

接缝灌浆技术在水利工程施工中的应用分析

文 / 胡绍磊 中国水利水电第十一工程局有限公司

摘要：随着近年来城市化建设的不断推进，水利工程项目也受到了社会各界的高度关注，如何保障水利工程施工质量是水利工程领域的热点问题。灌注桩是水利工程项目中较为常见的地基处理技术，而接缝灌浆施工技术则是灌注桩施工的要害技术，能够有效提高灌注桩质量和稳定性，针对接缝灌浆施工技术在水利工程施工中的应用需要加以重视和研究。本次研究对接缝灌浆技术的应用展开深入探究，为水利工程中高效应用接缝灌浆技术提供支持。

关键词：接缝灌浆技术；水利工程；施工应用；分析

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2025.17.018

引言

在水利工程施工期间需要频繁使用灌注桩，运用灌注桩能够有效地增强地基稳定性，通过混凝土和桩基形成支护结构，从而将建筑荷载传递到深层地基，以此来提高建筑的安全性和稳定性。接缝灌浆施工技术是灌注桩施工中的常用技术，采用注浆泵将配置好的浆液高速注入灌注桩内，从而通过注浆方式形成稳定支护结构，以此有效填充桩体与地下土层之间存在的缝隙，提高桩体承载力。

一、水利工程施工期间存在的不足

（一）工程建设未达到高标准

由于大部分水利工程均处在地区较为偏远，同时交通不便的地区。在通车条件恶劣情形下，由于水库大部分路面属于土路，一旦出现大雨天气，就无法行走。因此，水库在设计期间，防洪标准较低。在施工过程中，并没有进行专门监管，部分水利工程存在狭窄现象，很多车辆在大雨天气无法通行。除此之外，现如今大部分水利工程建设时间久远，在多年运行状况下，现有的水利工程无法满足安全性要求。由于施工标准存在不足，因此容易发生危险状况，一旦出现险情，按照曾经的设计标准，无法保障抢险工作顺利实施^[1]。

（二）频繁变更工程设计

尽管行业内对水利工程接缝施工的重视程度逐渐提升，但是地方财政支持力度整体不足，在一定程度上导致水利工程接缝施工设计不完善。在施工设计阶段经常发生变更，且设计专业人才不足，部分工作人员在分析地域特点适应性工作期间，对安全隐患考量不充分，在施工开始前未能全面开展现场检测工作，由此造成水利工程接缝施工工程难以顺利开展。

（三）水利工程大坝常见病险

土石坝产生裂缝风险较高，由此引发严重的渗漏现象，同时对坝体结构强度造成影响，以及抗滑强度等均与规定要求不符，如今大部分水利工程均采用土石坝建设，由于稳定性不足，容易产生流土以及接触等病害。在实施建设过程中，稳定安全系数较小，导致大体抗震能力较低，容易产生渗流病害、洪水冒顶等现象。除此

之外，部分水利工程还会出现不良地质、山体滑坡等病险，极大降低水库大坝安全性^[2]。

（四）施工质量控制不严格

由于水库除险加固工程的工作人员文化水平不高，因此未将质量作为重点，在实施施工阶段，对于法律规定了解不足，在施工期间，仅仅根据自身经验作为依据，未根据设计方案落实，对混凝土的性质了解不够，因此导致除险加固质量降低。

二、接缝灌浆施工技术在水利工程施工中的应用

（一）施工准备

在执行灌浆作业阶段，必须对灌浆的压力执行严格的控制，遵循既定的施工程序精准操作，以保证灌浆作业的品质达到水利工程的标准。如遇灌浆过程中管道发生堵塞状况，可通过打压水的方法实施管道疏导，或者采用风和水相结合的手段对管道进行清洁，力求管道保持通畅。如果这些措施仍不能恢复管道的正常工作，需要运用重新打孔修复管道。当排气管出现流通不顺畅的情况下，可在规定压力范围内适当提高压力，当堵塞严重的情况下，此时尝试采用高浓的浆液开展反向灌注。施工准备阶段需要根据设计方案对材料、设备进行检查，确保设备材料满足施工需求。检查测量仪器和放样仪器精确度，准备后续施工使用材料。泥浆材料是影响钻孔灌注桩施工质量的关键，施工人员需要确保泥浆配置材料质量符合要求标准，并严格按照配置比例进行现场制作，确保泥浆质量满足施工要求。根据施工方案对施工现场进行平整，清除所有杂物和垃圾并采用压路机压实地基，确保大型机械设备能够正常进场使用^[3]。

在启动施工流程前，必须对灌浆区域实施温度检测工作。首先，将一定量的水注入施工区域混凝土内的冷却管道中，等待4至5日，以使管道内的水与混凝土完成热量交换。之后，将管道中的水转移至具有优良保温性能的容器内，依据规范要求，对该容器中的水温度进行反复测试，在此基础上获取灌浆施工所需要的技术温度参数。通常情况下实际温度与预先设定参数间差值应控制在0至-2℃之间。缝面宽窄程度对接缝灌浆技术应用效果产生直接影响，鉴于此在施工前需要对缝面宽度

进行精确测量，并在此基础上确定相应的施工方法，如缝隙宽度不足 1mm，则应选取细腻的硅酸盐水泥作为填充介质；若宽度超出 1mm，便可使用常规硅酸盐水泥。对于缝隙宽度在 0.3mm 以下的情况，必须实施特别处理，确保其宽度达到施工所需标准。

（二）注浆管制作

本工程选定注浆泵压力为 3MPa，因而注浆管需具有较强的抗压能力和稳定性，在制作注浆管时需要采用焊接方式提高注浆管稳定性。本工程选定注浆管直径为 30mm、管身长度为 1.2m，在焊接前需要施工人员对管材进行仔细检查，如管材存在缺陷或划痕则不能使用。检查确认无误后将管材端口进行处理，可采用砂纸或砂轮机对管材端口进行打磨，确保端口平整光滑、无毛刺。

（三）钢护筒制作及埋设

灌注桩钻孔时容易产生塌孔风险，主要引发原因多由于完成后即可对形成孔洞进行清孔，清孔前需要对孔洞位置和方向进行检查，而钢护筒是避免塌孔的关键措施，在制作钢护筒时需要严格按照施工方案选择材料，从而通过钢护筒提高孔洞精确度和稳定性，避免塌孔。本工程中钢护筒设计直径为 1m、设计长度为 1.2m，采用高质量钢板进行焊接制作。在埋设前需要对埋设位置进行精确测量，确定埋设位置后由质量控制部门使用全站仪进行反复检测，在确定护筒位置时可采用双垂直线进行精确定位，确保埋设位置符合施工方案要求。本次实验中钢护筒埋设深度为 2m，通过旋挖钻机将护筒压入土层中，并确保护筒顶面超出地表面至少 30cm 以上。埋设后对护筒位置进行重新检测，确保倾斜角在 1 度以内、偏差值在 50mm 以内，否则需要重新进行埋设^[4]。

（四）注浆施工

注浆前需调整注浆泵，本工程案例选定注浆压力为 3.5MPa，按照先桩侧后桩端的顺序进行注浆，所有注浆浆液均由将水泥、水、外加剂配置，水泥选择 P.042.5 的硅酸盐水泥，外加剂用量根据施工区域地下岩层情况而定，如岩层完整性较高则可减少外加剂用量。注浆前进行清孔、沉渣厚度检测，确认无误后采用双注浆管同时注浆，确保 2 个注浆管速度、压力保持一致，避免注浆不均匀引发倾斜。注浆速度选定为 60L/min，直至溢流孔流出浆液即可停止。停止后注浆泵需保持注浆压力不变，等待止浆阀关闭后停止注浆泵，避免因压力作用导致浆液回流^[5]。

在施工期间，由于受到不良施工环境的影响，因此需要严格要求土的质量，使用黏性土、沙土作为软基，这种施工工艺在操作过程中展现出一定的简便性，而水利工程工程造价较高，通过运用高压浆液流控技术，对坝体的土层结构进行冲刷处理，由此形成浆液等混合物，这些混合物在逐渐硬化和凝固的基础上，使地基土体承载能力得到大幅提、密实程度得到进一步增强。解

封施工技术不但操作简单，而且工程造价较低。实际施工中借助输送机械，将浆液灌注到坝体中，或者灌注到地层内部、缝隙当中，使灌浆材料在坝体内扩散、凝胶，经过不断固化后形成截水帷幕，以此有利于降低坝体渗流水压力，同时能够增加渗流水的垂直渗透路径、保持坝体的完整性、提升其整体性和密实性，使渗透状况的稳定性得到提升。

接缝灌浆加固技术对于坝体质量较差的土坝，更有利于坝基和坝体结合的防渗能力得到提升，具有施工速度快等优势。与其他技术相比较，造价以及设备操作等均占有优势。但是在施工期间，需要对施工工艺合理控制，对于灌浆的质量有严格要求，有利于工作实现预期效果，具有防渗功效。对于一些坝堤不稳或坝体受到浸蚀等情况，出现破裂均可以采用此种方式。沿着坝轴方向，会有黏土帷幕产生，由于挤压产生的移动性，会增加其密度，同时也促使坝体整体的稳定性得到强化。在坡脚进行回填属于常见的加工方式，不仅可以降低大坡坡度，同时有利于阻滑力的增加。将滑坡体进行清除，排水功效良好。对于存在安全隐患的地方进行清理，可以促使渗透压力得到降低，大体能够更加稳定。现如今，水利工程大多属于土石坝，因此需要强化其强度，以及大坝的稳定性。通过对土工布进行实验，采用滑坡勘探等方式，了解存在滑坡病害的主要因素。在实施期间施工期间，做好综合分析，有利于施工技术得到稳定。为促使坝体不再出现裂缝，不能采用灌浆方法。在加固坝基期间，通常应用深层搅拌法，以及振冲压密法等方式。在对坝体加固期间，可以采用振冲法。如果土质比较软弱，在进行加固期间，采用黏性土或者砂性土等土质进行加固，采用深层搅拌土法。

三、接缝灌浆技术在水利工程施工中的应用措施

（一）完善组织结构

相关管理人员需要对水利工程除险加固工程建设充分重视，建立起完善的管理政策。在落实具体责任期间，可以将除险加固工程，落实到部门或者个人。在实施期间，可以采用宣传责任意识等方式。还可以在工程建设的其他人员之间相互宣传责任。

某大型水库除险加固工程设立专门质量监督小组、安全管理小组、技术指导小组，其中质量监督小组负责对整个工程施工质量进行把控，把控内容主要包括接缝灌浆材料质量检测、灌浆工艺执行情况等；安全管理小组负责保障施工现场安全，结合实际情况制定详细的安全操作规程并监督执行；技术指导小组由经验丰富的工程师组成，为解决施工过程中的技术提供解决方案。该工程定期组织培训、会议，向全体施工人员宣传责任意识，明确各小组、个人的职责，确保工程顺利进行。

（二）布设防渗墙槽段灌浆预埋管

水利工程为进一步提升防渗墙槽段防渗水平，应当

结合实际情况适当增加槽段灌浆深度。通过安装槽段桁架，在此基础上布设防渗墙槽段灌浆预埋管，在此过程中需要按照（1）式对防渗墙槽段混凝土稳定平衡条件进行计算：

$$\gamma_s H = \gamma h + [\gamma_0 a + (\gamma_c - \gamma) h] K \quad (1)$$

式中： γ - 混凝土容重；

H- 防渗浇筑深度；

γ_0 - 土容重；

a- 地下水与地面距离；

γ_c - 饱和容重；

K- 渗漏压力系数

根据（1）式设施灌浆预埋管塑性强度 τ ，计算如（2）式所示：

$$\tau = \tau_0 + \eta \frac{d}{d_0} \quad (2)$$

式中： τ_0 - 混凝土动切力；

η - 绝对粘度；

d - 流变参数；

d_0 - 流动作用力

以灌浆与预埋管塑像强度为依据，合理安装槽段桁架。图1所示为水利工程防渗墙槽段桁架。

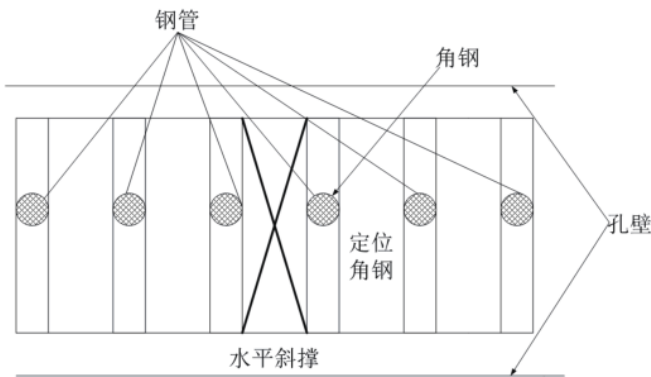


图1 水利工程防渗墙槽段桁架

槽段桁架能够将垂直度对防渗槽段槽壁的影响消除，同时能够对防渗墙槽段位置进行实时调整，以此最大限度上将防渗墙槽段桁架控制在最佳状态。

（三）施工管理工作需要规范

根据相关规定的内容，对于水库除险加固期间，由项目法人负责。了解政府相关要求，同时需要重视质量管理工作，将招标投标落实到实际，建立监管制度。首先，管理人员可以采用项目法人责任制的方式，对每个工程建设的工序，以及隐蔽工程，均需要有专门人员负责。其次，做好建设监理制度的深入落实，对于工程监督，以及验收实施严格的管理制度。在每道工序完成后，需要验收合格，方能做日后工程。如果发现在设计期间，

或者工程存在不符合要求现象。则需要及时反映。第三，制定完善的招标和投标制度，要具有科学性和合理性，同时要采用公开、公正原则，避免发生不合理情况。水利工程接缝灌浆项目招标中，在预审投标单位资格过程中设置多项严格条件，主要内容包括企业资质等级、类似工程业绩、技术人员数量和资质等。采用综合评分法进行评标，重点对技术方案、报价、施工组织设计等方面进行全面评估，以此确保筛选技术实力强、信誉良好的施工单位。

（四）重视质量监控

在整体工程建设中，工程建设质量控制占据重要地位，因此需要做好质量监管工作，相关管理人员需要收集和保管施工材料和相关文书，结合规范制度，进行把控和严格管理，对于日后验证有一定优势。在施工过程中，如果出现技术问题，需要做好分析了解，包含材料、设备的使用情况，以及材料设备消耗状况。做好检测维修工作，一旦发现设备故障需要及时处理。施工过程中，每个工作人员都要做好测量记录，保障设备质量与施工需求保持一致，在水库大坝渗漏填缝材料建设前期，需要对工程进行清洁，清洁深度为30cm，此项工作属于施工前期的准备工作。工件表面在清洁完成后工作人员需要严格审查建筑材料，使其符合标准要求，施工人员在施工期间，操作要符合规范，促使工程进度得到保证。对重构施工和排放涵洞进行控制，总体施工期间，包含两个方面，拆迁与重构，在拆迁期间，需要采用由浅入深方式，工作人员回填重建期间，需要水泥和材料，材料是施工关键，一般情况下，选择口径为40m左右的钢筋混凝土，施工人员需要严格审查。

结语

综上所述，由于接缝灌浆施工技术的施工成本低、效率高、质量好因而成为众多水利工程项目经常选用的施工技术。而影响接缝灌浆施工质量的重点因素较多，如压浆管制作、注浆、管材笼制作等环节的质量要求较高，因而需要施工人员加以研究，确保接缝灌浆施工技术得到有效应用。

参考文献

- [1] 冯瑜. 接缝灌浆技术在水利工程施工中的应用[J]. 农家参谋, 2020, (07): 115.
- [2] 邹小艳, 欧阳灵青. 刍议接缝灌浆施工技术在水利工程施工中的应用经验分析[J]. 居舍, 2018, (25): 2.
- [3] 李萍. 接缝灌浆技术在水利工程施工中的应用分析[J]. 建材与装饰, 2018, (09): 291-292.
- [4] 孙海燕. 接缝灌浆技术在水利工程施工中的应用研究[J]. 江西建材, 2015, (09): 122.
- [5] 谭劲. 接缝灌浆技术在水利工程施工中的应用[J]. 科技传播, 2011, (09): 159+165.