

地铁单洞双层隧道施工技术

刘广钧

(中铁十二局集团深圳地铁指挥部)

摘 要 深圳地铁一期工程老区间隧道穿过繁华的商贸金融区,沿线高大建筑物密布。为避开桩基,设计采用了单洞双层隧道的结构形式,单洞开挖高达 17 m,宽 7.08 m。施工中采用 6 台阶开挖、4 道支撑、4 步衬砌的方法解决了高边墙重叠隧道的施工难题,安全、稳妥、可靠地完成了本工程,并保证了周边建筑物的安全。

关键词 单洞双层 台阶法 支撑

1 工程概况

深圳地铁老街 - 大剧院区间隧道位于解放路下,两侧高楼林立,隧道上方地下管线密集。受线位限制,为避免大量的桩基托换工作,结构采用单洞双层隧道结构,即上下洞合在一起单洞开挖,中间施作中隔板行车,单洞开挖高达 17 m,宽 7.08 m。地铁区间采用重叠隧道型式在国内尚属首例,国外此种型式多以盾构法或明挖法施工。

单洞双层隧道埋深 8 ~ 10 m,地层自上而下分别是杂填土、砾砂层、砾质粘土、全风化花岗岩、微风化花岗岩,其中砾砂层与横穿隧道上方的布吉河水力连通,地下水丰富。隧道拱部位于富水软弱层中,下部位于坚硬花岗岩中,是典型的“上软下硬”地质。施工通过竖井进行组织,竖井深 25 m。

2 施工方案

根据单洞双层隧道的地质情况和受力结构,开挖前实施地表旋喷注浆加固,加固范围是拱顶以外 4 ~ 6 m。在开挖过程中针对高边墙的特点,利用临时支撑将高边墙结构分为若干小单元,增强初期支护的稳定性。开挖分为六个台阶自上而下分层进行,拱部第一台阶开挖后设临时仰拱,第二、三、四、五台阶分层高度 3 ~ 4 m,每层开挖后设 I16 工字钢支撑,第 6 台阶为仰拱部分开挖。施工中根据监测数据分析和洞内工序安排,拱部第一台阶采用预留核心法先行开挖,通过导洞出渣;第二、三台阶为一个工作组,两台阶间距 3 ~ 5 m,并拉开第四、五台阶一定的距离;第四、五台阶和仰拱为一个工作组,采用控制爆破作业技术,初期支护施作及时封闭成环,并及时安排二衬施工。衬砌施工自下而上分四步进行,第一步先施工仰拱及回填,第二步施工下层中隔

板及下洞边墙,第三步施工肋板及上层中隔板,第 4 步施工上洞衬砌,每一步的施工都待上一步衬砌达到设计强度后进行。

竖井内采用双罐笼提升架出渣,电葫芦下料,第一、二、三台阶采用人工推双轮车出渣,第四、五台阶采用小挖掘机配四轮车机械运渣。下洞衬砌专门设计了平顶可调衬砌台车,解决下洞衬砌渐变的问题;中隔板采用满堂脚手架支撑,组合钢模;上洞采用标准全液压衬砌台车。混凝土输送泵放于地面,商品混凝土浇注。

3 施工方法

3.1 施工顺序

单洞双层隧道开挖自上而下分 6 个台阶,各台阶间设临时仰拱或横向支撑,隧道二衬自下而上分 4 步进行,详见施工分部示意图(图 1)和施工工序图(图 2)。

3.2 施工方法

(1)进洞施工:竖井先挖至距拱顶以下 1.5 m 处,此时先沿拱顶外侧施作超前小导管一排,两侧拱脚部位继续开挖,中间留操作平台,挖到第一台阶高度 3.5 m 后,沿开挖轮廓线立两榀 I16 工字钢并排,

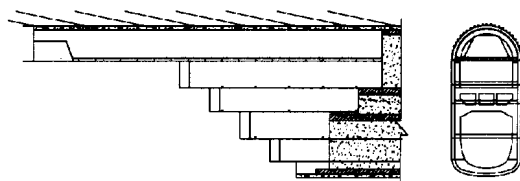


图 1 单洞双层隧道断面及施工示意图

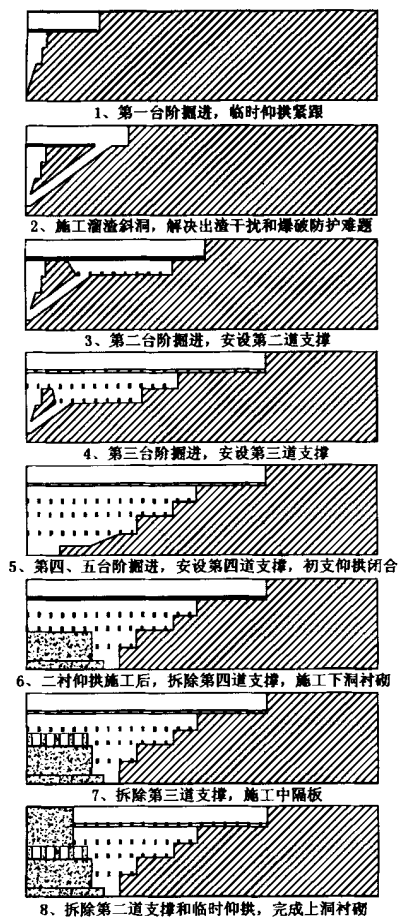


图2 单洞双层隧道施工工序图

拱脚采用锁脚锚杆固定。然后再沿钢架上方打一排超前小导管,小导管尾部与隔栅钢架焊在一起。完成进洞预支护后,按弧形导坑法实施进洞施工。

(2) 第一台阶施工:第一台阶采用人工预留核心土法开挖,核心土宽度为 $2 \sim 2.5$ m,高度为 $1.5 \sim 2$ m,超前小导管预支护,一次开挖一榀拱架的长度。挖后立即初喷混凝土封闭,然后立拱架,但要注意临时仰拱的拱架应一并安设,喷混凝土使第一台阶封闭成环。

第一台阶出渣用人工推双轮车运渣的方式,洞口段前 20 m弃渣通过洞口溜槽直接倒入吊桶内提升。待竖井开挖到底并完成各部进洞施工后,在第五台阶底部向前上方施工一个小导洞,与第一台阶贯通,以后第一台阶弃渣均通过导洞溜至井底,由小挖掘机装入罐笼提升。此导洞半径 2.5 m,高度为 $2 \sim 3$ m,坡度 45° ,可随第五台阶的掘进进行下一个导洞的施工。

(3) 第二、三台阶施工:第二、三台阶由第一台阶导洞贯通处进行扩挖施工,弃渣均通过导洞溜至井底,同时利用导洞与竖井间的岩层作为防护墙,在爆

破作业时保护竖井内设施。扩挖出操作平台后,第二、三台阶同步向前推进,开挖进尺与第一台阶相对应,在第二、三台阶间安设工字钢支撑,工字钢支撑的纵向间距是与初期支护钢架相对应的,与初期支护钢架共同组成一个受力体系,以承受侧向高边墙的压力。

(4) 第四、五台阶施工:第四台阶待第二、三台阶掘进一定距离后,自竖井向前掘进,同时安设第三道钢架支撑。此台阶掘进前需完成出渣导洞的破除工作。第五台阶掘进紧跟第四台阶,同时安设第四道钢架支撑。前一段的开挖均由小挖掘机直接装碴至提升料斗,以后设置爬坡道,小挖掘机爬到第五台阶上扒渣和装渣,采用四轮车机械运输。第四、五台阶的爆破均采用垂直钻眼、孔口加以防护,以防止破坏上层钢支撑。

(5) 第六台阶施工:第六台阶施工即仰拱的开挖,目的是使初期支护及时封闭成环。仰拱开挖过程中应做好排水的工作,同时应对整环初期支护钢架进行检查复测。仰拱的开挖也严格控制每循环一榀钢架,并保证喷混凝土的质量。

(6) 二衬仰拱的施工:单洞双层隧道二衬仰拱的施工高度基本与轨面高度平齐。二衬仰拱以 $15 \sim 20$ m为一个施工段,施做时先对初期支护仰拱下进行注浆,然后做防水砂浆找平层,接着铺设防水板,铺设时应保证基面无水,并且防水板与基面密贴。下一步在铺设好的防水板上再抹一层砂浆,然后进行二衬仰拱钢筋的绑扎,最后立模灌注混凝土。施工缝处采用“刚柔相济”的止水方式,即一道钢板止水条和一道遇水膨胀橡胶止水条。

(7) 下洞衬砌的施工:单洞双层隧道下洞衬砌为下层中隔板及以下部分。衬砌采用特制可伸缩大模板台车,为实现地铁隧道由单洞双层隧道向双洞平行隧道的过渡,下洞的衬砌在高度和宽度上都是渐变的,因此专门设计了宽度和高度都可调的平顶衬砌台车,将中隔板下层和下洞边墙整体灌注,一次灌注长度 9 m。在衬砌工作面的前方加工两个简易台车,一个专用于挂防水板,一个专用于绑扎衬砌钢筋。防水板铺设前应对初期支护渗漏水处和表面进行处理,检验合格后拆除第三道和第四道临时支撑。钢筋绑扎时注意与上层衬砌和肋板的预留连接筋,并采用移动保护板防止钢筋绑扎损坏已做好的防水层。混凝土采用输送泵灌注,输送泵置于地面,要注意左右对称灌注,防止台车偏移,并做好各处施工缝的防水措施。

(8) 中隔板的混凝土施工:上层中隔板与肋板一次浇注。施工采用满堂支架配组合钢模板,在最后段肋板间无法拆模时局部采用混凝土预制模板。上层中隔板的施工须待下洞衬砌达到设计强度后,拆除第二道临时支撑后方可进行。钢筋绑扎及混凝土浇注时应注意各转角处的质量控制,尤其是混凝土的密实度,考虑中隔板要承受地铁列车的动载,隔板的配筋及结构形式都是专门检算的。中隔板的也应注意做好防水层及与上洞衬砌的连接筋。

(9) 上洞衬砌的施工:单洞双层隧道上洞衬砌为中隔板以上部分,是一个标准的拱形衬砌断面,施工与普通隧道衬砌相类似。衬砌采用液压钢模台车,泵送混凝土灌注,防水板铺设及钢筋绑扎加工两个简易台车。上洞衬砌前应对初期支护拱顶完成背后注浆,并要保证初期支护表面圆顺平整和无渗漏水,待中隔板达到设计强度后,拆除第一道临时仰拱,进行防水板铺设及钢筋绑扎工序。混凝土灌注时要预埋注浆管,便于下一步进行二衬背后注浆。

4 质量控制及安全保证措施

4.1 质量控制措施

(1) 以《地下铁道工程施工及验收规范》为依据进行质量控制。

(2) 由于单洞双层隧道的施工在国内尚属首例,没有可借鉴的经验,因此施工前的技术准备工作一定要充分。技术方案要可行,工序要合理,支撑参数要经过检算。

(3) 根据不同地质条件和监控量测的结果,确定合理的预留变形量。

(4) 严格控制超欠挖,保证初期支护钢架与开挖面密贴,喷混凝土支护表面要平滑圆顺。

(5) 初期支护钢架应自上而下都垂直隧道轴线,不得有扭曲、翘曲,要保证钢架间的纵向连接筋的质量和每节钢架间的连接质量。

(6) 防水板铺设前要完成初期支护的背后注浆,初期支护表面不得有渗漏水。防水板的铺设要与喷混凝土密贴,并留有一定的变形量。衬砌钢筋绑扎后要对防水板进行严格的检查。

(7) 保证衬砌台车的模板质量,严格控制挡头模板处的混凝土质量,处理好施工缝的防水和平整度,保证混凝土的养护时间。

(8) 严格执行“三检制”,对施工中遇到的技术难题开展QC小组公关活动。

4.2 安全保证措施

(1) 坚持施工安全第一的指导方针,把暗挖隧

道防坍塌、防涌水、防沉降作为施工的头等大事来抓。

(2) 掘进前做好地质超前预报工作,并且根据不同的地质条件及施工条件综合运用地表旋喷加固、地表止水帷幕、地表降水、洞内深孔注浆、洞内水平旋喷、大管棚等预加固措施,确保开挖安全。

(3) 严格执行“管超前、短进尺、快封闭、强支护、勤量测、紧衬砌”的施工方针,对每一工序的施工安全做到心中有数。

(4) 单洞双层隧道的高边墙和直边墙是暗挖隧道施工的难点,必须保证4道临时支撑的稳定性和牢固性,在型钢支撑的端头安设轴力计,随时掌握支撑的受力变化情况。

(5) 采用6台阶法施工单洞双层隧道,多个工作面在空间交叉作业,应充分做好各台阶间的安全防护。如各台阶端头和出渣口安设防护栏杆,井底设防溜渣飞溅设施,各台阶间设专用行人通道等。上台阶作业和临时支撑的安装均按高空作业标准防护。

(6) 加强竖井内提升和吊装的安全监督和指挥,下料要用专用料斗,经常检查钢丝绳和提升架的限位装置、防脱装置、防撞装置。

(7) 严格洞内的爆破管理和用电管理,坚持工前培训、持证上岗、专业人员操作。

(8) 充分认识到监测是施工的眼睛,是围岩受力变化的喉舌,是制定应对措施的大脑,切实做好监测工作。

5 结 语

地铁的修建是解决城市交通拥挤,减少环境污染的有效途径,随着我国经济文化水平的提高,将有越来越多的城市进行地铁工程的建设,在城市地铁的规划和施工过程中,将不可避免地要穿越繁华闹市区,而这些闹市区往往都是老街区,建筑物密集,地下管线纵横,地铁从密集建筑物间通过时不可能采用双洞平行方案,只能采用重叠隧道方案,重叠隧道的多种形式中,又以单洞双层结构最简单、相互干扰小、施工进度快。故此,单洞双层隧道的方案将被越来越多的城市地铁采用。应用单洞双层隧道施工技术解决了复杂结构施工中的难题,为今后类似工程的设计和施工提供了可借鉴的经验。

作者通讯地址:广东省深圳市罗湖区大剧院东侧地铁工地中铁十二局集团 邮编:518001