

盖挖逆作法地铁车站钢管柱人工定位施工技术

李鹏飞

(贵阳市公共交通投资运营集团有限公司, 贵州 贵阳 550081)

摘要: 为确保盖挖逆作法地铁车站钢管柱施工质量和经济性, 依托贵阳地铁某号线一期工程中曹司站钢管柱定位施工背景, 分别从定位方法比选、技术控制要点、施工重难点控制措施、实施成效等方面进行分析阐述, 确定该工程采用钢套管内人工定位方法。结果表明: 该工程 145 根钢管柱实际人工定位进度平均为 1.7 根/d, 实际施工费用为 4.3 万元/根; 与机械定位法相比, 可节约工期 15 d, 工程成本平均降低 1.6 万元/根, 技术经济成果显著, 在一定程度上可为类似工程钢管柱定位施工提供借鉴。

关键词: 钢管柱; 盖挖逆作法; 地铁车站; 安装定位; 技术要点

中图分类号: U231+.4

文献标志码: B

文章编号: 1009-7716(2022)12-0186-04

0 引言

国内大部分城市面临交通拥堵难题, 为降低因工程施工对城市交通的影响, 盖挖逆作法作为一种行之有效的施工方法, 被广泛应用于城市地铁建设中^[1-2]。为确保盖挖法地铁车站整体稳定性与安全性, 作为竖向支撑体系的钢管柱施工质量控制成为关键环节^[3]。

目前钢管柱主要采用机械或人工插管方式进行施作。张存才^[4]介绍了钢管柱的几种施工方法和控制要点; 刘昌波^[5]介绍了 HPE 液压垂直插管机的一些操作要点和质量控制要求; 文献[6~9]通过自制简易定位架人工定位方法, 介绍了钢管柱的施工工艺, 取得了一定的应用效果; 高强等^[10]分析了钢管柱施工质量控制要点, 提出了一些应对措施。

在工程建设中, 如何在确保钢管柱施工安全和质量的同时降低工程造价, 已成为工程界有待解决的难题。鉴于此, 本文以贵阳地铁某号线一期工程中曹司站盖挖逆作法钢管柱施工为背景, 对钢管柱人工定位法施工工艺进行阐述, 同时对其施工关键环节进行分析研究并提出相关建议, 以期今后类似工程提供借鉴。

1 工程背景

1.1 工程概况

贵阳地铁某号线一期工程中曹司站位于花溪大

道与中曹司大桥交叉口, 沿花溪大道南北向设置, 与在建 S1 线换乘。车站全长 478.8 m, 标准净宽 21.3 m, 总建筑面积 25 210 m², 地下二层岛式站台。车站主体基坑深度为 12.4 ~ 24.6 m, 顶板覆土厚度为 1.9 ~ 2.9 m, 采用盖挖逆作法施作。车站共设永久钢管柱 145 根, 其外径分为 50 cm、60 cm、70 cm、80 cm 4 种规格, 钢管柱外包厚度为 20 cm 的 C60 混凝土, 柱内设计 C60 微膨胀混凝土。

中曹司站主体结构典型断面见图 1。

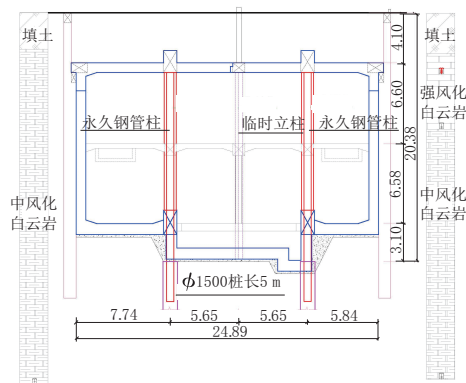


图 1 中曹司站主体结构典型断面图(单位:m)

1.2 工程、水文地质情况

根据地质勘察报告, 车站范围内地层主要为杂填土、红黏土、强风化白云岩和中风化白云岩; 潜在填充型溶洞、溶槽, 见洞率为 9.4%, 发育高度在 1 ~ 5 m 之间, 填充物为软塑 - 可塑状黏土。沿线以岩溶水为主, 位于地表以下 8 ~ 16 m。

2 钢管柱定位精度影响因素

盖挖逆作法地铁车站钢管柱必须满足支承逆作

收稿日期: 2022-02-15

作者简介: 李鹏飞(1979—), 男, 本科, 高级工程师, 主要从事市政工程施工与管理研究工作。

结构和顶部荷载,对其安装定位精度要求非常严格。影响钢管柱的定位精度有以下几种因素:

- (1)钢管柱入土深度。
- (2)基础类型和地层条件。
- (3)钢管柱的类型和直径。
- (4)钢管柱加工与安装方法。
- (5)施工技术管理水平。

总之,钢管柱入土越深、桩径越小,安装精度越低;人工挖孔桩安装精度高,机械钻孔安装精度低;施工技术管理水平越高,安装精度就越高,反之亦然。

3 钢管柱定位方法比选

目前钢管柱定位方法有机械定位和人工定位2种。该工程拟定钢套管内人工定位和机械定位2种方法进行钢管柱定位方法比选。其中,机械定位方法即采用特定设备,利用全回转钻机成孔原理将钢管柱直接插入已施作完成的基础桩孔内定位;钢套管内人工定位方法是在钢套管保护下利用已施作完成的基础桩桩顶和孔口2处中心点进行人工定位。

3.1 技术可行性分析

钢套管内人工定位法由于采用钢管柱两端点进行人工定位,施工精度较高。机械定位法通过利用自身3 m的力臂来控制较长钢管柱进行定位,钢管柱底部定位偏差较大。本工程钢管柱长达24 m,若孔口偏差1 mm,底部偏差将达到8 mm,施工过程中需采取可靠的控制措施才能满足要求。

3.2 安全性分析

机械定位法是利用插管机液压装置将钢管柱直接插入已施作完成的桩孔内,施工人员无需进入桩孔内操作,安全性能高;而钢套管内人工定位需要施工人员进入已施作完成的基础桩孔中进行人工定位,相对于前者而言,后者施工安全风险更大一些。

3.3 施工工期分析

根据项目工期总体筹划,本工程钢管柱施工是控制性工期的关键工序,按照机械定位法1根/d的施工进度,145根钢管柱使用2台插管机作业共需施工72.5 d,远远不能满足目标工期需要,需要增加机械设备才能满足实际工期要求。而采用人工定位法的话,在增加极少投入情况下就可以多个作业面同时施工,同时可省去基础桩混凝土等强时间,在工期方面比机械定位法更有优势。

3.4 经济性分析

根据市场调查结果,目前通常采用旋挖钻+HPE

垂直插管机或全回转钻机机械插入法进行钢管桩定位。机械占用时间长、费用比较高,钢管柱施工费用为5~7万元/根。相比较而言,采用人工定位法时,机械设备占用时间短,周转次数快,根据测算每根钢管柱施工费用为2~4万元,预计可节约3万元/根。

综合考虑上述分析结果,结合贵阳地区岩层地质特性和工程实际情况,本工程采用钢套管内人工定位方法。

4 钢套管内人工定位法技术要点

4.1 施工流程

钢管柱人工定位施工工艺流程为:前期准备(钢管柱加工、钢管柱组装)→桩位测量放线→钻机就位及成孔→钢套筒下放、固定→基础桩施作等强→基础桩桩头部分混凝土凿除→定位平台安装→钢管柱安装定位→连接部位混凝土浇筑→钢管柱内混凝土浇筑→定位平台移除→工具管移除→钢管柱外空隙回填→下一道工序。

4.2 基础桩成桩技术要点

(1)根据地质勘察报告选取成孔方式。

(2)基础桩钢筋笼需在钢套筒内下放固定完成后采用分段吊装完成,安装就位标高和平面位置偏差在规定值范围内。

(3)根据设计及规范要求确定基础桩水下灌注混凝土技术标准。

4.3 钢管柱加工、运输及拼装技术要点

(1)为了保证钢管柱制作的精度和质量,钢管柱制作要求采用工厂化制作方式。

(2)钢管柱外围按设计要求焊接抗剪栓钉。

(3)出厂前沿管长方向做好钢管柱定位控制基准线。

(4)钢管柱在运输过程中严防碰撞,保证钢管柱不发生变形。

(5)为方便施工,各层钢管柱梁柱节点钢板及加劲肋后期施焊。

(6)钢管柱分段加工运至施工现场后,每段钢管柱必须保持同轴线,方可进行拼装作业。该工程特加工了一套连接台架,以保证钢管柱的连接质量。本工程钢管柱拼装见图2。

4.4 定位平台安装与拆除^[11]

待基础桩头部分混凝土凿除完成后拆除钢套筒临时定位装置,随之安装钢管柱定位平台。定位平台



图2 钢管柱拼装

采用型钢现场加工制作。定位平台平面示意图见图3。

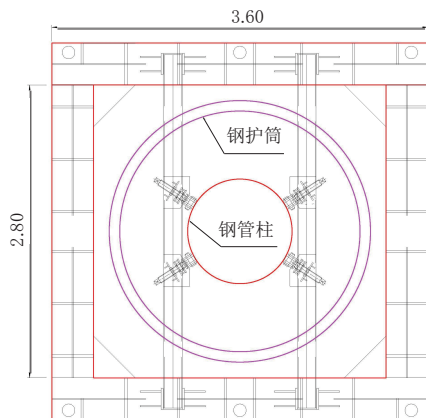


图3 定位平台平面示意图(单位:m)

定位平台的安装质量直接影响到钢管柱的定位精度。根据水平仪精平原理调整定位平台平整度,通过脚螺杆调节平整度,保证偏差小于2mm。

待钢管柱安装完毕且柱内混凝土达到一定强度后,人工配合机械拆除定位平台,移至下一工作面。

4.5 基础桩顶安装定位器

基础桩混凝土终凝后通过人工凿除桩顶松散混凝土,采用铅垂控制法和激光垂测仪法,在基础桩顶安装钢管柱矩形定位器,同时做好安全防护措施。

矩形定位器示意图见图4。

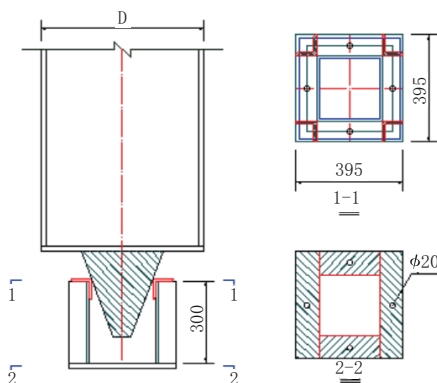


图4 矩形定位器示意图(单位:mm)

4.6 钢管柱安装及定位技术要点

(1)钢管柱采用2点同时起吊方式,从定位平台桩位限位孔中慢慢入孔,放入基础桩顶定位器槽内,

下放过程中不得与定位平台发生碰撞。

(2)利用定位平台内部螺旋千斤顶进行钢管柱顶端定位。

(3)钢管柱垂直度通过定位平台定位卡和基础桩定位槽进行2点定位。在浇筑连接部位混凝土时有可能扰动钢管柱,导致偏位情况。在施工过程中需采用激光垂准仪进行复核,当出现偏移时,通过调节定位平台千斤顶进行微调。

(4)为方便定位施工,钢管柱顶至地面设置工具管,工具管与钢管柱之间利用高强度螺栓进行连接,工具管长度以拼装固定好后高出定位平台1m为宜。待钢管柱内混凝土浇筑完成后人工拆除螺栓并拔除工具管。

4.7 钢管柱外空隙回填

(1)待钢管柱桩连接部分混凝土达到一定强度后拆除定位平台、工具管及外层钢套管。

(2)为更好地保护钢管柱,首先将钢管柱上口用钢板封闭,然后沿钢管柱周边环向均匀回填中粗砂,回填至钢管柱顶结束。待回填完成后对钢管柱孔口进行覆盖保护,同时设安全标志。

5 钢管柱施工重难点控制措施

5.1 基础桩的定位误差控制

本工程基坑开挖深度大,基础桩上部空桩部分最大深度达24m,在基础桩施工过程中要严格控制基础桩成孔质量,保证基础桩的垂直度,防止钢管柱偏压受力。

5.2 基础桩混凝土灌注标高控制

由于基础桩标高较低,混凝土灌注标高难以控制,若灌注标高控制不准确,会给桩头清理凿除和后续钢管桩定位带来很大困难。当桩基混凝土灌注至标高时及时下放大功率泥浆泵,将钢套管内部泥浆和松散混凝土抽出,同时派专人检查混凝土灌注标高,待混凝土终凝后及时清理桩头松散混凝土。

5.3 钢套管变形控制

本工程钢套管的作用主要是防止基础桩空桩部分孔壁坍塌和保护孔内作业人员安全。因周边围岩差和地下水位高,造成钢套管内外压力差较大,钢套管存在变形风险。在加工钢套管时必须进行内力计算,必要时增加内衬管以防钢套管变形。

5.4 钢管柱平面位置和垂直度控制

当定位平台固定后测量定位平台顶标高,根据测量结果在钢管柱对称轴线上焊接2块钢板定位

卡。钢管柱吊放入孔后,通过定位卡悬挂在定位平台两侧横梁上,既保证钢管柱高程定位准确,又保证钢管柱处于垂直状态。同时为了防止桩基混凝土浇筑过程中钢管柱上浮,钢管柱定位后将钢管柱与定位平台焊接在一起,在此过程中利用焊接在工具管上的测斜探头反馈到测斜仪上的数据,不断通过水平方向的油顶来调整钢管立柱的垂直度,直至满足要求为止。本工程钢管柱安装过程中垂直度测斜仪实时监测见图 5。



图 5 钢管柱安装过程中垂直度测斜仪实时监测

5.5 钢套管拔除

待钢管柱桩连接部分混凝土达到一定的强度后开始拆除钢套管。由于周围土体挤压,在钢套管拔除过程中因阻力大而导致拔管困难,必要时采用振动锤进行拔除。

5.6 钢管柱成品保护

在车站基坑开挖过程中,由于施工机械碰撞和碾压会造成钢管柱移位变形,钢管柱周围必须用中粗砂或级配豆粒石回填密实并在钢管柱外围设置安全警示标志,以防碰撞钢管柱变形。

6 实施成效

该车站共计 145 根钢管柱,全部采用钢套管内人工定位法进行施作。根据钢管柱实际定位效果和经济成本分析,成果显著。

6.1 定位效果

采用上述方法施工后,钢管柱安装定位误差均在可控范围内,满足施工质量与安全要求。本工程钢管柱定位偏差情况统计分析见表 1。

表 1 钢管柱定位偏差情况统计分析表

规格 /cm	根数 /根	检查项目允许偏差合格率/%			
		垂直度	中心线	顶面标高	各柱间距
φ50	45	95.6	91.1	92.2	91.1
φ60	80	95.0	91.3	93.1	91.3
φ70	16	93.8	93.8	90.6	93.8
φ80	4	100	100	93.8	100

基坑开挖后经测量复查,其平面位置、垂直度及桩顶高程等控制指标合格率都在 90%以上,个别点位偏差超标,但均不影响结构受力,经钢管柱外包混凝土微调后效果较好。钢管柱定位效果见图 6。



图 6 钢管柱定位效果

6.2 施工工期分析

根据现场实际统计,钢套管内人工定位法实际施工进度平均为 1.7 根/d,本工程钢管柱实际工期为 57.5 d,比机械定位法节约工期 15 d。

6.3 经济性分析

从最为关注的成本控制来看,钢套管内人工定位法的实际施工费用为 4.3 万元/根,比采用机械定位法节约费用约 232 万元,成本控制效果显著。

7 结 语

(1)钢套管内人工定位法相比其他工法施工安全风险大,选用该方法时需根据车站范围内地质情况和周边环境而定。

(2)钢管柱尽量不要拼接接长,若必须拼接时,须在接缝处设置附加衬管并确保拼接钢管几何尺寸符合设计要求。

(3)钢管柱吊装时应减少吊装荷载作用下的变形,吊点的位置应根据钢管柱本身的承载力和稳定性经验算后确定,必要时采取临时加固措施。

(4)钢管柱吊装就位后应立即进行矫正并采取临时固定措施,以保证构件的稳定性。

(5)钢管柱内混凝土浇筑后应及时向钢管柱周边空隙处回填中粗砂或级配豆粒石且回填密实。

(6)施工过程中加强监控量测工作,通过监控量测及时掌握钢管柱偏位和受力情况,并根据监测结果及时采取补救措施。

参考文献:

[1] 宋延涛.盖挖逆作法深基坑施工关键技术研究[J].铁道建筑技术,2019(4):109-112.
[2] 殷文涛.结合城市主干道升级改造的盖挖逆作法车站设计关键技术研究[J].交通与运输,2020,33(增刊 1):154-157,161.



图 1 中卫南站黄河大桥三维效果图

桥模型进行静态和伪动态碰撞检测，得到如下检测结果。

3.1 静态碰撞检测

首先通过粗筛排除无碰撞可能部分，接着利用包围盒树法对易碰撞对象进行详检。本工程中,上部结构与下部结构之间不存在碰撞可能，通过粗筛直接排除。详检阶段检测得到：(1)18# 预制混凝土梁段中，预应力钢束 TG2、TG3、TH2 暴露于混凝土外部。(2)主拱左右拱肋交汇区出现大量碰撞，部分碰撞信息见表 1。(3)钢混结合段 #18、#17 南、北部普通钢筋与钢束碰撞。(4)V 腿钢筋与 #17 梁段普通钢筋碰撞。(5)V 腿钢筋与 #17 梁段预应力钢束碰撞。(6)副拱吊杆底点与锚固之间普遍发生偏心碰撞。

3.2 伪动态碰撞检测

对本工程进行伪动态碰撞检测，分析发现吊装施工侵占了航道并在某时间段内与往来的船舶之间发生位置冲突。针对此软碰撞冲突问题,先在环境地物模型中标示航道确切位置,再在 Navigator 中根据海事机构提供的通航时间和施工组织计划中的施工

表 1 主拱左、右拱肋部分碰撞信息

	左侧拱肋交汇区(A)	右侧拱肋交汇区(B)	类型	位置
碰撞 01	拱肋 3	底板	硬	141670.8593,-0.0761,23428.9401
碰撞 02	隔板 a2	拱肋 31	硬	139922.8113,-9330.9385,23493.8854
碰撞 03	隔板 a14	拱肋 31	硬	139922.9090,9329.4485,23493.8854
碰撞 04	隔板 a3	拱肋 53	硬	141410.9074,-8121.4370,23227.9131

时间链接入动画中进行基于时间变化的通航动画模拟，记录下冲突时间段并进行施工计划调整或报告航道部门采取通航管制措施。

4 结 论

本文基于 BIM 软件本身的碰撞检测功能对静态及伪动态下的碰撞检测方法进行了优化研究,并将优化后的方法应用于实际桥梁工程中。实践表明,优化后的方法具有更高的运算效率并较好地解决了离散时间点下的碰撞遗漏问题,为碰撞检测与 BIM 技术的结合研究提供了新的思路。

参考文献：

[1] 袁丽娜,赵贵斌.碰撞检测技术及在桥梁视景仿真中的应用[J].工程图学学报,2010,31(3):21-26.
[2] 瞿珏,王崴,黄学宇,等.复杂物体连续碰撞检测动态投影分离剔除算法[J].系统工程与电子技术,2017,39(10):2376-2381.
[3] 燕迎新.桥梁信息化(BIM)施工碰撞检查应用研究[D].重庆:重庆交通大学,2018.

（上接第 189 页）

[3] 宋中华.盖挖逆作车站永久钢管柱施工工法的研究与优化[J].广东土木与建筑,2019,26(10):33-36.
[4] 张存才.盖挖逆作法工程中钢立柱的几种施工方法[J].城市道桥与防洪,2020(4):137-139,17,20.
[5] 刘昌波.地铁车站钢管柱关键施工技术[J].建筑机械,2018(4):91-94.
[6] 张晓鹏.全盖挖逆作法地铁车站永久钢管柱施工关键技术[J].北方建筑,2020,5(2):54-58.
[7] 王雷.简易门架吊装的暗挖地铁车站钢管柱施工技术研究[J].铁道

建筑技术,2021(3):108-111,135.
[8] 李志平.钢管立柱桩逆作法施工技术[J].建筑技术开发,2018,45(1):42-43.
[9] 于世飞.盖挖地铁站大直径超长钢管混凝土柱施工技术[J].江西建材,2020(2):63-65.
[10] 高强,高文皂.逆作法液压插入钢管柱技术在地铁施工中的应用[J].华北地震科学,2015,33(增刊 1):12-15.
[11] 谢显龙,曹文,李鹏飞,等.一种基于 BIM 的地铁车站钢管立柱矩形定位架,CN212957702U[P]. 2021-04-13.