

水利工程施工灌浆技术

胡 静

中国葛洲坝集团路桥工程有限公司 湖北 宜昌 443000

摘 要：水利工程作为国家基础设施建设的重要组成部分，其施工质量直接关系到人民群众的生命财产安全。本文探讨了水利工程施工中的灌浆技术，强调了其对于工程稳定性、防渗性能及整体安全性的重要性。阐述了灌浆材料的选择与制备原则，以及灌浆施工的关键技术要点，包括灌浆前的准备工作、灌浆材料的选择与配比、灌浆施工的技术操作及灌浆后的质量验收与后续处理。本文深入分析了基础灌浆、帷幕灌浆、固结灌浆、接缝灌浆及回填灌浆等技术在水利工程施工中的具体应用方法，为水利工程的灌浆施工提供了理论指导和实践参考。

关键词：水利工程施工；灌浆技术；方法及应用

引言：灌浆技术作为水利工程施工中的关键环节，对于提高工程结构的稳定性和防渗性能具有重要意义。本文旨在深入探讨水利工程施工灌浆技术的各个方面，以为水利工程的灌浆施工提供科学依据和技术支持，确保工程质量和安全。

1 水利工程施工灌浆技术的重要性

灌浆技术主要应用于水利工程中的地基处理、防渗加固、裂缝修补等方面，通过向工程结构内部注入特定材料，达到增强结构稳定性、提高防渗性能的目的，其重要性体现在以下方面：（1）提升水利工程的整体稳定性。在水利工程施工中，地基处理是至关重要的环节。通过灌浆技术，可以将高强度、高流动性的灌浆材料注入地基的裂缝和空隙中，有效填充和固化地基，从而提高地基的承载力和抗变形能力^[1]。这对于确保水利工程在极端气候和地质条件下的安全稳定运行具有重要意义。

（2）防渗加固。水利工程常常需要面对复杂的地下水位和渗透压力，因此防渗处理至关重要。灌浆技术通过向工程结构内部注入防渗材料，形成连续的防渗屏障，有效阻止水分和有害物质的渗透，保护水利工程结构不受侵蚀和破坏。（3）裂缝修补和加固补强。在水利工程施工和运营过程中，由于各种因素的影响，工程结构可能会出现裂缝和损伤。通过灌浆技术，可以精确地将修补材料注入裂缝中，实现裂缝的封闭和结构的加固，延长水利工程的使用寿命。

2 灌浆材料的选择与制备

灌浆材料的选择与制备直接关系到灌浆效果和工程质量。灌浆材料的选择综合考虑工程需求、地质条件、材料性能及经济性等因素。在选择灌浆材料时，首先要考虑的是工程的具体需求。不同的水利工程对灌浆材料的要求不同，如大坝基础灌浆需要高强度、低渗透性

的材料，而隧洞衬砌灌浆则更注重材料的流动性和固化时间。在选择灌浆材料时，根据工程的具体情况进行针对性的选择。其次地质条件也是选择灌浆材料的重要因素。不同的地质条件对灌浆材料的要求也不同。在软土地基中，需要选择具有较好固化效果和强度的灌浆材料；而在坚硬岩石中，则需要选择具有较好渗透性和扩散性的材料。在选择灌浆材料时，充分了解工程所在地的地质条件，以便选择最适合的材料^[2]。在灌浆材料的制备方面，要严格控制材料的配比和制备工艺。不同的灌浆材料要不同的配比和制备工艺，如水泥灌浆材料需要严格控制水泥、水、外加剂等的比例和搅拌时间；而化学灌浆材料则需要精确控制化学成分的配比和反应条件。此外，制备过程中还需要注意材料的均匀性和稳定性，以确保灌浆材料的质量和性能。同时灌浆材料的制备还应考虑经济性。在保证工程质量和性能的前提下，尽量选择成本较低、易于采购和运输的材料，以降低工程成本。

3 水利工程施工灌浆技术要点

3.1 灌浆前的准备工作

灌浆前的准备工作是确保灌浆施工顺利进行的基础。需要对施工场所进行彻底清理，确保无杂物和积水。要对施工部位进行精确测量和标记，确定灌浆孔的位置和间距。同时检查钻孔设备、灌浆设备和相关材料是否准备齐全且符合要求。在钻孔过程中，要确保钻孔的直径、深度和倾斜度符合设计要求。钻孔完成后，对钻孔进行清洗，以去除孔内的泥沙和杂质，确保灌浆材料能够顺利注入。还要对灌浆孔进行压水试验，以检查孔壁的完整性和灌浆材料的渗透性。

3.2 灌浆材料的选择与配比

在选择灌浆材料时，根据工程的具体需求、地质条

件、材料性能及经济性等因素进行综合考虑。常用的灌浆材料包括水泥灌浆材料、化学灌浆材料和聚合物灌浆材料等。水泥灌浆材料具有成本低、强度高、稳定性好等优点,适用于大多数水利工程。在配比水泥灌浆材料时,严格控制水泥、水、外加剂等的比例,以确保灌浆材料的强度和流动性满足设计要求。注意水泥灌浆材料的初凝时间和终凝时间,以便在施工中及时调整灌浆速度。化学灌浆材料具有渗透性强、固化速度快、可塑性好等优点,适用于复杂地质条件下的灌浆施工。在配比化学灌浆材料时,精确控制化学成分的配比和反应条件,以确保灌浆材料的稳定性和固化效果。聚合物灌浆材料具有高强度、高弹性、耐化学腐蚀等优点,适用于对灌浆材料有特殊要求的工程。在配比聚合物灌浆材料时,根据工程的具体需求选择合适的聚合物类型和配比方案。

3.3 灌浆施工的技术要点

在灌浆施工前,对灌浆设备和灌浆材料进行调试和检查,确保设备正常运行且材料符合要求。同时根据工程的具体需求和地质条件选择合适的灌浆方式和灌浆压力。在灌浆过程中,严格控制灌浆速度和灌浆量,确保灌浆材料能够均匀、连续地注入钻孔中。同时需注意观察灌浆孔的变化情况,地面冒浆、邻孔串浆等现象,以便及时调整灌浆策略和措施。对于地面冒浆现象,及时减小灌浆压力或调整灌浆孔的位置和间距,以减少灌浆材料的浪费和地层的破坏。对于邻孔串浆现象,可采取同时灌浆、封堵串浆孔或调整灌浆顺序等措施进行处理。在灌浆过程中注意灌浆材料的温度和湿度控制,以确保灌浆材料的稳定性和固化效果。对于高温或低温环境下的灌浆施工,采取相应的降温或升温措施,以保证灌浆材料的正常固化。在灌浆施工完成后,对灌浆孔进行封堵和养护处理^[3]。封堵灌浆孔的目的是防止灌浆材料流失和地层破坏,养护处理的目的是促进灌浆材料的固化和提高灌浆效果。封堵和养护处理的具体方法应根据工程的具体需求和地质条件进行选择。

3.4 灌浆后的质量验收与后续处理

在验收过程中,对灌浆孔进行钻芯取样或压水试验等检测手段,以检查灌浆材料的固化效果和地层的稳定性。同时对灌浆孔的位置、间距和注浆量等进行检查和记录,以确保灌浆施工符合设计要求。对于验收中发现的问题和缺陷,及时进行处理和修复。对于灌浆材料固化不良或地层稳定性不足的情况,可采取补充灌浆或加固处理等措施进行处理。对于灌浆孔位置或间距不符合要求的情况,可采取重新钻孔或调整灌浆顺序等措施

进行处理。在灌浆施工完成后对灌浆区域进行监测和评估。监测的目的是及时发现和处理灌浆区域的变化和异常情况,评估的目的是对灌浆效果进行定量分析和评价。监测和评估的具体方法应根据工程的具体需求和地质条件进行选择。在灌浆施工完成后对灌浆设备和灌浆材料进行清理和保养。清理的目的是去除设备和材料上的残留物和污垢,保养的目的是延长设备和材料的使用寿命和提高使用效果。清理和保养的具体方法应根据设备和材料的类型 and 性能进行选择。

4 水利工程施工灌浆技术方法及应用

4.1 基础灌浆技术方法及应用

基础灌浆技术主要用于地基的加固和防渗处理。该技术通过钻孔,将特制的浆液(如水泥浆液、化学浆液等)压入地基的裂缝或空隙中,待浆液凝固后,形成坚固的固结体,从而提高地基的强度和稳定性。基础灌浆技术的施工方法多样,包括静压灌浆、高压灌浆、化学灌浆等。静压灌浆适用于一般地层,通过浆液的自重和渗透作用,填充地基中的空隙;高压灌浆则利用高压设备将浆液压入地层深处,形成更加致密的固结体,适用于地层复杂或需要高强度加固的场合;化学灌浆则利用化学浆液与地层中的物质发生化学反应,生成新的固结体,具有固化时间短、强度高等优点。在水利工程施工中,基础灌浆技术的应用广泛。对于岩溶地形、断层破碎带等地质条件复杂的地段,采用基础灌浆技术可以有效地加固地基,提高工程的稳定性。同时对于需要防渗处理的工程部位,如坝基、堤防等,基础灌浆技术也是不可或缺的手段。通过灌浆处理,可以形成连续的防渗层,有效阻止地下水的渗透,确保工程的安全运行。

4.2 帷幕灌浆技术方法及应用

帷幕灌浆技术主要用于在闸坝的岩石或砂砾石地基中建造防渗帷幕,从而有效减小渗流量和降低渗透压力,确保水工建筑物的安全运行。帷幕灌浆技术方法的核心在于将浆液灌入岩体或土层的裂隙、孔隙中,形成连续的阻水帷幕。这一过程中,灌浆孔的布置、灌浆材料的选择、灌浆压力的控制等环节均至关重要。在帷幕灌浆的施工过程中,首先需要根据工程的具体需求和地质条件,合理确定灌浆孔的位置、间距和深度。灌浆孔通常采用小口径地质回转钻机进行钻孔,以确保钻孔的精度和效率。在钻孔完成后,还需进行钻孔冲洗和简易压水试验,以清除孔内的杂质并检查孔壁的完整性。接下来,选用合适的灌浆材料进行制浆和灌浆。帷幕灌浆常用的材料包括水泥、黏土和化学灌浆材料等。这些材料的选择应根据工程的具体需求和地质条件进行综合考

虑^[4]。在制浆过程中,需要严格控制各种原材料的配比和磨制工艺,以确保浆液的质量和性能。在灌浆过程中,灌浆压力的控制尤为关键。灌浆压力应根据地层的透水性、灌浆材料的性能和工程的具体需求进行合理设定。同时对灌浆过程进行实时监测和记录,以便及时调整灌浆策略和措施。帷幕灌浆技术特别是在大型水库、水电站等工程中,其防渗效果尤为显著。通过帷幕灌浆,可以形成一道连续的防渗帷幕,有效阻止或减少地基中地下水的渗透,从而降低渗透水流对闸坝的扬压力,提高水工建筑物的稳定性和安全性。

4.3 固结灌浆技术方法及应用

固结灌浆技术是一种在水利工程中广泛应用的地基加固方法,其核心在于通过钻孔将高标号的水泥浆液或化学浆液压入岩体中,封闭裂隙,加强基岩的完整性,从而提高岩体的强度和刚度。在固结灌浆的施工过程中,首先要根据工程的具体需求和地质条件,合理确定灌浆孔的位置、间距和深度。钻孔通常采用风钻或其他型钻机进行,确保钻孔的直径、孔位、孔向和孔深均满足设计要求。钻孔完成后,还需进行孔道清洗,以去除孔内的泥沙和杂质,为后续的灌浆工作做好准备。接下来选用合适的灌浆材料进行制浆和灌浆。固结灌浆常用的材料包括水泥浆液、化学灌浆材料等。这些材料的选择应根据岩体的性质、裂隙的发育程度和灌浆的目的进行综合考虑。在制浆过程中严格控制各种原材料的配比和搅拌工艺,以确保浆液的质量和性能。灌浆时,通常采用自下而上分段灌浆或全孔一次灌浆的方法。灌浆压力根据地层的透水性、灌浆材料的性能和工程的具体需求进行合理设定。在灌浆过程中对灌浆孔进行裂隙冲洗和压水试验,以检查孔壁的完整性和灌浆材料的渗透性。固结灌浆技术在混凝土重力坝中,多进行坝基全面积固结灌浆,以提高坝基的整体性和稳定性。在混凝土拱坝或重力拱坝中,还需对受力较大的坝肩拱座岩体进行固结灌浆,以增强其承载能力。在水工隧洞、土石坝防渗体底部等工程中,也常采用固结灌浆技术进行地基加固。

4.4 接缝灌浆技术方法及应用

接缝灌浆技术主要应用于混凝土坝体的纵、横缝填充,是恢复坝体整体性的关键工艺。在坝体浇筑过程

中,为方便施工和避免裂缝,常采用柱状分块法,形成垂直于坝轴线的横缝和平行于坝轴线的纵缝。当坝体内部温度稳定后,需对这些接缝进行灌浆。接缝灌浆通常使用水泥浆液,灌浆前需在坝块缝面上设置键槽,并预埋进浆、回浆管路及排气设施。灌浆时,自下而上分区进行,确保浆液能均匀灌注到整个缝面。灌浆压力、速度和浆液浓度等参数需严格控制,以保证灌浆质量。在水利水电工程中,接缝灌浆技术广泛应用于各类混凝土坝体的接缝处理,为工程的稳定运行提供了有力保障。

4.5 回填灌浆技术方法及应用

回填灌浆技术主要用于填充衬砌混凝土与围岩之间的空隙,提高结构的整体性和防渗性能。该技术通常采用孔口封闭压入式灌浆法,根据空隙大小,可选择水泥砂浆或纯水泥浆液进行灌浆。灌浆前,需对灌浆孔进行清洗和压水试验,确保孔壁完整和灌浆材料能顺利渗透。灌浆时,根据岩石特性和结构强度设定合理的灌浆压力,避免压力过高导致结构破坏。灌浆结束后,需进行封孔处理,防止浆液流失。回填灌浆技术在水利水电、隧道和地下工程等领域有广泛应用,有效提高了工程的防渗性能和整体稳定性。通过科学的灌浆设计和严格的施工控制,回填灌浆技术为各类工程的稳定运行提供了坚实保障。

结束语:水利工程施工灌浆技术是一项复杂而重要的工程任务。通过合理选择灌浆材料、科学制定灌浆方案并严格控制施工质量,可以显著提升水利工程的稳定性和防渗性能。随着技术的不断进步和应用的深入,水利工程施工灌浆技术将不断得到优化和完善,为水利工程的可持续发展提供更加坚实的保障。

参考文献

- [1]赵冰.水利工程施工灌浆技术[J].河南水利与南水北调,2020,49(01):48-49.
- [2]李娥.水利水电工程施工中灌浆技术的应用[J].吉林农业,2019(22):52.
- [3]伍求凌.水利水电建筑工程中的基础灌浆施工技术[J].中国高新科技,2019(22):18-20.
- [4]高玉良.水利工程中基础灌浆施工技术的应用分析[J].吉林农业,2019(21):58.