

# 浅谈水利工程中水泥搅拌桩质量检测方法

孙剑峰 吴兆飞

盐城市水利勘测设计研究院有限公司 江苏 盐城 224000

**摘要：**随着水利工程建设规模的不断扩大，水泥搅拌桩作为一种有效的软土地基处理方法，其质量检测显得尤为重要。本文浅谈了水利工程中水泥搅拌桩的几种主要质量检测方法，包括浅部开挖检查法、轻型动力触探法、钻孔取芯综合评定法及现场载荷试验。这些方法各具特点，适用于不同场景。通过综合运用这些方法，可以全面、准确地评估水泥搅拌桩的质量，确保水利工程的稳定性和安全性。

**关键词：**水利工程；水泥搅拌桩；质量检测方法

引言：在水利工程领域，地基处理一直是确保工程稳定与安全的核心环节。水泥搅拌桩作为一种经济、有效的软土地基加固技术，在水利工程建设中得到了广泛应用。然而，水泥搅拌桩的施工质量直接关系到工程的长期稳定性和安全性。因此，对水泥搅拌桩的质量检测方法进行深入探讨，对于保障水利工程的整体质量具有重要意义。本文将系统介绍几种常用的水泥搅拌桩质量检测方法。

## 1 水泥搅拌桩技术概述

### 1.1 技术原理

水泥搅拌桩技术是一种有效的软土地基处理方法，其技术原理主要基于水泥作为固化剂的作用以及搅拌机械的工作原理。（1）水泥作为固化剂的作用。水泥是水泥搅拌桩中的主要固化剂，它通过一系列物理化学反应，与软土中的水分和土颗粒发生作用，生成具有胶结性的化合物。这些化合物在凝结后形成具有一定强度的水泥石桩，从而提高了地基的承载力和稳定性。具体来说，水泥中的矿物成分与水发生水解和水化反应，生成氢氧化钙、含水硅酸钙等化合物，这些化合物具有胶结作用，能够将土颗粒紧密地结合在一起，形成坚硬的水泥石结构体。（2）搅拌机械的工作原理。搅拌机械是水泥搅拌桩施工中的关键设备，它通过特制的搅拌叶片，将水泥浆或水泥粉与软土进行强制搅拌。搅拌过程中，叶片的旋转和移动使得水泥与土充分混合，形成均匀的水泥石混合物。同时，搅拌机械还能够控制钻进深度、搅拌速度等参数，以确保施工质量<sup>[1]</sup>。

### 1.2 施工流程

水泥搅拌桩的施工流程包括施工前准备、试桩与制浆、泵送与单桩施工以及质量控制要点等多个环节。

（1）施工前准备：包括场地整理、施工放样、材料质量检验、设备检修等。这些准备工作是确保施工顺利进行

的基础。（2）试桩与制浆：通过试桩确定施工参数，如水泥掺量、水灰比等。同时，制备符合要求的水泥浆。

（3）泵送与单桩施工：将水泥浆通过管道泵送到搅拌机中，与软土进行搅拌形成水泥石桩。（4）质量控制要点：包括钻进深度、搅拌速度、提升速度以及浆液输送连续性等参数的控制，以确保施工质量满足设计要求。

## 2 水利工程中水泥搅拌桩质量检测方法

### 2.1 浅部开挖检查法

（1）方法原理。浅部开挖检查法是通过通过对水泥搅拌桩浅部一定深度范围进行人工开挖，直接观察桩体的实际情况，从而对桩体质量做出初步判断。该方法借助简单的开挖工具，将桩体浅部暴露出来，以直观的方式获取桩体相关信息。（2）检查内容。检查内容主要包括桩身外观质量、成桩直径、搅拌均匀度、桩体搭接情况等。桩身外观质量需查看是否存在裂缝、蜂窝、空洞等缺陷；成桩直径则通过测量开挖出的桩体截面尺寸来确定，确保其符合设计要求；搅拌均匀度可观察桩体材料的混合情况，判断水泥与土是否充分搅拌；桩体搭接情况要检查相邻桩体之间的连接是否紧密，有无间隙。

（3）实施时机与局限性。实施时机通常在水泥搅拌桩施工完成后，且桩体达到一定强度，一般为施工后7-14天左右，此时桩体具备一定的承载能力，开挖时不易过度损坏桩体。其局限性在于只能检测桩体浅部，对于较深部位的质量无法判断，检测范围有限，只能作为一种初步的检测手段。

### 2.2 轻型动力触探法

（1）检测原理。轻型动力触探法利用重锤自由落体的冲击力，将一定规格的探头贯入桩身，根据探头贯入桩体的难易程度，即贯入度的大小来判断桩体的密实度和强度等质量情况。重锤下落的能量一定，贯入度越小，说明桩体越密实、强度越高。（2）检测步骤与评价方法。检

测步骤：首先清理桩顶，确保检测面平整；然后将轻型动力触探设备安装好，使探头对准桩体中心；接着让重锤从规定高度自由下落，记录每贯入一定深度（通常为30cm）所需的锤击数；最后在桩体不同位置进行多次检测，取平均值作为该桩体的检测结果。评价方法主要是根据锤击数的大小，结合相关规范和经验，判断桩体的质量等级，锤击数越大，表明桩体质量越好<sup>[2]</sup>。（3）适用范围与注意事项。适用范围主要为桩体浅部（一般不超过4m）的质量检测，可用于初步判断桩体的均匀性和强度。注意事项包括：检测前需检查设备是否正常，确保重锤下落高度准确；检测过程中要保持设备的稳定，避免晃动影响检测结果；在不同桩体上检测时，要保证检测条件的一致性，以提高检测结果的可比性。

### 2.3 钻孔取芯综合评定法

（1）检测原理与步骤。检测原理是通过专用钻孔设备在桩体上钻孔取芯，获取桩体的芯样，根据芯样的状况来综合评定桩体质量。步骤如下：首先确定钻孔位置，一般在桩体中心或对称位置；然后安装钻孔设备，进行钻孔取芯作业，取芯过程中要保持芯样的完整性；最后将取出的芯样进行编号、封装，送至实验室进行后续检测。（2）现场检测与芯样描述。现场检测时要记录钻孔过程中的情况，如钻进速度、是否遇到异常情况。芯样描述包括连续性，即芯样是否完整、有无断裂；成桩状态，观察芯样的成型情况；施工桩长，通过芯样长度结合钻孔深度确定实际桩长；芯样性质，判断芯样的材料组成；软硬程度，用手感或仪器测量芯样的硬度；搅拌均匀性，查看水泥与土的混合是否均匀等。（3）无侧限抗压强度试验与强度修正。将芯样制成标准试件，进行无侧限抗压强度试验，测定芯样的抗压强度。由于芯样在取样和制作过程中可能会受到一定的损伤，需要根据相关规定进行强度修正，以得到更接近桩体实际强度的值<sup>[3]</sup>。（4）综合得分评定标准。综合得分评定标准是根据芯样的连续性、搅拌均匀性、无侧限抗压强度等多项指标，按照一定的权重进行打分，总分达到规定分值以上的为合格桩体，否则为不合格。不同指标的权重根据其影响程度确定。

### 2.4 现场载荷试验

（1）试验目的与原理。试验目的是确定水泥搅拌桩的承载力，包括单桩竖向抗压承载力等。原理是在桩顶施加竖向荷载，通过测量桩顶的沉降量，分析荷载与沉降的关系，从而确定桩体的承载力特征值。（2）试验步骤与参数检测。试验步骤：首先在桩顶铺设一定厚度的垫层，保证荷载均匀传递；然后安装载荷试验设备，

包括千斤顶、荷载传感器、位移计等；接着分级施加荷载，每级荷载施加后，间隔一定时间测量桩顶沉降量，直至达到稳定状态；最后逐级卸载，并记录卸载过程中的沉降回弹情况。参数检测主要包括各级荷载值和对应的桩顶沉降量。（3）承载力推定与结果分析。根据荷载-沉降曲线，结合相关规范，推定桩体的承载力特征值。当荷载-沉降曲线出现明显拐点时，拐点对应的荷载即为极限承载力，取其一半作为承载力特征值；若曲线无明显拐点，则根据沉降量来确定。结果分析时要对比设计要求，判断桩体承载力是否满足工程需要，同时分析沉降量的变化规律，评估桩体的变形性能<sup>[4]</sup>。

## 3 影响水泥搅拌桩质量的因素分析

### 3.1 地质条件

（1）土质类型与性质对桩身强度的影响。土质类型与性质直接影响水泥搅拌桩的桩身强度。例如，黏土、软土等低强度土质中的含水量较高，使得桩身固化后的强度相对较低。而砂土、砾石土等高强度土质中的颗粒较大，水泥浆难以均匀分布，可能导致桩身强度不均。因此，施工前必须对地质条件进行详细勘察，选择适合的施工工艺和参数，以确保桩身强度满足设计要求。

（2）地质条件对检测方法选择的影响。地质条件也会影响水泥搅拌桩的检测方法选择。不同的土质类型可能需要采用不同的检测手段。例如，在软土地区，由于桩身强度较低，可能更适合采用轻便触探等无损检测方法；而在硬土地区，由于桩身强度较高，可能需要采用钻孔取芯等破坏性检测方法。因此，在选择检测方法时，应充分考虑地质条件的影响。

### 3.2 施工材料

（1）水泥性能与质量要求。水泥是水泥搅拌桩的主要固化剂，其性能和质量对桩身强度有着至关重要的影响。水泥的标号、初终凝时间、安定性等性能指标必须符合国家相关标准和设计要求。同时，水泥的存储和使用也应严格按照规范进行，以避免受潮、结块等问题影响水泥的性能。（2）水源选择与水质影响。水源的选择和水质的好坏也对水泥搅拌桩的质量产生一定影响。使用干净、无污染的水源有利于保证水泥浆的均匀性和稳定性。而含有杂质或有害物质的水源则可能导致水泥浆的性能下降，从而影响桩身的强度和稳定性。因此，在施工过程中应严格控制水源的选择和水质的质量。

### 3.3 施工设备与技术

（1）搅拌机械的性能与调试。搅拌机械的性能直接影响水泥搅拌桩的施工效率和质量。搅拌机械的转速、搅拌叶片的形状和尺寸等参数应根据地质条件和设计要

求进行合理选择。同时,在施工前应对搅拌机械进行全面调试和检查,确保其性能稳定、工作正常。在施工过程中,应定期对搅拌机械进行维护和保养,以确保其长期稳定运行。(2)施工过程中的质量控制要点。施工过程中,应严格控制施工工艺和操作流程,确保每一步骤都符合设计要求。搅拌深度、提升速度、浆液流量等关键参数需严格控制,以保证桩身的均匀性和强度。同时,施工过程中应加强对桩身质量的实时监测,如发现异常情况应及时采取措施进行调整。施工完成后,还需对桩身进行质量检测,确保桩身强度满足设计要求。

#### 4 提高水泥搅拌桩质量的措施与建议

##### 4.1 优化施工参数

施工参数的优化是提高水泥搅拌桩质量的基础。地质条件对水泥搅拌桩的施工效果有着显著影响。因此,在施工过程中,应根据实际地质条件灵活调整钻进深度和搅拌速度等关键参数。对于软土或黏性土等易固化土层,可适当增加钻进深度和搅拌时间,以确保水泥浆与土体充分混合;而对于砂土或碎石土等难固化土层,则需谨慎控制钻进深度和搅拌速度,防止因过度搅拌导致土体结构破坏。通过科学调整施工参数,可以显著提高桩身的均匀性和强度。同时,还应关注搅拌机的提升速度。提升速度过快可能导致水泥浆与土体混合不均,影响桩身质量;而提升速度过慢则可能增加施工成本和时间。因此,在施工过程中,应根据地质条件和设计要求合理选择提升速度,确保施工质量与效率的平衡。

##### 4.2 加强施工管理

(1)严格材料检验与进场管理。施工材料的质量直接影响水泥搅拌桩的固化效果和强度。因此,在施工前,必须对水泥、水等关键材料进行严格检验,确保其性能和质量符合设计要求。同时,还应加强材料的进场管理,防止不合格材料流入施工现场。对于检验不合格的材料,应坚决予以退场处理,确保施工所用材料的质量可靠性。(2)施工人员培训与技能提升。施工人员的技术水平直接关系到施工质量和效率。因此,应定期对施工人员进行专业技能培训 and 安全教育,提高其操作技

能和安全意识。通过培训,使施工人员能够熟练掌握水泥搅拌桩的施工工艺和操作流程,确保施工过程中的每一个环节都符合设计要求。同时,还应鼓励施工人员积极参与技术创新和质量控制活动,为提高水泥搅拌桩质量贡献力量。

##### 4.3 推广先进检测技术

(1)引进高效、准确的检测方法。随着科技的不断发展,越来越多的高效、准确检测方法被应用于水泥搅拌桩的质量检测中。为提高检测效率和准确性,应积极引进这些先进技术,如超声波检测、雷达检测等。这些技术不仅可以快速、准确地评估桩身质量,还能及时发现潜在问题并采取补救措施。(2)建立完善的检测体系与标准。为确保检测结果的可靠性和可比性,应建立完善的检测体系与标准。这包括制定明确的检测流程、检测方法和合格标准,以及建立专业的检测机构和检测人员队伍。通过完善的检测体系和标准,可以确保水泥搅拌桩的质量检测工作规范、有序进行,为提高工程质量提供有力保障。

##### 结束语

综上所述,水利工程中水泥搅拌桩的质量检测是一项复杂而重要的任务。通过浅部开挖检查法、轻型动力触探法、钻孔取芯综合评定法及现场载荷试验等多种方法的综合运用,我们可以全面、准确地评估水泥搅拌桩的质量。未来,随着技术的进步和方法的创新,水泥搅拌桩的质量检测将更加高效、精确。我们应持续关注这一领域的发展,为水利工程的稳定与安全贡献力量。

##### 参考文献

- [1]徐莉.探讨水利工程中水泥搅拌桩的质量检测技术[J].工程建设与设计,2020,(02):18-19.
- [2]陈海涛.水利工程中水泥搅拌桩的质量检测技术探析[J].科技创新与应用,2020,(13):153-154.
- [3]陈廷涛.如何控制水利工程施工中水泥搅拌桩的施工质量[J].黑龙江科技信息,2021,(10):102-103.
- [4]孙蕊.水利工程中水泥搅拌桩的质量检测技术探析[J].建材与装饰,2021,(06):49-50.