

# 下穿既有轨道线路顶管施工关键技术

周世均 贾家银 蓝必冠

重庆中环建设有限公司 重庆 401120

**摘要:** 市政地下工程逐渐增多,当新建管线近接既有线路时,顶管法施工以其对既有地下管线扰动小的优势,为此类工程的首选方法。本文以重庆市某下穿既有轨道顶管工程为例,对施工过程中出现技术难点进行了分析,重点阐述了相应的解决措施及关键技术。实践表明,本工程所采用的关键技术在顶管施工过程中对临近既有轨道线路的影响趋近于零;顶管段地面沉降、周边收敛及管洞沉均在控制值范围以内。具体技术方案可为类似工程提供借鉴与参考。  
**关键词:** 顶管;开挖;触变泥浆;注浆

## Key technology of pipe jacking construction under existing track line

Shijun Zhou, Jiayin Jia, Biguan Lan

Chongqing Zhonghuan Construction Co., Ltd., Chongqing 401120

**Abstract:** Municipal underground projects are gradually increasing, when the new pipeline is close to the existing line, pipe jacking method is the preferred method for such projects because of its advantages of small disturbance to the existing underground pipeline. Taking a pipe jacking project of existing track in Chongqing as an example, this paper analyzes the technical difficulties in construction and focuses on the corresponding solutions and key technologies. The practice shows that the influence of the key technology adopted in this project on the adjacent existing track lines is close to zero in the process of pipe jacking construction. The ground settlement, peripheral convergence and tunnel settlement of pipe jacking section are all within the range of control values. The specific technical scheme can provide reference for similar projects.

**Keywords:** Pipe jacking method; The excavation method; Thixotropic mud; Grouting construction

### 1 引言

我国地下空间的开发利用蓬勃发展,当市政工程近接既有轨道交通时,如何保护轨道交通结构安全以及不影响其正常运营,是目前正在研究的课题。顶管法施工对既有线路影响小、其自身结构安全可靠,已被广泛应用于供电、供水、排污等地下管道的施工<sup>[1-3]</sup>。刘吉贞<sup>[4]</sup>以武汉市某顶管穿越下覆地铁线路工程为研究对象,阐述了施工的总体规划,针对工作井及顶管施工时出现的问题及难点,给出了相应的解决措施。方志斌<sup>[5]</sup>以福州市某上穿地铁区间隧道的顶管工程为背景,通过分析施工过程中隧道的位移和收敛变形,提出了顶管施工时的变形控制标准。王孟林<sup>[6]</sup>以郑州市某污水干管上穿顶进

施工为工程背景,阐述了顶管法施工对既有地铁隧道的影响,对地层的位移变化具体情况进行了分析。本文以重庆市某下穿轨道顶管区间段施工为工程背景,对现场施工技术进行了研究及总结,阐述了顶管施工过程中的关键技术和控制措施。

### 2 工程概况

#### 2.1 工程背景

重庆恒大轨道时代项目排水主管迁改工程位于渝北区鸳鸯组团I标准分区I14-3/02(部分)地块(A1、A2地块及D地块)内,紧邻重庆市两江新区轨道3号线童家院子轻轨站。Y-17~Y-18区间段顶管为D2800钢筋混凝土顶管。该区间段由南向北依次下穿轨道三号线区间隧道、轨道三号线出入段,目前轨道三号线和轨道三号线出入段均处于运营阶段。在下穿轨道三号线处:管底内标高263.102,轨道3号线正线隧道洞底标高

**作者简介:** 周世均,1987-,贵州人,本科学历,高级工程师,研究方向:施工技术管理。

273.473, 高差约为7.49m; 在下穿轨道三号线出入段处: 管底内标高263.645, 轨道三号线出入段轨顶标高282.350, 高差约为15.63m, 具体竖向位置关系如图1所示。

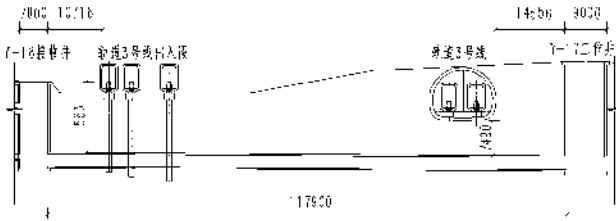


图1 Y-17 ~ Y-18 区间段顶管与轨道三号线  
竖向位置关系 (单位: mm)

## 2.2 工程难点分析

Y-18号竖井至Y-17号竖井之间顶管区间段下穿轨道三号线隧道及其出入段, 该段落穿越风化岩层、软弱互层、回填土层, 根据地勘资料可知, 回填土层土体为中密状态, 回填时未对其分层压实, 仅为自重固结, 所以土体内部部分土体甚至处于稍密至中密状态。在顶管施工时, 若产生较大振动, 可能对地面及临近结构造成较大影响。该段落施工环境复杂, 对顶管施工要求较高, 同时考虑到顶管施工对既有轨道线路的影响, 需从顶管施工技术出发, 减小对地层及运营结构的影响。

## 3 顶管施工关键技术

### 3.1 开挖方式选择

为保护轨道交通三号线及其出入段, 应首先根据此顶管段实际情况, 选择正确合理的方式进行开挖。采用人工配合小型机械的方式施工, 可以将对围岩及临近管线的扰动降到最小, 几乎不会造成破坏, 经综合考量, 采取此方式进行开挖。在土质较好的顶管段, 前挖土的长度可控制在管前30 ~ 50cm, 并随挖随顶。根据Y-17 ~ Y-18区间段情况, 严禁超前开挖, 如图2所示, 根据管道设计尺寸, 先在前方工作面上放出开挖边线, 然后依此线利用小型水钻进行钻孔, 各孔连续不间断形成完整环状, 将工作面中间区域同管洞边线外侧围岩分隔开来, 由此, 便可减小液压破碎机剥离中间岩石时对围岩的扰动。

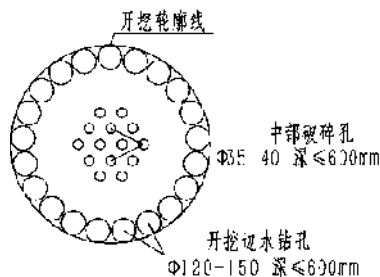


图2 顶管断面开挖图

顶管施工过程中, 遇地质条件较差无法进行裸洞开挖时, 采用超前注浆加固以及增设初期支护结构的方式解决。超前注浆加固采用5m长的 $\phi 42 \times 3.5$ mm 钢管, 沿顶进方向外插倾角为 $5^\circ \sim 10^\circ$ , 环向布置间距为60cm, 注浆料采用M30水泥浆, 注浆压力控制在0.5 ~ 1.0MPa。注浆前应进行工艺试验, 确保注浆半径在1.0m ~ 1.5m, 以确定注浆压力及水泥浆配合比。在注浆完成并达到设计强度之后才能进行顶管开挖。初期支护采用20cm厚的锚、网、喷以及钢支撑设计: 锚杆为C22药卷锚杆, 长2m, 环纵向间距为 $60 \times 50$ cm; 钢筋网为 $\phi 8 @ 150 \times 150$ mm; 喷射混凝土强度为C20, 厚度为20cm; 钢拱架采用I16工字钢, 在洞外加工成圆形后运至洞内进行拼装, 间距50cm, 拱架之间采用C25@100cm 钢筋连接。

### 3.2 触变泥浆注浆施工

若管道在顶进施工时, 管壁与围岩之间摩擦阻力过大, 可能会出现塌方伤及其他构筑物的情况, 通过注入触变泥浆的方式减小阻力。本工程所用泥浆, 是将配合比为1: 8的膨润土和水经过均匀搅拌而成, 液体呈胶状, 通过储浆箱运送到顶管施工现场, 然后使用液泵泵进行泵送施工。如图3所示, 在管身上均匀布置3个注浆孔, 具体为两侧及顶部各1个, 并在每个注浆孔上安装球阀。触变泥浆通过注浆孔被注入顶管与围岩之间后, 形成的泥浆套除了起到润滑作用之外, 静置一段时间后还会固结, 产生一定强度。

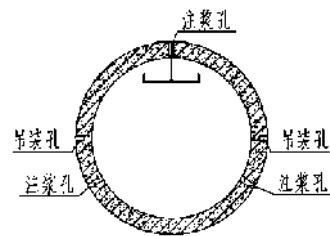


图3 注浆孔布置图

### 3.3 顶管背后注浆施工

顶管后背注浆施工是管道施工的重要工序。在顶进工序完成之后, 注入M30水泥浆液(水灰比为1: 1)对顶管与围岩之间的间隙进行填充。水大时, 采用水泥-水玻璃双浆液, 注浆各个参数由现场注浆实验确定, 双浆液的体积比一般为1: 0.5左右。将注浆压力控制在0.5 ~ 1.0MPa, 同时控制浆液在数分钟之内达到初凝状态。

每注浆段注浆顺序为由内向外直至竖井处顶管端口。每孔注浆时, 持续观察注浆压力和流量大小。压力逐渐增大至设计值时, 控制流量, 让其在此状态下稳定3min, 即可结束。为避免浆液回流, 每孔注浆完成后及时封堵。

在整个区间段注浆结束之后，将每个注浆孔用M50砂浆封填。

### 3.4 顶管管顶注浆施工

顶管下穿轨道交通3号线及3号线出入段施工时，根据地勘报告，对轨道保护范围内顶管围岩较差段进行注浆加固。

注浆前根据纵断面图统计注浆段地质情况及注浆孔深度，然后根据现状管线总平面图及现场踏勘避开现有管线，测量工程师测量注浆孔线型和方位，并确定注浆孔位置，确保注浆孔在顶管中心线上端；将采购的PO42.5水泥进行取样送检，提前制作 $\phi 42\text{mm} \times 3.5\text{mm}$ 钢管，钢管按 $@150\text{mm}$ 截面布置注浆孔，每截面均匀布置 $4 \times \phi 10\text{mm}$ 注浆孔；检查钻机所需机械，确保设备完好。

如图4所示，顶管管顶注浆孔沿顶管方向按 $@1500\text{mm}$ 纵向布置注浆孔，每截面布置3个间距为 $1500\text{mm}$ 的注浆孔，采用潜孔钻机钻孔至中风化岩层标高。由于回填土含较多碎块石，孔位钻好后及时下放注浆钢管。注浆钢管下放后及时注浆，注浆液采用PO42.5水泥拌制M30水泥浆，顶管管顶段注浆高度为管顶以上 $10\text{m}$ 。在注浆过程中应跳孔间隔注浆，结合现场实际情况分段注浆，要观察注浆压力和流量变化并记录记录注浆压力和流量，注浆压力为 $0.5 \sim 1.0\text{MPa}$ ，注浆半径控制在 $1.0 \sim 1.5\text{m}$ 内，即可结束本孔注浆并封堵注浆孔。注浆钢管作永久支护。

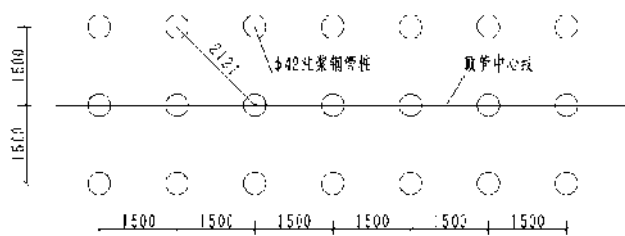


图4 注浆处理平面布置图 (单位: mm)

### 3.5 监测点布置

施工期间，为确定顶管及围岩是否稳定，在地表设置监测点。为监测方便及对测点进行保护，本工程监测沿顶管走向的中心线每 $5 \sim 10\text{m}$ 设置两个地表沉降裂缝监测点；轨道交通3号线 $30\text{m}$ 保护范围内重要建筑物均至少布置3个监测点。测量得出下沉位移量大小及下沉速度后，可判断出此段顶管施工的安全稳定性，具体监测数据还可为优化支护参数提供依据。

## 4 结语

重庆恒大轨道时代项目排水主干管迁改工程的Y-17 ~ Y-18区间段下穿既有轨道线路。在该段顶管工程施工中所采用的关键技术，有效避免了施工期间对临近运营线路造成扰动；施工期间监控量测表明：顶管段地面沉降、周边收敛及管顶沉降均在控制值范围以内；根据第三方监测报告的监测结论可知：轨道交通控制保护区内隧道、挡墙及墩柱结构各测点竖向位移和水平位移累计变化量和变化速率均在控制值范围内。本文所述关键施工技术可为其他类似临近既有运营线路顶管项目的施工提供参考。

### 参考文献:

- [1]尹冬, 苗雷强, 梁鹏飞, 石家豪.顶管法在市政管道工程中的应用技术研究[J].安徽建筑, 2021, 28 (03): 86-87.
- [2]代志勇.城市地下工程顶管法施工对既有构筑物影响的研究[D].北京交通大学, 2017.
- [3]韩淑琳.顶管下穿既有铁路线施工技术应用[J].黑龙江交通科技, 2021, 44 (11): 89-90.
- [4]刘吉贞.穿越既有地铁线路顶管施工关键技术[J].石家庄铁路职业技术学院学报, 2021, 20 (04): 30-34.
- [5]方志斌.顶管施工对既有地铁隧道安全影响研究[J].福建建筑, 2021 (11): 201-204.
- [6]王孟林.特大直径污水干管上穿顶进施工对临近既有地铁隧道的影响分析[J].施工技术, 2017, 46 (08): 56-59+71.