

滑模技术在水利水电施工中的应用

庞巨成 杨 航

中国水利水电建设工程咨询西北有限公司 陕西 西安 710000

摘 要：本文探讨滑模技术在水利水电施工的应用，阐述其原理及高效、优质特点，分析在大坝、水闸、隧洞等场景的应用。针对操作难、安全风险高、成本控制难等问题，提出强化培训、健全安全制度、优化成本管控等策略。并展望滑模技术智能化、节能环保、标准化发展，为水利水电工程运用滑模技术提供理论与实践指导，促进技术进步与可持续发展。

关键词：滑模技术；水利水电施工；中的应用；面临的问题；应对策略

引言

水利水电工程是国家基建核心，施工技术选择尤为关键。滑模技术作为先进混凝土施工技术，凭连续浇筑、高效作业等优势，在水利水电中广泛应用，提升施工质效，降低成本，保障结构稳定。但实际应用存挑战。深入研究滑模技术在此领域的应用，对技术进步、水资源合理利用及可持续发展至关重要，是促进行业发展的关键路径，需不断探索完善。

1 滑模技术概述

1.1 滑模技术原理

滑模技术是一种利用液压提升系统，使模板沿着混凝土浇筑方向连续滑动，从而实现混凝土浇筑和成型的施工技术。其工作原理基于液压千斤顶的顶升作用，通过支撑杆将液压千斤顶的推力传递给模板系统，使模板按照预定的轨迹上升，同时在模板内进行混凝土的浇筑。在浇筑过程中，混凝土的凝固强度达到一定要求后，模板与混凝土之间形成相对滑动，随着模板的不断上升，新的混凝土不断浇筑，从而实现混凝土结构的连续成型。在整个施工过程中，通过对液压提升系统的精确控制，确保模板的上升速度与混凝土的浇筑速度相匹配，保证混凝土的施工质量。

1.2 滑模技术特点

（1）施工效率高。滑模技术能够实现混凝土的连续浇筑和模板的连续滑动，避免了传统施工方法中模板的反复安装和拆卸，大大缩短了施工周期。相比传统施工工艺，滑模技术可将施工速度提高数倍，显著提升了工程的整体进度。（2）施工质量好。由于滑模施工过程中，模板始终与混凝土表面紧密贴合，且混凝土在浇筑过程中受到连续的挤压和振捣，使得混凝土的密实度和表面平整度得到有效保障。同时，滑模施工减少了施工缝的数量，降低了因施工缝处理不当而导致的质量隐

患，提高了混凝土结构的整体性和耐久性。（3）成本节约。滑模技术减少了模板的使用量和周转次数，降低了模板的租赁和维修成本。此外，由于施工效率的提高，减少了人工成本和设备租赁成本，从而降低了工程的总体造价。（4）适应性强。滑模技术适用于各种形状和高度的混凝土结构施工，无论是直线型结构还是曲线型结构，都能够通过调整模板系统和液压提升系统，实现高效施工。

2 滑模技术在水利水电施工中的应用

2.1 大坝施工中的应用

2.1.1 坝体混凝土浇筑

在大坝坝体施工中，滑模技术主要应用于混凝土浇筑作业。通过搭建滑模施工平台，利用液压提升系统带动模板沿坝体高度方向连续滑动，实现坝体混凝土的分层浇筑。施工过程中，需依据坝体设计要求和混凝土配合比，合理控制模板上升速度和混凝土浇筑厚度，保障坝体混凝土质量和施工进度^[1]。同时，要强化混凝土的振捣和养护，防止出现蜂窝、麻面等质量缺陷。模板上升速度的控制，需综合考虑混凝土的初凝时间、浇筑温度、振捣效果等因素，确保混凝土在浇筑后能够及时凝固，且不会因模板上升过快或过慢影响浇筑质量。混凝土浇筑厚度的确定，要结合坝体结构的受力特点和施工工艺要求，保证坝体的整体性和稳定性。振捣作业需严格按照规范要求进行，确保混凝土振捣密实，避免出现漏振、过振等问题。养护工作则要根据混凝土的特性和施工环境，采取适当的养护措施，保证混凝土强度的正常增长。

2.1.2 坝体结构成型

滑模技术不仅能实现坝体混凝土的浇筑，还能保障坝体结构的精确成型。通过精心设计和安装模板系统，使坝体外形尺寸符合设计要求，减少后期修整工作。对

于拱坝、支墩坝等特殊形状的坝体结构,滑模技术优势更为显著,可通过灵活调整模板形状和滑动轨迹,实现复杂结构的高效施工。在模板设计过程中,需充分考虑坝体结构的几何特征和施工工艺要求,运用先进的数字化设计技术,确保模板的精度和可靠性。模板安装时,要严格控制安装误差,确保模板的垂直度和水平度符合设计标准。在施工过程中,要实时监测模板的变形情况,及时调整模板的支撑和固定方式,保证坝体结构的成型质量。

2.2 水闸施工中的应用

2.2.1 闸室混凝土施工

水闸闸室作为水闸的核心部分,其施工质量直接关系到水闸的运行安全。滑模技术在闸室混凝土施工中得到广泛应用,通过在闸室基础上搭建滑模施工平台,利用液压提升系统带动模板沿闸室高度方向滑动,实现闸室混凝土的一次性浇筑成型。施工过程中,要严格控制模板的垂直度和水平度,确保闸室结构的尺寸精度。同时,要注意混凝土的浇筑顺序和振捣方式,避免出现漏振、过振等现象,保证闸室混凝土的密实度。模板垂直度和水平度的控制,需采用高精度的测量仪器进行实时监测,一旦发现偏差,及时调整。混凝土的浇筑顺序要根据闸室的结构特点和施工工艺要求进行合理安排,确保混凝土浇筑的均匀性和连续性。振捣作业要采用合适的振捣设备,结合人工辅助振捣,保证混凝土振捣充分,避免出现质量缺陷。

2.2.2 闸墩施工

闸墩是水闸的重要组成部分,其施工质量对水闸的过水能力和稳定性具有重要影响。滑模技术在闸墩施工中,能够实现闸墩混凝土的连续浇筑,提高闸墩的施工效率和质量。施工过程中,通过在闸墩两侧安装滑模装置,利用液压提升系统带动模板沿闸墩高度方向滑动,同时在模板内进行混凝土的浇筑^[2]。要加强对模板的支撑和固定,防止模板在滑动过程中出现变形和位移,确保闸墩的外形尺寸和表面平整度。模板的支撑和固定系统需经过严格的力学计算,确保其承载能力和稳定性。在模板滑动过程中,要实时监测模板的变形情况,及时调整支撑和固定方式,保证模板的正常运行。同时,要注意混凝土的浇筑速度和振捣效果,确保闸墩混凝土的质量。

2.3 引水隧洞施工中的应用

2.3.1 隧洞衬砌施工

引水隧洞衬砌是保证隧洞结构安全和输水能力的关键环节。滑模技术在引水隧洞衬砌施工中,通过在隧洞内安装滑模装置,利用液压提升系统带动模板沿隧洞

轴线方向滑动,实现隧洞衬砌混凝土的连续浇筑。施工过程中,要根据隧洞的直径、长度和地质条件,合理选择滑模的类型和规格,确保滑模的稳定性和可靠性。同时,要加强对混凝土的浇筑和振捣,保证隧洞衬砌混凝土的密实度和抗渗性。对于不同直径和长度的隧洞,需选择合适的滑模类型,如穿行式滑模适用于直径较小的隧洞,针梁式滑模适用于直径较大的隧洞。滑模的规格要根据隧洞的结构特点和施工要求进行定制,确保滑模的稳定性和可靠性。混凝土的浇筑和振捣要根据隧洞的施工环境和地质条件进行合理安排,采用合适的浇筑设备和振捣方式,保证隧洞衬砌混凝土的质量。

2.3.2 隧洞支护施工

在引水隧洞施工过程中,为保证隧洞的安全,需要进行支护施工。滑模技术在隧洞支护施工中,能够实现支护结构的快速施工,提高隧洞的施工安全性。通过在隧洞内安装滑模装置,利用液压提升系统带动模板沿隧洞轴线方向滑动,同时在模板内进行支护结构的浇筑和安装。施工过程中,要根据隧洞的地质条件和支护要求,合理选择支护材料和支护方式,确保支护结构的强度和稳定性。对于地质条件较好的隧洞,可采用喷射混凝土支护;对于地质条件较差的隧洞,可采用钢支撑和混凝土衬砌相结合的支护方式。在支护结构施工过程中,要严格控制施工质量,确保支护结构的可靠性。

3 滑模技术在水利水电工程施工中面临的问题

3.1 技术操作难度大

滑模技术涉及液压系统、模板系统、混凝土浇筑等多个复杂环节,对施工人员的技术水平和操作经验要求极高。施工过程中,任何一个环节出现问题,都可能严重影响整个施工过程的顺利进行^[3]。液压系统故障可能导致模板上升速度不均匀,影响混凝土浇筑质量;模板系统变形可能导致混凝土结构外形尺寸不符合设计要求。此外,混凝土浇筑过程中的配合比控制、浇筑速度控制等,也对施工人员的技术能力提出了严峻挑战。液压系统的故障可能源于设备老化、维护不当、操作失误等原因,导致千斤顶顶升不同步、压力不稳定等问题。模板系统的变形可能由于模板设计不合理、支撑不牢固、施工过程中受到外力冲击等因素引起。混凝土浇筑过程中的配合比控制不当,可能导致混凝土的强度、流动性等性能不符合要求,影响浇筑质量。

3.2 施工安全风险高

滑模施工属于高空作业,施工环境复杂,存在诸多安全风险。模板系统坍塌、液压系统泄漏、施工人员坠落等安全事故,都可能给施工人员的生命安全和工程质

量带来严重威胁。此外,施工过程中的电气设备故障、火灾等安全隐患,也不容忽视。模板系统坍塌可能由于模板设计不合理、支撑不牢固、施工过程中超载等原因引起。液压系统泄漏可能导致千斤顶失去顶升能力,影响施工安全。施工人员坠落可能由于安全防护措施不到位、施工人员违规操作等原因造成。电气设备故障和火灾可能由于电气设备老化、短路、过载等原因引发。

3.3 施工成本控制困难

滑模技术设备投资较大,施工过程中对材料和能源的消耗也较高。由于滑模技术对施工人员技术水平要求较高,人工成本也相对较高。这些因素都增加了施工成本的控制难度。此外,施工过程中的设备故障、施工质量问题等,也可能导致额外的成本支出。设备投资大主要体现在滑模设备的采购、租赁费用较高,以及设备的运输、安装、调试成本较大。材料和能源消耗高是因为滑模施工需要大量的混凝土、钢材等材料,以及施工过程中对电力、燃油等能源的消耗。人工成本高是由于滑模技术对施工人员的技术要求高,需要配备专业的技术人员。设备故障和施工质量问题可能导致施工进度延误、返工等,增加施工成本。

4 滑模技术在水利水电施工应用中的应对策略

4.1 技术操作难度大的应对策略

加强对施工人员的专业培训,全面提升施工人员的技术水平和操作能力。施工前,组织施工人员进行系统的技术交底和培训,使其深入了解滑模技术的原理、施工工艺和操作要点。同时,建立严格的施工质量管理体系,加强对施工过程的全程监督和检查,及时发现并解决施工中出现的問題。定期组织施工人员进行技术考核,确保施工人员具备相应的技术能力。培训内容应涵盖滑模技术的理论知识、操作技能、安全注意事项等方面,采用理论讲解、现场演示、模拟操作等多种培训方式,提高培训效果。施工质量管理体系要明确施工过程中的质量标准、检验方法、责任分工等内容,加强对施工过程的动态管理,确保施工质量。

4.2 施工安全风险高的应对策略

建立健全施工安全管理制度,强化对施工现场的安全管理。施工前,对施工现场进行全面的安全检查,消除安全隐患。为施工人员配备必要的安全防护设备,如安全带、安全帽等,确保施工人员的人身安全^[4]。加强对施工设备的维护和保养,定期对液压系统、模板系统

等进行检查和维修,确保设备的正常运行。同时,制定完善的应急预案,提高应对突发事件的能力。施工安全管理制度要明确施工现场的安全管理责任、安全操作规程、安全检查制度等内容,加强对施工现场的日常管理。安全检查要涵盖施工设备、安全防护设施、施工环境等方面,及时发现并消除安全隐患。应急预案要针对可能出现的安全事故制定相应的应对措施,定期组织演练,提高应急处置能力。

4.3 施工成本控制困难的应对策略

施工前,进行详细的施工成本预算,制定合理的施工成本控制目标。施工过程中,加强对施工成本的监控和管理,严格控制材料和能源的消耗,合理安排施工人员的工作,提高施工效率,降低施工成本。通过优化施工方案,合理选择施工设备和材料,降低设备投资和材料成本。同时,建立成本预警机制,及时发现和解决成本超支问题。施工成本预算要根据工程规模、施工工艺、市场价格等因素进行准确估算,制定合理的成本控制目标。施工成本监控要建立成本台账,对施工过程中的各项成本进行实时记录和分析,及时发现成本超支的原因。优化施工方案要从施工工艺、设备选型、材料采购等方面入手,降低施工成本。成本预警机制要设定成本预警指标,当成本接近或超过预警指标时,及时发出预警信号,采取相应的措施进行控制。

结束语

滑模技术在水利水电施工中优势突出,虽然面临技术、安全、成本挑战,但采取针对性策略可克服。随着科技进步,滑模技术将向智能化、节能环保、标准化发展,为工程注入新活力。未来,需持续深化研究与应用,创新施工工艺与管理模式,充分发挥其优势,为水利水电事业高质量发展提供有力支撑,推动水资源合理利用与可持续发展。

参考文献

- [1]吴宝阁.水利水电工程施工中的滑模技术应用[J].低碳世界,2022,12(5):61-63.
- [2]刘卓宇.基于滑模技术在水利水电工程施工中的应用研究[J].水上安全,2023(10):175-177.
- [3]蔡方超.滑模技术在水利水电工程施工中的应用[J].科技经济导刊,2021,29(9):84-85.
- [4]杨加良.浅谈滑模技术在水利水电工程施工中的应用[J].科技风,2020(23):146.