

# 南宁地铁高水压、高透水地层盾构密闭过站技术总结

徐敬贺

(中铁隧道股份有限公司 河南 郑州 450000)

10.12238/jpm.v3i1.4590

**[摘要]** 在城市地铁建设过程中穿江越河区间隧道区间长度多超过 1.8km, 按照规范要求需设置中间风井以满足隧道通风要求。盾构过中间风井常规采用的是地面端头加固完成后盾构接收后过站二次始发。在高水压、高透水地层进行盾构接收与始发本身就是重大风险源, 易出现涌水涌砂等事故, 且盾构接收后二次始发周期较长。安全、成本和工期等管理要求投入大。利用区间风井主体结构灌注低标号砂浆, 形成密闭空间, 顶部灌水至与地下水位持平进行反压。盾构可以直接保压掘进通过, 安全性、工期、成本相对于传统的接收二次始发的方案更有优势。

**[关键词]** 南宁; 邕江; 盾构过站; 泥岩; 圆砾; 密闭;

## 0 引言

地铁工程在国内遍地开花, 盾构过站也是常用工法, 本文以南宁地铁5号线五一立交站-新秀公园站区间隧道盾构过站区间风井为例, 详细总结盾构密闭过站及洞内管片拆除的技术要点, 为后续类似工程提供参考。

## 1 工程概况

### 1.1 区间盾构隧道

区间盾构自五一立交站大里程端头始发到达邕江南岸江滩, 穿越邕江、侧穿中兴大桥后到达中间风井, 穿越中间风井后沿明秀西路向北行进到达新秀公园站接收吊出。区间左线隧道全长2091.891m, 区间右线隧道全长2098.086m, 其中中间风井段施工长度为16.2m。

### 1.2 区间风井概况

区间风井位于邕江以北中尧路与明秀西路之间绿化带位置, 为地下六层三跨矩形结构型式, 结构外包尺寸为26.15m×16.2m(不含围护结构), 围护结构采用连续墙+内支撑相结合的支护方案, 连续墙厚1200mm, 区间风机房采用明挖法施工, 基坑深度35.88m。

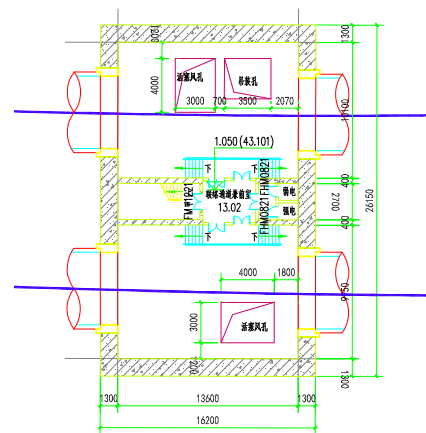


图1 中间风井平面图

### 1.3 工程水文地质

#### 1.3.1 风井开挖揭示地质情况

根据区间风井开挖情况, 区间隧道位于圆砾与泥岩互层, 其中圆砾地层侵入盾构开挖范围约0.8m。

#### 1.3.2 水文地质

根据勘探揭示的地层结构, 本区间工程影响范围内的地下水主要为上层滞水、第四系松散岩类孔隙水、碎屑岩类裂隙水和基岩裂隙水。

根据区域水文地质资料, 区间风井距离邕江北岸约270m, 地下水以2‰左右的坡度向邕江径流和排泄, 具有相对统一的潜水位面。本区间邕江附近水力梯度取2‰, 渗透系数取70m/d。

邕江水文情况: 邕江南宁市河段河床宽约485m, 深约21m, 平均水面宽307m, 枯水水深8m~9m。100年一遇洪水位80.50m。江底分布一定厚度淤泥, 下伏半成岩的粉砂质泥岩, 泥质粉砂

岩, 隧道结构从该半成岩岩层中通过, 该层透水性弱, 邕江与区间隧道所穿越圆砾地层存在水力联系。

邕江常水位距离区间隧道拱顶约12.3m, 主动水压约为1.3bar。

## 2 重难点分析及应对措施

### 2.1 重难点分析

结合本工程地质水文条件、施工环境、施工方法, 本工程施工重难点如下:

1、区间风井掘进姿态控制。区间风井负五层结构净空采用砂浆回填, 可能因回填土密实度不够, 导致盾构机在中间风井内出现载头或无法保压情况, 影响正常掘进及二次始发。

2、贯通精度控制。因为区间风井洞门已经施工完成, 盾构按照实际洞门坐标进入风井是本方案的重点。

3、风井段负环拆除施工。风井内负环拆有限空间作业、起重吊装作业等施工存在一定安全风险; 零环拆除后如洞门处注浆不密实, 拱顶存在渗漏水、漏渣土体失稳风险。

### 2.2 应对措施

#### 2.2.1 区间风井掘进姿态控制

(1) 隧道底部回填料低强度砂浆, 单次回填高度不大于500mm, 振捣密实, 以确保盾构掘进保压效果及姿态控制;

(2) 加强风井段洞口范围回填质量, 同时采用预埋注浆管方式对洞门段回填土进行注浆加固, 确保固结效果良好。

(3) 掘进过程中, 优化掘进参数, 严格控制出渣量和注浆效果, 对盾构机姿态进行多频率监测, 若有上浮立即停机处理。

(4) 施工中安排专人负责中间风井内巡查, 如发现出现渗漏浆现象, 通过地面封堵、洞内调整泥浆性能参数、优化掘进参数、加强同步注浆及二次补注浆等方式, 控制渗漏浆情况, 确保整体密封效果。

#### 2.2.2 掘进姿态和洞门姿态不一致

(1) 在中间风井洞门施工时, 加强对洞门定位管控及尺寸复核, 并在洞门施工完成后, 及时通知监理及第三方测量单位进行验收, 作为后续盾构机进出洞控制姿态;

#### (2) 加强过程中测量管控

①在盾构机到达中间风井前100m, 对隧道内外所有的测量控制点进行一次整体的、系统的控制测量复测, 对所有控制点坐标进行复核;

②在贯通前50m时, 进一步加强盾构姿态和管片测量, 根据复测结果及时纠正偏差, 并结合实测的竖井洞门位置适当调

整隧道贯通时的盾构姿态;

③在盾构中间风井前最后一次导向系统搬站时, 充分利用在贯通前线路复测的结果, 精确测量测站、后视点的座标和高程;

④在盾构机到达洞门前50m, 由测量组下发盾构机进出洞掘进姿态及控制偏差, 施工中严格按照下方姿态进行掘进, 如出现姿态跳动较大时, 需立即停止掘进, 通知测量组复测盾构机姿态, 并严格按照复测姿态进行纠偏。

### 2.2.3 管片拆除施工风险

(1) 在盾构机到达洞门及脱出洞门段, 加强同步注浆管理, 注浆量增大至理论注浆量1.7~1.8倍, 并加大同步砂浆水泥用量, 确保洞门的密封止水效果;

(2) 中间风井洞门前后安装3环多孔管片, 并在盾构机通过后, 及时通过管片吊装孔进行二次补注浆作业, 并在管片拆除前开孔检查壁厚渗漏水情况, 如果发现渗漏情况, 继续进行补注浆作业, 必要时采用花管进行深孔注浆施工。

(3) 左右线盾构机通过后, 在风井两侧端头各设4口降水井, 主要目的为减少隧顶水头压力, 确保管片拆除施工风险。

(4) 为确保洞门施工期间作业安全, 盾构到达前精确管片排版, 0环外露长度控制在100~400mm, 建议将后浇洞门环梁做外包式洞门。

## 3 施工工艺及关键技术

### 3.1 总体施工筹划

风井底板施工(含30cm素砼回填)→负5层侧墙施工→风井负5层砂浆回填→回填土顶部钢筋砼板浇筑→到达区间风井→盾构推至始发掌子面→盾构二次始发掘进→盾构贯通、拆机。

### 3.2 风井回填

区间风井负五层侧墙结构完成后, 商品砂浆泵送至风井负五层进行回填, 而后采用袖阀管对始发到达洞门范围进行注浆加固, 浆液采用水泥净浆, 深度至管片水平中心线位置, 确保回填密实。

砂浆流动性好, 通过振捣均匀填筑负五层结构, 砂浆抗压强度为3mpa。

### 3.3 降水施工

负环拆除前围护结构外部施工降水井, 降水井深度30m(深入泥岩3m), 降低水头压力。

### 3.4 盾构到达风井前掘进

(1) 到达段施工安排

在盾构机距离接收井50m时,即进入出洞段掘进,为盾构机到达应做好以下施工准备工作:

1)做好出洞前的测量工作:在到达段掘进前,要对隧道基线进行测量,确认盾构机的位置,把握好洞口段的线形。在盾构机到达前50m即加强盾构机姿态和隧道线形的测量,及时纠正偏差,确保盾构机顺利地从前预留洞口进入风井结构内。

2)调整好盾构机的姿态。破洞门前,盾构机允许偏差为±10mm,仰角允许偏差控制在2mm/m以内,避免出现俯角姿态。

3)风井结构内回填已完成,地下水位尽量降低。

#### (2) 回填段掘进的过程控制

在掘进回填段过程中,要控制好盾构机姿态,保证盾构趋势,采用人工复测盾构机姿态,严格控制盾构机上浮,若发现上浮现象,应立即调整分区油缸推力。

掘进过程中,由于地下水缺失,调低泥浆粘度及比重,保证渣土顺利排出。

#### (3) 回填段掘进时参数控制

掘进回填段时,掘进参数的控制是决定盾构是否安全顺利通过的先决条件,为指导施工,确定出掘进回填段的掘进参数。

回填段掘进时要快速稳定的通过,严格控制掘进参数与盾构机姿态,若发现参数不稳定或姿态变化大,应立即停机分析原因,寻找应对措施。密切监视出渣量和成型的管片质量,加强地面巡视人员与盾构机通信联系。

#### (4) 到达风井之前掘进参数

到达段掘进参数详见表1。

表1 到达段掘进主要参数表

掘进参数	到达段掘进	区间风井段掘进
泥水仓顶部	2.0~2.2bar	0.6~0.7 bar
气垫仓压力	2.0~2.5bar	0.8~0.9bar
进浆比重	1.02~1.10	1.10~1.20
进浆粘度	20~25s	20~25s
掘进速度	10~15mm/min	20~30mm/min
进排泥浆流量差	与掘速度相匹配,应不小于600m <sup>3</sup> /h	与掘速度相匹配,应不小于500m <sup>3</sup> /h
总推力	1300~1500t	1300~1500t
转速	1.2~1.5rpm/min	1.1~1.5rpm/min

掘进参数	到达段掘进	区间风井段掘进
注浆	6.5~7 m <sup>3</sup> /环	5.5~6m <sup>3</sup> /环
扭矩	1500~2000 kn.m	1500~2000 kn.m

#### 3.5 洞门注浆封堵

盾构通过后对洞口注浆对管片背后填充并起到止水墙作用,防止负环拆除期间大量地下水涌水,采用深孔分层注浆方式增加地层密实度。

1、通过管片注浆孔打设深孔注入油性聚氨酯,填充圆砾地层空隙减少地下水流动速率,为双液注浆打下基础。

2、深孔双液注浆。管片拱顶120°范围内利用钢花管注入双液浆,双液浆采用压力控制,终压不小于0.5MPa。

3、通过管片吊装孔检查地下水封堵情况。

#### 3.6 洞门环梁施工

负环管片拆除完成后,立即清理剩余的回填土,然后施做风井的始发、到达洞门。

1)现将洞门位置清洗清理干净,若有渗漏水情况,立即实施封堵措施,对洞门隧道进行壁后注浆,注浆材料先注单液浆,随注浆压力变化再注入双液浆封口,注浆压力不超过0.5MPa,注浆时观察管片情况,若发现错台和裂纹,立即停止注浆。

2)然后按照规范要求搭设脚手架,经验收通过后对洞门基面进行处理,凿除残渣,将残渣装袋后运出,露出预埋钢筋。凿除范围为,洞门钢环梁至临界管片边缘,管片背后凿除20cm。

3)防水处理,在管片背面和侧面粘贴止水条,在管片基面粘贴2条止水条,为防止脱落,用高强度水泥钉加固(间距500mm),要求止水条搭接长度不小于20mm。

4)钢筋制安,将加工好的钢筋笼安装到位,确定洞门基面没有明显水流,若有采用引流的方式将引出。然后安装连接螺栓,管片螺栓与钢筋笼焊接,焊接必须牢固,严禁采用点焊。

5)安装模板,模板安装完成后,支撑必须牢固,模板不可发生变形,浇筑时无漏浆跑模现象,该工序由质检工程师验收合格后才能进行混凝土浇筑。

洞门施做的同时,清除所有回填土,清除时在靠近结构20cm时采用人工清理,防止机械破坏结构表面,清理完成后对结构表面进行清洗,必要时采用人工打磨,保证结构的平整度和外观质量,若有轻微破坏,可对破坏处进行修补,修补所用材料符合设计要求,修补完成后由质检工程师进行复查。

#### 4 技术总结及应用效果

(下转第132页)

这样在发生索赔问题时,则由相应的管理部门进行负责,并按照合同要求的内容实现一一对应。

#### (五) 结算阶段中问题的优化策略

在结算阶段中,审计部门必须要实地勘察所有的竣工资料,并留意资料是否与实际情况相符,这时才能够既保证工程的质量,同时也不会带来对造价产生影响的问题。而对于一些存有争议的问题来看,如果双方存有分歧,那么则需要有相关负责人员进行现场陈述,并通过会议的召开来实现互相沟通,当达成统一意见之后,则可以通过洽谈来实现解决。至于一些无法解决的,则可以通过法院裁决来落实。

#### 总结

对于工程造价控制工作开展来看,其实一直存有一定的问

题,但是想要真正实现保证工程造价控制工作开展的质量,其实要在每个阶段中进行优化控制,这时才能通过不同方式的使用,真正将控制工作落实到位,以此才能够既保证工程建设的质量,同时又能够使成本控制工作取得成效。

#### 参考文献

[1]孙慧绘.新形势下建筑工程造价控制中存在的问题及优化分析[J].中国高科技,2021,(10):73-74.

[2]王涛.建筑工程造价控制中存在的问题及优化策略分析[J].住宅与房地产,2020,(30):27-28.

[3]张丽丽.建筑工程造价控制中存在的问题及优化策略分析[J].居舍,2020,(28):151-152.

#### (上接第 128 页)

初步设计方案为端头加固采用素地下连续墙围闭后+袖阀管注浆加固+降水的方案。地面有雨污水管线、电力及通信管线需要改迁,地下连续墙围闭施工成本高,袖阀管注浆在圆砾地层注浆质量较差。故初步设计方案总体评价为占地多、造价高且施工周期长。

采用密闭过站后,不需要改迁管线。风井负五层结构砂浆回填及灌水反压约为10天。盾构掘进通过风井自盾构首次到达风井围护结构至盾构机主机离开风井仅7天时间,施工效率大大增加。初步设计方案施工造价约800万元,密闭过站方案成本约230万元。故本方案相较于常规盾构过站方案占地少、工期短且费用低廉。

#### 5 结论及建议

本方案加快了南宁五号线五新区间贯通,在风险控制、工期、成本及环境保护等施工管理要素方面具有优势,且盾构过站后上部反压水清抽后不影响区间风井上部结构施工,实现区间风井和盾构区间同时施工,利于施工组织。

本方案技术如下:

(1) 盾构达到前,需对洞门姿态进行测量,为盾构掘进

姿态提供参考。

(2) 砂浆回填质量是盾构密闭过站关键,砂浆强度宜控制在3-5MPa,对于盾构掘进及姿态控制最为有利。

(3) 洞内管片拆除前,对洞门封堵情况进行探孔检查,确认洞门封堵效果后进行管片拆除。

(4) 为减少管片拆除时涌水涌砂风险,“0环”管片不拆除,洞门后浇结构采用外包式洞门。

#### [参考文献]

[1]徐延召.泥水盾构水下到达(过站)施工技术[J].隧道建设,2012(32):88-92.

[2]杨文武.盾构法水下隧道工程技术的发展隧道建设[J].隧道建设.2009,29(2)145-151.

[3]高颖.地铁盾构区间过站施工技术[J].交通世界.2017年第01/02/03期(1月)125-129.

[4]李奕,钟志全.盾构过站施工新技术[J].建筑机械化2007(05)32-34.

[5]冯义,陈寿根.盾构区间过站技术研究[J].探矿工程,2010年第37卷第8期:76-80.