

水利水电工程灌浆施工技术与管理对策探析

胡方富

贵州水利实业有限公司

DOI:10.12238/jpm.v6i4.7903

[摘要] 水利水电工程灌浆施工技术不仅可以提高工程质量和稳定性，而且可以延长使用寿命，降低维护成本。本文首先阐述了灌浆技术的应用意义，其次分析了水利水电工程灌浆施工技术，最后提出了灌浆施工的质量管理措施，希望对灌浆施工实践工作有所帮助。

[关键词] 水利水电工程灌浆施工技术；质量管理对策；探析

Analysis on grouting construction technology and quality management countermeasures of water conservancy and hydropower project

Hu Fangfu

Guizhou Water Conservancy Industry Co., LTD.

[Abstract] The grouting construction technology of water conservancy and hydropower engineering can not only improve the quality and stability of the project, but also extend the service life and reduce the maintenance cost. This paper first expounds the application significance of grouting technology, then analyzes the grouting construction technology of water conservancy and hydropower projects, and finally puts forward the quality management measures of grouting construction, hoping to be helpful to the practice of grouting construction.

[Key words] grouting construction technology of water conservancy and hydropower project; quality management countermeasures; exploration and analysis

引言

随着水利水电工程的快速发展，灌浆施工技术作为提升工程质量和稳定性的重要手段，其重要性日益凸显。灌浆施工技术通过向工程基础或裂隙中注入特制的浆液，能够有效增强地层的抗渗能力和整体稳定性，从而确保水利水电工程在复杂地质环境下的安全运行。然而，灌浆施工技术的质量控制却是一个复杂而细致的过程，涉及材料选择、配比设计、施工工艺、压力控制等多个环节。因此，深入探析水利水电工程灌浆施工技术与质量管理对策，对于提升工程质量、延长使用寿命、降低维护成本具有重要意义。本文旨在通过系统研究灌浆施工技术的关键环节和质量措施，为水利水电工程灌浆施工提供科学指导和借鉴，推动水利水电工程建设的可持续发展。同时，本文也将为相关领域的研究和实践工作提供有益的参考和启示。

一、水利水电工程施工中灌浆技术的应用意义

灌浆技术作为水利水电工程施工的重要技术措施之一，其施工能够有效提升工程质量与稳定性。

一是灌浆技术能增强地层抗渗能力，避免地下水渗漏给工程带来不利影响。水利水电工程建筑物存水，对建筑物的防渗性有着较高的要求，通常采取灌浆施工技术，进行裂缝修补与

处理，提升建筑物的强度。灌浆施工技术的应用，是按照施工设计的比例来混合浆液，采取压入方法，使得浆液可以渗透到建筑物缝隙内，提高建筑物的防渗性能。

二是灌浆技术能够加强地层整体性与稳定性、减小地层变形与沉降、确保工程稳定安全。灌浆技术能够增强工程承载力并对上部结构起到较好支持作用。水利水电工程作为我国重要的基础设施，在运行过程中会受多种自然因素与人为因素的干扰，致使工程的使用寿命大打折扣。而灌浆技术在其中的运用，则能够有效延长项目使用寿命。通过灌浆施工可形成持续帷幕状固体增强地基防渗性能及稳定性，以减少各因素对项目影响范围，延长项目使用寿命。

水利和水电项目的维护费用相对较高，但采用灌浆技术能够显著减少这些工程的维护开销。在水利工程中运用灌浆技术不仅能提升工程质量，而且还具有较强的实用性与安全性。通过灌浆施工技术，可以形成一个持续的帷幕状固体，这有助于增强地基的防渗和稳定性，从而降低工程的维护费用。通过对水利工程进行分析可知，灌浆施工不仅能增加基础承载力且在一定程度上还有利于保护生态环境。此外，利用灌浆技术可以增强项目的持久性和延长其使用寿命，从而进一步降低项目的维护成本。

二、水利水电工程灌浆施工技术分析

在灌浆的过程中，需要考虑灌浆方式的选择，当前较为常见的为孔内循环是关键法，也有一部分工程可以选择自上而下的分段钻孔以及灌浆模式。灌浆施工技术的选择与应用，直接影响水利水电工程的整体质量和稳定性。

（一）灌浆孔钻孔施工技术

灌浆孔钻孔施工技术是灌浆施工的基础，其质量直接影响到后续的灌浆效果。在钻孔过程中，需要严格按照施工规范进行操作，确保钻孔的孔壁和直孔均匀正直，避免出现斜孔或歪孔的现象。同时，还需要根据工程的具体情况和设计要求，合理选择钻孔的顺序和孔斜率。

钻孔顺序

钻孔是灌浆施工的必经阶段，也是提高灌浆施工质量的前提。在灌浆（帷幕灌浆、固结灌浆）过程中，必须严格按照有关施工规定来进行，进行逐步加密的施工，才能切实地提高施工质量。首先，要进行一序孔灌浆，再对第二和第三序孔进行施工，这三道工序完成之后再行必要的后续测试处理，例如检测吸水量，压水试验，如果吸水量达到设计要求，就可以省去后序孔的灌浆操作，从而大大地缩短施工周期。

孔斜率要求

对于水利水电工程的灌浆施工，钻孔的孔壁和直孔必须均匀正直，决不允许出现斜孔或者歪孔的现象。因此，在孔距较近的情况下，对于帷幕深孔的施工，还需要辅以主要钻孔的测斜工作，确保各项工序的顺利进行。

钻孔和裂隙的冲洗

在水利水电工程的灌浆施工环节中，钻孔和裂隙的冲洗属于极为关键且必不可少的施工工序，它们堪称顺利完成后续灌浆工序的重要前提条件。之所以要着重做好这两道工序，核心目的在于全力确保施工区域的洁净程度。在岩石的裂隙之中，往往会存在大量的铁砂粉以及岩粉等杂质，若将这些杂质有效清除出去，将会严重影响到后续灌浆的质量。通过对钻孔和裂隙进行冲洗，能够把这些不利于灌浆的物质彻底冲离，从而为浆液与岩石之间形成良好的胶结创造有利条件，显著提高浆液和岩石胶的凝聚效果，保障灌浆施工达到预期的稳固与防渗等目标。在实际操作过程中，利用压缩空气或者压力的方法是较为常见的钻孔和裂隙吹洗手段。其中，压缩空气凭借其便捷性和高效性，在很多场景下都能发挥良好作用；压力冲洗则可以凭借较大的冲击力，更有效地将深处的杂质带出。不过，单孔冲洗方式存在一定局限性，其应用范围相对较小。一般而言，只有在那些地质条件较为完整、裂缝数量较少的岩层中，单孔冲洗才能较好地发挥作用。因为在这类岩层中，单孔冲洗能够满足清洁要求，同时也不会因复杂的裂隙结构而导致冲洗效果不佳或出现其他问题。

（二）灌浆施工技术

灌浆施工技术的选择与应用，需要根据工程的具体情况和

设计要求进行。不同的灌浆施工技术，其施工效果和应用范围也有所不同。

纯压式灌浆

纯压式灌浆施工技术普遍应用在水利水电工程灌浆施工过程中，通过将浆液沿灌浆管压入钻孔，该环节属于单向施工，并没有返回循环这一过程，适用于裂隙较大的岩层。然而，纯压式灌浆施工技术的应用也有许多缺陷，施工中不容易将裂缝填满，容易造成细小的裂隙堵塞，最终降低了施工效果。使用纯压式灌浆方法时，可以直接将浆液压入到钻孔内，被应用于裂缝较大的岩层施工中，需要做好孔深控制，将深度控制在 10~12m 范围内，使用浓稠的浆液。

循环式灌浆

循环式灌浆主要包括孔口循环和孔内循环两种形式。孔口循环是指浆液在孔口进行消魂环，属于纯压式循环的一种；而孔内循环指的是在内外两管之间的空隙消魂环，并确保浆液始终处于流动状态，防止中途凝固，提高灌浆的质量，进而减少颗粒的沉淀量。循环灌浆可以确保浆液保持流动状态，减少颗粒沉淀，提升灌浆质量。

（三）灌浆顺序

灌浆顺序的选择，需要根据岩层的具体情况和施工要求进行。不同的灌浆顺序，其施工效果和对工程的影响也有所不同。

自上而下分段灌浆法

自上而下分段灌浆法能够有效的减少施工中所产生的事故，采用较高的灌浆压力的施工方法较为常见，以此来获得良好的灌浆质量，适用于岩层较为破碎以及岩层倾角比较发育的地区，并且施工效率高。一般情况下，自上而下分段灌浆法是施工的首选。在灌浆的过程中，施工人员会提升灌浆所需的压力，每隔 5m 需要进行一次清洗。待最上一排的浆液凝固后，再进行下一段以及下排的施工。选择该种方式进行施工时，需要结合施工进度以及质量及时调整灌浆设备的位置，因此对于地理环境的要求较高，通常使用在倾角较小的工程中。

一次灌浆法

一次灌浆法是较原始的施工方法，施工中要求一次将孔钻到全深，即施工一次到位，不外加其他施工工序，再沿着钻孔的全长来施工。一次性灌浆法的应用，对于灌浆孔的要求较高，需要确保灌浆孔内部压力相同，深度要大于 10m。在施工的过程中，要加强施工面缝隙与透水性的观察，确保裂缝要小，才可以利用此方法。对于孔深小于 10m 的孔内灌浆，一次灌浆法更能呈现出其优点。而对于那些岩石透水不大或裂缝较少的情况，则需要采取分段来进行不同压力的灌浆。

自下而上分段灌浆法

使用自下而上分段灌浆法时，通常根据 3~5m 的施工范围来进行自上而下的分段灌浆，在灌浆的时候上段灌浆要在下段结束的时候紧接着进行，同时还要求以灌浆塞进行分段塞孔。从而极大地提高施工效率，加快了施工速度，减少搬运灌浆设

备的时间。这种方法适用于岩层坚硬度较低，而且岩层倾角较小的施工项目。

三、水利水电工程灌浆施工的质量管理对策

水利水电工程灌浆施工的质量管理，是确保工程质量和稳定性的关键。因此，需要采取一系列的质量管理对策，以加强对灌浆施工全过程的监督和管理。

（一）完善质量管理体系

建立健全质量管理体系是提升水利水电工程质量的基础。质量管理体系应包括质量方针、质量目标、质量控制措施、质量检验与验收标准等内容。通过完善质量管理体系，可以明确各级人员的质量职责和权限，确保质量管理工作的有序进行。

（二）加强质量教育培训

质量管理人员和施工人员是水利水电工程质量管理的直接执行者。企业应定期开展质量教育培训，提升人员的质量意识和专业素养，确保他们能够熟练掌握质量管理知识和技能，有效应对施工过程中的质量问题。

（三）优化设计方案

设计方案是水利水电工程建设的蓝图和基础。企业应注重优化设计方案，充分考虑工程地质、水文条件、施工环境等因素，确保设计方案的科学性、合理性和可行性。同时，加强对设计方案的审查和评审，及时发现和纠正设计缺陷，为施工质量提升奠定坚实基础。

（四）强化施工过程控制

施工过程是水利水电工程质量管理的关键环节。企业应加强对施工过程的监控和管理，严格执行施工工艺流程和操作规程，确保施工质量和安全。同时，加强对施工材料和设备的检验和检测，确保材料和设备的质量符合设计要求。

灌浆材料与配比

灌浆材料的质量直接影响到灌浆施工的效果。因此，在选择灌浆材料时，需要按照工程设计要求，合理的选择，以确保施工的质量。同时，需要做好配合比试验，以确保工程施工的质量。水泥浆材料主要包括粉煤灰水泥、外加剂、水，开展灌浆施工作业时，需要加强浆液材料检验，将浆体制作成立方体，进行质量检测，以确保施工质量。开展灌浆作业时，可以使用膨胀剂，避免发生浆体干缩现象。

浆液的流动性对灌浆施工有着重要影响。浆液流动性直接影响着灌浆作业，浆液流动值增加，则浆液的可灌性也随之增加。若水泥浆液制作时，未使用减水剂，浆液流动值应大于 16s。若浆体中使用了减水剂，则浆液的流动值应大于 25s。通常水利水电灌浆施工作业中，要将浆液流动值控制在小于 40s 的范围内，尽量保持在 25~35s 的范围内。

灌浆压力控制

在灌浆施工过程中，压力的控制与施工质量密切相关。为确保高效的灌浆效果，施工者主要采取两种压力控制策略：一次性升压法和分段式升压法。

与一次性升压法不同，分段式升压法是为那些岩石透水性较大且吸浆量多的情境设计的。在这种方法中，压力不是迅速提升至标准值，而是逐步升高，根据实际情况进行调整。这种逐步调整的方法可以更好地应对那些透水性强、吸浆量大的岩石条件，确保浆液均匀、完整地分布在预定的范围内。选择适当的压力控制策略对于确保灌浆施工的高质量效果至关重要，需要根据具体的工程条件和需求来做出决策。

结语

综上所述，水利水电工程灌浆施工技术与管理对策是确保工程质量和稳定性的关键所在。通过深入研究灌浆施工技术的关键环节和质量控制措施，我们可以为水利水电工程的安全运行提供有力保障。在实际施工过程中，我们应注重灌浆材料的选择与配比、灌浆压力的控制、施工工艺的优化以及质量检查与验收的严格把关。只有这样，才能确保灌浆施工达到预期的效果，提升水利水电工程的整体质量和稳定性。同时，我们也应认识到，灌浆施工技术和质量管理是一个持续改进的过程。随着科技的不断进步和工程实践的深入，我们应积极探索新的灌浆材料和施工工艺，不断优化质量管理流程和方法，以适应水利水电工程建设的需要。通过不断的技术创新和质量提升，我们可以为水利水电工程的可持续发展贡献更多的智慧和力量。总之，水利水电工程灌浆施工技术与管理对策的研究和实践具有重要意义。我们应不断加强技术研发和质量管理工作，推动水利水电工程建设的不断发展和进步。

参考文献

- [1]水利水电工程灌浆施工技术与管理对策研究.陈静林.中国设备工程, 2024 (05)
 - [2]水利水电工程灌浆施工技术探究.杜云龙.工程建设与设计, 2023 (13)
 - [3]水利水电工程灌浆施工技术与管理对策探析.贾绪锦.工程建设与设计, 2022 (18)
 - [4]水利水电工程灌浆施工技术与管理策略分析.周泽军; 黄玉红.工程建设与设计, 2021 (07)
 - [5]水利水电工程施工中灌浆技术的应用.李严.居业, 2021 (05)
 - [6]研究水利水电工程常见情况灌浆施工技术处理方法.章剑.江西建材, 2017 (05)
 - [7]水利水电施工技术和灌浆施工的应用.陈凌.城市建设理论研究(电子版), 2017 (03)
 - [8]水利水电工程中灌浆施工的过程控制探究.杨继刚.中华建设, 2017 (09)
 - [9]分析水利水电工程建筑基础灌浆施工技术.沈长荣; 唐天文.建材与装饰, 2015 (48)
- 作者简介：胡方富，1994 年 07 月 11 日，男，助理工程师，研究方向：水利水电工程。