

公路路基工程中深层搅拌桩技术

宗鑫

中交上海航道局有限公司

摘要：随着现代经济与社会的高速发展，公路建设数量也在不断增多，公路工程的质量也逐渐受到人们广泛的关注。在公路工程中，路基是重要的组成结构，路基质量对交通运行安全产生直接的影响，所以必须要提高公路路基结构的稳定性与安全性，预防病害发生，提高公路结构的承载性能，满足道路交通安全通行需要。在目前的公路路基施工中，深层搅拌桩技术在处理软弱地基方面有一定的技术优势，加强规范化施工，提高施工专业技术水平，可有效的保证公路工程路基质量，为公路安全运行提供良好的基础。基于此，本文重点分析公路路基工程中深层搅拌桩施工技术，希望能够提高路基施工技术水平，为今后公路工程建设施工奠定基础。

关键词：公路工程；深层搅拌桩；施工技术；安全
【DOI】 10.12254/j.issn.2096-6539.2022.18.030

引言

公路是我国重要的基础设施，对于现代社会的全面发展起着积极的作用，也在提升人们的日常出行生活质量。当前我国公路事业发展加速，极大的推动了交通领域的全面发展，对于现代经济社会发展产生了非常重要的作用。但是从公路工程的运行情况分析发现，很多公路存在严重的病害问题，结构性能无法满足要求，影响道路通行的安全性，危害人们的生命健康，也会阻碍社会的发展。尤其是公路路基结构，其质量、性能关系到公路安全运行的效果，所以必须提升路基施工质量。当前公路建设领域中，深层搅拌桩技术作为先进技术广泛应用到公路路基施工中，对提高路基施工质量，提高公路安全运行效果有着重要作用。

一、深层搅拌桩施工的相关内容

深层搅拌桩是目前公路路基施工中处理软弱地基的主要技术，对于提高淤泥质土、泥炭土、粉土、湿地等地质段的路基稳定性、承载能力、水稳定性有着明显的效果。在该技术应用的过程中，使水泥作为固化剂材料，通过深层搅拌桩机将混合后的水泥浆液与软土充分搅拌处理，达到加固的效果，促进路基结构整体性能的提高。在具体应用的过程中，将软土和水泥浆液充分混合后，经过一系列的物理、化学反应，形成性能较高的固体，从而提高地基的强度、性能。深层搅拌桩施工

技术具备如下优势：第一，搅拌过程中不会产生明显的震动影响，也不会挤压地基结构，不会对周边建筑物产生影响，且施工中使用地基原土，资源利用率较高，施工成本较低。第二，深层搅拌桩施工过程中不会产生噪声污染，即使在城市区域内部依然能够顺利施工。第三，施工比较灵活，可以根据实际情况选择合适的加固剂，进一步提升加固效果。第四，深层搅拌桩与混凝土桩基对比来说，施工成本相对较低，且应用范围比较大^[1]。总之，公路路基工程中深层搅拌桩技术的优势非常明显，施工价值高，地基处理后可以很快投入使用，完全满足公路路基工程需要，所以被广泛应用到公路工程的建设施工中。

二、工程概况

以某公路项目为案例进行分析，经过技术人员现场地质勘查，发现该路基施工区域内地质条件比较差，地基承载不满足路基填筑要求，软弱土结构厚度1.0~7.2m，分布比较均匀，无法直接进行路基填筑施工，必须对该区域地基进行全面处理，才能给路基提供良好的基础结构。经过技术人员的综合分析，确定采用深层搅拌桩施工技术，改善不良地质条件，设计深层搅拌桩径55cm，桩距1.2m，三角形布置，深度进入到持力层1m以上。

三、施工工艺流程与方法

(一) 施工工艺流程

深层搅拌桩工艺流程如下图。

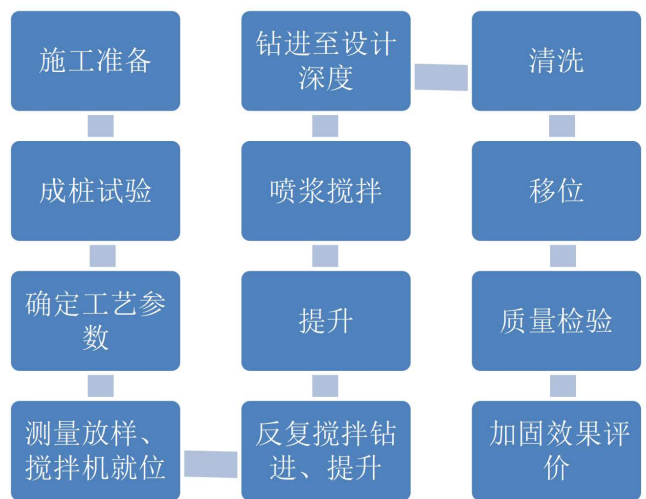


图1 施工流程

(二) 施工方法

1. 准备工作

现场施工前做好各项准备工作，整平现场，将地表与地下障碍物全面清除。施工前进行桩基测量，放样精度需符合要求，各项参数符合设计要求。然后完成现场布置，安装所有的施工机械设备。就本次工程来说，水泥浆液制备与泵送系统最为关键，将其调试到最佳状态，施工前进行带压作业试验，各项性能应符合标准。进行水泥土加固的室内试验，检测单桩承载力性能，并确定水泥加入比例。具体机械设置可见表1所示。

表1 机械配置

设备名称(台)	规格与型号	数量
搅拌机	DB-5A型	4
挤压泵	-	4
集料斗	1m ³	4
灰浆搅拌机	-	4
水车	8m	2

2. 成桩试验

根据地层以及工程地质条件，明确搅拌桩喷射施工的范围，选定具有代表性的位置进行搅拌桩试验，桩体实验的数量至少在5根以上，对搅拌速度、喷射压力、提升时间、搅拌均匀性、下钻以及提升的阻力等进行全面的试验，以确定工艺参数，为后续正式施工提供指导。本次工程施工建设面积较大，根据设计方案的要求，分区域进行桩体实验，从而确保各个部位的施工都能满足要求，保证路基工程施工质量。

3. 施工操作

(1) 根据实验确定水泥浆液的配合比参数，将水灰比控制在0.45~0.55之间。(2) 钻机就位之后，准确调整钻机位置，然后进行对正作业。吊架须始终保持垂直，设备安装应支撑稳定，施工中不能发生倾斜或者偏移，设备的垂直度偏差不超过1%，桩体施工位置偏差不超过20mm。在施工中，应随时使用吊锤观测钻杆垂直度，只要超出规定标准，应立即做出调整。(3) 施工开始后，水循环系统正常运行后，开启搅拌机，然后缓慢下放吊绳，确保搅拌机在导向架上顺利进行搅拌作业。(4) 现场施工人员加强对钻杆下沉速度的控制，通过电流表反映出结果。一般来说，电机电流不超过60A，如果存在较大的阻力会导致下沉速度减小，可以通过向输浆管输送清水的方式，以减小阻力，从而保证施工顺利进行^[2-3]。(5) 钻头下沉到设计深度之后，使用泵送的方式将按照配合比要求拌制的浆液通过钻杆压入钻头，在压浆过程中钻头要保持旋转，并且按照规定的速度持续搅拌提升。现场施工阶段加强喷浆速度的

控制，泵出口压力处于0.4~0.6MPa之间。(6) 在现场施工中，严格控制下沉与上升的速度，通常在1m/min以内。提升到地面以下1m位置后，减小提升速度，继续搅拌30s的时间，使桩头密实度符合要求。如果因为意外的原因导致停止施工，应将搅拌头适当下沉，保持连续性搅拌作业。如果停浆时间在40min以上，应立即清理管道，防止发生凝固反应而影响施工效果。(7) 为了使得软土和水泥浆液充分混合均匀，可在搅拌喷浆工作结束后关闭灰浆泵，再继续反复搅拌一次。(8) 现场施工中如果存在障碍物造成无法钻进施工，应及时和技术人员联系，清除障碍或采取补桩措施。(9) 第二次提升工作结束后，给集料仓内加入适量清水，并且开启灰浆泵，持续搅拌压浆直到管道内所有的浆液全部清洗干净，才能移动到下一桩位开展施工。(10) 搅拌桩施工结束后立即进行养护，在桩体结构达到强度标准后，开挖桩头，桩顶土预留30cm左右采取人工方式清理，防止造成桩体损伤。(11) 土方开挖到设计桩顶标高后，人工将多余桩头凿除，不能直接采用机械开挖，防止造成桩体损坏。(12) 桩头处理完成后，在桩顶部位填充碎石垫层，采用两层填充方式，单层厚度30cm，碎石材料的级配应合格，粒径应在30mm以下。垫层填筑施工结束后，使用设备进行碾压，提高结构层的密实度^[4]。

(三) 施工常见问题、原因及处理方法

1. 喷浆阻塞

(1) 产生原因：①水泥受潮变质结块；②制浆池出浆口滤网损坏，失去滤渣作用；③停止压浆后未及时清理，造成管道浆体固结。(2) 处理方法：①现场采取必要的防潮措施，保持水泥干燥具有良好的拌合性能；②加强设备的检查和维护，定期检验并更换损坏部件。③停止压浆后及时清洗设备管路。

2. 速度失稳

(1) 产生原因：①设备速度控制系统无法运行；②工作人员违规操作设备。(2) 处理方法：①加强人员培训和考核，合格后才能进入现场作业；②加强设备检查，及时更换老旧设备；③建立管理制度，落实人员责任，提高工作质量。

3. 喷浆不足

(1) 产生原因：①输浆管弯折或者漏浆；②输浆管长度过大，压力损失过大；③压力传感故障显示错误。(2) 处理方法：①及时检查管道，渗漏部位及时清理，在漏浆严重后立即停机更换；②减小浆池与桩位间距，缩短管道的长度，如果现场施工条件不适宜，则根据现场情况合理增大压力；③每次开机前检查压力传感装置，确保压力显示准确。

4. 进尺受阻

(1) 产生原因：地下存在较大障碍物，比如孤石、树根等。(2) 处理方法：①停止施工，并进行现场清理，清除障碍物后继续施工；②障碍物深度较大无法清理时，积极和设计单位沟通，结合现场情况采取应对措施，确保施工质量。

(四) 施工质量控制措施

(1) 加强现场质量检查与控制，特别是控制线的复查，同时还要确保桩位精度满足要求，达到上述标准后才能开展施工。在开始施工前对机械设备进行检查，导向架垂直度达标，垂直度偏差不得超过1.5%。桩位精度偏差不得超过4%。(2) 浆液制作按照配合比要求进行，并且加强搅拌控制，达到均匀性标准，才能开始施工，避免发生离析。严格控制浆液水灰比，每班都要组织技术人员抽样检查，一旦发现不合格，立即停止施工。喷浆施工中通过电流表进行喷浆量控制，达到喷射均匀性效果。(3) 现场开始施工前必须准备充足的水泥材料，且根据现场施工进度，及时补充水泥材料，确保现场施工连续进行，不会发生施工中断的情况^[5]。(4) 钻进开始之前要做好管道冲洗工作，确保管道的通畅性，且要将管道内部水全部排干净，才能开始钻进作业。

(5) 为了使得整体结构的垂直度满足要求，现场需要悬挂一个吊锤，测量吊锤和钻杆的距离，以确定是否达到垂直度标准。(6) 第一次下钻和提钻要减小速度，确保整体垂直度符合要求，并且做好钻头的保护处理。在复搅的过程中可以适当的增加速度，通常来说每一根桩的成桩时间都要超过40min，并且喷浆压力保持在0.4MPa以上^[6]。(7) 要想提高结构质量，第一次提升喷浆过程应该在桩底停留30s的时间，这时搅拌头继续工作，喷浆也不停止，然后搅拌提升到地面桩头位置，停留时间不得小于30s。(8) 施工中加强时间控制，每根桩体开钻之后要保持连续完成，没有意外事故禁止中断施工。无喷浆时，应直接提升钻杆。浆液存储量应满足一根以上桩体的施工用量，并且做好现场喷浆量的检查，确保喷浆作业符合规范要求。(9) 如果因为机械故障或者其他原因造成喷浆无法连续进行，要做好施工深度记录，且在12h内完成补桩施工，做好现场施工记录工作。补桩作业应该超过100cm的重叠，在中断的时间超过12h后，进行整桩补桩施工。(10) 要使桩头部位质量性能合格，现场喷浆施工中，高度应该超过桩顶500mm以上，且提升到桩顶后，不能发生停滞的情况。

(11) 桩体施工结束后，应立即组织开挖作业。桩头清理禁止使用大型机械，以免造成桩体结构损坏^[7]。

(五) 施工质量检验

在成桩28d之后，应用钻孔取芯方法检测桩体结构的完整性以及桩体长度是否符合要求。如果经过检查后发现合格率超过90%，判定该工程的施工质量合格；如果桩体合格率在80%~90%之间，则应进行补桩处理，如果整体合格率不足70%，则判定该工程施工不合格，应立即返工处理。

(六) 施工安全注意事项

在现场开始施工后，冷却水循环系统保持连续运行，技术人员对进水和回水温度随时进行监测，回水温度不能超出规定标准。搅拌机切削、提升搅拌的过程中，负荷不能过大，如果电机在工作中发现电流超出规定范围，应该尽量的减小提升以及下沉的速度，并且补充清水润滑处理^[8]。在现场施工中，如果存在卡钻、停钻等情况，立即切断系统电源，提升搅拌机之后再次启动施工。水泥浆液泵送前应对管道进行湿润，施工结束后立即进行管道进行清洗，各机械设备应保持良好的工作性能。此外，现场施工应遵循文明施工标准，加强施工安全和质量的管理，为建设项目顺利施工提供基础。

四、结语

综上所述，公路工程路基施工过程中，对于软弱地基路段，合理的应用深层搅拌桩施工技术，发挥该技术优势，可保障软弱路基施工质量，提高公路交通安全性，同时还会产生良好的经济、社会效益，可为我国现代化公路事业发展作出贡献。

参考文献

- [1] 刘堰陵, 王强. 深层搅拌桩在公路软土路基处理中的应用[J]. 工程技术研究, 2020, 5(13): 55-56.
- [2] 李先宏. 路基软基处理中水泥深层搅拌桩的应用[J]. 工程技术研究, 2017(12): 109-110.
- [3] 林璐璐. 路基软基处理中水泥深层搅拌桩的应用研究[J]. 江西建材, 2017(09): 215+217.
- [4] 张翼军. 水泥深层搅拌桩技术在路基软基处理中的应用[J]. 九江学院学报(自然科学版), 2015, 30(04): 53-54.
- [5] 曾一峰. 路基软基处理中水泥深层搅拌桩的应用研究[J]. 城市道桥与防洪, 2016(09): 190-191+19.
- [6] 单华刚, 费伟全, 朱国华. 淤泥就地固化技术在公路路基中的应用实例[J]. 土工基础, 2021, 35(04): 456-458.
- [7] 黄泽均, 熊志平. 砂砾层地基深层水泥土搅拌桩防渗墙施工技术及应用[J]. 中国水能及电气化, 2021(03): 21-26.
- [8] 彭瑞. 水泥深层搅拌桩的关键参数及匹配关系研究[J]. 中国港湾建设, 2020, 40(08): 38-42+57.