

道路桥梁施工中的干成孔旋挖桩施工技术分析

田磊

(四川川交路桥有限责任公司, 四川 广汉 618300)

摘要 伴随道路桥梁工程逐步向大型化、复杂化方向发展, 干成孔旋挖桩施工技术以旋挖钻机为核心装备完成取土成孔, 能够有效保证成孔稳定性, 降低塌孔风险, 还能减少地下水等水体对施工过程的干扰, 进一步提高施工精度与作业效率。基于此, 本文深入分析了道路桥梁施工中的干成孔旋挖桩施工条件及施工技术, 并从施工各环节针对性提出具体应用措施, 旨在为同类工程施工提供技术参考。

关键词 道路桥梁; 干成孔旋挖桩; 钢护筒埋设; 钻进成孔; 清孔作业

中图分类号: U445.55

文献标志码: A

DOI: 10.3969/j.issn.2097-3365.2026.24.018

0 引言

施工单位需严格甄选并规范桩基施工方法, 从源头保障桩基工程的施工质量与结构安全。干成孔旋挖桩施工技术凭借机械化成孔的核心优势, 通过分层切削土体的作业方式, 能有效降低施工过程对周边环境的扰动, 同时因其工序流程清晰可控, 大幅提升了现场管理的便捷性与规范性。因此, 施工单位需要细化控制施工参数, 强化监测成孔过程, 保证各环节衔接顺畅且参数执行稳定, 不断提高成孔精度。

1 道路桥梁施工中的干成孔旋挖桩施工条件

干成孔旋挖桩施工需要具备较为稳定的地质条件, 要求场地土层具有一定的自立能力, 且粉质黏土或中密砂层更适合保持孔壁形态, 若松散砂层或高含水软土则容易出现塌孔情况, 此时需要配合全套管护壁来控制^[1]。而且, 地下水条件影响施工较为明显, 水位较低且补给速度较慢时, 更有利于维持孔内干作业环境, 若地下水活动较强, 则应提前布设降水系统, 持续抽排来降低水位, 以减轻孔壁受水压力影响, 稳定运行成孔过程。与此同时, 由于旋挖钻机自重较大, 需要严格要求地基稳定性, 通过地基加固或铺设钢板形成稳定平台, 以保证设备运行平稳。为应对土层变化带来的阻力差异, 施工设备应满足不同地层条件下的作业需求, 保证旋挖钻机具备足够的扭矩能力, 同时配置合适的钻头, 以提高取土效率。另外, 施工过程需连续钻进, 防止停顿影响孔壁稳定, 并使用监测系统记录钻进深度、转速及扭矩等参数, 以便及时调整施工状态。

2 道路桥梁施工中的干成孔旋挖桩施工技术

2.1 纯干作业干成孔旋挖桩技术

纯干作业干成孔旋挖桩技术多应用地下水位较低且土体具备一定自稳能力的道路桥梁工程区域, 施工现场多处在城市道路改扩建或高架桥基础施工环境, 场地空间受限且周边结构密集, 严格要求施工扰动控制情况^[2]。旋挖钻机进场后, 需基于已压实的作业平台来定位, 其中平台承载力需满足设备自重要求, 避免钻进过程产生沉陷影响孔位精度。钻进过程中, 钻头下放到孔底后开始旋转切削, 随即提高至地面卸土, 需保持稳定的循环节奏, 以减少孔壁长时间暴露带来的松动风险。粉质黏土层中, 应控制钻进速度在较低范围, 让孔壁形成较为紧实的结构面, 进入砂层时, 需要缩短单次进尺长度, 防止局部松散致使孔壁掉块。钻进深度逐步增加时, 要利用钻机自带的垂直度监测系统读取偏差数据, 配合操作来调整钻杆姿态, 保持孔轴线偏移在可控范围内。为避免孔口塌陷向下传递, 孔口位置可设置短套管, 以稳定上部土层, 并设置套管埋设深度覆盖松散填土层范围, 待成孔完成后, 立即清底处理, 采用专用清底钻具反复作业, 直至孔底沉渣厚度满足施工设计要求。钢筋笼完成整体绑扎后, 要用履带吊沿导向装置缓慢下放, 此期间控制下放速度, 保证钢筋笼中心与孔中心基本重合^[3]。

2.2 护筒辅助干成孔旋挖桩技术

护筒辅助干成孔旋挖桩技术适用上部填土层较厚且结构松散的道路桥梁施工区域, 对孔口稳定性有更高要求。施工现场测量放样后, 用钢制护筒定位, 利用振动锤将护筒压入地层, 控制埋设深度覆盖杂填土

作者简介: 田磊 (1998-), 男, 本科, 助理工程师, 研究方向: 道路与桥梁工程。

层及松散砂层范围,让护筒底部进入较为密实土层,以此形成稳定约束界面,而且需要同步校核垂直度,使用水平仪调整护筒姿态,保持轴线与设计桩轴相一致,从源头减少成孔偏差^[4]。为防止孔壁长时间暴露产生松动,准备旋挖钻机于加固后的作业平台,沿护筒中心下放钻杆,进入护筒内开始切削土体,取土提升后直接卸到弃土区。其中,护筒内壁在钻进初期可以支撑孔口区域,能够有效阻止上部土体掉块,需要注意的是,要结合地层变化调整进尺深度,缩短单次切削长度,避免扰动范围扩大,进入相对稳定土层后方可逐步恢复正常钻进节奏。若护筒外侧土体出现松动迹象,施工单位应及时回填压实或补充夯实处理,以保持护筒与土体之间紧密接触,伴随钻进深度不断增加,需使用设备监测系统读取垂直度数据,结合操作调整钻杆姿态,控制孔轴线在设计允许范围内。

3 道路桥梁施工中的干成孔旋挖桩施工技术应用措施

3.1 施工准备阶段

施工准备阶段,施工单位需要依据设计文件,细化分解桩径尺寸、桩长范围及持力层控制标高,以执行各项技术指标,并比对现场观测与历史资料,确认地下水位情况,按照水位埋深制定降水控制方案,布设井点系统或排水设施,维持孔内环境干作业条件^[5]。而且,施工单位还要压实处理施工场地,在作业区域铺设级配碎石或钢板形成稳定平台,保持旋挖钻机平衡运行状态并减少沉降影响,并同步建立场地排水体系,设置排水沟,及时排出地表水,避免雨水积聚干扰设备运行。同时,依据工程条件调试施工设备,保证旋挖钻机具备足够扭矩能力,以适应不同土层切削需求,让钻斗与齿具形式与施工土层相匹配,从而提高取土效率,并提前组装履带吊与清底装置,促使后续工序衔接顺畅。除此之外,在加工场地按设计尺寸绑扎钢筋笼,控制尺寸偏差在规定范围内,保持顺畅的下放过程,依据施工要求调整混凝土配合比,控制坍落度,以满足导管灌注工艺需求。

3.2 钢护筒埋设

钢护筒埋设环节,施工单位控制护筒直径在设计桩径基础上增加 80 mm 至 120 mm 范围,保证钻具顺利进出,维持导向精度,多取护筒壁厚 8 mm 至 12 mm,以满足强度要求。为形成稳定支撑界面,施工单位需结合地表松散层厚度确定护筒长度,控制常规埋设深度在 2.0 m 至 4.0 m 之间,让护筒底端进入相对密实土层,并使用全站仪复核桩位坐标,控制偏差在 20 mm 以内。护筒压入过程,应采用振动锤垂直压入,按照

土层条件匹配振动频率及激振力,保持平稳连续的压入过程,并实时检测垂直度,控制偏差在 1% 以内,用经纬仪校正护筒轴线,与设计轴线保持一致。压入深度逐步增加时,应保持护筒周边土体密实状态,若出现空隙,立即开展回填夯实处理,以保证护筒紧密贴合土体,避免施工过程发生位移,其中护筒顶端标高可以高出地面 300 mm 至 500 mm,以防地表水倒灌进入孔内,影响干作业条件。护筒安装完成后,施工单位要复测中心位置偏差及垂直度数据,保持平整的护筒内壁,保证钻杆下放顺畅并维持导向精度。另外,需要在护筒周边区域设置排水沟,引流地表水到集水点,防止水分渗入造成土体软化,同时控制孔口稳定范围在设计之内,为后续成孔质量提供可靠保障。

3.3 钻进成孔

旋挖钻机就位后,施工单位要用导向架锁定钻杆初始姿态,开钻阶段采用低转速与小进尺方式,让钻斗逐步切入土体并形成稳定孔口,依据土层性质调节转速,在粉质黏土层控制转速在 10 r/min 至 20 r/min 范围,平稳运行切削过程,进入砂层时则降低单次进尺深度,控制在 0.5 m 至 1.0 m 之间,以缩小孔壁扰动范围。同时,钻斗装满后,及时提升至地面卸土,保持孔内清洁,避免残留松散土体堆积增加孔壁压力,待钻进深度逐步增加,使用设备自带监测系统实时记录孔深数据,结合操作调整钻进节奏,保持稳定的钻进过程。为保持孔轴线直线状态,施工单位应使用倾角传感器动态监测钻杆垂直度,控制偏差在 1% 以内,调整钻机姿态来修正参数。除此之外,施工单位要稳定控制孔壁,贯穿整个钻进过程,避免长时间停钻引起孔壁松动,保证连续作业节奏,维持孔壁结构完整。进入设计深度前,应减缓进尺速度,采用多次轻切削方式接近持力层标高,保持平整的孔底形态。

3.4 清孔作业

钻孔结束后,可进行清孔作业,目的是修复被破坏的土层,并重新利用。因此,要按照设计方案进行,以免破坏成孔。同时,要根据实际情况选择合适的清孔器类型,并判断清筛机的过滤面积和所需数量是否合适,搭配使用透气性良好的滤布,保证清孔完成后,孔内沉渣量在允许范围内。旋挖钻机达到设计孔深后,施工单位应该更换专用清底钻具,沿孔轴缓慢下放清底桶或平底清孔器至孔底,采取低速旋转方式收集沉积土体,让孔底表层松散物逐步进入清底装置内部,而且需保持平稳的提升过程,避免扰动孔壁结构,以维持孔内整体稳定状态。清孔过程中,施工单位应需反复开展多次提取作业,每次清底深度控制在较小范

围,以保证沉渣逐层剥离并清理至地面,逐步减小孔内残余物厚度,并可以借助测绳配合重锤复核孔底标高,保持孔深数据与设计要求相一致,同时利用沉渣测定装置控制孔底沉积厚度在50 mm以内,以促使桩端与持力层形成良好接触界面。为避免空气暴露影响孔底土体性质,施工单位要维持干净的孔内环境,待清孔完成后,立即开展后续工序,并在钢筋笼下放前再次检查孔底情况,确认无明显沉积物堆积,方可让钢筋笼顺利到达设计标高。

3.5 钢筋笼安装

清孔完成后,立即展开钢筋笼安装环节,以保证孔内环境稳定,在加工场地按设计尺寸整体绑扎钢筋笼,保证主筋间距与箍筋间距严格符合设计要求,控制主筋直径偏差在允许范围内,采用双面焊或套筒连接形式焊接接头,让连接强度满足规范标准。而且,施工单位需要利用履带吊实施吊装作业,依据钢筋笼长度与重量布置吊点位置,均匀分布受力,避免起吊过程产生变形。为保持钢筋笼轴线与孔轴线相一致,钢筋笼起吊后沿导向架缓慢移动至桩位中心,基于垂直状态对准孔口,随后匀速下放,让其顺利进入孔内,需要持续控制速度,促使钢筋笼与孔壁具有适当间距,防止发生刮擦引起孔壁局部松动。钢筋笼下放至设计标高后,施工单位应该复核标高,借助测量装置确认顶部标高与设计值相符,必要时人工微调以保证位置准确。为保证混凝土包裹效果良好,可依靠设置定位垫块控制保护层,均匀分布垫块间距,让钢筋笼在孔内居中,控制保护层厚度在50 mm至70 mm范围,且钢筋笼固定完成后应保持稳定状态,为混凝土灌注提供可靠基础,促进桩身结构形成连续均匀的受力体系。

3.6 混凝土灌注

为保持孔内条件稳定,施工单位应安装钢筋笼后,迅速展开混凝土灌注环节,提前拼接导管系统,控制导管内径在200 mm至300 mm范围,采用法兰连接接口并加设密封圈,促使导管整体具备良好密闭性能。需要注意的是,导管下放至孔底位置后需预留一定高度,控制在距孔底200 mm至300 mm范围,如此混凝土能顺利铺展并形成初始填充层。与此同时,混凝土配合比需要满足灌注工艺要求,这就要求施工单位控制坍落度在180 mm至220 mm范围,让混凝土具备良好的流动性,其中首批混凝土利用导管注入孔底后迅速形成垫层,随后持续供料保持导管内混凝土柱稳定上升,逐步充实桩身内部。为了防止空气进入形成离析界面,施工单位需维持导管埋深在1.0 m至3.0 m范围,控制提升节奏,促使导管始终埋入已灌混凝土中。

另外,施工单位应保持连续的灌注过程,尽量缩短供料间隔时间,让混凝土在孔内形成均匀上升的整体结构,并用测绳检测灌注高度,及时调整导管提升速度,保证混凝土面始终高于导管底口位置。而且,施工单位应持续观察孔口区域混凝土返浆情况,借助返浆状态判断灌注密实程度,直至混凝土面达到设计标高以上一定高度,超灌300 mm至500 mm,以满足施工要求。

3.7 质量检测

成孔完成后,施工单位应复核孔径尺寸及孔深数据,使用孔径检测器获取实际数值,控制孔深偏差在设计允许范围内,常见控制标准为不超过 ± 50 mm,控制孔径偏差在设计桩径的 ± 50 mm以内,并利用钻机自带倾角监测系统检测孔壁垂直度,控制偏差在1%以内,以保持稳定的孔轴线状态。同时,施工单位需要通过沉渣厚度检测评估孔底质量,采用测锤或专用检测装置获取沉渣数据,控制沉渣厚度在50 mm以内,以保证桩端与持力层形成有效接触界面,并核查位置及保护层厚度,控制保护层厚度在50 mm至70 mm范围,使用定位垫块确认分布情况,保持钢筋笼居中状态。混凝土灌注完成后,为判断是否存在缩颈或夹泥等缺陷,施工单位应用水准仪测量桩顶标高,使其满足设计控制要求,并采用低应变反射波法检测桩身完整性,利用检测设备采集桩体反射信号,分析桩身连续性。质量检测结果需形成完整记录,对比分析检测数据与施工参数,以及时识别施工过程的偏差。

4 结束语

干成孔旋挖桩施工技术以机械化作业为核心依托,兼具高效施工与强环境适应能力两大显著优势,能够在各类复杂地质条件下稳定保持较高的成孔精度与质量。未来,施工单位需要采用数字化管理手段,实时反馈施工数据,提高桩基施工的可控程度,为道路桥梁基础工程筑牢长期稳定的性能根基,推动行业施工技术向智能化、高效化方向持续迈进。

参考文献:

- [1] 杨忠全.道路桥梁施工中的干成孔旋挖桩施工技术分析[J].中国房地产业,2025(34):218-221.
- [2] 李明洋.道路桥梁施工中的干成孔旋挖桩施工技术分析[J].交通科技与管理,2025,06(14):58-60.
- [3] 武俊.道路桥梁施工中的干成孔旋挖桩施工技术[J].运输经理世界,2025(01):111-113.
- [4] 袁岑晚.道路桥梁施工中的干成孔旋挖桩施工技术[J].汽车周刊,2024(10):115-117.
- [5] 许伟.道路桥梁施工中的干成孔旋挖桩施工技术[J].散装水泥,2024(01):48-50.