

大型水利工程灌浆施工技术及其防渗效果检测研究

郭晓

中国水利水电第四工程局有限公司

DOI:10.32629/etd.v7i1.22239

[摘要] 大型水利项目灌浆作业对于确保项目安全稳固非常主要,本文论述大型水利项目灌浆施工工艺以及防渗成效检测。说明高压喷射、劈裂、固结、帷幕灌浆等技术及其适用情形;阐明施工质量管理要点,包含材料、施工过程和人员的管理;介绍防渗效果的检测手段,有钻孔取芯、压水试验、物探检测等,重点提出要对检测结果开展综合分析,根据分析结果优化和调整施工流程与参数标准,健全施工技术体系,为后续相关工程提供参考。

[关键词] 大型水利工程; 灌浆施工; 防渗; 效果检测

中图分类号: TV543 文献标识码: A

Research on Grouting Construction Technology and Anti-Seepage Effect Detection in Large-Scale Water Conservancy Projects

Xiao Guo

Sinohydro Bureau 4 Co., Ltd.

[Abstract] Grouting operations in large-scale water conservancy projects are essential for ensuring project safety and structural stability. This paper discusses grouting construction technologies and anti-seepage effect detection methods for large-scale water conservancy projects. It introduces high-pressure jet grouting, split grouting, consolidation grouting, and curtain grouting, along with their applicable conditions. Key points of construction quality control are examined, including the management of materials, construction processes, and personnel. Detection methods for evaluating anti-seepage effectiveness are also introduced, including borehole coring, water pressure testing, and geophysical exploration. Particular emphasis is placed on conducting comprehensive analyses of detection results and optimizing and adjusting construction procedures and parameter standards based on the analysis, thereby improving the construction technology system and providing a reference for similar projects.

[Key words] large-scale water conservancy projects; grouting construction; anti-seepage; effect detection

引言

在大型水利工程的建造进程中,灌浆作业直接影响着地基稳固以及工程的防渗性能。本研究专注对大型水利工程的灌浆施工技术展开探讨,梳理高压喷射、劈裂、固结、帷幕灌浆这些工艺的原理及施工控制要点,明确灌浆材料的选型、施工进程的管控以及作业人员管理等方面的质量控制内容,说明钻孔取芯、压水试验、物探检测等防渗效果检测方法与分析流程,为提高灌浆施工质量以及完善相关技术体系提供工程实践参考。

1 大型水利工程常见灌浆施工技术

1.1 高压喷射灌浆技术

高压喷射灌浆作为大型水利项目的主要灌浆施工工艺,此技术通过高压水气冲击来扰动地层中的土体,让灌浆浆液和土体颗粒实现充分结合并固结,进一步形成密实且高强度的固结

物,依靠这一方式完成地基防渗以及土体加固工作,其施工形态有旋喷、定喷、摆喷这三种类型。在工程实际开始施工之前,要进行现场工艺测试,明确喷射压力、浆液流量、设备提高速率等核心施工参数。在钻孔作业阶段,要精准把控孔位偏差以及孔斜率,确保钻孔施工达到规范要求。在喷射施工阶段,要确保各项参数平稳,让浆液和土体充分混合,施工完毕后尽快清理喷射管道,避免浆液留存造成管道堵塞。此项技术可用于淤泥质土、粉质黏土、砂土、碎石土等多种类型地基的加固和防渗作业。若施工场地的地基存在杂物,要预先做好基底清理事宜,之后开展灌浆操作,排除杂物对施工品质的干扰。

1.2 劈裂灌浆技术

劈裂注浆技术是水利工程中常用的土体加固与防渗施工工艺,施工期间通过专用装备加压向土层内部灌注浆液,依靠压力

作用让土体出现垂直于小主应力面的缝隙,浆液顺着缝隙渗透以填充土体内部孔隙,浆液凝固之后能够改变土体原有的物理力学特性,确实加强土体防渗能力和整体结构稳固性。在正式开展施工工作前,作业人员要根据现行的工程施工标准,结合施工现场土层的实际状况来确定灌浆孔的孔距和排距,确保孔位的布设符合施工规范规定^[1]。在现场进行灌浆作业时,要精确掌控灌浆压力以及单次的灌浆量,严格遵循少灌多复的施工原则,避免出现冒浆、串浆等施工方面的问题。在施工的整个过程中,要对土体的吸浆状况进行跟踪监测,当土体的吸浆量不断减少时,逐步提高灌浆压力,拓展土体裂缝的延伸区域,保证浆液填充严实、分布均衡。此技术主要应用于各类土坝坝体的防渗加固工作,适配均质土坝、心墙坝等常见坝型,可应对坝体建设以及后期运营期间出现的裂缝、空洞等结构问题,修复受损坏的坝体结构。

1.3 固结灌浆技术

固结灌浆主要是向地基以及结构内部的孔隙、裂缝注入浆液,填充内部空隙,将松散破碎的岩体与土体胶结固化,从而提高基础结构的整体密实程度和力学强度,有效管控地基沉降和结构变形,同时提高基础的抗渗性能。在施工进行时,钻孔操作的深度要严格按照工程设计规范来落实,钻孔的直径应达到灌浆管道布置以及浆液顺利流动的基本条件。在进行正式灌浆作业之前,一定要开展压水测试,精确检测地层的透水特性,获取有关的数据参数,为后续的灌浆施工参数设置提供可靠的根据。灌浆作业严格根据先稀后浓、按序施工的操作准则,确保浆液在地层之中充分弥散、均匀灌注,确保浆液凝固成型成效。此施工工艺适用于岩石地基以及砂砾石地基的强化处理工作,能够切实改善地基物理力学参数,提高地基总体承载能力,是水利项目基础施工经常采用的技术措施,可应用于水工建筑基础强化、隧洞围岩稳固处理等多种地基与岩体加固的施工情形。

1.4 帷幕灌浆技术

帷幕灌浆工艺常应用于水利工程建筑物基础的防渗施工当中。在施工之际,在建筑基础上游侧的地基范围布置多组深钻孔,通过钻孔往地基内部注入浆液。待浆液固结之后,会形成连贯且完整的防渗帷幕构造,可阻断地下水朝着建筑基础内部渗透,确实解决地基渗漏难题,降低地基扬压力,确保水利工程结构运行的安全与稳固。在施工进程中,要运用专用的地质钻机来进行钻孔操作,严格掌控钻孔的垂直度以及孔深的数值,保证各个施工参数符合规范要求^[2]。在开展正式灌浆工作之前,要对钻孔内部进行全面冲洗,把孔内的岩粉以及各种杂物清理干净,并且完成现场的压水试验,精确测定地层的透水指标。灌浆操作能够运用自上往下或者自下往上的分段施工方法,全面管控灌浆压力以及浆液配比,确保防渗帷幕的施工成型品质。

2 大型水利工程灌浆施工质量控制

2.1 施工材料质量控制

(1) 水泥采用符合国标要求的普通硅酸盐水泥或者抗硫酸盐水泥,其强度等级根据工程设计的标准来确定。水泥在进场之

前,要核验其出厂合格证以及检测报告;进场以后要按相关规范完成抽样复检工作,只有在所有检测指标都合格的情况下,才能够将其用于灌浆施工。(2) 外加剂需根据灌浆施工的实际状况来挑选,进场的外加剂要符合国家现行的质量标准,在正式开展施工前要完成现场适配测试,明确材料的适配情况以及精准的掺加比率。(3) 灌浆作业用水应遵循混凝土拌合用水的相关规范,严禁使用水质不达标的、含有有害物质以及被污染的水。(4) 灌浆作业的掺合料需严格遵循行业质量规范,掺合料的添加量不可随意更改,所有掺量的参数都以现场试验的成果为准,保证所配制浆液的性能稳定,符合灌浆施工的各项技术规定。

2.2 施工过程质量控制

一是钻孔质量管控,在整个施工过程中要确保钻孔的位置、孔径、孔深以及孔斜率符合设计规定,施工人员要同步做好施工记载,如实填报地层的变化、孔内涌水等现场的实际状况。全部钻孔施工结束之后,要完成专项验收,验收合格之后才可进入灌浆施工流程。二是灌浆压力把控,灌浆压力直接关乎施工总体质量,施工单位要根据现场地层状况、施工工艺以及设计规范来明确灌浆压力,全面掌控压力参数,防止压力异常导致施工质量出现问题。第三是对浆液浓度进行把控,浆液浓度会根据地层透水性以及现场实际吸浆量来动态调节。在灌浆初始阶段,运用稀浆液以确保扩散成效,随着吸浆量减少,逐步提高浆液浓度,从而使施工质量保持稳定^[3]。四是把控灌浆结束标准,根据现场施工状况来判定作业的终止时刻。当灌浆压力、吸浆量以及稳压时长均达到标准后,才能够停止灌浆。

2.3 施工人员管理

第一,落实施工人员的培训及考核事宜,针对灌浆施工岗位组织专项培训活动。培训的内容包含灌浆施工的整个流程、有关技术规范以及质量验收准则。所有进入施工现场的人员都要完成上岗前培训,并且参加统一的考核,只有考核成绩合格者才能够上岗开展作业,考核未达标的人员不得参与现场的施工工作。第二,推进现场技术交底落实,项目正式动工前,现场技术人员要对施工人员开展完整技术交底,清晰本次施工任务、质量把控标准和安全管理要点。施工阶段技术人员全程在岗在位,常态化实施现场技术辅导,及时排查并解决施工中的各种问题。第三,健全施工质量责任制度,清晰界定项目各层级管理人员与施工人员的岗位质量职责,细化各岗位的工作任务划分,把质量责任落实到具体人员。

3 大型水利工程灌浆防渗效果检测方法

3.1 钻孔取芯检测

钻取芯检测的核心原理是对施工结束的灌浆区域开展钻孔操作,获取地层内部的岩芯或者土样,根据实体样本核查浆液的填充状况与结石体的成型品质,进一步判定整个灌浆施工的防渗效果。检测作业要严格按照工程设计规范来确定钻孔位置,运用专业的地质钻探设备进行钻孔施工作业,在整个作业过程中持续记录钻进速率、岩芯采取比例等主要施工数据,确保检测数据的完备性。钻孔取芯结束后,对取得的芯样进行体系化整理、

归类与核对工作,重点核验浆液在土层里的实际扩散区域,同时检测灌浆形成的结石体的紧实程度与整体均匀性。此检测方法的主要优势是凭借实体试样进行核查,检测结果的真实性、可靠性较强,能直观验证灌浆施工的质量^[4]。该施工的局限性较为明显,检测钻孔的布设数量有着严格约束,仅可反映钻孔点位附近局部范围的灌浆施工质量,难以全面包括整个施工区域,并且会在一定程度上影响地层原本的稳定性。

3.2压水试验检测

压水测试主要用来测定岩层渗透系数,进一步判断灌浆作业结束后地层的防渗能力。在开展正式检测之前,要于检测钻孔之中安装止水栓塞,将待测孔段和周边地层隔离开,避免外部地层产生干扰,确保检测数据的精准程度。装置安装完成后,往封闭的钻孔区域持续注入水,按照行业标准调节水压并保证压力平稳,等装置运行状况稳定之后,记录当下的注水流量,结合压力和流量数据算出岩层透水率。透水性数值能够直接评判灌浆施工的质量,该数值越小表明地层防渗处理成效越佳。此检测手段能够实现灌浆质量的量化检验,施工工序简易,现场适配性较高,被普遍运用于水利工程防渗验收工作中。该项检测存有一定不足,检测所得数据仅针对单一钻孔的孔段,其覆盖范围较窄,难以完整显示整个施工区域的灌浆质量状况。检测期间的加压注水操作,将改变地层原本的受力状况,对钻孔孔壁以及周边的岩体造成扰动,破坏原有的地层构造。

3.3物探检测

物探检测的主要原理是对照灌浆作业前后地层物理参数的变化特性,间接评判灌浆施工的总体质量。工程施工区域的浆液扩散范围,能够通过地层电阻率参数的改变来加以确定;地层的密实程度以及整体结构的均匀状况,则可根据地层声波传播速度的检测结果予以判定。在开展现场检测工作之前,应根据工程现场的实际状况选定适宜的物探检测手段,对测线与测点进行统一的规划安排,确保灌浆施工前后的两组检测数据可形成有效的对比。在现场数据采集工作结束之后,工作人员要对初始检测数据开展系统的处理与分析,形成相应的物探成果图件,将其作为灌浆效果评估的基本根据。物探检测的整体作业区域较广,检测速率快,能够开展连续性检测工作,检测进程不会损坏原有地层构造,但是不足在于检测数据成果不具唯一性,需要结合别的检测手段展开综合分析,确保工程质量评定结果的精准性。

3.4检测结果的综合分析

在大型水利工程中,对灌浆防渗效果开展评定工作时,要整合包含钻孔取芯、压水试验、物探检测等在内的全部检测数据,从而对灌浆施工的整体质量作出综合判定^[5]。各项检测项目的数据达到统一标准且均达标时,能够认定灌浆施工质量符合工程规范相关要求。倘若各项检测数据出现不一致状况,要全方位排查数据偏差的产生原因,结合建筑现场实际情形开展补充检测工作,落实相应整改措施,彻底清除工程施工质量方面的隐患。完成灌浆成效评定和质量整顿工作之后,要全面归集现场检测数据以及施工的实际状况,核查现有的灌浆施工工艺与各项施工参数的适配性,梳理施工整个过程中出现的问题,归纳成熟且有效的施工经验。根据现场检测反馈情况,对当下施工流程与参数标准予以调整完善,健全水利工程灌浆施工技术方案,为水利工程提供切实有效的数据根据与施工参考。

4 结语

综上所述,大型水利工程的灌浆施工包含多种技术手段,质量把控涉及材料、施工过程以及人员管理等方面,防渗效果的检测有钻孔取芯、压水试验、物探检测等方式。不同检测方法都有其优缺点,要对检测结果进行综合分析来评定工程施工质量。针对不符合标准的情形需进行排查和整改工作,归纳经验来优化施工的流程和参数,同时健全施工技术体系,为后续的工程项目提供数据方面的支撑以及实际操作的参考根据。

[参考文献]

- [1]王小莉,李亚荣.防渗技术在水利工程施工中的应用分析[J].水上安全,2025(6):157-159.
- [2]葛道明.水利工程堤坝多维防渗施工技术分析[J].科学技术创新,2025(16):114-117.
- [3]陈乐,任锋.水利工程施工中防渗技术要点探析[J].建筑与装饰,2025(14):169-171.
- [4]林森森.水利工程施工过程中防渗技术分析[J].工程建筑与设计,2024(21):107-109.
- [5]孙祥志,王义坤,诸卫卫.水利工程施工中防渗漏技术研究[J].珠江水运,2023(5):68-70.

作者简介:

郭晓(1992—),男,汉族,河南人,本科,工程师,研究方向:水利水电。