

抗滑桩旋挖钻机械成孔施工工艺

孟玉团

(中交一航局巫云开项目部)

摘 要: 为了解决传统人工挖孔抗滑桩施工过程中施工效率比较低、施工安全方面存在隐患的问题,采用抗滑桩旋挖钻机械成孔的施工方法,对该工艺流程及控制要点进行分析,包括旋挖钻机引孔、方形钻进、孔底清渣、钢筋笼安装及混凝土浇筑,此工艺全面提高了施工质量,减少了安全隐患,降低了成本,提升了标准化管理水平,同时减少护壁钢筋和混凝土投入,大幅缩短成桩周期,经济和社会效益显著。此工艺推广应用前景广阔,可为今后类似工程提供借鉴。

关键词: 公路;旋挖钻机械成孔;实践;抗滑桩;标准化管理

0 引言

随着社会的发展和科学技术的不断进步,为满足日益增长的需求,达到安全、高效、经济的目的,在工程领域对机械化的要求越来越高。传统的抗滑桩施工存在施工效率比较低、施工安全方面存在隐患的问题。为了解决上述问题,根据技术规范及实践过程中对旋挖钻机械成方孔的工艺要点控制,最终形成了抗滑桩旋挖机械成孔工艺。该工艺改进之处在于机械成方孔代替人工挖孔,施工安全、进度及质量都得到了提高,本工艺在巫溪至开州高速公路 WYKTJA1 项目抗滑桩旋挖钻机械成孔施工实践取得了良好的效果,可为今后类似工程提供借鉴。

1 工程概况

1.1 工程简介

A1 标段位于重庆市巫溪县,按四车道高速公路标准建设,设计速度 80 km/h,整体式路基宽度 25.5 m,桥梁设计荷载为公路-I 级,交通工程及沿线设施等级为 A 级。本标段全长 13.2 km,总体呈东西走向,起止里程为 K0+000—K13+200。抗滑桩共计 379 根,采用机械成孔,桩径分别为 1.6 m×2 m、1.8 m×2.4 m、2 m×3 m,桩长范围 16~24 m。

1.2 自然条件

本项目位于渝东北地区,全线分布于巫溪县境内。巫溪县属亚热带暖湿季风气候,其特点是气候温和、雨量充沛、光照充足、四季分明、冬暖夏热、春早秋凉。秦岭、大巴山阻挡北方冷空气南下,气候温暖湿润。因地势高差悬殊,气候

垂直变化明显,为典型的立体气候。

查询巫溪县 2010—2020 年近 10 a 历史天气记录,可发现年降雨天数占比为 30%,降雨多集中在 6—9 月,年有效施工天数为 255 d。

1.3 工程地质

本项目范围内地形地质条件相对复杂,路线为喀斯特中山地貌,地层为三叠系下统嘉陵组,岩性为角砾状灰岩岩层,倾角 34°~52°。据钻探揭露,斜坡下部至坡脚一带分布有粉质黏土,下伏基岩为角砾状灰岩,属隐伏岩溶强岩溶化岩体,岩溶较发育。施工公路轴线大致沿东西向分布,总体地形西高东低,区内主要为峰丛峡谷区,地面标高 240~920 m,高差变化较大,谷深坡陡,切割深度 30~50 m,地形陡窄,沟谷多呈“V”形。

2 工艺原理及施工工艺流程

2.1 工艺原理

抗滑桩是穿过滑坡体深入于滑床的桩柱,用来支挡滑体的滑动力,具有稳定边坡的作用,适用于浅层和中厚层的滑坡,是抗滑处理的主要措施,广泛应用于山区。由于其受力特性,一般设计为矩形截面,传统开挖方式为人挖孔桩,施工安全风险高、效率慢。

方桩机械成孔相比圆桩的旋挖钻机械成孔,针对旋挖钻头进行了优化,采用圆形钻头、方形钻头相配合成孔,先采用小型圆钻头在方桩 4 个角落钻孔,再采用大型圆钻头在方桩中间成孔,最后采用方形钻头铣孔。旋挖钻机械成孔具有施工效率高、安全性好等优点。

2.2 施工工艺流程

抗滑桩旋挖钻机械成孔的施工工艺流程为：测量放样、埋设护筒→引孔钻进、渣样留存→复孔钻进→方钻头铣孔→孔底清渣→成孔验收→钢筋笼安装→混凝土浇筑→抗滑桩检测。

3 施工操作要点

3.1 场地平整

钻机就位前，将旋挖钻场地平整压实，确保钻机的平稳且在钻进过程中不会因沉陷产生倾斜或位移。旋挖钻机需要位置宽度 ≥ 6 m，以满足设备正常运转。

3.2 测量放样

钻孔前，测量用全站仪放出的桩位中心点，埋设十字护桩(圆桩)或“#”形护桩(方桩)，护桩必须用砂浆或混凝土进行加固保护，以备开挖过程中对桩位进行检验。

3.3 孔口护圈

旋挖钻机钻进到可下护筒深度时，吊装护筒到孔内，再次用经纬仪和十字边桩校核桩位与护筒中心位是否一致。若不一致，则挪动护筒对准桩位，校正后在护筒外围填土夯实。埋设好的护筒应保证倾斜度不大于1%，平面中心误差不大于50 mm^[1]。护筒埋设后由测量人员对护筒进行二次复测。钢护筒需深入角砾岩40 cm。

3.4 钻机调垂、引孔钻进

为确保桩基成孔后的垂直度，根据钻机自带水平仪调整好钻机桅杆即钻杆的垂直度。

引孔是方桩成孔的关键，可以了解该桩大概地质构造，并复核是否与地勘报告相符。引孔钻进方式(四角引孔法)：采用 $\phi 800$ mm圆形截齿捞砂钻头在该桩基4个角开梅花状引孔。有需要时可采用加长型 $\phi 800$ mm开体筒钻施工，引孔钻进时应缓慢钻进，避免钻成斜孔，确保垂直度，每条引孔应钻至比设计孔底标高加深1 m。

3.5 复孔钻进、方孔钻进

复孔钻进时应采用 $\phi 2\,000$ mm圆形钻头钻进施工，在方桩中心钻进，直至钻到设计深度。

通过旋挖钻机的引孔钻进、复孔钻进达到预成孔后，进行方孔钻进。旋挖钻机方孔钻进(图1)是对预成桩孔孔壁进行铣边的过程。其工序为方桩钻头铣边→圆形钻机取土→方桩钻头铣边→圆形钻机取土反复循环进行，直至形成完整的方桩桩孔。方桩钻头修孔过程中，提放方桩钻头时

应尽量缓慢，避免钻头擦挂孔壁。



图1 方孔钻进

3.6 圆钻清孔、方钻清孔

通过方孔钻进成孔后，进行孔底沉渣清理。先用 $\phi 800$ mm清孔钻清理4个角点沉渣，再用 $\phi 2\,000$ mm清孔钻清理整个孔底，从一端到另一端反复平扫孔底，直至将孔底沉渣基本清理干净。提放钻头时应尽量缓慢，避免钻头擦挂护筒造成护筒变形和卡钻。

圆形清孔钻头清孔后，再用方形清孔钻头进行孔底沉渣清理。方形清孔器的原理是利用活动连杆结合双活页夹渣板，在清孔器强大自重力作用下，慢速提拉中心活动连杆，双活页夹渣板自行闭合将孔底沉渣全部刮至孔底中心处并形成倒三角的夹渣空间，然后用旋挖钻机钻杆提拉方桩清孔器，重复多次完成对孔底沉渣的清理，完全清除孔底沉渣。提放钻头时应尽量缓慢，避免钻头擦挂护筒造成护筒变形和卡钻。

3.7 测量孔底沉渣

方桩清孔完毕后利用沉渣盘测量孔底沉渣，合格后方可进行下一步工序。若不合格将进行二次或多次清孔，必要时也可利用圆形清孔钻头反复清孔。

3.8 成孔过程检验、终孔检验

成孔质量标准^[2]为：

1) 钻孔深度参照设计深度钻进，施工过程中根据具体地质条件再进行调整，嵌入路线设计标高以下长度大于桩长1/3，嵌入中风化基岩不小于桩长1/3，嵌入深度不小于5 m，如实际地质情况与地勘资料不相符，则需增加或减少钻孔深度，但必须提前报备技术人员。

2) 桩孔达到设计深度后, 应及时进行孔底处理, 无松渣、淤泥等扰动软土层, 孔底地质状况应满足设计要求。

钻孔过程必须始终自检桩身垂直度、桩径等, 有问题及时纠正, 避免钻成不合格桩孔。钻孔过程中及时提取渣样, 判别桩基岩层情况, 填写地质情况记录表, 当发现钻孔桩地质剖面图与设计不符时, 及时报请监理现场确认, 由设计单位确定是否变更设计。

当桩基嵌岩深度满足设计要求^[3]后, 先进行自检, 如自检达不到质量要求, 则修正桩孔不合格部分, 达到合格为止, 终孔合格后报监理验收。合格后进行下个桩孔施工, 当钻机移动时, 应注意不能碾压已成孔完毕及浇筑混凝土的桩, 确保桩身质量。

3.9 抗滑桩钢筋绑扎

由于机械成孔无护壁, 为减少人工下孔作业风险, 抗滑桩钢筋安装采用钢筋拼装台架(图2), 台架上口、下口尺寸均为 $2.2\text{ m} \times 3.2\text{ m}$, 整体高度为 2 m , 主立柱采用 20b 工字钢, 其余所有构件均为 12 工字钢, 连接点均为满焊。抗滑桩钢筋笼采用孔上组装, 孔上绑扎, 整体下放的工艺。主筋采用套筒连接方式接长, 靠近推力方向每 4 组为 1 束, 逐根接长后再进行焊接连接, 钢筋绑扎时, 纵向受力钢筋的接头采用直螺纹连接, 在接头处的 $35d$ 范围内, 接头的受力钢筋面积不能大于该截面钢筋面积的 25% 。

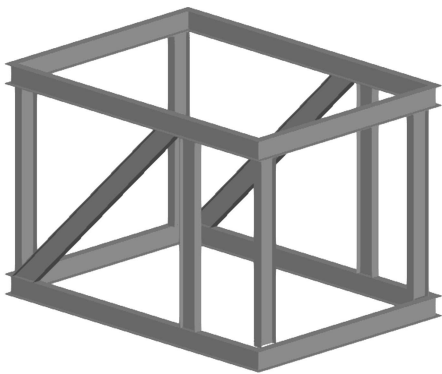


图2 钢筋拼装台架

钢筋绑扎具体工序为: 箍筋绑扎→主筋安装→混凝土灌注。

3.9.1 箍筋绑扎

根据抗滑桩长度及重量采用相应吨位吊车起吊提升架, 提升架两侧各安装 1 根 $\text{DN}90\text{ mmQ}235$

棒材, 每根棒材上悬挂 3 根 $\phi 16\text{ mmHPB}300$ 吊筋。

采用吊车将提升架吊起, 从底部开始将箍筋与吊筋绑扎牢固, 每绑扎 2 m 高度后, 下放至孔内, 直至箍筋绑扎(图3)下放完成。

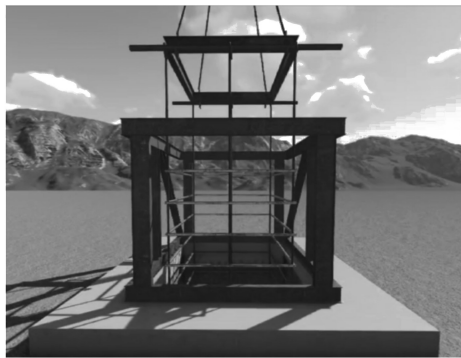


图3 箍筋绑扎示意图

3.9.2 主筋安装

1) 将靠山侧主筋每 3 组或 4 组焊接成 1 束, 焊接牢固, 然后吊装下放至孔内, 根据抗滑桩钢筋配筋, 需 4 次可将主筋全部下放至孔内。背山侧主筋按四肢箍分布情况, 将主筋焊接成 3 束, 分别吊起放入孔内, 将主筋与箍筋在承重架范围内进行绑扎固定, 需 3 次将主筋全部下放至孔内。其余两侧钢筋按照背山侧主筋下放形式进行钢筋下放。

2) 待全部主筋下放完成后, 使用提升架将钢筋整体缓慢起吊, 通过调节吊车主吊钩、副吊钩使提升架保持平衡, 每束主筋通过 1 根 $\phi 20\text{ mmHPB}300$ 吊筋与棒材连接, 作业人员在孔口台架上进行主筋与箍筋的绑扎连接, 每提升 2 m , 绑扎 2 m , 按此依次进行。待绑扎完成后, 将钢筋整体下放至孔内, 下放至承重架时拆除承重架。至此抗滑桩钢筋绑扎完成。

3) 钢筋笼加工及安装质量标准: 钢筋安装的根数应保证符合设计要求; 纵向受力钢筋的接头采用直螺纹连接, 在接头处的 $35d$ 范围内, 同 1 根钢筋不得有 2 个接头, 有接头的受力钢筋面积不得大于该截面钢筋面积的 25% ; 过渡段四肢箍需包络所有可能的最大剪力截面; 纵向主筋的混凝土保护层不得小于 7 cm ; 受力钢筋表面不得有裂纹及其他损伤; 钢筋的保护层垫块应分布均匀, 数量及材料性能应满足设计要求和有关技术规范的规定; 钢筋应安装牢固, 有足够的钢筋支

撑，在混凝土浇筑过程中钢筋不应出现移位。

3.10 混凝土灌注

当成孔及钢筋笼验收合格后，方可开始浇筑桩混凝土。混凝土在搅拌站集中拌制，混凝土罐车运输。混凝土采用泵送下料，然后由串筒导入桩底，混凝土应严格按监理审批的配合比拌制。

若无地下水，即采用常规干式浇筑，用导管串筒输送混凝土。井口用漏斗连接串筒，串筒出口离混凝土面高度不超过2 m。开始浇筑时，孔底积水尽量清除，且积水深度不超过5 cm，灌注时尽量加快浇筑速度，使混凝土对孔壁的压力大于渗水压力。

为保证混凝土密实度，采用振动棒分层捣实，每段灌注高度小于0.5 m。振动棒快插慢拔，在振捣过程中宜将振动棒上下略作抽动，以使上下振捣均匀。每点振捣时间一般以20~30 s为宜，但应视表面呈水平不再显著下沉，不再出现气泡，表面泛出灰浆为准。

分层浇筑振捣，振动棒应插入下层5 cm左右，以清除两层之间接缝。混凝土浇筑至比设计桩顶高程高出20 cm处，待清除桩顶浮浆后桩顶混凝土强度满足设计要求。混凝土灌注完毕，按要求留置混凝土试块，桩顶覆盖草袋养护并经常

湿水或蓄水养护。

若孔内渗水较大，则采取水下混凝土配比灌注，并按常规水下灌注桩进行混凝土灌注。

4 结语

抗滑桩旋挖钻机械成孔施工工艺在巫溪至开州高速公路项目的成功实践，可得出以下结论：

1) 将科学化、机械化管理理念注入施工中，对工程布置、工程机械、工程材料、施工工艺进行多方面考量，开启创新代替传统的新思路。

2) 通过对抗滑桩旋挖机械成孔工艺的研究和创新，在方形钻成孔的技术要点有了新突破，创新出了一套新的钢筋绑扎工艺，实践出“人不下孔”的安全施工工艺，应用效果较好，总结出了一套工艺标准化作业流程。

3) 相对于传统人工挖孔工艺，新工艺提高了抗滑桩机械化施工程度、规避了人员进孔的安全风险、大幅缩短成桩周期，践行了“机械化换人、自动化减人”的施工理念，全面提升了标准化管理水平。

参考文献：

- [1] JTG B01—2014,公路工程技术标准[S].
- [2] JTG/T 3650—2020,公路桥涵施工技术规范[S].
- [3] JTG D64—2015,公路钢结构桥梁设计规范[S].