水泥土搅拌桩在水利工程地基处理中的应用

钟妙红
天镇县公路发展中心 山西省 大同市 037000

摘　要：水泥土搅拌桩作为一种有效的地基处理技术，在水利工程中得到了广泛的应用。本文旨在探讨水泥土搅拌桩在水利工程地基处理中的应用，分析其加固机理、施工工艺、影响因素以及在实际工程中的应用案例。通过综合分析，本文提出了水泥土搅拌桩在水利工程地基处理中的优化建议，以期为相关工程提供参考。

关键词：水泥土搅拌桩；水利工程；地基处理；加固机理；施工工艺

The Application of Cement-Soil Mixing Piles in Foundation Treatment of Water Conservancy Engineering

Miaohong Zhong
Highway Development Center of Tianzhen County, Datong City, Shanxi Province 037000

Abstract: Cement-soil mixing pile, as an effective foundation treatment technology, has been widely applied in water conservancy projects. This paper aims to explore the application of cement-soil mixing piles in the foundation treatment of water conservancy engineering, analyzing its reinforcement mechanism, construction technology, influencing factors, and practical engineering case studies. Through comprehensive analysis, this paper proposes optimization suggestions for the application of cement-soil mixing piles in the foundation treatment of water conservancy engineering, hoping to provide references for related projects.

Keywords: Cement-soil Mixing Pile; Water Conservancy Engineering; Foundation Treatment; Reinforcement Mechanism; Construction Technology

引言

水利水电工程作为国家基础设施建设的重要组成部分，其地基处理技术直接关系到工程的安全性和稳定性。地基是支撑整个水利工程的基础，其性能的好坏直接影响到工程的承载能力和耐久性。由于我国地域辽阔，地质条件复杂多变，特别是在软土地区，传统的地基处理方法往往难以满足工程的需求。因此，开发和应用新型、高效的地基处理技术显得尤为重要。水泥土搅拌桩技术作为一种新型的地基加固方法，自 20 世纪 70 年代末引入我国以来，已经在众多工程中得到了广泛应用。该技术通过在地基深处将软土和固化剂（如水泥）强制搅拌，利用固化剂和软土之间的物理化学反应，使软土硬结成具有整体性、水稳定性和一定强度的优质地基。这种方法不仅能够提高地基的承载力，减少沉降量，抑制侧向变形，而且还具有施工便捷、经济效益显著、无环境污染等优点。

1 水泥土搅拌桩的加固机理

水泥土搅拌桩是一种地基加固技术，其加固机理主要基于水泥与土体之间的物理化学反应。这种技术通过特制的搅拌机械，在地基深处将软土和固化剂（如水泥）强制搅拌，使软土硬结成具有整体性、水稳定性和一定强度的复合地基，从而提高地基承载力，减少地基不均匀沉降。首先，水泥的水解与水化反应是加固过程中的关键步骤。普通硅酸盐水泥与软土中的水发生反应，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。例如，在软土地基处理中，通过深层搅拌机械将水泥浆与土体充分混合，使得水泥颗粒与土中的水发生反应，生成的氢氧化钙和含水硅酸钙等化合物能够迅速溶于水中，形成胶体，这些胶体悬浮于溶液中，随着时间的推移，逐渐硬化形成水泥石骨架。其次，土颗粒与水泥水化物的作用也是加固机理的一部分。水泥的各种水化物生成后，有的自身继续硬化，形成水泥石骨架；有的则与其周围具有一定活性的黏土颗粒发生反应。例如，在软土中，黏土颗粒表面的负电荷会与水泥水化生成的氢氧化钙中的钙离子进行离子交换，使土颗粒集合成大的团粒，从而提高土体的强度。再如，碳酸化作用也是加固机理的一部分。水泥水化物中游离的氢氧化钙能吸收水中和空气中的二氧化碳，发生碳酸化反应，生成不溶于水的碳酸钙，这种反应也能使水泥土增加强度，但增长的速度较慢，幅度也较小。

以某大型油罐地基处理为例，该工程采用了水泥土搅拌桩技术进行地基加固。在施工过程中，首先进行桩机定位、对中、调平，

然后调整导向架垂直度，预先拌制浆液。深层搅拌机预搅下沉同时，后台拌制水泥浆液，待压浆前将浆液放入集料斗中。选用水泥标号 425# 普通硅酸水泥拌制浆液，水灰比控制在 0.45 ~ 0.50 范围，按照设计要求每米深层搅拌桩水泥用量不少于 50Kg。通过搅拌下沉、喷浆搅拌提升、重复搅拌下沉等步骤，最终形成具有一定强度的水泥土搅拌桩，有效提高了地基的承载力和稳定性。水泥土搅拌桩的加固机理涉及到水泥的水解与水化反应、土颗粒与水泥水化物的相互作用以及碳酸化作用等多个方面，这些反应共同作用，使得软土硬结成具有整体性、水稳定性和一定强度的复合地基，从而满足工程建设的要求。水泥土搅拌桩的加固效果受到多种因素的影响，包括水泥的品种和掺量、土体的性质、搅拌工艺、养护条件等。通过优化这些因素，可以提高水泥土搅拌桩的加固效果，满足水利工程地基处理的要求。在水利工程中，地基处理是一个至关重要的环节，它直接关系到工程的稳定性和安全性。水泥土搅拌桩技术以其施工便捷、经济效益显著、无环境污染等优点，在水利工程地基处理中得到了广泛应用。通过水泥土搅拌桩的加固，可以有效提高地基的承载力，减少沉降，抑制侧向变形，满足工程建设的要求。随着工程技术的不断进步，水泥土搅拌桩技术也在不断发展和完善。未来的研究和应用将更加注重环保和可持续性，探索更加高效、经济、环保的施工工艺和材料，以适应日益严格的工程建设要求。同时，随着新材料、新技术的应用，水泥土搅拌桩技术有望在更广泛的领域发挥作用，为水利工程乃至其他土木工程的地基处理提供更加可靠的解决方案。

2 水泥土搅拌桩的施工工艺

水泥土搅拌桩的施工工艺是一项复杂的工程技术，它涉及到多个步骤和严格的质量控制。水泥土搅拌桩的施工工艺是一个复杂而精细的过程，涉及到多个步骤和严格的技术要求。

首先，施工前需要对场地进行平整，清除地上和地下的障碍物，包括大块石、树根和生活垃圾等。例如，在杭州市萧山区的一个基坑围护工程中，施工前就需要对场地进行彻底的清理，以确保搅拌桩的质量和施工的顺利进行。接下来，根据设计图纸确定水泥土搅拌桩的桩位，使用全站仪进行精确定位，并用木桩或筷子进行现场标记。再如，温州郭溪项目中，施工团队就采用了 42.5 级的普通硅酸盐水泥，并且对水泥掺量、水灰比等参数进行了精确的控制。搅拌机械就位后，需要进行调平，确保钻杆或钻头对准设计桩位，并且复核机架的垂直度和钻头叶片的直径。例如，在绍兴精工绿筑集成建筑系统工业有限公司的工程中，就特别注意了机械的垂直度，确保了桩的垂直偏差不超过 1%。预搅下沉是搅拌桩施工的关键步骤，启动电机使搅拌机沿导向架边搅拌、边切土下沉至设计深度。在下沉过程中，需要控制垂直度、回转速度等参数，以保证桩的质量和均匀性。再如，萧政储出{2020}31 号地块基坑围护工程中，就采用了五轴搅拌桩技术，通过上下喷浆式工艺，提高了搅拌的均匀性。喷浆搅拌提升是另一个关键步骤，搅拌机下沉至设计深度后，开启灰浆泵，边喷浆边旋转钻头，同时按照设计确定的速度提升搅拌机直至预定的停浆面。这一步骤需要精确控制灰浆泵输浆量、灰浆经输浆管到达搅拌机喷浆口的时间和起吊设备提升速度等施工参数。例如，在温州郭溪项目中，施工团队就特别关注了泵送压力和泵送流量的恒定性，确保了水泥浆的均匀分布。重复搅拌下沉和提升是为了保证全桩长上下至少再重复搅拌一次，确保加固土体水土压力的平衡。在杭州市萧山区的基坑围护工程中，就采用了二喷二搅方式施工，确保了水泥土的均匀搅拌。最后，关闭搅拌机械，完成单桩施工，然后移位至下一根桩，重复上述步骤。在绍兴精工绿筑集成建筑系统工业有限公司的工程中，施工团队在施工后一周内进行了开挖检查或采取钻孔取芯等手段检查成桩质量，确保了工程的高质量完成。通过上述步骤，水泥土搅拌桩的施工工艺能够确保地基的加固效果，提高承载力，减少沉降，是地基处理中一项重要的技术。水泥土搅拌桩技术在水利工程地基处理中的应用是多方面的，它不仅能够提高地基的承载力和稳定性，还能有效控制地基的沉降和侧向变形。随着技术的不断发展和完善，水泥土搅拌桩在水利工程中的应用越来越广泛，成为地基处理中不可或缺的技术之一。

3 水泥土搅拌桩在水利工程中的应用背景

水利工程通常位于地质条件复杂的区域，地基的稳定性和承载力是保证工程安全的关键因素。传统的地基处理方法往往存在施工难度大、成本高、效果不稳定等问题。水泥土搅拌桩技术的出现，为解决这些问题提供了新的解决方案。它通过将水泥等固化剂与软土混合搅拌，形成具有一定强度和稳定性的水泥土桩体，从而提高地基的整体性能。水泥土搅拌桩技术在水利工程中的应用案例众多，如堤坝加固、泵站基础、水闸基础等。在这些工程中，水泥土搅拌桩技术有效地提高了地基的承载力和稳定性，保证了工程的安全和稳定。例如，在堤坝加固工程中，通过水泥土搅拌桩的加固，可以有效防止堤坝的滑动和沉降，提高堤坝的稳定性和耐久性。在泵站和水闸的基础处理中，水泥土搅拌桩技术可以提高地基的承载力，减少基础的沉降，保证泵站和水闸的正常运行。

4 水泥土搅拌桩的质量控制和检测

为了保证水泥土搅拌桩的施工质量，需要进行严格的质量控制和检测。水泥土搅拌桩技术在水利工程中的应用背景是多方面的，它主要涉及到地基加固、防渗止水以及提高结构稳定性等方面。随着水利工程规模的扩大和复杂性的增加，传统的地基加固方法已经无法满足工程安全和稳定的需求。水泥土搅拌桩因其独特的技术优势，在水利工程中得到了广泛的应用。例如，在长江

中下游平原地区的堤防加固工程中，由于该地区土质多为软土，水泥土搅拌桩技术被用来提高堤防的承载力和稳定性。通过在堤防内部形成连续的水泥土搅拌桩墙，有效地提高了堤防的抗滑稳定性，同时也起到了防渗作用。再如，在沿海地区的海堤工程中，水泥土搅拌桩被用作防浪墙的基础加固。由于海浪的长期冲刷和侵蚀，海堤基础容易受损，水泥土搅拌桩通过提高基础的承载力和抗冲刷能力，增强了海堤的耐久性。在水库大坝的防渗处理中，水泥土搅拌桩同样发挥了重要作用。例如，某水库大坝由于渗漏问题需要进行防渗加固，通过在坝体内部设置水泥土搅拌桩，形成了一道连续的防渗帷幕，有效地切断了渗漏路径，保护了坝体结构的安全。此外，水泥土搅拌桩技术在城市水利工程中也有广泛应用。例如，在杭州市萧山区的一个基坑围护工程中，基坑开挖深度达到 10.950m，基坑周长 376.4m，设计使用年限为 2 年。该工程采用了 FCW 五轴水泥土搅拌桩止水围护技术，基坑坑内贴边采用直径 850 五轴搅拌桩做裙边及敦式加固。这种技术基本原理是无置换五轴水泥土搅拌桩（墙）采用上下喷浆式工艺，将水泥与土体原位强制搅拌，提高搅拌的均匀性，避免加固土体上下流动，有效地提高了基坑的稳定性和安全性。在另一个小型水利工程中，水泥土搅拌桩复合地基的应用效果被详细分析。该工程中，水泥土搅拌桩由于自身具有显著的优势和技术特点，成为目前常见的地基处理方式之一。通过使用水泥作为固化试剂，并在施工区域的地基深处使用特殊的搅拌机械，将固化试剂以及软土进行拌合，确保软土与固化试剂产生相关反应，以此提高地基结构的强度和稳定性。通过这些例子，我们可以看到水泥土搅拌桩技术在水利工程中的应用背景是其能够提供一种经济、有效且环保的地基加固和防渗解决方案，它通过物理和化学反应改善土体性质，增强土体的承载能力和防渗性能，从而保障水利工程的安全性和稳定性。

5 结论

综上所述，水泥土搅拌桩技术在水利工程地基处理中的应用具有显著的优势和广泛的前景。通过将水泥与软土混合搅拌，形成具有一定强度和稳定性的水泥土桩体，该技术能够有效提高地基的承载力和稳定性，减少沉降和侧向变形，从而确保水利工程的安全性和稳定性。在实际应用中，水泥土搅拌桩技术展现出了良好的环境适应性、高效的施工效率、较低的成本投入以及优异的加固效果。这些特点使得水泥土搅拌桩技术成为水利工程地基处理的首选方法之一。无论是在堤坝加固、泵站基础还是水闸基础等工程中，水泥土搅拌桩技术都能提供稳定可靠的加固效果。此外，随着技术的不断进步和创新，水泥土搅拌桩技术也在不断发展和完善。新的施工工艺、新材料的应用以及更严格的质量控制措施，都将进一步提升水泥土搅拌桩的性能和应用范围。例如，通过优化水泥掺量和搅拌工艺，可以提高桩体的均匀性和强度；通过采用环境友好的固化剂，可以减少施工过程中对环境的影响。在未来，水泥土搅拌桩技术有望在水利工程以及其他土木工程领域发挥更大的作用。随着对工程质量和环境保护要求的提高，水泥土搅拌桩技术将继续朝着更加高效、经济、环保的方向发展。

参考文献：

[1] 滕达 . 水利水电工程设计中的地基处理技术分析 [J]. 水利电力技术与应用 , 2023.

[2] 王建良，李震 . 水利施工中软土地基处理技术分析 [J]. 内蒙古科技与经济，2021(16):93+95.

[3] 张更民 . 水利水电工程设计中地基处理技术简述 [J]. 房地产导刊，2019(5).

[4] 刘春河 . 水利水电工程设计中地基处理技术探究 [J]. 中国科技投资，2019（6）：138–139.

[5] 张蔚雯 . 软土地基处理技术在水利施工中的应用 [J]. 河北水利，2021(11):43–44.

[6] 高健，冯佳佳 . 水利水电工程设计中地基处理技术简述 [J]. 水能经济，2019:315.