

分析水利水电建筑工程中的基础灌浆施工

姜湘丰

宁夏水利水电勘测设计研究院有限公司湖南分公司，湖南 长沙 410000

DOI: 10.61369/ME.2024070013

摘要： 水利水电工程中，基础灌浆施工是保证工程质量、提升结构稳定性和延长使用寿命的关键环节。基础灌浆工艺通过填充结构裂缝、孔隙及空隙，有效改善土体和混凝土结构的力学性质。本文分析了基础灌浆施工在水利水电建筑工程中的应用，探讨了施工过程中常见问题及其解决方法，同时评估了灌浆质量的控制措施。通过理论分析与工程实践相结合，提出了优化基础灌浆施工技术的建议，为今后的水利水电工程建设提供参考。

关键词： 水利水电工程；基础灌浆；施工技术；质量控制；力学性能

Analyze the Foundation Grouting Construction in Water Conservancy and Hydropower Construction Projects

Jiang Xiangfeng

Ningxia Water Conservancy and Hydropower Survey, Design and Research Institute Co., LTD. Hunan Branch,
Changsha, Hunan 410000

Abstract： In water conservancy and hydropower projects, foundation grouting construction is a key link to ensure project quality, improve structural stability and extend service life. The foundation grouting process effectively improves the mechanical properties of soil and concrete structures by filling structural cracks, pores and voids. This paper analyzes the application of foundation grouting construction in water conservancy and hydropower construction projects, discusses common problems during the construction process and their solutions, and simultaneously evaluates the control measures for grouting quality. By combining theoretical analysis with engineering practice, suggestions for optimizing the foundation grouting construction technology were put forward, providing a reference for the future construction of water conservancy and hydropower projects.

Keywords： water conservancy and hydropower engineering; foundation grouting; construction technology; quality control; mechanical properties

引言

在水利水电施工项目中，其中灌浆施工技术的应用较为广泛，它对于建设高质量的水利水电工程项目，具有一定的主导作用。其中灌浆施工技术机构具有一定的复杂性，为此，做好水利水电工程的灌浆和基础施工技术具有极为重要的作用，不仅对环保建设和资源的有效利用方面做出了重要贡献，还对水利水工程的施工质量和安全提供了有力保障。基础灌浆施工不单单涉及传统的混凝土施工技术，还糅合了现代灌浆技术与材料科学的前沿突破，需要对灌浆方法、材料的挑选、施工工艺及质量检测等开展系统分析与优化，以保证灌浆效果契合预期设定。

一、基础灌浆施工技术的应用与原理

（一）基础灌浆的定义与目的

与其他建设项目不同，水利工程是一项繁琐复杂的综合性工程，涉及范围广，施工工序复杂，施工环境复杂多变，受水文地质及资质构造的影响极大。一般情况下，水利工程施工的天然地基都存在一定的缺陷这些缺陷的存在会给水利工程施工埋下安全隐患，具有极大的危害性。为了防止出现水利工程坍塌或者沉陷等情况，在水利工程施工时，就需要采用灌浆技术来处理天然地基缺陷，提供水利工程中灌浆技术的应用性。基础灌浆为一种注入液态或膏状材料的工艺，普遍应用在土建工程领域，尤其在对混凝土结构和土体的修复加固。该工艺将灌浆材料灌入混凝土或土体的孔隙、裂缝等部位，可以切实填充中间的空隙，优化结构的整体特性。基础灌浆的主要目的是强化结构的稳定性，增进其抗

压强度及抗渗能力，防止水流借裂缝渗透，由此提升其持久度和安全性。

基础灌浆还可增进土体或混凝土的抗裂性，降低应力集中或外力作用引起的结构破坏风险。凭借精确调节注浆材料的配比及注入途径，能针对各类工程需求实施定制方案，以此极大地提升灌浆的实际效果。基础灌浆的适应性十分高，可应用于新建工程，也可针对已有结构开展修复加固，特别在地下工程、隧道建造与大坝加固事宜中起到重要功效，属于提升建筑物长期使用性能的关键技术。

（二）常见的基础灌浆材料

基础灌浆材料的选取对灌浆效果及工程质量举足轻重，常见的灌浆材料主要涵盖水泥基、化学及复合型灌浆材料，每种材料皆具备不同性能特色，契合不同的施工需求^[1]。广泛使用的水泥基灌浆材料是传统材料，适用多数种类的土质和结构，呈现出较好的强度及耐久性，尤其适合一般性加固与填充施工。它在土体及混凝土结构中展现出良好的粘结性与抗渗性，多用于基础修复、裂缝填充以及土体的加固处理^[3]。

化学灌浆材料一般用于特殊工况下的工程施工，如高湿度、高温、有腐蚀性的环境或复杂地质状况中，化学灌浆材料体现出较强的渗透及反应特性，可迅速达成固化，填充微末裂缝，强化结构的密封性及抗渗特性，在地下工程、隧道以及防水工程中，化学灌浆材料尤为多见。复合型灌浆材料融合了水泥基材料与化学材料的长处，体现出更强的适应水准，可适配多种环境的条件，提升施工的整体成效。选择材料要结合土壤条件、裂缝大小、施工环境等多重因素综合判断，以保障灌浆施工实现最佳效果及工程质量。

（三）基础灌浆的施工原理

基础灌浆基本原理为把浆液注射到结构中的孔隙、裂缝或空隙地方，借此填充这些空隙，进而提升结构的力学特性与抗渗特性。在施工进行的阶段中，浆液凭借孔隙及裂缝的压力传导效应，能渗透到较深层次的裂缝跟孔隙，实现强化结构与修复受损范围的目的。依靠这种举措，基础灌浆不但可增强混凝土或土体稳定性，还可切实阻止水分渗入，增进结构的抗渗特性，阻挡水害与腐蚀侵害。

在实际开展施工的时候，为达成良好的灌浆效果，要对浆液的流动性、黏度和固化时间进行精准掌控。流动性直接关乎浆液的渗透性和充填效果，黏度决定浆液是否能均匀填充到裂缝的各个角落，而固化时间决定着浆液的硬化效果和最终强度状况^[2]。选择合适的浆液配方并调节施工参数举足轻重，保障灌浆材料可充分充填裂缝且最终固化，得到理想的修复与加固成果。通过精准的把控与技术实施，基础灌浆可显著增强结构的耐久性与安全性，提升其使用时长。

二、基础灌浆施工中的技术难点与解决措施

（一）灌浆压力控制

灌浆压力为基础灌浆施工中一个关键参数，直接牵扯到灌浆

效果和工程质量高低。当灌浆压力达到过低水平时，浆液难以充分渗入结构的孔隙与裂缝，造成灌浆成效未达预期，达不到预期的加固修复预期成效。尤其是针对微小裂纹和深层的空洞，低压灌浆大多无法达成有效填充，可能会让结构的修复不充分，进而影响该结构的强度与抗渗性。

过高的灌浆压力同样会引发风险，过高压力有可能造成混凝土结构遭受破坏。在高强度结构的范畴内，可能会引起裂缝增大，乃至引发结构崩溃，过大压力可能引起浆液外溢，甚至对周围环境产生负面效果，进而干扰施工的顺利开展。在基础灌浆施工过程中，合理把控灌浆压力意义重大，施工人员需要依照具体工程需求、结构状况及材料特质，调控灌浆设备的压力控制环节，保证浆液能在合适压力下渗入裂缝与空隙中，同时杜绝不必要的风险及损失^[3]。采用精准调节灌浆压力，可保障灌浆质量及工程的安全性，提高结构的长期稳固性。

（二）灌浆质量检测与控制

灌浆质量的好坏直接关系着工程整体质量，对结构的稳定性及使用时长有影响。当进行灌浆施工时，应采用多种办法实时监控与评估灌浆质量，保证质量良好，在灌浆过程中，可通过调控灌浆压力、流量与浆液回注等参数检测灌浆效果。这类监控措施可助力施工人员及时发现灌浆过程中可能存在的状况，比如压力不足造成的灌浆分布不均，或面临浆液回流不畅的问题。

在完成灌浆操作后，保障工程质量，质量检测是关键一环。如水密性测试、超声波探伤等是常见的灌浆质量检测方式，水密性测试的主要目的是检测灌浆后结构能否有效阻挡水分渗入，审视裂缝是否全然封堵，保证抗渗功效达到设计预期；超声波探伤借助声波的传播特性，检测浆液是否充入所有裂缝及空隙，判别灌浆是否合格，是否存在漏检的区域。采用这些检测途径，可切实评估灌浆的品质，保障结构修复与加固效果契合预期标准，保证工程在长期内的安全与可靠。

（三）灌浆材料的选择与配比

在基础灌浆施工中，灌浆材料的甄选是关键部分，直接决定灌浆效果及工程质量水平。不同类型的灌浆材料，其固化时间、强度、渗透性与适应性存在区别，选择的时候要根据具体施工的环境与要求来定夺。水泥基灌浆材料固化的速度偏慢，宜用在常规土壤及混凝土结构修复；而化学灌浆材料大多时候固化速度快，适合对快速修复有要求的工程，尤其在潮湿或腐蚀性的环境中有着良好表现。

灌浆材料的配比也是影响灌浆效果的关键要素之一。在施工工作开展阶段，应依据土壤类型、裂缝大小及结构特性调整灌浆材料的配比。针对土质松散或裂缝宽大的基础，要选用渗透性较高的灌浆材料才行，进而保证浆液能深入裂缝深处并充分填满^[4]。针对混凝土结构中的微小裂缝而言，要选用粘结力强的灌浆材料，保证浆液跟基础结构形成良好贴合，进而提升加固效果及耐久性。通过合适筛选及调配灌浆材料，可充分发挥其修复与加固功效，保障工程的质量与长期稳固性。

表格 1：不同灌浆材料的性能对比

材料类型	固化时间	抗压强度 (MPa)	抗渗性	适用环境
水泥基灌浆材料	2-4 小时	30-50	良好	普通土质、轻度裂缝
化学灌浆材料	10-30 分钟	15-40	优秀	极端环境、大裂缝
复合型灌浆材料	1-3 小时	40-60	较好	重度裂缝、高压环境

三、优化基础灌浆施工的措施与建议

（一）优化施工工艺

为增进基础灌浆施工的效率及质量，适宜优化施工工艺意义重大。精准把握灌浆量是保证施工质量的基础要求，过多或过少的灌浆量可能会使施工效果不理想。过多灌浆会让材料被浪费，增加施工成本，而灌浆量过少可能会导致裂缝与空隙不能有效填充，进而影响加固的实际效果与结构的稳定性。施工人员需要依照工程需求与结构情形，精准算出所需灌浆的量，且严格依照要求加以把控。

合理安排灌浆时间与顺序，也是提升施工效率的关键。灌浆时间过短也或过长，皆可能对浆液的渗透效果及固化进程造成影响。合理的灌浆次序可保障浆液均匀渗透、充分填充裂缝，防止因操作不当引起灌浆不均匀现象或出现空洞。在实际施工阶段时，施工人员需依据土质状况、裂缝大小以及结构复杂程度，灵活调适灌浆设备与工艺，及时应对施工环境的多样变化。在遭遇复杂地质条件与特殊结构情形时，可能应采用不同规格的灌浆材料与技术手段，保障施工按计划顺利进行，避免出现灌浆缺乏或分布不均衡等现象，以此实现基础加固和修复效果的极致化。

（二）完善灌浆材料的研发与应用

伴随建筑技术的不断优化，基础灌浆材料的研发及应用一直更新与创新，传统的灌浆材料虽可满足基础修复加固的基本期望，但当工程复杂度上升以及对环保、可持续发展有要求时，探索新型灌浆材料显得极为关键，新型灌浆材料不仅得拥有优异的力学性能与抗渗能力，也要具备自我愈合功能和环保属性，借此进一步强化灌浆效果和结构的长期持久性。

拥有自愈合能力的灌浆材料会在裂缝发生后自我修复，防止

了传统灌浆材料可能遭遇的裂缝扩展难题，增加了结构的使用时长。该材料尤其适用于长期受力以及环境条件复杂的基础构造，有效降低了保养和维修的频次^[5]。环保特点的灌浆材料可降低施工阶段的污染，降低有害物质的排放水平，适配绿色建筑与可持续发展要求。利用持续创新及优化灌浆材料，可更好地适配现代建筑工程对安全、耐久及环保等多方面的要求，提升建筑综合质量^[6]。

（三）加强质量监督与管理

为让基础灌浆施工质量达标，除了借助经验丰富的施工人员以外，还需要强化对施工过程的监督管理举措。伴随科技的不断进步，现代化监测技术的引入，对灌浆施工起到有效保障^[7]。借助传感器和监测设备，实时数据采集技术可实时采集灌浆过程的各种参数，如灌浆压力、流量大小、浆液温度和固化时段等。这些数据能帮施工人员实时知晓灌浆的进展，保障各项操作参数在合理限度内，进而防止灌浆不足与过量的问题出现，实现灌浆质量保障^[8]。

远程控制系统的运用为施工管理赋予了更高效的方法，施工场所的工作人员可借助远程监控手段，及时掌握灌浆设备的工作状态，也可远程对设备进行调度。此项技术能降低人工的干预，增强施工效率，尤其在一些复杂状况中，远程操控可切实降低人为差错的出现^[9]。远程监控系统可马上发出预警，找出灌浆过程中可能存在的异常情形，如设备故障问题、浆液流动不顺等，施工人员可马上采取相应办法，保障灌浆作业顺利开展，提升工程成效。依靠这些现代化监测技术的引入，实现了对灌浆施工精准控制的有效保障，实现了灌浆效果及结构的长期稳定保障^[10]。

四、总结

基础灌浆施工在水利水电建筑工程而言起着极为关键的作用，其质量与工程的安全保障和使用时长紧密相连。利用合理筛选灌浆材料、改进施工工艺以及严格约束施工质量，可切实增强基础灌浆施工的效果。伴随新技术与新材料的持续进步，基础灌浆施工技术将提升至更高的高效精准水平，为水利水电工程的建设打造更可靠的保障体系。

参考文献

[1] 赵佳作. 分析水利水电建筑工程中的基础灌浆施工 [J]. 水电水利, 2021, 5(7): 42-43.
[2] 王鑫. 甘肃省水利水电建筑工程概算定额研究 [D]. 北京林业大学, 2010.
[3] 贺胜斌. 试析水利水电建筑工程中的基础灌浆施工技术 [J]. 中国周刊: 英文版, 2020, 000(006): P.1-1.
[4] 刘晖. 解析在水利水电建筑工程中的基础灌浆施工技术 [J]. 中国科技投资, 2019, 000(024): 47.
[5] 沈养运. 在水利水电建筑工程中的基础灌浆施工技术 [J]. 探索科学, 2020(12): 54-54.
[6] 杨林, 唐成方. 试析水利水电建筑工程中的基础灌浆施工技术 [J]. 珠江水运, 2020, (23): 88-89.
[7] 杨自刚. 水利水电建筑工程中的基础灌浆施工技术研究 [J]. 中小企业管理与科技 (下旬刊), 2020, (06): 149-150.
[8] 李洋华. 试析水利水电建筑工程中的基础灌浆施工技术 [J]. 建材与装饰, 2020, (10): 29-30.
[9] 伍求凌. 水利水电建筑工程中的基础灌浆施工技术 [J]. 中国高新科技, 2019, (22): 18-20.
[10] 高歌. 解析在水利水电建筑工程中的基础灌浆施工技术 [J]. 建材与装饰, 2019, (24): 310-311.