

灌浆技术在水利水电工程大坝施工中的应用分析

王帅军

中国葛洲坝集团第二工程有限公司 四川 成都 610031

摘要：灌浆技术在水利水电工程大坝施工中扮演着至关重要的角色。本文深入分析了灌浆施工技术的原理，探讨了其在水利水电工程中的应用意义，详细阐述了钻孔灌浆、高压喷射灌浆防渗、混凝土缝隙灌浆等常见类型，并针对灌浆技术在水利水电工程大坝施工中的具体应用，包括准备工作、灌浆方式选择、灌注施工及密封孔洞等环节进行了系统介绍，旨在提高灌浆技术在水利水电工程中的应用水平，确保大坝施工的质量和安全性。

关键词：灌浆技术；水利水电工程；大坝施工；应用分析

引言

水利水电工程在国家基础设施建设中占据核心地位，其施工质量紧密关联着人民群众的生命与财产安全。灌浆技术，作为大坝施工中的一项关键技术，对于增强大坝结构的稳定性和耐久性发挥着至关重要的作用。本文旨在全面剖析灌浆施工技术的原理、类型及其在实际工程中的应用，旨在为水利水电工程大坝施工领域提供有价值的参考和指导。

1 灌浆施工技术原理

灌浆施工技术原理主要是利用特定的设备和材料，通过一定的压力将黏土泥浆或其他合适的灌浆材料均匀地注入到地基的堆石体或其他需要加固的结构中，这些灌浆材料在注入后会迅速填充并固化，从而填补结构中的缝隙和孔隙，提高整体结构的稳定性和牢固性^[1]。在大型水库建设和坝基施工中，灌浆技术被广泛应用于提高坝体结构的稳定性和安全性。由于水库坝体结构复杂，且需要承受巨大的水压和地质应力，因此其稳定性和安全性至关重要。通过灌浆施工，可以有效地加固坝体结构，提高其承载能力和抗震性能，从而确保水库的整体工程质量。此外，灌浆施工技术还具有操作简便、施工速度快、成本低廉等优点。在施工过程中，可以根据实际情况调整灌浆材料的配比和注入压力等参数，以满足不同工程的需求。灌浆材料的选择也十分重要，需要确保其具有良好的流动性和固化性能，以便更好地填充和固化结构中的缝隙和孔隙。

2 水利水电工程灌浆技术的应用意义

(1) 灌浆技术是解决水利水电工程渗漏问题的关键手段。渗漏是水利水电工程中常见的质量问题，它不仅影响工程的整体性能，还可能缩短工程的使用寿命。通过科学合理地运用灌浆技术，可以有效地填充地基和坝体中的缝隙，提高结构的密实性和防水性能，从而显

著降低渗漏问题的发生，确保工程的稳定性和安全性。

(2) 灌浆技术能够增强地基的牢固性。水利水电工程的地基承载着巨大的荷载，如果地基不够牢固，将会对整个工程的稳定性产生严重影响。灌浆技术通过将高强度的灌浆材料注入地基中，可以形成连续的、密实的结构体，提高地基的承载能力和抗变形能力，从而确保工程在极端天气和地质条件下的安全运行。(3) 水利水电工程的施工条件复杂多变，地质情况也千差万别，这增加了灌浆技术应用的难度。在运用灌浆技术时，必须根据实际的施工情况和地质条件，综合考虑多种因素，制定出科学合理的灌浆技术方案。还需要重视对施工各个环节的细节处理，确保灌浆材料的质量、注浆压力的控制以及注浆孔的布局等都符合设计要求。

3 灌浆施工技术常见类型

3.1 钻孔灌浆技术

钻孔灌浆技术在水利工程中占据着举足轻重的地位，尤其在处理富含水分、结构松散及破碎的地层时，其展现出的效能尤为突出。该技术通过加固地层和有效止水，显著增强了工程的整体稳固性，为水利工程的顺利进行提供了坚实的保障。(1) 在应用钻孔灌浆技术时，钻孔位置的合理选择是首要步骤。这需要根据工程的具体需求和技术标准，对钻孔位置进行精确的规划和布局。钻孔的处理和优化也是至关重要的，它直接关系到灌浆施工的质量和效果。在施工过程中，必须严格遵循相关的技术规范，确保钻孔的质量达到要求^[2]。(2) 合理的孔坡度能够确保灌浆材料在孔内均匀分布，从而提高灌浆的密实度和防渗效果。在钻探作业中，确保井壁完好无损并保持直孔的规整性至关重要，这是为了防止孔壁受损或孔道出现倾斜，从而可能引发的灌浆质量问题。(3) 钻孔顺序的合理利用也是提高钻孔灌浆效率的关键。施工人员需要按照预定的钻孔顺序逐一进行喷

洒,这样不仅可以提高工作效率,还可以更好地检测水吸收率是否符合钻孔灌浆的要求。通过这一步骤,可以及时发现并解决潜在的问题,确保灌浆施工的质量和进度。(4)钻孔完成后,清理工作同样至关重要。钻孔缝隙中的污泥、混凝土等残留物必须得到有效清除,以确保灌浆材料能够顺利注入孔内并达到预期的防渗效果。可以采用高压水或压力真空吸尘器等方式进行清理,以确保钻孔内部干净、整洁,为后续施工提供良好的基础。

3.2 高压喷射灌浆防渗技术

高压喷射灌浆防渗技术是水利工程中一种高效且实用的防渗方法,其特点鲜明,应用广泛。该技术以高压泵为动力源,通过特制的喷嘴将浆液高速喷射到地层中,通过利用高压喷流的冲击力破碎被灌砂体,使砂浆和土粒充分地掺和于混凝土,从而产生抗渗板墙,从而达到防添加固的目的。高压喷射灌浆防渗技术因其成本低廉、工作量较小以及施工简便快捷等优点,在水利工程领域得到了广泛的采纳与应用。在实际操作中,施工队伍还必须对钻孔进行细致处理,以使得钻井高度保持在1%以内的垂直状态,以便浆液能够均匀分布在地层中。同时,团队需要密切观察钻孔情况,及时填充钻孔漏点,防止浆液泄漏。在钻进过程中,可以采用套管和钻进的方式进行处理,以保护孔壁稳定,提高灌浆效果。值得注意的是,高压喷射灌浆的速率也受工程底层差异的限制。在一般砂质状态下,灌浆速度较快;但在砂卵石状况下,效果也随之降低。因此,施工团队需要根据实际情况调整灌浆参数,确保灌浆质量和效果。高压喷射灌浆防渗技术还具有可控制固结体形状、耐久性好、料源广阔等优点。它不仅可以用于地基加固和基础防渗,还可以用于增加地基强度、挡土围堰及地下工程建设等多个方面。

3.3 混凝土缝隙灌浆技术

混凝土缝隙灌浆技术在水库大坝等水利工程建设中发挥着至关重要的作用,它能够有效地对混凝土裂缝进行修复,提高工程结构的稳定性和耐久性。该技术主要运用填充的方式对裂缝进行处理,通过注入特制的灌浆材料,使原本分散的混凝土重新结合成一个整体,从而提高混凝土结构的承载能力、抗裂性能和防水性能^[3]。与其他灌浆技术相比,混凝土缝隙灌浆技术具有操作简便、成本较低、施工速度快等优点。在实际应用中,选择合理的灌浆材料是至关重要的。根据混凝土结构和水利工程的修建要求,可以选择不同类型的灌浆材料,如环氧树脂、聚氨酯、水泥基灌浆材料等。这些材料具有不同的特点和适用范围,如环氧树脂灌浆材料强度高、

黏结力强,适用于对强度要求较高的混凝土结构;聚氨酯灌浆材料则具有良好的弹性和耐候性,适用于对变形适应性要求较高的混凝土结构。结合具体的施工要求调整混凝土缝隙灌浆工艺也是确保施工质量的关键。在填充材料中可以选择环氧树脂结合改性碳酸钙材料作为填充物,这样不仅可以提高灌浆材料的强度和耐久性,还能赋予其良好的疏水性,从而进一步提高混凝土结构的防水性能。

4 灌浆技术在水利水电工程大坝施工中的应用

4.1 准备工作

首要步骤是实施先导孔的施工及施工轴线、高程的测量放样。我们采用高精度的GPRS测量设备,精确标定射水造墙的施工轴线,并沿此轴线每隔50米设立先导孔,旨在开展地质复查。这一环节的目标是明确堤防的基岩面(即相对隔水层)的具体位置,并深入剖析防渗墙堤段的地质特征,确认是否存在如木头、孤石等潜在障碍物。基于这些信息,我们绘制出详尽的孔位轴线剖面图,为后续施工提供可靠的地质依据。接下来,防渗墙施工平台的合理规划与布局同样至关重要。在规划阶段,我们致力于实现钻机的紧凑高效布置,同时最大限度地减少施工中的相互干扰。我们综合考虑了混凝土浇筑道路、注浆管配置、供水管道及设备电缆的布局等因素。每个槽段均配备了两台面向下游的钻机,混凝土防渗墙的施工平台宽度被设定为至少20米,以确保施工流程的顺畅进行。在轴线上侧的台地上,我们还安装了枕木和导轨等设备,为钻机的钻孔工作奠定了坚实的基础。其下游侧主要是水泥浇筑、钻机排渣和钢直径笼施工等作业的场所,这样保证了混凝土抗渗墙浇筑时的稳定性与高效性。在导墙与排渣平台的布局上,我们采用了C20混凝土进行导墙的浇筑,并设计为矩形截面结构。为了保证浇筑效率和防渗效果,我们采取了先施工后浇筑的施工方法。导墙的高度设定为1.3米,宽度为0.8米,并与混凝土排渣平台相连,形成“L”型结构。在排渣平台的建设过程中,我们合理控制了坡度,约为3%,以确保废弃的浆液能够顺畅排出。在施工设备的选择上,鉴于本工程防渗墙施工的地质条件较为复杂,成槽施工成为一大挑战。结合工程的具体特点,我们选用了CZ-6型冲击钻机来完成成槽作业。该设备能够应对卵石层结构等复杂地质条件,从而确保施工的质量和效率。

4.2 灌浆方式选择

在水利工程防渗处理中,灌浆方式的选择至关重要,它直接关系到工程的稳定性和耐久性。施工单位必须根据施工现场的实际状况以及水工结构砼构件的性

质,合理地选用灌浆手段。钻孔灌浆技术、高温喷射灌浆技术、循环式灌浆技术以及无塞灌浆技术等,都是当前水利工程中常用的灌浆技术手段。每种技术都有其独特的优势和适用范围,如钻孔灌浆技术适用于对地层进行加固和防渗处理;高压喷射灌浆技术则以其高效、快速的特点,在水利工程防渗中得到了广泛应用;循环式灌浆工艺采用循环灌浆的方法,可以实现泥浆均匀分布,增强灌浆功效;而无塞灌浆工艺则因其施工简单、对洞壁破坏小的优势,深受施工单位的欢迎^[4]。在选择灌浆方式时,施工单位应首先对水利工程进行全面分析,包括工程的地质条件、混凝土结构特点、防渗要求等。在此基础上,结合各种灌浆技术的特点和适用范围,选择最适合本工程的灌浆方式。施工单位还需注意不同类型的灌浆方式在具体应用时的要求。在灌浆前,必须对钻孔进行彻底的清洁处理,以避免杂质影响灌浆质量。灌浆过程中,应严格遵守工艺要求,严格控制注浆压力、注浆速度等参数,确保灌浆效果。此外,还需严格管控施工细节,如注浆管的安装、浆液的配制等,以确保灌浆施工的顺利进行。

4.3 灌注施工,密封孔洞

在浆液灌注的施工过程中,确保各项参数指标的合理确定与控制是至关重要的。这包括灌浆材料的种类选择、浆液搅拌的时间、浆液的比例调配、浆液灌入的温度控制以及机械转动速度的设定等。水利施工人员需根据工程实际情况和灌浆技术要求,科学把握这些参数,以确保灌浆施工的质量和效果。而关于灌注工艺的时间长短,水利施工人员则要加以精心的管理与掌握,以保证灌浆过程的连续性与稳定性。在灌浆完毕后,要及时封闭灌浆口,以避免砂浆渗漏和外来污物流入,从而影响灌浆效率等。在帷幕灌浆的工艺操作中,水利施工人

员需具备专业的技能和经验,正确操作使用帷幕灌浆设备,以确保达到最佳的水库防渗施工效果。这需要工作人员对砂浆密度、砂石混凝土的比例、灌浆作业的人工进行速度等方面有广泛的认识和正确的了解。钻孔钻头的安装角度和钻孔深度也是影响灌浆效果的关键因素。施工人员需根据工程要求和地质条件,合理设定这些参数,确保钻孔深度和偏差控制在规定范围内。一般来说,钻孔深度应达到10cm左右,而钻孔偏差则应限定在5mm以内。为了确保帷幕灌浆的施工质量和效果,水利施工技术人员还需运用自动化的仪器设备来准确调整混凝土浆液的注入孔隙大小。这不仅可以提高灌浆的精度和效率,还可以有效避免钻孔偏差过大对灌浆效果的影响。

结语

综上所述,灌浆技术在水利水电工程大坝施工中展现出广阔的应用前景。科学合理地选择灌浆方式和施工技术,对于提升大坝的整体质量和安全性至关重要。展望未来,随着科技的持续进步和施工工艺的不断革新,灌浆技术必将在水利水电工程中发挥更加关键和积极的作用,为构建更加安全、稳定、高效的水利水电设施提供坚实的技术支撑。

参考文献

- [1]徐德江.水利水电工程灌浆施工技术与质量管理的策略分析[J].江西建材,2020(03):107-109.
- [2]吴程昊.水利水电工程灌浆施工技术与质量管理分析[J].居舍,2020(22):67-68.
- [3]盖俊龙.水利水电工程施工中灌浆技术的应用[J].绿色环保建材,2020(10):169-170.
- [4]刘素芹.探究水利水电工程灌浆施工技术与质量管理的策略[J].科技视界,2020(28):111-112.