

福建省工程建设地方标准

DB

工程建设地方标准编号：DBJ/T 13-545-2026

住房和城乡建设部备案号：J 1 8 9 6 4 - 2 0 2 6

城市隧道监控量测技术标准

Technical standard for monitoring measurement of city tunnel

2026-10-13 发布

2027-02-01 实施

福建省住房和城乡建设厅

发布

福建省工程建设地方标准

城市隧道监控量测技术标准

Technical standard for monitoring measurement of city tunnel

工程建设地方标准编号： DBJ/T 13-545-2026

住房和城乡建设部备案号： J 1 8 9 6 4 - 2 0 2 6

主编单位： 福建省建筑科学研究院有限责任公司
厦门路桥百城建设投资有限公司
福建省建筑工程质量检测中心有限公司

批准部门： 福建省住房和城乡建设厅

实施日期： 2 0 2 7 年 2 月 1 日

2026 年 福州

前 言

根据《福建省住房和城乡建设厅关于公布全省住房和城乡建设行业 2023 年第一批科学技术计划项目的通知》(闽建科函〔2023〕95 号)的要求,标准编制组经广泛调查研究,认真总结实践经验,参考有关国内外先进标准,并在广泛征求意见的基础上,制定本标准。

本标准的主要技术内容是:1. 总则;2. 术语;3. 基本规定;4. 施工隧道监控量测;5. 运营隧道监控量测;6. 成果报告;附录。

本标准由福建省住房和城乡建设厅负责管理,由福建省建筑科学研究院有限责任公司负责具体技术内容的解释。执行过程中如有意见和建议,请寄送福建省住房和城乡建设厅科技与设计处(地址:福州市北大路 242 号,邮编:350001)和福建省建筑科学研究院有限责任公司(地址:福州市闽侯县上街镇高新大道 58-1 号,邮编:350108),以供今后修订时参考。

本标准主编单位: 福建省建筑科学研究院有限责任公司
厦门路桥百城建设投资有限公司
福建省建筑工程质量检测中心有限公司

本标准参编单位: 福州市市政工程中心
福州市市政建设开发有限公司
福建省交通建设质量安全中心
福州市房屋市政基础设施安全中心
大成工程建设集团有限公司
福建岩土工程勘察研究院有限公司

福州市长乐区水投工程建设管理有限公司

福州高新区投资控股有限公司

福建省交通科学研究院有限公司

福州市长乐区城市建设投资控股有限公司

本标准主要起草人： 范 勇 李学红 邵顺安 郑 维
陈天雄 陈平珠 黄 鑫 王光辉
李哲熙 陈永强 蔡 耿 曾兆宜
张 颖 周恩亮 石显祥 许永吉
本标准主要审查人： 赖树钦 邓 涛 潘耀民 邱发强
陆传波 姚志雄 陈伏立

目 次

1	总 则	1
2	术 语	2
3	基本规定	3
4	施工隧道监控量测	6
4.1	监控量测项目	6
4.2	监控量测断面及测点布置原则	10
4.3	监控量测频率	14
4.4	监控量测方法	15
4.5	监控量测控制标准及预警	18
5	运营隧道监控量测	20
5.1	现场监测	20
5.2	巡视检查	22
5.3	人工监测	22
5.4	自动化监测	23
6	成果报告	25
	附录 A 施工隧道监控量测记录表	26
	本标准用词说明	30
	引用标准名录	31
	附：条 文 说 明	32

Contents

1	General Provisions.....	1
2	Terms.....	2
3	Basic Requirements.....	3
4	Tunnel Monitoring during Construction	6
4.1	Monitoring Measurement Projects.....	6
4.2	Principles for Layout of Monitoring Measurement Sections and Points.....	10
4.3	Monitoring Measuring Frequency.....	14
4.4	Monitoring Measurement Methods.....	15
4.5	Control Standards and Warnings for Monitoring Measurement	18
5	Tunnel Monitoring during Operational	20
5.1	On-site Monitoring.....	20
5.2	Patrol Inspection.....	22
5.3	Manual Monitoring.....	22
5.4	Automatic Monitoring.....	23
6	Results Report.....	25
	Appendix A Monitoring Record Sheets.....	26
	Explanation of Wording in This Standard.....	30
	List of Quoted Standards.....	31
	Addition: Explanation of Provisions.....	32

1 总 则

1.0.1 为规范城市隧道监控量测工作,保证隧道监控量测数据的准确性和可靠性,使城市隧道监控量测符合安全适用、技术先进、经济合理的要求,制定本标准。

1.0.2 本标准适用于采用新奥法或矿山法施工的城市隧道土建结构的监控量测及运营城市隧道土建结构的监测,采用其他工法施工的城市隧道工程监控量测可参照执行。

1.0.3 隧道监控量测的开展除应符合本标准外,尚应符合国家、行业和福建省现行有关标准的规定。

2 术 语

2.0.1 城市隧道 city tunnel

城市规划区域范围内的车行、人行隧道等。

2.0.2 监控量测 monitoring measurement

通过使用各种量测仪器和工具，在隧道内或地表，对围岩的变形和支护结构的变形与受力进行观察、测量、分析与评价的活动。

2.0.3 必测项目 important monitoring items

保证隧道周边环境和围岩的稳定以及施工安全，同时反映设计、施工状态而需进行的日常监控量测项目。

2.0.4 选测项目 optional monitoring items

为了满足隧道设计和施工的特殊需求，对设计文件规定的局部地段进行的监控量测项目。

2.0.5 周边位移 peripheral convergence

隧道周边上两点间相对位置的变化。

2.0.6 拱顶下沉 crown settlement

隧道拱顶测点的沉降量。

2.0.7 地表下沉 surface settlement

隧道开挖后引起的地表沉降。

2.0.8 人工监测 manual monitoring

采用水准仪、全站仪等常规设备对监测对象实时定期人工观测的监测方法。

2.0.9 自动化监测 automatic monitoring

具有数据自动采集、传输、分析和预警功能的监测方法。

3 基本规定

3.0.1 施工隧道监控量测应达到下列目的：

- 1 掌握围岩和支护动态，及时反馈信息，指导施工作业。
- 2 围岩和支护的变形及应力量测信息，可为调整支护参数和施工方法提供依据。
- 3 监控工程对周围环境的影响。
- 4 积累监控量测数据，为信息化设计与施工提供依据。

3.0.2 施工隧道监控量测的实施必须科学合理，监控量测的项目和要求应进行设计，全过程资料应整理归档。

3.0.3 监控量测工作过程应具有连续性，测试数据处理与分析技术应成熟、可靠，并能及时将监控量测信息反馈于施工和设计。

3.0.4 监控量测工作应包括下列主要内容：

- 1 现场情况的初始调查。
- 2 编制实施方案。
- 3 布设测点并取得初始监测值。
- 4 现场监控量测及分析。
- 5 提交监控量测成果。

3.0.5 施工隧道监控量测的实施方案应根据设计要求，并结合隧道规模、围岩条件、支护参数、施工方法、周围环境及监控量测目的等进行编制，且应与施工进度计划相适应。监控量测方案包括下列内容：

- 1 监控量测项目。
- 2 监控量测仪器选择。
- 3 监控量测断面、测点布置原则及监控量测频率。

- 4 监控量测数据记录、处理及预测方法。
 - 5 监控量测控制标准。
 - 6 信息反馈机制及异常情况下的监测措施。
 - 7 组织机构及人员能力、培训制度等管理体系。
- 3.0.6** 监控量测设备应可靠、稳定、耐久，具有良好的防震、防水、防尘、防腐性能，在服务期内运转正常。仪器设备应按规定进行校准或检定，并出具相关证明。
- 3.0.7** 施工隧道监控量测工作应结合开挖、支护作业的进程及时进行，按监控量测方案布点和监测，并根据现场情况及时调整补充监控量测的项目和内容。
- 3.0.8** 监控量测测点应牢固可靠、易于识别，并注意保护，严防损坏。
- 3.0.9** 监控量测的现场测量及误差等应符合现行国家标准《工程测量标准》GB 50026 和现行行业标准《建筑变形测量规范》JGJ 8 的规定。
- 3.0.10** 监控量测的数据应进行复核，并由专人负责管理。监控量测数据缺失或异常，应及时采取补救措施，并详细记录。
- 3.0.11** 施工隧道监控量测实施应列入工程施工进度计划中，并与施工密切配合。
- 3.0.12** 运营隧道监控量测项目应在充分了解隧道勘察资料、设计资料、施工资料、交（竣）工验收资料和养护资料的基础上确定。
- 3.0.13** 运营隧道监控量测方案包括下列内容：
- 1 工程概况，主要包含隧址地质条件、周边环境、施工期重大安全事故和质量缺陷及其处治情况、结构病害及养护信息等；
 - 2 监控量测目的和依据。
 - 3 监控量测项目及范围。
 - 4 监控量测仪器的选择、安装及检修维护等。
 - 5 监控量测断面、测点布置及监控量测频率。

6 监控量测信息数据的采集、分析及处理要求。

7 信息反馈机制及异常情况下的监测措施。

8 组织机构及管理体系。

3.0.14 运营隧道监控量测过程应制定安全保障措施，并应减少对交通的干扰。

福建省住房和城乡建设厅
信息公开浏览专用

4 施工隧道监控量测

4.1 监控量测项目

4.1.1 监控量测项目分为必测项目和选测项目。

4.1.2 监控量测必测项目量测作业应符合本标准表 4.1.2 的规定。

4.1.3 监控量测选测项目应根据设计要求、隧道横断面形状和断面大小、埋深、围岩、周边环境条件、支护类型和参数、施工方法等综合确定，选测项目量测作业宜符合本标准表 4.1.3 的规定。

4.1.4 隧道开挖后应及时进行地质观察记录及数码成像，初期支护完成后应进行喷层表面裂缝及其发展、渗水等观察和记录。

4.1.5 应根据设计要求和工程需要对隧道施工影响范围内周边建（构）筑物进行监测，监测等级、测量方法及技术要求等应符合国家现行标准《工程测量标准》GB 50026 和《建筑变形测量规范》JGJ 8 的规定。

4.1.6 针对原位扩建隧道，除本标准第 4.1.2 条规定的必测项目外，尚应将下列项目纳入必测项目进行监测：

- 1 未拆除衬砌观察。
- 2 未拆除衬砌爆破振动。
- 3 临时钢架内力。

表 4.1.2 隧道现场监控量测必测项目

序号	项目名称	监测设备	测点布置	精度	量测间隔时间			
					1~15d	16d~1 个月	1~3 个月	大于 3 个月
1	洞内、外观察	现场观测、地质罗盘等	开挖及初期支护后进行	-	-			
2	周边位移	收敛计、全站仪或其他非接触量测仪器	5~100m 一个断面，每断面 2~3 对测点	0.5mm (预留变形量不大于 30mm 时); 1mm (预留变形量大于 30mm 时)	1~2 次/d	1 次/2d	1~2 次/周	1~3 次/月
3	拱顶下沉	水准仪、钢钢尺、全站仪或其他非接触量测仪器	5~100m 一个断面		1~2 次/d	1 次/2d	1~2 次/周	1~3 次/月
4	拱脚下沉	水准仪、钢钢尺、全站仪	浅埋段，富水软弱破碎围岩、软岩大变形、膨胀岩土等不良地质和特殊性岩土段，5~20m 一个断面	0.5mm	1~2 次/d	1 次/2d	1~2 次/周	1~3 次/月
					仰拱施工时，1~2 次/d			
5	地表下沉	水准仪、钢钢尺、全站仪	洞口段、浅埋段 $H \leq 2.5B$ ，布置不少于 2 个断面，每断面不少于 3 个测点	0.5mm	开挖面距量测断面前后 $< 2.5B$ 时，1~2 次/d; 开挖面距量测断面前后 $< 5B$ 时，1 次/ (2~3) d; 开挖面距量测断面前后 $\geq 5B$ 时，1 次/ (3~7) d			

注：B 为隧道开挖宽度，H 为隧道埋深。

表 4.1.3 隧道现场监控量测选测项目

序号	项目名称	监测设备	测点布置	精度	量测间隔时间			
					1~15d	16d~1个月	1~3个月	大于3个月
1	仰拱(隧底)隆起	全站仪、水准仪	每 5~100m 一个断面	0.5mm	按设计要求			
2	地表水平位移	全站仪	有可能发生滑移的洞口段高边坡	0.5mm	按设计要求			
3	围岩内部位移	洞内钻孔中安设单点或多点位移计	每代表性地段 1-2 个断面, 每断面 3~7 个钻孔	0.1mm	1~2 次/d	1 次/2d	1~2 次/周	1~3 次/月
4	钢架内力	压力计或其他测力计	每代表性地段 1-2 个断面, 每断面钢架内力 3~7 个测点, 或外力 1 对测力计	0.1MPa	1~2 次/d	1 次/2d	1~2 次/周	1~3 次/月
5	围岩压力及两层支护间压力	各种类型岩土压力盒	每代表性地段 1-2 个断面, 每断面 3~7 个测点	0.01MPa	1~2 次/d	1 次/2d	1~2 次/周	1~3 次/月
6	锚杆轴力	钢筋计、锚杆测力计	每代表性地段 1-2 个断面, 每断面 3~7 根锚杆(索), 每根锚杆 2~4 测点	0.01MPa	1~2 次/d	1 次/2d	1~2 次/周	1~3 次/月
7	支护、衬砌内应力	各类混凝土内应变计及表面应变计	每代表性地段 1~2 个断面, 每断面 3~7 个测点	0.01MPa	1~2 次/d	1 次/2d	1~2 次/周	1~3 次/月

续表 4.1.3 隧道现场监控量测选测项目

序号	项目名称	监测设备	测点布置	精度	量测间隔时间			
					1~15d	16d~1个月	1~3个月	大于3个月
8	孔隙水压力、水流量	渗压计、流量计	-	0.01MPa	按设计要求或监控量测方案实施			
9	爆破振动	测振及配套传感器	邻近建（构）筑物	0.01cm/s	随爆破进行			
10	围岩弹性波速度	各种声波仪及配套探头	在有代表性地段设置	-	按设计要求或监控量测方案实施			

4.2 监控量测断面及测点布置原则

4.2.1 隧道洞内必测项目测点应靠近掌子面及时布设。选测项目测点埋设时间宜根据实际需要确定。

4.2.2 监控量测测点应牢固、易于识别，应能真实反映围岩、支护的力学状态变化信息。周边位移、拱顶下沉和拱脚下沉各测点应深入围岩中，不能焊接在钢架上，外露部分宜有保护装置。

4.2.3 必测项目监控量测断面应符合下列规定：

1 量测断面间距及测点数量应根据隧道埋深、围岩级别、断面大小、开挖方法及支护形式等确定。

2 周边位移、拱顶下沉、拱脚下沉和地表下沉测点宜布置在相同里程断面。

3 周边位移、拱顶下沉和拱脚下沉量测断面布置间距应符合表 4.2.3-1 的规定。

表 4.2.3-1 周边位移、拱顶下沉和拱脚下沉量测断面布置间距

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

4 隧道洞内变形监测基准点应设置在稳定区域，并与隧道外监控量测基准点进行联测。

5 地表下沉量测断面纵向间距应符合表 4.2.3-2 的规定。

表 4.2.3-2 地表下沉量测断面布置间距

隧道埋深	纵向测点间距 (m)	隧道埋深	纵向测点间距 (m)
$H > 2.5B$	视情况布设断面	$H \leq B$	5~10
$B < H \leq 2.5B$	10~20	/	/

4.2.4 周边位移测点布置应符合下列规定：

- 1 全断面法设置不少于 1 条水平测线。
- 2 台阶法每个台阶设置不少于 1 条水平测线。
- 3 中隔壁法、交叉中隔壁法或双侧壁导洞法等分部开挖法，每开挖分部设置不少于 1 条水平测线。
- 4 偏压隧道、连拱隧道或者小净距隧道等特殊工况可加设斜向测线。

5 同一断面测点对称布置，不同断面测点布置在相同部位。

4.2.5 拱顶下沉测点应符合下列规定：

- 1 双车道及双车道以下隧道每个量测断面应布置 1~2 个测点，三车道及三车道以上隧道每个量测断面应布置 2~3 个测点。
- 2 采用分部开挖法时，每开挖分部拱部应至少布置 1 个测点。

4.2.6 拱脚下沉测点应符合下列规定：

- 1 同一断面测点宜在左右两侧对称布置。
- 2 采用分部开挖法时，每开挖分部拱脚均应布置测点。

4.2.7 地表下沉量测应符合下列规定：

- 1 应在开挖面距离量测断面三倍隧道开挖宽度之前布设地表下沉测点。
- 2 地表下沉测点横向间距宜为 2m~5m。量测范围应大于隧道开挖影响范围。在隧道中线附近测点宜适当加密。
- 3 当地表有建（构）筑物时，应在建（构）筑物周围增设地表下沉测点。建（构）筑物对地表下沉有特殊要求时，测点应适当加密，范围应适当加宽。

4.2.8 仰拱（隧底）隆起量测应在高水压、大变形、膨胀岩土等地段设置测点，可与拱顶下沉对应设置。

4.2.9 地表水平位移量测应符合下列规定：

- 1 有可能发生滑移的洞口段高边坡应结合地表下沉设置地表水平位移测点。
- 2 采用全站仪进行量测时，地表水平位移测点宜与地表下沉

测点设在同一断面。

3 当穿越建（构）筑物或周边建（构）筑物变形要求较高、存在严重偏压或具有明显滑移面时，可埋设测斜量测深层水平位移。

4.2.10 根据设计要求、施工需要，可选择有代表性地段量测围岩内部位移。代表性地段围岩内部位移量测宜设 1~2 个量测断面，每量测断面应设 3~7 个测孔，可采用单点、多点杆式或钢丝式位移计量测。浅埋软岩隧道可从地表钻孔埋设测点，采用测斜仪及沉降仪等量测。量测精度应不低于 0.1mm。

4.2.11 根据设计要求和工程需要进行隧道受力监测，主要包括钢架内力、围岩压力及两层支护间压力、锚杆轴力、支护衬砌内力和渗水压力等内容。受力监测宜与变形监测布置在同一断面，埋设后应及时获取初读数。

4.2.12 钢架内力量测测点布置应符合下列规定：

1 一个代表性地段宜设置 1~2 个监测断面，每个断面测点不宜少于 5 个，连拱隧道不宜少于 7 个。

2 测点应布置在拱顶、拱腰、边墙、中墙处等关键部位。

4.2.13 围岩压力及两层支护间压力测点布置应符合下列规定：

1 一个代表性地段宜设置 1~2 个监测断面，双车道隧道每个监测断面应布 3~7 个测点，连拱隧道、三车道及三车道以上隧道可适当增加测点。

2 测点应布置在拱顶、拱腰、边墙、中墙处等控制部位。

3 围岩与初期支护之间接触压力量测测点应在初期支护施工时布设；监测初期支护与二次衬砌之间接触压力量测测点应在浇筑混凝土前布设。

4.2.14 锚杆轴力量测应符合下列规定：

1 一个代表性地段宜设置 1~2 个监测断面；监测断面布置的量测锚杆数量应符合表 4.2.14 的规定。

表 4.2.14 监测断面量测锚杆数量表

项目	双车道隧道	三车道及以上隧道	四车道连拱隧道	六车道连拱隧道
量测锚杆（根）	≥3	≥5	≥6	≥8

2 量测锚杆宜根据其长度及量测的需要设 3~6 个测点，长度大于 3m 的锚杆测点数不宜少于 2 个，长度大于 4.5m 的锚杆测点数不宜少于 3 个。

3 量测锚杆宜分别布置在拱顶、拱腰及边墙处。

4 量测锚杆应按设计锚杆的同等要求进行钻孔、安装，钻孔轴线应与设计方向保持一致，误差不超过 $\pm 5^\circ$ ，孔径宜大于设计锚杆杆体直径 15mm，钻孔深度不应小于设计锚杆杆体长度。

4.2.15 支护衬砌内力量测应符合下列规定：

1 一个代表性地段宜设置 1~2 个衬砌内力监测断面，每断面应布置 3~9 个测点，必要时应在仰拱上布置测点。

2 采用钢筋计监测钢筋应力时，应选择与主筋直径相同的钢筋计，宜与钢筋轴线重合，钢筋应力计应对称布置在衬砌内外侧钢筋上；采用电阻应变片监测钢筋应力时，应变片与钢筋应粘贴牢固，电阻应变片应对称布置在衬砌内外侧钢筋上。

3 采用混凝土应变计测量衬砌内力时，应变计应对称布置在衬砌内外两侧。

4 初期支护内力监测测点应在开挖后尽快布设，并在下次开挖前测得初读数；二次衬砌内力监测测点应在混凝土浇筑前埋设，宜在混凝土降至常温状态后测得初读数。

4.2.16 孔隙水压力量测应符合下列规定：

1 浅埋隧道监测钻孔宜在隧道开挖线外，监测孔数量不宜少于 3 个。

2 垂直方向测点应根据应力分布特点和地层结构布设，多个测点的测点间距宜为 2~5m。

3 需要测定孔隙水压力等值线时，应加密测试孔，同一高程

上测点的埋设高差宜小于 0.5m。

4 孔隙水压力计周围应回填透水填料，透水填料宜选用干净的中粗砂、砾砂或粒径小于 10mm 的碎石，高度宜为 0.6~1.0m；同一钻孔内两个孔隙水压力计间应设高度不小于 1.0m 的隔水层，隔水层可选用风干黏土球；监测孔口应用隔水填料填实封严。

4.2.17 爆破振动监测应符合下列规定：

1 监测对象主要包括受爆破振动影响的周边建（构）筑物、正在施工的工程结构及其他有特殊要求的设施。

2 测点应多点布置，位置应设在监测对象振速最大、结构最薄弱、距离震源最近等部位。

3 监测传感器应与监测对象紧贴，结合牢固。

4.3 监控量测频率

4.3.1 洞内观察包括开挖工作面观察和已支护地段观察，开挖工作面观察应在每次开挖后进行，已支护地段观察应每天进行一次。浅埋段洞外观察应结合地表下沉量测进行，宜每天进行一次。

4.3.2 周边位移、拱顶下沉和拱脚下沉量测的量测频率除应符合本标准表 4.1.2 的规定外，尚应符合表 4.3.2-1 和表 4.3.2-2 的规定。

表 4.3.2-1 周边位移、拱顶下沉和拱脚下沉量测频率（按位移速率）

位移速率（mm/d）	量测频率	位移速率（mm/d）	量测频率
≥5	3~4 次/d	0.5~1	1 次/（2~3）d
3~5	2 次/d	0.2~0.5	1 次/3d
1~3	1 次/d	<0.2	1 次/（3~7）d

表 4.3.2-2 周边位移、拱顶下沉和拱脚下沉量测频率（按距开挖面距离）

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

4.3.3 地表下沉量测频率应根据量测区间段的位置确定,应符合下列要求:

- 1 当开挖面距量测断面前后距离 $D \leq 2.5B$ 时,每天 1~2 次。
- 2 当开挖面距量测断面前后距离 $2.5B < D \leq 5B$ 时,每两天量测 1 次。
- 3 当开挖面距量测断面前后距离 $D > 5B$ 时,每周量测 1 次。
- 4 当有工序转换或洞内及地表建(构)筑物出现异常情况时,应适当增大量测频率。

4.3.4 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的结果确定。

4.4 监控量测方法

4.4.1 洞内外观察应符合下列规定:

1 开挖工作面观察应及时绘制开挖工作面地质素描图,填写开挖工作面地质状态记录表。

2 已支护地段应观察围岩、喷射混凝土、锚杆和钢架等的工作状态,记录喷射混凝土表面起鼓、剥落、开裂、渗漏水、钢架变形及发展情况等内容,观察中发现围岩条件变差或支护状态异常时,应及时采取相应措施。

3 洞外观察应观察记录洞口段、偏压段、浅埋段及特殊地质地段的地表开裂、沉降、塌陷,边坡及仰坡稳定状态,地表水渗漏情况,地表植被变化等,并应与地表下沉、地表水平位移对照分析洞口段边坡稳定性。

4.4.2 洞内必测项目应符合下列规定:

1 各测点初始读数应在每次开挖后 12h 内、下一循环开挖前取得,最迟不得超过 24h。

2 各项量测作业均应持续到量测断面开挖支护全部结束,临时支护拆除完成且变形基本稳定后 15~20d。

3 变形监控量测可采用非接触量测或接触量测方法,采用全站仪或其他非接触量测仪器进行非接触量测时,可采用黏附在预埋件上反射膜片作为测点靶标,反射膜片应及时擦拭,确保无损、清洁。

4 应及时进行数据整理和数据分析,并绘制必测项目数据时态曲线图,回归分析量测结果,预测测点可能出现的最大变形值,掌握围岩变化的规律。

4.4.3 地表下沉量测应符合下列规定:

1 应在开挖工作面距离测点不小于隧道埋深与隧道开挖高度之和处开始,直到衬砌结构封闭。

2 应及时计算当当地表下沉变形值和变形速率,绘制地表下沉量与时间关系曲线及地表横向下沉量与时间关系曲线,评估围岩稳定性。

4.4.4 应力、应变监控量测应符合下列规定:

1 监测元器件可采用电阻应变片、振弦式传感器、光纤光栅传感器等。

2 监测元器件埋设前应经过标定,埋设后应及时获取初读数;钢架内力量测应分别在钢架安装前后测试仪器读数;二次衬砌内力量测宜在混凝土降至常温状态后测得初读数。

3 应及时处理监测数据,绘制应力、应变分布图和随时间变化曲线图;锚杆轴力监测可根据锚杆不同深度位置的受力变化速率,分析围岩变形发展趋势。

4.4.5 接触压力量测应符合下列规定:

1 可采用压力盒进行监测,量测精度不宜低于 0.01MPa,量程宜为设计压力的 2 倍。

2 围岩与初期支护之间接触压力的量测应在初期支护施工完成后及时测得初始读数;初期支护与二次衬砌之间接触压力的量测应在浇筑后及时测得初始读数。

3 接触压力量测应及时处理监测数据,绘制接触压力-时间

曲线散点图，预测支护结构所承受的接触压力值，根据设计压力值判定其安全状态。

4.4.6 孔隙水压力和水流量量测应符合下列规定：

1 衬砌背后孔隙水压监控量测可采用渗压计，渗压计量程宜为孔隙水压力的 2 倍；水流量监控量测可采用三角堰、流量计、量筒和秒表。

2 孔隙水压力监测初始值应稳定、准确，测点布设后，每天应定时量测，连续 3 天读数差不大于 2kPa 时，可取平均值或中值作为初始值。

3 水压力上升时，应逐日监测；水压力大于或等于控制标准的 85% 时，应跟踪监测。

4 应及时处理分析孔隙水压力监测数据，绘制水压力在垂直、水平方向上随时间变化的曲线图，预测作用在结构上的最大孔隙水压力，判定结构的安全状态。

4.4.7 爆破振动量测应符合下列规定：

1 爆破作业前应进行现场调查并明确监测对象，编制爆破振动监测方案；现场调查内容主要包括：

- 1) 周围建（构）筑物的位置、形状、尺寸、结构形式、竣工年代等；
- 2) 在建工程结构的形状、大小、结构形式、距离、抗震要求等；
- 3) 有特殊要求的设施数量、规模、性能、状态、安装情况、减震设置、振动速度限制及其他要求；
- 4) 震波传至监测对象所经过介质的种类、物理性质、地质构造等。

2 爆破振动监测应监测震源到达监测对象位置时的振动速度，有特殊要求的尚应监测振动加速度、振幅、频率等。

3 爆破振动监测仪器宜采用具有自动记录功能的爆破测震仪。

4 爆破振动监测应及时处理监测数据，并与控制标准比较，提出优化爆破设计建议。

4.5 监控量测控制标准及预警

4.5.1 监控量测控制值包括隧道内位移、地表沉降、爆破振动、支护结构内力等，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。

4.5.2 监控量测控制值选取应符合下列规定：

1 隧道内位移监测控制值应根据施工方法特点、周围岩体特征等确定。

2 支护结构内力监测控制值应根据工程地质条件、支护结构特点及设计文件等进行综合确定。

3 地表变形控制值应根据地层稳定性、周围建（构）筑物的安全要求分别确定，并取最小值。

4.5.3 围岩及支护稳定性的判别，应根据监控量测结果，按下列指标综合判定：

1 根据位移速率判断：速率大于 1.0mm/d 时，围岩处于急剧变形状态；速率变化在 $0.2\sim 1.0\text{mm/d}$ 时，围岩处于缓慢变形状态；速率小于 0.2mm/d 时，围岩达到基本稳定。在高地应力软岩、膨胀岩土、流变性岩土和挤压地层等不良地质和特殊性岩土中，应根据具体情况制定判别标准。

2 根据位移速率变化趋势判断：当围岩位移速率不断下降时，围岩趋于稳定状态；当围岩位移速率保持不变时，围岩变形持续发展，处于尚不稳定状态；当围岩位移速率上升时，围岩处于危险状态。

3 初期支护承受的应力、应变、压力实测值与允许值之比大于或等于 0.8 时，围岩不稳定；初期支护承受的应力、应变、压力实测值与允许值之比小于 0.8 时，围岩处于稳定状态。

4.5.4 监控量测可根据初期支护安全风险特征、围岩及支护稳定性状态、变形控制值等按表 4.5.4 进行分级管理及预警。

表 4.5.4 管理及预警等级

管理及预警等级	初期支护安全风险特征	量测数值特征	
		实测位移值	位移速率
一级（绿色）	初期支护无明显异常变形征兆，无开裂或局部环向开裂	$U < (U_0/3)$	$< 3.0\text{mm/d}$
二级（黄色）	初期支护局部出现外鼓现象，喷混凝土局部出现纵斜向开裂、掉块，环向裂缝进一步扩展	$(U_0/3) \leq U \leq (2U_0/3)$	$3.0\text{mm/d} \sim 5.0\text{mm/d}$
三级（红色）	钢架扭曲变形，喷层出现大面积纵（斜）向开裂、掉块现象，裂缝宽度大于 0.5mm 且存在持续发展趋势	$U > (2U_0/3)$	① $\geq 5.0\text{mm/d}$ ；或 ② $\geq 3.0\text{mm/d}$ ，且速率连续 3 天上升

注：1 U 为实测位移值， U_0 为位移控制值。

- 2 现场初期支护监测控制等级取初期支护安全风险特征、相对位移值、位移速率三者中对应的最高管理等级。
- 3 特殊地质隧道应结合地质条件和隧道变形及支护措施制订针对性分级控制监控量测标准。

4.5.5 隧道监控量测应根据监测预警等级和预警标准建立预警管理制度，隧道施工过程中当监控量测数据达到预警标准时，必须及时进行分析并采取相应措施。

5 运营隧道监控量测

5.1 现场监测

5.1.1 现场监测应开展变形及受力监测。对于存在重大结构病害的部位，宜同时开展结构病害监测。

5.1.2 现场监测项目、设备等见表 5.1.2。

表 5.1.2 隧道现场监测项目

序号	项目名称	监测设备	测点布置	精度
1	巡视检查	简易测量、摄像或摄影等工具，无人机、巡检机器人等智能设备	全隧道检查	/
2	周边位移	收敛计、全站仪或其他非接触量测仪器	5~100m 一个断面，每断面 2~3 对测点	0.5mm
3	拱顶下沉	水准仪、钢钢尺、全站仪或其他非接触量测仪器	每 5~100m 一个断面	0.5mm
4	拱脚（边墙）下沉	水准仪、钢钢尺、全站仪或其他非接触量测仪器	每 5~100m 一个断面	0.5mm
5	衬砌应力	各类混凝土表面应力计或埋入式应力计	每代表性地段 1~2 个断面，每断面 3~7 个测点	0.01MPa
6	裂缝	钢卷尺、裂缝计	裂缝长度较长、宽度较大、分布密集处及衬砌施工缝、变形缝两侧	长度：1mm 宽度：0.1mm
7	渗漏水	量筒、秒表、流量计	渗漏水点	1 mL

5.1.3 监测仪器应符合下列规定：

- 1 选择与工作环境相适应、易更换维护的监测仪器。
- 2 精度、量程应满足监测项目的要求。
- 3 预埋仪器的寿命应满足设计要求，且运营期正常工作时间不宜低于 3 年。

4 采取必要的标识和保护措施，定期进行检查校验、维护保养。

5 建立信息档案，记录仪器参数及安装参数信息。

5.1.4 变形监测的测点布置应符合下列规定：

- 1 不同监测项目的测点，宜布置在同一断面，且宜对称布置。
- 2 监测点应埋设牢固、标识清楚，不得侵入隧道建筑限界。
- 3 严重不良地质段、重大结构病害部位，监测断面应进行加密。

5.1.5 变形监测的基准点、工作基点的设置应符合下列规定：

- 1 基准点应选择在不受扰动的位置，稳定可靠。
- 2 工作基点应选在相对稳定和方便使用的位置，在通视条件良好、距离较近的情况下，宜直接将基准点作为工作基点。
- 3 工作基点应与基准点进行组网和联测。

5.1.6 裂缝监测应包括裂缝宽度、长度，并符合下列规定：

- 1 监测的裂缝应统一进行编号。
- 2 裂缝宽度监测时，应在目测裂缝最宽处布置测点。
- 3 裂缝长度发展监测时，应在裂缝末端布置监测标志，监测标志应具有明晰的端面或中心。

5.1.7 隧道衬砌渗漏水监测应包括渗漏水位置、渗漏水量和渗漏水面积。

5.1.8 应制定编号规则，对监测的断面、测点及仪器进行编号。

5.1.9 现场监测可采用人工监测或自动化实时监测的方式。

5.2 巡视检查

5.2.1 隧道巡视检查是对隧道土建结构的外观状况进行巡视检查，及时发现安全隐患、早期破损、显著病害及其他异常情况。

5.2.2 隧道巡视检查应包括下列内容：

- 1 隧道洞口边仰坡是否存在边坡开裂滑动、落石等现象。
- 2 隧道洞门结构是否存在开裂、砌体断裂、脱落等现象。
- 3 隧道衬砌是否存在大范围开裂、明显变形、衬砌掉块、渗漏水等现象。

- 4 是否存在地下水涌流、喷射，路面出现大面积严重积水等影响交通安全的迹象。

- 5 隧道路面是否存在散落物、严重隆起、错台、断裂等现象。

- 6 检修道结构有无破损，盖板有无缺失，栏杆有无变形、损坏等。

- 7 隧道洞顶预埋件、灯具、风机等是否存在断裂、变形或脱落等现象。

5.2.3 运营隧道应进行巡视检查，隧道巡视检查频率应为 1~4 次/月；台风、暴雨等极端天气时，应提高巡视检查频率；邻近施工对隧道有影响时，应 1 次/天。

5.2.4 隧道巡视检查以人工目测为主，并辅以简易测量、摄像或摄影等工具，也可采用无人机、巡检机器人等智能设备。

5.2.5 隧道巡视检查应做好记录，及时整理数据和影像资料，并与仪器监测数据进行综合分析，如发现异常情况，应及时通知委托方及其他相关单位。

5.3 人工监测

5.3.1 人工监测可采用全站仪、精密水准仪、收敛计、激光测距仪、钢卷尺、裂缝测宽仪等进行。

5.3.2 对同一变形监测项目，监测时宜符合下列规定：

- 1 采用相同的观测方法和观测路径。
- 2 使用同一监测仪器和设备。
- 3 在基本相同的环境和条件下工作。
- 4 观测人员尽量保持固定，减少人为误差。

5.3.3 人工监测的频率应符合下列规定：

- 1 运营 1 年内，1~4 次/月；运营 1 年后，2~4 次/年。
- 2 受邻近施工影响的区域，3~7 次/周。
- 3 隧道内发生交通事故及遭受暴雨、地震等异常天气影响时，应提高监测频率。

5.4 自动化监测

5.4.1 采用自动化监测时，应根据工程特点制定自动化监测专项方案，并采用成熟、可靠、易维护的监测设备和数据通信设备。

5.4.2 自动化监测的监测频率应根据监测项目及变化速率确定，并可根据监测数据的发展趋势进行动态调整。当遇到下列情况时，应提高监测频率：

- 1 监测数据异常或变化速率较大时。
- 2 邻近工程施工对隧道有影响时。
- 3 隧道内发生火灾、撞击等交通事故时。
- 4 遭受暴雨、地震等异常天气影响时。

5.4.3 自动化监测应具备数据采集、传输、存储、处理等功能，并应符合下列规定：

- 1 监测仪器宜选用同一类型，并相互兼容。
- 2 数据采集频率应可设定。
- 3 应具备本地存储数据功能，宜支持云存储功能。
- 4 数据传输宜结合工程现场情况确定，可采用有线或无线方式。

5 数据处理应具有异常数据剔除、统计分析、曲线图表生成、趋势预测、预警反馈、自动生成报告报表等功能。

6 应具备远程访问、控制采集装置的功能。

7 应能保证供电的稳定性，宜具备断电报警功能，必要时宜配置临时应急电源。

5.4.4 监测信号在采集前与采集后可进行数据处理，数据处理应具有下列功能：

1 信号实时显示。

2 数据采集：随机采样、触发采样，多次触发采样，采样时间和采样数据长度自由设定，采样时可实时观察波形变化，定时采样。

3 数字滤波：低通，高通，带通，带阻滤波。

4 幅域统计：描述信号的幅域特征参数有最大值、最小值、平均值、有效值、均方值、方差、标准差等值。

5 时域、频域分析：可对动态信号进行时域、频域范围的不同类型分析，可进行不同点数的 FFT 分析。

6 相关分析：可对各系统间信号的相关性进行分析。

5.4.5 应及时保存监控量测数据，并定期进行数据库的维护及全量备份。

5.4.6 应将数据采集装置和数据传输装置纳入巡视检查工作中，记录设备现场工作状态、电源状态、电池电量、通信状态等数据。

5.4.7 应定期对采集设备进行维护并校准，确保采集设备和传感器处于良好状态。

5.4.8 应定期对自动化监测成果进行人工校核，数据异常时应及时对监测系统进行校准。

6 成果报告

6.0.1 成果可分为日报、周报、月报等，应结论明确、用词规范、文字简练，对于容易混淆的术语和概念，应以文字解释或图例、图像说明。

6.0.2 施工隧道监控量测报告应包括下列主要内容：

- 1 掌子面开挖方式及桩号。
- 2 实际测点布置示意图。
- 3 变更设计和改变施工方法地段的信息反馈记录。
- 4 监控量测设备信息。
- 5 监控量测数据汇总结果及观察资料。
- 6 围岩和支护变形（力值）-时间曲线图、空间关系曲线图

等。

- 7 围岩稳定性判定及预警等级。
- 8 监测、审批人员的签名。
- 9 监控量测单位的有效印章。

6.0.3 运营隧道监控量测报告应包括下列主要内容：

- 1 实际测点布置示意图。
- 2 监测数据汇总表及观察资料。
- 3 衬砌位移-时间曲线图、空间关系曲线图等。
- 4 监测、审批人员的签名。
- 5 监测单位的有效印章。

附录 A 施工隧道监控量测记录表

表 A.1 洞内外观察记录表

工程名称				工程部位				
日期				监测条件				
监测依据				判定依据				
主要仪器设备								
洞外描述	边仰坡: ☐ 无异常; ☐ 异常:						掌子面描述	
	地表裂缝: ☐ 无; ☐ 有:							
	地表变形: ☐ 无异常; ☐ 异常:							
	地表积水情况: ☐ 无; ☐ 有:							
	地表建(构)筑物: ☐ 无异常; ☐ 异常:							
洞内描述	初期支护: ☐ 无异常; ☐ 异常:						工程措施描述	
	锚杆: ☐ 无异常; ☐ 异常:							
	钢架: ☐ 无异常; ☐ 异常:							
	二衬: ☐ 无异常; ☐ 异常:							
地层岩性			围岩级别	设计		岩石坚硬程度		
掌子面岩体结构	层理	产状			单层厚度(m)	层面特征		
	节理裂隙	组次	产状	间距(m)	长度(m)	缝宽(mm)	充填物	
		1						
		2						
	断层	产状		宽度(m)		特征		与隧轴夹角
地下水	出水位置				出水形态			含泥砂情况
稳定性								

表 A.2 周边位移记录表

工程名称						工程部位				测点布置示意图				
施工方法														
监测日期						监测条件								
监测依据						埋设日期								
判定依据						仪器设备								
断面桩号	测线编号	量测时间				观测值 (mm)				相对初次变化值 (mm)	相对上次变化值 (mm)	相对上次时间间隔 (d)	相对上次变化速率 (mm/d)	备注
		年	月	日	时	第一次	第二次	第三次	平均值					

表 A.3 拱顶/拱脚下沉记录表

工程名称						工程部位				测点布置示意图				
监测日期						监测条件								
施工方法														
监测依据						埋设日期								
判定依据						仪器设备								
断面桩号	测线编号	量测时间				观测值 (mm)				相对初次变化值 (mm)	相对上次变化值 (mm)	相对上次时间间隔 (d)	相对上次下沉速率 (mm/d)	备注
		年	月	日	时	第一次	第二次	第三次	平均值					

表 A.4 地表下沉记录表

工程名称						工程部位				测点布置示意图					
施工方法															
监测日期						埋设日期									
监测依据						监测条件									
判定依据						仪器设备									
断面桩号	测线编号	量测时间				观测值 (mm)				相对初次变化值 (mm)	相对上次变化值 (mm)	时间间隔 (d)	下沉速率 (mm/d)	备注	
		年	月	日	时	第一次	第二次	第三次	平均值						

本标准用词说明

1 为便于在执行本标准条文时区别对待,对要求严格程度不同的用词说明如下:

1) 表示很严格,非这样做不可的:

正面词采用“必须”;反面词采用“严禁”;

2) 表示严格,在正常情况下均应这样做的:

正面词采用“应”;反面词采用“不应”或“不得”;

3) 表示允许稍有选择,在条件许可时首先应先这样做的:

正面词采用“宜”;反面词采用“不宜”;

4) 表示有选择,在一定条件下可以这样做的,采用“可”。

2 条文中指明应按其他有关标准执行时的写法为:“应符合……的规定”或“应按……执行”。

引用标准名录

- 1 《工程测量标准》 GB 50026
- 2 《建筑边坡工程技术规范》 GB 50330
- 3 《建筑基坑工程监测技术标准》 GB 50497
- 4 《城市轨道交通工程监测技术规范》 GB 50911
- 5 《建筑变形测量规范》 JGJ 8
- 6 《公路隧道施工技术规范》 JTG/T 3660
- 7 《城市隧道管理养护技术规程》 DBJ/T 13-219
- 8 《福建省市政隧道原位扩建施工技术标准》 DBJ/T 13-431

福建省工程建设地方标准

城市隧道监控量测技术标准

DBJ/T 13-545-2026

条文说明

编制说明

《城市隧道监控量测技术标准》DBJ/T 13-545-2026，经福建省住房和城乡建设厅 2026 年 10 月 13 日以闽建科〔2026〕12 号文批准发布，并经住房和城乡建设部备案，备案号为 J18964-2026。

本标准制订过程中，编制组进行了城市隧道监控量测技术的调查研究，总结了我国城市隧道监控量测的实践经验，同时参考了国内先进技术法规、技术标准，通过工程实践取得了城市隧道监控量测预警的重要技术参数。

为便于广大设计、施工、科研、学校等单位有关人员在使用本标准时能正确理解和执行条文规定，《城市隧道监控量测技术标准》编制组按章、节、条顺序编制了本标准的条文说明，对条文规定的目的、依据以及执行中需要注意的有关事项进行了说明。但是，本条文说明不具备与标准正文同等的法律效力，仅供使用者作为理解和把握标准规定的参考。

目 次

1 总 则.....	35
2 术 语.....	36
3 基本规定.....	37
4 施工隧道监控量测.....	40
4.1 监控量测项目.....	40
4.2 监控量测断面及测点布置原则.....	41
4.3 监控量测频率.....	42
4.4 监控量测方法.....	42
4.5 监控量测控制标准及预警.....	43
5 运营隧道监控量测.....	44
5.1 现场监测.....	44
5.2 巡视检查.....	44
5.3 人工监测.....	45
5.4 自动化监测.....	45

1 总 则

1.0.1 监控量测既是隧道设计文件的重要组成部分,也是隧道施工作业中的关键作业环节。制定本技术标准,是为了使隧道工程的监控量测设计和实施有一个统一的标准,达到安全适用、技术先进、经济合理的要求。

1.0.2 本标准主要针对城市隧道土建结构的监控量测,不含隧道内机电设施、环境等监测。

1.0.3 按本标准进行隧道监控量测时,还需遵守现行的安全技术和劳动保护等有关规定。

2 术 语

本节术语参考了《城市隧道管理养护技术规程》DBJ/T 13-219-2015、《铁路隧道监控量测技术规程》Q/CR 9218-2024、《公路隧道施工技术规范》JTG/T 3660-2020 等地方或行业标准。所列术语一般为其在本标准中出现时，其含义需要加以界定、说明或解释的重要词汇。尽管在界定和解释术语时考虑了术语的习惯和通用性，但理论上这些术语仅在本标准中有效，列出的目的主要是防止出现错误理解。当本标准列出的术语在本标准以外使用时，应注意其可能含有与本标准不同的含义。

3 基本规定

3.0.1 监控量测的主要目的是掌握围岩和支护工作状态、判断围岩稳定性、支护结构的合理性和隧道整体安全性，确定二次衬砌合理的施作时间，为在施工中调整围岩级别、变更设计方案及参数、优化施工方案及施工工艺提供依据，直接为设计和施工管理服务。

3.0.2 在隧道施工过程中，使用专用的仪器、设备，对围岩和支护结构的受力、变形进行观测，并对其稳定性、安全性进行评价，统称为监控量测。在设计阶段，由设计单位对监控量测目的、监控量测项目以及测点的布置等进行设计；在施工阶段，作为施工组织设计的一个重要组成部分，纳入施工工序。制定合理而周密的现场量测方案，是保证监控量测工作有效开展的关键。隧道开工之前，监控量测单位根据环境条件、地质条件、设计要求、施工方法及施工进度安排等编制监控量测实施方案，确定量测项目、仪器、测点布置、量测频率、数据处理、反馈方法、组织机构及管理体系，并在施工的全过程中认真实施。

3.0.3~3.0.4 监控量测工作是专业性较强的工作，为了确保监控量测数据的准确可靠，达到应有的精度，监控量测单位需成立现场监控量测小组。现场监控量测小组由熟悉监控量测工作的人员组成，且要求人员相对固定，避免人员频繁交接，确保数据资料的连续性，现场配置专门的人员进行埋点、测试数据处理、信息反馈及仪器维修、保养工作并及时向相关部门报告监控量测结果。监控量测纳入施工质量保证体系，确保监控量测的有效实施，做到组织管理清晰、责任明确。

3.0.5 施工隧道监控量测方案需结合具体隧道工程、水文地质条件、支护参数、施工方法和监控量测目的等进行，其内容一般包括下列几个方面：

(1) 监控量测项目，包括必测项目与选测项目，根据隧道特点和监控量测要求确定。

(2) 测点的布置原则，根据地质条件确定，并选取监控量测断面及测试频率。

(3) 各监控量测项目的控制值，根据隧道设计文件、规范及法规的要求选取。

现场监控量测工作一般按照下面的程序进行：

(1) 现场情况的初始调查：施工前对隧道工程的地质条件、地下水状况及施工影响区域内的周边环境进行初始调查，掌握工程特点和难点，为监控量测工作的顺利开展做好准备。

(2) 编制实施方案：现场监控量测小组按照监控量测设计的要求，结合初始调查结果编制实施方案，经相关单位审查批准后实施。

(3) 布设测点并取得初始监测值：基准点、测点的埋设严格按照相应规范进行，以确保监控量测数据可靠。测点埋设后及时取得初始监测值。

(4) 现场监控量测分析及信息反馈：现场监控量测工作由现场监控量测小组实施，并根据监控量测数据对隧道施工安全及结构的稳定性做出分析评价，并及时进行信息反馈。

(5) 提交监控量测成果：监控量测小组一般以周报（特殊情况可形成日报）的形式提交监控量测成果（包括纸质和电子文件）。当出现异常现象时，及时反馈，以便采取相应的对策。全隧道现场监控量测工作结束后，宜在一个月内编写出该工程的施工监控量测总结报告。

监控量测实施方案是工程施工组织设计的重要组成部分，需上报监理或建设单位，经批准后正式实施，并且作为现场作业、

检查、验收的依据之一，相关资料要认真保存。当现场监控量测工作由于地质条件、施工方法等因素的影响需要调整时，需报项目技术负责人审核，并经现场监理工程师批准后实施。

3.0.7 为使监控量测充分发挥更好作用，首先需要根据设计规定，并结合隧道的工程地质和水文地质条件、支护类型和参数、施工方法以及所确定的量测目的等编制切实可行的量测计划，并在施工中认真组织实施。

3.0.8 现场施工过程中经常发生测点破坏的现象，使监控量测数据不连续，影响监控量测结果的准确分析。如果测点被破坏，一般在被破坏测点附近补埋。如果测点出现松动，则需及时加固，当天的量测数据无效，待测点加固后重新读取初读数。

3.0.10 监控量测数据经现场检查复核，发现异常及时进行重测。数据的整理和维护工作由专人负责，数据在输入、处理过程中复核审查，避免出现错误。监控量测的记录、图表及文字报告应连续和完整。如有缺失，按国家、行业有关标准和本技术规程要求及时采取补救措施，并详细进行书面记录。

3.0.11 现场监控量测与施工作业易发生干扰，因此两者应紧密配合，妥善协调好施工和监控量测的关系。将监控量测元件的埋设计划列入工程施工进度控制计划中，施工现场及时提供工作面，创造条件保证监控量测埋设工作的正常进行；监控量测工作应尽量减少对施工工序的影响。

3.0.13 运营期隧道监测方案编制前应收集并分析区域地形资料、水文气象资料、隧址岩土工程勘察报告、周边环境调查报告、设计文件、施工方案、施工质量检测、施工期及运营初期病害检查与评估报告等相关资料。对于隧址严重不良地质、结构检查中存在病害、隐患的情况，应在方案中有针对性的监测措施。

3.0.14 运营期隧道已通车运行，人工监测时除应保障监测人员的安全外，亦应保证通行车辆的安全。

4 施工隧道监控量测

4.1 监控量测项目

4.1.1 隧道施工监控量测旨在现场采集反映施工过程中围岩动态的实际信息，以判定隧道围岩和初期支护的稳定状态，分析支护结构参数和施工的合理性，为设计和施工提供依据。因此，设计文件应根据隧道的特点和难点确定必测项目和选测项目的具体内容。

4.1.2 必测项目是为了在施工中保证安全，通过量测信息判断围岩稳定性来指导设计、施工的经常性量测。这类量测通常测试方式简单，费用少，可靠性高，但对监视围岩稳定、指导设计施工却有巨大作用。

4.1.3 现场监控量测需要根据设计规定、隧道横断面形状和断面大小、埋深、围岩条件、周边环境条件、支护类型和参数、施工方法等来选择量测项目。选测项目是对一些有特殊意义和具有代表性意义的区段以及试验区段进行补充量测，以求更深入地掌握围岩的稳定状态与喷锚支护效果，具有指导未开挖区的设计与施工的作用。这类量测项目量测较为麻烦，量测项目较多，花费较大，根据需要选择其中部分或全部量测项目。

4.1.4 实践证明，开挖工作面的地质素描和数码成像对于判断围岩稳定性和预测开挖面前方的地质条件是十分重要的，必要时进行物理力学实验，获得围岩的具体力学参数，为施工阶段围岩分级和科学的信息化施工提供有效的参考依据。在进行地质素描及数码成像的时候，工作面需有良好的照明和通风条件，以保证地

质素描及数码成像的效果。初期支护状态的观察和裂缝描述，对直接判断围岩的稳定性和支护参数的检验是不可缺少的。注意观测初期支护的变形以及渗水情况，及时发现治理，避免工程事故的发生。

4.1.5 城市隧道周边既有建（构）筑物较多，穿越方式主要有上穿、下穿和侧穿三种基本情况，隧道施工对周边建（构）筑物影响也是监测的一个重要构成部分，现行《工程测量标准》GB 50026 和《建筑变形测量规范》JGJ 8 等规范对建（构）筑物的规定已较明确，应参照执行。

4.1.6 根据现行地方标准《福建省市政隧道原位扩建施工技术标准》DBJ/T13-431 规定，对于隧道原位扩建项目，洞内监测部分要求与新建隧道类似，不同之处在于未拆除衬砌很大程度上影响着扩建开挖工作面的稳定性，对施工安全起重要作用，应对各工序后的未拆除衬砌裂缝、掉块、大变形等不稳定因素进行排查，并对振动速度进行监测；此外，原位扩建后隧道普遍存在大断面的特点，中间临时支撑的内力也应重点监测。

4.2 监控量测断面及测点布置原则

4.2.1~4.2.2 实践证明，当隧道开挖后，岩体固有结构被破坏，块体间阻力削弱，变形松弛，隧道围岩应力重分布，隧道周边径向应力被释放，围岩内形成塑性区。这种向隧道方向的变形，一般在爆破后 24h 内发展较快，而围岩开挖初始阶段的变形动态数据又在全部变形过程中占十分重要的地位，因此要求测点尽快安装，并在下一循环爆破前获得初读数。为使初读数能够较真实地反映变形值，要求测点尽快埋设和读取初读数。

4.2.3~4.2.6 周边位移量测、拱顶下沉、拱脚下沉量测原则上在同一断面上进行，而且其他量测项目也应设置在同一断面上。但受围岩及开挖方法、隧道内管线位置等影响，可以适当调整。

周边位移量测以水平测线量测为主，必要时设置斜测线（如洞口附近、浅埋区段、偏压或膨胀性围岩区段、拱顶下沉位移量大的区段），斜测线的设置有助于了解垂直方向的位移变化情况。分部开挖法临时支护拆除后、继续进行拱顶下沉和周边位移量测时，测线按全断面开挖法布置。偏压隧道可能存在支护结构整体位移的情况，此时周边位移不能有效反映隧道支护结构位移变化，因此有必要增加支护结构绝对位移的监控量测。

4.2.7 对于浅埋或超浅埋隧道，隧道横断面方向的地表下沉量测边界在隧道开挖影响范围以外，并在开挖影响范围以外设置基准点。地表下沉量测的测点布设在由设计确定的特别重要的施工地段，包括地表有建（构）筑物地段。

4.2.8~4.2.17 选测项目的断面间距视需要而定，或在有代表性的地段选取若干测试断面。凡是地质条件差、隧道开挖断面面积大、施工工序复杂的重要工程，布点适当加密。

4.3 监控量测频率

4.3.1~4.3.4 必测项目量测频率一般根据监测时间、测点距开挖面的距离及位移速度分别确定，然后取较高者作为实际量测频率。

4.4 监控量测方法

4.4.1 洞内、外观察和量测结果一起分析，对于优化设计方案、调整施工参数及科学地进行施工组织和管理十分重要。实践和研究表明，洞口段容易产生洞口边坡失稳现象，而失稳前经常存在边仰坡开裂、洞顶地表变形开裂等表观现象，如果开裂后处理不及时就会出现地表水下渗，加剧洞口失稳的发生。因此，对于洞口段要求对地表进行观察、记录，结合地表沉降及地表水平位移分析洞口边坡稳定性状况。而对于浅埋段，隧道不稳定也间接反映在地表是否出现裂缝。地表出现开裂或者塌陷，不仅影响地表

建（构）筑物及行人安全，同时也会使地表水沿裂缝向隧道内渗流，恶化隧道支护受力状况，对围岩及支护稳定产生不良影响。因此，对于浅埋段同样要求对地表开裂及地表水渗漏现象进行观察。

4.5 监控量测控制标准及预警

4.5.1 监控量测的主要目的是确保隧道施工安全性和结构的长期稳定性，根据这一目的，同时考虑周围建（构）筑物特点和重要性，综合隧道所处的地质条件和施工方法等多方面因素，制定监控量测基准。

4.5.2 一般情况下将隧道设计的预留变形量作为位移控制值；支护结构内力监测控制值可按结构材料强度值选取或由设计文件确定。

4.5.3 围岩稳定性判断的方法很多，主要有理论分析法、数值计算法和经验类比法等。采用监控量测的结果进行判断是直观和有效的方法，在施工中应高度重视。此条参考《公路隧道施工技术规范》JTG/T 3660 和《铁路隧道监控量测技术规程》Q/CR 9218 的基础上确定。

4.5.4 分级管理及预警综合了洞内观察结果、累计位移值和位移速率进行，位移速率主要依据国家标准《城市轨道交通工程监测技术规范》GB 50911-2013 第 9.2.3 条矿山法隧道支护结构变形监测项目控制值。

5 运营隧道监控量测

5.1 现场监测

5.1.1~5.1.2 对监测项目进行了规定,除结构变形、受力监测外,对于隧道内常见的裂缝、渗漏水等病害,提出了监测要求。结构变形、受力监测的监测断面及测点,应结合隧道技术状况评定结果,进行增加。对于隧道拱顶出现的纵向裂缝,应进行重点加密监测。

5.1.3 为满足运营期隧道监测的连续性,监测仪器的寿命应尽量长,寿命临近时,应及时更换监测仪器。

5.1.4 监测点对称布置,有利于监测全断面情况;当区段内存在多个监测项目时,将不同监测项目的测点布置在同一个断面上,可获取不同监测项目间的内在联系和变化规律,便于监测数据的对比分析。

5.1.5 监测工作基准点应稳定可靠,并能定期进行复核。

5.1.8 为便于监测和管理,应对监测断面、测点、仪器按一定的编号规则进行统一编号。

5.2 巡视检查

5.2.1 本条规定了巡视检查的目的,与地方标准《城市隧道管理养护技术规程》DBJ/T13-219-2015的日常检查相适应。

5.2.2 对隧道巡视检查的内容进行规定。

5.2.3 本条参考地方标准《城市隧道管理养护技术规程》

DBJ/T13-219-2015 日常检查的频率，并可根据隧道的现状进行调整。在受到异常影响、邻近施工时，提高巡查频率。

5.2.4 为节省人力成本，提高巡查效率，推荐采用无人机、巡检机器人等智能设备，但要保障隧道内交通安全。

5.3 人工监测

5.3.2 本条符合测量工作方法固定、仪器固定、人员固定、环境固定的原则。

5.3.3 自隧道运营开始，监测频率可根据监测结果逐步降低，但遇到邻近施工、发生事故、极端天气或监测数据异常时，应提高监测频率。

5.4 自动化监测

5.4.1 目前较成熟、可靠、易维护的监测设备有测量机器人、摄影机器、静力水准等。

5.4.2 自动化监测应能进行高频率的实时监测。当频率高时，数据量较大，日常监测可根据监测数据结果进行调整，但不应低于人工监测的频率。

5.4.8 电子设备受环境影响易损坏，设备自身难以修复，因此规定现场定期人工校核自动化监测数据。当两者存在较大差异时，应查明原因，重启或更换自动化监测设备。