

水利工程灌浆施工技术的应用研究

张 丰

中国水利水电第九工程局有限公司 贵州 贵阳 550081

摘 要：灌浆施工技术在水利工程中占据重要地位，对于提高工程稳定性、防渗性具有显著效果。本文通过分析灌浆施工技术的原理、分类、材料选择、施工方法以及在不同地质条件下的应用，探讨了灌浆施工技术在水利工程中的应用现状及发展趋势。

关键词：水利工程；灌浆施工技术；防渗性；稳定性；地质条件

引 言

随着社会经济的快速发展，水利工程建设规模日益扩大，对工程质量的要求也越来越高。灌浆施工技术作为水利工程中常用的地基处理方式，对于提高工程整体性能、延长使用寿命具有重要意义。因此，深入研究灌浆施工技术在水利工程中的应用，对于推动水利工程建设具有重要意义。

1 灌浆施工技术的分类

灌浆技术因其广泛的应用领域和多样的工程需求，可以根据不同的标准进行分类。按照其作用来划分，灌浆技术主要分为帷幕灌浆、固结灌浆、接缝灌浆、回填灌浆、接触灌浆以及裂缝灌浆等多种类型。帷幕灌浆主要用于水利工程的防渗处理，通过形成连续的帷幕来有效阻挡地下水的渗透；固结灌浆则用于提高地基的承载能力和稳定性，通过注浆加固地基土层，减少地基沉降；接缝灌浆主要应用于混凝土坝体、隧道等结构的接缝处，以增强结构的整体性和密实性，防止水分渗透和裂缝产生；回填灌浆则在开挖的基坑、隧道等空腔结构中进行回填注浆，以填充空隙并提高结构的稳定性和安全性；接触灌浆用于增强混凝土与基岩或不同材质之间的粘结力和整体性，提高结构的抗剪强度和稳定性；裂缝灌浆则针对建筑物或构筑物上出现的裂缝进行注浆修复，以恢复其结构完整性和使用功能，延长使用寿命。另外，按照所使用的材料进行分类，灌浆技术也可分为多种类型。常见的灌浆材料包括水泥、粘土、沥青以及化学溶液等。水泥灌浆以水泥为主要材料，通过加水搅拌形成浆液进行注浆，具有成本低、施工方便、强度高等优点；粘土灌浆以粘土为主要材料，通过加水搅拌形成泥浆进行注浆，主要用于地基处理、防渗工程等，具有良好的塑性和密封性；沥青灌浆以沥青为主要材料，通过加热融化后进行注浆，具有良好的防水性能和耐久性，适用于各种防水工程；化学溶液灌浆则以各种化学

溶液为注浆材料，如聚氨酯、环氧树脂等，具有固化速度快、强度高、耐久性好、可调节性强等优点，适用于对强度要求较高的工程或特殊地质条件下的注浆施工。灌浆施工技术的材料选择对灌浆效果具有至关重要的影响^[1]。水泥灌浆作为其中最为常见的一种，以其成本低廉、施工方便、强度可靠等优点被广泛应用于各类工程中。在选择水泥作为灌浆材料时，应重点关注其颗粒细腻度，细腻的水泥颗粒能够更好地渗透到缝隙中，提高灌浆的密实度；同时，水泥的稳定性也至关重要，稳定的水泥能够在注浆过程中保持性能一致，确保灌浆质量；此外，水泥的胶结性、结石强度和耐久性等特点也是选择时需要考虑的重要因素，它们直接关系到灌浆后结构的稳定性和使用寿命。除了水泥灌浆，粘土灌浆也是一种常见的灌浆材料。粘土灌浆具有良好的塑性和密封性，适用于地基处理、防渗工程等场景。在选择粘土时，应关注其塑性指数、含水量以及杂质含量等指标，以确保粘土灌浆的效果。沥青灌浆则以其良好的防水性能和耐久性受到青睐。沥青灌浆适用于各种防水工程，特别是需要承受一定水压或水侵蚀的场合。在选择沥青时，应关注其软化点、延度以及老化性能等指标，以确保沥青灌浆在长期使用过程中能够保持稳定的性能。此外，化学灌浆也是一种重要的灌浆方式。化学灌浆材料如聚氨酯、环氧树脂等具有固化速度快、强度高、耐久性好、可调节性强等优点，适用于对强度要求较高的工程或特殊地质条件下的注浆施工。在选择化学灌浆材料时，应充分考虑其与地层或建筑物结构的相容性、毒性以及环保性能等因素，以确保施工的安全性和环保性。

2 灌浆施工技术的施工方法

2.1 钻孔

钻孔是灌浆施工的首要且关键步骤，它直接影响到后续灌浆的质量和效果。钻孔方法主要分为回转式和冲击式两种。回转式钻孔方法以其钻进速度快、操作简

便、适应性强等特点而广泛应用。它不受孔深、孔向和岩石硬度的限制,能够灵活应对各种地质条件。此外,回转式钻孔还能在钻进过程中钻取岩心,为后续的地质分析和灌浆设计提供宝贵资料,非常适合岩基灌浆的施工需求。在进行回转式钻孔时,必须严格控制钻进参数,如转速、压力等,以确保钻孔的质量和精度。冲击式钻孔方法则通过冲击作用破碎岩石,形成孔洞。虽然其钻进速度相对较慢,但在某些特定地质条件下,如硬岩或破碎岩层中,冲击式钻孔可能更为有效。无论采用哪种钻孔方法,都必须确保孔向和孔深严格符合设计要求。孔向的偏差会导致灌浆材料无法准确注入到预定位置,影响灌浆效果;而孔深不足则可能导致灌浆范围不够,无法达到预期的加固和防渗效果^[2]。因此,在钻孔过程中,必须密切关注钻孔进度和质量,及时调整钻孔参数和操作方法,确保钻孔的准确性和可靠性。

2.2 冲洗

冲洗是灌浆施工中的重要环节,其目的是将残留在孔底和粘在孔壁的岩粉、铁末等杂质冲出孔外,同时清洗岩层裂隙和孔洞中的充填物,为后续的灌浆作业创造良好条件。冲洗方法多种多样,包括高压水冲洗、高压脉冲冲洗、扬水冲洗或群孔冲洗等。高压水冲洗利用高压水流对孔壁进行冲刷,将杂质和充填物冲洗干净;高压脉冲冲洗则通过产生高压脉冲水流,对孔壁进行间歇性冲刷,增强冲洗效果;扬水冲洗则是利用水泵将清水扬入孔内,通过水的流动和冲刷作用将杂质带出孔外;群孔冲洗则是在多个钻孔同时进行冲洗,提高冲洗效率。在选择冲洗方法时,应根据具体工程条件和地质情况进行综合考虑。对于岩质坚硬、裂隙发育的岩层,可采用高压水冲洗或高压脉冲冲洗;对于岩质较软或含有较多泥质的岩层,则可采用扬水冲洗或群孔冲洗。同时,冲洗过程中应严格控制冲洗压力和冲洗时间,避免对孔壁造成过度冲刷或破坏。通过合理的冲洗方法和操作参数,可以确保孔壁的清洁和灌浆材料的顺利注入,提高灌浆施工的质量和效果^[3]。

2.3 压水试验

压水试验是灌浆施工过程中确定岩层渗透性能的关键环节。通过向钻孔内施加一定压力的水,并观察记录单位时间内的注水量,可以获取单位吸水量等关键数据。这些数据能够直观反映岩层的渗透性、裂隙发育程度以及土层密实度等特性,为后续的灌浆施工提供科学依据。压水试验的准确性和可靠性直接关系到灌浆施工方案的制定和灌浆效果的好坏,因此必须严格按照规范要求要求进行,确保试验数据的准确无误。

2.4 灌浆施工

灌浆施工是整个灌浆工程的核心环节,其施工质量和效果直接影响到工程的防渗和加固性能。在灌浆施工过程中,应遵循先固结后帷幕的原则进行钻孔灌浆次序的安排。即先进行固结灌浆,以增强地基的稳定性和承载能力,再进行帷幕灌浆,以形成连续的防渗屏障。灌浆方式多种多样,包括循环式灌浆、全孔一次灌浆、分段灌浆法以及综合灌浆法等。循环式灌浆是通过循环泵将浆液在钻孔内循环,以提高灌浆的均匀性和密实度;全孔一次灌浆则是将整个钻孔一次性灌满浆液,适用于孔深较小、岩层较均匀的场合;分段灌浆法分为自下而上和自上而下两种方式,可根据岩层情况和灌浆要求灵活选择;综合灌浆法则是结合上述多种灌浆方式的优点,上部采用自上而下灌浆,下部采用自下而上灌浆,以提高灌浆的整体效果。灌浆压力的选择应根据地层渗透性、土层密实度以及裂隙发育情况进行动态调整。压力过大会导致浆液渗漏或破坏岩层结构,压力过小则无法使浆液充分渗透到岩层裂隙中,影响灌浆效果。因此,在施工过程中应密切关注灌浆压力的变化,及时调整灌浆参数和操作方法,确保灌浆施工的顺利进行。

2.5 回填封孔

灌浆完成后,需及时清理灌浆孔,去除残留的浆液和杂质。然后使用回填材料如浓水泥浆或水泥砂浆进行密实封孔。封孔的目的是防止浆液外流和地下水渗入,确保灌浆效果的持久性。在封孔过程中,应严格控制回填材料的配比和施工质量,确保封孔的密实性和可靠性。封孔完成后,还需对灌浆孔进行检查和验收。主要检查浆液在岩层中的充填情况和岩石的胶结程度,以确保灌浆质量符合要求。如发现浆液充填不饱满、岩石胶结不良等问题,应及时进行补灌或处理,确保灌浆工程的整体质量和效果。

3 灌浆施工技术在不同地质条件下的应用

3.1 岩溶地区

在岩溶地区进行灌浆施工,由于岩溶地形的特殊性和复杂性,需根据填充物的不同而采用不同的施工方法和技术手段。岩溶地区往往存在大量的溶洞、溶隙和地下暗河,这些地质特征对灌浆施工提出了更高的要求。对于有填充物的岩溶地形,常采用不冲洗高压水泥灌浆技术。这种技术通过高压将水泥浆液注入溶洞和溶隙中,使填充物得到密实和固化,从而提高填充物的密实度和整体稳定性。同时,水泥浆液在固化过程中能够形成连续的防渗屏障,有效阻止地下水的渗透和流失,增强工程的防渗性能。此外,高压旋喷灌浆技术也是一种

在岩溶地形中广泛应用的加固防渗处理方法。该技术利用高压水流和旋喷头的旋转作用,将水泥浆液以高速旋转的方式喷入溶洞和溶隙中,形成柱状或板状的固化体。这些固化体不仅具有较高的强度和稳定性,还能够有效填充和封堵溶洞和溶隙,提高岩溶地形的整体承载能力和防渗性能。在岩溶地区进行灌浆施工时,还需要特别注意施工过程中的安全问题和环境保护问题。由于岩溶地形的复杂性和不确定性,施工过程中可能会出现塌孔、漏浆等异常情况,需要及时采取措施进行处理。同时,灌浆施工过程中产生的废水和废渣也需要进行妥善处理,避免对周围环境造成污染和破坏。

3.2 浅层泥岩溶地形

在浅层泥岩溶地形中进行灌浆施工,由于其特殊的地质结构和填充物的性质,需要采取特定的施工方法和步骤来确保施工质量和效果。首先,由于浅层泥岩溶地形中的填充物往往较为松散且含水量较高,直接进行灌浆处理可能无法达到预期的加固和防渗效果。因此,在施工前,需要先将填充物挖出,以清除影响灌浆效果的杂质和软弱土层。挖出的填充物应妥善处理,避免对环境造成污染。挖出填充物后,接下来进行的是水泥填充物回填。回填时应选择质量优良的水泥材料,并按照设计要求的配比进行拌合。回填过程中要分层进行,每层回填后都要进行充分夯实,以确保回填物的密实度和稳定性。同时,要注意控制回填的厚度和均匀性,避免出现局部过厚或过薄的情况。回填完成后,即可进行灌浆处理。灌浆时应选择适当的灌浆压力和灌浆方法,确保浆液能够充分渗透到土层中,填充土层中的孔隙和裂隙,提高土层的承载能力和防渗性能。灌浆过程中要密切关注浆液的变化情况,及时调整灌浆参数和操作方法,确保灌浆施工的顺利进行。此外,在浅层泥岩溶地形中进行灌浆施工时,还需要特别注意施工过程中的安全问题和环境保护问题^[4]。由于地层的特殊性和施工过程的复杂性,可能会出现塌孔、漏浆等异常情况,需要及时采取措施进行处理。同时,灌浆施工过程中产生的废水和废渣也需要进行妥善处理,避免对周围环境造成污染和破坏。

3.3 严重漏水情况

在灌浆施工过程中,遇到严重漏水的情况是一个相

对棘手的问题,因为这直接影响到灌浆的质量和工程的防渗性能。为了有效解决这一问题,可以采用模袋灌浆处理方法或级配料填充处理方法。模袋灌浆法是一种较为先进的灌浆技术,它利用特制的模袋作为灌浆的载体。模袋由高强度的纤维材料制成,具有良好的透水性和束缚作用。在灌浆过程中,将砂浆灌入模袋内,模袋的束缚作用能够限制砂浆的流动,从而提高砂浆的凝结速度。同时,模袋的透水性能允许多余的水分渗出,使得砂浆在模袋内逐渐形成密实的固体,达到良好的防渗效果。此外,模袋还能适应各种复杂的地形和裂缝形状,使得灌浆处理更加灵活和有效。级配料填充处理方法则是一种通过选用合适的填充级配料来达到防渗目的的方法。在严重漏水的情况下,可以选用水泥、砾石和粗砂等作为填充级配料。这些材料具有良好的物理和化学性质,能够形成稳定的填充层。在填充过程中,要根据漏水的具体情况和地层的性质,合理选择级配料的种类和比例。通过分层填充和夯实,可以逐渐形成一层密实的防渗层,有效阻止水的渗透和流失。在选择具体的处理方法时,需要根据工程的实际情况和漏水的原因进行综合考虑。如果漏水情况较为严重且裂缝较宽,可以采用模袋灌浆法进行处理;如果漏水情况相对较轻且地层较为稳定,可以选择级配料填充处理方法。同时,在施工过程中要严格控制施工质量和操作规范,确保处理效果达到设计要求。

结束语

灌浆施工技术在水利工程中的应用广泛且效果显著。通过合理选择灌浆材料、优化施工方法、加强质量控制和检测评估等措施,可以进一步提高灌浆施工效果,确保水利工程的安全稳定运行。

参考文献

- [1]郭倩.浅析农田水利与水利工程防渗处理中的灌浆施工技术[J].农家参谋,2022,(10):165-167.
- [2]马秦浩.灌浆施工技术水利工程防渗处理工作中的应用[J].四川建材,2022,48(01):119+137.
- [3]李波.水利工程防渗处理中的灌浆施工技术分析[J].智能城市,2021,7(10):145-146.
- [4]张继军,周青高.水利水电工程灌浆施工技术与管理措施分析[J].施工技术,2016,S1: 930-932.