

# 浅论城市地铁车站结构与施工方案

王文通 张项铎

(中铁隧道勘测设计院有限公司 洛阳 471009)

**摘要:** 本文以北京地铁五号线崇文门站工程为例,介绍了城市地铁车站的结构和支护型式、施工方案和施工方法;并对浅埋地下工程的结构防水、地面沉降、开挖防坍等有关问题进行了探讨。

**关键词:** 结构设计 施工方案

## 1. 概述

崇文门站是北京地铁五号线六个甲级站之一,位于崇文门内外大街、崇文门东大街、前门东大街及北京站西街五条路的交叉路口。该地段地面车流量大、交通繁忙。路口四周以商业和餐饮业为主,人流非常集中。车站所在地段地下管线密集。同时有控制车站结构设计的地下构筑物,如:盖板河、规划的铁路直径线和地铁环线区间。

根据该站的地理位置、地面交通及地下构筑物埋置情况,提出几种施工方案。经比较,明挖法和盖挖法均须中断地面交通和改移地下管线,最后推荐采用浅埋暗挖法施工。由于在后期施工中,结构形式、荷载不断变化,特别是其支护结构、施工方法多种多样,因此,如何因地制宜地、合理地选择城市地铁车站支护结构形式及施工方法至关重要。同时,在浅埋暗挖法施工中,如何处理好地面沉陷、结构防水、以及开挖防坍也是需要解决的关键问题。本文就以上问题谈几

点体会与建议。

## 2. 结构形式与支护

### 2.1 结构型式

崇文门车站为双层岛式车站,有效站台长度120m,宽14.0m,为地下一级站,是与环线地铁崇文门站的换乘站,结构型式可采用三拱两柱结构、双拱单柱结构、单拱无柱结构。三拱两柱结构与双拱单柱结构及单拱无柱结构相比,具有以下优点:

- 1) 减跨效果明显,较适合于站台宽度大于12m的地铁车站。
- 2) 施工安全性高,风险小,北京地铁有类似成功的经验。
- 3) 楼梯、设备及管理用房布置方便。

经过比较,车站推荐采用三拱两柱结构。结合站位外部环境——受盖板河、铁路直径线及既有环线地铁限制,为减少埋深,结构设计为“端进式”的中间三拱两柱单层、两端三拱两柱双层结构(如图1)。

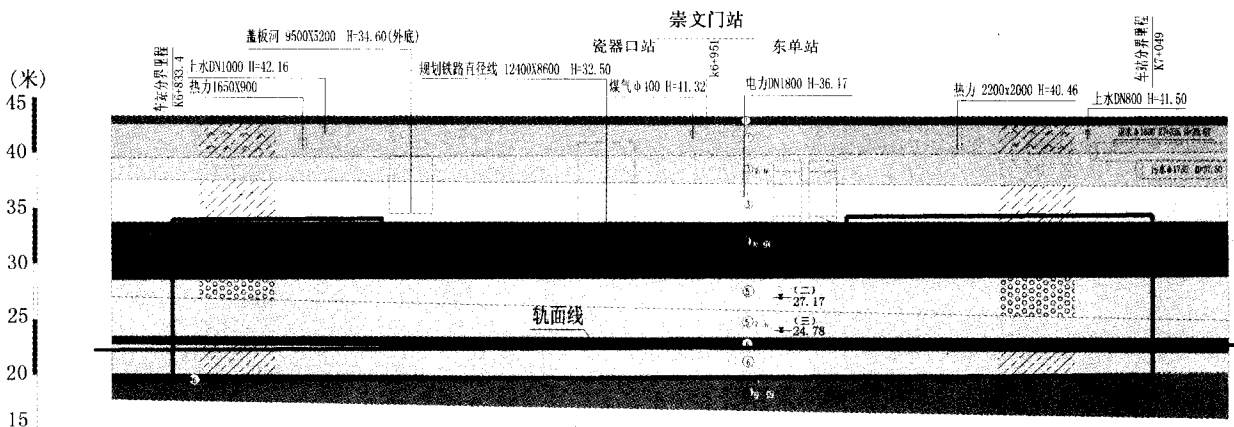


图1 车站纵断面

## 2.2 支护型式

采用复合式衬砌。根据经验类比及检算拟定支护参数如下:

初期支护以 $\phi 32$ 超前注浆小导管、格栅钢架(间距0.5m)、C20网喷混凝土联合形成支护体系,厚350mm;过盖板河及既有环线区间拱部设管棚。二次衬砌为C30, S8防水钢筋混凝土,厚500mm。中柱为 $\phi 800$ 钢管柱,填充C50混凝土。

## 3. 地质条件

地层由上至下依次为:杂填土、 $Q_4$ 粉质粘土、 $Q_4$ 粉细砂、 $Q_4$ 粉土、 $Q_4$ 中粗砂、 $Q_3$ 卵石圆砾、 $Q_3$ 粉细砂、 $Q_3$ 粉土、 $Q_3$ 粉质粘土、 $Q_3$ 细中砂。潜水位27.17m,承压水位24.78m。

车站双层顶部位于 $Q_4$ 粉土层及 $Q_4$ 中粗砂层中,覆土厚9.3~8.6m;单层顶部位于 $Q_4$ 中粗砂层中,覆土厚13.5m。车站下卧层为 $Q_3$ 细中砂层,车站主体避开了所有的管线及地下构筑物。

## 4. 施工方案

### 4.1 浅埋暗挖法的特点

一般来说,同明挖法和盖挖法相比,浅埋暗挖法具有以下优点:

(1) 不受施工气候、场地的影响,不干扰交通及不影响城市景观;

(2) 不会造成房屋的拆迁,管线、道路的改移;

(3) 减少干扰,利于环保,社会效益显著。

浅埋暗挖工法的施工要点是“管超前、严注浆、短开挖、强支护、勤量测、早封闭”。

### 4.2 施工方案比选

该车站可采用的施工方法有明挖法、盖挖法和暗挖法三种。现结合本工程情况,将比选结果列于如表1。

通过比较,结合车站所处的地理位置、地面交通、地下管线以及周边环境,认为本工程无明挖、盖挖施工条件,暗挖法施工土建造价虽高,但不影响交通,不需要改移管线,综合造价比较合理,所以推荐采用暗挖法施工。

## 5. 施工方法

施工方案比选表

表1

项目	明挖法	盖挖法	暗挖法
对地面交通影响	大,需中断交通	较大,围挡需短期占用部分道路	对交通无影响
对地下管线影响	大,管线改移多	部分管线需要改移	不需要改移管线
施工技术	成熟	成熟	成熟
施工难度	小	较小	大
工程质量	易保证	较好	难保证,需专业队伍
防水质量	好	较好	难保证,需专业队伍
地面沉降	小	小	较大
扰民程度	大	较大	小
施工工期	短	较短	长
土建造价	低	较高	高

## 5.1 方案比较

根据该工程情况,暗挖方案有中洞法、侧洞法及PBA法三种施工方法,现将结果比较如表2:

施工方法比选表

表2

项目	中洞法	侧洞法	PBA法
主要特点	1. 中洞先行,建立起梁、柱支撑体系,然后施作侧洞。 2. 分块多,工序多,多次扰动地面沉降大。 3. 废弃工程量大,造价高。	1. 两个侧洞先行,然后施作中洞。 2. 分块多,工序多,多次扰动地面沉降大。 3. 废弃工程量大,造价高。	1. 利用小导洞施作桩梁形成主要传力结构,在暗挖拱盖保护下进行内坑开挖。 2. 可同步进行导坑施工,对地层扰动次数少,群洞效应明显。 3. 废弃工程量大,边桩及边底梁浪费大。
防水质量	对单跨隧道易保证,多跨多层结构,柱顶防水质量差。	多跨多层结构,柱顶防水质量差。	多跨多层结构,柱顶防水质量差。
施工难度	对空间较大的地下结构,施工难度大。	对空间较大的地下结构,施工难度大。	对空间较大的地下结构,施工难度较小。但导洞内施工场地狭窄,作业条件差。
施工速度	施工场地小,工序多次转换,进度慢。	施工场地小,工序多次转换,进度慢。	拱盖形成较费时,其后即可大面积作业,效率高,工期稍短。
地面沉降	稍大	较大	稍小
废弃工程量	工序多次转换,废弃工程量大。	工序多次转换,废弃工程量大。	要施作边桩及桩下基础围护结构,需拆除小导洞部分初支,废弃工程量大。
造价	高	高	高
实践经验	日本东叶高速线习志野台隧道。国家计委停车场。	北京地铁“复八线”西单站。	北京地铁“复八线”天安门西站、王府井站等。

通过上述三种方法比较可知,“侧洞法”是修建大跨隧道常用的方法,但由于初次揭露的是两个侧洞,跨度大,且要同步,对地表扰动大,安全性稍差。“中洞法”采用“CRD”工法,按照“小分块、短台阶、早成环、环套环”的原则,稳扎稳打,步步为营,施工安全度高,地面沉降及影响范围与“侧洞法”相比要小,但工序转换是上述三种方法中次数最多的,因而技术含量要求高,在目前国内施工技术和工程管理水平条件下,很难限制工序转换中的附加位移;并且,与“侧洞法”一样,由于施工中必须采用大量的临时支护,废弃工程量大。“PBA法”克服了工序转换多的缺点,地面沉降控制较好,但为了形成拱盖,除了必须施作中柱及上下导洞外,还要施作围护边桩及成桩导洞,增加了不必要的工程量。

结合站位环境——地处繁华路口,地下管线密集,且要过既有环线、盖板河等重要地下构筑物,本次方案设计汲取日本新桥地铁车站的有益经验,拟采用新的施工方法,具体思路是:中柱成型采用柱洞开挖,边墙成型采用侧洞开挖,然后扣拱形成拱盖,在拱盖保护下开挖洞内土方,施作车站结构。这一方法既克服了“侧洞法”与“中洞法”工序转换多,对地表扰动大的缺点,又避免了“PBA法”施工围护边桩及成桩导洞而附加的边桩及地下基础工作量,节省了造价,并且能充分发挥初期支护作为永久衬砌结构有机组成部分的优势。

## 5.2 施工方法

双层断面施工工序如下,单层断面可参照执行。

- (1) 第一步:分步开挖中导洞及边导洞;
- (2) 第二步:开挖柱洞及横向导洞,顺筑花底板及部分侧墙,模筑顶、底梁,施作钢管柱;
- (3) 第三步:初期支护扣拱;
- (4) 第四步:站厅层土方开挖,顺筑站厅层结构;

(5) 第五步:站台层土方开挖,贯通模筑衬砌;

(6) 第六步:站台板及附属工程施工。

## 6. 几点体会与建议

### 6.1 结构防排水问题

#### 6.1.1 结构防水原则

防水设计应遵循“以防为主、防排结合、因地制宜、综合治理”的原则。以结构自防水为主,外防水为辅,处理好施工缝、变形缝等缝的防水是关键。

本工程变形缝采用中埋式橡胶止水带止水;施工缝采用中埋两道改性橡胶止水条防水。

#### 6.1.2 对水的处理措施

浅埋隧道,水对施工的危害极大。通常,对水的处理大致有以下几种方法:

- (1) 清除地面积水,健全排水设施;
- (2) 地面注浆堵水;
- (3) 采用降水方法降低地下水位;
- (4) 超前注浆加固地层,改变地下水作用环境;
- (5) 喷射混凝土掺加防水材料;
- (6) 利用防水材料抹面或复合衬砌间加柔性防水材料;
- (7) 施工缝、变形缝采用止水环、止水带或止水条等防水措施。

### 6.2 开挖防坍问题

对于浅埋暗挖隧道来讲,掌子面开挖防止塌方是个重要问题。防坍塌的处理基本原则是在保证土体自稳情况下优先选用简便易行、快速有效的施工方法。实践证明,对于塌方,可采用以下几种方法:

- (1) 缩小开挖断面。如全断面开挖留核心土,台阶法开挖,台阶法开挖留核心土等开挖方法。
- (2) 超前支护。如采用超前管棚、注浆钢插管、锚杆、掌子面帷幕注浆及开挖后预喷混凝土等辅助措施。
- (3) 水的治理。如采用合理有效的降、排水

措施以及施工中掌子面长管引排水、沿周边注浆堵水等方法。

(4) 取得地质超前预报和监控量测资料, 修改设计, 指导施工。

### 6.3 地表沉降问题

浅埋暗挖法施工中引起的地面沉降, 通常将直接危及地面建筑物和地下管线的正常使用及地下构筑物的安全, 因此对地表沉降提出控制基准值, 并设法使下沉值控制在安全限度之内是必要的。

#### 6.3.1 地面建筑沉降限值的确定

(1) 根据现有建筑规范及以往工程实例确定地面沉降限值

沉降对地面建筑的危害主要表现在地面的不均匀沉陷引发的建筑物倾斜。在“建筑地基基础规范”中对各类建筑的允许倾斜值已有明确规定。但由于地面建筑等级、结构各异, 采用同一基准值难免出现有些地段过于保守, 而有些地段产生危害性沉降的弊病。因此, 有必要对控制基准作较深入的分析, 使其尽量适应各类建筑的要求。

(2) 按地层及结构稳定要求确定沉降限值

由地层位移的实测结果知, 地层的位移是自洞室临空面向地表逐渐延伸的, 这意味着破裂面的形成也是由洞室周围向地表延伸。由于拐点 (Peck曲线) 处剪应变最大, 当地层处于极限状态时该点剪应变达到极限值, 成为地层破坏的控制点, 从保证施工安全的角度, 以隧道侧壁正上方控制点不发生坍塌时允许产生的最大地表沉降作为控制基准 (如图2)。将地表沉降横断面正态分布曲线 (Peck曲线) 视为地层横向梁的挠度曲线, 采用“地层梁理论”导出的极限剪应变法来确定该基准值。

#### 6.3.2 地下管线的沉降限值

由于各种地下管线对沉降影响的敏感性和耐受力因其材质、连接方式、接口材料、变形允许指标及施工质量、使用年限不同而异。为确保安全, 应以对沉降耐受力最低的管道作为沉降控制

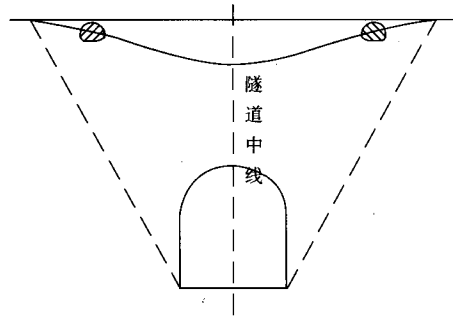


图2 车站隧道侧壁正上方坍塌破坏示意图

基准研究的控制对象。

由此可见, 地面沉降限值随工程条件而变。目前, 通常要求地面沉降限值采用30mm欠妥, 应针对不同工程, 通过类比和计算相结合的方法找出相应的限值。

#### 6.3.3 沉降的处理方法

按照一般有限元理论分析, 隧道拱顶下沉应大于或等于地表下沉。但根据某些工程实践, 由于地面有动荷载、地质特点及不合理的开挖方法等因素的影响, 地表下沉有时要大于拱顶下沉。因此, 使得地下工程穿越建筑物时的地面下沉控制变得错综复杂, 而且这种现象随地面埋深的变化而变化, 埋深越浅, 表现越明显; 随着埋深增大, 拱顶下沉值增大, 地表下沉值减小。

控制地表下沉的方法一般有以下几种:

- (1) 缩短开挖进尺, 快速封闭;
- (2) 提高支护强度;
- (3) 控制隧道结构的整体下沉;
- (4) 地表预注浆;
- (5) 超前预注浆;
- (6) 建筑物加固。

总之, 根据实际情况合理选用施工进尺和施工方法是控制地表下沉的关键。

对于隧道结构的整体下沉可采用如下处理方法:

- (1) 增加仰拱的喷射混凝土厚度, 加大支撑面积;
- (2) 边墙与仰拱的回填注浆加固;
- (3) 改变断面形式, 如将直墙改为曲墙, 作成大拱脚等形式, 以改善结构的内力分布。