

水利水电工程施工阶段帷幕灌浆施工技术的应用研究

杜曾润 刘菊华

云南省水利水电工程有限公司 云南昆明 650000

摘要: 本文深入探讨了水利水电工程施工阶段帷幕灌浆施工技术的应用。首先对帷幕灌浆施工技术进行概述,明确其定义、原理及重要性。接着详细阐述了该技术在水利水电工程施工阶段的应用要点,包括施工前的准备工作以及施工过程中的钻孔施工、浆液配制与控制、注浆过程控制、裂隙冲洗和压水试验等关键环节。然后分析了水利水电工程帷幕灌浆施工的质量检验要点,涵盖施工过程质检和施工后质检。最后得出结论,强调帷幕灌浆施工技术在水利水电工程中的重要性及应用前景,为提高水利水电工程的质量和安全性提供参考。

关键词: 水利水电工程;帷幕灌浆施工技术;应用要点;质量检验

引言

水利水电工程是我国基础设施建设中的一项重要内容,在保证我国能源供应、防洪减灾和水资源合理调配中起着关键作用。水利水电工程施工中,对地基进行防渗处理,是保证工程安全平稳运行的关键一环。帷幕灌浆施工技术作为一种常用的地基防渗处理手段,自20世纪以来得到了广泛应用,对保证水工建筑物的安全运行起着重要作用。在水利水电工程建设规模越来越大、技术要求越来越高的情况下,帷幕灌浆施工技术迎来了新挑战与新机遇。如何将帷幕灌浆施工技术更好地运用到施工阶段中去,提升工程质量与施工效率已成为水利水电工程领域的一个研究热点。因此,对帷幕灌浆施工技术在水利水电工程施工阶段中的运用进行深入的研究具有非常大的实际意义。

一、帷幕灌浆施工技术概述

帷幕灌浆的施工方法在混凝土坝和土石坝的岩基防渗方面起到了关键的技术作用,特别是在水利和水电工程中,它在控制地基渗流方面具有至关重要的影响。这项技术的核心是在两岸的坝肩平洞、坝体内部的廊道或土石坝的岩基顶部等关键位置,按照设计的顺序逐步增加钻孔数量,将特定的浆液注入到覆盖层或岩石的裂缝中,从而形成一个连续的防渗层,有效地阻止水和有害物质的渗透。施工中,灌浆钻孔的顺序是规定的,两行或两行以上的帷幕一般先向下游钻孔,然后向上游钻孔,最后向中间钻孔,同一钻孔多为三序钻灌的钻孔。灌浆压力为关键影响因素,岩石帷幕注浆表层的压力不应低于1~1.5倍水头,底层应不低于2~3倍水头,地基的

透水性较大时、灌入浆量较大时,应采用分级升压法从低至高逐渐增加压力。施工中灌浆方法需结合地层特性进行选择,破碎地层采用由上而下的分段法进行灌浆,完整岩层采用由下而上的分段法灌浆。钻孔的孔径通常落在75~110mm的范围内,其深度可以直接达到相对不透水层或设计的标高。此外,还需进行裂隙冲洗和压水试验,以便为灌浆工作提供科学依据。经过这些作业,所形成的帷幕可以像地下长城一样有效地阻止渗漏,确保工程安全、稳定地运行。

二、水利水电工程施工阶段帷幕灌浆施工技术的应用要点

(一) 施工前准备工作

在水利水电工程中,施工前期准备是帷幕灌浆施工得以顺利进行的根本,需要从多个方面做好周密的准备。必须明确建设目标与任务,深入分析项目,弄清建设过程中存在的困难与重点,指明后续方向等。同时还需要事先对各种基本资料进行分析、研究与整理,涉及项目中建筑物大小、布局、结构尺寸以及设计参数等,基础中地下水水位、水质、流向、流速等水文资料,及地基中变形、塌陷、渗透和漏水等地质缺陷状况等地质资料,从而为施工方案提供科学依据。实地勘查施工现场是绝对必要的,深入了解各种地形、地貌和地质状况,这将有助于明确灌浆加固工程的具体范围和深度。基于地质勘查的数据,我们制定了一套合适的灌浆加固计划,这其中涵盖了灌浆孔的配置、灌浆材料的挑选以及灌浆压力的管理等方面。建设前期的清理与检查也是非常重要的。在检查施工设备时,应将施工现场打扫干净,以保证不产生杂物和积水,例如选用合适的灌浆设备如钻机、

灌浆泵、混合机和振动器，还需进行适当的维护和保养工作，以确保设备能够正常运行并配备必要的安全防护措施。同时也要做好施工材料的准备工作，在购买时要保证其质量达到国家标准，同时要做必要的检测以确保其强度、稳定性等。

（二）施工过程要点

1. 钻孔施工

在水利水电工程帷幕灌浆施工中，钻孔施工作为一个关键环节需要对每一个环节进行严格控制。施工前应按设计图纸用全站仪和经纬仪对钻孔位置进行准确的测定，并将误差限制在容许的范围之内，确保钻孔定位的准确性。在钻孔开孔过程中，采用钻机缓慢钻进的方法，以免损坏钻头，并在保证满足设计要求的前提下，注意钻孔的方向与深度的控制。在钻孔进尺时，根据地质条件对钻头及钻具进行合理选型，如遇到岩石地质时，应选用硬度大、耐磨性强的钻头；如果是在软土地质条件下，应选择与软土钻进相匹配的钻头，以保证钻孔的质量。为了避免钻孔发生堵塞，我们需要利用泥浆泵将泥浆输送到钻孔中，确保泥浆的循环，并及时清理岩屑。泥浆的性质需要定期进行检测，每钻进2~3m进行一次检测，并根据检测数据适时调整泥浆的配比。当钻孔到达设计深度时，停钻，冲洗钻孔，并进一步清理孔内岩屑，待清理完毕后验收钻孔并检验钻孔的深度和直径、岩屑等应达到设计标准并通过验收后方可实施下道工序。在钻孔施工全过程中，施工人员须穿戴好安全帽和安全带等个人防护用品，并在工地上设置安全警示标志、安全通道和定期对施工现场进行检查，消除隐患，保证施工的安全进行。

2. 浆液配制与控制

浆液配制与控制在水利水电工程帷幕灌浆施工中至关重要，关乎着灌浆的效果和成型质量。水利水电工程灌浆施工对浆液性能要求严格，需具备良好的收缩与抗压性能，形成浆体后要符合抗压强度要求，有规定的易水保水性和抗压性。其主要成分包括粉煤灰、水泥、膨胀剂、外加剂以及水等。浆液配制时，要精确控制各成分比例，严格按设计要求进行操作，确保浆液性能达标。不同的工程地质条件和灌浆要求，对浆液的流变性能有不同需求，若配制不当，会影响灌浆效果和成型质量。在狭小工程空间施工，更需严格把控浆液质量，因为不当的流变性能控制可能导致施工难度增大和安全风险增加。在注浆过程中，要将浆液注入率控制在10~15L/min之内，以此控制裂隙里浆液的流动速度，促使浆液快

速沉积。当注浆明显减少后，再提升压力，使注入率基本维持在该速度，直至满足灌浆结束要求。还可采用浓浆灌注，一般用最稠的水泥浆（通常为0.5:1）进行灌注，必要时加入速凝剂。整个过程需实时监测浆液性能，根据实际情况及时调整，确保施工效果和安全。

3. 注浆过程控制

注浆过程控制是确保水利水电工程帷幕灌浆质量的关键环节，需要从多方面进行精准把控。注浆参数的实时监测和调整是重中之重，要密切关注注浆压力、注浆量和注浆速度等参数。注浆压力应遵循“由低到高、分级升压”的原则，如初始压力可设为0.2MPa，每30分钟升高0.1MPa，根据实际情况灵活调整，避免压力过高导致地层破坏，过低则影响注浆效果。注浆量和速度也需严格控制，一般将浆液注入率控制在10~15L/min之内，以控制裂隙里浆液的流动速度，促使浆液快速沉积，当注浆明显减少后再提升压力，使注入率基本维持在该速度，直至满足灌浆结束要求。注浆材料的选择也会影响注浆过程，常用的有水泥浆、聚氨酯、聚合物等，要根据地质勘探和实验室试验结果，挑选具有良好流动性、硬化性和耐久性的材料。例如水泥浆渗透性好、强度高，但注浆压力需控制在较低水平；化学浆凝固快，可在较高压力下使用，但要注意其对环境的潜在影响。此外，还需借助压力传感器和流量计实时获取注浆数据，同时通过地面沉降监测、孔隙水压力监测等手段评估注浆效果，及时根据监测结果调整注浆参数，确保注浆工程的安全性和有效性。

4. 裂隙冲洗和压水试验

裂隙冲洗与压水试验在水利水电工程帷幕灌浆施工过程中起着至关重要的作用，对于工程质量起着决定性作用。裂隙冲洗的目的是把裂隙内软弱充填物冲离孔口或者推移到灌浆区域以外，使所灌裂隙通畅洁净，有利于浆液注入并与岩石密粘在一起。在常规的压水冲洗方法中，需要安装灌浆塞来隔离孔段，并使用灌浆泵将其压入循环水流中，此过程中的压力由回水管的阀门进行调整，通常达到灌浆压力的80%，如果这个数值超过1MPa，则使用1MPa，直到返回的水变得清澈或维持了一段时间。在有特殊要求的情况下，可以使用强力冲洗的方法，例如高压压水、脉动、风水联合或高压喷射等方法进行清洗。不过，遇水易软化的地层不宜进行裂隙冲洗，岩溶、断层等地质复杂地区的帷幕灌浆孔（段）是否冲洗及如何冲洗，需通过现场灌浆试验或由设计确定。压水试验是一种在钻孔内进行的岩体原位渗透实验，

该实验利用水泵或水柱的自重将清水压入钻孔试验段,然后根据压入水量和施加压力大小的关系,计算岩体的相对透水性和了解裂隙的发育程度。它的操作程序主要有洗孔、地下水位测量和安装管路,洗孔完成后裂隙冲洗与否应根据具体情况而定。在无地下水位资料时,一个单元工程内帷幕灌浆开始前,可利用先导孔测定一次地下水位作为代表,稳定标准为每5min测读一次孔内水位,在水位下降的速度连续两次都不超过5cm/min的情况下,最终的观测数据将被用作地下水位的参考值。

三、水利水电工程帷幕灌浆施工的质量检验要点

(一) 施工过程质检

施工过程质检对确保水利水电工程帷幕灌浆质量至关重要,它涉及到诸多方面的严格控制。加强监理工作对质检工作具有重要的支持作用,监理队伍建设与培训可以增强监理人员的责任心与专业水平,从而对施工过程进行严格的监管,发现问题及时整改。原材料的质量控制是根本,应加强与供应商之间的协作和交流,保证进场原材料的质量稳定、可靠,增加对物料的验收、抽检等环节,杜绝不合格品流入施工现场。如发现原材料不合格品,需要对加工的过程和结果进行详细的记录,并组织专业技术人员进行鉴定,以决定是否采取返工、返修、降级使用或者报废的处理办法,并适时告知设计、监理、业主和其他有关各方一起商议方案。关键控制点的识别以及选择合适的检测设备、仪器等也是关键,要按照检验项目需求以及规范要求对设备状态进行检验、标定,以保证检验结果的准确性与可靠性。在施工阶段,我们对关键的工序和隐蔽的工程项目进行了旁站监督,严格监控施工的各项工艺参数,包括钻孔的垂直度和深度,以及浆液的配合比和密度等方面。及时发现表面平整度、垂直度、色泽等外观质量缺陷和防水、保温等功能性故障问题,并按标识和隔离进行鉴定和处理,对不合格的产品进行记录及追溯,告知及交流等过程及方式处理,以确保工程质量满足设计及规范的要求。

(二) 施工后质检

在水利水电工程帷幕灌浆施工过程中,施工后质检作为保证工程质量的最后一关,对于保证工程的长期平稳运行具有十分重要的意义。检查孔施工是重要环节,在该部位灌浆结束14d后进行,数量为灌浆孔总数的10%左右,一个施工段或一个单元工程内至少布置一个,位置由监理确定。检查孔用取芯钻进的方法,分段用五点法进行压水,压水试验的压力是通过设计来决定

的。简易压水试验压力为灌浆压力的80%,若该值大于1MPa时,采用1MPa,压水20min,每5min测读一次压水流量,取最后的流量值作为计算流量,成果以透水性(吕荣值)表示。帷幕灌浆孔封孔质量以抽样检查为宜,以确保封孔效果达到要求。当对某一坝段或所连接的若干坝段进行帷幕灌浆并对检查孔进行压水试验证明帷幕幕体渗透性能满足防渗要求时,可以在幕体背后钻排水孔、扬压力观测孔等进行观测。但排水孔不应钻得太早,以防帷幕幕体不满足防渗要求需要补灌,导致排水孔被堵塞、影响灌浆质量、灌后需要再钻、造成浪费等现象发生。通过这些综合详细的工后质检措施可以对可能出现的问题进行及时的发现与治理,确保水利水电工程帷幕灌浆质量与安全。

结论

帷幕灌浆施工技术对于水利水电工程有着无法取代的作用。该技术可以有效地防止或降低地基中地下水的渗透,减少渗透水流对闸坝产生的扬压力,从而确保工程能够安全稳定地运行。通过对施工前的各项准备工作、钻孔操作、浆液的配制和控制、注浆流程,以及施工过程和施工后的质量检查等环节进行严格的控制,可以显著提高施工的效率和质量。同时它在安全性方面也具有突出的优势,在建设之前进行地质勘察、制定合理的施工方案等都为项目的顺利实施打下了基础。在未来,应该不断地研究技术的优化方法,强化对材料和施工流程的细致管理与监控,以进一步发掘其潜在应用,并促进水利和水电工程领域的持续进步。

参考文献

- [1] 宋志华. 水利水电工程施工帷幕灌浆施工技术应用研究[J]. 中文科技期刊数据库(全文版)工程技术, 2024(003): 000.
- [2] 孙灵. 水利水电工程施工中帷幕灌浆施工技术应用研究[C]//2024年智能工程与经济建设学术会议论文集(能源工程与环境保护专题). 2024.
- [3] 牛勇, 刘楠. 水利水电工程施工中帷幕灌浆施工技术的应用[J]. 中国科技纵横, 2024(11): 90-92.
- [4] 邓宁. 水利水电工程施工中帷幕灌浆施工技术应用研究[J]. 水上安全, 2024: 157-159.
- [5] 全飞. 数字孪生驱动的帷幕灌浆质量全过程控制及评价方法研究[D]. 西安理工大学, 2023.