

水利水电工程灌浆施工技术与质量管理对策探析

陈泽林

惠来县水利水电工程建设管理中心

摘要：我国基础设施体系中，水利水电项目扮演着基石角色，尤其在水资源管理策略中占据核心地位。其工程质量的优劣，不仅关乎水资源分配的效能，而且深刻影响着周边地区的用水便利性。在工程实施过程中，施工环境的复杂性要求我们格外关注地基的稳定性保障。施工团队可引入先进的灌浆施工方法，以强化水利工程的防渗性能，同时有效地修复混凝土结构中的微裂隙，从而显著提升水利水电项目的建设品质和耐用性。基于此，文章重点就水利水电工程灌浆施工技术与管理对策展开分析，仅供参考。

关键词：水利水电；灌浆施工；质量管理；对策

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2024.20.079

在水利水电工程实施进程中，灌浆技术是一项核心策略，尤其适用于增强基础结构的稳定性。它不仅限于填充地基的天然缝隙，如断裂带和施工过程中的裂隙，而且能提升受注地层的防渗性能，从而实质上优化了工程的地基设计，确保了施工流程的顺畅进行。此外，鉴于水利工程的独特性质，对灌浆技术的深度应用和精细化管理显得至关重要。严格的施工环节质量控制，推动了灌浆技术的整体效能提升，使之在水利水电工程中发挥出更大的作用。

一、灌浆施工技术的基础理论概述

水利工程的特性决定了其在建设过程中对防渗漏的高度重视，这不仅是经济上的考量，也关乎着工程进度和周边社区的生活质量。已有的防渗漏策略中，灌浆施工技术凭借其显著的优势，被广泛应用于强化工程基础结构的稳固性和提高抗渗性。灌浆技术的关键在于将特定的混合液体注入建筑物，通过固化过程，赋予结构卓越的性能特征。针对水利工程的多样性，如众多子项目和复杂的施工环境需求，灌浆技术的应用需灵活适应，根据具体的施工场景和细节进行精准定制，以优化工程整体稳定性。因此，在工程启动阶段，严谨的地质和人文条件调查至关重要，明确施工目标和挑战，然后选择匹配的灌浆施工体系，为施工顺利进行提供强有力的支持。

二、水利水电工程灌浆施工技术的优势

(1) 灌浆工艺在建筑结构修复中扮演关键角色，它能深入填补微小裂缝，强化整体结构，形成一道坚固的防水屏障，有效阻隔水分渗透，从而提升工程品质。

(2) 灌浆技术的运作机制在于，浆液通过注入裂缝并借助自身的重量及灌注压力，对地层实施微妙的重塑，

类似于自然界的压实过程，增强地层的稳定性。(3) 灌浆技术依赖于特定的浆液配方，这种浆液具有卓越的黏附性，通过精细的灌注工艺，深入渗透至建筑内部，其固化特性得以激活，从而增强整体结构的强度和耐久性。(4) 浆液不仅因其黏合性而作用于建筑结构，还能与地层中的土壤、砂石发生化学反应，生成的产物不仅巩固了浆液与地层的结合，还提升了地层的力学性能，使其更为坚韧。

三、水利水电工程灌浆施工技术要点

(一) 钻孔作业

在灌浆施工的过程中，钻孔操作具有至关重要的地位。作业时，需依据具体工程条件科学地规划钻孔区域，并设定钻孔作业的标准。在钻孔过程中，利用钻孔设备确保孔径、深度和稳定性，同时考虑到地基结构，选择合适的钻机和钻头类型，通常采用金刚石硬质合金钻头。钻井方法可为冲击式或回转式，常选用56mm、66mm、76mm或91mm的小直径钻头，若孔径需求较大，90至110mm的尺寸较为适宜。钻孔作业应按编号和孔序依次进行，每钻进10m需检验一次倾斜度以确保精度，如发现斜孔超过规定值，应及时采取措施。当孔深超过20m时，需特别关注上部20m的孔斜状况。完成钻孔后，需全面检查整个孔的倾斜度。钻孔作业者需考虑环境因素，根据工程状态适时调整钻机位置。如遇到砂砾层地层，可能需要应用泥浆护壁技术来确保作业稳定性。钻孔结束后，紧接着进行冲洗工作，以提升灌浆施工的质量。通常采用高压水枪清洗孔洞，以彻底清除杂质，但因水枪压力大，可能导致孔壁破裂，故在冲洗前应做好防护措施并适当控制冲洗压力。

(二) 高压灌浆

水利水电灌浆施工压力分为高压灌浆和常规压力灌浆两种。以下以高压灌浆为例，对其施工要点展开详细阐述：在高压灌浆技术应用于水利水电工程中，主要用于加固地质条件不良的坝基及裂缝，通过这种方式能增强坝体的稳固性，同时提升其防水性能，从而延长了坝体的使用寿命。在灌浆作业前，需先清理施工现场，特别是灌浆区域，确保施工位置符合要求，同时，施工图纸应清晰标注墙面精确位置，施工人员需严格按照图纸操作，特别关注灌浆孔和轴线的定位。为了保证灌浆液的质量和流动性，灌浆位置确定后才开始制备灌浆液。在本水电站项目中，水泥灌浆液采用1:2的水灰比在集中制浆点调配，随后通过输送管道分发至中转站，再依据各灌浆孔的具体环境，输送到各施工点的搅拌机，

最后由低速搅拌机在每个工作点根据灌浆孔情况进行二次调配水泥浆液。灌浆工作应及时开展，灌浆孔布局呈梅花形，孔距和行距均为2.5m，孔深10.0m，垂直深入。使用专业高压设备将水泥浆液注入灌浆孔：如浆液喷射压力稳定而灌入率下降，无须调整水灰比；若灌入率不变而喷射压力上升，水灰比同样无须调整；当水泥浆液喷射量达500L或喷射时间超过2h，但注入率和压力变化不大，需加倍水泥粉；若注入率超过50L/min，施工人员应基于实际状况和经验，即时调整浆液配方。灌浆过程中，工程人员须密切关注灌浆通道的推进速度、浆液喷射压力和高压设备的供气量，以避免断浆或通道堵塞。若出现这些问题，必须迅速采取抢修措施，以维护灌浆作业的进度和效果。在设定的喷射压力下，若浆液以5L/min的速率连续注入2h，或以10L/min速率注入1h，可停止水泥浆液的喷射。所有灌浆孔作业结束后，选择一部分孔作为质量检测，应用压力灌浆封孔技术进行封闭，并在封孔后静置1d。

（三）合理控制灌浆顺序

随着当代水利水电设施建设的不断扩大，灌浆作业常常需要分阶段执行，以保证浆液能适时固化，从而保障工程质量。灌浆步骤的有序管理成为至关重要的环节。实践证明，为了达到最佳灌浆效果，通常推荐每次灌浆的深度维持在2~5厘米的范围内。这样的控制方式不仅有利于浆液的均匀扩散和充分渗透，同时也能保证浆液有足够的干燥和固化时间。此外，相邻两次灌浆之间的等待时间也需谨慎设定，其长度应依据所用浆液的特性来决定，因为不同种类和配方的浆液其固化速度各异。为了确保水利水电工程的安全性和耐久性，灌浆作业需周密规划并严格执行。合适的灌浆深度与准确的时间间隔是实现理想效果的决定性因素。

四、水利水电工程灌浆施工质量管理措施

（一）精心挑选施工材料

在灌浆作业中，材料挑选与质量管理是至关重要的环节。材料的优劣直接决定了浆体的填充效率、固化后的强度，乃至整个工程的可靠性。唯有选用达标材料，才能保证灌浆工程的顺利完成。选择灌浆材料时，需依据钻孔直径来设定浆体颗粒尺寸，以避免过大或过小的颗粒干扰浆体的流动性能，从而影响填充效果。理想的材料应具备良好的渗透性，能自如地渗透至深层缝隙，充分实现灌浆目标。此外，材料的精准配比同样是提升灌浆工程质量的决定因素。除了确保采用的水泥符合标准，还需精确计算材料的比例。恰当的配比可使浆体保持最佳的流变性，便于注入目标区域，且固化后能保持极高的稳定性。材料选取、比例控制以及材料管理的优化，都是灌浆工程成功的基础，对此应给予高度重视。

（二）合理地进行灌浆浆液配置

在水利水电项目的建设过程中，灌浆浆液的精确配

制扮演着至关重要的角色，它不仅直接影响到工程结构的强化效果，而且显著增强其密封性能。优质的浆液配方如同施工蓝图中的基石，为后续建筑物的稳固构建提供了强有力的支撑。因此，施工团队需对以下关键环节实施严谨的控制策略。

1. 灌浆浆液的配置要求

在浆液调配的工艺流程中，其强度设计需充分考量水利水电项目的整体规模以及区域特定的施工特性。

2. 合理设置水灰比

对于灌浆浆液，其水灰比及重量比例一般设定在1:1的比例之上，这是一种严格的控制标准。在回填灌浆施工阶段，对水泥颗粒细腻度的把控至关重要，通常会选择80 μ m的筛网进行筛选，而接缝灌浆则要求更为精细，水泥细度需低于70 μ m。

3. 掺合料的控制

灌浆材料的混合成分多样，包括具有黏性的土壤、细沙、粉煤灰和硅酸钠溶液。其中，沙粒直径需严格限制在2.5mm以下，以保证其适宜性；而黏性土的塑性指数应超过15，这有助于提升浆液的黏稠度。硅酸钠溶液的浓度通常设定为30（°Be），这是保证其性能稳定的关键参数。

4. 制浆方法

在制浆过程中，推荐采用集中调配的方式，浆液配制完成后，必须通过严谨的质量检验环节。检验手段包括沉降测试和标准黏度计，目的是确保浆液的浓度和细腻度符合预先设定的施工参数，只有满足这些条件，才能进行后续施工应用。

（三）控制好灌浆的压力

灌浆施工中的压力调控与工程质量的稳定性息息相关。为了实现高效灌浆，施工团队通常采用两种策略来管理压力：一次性压力提升法和分阶段压力提升法。在实施一次性压力提升前，必须对灌浆孔进行彻底清洁，同时对周边岩石进行全面地质评估，包括测定其硬度、完整性、裂缝的分布和规模等关键参数。这种方法尤其适用于岩质坚硬且渗透性较低的环境。在实施过程中，需确保在达到预设的吸浆容量后，迅速调整浆液配方，并平稳地将压力提升至设定标准。与一次性策略不同，分阶段压力提升法适用于岩石渗透性强、吸浆需求大的情况。这种方法并非立即达到最大压力，而是渐进式调整，以适应岩层特性，确保浆液能均匀且无遗漏地填充目标区域。选择最适宜的压力控制策略对于灌浆施工的高品质成果至关重要，需根据工程具体条件和需求灵活运用这两种方法。

（四）加强质量控制和检查

灌浆施工的品质把控是保障工程项目顺利实施的核心要素。注重细节管理，比如确保钻孔的深度清洁，能有效预防潜在的难题。在灌浆作业前，严格的预处理至

关重要，务必剔除孔内可能的沉积物和微粒。水泥浆的调配工艺也不能忽视，要求其搅拌流程连贯且均匀，避免产生浆液分离或凝聚。完成配制的浆液需要经过严格的封堵和锚固，以确保其性能和效果。所有施工工具和设备需定期维护和检验，确保它们的性能稳定和功能正常。对灌浆固化后的状况，通常通过岩芯取样来检验胶结状况，尤其在帷幕灌浆环境中，对钻孔参数的精确评估是必不可少的。由于灌浆质量问题往往潜藏于表象之下，因此选择合适的检验策略显得尤为关键。例如，压力测试被广泛用于测定保水性能，任何泄压迹象都需要立即修正，以免引发严重问题。然而，单纯依赖压力测试作为质量判定标准可能存在局限性，因此，结合具体施工环境，还需要实施其他相应的质量评估手段。施工结束后的一个月，是质量验收的关键期，需对灌浆区域的钻孔精度以及灌浆效果进行全面深入的检查。每个环节的达标执行，都是保证施工质量全程无缝衔接的基石。只有这样，整个灌浆施工过程才能确保按照预定的标准顺利进行。

（五）严格进行图纸审核

在着手灌浆工程之初，图纸预审犹如导航灯塔，不可或缺。它不仅验证施工蓝图的精准性，更是灌浆进程中的行动指南。对图纸的深入剖析需与实地的地质和水文环境紧密融合，以此精准洞察岩石的结构和渗透特性。这些关键信息直接影响到钻孔的部署策略，为灌浆项目的工程质量奠定坚实基础。比如，面对大型基岩、吸浆效率高且渗透性强的复杂情境，可能采用分阶段压力提升灌浆策略，首先调整局部压力，然后逐步加压。在特定灌浆技术，如强化灌浆或防渗帷幕灌浆的操作前，预实验检查至关重要。通过岩芯样本分析，配合压球测试，我们得以深入理解岩石特性及其稳定性，确保钻孔性能并掌握其黏合状况。基于这些详尽的评估，施工计划得以精细定制。比如在帷幕灌浆项目中，初始阶段可能规划10%的施工区域；而在强化灌浆中，可能会以5%的比例作为初始目标。这种精细化的规划旨在确保施工方案的高效合理性，从而显著提升整体施工品质。

（六）加强施工过程监管

灌浆施工过程中，鉴于其技术精细度和工序的复杂程度，必须实施严密的监管和管理措施。为了保证工程质量及作业规范，建立健全的内部控制系统和岗位责任制至关重要。提议设置专职的质量监察员，以实现实时的施工过程监控。通过将责任具体分配至每位工人，确保每个人清晰理解自身任务，明确自身的角色和义务。一旦施工过程中发现违反规程的行为，应让涉事工人对产生的问题负责，包括可能的返工成本和延误的时间。这种责任制不仅促进了工程质量，还提升了工人们的工作效率和专业素质。除了日常的质量监控，工程的每个关键节点均需进行严格的质量检测。每完成一个步

骤，都要进行全面的检查，以防止任何潜在问题被忽略。如此，可在项目接近尾声或完成后再无质量问题出现，以免影响整体工程的验收和质量评价。工程结束后，务必进行最终审核和验收，包括对灌浆孔的细致检查、灌浆面的黏合状况以及其他可能出现的质量问题。这一系列的多层检查制度，确保了从始至终的灌浆施工质量，为后续工程的稳定性和安全性奠定了牢固基础。

（七）动态化的灌浆施工管理

为了全面强化灌浆工程的整体品质，施工过程中强调动态策略的实施，特别依赖于先进的信息技术和智能设备，对施工过程中遇到的问题进行实时监控和透明化操控。例如，我们运用可视化工具作为动态监控的平台，通过比较灌浆施工图纸与初始设计策略，识别并修正潜在的误解。借助BIM技术，我们构建了精细的施工预演模型，这成了质量评估和监管的关键参考。在这样的可视化施工环境中，施工团队可以根据实际进度和微观细节实时获取数据，洞察各阶段施工状况和地层结构的演变，这促使他们能够灵活调整策略，从而增强施工的连续性和有效性。

（八）提升水利水电工程施工人员的整体素质

水利水电建设的核心在于施工团队，尤其是灌浆作业人员，他们需全面理解整个工艺流程，并具备专业的灌浆施工技能及丰富的实践经验。持续开展技能培训以提升整体队伍素质至关重要，确保每位灌浆操作员都能精通最新的灌浆技术并树立牢固的安全意识。同时，有序的团队管理是水电工程管理重中之重，施工全过程中需有专人进行监管，以防止任何缩短工序或质量妥协的行为。

综上所述，水利水电工程的质量保障关乎到公众生活的根本和稳定，灌浆施工作为提升工程防渗稳固性的关键步骤，其在技术创新路径、材料选用策略、作业流程监管、管理体系构建以及实时监督等环节，亟须建立一套严谨且灵活的管控体系。这个体系应注重理论与实践的深度融合，通过阶段性的创新适应不断变化的需求。这样不仅能显著提高灌浆施工的整体效能，还能为水利水电工程的未来发展和创新奠定坚实的基础。

参考文献

- [1]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.
- [2]陈静林. 水利水电工程灌浆施工技术与质量管理对策研究[J]. 中国设备工程, 2024, (05): 255-258.
- [3]贾绪锦. 水利水电工程灌浆施工技术与质量管理对策探析[J]. 工程建设与设计, 2022, (18): 124-126.
- [4]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.