

铁路路基螺杆桩地基处理工艺及质量控制方法分析

文 / 张 宁 中铁工程设计咨询集团有限公司济南设计院

摘 要: 在经济的高速发展下, 交通事业的重要作用得到充分体现, 为地区经济建设提供了有力支持。特别是铁路工程的建设, 与各地区之间形成了紧密联系, 对于推动国家经济发展有着重要作用。在此情况下, 大众对铁路工程建设质量的重视程度也得到显著提升, 螺杆桩施工工艺则在铁路路基处理中取得广泛应用。但在实际施工期间, 该技术的应用极易受到多种不良因素的影响, 从而导致施工质量难以达到理想标准。因此, 在实际开展工程建设作业时, 相关施工队伍有必要做好对施工质量的管控, 不断强化对地基处理工艺的分析, 从而有效提升施工质量, 保障工程建设作业的高效开展。基于此, 文章从铁路路基地基处理特点着手, 针对螺杆桩地基处理工艺展开深入分析, 并为质量控制提出几点有效措施。

关键词: 铁路路基; 螺杆桩地基处理工艺; 质量控制

【DOI】 10.12254/j.issn.2096-6539.2025.02.064

引言

对于铁路工程项目而言, 在施工期间相关部门对轨道路基变形制定了严格标准。由于部分轨道会长时间暴露于自然环境, 极易受到多种不良因素的影响, 若想充分保障线路稳定、平顺, 就有必要进一步强化对轨道路基的施工处理。在此情况下, 螺杆桩地基处理技术则取得了较为广泛的运用, 此项施工技术的应用需要施工队伍规范应用全液压桩机施工, 有着无振动、无噪声等特征, 能够充分满足环保发展需要。

一、铁路路基地基处理的主要特点

(一) 变量较多

在针对铁路路基地基施工现场展开勘察、设计工作时, 受到复杂的地质环境、自然灾害等多种因素的影响, 实际勘察结果会有一定概率出现误差, 而这也就会导致工程设计方案发生偏差, 最终对工程建设质量带来不良影响^[1]。此外, 由于此项施工作业有着较长的工期, 施工期间极易受到外界环境的干扰, 比如降雨、泥石流等, 而这也可能会对工程建设现场造成不良影响。

(二) 工作量较大

在开展铁路工程建设作业时, 路基地基处理环节有着较大的工作量, 实际操作内容存在较高的复杂性。在施工期间, 施工队伍需要将大量资源投入地基处理环节, 这主要是因为该工程的工期相对较长、施工量相对较大, 一旦施工期间出现异常变化, 都需要施工队伍耗费大量精力进行调整。因此, 若施工方案不合理、施工技术不规范, 都会直接影响工程建设质量, 加大施工难度, 严重浪费施工时间。

(三) 难度较大

该特点主要是由于工程建设活动中存在许多不可控的突发事件, 比如地质环境的变化、自然环境的影响等。此外, 由于国内地质环境存在明显差异, 部分地区有着大量山川, 整体地势结构相对较大; 而部分地区的地质结构相对, 再加上部分特殊地质环境, 这在一定程度上都会影响工程建设作业的高效开展^[2]。

(四) 质量标准较高

在开展此项施工作业时, 一旦出现质量问题, 相关部门很难及时做好修正工作, 并且这在一定程度上还会

提升工程建设的成本, 导致经济压力不断上升。不管是地质环境, 还是自然灾害的影响, 都会直接影响地基稳定性, 致使不均匀沉降现象的发生, 而这也将对地区经济带来严重影响^[3]。所以, 在开展此项施工作业时, 需要时刻注意施工质量, 尽可能规避施工缺陷、安全问题等不良现象的发生。

二、螺杆桩施工工艺

在各种大型施工项目的全面推广下, 桩基础施工技术得到进一步优化。此时, 异型桩因独特施工技术, 在工程建设活动中起到了重要作用; 而螺纹桩体在工程建设作业中, 则以其材料控制精确特点取得行业高度重视, 并在许多工程建设作业中取得广泛运用。但是, 此类桩体由于自身形态的影响, 很难承受较大的荷载, 而以当下技术水平又很难需求成本更低的螺纹桩体结构。对此, 在2008年, 国家一级工法中肯定了新型螺杆桩灌注施工工艺, 并由此在许多工程建设活动中获得广泛运用。

(一) 承载力分析

螺纹桩也就是一种具备较强挤土效能的混凝土桩体结构, 在成桩以后整体结构呈现出规律的变截面变化。目前, 国内所使用的螺杆桩设备中, 主要包含步履式螺杆桩机、履带式螺杆桩机, 个别螺杆桩主要应用GFC桩机实施进一步改装、优化。在成桩中, 施工队伍需要充分运用桩机钻具, 并联合应用混凝土直接灌注措施, 整个施工操作流程较为便利, 承载能力也相对较高, 能够充分满足工程建设需要。

(二) 螺杆桩的应用

现阶段, 螺杆桩地基处理在工程建设作业中有着较为广泛地运用, 并且整体桩身逐渐朝向细长发展。但是, 国内在此方面的研究相对较晚, 在理论依据方面有待进一步优化, 还缺乏较为充足的工程实践数据支持。由于铁路工程在建设期间存在复杂的地质环境, 部分地区在施工时与实际勘察结果存在明显差异, 而以往所使用的桩基施工还缺乏较为深入的理论研究^[4]。在此情况下, 螺杆桩施工技术的应用价值就得到了充分体现, 许多铁路项目在设计过程中都会应用CFG地基处理技术, 为促进铁路工程实现进一步发展, 有必要做好对螺杆桩

地基处理技术替换传统施工技术的研究，并从中整合施工经验，从而为后续工程建设作业的开展提供有力的数据支持。

（三）施工要点

在以往开展此项施工作业时，施工队伍通常会将整个施工环节详细划分为成桩前、成桩后。前者需要先做好对地面环境的处理，再实施钻孔灌注；后者则需要施工队伍按照施工需要截桩头，再对桩体附近的土壤进行夯实。在工程建设活动中，施工队伍无法应用大型施工设备进行地面清理，只能应用小型夯机再联合人力的方式完成对土壤结构的夯实工作^[5]。在应用螺杆桩地基处理工艺时，施工队伍需要充分运用多种先进桩机设备，针对混凝土的使用量展开合理管控。一般情况下，主要施工流程为桩基就位、钻孔灌注等多个施工环节。在清理地表环境下，施工队伍可以应用平地机设备完成此项施工任务。

三、铁路路基螺杆桩地基处理工艺流程

（一）施工前的准备

第一，在开展施工作业前，施工队伍需要做好对现场施工区域的清理，如杂物、树枝等，并做好对水电的供应，设计符合施工需要的工程通道。

第二，施工队伍要严格按照工程建设方案及时完成技术交底，保证施工人员都能够充分掌握工程建设需要，并不断强化对施工材料的质量检验，确保所有施工材料都能够充分满足工程建设需要，从而有效提升工程建设质量^[6]。

第三，施工队伍需要做好对不同桩位的编号处理，并组织开展各项施工作业。在施工期间，应当结合现场环境、施工技术，由中线向周边开展施工作业，并明确施工期间是否开展跳桩施工。

第四，对于此项施工作业而言，若想充分保障工程建设质量，还应当组织施工人员开展成桩工艺试验活动，了解施工技术的实际应用效果。同时，要综合该地区的地质情况，合理选取施工设施、施工技术。

在完成施工地面的处理作业后，施工人员要及时做好对现场环境的复测工作，以此充分掌握地面高程状况，再针对线路中线展开复核。在此阶段，施工队伍需要充分运用全站仪，依据工程建设图纸规范完成放桩任务，并为目标桩位进行标记，夯实施工基础，提升施工效率。

（二）钻机设备就位

第一，桩机就位。在完成对螺杆桩的放样定位施工作业后，施工人员应当及时将桩机设备放置于对应施工部位，进行适当调整，保证钻头能够和桩位保持完全对中。另外，施工人员还要支起设备的前腿部位，使其能够履带和地面始终保持紧密接触状态，从而有效规避后续工程建设活动中发生主机结构失稳的不良现象（图一）。

第二，钻杆垂直度的调整。施工队伍需要充分运用桩基塔身的垂直标杆完成校正作业，并针对垂直度实施控制，从而为后续施工作业的开展提供有力的支持。

（三）钻进成功施工

在开展此项施工作业时，施工队伍需要关闭钻头阀



图一 履带式螺杆桩机

门，并全面贯彻先慢后快的操作顺序完成施工任务，以此有效规避钻杆使用期间发生摇晃问题。在钻杆持续下降时，需要施工人员做好对速度的控制，使其能够始终处于正常范围，有效规避速度过快、过慢对工程建设质量带来不良影响。同时，在施工期间，施工人员还要仔细观察钻杆状态，一旦发生剧烈摇晃问题，施工队伍应当立刻停止施工任务，并组织技术人员分析施工问题的发生原因，并制定相应的解决措施，以此有效规避钻孔倾斜问题的发生^[7]。

（四）泵压混凝土

在完成上述施工作业以后，施工队伍需要及时做好对施工质量的检验工作，只有在符合工程建设标准的情况下，才能够组织施工队伍开展后续混凝土施工作业。在施工期间，螺杆桩机需要进行反向旋转，并将速度控制于 $1 \pm 0.2 \text{ m/min}$ ，并且，在施工期间还要注意旋转和提升施工环节的操作速度需要保持完全一致。在开展此项施工作业时，施工队伍所使用的施工材料主要为细石混凝土，以此完成对施工区域的填充，进而构建螺旋

段的桩体结构。施工人员还要时刻注意钻杆提升状况，在提升至顶面设计高程的情况下，应当及时展开正向旋转处理，并做好对相关部位的填充施工，直至达到设计高程即可停止此项施工作业。在完成单个灌注桩的施工任务后，施工人员需要保持均匀、缓慢的速度完成对施工设备的移动，切勿在移动期间破坏已成型的螺杆桩结构。在成桩7d后，施工人员就应当按照实际施工需要针对桩头结构展开凿除施工；在成桩28d的情况下，则要组织技术人员做好对桩体质量的全方位检测，以此充分掌握螺杆桩的承载能力。

四、铁路路基螺杆桩施工的常见问题

由于螺杆桩是一种新兴施工技术，国内在质量控制、技术控制尚未成熟。所以，在实际施工期间难免会出现质量问题，主要包含以下几点：

第一，偏桩问题。在施工期间，由于施工队伍未能及时做好对施工区域整体结构的平整工作，或者未能与桩基完全对准等多种不良因素的影响，致使钻杆施工发生偏移。

第二，断桩与夹层。在施工期间，施工提钻速度过快，致使混凝土泵送速度无法与其保持一致，从而导致此类不良现象的发生。

第三，桩头质量问题。该问题的发生大多为气泡、夹泥等，这主要是由于施工人员的操作不当，对技术不熟练所导致的。

五、铁路路基螺杆桩地基处理的质量控制措施

（一）施工准备质量管控

在开展桩基施工作业前，施工队伍应当及时做好试桩工作，仔细检查桩身结构强度、混凝土密实度等；并组织勘察人员做好对铁路沿线的调查、记录，结合调查数据优化设计方案。同时，在施工期间，对于螺杆桩间距、数量等多方面的设计要能够结合实际需要。在施工期间，应不断强化对承载能力的试验工作，明确单桩承载能力，从而为优化施工流程提供有力的支持。为充分保证施工期间的混合料能够顺利展开泵送，施工队伍要按照实际需要合理应用拌和站混凝土搅拌措施^[8]。另外，对于桩身结构的混合料而言，要严格按照施工技术、工艺试验结果等，由相关监理人员明确具体参数的情况下，展开施工控制。最后，在施工期间，施工队伍要制定科学、规范的施工方案，明确各环节人员部署、设备使用情况等，以此实现对多种不良因素的全面管控，有效规避施工问题的发生。

（二）施工流程质量控制

由于铁路工程有着较长的施工工期，施工任务也相对较大，需要施工队伍针对人员、设备等多方面展开管理，而这也有必要在施工过程中执行详细的质量控制方案，确保所有施工作业都能够高效开展。对于施工流程质量控制而言，需要施工队伍针对多种影响因素展开动态管控。首先，要针对施工技术展开质量管控，选取符合施工需要的操作设备、材料等，确保施工任务能够严格按照工程建设方案高效开展。其次，要做好对自然环境因素的控制，也就是降雪、降雨等多种自然灾害的影响，要能够在开展施工作业前提前做好防备工作。比

如，在夏季施工前，要做好对突发降雨影响的控制，施工队伍可以先完成排水施工内容，以此有效规避暴雨的发生对螺杆桩施工质量带来不良影响。

（三）规范质量管控制度

在铁路工程施工作业中，除了要强化技术管控、材料管控，还要从制度着手，以规范、明确的质量管控制度，促使施工队伍主动投入施工质量管理工作中。对此，为充分保证工程建设作业的高效开展，有效提升施工质量，施工企业需要在各部门制定科学、规范的质量责任制度，签订相关责任书，明确划分各个工作岗位的质量控制职责，以此形成较为完善的质量管控体系，加大施工质量管控力度。在工程建设活动中，管理部门需要做好对施工质量目标的详细划分，使其能够在各个部门、施工流程等多方面得到全面落实，以此充分保证工程建设质量管控目标的实现。最后，由于此项施工技术存在一定技术性要求，施工企业还应当通过开展工程建设作业前，积极组织施工人员参与技术培训，明确各个施工阶段的质量控制要点，充分掌握施工难点、要点，从而不断提升施工人员专业水平。

结束语

综上所述，在开展铁路工程建设作业时，螺杆桩施工技术的应用能够有效规避地基结构受到地下水的侵蚀，有效提升铁路承载能力，并且在完成施工后的沉降现象也相对较小，整体施工效率较高。对此，为了将螺杆桩施工技术的重要作用充分发挥，施工企业应当不断强化对施工质量的控制，从施工准备、施工流程等多个环节，强化施工管理，以此有效规避施工问题的发生，推动铁路事业实现进一步发展。

参考文献

- [1]李盼.黄淮冲积平原地区高速铁路螺杆桩复合地基应用研究[J].路基工程,2024(01):80-86.
- [2]余仕江,吕小强,吴红刚,等.静荷载下螺杆桩复合地基桩侧摩阻力试验[J].工业建筑,2023,53(S2):503-506.
- [3]余仕江,杨学虎,吴红刚,等.竖向荷载作用下螺杆桩群复合地基与直杆桩群复合地基承载性能研究[J].工业建筑,2023,53(S1):452-455.
- [4]巢国军,周建华,刘永灰,等.联合灌浆法在螺杆桩裂缝缺陷处理中的应用研究[J].水利与建筑工程学报,2023,21(02):207-212.
- [5]李强.螺杆桩复合地基承载力计算及可靠性分析[J].甘肃科学学报,2023,35(02):148-152.
- [6]黄新智.扩底螺杆桩复合地基在高速铁路中的应用分析[J].江西建材,2023(02):196-198.
- [7]张元帅.黄土地基螺杆桩桩身参数对承载力影响研究[J].路基工程,2023(01):77-82.
- [8]关伟,吴红刚,余仕江,等.列车荷载下螺杆桩复合地基动力特性及承载性状试验研究[J].岩石力学与工程学报,2023,42(02):508-520.

作者简介:张宁(1987.02-)男,汉,山东省菏泽市鄄城县人,本科,中级工程师,研究方向:铁路桩基地基。