

ICS

CCS 点击此处添加 CCS 号

DB 14

山 西 省 地 方 标 准

DB 14/T XXXX—2025

## 公路隧道监控量测技术规程

Technical code for monitoring measurement of highway tunnel

(征求意见稿)

在提交反馈意见时，请将您知道的相关专利连同支持性文件一并附上。

2025 - XX - XX 发布

XXXX - XX - XX 实施

山西省市场监督管理局 发布

## 目 次

前言 .....	II
1 范围 .....	3
2 规范性引用文件 .....	3
3 术语和定义 .....	3
4 一般规定 .....	4
5 监控量测项目及监测频率 .....	5
6 监控量测方法及断面布置 .....	9
7 自动化监控量测 .....	16
8 监控量测控制指标及预警管理 .....	21
9 监控量测数据分析及信息反馈 .....	23
10 监控量测成果资料 .....	24
附录 A（资料性） 隧道洞内外观察记录表 .....	25
附录 B（资料性） 隧道拱顶（拱脚）下沉监测记录表 .....	26
附录 C（资料性） 隧道周边位移监测记录表 .....	27
附录 D（资料性） 隧道地表下沉监测记录表 .....	28
附录 E（资料性） 隧道结构内力监测记录表 .....	29
附录 F（资料性） 隧道接触压力监测记录表 .....	30
附录 G（资料性） 隧道锚杆轴力监测记录表 .....	31
附录 H（资料性） 隧道地表水平位移监测记录表 .....	32
附录 I（资料性） 隧道围岩内部位移监测记录表 .....	33
附录 J（资料性） 隧道爆破振动监测记录表 .....	34
附录 K（资料性） 隧道围岩松动圈监测记录表 .....	35

## 前 言

本文件按照GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

本文件由山西省交通运输厅提出。

本文件由山西省交通运输标准化技术委员会（SXS/TC37）归口。

本文件起草单位：山西交控太旧高速公路改扩建项目有限公司、山西省交通建设工程质量检测中心（有限公司）。

本文件主要起草人：何志俊、陶云峰、刘伟、成城、赵艳辉、马一民、张晓、韩一峰、辛栋泽、于阳阳、毛成琦、何聪、王珏、张宏宇、王敏、李明博、刘俊瑞、张溪、高辉、彭小庆。

# 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基本要求、监测项目、频率及精度、监测方法及断面布置、控制指标及数据分析反馈、监测成果等。

本标准适用于新建、改扩建公路钻爆法施工的隧道的施工期及运营期全过程，采用其他工法施工的隧道工程可参照执行。

## 2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；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。

- GB 50026 工程测量标准
- JTG/T 3660 公路隧道施工技术规范
- JTG 3370.1 公路隧道设计规范 第一册 土建工程
- GB 6722 爆破安全规程
- GB 55018 工程测量通用技术规范
- T/CSEB 0008 爆破振动监测技术规范

## 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

隧道施工中对围岩、地表、支护结构的变形、受力和稳定状态，以及周边环境动态进行的经常性观察、测量、分析与评价工作。

### 3.2 基准点

建在稳定的岩土层或建（构）筑物上的经确认固定不动的点。

### 3.3 必测项目

为掌握隧道周边环境、围岩及支护工作状态，同时反映施工状态而进行的监控量测项目，分为常规必测项目和特定条件下的必测项目。

### 3.4 选测项目

为深入掌握围岩稳定状态与支护效果，满足隧道科研、设计和施工等的特殊需求，在局部地段进行的监控量测项目。

### 3.5 拱顶下沉

隧道拱顶测点的绝对沉降（量）。

### 3.6 周边位移

隧道周边上两点间相对位置的变化，亦称净空收敛。

### 3.7 拱脚下沉

隧道拱脚测点的竖向位移量。

### 3.8 地表下沉

隧道开挖引起的地面高程变化。

### 3.9 接触压力

围岩与初期支护间、两层支护间的压力。

### 3.10 控制指标

针对各监测项目的监测数据变化量所设定的限值。

### 3.11 预警值

针对监测项目以控制指标的一定比例计算或直接给定的警示值。

### 3.12 自动化监测

利用自动化监测设备获取测点的量测信息，并进行数据自动化分析及预警的监控量测工作。

### 3.13 符号

B——隧道开挖宽度  
H——隧道开挖高度  
 $H_0$ ——隧道埋深  
L——监测断面距掌子面水平距离  
 $\phi$ ——上覆土层综合内摩擦角  
 $U$ ——实测位移值  
 $U_0$ ——允许位移值  
 $V$ ——实测位移速率  
F——隧道受力实测值  
 $F_0$ ——隧道受力允许值  
V——爆破振动振速  
F——爆破频率

## 4 一般规定

- 4.1 监控量测实施机构应具备行业主管部门认可的资质，配备行业主管部门认可的专业人员，拥有满足相应要求的设备和技术。
- 4.2 监控量测仪器设备在使用前及使用过程中应进行定期检定和校准。
- 4.3 监控量测实施前应根据设计文件编制监控量测实施方案，按项目管理程序审批后方可实施。
- 4.4 监控量测应纳入施工工序管理并贯穿施工全过程，掌握围岩和支护的动态信息，及时反馈，为信息化设计或变更设计提供依据，施工单位应予以密切配合。
- 4.5 监控量测仪器设备应稳定、可靠，使用寿命应与监控量测时限相适应，埋入式监测仪器设备使用年限不宜低于10年，表面式监测仪器设备使用年限不应低于5年。
- 4.6 监控设备和测点应具备警示标识。
- 4.7 监控量测应积极推广新技术、新设备、新方法，现场监测宜采用自动化监测技术。
- 4.8 在浅埋偏压、软弱破碎、工法转换、贯通段、选测断面、对监控量测人员人身安全存在高风险的区域、运营期结构健康监测等特殊段落或环境宜采用自动化监测方法。
- 4.9 自动化监控量测应根据隧道围岩条件、支护参数、施工方法、周围环境及监控量测目的进行设计，监控量测方法与仪器设备选择及测点布置应兼顾隧道运营期的长期监测。
- 4.10 自动化监控量测工作应与施工密切配合，并宜减少对施工工序的影响。监控量测测点应牢固可靠、易于识别，并注意保护，严防损坏。
- 4.11 自动化监控量测数据应实时、连续、准确、可靠，监测信息应及时处理、分析和反馈。
- 4.12 自动化监控量测系统应采用标准化接口，同时具备兼容性和可扩展性。

## 5 监控量测项目及监测频率

### 5.1 一般规定。

5.1.1 监控量测项目应根据围岩条件、支护参数、施工方法、周围环境及监控量测目的等确定，分为必测项目、选测项目。

5.1.2 当现场地质情况或施工方法发生变化时，应及时调整监控量测项目和内容。

### 5.2 必测项目。

必测项目及设备应按表1确定。

表1 监控量测必测项目及设备

序号	监控量测项目	常用量测仪器	测试精度	备注
1	洞内、外观察	钢卷尺、数码相机、罗盘仪	—	开挖后进行
2	拱顶下沉	水准仪、钢钢尺	0.5mm(预留变形量 $\leq$ 30mm)； 1mm(预留变形量 $>$ 30mm)	开挖后进行
		全站仪		
		自动化监测		
3	周边位移	收敛计		
		全站仪		
		自动化监测		

序号	监控量测项目	常用量测仪器	测试精度	备注
4	地表下沉	水准仪、钢钢尺	0.5mm	洞口段、浅埋段 ( $H_0 \leq 2.5B$ ), 每洞口不少于2断面, 每断面不少于5测点
		全站仪		
		自动化监测		
5	拱脚下沉	全站仪	0.5mm	软弱围岩、富水破碎带等特殊岩土地段
		自动化监测		
注: 自动化监测的设备测试精度应不低于人工监测方法。黄土隧道还应进行“黄土含水率”监测, 监测方法及要求参考DB 14/T 1720-2025				

### 5.3 选测项目

选测项目及设备应按表2确定。

表2 监控量测选测项目及设备

序号	监控量测项目	常用量测仪器	测试精度	备注
1	钢架内力及外力	钢筋计	0.1MPa	每代表性地段1-2断面, 每断面3-7对测点
		应变计		
		自动化监测		
2	支护、衬砌内应力	应变计	0.01MPa	每代表性地段1-2断面, 每断面3-7个测点
		自动化监测		
3	围岩压力	压力盒	0.01MPa	每代表性地段1-2断面, 每断面3-7个测点
		自动化监测		
4	两层支护间压力	压力盒	0.01MPa	每代表性地段1-2断面, 每断面3-7个测点
		自动化监测		
5	锚杆轴力	钢筋计	0.01MPa	每代表性地段1-2断面, 每断面3-7孔
		自动化监测		
6	围岩内部位移	单点、多点位移计	0.1mm	每代表性地段1-2断面, 每断面3-7孔
		自动化监测		
7	地表水平位移	全站仪	0.5mm	洞口浅埋偏压段、有可能产生滑移的边仰坡
		自动化监测		
8	爆破振动	爆破测振仪	-	临近建(构)筑物、既有隧道
9	围岩弹性波速度	声波测井仪	-	每代表性地段1-2断面, 每断面3-5孔
10	底板隆起/沉降	水准仪、钢钢尺	0.5mm	宜沿隧道中心线对称布置

序号	监控量测项目	常用量测仪器	测试精度	备注
		全站仪		
		自动化监测		
11	裂缝	裂缝测试仪	长度：0.1m 宽度：0.01mm 深度：0.1mm	运营期监测，每处裂缝
		成像设备		
		游标卡尺、取芯机		
		自动化监测		
12	二次衬砌位移变化	激光测距仪	0.1mm	运营期监测，每代表性地段1-2断面，每断面5-7个测点
		全站仪		
		三维激光扫描仪		
		自动化监测		

5.3.1 软岩大变形隧道除应按表 1 确定必测项目外，还可根据需要进行典型断面开展底板隆起/沉降、两层支护间压力、二次衬砌内力等监测，监测项目可按表 3 选取。

表 3 高地应力软岩大变形隧道监测项目

序号	监控量测项目	变形等级		
		一级	二级	三级
1	钢架内力及外力	○	○	●
2	支护、衬砌内应力	●	●	●
3	围岩压力	○	○	●
4	两层支护间压力	●	●	●
5	锚杆轴力	○	○	●
6	围岩内部位移	○	○	○
7	地表水平位移	○	○	○
8	爆破振动	○	○	○
9	围岩弹性波速度	○	○	○
10	底板隆起/沉降	●	●	●
11	裂缝	○	○	○
12	二次衬砌位移变化	○	○	●

注：●为必选项目，○为可选项目

5.3.2 采空区隧道除应按表 1 确定必测项目外，还应根据需要进行典型断面开展底板隆起/沉降等监测。

5.3.3 黄土隧道必测项目及选测项目参考现行《公路黄土隧道工程监测技术规程》DB 14/T 1720-2025 的规定。

5.3.4 煤系地层隧道应结合瓦斯危险性等级开展监控量测,并应符合现行《铁路瓦斯隧道技术规范》TB10120 的规定

#### 5.4 监测频率

5.4.1 洞内外观察应与施工同步开展,观察内容应包括开挖面、支护结构、洞门及洞口仰坡等,每天不应少于一次。必要时,还应观察影响范围内的建(构)筑物的状态。

5.4.2 必测项目监控量测频率应根据测点埋设天数、距开挖面的距离及位移速度分别按表 4、表 5 和表 6 确定。由三个因素确定的频率不一致时,应采用最高的频率值。

表 4 按距埋设日期确定的监控量测频率

时间	监控量测频率
1d~15d	(1~2)次/d
16d~30d	1次/2d
30d~90d	(1~2)次/周
>90d	(1~3)次/月

表 5 按距开挖面距离确定的监控量测频率

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

表 6 按位移速度确定的监控量测频率

位移速度(mm/d)	监控量测频率
$\geq 5$	(2~3)次/d
1~5	1次/d
0.5~1	1次/(2~3)d
0.2~0.5	1次/3d
<0.2	1次/(3~7)d

5.4.3 出现下列情况时,应加大洞内监控量测频率:

- a) 围岩状态变化或遇到不良地质;
- b) 支护状态明显变化;
- c) 施工关键工序变化;
- d) 监测数据异常或超过预警值。

5.4.4 地表下沉监控量测频率按表 7 的要求确定。

表 7 地表下沉监控量测频率

监测断面距掌子面水平距离L (m)	监控量测频率
(0~2.5)B	(1~2)次/d
(2.5~5)B	1次/2d
>5B	1次/(3~7)d

5.4.5 选测项目监控量测频率参考 JTG/T 3660，并根据设计和施工要求以及信息反馈结果综合确定。

5.4.6 监测作业均应持续到变形基本稳定后 15d~30d 后结束，变形不收敛时，应分析原因，采取加固措施直至变形基本稳定后方可终止。

## 6 监控量测方法及断面布置

### 6.1 一般规定

6.1.1 现场监控量测应根据监控量测实施方案进行测点埋设、量测和数据处理，及时反馈信息，并根据地质条件的变化和施工情况，及时调整监控量测方案，并做好变更记录。

6.1.2 监测断面的布设应符合设计要求，并考虑围岩级别、施工方法及支护参数，并遵循以下原则：

- 洞口、洞身浅埋段、岩性交界带以及地质条件复杂段落，监测断面适当加密；
- 隧道出现塌方、涌水突泥、采空区等异常情况的区段。
- 施工方法出现变化时，应在变化里程前后布置加密监测断面；
- 选测项目量测断面宜与必测项目布置在同一断面，在预设位置开挖后并在后一个开挖工序前埋设，在拱顶、左右拱腰、左右边墙 5 处埋设测点，所有传感器的测量接头均应沿隧道壁敷设后埋入预留接头盒。

6.1.3 测点应及时埋设并读取初始值，初始值的读取应在测点埋设稳定后，至少独立进行 3 次观测，并取其平均值作为初始值。

6.1.4 测点应牢固可靠、易于识别，后视基准点应设置在稳固无变形的地层上，施工过程中，应做好测点、传感器和基准点的保护工作。

6.1.5 监测传感器应进行稳定性检验，检验记录应齐全。

6.1.6 对同一监测项目，宜在基本相同的条件下，采用固定专人、固定仪器、固定方法进行监测。

6.1.7 隧道分部施工时，各分部测线及测点的布置宜根据分部开挖断面变化进行合理调整。

6.1.8 现场监测宜采用自动化监测技术，变形、受力监控量测应将设备稳固地安装在围岩上或衬砌表面，应减少与施工人员和机械的相互干扰，施工单位做好监测设备移机工作，确保变形监测具备通视条件。

6.1.9 隧道自动化监控量测系统宜与隧道主体结构、机电设施同步设计，提前在设计阶段预留洞室，应考虑布置电缆进行供电、布置光纤进行通讯及数据传输。

### 6.2 洞内、外观察

6.2.1 施工过程中应进行洞内、外观察，记录表参见附录 A。

6.2.2 洞内观察应记录掌子面的里程、围岩状况以及开挖工法及工况等，已支护地段应记录喷射混凝土、锚杆、钢架变形和二次衬砌等的工作状态。

6.2.3 洞外观察应记录洞口段和洞身浅埋段地表变形、地表开裂、边（仰）坡稳定状态、植被、水系状况，同时还应对地表建（构）筑物进行观察。

6.2.4 应保留洞内、外观察获取的影像资料。

### 6.3 拱顶下沉监测

6.3.1 拱顶下沉采用水准仪或全站仪进行监测，三车道及以上隧道宜采用全站仪监测。可采用人工监测或自动化监测。

6.3.2 采用全站仪时，测点可采用小棱镜或反射片作为靶标，靶标粘附在预埋件上，宜采用后方交会测量模式，记录高程值并与上次测量测高程值对比即可获得竖向变化值，当需要获得隧道整体三维位移变化量时可记录三个坐标值并与上次测量值对比，监测记录表参见 附录 B。

6.3.3 采用激光测距仪监测时应符合以下规定：

- a) 测距仪的标称精度优于 $\pm 1\text{mm}$ ；
- b) 测距仪固定在基座上，反射端设置反射片或靶标等，进行实测精度符合性检查，并进行 3 次独立观测，且 3 次独立观测较差应小于标称精度的 2 倍；
- c) 观测结果取 3 次独立观测读数的平均值。

6.3.4 拱顶下沉监测断面间距应符合表 8 的规定。

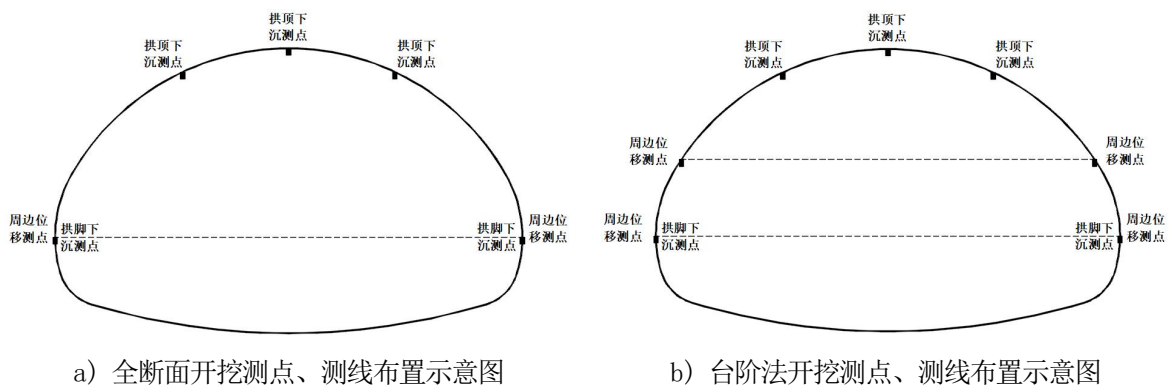
表 8 拱顶下沉监控量测断面间距

围岩级别	断面间距 (m)
V~VI	5~10
IV	10~20
III	20~50
I~II	50~100

注：不良地质和特殊岩土地段应取小值。

6.3.5 拱顶下沉测点布置应符合以下规定：

- a) 双车道及以下隧道，每个量测断面拱顶布置 1~2 个测点，三车道隧道每个量测断面拱顶布置 2~3 个测点，四车道隧道每个量测断面拱顶布置 3 个测点，中间点宜位于拱顶中线上，在拱顶中线两侧 2m~3m 各布置 1 个测点；
- b) 采用分部开挖法时，每开挖分部拱部应至少布置 1 个测点；
- c) 拱顶下沉监测断面测点布置参见图 1。



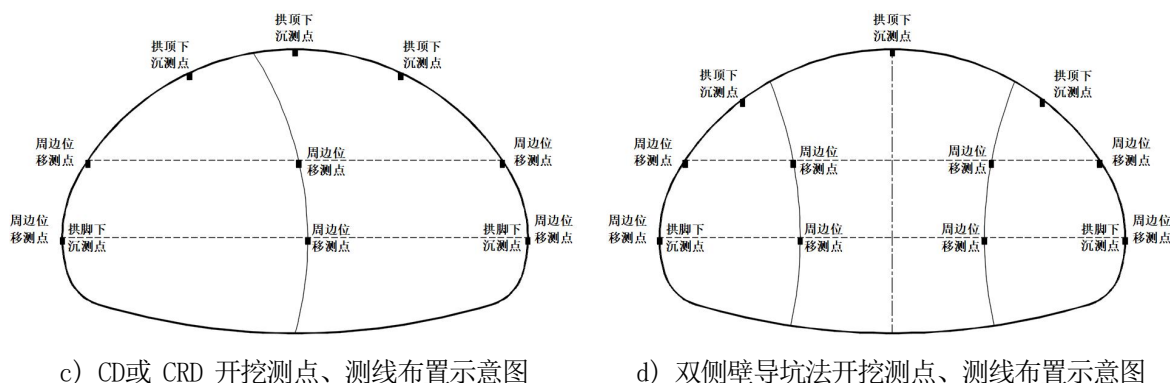


图1 拱顶下沉量测、周边位移量测和拱脚下沉量测的测点布置示意图

#### 6.4 周边位移监测

6.4.1 周边位移采用收敛计或全站仪进行监测，三车道及以上隧道宜采用全站仪监测。可采用人工监测或自动化监测。

6.4.2 采用全站仪监测时应符合以下规定：

- a) 采用固定设站或自由设站，并在测线两端固定小棱镜或设置反射片；
- b) 按盘左、盘右两个盘位观测，监测记录表参见附录 B；
- c) 周边位移量测宜采用自由设站的对边测量模式，需要获得隧道整体三维位移变化量时可采用三维坐标测量。

6.4.3 采用激光测距仪监测时，应符合 6.3.4 的规定。

6.4.4 周边位移测点宜与拱顶下沉测点布置在同一断面，断面间距应符合表 8 的规定。

6.4.5 周边位移以水平测线为主，同一断面测点宜对称布置，测线可按表 9 和图 1 布置。

表 9 周边位移量测测线数

开挖工法	测线布置
全断面法	一条水平测线
台阶法	每台阶一条水平测线
中隔壁法或交叉中隔壁法等分部开挖法	每分部一条水平测线
双侧壁导坑法	每分部一条水平测线

注：偏压隧道或小净距隧道可加设斜测线。

#### 6.5 地表下沉监测

6.5.1 地表下沉监测可采用水准仪或全站仪进行监测，和隧道内周边位移、拱顶下沉测点应布置在同一断面里程，每个隧道沿轴向至少应布置两个量测断面。可采用人工监测或自动化监测。监测记录表参见附录 C。

6.5.2 地表下沉监测可采用相对高程系统。

6.5.3 地表下沉监测网的技术要求应符合 GB 50026 的规定。

6.5.4 隧道洞口及洞身浅埋段应在隧道开挖前布设地表下沉测点。测点纵向间距可按表 10 的要求布置。

表 10 地表下沉断面测点纵向间距

隧道埋深 ( $H_0$ )	断面纵向间距 (m)
$2.5B < H_0$	视情况布设量测断面
$B < H_0 \leq 2.5B$	10~20
$H_0 \leq B$	5~10

注： $H_0$ 为隧道埋深； $B$ 为隧道开挖宽度，下同。

6.5.5 地表下沉测点横向布置应符合以下规定：

- 隧道中线两侧测量范围及测点布置如图 2 所示；
- 间距宜为 (2~5) m，在隧道中线附近测点应适当加密，远离隧道中线的测点间距可逐渐增大，并根据地质条件和环境条件进行调整；隧道中线两侧测量范围应不小于  $2H_0+2H+B$ ，其测点布置如图 2 所示；
- 建(构)筑物对地表下沉有特殊要求时，应根据要求加密测点间距，加宽量测范围；
- 分离式隧道轴线上方应各设一个测点；
- 洞口范围存在变形较大、灵敏性较高的土层时，测量范围应专门研究制定。

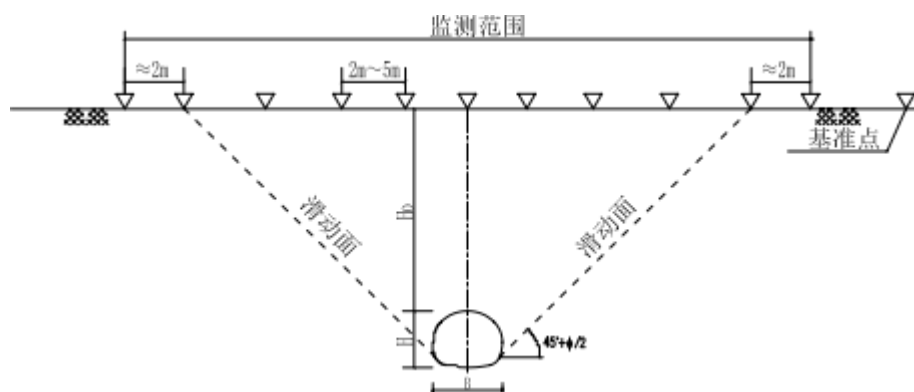


图 2 地表沉降断面横向测点布置示意图

## 6.6 拱脚下沉监测

6.6.1 拱脚下沉采用全站仪进行监测，可采用人工监测或自动化监测。

6.6.2 拱脚位移宜与拱顶下沉测点布置在同一断面，断面间距应符合表 7 的规定，测线可图 1 布置。

## 6.7 结构内力监测

6.7.1 结构内力监测包括钢架内力及外力、初期支护喷射混凝土应力、二次衬砌混凝土应力等，可采用人工监测或自动化监测，监测记录表参见附录 D。

6.7.2 钢架内力及外力监测可采用钢筋计、应变计进行量测，并应符合以下规定：

- 钢筋计、应变计成对安装在钢架的内、外侧；
- 型钢钢架内力量测时，应变计焊接在型钢钢架翼缘位置，应采取相应措施，防止热传导损坏仪器；
- 格栅拱架内力量测时，应采用钢筋计置换截断的主筋，钢筋计直径与主筋直径相匹配。

6.7.3 喷射混凝土应力、二次衬砌混凝土应力监测可采用混凝土应变计进行量测，并应符合以下规定：

- 应变计沿环向受力方向安装；

- b) 喷射混凝土中应变计安装在喷层中间，二次衬砌中应变计安装在同一截面位置混凝土衬砌内、外侧；
- c) 内嵌式应变计宜采用安装基座固定，并被混凝土包裹；外贴式应变计宜采用安装基座固定在混凝土表面。
- 6.7.4 传感器安装过程中应采用降温冷却措施或采用间歇焊接法。
- 6.7.5 选测项目断面选择及测点布置可按表 2 的要求确定，并根据现场需求调整。

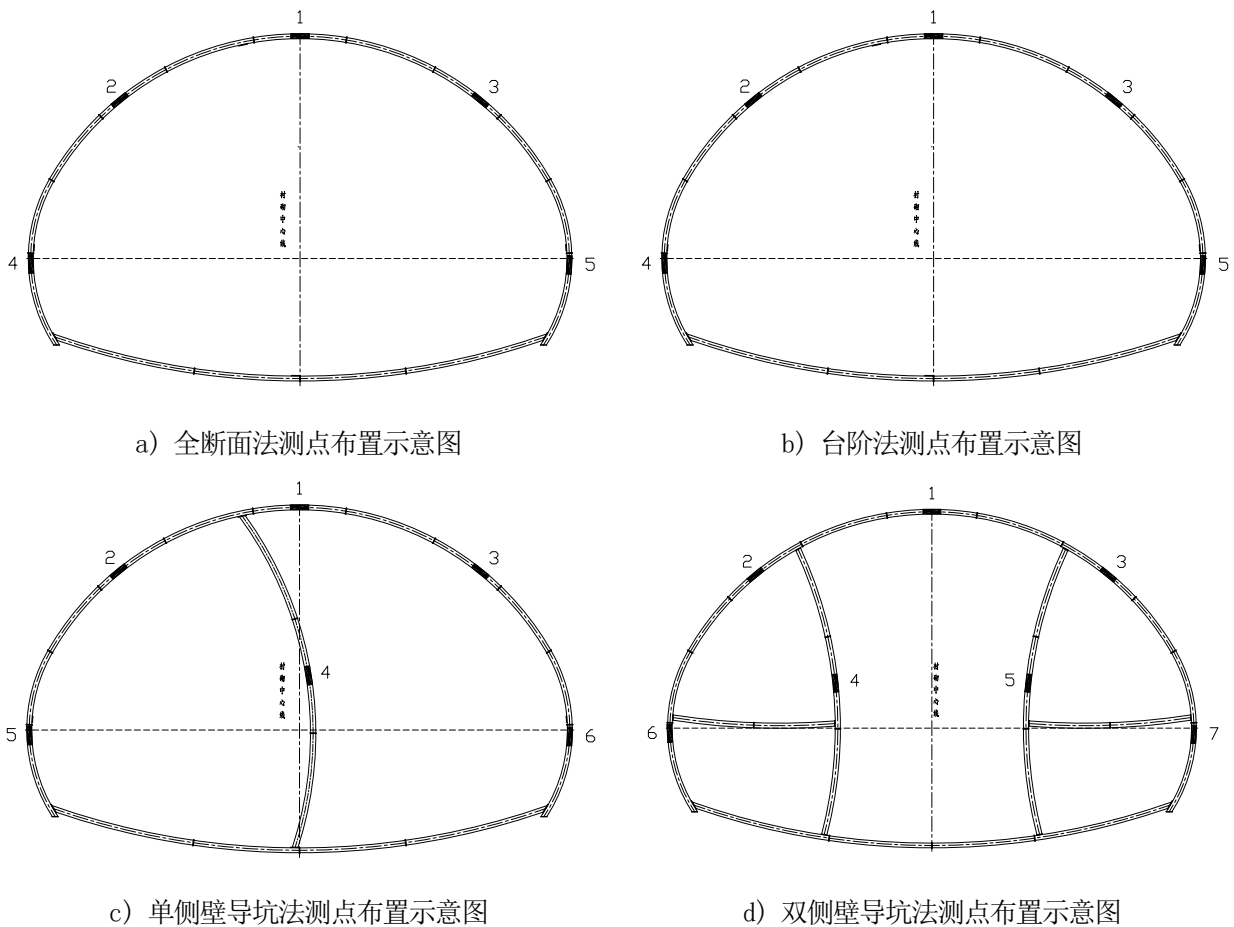


图 3 结构内力监测测点布置示意图

## 6.8 接触压力监测

- 6.8.1 压力量测包括围岩压力、两层支护间压力，可采用人工监测或自动化监测，监测记录表参见附录 E。
- 6.8.2 压力盒的测试量程可根据预测的压力最大值确定，其上限可取设计压力的 2 倍。
- 6.8.3 压力盒埋设时应符合以下规定：
- 受力面垂直于压力方向，平整密贴；
  - 采用钻孔法埋设时，回填应均匀密实。
- 6.8.4 接触压力监测断面及测点布置应符合表 2 的规定。

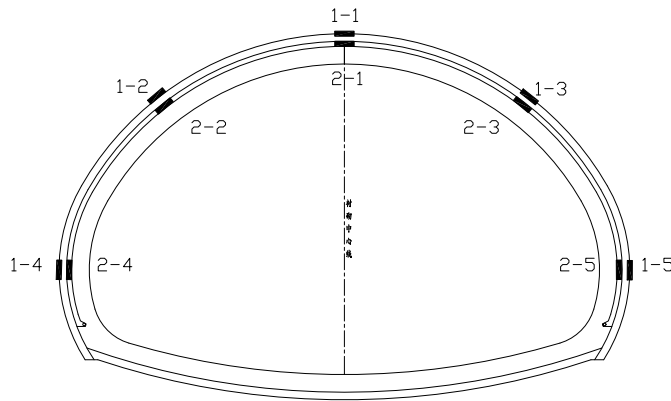


图 4 接触压力监测测点布置示意图

## 6.9 锚杆轴力监测

- 6.9.1 锚杆轴力宜采用钢筋计进行监测，可采用人工监测或自动化监测，监测记录表参见附录 F。
- 6.9.2 锚杆测试传感器的量程宜为设计值的 2 倍。
- 6.9.3 锚杆应在注浆浆液凝固后测取初始值。
- 6.9.4 预应力锚杆可对预应力施加过程进行连续监测。
- 6.9.5 锚杆轴力监测断面及测点布置应符合表 2 的规定。

## 6.10 围岩内部位移监测

- 6.10.1 围岩内部位移可采用单点位移计、多点位移计进行监测，可采用人工监测或自动化监测，监测记录表参见附录 G。
- 6.10.2 洞口及浅埋段可采用地表埋设的方法，并应在洞内开挖影响前布置测点，及时获取初始读数。
- 6.10.3 深埋地段可采用洞内埋设的方法，并尽可能靠近掌子面布置测点，及时获取初始读数。
- 6.10.4 围岩内部位移监测断面布置应符合表 2 的规定。

## 6.11 地表水平位移监测

- 6.11.1 隧道洞口地表水平位移监测宜采用全站仪，也可采用 GNSS 等进行监测，可采用人工监测或自动化监测，监测记录表参见附录 B。
- 6.11.2 地表水平位移监测可采用绝对坐标系统，也可采用相对坐标系统。当采用相对坐标系统时应设置不少于两个基准点，全站仪宜采用固定设站。
- 6.11.3 地表水平位移监测断面间距可按表 2 选择，测点间距宜为 2m~5m。

## 6.12 爆破振动监测

- 6.12.1 爆破振动监测可采用速度或加速度传感器，爆破振动允许振速应符合 GB 6722 和 T/CSEB 0008 的相关规定，监测记录表参见附录 H。
- 6.12.2 振动监测传感器的安装应与被测对象之间刚性粘结，并使传感器的定位方向与所测量的振动方向一致。传感器可采用以下方法固定：

- a) 被测对象为混凝土或坚硬岩石时，宜采用环氧砂浆、环氧树脂胶、石膏或其他高强度粘合剂将传感器固定在混凝土或坚硬岩石表面，也可预埋固定螺栓，将传感器底面与预埋螺栓紧固

相连；

- b) 被测对象为土体时，可先将表面松土夯实，再将传感器直接埋入夯实土体中，并使传感器与土体紧密接触。

6.12.3 仪器安装和连接后应进行监测系统的测试，监测期内整个监测系统应处于良好工作状态。

### 6.13 围岩弹性波速度监测

6.13.1 围岩弹性波速度可采用声波测井仪进行监测，监测记录表参见附录 I。

6.13.2 在隧道断面上确定测试点，根据实际情况确定孔的长度；用清水对孔进行清洗，去掉碎石和粉末，减少对测试的影响。

6.13.3 测试时将圆管状超声波探头置于钻孔内，再充满清水，使探头与围岩有良好的声耦合。

6.13.4 围岩弹性波速度监测断面及测点布置应符合表 2 的规定，钻孔及测点可按图 5 进行布置，并尽可能靠近掌子面，及时获取初始读数。

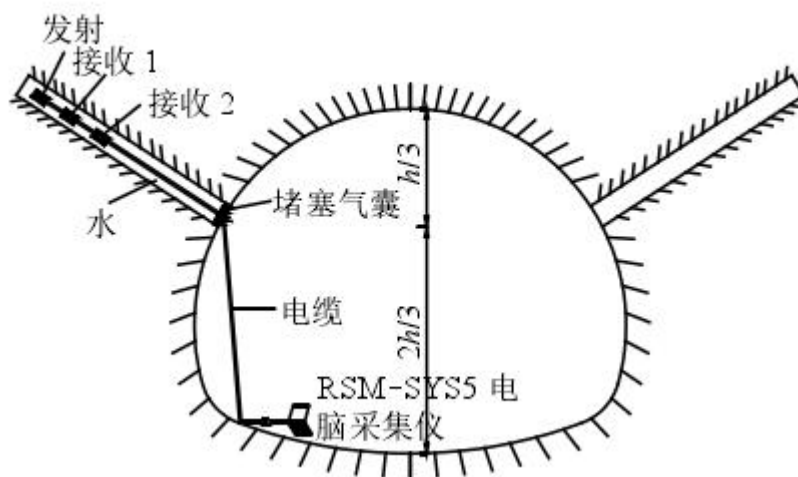


图 5 超声波法单孔测试示意图

### 6.14 底板隆起/沉降

6.14.1 底板隆起/沉降可采用水准仪或全站仪进行监测，可采用人工监测或自动化监测。

6.14.2 纵向布设：沿隧道纵向每（10~20）m 设一监测断面，高风险段（如膨胀岩、富水区）加密至（5~10）m。

6.14.3 横向布设：每个断面至少布置 5 个测点（中线点、两侧边墙底部点、两侧仰拱边缘点），测点布置间距一般为（2~5）m，隧道中线附近加密至 2m，远离中线处放宽至 5m，沿隧道中心线对称布置。

6.14.4 对于深埋隧道或分层开挖段，需在不同开挖层位设置测点，捕捉各层应力释放导致的差异变形（如基底与仰拱分离监测）

6.14.5 基准点应布设在隧道影响区外（距离开挖面 $\geq 3B$ ），采用混凝土桩基固定，定期校核稳定性。

### 6.15 裂缝

6.15.1 裂缝可采用裂缝测试仪、成像设备或游标卡尺、取芯机进行监测，可采用人工监测或自动化监测。

6.15.2 裂缝监测至少应包含裂缝里程桩号、所在位置、走向、长度及宽度等信息，对一些较为宽大裂

缝，或存在渗漏水情况的裂缝，还应量测裂缝深度。

6.15.3 应设置便于量测的裂缝观测标志，至少应在裂缝最宽处、裂缝末端设置3处观测标志，并定期记录，以便监测裂缝的发展情况。

6.15.4 应根据裂缝变化速度确定裂缝监测周期，当裂缝发展较快时应缩短监测周期，加大监测频率，必要时可采用测缝计或其他传感器进行自动化监测。

## 6.16 二次衬砌位移变化

6.16.1 二次衬砌位移变化可采用激光测距仪、三维激光扫描仪或全站仪进行监测，可采用人工监测或自动化监测。

6.16.2 优先布置在地质条件复杂（如断层带、软弱围岩段）、渗漏水严重段、衬砌病害段、覆盖层较薄或荷载变化区（如洞口段）。

6.16.3 每个横断面至少布置5个测点（中线点、两侧边墙底部点、两侧仰拱边缘点），裂缝区域沿裂缝走向增设3~5个附加测点，间距（1~2）m。

## 7 自动化监控量测

7.1 自动化监测方法见表11。

表11 自动化监测方法

序号	监控量测项目	自动化监测方法
1	拱顶下沉	全站仪测量、三维激光扫描
2	周边位移	全站仪测量、三维激光扫描
3	地表下沉	全站仪测量、静力水准仪测量、卫星定位测量
4	拱脚下沉	全站仪测量、静力水准仪测量、三维激光扫描
5	钢架内力及外力	振弦式传感测量（包含应变计、钢筋计等多种类型）
6	支护、衬砌内应力	振弦式传感测量（应变计等）
7	围岩压力	振弦式传感测量（土压力计等）
8	两层支护间压力	振弦式传感测量（土压力计等）
9	锚杆轴力	振弦式传感测量（锚杆应力计、钢筋计等）
10	围岩内部位移	振弦式传感测量（位移计等）
11	地表水平位移	全站仪测量、卫星定位测量
12	底板隆起/沉降	全站仪测量、静力水准仪测量
13	裂缝	振弦式传感测量（测缝计等）
14	二次衬砌位移变化	全站仪测量、三维激光扫描、分布式光纤传感测量

注：除上述自动化监测方法外，还可根据实际监测项目选择合适传感器实现自动化监测，单应符合本章节相关要求。

## 7.2 自动化监控量测系统设计

7.2.1 自动化监控量测系统应包括监测传感器、数据采集设备、网络通信设备、电源、人员定位设备、设备防护装置、监测管理软件等。

7.2.2 自动化监控量程系统设计应包括纳入自动化系统的测点选择原则、接入测点数量、传感器布置原则、设备布置原则、网络拓扑、通信、供电、现场设备防护、自动化设备工程量及技术指标等。

7.2.3 自动化监控量测传感器设备应满足下列要求：

- a) 应能满足监控量测精度与耐久性要求；
- b) 传感器使用寿命宜能兼顾运营阶段正常使用；
- c) 根据需要宜采用具有补偿、校准功能的传感器；
- d) 传感器应符合监控量测系统对灵敏度、动态范围、量程、线性度、重复精度、供电方式、功率消耗、IP 防护等级、寿命等要求。

7.2.4 自动化监控量测数据采集设备应满足下列技术要求：

- a) 应具备实现各类传感器信号的自动化采集、原始数据本地存储功能，并将数据通过可靠的通信网络发送至数据处理与管理软件；
- b) 应具备掉电保护、自启动及故障自诊断功能，内部硬件故障时自动上报；
- c) 应具有灵活的兼容性和可扩展性；
- d) 应采用低功耗软/硬件设计技术，以满足电池供电续航要求；
- e) 宜配置电子设备唯一识别码，采集到的监控量测数据应稳定可靠地传输到数据处理与管理软件，宜采用消息认证、时间戳、数字签名等技术保证数据的完整性、安全性、鲁棒性；
- f) 应支持位移类、应力类、环境类传感器的接入，并应符合下列规定：
  - 1) 数字信号应根据传输距离、传输带宽和传输速率宜选用基于 RS485、CAN、Modbus TCP/UDP 等接口的数字信号；
  - 2) 模拟信号宜选用 4mA~20mA 或 -5V~5V 等标准工业信号；采集模数转换分辨率应满足传感器分辨率和监控量测要求，不宜低于 16 位；
  - 3) 电阻应变传感器的电信号应进行光电隔离，以增强抗干扰能力；电荷信号应选用电荷放大器进行信号调理和采集；
  - 4) 振弦式应变计应选用匹配的频率仪，频率仪的测量范围不应小于 400Hz~4kHz，分辨率不应大于 0.5Hz；
  - 5) 光纤光栅信号采集应选用光纤光栅解调仪，解调仪具有温度补偿功能。
- g) 应具有为外部传感器提供工作电源的输出接口，输出电压和电流应满足外接传感器的功率需求，接口电路应考虑过流保护、过压保护、短路保护、浪涌保护等措施。

7.2.5 自动化监控量测数据存储应满足下列技术要求：

- a) 自动化监控量测数据采集设备应具备原始数据本地存储功能，网络故障情况下将数据存储于本地采集站，网络恢复后续传数据；
- b) 应具备不小于 90 天的原始数据存储空间，可采用循环更新存储方式，存储介质宜采用基于闪存（flash）技术的非易失性存储器。

7.2.6 自动化监控量测数据传输应满足下列技术要求：

- a) 监控量测系统的数据传输主要包括有线通信、无线通信、混合通信传输方式；
- b) 数据采集设备与传感器间的数据传输应采用有线通信方式，数据采集设备与远程监控中心间的数据传输宜采用无线通信方式；
- c) 数据采集设备宜集成数据通信模块；
- d) 采用无线通信时，应根据施工现场网络情况、成本、带宽、频率等要求，选择合适的无线通信方式，应优先使用隧道内既有的运营商无线通信网络；
- e) 采用自组网无线传输方式时，应满足下列要求：

- 1) 应根据信号带宽、衰减情况、传输距离和实时传输要求，在隧道内的适当位置加装中继、转发等装置，保证数据传输的稳定性、安全性和实时性；
- 2) 无线传输系统的功率和频率应符合国家无线电管理委员会的有关规定；
- 3) 无线传输网络应具有数据密钥管理功能，以保障数据传输的安全性；数据传输设备应高效、可靠、稳定的长时间运行，平均故障间隔时间应不小于 30000h，数据丢包率不应大于 1%。

#### 7.2.7 自动化监控量测现场设备供电应满足下列要求：

- a) 宜采用电网交流供电和电池供电相结合的方式；
- b) 隧道二衬施工已完成的区域，可采用交流供电或电池供电，掌子面至二衬之间的区域宜采用电池供电；
- c) 采用交流供电时，其耐压范围、电磁兼容耐扰度、绝缘阻抗应满足现行国家/行业设备标准，
- d) 采用电池供电时，应采用免维护蓄电池（组），蓄电池容量应根据监控量测频率、传感器类型、采集箱内部空间尺寸等综合考虑。

#### 7.2.8 自动化监控量测现场设备防护应满足下列要求：

- a) 设备应满足施工现场承受爆破冲击、施工机具撞击、高度潮湿、高浓粉尘等恶劣运行环境的防护需求；
- b) 现场设备箱 IP 防护等级不应低于 GB/T-4208-2017 中规定的 IP65 等级；
- c) 设备布设位置宜安装醒目的标志牌或警示设施，以降低设备损毁风险；
- d) 设备应具有短路保护、过流保护、过压保护和脉冲浪涌保护等电气保护措施；
- e) 采用电池供电时，电池（组）应采用隔爆（Exd）壳体保护，隔爆壳体应满足 GB/T 3836-2021 规范相关技术要求；
- f) 隧道瓦斯区域实施自动化监控量测时，应采用具有本安认证的一体化设备。

#### 7.2.9 人员定位系统应满足下列技术要求：

- a) 应能实时获取进入隧道作业区内的人员位置信息；
- b) 应包含持卡人员个人基本信息，主要包括卡号、姓名、身份证号、出生年月、职务或工种、所在部门或区队班组；
- c) 应包含持卡人员工作统计信息，主要包括工作地点、月入隧道次数、时间等；
- d) 应包含持卡工作异常人员基本信息及分布，并报警；统计重点区域持卡人员基本信息及分布；
- e) 按部门、区域、时间、分站（读卡器）、人员等分类信息查询功能；
- f) 各种信息存储、显示、统计、声光报警、打印等功能。

### 7.3 系统软件设计要求

#### 7.3.1 自动化监控量测系统系统软件设计应遵循以下原则：

- a) 软件系统的构建应包括数据库设计、业务功能设计、系统底层逻辑设计等实现；
- b) 软件系统数据库应满足种类繁多、复杂的监控量测数据提供集中存储的功能需求，并且存储的各类监控量测数据可以直接或间接为监控量测系统提供数据分析及决策依据；
- c) 系统软件业务功能应采用模块化设计，各模块的功能宜相对独立，以便调试和后期维护。

#### 7.3.2 自动化监控量测系统软件业务功能应采用模块化设计，各模块的功能宜相对独立，以便调试和后期维护。

#### 7.3.3 自动化监控量测系统软件业务功能应具备以下功能：

- a) 自动化实现数据采集、传输和存储功能；

- b) 提供监控量测数据管理后台，为人工提供数据管理服务功能；
- c) 数据显示、回放和统计功能；
- d) 系统报警和预警功能；
- e) 图表化数据分析与处理功能；
- f) 运行状态自检功能；
- g) 宜具备自动生成监控量测报表功能；
- h) 掉电保护功能（掉电运行时间不小于 3 小时）；
- i) 防雷功能（防雷电感应不小于 500W）；
- j) 自检自诊功能；
- k) 数据异常报警功能等。

7.3.4 自动化监控量测系统软件的时钟每月最大计时误差不超过 5s。

7.3.5 自动化监控量测系统软件在试运行期间的可靠性应满足下列要求：

- a) 系统每月平均无故障工作时间应大于每月总时长的 95%，统计时宜排除网电等外部因素影响；
- b) 系统自动采集数据日均数据缺失率应不大于 5%，且应满足设备的监控量测频率。

7.3.6 自动化监控量测系统软件在试运行期间的稳定性应满足下列要求：

- a) 在监控量测点与人工测试点相同或邻近条件下，系统自动采集数据与相应时间人工测试数据的规律一致，变化幅值接近；
- b) 监控量测数据具有较好的周期性，无明显的系统性偏移。

## 7.4 自动化监控量测系统运行与维护

### 7.4.1 一般规定

- a) 监控量测运行工作的内容主要包括数据采集、存储和管理以及系统管理和维护；
- b) 数据采集可选用连续采集、定时采集、触发采集等方式，采集频率应满足实时报警、数据分析及应用的要求；
- c) 系统数据采集与传输应确保数据精度、不失真，满足监控量测要求；
- d) 系统在无人值守条件下能够连续运行，并满足长期稳定工作的要求。在特殊状态下应进行特殊采集或人工干预采集；
- e) 系统运行过程发现数据异常时，应及时进行人工复测验证，同时巡视检查相关位置的支护结构变化、施工情况和环境影响情况，并分析处理；
- f) 实施自动化监测的项目，在满足人工监测的条件下，应定期进行人工比测及校核。

### 7.4.2 系统运行

- a) 系统运行应按照规定的时间、频次、技术要求进行，并根据工程特点和实际运行情况，进行加密监测和调整；
- b) b 数据采集应符合下列规定：
  - 1) 数据采集、传输设备应与相应传感器参数应匹配；
  - 2) 数据采集与传输信号不应与其他通讯相互干扰；
  - 3) 采集频率应满足监测要求，传感器可视具体情况选择相同或不同采集时间间隔；
  - 4) 当需进行相关性分析时，数据应同步采集。
- c) 数据集成接口应符合下列要求：
  - 1) 数据集成应采用标准化的数据接口，实现各类型监测数据的共享交换；

- 2) 数据接口应采用数据字符串、数据集合包及数据标准文件等方式进行;
- 3) 数据集成接口应具有扩展性,能兼容各类数据。
- d) 数据存储应符合下列要求:
  - 1) 数据应采用数据库存储,以隧道为存储单元;
  - 2) 数据库宜采用开源关系型数据库,以分布式架构进行集约化存储;
  - 3) 数据库存储宜分级分类管理;
  - 4) 数据库元数据宜包括组织架构信息、用户权限、平台功能、项目总体信息等。
  - 5) 数据应加密后存储在采集设备与数据中心;
  - 6) 数据存储应具备数据自动备份与异常恢复功能。
- e) 标准数据集划分应符合下列要求:
  - 1) 标准监测数据格式可分为荷载类、响应类、环境类;
  - 2) 荷载类及环境类监测数据格式为:测点名、时间、观测量,响应类监测数据格式还应增加监测成果。
- f) 数据管理应符合下列要求:
  - 1) 记录的数据、文字及图表应真实、准确、清晰、完整,不得随意涂改,确保数据的有效性和可靠性;
  - 2) 发现数据异常应及时进行检查和复核;
  - 3) 针对地质灾害与安全事故等特殊状态,原始数据应具有可追溯性;
  - 4) 数据宜每3个月进行一次备份;
  - 5) 每半年宜对接入自动化系统的部分或全部测点进行人工比测。

#### 7.4.3 系统维护

- a) 系统运行阶段应进行监测设施的定期检查、鉴定和维护,并建立仪器仪表维护档案;
- b) 监测设施及其标识牌等应根据自身特点和使用环境采取必要的防护措施;
- c) 自动化监控量测系统监测分站、监测管理中心的工作环境应利于仪器设备、自动化监测系统的正常运行与维护管理;
- d) 自动化监控量测系统软件平台操作应设定管理权限,定期对系统进行检查维护,并记录、存档,检查周期不应超过30天;
- e) e) 系统设施设备应设置保护措施,避免受爆破、温湿度及干扰源(电源、电磁)等环境因素的影响并防止损坏;
- f) 系统管理人员应定期查看软件运行界面,及时查看系统越限报警信息和故障日志,测值出现异常时应进行复测、确认,并进行记录和说明原因;
- g) 定期查看设备运行状态,及时对故障设备进行修复;
- h) 每五年宜对自动采集设备电池进行1次更换;
- i) 监测仪器封存停测或报废应符合下列规定:
  - 1) 短期及长期监测设备经确认完成任务的可以封存停测,损坏失效的可报废;
  - 2) 封存的仪器设备应进行保护,必要时重新启用;
  - 3) 封存、报废仪器的各种相关资料应整理归档。
- j) 系统更新改造应符合下列规定:
  - 1) 损坏或失效的永久监测仪器设备应及时修复或更换;
  - 2) 当前监测系统不能满足隧道安全监控要求时,应进行更新改造;

3) 监测系统的更新改造应满足监测数据的连续性要求。

## 8 监控量测控制指标及预警管理

### 8.1 一般规定

8.1.1 监控量测项目控制指标应根据地质条件、隧道施工安全性、隧道结构的长期稳定性，以及周围建(构)筑物特点和重要性等因素制定。

8.1.2 监控量测应建立预警管理制度，包括监测预警等级、预警标准、警情报送对象、时间和方式等。

8.1.3 监控量测预警等级和预警标准应根据工程特点、监测项目控制基准、施工经验等综合确定。

### 8.2 控制指标

8.2.1 隧道周边位移、拱顶下沉、拱脚位移等变形控制基准应根据设计要求确定，当设计未明确给定时，可参考表 12 选用，并在施工过程中通过现场实测数据的积累进行修正。

表 12 隧道变形控制指标及预警等级

预警等级	累计位移 (mm)	位移速率 (mm/d)
黄色预警	$U_0/3 < U \leq 3U_0/5$	$3 < V \leq 5$
橙色预警	$3U_0/5 < U \leq 2U_0/3$	$5 < V \leq 10$
红色预警	$U > 2U_0/3$	$V > 10$

注：U 为实测位移值； $U_0$  为允许位移值；V 为实测位移速率。

8.2.2 地表下沉及水平位移控制基准应符合以下规定：

- 隧道开挖影响范围内存在建(构)筑物时，地表下沉控制基准根据周围建(构)筑物的安全要求确定；
- 水平及竖向位移控制基准可按累计位移 20mm，以及速率连续 3d 大于 2mm/d 确定。

8.2.3 隧道结构内力、接触压力、锚杆轴力等受力控制基准应根据设计要求确定，当设计未明确给定时，可参考表 13 选用，并在施工过程中通过现场实测数据的积累进行修正。

表 13 隧道受力控制指标及预警级别

预警等级	黄色预警	橙色预警	红色预警
控制指标	$0.4F_0 \leq F < 0.6F_0$	$0.6 \leq F < 0.8F_0$	$F \geq 0.8F_0$

注：F—实测值； $F_0$ —允许值。

8.2.4 爆破振动控制基准应符合表 14 的规定。

表 14 爆破振动安全允许振速

序号	保护对象类别	安全允许振速 V (cm/s)		
		f ≤ 10Hz	10Hz < f ≤ 50Hz	f > 50Hz
1	土窑洞、土坯房、毛石房屋	0.15~0.45	0.45~0.9	0.9~1.5

序号	保护对象类别	安全允许振速V (cm/s)		
		f≤10Hz	10Hz<f≤50Hz	f>50Hz
2	一般民用建筑物	1.5~2.0	2.0~2.5	2.5~3.0
3	工业和商用建筑物	2.5~3.5	3.5~4.5	4.2~5.0
4	一般古建筑与古迹	0.1~0.2	0.2~0.3	0.3~0.5
5	运行中的水电站及发电厂中心控制室设备	0.5~0.6	0.6~0.7	0.7~0.9
6	水工隧洞	7~8	8~10	10~15
7	交通隧道	10~12	12~15	15~20
8	矿山巷道	15~18	18~25	20~30
9	永久性岩石高边坡	5~9	8~12	10~15
10	新浇大体积混凝土			
	龄期：初凝~3d	1.5~2.0	2.0~2.5	2.5~3.0
	龄期：3d~7d	3.0~4.0	4.0~5.0	5.0~7.0
	龄期：7d~28d	7.0~8.0	8.0~10.0	10.0~12.0

注：表列频率为主振频率，频率范围可根据类似工程或现场实测波形确定，亦可参考下列数据选取：洞室爆破<20Hz；地下深孔爆破30Hz~100Hz；地下浅孔爆破60Hz~300Hz。

### 8.3 预警管理

8.3.1 监控量测数据处理分析结果可用于围岩稳定性评价和预警管理，根据结果判断稳定性和安全性，并给出应对措施建议。

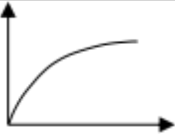
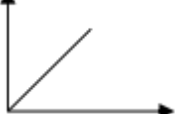
8.3.2 位移监控量测结果预警等级及应对措施应符合表 15 的要求。

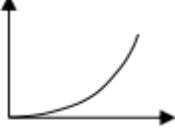
表 15 位移监控量测结果预警等级及应对措施

预警等级	判别标准	应对措施
黄色	位移或受力速率变化保持基本不变，变形或受力曲线呈线性增长	加强监控量测，必要时采取相应工程措施
橙色	变形或受力速率逐步加速，变形或受力曲线逐步上扬，无收敛迹象	加强监控量测和洞内巡查，采取应急工程措施
红色	变形或受力异常加速，变形或受力曲线急剧上扬，无收敛迹象	暂停施工，人员撤离，立即采取相应工程措施

8.3.3 典型变形时态曲线与围岩稳定性趋势关系宜按表 16 判断。

表 16 变形时态曲线与围岩稳定性趋势关系

时态曲线形态	变形加速度	围岩稳定状态及趋势
	$\frac{d^2u}{dt^2} < 0$	基本稳定 趋于收敛
	$\frac{d^2u}{dt^2} = 0$	变化发展 线性增长

	$\frac{d^2u}{dt^2} > 0$	变形异常加速 坍塌预警
注：根据时态曲线判别围岩稳定性趋势时，应结合施工工序综合分析。		

## 9 监控量测数据分析及信息反馈

### 9.1 数据分析

9.1.1 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，每次观测后应及时对观测数据进行校核，如有异常应及时补测。

9.1.2 监控量测数据的分析应包括以下主要内容：

- 采用有效的数学模型预测变形值，与累计变形量控制基准值比较，计算变形速率并与变形速率控制基准值进行比较，绘制时态曲线，判断时程曲线发展态势所处发展阶段；
- 对支护及围岩状态、工法、工序进行评价，及时反馈评价结论，并提出相应工程对策建议。

### 9.2 信息反馈

9.2.1 信息反馈应以变形反馈为主，主要依据累计变形量、变形速率和变形时程曲线对安全等级进行综合判定，验证和优化设计参数，指导施工。

9.2.2 接触压力、结构内力等项目监测值反馈可指导施工，调整设计参数。

9.2.3 监控量测单位派专人负责信息管理工作，确保信息传递渠道通畅、反馈及时有效。

9.2.4 信息反馈应符合下列要求：

- 每天根据监控量测数据及时进行分析，发现监测数据超预警值，应分析原因并提交报告，日报应在当日监测工作完成后 12h 内报送，预警信息应在发现警情后 2h 内报送；
- 按周、月进行阶段分析，总结监控量测数据的变化规律，对施工情况进行评价，提交阶段分析报告，指导后续设计与施工。

9.2.5 监控量测信息反馈可按图 6 规定的程序进行。

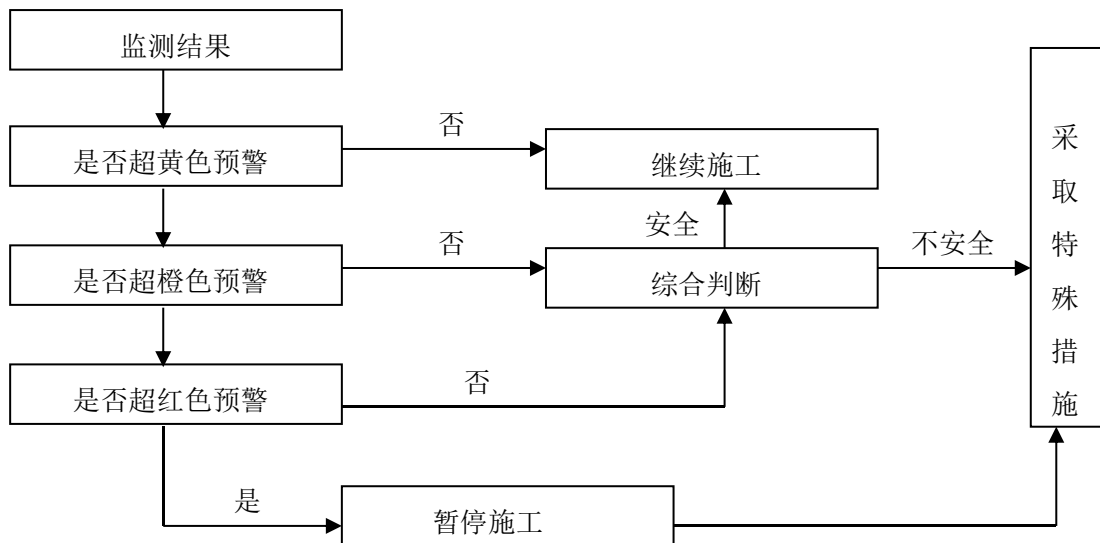


图 6 监控量测反馈程序框图

## 10 监控量测成果资料

10.1.1 监测成果应包括现场监测资料、计算分析资料、照片、文字报告、原始记录等。

10.1.2 监测报告可分为日报、预警报告、阶段性报告和总结报告。

10.1.3 监测日报宜包括下列内容：

- a) 现场巡查情况；
- b) 监测数据。

10.1.4 预警报告宜包括下列内容：

- a) 警情发生的时间、地点、情况描述、严重程度、施工工况等；
- b) 现场巡查信息：巡查照片、记录等；
- c) 监测数据图表：监测项目累计变化值、变化速率值、监测点平面位置图；
- d) 原因初步分析；
- e) 处理措施建议。

10.1.5 阶段报告（周报、月报）宜包括下列内容：

- a) 工程概况；
- b) 工作量统计及工程进度；
- c) 技术依据；
- d) 实施方法；
- e) 主要设备；
- f) 监测结果；
- g) 结论与建议；
- h) 时程曲线图。

10.1.6 监控量测总结报告应包括以下内容：

- a) 工程概况；
- b) 工作量统计；
- c) 技术依据；
- d) 实施方法；
- e) 主要设备；
- f) 监测工作汇总；
- g) 工程总结；
- h) 时程曲线图

附 录 A  
(资料性)  
隧道洞内外观察记录表

第 页 共 页

工程名称						检测日期		
检测项目						试验环境		
检测依据/方法						主要检测仪器		
工程名称	施工里程					距洞口距离(m)	评 定	
岩性指标	岩石类型(名称)						极硬岩 ( )	
	岩石强度 $R_c$ (MPa)	$R_c > 60$	$60 \geq R_c > 30$	$30 \geq R_c > 15$	$15 \geq R_c > 5$	$R_c \leq 5$	硬岩 ( )	
	掌子面状态	稳定	稳定	随时间松弛、掉块	自稳困难 需及时支护	正面不能 自稳、需超前支护	较软岩 ( ) 软岩 ( ) 极软岩 ( ) 土 ( )	
岩体完整状态	地质构造影响程度		轻微	较重	严重	极严重	完整 ( ) 较完整 ( ) 较破碎 ( ) 破碎 ( ) 极破碎 ( )	
	地质结构面	间距(m)	>1.5	0.6~1.5	0.2~0.6	0.06~0.2		<0.06
		延伸性	极差	差	中等	好		极好
		粗糙度	明显台阶状	粗糙	波纹状	平整光滑 有擦痕		平整光滑
		张开性(mm)	密闭 <0.1	部分张开 0.1~0.5	张开 0.5~1.0	无充填 张开>1.0		黏土充填
风化程度		未风化	微风化	弱风化	强风化	全风化		
地下水状态	渗水量 $L/(\text{min} \cdot 10\text{m})$	<10 干燥或湿润		10~25 偶有渗水	25~15 经常渗水		干燥或湿润	
							偶有渗水	
							经常渗水	
围岩级别	设计围岩级别			建议围岩级别				
已施工区间观察	喷射混凝土裂缝情况	数量		长度	宽度			
	钢拱架有无压屈	无压屈		有压屈	位置			
洞外观察	地表的变异、开裂的分布等							
	植被状况							
	水系状况							
附图及备注								

量测:

记录:

校核:

附录 B  
(资料性)

隧道拱顶(拱脚)下沉监测记录表

第 页 共 页

工程名称				断面桩号		
试验环境				布设日期		
检测依据				检测仪器及编号		
测量日期	测点			测点累计下沉量 (mm)		
备注				测点布置图		

量测:

记录:

校核:

附录 C  
(资料性)  
隧道周边位移监测记录表

第 页 共 页

工程名称				断面桩号		
试验环境				布设日期		
检测依据				检测仪器及编号		
测量日期	测线长度			测线累计收敛量 (mm)		
备注				测线布置图		

量测:

记录:

校核:



附 录 E  
(资料性)  
隧道结构内力监测记录表

第 页 共 页

隧道名称			断面里程			埋设日期			初读日期		
检测依据			试验环境			仪器及编号					
测点											
日期	频率值	内力 (MPa)	频率值	内力 (MPa)	频率值	内力 (MPa)	频率值	内力 (MPa)	频率值	内力 (MPa)	
备注						测点示意图					

量测:

记录:

校核:

附录 F  
(资料性)  
隧道接触压力监测记录表

第 页 共 页

隧道名称		断面 里程		埋设 日期		初读 日期					
检测依据		试验 环境		仪器及编号							
测点											
日期	频率 值	压力 (MPa)	频率 值	压力 (MPa)	频率 值	压力 (MPa)	频率 值	压力 (MPa)	频率 值	压力 (MPa)	
备注						测点 示意图					

量测:

记录:

校核:

附录 G  
(资料性)  
隧道锚杆轴力监测记录表

第 页 共 页

隧道名称			断面里 程			埋设 日期			初读日期		
检测依据			试验 环境			仪器及编号					
测点											
日期	频率值	压力 (MPa)	频率值	压力 (MPa)	频率 值	压力 (MPa)	频率 值	压力 (MPa)	频率 值	压力 (MPa)	
备注						测点 示意图					

量测:

记录:

校核:



附录 I  
(资料性)  
隧道围岩内部位移监测记录表

第 页 共 页

监测单位:		施工单位:			监理单位:		
隧道名称		测点桩号		温度		埋设日期	
测孔编号	测点编号	量测时间	仪器系数	初始读数	当前读数	位移(mm)	备注
	1						
	2						
	3						
	4						
	5						
	1						
	2						
	3						
	4						
	5						
	1						
	2						
	3						
	4						
	5						
	1						
	2						
	3						
	4						
	5						

量测:

记录:

校核:



附录 K  
(资料性)  
隧道围岩松动圈监测记录表

第 页 共 页

监测单位:		施工单位:			监理单位:		
隧道名称				温度		量测日期	
测孔桩号	测孔编号	量测时间	钻孔深度(m)	倾斜角度(°)	声波测试深度(m)	测试方法	备注
	1						
	2						
	3						
	4						
	5						
	1						
	2						
	3						
	4						
	5						
	1						
	2						
	3						
	4						
	5						
	1						
	2						
	3						
	4						
	5						

量测:

记录:

校核: