

水利工程中基坑围护施工监理的难点与优化对策

张庆富

上海会龙工程管理咨询有限公司

DOI:10.12238/btr.v8i2.4648

[摘要] 水利工程基坑围护施工监理过程中面临复杂地质条件、邻近既有枢纽设施的安全防护要求及多级支撑体系施工的时空效应控制等核心难点。基于此,文章研究了基坑围护施工监理的关键矛盾点,分析专项方案评审与动态调整的时效性,以及多源监测数据整合与应急决策的滞后性问题。基于工程实践,构建分级预警机制,优化围护结构变形分级响应策略,并改进旋喷桩跳孔施工工艺,以提高监理工作的精准度与安全性。研究成果可为类似水利工程提供监理优化方案,提升施工安全管控能力,减少基坑变形风险,增强工程质量与耐久性。

[关键词] 水利工程; 基坑围护; 监理难点; 变形控制; 优化对策

中图分类号: TV5 **文献标识码:** A

Difficulties and optimization strategies in construction supervision of foundation pit enclosure in water conservancy engineering

Qingfu Zhang

Shanghai Huilong Engineering Management Consulting Co., Ltd.

[Abstract] The construction supervision process of water conservancy engineering foundation pit enclosure faces core difficulties such as complex geological conditions, safety protection requirements for adjacent existing hub facilities, and spatiotemporal effect control of multi-level support system construction. Study the key contradictions in the construction supervision of foundation pit enclosure, analyze the timeliness of special scheme review and dynamic adjustment, as well as the lag problem of multi-source monitoring data integration and emergency decision-making. Based on engineering practice, establish a graded warning mechanism, optimize the graded response strategy for deformation of enclosure structures, and improve the construction technology of jet grouting pile jumping holes to enhance the accuracy and safety of supervision work. The research results can provide supervision optimization solutions for similar water conservancy projects, improve construction safety control capabilities, reduce the risk of foundation pit deformation, and enhance engineering quality and durability.

[Key words] Water conservancy engineering; foundation pit enclosure; difficulties in supervision; deformation control; optimization strategies

引言

水利工程基坑围护施工涉及复杂的地质条件、结构安全和环境保护等多重因素,对施工技术、监理手段及风险控制提出了较高要求^[1]。围护结构的稳定性直接影响基坑安全,邻近既有枢纽设施的施工干扰也增加了监理难度。多级支撑体系的受力变化与时空效应需要精细化监控,以减少围护结构变形带来的安全隐患。专项方案评审的动态调整、监测数据的实时整合及应急决策的及时性对施工过程至关重要,传统监理方法在应对复杂工况时存在滞后性,影响施工安全与工程质量。优化监理策略,提高围护施工管理水平,是保障水利工程顺利实施的重要课题。

1 水利工程基坑围护施工的核心难点分析

1.1 复杂地质条件下的围护结构协同控制

本工程基坑围护施工涉及软弱土层、高地下水位及不同土层的相互作用,基坑整体开挖面积较大,达3003m²,开挖最大深度10.25m,需确保围护体系在复杂地质条件下的稳定性。基坑主要涉及四个分区,包括闸室段、外闸首段、圆弧翼墙段和外围堰段,各区域地质条件存在差异,其中外闸首段和圆弧翼墙段地面高程约5.0~5.3m,基底垫层标高较低,土体稳定性较弱,增加了围护结构变形控制的难度。围护体系采用钻孔灌注桩+高压旋喷桩止水帷幕的复合结构,在闸室段,选用800@1000钻孔灌注桩

+800@500高压旋喷桩止水帷幕，以控制侧向变形和减少基坑隆起风险。在外闸首基坑区域，支护形式采用 $\Phi 1000\text{mm}$ 钻孔灌注桩+双排 $\Phi 800\text{mm}$ 高压旋喷桩止水帷幕+两道钢筋砼支撑，增强基坑侧壁刚度，防止开挖过程中围护变形超限。对于圆弧翼墙段，采用 $\Phi 800\text{mm}$ 钻孔灌注桩+1000mm高压旋喷桩止水帷幕+一道钢筋砼支撑，确保围护体系具有足够的抗变形能力，减少基坑支护结构的侧向失稳风险。基坑围护施工过程中渗透性较大的砂层可能导致局部渗流集中，造成基坑内水土流失降低围护结构的承载能力。为减少这一影响基坑底部局部区域采用高压旋喷桩加固，提高地基承载力减少底部隆起风险。

1.2 邻近既有枢纽设施的安全防护要求

本工程基坑施工紧邻既有淀东水利枢纽一期工程，施工扰动可能对周边建筑物、堤坝及输水通道产生影响，必须严格控制基坑开挖及围护结构变形，确保枢纽设施安全。基坑北侧临近现状淀东水利枢纽导流堤，西侧与一期工程直接接壤，南侧靠近外河航道护岸，东侧为（围堰），周边水工建筑物基础形式复杂，受力状况变化较大，若基坑围护刚度不足，可能导致邻近结构发生沉降、倾斜或裂缝扩展。为减少基坑开挖对邻近设施的影响，围护结构采用刚度较高的钻孔灌注桩+高压旋喷桩止水帷幕+钢筋混凝土支撑体系，提升整体稳定性。在靠近北侧一期工程的围护段，采用 $\Phi 1000\text{mm}$ 钻孔灌注桩+ $\Phi 800\text{mm}$ 高压旋喷桩止水帷幕+双道钢筋混凝土支撑，增强基坑围护刚度，降低基坑侧向变形风险。基坑降水可能引起地下水位下降，导致邻近堤坝结构发生不均匀沉降，对枢纽工程造成不利影响。为减少降水影响，基坑施工采用局部止水+回灌补水的方式控制地下水位变化，防止土体失稳。在施工过程中，对邻近建筑物、输水通道、航道堤坝等关键区域设置高精度监测点，实时监测沉降、倾斜及裂缝变化情况，确保施工安全^[2]。

1.3 多级支撑体系施工与时空效应管理

本工程基坑采用多级支撑体系，其中开挖深度超过8.0m的基坑段采用两道钢筋混凝土支撑，其他区域采用单道支撑，支撑刚度、受力状态及施工时序直接影响基坑的安全稳定性。基坑整体围护体系由钻孔灌注桩+高压旋喷桩+多级钢筋混凝土支撑构成，支撑轴力的变化受基坑开挖时序、土体变形及围护刚度影响，若支撑安装时机不合理，可能导致围护结构发生超量变形或局部失稳。两侧开挖深度小于8.0m的闸室段及圆弧翼墙段，设置一道钢筋混凝土支撑，支撑截面尺寸分别为1200×800mm（砼圈梁）、800×800mm（砼主撑）、600×800mm（砼连杆），确保侧壁稳定。对于开挖深度较大的外闸首段及过渡地段，采用两道钢筋混凝土支撑，并合理布置立柱桩提升整体刚度，立柱桩采用 $\Phi 650\text{mm}$ 灌注桩，支撑区长度15~20m，顶部范围内采用 $\Phi 800\text{mm}$ 灌注桩，增强竖向承载能力。施工过程中支撑体系受力随开挖深度变化而不断调整，过早安装支撑可能影响施工操作空间，过晚安装则可能导致围护结构变形超标。为优化支撑体系的施工时序，基坑监理采用分阶段施工监测，对支撑轴力、围护侧向变形、地表沉降等关键参数进行动态跟踪，实时调整支撑预应力及安

装顺序^[3]。在开挖过程中，设置分级变形响应机制，当支撑轴力或围护结构变形达到预警阈值时，立即采取应对措施，如增加临时支撑、调整开挖顺序或局部加强支护刚度，确保基坑施工安全。

2 监理实施过程中的关键矛盾点

2.1 专项方案评审与动态调整的时效性矛盾

实际监理过程中，专项方案评审需经过设计单位审核、监理单位评估、施工单位调整等多个环节，审批周期较长，难以满足施工快速推进需求。基坑围护施工受地质条件变化、支护体系受力偏差、突发情况等因素影响，方案需动态调整，但传统审批流程固定，难以及时优化，导致施工调整滞后，影响整体进度^[4]。围护结构变形控制依赖监测数据反馈，分析周期较长，施工进度不允许长时间等待，导致设计调整与施工需求脱节。施工单位在调整工艺、优化围护结构时需监理和设计单位确认，审批过长易造成关键工序延误，影响基坑安全。特殊工况下，如围护加固、降水优化、支撑调整，审批流程繁琐，难以快速响应变形趋势，可能导致局部风险失控，增加安全隐患。

2.2 多源监测数据整合与应急决策的滞后性问题

基坑围护施工的监测系统涵盖水平位移、竖向沉降、支撑轴力、地下水位变化等关键参数，数据来源包括人工测量、自动化监测设备及远程监控系统。不同监测手段的采集频率、精度和处理方式存在差异，可能导致数据整合误差、时间滞后及信息冲突，影响监理单位的快速决策。部分监测数据采集间隔较长，难以实现连续实时监测，特别是在复杂地质条件下，围护体系的应力变化较快，若数据滞后，可能导致超限变形未能及时预警。监测点布置受现场条件限制，可能存在数据盲区，使监测结果难以全面反映基坑实际受力状态。不同设备测量精度和原理不同，导致数据偏差，增加数据处理和校正的复杂性。应急决策依赖完整的监测数据，但数据整合分析需时较长，可能导致异常变形发生时应对措施滞后。围护结构变形具有渐进性和临界突变特征，若监测数据未能及时反映受力变化，可能错失最佳加固时机，增加基坑失稳风险。此外，不同监测系统的数据格式和存储方式不统一，影响数据共享和监测预警机制的构建，不利于基坑施工的整体安全管理。

3 基于工程实践的监理优化对策

3.1 分级预警机制构建

基坑围护体系的监测数据包括水平位移、竖向沉降、支撑轴力、地下水位变化等参数，每项数据的异常变化都可能预示着潜在风险。传统的单一阈值预警模式无法全面反映基坑围护结构的受力情况，需建立多级阈值控制体系提高监测数据的敏感性。监理过程中围护结构的变形趋势需要分阶段评估，构建正常和预警以及危险三类状态分级机制，每个状态对应不同的监测数据范围和应对措施。当监测数据处于正常范围内围护结构变形符合设计预期，监理单位按照施工方案正常推进。当数据超出预警阈值但未达到危险水平，说明围护结构变形趋势存在异常，监理单位应加强监测频率，并要求施工单位调整施工参数减少

变形累积。进入危险状态时,围护结构变形超出允许范围可能影响基坑稳定性,此时监理单位需立即启动应急处置方案暂停相关工序,分析异常原因并采取支撑加固和围护补强以及施工时序优化等措施保障基坑安全。监测数据的分级预警需要结合自动化监测系统与人工测量,实时更新数据,并建立信息共享平台,让施工单位以及监理单位和设计单位能够同步获取数据,提高预警机制的协同响应能力。

3.2 围护结构变形分级响应机制

基坑围护结构的变形主要包括水平位移、竖向沉降、支撑轴力变化等因素,不同变形模式的危害程度不同,需要针对性调整施工方案。围护结构变形分级响应机制分为正常变形、临界变形、超限变形三类,每类变形对应不同的监理干预措施。正常变形范围内围护结构的变形量符合设计计算结果,监理单位按照施工进度进行常规检查保障监测系统正常运行。当围护结构的变形进入临界范围说明受力状态接近上限,需要调整施工参数优化支撑体系的受力方式,并对降水系统进行动态调控减少土体失稳风险。超限变形状态下围护结构的位移超过允许值,可能导致基坑侧壁失稳或支撑体系失效,监理单位应立即启动应急处置暂停开挖作业,并进行围护补强和增加支撑以及调整开挖顺序等措施。围护结构变形的响应机制需要与预警系统联动,建立实时数据分析平台保障变形趋势的早期识别。针对不同围护形式如钻孔灌注桩+高压旋喷桩组合围护,采用分区域变形控制策略对变形较大的基坑段加设临时支撑或进行超前注浆加固。基坑降水过程中合理控制抽排速率,防止土体应力失衡导致围护结构变形加剧。监理单位在变形控制过程中需加强施工时序管理,优化分步开挖方案,减少基坑侧壁的应力集中提高围护体系的整体稳定性。

3.3 旋喷桩跳孔施工工艺改进

旋喷桩止水帷幕的施工质量对基坑的止水效果和围护稳定性具有重要影响,传统连续旋喷施工方式存在成桩均匀性不足、局部止水能力下降的问题,影响基坑围护的整体稳定性^[5]。旋喷桩跳孔施工工艺的改进能够有效优化止水帷幕的均匀性,提高围护体系的整体抗渗能力。跳孔施工的核心在于调整桩间距和旋喷顺序,使旋喷浆液在渗透性较强的土层中形成均匀扩散,提高止水帷幕的完整性。施工过程中采用先外后内的跳孔方式,先在外围施工旋喷桩形成初步止水屏障,然后在内部补充旋喷以减少浆液扩散不均导致的局部渗漏。跳孔施工需要结合土层

渗透性分析优化桩径、桩间距、喷射压力等参数,透水性较大的砂层中适当缩小桩间距,提高浆液覆盖率防止基坑底部渗流集中导致涌水风险。跳孔施工过程中采用智能监测系统,实时跟踪浆液扩散范围和桩体成型质量保障止水帷幕的连续性。施工设备选择方面用多喷嘴高压旋喷技术,提升浆液渗透能力提高桩体的均匀性,避免因浆液浓度不均导致止水效果下降。监理管理方面建立旋喷桩施工质量评估体系,对成桩后的止水效果进行现场抽检,采用钻芯检测、渗透试验等方式,评估旋喷桩的止水能力保障止水帷幕的整体完整性。基坑施工过程中合理安排旋喷桩的施工时序,让止水帷幕与围护结构同步形成,提高基坑整体的抗渗能力减少基坑涌水和围护变形的风险。

4 结论

水利工程基坑围护施工涉及复杂的地质条件、邻近枢纽设施的安全防护以及多级支撑体系的时空效应管理,对监理工作的精准度提出了更高要求。专项方案评审与动态调整的时效性矛盾、多源监测数据整合与应急决策滞后性问题影响施工安全,优化监理策略能够提升基坑围护的稳定性。分级预警机制的构建强化了风险管理,围护结构变形分级响应机制提升了应对能力,旋喷桩跳孔施工工艺改进提高了止水帷幕的完整性。优化后的监理方法可有效减少围护变形风险,提高施工质量和安全水平,为类似水利工程提供可行的监理对策,推动水利基础设施建设的高效发展。

[参考文献]

- [1]王小军.SMW工法桩在王家摆特大桥深基坑围护中的应用及监理控制[J].重庆建筑,2022,21(09):31-34.
- [2]翟克礼.边坡治理中的支护技术分析[J].砖瓦,2021,(06):172-173.
- [3]林克双.探讨航道船闸工程基坑围护的施工监理[J].珠江水运,2019,(11):6-7.
- [4]纪添成.预制装配基坑围护施工监理管控要点[J].建设监理,2018,(07):80-82.
- [5]陈勇.基坑围护工程中水泥土搅拌桩施工监理控制要点分析[J].福建建材,2017,(11):103-104.

作者简介:

张庆富(1982--),男,汉族,安徽省天长人,本科,工程管理,研究方向:水利、建筑领域。