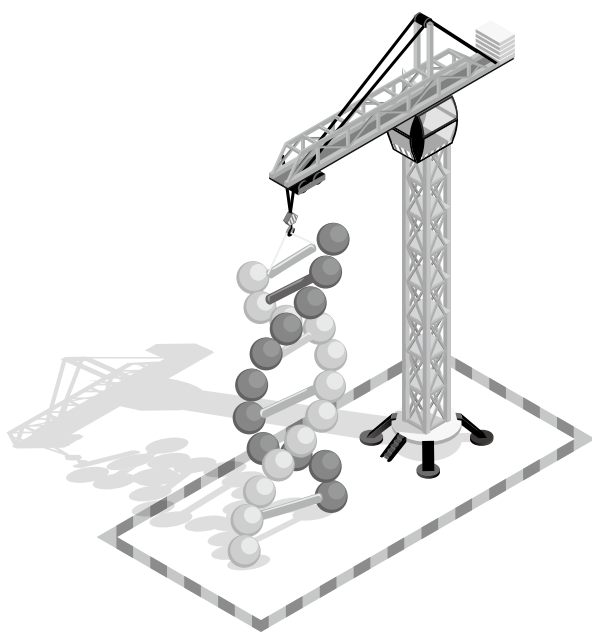


工程 研究与应用

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

目录 CONTENTS

建筑科学 | BUILDING SCIENCE

- 005 双侧壁施工法在浅埋软弱围岩施工中的运用 贾立军
The Application of Dual Side Wall Construction Method in Shallow-buried Soft and Weak Surrounding Rock Construction Jia Lijun
- 008 工程咨询服务在建筑项目决策中的应用与影响 宋金玉
Application and Influence of Engineering Consulting Service in Construction Project Decision-making Song Jinyu
- 011 建筑招投标的风险管理问题分析 王蓉
Analysis of Risk Management Problems of Construction Bidding Wang Rong
- 014 EPC 总承包工程造价控制措施 徐慧银
EPC General Contracting Project Cost Control Measures Xu Huiyin
- 017 住宅建筑工程造价的动态管理与控制 张晶
Dynamic Management and Control of Residential Construction Project Costs Zhang Jing
- 020 基于深厚软基轻质水泥土桩复合地基处理技术 池亚徽
Composite Foundation Treatment Technology Based on Lightweight Hydraulic Soil Pile for Deep Soft Foundation Chi Yahui
- 023 现代建筑施工中的 BIM 技术应用与效益评估 潘崇锋
Application and Benefit Assessment of BIM Technology in Modern Building Construction Pan Chongfeng

工程科学 | ENGINEERING SCIENCE

- 026 安装工程造价预结算审核工作要点分析 何振宇
Analysis on Key Points of Installation Project Cost Pre-settlement Review He Zhenyu
- 029 通信工程中的通信线路施工技术及其问题分析 张林林
Analysis of Communication line Construction Technology and Problems in Communication Engineering Zhang Linlin

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

- 032 船舶营运检验中的设备维护与管理问题及对策研究 黄刚军¹, 李响²
Research On Equipment Maintenance And Management Problems And Countermeasures In Ship Operation Inspection Huang Gangjun¹, Li Xiang²
- 035 海工船舶改装对船舶结构强度的影响分析 马钦超
Analysis on the influence of Marine Ship Modification on Ship Structural Strength Ma Qinchao
- 038 城市道路养护管理策略：效率与可持续性的平衡 孟刘发¹, 韩东²
Urban Road Maintenance Management Strategies: Balancing Efficiency and Sustainability Meng Liufa¹, Han Dong²
- 041 高速公路机电系统设备管理问题及优化方法分析 王建勋
Analysis of Equipment Management Problems and Optimization Methods of Highway Electromechanical Systems Wang Jianxun

能源科学 | ENERGY SCIENCE

- 044 核电厂大修过程中的人员安全管理研究 王悦超, 李伟
Study on Personnel Safety Management During the Process of Nuclear Electrical Power Plant Overhaul Wang Yuechao, Li Wei
- 047 光伏电站施工中的设备安装和调试技术研究 张邓平
Research on the Equipment Installation and Debugging Technology in the Construction Of Photovoltaic Power Station Zhang Dengping

050	电力施工项目成本控制与工程造价管理 Cost Control and Engineering Cost Management of Electric Power Construction Projects	程辰 Cheng Chen
053	基于全面质量管理的核电厂大修项目管理研究 Research on the Management of Nuclear Power Plant Overhaul Project Based on Comprehensive Quality Control	李伟, 王悦超 Li Wei, Wang Yuechao

水利与港口工程 | WATER CONSERVANCY AND PORT ENGINEERING

056	高寒高海拔地区大坝混凝土温度与收缩控制技术研究 Research on Dam Concrete Temperature and Contraction Control Technology in High-cold and High-altitude Areas	隆国苍 Long Guocang
059	水利工程挡水坝基础处理中的地基加固与处理技术研究 Research on the Foundation Reinforcement and Treatment Technology in the Foundation Treatment of Water Conservancy Project Retaining Dam	于莽, 朱天久 Yu Mang, Zhu Tianjiu
062	桥梁结构健康监测与维护管理技术研究 Health Monitoring Of The Bridge Structures and Research on Maintenance and Management Technology	袁广华 Yuan Guanghua
065	水利工程生态环境保护与修复技术研究 Research on Ecological Environment Protection and Restoration Technology of Water Conservancy Projects	苗广平 Miao Guangping
068	水力发电装置的运行状态故障及检修方法分析 Analysis of Operating State Faults and Maintenance Methods of Hydroelectric Power Plants	张佳媛 Zhang Jiayuan
071	水库泄洪工程的优化设计与安全评估研究 Study on Optimized Design and Safety Assessment of Reservoir Flood Relief Project	赵品璠 Zhao Pinfan
074	二供设备机械结构创新设计与可持续性发展 Innovative Design and Sustainability of Mechanical Structures of Second Supply Equipment	朱靖 Zhu Jing
077	城市污水处理与再生利用技术的可持续发展研究 Research on Sustainable Development of Urban Wastewater Treatment and Recycling Technology	韩东 ¹ , 孟刘发 ² Han Dong ¹ , Meng Liufa ²
080	水利施工过程中的安全管理与事故预防策略 Safety Management and Accident Prevention Strategies in the Process of Water Conservancy Construction	刘雪飞, 朱义俊 Liu Xuefei, Zhu Yijun
083	节能低碳技术在污水处理中的应用 Application of Energy Saving and Low Carbon Technology in Sewage Treatment	王洋 Wang Yang

双侧壁施工法在浅埋软弱围岩施工中的运用

贾立军

中铁隧道局集团建设有限公司，安徽 蚌埠 233500

摘要： 本文介绍了双侧壁施工法在浅埋软弱围岩施工中的运用。首先，阐述了双侧壁施工法在软弱围岩施工中的优势，包括适用性、加固效果和减小施工风险的作用。然后，对该工程的简介进行了概述。接下来，详细介绍了双侧壁施工方法的步骤，包括长管棚导向墙、超前支护、双侧壁导坑开挖、围岩量测和初期支护等。其中，初期支护包括钢架、连接筋、混凝土浇筑和系统锚杆等措施。最后，介绍了施工质量控制与监测措施，特别是防腐层绝缘电阻的重要性。通过本文的研究，可以为浅埋软弱围岩施工提供指导和参考，提高施工质量和安全性。

关键词： 双侧壁；施工法；浅埋软弱围岩；施工；运用

The Application of Dual Side Wall Construction Method in Shallow-buried Soft and Weak Surrounding Rock Construction

Jia Lijun

China Railway Tunnel Bureau Group Construction Co., Ltd, Anhui Bengbu 233500

Abstract： This paper introduces the application of dual side wall construction method in the construction of shallow buried soft and weak surrounding rock. Firstly, the advantages of dual side wall construction method in soft and weak surrounding rock are described, including applicability, reinforcement effect and the function of reducing construction risk. Then, the brief introduction of the project is outlined. Next, the steps of dual side wall construction method are introduced in detail, including long pipe shed guide wall, advance support, dual side wall guide pit excavation, surrounding rock measurement and initial support, etc. Among them, the initial support includes steel frame, connecting reinforcement, concrete pouring and system anchor rod and other measures. Finally, the construction quality control and monitoring measures, especially the importance of insulative resistance of the anticorrosion coating. Finally, introduce the construction quality control and monitoring measures, especially the importance of insulation resistance. Through the study of this paper, it can provide guidance and reference for the construction of shallow buried soft and weak surrounding rock, and improve the construction quality and safety.

Key words： dual side wall; construction method; shallow buried soft and weak surrounding rock; construction; application

引言

在浅埋软弱围岩施工中，围岩的稳定性和承载能力是一个重要的考虑因素。为了解决软弱围岩施工中的挑战，双侧壁施工法被广泛运用。该施工法通过一系列措施和方法，能够有效地加固软弱围岩，保证施工的安全性和可靠性。本文将介绍双侧壁施工法在浅埋软弱围岩施工中的运用，探讨其优势、施工方法以及施工质量控制与监测措施，以期为该领域的工程实践提供参考和指导。通过对双侧壁施工法的研究，可以进一步提高浅埋软弱围岩施工的效率和质量，促进相关工程的可持续发展，该工法成功运用于玉磨铁路立新隧道出口段施工，该施工段设计为三线大跨度隧道埋深浅，围岩软弱采用双侧壁施工法，克服了施工中的许多困难，经总结后分享给大家。

一、双侧壁施工法在软弱围岩施工中的优势

（一）双侧壁施工法在软弱围岩处理中的适用性

双侧壁施工法在软弱围岩处理中具有广泛的适用性。首先，该施工法适用于各种类型的软弱围岩，包括松软、黏性较大或易变形的围岩。无论是土壤、软岩还是淤泥等软弱围岩，双侧壁施工法都能够

有效地加固和稳定围岩。其次，双侧壁施工法适用于不同施工环境和工程需求。无论是地下隧道、地铁工程、水利工程还是基础工程等，双侧壁施工法都能够灵活应用，满足不同工程的要求。双侧壁施工法具备多种支护措施的组合方式，能够根据具体情况进行调整和优化，以适应不同软弱围岩的处理需求。因此，双侧壁施工法在软弱围岩处理中具有广泛的适用性，能够为各类工程提供有效的围岩加固措施。

（二）双侧壁施工法对软弱围岩的加固效果

双侧壁施工法在软弱围岩施工中能够有效地加固围岩，提高其稳定性和承载能力。首先，通过设置长管棚导向墙，能够引导施工过程中围岩的变形，减少围岩的位移和变形。导向墙的设置可以提供围岩的支撑，防止其发生塌方和变形等不良情况。其次，通过超前支护的方式，能够在施工前提前加固围岩，增加其强度和稳定性。超前支护通常采用锚杆和钢架等支护措施，能够有效地加固软弱围岩，防止其发生塌方和变形等不良情况。另外，双侧壁导坑开挖的过程中，通过逐步开挖和及时进行围岩量测，能够有效地控制围岩的变形和位移，保证施工的安全性和可靠性。

（三）双侧壁施工法在减小施工风险中的作用

在软弱围岩施工中，施工过程中存在着地面塌陷、地下水涌入、土体失稳等一系列风险。双侧壁施工法通过在围岩两侧同步施工，可以有效控制地下水的涌入和土体的塌陷。在施工过程中，采取合适的支护措施，如注浆加固、预应力锚杆等，能够稳定围岩并减小地表沉降风险。双侧壁施工法还可以提前发现围岩的不稳定性，采取相应的措施进行支护，避免围岩失稳带来的安全风险。

其次，双侧壁施工法可以提高软弱围岩的稳定性。软弱围岩的围护结构对于工程的安全性至关重要。双侧壁施工法通过在围岩两侧形成双向支护结构，增加了围岩的抗拱能力和整体稳定性。通过合理设计和施工控制，可以使双侧壁支护结构与围岩形成协同作用，共同承担地下水压力和地应力，从而有效减小围岩的变形和破坏风险。此外，双侧壁施工法还能提供较好的支护刚度，降低围岩的变形，减少对周边环境及结构物的影响，进一步降低施工风险。

二、工程简介

某隧道进口段 DK322+345~DK322+548 是一段浅埋偏压段，最大埋深约为 30m。隧道开挖净宽为 14.92m，地表为坡残积粉质粘土，下伏为强风化黑云母变粒岩，岩石风化呈土状，属于 V 级围岩。岩层倾斜朝洞外，对洞口的稳定性不利，洞顶和洞身存在不稳定问题，工程地质条件较差。为了解决这一问题，该工程采取了早进晚出的进洞方案，并采用双侧壁导坑法进行施工。在施工过程中，遵循“早预报、预加固、短进尺、弱爆破、强支护、勤量测、快封闭、紧衬砌”的原则，逐步推进工作，稳步前进。

具体而言，施工过程中通过早期地质预报，及时发现并评估围岩的状况，预先采取加固措施，提前应对潜在的风险。在开挖过程中，采用短进尺方式，控制每次的开挖量，减少对围岩的影响，保持施工的稳定性和安全性。在爆破方面，采用弱爆破技术，控制爆破能量，减小对周围岩体的冲击。同时，对围岩进行强力支护，采用适当的支护结构，确保施工过程的稳定性和安全性。另外，对施工过程中进行勤量测，及时监测围岩变形和位移情况，为施工进度提供实时的数据支持。最后，迅速进行封闭和紧密的砌筑工作，减少外界水、土等因素的侵入，进一步增强隧道的稳定性。

三、双侧壁施工方法

（一）长管棚导向墙

长管棚导向墙施工技术是一种常用的软弱围岩处理方法，通

过设置导向墙来引导和控制围岩的变形和位移。根据给定的数据，长管棚导向墙的宽度为 100cm，内部采用两榀 I18 工字钢作为骨架，并作为模板支撑。在浇注导向墙混凝土之前，还在 I18 工字钢上预埋了 $\Phi 140\text{mm}$ 的钢管。

这种施工技术的优势在于，通过采用工字钢骨架和浇注混凝土的方式，可以有效地提高导向墙的稳定性和承载能力。工字钢作为骨架，能够提供足够的强度和刚度，以支撑围岩的压力和变形。同时，预埋的钢管也能够增加导向墙的抗折和抗剪能力，进一步加固和稳定围岩。

（二）超前支护

在本项目中，超前支护施工技术是在隧道洞口采用 $\Phi 108\text{mm}$ 热轧无缝钢管长管棚注浆液进行支护。首先，采用热轧无缝钢管长管棚注浆液的方式，能够有效地提高隧道洞口的支护强度和稳定性。钢管作为支护结构具有较高的强度和刚度，能够抵抗隧道洞口的变形和压力。注入水泥浆液后，可以形成坚固的支护体，进一步加固和稳定洞口围岩。其次，通过设置导管和注浆压力的控制，能够实现对洞口围岩的有效固结和加固。导管的尖锥状设计和水平投影搭接长度的设置，可以增加注浆的均匀性和覆盖范围，确保支护效果。最后，超前支护施工技术具有施工简便、效率高的特点。热轧无缝钢管长管棚的丝扣连接和水泥浆液的注入相对简单，可以快速完成支护工程，节省时间和人力成本。

（三）双侧壁导坑开挖

双侧壁导坑开挖施工技术在茂隧道工程中发挥了重要的作用。其中，一个关键的控制参数是超前支护注浆强度的达到程度，通常要求达到 85% 后才进行开挖。此外，开挖进尺的控制范围在 0.6 ~ 0.8m 之间。下面结合数据分析进一步讨论这两个方面。超前支护注浆强度的达到程度对于开挖施工的安全和稳定性至关重要。通过数据分析，我们可以比较注浆强度的变化趋势和超前支护的开挖进度。如果注浆强度在达到 85% 之前就开始开挖，可能会导致围岩的不稳定和支护结构的失效。因此，准确监测和评估注浆强度的达到程度是关键。数据分析可以包括监测注浆强度的变化曲线，对比实际施工情况和设计要求，以及通过历史数据分析得出的注浆强度达到 85% 的平均时间和变化趋势等。这些数据分析结果可以为施工进度和开挖安全提供重要参考，确保在超前支护注浆强度达到要求后再进行开挖。

（四）围岩量测

在本项目中，采用了围岩量测施工技术来进行围岩变形和位移的监测。围岩量测施工技术是一种通过测量围岩的变形和位移来评估围岩稳定性的方法。具体而言，本项目采用了以下措施进行围岩量测施工技术的实施。

首先，设置了围岩变形监测点。在隧道洞口的关键位置，安装了变形监测仪器，如应变计、位移计等。这些仪器能够实时监测围岩的变形情况，包括岩体的收缩、膨胀、位移等。通过监测数据的采集和分析，可以及时了解围岩的变化情况，为后续施工提供参考和决策依据。其次，采用了非接触式的测量方法。为了避免施工对围岩的影响，本项目使用了非接触式的测量方法，如激光扫描测量技术等。这种技术具有高精度、高效率的特点，能够实时获取围岩的几何形状和变形情况，而无需直接接触到围岩表面。

（五）初期支护

1. 钢架

初期支护在隧道施工中起到了关键的作用，钢架施工是其中重要的一环。根据提供的数据，钢架采用 I20a 工字钢，并要求焊缝的高度不小于6mm，纵向间距为0.6m（中对中）。下面结合以上数据进行分析。

首先，焊缝高度不小于6mm 的要求是为了确保钢架的连接强度和稳定性。通过数据分析，可以比较实际焊缝高度与要求的6mm 的差距，并评估焊缝的质量。如果焊缝高度小于6mm，可能会影响钢架的强度和稳定性，从而影响初期支护的效果。因此，数据分析可以通过焊缝高度的测量和对比分析来确保焊缝的质量达到要求。其次，钢架纵向间距为0.6m（中对中）。通过数据分析，可以评估实际钢架的纵向间距与设计要求的差异。如果纵向间距超过或小于0.6m，可能会影响钢架的支撑和负荷传递能力，从而影响初期支护的稳定性。数据分析可以通过实际测量和对比分析纵向间距的变化，以及对钢架安装的检查来确保纵向间距的符合要求。

2. 连接筋

根据隧道的结构和荷载要求，选择适当的连接筋类型（如螺纹钢筋、螺栓等）和尺寸（直径、长度等）。在施工中，连接筋的布置方式应根据隧道结构和荷载要求进行设计和安排。通过数据分析，可以对实际连接筋的布置方式与设计要求进行对比，评估其布置的合理性和适用性。对于连接筋的布置，需要考虑到连接点的位置、连接筋的间距和数量等因素。

3. 混凝土浇筑

（1）混凝土强度和厚度：初期支护拱墙采用 C25 网喷混凝土，仰拱采用 C25 素喷混凝土。C25 代表混凝土的抗压强度等级，表示混凝土在28天龄期的抗压强度为25MPa。厚度为28cm 的混凝土用于拱墙网喷混凝土，而厚度为25cm 的混凝土用于侧壁采用素喷射混凝土。这些参数在施工中可以作为质量控制的依据，确保混凝土的强度和厚度符合设计要求。

（2）纤维掺量：拱墙网喷混凝土中掺合成纤维，掺量为0.9kg/m³。纤维可以提高混凝土的韧性和抗裂性能，减少裂缝的产生和扩展。掺入纤维的混凝土可以提供更好的抗渗性和耐久性。在施工过程中，掺入纤维的混凝土需按照指定的掺量进行配比和搅拌，确保纤维均匀分散在混凝土中，提高混凝土的整体性能。

（3）钢筋网：钢筋网采用环纵向为 $\phi 8$ 钢筋，网格间距为20cm \times 20cm，网片加工成60cm \times 200cm 尺寸。钢筋网在初期支护中起到加固和增强混凝土结构的作用。钢筋网的规格和间距需要根据设计要求进行选择，以满足拱墙和仰拱的承载能力和稳定性。在施工中，钢筋网需按照规定的间距和位置进行固定和焊接，确保与混凝土形成一体化的支护结构。

4. 系统锚杆

（1）锚杆类型和规格：系统锚杆采用 $\phi 25$ 中空注浆锚杆，边墙采用 $\phi 22$ 砂锚杆。中空注浆锚杆和砂锚杆是常用的地下工程支护材料，具有较高的抗拉强度和承载能力。在施工过程中，需要根据设计要求选择适当的锚杆规格，确保锚杆能够满足地下工程的支护需求。

（2）锚杆数量和长度：系统锚杆数量为13根，锚杆长度为

4.0m；边墙采用11根 $\phi 22$ 砂锚杆，锚杆长度为 $L=4.0m$ 。根据数据分析，可以对锚杆的数量和长度进行评估。数量和长度的选择应根据隧道的尺寸和围岩的稳定性等因素来确定。通过数据分析，可以确保锚杆的数量和长度符合设计要求，以提供足够的支撑和稳定性。

（3）锚杆间距和布置形式：数据中提到锚杆间距为环1.2m \times 纵1.0m，布置形式为梅花形。这意味着锚杆在环向和纵向上的间距分别为1.2m 和1.0m，并且呈梅花形布置。在施工中，梅花形布置的锚杆可以提供更均匀的支撑力和稳定性。数据分析可以通过实际测量锚杆的间距和布置形式来评估其与设计要求的 consistency，确保锚杆的布置合理且符合施工要求。

（六）防排水施工

（1） $\Phi 50$ 打孔波纹管：在防水板背后环向设置 $\Phi 50$ 打孔波纹管。打孔波纹管的作用是进行排水，防止水分在防水层后面积聚和渗透。通过数据分析，可以评估打孔波纹管的数量、间距和排水效果。根据设计要求，可以确定打孔波纹管的布置方式和密度，以提供有效的防排水效果。（2）U 型镀锌钢板接水盒：在纵向间距5~10m 范围外设置 U 型镀锌钢板接水盒。接水盒的作用是收集和导流防水板背后的排水水分，确保水分顺利排出。数据分析可以评估接水盒的布置位置和数量，以确保其在有效区域内的覆盖范围。通过合理的布置和设计，可以有效提高防水系统的排水效率。（3）填缝料填塞：在 U 型镀锌钢板接水盒之外的空隙采用填缝料填塞密实。填缝料的选择应根据施工条件和防水要求进行评估。通过数据分析，可以确定填缝料的种类、用量和施工质量要求。填缝料的填塞密实度对于确保防水层的连续性和水密性至关重要。

四、结束语

总的来说，双侧壁施工法在浅埋软弱围岩施工中的运用具有显著的优势和应用价值。通过采用此施工方法，可以有效地解决浅埋软弱围岩施工过程中的安全风险和困难。双侧壁施工法在施工过程中能够充分发挥其支护和加固功能，有效地控制围岩变形和位移，提高施工的安全性和稳定性。此外，双侧壁施工法的施工工艺相对简单，适应性强，适用于不同地质条件下的施工，具有很高的经济性和可行性。

参考文献：

- [1] 晏建辉. 双侧壁导坑法在特大跨径隧道中的优化应用 [J]. 福建交通科技, 2022, (12):110-112+134.
- [2] 刘夏冰. 下北山浅埋超大跨四线高铁隧道围岩压力和施工期支护衬砌结构受力特征研究 [D]. 北京交通大学, 2022.
- [3] 白丽娜. 地铁车站施工安全风险评价研究 [D]. 内蒙古科技大学, 2022.
- [4] 彭雪峰, 曾文浩, 张粒. 特大断面隧道非对称双侧壁施工方法研究 [J]. 交通节能与环保, 2021,17(05):114-118.
- [5] 贺任凯. 浅埋特大断面隧道空间效应研究及应用 [D]. 重庆交通大学, 2021.
- [6] 伍达富. 桐梓隧道软弱围岩段高效施工研究 [D]. 贵州大学, 2021.
- [7] 张旭. 复杂工程条件下黄土地区区间隧道暗挖施工关键技术研究 [D]. 石家庄铁道大学, 2021.

工程咨询服务在建筑项目决策中的应用与影响

宋金玉

安徽同舟工程咨询有限公司，安徽 马鞍山 243000

摘要： 工程咨询服务在建筑项目决策中的应用广泛，包括项目前期的可行性研究、市场调研等；在项目实施阶段的设计优化、风险评估等；以及在项目收尾阶段的验收评估、质量检测等。工程咨询服务对建筑项目决策的影响主要体现在提供专业的技术支持和意见，减少项目风险，提高项目的可行性和可持续性，促进项目的顺利实施和成功完成。

关键词： 工程咨询；建筑项目；决策；应用；影响

Application and Influence of Engineering Consulting Service in Construction Project Decision-making

Song Jinyu

Anhui Tongzhou Engineering Consulting Co., Ltd, Anhui Ma' anshan 243000

Abstract： Engineering consulting services are widely used in construction project decision-making, including feasibility study and market research in the early stage, design optimization and risk assessment in the project implementation stage, and acceptance assessment and quality inspection in the closing stage of the project. The impact of engineering consulting services on construction project decision-making is mainly reflected in providing professional technical support and opinions, reducing project risks, improving the feasibility and sustainability of the project, and promoting the smooth implementation and successful completion of the project.

Key words： engineering consulting; construction project; decision-making; application; impact

引言

在建筑项目的决策过程中，工程咨询服务发挥着重要的作用。工程咨询服务不仅提供专业的技术支持和意见，还能帮助项目方评估项目的可行性和风险，并提供相应的解决方案。通过工程咨询服务的应用，可以提高项目的效益和可持续性，促进项目的顺利实施和成功完成。本文将探讨工程咨询服务在建筑项目决策中的应用与影响，以帮助读者更好地了解工程咨询服务的重要性和价值。

一、工程咨询服务在建筑项目决策中的应用

（一）工程咨询服务在项目前期的应用

工程咨询服务在项目前期的应用至关重要，它为建筑项目的顺利启动提供了关键支持。在项目前期，工程咨询服务通过专业地技术调研和规划，为项目决策者提供了宝贵的信息和建议。首先，工程咨询服务通过实地考察和专业测量，对项目所在地的地质、地形、水文等自然条件进行全面评估，为项目选址提供科学依据。其次，工程咨询服务对建筑项目的规划和设计提出专业意见，包括项目的布局、功能定位、建筑风格等方面，协助决策者制定合理的项目规划方案^[1]。此外，工程咨询服务还能协助决策者进行可行性研究，评估项目的技术可行性、经济可行性以及社会可行性，为项目前期的投资决策提供全面的参考依据。最后，工程咨询服务在项目前期的应用还包括项目管理和合规性评估，

确保项目在前期阶段进行合规化、规范化的准备工作。综上所述，工程咨询服务在项目前期的应用对于项目的顺利启动和有效实施起着至关重要的作用，为项目决策者提供全面的技术和规划支持。

（二）工程咨询服务在项目实施阶段的应用

（1）施工方案设计和优化：在项目实施阶段，工程咨询服务在施工方案设计和优化方面发挥着关键作用。一旦项目获得批准，工程咨询团队与项目团队紧密合作，对施工方案进行全面评估和优化。他们综合考虑项目的技术要求、预算限制、安全性和可行性等因素，提供切实可行的施工方案。在优化过程中，工程咨询团队会寻求最有效的施工方法和工艺，以提高施工效率，节约成本，同时确保工程质量和安全。他们也会对施工方案进行风险评估，找出潜在的风险和问题，并提出相应的应对措施。施工方案的设计和优化是项目实施成功的基础，工程咨询服务的专业

知识和经验为项目团队提供了宝贵的支持和指导。

（2）质量控制和监督：质量控制和监督是确保建筑项目顺利实施和达到预期质量水平的重要环节。在项目实施阶段，工程咨询服务负责协助项目团队建立完善的质量管理体系，并进行质量控制和监督。他们对施工过程进行全面检查和评估，确保施工符合相关规范和设计要求。工程咨询团队会密切关注施工现场的质量问题，及时发现并解决潜在的质量隐患。他们还会进行现场验收和抽样检测，确保工程质量符合验收标准。质量控制和监督是保障项目顺利进行和最终交付高质量工程的关键环节，工程咨询服务的专业性和严谨性为项目质量的稳定控制提供了保障^[2]。

（3）进度管理和调整：在项目实施阶段，进度管理是保障项目按计划完成的重要任务。工程咨询服务在这方面发挥着至关重要的作用。他们协助项目团队制定详细的进度计划，明确各项工作任务的时间节点和关键路径。通过实时监控和跟踪工程进展，工程咨询团队可以及时发现进度滞后和潜在的延误风险。当项目面临时间紧迫或进度调整时，工程咨询服务为项目团队提供灵活的调整方案和资源优化建议，以保障项目按时交付。他们还与相关方面进行沟通协调，解决可能影响进度的问题，并推动整体工程进展。进度管理和调整是确保项目顺利进行的关键环节，工程咨询服务在这方面的应用帮助项目团队克服时间上的挑战，实现高效的项目交付。

（三）工程咨询服务在项目收尾阶段的应用

在项目收尾阶段，工程咨询服务参与工程验收的过程。他们负责与相关部门一起对整个建筑项目进行全面检查和评估，确保工程质量符合规范和设计要求。工程咨询团队会核实项目实施过程中的关键环节，确认所有工程工作已按照合同约定完成。同时，他们协助解决可能出现的问题和整改需求，确保项目顺利通过验收，并获得相应的工程验收证书。

除了工程验收，工程咨询服务还参与项目的结算工作。他们协助项目团队进行施工工程量的测量与计算，确保结算金额准确。同时，他们处理变更和索赔等相关事项，进行合同结算和支付款项的工作。工程咨询服务在结算阶段的应用有助于确保项目的财务清算和合同履约，为项目的成功完成奠定基础^[3]。

在项目收尾阶段，工程咨询服务也承担着建设项目评估和反馈的任务。他们会对整个项目进行综合评估，包括项目的技术、质量、进度、成本等方面的综合分析。通过收集项目数据和相关反馈，工程咨询团队能够发现项目中的优点与不足，并为未来的类似项目提供宝贵经验和教训。根据评估结果，工程咨询服务还会为项目团队提供反馈意见和建议。这些意见可以帮助项目团队改进项目管理和实施，提高工程质量和效率。此外，工程咨询服务还能为目的的后续运营和维护提供支持，确保项目持续稳定运行。

二、工程咨询服务对建筑项目决策的影响

（一）项目决策的效率提升

首先，工程咨询服务为项目决策者提供了全面的技术分析和专业建议。他们利用丰富的行业经验和先进的技术手段，对建筑

项目可能遇到的技术问题进行评估和解决方案的制定。这种专业性和实践经验有助于项目决策者从技术层面了解项目的可行性和潜在风险，避免因技术问题导致的决策偏差，从而提高决策的准确性和效率。

其次，工程咨询服务提供了及时的信息支持，为项目决策者提供了决策所需的全面信息。在建筑项目决策中，信息的获取和处理往往是一项复杂而耗时的任务。工程咨询服务的团队可以从多个维度收集、整理和分析信息，为决策者提供全面、准确的数据支持。这使得项目决策者能够更快地了解项目的局势和情况，更好地把握项目的发展方向，从而提高项目决策的效率。

此外，工程咨询服务还可以为项目决策提供多样化的选择和方案。通过对各种不同方案的评估和对比，工程咨询服务可以帮助项目决策者选择最佳的方案，从而提升决策的效率和决策结果的质量。他们也可以为项目决策者提供专业意见，帮助他们理清思路，更快地做出决策^[4]。

（二）项目决策的质量改进

项目决策的质量改进是确保项目成功实施的重要措施。通过有效的质量改进，项目决策者可以提高决策的准确性、科学性和决策结果的质量，从而为项目的成功奠定坚实基础。

（1）信息收集和分析的优化：项目决策的质量改进可以从信息收集和分析的角度入手。工程咨询服务可以引入更先进的数据收集技术和信息分析工具，帮助项目决策者从多个维度获取全面、准确的信息。通过优化信息收集和分析流程，项目决策者能够更全面地了解项目的背景、现状和潜在影响因素，准确地把握项目的局势和问题所在。这将为决策者提供更充分的依据，降低决策风险，从而提高决策的质量。

（2）专业团队和多方参与的合作：项目决策的质量改进需要确保决策过程中有足够的专业知识和多方参与。在建筑项目中，工程咨询服务的专业团队可以与项目决策者合作，共同参与决策过程。工程咨询团队提供专业的技术支持和建议，帮助决策者全面了解项目的技术要求、风险与机遇。此外，还可以引入不同领域的专业人士和利益相关者参与决策过程，从不同角度提供意见和建议。多方合作能够帮助决策者更全面地评估项目的可行性和影响，避免盲目性决策，提高决策的质量和效果。

（3）经验总结和持续改进机制：项目决策的质量改进需要建立经验总结和持续改进机制。在项目实施过程中，工程咨询服务可以帮助项目团队总结项目经验和教训，分析决策过程中的成功和不足之处。通过经验总结，项目决策者可以吸取经验教训，改进决策方法和流程。同时，建立持续改进机制能够使项目决策者不断优化决策过程，逐步提高决策的水平和质量。这样的机制有助于项目团队在未来的决策中更加精准和高效，确保项目取得更好的成果。

（三）项目决策的风险降低

（1）风险评估和预测：工程咨询服务在项目决策之前进行全面的风险评估和预测。他们利用专业的知识和经验，对项目可能面临的各类风险进行分析，如技术风险、市场风险、供应链风险等。通过识别和评估潜在风险，工程咨询团队帮助项目决策者更

全面地了解项目的风险状况，为决策提供科学的依据。

（2）可行性研究和方案对比：工程咨询服务通过可行性研究，对不同方案进行评估和对比。他们将不同方案的技术、成本、时间等因素进行综合分析，找出最佳的实施方案。通过这种方式，决策者可以选择最符合项目要求和最小化风险的方案，降低项目实施过程中的不确定性和风险。

（3）技术指导和问题解决：在项目决策过程中，工程咨询服务为决策者提供专业的技术指导和问题解决。当决策者面临技术难题或不确定因素时，工程咨询团队可以根据其丰富的经验，提供准确的技术建议和解决方案。这有助于决策者避免在项目实施中因技术问题而产生的风险和困难。

（4）风险应对措施：工程咨询服务在项目决策阶段制定有效的风险应对措施。一旦项目面临风险或变化，工程咨询团队会根据预先设定的应对措施，及时采取行动并提供必要的建议。这种风险管理的方式能够帮助项目决策者在风险出现时快速做出应对，降低风险对项目的影响^[4]。

（四）项目决策的成本控制

项目决策的成本控制是确保项目在预算范围内完成的关键要素。工程咨询服务在项目决策阶段发挥重要作用，帮助决策者有效控制成本，确保项目经济高效地实施。

（1）成本预算与优化：工程咨询服务在项目决策前协助制定详细的成本预算。他们根据项目的规模、技术要求、资源需求等因素，进行全面的成本估算。通过合理预算，决策者可以了解项目的整体成本，并明确资源分配。此外，工程咨询团队在成本预算的过程中，也会对不同方案进行经济性对比和优化，找出最经济合理的方案，确保项目在有限预算下获得最大价值。

（2）成本控制策略：工程咨询服务为项目决策者提供成本

控制策略和建议。他们在项目实施阶段，监督和管理项目成本，确保成本控制的有效实施。通过及时发现和解决成本增长的潜在因素，工程咨询团队帮助决策者避免不必要的开支，优化资源利用。他们还可以推荐适用的节约措施和经济管理措施，帮助决策者在项目实施过程中实现成本控制的目标。

（3）变更管理与成本影响评估：在项目决策中，变更是不可避免的。工程咨询服务在这方面为决策者提供变更管理和成本影响评估。他们对变更需求进行评估，分析变更对项目成本的影响，并提供相应的变更管理策略。通过对变更的合理管理和成本影响评估，工程咨询团队帮助决策者控制项目变更带来的成本增长，确保项目按计划 and 预算完成。工程咨询服务在项目决策中通过成本预算与优化、成本控制策略和变更管理与成本影响评估等方面的应用，帮助决策者有效控制项目成本。通过科学的成本控制手段和经济性对比，工程咨询服务确保项目在经济高效的前提下顺利实施。

三、结束语

工程咨询服务在建筑项目决策中的应用不仅能够为项目方提供专业的技术支持和意见，还能够帮助他们评估项目的可行性和风险，并提供解决方案。通过工程咨询服务的应用，可以最大程度地提高项目的效益和可持续性，确保项目的顺利实施和成功完成。工程咨询服务的影响不仅体现在项目的质量和效率上，还能够为项目方节约成本、减少风险，并提升项目的竞争力。因此，工程咨询服务在建筑项目决策中的应用不可忽视，对于项目的成功实施具有重要的意义。希望通过本文的介绍，能够加深对工程咨询服务的理解，并为读者提供有益的启示和参考。

参考文献：

-
- [1] 陈代君, 廖永忠, 赵慧. 绿色建筑项目的全生命周期管理研究 [J]. 智能建筑与智慧城市, 2023,(07):93-95.
 - [2] 罗尹贞又. 建筑项目 EPC 总承包模式下的工程造价控制思考 [J]. 城市建筑空间, 2022,29(S1):423-424.
 - [3] 解文晖. 建筑施工项目成本管理与控制方案的研究 [J]. 居舍, 2022,(18):139-142.
 - [4] 邓丹, 张玲, 靳建楠, 李裕. 论全过程工程咨询服务在政府投资公共建筑项目群管理中的应用 [J]. 住宅与房地产, 2021,(26):68-71.
 - [5] 张健. 全过程工程咨询各阶段的控制要点分析 [J]. 建筑与预算, 2020,(10):14-16.

建筑招标投标的风险管理问题分析

王蓉

南京长江都市工程管理咨询有限公司，江苏 南京 210000

摘 要： 文章主要分析了建筑招标投标中的风险管理问题。包括建筑招标投标风险管理的主要意义、风险管理中的主要问题及其主要的风险管理策略。希望通过本次的分析，可以为建筑招标投标风险防控提供一定参考，从而进一步提升现代建筑工程中的招投标管理工作质量。

关 键 词： 建筑工程；招投标管理；风险管理

Analysis of Risk Management Problems of Construction Bidding

Wang Rong

Nanjing Yangtze River Metropolis Engineering Management Consulting Co., Ltd., Nanjing, Jiangsu 210000

Abstract： The article mainly analyzes the risk management problems in construction bidding. It includes the main significance of risk management in construction bidding, the main problems in risk management and its main risk management strategies. It is hoped that through this analysis, it can provide certain reference for the prevention and control of construction bidding risk, so as to further improve the quality of bidding management in modern construction projects.

Key words： construction engineering; bidding management; risk management

前言：

在现代建筑工程管理工作中，招投标管理是一项至关重要的工作内容。为提升建筑工程的招投标管理工作质量，相关单位与工作人员一定要明确其中的主要风险问题，并以此为依据，采取合理的措施来进行风险管理。通过这样的方式，才可以实现建筑招标投标风险的有效防范。

一、建筑招标投标管理的主要意义

就目前的建筑工程来看，科学合理的招投标管理意义包括以下几个方面：1）合理降低建筑工程中的资源消耗。2）确保建筑工程报价的合理性，避免大量资金浪费。3）避免各类合同纠纷问题，确保建筑工程建设施工的顺利实施。4）维护建筑工程市场竞争环境，促进其市场的良性发展。由此可见，在建筑工程中，招投标管理具有至关重要的意义。因此，在具体的建筑工程管理工作中，管理者与工作人员一定要注重其招投标管理，并结合当今的实际情况，明确其招投标风险管理中的主要问题，再通过合理的策略来解决这些问题，以此来实现建筑招标投标风险的科学防控^[1]。

二、建筑招标投标风险管理中的主要问题

就目前的建筑工程招投标管理工作来看，管理者与工作人员

可按照三个阶段来进行风险管理。其一是招投标准备阶段；其二是招投标实施阶段；其三是招投标定标签约阶段。以下是对这三个阶段中的主要风险管理问题所进行的分析。

（一）招投标准备阶段的风险问题

在建筑招投标的准备阶段，主要的风险问题包括以下几个方面：1）招标方式风险。很多招标方并不能对公开招标以及邀请招标做出明确区分，在实际的招投标工作中，很容易出现公开性不足或受邀单位专业资质不佳等情况，从而对工程质量和工程造价的控制带来诸多风险隐患。2）招标文件编制风险。在招标文件编制时，由于一些工程数量难以确定，所以招标方往往需要承担一定的工程数量风险。同时，若招标文件审核不够严格，也很容易导致其中的一些条款模糊，从而增加招标方的风险。3）投标方风险意识不足。由于不具备足够的风险意识，很多投标方在接收到了建筑工程的招标文件之后，便立即参与到竞标工作中，并未详细研究招标文件，也并未对各项风险管理做出合理规划，这样便会使其在后续的管理与工作中面临诸多风险。

（二）招投标实施阶段的风险问题

在招投标工作的实施过程中，双方也会面临诸多的风险隐患，其主要风险包括以下几点：1）对投标方的资质审查不够严格。资质审查是确定投标方资质是否符合建筑工程实际建设施工需求、确保整体工程建设及其管理效果的关键。但是就目前的建筑招投标来看，依然有很多建设单位只注重投标方的工程报价审核，忽视其专业资质审核，这样做很容易导致专业资质不足的施工单位中标，从而引发一系列的招投标管理风险^[2]。2）投标文件审核不够严格。在投标文件的审核过程中，一些建设单位往往只注重总体的工程报价，难以关注到其中的一些细节，这样的情况很容易遗漏掉其中的一些不合理项目，从而增加其管理风险。3）自身承担费用管理风险。在招投标管理过程中，很多招投标单位都并未充分考虑自身需要承担的一些风险费用，也并未在综合单价计算中对这些费用做出合理规划，这样也很容易使其陷入管理风险。

（三）招投标定标签约阶段的风险问题

在招投标工作的定标签约阶段中，招投标双方同样面临着很多的管理风险。就目前来看，其风险管理问题主要包括以下几个方面：1）合同风险。在确立了招投标合同之后，如果双方不能在谈判过程中对合同里的每一条内容进行详细分析，并针对其中的各类问题进行沟通探讨，便很容易在后续的管理过程中出现各类风险，从而对合同双方利益造成较大程度的不利影响。2）合同索赔风险。合同索赔是招投标双方合同签订时需要重点关注的风险内容。在合同签订时，如果招标方不能对工程内容、施工方案、技术标准、双方权利义务、争议解决方法以及违约责任等做到全面明确，便会面临较大的合同索赔风险。同时，如果投标方存在索赔意识不足、对索赔期限不够明确或索赔资料搜集不全面等情况，也是将其面临较大的合同索赔风险。3）风险转移问题。风险转移是当前建筑工程风险管理中最为常用的一种手段，其主要方式是将风险转移给保险公司。但是对于一些不在保险公司承担范围内的项目，在出现风险时，如果招投标双方不具备足够的风险管理意识与风险管理能力，便很可能会替对方承担风险，从而对其经济利益造成严重的不利影响^[3]。

三、建筑招投标风险管理的主要策略

针对建筑工程招投标方面的风险，在各个不同的管理阶段中，管理者与工作人员需结合实际情况，采取合理的策略来进行管理，以此来降低各类风险的发生概率，保障招投标双方利益。以下是对其主要风险管理策略所进行的分析。

（一）准备阶段的风险管理策略

针对建筑招投标准备工作中的风险问题，具体管理时，工作人员可采取以下几项防范策略：1）明确区分招标方式。对于政府投资的建筑工程项目，应通过公开招标的方式来进行招标，并通过投标单位专业资质审核比较的方式来合理确定承包单位。对于非政府投资或不容易出现造价风险的建筑工程项目，可通过邀请招标与无标底成本评标的方式进行招标，且一定要确保受邀企业

具备足够的专业资质和信誉。2）加强招标文件编制及其审核管理。在招标文件的编制过程中，对于一些难以确定的工程数量，可通过固定单价的方式来进行合同编制，使招标方承担数量风险，承包方承担单价风险。同时，在完成招标文件编制后，招标方一定要组织专家来全面审核其中的各项条款，并对其进行反复论证，尽最大可能降低条款不清所导致的管理风险。投标方风险意识的提升。在接收到建筑单位的招标文件之后，投标方需仔细研读其中的所有内容，并结合实际的建筑施工要求与自身实力，合理确定是否投标。针对招标文件中的一些问题，投标方应在答疑会上与招标方积极沟通。同时应做好各项风险管理方面的规划工作，并制订出足够科学合理的风险转移方案^[4]。通过这样的方式，才可以在准备阶段中有效规避各类的招投标风险问题，使招投标双方利益得到最大限度的保障。

（二）实施阶段的风险管理策略

在招投标工作的实施阶段中，相关单位可通过以下措施来实施其风险管理：1）严格审核投标方的专业资质。在收到了投标方的计划方案及其工程报价等资料之后，招标方应结合建筑工程的实际情况来判断其方案与报价的合理性，以此来择优选择其中的几个施工单位。之后就需要严格对其专业资质进行审核，包括专业能力、资金周转情况、工作人员情况、信誉度、组织机构建设情况等。最后再通过各个施工单位的专业资质综合对比来做出最佳选择，以免不正当竞争导致专业资质不足的施工单位中标。2）严格审核投标文件。对于接收到的投标文件，建设单位一定要严格进行审核，将其和标底放在一起详细地进行对比，必要的情况下，也可以将投标单价一一列出，对其进行横向比较。如果审核中发现投标文件存在不合理问题，应及时将其作废，并将相应的投标单位剔除。3）加强自身承担费用的管理。在此过程中，招投标双方都应该结合建筑工程以及相应的市场变化等情况，明确自身需要承担的一些风险费用，比如市场变化所导致的建筑材料、人工费用变化，以及环境变化所导致的工程设计变更等，并将其纳入综合单价管理中^[5]。同时应结合自身的实际情况，判断自身需要承担的费用风险是否在可接受范围之内，并根据具体情况，对此类风险的应对措施加以科学制定。通过这样的方式，才可以在招投标工作的实施阶段中实现各类风险的良好管控，尽最大可能降低各类不必要风险的发生概率，使建筑工程招投标双方的风险得以有效控制^[6]。

（三）定标签约阶段的风险管理策略

在定标签约阶段中，为防止各类风险问题的出现，招投标双方应通过以下策略来进行风险管理：1）加强合同管理。首先是招标方，在合同谈判的过程中，一定要逐条对其进行分析和研究，并与投标方反复沟通，以此来确保合同编制符合建筑工程实际情况，并确保合同文本与行业规范相符，以免合同条款不全、文本不合规以及针对性不强等情况为招标方带来风险。其次是投标方，对于招标方提供的合同，投标方一定要成立一个专业的评审小组，由专业人员对合同内容进行全面、细致的审核。对于发现的问题，或合同中存在疑义的条款，审核工作人员都应该明确标出，并在合同谈判过程中与招标方积极沟通^[7]。尤其是对于合

同中的免责条款，投标方更应该反复研究，以免招标方在出现合同纠纷时推卸责任。针对合同中需要补充的内容，投标方也应积极提出，并以补充条款的形式将其纳入合同中。另外，投资方也应该根据合同中的内容来明确自身可能会面临的风险，并结合实际情况，及时制定出针对性的控制措施^[8]。2) 加强合同索赔风险控制。首先是招标单位，在投标单位中标之后，应及时就招标文件中的内容与其进行详细商讨，将建筑工程项目中涉及的工程内容、施工方案、施工技术、合同双方权利义务、争议解决方式以及违约责任等以书面文字的形式全面落实到合同中，并做出足够准确、客观的表述，以免合同争议对后续索赔的不良影响。尤其是对于违约方需要承担的责任，更应该做到充分明确，并使合同索赔方面的专用条款与实际工程项目中的内容相对应，以此来避免合同风险的产生与扩大。其次是投标单位，在此过程中，投标单位一定要采取以下措施来进行合同索赔风险管理：①强化自身的索赔意识，结合实际情况来积极进行索赔管理。②明确工程索赔期限，当发生问题时一定要按期限提出索赔，以免逾期所导致的建设单位拒绝索赔情况。③全面收集索赔资料，此项工作应在具体的建设施工过程中便受到足够重视，并由专门的索赔管理工作人员来进行索赔资料收集，以免索赔资料不全对后续合同索赔的不利影响^[9]。3) 做好风险转移管理工作。在建筑施工过程中，

招投标双方均可通过购买保险的方式来实施风险转移，由保险公司来承担一些风险，以此来降低或避免招投标双方的经济损失。但是在此过程中，招投标双方都应该采取专业知识学习、典型案例分析等的方法来加强风险转移方面的问题与对策研究，以免对方将风险转移给自己。通过这样的方式，才可以在定标签约阶段中达到良好的风险管理效果，使招投标双方利益得到最大限度的保障^[10]。

结束语：

综上所述，风险管理是当今建筑工程招投标管理工作中的重要内容。为实现招投标风险的科学管理，相关单位与管理工作人员一定要充分意识到此项工作的意义，明确具体管理中存在的风险隐患，并结合实际情况，采取合理的措施来进行风险管理与控制。通过这样的方式，才可以帮助建筑工程招投标双方有效规避各类风险，提升整体管理质量，在满足建筑工程建设施工需求、确保其整体施工效率与质量的同时使招投标双方的经济利益得到最大限度的保障。这对于现代建筑工程招投标管理工作质量的提升以及建筑工程行业的发展都将十分有利。

参考文献：

[1] 廖颖孜. 建筑工程项目招投标存在的主要风险及管理对策[J]. 房地产导刊, 2021(21):21-22.
[2] 张国军. 探讨建筑工程招投标管理中的问题及应对措施[J]. 城市建设理论研究(电子版), 2023(13):58-60.
[3] 唐韡. 建筑工程项目招投标环节中的风险问题与管理[J]. 装饰装修天地, 2020(12):66.
[4] 梅崇康. 浅谈建筑企业招投标风险及防控策略[J]. 中国住宅设施, 2022(12):117-119.
[5] 史育抒欣. 建筑工程招投标管理的风险及控制措施[J]. 大众标准化, 2022(18):67-69.
[6] 付涵钧. 建设工程招投标的风险管理研究[J]. 中国管理信息化, 2022(12):61-63.
[7] 詹少彬. 建筑工程招投标中的风险管理措施研究[J]. 工程技术研究, 2022,7(24):107-109.
[8] 梅崇康. 浅谈建筑企业招投标风险及防控策略[J]. 中国住宅设施, 2022(12):117-119.
[9] 高磊, 朱洪瑞. 关于建筑工程项目招标风险管理对策分析[J]. 南北桥, 2022(8):88-90.
[10] 赖炳. 建筑工程招投标管理的风险及预防措施研究[J]. 中国战略新兴产业, 2021(6):122.

EPC 总承包工程造价控制措施

徐慧银

苏交科（南京）工程检测咨询有限公司 江苏 南京 210000

摘 要： EPC 总承包工程是一种全面的工程承包方式，其中，工程造价控制是至关重要的环节，直接影响到工程的最终成本和利润。基于此，本文从 EPC 总承包模式下工程造价控制的意义出发，分析了 EPC 总承包工程设计、采购、施工及竣工验收阶段造价控制的具体措施。通过对 EPC 总承包工程造价控制措施的研究，文章旨在探究有效的成本控制方法，提高工程的经济效益。

关 键 词： EPC 总承包；工程造价；控制措施

EPC General Contracting Project Cost Control Measures

Xu Huiyin

Jiangsu Jiaoke (Nanjing) Engineering Testing Consulting Co., Ltd. Nanjing, Jiangsu 210000

Abstract： EPC general contracting project is a comprehensive engineering contracting method, in which the project cost control is a crucial link, which directly affects the final cost and profit of the project. Based on this, this paper starts from the significance of project cost control under the EPC general contracting mode, and analyzes the specific measures for cost control in the design, procurement, construction and completion and acceptance stages of EPC general contracting projects. Through the study of EPC general contracting project cost control measures, the article aims to explore effective cost control methods and improve the economic efficiency of the project.

Key words： EPC general contracting; project cost; control measures

引言

EPC 总承包模式是集设计（Engineering）、采购（Procurement）、施工（Construction）一体化的管理模式^[1]。在 EPC 总承包工程中，承包商需要对工程的设计、采购及施工全过程进行全面管理和控制，其中，工程造价控制是 EPC 总承包工程的核心要素之一，有效的工程造价控制措施可以显著降低工程的成本，提高工程的效益。因此，制定和实施有效的工程造价控制措施是 EPC 总承包工程成功的关键。

一、EPC 总承包模式下工程造价控制的意义

（一）有利于优化工程成本

在 EPC 模式下，从工程设计阶段就进行跟进可以不断优化项目各个阶段，降低管理运行成本^[2]。具体而言，设计人员需要考虑整个项目的成本效益，通过优化设计方案，可以降低材料和设备的采购成本，减少施工中的浪费和返工，从而降低整个项目的成本。通过合理的采购计划和批量采购，也能有效降低采购成本，加之与供应商的长期合作关系也可以获得更优惠的价格和更好的售后服务。在 EPC 模式下，总承包商负责施工阶段的全部工作，通过优化施工方案、提高施工效率、减少变更和索赔，可以控制施工成本，伴随有效的施工现场管理，可以减少材料和能源的浪费，提高施工人员的技能和效率，进一步降低施工成本。

（二）有利于降低投资风险

在 EPC 模式下，通过优化设计方案，可以降低工程实施过程中的变更次数和索赔风险，从而降低投资风险。EPC 模式中，工程造价控制贯穿于整个项目寿命周期，通过对项目风险的合理预测和应对措施的制定，可以降低因风险导致的投资损失。EPC 总承包模式下的工程造价控制也强调风险管理，通过对项目风险的评估和应对措施的制定，可以加强对项目风险的管控，降低投资风险。加之合同条款和合同管理机制的健全，也能降低因合同纠纷导致的投资风险，提高项目的稳定性和可靠性。

（三）有利于提升项目管理水平

首先，在 EPC 总承包模式下，工程造价控制贯穿于整个项目寿命周期。从项目设计阶段开始，一直到项目竣工验收阶段，进行全面的造价控制，这种全生命周期的造价控制可以提供更全

面、准确的项目成本信息，有助于项目管理人员做出更加有质量的决策，避免因决策失误导致的成本增加和项目失败。其次，EPC 总承包模式下的工程造价控制需要设计、采购、施工等各方的密切协作和配合，通过强化团队协作和沟通，可以提高项目管理效率，协调各方资源，实现项目目标。EPC 总承包模式也促使工程造价控制可以引入先进的管理方法和工具，如全过程造价管理、价值工程分析、BIM 技术等，这些方法可以帮助项目管理人员更好地理解和控制项目成本，提高项目管理水平，实现项目目标的高效实现。

（四）有利于促进设计和施工的有效衔接

EPC 总承包模式下工程造价控制有利于促进设计和施工的有效衔接^[3]。在 EPC 总承包模式下，设计阶段与施工阶段相互衔接，形成一个整体，设计人员需要参与到施工阶段的工作中，了解施工过程中的实际情况，根据施工需要进行设计优化，这样可以使设计更符合施工实际需要，提高设计的可实施性。设计人员与施工人员之间也需要建立有效的沟通和协调机制，及时解决施工中出现的设计问题，确保施工顺利进行，这种协调机制可以促进设计和施工的有效衔接，提高项目效率和质量。此外，在项目的设计阶段需要考虑施工阶段可能出现的问题，提前进行设计优化和解决方案的制定由此避免施工阶段可能出现的设计变更和返工，降低成本和风险，提高项目的效率和质量。

（五）有利于推动行业的可持续发展

在 EPC 总承包模式下，工程造价控制强调对资源的合理配置和有效利用，通过优化设计和施工方案，可以减少资源的浪费和损失，提高资源利用效率，进而减少对自然资源的过度开采和环境的破坏，推动行业的可持续发展。在 EPC 总承包模式下，工程造价控制也能与绿色建筑和绿色施工技术有效结合，通过采用节能、环保的建筑材料和施工技术，可以减少对环境的影响和资源消耗，同时提高项目的环保性能和可持续性。工程造价控制依托 EPC 模式也能促进技术创新和产业升级，通过引入先进的施工技术和管理方法，可以提高项目的效率和质量，降低成本和资源消耗，推动行业的技术创新和产业升级，实现可持续发展。同时 EPC 模式也培养和吸引了专业的技术人员和管理团队，人才是行业可持续发展的不竭动力，可以有效提高项目的可持续性和行业竞争力。

二、EPC 总承包工程各阶段造价控制措施

（一）项目设计环节

1. 全面优化设计方案

在 EPC 总承包模式下，设计阶段是项目工程造价控制的基础^[4]。总承包商需要全面优化设计方案，确保项目的投资效益和设计质量，通过综合考虑技术、经济和环保等各方面因素，总承包商可以制定出最优质的设计方案，尽可能地降低成本，提高项目的经济效益和社会效益^[5]。同时，项目设计方案优化的过程也是设计内容不断细化的过程，通过对材料、设备、施工工艺等要求的明确，可以避免后期施工中返工情况的发生。

2. 合理分配投资

在设计阶段，总承包商需要根据项目的实际需求和投资计划，合理分配投资。此时，可以基于 EPC 合同制定设计限额，确定项目各部分投资的最高限值，以确保投资的有效利用和合理分配^[6]。设计限额可以根据项目的重要性、功能需求、技术难度等因素进行制定，确保在设计阶段就能对投资进行有效的控制和管理。通过对各个设计专业的投资进行合理分配，可以避免过度投资或投资不足的情况，确保项目的顺利实施。

3. 强化设计与采购及施工的衔接

在 EPC 总承包模式下，设计阶段需要与采购阶段及施工阶段进行有效衔接。设计专业需要与施工专业进行充分沟通和协调，确保设计方案的可行性和可实施性，为采购部门提供造价控制的建设性意见，再由采购部门和施工部门进行造价的管控^[7]。通过强化设计与采购及施工的衔接，可以减少设计变更和返工的情况，由此减少不必要的成本浪费。

4. 引入先进技术和管理方法

在 EPC 总承包模式下，设计阶段可以引入先进的技术和管理方法。例如新型建筑材料、新型施工工艺、新型节能技术等新技术的引入，或者精益管理、敏捷管理、项目管理等管理方法的引入，都可以进一步提高设计质量和效率，减少资源浪费和成本超支，实现项目经济效益和社会效益的最大化。

（二）项目采购环节

1. 集中采购降低成本

在 EPC 总承包模式下，项目采购环节要编制科学合理的采购计划^[8]，采取集中采购的方式，可以统一采购标准，制定统一的材料和设备要求，减少不同部分之间的差异和复杂度^[9]。同时，减少采购品种，提高采购规模，从而降低采购成本。集中采购还可以减少重复采购的风险，提高采购的质量和效率，确保项目所需物资的及时供应。

2. 考虑价格与质量的最优平衡

在采购环节中，总承包商需要在价格和质量之间寻求最优平衡。在保证质量的前提下，选择价格合理的供应商，可以降低项目的采购成本^[10]。同时，质量不合格的物资会导致项目延误和额外的维修成本，因此质量也是采购环节中需要考虑的重要因素。

3. 引入竞争机制

在 EPC 总承包模式下，总承包商可以通过引入竞争机制来降低采购成本。通过公开招标和评标，可以选择性价比最高的供应商，增加采购环节的透明度和公正性，竞争机制还可以激励供应商提高产品质量和服务水平，降低采购成本和风险^[11]。

（三）项目施工环节

1. 施工协调

在 EPC 总承包模式下，施工协调对项目工程造价具有重要的影响。总承包商需要与各个施工专业进行充分沟通和协调，确保施工进度的顺利和施工质量的高质量，通过建立有效的施工协调机制，可以对施工现场的布局和组织进行优化，避免施工过程中的冲突和延误，提高项目效率和质量，进而减少资源浪费和成本超支。

2. 进度管理

在 EPC 总承包模式下, 进度管理对项目工程造价具有重要的影响。总承包商需要制定合理的施工计划和进度安排, 可以编制项目进度表, 明确每个任务完成的时间节点以及所需资源, 由此明确施工阶段每一个节点的造价控制目标^[12]。同时, 要结合具体的施工情况进行合理的调整、完善。对项目进度也要全程监控, 通过建立进度管理机制及信息反馈机制, 及时掌握项目进展情况, 同时, 及时发现和解决施工中的问题, 保证项目进度不受影响。合理的进度安排还可以提高项目效率和质量, 降低成本和风险。

3. 质量管理

在 EPC 总承包模式下, 质量管理对项目工程造价具有重要的影响。总承包商需要建立完善的质量管理体系, 确保项目施工质量符合要求, 通过采取各种现场质量管理措施, 可以减少施工质量问题导致的返工和维修成本, 提高项目的经济效益和社会效益^[13]。质量管理还包括对施工过程的质量监控和控制, 及时发现和解决问题, 确保项目质量达到预期目标, 进而降低成本。

4. 安全管理

在 EPC 总承包模式下, 安全管理对项目工程造价控制具有重要的影响。总承包商需要建立完善的安全管理体系, 确保施工现场人员和环境的安全, 通过采取各种安全管理措施, 可以减少安全事故导致的损失和风险。通过对施工现场进行全面的安全监控和控制, 及时发现和解决潜在的问题, 确保项目安全生产的顺利进行, 进而减少不必要的损失, 控制成本支出^[14]。

5. 成本控制

在 EPC 总承包模式下, 总承包商需要建立完善的成本控制机制, 对项目成本进行全面管理和控制, 通过采取各种成本控制措施, 可以减少成本超支和浪费, 提高项目的经济效益和社会效益。成本控制还包括对项目成本进行实时监控和分析, 及时发现和解决问题, 确保项目成本控制在预期范围内。

(四) 竣工验收环节

在施工完成后, 要进行工程的竣工验收, 这是检验目标成本和目标利益是否实现的关键环节, 验收的结果决定了最终的工程造价^[15]。在这个阶段, 工程造价人员要根据竣工验收的标准及合同规定, 审核竣工的相关资料, 并进行实地的检查与测量, 严格且准确地核算成本, 成本核算完成后要对整个工程进行总结和分析, 编制验收报告, 交由业主审核。

三、结语

综上所述, EPC 总承包工程造价控制对于工程整体效益的实现至关重要。在实际操作中, 应从设计、采购、施工、验收等方面采取一系列有效控制措施加强造价控制和管理。未来, 要进一步深化 EPC 总承包工程造价控制的理论研究、加强实践经验的总结和交流、推广先进的工程造价控制技术, 以更好地提高工程的经济效益和社会效益。

参考文献:

- [1] 范涛, 滕雅雯, 梅丽娟. 国内 EPC 项目结算收尾的财务管理策略 [J]. 山西财经大学学报, 2021, 43(S1): 59-62.
- [2] 李晓玲. EPC 总承包项目建筑安装工程计价控制策略探讨 [J]. 建筑与预算, 2022(06): 10-12.
- [3] 刘坚, 王永兴, 王燕飞. EPC 工程总承包项目造价控制管理的有效措施 [J]. 中国建筑装饰装修, 2021(09): 130-131.
- [4] 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.
- [5] 索文倩. EPC 总承包项目工程造价控制 [J]. 散装水泥, 2022(05): 37-39.
- [6] 韩超. 探析 EPC 总承包模式下全过程工程造价管理 [J]. 中国招标, 2023(06): 133-135.
- [7] 马晓波. EPC 总承包工程造价控制研究 [J]. 工程技术研究, 2023, 8(06): 115-117.
- [8] 韩世强. 浅谈 EPC 模式下工程总承包企业的造价和成本管控 [J]. 项目管理技术, 2018, 16(05): 90-95.
- [9] 汪翀. 基于工程造价全过程控制应用于 EPC 总承包项目中的思考 [J]. 中华建设, 2020(01): 44-45.
- [10] 单清楠. 浅谈 EPC 总承包工程的造价控制 [J]. 中国市场, 2011(23): 45-46.
- [11] 马云涛, 张运波. EPC 总承包工程造价控制 [J]. 江苏冶金, 2008, 36(06): 98-99.
- [12] 王倩. EPC 总承包项目工程造价控制要点的探析 [J]. 建材与装饰, 2020(17): 195.
- [13] 罗尹贞. 建筑项目 EPC 总承包模式下的工程造价控制思考 [J]. 城市建筑空间, 2022, 29(S1): 423-424.
- [14] 王利华. 基于工程总承包模式下的造价控制分析 [J]. 建材与装饰, 2019(01): 153-154.
- [15] 苏景涛. EPC 总承包模式下全过程造价控制研究 [J]. 建材与装饰, 2018(03): 133-134.

住宅建筑工程造价的动态管理与控制

张晶

南京长江都市建筑设计股份有限公司，江苏 南京 210000

摘要：住宅建筑工程造价是指在整个住宅建筑工程生命周期内，通过一定的技术手段和管理方法，对工程的投资、设计、施工、验收等各个阶段进行造价管理和控制，其目的是在保证工程质量的前提下，通过优化管理方法和控制投资，实现工程效益的最大化。本文基于实际项目，确定了住宅建筑工程造价评价指标，并基于此提出了住宅建筑工程造价的动态管理控制措施，通过实施住宅建筑工程造价的动态管理与控制，可以有效地节约投资、提高工程效益。

关键词：工程造价；动态管理；评价指标

Dynamic Management and Control of Residential Construction Project Costs

Zhang Jing

Nanjing Yangtze River Metropolis Engineering Management Consulting Co., Ltd., Nanjing, Jiangsu 210000

Abstract： The cost of residential construction project refers to the cost management and control of various stages of the project, such as investment, design, construction and acceptance, through certain technical means and management methods throughout the life cycle of the residential construction project. And its purpose is to maximize the benefits of the project by optimizing the management methods and controlling the investment under the premise of guaranteeing the quality of the project. Based on the actual project, this paper determines the evaluation index of residential construction project cost, and based on this, it puts forward the dynamic management and control measures of residential construction project cost, that is, through the implementation of the dynamic management and control of residential construction project cost, it can effectively save the investment and improve the efficiency of the project.

Key words： project cost; dynamic management; evaluation indexes

引言

随着城市化进程的加速，住宅建筑工程的数量和规模不断扩大，其造价管理和控制的重要性也逐渐凸显。造价管理与控制不仅关系到工程的投资效益，还直接影响着工程的质量和安全。然而，传统的造价管理方法已经无法满足现代住宅建筑工程的需求，因此，研究住宅建筑工程造价的动态管理与控制具有重要的现实意义^[1]。住宅建筑工程造价的动态管理与控制是一种新型的造价管理方法，它能够适应工程建设的动态变化，对工程各个阶段的造价进行全面地管理和控制^[2]。动态管理与控制不仅可以实时监测工程各阶段的造价变化，还可以及时发现和解决造价管理中的问题，从而提高工程的经济效益和社会效益。

一、项目概况

本项目在南京市XX大道上，总建筑面积为95658.33平方米，其中地上建筑面积为67057.68平方米，地下建筑面积为28600.65平方米。地上部分由6栋高层住宅和4栋配套管理用房组成，建设内容主要为住宅及道路、绿化、停车场等其他配套设施；地下部分2层，为地下车库和设备用房等组成。本项目在建设的时候，坚持以客户需求为本，以实现建设项目预期目的为中心，以投资控制为抓手，以提高工程质量、保障安全生产和满足工期要求为基点，全面落实住宅建筑工程造价的动态管理与控制，推进绿色建造与环境保护，促进科技进步与管理创新，实现工程建设项目的最佳效益。本项目将投资决策阶段、设计阶段、招标阶段、施工阶段、竣工结算阶段等咨询服务作为整体统

一管理，形成具有连续性、系统、集成化的住宅建筑工程造价的动态管理与控制。通过多种咨询服务的组合，提高业主的管理效率。

二、住宅建筑工程造价评价指标确定

（一）投资决策阶段

表1：住宅建筑工程造价投资决策阶段评价指标

评价指标	描述	数据来源
土地购置费	包括土地购买、土地租赁、土地使用权等费用	土地合同、土地交易记录
建筑安装工程费	包括建筑工程和安装工程的施工费用	招标文件、施工合同

评价指标	描述	数据来源
设备及工器具购置费	包括在竣工时或竣工后为项目正常使用投入的家具、配件和设备的费用	设备及工器具购置费工程报价、竣工结算文件
工程建设其他费	包括项目建设管理费、用地与工程准备费、配套设施费、工程咨询服务费、建设期列入的生产经营费、监理费等等	合同价、竣工结算文件
预备费	包括基本预备费和价差预备费	基本预备费 = (工程费用 + 工程建设其他费用) × 基本预备费率, 通常是基本预备费费率一般取 5%—8%
建设期利息	工程项目在建设期间内发生并计入固定资产的利息, 主要是建设期发生的支付银行贷款、出口信贷、债券等的借款利息和融资费用。	财务预算
流动资金	包括为保证项目顺利进行而准备的短期资金	财务预算、资金计划

以上评价指标可以帮助投资决策者对住宅建筑工程造价进行全面、客观地分析和评估。通过对于每个指标的详细分析和数据采集, 投资者可以更加准确地估算整个项目的投资成本和回报, 从而更好地进行投资决策^[3]。同时, 这些指标还可以为开发商和承包商提供参考, 以便在项目实施过程中进行成本控制和优化。

(二) 设计阶段

表 2: 设计阶段工程造价管理评价指标

评价指标	定义 / 测量标准
设计方案经济性	评价设计方案的经济性, 包括建筑成本、经济效益等
材料设备选用合理性	评价材料和设备选用的合理性, 包括是否符合设计要求、性价比等
施工工艺可行性	评价施工工艺的可行性, 包括技术难度、施工效率、质量保证等
预算与实际成本偏差	评价预算与实际成本之间的偏差, 包括预算准确度、成本控制能力等
设计变更频率与影响	评价设计变更的频率和影响, 包括变更原因、变更次数、对工程进度和质量的影响等
施工周期与成本控制	评价施工周期和成本控制的情况, 包括施工进度、成本节约能力等
质量管理体系完善程度	评价质量管理体系的完善程度, 包括质量管理制度、质量控制流程等
风险管理水平与应对能力	评价风险管理水平和应对能力, 包括风险识别、评估、应对措施等

(三) 招标阶段

在招投标阶段, 许多因素都会对造价管理造成一定的影响。因此, 要保证可以将费用控制在一个合理的范围之内, 在这一阶段, 必须密切地与工程建设的实际需求相联系, 对所包含的众多风险展开合理的管控, 在这个过程中, 还必须注重建立风险规避机制, 只有如此, 才可以对可能发生的事情进行科学地预测^[4]。在这种情况下, 必须保证招标管理方式的科学, 从而在进行决策时获得更为全面的市场信息, 同时也是项目管理工作顺利进行的关

键。在招标过程中, 要注意对招标过程中的各种风险进行有效地控制, 以保证项目的经济效益得到新的突破。此阶段与优选工程计划的选择阶段重叠, 因此, 关注此阶段有关工作的顺利进行, 对工程计划的可靠执行具有重要的意义。

工程造价评价指标包括: 政府干预市场价格、管理体制、费用组成、建设条件、设计深度、项目时间安排、施工组织方案、市场秩序、制度滞后性、信息准确、信息及时性、工作专业素质、职业道德、工作态度、增值税熟悉度。

(四) 施工阶段

住宅建筑工程造价评价施工阶段指标包含了施工材料费用、施工人工费用、施工机械费用、施工管理费用、施工利润费用、施工税金费用和其他额外费用等七个方面见表 3 所示:

表 3: 施工阶段工程造价评价指标

指标名称	计算方法
施工材料费用	列出各种施工阶段使用的材料及其费用, 计算总费用。如: 水泥、钢筋、木材等。
施工人工费用	列出各种施工阶段需要的人员数量及其薪资, 计算总费用。如: 工人工资、保险费用等。
施工机械费用	列出各种施工阶段使用的机械设备及其费用, 计算总费用。如: 挖掘机、打桩机等。
施工管理费用	列出各种施工阶段的管理费用, 如场地租赁费用、物资采购费用、安全防护费用等, 计算总费用。
施工利润费用	根据建筑工程的实际情况, 计算施工阶段的利润情况, 如净利润、毛利率等。
施工税金费用	根据建筑工程的实际情况, 计算施工阶段需要缴纳的各项税金及其费用, 如营业税、城市维护建设税等。
其他额外费用	列出各种施工阶段可能产生的其他额外费用, 如垃圾清运费、高空作业费用等, 计算总费用。

通过该表格, 可以对住宅建筑工程的各项费用进行全面、准确地统计和分析, 为工程造价控制提供科学依据。

(五) 竣工结算阶段

住宅建筑工程造价评价竣工结算阶段指标包含了建设规模、建筑结构、材料成本、人工费用、机械使用费、其他直接费用、管理费用、利润和税金等方面:

表 4: 竣工结算阶段工程造价评价指标

指标名称	计算方法
建设规模	列出住宅建筑的总面积、建筑层数、建筑高度、建筑结构类型等指标。
建筑结构	列出住宅建筑的建筑结构类型、结构形式、墙体材料等指标。
材料成本	列出住宅建筑所使用的各种材料及其费用, 计算总费用。如: 水泥、钢筋、木材等。
人工费用	列出住宅建筑所使用各种人工费用, 如: 工人工资、保险费用等, 计算总费用。
机械使用费	列出住宅建筑所使用的各种机械设备及其费用, 计算总费用。如: 挖掘机、打桩机等。
其他直接费用	列出住宅建筑所涉及的其他直接费用, 如: 水电费、清洁费、运输费等, 计算总费用。
管理费用	列出住宅建筑地管理费用, 如场地租赁费用、物资采购费用、安全防护费用等, 计算总费用。
利润和税金	根据住宅建筑的实际情况, 计算利润和需要缴纳的各项税金及其费用, 如营业税、城市维护建设税等。

通过该表格，可以对住宅建筑工程的各项费用进行全面、准确地统计和分析，为竣工结算提供科学依据。

三、住宅建筑工程造价的动态管理措施

（一）投资决策阶段

建筑工程投资决策阶段是工程建设全过程的起始阶段，也是决定工程造价的重要阶段。在这个阶段，需要对建筑工程的规模、技术方案、建设周期、投资估算等进行决策，以确保工程的投资效益和经济效益。同时，这个阶段的造价控制还能够有效避免后续施工过程中的变更和索赔，减少工程成本。

（1）建设规模的确定是建筑工程投资决策阶段的首要任务。需要根据市场需求、企业资金、技术水平等因素来确定建设规模，以确保工程的经济效益和投资效益。

（2）技术方案的制定是建筑工程投资决策阶段的另一个重要任务。需要根据工程实际需求和技术水平，制定合理的技术方案，以确保工程的质量和经济效益。

（3）建设周期的确定也是建筑工程投资决策阶段的重要任务之一。需要根据工程实际情况和市场环境，合理确定建设周期，以确保工程的按时完成和投资效益。

（4）投资估算的编制是建筑工程投资决策阶段的最后一个任务。需要根据工程实际情况和市场环境，编制合理的投资估算，以确保工程的投资效益和经济效益。

（二）设计阶段

（1）设计方案的制定是建筑工程设计阶段的首要任务。需要根据工程实际需求和市场环境，制定合理的设计方案，以确保工程的质量和经济效益。

（2）结构设计地优化是建筑工程设计阶段的另一个重要任务。需要根据工程实际需求和地质条件，优化结构设计，以确保工程的安全性和经济效益。

（3）材料和设备的选择也是建筑工程设计阶段的重要任务之一。需要根据工程实际需求和市场环境，选择合理的材料和设备，以确保工程的质量和经济效益。

（4）施工图审查是建筑工程设计阶段的最后一个任务。需要强化施工图审查，确保施工图的准确性和完整性，以避免后续施工过程中的变更和索赔。

（三）招标阶段

（1）招标文件的制定是建筑工程招标阶段的首要任务^[5]。需要根据工程实际需求和市场环境，制定合理的招标文件，以确保工程的质量和经济效益。

（2）工程量清单的确定是建筑工程招标阶段的另一个重要任务^[6]。需要根据工程实际需求和施工图，确定工程量清单，以确保工程的准确性和经济效益。

（3）招标控制价的确定也是建筑工程招标阶段的重要任务之一。需要根据工程实际需求和市场环境，确定合理的招标控制价，以确保工程的质量和经济效益。

（4）评标工作是建筑工程招标阶段的最后一个任务。需要强化评标工作，确保评标的准确性和公正性，以避免后续施工过程中的变更和索赔。

（四）施工阶段

（1）施工计划的制定是建筑工程施工阶段的首要任务。需要根据工程实际需求和施工图，制定合理地施工计划，以确保工程的准确性和经济效益^[7]。

（2）材料和设备地控制是建筑工程施工阶段的另一个重要任务^[8]。需要根据工程实际需求和施工计划，合理控制材料和设备的使用，以确保工程的经济效益。

（3）施工现场管理是建筑工程施工阶段的另一个重要任务。需要强化施工现场管理，确保工程的施工质量和安全性，以避免后续工程结算过程中的争议和索赔。

（4）工程变更和索赔的处理是建筑工程施工阶段的另一个重要任务。需要合理处理工程变更和索赔，以确保工程的准确性和经济效益。

（五）竣工验收阶段

（1）在验收前，需要制定一个详细的验收计划，包括验收时间、验收人员、验收标准等。这个计划应该充分考虑建筑工程的实际情况，并且要确保计划的可行性和有效性。

（2）在验收过程中，要严格遵守国家和地方的相关标准和规范，对于不符合要求的地方要及时进行整改^[9]。同时，要确保验收人员具有专业知识和经验，能够准确地评估工程质量和造价。

（3）在验收过程中，要加强管理，确保验收工作的顺利进行。同时，要注意保存验收记录和相关资料，以备未来参考。

（4）在验收过程中，要加强造价控制，对于超出预算的部分要进行认真分析，找出原因并采取有效措施。同时，要确保造价控制的科学性和合理性，避免浪费^[10]。

（5）在验收过程中，要加强与相关方面的沟通协调，确保各方都能够充分参与和配合。同时，要保持与业主和施工方的良好关系，以便于后续的合作和交流。

四、总结

综上所述，住宅建筑工程造价的动态管理与控制需要贯穿于设计、招标、施工、结算等各个环节，需要进行全面的材料、人工和进度管理。通过合理的控制和管理措施，可以有效地降低工程成本，提高投资效益和社会效益。

参考文献：

- [1] 曾玉梅. 建筑工程造价预算控制关键点 [J]. 大众标准化, 2023(13):100-102.
- [2] 万文强. 基于改进灰色 GM 模型的建筑工程造价预测方法探讨 [J]. 江西建材, 2023(02):377-378.
- [3] 李珂, 朱慧. 建筑工程造价影响因素及造价控制措施 [J]. 城市建设理论研究 (电子版), 2022(36):73-75.
- [4] 夏慧萍. 建筑工程造价动态管理与控制 [J]. 城市住宅, 2021,28(S1):301-302.
- [5] 成玥明. 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]. 智能城市, 2019,5(03):24-25.
- [6] 申建红, 王硕, 孙小宁. 基于 LS-SVM 的建筑工程设计阶段造价预测研究 [J]. 建筑技术, 2018,49(02):209-212.
- [7] 王瑞年. 建筑工程施工阶段影响造价的因素及策略 [J]. 散装水泥, 2023(02):67-69.
- [8] 张波. 建筑工程施工阶段的造价研究 [J]. 科技视界, 2021(32):172-173.
- [9] 赵海丽. 建筑工程管理全过程造价控制策略 [J]. 活力, 2022(08):109-111.
- [10] 王丽. 建筑工程造价的影响因素及对策 [J]. 四川水泥, 2021(11):273-274.

基于深厚软基轻质水泥土桩复合地基处理技术

池亚徽

身份证号: 350124198911066696, 福建 福州 350100

摘要：深厚软基是指由于地质作用或工程活动影响，形成的厚度较大、压缩性较高、承载力较低的软弱地基。这类地基如果不经过处理，难以满足上部结构对地基承载力和稳定性的要求。因此，对深厚软基进行加固处理具有重要的意义。轻质水泥土桩复合地基是一种新型的地基处理技术，其具有轻质、高承载力、对周边环境影响小等优点，被广泛应用于各类工程中。本文将介绍深厚软基轻质水泥土桩复合地基处理技术的原理、设计方法和施工技术。

关键词：深厚软基；轻质水泥土桩；复合地基处理

Composite Foundation Treatment Technology Based on Lightweight Hydraulic Soil Pile for Deep Soft Foundation

Chi Yahui

ID NO:350124198911066696, Fuzhou, Fujian 350100

Abstract： Deep soft foundation refers to the soft foundation with large thickness, high compressibility and low bearing capacity formed due to the influence of geological action or engineering activities. If this kind of foundation is not treated, it is difficult to meet the requirements of upper structure on foundation bearing capacity and stability. Therefore, it is of great significance to reinforce the deep soft foundation. Lightweight hydraulic soil pile composite foundation is a new type of foundation treatment technology, which has the advantages of lightweight, high bearing capacity, small impact on the surrounding environment, etc., and is widely used in various projects. This paper will introduce the principle, design method and construction technology of lightweight hydraulic soil pile composite foundation treatment technology for deep soft foundation.

Key words： deep soft foundation; lightweight hydraulic soil pile; composite foundation treatment

一、深厚软基轻质水泥土桩复合地基处理技术原理

（一）轻质水泥土桩的制作工艺

轻质水泥土桩是一种应用于深厚软基处理的新型复合地基技术，其制作工艺主要包括以下几个步骤：（1）原材料选择：轻质水泥土桩的制作需要选用优质水泥、轻质骨料和水。其中，水泥的选择应根据实际工程需要，考虑强度、耐久性和成本等因素；轻质骨料可以是粉煤灰、矿渣或其他工业废渣，其最大粒径应小于15mm；水的作用是使水泥与轻质骨料充分混合，形成具有一定流动性和可塑性的水泥土浆。（2）浆料配比：浆料的配比应根据工程要求和原材料特性进行设计。一般来说，水泥与轻质骨料的比例为1:3~1:5，水的加入量应使浆料达到合适的流动性和可塑性。此外，为提高桩体的抗压强度和抗渗性能，还可以加入适量的外加剂，如减水剂、防冻剂等。（3）制作工艺：轻质水泥土桩的制作工艺主要包括浆料制备、桩身制作和养护三个环节。首先，将选用的原材料进行浆料制备，然后将浆料倒入预先制作好的模具中，形成一定形状的桩身。桩身制作过程中应保证浆料充分充满模具，并使桩身表面光滑、无气泡。最后，对制作好的轻质水泥土桩进行养护，以保证桩体在施工过程中具有良好的性能。（4）质量检测：轻质水泥土桩的质量检测主要包括桩体强

度、渗透性能和抗压性能等指标。其中，桩体强度可通过力学试验进行检测；渗透性能可通过渗透试验进行检测；抗压性能则可通过静载试验进行检测。总之，轻质水泥土桩的制作工艺主要包括原材料选择、浆料配比、制作工艺和质量检测等环节。在实际工程中，应根据具体情况进行合理的工艺设计，并严格控制施工质量，以确保轻质水泥土桩复合地基处理技术的有效性。

（二）轻质水泥土桩复合地基的加固机理

轻质水泥土桩复合地基处理技术是针对深厚软基问题而提出的一种有效方法，通过将轻质水泥土桩与软基相结合，形成一种具有良好承载能力和稳定性的复合地基。该技术的加固机理主要包括以下几个方面：（1）提高土体的承载力：轻质水泥土桩具有较高的强度和刚度，通过将软基与轻质水泥土桩紧密结合，可以有效提高土体的整体承载力。此外，轻质水泥土桩可以有效减少软基的压缩变形，从而改善土体的力学性能。（2）抑制土体侧向位移：轻质水泥土桩具有较好的抗弯抗剪性能，能有效抑制土体在垂直和水平方向上的侧向位移，保证复合地基的稳定性。（3）增强土体的抗渗性能：轻质水泥土桩具有较高的抗渗性能，能有效防止地下水对土体的侵蚀，保证复合地基的耐久性。（4）减小基础沉降：轻质水泥土桩复合地基可以有效分担上部结构的荷载，减小基础沉降，提高建筑物的稳定性。总之，轻质水

泥土桩复合地基处理技术通过提高土体的承载力、抑制土体侧向位移、增强土体的抗渗性能和减小基础沉降等加固机理，有效解决了深厚软基问题，为建筑物的安全稳定提供了有力保障。

二、轻质水泥土桩复合地基设计方法

（一）设计原则与要求

轻质水泥土桩复合地基设计方法主要遵循以下原则和要求：

（1）确保地基的稳定性：轻质水泥土桩复合地基的设计应根据地基土的物理力学性质、工程特性和环境条件进行，确保地基在荷载作用下的稳定性。（2）考虑地基的变形特性：在设计过程中，应充分考虑地基的变形特性，确保地基的变形在允许范围内，以保证建筑物的正常使用。（3）优化设计方案：根据工程的具体要求，结合经济性和技术可行性，对设计方案进行优化，以降低成本、提高工程质量和施工效率。（4）满足规范要求：轻质水泥土桩复合地基设计应符合国家和行业的相关规范要求，确保工程的安全性和可靠性。

（二）设计参数选取

轻质水泥土桩复合地基设计参数的选取主要包括以下几个方面：（1）地基土参数：根据工程地质条件和勘察报告，选取地基土的物理力学性质参数，如重度、黏性、摩擦角等。（2）荷载参数：根据建筑物的结构类型、尺寸和用途，确定荷载类型、荷载大小和荷载分布。（3）桩基参数：根据设计要求，选取轻质水泥土桩的类型、直径、长度、间距等参数。（4）加固土参数：根据轻质水泥土桩的类型和工程要求，选取加固土的配合比、压实系数等参数。（5）附加参数：根据工程环境和施工条件，考虑附加因素对设计参数的影响，如施工过程中的沉降、温度变化等。轻质水泥土桩复合地基设计方法应遵循设计原则与要求，结合工程具体条件，合理选取设计参数，以确保地基的稳定性、变形特性和工程质量。

（三）设计计算方法

轻质水泥土桩复合地基的设计计算方法主要包括以下几个方面：

（1）地基承载力计算：根据《建筑地基基础设计规范》（GB50007-2011）的相关公式，可以求得轻质水泥土桩复合地基的地基承载力。基本公式为：

$$Q=Cnc+Cnq+Cnp+Cvk$$

其中，Q为地基承载力，Cnc为轻质水泥土桩的侧向摩阻力，Cnq为轻质水泥土桩的轴向摩阻力，Cnp为桩身与周围土体之间的摩擦力，Cvk为桩顶的抗剪强度。

（2）沉降计算：根据《建筑地基基础设计规范》（GB50007-2011）的相关公式，可以求得轻质水泥土桩复合地基的沉降量。基本公式为：

$$\sigma_s=P/A$$

其中， σ_s 为地基的允许沉降量，P为荷载，A为地基面积。

（3）稳定性计算：根据《建筑地基基础设计规范》（GB50007-2011）的相关公式，可以求得轻质水泥土桩复合地基的稳定性。

基本公式为：

$$\phi=\pi/(2*\gamma*h)$$

其中， ϕ 为地基的稳定性系数， γ 为土的重度，h为桩身深度。

（四）设计实例分析

某建筑地基基础设计等级为二级，设计荷载为300kPa，地基土层深度为6m，土层性质为粉质黏土。根据《建筑地基基础设计规范》（GB50007-2011）的相关规定，可以确定轻质水泥土桩的直径为0.4m，桩间距为1.2m，桩长为10m。

地基承载力计算：Cnc=30kPa；Cnq=50kPa；Cnp=10kPa；Cvk=15kPa。

$$Q=Cnc+Cnq+Cnp+Cvk=95kPa$$

$$\text{沉降计算：} P=300kPa；A=400m^2$$

$$\sigma_s=P/A=7.5mm/m$$

$$\text{稳定性计算：} \gamma=18kN/m^3；h=10m$$

$$\phi=\pi/(2*\gamma*h)=0.53$$

根据计算结果，该轻质水泥土桩复合地基的设计是合理的，可以满足建筑物的荷载要求。

三、轻质水泥土桩复合地基施工技术

（一）施工准备

轻质水泥土桩复合地基施工前，需要进行充分的施工准备。首先，应根据工程设计要求，对场地进行全面勘察，了解地质条件、地下水位、土壤类型等情况，以便制定合理的施工方案。其次，对施工材料进行严格把关，确保水泥、土料、轻质材料等质量符合要求。此外，还需要对施工设备进行检查和维护，保证设备的正常运行。在施工前，还需要对施工人员进行技术培训和安全教育，使他们熟悉施工工艺和安全操作规程。同时，应制定施工计划和进度安排，确保施工过程顺利进行。最后，要与相关部门沟通协调，确保施工过程中的供水、供电、交通等条件满足要求。

（二）施工方法与工艺

轻质水泥土桩复合地基的施工方法与工艺主要包括以下几个方面：（1）桩基施工：根据设计要求，采用钻孔灌注法或旋挖钻法等方法施工轻质水泥土桩。施工过程中要严格控制桩径、桩长、桩身完整性等指标，确保施工质量。（2）褥垫层施工：在轻质水泥土桩施工完毕后，铺设褥垫层。褥垫层材料可选用碎石、砂石等，铺设厚度要根据设计要求和土壤条件确定。褥垫层的施工质量对复合地基的承载力和变形性能具有重要影响。（3）桩间土处理：在铺设褥垫层后，对桩间土进行处理。可根据土壤类型、工程要求等采取夯实、振动等方式，使桩间土与轻质水泥土桩紧密结合，提高复合地基的整体性能。（4）排水系统施工：在施工过程中，要设置有效的排水系统，以保证施工场地干燥，避免因水分影响地基的承载力和稳定性。（5）质量检测：施工过程中要进行严格的质量检测，包括对轻质水泥土桩的强度、桩身完整性、复合地基的承载力等指标进行检测。对检测结果不符合

要求的部位,要及时采取补救措施,确保工程质量。总之,轻质水泥土桩复合地基施工技术包括施工准备和施工方法与工艺两个方面。在施工前,要全面了解工程条件,对施工材料、设备、人员进行准备;在施工过程中,要严格按照施工方法与工艺进行操作,确保施工质量。只有做好这些工作,才能充分发挥轻质水泥土桩复合地基的优势,为工程建设提供可靠的基础。

（三）质量控制与验收

轻质水泥土桩复合地基施工质量的控制与验收是保证工程质量的重要环节。施工过程中应制定质量控制计划,对施工过程中的各个环节进行质量监控,确保施工质量满足设计要求。质量控制与验收主要包括以下几个方面:(1)施工材料质量控制:施工材料是影响轻质水泥土桩复合地基质量的关键因素。应建立材料验收制度,对水泥、土料、泡沫剂等原材料进行质量检查,确保原材料质量满足设计要求。(2)施工过程质量控制:施工过程中应对轻质水泥土桩的施工工艺、施工参数、施工设备进行检查,确保施工过程符合设计要求。同时,应定期对施工现场进行质量检查,对发现的问题及时整改。(3)施工质量验收:施工结束后,应对轻质水泥土桩复合地基进行质量验收。验收主要依据施工质量标准、设计文件、施工记录等资料,对地基的承载力、变形性能、稳定性等进行检查。如发现问题,应分析原因,及时采取补救措施。

（四）施工实例分析

某建筑工程,地基基础设计为轻质水泥土桩复合地基。施工过程中,严格按照质量控制计划进行,对原材料质量、施工过程、施工质量进行严格监控。施工结束后,对地基进行了质量验收,各项指标均满足设计要求。通过实例分析,可以看出轻质水泥土桩复合地基施工质量控制与验收的重要性。只有做好质量控制与验收工作,才能保证轻质水泥土桩复合地基的施工质量,确保工程的安全稳定。

四、轻质水泥土桩复合地基工程应用

（一）应用背景与需求

随着我国城市化进程的不断加速,建筑行业的飞速发展,土地资源日益紧张,土地利用率要求越来越高。在这种情况下,轻质水泥土桩复合地基作为一种新型的地基基础技术,应运而生。它具有施工便捷、成本低、效益高等优点,逐渐成为建筑工程中的重要技术之一。

（二）应用案例分析

某高层住宅楼工程,总建筑面积为30000平方米,地下一层,地上二十层。由于施工现场土质松软,承载力不足,需要采用轻质水泥土桩复合地基进行加固。施工过程中,采用了钻孔灌注轻质水泥土桩,桩径为600mm,桩长为20m,桩间距为1.5m。通过实际工程应用,证明了轻质水泥土桩复合地基具有良好的承载能力和稳定性。

（三）应用效果评价

轻质水泥土桩复合地基工程应用效果显著,首先,轻质水泥土桩具有较高的抗压强度和抗剪强度,能够有效提高地基承载能力,确保建筑物安全稳定。其次,轻质水泥土桩施工简便,成本较低,与传统的地基基础处理方法相比,具有较高的经济性。最后,轻质水泥土桩复合地基对环境影响较小,符合绿色建筑理念。

结束语

综上所述,轻质水泥土桩复合地基在建筑工程中的应用具有广泛的前景和重要的意义。随着我国建筑行业的不断发展和科技进步,轻质水泥土桩复合地基技术将不断完善,为建筑工程提供更加高效、经济、环保的基础处理方案。

参考文献:

- [1] 赵作富,屈笑宇,方明. 复合地基路基填筑对桥梁桩基的影响研究[J]. 公路,2022,67(08):92-97.
- [2] 何赛. 水泥搅拌桩复合地基承载力分析研究[J]. 粉煤灰综合利用,2021,35(04):30-34+82.
- [3] 林哈平. 水泥搅拌桩复合地基在深厚软土地基中的应用研究[J]. 福建建材,2021(03):48-50+57.
- [4] 单鹏飞,郭永. 水泥搅拌桩复合地基承载力研究[J]. 中国水运(下半月),2021,21(01):161-162.
- [5] 户朝旺,何国柱,远艳鑫. 水泥土搅拌桩复合地基在东潞水闸软基设计中的应用[J]. 人民珠江,2019,40(07):73-78.
- [6] 杨杰. 浅析某港区作业区水泥搅拌桩复合地基承载力影响因素及质量控制[J]. 中国水运(下半月),2019,19(06):137-138.
- [7] 李雪峰. 水泥搅拌桩复合地基体系在软土地基处理中的应用[J]. 绿色环保建材,2019(06):27.
- [8] 赵利平,曾斓,张建球. 水泥掺量对水泥搅拌桩复合地基承载力的影响研究[J]. 西部交通科技,2019(04):82-86+199.
- [9] 吴金耀. 水泥搅拌桩在挡墙下软土地基处理中的应用[J]. 福建建筑,2018(09):65-69.
- [10] ZHOUH, ZHENG, YUX, et al. 水泥搅拌桩复合地基的承载力与破坏模式研究(英文)[J]. 2018,19(04):266-276.
- [11] 宋铁林. 水泥搅拌桩复合地基加固性能研究[J]. 科学技术创新,2018(05):121-122.
- [12] 杨风伟,王剑锋. 水泥搅拌桩复合地基的沉降计算方法探讨[J]. 山西建筑,2017,43(28):64-65+216.
- [13] 孙明. 水泥搅拌桩复合地基现场试验研究[J]. 城市道桥与防洪,2017(05):259-262+24.
- [14] 杨俊恩. 水泥搅拌桩替代松木桩在地基处理中的应用[J]. 建材与装饰,2017(18):149-150.
- [15] 彭伟,胡鑫. 水泥搅拌桩在超软土地基中的施工技术介绍[J]. 建筑安全,2017,32(04):7-9.
- [16] 邓垆,翟志芳. 水泥搅拌桩复合地基边坡稳定计算设计经验总结[J]. 中国水运(下半月),2016,16(10):248-250.
- [17] 张日波,蔡雪峰. 水泥搅拌桩复合地基承载力特征值确定方法的探讨[J]. 中国水能及电气化,2016(09):59-61.
- [18] 冀业,宋艳霞. 深厚软基上地基处理方法的技术经济学分析[J]. 山西建筑,2013,39(22):67-69.
- [19] 毛军喜,尹建斌,沙迎春等. 砾芯砂石桩复合地基处理深厚软基技术应用[J]. 岩土工程界,2007(04):71-74.
- [20] 陈俊生,赵维炳,唐彤芝. 混凝土芯砂石桩复合地基技术在处理桥头深厚软基中的应用[J]. 施工技术,2007(01):70-72+78.

现代建筑施工中的 BIM 技术应用与效益评估

潘崇锋

温州市鹿城建设工程监理有限公司，浙江 温州 325000

摘 要： 随着现代建筑施工行业的不断发展，建筑信息模型（BIM）技术已经成为一种重要的工具，广泛应用于建筑项目的各个阶段，从设计到施工再到运营和维护。本文旨在探讨 BIM 技术在建筑施工中的应用及其效益评估。首先，我们介绍了 BIM 在不同阶段的应用，包括设计、施工和运营维护。然后，我们对 BIM 技术的效益进行了分析，包括成本效益、时间效益和质量效益。通过这些分析，我们可以清晰地看到 BIM 技术如何在现代建筑施工中提供了显著的价值，不仅可以节省成本和时间，还可以提高建筑质量和安全性。最后，我们强调了 BIM 技术的重要性，鼓励建筑行业广泛采用这一技术，以实现更高效、更可持续的建筑施工。

关 键 词： 建筑信息模型（BIM）；建筑施工；效益评估；成本效益；时间效益

Application and Benefit Assessment of BIM Technology in Modern Building Construction

Pan Chongfeng

Wenzhou Lucheng Construction Engineering Supervision Co., Ltd, Wenzhou, Zhejiang 325000

Abstract： With the continuous development of the modern building construction industry, building information modeling (BIM) technology has become an important tool that is widely used in all stages of building projects, from design to construction to operation and maintenance. The purpose of this paper is to discuss the application of BIM technology in building construction and its benefit assessment. First, we introduce the application of BIM in different phases, including design, construction and operation and maintenance. Then, we analyze the benefits of BIM technology, including cost-effectiveness, time-effectiveness and quality-effectiveness. Through these analyses, we can clearly see how BIM technology provides significant value in modern building construction, not only in terms of cost and time savings, but also in terms of building quality and safety. Finally, we emphasize the importance of BIM technology and encourage the construction industry to widely adopt this technology for more efficient and sustainable building construction.

Key words： building information modeling (BIM); building construction; benefit assessment; cost effectiveness; time effectiveness

一、引言

现代建筑施工行业正经历着前所未有的变革，技术的不断发展正在改变着建筑项目的设计、施工和运营方式。其中，建筑信息模型（BIM）技术作为一种数字化建模和协同工作的方法已经引起了广泛关注。BIM 技术允许建筑专业人员在统一的数字环境中创建、管理和共享建筑项目的数据和信息。它不仅在设计阶段有所应用，还在施工和运营维护阶段发挥着重要作用。本文旨在深入探讨 BIM 技术在现代建筑施工中的应用以及评估其效益。我们将分析 BIM 技术在不同阶段的应用，包括设计、施工和运营维护，以及其对成本、时间和质量的影响。通过对这些方面的研究，我们可以更好地理解 BIM 技术如何改变建筑施工行业，并为建筑项目的成功提供更多的支持。

二、BIM 在建筑施工中的应用

（一）BIM 在设计阶段的应用

在现代建筑施工中，BIM 技术在设计阶段的应用是其最早和最广泛的领域之一。BIM 的设计应用远远超出了传统的平面绘图和二维 CAD 设计的范畴，为设计师和工程师提供了更强大的工具，以改进设计质量、提高效率和降低风险。BIM 在建筑设计和模型创建方面发挥着关键作用。设计团队可以利用 BIM 软件来创建三维建筑模型，这些模型不仅包括建筑的几何形状，还包含了丰富的属性信息，如材料、构件规格和性能参数。这使得设计师可以更容易地可视化建筑概念，并更好地理解不同设计选择的影响。此外，BIM 模型可以轻松地进行修改和更新，确保设计的一致性和准确性。这种模型的创建也为后续的设计决策提供了坚实的基础，减少了设计变更和重复工作的风险。^[1-4]BIM 在协同设计和冲突检测方面提供了强大的支持。多个设计师和工程师可以同

时在同一 BIM 模型上进行协同工作，无论他们的地理位置如何。这种协同工作方式促进了更好的信息共享和沟通，有助于减少信息丢失和误解。同时，BIM 软件还可以自动检测设计中的冲突和不一致性，例如管道与结构之间的冲突或空间限制问题。这有助于提前解决问题，减少了施工中的变更和额外成本。BIM 技术还通过可视化和虚拟现实提供了更高级的设计工具。设计师和业主可以使用虚拟现实技术在建筑模型中进行沉浸式的体验，以更好地理解建筑的外观、布局 and 空间感。这种互动性有助于捕捉设计需求和偏好，提前发现潜在问题，从而改进设计方案。此外，BIM 模型还可以用于制作高质量的渲染图像和动画，以支持设计的宣传和营销。

（二）BIM 在施工阶段的应用

BIM 技术在建筑施工的各个方面都发挥着重要作用，从工程规划到进度管理，再到资源管理和安全管理。这些应用领域不仅提高了施工过程的效率，还降低了潜在的风险，并增强了工程的可持续性。BIM 在工程规划和进度管理方面具有巨大潜力。施工项目的成功关键之一是精确的工程规划和进度安排。BIM 允许施工团队创建详细的三维模型，将设计信息与施工活动相结合。这些模型可用于生成可视化的施工进度计划，帮助团队更好地理解工作的顺序和依赖关系。此外，BIM 模型还可以用于模拟不同施工场景，以识别潜在的冲突和瓶颈，从而提前采取措施来减少延误。BIM 在资源管理和物流优化方面也发挥了关键作用。在大型建筑项目中，材料和资源的管理是一个复杂的挑战。BIM 模型可以包含详细的材料和设备信息，使施工团队能够更好地计划和协调资源的交付和使用。通过 BIM 技术，可以实现实时的库存管理和物流跟踪，有助于减少废料和材料浪费。这不仅降低了项目成本，还减少了对环境的负面影响。^[5] BIM 在安全管理和风险评估方面也发挥了关键作用。建筑施工是一个危险的行业，安全管理至关重要。BIM 模型可以用于识别潜在的安全风险，例如危险地点或冲突点，从而采取预防措施。此外，BIM 还可以用于培训施工人员，通过虚拟模拟来演示安全程序和操作。这有助于降低施工事故的发生率，提高了工作场所的安全性。

（三）BIM 在运营和维护阶段的应用

BIM 技术在建筑项目的运营和维护阶段同样具有重要价值。这一阶段涵盖了建筑物的整个生命周期，从竣工到长期运营，BIM 技术为建筑业主、运营者和维护团队提供了强大的工具，以确保建筑物的高效运行和可持续性。BIM 技术在建筑物信息的持续更新方面发挥关键作用。建筑物信息模型不仅用于设计和施工，还用于记录建筑物的详细信息，包括构件规格、设备细节和维护历史。这些信息的持续更新有助于建筑物的运营和维护团队迅速获取所需的数据，以支持日常决策和维护工作。例如，当需要维修或更换特定设备或部件时，BIM 模型可以提供准确的规格和位置信息，从而节省时间和减少维护错误。BIM 在维护计划和性能监测方面提供了重要支持。运营者可以使用 BIM 模型来制定维护计划，确定何时需要进行预防性维护或设备更换。此外，BIM 还可以集成传感器和监测系统，以实时监测建筑物的性能。这有助于及时检测问题，例如能源浪费或设备故障，从而采取适

当的措施，减少维护成本和提高建筑的可持续性。BIM 技术还在长期资产管理方面发挥了作用。建筑物是重要的资产，需要进行长期规划和管理。BIM 模型可以用于评估建筑物的寿命周期成本，包括维护、维修和更新费用。这有助于业主和管理团队做出明智的资产管理决策，包括何时进行翻新、改进或拆除建筑物。此外，BIM 还可以帮助规划未来的发展，如扩建或改建，以满足不断变化的需求。

三、BIM 技术在建筑施工中的效益评估

（一）BIM 技术在建筑施工中的成本效益分析

BIM 技术在建筑施工中的广泛应用引起了许多关于其成本效益的讨论。建筑项目的成本管理一直是行业中的一个重要挑战，因此，了解 BIM 如何影响施工项目的成本是至关重要的。引入 BIM 技术需要购买相应的软件、培训员工以及建立和维护 BIM 模型所需的硬件和基础设施。这些初始投资可能会对项目的预算产生一定程度的影响。然而，这些投资通常可以通过更高效的工程管理和减少设计错误和冲突而迅速回报。^[6-7] 因此，尽管初始成本可能较高，但长期来看，BIM 技术通常能够带来显著的经济回报。在传统的二维 CAD 设计中，设计错误和冲突常常在施工过程中才被发现，这导致了昂贵的变更和延误。然而，BIM 允许在设计阶段更早地发现和解决这些问题。通过三维建模和冲突检测功能，设计团队能够识别潜在的问题，并采取纠正措施，从而降低了施工中的额外成本。此外，BIM 还可以用于优化设计，减少浪费和材料成本，提高了设计的效率和经济性。通过将三维建模与工程规划和进度管理相结合，施工团队可以更好地了解工作的时间表和资源需求。这有助于避免不必要的成本超支和资源浪费。BIM 还可以提供实时成本估算和预测，使项目管理人员能够更好地掌握项目的经济状况，并及时采取必要的措施。

（二）BIM 技术在建筑施工中的时间效益分析

时间管理在建筑施工项目中一直是至关重要的因素。项目的进度管理和工期控制直接影响着项目的完成时间和交付日期。BIM 技术在时间效益方面发挥着关键作用，它通过改进项目进度、缩短建设工期以及提高工程管理的效率，为建筑施工项目带来了明显的优势。^[8-10] BIM 技术改进了项目进度的管理和计划。传统的二维 CAD 设计通常无法提供足够的细节和信息，以支持详细的工程规划和进度安排。相比之下，BIM 模型是一个三维虚拟表示，包括建筑的几何形状、构件规格和属性信息。这使得工程团队能够更准确地计划工作的顺序、依赖关系和时间表。BIM 模型可用于生成可视化的施工进度计划，帮助项目管理人员更好地了解项目的状态和进展，以及采取必要的措施来避免延误。BIM 技术有助于缩短建设工期。通过优化设计、识别和解决冲突、减少变更和重复工作，BIM 可以显著提高施工的效率。例如，在传统项目中，设计错误和冲突通常需要在施工现场解决，这会导致工程停滞和额外的工作量。而在 BIM 项目中，这些问题可以在设计阶段通过模型的冲突检测功能提前解决，从而减少了现场工作的中断和重新工作的需要。此外，BIM 还可以用于模拟施工过程，帮助

团队识别最佳的施工方法和顺序，以提高效率并缩短工程周期。BIM 技术提高了工程管理的效率。项目管理人员可以通过 BIM 模型追踪和管理施工活动，监控进度和资源分配。这使得他们能够更好地协调工作、避免冲突和延误，并及时采取措施来解决问题。此外，BIM 还支持实时信息共享和沟通，使团队成员能够更快地获取必要的信息和做出决策，从而加速项目进展。

（三）BIM 技术在建筑施工中的质量效益分析

质量管理是每个建筑项目成功的基石，而 BIM 技术在建筑施工中的质量效益方面发挥着至关重要的作用。BIM 的三维建模和协同性使得设计和施工团队更容易共享信息、识别问题并提高建筑质量，从而提供了显著的质量效益。BIM 技术通过冲突检测和问题解决改进了建筑项目的质量。在传统的二维 CAD 设计中，设计错误和冲突通常在施工现场才会暴露出来，导致额外的工作量和成本。但是，在 BIM 项目中，各种设计和工程团队可以在一个共享的三维模型中同时工作，这使得问题可以更早地被发现和解决。BIM 软件可以检测出构件之间的冲突、管道和电缆的交叉等问题，帮助设计和施工团队采取措施来消除这些问题，从而提高了建筑质量。BIM 技术通过提高施工质量来实现质量效益。BIM 模型不仅包含建筑的几何信息，还包含了材料、规格和性能参数等详细信息。这有助于确保施工过程中使用的材料和构件符合规范 and 设计要求。施工人员可以使用 BIM 模型来验证施工的准确性，确保建筑物的各个部分按照设计进行安装和组装。这降低了施工错误和缺陷的风险，提高了建筑质量，减少了后期维修和修复的成本。BIM 技术还有助于提高施工过程的可视化和协同性。团队成员可以在共享的 BIM 模型中以更直观的方式查看建筑物的

设计和构造，从而更好地理解设计意图和施工要求。这有助于减少误解和沟通问题，提高了协同工作的效率。施工人员还可以使用 BIM 模型来创建详细的施工序列和计划，使工作过程更可控和可管理。

四、结语

综上所述，建筑信息模型（BIM）技术在现代建筑施工中的应用带来了显著的效益。从设计到施工再到运营和维护，BIM 技术在各个项目阶段都发挥了关键作用。在成本效益方面，BIM 技术通过优化设计、减少冲突和变更、提高工程管理效率，降低了总体项目成本。在时间效益方面，BIM 改进了项目进度管理、缩短工程工期，并提高了工程管理的效率，使项目能够及时完成。在质量效益方面，BIM 通过提前发现和解决问题、提高施工质量、实现可视化和协同工作，提高了建筑项目的整体质量水平。然而，要充分实现 BIM 技术的潜力，建筑行业需要积极采纳这一技术，并为工程团队提供相关的培训和资源。此外，建筑行业需要持续关注技术的发展，以应对不断变化的需求和挑战。最重要的是，BIM 技术需要被视为一种战略性的工具，与传统的工作方式相结合，以实现更高效、更可持续的建筑项目。总之，BIM 技术已经改变了建筑施工行业的方式，为建筑项目提供了更多的支持和效益。随着技术的不断发展，BIM 将继续在建筑行业中发挥关键作用，为更高质量、更高效率和更可持续的建筑项目做出贡献。建筑行业将不断努力适应这一变革，并积极采用 BIM 技术，以实现更加智能化和先进的建筑施工。

参考文献

- [1] 曹亚亮, 孙侨. BIM 技术在市政路桥设计中的运用与实践探讨 [J]. 城市建设理论研究 (电子版), 2023(24):94-96.
- [2] 刘畅. BIM 技术在成人高校建筑教育中的应用与价值 [J]. 现代职业教育, 2023(24):173-176.
- [3] 郭士刚, 邓呈祥, 冷木吉等. BIM 技术在绿色民宿建设中的应用前景分析 [J]. 建筑经济, 2023,44(S1):335-338.
- [4] 魏泽坤. BIM 技术在工程项目施工成本控制中的应用研究 [D]. 山东建筑大学, 2023.
- [5] 姚金涛. BIM 技术在深基坑工程中的应用研究 [D]. 安徽理工大学, 2022.
- [6] 刘涛. 基于 BIM 技术的建筑结构设计优化方法 [J]. 建材发展导向, 2022,20(24):44-46.
- [7] 刘纪. BIM 技术在建筑工程管理中的应用探讨 [J]. 房地产世界, 2022(22):105-107.
- [8] 王亚楠. BIM 技术在建筑装饰装修工程中的应用探究 [J]. 房地产世界, 2022(22):137-139.
- [9] 陈凡, 张覃奎, 陈添娇. 基于 BIM 技术的装配式建筑智慧管理研究 [J]. 智能建筑与智慧城市, 2022(11):84-86.
- [10] 汪兴文, 于浩, 杨平. BIM 技术在建筑结构设计中的合理应用探析 [J]. 智能建筑与智慧城市, 2022(11):111-113.

安装工程造价预结算审核工作要点分析

何振宇

南京长江都市建筑设计股份有限公司, 江苏 南京 210000

摘 要 : 本文旨在介绍安装工程造价预结算审核工作的要点和方法, 以提高工作效率和准确性。采用了案例分析的方法, 对安装工程造价预结算审核工作的要点和方法进行了深入研究, 发现, 安装工程造价预结算审核工作需要注重审核范围、审核目标、审核内容等方面的要点, 并且需要针对各种审核要点以及结合各种审核依据。

关 键 词 : 安装工程; 审核内容; 审核方法

Analysis on Key Points of Installation Project Cost Pre-settlement Review

He Zhenyu

Nanjing Yangtze River Metropolis Engineering Management Consulting Co., Ltd., Nanjing, Jiangsu 210000

Abstract : The purpose of this paper is to introduce the main points and methods of the pre-settlement audit of the cost of installation project, in order to improve the efficiency and accuracy of work. Using the method of case study, the installation project cost pre-settlement audit points and methods for in-depth study, found that the installation project cost pre-settlement audit work need to focus on the audit scope, audit objectives, audit content and other aspects of the key points, and need to be for a variety of audit points and combined with a variety of audit basis.

Key words : installation project; audit content; audit methods

引言

安装工程造价预结算是指根据施工图纸和工程量清单, 对工程所需的费用进行预先计算和确定^[1]。安装工程造价预结算审核工作是建筑工程中至关重要的一环。这项工作不仅关系到建设单位的投资效益, 还关系到施工企业的成本控制和利润。因此, 准确、高效地进行安装工程造价预结算审核工作显得尤为重要。

一、项目概述

本项目针对安装工程造价预结算进行审核, 以确保工程费用的合理性和准确性。本项目安装工程涉及范围广泛, 包括给排水工程、电气工程、暖通工程等。项目位于市区中心地带, 总安装工程费用为1306.35万元, 建设周期为6个月。

二、安装工程造价预结算审核工作要点

(一) 审核范围

(1) 安装工程预结算资料核查。本项目的预结算审核处于工程竣工阶段, 属于事后审计, 现场只有成型后的外观, 所有隐蔽情况及具体的实施过程只能靠业主及施工方提供的资料来显示, 接受委托时应与委托单位进行详细的书面资料交接。

(2) 安装工程量清单审核。结合完整的施工图按照现行清单计价规范、工程量计算规则进行工程量的计算, 并与报审的预

算工程量清单进行比对, 确保清单项目的准确性和完整性; 对工程量清单中的错误、遗漏或不完整进行审核并修正。

(3) 安装工程预结算审核。对项目总预算进行审核, 按照定额和费用标准进行计算^[2], 确保预算的合理性。对各项费用的取费标准进行审核, 防止不合理的取费出现。对工程费用的分摊及预算控制进行审核, 确保费用分摊的合理性和预算控制的科学性; 对工程费用的真实性和合理性进行审核^[3], 防止出现虚高费用。

(4) 安装工程变更及签证审核。对工程变更洽商进行审核, 确认变更的合理性和可行性; 对签证单进行审核, 确认签证事项的真实性和准确性^[4]。

(5) 材料设备价格审核。对材料、设备价格进行审核, 与市场价格相比, 确认是否存在较大差异; 如存在甲供材, 需对甲供材的限额领料单进行审核, 确保领料单的准确性和完整性。

(6) 安装工程结算审核。根据竣工验收标准进行结算审核, 确保结算的准确性和完整性; 解决在结算过程中出现的问题, 确保结算的合理性。

（二）审核目标

本次审核的目标如下：审核安装工程造价预结算的准确性，确保费用在合理范围内；查找可能存在的误差和不合理的费用支出，提出修正建议；提高安装工程造价的合理性和经济效益。

（三）审核内容

（1）预结算资料核查主要核查预结算资料的真实性、有效性、完整性。在甄别时还应对资料存在的问题进行质疑，并以书面联系函的形式要求业主回复及提供补充资料。

（2）安装工程量核定是预结算审核的重要环节。过程中不仅需要审核清单工程量还需要对定额工程量进行核对；审核人员需严格按照施工图纸和工程量清单，对安装工程量进行全面核定；认真检查工程量的计算方法和单位，遵循相关规范和标准；注意工程量的合理性和真实性，对不合理的工程量进行修正。

（3）材料设备价格是影响安装工程造价的关键因素之一。审核人员应根据施工图纸和工程量清单，对所需材料设备的价格进行全面核定。在核定过程中，应注意以下方面：核对材料清单与施工图纸的一致性，确保材料种类和数量无误^[5]；参考签约合同价及合同中有关对材料价格调整的约定结合市场价格和行业标准，对材料价格进行评估；注意材料价格的合理性和真实性，对不合理的价格进行修正；部分缺乏信息价、市场价格信息的材料设备应采用市场询价。安装工程中还应重视材料费、设备费的区分，不同的分类会导致工程总费用的差异。

（4）施工工艺的核定对于安装工程造价预结算审核具有重要意义。审核人员应对施工工艺进行全面核定，以确保施工质量和成本合理。在核定过程中，应注意以下方面：核对施工工艺与施工图纸的一致性，确保施工工艺的合理性和可行性^[6]；了解施工工艺的市场价格和行业标准，选用合适的工程定额计算施工费用，并以此对上报施工费用进行评估。

（5）人工费是安装工程造价的重要组成部分。审核人员应对人工费用进行全面核定，以确保费用合理。在核定过程中，应注意以下方面：根据合同价中的人工单价及合同约定的人工费调整方式，根据当地劳动力市场价格和施工周期，对人工费用进行评估；了解施工人员的技术水平和专业资质，对人工费用的合理性进行评估；注意节假日加班、夜间施工等特殊情况对人工费用的影响。

（6）机械费用是安装工程造价的另一重要组成部分。审核人员应对机械费用进行全面核定，以确保费用合理。在核定过程中，应注意以下方面：根据施工图纸和工程量清单，对所需机械设备的种类和数量进行核定^[7]；根据机械设备的使用效率和使用周期，对机械费用进行评估；注意机械设备的维护和保养对机械费用的影响。

（7）管理费、利润是清单综合单价的组成部分。审核过程中主要参考合同价中的费率对此部分费用进行审核；部分内容需要注意施工难度和施工周期对其费用的影响。变更、签证部分的审核也应该按此方式进行。

（8）措施费用是安装工程造价的一部分。审核人员应以合同为依据对措施费用进行全面核定，以确保费用合理。在核定过程

中，应注意以下方面：根据施工图纸和工程量清单，对措施费用进行核定；根据施工周期和施工难度，对措施费用进行评估；注意特殊施工环境对措施费用的影响。

（9）单位工程汇总表是安装工程造价各项费用的汇总明细。审核人员应根据国家税收政策和地方规定，注意税收政策的调整 and 变化，对税金进行核定，确保税金的准确性。此外，部分施工单位会在投标报价时在此表的小计一行中调整费率以此作为让利，审核中应以此为依据进行核定单位工程总费用。

（四）审核要点

（1）程预结算资料的真实性、有效性、完整性核查是预结算审核的先决条件，资料核查时必须甄别：是否为经过业主签字、盖章确认的送审资料，以确定其资料的有效性，任何施工方送审的资料及补充资料均是无效资料，应经过业主认可后转交咨询公司；是否为原件（原始资料），以推断其资料的真实性；所有的资料是否编号连续、有明确的时间标注，以判断其资料的完整性。

（2）在安装工程造价预结算审核中，工程量核定是基础工作之一。审核人员需要仔细核对工程量的计算过程和计算方法，确保与设计图纸和相关规范相符。对于工程量的误差，需要进行调整，确保工程量的准确性和合理性。在核定过程中，应注意以下方面：首先应明确清单编制范围，审阅合同清单报价，明确各子目综合单价包含工作内容，与其统一口径，避免在审核工作中做无用功；核对工程量清单与施工图纸的一致性，确保无漏项、重复报价及明显的误差；安装工程量清单审核中应优先针对造价占比较大、单价较高的清单工程量进行计算比对，如配电箱、主干电缆、风机、空调、风管、水泵、洁具等内容，其次再对其他工程量依次进行计算比对。

（3）单价审核是安装工程造价预结算审核的重要环节。针对需要核定单价的清单子目，审核人员需要对比投标报价与施工过程中的实际费用，确认单价是否合理^[8]；同时，需要对单价进行调整，确保安装工程造价的准确性和公正性。单价审核过程中应对其组价构成、人材机单价详细审核，对材料费的属性根据规定进行准确的设置。

（4）费用计算是安装工程造价预结算审核的另一个关键环节。审核人员需要仔细审核各项费用的取费基数和取费标准，确认是否符合相关规定和标准。对于不合理的费用，需要进行调整、纠正或直接扣除，确保费用计算的准确性和合理性。

（5）在安装工程造价预结算审核中，信息完整性检查是必不可少的。审核人员需要仔细核对各项信息和数据是否完整、准确，是否存在缺失和错误的情况。对于不完整和不准确的信息，需要进行补充和修正。

（6）数据分析是安装工程造价预结算审核的重要工具之一。审核人员需要对各项数据和指标进行分析，找出可能存在的问题和疑点，进行深入调查和分析。通过数据分析，可以有效地发现和纠正安装工程造价中存在的问题。

（7）在安装工程造价预结算审核中，存在一些不确定因素和风险。审核人员需要对这些不确定因素和风险进行评估，采取相应的措施进行应对和防范。对于可能存在的风险和问题，需要

进行及时的沟通和协商，制定合理的解决方案。通过不确定性评估，可以有效地降低安装工程造价的风险和不确定性。

（五）审核依据

本次审核的主要依据如下：国家有关法律法规，如《中华人民共和国合同法》《中华人民共和国预算法》等；相关行业标准及规范，如《建筑工程安装预算定额》《建筑工程施工质量验收规

范》等；地方性法规和相关规定，如地方政府关于建筑工程管理的相关规定；工程合同、招标文件和投标文件等相关文件^[9]。

三、审核结论

（一）审核结果

表1：审核进度

序号	工程量核定	材料价格核实	定额套用审查	费用计取审核	工期合理性审查	设计变更核实	隐蔽工程量核定	其他费用审查
1	已完成	已完成	已完成	已完成	已完成	待完成	待完成	待完成
2	详细记录	详细记录	详细记录	详细记录	详细记录	待详细记录	待详细记录	待详细记录
3	核定后的工程量清单	核实后的材料清单	审查后的定额清单	计取费用时的各项扣除标准	审查后的工期合理性结论	设计变更的内容和规模	核定后的隐蔽工程量清单	其他待审查的费用清单
4	工程量核定流程图	材料价格核实流程图	定额套用审查流程图	费用计取审核流程图	工期合理性审查流程图	设计变更核实流程图	隐蔽工程量核定流程图	其他费用审查流程图
5	工程量核定中存在的问题及处理方法	材料价格核实中存在的问题及处理方法	定额套用审查中存在的问题及处理方法	费用计取审核中存在的问题及处理方法	工期合理性审查中存在的问题及处理方法	设计变更核实中存在的问题及处理方法	隐蔽工程量核定中存在的问题及处理方法	其他费用审查中存在的问题及处理方法

根据上表，可以看到该安装工程造价预结算项目审核已经完成了工程量核定、材料价格核实、定额套用审查和费用计取审核等工作，目前还需要完成设计变更核实、隐蔽工程量核定和其他费用审查等工作。

在填写表格时，需要注意以下几点：根据具体的安装工程项目，需要详细列出所有的审核事项；在每个审核事项下，需要填写相应的审核结论和进度情况。如果某个审核事项还没有完成，可以在该事项下填写“待完成”或类似的结论，并填写进度情况；如果需要添加新的列，可以在原有列的后面进行添加，并修改相应的单位；在填写数据时，需要认真核对各个列的数据，确保数据的准确性和完整性；如果需要添加注释或说明，可以在表格下方或旁边添加适当的注释或说明。

表2：审核结果

序号	工程内容	原造价（万元）	审核后造价（万元）	审核金额（万元）	审核比例（%）
1	给排水工程	220.56	165.80	-54.76	-24.83
2	电气工程	696.21	502.41	-193.80	-27.84
3	暖通工程	644.32	638.14	-6.18	-0.96
总计		1561.09	1306.35	-254.74	-16.32

以上是安装工程造价预结算项目审核结果的具体数据展示，包括各个工程内容的原造价、审核后造价、审核金额和审核比例。通过这些数据，可以清晰地看到每个工程内容的造价审核情况，以及审核后对整个工程造价的影响。同时，通过总计行的统计，可以更加全面地了解整个项目的审核情况。根据本次审核结果，得出以下结论：安装工程造价预结算的准确性基本符合要求，但在材料费用、人工费用和其他直接费用等方面存在一定的误差；建议在今后的安装工程中加强施工管理，提高施工效率，降低不必要的费用支出；本项目预计节约资金254.74万元，控制工程成本效果显著。

四、总结

安装工程造价预结算审核工作是建筑工程中至关重要的一环。通过本文的介绍，可以了解到安装工程造价预结算审核工作的要点和流程，包括工程量的审核、单价的审核、取费的审核等方面。同时，为了提高审核质量，需要采取一些有效的措施。本文的内容对于从事安装工程造价预结算审核工作的人员具有一定的参考价值。

参考文献：

[1] 王琦. 清单计价模式下安装工程造价结算审核方法研究[J]. 住宅与房地产, 2023(17):89-91.
[2] 洪冬梅. 建筑工程造价预结算审核工作要点及管理[J]. 中国建筑金属结构, 2022(11):91-93.
[3] 陈丹红. 工程造价预结算编制与审核管理分析[J]. 江西建材, 2021(10):350-351.
[4] 蔡爱红. 建筑工程造价预结算审核优化策略分析[J]. 质量与市场, 2022(10):46-48.
[5] 胡艳, 李芳. 建筑工程造价预结算审核与实践举措[J]. 建材发展导向, 2021,19(20):39-40.
[6] 辛卫光. 建筑安装工程造价咨询跟踪审计和结算审核[J]. 中国建筑金属结构, 2020(11):44-45.
[7] 王欢. 机电安装工程造价结算审核领域存在的问题及应对措施[J]. 四川水泥, 2018(12):252.
[8] 逢博, 时惠丽, 齐立强. 建筑造价预结算审核的方法与注意事项[J]. 江西建材, 2018(03):204+207.
[9] 覃莲玉. 论设备安装工程造价预结算审核内容及方法[J]. 住宅与房地产, 2016(18):99.

通信工程中的通信线路施工技术及其问题分析

张林林

中国人民解放军32125部队，山东 济南 250000

摘要： 文章旨在探讨通信工程中通信线路的施工技术及其面临的问题。通过对现有施工技术的分析和研究，提高通信线路的施工质量，优化其性能，并解决实际施工中可能遇到的问题。

关键词： 通信工程；通信线路；施工

Analysis of Communication line Construction Technology and Problems in Communication Engineering

Zhang Linlin

People's Liberation Army Unit 32125, Jinan, Shandong 250000

Abstract： The article aims to discuss the construction technology of communication lines in communication engineering and the problems it faces. Through the analysis and study of existing construction technology, it improves the construction quality of communication lines, optimizes their performance, and solves the problems that may be encountered in actual construction.

Key words： communication engineering; communication line; construction

引言

通信技术是利用各种通信设备和传输介质，将信息从一个位置传输到另一个位置的技术。其基本原理包括模拟通信和数字通信两种方式。模拟通信是利用模拟信号进行传输，而数字通信则是将模拟信号转换成数字信号进行传输。数字通信具有更高的可靠性和稳定性，是现代通信工程中常用的方式^[1-6]。通信线路是通信网络的重要组成部分，其施工技术主要包括线路路由选择、施工环境勘察、施工方案设计、施工过程控制和施工质量检验等多个环节。这些环节相互关联，共同影响着通信线路的施工质量和稳定性。在施工过程中，需要严格遵守相关安全规定，确保施工人员的安全。同时，对于材料的选择和使用、施工工艺和流程等方面也需要进行严格的质量控制，确保通信线路的质量和稳定性。

一、通信工程中的通信线路施工技术

通信线路的施工流程包括以下几个步骤：施工前的准备，如选址、清理现场、准备材料等；挖掘线路沟槽，根据施工图纸和现场情况确定沟槽深度和宽度；敷设线路，如光缆或电缆的敷设；连接线路，如光缆或电缆的连接；测试线路性能，确保线路传输质量和传输速率符合要求；最后是线路的验收和维护^[7-15]。

（一）施工准备

在开始施工之前，需要进行充分的准备工作。这包括了解工程需求、勘察现场、设计施工方案、准备施工材料和设备等方面。在此阶段，应与相关部门和人员进行详细的沟通和协调，确保施工方案合理、可行。

（二）线路路由选择

在通信线路施工过程中，选择合适的路由对于保障通信质量

和安全性至关重要。应结合实际情况，选择距离短、障碍物少、地质条件良好的路由，同时要充分考虑施工难度和成本等因素。在确定路由方案后，应与相关部门进行沟通和确认，确保路由方案的合理性和可行性。

（三）挖掘与铺设

在路由选择完成后，需要进行挖掘和铺设工作。根据施工方案和实际情况，可以采用人工或机械方式进行挖掘。在铺设过程中，应根据不同路由条件采用合适的铺设方法，如直埋、架空、隧道等。同时，应严格遵守相关施工规范，确保施工质量和安全。

（四）光纤接续与测试

在通信线路施工过程中，光纤接续与测试是关键环节之一。在进行光纤接续前，应对光纤进行清洁和处理，确保光纤端面的平整和清洁。在进行光纤接续时，应选择合适的光纤连接器和熔

接机，按照相关操作规范进行接续。接续完成后，应对光纤进行测试以确保其性能良好。

（五）线路质量检测

在通信线路施工完成后，需要对线路质量进行检测以确保其符合相关标准。可以采用专门的检测设备和工具对线路进行检测，如使用兆欧表检测线路的绝缘电阻、使用光源和光功率计检测光纤的传输质量和衰减等。此外，应定期对线路进行维护和检修，确保线路的正常运行。

（六）故障排除与修复

在通信线路使用过程中，难免会出现各种故障。应建立完善故障排除与修复机制，及时发现并解决故障问题。故障排除应从多个方面入手，如检查线路连接点是否接触良好、检查线路是否受外力破坏、检查线路是否受到自然灾害等影响。针对不同故障原因，应采取相应的修复措施，如重新连接、加固线路等。同时，应加强日常维护工作，定期检查线路运行状况，及时发现并处理潜在问题。

（七）工程验收

在通信线路施工完成后，应进行严格的工程验收工作。工程验收是对整个通信线路施工项目进行检查和评估的重要环节，也是对项目质量的把关。在工程验收时，应重点检查施工图纸、施工方案、材料设备等方面是否符合要求，同时要对线路的性能和质量进行检查和测试。在验收过程中，应保证公正、公开、透明，发现问题及时提出并整改，确保整个通信线路施工项目符合要求和质量标准。

（八）安全措施

在通信线路施工过程中，应始终注重安全生产和管理。严格执行国家和地方政府有关安全生产的各项规定和标准，建立健全安全管理体系。在施工过程中，应注意人员安全、交通安全、环境保护等方面的工作。同时，应加强对施工现场的监管和管理，确保施工过程的安全和稳定。在出现安全隐患或事故时，应及时采取措施加以排除或处理，保障施工工作的顺利进行和员工的生命财产安全。

二、通信工程中的通信线路施工中存在的问题

（一）线路规划不当

通信线路的规划对整个施工过程有着至关重要的影响。如果线路规划不当，可能会导致路由选择不合理、线路过长或过短，甚至因环境因素导致通信质量下降等问题^[16]。因此，在施工准备阶段，需要对通信线路进行合理的规划，并充分考虑各方面的因素，以确保后续施工的顺利进行。

（二）施工准备不足

充分的施工准备是通信线路施工顺利进行的关键。然而，在实际施工过程中，往往存在施工准备不足的问题。例如，材料设备未充分检验、人员配备不足、安全措施不到位等，这些问题都可能影响施工进度和质量。因此，在施工前应做好充分的准备工作，包括材料设备检验、现场勘查、设计文件审核等。

（三）挖掘作业不规范

通信线路施工往往需要进行挖掘作业。挖掘作业不规范可能会导致通信线路被破坏、土壤沉降等问题。因此，在挖掘作业过程中，应严格按照相关规定进行施工，确保挖掘作业符合规范 and 设计要求^[17]。同时，应进行必要的监测和保护措施，以防止通信线路被破坏。

（四）线路安装不规范

通信线路的安装质量直接影响到通信质量和安全。在实际施工过程中，往往存在线路安装不规范的问题，例如线路连接不良、终端设备安装不正确等。这些问题可能会导致通信质量下降，甚至通信中断等后果^[18]。因此，在通信线路施工过程中，应严格遵守相关规定进行安装操作，并进行必要的检验和测试，以确保线路安装质量符合要求。

（五）施工安全措施不足

通信线路施工涉及诸多安全风险因素，如人员伤亡、财产损失等。在实际施工过程中，往往存在施工安全措施不足的问题，例如未设置安全警示标志、未进行必要的安全培训等。这些问题都可能导致安全事故的发生，给施工带来不必要的损失和安全隐患^[19]。因此，在施工过程中，应采取必要的施工安全措施，如设置安全警示标志、加强人员培训和管理等。

（六）环境保护措施不力

通信线路施工可能会对环境造成一定的影响。在实际施工过程中，往往存在环境保护措施不力的问题，例如未对施工现场进行必要的环保措施、施工废料随意堆放等。这些问题都可能导致环境污染和生态破坏^[20]。因此，在施工过程中，应采取必要的环境保护措施，如施工现场进行必要的绿化和防护措施、施工废料进行分类处理和回收利用等。

（七）质量检测与验收不严格

质量检测与验收是确保通信线路施工质量的重要环节。然而，在实际施工过程中，往往存在质量检测与验收不严格的问题，例如未对施工质量进行必要的检测和验收、验收标准不统一等。这些问题都可能影响到通信线路的稳定性和安全性。因此，在施工过程中，应进行严格的质量检测与验收，确保每个施工环节的质量符合要求，并在验收过程中遵循统一的标准和方法。

三、通信工程中的通信线路施工优化措施

（一）优化选线

在通信线路施工过程中，选线是一个重要环节。优化选线包括对线路路由、线路长度、线路类型、防雷接地等方面的综合考虑。通过对这些因素的综合考虑，可以有效地减少线路的长度和敷设难度，提高线路的传输效率和可靠性。

（二）确定最佳路由

路由是通信线路施工中的重要环节。在确定路由时，应充分考虑线路的安全性、可靠性和经济性。在选择路由时，应根据实际情况，选择距离短、障碍物少、地质条件良好的路由，同时要充分考虑施工难度和成本等因素。在确定路由方案后，应与相关

部门进行沟通和确认，确保路由方案的合理性和可行性。

（三）选择合适的敷设方式

敷设方式是通信线路施工过程中重要的一环。应根据实际情况和施工条件，选择合适的敷设方式，包括直埋、架空、隧道等。不同的敷设方式有不同的优缺点，应根据实际情况进行选择。例如，在道路交叉口或需要跨越障碍物时，可以采用架空敷设方式；在需要穿过河流或地下管线时，可以采用隧道敷设方式等。

（四）合理选用施工材料

施工材料是通信线路施工的基础。在选择施工材料时，应根据实际情况和工程需要进行选择。例如，在敷设光缆时，应选择符合传输要求的光缆型号和规格，并对其质量进行严格把关；在线路连接时，应选择符合规范的连接器和熔接机等。

（五）改进施工工艺

施工工艺是通信线路施工的关键。在施工过程中，应根据实际情况和工程需要进行施工工艺的改进和创新。例如，可以采用新型的挖掘技术和设备，提高挖掘效率和准确性；在敷设光缆时，可以采用先进的牵引设备和技术，提高敷设速度和稳定性等。

（六）引进先进设备

先进设备可以大大提高通信线路施工的效率 and 稳定性。因此，应积极引进先进的施工设备和检测设备，包括新型的挖掘设

备、敷设设备、监测仪器等。通过引进先进设备，可以提高施工速度和质量，降低施工成本和风险。

（七）提高施工人员素质

施工人员是通信线路施工的核心。提高施工人员素质是通信线路施工优化措施的重要方面。应加强对施工人员的培训和管理，提高他们的专业技能和管理水平。同时，应建立完善的考核机制和质量管理体系，对施工过程进行严格的监督和控制，确保施工质量符合要求。

四、结束语

综上所述，通信工程中的通信线路施工技术是实现信息传输的重要手段之一。在施工和使用过程中需要考虑多种因素影响，并采取相应的措施进行预防和应对。通过合理地规划和设计、严格的施工流程、安全与质量控制等方面的努力，可以保证通信线路的高效传输和稳定运行，为人们的生产和生活提供可靠的通信服务。通信工程中的通信线路施工优化措施是多方面的，通过优化选线、确定最佳路由、选择合适的敷设方式、合理选用施工材料、改进施工工艺、引进先进设备以及提高施工人员素质等措施，可以有效地提高通信线路施工的效率 and 稳定性，降低施工成本和风险，促进通信工程的发展和应用。

参考文献

[1] 王超, 韦方明. 通信工程中的通信线路施工技术研究 [J]. 中国设备工程, 2022(16):215-217.
[2] 刘成浩. 通信工程中通信线路施工技术的管理探究 [J]. 长江信息通信, 2022,35(08):206-208.
[3] 林艳新, 张青. 通信工程中通信线路施工技术的管理探究 [J]. 中国设备工程, 2022(06):78-79.
[4] 李涛. 通信工程中的线路施工技术分析 [J]. 集成电路应用, 2021,38(12):182-183.
[5] 李涛. 通信工程中的线路的施工技术分析 [J]. 集成电路应用, 2021,38(11):172-173.
[6] 张楠. 通信工程中通信线路施工技术的运用 [J]. 中国新通信, 2021,23(11):28-29.
[7] 张成. 通信工程中通信线路施工技术的运用 [J]. 中国新通信, 2020,22(16):32.
[8] 沈榭. 浅析通信工程中通信线路的施工技术 [J]. 中国新通信, 2020,22(10):26.
[9] 屈俊杰. 通信工程中通信线路施工技术的运用 [J]. 数字通信世界, 2020(02):213-214.
[10] 韦灿银. 通信工程中通信线路施工技术的运用 [J]. 中国新通信, 2019,21(10):9.
[11] 陈云刚. 通信工程中通信线路施工技术分析 [J]. 中国新通信, 2018,20(23):53.
[12] 马凤陞. 浅析通信工程中的通信线路的施工技术及其问题 [J]. 数字通信世界, 2018(09):50.
[13] 庄凌艳. 通信工程中通信线路的施工技术分析 [J]. 电子测试, 2018(15):137-138.
[14] 袁浩. 浅析通信工程中的通信线路的施工技术及其问题 [J]. 数字通信世界, 2018(08):79.
[15] 张辰潇. 通信工程中通信线路施工技术分析 [J]. 信息通信, 2018(05):223-224.
[16] 吴秀. 通信工程中的通信线路的施工技术及其问题探析 [J]. 中国新通信, 2018,20(06):3-4.
[17] 韩志武. 通信线路施工技术在通信工程中的应用 [J]. 计算机产品与流通, 2018(02):63.
[18] 林明龙. 通信工程中通信线路施工技术的运用 [J]. 电脑迷, 2017(08):37.
[19] 李明. 通信工程中的通信线路的施工技术及其问题探析 [J]. 电脑迷, 2017(07):59.
[20] 肖琦. 通信工程中通信线路的施工技术 [J]. 信息通信, 2017(07):81-82.

船舶营运检验中的设备维护与管理问题及对策研究

黄刚军¹, 李响²

1. 中国船级社实业有限公司武汉分公司, 武汉 湖北 430033

2. 中国船级社实业有限公司武汉分公司, 武汉 湖北 430033

摘 要 : 本文研究船舶营运检验中的设备维护与管理问题及对策。首先, 分析了船舶设备维护与管理的概念和重要性, 以及存在的问题, 如设备损坏率高、维修保养成本高、缺乏有效的设备管理系统和人员技能不足等。然后, 提出了一系列对策, 包括制定科学的设备维护计划、优化设备维修保养成本、建立有效的设备管理系统。最后, 通过实践案例分析验证了对策的可行性和有效性。

关 键 词 : 船舶营运检验; 设备维护与管理; 设备损坏率; 维修保养成本; 设备管理系统

Research On Equipment Maintenance And Management Problems And Countermeasures In Ship Operation Inspection

Huang Gangjun¹, Li Xiang²

1.China Classification Society Industrial Co., LTD. Wuhan Branch, Hubei Wuhan 430033

2.China Classification Society Industrial Co., LTD. Wuhan Branch, Hubei Wuhan 430033

Abstract : This text studies the equipment maintenance and management problems in the ship operation inspection and the countermeasures. First, the paper analyze the concept and importance of ship equipment maintenance and management and existing problems, such as high damage rate, high maintenance cost, lack of effective equipment management system and personnel skills. Then, a series of countermeasures are put forward, including the formulation of scientific equipment maintenance plan, optimization of equipment maintenance costs, the establishment of effective equipment management system. Finally, the feasibility and effectiveness of the countermeasures are verified through practical case analysis.

Key words : ship operation inspection; equipment maintenance and management; equipment damage rate; maintenance cost; equipment management system

一、引言

(一) 背景介绍

随着国际贸易和海洋经济的快速发展, 船舶营运检验作为保障海上安全和保护海洋环境的重要手段, 受到了越来越多的关注。在船舶营运检验中, 船舶设备的运行状态直接影响着船舶的安全和运行效率。因此, 如何进行科学的设备维护与管理, 成了船舶营运检验的重要课题。

(二) 研究目的和意义

本文旨在研究船舶营运检验中的设备维护与管理问题, 并提出相应的对策。通过对船舶设备维护与管理的问题进行分析, 找出其中存在的问题和不足之处, 并提出一系列对策, 以期能够提高设备运行效率和安全性, 为船舶营运检验提供保障。

二、船舶设备维护与管理问题分析

(一) 船舶设备维护与管理的概念和重要性

船舶作为一种特殊的交通工具, 其运行设备的安全性和稳定性对于船舶的运营和维护至关重要。船舶设备维护与管理是指对

船舶上各种设备进行定期检测、维修和保养, 并对设备进行管理, 以确保船舶设备的安全、可靠和高效运行的过程。在航行过程中, 船舶面临着来自海洋自然环境的各种挑战, 如海浪、风浪、海冰、海流等, 同时还要面对各种机械设备的磨损、老化、故障等问题, 这些都需要船舶设备维护与管理的支持, 以保证船舶的正常运营。船舶设备维护与管理的重要性主要体现在以下几个方面:

(1) 确保船舶运营的安全性和稳定性。船舶设备的正常运行是保证船舶安全性和稳定性的基础。如果船舶设备出现故障或失灵, 将会对船舶的安全和稳定性产生很大的威胁, 甚至会导致事故的发生。因此, 对于船舶设备的维护和管理必须严格按照规定进行, 以保证船舶的安全和稳定性。

(2) 延长船舶设备的使用寿命。船舶设备的使用寿命是指设备能够正常运行的时间, 在设备使用寿命内, 设备维护和管理的好坏将直接影响设备的使用寿命。良好的设备维护和管理可以减少设备的故障率, 延长设备的使用寿命, 同时可以减少更换设备的次数, 从而降低了维护和更换设备的成本。

(3) 提高船舶的经济效益。良好的设备维护和管理可以提高设备的运行效率和效能, 进而提高船舶的经济效益。设备的故

障和损坏会导致船舶的运行效率下降，维护成本增加，从而影响船舶的经济效益。通过制定合理的维护计划，及时维护设备，可以提高设备的运行效率，降低维护成本，从而提高船舶的经济效益。

（二）设备维护与管理中存在的问题

船舶设备维护与管理中存在的问题主要包括设备损坏率高、维修保养成本高、缺乏有效的设备管理系统以及人员技能不足等方面。

首先，船舶作为一种长期使用的重要资产，其设备的损坏率是一个关键指标。设备损坏率高，会导致船舶在航行过程中出现故障的概率增加，不仅会影响到航行安全，还会对船舶的经济效益产生负面影响。尤其是在海上航行，设备故障的处理难度较大，可能需要进行远程维修或更换设备，从而会产生更大的成本和时间延误。

其次，船舶设备维修保养成本也是一个非常重要的问题。船舶设备通常需要定期进行保养和维修，以确保设备的正常运行和寿命。然而，这些保养和维修活动需要耗费大量的人力、物力和财力资源。如果维修保养成本过高，可能会影响到船舶的盈利能力。

此外，船舶设备管理过程中还存在缺乏有效的设备管理系统的问题。有效的设备管理系统可以帮助船舶管理者对设备进行全面的监控和管理，及时发现和解决设备问题，从而提高设备的使用寿命和降低维修成本。但是，由于目前的技术和管理手段的限制，一些船舶可能没有有效的设备管理系统，这会导致设备管理工作的难度增加，影响到船舶设备的正常运行。

最后，人员技能不足也是船舶设备维护与管理中存在的问题之一。船舶设备的维护和保养需要具备专业的技能和知识，需要对设备的性能和结构有深入地了解。但是，在实际工作中，一些船员和技术人员可能没有足够的技能和知识，无法对设备进行有效地维护和管理。

三、设备维护与管理对策研究

（一）制定科学地设备维护计划

制定科学的设备维护计划是改善船舶设备维护管理的重要对策。船舶设备维护计划是指对船舶设备进行规划和安排，以确保设备始终处于良好状态，提高设备的可靠性和可用性，减少因设备故障而造成的停船时间和经济损失。

在制定设备维护计划时，需要首先确定设备的维护周期。维护周期应根据设备的使用情况和厂家要求进行确定。一般来说，设备使用频率越高，维护周期就越短，反之亦然。此外，不同类型的设备在维护周期上也会有所不同。例如，柴油发动机的维护周期一般为1000小时，而舵机的维护周期则为2000小时。确定了维护周期后，还需要明确维护内容，包括预防性维护、故障性维护和保养。

预防性维护是指在设备运行过程中对设备进行定期检查和维护，以防止设备出现故障或损坏。预防性维护包括清洁、润滑、

调整、更换易损件等工作。这些工作可以通过设备维护手册或维护计划表来明确。故障性维护是指在设备出现故障时对其进行修理。保养是指对设备进行日常维护和保养，以确保设备处于正常运行状态。保养内容包括日常清洁、润滑和防腐等。

设备维护计划的制定需要根据实际情况进行灵活调整。一方面，应对设备使用情况进行实时监测，及时调整维护周期和内容，以满足设备运行的需要。另一方面，应对维护计划进行评估和改进，不断提高维护计划的科学性和实用性，减少设备故障率，提高设备可用性和维修效率。

（二）优化设备维修保养成本

在解决船舶设备维护成本高的问题时，一些船舶企业可以考虑引入先进的维修保养技术或者调整设备维修保养方式，以达到降低成本的目的。

引入先进的维修保养技术是有效降低设备维修保养成本的方式之一。船舶企业可以通过技术合作、引进国外技术、与设备制造商合作等方式引入先进的设备维修保养技术，以提高设备的维修保养效率，减少维修保养时间和成本，提高设备的可靠性和稳定性。例如，一些企业可以采用无损检测技术来检测设备的缺陷和隐患，以更好地维护设备，并提前预防可能发生的故障。^[1]

调整设备维修保养方式也是降低设备维修保养成本的有效途径。例如，船舶企业可以采用预防性维护或条件维护的方式，以降低维修保养成本。预防性维护是指在设备故障之前预防性的维护设备，以延长设备的使用寿命和减少设备的故障率。而条件维护则是基于设备的运行状况和使用环境，对设备进行不同的维修保养策略。通过调整维修保养方式，企业可以在保证设备正常运行的前提下，减少不必要的维修保养费用。

（三）建立有效的设备管理系统

为解决船舶设备维护与管理中存在的问题，建立一个有效的设备管理系统是至关重要的。这个系统可以通过管理设备档案和故障记录来跟踪设备的状态，提供有关设备维护和维修计划的信息，并为维修和维护人员提供必要的技术支持和培训。^[2-3]

设备档案管理是设备管理系统的基础，它可以对设备进行标准化和系统化管理。这个系统可以追踪设备的购买、维护、保养和报废等信息，可以快速获取设备的使用记录、技术参数和使用寿命等信息，以便在维护和维修过程中进行参考和决策。此外，设备档案管理系统还可以通过实时监测设备的状态和维护记录来提高设备的使用效率和维修质量。

设备故障记录管理也是设备管理系统的重要组成部分。它可以跟踪设备的故障历史，对设备的故障信息分析和评估，以便制定更加科学地维修和保养计划。设备故障记录管理系统可以对故障信息进行分类和统计，并为维修人员提供实时的故障信息反馈和技术支持，有助于提高设备的维修效率和质量。此外，这个系统还可以对设备故障信息进行大数据分析，以发现潜在的设备故障风险和改进维修保养计划。

首先，建立完整的设备档案管理系统，包括设备的购买、维护、保养和报废等信息，确保设备档案信息的准确和完整。其次，建立设备故障记录管理系统，对设备的故障信息进行跟踪、

统计和分析,并为维修人员提供技术支持和培训。最后,通过使用信息化技术来实现设备管理系统的自动化和智能化,提高设备管理的效率和精度。

四、设备维护与管理对策实践分析

(一) 设备维护计划制定实践

设备维护计划制定是船舶设备维护和管理的重要组成部分。在实践中,一份科学合理的设备维护计划能够提高设备的可靠性和稳定性,降低维修成本,延长设备的使用寿命,提高设备的工作效率和运行安全性。一些公司和船舶运营者往往采取“等到设备出现问题再维修”的方式来进行设备维护,这种方法在短期内可能会节省一些成本,但长期来看却会增加船舶维修成本,同时也会对船舶安全造成隐患。因此,制定科学合理的设备维护计划是至关重要的。设备维护计划应该根据船舶设备的使用情况、工作环境和设备特性等因素来制定,具体步骤包括设备信息采集、维护周期的确定、维护内容的明确和维护记录的跟踪等。同时,要根据设备的维护计划,配备足够的人员和设备,保证设备的及时维修保养。^[4]

(二) 设备维修保养成本优化实践

设备维修保养成本的优化对于船舶营运检验中设备维护与管理的有效实施具有重要作用。船舶设备维修保养成本包括人力成本、物料成本、维修设备成本等。这些成本的高低直接影响到船舶设备维修保养的质量和效率,因此需要针对这些成本进行优化。

一方面,可以引入先进的维修保养技术,采用更加科学、高效的维修保养方法,提高维修保养的效率和准确性,减少维修保养时间和成本。例如,利用现代化设备对设备进行维修保养,采用先进的设备维修保养方法和技术,能够大大降低维修保养成本,提高设备使用效率。此外,还可以引入智能化设备监测系统,及时监测设备运行状况,预测设备故障并及时修复,有效避免因故障造成的生产损失。

另一方面,可以调整设备维修保养方式,通过合理的维修保养策略降低维修保养成本。例如,采取预防性维修保养策略,及时更换设备易损件,降低设备故障率,从而减少因设备故障而导致的维修保养成本。此外,还可以采用外包维修保养的方式,将设备维修保养外包给专业的维修保养公司,减少自身维修保养人力成本和设备维修保养设备成本。

因此,优化设备维修保养成本需要综合考虑多方面的因素,

选择合适的维修保养策略和技术,加强设备维修保养管理,提高设备使用效率,降低设备维修保养成本,提高船舶设备维修保养的质量和效率,确保船舶营运安全和稳定。

(三) 设备管理系统建立实践

建立有效的设备管理系统是解决船舶设备维护与管理问题的重要手段之一。本节将以一家大型航运公司为例,介绍其如何建立有效的设备管理系统,以提高设备维护和管理水平。

该公司建立了一套完整的设备管理流程,包括设备档案管理、设备故障记录管理、设备维修保养计划管理和设备维修保养记录管理等。首先,对所有设备建立了详细的档案,包括设备名称、型号、规格、安装时间、使用寿命、保养周期等信息,并在档案中添加设备的实时状态监测数据和维修保养记录,以便实时跟踪设备的运行状态和维修保养情况。其次,该公司建立了设备故障记录管理系统,所有设备故障都要及时记录并分析原因,以便在维修保养计划中加以考虑。针对故障原因分析结果,该公司还进行了一系列改进,如增加备件存储数量、提高维修保养人员技能等,从而有效提高了设备的可靠性和可维护性。此外,该公司还制定了科学的设备维修保养计划和记录管理系统,为每台设备制定了详细的维修保养计划,包括维修保养内容、周期和责任人员等信息,并在计划执行后进行记录和分析,以及及时调整和完善计划。

该公司在设备管理系统建立后,明显提高了设备的维护保养水平,减少了设备故障停机时间,降低了维修保养成本,提高了设备的可靠性和可维护性。此外,公司还通过不断完善和优化设备管理系统,提升了设备的智能化管理水平,如通过引入远程监测和控制系统,实现了对船舶设备的远程监测和调控,大大提高了设备的可控性和可视性。

五、结论

综上所述,船舶设备维护与管理在船舶营运检验中起着至关重要的作用。本文对设备维护与管理的概念、重要性以及存在的问题进行了分析,并提出了相应的解决对策。制定科学的设备维护计划、优化设备维修保养成本、建立有效的设备管理系统、提升人员技能和管理水平是解决设备维护与管理问题的关键。同时,本文通过实践案例分析,具体展示了这些对策的实施情况,证明这些对策在实践中具有可行性和有效性。因此,本文对于提高船舶营运检验的设备维护与管理水平具有一定的参考价值。

参考文献:

- [1] 赵阶保. 内河小型船舶营运检验替代方式可行性分析[J]. 中国水运, 2022(11):81-82.
- [2] 荆纬. 内河营运船舶检验质量提升措施研究[J]. 运输经理世界, 2022(04):163-165.
- [3] 吴晓洪. 船舶检验中常见轮机缺陷探讨[J]. 船舶物资与市场, 2021,29(10):11-12.
- [4] 李志勇, 韩庆龙. 营运船舶的船型分布调查和检验[J]. 珠江水运, 2021(19):52-53.

海工船舶改装对船舶结构强度的影响分析

马钦超

上海中远海运重工有限公司, 上海 201913

摘 要： 本文对海工船舶改装对船舶结构强度的影响进行了分析。在引言部分，介绍了船舶结构强度的基础知识，包括船舶结构的组成和功能、结构强度的定义和重要性以及结构设计和评估标准。接着，探讨了船舶改装的类型和影响因素，包括主要改装类型和影响改装对结构强度的因素。在改装对船舶结构强度的影响方面，分析了改装前的结构评估和分析、改装过程中的结构修改和强化，以及改装后的结构评估和分析，并讨论了结构强度的变化和潜在影响。此外，介绍了结构强度评估方法和工具，包括结构分析方法和结构评估工具和软件。最后，研究了改装对船舶安全性和运营的影响，包括结构强度改善对船舶的安全性和可靠性的影响、改装后的运营限制和条件，以及经济效益与风险评估。本文的研究结果有助于深入理解海工船舶改装对船舶结构强度的影响，为改装设计和评估提供参考依据。

关 键 词： 海工船舶改装；结构强度；结构评估；改装类型；安全性

Analysis on the influence of Marine Ship Modification on Ship Structural Strength

Ma Qinchao

Shanghai COSCO Shipping Heavy Industry Co., LTD, Shanghai 201913

Abstract： This paper analyzes the influence of Marine ship modification on ship structural strength. In the introduction section, the basic knowledge of ship structural strength is introduced, including the composition and function of ship structure, the definition and importance of structural strength, and the structural design and assessment criteria. Then, the types and influencing factors of ship modification, including the main modification type and the factors affecting the structural strength, are explored. In terms of the influence of modification on the ship structural strength, the structural assessment and analysis before modification, structural modification and reinforcement during modification process, and structural assessment and analysis after modification, and the changes and potential impact of structural strength are discussed. Besides, introduce the structural strength assessment methods and tools, including structural analysis methods and structural assessment tools and software. Finally, the impact of modification on the safety and operation of ships are studied, including the impact of structural strength improvement on the safety and reliability of ships, the operational restrictions and conditions after modification, and the economic benefit and risk assessment. The results of this paper contribute to a deep understanding of the impact of Marine ship modification on ship structural strength, and provide a reference for modification design and evaluation.

Key words： marine ship modification; structural strength; structural assessment; type of modification; safety

一、引言

海工船舶改装是指对现有海工船舶进行结构和设备的调整和改变，以适应新的工作需求或提升船舶性能的过程。在进行海工船舶改装时，船舶的结构强度是一个至关重要的考虑因素。改装可能引入新的设备、更改舱室布局、加装货物起重设备等，这些改动都可能对船舶的结构强度产生影响。

船舶结构强度是指船舶抵抗外部载荷作用下保持稳定和完整的能力。结构强度的充分保证对于船舶的安全性和可靠性至关重要，特别是在面对恶劣海况和极端工作环境时。因此，对于海工船舶改装的结构强度分析和评估显得尤为重要。

本文旨在分析海工船舶改装对船舶结构强度的影响。首先，

我们将介绍船舶结构强度的基础知识，包括船舶结构的组成和功能，结构强度的定义和重要性，以及结构设计和评估的标准。接着，我们将探讨海工船舶改装的类型和影响因素，包括主要的改装类型以及影响改装对结构强度的因素。

二、船舶结构强度基础知识

（一）船舶结构的组成和功能

海工船舶的结构由各种组件和部件构成，包括船体、甲板、舱室、支撑结构等。船体是船舶最主要的结构部分，通常由船壳、船底、船舱侧壁和船首船尾组成。船舶的甲板提供了船上的工作平台，用于装载设备、存放货物以及进行作业活动。舱室是

用于居住、办公、存储货物和设备等的封闭空间。支撑结构包括框架、纵横材料等，用于增强船体的刚度和强度。

船舶结构的主要功能包括承受外部载荷、保持结构稳定性、分担船舶自重荷载以及提供载货和工作平台等。船舶在航行过程中会受到来自波浪、风力、水流等外部载荷的作用，结构必须能够抵御这些载荷，并保持良好的稳定性，以确保船舶的安全性和航行性能。

（二）结构强度的定义和重要性

船舶结构强度是指船舶在受到外部载荷作用下保持稳定和完整的能力。结构强度的定义通常涵盖结构的刚度、承载能力、抗挠性和抗疲劳性等方面。船舶结构必须能够承受不同方向和不同类型的载荷，包括静载荷和动载荷，并保持结构的完整性，防止结构破坏和失效。

结构强度在船舶设计和运营中具有重要的意义。良好的结构强度能够确保船舶在各种工作条件下的安全性和可靠性。对于海工船舶而言，面对恶劣的海况和复杂的工作环境，结构强度尤为重要。合理的结构设计和强度评估可以减少结构的疲劳和应力集中，延长船舶的使用寿命，并降低维修和维护成本。

（三）结构设计和评估标准

船舶结构的设计和评估需要遵循一定的标准和规范，以确保结构的强度和安全性符合国际标准。

1. 国际海事组织（IMO）标准

IMO 是制定和推广船舶安全和环境保护标准的国际组织。IMO 发布了一系列关于船舶结构设计和评估的规定，包括《国际海事公约》（SOLAS）和《船舶结构规范》（船级社规范）等。这些规定涵盖了船舶结构设计、结构材料、强度计算方法和结构评估要求等方面。

2. 船级社规范

船级社是船舶安全和结构认证的机构，它们制定了适用于不同类型船舶的结构规范。船级社规范包括了结构设计的要求、材料强度、焊接和连接方法、结构强度计算方法等。常见的船级社包括美国船级社（ABS）、挪威船级社（DNV）、劳氏船级社（LR）等。

3. 国际标准组织（ISO）标准

ISO 发布了一系列关于结构设计和评估的标准，其中包括船舶结构设计、结构强度计算方法、结构疲劳评估等方面的标准。这些标准旨在确保船舶结构在不同工况下具有足够的强度和可靠性。这些标准不仅涵盖了船舶结构设计的原则和要求，还包括了结构强度计算方法和疲劳评估的准则。通过遵循这些标准，船舶设计和改装可以更加科学和可靠，确保船舶在各种条件下的安全性和性能稳定。这些标准的制定和应用将推动船舶结构领域的发展和创新，为船舶行业的可持续发展作出贡献。

4. 结构分析和强度计算软件

为了进行船舶结构设计和评估，各种结构分析和强度计算软件被广泛使用。这些软件基于有限元分析等方法，可以对船舶结构进行静态和动态分析，计算结构的应力、变形和疲劳寿命等参数。

遵循这些标准和规范可以确保海工船舶改装后的结构强度满足国际要求，提高船舶的安全性和可靠性。此外，定期的结构检查和评估也是确保船舶结构持续安全运营的重要环节。通过遵循相关标准和

规范，船舶所有者和设计师可以更好地了解 and 评估船舶结构的强度和可靠性，并采取必要的措施来提升结构的性能和延长使用寿命。

三、船舶改装类型和影响因素

（一）主要改装类型

改装过程中可能需要增加新的设备，如安装更强大的动力系统、增加作业设备或航行辅助设备等。这种改装通常涉及安装新的设备支撑结构、布线调整等。为适应新的作业需求或提升工作效率，改装可能涉及对船舶内部舱室的布局重新设计和调整。这可能涉及墙壁、隔板、楼梯、通道等的移动或重新构造。为了提升船舶的装卸能力，改装可能需要在船上加装货物起重设备，如起重机、吊索系统等。这种改装需要考虑设备的重量、位置以及与船体结构的相互影响。针对特定的任务需求，改装可能需要增强船舶的载重能力，包括通过加固甲板或船体结构，提升船舶的承载能力和稳定性。

（二）影响改装对结构强度的因素

1. 船舶原始设计

船舶的原始设计对改装后的结构强度产生重要影响。改装时必须考虑船舶原始设计的结构特点、材料强度、荷载分布等因素。如果改装超出原始设计范围，可能需要进行结构修改或强化，以满足新的工作要求和荷载条件。^[1]

2. 改装过程中的结构修改

在进行船舶改装时，可能需要进行结构的局部或整体修改。这些修改可能包括削减或增加结构元件、改变连接方式、增加支撑结构等。这些改变对船舶的结构强度会产生直接影响，需要进行详细的结构分析和评估。

3. 改装类型和程度

改装的类型和程度也会影响船舶的结构强度。不同类型的改装会对不同部分的结构造成不同程度的影响。例如，增加设备可能会增加船体的重量和荷载分布，而改变舱室布局可能会导致结构的重心偏移和应力集中。因此，在进行改装时需要综合考虑改装的类型和程度对结构强度的影响，并进行相应的结构评估。

4. 结构强化和加固措施

为了确保改装后的船舶结构具有足够的强度和稳定性，可能需要采取结构强化和加固措施。这包括使用更高强度的材料、增加支撑结构、加固关键区域等。改装过程中的结构强化和加固工作需要充分考虑改装目标、船舶原始结构以及适用的结构设计标准和规范。^[2]

综上所述，船舶改装对结构强度的影响受到多个因素的综合影响。在进行改装前，需要进行详细的结构评估和分析，以确定改装对船舶结构强度的影响程度，并采取必要的措施来确保改装后的船舶结构具有足够的强度和可靠性。

四、改装对船舶结构强度的影响

（一）改装前的结构评估和分析

在进行海工船舶改装之前，必须进行结构评估和分析，以评估当前船舶结构的强度状况和潜在问题。这包括对船体、甲板、

舱室等结构部件进行检查，检测可能存在的疲劳、腐蚀、裂纹或变形等缺陷。通过非破坏性检测、可视检查和结构分析等手段，可以获取结构的几何形状、材料特性和强度参数等关键信息。

（二）改装过程中的结构修改和强化

在改装过程中，可能需要对船舶结构进行修改和强化，以满足新的工作要求和载荷条件。这包括增加或调整结构元件、加固关键区域、改变连接方式等。结构修改和强化必须根据具体需求和设计要求进行，同时遵循适用的结构设计标准和规范。

（三）改装后的结构评估和分析

完成改装后，需要对船舶结构进行再次评估和分析，以验证改装的效果和结构的强度。通过结构分析和计算，评估改装后的结构在静态和动态荷载下的应力、变形和疲劳寿命等性能。这可以帮助确认改装后的结构是否满足设计要求，并提供必要的数据支持。

（四）结构强度的变化和潜在影响

改装对船舶结构强度可能产生多方面的变化和潜在影响。改装可能导致结构的重量、荷载分布和应力状态发生变化，从而对船舶的结构强度产生影响。同时，改装后的结构可能会对船舶的稳性、航行性能和船舶系统产生影响，需要综合考虑这些因素。

五、结构强度评估方法和工具

（一）结构分析方法

1. 有限元分析（FEA）

有限元分析是一种基于数值方法的结构分析技术，通过将结构划分为有限数量的单元，以数学模型来描述结构的行为。它可以计算结构的应力、变形、应变等参数，并评估结构的强度和稳定性。^[3]

2. 强度计算方法

强度计算方法是基于经验公式和材料力学原理，根据结构的几何形状和荷载条件来计算结构的强度。常见的强度计算方法包括静力学方法、弹性力学方法和塑性力学方法等。

3. 疲劳寿命评估

对于需要长期运营的海工船舶，疲劳寿命评估是一项重要的结构强度评估内容。通过疲劳寿命评估，可以分析结构在长期循环荷载下的损伤累积情况，从而判断结构的耐久性和可靠性。

（二）结构评估工具和软件

1. 船级社规范

船级社发布的规范提供了船舶结构设计和评估的准则和要求。船级社规范包含了结构强度计算公式、材料强度要求、焊接和连接规范等内容，是进行船舶结构评估的重要参考资料。

2. 结构强度计算软件

有许多商业化的结构强度计算软件可供使用，例如 ABAQUS、ANSYS 等。这些软件具有强大的计算和分析功能，能够模拟不同工况下的结构响应，提供详细的强度评估结果。

3. 疲劳寿命评估软件

针对疲劳寿命评估，存在一些专门的软件工具，如 nCode、FEMFAT 等。这些软件可以进行疲劳分析，计算结构的疲劳寿命

和可靠性，并根据疲劳损伤累积情况进行结构设计和优化。

六、改装对船舶安全性和运营的影响

（一）结构强度改善对船舶的安全性和可靠性的影响

船舶改装中的结构强度改善措施对船舶的安全性和可靠性具有重要影响。通过改装加固和强化结构，可以提升船舶的抗风浪、抗冲击和抗疲劳能力，降低结构失效和事故风险。改装后的结构强度增强，能够更好地承受荷载和外界环境变化，提高船舶在恶劣海况下的稳定性和航行安全性。

（二）改装后的运营限制和条件

船舶改装可能会引入新的运营限制和条件。改装后的船舶结构可能会对载重能力、航行速度、操作灵活性等产生影响。改装可能导致船舶的重量和重心位置发生变化，因此需要重新评估船舶的稳性和操纵性能，确保满足相关法规和要求。此外，改装后的船舶可能需要遵守特定的操作规程和限制条件，以确保船舶的安全运营。

（三）经济效益与风险评估

在进行船舶改装时，需要综合考虑改装带来的经济效益与风险。改装可以提升船舶的性能、功能和适应性，使其适用于新的任务 and 市场需求。改装后的船舶能够提供更高的运营效率、降低能耗、增加装载能力等，从而带来经济效益。然而，改装也涉及一定的成本和风险，包括改装费用、运营限制、技术可行性等方面。因此，需要进行综合的经济效益与风险评估，确保改装的可行性和可持续性。

七、结语

通过深入了解海工船舶改装对船舶结构强度的影响，可以为相关行业的从业人员和决策者提供指导和参考，以确保改装项目的成功实施和船舶的安全运营。未来的研究和实践将进一步推动船舶改装技术的发展和革新，以适应不断变化的市场需求和技术要求，并不断提升海工船舶的效率和可持续性。在未来，随着技术的进步和行业的发展，海工舰改装的需求也将不断增长。技术的进步将为海工船舶改装提供更多创新的解决方案。例如，新材料的应用和结构设计的优化将使得改装后的船舶在强度、重量和耐久性方面都具备更高水平。同时，智能化技术的应用也将为船舶改装带来更多的可能性，例如自动化系统和监测装置的引入，将提升船舶的操作效率和安全性。

参考文献：

- [1] 邵亮, 李路遥. 船舶浮态下改装工程大开孔变形控制分析 [J]. 江苏船舶, 2021, 38(05): 18-19+23.
- [2] 陈伟, 周均怡, 李晓奎, 周翠兰, 黎继胜. 关于船舶改装中电缆连接方式的探讨 [J]. 船舶标准化工程师, 2021, 54(05): 87-91.
- [3] 蒋士兴, 韩海坤. 机舱风机与海水泵变频技术在船舶改装上的应用 [J]. 中国修船, 2021, 34(S1): 33-35.

城市道路养护管理策略：效率与可持续性的平衡

孟刘发¹, 韩东²

1. 浙江工业大学工程设计集团有限公司河南分公司, 河南 郑州 450000

2. 北京金安兴泰建筑工程有限公司, 北京 100013

摘 要： 城市道路是城市的重要组成部分，对于城市的交通运行和经济发展具有至关重要的作用，而城市道路养护管理则是保持道路正常运行和延长其使用寿命的关键。随着城市化的加速和交通量的增加，城市道路养护管理面临着效率与可持续性的挑战。基于此，本文从促进城市道路养护效率与可持续性平衡的角度，分析了城市道路养护管理优化路径，并介绍了道路养护管理中的关键技术，以期实现城市道路养护管理高效与可持续性的发展。

关 键 词： 城市道路；养护管理；效率；可持续性；平衡

Urban Road Maintenance Management Strategies: Balancing Efficiency and Sustainability

Meng Liufa¹, Han Dong²

1. Henan branch of Zhejiang University of Technology Engineering Design Group Co., Ltd., Zhengzhou, Henan 450000

2. Beijing Jin'an Xingtai Construction Engineering Co., Ltd., Beijing 100013

Abstract： Urban road is an important part of the city, which plays a vital role in the traffic operation and economic development of the city, while urban road maintenance management is the key to keep the road running normally and extend its service life. With the acceleration of urbanization and the increase of traffic, urban road maintenance management faces the challenges of efficiency and sustainability. Based on this, this paper analyzes the optimization path of urban road maintenance management from the perspective of promoting the balance between efficiency and sustainability of urban road maintenance, and introduces the key technologies in road maintenance management, with a view to realizing the development of efficiency and sustainability of urban road maintenance management.

Key words： urban road; maintenance management; efficiency; sustainability; balance

引言

城市道路养护管理对于城市的发展和居民的生活质量有着至关重要的作用。伴随着城市化进程的加速，城市道路养护管理面临着系列的挑战。传统的养护管理模式往往片面强调效率而忽视可持续性，导致资源浪费和环境污染等问题。因此，探究如何在城市道路养护管理中实现效率与可持续性的平衡成了一个亟待解决的问题。

一、城市道路养护管理优化路径——促进养护效率与可持续性的平衡

（一）提升道路养护管理的效率

1. 引入先进养护技术和设备

引入先进养护技术和设备是提升道路养护管理效率的重要手段。要采用先进的道路检测设备。例如激光扫描仪、高清晰度摄像头等，可以快速、准确地检测路面的损坏程度和位置，提高检测效率和质量。要引入高效的路面修复技术。例如局部修补、超薄罩面等，快速修复路面损坏，提高修复效率和降低工程成本^[1]。要采用自动化巡检技术。例如无人巡检车、无人机等，可以实现

道路的自动巡检和实时监测，提高巡检效率和准确度^[2,3]。同时，也要引入智能交通管理系统。例如交通信号控制、交通信息发布等，可以优化交通流量，减少交通拥堵和交通事故的发生，提高道路使用效率^[4]。

2. 加强道路监控和维护

除了引进先进的养护技术及设备之外，也应加强道路监控和维护。要加强道路监控，构建道路巡查系统。安装监控设备，对道路进行实时监控，且采用常态化的巡查机制，及时发现道路损坏和交通状况，提高养护管理的及时性和针对性^[5]。要加强道路设施维护，定期对道路设施进行维护和保养，确保设施的正常运行和延长使用寿命，降低设施损坏对交通的影响。要建立养护管理

档案，为每一段道路建立养护管理档案，记录道路的基本情况、历史病害、养护过程等信息，为后续的养护管理提供参考和依据。同时，要健全道路养护管理机制，根据地域特点，建设有针对性管理机制，提高施工单位竞争意识^[6,7]。

（二）推进道路养护管理的可持续发展

1. 采取积极的环保措施

采取积极的环保措施是推进道路养护管理可持续发展的重要手段。在材料选择上，要更倾向于选择环保型养护材，如可再生、可降解的材料，减少对环境的污染。要大力推广节能环保技术，如太阳能照明、节能型养护设备等，降低能源消耗和碳排放。要加强道路绿化，在道路两侧种植花草树木，增加绿化面积，改善道路环境，提高城市生态水平。同时，建立环保监测系统，安装环保监测设备，对道路环境进行实时监测，及时发现环境问题，采取措施加以解决。

2. 建设道路两侧路基保护带

在道路两侧建设路基保护带，可以防止雨水等对路基的侵蚀，提高道路的稳定性和安全性。在路基保护带内可种植花草树木等植被，增加绿化面积的同时，又改善了道路环境，同时也有利于防止水土流失和沙漠化等问题。在路基保护带内设置排水设施，可以及时排除路面积水，防止水对路基的损害，提高道路的耐久性和使用寿命。对路基保护带内的设施要进行定期维护和保养，确保设施的正常运行和延长使用寿命，提高道路养护管理的效率和质量。

3. 鼓励社会参与

鼓励社会参与是推进道路养护管理可持续发展的重要途径。要通过媒体、宣传栏、社交媒体等多种渠道，加强公众对道路养护管理的认识和参与意识，提高公众的积极性和主动性^[8]。要建立公众参与道路养护管理的机制，让公众能够参与到道路养护管理中来，如组织志愿者活动、开展社区教育等，提高公众的参与度和责任感。要积极吸引社会资本投入，增加养护资金来源，提高养护质量，促进道路养护管理的可持续发展。同时，要与各类社会组织建立合作关系，共同推进道路养护管理，如与环保组织合作开展环保活动、与科研机构合作开展技术创新等。

二、基于效率与可持续性平衡的城市道路养护管理关键技术

（一）道路检测技术

城市道路养护管理是保障道路安全、顺畅和美观的重要工作。在道路养护管理中，道路检测技术的实施是关键环节之一。在具体实施过程中，其主要包括路面破损检测、路面平整度检测、路面抗滑性能检测及路面强度检测等四个方面。为了提高检测的准确性和效率，常常会结合计算机视觉技术、人工智能技术，传感器技术等对采集的图像、数据进行分析和处理。

1. 路面破损检测

路面破损检测是道路检测技术的第一步。路面破损检测可以通过摄像机、激光扫描仪等设备采集路面的图像并进行分析，对

路面的裂缝、坑槽、松散、龟裂等病害进行检测和分类。

2. 路面平整度检测

路面平整度检测是道路检测技术的重要环节之一。路面平整度检测可以通过颠簸累积仪、激光平整度仪等设备对路面进行检测，评估路面的平整程度^[9]。

3. 路面抗滑性能检测

路面抗滑性能检测是道路检测技术的重要环节之一。路面抗滑性能检测可以通过摆式摩擦系数仪、横向力系数测试仪等设备对路面的摩擦系数进行检测，评估路面的抗滑性能。

4. 路面强度检测

路面强度检测是道路检测技术的重要环节之一。路面强度检测可以通过落球弯沉仪、贝克曼梁等设备对路面进行弯沉检测，评估路面的承载能力^[10]。

（二）道路养护施工与检验技术

1. 路面维修

在城市道路养护施工中，常常会遇到路面的维修，在进行路面维修前，需要先进行路面的破损检测。检测完成后，需要选择路面维修的材料，常用的路面修补材料包括水泥、沥青、混凝土等。在选择材料时，应根据路面的实际情况和使用要求，选择符合标准、质量优良的材料^[11]。此外，还需考虑材料的耐久性、抗压强度、抗折强度等性能指标。材料选择完成后，要结合路面的破损情况和材料选择，制定相应的维修方案，维修方案应包括工程预算、人员安排、时间计划等要素^[12]。正式施工时，要对路面进行清理，使用专业的路面清理工具，清理松动部位、裂缝内的杂物等，确保材料铺装的质量^[13]。清理完成后，按照维修方案的要求，进行材料铺装。在铺装前，应将路面湿润，确保材料与路面的粘结力，并按照一定的比例将修补材料和水混合，搅拌均匀后进行铺装。在铺装过程中，应注意铺装厚度、平整度等指标，确保材料铺装质量。铺装完成后，需要进行路面压实。路面压实能够使修补材料与原路面紧密结合，提高路面的平整度和密实度。在压实过程中，应使用专业的压实机械，按照一定的压实顺序和压实速度进行压实操作。同时，应注意压实厚度、压实均匀性等指标，确保压实质量。最后，进行路面的检验，及时发现并解决问题^[14]。

2. 坑槽处理

（1）坑槽调查

坑槽调查是城市道路养护施工中的重要环节。在进行坑槽处理前，首先需要对坑槽进行详细的调查，了解坑槽的位置、大小、深度以及周围交通情况等信息，为后续的修补方案制定提供准确的数据支持。

（2）坑槽清理

在坑槽调查完成后，需要进行坑槽清理。清理的目的是为了暴露出坑槽的内部结构，以便于后续的修补工作。在清理过程中，应遵循先清理表面杂物，再使用专业工具清理内部的原则，清理完毕后，应进行验收，确保坑槽内部干净、无杂物。

（3）确定修补方案

根据坑槽调查的结果，结合实际情况，制定适当的修补方

案。修补方案应综合考虑坑槽的大小、深度、位置以及周围环境等因素，常用的修补方式有热补、冷补及热再生修补等^[15]。

（4）材料准备

在坑槽修补前，需要准备好所需的材料和设备。根据修补方案的要求，选择合适的材料，材料需要有良好的耐久性、抗压强度和抗水性，常用的坑槽修补材料有环氧树脂混合料、封水材料和找平材料等^[16]。

（5）现场施工

在施工前，应做好施工前的准备工作，包括划定施工区域、设置安全标志等。在施工过程中，应遵循修补方案的操作流程，按照技术要求进行施工。在施工过程中，应注意做好路面的排水设计，避免因积水造成后续路面侵蚀^[17]。

（6）质量检验

修补完成后，需要对坑槽进行质量检验。检验的内容包括坑槽表面的平整度、修补材料的密实度、颜色等方面。同时，需要进行压力测试，确保修补后的坑槽具有足够的承载能力。在确认修补质量合格后，方可开放道路供车辆通行。

3. 裂缝控制

在城市道路病害中，裂缝是极为常见的，也极易造成一系列连锁反应，影响交通出行安全^[18]。在具体施工中，应从如下几个方面进行裂缝的把控：（1）材料控制：材料的质量是影响道路裂缝的关键因素。在城市道路养护施工中，应严格控制原材料的

质量，包括水泥、砂、石等。选用质量稳定、性能优良的水泥，控制砂石的含泥量，选择合适的级配碎石，应加强对原材料的检验，确保进场的材料符合规范要求。（2）施工工艺控制：施工工艺的控制主要体现在路面施工环节。在路面摊铺过程中，要保证摊铺厚度、平整度和压实度等关键指标。同时，在路面碾压时，应根据不同的材料和天气条件选择合适的碾压方法和压实参数，确保路面密实度和平整度。（3）裂缝处理技术：对于已经出现的裂缝，应第一时间进行裂缝处理，避免其对路面及路基造成破坏^[19]。要根据其类型和严重程度采取相应的处理措施，比如对于轻微的裂缝，可以采用热沥青灌缝技术进行处理；对于较宽的裂缝，可以采用开槽灌缝或贴缝技术进行处理。在处理裂缝时，应确保填充材料与原有路面材料相容，并保证填充质量^[20]。

三、结语

城市道路养护管理策略是城市管理的重要组成部分，对于城市的可持续发展具有至关重要的作用，在进行道路的养护过程中，要充分考虑效率与可持续性的平衡。未来，城市道路的养护管理需要基于数据驱动实现决策优化，需要不断开发绿色养护技术，需要践行资源节约和环境保护的重要原则。相信在不断努力下，城市道路的养护管理会达到高效与可持续性的目标，进而为城市的正常运行和经济发展提供有力的保障。

参考文献：

- [1] 胡世通. 提高市政道路养护管理水平研究 [J]. 中国管理信息化, 2017, 20(09): 214-215.
- [2] 杜威兵. 城市道路养护管理分析及对策 [J]. 黑龙江科技信息, 2017(02): 228.
- [3] 王乐家. 城市道路养护管理对策研究 [J]. 民营科技, 2015(12): 122.
- [4] 王海鹏. 城市道路桥梁的养护安全管理探析 [J]. 工程建设与设计, 2022(19): 276-278.
- [5] 崔明祚. 城市道路精细化养护管理分析 [C] // 中国智慧工程研究会智能学习与创新研究工作委员会. 2021工程技术与管理工作研讨会论文集. [出版者不详], 2021: 2-5.
- [6] 郑杰. 道路养护工程管理要点及强化路径 [J]. 广西城镇建设, 2021(02): 78-79+95.
- [7] 王晓瑜. 道路养护管理存在的问题与对策分析 [J]. 居业, 2016(05): 143-144.
- [8] 张婷婷. 市政道路养护管理水平的有效提升措施 [J]. 住宅与房地产, 2020(18): 153.
- [9] 吴赞阳, 程建川. 南京市城市道路养护建设数据的无损检测技术 [J]. 淮海工学院学报 (自然科学版), 2005(03): 11-14.
- [10] 散茂川, 谢海巍, 刘尊青等. 城市道路沥青路面检测与病害处置 [J]. 工业技术创新, 2021, 08(06): 84-88.
- [11] 王国安. 城市道路沥青路面养护技术应用研究 [J]. 城市建设理论研究 (电子版), 2023(06): 137-139.
- [12] 冯雨. 城市道路精细化养护管理探讨 [J]. 市政技术, 2021, 39(11): 42-47.
- [13] 赵兰洲. 浅谈市政道路路面预防性养护 [J]. 黑龙江科技信息, 2011(01): 301.
- [14] 马磊. 城市道路沥青路面养护技术 [J]. 建材与装饰, 2018(49): 262-263.
- [15] 郝尧生, 刘兴东. 高速公路沥青路面坑槽病害成因与处治 [J]. 中外公路, 2012, 32(03): 118-120.
- [16] 韩赣, 高明月. 沥青路面坑槽快速修补技术施工工艺研究 [J]. 科学技术创新, 2021(08): 116-117.
- [17] 胡韬. 沥青混凝土路面坑槽病害治理 [J]. 黑龙江交通科技, 2020, 43(01): 67-68.[18] 赵荣高. 城市道路路面养护措施探讨 [J]. 交通标准化, 2013(18): 28-30.
- [19] 揭磊, 吴申, 王俊骅. 上海市高速公路和城市快速路养护维修安全管理初探 [J]. 上海公路, 2019(01): 88-91+6.
- [20] 邵振伟. 城市道路养护维修施工存在的问题及对策 [J]. 中国建筑装饰装修, 2022(02): 171-172.

高速公路机电系统设备管理问题及优化方法分析

王建勋

朔州高速公路管理有限公司, 山西 朔州 036000

摘 要 : 公路是经济社会发展的基础设施, 我国的高速公路规模随着经济社会的发展处于一种持续扩张的状态, 机电系统是保障高速公路得以安全稳定运作的重要支撑, 其中利用的信息技术范围相对较为广泛。国内高速公路信息化系统的发展和建设, 使得我国高速公路通行能力明显提高, 但目前我国高速公路的机电系统依旧处于初级发展阶段, 各项设备管理工作频繁出现问题, 使得机电系统的作用发挥相对有限。本文通过研究解决高速公路机电系统设备管理工作问题, 旨在为后期我国高速公路机电系统的稳定运转提供参考。

关 键 词 : 高速公路; 机电系统; 设备管理

Analysis of Equipment Management Problems and Optimization Methods of Highway Electromechanical Systems

Wang Jianxun

Shuozhou Expressway Management Co, Ltd., Shuozhou, Shanxi 036000

Abstract : Highway is the infrastructure for economic and social development, the scale of China's highway with the economic and social development is in a state of continuous expansion, electromechanical system is to protect the highway to ensure the safe and stable operation of the important support, which use of information technology is relatively wide range. Domestic highway information system development and construction make China's highway capacity significantly improved. But at present, China's highway electromechanical system is still in the primary stage of development, the management of the equipment frequently problematic, so that the role of electromechanical systems play a relatively limited role. Through the research to solve the problem of highway electromechanical system equipment management, this paper aims to provide reference for the stable operation of China's highway electromechanical system in the later stage.

Key words : highway; electromechanical system; equipment management

引言

当前在高速公路的建设和运营中, 配套使用的机电设备逐渐增多, 给机电管理人员的工作带来了更大的挑战。为了避免高速公路在运行过程中出现因机电设备故障造成的交通堵塞及安全事故等问题, 要求机电管理人员必须及时发现机电设备故障, 并进行合理的维护, 确保高速公路运营的安全性。此外, 做好高速公路机电系统设备的管理, 能够延长机电设备的使用时间, 减少机电设备投入成本, 帮助企业获得更高的经济效益。类型多样及技术含量高是高速公路机电设备的主要特点, 因此与其他普通机电设备相对比, 高速公路机电系统设备的管理的难度更大。

一、高速公路的机电系统定义与系统设备组成

(一) 高速公路的机电系统的定义

高速公路机电系统包括通信电力收费以及监控系统4个部分, 由于各部分之间相互配合, 使得高速公路变得更加具有现代化, 信息化以及人性化, 以上同样也作为管理高速公路相关部门中最为重要的工具类型。机电系统过程中应用了电子通信、自动化

控制, 以及计算机计算等等各方面的技术支持, 因此导致在建设期间, 投资较大。除此之外, 由于基于先进技术的支持, 一方面使高速公路的运营更加稳定, 另一方面使其管理效率也得到了一定的提升。高速公路运行的期间, 各项设备和技术与运营的情况密切相关, 同样也影响着投资管理部门的经济效益。因此, 若想要实现高速公路稳定运行, 需要做好高速公路机电设备的监管系统的标准化设计。目前情况下, 高速公路的管理方式主要是信息

化管理、监控系统以及视频图像相结合的管理方式,凭借相应的实时信息来完成机电系统的正常运转,不仅仅使得通行费流失的情况有所降低,而且也使得失控管理得到了一定的保障。因此,实现高速公路机电设备的标准化管理,要结合同法律法规、技术以及经济等多方面内容从而实现目标,从而使高速公路机电设备更加具有规范性以及流程性,另外,细化考核能够推动高速公路持续性发展以及稳定运营。

(二) 高速公路机电系统设备组成概述

(1) 监控系统的设备组成:在管理层级方面,高速公路监控系统可划分成外场监控设备、监控站、监控分中心、监控中心四个层级。根据所处物理环境,外场监控设备可细分为隧道内监控设备和常规路段监控设备两种类型。其中,隧道内监控设备包括交通控制系统、环境检测系统、火灾检测报警系统、隧道通风控制系统、有线广播系统等多个子系统。常规路段监控设备包括车辆检测器、气象检测器、信息发布屏、远程控制监控器等多种设备。在其他三个层级的监控系统中,计算机控制系统、网络通信系统、视频监控系统及必要的辅助设备是必要组成部分。在进行系统构建时,需根据高速公路的建设规模 and 设计要求,对系统的组成和架构进行有针对性的设计与科学调整。此外,对于ETC门架主机监控系统来讲,该系统不但具有向计算中心监控服务器提供数据采集与传输的功能,而且还具有对路网门架主机进行统一监控以便于实现预警的作用。ETC门架主机监控系统主要能够对高速公路信息系统中许多物联网相关设备,对它们工作状态、性能指标以及能源消耗相关数据进行实时获取,加强网络接入点安保措施,以便于进行数据分析,从而有利于更好地为决策提供参考与支持。高速公路相关的管理人员能够凭借ETC门架主机监控系统在管控中心对其所辖范围内路段上的所有物联网设备运行情况与发生原因故障,全面而细致地掌控,同时还能进行远程诊断与处理一些比较常见的故障问题,从真正意义上实现了自动化管理与维护,达到高速信息化系统的安全级别与在线率,使得该系统维护成本在很大程度上得到减少。

(2) 收费系统的设备组成:收费系统主要由金额显示设备、车辆识别系统、收费站监控室计算机网络系统、IC卡读写设备、对讲系统、报警系统、自动栏杆机、票据打印机等组成,是高速公路获取运营资金的主要途径。以往的收费系统主要为半自动收费模式,需要人工协助完成收费。随着物联网技术的发展,现阶段的收费系统多采用自动收费模式,即ETC收费模式。

(3) 照明系统的设备组成:照明系统是高速公路机电系统的重要组成部分,主要由场站照明子系统、主车道照明子系统、隧道照明子系统组成。其中,场站照明子系统主要保证收费站、管理站正常工作时的照明需求。主车道照明子系统主要为重要路段和事故多发路段提供主线照明,保证监控设备在夜间的监视效果的同时,还可以提高所在路段的行车安全性。隧道照明子系统主要对隧道内进行24h的持续性照明,同时在隧道内发生意外事故时,可提供一段时间的应急照明。

(4) 供电系统的设备组成:高速公路供电系统主要由发电机组、UPS电源、高低压配电线路及配套电气设备构成,具备

常规供电和应急供电两种供电模式。主要功能和作用包括:为高速公路中的各类电气设备进行持续性供电,在突发紧急情况时能提供一定时间的应急供电。由此可见,供配电系统是高速公路机电系统得以正常运转的重要保障,是高速公路正常运营的基础。

(5) 通信系统的设备组成:高速公路通信系统通常由通信电源系统、光电缆、光纤传输网络、数字程控交换系统等构成,是高速公路机电系统中监控、收费等子系统各项业务需求紧密连接的“桥梁”,是各管理部门之间各类数据信息通畅传输、实时共享的重要基础。

二、高速公路机电系统设备管理的特征与意义

(一) 设备管理特征

因为我国高速公路的机电设备在沿线的各个地段分布相对较为广泛,所以在正常运转过程中很有可能会受到自然环境等多种因素的共同影响,发生故障的概率明显增加。高速公路机电系统中各项设备的技术含量和灵敏性有着较强的优势,但同样会因为受到各种外界环境因素的影响而出现异常。在现代科学技术持续发展的加持下,高速公路机电系统设备的更新换代速度相对较快,需要频繁使用全新的工艺以及生产技术为高速公路的日常运营管理提供服务。

目前,我国高速公路的机电系统不仅使用了电子技术、自动化控制技术,同时5G通信技术、电路技术、计算机技术和交通机械工程等多项学科技术也在高速公路机电系统建设中逐渐推广和应用,我国高速公路机电系统集成度逐渐提高,始终处于正常稳定运转状态,机电系统的运行状态也得到了保障。

(二) 设备管理工作意义

高速公路运行数据的搜集以及设备管理工作的实施,能够保障高速公路运行通畅,确保我国交通运输业的健康稳定发展。事实上,机电系统设备管理工作也是现代化高速公路系统发展的重要组成部分,该项工作的实施能够促进我国高速公路事业的现代化和科学化发展。高速公路机电系统设备管理工作的落实能够保障机电系统的各项组成设备始终处于健康稳定的运行状态,实时搜集、分析和上传有关高速公路运行的各项数据,保障高速公路运行效率能够明显提高。设备管理工作的实施意味着相关人员能够针对机电系统各项设备的早期故障予以及时解决,避免因为故障问题深入发展带来各种重大事故,有助于提高高速公路的整体管理工作水平。

三、高速公路机电系统设备管理存在的问题

(一) 管控人才水平较差

目前情况下,若想要提高高速公路机电系统设备管理水平,需要大力的引进复合型优秀人才。然而目前情况下,部分高速公路管理部门并没有对人才达到应有的重视程度,因此相关的招聘制度依旧采用传统方式失去了人才的价值,除此之外,人才老龄化愈发严重,若是不在第一时间引入新鲜血液复合型人才,从而导致相关高速公路管理部门无法更新换代需要时代的发展。相

关的设备无法进行及时更新,从而导致影响工作进度。另外部分高速公路管理部门青年骨干并不具备丰富的工作经验,从而在工作过程中若是出现各种问题无法提出解决方案,从而使得高速公路企业很难得到发展。

（二）后期检修工作到位

即便我国的高速公路机电系统设备管理工作将重心集中在后期的设备维护和保养工作中,但由于受到落后观念以及技术发展水平的限制,国内高速公路机电设备后期维护和管理工作的落实不到位,依旧以传统的事后维修工作为主,只有在故障问题出现时,才能对其进行针对性的检测和维修,尚未建立起完善的设备故障预警机制,使得高速公路机电系统的作用发挥相对有限。出现这种问题的主要原因是高速公路机电系统设备管理工作缺位,尚未形成完善的检修工作方案,对于机电设备的运行状态和故障发生概率无法做出科学预测,也并未针对机电设备运行中常见的各种故障进行全方位分析,导致故障问题的解决出现了形式化倾向,不但影响机电设备作用的发挥,后期的检修工作成本也明显增加。

四、高速公路机电系统设备管理的优化对策

（一）构建集成化管理系统

受多种因素的影响,很多高速公路机电设备研发企业在进行产品研发时,未重视设备兼容性及与其他机电设备互联互通性的开发,不同类型的研发企业之间缺乏深入的技术交流与合作,导致很多机电设备在投入使用后难以有效连接、充分配合,从而严重影响了高速公路机电设备的运维管理,阻碍了机电设备监控与可视化管理的实现。例如,国内很多机电设备研发企业在研发产品的过程中,仅从机电设备对立运行的角度进行研发,以此最大限度地保证自身产品的质量性与实用性,该研发模式并不能保证设备的兼容性。在实际工作中,大部分机电设备都不是独立运行的,普遍会与其他机电设备联系和配合,因此,上述研发模式下生产的机电设备虽然个体质量没有问题,但很难与其他机电设备良好配合组成为一个运行高效、稳定的机电系统。针对上述问题,管理部门在构建高速公路机电系统时,应优先选择兼容性、连接性好的机电设备,以此构建出一套配合紧密、整体性强的机电系统。在此基础上,利用现代信息技术手段构建一个能够统筹管理该机电系统中各机电设备的集成化管理系统,从而为高速公路

路机电设备监控与可视化管理的实现提供良好的载体。

（二）提高工作人员专业素质水平

高速公路机电系统是高速公路始终处于正常运行状态的重要基础条件,机电系统的设备管理和维护工作实施能够促进我国交通事业的健康、持续发展。考虑到高速公路机电系统设备管理工作有专业性、技术性方面的要求,需要不断提高维护管理工作人员的业务综合素质。负责机电系统管理和维护的工作单位需要进一步重视对于技术人员的培训,结合技术人员自身的理论知识和专业实践能力发展状况,使用集体培训、专业知识讲座等多种方法向相关技术人员传授必备的理论基础知识和实践操作技巧。在培训工作结束之后,同样需要结合工作内容进行培训考核,并将其纳入日常的绩效考核,在强化培训结果运用的同时,确保负责机电设备管理维护的相关人员能够在理论知识、维修经验、责任心等方面都具备明显优势,为后续机电设备管理和维护工作实施提供人才支持。

（三）后期检修维护工作的有效落实

高速公路机电系统的后期和维护管理工作作为我国高速公路机电系统管理工作的重要内容,需要始终坚持预防为主、防治结合的基本原则,进一步强化机械设备的定期检查和维护工作,配合各项不定期检查工作的开展,弥补设备养护管理工作中出现的各种漏洞。维修人员需要对机电设备经常出现故障的位置及时进行总结,结合故障问题发生的原因对设备进行改良。同时,负责机电设备管理维护的相关部门和人员也可以借鉴西方发达国家在这方面的工作经验形成信息化的监控系统,并安排专业人员进行监控,在减少各种不必要维修费用的同时,保障机电设备始终处于安全稳定的运行状态。

结束语

综上所述,高速公路机电系统由供配电、监控、收费、通信、照明等多个子系统构成,包含众多的机电设备,这些机电设备的运行状态对高速公路的运行安全性具有决定性的影响。在新时期背景下,为进一步提高高速公路机电系统设备管理水平,更好地保障高速公路的运行安全性,高速公路管理部门应积极进行现代化的高速公路机电系统设备管理系统的构建,并通过该研究策略实现机电设备的监控及可视化管理。

参考文献:

- [1] 艾云. 高速公路机电系统的维护和管理 [J]. 计算机与网络, 2021, 47(15): 39-41.
- [2] 刘玉琦, 郭军梅. 关于高速公路机电设备智能化管理探讨 [J]. 中国设备工程, 2021(14): 18-19.
- [3] 马茹宾. 高速公路机电系统维护与管理 [J]. 居舍, 2021(19): 129-130.
- [4] 范嗣龙. 高速公路机电系统维护及信息化建设策略 [J]. 智能城市, 2021, 7(11): 85-86.
- [5] 赵学利. 高速公路机电管理系统中物联网技术的应用 [J]. 设备管理与维修, 2021(10): 4-6.
- [6] 张庆妹. 高速公路机电设备维护管理系统信息化研究 [J]. 设备管理与维修, 2021(10): 105-106.
- [7] 霍继隆. 高速公路机电系统与监控管理标准化分析 [J]. 现代工业经济和信息化, 2021, 11(03): 95-96.
- [8] 李双峰. 高速公路机电系统设备管理的创新措施研究 [J]. 建筑技术开发, 2021, 48(05): 129-130.
- [9] 赵淑俊. 高速公路机电设备物资管理系统的设计与实现 [J]. 企业改革与管理, 2020(13): 210-211.
- [10] 王心悦. 高速公路机电系统的调试及其维护方法探究 [J]. 黑龙江交通科技, 2020, 43(03): 240+242.

核电厂大修过程中的人员安全管理研究

王悦超, 李伟

中广核核电运营有限公司, 广东 深圳 518000

摘 要 : 本文以核电厂大修过程中的人员安全管理为研究对象, 分析了大修过程中存在的安全隐患和管理问题, 提出了一套完善的人员安全管理措施。通过对大修过程中的各种风险因素进行分析, 提出了相应的防范和应对措施, 旨在为核电厂大修过程中的人员安全管理提供理论指导和实践参考。本文还结合了国内外核电厂大修过程中的实践案例, 分析各种人员安全管理措施在实际工作中的应用效果, 为我国核电厂大修过程中的人员安全管理提供借鉴。

关 键 词 : 核电厂; 大修; 人员安全管理; 风险防范

Study on Personnel Safety Management During the Process of Nuclear Electrical Power Plant Overhaul

Wang Yuechao, Li Wei

CGN Nuclear Power Operation Co., LTD, Guangdong, Shenzhen 518000

Abstract : This paper takes the personnel safety management in the process of nuclear power plant overhaul as object of study, analyzes the safety risks and management problems in the overhaul process, and puts forward a set of perfect personnel safety management measures. Through the analysis of various risk factors in the overhaul process, the corresponding prevention and response measures are put forward, aiming to provide theoretical guidance and practical reference for the personnel safety management in the overhaul process of the nuclear power plant. This paper also combines the practical cases in the overhaul process of nuclear power plants at home and abroad, and analyzes the application effect of various personnel safety management measures in practical work, so as to provide reference for the personnel safety management in the overhaul process of nuclear power plants in China.

Key words : nuclear power plant; overhaul; personnel safety management; risk prevention

引言

随着我国核电事业的不断发展, 核电厂的建设和运营规模不断扩大。在核电厂的运行过程中, 大修是保障核电厂安全、稳定运行的关键环节之一。然而, 核电厂大修过程中存在着诸多潜在的安全风险, 如何确保大修过程中的人员安全成为亟待解决的问题。本文将从核电厂大修过程中的人员安全管理角度出发, 对大修过程中的安全隐患和管理问题进行分析, 提出相应的防范和应对措施, 为核电厂大修过程中的人员安全管理提供理论支持和实践参考。为进一步提高核电厂大修过程中的人员安全管理水平, 本文还将从组织架构优化、技术创新、信息化管理等方面提出优化策略。

一、核电厂大修过程中的安全隐患及管理问题分析

大修过程中, 核电厂的运行环境和工作条件较为复杂, 容易出现安全事故。本部分将从以下几个方面对大修过程中的安全隐患和管理问题进行分析, 以期提出合理的解决措施。

(一) 大修过程中的人员安全隐患

核电厂大修过程中存在着诸多人员安全隐患, 主要包括放射

性物质泄漏、设备及工具的安全使用、电气安全、高空作业安全等方面的问题。本部分将对这些安全隐患进行具体分析, 为制定防范措施提供依据。

放射性物质泄漏是核电厂大修过程中的一个重要安全隐患。在大修过程中, 设备和管道可能因年久失修或维修不当而导致泄漏, 从而使维修人员受到辐射的威胁。为防止放射性物质泄漏, 应加强对设备和管道的定期检查和维修, 确保设备和管道的完整

性。同时，还应增强维修人员的防护意识，让他们了解放射性物质的危害以及相应的防护措施，确保在大修过程中的安全。

设备及工具的安全使用是大修过程中的另一个重要安全隐患。在大修过程中，由于人员素质参差不齐、操作不规范等原因，可能导致设备及工具的错误使用，从而引发安全事故。为确保设备及工具的安全使用，应加强对维修人员的培训和考核，确保他们掌握正确的操作方法。此外，还应定期对设备及工具进行定期检查和维修，及时发现并排除隐患，确保设备及工具的安全运行。

电气安全是核电厂大修过程中的一个重要安全隐患。在大修过程中，可能由于电缆老化、接线不规范、绝缘破损等原因导致电气事故。为防止电气事故的发生，应加强对电气设备的定期检查和维修，确保电气设备的完好性。同时，还应加强对维修人员的电气安全培训，让他们了解电气设备的使用方法及注意事项，确保大修过程中的电气安全。

高空作业安全是核电厂大修过程中的一个重要安全隐患。在大修过程中，由于作业高度较高、操作不规范、防护设施不完善等原因，可能导致高空作业事故。为确保高空作业的安全，应加强对维修人员的高空作业培训，让他们掌握正确的高空作业方法。此外，还应完善高空作业的防护设施，如设置安全网、防护栏杆等，确保维修人员在高空作业过程中的安全。

放射性物质泄漏是核电厂大修过程中的主要安全隐患之一。在大修过程中，由于设备拆卸、维修及更换等操作，可能导致放射性物质泄漏，从而对作业人员造成辐射伤害。因此，加强对放射性物质泄漏的防范措施，降低其对人员安全的影响至关重要。

设备及工具的安全使用同样是大修过程中的重要安全隐患。在大修作业过程中，如果设备及工具使用不当，可能会导致事故发生，对作业人员造成伤害。因此，加强设备及工具的安全管理，提高作业人员的操作技能和安全意识，对确保大修过程中的人员安全具有重要意义。

电气安全问题在核电厂大修过程中同样不容忽视。在大修作业过程中，作业人员需要进行电气设备的拆卸、安装、调试等操作，这些操作中存在触电、电气火灾等安全隐患。为防止电气安全事故的发生，应加强电气设备的维护管理，严格执行电气安全操作规程。

高空作业安全问题是核电厂大修过程中的另一重要安全隐患。大修过程中，作业人员需要进行高空作业，如设备拆卸、安装、维修等。高空作业过程中，作业人员面临坠落、物体打击等安全风险。因此，应加强高空作业安全管理，制定相应的高空作业安全规程，并增强作业人员的安全防护意识。

（二）大修期间的安全管理问题

核电厂大修期间，安全管理面临诸多挑战，如人员培训和考核、现场作业管理、应急预案制定等方面存在的问题。本部分将对这些安全管理问题进行详细阐述，为改进安全管理提供参考。

人员培训和考核是核电厂大修过程中的一个重要安全管理问题。在大修过程中，由于人员流动性大、素质参差不齐，可能导致安全事故。为解决这一问题，应加强对维修人员的培训和考核，确保他们具备一定的安全知识和操作技能。具体措施包括：

制定完善的培训体系，针对不同岗位的维修人员进行分类培训；加强对维修人员的安全知识和操作技能的考核，确保他们具备从事大修工作的能力；建立激励机制，对表现优秀的维修人员给予奖励，对表现不佳的维修人员进行约谈、培训，提升他们的安全意识和操作水平。

现场作业管理是核电厂大修过程中的一个重要安全管理问题。在大修过程中，可能由于现场管理不到位、安全措施不完善等原因导致安全事故。为解决这一问题，应加强现场作业管理，确保作业环境的安全与卫生。具体措施包括：加强对现场作业的监督，确保作业过程中遵循安全规程；设置安全警示标志，提醒维修人员注意安全；对现场作业过程中出现的安全隐患及时发现并采取措施消除，确保作业人员的生命安全。

应急预案制定是核电厂大修过程中的一个重要安全管理问题。在大修过程中，可能出现各种突发性的安全事故，如放射性物质泄漏、火灾、高空坠落等。为应对这些突发性安全事故，应制定相应的应急预案，加强应急演练，提高应对突发事件的能力，减轻事故后果。具体措施包括：根据大修过程中可能出现的安全事故，制定相应的应急预案；组织定期的应急演练，检验应急预案的有效性；加强与相关部门的沟通协作，确保在应急情况下能够迅速调动资源，进行有效的处置。

二、核电厂大修过程中的人员安全管理措施

针对上述分析的安全隐患和管理问题，本部分将从制度建设、人员培训、现场作业管理、应急预案制定等方面提出一系列人员安全管理措施，以确保核电厂大修过程中的人员安全。

（一）完善安全管理制度

建立健全核电厂大修过程中的人员安全管理制度，明确安全管理责任和权限，规范各类作业的安全操作流程，确保安全管理工作的有效实施。

为实现这一目标，首先应建立健全安全管理组织架构，明确各级管理人员的安全责任和职责，强化安全管理工作的协同性和针对性。同时，应制定完善的安全管理制度，对各类作业的安全操作流程进行规范，确保作业人员在大修过程中严格按照操作规程执行。此外，还应加强安全检查和审计工作，确保安全管理制度的有效执行。

（二）加强人员培训与考核

开展针对性的安全培训，提升员工的安全意识和技能水平，加强对员工的安全考核，确保各项安全措施落到实处。

为实现这一目标，首先应制定完善的人员培训计划，根据大修过程中的实际需求，对作业人员进行针对性的安全培训。同时，应建立有效的考核机制，对员工的安全技能和意识进行定期考核，确保各项安全措施得到有效执行。此外，还应加强安全培训的实践性，通过模拟演练、现场操作等方式，提高作业人员的安全操作能力。

（三）严格现场作业管理

加强现场作业管理，确保作业环境的安全与卫生，对现场作

业过程中出现的安全隐患及时发现并采取措施消除，确保作业人员的生命安全。

为实现这一目标，首先应加强现场作业计划的安排和管理，合理安排作业时间和任务，确保作业过程中的安全和效率。同时，应加强现场作业的监管，对作业过程中出现的安全隐患及时发现并采取有效措施消除。此外，还应加强作业环境的安全与卫生管理，确保作业人员在安全、舒适的环境中进行作业。

（四）制定应急预案

根据大修过程中可能出现的安全事故，制定相应的应急预案，加强应急演练，提高应对突发事件的能力，减轻事故后果。

为实现这一目标，首先应针对大修过程中可能出现的安全事故，制定相应的应急预案，明确应对措施和程序。同时，应加强应急演练工作，通过定期组织应急演练，提高核电厂应对突发事件的能力。此外，还应建立完善的应急救援队伍，提高应急救援队伍的专业水平和应对能力，确保在突发事件发生时能够迅速、有效地展开救援工作

三、核电厂大修过程中人员安全管理的优化策略

为进一步提高核电厂大修过程中的人员安全管理水平，本部分将从组织架构优化、技术创新、信息化管理等方面提出优化策略。

（一）优化安全管理组织架构

优化核电厂大修过程中的安全管理组织架构，明确各部门和岗位的安全管理职责，实现安全管理工作的高效协同。具体措施包括：建立健全安全管理组织架构，明确各级领导和部门的安全管理职责，确保安全管理工作的落实；加强部门之间的沟通协作，确保安全管理工作的高效协同；加强对安全管理工作的监督和评估，确保安全管理制度的有效实施。

（二）创新安全管理技术手段

引入先进的安全管理技术手段，如无人机巡检、虚拟现实培训等，提高核电厂大修过程中的人员安全管理水平。具体措施包括：采用无人机进行核电厂大修过程中的巡检，及时发现安全隐患，提高巡检效率；利用虚拟现实技术进行维修人员的培训，增强培训效果；引入其他先进的安全管理技术手段，提高核电厂大修过程中的人员安全管理水平。

（三）推进信息化安全管理

建立核电厂大修过程中的人员安全管理信息化平台，实现安全管理数据的实时监控与分析，为决策提供支持。具体措施包括：建立核电厂大修过程中的人员安全管理信息化平台，实现安全管理数据的实时监控与分析；加强对安全管理数据的挖掘和分

析，为决策提供支持；利用信息化手段提高安全管理工作的效率，降低安全事故发生的概率。

四、核电厂大修过程中人员安全管理的实践案例

本部分将结合国内外核电厂大修过程中的实践案例，分析各种人员安全管理措施在实际工作中的应用效果，为我国核电厂大修过程中的人员安全管理提供借鉴。

（一）国内核电厂大修过程中的人员安全管理案例

以我国某核电厂为例，介绍其在大修过程中如何通过实施一系列人员安全管理措施，有效保障了大修过程中的人员安全。具体措施包括：加强对维修人员的培训和考核，确保他们具备从事大修工作的能力；严格执行安全操作规程，确保设备及工具的安全使用；加强现场作业管理，确保作业环境的安全与卫生；制定应急预案，加强应急演练，提高应对突发事件的能力，减轻事故后果。通过实施这些措施，该核电厂在大修过程中成功避免了安全事故的发生，确保了大修工作的顺利进行。

（二）国外核电厂大修过程中的人员安全管理案例

参考国外先进核电厂数字化大修经验，分析其在人员安全管理方面的优势，为我国核电厂大修过程中的人员安全管理提供借鉴。国外某核电厂在大修过程中，采用先进的数字化技术手段，如无人机巡检、虚拟现实培训等，提高了人员安全管理水平。通过实施这些措施，该核电厂在大修过程中成功降低了安全事故发生的概率，确保了大修工作的顺利进行。在这个案例中，国外核电厂通过引进先进的安全管理技术手段，如无人机巡检、虚拟现实培训等，大幅提高了大修过程中的人员安全管理水平。同时，国外核电厂还加强了安全管理信息化建设，实现了安全管理数据的实时监控与分析，为决策提供了有力支持。

结论

本文通过分析核电厂大修过程中的安全隐患和管理问题，提出了一套完善的人员安全管理措施，并结合实践案例进行了讨论。通过实施这些措施，可以有效提高核电厂大修过程中的人员安全管理水平，降低安全事故发生的概率。在我国核电事业不断发展的背景下，加强核电厂大修过程中的人员安全管理显得尤为重要。希望本文的研究成果能为核电厂大修过程中的人员安全管理提供有益的参考，促进我国核电事业的持续健康发展。

参考文献：

- [1] 姜晓. 核电站大修期间核安全监督管理策略研究[J]. 工程技术: 引文版, 2016(12):00018-00018.
- [2] 栾鹏, 刘纯, 李晓荟, 等. 核电厂大修自主安全管理绩效评价方法[J]. 电力安全技术, 2021, 23(9):5.
- [3] 王强, 徐侃. 泰山第三核电厂大修工业安全管理实践[C]//“创新——核科学技术发展的不竭源泉”——中国核学会2009年学术年会. 2009.
- [4] 赵晓磊. ODM在核电厂大修决策管理中的应用研究[J]. 工程技术研究, 2022, 4(1):141-142.DOI:10.12346/etr.v4i1.5165.
- [5] 韩超. D核电站大修关键要素优化研究[D]. 山东大学, 2016.DOI:10.7666/d.Y3156373.

光伏电站施工中的设备安装和调试技术研究

张邓平

中国水利水电第四工程局有限公司，青海西宁 810000

摘要： 随着对可再生能源的需求不断增加，光伏电站作为一种重要的清洁能源发电方式，其施工中的设备安装和调试技术显得尤为重要。本研究旨在探讨光伏电站施工过程中设备的选择、布局、安装技术以及调试与检验方法。首先，通过分析不同类型的光伏电站设备，如光伏组件、逆变器、支架等，考虑其性能、可靠性和适应环境等因素，以便合理选择设备。接着，针对光伏组件的安装方法和逆变器的安装步骤，探讨了电缆敷设、接线盒安装等电气连接技术，并强调了施工过程中的安全措施。此外，研究还深入解释了光伏电站调试的目的，包括确保系统正常运行和最大发电效率。在调试阶段，特别关注逆变器参数的调整和优化，以适应不同光照条件。同时，介绍了电气系统的检验方法，如电流电压检测、绝缘测试等，以及数据监测系统的设置，以实现实时监控和故障诊断。通过本研究，光伏电站施工人员和工程师可以获得关于设备安装和调试的全面指南，从而确保光伏电站的高效运行和可靠性。

关键词： 光伏电站；设备安装；调试技术；光伏组件；逆变器

Research on the Equipment Installation and Debugging Technology in the Construction Of Photovoltaic Power Station

Zhang Dengping

Sinohydro Fourth Engineering Bureau, Qinghai Xining 810000

Abstract： With the increasing demand for renewable energy, photovoltaic power station as an important way of clean energy power generation, its installation and commissioning technology of equipment in its construction is particularly important. The purpose of this study is to explore the equipment selection, layout, installation technology, and commissioning and inspection methods during the construction process of photovoltaic power station. First of all, by the analysis of different types of photovoltaic power station equipment, such as photovoltaic modules, inverters, brackets, etc., consider its performance, reliability and adaptation to the environment and other factors, in order to reasonable selection of equipment. Then, according to the installation method of photovoltaic modules and the installation steps of the inverter, the electrical connection technology such as cable laying and junction box installation is discussed, and the safety measures in the construction process are emphasized. Besides, , the study also explains the purpose of the photovoltaic power station commissioning, including ensuring the normal operation of the system and maximum power generation efficiency. In the commissioning stage, special attention is paid to the adjustment and optimization of the inverter parameters to adapt to different lighting conditions. At the same time, the inspection methods of the electrical system, such as current and voltage detection, insulation test, and the setting of the data monitoring system, are introduced to realize real-time monitoring and fault diagnosis. Through this study, photovoltaic power plant builders and engineers can obtain comprehensive guidelines on equipment installation and commissioning, thus ensuring the efficient operation and reliability of photovoltaic power stations.

Key words： photovoltaic power station; equipment installation; debugging technology; photovoltaic module; inverter

一、引言

随着全球对清洁能源的需求增加以及对气候变化的关注，光伏电站作为一种可再生能源发电的重要方式，受到了广泛关注和应用。光伏电站的施工过程涉及多个关键技术环节，其中设备安装和调试是确保光伏电站高效运行的关键步骤。设备安装涉及光伏组件、逆变器、支架等的合理布局和连接，而调试阶段则需要确保系统在不同光照条件下稳定运行并达到最大发电效率。因此，深入研究光伏电站施工中设备安装和调试技术，对推动清洁能源的可持续发展具有重要意义。本文将探讨不同类型设备的选

择与布局策略，详细阐述设备安装的技术要点，以及调试和检验的关键方法，以期光伏电站施工人员提供实用的指导和建议。

二、设备选择与布局研究

（一）不同类型的光伏电站设备

在光伏电站的设备选择与布局中，光伏组件、逆变器以及支架等设备起着至关重要的作用。光伏组件作为能够将光能转化为电能的核心部件，直接影响着光伏电站的发电效率和性能。其主要构成部分是太阳能电池，根据不同的电池技术和材料，光伏组件可以分

为单晶硅、多晶硅和薄膜等类型。单晶硅具有高转换效率和较低的空间占用，适用于空间有限的场所，而多晶硅相对成本较低，适合大规模光伏电站。薄膜光伏组件具有轻薄柔性等优势，在一些特殊场景中得到应用。因此，在设备选择时，需根据光伏电站的具体情况，如场地条件、预算限制等，选择适合的光伏组件类型。

逆变器则扮演着将光伏组件产生的直流电转换为交流电的关键角色。不同类型的逆变器包括中央式逆变器、串联式逆变器以及微逆变器等。中央式逆变器适用于规模较大的光伏电站，通过将多个光伏组件串联连接到一个逆变器上，实现集中式控制。串联式逆变器则将多个光伏组件串联连接到一个逆变器输入，适用于分布式光伏电站。而微逆变器作为一种相对较新的技术，可将每个光伏组件单独连接到一个微逆变器，提高了系统的可靠性和发电效率。逆变器的选择需考虑系统规模、电网要求以及成本效益等因素。

支架作为光伏电站的支撑结构，影响着光伏组件的安装角度和朝向。支架类型包括固定支架、单轴追踪支架以及双轴追踪支架。固定支架适用于固定倾角的场地，适用于多数情况。单轴追踪支架可根据太阳的轨迹调整光伏组件的朝向，提高发电效率。双轴追踪支架进一步在水平和垂直方向上追踪太阳位置，最大程度提高光伏组件的光吸收效率。支架的布局需要结合地形地貌和光照条件，以实现最优的能量收集效果。

（二）设备选择的考虑因素

在光伏电站设备的选择过程中，涉及众多考虑因素，其中性能、可靠性和适应环境等因素是至关重要的。首先，设备的性能直接关系到光伏电站的发电效率和能量产出。光伏组件的转换效率、逆变器的转换效率以及支架的稳定性等都对电站的发电性能产生重要影响。高性能的设备可以在相同光照条件下产生更多的电能，从而提高光伏电站的经济效益。其次，设备的可靠性是确保光伏电站长期稳定运行的关键因素。由于光伏电站往往建设在户外恶劣环境中，设备需要具备耐高温、耐寒、防水防尘等特性，以确保在各种气候条件下都能正常工作。此外，设备的寿命和稳定性也是可靠性的重要方面，长寿命和稳定性强的设备可以减少维护和更换成本，提高电站的可持续运行能力。最后，设备的适应环境能力需要考虑光伏电站所处的地理位置、地形地貌等因素。例如，在高海拔地区或多风区建设光伏电站时，支架需要具备较强的抗风能力，以防止设备损坏。而在潮湿多雨的气候条件下，设备需要具备良好的防腐性能，以延长使用寿命。因此，在设备选择过程中，要充分考虑光伏电站所处的环境特点，确保设备能够适应各种复杂环境条件。

（三）合理的设备布局

在光伏电站的设备布局过程中，旨在最大程度地提高发电效率和系统稳定性。合理的设备布局能够充分利用光伏组件的光吸收能力，优化逆变器的运行效率，并减少电缆损耗等不利因素。首先，在光伏组件的布局上，应根据地理位置和光照角度等因素确定合适的安装角度和朝向。这有助于最大限度地捕获太阳能，并确保光伏组件在不同时间段内均能正常工作。此外，适当的组件间距也有助于避免阴影遮挡，提高系统的整体发电效率。逆变器的布局也需要考虑电站的规模和电网连接方式。在中央式逆变器的布局中，多个光伏组件串联连接到一个逆变器上，需确保电缆连接短且稳固，以降低能量损失和电缆故障的风险。对于分布式光伏电站，逆变器可以分布放置在光伏组件附近，减少输电损

耗，同时实现更精细化的电站控制。此外，避免逆变器之间的干扰和热量积聚也是布局过程中需要注意的问题，以确保逆变器的稳定运行。电缆敷设和接线盒的布局也对电站的安全和性能产生重要影响。电缆敷设应遵循规范，防止电缆损坏和电气故障。接线盒的布局应方便维护和检修，保证电气连接可靠稳定。同时，还需考虑电缆的长度和截面，以减少电阻损失和线路故障。

三、安装技术与流程研究

（一）光伏组件的安装方法

光伏组件作为光伏电站的核心部件，其合理的安装方法对于发电效率和系统稳定性具有至关重要的影响。在安装过程中，固定支架和斜坡支架是常用的两种安装方法。固定支架是将光伏组件以固定的角度安装在支架上，通常采用固定角度布置，适用于光照条件变化较小的地区。固定支架的安装稳定性高，维护成本较低，适用于大规模的光伏电站。与之相对，斜坡支架允许光伏组件在一定范围内进行倾斜角度的调整，以便根据季节和光照角度变化来优化光伏组件的光吸收效率。这种方法适用于光照条件较为复杂的地区，可以在不同季节调整组件的倾斜角度，最大限度地捕获太阳能。然而，斜坡支架也面临着调整维护成本较高和稳定性相对较低的挑战，需要精确的调整和维护措施。无论是固定支架还是斜坡支架，安装过程中的细节也不容忽视。首先，支架的基础必须牢固稳定，能够承受光伏组件和风载荷的重量。其次，光伏组件的安装要保证组件表面的清洁，以免影响光吸收效率。紧固件的使用也需要符合规范，以确保支架和组件的连接牢固可靠。在实际操作中，光伏组件的安装还需要考虑工人的安全。高处作业是一个潜在的风险，因此安装人员需要佩戴合适的安全装备，并遵循安全操作规程，以确保施工过程中的人身安全。

（二）逆变器的安装步骤和注意事项

逆变器作为将光伏组件产生的直流电转换为交流电的关键设备，在光伏电站的安装过程中扮演着重要角色。逆变器的安装步骤和注意事项直接影响着电站的发电效率和系统的稳定性。首先，在安装逆变器时，需要选择合适的安装位置，通常位于光伏组件附近，以减少电缆损耗。逆变器应安装在通风良好的地方，以保持其正常工作温度，避免过热影响运行。其次，逆变器的固定也需要注意细节。逆变器的安装基础应稳固可靠，能够承受逆变器的重量和振动。逆变器的固定方式要符合规范，确保其不会受到外界震动和风力的影响。同时，逆变器的接线也要仔细操作，确保连接稳定可靠，避免电气故障和火灾风险。在接线过程中，需要注意逆变器的输入和输出连接。输入连接光伏组件产生的直流电，要确保正确的极性和电压范围，避免损坏逆变器和组件。输出连接电网，需要遵循电网的连接要求和规定，确保逆变器输出的交流电符合电网标准。此外，对于分布式光伏电站，逆变器之间的连接也需要考虑布线的合理性和稳定性。逆变器的冷却和通风也是安装过程中需要考虑的因素。逆变器在工作过程中会产生一定的热量，因此需要有良好的冷却系统，以保持逆变器的正常工作温度。通风系统也要确保逆变器周围的空气流通，避免过热影响设备的寿命和性能。

（三）电缆敷设、接线盒安装等电气连接技术

光伏电站的电气连接技术是确保光伏系统正常运行的关键环

节。电缆敷设和接线盒的安装质量直接影响电站的可靠性和发电效率。首先，电缆敷设需要根据光伏组件的布局和逆变器的位置进行合理规划。电缆应保持一定的距离，避免干扰和交叉，并确保电缆敷设的路径符合安全和维护要求。电缆敷设过程中需要保护电缆免受外界环境的损害，如阳光、风雨等。在电缆的连接过程中，接线盒的安装至关重要。接线盒作为电缆连接的关键部分，需要具备防水、防尘等特性，以保护电缆连接点免受外界环境的影响。接线盒的固定要牢固可靠，避免电缆松动和断裂。接线盒内部的接线也需要仔细操作，确保电缆的极性正确，避免电气故障和火灾风险。同时，对于大规模光伏电站，接线盒的标识和管理也十分重要，以方便维护和检修工作。电缆的终端连接也需要注意细节。电缆的剥皮、裸露导线的处理和连接头的固定都需要符合规范。连接头的选择要与电缆规格匹配，确保连接牢固可靠。终端连接的质量直接关系到电气连接的稳定性和安全性。此外，光伏电站的电气连接还需要考虑接地和保护等问题。接地系统需要合理布置，以确保系统的接地电阻符合标准要求，减少雷击和电气故障的风险。电气保护装置的安装和设置也是确保电站安全运行的重要措施，它可以在电气故障发生时迅速切断电路，保护设备和人员的安全。

四、调试与检验研究

（一）光伏电站调试的目的分析

首先，调试确保各组件的正常运行。光伏电站由许多部分组成，如太阳能电池板、逆变器、电池储能系统等。调试过程中，工程师会检查每个组件的连接情况、电气性能和机械状态，确保它们没有缺陷或故障。其次，调试有助于优化系统参数。不同光照条件下，系统的最佳工作参数可能不同。调试过程中，工程师会根据光照强度和角度等因素，调整逆变器、电池储能系统等工作参数，以确保系统在各种情况下都能达到最大发电效率。调试还有助于发现潜在的问题和风险。在实际运行之前，通过调试可以暴露出可能存在的问题，如电气连接不良、系统不稳定等。这有助于在问题扩大之前采取预防措施，确保电站的长期稳定运行。最后，调试是培训运维人员的机会。通过参与调试过程，运维人员可以了解系统的工作原理、各个组件的功能和连接方式，从而更好地进行维护和故障排除。

（二）逆变器参数的调整和优化

在光伏电站中，光照条件的变化会影响太阳能电池板的输出电压和电流。逆变器需要根据这些变化来调整其输出参数，以确保最佳发电效率。在强光照下，逆变器可能需要提高输出功率，而在弱光照下，逆变器应适当减小输出功率，以避免过载或效率下降。逆变器参数的调整通常涉及最大功率点跟踪（MPPT）算法。这种算法根据当前光照条件，不断调整逆变器输入电压和电流，以找到太阳能电池板的最大功率输出点。MPPT 算法的优化能够实现在不同光照条件下的最佳能量转换。逆变器还需要适应电网的要求。电网连接要求交流电的频率、相位等参数与标准相符。逆变器需要调整输出交流电的波形和参数，以确保与电网的稳定连接。逆变器的散热和温度管理也是参数调整的重要方面。不同的光照条件可能导致逆变器的温度升高，影响其性能和寿命。因此，逆变器的参数需要根据温度变化进行调整，以维持稳定的工作温度。

（三）电气系统的检验方法研究

电流电压检测是电气系统中常见的检验方法之一。通过测量电流和电压，可以确认各个组件和电路的正常工作状态。异常的电流电压波动可能暗示着电气连接问题、设备故障或电路负荷过重。绝缘测试通过施加一定电压，检测电气设备和电路之间的绝缘是否足够，以防止漏电和短路等问题。这有助于确保电气系统在潮湿环境和极端条件下仍能安全运行。接地测试是检验电气系统接地状态的关键方法。良好的接地可以防止电气设备积累静电、减轻雷击风险，并提供人身安全保护。接地测试会测量接地电阻，确保接地系统的质量达到要求。漏电保护装置测试是确保电气系统安全性的重要步骤。这些装置可以及时检测到漏电情况，并在必要时切断电流，避免触电风险。测试漏电保护装置的触发时间和准确性，可以保障系统的人身安全。运行状态测试是检验电气系统实际运行状态的方法。通过模拟不同工作负载和情景，可以验证电气系统在不同条件下的稳定性和性能，发现问题并进行调整。

五、结语

综上所述，本文对光伏电站施工中的设备安装和调试技术进行了深入的研究和探讨。通过对设备安装的流程、关键点以及调试阶段的重要性进行分析，论述了设备安装的规范化和调试技术的关键措施。同时，探讨了设备安装和调试过程中可能遇到的挑战以及解决方法。通过这些深入的阐述和论证，有望为光伏电站施工中的设备安装和调试工作提供了一定的理论指导和实际操作指南，以确保光伏电站的高效运行和可靠性，为可持续能源的发展贡献力量。

参考文献：

- [1] 卢强. 浅谈山地光伏区施工难点及应对措施 [J]. 人民黄河, 2023, 45(S1): 175-177.
- [2] 罗剑锋, 徐涛, 刘华斌等. 光伏电站组件支架基础灌注桩施工技术和质量管控 [J]. 建筑技术开发, 2023, 50(06): 148-150.
- [3] 谭昊, 陈海涛, 钟毅等. 基于 BIM 的光伏电站施工运维一体化平台应用 [J]. 项目管理技术, 2023, 21(06): 152-157.
- [4] 张强. 屋顶光伏电站施工技术研究 [J]. 光源与照明, 2023(05): 147-149.
- [5] 孙一祖. 浅析山地光伏电站项目桩基施工质量管理——以青海省互助县 57.7 兆瓦村级光伏工程项目为例 [J]. 房地产世界, 2023(06): 85-87.
- [6] 奋战在海拔 4600 米的高原上——全球最大水光互补项目柯拉光伏电站正在加紧施工 [J]. 军事文摘, 2023(06): 65.
- [7] 冯伦, 丁官元. 基于层次分析法的光伏电站施工阶段质量问题及对策分析 [J]. 光源与照明, 2023(02): 91-93.
- [8] 张波. 山地光伏电站项目施工阶段管理优化研究 [J]. 人民珠江, 2022, 43(S2): 109-112.
- [9] 周成贤. 光伏支架安装施工技术在农业光伏电站项目中的应用 [J]. 工程建设与设计, 2022(22): 124-126.DOI: 10.13616/j.cnki.gcjsysj.2022.11.240.
- [10] 冯晋哲. 光伏电站工程施工危险源辨识及施工安全管理要点研究 [J]. 中国设备工程, 2022(20): 19-21.
- [11] 程牧春, 张元海. 水库“渔光互补”光伏电站施工技术研究 [J]. 四川水泥, 2022(10): 51-52+55.
- [12] 周成贤. 农业光伏电站工程中的防雷接地施工技术 [J]. 工程建设与设计, 2022(18): 142-144.DOI: 10.13616/j.cnki.gcjsysj.2022.09.246.
- [13] 孙国庆. 光伏电站施工与发电的风险及措施探讨 [J]. 全面腐蚀控制, 2022, 36(06): 92-94.DOI: 10.13726/j.cnki.11-2706/tq.2022.06.092.03.
- [14] 任小凤. 光伏电站施工与发电风险及风险防范措施 [J]. 光源与照明, 2022(03): 92-94.
- [15] 张鹏. 光伏电站施工与发电的风险及措施分析 [J]. 集成电路应用, 2022, 39(01): 222-223.DOI: 10.19339/j.issn.1674-2583.2022.01.094.

电力施工项目成本控制与工程造价管理

程辰

南京长江都市建筑设计股份有限公司, 江苏 南京 210000

摘要： 本文旨在探讨某区民用电气施工项目成本控制与造价管理的关键方法，提高项目的经济效益和社会效益。通过案例分析，具体阐述了电力施工项目成本控制措施以及工程造价管理措施，通过降低项目成本，提高投资回报率，结果表明，加强成本控制和造价管理，可有效节省施工成本约 18 万元。

关键词： 电气施工；成本控制；造价管理

Cost Control and Engineering Cost Management of Electric Power Construction Projects

Cheng Chen

Nanjing Changjiang City Architectural Design Co., Ltd., Nanjing, Jiangsu 210000

Abstract： The purpose of this paper is to discuss the key methods of cost control and cost management of civil electrical construction projects in a district, and to improve the economic and social benefits of the project. Through the case study, it specifically describes the cost control measures of electrical construction project and the cost management measures of the project, that is, improving return on investment by reducing project cost. And the results show that strengthening the cost control and cost management can effectively save about 180,000 yuan of construction costs.

Key words： electrical construction; cost control; cost management

引言

随着城市化进程的加速和经济社会的发展，民用电气施工项目在各个领域的重要性日益凸显。在这些项目中，有效的成本控制与造价管理对于确保项目质量、降低投资风险、提高投资效益等方面具有至关重要的作用。在当前的民用电气施工项目中，成本控制和造价管理面临着诸多挑战。市场竞争激烈、材料价格波动、施工进度变化等因素都可能对项目成本产生重大影响。因此，研究如何通过科学的成本控制和造价管理方法，有效应对市场挑战，提高项目效益，具有十分重要的现实意义。国内外学者已经对民用电气施工项目成本控制与造价管理进行了广泛的研究。这些研究涉及了不同的方面，包括项目成本构成、影响因素分析、管理策略探讨、实践案例研究等。然而，现有的研究还存在一些不足之处，如对特定地区或特定项目的针对性不足、缺乏系统性的研究框架、实证研究的数量和质量有待提高等。因此，本研究将在前人研究的基础上，进一步完善民用电气施工项目成本控制与造价管理的理论体系，并针对实际情况提出具体的实施策略。通过有效的成本控制，可以降低项目成本，提高投资回报率，为企业的长期发展奠定基础。此外，合理的造价管理有助于提高施工企业的市场竞争力，为实现可持续发展提供保障。

一、项目概况

某区民用电气施工项目总投资约 130 万元，项目周期为 12 个月，该项目需满足建筑用电需求，确保安全、稳定、节能、环保，遵循国家相关规范和标准，采用先进、成熟的技术和设备，包括配电系统、照明系统、电源系统、接地系统等设计，智能化设计，实现远程监控和管理，提高用电效率。

二、电力施工项目成本控制

（一）材料成本

本项目所需的主要材料包括电线、电缆、开关、插座、灯具等。根据项目设计要求和市场行情，这些材料的采购成本预计为 30 万元。为控制材料成本，将采取以下措施：选取优质供应商，确保材料质量稳定且价格合理；提前进行市场调研，对比不同品

牌和规格的材料，选择性比较高的产品；严格控制采购流程，确保采购的每一个环节都符合规范^[1]；定期对材料进行质量检测，确保使用合格的材料。

（二）人工成本

本项目需要聘请当地工人包括电工、线路敷设工、设备安装工等。预计人工成本为15万元。为降低人工成本，将采取以下措施：合理安排施工进度，避免因工期延误造成的人工成本增加^[2]；提高施工效率，通过技术培训和流程优化，提高工人的工作效率；降低人员管理成本，精简管理机构，减少不必要的开支。

（三）设备成本

本项目所需的设备包括电钻、钳子、焊机等。设备成本预计为20万元。为降低设备成本，将采取以下措施：合理配置设备，避免设备闲置和重复购买^[3]；加强设备维护和保养，延长设备使用寿命，降低设备损坏率；通过租赁或共享设备，降低设备购买成本。

（四）运输成本

本项目所需的运输工具包括货车、吊车等。预计运输成本为5万元。为降低运输成本，将采取以下措施：合理规划运输路线，减少运输距离和时间^[4]；优化货物装载，充分利用运输工具的装载空间；与运输公司建立长期合作关系，获取优惠价格。

（五）质量检测成本

为确保本项目电气系统的质量和安全，将对完成的部分进行质量检测。预计质量检测成本为10万元。为降低质量检测成本，将采取以下措施：选取高效的质量检测设备和技术，提高检测效率^[5]；对检测人员进行专业培训，确保检测结果的准确性和可靠性；优化检测流程，减少不必要的检测环节。

（六）相关税费

本项目所需缴纳的税费包括增值税、所得税等。预计相关税费为30万元。为降低税费成本，将采取以下措施：合理规划资金使用，避免因资金滞留而产生的税费；了解和掌握相关税收政策，合理避税；及时办理税务申报和缴纳，避免滞纳金等额外费用^[6]。

（七）其他杂费

本项目的其他杂费包括保险费、场地租赁费等。预计其他杂费为2万元。为控制其他杂费，将采取以下措施：合理控制项目支出，避免不必要的费用产生；建立严格的财务管理制度，确保每笔支出都符合规范；定期对费用进行审计和监控，及时发现和纠正不合理的支出。

通过以上七个方面的成本控制措施，能够有效地降低项目成本，提高项目效益。综合以上分析，本项目总成本控制目标为112万元。在实施过程中，将持续关注成本控制情况，确保实际成本不超出预算范围。

三、电力施工项目造价管理

（一）施工方案制定

在项目初期，制定详细的施工方案是实现造价管理的重要环节。在施工方案中，需要明确以下内容：确定施工标准和时间节点，根据业主的需求和实际情况，制定合理的施工计划；分析工

程量、工程材料和质量要求，明确施工过程中的重点和难点，制定相应的解决方案^[7]；编制详细的施工组织设计方案，包括施工队伍、设备、材料、时间等方面的安排，为后续的施工和管理提供指导。

（二）电气设备采购

电气设备的采购成本是整个项目造价的重要组成部分，将采取以下措施进行管理：选择合格的供应商，确保设备质量稳定且价格合理，建立长期的合作关系，与供应商建立互信、共赢的合作关系，降低采购成本；确认设备型号、数量和质量，避免因设备不符合要求而产生的额外费用，在采购过程中，严格按照项目需求进行设备选型，确保设备性能满足项目要求；签订合同并明确交货期，确保设备按时到货，避免因设备延误而产生的额外费用^[8]，在合同中明确设备到货时间、质量保证期、售后服务等内容，确保权益得到保障。

（三）施工现场管理

施工现场管理对于整个项目的造价管理至关重要，将采取以下措施：安排专业技术人员负责现场施工管理，确保施工质量符合要求，减少因质量问题而产生的返工和维修费用；保证施工现场整洁、安全，降低因安全事故而产生的赔偿费用，加强施工现场的安全管理，确保施工环境安全有序^[9]；按照规范要求进行验收、检验和记录，确保施工过程和结果符合相关法规和标准，及时整理和归档施工资料，为后续的维护和管理提供依据。

（四）工程造价控制

在项目实施过程中，将贯彻执行有关工程造价的法律法规，严格控制工程造价：依法合规进行工程计价和结算，确保工程造价合理，严格按照国家有关法律法规和行业标准进行工程计价和结算，防止出现不合理费用和超出预算的情况；对工程项目进行全过程的造价管理，包括设计、采购、施工等阶段的费用控制，对各阶段费用进行定期统计和监控，及时发现和解决超出预算的问题^[10]；定期进行成本预算，及时调整预算。根据项目进度和实际情况，定期制订成本预算，并对实际支出进行跟踪和对比，必要时，对预算进行调整，以保证项目的经济效益。

（五）工程质量管理

将确保施工过程中的质量控制，采取以下措施：强化质量意识，提高施工质量，在项目实施过程中，树立全员质量意识，将质量要求贯穿于施工全过程；对施工队伍进行严格审查，确保其具备相应的资质和能力，对施工队伍的技术水平、人员配备、设备情况进行全面评估，确保其能够满足项目质量要求；加强隐蔽工程的验收和记录，对于隐蔽工程，严格按照验收标准进行验收，并做好相关记录，确保工程质量的可追溯性。

（六）工期进度管理

为确保项目按期完成，将制定详细的施工进度计划，并采取以下措施进行管理：合理的时间节点和施工计划，确保施工进度有序进行，根据项目需求和实际情况，制定详细的施工进度计划，合理安排各项工作的时间节点；定期检查进度，及时发现并解决问题，对施工进度进行定期检查和评估，及时发现进度偏差和问题，采取有效措施进行调整和解决；与相关部门和单位进

行沟通协调，确保项目进度顺利。加强与业主、设计单位、供应商等相关部门的沟通协调，解决影响项目进度的各类问题。

（七）安全管理

将贯彻执行安全生产法律法规，确保施工现场的安全；制定安全管理制度和操作规程，明确安全责任和义务，建立完善的安全管理制度和操作规程，明确各级管理人员和操作人员的责任和义务；加强安全培训教育，增强员工安全意识和技能，对项目参与人员进行定期的安全培训教育，增强他们的安全意识和技能，降低安全风险；定期进行安全检查和评估，及时消除安全隐患，对施工现场进行定期的安全检查和评估，及时发现和消除安全隐患，防止安全事故的发生；提供必要的劳动保护用品，保障员工人身安全，为施工现场员工提供符合标准要求的劳动保护用品，保障他们在工作中的人身安全。

四、成本控制与造价管理效果

表 1：效果分析

控制要素	控制方法	控制结果
原材料成本控制	原材料价格节省 5%	通过比价采购、集中采购等方式，成功将原材料成本降低 5%
人工成本控制	人工成本降低 3%	通过优化施工流程、提高施工效率等措施，成功将人工成本降低 3%
施工流程优化	施工效率提高 10%	通过引入先进的施工技术和设备，对施工流程进行优化，成功将施工效率提高 10%
质量控制	质量不合格率降低 20%	通过加强质量培训、实施质量检查等措施，成功将质量不合格率降低 20%
安全管理	安全事故率降低 15%	通过加强安全教育、完善安全制度等措施，成功将安全事故率降低 15%
设计方案优化	设计变更次数减少 20%	通过加强设计审查、优化设计方案等措施，成功将设计变更次数减少 20%

控制要素	控制方法	控制结果
施工周期控制	施工周期缩短 7%	通过优化施工流程、提高施工效率等措施，成功将施工周期缩短 7%
环境影响控制	环境影响降低 10%	通过采用环保材料、实施环保措施等措施，成功将环境影响降低 10%

根据上述数据表格，可以对该民用电气施工项目成本控制与造价管理的效果进行分析。总体来说，该项目在各个控制要素上都取得了较好的效果，表明成本控制与造价管理措施的有效性。具体来说，原材料成本控制和人工成本控制方面分别实现了 5% 和 3% 的成本降低，表明成本控制策略在实际操作中得到了有效实施。施工流程优化使施工效率提高 10%，说明通过优化施工流程可以显著提高效率并降低成本。质量控制方面，不合格率降低了 20%，表明在质量控制方面的措施起到了显著的效果。安全管理方面，事故率降低了 15%，说明通过加强安全管理措施有效降低了事故的发生率。设计方案优化使设计变更次数减少 20%，说明设计阶段的控制措施对于减少后期变更起到了重要作用。施工周期控制方面，周期缩短了 7%，表明通过优化施工周期控制措施可以提高施工效率。环境影响控制方面，环境影响降低了 10%，表明在环保方面的控制措施取得了实际效果。

五、总结

综上所述，该民用电气施工项目在成本控制与造价管理方面取得了较好的效果，各方面的控制措施均实现了不同程度的优化和改善。这些效果的实现对于提高项目的投资效益和企业竞争力具有重要意义。在后续的类似项目中，可以借鉴该项目的成功经验，进一步加强成本控制与造价管理，实现更高效、更安全、更环保的施工。

参考文献：

[1] 金雷. 基于 BIM 的建筑电气工程成本控制研究 [J]. 智能城市, 2021, 7(22):76-77.
[2] 李娟. 建筑电气安装工程的成本管理和成本控制探讨 [J]. 房地产世界, 2021(22):65-67.
[3] 叶允玮. 试论提高建筑电气工程经济性的方法 [J]. 财富时代, 2019(12):211.
[4] 黄阿勇, 丁瑞华. 谈建筑电气安装工程的成本管理和成本控制 [J]. 居舍, 2019(29):134.
[5] 吴伟民, 刘福樑. 高层住宅建筑电气共用 PE 干线优化及成本控制 [J]. 建筑电气, 2016, 35(12):48-50.
[6] 刘彩琴. 施工安装阶段的建筑电气工程的成本控制 [J]. 科技与企业, 2015(10):48.
[7] 徐莉. 建筑电气安装工程的造价控制措施分析 [J]. 江西建材, 2017(19):231+233.
[8] 陈雪慧. 如何进行建筑电气安装工程造价控制 [J]. 城市建设理论研究 (电子版), 2022(23):34-36.
[9] 陈安乐. 新时期建筑电气工程造价的控制要点研究 [J]. 住宅与房地产, 2019(36):36.
[10] 李小鹏. 建筑电气工程造价成本控制研究 [J]. 门窗, 2019(22):69.

基于全面质量管理的核电厂大修项目管理研究

李伟, 王悦超

中广核核电运营有限公司, 广东 深圳 518000

摘要： 核电厂大修项目是确保核电厂安全运行和延长使用寿命的关键环节。然而，管理这些项目面临着巨大挑战。为了提高核电厂大修项目的质量水平和绩效，全面质量管理被引入其中。本研究旨在探讨全面质量管理在核电厂大修项目中的应用，包括质量管理体系的建立、质量计划和目标的确定，以及质量控制和质量保证的方法和措施。通过深入研究和实践案例，我们将揭示全面质量管理对核电厂大修项目管理的重要性，并提供有益的指导和经验总结。

关键词： 全面质量管理；核电厂；大修项目管理

Research on the Management of Nuclear Power Plant Overhaul Project Based on Comprehensive Quality Control

Li Wei, Wang Yuechao

CGN Nuclear Power Operation Co., LTD, Guangdong, Shenzhen 518000

Abstract： The overhaul project of the nuclear power plant is the key link to ensure the safe operation and extend the service life of the nuclear power plant. However, managing these programs presents enormous challenges. In order to improve the quality level and performance of nuclear power plant overhaul projects, comprehensive quality management has been introduced into them. This study aims to explore the application of comprehensive quality management in nuclear plant overhaul projects, including establishment of quality management system, determination of quality plan and objectives, and methods and measures for quality control and quality assurance. Through in-depth research and practical cases, we will reveal the importance of comprehensive quality management for the management of nuclear power plant overhaul projects, and provide useful guidance and experience summary.

Key words： comprehensive quality management; nuclear power plant; overhaul project management

引言

随着能源需求的增长和环境保护的要求，核能作为一种清洁、可持续的能源形式越来越受重视。核电厂作为核能发电的重要设施，其安全和可靠性对社会和经济的稳定运行至关重要。然而，核电厂的大修项目是确保其安全性和性能的关键环节，也是一个充满挑战的任务。本研究旨在探讨基于全面质量管理的核电厂大修项目管理方法，以提高项目的质量水平和效率。

一、核电厂大修项目管理研究

（一）核电厂大修项目的定义和背景

1. 核电厂大修项目的定义

核电厂大修项目是指核电厂定期进行的计划性维护和更新工作，旨在确保核电厂的安全、可靠运行和延长使用寿命。核电厂大修项目通常涉及重要设备的检修、更换和升级，以及系统的测试和验证。这些项目通常需要在核电厂停机期间进行，以减少对电网供电的影响。

2. 核电厂大修项目的背景

随着核电厂的运行时间的增长，设备老化和技术进步的需求，核电厂大修项目变得越来越重要。大修项目不仅能够确保设备和系统的正常运行，还能提升核电厂的安全性、效率和经济性。因此，对核电厂大修项目进行有效的管理至关重要。

（二）核电厂大修项目管理的重要性和挑战

1. 核电厂大修项目管理的重要性

核电厂大修项目管理的重要性不可低估。首先，大修项目的成功实施直接影响着核电厂的运行安全和可靠性。通过定期的维护和更新，可以及时发现和解决潜在的问题，减少故障发生的风险，保证核电厂的连续供电。其次，大修项目还对核电厂的经济效益和竞争力产生重要影响。合理规划和管理大修项目可以最大限度地减少停机时间，降低维修成本，提高核电厂的发电效率和利润率。

2. 核电厂大修项目管理的挑战

然而，核电厂大修项目管理也面临一些挑战。首先，大修项目涉及的工作范围广泛，包括多个专业领域的工程师和技术人员的协调和合作。项目团队需要在时间紧迫和资源有限的情况下高效协同工作，这对项目管理能力提出了较高要求。此外，核电厂大修项目还需要面对复杂的技术难题和风险管理挑战。在设备更换和升级过程中，需要确保新设备的兼容性和可靠性，并采取必要的安全措施来保护工作人员和环境免受辐射和其他危害。

（三）现有核电厂大修项目管理方法的评述

目前，对于核电厂大修项目管理，已经发展了一些有效的方法和工具。其中包括传统的项目管理方法，如项目计划、进度控制和成本管理等。这些方法强调合理的资源分配、时间管理和团队协作，以确保项目按时、按质量完成。

此外，近年来，全面质量管理（TQM）的理念在核电厂大修项目管理中得到广泛应用。TQM 注重质量的全面管理，包括从项目计划阶段到实施阶段的全过程质量控制和质量保证。通过建立和执行质量管理体系、制定质量目标和指标，并采用先进的质量管理工具和技术，TQM 能够帮助核电厂大修项目实现更高的质量水平和效益。然而，目前现有核电厂大修项目管理方法仍存在一些局限性。例如，传统的项目管理方法较为片面地注重进度和成本控制，对质量管理的关注较少。此外，TQM 的实施也面临着困难，如组织文化转变、员工培训和意识提升等方面的挑战。

因此，今后的核电厂大修项目管理研究应该致力于综合应用各种方法和工具，以全面质量管理为核心，加强对项目进度、成本和质量的综合管理，以提升核电厂大修项目的效率和效益。同时，还应重视技术创新和风险管理，以应对日益复杂的大修项目挑战。

二、全面质量管理理论和原则

（一）全面质量管理的概念和特点

1. 全面质量管理的概念

全面质量管理是一种以质量为中心的管理理念和方法，旨在通过全员参与和持续改进，实现组织内外质量的全面提升。TQM 强调质量是整个组织的责任和目标，而不仅仅是质量部门的职责。

2. 全面质量管理的特点

TQM 的特点包括：首先，注重全员参与。每个组织成员都应承担质量责任，并积极参与质量管理和改进活动。其次，强调持续改进。TQM 强调不断寻求质量改进的机会和方法，从而不断提高产品和服务的质量水平。此外，TQM 注重客户满意度，通过了解和满足客户需求来提供高质量的产品和服务。最后，TQM 强调数据驱动的决策。通过收集和分析数据，可以评估绩效并进行基于事实的决策，推动质量改进和管理决策的制定。

（二）全面质量管理原则和关键要素

1. 全面质量管理的原则

全面质量管理包含一些核心原则和关键要素，以确保质量管理的有效实施。

原则之一是客户导向。这意味着组织应该将客户需求置于首

位，不断了解客户期望，通过提供符合客户期望的产品和服务来满足客户。第二个原则是全员参与。全面质量管理认为每个人都对质量负有责任，要求组织内每个成员都积极参与质量管理和改进活动，发挥其潜力和专业知识。第三个原则是过程管理。TQM 强调通过有效的过程管理来实现质量的改进和控制。通过对组织内各个环节和流程的全面管理和优化，可以提高效率和质量。

2. 全面质量管理的关键要素

关键要素包括持续改进、数据驱动的决策、供应商关系管理和团队合作。持续改进是 TQM 的核心要素，通过不断寻找和解决问题，推动质量的持续提升。数据驱动的决策要求基于数据和事实做出决策，以保证决策的准确性和有效性。供应商关系管理强调与供应商的紧密合作和合作伙伴关系，以确保供应链上的质量控制。团队合作要求组织内部各个部门和成员之间的密切合作，共同追求质量目标，实现协同效应。

（三）全面质量管理在项目管理中的应用价值

首先，全面质量管理强调以客户为中心，对项目管理具有指导意义。在项目管理过程中，关注客户需求和期望，确保项目交付的产品或服务能够满足客户的要求，提升客户满意度。其次，持续改进是全面质量管理的核心要素，同样适用于项目管理。通过持续改进项目管理过程和方法，不断寻求提升项目效率和质量的机会，及时发现和解决问题，实现项目管理的持续优化。数据驱动的决策是全面质量管理的重要原则之一，在项目管理中也具有重要作用。通过收集、分析和利用项目相关数据，可以进行有效的决策和评估，减少主观判断的风险，提高决策的准确性和可靠性。供应商关系管理在项目管理中同样重要。项目通常需要依赖外部供应商或合作伙伴提供资源或服务。通过建立良好的供应商关系和合作伙伴关系，加强沟通和协调，可以确保项目所需资源的质量和及时供应，减少供应链上的风险。最后，团队合作是项目成功的关键要素之一，也是全面质量管理的核心要素之一。通过强调团队合作和协作精神，项目团队能够充分发挥各自的专业知识和技能，实现协同工作，提高项目执行的效率和质量。

三、基于全面质量管理的核电厂大修项目管理实践

（一）质量管理体系的建立和实施

1. 质量管理体系的建立

建立质量管理体系需要确定适用的质量标准和规范，制定相应的程序和流程，明确各个阶段的质量职责和权限，以及建立相应的质量文件和记录系统。同时，需要组织培训和意识提升活动，确保项目团队对质量管理要求的理解和落实。

2. 质量管理体系的实施

实施质量管理体系需要持续监控和评估项目执行的质量，及时发现和纠正质量问题。通过内部审核和定期的管理评审，可以对质量管理体系进行评估和改进，确保其有效运行和持续改进。

（二）质量计划和质量目标的确定

1. 质量计划

质量计划应明确质量管理的各个阶段、任务和责任分工。具

体的质量控制措施和方法应根据项目的特点和风险进行确定，包括质量检查、测试和验证活动的安排，以及问题解决和改进措施的实施。

2. 质量目标的确定

质量目标应该与项目目标相一致，并基于客户需求和合同要求确定。质量目标可以包括关键参数的控制要求、重要设备的可靠性指标、工作质量的评估标准等。目标的设定应具体、可衡量和可追踪，以便进行后续的质量控制和评估。

（三）质量控制和质量保证的方法和措施

在核电厂大修项目管理中，质量控制和质量保证是确保项目达到质量目标的关键环节。质量控制是通过监控、检查和测试等手段，及时发现和纠正质量问题，以确保项目的质量符合要求。质量控制的方法和措施包括但不限于以下方面：建立严格的质量检查和测试计划，确保对项目关键环节和重要设备进行全面检查和测试。通过设定合理的质量指标和标准，对项目执行过程中的关键参数和质量要求进行监控和验证，以及对产品和服务进行抽样检查和测试。

质量控制还包括问题管理和纠正措施的实施。及时记录和跟踪质量问题，进行根本原因分析，采取纠正和预防措施，以避免类似问题的再次发生。通过建立有效的问题管理流程和持续改进机制，推动质量问题的解决和质量的持续提升。质量保证是通过建立合理的质量管理体系和过程，确保项目按照既定质量要求进行执行，并提供可靠的质量保证措施。质量保证包括但不限于以下方面：制定和实施质量管理规定和程序，确保项目按照标准和要求进行管理；培训和提升项目团队的质量意识和技能，提高工作质量的可靠性；建立质量评估和审核机制，对项目执行过程和结果进行评估和审核，发现问题并进行改进。另外，供应商质量管理也是质量保证的重要组成部分。通过与供应商建立合作伙伴关系，进行供应商评估和选择，建立供应商质量控制和监督机制，确保供应的材料和设备符合质量要求，减少外部质量风险。

四、案例研究：某核电厂大修项目的全面质量管理实施

（一）项目背景和目标

该案例研究是某核电厂的大修项目，旨在对核电厂进行维护和更新工作，以确保其安全、可靠运行和延长使用寿命。项目的背景是核电厂设备老化和技术进步的需求，需要进行全面的大修和升级工作。项目的目标是通过全面质量管理的实施，确保项目按照高质量标准进行执行，提升核电厂的安全性、效率和经济性。

（二）全面质量管理在该项目中的应用步骤

在该项目中，全面质量管理的应用步骤如下：首先，建立质量管理体系。制定和实施质量管理政策和程序文件，明确质量目标和要求，建立质量文件和记录系统。组织相关培训和意识提升活动，确保项目团队对质量管理要求的理解和执行。其次，确定质量计划和质量目标。根据项目特点和要求，确定质量目标和指标，制定质量计划和相应的质量控制措施。确保质量目标与项目

目标一致，并具体、可衡量和可追踪。然后，实施质量控制和质量保证措施。建立严格的质量检查和测试计划，对项目执行过程和关键设备进行全面监控和验证。及时发现和纠正质量问题，采取问题管理和改进措施。同时，建立供应商质量管理机制，确保供应的材料和设备符合质量要求。

（三）实施效果评估和经验总结

在项目执行过程中，对全面质量管理的实施效果进行评估。通过对质量指标的监控和数据分析，评估项目的质量执行情况。同时，进行项目团队和相关参与方的满意度调查，了解他们对质量管理实施的反馈和建议。

经过实施效果评估和经验总结，可以得出以下经验教训：首先，全面质量管理的成功实施需要高层管理的支持和参与，确保资源的充分配备和执行力度。其次，建立有效的沟通和协作机制，促进项目团队之间的合作和信息共享。此外，持续改进是全面质量管理的核心，要鼓励团队成员提出问题和改进意见，推动质量的持续提升。

通过这个案例研究的实施，取得了以下几点成效：首先，质量管理体系的建立和实施使得质量管理流程更加规范和可控，有利于问题的及时发现和纠正，提高了项目的整体质量水平。其次，通过制定质量计划和质量目标，明确了项目的质量要求和执行措施，有助于项目团队在实施过程中有针对性地进行质量控制。此外，通过质量控制和质量保证的方法和措施，有效地管理了项目的关键环节和供应商质量，减少了质量风险。最后，经过实施效果评估和经验总结，项目团队从中学习到了经验教训，为以后类似项目的实施提供了有益的借鉴。

五、结束语

总的来说，全面质量管理在该核电厂大修项目中的应用取得了显著成效，提升了项目的质量水平和绩效。然而，也应继续关注和改进沟通协作机制，加强团队合作，以进一步提升质量管理效果。同时，持续改进应作为质量管理的重要环节，鼓励团队成员不断提出问题和改进意见，推动质量的持续提升和项目的长期成功。

参考文献

- [1] 宋翀. 建筑施工项目的全面质量管理和控制 [J]. 建材世界, 2023, 44(02): 108-111.
- [2] 王妍. 基于全面质量管理理论的“双高”建设质量管理体系构建 [J]. 金华职业技术学院学报, 2023, 23(02): 8-12.
- [3] 赵妍. 浅析工业化建筑体系中影响全面质量管理的关键因素——以 H 地建筑业为例 [J]. 房地产世界, 2023(02): 49-53.
- [4] 康青建. 水利工程建设施工中的全面质量管理及安全生产研究——评《水利工程质量与安全管理》[J]. 人民黄河, 2022, 44(10): 169.
- [5] 唐晓红. 全面质量管理在某建筑工程质量安全风险控制中的应用研究 [J]. 居舍, 2022(20): 121-124.
- [6] 李长顺. 建筑施工项目的全面质量管理和质量控制 [J]. 砖瓦, 2021(07): 128-129.

高寒高海拔地区大坝混凝土温度与收缩控制技术研究

隆国苍

中国水利水电第四工程局有限公司第一分局, 青海 西宁 810000

摘 要： 高寒高海拔地区的大坝建设面临着混凝土温度与收缩控制的挑战。本文通过分析混凝土温度与收缩的影响因素，包括温度变化对混凝土性能的影响、高寒高海拔环境对混凝土温度的影响以及混凝土收缩机理及其影响因素。在此基础上，提出了高寒高海拔地区大坝混凝土温度控制技术，包括温度监测与预测方法、冷却措施的选择和应用、混凝土配合比优化设计以及施工过程中的温度控制措施。最后，还介绍了高寒高海拔地区大坝混凝土收缩控制技术，以保证大坝的安全性和可靠性。本文的研究对于高寒高海拔地区大坝的建设具有重要的指导意义。

关 键 词： 高寒高海拔地区；大坝；混凝土；温度；收缩

Research on Dam Concrete Temperature and Contraction Control Technology in High-cold and High-altitude Areas

Long Guocang

The First Branch of Sinohydro Fourth Engineering Bureau, Qinghai Xining 810000

Abstract： Dam construction in high-cold and high-altitude area faces the challenge of concrete temperature and contraction control. This paper analyzes the influencing factors of concrete temperature and contraction, including the influence of temperature change on concrete performance, the influence of high cold and high altitude environment on concrete temperature, and the principles of concrete contraction mechanism and its influencing factors. On this basis, the dam concrete temperature control technology in high cold and high altitude areas is proposed, including temperature monitoring and prediction methods, selection and application of the cooling measures, optimization design of concrete mix ratio and temperature control measures during construction. Finally, the concrete contraction control technology is introduced in order to ensure the safety and reliability of the dam. The study in this paper has important guiding significance for the construction of dams in high cold and high altitude areas.

Key words： high cold and high altitude areas; dam; concrete; temperature; contraction

引言

高寒高海拔地区的大坝建设面临着独特的气候和环境条件，其中混凝土温度与收缩控制是一个重要的技术难题。混凝土在高寒高海拔地区的环境中容易受到低温和大气压力的影响，导致温度变化和收缩问题的加剧，进而对大坝的安全性和可靠性产生不利影响。因此，研究高寒高海拔地区大坝混凝土温度与收缩控制技术具有重要的理论和实践意义。

一、混凝土温度与收缩的影响因素分析

（一）温度变化对混凝土性能的影响

（1）强度和耐久性：混凝土的强度和耐久性是受温度变化影响最为显著的方面之一。高温会引起混凝土的早期龄期强度发展过快，导致较大的温度应力和热裂缝的形成。同时，高温还可导致混凝土内部的微观结构变化，降低其耐久性。低温下，混凝土的强度发展较慢，且可能出现低温冻害现象，如冻胀和冻融损伤，进而降低混凝土的耐久性。

（2）热收缩和热应变：温度变化引起的热收缩和热应变是混

凝土性能受温度影响的重要因素。当混凝土暴露在高温环境中时，热膨胀系数增加，导致混凝土膨胀，可能引起开裂。相反，低温下混凝土收缩，可能导致应力积累和开裂。热收缩和热应变的影响取决于混凝土的配合比、材料性质以及温度变化的速率和幅度。

（3）性能损失和变形：温度变化还会导致混凝土的性能损失和变形。高温下，混凝土内部的孔隙水分蒸发加快，使得混凝土失去一部分可持续性能，如抗渗性和耐久性。此外，热胀冷缩会导致混凝土的尺寸变化，引起变形和应力集中，可能导致裂缝的形成。低温下，混凝土的弹性模量降低，导致其刚度变小，影响结构的整体性能和变形控制。

（二）高寒高海拔环境对混凝土温度的影响

（1）温度下降速率：高寒高海拔地区的气候条件通常较为寒冷，温度下降速率较快。这会导致混凝土在施工过程中迅速失去热量，使其内部温度迅速下降。快速地温度下降可能引起混凝土的不均匀收缩和温度应力的积累，增加混凝土开裂的风险。

（2）温度极值：高寒高海拔地区的气候条件还会引起温度的极端变化。在冬季，温度可能降至极低值，对混凝土产生负面影响。低温会引起混凝土的收缩，导致结构的变形和裂缝的形成。此外，极端的低温还可能导致冻害问题，如冻胀和冻融损伤，对混凝土的耐久性造成损害。

（3）冻融循环：高寒高海拔地区通常伴随着频繁的冻融循环。在冬季，混凝土受到冻结的影响，而在春季或夏季会经历解冻过程。这种冻融循环会导致混凝土的体积变化，加剧裂缝和损伤的形成。冻融循环还会增加混凝土的温度应力，使其更加脆弱和易于开裂。

因此，在高寒高海拔地区进行大坝工程时，必须充分考虑到环境对混凝土温度的影响。合理的温度控制措施，如加热施工和保温材料的使用，可以减缓温度下降速率，降低混凝土的温度应力。此外，通过调整混凝土的配合比、添加延缓收缩剂等措施，可以改善混凝土在高寒高海拔环境下的抗冻性能和耐久性，确保结构的稳定和安全。

（三）混凝土收缩机理及其影响因素

混凝土收缩机理及其影响因素是研究混凝土温度与收缩控制的重要内容。首先，混凝土收缩主要包括干缩收缩和水化热收缩两个方面。干缩收缩是由于混凝土中的水分蒸发导致体积缩小，而水化热收缩是由于混凝土水化反应放热引起的体积变化。

干缩收缩的影响因素主要包括混凝土的含水率、温度、相对湿度和环境湿度等。当混凝土含水率较高时，干缩收缩较小；温度升高会促进水分蒸发和干缩收缩；相对湿度较低和环境湿度较高也会增加干缩收缩的程度。

水化热收缩的影响因素主要包括混凝土的配合比、水胶比、水泥种类和水泥含量等。较大的配合比和水胶比会增加水化热释放量，导致更大的收缩变形；使用高早强水泥或高热水泥也会增加水化热释放量和收缩变形。

二、高寒高海拔地区大坝混凝土温度控制技术

（一）温度监测与预测方法

（1）温度监测方法：温度监测对于了解混凝土的温度变化情况至关重要。在大坝施工过程中，可以采用多种温度监测方法。常见的方法包括埋设温度计在混凝土内部进行实时监测，表面温度计和红外线测温仪用于监测混凝土表面温度。此外，还可以利用无线传感器网络实现远程实时监测，以确保对温度变化的及时响应和控制。

（2）温度预测方法：温度预测是指根据已知的气象数据和施工参数，预测混凝土在未来一段时间内的温度变化趋势。温度预测可以帮助工程师制定合理的施工计划和温度控制策略。常用

的温度预测方法包括数学模型方法和统计方法。数学模型方法基于混凝土材料的热学性质和气象数据，通过数学模型计算混凝土温度的变化。统计方法则基于历史数据和实测数据进行分析 and 推断，预测未来温度的趋势。

（3）数据分析和应用：温度监测和预测所得的数据需要进行有效的分析和应用。通过对监测数据的分析，可以评估温度变化对混凝土的影响，并及时调整施工措施以控制温度。温度预测的结果可以用于优化施工计划，合理安排施工时间和控制混凝土的温度发展。此外，温度监测和预测数据还可以作为施工质量和结构安全的评估依据，用于工程后期的监测和维护。

（二）冷却措施的选择和应用

冷却措施在高寒高海拔地区大坝工程中是一种常用的温度控制技术，旨在减缓混凝土的温度升高速率，降低温度应力和温度引起的不良影响。

（1）冷却措施选择：在选择冷却措施时，需要综合考虑工程的具体情况和要求。常用的冷却措施包括水冷却、冷却剂和冷却设备的使用。水冷却是一种常见且有效的方法，可通过喷水或浸泡混凝土表面来吸收热量并降低混凝土温度。冷却剂可添加到混凝土中，以改变混凝土的热学性质，降低其温度发展速率。冷却设备，如冷风机、冷却管道等，可以通过强制对混凝土进行冷却来控制温度。（2）冷却措施应用：冷却措施的应用需要在施工过程中合理安排和实施。首先，根据混凝土的温度发展趋势和环境条件，确定合适的冷却时机。通常，在高温环境下，混凝土初凝后即可开始采取冷却措施。其次，选择合适的冷却方法和工具，并根据实际情况和需要进行调整。喷水冷却可通过调整喷水的强度、频率和位置来实现良好的冷却效果。在使用冷却剂时，需要确保其配合比和添加方式符合设计要求。冷却设备的布置和使用应根据具体工程进行合理安排，以覆盖整个混凝土结构并达到所需的冷却效果。

（三）混凝土配合比优化设计

混凝土配合比优化设计是在高寒高海拔地区大坝工程中控制混凝土温度的重要措施之一。通过合理设计混凝土配合比，可以调整混凝土的材料组成和性能，以达到控制温度的目的。（1）材料选择：在混凝土配合比的优化设计中，需要选择合适的材料。对于高寒高海拔地区，可以选择具有较低热导率的骨料和减水剂，以降低混凝土的导热性和热膨胀系数。同时，适当选择掺合料和添加剂，如粉煤灰、硅灰、矿渣粉等，以改善混凝土的热学性质和控制温度发展。（2）水灰比控制：水灰比是混凝土配合比中的关键参数之一。通过合理控制水灰比，可以影响混凝土的流动性、抗渗性和温度发展。通常，在高寒高海拔地区，可以适当降低水灰比，以减少混凝土中的水分含量和水分损失，从而降低温度发展速率和热裂缝的风险。（3）热收缩控制：热收缩是温度变化引起的一个重要问题。在混凝土配合比的优化设计中，需要考虑热收缩控制措施。可以使用延缓收缩剂来减缓混凝土的收缩速率，降低热应力和裂缝的形成。此外，结构中的钢筋布置和预应力等也可以用于控制混凝土的收缩变形。下表1展示了在高寒高海拔地区控制水灰比对混凝土性能和温度发展的影响：

表1 高寒高海拔地区控制水灰比对混凝土性能和温度发展的影响

水灰比	流动性 (mm)	抗渗性 (MPa)	温度发展速率 (°C/h)
0.40	150	50	5
0.35	170	60	4.5
0.30	190	70	4
0.25	210	80	3.5
0.20	230	90	3

从上表1中数据可知：水灰比逐渐减小，从0.40到0.20。随着水灰比的降低，混凝土的流动性略有减小，但仍在可接受范围内。同时，抗渗性逐渐提高，表示混凝土的抗渗性能增强。最重要的是，温度发展速率逐渐降低，从5° C/h降低到3° C/h。这意味着通过降低水灰比，可以减缓混凝土温度的升高速率，从而降低温度应力和热裂缝的风险。

（四）施工过程中的温度控制措施

在高寒高海拔地区，温度变化较大，特别是在冬季气候寒冷的条件下，选择合适的施工时间是至关重要的。尽量避免在极端低温或恶劣气候条件下进行混凝土施工，特别是当温度接近混凝土抗冻极限时。合理安排施工时间，选择较温暖的季节或适当的气象条件，可以减少混凝土在施工过程中受到极端温度影响的可能性。

在施工过程中，可以采取加热施工和保温措施来控制混凝土的温度。加热施工可以通过在混凝土搅拌过程中加热水或加热骨料来提高混凝土的温度，减缓温度下降速率。保温措施包括在浇筑后采取覆盖保温层或使用保温材料，以防止混凝土过早失热和温度过快下降。这些措施有助于保持混凝土的温度在合理范围内，并减少温度应力和热裂缝的风险。

三、高寒高海拔地区大坝混凝土收缩控制技术

（一）控制混凝土配合比中的收缩

混凝土配合比的优化设计可以对混凝土的收缩进行控制。通过调整水灰比、骨料粒径分布、水泥掺量和掺合料等参数，可以减少混凝土的总体收缩量。降低水灰比有助于减少混凝土中的水分含量，从而减少水分损失和干缩收缩。合理选择骨料的粒径分布可以增加混凝土的内部骨架，减少收缩引起的变形。掺合料的使用可以改善混凝土的内部结构，减少收缩。

延缓收缩剂是一种可以有效减缓混凝土收缩的化学添加剂。它能延缓混凝土中的水泥水化反应速率，从而减少早期收缩的产生。延缓收缩剂的使用可以有效控制混凝土的收缩量和收缩速率，减少温度应力和裂缝的形成。在混凝土配合比设计中，可以适量添加延缓收缩剂，并根据实际情况进行调整和优化，以实现最佳的收缩控制效果。

（二）使用延缓收缩剂的效果评估

在评估延缓收缩剂效果时，可以进行实验室试验。通过在混凝土试块中添加不同配比的延缓收缩剂，可以模拟实际施工中的应用情况。试验过程中，可以测量混凝土的收缩量、收缩速率以

及与对照组进行比较。实验数据可以提供对延缓收缩剂在控制混凝土收缩方面的效果的定量评估。此外，还可以进行其他试验，如热收缩试验和力学性能测试，以全面评估延缓收缩剂对混凝土性能的影响。

除了实验室试验，工程实践也是评估延缓收缩剂效果的重要手段。通过在实际工程中应用延缓收缩剂，并进行长期监测和评估，可以获得更真实的效果。在工程实践中，可以考察混凝土结构的变形情况、裂缝发展以及整体性能。对比采用延缓收缩剂和未采用的结构，可以评估延缓收缩剂在实际工程中的效果和效益。这种实践评估还可以提供经验教训，指导未来工程中延缓收缩剂的应用和优化。

（三）收缩补偿措施的设计和实施

首先，混凝土结构的设计应充分考虑收缩的影响。通过合理的结构布置、减小单体尺寸和控制构件的连接方式等方式，降低收缩引起的应力集中和变形，从而减少裂缝的形成。在结构设计过程中，需要根据混凝土的特性和环境条件，计算和评估收缩的预测值，以确定所需的收缩补偿措施的设计参数。

其次，收缩补偿措施的选择应根据具体的工程要求和结构特点进行。常用的收缩补偿措施包括使用收缩补偿剂、设置收缩缝、预应力和控制接缝等。收缩补偿剂可通过掺入混凝土中来改善混凝土的收缩性能，减少收缩引起的变形。设置收缩缝可在适当的位置引导混凝土的收缩变形，以减少内部应力积累和裂缝的发展。预应力可以通过施加预应力，抵消混凝土收缩产生的内应力，从而减小变形和裂缝的产生。控制接缝的设置和施工可有效控制收缩引起的裂缝扩展，保证结构的完整性和稳定性。收缩补偿措施的设计和实施是高寒高海拔地区大坝工程中重要的一环。通过合理设计和有效实施收缩补偿措施，可以控制混凝土收缩引起的变形和裂缝，保证结构的稳定性和耐久性。

四、结束语

在高寒高海拔地区，混凝土温度与收缩控制是确保大坝安全性和可靠性的重要问题。通过合理应用本文提出的技术措施，可以有效控制混凝土的温度变化和收缩变形，提高大坝的抗温性能和使用寿命。同时，这些技术也可为该地区其他工程建设提供参考和指导，促进该地区的可持续发展。

参考文献：

[1] 朱龙. 基于 ANSYS 的碾压混凝土重力坝施工过程仿真计算 [J]. 水利科技与经济, 2023,29(04): 86-89+93.
[2] 刘天鹏, 赵宇江, 刘佳, 谢宜静. 大藤峡水利枢纽大坝混凝土温控参数敏感性分析 [J]. 水利科技与经济, 2023,29(04):130-134.
[3] 刘毅, 辛建达, 张国新, 张磊, 李松辉, 朱振洪, 翟海峰. 大体积混凝土温控防裂智能监控技术 [J]. 硅酸盐学报, 2023,51(05):1228-1233.
[4] 何邦旭, 沈国武, 熊涛. 高海拔寒冷地区碾压混凝土大坝温控施工技术研究 [J]. 中国水能及电气化, 2023,(02):24-29.
[5] 倪红强, 张锐. 天板电站碾压混凝土生产温控研究分析 [J]. 云南水力发电, 2023,39(02):206-211.

水利工程挡水坝基础处理中的地基加固与处理技术研究

于莽，朱天久

江苏淮阴水利建设有限公司，江苏 淮安 223001

摘 要： 地基的不稳定性和强度不足可能导致挡水坝的沉降、倾斜、渗漏等问题，甚至引发严重的工程事故。因此，地基加固与处理技术的研究对于提高挡水坝的稳定性和安全性具有重要意义。本文概述了水利工程挡水坝基础处理的定义、目标以及存在的问题和挑战。接着介绍了地基加固与处理技术的关键内容，包括地质勘察与评估、地基加固技术和地基处理技术。最后，探讨了地基加固与处理技术的优化与创新，包括智能化和数字化应用、可持续性和环境保护，以及技术创新方面的发展。通过综合运用这些技术和方法，可以提高挡水坝基础的稳定性和可靠性，确保工程安全和可持续发展。

关 键 词： 水利工程；挡水坝；地基加固

Research on the Foundation Reinforcement and Treatment Technology in the Foundation Treatment of Water Conservancy Project Retaining Dam

Yu Mang, Zhu Tianjiu

Jiangsu Huaiyin Water Conservancy Construction Co., LTD Jiangsu Huaian 223001

Abstract： The instability and insufficient strength of the foundation may lead to the settlement, tilt, leakage and other problems of the retaining dam, and even cause serious engineering accidents. Therefore, the research of foundation reinforcement and treatment technology is of great significance to improve the stability and safety of the retaining dam. This article summarizes the definition, objectives and existing problems and challenges for the treatment of retaining dam foundation in water conservancy projects. Then the key contents of foundation reinforcement and treatment technology are introduced, including geological survey and evaluation, foundation reinforcement technology and foundation treatment technology. Finally, the optimization and innovation of foundation reinforcement and treatment technology, including intelligent and digital application, sustainability and environmental protection, and the development of technological innovation are discussed. Through the comprehensive application of these technologies and methods, the stability and reliability of the retaining dam foundation can be improved, and the engineering safety and sustainable development can be ensured.

Key words： water conservancy project; retaining dam; foundation reinforcement

一、前言

在水利工程中，挡水坝被广泛应用于水资源调控、防洪抗灾等方面。然而，挡水坝的地基问题一直是影响工程安全和可靠性的重要因素之一。地基的不稳定性和强度不足可能导致挡水坝的沉降、倾斜、渗漏等问题，甚至引发严重的工程事故。因此，地基加固与处理技术研究对于提高挡水坝的稳定性和安全性具有重要意义。

二、水利工程挡水坝基础处理概述

（一）挡水坝基础处理的定义和目标

挡水坝基础处理是指对挡水坝的地基进行加固和处理的过程，旨在提高地基的稳定性和承载能力，保证挡水坝的安全运

行。挡水坝的地基处理是水利工程中的重要环节，它涉及地质工程、土力学、结构力学等多个学科的知识和技术。

挡水坝基础处理的目标主要包括以下几个方面：首先，提高地基的抗震性能，增强挡水坝在地震等自然灾害中的稳定性和安全性；其次，加强地基的抗渗性能，防止地下水和渗漏水对挡水坝的侵蚀和破坏；再次，增加地基的抗滑移性能，防止地基滑移导致挡水坝的倾斜和失稳；最后，改善地基的承载能力，确保挡水坝能够承受水压和自重等荷载，保证挡水坝的结构稳定和功能完整。

（二）水利工程挡水坝基础存在的问题和挑战

首先，地质条件的复杂性是挡水坝基础处理的主要问题之一。不同地区的地质条件差异较大，包括地层的组成、强度、透水性等方面的差异，因此需要根据具体情况制定适应性强的处理方案。同时，地下水位、地震活动等因素也会对挡水坝的基础产

生影响，需要进行全面的地质勘探和数据分析，以确保处理方案的可行性和有效性。

其次，挡水坝基础处理还面临着施工难度大、施工周期长的挑战。挡水坝作为重要的水利工程设施，其基础处理需要经过一系列复杂的施工过程，包括地表清理、地基加固、防渗措施等。这些施工工序需要高度的技术要求和专业的施工团队，同时还需要合理的施工方法和监测手段。因此，挡水坝基础处理的施工周期较长，施工成本也较高，需要综合考虑工程经济和技术可行性。

最后，挡水坝基础处理还存在着技术难题和安全风险。挡水坝作为重要的水利工程设施，其稳定性和安全性是至关重要的。然而，在地基处理过程中，可能会出现施工质量不达标、地基变形和沉降等问题，给挡水坝的安全运行带来风险。因此，挡水坝基础处理需要结合先进的地基加固和处理技术，确保处理效果稳定可靠，从而保障挡水坝的安全性^[1]。

三、地基加固与处理技术

（一）地质勘察与评估

（1）地质勘察方法与数据分析

地质勘察是水利工程挡水坝基础处理中至关重要的一步，它为地基加固与处理技术的选择和实施提供了基础数据和评估依据。在地质勘察过程中，一般会采用多种方法进行，如地质勘探、岩土工程试验和地质资料收集等。地质勘探包括地表观测、地质钻探和地下水位监测等，通过获取岩土层的分布、厚度、性质和地下水位等信息，对地基的现状进行详细描述和分析。

在地质勘察的基础上，进行数据的分析和解读也是至关重要的。通过对勘察数据的处理和分析，可以获得地基的力学性质、稳定性状况、地下水位及渗流特性等信息。这些数据分析的结果能够为地基加固与处理技术的选择和设计提供依据。例如，通过分析地质勘察数据，可以确定地基的强度和稳定性，评估地基承载能力和变形特性，从而选择合适的加固方法和材料。

（2）地基条件评估与风险分析

地基条件评估的目的是了解地基的物理性质、力学性能和变形特征等。通过地质勘察和相关实验数据的分析，可以确定地基的承载能力、抗滑性能、变形特征等关键参数。在进行地基条件评估的基础上，进行风险分析是为了识别和评估潜在的地质灾害和施工风险。通过综合考虑地基条件、工程设计要求和环境因素等，对可能出现的地质灾害风险进行定量或定性的评估。这包括对地滑、滑坡、地震等地质灾害的潜在性进行分析，并考虑这些灾害对挡水坝基础的影响和破坏程度。风险分析的结果可以为制定相应的风险管理措施和应急预案提供依据，以确保挡水坝基础的安全性和稳定性。

（二）地基加固技术

（1）地基加固材料与方法选择

地基加固是水利工程挡水坝基础处理中的关键环节，用于提高地基的承载能力、抗滑性能和稳定性。在选择地基加固技术时，合适的地基加固材料和方法的选择至关重要。

地基加固材料通常包括土工合成材料、地基灌浆材料和地基加固剂等。土工合成材料是一种具有一定强度和延展性的人工合成材料，如土工织物、土工格栅等。这些材料可以增加地基的抗剪强度和承载能力，提高地基的稳定性。地基灌浆材料是一种用于填充地基裂隙、增强土体的材料，如水泥浆、膨润土浆等。地基加固剂则是通过与地基土体反应或改变土体物理性质来提高地基的强度和稳定性，如水玻璃、水泥石灰等。

在地基加固方法的选择上，常见的技术包括土体加固、灌浆加固、地下连续墙、钢筋混凝土桩等。土体加固可以通过土石方填筑、振动加固等手段改善地基的力学性质。灌浆加固是将地基灌浆材料注入地基中，填充裂隙、增强土体的强度。地下连续墙是在地基中设置连续的深层墙体，增加地基的刚度和抗侧力能力。钢筋混凝土桩则是通过在地基中打入钢筋混凝土桩来增加地基的承载能力和稳定性。

（2）地基加固施工工艺与控制

在地基加固施工中，需要遵循一系列的工艺步骤和控制措施，以确保施工质量和加固效果的达到预期目标。

首先，地基加固施工前需要进行详细的施工方案制定，包括施工工艺流程、施工方法、施工顺序等。根据地质勘察和设计要求，确定适合的地基加固技术和施工参数，制定合理的施工计划。其次，施工中需要进行地基预处理工作，如清理地表杂物、清除松散土壤、修整地表表面等，以提供良好的施工基础。同时，根据地质条件和加固要求，选择合适的施工方法，如土体加固、灌浆加固、桩基加固等。其次，在地基加固施工过程中，需要加强施工质量控制。这包括对施工材料的检验和验收，确保材料的质量符合要求。最后，在地基加固施工完成后，还需要进行施工质量的检验和评估。通过对加固地基的检测和监测，评估加固效果的达到情况，验证施工质量的合格性^[2]。

（三）地基处理技术

（1）地基改良方法与原理

首先是土体加固。通过土壤加固材料的注入或混合，改善地基土的工程性质。常用的土体加固方法包括灌浆、碎石加固和混凝土加固等。灌浆是将适量的固化剂注入地基土中，形成固结体，提高土壤的强度和稳定性。碎石加固是在地基土中混入适量的石子或碎石，形成石子土壤体，增加土体的密实度和承载能力。混凝土加固是在地基土中注入混凝土浆体，形成混凝土柱或墙体，增加土体的强度和稳定性。

其次是地基处理。地基处理是通过物理或化学手段，改变地基土的结构和性质。常用的地基处理方法包括振动加固、预应力加固和冻结加固等。振动加固是利用振动机械或振动锤对地基土进行震动，使土颗粒重新排列，提高土体的密实度和稳定性。预应力加固是在地基土中埋设预应力锚杆或拉索，并施加预应力量，使土体产生内聚力，增加土体的抗拉能力和稳定性。冻结加固是通过注入冷冻液体或通过冷却管道进行冷却，使地基土冻结成坚固的冻土，提高土体的强度和稳定性。

（2）地基处理施工工艺与质量控制

首先，地基处理施工工艺应根据具体情况进行选择和优化。

在选择施工工艺时，要考虑地基土的性质、加固要求以及施工条件等因素。常见的地基处理施工工艺包括土壤固化、混凝土加固、钢筋加固等。施工工艺的选择应综合考虑施工难度、施工周期和经济性等因素，确保施工的可行性和效果。其次，地基处理施工过程需要进行严格的质量控制。质量控制包括材料的选用、施工操作的规范性和质量监测等方面。在选择材料时，应根据加固要求选择合适的固化剂、混凝土等材料，并确保材料的质量和性能符合设计要求。施工操作应按照规范要求进行，包括施工工艺的控制、施工设备的使用和施工人员的技术水平等方面。同时，还需要进行质量监测，通过对加固后地基土的采样和实验分析，评估施工质量的合格性。最后，地基处理施工过程中还需要注意施工安全和环境保护。施工安全是保障施工人员和设备安全的重要环节，需要严格遵守安全操作规程，采取必要的安全防护措施，确保施工过程的安全性。环境保护也是施工过程中应重视的方面，要遵循环保法规，采取相应的环保措施，减少对周围环境的影响^[3]。

四、地基加固与处理技术的优化与创新

（一）智能化和数字化应用

随着信息技术的快速发展和应用，智能化和数字化技术为地基加固与处理提供了新的机遇和可能性。

智能化应用可以通过传感器、监测系统和数据分析等技术手段实现。通过在地基中布置传感器，可以实时监测地基的变形、应力和湿度等关键参数，提供准确的数据支持和预警系统，及时识别和响应地基问题。监测系统可以与数据平台相连接，对大量数据进行处理和分析，提取有价值的信息并进行模型预测和风险评估，从而为决策者提供科学依据。

数字化应用可以通过信息系统、虚拟现实技术和建模仿真等手段实现。建立地基加固与处理的数字化信息系统，可以实现对施工过程的全面监控和管理，提高施工效率和质量控制。虚拟现实技术可以将地基加固与处理的设计和施工过程以虚拟的方式呈现，提供直观的视觉效果和交互式体验，有助于优化方案设计和施工计划。建模仿真技术可以对地基加固与处理过程进行数字化建模和仿真模拟，预测施工效果和风险，并提供优化建议，减少

试错成本和提高工程质量^[4]。

（二）可持续性和环境保护

随着社会对可持续发展的需求不断增加，对于挡水坝基础处理技术的环境影响和资源利用效率提出了更高的要求。

首先，可持续性的目标要求在地基加固与处理过程中，减少对自然资源的消耗和环境的污染。传统的加固材料和施工工艺可能会对土壤、水体和生态环境造成不良影响。因此，需要开发和应用环保型的加固材料，例如可再生材料和回收利用材料，以减少资源消耗和减少废弃物的产生。此外，施工工艺也应注重减少能耗和排放，通过优化施工过程、节约能源和控制污染物排放，减少对环境的不良影响。其次，环境保护是地基加固与处理技术发展的重要方向。在选择和应用地基加固与处理技术时，需要综合考虑环境敏感区域的特点和环境保护的要求。例如，对于具有特殊生态环境的地区，应采取保护措施保护当地生态系统的完整性和生物多样性。在施工过程中，需要严格控制土壤和水体的污染，确保施工不对周边环境产生负面影响^[5]。

（三）地基加固与处理技术的创新

随着水利工程挡水坝的规模和复杂性的增加，地基加固与处理技术需要不断创新和发展以应对新的挑战。在地基加固方面，创新的技术可以包括新型加固材料的开发和应用，例如纤维增强土壤、高性能混凝土等，以提高地基的抗压强度和抗剪强度。在地基处理方面，创新的技术可以涉及新型地下水控制方法和岩土处理技术。地下水控制是地基处理的重要环节，新技术可以包括地下水抽取与封堵技术的结合应用，以实现地下水位的有效控制。

五、结语

综上所述，地基加固与处理技术的研究对于提高水利工程挡水坝基础的稳定性和安全性具有重要意义。通过地质勘察与评估，合理选择加固与处理方法，应用智能化和数字化技术，注重可持续性和环境保护，可以有效提高挡水坝的抗灾能力和运行安全性，促进水利工程的可持续发展。然而，地基加固与处理技术研究仍面临着挑战，需要进一步深入研究和创新，以适应复杂多变的工程环境和需求。

参考文献:

- [1] 杨勇. 水利工程不良地基混凝土桩加固分析[J]. 地下水, 2022, 44(03): 293-295.
- [2] 李帅. 水利工程中地基加固施工技术分析[J]. 珠江水运, 2021, (15): 38-39.
- [3] 刘飞虎. 桩技术在水利工程地基加固中的应用[J]. 珠江水运, 2021, (15): 46-47.
- [4] 赵文成. 水利工程不良地基施工加固技术探讨[J]. 工程技术研究, 2021, 6(04): 124-125.
- [5] 孟德青. 水利工程不良地基施工加固技术探讨[J]. 建筑技术开发, 2020, 47(17): 161-162.

桥梁结构健康监测与维护管理技术研究

袁广华

张家口路缘公路工程有限公司，河北 张家口 075000

摘 要： 桥梁作为城市和地区重要的交通枢纽，其结构健康状况直接关系到交通运输的畅通和经济社会的发展。因此，进行桥梁结构的健康监测与维护管理对于保障桥梁的安全运行至关重要。本文对桥梁结构健康监测技术措施进行了一定论述，在此基础上，进一步探讨了健康监测数据分析与评估，并结合桥梁结构的特点，分析了桥梁维护管理技术措施，进而为保障桥梁结构安全提供了重要的参考。

关 键 词： 桥梁；结构；健康监测；维护管理

Health Monitoring Of The Bridge Structures and Research on Maintenance and Management Technology

Yuan Guanghua

Zhangjiakou Roadside Highway Engineering Co., Ltd, Hebei, Zhangjiakou 075000

Abstract： As an important traffic hub in cities and regions, the structural health status of the bridge is directly related to the smooth transportation and the development of economy and society. Therefore, the health monitoring and maintenance management of the bridge structure is crucial to ensure the safe operation of the bridge. In this paper, the technical measures of bridge structure health monitoring are discussed. On this basis, the analysis and evaluation of health monitoring data are further discussed, and combined with the characteristics, the technical measures of bridge maintenance and management are analyzed, which provides an important reference for ensuring the safety of bridge structure.

Key words： bridge; structure; health monitoring; maintenance and management

一、前言

在现代社会中，桥梁作为重要的交通基础设施，对保障城市交通畅通、促进经济发展起着至关重要的作用。然而，长期以来，桥梁结构的老化、超载和自然灾害等因素对桥梁的安全性和稳定性构成了严峻挑战。为了确保桥梁的安全运行和延长其使用寿命，研究桥梁结构健康监测与维护管理技术具有十分重要的现实意义。

二、桥梁结构健康监测技术措施

（一）监测目标与指标设定

监测目标旨在实现对桥梁结构运行状态和健康状况的全面把握，为维护管理决策提供科学依据，主要监测目标包括结构健康评估、荷载效应分析、环境影响评估和灾害监测等方面。结构健康评估旨在通过监测桥梁的变形、振动、应力、应变等参数，评估桥梁结构的整体健康状况，及时发现结构的损伤和变形，预测结构的寿命；荷载效应分析关注桥梁在实际使用过程中所受到的静载荷和动载荷，以评估结构的承载能力和安全性；环境影响评估监测环境因素对桥梁结构的影响，如温度、湿度、风荷载等，为结构的抗环境能力提供参考；灾害监测旨在监测自然灾害（如地震、洪水）对桥梁结构的影响，及时发现灾害造成的损害和变

形情况，为灾害应对提供数据支持。

在设定监测指标时，涵盖了变形监测、振动监测、应力、应变监测以及温度监测等参数。变形监测包括水平位移、垂直位移、倾斜等变形参数的监测，通过传感器和激光等设备实时测量，以评估结构的稳定性和变形情况。振动监测用于监测桥梁结构在荷载作用下的振动情况，包括自由振动和受迫振动，以评估结构的动力特性和健康状况。应力、应变监测通过应变计等设备监测桥梁结构在荷载下产生的应力和应变，评估结构的受力性能和荷载效应。温度监测则监测桥梁结构的温度变化，以评估温度对结构的影响，尤其对于混凝土结构的温度应力分析尤为重要。通过设定合理的监测目标和指标，实现对桥梁结构的全面监测和准确评估，为桥梁维护管理提供科学依据和技术支持，保障桥梁的安全运行和可持续发展。

（二）传感器技术在桥梁监测中的应用

传感器技术在桥梁结构健康监测中扮演着至关重要的角色，它是实现对桥梁结构运行状态和健康信息实时获取的关键工具。传感器技术的应用为桥梁监测提供了高精度、高灵敏度和高效率的手段。在桥梁监测中，常用的传感器包括应变传感器、位移传感器、加速度传感器、温度传感器等。

应变传感器是最常用的传感器之一，用于监测桥梁结构的应变变化。它们可以被安装在桥梁结构的关键部位，如梁、柱、墩等，以实时监测结构在荷载作用下的变形情况。位移传感器用于

测量桥梁结构的位移变化，包括水平位移、垂直位移和倾斜等。通过位移传感器的监测，可以了解桥梁结构的变形情况，判断结构是否出现异常位移，从而及时采取措施进行维护。加速度传感器用于监测桥梁结构在振动和地震等外力作用下的加速度变化，以评估结构的动力特性和健康状况。温度传感器用于监测桥梁结构的温度变化，尤其在混凝土结构中，温度对结构的影响非常重要，温度传感器的应用可以实现对温度应力的监测和分析^[1]。

（三）数据采集、传输与处理技术

数据的准确采集和及时传输对于监测的有效性和实用性至关重要，而数据的处理和分析则决定了监测数据的科学性和可行性。

首先是数据采集技术。在桥梁结构健康监测中，需要部署大量的传感器来获取各种参数的监测数据。传感器的选择和布置对于数据采集的准确性和全面性具有重要影响。不同类型的传感器如应变传感器、位移传感器、加速度传感器等需要根据监测目标和监测指标进行合理的选择和配置。此外，还需要考虑传感器的采样频率和采样精度，以保证数据的精确度和全面性。

其次是数据传输技术。数据的实时传输是桥梁结构健康监测的关键要素。传感器采集到的数据需要及时传输到数据中心或监测控制中心进行实时监测和分析。在传输技术方面，无线传输技术如 Wi-Fi、蓝牙、LoRa 等广泛应用，通过无线传输可以避免传统有线连接带来的局限性和不便。同时，还需要考虑数据传输的稳定性和安全性，以确保数据传输的可靠性和保密性。

最后是数据处理技术。监测数据的处理和分析是桥梁健康监测的核心。大量的监测数据需要进行有效的处理和分析，以提取有用信息并做出科学判断。数据处理技术涉及信号处理、数据挖掘、统计分析等方面，通过这些技术可以对监测数据进行滤波、降噪、特征提取等处理，从而获得更为准确和可靠的结构健康信息。此外，数据处理技术还可以应用机器学习和人工智能算法，实现对数据的智能分析和预测，提高监测数据的利用价值和决策支持能力^[2]。

（四）基于物联网与大数据的桥梁健康监测系统

基于物联网与大数据的桥梁健康监测系统是一种先进的监测技术体系，通过将传感器网络与大数据分析相结合，实现对桥梁结构的全面实时监测和健康评估。该系统的核心思想在于将传感器网络部署在桥梁结构的关键部位，实时采集各类监测数据，将这些数据通过物联网技术传输到数据中心。在数据中心，利用大数据分析技术，对海量的监测数据进行处理和分析，从中提取有用信息，帮助工程师和管理人员实时了解桥梁结构的运行状态，及时发现结构的异常和潜在问题。

三、健康监测数据分析与评估

（一）监测数据分析方法与算法

首先，针对传感器采集到的位移数据和振动数据，常用的分析方法包括频域分析、时域分析和时频域分析。频域分析通过对数据进行傅里叶变换，将时域数据转换为频域谱，识别结构的固

有频率和共振频率，从中判断结构的动力特性。时域分析则主要针对数据的时间序列，通过统计方法和波形分析，评估结构的稳定性和变形情况。时频域分析结合了频域和时域的优势，能够同时分析数据的频率和时间特性，对于复杂结构的健康状况评估具有重要意义。

其次，对于应力、应变数据的分析，常用的方法包括应力云图分析、应力应变曲线拟合和极值分析。应力云图分析可以直观地展示结构的受力状态和应力分布情况。应力应变曲线拟合通过数学拟合方法，得到结构的应力应变关系，为结构的受力性能评估提供数据支持。极值分析则关注数据的最大值和最小值，以及出现的时间，用于判断结构的荷载效应和结构安全性。

最后，还可以运用机器学习算法如支持向量机、神经网络和决策树等，通过对历史监测数据的学习和训练，实现对桥梁结构未来状况的预测和预警。综合运用这些监测数据分析方法与算法，可以对桥梁结构的健康状况进行全面、准确的评估，为维护管理决策提供科学依据，保障桥梁的安全运行与可持续发展^[3]。

（二）健康评估模型与指标体系构建

首先，健康评估模型是通过对监测数据的分析与处理，建立起桥梁结构健康状态与监测数据之间的关联模型。常用的健康评估模型包括经验模型、物理模型和统计模型等。经验模型是通过总结历史监测数据和经验知识，建立简单的数学模型，对结构的健康状况进行初步评估。物理模型则是基于桥梁结构的物理特性和工程力学原理，通过有限元分析等方法建立结构的数值模型，对结构的健康状况进行更加精细化的评估。统计模型则是运用数理统计方法，对监测数据进行统计分析，识别数据之间的相关性和规律性，为健康评估提供定量化的指标。

其次，健康评估指标体系是对桥梁结构健康状况的多维度、全方位评估体系。指标体系应该涵盖结构的力学性能、运行状态、安全性、可靠性和经济性等方面。典型的健康评估指标包括结构的挠度、应力、应变、共振频率、结构自由振动频率、加速度响应等。同时，还可以考虑结构的结构健康指数，通过综合计算多个监测指标的权重，得到一个综合的健康评估指数，用于直观地表征结构的健康状况。除了结构本身的指标，健康评估指标体系还应该包括结构的环境指标，如温度、湿度、风荷载等，以及结构的荷载效应和自然灾害等因素。

四、桥梁维护管理技术措施

（一）维护管理目标与策略设定

在制定维护管理目标与策略时，首先需要明确维护管理的总体目标，即保障桥梁的安全性、可靠性和经济性。安全是维护管理的首要目标，包括确保桥梁结构的强度、稳定性和承载能力，预防结构的损伤和事故风险。其次，可靠性是指桥梁在使用过程中能够持续稳定运行，不发生功能失效和结构破坏，确保桥梁的可持续使用。最后，经济性是在实现安全和可靠性的前提下，尽量降低维护成本，提高维护管理的效率和经济效益。

在维护管理策略设定方面，需要根据桥梁结构的实际情况和

健康状况,采取不同的维护措施和策略。首先,定期监测和评估是维护管理的基础,通过定期的结构健康监测和评估,及时发现结构的异常和损伤情况,为维护决策提供科学依据。其次,预防性维护是重要的策略之一,包括定期养护、保养和维修,对结构的腐蚀、疲劳和老化等问题进行预防性处理,延缓结构损伤和寿命衰减。再次,针对不同类型的损伤和缺陷,需要采取相应的修复和加固措施,如补强加固、更换损坏构件等,恢复结构的正常使用功能。最后,要加强桥梁管理和维护的信息化建设,建立完善的维护管理数据库和信息系统,实现对维护记录、维护成本和维护效果的全面监控和管理,提高维护管理的效率和水平。

(二) 基于健康监测数据的维护决策

基于健康监测数据的维护决策是桥梁维护管理技术中的关键环节,它利用桥梁结构健康监测数据和分析结果,为维护管理决策提供科学依据和指导。在进行维护决策时,首先需要对监测数据进行全面分析和评估,包括结构的振动数据、应力应变数据、温度数据等。通过对这些监测数据的分析,可以了解桥梁结构的实际运行状态和健康状况,发现结构的异常和损伤情况。

在维护决策过程中,根据监测数据的分析结果,制定相应的维护计划和措施。对于正常状态的桥梁结构,可以采取预防性维护措施,包括定期养护、保养和维修,预防结构的腐蚀、疲劳和老化等问题。对于出现异常的结构,需要进行损伤识别和定位,找出损伤的原因和程度,然后采取相应的修复和加固措施,恢复结构的正常使用功能^[1]。

(三) 预防性维护与修复措施

预防性维护是在桥梁结构处于正常状态下,通过定期养护、保养和维修,预防结构的腐蚀、疲劳和老化等问题,以防止结构出现损坏和事故风险。定期养护包括对桥梁的涂料、防水层、伸缩缝等进行检查和维护,确保这些部位的完好性和功能性。保养工作主要包括对桥梁的清洁、排水和绿化等,保持桥梁的干净整

洁和环境卫生,延缓结构的老化和损伤。此外,定期维修也是预防性维护的重要措施,及时修补桥梁结构中出现的小缺陷和损伤,防止其扩大和发展。

当桥梁结构出现异常情况或损伤时,需要采取及时的修复措施。修复措施包括补强加固、更换损坏构件、局部修补等,以恢复结构的正常使用功能和强度。修复措施的选择要根据结构的具体情况综合评估,包括结构的类型、材料特性、损伤程度以及使用环境等因素。对于一些严重损坏的桥梁结构,可能需要进行重大维修和加固,以保障其安全和稳定。修复措施的实施需要严格遵循相关标准和规范,并由经验丰富的工程师和专业团队进行操作^[2]。

(四) 维护管理成本与效益分析

维护管理成本与效益分析是桥梁维护管理技术中的重要环节,它旨在评估维护管理措施的经济性和实用性,帮助决策者做出科学合理的维护决策。在进行成本与效益分析时,首先需要对维护管理措施的成本进行全面核算,包括人力成本、物料成本、设备设施成本以及其他直接和间接成本。同时,还需要对维护措施的周期进行估算,确保维护计划的合理性和可行性。其次,需要评估维护管理措施的效益,主要包括结构的安全性、可靠性、使用寿命的延长以及维护后的运行性能等方面。效益评估可以通过数值模拟、数据对比和实测数据分析等方法进行,确保评估结果的准确性和可信度。

五、结语

综上所述,桥梁结构健康监测与维护管理技术是保障桥梁安全运行和可持续发展的关键因素。通过综合运用各种监测技术、数据分析方法和维护管理措施,可以全面了解桥梁结构的健康状况,及时发现结构的异常和损伤,为维护管理决策提供科学依据。

参考文献:

- [1] 樊一凡. CT 系统在桥梁监测与维护中的应用 [J]. 居舍, 2017,(26):139.
- [2] 欧进萍. 大型桥梁全寿命性能监测与维护 [J]. 中国公路, 2017,(13):42-45.
- [3] 王鹏凯. 高速公路桥梁安全巡检监测与维护措施 [J]. 交通世界, 2017,(09):102-103.
- [4] 王敏. 自动化监测系统在桥梁维护施工监测中的应用探析 [J]. 自动化与仪器仪表, 2016,(01):47-48.
- [5] 张力文. 基于长期监测的大型桥梁维护关键技术研究 [D]. 重庆交通大学, 2012.

水利工程生态环境保护与修复技术研究

苗广平

岷县安全饮水服务中心, 甘肃 定西 748400

摘要： 随着现代生态文明建设理念的持续深化，水利工程生态环境问题成为业内关注焦点，理应立足水利工程项目实际，创新运用多元化方式方法，提升生态环境保护与修复成效。基于此，本文首先介绍了水利工程生态修复的必要性，分析了水利工程生态修复技术的主要类型。在探讨生态环境保护与修复技术应用方法的基础上，结合相关实践经验，分别从组织、政策与资金等多个角度与方面，提出了水利工程生态环境保护与修复保障措施。

关键词： 水利工程；生态环境；保护修复；技术运用

Research on Ecological Environment Protection and Restoration Technology of Water Conservancy Projects

Miao Guangping

Minxian Safe Drinking Water Service Center, Gansu, Dingxi 748400

Abstract： With the continuous deepening of the concept of modern ecological civilization construction, the ecological and environmental problems of water conservancy projects have become the focus of attention in the industry. We should be based on the reality of water conservancy projects, innovate and use diversified methods to improve the effectiveness of ecological environment protection and restoration. Based on this, this paper first introduces the necessity of ecological restoration of water conservancy projects, and analyzes the main types of ecological restoration technology of water conservancy projects. On the basis of discussing the application methods of ecological environment protection and restoration technology, combined with relevant practical experience, the ecological environment protection and restoration guarantee measures of water conservancy projects are put forward from multiple perspectives such as organization, policy and capital.

Key words： water conservancy project; ecological environment; protection and restoration; technology application

引言：

当今社会，经济社会发展节奏持续加快，水利工程项目建设与运行强度增大，对生态环境保护与修复提出了更高要求。当前形势下，技术人员有必要立足水利工程现状，精准把握生态环境保护与修复技术要点，融合组织保障与技术保障，实现水利工程生态环境保护与修复质效提升。

一、水利工程生态修复的必要性

在经济社会建设宏观背景下，城市化和工业化进程加快，对水利工程的建设与运行质效产生了迫切需求，只有围绕生态文明建设的基本要求与方法路径，才能在多个维度保障水利工程的效益与价值，更好地服务于经济社会建设与发展。近年来，由于忽视生态保护和环境整治，部分水利工程生态系统受到损害，水环境质量恶化问题突出，加剧了水资源供需矛盾，影响了水利工程整体价值的实现。长期以来，国家相关部门高度重视水利工程生

态环境保护与修复技术的创新与发展，在延伸生态环境技术框架、细化完善水利生态评价体系等方面制定并实施了诸多具有导向性的方针政策，为新时期水利生态环境提升提供了重要遵循，在极大程度上重建并恢复了水生生态系统。在实践中，水利工程生态修复应注重发挥其自我调节功能，最大限度上保障生态系统的动态平衡和良性循环，优先提升水利工程水体自净能力。与当前高要求的生态环境要求相比，水利工程生态环境保护与修复工作依然任重道远^[1-3]。

二、水利工程生态修复技术的类型

（一）物理修复技术

物理修复技术是水利工程生态修复实践中的常用技术方法，主要包括人工增氧、底泥疏浚、引水冲污、底泥覆盖和水力调度技术等，上述不同的修复技术在适用条件与修复效果等方面存在显著差异，应结合水利工程实际予以灵活选择。以底泥覆盖技术为例，其主要采用渗透性能较弱的塑料膜或卵石等材料，对特定范围内的底泥进行充分覆盖，降低水利工程水流扰动下的底泥翻滚影响，有助于提高水体透明度，更多情况下适用于小面积范围使用，整体成本相对较高。

（二）化学修复技术

化学修复技术的实施需要采用多类型化学修复剂，使其与水体中的各类污染物产生化学反应，从而加快水体污染物毒性释放，提高水体生态系数，满足生态修复要求。在实践中，化学除藻、絮凝沉淀和重金属化学固定等方法，均属于化学修复技术范畴，均可提高水体综合品质。其中，化学除藻方法的综合应用效果较好，在治理水利工程水体污染等方面具有较高使用价值，可在极大程度清除藻类物质，构造形成稳定的水生生态系统^[4-7]。

（三）生物—生态修复技术

现代科学技术的快速发展，为水利工程生态环境保护与修复提供了更为灵活的技术工具，使传统技术条件下难以达成的修复目标更具实现可能，生物—生态修复技术便是其中之一。在该技术应用中，需根据水利工程客观现状，对生态环境进行改良或恢复，使水体中的污染物实现转移、转化及降解，使水体得以净化。生物—生态修复技术可根据技术路径与使用条件等，细分为微生物修复、植物净化、人工湿地技术和稳定塘技术等。

三、水利工程生态环境保护与修复技术的应用分析

（一）生态环境保护技术

1. 污染输入负荷控制

从以往实践来看，水利工程生态环境污染的主要来源为外部污染输入，因此应在生态环境保护中突出对外部污染负荷的有效控制，降低外源氮、磷等物质的输入量，将水体中的污染源输入量控制在水体生态可承受范围内。做好外部污染输入量的监测分析，配置性能稳定的监测装置，在时间维度和空间维度上研判分析污染物质输入量，为水质富营养化控制提供基础参考，避免资源代谢的生态滞留或耗竭。通过上述方式，水生植物和水生动物的迁移量与转化量等将保持在相对恒定水平，保持水利工程水质生态系统平衡^[8]。

2. 水生生态系统结构修复

将水利工程生态环境系统细化分为多个子区域，对每个区域的水质水体进行改善，以提高水质类别和水质指标等为主要目标，增强水体功能的稳定性，降低污染负荷和外界干扰。部分水利水生系统受氮、磷、有机物质等污染较重，需要有针对性地修复生态系统结构，构造形成稳定有序的植物群落。一方面，可采

用沉水植物，促进与维护底泥表层成为氧化态的氧化层，增强吸附力，对生态进行调节；另一方面，增强水利水体环境自我再生、自我繁殖和自净能力，改善生态系统结构和功能，降低水生生态系统综合营养指数，提升水质状况。

3. 降低人为干扰控制

降低人为干扰控制的过程同时也是对水利工程生态系统稳定性进行有序提升的过程，需要根据外源负荷状态，修复水生生态系统，保障水利工程水环境的可持续性，避免资源代谢过程受阻。制定完善可行的人为干扰控制流程，明确各个环节与步骤的干扰控制要求，改善原有水位控制状态，抑制藻类，净化氮、磷等营养物质，提高水体透明度。在降低人为干扰控制的过程中，应同时注重水利工程生态、景观与经济等功能，采用多类型水生生物，优化效果。避免或减少人类活动对水利工程生态环境的影响，化解社会行为对水体质量的影响^[9-11]。

（二）生态环境修复技术

1. 人工曝气富氧修复

根据水利工程生态环境修复要求，结合水深、流速和周边环境等，有针对性地消除黑臭问题，恢复水体生态，改善水体水质。在实践中，人工曝气富氧修复技术可分为固定式充氧站和移动式充氧站等两种类型，分别适用于不同环境。对于固定式充氧站，需在水利工程指定位置安装固定式曝气装置，通过内置鼓风机或纯氧设备等构成的曝气扩散系统，对水体进行曝气，增加水体中的曝气量。对于移动式充氧站，则通常采用移动式曝气船，根据水利工程结构构造等实际状况，对水质进行改善，具有较强经济性和效率性。

2. 人工环保疏浚

对于水利工程底泥污染物浓度超出额定值后，则可形成具有潜在危害性的水生生态系统，可考虑采用人工环保疏浚等方式进行修复处理。人工环保疏浚可采用工程疏浚和环境疏浚两种方式。其中，工程疏浚需要使用疏浚机械设备，将底泥进行物理清除，具有一定效果，但受底泥密度、输送距离和项目规模等要素，往往需要投入更多经济成本。环保疏浚则可通过分析水利工程生态数据，采用工程、环境和生态相结合的方法进行疏浚，使得上游污染物向下游汇集，可避免破坏生态链，有利于保护水利工程生物多样性^[12-15]。

3. 水生植物修复

在水利工程生态修复中，水生植物修复方法的价值极为突出，在实践中具有广泛使用率，其可在对水体环境进行深度清理的基础上，影响水体流速，降低水体流动形成的冲刷强度，增强水利工程底部区域稳定性。随着现代水利工程生态环境保护要求的提高，水生植物修复方法的可操作性更强，尤其可充分运用多类型技术工具，构造形成整体性的水生植物体系。实践中，可用于水利工程生态环境修复的水生植物包括芦苇、香蒲、荷花、睡莲等。依托水生植物，水利工程生态修复范围也可得以进一步拓展延伸，恢复水利工程多种生态服务功能。

4. 生态毯建设工程

生态毯建设工程的基本操作方法为：首先利用砂石、生土和

底泥等材料制作植生基质，然后将符合水体生态要求的水生植物加入其中，最终制作形成生态型生态毯。利用生态毯对水利工程底部区域进行铺设和固定，形成整体性水体系统。需要注意的是，生态毯的加工制作应采用无纺面料等，在外部包裹一层尼龙网，以创造便于生态质量改善的微环境，抑制水体中污染物向水体释放引起的内源污染。在上述过程中，还应通过建立水动力模型，观察生态毯建设工程运行实效，及时调整区域水动力流场变化，改进生态毯状态^[16-18]。

四、水利工程生态环境保护与修复保障措施

（一）组织保障

水利工程生态环境保护与修复效果的彰显并非朝夕之举，需要长期坚持，久久为功，确保实现最优效果。对此，宜强化对生态环境保护与修复的组织保障，成立专责结构与部门，统一负责生态环境保护与修复方案的制定、论证、实施、监测和完善，切实做到明确责任，细化责任范围，确保生态保护与修复的完整性和系统性。组织开展生态环境保护与修复课题及关键技术攻关，将现代生态文明建设理念融入其中，探索水利工程水体资源可持续利用的新方式和新路径^[19]。

（二）政策保障

政策保障在水利工程生态环境保护与修复实践中发挥着不可替代的现实作用，应以生态功能恢复为依据，有层次地进行恢复，并制定相应政策确保水利工程有效保护，避免对水利工程水

体资源的盲目开发。对以往水利工程生态环境保护与修复制度进行梳理完善，对其中不符合生态文明建设理念、不符合本地区经济社会实际的约定内容进行调整完善，划定“无牧区”和“无人区”等，为生态系统修复提供保障，同步实施跨区域水质达标管理制度。

（三）资金保障

水利工程生态环境保护与修复对资金的依赖性较强，只有充分可靠的资金保障，才能建立起具有正确导向的生态修复投入机制，增强可持续性。在资金保障中，应在积极争取财政资金的同时，广泛筹集社会资金，拓展丰富资金来源渠道。探索建立分级投入机制，加大利用信贷资金力度，推进产权制度改革，走市场化路径，形成可持续性的生态环境保护与修复模式。做好对水利工程生态环境保护与修复成果的总结评价分析，及时修正技术路径^[20]。

五、结语

综上所述，受技术方法、修复模式与工程现状等要素影响，当前水利工程生态保护与修复实践中依然存在诸多短板与不足，束缚着其整体成果的优化提升。因此，技术人员应摒弃传统陈旧技术框架模式束缚，强化对生态环境保护与修复全过程、全要素与全范围的精准把握，细化完善相关制度流程与规范，宏观审视生态环境保护与修复技术的各项具体要求，拓展延伸生态环保与修复技术链条，为全面优化提升生态环保与修复效果奠定基础，实现水利工程综合价值最大化。

参考文献：

- [1] 朱秀迪，成波，李红清，等. 水利工程河湖湿地生态保护修复技术研究进展[J]. 水利水电快报，2022,43(7):8-14.
- [2] 时瑾. 生态修复在水电水利工程水土保持生态建设中的应用探讨[J]. 价值工程，2022,41(8):131-133.
- [3] 连燕. 水利工程中水土保持生态修复技术的常见类型及具体实施[J]. 工程技术研究，2022,7(14):89-91.
- [4] 宋士云. 浅析水利工程水土保持生态修复技术的有效运用[J]. 建筑与装饰，2021(14):146.
- [5] 何丽霞. 水利工程水土保持中生态修复技术的应用研究[J]. 工程建设和设计，2020(6):126-127.
- [6] 陈葆，谭月光. 水利工程水土保持中生态修复技术的应用研究[J]. 城镇建设（电子版），2020(6):204.
- [7] 张培君，张家富，赵金波. 生态修复技术在水利工程水土保持中的有效运用[J]. 科学技术创新，2019(16):129-130.
- [8] 雷鸣，肖曾. 小型水利工程规划设计中生态水利设计思路渗透思考[J]. 低碳世界，2023,13(6):67-69.
- [9] 白涛，姬宏伟，邓铭江，等. 注重荒漠区胡杨林生态保护与修复的汉谟轮灌研究[J]. 水利学报，2022,53(1):31-42.
- [10] 丁有文. 把握生态水利工程设计原则保护河流生态系统平衡[J]. 吉林农业（下旬刊），2023(20):84-84.
- [11] 唐晓芬，胡东方. 水土保持生态修复技术在水利工程中的应用分析[J]. 装饰装修天地，2022(5):64-66.
- [12] 杨金龙，张晓燕. 生态修复技术在水利工程水土保持中的应用探究[J]. 大科技，2022(32):49-51.
- [13] 祝道亭. 关于水利工程中的水土保持生态修复技术探索与研究[J]. 商品与质量（建筑与发展），2022(16):178-178.
- [14] 白涛，许佳，邓铭江，等. 注重干旱区河谷林草生态保护与修复的滴漫灌溉研究[J]. 水利学报，2021,52(8):989-1000.
- [15] 陈晓阳，陈大飞. 祁连山黑河流域水生态保护修复工程管理策略：以高台县为例[J]. 农技服务，2021,38(3):104-105,108.
- [16] 曾晓烔，王刚强. 浅谈生态水利工程在水资源保护中存在的不足与措施[J]. 建筑工程技术与设计，2020(16):3084.
- [17] 徐万昌. 生态修复技术在水利工程水土保持中的有效运用分析[J]. 建筑工程技术与设计，2023(19):3276.
- [18] 丁志宏，冯宇鹏，从娜. 宁夏水安全保障规划中的水生态保护与修复规划工作若干思考[J]. 海河水利，2020(1):22-26.
- [19] 黄珍波，周练真. 生态修复技术在水利工程水土保持中的有效运用论述[J]. 建筑工程技术与设计，2022(34):2386.
- [20] 马军. 关于水利工程河道治理存在的问题管理与生态水利的运用探析[J]. 数码－移动生活，2023(3):34-36.

水力发电装置的运行状态故障及检修方法分析

张佳媛

双桥区水务局, 河北 承德 67000

摘要： 本文从水力发电装置的组成及工作原理出发, 分析了其运行过程中存在的常见故障, 并介绍了两种常见的故障监测方法—直观检测法及状态检测法。通过对水力发电装置的运行状态故障及检修方法的分析, 文章旨在保障水力发电装置的长期稳定运行。

关键词： 水力发电装置; 运行状态; 故障检修

Analysis of Operating State Faults and Maintenance Methods of Hydroelectric Power Plants

Zhang Jiayuan

Shuangqiao District Water Affairs Bureau, Chengde, Hebei 670000

Abstract： Starting from the composition and working principle of hydroelectric generator, this paper analyzes the common faults during its operation and introduces two common fault monitoring methods—intuitive detection method and state detection method. By analyzing the operating faults and overhauling methods of hydroelectric generators, the article aims to guarantee the long-term stable operation of hydroelectric generators.

Key words： hydroelectric generator; operating condition; fault maintenance

引言

作为可再生清洁能源以及重要的能源转换设备, 水力发电在全球范围内的应用日益广泛, 其正常运行对电力系统的稳定性和可靠性有着重要的影响。然而, 由于各种因素的影响, 水力发电装置在运行过程中可能会出现各种故障, 因此, 对于水力发电装置的故障及检修方法进行深入分析和研究具有重要意义。

一、水力发电装置情况

(一) 基本组成结构

水力发电装置是将水能转化为电能的机械装置, 主要由水力发电机组、控制系统、输出系统以及其他辅助系统组成, 水力发电装置是一种绿色、可再生的能源, 广泛应用于电力生产领域。

1. 水力发电机组

水力发电机组是水力发电装置的核心部分, 负责将水能转化为电能, 它主要由水轮机、发电机、调速器、辅助系统等组成, 其中, 水轮机是水力发电装置中的动力装置, 通过水流驱动转轮旋转, 将水能转化为机械能。发电机是将机械能转化为电能的装置, 通过磁场和导线的相对运动, 产生交流电。调速器用于调节水轮机的转速, 从而控制发电机的输出功率, 保持电网频率和电压的稳定。辅助系统包括油系统、冷却系统、控制系统等, 为水轮机和发电机正常运行提供必要的条件和支持。

2. 水工建筑物

水工建筑物是水力发电装置的基础结构, 包括上游的拦水

坝、进水口、引水管、压力钢管和厂房等。拦水坝用于拦截水流, 形成水库, 进水口则引导水流进入装置, 引水管将水流引入压力钢管, 压力钢管将水流输送至水轮机, 厂房则是安装和维护装置的场所。

3. 控制系统

控制系统是水力发电装置的大脑, 负责监控、调节和控制装置的运行。控制系统主要由监控系统、保护系统、自动化系统、通讯系统等组成。监控系统负责实时监测水力发电装置的运行状态和参数, 及时发现异常情况。保护系统在发生异常情况时, 自动采取保护措施, 防止装置损坏和人员伤亡。自动化系统通过预设的程序, 自动调节水力发电装置的运行状态, 提高运行效率。通讯系统则负责数据传输和信息交换, 保证各系统之间的通信畅通^[1]。

4. 输配电系统

输配电系统是将电力输送至电力系统的部分, 主要由高压开关站、变压器、低压配电装置、输电线路等组成。其中, 高压开关站是将电能输送到电网的接口, 通过高压输电线路将电能传输到目的地。变压器用于将高压交流电转换为较低的电压, 以便传

输和使用。低压配电装置是将电能分配到各个用户的装置，包括配电柜、电缆等。输电线路是将电能从发电厂输送到用户端的电线或电缆^[2]。

（二）工作原理

水力发电装置是一种利用水流落差转化为电能的装置，其工作原理主要包括以下四个方面：利用水流落差转化为电能、水力发电厂将水流引入水轮机，驱动水轮机旋转、水轮机带动发电机转动，产生电能以及发电机将电能输送到电网，供用户使用^[3]。

1. 利用水流落差转化为电能

水力发电装置的核心原理是利用水流落差转化为电能。当水流从高处流向低处时，由于水流的势能转化为动能，这种动能可以驱动机械装置运转，从而将动能转化为电能^[4]。

2. 水力发电厂将水流引入水轮机，驱动水轮机旋转

水力发电厂是水力发电装置的重要组成部分，它包括进水口、引水管道、压力钢管和厂房等设施。当水流从高处流向低处时，水流通过进水口进入引水管道，经过压力钢管输送到水轮机，水轮机利用水流的动能驱动其旋转。

3. 水轮机带动发电机转动，产生电能

水轮机是水力发电装置中的核心机械装置，它由水流驱动旋转，通过连接轴与发电机相连。当水轮机旋转时，发电机也随之转动，从而将水流的动能转化为电能。

4. 发电机将电能输送到电网，供用户使用

发电机是水力发电装置中的重要电力装置，它将水流的动能转化为电能。发电机产生的电能经过变压器升压后，通过输电线路输送到电网，供用户使用。

二、水力发电装置的运行状态故障分析

（一）机械故障

1. 水轮机故障

水轮机是水力发电装置的核心机械装置之一，在运行过程中常常出现故障，比如叶片损坏、转轮磨损、轴承损坏等，表现为异常的振动、噪声和异响^[5]，这些故障会导致水轮机旋转阻力增加，影响发电效率。

2. 传动系统故障

水力发电装置的传动系统主要包括连接轴、轴承、齿轮等部件，其故障主要包括轴承磨损、齿轮损坏、连接轴断裂等。这些故障会影响传动系统的正常运转，导致水轮机和发电机之间的动力传递受阻。

3. 进水口故障

进水口是水力发电厂的重要组成部分之一，其故障主要包括阀门损坏、管道堵塞等。这些故障会影响水流进入水轮机的流量，影响水轮机的正常运转。

（二）电气故障

1. 发电机故障

电机是水力发电装置中的重要电气装置^[6]，其故障一般包括励磁故障及本体故障两种。前者指励磁系统出现的故障，后者则是

发电机本身出现的故障。相对来讲，后者的危害性更大，会引起高温，进而可能导致火灾事故的发生^[7]。

2. 变压器故障

变压器是水力发电装置中的重要电气装置，其故障主要包括过载、绝缘损坏、短路、声音异常等。拿声音异常举例，负荷过高的变压器会发出高亢的音调，单相接地情况的发生会使变压器的声音变尖，而零件松动会使变压器发出很大的噪音等^[8]。当变压器出现绝缘瓷套闪络时，则可能是由于变压器密封橡胶密封效果没有达到相关要求，或者螺母产生松动，以至于绝缘部件产生损坏，进而造成变压器故障^[9]。

3. 调速器故障

调速器硬件故障可能是由于机械磨损或电气损坏引起的，会导致调速器操作不灵便，控制精度下降，甚至无法正常工作。常见的调速器故障诸如开机频率异常、负荷波动等^[10]。一般来讲，仪表可以检测到调速器的故障位置，当仪表指示不准确时，可以记录下故障情况，停止调速器的运行，再进行检查及修复^[11]。

（三）水力故障

1. 水泵故障

水泵是水力发电装置中的重要水力机械，其故障主要包括叶轮损坏、轴承磨损、泵轴断裂等。这些故障会影响水泵的正常运转，导致水流无法正常吸入或排出^[12]。

2. 道故障

管道是水力发电装置中的重要组成部分之一，其故障主要包括管道漏水、管道堵塞、管道破裂等。这些故障会影响水流的正常传输，导致装置无法正常运转^[13]。

（四）控制系统故障

1. 控制器故障

控制器是控制系统的核心部件，其故障主要包括电路板损坏、传感器故障、继电器损坏等。这些故障会导致控制器无法正常接收和处理信号，导致控制失灵或误操作。

2. 通信故障

通信故障主要包括信号丢失、信号干扰、信号传输异常等，这些故障会导致控制系统无法正常通信，导致数据无法传输或传输出现错误，影响控制系统的准确性和可靠性。

3. 软件故障

软件故障主要包括控制程序错误、软件版本不匹配等，可能会导致控制系统无法正常处理信号或无法正确输出控制信号，导致装置无法正常运行。

4. 硬件故障

硬件故障主要包括电路板损坏、传感器故障、执行机构故障等硬件装置的故障，会导致控制系统无法正常工作，影响装置的控制性能。

三、水力发电装置的运行故障检修方法

（一）直观检修法

直观检修法主要是通过观察装置的外观、声音、气味、温度等

指标,结合工作经验,判断装置的运行状态和故障类型的方法^[14]。

第一,要观察装置的整体外观,检查外壳、内部零件等有无磨损、变形、松动等情况,注意检查装置是否有漏水、漏油、冒烟、火花等情况^[15]。第二,听装置运行时的声音,判断是否有异常的噪音或振动。例如,轴承磨损、轴封失效等故障会产生特定的声音或振动,通过对比正常运行时的声音,就可以更准确地判断故障类型。或者采用橡皮锤进行带电检查,通过敲击声音判断设备是否存在故障,当然,这要求操作人员具有一定的经验要求^[16]。第三,通过嗅装置的味道,判断是否有异常的气味。例如,电机过载、电线短路等故障会产生烧焦气味,通过嗅闻气味,可以初步判断故障类型。第四,可以用手感受装置的温度,判断是否有过热或过冷的情况。装置过热可能是由于轴承磨损、润滑不足等原因引起的,装置过冷可能是由于冷却系统故障、环境温度过低等原因引起的。第五,可以通过与对运行状况最为了解的操作人员进行交流,了解装置运行的历史情况,如故障频率、维修记录等。

直观检修法只是一种初步的故障判断方法,对于一些简单的故障,可以提高检修效率,而对于一些复杂的故障,还需要进一步采用更专业的检修方法进行维修^[17]。

(二) 状态检修法

状态检修法是借助先进的检修设备,通过在线监测系统,监测装置的状态,及时准确定位故障位置,可以快速地排除机组故障^[18]。常用的仪器检测设备如电阻检测、电压检测^[19]。

在具体操作中,会先根据装置的运行特点和故障类型,确定相应的监测指标,例如振动、温度、转速、压力等。再根据确定的监测指标,安装相应的监测装置,传感器是在线监测设备获取数据的唯一途径^[20],常常安装如振动传感器、温度传感器、转速传感器等。通过监测装置采集装置运行时的数据,例如振动幅度、温度变化、转速等。对采集到的数据再进行处理和分析,例如进行时域或频域分析、统计等。通过对数据的分析,可以发现装置潜在的故障隐患,并预测装置此后可能出现的故障,及时采取相应措施。

状态检修法需要投入一定的资金和时间安装监测装置、采集和分析数据等。因此,需要综合考虑经济效益和装置安全等因素,确定是否采用状态检修法。

四、结语

水力发电装置是电力系统中的重要设备,保证其正常运行是维护电力系统稳定和可靠的关键。本文分析了水力发电装置的常见故障,并提出了检修方法,这对于维护水力发电装置的稳定运行意义深远。随着技术的不断发展和进步,未来还需要进一步研究和探索更加高效和智能的故障诊断和检修方法,以适应不断变化的电力市场需求和技术发展。

参考文献:

- [1] 林宜东. 浅谈斑竹水电站直流系统的组成及自动化控制的应用[J]. 机电信息, 2013(24):35-36.
- [2] 孟炜. 某水电站直流系统的构成与自动化控制技术[J]. 内蒙古水力, 2016(02):56-57.
- [3] 李晓超, 谢威威, 秦蓉等. 水电站故障监测与分析系统研究综述[J]. 水科学与工程, 2021(05):85-89.
- [4] 朱鼎林. 水电站机械常见故障检修技术的应用分析[J]. 现代制造技术与装备, 2020,56(08):187-188.
- [5] 莫斌伟. 水电站水轮发电机组常见故障技术处理[J]. 低碳世界, 2022,12(11):73-75.
- [6] 吴秀兰. 探讨水电站机组运行常见故障与处理措施[J]. 科技与企业, 2014(11):338.
- [7] 晏迎秋. 水电站电气设备常见故障与处理措施[J]. 珠江水运, 2019(01):98-99.
- [8] 董武, 尹一松. 水电站电气故障分析与现场解决方案探析[J]. 山东工业技术, 2019(10):202.
- [9] 田茂旺. 水电站电气设备常见故障与处理措施[J]. 清洗世界, 2020,36(10):87-89.
- [10] 次仁罗布. 试述水电站调速器常见故障与处理办法[J]. 科技展望, 2015,25(27):113.
- [11] 方思程. 水电站电气设备运行维护与故障检修分析[J]. 设备管理与维修, 2022(08):43-44.
- [12] 李鑫. 湖南镇电站新厂房渗排水泵故障分析[J]. 小水电, 2015(03):75-77.
- [13] 郭守峰, 侯立东. 官地水电站1号机运行初期技术供水管道故障处理[J]. 水电与新能源, 2014(03):51-52.
- [14] 姚焰华. 水电站机电设备检修方法探讨[J]. 科技创新导报, 2015,12(28):122-123.
- [15] 潘丰满, 李默迪, 周明嘉. 水电站在运设备故障诊断及处理[J]. 水电站机电技术, 2023,46(04):116-118.
- [16] 王原. 水电站电气设备运行维护与故障检修研究[J]. 电工文摘, 2016(3): 40-41+67. 新型工业化, 2019,9(2):90-93.
- [17] 谭淞镁. 水电站机组状态监测与故障诊断系统应用[J]. 通信电源技术, 2020,37(06):111-112.
- [18] 刘香建, 杨秀峰. 机组在线监测系统故障分析中的应用[J]. 机电信息, 2015(36):103-104.
- [19] 李祖良. 水电站电气设备安全运行与故障检修[J]. 电子技术与软件工程, 2018(21):215.
- [20] 李长兵. 水电站机电设备运行维护与故障检修研究[J]. 新型工业化, 2020,10(02):36-40.

水库泄洪工程的优化设计与安全评估研究

赵品瑞

景德镇市水利规划设计院，江西 景德镇 333000

摘 要： 水库泄洪工程作为重要的水资源管理和洪水防灾措施，其优化设计与安全评估具有重要意义。本文旨在探讨水库泄洪工程的优化设计方法以及基于风险评估的安全性分析，以提升泄洪效果并减少洪水风险。在优化设计方面，深入研究了泄洪渠道和泄洪闸门的设计原则。通过考虑渠道断面、流态特性和闸门开启策略，实现泄洪流量的精确控制，以满足下游地区的洪水风险管理需求。同时，泄洪设施之间的协调设计被认为是优化设计的重要内容，以实现最大程度的泄洪效果和下游地区的洪水安全。安全评估是保障水库泄洪工程可靠性的重要手段，本文采用洪水模拟与预测方法，基于水文数据的采集与处理，准确预测不同降雨情况下的洪水过程，为制定泄洪方案提供科学依据。而潜在风险的定量分析则是安全评估的核心内容，通过建立风险评估体系和数学模型，量化不同泄洪方案的风险水平，为选择最优方案提供了科学支持。

关 键 词： 水库；泄洪工程；安全评估

Study on Optimized Design and Safety Assessment of Reservoir Flood Relief Project

Zhao Pinfan

Jingdezhen Municipal Water Resources Planning and Design Institute, Jingdezhen, Jiangxi 333000

Abstract： As an important water resource management and flood prevention measure, the optimal design and safety assessment of reservoir flood relief project is of great significance. The purpose of this paper is to discuss the optimization design method of reservoir flood relief project and the safety analysis based on risk assessment, in order to improve the flood relief effect and reduce the flood risk. In terms of optimal design, the design principles of flood relief channels and flood gates are studied in depth. By considering the channel cross-section, flow characteristics and gate opening strategy, precise control of the flood relief flow is realized to meet the flood risk management needs of the downstream area. Meanwhile, the coordinated design between flood relief facilities is considered an important element of the optimized design to achieve maximum flood relief effect and flood safety in the downstream area. Safety assessment is an important means to ensure the reliability of the reservoir flood relief project. In this paper, flood simulation and prediction methods are used to accurately predict the flooding process under different rainfall scenarios based on hydrological data collection and processing to provide a scientific basis for the development of the flood relief program. The quantitative analysis of potential risks is the core content of safety assessment. Through establishing risk assessment system and mathematical model, the risk level of different flood discharge schemes is quantified, which provides scientific support for selecting the optimal scheme.

Key words： reservoir; flood relief project; safety assessment

一、前言

水库作为重要的水资源调控和防洪设施，在保障水资源供应、防止洪水灾害等方面扮演着关键角色。然而，随着气候变化和城市发展的影响，洪水频率和强度逐渐增加，使得水库泄洪工程的设计与管理变得愈发复杂和重要。在过去，水库泄洪主要考虑防止溃坝和洪水过程的调节。然而，随着科技进步和水利工程的发展，泄洪工程的设计不仅要满足防洪需求，还要考虑生态环境保护、社会影响、可持续发展等方面的因素。因此，优化水库泄洪工程设计成为确保洪水防控、生态平衡和可持续发展的关键要素。

二、水库泄洪工程概述

（一）水库泄洪工程的定义与目的

水库泄洪工程是指通过设置特定的泄洪设施，调控水库储水并有序释放水库内积存的洪水，以减轻洪水威胁、保障下游区域的安全和降低洪水灾害损失的一项重要工程措施。其主要目的是在洪水来临时，通过合理控制泄洪流量和泄洪时机，将水库内的洪水按照既定的流量规划有序地释放到下游，以减少下游水位的迅速上涨和水流的暴涨，有效减缓洪峰的冲击和扩大洪水对下游区域的影响。水库泄洪工程的实施可以减少洪灾损失，保护人民

生命和财产安全，维护社会稳定。

在水库泄洪工程中，泄洪设计需兼顾两个方面：一是保证上游水库的蓄水功能，以满足灌溉、供水、发电等多种需求；二是确保泄洪时的合理洪水排放，以预防可能的洪水灾害。因此，泄洪工程的设计需要充分考虑水库的储水特性、洪水预测、下游区域的安全性等多个因素。设计合理的泄洪工程可以平衡水库的多种功能，实现蓄水与防洪之间的有机结合，充分发挥水库的综合效益^[1]。

（二）泄洪工程的基本原理与构造

泄洪工程作为水库管理和洪水防控的重要手段，其基本原理是通过合理的构造和设施，控制水库蓄水位在安全范围内，当遭遇大洪水时，通过控制泄洪设施实现洪水的安全排泄，保护下游地区免受洪水灾害。泄洪工程的构造主要包括以下几个方面：

（1）泄洪设施。泄洪工程的核心是泄洪设施，它可以是洪水孔、闸门、溢流堰等。泄洪设施通过开启、关闭、调整等操作，控制洪水流量，从而实现对洪水的安全排泄。这些设施需要具备良好的密封性、耐久性和操作性，以确保在洪水来临时能够稳定、准确地控制洪水流量。

（2）泄洪通道。泄洪通道是将洪水从水库引导至下游的通道，通常需要有一定的坡度和流速，以确保洪水能够迅速排泄。泄洪通道的设计需要考虑水流的流态特性，以及防止冲刷和堆积的问题。通常情况下，泄洪通道会与泄洪设施相连接，形成一个完整的泄洪系统。

（3）控制系统。为了实现对泄洪设施的精确控制，需要设计合适的控制系统。控制系统可以是手动操作，也可以是自动化控制。自动化控制系统通常涉及传感器、执行器、控制面板等设备，能够根据洪水情况和水位变化，自动调整泄洪设施的开启程度和时机^[2]。

三、水库泄洪工程的优化设计

（一）泄洪渠道设计

（1）渠道类型与参数选择

泄洪渠道的类型和参数选择直接影响着洪水的流量和速度，进而影响泄洪效果。

首先，需要根据水库的特性、流域情况以及洪水频率等因素，选择适当的泄洪渠道类型，例如自由溢流堰、溢流道或泄洪洞等。每种类型的泄洪渠道都有其特定的适用范围和工作原理，需要根据实际情况进行选择。其次，在确定泄洪渠道类型后，还需进行参数的选择与设计。这些参数包括渠道的断面形状、尺寸、倾斜度等。断面形状的选择将影响流量的分布和速度分布，从而影响泄洪的效果和安全性。尺寸的选择需要兼顾泄洪能力和渠道的稳定性，以确保在洪水过程中不发生渠道破坏或堵塞的情况。倾斜度的选择则影响着水流的速度和流态，需要根据水流特性进行合理调整，以保证泄洪过程中的安全性和稳定性^[3]。

（2）渠道断面与水力计算

断面形状的设计直接影响着水流的分布和流速，而水力计算则

能够帮助预测不同洪水情况下的水流行为，从而优化渠道设计。

断面形状的设计应充分考虑水库的泄洪流量和速度要求。通常情况下，泄洪渠道断面的宽度和深度需要根据泄洪流量的大小来确定，以保证足够的通道容积和流通能力。同时，渠道底部和侧坡的坡度也需要合理选择，以避免水流过程中的堆积或冲刷现象。

水力计算是确定泄洪渠道断面参数的重要手段之一。通过建立合适的水力模型，可以预测不同洪水情况下的水流速度、水位等水力参数，从而验证设计的合理性。水力计算需要考虑水流的非定常性和复杂性，涉及众多参数和公式，如曼宁公式、能量方程等。通过水力计算，可以优化断面形状，确保在不同洪水情况下渠道的泄洪效果和安全性^[4]。

（二）泄洪闸门设计

（1）闸门类型与布置方式

首先，选择合适的闸门类型是关键的一步。不同的闸门类型适用于不同的泄洪需求和工程条件。常见的闸门类型包括溢流闸门、控制闸门、钢闸门等。溢流闸门适用于大流量的泄洪，能够有效控制洪水流量，但在非洪水期可能影响水库的存水容量。控制闸门适用于需要精细控制泄洪流量的情况，而钢闸门则常用于大型水库，具有较高的耐压能力。其次，闸门的布置方式也需要根据具体情况进行选择。闸门可以布置在水库坝体上，也可以布置在渠道或洪水道上。布置在坝体上的闸门可以通过开启或关闭来控制泄洪流量，具有一定的灵活性。而在渠道或洪水道上布置的闸门，可以更直接地影响水流的流向和速度，适用于需要精细控制泄洪的情况^[5]。

（2）闸门开启与关闭策略

首先，泄洪闸门的开启策略应根据不同洪水情况进行制定。在洪水来临之前，需要根据实际的水位、流量预测和气象预报等信息，合理地提前开启闸门，以预留足够的泄洪通道。在洪水过程中，根据洪水的实际发展情况，及时调整闸门的开启度，以保持泄洪的平衡和稳定，避免过大或过小的泄洪流量对下游地区造成不利影响。其次，闸门的关闭策略同样重要。在洪水过程逐渐结束后，需要逐步关闭闸门，以恢复水库的正常调度和储水功能。关闭闸门的过程也需要谨慎进行，避免因突然关闭闸门而引发的涌流和冲击，对下游地区产生不良影响^[6]。

（三）泄洪设施协调设计

（1）渠道与闸门的协同作用

首先，渠道作为泄洪的主要通道，其断面形状和流态特性需要与闸门的开启与关闭策略相匹配。渠道的通畅程度直接影响着洪水流量的传输效率，因此在闸门开启时，需要确保渠道的流通能力足够，以避免闸门开启后引发的渠道淤积或冲刷问题。其次，闸门的开启与关闭需要与渠道的流量特性相协调。当闸门开启时，需要预测闸门泄洪流量的传输过程，以便合理控制闸门的开启度和速度。同时，在闸门关闭时，也要考虑流量的过渡过程，避免因闸门突然关闭而引发的水流冲击和涌流。

（2）泄洪系统的整体设计考虑

首先，泄洪系统的整体设计应基于实际的水文气象数据和洪水预测模型。通过分析历史洪水事件、流域特性和气候情况，可

以预测不同洪水情况下的泄洪需求，从而合理规划泄洪设施的类型、数量和参数。其次，整体设计需要考虑泄洪设施之间的协调作用，确保泄洪流量的平衡分配和调控。不同泄洪设施之间可能存在一定的交叉影响，因此需要综合考虑其开启与关闭策略，以及渠道的配合，实现泄洪的稳定和安全。最后，整体设计考虑还需要与下游的社会经济和环境因素相协调。泄洪对下游地区的影响不仅仅限于洪水防范，还可能涉及经济损失、生态环境破坏等^[7]。

四、泄洪工程的安全评估

（一）洪水模拟与预测

（1）水文数据采集与处理

水文数据的采集是从流域中收集关于降雨、径流和水位等方面的数据。这些数据可以通过气象站、水文站、遥感技术等途径获取。采集到的数据应该具有足够的时空分辨率，以反映流域内降雨和径流的变化规律。同时，数据的准确性和可靠性对于模拟和预测的精度至关重要。

在采集到水文数据后，需要对数据进行处理和分析，以提取有用的信息用于洪水模拟。这包括数据的清洗、校验、插补等步骤，以消除异常数据的影响，并填补缺失数据。然后，可以使用水文模型对数据进行模拟，以模拟不同降雨条件下的径流过程。常用的水文模型包括 HEC-HMS、SWMM 等，它们可以帮助预测流域的径流量、洪峰流量等^[8]。

（2）洪水模型与预测方法

常用的洪水模型包括物理模型和数学模型。物理模型是通过实验室或实地的物理模拟来研究洪水过程，具有较高的准确性，但成本较高且受限于实验条件。数学模型则是通过数学方程来描述洪水的运动规律，常用的数学模型包括水动力模型、水文模型等。水动力模型能够模拟洪水的流速、水位、流量等变化，而水文模型则通过统计和数学方法模拟洪水的发生概率和大小。

预测方法包括基于历史数据的统计预测和基于气象预报的动

态预测。统计预测利用历史洪水数据来推断未来的洪水情况，适用于长期预测。而动态预测则依赖于气象预报数据，能够在短时间内预测洪水的发生情况，对于紧急泄洪决策具有重要意义^[9]。

（二）泄洪方案的风险评估

（1）不同方案的安全性比较

首先，需要明确评估的安全性指标，如下游地区的洪水峰值流量、洪水水位、洪水深度等。这些指标能够反映出泄洪方案对下游地区的洪水影响程度，从而用于比较不同方案的安全性。其次，针对每个泄洪方案，进行洪水模拟和预测，模拟不同降雨情况下的洪水过程。通过模拟结果，可以获得每个方案下的洪水影响指标，并对比不同方案之间的差异。最后，根据不同方案的风险评估结果，对比其安全性，从而选定最优的泄洪方案。优化的方案应该在最大程度上降低洪水风险，同时满足水库调度、洪水调度和环境保护等多重目标。

（2）潜在风险的定量分析

首先，潜在风险的定量分析需要建立一套完整的风险评估体系。这包括选择合适的风险指标，如可能引发洪水的频率、洪水峰值流量、水位变化等。同时，还需要建立相应的数学模型，将不同因素的影响纳入分析，以便量化潜在风险的大小。其次，潜在风险的定量分析要考虑不同降雨情景下的洪水发生概率。通过历史降雨数据和气象预测，可以估计不同降雨概率下的洪水发生频率，进而计算出洪水风险的概率分布。最后，通过对不同泄洪方案的风险值进行比较，确定最优的泄洪方案。风险值较低的方案意味着在潜在的洪水情况下，对下游地区的影响较小，因此更具稳健性和可靠性^[10]。

五、结语

综上所述，水库泄洪工程的优化设计与安全评估是一个综合性的研究课题，需要在工程技术、水文气象学、风险评估等多个领域进行深入研究。通过合理的设计和评估，可以实现泄洪工程的安全高效运行，为洪水防灾和水资源管理做出贡献。

参考文献：

- [1] 刘欢. 石人沟水库泄洪闸枢纽除险加固设计方案综述 [J]. 黑龙江水利科技, 2023, 51(07): 65-68.
- [2] 田玲琴. 白岁河水库泄洪建筑物布置与设计计算 [J]. 科技创新与应用, 2023, 13(17): 119-122.
- [3] 何滔, 郑永佳, 王巧. 受水库泄洪影响的河道设计洪水计算浅析 [J]. 四川水利, 2023, 44(01): 71-73+127.
- [4] 张云海. 组合式钢围堰封堵技术在洋河水库泄洪洞加固工程中的应用 [J]. 河北水利, 2022, (10): 36-37+43.
- [5] 郎涛. 水库闸门泄洪远程控制系统设计 [J]. 中国水能及电气化, 2022, (10): 52-57.
- [6] 甘粉, 刘仁望. 贵州罐子窑水库泄洪建筑物布置与结构设计 [J]. 福建建材, 2022, (07): 62-64.
- [7] 李卿. 魁龙水库泄洪建筑物布置设计及水力特性试验研究 [J]. 陕西水利, 2022, (05): 151-154.
- [8] 乔双. 陈家田水库泄洪建筑物布置与设计计算 [J]. 河南科技, 2022, 41(07): 67-70.
- [9] 刘建文, 徐秀珍. 潜明水库工程泄洪闸弧形闸门吊装组织设计 [J]. 小水电, 2022, (01): 19-23.
- [10] 廖照邦, 吴德新, 余俊阳. 郭大寨水库泄洪洞金属结构加固改造设计研究 [J]. 云南水力发电, 2022, 38(02): 104-109.

二供设备机械结构创新设计与可持续性发展

朱靖

南方智水科技有限公司 浙江 杭州 311100

摘要：随着城市人口和用水需求的不断增长，二次供水设备作为城市供水系统的关键组成部分，面临着提高供水效率、保障水质和实现可持续发展的迫切需求。通过综合分析现有机械结构的特点与不足，提出了节能高效、结构优化轻量化、智能化自动化等设计原则。具体包括新型泵与驱动技术、材料选择与性能平衡、传感器与数据采集技术应用等。在考虑可持续性因素时，关注了解资源环境友好性和维护维修便捷性，涉及节水技术与循环利用、绿色材料应用、智能化检测与维护系统、模块化设计与易更换性等。通过在机械结构设计中融入可持续性考虑，本文研究强调了供水设备在提高供水效率的同时保障环境友好运行的重要性，为城市供水系统的可持续发展提供了新的路径和理念。

关键词：二供设备；机械结构；设计

Innovative Design and Sustainability of Mechanical Structures of Second Supply Equipment

Zhu Jing

Southern Zhishui Technology Co., Ltd, Hangzhou, Zhejiang 311100

Abstract：With the continuous growth of urban population and water demand, second water supply equipment, as a key component of urban water supply system, is facing the urgent needs of improving water supply efficiency, guaranteeing water quality and realizing sustainable development. Through comprehensive analysis of the characteristics and shortcomings of the existing mechanical structure, the design principles of energy saving and high efficiency, structural optimization and light weight, intelligent automation are proposed. Specifically, it includes new pump and drive technology, material selection and performance balance, and application of sensor and data acquisition technology. When considering sustainability factors, attention is paid to understanding resource and environment friendliness and ease of maintenance and repair, involving water-saving and recycling technology, application of green materials, intelligent detection and maintenance system, modular design and easy replacement. By incorporating sustainability considerations into the design of mechanical structures, this research paper emphasizes the importance of water supply equipment in improving water supply efficiency while guaranteeing environmentally friendly operation, and provides new paths and concepts for the sustainable development of urban water supply systems.

Key words：second supply equipment; mechanical structure; design

一、前言

随着城市人口的迅速增长和工业化的不断推进，城市供水系统面临着越来越大的挑战。传统的供水系统往往无法满足日益增长的用水需求和高水质要求，因此，二次供水设备作为城市供水系统中的关键环节，逐渐成为确保水资源稳定供应的重要组成部分。然而，在面对复杂多变的城市环境和用水需求的同时，现有的二次供水设备在机械结构设计和可持续性发展方面仍然存在一系列的局限性和挑战。因此，为了提升城市供水系统的效率、性能和可持续性，需要对二次供水设备的机械结构进行创新设计，并将可持续性发展原则融入设计过程中。

二、二供设备机械结构现状

（一）现有机械结构的局限性

传统设备通常采用机械泵和管网系统进行水的输送和分配，这些设备的机械结构较为简单，但也存在着一些局限性。

首先，传统机械结构在能源利用效率方面存在问题。部分设备可能在扬程、流量、功率选择不合理，存在能耗较高的情况，导致能源资源的浪费。其次，维护和管理难度较大，设备故障时的维修和保养需要较长时间，影响了供水的连续性。最后，传统机械结构的水质管理也可能较为困难，由于结构和设计的限制，水质处理难以达到高标准要求，可能对居民的健康造成潜在风险^[1]。

（二）可持续性发展面临的技术与环境挑战

在实现二次供水设备的可持续性发展过程中，存在着一系列技术和环境挑战，需要充分考虑和解决。

首先，现有机械结构在能源效率方面的不足是一个突出的问题。传统泵类设备存在能耗较高的情况，与能源的有效利用和减排目标相悖。其次，随着水资源稀缺问题的凸显，供水设备需要更好地应对水资源的合理分配和利用，以减少浪费和污染。环境友好型材料和技术在机械结构设计中的应用也是一个需要探索的领域，以降低对环境的不良影响。最后，供水设备的稳定性和可靠性也是可持续性发展的关键因素。城市用水的持续性需要供水系统具备较高的抗干扰能力，以应对突发状况和水质波动。因此，机械结构的创新设计需要充分考虑设备的稳定性、可靠性和应急能力，以确保供水系统在各种情况下都能正常运行^[3]。

三、二供设备机械结构创新设计

（一）节能与高效性设计

（1）新型泵与驱动技术

传统泵设备通常存在能耗较高的问题，而采用新型一体化变频电机水泵，变频电机与水泵结合旨在简化安装和维护过程，减少布线和连接的复杂性，并提高系统的整体效率。通过调整变频器的参数，用户可以根据需要精确地控制电机的速度和运行方式。这种技术使得供水设备能够根据用水量变化自动调整工作状态，从而降低能耗并提高运行效率。另一方面，驱动技术的创新也为节能设计提供了可能。传统供水设备在驱动系统中可能存在传动损耗和能量浪费的情况。而现代驱动技术，如直驱技术，能够减少传动环节，提高能量传递效率^[3]。

（2）节能控制策略

首先是智能化控制系统的应用。通过中央处理单元和数据采集技术，智能控制系统能够实时监测供水设备的运行状态和环境条件，根据实际情况进行智能调整。例如，根据水流需求和不同用水时段，系统可以自动调整电机的运行速度和泵的流量，确保设备在满足需求的同时最大限度地减少能耗。此外，结合先进的算法和水力预测模型，智能控制系统还可以预测供水需求，提前做出合理的运行决策，从而进一步优化能源利用。其次，采用多元能源的供能方式也是一种有效的节能控制策略。二次供水设备往往在不同运行阶段需要不同能量水平的支持。通过结合传统能源和可再生能源，如太阳能、风能等，供水设备可以根据能源的实际可用性进行切换，最大限度地降低对传统能源的依赖，从而降低运行成本 and 环境影响^[4]。

（二）结构优化与轻量化

（1）材料选择与性能平衡

在二次供水设备的机械结构创新设计中，材料选择与性能平衡是实现结构优化和轻量化的核心考虑因素。合理选择材料，平衡不同性能要求，既可以提高设备的强度和耐久性，又可以减轻设备的重量和能耗，从而实现更加高效和可持续的设计。

首先，对于二次供水设备的机械部件，如泵体、轴承支撑

等，材料的选择需要考虑强度、刚性和耐腐蚀性等因素。传统的金属材料如铸铁、不锈钢在这方面具有优势，但也存在重量较大和能耗较高的问题。在材料创新方面，工程塑料、高性能复合材料等新型材料的应用可以在保证结构性能的前提下降低设备的自重，从而降低能源消耗和制造成本。其次，材料的性能平衡需要根据具体应用场景进行调整。例如，在泵体等需要承受压力和力学载荷的部件通过 CFD 仿真模拟流体运动情况，选择具有较高强度和耐腐蚀性的材料，以保证设备的安全和稳定运行。而在轻负载部件中，可以选择轻量化材料，如高强度铝合金，以减轻设备自重，提高能源利用效率^[5]。

（2）结构强度分析与优化

通过深入的结构强度分析，可以了解各个部件在不同工况下的受力情况，从而针对性地进行结构优化，实现轻量化的同时不牺牲设备的安全性和稳定性。

首先，结构强度分析需要考虑设备在正常工作状态、异常情况下以及突发负载下的受力情况。通过有限元分析 FEA 等先进的计算方法，可以模拟不同工况下的应力分布和变形情况，识别可能存在的弱点和潜在问题。同时，还需要将实际使用工况纳入考虑，考虑外界环境因素对设备结构的影响，以便更准确地评估结构强度的适用性。其次，基于结构强度分析的结果，进行结构优化是实现轻量化的关键步骤。通过调整材料的分布、减少冗余部件、优化连接方式等方法，可以在保证结构强度的前提下降低设备的自重。同时，结构优化还可以改善设备的动态特性，提高抗疲劳性能，延长设备的使用寿命^[6]。

（三）智能化与自动化设计

（1）传感器与数据采集技术的应用

首先，传感器技术的应用可以实现对二次供水设备各个部件运行状态的监测。温度传感器、压力传感器、液位传感器等可以采集设备运行过程中的各种参数，实时反馈给控制系统。这使得操作人员能够及时了解设备的工作情况，发现异常状况并采取措施，从而减少设备的故障率和维修成本。其次，数据采集技术的应用可以实现对大量数据的收集和分析，为设备的性能优化提供支持。通过对传感器采集的数据进行处理，可以识别出设备的运行趋势、周期性变化等信息。这有助于预测设备的维护周期，合理安排维护计划，提高设备的可用性和效率。最后，传感器与数据采集技术的应用也为智能化控制奠定了基础。通过将数据与先进的控制算法相结合，可以实现设备的自动调节和优化控制。例如，根据传感器采集的压力信息，自动调整水泵的工作频率，使供水系统保持稳定的运行状态，实现能耗的最优化。

（2）自适应水锤消除装置与冗余双系统设计

自适应水锤消除装置是二供设备使用智能算法来分析传感器实时数据并预测潜在的水锤事件，通过调整阀门的位置和速度来控制流体的流动，在需要时释放多余的压力。以防止或消除由于急剧变化的流体速度而引起的压力波，损坏管道、阀门和其他设备。并通过反馈机制，根据实际情况进行动态调整管网中其他阀门的开度，以更好地适应不同的工作条件，保护设备及管道的安全。

冗余双系统设计使设备在日常运用中更加安全可靠。当主系统正常运行时,辅助系统作为数据存储中心,辅助记录设备运行数据,并通过专用通讯接口,实时发送 PG 信号,监测主系统内部运行状态包括系统扫描周期、数据传输失真、压力数据辅助显示等。当主系统数据异常或者崩溃瘫痪,辅助控制系统自动投入运行,保障不间断供水,此时设备进入预警状态,当系统预警状态解除后,主系统恢复正常时,设备恢复正常运行。

四、二供设备机械结构可持续性发展策略

(一) 资源与环境友好性

(1) 节水技术与循环利用

首先,节水技术的应用可以有效减少供水过程中的水损失。在设备设计中,可以采用先进的流量控制和压力调节技术,以确保在不影响供水需求的前提下,对管网实现毫秒级别的扫描取样,减少不必要的水流量。此外,通过优化供水系统的管网布局和管道材料的选择,也可以降低管网的渗漏损失,进一步提高供水系统的水资源利用效率。

其次,循环利用是实现水资源可持续利用的关键策略之一。在二次供水设备中,可以考虑采用回收和再利用技术,将废水经过中水处理用于冲洗、景观灌溉等非饮用用途,从而降低对新鲜水资源的需求。此外,还可以探索水资源的多样化利用方式,如雨水收集利用和地下水补给,以实现水资源的最大程度循环利用^[7]。

(2) 绿色材料的应用

在设计二次供水设备的机械结构时,选择绿色材料可以从多个方面产生积极影响。首先,绿色材料往往具有较低的能耗和排放,在生产、加工、运输和使用过程中产生的环境影响较小。这有助于降低设备制造和运营阶段的碳足迹,进一步促进设备的可持续性。其次,绿色材料通常具有较好的耐用性和稳定性,能够延长设备的使用寿命,减少更新和维护频率,从而降低资源消耗和废弃物产生。最后,在选择绿色材料时,可以考虑使用可再生

材料、循环利用材料和低污染材料等^[7]。

(二) 维护与维修便捷性

(1) 智能化检测与维护系统

智能化检测与维护系统通过集成传感器、数据采集技术和远程监控等手段,实现了对设备运行状态的实时监测和分析。这使得设备的故障和异常可以在早期被及时识别,从而能够采取预防性维护措施,降低设备的损坏风险和停工时间。此外,智能化系统还能够提供远程维护功能,使维护人员可以通过远程控制和诊断,快速解决问题,减少现场维护所需的时间和成本。在智能化检测与维护系统的设计中,需要考虑传感器的布置位置、数据采集频率、故障诊断算法等因素,以确保系统的准确性和可靠性。此外,系统的界面设计和操作简便性也需要重视,以保证维护人员能够方便地使用和操作系统。

(2) 模块化设计与易更换性

模块化设计意味着将设备的各个功能模块独立设计,使它们成为可以独立更换或升级的单元。这种设计方法使得在维护或更换部件时,不需要对整个设备进行大规模的拆解,而是只需要替换故障模块或部件,从而显著缩短了维修时间。此外,模块化设计还能够促进部件的标准化,降低备件的库存成本,提高整体的资源利用效率。为实现易更换性,设计师需要考虑模块之间的连接方式、固定方式以及标准化的接口设计。这样的设计不仅使得更换变得简单,还能够减少人为操作的错误,提高了设备的可靠性^[8]。

五、结语

综上所述,二次供水设备的机械结构创新设计与可持续性发展密切相关,通过在设计中融入节能、智能化、轻量化以及环保等原则,可以有效提升设备的性能、可靠性和可持续性,为城市供水系统的稳定运行和未来发展提供坚实支持。因此,在二次供水设备的设计和研发中,必须充分考虑这些因素,以实现更加可持续的城市水资源管理和利用。

参考文献:

- [1] 刘光. 新型二次供水设备中离心泵的转矩仿真分析 [J]. 山西建筑, 2023, 49(15): 128-131.
- [2] 朱波, 刘新月, 郭帅. 基于城市扩张的二次供水设备数值模拟研究 [J]. 城镇供水, 2022, (05): 96-101.
- [3] 排非, 吴立. 模糊控制下新型二次供水设备的动力匹配 [J]. 山西建筑, 2022, 48(19): 113-115.
- [4] 刘新月, 邓帮武, 陈晔斌, 朱波, 郭帅. 基于 EPANET 的市政管网二次供水设备数值模拟研究 [J]. 水电能源科学, 2021, 39(07): 117-120+139.
- [5] 李健安. 浅谈二次供水泵房电气设备的配置与智能监控 [J]. 中国设备工程, 2021, (13): 185-186.
- [6] 彭华御. 新型伺服直驱式二次供水设备关键技术研究 [D]. 太原科技大学, 2021.
- [7] 徐忠裕. 二次供水泵房设备的运行及维护探讨 [J]. 工程建设与设计, 2019, (06): 72-73.
- [8] 刘希华. 无负压供水设备在城市二次供水改造中的应用 [J]. 科技创业家, 2012, (19): 215.

城市污水处理与再生利用技术的可持续发展研究

韩东¹, 孟刘发²

1. 北京金安兴泰建筑工程有限公司, 北京 100013

2. 浙江工业大学工程设计集团有限公司河南分公司, 河南 郑州 450000

摘 要 : 城市污水的治理与回收利用对保障城镇居民生活用水的安全具有重大意义。为了解决目前在城市污水处理与可再生利用技术方面的问题, 本文从城市污水处理和再生的重要性入手, 阐述了目前处理技术的现状, 并针对性地提出了解决方案, 主要包括制定城市污水处理规划方案、合理选用污水处理技术、构建智能化运行系统、完善监管机制以及完善城市污水处理回用工艺等, 以供相关人员参考。

关 键 词 : 城市污水处理; 再生利用; 可持续发展

Research on Sustainable Development of Urban Wastewater Treatment and Recycling Technology

Han Dong¹, Meng Liufa²

1. Beijing Jin'an Xingtai Construction Engineering Co., Ltd., Beijing 100013

2. Henan branch of Zhejiang University of Technology Engineering Design Group Co., Ltd., Zhengzhou, Henan 450000

Abstract : The treatment and recycling of urban wastewater is of great significance to guarantee the safety of urban residents' living water. In order to solve the current problems in urban wastewater treatment and renewable technology, this paper starts from the importance of urban wastewater treatment and regeneration, describes the current status of the treatment technology, and puts forward the solutions, mainly including the development of urban wastewater treatment planning program, the rational selection of wastewater treatment technology, the construction of intelligent operation system, the improvement of the regulatory mechanism and the urban wastewater treatment and reuse process, etc., for the reference of relevant personnel.

Key words : urban wastewater treatment; recycling; sustainable development

目前, 随着我国城市化进程的不断加快, 我国城市污水排放量也逐渐增加, 造成了水资源的严重短缺。水资源具有可循环利用和可净化的特性, 在对城市排水系统进行科学的规划和对污水进行再加工和处理之后, 就可以将污水进行再使用, 这样可以极大地减轻部分城市中的缺水问题, 帮助更好地进行水资源的管理, 节约水资源^[1]。

尽管现在不少城市都加大了对污水的回收处理力度, 但是由于各种因素的制约, 这些城市在污水处理方面仍然存在着不少亟待解决的问题, 导致污水的处理效率始终不高。因此, 需要采用科学的方法来主动地应对目前所遇到的各种问题, 从而保证城市污水可以被高效地处理, 采用更为先进的再循环技术, 以提高污水的使用效率与规模, 对于推动国家环保事业稳步前进具有非常重要的意义。

一、城市污水处理和再生利用的重要性

目前, 我国正在持续地推进城市现代化进程, 城市的工业正在以一种惊人的速度发展, 同时, 城市的人口也在持续地增长, 因此, 城市对于水资源的需求也在不断扩大, 如何保持城市居民用水的稳定, 就自然而然地成了保障城市正常运作的关键。研究表明, 城市污水中的主要污染物为有机物, 若不经合理的处理而直接排放至自然水体中会产生严重的水污染问题^[2]。若不加以妥善地治理, 其对生态系统造成的损害将无法在短期内修复, 往往

要花费十倍于以往的资源 and 投入才能修复。

客观来看, 目前, 城市污水的处理和再利用仍然是我国城市污水处理的一个较为薄弱的方面。尽管城市污水排放和回收处理网络在不断的完善, 但由于配套设施的不健全, 处理工艺不够先进, 导致了城市污水的处理规模和质量都没有得到完全保证^[3]。此外, 在新的发展环境下, 城市居民对于用水的需求和对水质的要求都在持续提高, 这都对城市污水处理工作提出了更为严格的要求。开展城市废水的处理和再生利用工作, 既能有效地减轻城市的用水压力, 降低水资源的损耗, 又能从源头上降低城市污水的

排放总量，是一条既能缓解水资源短缺又能降低水环境污染的可行之路^[4]。

二、城市污水处理和再生利用的现状

城市污水的处理与再利用历来都受到国家的重视，随着国家积极开展节能减排工作，城市污水处理体系的建设也进入了一个新的发展阶段。当前，国家已经制定了明确的低碳发展战略，并对未来能源消耗产业的发展方向提出了更高的要求。而城市污水处理则是一个能耗巨大的行业，在运行和处理阶段需要消耗大量的电能和化学试剂等能源，其中电力消耗是巨大的，占总能源消耗的比例超过了60%^[5]。在确定了低碳发展的方针之后，城市污水处理行业也要顺应时代发展战略方针，迫切地进行转型发展，在推动污水资源化的同时，达到减少污染和降低碳排放的目的^[6]。目前，我国城市生活用水正处于从脱碳到脱氮的关键发展时期，在实现能源节约和减排的同时，必须同时实现水体总氮的下降和提高水质^[7]。这就给城市的废水治理带来了较大难度。

与此同时，伴随着城市化的加速，为适应城市规模扩展和人口数量持续增加的客观实际，中国的城市在推动污水设施的建设时，对需要大量经济投入的大型污水处理厂的建设需要更加慎重。对于中小型的污水处理厂而言，因为其具有更强的灵活性，相对来说更加零散，缺乏更高层次的工业污水系统的综合协调，在工厂选址和技术合理选择等方面也缺乏基础，将会严重地影响整个污水统筹发展的标准化发展，影响出水品质^[8]。同时，在这种发展方式下，不合理的空间分布，也会造成城市发展的不平衡，特别是在人口较为密集的地区，污水处理问题经常得不到及时解决。可以看出，目前，我国的城市污水处理正处于比较关键的发展阶段，必须不断地强化城市污水处理和再生利用技术手段，以此来适应新时期发展进程，满足城市用水需求。

三、城市污水处理和再生利用技术的可持续发展方案

（一）规划完善的城市污水处理规划方案

随着我国经济水平的不断提升，对城市污水处理与再生利用技术也提出了更高的要求，必须有更为完善的制度支持和相关设施保障机制，以便能够更为科学合理地对其进行管理^[9]。城市污水处理厂的位置和规模在设计初期是非常关键的。有关部门在对污水处理设施进行规划和建造的时候，必须以城市发展特点和未来发展趋势为基础，对城市污水处理厂和配套设施进行灵活的布局和设计。此外，需要对城市的未来发展方向进行动态分析，对工业污水处理设施的用地进行合理的控制，预留出城市雨水和污水管网系统的敷设位置，并避开城市建设用地和通讯网络用地，根据规划方案，避免不合理选址和设计^[10]。

（二）合理选用城市污水处理和再生利用技术手段

城市污水处理工艺的系统比较复杂，在实际执行的过程中，会有大量的化学和电能消耗。如果没有选择合适的处理工艺而导致没有完全去除水中的有机污染物，就会导致污水二次排放，破

坏自然生态。常见的城市污水处理工艺有物理沉降、加药混凝以及生物处理工艺等，可以根据具体的条件合理选用处理工艺，减少能耗的同时，提高污水处理的效率和质量，可以达到更好地达到节能环保的目的^[11]。

传统的污水处理工艺各有其优势和劣势，相关部门和工艺设计人员可以根据污水处理厂的实际情况和污水的情况进行合理选择。例如，传统活性污泥法是城市污水处理中常用的方法，对BOD₅有较高的去除效率，适用于对出水水质要求较高的处理厂，但是需要较大的场地和设备投入，微生物菌群的抗冲击负荷能力较弱，不太适用于水质变化较大的区域，且不适用于处理氮磷浓度较高的污水^[12]。在已建成的人口较为密集的城市，可以选用MBR膜生物反应技术手段，该工艺占地空间小，工艺流程短，出水水质高，具有较为广泛的应用前景。此外，相对于传统活性污泥法而言，由于添加了滤料，其系统抗冲击负荷能力强，产生的污泥量少^[13]。此外，SBR工艺、氧化沟工艺以及高级氧化法，都对污水中的有机物具有很好地去除作用。

（三）构建智能化城市污水处理和再生管理机制

相关人员需要根据现阶段污水处理厂的运营数据和发展态势构建一个以大数据、物联网等技术手段为基础的信息化污水处理管理机制，构建出一个可以实现动态模拟的网络信息平台，从而整体提高污水处理的效率。基于智能化平台，对进水、生产和排水三个最关键的环节进行实时网络监控，加强对生产条件的控制，并实现多个分散的环节之间进行精准对接，收集和整合水量、水质、电力和化学原料设备状况等信息，并利用现代信息技术对整理来的数据和信息进行深入分析和加工，使得各个环节之间紧密连接，便于统一管理^[14]。此外，智能化平台还可以根据整理得来的数据，对进水、生产以及排水之间的关系进行科学化评估，从而寻找出更为完善的污水处理厂设计方案^[15]。

（四）构建完备的污泥处置及再生利用体系

在城市发展的进程中，要从城市未来发展的总体运营视角出发，建立起一个更为完善的城市污水处理和再生利用的体系，持续完善与城市需求相适应的雨水污水收集、污水处理、污泥处置的系统性工程，进一步推动管网建设，深化完善雨水回用系统，并对其进行合理化处置，用于消防用水以及城市绿化等^[16]。与此同时，对于在污水处理中所生成的较难处理的污泥，为更好地达到节能减排的目的，在今后的发展规划中，城市管理人员要积极推动对污泥进行无害化处理，从而达到资源化处置的目的^[17]。污泥的成分较为复杂，不同污水处理工艺得到的污泥成分含量各不相同。可以利用污泥中富含的生物质，通过厌氧处理来获得热值高的沼气等燃料^[18]；用高温焚烧炉对干化后的污泥进行有氧燃烧，在高温条件下将其中的细菌病原体以及有机质完全燃烧，并将燃烧后的污泥用于建筑材料，实现回收利用^[19]。

（五）深度利用城市污水处理回用工艺

为了提高我国城市污水的处理与资源化水平，在污水的处理与循环使用中，要根据水质和处理要求选用更加精确细化的处理工艺，例如，要去除废水中的悬浮物质，就可以采用浑水沉淀、澄清并进行过滤。针对废水中的有机污染物如臭味和重金属等，

可以采用活性炭作为滤料，利用细微孔径对污水中的有机污染物进行高效的分离和净化^[20]。此外，可以根据各地区的水质及污水特征，应根据当地实际情况，采取更具针对性的治理措施。当净化后的水用于城市绿化和消防等，对水质没有非常高的要求，处理步骤可以适当减少。中水回用可以很好地缓解城市水资源紧缺的问题，节约水资源^[21]。

（六）构建绿色生态城市污水处理和再生机制

以城市可持续发展为出发点，建立绿色生态的城市污水治理与循环利用机制，既是城市可持续发展的要求，又是城市生态建设的必由之路。基于城市产业与城市生态环境的发展要求，以多指标的循环利用技术体系来实现城市污水的低碳化和资源化利用，并建立完整的风险评价机制。在此基础上，全面构建增强型生态修复和恢复技术体系，同时，考虑到污水中含有的有毒污染物，可以构建污水中少量有机污染物去除技术。如杨福廷^[22]的

研究中指出，选用由珍珠岩、壳聚糖和生物酶制成的珍珠岩复合酶，这种材料是自然资源，可以进行循环利用且绿色无污染，与A/O工艺联合，之间形成了一种共生循环，达到在繁殖的过程中可以实现协同分解水中的有机污染物，降低出水氨氮的浓度，缓解水资源污染。

四、结语

城市污水建设由于各种因素的限制，在建设和使用过程中仍然存在着不少亟待解决的问题。相关部门要认识到城市污水处理和再生利用的重要性，在污水处理设施设计和工艺选择上多方面考虑，合理选址，提高城市污水处理的技术水平，建立完善的管理制度，深度回用中水和污泥，建设绿色生态城市污水处理和再生机制，保障城市的稳定运行，推动绿色环保事业稳定前行。

参考文献：

[1] 陆飞彤. 中国城市污水处理的现状及解决方案的探讨 [J]. 清洗世界, 2023,39(08):49-51.

[2] 沈耀良. 城市污水处理技术：走向低碳绿色 [J]. 苏州科技大学学报（工程技术版）, 2021,34(03):1-16.

[3] 刘浏. 环境保护中水污染处理技术及其再生利用措施 [J]. 绿色环保建材, 2020(12):29-30.

[4] 裴廷权, 程家贵, 成晓阳等. 城市污水处理面临的问题及解决对策 [J]. 资源节约与环保, 2022(10):97-100.

[5] 姚春晖. 污水处理厂节能降耗技术分析 [J]. 资源节约与环保, 2020(04):94.

[6] 张雪. 污水处理厂低碳节能的探讨与研究 [J]. 建材发展导向, 2022,20(24):196-198.

[7] 胡小波. 城市互助污水处理及再生利用工艺设计与应用研究 [J]. 丝路视野, 2018（33）:1.

[8] 陆善云. 污水处理厂安全管理问题分析及策略探究 [J]. 净水技术, 2022,41(S2):49-53+60.

[9] 刘德龙. 城市给排水规划设计中的污水处理 [J]. 科技创新与应用, 2022,12(08):75-77.

[10] 郑浪. 城市污水处理厂建设和管理中存在的问题及对策 [J]. 建筑与预算, 2021(07):77-79.

[11] 李瑞东. 城市污水处理工艺中环保节能理念的实施分析 [J]. 资源节约与环保, 2021(12):117-119.

[12] 王丽, 王旭. 城市污水处理工艺探究 [J]. 冶金管理, 2020(07):210-211.

[13] 夏静远. 浅谈 MBR 工艺在污水处理中的应用和发展 [J]. 智能城市, 2019,5(05):130-131.

[14] 侯凯. 污水处理智能控制的发展现状研究 [J]. 智能建筑与智慧城市, 2023(08):173-175.

[15] 陈庆俊, 吴晓峰, 曲风臣等. 污水处理及其再生利用行业浅析 [J]. 化学工业, 2017,35(03):55-66.

[16] 林奇, 祁昌斌, 冒旭海. 碳中和背景下雨水资源化利用效率分析 [J]. 给排水, 2022,58(S1):760-765.

[17] 孙海军. 污水处理中污泥资源化的利用途径 [J]. 清洗世界, 2023,39(08):85-87.

[18] 戴晓虎. 我国污泥处理处置现状及发展趋势 [J]. 科学, 2020,72(06):30-34+4.

[19] 张宣. 城市污水处理厂污泥的处理处置技术分析 [J]. 山西化工, 2023,43(07):218-220.

[20] 孙凤莲, 郑鹏凯, 刘芳. 活性炭吸附技术在工业园区污水厂深度处理中的应用 [J]. 中国新技术新产品, 2023(11):132-134.

[21] 李玮. 城市中水回用的技术与问题研究 [J]. 江西建材, 2022(01):219-221.

[22] 杨福廷. 城市污水绿色生态法再生水处理技术研究. 河北省, 河北科技大学, 2014-03-22.

水利施工过程中的安全管理与事故预防策略

刘雪飞, 朱义俊

江苏淮阴水利建设有限公司, 江苏 淮安 223001

摘要 : 水利施工是一个复杂的工程过程, 涉及多种危险因素, 因此安全管理和事故预防至关重要。本文介绍了水利施工中的安全管理基本原则, 包括预先规划与风险评估、定期培训与教育以及持续监控与反馈。此外, 本文还探讨了事故预防策略, 包括工具与设备的维护、工作环境的改善以及工人健康与福利的重要性。通过合理的安全管理和事故预防措施, 可以有效降低水利施工过程中的安全风险, 保障工程的顺利进行。

关键词 : 水利施工; 安全管理; 事故预防; 风险评估

Safety Management and Accident Prevention Strategies in the Process of Water Conservancy Construction

Liu Xuefei, Zhu Yijun

Jiangsu Huaiyin Water Conservancy Construction Co., Ltd, Huai'an, Jiangsu 223001

Abstract : Water conservancy construction is a complex engineering process involving a variety of risk factors, so safety management and accident prevention are crucial. This paper introduces the basic principles of safety management in water conservancy construction, including advance planning and risk assessment, regular training and education, and continuous monitoring and feedback. In addition, this paper discusses accident prevention strategies, including the maintenance of tools and equipment, improvement of the working environment, and the importance of worker health and welfare. Through reasonable safety management and accident prevention measures, the safety risks during water conservancy construction can be effectively reduced to ensure the smooth progress of the project.

Key words : water conservancy construction; safety management; accident prevention; risk assessment

一、引言

水利施工是涉及水资源、水工程和土木工程等多个领域的综合性工程, 其施工过程中存在众多潜在的安全风险和危险因素。因此, 为了确保工程的安全、高效进行, 必须采取有效的安全管理措施和事故预防策略。本文将探讨水利施工中的安全管理基本原则和事故预防策略, 旨在为水利工程领域提供有益的指导和建议。

二、安全管理的基本原则

(一) 预先规划与风险评估

在水利施工过程中, 安全管理的一个基本原则是进行预先规划与风险评估。这一原则的关键在于在施工开始之前充分了解并识别潜在的危险因素, 以及为确保工程的安全性和顺利进行而采取相应的措施。对施工现场进行风险评估是安全管理中的第一步, 也是至关重要的一步。施工现场的环境常常多变, 包括各种地形、地质条件、气候因素等。因此, 在项目启动前, 必须进行全面的现场评估, 以识别潜在的危险和风险源。这可能包括但不限于地质勘察、气象数据收集、水文水质调查等工作。通过了解

施工现场的特点, 可以更好地应对可能出现的问题, 制定相应的安全计划和紧急应对措施。定义潜在的危险区域和活动是风险评估的重要组成部分。在施工现场, 存在各种潜在的危险因素, 如高坡度地形、潜在的泥石流风险、水域交叉等。^[1] 通过明确定义这些危险区域, 可以有针对性地采取措施, 例如设置防护栏杆、安装警示标志, 以确保工人和设备不会进入危险区域。此外, 还需要详细规划施工活动, 特别是在涉及爆破、挖掘和水域作业时, 确保这些活动不会引发不必要的风险。在实际施工中, 定期进行风险评估和更新是必不可少的。因为施工环境和条件可能随着工程进展而发生变化, 新的风险因素可能会出现。因此, 持续的监控与反馈机制是确保安全管理有效的关键。建立实时监控机制, 例如使用遥感技术或传感器网络来监测地质变化、水位波动等, 有助于及时发现潜在的风险, 并采取相应的措施。此外, 定期检查和更新安全措施也是防范事故的关键, 因为施工过程中可能会出现新的情况和挑战, 需要不断适应和改进安全计划。

(二) 定期培训与教育

定期培训与教育在水利施工安全管理中扮演着至关重要的角色。这一原则的核心理念是通过为工程队伍提供必要的安全教育和不断更新的知识, 确保工人和管理层都具备足够的安全意识和技能, 以应对不断变化的施工环境和挑战。为工人提供必要的安

全教育是保障水利施工安全的首要任务。工人是施工现场上最直
接面临风险的人员，他们需要了解如何正确识别和应对潜在的危
险。这包括对于安全装备的正确使用、事故应急处理程序的了解
以及日常工作中的安全操作规程等。安全教育不仅需要在工程开
始之前进行，还需要在工程进展中不断强化，确保工人的安全意
识始终保持高度警觉。^[2-4] 随着科技和施工方法的不断发展，更
新施工方法和技术的最新发展也成为定期培训与教育的一部分。
工程队伍需要了解最新的工程技术和施工方法，以充分利用现代
技术来提高工程效率和安全性。例如，使用先进的机械设备和自
动化系统可以减少人为错误和风险，但工人需要培训以正确操作
这些设备。此外，新的环境法规和安全标准也可能出现，工程队
伍需要及时了解和遵守这些法规，以确保合规性和安全性。定期
培训与教育不仅仅涉及工人，还包括管理层和监督人员。管理层
需要具备领导和监督工程队伍的能力，以确保安全政策的有效执
行。他们还需要了解最佳实践，以制定和更新安全政策和程序。
此外，管理层应具备危机管理和应急响应的技能，以应对可能发
生的事故和紧急情况。除了提供必要的安全培训和教育，建立反
馈机制也是安全管理中的关键一环。工程队伍和管理层应鼓励
工人主动报告潜在的安全问题和意外事件，以便及时采取纠正措
施。同时，应建立定期的安全绩效评估体系，以监测工程的安全
状况，并根据评估结果来调整培训和教育计划。

（三）持续监控与反馈

在水利施工中，持续监控与反馈是安全管理的核心原则之
一，具有关键性的作用。这一原则强调了不仅需要在施工开始前
制定安全计划，还需要在整个工程周期中不断监测施工进展并
进行反馈，以确保工程安全性和有效性。建立实时监控机制是持
续监控与反馈的关键组成部分。现代技术提供了各种监测工具和
系统，如传感器、遥感技术和无人机等，可以用来实时监测施工
现场的各种参数和变化。例如，传感器可以监测地质变化、水位
波动和天气条件，而无人机可以提供全景图像和视频，帮助监督
人员更好地了解施工现场的实际情况。这些实时数据对于及时发
现潜在的安全问题和风险至关重要，从而能够采取迅速的应对措
施。定期检查和更新安全措施也是持续监控与反馈的一部分。即
使在施工开始后，安全计划仍然需要不断评估和改进。^[5-7] 监督
人员和管理层应定期进行现场检查，以确保工人和设备遵守安
全规程，并根据实际情况来调整和改进安全措施。这种反馈机制
可以迅速纠正问题，防止事故的发生。另一个关键方面是定期举
行安全会议和交流。安全会议可以为工程队伍提供一个平台，讨
论安全问题、分享经验和提出建议。通过工人和管理层之间的沟
通和协作，可以更好地理解施工现场的挑战和需要改进的方面。
此外，汇集不同层次的意见和经验，有助于制定更全面和有效的
安全政策。在持续监控与反馈的框架下，建立报告和应急响应机
制也是至关重要的。工人应被鼓励主动报告潜在的安全问题和
意外事件，而管理层和监督人员应及时采取措施来解决这些问题。
应急响应计划应事先制定，以确保在事故发生时能够迅速、有效
地应对，减少损失和风险。持续监控与反馈不仅关注施工现场的
物理因素，还应关注工人的健康和福利。定期为工人进行健康检

查是确保工人身体状况良好的一种方式，因为健康工人更能应
对工作中的挑战和压力。此外，提供必要的休息时间和保护措施，
如提供遮阳、防护装备等，也是关心工人福利的表现。只有在身
体和心理健康都得到充分关照的情况下，工人才能充满活力地参
与施工工作。

三、事故预防策略

（一）工具与设备的维护

在水利施工过程中，工具与设备的维护是确保工程安全性和
高效性的关键因素之一。无论是小型工具还是大型机械设备，都
需要定期检查和维修，以确保其正常运行和安全使用。首先，定
期检查工具和设备对于预防潜在的故障和事故至关重要。在水利
施工中，工具和设备通常承受着重大的物理压力和磨损，如挖掘
机、泵浦、输水管道等。如果这些工具和设备未经定期检查和维
护，它们可能会出现故障，导致生产中断和安全风险。通过定期
检查，可以及时发现和修复潜在问题，确保工具和设备在关键时
刻可靠运行。其次，保证工具和设备的安全使用是工程安全的重
要保障。工程队伍需要接受培训，了解如何正确使用各种工具和
设备，以及在不同情况下应采取的安全措施。例如，挖掘机操作
员需要知道如何平稳操作机械臂，以避免事故。泵浦操作员需
要了解如何正确安装和维护泵浦系统，以减少泄漏和损坏的风
险。通过提供必要的培训和教育，可以降低工具和设备误用引发
事故的可能性。此外，定期维护还有助于延长工具和设备的使用
寿命，降低了工程成本。^[8] 水利施工中的工具和设备通常都是昂
贵的投资，因此延长它们的寿命对于工程的经济性至关重要。定
期维护可以防止早期的机械磨损和损坏，减少了更换和维修的频
率，从而降低了运营成本。维护工具和设备还有助于减少环境影
响。例如，水泵的泄漏可能导致水资源的浪费和环境污染。通过
保持设备的完好状态，可以减少这种不必要的资源浪费和环境破
坏。这符合可持续发展的原则，有助于保护自然资源和生态系统。
最后，维护工具和设备有助于维护工程队伍的声誉。水利施工是
一个竞争激烈的领域，声誉和信誉对于赢得合同和客户的信任至
关重要。如果工程队伍能够展示他们对工具和设备的负责任态
度，客户更有可能选择他们来执行项目。相反，频繁的设备故障
和事故可能会损害工程队伍的声誉，对长期成功产生负面影响。

（二）工作环境的改善

工作环境的改善在水利施工安全管理中扮演着至关重要的角
色。一个安全、清洁和有序的工作环境不仅可以提高工作效率，
还可以显著减少事故的发生率。确保工作区域的清洁与整洁对
于安全至关重要。施工现场常常充满各种材料、设备和工具，如
果没有及时清理和整理，会增加工人绊倒、滑倒和被物体击中的
风险。通过保持工作区域的清洁，可以减少这些潜在的危险因素。
此外，清洁的工作环境也有助于提高工人的工作效率，因为他们
可以更容易地找到所需的工具和材料，从而减少了工作中的不必
要的停顿和等待。提供必要的安全设施也是工作环境改善的重
要方面。这包括但不限于围栏、标识、警告标志、应急设备等。围

栏可以将危险区域与工人隔离开来，防止他们不慎进入。标识和警告标志可以提醒工人有关潜在的危险和安全注意事项。应急设备如灭火器和急救箱则可以在意外事故发生时提供紧急援助。^[9] 这些设施的存在不仅为工人提供了额外的安全保障，还有助于增强他们的安全意识。在水利施工中，可能会涉及有害气体的排放、尘埃的产生等环境因素。为了确保工人的健康和安​​全，必须采取措施来改善工作环境的空气质量。这可能包括安装通风系统、佩戴呼吸器具、进行空气质量监测等。此外，创造一个积极、合作和尊重的工作氛围也是工作环境改善的一部分。员工之间的沟通和合作有助于识别和解决潜在的安全问题，减少了误解和冲突的可能性。

（三）工人健康与福利

工人健康与福利在水利施工安全管理中占据着至关重要的位置。工程队伍的健康和福利不仅影响他们的生活质量，还直接关系到施工的安全性和效率。定期为工人进行健康检查是确保他们身体状况良好的一项关键措施。水利施工通常涉及体力劳动和长时间的工作，因此工人需要保持身体健康和体力充沛。定期健康检查可以及早发现潜在的健康问题，如心血管疾病、呼吸系统问题和职业性疾病等，以便采取及时的医疗干预和预防措施。健康的工人更有能力应对工作中的挑战，减少事故的风险。提供必要的休息时间也是关心工人健康的一部分。连续长时间的工作可能会导致疲劳，影响工人的判断力和反应能力。因此，必须规定合理的工作时间和休息间隔，以确保工人能够得到足够的休息。定

期的休息有助于减轻工人的身体和心理压力，提高工作效率和安全性。此外，提供必要的保护措施也是确保工人健康与福利的关键。在水利施工中，可能涉及潜在的危险因素，如有害气体、化学物质、高温环境等。工人需要适当的个人防护装备，如呼吸器、防护服、安全帽等，以减少对有害物质的暴露。此外，应提供必要的安全设施，如洗眼器、淋浴设备等，以应对紧急情况。通过提供这些保护措施，可以降低工人受伤和患病的风险。^[10] 工人福利也包括提供适当的薪酬和福利待遇。水利施工是一项具有一定风险的工作，工人应当获得公平和合理的报酬，以反映他们的工作量和风险。此外，应提供健康保险、工伤保险和其他福利待遇，以确保工人在面临健康问题或事故时能够获得适当的支持和帮助。一个受到关心和尊重的工人更有动力参与工作，提高工程的效率和安全性。

四、结语

安全管理和事故预防不仅是法律义务，也是一种社会责任。通过遵守安全标准、投入资源和精力，并持续改进安全措施，我们可以保护工人的生命和健康，减少环境影响，提高工程的效率和质量，维护工程队伍的声誉，促进水利工程领域的可持续发展。因此，安全管理和事故预防策略应该被视为每个水利施工项目不可或缺的一部分，为我们的工程和社会带来更安全、更可持续的未来。

参考文献

- [1] 李泽刚. 特种设备安全管理问题及事故预防策略探究[J]. 产品可靠性报告, 2023(08):67-69.
- [2] 莫绍肆, 唐梅生, 卢胜等. 配电开关柜设计原理及事故预防策略[J]. 中国高科技, 2022(05):44-45.
- [3] 李亚军. 国道道路交通安全管理与事故预防策略研究[J]. 辽宁警察学院学报, 2022,24(01):74-79.
- [4] 韩雪峰, 张力铭. 工程安全评价体系构建与事故预防策略[J]. 城市建筑, 2021,18(27):184-186.
- [5] 陆卫忠, 曹燕, 宋正伟等. 基于深度学习的建筑安全事故预防策略综述[J]. 苏州科技大学学报(自然科学版), 2021,38(01):8-14.
- [6] 张立明. 原油管道储运安全管理方法与事故预防策略[J]. 化学工程与装备, 2019(11):248-249.
- [7] 张明松. 建筑工程安全生产管理及安全事故预防策略[J]. 建筑技术开发, 2019,46(12):77-78.
- [8] 王驰. 关于锅炉压力容器检验工作中的事故预防策略研究[J]. 城市建设理论研究(电子版), 2019(10):90.
- [9] 秦小胖. 刍议建筑工程安全生产管理及安全事故预防策略[J]. 建材与装饰, 2018(46):157-158.
- [10] 付甲甲, 郜世坤. 刍议建筑工程安全生产管理及安全事故预防策略[J]. 建材与装饰, 2018(41):172-173.

节能低碳技术在污水处理中的应用

王洋

中节能研究中心, 北京 100082

摘要： 伴随着时代的发展，环境问题越发成为制约经济社会发展的瓶颈。污水处理作为人类生产生活中不可或缺的重要环节，其处理过程中的能源消耗和碳排放问题更是引起了人们的广泛关注。为了实现可持续发展目标，节能低碳技术在污水处理中的应用越来越受到重视。为此，本文从节能低碳技术对于污水处理的重要性出发，介绍了污水处理中四种常用的节能低碳技术，以期提高污水处理效率，降低污水处理中的能源消耗和碳排放。

关键词： 节能低碳技术；污水处理；生物膜技术；活性污泥技术

Application of Energy Saving and Low Carbon Technology in Sewage Treatment

Wang Yang

China Energy Conservation Research Center, Beijing 100082

Abstract： With the development of The Times, environmental problems have increasingly become a bottleneck restricting economic and social development. As an indispensable and important link in human production and life, the energy consumption and carbon emission in wastewater treatment process have attracted widespread attention. In order to achieve the sustainable development goals, the application of energy-saving and low-carbon technologies in sewage treatment has been paid more and more attention. Therefore, based on the importance of energy-saving and low-carbon technology for sewage treatment, this paper introduces four commonly used energy-saving and low-carbon technologies in sewage treatment, in order to improve the efficiency of sewage treatment and reduce energy consumption and carbon emissions in sewage treatment.

Key words： energy-saving and low-carbon technology; sewage treatment; biofilm technology; activated sludge technology

引言

随着全球对环境保护和可持续发展的日益关注，节能低碳技术在各个领域的应用越来越受到人们的重视。在污水处理领域，传统处理方法能源消耗较高且碳排放较大，为此采用节能低碳技术对于实现污水处理行业的可持续发展具有重要意义。

一、节能低碳技术对于污水处理的重要性

（一）减少能源消耗

污水处理过程中需要消耗大量的能源，主要来自污水的输送、曝气、搅拌和污泥处理等环节。而采用节能低碳技术，可以在各个环节降低能源消耗，如使用高效节能的鼓风机和电机，优化污水输送系统，通过曝气技术的改进减少氧气的消耗等。与传统的污水处理技术相比，节能低碳技术可以大大降低能源消耗，减少温室气体的排放，进而可以有效缓解全球能源危机。

（二）减少碳排放

污水处理过程中的碳排放主要来自两个方面，一是污水处理

过程中有机物质的分解导致甲烷和二氧化碳等气体的排放，二是污泥处理过程中需要使用大量化石燃料进行焚烧，产生大量的二氧化碳。而采用节能低碳技术，可以通过减少曝气量、改善污泥处理工艺等手段来降低碳排放。此外，还可以利用污水中有机物质产生生物气进行发电，实现资源的循环利用，从而进一步减少碳排放。碳排放的降低对于实现全球碳中和目标具有重要意义。

（三）提高处理效率

节能低碳技术可以进一步提高污水处理效率。通过优化污水处理流程和设备，以及采用新的生物技术和膜处理技术等手段，可以有效地提高污水处理效率，减少废水中的污染物含量，达到更高的排放标准。此外，节能低碳技术还可以实现废水的再生利

用, 为企业提供可持续的水资源供给, 降低对自然水源的依赖, 从而进一步保护环境。

(四) 降低运行成本

节能低碳技术的应用也可以显著降低污水处理运行成本。首先, 节能低碳技术可以降低能源消耗和碳排放, 从而减少污水处理过程中的费用支出。其次, 通过优化设备和工艺, 可以降低设备的维护和更换成本。此外, 节能低碳技术还可以提高污水处理的效率, 降低企业的废水排放压力, 为企业节省大量的经济成本。这些优势将为企业和社会带来巨大的经济效益^[1]。

(五) 促进环保发展

节能低碳技术在污水处理中的应用不仅可以保护环境, 还可以促进环保事业的发展。首先, 节能低碳技术的应用可以减少能源消耗和碳排放, 降低对自然环境的破坏。其次, 通过污水再生利用, 可以节约水资源, 缓解水资源短缺问题。此外, 污水处理过程中产生的污泥也是一种可资源化的物质, 通过节能低碳技术的处理可以转化为肥料、建材等有用的物质资源, 这也将为实现可持续发展目标作出重要贡献^[2]。

二、节能低碳技术在污水处理中的应用

(一) 活性污泥法

活性污泥法是一种广泛应用于污水处理中的生物处理方法。它通过将微生物和溶解在水中的氧气引入污水中, 使微生物在活性状态下生长繁殖, 实现对污水的有效处理。活性污泥法不仅可以去除污水中的有机物质, 还可以去除悬浮物、氮、磷等其他污染物^[3]。

活性污泥法的基本原理是在有氧条件下, 微生物通过细胞体内的氧化酶系将污水中有机物质转化为二氧化碳和水等物质。在这个过程中, 微生物需要消耗一定的能量, 这些能量来自分解有机物质时释放的化学能。较之于传统的污泥法, 活性污泥法对污染区抑制效果更加有效^[4]。活性污泥法主要分为五个阶段: (1) 吸附阶段: 污水中的有机物质被活性污泥颗粒吸附和吸附在活性污泥表面的微生物上。整个过程大概持续5—10min^[5]; (2) 酶促反应阶段: 被吸附的有机物质被活性污泥表面的微生物分解为简单的有机物质(如葡萄糖、脂肪酸等), 并通过酶的催化作用进一步分解。此阶段需要大约30—60min; (3) 微生物生长和分裂阶段: 微生物利用简单有机物质进行细胞体的合成和分裂, 产生更多的微生物细胞。这个过程大约需3—7天; (4) 絮凝和沉淀阶段: 在这个阶段, 新生成的微生物细胞在活性污泥中形成絮状物, 并通过重力作用沉淀到池底, 形成污泥。通常为1—3天; (5) 固化和稳定阶段: 在这个阶段, 底部的污泥不再发生变化, 并且处于稳定状态。大概持续3—5天^[6,7]。

活性污泥法应用广泛, 首先, 其可以应用于生活污水处理。生活污水主要包括粪便、洗涤水、洗澡水等, 通过采用活性污泥法进行处理, 可以去除污水中的有机物质和其他污染物, 使水质得到有效改善。其次, 可以应用于工业污水处理。工业污水包括石油化工、印染、制药、造纸等行业的废水, 活性污泥法可以有

效地去除这些废水中的有害物质, 达到国家排放标准。同时, 其还可以应用于医院污水的处理。医院污水含有大量的细菌和病毒, 必须经过有效处理才能排放, 活性污泥法可以通过吸附和氧化等作用去除污水中的有害物质。此外, 它还可以应用于循环水的处理。循环水是工业生产中常用的水资源回收方式, 活性污泥法可以有效地去除循环水中的杂质和污染物, 保证水质稳定。

(二) 生物膜法

生物膜法是一种在污水处理的生物反应器中利用附着于固体介质表面的微生物膜处理污水的方法。生物膜是由微生物细胞和有机物质组成的, 可以吸附和降解污水中的有机物质^[8,9]。

生物滤池是一种常用的生物膜法处理工艺, 其主要包括两个阶段过滤阶段和反冲洗阶段。其中, 在过滤阶段, 污水通过滤料时, 滤料表面的微生物膜会与污水中的有机物质相互作用, 将有机物质吸附和降解。同时, 污水中的悬浮物和固体物也会被滤料阻挡, 与污水分离。反冲洗阶段是为了清洗滤料表面的污垢和更新微生物膜。反冲洗水通过滤池底部向上冲洗, 将滤料表面的污垢和微生物膜冲掉, 使滤池恢复处理能力^[10]。

生物转盘是一种旋转的圆盘, 表面涂有微生物膜。污水通过转盘表面时, 有机物质被微生物膜吸附和降解。同时, 转盘的旋转运动可以增加污水与微生物膜的接触面积, 提高处理效率^[11]。

生物接触氧化是在曝气池中利用填料作为载体, 使微生物在填料表面形成生物膜。曝气时, 污水与填料接触, 有机物质被微生物膜吸附和降解。同时, 曝气也增加了污水中的溶解氧含量, 为微生物的生长提供了条件^[12,13]。

(三) 厌氧-好氧处理法

厌氧-好氧处理法是一种常用的污水处理工艺, 该工艺通过将污水在不同的反应条件下进行处理, 以实现废水中有机物质的去除和氮、磷等营养物质的去除。

1. 厌氧处理

在厌氧处理阶段, 污水在缺氧的条件下进行。厌氧微生物可以将污水中的有机物质分解为简单的有机物和沼气。利用水解酸化菌等微生物将污水中大分子有机物质转化为小分子有机物质, 再利用产甲烷菌等微生物将小分子有机物质转化为挥发性脂肪酸等有机酸^[14,15]。

厌氧对有机物的浓度要求较高, 一般要求大于1000mg/L。因此通常将其用于处理高浓度的有机工业废水、动植物残体粪便或者城镇污水污泥等^[16]。厌氧处理不仅可以将有有机物质转化为沼气, 实现能源的回收利用。还可以去除部分有机物质, 降低后续好氧处理阶段的负荷。也可以调整污水的可生化性, 为后续好氧处理提供良好的条件。

2. 好氧处理

污水好氧生物处理技术是一种在好氧条件下, 利用微生物将污水中的污染物质转化为稳定、无害物质的处理技术^[17]。在好氧处理阶段, 污水在有氧的条件下进行。好氧微生物可以将污水中的有机物质进一步分解为二氧化碳和水, 同时也可以实现氮、磷等营养物质的去除^[18]。好氧处理主要包括耗碳阶段和硝化-反硝化阶段。耗碳阶段是好氧处理的第一阶段, 主要是利用好氧微生

物的耗碳作用将污水中的有机物质转化为二氧化碳和水。这个阶段可以去除大部分有机物质。硝化－反硝化阶段主要是利用硝化菌和反硝化菌将污水中的氨氮和硝酸盐氮转化为氮气，实现氮的去除。这个阶段可以实现污水中氮的完全去除。

好氧处理可以进一步去除污水中的有机物质，使污水达到更高的排放标准。也可以实现氮、磷等营养物质的去除，避免水体富营养化的发生。还可以利用微生物的作用将污水中的有机物质转化为生物质能，实现能源的回收利用。

（四）微滤机处理技术

微滤机处理技术是一种广泛应用于污水处理中的机械过滤方法。它采用15-20微米孔隙过滤工艺，可以有效地分离液体中的微小悬浮物，实现固液分离的目的^[19,20]。在污水处理中，微滤机被广泛应用于造纸、纺织印染、化工、食品等行业的污水分散处理中，特别是在造纸白水的处理中，它可以达到封闭循环和重复使用的目的。

微滤机是一种转鼓式筛网过滤装置。被处理的废水沿轴向进入鼓内，以径向辐射状经筛网流出，水中杂质（细小的悬浮物、纤维、纸浆等）即被截留于鼓筒上滤网内面。当截留在滤网上的杂质被转鼓带到上部时，被压力冲洗水反冲到排渣槽内流出。微

滤机占地面积小，生产能力大，操作管理方便，已成功地应用于给水及废水处理中。

在污水处理中，微滤机的处理原理和特点使其能够有效地去除废水中的悬浮物、泥沙、纤维、纸浆等大颗粒杂质，提高废水的清澈度。同时，也能够去除细菌、病毒等微生物，有效地消毒净化水质。因此，微滤机在污水处理中具有重要的作用。

在具体的污水处理工程中，微滤机一般被设置在污水处理流程的前端，作为预处理装置，可以有效地保护后续处理设备免受大颗粒杂质的破坏，延长设备的使用寿命。同时，微滤机也能够作为独立的小型污水处理装置，用于小规模废水的处理，如造纸厂、印染厂、餐饮业等产生的废水处理。

三、结语

在污水处理领域，节能低碳技术的应用已经成为一种趋势。通过采用先进的节能技术可以降低污水处理的能源消耗和碳排放，提高处理效率。未来，要在实践中不断探索和完善节能低碳技术，加强相关政策和标准的制定与实施，推动污水处理行业的可持续发展。

参考文献

- [1] 魏枫. 中国节能污水低碳集成技术达到国际先进水平 [J]. 中国设备工程, 2022(05):2.
- [2] 徐小丹. 节能环保技术在污水处理中的应用 [J]. 资源节约与环保, 2021(08):1-2.
- [3] 杨德菊, 朱崇梅. 浅析微生物在活性污泥法污水处理中的应用 [J]. 化工设计通讯, 2017, 43(11):253.
- [4] 赵只增, 李志华. 节能低碳技术在污水处理中的应用研究 [J]. 皮革制作与环保科技, 2022, 3(18):23-25.
- [5] 尹琦. 活性污泥法及其在环境工程中的应用 [J]. 皮革制作与环保科技, 2021, 2(08):35-36.
- [6] 陈燕飞. 污水处理中活性污泥法与生物膜法的比较分析 [J]. 山西水利, 2011, 27(04):34-35+45.
- [7] 李源, 万佳杰, 刘佳杰等. 城市污水处理中活性污泥法的应用研究 [J]. 城市建筑, 2020, 17(27):187-188.
- [8] 曾升泰, 许志斌, 胡卫东等. 生物膜技术在生活污水处理中的应用 [J]. 油气田环境保护, 2012, 22(04):20-22+87-88.
- [9] 陈文华, 潘超群, 厉雄峰, 等. MABR 技术在农村生活污水处理上的应用 [J]. 水处理技术, 2019, 45(5):126-128, 134.
- [10] 张磊, 郎建峰, 牛姗姗. 生物膜法在污水处理中的研究进展 [J]. 水科学与工程, 2010(05):38-41.
- [11] 张燕. 生物膜法在污水处理中的有效应用 [J]. 节能与环保, 2019(05):101-102.
- [12] 吴彩虹. 节能低碳技术在污水处理中的应用探讨 [J]. 皮革制作与环保科技, 2021, 2(01):29-30+33.
- [13] 漆轩. 生物膜法在市政污水处理中的应用研究 [J]. 智能城市, 2021, 7(22):108-109.
- [14] 钟灵. 厌氧生物处理技术在城市生活污水处理中的应用 [J]. 环境与发展, 2018, 30(12):70-71.
- [15] 丁志芬. 厌氧－好氧组合生物技术在废水处理中的应用 [J]. 化工设计, 2003(05):26-28+49-1.
- [16] 陈畅, 王少波, 孙可迪, 等. 升流式厌氧污泥床 (UASB) 反应器处理城市污水试验研究 [J]. 净水技术, 2015(21):73-76.
- [17] 郭振英, 吕荣湖, 孙惠东. 高效好氧生物技术及其在污水处理中的应用 [J]. 化工进展, 2008(10):1533-1537+1550.
- [18] 谢福会, 杨风忠, 周本军. 厌氧技术在城市污水处理上的应用 [J]. 煤炭技术, 2002(04):41-42.
- [19] 陈建平, 曹冬冬. 水处理微滤机过滤能力和堵塞问题的研究 [J]. 天津工业大学学报, 2013, 32(05):57-60.
- [20] 姜延颇. 水产养殖系统的尾水处理方法 [J]. 江西水产科技, 2020(01):45+48.

