

# 不同围岩条件下大跨隧道的施工方案探讨

刘洪伟, 李建华

(铁道部隧道工程局, 洛阳 471009)

[摘要]以内昆线上3座大跨车站隧道修建为对象, 针对3个具体工点的不同地质条件下所采取的不同施工方案进行了分析比较, 为以后大跨隧道的设计施工提供了参考。

[关键词]大跨 施工方案 数值分析

[中图分类号]U45 [文献标识码]A [文章编号]0495-5331(2000)05-0091-04

## 1 前言

内昆线由于山区地形条件复杂, 出现大量车站伸入隧道的工程, 据统计, 全线有9座隧道因设车站而成为大跨隧道, 其中局部三线有6座, 全线或局部三线有3座, 从地质条件看, 大跨隧道通过的地质条件从Ⅲ类围岩到Ⅴ类围岩, 包括硬岩、软岩和土层, 且多数处于洞口段, 有的还受到地震的影响。过去, 由于需要我国也修建过一些三线隧道, 如背开柱2#隧道、大巴山隧道及襄渝线狗磨湾三线偏压隧道等, 但由于当时认识水平和修建技术的限制, 大多采用侧壁导坑法和分部开挖法, 工序多、速度慢、造价高、施工方法单一。随着我国铁路建设和其它交通事业的发展, 大跨隧道必将越来越多, 因此, 以内昆线修建为契机, 选取有代表性的大跨隧道: 青山隧道出口大跨段、邓家湾1#隧道进口和曾家坪1#隧道进口, 开展大跨车站隧道的施工方案研究具有十分重要的现实意义。

## 2 工程概况

### 2.1 曾家坪1#隧道进口:

曾家坪子1#隧道全长2563 m, 是内昆线上的重点工程。曾家坪子车站因受地形限制, 昆明端站线咽喉区348 m被迫伸入曾家坪子1#隧道进口, 形成了三线车站隧道, 其中253 m为三线隧道, 开挖跨度20.68 m, 高度13.83 m, 高跨比0.67; 95 m为渡线隧道, 由三线过渡到一线。隧道进口端地质条件差、成分复杂, 地层自上而下为砂粘土、块石土、断层、泥质灰岩、泥岩、砂岩等, 车站大跨隧道范围内有93 m为Ⅲ类围岩, 其中洞口段50 m位于堆积体中, 其它255 m为Ⅳ类围岩。曾家坪子1#大跨隧道由于地质条

件差、技术复杂, 根据在软弱围岩条件下宁强勿弱、稳扎稳打、稳中求快、步步为营的原则, 主要采用双侧壁导坑法施工。

### 2.2 青山隧道出口

青山隧道全长4268 m, 为内昆线重点工程, 在出口段, 邓家湾车站内江段伸入隧道817 m, 车站范围隧道按“2+1”方案布置, 即一孔双线车站隧道加一孔单线车站隧道, 于车站内江段交汇, 形成大跨过渡段118 m, 最大开挖跨度19.22 m, 高度13.11 m, 高跨比0.68。大跨段任务重、涌水量大(4253 m<sup>3</sup>/d)、技术复杂, 围岩为砂岩、页岩及泥灰岩, 属Ⅳ类软石, 主要采用中壁法施工。

### 2.3 邓家湾1#隧道进口

邓家湾1#隧道全长225 m, 进口端为三线大跨, 长16 m, 开挖宽度为19.08 m, 高度13.64 m, 高跨比0.71, 结构较为扁平, 其它为过渡段, 长120 m, 由三线变为一线。进口大跨端有第四系坡崩积层覆盖, 下伏基岩为泥砂岩互层, 属Ⅲ~Ⅳ类, 采用大台阶法施工, 其主要施工难点是: (1) 跨度大, 结构扁平; (2) 洞顶上方设置了邓家湾大桥龙门吊地笼, 爆破对地笼震动大。

3个工点的施工支护参数见表1。

## 3 方案确定

大跨隧道的主要施工过程包括: 钻爆开挖、装碴运输、临时或初期支护、模筑衬砌等, 且这一系列过程必须与相应的施工条件相配合, 以及在隧道有效的横断面内合理方便地布置动力线、运输线、风水管路等, 才能保证施工安全及提高施工速度, 以取得最佳技术经济效益, 因此选择一套合理的施工方案, 在修建大跨隧道的过程中具有十分重要的意义, 而施

工方案中最重要的是施工方法的确定和开挖步骤及其与之相适应的支护方法。

表 1 大跨段施工支护参数

工点	曾家坪子 1# 隧道进口	青山隧道出口	邓家湾 1# 隧道进口
开挖方法	双侧壁导坑法	中壁法	台阶法
开挖跨度	20.68m	19.22m	19.08m
开挖高度	13.83m	13.11m	13.64m
二衬拱厚	60cm	50cm	65cm
衬边墙	90cm	90cm	105cm
喷砼厚度	35cm,其中内壁厚 25cm	15cm	15cm
钢格栅	4 25 筋,间距 0.5m/ 幅	无	4 22 筋,间距 1.0m/ 幅
锚杆	42 小钢管,长 3.5m,间距 0.3m ×1.0m	WID25 锚杆,长 3.5m,间距 1.2m ×1.0m	G32 自进锚杆,长 5.0m,间距 0.4m ×2.0m

3.1 方案比较

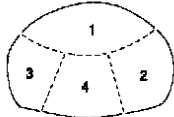
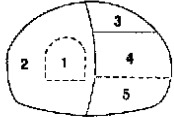
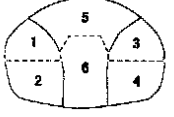
三线大跨隧道与过去双线隧道相比,由于跨度加大,而高度变化不大,使结构形状变得更加扁平,因而开挖后应力重分布变差,底脚处的应力集中过大,拱顶不稳定及较大的松弛地压等。从目前的施工技术水平出发,适合大跨隧道的施工方法主要有以下几种:上半断面台阶法;中隔壁法;双侧壁导坑

法(眼镜法等)。

上半断面台阶法由于施工空间大,速度相对较快,且能采用机械开挖,故采用最多,在大部分围岩条件下都可采用。在承载力不足的洞口段,可采用侧壁导坑法,在掌子面不稳定的隧道中,可采用中隔壁法(CD 法)。

3 个工点的施工方法比较见表 2。

表 2 施工方案基本条件比较表

工点	邓家湾 1# 隧道	青山隧道出口	曾家坪 1# 隧道进口
开挖方法	台阶法(Ⅲ类)	中壁法(Ⅲ类)	双侧壁法(Ⅱ类)
示意图			
工法安全性	安全	较安全	更安全
施工技术难度	低	较高	高
机械适应性	大、中型	中、小型	小型
施工工序	工序简单	工序多	工序较多
工期	工期快	工期慢	工期较慢
造价	低	高	较高
掌子面稳定性	稳定性差	稳定性好	稳定较好
工序转换	容易	难	较难
围岩控制	较差	好	较好
地质适应性	较强	强	不强
配合辅助工法	容易	一般	一般
支护时效性	好	好	较好
适用范围	围岩好	围岩稍好,安全要求高	跨度大,围岩差,安全度高

曾家坪了 1# 隧道进口施工工序为:右导 1 步开挖支护 2 步开挖支护 灌筑右导仰拱 左导 3 步开挖支护 4 步开挖支护 灌筑左导仰拱 模筑左右边墙砼 中洞 5 步开挖支护 灌筑拱部砼 6 步开挖支护 灌筑中部仰拱。

青山隧道出口大跨施工步骤:1 步超前开挖 2 步导坑扩挖支护 灌筑左侧导坑仰拱 模筑左侧边墙砼 3 步开挖支护 4 步开挖支护 5 步开挖支护 灌筑右侧仰拱 模筑右边墙及拱部砼。

邓家湾 1# 隧道进口施工工序:1 步开挖支护 灌筑拱部砼 2 步超前开挖支护 模筑左边墙及左

侧仰拱 3 步开挖支护 模筑右边墙及右侧仰拱 4 步开挖 灌筑中部仰拱。

3.2 计算分析

数值分析法主要有:地层—结构法和荷载—结构法,在计算参数一致的情况下两者计算结果基本一致,特别是曾家坪 1# 隧道进口和邓家湾 1# 隧道进口,覆盖层薄、围岩软弱,荷载相对明确,因而这里仅按荷载—结构法计算分析。

围岩和喷射砼用四结点单元模拟;杆单元模拟锚杆;采用等效刚度法简化钢支撑结构,并加入喷砼中。边界条件分浅埋和深埋两种情况,曾家坪 1# 隧

道进口及邓家湾 1<sup>#</sup>隧道进口按浅埋隧道,上边界为自由边取自地表,另三边为约束边,约束边至洞中心距为洞平均直径 5 倍,两侧受水平约束,底边受竖向约束。青山隧道出口按深埋,边界至洞中心距为洞

平均直径 5 倍以上,四边均为单向约束。计算参数根据各工点具体地质条件和设计支护参数确定,计算结果见图 1、2。

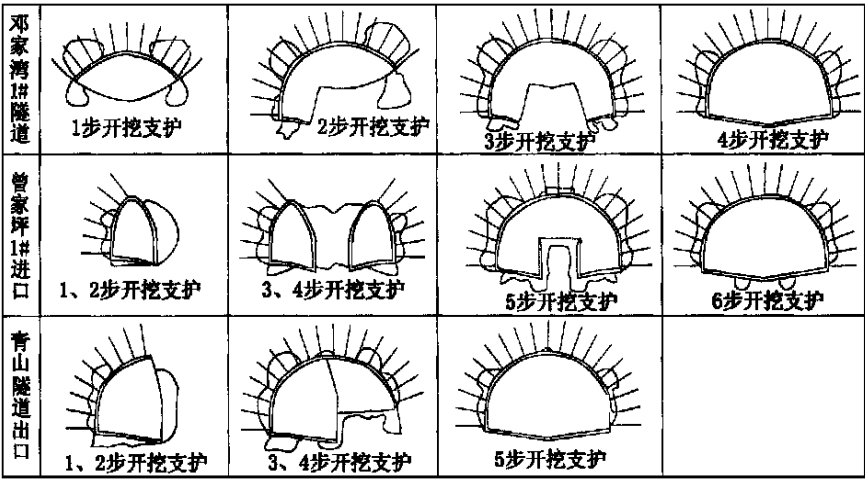


图 1 大跨隧道开挖支护稳定状况及塑性区域图

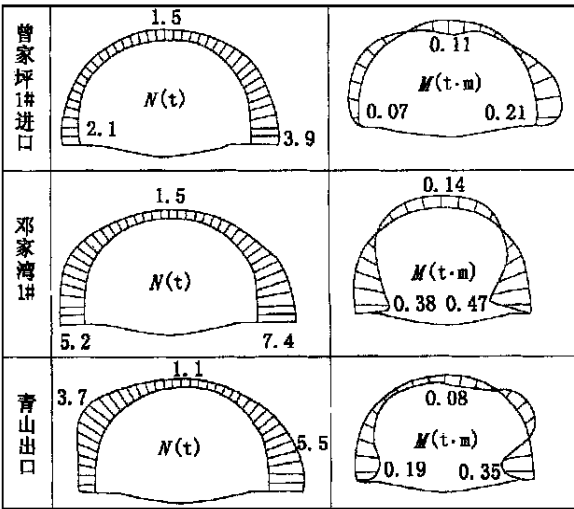


图 2 大跨隧道二衬轴力弯矩图

计算分析表明:

- 1)底脚和侧壁处产生应力集中,产生了较大的松弛底压,这和开挖跨度大是有关的,随着围岩条件的变差,应力分布变得更不利。
- 2)底脚和侧壁松弛范围均较大,要求底脚有较大的承载力,在 Ⅲ类围岩条件下,采用台阶法在相同支护条件下,侧壁出现塑性破坏。
- 3)设置仰拱后,底脚处的塑性区范围变小,说明先修仰拱及早封闭结构,对提高底部承载力,稳定整个隧道结构具有重要作用。
- 4)在以上计算条件下,各工点 3 种开挖方式均能通过并满足强度要求,但若在 Ⅲ类围岩条件下(计

算结果未示),双侧壁导坑法支护结构各截面能满足要求,并且有较大的安全储备,而台阶法开挖和支护则不能满足要求,对于中壁法开挖和支护,计算表明超过一半以上的截面安全系数不足。

由以上所述:

对于曾家坪 1<sup>#</sup>大跨隧道,由于围岩条件差(属Ⅲ类),采用双侧壁导坑法是兼顾到围岩稳定性及各种基本条件的有利组合,计算分析也表明,采用台阶法或中壁法不太适宜。

邓家湾 1<sup>#</sup>隧道进口大跨段,由于隧道较短,从进口开挖又没有施工场地,因而确定从出口进洞,由单线过渡到三线,由于围岩条件好及便于工法转换,单线和三线段均采用台阶法,计算分析也表明三线段采用台阶法开挖其安全性及支护强度均满足要求。

青山隧道出口段按“2+1”方案设计,单线与双线隧道交叉形成大跨段,单线超前开挖,在大跨段形成侧壁导坑,由于围岩较好,选用中壁法开挖是比较合适的。

3.3 方案效果评价

从各工点施工情况看,方案选择是成功的。

- 1)施工安全。目前各工点施工进度顺利,未发生塌方,特别是曾家坪 1<sup>#</sup>洞口三线大跨段,中洞拱部二衬已完成 50 m,已进入岩层较好地段;邓家湾 1<sup>#</sup>隧道进口大跨段上台阶已开挖完成;青山大跨段左侧导坑开挖支护也已完成。

2) 施工进度速度快,保证了工期。曾家坪 1<sup>#</sup> 三线隧道月成洞已达到 23 m,远远高于类似的襄渝线狗磨湾隧道(类,月成洞 9.6 m),也高于原设计施工速度,使得曾家坪 1<sup>#</sup> 隧道不再成为工期控制工点。

3) 施工变形处于可控范围内。各工点典型位移——时间曲线见图 3、4。

曾家坪子 1<sup>#</sup> 隧道由于跨度大,地质条件差,开挖后出现较大的周边位移及稳定时间等,导坑拱顶下沉平均为 50 mm~70 mm,收敛值为 60 mm~80 mm,中洞拱顶下沉约为 25 mm~40 mm,位移/跨度比为 0.38%,基本在安全范围内。收敛值比拱顶下沉值反映出侧压力相对较大,这也与计算分析一致;邓家湾 1<sup>#</sup> 隧道与青山隧道地质条件较好,开挖后变形很小,并很快稳定。

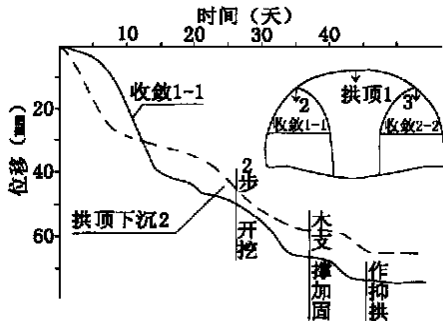


图 3 曾家坪 1<sup>#</sup> 隧道典型位移——时间曲线

#### 4 几点体会

1) 三线隧道因跨度大,结构扁平,在选取施工方法时应根据地形地质条件、断面形状、长度、工期等

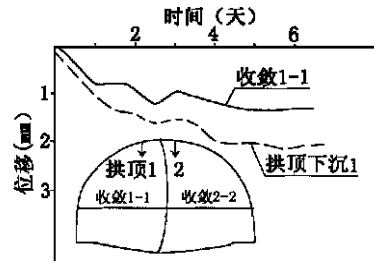


图 4 青山隧道进口位移——时间曲线

综合确定,台阶法由于施工空间大,施工速度相对较快,在Ⅲ类以上围岩条件下宜优先采用,但在围岩条件差,需要控制沉降量和变形等情况下,宜采用中壁法和侧壁导坑法,考虑工序转换,台阶法和中壁法易互换,而双侧壁导坑与台阶法和中壁法互换较难。

2) 三线隧道施工中监控测量发挥了很大作用,根据监控反馈,曾家坪 1<sup>#</sup> 隧道调整了部分工序和支护参数,如在变形小的地段拆除或不设临时工钢横撑、在变形较大地段提前封闭仰拱、洞口段中洞开挖面与拱部二衬距离调整到 6 m 等等。青山和邓家湾则减少了锚杆数量等,既监控施工安全又取得了较好的经济效益。

3) 过去三线大跨隧道在Ⅲ类围岩中大多采用双侧壁导坑法,如狗磨湾隧道,施工速度很受限制,这次在内昆线结合数值分析和施工变形监测,运用了多种施工方法(台阶法和中壁法),大大提高了施工速度。

4) 3 个施工方案在 3 个工点的成功运用,一方面丰富了大跨隧道施工经验,积累了资料;另一方面对以后多种围岩条件大跨隧道的施工方案选择具有较好的参考价值。

### DISCUSSION ON EXECUTING PLAN OF LONG SPAN TUNNEL UNDER DIFFERENT COUNTRY ROCK CONDITIONS

LIU Hong - wei , LI Jian - hua

**Abstract :** By analyzing and comparing different executing plans under different geological conditions in three work sites through the construction of three long span station tunnels , the reference is provided for the design and construction of future long span tunnels .

**Key words :** long span , executing plan , numerical analysis .



第一作者简介:

刘洪伟(1967 年 - ),男。1990 年毕业于石家庄铁道学院隧道工程专业,1999 年攻读于北方交通大学隧道及地下工程硕士研究生。现任铁道部隧道工程局第四工程处内昆铁路工程指挥部总工程师。

通讯地址:河南省洛阳市 铁道部隧道工程局 邮政编码:471009