

水泥土挤密桩技术在湿陷性黄土地基施工中的应用

张龙龙

中铁二十一局集团第二工程有限公司

摘要：水泥土挤密桩技术是一种常见的地基处理方法，适用于湿陷性黄土等土质的地基处理。湿陷性黄土的特点是含水量高、易发生收缩和膨胀，对建筑物的稳定性和耐久性造成威胁，水泥土挤密桩技术可以通过加固地基的方式，有效地改善地基的承载能力和抗渗性，从而提高建筑物的稳定性和耐久性。基于此，本文阐述了水泥土挤密桩技术应用的加固原理，分析了湿陷性黄土地基的特征，研究水泥土挤密桩技术在湿陷性黄土地基施工中的应用，最后阐述湿陷性黄土地基施工中水泥土挤密桩技术应用的注意事项。旨在提高地基的承载能力，防止地基出现沉降和变形状况。

关键词：水泥土挤密桩技术；湿陷性黄土；地基施工

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2024.06.029

引言

水泥土挤密桩技术是一种在湿陷性黄土地基施工中常用的地基处理方法，通过该技术能够在黄土地基中形成一定长度和直径的密实桩体，从而改善地基的承载力、抗侧移能力和变形性能。水泥土挤密桩技术在湿陷性黄土地基施工中的应用，需要保证勘察设计的规范性和合理性、施工工艺的合理规划、桩身材料的选择和加固设计的科学性、以及质量监控和验收的规范性，只有这样才能充分发挥其施工技术的优势能效，提高工程的质量和安全性。

一、水泥土挤密桩技术应用的加固原理

水泥土挤密桩技术是一种地基加固技术，通过在土壤中挤入水泥浆，形成密集的桩体结构，以增加土体的承载能力和抗侧向位移能力，还能够优化整体土壤结构的抗渗性能，让地基结构的稳固性达到可靠、理想的水平。该技术应用的加固原理可从以下几点进行阐述：

(1) 土壤固结作用：水泥土挤密桩技术中使用的水泥浆或混凝土在与地下土壤接触时，会发生化学作用或机械作用，导致土壤中的颗粒之间产生结合作用。这种作用可以使土壤的内聚力和摩擦力增加，从而提高土壤的承载能力和抗剪强度。具体而言，水泥浆、混凝土中的水与土壤中的颗粒发生水化反应，形成水泥石填充到土壤孔隙当中加固土体，同时挤密桩的灌注过程中，振动和压实作用也会进一步改善土壤的密实性和均质性，增加土壤的承载能力。(2) 桩体嵌固作用：通过水泥土挤密桩形成的坚实桩体，可以在土壤中产生一定的嵌固作用。这种作用使得土壤与桩体之间形成一种整体结构，有效地分担土压力，减小土体的变形，增加土体的

稳定性。桩体的嵌固作用可以同时提高土体的抗剪承载能力，减小土体的压缩变形，从而减少地基的沉降和变形。(3) 增加土体的抗渗性：水泥浆或混凝土灌注到地下土壤中，能够填充土壤中的孔隙空间，改善土壤的孔隙结构，降低土壤的渗透系数，减小土壤的渗透性。这样可以有效地减少地下水对土体的侵蚀作用，提高土体的稳定性和耐久性，同时有利于地下水位的稳定。

(4) 抵抗地基沉降：水泥土挤密桩加固后形成的桩体能够有效地抵抗地基的沉降，保持地基的稳定性。在地下土层的变形压力作用下，桩体能够起到支撑作用，阻止地基土体过度沉降，减小建筑物的变形和裂缝，提高建筑物的稳定性和耐久性。(5) 提高土体的抗侧向位移能力：水泥挤密桩在土层中能形成一种坚硬的桩体，能够有效地提高土体的抗侧向位移能力。在土体发生侧向位移的情况下，水泥挤密桩可以有效地阻止土体的变形，增加地基的稳定性。

总的来说，水泥土挤密桩技术有效地改善地基土体的力学性质，提高地基的承载能力和稳定性，该技术在土木工程中得到了广泛的应用，特别是在软弱土地区和需要进行地基加固的工程中发挥着重要作用。

二、湿陷性黄土地基的特征分析

湿陷性黄土是指含有一定比例的黏土或粘土矿物，具有一定吸水性和容易受水分影响而发生体积变化的黄土。其特征主要体现在以下几个方面：

(1) 吸水膨胀性：湿陷性黄土地基在遇水后会发生膨胀，其含有的黏土或粘土矿物会吸收水分，导致土体体积膨胀。这种特性会导致地基土发生不可逆的变形，对建筑物的稳定性和耐久性构成一定威胁。

(2) 湿陷性：湿陷性黄土地基在水分含量发生变化时，会出现体积膨胀或收缩的情况，这种湿陷性使得地基在潮湿和干燥的环境条件下容易发生变形，对地基的稳定性和承载能力造成挑战。

(3) 抗压能力较差：湿陷性黄土土体相对较软，其中所含的粘土成分较多，使得其抗压能力较差。当承载压力加大时，地基容易产生沉降和变形，需要采取措施进行加固和处理。

(4) 可塑性较强：由于含有较多的粘土成分，湿陷性黄土具有较强的可塑性，容易发生塑性变形。地基土的可塑性对建筑物的承载性能和稳定性造成影响，需要通过地基改良来减小地基土的可塑性。

因此，在设计和施工过程中，对于湿陷性黄土地基需要进行充分的调查和分析，针对其特点采取相应的处

理措施，比如可以采用加固地基、预压注浆、搅拌桩等方式来改善地基的承载性能，保障工程的安全和稳定。

三、水泥土挤密桩技术在湿陷性黄土地基施工中的应用

（一）做好施工前的准备工作

在水泥土挤密桩施工前，要做好相关的准备工作，确保水泥土挤密桩施工的顺利进行，提高施工效率和质量，同时也能够最大程度地保障施工安全和环境保护，具体的准备工作如下：

（1）地质勘察和设计评估：在水泥土挤密桩施工前，需要对工地进行地质勘察，了解地层情况、地下水情况和地质构造等，以便确定挤密桩的设计参数和施工方案，避免因地质条件不明导致的施工风险。（2）施工图纸和技术方案准备：在进行水泥土挤密桩施工前，要制定详细的施工图纸和技术方案，包括桩身直径、桩身长度、桩间距、挤密参数等。准备充分的施工图纸和技术方案可以确保施工人员按照标准和要求进行施工，避免施工过程中的误操作和质量问题。另外，还要根据地质勘察结果制定合理的水泥土挤密桩施工方案，包括桩的布置方式、桩孔尺寸、桩体长度等，确保施工过程中能够高效、精确地进行桩体安装。（3）施工设备和材料准备：水泥土挤密桩施工要使用专用的挤密机械设备和一定数量的水泥、砂子等原材料。在施工前，要做好设备的检查和维护工作，确保设备的正常运行；同时，要准备足够的施工材料，以免施工过程中因材料不足而影响施工进度。此外，要重视填料拌制，填料搅拌过程中，不同土质需进行相应的试验配比，经过计算后进行填充，同时要求配比要符合现场的实际需求。搅拌后的水泥土必须尽快回填，保证在水泥终凝前完成回填。（4）安全保障准备：水泥土挤密桩施工过程中需要严格遵守安全操作规程，确保施工人员和周围环境的安全。在施工前，要做好安全培训和应急预案准备，确保施工过程中的安全风险得到有效控制。（5）环境保护措施准备：水泥土挤密桩施工会产生一定的扬尘和噪音，需要做好相应的环境保护措施，包括设置扬尘防护设施和噪音控制措施，减少对周围环境和居民的影响^[1]。（6）施工人员培训：对施工人员进行培训，使其熟练掌握水泥土挤密桩施工的技术要点和安全操作规程，减少施工过程中的安全隐患和质量问题。

（二）水泥土比例计算

在水泥土挤密桩的施工过程中水泥土比例的确定至关重要，在处理湿陷性黄土地基的条件时，要充分考虑地基土的密度和压实度，以确定合理的水泥土比例，确保水泥桩的密实度和抗压强度达到设计要求，合理的水泥土比例不仅能提高桩体的稳定性和承载能力，还能降低施工成本。确定水泥土比例时，要考虑地基土的指标性质，如黏土含量、液限、塑限以及最大干密度和最

小干密度，通过实验室试验和工程实践，可以根据地基土的实际情况和设计要求确定最佳的水泥土比例^[2]。确定水泥土比例时，通常需要考虑地基土的含水量、压实度、和水泥的适量。比如假设湿陷性黄土地基施工设计要求为构建直径1m、长度为10m的水泥土挤密桩，在计算水泥土比例时需要进行地基土的原位压实度测试，得到地基土的实际密度为 $1.8\text{g}/\text{cm}^3$ ，考虑到湿陷性黄土的特性，可以选取水泥土比例为1:8。除此之外，在施工过程中，要严格控制混合物的比例以及挤压的压力和速度，以确保水泥土比例均匀并且桩体密实度达到设计要求。还需要实时监测桩体的垂直度，以确保桩体的垂直度符合设计要求，从而保证后续的结构施工能够顺利进行。

（三）桩孔与桩体施工

在湿陷性黄土地基施工进行水泥土挤密桩施工时，需要严格按照设计要求进行桩孔的挖掘和桩体的安装，桩孔的尺寸和深度应符合设计规范，以确保水泥土挤密桩能够充分地在地基土体结合。具体来说，第一，进行桩孔布置前，要进行详细的地质勘察和设计评议，以确定桩孔位置和数量；第二，要挖掘并清理桩孔，这项工作需谨慎进行，特别是在湿陷性黄土地基上，需要注意桩孔的稳定性；第三，安装桩筒时需要仔细检查垂直度和位置，确保桩体的准确安装；第三是灌浆充填阶段，需要根据设计要求，合理调配水泥、砂和砾石的配比，并采取适当的挤压方式，以确保充填的质量和密实度；第四，在桩头修整完毕后，要对桩身进行标定，确保每个水泥土挤密桩的位置和数量符合设计要求；第五，进行严格的质量监测，记录灌浆量、压浆方式和挤压时间等参数，以验证每个桩孔都获得了适当的加固效果。

在实际操作中，需要由专业的工程技术人员和施工队跟进，并确保严格按照设计要求和施工规范进行，同时应特别注意施工现场的安全和环保措施，确保施工过程中的人身安全和环境保护^[3]。以此通过严格的操作流程和质量控制，实现利用水泥土挤密桩技术来有效地加固湿陷性黄土地基，提高地基的承载能力和稳定性，为后续的建筑工程提供坚实可靠的基础支撑。

（四）水泥土挤密桩成桩的施工质量检测

在水泥土挤密桩的施工过程中，质量控制和测试非常关键。首先，在桩体挤压过程中，需要实时监测挤压压力，确保施加的压力在设计范围内，并且能够达到预期的土体固结效果。其次，需要持续监测桩孔内土体的排水情况，以确保排水畅通，避免在桩体周围形成松散土体，从而影响桩体的承载能力和稳定性。最后，还需要实时监测桩体的垂直度，以确保桩体的垂直度符合设计要求，从而保证后续的结构施工能够顺利进行。通过对这些关键参数的实时监测和测试，可以及时发现并解决施工过程中出现的问题，确保水泥土挤密桩的质量达到要求，也为工程的后续阶段提供了可靠的基础支

持^[4]。

（五）水泥土挤密桩的效果

湿陷性黄土地基水泥土挤密桩施工完成后，需要进行验收和效果评估。通过对桩体的抗压强度、密实度以及地基的承载能力进行检测和评估，来验证水泥土挤密桩在湿陷性黄土地基上的施工效果和加固效果。验收合格的水泥土挤密桩能够有效提高地基的承载能力和抗侧移能力，确保工程的稳定和安全。

四、湿陷性黄土地基施工中水泥土挤密桩技术应用的注意事项

（一）加强材料质量检验与管理

在水泥土挤密桩技术施工中，水泥、土壤和水等原材料的质量检验和管理至关重要。合格的原材料保证了施工质量，确保了工程的稳定性和持久性。因此，要全面对原材料进行质量检验和管理，严格遵守材料规格、妥善的存储条件，以及严格的测试验证其在水泥土挤密桩施工中的适用性，以确保其符合标准和要求。此外，建立明确的材料处理和采购流程，严格按照标准进行采购，提升施工项目的整体性，促进工程的长期稳定性和安全性。

（二）施工过程中注重关注施工区域内的气候环境

湿陷性黄土地基的施工受气候影响较大，特别是湿度和降雨对水泥土挤密桩的施工和固化会产生重要影响，因此在施工过程中需要进行气候变化的全面监测，并对施工区域内的气候变化进行综合评估。在湿陷性黄土地基的施工中，需要根据气象数据进行合理的施工安排，特别是在降雨量大或高湿度的情况下需要采取相应的防护措施，确保施工操作和挤密桩成型的质量不受影响。在气象数据监测的基础上，可以通过加强排水措施、合理安排施工进度等方式来应对不同的气候情况，保证水泥土挤密桩施工的顺利进行，同时确保施工质量和项目进度^[5]。

（三）对水泥拌制的质量进行控制

水泥的拌制质量直接影响水泥土挤密桩的密实度和强度，在水泥的拌制过程中需要严格控制以下内容：

（1）用量控制：确保在拌制水泥土挤密桩时精确控制水泥的用量，避免过多或过少使用水泥，以确保混合物中水泥含量的准确性和一致性。（2）拌合时间和方法：严格控制水泥土挤密桩的拌合时间和方法，确保适当的拌合时间和适当的拌合方法，以确保水泥充分和均匀地与土壤混合，并避免过度或不足的拌合。（3）混合均匀性：确保水泥和土壤在拌合过程中能够充分混合，保证混合物的均匀性和一致性，从而提高挤密桩的密实度和强度。

（四）打桩时严格控制打桩力度，保证打桩工艺规范性

在湿陷性黄土地基上施工水泥土挤密桩时，严格控

制打桩力度和速度，以确保桩体成型质量，施工人员必须严格遵守操作规程，加强对打桩过程的监控和调整。在施工过程中要重视环境保护措施，例如控制扬尘、减少噪音以及遵守安全规程。同时，定期进行质量检查，如桩体抗压强度测试和综合评估，以验证水泥土挤密桩在改善黄土地基稳定性和承载能力方面的有效性。此外，需要充分考虑施工现场的地质、水文和气候条件，制定全面高效的施工计划，并且需要持续对施工人员的技术培训和技能提升，确保他们严格遵守操作标准，最大程度地优化施工质量和安全^[6]。

（五）成孔过程中对桩周围的土壤进行适当处理

基于湿陷性黄土结构具备的特殊性，湿陷性黄土地基常常含有大量的水分，土体松散，容易发生流变变形。在进行挤密桩成孔时，如果土壤的稠密度不够高，将会影响挤密桩的成孔效率和后续的桩身强度，因此适当的土壤处理可以通过加固土壤，提高土壤的稠密度，减小土体的变形和沉降^[7]。在实际施工中，常用的土壤处理方法可以包括土壤加固、土体改良和土壤密实等措施，具体的处理方法需要根据工程地质条件和土壤特性进行综合分析和设计，确保土壤处理的效果和质量。

结语

总而言之，水泥土挤密桩是一种针对施工中遇到的具有沉降性土地的加固技术，水泥土挤密桩的造价成本比较低，并且污染小，对质量的控制也比较容易。水泥土挤密桩技术在湿陷性黄土地基施工中的应用，需要充分注意施工前的准备工作、水泥土比例计算、桩孔与桩体施工、施工质量检测和注意事项等方面的内容，才能确保施工质量和工程效果。通过科学的施工规范，水泥土挤密桩技术能够有效增强地基的承载能力和稳定性，为工程的安全和可靠性提供坚实的基础保障。

参考文献

- [1] 戴巍. 特殊地质条件下岩土工程勘察与地基施工处理技术研究[J]. 价值工程, 2023, 42(10): 72-74.
- [2] 魏晋, 田鹏江. 灰土挤密桩处理大厚度素填土地基施工技术研究[J]. 城市道桥与防洪, 2023(04): 152-154+166+20.
- [3] 田春明. 宿舍楼工程灰土挤密桩地基处理施工要点探讨[J]. 居业, 2022(07): 79-81.
- [4] 赵彦凯. 灰土挤密桩在湿陷性黄土地基施工中的应用[J]. 工程技术研究, 2021, 6(20): 98-99.
- [5] 负隽. 湿陷性黄土地基DDC挤密桩施工技术的应用[J]. 住宅与房地产, 2020(21): 231-232.
- [6] 齐守魁. 浅谈水泥土挤密桩技术在湿陷性黄土地基施工中的应用[J]. 黑龙江交通科技, 2019, 42(09): 42-43.
- [7] 杨旭鑫. 公路工程中挤密桩法施工技术分析[J]. 城市道桥与防洪, 2019(08): 183-184+210+23.