

公路隧道监控量测技术规程

Technical Code For Monitoring Measurement Of Road Tunnel

(报批稿)

XXXX - XX - XX 发布

XXXX - XX - XX 实施

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 符号	2
5 基本规定	2
5.1 一般规定	2
5.2 监控量测项目	3
5.3 监控量测断面及测点布置原则	4
5.4 监控量测频率	7
5.5 监控量测安全管理等级	8
5.6 监控量测系统及元器件技术要求	9
6 监控量测方法	10
6.1 一般规定	10
6.2 洞内、外观察	10
6.3 变形监控量测	10
6.4 应力、应变监控量测	10
6.5 压力监控量测	11
6.6 爆破振动监控量测	11
6.7 地下水监控量测	11
7 数据分析及信息反馈	11
7.1 一般规定	11
7.2 监控量测数据分析处理	11
7.3 监控量测信息反馈	11
8 成果资料	12
附 录 A (资料性) 隧道	14
附 录 B (资料性) 隧道	15
附 录 C (资料性) 隧道	16
附 录 D (资料性) 隧道	17
附 录 E (资料性) 隧道	18
参 考 文 献	19

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》起草。

本文件由湖南省高速公路集团有限公司提出。

本文件由湖南省交通运输厅归口。

本文件起草单位：湖南省高速公路集团有限公司、湖南省龙琅高速公路建设开发有限公司、湖南省交通建设质量安全监督管理局、湖南致力工程科技有限公司、上海同望信息技术有限公司、中南大学、中交路桥建设有限公司。

本文件主要起草人：李海波、龚毅、吕健鸣、赵一林、吴五星、马晴、刘永贵、刘荣国、李彪、张东兴、鲁光银、阳军生、侯俊敏、杨雄、张家松、张升彪、党权交、刘让群、祝志恒、傅金阳、曾智力。

公路隧道监控量测技术规程

1 范围

本文件界定了公路隧道监控量测作业的术语、符号，规定了监控量测项目、频率等技术要求，描述了监控量测方法、数据分析及信息反馈和成果资料。

本文件适用于采用钻爆法、机械开挖等方法修建的公路隧道，采用其它施工方法的隧道施工监控量测及改扩建隧道监控量测可参照执行。

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

GB 6722 爆破安全规程

T/CSEB 0008 爆破振动监测技术规范

质监综字（2013）5号 公路工程试验检测仪器设备检定校准指导手册

3 术语和定义

3.1 监控量测 monitoring measurement

对隧道支护结构、围岩和地表的变形和稳定状态进行的持续性观察和量测工作。

3.2 必测项目 important monitoring items

为了反映隧道围岩及支护状态而必须进行的日常监控量测项目。

3.3 选测项目 optional monitoring items

为了满足隧道设计和施工的特殊需要，在必要部位进行的监控量测项目。

3.4 周边位移 convergence of tunnel inner perimeter

隧道洞壁上两点间相对位置的变化。

3.5 拱顶下沉 crown settlement

隧道拱顶测点的竖向变化。

3.6 拱脚下沉 arch settlement

隧道拱脚测点的竖向变化。

3.7 地表沉降 settlement subsidence

隧道施工扰动围岩引起地表沉降变化。

3.8 垂直位移 vertical displacement

变形量在竖直方向上的分量值。

3.9 变形监控量测 deformation measurement

对结构或岩体的位移、沉降等项目所进行的监控量测工作。

3.10 基准点 basic benchmark

在稳固的结构或岩体上经确认固定不动的点。

3.11 测点 object points(survey points)

布设在结构或岩体上能反映其变形、位移、应力或应变特征的固定标志点。

3.12 测线 survey lines

隧道周边位移在洞周壁上两测点之间的连线。

3.13 安全管理等级 safety management level

根据风险大小对围岩和结构进行的分级。

3.14 智能监测方法 Intelligent monitoring measurement

利用在线智能监控量测系统对隧道支护结构、围岩和地表的形变进行的持续性观察和量测工作。

3.15 人工监测方法 manual monitoring measurement

测量人员利用测量设备对隧道支护结构、围岩和地表的形变进行的持续性观察和量测工作。

4 符号

下列符号适用于本文件。

H_0 ——隧道埋深。

H ——隧道开挖高度。

B ——隧道开挖宽度。

U ——实测变形量。

U_0 ——设计预留变形量。

5 基本规定

5.1 一般规定

5.1.1 监控量测实施机构应由具备行业主管部门认可的资质，应配备专业持证人员和满足使用要求的设备，运用高效、可靠的数据传输、处理和分析反馈技术。

5.1.2 监控量测应达到以下目的：

- a) 掌握围岩和支护的动态信息，为施工安全及结构的稳定性提供预警信息；
- b) 验证支护结构效果，确认支护参数和施工方法的合理性，或为调整支护参数和施工方法提供依据；
- c) 指导施工顺序，确定二次衬砌施作时间；
- d) 监控隧道施工对周围环境的影响；
- e) 利用量测数据，为信息化动态设计与施工提供借鉴。

5.1.3 监控量测仪器设备在使用前及使用过程中应按照《质监综字〔2013〕5号 公路工程试验检测仪器设备检定校准指导手册》进行定期的检查、校对和率定。

5.1.4 监控量测实施前应根据设计文件编制切实可行的监控量测实施方案，经监理单位、建设单位批准方可实施。

5.1.5 缺少工程经验的特殊结构类型隧道和对监控量测人员人身安全存在高风险的隧道监控量测工作应采用智能监控量测方法。监控设备和测点应具备警示标识，便于保护。

5.2 监控量测项目

5.2.1 监控量测项目应分为必测项目和选测项目，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(预留变形量不大于30mm)；	-
		全站仪		
		智能监控量测方法		
3	周边位移	收敛计	1mm(预留变形量大于30mm)	-
		全站仪		
		智能监控量测方法		
4	地表沉降	水准仪、钢钢尺	0.5mm	洞口段、浅埋段 ($h \leq 2.5B$)，每洞口不少于2断面，每断面不少于3测点
		全站仪		
		智能监控量测方法	-	根据需求专门制定方案
5	拱脚下沉	水准仪、钢钢尺	0.5mm	软弱围岩、富水破碎带等特殊岩土地段
		全站仪		
		智能监控量测方法		

注：智能监控量测方法的设备测试精度应不低于人工监控量测方法。

5.2.2 应根据设计要求、隧道断面形状和大小、埋深、围岩条件、周边环境、施工工法等条件选择选测参数，选测项目及设备可按表2选择。

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	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
2	拱架内力及外力	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	0.1MPa	每代表性地段1-2断面，每断面3-7个测点
3	支护、衬砌内应力	混凝土应变计	0.01MPa	每代表性地段1-2断面，每断面3-7个测点
4	支护与衬砌间接触压力	压力盒	0.01MPa	每代表性地段1-2断面，每断面3-7孔
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
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
7	爆破振动	爆破测振仪	-	临近建（构）筑物
8	孔隙水压力	水压计	0.01MPa	-
9	水流量	堰槽、流量计	-	-
10	地表形变	水准仪	0.5mm	每代表性地段1-2断面，每断面3-7个测点
		全站仪		每代表性地段1-2断面，每断面3-7对测点
		智能监控量测方法		-

5.2.3 监控量测工作可根据地质预报结果和开挖后揭露的地质条件及时调整，根据周边环境、地质条件和施工工法等条件增加选测项目（围岩压力、钢架内外力、支护、衬砌内应力、初期支护与二次衬砌间接触压力、锚杆轴力、围岩内部位移、爆破振动、孔隙水压力、水量），调整方案经重新批准后实施。

5.3 监控量测断面及测点布置原则

5.3.1 监控量测项目和断面的选择应充分考虑围岩、施工工法和支护参数的变化，宜遵循以下原则增加断面：

- a) 在围岩级别变化区域，尤其是岩性交界带处；
- b) 存在地质、地形偏压等地质条件复杂区段；
- c) 洞口段和浅埋段；
- d) 施工方案和支护参数发生变更的区段；
- e) 隧道出现塌方、涌水突泥等异常情况的区段。

5.3.2 隧道地表沉降测点和隧道内周边位移、拱顶下沉测点应布置在同一断面里程，地表沉降监控量测断面纵向间距依据 JTG/T3660 的 18.2.8 条规定，按表 3 的要求布置，每个隧道沿轴向至少应布置两

个量测断面。

表3 地表沉降断面测点纵向间距

隧道埋深	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。

5.3.3 地表沉降测点横向间距宜为 2m~5m。在隧道中线附近测点应适当加密，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 1 所示。小净距隧道和连拱隧道等特殊形式的隧道或地表建（构）筑物对地表沉降有特殊要求时，量测间距应适当加密，范围应适当加宽。

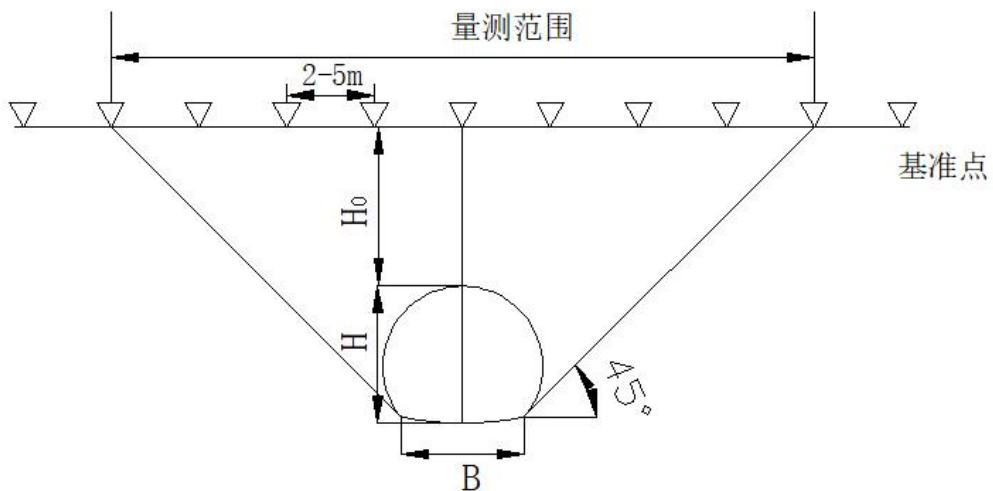


图1 地表沉降断面横向测点布置示意图

5.3.4 拱顶下沉测点和周边位移测点应布置在同一断面上，监控量测断面间距可按表 4 的要求布置。拱顶下沉测点原则上应设置在拱顶轴线附近，当隧道跨度较大（三车道及以上）或存在偏压时，应结合施工工法和地质条件在轴线两侧各增设至少一个测点。

表4 周边位移、拱顶下沉监控量测断面间距

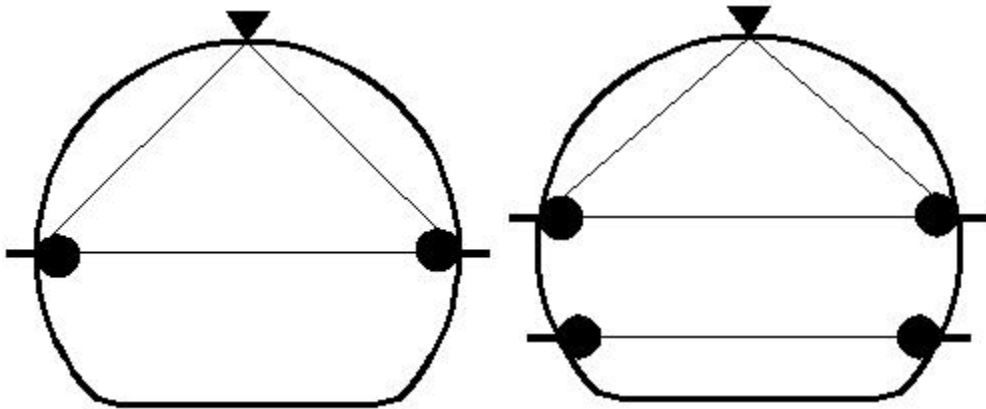
围岩级别	断面间距 (m)
V~VI	5~10
IV	10~20
III	20~50
I~II	50~100

注1：不良地质和特殊岩土地段应取小值。

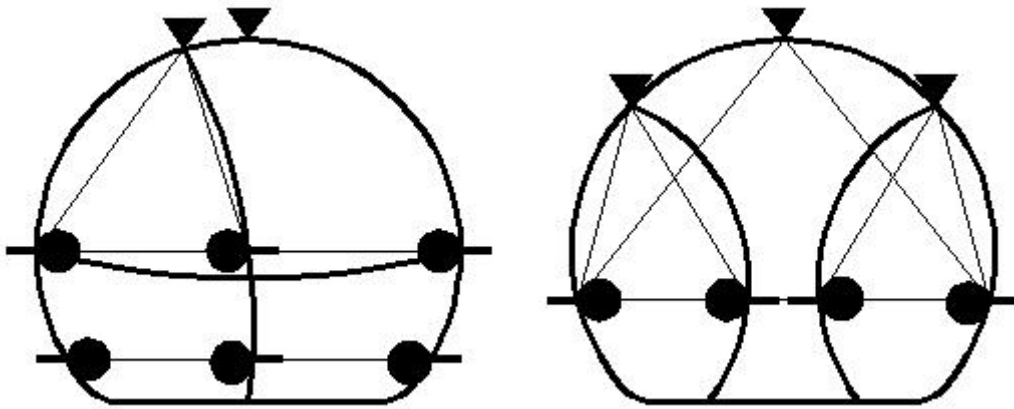
5.3.5 拱顶下沉测点、周边位移测线、拱脚下沉测点应根据施工工法、监控量测设备布置，采用收敛计测量周边位移可按照表 5 和图 2 布置，采用智能监控量测方法时可根据地形、地质条件在此基础上增加测线。

表5 拱顶下沉量测和周边位移量测布置

项目	开挖方法	一般地段	特殊地段	备注
周边位移	全断面法	一条水平测线	斜测线	收敛测点应尽可能接近各段拱架连接处。
	台阶法	每台阶一条水平测线	每台阶一条水平测线,两条斜测线	
	分部开挖法	每部分一条水平测线	CD或CRD法上部、双侧壁导坑法左右侧部,每分部一条水平测线,两条斜测线其余部分一条水平测线	
拱顶下沉	拱顶轴线布置一个测点,当隧道跨度较大(三车道及以上)或存在偏压时,轴线及左、右拱肩各布置一个测点			
拱脚下沉	左右拱脚各布置一个测点,仰拱开挖前埋设测点并观测			



(a) 全断面开挖测点、测线布置示意图 (b) 台阶法开挖测点、测线布置示意图



(c) CD 或 CRD 开挖测点、测线布置示意图 (d) 双侧壁导坑法开挖测点、测线布置示意图



图2 拱顶下沉量测和周边位移量测的测线布置示意图

5.3.6 测量元件可采用预埋或锚栓等方式稳固的固定在围岩或结构上,能反映围岩及结构的真实情况。

5.3.7 选测项目量测断面及测点布置应考虑围岩、施工方法及支护参数的变化。在预设位置开挖后并在后一个开挖工序前埋设,测点布置图如图 3 所示,在拱顶、左右拱腰、左右边墙 5 处埋设测点,必要时可在左右拱肩增设 2 处。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。

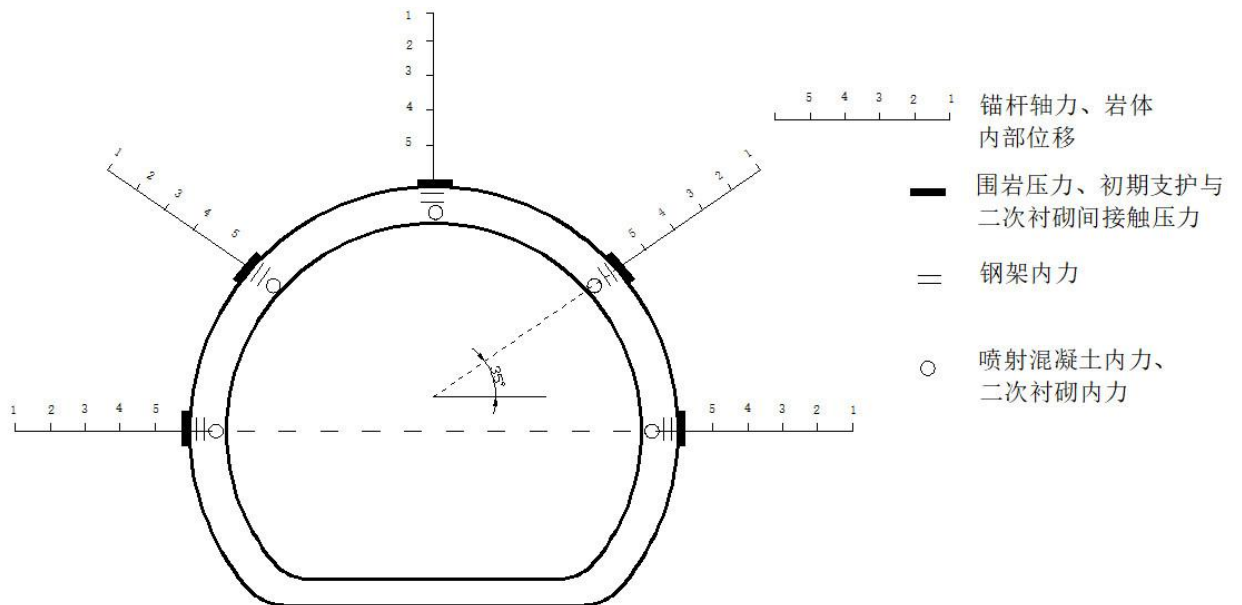


图3 选测项目布置示意图

5.4 监控量测频率

5.4.1 必测项目监控量测频率依据 JTG/T3660 的 18.1.6 条和 18.2.7 条规定,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 6、表 7 和表 8 确定。由三个因素确定的频率不一致时，原则上采用较高的频率值，出现异常情况或不良地质时，应增大监控量测频率。

表6 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7 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	1~2次/d
(1~2) B	1次/d
(2~5) B	1次/ (2d~3d)
>5B	1次/ (7d)

注：B为隧道开挖宽度。

表8 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
≥ 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

5.4.2 洞内外观察应与施工同步开展，观察内容应包括开挖面观察、支护状态观察、洞门观察及洞口仰坡观察。必要时，还应观察影响范围内的建（构）筑物的状态。

5.4.3 选测项目监控量测频率应根据设计和施工要求以及必测项目反馈信息结果确定。

5.4.4 监测作业均应持续到变形基本稳定后 15d~30d 后结束，形变不收敛时，应分析原因，采取加固措施直至位移基本稳定后方可停测。

5.5 监控量测安全管理等级

5.5.1 监控量测安全管理等级依据隧道变形（周边收敛和拱顶下沉）确定，根据风险由高到低分为 I、II、III 三级并用红、黄、绿三色识别，按照最不利原则以最先达到者作为预警依据。

5.5.2 隧道变形（周边收敛和拱顶下沉）安全管理等级可按照累计变形量、变形速率和变形时程曲线控制。

a) 累计变形量对应的隧道安全管理等级按表 9 确定，可将设计预留变形量作为极限变形量。

表9 累计变形量与安全管理等级

管理等级	累计变形量 (mm)	识别颜色	施工状态
III	$U < U_0/3$	绿	正常施工
II	$U_0/3 \leq U \leq 2U_0/3$	黄	加强监控量测、加强支护
I	$U > 2U_0/3$	红	停工并撤离人员设备、准备抢险

注：U为实测变形量； U_0 为设计预留变形量。

b) 隧道变形（周边收敛和拱顶下沉）2-5 次的平均速率对应的隧道安全管理等级按表 10 确定。

表10 隧道初期支护结构变形速率与全管理等级

安全管理等级	变形速率 (mm/d)	识别颜色	施工状态
III	≤ 1.00	绿	正常施工
II	1~5	黄	加强监控量测、加强支护
I	≥ 5.00	红	停工并撤离人员设备、准备抢险

c) 隧道变形时程曲线出现上拐点，是变形时程曲线判断安全管理等级的依据，上拐点之前的曲线段安全管理等级可根据表 9 和表 10 按照最不利原则确定。

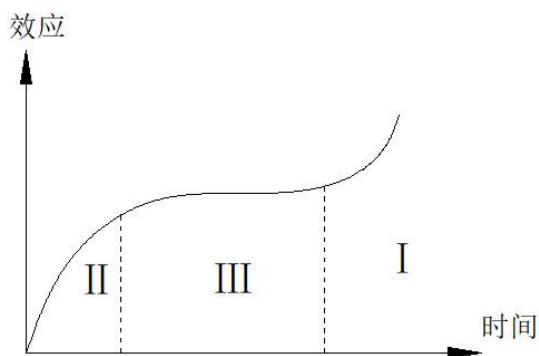


图4 安全管理等级与变形时程曲线形态图

5.6 监控量测系统及元器件技术要求

5.6.1 监控量测系统的测试精度、量程应满足设计要求，并具有良好的防震、防水、防腐性能。

5.6.2 智能监控量测系统应具备隧道内数据实时传输功能，监控量测数据应能实时上传到后台并能根据需求修改监控量测频率。其供电系统应能保证系统连续、稳定运转，数据触发预警后能及时发送预警信息至参建单位指定联系人和服务器。

5.6.3 人工监控量测方法应及时传送数据，数据触发预警后能及时发送预警信息至参建单位指定联系人和服务器的。

6 监控量测方法

6.1 一般规定

现场监控量测应根据已批准的监控量测实施方案进行测点埋设、日常量测和数据处理，及时反馈信息，并根据地质条件的变化和施工情况，及时调整监控量测计划。

6.2 洞内、外观察

6.2.1 施工过程中应对洞内地质状况和结构外表形态进行观察并记录。

6.2.2 洞外观察重点应在洞口段和洞身浅埋段，并应记录地表开裂、地表变形、边坡及仰坡稳定状态、地表水渗漏情况，同时还应对地表建（构）筑物进行观察。

6.3 变形监控量测

6.3.1 变形监控量测可采用人工监测和智能监测。

6.3.2 隧道周边位移量测可采用收敛计、全站仪或智能监测方法，测点应埋设按照 5.3.4 条和 5.3.5 条规定执行。

a) 采用收敛计量测时，测点宜采用钻孔布设。

b) 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。周边位移量测宜采用自由设站的对边测量模式（现场记录表参考附录 A），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，测量方法应符合 GB 50026 的相关规定。

6.3.3 拱顶下沉量测可采用人工和智能监控量测方法，后视基准点应设置在稳固无变形的地层上，拱顶下沉量测宜采用后方交会测量模式（现场记录表参考附录 B），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（现场记录表参考附录 C），测量方法应符合 GB 50026 的相关规定。

6.3.4 拱顶测点布设按照 5.3.4 条和 5.3.5 条和 6.3.2 条规定执行。

6.3.5 采用智能监测方法测量周边位移、拱顶下沉应将其稳固地安装在围岩上，并尽可能减少与施工人员和机械的相互干扰，测线数量应不少于人工监测方法。

6.3.6 地表沉降监控量测可采用人工或智能监测系统，基准点应设置在地表形变影响范围之外。

6.3.7 围岩内部位移量测可采用单、多点位移计，位移计应钻孔埋设。

6.3.8 采用水准仪、全站仪等光学仪器测量时，宜缩短测量时间，避免光学条件急剧变化的影响。

6.4 应力、应变监控量测

6.4.1 应力、应变监控量测可采用振弦式、光纤光栅、电阻式等传感器。

6.4.2 传感器布设应符合下列要求：

a) 量测钢拱架内力时，传感器固定于钢架上、下翼缘内侧。

b) 量测格栅拱架内力时，截断格栅拱架主筋并焊接在截断部位。

6.4.3 量测混凝土应变时，传感器根据需要固定于混凝土结构内的相应测点位置或粘贴于结构表面。

6.5 压力监控量测

6.5.1 压力量测包括围岩压力、支护与衬砌间的压力。

6.5.2 量测压力时，传感器与接触面应接触紧密，传感器量程应与实际情况相适应。

6.6 爆破振动监控量测

传感器应固定在被测物体上，量测爆破振动速度和加速度，以便分析振动波形和振动衰减规律，爆破振动允许振速应符合GB 6722和T/CSEB 0008的相关规定。

6.7 地下水监控量测

6.7.1 地下水位监控可采用水位计量测。测量孔口高程后，利用孔口高程和水位计读数计算水位。

6.7.2 地下水流量监控可在具有代表性地段采用围堰法、流量计等进行量测。

6.7.3 孔隙水压监控可采用孔隙水压计量测。水压计应采取防淤堵措施后埋入测点位置，并应采取措施确保水压计直接与水接触。

7 数据分析及信息反馈

7.1 一般规定

7.1.1 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。

7.1.2 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。

7.2 监控量测数据分析处理

7.2.1 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，每次观测后应立即对观测数据进行校核，如有异常应及时补测。

7.2.2 监控量测数据的分析应包括以下主要内容：

- a) 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。
- b) 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。

7.3 监控量测信息反馈

监控量测信息反馈可按图5规定的程序进行。

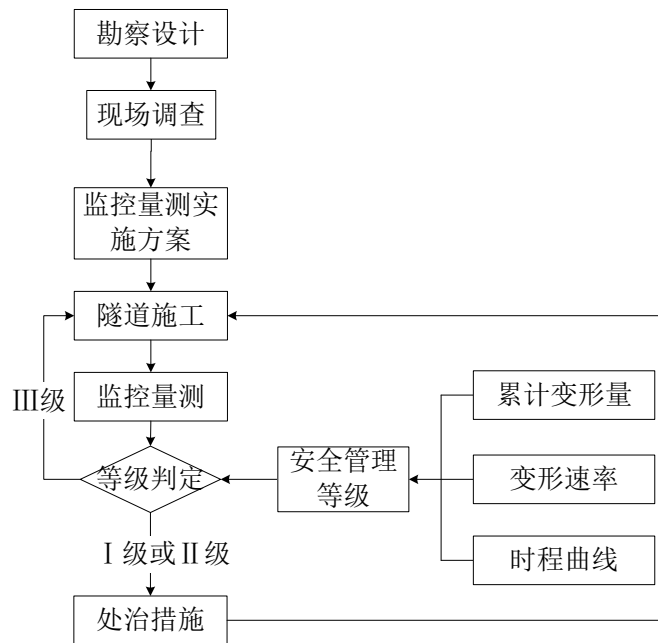


图5 监控量测反馈程序框图

8 成果资料

8.1 监控量测实施方案应包括以下内容：

- a) 工程地质及水文概况；
- b) 工作范围及内容；
- c) 技术依据；
- d) 实施方法；
- e) 人员设备及其管理体系；
- f) 重难点分析及应对措施；
- g) 质量保障措施。

8.2 监控量测阶段报告应包括以下内容：

- 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；
- h) 时程曲线图。

8.3 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) 监测工作总结；
- g) 工程总结；
- h) 时程曲线图。

8.4 监控量测工作验收成果资料应包括以下内容：

- a) 监控量测实施方案及批复。
- b) 监控量测阶段报告和预警报告。
- c) 监控量测工作总结报告。

附录 A
(资料性)

隧道周边位移试验检测记录表 (全站仪)

检测单位名称:

记录编号:

工程名称						
工程部位/用途						
样品信息						
检测日期			检测条件			
检测依据			判定依据			
主要仪器设备 及编号						
测量日期	测线长度 (mm)		平均测线长 (mm)	收敛值 (mm)		备注
	盘左读数 (mm)	盘右读数 (mm)		本次	累积	
附加声明:						

检测: 记录: 复核: 日期: 年 月 日

附录 B

(资料性)

隧道周边位移试验检测记录表 (收敛计)

检测单位名称:

记录编号:

工程名称							
工程部位/ 用途							
样品信息							
检测日期			检测条件				
检测依据			判定依据				
主要仪器设备 及编号							
测量日期	测线编号	温度℃	钢尺读数 (mm)	数显器读数 (mm)			备注
				1	2	3	
附加声明:							

检测:

记录:

复核:

日期:

年

月

日

附录 C
(资料性)

隧道拱顶下沉试验检测记录表 (全站仪)

检测单位名称:

记录编号:

工程名称						
工程部位/用途						
样品信息						
检测日期			检测条件			
检测依据			判定依据			
主要仪器设备名称及编号						
测量日期	测点号:		测点号:		测点号:	
	盘左高程 (m)	盘右高程 (m)	盘左高程 (m)	盘右高程 (m)	盘左高程 (m)	盘右高程 (m)
附加声明:						

检测: 记录: 复核: 日期: 年 月 日

附录 D
(资料性)

隧道拱顶下沉试验检测记录表 (水准仪)

检测单位名称:

记录编号:

工程名称											
工程部位/用途											
样品信息											
检测日期					检测条件						
检测依据					判定依据						
主要仪器设备及编号											
测量日期	后视		测点号:			测点号:			测点号:		
			前视		相对高差 (m)	前视		相对高差 (m)	前视		相对高差 (m)
	整读 (cm)	微读 (0.01mm)	整读 (cm)	微读 (0.01mm)		整读 (cm)	微读 (0.01mm)		整读 (cm)	微读 (0.01mm)	
附加声明:											

检测: 记录: 复核: 日期: 年 月 日

附 录 E
(资料性)
隧道围岩变形监测记录表 (全站仪)

检测单位名称:

记录编号:

工程名称															
工程部位/用途															
样品信息															
检测日期							检测条件								
检测依据							判定依据								
主要仪器设备名称及编号															
测量日期	测点 A 坐标 (m)			测点 B 坐标 (m)			测点 C 坐标 (m)			测点 D 坐标 (m)			测点 E 坐标 (m)		
	X	Y	Z	X	Y	Z	X	Y	Z	X	Y	Z	X	Y	Z
附加声明:															

检测:

记录:

复核:

日期:

年

月

日

参 考 文 献

- [1] JTG/T 3660-2020 公路隧道施工技术规范[S].
- [2] JTG/T D70-2010 公路隧道设计细则[S].