

盖挖逆作法地铁车站大直径超长钢管柱施工技术研究

杨 益¹, 刘明进¹, 杜 涛², 周书东², 班辉辉³

(1. 中国水利水电第七工程局有限公司, 四川 成都 610213; 2. 东莞市建筑科学研究院有限公司, 广东 东莞 523820; 3. 中国地质大学(北京)工程技术学院, 北京 100083)

摘要: 盖挖逆作法是一种广泛应用在地铁站建设项目中的施工技术, 而钢管柱作为承重和力传递的关键构件, 其施工技术的实施效果直接影响着整个地铁站工程的结构安全和施工质量。文章以深惠城际铁路西丽站工程为研究对象, 阐述了大直径超长钢管柱的施工工艺流程; 确定钢管柱吊装过程中吊机的选型, 对吊耳进行受力分析, 设定合理的起吊点位置; 总结适用于大直径超长钢管柱的插桩与垂直度校正技术。研究表明: 在吊装大直径超长钢管柱时, 建议选择大臂长的履带吊机作为主副吊机; 主起吊点位置长度设置为副起吊点的3倍以使桩身变形最小, 且吊耳的拉应力、剪应力及角焊缝的拉应力、剪应力和组合应力均满足规范要求; 采用新型调垂装置完成插桩和校正, 可减少钢管柱安装误差。本研究成果可为今后类似地铁车站钢管柱施工技术提供借鉴。

关键词: 盖挖逆作法; 地铁车站; 大直径超长钢管柱; 吊装; 调垂机

中图分类号: U231⁺.3

文献标志码: A

文章编号: 1673-8993(2025)05-0063-09

doi: 10.13402/j.gcsj.2025.05.063

Technology research on construction of largediameter and ultra long steel pipe columns for cover and cut top-down method in the subway station

YANG Yi¹, LIU Mingjin¹, DU Tao², ZHOU Shudong², BAN Huihui³

(1. Sinohydro Bureau 7 Co., Ltd., Chengdu 610213, Sichuan, China;

2. Dongguan Institute of Building Research Co., Ltd., Dongguan 523820, Guangdong, China;

3. School of Engineering and Technology, China University of Geosciences (Beijing), Beijing 100083, China)

Abstract: The cover and cut top-down method is a widely used construction technique in subway station construction projects, and the implementation effects of steel pipe columns as key components for load-bearing and force transmission, directly affect the structural safety and construction quality of the entire subway station project. Taking the Xili station project of the Shenzhen Huizhou intercity railway as the research object, the construction process of large-diameter and ultra long steel pipe columns is elaborated in detail. The selection of crane during the hoisting process of steel pipe columns is determined, and the force analysis of the lifting ears is carried out to set a reasonable lifting point position. The technology of inserting piles and correcting verticality for large-diameter and ultra long steel pipe columns is proposed. The results show that selecting a crawler crane with a long arm as the main and auxiliary crane for lifting large-diameter and ultra long steel pipe columns. The length of the main lifting point position is set to three times that of the auxiliary lifting point to minimize the deformation of the pile body, and the tensile, shear, and combined stresses of the lifting ears meet the allowable values of the material. A new type of vertical adjustment device is used for pile insertion and correction during pile fixation, which can reduce installation errors of steel pipe columns. The research results can provide reference for the

收稿日期: 2024-08-08

作者简介: 杨 益(1985—), 男, 高级工程师, 从事市政工程方面的研究及管理。

通信作者: 杜 涛(1990—), 男, 工程师, 从事地下工程方面的研究。

construction technology of steel pipe columns in similar subway stations in the future.

Key words: cover and cut top-down method; subway station; large-diameter and ultra long steel pipe columns; lifting; hanging machine

近年来,随着城市地下空间的发展,城市化的轨道交通和地铁车站的建设进入到至关重要的时期。对于施工场地受限和地质环境复杂的地铁车站建设,盖挖逆作法以其独特的优势,包括减少对地面交通和环境的影响、提高施工安全性和效率以及在复杂地质条件下仍能保持良好的施工质量,已被广泛采纳为城市地下空间建设关键的施工方法^[1]。钢管柱作为盖挖逆作法施工中主体结构的主要承载与传力结构,其施工技术的实施效果直接影响着整个地铁站工程的结构安全和施工质量^[2-4]。随着城市地下空间开发的深入,地铁车站的规模和深度不断增加,这就要求使用大直径超长钢管柱以满足结构的承重和稳定性需求。然而,大直径超长钢管柱在施工过程中会涉及到吊装、定位和校正等一系列技术难题。因此,研究复杂地质条件下盖挖逆作法地铁车站大直径超长钢管柱施工技术是十分必要的。

目前,众多学者针对盖挖逆作法中钢管柱的施工技术开展了广泛的研究。马瑶林等^[5]通过对钢管柱安装时的姿态偏差进行理论计算分析,设计并提出了一种专用于钢管柱定位的装置,并对其结构特点和安装流程进行了详尽的说明。刘义等^[6]针对盖挖逆作法地铁车站施工中钢管柱安装定位的复杂技术挑战,通过灌注混凝土实现底部的完全封闭,从而确保钢管柱在安装过程中的稳定性和定位准确性。石海良^[7]利用安装在吊装现场的高清摄像机捕捉钢管柱吊装的实时图像,使得钢管柱的安装精度能够满足工程要求。唐剑等^[8]通过结合理论研究与现场经验,系统地开发并优化了一系列施工技术和工艺,涵盖了定位器装配、钢管柱的吊装与锚固以及钢管柱外部间隙的砂石填充等关键环节。郝广成^[9]提出,通过预先设置钢护筒并结合钻孔灌注桩技术进行底部混凝土封堵,从而实现钢管柱的精确定位安装。然而,当前研究多集中于对盖挖逆作法地铁车站钢管柱的安装定位技术,关于大直径超长钢管柱的施工技术研究则相对有限。在此基础上,采用新型调垂装置完成插桩和校正,不仅能够显著

提高施工的精度和效率,还能减少人工操作带来的误差和不确定性。

本文以深惠城际西丽站为工程背景,针对盖挖逆作地铁车站大直径超长钢管柱的吊装、安装以及校正固定等施工技术进行深入研究。在详细阐述大直径超长钢管柱的施工工艺流程的基础上,从吊机的选型出发,通过吊耳受力分析计算出合理的起吊点位置,总结适用于大直径超长钢管柱的插桩与垂直度校正技术,以期为类似工程地铁车站钢管柱施工技术提供一定的借鉴和参考。

1 工程概况

深惠城际西丽站为深惠城际前海保税至坪地段的地铁车站,位于深圳市南山区茶光路,沿茶光路东西向敷设。西丽站总平面图,如图 1 所示。工程设计为地下三层双岛四线车站,总长度为 295 m,标准段宽 54.3 m,车站顶板覆土高度为 2.6~4.6 m。车站小里程端为盾构接收端,大里程端为盾构始发端。车站主体结构为矩形框架结构,采用盖挖逆作法施工。主体结构横断面如图 2 所示。

根据工程勘察资料,车站范围内土层自上而下依次为素填土、杂填土、砾石、砾质黏性土、花岗岩。车站底板主要位于中风化花岗岩层,沿线上部地层主要为第四系松散堆积物层、冲洪积层和残积层。其中,堆积物层主要包含冲海积淤泥、淤泥质土和砂类土层;冲洪积层主要包含淤泥质土、黏性土、砂类土和卵砾石层;残积层主要包含黏性土和角砾土层。

在采用盖挖逆作法进行施工时,竖向支撑构件为钢管柱,西丽站盖挖段共设置 191 根钢管柱。西丽站北侧西丽枢纽范围内共采用 56 根钢管柱,直径为 1 m,厚度为 30 mm,钢管柱长度为 15.79~23.39 m。另外,西丽站主体结构范围采用的钢管柱共 135 根,由直径 1 m,厚度 30 mm、直径 1.2 m,厚度 30 mm、直径 1.4 m,厚度 40 mm 及直径 1.6 m,厚度 50 mm 组成,钢管柱长度为 31.06~45.79 m。钢管柱结构示意图如图 3 所示。



图 1 西丽站总平面

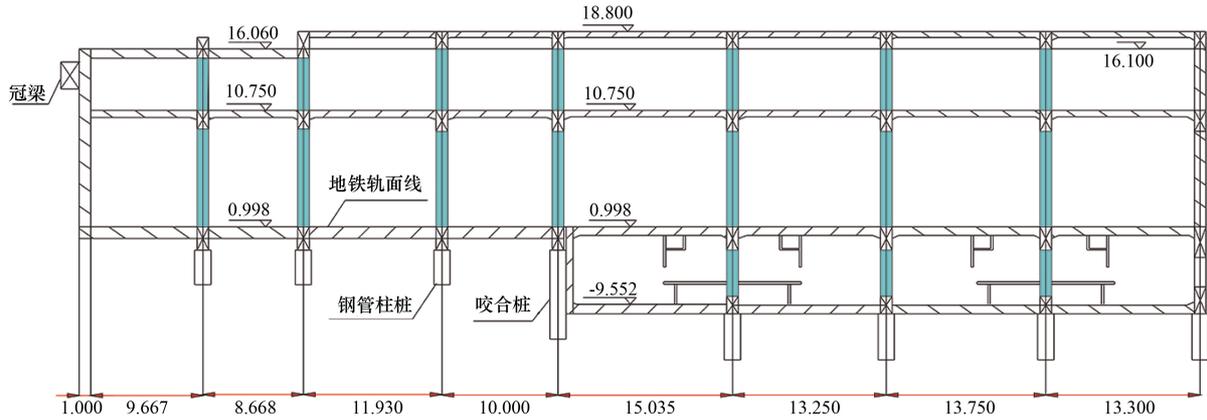
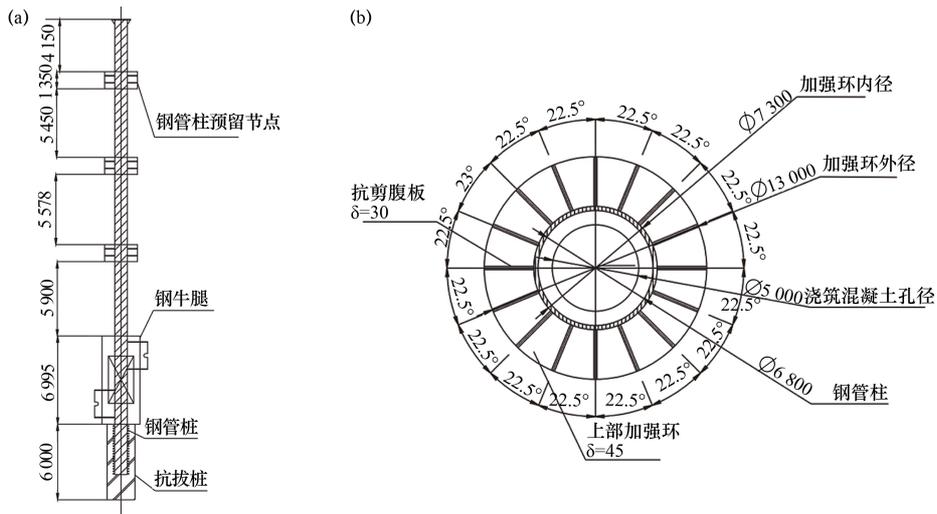


图 2 车站主体结构横断面

m



(a) 立面; (b) 剖面

图 3 钢管柱结构示意

mm

2 钢管柱施工工艺流程及重难点

2.1 工艺流程

盖挖逆作法钢管柱施工工艺流程是一项复杂

而精细的过程, 需要采取综合的技术措施和严格的施工管理, 以确保施工安全和结构质量。在整个施工过程中, 应密切监控地质条件、施工进度和施工质量。此外, 施工作业人员还应具备专业

的技能和经验，以应对施工中可能出现的各种复杂情况。总体施工工艺流程如图 4 所示。

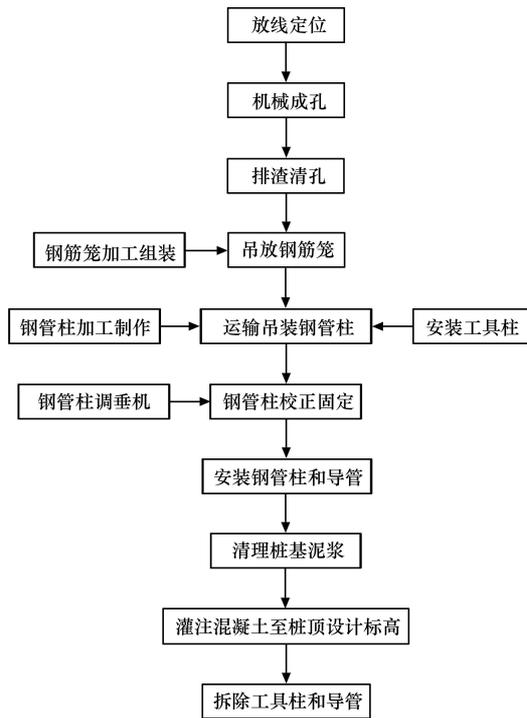


图 4 施工流程

2.2 施工要点

该地铁站施工项目采用三层框架结构设计，由于钢管柱的高度较长且直径较大，需要对钢管柱的吊装参数进行控制。吊装施工过程中涉及的工序繁多，确保施工人员的生命安全是首要任务。任何失误都可能导致严重的安全事故，如物体坠落，会危及人员安全，实施严格的安全措施能够最大程度地减少事故发生的可能性。此外，安全的吊装过程可以更有利于钢管柱的准确安装，这对于保证结构的整体稳定性和工程质量至关重要。

大直径超长钢管柱的垂直精度是柱身品质的关键指标。一方面，钢管柱一旦出现垂直度偏差会导致结构不稳定，增加结构的荷载分布不均匀，从而影响结构的整体安全和耐久性；另一方面，对钢管柱垂直度的高效校正固定和安装过程可以缩短施工周期，确保工程按时完成。同时，正确的校正固定和安装还可以减少后期因结构问题导致的返工和维修成本。因此，如何精确控制钢管柱的垂直度和安装质量是整个盖挖逆作法实施过程中的重点和难点^[10-12]。

3 钢管柱吊装

3.1 吊机选型

钢管组装后需要通过履带吊车利用两点起吊法进行钢管柱的吊装工作，钢管柱吊装的吊机选型是提高吊装过程的安全性和效率的关键。吊机的选型计算以南侧最重钢管柱为例，钢管柱长度为 45.78 m，重量为 113.14 t，工具柱长度为 13 m，起吊重量取为钢管柱、工具柱和吊具的总重 139.05 t。主副吊机的起吊高度可按式(1)计算。

$$H = h + h_1 + h_2 + h_3 \quad (1)$$

式中： H 为吊钩离臂杆顶端滑轮中心距离，m； h_1 为插管机高度，m； h_2 为吊点距离钢管柱底部长度，m； h_3 为预留作业高度，m。

根据上述参数，计算得到的主吊机的起吊高度 H_1 为 72.28 m，副吊机的起吊高度 H_2 为 37.35 m。在吊装时还需保证起重臂与地面夹角在 $70^\circ \sim 80^\circ$ 之间，起重臂长 L 可按式(2)计算。

$$L = H / \sin\theta \quad (2)$$

式中： L 为起重臂长，m； H 为主副吊机起重高度，m； θ 为起重臂与地面夹角， $(^\circ)$ 。

主吊机的起重臂长 l_1 计算为 76.91 m，则主吊机起重臂长取为 77 m；副吊机起重臂长 l_2 计算为 39.74 m，副吊机起重臂长取为 40 m。

根据工程实际，两点抬吊荷载分配应主要考虑起吊时的工况，起吊时主吊机承受钢管柱重量的 30%，副吊承受重量的 70%。由此可计算出主副吊机的最小起吊重量分别为 173.82、116.41 t。

通过综合考虑各方面因素，选择合理的主副吊机，可以确保钢管柱吊装的安全与高效。吊机的选型参数如表 1 所示。

表 1 主副吊机选型参数

吊机	类型	最小臂长/m	最小工作幅度不小于/m	额定总起重量/t
主吊	履带吊	78	16	400
副吊	履带吊	42	8	260
	履带吊	44	12	320

3.2 吊耳验算

为了减少在吊装荷载作用下钢管变形，钢管柱在组装后应对吊耳进行受力验算分析。在柱顶

位置焊接吊耳作为主吊机的起吊点,副吊机的起吊点则设置在连接缀板处,并在吊耳两侧焊接肋板,以避免钢管柱在吊装时发生侧翻。吊耳剖面图如图5所示。根据工程设计可得,吊耳的计算参数如表2所示。

吊耳板是连接吊装设备与大直径超长钢管柱的重要部件,其强度和稳定性至关重要。吊耳板的应力验算是确保吊耳板在吊装过程中能够安全承受荷载的关键步骤。对吊耳进行受力分析,吊耳的竖向荷载 F_V 、横向荷载 F_H 、吊索方向荷载 F_L 和吊钩孔径向弯矩 M 可分别按式(3)、式(4)、式(5)和式(6)进行计算。

$$F_V = K \times F_K \quad (3)$$

$$F_H = F_V \times \tan\alpha \quad (4)$$

$$F_L = F_V / \cos\alpha \quad (5)$$

$$M = F_H \times (L_h - R) \quad (6)$$

式中: F_V 为吊耳所受竖向荷载,N; K 为吊装的安全系数,取为1.72; F_K 为单个吊耳起吊重,N; F_H 为吊耳所受横向荷载,N; α 为吊索与吊耳竖向轴线之间的夹角,(°); F_L 为沿吊索方向荷载,N; M 为吊钩孔径向弯矩, $N \cdot \text{mm}$; L_h 为吊耳板高度,mm; R 为圆周外半径,mm。

吊耳板吊索方向的最大拉应力 σ_L 和最大剪应力 τ_L 由式(5)、式(7)和式(8)计算得到。根据《钢结构设计标准》^[13]对吊耳的应力进行验算,由式(7)和式(8)可知吊耳的应力满足要求。

$$\sigma_L = \frac{F_L}{[S \times (2R - D)]} = 98.83 \text{ MPa} \leq f = 205 \text{ MPa} \quad (7)$$

$$\tau_L = \frac{F_L}{[S \times (2R - D)]} = 92.88 \text{ N/mm}^2 \leq f_v = 120 \text{ MPa} \quad (8)$$

式中: σ_L 为最大拉应力,MPa; τ_L 为最大剪应力,MPa; S 为吊耳板厚度,mm; D 为吊钩孔直径,mm; f 为吊耳抗拉强度设计值,MPa; f_v 为吊耳抗剪强度设计值,MPa。

为了确保吊耳板与钢管柱之间的连接安全可靠,避免在吊装过程中发生焊缝断裂。因此,需要对吊耳板角焊缝进行应力验算。吊耳板角焊缝面积 A 采用式(9)计算。

$$A = L_p \times S \quad (9)$$

式中: A 为吊耳板角焊缝面积, mm^2 ; L_p 为吊耳板宽度,mm。

将式(3)、式(4)和式(9)代入式(10)和式(11)中,则可以分别得到竖向荷载下角焊缝的拉应力 σ_f 以及横向荷载下角焊缝的剪应力 τ_f 。在此基础上,角焊缝的弯曲应力 σ_{ab} 和组合应力 σ 则分别由式(12)、(13)计算得到。由式(10)~(13)可知,吊耳的角焊缝应力满足规范要求。

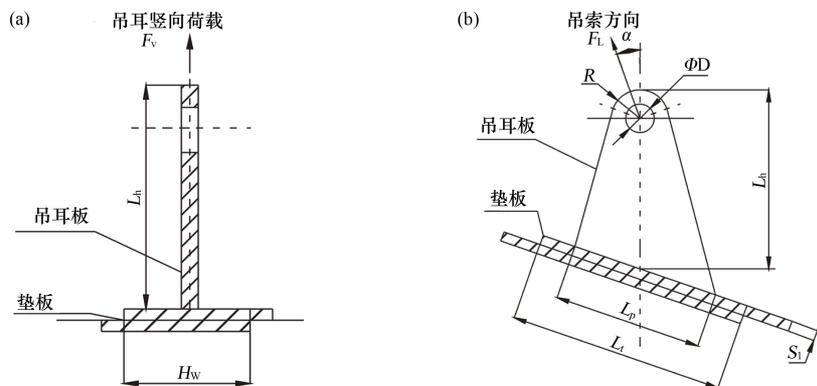
$$\sigma_f = F_V / A = 42.37 \text{ N/mm}^2 \leq \beta_f f_f^w = 244 \text{ MPa} \quad (10)$$

$$\tau_f = F_H / A = 116.41 \text{ N/mm}^2 \leq f_f^w = 200 \text{ MPa} \quad (11)$$

$$\sigma_{ab} = \frac{6M}{(S \times L_p^2)} = \frac{6 \times F_H \times (L_h - R)}{(S \times L_p^2)} = -116.4 \text{ N/mm}^2 \leq f_f^w = 200 \text{ MPa} \quad (12)$$

表2 顶部板式吊耳计算参数

角度 $\alpha / (^\circ)$	板宽 L_p / mm	板厚 S / mm	圆周外半 径 R / mm	板高 L_h / mm	垫板厚度 S_1 / mm	吊钩孔直径 D / mm	垫板长度 L_t / mm	垫板宽度 H_w / mm
70	300	30	200	100	30	24	560	280



(a) 侧面; (b) 正面

图5 吊耳剖面

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sigma_f}{\beta_f} + \tau_f^2} = 105.46 \text{ N/mm}^2 \leq f_f^w = 200 \text{ MPa} \quad (13)$$

式中: β_f 为角焊缝强度设计增大系数, 取为 1.22; f_f^w 为角焊缝强度设计值, N/mm^2 。

3.3 吊点设置

合理的吊点设置不仅可以确保被吊装钢管柱的平衡, 还可以减少吊装过程中钢管柱的晃动和变形。吊点的设置根据钢管柱所受弯矩确定, 钢管柱的弯矩图如图 6 所示。图中, M_1 、 M_2 和 M_3 分别为跨中弯矩、第一吊点弯矩和第二吊点弯矩, $\text{N}\cdot\text{m}$; L_1 、 L_2 和 L_3 分别为主吊起吊点长度、副吊起吊点长度和末端长度, m 。

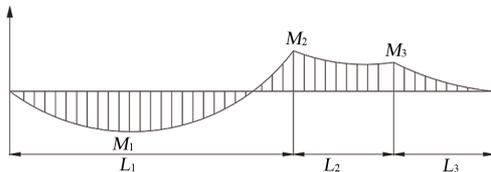


图 6 钢管柱纵向弯矩

根据弯矩平衡原理, 当正负弯矩相等时所受弯矩变形最小, 因此确定吊点位置应能确保钢管柱在吊装过程中产生的弯曲变形最小。根据《实用建筑结构静力计算手册》^[14], 跨中弯矩 M_1 和吊点弯矩 M_2 和 M_3 可由式(14)~(16)计算得到。

$$m = \frac{L_1}{L_2} \quad (14)$$

$$M_1 = K_1 q L_1^2, M_2 = K_2 q L_2^2, M_3 = K_3 q L_2^2 \quad (15)$$

$$M_1 + M_2 = 0 \quad (16)$$

式中: m 为长度系数; K_1 、 K_2 、 K_3 为内力系数, 根据《实用建筑结构静力计算手册》取 $K_1 = 0.0029$, $K_2 = 0.0235$, $K_3 = 0.0168$; q 为均布荷载, N/m 。

根据工程经验假设 L_2 与 L_3 相等, 求得 L_1 与 L_2 的关系式(17)和式(18), 最终求解得出吊点的设置位置即 L_1 为 26.82 m 以及 L_2 、 L_3 均为 9.48 m。

$$L_1 = 2.83L_2 \quad (17)$$

$$L_1 + 2L_2 = 45.78 \quad (18)$$

综上所述, 钢管柱的纵向吊点应选择靠近环板位置, 主吊点的位置长度通常是副吊点长度的 2.83 倍。为了简化工程操作, 建议主吊点的位置长度是副吊点的 3 倍。根据钢管柱环板的布置情况, 本工程吊装的起吊方式如图 8 所示。

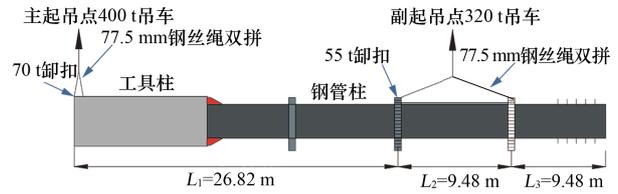


图 7 钢管柱吊点

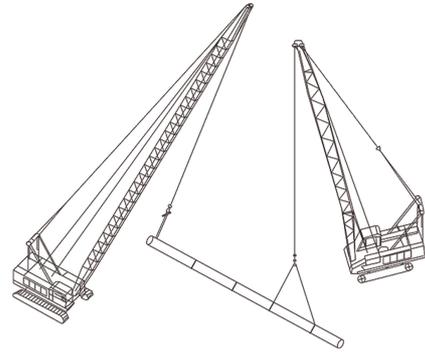


图 8 钢管柱吊装

3.4 起吊挠度验算

在吊装过程中, 钢管柱主要受到垂直向下的自身重力和向上的吊索拉力的作用。重力产生的应力沿钢管柱均匀分布, 而吊索拉力为吊索与钢管柱接触点位置的集中力。当钢管柱处于稳定状态时, 需满足力的平衡条件, 自重和吊索拉力会导致起吊点中间部位产生较大的弯曲变形。为了确保在吊装过程中钢管柱的变形不会超出允许范围, 需要对钢管柱的起吊挠度进行验算。当选取主起吊点位置长度是副起吊点的 3 倍时, 分析钢管柱的起吊最大挠度是否满足规范要求。采用有限元软件 Midas 对钢管柱进行数值模拟, 钢管柱使用梁单元模型, 对其施加重力荷载, 边界条件设置为简支。钢管柱变形分布云图如图 9 所示。

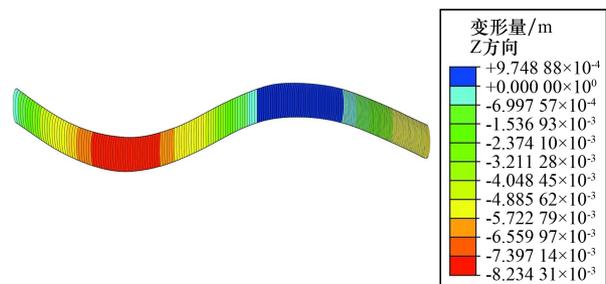


图 9 钢管柱变形云图

由图 9 可知, 钢管柱挠度最大值为 8.23 mm。根据规范^[13]要求可知, 钢管柱的最大起吊挠度 f_{\max} 应不大于钢管柱总长 $L_{\text{总}}$ 的 1/1 000。由式(19)可得, 钢管柱的桩身挠度满足要求。

$$f_{\max} = 8.23 \text{ mm} \leq [f] = \frac{L_{\text{总}}}{1000} = 45.78 \text{ mm} \quad (19)$$

式中: f_{\max} 为最大起吊挠度, mm; $[f]$ 为容许挠度值, mm; $L_{\text{总}}$ 为钢管柱总长, mm。

4 钢管柱的校正固定和安装调垂

4.1 钢管柱的校正固定

钢管柱安装之前应进行校正, 主要包括初次校正和二次校正。初校是对接口定位轴线、钢管柱的标高、扭转及牛腿拼接校核。钢管柱对接口定位轴线可能出现错口或错边, 应调整接耳板内侧的垫板厚度, 以使得钢管柱错口偏差值在允许范围内。钢管柱标高校正通过调节对接口处上下耳板孔位置, 同时在对接口处嵌入铁楔块, 从而将柱顶标高偏差控制在 $\pm 5 \text{ mm}$ 以内。在钢管柱拼接后牛腿位置与钢梁轴线不在一条直线时, 应对钢管柱进行扭转校正。当钢管柱和牛腿拼装偏差较小时, 可在耳板位置处加设垫板调节; 当拼装偏差较大时, 采用千斤顶对钢管柱侧面临时固定耳板进行扭转校正。在对牛腿拼接校正过程中, 应确保已焊接牛腿部分和需焊接牛腿部分的对位偏差满足工程实际要求, 以避免牛腿发生施工错位, 牛腿焊接校正示意图如图 10 所示。

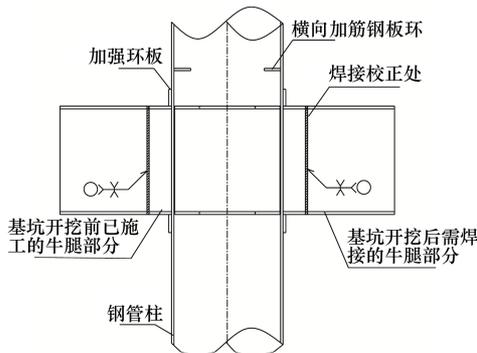


图 10 牛腿焊接校正

二次校正主要为了复核钢管柱拼装的垂直度, 在对接耳板一侧打入钢楔或用千斤顶同步调节两个方向垂直度, 并考虑对接焊缝收缩的因素。根据工程实践, 应确保钢管柱对称焊接和梁端焊接收缩变形对钢管柱垂直度的影响偏差控制在 $2 \sim 4 \text{ mm}$ 范围内。在完成二次校正后, 应对 4 个方向的对接临时耳板和连接板之间进行焊接固定, 施工后期时再对其进行整体切割拆除^[15]。

4.2 钢管柱的安装调垂

通过 HPE 液压垂直插入机可以更精准完成钢管柱的安装。HPE 液压垂直插入机是由液压定位器、垂直仪、两个液压定位器、两个垂直插入系统以及上面水平调校装置和垂直调校装置组成如图 11 所示。HPE 液压垂直插入机的适用范围如表 3 所示。

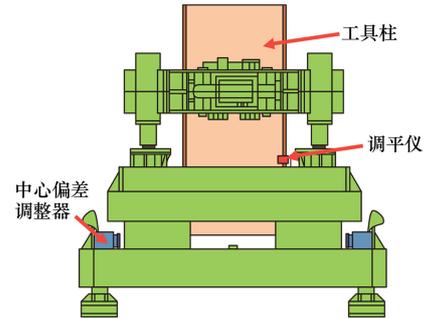


图 11 液压垂直插入机

表 3 HPE 液压插入机应用范围

适用范围	要求	备注
垂直度	$\leq L/1000$	钢管柱长度/m
直径	$\varnothing 300 \sim 2500$	钢管柱的直径/mm
深度	≤ 50	钢管柱的长度/m
重量	≤ 80	钢管柱的重量/t

钢管柱在插入时, HPE 液压垂直插入机应准确就位, 在完成水平定位后, 通过调整垂直调校装置以调整钢管柱的垂直度。然后, 插入机液压定位器将钢管柱抱紧, 利用两点定位原理对点位进行复测并实时检查钢管柱自身的垂直度。最后, 可对钢管柱进行定位安装。盖挖逆作法施工钢管柱及其他构件的安装或使用前允许偏差应符合相关规范^[16,17], 表 4 为钢管柱定位安装要求的精度。

表 4 钢管柱定位安装精度

序号	检查项目	允许偏差
1	立柱中心线和基础中心线	$\pm 5 \text{ mm}$
2	立柱顶面标高和设计标高	$+0 \text{ m}, -20 \text{ mm}$
3	立柱顶面不平度	$\pm 5 \text{ mm}$
4	各立柱不垂直度	长度的 $1/1000$ 且不大于 15 mm
5	各柱之间的距离	间距的 $1/1000$ 且不大于 7 mm
6	各立柱上下两平面相应对角线差	长度的 $1/1000$ 且不大于 20 mm

在满足安装要求后,对钢管柱进行插桩,利用插入机上下依次环抱钢管柱,在上下两个液压垂直装置的驱动下,将钢管柱垂直插入至桩基混凝土中,以此往复上述操作,直至将钢管柱安装至设计标高。同时通过调垂机对钢管柱自身垂直度进行纠偏,保证垂直度满足施工精度要求^[18-19]。在调垂机的液压装置将钢管柱下压过程中,液压千斤顶的最大行程需设置为 50 cm。在达到最大行程时,下部液压抱紧装置将钢管柱固定,上部液压抱紧装置松开后向上提升至顶部抱紧固定,再松开下部抱紧装置并提升至顶部后抱紧。

使用两台全站仪从两个方向复测钢管柱垂直度,不满足垂直度要求时应调整垂直插入机的水平度,以将钢管柱精确插入至孔中^[20]。现场调垂机复核钢管柱的定位,如图 12 所示。采用激光测垂仪复核柱身垂直度,并结合工具柱对钢管柱进行固定支撑和辅助校正。钢管柱的安装控制高度应根据其距离地表高度确定,采用红外线激光标线仪定位到标高控制线,标线仪间距应不大于 2 m。在 HPE 垂直液压插入机插入完成后,且桩基混凝土已完成初凝,使用大粒径碎石回填钢管柱周围空隙,将钢管柱固定在护筒平台上。混凝土完全初凝,切割工具桩并将插入机移位。



图 12 调垂机现场复核

5 结 论

(1) 吊机宜选取大臂长并且起重能力强的履带吊,并确保主副吊起吊能力的 80% 大于钢管柱总

重,主副吊机的臂长与地面夹角应设置为 $70^{\circ} \sim 80^{\circ}$,吊耳的拉应力、剪应力以及角焊缝的拉应力、剪应力和组合应力验算满足规范要求,主起吊点位置长度设置为副起吊点的 3 倍以使柱身变形最小。

(2) 在钢管柱安装之前,应进行初次校正和二次校正。初次校正可以确保钢管柱的对接口定位轴线、标高、扭转以及牛腿拼接均符合工程精度要求;二次校正则主要是对钢管柱拼装的垂直度进行复核,以保证其精确到位。

(3) 通过 HPE 液压垂直插入机完成对钢管柱的安装调垂,并结合调垂机对钢管柱的垂直度进行校核。在插入过程中,应严格控制钢管柱的安装标高,使用调垂机进行精度纠偏,从而不仅能够提高施工效率而且能确保施工过程中的安全风险可控。

参考文献:

- [1] 苏卜坤,姜燕,姚丽娜. 深圳市某大型地铁站盖挖逆作法设计探讨[J]. 岩土工程学报,2012,34(增刊1): 728-734.
- [2] 赵玉玺. 盖挖逆作法地铁车站方形中间桩柱定位技术[J]. 隧道建设,2013,33(7):607-614.
- [3] 炊鹏飞,梁俊峰,王守龙,等. 盖挖逆作法地铁车站中间柱及基桩施工技术[J]. 铁道建筑,2013(5):84-86.
- [4] 徐强. 盖挖逆作法钢管柱施工工艺在地铁建设中的应用[J]. 现代隧道技术,2022,59(增刊2):144-150.
- [5] 马瑶林,凌涛. 盖挖逆作法地铁车站钢管柱姿态控制技术[J]. 工程建设,2021,53(11):56-61.
- [6] 刘义,宋大勇,马振鹏,等. 盖挖逆作法钢管柱安装施工技术[J]. 工程技术研究,2022,7(9):77-79.
- [7] 石海良. 超深大直径钢管立柱桩施工控制技术[J]. 湖南交通科技,2019,45(3):178-182.
- [8] 唐剑,付洵. 大型地铁站基坑盖挖逆作中间立柱施工关键技术[J]. 铁道建筑,2011(11):56-58.
- [9] 郝广成. 盖挖逆作法地铁车站钢管柱安装定位施工技术[J]. 施工技术,2016,45(增刊2):210-213.
- [10] 刘吉福,郭舒洋,肖昌建. 管桩垂直度偏差检测及其对竖向承载力的影响[J]. 广东公路交通,2015(5): 39-42.
- [11] 王蒙,张泽鑫,王斌阳. 盖挖地铁车站钢管柱垂直度控制关键技术[J]. 天津建设科技,2023,33(5):40-43.

- [12] 李鹏飞. 盖挖逆作法地铁站钢管柱人工定位施工技术[J]. 城市道桥与防洪,2022(12):186-189.
- [13] 钢结构设计标准:GB 50017—2017[S]. 北京:中国建筑工业出版社,2017.
- [14] 国振喜,张树义. 实用建筑结构静力计算手册[M]. 北京:机械工业出版社,2009.
- [15] 黄立夏,张子明,庞豹. 超高层钢结构钢管柱施工技术探析[J]. 江西建材,2023(11):266-268.
- [16] 地下建筑工程道作法技术规程:JGJ 165—2010[S]. 北京:中国建筑工业出版社,2011.
- [17] 钢结构工程施工质量验收标准:GB 50205—2020[S]. 北京:中国建筑工业出版社,2020.
- [18] 刘义,宋大勇,马振鹏,等. 盖挖逆作法钢管柱安装施工技术[J]. 工程技术研究,2022,7(9):77-9.
- [19] 何帅. 地铁站中间桩施工技术[J]. 工程建设,2017,49(6):70-72.
- [20] 夏源. 盖挖逆作法钢管混凝土柱高精度调垂技术研究[J]. 施工技术(中英文),2022,51(7):128-31.

(上接第62页)

4 结论

通过上面对两种方案的各方面对比分析,可以发现都满足理论安全情况下,“三跨单层贝雷梁”方案在工程造价、支架吊装施工等方面都要比“单跨双层贝雷梁”优异,更加贴合施工现场。所以在实际工程中,应结合施工环境,充分利用现有的条件,合理进行钢管支架优化设计,达到安全、经济、合理。本项目针对跨越同步建设的桥梁,充分利用箱梁作为钢管支架基础,从而降低贝雷片跨度,优化贝雷片数量,符合安全、经济、合理的设计思路,取得了良好的社会、经济效益,可为类似项目提供一定参考。

参考文献:

- [1] 冯猛. 高速铁路大跨度门式墩盖梁支架施工技术的研
究与应用[J]. 道路工程与桥梁,2020(5):115-116.
- [2] 金鑫,何义. 门式墩贝雷梁支架体系设计及验算[J]. 施工技术,2014(2):143-145.
- [3] 张艳. 跨线门架墩盖梁支架设计及若干问题探讨[J]. 工程建设,2020,52(6):71-77.
- [4] 王勉. 跨铁路门式墩横梁斜腿支撑现浇支架设计[J]. 中国水运,2019(5):204-206.
- [5] 李亮亮. 公铁合建桥双层门式墩钢管支架施工方案优化[J]. 工程技术研究,2021(4):62-63.
- [6] 高忠虎,赵文玉,吴忠铁,等. 某门式墩贝雷梁钢管支架施工仿真分析[J]. 城市道桥与防洪,2020(5):177-179.
- [7] 钢结构设计标准:GB 50017—2003[S]. 北京:中国建筑工业出版社,2017.
- [8] 周水兴,何兆,邹毅松,等. 路桥施工计算手册[M]. 北京:人民交通出版社,2001.
- [1] 冯猛. 高速铁路大跨度门式墩盖梁支架施工技术的研