Research on Optimization and Risk Control of Water Conservancy Engineering Construction Technology under Complex Geological Conditions

Jun Zhao

Xuzhou South to North Water Diversion Project Management Center, Xuzhou, Jiangsu, 221300, China

Abstract

When facing complex geological conditions, water conservancy engineering construction faces various challenges, such as unstable geological conditions, changes in groundwater flow, and complex construction environments. These factors not only increase the difficulty of construction, but also have a high possibility of triggering a series of engineering safety hazards. This article starts with the analysis of the characteristics of complex geological conditions, explores the main challenges that may be faced in the construction process of water conservancy projects, and proposes a series of technical improvement measures and risk control plans. After in-depth exploration in the fields of geological exploration, construction technology, risk assessment and management, combined with existing engineering cases, this paper discusses how to apply scientific construction techniques and effective risk control methods to ensure the smooth implementation and quality of water conservancy projects. This article aims to provide theoretical support and practical guidance for water conservancy engineering construction under complex geological conditions, and promote technological upgrading and safety protection in the field of water conservancy construction.

Keywords

complex geological conditions; Water conservancy engineering; Construction technology; Risk control; technical optimization

复杂地质条件下水利工程施工技术优化与风险控制研究

赵军

徐州市南水北调工程管理中心, 中国·江苏·徐州 221300

摘要

面对复杂地质情形时, 水利工程建设施工面临多样挑战, 有地质条件欠稳定、地下水流动的变化、施工环境复杂等情形, 这些因素不仅加大了施工难度, 还极有可能诱发一系列工程安全隐患。本文由复杂地质条件的特征开启分析, 探析了水利工程施工过程中可能面临的主要难题, 进而提出了一系列技术完善手段及风险管控方案。经过对地质勘察、施工工艺、风险评估与管理等领域的深度探究, 结合既有工程案例, 研讨如何运用科学的施工技术与有效的风险把控办法, 保证水利工程顺利实施及质量无误。本文意在为复杂地质情形下水利工程建设提供理论支撑与实践指引, 促进水利建设领域的技术升级与安全守护。

关键词

复杂地质条件; 水利工程; 施工技术; 风险控制; 技术优化

1 引言

伴随中国水利基础设施建设的急速前行, 诸多水利工程面对复杂地质条件的考验。复杂地质环境也会让施工当中出现不稳定地质结构、地下水涌出、地震活动等状况, 这些因素直接关乎工程施工的安全、进度与质量。怎样在复杂地质环境里进行科学合理的施工, 降低施工实施时的风险, 已成为水利工程建设中急需攻克的难题。当面对复杂地质条件, 传统水利工程施工技术, 屡屡遭遇技术手段落后、风险

识别不准等情形, 引发施工过程中出现如基础沉降、滑坡、涌水等不良现象。为了切实应对这些状况, 必须加强对复杂地质条件的分析和预测, 依靠先进的施工技术与器具, 采用科学的风险控制手段, 保证水利工程建设如期完成。

2 技术优化与风险控制的重要性

在复杂地质状况下实施水利工程建设, 技术优化与风险控制意义十分关键。这既关乎工程自身的进度又关乎质量, 更直接关乎施工人员的安全以及项目的经济成效^[1]。复杂地质环境一般包含不稳定岩层、断层、溶洞、软弱土层或高水位地下水等情形, 稍有疏漏就或许引发坍塌、涌水、滑坡等严重后果, 造成施工暂停甚至酿成事故。施工单位需

【作者简介】赵军(1974-), 男, 中国江苏邳州人, 本科, 工程师, 从事水利工程施工及运行管理研究。

高度重视对地质条件的综合分析及动态监测工作,提前规划科学恰当的施工方案与应急处置,从而提升对风险的抵御水平。

技术优化是增进工程适应性的关键渠道。凭借引入先进的勘察技艺,诸如三维地质建模、地质雷达勘查等^[2],能实现对地下复杂结构的精准辨认,提高前期地质评估精准度;采用如注浆加固、深基坑支护、盾构施工等新式工艺技术,能切实降低复杂地质情形对施工安全及效率的不利影响。适度优化施工组织跟工序布置,施工期间实时调控工艺参数,也能明显减少工程隐患。

风险控制乃是工程安全运行的基础支撑。需让系统性的风险管理体系贯穿工程全生命周期,含有风险认定、评价、监控和应对等阶段。项目管理者应采用数据化途径进行施工监测,好比安装位移感应装置、水压监控器具、沉降观测仪器等,实现对关键风险点的即刻预警。一旦察觉异样,可迅速启动反应机制,及时变动施工策略方向,杜绝重大事故降临。技术优化及风险控制不仅是处理复杂地质条件的有效手段,更是保证水利工程平稳推进、实现高质量打造的有力支撑。必须不断强化施工技术水平,加强对风险的科学认知及掌控,才会在复杂地质环境中安全、高效地达成工程建设预期。

3 复杂地质条件下水利工程施工的主要问题

3.1 地质条件不确定性高,增加施工风险

面对复杂地质情形下,地质构造的不确定性给水利工程施工添了极大挑战。地质条件的不确定性主要反映出地层结构复杂错综、地下水活动频繁多样、岩体破碎程度很大等方面,施工前要把这些因素全部掌握并不容易,就算进行地质勘察,也或许存在遗漏与偏差。实际开展施工时,经常会发现跟勘察结果不符的地下溶洞、断层带或软弱夹层,引起施工过程中突然冒出坍塌、涌水、滑坡等风险事件。此地质不确定性不仅会造成工期拖延^[3],还可能会造成重大经济亏损,甚至造成人员的死伤。

3.2 地下水丰富引发渗漏与突水问题

复杂地质区地下水的丰富情况是影响水利工程安全的常见问题之一。地下水不单单对基坑稳定性产生不利效应,还可能引起严重的渗漏、突水,乃至造成管涌现象,尤其在穿越含水层或断裂带的工程项目开展时,表现更为明显。若处置不当,涌水会冲刷掉土体,导致地面沉降以及结构破坏。当进行隧道开挖与基础施工之际遭遇高压地下水,或许会引起围岩失稳现象,提升施工的难度系数。有必要采取科学合理的地下水控制办法,诸如预注浆加固流程、降水井精准布设、帷幕墙防渗处理等。施工阶段要紧密监测水位的变动及渗流速度,构建应急抽排体系,让水力作用处于可控的范畴。只有充分洞悉地下水特性才行,才可有效削减水害造成的工程风险。

3.3 软弱地层与岩溶地貌影响基础稳定性

在特定的某些地带,恰似喀斯特地貌分布区或松软沉积地段,软弱地层与岩溶结构对水利工程基础稳定性有极大的威胁。如淤泥质土、粉质黏土这些软弱地层,强度欠佳、压缩性高,外力施加时较易出现沉降或滑动,引发地基稳定性丧失、建筑物倾斜甚至坍塌。而岩溶地貌往往存在发育程度各异的溶洞、暗河、溶槽等不规则模样,施工期间一旦开挖或承载不均,极容易引发塌陷、突水等状况。鉴于此类地质体稳定性不足、分布范围不规整,为工程勘察与设计带来极大困扰。就这一问题而言,施工单位应在设计阶段加大对基础处理投入规模,若采用桩基加固、换填垫层、化学固结、注浆充填等方式,且结合现场勘测结论及时优化处置方案,以此保障基础的安稳。

3.4 施工技术适应性差,效率低下

复杂地质环境为传统施工技术提出了更苛刻的要求,倘若施工技术的适应性欠佳,容易引起施工进度受阻、工程质量降低。诸多传统技术在应对高地应力、断层破碎带或高含水率地层施工挑战时力不从心,施工当中频繁出现设备卡滞现象、支护失去效力、作业面塌落等问题,造成施工效率较差、返工频次升高。在岩体破碎带实施钻爆开挖操作时,若技术参数未实施精细调整,可能会诱发围岩过挖或掉块情形。施工单位需依照实际地质情形,选定恰当的施工设备及工艺,诸如盾构工艺法、TBM机械工艺法、冻结工艺法等,需采用分区分段的施工战术,降低风险积聚。加大施工队伍专业培训力度、提升技术人员对复杂地质的应变水平,也是增强施工技术适用性、促进工程效率的核心要点。

4 复杂地质条件下水利工程施工技术优化与风险控制策略

4.1 加强前期地质勘察与动态信息反馈机制建设

面对复杂的地质条件,施工若要成功,关键是充分知悉并动态掌控地质环境,必须于工程前期加大地质勘察投入,综合运用钻探、物探、地质雷达等多种探测手段,得到多维立体形式的地质资料。应创建动态的信息反馈体系,迅速把施工过程中新发现的地质情况反馈到设计与施工决策层^[4],以此推动“设计—施工—反馈—再设计”的循环升级。处于隧洞施工阶段时,当碰到与勘察不符的破碎带或是岩溶结构,需借助补充钻探和超前探测迅速调整设计方案,由此有效抵御施工风险。动态反馈机制可为后续施工技术调整给出参考凭据,增强整体工程的适应性与安全性。合理、全面的勘察记录与高效的信息反馈渠道,为施工技术优化及风险控制实施奠定前提基础。

4.2 优化施工工艺与设备配置,提升技术适应性

结合复杂地质条件下各类不良地质体特质,需优化现有的施工工艺,提升其应对各类地质状况的能力。在高含水层跟破碎带的区域,可采用分段注浆手段加固围岩,加大支

护支撑强度；要是碰到软弱地层，可采用旋喷桩、CFG桩等类型的地基处理手段，提升地基稳固性。在设备配置相关事宜，应依照地质条件选取专业化施工机具，要是岩体硬度大且地应力高，优先采用隧道掘进机，其稳定性佳且安全性出色，很适合长距离隧道的开挖实施。应做好应急施工设备的储备，诸如排水泵、喷锚支护机械等，用来应对骤然出现的地质灾害，与此同时强化设备的维护与调试工作，保证在关键阶段高效进行。优化工艺与装备体系不仅可提升施工效率，还可切实降低因地质复杂所引发的技术性风险。

4.3 强化地下水处理与防渗系统设计

复杂地质条件里，地下水问题属于常见且危害偏大的施工风险之一，由此需加大地下水控制技术与防渗设计的投入。在实施施工的阶段，可凭借合理布设井点降水系统、帷幕注浆或冻结法控制水头压力，防范基坑涌水、突水事故降临。在深基坑施工期间布置多级降水井系统，辅以截水帷幕手段，可切实控制地下水位，让基坑稳定可靠。从防渗体系的角度，应结合不同地质水文环境挑选复合防渗手段，像采用粘土防渗层、土工膜和排水毯的组合样式，能大幅提升防渗的功效，还呈现出良好的结构柔性与稳定性。防渗材料应具备显著的抗化学侵蚀性和长久耐久性，维持工程长期运行的安全性。采用成体系的地下水控制与防渗管理，能够极大减少水害对施工进度以及工程质量的干扰。

4.4 构建完善的风险预警机制与应急响应体系

面对复杂地质条件的时候，水利工程遭遇的地质不确定性程度高、地下水活动频繁不断、软弱地层分布范围大等特性，造成各类潜在风险难以全然杜绝。创建科学合理的风险预警与应急响应机制，成为保障工程安全顺利推进的关键手段。该体系的关键是把工程安全管理从“事后处理”转变为“事前预防”，采用全时段、全范畴的监测与动态治理，预先察觉并妥善处理潜在隐患。

在工程施工启动前夕，应聚拢专业技术团队对整个施工流程开展系统的风险辨识与等级评估，深入分析各施工环节可能面对的风险源及其影响范畴，诸如边坡滑移问题、基坑突水现象、围岩坍塌情形、设备沉陷状况等，依据风险程度，制定具有针对性的应急预案与防控举措。尤其是当经过断层带、岩溶区、高地下水位等地段，更应着重做好对局部风险的预判与处置方案的完备^[9]。

在施工具体实施过程中，应在高风险区域投放先进的智能监测设施，诸如形变感应仪器、应力测量仪器、渗压计量仪器、地表沉降监测装置等，创建数字化、信息化的监测网络格局，实现对地质参数、水文变迁和结构反馈的实时把控。采用数据分析平台开展集中处理，一旦监测数据出现异样或靠近预警临界值，即刻自动开启预警机制，及时通告管理专员，指导现场迅速采取加固支护、管控施工节奏、疏散人员等应对动作，防范事故的降临。

应急响应体系的构建同样不可漠视。施工单位要预先制定多套精细的事故应急处置预案，且按周期组织全员应急演练，提高一线人员应急处置水平与协同效率。现场尚需配置必要的应急物资与专门的救援团队，涉及排水器材、照明设备、通风装置、医疗急救包等，为应对突发状况能迅速开展抢险救援事宜。采用预警监测及应急响应双轮驱动机制，能显著降低突发事件所致的人员伤亡及财产损失，还能保证水利工程在复杂地质条件下顺利开展与安全运行。

5 总结

复杂地质状况下水利工程施工技术的优化及风险管控属于系统工程，涵盖多个技术范畴与管理层面。在施工工作推进过程，依靠科学的地质勘探、风险评估、技术革新及实时管控，可有效削减施工中的潜在隐患，保障工程质量和安全。本文所提的技术优化策略与风险控制措施，为水利工程施工给出了具体实施方案，拥有显著的实践意义。伴随技术的持续升级，复杂地质条件下水利工程施工的风险管理及技术优化会愈发精细、科学。

参考文献

- [1] 王楚鑫.复杂地质条件下深基坑支护施工优化与风险控制[J].建筑工人, 2025(3).
- [2] 秦勇,易同生,汪陵霞,等.面向项目风险控制的煤炭地下气化地质条件分析[J].煤炭学报, 2023, 48(1):290-306.
- [3] 杨进,傅超,刘书杰,等.中国深水钻井关键技术与装备现状及展望[J].世界石油工业, 2024, 31(4):69-80.
- [4] 赵臻.湿陷性黄土地区公路工程施工风险研究[D].兰州交通大学,2023.
- [5] 刘晓强.复杂地质条件下半煤岩巷炮掘快速掘进施工技术研究与应用[J].煤炭新视界, 2023(1):103-105.