

# 公路路基工程中深层搅拌桩施工技术的应用分析

房强

四川省公路规划勘察设计研究院有限公司

**摘要:** 本文以某公路工程为研究对象,深入剖析了施工中存在的问题,并提出了对应的深层搅拌桩施工方法和要点。通过研究发现,在公路建设中,需要根据实际情况和施工需求,明确并有效地控制施工工艺,以提高路基工程质量,达到预期目标。本文旨在为深层搅拌桩施工技术的应用提供有益的经验 and 指导,为公路路基工程的提升贡献研究价值。

**关键词:** 公路路基工程; 深层搅拌桩施工; 应用

【DOI】 10.12254/j.issn.2096-6539.2024.06.055

## 引言

随着交通网络的不断发展和城市化进程的加快,公路的建设显得尤为重要。而路基工程作为公路建设的基础,其质量直接关系到整个公路系统的安全和稳定性。然而,在实际工程中,路基工程施工过程中常常面临各种技术和工艺方面的挑战,影响工程的质量和进度。针对上述问题,本文选取深层搅拌桩施工技术为研究重点,通过对其在公路路基工程中的应用进行分析,旨在总结经验、发现问题,并提出相应的改进建议。深入研究深层搅拌桩施工技术的应用,有助于更好地指导和推动公路路基工程的提升与发展。

## 一、深层搅拌桩施工技术

### (一) 建设工程的前期准备

在深层搅拌桩施工技术的实施前,必不可少地需要进行全面而精细的建设工程前期准备,以确保施工过程的高效性、顺利性和最终工程质量的可控性。在整个公路路基工程的施工中,机械设备的应用至关重要,其中包括搅拌机、拌制机等关键设备。在使用这些设备之前,必须进行全面的性能检测和调试。通过严格的性能检测,确保设备在施工开始后不会发生故障,从而有效保障施工工期和工程质量。此过程还应充分考虑设备的可维护性,以确保在施工过程中能够迅速解决可能出现的问题。公路路基工程的施工不可缺少各类施工材料的应用。在选用任何施工材料之前,务必进行严格的质量检测,并确保其合格<sup>[1]</sup>。严格按照相关标准和规范执行质量控制程序,以确保施工材料的可靠性和稳定性。只有经过质量检测合格的材料,才能在施工中得以应用,从而保障工程的整体质量和耐久性。

施工场地的清理和准备对于深层搅拌桩施工至关重要。在施工场地中,必须进行彻底的清理工作,包括清除垃圾和碎石等。同时,对施工场地进行平整处理,这对后期地基的稳定性具有重要影响。清理和平整的场地为深层搅拌桩施工提供了理想的基础,有助于确保工程的顺利进行。在施工前期,必须根据详细的设计图纸精确确定桩体的位置。在实际施工中,应严格按照设计要

求将桩体定位,并将误差控制在50mm范围内,以防止可能出现的位移等问题。这需要精密的测量和定位技术的支持,确保施工过程中桩体位置的准确性和一致性。

### (二) 试桩和定位桩基

在深层搅拌桩施工技术中,试桩作为关键步骤具有重要意义,其主要功能在于检测各种工艺参数。为确保充足的取样量,至少需要进行3个试桩的施工。在试桩的实际操作中,应当由专业技术人员负责施工,并由专门的工作人员进行详细记录。通过试验数据的分析,可以获得适宜的水泥-水泥混合比,从而确保后期施工的质量。同时,试桩也可以用于确定钻杆的起钻速率。试桩过程在图1中得以展示。需要特别关注桩机的准确定位,以确保桩机的精确位置。若在基坑外侧设置桩机,必须首先对基坑进行平整,然后方可进行详细的安装工作。对于试桩作业,必须有专业技术人员监控钻机的工作状态。一旦发现任何异常现象,应立即采取相应措施,以确保道路路基工程的质量。在试桩过程中,通过技术人员的操作和记录,能够得到有关工艺参数的宝贵信息。这不仅有助于调整深层搅拌桩的施工工艺,确保合适的水泥-水泥混合比,还有助于确定钻杆的合适起钻速率,从而为后续施工阶段提供了有力的支持。

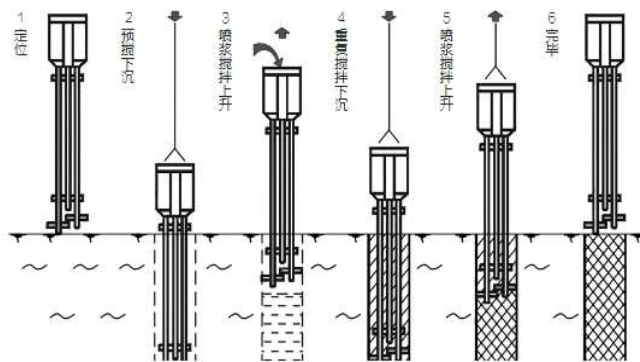


图1 试桩操作

### (三) 水泥浆的配制

在公路路基工程中,水泥浆的配制是一项至关重要的技术任务。公路路基的建设对水泥浆的质量提出了极高的要求,因为一旦在该过程中出现问题,将直接影响后续施工的质量,尤其是对结构的稳定性和强度等方面产生深远的影响。为了确保高速公路路基施工达到高强度的要求,必须进行成桩试验,并通过实验确定最优的配合比。在具体的水泥浆配制过程中,需要遵循均匀性原则<sup>[2]</sup>,并对搅拌时间进行严格控制。一旦水泥浆配制完成,必须对其进行检验,以确保其质量符合标准。混凝土搅拌的详细过程可见于图二。经过合格的检测后,方可将水泥浆送至工地进行施工。在水泥浆的配制

过程中，如发现机器设备出现故障，应立即中止配制过程，以免出现离析现象。此外，对于钻速的适当控制也是影响泥浆配制质量的重要因素之一。在整个过程中，需要严格掌握和遵循配制原则，确保水泥浆的均匀性和质量。水泥浆的合格配制是保障公路路基工程质量的基础，对结构的稳定性和强度等方面起到关键作用。因此，配制过程中的各项细节都需要高度的专业技术和严密的管理，以确保施工达到设计要求，保障工程的可靠性。

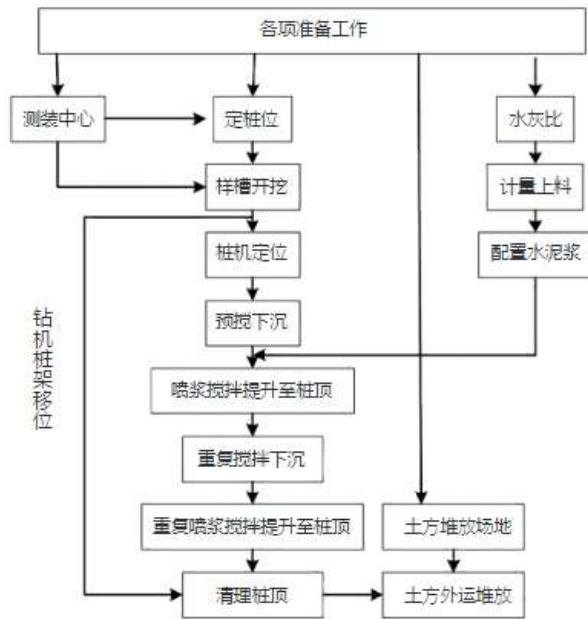


图2 水泥搅拌施工工序

（四）建造中的预防措施

在进行公路路基工程施工之前，首要任务是明确具体的施工内容。公路路基工程的施工范围主要包括水泥浆的制备、试桩、定位桩机等几个关键的施工环节。在施工方式上，主要有两种主流方法，即干法和湿法。具体选择采用哪种施工方式需根据实际情况综合考虑，以保障公路路基工程的施工质量<sup>[3]</sup>。在公路路基工程的实施中，涉及多项关键技术，对每项关键技术进行精准掌握，以确保施工质量。深层搅拌桩施工技术是其中的关键技术之一。在该施工技术中，水泥被采用作为主要的固化剂，通过搅拌操作，有效提升路基的稳定性。搅拌引发水解、水化等化学反应，促使混凝土发生硬化反应，从而实现路基加固的目标。经过充分硬化后，其强度能够达到标准规定的要求。在深层搅拌桩施工技术的实施中，为了确保工程质量，需采取一系列预防措施。这些措施的目的在于提前预防潜在问题，确保施工进程的平稳进行。首先，确保在深层搅拌桩施工前，对相关工程参数和设计方案进行仔细审查，保障施工方案的科学性和合理性。其次，对施工现场人员进行充分培训，确保他们熟悉深层搅拌桩的施工流程和操作规程，降低人为因素对施工质量的潜在影响。此外，要定期对施工

设备进行维护保养，确保设备处于良好的工作状态，降低机械故障对施工进度的影响。最后，对于可能发生的不可预见情况，需要提前制定紧急应对计划，以便在问题出现时能够迅速、有效地应对，最大限度地减小施工风险。通过全面的预防措施，可以有效降低深层搅拌桩施工过程中的各类风险，确保工程质量和施工顺利进行。

二、施工过程中的一些常见问题、产生问题主要原因

（一）浆液喷射堵塞的原因

在施工过程中，浆液喷射堵塞的主要根源可归结为两个关键因素。首先，水泥在潮湿条件下容易发生结块，从而导致浆液在喷射系统中形成堵塞。此情况的发生源于水泥颗粒在湿润环境中吸湿并相互结合，形成团块，阻碍了正常的流动性。其次，制浆池滤器的损伤亦为浆液喷射系统堵塞的重要因素之一。当制浆池滤器破损时，未能及时进行清理维护，使杂质进入浆液，进而影响了系统的通畅性。进一步深入分析，水泥在潮湿环境中的结块问题源于其特有的物理化学性质。水泥颗粒在吸湿后易形成黏性物质，相互黏附形成大颗粒结块，阻碍了浆液在喷射系统管道中的正常流动。此外，结块还可能导致喷嘴和管道内壁的积垢，进而影响施工效率和喷涂质量。其次，制浆池滤器的损伤主要表现为滤孔变形、堵塞或破裂，使得池内不能有效过滤浆液中的杂质。未及时修复或更换损坏的滤器将导致杂质进入浆液，加剧了堵塞的程度。

（二）失稳条件下的转速分析

在失稳条件下，无法维持设备转速在一个平稳状态的问题主要可以归因于两个关键因素。首先，设备转速调节系统未能有效发挥其作用，可能是导致失稳的主要原因之一。此情况可能源于调节系统设计不当、组件损坏或控制算法不准确等方面的问题，导致设备在运行过程中无法维持稳定的转速。对于复杂的工程设备，确保转速调节系统的高效运行至关重要，以应对不同工况下的运行需求。其次，机组人员未按照相关规程进行作业也可能导致设备转速的失稳。这可能包括操作人员对设备运行要求的误解、操作不当或忽略安全规程等问题。在失稳条件下，机组人员的专业素养和操作规范的执行至关重要。缺乏对设备运行特性的深刻理解以及规程的遵守可能导致不当的操作行为，从而进一步引发设备失稳的问题。

（三）未进行充分的喷浆分析

在未进行充分的喷浆分析的情况下，造成注浆不足的主要原因主要涉及两个方面。首先，出浆管出现弯曲或渗漏可能是导致注浆不足的关键因素之一。此情况可能源于出浆管道的设计或安装存在缺陷，如弯曲过度或管道连接处未充分密封，导致浆液在输送过程中泄漏或受到阻碍，影响了正常的注浆效果。其次，注浆管长度较大引起的一定压损也是导致注浆不足的原因之一。较长的注浆管道会引起流体在输送过程中的摩擦阻力和压

力损失，从而减弱了喷浆系统的输送能力。

### 三、控制施工质量的有效措施

#### (一) 测量、复核和检查

在搅拌桩工程施工前，对关键要素的精密测量、复核和检查是确保质量的首要步骤。特别需要关注控制线、桩位等要素，以确保它们与规定要求完全一致后，方可启动施工。在启动前，对导架的垂直度进行严格检查，并在施工过程中随时监测其垂直度，以确保其符合相关规定。桩机的垂直度应保持在1.5%以内，而桩位的偏差不得超过4%。这一系列操作将有效确保施工的精准性和垂直度的稳定性。在测量、复核和检查的过程中，需要采用高精度的测量工具和仪器，如全站仪、水平仪等，以确保数据的准确性和可靠性。此外，建议使用数字化技术对测量结果进行记录和分析，以提高数据处理效率和准确度。在测量过程中，应考虑地形和工地环境的影响，并采取相应的修正措施，以确保测量结果的可靠性。同时，为了防止测量误差的累积，需定期进行复核和再校准，以确保测量仪器的精度和稳定性。测量、复核和检查的全过程应有详细的记录，包括测量数据、校准情况、修正参数等，以便在后续的施工和监测阶段进行参考和比对。

#### (二) 精准配制与浆液质量管理

在搅拌桩的配制过程中，切实执行设计的配比是确保施工质量的基础。必须严格按照设计要求，确保每一批浆液的配比精准，以保证浆液的混合和输送的连续性，防止离析的出现。这不仅需要高度的操作技巧，还需要采用先进的计量设备和科学的管理方法。对水泥浆的水灰比进行精确控制是配制过程中的关键环节。采用密度计法对每个工房进行取样测试，以确保水泥浆的水灰比符合设计标准。水灰比的准确控制直接影响到浆液的流动性和强度，是确保桩体性能的重要保证。其次，在注浆过程中采用电流表进行精确控制注浆量。通过实时监测电流表的读数，可以调整注浆速度，保证每一根桩的注浆量一致，从而保证整个桩群的结构一致性。这对于搅拌桩的整体质量和承载能力至关重要。此外，为确保施工过程中浆液的均匀性和稳定性，应采用先进的搅拌设备，确保浆液充分混合。

#### (三) 灵活库存管理与物料补充

在搅拌桩施工前，必须充分储备足够的水泥，并随着工程的进行及时调整水泥库存，以确保施工进展的顺利进行。在这一背景下，灵活而及时的库存管理显得尤为关键，因为它对应对工程变化和保障连续施工具有至关重要的作用。具备灵活性的库存管理不仅能够迅速适应工程实际情况的变化，而且有助于确保物料的持续供应，从而维持施工的持续稳定性。为有效控制施工质量，需采取综合而有力的措施。其中，灵活库存管理与物料补充是保障施工质量的重要环节之一。通过及时监测水泥库存量，根据工程进度动态调整物料储备，确保库存始终处于充足状态，不仅有助于防范由于物料短缺而引起的施工中断，同时也为工程实施提供了实时的物

料支持。此外，灵活库存管理还使项目团队能够更好地应对施工过程中可能出现的新情况，例如材料消耗率的波动、施工进度的变化等。

### 四、施工质量检查

成桩期满一个月后，通过采用钻孔取芯的方法对桩体的完整性、搅拌均匀度和施工长度进行了详尽的分析。针对某一断面的取芯试样进行了严格检验，合格率达到了90%以上，从而验证了该段桩柱满足了工程质量的要求。对于检查合格率为80%至90%之间的情况，采取相应的加固处理措施以确保施工段的稳固性。而当检验的合格率低于70%时，则表明产品不符合规定，需立即进行返工处理。在施工过程中，特别是在进行深层搅拌时，应确保冷却系统的持续运行，定期测量进出水的温度，尤其关注回水温度，以维持其在高水平。在埋入、切割和起吊操作中，使用搅拌机时要避免负载过大。若电动机的实际工作电流超过额定值，应适当降低起吊和沉放速度，或者采用加水的方法进行润滑。遇到卡钻、停钻等情况时，应立即切断电源，将搅拌机抬起后再重新启动<sup>[4]</sup>。若电压未超过360 V，则必须暂停施工。在注浆之前，要确保管路保持潮湿，施工完毕要及时冲洗管路，泵车要进行定期清洁和检查。此外，为了全面提升安全管理水平，应严格按照相关安全文明施工规定执行其他安全防范措施。

### 五、结语

本文以某公路工程为研究对象，深入剖析了深层搅拌桩施工中的关键问题，并提出了相应的解决方法和注意事项。通过详细分析施工前期准备、试桩和定位桩基、水泥浆的配制以及建造中的预防措施等关键环节，为深层搅拌桩施工技术的应用提供了实用经验和有效指导。在施工质量检查方面，通过采用钻孔取芯的方法对桩体进行了全面的分析，确保桩柱满足工程质量标准。本文强调了精准配制与浆液质量管理、灵活库存管理与物料补充的重要性，以及测量、复核和检查等有效措施的实施。通过严格执行施工过程中的安全措施，全面提升安全管理水平，有效确保了施工现场的人员和设备的安全。深层搅拌桩施工技术在公路路基工程中的应用是一项关键而复杂的任务，需要科学的方法和精细的管理，以确保工程质量和安全。

### 参考文献

- [1] 徐国强. 公路路基工程中深层搅拌桩施工技术要点探讨[J]. 中文科技期刊数据库(全文版)工程技术, 2023.
- [2] 李承冠. 公路路基工程中深层搅拌桩施工技术要点[J]. 中文科技期刊数据库(文摘版)工程技术, 2022(6): 3.
- [3] 王之俊. 公路路基工程中深层搅拌桩施工技术研究[J]. 城市情报, 2022(006): 000.
- [4] 郭晓茹, 师燕华. 公路路基工程中深层搅拌桩施工技术研究[J]. 中国设备工程, 2022(000-008).