

大直径盾构长距离水平运输施工的管理

杜泽东，李海涛

(中国水利水电第五工程局有限公司,四川 成都 610066)

摘 要:针对大直径盾构开挖断面大、单次掘进循环水平运输量大的实际情况,通过地铁盾构隧道水平运输施工调度管理的工程实例,对盾构施工有轨水平运输、施工调度管理、设备编组方式、设备创新性维保方式进行了探讨,为盾构施工生产工作做好技术准备和后勤保障、为后续盾构法施工水平运输进行了技术筹备及经验积累。

关键词:大直径盾构;长距离隧道;水平运输;施工调度;成都轨道交通 18 号线

中图分类号:U21;[U25];U215文献标识码: B文章编号:1001-2184(2019)增 2-0044-05

Management of Long-Distance Horizontal Transportation
Construction of Large Diameter Shield

DU Zedong, LI Haitao

(Sinohydro Bureau 5 Co., LTD, Chengdu, Sichuan, 610066)

Abstract: Aiming at the actual situation of large excavation section and large circular horizontal transportation volume of single excavation of large-diameter shield, and taking the engineering example of horizontal transportation construction scheduling management of metro shield tunnel, this paper discusses the horizontal rail transportation, construction scheduling management, equipment formation mode and equipment innovative maintenance mode of shield construction, so as to make technical preparation and logistical support for shield construction, as well as to make technical preparation and the experience accumulation for the horizontal transportation of subsequent shield construction.

Key words: large diameter shield; long-distance tunnel; horizontal transportation; construction scheduling; Chengdu Metro Line 18

1 概 述

成都轨道交通 18 号线土建 4 标位于龙泉山脉以西、合江镇镇区西北面、太和路西侧。该标段承建兴隆站~天府新站盾构区间,在区间中心位置设置了一座通风井兼盾构工作井(简称兴天区

间)、天府新站~龙泉山隧道进口盾构区间(简称天龙区间)、合江车辆段出入段线盾构区间(简称出入段线区间),区间总长 12 846 单线延米。区间位于苏码头气田、洛带气田及三大湾气田交界处,瓦斯等级为低瓦斯隧道^[1]。

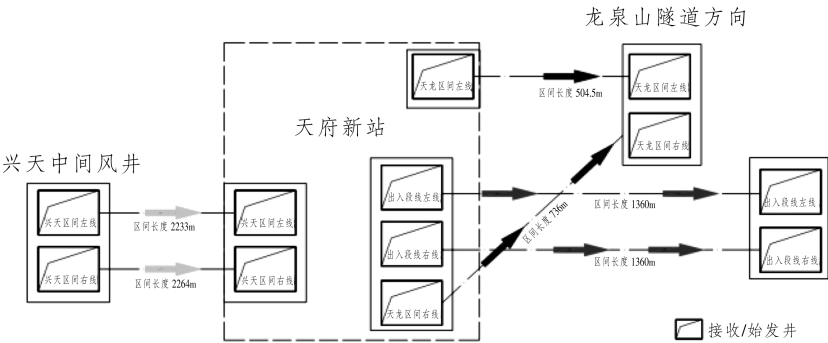


图 1 盾构区间线路走向图

(1)区间内的施工条件。该标段盾构兴天区

间右线全长 4.5 km 左右;天龙区间全长 600 m 左右;出入段线右线全长 1.3 km 左右。

(2)车站及风井的施工条件。天府新站车站长 1 014.68 m,标准段宽 49 m,小里程端为盾构接收井,大里程端为盾构始发井;兴天中间风井长约 67 m,宽 30 m。区间两侧均为盾构区间,大里程端为盾构始发井。

(3)施工调度情况。大直径盾构长距离掘进施工调度的主要工作分为盾构施工水平运输与垂直运输^[2]的调度管理。长距离隧道掘进效率与水平运输设备的关系尤为重要,水平运输的能力在很大程度上制约了隧道的掘进速度。^[3]水平运输的主要工作为使用 55 t 电瓶车编组将管片、油脂等盾构生产所需物资运输至隧道内盾构机处,并将盾构机掘进产生的渣土运回至隧道洞口。

由盾构区间线路走向图(图 1)可以看出:掘进天龙区间及出入段线区间时,继续使用兴天风井的掘进施工后台。水平运输电瓶车编组从兴天风井出发,经过兴天区间、天府新站后方能到达出入段线区间或天龙区间掘进,期间单台电瓶车编组连续运输往返距离最高达 10 km 左右(电瓶车车速控制在 5 km/h)。

2 工程建设中的重难点

2.1 施工的重点

该标段工筹计划是使用两台盾构机施工连续三个区间,且仅设置中间风井为盾构施工辅助后台(龙门吊、搅拌站、渣坑等);当盾构机掘进天龙区间或出入段线区间时,电瓶机车的水平运输单程超过 3.5 km 且需穿过在建车站(天府新站)。为了在有限的时间和空间上以最低的成本产生最大的掘进效率,保证盾构施工水平运输效率是盾构长距离掘进施工调度的重点。

2.2 施工的难点

(1)施工单程运距远(最大达到 5 km)、坡度大(最大坡度为 32‰),电瓶车编组运输材料及渣土负荷大、故障率较高。

(2)盾构区间洞径大(开挖直径达 8.65 m),每掘进一环的实际出渣量约为 176 m³。沿用兴天区间两列电瓶车编组交接的运行方式难以完成工期的节点目标。

(3)电瓶机车的编组水平穿越天府新站需经过多次岔道与通道,存在较高的安全风险。

3 采取的应对措施

3.1 水平运输设备及编组方式

(1)水平运输设备。该标段盾构施工水平运输采用湖北晨风轨道电瓶车,技术参数见表 1。

表 1 电瓶车主要技术参数表

部件	项目名称	参数
整机参数	机车外型尺寸 /mm	8 393×1 520×2 600
	轨距 /mm	900
	粘着重量 /t	55
	牵引重量 /t	366(2.8%坡度)
	持续速度 /km·h ⁻¹	8
蓄电池	一次充电行驶里程 /km	≥60
	额定功率 /kW	160

通常情况下,施工过程中的电瓶车编组长期处于持续运行状态,因此,必须根据电瓶车不同部位的故障率、不同部件的易损率提前准备好备用配件。电瓶车组常用的备件见表 2。

表 2 常用备件表

序号	名称	规格型号	单位	计划量	拟使用部位
1	渣土车闸瓦	1050 型 Q23JT-45	个	80	刹车系统
2	气动阀块	0.2~0.8 MPa DC24V	个	3	控制系统
3	渣土车轮对轴承	CFZT-20M	6 套	40	渣土车

(2)设备编组方式。该标段盾构区间洞径大,开挖直径为 8.65 m,每掘进一环实际的出渣量约为 176 m³。为减少盾构机停机时间,减少电瓶车隧道内错车的次数,有效利用电瓶车额定牵引力,将每列电瓶车编组设置成由 1 节机头+5 节渣土车+2 节管片车+1 节浆车组成,电瓶车每掘进一环,电瓶车编组装载运输两次渣土。

根据该标段工期计划,兴天风井~天府新站区间全长约 2 km,盾构施工水平运输采用两列电瓶车编组交接的运行方式,即 1#电瓶车编组掘进装渣,2#电瓶车编组井口出渣,并于井口岔道错车交替运行。

天龙区间与出入段线区间施工时,由于不转移地面辅助后台(龙门吊、搅拌站、渣坑等),且水平运输距离单程超过 3.5 km,水平运输时间较长,沿用兴天风井~天府新站区间施工电瓶车编组方式已难以完成工期节点目标。为节约施工时间,优化施工工序,单线增加了一列电瓶车编组,由原先的两列编组交替运行改为三列编组循

环运行。电瓶车编组运行分布情况见图 2。

3.2 创新性的维保设备

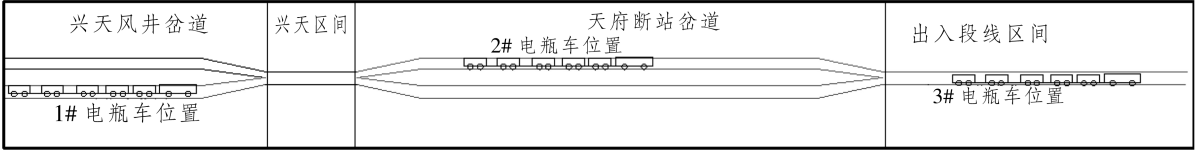


图 2 电瓶车编组运行分布示意图

(1)增加维保人员。随着盾构施工水平运输距离变长,电瓶车故障率随之升高。相较兴天区间施工工区增设了 1 名维保人员,由原先的隧道 1 人、地面 2 人改为隧道 1 人、地面 3 人。

(2)创新维保设备。为了降低人工劳动程度,提高工作效率,将电瓶车维修经验进行了总结,创新性地研制出多种电瓶车维修专用工具(表 3)。

表 3 电瓶车维修专用工具表

序号	名称	使用部位		研发情况	已投入使用
1	刹车气缸弹簧拆装专用工具	刹车气缸	刹车系统	自主设计	是
2	渣斗车轮子轴头、轴承拆卸专用工具	轮对轴承座	车轮	自主设计	是
3	渣斗车轮子轴头、轴承安装专用工具	轮对轴承座	车轮	自主设计	是
4	电瓶车刹车气管改进	刹车气管	刹车系统	自主设计	是
5	电瓶车车轮轮拆装专业工具	轮对	车轮	自主设计	是

3.3 电瓶车编组长距离协调作业及通信措施

(1)天府新站增设道岔及调度制度的完善。天龙区间与出入段线区间施工时,水平运输采用三列电瓶车编组循环运行,在天府新站增设了 2 副道岔供隧道内错车使用。该标段电瓶车运输的最长距离为 5 km,单条线路共安装道岔 3 副,分别位于兴天风井大里程端、天府新站小里程端与天府新站大里程端。

随着列车编组的增加,施工工序难度相应增加,三列电瓶机组运行的先后顺序尤为重要,为加强调度岗位的管理,根据施工工序制定了完善的制度。如调度人员分白夜班,交接班时要清晰明了的交接本班的作业情况及电瓶车运行情况并做好交接班记录;做好当班电瓶机车的运行记录等。

(2)增加岔道及通道的红绿灯机制及监控措施。盾构施工过程中,人员通过轨行区的安全隐

患很高。风井、车站等主体结构区域轨行区可以利用跨轨天桥通过,而在施工竖井范围,由于可用面积有限而导致跨轨天桥无法使用。

根据道路运输红绿灯的灵感启发,在竖井轨行区人员通道安装了智能红绿灯装置,对电瓶车加装了倒车影像功能,在电瓶车行驶至竖井红绿灯范围内可提前观测到红绿灯情况,以便于及时停车让行,确保人员安全通过轨行区。

轨行区通行位置采用智能门控延时系统。通过闸门开启关闭时电磁接近开关动作控制红绿灯切换。

在电瓶车后方加装倒车影像,实时监控运行后方的情况;改善了司机驾驶(心里没底,害怕后方有人)时的心理阴影。

(3)增加电瓶车司机、现场调度、总调度室的沟通方式,每列电瓶车编组增设一台防爆移动电话,原调度沟通方式见图 3,现调度沟通方式见图 4。

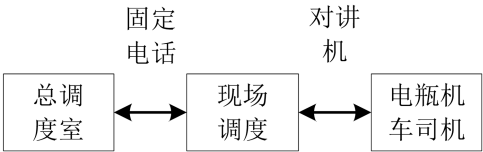


图 3 原调度沟通方式框图

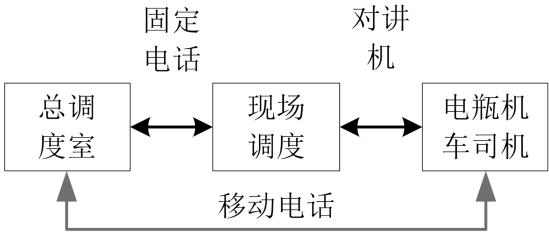


图 4 现调度沟通方式框图

在每列电瓶车编组上安装了一台防爆移动电话,并于隧道内每隔 500 m 安装了一台信号接收器。电瓶车在隧道内运行过程中,总调度室可直接与电瓶车司机取得联系。

3.4 电瓶车编组运行线路的连续性记录

为保证电瓶车编组不间断运行,确保电瓶车编组运行的安全稳定性,制定了电瓶车编组沿运行线路连续性记录制度(图 5)。

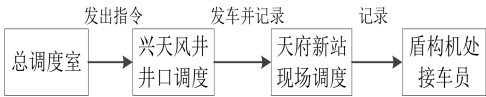


图 5 电瓶车编组派车制度框图

电瓶车编组连续运行流程:

- (1)1#电瓶车编组位于兴天风井出渣、装载管片、油脂等盾构机所需物资后,通知总调度室并原地待命。盾构机掘进半环,3#电瓶车编组装渣结束后,盾构机操作员通知总调度室,总调度室接收信息并确认运行线路畅通无阻后发出指令;
 - (2)兴天风井井口调度派发 1#电瓶车编组前往天府新站并记录发车时间、发车班次、风井井口畅通情况;
 - (3)盾构机处接车员派发 3#电瓶车编组驶出盾构掘进范围,经天府新站驶回兴天风井,记录发车时间、发车班次、盾构机处畅通情况;
 - (4)天府新站现场调度等待 3#电瓶车编组驶入天府新站后,派发天府新站岔道处待命的 2#电瓶车编组驶入盾构机处,记录发车时间、交接班次、道岔处畅通情况;
 - (5)2#电瓶车编组到达盾构机处,接车员记录到达时间、到达班次、检查运输物资情况并通知总调度室;
 - (6)1#电瓶车编组到达天府新站后,天府新站的现场调度记录到达时间、到达班次、检查运输物资情况,并指挥 1#电瓶车编组于天府新站道岔处待命,通知总调度室;
 - (7)3#电瓶车编组到达兴天风井井口,井口调度记录到达时间、到达班次、检查运渣情况,告知总调度室;
 - (8)总调度室发出指令,3#电瓶车编组开始出渣,盾构机开始掘进,2#电瓶车编组开始装渣,开始下一循环作业。
- 当电瓶车编组连续性运行一个循环后,电瓶车编组每到达一个区域均有现场工作人员记录并通知总调度室。总调度室全程对运行中的所有电瓶车编组进行宏观调控,以减少电瓶车编组因运行不当而浪费工作时间。

3.5 长距离运行隐患排查机制

- (1)轨道巡检方式。对轨枕间距、轨道压板紧固情况、轨道接头处贴合情况、轨道拉杆间距及紧固情况、轨道间距进行检查;检查扳道器是否有效固定、岔道处压板有无松动、轨枕有无变形。
 - (2)运行及养护管理办法。水平运输管理过程由总调度室全权负责;现场调度及接车员必须履行及时反馈职责,并严格记录当班电瓶车编组运行情况。
 - 电瓶车编组的维修保养主要采用地面维修的方式,将故障车吊至地面维修,更换备用车至电瓶车编组。电瓶车编组运行与维修保养可同时进行,从而有效地保证了电瓶车编组不间断运行。
 - (3)安全隐患控制。
 - ①作业人员存在的安全隐患。对各类司机、调度进行上岗前的培训工作,使他们明确职责,安全快速地完成出渣任务;^[4]
 - 通过加装轨行区红绿灯警示系统,使安全风险进一步得到了有效的控制。
 - ②交叉作业中存在的安全隐患。由于地铁施工环境的特殊性和复杂性加大了施工过程风险控制的难度,很容易发生危险事故。^[5]单列电瓶车编组长度约为 65 m,行车过程中盲点较多;盾构施工过程中很难避免与车站主体单位之间经常因交叉作业导致的安全隐患。
- 3.6 运行进度指标分析
- 盾构施工过程主要由水平运输、垂直运输、盾构掘进施工与交接班四部分组成。后配套维修保养、轨道养护、管片养护等过程均可平行作业。
- 笔者以成都轨道交通 18 号线土建 4 标盾构施工过程为例,对大直径盾构长距离水平运输两列电瓶车编组与三列电瓶车编组进行了进度指标分析。
- (1)兴天风井~天府新站区间右线长 2 264 m,天府新站站长 1 104 m,取出入段线区间右线长度 632 m 处施工为例,线路总长 4 000 m;
 - (2)电瓶车编组平均时速取 4 km/h,即单程水平运输时间为 1h;
 - (3)门吊出渣及装载施工材料总计耗时 40 min;
 - (4)根据经验,盾构机单次掘进时间取 30

min,两班制作业单次交接时间取 30 min。

根据以上数据,绘制了盾构施工进度(图 6)。

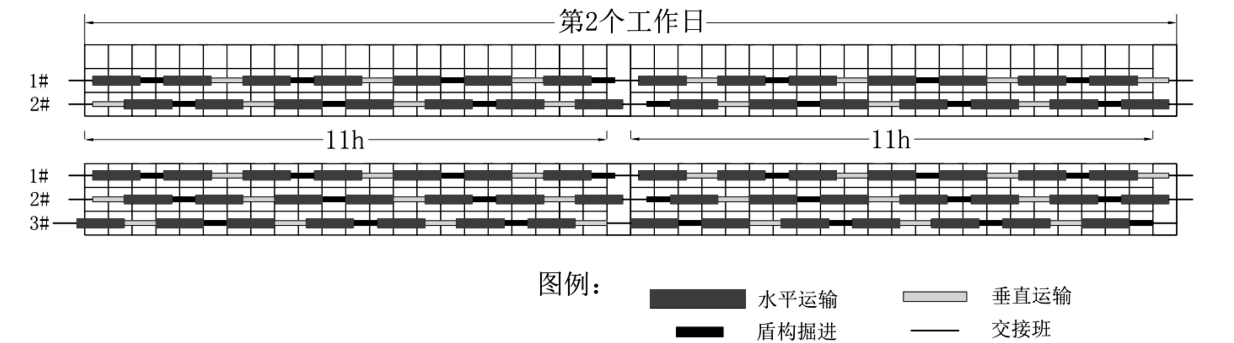


图 6 盾构施工进度图

由图 6 可知,两列电瓶机车编组作业时,单个工作日盾构机最高可掘进 14 次,可完成 7 环管片作业;而三列电瓶机车编组作业时,单个工作日盾构机最高可掘进 21 次,可完成 10 环管片作业。

当施工出入段线右线全长 1 360 m 时,在盾构机及后配套设施均正常运转的情况下,两列电瓶机车编组用时 107 d,三列电瓶机车编组用时 75 d。相比之下,三列电瓶机车编组可节省一个月的工期。

4 结 语

盾构法隧道工程施工是一项综合性施工技术,其水平运输是控制盾构施工生产进度的关键因素之一。

(1)针对大直径盾构长距离水平运输,该工程采用三列电瓶机车编组循环运行,有效利用了垂直运输与盾构掘进时间,降低了盾构施工的间断性,提高了生产效率,保证了生产进度;

(2)采取增设防爆移动电话与岔道、通道的红绿灯机制,丰富了调度管理的安全管控办法,保障

(上接第 34 页)

[4] 王 剑.探究市政施工过程中的地下综合管线保护措施[J].科技致富向导,2013,30(8):143—145.

[5] 王 亮.浅析市政施工中地下管线保护措施[J].科技创新与应用,2013,22(14):143—145.

作者简介:

杜泽东(1981-),男,四川南充人,助理工程师,从事地铁工程施工技术与管理工作;

李海涛(1996-),男,四川德阳人,助理工程师,从事地铁施工技术与管理工作. (责任编辑:李燕辉)

何付丽(1991-),女,四川广元人,助理工程师,学士,从事劳资、农民工管理工作;

高祎天(1992-),男,四川成都人,助理工程师,从事市政工程建设施工技术与管理工作;

陈 欣(1986-),男,四川广安人,项目总工程师,工程师,学士,从事市政工程施工技术与管理工作. (责任编辑:李燕辉)

中水五局公司五项科技成果荣获中国电建科学技术奖

日前,中国电力建设股份有限公司发文通报表彰了 2019 年度中国电建科学技术奖,中水五局公司五项科技成果榜上有名。由公司主持研究完成的《高土石坝坝料运输跨心墙技术研究与实践》《水电站 EPC 模式下设计施工优化研究与实践》两项科技成果荣获一等奖,《薄层软弱围岩特长公路隧道精细施工关键技术研究》荣获二等奖,《大粒径心墙砾石土填筑质量检测设备及快速测定技术》《连续钢箱梁步履式多点顶推控制技术》荣获三等奖。据悉,2019 年集团公司共授科学技术奖 128 项,共有 90 余家企业上榜。