

浅谈隧道施工中的监控测量方案

丁铁林 孟怀强
河南省地质矿产勘查开发局第二地质勘查院
DOI:10.32629/gmsm.v2i5.333

[摘要] 在隧道施工过程中,通过对隧道周边位移、拱顶下沉、地表沉降的监测,根据监测数据及分析结果,提出施工指导意见,为调整施工方案、优化支护参数提供依据。
[关键词] 监控量测;隧道施工;数据分析

前言

随着社会经济的飞速发展,为了满足区域快速增长的交通需求,对于改善济南、泰安东部区域交通条件,增强济南市核心辐射作用、带动济南-泰安经济一体化发展,济泰高速的建设已成为山东省高速公路网中长期规划(2014-2030年)中的重要项目。

1 工程概况

济泰高速全长55.798Km,山东鲁桥建设有限公司负责K0+000-K8+678段全部工程施工,主要施工内容包括:涝坡枢纽、涝坡隧道、小佛寺隧道、大佛寺大桥、锦绣川互通A、F、G匝道。

涝坡隧道位于山东省济南市兴隆境内,为分离式隧道。左线起讫桩号Z1K2+715~Z1K5+945,长3230m,右线起讫桩号K2+690~K6+005,长3315m,为特长隧道,小佛寺隧道位于山东省济南市历城区锦绣川镇,为分离式隧道。小佛寺隧道左线起讫桩号Z1K6+652~Z1K8+295,长1643m,右线起讫桩号K6+687~K8+300,长1613m,为长隧道。

隧道限界宽度(车行前进方向由左至右):1.0+0.75+3×3.75+1.25+1.0=15.25m;隧道限高:5.0m。内轮廓净面积107.25m²,周长41.85m,矢跨比0.409。

2 监测目的

2.1 监控量测目的

2.1.1 根据新奥法原理,按照动态设计、信息反馈原则,对隧道围岩稳定及可能发生的危及施工安全的隐患或事故提供及时、准确的预测,及时向施工单位反馈动态监测信息,使有关各方有时间做出反应,避免事故的发生。

2.1.2 在现场监控量测的基础上,及时掌握围岩在开挖过程中的动态及支护结构的稳定状态,提供隧道及围岩的变形数据资料,以便及时调整支护参数,为力学分析及二衬施作时间提供依据,实现信息化施工,达到施工安全、经济的目的。

3 监测依据

表1 监测作业技术依据

名称	编号	批准单位	年份
公路隧道施工技术规范	JTG F60	交通运输部	2009
铁路隧道监控量测技术规范	Q/CR 9218	中国铁路总公司	2015
工程测量规范	GB/50026	建设部	2007
国家一二等水准测量规范	GBT12897	国家标准化管理委员会	2006
公路技术状况评定标准	JTG H20	交通部	2007

4 监测方法及频率

4.1 各项目监测方法及频率见下表所示:

表2 济南至泰安高速公路工程隧道施工
监控量测监测频率

项目名称	方法及工具	布置	测试时间			
			1~15天	16天~1个月	1~3个月	3个月以上
周边位移	全站仪	III级围岩每40m一个断面,IV级围岩每25m一个断面,V级围岩每10m一个断面,每断面2个测点	1~2次/天	1次/2天	1~2次/周	1~3次/月
拱顶下沉	全站仪	III级围岩每40m一个断面,IV级围岩每25m一个断面,V级围岩每10m一个断面,每断面1个测点	1~2次/天	1次/2天	1~2次/周	1~3次/月
地表下沉	水准仪	根据埋深具体情况布置	开挖面距量测断面<2B时,1~2次/天,开挖面距量测断面<5B时,1次/2天,开挖面距量测断面>5B时,1次/周			

注:各项量测作业均应持续到变形基本稳定后15~20d结束。

应按照表3、表4检查净空位移和拱顶下沉的量测频率,并与表2确定的量测频率比较取大值,施工状况发生变化时(开挖下台阶、仰拱或撤除临时支护等),应增加监测频率。

表3 净空位移和拱顶下沉的量测频率(按位移速度)

位移速度(mm/d)	量测频率
≥5	2~3次/d
1~5	1次/d
0.5~1	1次/2~3d
0.2~0.5	1次/3d
<0.2	1次/3~7d

表4 净空位移和拱顶下沉的量测频率(按距开挖面距离)

量测断面距开挖面距离(m)	量测频率
(0~1)b	2/d
(1~2)b	1次/d
(2~5)b	1次/2~3d
>5b	1次/3~7d

注:b-隧道开挖宽度。

4.2 周边位移及拱顶下沉监测控制标准

根据《公路隧道设计规范》JTG D70-2004和本项目隧道

施工监控量测设计图纸要求,结合本工程的实际情况,本项目隧道周边位移及拱顶下沉监控量测控制标准及变形管理等级如下表所示:

表5 净空相对收敛值(%)

围岩 相对 位移值 围岩类别	覆盖层厚度小于 50m 地段	覆盖层厚度大于 50m 地段
III	0.15~0.5	0.4~1.2
IV	0.1~0.3	0.2~0.5
V	0.2~0.8	0.6~1.6

说明:相对位移系指实测位移与两测点间距离之比,或拱顶下沉实测值与隧道宽度之比。

表6 变形管理等级

管理等级	管理位移	施工状态
III	$U_n < U_0/3$	可正常施工
II	$U_0/3 \leq U_n \leq 2U_0/3$	应加强支护
I	$U_n > 2U_0/3$	应采取特殊措施

说明: U_n 为实测变形值, U_0 为允许变形值。

其余监控量测项目,根据隧道结构计算结果及隧道结构的安全系数,再具体确定不同地段的警戒值。

隧道工程监测报警值:应符合工程设计的限值、地下主体结构设计要求以及监测对象的控制要求;应以监测项目的累计变化量和变化速率值两个值控制。

5 监控量测实施方案

5.1 地表沉降

5.1.1 监测方法

采用Trimble DINI03精密水准仪进行量测,每公里往返误差±0.3mm。

5.1.2 测点布置

根据设计图纸,拟布设断面详见表7,每个断面布设7个测点。各断面测点布设如图7-1所示。具体情况需根据现场地形进行适当调整。

表7 地表沉降监测断面表

涝坡隧道							
左线	序号	断面桩号	备注	右线	序号	断面桩号	备注
进口	1	Z1K2+740		进口	1	K2+715	
	2	Z1K2+750			2	K2+725	
	3	Z1K2+760			3	K2+735	
出口	4	Z1K5+920		出口	4	K5+980	
	5	Z1K5+910			5	K5+970	
	6	Z1K5+900			6	K5+960	
小佛寺隧道							
左线	序号	断面桩号	备注	右线	序号	断面桩号	备注
进口	1	Z1K6+675		进口	1	K6+710	
	2	Z1K6+685			2	K6+720	
	3	Z1K6+695			3	K6+730	
出口	4	Z1K8+280		出口	4	K8+285	
	5	Z1K8+270			5	K8+275	
	6	Z1K8+260			6	K8+265	

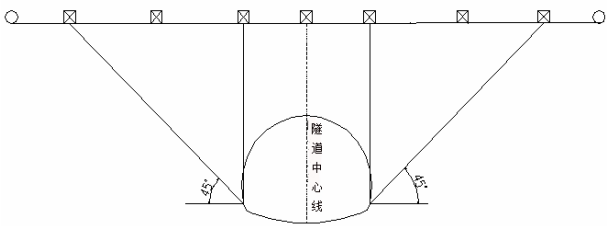


图7-1 隧道地表下沉量测测点布设示意图

5.1.3 预埋件尺寸及埋设要点

(1) 预埋件制作尺寸:采用直径Φ20螺纹钢筋,长80cm。

(2) 预埋件埋设:在测点位置挖深60cm、尺寸不小于50cm×50cm的坑,然后放入地表测点预埋件,测点四周用混凝土填实,待混凝土固结后,即可量测。测点埋设示意图见图 7-15。

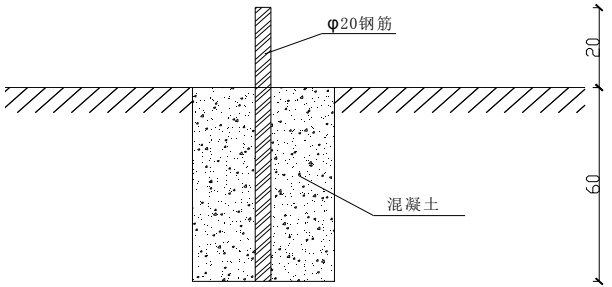


图7-2 地表沉降测点埋设示意图

5.1.4 监测频率

地表监测频率如表8所示,若位移出现异常,则加大监测频率。

表8 地表下沉量测频率

变形速度 (mm/d)	测点距开挖面的距离	量测频率
≥5	(0~1)B	2次/d
1~5	(1~2)B	1次/d
0.2~1	(2~5)B	1次/2d
<0.2	>5B	1次/周

注: B表示隧道开挖宽度

5.2 拱顶下沉及周边位移监测

5.2.1 监测项目及方法

拱顶下沉及周边收敛监测均采用采用全站仪结合反光片自由设站法进行量测。

5.2.2 断面及测点布置

根据本项目具体要求,在监控量测断面选取时, V 级围岩断面间距为20m, IV级围岩断面间距为25m, III级围岩断面间距为40m,具体断面分布见后附表。不同施工工法时的测点布置图见图7-3(红色圆圈位置为测点)。

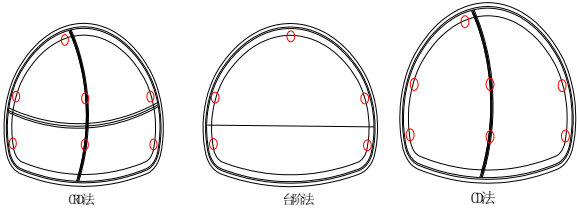


图7-3 不同施工工法拱顶下沉及周边收敛测点布设图

5.2.3 预埋件尺寸及埋设要点

(1) 预埋件制作尺寸: 采用直径 $\Phi 16$ 钢筋, 长60cm, 平圆头钢筋, 焊接边长为4cm、厚2mm铁片制成, 见图7-4。

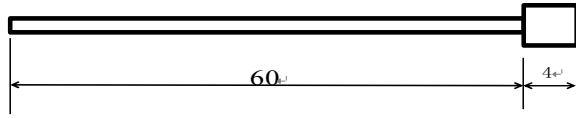


图7-4拱顶下沉预埋件示意图

(2) 预埋件埋设: 测点位置应在同一断面、同一高度, 在测点位置, 钻孔打入围岩深度不小于30cm, 然后将测点附近的初支混凝土凿小坑, 尽量使预埋件不外露, 同时不影响观测。放入预埋件, 锚固待固结后, 粘贴反光片, 即可量测。预埋件埋设示意图见图7-18。

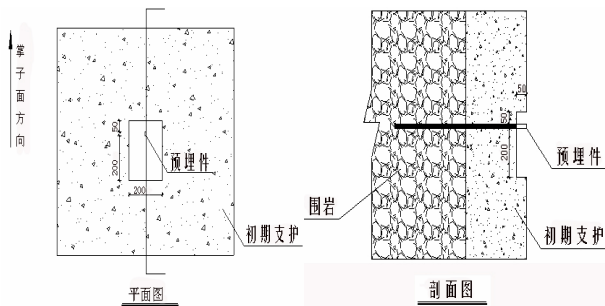


图7-5拱顶下沉及周边收敛测点埋设示意图

5.2.4 监测频率

地表监测频率如表8所示, 若位移出现异常, 则加大监测频率。

表9 拱顶下沉及收敛监测频率

变形速度 (mm/d)	测点距开挖面的距离	量测频率
≥ 5	(0~1)B	2次/d
1~5	(1~2)B	1次/d
0.2~1	(2~5)B	1次/2d
< 0.2	$> 5B$	1次/周

注: B表示隧道开挖宽度。

5.2.5 周边位移及拱顶下沉监测控制

根据《公路隧道设计规范》JTGD70-2004和本项目隧道施工监控量测设计图纸要求, 结合本工程的实际情况, 本项目隧道周边位移及拱顶下沉监控量测控制标准及变形管理等级如下表所示:

表10 净空相对收敛值 (%)

围岩类别	围岩相对位移值	覆盖层厚度小于 50m 地段	覆盖层厚度大于 50m 地段
III		0.15~0.5	0.4~1.2
IV		0.1~0.3	0.2~0.5
V		0.2~0.8	0.6~1.6

说明: 相对位移系指实测位移与两测点间距离之比, 或拱顶下沉实测值与隧道宽度之比。

表11 变形管理等级

管理等级	管理位移	施工状态
III	$U_n < U_0/3$	可正常施工
II	$U_0/3 \leq U_n \leq 2U_0/3$	应加强支护
I	$U_n > 2U_0/3$	应采取特殊措施

说明: U_n 为实测变形值, U_0 为允许变形值。

若变形总量大于 $U_0/3$, 或变形速率大于5mm/d, 则进行监测预警。

6 监测数据管理流程

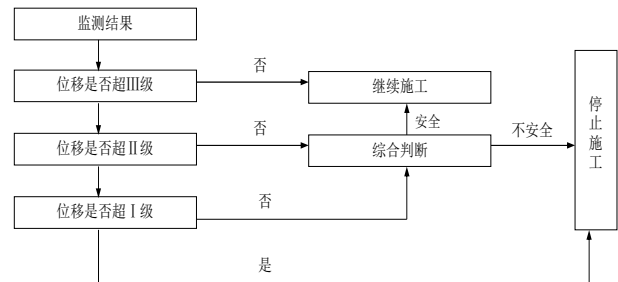


图 7-6 监控量测数据管理流程

7 结束语

施工中应注意保护测点, 确保量测数据的连续性, 按照规范规定的频率进行数据采集, 收集所有的量测数据, 对量测数据进行分析处理, 绘制地表沉降、周边收敛、拱顶下沉各测点的位移时间曲线; 绘制每个地表沉降量测断面的累计沉降曲线; 绘制每个地表沉降量测断面最大沉降与开挖面的关系曲线; 求出位移——时间的回归曲线, 推算最终位移值; 绘制地表沉降、周边收敛、拱顶下沉各测点的位移速率与时间的关系曲线; 根据监测结果, 提出施工指导意见, 为调整施工方案、优化支护参数提供依据。

[参考文献]

- [1]胡林翼.隧道稳定性监测在施工中的实施方法[J].公路与汽运,2016(05):230-233.
- [2]胡劲.监控量测在不良地质隧道施工中的应用[J].建材与装饰,2016(08):257-259.
- [3]田发全.浅谈隧道监控测量方法与数据处理[J].黑龙江交通科技,2016(08):103+105.
- [4]鲜易成.浅埋隧道施工的监控测量研究[J].黑龙江交通科技,2016(08):135-136.
- [5]马驰.樊屯隧道施工监控测量及数据模拟分析[J].公路工程,2016(02):212-216.

作者简介:

丁铁林(1966--),男,河南省漯河人,汉族,本科学历,高级工程师,研究方向:测绘,地质矿产勘查开发。