

地铁盖挖逆作车站钢管立柱施工技术要点分析

辛 帝 李 帅

中国水利水电第十一工程局有限公司 河南 郑州 450000

【摘 要】：盖挖逆作法是城市中心区地铁车站的主流施工工法，钢管立柱作为该工法中核心的竖向支撑结构，其施工精度与安装质量直接决定车站主体结构的稳定性。针对传统钢管立柱施工工法在狭小场地应用中的局限性，后插法施工工艺被研发并推广，该工法实现了全地面作业与数字化精准调垂，有效提升了施工安全性与效率。本文从工法选择与工艺原理、核心施工环节等方面系统分析地铁盖挖逆作车站钢管立柱的相关技术要点，并结合工程实例验证技术的实用性，为同类地铁工程钢管立柱施工提供技术参考。

【关键词】：地铁盖挖逆作；钢管立柱；后插法；施工技术要点；质量控制

DOI:10.12417/2811-0536.26.08.065

引言

城市地铁车站施工常面临地面交通繁忙、场地空间狭小的工程条件，盖挖逆作法因能最大限度减少对地面交通的干扰，成为城市中心区地铁车站的优选施工工法。钢管立柱作为盖挖逆作车站的临时与永久竖向支撑，承担着顶板、中板的施工荷载，其垂直度、中心位置的精准控制是施工的核心技术难点。传统钢管立柱施工工法或存在人员井下作业的安全隐患，或受场地限制导致施工效率低下，难以适配中立柱数量多、场地狭小的工程场景^[1]。后插法施工工艺通过自制定位架、数字化调垂、全地面作业的优化设计，解决了传统工法的痛点问题^[2]。本文围绕地铁盖挖逆作车站钢管立柱后插法施工，系统分析各环节技术要点，明确质量、安全控制的核心要求，为该工艺的工程应用提供系统化的技术指导。

1 施工工法选择与工艺原理

1.1 传统施工工法的局限性

地铁盖挖逆作车站钢管立柱施工的工法选择直接影响施工效率、质量与安全，现有传统工法在实际工程应用中存在明显的适配性缺陷。井下十字锥定位法是早期钢管立柱施工的常用方法，该工法需施工人员下井完成定位与矫正作业，深孔作业环境下易发生坠物、坍塌等安全事故，危险系数较高，同时人工定位的精度易受人为因素影响，难以满足高精度施工要求。HPE 液压插入法依托专业插管设备实现钢管柱的插入与定位，设备的作业空间需求大，在场地狭小的地铁车站施工中周转困难，且设备租赁费用高昂，单根钢管柱施工的成本投入大，不适用于中立柱数量多的车站工程。深圳地铁 12 号线蚝乡站为盖挖逆作施工，车站场地受围挡限制，横向作业距离最小仅 5.8m，且需施工 35 根钢管立柱，传统工法均无法满足该工程的施

工安全与工期要求，成为工法优化的直接动因。

1.2 后插法施工工艺原理

针对传统工法的局限性，研发的钢管立柱后插法实现了施工工艺流程的创新优化，其核心工艺原理围绕精准定位、高效施工与安全作业展开。该工法以旋挖钻为核心成孔设备，依次完成设计孔井与辅助井的成孔施工，设计孔井成孔后吊装钢筋笼并浇筑桩基混凝土，辅助井则作为钢管柱的临时存放空间，提前将钢管柱吊入辅助井并浇筑柱内混凝土^[3]。设计孔井上方安装自制钢结构定位架，该定位架尺寸为 5×3.5×7.2m，上下端部面板各设置 4 道数字化控制的伸缩油缸，为钢管柱垂直度调整提供硬件支撑。钢管柱完成柱内混凝土浇筑后，由大型吊装设备起吊至定位架内，通过油缸行程距实现“两点一线”的垂直度微调，待垂直度达标后，利用钢管柱自身重量及管内混凝土的重量，使钢管柱自动下放并插入桩基混凝土内的设计位置，最后完成固定与桩孔回填作业。整个施工过程为全地面作业，无需人员下井，同时通过数字化设备实现精度控制，兼顾了施工安全与定位精度。

2 核心施工环节技术要点

2.1 孔井施工技术要点

孔井施工是钢管立柱施工的基础环节，设计孔井与辅助井的施工质量直接决定后续钢管柱安装的精准度与桩基的承载能力。设计孔井施工的首要工序为桩位放样，施工人员需根据设计图纸中的孔井中心坐标，结合场地平面及高程控制网进行精准定位，在桩位外设置定位桩并建立地面十字控制网，钻机就位时需保证机身垂直度偏差不大于 0.3%，从源头控制成孔偏差。成孔作业采用旋挖钻机施工，依托泥浆护壁抵御周围土压力，施工前需根据地质条件与施工机械设计泥浆配合比，施工过程中定时检测泥浆比重并及时调

整，保证泥浆对桩壁的持续护壁作用。清孔作业分两次进行，第一次在孔深核查完成后采用带活门的钢抽渣筒反复掏渣，泥浆密度过大时采用清水置换；第二次在混凝土浇筑前通过导管完成，确保孔底沉渣厚度不大于 50mm，防止桩基出现沉降、夹泥等质量问题。

辅助井开挖选址于车站附近的空余场地，其成孔流程与设计孔井一致，采用钢筋笼外加钢网片的方式进行护壁，护壁钢筋笼桩径略小于辅助井开挖直径，为钢管柱存放预留足够空间。护壁钢筋笼主筋选用 10 根直径 22mm 的三级螺纹钢，螺旋箍筋为直径 10mm 钢筋且间距 200mm 布置，加强箍为直径 20mm 钢筋且间距 2000mm 布置，钢筋笼外层依次铺设 5×5 铁丝网、1×1 镀锌铅丝网及尼龙网。辅助井加工完成后，采用 150t 履带吊与 50t 汽车吊双机抬吊的方式将钢管柱吊入井内，孔口处设置环形马镫将钢管柱临时固定，随后灌注管内 C50 补偿收缩混凝土，为后续后插作业做好准备。

2.2 钢筋笼加工与吊装技术要点

钢筋笼是钻孔灌注桩承载能力的重要保障，其加工精度与吊装工艺直接影响桩基的结构稳定性与受力性能。钢筋笼加工需严格遵循设计要求与规范标准，对下料长度、主筋搭接长度、钢筋丝头加工精度进行全程把控，确保各部位尺寸符合设计要求。钢筋笼吊装采用履带吊施工，因钢筋笼设计顶标高位于车站主体结构底板下方，履带吊无法直接将钢筋笼吊放至设计位置，需在地面至底板的空段设置吊筋辅助吊装^[4]。吊筋采用简易钢筋笼形式，以 3 根直径 25mm 的三级螺纹钢为主筋并环形布置，主筋内侧设置直径 20mm 的圆钢作为连接加强筋，间距 2m 布置，简易钢筋笼与桩基钢筋笼顶部采用搭接焊连接，待后续基坑开挖后将其破除。钢筋笼定位钢筋的焊接质量需进行严格检查，焊接节点的牢固性直接决定钢筋笼入孔后的定位准确性，避免因定位偏差影响后续钢管柱安装。

2.3 混凝土浇筑技术要点

混凝土浇筑分为桩基混凝土与钢管柱内混凝土两部分，浇筑工艺与材料配合比的把控是保证钢管柱后插作业顺利开展的关键。桩基混凝土采用 C35、P12 抗渗混凝土，为满足钢管柱后插的施工工序要求，需在混凝土中添加缓凝型减水剂延缓初凝时间，经现场试验确定采用 16 小时超缓凝混凝土配合比，具体材料用量与比例见表 1。桩基混凝土浇筑采用导管法施工，开灌前储料斗内需储备足量混凝土，确保导管底端能一次性埋入水下混凝土中 0.8m 以上。浇筑过程中适

时提升导管，控制导管埋入混凝土面下 2~3m，避免出现断桩问题；当混凝土面上升至钢筋笼内 3~4m 时再提升导管，防止钢筋笼上浮。施工人员需提前计算并预留钢管柱插入桩基内的混凝土量，浇筑过程中实时监测混凝土面标高，严格控制混凝土浇筑量，既防止超灌又保证钢管柱能插入至设计位置。钢管柱内混凝土采用 C50 补偿收缩混凝土，在辅助井内完成浇筑，浇筑完成后需待混凝土达到一定强度，再进行钢管柱的起吊与后插作业。

表 1 超缓凝混凝土配合比表

原材料名称	原材料规格	每方材料用量(kg/m ³)	材料配比
水泥	PO42.5	375	1
河砂	中砂	732	1.95
碎石	5—25mm	1038	2.77
粉煤灰	F 类Ⅱ级	50	0.1333
减水剂	WS-PC 缓凝型	7.1	0.0189
水	自来水	158	0.42

2.4 定位架与工作节安装技术要点

定位架是钢管柱精准定位的核心设备，工作节的有效连接则保障了钢管柱调垂与下放过程中的结构整体性。钢管柱定位架为定制钢结构井架定位装置，安装前需根据设计孔位的十字控制线引出定位架安装的四个角点，定位架底部设置底脚螺栓，用于架体水平度的调整与固定。定位架上板面与下板面均开设直径 1.5m 的孔洞，满足钢管柱穿入要求，上下板面各设置 4 道伸缩油缸，油缸采用数字化控制，通过调节油缸行程距实现钢管柱的垂直度微调。定位架安装需在桩基混凝土浇筑前完成，安装后需对水平度进行复测，确保架体处于水平状态，为后续调垂作业提供基础。

工作节与钢管柱采用承插式连接，二者间的节点连接如图 1 所示。施工前需在钢管柱顶部焊接长 50cm 的套管，套管的材质、直径与钢管柱保持一致，工作节底部焊接长 50cm 的内套管，外露 25cm 且内套外径为 795mm，保证连接的紧密性。钢管柱与工作节的固定采用 M36 精轧螺纹钢，在钢管柱封顶板与工作节法兰盘上各开设 6 个圆孔，精轧螺纹钢穿过圆孔后用螺栓拧紧固定。工作节法兰盘的焊接高度需严格控制，仅焊接至伸出地面的位置即可，避免因法兰盘过高影响后续的定位与调垂作业。

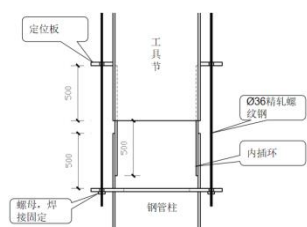


图1 钢管柱与工作节连接节点示意图

2.5 钢管柱吊装与调垂技术要点

钢管柱的吊装工况复杂,涉及大型设备作业与超重构件运输,调垂作业的数字化控制则是实现钢管柱高精度定位的核心步骤。钢管柱吊装分为两次进行,第一次为钢管柱进场后的吊放作业,采用150t履带吊主吊、50t汽车吊副吊的双机抬吊方式,将水平放置的钢管柱旋转至垂直状态后,汽车吊摘钩,履带吊将钢管柱吊入辅助井内;第二次为钢管柱后插前的起吊作业,待管内混凝土浇筑完成后,由150t履带吊单机将钢管柱起吊至设计孔井的定位架内。施工场地需进行合理布置,钢管柱吊装的重量约60t,主吊钢丝绳选用直径46mm的6×37+1钢丝绳,吊耳设置在钢管柱封顶圆环板上,采用3cm厚钢板制作,履带吊选用49.5m大臂、12m工作半径,其最大起重量63t,满足吊装荷载要求。

钢管柱调垂作业依托定位架的8道伸缩油缸与全站仪监测配合完成,工作节连接完成后,履带吊保持受力并缓慢起吊,抽出钢管柱的固定工字钢,通过调节油缸行程距对钢管柱进行垂直度调整。施工过程中采用两台全站仪进行实时监测,一台监测定位架的水平位移,另一台监测钢管柱的垂直度,若下放过程中定位架出现水平移位,需立即停止吊放,采用千斤顶将定位架调整至中心位置并重新固定,再通过油缸对钢管柱进行二次调垂。待钢管柱垂直度达标后,缓慢放松履带吊,利用钢管柱自重与管内混凝土重量使其自然下放至设计位置,随后完成固定,钢管柱达到设计强度后,对桩孔与钢管柱之间的间隙均匀填充粗砂并上覆钢板,完成钢管柱施工^[5]。

参考文献:

- [1] 王赛赛.基于盖挖逆作法地铁车站钢管柱施工技术应用分析[J].中国住宅设施,2025,(01):220-222.
- [2] 齐保栋,闫黎明.盖挖逆作法车站预制混凝土钢管立柱后插法施工技术[J].四川建筑,2024,44(04):216-218.
- [3] 吴鹏.浅谈盖挖逆作法地铁车站的钢管柱施工技术[J].建设监理,2024,(S1):140-142.
- [4] 吕学超.盖挖逆作法地铁车站钢管柱施工技术探究[J].工程机械与维修,2023,(02):63-65.
- [5] 马红录.盖挖逆作法地铁车站钢管柱施工技术[J].施工技术(中英文),2022,51(10):46-49.

3 工程应用实例

后插法施工技术已在实际地铁盖挖逆作车站工程中得到充分验证,其施工效果与技术适配性均满足工程设计与施工要求。深圳地铁12号线二期蚝乡站为地下三层双柱三跨钢筋混凝土框架结构,采用盖挖逆作法施工,车站总长184.55m,底板埋深约23.24m,纵向设置双排永久钢管混凝土中立柱共计35根。该工程钢管柱采用Q355钢板卷材制成,直径800mm、壁厚20mm,长度约25m,管内浇筑C50收缩膨胀混凝土;桩基直径1500mm,采用C35、P12混凝土,长度27.4~48.9m。该工程场地狭小,中立柱数量多,采用钢管立柱后插法施工,通过优化超缓凝混凝土配合比、明确桩基混凝土与钢管柱插入的时间关系、数字化控制钢管柱调垂等技术措施,顺利完成35根钢管立柱施工。施工完成后的质量检测显示,钢管柱的定位精度、垂直度等指标均满足设计要求,施工工期较计划提前,工程成本大幅降低,实现了质量、安全、工期、成本的综合管控,为同类工程提供了实际施工参考。

4 结语

地铁盖挖逆作车站钢管立柱施工的技术把控需贯穿穿孔井施工、钢筋笼加工、混凝土浇筑、吊装调垂等全流程,后插法作为针对传统工法优化的施工工艺,通过自制定位架、数字化调垂、全地面作业的设计,有效解决了狭小场地、多中立柱工程场景下的施工安全与精度问题。该工艺的核心技术要点在于依托泥浆护壁保证孔井施工质量,通过16小时超缓凝混凝土配合比满足后插工序要求,利用数字化伸缩油缸与全站仪监测实现钢管柱高精度调垂,通过双机抬吊、单机起吊的合理配合完成超重钢管柱的吊装作业。随着城市地铁工程的不断发展,盖挖逆作法的应用将更加广泛,钢管立柱施工技术需结合工程地质条件、场地特点进一步优化,通过数字化、智能化设备的应用提升施工精度与效率,为城市地铁工程的高质量建设提供技术支撑。