

# 水利水电施工技术和灌浆施工的应用

王小军 张丽霞

中国水利水电第十一工程局有限公司 河南 郑州 475000

**摘要:** 随着社会经济发展,水利水电工程承担着防洪、发电、灌溉等多重功能,对保障水资源合理利用与能源供应意义重大。本文深入探讨水利水电施工技术和灌浆施工的应用。鉴于水利水电工程施工环境复杂、规模庞大、技术要求高且对生态环境影响显著的特点,系统阐述了土石方开挖、混凝土施工、地基处理等常用施工技术。同时,详细分析灌浆施工技术在水利水电工程中的应用,涵盖灌浆材料、设备、施工流程及质量控制等方面,旨在为提升水利水电工程施工质量与效率提供理论与实践参考,保障工程安全稳定运行。

**关键词:** 水利水电; 施工技术; 灌浆施工; 应用

引言: 水利水电工程是国家基础设施建设的关键,在经济发展、能源供应与水资源利用方面作用重大。但复杂地形、恶劣环境和庞大工程体量,给施工带来极大挑战。灌浆施工技术作为地基加固与防渗堵漏的核心,直接影响工程质量与寿命。深入探究水利水电施工技术及灌浆施工应用,优化施工方法,对促进行业可持续发展意义深远。

## 1 水利水电工程施工特点

### 1.1 施工环境复杂

水利水电工程多建于江河湖泊等水域周边,地形地貌千差万别,涵盖高山峡谷、丘陵盆地等多种类型。施工区域常面临复杂地质条件,如断层、溶洞、软土地基等,增加了基础处理难度。同时,气候条件对施工影响显著,暴雨可能引发洪水、泥石流,严寒天气会降低混凝土施工质量,高温则影响施工人员作业效率与安全,这些都给施工带来极大挑战,增加了施工风险与管理难度。

### 1.2 工程规模庞大

水利水电工程往往涉及众多子项目,工程量惊人。以大型水电站为例,不仅包括大坝、溢洪道、发电厂房等主体工程,还涉及输水系统、通航设施等配套项目。如三峡工程,混凝土浇筑量高达2794万立方米,土石方开挖量达1.0283亿立方米,施工周期长,需投入大量人力、物力与财力,对施工组织、协调与管理能力要求极高,稍有不慎就可能影响工程进度与质量。

### 1.3 施工技术要求高

由于水利水电工程的特殊性,对施工技术有着严苛标准。从基础处理到主体结构施工,每个环节都需精准把控。例如,大坝建设需保证极高的防渗性能与结构稳定性,对混凝土浇筑工艺、温控技术要求严格;地下洞室开挖需应对复杂地质,采用合适的开挖支护技术。同

时,随着工程规模与难度提升,还需不断引入新技术、新工艺,以确保工程质量与安全,满足工程功能需求。

## 1.4 对生态环境影响大

水利水电工程建设与运行会对周边生态环境产生广泛影响。工程施工过程中的土石方开挖、混凝土浇筑等活动,易造成植被破坏、水土流失;水库蓄水会改变河流天然水文情势,影响鱼类洄游、产卵,导致生物多样性减少;库区水位上升还可能引发地质灾害,威胁周边居民生活。因此,在工程建设中必须重视生态环境保护,采取有效措施降低负面影响,实现工程建设与生态保护的协调发展<sup>[1]</sup>。

## 2 水利水电常用施工技术

### 2.1 土石方开挖技术

#### 2.1.1 爆破开挖

爆破开挖是利用炸药爆炸产生的能量破碎土石方的施工方法。根据工程需求和地质条件,采用浅孔爆破、深孔爆破、洞室爆破等不同形式。它适用于岩石坚硬、工程量大的开挖工程,如大坝基础岩石开挖。通过精确计算炸药量和合理布置炮孔,可有效控制爆破范围和破碎效果,但需严格遵守安全规程,做好警戒防护,避免对周边环境和人员造成伤害。

#### 2.1.2 机械开挖

机械开挖借助挖掘机、推土机、装载机等机械设备直接挖掘土石方。该方法操作灵活、施工效率高,适用于软土地基、土方量大且对开挖精度要求不高的工程,如渠道开挖、基坑开挖。机械开挖可实现连续作业,能快速完成大量土石方转运工作。同时,根据不同工况选用合适机械组合,可进一步优化施工流程,提高施工效率,降低劳动强度。

### 2.2 混凝土施工技术

### 2.2.1 混凝土制备

混凝土制备需严格把控原材料质量与配合比。水泥、砂石、外加剂等原材料的性能直接影响混凝土强度与耐久性,需按规范检测。根据工程要求设计配合比,精确计量各组分用量,采用搅拌设备充分搅拌。在水利水电工程中,常使用大型搅拌站,通过自动化控制系统确保配料精准,同时依据施工环境调整水灰比,保证混凝土和易性、强度等性能满足要求。

### 2.2.2 混凝土运输

混凝土运输需保证其均匀性和工作性能,防止离析、泌水。常用运输方式有搅拌车运输、皮带输送机运输、溜槽运输等。对于长距离运输,搅拌车可在运输途中持续搅拌;而短距离垂直运输多采用溜槽或泵车。在运输过程中,要控制运输时间,避免因时间过长导致混凝土坍落度损失过大,影响浇筑质量,特殊情况下还需采取保温或降温措施。

### 2.2.3 混凝土浇筑与振捣

混凝土浇筑应分层、分段进行,合理控制浇筑速度和高度,避免出现冷缝。振捣是关键环节,通过插入式、附着式振捣器等设备排出混凝土内空气,使其密实。振捣时需控制振捣时间和深度,避免过振或漏振,防止混凝土出现蜂窝、麻面等缺陷。在水利水电工程大坝浇筑中,还需做好温控措施,防止因水化热产生裂缝,保障混凝土结构的整体性和耐久性。

## 2.3 地基处理技术

### 2.3.1 桩基础

桩基础是通过将桩体沉入或打入地基土中,将上部结构荷载传递到深层坚实土层或岩层的地基处理方式。在水利水电工程中,根据受力特性分为端承桩和摩擦桩,适用于软土地基、承载能力不足的地基等情况。施工时,可采用预制桩或灌注桩,前者通过机械打入,施工速度快;后者现场成孔灌注,适应性强。

### 2.3.2 沉井基础

沉井基础是先在在地面制作井筒结构,然后通过取土或排水等方式,使井筒在自重作用下逐渐下沉至设计标高的地基处理方法。在水利水电工程中,常用于大型水闸、取水构筑物等基础施工。其优点在于整体性好、稳定性强,能适应复杂地质条件。施工时,需合理控制下沉速度和方向,防止偏斜,同时做好封底处理,避免地下水渗漏,为上部结构提供坚实可靠的基础支撑<sup>[2]</sup>。

## 3 灌浆施工技术在水利水电工程中的应用

### 3.1 灌浆材料

#### 3.1.1 水泥

水泥是灌浆施工中最常用的基础材料,其强度高、耐久性好,能有效填充缝隙并胶结地层。在水利水电工程中,普通硅酸盐水泥适用于一般地层灌浆;而低热水泥因水化热低,常用于大体积灌浆,可减少温度裂缝产生风险。水泥的强度等级、细度等指标直接影响灌浆效果,施工前需严格检测其质量,依据工程地质条件和灌浆目的,合理选择水泥品种与强度等级,确保灌浆体的强度与稳定性。

#### 3.1.2 外加剂

外加剂在灌浆材料中起到改善性能的关键作用。减水剂可降低水泥浆的水灰比,提高流动性,减少泌水和收缩;早强剂能加速水泥硬化,缩短灌浆体凝固时间,加快施工进度;缓凝剂则用于延缓凝结,适用于长距离输送或高温环境下的灌浆作业。在水利水电工程中,根据不同的施工需求和地质条件,选择合适的外加剂并精确控制掺量,可有效提升灌浆材料的工作性能与工程质量。

#### 3.1.3 掺和料

掺和料在灌浆材料中能优化性能、降低成本。粉煤灰是常用掺和料,其颗粒细小,能填充水泥颗粒间空隙,改善浆液流动性和密实度,减少水泥用量,降低水化热。硅粉活性高,可显著提高灌浆体的强度和耐久性。在水利水电工程灌浆施工中,合理掺入掺和料,不仅能提升浆液综合性能,还能适应不同地质条件,同时满足工程对经济性和环保性的要求,提高工程效益。

## 3.2 灌浆设备

### 3.2.1 制浆设备

制浆设备是将灌浆材料按比例混合制成均匀浆液的关键装置。常见的有高速搅拌机和普通搅拌机,高速搅拌机通过强力搅拌叶片,能在短时间内将水泥、外加剂、掺和料等快速混合,制成流动性好、均匀度高的浆液,适用于大规模灌浆施工;普通搅拌机则常用于小型工程或对浆液性能要求不高的场景。制浆过程中需严格控制搅拌时间和转速,确保浆液质量符合设计要求,为后续灌浆作业奠定基础。

### 3.2.2 灌浆泵

灌浆泵是将制备好的浆液输送至灌浆部位的核心设备,其性能直接影响灌浆效果。按工作原理分为活塞式、螺杆式和柱塞式等类型。活塞式灌浆泵压力稳定、流量可调,适用于多种地质条件下的灌浆;螺杆式灌浆泵密封性好,能输送高浓度、高黏度浆液;柱塞式灌浆泵则可提供较高压力,满足深层灌浆需求。

### 3.2.3 钻孔设备

钻孔设备用于在地基或结构物上钻出灌浆孔,为浆

液注入创造通道。常见的有回转钻机、冲击钻机和潜孔钻机。回转钻机通过旋转钻头切削岩石，适用于土层和软岩地层；冲击钻机利用钻头的冲击力破碎岩石，在硬岩地层中效率较高；潜孔钻机则结合冲击和回转作用，钻孔速度快、深度大。在水利水电工程中，需根据地质条件、钻孔深度和孔径要求，选用合适的钻孔设备，并严格控制钻孔垂直度和孔深，确保灌浆孔质量满足设计标准。

### 3.3 灌浆施工流程

#### 3.3.1 钻孔

钻孔作为灌浆施工的起始环节，需严格依照设计图纸精确定孔位、孔深及孔径参数。借助全站仪等测量仪器定位后，选用适配的回转钻机、冲击钻机等设备，依据岩石硬度、土层特性灵活调整转速、钻压等钻进参数。施工全程监测钻孔垂直度，偏差控制在允许范围内，成孔后及时清除岩屑、残渣，保障孔壁平整，为后续工序筑牢基础。

#### 3.3.2 冲洗

冲洗工序通过清除孔内残留杂质，提升浆液与孔壁的粘结效果。常规采用压力水冲洗，利用高压水流由孔底向外带出泥渣；针对复杂地质孔段，启用风水联合冲洗工艺。以回水清澈且持续5-10分钟为合格判定标准，同时严格控制冲洗压力，防止孔壁坍塌，确保孔道洁净，为压水试验与灌浆作业创造优良条件。

#### 3.3.3 压水试验

压水试验是获取地层渗透特性的关键手段，通过分级向孔内注水，同步记录压力与流量数据，经计算透水率量化评估地层裂隙发育程度。试验结果直接指导灌浆压力、浆液配比等核心参数的确定。严格遵循试验规程操作，多次重复测量取平均值，保证数据可靠性，为科学制定灌浆方案提供坚实依据。

#### 3.3.4 灌浆

灌浆是实现加固防渗目标的核心环节，依据工程地质条件与施工要求，择选纯压式或循环式灌浆工艺。施工遵循分序加密原则，从低压稀浆起步，依据吸浆量动态调整压力与浆液浓度。全程监测压力、流量变化曲线，遇串浆、冒浆等异常状况，立即采取限流、降压等措施处置，确保浆液充分填充裂隙，提升工程稳固性。

#### 3.3.5 封孔

封孔作为灌浆施工的收官步骤，承担着防止地下水渗入、保障灌浆体耐久性的重任。常用机械压浆或压力灌浆封孔法，以“全孔灌浆封孔”为主，确保孔内浆液

饱满密实。待浆液凝固后，清理孔口多余浆体并抹平，对封孔质量进行抽样检测，避免出现空隙、空洞等缺陷，保障灌浆工程长期稳定运行。

### 3.4 灌浆施工质量控制

#### 3.4.1 原材料质量控制

对水泥、外加剂、掺和料等材料，需严格查验出厂合格证、质量检验报告，确保其性能指标符合设计要求。水泥的强度等级、凝结时间，外加剂的减水率、缓凝效果，掺和料的细度、活性指数等均需按规范进行抽样复检。同时，加强材料存储管理，避免水泥受潮结块、外加剂失效等问题，从源头把控质量，为灌浆施工奠定可靠基础。

#### 3.4.2 施工过程质量控制

钻孔阶段严格控制孔位、孔深和垂直度；冲洗环节确保孔道清洁无杂质；压水试验准确记录数据以指导灌浆参数设定；灌浆时严格控制压力、流量和浆液浓度，遵循分序加密原则，及时处理串浆、冒浆等异常情况；封孔保证浆液饱满密实。通过建立健全质量管理体系，加强现场监督，确保各工序符合技术规范，保障施工质量。

#### 3.4.3 质量检测

采用压水试验、钻孔取芯、物探等方法检测灌浆质量。压水试验测定灌浆后地层的透水率，评估防渗效果；钻孔取芯检查灌浆体的密实度、强度；物探技术通过检测波速变化，判断灌浆体均匀性和完整性。对检测不合格区域，及时分析原因并采取补灌等处理措施，确保灌浆工程质量达到设计标准，保障水利水电工程安全稳定运行<sup>[3]</sup>。

### 结束语

综上所述，水利水电工程施工技术的合理运用与灌浆科学的实施，是保障工程质量与安全的关键。从复杂环境下的工程施工特点出发，土石方开挖、混凝土施工、地基处理等常用技术，与灌浆施工技术相互配合，共同为工程建设筑牢根基。通过严格把控灌浆施工的材料、设备、流程及质量控制环节，能有效提升工程的稳定性与耐久性。

### 参考文献

- [1]陈程.浅谈水利水电工程灌浆施工技术及其质量控制[J].四川水泥,2021(12):138.
- [2]贾美兰.水利水电工程灌浆施工及其质量管理[J].现代物业(中旬刊),2022(08):207.
- [3]孔庆伟.水利水电工程灌浆施工技术探讨[J].城市建设理论研究(电子版),2022(21):163.