

# DB14

山 西 省 地 方 标 准

DB 14/T 1720—2018

---

## 黄土公路隧道工程监测技术规程

Technical Specification for Monitoring of Highway Tunnel in Loess Region

2018 - 10 - 01 发布

2018 - 12 - 01 实施

---

山西省质量技术监督局

发布



## 目 次

前言 .....	II
1 范围 .....	1
2 规范性引用文件 .....	1
3 术语和定义 .....	1
4 基本规定 .....	3
5 监控量测技术要求 .....	3
6 监控量测方法 .....	11
7 监测数据处理与反馈 .....	12
8 监测成果资料 .....	15
附录 A（规范性附录） 黄土隧道洞内、外观察记录表 .....	16
附录 B（规范性附录） 黄土隧道周边收敛量测记录表 .....	17
附录 C（规范性附录） 黄土隧道拱顶下沉、底板隆起、拱脚下沉量测记录表 .....	18
附录 D（规范性附录） 黄土隧道地表下沉量测记录表 .....	19
附录 E（规范性附录） 黄土隧道接触压力量测记录表 .....	21
附录 F（规范性附录） 黄土隧道混凝土应力、钢架内力、锚杆轴力量测记录表 .....	23
附录 G（规范性附录） 黄土隧道围岩含水量量测记录表 .....	25
附录 H（规范性附录） 黄土隧道地下水水质监测记录表 .....	26
附录 I（规范性附录） 黄土隧道支护结构裂缝量测记录表 .....	27
附录 J（规范性附录） 运营黄土隧道有害气体浓度监测记录表 .....	28

## 前 言

本标准按照 GB/T 1.1-2009《标准化工作导则第 1 部分：标准的结构和编写》的规则起草。

本标准由山西省交通运输厅提出并归口。

本标准起草单位：山西省交通科学研究院、黄土地区公路建设与养护技术交通行业重点实验室、岩土与地下工程山西省重点实验室。

本标准主要起草人：张军、薛晓辉、刘少文、孙志杰、郭震山、姚广、周亚军、张川川、于同生、宿钟鸣、张蕾、赵建斌、马林、高一杰、董立山、员康锋、朱晓斌、赵紫阳、景鹏翔、王闫超、杨烜宇、马聪慧。

# 黄土公路隧道工程监测技术规程

## 1 范围

本标准规定了黄土公路隧道监控量测的技术要求、监控量测方法、数据处理与反馈、成果资料。本标准适用于山西省内在建、运营的黄土公路隧道工程监测，其他土质隧道工程可参照执行。

## 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。

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 50007 建筑地基基础设计规范
- GB 50025 湿陷性黄土地区建筑规范
- GB 50026 工程测量规范
- GB 50086 岩土锚杆与喷射混凝土支护工程技术规范
- GB 50497 建筑基坑工程监测技术规范
- JTG D70 公路隧道设计规范
- JTG/T D70 公路隧道设计细则
- JTG F60 公路隧道施工技术规范
- JTG F80/1 公路工程质量检验评定标准
- JTG/T D70/2-01 公路隧道照明设计细则
- JTG/T D70/2-02 公路隧道通风设计细则
- JTG H12 公路隧道养护技术规范
- TB 10121 铁路隧道监控量测技术规程
- DB14/T 721 公路隧道衬砌质量无损检测技术规程

## 3 术语和定义

### 3.1

#### 监控量测

公路隧道施工及运营过程中对地表、围岩、支护结构的受力及变形情况及周边环境的变形情况进行观察和量测工作。

### 3.2

#### 必测项目

为保证隧道周边环境和围岩的稳定以及施工运营安全，同时反映设计、施工、运营状态而必须开展的监控量测项目。

### 3.3

#### 选测项目

为满足隧道设计、施工、运营的特殊需要，由设计文件规定的在特殊地质地段进行的监控量测项目。

### 3.4

#### 周边收敛

隧道周边上两测点间距离的变化，变化量称为收敛值。

### 3.5

#### 拱顶下沉

隧道拱顶监测点的绝对沉降。

### 3.6

#### 地表沉降

隧道施工扰动地层而引起地表下沉或隆起。

### 3.7

#### 测点

设置在被监测体上，能准确反映其变形、位移、应力、应变等特征的测量用固定标志物。

### 3.8

#### 测线

设置在隧道洞周壁上的两测点之间的连线。

### 3.9

#### 允许位移值

为保证隧道工程施工、运营安全所设定的监测对象位移值的限值。

### 3.10

#### 底板隆起

隧道开挖后因围岩性质、围岩应力、水理作用和支持强度等因素引起的隧道底板向上隆起的现象。

### 3.11

#### 分布式光纤监测

利用光纤作为传感敏感元件和传输信号介质，测试出沿着光纤不同位置的温度和应变的监测手段。

## 4 基本规定

4.1 监控量测的管理应科学合理，设计单位应进行监测设计，施工单位应编制监测方案并实施，工程竣工后应将监测资料整理归档并纳入竣工文件中。

4.2 监控量测的目的主要有以下四点：

- a) 掌握围岩、支护结构、周边环境的动态信息，确保施工、运营安全及结构的稳定性；
- b) 验证支护结构效果，确认支护参数和施工方法的合理性，为调整支护参数和施工方法提供依据；
- c) 指导施工工序衔接，确定二次衬砌施作时机；
- d) 积累量测数据，为隧道设计、施工、运营、养护提供借鉴。

4.3 公路隧道监测前应根据隧道工点特点编制相应监测方案，其主要内容有：

- a) 工程概况；
- b) 组织机构及人员、设备；
- c) 监控量测项目；
- d) 监控量测测点、断面布置情况，监测频率及允许位移值；
- e) 监测具体实施方法；
- f) 数据处理及反馈方法；
- g) 监测结论及建议。

4.4 监控量测实施方案应经建设单位批准后实施，并视工点实际情况进行调整。

4.5 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。

4.6 监控量测单位应建立严格的数据复核、审查制度，保证数据的准确性；如有监测数据的缺失或异常，应及时采取补救措施，并做详细记录；同时，建立详实的监测资料台账制度，对监测成果资料进行严格管理，监测记录表见附录 A~J。

4.7 监控量测单位应按监测实施方案提交相应成果报告。

## 5 监控量测技术要求

### 5.1 监测项目

5.1.1 监测项目分为必测项目和选测项目。必测项目的技术要求见表 1，选测项目的技术要求见表 2。

5.1.2 隧道洞内环境监测项目及其技术要求见表 3。

5.1.3 隧道监测项目可根据隧道工点实际情况进行调整，调整方案应经批准后执行。

### 5.2 测点、测线与监测断面

5.2.1 量测项目和断面的选择以及测点布置应综合考虑黄土特性、围岩变化、施工方法及支护参数的变化。监测断面位置的选取遵循以下基本原则：

- a) 在围岩的不同分级过渡区域，应至少布置一个监测断面，见表 4；
- b) 地质条件复杂段落，应布置监测断面；
- c) 隧道洞口、浅埋、偏压区段，宜适当增加监测断面；
- d) 对于隧道主洞与人行横洞、车行横洞交叉口、加宽段、特殊结构型式隧道（如大断面、小净距、连拱）、下穿铁路、公路及建构物、斜井、竖井井口、风机房等情况，宜适当增加监测断面；
- e) 当施工方案出现变更时，变更段落应布置监测断面；

- f) 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，断面数量可根据工程规模确定，但每段不应少于 2 个；尤其是当隧道出现突水突泥事故时，还应进行涌水量监测。

表1 必测项目技术要求

序号	监测项目	常用仪器设备	测试精度	量测频率	测点布置
1	工程及水文地质素描	地质罗盘、数码相机	须准确描述出洞内、洞外的水文地质及工程结构状态	开挖工作面观察应在每次开挖后进行，其余洞内外观察均为 1 次/天	—
2	周边收敛	数显式收敛计、全站仪	0.1 mm	根据监测断面距开挖面距离及位移速率确定（详见 5.3.1 节）	测点和测线应根据不同工法进行确定（详见 5.2.4 节）
3	拱顶下沉	精密水准仪、钢卷尺、钢钢尺、全站仪	0.1 mm		
4	地表沉降	精密水准仪、钢钢尺、全站仪	0.5 mm		
5	底板隆起	精密水准仪、钢钢尺、水准尺	0.1 mm	施工期：1~2 次/天；运营期：1~2 次/周	每代表性地段 1~2 个断面，每个断面上监测点横向间距宜为 1.0~1.5 m
6	围岩含水量及液塑限	烘箱、天平、称量盒、酒精、调土刀、锥式液限仪、毛玻璃	0.5%	施工期：1~2 次/天；运营期：1~2 次/周	每代表性地段 1~2 个断面，每个断面取样点不少于 4 个
7	地下水水质	专业采样容器、塞子	pH: 0.02; 离子浓度: 0.1 mg/L	施工期：1~2 次/天；运营期：1~2 次/周	有代表性地段设置
8	拱脚下沉	精密水准仪、钢钢尺、全站仪	0.1 mm	施工期：1~2 次/天；运营期：1~2 次/周	有代表性地段设置



表2 选测项目技术要求

序号	监测项目	常用仪器设备	测试精度	量测频率	测点布置		
1	围岩体内位移 (洞内设点)	单点位移计、多点位移计	0.1 mm	施工 1~15 d: 1~2 次/d; 16d~1 个月: 1 次/2 d; 1~3 个月: 1~2 次/周; 大于 3 个月: 1~3 次/月。	每代表性地段 1~2 个断面, 每个断面 3~7 个测点		
2	混凝土应力(初支喷射砼应力、二衬混凝土应力)	砼喷层应力计与频率测定仪量测初支喷射砼应力; 液压枕或混凝土应变计量测二衬混凝土应力	0.01 MPa				
3	混凝土内部钢筋或钢架内力	钢筋计或表贴式应变计	0.01 MPa				
4	接触压力(围岩与初支间、初支与二衬间)	压力盒	0.01 MPa				
5	锚杆轴力	钢筋轴力计、锚杆测力计	0.01 MPa				
6	支护结构裂缝	塞尺、远距离裂缝观测仪, 裂缝测宽仪、裂缝深度测试仪等电子成像技术	宽度: 0.01 mm; 深度: 5 mm, 且不大于实际缝深的 10%			1~2 次/周(根据裂缝发展情况适当调整)	监测点沿裂缝走向布置, 其间距为 30~50 cm
7	渗水压力、水流量	渗压计、流量计	渗水压力: 0.01 MPa; 水流量: 0.01 m <sup>3</sup>			施工期: 1~2 次/天; 运营期: 1~2 次/周	有代表性地段设置
注: 选测项目应根据设计施工要求、隧道断面形状和大小、埋深、围岩条件、周边环境条件、支护类型和参数、施工方法及运营情况等综合选择。							

表3 隧道洞内环境监测项目及其技术要求

序号	监测项目	仪器设备	卫生标准	
			在建隧道	运营隧道
1	CO 浓度	CO 浓度测定仪	$\leq 20 \text{ mg/m}^3$	$\leq 30 \text{ mg/m}^3$
2	粉尘浓度	粉尘浓度测定仪	$\geq 10\%$ 游离 $\text{SiO}_2$ 的粉尘含量不得大于 $2 \text{ mg/m}^3$	$\geq 10\%$ 游离 $\text{SiO}_2$ 的粉尘含量不得大于 $1.47 \text{ mg/m}^3$
3	瓦斯 ( $\text{CH}_4$ ) 浓度	瓦斯浓度测定仪	爆破地点 20 m 以内风流中瓦斯浓度必须小于 1%，总回风道风流中瓦斯浓度必须小于 0.75%	铁路瓦斯隧道竣工验收时，应达到瓦斯设防标准；在内拱顶 25 cm 处的空气中，瓦斯浓度不得大于 0.5%。
4	烟雾浓度	烟雾浓度检测仪	$\geq 0.012 \text{ m}^{-1}$	当设计行车速度 $60 \leq v \leq 90 \text{ km/h}$ 时，运营隧道烟雾浓度 $\geq 0.0065 \text{ m}^{-1}$ ，否则应采取交通管制等措施；隧道养护维修时烟雾浓度 $\geq 0.0030 \text{ m}^{-1}$
5	风速	风速计	全断面开挖时风速 $\leq 0.15 \text{ m/s}$ ，分部开挖时洞内风速 $\leq 0.25 \text{ m/s}$ ；瓦斯隧道施工通风风速 $\leq 1 \text{ m/s}$	单向交通隧道的设计风速不宜大于 $10 \text{ m/s}$ ，双向交通隧道的设计风速不宜大于 $8 \text{ m/s}$ ，设有专用人行道的隧道设计风速不应大于 $7 \text{ m/s}$
6	照明设施	电工工具、高空作业车、清洁卫生用具、照度仪、亮度仪等	采用白炽灯照明时，施工地段不宜小于 $15 \text{ W/m}^2$ ，运输巷道未成洞地段每隔 6 m、成洞地段每隔 10 m，装设 100 W 灯一盏，漏水地段采用防水灯头与灯罩，瓦斯地段采用防爆灯头与灯罩。	紧急停车带亮度不低于 $4.0 \text{ cd/m}^2$ ，横通道亮度不低于 $1.0 \text{ cd/m}^2$ ，入口段、过渡段、中间段、出口段亮度计算方法详见 JTG H12。
7	噪声	噪声计	$\geq 90 \text{ dB}$	昼间 $\geq 70 \text{ dB}$ ；夜间 $\geq 55 \text{ dB}$
8	温度	温度计	$\geq 28 \text{ }^\circ\text{C}$	$\geq 28 \text{ }^\circ\text{C}$

表4 必测项目断面间距

序号	围岩级别	断面间距 (m)	备注
1	IV	10~20	洞口、浅埋、偏压地段取小值
2	V-VI	5~10	洞口、浅埋、偏压地段取小值

5.2.2 周边收敛和拱顶下沉量测的测线布置可参照表 5。

表5 周边收敛和拱顶下沉测线布置

序号	开挖方式	测线布置	备注
1	全断面法	一条水平测线，两条斜测线	详情见图 1
2	台阶法	每台阶一条水平测线，两条斜测线	详情见图 2
3	CD 或 CRD 法	每分部一条水平测线，上部每分部两条斜测线	详情见图 3
4	双侧壁导坑法	每分部一条水平测线，左右侧部每分部两条斜测线	详情见图 4



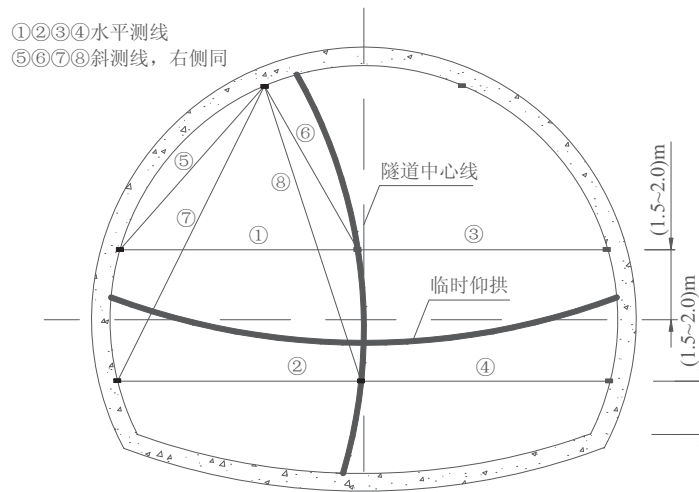


图3 CD 或 CRD 法周边收敛和拱顶下沉量测的测线布设示意图

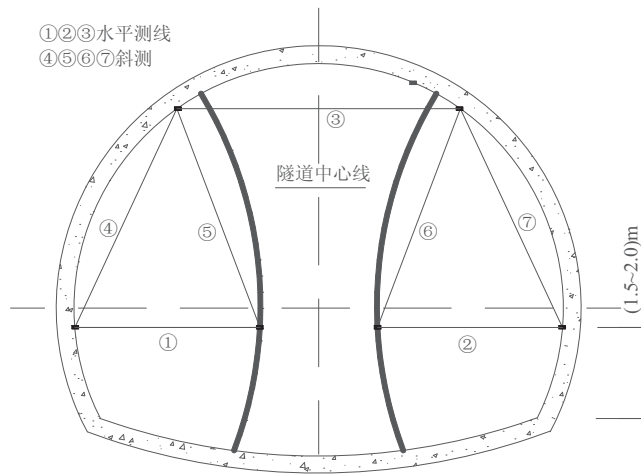
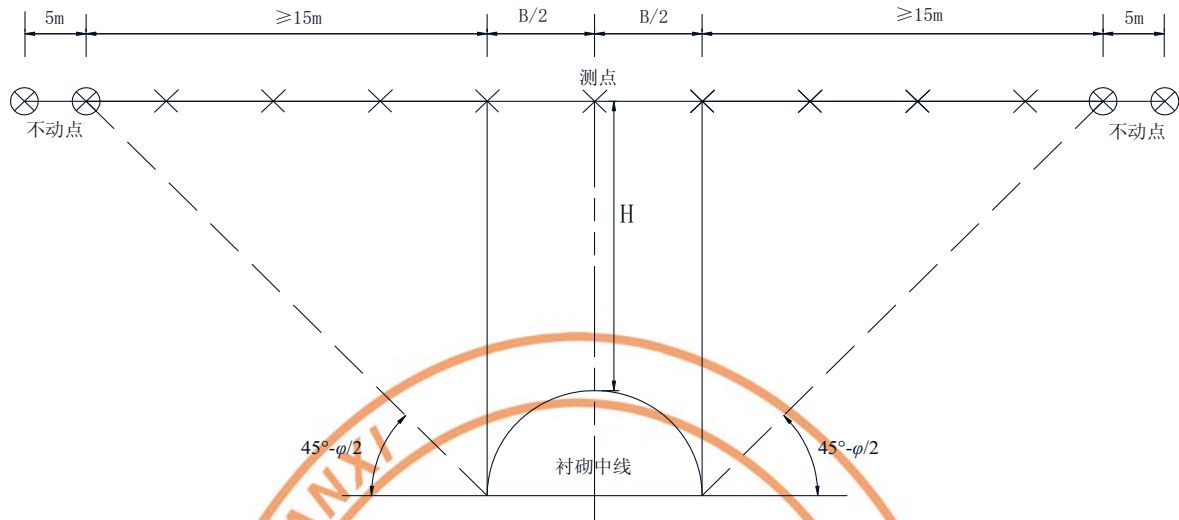


图4 双侧壁导坑法周边收敛和拱顶下沉量测的测线布设示意图

5.2.3 地表沉降测点应在隧道开挖前布设，并取得初始值及一定周期的数据。地表沉降观测点横向间距一般控制在 2~5 m，可根据隧道顶部地表地形适当调整，在隧道中线附近应适当加密，总测点数一般不少于 7 个；当黄土隧道下伏采空区时，应适当加大监测范围。地表沉降测点布设基本情况如图 5 所示。



<sup>a</sup> 注：B 为隧道开挖断面宽度。

图5 地表沉降监测点布设示意图

地表沉降横向量测范围按下式计算：

$$D = B + 2 \times (H + H_0) \times \tan(45^\circ - \varphi / 2)$$

式中：D-开挖影响范围；B-隧道开挖断面宽度；H-隧道覆土深度；H<sub>0</sub>-隧道开挖高度；φ-黄土围岩内摩擦角。

地表沉降观测点纵向超前掌子面布设距离按下式计算，并结合表6的要求进行布置。

$$L = (H + H_0) \times \tan(45^\circ - \varphi / 2)$$

式中：L-布置测点的超前距离；其余符号意义同上。

5.2.4 隧道底板隆起监测时，首先在洞外布设 2 个基准点，基准点应远离隧道变形影响区，并埋设在变形影响区外冻土线以下的原状土层中，也可利用稳固建（构）筑物设置墙上基准点，并定期检测基准点稳定性；其次在隧道洞内增设工作基点，通过工作基点进行转点测量；最后，布设隧道底板隆起监测点，对隧道底部的沉降进行观测。底板隆起监测点布设情况见图 6。

表6 地表沉降超前掌子面布设距离

序号	隧道埋深与开挖断面宽度关系	超前掌子面布设距离 (m)
1	$2B < H_0 < 2.5B$	15~20
2	$B < H_0 \leq 2B$	10~15
3	$H_0 \leq B$	5~10

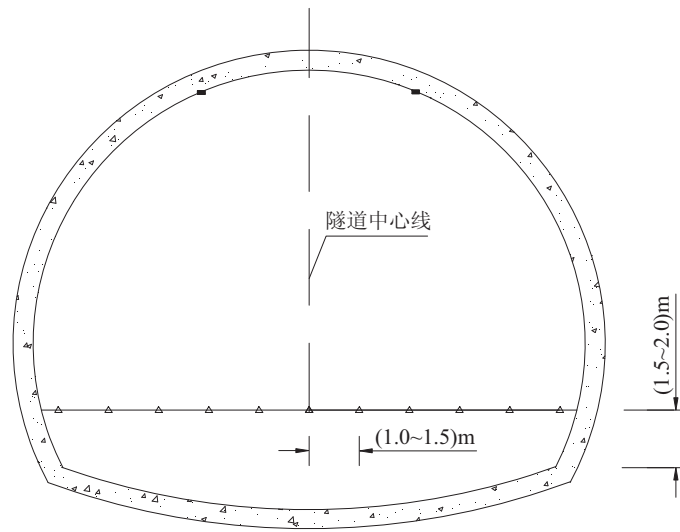


图6 底板隆起监测点布设图

5.2.5 运营黄土隧道衬砌结构变形监测宜采用分布式光纤传感器，其主要包括沿隧道拱圈环向布设的环向传感光纤、布设在隧道任意一侧电缆沟内的温度补偿光纤以及布设在隧道拱顶、两侧拱肩以及两侧拱腰位置的纵向传感光纤。环向传感光纤布设间距V级围岩宜为10m，IV级围岩宜为20m。分布式光纤布设具体情况见图7所示。

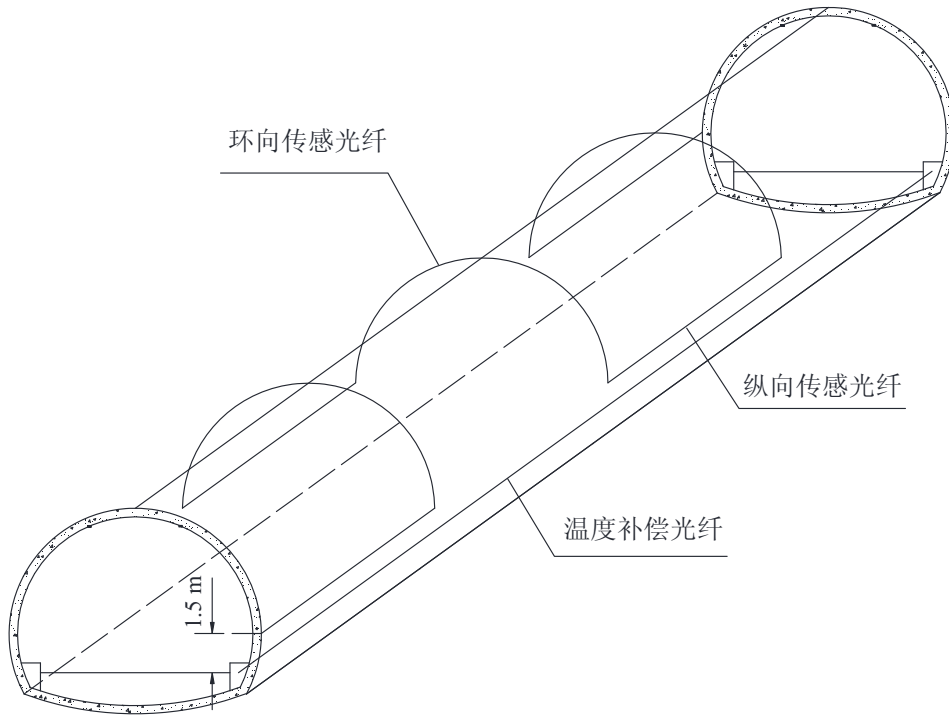


图7 分布式光纤监测布设示意图

### 5.3 监测频率

5.3.1 洞内拱顶下沉、周边收敛和地表沉降的监测频率应根据监测断面距开挖面距离及位移速率确定（见表7），如果位移速率与距开挖面距离两者有差异时，为保证施工安全，原则上取监测频率较高的作为实施的监测频率，出现异常情况或不良地质时，应增大监控量测频率。

表7 洞内变形监测频率

位移速度 (mm/d)	监测断面距开挖面距离 (m)	监测频率
$\geq 5$	(0~1) B	2次/d
1~5	(1~2) B	1次/d
0.5~1	(2~3) B	1次/2~3d
0.2~0.5	(3~5) B	1次/3d
$< 0.2$	$> 5B$	1次/7d

注：B为隧道开挖断面宽度；v为监测位移速率；在建黄土隧道监测频率宜取低值，运营黄土隧道监测频率宜取高值。

5.3.2 各项量测作业均应持续到变形基本稳定后30天结束。

#### 5.4 监测精度要求

5.4.1 周边收敛、拱顶下沉监测精度为0.1 mm；地表沉降监测精度为0.5 mm。

5.4.2 底板隆起、围岩体内位移测试精度为0.1 mm。

5.4.3 混凝土应力、混凝土内部钢筋或钢架内力、接触压力、锚杆轴力的监测采用应力计、应变计、压力盒、轴力计现场监测元器件，要求防水、防腐、防震，其测试精度要求为0.01 MPa。

5.4.4 支护结构裂缝宽度监测精度宜为0.01 mm；支护结构裂缝深度监测精度为：当裂缝深度小于50 mm时，监测精度宜为5 mm；当裂缝深度大于或等于50 mm时，监测精度宜为实际缝深的10%。

5.4.5 隧道围岩含水量监测精度为0.5%。

5.4.6 围岩渗水压力监测采用渗压计，其监测精度为0.01 MPa；流量监测精度为0.01 m<sup>3</sup>。

5.4.7 地下水水质监测精度：pH值监测精度为0.02，离子浓度监测精度为0.1 mg/L。

5.4.8 CO浓度、粉尘浓度、瓦斯浓度、烟雾浓度、风速、照度、噪声、温度等隧道环境监测，可结合仪器精度和相关规范要求进行了。

#### 5.5 监控量测控制指标

5.5.1 监控量测控制基准应根据隧道地质条件、施工安全性、隧道结构的稳定性以及周围建(构)筑物特点和重要性等因素制定。

5.5.2 隧道初期支护相对位移控制值可参照表8。

5.5.3 围岩稳定性的综合判别，应根据量测结果，按表9判定位移管理等级。

5.5.4 钢架内力、围岩压力、混凝土应力、两层支护间压力、锚杆轴力、渗水压力、水流量控制基准应满足JTG/T D70的相关规定。

5.5.5 运营黄土隧道衬砌结构变形、围岩含水量、地下水水质监测控制基准应按照JTG H12的相关规定；洞内环境监测控制基准应按照JTG/T D70/2-01和JTG/T D70/2-02的相关规定。

表8 允许水平相对收敛值(%)

围岩级别	隧道埋深 $H$ (m)		
	$H \leq 50$	$50 < H \leq 300$	$H > 300$
IV	0.15~0.5	0.4~1.2	0.8~2.0
V	0.2~0.8	0.6~1.6	1.0~3.0

注：水平相对收敛值指收敛位移累计值与两测点间距离之比（以百分比计）；拱顶下沉允许值可按本表数值的0.5~1.0倍采用。

表9 位移管理等级

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

注：U-实测位移值； $U_0$ -设计极限位移值（一般将隧道的预留变形量作为极限位移，且预留变形量应根据实测结果不断修正）。

## 6 监控量测方法

### 6.1 工程及水文地质观测

6.1.1 采用罗盘、地质锤、数码相机等设备进行洞内、洞外地质观察和支护状况观察。

6.1.2 洞外观察重点在于洞口段和洞身段埋深较浅地段，其观察内容包括地表裂缝、地表沉陷、陷穴、偏压、冲沟、仰坡稳定状态、地表水渗透、地表构筑物变形情况等。

6.1.3 洞内观察主要包括掌子面观察及支护结构观察。其中掌子面观察内容主要包括黄土特性（砂质黄土、粘质黄土）、节理特性（垂直、倾斜）及其与隧道轴线的位置关系、掌子面的稳定情况（有无拱顶掉块、边墙片帮现象）及有无地下水等；支护结构观察主要包括支护结构有无环向、斜向和纵向裂缝，喷射混凝土有无压碎或剥落掉块，钢拱架有无变形，连接处有无压裂，二衬及施工缝有无开裂等。

6.1.4 仔细观察支护状况，包括喷射混凝土是否出现裂缝、凸起，裂缝形态及走向，掉块，异常声响，特殊地段加固支护手段等。

6.1.5 记录天气、工程进展、开挖方式、支护方式等与工程有关的情况。

### 6.2 水准类量测

水准类量测的项目主要包括拱顶下沉、地表沉降、拱脚下沉、底板隆起等，其采用水准仪、钢钢尺、钢卷尺等仪器，通过量测各监测点的高程变化以反应各变形量。

### 6.3 收敛类量测



收敛类量测的项目主要为周边收敛,其采用收敛仪进行量测,首先将收敛仪两端挂钩钩紧两端测点,按仪器操作规程,施加一固定力,测取两点的收敛值,将每次收敛值与初次收敛值比较,即可判断洞室净空的变化情况。当前后两次量测温差超过 $5^{\circ}\text{C}$ ,应进行温度修正,即:  $L' = L_n[1 - a(T_0 - T_n)]$ 。

式中:  $L'$ 为温度修整后的钢尺实际长度读数;  $a$ 为钢尺线膨胀系数,取 $a=12 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ ;  $T_0$ 为首测观测时的环境温度( $^{\circ}\text{C}$ );  $T_n$ 为第 $n$ 次观测时的环境温度( $^{\circ}\text{C}$ )。

#### 6.4 全站仪三维量测

全站仪三维量测的项目主要包括拱顶下沉、周边收敛、地表沉降、拱脚下沉、底板隆起等。当现场条件无法使用常规水准测量时(隧道高、断面大、挂尺困难,拱脚部位收敛无法量测、地表植被较厚等),宜采用全站仪为主要设备的隧道三维非接触观测法,并辅以自由设站测量和粘贴反射膜片法。

#### 6.5 应力、应变、压力监控量测

6.5.1 通过在隧道相应部位埋设应变计、钢筋计、多点位移计等传感器,用其配套的频率接收仪量测频率变化,获得应力、应变和压力值。

6.5.2 焊接或埋设传感器,注意保护测读电线,同时把电线接长,引至衬砌外或地表面,且在使用过程中,注意采用各种保护措施,避免施工原因损坏电线。

6.5.3 牢固焊接或埋设传感器,并尽早测取稳定的初读数。

#### 6.6 围岩含水量及液塑限、地下水水质、渗水压力监测

6.6.1 黄土隧道围岩含水量监测时,应在现场取样后立即将试样密封,并根据现场土质情况选取烘干法(粘质土、粉质土、砂类土、有机质土类)或酒精燃烧法(细粒土);黄土隧道围岩液塑限测试时,应在现场取土样后立即将其密封,在实验室制备试样后,采用锥式液限仪、搓条法确定液塑限。

6.6.2 地下水水质监测时,应采用专业采样容器进行现场取样,并将试样密封,送往专业机构进行检测。

6.6.3 渗水压力监测时,应根据黄土隧道的实际情况选取典型断面,在其关键部位埋设渗压计,待其稳定后读取初始值,并定期记录渗水压力值。

#### 6.7 分布式光纤传感器监测

运营隧道结构变形监测宜采用分布式光纤传感器监测手段,其通过沿隧道拱圈环向布设的环向传感光纤可测得隧道衬砌内侧环向应变分布情况,并利用理论算法可获得隧道横截面变形情况,包括拱顶下沉、周边收敛等。

### 7 监测数据处理与反馈

#### 7.1 一般规定

7.1.1 监测数据取得后,应及时进行校对、整理和分析。

7.1.2 监测信息反馈程序见图8、图9。

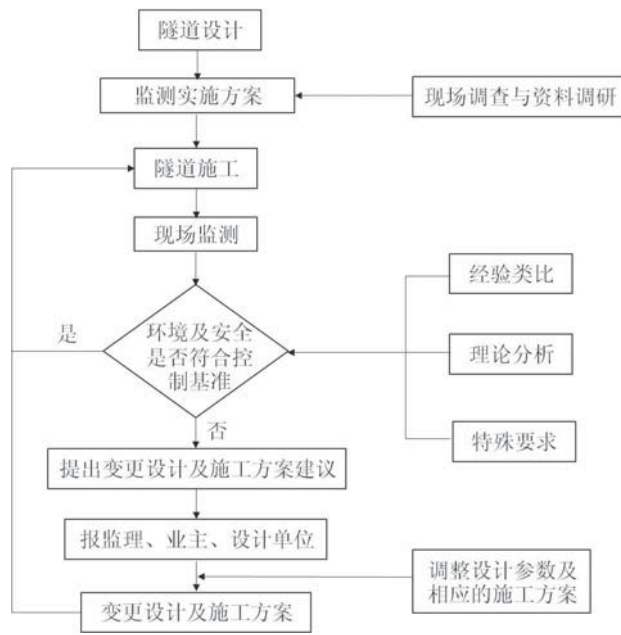


图8 在建黄土隧道监测信息反馈程序图

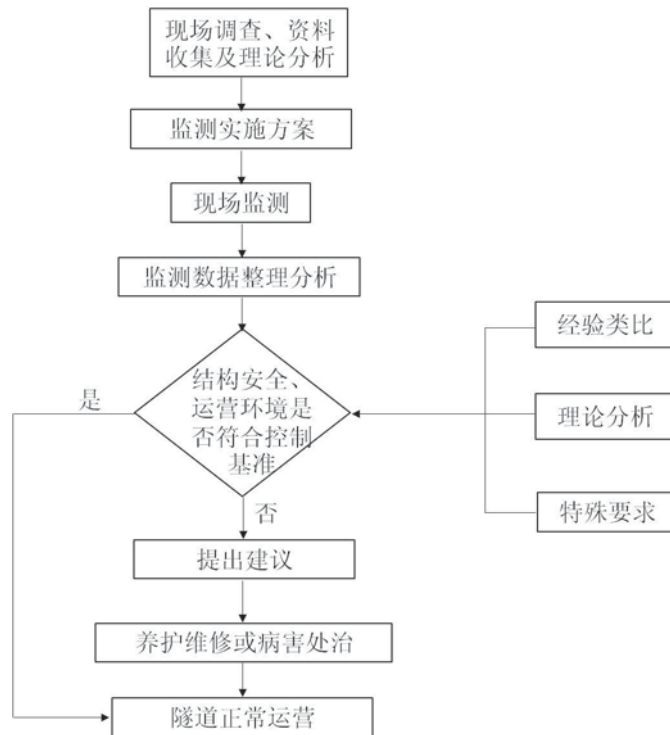


图9 运营黄土隧道监测信息反馈程序图

7.1.3 采用散点图和回归分析方法整理分析监测数据，根据需要绘制监测数据与时间、空间的关系曲线等，如图 10、图 11 所示；若位移曲线正常，则说明围岩处于稳定状态、支护结构可靠有效；若位移出现反常曲线（或反弯点），则说明围岩、支护结构处于不稳定状态，应尽快采取工程处治措施。

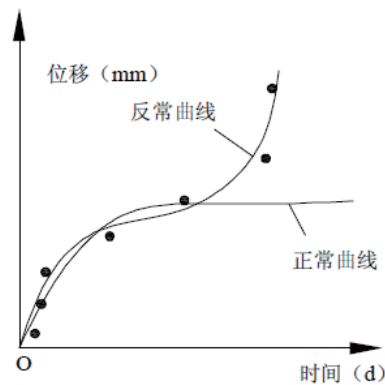


图10 位移-时间关系曲线图

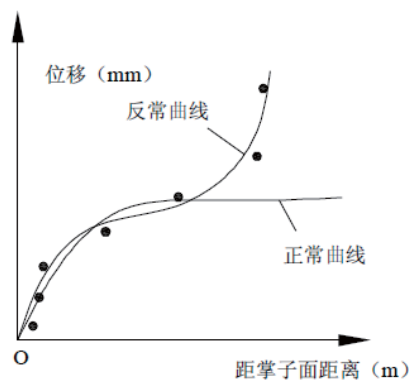


图11 位移-距离关系曲线图

7.1.4 信息反馈以位移反馈为主，主要依据时态曲线的形态对围岩稳定性、支护结构的工作状态、对周围环境的影响程度进行判定，验证和优化设计参数，指导施工。

7.1.5 确保监测信息传递渠道畅通、反馈及时有效。

## 7.2 数据处理与应用

7.2.1 监测数据的处理和应用包括以下主要内容：

- 绘制时态曲线、空间曲线等，判断围岩稳定性；
- 选择回归曲线，预测最终值，并与位移总量控制基准进行比较；
- 对支护及围岩状态、工法、工序等进行评价，并提出相应的工程建议。

7.2.2 宜综合分析地质因素和施工因素等对围岩稳定性的影响，利用“反分析法”进行校正、预测和评价。

7.2.3 应及时绘制位移时态曲线，对照监测位移变形管理等级，分析曲线是否反常，判断围岩是否稳定。

7.2.4 应采取积极有效的措施和方法，预防、减少、弥补因施工或人为因素造成的数据中断。

## 7.3 信息反馈机制

7.3.1 在建黄土隧道监测信息反馈应注意：

- 建立畅通的反馈渠道，根据工程实际，制定有效的反馈、接收、处理程序，将监测到的异常数据及时反馈到决策者与施工现场；

- b) 实时分析反馈：每天根据监测数据及时进行分析，发现安全隐患应分析原因并提交异常报告，报告应尽可能地分析围岩变形的过程、趋势和原因，并提出建议措施；
- c) 阶段分析反馈：按周、月进行阶段分析，总结监测数据的变化规律，对施工情况进行评价，提交阶段分析报告。

7.3.2 运营黄土隧道监测信息反馈应注意：

- a) 阶段分析反馈：结合监测数据发展趋势，选取以日、周、月为周期进行阶段分析，总结分析监测数据变化规律，对运营期隧道围岩稳定性、支护结构可靠性进行判断，提出阶段性结论或建议，并给出下一步工作计划；
- b) 总体分析反馈：对整个监测周期内监测数据进行总结分析，对运营期隧道围岩稳定性、支护结构可靠性进行判断，给出监测结论，提出养护维修或病害处治建议。

## 8 监测成果资料

8.1 在建隧道监测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；运营隧道监测应编制阶段性成果报告及总体工作报告。

8.2 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。

8.3 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。

8.4 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  
(规范性附录)  
黄土隧道洞内、外观察记录表

表A.1给出了黄土隧道洞内、外观察记录表。

表A.1 黄土隧道洞内、外观察记录表

监测单位:		施工单位:				
隧道名称:		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 <sup>2</sup> )	开挖方式	其他
2	开挖工作面状态	稳定	正面掉块	正面挤出	正面不稳	其他:
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	其他:
4	地层岩性及产状					
5	颜色	浅黄	灰黄	黄褐色	-	其他:
6	垂直节理	不发育	较发育	发育	-	其他:
7	多孔性	毛细孔隙	细孔隙	大孔隙	-	其他:
8	湿陷性	轻微	中等	严重	很严重	其他:
9	结构体形态	随机、方形	柱状	层状、片状	土砂状/散体状	其他:
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						





附录 D  
(规范性附录)  
黄土隧道地表下沉量测记录表

表D.1给出了黄土隧道地表下沉量测记录表。

表D.1 黄土隧道地表下沉量测记录表

监测单位:		施工单位:				
隧道名称:		里程桩号:			表格编号:	
测点号	1			2		
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)

测量:

记录:

复核:







附 录 G  
(规范性附录)  
黄土隧道围岩含水量量测记录表

表G.1给出了黄土隧道围岩含水量量测记录表。

表G.1 黄土隧道围岩含水量量测记录表

监测单位:		施工单位:					
隧道名称:		里程桩号:			表格编号:		
盒号							
盒质量 (g)							
盒+湿样质量 (g)							
盒+干样质量 (g)							
水分质量 (g)							
干样质量 (g)							
含水量 (%)							
附注							

测试:

记录:

复核:





