

水利水电工程施工中灌浆技术与质量管理

冯智坚

广东省源天工程有限公司

摘要：随着社会经济的快速发展，目前各地区的水利水电工程建设规模在不断扩大，不仅有效推动了社会经济发展，还为人们的日常生活提供了更多便利，因此水利水电工程质量十分重要，其中灌浆施工更是保证水电基础设施稳固性和抗渗性的重要施工环节，因此本文从水利水电工程施工要求出发，对灌浆技术以及灌浆施工的质量控制管理工作进行了分析，以此提高水利水电工程的整体质量。

关键词：水利水电工程；灌浆技术；质量管理

【DOI】 10.12254/j.issn.2096-6539.2024.23.069

引言

水利水电工程的灌浆施工技术就是将具有流动性与胶凝性的浆液按照一定的配比要求，通过钻孔用灌浆设备压入建筑物或基础设施的部分缝隙，经过一段时间固化，从而达到加固载体和抗渗防水的目的，虽然灌浆施工工艺流程简单，但具体的施工工艺较为复杂，因此不仅需要根据实际情况选择合适的灌浆技术，还需要做好质量管理工作，保证灌浆施工质量，提高水利水电工程整体水平。

一、水利水电工程施工管理分析

在水利水电工程施工中，确保施工安全是至关重要的。首先，需要建立健全的安全管理制度，包括安全目标的确定、安全责任的落实、安全教育的开展、安全检查和加强等。其次，加强施工现场的管理，包括施工现场的规划布局、作业面的设置、安全防护设施的设置等。此外，进行定期的安全演练，制定事故应急预案，以便应对突发事件。确保施工质量同样是水利水电工程的核心任务。需要建立质量管理体系，明确施工质量目标，制定相应的质量管理程序和工艺流程，加强对施工图纸的审核和设计的合理性检查。加强对材料和设备的质量监督，保证其符合国家相关标准，并严格按照质量要求进行使用。加强对施工工艺的监督和检查，确保施工工艺合理规范，保证工程施工质量^[1]。

二、水利水电工程灌浆施工主要环节

（一）钻孔

钻孔是灌浆施工的第一步，其施工质量直接影响后续灌浆效果与工程安全。首先需要根据设计图纸明确现场布置的孔位，且孔位偏差不得超过10cm。在特殊情况

下需要对现场孔位进行调整时应经监理工程师批准后方可实施，并对现场实际孔位进行记录。在水利水电工程中，通常采用回转式地质钻机进行钻孔，在安装钻机之前，需要对钻机安装基础进行平整和加固，以确保钻机工作稳定。在钻孔过程中，应确定钻机安装的中心位置，并进行精确定位，确保各部件在同一垂直线上，确保其平稳、牢固，还可用罗盘对钻机的立轴角度进行测量，以确保与设计孔向一致，实现对孔向和孔斜的有效控制。

（二）冲洗

冲洗是为了清除钻孔中的岩粉、铁末等残留物，以及清洗孔壁和孔底的岩层裂隙和孔洞中的充填物。冲洗目前主要采用单孔冲洗和群孔冲洗两种方式，其中单孔冲洗是将高压水直接冲洗钻孔，而群孔冲洗则是通过多个钻孔相互配合进行冲洗。冲洗时，可以采用高压水冲洗、高压脉动冲洗或扬水冲洗等方法，以确保孔内沉积物被彻底清除。对于岩层破碎的岩层，还可使用群孔冲洗，将两个或两个以上的钻孔组成一个孔组，轮换地向一个孔或几个孔压进压力水或压力水混合压缩空气，从另外的孔排出污水，这样反复交替冲洗，直到各个孔出水洁净为止。钻孔冲洗的主要目的是为了提高灌浆效果，因为孔壁与裂隙被清洁后，浆液可以更好的渗透和填充这些空间，从而实现预期的加固或封堵，此外清洁孔壁和裂隙有利于浆液与岩石的紧密结合，增强灌浆效果。

（三）压水

压水试验是为了测定围岩的吸水性和渗透性，以便为灌浆时选择合适的泵量、泵压和浆液浓度或配方提供依据，通过对灌浆部位施加一定压力的水，观察一定时间内是否有水渗漏出来，以此来判断灌浆的质量和密封性。在一定的水头压力下，通过钻孔将水压入到孔壁四周的缝隙中，根据压入的水量和压水时间，计算出代表岩层渗透特性的技术参数，也就是透水率。在进行压水试验前需要检查是否存在明显的缝隙或破损。因此压水试验通常在裂隙冲洗后进行，使用的压力通常为同段灌浆压力的80%，但一般不大于1MPa。试验时，可在预定压力之下，每隔5分钟记录一次流量读数，直到流量稳定30~60分钟，最终稳定流量作为计算值，再按公式计算透水率。根据压水试验的结果，分析岩体的透水性和

灌浆材料的填充效果。如果发现岩体存在漏洞或孔洞，或者灌浆材料未能充分填充空隙，则需要调整灌浆方案或施工方法。

（四）灌浆

灌浆封孔是灌浆施工的最后一步，目的是封闭钻孔，防止浆液流失。灌浆封孔通常在灌浆完成后进行，使用压力灌浆封孔的方法，将封孔材料压入孔底，形成封闭层。封孔材料可以是水泥浆、化学浆或其他适合的材料，具体选择取决于工程的具体要求和地质条件。封孔通常采用全孔灌浆封孔法，即在灌浆结束后，利用灌浆管将孔内的余浆全部置换，通过孔口封闭器全孔灌注30~60分钟即可结束封孔。

三、水利水电工程灌浆技术分析

（一）固结灌浆

固结灌浆技术是一种通过钻孔或预埋管将具有流动性和胶凝性的浆液压入地层或建筑物的缝隙中，待浆液胶结硬化成整体，从而达到防渗、固结的工程目的的技术。固结灌浆技术可以改变土体结构或带岩体的物理力学性质，保证岩石完整，提高其均质性、抗压强度以及弹性模量，从而起到控制变形与不均匀沉陷的作用。固结灌浆技术的施工步骤为：根据设计要求在岩层中钻设灌浆孔，孔径通常不小于50mm，孔深则根据设计要求确定，然后对孔壁进行冲洗，清除岩粉等杂物，并进行压水试验，以确保孔内无气体和杂质。采用专用的灌浆设备，将水泥浆液或化学浆液压入岩体中，封住缝隙，加强基岩属性。在灌浆完成后，需要及时封控，以防浆液流失。在水利水电工程中，固结灌浆技术被广泛应用于大坝坝基、水电站厂房地基处理等方面，通过降低基岩透水率和提高基岩强度来提高厂房地基的整体承载能力。实践证明，破碎、多裂隙的岩石经过固结灌浆后，其弹性模量和抗压强度均有明显的提高，可以增强岩石的均质性，减少不均匀沉陷。岩石透水性也大为降低，对改进地基岩石性能、效果很显著。

（二）帷幕灌浆

帷幕灌浆技术在水利水电工程中主要起到防渗作用，利用高压注浆机在岩体或土体内部形成一定深度的注浆层，形成坚实的灌浆帷幕，以改善其物理力学性质和渗透性能。由于帷幕灌浆需要形成功能有效的注浆层，因此在施工步骤与注意事项上与传统灌浆技术不同。首先在施工前准备工作上，需要进行地质勘察和分析，并设计具体的施工方案。地质勘察工作需要详细了解地质特征、地下水位、地层稳定性等信息，为帷幕灌浆施工提供可靠的基础数据。施工方案应明确施工工序、施工设备以及施工材料的选择。其次需要确定钻孔

的位置与间距，并设置地表标志，确保钻孔位置准确无误。然后根据设计要求选择合适的钻孔直径和深度，并进行钻孔机械的调试与实验。最后需要综合考虑地层的物理力学性质和渗透性能来选择合适的灌浆材料。帷幕灌浆技术能够有效地填补建筑的缝隙，形成连续性的防渗屏障，提高了建筑的稳定性。灌浆后的墙体具有较高的抗压性和抗渗性，能够有效抵抗外部环境的侵蚀。此外帷幕灌浆技术不仅适用于新建工程，也适用于既有工程的维修和加固。无论是大坝、隧道还是地下工程，只要存在渗漏问题，都可以采用帷幕灌浆技术进行处理^[2]。

（三）回填灌浆

水利水电工程中的回填灌浆技术是一种重要的施工技术，主要应用于水利水电工程隧道混凝土衬砌段的施工，该灌浆技术可以增强建筑或围岩结构的密实性，特别是在有断层以及岩溶洞穴的地方，不仅施工困难，还会留下较大空隙，需要使混凝土层与围岩紧密结合，改善受力条件，有针对性的对较大空隙进行灌浆。回填灌浆施工步骤如下，在混凝土衬砌的背面或回填混凝土周边，对混凝土浇筑未能浇实以及留有空隙的部位进行钻孔。然后关注一定浓度的水泥浆液，使衬砌混凝土与围岩紧密结合，形成整体结构。灌浆结束后，排出孔内积水污物后进行封孔抹平，防止水分再次渗入。利用回填灌浆技术填充混凝土结构物留下的空穴、孔洞以及地下空腔，可以有效增强结构物或地基的密实性，从而提高整个工程的稳定性。进而显著增强大坝的耐久度与安全系数，确保水利水电工程在各种自然条件下可以安全运行。

（四）无塞灌浆

无塞灌浆技术是一种在水利水电工程中广泛应用的施工技术，其主要特点是不需要使用传统的灌浆塞，而是通过孔口安装的封闭器来实现灌浆，该技术极大简化了灌浆施工过程，提高了施工效率，同时也避免了因灌浆塞堵塞而导致的施工问题。在实际使用中无塞灌浆技术主要使用较大直径的钻孔和循环式灌浆方法来缩短施工时间，如在施工过程中，无塞灌浆无须等待浆液凝结，每完成一段孔径的灌浆施工后即可进行下一段孔径的施工，并通过有效控制加压水来使灌浆过程更加稳定，减少质量问题。此外无塞灌浆施工在施工前需要先钻出一个比帷幕灌浆孔更大的孔洞，然后在孔洞中防止用于喷射浆液的管道，无须使用传统灌浆施工所需的设备，该灌浆方法大幅增加了施工灵活性^[3]。

四、水利水电工程灌浆施工质量控制措施

（一）设备合理配置

首先需要根据施工方案,选择合适的灌浆设备,如注浆机、灌浆泵、搅拌机等。根据工程大小以及预计的工作量,选择能够满足施工需求的设备,如大型水利水电工程可能需要更大功率和更高产能的设备。不同地质条件对设备的选择也有很大影响,例如在坚硬的岩石中进行灌浆施工可能需要更强力的钻机和更耐用的钻头,而在松散的土壤中则可能需要更灵活的设备。其次设备配置方面应考虑施工现场的实际情况,如空间布局、电源供应、水源接入等,设备之间的连接应牢固可靠,以防止施工过程发生意外。最后在设备维护方面,如果灌浆设备没有得到及时维护,可能会导致压力控制不准确,进而影响灌浆效果,例如灌浆泵与搅拌机的性能应满足具体浆液浓度需求,并注意灌浆泵和灌浆孔压力表,确保所有线管设备处于正常稳定的运行状态。

(二) 合理设置施工技术设计要求

在水利工程建设中,需要确保灌浆施工质量满足技术规范要求,因此应遵循一系列严谨的步骤与措施。在开始灌浆施工前,应制定专项施工组织设计,严格按照灌浆施工技术要求执行,确定施工流程工艺参数以及相关质量控制措施。在施工过程中应全面实施质量管理体系,确保施工质量符合国家标准与行业规范,主要涉及原材料的质量控制、施工过程的监督以及成品质量检验。在安全方面,需要从操作规程以及劳动保护措施两个方面来确保施工现场安全,由于水利水电工程灌浆施工还涉及洞内作业,应保证其具有良好的通风条件,避免有害气体沉积。在人员方面,从事灌浆施工的人员应接受过专业技术培训,并通过考核后方能上岗,以此来提高施工人员的技能水平和安全意识。在灌浆材料方面,需要选择符合设计要求的灌浆材料,并在灌浆过程中不断检查其流动情况以及填充效果,及时调整施工参数以确保灌浆质量符合要求。

(三) 施工材料质量控制

水利水电工程灌浆施工需要将特定的灌浆材料注入结构的细缝、空洞或裂缝中,以提高结构强度和稳定性,因此需要对材料质量进行控制,才能保证施工整体水平。首先需要合理选择灌浆材料,在水利水电工程中一般根据灌浆目的和环境水侵蚀情况来确定水泥品种,通常采用普通硅酸盐水泥或硅酸盐大坝水泥,而对于有耐酸要求时可以选择抗酸水泥。灌浆材料必须符合质量标准,不得使用受潮结块的水泥,并需要对未使用的水泥材料进行严格防潮,缩短存放时间。灌浆施工中,灌浆用水应符合拌制水利工程混凝土用水要求,如pH值、不溶物、可溶物、氯化物、硫酸盐含量等。在灌浆过程

中需要控制好灌浆的压力,避免过高或过低的压力导致灌浆材料无法充分填充或流失。同时,需要注意与周围结构的接触,防止灌浆材料的外溢^[4]。

(四) 施工效果检查

水利水电工程灌浆施工效果检查主要包括材料设备检查、施工工艺检查、质量标准检查等。水利工程灌浆施工效果检查一般利用抽样检查法和现场直观检查法两种。抽样检查法是通过抽取一定数量的样本进行检查,并将结果与设计要求进行对比,根据抽样结果来判断整体的质量状况。而现场直观检查法则是直接在现场进行实地观察,观察灌浆材料的外观、施工设备运行状况等。首先需要检查灌浆材料的外观、标识、包装状况、标准合格证明、生产厂家等,以及材料的搅拌均匀性、水泥颗粒在水中的沉降情况。在设备检查上,应检查灌浆设备的安装情况、结构完整性、电器线路等,以及设备的启动运行情况、操作是否灵活、密封性能等。其次在施工现场,应检查灌浆孔洞的清洁情况、孔洞直径、孔深等,以及孔隙是否存在,是否影响灌浆效果。并检查浆液是否均匀填充,是否出现漏浆、渗水的情况,并检查浆液的固化程度、强度、密实度等指标是否符合设计及施工标准。

结论

综上所述,水利水电工程质量与灌浆施工质量息息相关,因此在实际灌浆施工过程中,需要根据不同的施工环境以及要求选择无塞灌浆、回填灌浆、帷幕灌浆、固结灌浆等工艺,并合理配置灌浆设备、科学进行施工设计、保证施工材料质量、检查施工效果,以此来充分发挥灌浆施工技术优势,综合保证水利水电工程质量,推动我国水利事业进一步发展。

参考文献

- [1] 罗康权. 坝基固结灌浆施工技术研究[J]. 广东建材, 2024, 40(04): 119-121.
- [2] 徐玺坤. 水利水电工程施工中帷幕灌浆施工技术的应用探讨[J]. 城市建设理论研究(电子版), 2024, (14): 185-187.
- [3] 刘宁平. 水利工程隧洞回填的灌浆施工技术探究[J]. 水上安全, 2024, (04): 181-183.
- [4] 周滔. 水利水电工程灌浆施工技术与质量管理对策探析[J]. 中国住宅设施, 2024, (03): 163-165.

作者简介: 冯智坚(1971-), 男, 广东南海人, 2009年毕业于华南理工大学土木工程专业, 本科, 工程师, 二级建造师, 工作单位: 广东省源天工程有限公司。