

水利水电工程施工中帷幕灌浆施工技术的应用探讨

信文明

海陆建设（青岛）有限公司 山东 青岛 266100

摘要：随着水利水电工程的不断发展，帷幕灌浆施工技术作为一种重要的地下工程施工方法，在处理地下水工程、坝基处理和隧道防水等方面发挥着重要作用。然而，在实际应用中，该技术也面临诸多挑战，如施工环境、材料特性和设备技术等方面的问题。本文旨在探讨帷幕灌浆施工技术在水利水电工程中的应用现状和发展趋势，以期对相关领域的工程实践提供参考和指导。

关键词：帷幕灌浆；水利水电工程；施工技术；影响因素；应用探讨

随着水利水电工程规模的不断扩大和技术的创新，帷幕灌浆施工技术作为一种高效、经济、环保的地下工程施工方法，正被广泛应用于处理地下水工程、坝基处理、隧道防水等领域。其应用不仅能够提高施工效率和质量，而且对环境友好，具有重要的现实意义和广阔的应用前景。随着社会对水资源和环境保护的重视，帷幕灌浆技术的发展将为水利水电工程建设注入新的活力，促进工程建设的可持续发展。

1 帷幕灌浆施工技术的影响因素及解决对策

1.1 施工环境因素

水利水电工程往往位于地理环境复杂多变的区域，如山区、河流沿岸等，这些区域的地质条件和气候条件都会对帷幕灌浆施工产生直接影响。例如，地质条件中的岩石类型、地层结构、地下水位等因素会决定灌浆浆液的渗透性和扩散范围；气候条件如温度、湿度、风速等则会影响灌浆材料的凝固时间和强度发展。因此，在施工前，必须详细勘察施工环境，了解地质和气候特点，制定针对性的施工计划和措施，如合理布置灌浆孔位、调整浆液配比、选择适宜的灌浆时间等，以确保施工能够顺利进行，并减少环境因素对施工质量和效率的不利影响^[1]。

1.2 材料特性因素

帷幕灌浆施工所使用的灌浆材料通常具有一定的流动性、凝固时间、强度等特性，这些特性直接关系到灌浆浆液在岩体中的渗透、扩散和固化效果。例如，灌浆材料的流动性决定了浆液能否顺利进入岩体的微小孔隙和裂隙中；凝固时间则影响浆液在岩体内的固化速度和强度发展；而强度则决定了灌浆后岩体的整体稳定性和承载能力。因此，在选择灌浆材料时，必须充分考虑工程的具体要求和施工环境的特点，选择符合要求的灌浆材料，并严格控制材料的配比和质量，以确保灌浆施工能够达到预期的效果。

1.3 设备技术因素

帷幕灌浆施工需要使用一系列专业的施工设备，如灌浆泵、搅拌机、注浆管等，这些设备的性能和操作技术直接影响到施工的质量和效率。例如，灌浆泵的性能决定了浆液的输送能力和压力稳定性，从而影响到浆液在岩体内的渗透和扩散效果；搅拌器的性能则决定了浆液的均匀性和稳定性，对灌浆质量产生重要影响；注浆管的选型和布置则直接影响到浆液能否准确、均匀地注入到预定的孔位中。因此，在选择施工设备时，必须考虑设备的先进性、稳定性和适用性，并加强对操作人员的培训和技术指导，确保他们能够熟练掌握设备的操作技术，提高施工的效率和质量。同时，还应定期对设备进行维护和保养，确保设备的正常运行和延长使用寿命。

2 帷幕灌浆施工技术的优点分析

2.1 施工适用范围广泛

帷幕灌浆技术可以应用于不同的地质条件和各种类型的工程结构，包括在岩石地层、粉质土地层以及含水土层等情况下都可以使用这种技术进行处理加固，大大扩展了其适用范围。与传统的岩土锚杆支护相比，帷幕灌浆技术无需考虑地层岩石的特性就可以直接应用，运用灌浆材料形成的埋藏墙体起到支护作用，这样既可应用于软土地基也可用于岩石地层，使用范围非常广泛。帷幕灌浆技术具有良好的导流性能，可以利用水力压裂形成支护帷幕，适应于复杂地质条件。同时，调整灌浆材料配比也可以适应不同固结强度需求。例如在粉质土地层中，可采用早强水泥浆配制灌浆材料，实现快速固结；而在岩石地层中，则可以使用更高强度的水泥基复合材料，形成高强度帷幕，这种高适应性和可调控性，使帷幕灌浆技术的适用范围远超过传统技术。帷幕灌浆技术的这一优点，使其成为许多类型工程必备的支护手段，特别是在城市地下空间建设中，帷幕灌浆技术都发挥着重要作用^[2]。

2.2 施工工艺简便高效

帷幕灌浆技术的施工程序较为简单清晰，施工设备以小型机械为主，操作灵活方便，可根据实际情况进行调整，无须进行大规模的场地布置。同时，该技术采用水力压裂的方式形成墙体，施工速度快，一般可在短时间内完成墙体的形成，大大提高了施工效率。具体来说，帷幕灌浆技术的施工主要包括定位、钻孔、灌注三个步骤，每一步骤所需设备和操作都比较简单。进行定位后使用旋挖钻机进行钻孔，可快速形成规划的帷幕墙布置；灌注施工可采用远程自动控制系统，优化流量压力参数，整个灌注过程只需几小时便可完成。另外，该技术可与其他支护措施配合使用，如与锚杆支护、加筋土挡墙等技术配合，可发挥协同支护作用，从而进一步加快支护进度。因此，帷幕灌浆技术施工程序简便、工效高，是进行快速支护的有效手段。

2.3 经济性较高

与传统的支护结构如锚杆支护、锚索支护等相比，帷幕灌浆技术所需要的材料和设备相对简单，施工成本也较低。同时，由于该技术施工快速高效，可以减少工期损失，这也从经济上降低了总体成本。另外，帷幕灌浆结构长期稳定可靠，养护费用低，也有利于后期的运营和维护。帷幕灌浆技术材料主要为水泥和掺加料，成本相对较低廉；施工设备以小型机械为主，无须大型施工机具，也降低了设备投入。与之相比，锚杆支护需要大量金属材料，锚索支护也需要大量高强组件，材料成本更高。此外，帷幕灌浆技术施工效率高，可压缩工期至数周，而其他支护系统往往需要数月时间进行施工。可以明显看出，从材料使用到施工效率，帷幕灌浆技术整体经济效益更优。因

此,帷幕灌浆技术具有显著的经济优势。

2.4 环境友好性

与许多传统土木工程施工方法相比,帷幕灌浆技术对环境影响很小。首先,帷幕灌浆技术材料利用率高,施工现场产生的建筑废弃物很少。该技术主要采用水泥浆体作为灌浆材料,可就地取材,材料利用率高,几乎无建筑垃圾产生。而传统明挖法需要大量机械挖掘,会产生大量的弃土弃渣。其次,噪音污染小,该技术无需大型机械设备,施工作业噪音小于一般机械挖掘作业。最后,该技术对周边地面沉降影响很小,可有效减少施工对周边环境的负面影响。其原理是形成地下墙体进行支撑,不破坏原有地层,对地层稳定性影响极小。相比之下,明挖施工需要大量挖掘,极易造成地层下沉^[3]。

3 水利水电工程施工中帷幕灌浆施工技术应用

3.1 设计与方案制定

在水利水电工程设计阶段,必须充分考虑工程的地质条件、结构布置和防护要求,科学合理地制定帷幕灌浆施工方案,这对确保施工质量和安全至关重要。首先,工程设计人员需要详细调研勘察该地区的地质情况,了解岩石或土层的稳定性、渗透性等参数,找出需要防水和加固的关键部位。然后,根据调研结果和工程结构布置,合理设计灌浆帷幕的位置、间距和深度,使其能够有效覆盖需要防水加固的区域。同时,要选择合适的灌浆材料,例如早强水泥、化学膨胀剂等,根据土层条件和施工要求,确定材料的配比和用量。最后,设计人员要充分考虑施工环境、进场条件等实际情况,确定具体的灌浆工艺流程、施工作业面等,使整个灌浆方案科学合理、经济可行。

3.2 灌浆设备和材料的选择

在水利水电工程的帷幕灌浆施工过程中,选择合适的灌浆设备和材料至关重要,这直接关系到施工的质量和进度。因此,必须根据工程的具体规模和钻孔参数来精心挑选灌浆系统,这不仅包括带有压力表的灌浆泵,还需要搅拌混合设备等。选择这些设备时,必须确保它们不仅满足工程设计的各项要求,而且还要考虑到操作的便捷性和可靠性。例如,选择的灌浆泵需要具备输出稳定、压力可精确控制的特性,以确保灌浆过程中的均匀性和精确性。搅拌机则需要根据浆液的具体配比来选择功率适当的产品,以确保浆液的均匀混合。在灌浆材料的选择上,同样需要综合考量多种因素。首先,材料必须满足强度、凝结速度等基本技术指标,以确保帷幕灌浆施工后形成的帷幕具有足够的强度和密封性。此外,还需要考虑材料的长期稳定性、抗侵蚀性等特性,以应对工程运行过程中的各种环境变化,应根据不同土层的渗透性、腐蚀程度等因素来选择合适的水泥、复合材料,并进行详细的配比设计,以优化灌浆效果。除了技术和性能要求外,在选择灌浆设备和材料时,还需要充分考虑产品质量的可靠性、价格的合理性以及供应商的售后服务能力等因素,还可以通过样品测试等方式来验证产品是否满足使用要求,以确保施工过程的顺利进行。

3.3 施工操作的规范与控制

在水利水电工程中,帷幕灌浆施工是确保结构稳定性的重要环节。为了保证施工质量,施工操作必须按照规程严格执行,以下是对操作规范与控制的详细扩写。首先,施工前的准备工作至关重要。在进行任何施工作业之前,必须对灌浆设备进行严格的调试和检测,这意味着确保设备能够正常工作,并且各项功能齐全。同时,对使用的材料进行取样化验,以确保其性能符合设计要求,这是保证施工质量的基础。其次,在实际施工过程中,必须严格按照设计要求规范钻孔参数,这包括严格控制钻孔的间距尺寸,以及进行扩孔清洗,为后续的灌浆作好准备工作。只有确保钻孔的准确性和清洁度,才能保证后续灌浆的质量和效果。在灌浆过程中,精确控制材料配比和搅拌时间至关重要,这需要严格按照设计要求进行操作,并合理设置

灌浆速度和压力。同时,必须不断监测压力变化,并根据实际情况及时调整参数,以确保灌浆的均匀性和稳定性。灌浆结束后,质量检测是不可或缺的环节。对灌浆部分进行质量检测,对于质量不合格的部分必须进行补充灌注,以保证整体结构的稳定性和可靠性。因此,施工人员必须严格遵守操作规程,只有经过培训和考核合格后方可上岗,从源头保证施工的规范性和质量。

3.4 质量监控和验收标准

在水利水电工程施工中,帷幕灌浆施工技术的质量监控和验收标准显得尤为重要,这是因为帷幕灌浆施工的质量直接关系到工程的整体安全性与稳定性。因此,建立系统完善的质量监控体系是保障施工质量的前提,这一体系不仅需要材料进行严格检测,确保使用的材料符合设计要求,还需要对施工设备进行定期维护和检查,确保其处于良好的工作状态。此外,对施工参数的控制也是至关重要的,如灌浆压力、浆液配比等,都需要精确控制,以确保灌浆效果达到最佳。验收标准作为评价施工质量的重要依据,其设定必须科学合理。除了常规的浆液充满率、平均强度、水密性等量化指标外,还需要对结构完整性进行检查,以确保帷幕灌浆施工后形成的帷幕能够有效地起到隔水作用。质检人员在施工过程中应采用多种检测手段,如岩心试验、超声波检测等,对灌浆质量进行全面评估,这些手段的应用,可以更加准确地了解灌浆效果,为施工质量的控制提供有力支持^[4]。

3.5 施工后的监测与维护

帷幕灌浆施工完成后,并不意味着工作就此结束。相反,施工后的监测与维护同样至关重要,这是因为水利水电工程在运行过程中会受到多种因素的影响,如地下水位的变化、地表沉降等,这些都可能对帷幕灌浆的效果产生影响。因此,必须对施工后的工程进行定期监测和评估。监测工作应涵盖地下水位、地表沉降、地层稳定性等多个方面。通过收集和分析这些数据,可以及时发现工程运行中存在的问题和隐患,为采取必要的维护措施提供依据。例如,如果发现地下水位异常升高或地表出现沉降,就可能意味着帷幕灌浆效果受到了影响,需要及时修复和加固。同时,建立完善的档案资料也是施工后监测与维护工作的重要组成部分,这些资料应详细记录施工过程和效果,包括使用的材料、施工参数、监测数据等,为今后的维护和管理提供参考依据。通过对比分析这些资料,可以更加深入地了解工程运行的状态和趋势,为制定科学合理的维护方案提供支持。

4 结束语

帷幕灌浆施工技术在水利水电工程中具有重要的应用价值,能够提高工程施工质量和安全性,有效促进工程的长期稳定运行。然而,在实际应用中,仍需不断探索和总结经验,进一步完善技术和工艺,这包括加强对材料性能和设备操作的研究,提高施工效率和质量控制水平,并适应不断发展的工程建设需求。只有不断推进技术创新和工艺改进,才能更好地应对复杂多变的工程环境,确保帷幕灌浆技术在水利水电工程中发挥更大的作用,为工程安全可靠运行提供坚实保障。

参考文献

- [1] 王继福. 灌浆技术在水利水电工程施工中的应用[J]. 水利科学与寒区工程, 2023, 6(02): 92-94.
- [2] 李波. 水利水电工程施工中灌浆技术的应用分析[J]. 四川水利, 2022, (S1): 43-46.
- [3] 李海荣. 探究水利工程施工中帷幕灌浆技术应用[J]. 建筑与预算, 2022, (08): 58-60.
- [4] 王新斌. 水利水电工程施工中灌浆技术的应用分析[J]. 长江技术经济, 2022, 6(S1): 104-106.