

北京地铁东单至建国门区间工程施工质量控制

铁道部第十六工程局第二工程处 薛 普 张传安

1 工程概况

北京地铁“复八”线东单至建国门区间隧道由南北两条正线组成,线间距 16.8m,全长 918.78m。该区间位于繁华的建内大街之下,施工场地狭窄,平均埋深为 15m。该区间工程地质位于永定河冲洪积扇的背部中、下部第四纪地层,主要由人工填土、轻亚粘土层、中细砂、粉砂、圆砾层组成,属于 I 类围岩。该区间地下水丰富,共分三层:第一层为上层滞水,主要含水量在轻亚粘土层,水位埋深 4.5~5.5m;第二层为潜水,贮存于中细砂层、圆砾层及砂层中,水位埋深约 12.4~16.2m;第三层为承压水,主要含水层在中细砂层及卵石层中,水位埋深约 15.7~20.4m。隧道洞身正处于潜水和承压水区域内。

2 施工方法

2.1 施工程序

地质调查及环境调查→工程支护结构设计→小导管超前预注浆→隧道土方开挖→初期支护(格栅、网喷混凝土)→监控量测→防水层施工→二次衬砌浇注混凝土

2.2 主要工序施工方法

(1)小导管超前预注浆

小导管采用 $\phi 42\text{mm}$ 普通钢管,长 3.5m,搭接长度 1.3~1.5m,有效长度 2m,每开挖 1m 架设一榀格栅喷混凝土作为一个循环。小导管沿开挖轮廓线布置向外倾斜 $10^\circ\sim 15^\circ$ 。从起拱点开始沿整个洞室拱部布设 3 根/m,间距为 33.5cm,管内注射改性水玻璃浆液。

(2)隧道土方开挖

区间隧道施工采用上、下台阶法分部开挖,开挖支护程序为:环形开挖上半断面地层→施工上部的初期支护→开挖核心土→开挖下半断面地层→施工边墙和底部初期支护。

(3)初期支护(格栅、网喷混凝土)

格栅支撑由 4 根 $\phi 22\text{mm}$ 螺纹钢组成,断面为 $140\times 140\text{mm}$,箍筋为 $\phi 6\text{mm}$,连接筋为 $\phi 10\text{mm}$,格栅间距为 1m,网喷 C_{20} 早强混凝土,厚度为 250mm,喷混凝土混合料采用二次投料拌合方式。

(4)监控量测

地表监测点采用 $\phi 22\text{mm}$ 钢筋制成,长约 30cm,测点在

隧道横断面上布置 9 个,纵向间距 10~15m,拱顶下沉和净空收敛监测点设在同一断面上,断面间距 10~15m,拱顶下沉测点采用 $\phi 6\text{mm}$ 钢筋加工制成,净空收敛测点采用 $\phi 22\text{mm}$ 钢筋埋设于洞室两侧的初期支护上,当位移速率小于 $0.5\text{mm}/\text{dh}$,量测频率为 1 次/2d;当位移速率介于 $0.5\sim 1.0\text{mm}/\text{dh}$,量测频率为 1 次/d;当位移速率大于 $1.0\text{mm}/\text{dh}$,量测频率为 2 次/d。

(5)防水层施工

防水层施工程序:洞室断面尺寸检查→初期支护基面处理→铺 PE 泡沫缓冲层→放线定位→固定 PE 垫片→铺 LDPE 防水板→防水板检测。

(6)二次衬砌混凝土浇筑

二次衬砌混凝土浇注施工自下而上进行,按底板边墙、中层板、拱部的顺序施工。混凝土采用 C_{20} 防水混凝土,抗渗标号 S_8 ,采用液压台车整体浇筑,附着式振动器振捣。

3 工序质量控制要点

3.1 小导管超前预注浆

(1)施工前,必须根据现场地质情况和试验结果,选定和设计小导管注浆参数。严格按设计制作小导管,按要求配制水玻璃浆液。

(2)洞室开挖好后,沿外轮廓线环向布置打设小导管,也可在架立格栅后,从格栅空隙中打设小导管,间距要均匀,误差不得大于 5cm,倾角误差控制在 $3^\circ\sim 5^\circ$,深度要打到位,实际打入长度不得短于平均每根实际打入长度 30cm。否则应补管注浆。

(3)对于细砂、粉细砂、砾砂层,可用 $\phi 20\text{mm}$ 长 4.0~4.5m 的镀锌钢管作为吹孔管,边用高压风吹孔边缓缓插入成孔,然后打进小导管。

(4)注浆前先喷混凝土封闭掌子面防止漏浆,清理导管口部杂物。注浆时要有专人负责卡紧止浆塞,控制注浆压力,一般以 $0.3\sim 0.5\text{MPa}$ 为最佳。并保证单孔注浆量的适度,注浆量不得少于平均注浆量的 80%,超过偏差必须补管注浆。注浆完毕后立即用棉纱堵住管口以防止浆液流出。

(5)注浆过程中,必须有专人负责记录小导管的长度、数量、注浆量、浆液的 PH 值、搅拌方法、注浆压力、注浆时间、

了很大的进步,质监站的内部管理也相应地得到了加强和规范。

2.3 改进质监方式

本系统实现了质监与监理的联网,使得改进质监方式,更有效地行使质监职能成为可能。具体做法是实行核验申报制,凡需核验的项目均由监理在施工单位自检合格,监理工程师复检合格的基础上向质监站申报核验,本站规定,申报

校验的项目实行抽查制,核验为不合格的,作一次核验不合格论处。它的核心是施工、监理检查合格基础上的抽查,改变了原先施工单位电话通知质监员而预知质监员是否前去核验的确定状况,变“确定”为“随机”,此一改变促进了施工企业、监理单位内部责任制的落实,对于消除质量隐患,提高工程质量大有益处。

注浆部位和里程等,及时反馈信息,以指导并确定下一循环注浆参数的最佳值。

(6)固结效果采取抽样检查,固结不良或厚度不够时,要补管注浆。

3.2 区间隧道土方开挖

(1)隧道开挖按照预支护、预加固一段,开挖一段;开挖一段,支护一段;支护一段,封闭成环一段的原则进行施工。

(2)开挖断面尺寸按设计轮廓线布设,严格控制超欠挖,最大欠挖值不得大于5cm,最大超挖值为25cm。

(3)加强施工测量工作,保证区间隧道的开挖尺寸及水平标高准确无误。

3.3 初期支护(格栅、网喷混凝土)

(1)格栅支撑应严格按照设计要求加工制作,并由质检人员验收合格后才能投入使用。

(2)试验人员施工前要认真检查拌制喷射混凝土混合料用的计量器具的状况,确保计量的准确性。

(3)洞室开挖成形后,由质检人员检查开挖尺寸,合格后才能分块拼装架设格栅支撑。分块格栅之间的连接采用 $\angle 100 \times 80 \times 10$ mm 角钢连接板焊接。

(4)由于隧道施工采用上下台阶法,上下台阶格栅错开施工,不能同时连接,上台格栅架设时应将格栅底脚埋入15cm厚砂子并夯实,待拱部格栅喷混凝土完成后,下台施工挖至该处时,将预埋的砂子掏出,用螺栓连接上下台阶的格栅,以保证其连接的良好性。

(5)为减少混凝土回弹量,每次格栅架设好后,要在内侧挂一道 $\phi 4$ mm冷拔丝编制的 100×100 mm钢筋网片,待质检人员检查合格后,才能喷混凝土。

(6)喷射混凝土现场拌料试验人员应监督按设计配合比进行操作。拌好的料要在规定时间内使用,不能时间过长。

(7)喷射机应连续上料,保持机筒内料满,并在料斗口设孔径15mm方孔筛过滤,避免超大骨料进入机内。

(8)喷射混凝土前,受喷面应无松动岩块,墙角无虚渣堆积。

(9)喷射手应控制好水压和风压,喷射口距喷射面保持在0.6~1.0m,喷射料束应垂直受喷面,分片分层喷射,要保持层面平顺,无漏喷、离鼓。

(10)喷射厚度拱部为5~7cm,边墙和底部为7~10cm,喷射厚度应有90%以上符合设计厚度,最小厚度不得小于设计厚度的1/2。

(11)初喷混凝土的监控量测工作要详细记录地表沉降、拱顶下沉、净空收敛等主要数据,及时进行数据处理和反馈,以便发现问题及时改变设计参数。

3.4 防水层施工

(1)初期支护的表面渗水、涌水,要用高强膨胀堵漏材料塞实抹平。混凝土表面渗水较严重时,需埋设注浆软管,用防水混凝土封闭,然后注入化学浆液,渗水止住后,再做水泥砂浆加强层。涌水部位采用引流或堵漏的方法进行处理。

(2)初期支护表面要用水泥砂浆找平,做到大面平顺,无明显错台。平面凹凸度不得大于5cm,侧墙与底板连接处的阴阳角,阴角尺寸不得小于15cm,阳角尺寸不得小于5cm。

(3)初期支护表面的钢筋头和钢管头必须割掉,使表面平顺。

(4)铺设PE泡沫缓冲层时,泡沫间搭接宽度不得小于5cm,搭接缝必须用热焊机焊牢。

(5)PE垫圈必须固定牢固,应选择基面上的低洼处作为固定点。

(6)LDPE防水板的材质、性能、规格应符合设计要求,搭接宽度不得小于10cm,用热焊机焊牢固,缝宽不能小于2cm,不能有漏焊、假焊、烤焦、焊穿等现象。

(7)LDPE防水板的铺设与PE泡沫缓冲层的铺设程序应一致,即先铺侧边墙后铺底板,两侧墙角处各留50cm搭接预留量。侧墙与底板连接处不能有焊缝,用热焊机将LDPE焊在PE塑料圆垫片上,位置要对准,用力不能过大,以免破坏防水板。

(8)每个循环防水层施作完毕后,必须由质检人员对搭接缝进行检查,加压至0.1MPa保持1~2分钟不漏气,检测频率为5条缝检查1条,如出现漏气应及时补修处理。

(9)由质检工程师检查合格后,才能请监理工程师进行隐蔽工程检查。签证后才允许进行下道工序施工。

(10)底板防水层施作完毕后,要及时做一层5cm厚细石混凝土保护层,保证钢筋时防水板不被扎破。边墙钢筋接头焊接时,在相应防水板上覆盖一块活动式石棉瓦,钢筋焊接完毕后,再将石棉瓦移开,以免防水板被破坏。

3.5 二次衬砌浇注混凝土

(1)二次衬砌施工前应先核对中线、水平、断面尺寸,所有检测数据均应符合设计要求。

(2)隧道断面变化和地质条件变化交界处,应设沉降缝,洞口附近及设计要求的部位应设伸缩缝。

(3)灌注混凝土前应做好地下水引排工作,基础部位的浮渣积水清除干净,不允许带水作业。

(4)混凝土灌注时,自由倾落高度不得超过2m,应按搅拌能力、运输距离、浇注速度、振捣等因素确定一次浇注厚度、次序、方向,分层施工。

(5)浇注二次衬砌混凝土应采用混凝土输送泵,采用整环灌注的施工方法,当灌注至墙拱交界处时,应间歇约1小时,以便边墙混凝土沉实。拱圈封顶时应随拱圈灌注及时捣实。

(6)所有施工缝接茬处应凿毛,按设计要求埋设遇水膨胀止水橡胶条进行防水。

(7)振捣时,振捣器不得接触防水层及模板,且每次移动距离不宜大于振捣器作用半径的一半。

(8)二次衬砌混凝土基本不受外荷,当混凝土强度达到2.5MPa时,即可拆模。

(9)二次衬砌混凝土应及时养护,混凝土表面应平顺,颜色一致,无蜂窝麻面。

(10)区间隧道拱墙背后空隙必须回填密实,如达不到要求,背后必须压浆回填。

4 结语

地铁工程施工中每道工序质量的好坏直接影响着整体工程的质量。在北京地铁东——建区间工程中通过采取严格的质量控制措施,对已完工序及时进行了质量检查及检验,使各项指标均达到或超过了施工规范及工程验收标准,受到了建设与监理单位 and 质检部门的好评,取得较好的经济效益。