

# 复杂地质条件下水利建筑施工关键技术研究

赵 苹

(桐庐鸿瑞建设工程有限公司, 浙江 杭州 311500)

**摘 要** 在复杂地质条件下开展水利建筑施工, 常面临不稳定土层、高水位侵袭、地下水渗透等多重难题, 严重影响工程整体质量和安全。本文从当前水利建筑施工的实际出发, 深入探讨了复杂地质条件下水利施工的关键技术, 通过引入先进施工装备、创新施工工艺, 严格落实环境与安全管理措施, 切实保障施工成效, 突出各项技术的优势, 以期同类复杂地质水利工程施工提供参考。

**关键词** 复杂地质条件; 水利建筑施工; 岩土工程; 地下水位; 地质灾害

中图分类号: TV5

文献标志码: A

DOI: 10.3969/j.issn.2097-3365.2026.11.016

## 0 引言

随着水利工程规模不断增大, 复杂地质条件下的施工问题日趋突出, 而水利建筑施工本身又常常在软土、高水位等不利地质条件下进行, 传统施工方法及设备难以直接解决常规问题。因此, 为保证施工顺利进行, 提高工程质量及施工安全, 需研发适应复杂地质环境的先进技术, 在满足工程施工需求的同时还能改善地质条件, 降低施工难度和安全风险。

## 1 复杂地质条件对水利建筑施工的影响

### 1.1 岩土工程问题

软弱土层是建筑施工中常见的地质问题, 因其承载力低, 容易发生沉降和变形。在此类土层上施工时, 通常需采用土质改良或深基础技术, 如桩基和灌浆加固等, 以确保基础的稳定性和结构的安全性<sup>[1]</sup>。而地下水位的变化, 特别是高地下水位极易导致水土流失、基础沉降, 因此施工时应主动、合理地进行地下水控制, 采用井点降水或深井降水等降水技术稳定水位, 避免水位波动带来的不利影响。此外, 断层对施工的潜在重大影响, 尤其是在隧道、水库等地下工程中, 断层带的复杂地质构造极有可能引起地表变形、断裂, 极端情况下甚至会诱发地震或滑坡等灾难性事故, 也需引起各单位的高度重视。

### 1.2 地下水位变化与渗透问题

由于地下水位过高, 施工场地易发生水土流失, 这直接危及施工安全。更严重的是, 在软弱土层中水的渗透性较大, 地下水位过高会使土壤抗剪强度大大降低, 土体容易滑动, 基础容易沉降。此外, 施工中

地下水位的变化又极易引起地基不均匀沉降, 从而直接损害结构安全。

### 1.3 地质灾害

地质灾害(滑坡、地震、泥石流等)对施工安全有直接、重大的威胁, 复杂地质条件会使此类灾害发生频率增加, 危害程度加大。具体而言, 滑坡多发生在山地及丘陵地区, 雨季时地表水渗透、地下水位抬升极易诱发土体滑移, 因而对施工场地及周边环境都构成极大危险。此外, 地震是突发性极强的灾害, 地震带附近的施工会面临更紧迫的安全风险, 建筑物基础及主体结构在地震中可能发生位移、倾斜, 甚至倒塌, 影响工程进度与安全。

## 2 复杂地质条件下水利建筑施工关键技术

### 2.1 勘察与设计技术

在复杂地质条件下, 为确保工程安全, 其基础条件是勘察与设计。勘察工作的开展对工作人员的专业能力提出更高要求, 对现代化技术手段灵活应用, 主要是对现场的地质情况进行详细调查, 获取可靠数据, 包括地下水分布、潜在地质灾害和岩土层结构等信息, 进而编制详细的地质报告, 该报告应包括地质层分析, 为施工方案的设计提供科学依据, 确保施工过程中的安全与稳定<sup>[2]</sup>。在设计阶段要考虑水利建筑结构特殊性, 在复杂地质条件下会涉及泥石流易发区域、软弱土层, 设计过程中要注重加固措施的制定与实施, 如深基坑支护、桩基等, 符合防渗设计的要求的同时, 整体抗震效果更加突出。关于地质灾害的评估也比较重要, 主要是对地震、滑坡等自然灾害的提前预判,

作者简介: 赵苹(1991-), 女, 本科, 工程师, 研究方向: 水利施工及造价。

在设计阶段就会制定详细的应急措施,如采用特殊的基础设计、设立防护墙等,都能避免因地质条件不佳而引发的施工问题。通过前期细致勘查与高效设计,为后续施工提供了可靠的技术保障,使水利建筑工程能在复杂地质条件下稳定运行。

## 2.2 基础处理技术

在复杂地质条件下,水利建筑的基础处理技术是增强工程安全性、稳定性的必要条件。水利工程一般位于地质条件不均匀,或者是地层比较复杂的区域,为保证技术处理的良好效果,还需对各种技术灵活应用,避免出现地基沉降不均匀或滑坡等问题。例如:土层加固技术的应用,最常用于解决软弱地基问题,通过改变地基结构,提高其承载力,减少沉降。其中,深层搅拌法通过使用专业的设备,将固化剂与软弱土层混合,逐渐形成加固土柱,能增强地基结构的稳定性,在一些淤泥、软土等条件中应用比较广泛。而灌浆加固法主要是通过钻孔,将化学浆液、水泥浆液或者其他填充材料注入土体中,使土体中的空隙得到充分填充,土体的物理性得到明显改变,整体抗压强度持续增强,此方法适用于砂土、粘土等不均匀土层。关于地下水的控制也比较重要,受复杂地质条件的影响,尤其是在水利建筑施工过程中,地下水会影响施工进度,还会引发基坑坍塌问题。对此,可以采用井点、井管、深井等设备,使施工场地干燥,降低地下水位,避免地基受水土流失的影响而引发质量及安全问题,或者设置防渗墙,可以采用混凝土防渗结构,使地下水不再流入施工区域,有利于水利建筑的结构改善,尤其是在一些渗水比较严重的区域,可以采用此方法,治理效果突出。

深基坑施工中常用的桩基形式有旋挖桩、冲击桩,而桩基的选择一般要根据土层厚度及土质类型来确定。本工程中由于地基承载力较差,因此采用了混凝土灌注桩,桩长 25 m,桩径 60 cm,桩基处理后的沉降量严格控制在 10 mm 以内,从而保证上部结构的安全。在地下水位较高的地区,应采用排水、降水技术,如井点降水和深井降水等,主动控制地下水位,防止基础土体软化、流滑,切实保障施工安全。例如:在坡度较大或者软弱土层条件下施工作业时,采用土钉墙支护技术,将钢筋或者其他材料制成的土钉打入土层,以加固土层稳定性,避免基坑边坡坍塌问题的发生。

## 2.3 地下工程施工技术

地下工程施工所面临的主要问题可以归纳为岩土层稳定性、地下水渗透、施工设备的适应性等方面,

因此常见施工方法有盾构法、爆破法、暗挖法、机械开挖法等。其中,盾构施工技术是目前最常用、最成熟的地下工程施工方法之一,其基本原理是用盾构机在地下土层中向前掘进的同时可靠地进行土体支护。在复杂地质条件下,盾构机的选型及施工参数的确定有极强的技术意义。某水利项目中地下土层十分松软,施工方合理地选用配有液压支撑系统的盾构机,盾构机刀盘直径 6.5 m,推进速度 20 m/d。它既保证了土体的稳定,又最大限度地提高了施工效率。同时,盾构机配备有实时监测土壤压力、地下水位的系统,能据此及时、主动地优化施工参数。由于盾构法不适用于硬岩地层,因此对不适合盾构的硬岩区域宜采用爆破法或机械开挖法开挖,而爆破法一般用于硬岩及断层区域,施工时要严格控制爆破力及施工区周边的安全距离,最大限度地保护周围环境。

此外,地下水渗透又是水利建筑工程中十分常见且棘手的问题,故防止地下水渗透到施工现场的常用手段是注浆封堵、施工防水层等。结合工程的建筑要求及标准,应提前对复杂地质条件进行勘察与分析,结合可靠数据制定详细的施工计划,细化各部门的工作内容与职责,以推动工程建设顺利进行,从根本上杜绝常规问题的发生。

## 2.4 施工监测与控制技术

对监测技术的应用,能实时采集、分析施工过程中的各种数据并及时、可靠地反馈异常信息,工程中有很多成熟技术可供应用,如地质勘探监测、沉降监测、振动监测及结构健康监测。某大型水利工程,施工方采用了基于 GPS 的沉降监测系统对施工区域地面沉降做了严密的实时监控。施工过程中地面沉降量始终未超过设计允许范围( $\leq 15$  mm),保证周边建筑物的安全<sup>[3]</sup>。

在地下工程施工中,尤其是软土或不稳固岩层中的施工场合,使用应力应变监测技术对支护结构进行实时监控具有明确的工程价值。在现场布设应力传感器后,施工人员可实时掌握支护结构的受力状态,及时调整施工参数,切实防止支护结构破坏。施工中使用的应力应变监测技术在隧道壁受力突变时能及时触发预警,施工方据此迅速调整支护结构的加固方案,最终成功避免了隧道坍塌。此外,由于施工过程中的安全监控具有重要意义,因此在地震活跃地区施工时,宜布置振动传感器对施工中可能出现的地震波进行监测,以可靠地报警振动超标情况,从而保护人员和设备安全,有效控制施工风险。

### 3 复杂地质条件下水利建筑施工策略

#### 3.1 先进施工装备的应用

由于先进施工装备在复杂地质条件下的应用对水利建筑施工的顺利进行有重要意义,因此现代化施工装备既有利于提高施工效率,又能保证施工安全和施工质量。近年来,水利建筑施工中智能化、高效化设备的应用已有明确的进展:激光扫描仪和无人机都已被很好地引入勘察及施工环节,且各展所长,互为补充。其中,激光扫描仪可快速、高精度地采集施工现场三维数据,有利于工程师对地形、地质条件做出可靠分析,制定科学的施工方案。无人机可对大范围区域进行地质勘察及施工监测,在不干扰施工进度的前提下实时获取空气质量、土层参数等关键数据,能对工程建设进行动态化监管及优化<sup>[4]</sup>。通过先进施工装备的应用,可高效改善复杂地质条件,为水利建筑施工奠定良好基础。

#### 3.2 施工方法的创新

传统施工方法在复杂地质条件下难以妥善解决土层差异性、地下水渗透等问题,因此需创新施工方法,这对水利建筑施工质量及安全有直接影响。近年来,得益于技术进步及施工经验的积累,已有不少能良好适应复杂地质条件的新施工方法出现。比如,地下连续墙技术,将钢筋混凝土墙体深埋地下形成围护结构,能合理解决地下水渗透问题,特别适合软土、高水位环境下的水利工程。某水利工程便应用了地下连续墙技术,先钻孔,后灌注混凝土,再布置钢筋,层层有序地隔绝了地下水对施工区的影响,为之后的主体结构施工创造了十分有利的条件。另外,复合地基处理技术也比较成熟。由于传统桩基技术在软土及承载力极低的地区不能很好地满足工程要求,而复合地基处理技术将加固土体、注浆加固等方法结合起来,能提高地基的承载力,降低沉降<sup>[5]</sup>。某大型水利工程应用复合地基处理技术,先进行若干次注浆,再进行土体加固。最终保证大坝基础的稳定性。目前水利建设技术正在迅猛发展,会有越来越多适应复杂地质条件的先进施工方法出现,如智能化施工监测与控制方法、模块化施工技术,都将进一步提高施工效率,更有利于保证施工安全。

#### 3.3 环境与安全管理

复杂地质条件下水利建筑施工中环境、安全两者都是重要的课题,合理的环境及安全控制措施既是施工顺利进行的前提,又有利于保护生态环境、保障施工人员安全,施工过程中的环境保护措施有极其明确

和重大的意义<sup>[6]</sup>。具体而言,水利工程的施工区域多临近水源或生态保护区,若不严格防范施工对环境的污染,就会造成不可逆的生态损害。因此,水库工程中施工方一般采取土壤覆盖、泥浆池隔离、废弃物分类处理等方式,切实防止泥浆渗入地下水或流入周边水体。再加上施工方主动与环保部门的协作,对施工区域内动植物开展系统监测,遵循因时制宜原则制定及落实保护措施,最大限度减少对生态系统的干扰。

复杂地质条件下地质不稳定、地下水位高,在施工中伴有一定的风险,建议项目方先进行系统、严谨的安全风险评估,再据此制定切实有效的应急预案。在施工过程中采取严格的支护结构监测措施保证隧道壁稳定,还能在施工现场配备气体检测仪、防护面具等应急设备,最大限度地保障施工人员安全。此外,施工过程中还需重视对设备、施工质量的监控:施工人员要按施工进度有计划地对施工现场所用设备进行检查,保证机械设备正常运转,由此防止设备故障引发事故。同时,在施工过程中进行土层变形、地下水位变化的实时监测,对各种突发情况做到早发现、早处理。因此能以科学合理的环境及安全控制措施切实降低施工风险,提高工程的可持续性及其安全性,为复杂地质条件下的水利建筑施工创造可靠条件。

### 4 结束语

复杂地质条件下水利建筑施工需要技术创新,经过施工实践总结、优化施工方案等,引进盾构机、地下连续墙技术及复合地基处理方法,高效解决地质问题,保证工程顺利进行。同时,配套智能化施工监控及安全管理系统,使施工精度、施工安全都能得到提高,有利于增强水利建筑施工整体结构的稳固性,助力工程稳定发展。

#### 参考文献:

- [1] 慕娟.复杂地质条件下水利工程基础灌浆施工技术要点研究[J].水上安全,2025(17):174-176.
- [2] 张金兰.大型水利工程中复杂地质条件下的施工技术挑战与解决方案[J].散装水泥,2025(01):112-114.
- [3] 刘松良.复杂地质条件下水利工程施工地基处理灌浆技术研究[J].工程技术研究,2024,09(22):85-87.
- [4] 田光辉.复杂地质条件下水利工程高水位深基坑降水施工方法研究[J].价值工程,2024,43(26):67-70.
- [5] 唐振东.复杂地质区水利工程施工地基处理灌浆技术[J].水上安全,2023(10):196-198.
- [6] 李立权.涉及复杂地质的水库除险加固工程防浪墙施工技术[J].水利技术监督,2023(01):247-251.