

DB13

河北省地方标准

DB 13/T 2177—2015

公路隧道监控量测技术规程

公路隧道监控量测技术规程

1 范围

本标准规定了公路隧道监控量测作业的术语和定义、总则、必测项目监控量测、选测项目监控量测、监控量测报告等内容。

本标准适用于公路隧道施工和运营期间的监控量测。

2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件，仅所注日期的版本适用于本文件。凡是不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

JTG F60-2009 公路隧道施工技术规范

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

监控量测 monitoring measurement

隧道施工和运营过程中对围岩、地表、支护结构以及周边环境状态进行的经常性观察和测量。

3.2

周边位移 rim convergence

隧道周边两测点间相对位置的变化。

3.3

拱顶下沉 crown settlement

隧道拱部测点的竖向位移量。

3.4

地表下沉 ground surface settlement

隧道施工影响范围内地表测点的竖向位移量。

4 总则

4.1 基本要求

4.1.1 监控量测单位应配备专业人员和设备，运用成熟、可靠的数据处理与分析技术。

4.1.2 监控量测单位应建立质量保证体系，确保监控量测的有效实施，做到组织管理有序、责任明确。

4.1.3 监控量测实施方案应经批准后实施，并视地质条件的变化和施工异常情况进行调整。

- 4.1.4 监控量测仪器设备应进行检定或校准。
- 4.1.5 基准点和测点应牢固可靠、易于识别，并注意保护，严防损坏。基准点距离监测断面较远时，宜在隧道的稳定区域埋设新的基准点，并采取保护措施。基准点应定期进行检查校核。
- 4.1.6 监控量测实施过程中应减小系统误差，控制偶然误差，避免过失误差，定期对误差进行分析。

4.2 准备

- 4.2.1 进场检测前，监控量测单位应进行现场踏勘，了解周边工程的建设情况，复核相关资料。
- 4.2.2 应根据设计文件要求及工程特点编制监控量测方案，内容包括：
- a) 监控量测项目；
 - b) 人员组织；
 - c) 监控量测设备；
 - d) 监控量测断面及测点布置、频率及控制基准；
 - e) 数据记录格式；
 - f) 数据处理及分析；
 - g) 信息反馈及相关建议。

4.3 测试断面选择原则

总原则：隧道分部施工时，测点的布置应根据各施工开挖先后顺序进行合理布置。隧道加宽带、人行横洞、车行横洞及连拱隧道正洞测线及测点的布置应根据隧道施工情况确定。周边位移和拱顶下沉测点应布置在同一断面，拱顶下沉测点原则上布置在拱顶轴线附近。

4.3.1 断面选择原则

断面的选择应考虑围岩代表性、围岩变化、施工方法及支护参数的变化。遵循以下基本原则：

- a) 在围岩的不同分级接触区域，应至少布置一个监测断面；
- b) 地质条件复杂段落，应布置监测断面；
- c) 隧道埋深较浅或者洞口附近的区域，宜适当增加监测断面；
- d) 当施工方案出现变更时，变更段落应布置监测断面；
- e) 隧道出现大变形、塌方、突水突泥等重大事故，应在事故区域增设监测断面。

4.3.2 间距布置

监控量测断面布置间距应符合表1的规定。

表1 监测断面布置间距 单位：mm

围岩级别	断面间距
V~VI	5000~10000
IV	10000~20000
III	20000~30000
I~II	30000~50000
注1：大变形软岩段或者超浅埋软土地层等特殊地段可适当缩小断面间距。	
注2：当隧道实际围岩分级情况与设计分级差1个等级及以上或隧道断面大于双车道标准断面时，应结合施工方法调整断面间距。	

4.4 监控量测项目

监控量测项目应符合JTG F60-2009表10.2.1和表10.2.2的规定。

4.5 监控量测时机和频率

4.5.1 监控量测的时机和频率应能系统反应隧道的重要变化过程。在影响段落范围内选测项目监测频率应与必测项目监测频率相同。

4.5.2 洞内、外观察应在每次爆破作业后及时实施并记录。

4.5.3 周边位移和拱顶下沉的监控量测频率宜采用较高的频率值，应符合表2、表3的规定。同等条件下取表2、表3中的较大值。

表2 周边位移和拱顶下沉的量测频率（按距开挖工作面距离）

单位：次/天

监测断面距开挖面距离（m）	监测频率
（0~1）B	2次/天~3次/天
（1~2）B	1次/天
（2~5）B	1次/2天~3天
>5B	1次/3天~7天
注1：B为隧道开挖断面宽度。 注2：在异常情况或不良地质时，应增大监控量测频率。	

表3 周边位移和拱顶下沉的量测频率（按位移速率）

单位：次/天

位移速率（mm/d）	监测频率
≥ 5	2次/天~3次/天
1~5	1次/天
0.5~1	1次/2天~3天
0.2~0.5	1次/3天
< 0.2	1次/3天~7天
注：在异常情况或不良地质时，应增大监控量测频率。	

4.5.4 选测项目量测频率应符合表4的规定。

表4 选测项目量测频率

时间	1 d~15d	16d~1个月	1个月~3个月	大于3个月
频率	1次/d~2次/d	1次/2d	1次/周~2次/周	1次/月~3次/月

4.5.5 监测结束时间

监测作业均应持续到变形基本稳定后15d~20d结束。对于膨胀性和挤压性围岩，位移没有减小趋势时，应坚持测量至位移基本稳定后。

5 必测项目监控量测

5.1 洞内、外观察

5.1.1 仪器设备：照相机；米尺，测量精度：10mm。

5.1.2 量测方法：洞外观察重点应在洞口段和洞身浅埋段，记录地表开裂、地表变形、边坡及仰坡稳定状态、地表水渗漏情况等，同时还应对地面建筑物进行观察。洞内观察应分开挖工作面观察和已施工地段观察。开挖工作面观察应在每次开挖后进行，及时绘制开挖工作面地质素描图、数码成像，填写开挖工作面地质状况记录表，并与勘查资料进行对比。已施工地段观察，应记录喷射混凝土、锚杆、钢架变形和二次衬砌等的工作状态。洞内、外观察记录表参见附录 A。

5.2 周边位移

5.2.1 仪器设备：收敛计，精度 0.01mm；全站仪要求测量精度测角为 $2''$ 以内、测距精度为 $\pm(2\text{mm}+2\text{ppm})$ 以内。

5.2.2 测点布置：全断面法设置 1 条水平测线，台阶法每个台阶设置 1 条测线，分部开挖法每部设置一条水平测线，偏压隧道或者小净间距隧道可加设斜向测线，全断面法、台阶法、CD 法或 CRD 法、双侧壁导坑法测线布置见图 1、2、3、4。

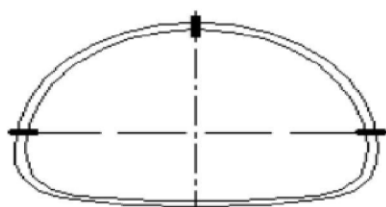


图1 全断面法测线布置图

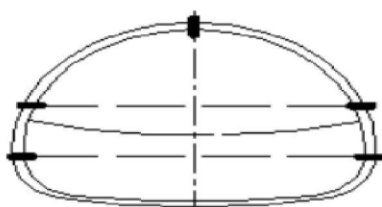


图2 台阶法测线布置图

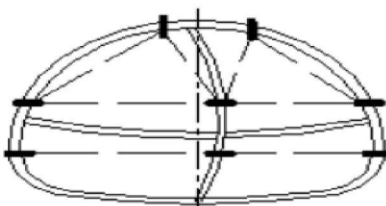


图3 CD法或者CRD法测线布置图

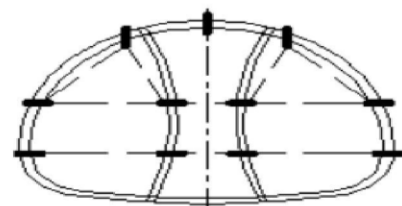


图4 双侧壁导坑法测线布置图

5.2.3 量测方法：

5.2.3.1 采用收敛计量测时，测点应采用钻孔预埋，通过布设于洞室周边上两固定点，每次测出两点的净长 L ，求出两次量测的增量（或减量） ΔL ，即为此处净空变化值。读数时应该读 3 次，然后取其平均值。周边位移量测记录表参见附录 B.1。

5.2.3.2 采用全站仪量测时，测点应采用膜片式回复反射器作为测点靶标，靶标粘附在预埋件上。量测方法包括自由设站和固定设站两种，通过对比不同时刻测点的三维坐标 $[x(t), y(t), z(t)]$ ，可获得该测点在该时段的三维位移变化量（相对于某一初始状态）。在三维位移矢量监控量测时，必须保证后视基准点位置固定不动。全站仪测量记录表参见附录 B.2。

5.3 拱顶下沉

5.3.1 仪器设备：精密水准仪，精度为 0.01mm；钢钢尺；全站仪要求测量精度测角为 $2''$ 以内、测距精度为 $\pm(2\text{mm}+2\text{ppm})$ 以内。

5.3.2 测点布置：采用水准仪时，拱顶下沉监控量测测点的埋设一般在隧道拱顶轴线处设 1 个带钩的测桩，悬挂钢钢尺；用全站仪时，测点桩可用不锈钢膨胀钩或钢筋弯成三角形钩，埋进围岩内。

5.3.3 量测方法同 5.2.3。

5.4 地表下沉

5.4.1 仪器设备：精密水准仪，精度为 0.01mm；铟钢尺。

5.4.2 测点布置：

应在隧道开挖前布设，并取得一定周期（5d 至 7d）的数据。一般条件下，地表下沉测点纵向间距应符合表 5 的规定。地表下沉测点宜与洞内周边位移和拱顶下沉量测在同一横断面上。

表5 地表下沉测点纵向间距

隧道埋深与开挖宽度	纵向测点间距 (mm)
$2B < H_0 < 2.5B$	20000~50000
$B < H_0 \leq 2B$	10000~20000
$H_0 \leq B$	5000~10000

注：H为隧道开挖高度，H₀为隧道埋深，B为隧道开挖断面宽度。

地表下沉监测范围横向应延伸至隧道中线两侧1~2(B/2+H+H₀)，纵向应在掌子面前后1~2(H+H₀)。测点间距为2000mm~5000mm，并应根据地质条件 and 环境条件进行调整。地表下沉测点布置如图5所示。

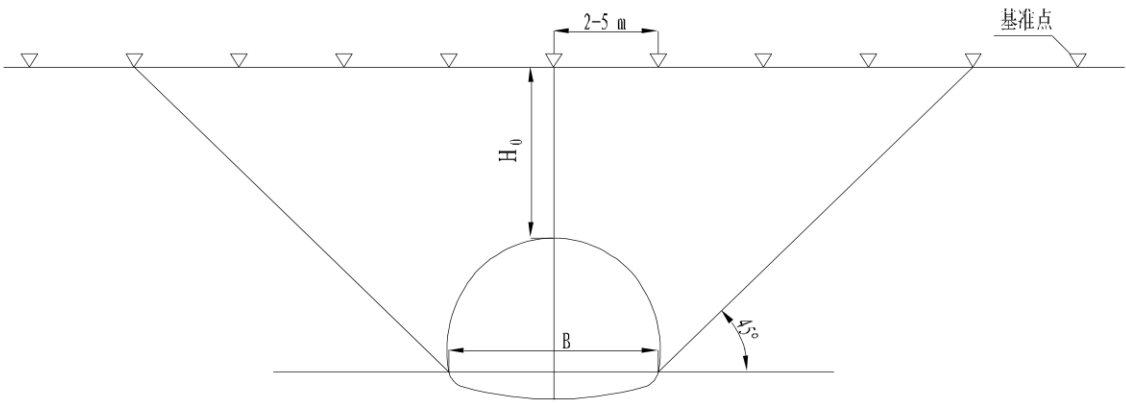


图5 地表下沉测点布置示意图

5.4.3 量测方法：通过测量测点不同时刻标高 h，求出两次量测的差值 Δh，即为该点的下沉值，在仪器处于稳定状态时记录读数。对不在水准路线上的观测点，一个测站不宜超过 3 个，超过时应重读后视点读数。地表下沉量测记录表参见附录 D。

6 选测项目监控量测

6.1 钢架内力及外力

6.1.1 仪器设备：型钢钢架内力量测可采用表面应变计，格栅钢架内力量测可采用钢筋应力计。测试精度 0.1MPa。

6.1.2 测点布置：采用型钢钢架监测时，在横断面上，根据钢架的长度和围岩的具体情况选择不同的测点进行监测，在测点位置的上下缘布设一对表面应变计，固定在固定座上时，拉压螺栓要适当；采用格栅钢架监测时，选择与格栅主筋直径相同的钢筋焊接到适当的部位，监测钢架应力、应变的变化。

6.2 围岩体内位移

6.2.1 仪器设备：多点位移计，测试精度 0.1mm。

6.2.2 测点布置：多点位移计应钻孔埋设，同周边位移量测布置在同一断面。可在拱顶、两侧拱腰、两侧拱脚和两侧边墙 7 个部位埋设多点位移计。

6.2.3 量测方法：埋设在钻孔内的各测点与钻孔壁紧密连接，岩层移动时能带动测点一起移动，变形前各测点钢带在孔口的读数为 S_0 ，变形后第 n 次测量时各点钢带在孔口的读数为 S_{in} 。测量钻孔不同深度岩层的位移，及测量各点相对于钻孔最深点的相对位移。钻孔内布置多个测点，分别测出沿钻孔不同深度岩层的位移值。

6.3 围岩压力、两层支护间压力

6.3.1 仪器设备：采用振弦式传感器，其类型应与围岩和支护结构相适应。测试精度 0.01MPa。

6.3.2 测点布置：压力量测每断面应不少于 5 个测点，布置在拱顶中央、两侧拱腰及两侧边墙处。每个测点安装传感器应与接触面紧密接触，埋设好压力盒后应将其电缆统一编号，并集中放置于事先设计好的铁箱内。

6.3.3 量测方法：在压力盒处于稳定状态时记录读数。接触压力量测数据记录表参见附录 E。

6.4 锚杆轴力

6.4.1 仪器设备：锚杆轴力量测采用测力锚杆。测试精度不低于 0.01MPa。

6.4.2 测点布置：每一监测断面布置 3 根至 8 根量测锚杆，通常布置在拱顶中央，两侧拱腰及两侧边墙处，每一测力锚杆根据其长度及测量需要设 3 个至 6 个测点。量测锚杆在埋设前应钻孔，所有的孔位应布置在同一垂直断面内；水平钻孔倾斜角度在垂直断面内不超过 5° ，水平面内钻孔与隧道壁面交角为 $85^\circ \sim 90^\circ$ 。钻孔时孔径应比量测锚杆杆体直径大 20 mm~30mm，孔深为 200 mm~250mm。

6.4.3 量测方法：第一次读数应在量测锚杆埋设完经过 48h 后进行。按照表 4.5.4 频率读数。

6.5 支护、衬砌内应力

6.5.1 仪器设备：混凝土内应变计及频率测定仪，测试精度 0.01MPa。

6.5.2 测点布置：初期支护内力量测元器件应在距开挖面 1000mm 范围内安设；二次衬砌内力量测元器件应在混凝土浇注前埋设，衬砌内力测点应在衬砌内外两侧进行布置，每个断面布置不少于 3 个测点；必要时在仰拱上布置测点。

6.5.3 量测方法：支护、衬砌内应力所选量测元器件应与衬砌结构弹性模量相近，初期支护喷射混凝土应力量测在工作面开挖 24h 内或下次开挖前测取初读数，二次衬砌内力量测宜在混凝土降至常温状态后测取初读数。用于量测混凝土应力的方法主要有应变计量测法、应变砖量测法。

6.6 围岩弹性波速度

6.6.1 仪器设备：声波仪及换能器。

6.6.2 测点布置：代表性地段。

6.6.3 量测方法：测试方法有单孔法和双孔法。单孔测量是用风钻在岩体中打一小孔，将发射换能器和接收换能器组装在一起，放入充满液体的测孔中，测试时，不断移动换能器，获得孔深与波速的关系曲线；双孔测试是在测试断面的测试部位，打一对小孔，孔间距离为 1 m~1.5m，在一孔中放入发射换

能器，另一孔中放入接收换能器，平行移动这两个换能器，得声波与孔深的曲线关系。不能单纯根据曲线形态来确定松动区范围，还必须考虑排除岩性及各向异性的影响，应在洞室工程开挖前后与支护前后作不同时期的声波测试，更加准确地判定围岩的稳定状态和松动区范围及其发展过程。

6.7 爆破振动

6.7.1 仪器设备：测振及配套传感器。

6.7.2 测点布置：传感器应固定在待评估的建（构）筑物或围岩体的牢固位置上，测点布置在震速最大、构造物最薄弱、距离震源最近等部位，可采用锚固剂或石膏固定。

6.7.3 量测方法：爆破振动影响的评价参数包括爆破振动产生的振速和频率，爆破振动监测前应根据隧道施工爆破参数，结合场地的地质、地形条件设置记录参数，分析监测数据，优化爆破设计。

6.8 渗水压力、水流量

6.8.1 仪器设备：渗压计、流量计，测试精度 0.01MPa。

6.8.2 测点布置：渗压计、流量计埋设可采用压入法、钻孔法。

6.8.3 测试步骤：渗压计、流量计埋设前应浸泡饱和，排除水石中的气泡，记录探头编号，测取初始读数。渗压计、流量计埋设后宜逐日量测一周以上获得稳定初始值。渗水压力量测的同时应测量渗压计埋设位置附近的地下水位。

7 监控量测报告

7.1 施工过程中应编制实时预警报告和阶段性成果报告，工程完工后编写总体工作报告。对重点部位、异常部位宜编写专项工作报告。

7.2 实时预警报告应包括工程概况、量测数据分析、预警内容、结论与建议等内容。

7.3 阶段性成果报告及总体工作报告应包括下列内容：

- a) 监控量测实施方案；
- b) 实际测点布置图；
- c) 监控量测数据汇总表及分析曲线图；
- d) 结论与建议。

7.4 专项工作报告应包括工程概况、量测数据汇总表及曲线图、综合分析、结论与建议等内容。

附 录 A
(资料性附录)
洞内、外观察记录表

A.1 洞内、外观察记录见表A.1。

表A.1 洞内、外观察记录表

隧道名称:				编录里程桩号:				表格编号:			
编号	编录项目	状态描述									
1	开挖工作面尺寸	开挖宽度 (m)		开挖高度 (m)		开挖面积 (m)		开挖方式		其它:	
2	开挖工作面状态	稳定		正面掉块		正面挤出		正面不稳		其它:	
3	毛洞状态	自稳		随时松弛、掉块		自稳困难,需及时支护		需超前支护		其它:	
4	地层岩生及产状										
5	风化程度	微风化		中风化		强风化		全风化		其它:	
6	节理(裂隙)密度 (条/m)	1~2		2~3		3~5		>5		其它:	
7	节理(裂隙)张开度 (mm)	<1		1~3		3~5		>5		其它:	
8	节理、裂隙状态	紧闭		微张		张开		宽张		充填物:无充填 泥质岩屑 钙(硅)质	
9	结构体形态	随机、方形		柱状		层状、片状		土砂状 散体状		其它:	
10	涌水状态	无水		渗水或滴水		整体湿润		涌出或喷出		突水	
11	洞内(已支护段) 外观察情况										
附图											
调查:		记录:		复核:		日期:					

B.2 全站仪测量记录见表B.2。

表 B.2 全站仪测量记录表

组别：仪器号码：年 月 日

测站	测回	仪器高 /m	棱镜高 /m	竖盘 位置	水平角观测		竖直角观测		距离高差观测			坐标测量		
					水平度 盘读数	方向值 或角值	竖直度 盘读数	竖直角	斜距 /m	平距 /m	高程 /m	X /m	Y /m	H /m

附 录 C
(资料性附录)
地表下沉量测记录表

C.1 地表下沉量测记录见表C.1。

表 C.1 地表下沉量测记录表

监测单位：

施工单位：

监理单位：

隧道名称								测点桩号									
测点埋设日期								初始读数日期						隧道埋深			
监测值																备注	
测点号	1			2			3			4			5				
监测日期	测值 (m)	相对上 次差值 (mm)	相对第 一次差 值(mm)	测值 (m)	相对上 次差值 (mm)	相对第 一次差 值(mm)	测值 (m)	相对上 次差值 (mm)	相对第 一次差 值(mm)	测值 (m)	相对上 次差值 (mm)	相对第 一次差 值(mm)	测值 (m)	相对上 次差值 (mm)	相对第 一次差 值(mm)	距开挖 面距离 (m)	

量测：

记录：

复核：

表 D.1 接触压力量测数据记录表

监测单位:

施工单位:

监理单位:

[illegible]

量測：

记录:

复核:

前 言

本标准按照GB/T 1.1-2009给出的规则起草。

本标准由石家庄市质量技术监督局提出。

本标准起草单位：河北道桥工程检测有限公司。

本标准主要起草人：杨海峰、任晓菲、白金安、程小玲、余伟杰、王运芳、董伯春、甄育红、郝云霞、吝丽艳、冯贵华、郭龙健、李勇刚、苏庆会、崔树峰。

附 录 B
(资料性附录)
河北省古树群普查登记表

(主管单位盖章)

河北省_____市_____县(区、市) 普查表编号: _____

地点			主要树种			
	经度:		纬度:			
面积	m ²	大树株数		平均树龄		年
林分 平均高度	m	林分平均胸围(地围)	cm	郁闭度(林冠覆盖林地面积/林地总面积)		
海拔	m --	m	坡度	度	坡向	
土壤名称			土层厚度	cm	坡位	部
下木种类					密度	
生长势	正常(旺盛) ☐ 一般(弱) ☐ 衰弱 ☐ 濒危 ☐ 死亡 ☐					
权属	国有 ☐ 集体 ☐ 个人 ☐ 其他 ☐					
历史沿革						
树木特殊状况描述						
生长环境						
主体代码						
特征代码						
管护单位 或个人	养护责任人:		管护责任单位(单位盖章)			
	年 月 日		年 月 日			
监督单位			监督电话			
保护现状及建议						
树种鉴定 记载						

调查员 _____ 年 月 日

