribution networks is conducted, and effective solutions are proposed.The plan is of great significance in ensuring the safe and stable operation of the distribution network. This article aims to explore this issue and propose corresponding solutions, with the aim of providing relevant insights Provide reference for research and practice in the field.

**Key words :** distributed photovoltaic power generation; distribution network; short circuit current; impact analysis; solution

## 一、分布式光伏发电对配电网短路电流的影响分析

### (一) 短路电流的大小和流向改变

在传统的配电网中, 短路电流是一种在电路中出现故障(如线路短路)时产生的异常大电流。这种电流主要由配电网的系统电源提供, 其大小通常取决于电源的电压和故障点的阻抗。在传统的辐射型配电网中, 短路电流的流向也相对固定, 通常是从电源端流向故障点。然而, 随着分布式光伏发电在配电网中的广泛接入, 这种传统的短路电流特性受到了显著影响。分布式光伏发电系统通常包括光伏电池板、逆变器等设备, 它们将太阳能转化为电能并注入到配电网中。在配电网发生故障时, 这些光伏电源也会向故障点提供短路电流。由于光伏电源的接入位置、容量以及控制策略的差异, 其提供的短路电流与传统的系统电源提供的短路电流在大小和流向

上可能存在显著差异。首先, 光伏电源的接入位置会影响短路电流的流向。在分布式光伏发电系统中, 光伏电源可能接入配电网的多个位置, 这使得短路电流的流向变得更加复杂。不同于传统配电网中单一的电源到故障点的流向, 分布式光伏发电的接入可能导致短路电流在多个方向流动。其次, 光伏电源的容量越大, 其提供的短路电流也越大。在一些情况下, 光伏电源提供的短路电流甚至可能超过传统系统电源提供的短路电流, 从而对配电网的稳定运行产生显著影响。最后, 不同的控制策略可能导致光伏电源在故障发生时的响应速度和输出能力有所不同, 进而影响短路电流的大小和特性。例如, 一些先进的控制策略可以优化光伏电源的输出特性, 使其在故障发生时能够迅速提供足够的短路电流。

### (二) 保护装置的误动或拒动

随着分布式光伏发电的广泛应用, 其接入电力系统的方式对传

统电网的短路电流特性产生了显著影响。在传统的电网结构中，短路电流主要来源于大型集中式发电厂和输电网络，因此其特性和大小是相对可预测的。但是，分布式光伏发电系统的接入使得短路电流的来源变得更加复杂和多样化。具体来说，分布式光伏发电系统通过光伏电池板将太阳能转化为电能，并直接接入配电网。在发生短路故障时，这些光伏系统可能会向故障点注入额外的短路电流。由于光伏系统的输出受光照、温度等环境因素的影响，其提供的短路电流的大小和特性可能会随时变化。传统的电网保护装置通常是根据电网的短路电流特性和大小进行设计和配置的。然而，由于分布式光伏发电的接入改变了这些特性，传统的保护装置可能无法准确地识别和处理故障。这主要表现在以下三个方面：其一，由于分布式光伏发电系统提供的短路电流可能较小或与传统电源的短路电流特性不同（见表1），保护装置可能无法及时或准确地检测到故障的存在。

表1 分布式光伏发电系统提供的短路电流与传统电源短路电流特性的比较

电流特性	分布式光伏发电系统	传统电源
短路电流大小	受光照、温度等环境因素影响，大小可变	通常较大且相对稳定
短路电流波形	可能存在谐波成分，波形畸变	波形较为正弦，谐波成分较少
短路电流上升速度	通常较快，受光伏系统控制策略影响	取决于电源类型和电网结构，可能较慢
持续时间	受光伏系统储能设备容量和控制策略影响，可能较短	通常较长，直至保护装置动作
对保护装置影响	可能导致保护装置误动或拒动，需要适应性调整保护定值	传统保护装置设计基础

其二，由于短路电流特性的改变，传统保护装置的整定值和动作时间可能不再适用，导致在故障发生时保护装置误动或拒动。误动可能会扩大故障范围，而拒动则可能延迟故障的切除，进一步加剧系统的不稳定。其三，传统保护装置的動作时间通常是基于固定的短路电流特性和大小进行设计的。然而，由于分布式光伏发电的接入，实际的短路电流特性和大小可能与设计值不符，导致保护装置的動作时间延长或提前，从而影响故障的快速切除。分布式光伏发电在配电网中的占比逐年增长，呈现出稳步上升的趋势。从2015年的10%占比开始，分布式光伏发电在配电网中的份额逐年增加，到2022年已经达到了40%。这一显著的增长趋势表明了分布式光伏发电在电力系统中的快速发展和重要性不断提升。见图1。

（三）故障定位和隔离难度增加

在分布式光伏发电被大规模接入配电网之后，配电网的结构发生了显著的变化。传统的配电网通常是辐射型的，即电能从单一的大型发电厂流向用户，其电流方向相对固定。然而，随着分布式光伏发电的接入，配电网逐渐转变为多电源结构，这意味着电能不仅可以从主电网流向用户，还可以从分布在各地的光伏系统流向用户或其他电网节点。在辐射型配电网中，由于电流方向相对固定，故障通常可以通过简单的电流或电压测量来定位。但在多电源结构的配电网中，电流的方向和大小可能会随时变化，这使得故障的定位变得更加复杂和困难。当故障发生时，首先需要准确判断故障的位置和范围。在传统的辐射型配电网中，这通常可以通过测量电流或电压的幅值和相位来实现。但在多电源结构的配电网中，由于电流

的方向和大小可能会受到分布式光伏发电系统的影响，传统的故障定位方法可能不再适用。一旦故障被定位，就需要采取相应的措施进行隔离，以防止故障扩大和影响系统的稳定运行。在传统的辐射型配电网中，隔离故障通常是通过断开相应的开关或断路器来实现的。但在多电源结构的配电网中，由于电流可能从多个方向流向故障点，简单的断开开关或断路器可能无法有效地隔离故障。

因此，在分布式光伏发电接入后的多电源结构配电网中，需要采用更先进的故障定位和隔离技术。例如，可以利用基于智能电网的通信技术来实时监测电网的状态和电流的方向和大小，从而更准确地定位故障。同时，也可以采用基于先进控制算法的自动重合闸技术来快速隔离故障并恢复供电。

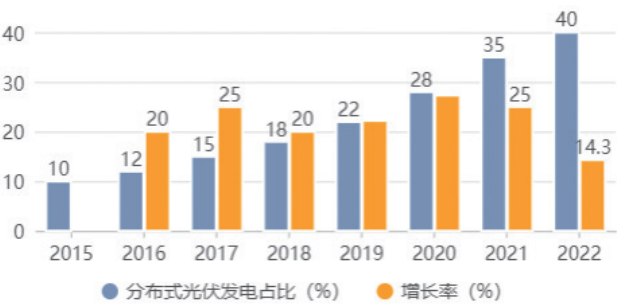
（四）配电网规划和运营管理的影响

分布式光伏发电的接入对配电网产生了深远的影响，这种影响不仅局限于配电网的运行方式，还涉及到配电网的规划和运营管理。在规划方面，传统的配电网规划主要关注电网的供电能力和负荷需求之间的平衡。然而，随着分布式光伏发电的接入，光伏电源成为了配电网中的一个重要组成部分，其接入位置和容量对配电网的短路电流特性产生了显著影响（见图2）。因此，在规划阶段，需要充分考虑光伏电源的接入位置和容量，以及它们与配电网其他部分的相互作用。光伏电源的接入位置和容量应根据配电网的实际情况进行合理布局。如果光伏电源接入位置过于集中或容量过大，可能会导致局部电网的短路电流超标，从而影响电网的安全稳定运行。

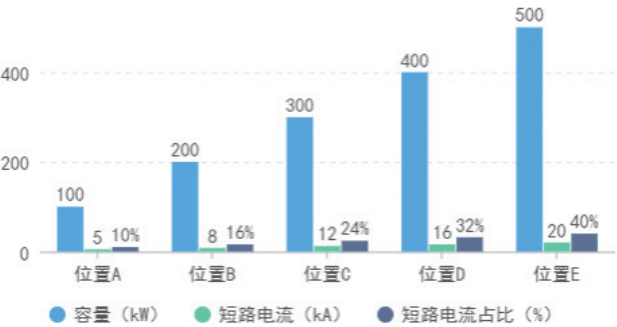
二、解决方案

（一）优化光伏电源的控制策略

随着分布式光伏发电在配电网中的广泛应用，其短路电流的响应速度和输出能力成为了关注的焦点。为了提高光伏电源在故障发生时的短路电流响应性能，可以采取一系列措施来改进光伏



> 图1 2015-2022分布式光伏发电在配电网中的占比及增长趋势



> 图2 不同接入位置和容量对配电网短路电流特性的影响



电源的控制策略。第一，可以采用快速响应的逆变器控制策略。逆变器是光伏电源与电网之间的接口，其控制策略直接影响光伏电源的短路电流响应能力。传统的逆变器控制策略通常关注于最大功率点跟踪和并网电流控制，而在故障发生时可能无法迅速提供足够的短路电流。因此，可以采用快速响应的逆变器控制策略，例如基于瞬时值反馈的控制方法，使得逆变器能够在故障发生时迅速调整其输出电流，提供足够的短路电流支持。第二，可以增加储能设备来提高光伏电源的短路电流输出能力。储能设备如电池、超级电容器等可以在短时间内提供大量的电能，从而增强光伏电源在故障发生时的短路电流输出能力。通过合理配置储能设备的容量和充放电控制策略，可以确保在故障发生时光伏电源能够迅速提供足够的短路电流，满足电网的保护要求。第三，还可以采用其他措施来改进光伏电源的控制策略，提高其短路电流的响应速度和输出能力。例如，可以优化光伏电源的控制算法，提高其动态响应性能；可以加强光伏电源与电网之间的通信和协调，实现更快速的故障检测和响应；还可以采用先进的电力电子技术和控制方法，提高光伏电源的转换效率和输出能力。

（二）完善保护装置的定值设置和动作逻辑

随着分布式光伏发电的广泛接入，其对配电网短路电流特性的影响不容忽视。为了确保电网的安全稳定运行，需要根据分布式光伏发电的接入情况和短路电流的特性变化，对保护装置进行相应的调整和优化。在传统的配电网中，保护装置的定值设置通常是基于固定的短路电流特性和大小进行的。然而，分布式光伏发电的接入改变了短路电流的特性，可能导致传统的定值设置不再适用。因此，需要根据实际情况重新整定保护装置的定值，以确保其能够准确地识别和处理故障，见表2。

表2 分布式光伏发电接入对短路电流特性的影响

光伏发电接入量	短路电流峰值 (kA)	短路电流有效值 (kA)
0	10	6
0.25	12	7
0.5	15	8
0.75	18	9
1	20	10

在整定定值的过程中，采用自适应的保护定值设置方法可以根据实时监测到的电网状态和短路电流特性，动态地调整保护装置的定值。例如，可以通过实时监测光伏电源的出力、电网的负荷情况以及短路电流的幅值和相位等信息，来实时调整保护装置的定值。这种自适应的定值设置方法可以更好地适应分布式光伏发电接入后的电网变化，提高保护装置的准确性和可靠性。除了重新整定定值设置外，还可以引入智能算法优化保护动作逻辑。传统的保护装置通常采用固定的动作逻辑，即根据测量到的电流或电压值来判断是否发生故障，并采取相应的动作。然而，在分布式光伏发电接入后，由于短路电流特性的变化，传统的动作逻辑可能无法准确地判断故障。

（三）加强配电网的规划和运营管理

在配电网规划和运营管理方面，为降低分布式光伏发电对短路电流的影响，可以采取以下一系列具体措施：（1）合理规划分布式光伏电源的接入位置和容量，避免其在配电网中的过度集中。在配电网规划阶段，应对光伏电源的接入位置和容量进行科学的评估和

论证。通过考虑电网的现有结构和未来的负荷增长，可以确定光伏电源的最佳接入点，以避免局部电网的短路电流超标。同时，光伏电源的容量也应根据电网的实际需求进行规划，避免容量过大或过小对电网造成不良影响。通过合理规划，可以确保光伏电源与配电网的协调发展，降低其对短路电流的不利影响。（2）加强对分布式光伏电源的监管和调度管理，确保其在故障发生时能够按照要求提供短路电流。运营管理部门应建立完善的光伏电源监管机制，实时监测其运行状态和出力情况。通过远程监控和数据采集系统，可以及时发现光伏电源的异常情况，并采取相应措施进行处理。此外，还需要制定科学合理的调度策略，根据电网的实际需求和光伏电源的出力情况，对其进行合理的调度和控制。这样可以确保在故障发生时，光伏电源能够按照要求提供足够的短路电流支持。（3）建立完善的配电网故障监测和诊断系统，及时发现并处理故障问题。

三、结语

综上所述，随着分布式光伏发电在配电网中的广泛应用，其对短路电流的影响不容忽视通过改进光伏电源的控制策略、重新整定保护装置的定值设置和动作逻辑，以及加强配电网规划和运营管理等方面的措施，可以有效地降低分布式光伏发电对短路电流的影响，提高电网的安全性和稳定性。未来，随着光伏技术的不断进步和智能电网的深入发展，我们相信分布式光伏发电与配电网的融合发展将更加紧密，为实现可持续能源利用和构建清洁、低碳、高效的能源体系做出更大的贡献。

参考文献：

[1] 胡乃红, 李健. 适应大规模分布式光伏并网的无功电压控制方法 [J]. 重庆科技学院学报 (自然科学版), 2023, 25 (06): 92-99.

[2] 钟彬, 李冰若, 兰巧倩等. 基于多层感知器的分布式光伏发电系统发电量预估 [J]. 电气自动化, 2023, 45 (06): 81-85.

[3] 贾俊, 李昆玉, 袁栋等. 分布式光伏发电场景下配电网多目标无功优化方法 [J]. 自动化与仪器仪表, 2023, (11): 132-135+140.

[4] 黄璋. 水电站分布式光伏发电的应用与研究 [J]. 自动化应用, 2023, 64 (20): 147-150.

[5] 臧海岗. 分布式光伏发电对低压台区线损的影响与对策分析 [J]. 集成电路应用, 2023, 40 (10): 146-147.

[6] 严轩. 基于分布式光伏发电的能源互联网平台分析 [J]. 集成电路应用, 2023, 40 (10): 372-373.

[7] 王月平. 分布式光伏发电系统中的电池储能技术优化分析 [J]. 集成电路应用, 2023, 40 (10): 400-401.

[8] 杨晨洲. 分布式光伏电站发电效率提升策略研究 [J]. 光源与照明, 2023, (09): 123-125.

[9] 王之豪, 朱宇翀. 分布式光伏并网发电系统接入配电网电能质量分析 [J]. 光源与照明, 2023, (09): 129-131.

[10] 时璟瑶. 分布式光伏发展模式和政策机制思考 [J]. 中国电力企业管理, 2023, (25): 6-7.

[11] 赵东昊. 分布式光伏并网对配电网的影响分析 [J]. 集成电路应用, 2022, 39 (12): 244-245.

[12] 肖康, 刘旭, 朱洁. 分布式光伏电站对配电网短路电流的影响 [J]. 农村电工, 2020, 28 (11): 35-36.

[13] 赵佳凯. 分布式光伏发电并网对配电网的影响分析 [D]. 沈阳农业大学, 2020.

[14] 秦腾. 分布式光伏发电接入配电网影响的实测与仿真分析 [D]. 山东大学, 2019.

[15] 李文才, 彭程, 王希平等. 分布式光伏发电并网对配电网继电保护的影响研究 [J]. 机电信息, 2019, (08): 37+39.



# 高效节水灌溉技术在高标准农田建设中的应用

李敏\*

甘州区安阳水利管理所 甘肃 张掖 734000

**摘要：** 高效节水灌溉技术是现代农业生产的重要组成部分，它既可以提高农业生产效率，又可以节约水资源，保护生态环境。随着我国农业现代化的进程不断加快，高效节水灌溉技术在农田建设中的应用越来越广泛，对于实现农业可持续发展具有重要意义。本文将针对高标准农田建设中的节水灌溉技术展开详细综述，分析影响节水灌溉技术的因素并阐述未来节水灌溉技术的发展趋势，以便于推动高效、绿色节水农业的发展。

**关键词：** 高效节水；灌溉技术；高标准；农田建设

## The Application of Efficient Water-saving Irrigation Technology in the Construction of High Standard Farmland

Li Min\*

Ganzhou District Anyang Water Resources Management Office, Zhangye, Gansu 734000

**Abstract：** Efficient water-saving irrigation technology is an important component of modern agricultural development. It can improve agricultural production efficiency, save water resources, and protect the ecological environment. With the accelerating process of agricultural modernization in China, the application of efficient water-saving irrigation technology in farmland construction is becoming increasingly widespread, which is of great significance for achieving sustainable agricultural development. This article will provide a detailed overview of water-saving irrigation technology in the construction of high standard farmland, analyze the factors that affect water-saving irrigation technology, and explain the development trends of future water-saving irrigation technology, in order to promote the development of efficient and green water-saving agriculture.

**Key words：** efficient and water-saving; irrigation technology; high standards; farmland construction

随着全球气候变化和人口增长的不断加剧，农业面临着巨大的挑战。为了满足不断增长的粮食需求，同时保护有限的水资源，农业界还需寻找高效节水灌溉技术。高标准农田建设是一种现代化的农田建设模式，旨在提高土壤肥力、水分利用效率和农作物产量，在传统农田建设中，农民通常采用传统的灌溉方式，如洪水灌溉和表面灌溉，这种方式不仅存在水资源浪费的问题，还容易引起土壤盐碱化和农作物病虫害的发生，因此，在高标准农田建设中引入高效节水灌溉技术是非常必要的<sup>[1]</sup>。高效节水灌溉技术的应用不仅可以提高农作物产量和质量，还可以减少水资源浪费，降低农业对环境的影响。

### 一、高标准农田建设中高效节水灌溉技术应用的影响因素

农业是我国产业结构的重要组成部分，国家的发展离不开农业的支撑，随着全球人口数量的逐年增长和环境气候的改变，农业产量的提高和水资源的合理利用变得尤为重要。在农田建设中，高效节水灌溉技术的应用对于实现农业可持续发展具有重要意义，然而，农田建设高效节水灌溉技术的影响因素是一个复杂的问题，涉及到多个方面的因素，下面展开逐一介绍。

#### （一）技术因素

高效节水灌溉技术的研发和应用需要先进的技术手段和设备，例如，滴灌、喷灌和微喷灌等技术可以减少水分的浪费，提高水分利用效率。此外，传感器技术和自动化控制系统的应用可以实现对农田灌溉的精确控制，进一步提高水资源的利用效率，因此，技术的发展和对于农田建设高效节水灌溉技术的推广和应用至关重要。

#### （二）经济因素

农田建设高效节水灌溉技术的应用需要投入大量的资金，例

\* 作者简介：李敏，男，甘州区安阳水利管理所，甘肃农业大学，本科，水利副高级工程师，主要研究灌区灌溉管理，人饮供水管理，水资源管理，水库管理，工程规划建设与管理

如, 购买和安装灌溉设备、维护设备的费用以及技术培训的成本都需要考虑, 因此, 经济的可行性和资金的可获得性对于农田建设高效节水灌溉技术的应用起着决定性的作用。政府的支持和补贴政策可以促进农田建设高效节水灌溉技术的普及和推广, 降低农民的经济负担<sup>[2]</sup>。

### （三）社会发展因素

农民的意识 and 态度是农田建设高效节水灌溉技术能否得到广泛应用的关键, 农民需要了解高效节水灌溉技术的好处, 并愿意接受新技术和改变传统的灌溉方式, 教育和宣传活动可以提高农民对高效节水灌溉技术的认识和理解, 促使他们主动采用这些技术。此外, 政策和法规的制定和执行也可以推动农田建设高效节水灌溉技术的应用。

### （四）环境因素

农田的地理和气候条件对于高效节水灌溉技术的选择和应用起着重要作用, 例如, 土壤的质地和排水条件会影响灌溉水分的渗透和利用效率, 气候条件如降水量和温度也会影响灌溉的需求和水分利用效率, 因此, 农田建设高效节水灌溉技术需要根据具体的地理和气候条件进行调整和优化。

## 二、高效节水灌溉技术在高标准农田建设中的应用推广

高效节水灌溉技术包括滴灌、喷灌和微灌等多种方式, 这些技术可以将水直接送到植物根部, 减少水分蒸发和土壤水分流失, 与传统灌溉方式相比, 研究表明, 滴灌技术可以节水50%以上, 喷灌技术可以节水30%以上, 这不仅可以降低农业生产成本, 还可以提高农作物的水分利用效率和抗旱能力。

### （一）高效节水灌溉技术应用的优点

1. 节约水资源。高效节水灌溉技术能够节约大量的水资源, 我国是一个水资源短缺的国家, 特别是北方地区更是如此。传统的灌溉方式存在着大量的水资源浪费和污染问题, 严重影响了水资源的可持续利用。而高效节水灌溉技术则可以将灌溉水量减少到最低限度, 同时通过灌溉水的回收再利用, 达到了节约水资源的目的, 有利于保护水资源和生态环境<sup>[3]</sup>。

2. 改善土壤环境和农作物品质。传统灌溉方式中, 由于水分的不均匀分布, 土壤中的盐分和病虫害易于积累。而高效节水灌溉技术可以使水分均匀分布在土壤中, 减少盐分积累的风险, 同时减少病虫害的发生。这将有助于提高农作物的品质和市场竞争力。

3. 提高农业生产效率。传统的灌溉方式主要依赖于人工操作, 效率低下, 浪费水资源, 容易造成土地退化和环境污染。而高效节水灌溉技术则采用了现代化的技术手段, 如遥感、自动化、智能化等, 可以精准地控制水量和灌溉时间, 避免了浪费和过度灌溉, 提高了农业生产效率, 增加了农民的收入。

4. 实现农业可持续发展具有重要意义。农业是我国的基础产业, 但传统的灌溉方式却给农业生产和环境带来了很多负面影响, 水分的过度使用和土壤的盐碱化都会对环境造成破坏。高效节水灌溉技术则可以解决这些问题, 使农业生产更加科学化、规范化和环保化, 降低农业对水资源的竞争, 从而减轻对环境的压

力, 此外, 高效节水灌溉技术还可以减少农药和化肥的使用, 减少农业对水体和土壤的污染, 有利于实现农业可持续发展, 提高农民的生活水平和幸福感。

### （二）技术推广措施

1. 政府的支持和引导。政府可以通过制定相关政策和法规来鼓励农民使用高效节水灌溉技术, 提供财政补贴和奖励计划, 以减轻农民在采用新技术上的经济负担, 政府还可以组织培训和教育活动, 向农民介绍高效节水灌溉技术的优势和使用方法。

2. 农业科研机构 and 大学对技术的研发和推广。些机构可以进行相关研究, 改进现有的灌溉技术, 并开发出更加高效和节水的灌溉系统, 他们还可以与农民合作, 进行试验和示范, 向农民展示高效节水灌溉技术的实际效果。此外, 农业科研机构 and 大学还可以组织研讨会和学术交流活动, 促进农田建设中高效节水灌溉技术的分享和交流<sup>[4]</sup>。

3. 农民的参与和增强节水意识。农民需要了解高效节水灌溉技术的优势和使用方法, 并愿意采用这些技术来提高农田的水资源利用效率。为了提高农民的意识, 可以开展宣传活动, 例如举办农田建设中高效节水灌溉技术的展览和讲座, 农民还可以参加培训课程, 学习如何正确使用和维护高效节水灌溉系统<sup>[4]</sup>。此外, 政府和农业科研机构可以与农民建立密切联系, 提供技术支持和指导, 帮助他们解决在使用高效节水灌溉技术中遇到的问题。

4. 加强监测和评估工作。监测和评估可以帮助我们了解高效节水灌溉技术的实际效果, 并及时发现和解决可能出现的问题。政府和农业科研机构可以建立监测系统, 定期收集和分析农田的灌溉数据, 开展评估研究, 评估高效节水灌溉技术在不同地区和不同农作物上的适用性和效果, 通过监测和评估工作, 我们可以不断改进和完善高效节水灌溉技术, 提高其在农田建设中的推广效果<sup>[5]</sup>。

## 三、高效节水灌溉技术的发展趋势和方向

在农业领域中, 灌溉是最大的水资源使用者, 随着全球水资源的日益紧缺和农业对水的需求不断增加, 高效节水灌溉技术的发展已成为保障农业可持续发展的关键, 在未来, 高效节水灌溉技术将面临一系列挑战和机遇, 这将推动其进一步发展和创新。

### （一）发展趋势

#### 1. 注重水资源的再利用和回收

传统的灌溉系统通常会将大量的水资源浪费在土壤中, 而这些水资源往往无法被充分利用, 长期处于过度灌溉状态会导致土壤盐碱化。未来的灌溉系统将采用更加先进的技术, 如雨水收集和灌溉水回收系统, 将雨水和废水进行收集、处理和再利用, 以最大程度地减少对淡水资源的依赖, 提高水资源的重复利用率。

#### 2. 注重生态环境的保护和可持续发展

传统的灌溉技术往往会导致土壤盐碱化、水土流失和农药残留等环境问题, 而这些问题对农业的长期发展造成了严重威胁。未来的高效节水灌溉技术将更加注重土壤保护和植物生态学原理的应用, 通过合理的灌溉方式和土壤改良措施, 保护土壤质量, 减少环境污染, 实现农业的可持续发展<sup>[6]</sup>。

### 3. 注重受到政府政策和市场需求的影响

随着全球水资源的紧缺和环境问题的日益严重,未来高效节水灌溉技术还需要借助各国政府加大支持和投资,同时,市场对节水产品和服务的需求也将不断增加,这将推动高效节水灌溉技术的创新和商业化。

## (二) 发展方向

### 1. 自动化系统

自动化灌溉系统是通过传感器、中央处理控制器和执行机构等设备实现对灌溉过程的自动控制。传感器可以监测土壤湿度、气象条件和作物需水量等信息,控制器根据传感器数据做出灌溉决策,并通过执行机构控制灌溉设备的启停和水量调节。自动化灌溉系统具有灵活性、精确性和高效性等优点,可以根据实时天气变化、土壤含水量、农作物叶面干湿程度等需水情况进行智能调控,将每次收集的数据信息传输至控制器,然后在需水时进行自动化灌溉,适当的增加灌溉次数、延长灌溉时间来满足需求,当土壤含水量超时或农作物湿度较大时,可控制灌溉频率和水量,从而实现节水效果<sup>[7]</sup>。

### 2. 智能化系统

智能化灌溉管理是指利用先进的信息技术和决策支持系统,对灌溉过程进行智能化监测和管理。智能化系统有数据库、服务器、数据终端、数据处理软件平台等系统组成,通过对土壤湿度、作物生长状态和气象条件等数据进行实时分析,智能化灌溉管理系统可以精确计算出作物的需水量,并根据实际情况进行灌溉调控,同时农户还能实时在线了解农作物的生长情况、农田环境、土壤结构和温湿度信息。此外,智能化灌溉管理系统还可以结合作物生长模型和水资源管理模型制作出合适的节水灌溉模型,优化灌溉方案,既有利于确保农作物在正常生长条件下减少

农业用水,还能结合农业实际指标进行科学水肥灌溉,提高灌溉效果和水资源利用率,实现农业信息化管理<sup>[8]</sup>。

### 3. 网络化系统

网络化灌溉系统是将多个自动化灌溉系统通过网络连接起来,实现集中监控和远程控制,通过无线传感器对节水系统进行控制来实现自动化灌溉。网络化灌溉系统可以实现对多个农田的统一管理和调度,减少人工干预和资源浪费,通过云计算和大数据分析等技术,网络化灌溉系统可以实时监测和分析多个农田的灌溉情况,提供灌溉建议和决策支持,进一步提高灌溉效率和农田水资源利用率。另外网络化技术的运用能利用移动设备进行操作,农户可通过手机软件来远程控制完成农田灌溉,提高灌溉效率<sup>[9]</sup>。

随着物联网、人工智能和大数据等技术的快速发展,农业灌溉系统将能够实时监测土壤湿度、作物需水量和气象条件等参数,并根据这些数据自动调节灌溉水量和灌溉时间。此发展方向对农田灌溉的影响包括:首先,可以提高灌溉的精确性和灵活性,减少过度灌溉和水资源浪费;其次,可以提高农田水资源利用率,减少对地下水和河流水的过度开采;最后,还可以减少农田排水对水环境的污染,保护生态环境和水生物资源<sup>[10]</sup>。

## 四、结束语

综上所述,高效节水灌溉技术在未来的发展趋势中将更加注重智能化和自动化、水资源的再利用和回收、生态环境的保护和可持续发展。它可以提高农业生产效率,节约水资源,保护环境,有利于实现农业可持续发展。在未来的农业发展中,我们应该更加重视高效节水灌溉技术的应用和推广,为农业现代化和可持续发展做出更大的贡献。

## 参考文献:

- [1] 白国玉. 高标准农田建设高效节水灌溉技术及推广 [J]. 长江技术经济, 2020(S02):66-67.
- [2] 李志仪, 弋孝科, 米克进. 高标准农田建设高效节水灌溉技术及推广 [J]. 农业灾害研究, 2020,10(7):187-188.
- [3] 韦成毅. 高标准农田建设高效节水灌溉技术及推广探析 [J]. 农业开发与装备, 2022(5):121-123.
- [4] 张学虎. 高标准农田建设中高效节水灌溉技术的实践应用 [J]. 黑龙江粮食, 2022(10):63-65.
- [5] 程江. 高标准农田建设中高效节水灌溉技术的应用分析 [J]. 农业科技与信息, 2021(24):101-103.
- [6] 加强资金项目统筹 合力推进高标准农田建设——甘肃省在全国高标准农田建设推进视频会上的发言 [J]. 中国农业综合开发, 2021(3):29-30.
- [7] 赵林. 贵州山区高标准农田建设之节水灌溉常见问题及优化改进方案 [J]. 基层农技推广, 2021(11):80-85.
- [8] 姜敏, 徐文菊. 低压管道节水灌溉技术在高标准农田建设中的应用——以十字路街道6000亩高标准农田建设为例 [J]. 智慧农业导刊, 2022,2(3):80-83.
- [9] 阎存立. 在高标准农田建设中大力发展高效节水灌溉 [J]. 中国农业综合开发, 2020(1):26-27.
- [10] 华开禧. 节水灌溉技术在高标准农田建设中的集成应用 [J]. 中国农业综合开发, 2023(1):50-51.

# 西藏察雅的村庄规划与文化遗产：挑战与机会

李芳

天津市城市规划设计研究总院有限公司，天津 300100

**摘要：** 西藏察雅是一个充满独特文化和历史遗产的地方，然而，随着现代化的冲击和社会变革的到来，其面临着前所未有的挑战与机会。本文对村庄规划与文化遗产进行了一定论述，在此基础上，分别从人口增长和资源压力、城市化和现代化的影响以及文化遗产的保护需求等方面探讨了其中的挑战与机会，并进一步提出了村庄规划与文化遗产的融合措施，进而为西藏察雅的可持续发展提供可靠保障。

**关键词：** 西藏察雅；村庄规划；文化遗产

## Village Planning and Cultural Inheritance in Chaya, Tibet: Challenges and Opportunities

Li Fang

Tianjin Urban Planning Design &amp; Research Institute Co., Ltd, Tianjin 300100

**Abstract：** Chaya, Tibet is a place full of unique culture and historical heritage, however, with the impact of modernization and social change, it is facing unprecedented challenges and opportunities. This paper discusses village planning and cultural heritage to a certain extent, based on which the challenges and opportunities are explored in terms of population growth and resource pressure, the impact of urbanization and modernization, and the need for cultural heritage preservation, respectively, and further proposes measures for the integration of village planning and cultural heritage, which will in turn provide a reliable guarantee for the sustainable development of Chaya in Tibet.

**Key words：** Chaya, Tibet; village planning; cultural heritage

### 一、前言

西藏察雅县位于中国西南部，拥有丰富的自然风光和悠久的历史，是西藏自治区的一颗璀璨明珠。然而，在现代化的浪潮下，察雅县面临着村庄规划与文化遗产方面的双重挑战与机会。一方面，城市化和现代化进程催生了新的发展机会，但也带来了传统文化和生活方式的冲击。另一方面，文化遗产的保护与传承是维护地方历史和文化身份的关键，同时也为社区的可持续发展和旅游业的繁荣提供了动力。

### 二、村庄规划与文化遗产

#### （一）国家相关政策

（1）乡村振兴战略，中国政府实施了乡村振兴战略，旨在改善农村基础设施、提高农村居民的生活水平，以及促进农村经济的多元化发展。这一战略鼓励乡村村庄的可持续发展，同时注重保护传统文化和村庄的历史遗产。

（2）文化遗产保护法，中国制定了文化遗产保护法，为传统村落的保护提供了法律依据。该法案明确规定了文化遗产的定义，包括传统建筑、历史文化景点和村庄。这一法律强调了文化遗产的保护和修复。

（3）非物质文化遗产保护，中国非常重视非物质文化遗产的

传承，包括传统手工艺、民间音乐和舞蹈等。政府支持非物质文化遗产项目，以确保这些宝贵的传统技艺得以传承。

#### （二）村庄规划的定义和重要性

村庄规划是指对一个村庄或小型社区进行有组织、系统的空间设计和发展规划的过程。这一过程旨在确保村庄的可持续发展，包括建筑、基础设施、公共空间和自然环境等各个方面的综合规划。村庄规划的重要性体现在多个方面。

首先，村庄规划有助于提高村庄的整体质量和居住条件。通过规划，可以合理布局和设计建筑、道路、绿地和水资源等，确保村庄的基础设施得到充分发展，居民的生活质量得以提升。规划还可以考虑环境保护、自然灾害防范和卫生设施等因素，提高了村庄的宜居性。其次，村庄规划有助于保护和传承文化遗产。许多村庄具有独特的历史、传统和文化特色，这些特征是当地社区的宝贵资产。通过规划，可以合理保护和维护历史建筑、文化景点和传统文化实践，以确保这些文化遗产能够传承给后代。最后，村庄规划有助于应对城市化和人口增长等挑战。许多地区面临着快速城市化和人口迁移的压力，村庄规划可以帮助管理和引导这些变化，确保村庄能够适应新的需求和挑战，而不失去其独特的特色和文化传统<sup>[1]</sup>。

#### （三）文化遗产的意义

文化遗产在村庄规划中具有重要意义，因为它涵盖了村庄的历史、传统、价值观和文化身份等多个方面，对社区的身份认同



和社会凝聚力至关重要。然而，文化传承也面临着一些挑战，需要特别关注和解决。

首先，文化传承对于保持社区的独特性和传统价值观至关重要。村庄通常承载着丰富的历史和传统文化，这些文化特色是社区的骄傲，并形成了社区的身份认同。然而，现代化和城市化的压力可能导致传统文化的流失，需要通过规划和政策来保护和传承这些文化元素。其次，文化传承可以促进社区的可持续发展。村庄规划应该考虑如何在社区内保留传统手工艺、文化节庆和传统建筑等元素，以便吸引游客和外部投资，促进经济发展。然而，需要在发展过程中平衡保护文化遗产和满足经济需求之间的关系。最后，文化传承还需要关注教育和文化传播。通过文化教育和传统知识的传授，可以确保年轻一代能够继承和传承社区的文化遗产。但这需要制定合适的教育计划和文化传播策略，以确保文化传承的可持续性<sup>[2]</sup>。

### 三、挑战与机会分析

#### （一）人口增长和资源压力

首先，人口增长是一个突出的问题。随着时间的推移，察雅县的人口逐渐增加，这可能导致土地和资源的过度利用。增加的人口需求可能加大了对住房、基础设施和社会服务的压力，因此需要规划来确保新建设施的合理布局和资源的有效利用。同时，人口增长还可能改变社区的社会结构和文化动态，因此需要寻找平衡，以保留传统的社区价值观和文化特色。

与人口增长相关的挑战之一是土地利用和资源管理。随着人口的增加，土地用于住宅、农业和工业等方面的需求也在增加，这可能会对当地的土地和自然资源构成威胁。规划需要考虑如何保护农田、森林、湖泊和其他自然景观，以确保可持续的资源管理。同时，规划也可以探讨如何提高农业生产效率，以满足不断增长的食品需求。人口增长还可能对文化传承构成挑战。新来的居民可能具有不同的文化背景和价值观，这可能导致文化冲突和文化遗产的断裂。因此，村庄规划需要考虑如何促进文化多样性和跨文化理解，以确保社区的文化遗产不受负面影响<sup>[3]</sup>。

#### （二）城市化和现代化的影响

随着时间的推移，城市化和现代化趋势不断向这个地区延伸，对当地社区和文化遗产带来了复杂的影响。

城市化对察雅县的影响之一是人口迁徙。随着城市提供了更多的就业和教育机会，一些居民可能选择迁往城市寻求更好的生活条件，这可能导致村庄人口减少和老龄化。这对文化传承构成威胁，因为年轻一代可能较少参与传统文化活动，而传统知识和技能可能会逐渐流失。因此，规划需要考虑如何鼓励年轻人留在村庄，同时为他们提供教育和职业机会。另一方面，城市化也带来了新的经济机会。村庄规划可以探讨如何吸引投资、开展农产品加工和发展文化旅游等领域，以推动当地经济的多元化和可持续发展。这些新兴领域有助于改善居民的生活水平，并为文化传承提供财政支持。城市化还意味着现代化基础设施的需求，如电力、通信和道路。这为察雅县提供了改善基础设施的机会，提高

生活质量，同时也为文化传承提供了更好的展示和保护条件。规划需要确保现代化基础设施的建设不会破坏村庄的传统风貌和自然环境，而是与之协调一致<sup>[4]</sup>。

#### （三）文化遗产的保护需求

察雅县拥有丰富的历史和传统文化，但这些宝贵的遗产面临着多方面的威胁，需要综合规划和努力来确保其传承和保护。

首先，历史建筑和文化景点的保护是至关重要的。这些古老的建筑和遗址是社区文化的象征，但可能因自然磨损、环境变化或不适当的维护而面临破坏的风险。规划需要包括保护和修复这些建筑的策略，以确保它们得以保存下来，向后代传递历史和文化的珍贵信息。其次，传统文化实践的保护也是重要任务。包括传统艺术、音乐、舞蹈和手工艺品等传统文化表现形式在社区中扮演着重要角色。规划可以考虑如何鼓励和支持当地艺术家和工匠，以确保这些传统技能得以传承。同时，文化教育和文化节庆等活动可以促进传统文化的传播和弘扬。最后，文化遗产的保护需要社区参与和国际支持。社区居民应该参与到保护文化遗产的决策和实施中，同时，国际合作和文化交流可以为察雅县提供经验和资源支持，帮助更好地保护和传承其文化遗产<sup>[5]</sup>。

#### （四）旅游业的崛起和文化展示

察雅县拥有壮丽的自然景观和丰富的文化遗产，吸引了越来越多的游客前来探索和欣赏。这一旅游潜力为该地区带来了经济机会，同时也为文化展示提供了平台。

旅游业的崛起为察雅县带来了经济机会。游客的到来不仅带来了酒店、餐饮、旅游导游和手工艺品销售等服务业的增长，还促进了当地农产品和手工艺品的需求，为农村经济提供了多元化的收入来源。这可以促进社区的发展，提高居民的生活水平。然而，旅游业的崛起也伴随着一些挑战。首先，需要平衡旅游业的发展与文化保护之间的关系。游客的到来可能导致文化商业化和传统文化的改变，需要明确的规划来保护文化遗产，同时确保游客能够了解和尊重当地文化。其次，旅游业可能对自然环境造成影响，如环境污染和生态破坏，因此需要制定可持续旅游规划，以减少负面影响。最后，需要培养旅游从业人员和社区居民的意识，以提高旅游业的质量和可持续性。

文化展示是旅游业中的一个重要方面。通过文化节庆、传统表演和博物馆等文化展示活动，察雅县可以向游客展示其丰富的文化遗产。这不仅有助于保护和传承文化，还可以为游客提供更深入的文化体验，增加他们对这一地区的兴趣和了解<sup>[6]</sup>。

### 四、村庄规划与文化传承案例

#### （一）安徽高庙古村

高庙古村，坐落于四川洪雅县，是一座拥有悠久历史和独特建筑风格的传统村庄。这个古村通过一系列有针对性的举措，包括修缮古建筑、恢复传统村落布局以及发展文化旅游，成功地实现了村庄的保护和可持续发展。高庙古村已经成为文化遗产保护与传承的典范，吸引了游客和研究者前来参观学习。

首先，高庙古村以其悠久的历史而自豪。这个村庄的历史可以

追溯到宋朝，已有数百年的历史。在这漫长的岁月里，古村积累了丰富的历史文化底蕴，包括传统的建筑、村落布局和社会习俗。为了保护这份珍贵的历史遗产，村庄采取了一系列措施，包括修复古老的建筑、保护历史文献资料以及传承古代的手工艺技艺。

其次，高庙古村通过修缮古建筑，将古老的村庄建筑焕发出新的生机。村庄内的传统建筑，如庙宇、祠堂、古屋等，在经过精心的修复和保养后，得以保存下来，这不仅有助于保护历史文化，还为游客提供了一个了解中国古代建筑风格和工艺的机会。这些古建筑成为吸引游客的亮点，也为文化传承提供了实际场所。

再次，高庙古村还着力恢复传统村落布局和生活方式。古村内的街巷、井水、庭院等元素都得到了保护和恢复，让游客感受到了传统村落的宁静和祥和。同时，村庄积极传承古代的农耕、手工艺和文化活动，如制作传统的手工艺品、传统的庙会庆典等，使古村的文化传统焕发生机。

最后，高庙古村成功地将文化旅游与保护结合起来。通过开发文化旅游资源，村庄为当地居民创造了就业机会，提高了他们的生活水平。同时，吸引了游客和研究者前来参观和学习，为文化传承注入了新的活力。高庙古村已经成为中国文化遗产保护与传承的成功案例，为其他地区提供了宝贵的经验。

## （二）浙江省西塘古镇

西塘古镇，坐落在中国浙江省嘉兴市，是中国著名的水乡古镇之一，以其独特的水乡风情和深厚的文化传统而闻名于世。这个古老的古镇通过文化遗产保护与旅游开发，成功地保留了其独特的历史、建筑和文化，为游客提供了一段回到过去的时光，让他们亲身体验古老的水上生活方式。

首先，西塘古镇以其古老的木质建筑而著称。这些建筑大多建于明清时期，采用传统的中国建筑风格，包括精美的雕花窗户、飞檐斗拱和曲水流觞的园林景观。这些建筑物保存完好，展示了中国传统建筑工艺和审美价值，吸引了众多建筑师、历史学家和游客前来参观。

其次，西塘古镇以其独特的水上文化而闻名。游客可以搭乘小舟在古镇的水道上漫游，感受古老的水上生活方式。古镇的水道连接着各个区域，人们可以欣赏到水乡的美景，同时还可以亲身体验传统的水上交通工具。在水上，游客可以看到古老的石桥、水门和河岸的居民生活，这些都是中国水乡文化的重要组成部分。

最后，西塘古镇还定期举行传统的文化表演，包括舞狮、舞龙、传统音乐和戏剧等。这些表演不仅为游客提供了娱乐，还让他们更深入地了解了中国的传统文化。此外，古镇还设有博物馆和文化中心，展示了古镇的历史、艺术和手工艺品。

## （三）福建省福建土楼

福建土楼，位于中国福建省，是中国传统民居建筑的杰出代表之一，以其独特的建筑形式和文化内涵而著名，被列为世界文化遗产。这些土楼不仅是建筑杰作，也承载着丰富的历史和文化传统。福建省通过土楼的保护与修缮项目，成功保留了这些珍贵的土建筑，同时也传承了土楼文化。

福建土楼的建筑形式独特而引人注目。土楼通常是圆形或方

形的多层建筑，采用土砖、木材、竹子和石头等天然材料建造而成。这些土楼的最大特点是其坚固耐用和抗震能力强，被誉为“东方的城堡”。土楼内部结构精巧，包括厨房、卧室、餐厅、祭祀室等功能区域，每一层都有特定的用途。这种独特的建筑形式反映了福建土楼居民的文化、生活方式和社会组织。

为了保护 and 修复这些具有丰富历史价值的土楼，福建省采取了一系列措施。首先，对于老旧土楼的修复工程，政府提供了经济支持和技术指导。修复工程注重保持土楼的原汁原味，采用传统的建筑技术和材料，以确保其历史和文化价值不受损害。其次，土楼的修复工作也注重文化传承。当地居民被鼓励参与修复工程，传授他们传统的建筑技巧和文化知识，使他们成为土楼保护的一部分。这不仅有助于土楼的修复，还有助于传承土楼文化。

福建土楼也逐渐开发成为旅游景点，吸引了国内外游客。游客可以在这些土楼中感受传统的土楼生活方式，欣赏到土楼的壮丽景观，品味土楼特色美食，以及了解土楼文化的丰富内涵。土楼旅游不仅丰富了当地经济，也促进了土楼文化的传播和弘扬。

## 五、村庄规划与文化遗产的融合措施

### （一）传统建筑和现代规划的平衡

在寮雅县这样拥有丰富传统文化的地区，保护和传承传统建筑是至关重要的，但同时也需要考虑现代化的基础设施和社会需求，以满足居民的现实生活 and 经济发展。

一方面，传统建筑代表了村庄的文化身份和历史传承。这些建筑通常具有独特的建筑风格、传统材料和精湛的工艺，是文化遗产的一部分。在规划中，需要将传统建筑列为保护对象，并采取的措施来修复和维护它们，以确保它们的原貌得以保留。这可以通过制定保护政策、提供修复经费、培训专业工匠等方式来实现。另一方面，现代规划需要考虑社区的实际需求和未来发展。这包括提供现代化基础设施，如道路、供水、电力、医疗和教育设施，以改善居民的生活质量。现代规划还可以促进经济多元化、农产品加工和文化旅游等新兴产业的发展，从而提供更多的就业机会和经济增长。在这方面，需要确保现代设施的建设与传统建筑和文化景观相协调，以不破坏社区的传统风貌<sup>[7]</sup>。

### （二）保护文化遗产的措施

首先，建立详细的文化遗产清单和登记程序至关重要。这包括记录和分类传统建筑、文化景点、传统技艺和非物质文化遗产等元素。通过建立清单，可以更好地了解村庄的文化财富，为其保护和传承提供依据。其次，修复和保护传统建筑是文化遗产保护的关键。这些古老的建筑通常承载着丰富的历史和文化信息，因此需要提供资金和专业知识，用于修复和维护它们。修复工作应该遵循传统建筑的原建筑风格、材料和工艺，以确保其原貌得以保留。此外，需要建立维护机制，确保这些建筑持续受到保护。最后，社区参与是保护文化遗产的关键因素。社区居民应该参与到文化保护和传承的决策 and 实施中，确保他们的声音被听取，他们的文化价值观得到尊重。社区参与也可以加强社区凝聚力，让居民更有责任感地参与文化保护<sup>[8]</sup>。

### （三）促进社区参与和文化教育

首先，社区参与是保护文化遗产的关键。通过让社区居民参与与文化遗产的保护决策和实施，可以确保他们的声音被听取，他们的文化价值观得到尊重。社区居民了解最好的如何保护和传承他们自己的文化，因此他们的参与对于决策的质量和可行性至关重要。社区参与还可以增强社区凝聚力，让居民更有责任感地参与文化保护。其次，文化教育培养文化传承者和维护传统知识的关键。通过文化教育活动，如文化工作坊、传统技艺班和文化节庆，社区居民可以学习和传承传统知识和技能。这不仅有助于年轻一代了解和尊重他们的文化遗产，还可以为他们提供参与文化传承的机会。文化教育还可以加深居民对文化遗产的认知，增加他们对其保护的自豪感。最后，社区参与和文化教育可以相互促进。社区参与可以包括社区居民参与文化教育的规划和组织，确保文化教育满足他们的需求和兴趣。反过来，文化教育可以鼓励更多的社区居民参与文化传承活动，培养更多的文化传承者和保护者<sup>[9]</sup>。

### （四）旅游可持续性发展策略

首先，可持续性发展策略应明确文化保护的优先地位。这包括制定规定，确保旅游活动不会对文化遗产造成破坏或负面影响。例如，规定游客参观文化景点时的行为准则，以保护古迹和

历史建筑。其次，可持续性发展策略应注重社区参与。社区居民在旅游业中应该有权利和机会参与，从中获益。这可以通过支持社区旅游合作社、培训社区居民成为导游和文化传承者等方式来实现。社区参与不仅可以增加居民对旅游业的投入感，还可以确保他们对文化保护和可持续发展的支持。再次，可持续性发展策略还应考虑生态环境的保护。察雅县的自然景观是吸引游客的重要因素之一，因此需要确保旅游活动不会对环境造成损害。这包括制定环境保护政策、提供垃圾处理设施以及控制游客流量，以减少生态影响。最后，可持续性发展策略还应推动文化展示和教育。通过组织文化节庆、文化工作坊和传统表演等活动，可以为游客提供更深入的文化体验，增加他们对文化传承的了解和尊重。这有助于文化传承的推广，并为文化保护提供财政支持<sup>[10]</sup>。

## 六、结语

综合来看，西藏察雅县的村庄规划与文化传承过程中的挑战与机会，是一个需要多方共同努力的课题。只有通过合理的规划、文化保护和社区参与，才能实现传统与现代的和谐融合，保护和传承这片土地独特的文化遗产，为察雅的可持续发展提供坚实的文化基础。

## 参考文献：

- [1] 陈菲. 国土空间规划背景下“多规合一”实用性村庄规划编制研究——以都匀市双新村为例[J]. 智慧农业导刊, 2023, 3(19):106-109.
- [2] 冯柳青. 国土空间规划背景下的村庄发展策略浅析[J]. 城市建设理论研究(电子版), 2023, (28):7-9.
- [3] 刘悦德. 国土空间规划体系下村庄规划与传统村落保护发展规划两规合一联合编制方法的探讨[J]. 福建建设科技, 2023, (05):1-5.
- [4] 李如军. 村庄规划管理中存在的问题及解决对策[J]. 居业, 2023, (09):170-172.
- [5] 欧世芬. 国土空间规划体系中的村庄规划探索实践[J]. 城市建筑, 2023, 20(18):129-132.
- [6] 吴剑平. 国土空间规划体系下村庄规划与全域土地综合整治刍议[J]. 智能建筑与智慧城市, 2023, (09):48-50.
- [7] 薛佳文, 李治, 鲁长亮. 三生共赢视角下的村庄规划探索——以阳新县大畈村为例[J]. 农业与技术, 2023, 43(17):143-146.
- [8] 黄景康, 罗珂, 林锡艺. 国土空间规划体系下广州市村庄规划编制与管控的若干分析与建议[J]. 小城镇建设, 2023, 41(09):55-61+75.
- [9] 苗倩. 乡村振兴背景下基于历史文化传承的村庄规划方法探讨——以临洮县马家窑村村庄规划为例[J]. 甘肃农业, 2022, (11):81-85.
- [10] 荣明芳, 高溪. 乡村振兴背景下少数民族村庄文化保护与传承策略研究——以北京巴园子村庄规划为例[J]. 小城镇建设, 2019, 37(10):76-82.



# 水库灌区农田灌溉节水管理措施分析

李敏\*

甘州区安阳水利管理所 甘肃 张掖 73400

**摘 要：**近年来，我国农业制度、结构经过了一定的改革以及完善，农田节水灌溉工程标准得到了相应上升，但是我国很多地区依然表现为水资源紧缺，在水库灌区出现严重紧缺现象。可见，完善水库灌区节水灌溉管理模式，进一步提高水库灌区的水资源利用率是人们关注的重要话题，为此在本文中分析水库灌区农田灌溉节水管理运行中存在的问题，提出更为完善的管理措施，详细介绍相关管理体系，以期进一步提高水资源利用率。

**关 键 词：**水库灌区；农田灌溉；节水管理措施

## Analysis of Water-saving Management Measures for Farmland Irrigation in Reservoir Irrigation Areas

Li Min\*

Ganzhou District Anyang Water Resources Management Office, Zhangye, Gansu 734000

**Abstract：** In recent years, China's agricultural system and structure have undergone certain reforms and improvements, and the standards for water-saving irrigation projects in farmland have been correspondingly raised. However, many areas in China. The district still shows a shortage of water resources, with serious shortages occurring in reservoir irrigation areas. It can be seen that improving the water-saving irrigation management mode in reservoir irrigation areas will further enhance the efficiency of reservoirs. The utilization rate of water resources in irrigation areas is an important topic of concern for people. Therefore, this article analyzes the problems in the operation of water-saving management for farmland irrigation in reservoir irrigation areas and proposes. More comprehensive management measures, detailed introduction of relevant management systems, in order to further improve water resource utilization efficiency.

**Key words：** reservoir irrigation area; irrigation of farmland; water conservation management measures

水资源短缺会严重影响我国农业经济水平的发展，目前我国农田灌溉工作中存在水资源短缺以及分布不均匀等多种问题，还需采取农田灌溉节水措施，引入节水灌溉技术，这不仅可以解决水库灌区农田灌溉水资源短缺等问题，还能够促进农业经济发展。近年来，我国在农业生产方面投入了大量资金，提高了对于农田水利建设方面的关注度，先后在各地区水库灌区进行了一系列改造，但是依然存在未能解决的问题，影响水资源整体利用效率<sup>[1]</sup>。针对水库灌区农田灌溉中存在的问题，相关部分需要予以重视，分析问题产生原因，结合实际情况采取高效节水管理措施，以期全面提升灌区水资源利用效率，促进农业健康发展，具体内容汇总如下：

### 一、农田灌溉工程发展趋势

就不同类型农田耕作区实际情况，将节水灌溉技术继续普及、推广属于目前所需要的，我国水利工程外喷、微灌溉技术的核心走向为利用低压、节约能效系统，标准化农作物产品以及系列化工程作业，并且需要将因地制宜工作积极推广。在条件较好的耕作地区，以滴灌为农田灌溉主要手段，可以在一定程度上增

加灌溉水资源利用率，和传统灌溉技术比较，滴灌技术更适用于农田作业，可以更好的应对恶劣环境，包含水资源短缺、风沙、干旱等对农作物影响较大的地区。

土地平坦度属于改良地面灌溉的基础条件，因我国农田面积比较大，应用激光控制平坦地区需要被推广使用，田间闸管灌溉系统以及对土壤作物耕作层含水量多寡的自动检测技术也能够有效提高水资源，可实现对于农田灌溉用水的有效监控，未来的农

\* 作者简介：李敏，男，1972年1月，甘肃张掖，甘州区安阳水利管理所，甘肃农业大学，本科，水利副高级工程师，主要研究灌区灌溉管理，人饮供水管理，水资源管理，水库管理，工程规划建设与管理。



田灌溉工程发展趋势需要将上述技术逐步具体化,以免局限于理论资料中。

## 二、水库灌区节水灌溉管理运行中存在的问题

### (一) 灌溉信息处理速度缓慢

目前,针对水库灌区相关信息的收集方式依然以人工收集为主,在特定时间段由专业人员监测,但是我国地域辽阔,邮电公网在全部地区难以全面覆盖,为此在水库灌区管理期间,为收集信息、传递信息还需专业工作人员逐步收集,耽误时间,无法及时传递任务,所采集的相关信息缺乏时效性,导致决策、运行发生脱轨<sup>[2]</sup>。现阶段,针对水库灌区所采取的资料管理措施依然以手工操作为主,一个月的灌溉资料需要较长时间才能整理完毕,难以保证相关信息的准确度,资料真实性不够。

### (二) 水库灌区水量调度复杂

在水库灌区灌溉调度工作中,存在地方政府干预、信息收集等内容,调度工作进行时存在较大难度,目前我国水库灌区采用的主要方法为各地区提出用水需求以后,配水站进行整理,然后向管理局申请用水量,综合用水信息以后由管辖单位下达调度通知,整个进程较为复杂,信息传递时间较长,会耽误灌溉最佳时机,造成了人力、物力以及财力浪费,供水成本明显大于计划成本<sup>[3]</sup>。

此外,水库灌区在应用节水灌溉技术时,水量调度受多因素影响,相关调度人员缺乏对于供水设施运行情况的了解、认知,未充分了解干渠水量调度工作、管理决策过程以及灌溉用水情况,无法实现水库灌区水量调度的透明化,水资源使用不够规范。再加上水量调度不透明、水费征收制度不完善会造成严重的乱收费现象,可能会增加农民的额外负担。

### (三) 灌溉用水测量方式落后

现阶段,水库用水灌溉的勘测技术以手工操作为主,在测验期间需要大量时间,准确度较低,水流测量时一般选择临时断面的方式推测流量,但是会受渠道交通、传递设备约束,部分断面流量测定结果依靠人工方式测量、传递,难以满足灌溉技术发展需求。

### (四) 缺乏动态化管理

针对水库灌区所采取的节水灌溉方式制定了一系列管理措施,以当地自然环境、田间农作物、灌溉水源信息为基础,利用高科技技术,结合水库灌区实际情况完善供水计划,能够达到节水灌溉的目的。在水库灌区灌溉的前期采取精准预测对于灌溉调度工作具有积极作用,但是因当地居民用水会发生明显变化,很难把握开闸、关闸问题,在实际操作期间很难实现动态管理,只能依照既往灌溉经验预判灌溉调度<sup>[4]</sup>。

### (五) 清淤排障不彻底

水库渠道建设工作中所应用的材料多为混凝土,受自然因素影响可能会出现脱落、裂缝等问题,而且水库周围可能生长杂草,如果未及时处理上述问题会影响灌溉水流动带。分析当前情况,部分地区疏于水库渠道管理,对于开裂、脱落后的混凝土结构未及时修复,导致水库底下土壤进入水库,对于灌溉水流动、

水库输水能力具有直接影响。

### (六) 农业工作者灌溉理念匮乏

受传统灌溉技术影响,农业工作者灌溉理念不足,对于水利灌溉、农田产量之间的关系认知不足,缺乏对于节水灌溉技术的重视,导致节水灌溉工程使用率偏低,存在多项安全问题。而且,节水灌溉区域内所种植的结构缺乏合理性,导致节水灌溉技术应有价值无法充分发挥,对于农田工程运行效率产生影响,对农业产量的进一步提高产生阻碍。

### (七) 节水技术方面的投入不足

水库灌区的农田节水灌溉还需结合时代发展要求加强科技创新,对于水库灌区农田灌溉模式及时更新,采购先进节水灌溉设施以及加强节水技术研发,并将其积极运用到农田水利灌溉工程运行管理活动中,可达到节能、节水的效果。但是在实际工作期间,仅仅安排相关人员进行农田水利灌溉工程运行管理,缺乏对于管理模式的改革创新,现有的运行管理技术相对较为落后,难以满足现代化发展需求,管理效果不够理想<sup>[5]</sup>。

### (八) 防渗加固不足

水库、灌溉渠修建时还需依照现场实际情况防渗加固,以期保证灌溉水正常流动,大多水库修建在偏远地区,交通不够便利,部分管理人员对于水库运行情况的检查工作不足,无法及时确定以及处理水库渗漏问题<sup>[6]</sup>。对于露天灌溉渠,只有在农田灌溉时有人看护,在农闲时维护不够,渗漏问题无法得到有效解决。

## 三、水库灌区农田灌溉节水管理措施

### (一) 加快水库灌区的信息处理速度

在水库灌区节水管理期间还需重视农田抗旱设施的建设,可结合灌区节水改造项目启动灌区信息化建设,根据水库灌区管理需求因地制宜,展开灌区信息化建设,建议在水位、流量、雨量以及水质等自动检测站点应用智能监控管理系统、远程遥控管理系统,为灌区信息化管理动态数据采集、制定灌溉调度方案提供科学依据,可以提高灌区信息采集准确性和传输时效性,为农业可持续发展奠定基础<sup>[7]</sup>。

### (二) 简化水量调度工作

首先灌区水量调度负责人需依照水库水情、蓄水情况科学调配灌区用水量,严格贯彻实行计划供水,依照水库灌溉计划制定每月用水计划,保证每个农田的灌溉用水需求,始终遵循统一性、计划性原则,做好下情上报,上令下达,上下沟通,做好水量调度工作的前后衔接。此外,以节水灌溉为前提,优先保证高效节水农业用水,在严格实施用水管理制度的同时建立水量收费体系,落实用水管网、运行维护、测量仪表等多项收费制度,通过电子化管理,将灌区用水咨询及时通报,按照灌区承包面积、作物特性以及不同灌区间的输水距离制定用水配额,保证灌区水量的合理性<sup>[8]</sup>。

### (三) 优化水量检测方式

随着节水灌溉技术的不断进步以及发展,农业生产逐步趋于信息化,在水库灌区农田灌溉节水管理期间应用科学的灌溉测水

方法可以实时检测水量。水尺量水、自记水位计量法、灌溉流量管理器等技术在大中型农业灌区的水量测量工作中被广泛应用,但是在水量检测工作中还需综合分析灌区水资源应用情况,特别是针对种植面积较大的农田,在不同位置农作物的生长状况也不同,还需依照水流量检测仪、水资源用水量计量监测系统、用水量信息监测结果分区制定灌溉方案,尽可能减少水资源浪费<sup>[9]</sup>。

#### (四) 提高灌溉用水动态管理

水库灌区管理单位要充分认识农田水利灌溉节水、用水管理的重要性,尽可能创造现代化节水管理理念,完善灌溉节水机制,对于灌区需水量科学计算,以免在农田灌溉用水工作期间出现水资源浪费等情况。在节水工程检修、维护工作期间及时发现应有问题,促使农田水利工程处于安全使用状态,以期实现灌溉节水、蓄水的目的。坚持因地制宜原则,分析农作物特点、季节性需水量,确保现代化农田规模化生产,为作物生长创造科学基础。同时还要因地制宜,根据不同区域的地势、水资源分布情况等,调查农田土质情况以及含水量,合理选择灌溉方式,做好所需灌溉水量的准备工作,依照所制定的灌溉方案选择水利灌溉技术<sup>[10]</sup>。

#### (五) 加强水库灌区清淤排障

农田水利灌溉工作期间,灌溉渠道属于重要组成部分,水库灌区淤积问题普遍存在,不仅会侵占部分防洪库容,还会导致水库灌溉、生态调水、防洪以及发电作用大受限制,影响水库调节功能。为此在输水工作前清洁渠道,可采取水利排沙清淤、滞洪排沙、集中冲刷、导重流排沙、机械清淤等方式及时清理碎石、杂草等杂物,不仅可以降低输水灌渠粗糙度,还有利于提高输水能力,有效改善库容减少、下游河道水沙平衡被破坏等问题,更好地发挥水库工程效益<sup>[11]</sup>。

#### (六) 提高农业工作者的灌溉认知

农业发展和农业种植技术、灌溉节水具有密切联系,对于农业工作者而言,要认识到节约用水在农业发展工作中的重要性,有效应用农田灌溉用水技术,依照区域特点进行农田种植结构的

灵活调整。同时尽可能避免天气对作物造成的不良影响,以科学利用水资源为基础,结合耕作方式调整肥料,达到优化资源以及提高产量的目的。

#### (七) 强化节水技术投入

为保证水库灌区的节水灌溉效果,需要进行节水灌溉技术、节水理念的推广,增强公众节水灌溉意识,在了解传统灌溉弊端以后改变灌溉用水概念,推广及应用新型灌溉节水技术。大力培养节水灌溉技术人才,加强对于基层技术人员的技术培训,举办多种形式的节水灌溉培训班,注重专业人才培养以及技术科研投入。此外,建立健全的节水农业技术服务体系,积极引进和借鉴国外先进的节水灌溉技术,加强节水灌溉制度研究,确定最佳灌溉制度,完善节水灌溉技术服务体系,实施规划设计,确保节水灌溉工作有效实施,促使节水灌溉逐步向产业化发展<sup>[12]</sup>。

#### (八) 灌溉渠道防渗加固

灌溉渠道加固防渗具有控制水分流失的作用,对于渗漏问题严重的渠道做好内部改造,例如在渠道内部采取建设混凝土防渗层、加防渗膜等方式进行加固处理,或者依照渠槽模型预制混凝土板,采取现浇混凝土等方式进行渠道加固,这样具有较好的综合防渗性能、耐久性。因单一采取防渗方案会随着时间延长出现裂缝等不良情况,在采取防渗加固措施时可以依照水库实际情况结合上述多种防渗加固方案,在提高渠道防渗节能修复加固效果的同时能够保证水库渠道安全运行,达到节约用水的目的<sup>[13]</sup>。

## 结束语

我国水资源供需较为紧张,建设农田水利节水灌溉工程能够满足农业发展要求,为农业经济发展创造有利条件。在水库灌区农田灌溉节水管理期间加大资金投入,做好后期维护以及管理,科学引用信息管理技术,落实除险加固工作,采取多种方式提高相关人员专业水平及综合素养,强化其节水灌溉意识,有利于促进农田节水灌溉工程稳定发展。

## 参考文献

- [1] 段丽芳. 灌区节水改造工程中农田灌溉渠道防渗关键技术研究 [J]. 南方农机, 2023, 54(18): 178-180.
- [2] 石康康. 高效节水灌溉技术在农田水利中的应用探讨 [J]. 河南农业, 2023, 34(23): 56-58.
- [3] 雷晓莹. 浅谈农田水利灌溉技术与节水管理 [J]. 农业开发与装备, 2023, 29(07): 121-123.
- [4] 刘文萍. 水库灌区节水配套改造工程的施工管理探讨 [J]. 水利科学与寒区工程, 2022, 5(12): 82-84.
- [5] 赵小强. 小型农田水利节水灌溉措施研究 [J]. 农业开发与装备, 2022, 28(10): 153-154.
- [6] 刘吉明. 推广农田节水灌溉技术 提高水资源利用率 [J]. 农业科技与信息, 2022, 39(18): 92-94.
- [7] 陈仲明. 浅谈农田灌溉用水和节水措施 [J]. 新农业, 2022, 52(14): 79-80.
- [8] 刘鹏. 农田灌溉用水趋势及节水措施分析 [J]. 南方农业, 2022, 16(14): 229-231.
- [9] 张光芹. 试析水库灌区农田节水灌溉管理模式 [J]. 南方农业, 2022, 16(10): 201-203.
- [10] 程江. 高标准农田建设中高效节水灌溉技术的应用分析 [J]. 农业科技与信息, 2021, 38(24): 101-103.
- [11] 郭建军. 浅谈农田灌溉用水和节水措施 [J]. 广东蚕业, 2021, 55(08): 35-36.
- [12] 安泽春. 农田灌溉节水措施分析 [J]. 南方农机, 2021, 52(04): 101-102.
- [13] 赵丽娜. 高效节水灌溉技术在农田水利工程中的应用 [J]. 农家参谋, 2020, 38(24): 66.