

水泥搅拌桩防渗墙在水利堤防工程中的应用

梁家健 李 辉

安庆市磐石岩土有限公司 安徽 安庆 246000

摘 要：水泥搅拌桩防渗墙凭借其高效、经济的特性，在水利堤防工程中广泛应用。本文全面解析其技术原理，包括成桩及防渗机制，并详尽探讨了设计要点，如地质勘察、墙体结构规划、材料选择等。同时，文章还阐述了施工工艺、质量控制措施，并结合实际案例分析了应用效果与未来发展。通过总结成功经验与现存问题，本文为水泥搅拌桩防渗墙在水利堤防工程中的进一步应用提供了宝贵参考，助力水利工程的安全与可持续发展。

关键词：水泥搅拌桩；防渗墙；水利堤防工程；技术原理

引言：水利堤防工程是保障人民生命财产安全的重要基础设施，其防渗性能直接关系到工程的稳定性和安全性。随着水利工程建设技术的不断发展，水泥搅拌桩防渗墙作为一种新型防渗技术，因其施工简便、成本低廉、防渗效果好等优点，在水利堤防工程中得到了广泛应用。本文旨在全面介绍水泥搅拌桩防渗墙在水利堤防工程中的应用，以期为相关工程实践提供理论支持和技术指导。

1 水泥搅拌桩防渗墙技术原理

水泥搅拌桩防渗墙技术是一种利用水泥作为固化剂，通过深层搅拌机械在地基深处将水泥浆与软土强制拌合，形成具有整体性、水稳定性和一定强度的水泥土桩体，这些桩体相互搭接形成连续的防渗墙，从而达到防渗目的的技术。

1.1 水泥搅拌桩成桩机理

水泥搅拌桩的成桩过程主要是基于水泥与地基土之间的一系列物理化学反应。水泥的主要成分是氧化钙、二氧化硅、三氧化二铝、三氧化二铁及三氧化硫等，这些成分在水泥与土混合后会在水解、水化反应，生成氢氧化钙、含水硅酸钙、含水铝酸钙及含水铁酸钙等化合物。这些化合物在土体中形成悬浮的溶液，具有胶结作用，凝结后形成水泥土的胶结强度。（1）水泥的水解和水化反应：水泥颗粒表面的矿物在与饱和软土中的水接触后，迅速发生水解和水化反应。例如，水泥中的硫酸钙与铝酸三钙一起与水发生反应，生成一种被称为“水泥杆菌”的化合物，这种化合物以针状结晶的形式在比较短的时间里析出，把软土中大量的自由水以结晶水的形式固定下来。这些反应不仅消耗了土中的自由水，还生成了新的化合物，增强了土体的结构强度。（2）离子交换与团化作用：水泥水化生成的化合物会与土颗粒表面的离子发生交换，使土颗粒表面带上电荷，

产生团化作用。这种作用使土颗粒间的连接更加紧密，增强了土体的整体性和稳定性。（3）凝硬作用：水泥水化生成的化合物在土体中逐渐硬化，形成水泥石骨架，提高了土体的强度和刚度。同时这些化合物还与周围具有一定活性的粘土颗粒发生作用，形成新的矿物，进一步增强了土体的力学性能。通过这些物理化学反应，地基土的性质得到了显著改善。原本松散的软土被水泥浆固化，形成了具有一定强度和防渗性能的水泥土桩体。这些桩体不仅具有较高的抗压强度，还具有良好的水稳定性和抗渗性能。

1.2 防渗墙的防渗原理

水泥搅拌桩防渗墙是通过将多个水泥搅拌桩相互搭接，形成连续的墙体，从而达到防渗的目的^[1]。防渗墙的防渗原理主要基于桩体本身的低渗透性和墙体的整体性。（1）桩体的低渗透性：水泥搅拌桩在形成过程中，由于水泥与土之间的物理化学反应，生成了大量的胶结物质，这些物质填充了土颗粒间的空隙，降低了土体的渗透性。同时，桩体内部的孔隙结构得到了改善，形成了较为致密的结构，进一步提高了桩体的防渗性能。（2）墙体的整体性：水泥搅拌桩在施工过程中，通过精确控制桩位和桩间搭接宽度，确保了墙体的连续性。桩体之间的搭接部分通过水泥浆的渗透和固化作用，形成了紧密的连接，增强了墙体的整体性和稳定性。这种整体性不仅提高了墙体的防渗性能，还增强了墙体的抗剪强度和抗倾覆能力。

1.3 影响防渗效果的关键因素

（1）桩间搭接宽度：桩间搭接宽度是影响防渗墙防渗效果的关键因素之一。搭接宽度不足会导致墙体出现渗漏通道，降低防渗性能。因此，在施工过程中应严格控制桩位和搭接宽度，确保墙体的连续性。（2）桩体的密实度：桩体的密实度直接影响其防渗性能。密实度

越高,桩体的孔隙率越低,防渗性能越好。因此,在施工过程中应采取措施提高桩体的密实度,如采用多次搅拌、提高搅拌速度等。(3)水泥掺入比和水灰比:水泥掺入比和水灰比是影响桩体强度和防渗性能的重要因素。合理的水泥掺入比和水灰比可以确保桩体具有足够的强度和防渗性能。在施工过程中应根据地基土的性质和工程要求,合理选择水泥掺入比和水灰比。

2 水泥搅拌桩防渗墙在水利堤防工程中的设计要点

水泥搅拌桩防渗墙作为水利堤防工程中的重要组成部分,其设计直接关系到工程的防渗效果和整体稳定性。因此,在设计过程中,需要充分考虑地质条件、墙体结构、材料选择等多个方面,以确保防渗墙能够满足工程要求。

2.1 地质勘察与分析

地质勘察是水泥搅拌桩防渗墙设计的基础,其重要性不言而喻。在勘察过程中,需要详细了解堤防工程的地质条件。(1)土层分布:通过地质勘探,明确堤防工程所在区域的土层分布情况,特别是软土层的分布和厚度。这些信息对于确定防渗墙的设计深度至关重要,以确保防渗墙能够穿透软弱土层,达到稳定的基岩或硬土层。(2)地下水位:地下水位的高低直接影响到防渗墙的施工和防渗效果。在勘察过程中,需要准确测量地下水位,并考虑水位变化对防渗墙稳定性的影响。根据地下水位情况,可以合理确定防渗墙的设计高度和长度,以确保其能够有效阻挡地下水。(3)渗透系数:渗透系数是衡量土体渗透性能的重要指标。通过实验室试验和现场测试,获取各土层的渗透系数,有助于评估防渗墙的防渗性能。在设计过程中,需要根据渗透系数的大小,合理调整防渗墙的结构参数,如墙体厚度、桩径等,以提高防渗效果。根据地质勘察结果,可以确定防渗墙的设计深度、长度等基本尺寸。设计深度应穿透软弱土层,达到稳定基岩或硬土层;设计长度则应根据堤防工程的实际情况和防渗要求来确定,确保防渗墙能够覆盖整个需要防渗的区域。

2.2 墙体结构设计

墙体结构设计是水泥搅拌桩防渗墙设计的关键环节。在设计过程中,需要充分考虑堤防等级、水头差等因素,合理选择水泥搅拌桩的布置形式和结构参数。(1)布置形式:水泥搅拌桩的布置形式有单排、双排等多种选择^[2]。单排布置适用于堤防等级较低、水头差较小的工程;而双排布置则适用于堤防等级较高、水头差较大的工程。在选择布置形式时,需要综合考虑工程要求、施工条件和经济性等因素。(2)结构参数:墙体厚度、桩径、

桩间距等结构参数是影响防渗墙防渗效果的关键因素。墙体厚度应根据堤防等级和水头差来确定,一般应满足一定的安全储备;桩径则应根据土层情况和施工设备来选择,确保桩体能够穿透软弱土层并达到稳定基岩;桩间距则需要根据防渗要求和施工条件来确定,以确保桩体之间能够紧密搭接,形成连续的防渗墙。

2.3 材料选择与配合比设计

材料选择和配合比设计对于水泥搅拌桩防渗墙的强度和防渗性能具有重要影响。(1)水泥品种与标号:在选择水泥时,需要考虑工程环境和地质条件。对于软土层较厚、渗透性较强的堤防工程,应选择标号较高、性能稳定的水泥;而对于硬土层较厚、渗透性较弱的堤防工程,则可以选择标号稍低的水泥以降低成本。还需要考虑水泥的耐久性和抗腐蚀性,以确保防渗墙能够长期稳定运行。(2)配合比设计:配合比设计是确保水泥搅拌桩防渗墙强度和防渗性能的关键。在配合比设计过程中,需要通过试验确定水泥与外加剂的合理比例。外加剂的选择应根据工程要求和水泥品种来确定,以提高水泥浆的流动性和固化速度。并且还需要考虑水泥浆的稠度和固化时间等因素,以确保桩体能够形成紧密的结构并达到预期的防渗效果。

3 水泥搅拌桩防渗墙施工工艺与质量控制

水泥搅拌桩防渗墙的施工是一个复杂且精细的过程,从场地准备到最终的防渗效果评估,每一个环节都至关重要。以下是施工工艺的详细流程及质量控制措施的综合描述。

3.1 进行场地平整

确保施工区域无杂物、地面坚实平整,以避免在搅拌桩施工过程中出现下沉或变形。随后,根据设计要求精确测量并放出搅拌桩的桩位中心线、标高线等,确保桩位偏差在允许范围内,为后续的精确施工打下基础。

3.2 桩机就位

调整桩机水平度和垂直度,确保稳定。在搅拌钻进环节,启动桩机使搅拌叶片以适当的速度下沉至设计深度,同时喷入水泥浆进行搅拌^[3]。搅拌速度应控制在规定的范围内,避免过快或过慢导致的搅拌不均匀。并且应密切关注地质条件的变化,及时调整搅拌速度和喷浆压力。当搅拌叶片达到设计深度后,启动提升装置,使搅拌叶片以适当的速度提升至地面,并且继续喷入水泥浆进行搅拌,确保水泥浆在桩体内均匀分布。

3.3 质量控制

需建立严格的质量控制体系,明确质量检验项目和标准。这包括桩位偏差、桩体垂直度、桩径、桩长、水

泥掺入量、浆液比重等关键指标,每一项都应符合设计要求和相关规范标准。为检测桩体的质量和防渗效果,可采用钻孔取芯、注水试验、无损检测等多种手段。钻孔取芯可直观检查桩体的内部结构和强度;注水试验通过向桩体内注入水,观察水的渗透情况,评估防渗效果;无损检测则利用超声波、雷达等技术,对桩体的质量和完整性进行非破坏性检测。

3.4 质量问题预防处理

针对可能出现的断桩、夹泥等质量问题,应采取相应的预防和处理措施。预防措施包括严格控制搅拌速度和喷浆压力,确保水泥浆在桩体内均匀分布,以及密切关注地质条件的变化,及时调整施工参数。处理措施则包括在断桩处重新施工,确保桩体的连续性;在夹泥处进行补浆或重新施工,以提高桩体的整体性和防渗效果。

4 水泥搅拌桩防渗墙在水利堤防工程中的应用发展前景

在当前水利工程建设的发展趋势中,对生态友好型防渗技术的需求日益增加。水泥搅拌桩防渗墙作为一种经济、高效、环境友好的防渗技术,在未来的水利堤防工程中具有广阔的应用前景。水泥搅拌桩防渗墙技术以其独特的防渗效果和施工便捷性,在水利堤防工程中得到了广泛应用^[4]。该技术通过深层搅拌机将水泥浆与土壤混合,形成坚硬且不透水的防渗墙,有效防止了水分、气体、细粒土壤及化学物质的渗透。与传统的防渗墙技术相比,水泥搅拌桩防渗墙具有造价低、施工速度快、无振动、无污染、无噪音等优点,且适用范围广,能够在不同地质条件下进行施工。然而,随着水利工程对防渗性能要求的不断提高,水泥搅拌桩防渗墙技术也需要不断改进和完善。未来的改进方向主要包括以下几个方面:

4.1 与其他防渗技术的结合应用

水泥搅拌桩防渗墙可以与其他防渗技术结合使用,以提高整体的防渗效果。例如,可以将其与高压喷射防渗墙或等厚砼防渗墙相结合,形成复合防渗体系。这种复合防渗体系不仅能够提高防渗性能,还能根据不同地质条件和工程需求进行灵活调整,增强工程的适应性和稳定性。

4.2 新型材料的使用

随着材料科学的不断发展,新型防渗材料不断涌现。这些材料具有更好的防渗性能、更高的强度和更长的使用寿命。将新型材料应用于水泥搅拌桩防渗墙中,可以进一步提高其防渗效果和耐久性。例如可以使用高性能水泥、纳米材料等新型材料,提高防渗墙的强度和抗渗性能。

4.3 生态友好型技术的融合

在当前的环保理念下,生态友好型防渗技术成为水利工程的重要发展方向。水泥搅拌桩防渗墙技术可以与生态友好型技术相结合,形成绿色、环保的防渗体系。例如,可以在防渗墙周围种植植被,利用植物根系的固土作用,增强防渗墙的稳定性的同时,植被还能改善土壤环境,提高生态系统的自我修复能力。

4.4 智能化施工与管理

随着信息技术的不断发展,智能化施工与管理成为提高工程质量和效率的重要手段。水泥搅拌桩防渗墙的施工过程可以引入智能化技术,如无人机监测、远程控制系统等,实现施工过程的精确控制和实时监测。同时还可以建立智能化管理系统,对防渗墙的使用状态进行实时监测和预警,及时发现并处理潜在的安全隐患。

结束语

水泥搅拌桩防渗墙技术以其独特优势,在水利堤防工程中展现出巨大潜力。通过优化设计、改进工艺与强化质量控制,其防渗性能与工程适应性得以持续提升。展望未来,结合生态友好型技术趋势,该技术将融合新材料与先进技术,进一步增强应用效果与综合效益。加强科研投入与技术创新,将为水利堤防工程的可持续发展奠定坚实基础,确保工程安全,助力生态文明建设。

参考文献

- [1]汪敏.围堤水泥搅拌桩加固效果的影响因素与工程设计优化[J].水利技术监督,2021(03):104-105+109+113+123.
- [2]杨声玉.水库大坝水泥土搅拌桩截渗墙施工要点研究[J].科技创新与应用,2021(10):103-105.
- [3]罗华.水泥搅拌桩质检技术在水利工程施工中的应用[J].长江技术经济,2020,4(S2):43-45.
- [4]李文立,郭杰,张鹏.水利工程土质堤坝防渗漏的重要性的技术措施[J].河南科技,2019(23):70-72.