

# 云南大保路四角田隧道围岩变形监控量测及控制措施

晏 群<sup>1</sup>, 辜利江<sup>2,3</sup>, 赵其华<sup>3</sup>, 王 海 兰<sup>2</sup>

(1. 国家电力公司成都勘察设计研究院, 610072;

2. 中石油集团工程设计公司西南分公司; 3. 成都理工大学环境与土木工程学院)

**摘 要:** 云南大保路四角田隧道是一个在复杂地质条件下修建的隧道, 对四角田隧道的围岩变形监控量测, 分析了产生较大变形的原因, 同时提出了控制的措施。配合指导现场施工, 确保了隧道施工的安全和结构的稳定性。

**关键词:** 现场监测; 变形; 控制措施

中图分类号: TU 441. 6

文献标识码: A

文章编号: 1005-3409(2006) 02-0118-03

## Deformation Monitoring and Control Measures of Sijiaotian Tunnel

YAN Qun<sup>1</sup>, GU Li-jiang<sup>2,3</sup>, ZHAO Qi-hua<sup>3</sup>, WANG Hai-lan<sup>2</sup>

(1. Chengdu Hydroelectric Investigation & Design of SPC(Chengdu);

2. Sichuan Petroleum Design Institute ;

3. Department of Civil Engineering, Chengdu University of Technology, Chengdu 610059, China)

**Abstract:** Located in Yunnan Province, Sijiaotian tunnel built in complex area. The deformation of wallrock of the tunnel was monitored, its reason was analyzed, meanwhile, the controlling measures were put forward. The conclusion is instructive for future engineering construction.

**Key words:** in-field monitoring; deformation; engineering measures

### 1 工程概况

四角田隧道位于云南省永平县西南部, 澜沧江东岸, 距县城约 30km 的普棚乡四角田村附近, 地处构造侵蚀切割高中山峡谷地形, 谷深坡陡, 隧道进、出口均为山地坡谷, 穿越山脊, 山脊顶部圆平缓, 最大高程 1 883 m, 最大埋深约 250 m 左右。隧道上行线预报里程为 K 443+ 817~ K 445+ 272, 总长为 1 445 m; 下行线预报里程为 K 442+ 909~ K 445+ 335, 总长 1 446 m。隧道轴线方向为 N 15 E。设计上采用上、下行分离的双洞单向行车双车道隧道。上、下行线之间距离约为 40 m, 在上、下行线间设置行车横洞 2 处。

隧道出露地层为侏罗系(J)及第四系(Q<sup>4</sup>)地层。

侏罗系(J)主要由灰白、灰黄、灰绿色长石石英砂岩、石英砂岩、泥质粉砂岩、泥岩组成。受崇山群变质带影响, 该地层均有不同程度的变质, 局部段已变质为砂板岩。

第四系(Q<sup>4</sup>)为坡残积层, 岩性为亚黏土含块碎石, 厚度不等, 分布于沟谷谷坡凹地及进出口边坡上。

隧道受崇山断裂带影响, 发育北北西向断裂(鲁宝山—四角田断裂)在隧道进口附近穿过, 断裂两侧岩体普遍挤压破碎, 风化强烈, 节理裂隙发育, 岩体呈层状碎裂及散体结构, 基岩裂隙比较发育。

四角田隧道发育的主要节理裂隙有以下几组:<sup>1</sup> N 30 ~ 40 E/SE 60 ~ 70 °④N 60 W/NE 60 ~ 70 °⑤N 85 W/SW 40 ~ 50 % EW/N 50 ~ 60 °。节理裂隙间距较小, 10 ~ 20 cm, 局部密集成带, 延伸 3 ~ 5 m。

### 2 变形监测分析

#### 2. 1 监测设备

四角田隧道围岩收敛变形检测仪器采用的是昆明仪器设备厂生产的 SL- 2 型钢尺式收敛仪, 精度为 0. 01 mm。

#### 2. 2 工作原理

##### 2. 2. 1 假设条件

假定量测断面标点是安装在围岩里, 以保证标点不会因施工干扰而移动。

假定 B、C 两标点在垂直方向上不会上下移动, 而可以在水平方向上移动。

标点向洞内移动所计算出的变形量为正值, 反之则为负值

##### 2. 2. 2 工作方法

一般隧道开挖 4 ~ 5 m 后可选择监测断面安装标点, 在所选择的断面上安装三个标点, 如图 1 所示, 拱顶一个, 两拱腰各安装一个, 尽量构成等腰三角形, 每天用收敛仪将三角形的三条边长测量 1 ~ 2 次。

##### 2. 2. 3 计算方法

利用三角形的余弦定理计算出 C 的值, 再计算出 ABC 的高 h, 利用第一次所计算出的 h<sub>1</sub> 值依次减第二次 h<sub>2</sub> 值, 第三次 h<sub>3</sub> 值, 依次往下, 每一次将计算出拱顶累计下沉量。而斜测线 LAB、LAC 及侧帮 LBC 则直接由第一次测得的值减去第二次、第三次的值..., 最后计算出 LAB、LAC、LBC 的累计变化量。

<sup>1</sup> 收稿日期: 2005-04-15

作者简介: 辜利江(1979-), 男, 硕士, 地质工程专业。

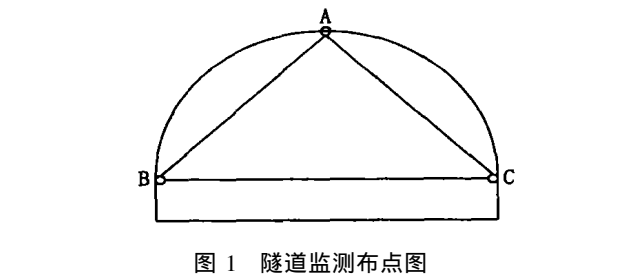


图 1 隧道监测布点图

### 3 变形监测

四角田隧道地质条件复杂, 岩体软弱破碎, 围岩变形量较大, 为使检测结果更准确, 本次监测对四角田隧道上行线自 K 443+ 827~K 445+ 254, 下行线自 K 443+ 915~K 445+ 267. 5 进行了长期的跟踪监测。其中上行线布置 55 个监测断面, 平均 26 m 1 个, 监测时间 727 d; 下行线布置 66 个监测断面, 平均 22 m 1 个, 监测时间 930 d。

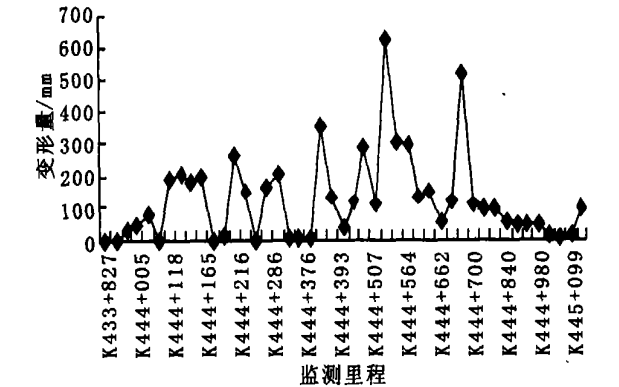


图 2 四角田隧道上行线拱腰围岩变形图

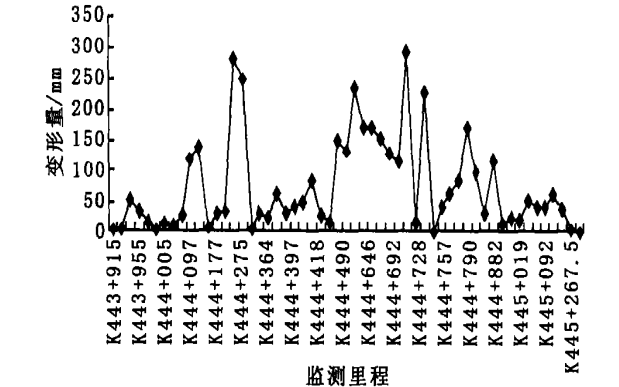


图 3 四角田隧道下行线拱腰围岩变形图

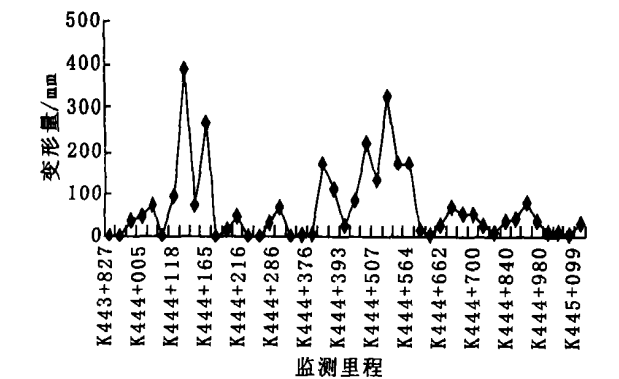


图 4 四角田隧道上行线拱顶下沉图

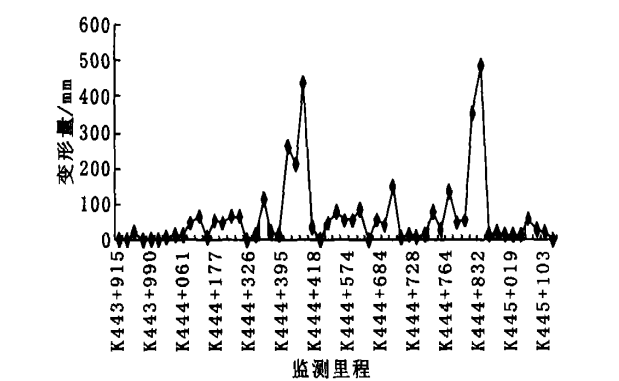


图 5 四角田隧道下行线拱顶下沉图

根据监测结果做出的图可以看出:

(1) 上、下行线虽然相距仅 40 m 左右, 但围岩的变形却有很大的差别。其中上行线 K 444+ 542 处拱腰两边累积变形量超过了 600 mm, 另有多处变形超过 300 mm。下行线变形比上行线小, 也有多处超过 200 mm。这充分说明了四角田隧道围岩的软弱破碎性。

(2) 上、下行线都是隧道进口段和出口段变形较小, 其中 K 443+ 190~K 443+ 190 左右和 K 444+ 750~K 444+ 267. 5 段变形量基本稳定在 100 mm 以内。

(3) 上、下行线的拱顶下沉差别也较大, 上行线有多段下沉量大于 200 mm, 下行线下沉量基本在 100 mm 以内。

对监测结果进行分析:

四角田隧道是一个在复杂地质条件下开挖的隧道, 隧道围岩变形量很大, 在开挖过程中多次出现塌方, 初次支衬和二衬也进行了多次换拱处理。围岩类别也进行了较大幅度的修正(见表 1)。

表 1 四角田隧道围岩分类统计表

上行线			下行线		
里程桩号	设计围岩类别	复核修正后类别	里程桩号	设计围岩类别	复核修正后类别
K 443+ 817 ~ 970			K 443+ 915 ~ 970		
K 443+ 970 ~ K 444+ 135			K 443+ 970 ~ K 444+ 300		
K 444+ 135 ~ 320		下	K 444+ 300 ~ 350		
K 444+ 320 ~ 335			K 444+ 350 ~ 353		
K 444+ 335 ~ 354		上	K 444+ 353 ~ 393		下
K 444+ 354 ~ 370		下	K 444+ 393 ~ 413		
K 444+ 370 ~ 474			K 444+ 413 ~ 789		下
K 444+ 474 ~ 544		上	K 444+ 789 ~ K 445+ 096		
K 444+ 544 ~ 564		下	K 445+ 096 ~ 110		
K 444+ 564 ~ 624		上	K 445+ 110 ~ 136		
K 444+ 624 ~ 635		下	K 445+ 136 ~ 250		
K 444+ 635 ~ 650		上	K 445+ 250 ~ 285		
K 444+ 650 ~ 704		下	K 445+ 285 ~ 355		
K 444+ 704 ~ 826					
K 444+ 826 ~ 846		上			
K 444+ 846 ~ 866					
K 444+ 866 ~ 886		上			
K 444+ 886 ~ K 445+ 087					
K 445+ 087 ~ 220					
K 445+ 220 ~ 272					

注: 四角田隧道根据实际情况分了 3 个大类, 3 个亚类。亚类用脚标的上、中、下表示  
上、下行线的围岩变形量的差别从围岩类别可以得到一定

程度的体现。类围岩的变形量比 类要大得多。上行线 K444 + 542 处拱腰两边累积变形量超过 600 mm 正好就在 上围岩中。总体上看,上行线的围岩类别比下行线要低一些,这也是上行线围岩变形量比下行线普遍要大的重要原因。

从围岩类别来看,上下行线都是进口段和出口段较高。这也很好的解释了隧道进口段和出口段变形较小。

拱顶的下沉大致也与岩性相关。下行线的拱顶下沉量要明显小于上行线。

施工对隧道围岩的变形也有很大的影响,四角田隧道上、下行线各由三个不同施工队伍施工。由于施工的差别,围岩变形也有比较大的差别。其中重要的影响因素是分台阶开挖的时候爆破的影响。

对围岩的变形收敛进行观测,可以很好的确定二衬时间。在上行线 K444+ 840 处做的监测具有一定的代表性(见图 6)。

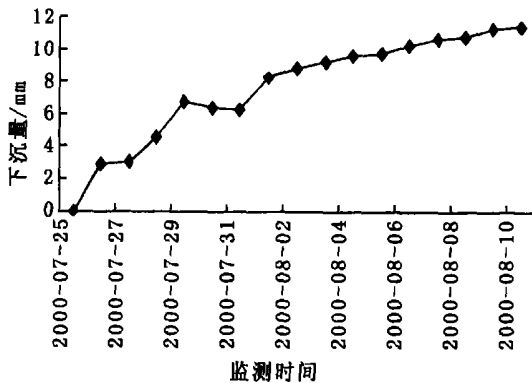


图 6 上行线 K444+ 840 拱顶随时间下沉图

图中可以看出:由于设计要求二衬及时跟进,并且承担施工阶段的大部分荷载,所以在 8 月 11 日开始做二衬时,变形仍然未收敛。这种情况在四角田隧道的施工中比较普遍。围岩未释放的地层的荷载必然对二衬产生较大的作用,使其发生变形,在围岩质量比较差的地方,这种作用更加明显。这是造成四角田隧道初次支护和二衬多次破坏的一个重要原因。

参考文献:

- [1] 夏才初,李永盛. 地下工程测试理论与监测技术[M]. 上海:同济大学出版社, 1999.
- [2] 李晓红. 隧道新奥法及其量测技术[M]. 北京:科学出版社, 2002.
- [3] 康宁. 东港隧道的施工监控[J]. 岩石力学与工程学报, 1997, (12): 57- 59.
- [4] 中国铁道学会. 铁路隧道新奥法指南[S]. 北京:中国铁道出版社, 1998.

(上接第 38 页)

移,兼顾社会、经济效应,综合评价生态修复的作用。

(4) 对水土保持生态修复工作加强监督和管理,确保封禁工作的顺利进行,并通过监测及时了解监测区退化生态系统的变化,使对生态修复区的封禁和利用有机地结合起来。

总之,作为在水土保持工作中提出的新思路,水土保持生态修复有其深刻的理论基础和广泛的实践经验、水土保持

参考文献:

- [1] 梁宗锁,左长清,焦巨仁. 生态修复在黄土高原水土保持中的作用[J]. 西北林学院学报, 2003, 18(1): 20- 24.
- [2] 刘震. 利用生态的自我修复能力防治水土流失[J]. 水土保持研究, 2001, 8(4): 13- 16.
- [3] 张金屯. 恢复生态学[M]. 北京:科学出版社, 2003.
- [4] 彭少麟. 恢复生态学及植被重建[J]. 生态科学, 1996, 15(2): 26- 31.
- [5] 彭少麟. 恢复生态学与退化生态系统的恢复[J]. 中国科学院院刊, 2000, (3): 188- 192.
- [6] Brown S, Lugo A E. Land Degradation[M]. London: Cambridge University Press, 1994.
- [7] 梁宗锁,左长清. 简论生态修复与水土保持生态建设[J]. 中国水土保持, 2003, (4): 12- 14.

## 4 控制措施

四角田隧道是在复杂的地质条件下开挖的隧道,其围岩的变形量比较大,且变形收敛时间比较长(通过长期监测,其变形稳定周期大于 30 d),在开挖过程中多次发生塌方,初次支护和二衬也多次进行加强处理。因此,加强对围岩的变形监测,及时反馈,采取措施防止过大变形对整个隧道的安全性、经济性、施工进度等都有很大的帮助。

(1) 加强对围岩类别的判断。隧道不同于其他的工程,由于地质条件的复杂和资金、设备条件的限制,很难在勘察时完全清楚的确定复杂的地层岩性的变化。这就需要根据监测的资料和现场的判断,及时调整原来的勘察成果,及时反馈给设计方,不断修正初次设计,真正做到信息化施工,这也是新奥法施工的原则。

(2) 四角田隧道上下行线各由三个施工单位进行施工,在相近的施工条件下,围岩的变形却有比较大的差别,说明施工对围岩的变形有重要的影响。特别是在这种复杂的地质条件下,分台阶的开挖应该遵循新奥法的短进尺,强支护的基本原则。一次进尺尽量控制在 1 m 以内,同时严格控制爆破时的炸药量。这些方法可以有效的控制变形量,同时保证支护结构的安全性和稳定性。

(3) 应及时施工仰拱,使其与上部支护构成一个封闭的支护系统,这是控制隧道变形的一个重要而有效的途径。对四角田隧道的长期监测结果表明,在施工完成二衬到仰拱完成前,变形比较大,而仰拱完成后变形很快收敛稳定。仰拱能与上部支护一起构成一个封闭的近似圆,能有效提高抗压,抗弯,提高整体受力,减小变形。

(4) 在分台阶开挖时,应该控制一次开挖的长度,开挖过长会造成仰拱的跟进慢,岩体自然变形时间长,导致发生大的变形。开挖长度过短影响工期。通过对四角田隧道的长期跟踪监测,结果表明, 类围岩台阶一次开挖长度 8 m, 类围岩 6 m 比较合适。

(5) 在加强支护时重视锚杆的作用。加强对锚杆轴力的监测,确定锚杆的长度,施工时做到全孔灌浆,灌浆充分,可以有效提高锚杆的作用,减小隧道围岩的变形。

生态修复完全适用于辽东山区。但是,只有在深刻认识的基础上,加强研究,确定有效的修复模式,兼顾经济、生态和社会效益,才能真正发挥水土保持生态修复的作用,促进水土流失区退化生态系统的恢复,提高农民的生产、生活水平,促进群众脱贫致富,确保社会安定团结,使人口、资源、环境与社会经济协调发展