

盾构区间过站技术研究

冯 义, 陈寿根

(西南交通大学土木工程学院, 四川 成都 610031)

摘 要:城市地铁广泛采用盾构施工, 目前城市盾构区间施工一般具有工程量小、里程短、盾构过站多、盾构调头多等特点, 盾构过站是其重要组成部分。盾构过站一般场地狭小、工序繁多, 合理的盾构过站, 既可节省人力物力, 又能保证优质高效地完成工程。结合工程实际, 对盾构过站技术进行了较深入的研究。

关键词:盾构; 过站; 横移; 纵移; 地铁

中图分类号: U455.43 **文献标识码:** A **文章编号:** 1672-7428(2010)08-0076-05

Analysis on Shield Station-passing Construction Technology/FENG Yi, CHEN Shou-gen (Southwest Jiaotong University, Chengdu Sichuan 610031, China)

Abstract: Shield construction is widely used in the urban metro; the urban metro generally has the characteristics such as small engineering quantity, short mileage, multi stations and a large number of turning around, etc. Station-passing plays an important role in the construction. Shield generally has a narrow space and various processes, so the reasonable shield station-passing can not only save manpower and material resource, but also can ensure the engineering quality. Based on the engineering practice, the shield station-passing construction technology has been deeply studied in this paper.

Key words: shield; station-passing; horizontal translation; vertical translation; metro

随着我国经济的发展, 国内城市地铁不断修建, 进一步繁荣了我国城市经济, 提高了生活水平。在地铁盾构施工过程中, 盾构机过站是经常碰到的施工技术环节, 是影响施工质量、安全和进度的重要环节之一。盾构机过站的成败将直接影响到施工的质量、进度、安全、工期以及经济效益。在国内, 北京地铁 4 号线 14 标段学院南路车站, 重达 300 多吨的盾构机成功整体穿越地铁车站; 广州市轨道交通 3 号线盾构机在赤岗塔站站内空载过站等工程的实施, 推动了盾构机过站技术的发展。本文依托深圳 5 号线地铁盾构法过站施工, 详细阐述了土压平衡式盾构机过站的准备工作、关键技术和相应施工措施。

1 工程概况

深圳地铁 5 号线布吉站位于广深铁路与深惠公路夹角内, 西端为广深铁路, 东端为深惠公路并下穿地铁 3 号线, 与高架敷设的 3 号线形成换乘。该车站规模大, 基坑深。由于多种类交通汇集, 结构工程比较复杂, 为保证换乘便利, 应该采取合适的过站方式。

车站为 3 层结构, 长度为 156.8 m, 左右线盾构经过区域净宽为 6.9 m, 净高为 7 m, 车站两端头为

扩大段, 标准段内衬边至线路中心线距离为 2.3 m, 主体结构采用 3 层复合墙结构。本车站所处地层依次为: 填土、粉质粘土、全风化、强风化层、中风化层、微风化层, 地层上软下硬。盾构机在始发井下井组装、始发, 向布吉站方向掘进, 经过纯盾构段掘进后, 拼装管片通过矿山开挖段, 再掘进到达布吉站。盾构在布吉站过站并二次始发, 最后在长龙站解体吊出, 完成本标段盾构施工任务。本盾构区间下穿布吉车站平面如图 1 所示。

2 主要技术措施

2.1 盾构机过站施工工序

在盾构过站前, 应做好整体施工工序的安排。盾构过站具体施工程序如下: 盾构接收基座的安装、固定→盾构步进至接收基座上→主机与后配套解体→主机和基座横移就位→盾构机横移始发就位→固定主机准备顶推→铺设后配套行走轨道→后配套过站→连接盾构机及后配套→盾构机过站完成。

2.2 加固措施

根据布吉站东端地质情况, 盾构到达端头和二次始发端头加固方式采用双重管旋喷的加固方法。旋喷桩无侧限抗压强度 $< 1.0 \text{ MPa}$, 渗透系数 $\geq 1 \times$

收稿日期: 2010-03-17

作者简介: 冯义(1986-), 男(汉族), 四川成都人, 西南交通大学硕士研究生, 桥梁与隧道工程专业, 四川省成都市二环路北一段 111 号西南交通大学睿诚斋 11 号 520 室, f5100168955@126.com。

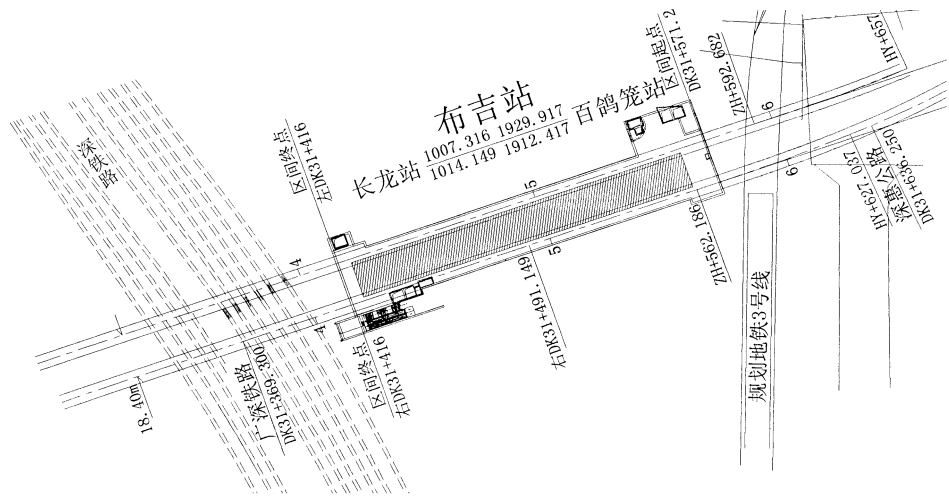


图1 下穿车站平面图

10^{-7} cm/s。旋喷桩底保证进入 W3 层不少于 1 m, 若隧道洞身范围内 W3 地层深度 > 1 m, 旋喷桩加固深度应超过隧道洞身范围 3 m。旋喷要求水泥浆液压力 > 20 MPa, 水泥采用 32.5 普通硅酸盐水泥, 水

灰比控制在 1.0 ~ 1.5。对旋喷桩与盾构井围护结构间、旋喷桩桩间可能产生的空隙拟采用深孔注浆进行填充。布吉站东端地层加固旋喷桩布置如图 2 所示。

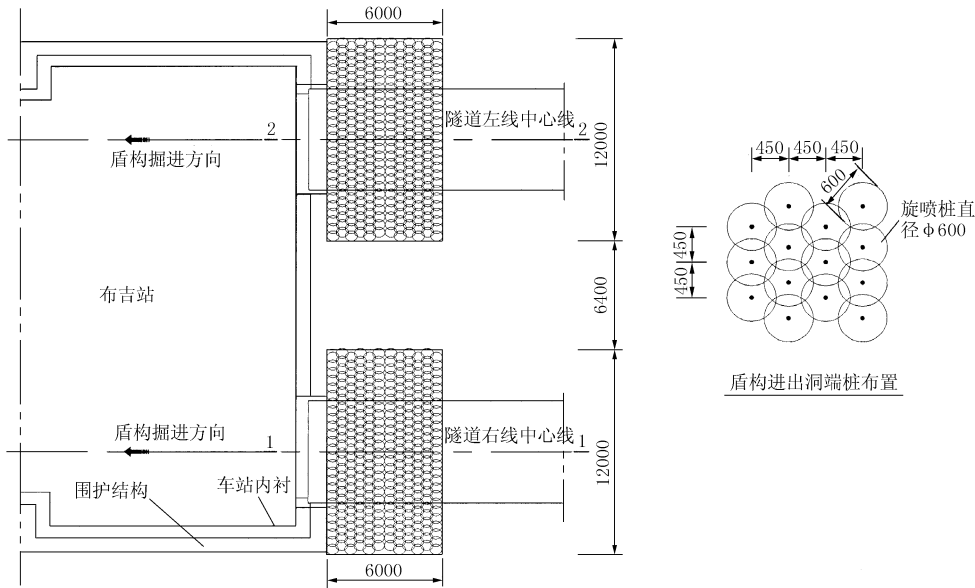


图2 旋喷桩布置图

施工参数选择: 泵压 20 ~ 25 MPa; 喷嘴直径及数量: 2.3 mm × 1 ~ 2.4 mm × 1; 流量 70 ~ 80 L/min; 钻杆升速粘性土为 25 cm/min, 砂性土为 20 cm/min; 钻杆转速粘性土为 30 r/min, 砂性土 15 r/min; 水灰比 1.0 ~ 1.5; 32.5 普通硅酸盐水泥, 每米水泥用量 220 ~ 250 kg/m; 外加剂为 1.5% 的水玻璃, 水玻璃模数 2.4 ~ 3.4, 浓度 30 ~ 40 Be'。

2.3 盾构掘进参数的选择

盾构机到站时, 可采用土压平衡掘进模式慢速推进, 刀盘转速及掘进推力均相应减小, 其中推进速

度应控制在 10 ~ 20 mm/min 以内, 推力控制在 500 t (5000 kN) 左右, 刀盘转速控制在 1 ~ 1.8 r/min。在即将破洞时, 应尽量掏空仓内的泥土, 使盾构正面土压力降低到最低值。

到站前 6 环要根据复测结果确定掘进参数, 调整盾构机姿态, 以确保站端墙的稳定和防止地层坍塌。到站前 6 环的注浆材料配合比及注浆量要进行调整, 必要时可通过盾构壳体设置的孔向盾壳外注入特殊的止水材料, 以防涌水、涌泥而引起地层坍塌。

盾构掘进进入到达段推进预设参数如表 1 所示。

表 1 到达段盾构预设各项参数

编号	项目	参数	备注
1	土仓压力	0.08 ~ 0.12 MPa	土压平衡模式
2	刀盘转速	1.6 r/min	
3	推力	5000 ~ 6000 kN	
4	盾构姿态水平偏差	0 mm	到达前 20 环应调好
5	盾构姿态垂直偏差	± 10 mm	到达前 20 环应调好
6	推进速度	≤ 30 mm/min	进洞前,进一步降低至 10 mm/min 一下
7	每环出土量	60 m ³	
8	注浆量	6 m ³	

各推进参数应根据监测结果及时调整优化。在即将破洞时,应出空仓内渣土,使用敞开模式推进,并进一步降低推力与刀盘转速,以尽量降低掌子面所受压力。盾构在推进完成后停机,到达段同步注浆按正常情况进行,通过洞门时视实际情况调整。洞门破除后,盾构机应尽快连续推进和拼装管片,确保管片环间推力并尽量缩短盾构进洞时间,减少水和土体的流失。洞圈管片脱出盾尾后,必要时采用二次注浆将管片和洞圈的间隙进行填充,以防止水土流失造成危险。到达段管片螺栓应反复复紧,尤其是纵向螺栓,以免进洞时反力不足导致环缝压不紧、止水效果差。

2.4 实时监测

盾构推进至最后 50 ~ 100 m 时,要进行导线和高程测量多层复测,进行贯通前的测量,复测盾构所处的方位,确认盾构状态,以便盾构在此阶段的施工中始终按预定的方案实施,以良好的姿态到站,正确无误地落到接收托架上。过站时,到达段监测非常

重要,在施工期间,地表的沉降、隆起观测,建筑物的沉降观测、倾斜观测等,都要严格按照《国家一、二等水准测量规范》(GB 12897 - 91)的精度进行,其余量测项目参照国家相关规范确定量测精度。

2.5 过站前的施工准备

2.5.1 盾构机过站前的施工措施

在盾构机临近洞门时,盾构机减速,并做好相应过站前的准备,其工程步骤按先后顺序如下:(1)端头加固;(2)洞门凿除;(3)托架安装与固定;(4)洞门密封安装;(5)到站段掘进,掘进过程中注意盾构机参数的调整和掘进方向的控制,并进行渣土的有效清理;(6)贯通后补上始发托架。

2.5.2 洞门破除

当盾构掘进进入洞门加固体时,进行洞门破除工作,先破除洞门维护结构一半厚,当盾构推进至洞门约 2 m 时,以快速破除剩余洞门部分。盾构机刀盘的外径为 6280 mm,洞门墙面预留孔外径为 6620 mm,则围护桩开凿尺寸为 Ø6620 mm。施工前准确测量定位隧道洞门中心线,然后对围护桩进行放样开凿,开凿如图 3 所示。洞门凿除时为减少洞门土体的暴露时间和洞口土体的稳定,围护桩钢筋砼的凿除分 2 步进行开凿:

(1)先采用人工手持风镐破除洞圈范围内围护桩桩身钢筋混凝土(图 3A 部),破除砼直到露出钻孔桩靠内侧桩身主筋为止,且切割外露钢筋并清理渣块和钢筋。

(2)采用人工手持风镐逐步凿除剩余的桩身钢

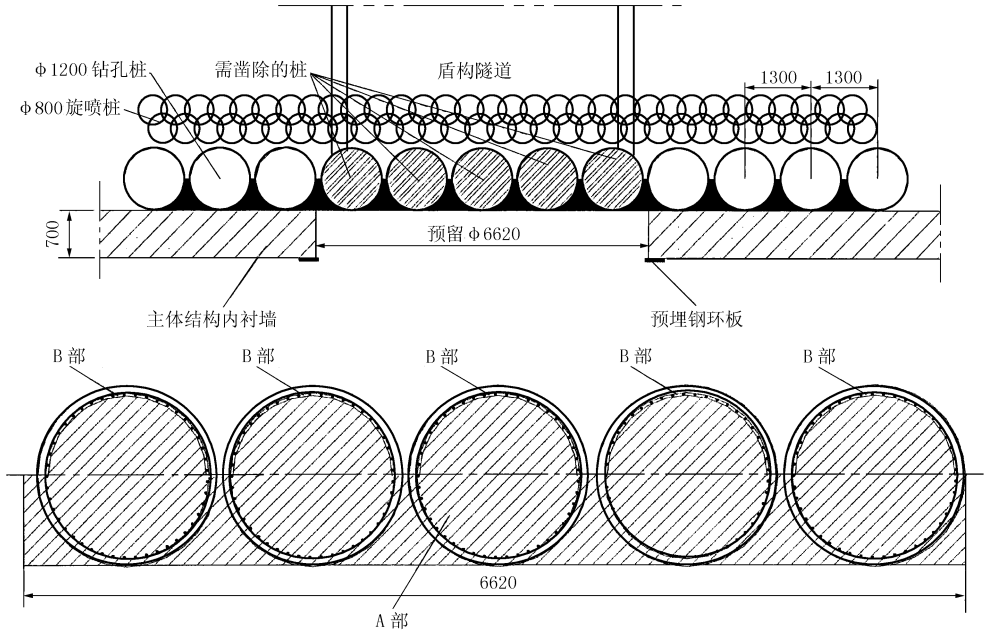


图 3 洞口凿除钻孔桩平面和局部放大图

钢筋混凝土(图 3B 部)。凿除时自下而上有序地进行,边凿边切断露出的钢筋。

凿除后的砼渣采用编织袋装,汽车吊吊至地面,自卸汽车运至指定弃渣场。

2.5.3 洞门密封及止水装置的安装

为了防止盾构机到达掘进时土体或水从间隙处流失,在车站施工时在洞圈预埋环状钢板,盾构机进车站前在洞圈安装止水橡胶帘布、压板等组成的密封装置,作为盾构进洞施工阶段临时的防水措施。洞口密封采用图 4 所示的折页式密封压板。



图 4 折页式密封压板

2.5.4 管片扣紧

由于盾构参数的调整,盾构土仓内的泥土掏空,正面土体压力降低,千斤顶推力逐渐减小及盾尾密封刷与管片之间的摩擦,将管片带动使管片之间的纵缝变大。为保证已安装的管片环与环之间连接紧密,盾构机到达掘进阶段时,及时紧固螺栓,并在管片环间加型钢将管片拉紧,用角钢固定。在管片联结螺栓上将角钢与型钢焊接、拉紧,避免管缝变大,在管片的 30° 、 150° 、 210° 、 330° 处将管片串联在一起,以保证管片接缝间的连接紧密。

2.5.5 管片背后注浆

盾构机全部脱出隧道和止水帘布固定好后进行管片背后的注浆填充。管片衬背二次注浆(二次补充注浆)是指利用管片吊装孔洞,向管片衬背注入浆液以填充衬背空隙。注浆前需在吊装孔内装上单向逆止阀,并凿穿外侧保护,通过该接口,实施管片二次注浆,二次注浆采用手动控制。管片背后填充采用双液浆。

(1)浆液配比:水泥浆水灰比 $0.4 \sim 0.8$;水玻璃按 1 份水玻璃加入 1.5 份水进行稀释。注入时,水泥浆:水玻璃 = 5:1,即水泥浆泵入用快 4 挡,水玻璃用慢 1 挡。

(2)注入顺序:严格按“先拱顶后两腰,两腰对称”的方法注入。

(3)注浆压力:注浆压力严格控制在 0.5 MPa 以内。

2.6 盾构机过站

2.6.1 布吉站过站条件

根据设计图纸,盾构过站在结构尺寸方面存在以下问题需注意:

(1)站内底板结构上预留的风道侧墙钢筋要折伏到车站结构底板上,折筋曲线顶端距车站结构底板高度 120 mm ,在折筋两侧适当位置处按 2.18 m (根据托架结构确定)的轨距铺设 43 kg/m 的钢轨作为盾构机的纵移运输轨道。

(2)线路中心线距车站标准段侧墙 2.3 m ,即盾构机在车站托架时,考虑盾构刀盘与侧墙之间需有至少 200 mm 间隙,因此,盾构机需横移 1.15 m 。

2.6.2 过站施工步骤

为完成盾构机顺利过站,需要铺设移动托架和滑动钢板等。盾构机洞内平移包括横移和纵移,洞内平移如图 5 所示。

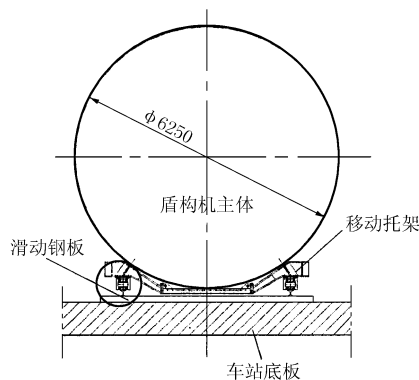


图 5 盾构机洞内平移

首先把车站清洗干净,并把车站中间的钢筋尽可能打弯,采用 4 个 200 t 的千斤顶把盾体顶升,用卷扬机斜拉接收托架,到了一定的位置,松开 4 个 200 t 的千斤顶,盾体接触到接收托架后,2 个 100 t 的千斤顶把盾构机相对托架往前推移,这样多次循环即可把盾构机斜移到位。

工程中盾体总质量 ≥ 350 t,有润滑时钢对钢的摩擦系数最大为0.1,需要的推力大约为350 kN,拟采用2台千斤顶顶推托架的方式来实现盾体的横向、纵向移动。每台千斤顶的最大定推力为850 kN,行程为50 cm。在车站底板上,盾构拖运路线范围内铺设10 mm厚的钢板,钢板下部用黄砂找平压实。钢板接缝处做特殊处理,钢板四周与车站底板预埋件焊接在一起,在钢板表面涂抹黄油润滑。

2.6.3 盾体横移

根据布吉站的结构尺寸及盾构机盾体尺寸计算,在盾尾距洞门预留15 cm净空的情况下,左右线均可安全驶出洞体实施横移。根据布吉站的结构尺寸及盾构机盾体尺寸计算,车站本身边墙与隧道曲线中心之间的间距只有2300 mm,而盾构机盾体的直径为6280 mm,盾体离开扩大段之后,需要与边墙至少的间距为3140 mm,结合车站的净空尺寸,在扩大段范围内,盾体须往车站中心偏移1150 mm。盾体出站后需横移1.15 m,采取与托架一起搬运的方式进行。首先将车站内底板用黄砂找平,钢板割成375 mm \times 6000 mm条状,垂直于线路方向放置,然后将其与四周底板钢筋焊接。在钢板焊相应位置处焊接千斤顶支点,利用千斤顶在钢板上横向顶推托架,使其横移1.15 m。

2.6.4 盾体纵移

盾体横移到位后,同样利用千斤顶将盾体延隧道方向纵移。当盾体向前移动一段距离,当钢板接缝露出适当位置后,将盾体后的不用钢板割下重新铺置盾体前方与已有钢板焊接在一起,重新涂黄油再次利用。如此循环顶推直至盾尾距始发后反力架安装墙体1 m左右处。如果在推进过程中,发现摩擦力过大,油缸无法正常推动盾构机,则可以在托架与垫层钢板之间放置3根43 kg/m的钢轨,让盾构机与托架在钢轨上滑动,以减小接触面积。

2.7 盾构二次始发

在所有工序均顺利进行后,最后进行盾构的二次始发,盾构二次始发的施工方法与盾构始发的施工方法相同,只是由于受车站的结构形式影响只是反力架的安装形式有所变动,然后按照盾构始发的参数对盾构机进行始发参数设定,开始盾构掘进。

3 结语

本文依托深圳5号线地铁盾构法过站施工,通过对现场资料的分析、提炼以及经验总结,得出了如下体会:

(1)盾构机过站前做好端头加固措施,保证车站土体稳定,使过站能够顺利进行;

(2)在盾构机到达车站时要注意管片扣紧和管片背后注浆,防止过站前土体下陷;

(3)为了防止盾构机到达掘进时土体或水从间隙处流失,车站施工时注意铺设临时的防水措施;

(4)盾构施工时,应根据进洞和出洞的实际情况,设定合理的掘进施工参数,并进行实时监测工作,盾构轴线的偏差能控制在允许范围内。

在地铁区间隧道掘进的过程中,过站是重要的组成部分,对于本工程中这种换乘站,应该注意过站的基本条件,把握住过站的技术要点和程序,在过站前进行整体布置规划,能够保证盾构掘进有序进行。

参考文献:

- [1] 李凤远.盾构过站施工技术应用[J].建筑机械化,2009,(2).
- [2] 谢凯,汪思满,毕俊成.地铁车站双圆盾构过站结构施工[J].建筑施工,2006,(1).
- [3] 周文波.盾构法隧道施工技术及应用[M].北京:中国建筑工业出版社,2004.
- [4] 张健.重庆过江隧道盾构到达施工技术[J].西部探矿工程,2006,(2):119-121.
- [5] 张凤祥,朱合华,傅德明.盾构隧道[M].北京:人民交通出版社,2004.
- [6] 康宝生,陈馈,李荣智.南京地铁盾构始发与到达施工技术[J].建筑机械化,2004,(2).

河北建设勘察研究院有限公司钻探机械厂 ZJ30 型钻机现场观摩会隆重召开

本刊讯 2010年8月5日,河北建设勘察研究院有限公司钻探机械厂 ZJ30 型双动力钻机现场展示观摩会在河北省高阳县邯郸市伟业地热开发有限公司工地隆重召开。

ZJ30 型双动力钻机是根据国内地热施工要求及施工特点,在吸收了国内外先进技术的基础上设计制造的一种多功能新型钻机。该钻机采用2台电机并车为主动动力,辅以柴油机并车备用。在打浅孔时使用单电机,较深孔时使用双电机,实现节能增收。在停电、电器线路整修时,使用辅以柴油机减少井下事故的发生。ZJ30 型双动力钻机卷扬单绳提升能力大、转盘扭矩大、气路集中控制、操作方便、性能安全可靠。采用 $\varnothing 114$ mm 钻杆,可实现深度在3500 m以内的钻探

作业。适用于中层石油井和深层冷热水井的开发,盐井、煤层气井开采等工程,特别适合地热井的施工。在模块化设计,电机+柴油机并车传动方案,井架、底座及气动控制等方面具有明显的优点。

此次观摩会邀请了国内多名行业专家、地矿物资公司领导等多家使用单位的相关人员,参会代表170余名,一致认为 ZJ30 型双动力钻机是煤田、地矿、有色及地热等行业的理想设备,多家单位对这种钻机表现出了浓厚的兴趣及购置意向。这次面对面的产品展示观摩会使用户对冀勘机械产品有了更深入的认识,收到了预期效果,也为进一步合作奠定了基础。

(河北建设勘察研究院有限公司钻探机械厂 李建波 供稿)