

# 盖挖逆作法地铁车站钢管柱施工关键技术研究

刘文斌

中铁建大桥工程局集团第二工程有限公司，江苏南京，210000

**摘要：**城市地铁车站多位于繁华的市中心，人流、车流密集，盖挖法车站分期调流实施，对周边交通等影响较小，愈来愈受到地铁建设者的推崇。钢管柱作为车站施工过程的中间支撑柱，在施工过程中承受盖板及盖板上方面路面的荷载，车站主体封闭后，钢管柱作为车站永久结构柱，施工质量极其重要，关系到整个地铁车站的稳定及安全。

**关键词：**地铁车站；盖挖逆作法；钢管柱施工；关键技术

**中图分类号：**U257.3

**文献标志码：**A

## 0 引言

在当前的地铁车站施工中，盖挖逆作法已经得到了广泛的应用，主要是因为这种施工技术有着很多的优势。盖挖逆作法属于地下工程中的施工方法。在支撑基坑完全开挖的前提下，针对地下车站周围的护桩、主体结构桩施工，利用它的支撑作用将结构改变放在围护桩、混凝土桩的上面，从上到下对土方实施处理。本文主要围绕以下几点技术阐述。

## 1 盖挖逆作法

### 1.1 盖挖逆作法概念

盖挖逆作法对地下车站周围的护桩、主体结构桩施工，利用它的支撑作用将结构改变放在围护桩、混凝土桩的上面，从上到下对土方实施处理。

### 1.2 盖挖逆作法施工技术的优势

在当前的地铁车站施工中，盖挖逆作法已经得到了广泛的应用，主要是因为这种施工技术有着很多的优势。盖挖逆作法的优势主要体现在以下几方面：

(1) 耗时短。在地铁车站的地下施工中，运用盖挖逆作法进行建设，可以在顶板的强度满足

相关的要求以后，进行开挖土方的回填工作。通过这样的方式，就可以最快的速度，恢复施工路面的交通，不仅可以缩短占地的施工时间，还能够减低对人们出行的影响。

(2) 安全性。采用盖挖逆作法进行地铁车站的施工，由于遵循由上至下的施工原则，所以建筑结构的主体就能够作为支撑结构。在这样的施工环境中，地铁车站自身的支撑强度，会随着建筑工程的进度而不断增加，进而提高施工过程中的安全性<sup>[1]</sup>。

(3) 环保性。在对地铁车站进行施工的过程中，主要的施工项目集中在地面以下，加之盖挖逆作法施工技术的应用，会在地面覆盖顶板，所以在施工的全过程中，周围的环境并不会受到噪音、灰尘等因素的影响，说明盖挖逆作法具有较强的环保性特征。

(4) 随意性。采用盖挖逆作法进行地铁车站的施工，施工的目标环境位于地下，同时地面设置了顶板，因此整体的施工环境较为封闭，基本不会受到雨雪天气、高低气温等因素的影响，使得地铁车站的施工具有明显的随意性。

(5) 成本低。将盖挖逆作法应用在地铁车站的施工中，由于上述几点优势的影响，所以能够有效节省施工所需的成本，有利于施工单位获取更多的经济效益。

## 2 钢管柱施工工艺

### 2.1 HPE垂直液压插入法

由于现有一些钢管柱安装装置及设备存在柱中心位移精度调整困难或达不到设计要求,采用全回转钻机结合万能平台组合使用,能实现钢管柱的插入过程中交替进行抱紧夹持和松开过程。全回旋钻机和万能平台都具有四个可升降油缸,可以独立或者同时进行油缸升降、调节钢管柱插入垂直度。该工法钢管柱垂直度精度高,施工易于控制,具有良好的经济效益和社会效益,是目前逆作法垂直插入钢管柱工法的要求。

### 2.2 HPE垂直液压插入法原理

钢管柱垂直度偏差为1/1000,精度要求高。

为保证一柱一桩的垂直度,采用全回旋钻机插桩工艺进行钢管柱的安装。通常一台旋挖钻机成孔,配备1台全回旋钻机和2套万能平台进行钢管柱插入。

HCL-1500全回转钻机有上下两层加紧装置,可交替进行抱紧下插作业,本工程直径800mm钢管柱采用JAR-210全回转钻机自行安装。将JAR-210全回转钻机安放孔口通过定点式水平位移计传输到电脑上的数据进行精确调平,并精确对中,准备工作就绪后使用200T履带吊进行吊装插入,钢管柱起吊后穿过JAR-210全回转钻机中心下放至砵上方50cm的位置后,用无线传输定点式测斜仪(测量精度 $<0.1\%$ )对钢管柱进行垂直度校准,使用JAR-210全回转钻机进行精确微调保证钢管柱的垂直度,然后用JAR-210全回转钻机自带的上夹持装置抱紧钢管柱,下夹持装置松开开始安装,一个行程后使用下夹持装置对钢管柱进行夹持固定,松开全回转的上夹持器,全回转钻机回升复位,然后交替进行抱紧下插进行下插安装。安装到位后,JAR-210全回转钻机上下夹持装置同时抱紧送桩钢管柱。

### 2.3 钢管柱设计安装方法

桩心放线定位,全回转万能平台就位→全回转钻机调平,桩位复测→工具柱及钢管柱起吊

→钢管柱垂直放入全回转钻机至工具柱位置→全回转组钻机垂直压入钢管柱至设计标高→万能平台加紧钢管柱,全回转平台移除→钢管柱外回填→浇筑钢管柱内混凝土→拆除万能平台、工具管起吊→孔口回填、拔出护筒。

控制要点:

(1) 在护筒上放置对中平台,吊装并放置万能平台,由测量人员对钢管柱进行中心放样,施工作业人员拉出万能平台的十字中心,再一次进行吊装万能平台使钢管柱中心与十字中心重合,对万能平台进行微调加固<sup>[2]</sup>。

(2) 全回转钻机调平:待万能平台调平结束之后,使用履带吊将全回旋钻机支腿缓慢平稳地嵌入万能平台的支腿定位环内,使钻机中心与桩位中心对中。(确保插桩平台,桩位点,全回旋钻机中心点3点共线)。

(3) 准备工作就绪后使用履带吊主吊和履带吊副吊对钢管柱进行抬吊,钢管柱起吊后穿过JAR-210全回转钻机和插桩平台中心下放至砵上方50cm的位置,钢管柱柱在安放过程中缓慢放置,避免碰到钻机平台。(与钢管柱之间采用法兰盘+螺栓进行连接,在连接处涂刷聚氨酯防水材料)。

(4) 用JAR-210全回转钻机的夹持装置抱紧钢管柱开始安装插入。

(5) 全回转钻机垂直压入钢管柱至设计标高(全回旋以及万能平台同时抱紧工具管)放置两台全站仪东西、南北向各一台成 $90^\circ$ 每行程0.75m一测回,来控制钢管柱垂直度。

(6) 待钻孔桩孔内混凝土浇筑完12小时后,万能平台上的夹紧装置夹住工具管,移除全回旋装置。

(7) 桩内混凝土养护12小时达到初凝,然后进行砂石料的回填,开始向钢管柱四周回填砂石。回填时分层回填,向钢管柱四周均匀倒入碎石,保持回填砂石顶面基本一致。砂石回填的同时,开启泥浆泵及时排浆,避免泥浆外溢污染场地。回填砂石料至钢管柱与工具柱连接处下20cm。

(具体回填砂石根据现场同样试件为主)<sup>[3]</sup>。

(8) 钢管柱内钢筋笼吊装工程,放入导管进行钢管柱内混凝土灌注。

①钢管柱内的混凝土浇灌应连续进行,必须间歇时,间歇时间不应超过混凝土的终凝时间。

②每次浇灌混凝土之前先浇灌一层厚度为10~20cm的与混凝土等级相同的水泥砂浆。

浇筑混凝土(自密实混凝土)的同时也将导管逐步提升,但不能露出浇筑混凝土面层,以免浇筑过程中将大量的空气留存在混凝土中。浇筑时混凝土通过导管进入,再由导管底部向钢管柱的四周向上溢出,这样从源头避免了管柱内有大量的空气。

(9) 钻孔桩内混凝土36小时终凝后,拆除工具柱、移除万能平台。

(10) 撤除工具柱和万能平台,复测钢管柱中心点位置,确定钢管柱插入精确度,最后回填砂石料至地面。

### 3 盖挖逆作法钢管柱施工技术要点

#### 3.1 质量控制要点(高程、垂直度控制)

(1) 钢管柱吊放应慢吊、轻放、直入,从定位平台下部的桩位限位孔中慢慢入孔。入孔时应特别注意尽量避免钢管柱碰撞平台。当定位平台水平调整好后,测量定位平台顶标高,根据测量结果在钢管柱上焊接两个钢板定位卡,钢管柱吊放入桩内后通过定位卡悬挂在定位平台两侧横梁上(定位卡与钢管柱的焊接确保能承受钢管桩和预灌的砼的重量),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,钢管柱定位后采用4根C20的钢筋将钢管柱与定位平台焊接在一起<sup>[4]</sup>。

(2) 钢管柱采用后插法施工。施工中在基础桩(钻孔灌注桩)浇筑至基坑底标高后、在混凝土初凝前进行钢管柱施工,根据全回转液压插入机身上的垂直调校装置调整垂直度,待全回转

定位垂直后,将钢管柱吊起,用全回转液压插入机的液压定位器将钢管柱抱紧,根据两点定位原理,抱紧钢管柱后再复测垂直度,全回转一次压入0.75m将进行一次两台全站仪两个垂直方向的纠偏,与此同时在钢管柱或工具柱上做好相应的记号,为了使钢管柱与车站纵梁很好连接,同时利用此两台全站仪测定水平方向。在保证垂直度和水平度将钢管柱压入到基础混凝土中。

(3) HPE液压插入钢管柱的垂直度控制基本原理就是利用高精度倾角传感器安装在钢管柱上的法兰盘上,倾角传感器用来测量法兰盘水平面的倾角变化量,并通过控制水平面的倾角变化量达到控制钢管柱垂直度的目的。目前市场上从工作原理上可分为“固体摆”式、“液体摆”式、“气体摆”式3种倾角传感器。由于液体摆传感器系统稳定,在高精度系统中,应用较为广泛(根据实际情况在满足设计要求的情况下选型),所以本工程HPE钢管柱的垂直度监测系统选用液体倾角传感器。具体操作方法如下:我们通过预先架立在钢管柱两侧相互垂直方向的全站仪控制钢管柱初始插入时的垂直度,并利用HPE机调整钢管柱的初始状态,以保证其在X、Y方向上双向垂直;在两个方向完全垂直后,应在法兰盘上布置倾角传感器,将倾角传感器“归零”,即钢管柱达到垂直状态;在复核钢管柱的坐标确认定位无误后,再进行钢管柱的下插施工;在钢管柱下插过程中,钢管柱必然会产生一定的垂直度偏差,此时钢管柱的垂直度数据通过倾角传感器传送至监视器,监视器会显示钢管柱在X方向和Y方向的偏差度数,我们通过调整HPE垂直插入机将X方向和Y方向的数据调整至0,即可控制钢管柱的垂直度至0°

#### 3.2 质量控制要点(防起吊变形)

(1) 外观检测:钢管纵向焊缝完成后,加工厂应委托有资质的单位对焊缝进行探伤检查,并出具符合要求的出厂合格证。

(2) 吊点设置:起吊时必须使吊钩中心与钢管柱重心相重合,保证起吊平衡钢管柱的整体刚



度较好，布置吊点位置只需确保水平起吊空中回直的要求即可，主吊设置在工具柱顶，配吊设置在钢管柱底部第一道法兰处<sup>[5]</sup>。

### 3.3 质量控制要点（拼装精度）

现场拼装精度控制要点：①控制现场砌筑支墩标高必须统一标高。②支墩达到强度时放线焊接靠山，控制靠山在统一轴线上。③吊装钢立柱于支墩上，调整牛腿方向一致并调整对接处两牛腿间距符合设计要求。④将两段钢立柱对接定位后临时用电焊点固，对钢立柱整根直线度进行复测，通过拉线法进行检测整根直线度，并复核对接处节点间距（考虑焊接收缩预留23mm余量）。⑤经过检测各项数据满足要求后方可进行焊接，焊接时采取对称焊接的方式控制变形，避免弯曲。

### 3.4 质量控制要点（施工过程中）

#### 3.4.1 桩基混凝土浇注施工的质量控制

考虑插入永久性钢管的需要，灌注桩的混凝土要有一定缓凝时间，缓凝时间不小于36h，同时要求混凝土运输至插入永久性钢管柱时间段内混凝土的坍落度不小于12cm。考虑其他原因混凝土16h后在不添加任何外加剂的情况下，二次搅拌坍落度不小于12cm，16h后不分层离析有较好的和易性。灌注桩混凝土灌注至桩顶标高后确保钢管柱插入部分的混凝土石子含量较多后停止浇筑，采用孔内取样的方法确保孔内混凝土质量。

钢筋笼放置与设计不符在施工过程中出现钢筋笼变形，保护层不够，深度位置不符合要求的问题。首先，钢筋笼的制作必须符合设计和施工规范要求。对钢筋笼的规格和外形尺寸进行检查，控制偏差在允许范围之内。在钢筋笼周围主筋上每隔3m间距设置护壁环确保保护层厚度。清孔时应把沉渣清理干净，保证实际的有效孔深满足设计要求。钢筋笼应垂直缓慢放入孔内，防止碰撞孔壁，无法下放时不得强行下放，应提出钢筋笼后重新扫孔，检测孔径满足要求后再次下放，对钢筋笼变形较大时应及时修复满

足要求后才能使用。钢筋笼放入孔内后，要采取措施固定好位置。

#### 3.4.2 垂直插入机就位对中及水平度质量控制

当混凝土桩灌注完成后，应该对桩身进行二次放样，重新放出桩中心。待符合桩位后，使液压垂直插入机液压定位器中心与基础桩位中心处于同一垂直线上，然后吊装液压垂直插入机就位，全回转机根据定位器就位对中。可以手动也可以自动调整水平，然后复核中心位置，待满足要求后，即可吊放钢管柱入孔。

#### 3.4.3 钢管柱吊装过程中的质量控制

钢管柱刚度较好，钢管柱吊放采用两台吊车多点抬吊，空中回直。起吊时必须使吊钩中心与钢管柱重心相重合，保证起吊平衡。钢管柱的整体刚度较好，布置吊点位置只需确保水平起吊空中回直的要求即可，主吊设置在工具柱顶，配吊设置在钢管柱底部第一道法兰处即可<sup>[6]</sup>。

#### 3.4.4 钢管柱插入过程中质量控制

(1) 将钢管柱吊放入液压垂直插入机内，初始时由于永久性钢管柱的自重大，钢管柱能自由下入孔内一定深度。当浮力大于永久性钢管柱自重后，由全回转垂直插入机将永久性钢管柱抱紧，并用液压插入装置的液压下压力将永久性钢管柱下压插入孔内。

(2) 钢管柱插入过程出现无法插入的问题针对混凝土出现假凝使钢管柱无法插入，混凝土缓凝时间不稳定在插入钢管柱之前已凝固的问题；混凝土出现假凝现象导致钢管柱无法顺利插入时，使用全回转液压插入机具备的360度旋转功能旋转钢管柱，利用钢管柱底部安装的三角锥搅拌混凝土，使混凝土恢复流动性后边旋转边插入。

(3) 钢管柱垂直度的控制由布置在相互垂直两个方向上的两台全站仪控制钢管柱初始垂直度。在调整的过程中，测量人员应该严格按照要求满足精度的要求。

(4) 钢管柱四周回填砂石质量控制。全回转垂直插入永久性钢管柱后，即可对永久性钢

管柱四周进行砂或碎石回填，回填时钢管柱四周要均匀填入，回填高度在永久性钢管顶标高以下200mm，上部等工具柱拆除后回填；回填时排出的稳定液用泥浆泵抽至废浆池后外运清除。

(5) 下放钢管柱内钢筋笼灌注混凝土质量控制。采用吊筋将钢筋笼固定在永久性钢管柱上口，控制好柱顶标高即可进行永久性钢管柱内浇筑混凝土。永久性钢管柱在灌注时需特别注意永久性钢管柱法兰部位的混凝土密实度。当灌注到法兰部位时，需上下抽动导管，使混凝土充分填充法兰底部的空隙。

(6) 永久性钢管柱顶的保护。①钢管柱混凝土浇注完成后进行先期养护；②待混凝土初凝后对永久性钢管柱上部进行回填处理并拔除钢护筒，具体方法如下：a.用石屑或砂回填至原始地面-20cm处；b.浇注一层20cm厚的c20钢筋混凝土，钢筋可配置二级直径16双层双向，防止大型机械行走对钢管柱的挤压造成变形。

### 3.5 质量控制要点(砼质量控制)

混凝土运输时间按1h计算，混凝土灌注时间按3~4h计算，HPE垂直插入机就位按2h计算，插入钢管柱时间按5~6h计算，合计时间不少于13h，要求混凝土缓凝时间不少于18h。

(1) 配合比设计思路：先设计C35混凝土基准配合比，再在该配合比基础上通过增加缓凝剂来实现超长的凝结时间。

(2) 配合比设计实验：首先，混凝土要满足钢管柱灌注的要求，即混凝土和易性良好，出机坍落度180~200mm，扩展度大于450mm。其次，混凝土28天强度以C35评定必须合格。最后，混凝土的初凝时间不小于30小时，72小时抗压强度不大于3MPa。通常延长混凝土的缓凝时间可通过三种途径来实现，一是选用初凝时间相对长的水泥，二是在设计配合比时增加掺合料的用量特别是粉煤灰的用量，三是加大缓凝剂的掺量。前两种途径对延缓混凝土凝结时间效果不明显，第三种措施更加有利于成倍延长混凝土的凝结时间。

根据以往配制C20水下超缓凝混凝土的经验，以及初步试验，确定了普通C35混凝土的配合比。该配合比的出机混凝土和易性良好，坍落度为200mm，扩展度为450mm。28天抗压强度为62.6MPa，以上指标均可以满足C35水下混凝土的设计、施工要求。

(3) 原材料的质量控制：由于原材料的变化对超缓凝混凝土的凝结时间影响比较大，所以我们在生产过程中会严格做到控制原材料的质量，特别是水泥和超缓凝减水剂。

确保水泥的厂家、品种、规格一经选定后不随意更换，在进货过程中要严格检测每一批水泥的初终凝时间。使用不同批次水泥前要进行试拌验证，混凝土72小时抗压强度正常方可用于生产，否则需重新调整超缓凝减水剂中缓凝剂的掺量以达到要求并使用专用水泥罐。

确保选用同一厂家、同一型号的超缓凝减水剂，与大厂家苏博特合作，产品稳定。同时和技术和业务人员沟通好，务必做好保供，同时每批货出厂必须检测，确保产品的稳定性。另外在缓凝减水剂进货后确保每车进行试拌验证。

(4) 由于超缓凝混凝土必须使用超缓凝减水剂，所以整个生产过程必须严格控制，绝对不能用错减水剂，也不能把超缓凝减水剂用于其他混凝土。我公司将会采取以下措施确保质量控制：

在生产前有两个人核准输入的配合比，并确认使用的是超缓凝减水剂。每根超缓凝混凝土柱都留有三组试件，其中一组用来观察混凝土终凝时间及试压72小时抗压强度，另两组分别是7天、28天抗压强度试件。安排专人每隔三小时观察试件表面硬化情况，如60小时前已硬化或72小时抗压强度大于3MPa，应及时减少总胶凝材料中水泥的比例（在保证强度的范围内）和增加超缓凝减水剂的掺量（保证混凝土工作性能情况下）以延长混凝土的初凝时间，如还不够则需重新加工超缓凝减水剂，在其中增加缓凝剂的用量。如有必要还需通知施工单位积极配合，提早切割，以减少不必要的损失。

在运送和施工过程中严格把关,不可以打错单、送错工地,每车必须挂对标示牌。在工地卸料前必须确认标号是否与送货单一致。

超缓凝混凝土的配制的主要关键是在试配时确定混凝土中缓凝剂的掺量,在生产过程中严格控制,密切跟踪生产流程。

#### 4 结语

全回旋钻机成桩工艺是一种新型、环保、高效的钻进技术,近年来在城市地铁、深基坑围护咬合桩、废桩(地下障碍)的清理、高铁、道桥、城建桩的施工、水库水坝的加固等项目中得到广泛应用,但是必须正确掌握其施工原理,按照施工流程开展并对其中的细节部分加以控制,保证

施工质量。

#### 参考文献

- [1] 马瑶林,凌涛.盖挖逆作地铁车站钢管柱姿态控制技术[J].工程建设,2021,53(11):56-61.
- [2] 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.
- [3] 郑佳.对地铁车站盖挖逆作法施工技术的分析[J].建材与装饰,2019(4):243-244.
- [4] 高旭刚,王涛.地铁车站盖挖逆作法施工技术研究[J].城市建设理论研究(电子版),2018(9):137.
- [5] 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(S2):210-213.
- [6] 邬岩,岳渠德.盖挖逆作法钢管柱施工深孔智能防护(UHIS)技术[J].黑龙江交通科技,2015,38(2):95-96,98.

(上接第180页)

准基点。完成桥梁墩台施工以及梁体架设前,应贯通复测全线墩台纵横中心线、支撑垫石顶高程等,为桥梁中线位置的准确性提供保证,确保接触网支柱及基础与线路中线净距达到标准要求。

其次,还应对桥梁施工过程进行严格控制,比如,进行预制箱梁架设施工时,应对其横向偏差进行严格控制。另外,还应确保轨道板及接触网支柱施工达到施工精确度要求。

#### 5 结语

综上所述,我国高速铁路建设取得了令人瞩目的成绩。但是,接触网的施工精度还有待提高。在控制其施工偏差时,应从施工人员、施工机具、施工材料、施工方法以及施工环境等方面

入手,注重消除接触网施工偏差叠加,加强专业接口管理,在提升高速铁路接触网施工精确度的基础上,提升高速铁路工程质量,为高铁安全运行提供保障。

#### 参考文献

- [1] 谌建民.既有高速铁路接触网提质达速关键技术研究[J].铁道建筑技术,2021(3):151-154.
- [2] 陈建来.关于高速铁路接触网检测技术要点的探讨[J].中小企业管理与科技(下旬刊),2021(3):179-180.
- [3] 费兆华.高速电气化铁路接触网施工技术要点分析[J].中国设备工程,2021(4):232-233.
- [4] 谈敦龙.BIM技术在高速铁路接触网工程中的应用研究[J].智能城市,2020(24):109-110.
- [5] 彭振武.高速铁路接触网工程高精度施工技术[J].科技创新导报,2017(26):35-37.