

洞桩法在北京地铁 12 号线苏州桥站的应用

冯利华¹ 张洪军¹ 陈佳蕊² 高 烁¹

(1. 中铁一局集团第二工程有限公司, 063004, 唐山;

2. 北京石油化工学院机械工程学院环境工程系, 102617, 北京//第一作者, 高级工程师)

摘 要 北京地铁 12 号线苏州桥站为地下暗挖车站, 采用洞桩法进行桩柱一体化施工。针对地铁暗挖车站在砂卵石地层中的洞内机械成桩, 采用革新改进后的反循环钻机进行洞内机械成孔, 施工中通过改变设备外形尺寸、钻头功率、优化动力头配置及钻头形式等措施来适应砂卵石地层的需要。通过对成孔后分节下放桩基钢筋笼及钢护筒, 成孔后分节下放桩基钢筋笼及钢管柱 2 种施工工艺的对比, 可明显看出第 2 种工艺的优越性。

关键词 地铁车站; 隧道施工; 暗挖法; 洞桩法

中图分类号 U455.48

DOI: 10.16037/j.1007-869x.2020.06.026

Application of Hole Pile Method to Suzhouqiao Station on Beijing Metro Line 12

FENG Lihua, ZHANG Hongjun, CHEN Jiarui, GAO Shuo

Abstract Suzhouqiao Station on Beijing metro Line 12 is an underground excavation station, which adopts the hole pile method to implement the integrated construction of pile and column. To solve the problems of mechanical pile forming during underground excavation in sand and gravel stratum, an improved reverse circulation drilling machine is used to make mechanical holes. Through changing the overall equipment dimension and drilling bit power, optimizing the distribution of power head and bit form, the needs of the sandy pebble stratum are covered. Two construction methods—the steel cage and steel cage of pile foundation distributed after drilling, the steel cage and steel tube of pile foundation divided into sections after drilling—are compared, the advantages of the second one is obvious.

Key words metro station; tunnel construction; underground excavation method; hole pile method

First-author's address The Second Engineering Co., Ltd., China Railway First Engineering Group, 063004, Tangshan, China

过程中产生的噪声、振动和空气污染都对环境带来了极大的影响。地铁暗挖施工法不存在交通疏散, 施工干扰小, 地面构筑物及地下密集的管线不受施工影响, 对周边居民、商业经营活动及交通的影响少, 因而被广泛使用。采用暗挖洞桩法施工的地铁车站需提前进行降水, 并开挖上下 2 层导洞, 边桩和中桩成孔采用人工挖孔形式, 安全风险较大, 投入资源较多。而洞桩法施工仅需开挖上层导洞, 边桩及中桩施工可采用机械成桩, 施工效率高, 安全质量更易受控。同时, 洞桩法施工过程中支护及受力转换单一, 沉降量较小。因而, 与洞柱法相比, 洞桩法施工更具优越性。

北京地铁 12 号线苏州桥站为地下暗挖车站, 沿长春桥路下东西向布置。车站主体结构总长为 218 m, 标准段宽度为 24.7 m, 结构高度为 25.73 m, 覆土深度为 7.5~9.2 m。该站的主体结构为地下三层岛式站, 采用 PBA(洞桩逆作法) 工法施工。其中, 车站地下一层为设备层, 地下二层为站厅层, 地下三层为站台层。车站站台层提供盾构过站条件。车站的暗挖风险等级为一级。车站共设置 3 座施工竖井及横通道, 其中: 1 号施工竖井结合西南口设置; 2 号施工竖井设置在武警总部北侧绿地内; 3 号施工竖井利用了地铁 16 号线苏州桥站 L2 施工竖井。车站共设置 4 个出入口、2 座风亭、2 个安全口及 3 个换乘通道。

1 施工工艺流程

苏州桥站的主体暗挖结构主要穿越地层为黏土层和卵石层。如图 1 所示, 拱顶为砂质粉土黏质粉土②层、粉细砂④层及卵石⑤层等; 中板主要穿越卵石⑦层等; 底板位于卵石⑨层; 边桩及中桩基底位于卵石⑨层。车站范围内含有 3 层地下水, 主要是潜水(二)、层间水(三)、承压水(四)。

洞内空间狭小, 要完成钻孔、泥浆与渣土外排

地铁明挖施工法会对地面交通造成影响, 施工

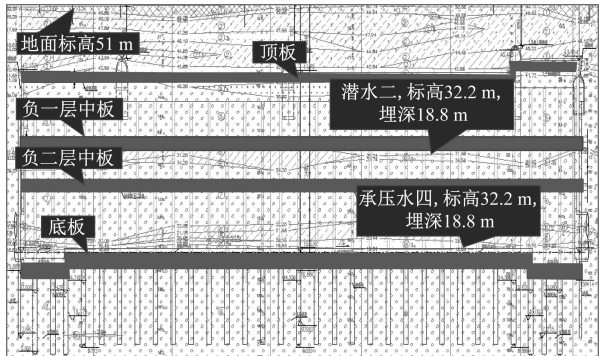
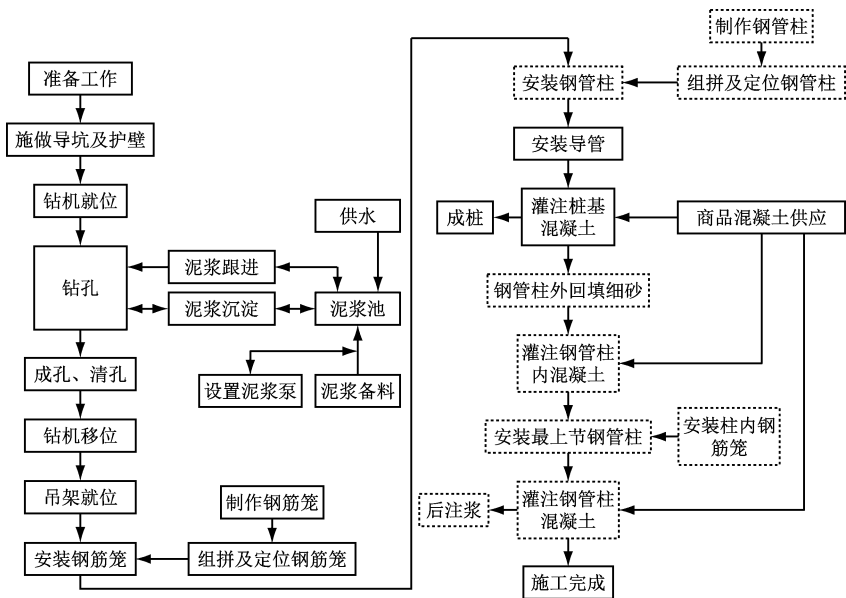


图1 苏州桥站地质水文纵剖面示意图

管路布置、钢筋笼搬运与吊装连接、混凝土灌注等多项作业,施工组织难度大。若施工组织不利,则易造成不同作业互相干扰,从而影响施工进度,甚

至可能引发坍塌、断桩等质量事故。因此,合理、有序安排施工组织,使之形成流水施工,是本工程工作的重点。由于洞内机械成桩空间狭窄、施工技术要求高,经过优化工艺制定了图2的中桩及钢管桩施工流程。如图2所示,首先开挖导洞(断面见图3),利用目前竖井作为泥浆池,出渣及进浆采用管道输送至竖井内,在竖井内设置沉淀区和泥浆区。沉淀区和泥浆区用钢板隔离,并在隔离钢板上设置溢浆孔;然后进行钻孔与清孔,监测工艺参数,完成钢筋笼的制作与导管的组拼;最后泵送混凝土进行浇注。整个施工过程各工序所需的时间如下:①钻机就位,1 h;②钻进成孔和验孔,7 h;③洗孔及周边清理,1.5 h;④拔钻杆,3 min/节,共计1.5 h;⑤下



注:图中虚线框为钢管柱施工特有的流程

图2 洞内机械成桩(含钢管柱)施工流程图

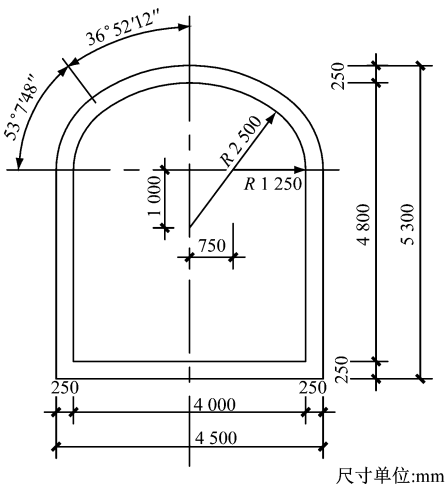


图3 小导洞断面图

钢筋笼(含二次洗孔),4 h;⑥下导管,1 h;⑦灌注混凝土,2 h;⑧钻机周边清理,5 h。由此,这些工序施工时间合计23 h。因而,在不考虑设备故障、塌孔、混凝土供应等问题的前提下,每根桩的施工用时约需1 d。

2 钻机选用及工艺参数监测

2.1 钻机选用

由于洞内成桩的作业空间有限,目前各种机械成桩设备均不适合在有限空间内作业,本次施工经比选后采用改进后的反循环钻机施工,其主要的技术参数如表1所示。该机的主体支撑结构为动力头、钻杆等设施的支架,支撑结构可以放倒以方便

钻机行走及吊装。液压支腿主要用于调节钻机水平;动力头主要作用为钻杆提供扭转力,有 2 个电机;钻杆分节安装,每节钻杆长 1 m,采用螺纹接口连接;托架主要是卡托钻杆,方便钻杆拆装,也能起到孔口防护作用,防止作业人员坠入孔内;电动葫芦和小吊架主要用来吊装钻杆;大吊架主要用做吊装钢筋笼;钻机中部安装卷扬机,用以提升动力头和吊装下放钢筋。

表 1 反循环钻机 GF-350 主要技术参数

项目	参数值
尺寸	5 500 mm×2 200 mm×4 500 mm
质量/kg	14 500
最大钻深/m	150
钻孔直径/mm	2 000
排渣方式	泵吸反循环
底盘类型	履带式

2.2 参数监测

对桩的施工过程监测,主要监测不同地层的工艺参数总用时、下笼与灌注用时、用水量、用电量、混凝土用量等参数。以桩号为 2-2 的中桩为例,该桩在通过第 6 地层时用时最短(2.69 h),下笼用时最短(0.34 h),用电量最小(255.31 kWh),在第 6 与第 8 地层中混凝土的用量最小(1.67 m³)。监测该桩在成孔深度在 2~32 m 时,其钻孔每钻进 2 m 所用时间、钻进速度与钻头扭矩、出渣量等情况如表 2 所示。从表 2 可以看出,钻孔所需时间与钻头扭矩变化基本一致,出渣量呈线性变化。

3 不同施工工艺对比

中桩与边桩的施工工艺基本相同,主要区别在于中桩施工包含钢管柱安装施工。目前钢管柱安装有 2 种工艺:第 1 种工艺为成孔后分节下放桩基钢筋笼及钢护筒,浇筑桩基混凝土,待桩基混凝土强度达到要求后凿除桩头,安装钢管柱定位器;然后分节安装钢管柱并定位,完成后浇筑钢管柱内混凝土;最后使用中砂回填钢管柱与钢护筒间间隙。

表 2 中桩通过不同地层的工艺参数(桩号:2-2)

孔深/m	每钻进 2 m 所需时间/h	钻进速度/(m/h)	扭矩/(Nm)	出渣量/m³
2	3.0	0.67	7 200	5.08
4	3.0	0.67	7 200	10.16
6	3.0	0.67	7 200	15.24
8	2.0	1.00	6 500	20.32
10	2.5	0.80	8 000	25.40
12	2.5	0.80	8 000	30.48
14	2.5	0.80	8 000	35.56
16	2.5	0.80	8 000	40.64
18	2.0	1.00	6 500	45.72
20	2.0	1.00	6 500	50.80
22	3.0	0.67	7 200	55.88
24	3.0	0.67	7 200	60.96
26	3.0	0.67	7 200	66.04
28	3.0	0.67	7 200	71.12
30	3.0	0.67	7 200	76.20
32	3.0	0.67	7 200	81.28

第 2 种工艺为成孔后分节下放桩基钢筋笼,完成后分节下放钢管柱,钢管柱定位固定后水下浇筑桩基混凝土;采用中砂回填钢管柱与孔壁间隙,完成后水下浇筑钢管柱内混凝土,钢管柱持续固定,直至混凝土强度达到要求。这 2 种工艺优缺点对比如表 3 所示。如图 4 所示,第 1 种工艺采用人工定位安装钢管柱,其理论工期为 7.5 d/根,由此可计算出理论工期为 232 d,不能满足所有钢管柱的施工和顶纵梁完成 50% 的施工任务要求;第 2 种工艺采用桩柱一体化施工,其理论工期为 2.1 d/根,由此可计算出理论工期为 65 d,可大幅度降低施工工期。第 2 种工艺使用的调垂机可调节钢管柱的位置、标高及垂直度,从而代替了第 1 种工艺中的钢管柱安装架、固定钢管柱千斤顶及定位器。第 1 种工艺在安装钢管柱定位器时,操作人员需进入孔内安装,需无水作业,而定位器位于承压水(四)以下,所以在中桩及

表 3 2 种钢管柱安装施工工艺优缺点对比

工艺	不同之处	优点	缺点
第 1 种	定位器定位。桩基及钢护筒施工完成后,抽空孔内泥浆,安装钢管柱,再浇筑柱内混凝土	钢管柱可上下同时定位,安装精度较高。混凝土浇筑过程中混凝土标号不需要转换	工序较多,需人工下孔安装调整,有一定的风险,定位时间较长。工序较多,施工周期长
第 2 种	调垂机定位。桩基钢筋笼和钢管柱先后安装,然后先浇筑桩基混凝土,再浇筑钢管柱内混凝土	工序简单,采用机械定位,安全性高,定位较快,定位精度可控。施工周期短,桩基和柱可一次成型	利用钢管柱最上节工具节进行定位及调整。浇筑过程需转换混凝土标号

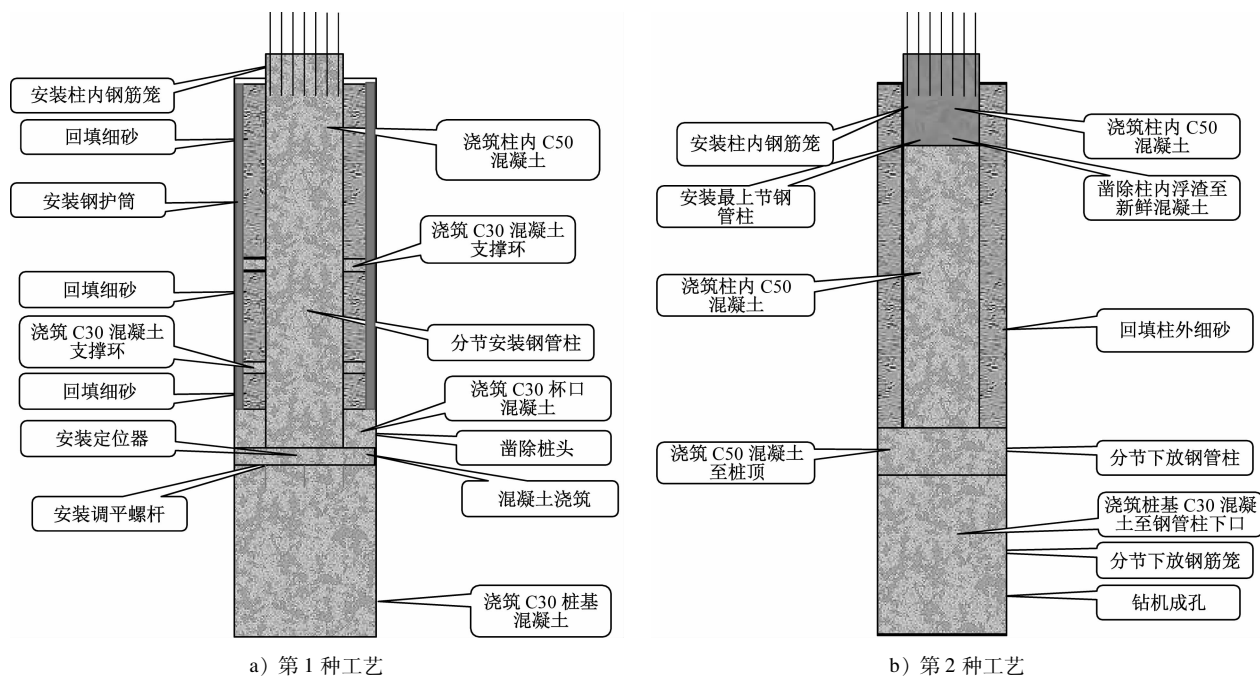


图4 2种钢管桩安装施工工艺示意图

钢管桩施工前需先进行降水作业,降水最短时间为8.7个月。而采用第2种工艺时,人员不需要进入孔内,不需要进行降水作业。

4 结语

北京地铁12号线苏州桥站工期紧,采用PBA工法施工。该施工方法对设备与技术的要求较高。在施工过程中通过优化桩和钢管桩的施工流程,根据施工要求改造反循环钻机,并对工艺参数、总用时、下笼与灌注用时、用水量、用电量和混凝土用量等技术参数进行监测。对在桩基经过不同地层用时的钻进速度、钻头扭矩、出渣量等进行对比分析,以达到缩短周期减少材料与能源消耗的目的。此外,本文对2种施工工艺进行对比后得到结论为:第2种工艺采用的桩柱一体化施工,其工序比第1种工艺工序少,缩短了施工工期,减少了降水时间,节约了钢护筒及定位器材料。同时,第2种工艺不需要人工凿除桩头安装定位器等工作,降低了施工

风险。

参考文献

- [1] 曹炳坤. 城市轨道交通——世界城市公共交通运输的骨干[J]. 交通与运输, 2008(1): 14.
- [2] 陈敏. 建筑工程项目绿色施工评价体系研究[D]. 长春: 吉林大学工业工程系, 2016.
- [3] 郑相平. 建筑工程现场文明施工管理实践研究[J]. 江西建材, 2016(12): 288.
- [4] 薛福堂. 大口径卵石油压碎石器组合钻具及工艺研究[D]. 北京: 中国地质大学(北京), 2011.
- [5] 吕娉霏. 北京地铁7号线双井站PBA工法施工过程有限元模拟[D]. 西安: 长安大学, 2011.
- [6] 张爱军, 郭永军, 张大牛, 等. 北京地铁10号线苏州街车站“PBA”洞桩法施工技术[J]. 铁道标准设计, 2008(12): 128.
- [7] 王文涛. PBA工法地铁车站导洞施工方案优化研究[D]. 北京: 北京交通大学, 2015.
- [8] 李贺. 四导洞PBA暗挖车站洞内机械成孔桩研究[J]. 建筑技术开发, 2017, 44(14): 36.

(收稿日期: 2018-06-28)

欢迎订阅《城市轨道交通研究》

服务热线 021-51030704