

文章编号: 1005-0523(2008)04-0015-04

监控量测技术在龙凤山隧道施工中的应用

金理强^{1,2}, 喻乐华¹

(1. 华东交通大学 土木建筑学院, 江西 南昌 330013; 2. 上饶市公路管理局, 江西 上饶 344000)

摘要: 针对隧道新奥法施工的特点, 结合重庆南川地段水界高速公路龙凤山隧道工程, 阐述监控量测技术在隧道新奥法施工中的应用及其效果。在其采用上下台阶法施工围岩周边收敛位移量和左、中、右拱测点的稳定位移值显示较小且都处于可控状态, 此时根据量测结果施作二次衬砌, 为施工安全提供了有力的依据, 取得了良好的效果。

关键词: 隧道; 施工; 监控量测技术; 应用

中图分类号: U455

文献标识码: A

近年来, 随着我国交通事业的迅速发展, 越来越多的公路隧道得以修建, 同时新奥法施工技术在我国广泛应用。对于采用新奥法施工的隧道, 监控量测是新奥法施工过程中必不可少的施工程序, 是确保隧道施工安全的信息化手段。现场监控量测是隧道施工过程中, 对围岩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, 是确保施工安全、指导施工、便利施工管理的重要手段。因此, 量测工作是监视设计、施工是否正确的眼睛, 它始终伴随着施工的全过程, 是新奥法构筑隧道非常重要的一环。本文就监控量测技术在隧道施工中的应用作简要的阐述。

1 工程概况

龙凤山隧道位于重庆南川地段, 是水界高速公路上一座上下行分离的四车道高速公路长隧道, 左线隧道长 2 880 m, 起讫桩号 ZK28 + 920 ~ ZK31 + 800; 右线隧道长 2 905 m, 起讫桩号 YK28 + 910 ~ YK31 + 815。隧道进口为端墙式, 出口为削竹式, 左右线隧道都位于直线上, 处于 2.4% 的单上坡。本隧道按新奥法原理进行设计和施工, 隧道围岩破碎, 以 II、III 类为主, 采用曲边墙复合式衬砌结构, 以锚杆、钢筋网、喷射混凝土等为初期支护, 辅以工字型钢拱

架、超前大管棚、超前小导管注浆等措施, 充分调动和发挥围岩的自承能力, 在监控量测信息的指导下施作初期支护和二次衬砌。

2 监控量测流程及监测项目

2.1 监控量测流程

监控量测流程如图 1 所示。

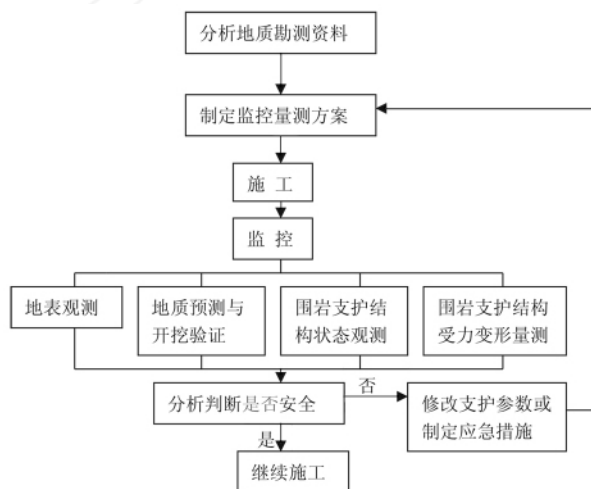


图 1 监控量测流程

2.2 隧道监测项目及其重要性

根据不同的围岩条件监控量测的项目及其重要性列表 1。

收稿日期: 2007-10-17

作者简介: 金理强(1975-), 男, 浙江金华人, 上饶市公路管理局工程师, 华东交通大学土木建筑学院在读工程硕士研究生。

表 1 各量测项目及其重要性

项 目	洞内观测	周边收敛	拱顶下沉	地表沉降	接触压力	锚杆轴力	衬砌应力	锚杆抗拔试验	围岩内部位移	钢支撑内力
硬岩地层(除断裂破碎带)	○	○	○	△	△	□	△	△	□	△
软岩地层(塑性地压小)	○	○	○	△	△	□	□	△	□	△
软岩地层(塑性地压很大)	○	○	○	△	△	○	○	△	○	△
土、砂地层	○	○	○	○	△	□	○	○	□	○

备注: ○必须进行的项目; ○应该进行的项目; △必要时进行的项目; □这类项目的量测结果对判断设计是否保守有用。

3 隧道现场监控的内容与方法

根据龙凤山隧道的围岩条件、支护类型和施工方法,选择洞内外地质和支护状况观测、周边收敛和拱顶下沉为必须的量测项目。

3.1 洞内外地质和支护状况观测

目测观察的目的是: 预测开挖面前方的地质条件; 为判断围岩、隧道的稳定性提供地质依据; 根据喷层表面状态及锚杆的工作状态, 分析支护结构的可靠度。

(1) 洞内外观察分开挖工作面观察和已施工区段观察两部分, 开挖工作面观察在每次开挖后进行 1 次, 内容包括节理裂隙发育情况、工作面稳定状况、风化变质情况、断层分布、初期支护效果、涌水情况及底板是否隆起等, 当地质情况基本无变化时, 可每天进行一次, 观察后绘制开挖工作面地质素描图, 填写工作面状态记录和围岩类别判定卡。

(2) 在观察过程中如发现地质条件恶化, 初期支护发生异常现象, 立即通知施工负责人采取应急措施, 并派专人进行不间断观察。

(3) 对已施工区段的观察每天至少 1 次, 观察内容包括喷射混凝土、锚杆、钢拱架的状况, 以及施工质量是否符合规定的要求。

(4) 洞外观察包括洞口地表情况、边坡及仰坡的稳定以及地表水渗透等情况。

3.2 周边收敛及拱顶下沉量测

3.2.1 量测目的

龙凤山隧道按新奥法原理进行施工, 周边收敛及拱顶下沉量测是施工的重要组成部分。通过现场量测监控掌握围岩和支护动态变化, 便于进行日常施工管理; 了解支护构件的作用和效果; 确保隧道施工的安全性和经济性; 将量测监控结果反馈于施工过程中, 判断围岩稳定性以及进行位移分析, 应用于整个隧道的施工过程中, 为二次衬砌的施作提供依据。

3.2.2 测点布设

每个断面测点的具体位置见图 2, 每个断面设 4 个收敛桩, 一般 20 m 设置一个测量断面, 且保证每种围岩类别内不少于 2 个测量断面。测点的安设应能保证爆破后 24 小时内和下一次爆破前方便测量。

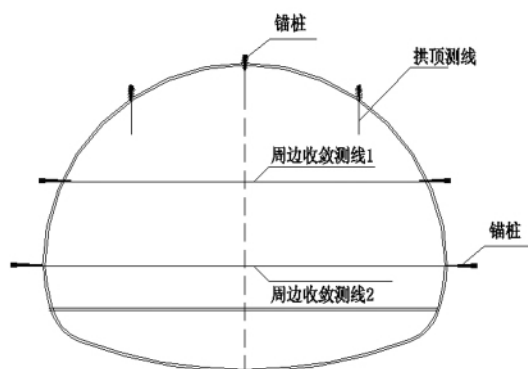


图 2 量测断面测点布置图

4 量测数据分析与应用

以龙凤山隧道 YK30 + 011 测量断面的周边收敛及拱顶下沉量测数据为例。为了真实、及时、准确地反映施工现场信息, 监控量测数据经如下流程: 测点埋设 → 数据量测 → 数据整理 → 数据输入计算机 → 绘制曲线 → 信息反馈。

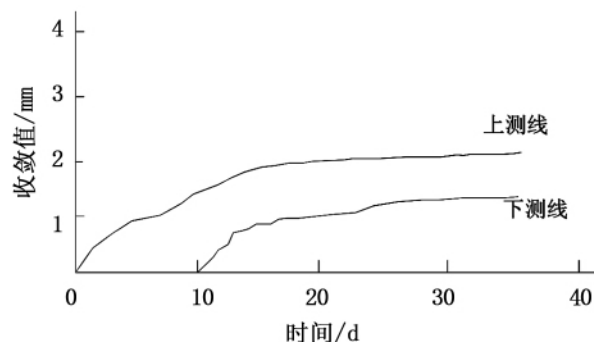


图 3 龙凤山隧道 YK30 + 011 测量断面的周边收敛变化曲线

4.1 周边收敛

通过整理分析量测数据, 龙凤山隧道 YK30 + 011 测量断面周边收敛量测时间为 37 天, 上台阶开

挖初期,上测线的周边收敛位移增速较快,在7天后有所减慢;但在下台阶开挖后,上测线周边收敛增速短期内则又明显加快,下台阶开挖5天后,上测线的周边收敛增速又逐渐减慢,历时20天后其变形则趋于基本稳定,稳定收敛值约为2.35 mm。

埋设在边墙部位的下测线周边收敛历时变化曲线呈“抛物线”型,总体上经历了快速增长到缓慢增长,最后趋于稳定的过程,16天后基本趋于稳定,稳定收敛值约为1.18 mm。

综上所述,对于龙凤山隧道YK30+01段采用上下台阶法施工,围岩周边收敛位移量不大,处于可控制状态。

4.2 拱顶下沉

通过整理分析量测数据,龙凤山隧道YK30+011测量断面拱顶下沉量测时间为37天,拱顶三个测点的下沉变化规律基本一致,只是右顶测量测值略小些。上台阶开挖后,拱顶各个测点初期增速较快,一直下到台阶开挖一周后,拱顶下沉变化速率则逐渐减慢,历时20天后各测点都趋于稳定,其左拱测点、中间测点、右拱测点的稳定位移值分别为6.55 mm、6.65 mm和5.35 mm,总体上处于可控制状态。

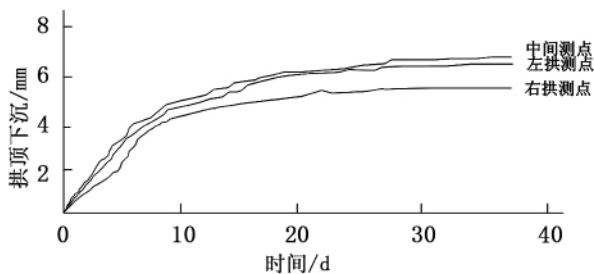


图4 龙凤山隧道YK30+011测量断面的拱顶下沉变化曲线

4.3 监控量测结果在隧道施工中的应用

根据量测数据绘制位移量、位移速度随时间变化的曲线,分析隧道围岩变形过程。隧道围岩变形位移显现的过程,反映了围岩经过应力调整建立新的平衡的过程。这一过程时间的长短及变形值大小,真实地反映了围岩的稳定程度和稳定状态的差别。一般来说,时间愈短,稳定性愈好,变形值越小,则围岩类别越高。将同一断面的各种量测项目数据相互印证、分析,以确认量测结果的可靠性,对位移等物理量随时间变化的动态曲线进行回归分析,推算最终位移和变化规律,以确定围岩稳定性特征。一般情况会出现两种时间—位移曲线:如果曲线表示绝对位移值逐渐减少,支护结构趋于稳定,可施作二次衬砌;若曲线表示位移变化出现反弯点表示初期支护

不稳定,这时应采取措施,如加喷混凝土厚度或加密加长锚杆、提前施作二次衬砌或降低一级围岩类别施作二次衬砌等,需要根据情况具体处理。

以各类围岩允许相对位移值(表2)和《锚喷构筑法》变形管理等级(表3)作为依据进行稳定性判别。当实测值大于表列允许值,超过允许变形管理等级范围时,及时采取补强措施,并调整原支护设计参数或开挖方法。

表2 隧道围岩允许相对位移值(%)

围岩类别	覆盖层厚度(m)	
	<50	50~100
V	0.05~0.10	0.10
IV	0.10~0.30	0.20~0.50
III	0.15~0.50	0.40~1.20
II	0.20~0.80	0.60~1.60

注:脆性围岩取较小值,塑性围岩取较大值

表3 变形管理等级

管理等级	变形值	施工状态
III	$U_0 < U_n/3$	可正常施工
II	$U_n/3 \leq U_0 \leq 2U_n/3$	可加强支护

注: U_0 为实测变形值; U_n 为允许变形值

龙凤山公路隧道施工中,通过对该隧道周边收敛及拱顶下沉位移的量测分析,变形位移与稳定时间有一定关系,从图上可以看出:围岩位移基本上是连续的,围岩位移没有产生突变现象;围岩在前期随时间增长而迅速加大、位移速率逐渐降低,当到达一定时间后,位移趋于稳定。即变形大体上经历了三个阶段:(1)增长和急剧增长阶段;(2)缓慢增长阶段;(3)开始趋于稳定阶段。如图3、图4,周边收敛位移历时20天后其变形则趋于基本稳定,稳定收敛值约为2.35 mm,其变形速率已经小于0.1 mm/d;拱顶下沉位移历时20天后各测点都趋于稳定,其左拱测点、中间测点、右拱测点的稳定位移值分别为6.55 mm、6.65 mm和5.35 mm,其位移速率也低于0.1 mm/d,此时根据量测结果施作二次衬砌,为施工安全提供了有力的依据,取得了良好的效果。

在隧道施工中,根据周边收敛、拱顶下沉位移和其它监控项目结果,结合现场实际情况,及时反馈信息,修改与完善设计,从而正确指导施工。通过对量测成果深入分析,及时预报了地质情况以及对险情进行监控,提出了合理的初期支护类型和参数,以及二次衬砌的施作时机。当收敛位移变形速率明显下降或变形开始趋于稳定时,及时进行二次衬砌,否则位移又可能继续发展,特别是附近有开挖影响时更加明显。

5 结束语

通过上述新奥法施工的现场监控量测,龙凤山隧道Ⅱ、Ⅲ类加强型支护衬砌软弱围岩段采用上下台阶法施工是适宜的,它能合理、有效地抑制围岩的变形,充分发挥围岩与支护结构的共同作用,从而保证该隧道能安全、快速地施工。

隧道监控量测贯穿隧道施工的全过程,特别是采用复合式衬砌的隧道,必须将现场的监控量测项

目列入施工组织管理,并在具体施工中认真实施,从而更好地掌握围岩和支护的动态信息并及时反馈,有效指导施工。同时,通过对围岩和支护变形位移、应力量测,修改支护系统设计进而保证隧道施工的顺利进行。

参考文献:

- [1] 李晓红. 隧道新奥法及其量测技术 [M]. 北京: 科学出版社, 2001. 173 - 235.
- [2] JTJ042 - 94, 公路隧道施工技术规范 [S].

Application of Monitoring and Measuring Technologies in Longfengshan Tunnel

JIN Li - qiang^{1,2}, YU Le - hua¹

(1. School of Civil Engineering and Architecture, East China Jiaotong University, Nanchang 330013; 2. Shangrao City Highway Bureau, Shangrao 343000, China)

Abstract: Aiming at the features in tunnel construction of NATM, combining with Shui - Jie highway Longfengshan tunnel engineering, the paper states the application and result of monitoring and measuring technologies in tunnel construction of NATM. The method shows that slow weakening of the surrounding rock and the changes of drifts at three measuring points of tunnel arch are smaller, and both of them are able to control the situation. The conclusion can provide evidence of safe construction, which is expected to be of help in the future constructing tunnel.

Key words: tunnel; construction; monitoring and measuring technologies; application

(责任编辑: 王建华)

