

# Soft Rock Tunnel Monitoring Measurement and Reinforcement Support

Binqiang Li

The 2nd Engineering Co., Ltd. of China Railway 12th Bureau Group, Taiyuan, Shanxi, 030000, China

## Abstract

During the construction of long-distance tunnels for high-speed railways, the geological conditions are complex. Especially when the tunnel passes through the weak surrounding rock, the tunnel excavation changes the original stress distribution, causing the deformation of the tunnel support system. In severe cases, it is unstable and collapses, and the danger is high. Through the research of monitoring and measurement and reinforcement support measures of this project, it is expected to provide reference for the design and construction of similar soft surrounding rock sections of tunnels.

## Keywords

soft rock; reinforcement support; monitoring measurement

## 软岩隧道监控量测与补强支护

李斌强

中铁十二局集团第二工程有限公司, 中国·山西 太原 030000

## 摘要

高速铁路长大隧道施工中,地质条件复杂,尤其洞身穿过软弱围岩时,隧道开挖改变原始应力分布,引起隧道支护体系变形,严重时失稳坍塌,危险性高。通过本工程监控量测与补强支护措施研究,以期类似隧道软弱围岩地段设计与施工提供参考。

## 关键词

软岩;补强支护;监控量测

## 1 引言

在“一带一路”倡议下,中国高速铁路成为沿线国家经济发展和进步的载体之一,高速铁路长大隧道数量不断增加,地质复杂,施工风险高。在基于贵广高铁天平山隧道的设计及施工资料之上,采用监控量测技术对软弱围岩变形规律和支护体系进行研究分析,为今后类似隧道软弱围岩地段设计与施工提供参考。

## 2 工程概况

天平山隧道是新建贵广铁路重难点工程之一,全长14010米,最大埋深775m,为双线单洞隧道,是贵广铁路的控制性工程之一。隧道洞身穿过奥陶系、寒武系地层,以砂岩、页岩为主,局部段落为页岩夹炭质页岩,且洞身段穿越四条区域性大断层,地下水发育,工程地质复杂,主要工程地质问题有:岩溶、有害气体、弱岩爆、软岩变形、断层破碎带突水坍塌等,

其中以高地应力下炭质页岩等软岩变形较为突出。

## 3 补强支护的提出

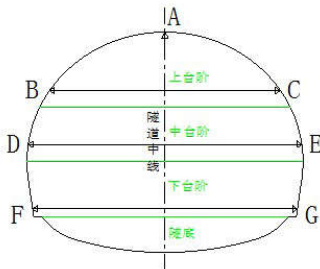
### 3.1 地质情况

炭质页岩属于软弱围岩<sup>[1]</sup>,尤其是中厚层炭质页岩、构造发育、岩体破碎、富含地下水时,因围岩强度低、开挖后风化快、透水性弱、亲水性强,浸水后容易产生较大的塑性变形甚至流变,在施工中可能引起较大的挤压性变形。



### 3.2 隧道变形机理及影响

当大断面隧道穿越软弱炭质页岩时，随着开挖过程对初始三向应力状态的破坏以及开挖后的浸水和风化，围岩的强度和模量快速降低，容易产生塑性变形甚至流变，若围岩变形过大，造成初期支护结构侵限或破坏初期支护结构时，只能通过拆除已施作的初期支护，扩挖断面后重新施作初期支护，这需要耗费大量的时间，给工期带来更大的压力，且在施作过程中极有可能发生掉拱、塌方等安全事故。



### 3.3 大变形的监测与控制

为了尽量降低天平山隧道由于变形而造成的负面影响，在施工中加大了监测量测力度，对围岩变形情况进行预测分析，选择合适的支护措施和预留变形量；对可能产生较大的流塑性变形地段采用预留补强空间的方法来避免变形过大时不得不拆除已施作的初期支护，即当变形值达到警戒值或变形速度过大时及时施作补强支护，并对施作补强支护后的支护体系继续观测分析，适时施作二次衬砌。

## 4 监控量测<sup>[2]</sup>与补强支护的实施

### 4.1 采用的隧道施工方法

在软弱围岩区段采用三台阶预留核心土法，各工序及时紧跟，施作精细到位，质量过关，排除施工不力造成大变形的因素。并注意拱脚及墙脚的稳定措施，仰拱封闭距离等。



### 4.2 变形分级及相应支护参数的确定

参照世界各国相类似工程，依工程类比原则并参考相关规范标准，对天平山双线大断面隧道进行变形分级如下：

分级指标	常规变形 (cm)	大变形的等级		
		I	II	III
墙腰水平收敛	< 20	20~30	30~40	> 40
拱顶下沉	< 20	20~25	25~35	> 35
围岩及支护特征	开挖后洞壁围岩位移较小，可稳定；一般支护无开裂或局部开裂	开挖后洞壁围岩位移较大，持续时间较长；一般支护开裂或破损较严重	开挖后围岩位移大，持续时间长；一般支护开裂或破损严重	开挖后围岩位移很大，持续时间很长；一般支护开裂或破损很严重

### 4.3 预留变形量及支护参数的确定

根据天平山隧道软岩试验课题组成果，对软弱围岩区段主要采纳实施的支护参数如下：

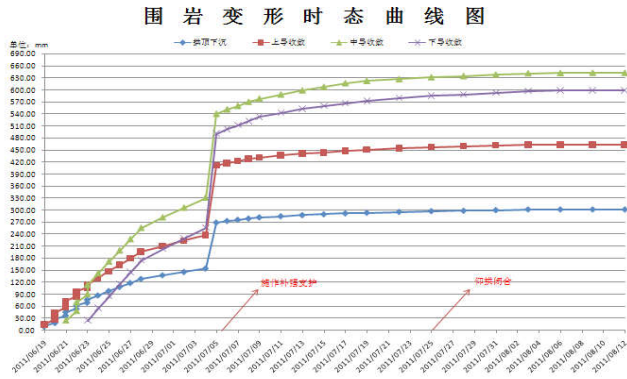
衬砌类型	变形等级	变形量 cm	第一层支护						补强支护		补强时变形值 (cm)
			喷砼 (cm)	锚杆		钢筋网		钢支撑	喷砼 (cm)	钢支撑	
				长度 (m)	部位和间距 (m)	规格	部位和间距 (cm)				
IV级 B型	常规	10	28	3.5	拱墙 1.0×1.0	φ8	拱墙 20×20	I20b 型钢			不施作
IV级 C型	I	25	28	4.0	拱墙 1.0×1.0	φ8	拱墙 20×20	I20b 型钢			不施作
IV级 RA型	II	30	28	4.5	拱墙 1.0×1.0	φ8	拱墙 20×20	I20b 型钢			不施作
IV级 RB型	II	35	28	4.5	拱墙 1.0×1.0	φ10	拱墙 20×20	I20b 型钢	10	钢带	15
V级 R型	II	40	25	6.0	拱墙 1.0×1.0	φ10	拱墙 20×20	H175 型钢	15	钢带	20
V级 S1型	III	50	28	4.5	拱墙 1.0×1.0	φ10	拱墙 20×20	六肢格栅	25	格栅拱架	20
V级 S2型	III	50	28	8.0	拱墙 1.0×1.0	φ10	拱墙 20×20	六肢格栅	26	I18 型钢	20
V级 S3型	III	50	25	4.5	拱墙 1.0×1.0	φ10	拱墙 20×20	H175 型钢	25	格栅拱架	20
V级 S4型	III	50	25	8.0	拱墙 1.0×1.0	φ10	拱墙 20×20	H175 型钢	26	I18 型钢	20

### 4.4 实施过程中的注意事项

(1) 加强施工过程精细化管控，尽量减少施工误差，避免由于施工不力造成的变形。

(2) 量测断面的测点应埋设于靠近掌子面的拱架上，待喷射混凝土作业完成后应立即对测点进行量测。量测完毕后应对测点进行保护，防止测点被污染或破坏，直到监测断面距掌子面距离超过施工影响范围，并且应在测点位置做醒目标志，以免隧道内大型机械破坏测点。

(3) 施作补强支护前及时将测点引出, 保证在补强支护后不影响变形观测的连续性, 便于对比反映补强前后的变形规律, 如 DK373+300 断面时态曲线图如下:



(4) 补强支护在施作过程可采用锚杆及可靠牢固的焊接与第一层支护体系形成整体受力系统, 从而提高整体初期支护系统的刚度和模量, 使之可发挥更高的抗力, 恢复由于开挖而破坏的三向应力状态。

## 5 结论与建议

(1) 软岩隧道施工应加强监控量测分析, 建立健全的变形等级管理制度和相应的处理办法。

(2) 对于大变形和变形不收敛的情况, 可加大预留变形量, 适时施作补强支护, 避免由于变形侵限不得不拆换初期支护而带来的工期压力、经济损失和安全风险。

(3) 根据现场施工和量测数据结果显示, 以格栅作为钢支撑的支护体系在软弱围岩中的变形量要比以型钢作为钢支撑的支护体系要大, 而且变形速度更快。因此, 在软岩隧道中宜采用型钢作为钢支撑的初期或补强支护。

## 参考文献

- [1] 《岩土锚杆与喷射混凝土支护工程技术规范》(GB50086-2015).
- [2] 《铁路隧道监控量测技术规程》(Q / CR 9218-2015).