

Grouting construction technology in water conservancy project waterproofing treatment

Fangjing Shao

Chengdu Hydroelectricity Construction Engineering Co.,Ltd., of Sinohydro Bureau No.7 Company, Chengdu, Sichuan, 611130, China

Abstract

Seepage prevention directly impacts the safety and stability of water conservancy projects. Grouting construction technology plays a pivotal role in seepage prevention, serving as a critical technical application for structural integrity. This method involves injecting specialized materials into rock-soil cracks to effectively seal vulnerable areas, thereby enhancing the overall structural integrity of water conservancy projects. Building on theoretical analysis and engineering practice, this paper examines the application and related aspects of grouting technology in seepage prevention, aiming to provide valuable references for professionals in the industry.

Keywords

water conservancy engineering; seepage control treatment; grouting construction technology; principle; application

水利工程防渗处理中的灌浆施工技术

邵方敬

中国水利水电第七工程局成都水电建设工程有限公司, 中国·四川成都 611130

摘要

防渗处理直接关乎水利工程的安全稳定, 灌浆施工技术在防渗施工领域有着十分重要的地位, 更是水利工程防渗处理至关重要的技术应用。灌浆施工技术在水利工程防渗处理中的应用主要借助于注入特定材料到岩土体裂缝里实现防渗薄弱区域有效填充, 从而促使水利工程结构整体性增强。有鉴于此, 本文基于理论分析与工程实践结合的方法, 针对水利工程防渗处理过程中灌浆施工技术的应用及其相关进行了分析、探讨, 希望能够给行业中相关从业人员工作开展提供一定参考。

关键词

水利工程; 防渗处理; 灌浆施工技术; 原理; 应用

1 引言

对于社会经济与民生保障而言, 水利工程都是十分重要的基础设施。而在长期运行过程中, 水利工程在水的渗透侵蚀作用下极易出现渗漏问题。一旦水利工程出现渗漏问题, 不但会导致大量水资源浪费, 而且会引发地基沉降、坝体失稳等严重问题, 为水利工程的运行埋下严重安全隐患^[1]。灌浆施工技术在水利工程防渗处理中的应用主要是采用注浆的方式将高强度的浆液灌注到地层的裂缝、孔隙当中, 待凝固之后形成防渗帷幕, 实现止水防渗的目的。灌浆施工技术是当前水利工程防渗处理最为常见的重要技术。

2 灌浆施工技术的应用原理

在水利工程防渗处理中灌浆施工技术的应用主要是利用了气压、液压、电化学等原理通过将具备特定性能的浆液

灌注到岩石、孔隙、裂缝、土体等结构当中, 进而获得对整体结构较好的防渗、加固效果。灌浆施工利用了帕斯卡定律, 利用灌浆泵等压力设备, 克服空隙、缝隙等阻力将浆液压注到结构当中, 并均匀分布至目标区域。比如, 在对水利工程坝基进行灌浆施工防渗, 采用液压泵向浆液施加压力使其深入至坝基结构的细小裂缝当中, 对孔隙、缝隙等进行填充, 进而达到提高坝基结构密实性与防渗性能的效果。不同的施工需求与地质条件, 在压力施加方式的选择方面有所差异。对于地基或者裂缝较浅的情况, 需要的灌浆压力较小, 可采用重力灌浆设备或者小型灌浆设备提供压力; 若是地基深度较大或者缝隙的扩散范围较大, 则需要选择压力较高的灌浆设备进行施工, 确保浆液能够充分、全面注入。压注的浆液会和周边介质发生复杂的物理化学反应。比如, 水泥浆液在缝隙中发生水化反应, 生成氢氧化钙、水化硅酸钙等一系列水化物, 随着时间推移逐渐凝结、硬化, 与缝隙中的土体颗粒胶结形成稳定的整体, 进而达到强化地基结构的效果。同时浆液的填充过程会将缝隙中的水分、空气等挤压排出,

【作者简介】邵方敬 (1984-), 男, 中国四川广安人, 高级工程师, 本科, 从事水利水电工程技术施工与管理研究。

形成密实结构，实现对地基的防渗处理。对于黏土等特殊地质，浆液和粘土矿物之间发生的化学反应还能达到强化土体稳定性与抗渗性的效果^[2]。除此之外，环氧树脂、聚氨酯等化学材料的使用还能得到粘结力、耐久性更好的结构，即便是在较为复杂的工况下也有着较好的适用性。

3 水利工程防渗处理常用的灌浆施工技术

3.1 循环式灌浆技术

循环式灌浆施工技术在水利工程防渗处理中的应用具备施工便捷、灌浆效果优异等特点，在实际应用中能够快速处理泥浆扩散问题，实现对裂缝、孔隙等的有效填充。这一技术的应用主要是利用射浆管将浆液准确地注入到预定的岩土体区域孔隙中，同时产生的回浆经过回浆管回收到搅拌装置进行处理，然后进行注浆的循环利用，如此很好地保证了浆液注浆的连续、稳定，同时提高了灌浆压力，孔隙等的填充更为充分，这也是循环式灌浆技术较之纯压力填充技术的填充效果好的主要原因。除此之外，循环式灌浆施工还能结合地质情况对浆液配比、灌浆压力等进行灵活调整，更好地满足工程施工的实际需求。

3.2 压力灌浆施工技术

压力灌浆施工技术在水利工程防渗处理中有着较为广泛的应用，主要是利用压力设备将预先配制的浆料压注到失稳的结构中，实现强化结构性能，提高抗渗效果的目的。低压灌浆与高压灌浆都是较为常用的两种压力灌浆施工技术，其中高压灌浆施工，主要是借助高压设备将浆液压注到混凝土、岩土等结构中进行防渗处理。在实际施工中需要按照实际工况的压力指标选择合适的高压注浆设备，并基于对注浆孔隙的全面分析合理地确定注浆顺序，确保浆料能够充分填充每一处缝隙，才能取得较好的防渗加固效果。低压注浆则是采用低压泵进行注浆，不具备机械施工条件的区域可采用手动注入的方式进行施工。相对来说，低压注浆施工的应用范围较小，主要应用于小规模施工或局部施工，但是具备施工灵活、便捷，施工成本低、施工工期短等优势，与其他灌浆施工技术联合应用，往往能够获得更好的综合效果。

3.3 高压喷射灌浆技术

高压喷射灌浆技术在水利工程防渗施工中也有着较为广泛的应用，且效果显著。这一技术的应用主要是利用了压缩空气产生的冲击力将预制浆液喷射到施工结构当中，实现对结构内部大部分缝隙的填充处理，达到防渗加固效果。浆液配置的有效性在较大程度上决定了喷射灌浆施工技术应用的效果，同时在施工中需要对喷射注入的有效性进行检查，并且在完成阶段性灌浆之后需要静置等待一段时间再对缝隙的填充情况进行检查，确保填充到位、全面。高压喷射灌浆技术的应用具备操作难度低、防渗效果显著、经济效益明显等优势。但是对设备及操作人员的专业性要求较高，主要适用于小体积的结构防渗处理^[3]。

4 水利工程防渗处理中灌浆施工技术应用的具体流程及质量控制措施

4.1 施工准备

在施工前需要做好全面的施工勘察，确保地勘报告、地形地貌信息、水文气象信息等收集详细、全面，准确把握施工现场的地质、岩石特性、地下水位等实际情况，奠定施工设计的坚实基础。组织人员进行施工设计文件的学习、熟悉，做好全面的技术交底，对灌浆施工目的、范围、技术要求等进行充分明确，确保施工人员准确熟知、掌握灌浆施工在材料、压力、浆液配比等方面的要求。然后进行施工场地清理，拆除所有阻碍施工的障碍物，做好施工现场的三通一平，做好临时工棚、仓库等设施的合理布置，以便于施工材料、设备等的存放。水泥、外添加剂、掺合料等灌浆材料必须严格按照设计要求与质量标准进行采购，做好对材料的分类存放，以及做好设备、材料的防潮、防雨等保护措施。在灌浆施工设备的选择方面尤需注意符合施工类型、施工规模、施工工艺等要求，确保灌浆泵、搅拌机、钻机、空压机等设备性能可靠，并事先做好对设备的调试维护，确保安全可用。

4.2 钻孔施工

结合设计图纸对现场控制点进行合理确定，借助全站仪、水准仪等对灌浆孔位置进行精准测放，做好相应标志，并安排专人复核，严格控制孔位偏差。结合地质情况与设计要求对冲击钻进、回转钻进、跟管钻进等钻孔方法进行合理选择，并在钻进过程中将钻孔的垂直度、孔径等控制在合理偏差范围。通常需要结合对导向装置、定期测量钻孔倾斜度等方法应用来确保孔位偏差处于合理范围^[4]。钻进地层的不同在钻进速度、钻压、泥浆排量等的控制方面有着不同要求，需要结合实际情况进行合理调整，同时做好孔深、地层、钻进异常等信息的全面、准确记录，作为后续灌浆施工调整的重要依据。

4.3 冲洗和压水试验

钻孔结束后则需及时采用高压水冲洗、风水联合冲洗等方式将孔内的岩粉、泥屑等全面清除，以便浆液顺利灌入。在进行高压水冲洗时需要将冲洗管伸入到孔的底部，借助高压泵将清水注入孔内，将其中的杂质挤压、排出。然后采用风水联合冲洗的方式强化冲洗效果，直至冲洗的回水清澈方可停止。灌浆施工设计需要准确把握地层的渗透性，需要采用压水试验的方式来准确测定地层透水率。在进行压水试验之前需要采用栓塞的方式将钻孔进行合理分段，逐段进行压水试验。整个过程需要确保栓塞良好的密封效果，避免出现漏水现象。采用压水设备对孔内进行注水，对单位时间内注水量进行测量，注水压力保持稳定，详细记录各个时间段的注水量数据。

4.4 灌浆施工

浆液配合比需要以设计要求、压水试验结果为参考依据，结合地层、灌浆效果要求等合理确定，以充分满足各种

施工要求。按照配合比对施工原材料进行准确称量，按照先水后料的顺序配置浆液。水量需一步到位，水泥、外加剂、掺合料等材料需要缓慢加入，且边加边搅拌，才能得到均匀的浆液材料。整个过程需要对浆液密度、浓度等性能指标进行定期检测，确保性能达标、稳定，禁止使用不符合要求的浆液进行施工。按照既定位置对灌浆泵、搅拌机、储浆桶等设备进行安装、连接、密封，确保不会出现漏浆现象。灌浆管路的安装需尽可能地确保距离短、线路直，确保浆液流动顺畅^[5]。并且需要将压力表、流量计等检测设备安装在管路的准确位置，对灌浆压力、流量变化等情况进行实时监测。结合实际工况与设计要求对纯压式、循环式等的关键方式进行合理选择。前者采用灌浆泵将浆液直接压入孔内，对于孔深浅、地层密实的情况的应用效果较好；后者施工过程中浆液在整个灌浆体系中循环流动，一边灌注、一边返回，浆液的均匀性以及灌注效果较好，在孔深大、地层渗透性强的缝隙防渗中应用效果较好。

4.5 封孔施工

完成灌浆施工之后需要严格按照设计要求做好封孔处理。选择流动性、凝固后强度较高、抗渗性能较好的材料进行封孔，如高强度的水泥砂浆、水泥浆等。结合实际情况合理选择封孔施工方法，对于施工规模、孔深、孔径较大的情况，可采用机械压浆的方式将封孔材料泵压进孔内，充满孔口停止施工；对于小规模、孔深孔径较小的情况，则采用人工压浆施工即可，利用压浆器具缓慢向孔内倒入封孔材料，充分振捣、充实。材料密实、内部无孔洞、无缝隙是封孔施工的标准要求。最后是做好孔口的平整处理，做好相应的保护措施，避免外力因素破坏封孔材料。

4.6 质量检查与验收

灌浆封孔结束之后需要进行施工质量的检查与验收，

对漏浆、裂缝、隆起等问题进行全面排查，及时发现和整改问题。严格按照取样试验要求在灌浆区域进行钻孔取芯，对灌浆结石体的强度、完整性、胶结情况等进行检查、评估。如，对样品进行抗压、抗渗试验，评估灌浆的物理效果达标情况。准确记录施工记录、检测报告，向建设单位提交验收申请。由建设单位、监理单位组织设计、施工、检验等多方按标准进行工程验收，针对验收过程中存在的问题提交施工单位整改，直至验收达标为止。然后各方就验收合格的事项签署验收意见，完善验收手续。

5 结语

综述可知，灌浆施工技术在水利工程防渗处理中有着十分重要的作用，是提高工程防渗效果，保障工程安全，延长水利工程使用寿命的重要技术保障。对此，相关单位需要结合水利工程渗漏问题的实际情况，选择合适的灌浆施工技术，加强人员的技术培训与现场管理，严格按照技术流程与要求进行施工，确保水利工程较好的防渗处理效果，为水利工程的安全、稳定运行提供保障。

参考文献

- [1] 赵腾.水利工程防渗处理中的灌浆施工技术分析[J].工程施工新技术, 2024, 3(16):134-136.DOI:10.37155/2811-0609-0316-45.
- [2] 韦明景,韦利华.水利工程防渗处理中灌浆施工技术探讨[J].中文科技期刊数据库(文摘版)工程技术, 2023.
- [3] 王泽源.水利工程防渗处理中的灌浆施工技术分析[J].环球市场, 2022(1):166-168.
- [4] 阿拉法提·阿不都赛买提.水利工程防渗处理中的灌浆施工技术分析[J].安防科技, 2020(005):000.
- [5] 申准伟.水工隧洞灌浆基础防渗处理技术在水利工程中的应用价值探讨[J].中文科技期刊数据库(引文版)工程技术, 2024(003):000.