

分洪闸防渗墙成槽工艺优化策略

胡剑飞

北京锐诚工程管理有限公司 北京 100000

摘要：分洪闸防渗墙作为水利工程的重要组成部分，其成槽施工质量直接关系到整个工程的安全与效益。本文通过分析分洪闸防渗墙成槽施工现状，总结存在的质量控制难点、工艺衔接不足和效率成本制约等问题，提出了优化成槽机械配置、调控泥浆性能参数、优化槽段长度及接头设计等技术措施，构建了包括实时监测、关键工序控制、应急处置等在内的施工质量管理保障体系，为分洪闸防渗墙成槽施工提供参考。

关键词：分洪闸；防渗墙；成槽工艺

引言：分洪闸防渗墙是分洪闸工程的重要组成部分，承担着防渗抗渗、保证主体结构稳定的重要功能。防渗墙成槽施工是防渗墙工程的关键，成槽质量的优劣直接影响到防渗墙乃至整个分洪闸工程的安全性、耐久性和使用功能^[1]。受复杂地质条件、工期压力、技术标准等因素影响，分洪闸防渗墙成槽施工常面临诸多质量缺陷和安全隐患。如何优化成槽施工工艺，强化质量管控，提高施工效率，成为亟需解决的关键问题。本文在分析成槽施工现状的基础上，探讨优化成槽工艺、完善质量管理体系的具体策略。

1 分洪闸防渗墙成槽施工现状分析

1.1 成槽施工质量控制难点

分洪闸防渗墙成槽施工质量控制面临诸多挑战，这主要源于防渗墙所处的复杂地质环境以及成槽工艺本身的特殊性。防渗墙往往穿越多种地层，如粉土、粘土、砂卵石等，且不同地层之间的物理力学性质差异显著，这对成槽机械的适应性提出了较高要求^[2]。同时，部分地层渗透性较强，施工中极易发生槽壁坍塌，给成槽质量控制带来较大难度。成槽施工对导墙精度要求较高，而受现场测量条件、地形地物限制等因素影响，导墙施工偏差较大，进而影响槽孔垂直度控制。槽孔质量还受泥浆性能的影响，而泥浆指标容易受天气、温度等环境因素干扰，且随浆龄增加不断恶化，若不能及时调整，极易引发护壁失效、槽壁垮塌等质量问题。

防渗墙成槽施工涉及诸多工序，工序之间交叉作业频繁，而各工序对施工工艺、技术要求、人员资质要求均不尽相同，加之工期紧、任务重，协调组织管理难度大。在实际施工中，经常出现机械频繁调换、工序交接不顺畅、技术交底不到位等问题，这极大影响了施工效率和成槽质量。同时，防渗墙体积庞大，施工强度高，对机械设备、人力资源消耗巨大，组织调配不善容易产

生时间和空间上的冲突，进而延误工期、诱发质量通病^[3]。特别是在多台套机械同时施工时，现场组织协调不畅极易引发安全事故。防渗墙成槽对操作人员技术水平和责任意识要求也很高，而当前从业人员普遍文化程度不高，安全和质量意识淡薄，这在一定程度上加剧了成槽施工质量控制的难度。

1.2 工艺流程衔接不足问题

受复杂地质条件、导墙位置偏差、成槽垂直度控制不当等因素影响，分洪闸防渗墙施工中常出现槽壁坍塌、槽段偏斜、接头错位、超挖欠挖等质量通病，给后续的清孔换浆、混凝土浇筑、接头处理等工序造成严重影响，增加返工、导致工期延误的风险。同时，各工序之间协调配合不足，施工组织管理不善，如成槽、清孔、混凝土浇筑之间工序衔接不紧密，常发生成槽完成后长时间裸露，混凝土入模时间延误导致塌孔、斜孔等质量事故。盲目追求进度，忽视工艺标准，违章操作频发，也进一步加剧了质量控制难度。

1.3 施工效率及成本制约因素

分洪闸防渗墙成槽施工效率及成本受诸多因素制约。其一防渗墙施工对地质条件要求较高，而我国各地区地质条件复杂多样，不良地质如高压潜水层、流砂层、淤泥质土层等广泛存在，给防渗墙施工带来极大困难，严重影响成槽施工进度。其二防渗墙施工工艺流程长、工序复杂，涉及测量放样、导墙施工、泥浆制备、钢筋笼绑扎、混凝土浇筑、接头处理等多个环节，各工序之间交叉作业，协调难度大，机械设备、人员、物资需求量大，组织管理不善极易造成时间窝工、资源浪费。其三防渗墙施工受施工条件限制明显，施工场地狭小、工期紧、施工环境恶劣等因素制约了大型机械设备的运行空间，且夜间、雨雪天气等不利因素进一步压缩了施工时间，延缓了施工进度。综上所述，复杂的地质

条件、长周期的施工准备、不连续的施工工序、有限的施工时空、紧张的建设资金等诸多因素交织影响,极大地制约了分洪闸防渗墙成槽施工效率,抬高了施工成本。

2 防渗墙成槽工艺技术优化措施

2.1 成槽机械设备配置优化

分洪闸防渗墙施工中的成槽机械设备配置优化,应当立足于工程的实际情况,综合考虑施工场地的地质条件、环境限制、工期要求等因素,合理选用高效、可靠的成槽机械设备,并对其进行科学的组合和调配,以期最大限度地发挥机械设备的效能,提升成槽施工的效率与质量。应当根据防渗墙的断面尺寸、深度等参数,优选能够满足成槽要求的大型专用设备,如多绳抓斗、液压抓斗、长螺旋钻机等,这些设备具有成槽能力强、效率高、适应性广等特点,能够有效克服复杂地层条件的影响,保证成槽施工的连续性和高效性。同时,为提高成槽的精度和垂直度,宜采用具有导向功能的辅助设备,如导向架、振动锤等,通过对成槽设备的姿态进行实时调整和控制,确保成槽轴线的准确性,减少槽壁坍塌、接头错位等质量缺陷的发生。

成槽机械设备的优化配置还应考虑与其他施工工艺的匹配性和协调性,结合工程的总体施工组织计划,在时间和空间上合理调配设备资源,减少窝工、断档等影响施工效率的问题。比如,在施工准备阶段,应提前做好机械设备的进场计划,及时完成安装调试和试运转,为后续成槽施工创造条件;在成槽施工过程中,应统筹兼顾混凝土浇筑、钢筋笼绑扎、泥浆护壁等工序,合理安排机械设备的运行时间和顺序,确保各工序无缝衔接、连续施工;在不同标段之间,应协调机械设备的调配和流转,提高设备利用率,降低设备租赁、购置、维修等成本。

2.2 泥浆性能参数调控方案

优化泥浆配合比,保证颗粒组成符合成槽要求,减少固相悬浮,防止泥皮厚度过大。加强泥浆指标动态监测,及时调整泥浆黏度、含砂率、pH值等关键参数。采用实验与施工相结合的方式,针对性优化泥浆品质。同时,泥浆池、导流渠的规格尺寸应满足施工要求,并及时清理淤泥。定期检查管路,杜绝跑冒滴漏,确保泥浆供应及时、有效。泥浆护壁能力与成槽质量密切相关,应强化过程监管,明确责任人,确保泥浆指标动态可控、持续改进。

2.3 槽段长度及接头优化设计

防渗墙槽段划分是影响成槽施工效率、质量及成本的重要因素。槽段长度应综合考虑地质条件、泥浆稳定

性、混凝土和易性、接头施工等因素,过长易引发槽壁坍塌、接头渗漏等质量隐患,过短则会降低成槽效率,增加接缝数量及施工难度。宜通过现场试验,结合有限元分析,合理确定槽段长度。同时,优化接头设计,采用宽度不小于0.5m的凹槽结构,增大搭接长度,提高接头抗渗性能。避免采用工字钢、钢筋等附加构件,减少接头漏浆风险。

3 成槽施工质量管理保障体系

3.1 施工过程实时监测方案

建立全面的施工过程实时监测方案是确保分洪闸防渗墙成槽施工质量的重要技术手段。实时监测应贯穿于成槽施工准备、槽段开挖、泥浆护壁、清孔换浆、混凝土浇筑等各个环节,通过获取各阶段施工现场的实时数据,及时发现施工偏差和质量隐患,并采取有效的纠偏和处置措施,从而实现施工过程的动态可视化管理和闭环控制。为保证监测数据的准确性和可靠性,监测方案的制定应遵循科学性、针对性、经济性、可操作性等原则,合理设置监测项目、监测点位、监测频次及监测方法,并明确监测人员的岗位职责和管理流程,确保监测工作的有序开展。同时,充分利用物联网、北斗定位、视频监控、大数据分析等先进技术手段,提升实时监测的自动化、信息化水平,降低人工成本和数据误差,为科学决策提供有力支撑。

实时监测方案应明确成槽施工过程中的关键监控指标和参数。导墙施工阶段重点监测导墙顶面标高、内外侧壁垂直度、轴线偏位等几何尺寸;成槽阶段应重点监测槽段长度、成槽垂直度、槽壁坍塌及变形等指标;泥浆护壁阶段应动态监测泥浆池液面标高、泥浆比重、粘度、含砂率、PH值及槽内泥浆液面标高等参数;清孔换浆阶段应监测孔内淤积厚度、孔底沉渣厚度、换浆后泥浆指标等;混凝土浇筑阶段应实时监测混凝土标号、坍落度、拌合物温度、运输时间、入模时间、浇筑方量、振捣时间及覆盖面积、终凝时间、强度增长等指标。通过建立施工过程关键参数的量化考核标准,判别施工工艺的规范性和有效性,并结合设计图纸、施工方案、作业指导书等对比分析,客观评价施工质量的动态达标情况,为工序验收提供依据。当监测指标发生异常偏差时,应提出预警信号,启动应急预案,采取有针对性的工艺优化措施,避免质量事故发生。

3.2 关键工序质量控制要点

针对分洪闸防渗墙成槽施工中的导墙施工、成槽、清槽、混凝土浇筑等关键工序。应制定严格的技术标准和操作规程。加强过程质量控制。导墙施工是防渗墙

成槽的重要准备工作。直接影响槽段轴线位置和标高。进而制约后续成槽质量。为确保防渗墙轴线满足设计要求。导墙施工宜采用经纬仪、全站仪等精密测量仪器引测定位放样。严格控制轴线和标高偏差。同时。应加强导墙模板安装质量管理。确保模板尺寸准确、支撑牢固。混凝土浇筑振捣密实。拆模时机适宜。养护措施得力。防止导墙变形、裂缝、蜂窝等缺陷。成槽作为防渗墙施工的核心工序。槽孔质量的优劣直接决定防渗墙的防渗效果和结构完整性。应结合工程规模、地质情况、环境条件等因素。优选成槽工艺和机械。宜优先采用造槽机成槽。兼顾成槽效率与槽壁垂直度控制。成槽过程中应实时监测槽段长度、成槽垂直度等关键参数。槽段长度不宜超过6m。成槽垂直度偏差应控制在0.5%以内。确保槽孔成型质量。

清孔换浆是保证防渗墙混凝土浇筑质量的关键措施。施工中应根据现场实际情况。采用合适的清孔工艺。如鹅颈式伸缩溜管、泵吸等机械清孔方式。辅以人工清理槽底和槽壁。控制孔内淤渣厚度不超过10cm。确保槽孔清洁度满足混凝土浇筑要求。清孔后应及时进行槽孔验收。重点检查槽孔净空尺寸、垂直度、接头错台、槽底沉渣厚度等指标。并对槽内泥浆性能进行必要的复核。验收合格后方可进入混凝土浇筑工序。混凝土浇筑是形成防渗墙实体结构的最后一道工序。对防渗墙的防渗性能、抗渗稳定性起决定性作用。应在清孔验收合格后的2h内完成混凝土浇筑。超过时限须重新清孔。浇筑用混凝土标号不应低于C20P6。坍落度应控制在160~220mm之间。采用泵送入仓。确保混凝土和易性满足工艺要求。混凝土下仓后应连续浇筑。分层振捣密实。严禁离析、蜂窝、麻面等缺陷。混凝土面标高应满足设计要求。

3.3 应急处置预案及保障措施

针对成槽施工中易发生的工艺事故、质量缺陷,应预先制定应急处置预案,明确处置工艺流程、人员分工、物资准备等内容,确保一旦发生险情能快速响应。如遇槽壁坍塌,应立即停止成槽,并采取回填措施加固坍塌段,防止险情蔓延。对于接头偏位、混凝土质量不合格等问题,应及时与设计、建设、监理等单位沟通,制定切实可行的处置方案,避免盲目返工。同时,加强物资储备,完善机械设备,做好应急演练,提高快速反应和处置突发事件的能力。应急管理是成槽施工的兜底保障,关系到工程安全、效益和社会效应,必须高度重视。

结论:分洪闸防渗墙成槽施工直接关系到防渗墙乃至整个水利枢纽工程的质量安全和综合效益,优化成槽施工工艺,完善质量管理体系势在必行。从优选配置成槽机械、优化泥浆参数、合理划分槽段等方面入手,从施工准备、关键工序控制、应急处置等角度构建全过程质量管理保障体系,形成规范化、精细化、信息化、标准化的分洪闸防渗墙成槽施工技术体系,为高质量完成分洪闸建设提供有力的工艺技术支持,推动分洪闸工程高质量发展。

参考文献

- [1] 邹德高,屈永倩,孔宪京,等.超深覆盖层上面板坝防渗墙-连接板接缝变形机制及优化分析[J].东南大学学报(自然科学版),2024,54(5):1089-1096.
- [2] 邹德高,屈永倩,孔宪京,等.深厚覆盖层上土石坝防渗墙损伤开裂精细化分析及防渗功能评价[J].水利学报,2024,55(2):147-157.
- [3] 郑光俊,李振华,林威,等.铜车坝水库泥岩石渣坝复合土工膜与振冲碎石桩地基中混凝土防渗墙综合防渗体系的应力变形特性[J].水电能源科学,2024,42(4):147-150,172.