

围岩监控量测等级技术在隧道施工中的应用

赖 明 波， 张 友 坤， 高 青 松
(中国水利水电第十工程局有限公司,四川 成都 610072)

摘 要:围岩监控量测等级技术是针对隧道围岩变形展开风险控制的一种管理技术。阐述了如何结合隧道围岩变形特征和施工安全性要求,应用监控量测等级技术合理地确定监控量测位移控制基准,划分Ⅰ、Ⅱ、Ⅲ、Ⅳ级隧道围岩位移管理等级并配套工程预防处理措施,建立了科学的等级管理制度;对现场围岩变形观察情况和量测数据进行分析,应用等级管理制度的工程措施实施变形风险控制,最终达到了降低和控制变形风险的目标。

关键词:围岩变形;等级管理;风险控制;隧道施工

中图分类号:TU94;[TU745.3];TU72;[U25] **文献标识码:** B **文章编号:**1001-2184(2019)05-0078-04

Application of Surrounding Rock Grade Monitoring Measurement Technology in Tunnel Construction
LAI Mingbo, ZHANG Youkun, GAO Qingsong
(Sinohydro Bureau 10 Co., LTD, Chengdu, Sichuan, 610072)

Abstract: Surrounding rock grade monitoring measurement technology is a management technology for risk control of tunnel surrounding rock deformation. This paper expounds how to reasonably determine the displacement control datum of monitoring measurement based on the deformation characteristics and construction safety requirements of tunnel surrounding rock, as well as to divide the displacement management grades of tunnel surrounding rock into grade I, II, III and IV, and establish a scientific grade management system by matching engineering prevention and treatment measures, and analyses the observation and measurement data of surrounding rock deformation on site. Finally, the objective of reducing and controlling the risk of deformation is achieved by applying the engineering measures of grade management system to implement the deformation risk control.

Key words: surrounding rock deformation; grade management; risk control; tunnel construction

1 概 述

新建磨万铁路 V 标 I 分部管段范围 D1K261+590~DK299+850 线路全长 38.6 km。共有隧道 8 座/12 634 延长 m,占线路总长度的 32.7%;其中基淘山、纳道村隧道洞身围岩节理发育,岩体破碎,岩质软硬不均且以软岩为主。泥岩、页岩遇水易软化,围岩自稳性差。隧道内主要特殊和不良地质洞段为断层破碎带、岩溶发育洞段,隧道个别部位还可能存在瓦斯等有毒、有害气体。复杂的不良地质条件给施工带来了较大的安全隐患,增加了施工难度。

围岩监控量测等级技术是针对隧道围岩变形展开风险控制的一种管理技术,其主要依据《铁路隧道监控量测技术规程》等标准,结合隧道围岩变形特征和施工安全性要求,合理地确定位移控制

基准,划分Ⅰ、Ⅱ、Ⅲ、Ⅳ级隧道围岩位移管理等级并配套工程预防处理措施,建立科学等级管理制度;对现场围岩变形观察情况和量测数据进行分析,掌握现场围岩变形风险的特征和数据,应用等级管理制度的工程措施实施变形风险控制,最终达到降低和控制变形风险的目标,确保隧道施工安全。

2 围岩监控量测等级技术的操作要点

2.1 操作要点

2.1.1 制定监控量测控制位移基准

根据《铁路隧道监控量测技术规程》及《高速铁路隧道工程施工质量验收标准》TB10753—2010,按照设计单位预留沉降量确定的一个位移基准初始参考值^[1]制订监控量测等级管理制度。该控制位移基准数值应从前期洞内观测内容和量测数值以及工程措施处理之后观测到的围岩变化

及量测数值变化两个方面进行验证与修订。

2.1.2 制定隧道软弱围岩监控量测等级

(1)依据《铁路隧道监控量测技术规程》等标准,结合隧道围岩变形特征和施工安全性要求,合理确定位移控制基准,划分Ⅰ、Ⅱ、Ⅲ、Ⅳ级隧道围岩位移管理等级,并配套相应的工程措施,建立等级管理制度。

表 1 监控量测等级技术表

监控量测 控制等级	位移管理 /mm	洞内观测内容	量测数值特征		工程措施
			累计变形量 /mm	变形速率	
Ⅳ级	0~50	无明显异常征兆	50	——	掌子面正常施工,加强监测,必要时采取网喷混凝土等措施进行补强
Ⅲ级	50~100	喷层仅局部出现环向开裂,无其他异常征兆	100	——	掌子面正常施工,核查是否按设计要求施作,设观察标进行分析、记录、评估
Ⅱ级	100~200	喷层局部出现纵向开裂、掉块,环向裂缝进一步扩展	200	最大变形速率达 10 mm/d 或连续 2 d 以上达 8 mm/d 以上	①掌子面继续掘进,但应缩短进尺;②适当进行局部锚固加固,增加锚杆数量;③加强围岩量测及地表和初期支护变形观察
Ⅰ级	200~300	钢架扭曲变形,喷层出现大面积开裂、掉块现象	300	在Ⅱ级措施加强后,变形速率仍然连续 2 d 达到 5 mm/d 以上	①掌子面停止掘进,喷混凝土封闭所有外露的围岩面;②进行锚固加固,拱脚反压;正洞架设Ⅰ18套拱,增加锚杆数量;③若加固后变形仍较大则施作临时仰拱,必要时增加竖向、横向支撑;④加强围岩量测,当围岩变形速率小于 5 mm/d 时,可恢复施工

(1)对量测断面间距按以下原则进行布置。拱顶下沉测点和净空变化测点:拱顶下沉测点和净空变化测点应布置在同一断面上,监控量测断面按照Ⅴ级围岩≤5 m,Ⅳ级围岩地段≤10 m,Ⅲ级围岩地段≤30 m,Ⅱ级围岩地段≤50 m 布置。

(2)当围岩不稳定数据变化较大时,增设临时加密观测点。

2.1.4 初始读数

(1)洞内观察分为开挖工作面观察与初期支护状况观察。

(2)洞外观察包括边仰坡稳定、地表水渗透以及地表沉陷等的观察。

(3)净空水平收敛量测和拱顶下沉量测采用相同的量测频率。

(4)净空水平收敛量测采用收敛计或全站仪进行,隧道开挖后按要求迅速安装收敛桩并编号,初始读数应在开挖后 12 h 内读取,最迟不得超过 24 h,或在支护完成后 2 h 内。

2.1.5 拱顶下沉、净空收敛等按设计频率量测

(1)预埋测点由钢筋加工而成,埋入的钢筋采用直径不小于 18 mm、长度埋入岩层 30 cm,外漏 3 cm,一端焊接 30 mm 正方形钢片,表面光滑平

(2)按照四级风险管理建立软弱围岩监控量测风险等级管理表,其应包括控制等级、位移管理等级、洞内观测内容,科学量化分级变形量,补充具体的应急设计、施工措施^[2]。监控量测等级技术见表 1。工程处理措施可以根据现场围岩变化情况合理进行选择。

2.1.3 量测断面的布置

整^[3]。

(2)拱顶下沉、净空收敛采用全站仪,最后输出监测成果,准确、快速地为施工提供数据参考。

2.1.6 数据整理与回归分析

(1)监控量测工作应形成以下记录资料:①洞内、洞外观察记录表。②隧道拱顶下沉量测原始记录表。③隧道水平收敛量测原始记录表。④地表沉降观测原始记录表。⑤地表沉降观测断面、测点平面布置图。

(2)监控量测数据的分析处理应包括数据校核、数据整理及数据分析。

(3)每次观测后立即将数据上传至围岩量测管理系统并系统对观测数据进行分析校核,生成日报、周报、月报及回归分析。

2.1.7 工程处理措施

(1)稳定开挖工作面措施:主要采取台阶法开挖、分步支护、分区稳定的方式降低对围岩(土体)的扰动以保证稳定。

(2)调整开挖方法:根据施工工法,当出现变形大时,及时修改成更加安全可靠的施工方法。

(3)调整初期支护强度和刚度并及时支护:增加锚杆、锚管等方式,及时加设横向临时支撑,竖

向支撑等^[4]。

(4)降低爆破振动影响:针对不良地质洞段,尽可能地采用机械开挖方式以减少爆破振动。采用爆破开挖时,应优化爆破单响药量,减少爆破振动。

(5)围岩与支护结构间的回填注浆:及时回填支护面与围岩间因塌块、超挖引起的空腔,减少围岩的变形自由,让支护体约束围岩变形。

(6)地层预处理的方法包括注浆加固、降水、冻结等方法。

(7)超前支护:包括超前锚杆(管)、管棚等。

2.1.8 验证监控量测控制位移基准、完善监控量测等级管理制度

(1)依据特定支护参数下的隧道围岩变形情况,结合施工的安全性,由建设单位组织设计、施工等单位通过现场验证确定控制基准数值,进而

制订监控量测等级管理制度。

(2)量测工作要注意仪器测量与围岩、初期支护外观观察相结合,相互验证、补充,提高量测工作对施工、设计的指导、反馈作用^[5]。

3 工程应用

3.1 基洵山隧道监控量测等级管理技术的应用

新建磨万铁路基洵山村隧道 DK263+840~DK263+865 段为三叠系(T)砂岩,泥岩夹页岩,岩体破碎,节理发育,围岩稳定性差。该段通过地段处于三叠系砂泥岩与二叠系灰岩交界处,岩质较软,遇水易软化。V_a 围岩、拱墙采用 I16 型钢,间距 1 m,拱部设置 $\varphi 42$ 小导管,长 4.5 m,环向间距为 0.4 m。项目部邀请建设单位、设计单位到现场实际查勘,结合围岩变形特点制定了该段围岩监控量测数据分析图(图 1)。

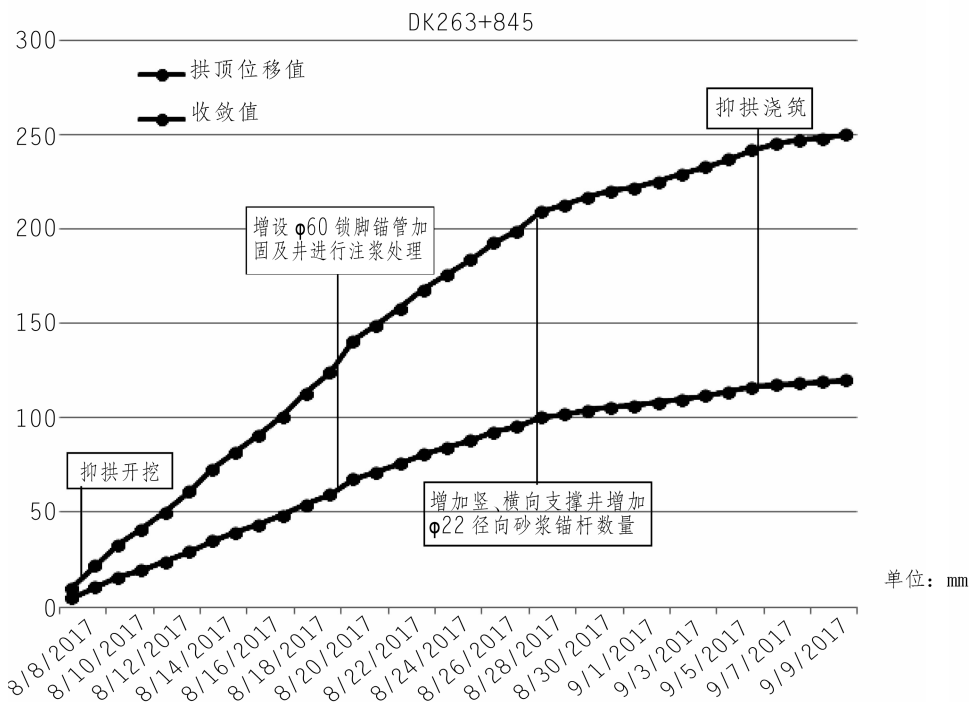


图 1 量测数据分析图

2017 年 8 月 8 日,在准备开挖 DK263+840~DK263+852 段仰拱施工时,该段初支局部出现纵向开裂,围岩收敛明显,拱顶位移最大值为 17 mm,变形速率连续 2 d 以上达到 8 mm/d 以上且达到监控量测等级 II 级时,项目部立即采取工程措施,及时对初支面增设 $\varphi 60$ 锁脚锚管加固并进行注浆处理,测量人员加大了对围岩监控量

测及初期支护变形观察的频率,在采取相应措施后,变形量仍较大,沉降一天达 7 mm,变形速率仍然连续 2 d 达到 5 mm/d 以上。2017 年 8 月 28 日,在监控量测等级管理达到 I 等级时,项目部立即增加了竖向、横向支撑对围岩变形进行了加固处理,并增加了 $\varphi 22$ 径向砂浆锚杆数量,2017 年 8 月 28 日后围岩变形趋于稳定,围岩变

形小于 2 mm/d,裂缝无明显变化,在水平收敛趋于稳定后,项目部加快了作业进度,施工过程中加强了对积水的抽排,严禁积水浸泡基底,对仰拱采取了逐榀开挖支护,支护完成 3 m 后及时进行了仰拱施作,仰拱完成 6 m 后及时进行了二衬施作,确保了安全顺利地通过该不良地质段。

3.2 监控量测等级管理技术在纳道村隧道中的应用

新建磨万铁路纳道村隧道 DK274+720~DK274+778 段围岩为粉质黏土、碎石土,下伏三叠系(T)砂岩、泥岩、页岩,遇水易软化,围岩自稳性差。Vc 围岩、全环采用I18 型钢,间距 0.6 m,拱部设置φ89 大管棚,环向间距为 0.4 m。采用台阶法开挖。该段围岩监控量测数据分析情况见图 2。

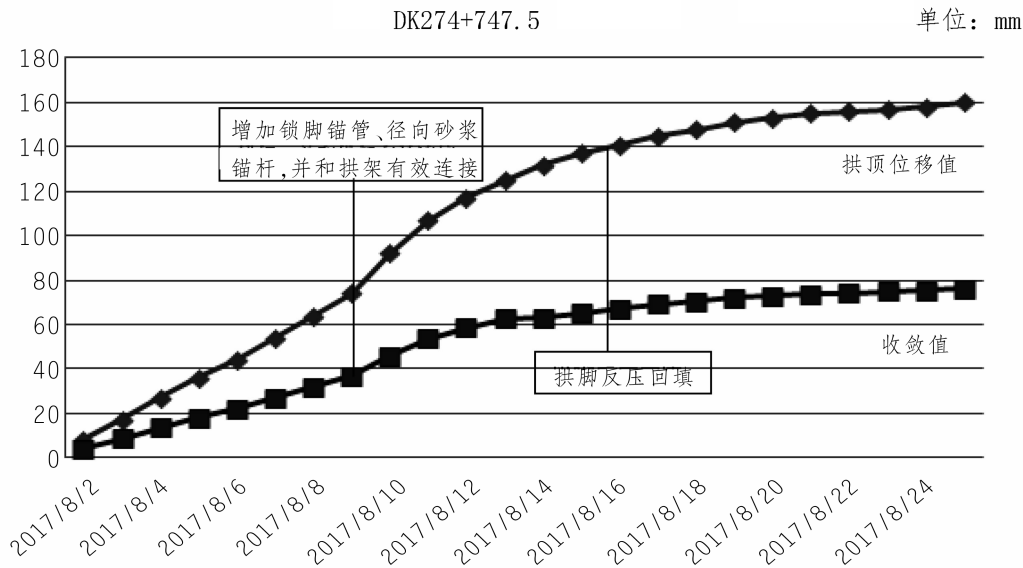


图2 量测数据分析图

2017 年 8 月 2 日,在开挖 DK274+746~DK274+749 段下导时,收敛明显突变,8 月 10 日的变形量达到 18 mm/d,达到了监控量测等级Ⅱ级,项目部遂立即增加了拱架锁脚锚管,施作了径向砂浆锚杆并与拱架有效连接。当下导初支施工完成后,对拱脚处采取反压回填,有效控制了沉降,快速处理落下台阶后,初支基本形成较稳定的结构,2017 年 8 月 15 日,围岩变形趋于稳定,变形速率小于 2 mm/d,2017 年 8 月 24 日,累计变形为 160 mm。

4 结 语

监控量测等级技术能够较好地应用监控量测成果,及时开展支护参数调整和施工工艺变更等工程设计动态管理工作;及时应用工程措施对变形风险进行有效的控制和处置,尤其是在一些软弱围岩地段,通过对围岩和支护系统的稳定状态进行监测,为初期支护和二次衬砌的参数调整提

供依据,将量测的数据经整理和分析得到的信息及时反馈到设计和施工中,进一步优化设计和施工方案,以达到安全、经济、快速的目的,同时也是施工安全和质量的保障。

参考文献:

[1] TB10121—2007,铁路隧道监控量测技术规程[S].
[2] 伍 林,等.软弱围岩监控量测等级管理技术在铁路隧道开挖风险管理中的应用[D].2018.
[3] 孟维军.高速铁路隧道工程施工技术[M].北京:中国铁道出版社,2014.
[4] TB10304—2009,铁路隧道工程施工安全技术规程[S].
[5] 朱永全.软弱围岩隧道稳定性变形控制技术[M].北京:人民交通出版社,2012.

作者简介:

赖明波(1976-),男,四川成都人,工程师,从事建设工程施工技术与管理工作;
张友坤(1984-),男,江西瑞昌人,高级工程师,从事建设工程施工技术与管理工作;
高青松(1988-),男,四川达州人,工程师,学士,从事建设工程施工技术与管理工作。

(责任编辑:李燕辉)