

复杂地质情况下的大直径超长钢管柱施工技术研究

梁鹏

(中铁十四局集团隧道工程有限公司, 山东 济南 250000)

【摘要】根据钢结构建筑的特点,选择合适的结构形式是十分必要的。以大直径变截面钢管结构设计为目标,结合标准钢结构工程大直径纵弧焊设计的实施,提出了超长钢管柱施工的设计。

【关键词】地质;钢管柱;大直径;超深;现状分析

一、引言

随着深圳市城市轨道交通建设的快速发展,地铁建设的各个方面都需要进行技术创新,缩短建设周期,以适应当前的环境。地铁方案的实施占整个建设周期的70%,现阶段的工艺改造和技术创新可以大大缩短施工周期。由于施工环境条件复杂,深基坑施工必须选择逆施工。钢柱立柱定位技术是施工方法的重要技术组合,在过去的十年里,在改进柱基施工技术和耐久性立柱布置设计方面取得了巨大进展。施工时间显著缩短,施工质量和结构安全性显著提高,在我国钢柱安装施工工程的研究中,人工二次定位法是首创的,科学家在《地铁车站钢管柱上下挖灌法施工技术》一文中总结了人工二次定位法在钢管柱施工中的经验。廖浑在钢管混凝土柱建设工程定位工程中,对钢管混凝土柱的技术要点进行了调研和总结。基于人工支持的定位方法,研究人员继续他们的研究,并继续使用成熟可靠的方法。其次,陈立民总结了根据PBA方法设计的一系列钢管。这是HPE设计方法的初步应用,从那时起,许多科学家开始深化和优化这种施工方法。

二、复杂地质钢管柱施工的现状

(一) 工程概况

东门路站钢管柱柱下桩基础采用 $\Phi 1800\text{mm}$ 钻孔灌注桩,钢管柱柱下桩基础混凝土采用水下C35P10缓凝混凝土,钢管柱内灌注C50无收缩混凝土,加HE型混凝土微膨胀剂。永久钢管柱为直径1000mm、壁厚20mm钢管,采用Q355B钢材。东门路站二期钢管柱20根;根据设计图纸及控制要求,钢管柱柱下桩基础桩长5m~13m(具体长度根据实际岩面标高确定)。

(二) 现有施工技术存在的问题

钢管混凝土柱内部结构复杂,难以保证混凝土的施工质量。我国常用的钢管混凝土柱无桩、无膜、无钢筋,施工更加方便。钢管混凝土柱内部结构复杂,施工质量难以保证。现有技术未考虑混凝土喷射对钢板残余应力的影响。钢柱的过度使用影响了钢柱的正

常使用,但现有的施工技术对这种影响没有给予足够的重视。现有技术未考虑钢筋、混凝土和钢结构的协调。钢管混凝土柱体积大,需要焊接多个水平焊接构件。为了便于钢结构的焊接施工,控制钢筋的粘结位置和混凝土的浇筑位置是一个需要解决的问题。目前还没有关于钢管混凝土复合材料(三层垂直和水平薄膜以及内部钢筋)的相容性和剥离的成熟实验经验。现有技术中,钢管混凝土的检测一般采用超声波检测。本工程钢管混凝土结构复杂,无法进行超声波检测。现有的焊接工艺没有考虑焊接温度对钢管混凝土质量的影响,因此本工程有必要对外焊接钢管。

(三) 大直径永久钢管柱施工新技术

为解决深圳市轨道交通问题,换乘站主体结构采用外部反求设计方法,结构柱主要为钢管桩提升柱。首先,使用施工方法为高压进水法安装钢管柱。钢管混凝土柱端部设置完毕后,将钢管混凝土柱外围放入带填料中。

设计原则,钢管柱在油压嵌件上垂直上升,钢管柱和油压嵌件保持固定,然后测量钢管柱的垂直度。因此,上、下油压垂直插入装置同时动作,立柱钢管固定牢固后,油压定位器向上旋转,立柱钢管由两个垂直油压插入装置向下引入。重复上述步骤,直到插入设计深度。通过人工二次施工,基本解决了各种安全质量问题。

施工工艺,这种方法的构造局部喷射混凝土,HPE液压立管的定位,垂直液压插管机安装位置的调整。使用空心钢柱,垂直压力油管插管钢管柱安装,钢柱与上柱的紧固,垂直液压置换插管,钢柱回填及地基处理,拆除钢制外壳等处理方法。

三、大直径超长钢管柱施工技术

(一) 施工技术内容

放点:根据坐标点,确定以“交叉模式”为主的桩位坐标点,并用短钢筋保护桩。施工部门要求在修理后进行检查。修缮合格后,建设部向管理单位申请完工并进行现场检查。

全回转钻孔定位：确定桩的安装位置后，调整钻机的定位中心，设置钻机定位中心，工作只能根据一致性进行，重复上述步骤，直到中心调整设备的均匀性。钻井安装完成后，设计单位必须进行复核，并报给监测单位核实确认。

根据桩径选择合适直径的钢制壳体，建议使用直径为 1.88m 的钢制外壳。使用前检查并更改箱子的垂直度，首先确认并校正外壳部分的垂直度，并将垂直偏差设置在 1/1000 以下。然后通过桩长、桩号和标记零件检查整个壳体的垂直度，并按顺序组装。

矩形测量和调整：旋转机器配置完成后，进行旋转钻孔，回转驱动套管的同时下压套管，同时按压壳体，实现快速壳体钻孔。在钢制外壳开挖期间，应使用全站仪测量垂直度。桩身挠度必须小于 3/1000，控制度在 15mm 以内，垂直度必须小于 15mm。

钢结构监测：套管压入超前，冲挖斗或旋挖钻取土依次进行。软层的标高比钢制外壳底部高出 2m，并在 19.5m 或 21.5m（地面以上 0.9m）以下延伸 19.5m。在开挖过程中，实时测量地下土层的高度，用绳尺测量地壳高度和深度，并反算地下入土穿透深度。在距离稳定层 2 米处钻孔后停止跟进。根据地勘资料，钢套管地下埋深大于 19.5m，已穿过淤泥质粘性土及粉质砂层且进入黏性土或全、强风化地层，且未进入抗拔桩范围，满足软弱地层全套管跟进方案。针对套管底部已进入强风化地层 1m 以上采用干成孔工艺；套管底部处于非岩性地层，泥浆高度不应低于周边地层地下水位高度，根据地勘资料及实际钻进经验，本车站范围内地下水位高度位于地表以下 2.5m。套筒底岩性根据实际钻进取土岩样由现场技术负责人与监理判定。

旋挖钻机成孔：当壳体深度满足上述条件后，如果壳体底部未穿透岩层，则将碎屑放入钢管中的壳体中，使碎屑高度不低于周围地下水位的高度。检查旋转半径内是否有影响旋转的障碍物。钻孔前必须平整，适合干孔成型工艺。为保证钻头就位后钻头中心位置、钻台平面度、钻具系统平均导轨小于 1mm，应仔细找平钻头。

孔深的确定：在进行桩基打孔时，孔深 $\geq 1\text{m}$ ，柱间距不小于 5m。如果未进入岩层，则必须按照图纸的长度进行施工。并通知管理人员报告监理与设计单位；钻至岩层时与成孔后均需通知施工单位报告监理单位及勘察单位，对岩性、孔深复核确认。

全过程中加强对钻孔垂直度的量测，必须保证量测次数不小于 3 次。除了机器的自动控制外，还必须检查终端的直角测量。钻孔深度达到设计深度时，钻孔深度合格，并将孔口处杂物清理干净方可进行下道工序。清孔后，孔底沉淀物不得大于 50mm。

钢筋笼制作与吊放：柱下桩径 1.8m，钢筋层厚度 7cm。桩顶固定在 0.98M（35d）的近梁上，箱底在 0.8m 内弯曲，主筋外螺旋箍筋采用 10mm 盘条，间距 200mm。另在钢筋网内侧对称均匀布置 4 根声测管（未保证桩基检测，声测管设置 8 根），下端埋设至桩底，上端高出桩尖 750mm，4 根声测管管口高度保持一致。

浇筑桩基混凝土：安装钢筋笼完成后，由施工单位及监理单位复核确认，无误后安装导管及料斗，导管底距孔底 300mm ~ 500mm。桩基混凝土采用水下 C35P10 缓凝混凝土（缓凝 48h）。浇筑前，将薄膜放入混凝土料斗中。料斗装满混凝土后，薄膜沿着管道不断下落。在浇筑过程中，确认下端埋在距混凝土表面 2.6m 的地方。在浇筑过程中，重新设计混凝土，并与施工单位和监测单位确认。首先浇筑混凝土，混凝土浇筑时同时在地面留置用于判断混凝土是否初凝、终凝的砣。

钢管柱的安装，钢管柱在基础浇筑混凝土后立即安装，钢柱安装前，应重新测量各站柱的位置和高度，并将钢壳侧面和其他受保护的固定点引导至施工现场。

采用 100 吨自由吊和 50 吨汽车吊吊装两点，确保吊装完成，两台起重机在纠正钢柱偏差方面起着重要作用。柱吊离地面后，利用重心偏移原理，由水平起吊转化为垂直吊装，方便入孔。用吊车吊放，入孔时应慢放，严禁高起猛落、碰撞和强压下放。入孔过程中当泥浆浮力大于钢管柱自重时，采用挖机或旋挖钻机下压至设计标高，用型钢将钢管柱固定在钢套筒内壁。

插入过程中用泥浆泵将钢管柱内泥将抽至孔外泥浆池内回收利用。

采用型钢底座和十字坡型钢板组成的定位器，由作业人员下至桩孔内进行安装。钢管套置于钢管柱底部。安装钢柱时，柱底钢套定位器坡型钢板引导滑落至定位点上，完成钢柱的安装。

钢柱的吊装和布置，钢柱安装完毕后，开始钢柱施工。为使预设定位器平稳滑动，将钢管置于定位器下方。然后测量钢柱上开口的高度，以确定钢环是否应用于钢柱的中央工字梁。

在钢管柱插入至设计标高且柱下桩基础混凝土初凝后，钢管柱管口采用钢板封口，钢管柱四周相向、均匀回填，直至顶梁牛腿下 1~2m，并加水密实，拆下工具杆与钢管之间的连接螺钉。

钢管柱安装过程中注意对声测管的保护，吊装入孔时钢管柱预留孔槽与声测管对准，当声测管穿过定位法兰及牛腿预留孔槽时，严禁钢管柱旋转。下放钢管柱内钢筋笼：钢管柱内安装钢筋笼，保证钢筋笼顶标高满足设计要求（低于顶板顶面或顶板梁顶面

300mm、高于钢管柱顶面 1600mm)。

(二) 钢管柱施工注意事项

钢管柱桩基础施工应满足以下要求:

钢筋原材采用 HRB400E、HPB300 热轧钢筋,采用热轧工艺生产高强度钢筋。钢筋笼主筋采用接驳器连接,接驳器必须是合格产品,并应符合设计及施工规范要求,应先进行现场试验送验,合格后方可使用,性能等级不低于 II 级。同一连接区段内接头面积百分率不大于 50%。钢筋接头车丝长度为接驳器长度一半,且应保证两根钢筋居中对齐接驳,连接紧密后外露 1-2 丝。埋桩主筋的纯保护层为 70mm,焊接在主筋上,焊接苯乙烯和模具环非常困难。

钢筋笼焊接不允许出现烧筋,且焊缝长度双面焊不少于 5d,单面焊不少于 10d,宽度不少于 0.8d,厚度不少于 0.3d。钢筋焊接过程中应及时清除焊渣,钢筋笼螺旋筋与主筋采用点焊,焊接必须牢固。钢筋笼制作的允许偏差必须符合《基础施工质量保证规范》

(gb50202-2018)的相关规定。桩位平面控制采用 GPS 定位,在打桩过程中,GPS 直接测量打桩槽中桩的平面位置坐标,并与设计坐标进行比较,将桩槽移动到设计位置,并根据辅助规则在两个正交方向上控制桩的垂直度,钢管桩必须通过 GPS 再次确认。

混凝土破裂必须严格按照设计要求或规范进行处理,在搅拌混凝土之前,必须检查其结构和流动性。确保混凝土浇筑的连续工作立即完成。在混凝土浇筑过程中,应经常测量混凝土的高度,随时掌握导管埋入深度,避免导管埋入过深或导管脱离混凝土面。

混凝土浇筑导管接头用螺纹连接方式并加 O 型密封圈,为了防止空气和水泄漏,接头必须关闭,用完后要清洗干净,丝扣要上油。

(三) 应用效果

这种施工方法大大提高了施工质量,与深圳市城市轨道交通建设采用的人工二次定位方法相比,施工精度有了质的飞跃。深圳市城市轨道交通在建设过程中,大部分工作是人工完成的,因此出现了一些设计错误。在施工过程中,由于精密仪器和施工机械的完成,在钢柱下安装了位移传感器,用于检测钢柱的垂直度,并将信号反射到计算机中。为保证施工质量,钢管柱的插入直角符合要求,保证直角,检查钢柱垂直度,设计误差小于 1/300。

施工过程也有了很大的改进。这种施工方法由先进的施工机械组成。与深圳市城市轨道交通建设枢纽二级站人工布置施工技术相比,施工方案简单,施工速度快。单根钢管柱的平均安装时间从一周左右缩短到 24 小时以下。

在投资管理方面取得了重大成就,这项建筑法大大减少了对建筑材料和服务的投资。例如,投资成本已经降低了 30% 以上,因为钢管柱不必人工掩埋以保护和建造跟踪设备。

钢柱安装技术的创新极大地提高了深圳市城市轨道交通地铁建设站分区工程的安全性、质量、进度和投资。因此,该工艺具有广泛的实用价值和应用可能性。

(四) 安全、环保措施

安全措施:钻机上有许多移动负载,定期观察和检查钻机。如果检测到较大的沉降值或变形,必须按计划及时处理,制定安全应急预案,并进行相应的培训。

环境保护措施:严格执行《国家环境保护法》和《水土保持法》相关规定的建设项目,在当地环境保护部和建设单位批准的范围内进行。我们将继续以“公共用水保护”为重点,加强“水污染防治”管理。施工期间,污泥被回收利用。埋在地下的开挖渣储存在特殊的储存区域,以防止水污染和环境破坏。保护湿地植被、水环境、大气环境、自然生态环境、土壤结构、自然保护区、维护生态平衡。

四、小结

通过深圳市城市轨道交通建设钢管柱基技术的研究,探讨了桩基技术的技术特点和管理要点。大口径伸缩管道施工质量管理是一项必须认真考虑和组织的重要工作,根据大直径桥梁桩基施工的特点和施工的地质条件,必须采取有效的技术措施,科学消除施工过程中的各种隐患,防止安全事故发生,确保桩基施工优质高效完成。桩基施工需要检查柱的外观质量,以及运输过程中是否有损坏。为了保护柱基的防腐层,必须调整与钢管桩接触部分的橡胶垫。如果保护层断裂,受损部分必须使用与防锈涂层相同的材料进行修复,涂层厚度必须小于施工厚度。

参考文献:

- [1] 李彪. 地铁车站盖挖逆作法钢管柱施工技术 [J]. 施工技术, 2018(37): 23.
- [2] 廖寰. 浅谈钢管柱混凝土施工技术 [J]. 城市建设理论研究, 2019(28): 12.
- [3] 陈丽敏. PBA 工法钢管柱施工技术 [J]. 国防交通工程与技术, 2019(1): 12.
- [4] 陈敏. 地下交通枢纽钢管柱逆作定位安装浇筑施工工法 [J]. 北京: 国家二级工法, 2018 (05): 23.

作者简介: 梁鹏, 出生年月: 1988.04, 性别: 男, 民族: 汉, 籍贯: 山东济南, 学历: 本科, 职称: 工程师, 研究方向: 城市轨道交通土建施工方面。