

# 地铁隧洞带水作业施工技术

罗启录

(中铁十八局集团三公司 河北 涿州 072750)

**摘要:**以在建的北京地铁十号线双井—劲松区间暗挖隧道为例,通过分析北京特殊地层在带水条件下单洞结构单线隧道台阶法的施工工艺,洞悉浅埋暗挖正台阶法施工中超前预加固、开挖时空顺序、台阶长度等工艺对围岩稳定性的影响程度。

**关键词:**北京地铁十号线;地铁隧道;富水地段;浅埋暗挖;降水;超前支护;注浆

**中图分类号:**U455.4 **文献标识码:**B **文章编号:**1672-7428(2007)03-0058-03

**Construction Technique of Working with Water in Subway Tunnel/LUO Qi-lu**(The 3rd Engineering Co., Ltd, China Railway 18th Bureau Group Co., Ltd, Zhuozhou Hebei 072750, China)

**Abstract:** With the under-construction case of the section between Shuangjing and Jingsong of No. 10 Line of Beijing Metro, analysis was made on the construction technology for single tunnel-single line-step excavation method. According to the analysis, the degree of influence to surrounding rock stability by technology of undercutting with shallow overburden, including pre-strengthening, excavation sequence and step length, can be very clear.

**Key words:** No. 10 Line of Beijing Metro; subway tunnel; water abundant ground; undercutting with shallow overburden; dewatering; pre-strengthening; grouting

## 1 工程概况

北京地铁十号线双井站—劲松站区间,位于北京市朝阳区。线路从位于双井桥南侧的双井站出发,沿东三环路东侧向南穿过双井立交南天桥、垂杨柳南街和劲松北天桥后,到达劲松路口的劲松站,设计线路起点里程为K23+287.189,终点里程为K24+095.68,线路全长808.638 m,为标准单线区间,标准段线间距为15 m,最小线间距约12.0 m;区间平均覆土厚度约16.0 m,采用浅埋暗挖法施工。在区间隧道K23+541.0处设一明挖施工竖井,并设一横通道做为左右两线之间联络通道,横通道与线路平面交角为90°,在双井站以南K23+296.772及K23+312.333各设置一处迂回风道,在K24+080.0处设一人防段。

## 2 施工技术难点

### 2.1 工程周边环境复杂

本段线路沿道路布设,线路两侧地面上建筑密集,地下各种公用管线密布。标段内东三环中路规划红线不等,广渠路至劲松路红线宽90 m,其中西侧40 m,东侧50 m,劲松以南红线宽80 m。线路南端穿越2座人行天桥,且距桥桩最近水平距离只有

0.86 m。线路北端隧道下穿永3楼房并从永16楼旁边经过(楼与结构外皮净距仅为2.935 m),施工前必须做好保护措施。本次设计拟采用短进尺开挖(必要时采用CD法开挖)、洞内支护措施加强的保护方案,在永16楼附近增设隔离桩、阻隔施工影响的保护方案。区间隧道沿线附近还有3幢高层楼房,与隧道结构净距为10~30 m,施工中加强对3幢楼的监控量测,必要时采取动态跟踪注浆的保护方案。

### 2.2 地下水丰富

本工程均位于永定河冲积扇的中下部,区间隧道结构标高低,约在22 m。区间隧道上层滞水分布不均匀,水位标高约在40.13 m,同时潜水距离结构近,且处于结构顶端,是对修建地铁影响最大的地下水类型,水位标高约在25.60~27.96 m。本段施工过程中对水的处理重点是结构底板的承压水。施工中对上层滞水和潜水通过降水井穿透引渗降低其水位或以注浆堵水,对承压水采用管井降水的处理方案。

### 2.3 围岩软弱易扰动且稳定性差

区间隧道穿越的土层以第四系冲洪积土层的粉质粘土、粉细砂、中粗砂为主,局部地段夹杂着砂砾

收稿日期 2006-11-28;改回日期 2007-03-05

作者简介:罗启录(1973-)男(汉族),云南大理人,中铁十八局集团三公司宜万铁路内资标项目总工程师、工程师,地下工程专业,从事地铁施工技术工作,北京市朝阳区双井桥东南角中铁十六局地铁十号线项目部工程部(100022)。

和砂质透镜体, 地层软弱。隧道开挖后周边围岩在自重应力作用下松弛变形, 控制不好易产生变形坍塌。同时, 受地下水作用软化后丧失稳定性, 给施工带来困难, 特别是由硬塑变为流塑后, 随地下水一起涌入隧道内形成大的坍塌涌泥, 拱部砂层则出现流砂, 严重危及周边建筑物及施工安全。施工时, 必须采取严格措施控制, 防止产生大的变形和坍塌。

### 3 主要施工方法

根据本工程地质情况, 结合地下水发育情况, 本工程采用短台阶法施工, 上台阶采用开挖留核心土法施工。在开挖前, 对开挖体采取超前降排水措施降低地下水位后, 再进行开挖。其施工工序见图 1。

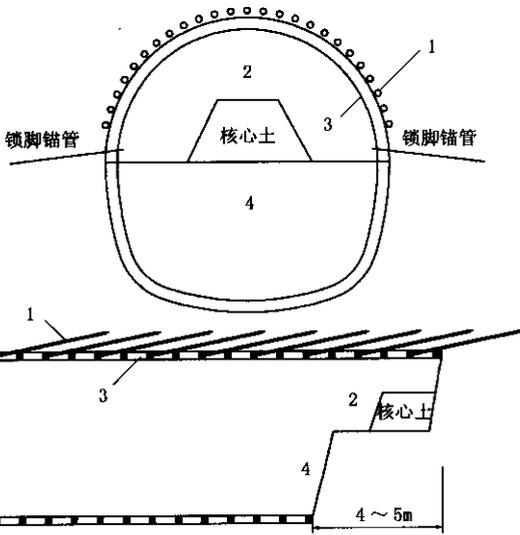


图 1 台阶法施工工序

注 1—超前小导管施工 2—上台阶环形开挖 3—上台阶支护结构施工 架设格栅, 喷射混凝土等 4—下台阶支护结构施工

#### 3.1 上台阶施工

为减少开挖对土体的扰动, 上台阶采用人工开挖, 先挖两侧, 留核心土, 待两侧开挖成型后, 再开挖拱部及核心土。台阶长度 3~5 m, 开挖土方人工运至下台阶再由斗车翻运。隧道上台阶循环进尺为 0.75 m, 开挖完成后, 立即进行开挖支护作业。

#### 3.2 下台阶开挖及支护

下台阶采用人工开挖, 开挖土方人工装车翻运出土, 隧道下台阶循环进尺为 0.75 m, 开挖完成后, 立即进行支护作业, 封闭成环。在开挖施工时, 不得超循环进尺开挖, 以保证施工安全。

#### 3.3 支护参数

区间隧道初期支护采用喷锚构筑法施工, 不同地质地段采用不同支护参数, 少水地段支护设计参数见图 2, 富水地段支护设计参数见图 3。

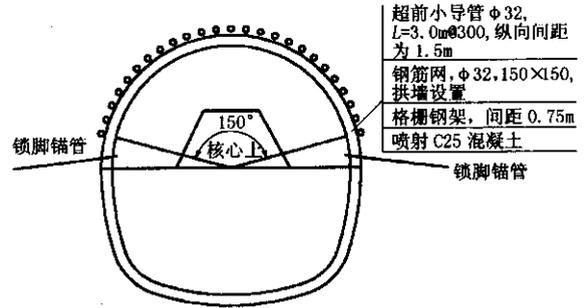
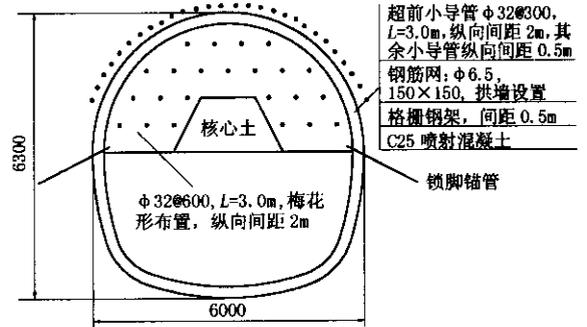


图 2 少水地段支护设计参数示意图



$\phi 32$ 超前小导管  $L=3000$ , 外插角  $10^\circ \sim 15^\circ$ , 纵向间距 2m, 环向间距 0.3m  
 $\phi 32$ 超前小导管  $L=2000$ , 外插角  $10^\circ \sim 15^\circ$ , 纵向间距 0.5m, 环向间距 0.3m

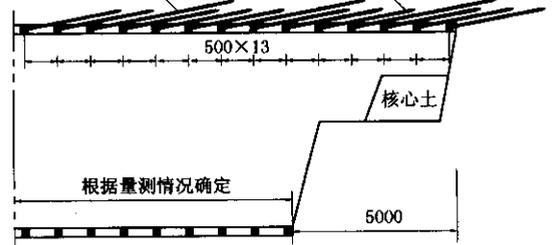


图 3 富水地段支护设计参数示意图

### 3.4 支护施工

#### 3.4.1 超前管棚

本工程在富水砂层地段采用  $\phi 32$  mm 超前小导管支护。小导管采用高压风管吹钻成孔, 然后将小导管用大锤顶入, 小导管长 3 m, 拱部  $150^\circ$  范围布设, 环向间距为 0.3 m。小管内注入改性水玻璃单浆液或水泥-水玻璃双浆液, 注浆采用跳一注一后退式进行。浆液水灰比为 0.8~1.0, 水玻璃波美度为 30~35 Be', 注浆体积比为 1:1, 注浆压力为 0.3~0.5 MPa。

#### 3.4.2 格栅钢架

钢架分段在洞外加工, 洞内拼装, 为防止拱脚下沉, 在两侧各打设 2 根锁脚锚管, 锚管长 3.0 m, 钢架设置间距在地质好时为 0.75 m, 地质条件差且地下水量大时为 0.5 m。环向采用  $\phi 22$  mm 钢筋, 间距 0.5 m 梅花形布设连接成整体。

#### 3.4.3 喷射混凝土

喷射混凝土采用干喷工艺,多次复喷至设计厚度。喷锚料洞外拌制,经竖井下料管到下料车运至施工点,喷射作业采用PZ-5D型干喷机。

#### 4 隧道施工关键技术

双井—劲松区间穿越地层为砂砾层、粉细砂层及粘土层,部分段落隧道拱顶地层中含有透镜体状中砂、砾砂层,隧道上部地层中有市政管线12条,电力管线3条,其中煤气管线2条,埋深6m的大电缆管沟1条,穿越2座人行天桥。施工中采用了缩小格栅间距,加强超前小导管注浆、超前排水以及施工监测,保证结构物安全和施工顺利的关键技术。

区间右线隧道向北开挖至K23+460.232时,拱部及拱腰范围内地层主要由砂砾、中粗砂、粉细砂组成,拱腰以下主要为粉质粘土层,且地层变化较大,由于降水井距离结构较远,降水区域未封闭,掌子面渗水较大,拱部在较大步距开挖时常有流砂发生,对施工进度及安全造成很大影响。我们采取富水地段支护参数,满足快封闭原则,制定措施如下。

##### 4.1 超前注浆固结地层

因区间隧道穿越地层为粉质粘土层,拱部为粉细砂层,地下水丰富。设计采用 $\varnothing 32$  mm超前小导管注浆固结地层,封堵地下水。小导管长度为3 m,在一般地段布置在开挖轮廓线外拱部 $150^\circ$ 范围内,并注改性水玻璃浆液,砂层富水地段采用加密小导管,小导管纵向间距由原设计的1.5 m调整为0.5 m,小导管每隔2.0 m打1排3.0 m小导管,其余长度调整为 $L=2.0$  m;上台阶掌子面按间距0.6 m梅花形打设 $L=3.0$  m小导管,纵向间距2.0 m,在小导管内注入水泥-水玻璃双浆液(见图3)。

采用上述注浆后,在开挖时围岩稳定,没有产生坍塌或大变形情况,注浆效果明显。注浆用水泥-水玻璃双浆液,配合比经试验确定,其凝结时间、固结强度必须达到设计要求,达到固结岩体、提高岩体稳定能力及防水止水效果。

4.2 减小格栅间距,缩短围岩暴露时间,满足快封闭原则。

格栅间距缩短,格栅由原设计1榀/0.75 m调

整为1榀/0.5 m。上台阶增设钢格栅喷射砼(标号C20)临时仰拱(厚度25 cm)。每隔2 m挂网(150×150)喷射砼(C20)封闭一次掌子面(厚度5 cm)。

#### 4.3 监控量测技术

地铁区间隧道埋深浅,隧道施工对周围扰动较大,特别是地表沉降对地表路面行车以及道路两侧管线影响很大。为减少施工影响,施工中必须进行施工监测工作,信息化施工;同时,监测信息能及时了解围岩稳定情况,支护结构变形情况,及时修改施工参数及支护参数,切实保证施工安全。

施工监测主要进行地表沉降监测、隧道拱顶下沉、净空收敛、支护结构变形、支护内力等。监测工作严格按照规范要求布设监测断面,按要求频率进行日常监测工作,对监测信息及时分析整理,指导施工。

#### 5 结语

在北京地铁十号线双井—劲松区间施工中,采取了超前支护、缩小格栅间距及时封闭掌子面,架设临时仰拱等措施,保证了隧道施工的顺利进行,确保了安全、质量。根据实际监测情况,本区间最大地表沉降值为28 mm,在规范要求30 mm范围之内,为今后类似工程提供借鉴经验。

#### 参考文献:

- [1] 龚晓南. 土力学[M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2002.
- [2] TB10204-2002/J163-2002, 铁路隧道施工规范[S].
- [3] GB50299-1999, 地下铁道工程施工及验收规范[S].
- [4] 吴荣樵. 隧洞的各种施工方法和新奥法[J]. 隧道译丛, 1991, (10): 1-9.
- [5] 朱维申, 何满潮. 复杂条件下围岩稳定性与岩体动态施工力学[M]. 北京: 科学出版社, 1996.
- [6] 张知非, 戴勤, 唐文. 新奥法在沿海富水地层超浅埋暗挖隧道施工中的应用[J]. 隧道建设, 1994(3): 19-28.
- [7] 刘启琛, 邵根大. 北京地铁建设中采用的浅埋暗挖法[J]. 铁道建筑, 1998(12): 2-6.
- [8] 王梦恕. 北京地铁浅埋暗挖施工法[J]. 岩石力学与工程学报, 1989(8): 52-62.
- [9] 胡万毅, 潘秀明, 刘彩虹. 北京地铁西单车站开挖、支护、技术与工艺[A]. 中国土木工程学会隧道及地下工程学会第八届年会论文集[C]. 洛阳: 1994. 303-311.