

单排帷幕灌浆在水利工程中的施工质量控制

乃国刚

中国水利水电第四工程局有限公司 青海西宁 810000

摘要: 单排帷幕灌浆是水利工程中常用的防渗技术,其施工质量直接影响防渗效果和工程安全。通过控制钻孔质量、灌浆压力、浆液浓度等关键因素,并采取有效的质量检测手段,可以有效提高灌浆层的均匀性与密实度,确保工程的长期稳定性和安全性。

关键词: 单排帷幕灌浆; 水利工程; 施工质量控制

引言

单排帷幕灌浆技术在水利工程中广泛应用,主要用于提高防渗效果,保障工程结构的稳定性与安全性。其施工质量直接影响防渗层的密实性和均匀性,从而决定了水利设施的防渗性能。为了确保灌浆质量,必须在施工过程中严格控制钻孔布置、灌浆压力、浆液浓度等关键环节,有效预防和解决常见的质量问题。

一、单排帷幕灌浆简介

1. 定义与原理

所谓单排帷幕灌浆,具体指的是在地下水工程中,通过在土层中沿设计线性单排设置灌浆孔,注入浆液以形成防渗屏障的施工方法。该技术通过利用灌浆浆液的渗透性和膨胀性,在土层中形成一条连续的防渗帷幕,阻止地下水的流动,起到加固和防渗的作用^[1]。这种灌浆方法特别适用于需要精确控制渗水量的工程,如水库、大坝以及隧道等水利基础设施中。

2. 单排帷幕灌浆的特点

单排帷幕灌浆相较于多排帷幕灌浆,具有一定的优势。其施工简单,成本较低,适用于一些地质条件较为均匀的水利工程项目。在施工过程中,由于只需设置一排灌浆孔,操作便捷且对环境的影响较小,适合于较为紧凑的建设空间或要求施工速度较快的场合。然而,这种方法的局限性也显而易见,尤其在地质条件复杂、土层水文特性变化较大的地区,单排帷幕可能难以形成完全连续的防渗屏障,防渗效果会受到一定影响。

在适用范围上,单排帷幕灌浆常用于坝体防渗、地下水导流控制等工程中。对于较为简单的地质条件,如均匀的粘土层或低渗透性土层,单排帷幕灌浆能够达到理想的防渗效果。而在复杂地质条件下,特别是岩溶或

砂砾层的水利工程中,可能需要结合其他加固方法或采用多排帷幕灌浆技术,以确保更好的防渗效果。

二、单排帷幕灌浆在水利工程施工前期的质量控制要点

1. 工程地质勘察

地质勘察是单排帷幕灌浆施工中不可或缺的环节,对确保工程质量起到至关重要的作用。通过地质勘察,能够为灌浆方案的设计提供必要的依据,帮助判断地质条件的适应性。勘察过程中需要获取的关键信息包括地层结构、岩石特性以及地下水的流动情况。地层结构的详细了解有助于确定浆液的渗透路径及其稳定性,而岩石特性如坚硬程度、孔隙率等则直接影响灌浆液的注入效果。地下水情况的掌握有助于判断水流速度及水压,进而确定灌浆压力与时间的合理性。在复杂地质条件下,地质勘察数据将指导灌浆施工方法的选择与优化^[2]。

2. 灌浆材料选择与质量检验

灌浆材料的种类多样,常见的灌浆材料有水泥浆、化学浆液(如环氧树脂浆、聚氨酯浆等)及其复合型浆液。其中,水泥浆具有较高的稳定性和较强的抗渗性,适用于渗透性较小的土层,而化学浆液的优点在于能够快速固化并适应复杂的地质环境,适用于有岩溶或高渗透性土层的工程。在选择灌浆材料时,应根据项目的具体需求及地质条件来决策。为了确保灌浆效果,在施工前对原材料的质量进行严格检验是必不可少的。水泥的标号、细度、凝结时间等性能指标必须符合标准要求,化学浆液则需检验其稳定性、黏度以及抗冻性等。采用合适的检验方法,如标准试验和性能测试,确保材料的质量满足施工要求。

3. 施工设备检查与选型

单排帷幕灌浆施工所需的设备包括钻机、灌浆泵、

浆液混合系统等。钻机的选择应依据工程规模、孔深及地质条件来确定^[3]。例如,对于深度较大的灌浆孔,需选用能够提供较高钻进效率和精度的钻机。灌浆泵的选型则应根据灌浆压力要求、流量和施工现场的条件来考虑。设备选型的关键在于确保其性能稳定、工作精度高、能够适应不同工况。施工前,所有设备必须进行全面检查,主要包括机械性能检查、运行精度检验及安全功能验证。钻机的稳定性和钻头的磨损程度应及时调整,以避免施工过程中出现不必要的故障。同时,灌浆泵的压力和流量参数必须满足设计要求,确保浆液的均匀灌注和有效渗透。通过严格的设备检查,能够有效降低施工中的风险,确保单排帷幕灌浆的顺利进行。

三、单排帷幕灌浆在水利工程施工过程中的质量控制要点

1. 钻孔施工质量控制

单排帷幕灌浆的钻孔布置应根据工程的实际需求及地质条件来确定。孔距与排距的设置需满足防渗效果要求,同时要考虑地质层的均匀性与土层渗透性。对于水库、大坝等工程,钻孔的布置应确保帷幕连续性和防渗效果。在钻孔操作中,垂直度和孔径的控制尤为重要,孔的垂直度应控制在设计标准范围内,以保证浆液的均匀分布,避免因孔偏斜而导致灌浆效果不均。孔径要根据灌浆材料的性质与施工技术的要求来确定,通常应保持一定的标准尺寸,防止出现过大或过小的孔径,影响灌浆质量。

需要注意的是,钻孔过程中,常会遇到溶洞或裂隙发育的地层,这些异常情况会影响灌浆效果。对于溶洞,应采取加固措施,必要时可增加环形封闭层,以防止浆液泄漏。裂隙发育的土层则应通过加大灌浆压力或调整浆液浓度,确保浆液能够充分进入裂隙并形成封闭层。

2. 灌浆压力设定依据

灌浆压力的设定依据主要包括地层特性、孔深及设计要求。不同地质条件下,所需的灌浆压力差异较大。软土层和粘土层由于渗透性较低,通常需要较高的灌浆压力;而在砂层或岩溶区,由于其渗透性较强,灌浆压力则应适当控制,防止浆液过度扩散,影响效果。在灌浆的不同阶段,压力控制尤为关键。在灌浆开始阶段,应逐步增加压力,以确保浆液能够顺利进入孔隙并开始封闭。在正常灌浆阶段,压力应保持稳定,避免剧烈波动,以确保均匀渗透。灌浆结束时,应逐渐降低压力,防止浆液外溢或产生裂缝^[4]。

压力过大或过小都会影响灌浆效果。过大的压力可能导致土层破裂或浆液外泄,形成不均匀的防渗层;过小的压力则可能导致浆液无法有效渗透,防渗效果不理

想。遇到此类情况时,应根据实际情况调整压力,并根据地质变化灵活应对。

3. 灌浆浆液浓度控制

灌浆浆液的浓度直接关系到防渗效果。在地层吸浆量较大的情况下,应适当提高浆液的浓度,以确保浆液能够有效渗透到地层中,并形成坚固的防渗屏障。地层吸浆量较小或渗透性较低时,浆液浓度可适当降低,以避免浪费材料。不同阶段的浆液浓度也应根据地质情况进行调整。在灌浆开始阶段,浆液的浓度应略高,以便填充孔隙;在正常灌浆阶段,保持适中的浓度,确保浆液均匀渗透;结束阶段可适当调整浓度,控制浆液凝固时间。

4. 灌浆速度与流量控制

灌浆速度与流量是保证灌浆质量的重要因素。在施工过程中,灌浆速度应根据地层的渗透性和孔隙结构进行调整。对于渗透性较差的土层,灌浆速度应适当放慢,以确保浆液能够充分渗透并固化。流量的控制亦应灵活,根据压力与浆液浓度进行协调。实时监控灌浆过程中的速度与流量,能够及时发现异常情况并进行调整。例如,如果灌浆速度过快,可能会导致浆液无法完全渗透;流量过大,则可能导致浆液浪费或灌浆不均。通过精确控制灌浆速度与流量,可以有效提升灌浆质量。

5. 施工顺序控制

单排帷幕灌浆的施工顺序通常采取分段施工方式,即将整个防渗区域划分为若干段,分批进行灌浆。这种方法能够确保灌浆效果的均匀性和施工的可控性。在相邻孔序之间,应控制合理的间隔时间,以避免浆液在相邻孔之间互相干扰,确保每个孔的灌浆均匀且充足。通常情况下,间隔时间应根据灌浆压力、浆液浓度及流量等因素进行调整,确保每一阶段的灌浆效果达到预期标准。通过合理安排施工顺序与间隔时间,可以有效提高防渗层的整体稳定性和可靠性。

四、单排帷幕灌浆在水利工程施工后的质量检测与评价

1. 质量检测方法

在单排帷幕灌浆施工后,为确保防渗效果,必须进行全面的质量检测。常用的检测方法包括压水试验、取芯检测及物探检测。其中,压水试验是检测帷幕防渗效果的重要手段。具体实施时,通常在灌浆完成后,对已灌浆的区域进行加压试验。具体步骤包括将一定压力的水注入钻孔,通过水流的变化来评估帷幕的防渗性能。根据试验结果,若水流量较小,表明防渗效果较好,反之则可能存在漏水或灌浆不足的问题。结果分析时,需对比设计要求,判断是否满足防渗标准,若发现异常,

则需要采取补救措施,如增加灌浆量或调整灌浆压力。与此同时,取芯检测是另一常用的质量检测手段。通过取出灌浆区域的核心样本进行分析,可以评估灌浆层的均匀性与强度。在操作过程中,需注意取芯位置的选择,应尽量选取代表性强的区域进行取样。取出的芯样需观察其外观是否均匀,有无裂缝或空洞。随后,对芯样进行抗压强度测定,评估其承载力和稳定性。如果芯样的强度未达到设计标准,表明灌浆可能存在问题,需根据具体情况调整灌浆工艺。

此外,物探检测手段,如地震波法和电磁波法,也在质量检测中得到了广泛应用。通过地震波法,可以获得灌浆层的密实度与均匀性;而电磁波法则能够有效探测灌浆层中的空洞和裂隙。两者结合使用,可以全面评估帷幕的防渗效果与结构完整性。

2. 质量评价标准

单排帷幕灌浆的质量评价标准应结合相关规范和工程要求,制定科学合理的评价指标体系。常见的质量评价指标包括防渗效果、灌浆层的均匀性与强度、浆液的饱和度等。防渗效果的评价通常以水流量的减少率为标准,若流量减少符合设计要求,则认为防渗效果合格。

根据相关规范,检测结果的质量等级划分通常分为优良、合格与不合格三个等级。若压水试验结果表明水流量远低于设计标准,并且取芯检测显示浆层均匀且强度符合要求,则为优良等级;若部分区域存在轻微的水流渗透或灌浆层不均匀,则为合格等级;若水流量未能达到设计要求,或出现严重的裂隙和空洞,则为不合格等级。在实际施工中,根据检测结果的反馈,需及时调整施工工艺,确保工程质量符合标准要求。

五、单排帷幕灌浆施工质量问题及处理措施

1. 常见施工质量问题

在单排帷幕灌浆施工过程中,常见的质量问题包括灌浆不密实、串浆和冒浆等。其中,灌浆不密实通常表现为防渗层存在孔隙或不均匀的地方,导致地下水依然能够渗透。这种情况多见于灌浆压力不足或浆液未能充分渗透到孔隙中。串浆现象则是指灌浆液在灌注过程中,由于压力过高或施工不当,导致浆液沿孔壁或裂隙流动,形成不规则的浆液分布,影响防渗效果。冒浆则表现为在灌浆过程中,浆液通过不应有的路径(如钻孔口或地表)泄漏出来,导致浆液浪费并影响工程质量^[5]。

这些问题的产生原因可以从多个方面进行分析。地质条件是一个重要因素,如地层中存在较大孔隙、裂隙或岩溶等不均匀结构时,浆液很难均匀渗透,容易导致灌浆不密实或串浆。施工工艺方面,灌浆压力的设置不

当、孔径不合适、浆液浓度不合理等都可能影响施工质量。例如,过高的灌浆压力可能引起冒浆,而过低的压力则导致灌浆不均匀。人为因素同样不可忽视,操作人员在灌浆过程中未严格按照设计要求进行施工,也可能导致灌浆不密实或浆液浪费。

2. 质量问题的处理措施

针对不同的施工质量问题,采取的处理措施应根据问题的性质和程度进行调整。具体而言:对于灌浆不密实,最常见的解决方法是补灌。在灌浆完成后,若检测到防渗层存在较大孔隙或不均匀区域,可以通过在原有灌浆孔周围重新进行灌浆,采用适当的浆液浓度和灌浆压力,填补空隙,确保防渗效果达到设计要求。

对于串浆问题,需要重新评估灌浆压力与浆液的配比。在发现串浆现象时,应及时降低灌浆压力,调整浆液流速,避免浆液沿裂隙扩散。必要时,可以通过控制孔距和排距,分段分序进行灌浆,从而避免浆液的无序流动。若串浆问题严重,还可能需更换灌浆材料或通过加固措施提高浆液的稳定性。

此外,基于冒浆通常是由于灌浆压力过高或灌浆孔的封闭不严所引起的。应通过降低灌浆压力来减少浆液的泄漏,同时对钻孔口进行有效封闭,防止浆液从孔口冒出。在出现冒浆的情况下,也可采取增加封闭层或加固措施,确保浆液能集中渗透到目标区域。

结语

总而言之,单排帷幕灌浆施工质量控制是确保水利工程防渗效果的关键。通过科学的质量检测与有效的施工管理,可以及时发现和处理问题,防止质量隐患的积累。加强对地质条件、施工工艺及质量监控的重视,将大大提升灌浆层的均匀性与稳定性,最终确保工程的长期安全运行。

参考文献

- [1] 邓宁. 水利水电工程施工中帷幕灌浆施工技术应用研究[J]. 水上安全. 2024(10): 157-159.
- [2] 王礼梅. 帷幕灌浆施工技术在水利工程中的应用分析[J]. 汽车博览. 2022(11): 217-219.
- [3] 王张. 帷幕灌浆技术在水利水电工程施工中应用研究[J]. 现代物业. 2023(03): 175-177.
- [4] 郭陈晨. 水利水电工程施工中帷幕灌浆施工技术的应用探析[J]. 前卫. 2023(08): 115-117.
- [5] 赵宝东. 浅谈帷幕灌浆在水利工程中的质量控制[J]. 四川水泥. 2020(06): 315.