

大直径盾构瓦斯隧道联络通道施工技术探讨

刘震中, 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:通过地铁盾构隧道联络通道具体的工程实例,从低瓦斯联络通道、各施工阶段对低瓦斯的有效管控、对周边开挖地层实施加固、成型管片洞径内采取的的稳定措施、开挖及初期支护、弃渣运输、二衬施工等关键施工技术进行了探讨,旨在为后续盾构法联络通道施工做好技术准备及经验积累,提供借鉴和参考。

关键词:大直径盾构;低瓦斯隧道;联络通道;液压劈裂机;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 2-0005-04

Discussion on the Construction Technology of Connecting Passage of Large Diameter Shield Gas Tunnel

LIU Zhenzhong, DU Zedong, LI Haitao

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

Abstract: Based on the specific engineering examples of connecting passage of metro shield tunnel, this paper discusses the key construction technologies for low gas connecting passage in each construction stage such as the effective control of low gas, the reinforcement of surrounding excavation strata, the stability measures taken in the tunnel of formed segments, the excavation and initial support, the transportation of slag, the construction of secondary lining, etc., in order to make full technical preparation and accumulate experience for the subsequent construction of connecting passage by applying shield method, as well as to provide reference.

Key words: large diameter shield; low gas tunnel; connecting passage; hydraulic splitter; Chengdu Metro Line 18

1 概述

成都轨道交通 18 号线工程土建 4 标【兴隆站~天府新站】盾构区间位于龙泉山脉以西、合江镇镇区东北面、太和路西侧,右线盾构全长 4 498 m,左线盾构全长 4 505 m。线路出兴隆站后,沿线依次下穿红星路南延线、鹿溪河桥、威青线燃气管线等建(构)筑物(图 1),区间两侧主要为现状农田、林地,山头较多,地形起伏大,最大高差达 40 m。区间位于苏码头油气田、洛带气田及三大气田交接部位,影响程度为天然气危害低区,处于低瓦斯盾构隧道区间。隧道内径为 7.5 m,隧道外径为 8.3 m,管片厚 0.4 m,管片宽 1.8 m。采用圆形装配式钢筋混凝土管片单层衬砌,其混凝土强度等级不小于 C50、抗渗等级不低于 P12。

联络通道开挖范围内的岩层主要穿越中等风化泥岩,占比为 95.59%,局部穿越中等风化砂岩,

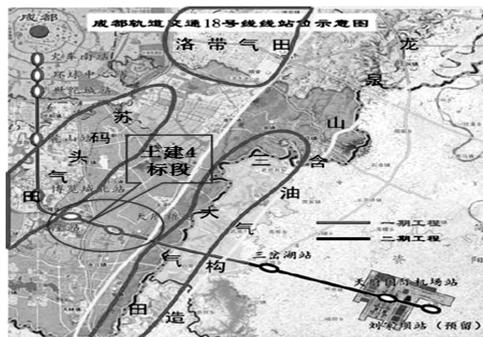


图 1 区间油气田分布图

占比为 4.31%。现场钻芯取样得到的平均抗压强度为 35 MPa 左右。联络通道兼泵房(图 2)为中等风化泥岩,自然稳定性较好。根据联络通道自身特点以及现场实际工程地质条件,联络通道采用的施工工艺为矿山法,以人工开挖为主,辅助设备采用劈裂机配合施工。

2 工程中存在的重难点问题

收稿日期:2019-09-18

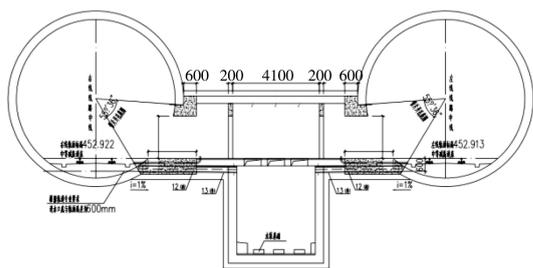


图2 联络通道兼作泵房横剖面图

2.1 联络通道的施工重点

(1)管片背后的土体加固。由于联络通道地面周边是“鹿溪智谷公园”,不具备在地面进行降水和地面加固处理的条件,因此在隧道内对管片背后的土体进行加固成为其重点。

(2)隧道内钢支撑的架设。由于联络通道的开挖对地层及管片有一定的扰动,根据设计要求必须对联络通道中线左右两侧的管片进行加固,故隧道狭窄空间的钢支撑架设是其重点。

(3)监控量测。该项目在联络通道施工前,盾构双线的穿越已对地面进行了两次扰动;且因地面人流量较大,又位于公园内,地下有排污管线,根据规范其控制沉降不得超过 5 mm,故施工过程中的监控量测成为其重点。

2.2 联络通道施工的难点

(1)联络通道洞门处的管片切割作业空间狭小,割除的管片重量大且为异形混凝土,切割及运输废弃管片是其难点。

(2)由于隧道为低瓦斯隧道,联络通道施工过程中对人员、设备机具的瓦斯管控以及开挖过程中的通风管控成为其难点。

(3)地层平均抗压强度为 35 MPa 左右,通道及泵房人工开挖及运渣方式是其难点。

(4)由于联络通道施工作业面位于盾构区间内,隧道的埋深大且距离远,对结构二次衬砌的混凝土浇筑入模时间及成型质量控制成为其难点。

3 施工对策

3.1 管片背后的土体加固

为避免联络通道施工时对成型盾构区间隧道造成较大影响,确保联络通道位置管片开口上方土体的稳定,在施工联络通道前需对区间隧道联络通道前后 10 环管片进行二次注浆加固。由于该项目联络通道处地面周边为“鹿溪智谷公园”,不具备在

地面进行降水和土体加固处理的条件,因此,需在隧道内对管片背后的土体进行加固。

(1)注浆作业台车。加固前进一步紧固隧道管片的连接螺栓,确保管片间连接紧密,避免注浆造成管片错台、破损。

为保证作业的安全性,项目部特别研制了注浆作业台车,台车采用 5 cm×5 cm 镀锌方型钢管制作,由两层作业平台构成。

(2)管片背后的补充注浆。管片背后的补充注浆范围为联络通道洞口前后各 10 环(洞口位置两环也注浆,不在此 10 环范围内);注浆浆液为单液水泥浆,采用逐步增加压力的方式注浆;注浆控制采用压力和注浆量双重控制,当压力达到 0.45 MPa 或注浆量达到设定值后停止注浆。

为保证补充注浆的效果,在注浆过程中需考虑注浆量、配合比等因素^[1],配置浆液流量自动记录装置,如实记录浆液注入量。补充注浆时采用从联络通道中心向两侧逐环进行的方式多孔进行补注,孔位尽量保持对称,压力从小到大、逐步增加。

3.2 临时钢支撑的架设

联络通道的开挖对地层及附近管片会造成一定的扰动,根据设计要求,必须对联络通道中线左右两侧的管片进行支撑加固,在管片切割拆除前设置临时支撑。临时钢支撑立柱采用 HW250 mm×250 mm 钢焊接在一起,框架支撑梁采用 HW200 mm×200 mm 钢焊接,斜撑采用 10 号槽钢连接。所有构件的连接均采用坡口双面焊焊接,焊缝高度不小于 10 mm,焊接工艺及质量按国家现行标准执行。钢支撑与盾构管片的接触面加设 300 mm×200 mm×20 mm 的钢板,在钢板与管片间设置木楔。钢支撑架设情况见图 3。

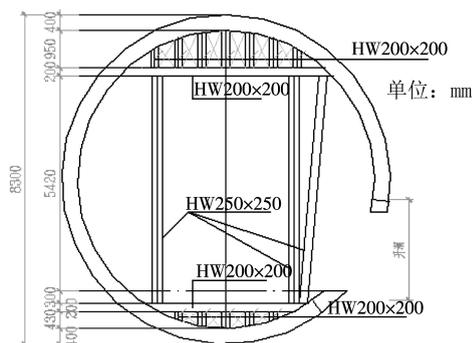


图3 临时加固钢支撑横断面图

3.3 监控量测

该项目在联络通道施工前,盾构双线的穿越已对地层进行了两次扰动;且因地面人流量较大、又位于公园内,地下有排污管线,根据规范其控制

沉降不得超过 5 mm。因此,在施工过程中加强了对联络通道及泵房的监控量测。

(1)联络通道及泵房布置的监控量测项目见表 1。

表 1 区间联络通道施工监控量测项目参数表

序号	监测项目	位置和监测对象	仪器	监测精度 /mm	量测频率	监测项目控制值 /mm	测点布置	备注
1	地面沉降	通道及泵房周边	全站仪	±1	开挖期间 1~3 次/d, 隧道施工每周 1 次	30	图 4 布置	必须
2	隧道拱顶下沉	隧道	全站仪、水准仪		开挖阶段 1~3 次/d	30	通道拱顶	必须
3	水平收敛速率	隧道及废水池	收敛仪		开挖阶段 1~3 次/d	20	除通道拱顶的其他位置、废水池壁两个方向	必须
4	洞内外观察	地质情况、支护变形、地面沉降			开挖阶段:随时			必须
5	管片收敛	联络通道的前后相邻管片	收敛仪		开挖阶段: 1~3 次/d		管片中部	必须

(2)联络通道及泵房地面沉降监测点的布置。在联络通道及泵房地面沉降观测位置设置垂直通道方向的横断面监测点,根据联络通道的长度确定设置测点的数量。在联络通道及泵房中间高度位置设置水平收敛监测点,水平收敛监测点设置在断面位置上且与拱顶下沉监测点在同一横断面上或附近。区间联络通道及泵房地面监测点横断面布置情况见图 4。

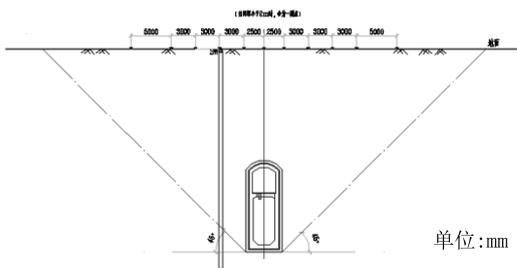


图 4 地面监测点横断面布置图

3.4 切割及运输废弃的管片

联络通道洞门管片切割作业空间狭小,割除的加强环管片重量大且为异形混凝土。在洞口管片钢支撑施作前对所需切割的管片进行测量放线,按设计尺寸精确测量后在管片上弹出切割边线及定位孔。在管片背后注浆加固及临时钢支撑工作完成后进行切割作业。

切割拆除过程中一定要注意观察管片背后土体的注浆加固情况,加固效果不理想、达不到要求时,应继续进行注浆加固,以确保开挖时土体的稳定及第一循环开挖过程中的土体稳定。

管片运输须遵循先上后下的原则,由固定在

管片支撑架上的 5 t 手拉葫芦固定在管片支撑架上,将切割好的管片拉出,再由隧道水平运输电瓶车运出隧道。切割过程中须注意监测管片壁后土体、管片变形及拱顶沉降情况。

3.5 隧道施工的通风管理

该区间位于苏码头油气田与三大湾油气田的结合部,地层浅层天然气检测到有少量的一氧化碳(CO)存在,其浓度达到 12 ppm,因此将该区域定为低瓦斯区间。

(1)隧道施工的通风管理。隧道区间内的通风配备了二台型号为 SDF(B)-No13 的轴流风机,安放在始发井结构中板位置正对洞门,采用 1.8 m 长的阻燃型聚乙烯通风管送风至联络通道位置,设两路电源,在中板设置一台 400 kW 的发电机与普通电源并联。联络通道的施工配备了一台 5 kW 的风机将区间正洞的新鲜空气送风至联络通道开挖作业面,用以保障正常的通风需求。针对通风设备配备专人管理,对隧道内的风速定时进行检测,以保证隧道回风风速满足 0.5 m/s 的规定并做好相关记录。

(2)联络通道施工的瓦斯管理。联络通道施工的瓦斯管控是重要的管理工作之一。事前,对施工及管理人员进行有针对性的安全教育和岗位培训。制定安全应急预案,定期做好应急演练。配备专业的瓦斯检测人员,严格执行定人、定岗、定责任的“三定”原则。

在联络通道开挖范围安放固定的瓦斯检测设备,实时检测瓦斯浓度,配备报警装置,瓦检员配

备光干涉便携式检测仪器,每2h进行一次巡检并做好相关记录。

3.6 人工开挖及运渣方式

(1) 联络通道的开挖及初期支护。

① 洞口段开挖是联络通道开挖中重要的一段,其开挖步序见图5。开洞后将锚杆尾部和管片进行固定,采用人工开挖,对加固体部分采用风镐开挖。正常开挖一段后,对开挖面进行喷混凝土保护并完成初期支护。

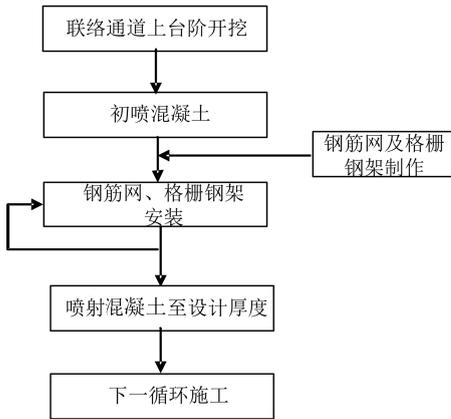


图5 联络通道开挖步序图

② 盾构机通过联络通道时对土体的扰动会导致联络通道洞口部分的地层比较松散,故对其采用小导管注浆加固。在上台阶开挖1m后,遇到了非常坚硬的微风化砂岩,抗压强度在35~40MPa之间,人工采用风镐开挖进度十分缓慢。项目部根据现场情况考虑改变施工工艺,决定采用大直径水钻和液压劈裂机配合施工。

开挖工艺的顺序主要是借鉴钻爆施工的方法,先采用 $\varphi 200$ 水钻在作业掌子面中心钻取 $\varphi 0.5\text{ m} \times 0.6\text{ m}$ 的临空面,然后在其周边用手风钻钻孔,成孔后用液压劈裂机依次破除围岩。

③ 开挖出的土石方使用区间运行的55t电瓶车编组运至始发井由龙门吊吊出。上、下台阶开挖时,其断面间距至少保持在1m以上。

(2) 泵房开挖及初期支护。

① 联络通道初支完成并稳定后进行泵房的开挖,其开挖步序见图6。首先,破除泵房处联络通道底板初支混凝土,间隔切断底板位置的格栅钢架钢筋。对于格栅钢架钢筋切断处用I16工字钢临时支撑,使泵房口处临时闭合。

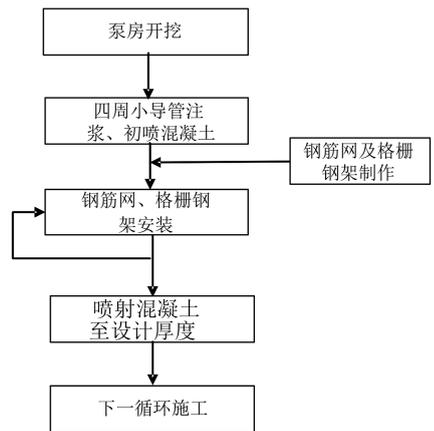


图6 泵房开挖步序图

泵房开挖本着先周围、后中间、开挖初支并行的方式进行。在开挖过程中,及时对四周坑壁施作小导管注浆加固,每开挖完一侧一榀立即进行初喷、挂网焊接筋、安装格栅钢架、喷射混凝土;完成一榀进尺后开挖中心土。将泵房位置的第一排格栅钢架和联络通道侧墙底部的格栅钢架紧靠在一起焊接连接,以保证联络通道和泵房初支结构的整体性。

整个泵房开挖到最低标高后,安设底板钢筋网、格栅钢架、喷射混凝土封闭底板,泵房开挖、初支完成并稳定后,与联络通道一起施作防水层及模筑防水混凝土^[5]。

② 废水泵房渣土的运输:在联络通道中间的拱部做初期支护时预埋由 $\varphi 25$ 圆钢加工的吊钩并交叉焊接 $\varphi 22$ 钢筋,以加强整体的刚度。在吊钩上安设定滑轮,在联络通道的底部适当位置固定3t卷扬机,卷扬机与联络通道底部固定稳定,使用吊斗装渣,采用卷扬机将其提升到联络通道底部,人工装土至渣土车内,由电瓶车运输出洞。

3.7 结构的二次衬砌

由于联络通道的施工作业面在盾构区间内,且因隧道的埋深大、距离远,故对结构二次衬砌的混凝土浇筑入模时间及成型质量必须严格控制。

(1) 运输及浇筑。混凝土采用商品混凝土,由电瓶车将混凝土罐车运送至联络通道,人工浇筑,泵送入模。

(2) 施工顺序。先施工泵房底板,然后为泵房边墙和通道底板,最后是通道边墙、拱部和洞门环框梁。

(下转第13页)

(4)焊接前,彻底清理待焊区域的铁锈、氧化铁皮、油污、水份等杂质;

(5)焊接温度低于 5℃时,应对杆件周围进行预热,杜绝在母材上引弧;需要补焊时,其焊接长度不小于 50 mm。

6 结 语

(1)将单根杆件预拼成单元节吊装,既能节省吊装时间、降低安装风险,又能有效控制安装误差。

(2)临时支墩基础设置沉降观测桩,用于观测基础是否有沉降;在临时支墩钢管柱上设置控制点,用于观测临时支墩是否有变形;所有高强螺栓终拧前,调整好施工预拱度及线形,通过节点间的高程调整成桥预拱度。

(3)临时支撑系统是保证全桥预拱度关键之所在,施工过程中需要对其特别注意,在高强螺栓

(上接第 8 页)

(3)钢筋的加工与绑扎。二衬钢筋加工前,首先按设计的尺寸进行配筋设计,根据配筋设计在洞外钢筋场下料加工成型并分类堆放、挂牌标示。

二次衬砌的钢筋采用 HPB300 和 HRB400 钢筋,主筋保护层迎水侧厚 50 mm、背水侧厚 40 mm,构造钢筋保护层厚度不小于 20 mm。先绑扎底板钢筋,后绑扎边墙及拱钢筋。底板钢筋施工时先铺设底层钢筋,后绑扎顶层钢筋,两层钢筋间用架立筋支撑,防止浇筑混凝土时顶层钢筋塌陷。对于墙拱钢筋,先绑扎外圈钢筋,再绑扎内圈钢筋。绑扎墙拱钢筋时须搭设简易钢管作业平台。

(4)联络通道和泵房二次衬砌施做时预留注浆管,二次衬砌施做完成后进行二衬背后的注浆,确保联络通道和泵房二次衬砌背后填充密实。

4 结 语

隧道工程盾构法是一项综合性施工技术,联络施工通道是盾构隧道工程的附属设施,其开挖采用的工法与盾构法施工截然不同,绝大部分是采用人工开挖,风险较大,故采用正确的方法提高工效,保证安全。

(1)该工程为采用人工开挖的低瓦斯隧道,增大了施工难度。由于事前制定了安全管控办法及

未终拧、检测完,禁止拆除临时支墩。

(4)对全桥实施联测,形成连续有效的监测数据,实时控制、实时调整,方能有效地保证钢桁梁的成桥预拱度。

参考文献:

- [1] TB10091—2017, 铁路钢桥结构设计规范[S].
- [2] TB10212—2009, 铁路钢桥制造规范[S].
- [3] TB10203—2002, 铁路桥涵施工规范[S].
- [4] TBJ214—92, 铁路钢桥高强螺栓连接施工规定[S].
- [5] TB10415—2003, 铁路桥涵工程施工质量验收标准[S].

作者简介:

李 建(1974-),男,四川金堂人,项目经理,高级工程师,一级建造师,从事铁路工程施工技术与管理工作;

刘 洋(1988-),男,吉林磐石人,助理工程师,从事铁路工程施工技术与管理工作。

(责任编辑:李燕辉)

技术措施,从而有效地保障了后续施工的安全。

(2)施工过程中及时调整了开挖方式,以机械设备施工为主,人工作业为辅;采用液压劈裂机施工,创新了施工工艺,该施工工艺在采用矿山隧道法且作业环境狭小的低瓦斯隧道开挖中能发挥较强的优势,施工进尺相比人工开挖提高了一倍,有力地保障了工期节点,为今后相关工程的施工积累了丰富的经验。

参考文献:

- [1] 王 芳.地铁隧道盾构施工风险分析及对策研究[D].西安建筑科技大学,2009.
- [2] 杨勇勇.隧道联络通道开挖对地表沉降和隧道位移的影响研究[D].浙江大学,2013.
- [3] 郑宁涛.城市轨道交通盾构工程施工监测与结果分析[J].河北企业,2017,28(3):127—128.
- [4] 孙福明.盾构隧道联络通道施工技术探讨[J].市政技术,2011,29(3):75—78.
- [5] GB50108—2008,地下工程防水技术规范[S].

作者简介:

刘震中(1976-),男,安徽合肥人,高级工程师,从事建设工程施工技术与管理工作;

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,从事地铁工程施工技术与管理工作。

(责任编辑:李燕辉)