

水利工程

分析水利水电工程施工中灌浆技术的应用

冯 缘

(中国水利水电第五工程局有限公司 610225)

摘要:水利水电工程施工对灌浆技术的具体应用提出了较为严格的要求,在灌浆施工处理过程中必须选择适合的灌浆材料,做好钻孔、冲洗、压水试验、灌浆、封孔等工作,同时结合工程所在的地质条件及实际施工要求选择适合的灌浆技术,特别是在不良地质条件下更需要保证灌浆技术的应用效果。基于此,本文简要概述了水利水电工程施工中灌浆技术的应用意义和应用要点,分析了水利水电工程施工中较为常见的几种灌浆技术,进一步研究了水利水电工程施工中灌浆技术的应用方式及灌浆处理需要注意的问题,旨在为水利水电工程中灌浆技术的有效应用提供理论方面的参考。

关键词:水利水电工程;灌浆技术;应用

引言

目前灌浆技术已在水利水电工程项目施工中得到了广泛应用,但施工人员在实际施工中仍需要严格把关灌浆技术的应用流程,针对不同施工现场的质量要求运用不同的灌浆处理方法,充分发挥无塞灌浆技术、混凝土裂缝灌浆技术、诱导灌浆技术、高压喷射灌浆防渗技术应有的作用和优势,真正为水利水电工程项目的顺利施工提供技术层面的支持。

1 水利水电工程施工中灌浆技术的应用意义

灌浆技术在水利水电工程施工中有着广泛的应用前景,有助于保障整个水利水电工程的施工质量。运用科学可行的施工质量管控措施可以充分发挥灌浆技术的应用价值,切实提高水利水电工程的安全性与稳固性。最重要的是,水利水电工程施工不但能提供充足的电力能源,还能满足为我国居民的正常生活、工业农业生产提供大量水资源^[1]。但我国占地面积广阔、地理环境复杂,而水利水电工程的地区分布又极为广泛,在水利水电工程施工中很可能面临多个方面的挑战,甚至被地域环境所限制,最终的工程施工质量也无法得到基本保障。但在水利水电工程施工中应用灌浆技术可以有效避免各个环节中存在的漏水问题,从整体上提高工程项目施工的稳定性,以免漏水问题影响整个工程施工的质量。在水利水电工程施工中还需要在地基加固环节应用灌浆技术,充分发挥灌浆技术适应性强的优势,结合工程概况及施工特点明确灌浆技术的应用要求,进一步做好水利水电工程维护和验收工作,从而有效提高地基加固效果和工程施工质量。

2 水利水电工程施工中灌浆技术的应用要点

某水利水电工程主要以防洪灌溉为主,这项综合性利用的工程项目水库流域面积为 650km²,以粘土心墙砂壳堆石坝为坝体,其坝顶高达 507.30m,最大坝高为 50.30m,坝顶长 274m,原坝顶宽 6m。防浪墙顶高为 509.50m,且大坝上、下游边坡共分为四级,每一级均设

置了戕台,台宽在 1.5~2.0m 之间。其中粘土心墙顶高为 505.8m,顶宽为 2.0m,上下游坡面比均为 130.3。

2.1 灌浆材料选择

在水利水电工程中应用灌浆技术时必须充分考虑施工材料可能带来的影响,尽可能结合施工要求选择适合的灌浆材料,以此为施工工艺的科学运用奠定良好基础。实际上灌浆技术应用主要由水泥浆及其他成分配置而成,这种方式可以有效优化灌浆效果。但在灌浆材料选择、配置过程中,必须考虑其在水利水电工程中应用的可行性,结合施工现场情况深入挖掘岩层受灌条件,以此保证灌浆材料配置的合理性,确保灌浆材料能渗透到孔洞或岩层缝隙,进而保证岩层整体的密实度,以免浆液过于浓稠而影响其灌注效果。将灌浆技术应用到水利水电工程施工时,必须保证灌浆材料选择的防渗性能和强度,对施工作业结构进行优化的同时,有效避免结构破碎或不稳定等方面的问题。除此之外,在灌浆材料选择上还需要保证其具有良好的稳定性,以免其在水利水电工程施工中出现变质问题,同时重点关注灌浆材料应用的吸水率。最后,在水泥、水以及其他辅助材料的配置环节,既需要严格把控所有材料的配比,又需要加强试验检测工作,从根本上避免灌浆材料应用可能对工程施工质量造成的影响。另外,在工程施工前还需要对灌浆材料做好检测分析工作,通过科学的评估判断及时处理质量不合格的灌浆材料,避免其流入到后续的灌浆技术应用环节,充分发挥灌浆材料应有的作用和效果,并为后续灌浆技术的应用创造良好的先决条件^[2]。

2.2 钻孔

在水利水电工程施工中应用灌浆技术的关键在于严格把控钻孔环节,保证钻孔操作的精准性与可靠性,以免出现孔洞直径不达标或深度不到位的情况,甚至影响灌浆技术在工程施工中的应用效果。在钻孔处理前必须做好地质勘察工作,结合灌浆技术应用要求确定钻孔深度、孔位及内径等参数,从源头上避免数据偏差影响工

程项目的施工质量。在钻孔过程中还需要运用专业的钻孔机具，保证所有钻孔相一致，各孔洞则需要保持相对平滑顺直的状态，确保其具有良好的孔洞垂直度，以此为后续的灌浆操作处理提供良好保障。在实际施工中必须实时监控钻孔操作流程，重点关注孔斜测量工作，及时分析其中存在的倾斜问题，并采取有效措施进行纠偏处理，以免孔洞不一致而影响灌浆技术的应用效果，从根本上避免钻孔施工潜在的质量问题。由于水利水电工程项目所处的现场环境具有一定的特殊性，因此需要从多个角度着手选择适合的钻机和钻头，如硬质合金以及金刚石钻头等，在提高钻进效率的同时，避免钻孔环节出现严重的质量缺陷。

2.3 冲洗

当钻孔施工结束后，必须及时清洗孔洞内部中存在的杂质，以此为后续水利水电工程施工中灌浆技术的有效应用创造良好的操作条件。在冲洗过程中必须保证用水的清洁度，避免使用杂质过多的水源冲洗钻孔。在高压水流设置过程中必须把控各参数的准确性，特别是在压力设置环节必须做好管控工作，从而达到全方位冲洗钻孔的目的，以免冲洗力度不足而影响后续的施工环节。当水流彻底冲洗干净后，即可终止冲洗环节。在冲洗过程中除了清除孔洞内的杂质之外，还需要利用高压水流冲洗施工现场中的岩层缝隙，及时处理岩层缝隙中的杂质及不稳定因素，从而保证后续的灌浆操作环节能顺利进行。

2.4 压水试验和灌浆

在灌浆操作正式开展前必须做好压水试验，充分了解灌浆操作所需的参数信息，以此保证灌浆处理适用于所有孔洞。开展压水试验时，必须保证水压的大小与孔

洞试验要求相适应，同时精准评估时间、水量、岩石渗透参数等。在压水试验开展过程中还需要充分考虑压力设置要求，确保水压能满足实际施工需求，进而有效提高水压在不同孔洞和岩层缝隙中的适应性。在此过程中还需要控制压水量，同时全方位采集工程施工中产生的数据信息，以此为后续的灌浆技术应用提供科学可靠的参考依据。当压水试验完毕后，即可利用事先配置好的水泥浆或其他施工材料进行灌注处理，结合工程项目的现场施工条件和地质情况选择适合的灌浆方式、技术手段，并保证灌浆顺序和施工工艺选择的合理性。在理想的现场施工条件下可以采用沿全孔灌浆方式，避免其中涉及到过于复杂的施工工序，同时整体提高灌浆效率，进一步优化其整体结构，通过适当提高灌浆压力来保证最终的灌浆效果。目前较为常见的灌浆方式主要包括循环式灌浆和纯压式灌浆两种，在实际施工中相关技术人员必须结合现场条件和施工技术要求，有针对性地选择适合的灌浆方式。此外，在这两种灌浆方式实际应用过程中，还需要重点关注各操作环节的应用要点，如循环式灌浆法需要科学应用孔内循环或孔口循环等手段，从而最大限度地提高灌浆施工效果^[3]。

2.5 封孔

在水利水电工程施工中应用灌浆技术时还需要做好封孔工作，充分灌注浆液后再对各孔洞做好密封处理，通过这种方式优化其整体的结构质量状况。由于灌浆技术应用在水利水电工程的施工处理中具有一定的隐蔽性，因此还需要做好质量检查工作，详细检测各灌浆孔，将所有信息进行记录和归档后，即可为后续的水利水电工程项目施工提供信息层面的保障，整体提高水利水电工程项目建设稳定性。

表 1 水利水电工程帷幕灌浆封孔记录表

孔号	孔序	段次	孔深			水灰比	封孔时间			灌浆量		注入率 (Lmin)	浆液比重	总耗灰量 (kg)
			起 (m)	止 (m)	段长 (m)		日期	开始	终止	纯灌 (min)	开始 (L)			

3 水利水电工程施工中常见的灌浆技术

3.1 无塞灌浆技术

在水利水电工程灌浆施工技术实际应用过程中，通常需要用无塞灌浆技术，通过灵活的灌浆处理来实现自上而下的灌浆操作流程，进而保证水利水电工程灌浆施工的整体效果。在水利水电工程施工中应用无塞灌浆技术时必须科学处理钻孔，根据帷幕灌浆孔要求确定钻孔规格，不同于传统灌浆塞的操作方法，这项技术需要

利用钻杆或钢管来完成灌浆处理，从而对钻孔起到良好的灌浆作用。为保证无塞灌浆技术的应用效果，在实际施工中还需要加强分段灌浆处理，确保每一段灌浆结束后再实施钻杆处理，逐一完成所有钻孔的灌浆处理工作。在水利水电工程项目中应用无塞灌浆技术可以体现出明显的优势，如减少工作量、缩减工期、充分满足水利水电工程施工要求等。最重要的是，这项技术还能有效避免灌浆塞应用不当引起的漏水问题，同时整体提高

工程项目的施工质量，确保工程施工结构具有较强的防渗漏性能，充分满足水利水电工程的实际施工要求。

3.2 混凝土裂缝灌浆技术

在水利水电工程施工中进行灌浆处理时，通常需要用混凝土裂缝灌浆技术，这也是提高水利水电工程项目运营的稳定性与可靠性的重要技术措施。混凝土裂缝灌浆技术主要适用于各个坝体构筑物，将其应用到水利水电工程项目的各个部位可以有效提高裂缝修复效果。我国大部分水利水电工程项目都有着较长的使用年限，其中伴随的裂缝问题很可能引发严重的质量隐患，因此必须采取有效措施修复工程项目裂缝问题。而混凝土裂缝灌浆技术可以有效处理工程渗漏问题，但需要提前利用高压水流彻底清理各混凝土裂缝，同时采用高质量的混凝土材料完成灌缝操作，从根本上解决水利水电工程施工中潜在的渗漏隐患。在水利水电工程施工中优化混凝土材料的配比时，具体可从以下几方面着手保证工程项目的施工质量：首先，确定最佳的混凝土材料配比，将混凝土水化热指标控制在工程施工允许的范围内，以此将混凝土材料的应用价值和性能全面体现出来。其次，在混凝土材料配比优化过程中，还需要充分了解各项混凝土材料的性能和参数指标，通过实验研究的方式分析混凝土材料配比发生变化对工程项目施工效果造成的影响。与此同时，在水利水电工程项目建设过程中，还需要根据施工现场环境、自然气候条件等客观因素的变化不断试验混凝土的材料性能，保证混凝土材料性能、强度等参数指标符合实际施工要求。最后，科学设计混凝土材料配比时，还需要充分考虑外在因素对混凝土材料、性能等级造成的消极影响。在混凝土材料使用过程中，若加入大粒径砂石，那么还需要精准检测混凝土材料中的含水量，尽可能将配比中的含水率控制在最小范围内^[4]。

3.3 诱导灌浆技术

诱导灌浆技术在水利水电工程施工中较为常见，这项技术不但具有较强的防渗漏作用，体现出良好的灌浆帷幕效果，还能在泥土侧压力支挡中发挥出明显的技术优势，有助于综合提高水利水电工程项目施工的稳定性和质量。但在诱导灌浆技术实际应用过程中必须严格把控浆液流动范围，确保浆液流动符合实际施工要求，从而在水利水电工程项目的特定位置取得良好的加固效果，特别是基础加固处理环节可以体现出明显的应用价值。随着诱导灌浆技术的创新与普及，电渗化学灌浆技术应用将会成为水利水电灌浆施工处理的主流趋势。

3.4 高压喷射灌浆防渗透技术

高压喷射灌浆防渗透技术应用不但能提高水利水电工程坝体的防渗透性能，其本身还具有较强的适用性，有助于促进水利水电工程泄洪工作的顺利进行。但在高压喷射灌浆防渗透技术实际应用过程中，必须同步开展钻

孔、套管、钻进施工。在钻进施工处理环节，施工人员必须保证钻孔垂直度，在洞孔底部放置泥浆固壁钻孔后，再向下植入喷射管。在高压喷射灌浆施工中需要适当加快序孔速度，再放缓序孔速度，并间隔一段时间。当钻孔中的返浆量相对较少时，可以适当放缓序孔速度，同时调节高压喷射灌浆速度。



图1 高压喷射灌浆防渗透技术的施工示意图

4 水利水电工程施工中灌浆技术的应用方式

4.1 岩溶地区

灌浆技术在水利水电工程施工中的应用主要集中于岩溶地区，由于该地区的地质条件并不理想，因此其对基础灌浆施工技术的应用提出了较高的要求，在实际施工中必须结合现场地质情况制定适合的施工处理方案，从而充分发挥灌浆技术在岩溶地区的应用效果，切实提高工程项目整体结构的稳定性。在岩溶地区应用灌浆技术时，具体可从以下几方面着手选择适合的施工处理模式：第一，在岩溶地区应用高压灌浆技术，这项技术本身具有较高的灌浆压力，可以将浆液快速填充到岩溶区域，极大地提高了填充物的密实度和稳固性，有助于改善岩溶地区的结构特点，显著提高岩溶地区的稳定性和防渗透性能。与此同时，高压灌浆处理模式下的水泥浆也有着良好的渗透效果，但需要严格把控压力值，以免出现填充不均匀的情况，在保证灌浆效果的同时还需要优化网状结构。第二，高压旋喷技术应用同样能改善岩溶地区的结构性能，在高压旋喷机械设备的帮助下，配合钻机及相关机械设备有效喷射泥浆，从而在高压泵的作用下构成稳定的基础结构^[5]。在高压旋喷技术实际应用过程中，可以通过破坏、重构的方式改进土质结构，从而充分发挥水泥浆的应用价值。这项技术不但能保证岩溶地区的基础加固效果，其在实际施工中还有着操作简便、效率高的优点。此外，基础灌浆技术在岩溶地区也有着较高的适用性，如浅层岩溶地区只需要挖除不适宜的沙土，再利用水泥将完成回填工作，即可保证基础结构的强度和稳定性。但岩溶地区的深度达到50米以上时，基础灌浆技术的应用将会面临一定的限制，需要配合其他

辅助手段完成相关操作。

4.2 渗水地区

在水利水电工程中应用灌浆技术时还需要关注渗水地区,充分利用灌浆技术改善该地区的结构性能,从根本上避免水利水电工程后续施工中可能存在的渗水问题。在渗水地区实施灌浆施工处理时必须重视最终的防渗效果,通过加强防渗帷幕施工来优化水利水电工程的渗水结构,从而有效提高水利水电工程整体的防渗漏性能。与此同时,在防渗帷幕施工中,还需要在灌浆处理过程中优化其整体结构,在保证水泥浆液质量的基础上,利用打管灌浆及循环灌浆处理构成一个完整的防渗结构体系。只有综合分析水利水电工程项目,才能利用灌浆处理技术提高加固效果,以免某一施工环节出现质量缺陷而影响防渗质量。最后,坝体劈裂施工技术同样能有效加强水利水电工程项目的防渗效果,这也是灌浆技术应用的重要体现,在提高坝体结构防渗性能的同时还能保证其整体的稳定性。这项技术需要针对坝体结构的特点和应力分布情况,选择适合的压力值完成劈裂处理,以此保证劈裂灌浆处理的精准性,并形成一道稳固安全的水泥墙,确保其在水利水电工程的后续使用中始终保持良好的防渗性能^[6]。

5 水利水电工程灌浆处理中应注意的问题

5.1 钻孔问题

在灌浆填充孔处理中必须精准测量角线,当孔深度超过60m时,需要结合实际情况选择适合的偏差值。由于民调质量很可能影响最终的灌浆效果,因此必须在灌浆环节加大审查力度,以免影响渗漏效果和防护效能。在正常的地质结构条件下,可以采用每孔10m的测量频率,当孔深度达到10m以上,其中还伴随着一定的偏转问题,则需要重新采取相应的措施进行开孔,以免偏转问题影响整个工程项目的施工质量。

在水利水电工程的钻孔施工环节,施工人员应避免发生返浆的情况,结合实际施工要求控制孔壁垂直度和硬度,确保灌浆塞始终处于封紧的状态。与此同时,相关工作人员还需要定期观察灌浆孔深的实际情况,一旦孔与孔之间的距离过近,必须立即开展孔斜测试工作。在此过程中施工人员必须严格遵守钻孔顺序,按照工程施工规范控制施工误差,并在施工阶段做好检测工作、及时验收施工成果。最后,在水压测试环节还需要时刻关注吸水率,以此保证吸水率符合实际施工规范。

5.2 冲洗问题

在孔洞冲洗过程中,必须彻底清除孔内残渣,以免影响后续的浆液胶结效果和灌浆施工质量。在整个冲洗施工中,相关工作人员必须科学控制高压泵冲洗所有灌浆部位,及时清除孔内残留的杂质,并按照特定的冲洗顺序完成相关工作,优先冲洗孔洞,再冲洗岩层缝隙,以此保证岩石及浆液的胶结效果。

5.3 加强工程验收与养护工作

当灌浆施工完毕后,还需要及时检查灌浆钻孔、灌浆液的凝结情况,定期开展压力测试,确保岩石和浆液的胶结效果达到预期的设计标准。一旦水泥浆液的胶结度未达到相应的施工规范或灌浆孔仍存在漏水问题,则需要立即采取有效措施进行处理,并再次开展检测工作,直到无异常情况。最后,做好质量检验和评估工作,确保灌浆孔数量与设计标准相一致。此外,相关工作人员还需要对水利水电工程项目定期开展洒水养护工作,通过定期或不定期检查的方式检验工程项目是否存在漏水问题,从而有效延长水利大坝的使用寿命。

结语

在水利水电工程施工中应用灌浆技术具有重要现实意义,有助于综合提高工程整体结构的稳定性,但在实际施工中必须严格把控各关键工序及现场施工情况,有针对性地选择适合的灌浆施工处理方法。目前较为常见的水利水电工程灌浆技术主要包括无塞灌浆技术、混凝土裂缝灌浆技术、诱导灌浆技术等,需要施工人员结合不同地质条件、施工规范选择适宜的灌浆技术,从而有效提高水利水电工程灌浆施工的处理效果。

参考文献:

- [1]童利勇. 水利水电工程灌浆施工技术与质量管理的策略分析[J]. 绿色环保建材,2021,(11):170-171.
- [2]李四红. 水利水电工程灌浆施工技术与质量管理措施分析[J]. 湖南水利水电,2022,(01):31-33.
- [3]董洪良. 水利水电工程大坝施工中灌浆技术的应用分析[J]. 冶金管理,2022,(03):109-111.
- [4]王络. 特殊地层灌浆方法在水利水电工程灌浆施工中的应用[J]. 中国高新科技,2022,(04):76-77.
- [5]王新斌. 水利水电工程施工中灌浆技术的应用分析[J]. 长江技术经济,2022,6(S1):104-106.
- [6]杨树峰,王小艳. 水利水电工程特殊地层灌浆施工工艺[J]. 新型工业化,2022,12(03):208-211.

作者简介:冯缘;出生年月:1989年6月;性别:男;籍贯(省市):四川省成都市;民族:汉族;学历:大专;职称:中级