

高速铁路双线隧道进洞段及 洞口浅埋段施工方法研究

温江涛

(中铁一局集团物资工贸有限公司, 陕西 西安 710054)

摘要:以南广铁路大邮村隧道V级围岩浅埋段为研究对象,通过隧道施工效应数值分析、技术经济分析,比较了CRD工法和三台阶法两种施工方法。从施工效应角度出发,对地表沉降要求不十分严格的山岭隧道,两种施工方法均能满足隧道施工过程中洞室稳定和结构安全。CRD工法在控制地表沉降及洞室变形方面更优,但从施工成本、施工工效、施工管理等方面台阶法更优。在本工程采用三台阶法施工,提高了施工效率,保障了隧道施工安全和结构稳定。

关键词: 高速铁路; 浅埋隧道; CRD工法; 三台阶法; 施工效应

中图分类号: U455 **文献标识码:** A **文章编号:** 2095-0373(2012)01-0081-05

0 引言

近年来随高速铁路隧道的迅猛发展,隧道工程所遇到的施工技术问题不断增多,如浅埋偏压地段、软岩破碎围岩段及大断面隧道等施工方法和施工工艺问题亟待解决^[1-3]。

南广铁路大邮村隧道地处广西省梧州市藤县藤州镇,设计为双线隧道,单面下坡,起讫里程IDK205+710~IDK206+752,隧道全长1 042 m。出口段IDK206+502~IDK206+752长250 m范围内埋深15~35 m,属浅埋隧道,V级围岩。洞身主要穿越粉质黏土和全风化、强风化及弱风化的粉砂岩,石质较破碎。V级围岩段隧道开挖净宽14.48 m,开挖净高12.59 m。隧道设计为复合式衬砌,拱部 $\Phi 25$ 中空注浆锚杆,边墙 $\Phi 22$ 砂浆锚杆,长4.0 m,间距1.0 m \times 1.0 m,I20钢架0.6 m/榀,C25网喷混凝土厚28 cm,C35模筑混凝土拱墙厚55 cm,仰拱厚65 cm。

进出洞口地段采用35 m长管棚超前支护、双侧壁坑法进洞方案。对于出口浅埋段,通过对浅埋双线隧道三台阶法和CRD法施工方案的力学模拟和施工技术经济分析,确定施工方案。

1 施工力学效应分析

1.1 计算模型及计算参数

为对比分析三台阶法和CRD法开挖过程中的隧道稳定性及施工力学行为,选取IDK206+575断面(距洞口177 m,埋深17.5 m),采用ANSYS 10.0有限元软件建立平面应变有限元模型对隧道施工动态进行模型分析,计算模型如图1所示,地层及支护计算参数见表1。模型计算宽度为5倍洞径,洞顶取到地表17.5 m,隧底下方计算范围为2.5倍洞径范围。地层及结构材料均服从DP屈服准则。锚杆加固区地层参数按提高25%考虑,超前小导管加固区地层参数按提高50%考虑。各部施工围岩应力释放率均按35%考虑。

1.2 围岩竖向位移分析

无论是CRD法还是三台阶法,隧道施工引起的围岩竖向位移均在开挖结束后取得最大值,具体竖向位移分布如图2所示。对于CRD法,开挖结束后拱顶围岩竖向位移69 mm,底板隆起11 mm;对于三台阶法,开挖结束后拱顶围岩竖向位移95 mm,底板隆起不明显。

收稿日期: 2011-12-05

作者简介: 温江涛 男 1972年出生 高级工程师

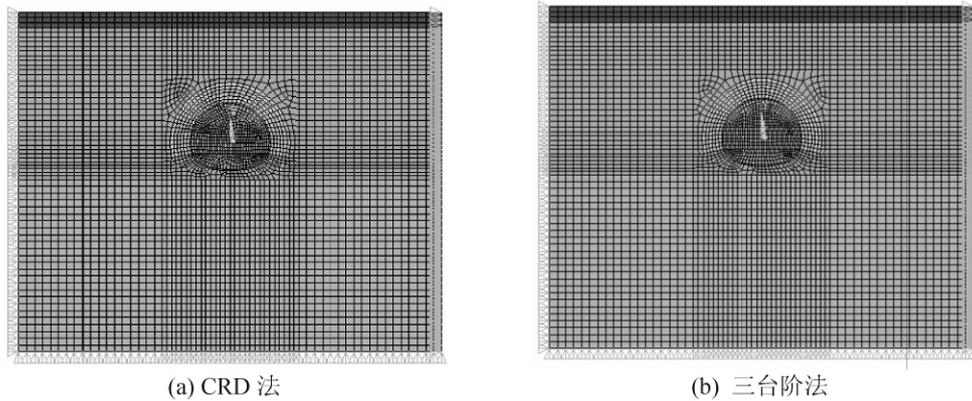


图 1 计算模型

表 1 地层及支护计算参数

地层及支护	弹性模量/MPa	粘聚力/kPa	内摩擦角/(°)	泊松比	密度/(kg·m ⁻³)
杂填土	20	60	20	0.35	1 850
强风化粉砂岩	50	100	25	0.33	1 950
下付基岩	1 000	200	35	0.30	2 300
锚杆加固区	62.5	125	33	0.33	1 950
小导管加固区	75	200	37	0.33	1 950
初期支护	25 000	1 300	60	0.2	2 500

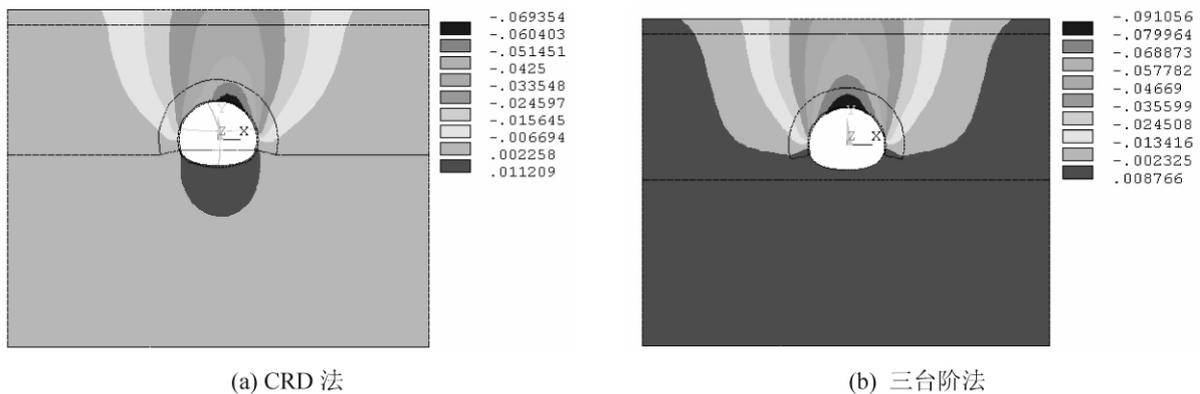


图 2 开挖完成后围岩竖向位移分布

1.3 地表沉降分析

地表沉降对于山岭隧道虽不是主要控制指标,但对于浅埋隧道过大的地表沉降易引起隧道冒顶现象,另外因过大地表沉降而次生的地表裂缝也会成为地下水的渗流通道而危及隧道安全。无论是 CRD 法还是三台阶法,地表沉降值均随开挖施工而不断增加。对于 CRD 法,当一侧施工完成后最大地表沉降为 20 mm,全部施工完成后最大地表沉降为 35 mm。由于开挖施工的不对称性,地表沉降曲线也呈不对称分布,最大沉降值发生在后施工的一侧,影响宽度约 80 m。对于三台阶法,上台阶施工引起的地表沉降占总沉降量的 90%,施工完成后,最大地表沉降为 57 mm。所以在台阶法施工中,控制上台阶开挖稳定性非常重要,在施工中应采取有效的支护手段和辅助措施以控制隧道稳定,保证隧道施工安全。如图 3 为两种施工方法引起的地表沉降槽分布曲线。

1.4 支护内力分析

支护结构的受力状态可根据结构的内力分布进行判定,计算所得初期支护内力分布如图 4 和图 5 所示。计算结果显示,除 CRD 法临时支护与初期支护相交处和三台阶法拱部及台阶交接处受力较大外,支护结构整体受力不大。CRD 法最大轴力发生在临时支护上,最大值为 1 010 kN;三台阶法最大轴力发生在拱顶部位,最大值为 709 kN。CRD 法最大弯矩发生在拱部临时支护与初期支护相交处,最大值为 329 kN·m;三台阶法最大弯矩发生在上台阶与中台阶相交处,最大值为 92 kN·m。由此可见,三台阶法与

CRD 法相比, 支护结构应力集中现象得到明显缓解。

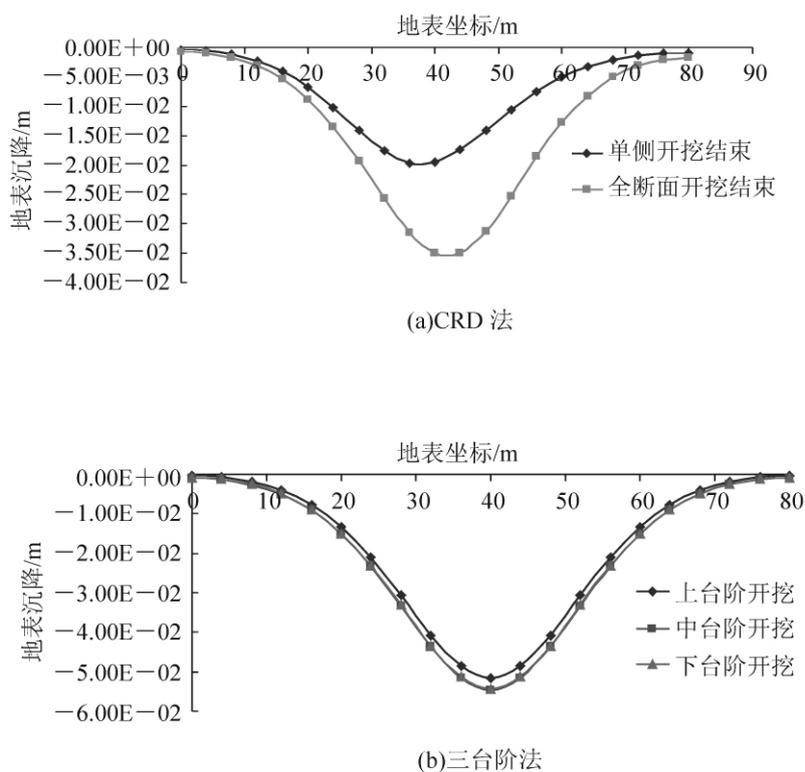


图 3 地表沉降槽分布曲线

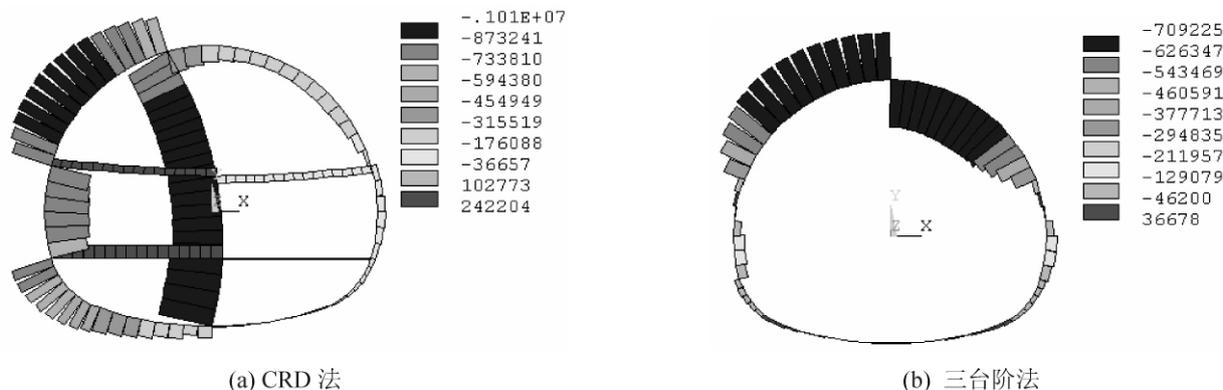


图 4 隧道开挖结束后支护轴力(单位: N)

2 施工方法综合比选

2.1 CRD 法和三台阶法数值模拟结果分析

根据平面模型计算结果, 两种工法开挖结束后主要的施工效应如表 2 所示。

表 2 CRD 法和台阶法施工效应对比

施工方法	围岩位移/mm			支护内力		支护主应力/MPa	
	地表沉降	拱顶下沉	水平收敛	轴力/kN	弯矩/(kN·m)	最大值	最小值
CRD 法	35	69	35	1 010	329	23.7	26.8
三台阶法	57	95	40	709	92	7.15	7.03

注: 主应力最大值均发生在弯矩最大处, 其它截面主应力值均未超过材料极限强度。

由表 2 可知, 三台阶法与 CRD 法相比地层变形相对较大, 但结构应力集中现象明显减弱, 支护结构受力较合理。对于浅埋隧道, 围岩荷载轻小而支护刚度相对较大, 两种工法隧道稳定性相差不大。因此, 从

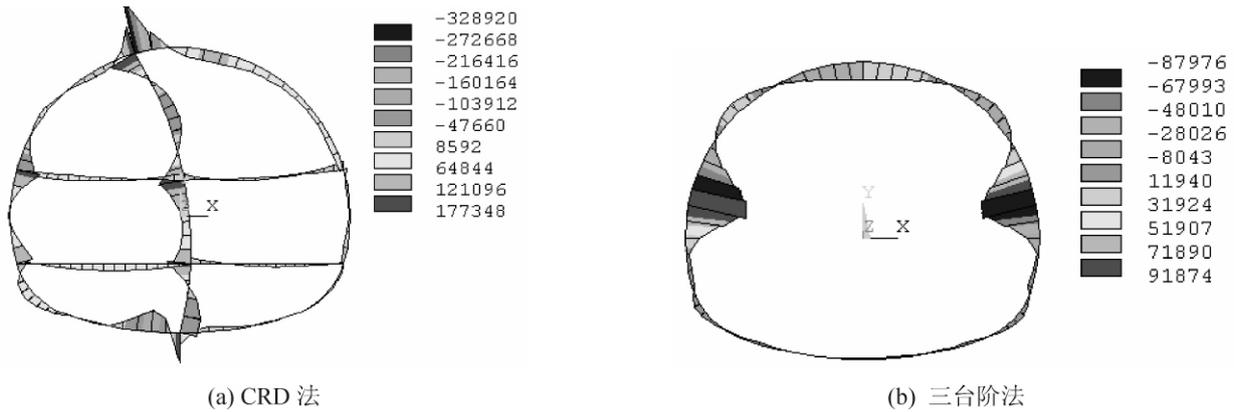


图 5 开挖结束后支护弯矩(单位: $N \cdot m$)

施工效应角度出发,三台阶法和 CRD 法均能保证隧道施工安全和结构稳定。对于山岭隧道对地表沉降要求不是十分严格,两种工法均可满足要求。

2.2 V 级围岩正常段 CRD 法和台阶法的综合比选

根据本隧道工程特点,从施工组织和出碴运输角度出发,无论采用 CRD 法还是三台阶法,将隧道断面竖向分多次开挖较为合适。CRD 法在以往的相似工程中应用较多,控制地表沉降及洞室变形较台阶法为优,但在大量的工程实践中也发现该工法存在着明显不足之处,具体表现为:

(1) 施工工效较低,不利于大型设备效率的发挥。CRD 工法将大断面隧道分割成多个独立小空间,不利于大型机械设备效率的发挥,开挖、出碴及支护效率均较低。而三台阶法各分部间敞开,作业空间大,有利于机械设备效率发挥,施工工效相比较较高。

(2) 施工成本高,施工管理难度大。CRD 工法临时中隔壁及临时仰拱都属临时支护,在二次衬砌前需拆除,不可重复利用,造成材料浪费,施工成本增加。另外施工工艺及作业复杂,各作业面相互影响,施工管理难度大。

(3) 爆破作业安全风险高。当 CRD 工法需爆破作业时,多工作面近距离爆破相互影响大,爆破作业可能会引起临时支护破坏,也存在人员安全隐患。

(4) 拆除作业及不对称作业安全风险高。CRD 工法施工过程中,由于临时支护施作和拆除,使隧道支护结构受力多次应力重分布,结构受力处于不对称状态,特别是二次衬砌前临时支护拆除时,使围岩和支护结构再次应力重分布,结构安全风险增加。

相比之下,台阶法施工工法灵活,根据围岩条件台阶可长可短,台阶高度调节方便易行,如施工组织得当,可实现短距离的仰拱支护结构封闭;且便于施工组织管理,有利于大型机械设备效率发挥;支护结构受力均匀,如施工辅助措施得当,可使隧道围岩和支护结构变形控制在允许范围内,其适应性更为广泛。针对本隧道工程的特点,并根据模拟计算结果和以往工程经验,台阶法和 CRD 法的综合比较结果详见表 3。

表 3 V 级围岩正常段两种典型工法综合对比

施工方法	洞室 稳定性	结构 安全性	地层 位移	施工工 艺要求	爆破施 工控制	施工进度	工程 造价	施工 管理
CRD 法	稳定	安全	小	复杂	困难	相对较慢	相对高	困难
三台阶法	稳定	安全	较小	简单	容易	相对较快	相对低	方便

从两种工法的对比结果可以看出,在本工程 V 级围岩浅埋区段采用三台阶法施工较为合理。

3 结束语

从施工效应角度出发,三台阶法和 CRD 法均能保证隧道施工安全和结构稳定,对于山岭隧道对地表沉降要求不是十分严格,两种工法均可满足要求。CRD 工法在控制地表沉降及洞室变形方面更优,但从施工成本、施工工效、施工管理等方面台阶法更优。故在本工程 V 级围岩浅埋段采用三台阶法施工,小导

管注浆超前支护,及时封闭仰拱,保障了隧道施工安全和结构稳定。

参 考 文 献

- [1]铁道部工程设计鉴定中心. 高速铁路隧道[M]. 北京:中国铁道出版社,2006.
[2]铁道部工程设计鉴定中心. 2006 中国高速铁路隧道国际技术交流论文集[C]. 北京:中国铁道出版社,2006.
[3]王必军. 武广客运专线狮公岩二号隧道施工技术研究[J]. 国防交通工程与技术,2011(2): 53-57.

Research on Construction Method of Shallow Double-track Tunnel of Rapid Transit Railway

Wen Jiangtao

(Materials Co., Ltd, China Railway First Bureau Group Co., Ltd., Xi'an 710054, China)

Abstract: Based on Class V surrounding rock zone of shallow double-track tunnel of Nanning-Guangzhou railway, the author compares CRD method and three-bench cut method using numerical simulation and technical economy means. The results show that the two methods can both meet requirements of mountain tunnel stability. CRD method is preferable to control surface subsidence and tunnel deformation. Three-bench cut method is preferable for construction cost and efficiency and management. This project uses three-bench cut method to improve construction efficiency and to ensure construction safety.

Key words: rapid transit railway; shallow tunnel; CRD method; three-bench cut method; construction effect

(责任编辑 刘宪福)

~~~~~  
(上接第 80 页)

## Study on Highway Shallow Tunnel Entrance Construction Method in Unsymmetrical and Gully Geological Condition

Sun Xiaomai

(1st Engineering Co., Ltd, China Railway 14th Bureau Group, Rizhao 276826, China)

**Abstract:** With the complexity of mountainous landform and the difficulty in route selection, tunnel entrance construction is restricted by shallow depth, unsymmetrical loading, gully and rainfall, etc. The tunnel entrance construction is important to tunnel safety and stability. Based on geological conditions of ZhuLing tunnel, the author studies and establishes the tunnel entrance construction method for open cutting and covered excavation.

**Key words:** highway tunnel; shallow depth and unsymmetrical loading; entrance construction method

(责任编辑 刘宪福)