

地铁施工曲线暗挖通道施工技术

文 / 胡春香 北京市市政四建设工程有限责任公司 北京 100037

【摘要】大城市的繁华、人口的众多、车辆的拥堵，给路面交通带来了极大的压力，也使得轨道交通变成了解决交通压力的重要选择。但地下施工有着很大难度和风险，有的地段不适合开槽施工，暗挖施工就变成一个重要的工作和挑战。地下环境和管线都是很复杂，施工时要防止土方坍塌造成地面塌陷和管线沉降，因此暗挖施工就变成了施工中的一个难点。北京地铁九号线丰台东大街站安全疏散通道位于砂卵石层中，平面曲线设计，采用浅埋暗挖法施工，受扰动后易松散，引起地面沉降量大。安全疏散通道南侧距离六层居民楼6.8m，西侧距离博兰特工贸集团一层办公楼1.3m，工程风险较大。后期暗挖施工与已完成主体结构的接头位于曲线段，施工应确保顺利平缓接头。暗挖曲线结构施工中，曲线段内外弧施工差异控制难，容易造成偏离中线；与已完成结构不透视，贯通误差要求小；地质条件特殊（砂卵石地层）容易造成超挖现象。针对以上风险，施工测量采用切线相交垂直、逐樨投点定位的测量方法，使初衬净空偏差超标率大大减小，提高了暗挖质量合格率；对洞内收敛、拱顶下沉等进行监测，严格控制变形量，并及时反馈用于施工指导。

【关键词】地铁施工；马蹄形断面；曲线暗挖；施工技术

【DOI】 10.12334/j.issn.1002-8536.2022.07.069

1、工程概况

丰台东大街站位于现状东西向游泳场北路（文体东街）与现状南北向东大街（规划万寿路南延）道路交汇处的T型路口路下。安全疏散通道位于车站西侧中部，丰台东大街道路西侧，采用浅埋暗挖法施工。暗挖部分长约28m，马蹄形断面形式，结构净宽3.1m，开挖宽度3.6m，净高4.17m，马蹄形断面，平面曲线半径为7.5m；竖井深10.9m，洞口尺寸长7.0m，宽4.2m；疏散通道埋深5.61m，初衬结构厚0.25m，二衬结构厚0.35m、0.40m。

安全疏散道位置的土层性状自上而下依次为填土层1.5m，新近沉积层圆砾②5层3.56m，第四纪晚更新世冲洪积层圆砾卵石⑤层4.24m，土层中无地下水，见安全疏散通道平面图1和安全疏散地质剖面图2。

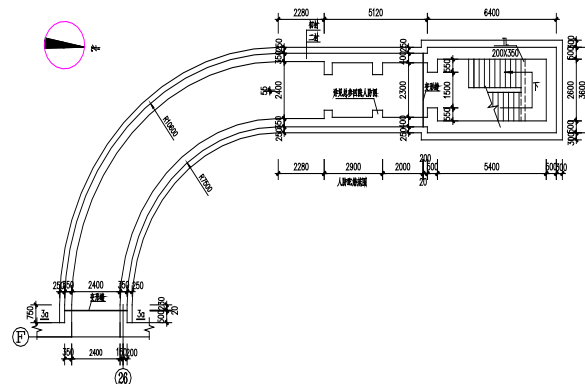


图1 安全疏散通道平面图

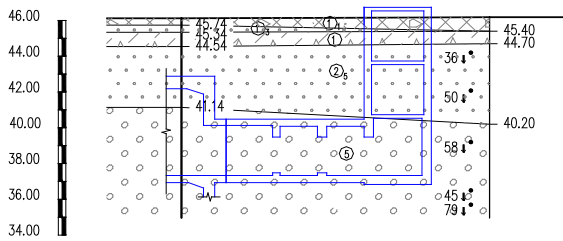


图2 安全疏散通道地质剖面图

2、施工风险分析与对策

安全疏散通道采用浅埋暗挖法施工，车站主体部分采用围护桩护壁，结构已先期施工完成，预留马蹄形断面接口，后期暗挖施工接头位于曲线段，施工应确保顺利平缓接头。暗挖曲线结构施工中，曲线段内外弧施工差异控制难，容易造成偏离中线；与已完成结构不透视，贯通误差要求小；地质条件特殊（砂卵石地层）容易造成超挖现象。针对以上风险，施工测量采用切线相交垂直、逐樨投点定位的测量方法，使初衬净空偏差超标率大大减小，提高了暗挖质量合格率。

安全疏散通道南侧距离六层居民楼 6.8m，西侧距离博兰特工贸集团一层办公楼 1.3m，工程风险较大。安全疏散通道周围有电力、上水管线，距离暗挖断面近，施工中严格遵循“管超前、严注浆、短进尺、强支护、快封闭、勤量测”八字方针，对管线和地表加强监控量测，严格控制沉降，避免对管线造成破坏。

3、安全疏散通道施工技术

3.1 通道曲线暗挖施工顺序

安全疏散曲线通道暗挖施工顺序分解为以下三个步骤：
 凿除安全疏散通道与主体相连通部分的围护桩，并在截桩范围内架设两樨格栅，喷射混凝土与四周截桩连为一体，形成对开挖洞口的保护圈；

打设小导管，采用台阶法施工，开挖过程中及时架设格栅、喷射混凝土，形成封闭初衬结构，开挖至通道最外侧，做封端支护。

铺设防水层，浇筑通道部分二衬结构混凝土。

3.2 竖井开挖施工

(1) 施工流程

竖井施工步骤：施工准备→管线改移→锁口圈梁施工→提升架安装→竖井土方开挖→格栅安装→喷射混凝土→底板施工→竖井二衬施工→破除横通道与竖井交汇处封端。

施工竖井与通道结构平面图如图 3 所示。

(2) 锁口圈梁施工

竖井井口位置采用人工开挖，基槽检验合格后绑扎锁口圈梁钢筋，并预埋 $\Phi 20$ 钢格栅联结筋，环向间距 0.75m，锚固长度 0.8m。同时要精确预埋（留）提升架地脚螺栓、竖井步梯、护栏基础、风水管线等预埋件（孔）。锁口圈梁模板选用木胶板，钢管支撑，经监理检查合格后浇筑混

凝土，顶部挡水墙同锁口圈梁一体浇筑，并预埋龙门架立柱预埋铁，终凝后洒水养护。

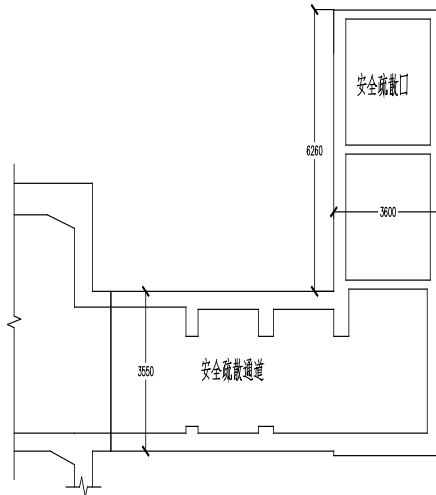


图3 安全疏散通道结构剖面图

(3) 龙门架安装

当竖井混凝土支墩强度达到 100% 后，安装竖井提升设备，设立龙门架，安装 1 组 5t 电葫芦和 1 台特制 U5 型四绳抓斗（抓斗容积 1.5m³），用于出土、进料。提升系统经有关部门检测合格后投入使用。

(4) 竖井开挖与支护

井架施工完成后，开始竖井初支施工。竖井井身采用倒挂井壁施工，由上而下边开挖边支护，通过电葫芦提升至地面碴场。竖井开挖严格控制进尺，每次开挖至一樨格栅位置，立即架设钢格栅并喷射混凝土，做到随挖随支护。

竖井为 300mm 厚的 C20 网喷混凝土、工字钢内撑及钢筋格栅组成联合支护。当竖井开挖至横通道方向暗挖初支上部时，沿竖井开挖外轮廓线设置三樨加强密排格栅。

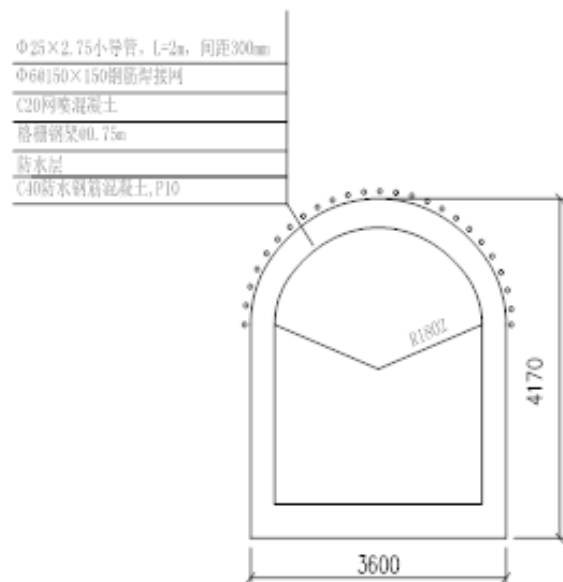


图4 安全疏散通道暗挖断面图

3.3 疏散通道暗挖施工

安全疏散通道结构形式如上图 4，破除主体结构 with 通道交汇处的围护桩，进入暗挖通道施工，采用台阶法开挖土体。

(1) 台阶法施工工序

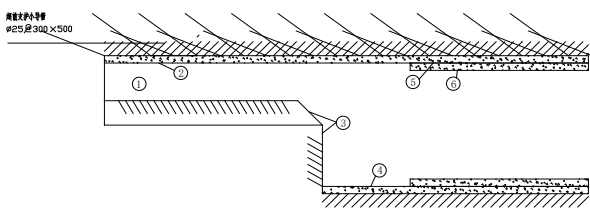
台阶法施工工序见图 5，说明如下：

第 1 部：开挖①部后及时进行上台阶喷、锚、网系统支护，架设钢架并复喷砼至设计厚度，形成较稳定的承载拱。

第 2 部：在滞后①部 2 ~ 3m 后开挖②部，并进行下导初期支护。

第 3、4 部：及时施作仰拱、填充混凝土，及早封闭成环。

第 5 部：根据开挖围岩量测结果，适时施作二次衬砌。



- ①—上部土体；
- ②—上部初衬；
- ③—下部土体；
- ④—下部初衬；
- ⑤—防水层；
- ⑥—隧道二衬

图 5 台阶法施工工序示意图

(2) 暗挖段通道主要施工步骤

- ①施工循环进尺长度 0.5m。
- ②施工拱部超前小导管注浆支护。
- ③环形开挖上半台阶、预留核心土，初喷混凝土，架立钢筋格栅，安装锁脚锚管，复喷混凝土。
- ④环形开挖下台阶，初喷混凝土，架立钢筋格栅，复喷混凝土；及时进行初期支护背后注浆，使初期支护与地层密贴。
- ⑤在喷射混凝土表面进行砂浆找平，铺设防水层后自下而上施作二次衬砌。拱部二次衬砌预留压浆孔，施作二次背后注浆保证初期支护与二衬之间密实。

(3) 台阶法施工要点及技术措施

- ①采用“台阶法”施工，开挖长度不能超过每榀格栅间距。
- ②严格控制隧道开挖的中心线位置，开挖轮廓要圆顺，严禁超挖，局部欠挖处人工修凿，但要充分考虑施工误差及预留变形。
- ③隧道开挖时保留核心土，待拱部初支完成后再开挖核心部分土体。

④当隧道围岩自稳能力较差时，应尽可能缩短开挖台阶长度，尽快使初期支护闭合。

⑤钢格栅接头采用连接板和螺栓连接以方便安装。

⑥格栅安装位置要准确，各节点要对齐，连接要牢固，确保格栅可靠受力。

⑦初支结束后及时回填注浆，浆液采用 1:1 水泥砂浆，注浆压力控制在 0.1 ~ 0.3MPa 左右，以初支与土层密贴为原则。

⑧作好开挖的施工记录和地质断面描述，加强对洞内外的观察。

⑨开挖过程中必须加强监控量测，当发现拱顶、拱脚和边墙位移速率值超过设计允许值或出现突变时，应及时施工临时支撑或仰拱，形成封闭环，控制位移和变形。

4、监控量测

安全疏散通道采用暗挖法施工，考虑到地质环境与交通的特点，对洞内收敛、拱顶下沉等进行监测，严格控制变形量，并及时反馈用于施工指导。暗挖段旁穿多条管线，对影响范围内的管线进行监测，严格控制其变形，以保证管线的安全。管线变形的极限标准值为无压管 20mm，有压管 10mm。施工中严格执行了浅埋暗挖施工原则，经监测地表沉降和管线沉降均在控制值范围内，达到了预期的效果，保证了施工安全。

5、施工中质量安全控制要点

(1) 加强结构受力转换时的监测，及时反馈信息，由监测反馈信息指导施工，做到信息正常，严密监测；信息反常，即刻采取应对措施。

(2) 严格遵循浅埋暗挖“管超前、严注浆、短开挖、强支护、快封闭、勤量测”十八方针。

(3) 为了减小地面沉降，暗挖施工中重点采取及时进行拱背回填注浆等措施。

(4) 格栅连接板处是初支结构受力的薄弱环节，连接筋的焊接质量应严格控制。

(5) 针对浅埋暗挖风险比较大的特点，施工中应制定防坍塌及管线保护措施以及详细的应急预案。配备抢险应急物资放在掌子面位置，以便发生险情时立即到位。

参考文献：

- [1] 刘飞，张健. 浅埋暗挖法在地铁施工中的应用[J]. 建筑技术, 2015,46(z1):161-162.
- [2] 徐世权. 山岭隧道施工的支护方案分析[J]. 中国新技术新产品, 2014,(3):68.
- [3] 梁鹏. 浅谈黄土隧道初期支护施工工艺[J]. 城市建设理论研究(电子版), 2013,(3).

作者简介：

胡春香(1981.05.26)，女，汉，籍贯：江苏省邳州市，职称：工程师，学历：本科，主要研究方向：工程技术研究。