

水利水电施工技术和灌浆施工分析

李小松

武汉盘龙水务建设投资发展有限公司 湖北 武汉 430300

摘要: 随着水利事业不断推进,技术钻研正深入本文聚焦水利水电施工技术与灌浆施工。先概述水利水电工程特点、施工要求及常见施工技术分类,接着深入分析坝体填筑、混凝土浇筑、预应力锚固、施工导流、爆破开挖等关键技术。因此,对帷幕灌浆、高压喷射灌浆、化学灌浆等灌浆技术展开探讨,并强调灌浆施工质量控制要点。旨在为水利水电工程建设提供技术参考,助力提升工程质量和施工效率,保障工程安全稳定运行。

关键词: 水利水电工程; 施工技术; 灌浆施工

引言: 水利水电工程作为国家重要的基础设施,在防洪、灌溉、发电、供水等方面发挥着关键作用。其建设质量直接关乎区域经济发展和人民生命财产安全。随着科技进步,水利水电施工技术不断创新与发展,各种先进技术广泛应用于工程实践。其中,灌浆施工作为解决地基渗漏、增强结构稳定性等问题的有效手段,重要性日益凸显。深入分析水利水电施工技术及灌浆施工,对于提高工程建设水平、确保工程长期安全运行具有重要意义,本文将对此展开详细探讨。

1 水利水电施工技术概述

1.1 水利水电工程特点与施工要求

水利水电工程作为国家重要的基础设施,承担着挡水、蓄水、泄水及供水、发电、航运等多重功能,其工程特点与施工要求极为严苛。工程需满足稳定、承压、防渗、抗冲、耐磨、抗冻、抗裂等特殊性能要求,确保在复杂水流条件下长期安全运行。工程常建于地质条件复杂的山区或河流交汇处,地基处理难度大,需采用灌浆、防渗墙等技术加固软弱夹层或断层破碎带。此外,施工受水文、气象条件影响显著,需在枯水期抢抓工期,同时应对雨季、高温或低温等极端天气,通过温控措施防止大体积混凝土开裂。质量安全方面,工程寿命长、投资高,一旦失事将造成重大经济损失和人员伤亡,因此必须严格遵循技术规范,强化全过程质量控制,确保百年大计的质量标准^[1]。

1.2 常见施工技术分类

水利水电施工技术可划分为基础处理、土石方工程、混凝土工程、地下工程及导流工程五大类。基础处理技术包括帷幕灌浆、固结灌浆及高压喷射灌浆,用于地基防渗与加固,如三峡工程通过深层帷幕灌浆降低坝基渗透量。土石方工程涵盖土方开挖、填筑与压实,采用斗轮式挖掘机、自卸汽车等设备实现高强度施工,面板堆石

坝施工需控制填筑料级配与压实度。混凝土工程涉及大体积混凝土浇筑、温控及预应力技术,如小浪底工程采用分层分块浇筑与冷却水管降温,防止裂缝产生。地下工程包括隧洞开挖与支护,运用全断面法、台阶法开挖,配合喷锚支护或衬砌结构确保围岩稳定。导流工程通过围堰截流、基坑排水及施工度汛措施,保障干地施工条件,如南水北调中线工程采用上下游围堰配合导流明渠,实现汛期连续作业。

2 水利水电施工的关键技术分析

2.1 坝体填筑施工技术

坝体填筑是水利水电工程中土石坝施工的核心环节,其技术质量直接决定大坝的安全性与耐久性。在材料控制方面,需严格筛选填筑料,依据坝体不同区域的功能需求确定材料类型与性能指标。防渗体填筑料需具备良好的黏性与低渗透性,以阻断水流渗透路径;坝壳料则要求透水性强、压缩性低,确保排水顺畅并承受上部荷载。施工工艺上,采用分层分段填筑法,每层填筑厚度根据压实设备性能与材料特性确定,一般控制在0.8-1.5米。填筑过程中,通过自卸汽车运输、推土机摊铺、振动平碾碾压的组合工艺,实现填筑料的均匀压实。碾压时需控制行车速度与碾压遍数,保证压实度均匀,避免出现压实死角。质量检测环节,每层填筑完成后,采用灌砂法、环刀法或核子密度仪等检测压实度,确保满足设计要求。同时,通过现场取样试验,检测填筑料的含水量、颗粒级配等指标,对不合格材料及时处理,保障坝体填筑质量符合标准。

2.2 混凝土浇筑施工技术

混凝土浇筑是水利水电工程构筑物成型的关键工序,其技术把控直接关系到结构的强度、耐久性与抗渗性。在浇筑准备阶段,需严格检查模板的刚度、平整度及密封性,确保其能承受混凝土侧压力而不变形、不漏浆;同

时,对钢筋骨架的规格、数量、间距及绑扎牢固度进行复核,避免因钢筋移位影响结构受力性能。浇筑过程中,采用分层分段浇筑法,控制每层厚度在30-50厘米,通过串筒或溜槽下料,防止混凝土离析。振捣采用插入式振捣器,按梅花形布点,快插慢拔,振捣至表面泛浆、无气泡冒出且不再下沉为止,确保混凝土密实。对于大体积混凝土,需埋设冷却水管,通过循环水降低水化热,控制内外温差在25℃以内,防止温度裂缝产生。浇筑完成后,及时覆盖保湿材料进行养护,保持混凝土表面湿润,养护时间不少于14天,以促进水泥水化反应,提升混凝土强度与抗裂性,保障工程质量符合设计要求。

2.3 预应力锚固施工技术

预应力锚固技术是水利水电工程中增强结构稳定性的关键手段,通过预先施加的拉应力,有效提升岩体或结构的抗滑、抗倾覆能力。施工前,需依据工程地质条件与荷载要求,精确计算锚固力、锚固深度及锚筋规格,确保设计参数科学合理。钻孔环节,采用高精度钻孔设备,严格控制孔径、孔深及孔斜偏差,保证成孔质量满足规范要求。成孔后,利用高压风或水清洗孔壁,清除岩屑与杂质,确保锚固剂与孔壁充分粘结。锚筋安装时,需设置对中支架,保证锚筋居中,避免偏心受力。注浆材料选用高强度、低收缩的水泥基或化学灌浆料,通过压力注浆填充孔隙,确保注浆密实度达到设计标准。张拉阶段,采用分级加载方式,逐级施加预应力,并实时监测锚筋伸长量与应力变化,确保实际张拉力与设计值偏差控制在允许范围内。锁定后,进行锚固力检测,对不合格锚杆及时补强,保障工程长期安全稳定运行^[2]。

2.4 施工导流技术

施工导流是水利水电工程建设中解决施工期水流控制问题的关键技术,其核心是通过合理规划水流路径,为干地施工创造条件,确保工程安全与进度。根据工程规模、地形地质及水文条件,导流方式主要分为分期导流与一次拦断河床围堰导流两类。分期导流适用于宽阔河床,通过分期修建围堰与束窄河床,将水流引至未施工区域,实现多阶段施工;一次拦断法则通过上下游围堰完全截断河道,水流经导流隧洞、明渠或底孔等泄水建筑物下泄,适用于狭窄河谷或流量较大的工程。导流建筑物设计需兼顾泄流能力与结构安全。围堰需具备足够的抗冲刷、抗渗透性能,常采用土石围堰、混凝土围堰或钢板桩围堰;泄水建筑物需通过水工模型试验优化体型,确保过流顺畅且不产生有害气体。施工期间,需动态监测水位、流速及围堰变形,及时调整导流方案,应对汛期洪水等突发情况,保障施工安全。

2.5 爆破开挖技术

爆破开挖技术是水利水电工程中应对坚硬岩体及复杂地质条件的重要施工方法,通过精准控制炸药能量释放,实现高效、安全的土石方开挖。该技术涵盖多种类型:浅孔爆破适用于小规模或地形复杂区域,施工灵活但效率受限;深孔爆破采用大孔径、长孔深设计,结合多排孔微差爆破技术,可实现大规模、高效率开挖,是大型工程的首选方案。为保障施工安全与周边环境稳定,控制爆破技术至关重要。预裂爆破沿设计开挖线布置密集集炮孔,通过不耦合装药形成预裂缝,有效隔离振动波传播;光面爆破则通过优化孔距与装药结构,在开挖面形成平整壁面,减少超欠挖。施工时需严格遵循安全规程,采用数码电子雷管实现毫秒级延期起爆,精准控制炸药能量释放时序,同时加强爆破振动监测,动态调整参数,确保振动速度符合规范要求,最大限度降低对保留岩体及邻近建筑物的扰动。

3 水利水电工程灌浆施工分析

3.1 帷幕灌浆技术

帷幕灌浆技术是水利水电工程中构建防渗体系的核心手段,通过向坝基或岩体裂隙注入水泥基浆液,形成连续的阻水帷幕,有效降低地基渗透量、控制渗流梯度,保障工程长期稳定运行。施工前,需通过地质勘察明确岩层透水性、裂隙发育程度等参数,为钻孔布置与灌浆设计提供依据。钻孔作业采用金刚石钻头,确保孔径均匀、孔壁垂直,孔深需穿透透透水层并进入相对不透水层一定深度。裂隙冲洗是关键环节,通过高压水循环清除孔内岩屑与杂质,提升浆液可灌性。灌浆过程遵循“分序加密”原则,先施工疏孔再加密,采用自上而下分段灌浆法,段长控制在5-6m。浆液配比由稀至浓动态调整,初始水灰比通常为5:1,根据注入率逐步浓缩至0.5:1,确保裂隙充分填充。特殊地质条件下,如遇大裂隙或溶洞,需采用水泥-水玻璃双液浆或化学灌浆材料进行封堵处理。质量检查以压水试验为主,检查孔透水率需低于设计标准值,合格率应达90%以上,确保帷幕防渗效果满足工程安全要求^[3]。

3.2 高压喷射灌浆技术

高压喷射灌浆技术是一种通过高压射流实现土体与浆液混合凝固的防添加固技术。施工时,先利用钻机在预定位置钻孔至设计深度,再将带有特殊喷嘴的注浆管插入孔底。以20-50MPa的高压将水泥浆液或水气混合液从喷嘴中高速喷出,形成强大冲击力,破坏周围土体结构,使其颗粒与浆液充分搅拌均匀。根据喷射介质和形式的不同,该技术分为单管法、双管法和三管法。单管

法仅喷射水泥浆液,成桩直径相对较小;双管法同时喷射水泥浆液和压缩空气,能扩大影响范围;三管法则分别喷射高压水流、压缩空气和水泥浆液,可形成更大直径的凝结体。按喷射方向,还有旋喷、摆喷和定喷之分,旋喷形成圆柱状凝结体,摆喷形成扇形板墙,定喷形成薄板墙。该技术适用于砂土、粘性土、黄土及淤泥等多种地层,能有效提高地基承载力,形成连续防渗体,具有施工设备简单、进度快、成本较低、适用性广等优势,在水利水电工程的地基处理和防渗加固中发挥着重要作用。

3.3 化学灌浆技术

化学灌浆技术是利用化学浆液的低粘度、高渗透性及可调凝性,对细微裂隙或特殊地质条件进行防渗、加固处理的特种灌浆工艺。其核心在于通过压力注入环氧树脂、聚氨酯、丙烯酸盐等化学浆液,形成高强度、低透水性的固化体,有效解决常规水泥灌浆难以处理的工程难题。该技术具有显著优势:化学浆液粘度低,可渗入0.1mm以下的微裂隙,实现深度渗透;固化时间灵活可控,从数秒至数小时可调,适应不同施工需求;固化后材料强度高、耐久性好,且与岩土体粘结力强。施工时,需根据地质条件选择浆液类型,如环氧树脂适用于结构补强,聚氨酯适用于动态裂隙封堵,丙烯酸盐适用于地下水丰富环境。工艺流程包括钻孔、裂隙清洗、压水试验、灌浆及养护。灌浆方式采用纯压式或循环式,压力控制在0.2~1.0MPa,防止浆液流失或结构破坏。化学灌浆技术广泛应用于混凝土缺陷修补、地基加固、堤坝防渗等领域,尤其适用于复杂地质条件或对防渗、强度要求极高的工程场景。

3.4 灌浆施工质量控制

灌浆施工质量控制是确保工程防渗与加固效果的关键环节,需从材料、工艺、监测三方面严格把控。首先,材料质量是基础,水泥、外加剂等需符合设计标准,化学浆液需按比例精准配制,并进行性能试验验证其可灌性、凝

结时间及强度指标,杜绝不合格材料进场。工艺控制方面,钻孔需保证孔位精准、孔径均匀、孔壁垂直,裂隙冲洗应彻底清除孔内杂质,确保浆液渗透通道畅通。灌浆过程中,严格遵循“分序加密”原则,动态调整浆液水灰比与注入率,避免出现断浆、冒浆或串浆现象。对特殊地质条件,如大裂隙或溶洞,需采用间歇灌浆、双液浆封堵等针对性措施,确保填充密实。监测与验收是质量保障的最后防线。施工期间需实时记录压力、流量、注入量等参数,绘制过程曲线分析灌浆效果。完工后通过压水试验、钻孔取芯等方法检测透水率与凝结体完整性,透水率合格率需达设计要求,芯样完整率应不低于90%。对不合格部位需补灌处理,直至满足质量标准^[4]。

结束语

水利水电施工中,施工技术与灌浆施工是保障工程安全与质量的核心要素。从爆破开挖的高效破岩,到各类灌浆技术针对不同地质条件的精准防渗加固,每一步都凝聚着技术与经验的结晶。严格的质量控制贯穿施工全程,确保材料合格、工艺规范、监测到位。未来,随着新材料、新设备的不断涌现,水利水电施工技术将迈向更高效、智能、绿色的方向。持续优化施工工艺,强化质量管控,方能为水利水电工程的长期稳定运行筑牢根基,推动行业高质量发展。

参考文献

- [1]朱倩琳.水利水电施工技术和灌浆施工的应用研究[J].居舍,2021(12):63-64+81.
- [2]陈国栋.分析水利水电工程技术建筑中混凝土防渗墙施工技术[J].四川水泥,2021(04):34-35.
- [3]周泽军,黄玉红.水利水电工程灌浆施工技术与质量管理的策略分析[J].工程建设与设计,2021(07):169-170+173.
- [4]戴炜.水利水电工程施工中采用灌浆技术的成效分析[J].城市建设理论研究(电子版),2023,(21):101-103.