

吉林省工程建设地方标准

城市轨道交通工程监测技术标准

Technical standard for monitoring measurement
of urban rail transit engineering

DB22/T 5020—2019

主编部门：吉林省建设标准化管理办公室

批准部门：吉林省住房和城乡建设厅

吉林省市场监督管理厅

施行日期：2019年7月1日

2019·长 春

城市轨道交通工程监测技术标准

编者：吉林省建设标准化管理办公室

责任编辑：陆 雨

封面设计：徐艳彬

吉林人民出版社出版 发行 长春市人民大街 7548 号 邮政编码：130022

印刷：长春博美图文制作有限公司

开本：850mm×1168mm 1/32

印张：7.5

字数：150 千字

标准书号：ISBN978-7-206-08232-0

版次：2019 年 6 月第 1 版

印次：2019 年 6 月第 1 次印刷

印数：1-2000 册子

定价：87.00 元

如发现印装质量问题，影响阅读，请与印刷厂联系调换。

吉林省住房和城乡建设厅 吉林省市场监督管理厅

公告

第 518 号

吉林省住房和城乡建设厅 吉林省市场监督管理厅 关于发布吉林省工程建设地方标准《城市 轨道交通工程监测技术标准》的公告

现批准《城市轨道交通工程监测技术标准》为吉林省工程建设地方标准，编号为：DB22/T 5020-2019，自 2019 年 7 月 1 日起实施。

吉林省住房和城乡建设厅
吉林省市场监督管理厅
2019 年 6 月 24 日

吉林省工程建设地方标准全文公开

前 言

根据吉林省住房和城乡建设厅《关于下达〈2017 年全省工程建设地方标准及标准设计制定（修订）计划（二）〉的通知》（吉建标[2017]4 号）要求，由长春市轨道交通集团有限公司会同有关单位经过广泛调查研究，认真总结实践经验，参考国家现行有关标准，在广泛征求意见的基础上，经过多次研究和讨论形成本标准。

本标准的主要技术内容是：1 总则；2 术语和符号；3 基本规定；4 变形监测控制网；5 明（盖）挖法工程监测；6 盾构法隧道工程监测；7 矿山法工程监测；8 桥梁工程监测；9 周边环境监测；10 线路结构变形监测；11 监测方法及要求；12 监测成果、信息反馈及预警。

本标准由吉林省建设标准化管理办公室负责管理，由长春市轨道交通集团有限公司负责具体技术内容的解释。

本标准在执行过程中，请相关单位总结经验，积累资料，随时将有关意见和建议反馈给吉林省建设标准化管理办公室（长春市民康路 519 号，邮编 130041，联系电话：0431-88932615，电子邮箱：jljsbz@126.com），以供今后修订时参考。

本标准主编单位：长春市轨道交通集团有限公司

本标准参编单位：北京城建勘测设计研究院有限责任公司

中铁第六勘察设计院集团有限公司

北京城建设计发展集团股份有限公司

吉林建筑大学

吉林大学

长春市建设安全监督站

中铁十四局集团有限公司

中庆建设有限责任公司

本标准主要起草人员：马国田 刘 鹰 修文秋 孙会勇
孟昆鹏 牛志国 宋吉超 宋 伟
梁 斌 柳佳成 孙 超 张辰龙
任 干 何晓辉 陈 晨 王怀宝
牛雪峰 马雪梅 张健全 曹国利
江 涛 林 森 高秀岩 吕大桅
满韵玲 王昌洪 王 臣 陈 焱
熊 飞 莫中生 张 博 张文春
庞 炜 王 伟 苗 壮 周 松
董嘉莲 马传程 方长明 郭源明
刘吉波

本标准主要审查人员：刘 军 刘永中 贺少辉 李 明
陶乐然 周 毅 杨 彬

吉林省工程建设地方标准

目 次

1 总 则.....	1
2 术语和符号.....	2
2.1 术 语.....	2
2.2 符 号.....	5
3 基本规定.....	6
3.1 基本要求.....	6
3.2 基坑、隧道工程影响分区及监测范围.....	9
3.3 基坑、隧道工程监测等级划分.....	11
4 变形监测控制网.....	14
4.1 一般规定.....	14
4.2 水平位移监测控制网.....	15
4.3 竖向位移监测控制网.....	16
4.4 基准点的校核.....	18
5 明（盖）挖法工程监测.....	20
5.1 一般规定.....	20
5.2 监测项目.....	20
5.3 监测点布设.....	21
5.4 现场巡查.....	27
5.5 监测频率.....	28
5.6 监测控制值.....	30
5.7 装配式混凝土车站结构监测.....	34
6 盾构法隧道工程监测.....	35
6.1 一般规定.....	35
6.2 监测项目.....	35
6.3 监测点布设.....	36

6.4	现场巡查.....	37
6.5	监测频率.....	38
6.6	监测控制值.....	39
7	矿山法工程监测	41
7.1	一般规定.....	41
7.2	监测项目.....	41
7.3	监测点布设.....	42
7.4	现场巡查.....	45
7.5	监测频率.....	46
7.6	监测控制值.....	47
8	桥梁工程监测	49
8.1	一般规定.....	49
8.2	监测项目.....	49
8.3	监测点布设.....	50
8.4	现场巡查.....	51
8.5	监测频率.....	52
8.6	监测控制值.....	54
9	周边环境监测	55
9.1	一般规定.....	55
9.2	建（构）筑物.....	56
9.3	桥 梁.....	57
9.4	地下管线.....	59
9.5	高速公路与城市道路.....	60
9.6	城市轨道交通设施.....	61
9.7	既有公路隧道.....	65
9.8	既有铁路.....	66
9.9	地表水体及水利设施.....	67
9.10	监测控制值.....	69
10	线路结构变形监测	73

10.1	一般规定.....	73
10.2	线路结构变形监测要求.....	74
11	监测方法及要求.....	76
11.1	一般规定.....	76
11.2	水平位移监测.....	77
11.3	竖向位移监测.....	80
11.4	深层水平位移监测.....	83
11.5	土体分层竖向位移监测.....	84
11.6	净空收敛监测.....	85
11.7	爆破振动监测.....	87
11.8	孔隙水压力监测.....	88
11.9	地下水位监测.....	89
11.10	岩土压力监测.....	90
11.11	支撑内力、锚杆（索）拉力监测.....	90
11.12	结构应力监测.....	91
11.13	挠度监测.....	91
11.14	倾斜监测.....	92
11.15	裂缝监测.....	93
11.16	轨道静态几何形位监测.....	94
11.17	三维激光扫描测量.....	94
11.18	近景摄影测量.....	95
11.19	自动化监测.....	96
11.20	现场巡查.....	97
11.21	远程视频监控.....	97
12	监测成果、信息反馈及预警.....	98
12.1	监测成果.....	98
12.2	信息反馈.....	101
12.3	预警.....	101
附录 A	基准点、监测点的埋设.....	103

附录 B 现场巡查报表.....	119
附录 C 现场巡查预警表.....	123
附录 D 监测日报表	128
本标准用词说明	133
引用标准名录	134
附：条文说明	135

吉林省工程建设地方标准全文公开

1 总 则

1.0.1 为规范城市轨道交通工程监测工作，做到技术先进、经济合理、成果可靠，确保工程结构和周边环境的安全，制定本标准。

1.0.2 本标准适用于城市轨道交通新建、改建、扩建工程及工程运行维护的监测工作。

1.0.3 城市轨道交通工程监测应综合考虑设计及施工方案、地质条件、周边环境及气候条件等因素编制合理的监测方案，精心组织、标准化实施监测，为动态设计、信息化施工和安全运营及时提供准确、可靠的监测成果。

1.0.4 城市轨道交通工程监测，除应符合本标准外，尚应符合国家现行有关标准的规定。

2 术语和符号

2.1 术语

2.1.1 城市轨道交通 urban rail transit

采用轨道结构进行承重和导向的车辆运输系统,依据城市交通总体规划的要求,设置全封闭或部分封闭的专用轨道线路,以列车或单车形式,运送相当规模客流量的公共交通方式。包括:地铁系统、轻轨系统、单轨系统、有轨电车、磁浮系统、自动导向轨道系统、市域快速轨道系统。

2.1.2 工程监测 monitoring measurement

采用仪器量测、现场巡查或远程视频监控等手段和方法,获取支护结构及周边环境对象的形状、位置、应力等的变化特征及发展趋势的信息,并进行分析、判定、反馈的全过程。

2.1.3 变形监测 deformation monitoring

对工程结构、岩土体和周边环境等监测对象的竖向、水平、倾斜等变化所进行的量测工作。

2.1.4 力学监测 mechanical monitoring

对工程结构、岩土体和周边环境等监测对象所承受的拉力、压力等变化所进行的量测工作。

2.1.5 周边环境 around environment

城市轨道交通建设工程影响范围内既有或在建的建(构)筑物(含文物古建)、管线、桥梁、隧道、地下工程设施、轨道交通设施、铁路、高速公路、城市道路、地表水体等的统称。

2.1.6 周围岩土体 surrounding rock and soil

建设工程施工影响范围内的岩体、土体、地下水等工程地质水文地质条件的统称。

2.1.7 工程自身风险 engineering risk

因工程结构自身特点、地质条件复杂性、工程施工等可能导致的工程结构安全性受到影响或发生破坏的风险。

2.1.8 环境风险 surroundings risk

因工程施工可能导致周边环境安全性受到影响或发生破坏的风险。

2.1.9 工程影响分区 influenced zone due to construction

根据周围岩土体和周边环境受工程施工影响程度的大小而划分的区域。

2.1.10 工程监测等级 monitoring measurement grade

根据建设工程自身、周边环境和地质条件等风险大小的不同，对工程监测进行的等级划分。

2.1.11 变形监测控制网 control network for deformation monitoring

由若干已知或假定的平面坐标和高程测量控制点构成，用以获取监测点的平面坐标或高程数据的网。

2.1.12 基准点 reference point

为进行变形测量而布设的稳定的、需长期保存的测量控制点。

2.1.13 工作基点 convenient reference point

离监测区域较近，便于变形测量使用且相对稳固的测量控制点。

2.1.14 监测点 observation point

直接或间接设置在监测对象上，能够反映监测对象力学或变形特征的观测点。

2.1.15 监测控制值 limited value for monitoring

为满足工程结构安全及周边环境保护要求，控制监测对象的状态变化，针对各监测项目的监测数据变化量所设定的受力或变形的设计允许值的限值。

2.1.16 冻融 freezing and thawing

冻融是指土层由于温度降到零度以下和升至零度以上而产生冻结和融化的一种物理地质作用和现象。

2.1.17 线路结构 rail lines structure

轨道交通工程线路中的隧道、高架桥梁、路基和轨道等结构的总称。

吉林省工程建设地方标准全文公开

2.2 符号

- B ——矿山法隧道或导洞开挖宽度；
- D ——盾构法隧道开挖直径；
- D' ——水平位移累计变化量控制值；
- f ——构件的承载能力设计值；
- f_1 ——荷载设计值；
- f_2 ——构件的承载能力设计值；
- f_y ——支撑、锚杆的预应力设计值；
- H ——基坑设计深度、隧道底板埋深、边坡高度；
- H_g ——室外地面起算的建（构）筑物高度；
- i ——隧道地表沉降曲线 Peck 计算公式中的沉降槽宽度系数，水准仪视准轴与水准管轴的夹角；
- l ——相邻基础的中心距离；
- L ——开挖面至监测点或监测断面的水平距离；
- L_g ——地下管线管节长度；
- L_s ——沿隧道轴向两监测点间距；
- n ——两个基准点之间的测站数；
- S ——竖向位移累计变化量控制值；
- φ ——内摩擦角；
- v_d ——水平位移变化速率控制值；
- v_s ——竖向位移变化速率控制值；
- δ ——高差差值限差；
- μ ——对应精度等级的测站高差中误差；
- $F.S$ ——传感器的满量程。

3 基本规定

3.1 基本要求

3.1.1 城市轨道交通工程应在施工阶段对支护结构、周围岩土体及周边环境进行监测，运行维护阶段应对隧道、高架桥梁、路基和轨道、重要附属结构等进行监测。

3.1.2 施工阶段监测应为分析和预测支护结构、周围岩土体及周边环境的安全状态及发展态势，优化设计和施工方案，实施信息化施工等提供监测信息。运行维护阶段监测应为分析线路结构的稳定性对运营安全的影响，制定线路结构维修加固方案及运营安全管理等提供监测成果资料。

3.1.3 监测工作应遵循下列工作流程：

1 收集、分析设计文件、施工组织方案、岩土工程勘察报告及周边环境调查报告等相关资料，现场踏勘并核实；

2 编制和审查监测方案；

3 监测基准点和监测点的埋设、验收与保护；

4 仪器设备校验和元器件标定；

5 监测点初始值测定；

6 监测信息采集；

7 监测信息处理和分析；

8 提交监测日报、警情快报、阶段性监测报告等；

9 具备结束监测条件时，应提交停测申请报告；

10 监测工作结束后，提交监测工作总结报告及相应的成果资料。

3.1.4 监测方案编制前应进行资料收集和现场踏勘，并根据工程特点、地质条件、周边环境条件，分析研究风险因素、关键部位和关

键工序，有针对性地编制。监测方案宜包括下列内容：

- 1 工程概况；
- 2 建设场地地质条件、周边环境条件及工程风险特点；
- 3 监测目的和依据；
- 4 监测范围和工程监测等级；
- 5 监测对象及项目；
- 6 基准点、监测点的布设方法与保护要求，监测点布置图；
- 7 监测方法和精度；
- 8 监测频率、周期；
- 9 监测控制值、预警等级、预警标准及异常情况下的监测措施；
- 10 冬期、冻融期监测措施；
- 11 监测信息的采集、分析和处理要求；
- 12 监测信息反馈制度；
- 13 监测仪器设备、元器件及人员的配备；
- 14 质量管理、安全管理及其它管理制度。

3.1.5 监测项目应根据监测对象的特点、工程监测等级、工程影响分区、设计及施工的要求合理确定，并应反映监测对象的变化特征和安全状态。

3.1.6 监测点的布设应符合下列规定：

- 1 监测点的布设位置和数量应满足评价工程结构和周边环境安全状态的要求；
- 2 埋设位置应具有代表性并便于观测，不应影响和妨碍监测对象的正常受力和使用；
- 3 针对土体季节性冻胀和融沉的特点，地表沉降监测点埋深宜超过最大冻土深度，按本标准附录 A 执行；
- 4 监测点应埋设稳固，标识清晰，并采取有效的保护措施。

3.1.7 现场监测应采用仪器量测、现场巡查、远程视频等多种手段相结合的综合方法进行信息的采集，对穿越既有轨道交通、重要建

(构) 筑物等安全风险较大的周边环境以及特殊工程，宜采用远程自动化实时监测。

3.1.8 施工阶段监测的频率和监测期应根据设计要求、施工方法、施工进度、监测对象特点、地质条件和周边环境条件综合确定，冻融期间的监测频率宜根据实际气温和工况进行调整；运行维护阶段监测的频率应根据结构特点、所处区域地层稳定情况、结构缺陷和病害情况、周边施工扰动特点等综合确定；应反映出监测对象的变化过程。

3.1.9 施工阶段现场巡查应不低于同期监测频率，并按本标准附录 B 填写巡查记录，在关键工况、恶劣天气、冻融期间等特殊情况下应适当增加巡查频率。

3.1.10 城市轨道交通工程施工图设计文件应含有监测点布置图，并明确各监测项目的控制值，变形监测控制值应包括变形监测数据的累计变化值和变化速率值，力学监测控制值宜包括力学监测数据的最大值和最小值。

3.1.11 监测信息应及时进行处理、分析和反馈，发现影响工程及周边环境安全的异常情况时，必须立即报告；仪器监测数据或巡查达到预警标准时应及时进行警情报送，并提高监测及巡查频率。

3.1.12 当工程遇到下列情况时，应编制专项监测方案：

- 1 穿越风险等级为一级且产权单位有特殊要求的重要建(构)筑物；
- 2 穿越或邻近既有轨道交通设施；
- 3 高速公路、桥梁、机场跑道等重要设施；
- 4 穿越河流、湖泊等地表水体；
- 5 穿越断裂带、地裂缝、强冻胀等不良地质条件；
- 6 采用新工艺、新工法或有其它特殊要求。

3.1.13 突发风险事件时的应急抢险监测应在原有监测工作的基础上有针对性地加密监测点、提高监测频率或增加监测项目；当有危险事故征兆或特殊工况时，应实时跟踪监测，必要时进行远程自动

化实时监测。

3.1.14 施工阶段工程监测应贯穿工程施工全过程，起止条件应符合下列规定：

1 支护结构、周围岩土体及周边环境监测初始值应在施工影响前采集；

2 基坑回填完成、竖井或矿山法隧道进行二次衬砌施工后，可结束支护结构的监测工作；

3 盾构法隧道完成贯通、设备安装施工后，可结束管片结构的监测工作；

4 支护结构监测结束后，且周围岩土体和周边环境变形趋于稳定时，可结束周围岩土体和周边环境的监测工作，周边建（构）筑物变形的稳定标准应符合现行行业标准《建筑变形测量规范》JGJ 8 的有关规定；

5 满足设计要求结束监测工作的条件。

3.2 基坑、隧道工程影响分区及监测范围

3.2.1 基坑、隧道工程影响分区应根据工程施工对周围岩土体扰动和周边环境影响的程度及范围划分，可分为主要、次要和可能三个工程影响分区。

3.2.2 基坑工程影响分区宜按表 3.2.2 的规定进行划分。

表 3.2.2 基坑工程影响分区

基坑工程影响区	范围
主要影响区（I）	基坑周边 $0.9H$ 范围内
次要影响区（II）	基坑周边 $0.9H\sim 2.0H$ 范围内
可能影响区（III）	基坑周边 $2.0H$ 范围外

注：1 H ——基坑设计深度（m）；

2 基坑开挖范围内存在基岩时， H 可为覆盖土层和基岩强风化层厚度之和。

3.2.3 土质隧道工程影响分区宜按表 3.2.3 的规定进行划分。隧道穿越基岩时，应根据覆盖土层特征、岩石坚硬程度、风化程度及岩体结构与构造等地质条件，综合确定工程影响分区界线。

表 3.2.3 土质隧道工程影响分区

隧道工程影响区	范围
主要影响区（I）	隧道正上方及沉降曲线反弯点范围内
次要影响区（II）	隧道沉降曲线反弯点至沉降曲线边缘 $3.0i$ 外
可能影响区（III）	隧道沉降曲线边缘 $3.0i$ 外

注： i ——隧道地表沉降曲线 Peck 计算公式中的沉降槽宽度系数（m）。

3.2.4 基坑、隧道工程影响分区的划分界线应根据地质条件、施工方法和措施等进行调整。当遇到下列情况时，应适当调整工程影响分区界线：

- 1 隧道、基坑周边土体以有机质土、淤泥质土等高压缩性土为主时，应增大工程主要、次要影响区范围；
- 2 工程处于不良地质体或特殊性岩土发育区域，应根据其分布和对工程的危害程度调整工程影响分区界线；
- 3 采用锚索或锚杆支护、注浆加固、高压旋喷等工程措施时，应根据其对岩土体的扰动程度和影响范围调整工程影响分区界线；
- 4 采用降水施工措施的工程影响分区界线应根据不同地质条件下的降水影响范围和预计的地面沉降情况进行调整；
- 5 施工过程中，工程支护结构、周边建（构）筑物或地下管线出现严重变形，或出现涌水、涌砂、管涌等异常情况时，宜根据工程实际情况增大工程主要、次要影响区。

3.2.5 监测范围应包含主要影响区和次要影响区，并应根据基坑深度、隧道埋深和断面尺寸、施工工法、地质条件、支护结构形式、周边环境条件等因素综合分析后确定。

3.3 基坑、隧道工程监测等级划分

3.3.1 基坑、隧道工程监测宜根据工程自身风险等级、周边环境风险等级和地质条件复杂程度进行工程监测等级的划分。

3.3.2 基坑、隧道工程自身风险等级宜根据工程支护结构发生变形或破坏、岩土体失稳等的可能性和后果的严重程度，采用工程风险评估的方法确定，也可根据基坑设计深度、隧道埋深和断面尺寸等按表 3.3.2 划分。

表 3.3.2 基坑、隧道工程自身风险等级

工程自身风险等级	等级划分标准
一级	基坑设计深度 $H \geq 20\text{m}$ ； 超浅埋隧道，超大断面隧道
二级	基坑设计深度 $10\text{m} \leq H < 20\text{m}$ ； 浅埋隧道，近距离并行或交叠的隧道，盾构始发与接收区段，大断面隧道
三级	基坑设计深度 $H < 10\text{m}$ ； 深埋隧道，一般断面隧道

注：1 H ——基坑设计深度（m）；

2 超大断面隧道是指断面尺寸大于 100m^2 的隧道；大断面隧道是指断面尺寸在 50m^2 至 100m^2 的隧道；一般断面隧道是指断面尺寸在 10m^2 至 50m^2 的隧道；

3 近距离隧道是指两隧道间距在一倍开挖宽度（或直径）范围以内；

4 隧道深埋、浅埋和超浅埋的划分根据施工工法、围岩等级、隧道覆土厚度与开挖宽度（或直径），结合工程经验综合确定。

3.3.3 周边环境风险等级宜根据周边环境发生变形或破坏的可能性和后果的严重程度，采用工程风险评估的方法确定，也可根据周边环境的类型、重要性、与工程的空间位置关系和对工程的危害性按表 3.3.3 划分。

表 3.3.3 周边环境风险等级

周边环境 风险等级	等级划分标准
一级	主要影响区内存在既有轨道交通设施、重要建（构）筑物、重要桥梁与隧道、河流或湖泊
二级	主要影响区内存在一般建（构）筑物、一般桥梁与隧道、高速公路或重要地下管线； 次要影响区内存在既有轨道交通设施、铁路、重要建（构）筑物、重要桥梁与隧道、河流或湖泊； 隧道工程上穿既有轨道交通设施、铁路
三级	主要影响区内存在城市重要道路、一般地下管线或一般市政设施； 次要影响区内存在一般建（构）筑物、一般桥梁与隧道、高速公路或重要地下管线
四级	次要影响区内存在城市重要道路、一般地下管线或一般市政设施

3.3.4 地质条件复杂程度可根据场地地形地貌、工程地质条件和水文地质条件按表 3.3.4 划分。

表 3.3.4 地质条件复杂程度

地质条件 复杂程度	等级划分标准
复杂	地形地貌复杂；不良地质作用强烈发育； 地基、围岩和边坡的岩土种类多，很不均匀，性质变化大，存在膨胀性、特强冻胀性等特殊岩土需要专门处理； 地下水对工程的影响较大需要进行专门研究和治理
中等	地形地貌较复杂；不良地质作用一般发育； 地基、围岩和边坡的岩土种类较多，不均匀，性质变化较大的特殊性岩土不需要专门处理； 地下水对工程的影响较小
简单	地形地貌简单；不良地质作用不发育； 地基、围岩和边坡的岩土种类单一，均匀，性质变化不大； 地下水对工程无影响

注：符合条件之一即为对应的地质条件复杂程度，从复杂开始，向中等、简单推定，以最先满足的为准。

3.3.5 基坑、隧道工程监测等级可依据本标准表 3.3.2、表 3.3.3、表 3.3.4 及相关国家现行标准的规定，按表 3.3.5 进行划分。

表 3.3.5 基坑、隧道工程监测等级

工程监测等级 周边环境风险等级 工程自身风险等级	一级	二级	三级	四级
	一级	一级	一级	一级
二级	一级	二级	二级	二级
三级	一级	二级	三级	三级

- 注：1 地质条件复杂程度为复杂的工程，监测等级应提高一个等级，调整后监测等级最高为一级；
- 2 同一基坑或隧道工程宜根据表 3.3.5 分区段设置监测等级，也可统一采用最高监测等级。

吉林省工程建设地方标准

4 变形监测控制网

4.1 一般规定

4.1.1 变形监测控制网宜分为竖向位移监测控制网和水平位移监测控制网，分别由基准点和工作基点组成，基准点、工作基点的布设应符合下列规定：

1 基准点应布设在施工影响范围以外的稳定区域，且每个监测工程的竖向位移监测基准点不应少于 3 个，水平位移监测基准点不应少于 4 个，有条件时宜与城市轨道交通测量控制点共用；

2 基准点埋设可采用地表基准点或建（构）筑物上基准点形式，地表基准点宜埋设在基岩层或原状土层中，建（构）筑物上基准点应选设在基础稳固的建（构）筑物结构上；

3 当基准点距离所监测工程较远不便于使用时，宜在相对稳定且方便直接量测监测点的位置布设工作基点；

4 基准点和工作基点应布设在利于长期保存、便于联测和检核的地方，且应设置明显的标识和保护措施；

5 基准点和工作基点应在工程施工前埋设，待稳定后方可使用，当需同时测定水平和竖向位移的三维变形时，宜设置同时满足水平和竖向位移监测要求的基准点和工作基点；

6 基准点、工作基点的埋设宜按本标准附录 A 执行。

4.1.2 变形监测前应对所使用的基准点、工作基点进行检核。

4.1.3 监测期间，应定期对变形监测控制网进行复测，复测周期应根据变形监测控制网点标志的稳定性而定，一般不宜超过 3 个月，冻融时期应增加复测频次，复测后应按本标准第 4.4 节的规定对基准点进行校核。

4.2 水平位移监测控制网

4.2.1 水平位移监测控制网宜与城市轨道交通平面坐标系统一致，必要时可与国家坐标系统联测；对于局部小范围工程宜采用独立坐标系统，应一次完成布网。

4.2.2 水平位移监测控制网的布设应符合下列要求：

1 水平位移监测基准点和工作基点宜设置为强制对中或固定照准标志，采用光学或激光对中装置的对中误差应小于 0.5mm；

2 水平位移监测控制网采用导线网、边角网、基准线和卫星定位等方法布设，当采用基准线控制时，基准线上应至少布设一个检核点；

3 水平位移监测控制网中的三角形内角不宜小于 30° ，当受场地或其它条件限制时，个别角度要求可放宽但不应小于 25° ；

4 采用卫星定位方法布设水平位移监测控制网时应满足下列要求：

1) 视场内障碍物的高度角不宜大于 15° ；

2) 离电视台、电台、微波站等大功率无线电发射源的距离不应小于 200m，离高压输电线和微波无线电信号传输通道的距离不应小于 50m，附近不应有强烈反射卫星信号的大面积水域、大型建筑物以及热源等；

3) 通视条件好，方便采用全站仪等常规方法联测和检核。

4.2.3 水平位移监测控制网测量的主要技术要求应符合下列规定：

1 采用导线网或边角网测量时，水平位移监测控制网的主要技术要求应符合表 4.2.3 的规定。

表 4.2.3 水平位移监测控制网的主要技术要求

控制网等级	相邻基准点的点位中误差 (mm)	平均边长 (m)	测角中误差 (")	最弱边相对中误差	全站仪标称精度	水平角观测回数	距离观测回数	
							往测	返测
I	±1.5	150	±1.0	≤ 1/120000	±1", ± (1mm+1×10 ⁻⁶ ×D)	9	4	4
II	±3.0	150	±1.8	≤ 1/70000	±2", ± (2mm+2×10 ⁻⁶ ×D)	9	3	3
III	±6.0	150	±2.5	≤ 1/40000	±2", ± (2mm+2×10 ⁻⁶ ×D)	6	2	2

注：D 为测距边长（单位：km）。

2 采用卫星定位等其它测量方法时，除应满足表 4.2.3 规定的相邻基准点的精度要求外，还应符合国家现行有关标准的要求。

4.3 竖向位移监测控制网

4.3.1 竖向位移监测控制网宜采用城市高程系统，对于小规模工程，可采用假定高程系统，大规模工程宜与国家水准点联测。

4.3.2 竖向位移监测控制网的布设应符合下列要求：

1 竖向位移监测宜选取施工影响区外稳定的城市轨道交通一、二等网高程控制点作为基准点，如直接使用既有城市轨道交通高程网作为监测控制网，在满足监测控制网精度要求下，宜根据高程网的等级独立设网；

2 当使用静力水准测量方法进行竖向位移观测时，宜在观测路线的两端分别布设工作基点，且工作基点应采用水准测量方法定期与基准点联测；

3 基准点可埋设在变形区域外的基岩露头上、密实的砂卵石层或原状土中、稳固建筑的墙体上，受条件限制时，在变形区内也可埋设深层金属管基准点，金属管底应在变形影响深度以下；

4 地下基准点数量不应少于 3 个，宜埋设在变形区外稳定的地下结构上，必要时可埋设深层金属管标志。

4.3.3 竖向位移监测控制网测量的主要技术要求应符合下列规定：

1 竖向位移监测控制网可采用水准测量、电磁波测距三角高程测量、静力水准测量等方法。采用水准测量、电磁波测距三角高程测量时，应布设成附和、闭合或结点网；

2 采用水准测量方法时，竖向位移监测控制网主要技术要求应符合表 4.3.3-1 的规定，水准观测主要技术要求应符合表 4.3.3-2 的规定。

表 4.3.3-1 竖向位移监测控制网主要技术要求

控制网等级	相邻基准点高差中误差 (mm)	测站高差中误差 (mm)	往返较差、附和或环线闭合差 (mm)	检测已测高差之较差 (mm)
I	± 0.3	± 0.07	$\pm 0.15\sqrt{n}$	$\pm 0.2\sqrt{n}$
II	± 0.5	± 0.15	$\pm 0.30\sqrt{n}$	$\pm 0.4\sqrt{n}$
III	± 1.0	± 0.30	$\pm 0.60\sqrt{n}$	$\pm 0.8\sqrt{n}$

注：n 为测站数。

表 4.3.3-2 水准观测主要技术要求

控制网等级	仪器型号	水准尺	视线长度 (m)	前后视距差 (m)	前后视距累计差 (mm)	视线离地面最低高度 (m)	基、辅分划读数较差 (mm)	基、辅分划读数所测高差较差 (mm)
I	DS05	因瓦	≤ 15	≤ 0.3	≤ 1.0	0.5	≤ 0.3	≤ 0.4
II	DS05	因瓦	≤ 30	≤ 0.5	≤ 1.5	0.3	≤ 0.3	≤ 0.4
III	DS1	因瓦	≤ 50	≤ 1.0	≤ 3.0	0.3	≤ 0.5	≤ 0.7

注：1 电子水准仪同一标尺两次读数差不设限差，两次读数所测高差的差执行基、辅分划读数所测高差的限差，其它技术要求应符合表 4.3.3-2 的规定；

2 水准路线跨越江河时，应进行相应等级跨河水准测量，其指标不受该表限制，按《工程测量规范》GB 20026 的规定执行。

3 采用其它方法测设竖向位移监测控制网时，在满足相邻基准点精度要求下，还应符合国家现行有关标准的要求。

4.4 基准点的校核

4.4.1 每期监测控制网基准点测量后，应及时进行数据处理，并根据测量结果对基准点进行校核，判断稳定状况，确定监测起算数据。

4.4.2 竖向位移监测基准点的校核应符合下列规定：

1 当基准点单独构网时，对所有基准点分别按两两组合，计算本期平差后的高差数据与上期平差后的高差数据之间的差值；

2 当计算的所有高差差值均不大于按下列公式计算的限差时，认为所有基准点稳定：

$$\delta = 2\sqrt{2}\sigma_h \quad (4.4.2-1)$$

$$\sigma_h = \sqrt{n}\mu \quad (4.4.2-2)$$

式中： δ ——高差差值限差（mm）；

μ ——对应精度等级的测站高差中误差（mm）按本标准表 4.3.3-1 取值；

n ——两个基准点之间的测站数；

3 当差值超过限差时，应通过分析判断找出不稳定的点。

4.4.3 水平位移监测基准点的校核应符合下列规定：

1 水平位移监测可按本标准第 4.4.2 条通过比较平差后基准点的坐标差值，对基准点的稳定性进行分析和判断；

2 当采用本条第 1 款方法难以分析判断找出不稳定点时，宜通过统计检验的方法进行稳定性分析，找出变动显著的基准点；

3 当基于不同监测基准点测定的同点监测数据存在明显的系统性偏差时，应分析判断并排除不稳定的基准点。

4.4.4 对不稳定基准点的处理应符合下列规定：

1 应进行现场勘察分析，若确定其不宜继续作为基准点，应予以舍弃，并及时补充布设新基准点；

2 应检查分析与不稳定基准点有关的各期监测成果，并在剔除不稳定基准点的影响后，重新进行数据处理；

3 处理结果应及时上报，并在监测报告中说明。

吉林省工程建设地方标准全文公开

5 明（盖）挖法工程监测

5.1 一般规定

5.1.1 明（盖）挖法工程的监测对象宜包括支护桩（墙）、边坡、立柱、支撑、锚索、锚杆、土钉等支护结构，周围岩土体、地下水、地表及周边环境。

5.1.2 明（盖）挖法监测点宜共同组成监测断面，利于各项监测数据相互印证、对照分析。

5.2 监测项目

5.2.1 明（盖）挖法支护结构和周围岩土体的仪器监测项目应根据表 5.2.1 选择。

表 5.2.1 明（盖）挖法支护结构和周围岩土体监测项目

序号	监测对象	监测项目	工程监测等级		
			一级	二级	三级
1	支护结构	支护结构、边坡顶部水平位移	√	√	√
2		支护结构、边坡顶部竖向位移	√	√	√
3		支护结构桩（墙）体水平位移	√	√	○
4		支撑轴力	√	√	√
5		锚索、锚杆拉力	√	√	√
6		立柱结构水平位移	√	√	○
7		立柱结构竖向位移	√	√	○
8		立柱结构应力	○	○	○
9		支护结构桩（墙）应力	○	○	○

续表 5.2.1

序号	监测对象	监测项目	工程监测等级		
			一级	二级	三级
10	支护结构	顶板应力	○	○	○
11		土钉拉力	○	○	○
12		竖井井壁初期支护结构净空收敛	√	√	√
13	周围岩土体	地表竖向位移（地表沉降）	√	√	√
14		地下水位	√	√	√
15		土体深层水平位移	○	○	○
16		土体分层竖向位移	○	○	○
17		支护结构桩（墙）侧向土压力	○	○	○
18		孔隙水压力	○	○	○
19		坑底隆起（回弹）	○	○	○
20	装配式混凝土车站结构	净空收敛	○	○	○
21		拱顶沉降	○	○	○
22		钢筋应力	○	○	○

注：√——应测项目，○——选测项目。

5.2.2 明（盖）挖法工程周边环境监测项目应符合本标准第9章相关规定要求。

5.3 监测点布置

5.3.1 明（盖）挖法工程的支护结构、边坡顶部水平位移和竖向位移监测点布置应符合下列规定：

1 监测点应沿基坑周边布置，监测等级为一级、二级时，布置间距宜为10m~20m，监测等级为三级时，布置间距宜为20m~30m；

2 监测点应布设在基坑中间部位、阳角部位、深度变化部位、邻近建（构）筑物及地下管线等重要环境部位、地质条件复杂等部位；

3 竖井、出入口、风井等附属或临时结构的基坑，各边的监测点不应少于 1 个；

4 水平和竖向位移监测点宜为共用点，监测点应布设在支护结构、边坡顶部。

5.3.2 明（盖）挖法工程的支护结构桩（墙）体水平位移监测点布设应符合下列规定：

1 监测点应沿基坑周边的支护结构桩（墙）体内布设，监测等级为一级、二级时，布设间距宜为 20m~40m，监测等级为三级时，布设间距宜为 40m~50m；

2 监测点布设应选择基坑各边中间部位、阳角部位及其它代表性部位的桩（墙）体；

3 采用测斜仪观测时，测斜管的长度不宜小于支护桩（墙）体的深度，应至少有 1 个槽口方向与基坑边线垂直；

4 在支护结构桩（墙）体浇筑和冠梁施工时，测斜管应采取相应的保护措施，越冬基坑宜采取防冻措施。

5.3.3 明（盖）挖法工程的支撑轴力监测断面及监测点布设应符合下列规定：

1 监测点布设宜选择基坑中部、阳角部位、深度变化部位、支护结构受力条件复杂及支撑系统中起控制作用的支撑；

2 应沿竖向布设监测断面，且每层支撑均应布设监测点，基坑端头斜撑应布设监测断面；

3 每层支撑轴力监测数量不宜少于每层支撑总数的 10%，且不应少于 3 根；

4 采用轴力计监测时，监测点应布设在钢支撑的端部；采用钢筋计或应变计监测时，可埋设在支撑中部或两支点间 1/3 部位，当支撑长度较大时也可布设在 1/4 点处，并应避免节点位置。

5.3.4 明（盖）挖法工程的锚索、锚杆拉力监测断面及监测点布设应符合下列规定：

1 监测点布设宜选择基坑各边中间部位、阳角部位、深度变化部位、地质条件复杂部位及周边存在高大建（构）筑物部位的锚杆、锚索；

2 每层锚索、锚杆均应布设监测点，且形成竖向监测断面；

3 每层锚索、锚杆拉力监测数量应为该层锚索、锚杆总数的1%~3%，且不应少于3根；

4 每根锚索、锚杆上的监测点宜设置在锚头位置。

5.3.5 明（盖）挖法工程的立柱结构竖向位移、水平位移和立柱结构应力监测点布设应符合下列规定：

1 监测数量不应少于立柱总根数的5%，逆作法施工不应少于10%，且均不应少于3根；

2 监测点布设宜选择基坑中部、多根支撑交汇处、地质条件复杂处、承受荷载较大处的立柱；

3 竖向位移、水平位移监测点宜布设在便于观测和保护立柱侧面上；

4 水平位移监测点应在立柱结构顶部、底部上下对应布设，根据工程需要可在中部增加监测点；

5 结构应力监测应选择有代表性、受力较大的立柱，监测点宜布设在各层支撑立柱的中间部位或立柱下部的1/3部位，沿立柱结构外周均匀布设4个应力计或应变计。

5.3.6 明（盖）挖法工程的支护结构桩（墙）应力监测断面及监测点布设应符合下列规定：

1 监测点应布设在基坑各边中间部位、深度变化部位、桩（墙）体背后水土压力较大部位、地面荷载较大或其它变形较大部位、受力条件复杂等部位；

2 监测点应沿竖向布设监测断面，竖向间距应根据支护结构桩（墙）体的弯矩大小及土层分布情况确定，监测点竖向间距宜为

2m~4m，在弯矩最大处应布设监测点。

5.3.7 盖挖法结构顶板应力监测点布设应符合下列规定：

1 应选择顶板跨度较大或其它具有代表性的断面进行顶板应力监测；

2 顶板应力监测点宜布设在两根立柱（或边桩与立柱）的跨中部位、立柱（或边桩）与顶板的刚性连接部位，每个监测点纵横两个方向均应进行监测。

5.3.8 明（盖）挖法工程的土钉拉力监测点布设应符合下列规定：

1 监测点布设宜选择基坑各边中间部位、阳角部位、深度变化部位、地质条件复杂部位及周边存在高大建（构）筑物部位的土钉；

2 土钉拉力监测应沿竖向布设监测断面，各层均应布设监测点，数量不应小于土钉总数的 1%，且每层不应少于 3 根；

3 每根土钉杆体上的监测点应设置在有代表性的受力位置。

5.3.9 竖井井壁初期支护结构净空收敛监测断面及监测点布设应符合下列规定：

1 监测点应布设在竖井结构的长、短边的中间部位，沿竖向每 3m~5m 布设 1 个监测断面，每个监测断面不少于 2 条相互垂直的测线；

2 若竖井分多个井室开挖，每个井室均应按本条第 1 款规定布设监测点，且各井室的监测断面应保持一致。

5.3.10 明（盖）挖法工程的周边地表沉降监测断面及监测点布设应符合下列规定：

1 沿平行基坑边线布设地表沉降监测点不应少于 2 排，排距宜为 3m~8m，第一排监测点距基坑边缘不宜大于 2m，每排内的监测点间距宜为 10m~20m；

2 应根据基坑规模和周边环境条件，选择有代表性的部位布设垂直于基坑边线的横向监测断面，每个横向监测断面监测点的数量和布设位置应满足对基坑工程主要影响区和次要影响区的控制，

基坑每侧监测点数量不宜少于 5 个；

3 监测点及监测断面的布设位置宜与周边环境监测点布设相结合；

4 监测点的埋设深度不宜小于最大冻土深度线以下 0.5m。

5.3.11 明(盖)挖法工程的地下水位观测孔布设应符合下列规定：

1 地下水位观测孔应根据地质条件的复杂程度、降水深度、降水的影响范围和周边环境保护要求，在降水区域及影响范围内分别布设地下水位观测孔，观测孔数量应满足掌控降水区域和影响范围内地下水动态变化的要求；

2 基坑外地下水位监测点应沿基坑、被保护对象的周边或在基坑与被保护对象之间布置，监测点间距宜为 20m~50m。当有止水帷幕时，宜布置在止水帷幕的外侧约 2m 处；

3 水位观测孔的孔底埋置深度应在最低设计水位或最低允许地下水位之下 3m~5m，承压水水位观测孔的滤管应埋置在所测承压含水层中；

4 在降水深度内存在 2 个以上含水层时，应分层布设地下水位观测孔；

5 降水区靠近地表水体时，应在地表水体与基坑间增设地下水位观测孔。

5.3.12 明(盖)挖法工程的土体分层竖向位移监测孔布设应符合下列规定：

1 土体分层竖向位移监测孔应布置在靠近被保护对象且有代表性的部位，数量应视具体情况确定；

2 测点沿监测孔竖向布置，宜设置在各土层的界面上，也可等间距设置；

3 测孔深度、测点数量应视具体情况确定，最浅的点位深度应不小于地面以下 1m，孔底埋深应大于基坑底深度。

5.3.13 明(盖)挖法工程的周围岩土体深层水平位移监测点布设应符合下列规定：

1 测斜管宜布设在基坑各边中间部位、阳角部位及有代表性的部位的结构外侧土体中；

2 测斜管长度不宜小于基坑开挖深度的 1.5 倍，并应大于支护桩（墙）体的深度；

3 以测斜管管底为固定起算点时，管底应嵌入到稳定的土体中；

4 测斜管水平间距宜为 20m~50m，每边监测数量不应少于 1 个。

5.3.14 明（盖）挖法工程支护结构桩（墙）侧向土压力监测点布设应符合下列规定：

1 监测点应布设在支护结构受力、土质条件变化较大或其它有代表性的部位；

2 平面布置上基坑每边不宜少于 2 个监测点，竖向布置上监测点间距宜为 2m~5m，下部宜适当加密；

3 当按土层分布情况布设时，每层应至少布设 1 个监测点，且布设在各土层的中部；

4 土压力盒应紧贴支护桩（墙）布置，宜预设于支护桩（墙）的迎土面一侧。

5.3.15 明（盖）挖法工程的孔隙水压力监测点布设应符合下列要求：

1 孔隙水压力监测点宜布置在基坑受力、变形较大或有代表性的部位；

2 竖向布置上监测点宜在水压力变化影响深度范围内按土层分布情况布设，竖向间距宜为 2m~5m，数量不宜少于 3 个。

5.3.16 明（盖）挖法工程的坑底隆起（回弹）监测点布设应符合下列规定：

1 监测断面宜按基坑走向的纵向和横向布设，且纵向和横向至少各布设 1 个监测断面；

2 监测点宜布设在基坑的中央、距坑底边缘的 1/4 坑底宽度

处以及其它能反映变形特征的位置；

3 当基底为软弱土质，且基底以下存在承压水时，宜适当增加监测点数量；

4 同一监测断面上监测点横向间距宜为 10m~30m，数量不应少于 3 个；

5 监测标志宜埋入基坑底面以下 20cm~30cm，并应设置保护管。

5.3.17 明（盖）挖法工程的周边环境监测点布设应符合本标准第 9 章相关规定。

5.4 现场巡查

5.4.1 明（盖）挖法工程施工现场巡查应包括下列内容：

1 施工工况

- 1) 开挖面岩土体的类型、特征、自稳性，渗漏水量大小及发展情况；
- 2) 开挖长度、分层高度及坡度，开挖面暴露时间；
- 3) 降水或回灌等地下水控制效果及设施运转情况；
- 4) 基坑侧壁及周边地表截、排水措施及效果，坑边或基底有无积水；
- 5) 支护结构桩（墙）体后土体裂缝、沉陷，基坑侧壁或基底的涌土、流砂、管涌情况；
- 6) 基坑周边的超载情况；
- 7) 放坡开挖的基坑边坡位移、坡面开裂情况。

2 支护结构

- 1) 支护结构桩（墙）体裂缝、侵限情况；
- 2) 冠梁、围檩的连续性，围檩与桩（墙）之间的密贴性，围檩与支撑的防坠落措施；
- 3) 冠梁、围檩、支撑的变形或裂缝情况；

- 4) 支撑架设情况;
 - 5) 盖挖法顶板的变形和开裂, 顶板与立柱、墙体的连接情况;
 - 6) 锚杆、土钉垫板的变形、松动情况;
 - 7) 止水帷幕的开裂、渗漏水情况;
 - 8) 基坑侧壁或边坡网喷结构因受力或冻胀等产生较大变形、开裂、脱落情况。
- 3 周边环境
- 1) 建(构)筑物、桥梁墩台或梁体、既有轨道交通结构等的裂缝位置、数量和宽度, 混凝土剥落位置、大小和数量, 设施的使用状况;
 - 2) 地下构筑物积水及渗水情况, 地下管线的漏水、漏气情况;
 - 3) 周边路面或地表的裂缝、沉陷、隆起、冒浆的位置、范围等情况;
 - 4) 河流湖泊的水位变化情况, 水面出现漩涡、气泡及其位置、范围, 堤坡裂缝宽度、深度、数量及发展趋势等;
 - 5) 工程周边开挖、堆载、打桩等可能影响工程安全的生产活动。
- 4 监测设施
- 基准点、监测点、监测元器件的完好状况、保护情况。

5.5 监测频率

5.5.1 明(盖)挖法工程施工中支护结构、周围岩土体和周边环境的监测频率可按表 5.5.1 确定。

表 5.5.1 明（盖）挖法基坑工程监测频率

设计 深度 H (m) 开挖 深度 H_1 (m)	$H \leq 5$	$5 < H \leq 10$	$10 < H \leq 15$	$15 < H \leq 20$	> 20
$H_1 \leq 5$	1次/1天	1次/2天	1次/3天	1次/3天	1次/3天
$5 < H_1 \leq 10$	—	1次/1天	1次/2天	1次/2天	1次/2天
$10 < H_1 \leq 15$	—	—	1次/1天	1次/1天	1次/1天
$15 < H_1 \leq 20$	—	—	—	(1次~ 2次)/1天	(1次~ 2次)/1天
$H_1 > 20$	—	—	—	—	2次/1天

- 注：1 基坑工程开挖前的监测频率应根据工程实际需要确定；
 2 底板浇筑后可根据监测数据变化情况调整监测频率；
 3 支护结构的支撑从开始拆除到拆除完成后 3 天内监测频率应适当增加；
 4 选测项目的仪器监测频率可视具体情况适当降低。

5.5.2 对竖井井壁初期支护结构净空收敛及其它项目监测，在竖井施工阶段应 1 次/1 天，竖井井壁初期支护结构整体完成 7 天后宜 1 次/2 天，30 天后宜 1 次/7 天，经数据分析确认井壁净空收敛达到稳定后可 1 次/（15 天~30 天）。

5.5.3 坑底隆起（回弹）监测不应少于 3 次，并应在基坑开挖至距设计基底深度 0.5m、基坑开挖完成后、浇筑基础混凝土之前各进行 1 次监测，当基坑开挖完成至基础施工的间隔时间较长时，应增加监测次数。

5.5.4 冬期施工期间，监测频率可按本标准 5.5.1 条确定，且基坑结构施工阶段不低于 1 次/5 天；冬期停工期间，监测频率可参照表 5.5.4 确定。

表 5.5.4 冬期停工期间仪器监测频率

时期	11月初~12月中旬	12月中旬~次年2月末	3月初~4月中旬
监测频率	1次/(3天~7天)	1次/(5天~10天)	1次/(3天~7天)

注：具体时期应以当地的气象预报及实际气温情况为准，监测频率可根据基坑稳定情况适当增减。

5.5.5 当遇到下列情况时，应提高监测频率及现场巡查频率：

- 1 仪器监测数据异常或变化速率较大，或达到预警标准；
- 2 存在勘察未发现的不良地质条件，且影响工程安全；
- 3 建（构）筑物、道路、地表等周边环境发生较大沉降、不均匀沉降或出现严重开裂；
- 4 支护结构出现开裂；
- 5 基坑底部、侧壁出现管涌、渗漏或流沙等现象；
- 6 超深、超长开挖或未及时加撑等违反设计工况施工；
- 7 基坑及周边大量积水、长时间连续降雨、市政管道出现泄漏；
- 8 基坑工程险情或事故后重新组织施工；
- 9 邻近工程施工、超载、振动等周边环境条件较大改变。

5.6 监测控制值

5.6.1 明（盖）挖法支护结构和周围岩土体的监测控制值应根据地质条件、基坑设计参数、工程监测等级及工程经验等确定，并符合表 5.6.1 规定，特殊工程应通过专项评估确定监测控制值。

表 5.6.1 明（盖）挖法支护结构和周围岩土体的监测控制值

监测项目	支护结构类型、岩土类型	工程监测等级一级			工程监测等级二级			工程监测等级三级		
		累计值 (mm)		变化速率 (mm/d)	累计值 (mm)		变化速率 (mm/d)	累计值 (mm)		变化速率 (mm/d)
		绝对值	相对基坑深度(H)值		绝对值	相对基坑深度(H)值		绝对值	相对基坑深度(H)值	
支护桩(墙)顶竖向位移	土钉墙、型钢水泥土墙	—	—	—	—	—	30~40	0.5%~0.6%	4~5	
	灌注桩、地下连续墙	10~20	0.1%~0.15%	2~3	0.15%~0.3%	3~4	20~30	0.15%~0.3%	3~4	
支护桩(墙)顶水平位移	土钉墙、型钢水泥土墙	—	—	—	—	—	30~60	0.6%~0.8%	5~6	
	灌注桩、地下连续墙	15~25	0.1%~0.15%	2~3	0.15%~0.3%	3~4	20~40	0.2%~0.4%	3~4	
支护桩(墙)体水平位移	型钢水泥土墙	坚硬~中硬土	—	—	—	—	40~50	0.40%	6	
		中软~软弱土	—	—	—	—	50~70	0.70%		
	灌注桩、地下连续墙	坚硬~中硬土	20~30	0.15%~0.2%	2~3	0.2%~0.4%	3~4	30~40	0.2%~0.4%	4~5
		中软~软弱土	30~50	0.2%~0.3%	2~4	0.3%~0.5%	3~5	50~70	0.5%~0.7%	4~6

续表 5.6.1

监测项目	工程监测等级一级			工程监测等级二级			工程监测等级三级		
	累计值 (mm) 绝对值	相对基坑深度(H)值	变化速率 (mm/d)	累计值 (mm) 绝对值	相对基坑深度(H)值	变化速率 (mm/d)	累计值 (mm) 绝对值	相对基坑深度(H)值	变化速率 (mm/d)
地表沉降	20~30	0.15%~0.2%	2~3	25~35	0.2%~0.3%	2~4	30~40	0.3%~0.4%	2~4
	20~35	0.2%~0.3%	2~4	30~50	0.3%~0.5%	3~5	40~60	0.4%~0.6%	4~6
立柱结构竖向位移	10~20	—	2~3	10~20	—	2~3	10~20	—	2~3
坑底隆起 (回弹)	25~35	—	2~3	25~35	—	2~3	25~35	—	2~3
支护结构侧向土压力	(60%~70%) f_1			(70%~80%) f_1			(70%~80%) f_1		
孔隙水压力	(60%~70%) f_2			(70%~80%) f_2			(70%~80%) f_2		
支护结构应力	(60%~70%) f_2			(70%~80%) f_2			(70%~80%) f_2		
立柱结构应力	(60%~70%) f_2			(70%~80%) f_2			(70%~80%) f_2		

续表 5.6.1

监测项目	支护结构类型、岩土类型	工程监测等级一级			工程监测等级二级			工程监测等级三级		
		累计值 (mm) 绝对值	相对基坑深度(H)值	变化速率 (mm/d)	累计值 (mm) 绝对值	相对基坑深度(H)值	变化速率 (mm/d)	累计值 (mm) 绝对值	相对基坑深度(H)值	变化速率 (mm/d)
支撑轴力		最大值: (60%~70%) f_1 最小值: (80%~100%) f_1			最大值: (70%~80%) f 最小值: (80%~100%) f_y			最大值: (70%~80%) f 最小值: (80%~100%) f_y		
锚索、锚杆拉力										
竖井井壁初期支护结构净空收敛					累计值: 30mm			变化速率: 2mm/d		

- 注: 1 H ——基坑设计深度, f_1 ——荷载设计值, f_2 ——构件的承载能力设计值, f_y ——支撑、锚杆的预应力设计值;
 2 累计值取绝对值和相对基坑深度 (H) 值两者中的小值;
 3 支护结构桩 (墙) 顶部隆起控制值宜为 20mm;
 4 嵌岩的灌注桩或地下连续墙控制值宜按表中数值的 50% 取用。

5.7 装配式混凝土车站结构监测

5.7.1 装配式混凝土车站结构的仪器监测项目宜进行净空收敛、拱顶沉降及钢筋应力监测。

5.7.2 装配式混凝土车站结构的净空收敛和拱顶沉降监测断面及监测点布设应符合下列规定：

- 1 监测断面及监测点应选择具有代表性的位置进行布设；
- 2 每个监测断面宜在拱顶布设不宜少于 1 个沉降监测点，在拱腰或侧墙布设不宜少于 1 条水平收敛测线；
- 3 拱顶沉降和净空收敛监测点应布设在同一监测断面。

5.7.3 装配式混凝土车站结构钢筋应力监测断面及监测点布设应符合下列规定：

- 1 钢筋应力监测点应布设垂直于隧道轴线的监测断面，并应与净空收敛监测断面处于同一位置；
- 2 监测点宜布设在等受力较大或有代表性的位置，且每块预制构件的监测点数量宜不少于 2 个。

5.7.4 结构拼装成环后侧向回填、覆土回填、水位恢复等施工阶段的监测及巡查频率宜为 1 次/（1 天~2 天）；监测频率宜根据荷载变化及结构变形速率适当调整，当荷载无变化且结构变形速率小于 0.1mm/d 时，监测频率宜为 1 次/7 天；监测数据趋于稳定后，监测频率宜为 1 次/（15 天~30 天）。

5.7.5 装配式混凝土车站结构监测控制值应在分析工程规模、结构形式、受力特点的基础上，结合现有工程经验，通过结构检测、计算分析和安全性评估的结果确定。

6 盾构法隧道工程监测

6.1 一般规定

6.1.1 盾构法隧道工程的监测对象应包括管片结构、周围岩土体、地表及周边环境。

6.1.2 地面和隧道内监测点宜同断面布设，特殊地段的监测断面和监测点的布设应满足专项设计要求；盾构施工过程中，处于同一断面内的监测数据应同步采集，并收集同期盾构掘进参数。

6.2 监测项目

6.2.1 盾构法隧道管片结构和周围岩土体监测项目应根据表 6.2.1 选择。

表 6.2.1 盾构法隧道管片结构和周围岩土体监测项目

序号	监测对象	监测项目	工程监测等级		
			一级	二级	三级
1	管片结构	管片结构竖向位移	√	√	√
2		管片结构水平位移	√	○	○
3		管片结构净空收敛	√	√	√
4		管片结构应力	○	○	○
5		管片连接螺栓应力	○	○	○
6	周围岩土体	地表沉降	√	√	√
7		土体深层水平位移	○	○	○
8		土体分层竖向位移	○	○	○
9		管片围岩压力	○	○	○
10		孔隙水压力	○	○	○

注：√——应测项目，○——选测项目。

6.2.2 盾构法隧道工程周边环境监测项目应符合本标准第 9 章相关规定要求。

6.3 监测点布设

6.3.1 盾构法隧道工程管片结构竖向、水平位移和净空收敛监测断面及监测点布设应符合下列规定：

1 在盾构始发与接收段、联络通道附近、左右线交叠或邻近段、小半径曲线段等区段应布设监测断面；

2 存在地层偏压、围岩软硬不均、地下水位较高等地质条件复杂区段应布设监测断面；

3 下穿或邻近重要建（构）筑物、地下管线、河流湖泊等周边环境条件复杂区段应布设监测断面；

4 每个监测断面宜在拱顶、拱底、两侧拱腰处布设管片结构净空收敛监测点，拱顶、拱底的净空收敛监测点可兼作竖向位移监测点，两侧拱腰处的净空收敛监测点可兼作水平位移监测点。

6.3.2 盾构法隧道工程管片结构应力、管片围岩压力、管片连接螺栓应力监测点布设应符合下列规定：

1 盾构管片结构应力、管片围岩压力、管片连接螺栓应力监测应布设垂直于隧道轴线的监测断面，监测断面宜布设在存在地层偏压、围岩软硬不均、地下水位较高等地质或环境条件复杂地段，并应与管片结构竖向位移和净空收敛监测断面处于同一位置；

2 每个监测项目在每个监测断面的监测点数量不宜少于 5 个。

6.3.3 盾构法隧道工程的周边地表沉降监测断面及监测点布设应符合下列规定：

1 监测点应沿盾构隧道轴线上方地表布设，且监测等级为一级时，监测点间距宜为 5m~10m，监测等级为二级、三级时，监测点间距宜为 10m~30m，始发和接收段应适当增加监测点；

2 应根据周边环境和地质条件布设垂直于隧道轴线的横向监

测断面，且监测等级为一级时，监测断面间距宜为 50m~100m，监测等级为二级、三级时，间距宜为 100m~150m；

3 在始发和接收段、联络通道等部位及地质条件不良易产生开挖面坍塌和地表过大变形的部位，应有横向监测断面控制；

4 横向监测断面的监测点数量宜为 7 个~11 个，且主要影响区的监测点间距宜为 3m~5m，次要影响区的监测点间距宜为 5m~10m。

6.3.4 盾构法隧道工程的周围土体深层水平位移和分层竖向位移监测孔及监测点布置应符合下列规定：

1 地层疏松、土洞、溶洞、破碎带等地质条件复杂地段，软土、膨胀性岩土、湿陷性土等特殊性岩土地段，工程施工对岩土体扰动较大或邻近重要建（构）筑物、地下管线等地段，应布置监测孔及监测点；

2 监测孔的位置和深度应根据工程需要确定，并应避免管片背后注浆对监测孔的影响；

3 土体分层竖向位移监测点宜布置在各层土的中部或界面上，也可等间距布置。

6.3.5 孔隙水压力监测点布置应符合下列规定：

1 孔隙水压力监测宜选择在隧道管片结构受力和变形较大、存在饱和软土和易产生液化的粉细砂土层等有代表性的部位进行布置；

2 竖向监测点宜在水压力变化影响深度范围内按土层分布情况布置，竖向监测点间距宜为 2m~5m，且数量不宜少于 3 个。

6.3.6 盾构法隧道工程施工的周边环境监测点布置应符合本标准第 9 章相关规定。

6.4 现场巡查

6.4.1 现场巡查应包括下列内容：

- 1 盾构始发端、接收端土体加固情况；
- 2 盾构掘进位置（环号）、姿态；
- 3 盾构停机、开仓等的的时间和位置；
- 4 管片破损、开裂、错台、渗漏水情况；
- 5 联络通道开洞口情况；
- 6 周边环境和监测设施的巡查内容应符合本标准第 5.4 节规定。

6.5 监测频率

6.5.1 盾构法隧道工程施工中隧道管片结构、周围岩土体和周边环境的监测频率可按表 6.5.1 确定。

表 6.5.1 盾构法隧道工程监测频率

监测部位	监测对象	开挖面至监测点或监测断面的距离	监测频率
开挖面前方	周围岩土体和周边环境	$5D < L \leq 8D$	1 次/（3 天~5 天）
		$3D < L \leq 5D$	1 次/2 天
		$L \leq 3D$	1 次/1 天
开挖面后方	管片结构、周围岩土体和周边环境	$L \leq 3D$	（1 次~2 次）/1 天
		$3D < L \leq 8D$	1 次/（1 天~2 天）
		$L > 8D$	1 次/（3 天~7 天）

- 注：1 D ——盾构法隧道开挖直径（m）， L ——开挖面至监测点或监测断面的水平距离（m）；
- 2 管片结构位移、净空收敛宜在衬砌环脱出盾尾且能通视时进行监测；
 - 3 监测数据趋于稳定后，监测频率宜为 1 次/（15 天~30 天）。

6.5.2 对穿越既有轨道交通设施、重要建（构）筑物等周边环境风险等级为一级的工程，在穿越施工过程中，应提高监测频率，并对关键监测项目进行实时监测。

6.5.3 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，巡查时有异常或地面出现

冒浆的区域；

- 2 盾构隧道上穿、下穿或侧穿既有线、既有隧道、铁路、桥梁、高速公路、机场跑道及其它建（构）筑物期间；
- 3 盾构的始发、接收以及停机检修、换刀期间；
- 4 联络通道施工期间；
- 5 盾构隧道内的渗水区域及不良地质条件易产生开挖面坍塌和地表过大变形的区域施工；
- 6 与冷冻法交界区域的隧道施工期间；
- 7 盾构法隧道内土岩交界区域施工期间。

6.6 监测控制值

6.6.1 盾构法管片结构和周围岩土体的监测控制值应根据地质条件、隧道设计参数、工程监测等级及工程经验等确定，并符合表 6.6.1-1 和表 6.6.1-2 规定，特殊工程应通过专项评估确定监测控制值。

表 6.6.1-1 盾构法隧道工程管片结构竖向位移、净空收敛监测控制值

监测项目及岩土类型		累计值（mm）	变化速率（mm/d）
管片结构 竖向位移	坚硬~中硬土	10~20	2
	中软~软弱土	20~30	3
管片结构差异沉降		0.04% L_s	—
管片结构净空收敛		0.2% D	3

注： L_s ——沿隧道轴向两监测点间距， D ——隧道开挖直径。

表 6.6.1-2 盾构法隧道工程地表沉降监测控制值

监测项目 及岩土类型		工程监测控制值					
		一级		二级		三级	
		累计值 (mm)	变化速率 (mm/d)	累计值 (mm)	变化速率 (mm/d)	累计值 (mm)	变化速率 (mm/d)
地表 沉降	坚硬~ 中硬土	10~20	3	20~30	4	30~40	4
	中软~ 软弱土	15~25	3	25~35	4	35~45	5
地表隆起		10	3	10	3	10	3

注：本表主要适用于标准断面的盾构法隧道工程。

吉林省工程建设地方标准

7 矿山法工程监测

7.1 一般规定

7.1.1 矿山法工程的监测对象宜包括初期支护、临时支护、二次衬砌等支护结构，周围岩土体、地下水、地表及周边环境。

7.1.2 矿山法工程监测点应按断面布设，隧道内监测点位应布设在隧道的顶部、底部和两腰，必要时可加密布设，新增设的监测断面宜靠近开挖面。

7.2 监测项目

7.2.1 矿山法工程支护结构和周围岩土体监测项目应根据表 7.2.1 选择。

表 7.2.1 矿山法工程支护结构和周围岩土体监测项目

序号	监测对象	监测项目	工程监测等级		
			一级	二级	三级
1	支护结构	初期支护结构拱顶沉降	√	√	√
2		初期支护结构净空收敛	√	√	√
3		初期支护结构底板竖向位移	√	○	○
4		隧道拱脚竖向位移	○	○	○
5		中柱结构竖向位移	√	√	○
6		中柱结构倾斜	○	○	○
7		中柱结构应力	○	○	○
8		初期支护、二次衬砌结构应力	○	○	○

续表 7.2.1

序号	监测对象	监测项目	工程监测等级		
			一级	一级	一级
9	周围岩土体	地表竖向位移（地表沉降）	√	√	√
10		土体深层水平位移	○	○	○
11		土体分层竖向位移	◎	○	○
12		围岩压力	○	○	○
13		地下水位	√	√	√

注：√——应测项目；○——选测项目。

7.2.2 矿山法工程施工的周边环境监测项目应符合本标准第 9 章相关规定要求。

7.2.3 矿山法工程施工当遇到下列情况时，宜增加相应的监测项目：

1 隧道围岩的地质条件复杂，岩土体易产生较大变形、空洞、坍塌的部位或区域，应增加初期支护结构、二次衬砌应力及围岩压力监测；

2 根据物探或超前地质钻探若探明有断裂带或其它不良地质条件时，应增加支护结构应力、围岩压力、土体深层水平位移及土体分层竖向位移监测；

3 当隧道支护结构因变形较大出现异常裂缝，并存在较大风险时，应进行裂缝监测；

4 矿山法工程施工采用爆破法开挖时，监测项目应符合现行国家标准《爆破安全规程》GB 6722 的有关规定。

7.3 监测点布设

7.3.1 矿山法工程的初期支护结构拱顶沉降、净空收敛监测断面及监测点布设应符合下列规定：

1 初期支护结构拱顶沉降、净空收敛监测应布设垂直于隧道

轴线的横向监测断面，车站监测断面间距宜为 5m~10m，区间监测断面间距宜为 10m~15m；

2 拱顶沉降、净空收敛监测点宜布设在隧道拱顶、两侧拱脚处（全断面开挖时）或拱腰处（半断面开挖时），拱顶的沉降监测点可兼做净空收敛监测点，净空收敛采用固定测线法时，测线数宜为 1 条~3 条；

3 拱顶沉降、净空收敛监测点应在初期支护结构完成后及时布设，并应共同组成监测断面；

4 矿山法工程分部开挖施工的每个导洞均应布设横向监测断面，且监测断面位置应一致。

7.3.2 矿山法工程的初期支护结构底板竖向位移监测点布设应符合下列规定：

1 监测点宜在初期支护结构底板的中部或两侧布设；

2 底板沉降监测点的布设位置宜与拱顶沉降监测点对应，共同组成监测断面。

7.3.3 矿山法隧道的拱脚竖向位移监测点布设应符合下列规定：

1 隧道周围岩土体存在软弱土层时，应布设隧道拱脚竖向位移监测点；

2 隧道拱脚竖向位移监测点与初期支护结构拱顶沉降监测点宜共同组成监测断面。

7.3.4 矿山法车站工程的中柱结构竖向位移、中柱结构倾斜及中柱结构应力监测点布设应符合下列规定：

1 监测点应选择受力复杂或有代表性部位的中柱进行竖向位移、倾斜监测；

2 进行中柱结构应力监测时，监测数量不应少于中柱总数的 10%，且不应少于 3 根，宜在每根柱的同一水平截面均匀布设 4 个监测点；

3 中柱结构应力宜与中柱结构竖向位移、倾斜监测点同柱布设。

7.3.5 矿山法工程的初期支护结构应力、二次衬砌结构应力、围岩压力监测断面及监测点布置应符合下列规定：

1 监测断面布置应选择在地质条件复杂或应力变化较大的部位，应力监测断面宜与拱顶沉降监测同断面布置；

2 监测点宜布置在拱顶、拱脚、墙中、墙脚、仰拱中部等部位，在同一监测断面，初期支护结构应力、二次衬砌应力及围岩压力监测点数量均不宜少于 5 个；

3 需拆除的临时竖向初期支护结构应根据工程需要布置监测点。

7.3.6 矿山法工程的周边地表沉降监测断面及监测点布置应符合下列规定：

1 监测点应沿每个隧道或分部开挖导洞的轴线上方地表布置，且监测等级为一级、二级时，监测点间距宜为 5m~10m，监测等级为三级时，监测点间距宜为 10m~15m；

2 应根据周边环境和地质条件，布置垂直于隧道轴线的横向监测断面，且监测等级为一级时，监测断面间距宜为 10m~50m，监测等级为二级、三级时，监测断面间距宜为 50m~100m；

3 在矿山法与盾构法隧道、车站与区间、车站与附属结构、明暗挖等的分界部位，隧道断面变化、联络通道、洞口、施工通道等部位及地质条件不良易产生开挖面坍塌和地表过大变形的部位，应布置横向监测断面；

4 横向监测断面的监测点布置范围和间距应根据影响区划分确定，主要影响区的监测点间距宜为 3m~5m，次要影响区的监测点间距宜为 5m~10m，监测点数量宜为 7 个~11 个；

5 地表沉降监测点应与隧道结构监测点布置在同一断面上；

6 监测点的埋设深度不宜小于最大冻土深度线以下 0.5m。

7.3.7 矿山法工程的周围土体深层水平位移及分层竖向位移监测孔及监测点布置应符合下列规定：

1 监测孔及监测点应布置在地层疏松、土洞、溶洞、破碎带

等地质条件复杂地段，软土、膨胀性岩土、湿陷性土等特殊岩土地段，工程施工对岩土体扰动较大或邻近重要建（构）筑物、地下管线等地段；

2 土体深层水平位移监测孔宜布设在隧道轮廓线外两侧，埋设深度应大于隧道底板埋深，并避开隧道背后注浆影响范围；

3 土体分层竖向位移监测孔宜布设在隧道轴线上，埋设深度应小于隧道覆土厚度，并高于隧道顶注浆范围；

4 土体分层竖向位移监测点沿测孔竖向布置，宜布设在各土层中部或界面上，也可等间距布设，测点的数量应视具体情况确定。

7.3.8 矿山法工程的地下水位观测孔布设应符合下列规定：

1 符合本标准 5.3.11 条相关规定；

2 在隧道轮廓线以外并避开隧道背后注浆影响范围的两侧、被保护对象的周边、隧道与被保护对象之间布设地下水位观测孔，当有止水帷幕时，宜布设在止水帷幕的外侧约 2m 处；

3 观测孔的布设间距及数量宜根据工程需要确定。

7.3.9 矿山法工程施工的周边环境监测点布设应符合本标准第 9 章相关规定。

7.4 现场巡查

7.4.1 矿山法隧道施工现场巡查应包括下列内容：

1 施工工况

1) 开挖步序、步长、核心土尺寸等情况；

2) 开挖面岩土体的类型、特征、自稳性，地下水渗漏及发展情况；

3) 开挖面岩土体有无坍塌及坍塌的位置、规模；

4) 降水或止水等地下水控制效果及降水设施运转情况。

2 支护结构

1) 超前支护施作情况及效果、钢拱架架设、挂网及喷射混

- 凝土的及时性、连接板的连接及锁脚锚杆的打设情况；
- 2) 初期支护结构渗漏水情况；
 - 3) 初期支护结构开裂、剥离、掉块情况；
 - 4) 临时支撑结构有无明显变位；
 - 5) 二衬结构施作时临时支撑结构分段拆除情况；
 - 6) 初期支护结构背后回填注浆的及时性。
- 3 周边环境和监测设施的巡查内容应符合本标准第 5.4 节规定。

7.5 监测频率

7.5.1 矿山法工程施工中支护结构、周围岩土体和周边环境的监测频率可按表 7.5.1 确定。

表 7.5.1 矿山法隧道工程监测频率

监测部位	监测对象	开挖面至监测点或监测断面的距离	监测频率
开挖面前方	周围岩土体和周边环境	$2B < L \leq 5B$	1 次/2 天
		$L \leq 2B$	1 次/1 天
开挖面后方	初期支护结构、周围岩土体和周边环境	$L \leq 1B$	(1 次~2 次) / 1 天
		$1B < L \leq 2B$	1 次/1 天
		$2B < L \leq 5B$	1 次/2 天
		$L > 5B$	1 次/ (3 天~7 天)

注：1 B ——矿山法隧道或导洞开挖宽度 (m)， L ——开挖面至监测点或监测断面的水平距离 (m)；

2 当拆除临时支撑时应增大监测频率；

3 监测数据趋于稳定后，监测频率宜为 1 次/ (15 天~30 天)。

7.5.2 矿山法车站工程中柱结构竖向位移及结构应力的监测频率：土体开挖时宜为 1 次/1 天，结构施工时宜为 (1 次~2 次) / 7 天。

7.5.3 矿山法地下水位的监测频率应根据施工工况、地质条件复杂程度、地下水对工程的影响程度以及地下水控制要求等进行确定，

监测频率宜为1次/（1天~2天）。

7.5.4 矿山法爆破施工的监测频率应符合现行国家标准《爆破安全规程》GB 6722 的有关规定，首次爆破时应对所需监测的周边环境对象均应进行爆破振动监测，以后应根据第一次爆破监测结果并结合环境对象特点确定监测频率，重要建（构）筑物、桥梁等高风险环境对象每次爆破均应进行监测。

7.5.5 当遇到下列情况时，应提高监测频率及现场巡查频率：

- 1 仪器监测数据异常或变化速率较大，或达到预警标准；
- 2 隧道上方地面出现冒浆、冒水，其它有压液体或气体排出时；
- 3 采取冷冻法施工或其它无法正常降水施工的矿山法隧道；
- 4 矿山法隧道断面变化及受力转换部位；
- 5 下穿重要建（构）筑物、地下管线、既有轨道交通工程时。

7.5.6 冬期施工期间，隧道开挖阶段的监测频率不低于本标准7.5.1 条规定；冬期停工且隧道掌子面封闭后，监测频率可适当降低且不低于1次/7天。

7.6 监测控制值

7.6.1 矿山法隧道支护结构变形、地表沉降控制值应根据地质条件、隧道设计参数、工程监测等级及工程经验等确定，应符合表7.6.1-1和表7.6.1-2规定，特殊工程应通过专项评估确定监测控制值。

表 7.6.1-1 矿山法隧道支护结构变形监测控制值

监测项目及区域		累计值(mm)	变化速率 (mm/d)
拱顶 沉降	区间	10~20	3
	车站	20~30	
底板竖向位移		10	2
净空收敛		10	2
中柱竖向位移		10~20	2

表 7.6.1-2 矿山法隧道地表沉降监测控制值

监测等级及区域		累计值(mm)	变化速率 (mm/d)
一级	区间	20~30	3
	车站	40~60	4
二级	区间	30~40	3
	车站	50~70	4
三级	区间	30~40	4

注：1 表中数值适用于土的类型为中软土、中硬土及坚硬土中的密实砂卵石地层；

2 大断面区间的地表沉降监测控制值可参照车站执行。

吉林省工程建设地方标准

8 桥梁工程监测

8.1 一般规定

8.1.1 城市轨道交通桥梁工程施工阶段应对其桥跨结构，桥台、桥墩和基础等下部结构以及周边环境进行监测。

8.1.2 城市轨道交通桥梁工程监测项目应根据结构形式、受力特点、设计要求合理确定。

8.1.3 城市轨道交通桥梁工程监测宜覆盖施工阶段和运行维护阶段的稳定期。

8.2 监测项目

8.2.1 梁桥工程结构监测项目应根据表 8.2.1 进行确定，拱桥、斜拉桥等桥梁工程结构的监测项目应根据设计要求和工程特点确定。

表 8.2.1 梁桥工程结构监测项目

序号	监测项目	类型
1	墩台竖向位移	√
2	墩柱倾斜	√
3	梁体挠度	○
4	梁体应力	○

注：1 √——应测项目，○——选测项目；

2 当采用预制节段拼装和挂篮施工工法时，应进行钢索内力监测。

8.2.2 桥梁工程周边环境监测项目应符合本标准第 9 章相关规定要求。

8.3 监测点布设

8.3.1 梁桥工程墩台竖向位移监测点布设应符合下列规定：

- 1 每个桥墩均应设置墩台竖向位移监测点；
- 2 承台宜设置 2~4 个竖向位移监测点，群桩承台宜适当增加监测点数量，并根据具体情况均匀布设，当墩身监测点埋设后可代替承台监测点延续监测；
- 3 墩身竖向位移监测点数量应视桥墩大小布设 2~4 点，宜沿桥墩的纵、横轴线布设在外边缘，一般设置在墩底高出地面或最高水位以上 1m 左右；当墩身较矮立尺困难时，桥墩监测点位置可降低或设置在对应墩身埋标位置的顶帽上；
- 4 桥台监测点数量宜不少于 4 点，应设置在台帽两侧及背墙顶两侧。

8.3.2 桥梁工程墩柱倾斜监测点布设应符合下列规定：

- 1 采用全站仪监测时，监测点应沿墩柱顶、底部上下对应按组布设，每个墩柱倾斜监测数量不应少于 1 组，每组监测点数量不宜少于 2 个；
- 2 采用倾斜仪监测时，每个墩柱布设监测点的数量不应少于 1 个；
- 3 若采用不均匀沉降反算法，宜直接利用已埋设的墩柱竖向位移监测点。

8.3.3 桥梁工程梁体挠度、应力监测点布设应符合下列规定：

- 1 监测点宜布设在梁体和构件两侧边缘顶面上，宜根据桥跨长度选择在 1/2、1/4 等桥跨距处及跨端墩顶处设置监测点位，悬臂法浇筑或安装梁体的监测点，可沿梁体纵向轴线或两侧边缘分别布设在每段梁体的前端和后端；
- 2 批量生产的预应力混凝土预制梁的原材料变化不大、预制工艺稳定，可按照每 30 孔梁选择 1 孔布设监测点，混凝土现浇梁宜逐孔布设至少 1 个监测点；

3 梁体应力监测点宜布设在桥梁梁板结构中部或应力变化较大部位。

8.3.4 桥梁工程的周边环境监测点布设应符合本标准第 9 章相关规定。

8.4 现场巡查

8.4.1 桥梁工程巡查应包括以下内容：

1 施工工艺

- 1) 主梁臂浇筑、悬臂拼装、纵向顶推、横向顶移、平面转体、在支架上架设安装、在支架上就地浇筑等具体施工工艺；
- 2) 施工顺序及进度；
- 3) 施工临时荷载施加情况；
- 4) 非刚性连接悬臂浇筑墩顶梁段与桥墩固定情况；
- 5) 梁段预应力施加情况。

2 临时支模、支架及拱架

- 1) 支架、拱架下方地基基础沉陷，节点和卸架设备的压缩变形情况；
- 2) 支架横向、竖向连接情况；
- 3) 杆件接头变形情况；
- 4) 底模板、侧模板变形情况；
- 5) 支架、拱架不均匀沉降情况。

3 下部结构

- 1) 桥台、墩柱、索塔、拱座开裂、掉块、压溃、剥落等情况；
- 2) 桥台、墩柱、索塔、拱座水平位移及墩柱、索塔的垂直度。

4 上部结构

- 1) 混凝土结构有无裂缝及裂缝的分布、位置、走向、宽度及深度；
 - 2) 吊装设备的塔架、主索、扣索、索鞍、锚碇等的变形和位移情况；
 - 3) 刚架锚固系统稳定性；
 - 4) 拱片变形情况；
 - 5) 梁段接缝开裂情况。
- 5 附属工程
- 1) 填土工程桥涵台背、锥坡、护坡及拱上等填土高度、稳定性；
 - 2) 砌体工程石砌锥坡、护坡和河床铺砌层稳定性。
- 6 周边环境和监测设施的巡查内容应符合本标准第 5.4 节规定。

8.5 监测频率

8.5.1 监测频率应根据桥梁结构形式、设计要求、变形特征、监测精度、地质条件复杂情况等因素合理确定，满足桥梁结构施工安全的评价要求，并符合表 8.5.1-1、8.5.1-2 的规定。

表 8.5.1-1 墩台竖向位移监测频率

监测阶段		监测频率		备注
		监测期限	监测周期	
墩台基础施工完成		—	—	设置承台监测点
墩台混凝土施工		全程	荷载变化前后各 1 次或 1 次/1 周	承台回填时，改为墩柱监测点继续监测
预制梁桥	架梁前	全程	1 次/周	
	预制梁架设	全程	前后各 1 次	
	附属设施施工	全程	荷载变化前后各 1 次或 1 次/1 周	

续表 8.5.1-1

监测阶段		监测频率		备注	
		监测期限	监测周期		
现浇梁桥	制梁前	全程	1次/1周		
	上部结构施工中	全程	荷载变化前后各1次或1次/1周		
	附属设施施工	全程	荷载变化前后各1次或1次/1周		
架桥机(运梁车)通过		全程	前后各1次		
桥梁主体完工, 轨道铺设前		≥6个月	1次/1周		
轨道铺设期间		全程	1次/1天		
轨道铺设完成后		24个月	0~3个月	1次/1月	运行维护阶段 长期监测
			4~12个月	1次/3月	
			13~24个月	1次/6月	

表 8.5.1-2 梁体挠度监测频率

监测阶段		监测频率		备注	
		监测期限	监测周期		
梁体施工完成		—	—	设置监测点	
预应力张拉期间		全程	张拉前后各1次		
桥梁附属设施安装		全程	安装前后各1次		
预应力张拉完成~ 轨道铺设期间		≥2个月	荷载变化前后各1次或1次/1周		
轨道铺设期间		全程	1次/1天		
轨道铺设完成后		24个月	0~3个月	1次/1月	运行维护阶段 长期监测
			4~12个月	1次/3月	
			13~24个月	1次/6月	

8.5.2 由监测数据指导设计与施工的桥梁工程应根据结构应力或变形速率实时调整监测频率，当出现险情时应加强监测，荷载无变化且数据稳定后监测频率可适当降低，停工和复工时应分别进行 1 次监测。

8.6 监测控制值

8.6.1 桥梁工程结构监测控制值应根据桥梁结构形式、基础类型、建筑材料、设计参数、地质条件等并结合工程经验确定，应符合国家现行标准《建筑与桥梁结构监测技术规范》GB 50982 和《城市桥梁检测与评定技术规范》CJJ/T 233 等有关标准的规定。

9 周边环境监测

9.1 一般规定

9.1.1 城市轨道交通工程周边环境监测应包括下列对象：

- 1 房屋建筑及高耸构筑物；
- 2 桥梁；
- 3 地下管线；
- 4 高速公路及城市道路；
- 5 既有城市轨道交通；
- 6 既有公路隧道；
- 7 既有铁路；
- 8 地表水体及水利设施；
- 9 管廊、人防、地下室等地下建筑结构；
- 10 其它需要监测的环境对象。

9.1.2 周边环境对象监测点的布设位置和数量应根据城市轨道交通工程结构形式和工法、环境对象的类型和特征、环境风险等级、所处工程影响分区、监测项目及监测方法的要求等综合确定，并应满足反映环境对象变化规律和分析环境对象安全状态的要求。

9.1.3 周边环境监测点应布设在反映环境对象变形特征的关键部位和受施工影响敏感的部位，埋设位置应便于观测，且不应影响或妨碍环境监测对象的结构受力、正常使用和美观。

9.1.4 爆破振动监测点的布设及要求应符合现行国家标准《爆破安全规程》GB 6722 的有关规定，监测建（构）筑物不同高度的振动时，应从基础到顶部在不同高度上布设。

9.1.5 周边环境的监测频率宜按对其影响的城市轨道交通工程监测频率确定。

9.2 建（构）筑物

9.2.1 建（构）筑物监测项目应根据表 9.2.1 进行确定。

表 9.2.1 建（构）筑物监测项目

序号	监测项目	工程监测等级		
		一级	二级	三级
1	竖向位移	√	√	√
2	水平位移	○	○	○
3	倾斜	√	○	○
4	裂缝	√	√	√

注：√——应测项目，○——选测项目。

9.2.2 建（构）筑物竖向位移监测点布设应反映建（构）筑物的不均匀沉降，并应符合下列规定：

1 建（构）筑物竖向位移监测点应布设在外墙或承重柱上，位于主要影响区时监测点沿外墙间距宜为 10m~15m，或每隔 2 根承重柱布设 1 个监测点；位于次要影响区时监测点沿外墙间距宜为 15m~30m，或每隔 2 根~3 根承重柱布设 1 个监测点，在外墙转角处应有监测点控制；

2 在高低悬殊或新旧建（构）筑物连接、建（构）筑物变形缝、不同结构分界、不同基础形式和不同基础埋深等部位的两侧应布设监测点；

3 对烟囱、水塔、高压电塔等高耸构筑物，应在其基础轴线上对称布设监测点，每栋构筑物监测点布设数量不应少于 3 个；

4 结构伸缩缝两侧、人防门位置等应布设竖向位移监测点；

5 风险等级较高的建（构）筑物应适当增加监测点数量。

9.2.3 建（构）筑物水平位移监测点应布设在邻近基坑或隧道一侧的建（构）筑物外墙、承重柱、变形缝两侧及其它有代表性的部位，可与建（构）筑物竖向位移监测点布设在同一位置。

9.2.4 建（构）筑物倾斜监测点布设应符合下列规定：

1 每栋建（构）筑物倾斜监测点的数量不宜少于 2 组，每组监测点应沿主体结构顶部、底部上下对应布设，必要时中部可增加监测点；

2 采用基础差异沉降推算建（构）筑物倾斜时，监测点的布设应符合建（构）筑物竖向位移监测点布设的规定。

9.2.5 建（构）筑物裂缝宽度监测点布设应符合下列规定：

1 裂缝监测应根据裂缝的分布、走向、长度、宽度、深度等特点，分析裂缝产生的原因及发展趋势，选取有代表性部位的裂缝进行监测；

2 监测点宜在裂缝的最宽处及裂缝首、末端按组布设，每组 2 个监测点，分别布设在裂缝两侧。

9.2.6 建（构）筑物巡查应包括下列内容：

1 结构开裂、压溃、剥落、错台、酥松、蜂窝麻面、露筋、渗漏等情况；

2 结构净空变化、门窗等对象变形情况；

3 结构裂缝的分布、位置、走向、宽度等变化情况；

4 变形缝的缝宽变化、错位情况，填塞物脱落情况；

5 内部设施、人防门、散水结构的完好性；

6 周边地表沉陷或隆起情况。

9.3 桥梁

9.3.1 桥梁及挡墙监测项目应根据表 9.3.1 进行确定。

表 9.3.1 桥梁及挡墙监测项目

序号	监测对象	监测项目	工程监测等级		
			一级	二级	三级
1	桥台（含台帽）	竖向位移	√	√	√
2		倾斜	√	○	○

续表 9.3.1

序号	监测对象	监测项目	工程监测等级		
			一级	二级	三级
3	墩柱(含盖梁)	竖向位移	√	√	√
4		倾斜	√	○	○
5	梁体	挠度	√	√	√
6		应力	○	○	○
7	梁体、墩台	裂缝	√	√	√
8	挡墙	竖向位移	√	√	○
9		倾斜	√	○	○

注：√——应测项目，○——选测项目。

9.3.2 桥梁墩台、桥梁挡墙竖向位移监测点布设应符合下列规定：

1 桥台(含台帽)竖向位移监测点应布设在桥台前墙或侧墙上，每个桥台至少布设2个测点；

2 墩柱(含盖梁)竖向位移监测点应布设在墩柱上，每个墩柱上至少布设1个测点；

3 桥梁挡墙沉降监测点宜布设在挡墙变形缝两侧，其余部位测点间距宜为10m~15m。

9.3.3 桥梁墩柱倾斜监测点的布设应符合下列规定：

1 桥台(含台帽)倾斜位移测点应布设在桥台前墙或侧墙上，每个桥台至少布设2对测点；

2 墩柱(含盖梁)倾斜位移测点应布设在墩柱顺桥向和横桥向，至少布设1对测点。

9.3.4 桥梁梁体应力测点应布设在应力最大的控制性部位，数量根据实际需求确定。

9.3.5 梁体变形在梁体支点、跨中、1/4跨及特殊部位布设监测横断面，每个断面至少布设2个测点。

9.3.6 桥梁裂缝宽度监测点的布设应符合本标准第9.2.5条的规定。

9.3.7 桥梁及挡墙现场巡查应包括下列内容：

- 1 支座老化、破损、锈蚀、积水、污秽、变形、错位等情况；
- 2 梁体、墩台、盖梁开裂、剥落、原有裂缝变化、被碰撞痕迹、锈蚀、雨水冲刷等情况；
- 3 桥面开裂、剥落、原有裂缝变化等情况；
- 4 挡墙及锥坡破损、开裂、塌陷等情况，及锥体护面脱落、漏水等情况。

9.4 地下管线

9.4.1 地下管线监测项目应根据表 9.4.1 进行确定。

表 9.4.1 地下管线监测项目

序号	监测项目	工程监测等级		
		一级	二级	三级
1	管线竖向位移	√	√	√
2	管线差异沉降	√	√	√
3	管线水平位移	○	○	○

注：1 √——应测项目，○——选测项目；

2 监测等级为一级时，隧道侧穿地下管线应进行管线水平位移监测。

9.4.2 地下管线监测点的布设应符合下列规定：

1 监测点的埋设形式和布设位置应根据地下管线的类型、材质、管径、接口形式、埋设方式、使用状况，以及与工程的空间位置关系等综合确定；

2 地下管线位于主要影响区时，竖向位移监测点间距宜为 5m~15m，位于次要影响区时，布设间距宜为 15m~30m；

3 地下管线竖向位移监测点宜布设在地下管线的节点、转角点、位移变化敏感或预测变形较大等关键部位；

4 隧道下穿污水、供水、燃气、热力等地下管线且风险较高时，宜布设管线结构直接竖向位移监测点及管侧土体竖向位移监测

点；

5 地下管线水平位移监测点应布设在工程影响较大、地下管线薄弱等典型部位；

6 地下管线密集、种类繁多时，应对重要的、抗变形能力差的、容易渗漏或破坏的管线进行重点监测。

9.4.3 地下管线巡查应包括下列内容：

- 1 管体或接口破损、渗漏情况；
- 2 燃气管线周围异常气味情况；
- 3 管线上方地表沉陷、隆起情况；
- 4 检查井等附属设施的开裂、积水及周围地表变化等情况。

9.5 高速公路与城市道路

9.5.1 高速公路及城市道路监测项目应根据表 9.5.1 进行确定。

表 9.5.1 高速公路及城市道路监测项目

序号	监测对象	监测项目	工程监测等级		
			一级	二级	三级
1	路基及路面	路基竖向位移	√	√	√
2		裂缝	○	○	○
3	护坡、挡墙	护坡、挡墙 竖向位移	√	√	○
4		挡墙倾斜	√	√	○

注：√——应测项目，○——选测项目。

9.5.2 高速公路及城市道路路基竖向位移监测点布设应符合下列规定：

1 应与路面下方的地下构筑物和地下管线的监测点相结合，做到监测点布设合理、统筹兼顾、相互协调；

2 根据城市轨道交通工程的各工法地表沉降监测点的布设要求，结合路面实际情况布设监测点和监测断面，对高速公路和城市

重要道路应适当增加监测点和监测断面数量；

3 隧道下穿高速公路、城市重要道路时，应布设路基竖向位移监测点。

9.5.3 护坡、挡墙竖向位移监测点宜沿道路走向布设，护坡、挡墙位于主要影响区时，监测点间距不宜大于 5m~10m；位于次要影响区时，监测点间距宜为 10m~15m。挡墙倾斜监测点应根据挡墙的结构形式选择监测断面布设，每段挡墙监测断面的布设数量不应少于 1 个，每个监测断面上、下监测点应布设在同一竖直面上。

9.5.4 高速公路及城市道路巡查应包括下列内容：

- 1 路面开裂、沉陷及隆起等情况；
- 2 挡墙破损、开裂、剥落、渗漏水及变形等情况。

9.6 城市轨道交通设施

9.6.1 地下城市轨道交通设施监测项目应根据表 9.6.1 进行确定。

表 9.6.1 地下城市轨道交通设施监测项目

序号	监测对象	监测项目	工程监测等级		
			一级	二级	三级
1	隧道结构	结构竖向位移	√	√	√
2		结构变形缝差异沉降	√	√	√
3		结构水平位移	√	√	○
4		区间隧道净空收敛	√	√	○
5		结构裂缝	√	√	√
6		结构变形缝开合度	√	√	○
7	道床	道床竖向位移	√	√	√
8		道床裂缝	√	√	√
9	轨道	轨道静态几何形位 (轨距、轨向、高低、水平)	√	√	√

续表 9.6.1

序号	监测对象	监测项目	工程监测等级		
			一级	二级	三级
10	轨道	无缝线路钢轨位移	√	√	√
11	附属结构	结构竖向位移	√	√	○
12		结构变形缝差异沉降	√	√	○
13	其它设施	接触网导高及拉出值	√	√	√
14		自动扶梯差异沉降	√	√	○
15		人防门差异沉降	√	√	○

注：√——应测项目，○——选测项目。

9.6.2 地面城市轨道交通设施仪器监测项目应根据表 9.6.2 进行确定。

表 9.6.2 地面城市轨道交通设施仪器监测项目

序号	监测对象	监测项目	工程监测等级		
			一级	二级	三级
1	车站结构	结构竖向位移	√	√	√
2		结构变形缝差异沉降	√	√	√
3		结构水平位移	√	√	○
4		结构裂缝	√	√	√
5		结构变形缝开合度	√	√	○
6	路基结构	路基竖向位移	√	√	√
7		路基水平位移	○	○	○
8	整体道床	道床竖向位移	√	√	√
9		道床裂缝	√	√	√
10	轨道	轨道静态几何形位 (轨距、轨向、高低、水平)	√	√	√
11	附属结构	结构竖向位移	√	√	○
12		结构变形缝差异沉降	√	√	○
13	其它设施	接触网导高及拉出值	√	√	√

注：√——应测项目，○——选测项目。

9.6.3 高架城市轨道交通设施仪器监测项目应根据表 9.6.3 进行确定。

表 9.6.3 高架城市轨道交通设施仪器监测项目

序号	监测对象	监测项目	工程监测等级		
			一级	二级	三级
1	高架桥桥墩、 桥梁结构	桥墩结构竖向位移	√	√	√
2		桥墩结构水平位移	√	√	√
3		桥梁结构挠度	√	√	○
4		桥梁结构水平位移	○	○	○
5	道床	道床竖向位移	√	√	√
6		道床裂缝	√	√	√
7	轨道	轨道静态几何形位 (轨距、轨向、高低、水平)	√	√	√
8	附属结构	结构竖向位移	√	√	○
9		结构变形缝差异沉降	√	√	○
10	其它设施	自动扶梯差异沉降	√	√	○

注：√——应测项目，○——选测项目。

9.6.4 地下城市轨道交通设施监测点布设应符合下列规定：

1 隧道结构竖向位移、水平位移、净空收敛监测点应按监测断面布设，既有隧道结构位于主要影响区时，监测断面间距应为 3m~5m，位于次要影响区时，监测断面间距应为 5m~10m，每个监测断面宜在隧道结构顶部或底部、结构柱、两边侧墙布设监测点；

2 隧道结构变形缝差异沉降测点布设于结构变形缝两侧；

3 隧道结构裂缝监测点可按本标准第 9.2.5 条执行；

4 隧道结构变形缝开合度监测点布设于结构变形缝两侧；

5 整体道床的竖向位移监测应按监测断面布设，监测断面与隧道结构的竖向位移监测断面应处于同一里程，每个监测断面应于每条轨道下部道床布设 1 个监测点；

6 轨道静态几何形位监测点的布设应按相应的城市轨道交通工务维修、养护要求等进行确定；

7 其它附属结构监测点的布设可按本标准 9.2.2 条执行。

9.6.5 地面城市轨道交通设施监测点布设应符合下列规定：

1 地面线路路基竖向位移、水平位移监测应按监测断面布设，位于主要影响区时断面间距宜为 2m~10m，位于次要影响区时断面间距宜为 10m~20m，每个监测断面上各条股道下方的路基均应布设监测点；

2 其它监测项目监测点布设可按本标准 9.6.4 条相关要求执行。

9.6.6 高架城市轨道交通设施监测点布设应符合下列规定：

1 高架桥桥墩、桥梁结构监测点的布设可按本标准 9.3.2 条、9.3.3 条、9.3.4 条、9.3.5 条、9.3.6 条的相关规定执行；

2 其它监测项目监测点布设可按本标准 9.6.4 条相关要求执行。

9.6.7 地下城市轨道交通设施的巡查应包括下列内容：

1 隧道限界变化情况；

2 锚固支架变化情况；

3 结构开裂、压溃、剥落、错台、酥松、蜂窝麻面、露筋、渗漏等情况；

4 整体道床与底板结构间脱空情况；

5 排水设施开裂、漏水、淤积、堵塞、沉沙、滞水等情况，水管锈蚀情况；

6 盾构隧道管片螺栓孔、注浆孔填塞物完好性、螺栓松紧度等。

9.6.8 地面城市轨道交通设施的巡查应包括下列内容：

1 路基基床是否出现渗水、渗流、下沉外挤、翻浆冒泥等情况；

2 边坡是否坍塌、风化剥落、溜塌、陷穴、裂缝等情况；

3 路肩有无缺损、塌陷、挤出、隆起、积水等情况；

4 地下排水设施的沟口和泄水孔有无淤塞物；地面排水设施

有无开裂、漏水、淤积、堵塞、滞水等情况；

5 防护加固设施有无过大变形、损坏；

6 其它巡查内容可按本标准 9.6.7 条执行。

9.6.9 高架城市轨道交通设施的巡查应包括下列内容：

1 桥梁结构巡查内容可按本标准 9.3.7 条执行；

2 其它巡查内容可按本标准 9.6.7 条执行。

9.7 既有公路隧道

9.7.1 既有公路隧道设施监测项目应根据表 9.7.1 进行确定：

表 9.7.1 既有公路隧道设施监测项目

序号	监测项目	工程监测等级		
		一级	二级	三级
1	结构竖向位移	√	√	√
2	结构变形缝差异沉降	√	√	√
3	结构水平位移	√	√	○
4	隧道净空收敛	√	√	○
5	结构裂缝	√	√	√
6	结构变形缝开合度	√	√	○

注：√——应测项目，○——选测项目。

9.7.2 既有公路隧道结构竖向位移、水平位移和净空收敛监测应按监测断面布置，结构位于主要影响区时，监测断面间距宜为 5m；位于次要影响区时，监测断面间距不宜大于 10m，每个监测断面宜在隧道结构两边侧墙底部、侧墙中部布置监测点。

9.7.3 既有公路隧道结构缝差异沉降的监测应布置在结构缝的两侧，在隧道侧墙结构缝的两侧应有监测点控制。

9.7.4 既有公路隧道结构的裂缝监测参照本标准第 9.2.5 条的规定执行。

9.7.5 既有公路隧道结构的巡查应包括下列内容：

- 1 隧道限界变化情况；
- 2 设施支架变化情况；
- 3 结构开裂、压溃、剥落、错台、酥松、蜂窝麻面、露筋、渗漏等情况；
- 4 路面结构平整度；
- 5 排水设施开裂、漏水、淤积、堵塞、沉沙、滞水等情况。

9.8 既有铁路

9.8.1 路基形式铁路监测项目应根据表 9.8.1 进行确定。

表 9.8.1 路基形式铁路监测项目

序号	监测对象	监测项目	工程监测等级		
			一级	二级	三级
1	路基	竖向位移	√	√	√
2		水平位移	○	○	○
3	道床	竖向位移	√	√	√
4		水平位移	√	√	○
5		裂缝	√	○	○
6	轨道	静态几何形位 (轨距、轨向、高低、水平)	√	√	○
7	附属设施	竖向位移	√	√	○
8		水平位移	√	√	○
9		倾斜	√	○	○

注：√——应测项目，○——选测项目。

9.8.2 高架形式铁路监测项目应根据表 9.8.2 进行确定。

表 9.8.2 高架形式铁路监测项目

序号	监测对象	监测项目	工程监测等级		
			一级	二级	三级
1	高架桥桥墩、 桥梁结构	桥墩结构竖向位移	√	√	√
2		桥墩结构水平位移	√	√	√
3		桥梁结构挠度	√	√	○
4		桥梁结构水平位移	○	○	○
5	道床	道床竖向位移	√	√	√
6		道床裂缝	√	√	√
7	轨道	轨道静态几何形位 (轨距、轨向、高低、水平)	√	√	√
8	附属设施	结构竖向位移	√	√	○
9		水平位移	√	√	○
10		倾斜	√	√	○

注：√——应测项目，○——选测项目。

9.8.3 路基形式铁路监测点布设可按本标准第 9.6.5 条执行，高架形式铁路监测点布设可按本标准第 9.6.6 条执行。

9.8.4 路基形式铁路巡查可按本标准第 9.6.8 条执行，高架形式铁路巡查可按本标准第 9.6.9 条执行。

9.8.5 高速铁路监测项目和控制值应按铁路相应规范及相关行业标准确定。

9.9 地表水体及水利设施

9.9.1 地表水体及水利设施监测项目应根据表 9.9.1 进行确定。

表 9.9.1 地表水体及水利设施监测项目

序号	监测对象	监测项目	工程监测等级		
			一级	二级	三级
1	地表水体 周边堤坝	竖向位移	√	√	√
2		水平位移	√	√	○
3		裂缝	√	√	√

续表 9.9.1

序号	监测对象	监测项目	工程监测等级		
			一级	二级	三级
4	水利设施	竖向位移	√	√	√
5		水平位移	√	○	○
6		倾斜	√	●	○
7		裂缝	√	○	○

注：√——应测项目，○——选测项目。

9.9.2 地表水体周边堤坝竖向位移监测点布设应符合下列规定：

1 布设在堤坝结构上，位于主要影响区时监测点沿堤坝间距宜为 10m~15m，位于次要影响区时监测点沿堤坝间距宜为 15m~30m，在堤坝转弯处应布设监测点；

2 在高低悬殊或新旧堤坝连接、变形缝、不同结构分界和不同结构形式等部位的两侧应布设监测点；

3 风险等级较高的堤坝应适当增加监测点数量。

9.9.3 地表水体周边堤坝水平位移监测点应布设在邻近建设工程一侧的堤坝结构、变形缝两侧，及其它有代表性的部位，宜与堤坝竖向位移监测点布设在同一位置。

9.9.4 水利设施竖向位移、水平位移、倾斜监测点的布设按本标准第 9.2.1 条、9.2.2 条、9.2.3 条、9.2.4 条执行。

9.9.5 堤坝、水利设施裂缝监测点布设按本标准第 9.2.5 条执行。

9.9.6 地表水体及水利设施巡查应包括下列内容：

1 河湖、水库等水体非自然降雨或管理调度等原因引起的水位突变（暴涨暴落）、变浑、冒泡、旋涡等情况；

2 河湖、水库等岸坡岩土体及坡面护砌塌陷或隆起、开裂、剥落、滑动等异常变形以及阴湿、渗水或漏水等情况；

3 堤岸挡墙、挡水坝（闸）、溢洪道、输水洞（塔）等水利设施变形、开裂、倾斜等破坏和渗水、漏水情况；

4 水利工程所在区域地面塌陷或隆起、开裂、潮湿变软、积

水及水压、水位等管理调度数据异常等情况。

9.10 监测控制值

9.10.1 建（构）筑物监测控制值的确定应符合下列规定：

1 应根据建（构）筑物的结构形式、基础类型、使用功能、修建年代、地质条件及与工程的空间位置关系等因素，并结合已有变形情况、安全风险评估结果及工程经验综合分析确定；

2 对风险等级为一级、二级的建（构）筑物，宜通过结构检测、计算分析和安全性评估确定建（构）筑物的沉降、差异沉降和倾斜控制值；

3 对风险等级较低且无特殊要求的建（构）筑物沉降控制值宜为 10mm~30mm，变化速率控制值宜为 1mm/d~3mm/d，差异沉降控制值宜为 0.001*l*~0.002*l*（*l* 为相邻基础的中心距离）；

4 建（构）筑物监测控制值的确定应符合现行国家标准《建筑地基基础设计规范》GB 50007 的有关规定。

9.10.2 桥梁监测控制值的确定应符合下列规定：

1 桥梁监测控制值应在调查分析桥梁规模、结构形式、基础类型、建筑材料、养护情况等的基础上，结合其与工程的空间位置关系、已有沉降、差异沉降和倾斜以及工程经验综合确定，并应符合现行行业标准《城市桥梁养护技术规范》CJJ 99 的有关规定；

2 桥梁的沉降、差异沉降和倾斜控制值宜通过结构检测、计算分析和安全性评估确定。

9.10.3 地下管线监测控制值的确定应符合下列规定：

1 地下管线监测控制值应在调查分析管线功能、材质、工作压力、管径、接口形式、埋置深度、铺设方法、铺设年代等的基础上，结合其与工程的空间位置关系和工程经验综合确定；

2 对风险等级较高的地下管线，宜通过专项调查、计算分析和安全性评估确定地下管线的沉降和差异沉降控制值；

3 对风险等级较低且无特殊要求的地下管线沉降及差异沉降

控制值可按表 9.10.3 确定。

表 9.10.3 地下管线沉降及差异沉降控制值

管线类型	沉降		差异沉降 (mm)
	累计值 (mm)	变化速率 (mm/d)	
燃气管道	10~30	2	0.3% L_g
雨污水管	10~20	2	0.25% L_g
供水管	10~30	2	

注：1 燃气管道的变形控制值适用于 100mm~400mm 的管径；

2 L_g ——管节长度。

9.10.4 高速公路与城市道路监测控制值的确定应符合下列规定：

1 高速公路与城市道路监测控制值应在调查分析道路等级、路基路面材料、道路现状情况和养护周期等的基础上，结合其与工程的空间位置关系和工程经验综合确定，并应符合现行行业标准《公路沥青路面养护技术规范》JTJ 073.2 和《公路水泥混凝土路面养护技术规范》JTJ 073.1 的有关规定；

2 对风险等级较高或有特殊要求的高速公路与城市道路，宜通过现场探测和安全性评估确定高速公路与城市道路的沉降控制值；

3 对风险等级较低且无特殊要求的高速公路与城市道路，道路路基沉降控制值可按表 9.10.4 确定。

表 9.10.4 道路路基沉降控制值

监测项目		累计值 (mm)	变化速率 (mm/d)
道路路基沉降	高速公路、城市主干道	10~30	3
	一般城市道路	20~40	3

9.10.5 城市轨道交通既有线监测控制值的确定应符合下列规定：

1 城市轨道交通既有线监测控制值应在调查分析地质条件、线路结构形式、轨道结构形式、线路现状情况等的基础上，结合其与工程的空间位置关系、工程经验，进行必要的结构检测、计算分析和安全性评估确定；

2 城市轨道交通既有线路结构监测及轨道几何形位监测控制值应符合现行国家标准《地铁设计规范》GB 50157 的有关规定，并满足线路维修的相关要求；

3 城市轨道交通既有隧道结构变形控制值可按表 9.10.5 确定。

表 9.10.5 城市轨道交通既有隧道结构变形控制值

监测项目	累计值 (mm)	变化速率 (mm/d)
隧道结构沉降	3~10	1
隧道结构上浮	3~5	1
隧道结构水平位移	3~5	1
隧道差异沉降	$0.04\%L_s$	—
隧道结构变形缝差异沉降	2~4	1

注： L_s —沿隧道轴向两监测点间距。

4 城市轨道交通既有高架线路、地面线路监测控制值应符合本标准第 9.10.2 条、第 9.10.6 条的规定。

9.10.6 既有铁路监测控制值的确定应符合下列规定：

1 既有铁路监测控制值应符合本标准第 9.10.5 条第 1 款的规定，对高速铁路应进行专项评估后确定；

2 既有铁路线路结构监测及轨道几何形位监测控制值应符合现行行业标准《铁路轨道工程施工质量验收标准》TB 10413 的有关规定，并应满足线路维修的相关要求；

3 对风险等级较低且无特殊要求的既有铁路路基沉降控制值可按表 9.10.6 确定；路基差异沉降控制值宜小于 $0.04\%L_t$ (L_t 为沿铁路走向两监测点间距)。

表 9.10.6 既有铁路路基沉降控制值

监测项目		累计值 (mm)	变化速率 (mm/d)
路基沉降	整体道床	10~20	1.5
	碎石道床	20~30	1.5

9.10.7 爆破振动监测控制值包括峰值振动速度值和主振频率值，应符合现行国家标准《爆破安全规程》GB 6722 的有关规定。

吉林省工程建设地方标准全文公开

10 线路结构变形监测

10.1 一般规定

10.1.1 城市轨道交通运行维护阶段,应对全线的隧道、高架桥梁、路基、轨道结构、车站与重要附属结构、车辆基地建(构)筑物等进行竖向位移监测,隧道结构区段应进行净空收敛和水平位移监测,高架桥梁区段宜进行挠度监测。

10.1.2 线路结构变形监测应根据建设期结构变形监测数据、线路走向、结构形式、地质条件、环境条件、结构安全保护技术要求等编制监测方案,方案宜考虑施工阶段延续的监测项目及运行维护阶段结构变形监测需求,确保监测数据的连续性。

10.1.3 遇到下列情况时,应对相关区段的线路结构进行变形监测,并应编制专项监测方案:

- 1 不良地质作用对线路结构的安全有影响的区段;
- 2 存在软土、膨胀性土、湿陷性土等特殊岩土,且对线路的安全可能带来不利影响的区段;
- 3 因地基变形使线路结构产生不均匀沉降、裂缝的区段;
- 4 地震、堆载、卸载、列车振动等外力作用对线路结构或路基产生较大影响的区段;
- 5 既有线路保护区范围内有工程建设的区段;
- 6 采用新的施工技术、基础形式或设计方法的线路结构等。

10.1.4 重要地段的城市轨道交通线路结构变形监测宜采用远程自动化监测的方法。

10.1.5 在城市轨道交通结构周边进行外部作业时,应按照《城市轨道交通结构安全保护技术规范》CJJ/T 202 的相关规定进行线路结构保护监测。

10.2 线路结构变形监测要求

10.2.1 线路结构竖向位移监测点的布设应符合下列规定：

- 1 竖向位移监测宜每 50m 布设 1 个监测点；
- 2 在曲线段的直缓点、缓圆点、曲线中点、圆缓点、缓直点等部位应布设监测点；
- 3 区间高架桥梁段每一个桥墩均宜布设 1 个监测点；
- 4 道岔段宜在道岔理论中心、道岔前端、道岔后端、撤岔理论中心等结构部位各布设 1 个监测点，道岔前后的线路应加密监测点；
- 5 车站与区间、区间与联络通道、附属结构与线路结构等衔接处每侧均应布设监测点；
- 6 线路结构的沉降缝和变形缝每侧均应布设监测点；
- 7 隧道、高架桥梁与路面之间的过渡段应布设监测点；
- 8 地基或围岩加固区段的线路结构或附属结构部位应布设监测点；
- 9 线路结构存在病害处或存在软土地基等区段，应根据实际情况加密布设监测点。

10.2.2 竖向位移基准点的位置或数量应根据整条线路情况统筹考虑，宜利用线路沿线既有稳定的水准点，利用施工阶段布设的基准点时，应检查基准点的可靠性。

10.2.3 竖向位移工作基点宜利用车站施工阶段布设的控制点，并应定期与外围基准点进行联测。

10.2.4 隧道结构区间段水平位移监测点的布设应符合下列规定：

- 1 水平位移监测宜每 100m 布设 1 个监测点；
- 2 在曲线段的直缓点、缓圆点、曲线中点、圆缓点、缓直点等部位宜布设监测点；
- 3 车站与区间、区间与联络通道等变断面处宜布设监测点；
- 4 隧道、高架桥梁与路面之间的过渡段应布设监测点；

5 线路结构的沉降缝和变形缝应布设监测点；

6 线路结构存在病害处或存在软土地基等区段应布设监测点。

10.2.5 隧道净空收敛监测断面布设应符合下列规定：

1 区间隧道宜每 50m 布设 1 个监测断面，特殊区段适当加密监测断面；

2 存在病害处或存在软土地基等区段，应根据实际情况布设监测断面。

10.2.6 高架桥梁挠度监测每跨宜至少布设 1 个监测断面，特殊区段适当加密。

10.2.7 线路结构变形监测频率应符合表 10.2.7 规定。

表 10.2.7 线路结构变形监测频率

监测频率 监测项目	时期	线路结构施工和 试运行期间	线路运营 第一年	线路运营 第二年	线路运营 第三年及以后
竖向位移		1 次/(1 月~2 月)	1 次/3 月	1 次/6 月	(1 次~2 次)/年
净空收敛		1 次/(1 月~2 月)	1 次/3 月	1 次/6 月	(1 次~2 次)/年
水平位移		1 次/3 月	1 次/6 月	1 次/年	1 次/年

注：1 当线路结构变形较大或地基承受的荷载发生较大变化时，应增加监测次数；

2 线路结构存在病害或处在软土地基等区段时，应根据实际情况适当提高监测频率。

11 监测方法及要求

11.1 一般规定

11.1.1 监测方法的选择应根据监测对象和监测项目的特点、工程监测等级、设计要求、精度要求、场地条件和工程经验综合确定。

11.1.2 监测精度应根据监测项目、工程要求、受力或变形特征分析的要求、相关标准规定科学确定，宜取监测控制值的 1/10~1/20。

11.1.3 投入使用的监测仪器、设备和元器件应符合下列规定：

1 监测仪器、设备和元器件应满足监测项目要求的精度和量程，具有良好的稳定性和可靠性；

2 监测仪器和设备应定期进行检定或校准，元器件应在使用前进行标定，标定记录应齐全；

3 仪器设备宜在标定的作业条件下使用，安装、操作及保养等过程应符合仪器设备使用手册要求；

4 监测过程中应定期进行监测仪器设备的检校、维护、保养，以及监测元器件的状况检查。

11.1.4 采用自动化监测系统监测时，应符合下列规定：

1 自动化监测系统应由传感器、数据采集系统、通讯系统和数据处理系统等组成；

2 自动化监测系统的设备设施应安装牢固，满足监测对象的限界及正常使用；

3 自动化监测系统采用的通讯与供电系统应独立设置，避免与其它相邻设施相互干扰；

4 自动化监测的采样间隔应满足实际工程需要。

11.1.5 监测点埋设应符合下列规定：

1 工程周边环境与周围岩土体监测点应在施工之前埋设；

2 工程支护结构监测点应在支护结构施工过程中及时埋设；

3 监测点埋设完成并稳定后应及时采集监测初始值，至少连续独立进行 3 次观测，取其算术平均值作为初始值。

11.1.6 针对同一监测项目，现场监测作业宜固定监测人员，使用同一监测仪器和设备，在基本相同的时段和环境条件下，采用相同的监测方法和监测路线开展监测作业。

11.1.7 监测全过程应做好监测设施的保护工作，设置保护装置和统一标识。

11.1.8 工程监测新技术、新方法的监测精度应满足本标准规定的精度要求，并应采用传统方法对其进行验证。

11.2 水平位移监测

11.2.1 水平位移监测方法的确定宜符合下列规定：

1 测定任意方向的水平位移可视监测点的分布情况，采用交会测量、导线测量、极坐标法、自由设站法、三维激光扫描、摄影测量等方法；

2 测定特定方向的水平位移宜采用小角法、方向线偏移法、视准线法、投点法、激光准直法等；

3 当监测点与基准点无法通视或距离较远时，可采用卫星定位测量法或三角、三边、边角测量与基准线法相结合的综合测量方法；

4 当需要测定对象表面水平位移变化时，可采用三维激光扫描、摄影测量的方法；

5 根据工程需要对水平位移监测精度及频率要求较高或其它特殊情况应采用自动化监测方法。

11.2.2 水平位移监测精度应满足表 11.2.2 规定。

表 11.2.2 水平位移监测精度要求

工程监测等级		一级	二级	三级
水平位移控制值	累计变化量 D' (mm)	$D' < 30$	$30 \leq D' < 40$	$D' \geq 40$
	变化速率 v_d (mm/d)	$v_d < 3$	$3 \leq v_d < 4$	$v_d \geq 4$
监测点坐标中误差(mm)		≤ 0.6	≤ 0.8	≤ 1.2

注：1 监测点坐标中误差是指监测点相对测站点（如工作基点等）的坐标中误差；

2 当根据累计变化量和变化速率选择的精度要求不一致时，优先按变化速率的要求确定。

11.2.3 使用全站仪采用小角法、极坐标法、前方交会法、自由设站法和自动化监测系统进行水平位移监测应符合下列规定：

1 全站仪的标称精度应满足水平位移监测等级的精度要求；

2 水平位移基准网宜布设成附和导线、边角网等形式，采用边角测量方法进行观测，各监测方法的监测基准网布设应符合下列规定：

- 1) 采用小角法时基准线方向应垂直于位移方向；
- 2) 采用前方交会法观测时，测站点、监测点及其之间形成的交会角应在 $60^\circ \sim 120^\circ$ 之间；
- 3) 采用自由设站法设站时，应观测至少 3 个以上的基准点和工作基点，测站与各基准点和工作基点的方向夹角宜在 $60^\circ \sim 120^\circ$ 之间，且基准点和工作基点能够控制整个监测区域。

3 基准点和工作基点的埋设形式宜根据观测需要埋设成强制对中标志；

4 水平位移监测基准点的检测应满足以下规定：

- 1) 视准线法、小角度法每次观测前应检查设站点、定向点、检查点的相互关系，水平角、距离各观测 2 测回，与在用值比较，水平角较差小于 $3.6''$ 、距离较差小于 4mm 时，

认为基准点稳定；

- 2) 自由设站法、基准线法每次观测前应联测所有基准点的相互关系，检测时水平角、距离应观测 2 测回，平差计算后基准点坐标分量与在用值较差小于 4mm 认为稳定；
- 3) 导线网、边角网等其它形式布设的水平位移控制网应每月检测 1 次，每次测量时应进行设站点的相邻关系检测。

5 水平位移监测点观测的技术要求应符合以下规定：

- 1) 水平角观测宜采用方向观测法，当方向数多于 3 个时应归零，测回数及观测限差应符合表 10.2.3-1 的规定；

表 11.2.3-1 水平角观测测回数

测角精度	测回数	半测回 归零差	一测回内 2C 互差	同一方向值 各测回互差
0.5"	4	3	5	3
1"	6	6	9	6
2"	9	8	13	9

注：当有小于 50 米的短边时，限差可调整为上表的 2 倍。

- 2) 电磁波测距时，观测技术要求应符合表 11.2.3-2 的规定，距离应进行气象改正和加常数、乘常数改正。

表 11.2.3-2 电磁波测距技术要求

仪器精度 等级	每边 测回数		一测回 读数间 较差限值 (mm)	单程测回 间较差 限值 (mm)	往返测 回较差 (mm)	气象数据测定 的最小读数	
	往	返				温度 (°C)	气压 (mmHg)
≤± (2mm+2ppm)	2	2	3	5	6	1	1

11.2.4 使用全站仪自动监测系统进行水平位移监测应符合下列规定：

- 1 全站仪的标称测角精度应不低于 0.5"，测距精度不低于±(1mm+1ppm)；

2 设站点应与 4 个以上基准点或工作基点通视，应根据观测精度要求、全站仪精度等级、监测点到仪器测站点的视线长度，进行观测方法设计和精度估算，多台全站仪联合组网观测时，相邻测站点应有一定数量的重合观测目标；

3 全站仪自动监测系统水平位移观测应进行人工观测初始化，之后设定相应测回数、测量周期等的观测参数之后在软硬件系统控制下进行观测，观测技术指标应满足相应监测等级技术要求。

11.2.5 水平位移测量计算和成果应符合以下规定：

1 采用附和导线、边角网观测的应计算角度、距离附和差或闭合差并分析判断观测质量；

2 监测网应使用稳定的基准点做起算点，进行严密平差，计算各点的坐标值，并评定测量精度；

3 采用全站仪观测时应同时测定气象数据，测距边归算到水平距离时，应在观测的斜距中加入气象改正和仪器加乘常数改正及周期误差改正，并化算到同一水平面上，当采用自动测量系统观测时，可进行差分改正；

4 水平位移矢量应投影至所需分析的特定方向，成果应包括本次变化量、累计变化量、变化速率，绘制位移矢量曲线或典型观测点的时间位移曲线。

11.3 竖向位移监测

11.3.1 竖向位移监测可采用几何水准测量、电子测距三角高程测量、静力水准测量、三维激光扫描、摄影测量等方法，监测精度及频率要求较高或其它特殊情况应采用自动化监测方法。

11.3.2 竖向位移监测精度应满足表 11.3.2 规定。

表 11.3.2 竖向位移监测精度要求

工程监测等级		一级	二级	三级
竖向位移控制值	累计变化量 $S(\text{mm})$	$S < 25$	$25 \leq S < 40$	$S \geq 40$
	变化速率 $v_s(\text{mm/d})$	$v_s < 3$	$3 \leq v_s < 4$	$v_s \geq 4$
监测点测站高差中误差(mm)		≤ 0.6	≤ 1.2	≤ 1.5

注：监测点测站高差中误差是指相应精度与视距的几何水准测量单程一测站的高差中误差。

11.3.3 采用几何水准测量方法进行竖向位移监测应符合下列规定：

1 水准仪的标称精度应满足竖向位移监测等级的精度要求， i 角不应大于 $10''$ ， i 角检校应符合现行国家标准《国家一、二等水准测量规范》GB/T 12897 的有关规定；

2 竖向位移监测点的埋设技术要求应符合附录 D 的规定；

3 主要监测点应与基准点或工作基点组成闭合、附合线路或结点网，当采用闭合线路时，每次应联测 2 个以上的基准点；

4 竖向位移监测点观测的技术要求应符合本标准表 4.3.1 规定。

11.3.4 采用静力水准系统测量方法进行竖向位移监测应符合下列规定：

1 应根据监测精度、预估的竖向位移量、现场安装条件等要求采用连通管式或压差式静力水准仪，选择相应精度和量程的静力水准传感器；

2 静力水准线路宜布设成附合水准线路，一般由起算点、观测点、转点组成，当需要设置转点时，可采用多组串联方式构成观测路线；

3 测量装置的安装应保证与待监测结构部位的紧密连接，安装位置应在其量程中部附近，并完成管路系统、供电系统、通讯系统、采集系统、数据处理系统等功能调试、参数设置工作；

4 应在气象、环境稳定的时段进行观测，在液体静止的状态

下进行读数，每次读数 3 次，其观测技术要求应符合现行行业标准《建筑变形测量规范》JGJ 8 的相关规定；

5 对静力水准测量的基准点应采用水准测量方法定期联测。

11.3.5 采用全站仪三角高程测量进行竖向位移监测应符合下列规定：

- 1 全站仪的标称精度应满足水平位移监测等级的精度要求；
- 2 基于全站仪的三角高程测量应采用中间设站、不量仪器高的前后视观测方法；
- 3 竖向位移监测点宜安装埋设高低棱镜组及配件；
- 4 观测宜采用全站仪自动照准和跟踪测量的功能按自动化测量模式进行，前后视观测不少于 2 个测回，每测回照准的目标距离读数 4 次。

11.3.6 竖向位移测量计算和成果应符合以下规定：

1 采用附和、闭合水准线路观测的应计算水准线路的附和差或闭合差并分析判断观测质量；

2 监测网应使用稳定的基准点做起算点，以测站数或测段长度为权进行严密平差，计算各点的高程值，并评定测量精度；

3 采用水准测量高程计算应进行视距差、仪器 i 角引起的高差改正，采用全站仪观测应进行气象条件改正，当采用自动测量系统观测时，可进行差分改正；

4 采用三维激光扫描仪自由设站测量方式时，应直接利用参考点将各测回监测点的坐标从仪器坐标系转换到工程坐标系，当采用对中整平作业方式时，各测回监测点应采用一个参考点和设站点进行坐标转换，并用另一个参考点进行检校，坐标转换残差及检核较差应满足现行行业标准《建筑变形测量规范》JGJ 8 的相关规定，监测成果应取各测回测点坐标的算术平均值；

5 采用近景摄影测量方式时，应对影像数据进行检查，合格后采用数字摄影测量系统或专门的摄影测量数据处理系统进行处理，影像数据处理时，应对数码相机进行自检校，并利用布设的检

查点对成果精度进行检验；

6 竖向位移测量成果应包括本次变化量、累计变化量、变化速率、绘制沉降断面曲线或典型观测点的沉降时程曲线。

11.4 深层水平位移监测

11.4.1 支护桩（墙）体和土体深层水平位移监测，宜在桩（墙）体或土体中预埋测斜管，采用测斜仪观测各深度的水平位移变量。

11.4.2 测斜仪系统精度不宜低于 0.25mm/m，分辨率不宜低于 0.02mm/500mm。测斜管宜采用 PVC 工程塑料或铝合金管制成，管内应有两组相互垂直的纵向导槽。

11.4.3 支护桩（墙）体水平位移测斜管长度不宜小于桩（墙）体的深度，土体深层水平位移监测的测斜管长度不宜小于基坑设计深度的 1.5 倍。测斜管的埋设应符合下列规定：

1 支护桩（墙）体测斜管埋设宜采用与钢筋笼绑扎一同下放的方法，采用钻孔法埋设时，测斜管与钻孔孔壁之间应回填密实；

2 土体水平位移测斜管应在基坑或隧道支护结构施工 7 天前埋设，保证与土体固结稳定；

3 埋设前应检查测斜管质量，测斜管连接时应保证上、下管段的导槽相互对准、顺畅，各段接头应紧密对接，管顶、底应保证密封；

4 测斜管埋设时应保持固定、竖直，防止发生上浮、破裂、断裂、扭转；测斜管一对导槽的方向应与所需测量的位移方向保持一致。

11.4.4 监测前采用模拟探头进行试孔检查后方可使用，监测时应将测斜仪探头放入测斜管底，恒温一段时间后自下而上以 0.5m 间隔逐段量测。每监测点均应进行正、反两次量测，取其平均值为最终值。

11.4.5 计算深层水平位移时，应确定固定起算点，起算点可设在测斜管的顶部或底部；当测斜管底部未进入稳定岩土体或已发生位移时，应以管顶为起算点，并应测量管顶的平面坐标进行水平位移修正。

11.4.6 当采用固定式测斜仪进行自动化监测时，仪器量程不应小于 $\pm 10^\circ$ ，精度不低于 $1\%FS$ ，各测量段长度不应超过仪器标称允许值，宜采用单根多芯电缆完成供电、通讯控制等功能。

11.5 土体分层竖向位移监测

11.5.1 土体分层竖向位移监测可埋设磁环分层沉降标，采用分层沉降仪进行监测；或埋设深层沉降标，采用水准测量方法进行监测。

11.5.2 分层沉降管宜采用 PVC 工程塑料管，直径宜为 45mm~90mm。

11.5.3 磁环分层沉降标可通过钻孔在预定位置埋设。安装磁环时，应先在沉降管上分层沉降标的设计位置套上磁环与定位环，沿钻孔逐节放入分层沉降管。分层沉降管安置到位后，应使磁环与土层粘结固定。

11.5.4 磁环分层沉降标埋设后应连续观测 1 周，至磁环位置稳定后，测定孔口高程并计算各磁环的高程。采用分层沉降仪量测时，应以 3 次测量平均值作为初始值，读数较差不大于 1.5mm；采用深层沉降标结合水准测量时，水准测量精度应符合本标准表 11.3.2 的规定。

11.5.5 采用磁环分层沉降标监测时，应对磁环距管口深度采用进程和回程两次观测，并取进、回程读数的平均数；每次监测时均应测定分层沉降管管口高程的变化，然后换算出分层沉降管外各磁环的高程。

11.6 净空收敛监测

11.6.1 矿山法初期支护结构和盾构法管片结构的净空收敛监测方法的确定应符合下列规定：

- 1 监测特定位置的净空相对变形时，可采用收敛计、全站仪、激光测距仪观测；
- 2 监测净空断面的综合变形时，可采全站仪扫描法；
- 3 监测连续范围的净空断面收敛变形时，可采用激光扫描仪法。

11.6.2 采用收敛计监测应符合下列规定：

- 1 应在收敛测线两端侧壁结构上安装固定监测点，监测点安装后应进行监测点与收敛尺接触点的符合性检查，3次独立观测较差应小于标称精度的2倍；
- 2 观测时应施加收敛尺标定时拉力，3次独立观测读数较差小于标称精度的2倍时取平均值；
- 3 工作现场温度变化较大时，读数应进行温度修正。

11.6.3 采用激光测距仪监测应符合下列规定：

- 1 选用的激光测距仪的标称精度应优于 $\pm 2\text{mm}$ ，当采用手持测距仪观测时，应选用测距标称精度不低于 $\pm 1.5\text{mm}$ 的激光测距仪，使用前应检测测距仪无合作目标测距短测程改正常数；
- 2 应在收敛测线两端安置固定的仪器对中与瞄准标志，激光入射方向应与瞄准标志反射表面垂直，对中与瞄准标志设置后应进行实测精度符合性检查，3次独立观测较差应小于测距标称精度的2倍；
- 3 观测时应独立观测3次，较差小于标称精度的2倍时取平均值，收敛监测成果应进行短测程常数差的改正。

11.6.4 采用全站仪进行特定位置的净空收敛监测应符合下列规定：

- 1 选用全站仪的标称测角精度应优于 $1''$ ，测距精度应优于 $2\text{mm}+2\text{ppm}$ ；

2 应设置固定仪器设站位置，在收敛测线两端固定小棱镜或设置反射片，测站设置位置应便于观测，与收敛测点构成合理的几何图形；

3 每次观测应正、倒镜各测量 1 测回，计算测线两端点的三维坐标及空间距离。

11.6.5 采用全站仪进行隧道全断面扫描收敛监测应符合下列规定：

1 宜采用具有无棱镜测距、自动测量功能的全站仪，装载机载程序实现自动数据采集，无棱镜测距精度不应低于 $\pm 2\text{mm}$ ；

2 每个断面应设置仪器对点、定向点和检查点，3 点水平投影应呈一直线；

3 应结合断面的剖面结构采集断面数据，断面上每段线型（直线或圆弧）内的有效数据不应少于 5 个点；

4 收敛变形数据宜与标准断面进行比较，以标准断面为基准输出全断面各点法向变形情况。

11.6.6 采用三维激光扫描仪法监测连续范围的净空断面收敛变形时，应符合下列规定：

1 三维激光扫描可采用固定设站的静态扫描方式或使用匀速控制的电力采集车移动扫描方式，用于激光扫描监测的激光扫描仪，25m 测程内的距离测量精度不应低于 $\pm 2\text{mm}$ ，数据采集速度不宜小于 100 万点/s；

2 采用固定设站激光扫描仪法时，应根据隧道的内径、激光扫描仪的性能，计算测站间距，满足点云分辨率的要求，采用切片计算收敛测量时，切片应垂直于隧道轴线，切片的里程计算精度不应低于 $\pm 5\text{cm}$ ；

3 采用移动激光扫描法时，扫描螺旋线应垂直于结构中线，应根据分辨率要求，配置行进速度和扫描参数，保证螺旋线间隔及每个螺旋线的相邻点间距满足点云分辨率的要求，移动扫描里程方向的计算精度不应低于 $\pm 5\text{cm}$ ，可采用里程计、惯导、里程标靶、RFID 标靶、匀速控制装置等方法提高里程方向的计算精度；

4 激光扫描监测期间应定期采用常规方法检测收敛测量值的正确性,激光扫描测量值与常规方法测量值的校差的中误差不宜大于 4mm,激光扫描测量结果存在明显的常数差时,采用定期检测的结果对激光扫描测量的结果进行修正;

5 激光扫描监测宜同步采集激光点云的反射率信息,利用反射率信息生成隧道内壁影像。

11.6.7 收敛监测数据处理和成果应符合下列规定:

1 固定测线法应计算固定测线长度与设计值的差异,全断面扫描法应计算扫描的全断面与设计断面的差异;

2 对三维激光扫描获取的高分辨率的空间点位坐标、纹理色彩及回波反射强度等信息经过数据处理后获取隧道的全断面收敛图、高清正射影像等成果;

3 高清正射影像成果按 3mm 分辨率整体 TIFF 格式正射影像、一定距离分幅的 TIFF 影像以及符合 OGC 国际标准的 WMS 影像服务形式提供;

4 收敛成果应计算本次变化量、累计变化量、收敛变化速率。

11.7 爆破振动监测

11.7.1 爆破振动监测可采用振速传感器或加速度传感器,及相应的数据采集设备。

11.7.2 爆破振动监测传感器应固定在预埋件上,通过爆破振动监测仪自动记录爆破振动速度和加速度,分析振动波形和振动衰减规律。

11.7.3 振动监测每组测点应在径向、切向及垂直方向设置三个传感器,传感器布置不宜离测量面太远,以防止产生相对运动,影响监测精度。

11.7.4 钻孔埋设结构监测点时,应在孔中预埋传感器并填充水泥砂浆,使传感器轴线垂直于测量表面。传感器电缆必须连接可靠、

放置平稳，电缆接头绝缘、屏蔽效果好。

11.7.5 仪器安装和连接后应进行监测系统的测试工作；监测期内整个监测系统必须处于良好工作状态。

11.7.6 爆破振动监测仪器量程精度的选择应符合现行国家标准《爆破安全规程》GB 6722 的有关规定。

11.8 孔隙水压力监测

11.8.1 孔隙水压力监测可根据工程测试的目的、土层的渗透性和测试期的长短等条件，选用封闭或开口方式埋设孔隙水压力计进行孔隙水压力的监测。

11.8.2 孔隙水压力计的量程应满足被测孔隙水压力范围的要求，可取静水压力与超孔隙水压力之和的 2 倍，精度不宜低于 $0.5\%FS$ ，分辨率不宜低于 $0.2\%FS$ 。

11.8.3 孔隙水压力计的埋设方法可采用钻孔埋设法、压入埋设法、填埋法等。当在同一测孔中埋设多个孔隙水压力计时，宜采用钻孔埋设法；当在粘性土层中埋设单个孔隙水压力计，宜采用不设反滤料的压入埋设法；在填方工程中宜采用填埋法。

11.8.4 孔隙水压力计应在施工前埋设，并应符合下列规定：

1 孔隙水压力计应进行稳定性、密封性检验和压力标定，确定压力传感器的初始值，检验记录、标定资料应齐全；

2 埋设前传感器透水石应在清水中浸泡饱和，排除透水石中的气泡；

3 传感器的导线长度应大于设计深度，导线中间不宜有接头，引出地面放在集线箱内并编号；

4 当孔内埋设多个孔隙水压力计，监测不同含水层的渗透压力时，应做好相邻孔隙水压力计的隔水措施；

5 埋设后，应记录探头编号、位置及测读初始读数。

11.8.5 采用钻孔法埋设孔隙水压力计时，钻孔应圆直、干净，钻

孔直径宜为 110mm~130mm，不宜使用泥浆护壁成孔。孔隙水压力计的观测段应回填透水材料，并用干燥膨润土球或注浆封口。

11.8.6 孔隙水压力监测的同时，应测量孔隙水压力计埋设位置附近的地下水位。孔隙水压力应根据实测数据按仪器厂家提供的换算公式进行计算。

11.9 地下水位监测

11.9.1 地下水位监测宜通过钻孔设置水位观测管，采用测绳、水位计等进行量测。

11.9.2 地下水位应分层观测，水位观测管的滤管位置和长度应与被测含水层的位置和厚度相一致，与其它含水层之间应采取有效的隔水措施。

11.9.3 水位观测管埋设稳定后应测定孔口高程并计算水位高程。人工观测地下水位的测量精度不宜低于 20mm，仪器观测精度不宜低于 0.5%FS。

11.9.4 水位观测管的安装应符合下列规定（考虑直接使用降水单位施做的无砂管）：

1 水位观测管宜采用镀锌钢管或硬塑料管，内径不宜小于 50mm，管口应高于地面，并加保护装置，防止雨水、地表水进入和人为破坏；

2 水位观测管透水段的外部应包扎足以防止周围土颗粒进入的无纺土工织物，水位观测管与孔壁之间用滤料填满；

3 水位观测管的导管段应顺直，内壁光滑无阻，接头应采用外箍接头；

4 观测孔孔底宜设置一定长度的沉淀管；

5 观测孔完成后应进行清洗，保证观测孔内水位与地层水位一致，连通良好。

11.9.5 水位观测管宜在工程开始降水前至少 1 周埋设，且宜逐日

连续观测水位并取得稳定初始值。

11.10 岩土压力监测

11.10.1 基坑支护桩（墙）侧向土压力、盾构法及矿山法隧道围岩压力宜采用界面土压力计进行监测。

11.10.2 土压力计的测试量程可根据预测的压力变化幅度确定，其上限可取设计压力的 2 倍，精度不宜低于 $0.5\%F.S$ ，分辨率不宜低于 $0.2\%F.S$ 。

11.10.3 土压力计埋设可采用埋入式，埋设时应符合下列规定：

1 埋设前应对土压力计进行稳定性、密封性检验和压力、温度标定，检验记录、标定资料应齐全；

2 受力面与所监测的压力方向应垂直并通过适当的活性材料紧贴被监测对象；

3 埋设过程中应有土压力膜保护措施；

4 采用钻孔法埋设时，回填应均匀密实，且回填材料宜与周围岩土体一致；

5 土压力计导线长度可根据工程监测需要确定，导线中间不应有接头，导线应按一定线路集中于导线箱内；

6 做好完整的埋设记录。

11.10.4 基坑工程开挖前应至少经过 1 周时间的监测并取得稳定初始值；隧道工程土压力计埋设以后应立即进行检查测试，并读取初始值。

11.11 支撑内力、锚杆（索）拉力监测

11.11.1 支撑内力、锚杆（索）拉力宜采用测力计、钢筋应力计或应变计进行监测，当使用钢筋束作为锚索时宜监测每根钢筋的受力。

11.11.2 测力计、钢筋应力计和应变计的量程宜为对应设计值的 2

倍，量测精度不宜低于 $0.5\%FS$ ，分辨率不宜低于 $0.2\%FS$ 。

11.11.3 张拉设备仪表应与锚杆测力计仪表相互标定。

11.11.4 安装完成后应对测力计、钢筋应力计或应变计进行检查测试，并连续 2 天获得的稳定测试数据的平均值作为其初始值。

11.12 结构应力监测

11.12.1 结构应力可通过安装在结构内部或表面的应变计或应力计进行量测。

11.12.2 混凝土构件可采用钢筋应力计、混凝土应变计、光纤传感器等进行监测；钢构件可采用轴力计或应变计等进行监测。

11.12.3 结构应力监测应考虑温度变化等因素的影响，钢筋混凝土结构应考虑混凝土收缩、徐变以及裂缝的影响。

11.12.4 结构应力监测传感器埋设前应进行标定和编号，埋设后导线应引至适宜监测操作处，导线端部应做好防护措施。

11.12.5 钢筋应力计或应变计的量程宜为设计内力值的 2 倍，精度不宜低于 $0.25\%FS$ 。

11.13 挠度监测

11.13.1 当建筑物基础、桥梁、大跨度构件、建筑上部结构、墙、柱等发生挠度变形或有要求时，应进行挠度监测。

11.13.2 挠度监测的精度和周期应根据荷载情况并结合设计和施工要求确定。

11.13.3 竖向的挠度监测应符合下列规定：

1 建筑基础挠度监测可与沉降监测同时进行。观测点应沿基础的轴线或边线布设，每一轴线或边线上不得少于 3 点；

2 桥梁、大跨度构件等线形建筑的挠度监测点应沿其表面左右两侧布设。

11.13.4 横向的挠度监测应符合下列规定：

1 对建筑上部结构挠度监测，监测点应按建筑结构类型沿同一竖直方向在不同高度上布设。

2 对墙、柱等挠度监测，可采用本条第 1 款相同方法；当具备作业条件时，亦可采用挠度计、位移传感器等直接测定其挠度值。

11.14 倾斜监测

11.14.1 倾斜监测应根据现场观测条件，选用投点法、全站仪坐标法、倾斜仪法或差异沉降法等观测方法，也可采用精度满足要求的其它倾斜监测法。

11.14.2 投点法适用于每个测站观测一个倾斜方向的偏移量。投点法观测应满足以下规定：

1 在结构的上、下部竖向对应设置观测标志；

2 测站点设置在倾斜方向的垂线上，与观测点的距离宜为上、下部观测点高差的 1.5 倍~2.0 倍；

3 采用经纬仪或全站仪观测，观测时在下部观测点安置水平尺，瞄准上部观测点后投影到水平尺上直接读取倾斜偏移量，观测时应正、倒镜各观测一次取平均值；

4 历次倾斜偏移量的变化值与上、下点高差的比值即为倾斜率变化值，当上、下观测标志的连线与结构的竖向轴线平行时，倾斜偏移量与高差的比值即为结构的倾斜率。

11.14.3 全站仪坐标法能在同一测站对监测对象在两个正交方向的倾斜偏移量进行观测。全站仪坐标法应满足以下规定：

1 在结构的上、下部竖向对应设置观测标志，观测标志宜为小棱镜或反射片，采用基于无合作目标测距技术时可为平整的其它标志；

2 测站点应设置在结构边线的延长线或结构边线的垂线上，与观测点的水平距离宜为上、下部观测点高差的 1.5 倍~2.0 倍；

3 以测站点为原点、测站点至下部观测点连线为 X 轴正方向、Y 轴垂直于 X 轴、竖直方向为 Z 轴建立独立坐标系，X、Y 两个坐标分量的变化值分别为两个方向的倾斜偏移量；

4 历次观测应正、倒镜各观测一次取平均值；

5 历次两正交方向的倾斜偏移量的变化值与上、下点高差的比值即分别为相应两个正交方向的倾斜变化率，当上、下点的连线与结构的竖向轴线平行时，倾斜偏移量与高差的比值即为结构的倾斜率。

11.14.4 当采用倾斜传感器观测时，可采用电子倾斜仪、电子水平尺等进行自动化监测。

11.14.5 差异沉降法应采用水准方法测量沉降差，监测点应布设在倾斜方向线上，间距的丈量精度宜为 0.01m，差异沉降量与测点间距的比值视为该连线方向的倾斜率变量。

11.15 裂缝监测

11.15.1 建（构）筑物、桥梁、既有隧道结构等的裂缝监测内容包括裂缝位置、走向、长度、宽度，必要时尚应监测裂缝深度。

11.15.2 裂缝监测可采用下列方法：

1 裂缝宽度监测宜采用裂缝观测仪进行测读，也可在裂缝两侧贴、埋标志，采用千分尺或游标卡尺等直接量测，或采用裂缝计、粘贴安装千分表及摄影量测等方法监测裂缝宽度变化；

2 裂缝长度监测宜采用直接量测法；

3 裂缝深度监测宜采用超声波法、凿出法等。

11.15.3 工程施工前应记录监测对象已有裂缝的分布位置和数量，对监测裂缝进行统一编号，记录各裂缝的位置、走向、长度、宽度、深度，以及初测日期等。

11.15.4 裂缝监测标志应便于量测，长期观测可采用镶嵌或埋入墙面的金属标志、金属杆标志或楔形板标志；需要测出裂缝纵横向变

化值时，可采用坐标方格网板标志。

11.15.5 裂缝宽度量测精度不宜低于 0.1mm，裂缝长度和深度量测精度不宜低于 1.0mm。

11.15.6 当采用测缝传感器自动测记时，应与人工监测数据比对，并确保数据观测、传输、保存可靠。

11.16 轨道静态几何形位监测

11.16.1 轨道静态几何形位监测包括轨距、轨向、轨道前后高低和左右水平等内容。

11.16.2 轨距和水平使用轨距尺测量，以尺一端为固定点，测读记录另一端轨距读数最小位置的轨距测值及水平测值。

11.16.3 高低和轨向使用弦线检测，使用两个标准等高垫块按检测要求间距放置，在垫块上安置弦线用直板尺量取弦线中部轨顶面与轨内侧面距弦线垂直距离，与设计值对比得出高低和轨向。

11.16.4 轨距、水平、高低、轨向均独立观测两次，两次测量数据较差不应大于 1mm，取均值为观测值。

11.17 三维激光扫描测量

11.17.1 三维激光扫描设备的型号应根据本标准监测精度要求选择。

11.17.2 三维激光扫描设备使用前应进行一般检验和通电检验，定期进行测角、测距精度的检验及精度评定。

11.17.3 三维激光扫描测量宜在变形区外均匀设置不少于 4 个基准点，其坐标应使用全站仪测定，基准点和监测点应设置配套标靶。

11.17.4 三维激光扫描测站应布设在视野开阔、地面稳定、受外部环境干扰小的地段，并与观测的靶标通视且在有效测程范围内，采用平面靶标时激光束对靶标的入射角不应大于 50°。

11.17.5 三维激光扫描测量观测技术要求应符合现行行业标准《建筑变形测量规范》JGJ 8 的相关规定。

11.18 近景摄影测量

11.18.1 当采用近景摄影测量方法进行变形监测作业时，应根据所需测定的变形类型、精度要求、所用仪器设备及软件、监测对象形状大小及周边环境等进行技术设计。

11.18.2 近景摄影测量测站点的布设，应符合下列规定：

1 应根据项目要求和技术设计，选择采用单基线立体摄影测量方法或多基线立体摄影测量方法；

2 对矩形外表的对象，测站点宜布设在与其长轴线相平行的一条直线上，并使摄影主光轴垂直于被摄对象的主立面，对圆柱形外表的对象，测站点可均匀布设在与对象中轴线等距的四周；

3 测站点可直接利用工作基点，也可单独布设，单独布设的测站点应与基准点进行联测。

11.18.3 近景摄影测量像控点和检查点的布设、测定及监测点标志的设置，应符合下列规定：

1 像控点应布设在监测点周边，并应在摄影景深范围内均匀分布；

2 采用单基线立体摄影方式时，像对内应至少布设 6 个像控点，采用多基线立体摄影方式时，应在区域四周及中部、相邻影像连接处布设像控点，区域四周宜布设双点；

3 检查点应均匀布设，数量不宜少于 5 个，数据处理时，检查点不应作为像控点使用；

4 像控点和检查点应设置观测标志，标志可采用十字形或同心圆形，颜色可采用与被摄对象色调有明显反差的黑、白相间两色，监测点观测标志应根据监测精度要求设置。

11.18.4 近景摄影测量影像获取和处理，应符合下列规定：

- 1 应采用固定焦距的数码相机，作业前后宜对其进行检定；
- 2 影像数据应完整地覆盖像控点、检查点和监测点。单基线立体摄影时，两摄站点上的影像之间 100%重叠，多基线摄影时，同一摄线上的影响之间应至少 80%重叠，相邻摄线上的影像之间应至少 60%重叠；
- 3 摄取的影像应清晰完整，反差应适中，并应符合量测要求；
- 4 影像处理可采用数字摄影测量系统或专门的近景摄影测量数据处理系统进行，处理时应能对数码相机进行自检校；
- 5 应利用布设的检查点对近景摄影测量成果的精度进行检验。

11.18.5 近景摄影测量作业的其他技术要求应符合《工程摄影测量规范》GB 50167、《建筑变形测量规范》JGJ 8 的相关规定。

11.19 自动化监测

11.19.1 自动化监测系统应由数据采集设备或传感器、远程终端控制器、计算机服务器、通信基础设施和人机界面组成；应具备系统管理、用户管理、系统自检、监测数据自动采集、网络数据通信传输、监测信息存储和管理、数据自动分析和处理、自动监测预警等功能。

11.19.2 下列情况宜采用自动化监测手段：

- 1 穿越铁路、机场、城市轨道交通等重要的既有设施，且风险较大，对监测频率及精度要求较高，需要实时掌握其安全状态时；
- 2 外部作业在控制保护区内，对城市轨道交通结构的使用功能、承载能力、耐久性和其它特殊功能有不利影响时；
- 3 现场无人工监测作业条件，或人工监测手段无法满足监测频率及精度的要求；
- 4 设计和施工特殊要求或必须采用自动化监测手段的其它情况。

11.19.3 自动化监测方法及选用仪器应根据监测项目、监测对象特

点、现场作业条件、监测精度及频率等因素综合确定其技术要求应符合本标准相应监测项目的有关规定，且可采用常规的人工监测方法进行复核。

11.20 现场巡查

11.20.1 现场巡查以目测方法为主，辅以锤、钎、量尺、放大镜等工器具以及摄像、摄影等设备进行。

11.20.2 现场巡查人员应以填表、拍照或摄像等方式对自然条件、支护结构、施工工况、周边环境及监测设施等监测相关信息进行详细记录，按本标准附录 B 的要求填写巡查记录，并及时整理备案。

11.20.3 巡查信息应与仪器监测数据进行综合对比分析，发现异常或险情，应按规定程序及时通知建设方及其它相关单位。

11.21 远程视频监控

11.21.1 远程视频监控系统应能实现监视、录像、回放、备份、预警及网络浏览等功能，应包括前端采集、数据传输、显示三个部分。

11.21.2 实况图像宜采用可通过遥控进行变焦和扫视、俯仰的摄像头，摄像头、拾音器等应安装在便于取景和录音的安全部位，并采取防撞、防水等保护措施。

11.21.3 视频信号和音频信号可采用无线发送设备或通过有线网络传送到管理部门的监视器中，同时应采用硬盘机或其他大容量的媒介记录图像和声音。

12 监测成果、信息反馈及预警

12.1 监测成果

12.1.1 监测成果应包括现场监测资料、计算分析资料、图像和图形、数据和表格、曲线、影像和文字报告等，且成果资料应系统完整、表述清晰、签字盖章齐全。宜形成如下监测成果：

- 1 施工前周边环境调查成果；
- 2 监测方案；
- 3 监测控制网测量成果；
- 4 监测点埋设与验收记录；
- 5 监测初始值成果；
- 6 现场观测、巡查等过程记录；
- 7 监测报告。

12.1.2 现场监测资料宜包括外业观测记录、仪器电子数据资料、现场巡查记录、影像记录和记事项目等。

12.1.3 外业观测记录、现场巡查记录和记事项目应在现场直接记录于正式的监测记录表格中，监测记录表格中应有相应的工况描述。

12.1.4 监测数据整理应符合下列规定：

- 1 监测数据获取后应及时进行检查、整理并形成数据成果报表；
- 2 应根据监测数据计算出监测对象的累计变化值、变化速率值等，并绘制时程曲线，必要时绘制断面曲线图、等值线图；
- 3 应根据时程曲线形态对连续的数据成果进行回归分析，再结合施工工况、地质条件和环境条件等分析监测数据的变化原因和变化规律，预测其发展趋势；
- 4 按照管理部门的规定编制其它内容。

12.1.5 监测报告可分为监测日报、监测周报、警情快报、阶段性报告、停测报告和总结报告。监测报告应采用文字、表格、图形、影像等直观、明确的表达形式。监测报告宜包括下列主要内容：

1 监测日报

- 1) 工程概况；
- 2) 现场巡查信息：巡查照片、记录等；
- 3) 监测项目日报表：监测日期、观测时间、气象条件、工况、仪器设备、监测项目的观测值、累计变化值、本次变化值、控制值、监测点平面位置图、监测人员签字等，可采用本标准附录 B 的样式；
- 4) 监测数据、现场巡查信息的分析与说明；
- 5) 结论与建议。

2 监测周报

- 1) 工程概况；
- 2) 预警情况：预警信息发布及跟踪处理情况；
- 3) 监测信息分析及安全评价；
- 4) 总结及建议；
- 5) 监测数据图表：监测日期、观测时间、气象条件、工况、仪器设备、监测项目的观测值、累计变化值、本次变化值、变化速率值、控制值、监测人员签字、监测点平面位置图、时程曲线、必要的断面曲线图、等值线图等。

3 警情快报

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

4 阶段性报告

- 1) 工程概况及施工进度;
- 2) 现场巡查信息;
- 3) 监测数据图表: 监测项目的累计变化值、变化速率值、时程曲线、必要的断面曲线图、等值线图、监测点平面位置图等;
- 4) 监测数据、巡查信息的分析与说明;
- 5) 结论与建议。

5 停测报告

- 1) 施工完成情况;
- 2) 已具备的停测条件: 设计文件、规范要求的条件等;
- 3) 停测说明: 拟定停止监测的工程、部位或区域, 停测的日期、项目和点位等情况。

6 总结报告

- 1) 工程概况;
- 2) 监测目的、监测项目和监测依据;
- 3) 监测点布设;
- 4) 采用的仪器型号、规格和元器件标定资料;
- 5) 监测数据采集和观测方法;
- 6) 监测频率;
- 7) 监测控制值;
- 8) 监测项目的起止日期及监测工作量统计;
- 9) 监测数据图表: 监测值、累计变化值、变化速率值、时程曲线、必要的断面曲线、等值线图等;
- 10) 监测数据、巡查信息的分析与说明;
- 11) 结论与建议。

12.2 信息反馈

12.2.1 监测信息反馈应符合下列规定：

- 1 应建立监测信息反馈体系；
- 2 根据监测对象变形程度和可能产生的安全隐患，应规范监测信息的等级以及不同等级监测信息的反馈渠道；
- 3 上报的各等级监测信息应及时处理，并留存反馈记录。

12.2.2 监测信息反馈体系应按照管理部门的规定建立，主要作用是安全预警和优化设计与施工方案，其反馈流程应贯穿施工的全过程，反馈对象应包括建设、设计、监理、施工等相关单位或管理部门。

12.2.3 信息反馈内容应包括日常监测及巡查的成果报告、警情信息等，可采用纸质文件、电子文件、通讯或网络信息平台发布等多种反馈形式，按照管理规定的格式、内容和时间要求及时反馈。

12.2.4 监测数据的处理与信息反馈宜利用专门的工程监测数据处理与信息管理系统平台，逐步实现数据采集、处理、分析、查询和管理的一体化以及监测成果的可视化。

12.3 预警

12.3.1 监测预警可分为监测数据预警、巡查预警和综合预警三类，按照严重程度由小到大可分为黄色预警、橙色预警和红色预警三个等级，其中监测数据预警等级应按表 12.3.1 判定。

表 12.3.1 监测数据预警分级标准表

预警等级	监测数据预警状态描述
黄色预警	累计变化值和变化速率值双控指标均达到监测控制值的 70%，或双控指标之一达到监测控制值的 85%
橙色预警	累计变化值和变化速率值双控指标均达到监测控制值的 85%，或双控指标之一达到监测控制值
红色预警	累计变化值和变化速率值双控指标均达到监测控制值，或变化速率值达到监测控制值的 200%

12.3.2 巡查预警等级可按附录 C 的规定进行分级，附录 C 中未列出的其它警情，应根据警情紧急程度、发展趋势和造成后果的严重程度确定预警等级。

12.3.3 根据监测预警等级和预警标准建立预警管理制度，预警管理制度应包括不同预警等级的警情报送对象、时间、方式和流程等。

12.3.4 当出现警情时应及时形成预警报告并进行警情报送；情况紧急时可将主要预警信息利用网络、电话、短信等快捷方式提前报送，再提交正式预警报告。

吉林省工程建设地方标准全文

附录 A 基准点、监测点的埋设

A.0.1 深埋双金属管水准基准点标石的埋设，如图 A.0.1。

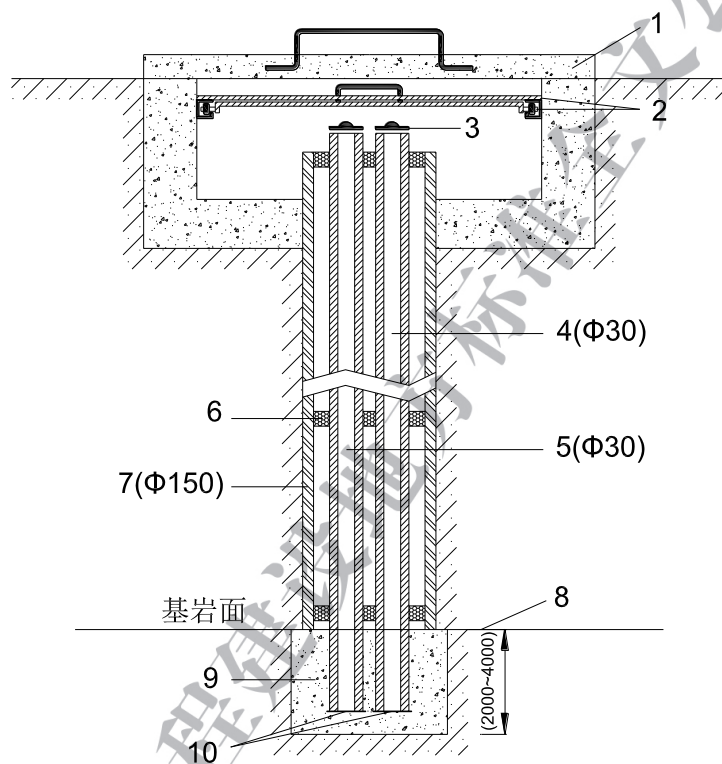


图 A.0.1 深埋双金属管水准基准点标石埋设（单位：mm）

- 1——钢筋混凝土标盖；2——钢板标盖；3——标心；4——不锈钢心管；
5——铝心管；6——固定胶圈；7——钻孔钢护筒；8——基岩面；
9——M20 水泥砂浆；10——心管底封钢板与根络

A.0.2 深埋测温钢管水准基准点标石埋设，如图 A.0.2。

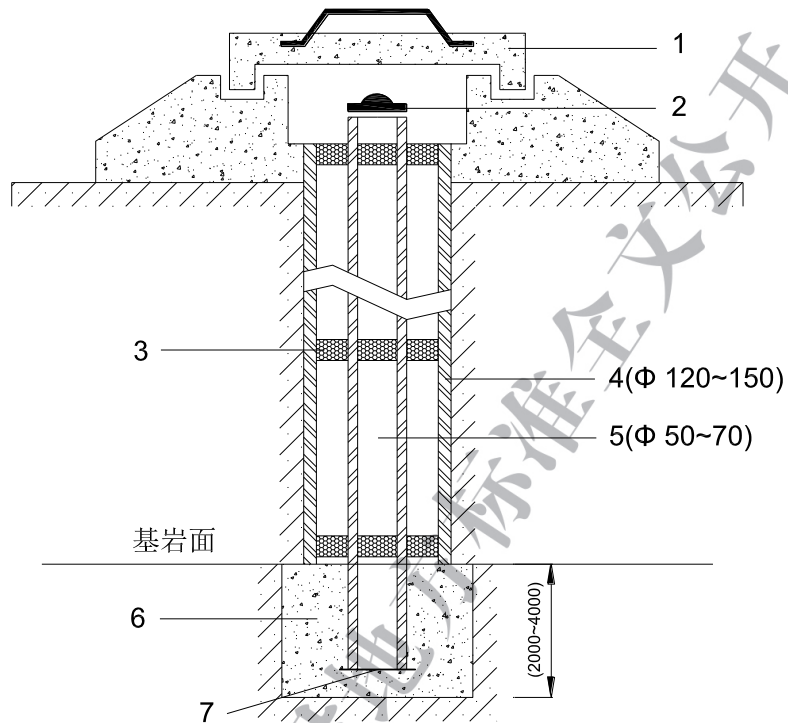


图 A.0.2 深埋测温钢管水准基准点标石埋设（单位：mm）

- 1——标盖；2——测温标心；3——固定胶圈；4——钻孔钢护筒；
5——不锈钢心管；6——M20 水泥砂浆；7——心管底封钢板与根络

A.0.3 混凝土水准基准点标石埋设，如图 A.0.3-1~A.0.3-3。

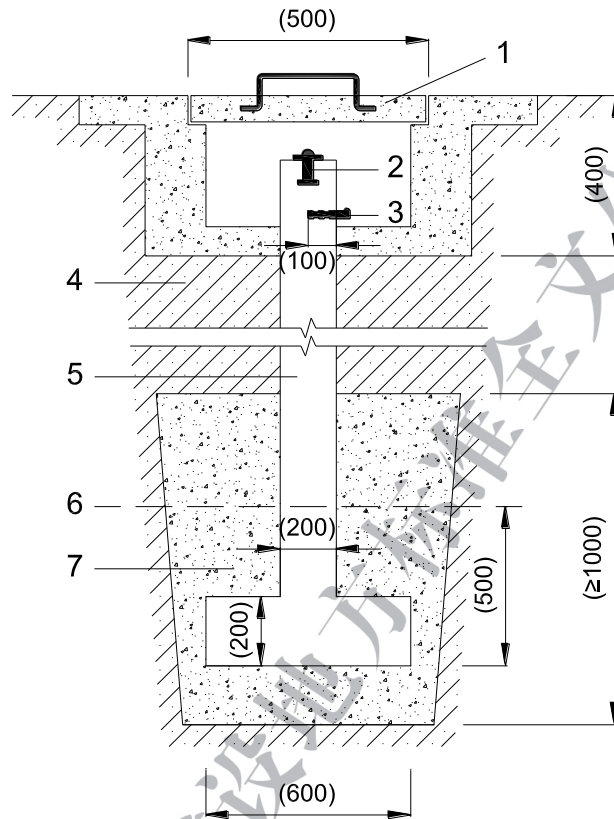


图 A.0.3-1 混凝土水准基准点标石埋设（单位：mm）

- 1——标盖；2——标心；3——下标；4——土层；
5——钢筋混凝土标石；6——最大冻土深度线；7——混凝土

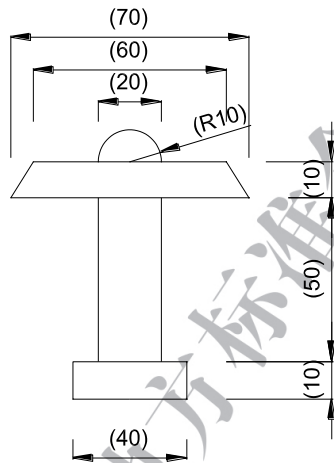
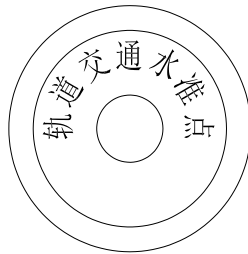


图 A.0.3-2 水准标志 (单位: mm)

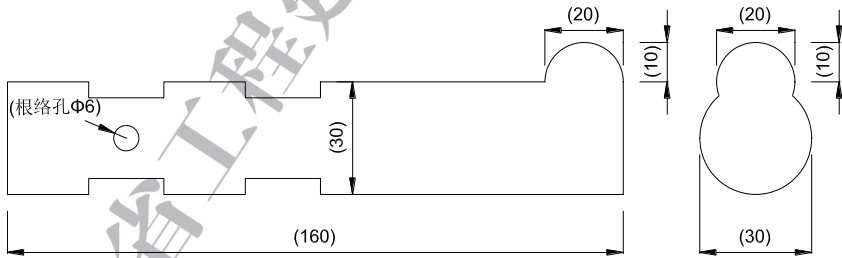


图 A.0.3-3 水准点下标志 (单位: mm)

A.0.4 基岩水准基准点标石埋设，如图 A.0.4。

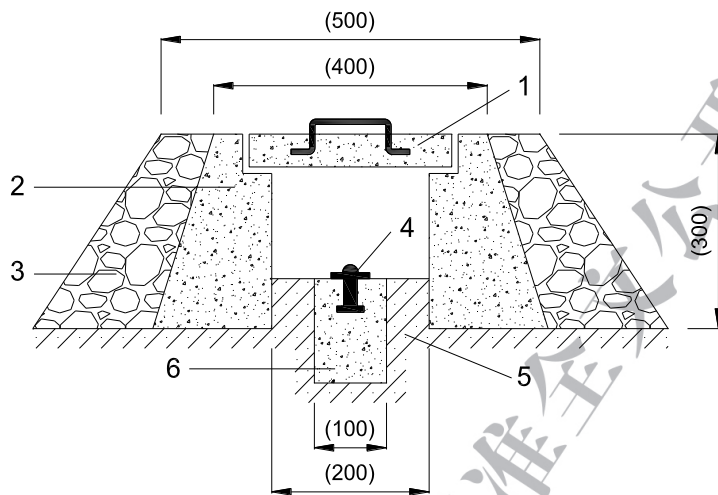


图 A.0.4 基岩水准基准点标石埋设（单位：mm）

- 1——标盖；2——钢筋混凝土井圈；
3——砌石护丘；4——标心；5——岩层；6——混凝土

A.0.5 墙脚水准基准点埋设，如图 A.0.5-1~A.0.5-2。

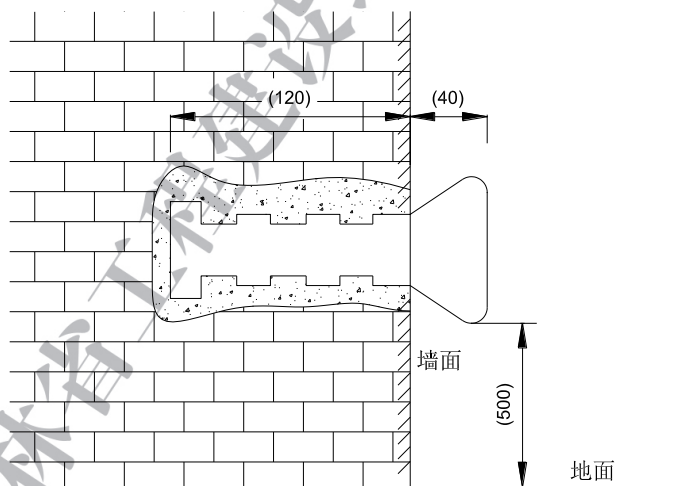


图 A.0.5-1 墙脚水准基准点埋设（单位：mm）

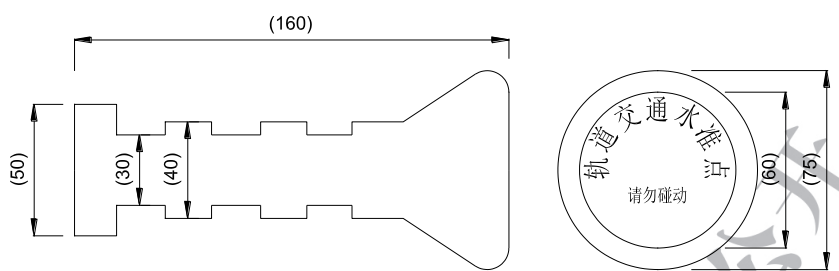


图 A.0.5-2 墙脚水准标志 (单位: mm)

A.0.6 混凝土普通水准点标石埋设, 如图 A.0.6。

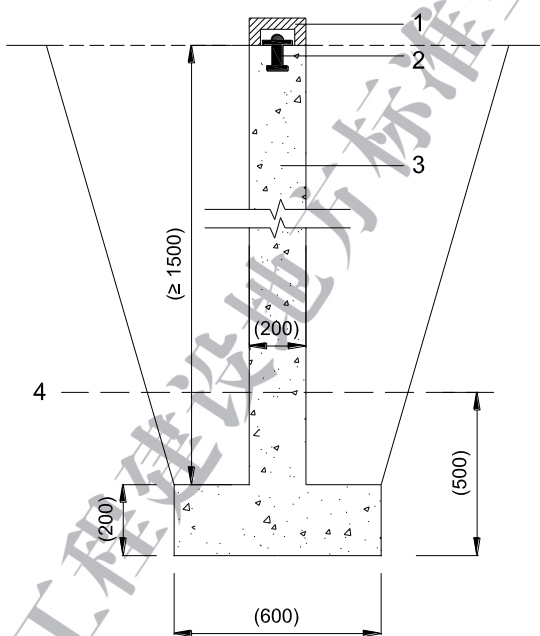


图 A.0.6 混凝土普通水准点标石埋设 (单位: mm)

- 1——标盖; 2——标心;
3——钢筋混凝土标石; 4——最大冻土深度线

A.0.7 混凝土平面基准点标石埋设，如图 A.0.7-1~A.0.7-3。

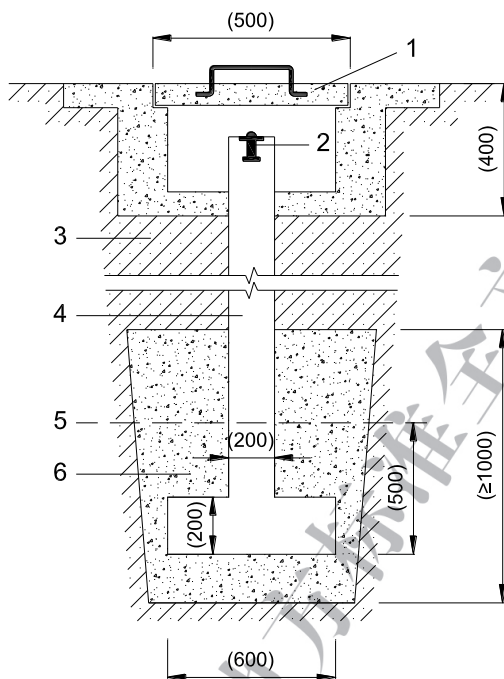


图 A.0.7-1 混凝土平面基准点标石埋设（单位：mm）

1——标盖；2——标心；3——土层；
4——钢筋混凝土标石；5——最大冻土深度线；6——混凝土

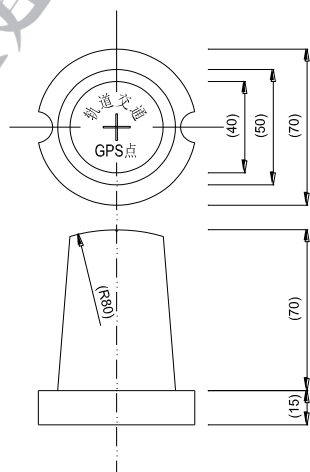


图 A.0.7-2 瓷质平面标志（单位：mm）

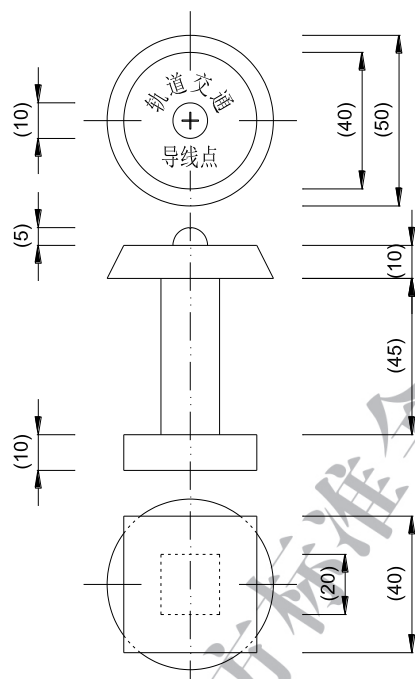


图 A.0.7-3 金属平面标志 (单位: mm)

A.0.8 楼顶平面基准点标石埋设, 如图 A.0.8。

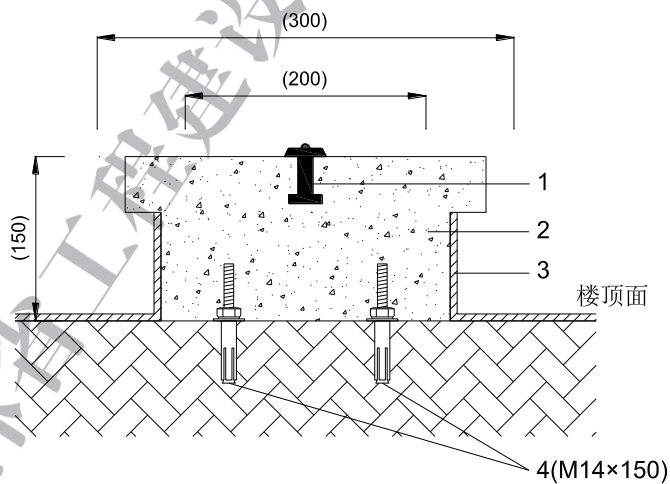


图 A.0.8 楼顶平面基准点标石埋设 (单位: mm)

1——标心; 2——混凝土; 3——防水层; 4——膨胀螺栓

A.0.9 钢筋混凝土强制归心观测墩埋设，如图 A.0.9。

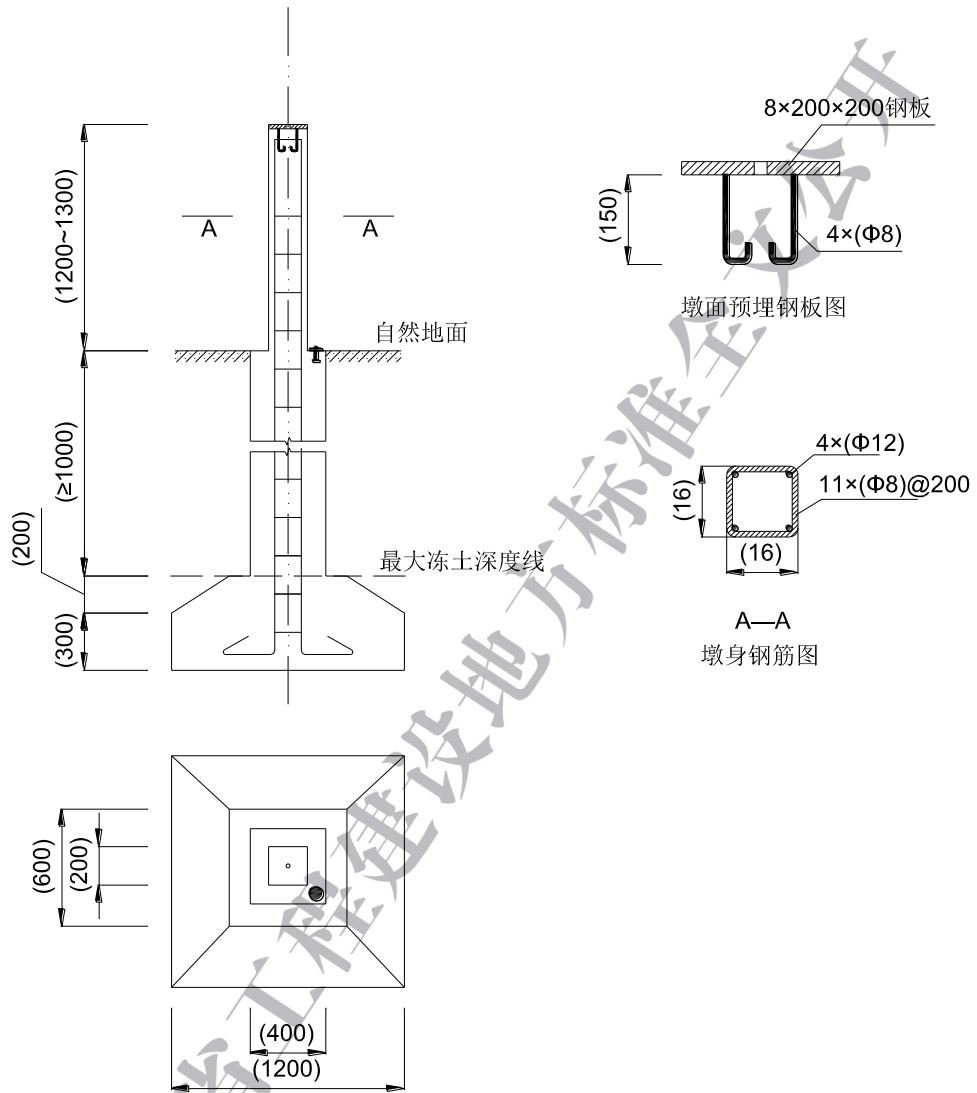


图 A.0.9 钢筋混凝土强制归心观测墩埋设 (单位: mm)

A.0.10 地表沉降监测点埋设，如图 A.0.10。

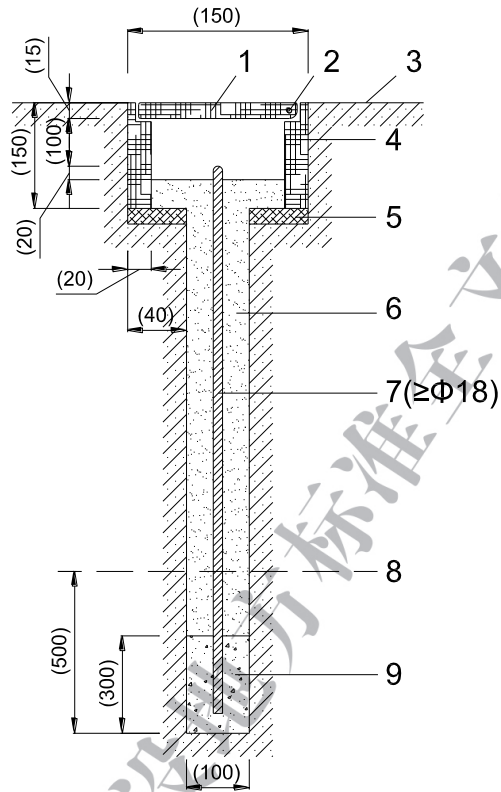


图 A.0.10 地表沉降监测点埋设（单位：mm）

- 1——护盖；2——转轴；3——路面；4——护筒；5——护筒底垫圈；
 6——钻孔回填细砂；7——螺纹钢标志；8——最大冻土深度线；
 9——底部固结水泥砂浆

A.0.11 地下管线管侧土体监测点埋设，如图 A.0.11。

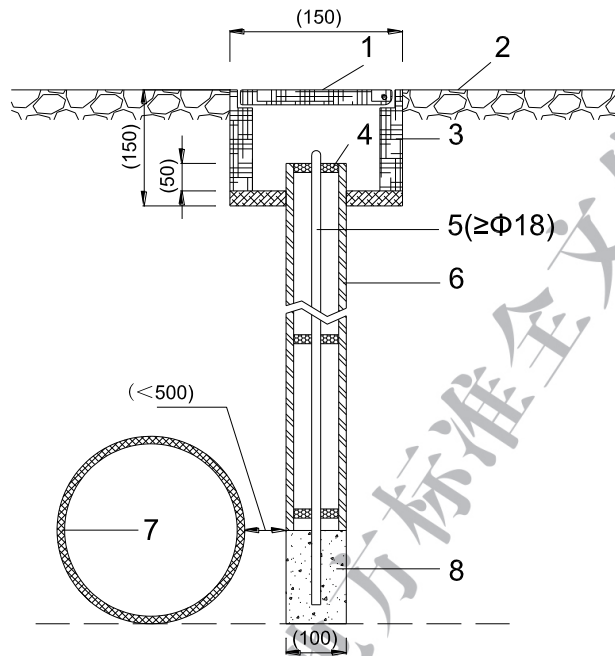


图 A.0.11 地下管线管侧土体监测点埋设（单位：mm）

1——护盖；2——地面；3——护筒；4——固定胶圈；
5——金属测杆；6——钻孔钢护筒；7——管线；8——底部固结水泥砂浆

A.0.12 地下管线管顶竖向位移监测点埋设，如图 A.0.12。

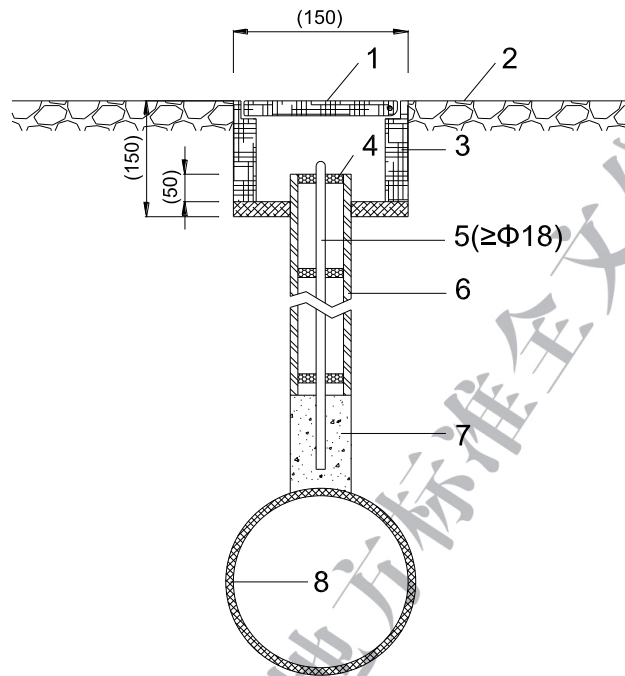


图 A.0.12 地下管线管顶竖向位移监测点埋设（单位：mm）

1——护盖；2——地面；3——护筒；4——固定胶圈；
5——金属测杆；6——钻孔钢护筒；7——底部固结水泥砂浆；8——管线

A.0.13 建（构）筑物竖向位移监测点埋设，如图 A.0.13。

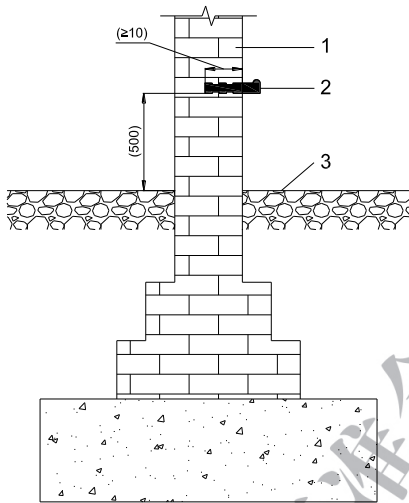


图 A.0.13 建（构）筑物竖向位移监测点埋设（单位：mm）

1——砌体或钢筋混凝土结构；2——监测点（明、暗标）；3——地面

A.0.14 支护桩（墙）顶水平位移监测点埋设，如图 A.0.14。

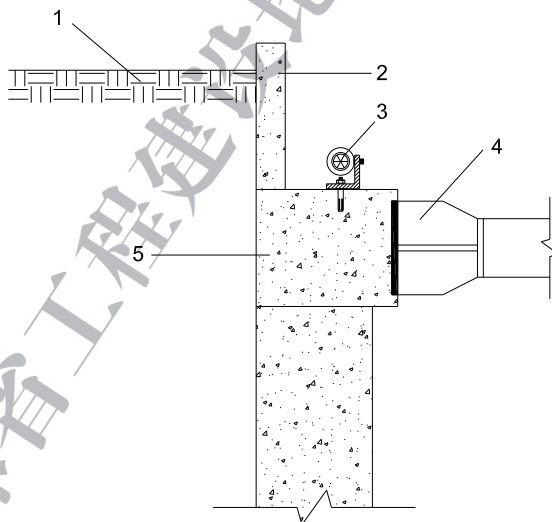


图 A.0.14 支护桩（墙）顶水平位移监测点埋设

1——地面；2——挡土墙；3——测量装置(L型小棱镜)；
4——支撑；5——冠梁

A.0.15 边坡顶水平位移监测点埋设，如图 A.0.15。

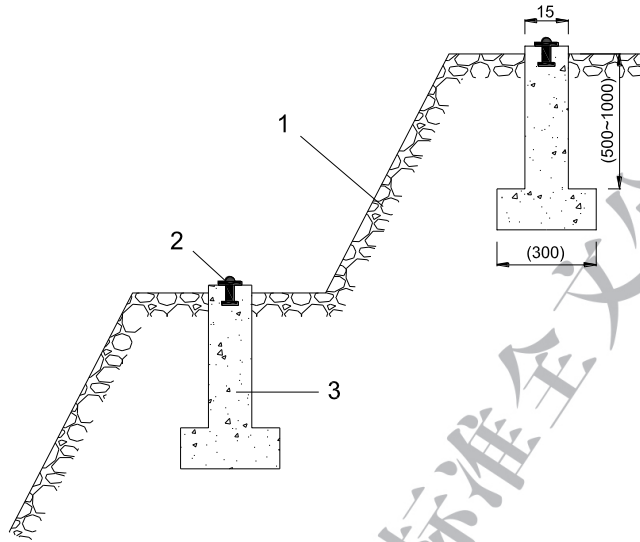


图 A.0.15 边坡顶水平位移监测点埋设（单位：mm）

1——边坡；2——标心；3——混凝土标石

A.0.16 钢支撑轴力监测点埋设，如图 A.0.16。

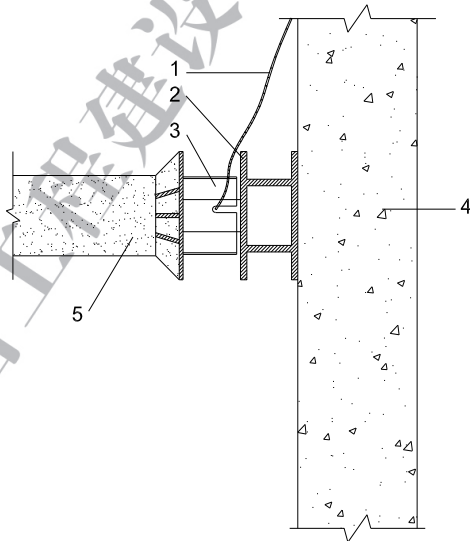


图 A.0.16 钢支撑轴力监测点埋设

1——线缆；2——钢围檩；3——轴力计；4——支护桩；5——钢支撑

A.0.17 矿山法隧道内初支结构监测点埋设，如图 A.0.17。

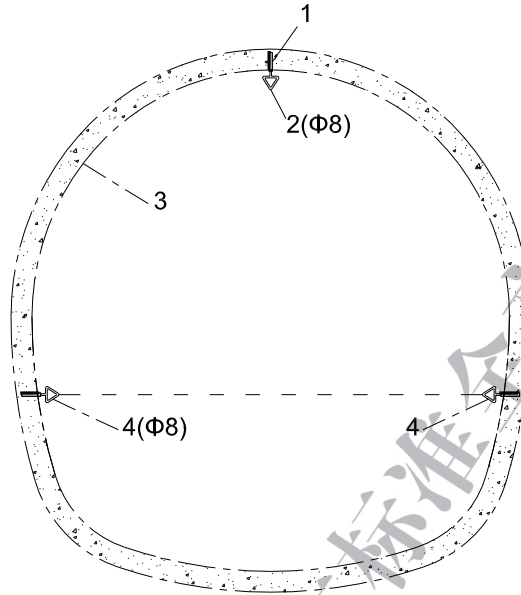


图 A.0.17 矿山法隧道内初支结构监测点埋设（单位：mm）

- 1——与格栅拱架焊接的螺丝孔；2——拱顶沉降监测点（三角形螺丝）；
3——初支结构；4——净空收敛监测点（三角形螺丝）

A.0.18 支护桩（墙）体水平位移监测点埋设，如图 A.0.18。

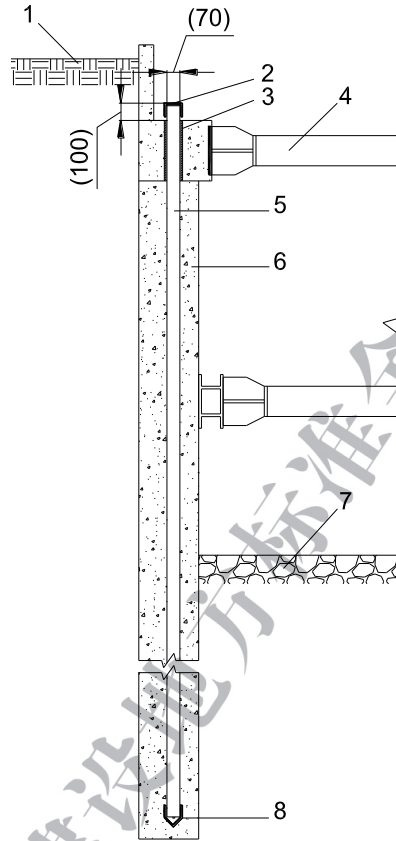


图 A.0.18 支护桩（墙）体水平位移监测点埋设（单位：mm）

1——地面；2——测斜管上盖；3——钢管护筒；4——支撑；
5——测斜管；6——支护桩（墙）体；7——基坑底；8——测斜管底封；

附录 B 现场巡查报表

B.0.1 明（盖）挖法基坑现场巡查报表见表 B.0.1。

表 B.0.1 明（盖）挖法基坑现场巡查报表

监测工程名称：

报表编号：

巡查时间： 年 月 日 时

天气：

分类	巡查内容	巡查结果	备注
施工 工况	开挖面岩土体的类型、特征、自稳性，渗漏水量大小及发展情况		
	开挖长度、分层高度及坡度，开挖面暴露时间		
	降水、回灌等地下水控制效果及设施运转情况		
	基坑侧壁及周边地表截、排水措施及效果，坑边或基底有无积水		
	支护桩（墙）后土体有无裂缝、明显沉陷，基坑侧壁或基底有无涌土、流砂、管涌		
	基坑周边有无超载		
	放坡开挖的基坑边坡有无位移、坡面有无开裂		
	其它		
支护 结构	支护桩（墙）有无裂缝、侵限情况		
	冠梁、围檩的连续性，围檩与桩（墙）之间的密贴性，围檩与支撑的防坠落措施		
	冠梁、围檩、支撑有无过大变形或裂缝		
	支撑是否及时架设		
	盖挖法顶板有无明显变形和开裂，顶板与立柱、墙体的连接情况		
	锚杆、土钉垫板有无明显变形、松动		
	止水帷幕有无开裂、较严重渗漏水		
	其它		
周边 环境	建（构）筑物、桥梁墩台或梁体、既有轨道交通结构等的裂缝位置、数量和宽度，混凝土剥落位置、大小和数量，设施能否正常使用		
	地下构筑物积水及渗水情况，地下管线的漏水、漏气情况		
	周边路面或地表的裂缝、沉陷、隆起、冒浆的位置、范围等情况		
	河流湖泊的水位变化情况，水面有无出现漩涡、气泡及其位置、范围，堤坡裂缝宽度、深度、数量及发展趋势等		
	工程周边开挖、堆载、打桩等可能影响工程安全的其它生产活动		
	其它		
监测 设施	基准点、监测点的完好状况、保护情况		
	监测元器件的完好状况、保护情况		
	其它		

监测单位：

现场巡查人：

监测项目负责人：

第 页 共 页

B.0.2 矿山法隧道现场巡查报表见表 B.0.2。

表 B.0.2 矿山法隧道现场巡查报表

监测工程名称：

报表编号：

巡查时间： 年 月 日 时

天气：

分类	巡查内容	巡查结果	备注
施工 工况	开挖步序、步长、核心土尺寸等情况		
	开挖面岩土体的类型、特征、自稳性，地下水渗漏及发展情况		
	开挖面岩土体有无坍塌及坍塌的位置、规模		
	降水或止水等地下水控制效果及降水设施运转情况		
	其它		
支护 结构	超前支护施作情况及效果、钢拱架架设、挂网及喷射混凝土的及时性、连接板的连接及锁脚锚杆的打设情况		
	初期支护结构渗漏水情况		
	初期支护结构开裂、剥离、掉块情况		
	临时支撑结构有无明显变位		
	二衬结构施作时临时支撑结构分段拆除情况		
	初期支护结构背后回填注浆的及时性		
	其它		
周边 环境	建（构）筑物、桥梁墩台或梁体、既有轨道交通结构等的裂缝位置、数量和宽度，混凝土剥落位置、大小和数量，设施能否正常使用		
	地下构筑物积水及渗水情况，地下管线的漏水、漏气情况		
	周边路面或地表的裂缝、沉陷、隆起、冒浆的位置、范围等		
	河流湖泊的水位变化情况，水面有无出现漩涡、气泡及其位置、范围，堤坡裂缝宽度、深度、数量及发展趋势等		
	工程周边开挖、堆载、打桩等可能影响工程安全的其它生产		
	其它		
监测 设施	基准点、监测点的完好状况、保护情况		
	监测元器件的完好状况、保护情况		
	其它		

监测单位：

现场巡查人：

监测项目负责人：

第 页 共 页

B.0.3 盾构法隧道现场巡查报表见表 B.0.3。

表 B.0.3 盾构法隧道现场巡查报表

监测工程名称：

报表编号：

巡查时间： 年 月 日 时

天气：

分类	巡查内容	巡查结果	备注
施工 工况	盾构始发端、接收端土体加固情况		
	盾构掘进位置（环号）		
	盾构停机、开仓等的时间和位置		
	联络通道开洞口情况		
	其它		
管片 变形	管片破损、开裂、错台情况		
	管片渗漏水情况		
	其它		
周边 环境	建（构）筑物、桥梁墩台或梁体、既有轨道交通结构等的裂缝位置、数量和宽度，混凝土剥落位置、大小和数量，设施能否正常使用		
	地下构筑物积水及渗水情况，地下管线的漏水、漏气情况		
	周边路面或地表的裂缝、沉陷、隆起、冒浆的位置、范围等情况		
	河流湖泊的水位变化情况，水面有无出现漩涡、气泡及其位置、范围，堤坡裂缝宽度、深度、数量及发展趋势等		
	工程周边开挖、堆载、打桩等可能影响工程安全的其它生产活动		
	其它		
监测 设施	基准点、监测点的完好状况、保护情况		
	监测元器件的完好状况、保护情况		
	其它		

监测单位：

现场巡查人：

监测项目负责人：

第 页 共 页

B.0.4 桥梁工程现场巡查报表见表 B.0.4。

表 B.0.4 桥梁工程现场巡查报表

监测工程名称：

报表编号：

巡查时间： 年 月 日 时

天气：

分类	巡查内容	巡查结果	备注
施工工艺	主梁臂浇筑、悬臂拼装、纵向顶推、横向顶移、平面转体、在支架上架设安装、在支架上就地浇筑等具体施工工艺		
	施工顺序及进度		
	施工临时荷载施加情况		
	非刚性连接悬臂浇筑墩顶梁段与桥墩固定情况		
	梁段预应力施加情况.		
	其它		
临时支模 支架 拱架	支架、拱架下方地基基础沉陷，节点和卸架设备的压缩变形		
	支架横向、竖向连接情况		
	底模板、侧模板变形情况		
	支架、拱架不均匀沉降情况		
	其它		
下部结构	桥台、墩柱、索塔、拱座开裂、掉块、压溃、剥落等情况		
	桥台、墩柱、索塔、拱座水平位移、垂直度		
	其它		
上部结构	混凝土结构裂缝的分布、位置、走向、宽度及深度		
	吊装设备的塔架、主索、扣索、索鞍、锚碇等的变形和位移		
	刚架锚固系统稳定性		
	拱片变形		
	梁段接缝开裂		
其它			
附属工程	填土工程桥涵台背、锥坡、护坡及拱上等各项填土高度、稳定性		
	砌体工程石砌锥坡、护坡和河床铺砌层稳定性		
	其它		
监测设施	基准点、监测点的完好状况、保护情况		
	监测元器件的完好状况、保护情况		
	其它		

监测单位：

现场巡查人：

监测项目负责人：

第 页 共 页

附录 C 现场巡查预警表

C.0.1 明（盖）挖法基坑的现场巡查预警可按表 C.0.1 执行。

表 C.0.1 明（盖）挖法基坑现场巡查预警表

巡查内容或对象	黄色预警	橙色预警	红色预警
土体开挖	开挖长度、分层高度及坡度超出设计文件要求	开挖面土体不稳定或暴露时间过长,出现开裂、滑塌等情况	<ol style="list-style-type: none"> 1 未完成冠梁施工开挖土方; 2 未按设计要求拉拔锁定锚索开挖下层土方
支护结构	<ol style="list-style-type: none"> 1 侧壁网喷混凝土不及时; 2 支撑、锚索施作不及时; 3 钢围檩与支护结构未密贴; 4 支撑未按设计要求安装防坠落装置; 5 钢围檩设置不连续或连接不牢固; 6 钢围檩抗剪蹬设置数量不满足设计要求; 7 未按设计要求架设换撑; 8 侧壁出现渗漏水、流砂或流泥情况 	<ol style="list-style-type: none"> 1 基坑阳角、明暗挖结合等关键部位的支撑架设不及时; 2 同一层连续3根支撑架设不及时; 3 同一竖向剖面上的两层支撑架设不及时; 4 破除侵限支护桩并切短 1/3 以上数量的主筋; 5 侧壁出现较严重渗漏水、流砂、流泥情况,且附近地面有明显沉陷 	<ol style="list-style-type: none"> 1 支护桩（墙）、冠梁出现明显变形、较大裂缝、断裂; 2 支撑出现明显变形、变位、脱落,锚索、土钉出现松弛或拔出; 3 侧壁、坡面网喷混凝土出现较大开裂、剥落、滑移或土体塌落形成空洞; 4 结构混凝土强度未达到设计文件要求拆除支撑; 5 一次拆除支撑的数量或拆除段长度超过设计文件要求; 6 盖挖法顶板有明显变形、开裂,顶板与立柱、墙体的连接处出现明显裂缝; 7 止水帷幕开裂,并有较严重的渗漏水; 8 侧壁、坑内、边坡出现涌砂、涌土、管涌,严重渗漏水、突水
地下水控制	降水施工不到位,未达到设计水位要求	坑边或基底大量积水,且侧壁及周边地表无截、排水措施或无明显效果	因降水施工导致附近地面有明显沉陷、坍塌情况
周边堆载	基坑边有土方、建筑材料等重物堆载	<ol style="list-style-type: none"> 1 基坑边长期有重型设备作业,且未采取加固措施; 2 基坑阳角、明暗挖结合等关键部位的坑边有大量土方、建筑材料等重物堆载 	基坑边堆载的重物或长期作业的重型设备,单位荷载超出设计值,且对应位置支撑架设不及时

C.0.2 矿山法隧道的现场巡查预警可按表 C.0.2 执行。

表 C.0.2 矿山法隧道现场巡查预警表

巡查内容或对象	黄色预警	橙色预警	红色预警
超前支护	未按设计要求进行注浆或注浆效果不明显	超前支护数量和长度不满足设计要求	未采取设计要求的超前支护措施
土方开挖	<ol style="list-style-type: none"> 1 开挖面停工后未及时封闭； 2 开挖面有渗漏水，地面积水严重 	<ol style="list-style-type: none"> 1 核心土留设、台阶长度、近距及多部开挖隧道开挖面间距超出设计值； 2 隧道贯通面两侧对向同时开挖间距不满足设计要求 	<ol style="list-style-type: none"> 1 开挖面反坡； 2 开挖面出现涌砂、涌土、管涌或严重渗漏水； 3 开挖面出现掉块、开裂、冒顶、片帮； 4 开挖步距超出设计值
初期支护	<ol style="list-style-type: none"> 1 格栅拱架架设、挂网及喷射混凝土不及时； 2 回填注浆不及时，或注浆效果未达到要求 	<ol style="list-style-type: none"> 1 纵向连接筋的数量、间距不满足设计要求； 2 连接板的连接及锁脚锚杆的打设不满足设计要求； 3 未按设计要求及时封闭成环 	<ol style="list-style-type: none"> 1 初期支护结构出现明显弯曲变形； 2 网喷混凝土出现大面积开裂、剥离或脱落； 3 格栅间距超出设计值
马头门施工	未按设计要求顺序破除	未及时封闭成环	<ol style="list-style-type: none"> 1 马头门位置未按设计要求采取加固措施； 2 同时对开马头门
临时支撑	临时支撑结构施工不及时	临时支撑结构施工不满足设计要求	<ol style="list-style-type: none"> 1 未施工设计要求的临时支撑结构； 2 临时支撑结构出现明显弯曲、变位或断裂； 3 二衬结构施作时，未按设计要求的位置、顺序、间距进行分段破除施工； 4 破除施工后的回顶措施不及时或不符合设计要求
地下水控制	降水效果不明显，洞内存在少量积水	未采取设计要求的降水或止水措施，洞内有积水	降水设施未正常运转，洞内存在大量积水

C.0.3 盾构法隧道的现场巡查预警可按表 C.0.3 执行。

表 C.0.3 盾构法隧道现场巡查预警表

巡查内容 或对象	黄色预警	橙色预警	红色预警
始发和 接收	端头注浆加固、 冷冻效果不佳， 渗漏水较大	未按设计要求进行 洞门破除施工	<ol style="list-style-type: none"> 1 洞门未安装止水装置； 2 未按设计要求施工反力架结构； 3 未进行端头加固； 4 进出洞时出现地面塌陷，洞门涌水、涌砂，端头结构开裂等情况
掘进控制	<ol style="list-style-type: none"> 1 同步注浆量不足，或注浆效果不佳； 2 二次注浆不及时 	<ol style="list-style-type: none"> 1 土仓压力低于方案设定值； 2 出土量超过方案设定值 	<ol style="list-style-type: none"> 1 铰接、盾尾密封出现涌水、涌砂、冒浆； 2 螺旋输送持续发生喷涌
管片变形	管片出现破损、 开裂情况，且有 渗漏水	管片出现较大破 损、开裂、错台， 且渗漏水较大	管片出现严重破损、开 裂、错台，且渗漏水严 重
联络通道 开洞口	土层加固效果不 佳，开口处大量 积水	<ol style="list-style-type: none"> 1 开口两侧邻近管片变形控制措施不满足设计要求，管片出现破损、开裂情况； 2 土层注浆加固或冷冻效果不佳，开挖时有较大渗漏水情况 	<ol style="list-style-type: none"> 1 开口两侧邻近管片未采取变形控制措施，或内支撑有明显变形； 2 未采取土层注浆加固或冷冻措施，开挖时出现塌方、涌水、涌砂情况

C.0.4 桥梁工程的现场巡查预警可按表 C.0.4 执行。

表 C.0.4 桥梁工程现场巡查预警表

巡查内容或对象	黄色预警	橙色预警	红色预警
施工工艺	施工临时荷载超出设计值	<ol style="list-style-type: none"> 1 施工工艺与设计不符； 2 预应力张拉不满足设计要求 	
临时支模、支架、拱架	支架、拱架有不均匀沉降	支架横向、竖向连接不规范	<ol style="list-style-type: none"> 1 支架、拱架下方地基基础出现沉陷，节点和卸架设备出现压缩变形； 2 底模板、侧模板出现明显倾斜、起鼓等变形
下部结构	桥台、墩柱出现裂缝	桥台、墩柱出现较大裂缝	<ol style="list-style-type: none"> 1 桥台、墩柱出现严重开裂、掉块、压溃、剥落等情况； 2 桥台、墩柱出现明显位移、倾斜变形
上部结构	混凝土结构出现受力裂缝	锚固系统松动且混凝土结构出现裂缝	混凝土梁体出现较大变形和裂缝，钢结构梁体焊缝开裂
附属工程	锥坡或护坡面出现裂缝	填土或砌体工程施工与设计不符，锥坡或护坡面有较大开裂变形	锥坡、护坡、河床铺砌层等填土或砌体工程出现滑移、坍塌

C.0.5 周边环境的现场巡查预警可按表 C.0.5 执行。

表 C.0.5 周边环境现场巡查预警表

巡查内容或对象	黄色预警	橙色预警	红色预警
建（构） 筑物	墙体、梁柱、顶板等承重结构出现裂缝	1 墙体、梁柱、顶板等承重结构出现较大裂缝，门、窗出现玻璃碎裂或较大变形； 2 地下室墙面、顶板有渗漏水	1 墙体、梁柱、顶板等承重结构出现开裂、剥落； 2 室内地面出现严重开裂、起鼓、塌陷； 3 地下室墙面或顶板出现涌水、涌砂； 4 烟囱、电塔等高耸建筑出现明显倾斜、基础开裂
既有轨道交通工程	1 混凝土结构出现裂缝； 2 地下结构有渗漏水情况	1 混凝土结构出现较大裂缝； 2 地下结构有较大渗漏水情况	1 混凝土结构出现开裂、剥落、主筋外露等明显变形； 2 路基、道床出现开裂、隆起、塌陷； 3 地下结构出现涌水、涌砂情况； 4 变形缝出现过大的错台或开合
周边地表	施工影响区内地面出现裂缝、沉降	施工影响区内地面出现较大裂缝、隆起、沉降	强烈影响区内地面出现严重开裂、隆起、塌陷、冒浆等情况
管线		管线的悬吊或保护措施不满足设计要求	管线出现破损、泄露、断裂
地表水体及水利设施		堤坝出现较大裂缝	1 堤坝出现严重开裂、滑移； 2 水位持续下沉，或水面出现漩涡或水泡
邻近施工		施工影响区内有扰动土体，可能对支护结构受力产生影响的施工活动	强烈影响区内有严重扰动周边土体，对支护结构产生较大荷载影响的开挖、堆载、卸载、打桩等施工活动

注：周边环境的桥梁结构巡查预警参照本标准表 C.0.4 执行。

附录 D 监测日报表

D.0.1 竖向位移类监测日报表见表 D.0.1。

表 D.0.1 _____ 位移类监测日报表

监测工程名称:

本次监测日期:

报表编号:

天气:

仪器名称及型号:				仪器出厂编号:				检定日期:				
测点 编号	初始值		上次测值		本次测 值 (m)	本次变 化值 (mm)	累计变 化值 (mm)	变化 速率值 (mm/d)	监测控制值		预警状态	备注
	采集 日期	测值 (m)	采集 日期	测值 (m)					累计 变化值 (mm)	变化 速率值 (mm/d)		
施工工况:												
监测结论及建议:												

监测单位:

现场监测人:

监测项目负责人:

计算人:

校核人:

第 _____ 页 共 _____ 页

D.0.2 深层水平位移监测日报表见表 D.0.2。

表 D.0.2 _____ 深层水平位移类监测日报表

监测工程名称：
 本次监测日期： 天气：
 报表编号：
 天 气：

监测孔号		初始值		上次测值		本次测值 (m)	本次变化值 (mm)	累计变化值 (mm)	变化速率值 (mm/d)	监测控制值		预警状态	监测深度-位移变化量曲线图	备注
		采集日期	测值 (m)	采集日期	测值 (m)					累计变化值 (mm)	变化速率值 (mm/d)			
仪器名称及型号： _____ 仪器出厂编号： _____ 检定日期： _____														
施工工况： _____														
监测结论及建议： _____														

监测单位：

现场监测人：

监测项目负责人：

计算人：

校核人：

D.0.3 支撑轴力、锚索拉力类监测日报表见表 D.0.3。

表 D.0.3 _____ 支撑轴力、锚索拉力类监测日报表

监测工程名称：
 本次监测日期：
 报表编号：
 天气：

测点 编号		轴力计 编号		上次测值		本次测值 (kN)	本次 变化值 (kN)	变化 速率值 (kN/d)	承载能力 设计值 (kN)	预应 力 设计值 (kN)	控制值		预警状态	备注
				采集 日期	测值 (kN)						最大 值 (kN)	最小 值 (kN)		
施工工况：														
监测结论及建议：														

监测单位：
 现场监测人：
 监测项目负责人：

计算人： 校核人：

D.0.4 应力、压力类监测日报表见表 D.0.4。

表 D.0.4 _____应力、压力类监测日报表

监测工程名称:

报表编号:

本次监测日期:

天 气:

测点编号		上次测值		本次测值 (kPa)	本次变化值 (kPa)	变化速率值 (kPa/d)	控制值 (kPa)	预警状态	备注
		采集日期	测值 (kPa)						
仪器名称及型号: _____ 仪器出厂编号: _____ 检定日期: _____									
施工工况:									
监测结论及建议:									

监测单位:

现场监测人:

监测项目负责人:

计算人:

校核人:

D.0.5 净空收敛类监测日报表见表 D.0.5。

表 D.0.5 _____净空收敛类监测日报表

监测工程名称：
 本次监测日期：
 报表编号：
 天气：

测点 编号		初始值		上次测值		本次测 值 (m)	本次变 化值 (mm)	累计变 化值 (mm)	变化 速率值 (mm/d)	监测控制值		预警状态	备注
		采集 日期	测值 (m)	采集 日期	测值 (m)					累计 变化值 (mm)	变化 速率值 (mm/d)		
施工工况：													
监测结论及建议：													

监测单位：
 现场监测人：
 监测项目负责人：
 计算人：
 校核人：

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：

正面用词采用“应”，反面用词采用“不应”或“不得”；

3) 表示允许稍有选择，在条件许可时首先应这样做的：

正面用词采用“宜”，反面用词采用“不宜”；

4) 表示有选择，在一定条件下可以这样做的，采用“可”。

2 条文中指明应按其它有关标准执行的写法为：“应符合……的规定”或“应按……执行”。

引用标准名录

- 1 《建筑地基基础设计规范》 GB 50007
- 2 《工程测量规范》 GB 50026
- 3 《地铁设计规范》 GB 50157
- 4 《城市轨道交通工程测量规范》 GB/T 50308
- 5 《建筑基坑工程监测技术规范》 GB 50497
- 6 《城市轨道交通工程监测技术规范》 GB 50911
- 7 《建筑与桥梁结构监测技术规范》 GB 50982
- 8 《爆破安全规程》 GB 6722
- 9 《国家一、二等水准测量规范》 GB/T 12897
- 10 《国家三、四水准测量规范》 GB 12898
- 11 《建筑变形测量规范》 JGJ 8
- 12 《城市轨道交通结构安全保护技术规范》 CJJ/T202
- 13 《城市桥梁检测与评定技术规范》 CJJ/T 233
- 14 《建筑基坑工程监测技术规程》 DB22/JT 139

吉林省工程建设地方标准

城市轨道交通工程监测技术标准

DB22/T 5020-2019

条文说明

制订说明

《城市轨道交通工程监测技术标准》DB22/T 5020-2019，经吉林省住房和城乡建设厅 2019 年 6 月 24 日以第 518 号公告批准、发布。

本标准编制过程中，编制组共召开全体会议 4 次，专题研讨会 10 余次，广泛调研和分析了吉林省轨道交通工程监测技术要求、经验总结和其他相关资料，总结了吉林省城市轨道交通建设以来工程监测技术、相关科研的各类成果。同时，参考了有关国家现行标准，吸收了国内公路、铁路等相关行业工程监测的先进理念和最新研究成果，通过调研、征求意见及专家咨询，取得了适合吉林省地区的重要技术参数。

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，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规范正文同等的法律效力，仅供使用者作为理解和把握规范规定的参考。

目 次

1 总则	141
2 术语和符号	143
2.1 术 语.....	143
2.2 符 号.....	143
3 基本规定	144
3.1 基本要求.....	144
3.2 基坑、隧道工程影响分区及监测范围.....	148
3.3 基坑、隧道工程监测等级划分.....	156
4 变形监测控制网	158
4.1 一般规定.....	158
4.2 水平位移监测控制网.....	158
4.3 竖向位移监测控制网.....	160
4.4 基准点的校核.....	162
5 明（盖）挖法工程监测	164
5.1 一般规定.....	164
5.2 监测项目.....	164
5.3 监测点布设.....	164
5.4 现场巡查.....	167
5.5 监测频率.....	167
5.6 监测控制值.....	169
5.7 装配式混凝土车站结构监测.....	180
6 盾构法隧道工程监测	182
6.1 一般规定.....	182
6.2 监测项目.....	182
6.3 监测点布设.....	182

6.4	现场巡查.....	184
6.5	监测频率.....	184
6.6	监测控制值.....	184
7	矿山法工程监测.....	187
7.1	一般规定.....	187
7.2	监测项目.....	187
7.3	监测点布设.....	188
7.4	现场巡查.....	190
7.5	监测频率.....	190
7.6	监测控制值.....	192
8	桥梁工程监测.....	197
8.1	一般规定.....	197
8.2	监测项目.....	197
8.3	监测点布设.....	198
8.4	现场巡查.....	198
8.5	监测频率.....	199
9	周边环境监测.....	200
9.1	一般规定.....	200
9.2	建（构）筑物.....	201
9.3	桥梁.....	201
9.4	地下管线.....	202
9.5	高速公路与城市道路.....	203
9.6	城市轨道交通设施.....	204
9.7	既有公路隧道.....	204
9.8	既有铁路.....	205
9.10	监测控制值.....	205
10	线路结构变形监测.....	207
10.1	一般规定.....	207
10.2	线路结构变形监测要求.....	207

11 监测方法及要求	209
11.1 一般规定	209
11.2 水平位移监测	211
11.3 竖向位移监测	211
11.4 深层水平位移监测	213
11.5 土体分层竖向位移监测	214
11.6 净空收敛监测	215
11.7 爆破振动监测	216
11.8 孔隙水压力监测	217
11.9 地下水位监测	217
11.10 岩土压力监测	218
11.11 支撑内力、锚杆（索）拉力监测	218
11.12 结构应力监测	220
11.13 挠度监测	221
11.14 倾斜监测	222
11.15 裂缝监测	222
11.16 轨道静态几何形位监测	223
11.17 三维激光扫描测量	224
11.18 近景摄影测量	224
11.19 自动化监测	225
11.20 现场巡查	226
12 监测成果、信息反馈及预警	227
12.1 监测成果	227
12.2 信息反馈	229
12.3 预警	229

吉林省工程建设地方标准全文公开

1 总则

1.0.1 城市轨道交通工程通常有地下工程、高架工程和地面线路工程三种建筑类型。出于缓解城市地面交通压力的主要建设目的，大部分设计为地下工程，埋深一般在二三十米以内，在此深度范围内吉林省内场地土类型的综合评价多为中软土，且地下水较为丰富，主要补给方式为地表水和大气降水，工程地质条件和水文地质条件复杂；同时，城市轨道交通线路基本处于环境复杂、人口密集的城市区，周边高楼林立，地下管网密集，城市桥梁、道路、既有铁路等纵横交错，沿线交通流量大，工程周边环境条件更是十分复杂；加之城市轨道交通工程建设规模大、施工周期长、工法多样，使得工程风险难以控制，安全事故时有发生。

工程监测作为保证施工安全、周边环境稳定及线路结构自身安全的主要手段之一，在信息化施工过程中起着至关重要的作用。本标准从轨道交通工程安全风险控制的角度出发，针对吉林省地区严寒气候、季节性冻土等特点，以及装配式混凝土车站新工艺施工，结合国家现行标准的有关规定，在整理并分析已有设计文件、岩土工程勘察报告、监测数据等资料的基础上，为规范吉林省城市轨道交通工程监测提供技术依据。

1.0.2 本条是对本标准适用范围的界定，城市轨道交通工程的监测工作包括为确保施工和周边环境安全的施工监测，以及确保线路正常使用和运营安全的线路结构变形监测。

1.0.3 城市轨道交通工程的地质条件和环境条件均有不同，所采取的设计方案和施工方法也不尽相同，所引起的支护结构、周边岩土体和周边环境的变形和应力变化规律也有所不同，监测方案应综合考虑以上因素，科学合理编制。为保证监测成果能够准确反映支护结构、周围岩土体和周边环境的实际变形过程、判断稳定状态、预测发展态势，应严格执行监测方案，及时提供真实、准确、有效的

监测成果。

1.0.4 本标准只是城市轨道交通工程监测应遵守的标准之一，其他对城市轨道交通工程监测有所规定的国家现行标准也应遵守。

吉林省工程建设地方标准全文公开

2 术语和符号

2.1 术语

本标准列入了与城市轨道交通工程监测技术相关的主要术语。工程监测、变形监测、力学监测、周边环境、周围岩土体、工程影响分区、工程监测等级、监测点、监测控制值、线路结构等术语主要参考了相关国家现行标准及其他相关资料，工程自身风险、环境风险、变形监测控制网、基准点、工作基点、冻融等术语的定义主要基于现有研究总结，经编制组讨论、分析、归纳和整理后编入本标准中。

2.2 符号

城市轨道交通工程监测涉及的内容和专业较多，相同符号在不同专业中有不同的意义，因此一并给出所列符号在本标准中的代表的多种意义。

3 基本规定

3.1 基本要求

3.1.1 本条分别对城市轨道交通工程施工阶段及运行维护阶段开展监测工作进行了要求，概述了各阶段的主要监测对象类型。

城市轨道交通工程大多建设在繁华市区，城市经过多年的发展建设已高楼林立，老旧房屋、供电设施、市政道路及管线错综复杂。在城市轨道交通工程施工阶段，基坑或隧道等工程土方开挖会破坏原有岩土体、水文地质和周边环境的稳定性，若施工质量把控不到位，极易引起工程支护结构变形、周围岩土体坍塌、建（构）筑物变形开裂、地下管线变形渗漏等风险事件，尤其是秋冬和冬春冷暖交替季节是北方城市地下管线泄漏的多发期，老城区管线老化、地质条件复杂等种种因素更是使轨道交通工程建设风险难以控制；因此必须对支护结构、周围岩土体及周边环境进行工程监测，以分析、判断、评价工程结构以及周边环境的安全状态，预测工程风险发生的可能性，做到信息化施工。

按照住建部《城市轨道交通工程安全质量管理暂行办法》（建质[2010]5号）的要求，在城市轨道交通工程施工阶段应同时开展施工监测和第三方监测。施工监测是按照施工图设计文件、施工方案及规范等要求，对工程支护结构、周围岩土体和周边环境等进行监测。第三方监测是监测单位受建设单位的委托，遵循对关键工序、关键过程、关键时间、关键部位监测原则的要求，根据合同规定拟定的监测内容进行监测。第三方监测单位选择的项目监测工作量一般不应少于施工监测的30%。

在城市轨道交通工程运行维护阶段，线路结构在车辆动荷载的作用下以及水文地质条件、气候条件、降雨等条件变化的影响，日

积月累会产生结构变形、起酥开裂、渗漏水、冻害等病害，危及线路结构的稳定性；因此必须对全线隧道、高架桥梁、路基和轨道、重要附属结构等进行监测，规避风险，确保线路结构、周边环境的安全。

3.1.2 本条指出了对城市轨道交通工程施工阶段及运行维护阶段监测的目的。

3.1.3 本条指出了城市轨道交通工程系统的监测工作流程，施工监测及第三方监测都应遵循该工作流程开展监测工作，为实现监测目的和保证监测质量奠定坚实的基础。

3.1.4 本条对监测方案的编制内容进行了要求。由于城市轨道交通工程大多是在地面建筑设施密集、交通繁忙、地质条件复杂的城市中施工，不同的设计方案和施工方法引起的岩土体力学响应在时间和空间上的规律也不尽相同。因此，监测方案的编制必须具备针对性、合理性和可实施性，施工阶段监测方案编制前应收集并分析水文气象资料、岩土工程勘察报告、周边环境调查报告、安全风险评估报告、设计文件及施工方案等相关资料，并进行现场踏勘。运行维护阶段监测方案编制前除收集并分析以上相关资料外，还应收集工程结构竣工验收资料、施工阶段监测总结报告及工程监测控制网测量成果报告、现状调查检测资料、风险评估报告等相关材料，同时进行必要的现场踏勘工作。

3.1.5 本条指出监测项目选定的依据和目的。

3.1.6 本条对监测点的布设位置、数量、样式和保护措施等进行了要求。监测点的布设应具备代表性，应尽可能地反映出所监测对象的实际受力、变形状态，以保证对监测对象的安全状态做出准确地判断。

3.1.7 本条对工程监测信息采集的方法进行了总结和要求。仪器监测和现场巡查是工程监测的常规手段，现场巡查信息是仪器监测数据的有效补充，仪器监测数据需要结合现场巡查信息对工程结构及周边环境安全状态进行综合评价。

为实现城市轨道交通工程信息化建设，远程视频系统也逐步应用于城市轨道交通工程监测工作中，视频监测相对现场巡查来说具有远程、实时、便捷的特点，对掌控工程施工进度、施工质量及环境条件变化、监控记录工程风险、防止重大事故发生具有重要作用。

随着监测技术的不断进步和监测服务要求的不断提高，人工监测手段往往受到场地、时限、精度等限制无法满足工程监测的要求，而自动化监测恰恰解决了这一难题。自动化监测具有数据采集和传输快、精度高、稳定性强，安装灵活，不受环境条件限制的特点，可实现 24 小时不间断监测。

3.1.8 本条指出了监测频率和监测期的确定依据，其原则是应能反映出监测对象的变化过程。冻融期间，地表沉降、地下管线沉降等易受土体冻胀和融沉作用影响的监测项目，宜根据实际气温和施工工况适当调整监测频率，使监测数据能够反映出土体冻胀和融沉作用的变化过程，以便分析监测数据时更为准确的掌握冻融作用影响变量和施工影响变量。

本标准对只受土体冻胀和融沉作用影响的地表沉降监测数据进行了专题研究，并得出研究结果如下：①如图 1 所示，最高气温达到 0°C 以下时，监测数据受土体冻胀作用引起隆起；图 2 所示，最低气温达到 0°C 以上时，监测数据受土体融沉作用产生沉降。②由图 1、图 2 可以看出土体冻胀和融沉作用对地表沉降监测数据的最终影响较小，即受冻胀作用引起的累计隆起值与融沉作用产生的累计沉降值基本一致，且受融沉作用影响的沉降变化速率大于受冻胀作用影响的隆起变化速率。

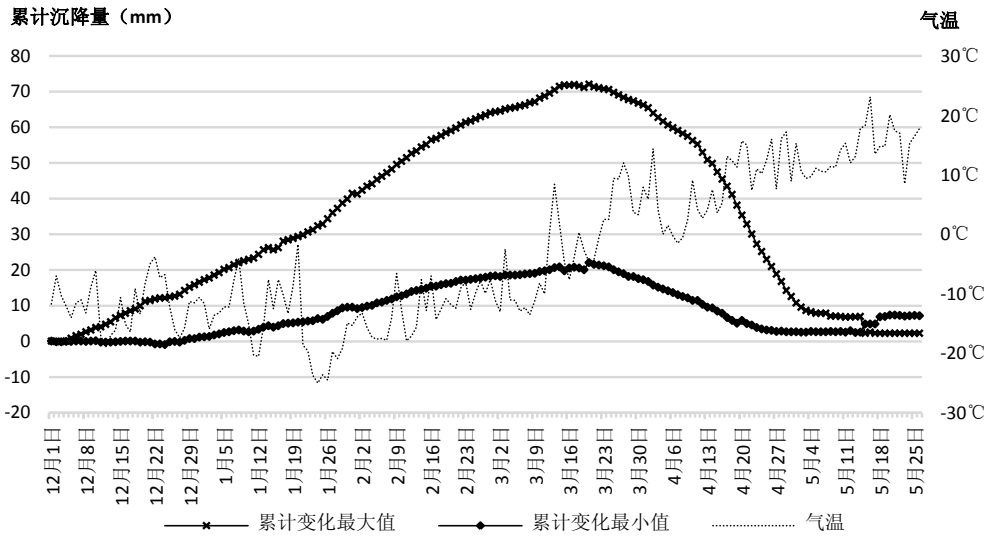


图1 地表沉降监测数据和当日最低气温时程曲线图

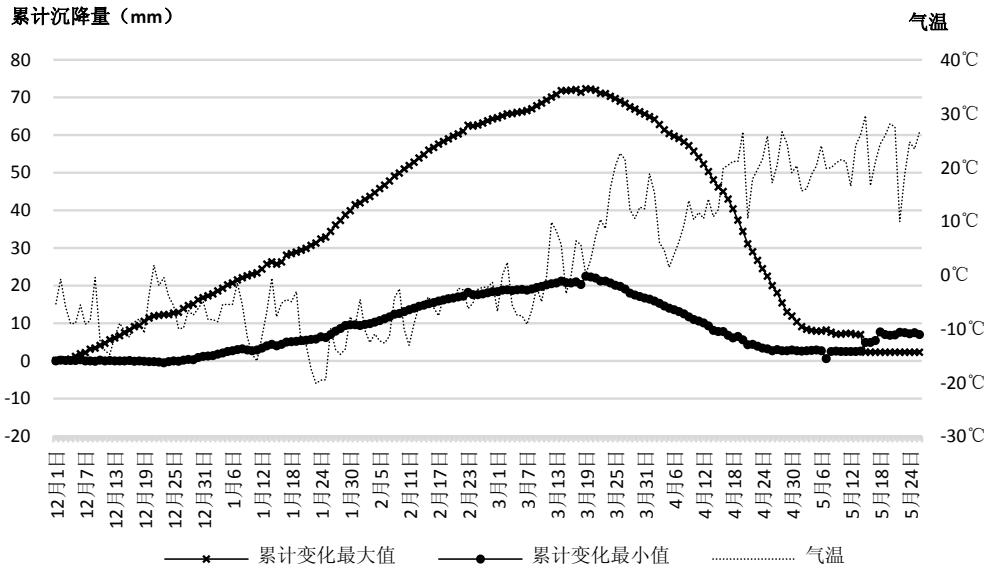


图2 地表沉降监测数据和当日最高气温时程曲线图

3.1.9 本条对施工阶段现场巡查频率及信息记录进行了明确要求，现场巡查工作同仪器监测一样重要，二者相辅相成，均为评价工程结构和周边环境安全状态提供信息的重要手段。

3.1.10 本条明确了城市轨道交通工程施工图设计文件应含有监测

点布置图和监测控制值。监测设计是施工图设计的重要组成部分，监测点布置图和监测控制值是监测设计的重要内容之一，相关法律、法规和规范性文件对设计文件中明确控制指标及控制值也有具体要求。

3.1.11 本条对监测信息的及时处理分析和异常情况的及时报告提出了要求。施工监测和第三方监测均应严格按照工程监测方案实施监测工作，并将监测成果准确、及时地反馈给建设、设计、监理、施工、运营等相关单位，为工程动态设计、信息化施工、安全运营提供可靠的数据依据。

3.1.12 本条针对城市轨道交通工程应编制专项监测方案的特殊情况进行了规定。

3.1.13 本条对出现风险事件时的应急抢险监测工作提出了要求。应根据现场实际情况，针对风险事件的控制要求在原监测方案的基础上补充重要位置的监测项目或监测点，并提高监测频率加强现场巡查工作。当不能保障现场监测作业人员的人身安全，或其他人工监测手段无法满足现场实际需要时，应采用远程自动化监测手段。

3.1.14 本条对城市轨道交通工程施工阶段工程监测的开始和结束的时间节点进行了要求。

3.2 基坑、隧道工程影响分区及监测范围

3.2.1 本条对城市轨道交通工程的影响区的划分进行了规定。基坑、隧道工程施工对周围岩土体的扰动范围、扰动程度是不同的，一般来说，邻近基坑、隧道地段的岩土体受扰动程度最大，由近到远的影响程度越来越小。本标准将这一受施工扰动的范围称之为工程影响区。周边地层、环境在施工影响范围内根据受施工影响程度的不同，从基坑、隧道外侧由近到远依次划分为主要影响区、次要影响区和可能影响区。

3.2.2 基坑工程影响分区主要按照距基坑边缘距离的不同划分为

主要影响区、次要影响区和可能影响区。本标准结合长春地区地层多为中软土，岩性较差，地下水位较高的特点，参照《城市轨道交通工程监测技术规范》GB50911，同时依据《建筑边坡工程技术规范》GB50330 关于边坡滑塌区范围的计算方法，根据 $H \tan(45^\circ - \varphi/2)$ 计算确定。因此，主要影响区确定为基坑边缘到 $0.9H$ 范围内；次要影响区为基坑周边 $0.9H \sim 2.0H$ 范围内；可能影响区则为 $2.0H$ 范围外。影响分区分别用符号 I、II、III 表示，具体划分可参考图 3 所示。

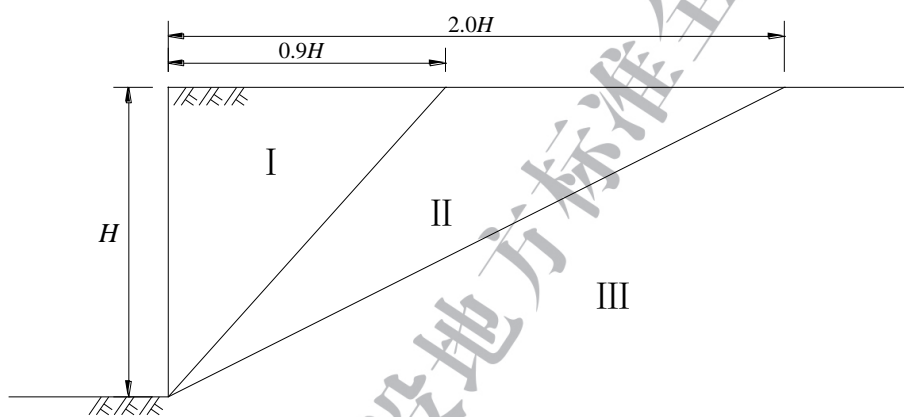


图 3 基坑工程影响分区

I——主要影响区；II——次要影响区；III——可能影响区； H ——基坑深度

3.2.3 本标准结合长春市轨道交通隧道工程经验，根据近年来隧道施工领域相关研究取得的一些成果，采用较为广泛应用的隧道地表沉降曲线 Peck 计算公式预测的方式，划分隧道工程的主要影响区、次要影响区和可能影响区的三个影响分区。隧道工程影响分区的具体划分可参考图 4 所示。

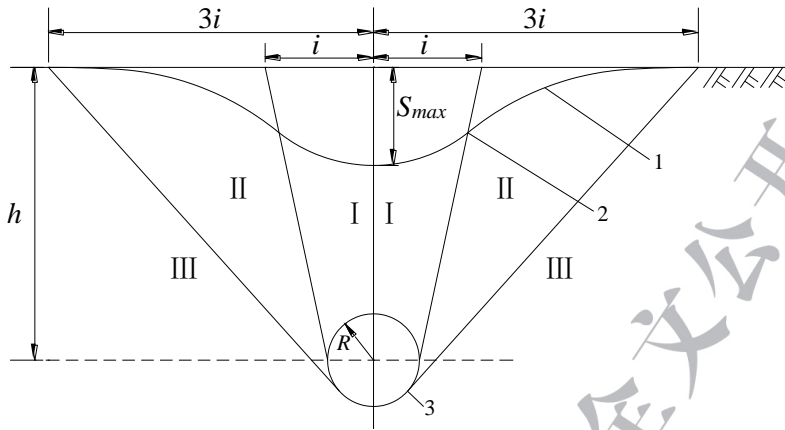


图4 盾构法隧道工程影响分区

- I——主要影响区；II——次要影响区；III——可能影响区；
 1——沉降曲线；2——反弯点；3——隧道；
 i ——隧道地表沉降曲线 Peck 计算公式中沉降槽宽度系数； h ——隧道中心埋深；
 R ——隧道半径； S_{max} ——隧道轴线上方最大地表沉降量

图5为盾构法隧道掘进过程中土体的变形模式，盾构掘进使周边土体产生剪切扰动和开挖卸载，在隧道周围形成剪切扰动区。根据极限平衡原理，塑性区应与剪切扰动区相切，该区界线称为完全界线，与地面交界处的地面沉降值为零。约75%的土层垂直变形发生在隧道间隙的上半环，其影响区称为垂直土层变形影响带。垂直土层变形影响带的边界线从隧道起拱线处开始，水平呈 $45^\circ + \varphi/2$ 。该边界与地面交界处的地表沉降则是由部分累积等量土体损失的25%产生。

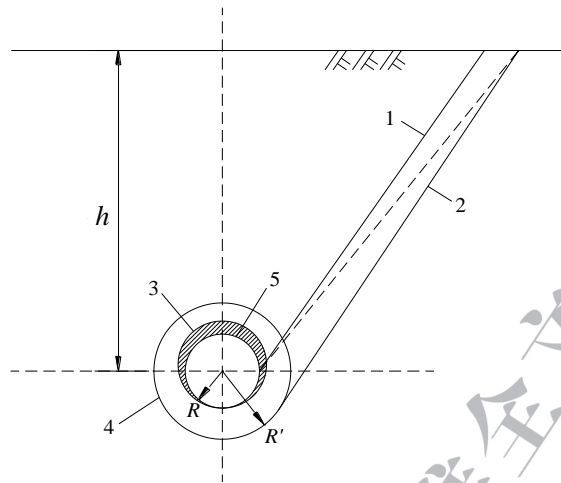


图 5 盾构法隧道掘进中的土体变形模式

- 1——垂直土层变形影响带边界；2——完全边界；3——实际土层损失；
 4——剪切扰动区；5——隧道； h ——隧道轴线至地表深度；
 R ——隧道半径； R' ——土体剪切扰动区半径

Peck 基于大量的施工实测数据统计结果，认为土体移动是由土体损失引起的，在假定土体不排水、沉降槽体积等于土体损失体积的条件下，提出地表沉降槽呈拟正态分布，其曲线形状与盾构隧道实测曲线较吻合，在工程实际中得到了广泛应用。其横向地表沉降按下式估算：

$$S_{(x)} = S_{\max} \cdot \exp\left(-\frac{x^2}{2i^2}\right) \quad (1)$$

$$S_{\max} = \frac{V_s}{\sqrt{2\pi}i} \approx \frac{V_s}{2.5i} \quad (2)$$

$$V_s = V_L \cdot \pi R^2 \quad (3)$$

式中：

$S_{(x)}$ ——距离隧道轴线为 x 处的地表沉降量（mm）；

S_{\max} ——隧道轴线上方最大地表沉降量（mm）；

V_s ——单位长度土体损失量（ m^2 ）；

R ——隧道半径（m）；

x ——距隧道轴线的距离（m）；

i ——沉降槽宽度系数，或沉降槽反弯点或拐点离隧道轴线的水平距离（m）。

针对地表沉降槽宽度系数 i 值得计算公式，表 1 为地表沉降槽宽度系数 i 的取值方法。

表 1 地表沉降槽宽度系数的取值方法

分类	计算公式	使用条件	依据	文献出处	公式序号
I 类	$i = \frac{h}{\sqrt{2\pi} \tan(45^\circ - \frac{\varphi}{2})}$	各类土	—	Knothe	(4)
	$i = (1 - 0.02\varphi)h$	伦敦地区：无黏性土， φ 取 $25^\circ \sim 30^\circ$ ；软黏土， φ 取 $15^\circ \sim 20^\circ$	英国实测资料	韩焯	(5)
II 类	$i = R\left(\frac{h}{2R}\right)^n$ ($n=0.8 \sim 1.0$)	各类土，土越软， n 取值越大	实测资料	Peck	(6)
	$i = R\left(\frac{h}{2R}\right)^{0.8}$	饱和黏土	英国实测资料	Peck	(7)
	$i = kR\left(\frac{h}{2R}\right)^n$	黏土： $k=1, n=1$ ；砂土：地下水位以上， $k=0.82, n=0.36$ ；地下水位以下， $k=0.74, n=0.9$ ；忽略水的影响， $k=0.63, n=0.97$	实测资料	Attewell	(8)
	$i = 1.06R\left(\frac{h}{2R}\right)^{0.94}$	各类土	台北实测资料	陈秋宗	(9)
	$i = 1.15R\left(\frac{h}{2R}\right)^{0.9}$	黏土	—	Loganathan	(10)
	$i = 0.25(h + R)$ $i = 0.25(1.5h + 0.5R)$	松砂 密实和超固结黏土	实测资料和模型试验	Atkinson, Potts	(11)
	$i = 0.29h + R$	黏土	离心模型试验	Lee, Wu, Chiou	(12)

续表 1

分类	计算公式	使用条件	依据	文献出处	公式序号
III类	$i = 0.5h$	黏土	实测资料和离心模型试验	Attewell, panner	(13)
	$i = 0.43h + 1.1$ $i = 0.28h - 0.12$	黏性土, $3m \leq h \leq 34m$; 粒状土, $6m \leq h \leq 10m$	英国实测资料	O'Reilly, New	(14)
	$i = kh$	对于砂性土, $k=0.2 \sim 0.3$; 对于软黏土, $k=0.7$; 对于中等黏土, $k=0.5$; 对于硬黏土, $k=0.4$	英国实测资料	O'Reilly, New	(15)
	$i = (0.57 + 0.45h) \pm 1.01$	固结效应不显著地层		Leach	(16)
	$i = 4.35 + 7.29 \times 10^{-9} h^8$		上海实测资料	继立	(17)
IV类	$i = m \left[R + h \tan(45^\circ - \frac{\varphi}{2}) \right]$	黏性土, $m=0.45 \sim 0.5$	实测资料	魏纲	(18)

注: i ——隧道地表沉降曲线 peck 计算公式中地表沉降槽宽度系数 (m),
 h ——隧道中心埋深 (m); k ——沉降槽宽度参数,
 φ ——隧道轴线以上土体内摩擦角 ($^\circ$)。

从表 1 可以看出, 现有的 15 个 i 值计算公式可以分为四类; I 类于 h 、 φ 有关; II 类与 h 、 R 有关; III 类与 h 有关; IV 类与 h 、 R 、 φ 有关。

对上述 i 值计算公式进行分析: 由式 (4) 可知, 随着 φ 值的增大, i 值也随之增大, 因此会得到逐渐增宽的沉降槽, 这与实测结果恰好相反, 因此不采用。式 (5) 是基于伦敦地区的经验数据得到的, 在国内的引用还需进一步验证, 因此不采用。式 (7) ~ 式 (14)、式 (16)、式 (17) 提出的 i 值计算公式与土质条件无关, 因此不采用。只有式 (6)、式 (15) 和式 (18) 是根据实测数据统计得到的, 可靠性较强。式 (18) 由于参数 m 取值范围较小, 从

而减小了因经验性参数取值范围较大带来的误差,对于黏性土比较适用。

对 i 值得影响因素进行分析:根据相关研究表明,在隧道相同埋深、相同直径条件下,随着土质变好,土体移动焦点随之下移,相对应的地表沉降槽范围也减小。另外,砂土地基易于发生拱效应,使应力释放发生在一定范围内,其沉降槽的范围较大。由此可见: i 值不仅与隧道半径 R 、隧道轴线埋深 h 有关,而且与土质条件 φ 有关。不同土质条件下 i 值的大小不同,土质条件越好(土的内摩擦角 φ 越大),沉降槽宽度越小, i 值也越小。

通过对长春市地铁 1、2 号线盾构隧道的地表沉降横向监测断面实测数据统计分析,得出的研究结果如下:

1 采用 peck 公式对实测地面沉降数据进行正态曲线拟合,找出沉降槽曲线反弯点,经分析研究表明,在隧道轴线埋深 $1.1D < h < 3D$ (D 为隧道直径)的情况下,隧道沉降槽宽度系数 i 的取值范围为 $i=5\sim 9$,则 $3i=15\sim 27$;沉降槽宽度参数 k 取值范围为 $k=0.3\sim 0.77$ 不同的土质, k 取值不同,对于软弱土, k 取大值;对于砂土, k 取小值;对于硬黏土, k 取中间值。

2 在沉降槽曲线分析中,沉降曲线普遍在隧道轴线处沉降量最大,但同时也发现沉降槽并非完全对称,最大沉降点并没有处在轴线位置,而是偏移了轴线,但总的偏移量不是很大,经分析认为主要原因是由隧道上半部分土质不均匀而造成的,地质条件的不均匀导致沉降量不一致。因此在这种情况下,就应适当增加沉降槽的宽度,考虑其影响范围,在布设监测横断面时,应注意适当加大监测范围。

有些学者研究了盾构法隧道深层土体沉降槽的宽度系数,表明了随着 z (为距地面的垂直距离或地层深度)值得增加,盾构隧道施工引起的深层土体沉降槽宽度 $i(z)$ 逐渐减小,不同的土体减小速度不同, $i(z)/i(z=0)$ 与 $(1-z/h)$ 之比在黏性土中基本呈幂函数关系,在砂土中呈线性关系。

对于盾构法隧道地表沉降槽宽度的分析,《城市轨道交通工程监测技术规范》GB 50911 及有些学者认为地表沉降槽宽度可取 $5i$, 即距离隧道轴线水平距离 $2.5i$ 处地面沉降为零。

令 $x=2.5i$, 由 Peck 公式 (1) 可得:

$$S(x=2.5i) = S_{\max} \times \exp\left[-\frac{(2.5i)^2}{(2i)^2}\right] = 0.044S_{\max}$$

设 $S_{\max}=23\text{mm}$, 则

$$S(x=2.5i) = 0.044 \times 23 = 1.012(\text{mm}) > 0$$

可见该假定会使地表沉降槽宽度偏小。

有些学者提出,地表沉降槽宽度可取 $6i$, 即离隧道轴线水平距离 $3i$ 处地面沉降为零。

令 $x=3i$, 由 Peck 公式 (1) 可得:

$$S(x=3i) = 0.011S_{\max}$$

设 $S_{\max}=23\text{mm}$, 则

$$S(x=3i) = 0.011 \times 23 = 0.253(\text{mm}) \approx 0$$

可见该假定比较符合实际情况,说明地表沉降槽宽度宜取 $6i$ 。若取 $5i$ 将导致地表沉降槽宽度偏小。现场实测资料也证实了这一点。

因此,本标准在土质隧道影响分区中,将主要影响区确定为隧道正上方及沉降曲线反弯点 i 范围内,将次要影响区确定为隧道沉降曲线反弯点 i 至沉降曲线边缘 $3i$ 处,可能影响区确定为隧道沉降曲线边缘 $3i$ 以外,这样的划分与现场实测比较吻合。矿山法隧道影响分区也按照盾构法隧道的影响分区进行划分。

3.2.4 本条列举了软土、不良地质、采取辅助措施以及工程出现异常等条件需要调整工程监测范围和影响分区界线的 5 种情况。

3.2.5 工程支护结构、周围岩土体与周边环境具有相互作用、相互影响的关系,基坑设计深度、隧道埋深和断面尺寸的大小,支护结构形式的强弱,地质条件复杂程度的不同,对周边环境的影响程度和影响范围是不同的。同时,周边环境受工程施工的影响程度与其

和工程之间的空间位置关系密切相关，越邻近工程的周边环境受影响程度越大。复杂的周边环境对工程安全性也会产生较大影响，对工程支护结构设计及施工措施的要求更加严格。监测范围应结合工程自身的特点和周边环境条件进行确定，监测范围应覆盖工程周边受施工影响的主要影响区和次要影响区两个区域。

3.3 基坑、隧道工程监测等级划分

3.3.1 本条明确工程监测等级的划分需要将工程自身风险等级、周边环境风险等级和地质条件复杂程度三大影响因素结合在一起综合考虑。

3.3.2 工程自身风险等级是指工程自身设计、施工的复杂程度带来的风险。本标准是在不考虑周边环境和地质条件的情况下，根据城市轨道交通工程特点，结合相关规范中关于工程安全等级的划分标准，对城市轨道交通基坑、隧道工程自身风险等级进行了划分。

基坑工程自身风险等级划分标准是依据国家现行标准《城市轨道交通工程监测技术规范》GB 50911、《建筑地基基础工程施工质量验收规范》GB 50202、《建筑地基基础设计规范》GB 50007、《建筑基坑工程监测技术规范》GB 50497、《建筑基坑支护技术规程》JGJ 120、《建筑基坑工程监测技术规程》DB22/JT 139 等综合确定的，其划分的主要依据或指标是基坑设计深度。

国家现行标准《建筑地基基础工程施工质量验收规范》GB 50202 以 7m、10m 为基坑等级的划分标准，《建筑地基基础设计规范》GB 50007 以 5m、15m 为划分标准，《城市轨道交通工程监测技术规范》GB 50911 以 10m、20m 为划分标准，《建筑基坑工程监测技术规范》GB 50497 和《建筑基坑工程监测技术规程》DB22/JT 139 均有明确规定 5m 以上开挖深度应实施基坑监测。综上所述，本标准以大于或等于 20m 深度的基坑为一级，大于或等于 10m 且小于 20m 深度的基坑为二级，小于 10m 深度的基坑为三级。

本标准采用隧道埋深和断面尺寸对隧道工程自身风险等级进行划分。隧道断面尺寸划分标准是依据现行行业标准《铁路隧道施工规范》TB 10204 的规定。隧道埋深分类及划分标准在《铁路隧道设计规范》TB 10003 和《公路隧道设计规范》JTG D70 中均有不同划分方法。结合现行国家标准《城市轨道交通工程监测技术规范》GB 50911 的规定，本标准规定了超浅埋隧道，超大断面隧道为一级；浅埋隧道，近距离并行或交叠的隧道，盾构始发与接收区段，大断面隧道为二级；深埋隧道，一般断面隧道为三级。

3.3.3、3.3.4 周边环境风险等级和地质条件复杂程度的划分标准是根据现行国家标准《城市轨道交通工程监测技术规范》GB 50911 规定的。

3.3.5 工程监测等级根据工程自身风险等级、周边环境风险等级和地质条件复杂程度三大影响因素划分为由高到低依次为一、二、三级。本标准是先以工程自身风险等级和周边环境风险等级综合标准进行判定工程监测等级的基础上，根据工程地质条件复杂程度对监测等级进行调整。预先判定是采用就高不就低原则；工程地质条件复杂程度为中等或简单时可不作调整，为复杂时等级上调一级，上调后的最高级为一级。

4 变形监测控制网

4.1 一般规定

4.1.1 本条规定了变形监测控制网基准点、工作基点的布设要求，基准点是变形测量的依据，工作基点是作为高程和平面坐标的传递点。目的是保证监测过程中基准点和工作基点的稳定性、可靠性，且数量充足，方便使用和检核，规避了因基准点或工作基点的不稳定、被破坏或无法检核等原因，导致监测数据不能连续、准确、真实的反映监测对象实际变形过程。因吉林省内各地区的为季节性冻土类型，所以地表普通基准点标石的埋设深度宜在最大冻土深度线0.5m以下，使点位更为稳固、可靠。

4.1.2 基准点和工作基点受自然环境和人为破坏等外界因素影响，不可避免的存在个别点位发生变化，为验证其稳定性，确保变形监测数据准确可靠，在监测前对基准点和工作基点进行检核是必要的。

4.1.3 本条规定了监测控制网的复测间隔时间一般为3个月，因吉林省地区有明显的土层季节性冻融现象，地表普通基准点易受冻融作用发生变动，因此在冻融期复测频率应随温度变化对点位稳定性的影响情况而增大，宜不低于每月1次。

4.2 水平位移监测控制网

4.2.1 本条是规定了水平位移监测的坐标系统的选取原则，基于城市轨道交通工程规模较大、监测周期长、内容多、精度要求高等多种因素考虑，采用城市轨道交通坐标系统最为适合，因为可利用既有城市轨道交通平面控制点作为监测基准点，在局部小范围网精度可靠的情况下还可直接使用既有网成果，大大降低测设监测控制网

的成本和时间。基于城市轨道交通工程与铁路、公路、机场等其它较为大型建设工程有衔接、交叉施工、互相影响等情况考虑，可使用国家坐标系统实施监测。对于单个基坑或较短的隧道等其它小规模工程，只是以测定监测体的变形量为目的，则采用独立坐标系统即可满足监测需要，且应一次完成布网，以提高网精度。

4.2.2 水平位移监测控制网的布设要求：

1 由于一般情况下控制网边长较短，应采用强制对中装置观测墩减小对中误差；若采用自由设站方法，后视观测方向不应少于3个，且后视点应设置为稳固的照准标志，也可有效的保证观测精度。

2 对较大范围或无通视条件需要实时定位的水平位移监测可采用卫星定位控制网布设，必要时可设置为 CORS 站形式；对线形边的水平位移监测适合用导线网、基准线形式；对控制面积不大的场地可布设成边角网的形式。

3 采用边角控制网形式应保证可靠的图形强度，三角形内角和边长应根据现场实际情况合理配置，不宜有过大悬殊，确保测角、测边的精度。

4 卫星定位监测控制网布设应符合《城市轨道交通工程测量规范》GB/T 50308 的相关规定。

4.2.3 水平位移监测控制网测量的主要技术要求：

1 本表是根据现行国家标准《工程测量规范》GB 50026 规定的水平位移监测基准网的主要技术要求制定的，按照 I、II、III 等级取 1.0"、1.8"、2.5" 作为相应等级的测角中误差，取 1/120000、1/70000、1/40000 作为相应等级的最弱边相对中误差，取 9、9、6 测回作为相应等级的水平角观测测回数，取 4、3、2 测回作为相应等级的距离观测测回数，取 1.5mm、3.0mm、6mm 作为相应控制网等级的相邻基准点的点位中误差。

相邻基准点的点位中误差应高于或等于水平位移监测点的点位中误差，即监测基准网精度高于或等于监测网的精度，其中监测

点的点位中误差是相对邻近基准点而言的。若采用更高精度的监测基准网将提高工程成本,因此所采用的相邻基准点的点位中误差是与其监测等级相对应监测点的点位中误差相同的系列数值。

城市轨道交通工程所采用的水平位移监测控制网的控制范围较小,多为单三角形和大地四边形,一般采用独立坐标系统一次完成布网,若布设成三角网,除了对水平位移监测控制网起始边相对中误差不低于 $1/200000$,需用测距精度为 $1\text{mm}+1\times 10^{-6}\times D$ 测距仪施测外,其它等级水平位移监测控制网起始边均可用测距精度为 $2\text{mm}+2\times 10^{-6}\times D$ 测距仪测定,它们的起始边精度可达到上一级最弱边相对中误差的要求,可根据纵横向上误差计算点位中误差的公式(19)进行推算。

$$m_{\text{点}}=L\sqrt{\left(\frac{m_{\beta}}{\rho}\right)^2+\left(\frac{1}{T}\right)^2} \quad (19)$$

2 采用卫星定位等其它方法布设控制网,须满足本标准表 4.2.3 相应控制网等级的相邻基准点的点位中误差要求,基准网边长的设计须和观测精度相匹配。

4.3 竖向位移监测控制网

4.3.1 城市轨道交通高程系统一般情况下就是城市高程系统,城市轨道交通高程控制网是联测城市高程控制网一等水准点建立的,并分两个等级布设,一等网为全市轨道交通高程控制网,二等网为线路高程控制网。城市轨道交通高程控制网具有精度可靠,控制点数量充足、分布合理且与工程规模匹配,便于检核和长期使用等诸多优点,在满足监测精度要求时,高程控制网可直接作为监测控制网使用。局部小范围的短期工程或无法与城市轨道交通高程控制点联测等情况可采用假定高程系统。若涉及铁路、公路、机场等大规模工程根据实际情况可与国家水准点联测,采用同一国家高程系统。

4.3.2 竖向位移监测控制网的布设要求:

1 竖向位移监测应根据施工和设计要求布设监测控制网，宜将施工影响区外的既有城市轨道交通高程控制点纳入网内。既有轨道交通高程网的整网精度往往低于监测控制网的精度要求，宜将其按等级和工程需要划分为若干个独立网，以满足监测控制网精度要求直接使用。

2 采用静力水准测量方法进行竖向位移监测时，静力水准的参考点很难布设到施工影响范围以外的稳定区域，点位稳定性很难满足基准点的要求，最好在观测路线的两端分别布设工作基点，以便采用水准测量方法相互检核。

3 基准点的选点和埋石可按照《国家一、二等水准测量规范》GB/T 12897 的相关规定执行。

4 城市轨道交通工程地下施工时对隧道结构拱顶、底板，车站立柱结构等监测对象应进行竖向位移监测，地下基准点一般使用的是在变形区外稳定的高程联系测量近井点或地下高程控制点。

4.3.3 竖向位移监测控制网测量的主要技术要求：

1 水准测量、电磁波测距三角高程测量、静力水准测量的方法均可以进行高程控制测量，其中应用最为广泛且的是水准测量。当受到作业条件限制时，且常规的水准测量很难完成，效率低、精度难以控制时，可利用高精度全站仪进行电磁波测距三角高程测量完成 II、III 等级高程控制测量工作。最好选用测角精度在 $0.5''$ 以上，测距精度不低于 $1\text{mm}+1\times 10^{-6}\times D$ 的全站仪进行三角高程测量。采用中间设站的观测方式，类似于常规的水准测量作业方式，即在两个控制点分别架设棱镜，在其中适当位置架设全站仪进行观测。这种观测方法最大优点是，所观测的棱镜高可以固定，且无需量取测站的仪器高，相对于常规方法消除了仪器高的量取误差。

2 竖向位移监测控制网主要技术要求和水准观测主要技术要求是根据现行国家标准《工程测量规范》GB 50026 规定的，仅将水准观测主要技术要求的 III 等级前后视距限差的要求提高到 1m ，其余不变。

在竖向位移监测控制网主要技术要求中,相邻基准点高差中误差是制定相关技术指标的依据,且应小于或等于监测点的高程中误差。监测点的高程中误差,是指相对于邻近基准点而言,它与相邻基准点高差中误差是不同概念。表中往返较差、附和或环线闭合差为测站高差中误差的 $2\sqrt{n}$ 倍,取检测已测高差之较差为测站高差中误差的 $2\sqrt{2}\sqrt{n}$ 倍,其中 n 为测站数。

3 采用卫星定位或其它方法测设竖向位移监测控制网,应满足相邻基准点高差中误差的限差要求,测量的技术要求应按照国家现行相关标准执行。

4.4 基准点的校核

4.4.1 竖向位移监测控制网一般采用闭合或附和水准路线的几何水准法测量,可按距离或测站数定权的平差方法计算各基准点高程。水平位移监测控制网根据不同的控制网布设方法采用不同的测量方法,因此平差计算也需要采用与测量方法相应的专业软件解算出各基准点的平面坐标。监测控制网测量是监测工作的基础,是能否获取监测点有效变形量的关键,控制网测量精度直接影响监测数据采集的准确性,基准点不稳定将严重影响监测点变形量的真实性,误导变形分析的结果,无法起到对设计和施工的指导作用。因此,从第二期监测控制网测量起,应及时对基准点进行校核,确定监测控制测量成果。

4.4.2 竖向位移监测基准点的校核方法很多,但都有一定的局限性。在城市轨道交通工程建设过程中,对于车站、区间和附属结构等单项工程的竖向位移监测工作,所埋设的基准点数量为3个~4个,采用本条提出的方法可较为方便的对其稳定性作出分析和判断。若出现多个差值超限情况时,该方法可能无法判定,就需要结合基准点埋设情况及周边环境变化情况作出尽可能合理的判断。

4.4.3 水平位移监测基准点的校核方法为“平均间隙法”,基本思

想如下：

1 对两期观测成果，按秩亏自由网方法分别进行评差；

2 使用 F 检验法进行两期图形一致性检验，如果检验通过，则确认所有基准点是稳定的；

3 如果检验不通过，使用“尝试法”，依次去掉每一点，计算图形不一致性减少的程度，使得图形不一致性减少最大的那一点是不稳定的点。排除不稳定点后再重复上述过程，直至去掉不稳定点后的图形一致性通过检验为止。

4.4.4 通过基准点复测结果分析判断不稳定点后，应进行现场勘察，找出产生不稳定的原因，若无法解决不稳定问题则该点不宜继续用作基准点使用，应舍弃或按照本标准关于基准点布设的要求重新布设稳定的新基准点。同时，对于已经使用不稳定基准点施测的有关各期监测数据，应剔除不稳定影响后重新进行数据处理，获得更为可靠的成果，及时将处理结果上报给建设、设计、监理、施工等相关单位和管理部门，并在报告中说明。

5 明（盖）挖法工程监测

5.1 一般规定

5.1.1 城市轨道交通工程的所有监测对象可归纳为三大类，分别是支护结构、周围岩土体和周边环境。明（盖）挖法工程的支护结构主要包括支护桩（墙）、边坡、立柱、支撑、锚索、锚杆、土钉等结构；基坑开挖影响范围内的坑外土体、岩体、地下水及地表均属于周围岩土体，周边建（构）筑物、城市轨道交通设施、铁路、道路、地表水体及水利设施等属于周边环境。

5.1.2 为使监测数据能有效反映监测对象的不同部位、不同对象之间、不同监测项目之间的内在联系和变化规律需要按监测断面布设监测点。

5.2 监测项目

5.2.1 本标准将明（盖）挖法工程仪器监测项目分为应测项目和选测项目。应测项目是指在施工过程中，对支护结构、周围岩土体和周边环境等监测对象进行的日常必要的监测项目，是以保证施工安全为目的而实施的；选测项目是指为设计、施工、科研等特殊需要在指定部位或区段开展的监测项目。

5.3 监测点布设

5.3.1 明（盖）挖法基坑工程的支护结构、边坡顶部水平位移和竖向位移监测是较为简单直接的反映整个基坑的稳定性的监测方法。为方便观测、对照分析监测数据，一般情况将其布设为共用点形式。

监测点沿基坑周边布设于各边中间部位、阳角部位、深度变化部位、邻近建（构）筑物及地下管线等重要环境部位、地质条件复杂部位等敏感部位。

5.3.2 支护结构桩（墙）体水平位移监测是基坑支护结构体系安全状态的最直接反映，是判断桩、墙体的安全稳定性的重要监测手段。支护结构桩（墙）体水平位移监测的布点间距一般是支护结构顶水平和竖向位移监测的两倍。监测点布设在基坑各边中间部位和阳角部位等易发生较大的水平位移的部位，与支护结构顶部水平位移和竖向位移监测点共同组成监测断面，便于监测数据的对比分析。为保证监测点的“成活率”，埋设过程应采取相应的保护措施，确保在支护结构桩（墙）体浇筑和冠梁施工时不被破坏，重要部位宜埋设设备用点。

5.3.3 基坑工程中水平支撑与支护结构桩（墙）构成了一个完整的支护结构，水平支撑的主要作用是平衡基坑外侧土压力，使基坑的支护结构体系受力平衡，防止外侧土压力过大导致基坑失稳。支撑轴力的变化与基坑开挖深度、温度变化、坑边堆载、地下水位变化等情况有关，一般设置为竖向监测断面，在同一竖向监测断面的每道支撑均应布设轴力监测点，且与支护结构桩（墙）体水平位移布设在同一断面处，以便对照分析。断面位置应选择在基坑中部、阳角部位、深度变化部位、支护结构受力条件复杂及支撑系统中起控制作用的部位，如基坑端头的最长斜撑部位，受力较其它直撑更大，风险更高，需要设置轴力监测点控制。混凝土支撑使用钢筋计进行监测，应在同一轴力监测截面上均匀布设不少于 4 个钢筋计，以反映支撑轴力的实际变化。

5.3.4 锚索、锚杆的作用是通过拉力抵消基坑支护结构或边坡外侧的土压力，当基坑土层软弱、地下水较大时，锚索或锚杆张拉后应力容易损失，难以起到稳固基坑支护结构的作用。拉力的大小随基坑的开挖深度而变化，若基坑旁边有高大建筑物或较大堆载时，拉力会明显增大。因此，拉力监测点布设为竖向监测断面形式，并与

支护结构桩（墙）体水平位移监测点同一监测断面布置。

5.3.5 立柱在顶部荷载作用下会产生沉降，在水平支撑荷载作用下会产生水平位移，在基底回弹压力的作用下会产生隆起，当立柱隆起或沉降较大时，会使支撑节点因弯矩过大而破坏，甚至造成支撑体系失稳或基坑倾覆的严重后果。因此，立柱监测点应布设在基坑中部、多根支撑交汇处、地质条件复杂处、承受荷载较大处的立柱上。基底地质条件复杂或承压水作用明显情况下，应根据实际情况增加监测根数。

5.3.6 支护结构桩（墙）应力监测是实际受力情况对设计计算结果的检验，监测点应根据设计计算结果、基坑深度、地面荷载、受力条件等因素，布设在支护结构桩（墙）弯矩特征点部位。

5.3.7 盖挖法结构顶板应力监测点应布设在顶板与立柱、边桩的刚性连接处均为受力较为复杂的部位，以及跨度较大顶板的跨中部位，应与立柱结构变形监测点对应布置，以便对照分析。

5.3.8 放坡开挖的基坑一般采用土钉墙支护结构，土钉拉力监测点布设为竖向监测断面，监测点间距应根据基坑边坡结构情况确定，与坡顶或各层平台顶的变形监测点布设在同一监测断面上，便于相互印证，对照分析。

5.3.9 城市轨道交通工程的竖井一般采用倒挂井壁法施工，竖井开挖过程中的井壁初期支护结构应进行净空收敛监测。当井室边长较大且施工风险较高时，应适当增设收敛测线，或减小监测断面间距。

5.3.10 周边地表沉降监测断面及监测点的布设是为了直接反映基坑工程的不同影响分区地表的沉降情况，分析基坑施工过程对周边地表的影响范围和程度。监测点布设在基坑变形有代表性的位置，且与基坑支护结构监测点共同组成监测断面。在车站基坑与暗挖区间衔接部位的监测点布设宜综合考虑车站及区间施工引起的变形过程。

5.3.11 地下水位观测可反映基坑工程的降水效果和影响范围，根据不同的降水形式、降水方法、监测目的布设水位观测孔。主要作

用一是检验降水井的降水效果，二是观测降水对周边环境的影响。检验降水井降水效果时，观测孔应布置在降水井点（群）降水区降水能力弱的部位；观测降水对周边环境影响时，观测孔应沿被保护对象的周边布置。水位观测孔通常布设在降水区域中央、长短边中点、周边四角，一般距结构外 1.5m~2m 处。

5.3.16 在基坑工程施工过程中，由于工序衔接、场地条件等客观不利因素，坑底隆起（回弹）监测点埋设、保存、观测都十分困难。当基坑规模较大、基底土层暴露时间较长或膨胀性较大、周边有有较大荷载的高大建筑物时，监测点布设在基坑开挖时容易引起基底较大隆起的位置。

5.4 现场巡查

5.4.1 明（盖）挖法工程施工现场巡查范围应与施工影响范围一致，巡查对象应包括支护结构、周围岩土体、周边环境及监测设施等。巡查内容包括施工工况、支护结构、周边环境、监测设施以及与基坑安全有关的作业活动和相关问题。在监测过程中，一些安全事故发生前的征兆不是单从仪器监测数据分析预判的，因此应将现场巡查和仪器监测数据结合起来进行综合分析，才能更为准确的判断出工程本身及周边环境的安全状态，采取更为有效的安全措施，规避安全事故的发生。

5.5 监测频率

5.5.1 明（盖）挖法工程监测频率应根据基坑施工进度、基坑设计深度、地质条件和周边环境复杂程度等因素分阶段确定。

1/ 基坑工程开挖前进行支护结构施工阶段会对周边地表、地下管线及邻近建（构）筑物产生一定的影响，监测频率宜不低于 1 次/3 天，有明显变形影响应根据实际情况增大监测频率。

2 基坑降水也会对周边地表和周边环境产生沉降影响，开挖前降水阶段的监测频率根据周边沉降变形情况确定，宜为 1 次/（1 天~2 天）。

3 基坑开挖阶段，监测频率遵循着设计和开挖深度越深、地质条件和周边环境越复杂，监测频率也就越高的规律进行确定。不同监测项目的监测频率是相同的，当监测数据变化加快时，应提高监测频率。

4 基坑结构施工阶段，基坑支护结构的稳定性有明显提高，监测频率随着基坑结构施作完成情况逐步降低，一般情况下宜按以下监测频率进行监测：在基坑底板浇筑后，1 天~7 天，1 次/1 天；7 天~15 天，1 次/2 天；15 天~30 天，1 次/3 天；30 天后，1 次/7 天；基本稳定后，1 次/30 天。

5 在拆除内支撑时是支护结构发生受力转换的过程，会对支护结构的稳定产生影响，应根据基坑支护结构变形情况适当提高监测频率。

5.5.2 在竖井开挖期间，是邻近开挖面的竖井井壁初支结构施工风险最高的时段，监测频率不应低于 1 次/1 天；整个竖井的初支结构施工完成后，形成了相对较为稳定的结构状态，监测频率随时间和监测数据的变化情况逐步降低。

5.5.3 坑底隆起（回弹）监测在基坑开挖过程是无法进行监测的，基坑开挖前无法埋设坑底隆起（回弹）监测点也无法获取监测数据，只能在到达机械开挖完成的深度后，即距设计基底深度 0.5m（人工开挖土方的深度）时，采集初始值并开始监测，之后在基坑开挖完成后、浇筑基础混凝土之前各进行 1 次监测，进行至少 3 次观测，若基底暴露时间较长应根据实际情况增加监测次数。

5.5.4 因吉林省冬季严寒气候特点，基坑开挖、土方清运、网喷混凝土、模板浇筑混凝土等施工作业在极寒温度下很难进行，即使采取保温措施，施工速度难以有明显提高。冬期施工期间的风险相对较高，土体在冻胀的影响下破坏了土体结构内力分布，钢支撑在冷

缩作用下会出现轴力损失，均会造成支护结构受力及变形影响，对基坑的稳定构成风险；根据吉林省工程建设地方标准《建筑基坑工程监测技术规程》DB22/JT 139 规定并结合已有监测经验确定冬期监测频率，即冬期施工期间基坑开挖阶段监测频率应不低于本标准的 5.5.1 条规定，结构施工阶段的监测频率不低于 1 次/5 天。冬期停工期间，基坑进入保温维护阶段，支护和保温措施到位的情况下，基坑相对稳定性较高，可根据实际气温变化按本标准表 5.5.4 的规定确定监测频率。

5.6 监测控制值

5.6.1 支护结构和周围岩土体的监测控制值与支护结构设计特点和周边环境条件等有密切关系，是工程设计、施工、监测等工作的控制要点，控制值的大小可直接影响到工程和周边环境安全，对施工和监测方法的确定以及工期和造价都有很大影响。因此，合理确定监测控制值是一项十分重要的工作。

本标准按监测项目进行实测数据分类统计，依据《城市轨道交通工程监测技术规范》GB 50911、《建筑基坑工程监测技术规范》GB 50497、《建筑基坑工程监测技术规程》DB22/JT 139 等国家现行标准，并结合已有工程经验对监测控制值的确定进行了专题研究。

专题研究收集并统计分析长春市轨道交通工程 1、2 号线的设计文件、地质勘察报告和第三方监测资料。岩土类别按照现行国家标准《建筑抗震设计规范》GB 50011 的划分为坚硬~中硬土和中软~软弱土两种。统计内容为主要研究监测项目的所有测点在监测期内最终变形值，以及各监测项目主要监测点的最终变形值的最大值、最小值和均值等。按坚硬~中硬土和中软~软弱土两种岩土类型地区分别统计不同监测项目实测数据的具体分析内容如下：

1 支护桩（墙）顶竖向位移

1) 相关规范和标准的规定

国家现行标准《城市轨道交通工程监测技术规范》GB50911、《建筑基坑工程监测技术规范》GB 50497 和《建筑基坑工程监测技术规范》DB22/JT 139 规定的支护结构（墙）顶竖向位移控制值如表 2 所示。

表 2 支护结构（墙）顶竖向位移控制值对比表

工程监测等级	支护结构类型	《城市轨道交通工程监测技术规范》GB 50911		《建筑基坑工程监测技术规范》GB 50497		《建筑基坑工程监测技术规范》DB22/JT 139	
		累计绝对值 (mm)	相对基坑深度(H)值	累计绝对值 (mm)	相对基坑深度(H)值	累计绝对值 (mm)	相对基坑深度(H)值
一级	土钉墙、型钢水泥土墙	—	—	20~40	0.3%~0.4%	20~40	0.3%~0.4%
	灌注桩、地下连续墙	10~25	0.1%~0.15%	10~20	0.1%~0.2%	10~20	0.1%~0.2%
二级	土钉墙、型钢水泥土墙	—	—	50~60	0.6%~0.8%	50~60	0.6%~0.8%
	灌注桩、地下连续墙	20~30	0.15%~0.3%	25~30	0.3%~0.5%	25~30	0.3%~0.5%
三级	土钉墙、型钢水泥土墙	30~40	0.5%~0.6%	70~80	0.8%~1.0%	70~80	0.8%~1.0%
	灌注桩、地下连续墙	20~30	0.15%~0.3%	35~40	0.5%~0.6%	35~40	0.5%~0.6%

2) 实际统计数据结果

根据长春地铁 1、2 号线《岩土工程详细勘察报告》，21 个明（盖）挖车站基坑的场地土类型综合评价多为中软土，支护桩（墙）顶竖向位移监测数据统计结果，见图 6。

21 个车站基坑沉降变形的监测点数量明显多于隆起点，沉降的监测点占监测点总数的 65.2%，平均沉降值为-5.2mm，最大沉降值-45.5mm；隆起的监测点占监测点总数的 34.8%，平均隆起值为

3.9mm，最大隆起值 20.3mm。最大沉降约为 $0.20\%H$ ，最大隆起约为 $0.14\%H$ ，其中 H 为对应的车站基坑开挖深度。经统计监测点的实测数值在 $-30\text{mm}\sim+20\text{mm}$ （-表示沉降，+表示隆起）的数量约占监测点总数的 99.6%。

因此，根据以上统计结果对支护桩（墙）顶竖向位移可按沉降和隆起分别控制，其中，沉降按 -30mm 、 $0.30\%H$ 进行控制，隆起按 $+20\text{mm}$ 进行控制，对绝大多数的本地工程都能满足安全控制的要求。

根据监测控制值的确定原则、相关规范和标准、上述统计结果，针对不同工程监测等级的安全控制要求，本标准推荐的支护桩（墙）顶沉降和隆起控制值为：

一级基坑累计值 $10\text{mm}\sim 20\text{mm}$ ，相对基坑深度(H)值 $0.1\%H\sim 0.15\%H$ ，变化速率 $2\text{mm/d}\sim 3\text{mm/d}$ ；

二级基坑累计值 $20\text{mm}\sim 30\text{mm}$ ，相对基坑深度 (H) 值 $0.15\%H\sim 0.3\%H$ ，变化速率 $3\text{mm/d}\sim 4\text{mm/d}$ ；

三级基坑累计值 $20\text{mm}\sim 30\text{mm}$ ，相对基坑深度 (H) 值 $0.15\%H\sim 0.3\%H$ ，变化速率 $3\text{mm/d}\sim 4\text{mm/d}$ ；

各等级基坑隆起的控制值均为 20mm 。

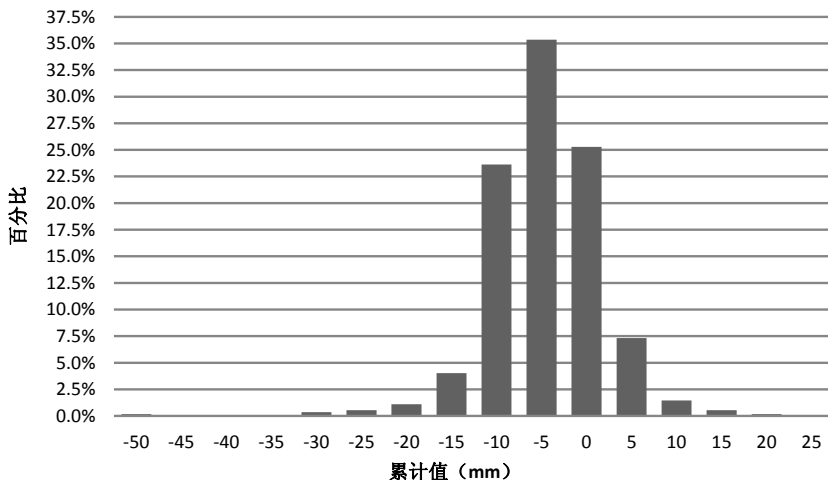


图 6 21 个明（盖）挖基坑 546 个监测点的最终竖向位移分布频率柱形图

2 支护桩（墙）顶水平位移

1) 相关规范和标准的规定

国家现行标准《城市轨道交通工程监测技术规范》GB 50911、《建筑基坑工程监测技术规范》GB 50497 和《建筑基坑工程监测技术规程》DB22/JT 139 规定的支护结构（墙）顶水平位移控制值如表 3 所示。

表 3 支护结构（墙）顶水平位移控制值对比表

工程监测等级	支护结构类型	《城市轨道交通工程监测技术规范》GB 50911		《建筑基坑工程监测技术规范》GB 50497		《建筑基坑工程监测技术规程》DB22/JT 139	
		累计绝对值 (mm)	相对基坑深度(H)值	累计绝对值 (mm)	相对基坑深度(H)值	累计绝对值 (mm)	相对基坑深度(H)值
一级	土钉墙、型钢水泥土墙	—	—	30~35	0.3%~0.4%	30~35	0.3%~0.4%
	灌注桩、地下连续墙	15~25	0.1%~0.15%	25~30	0.2%~0.3%	25~30	0.2%~0.3%
二级	土钉墙、型钢水泥土墙	—	—	50~60	0.6%~0.8%	50~60	0.6%~0.8%
	灌注桩、地下连续墙	20~30	0.15%~0.3%	40~50	0.5%~0.7%	40~50	0.5%~0.7%
三级	土钉墙、型钢水泥土墙	30~60	0.6%~0.8%	70~80	0.8%~1.0%	70~80	0.8%~1.0%
	灌注桩、地下连续墙	20~40	0.2%~0.4%	60~70	0.6%~0.8%	60~70	0.6%~0.8%

2) 实际统计数据结果

对 22 个明（盖）挖车站基坑支护桩（墙）顶水平位移监测数据统计结果，见图 7、图 8。

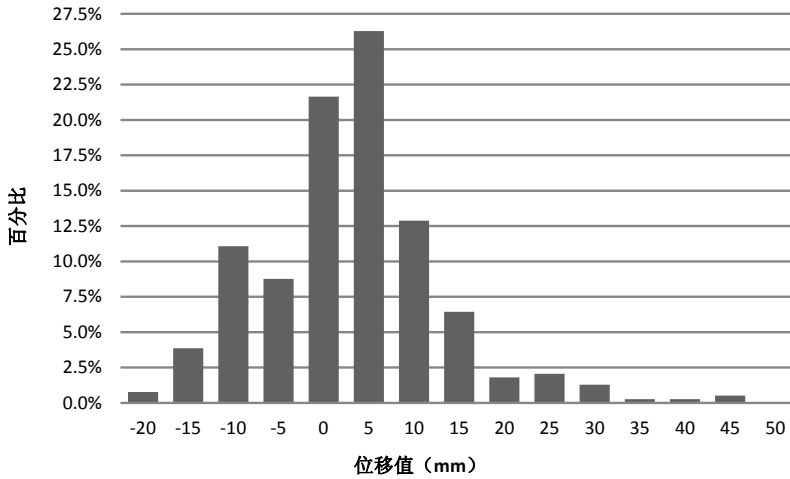


图 7 20 个中软土地区基坑 388 个监测点桩（墙）
顶水平向位移分布频率柱形图

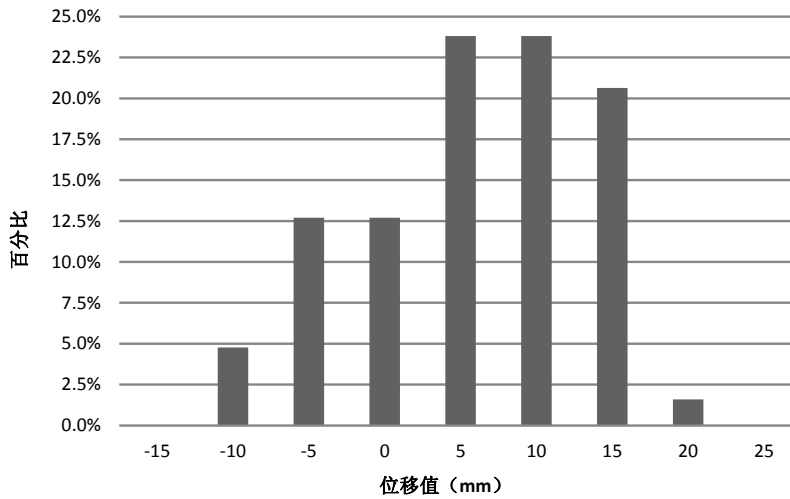


图 8 2 个中硬土地区基坑 63 个监测点桩（墙）
顶水平向位移分布频率柱形图

统计结果显示，在中硬土、中软土两类地区均有出现向基坑内、外的水平位移情况，且位移量的大小与基坑深度无明显关系。中硬土地区 2 个基坑的 63 个监测点中实测数值分布在 $-10\text{mm}\sim+20\text{mm}$ 以内（-表示向基坑外的水平位移，+表示向基坑内的水平位移）；中软土地区 20 个基坑的 388 个监测点中实测数值分布在 $-20\text{mm}\sim+50\text{mm}$ 以内，其中在 $-15\text{mm}\sim+40\text{mm}$ 以内的监测点数量约占总数

的 96.4%。因此,无论在中硬土地区还是中软土地区的支护桩(墙)顶向基坑内的水平位移可按+40mm 进行控制,对绝大多数的本地工程都能满足安全控制的要求。支护桩(墙)顶向基坑外的水平位移控制值的确定应结合支护结构形式、支撑轴力的大小、岩土条件等因素。

根据监测控制值的确定原则、相关规范和标准、上述统计结果,针对不同工程监测等级的安全控制要求,本标准推荐的支护桩(墙)顶向基坑内的水平位移控制值为:

一级基坑累计值 15mm~25mm,相对基坑深度(H)值 $0.1\%H\sim 0.15\%H$,变化速率 2mm/d~3mm/d;

二级基坑累计值 20mm~30mm,相对基坑深度(H)值 $0.15\%H\sim 0.3\%H$,变化速率 3mm/d~4mm/d;

三级基坑累计值 20mm~40mm,相对基坑深度(H)值 $0.2\%H\sim 0.4\%H$,变化速率 3mm/d~4mm/d;

当需对基坑支护桩(墙)顶向基坑外的水平位移进行控制时,建议控制值为 20mm。

3 支护桩(墙)体水平位移

1) 相关标准的规定

国家现行标准《城市轨道交通工程监测技术规范》GB 50911、《建筑基坑工程监测技术规范》GB 50497 和《建筑基坑工程监测技术规程》DB22/JT 139 规定的支护结构(墙)体水平位移控制值如表 4 所示。

表 4 支护结构（墙）体水平位移控制值对比表

工程监测等级	支护结构类型	岩土类型	《城市轨道交通工程监测技术规范》 GB 50911		《建筑基坑工程监测技术规范》 GB 50497		《建筑基坑工程监测技术规范》 DB22/JT 139	
			累计绝对值 (mm)	相对基坑深度(H)值	累计绝对值 (mm)	相对基坑深度(H)值	累计绝对值 (mm)	相对基坑深度(H)值
一级	型钢水泥土墙	坚硬~中硬土	—	—	50~55	0.5%~0.6%	45~55	0.5%~0.6%
		中软~软弱土	—	—				
	灌注桩、地下连续墙	坚硬~中硬土	20~30	0.15%~0.2%	40~50	0.4%~0.5%	40~55	0.4%~0.5%
		中软~软弱土	30~50	0.2%~0.3%				
二级	型钢水泥土墙	坚硬~中硬土	—	—	75~80	0.7%~0.8%	75~80	0.7%~0.8%
		中软~软弱土	—	—				
	灌注桩、地下连续墙	坚硬~中硬土	30~40	0.2%~0.4%	70~75	0.6%~0.8%	70~80	0.7%~0.8%
		中软~软弱土	40~60	0.3%~0.5%				
三级	型钢水泥土墙	坚硬~中硬土	40~50	0.40%	80~90	0.9%~1.0%	80~90	0.9%~1.0%
		中软~软弱土	50~70	0.70%				
	灌注桩、地下连续墙	坚硬~中硬土	30~40	0.2%~0.4%	70~90	0.8%~1.0%	70~90	0.9%~1.0%
		中软~软弱土	50~70	0.5%~0.7%				

2) 实际统计数据结果

对于 3 个中硬土地区的基坑支护桩（墙）体向基坑内、外的水平位移情况均有出现，支护桩（墙）体水平位移值在-15mm~+40mm（-表示向基坑外的水平位移，+表示向基坑内的水平位移）的监测点数量约占监测点总数的 92.3%。桩（墙）体向基坑内水平位移的最大值约为 0.20%H，平均值约为 0.12%H。

中硬土地区支护桩（墙）体向基坑内的水平位移可按+40mm、0.40% H 进行控制，对绝大多数的本地工程都能满足安全控制的要求；向基坑外的水平位移量较小且变形原因较为复杂，因此控制值的确定应结合支护结构形式、支撑轴力的大小、岩土条件等因素。

由图 9 可以看出，19 个中软土地区基坑 180 个监测点的支护桩（墙）体水平位移监测数据分布在-40mm~+130mm 范围内，其中在-30mm~+70mm 的监测点数量约占监测点总数的 95.6%。桩（墙）体向基坑内水平位移的最大值约为 0.55% H ，平均值约为 0.19% H 。

中软土地区支护桩（墙）体向基坑内的水平位移可按+70mm、0.70% H 进行控制，对绝大多数的本地工程都能满足安全控制的要求；因向基坑外的水平位移变形原因较为复杂，控制值的确定应结合支护结构形式、支撑轴力的大小、岩土条件等因素。

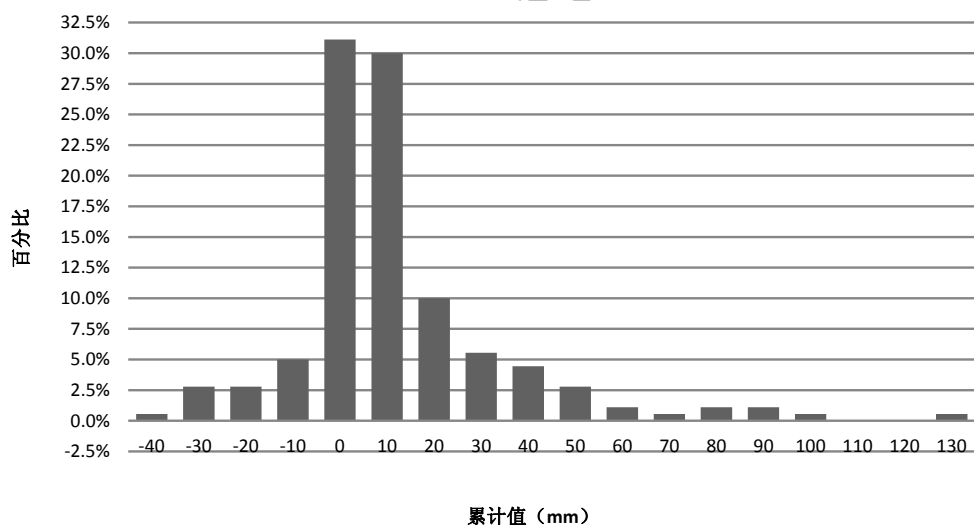


图 9 19 个中软土地区基坑 180 个监测点桩（墙）体水平向位移分布频率柱形图

城市轨道交通基坑工程具有规模较大、开挖较深、地质和周边环境条件复杂、施工周期长等特点，其施工风险相对较高，因此对支护桩（墙）体的变形要求较为严格。根据监测控制值的确定原则、

相关规范和标准、上述统计结果，针对不同工程监测等级的安全控制要求，本标准推荐的坚硬~中硬土地区支护桩（墙）体向基坑内的水平位移控制值为：

一级基坑累计值 20mm~30mm，相对基坑深度(H)值 $0.15\%H\sim 0.2\%H$ ，变化速率 2mm/d~3mm/d；

二级基坑累计值 30mm~40mm，相对基坑深度(H)值 $0.2\%H\sim 0.4\%H$ ，变化速率 3mm/d~4mm/d；

三级基坑累计值 30mm~40mm，相对基坑深度(H)值 $0.2\%H\sim 0.4\%H$ ，变化速率 4mm/d~5mm/d。

当需对坚硬~中硬土地区基坑支护桩（墙）顶向基坑外的水平位移进行控制时，建议控制值为 15mm。

本标准推荐的中软~软弱土地区支护桩（墙）体向基坑内的水平位移控制值为：

一级基坑累计值 30mm~50mm，相对基坑深度(H)值 $0.2\%H\sim 0.3\%H$ ，变化速率 2mm/d~4mm/d；

二级基坑累计值 40mm~60mm，相对基坑深度(H)值 $0.3\%H\sim 0.5\%H$ ，变化速率 3mm/d~5mm/d；

三级基坑累计值 50mm~70mm，相对基坑深度(H)值 $0.5\%H\sim 0.7\%H$ ，变化速率 4mm/d~6mm/d。

当需对中软~软弱土地区基坑支护桩（墙）顶向基坑外的水平位移进行控制时，建议控制值为 30mm。

4 地表沉降

1) 相关规范和标准的规定

国家现行标准《城市轨道交通工程监测技术规范》GB 50911、《建筑基坑工程监测技术规范》GB 50497 和《建筑基坑工程监测技术规程》DB22/JT 139 规定的地表沉降控制值如表 5 所示。

表 5 地表沉降控制值对比表

工程监测等级	岩土类型	《城市轨道交通工程监测技术规范》 GB 50911		《建筑基坑工程监测技术规范》 GB 50497		《建筑基坑工程监测技术规范》 DB22/JT 139	
		累计绝对值 (mm)	相对基坑深度(H)值	累计绝对值 (mm)	相对基坑深度(H)值	累计绝对值 (mm)	相对基坑深度(H)值
一级	坚硬~中硬土	20~30	0.15%~0.2%	25~35	—	25~35	—
	中软~软弱土	20~40	0.2%~0.3%				
二级	坚硬~中硬土	25~35	0.2%~0.3%	50~60	—	50~60	—
	中软~软弱土	30~50	0.3%~0.5%				
三级	坚硬~中硬土	30~40	0.3%~0.4%	60~80	—	60~80	—
	中软~软弱土	40~60	0.4%~0.6%				

2) 实际统计数据结果

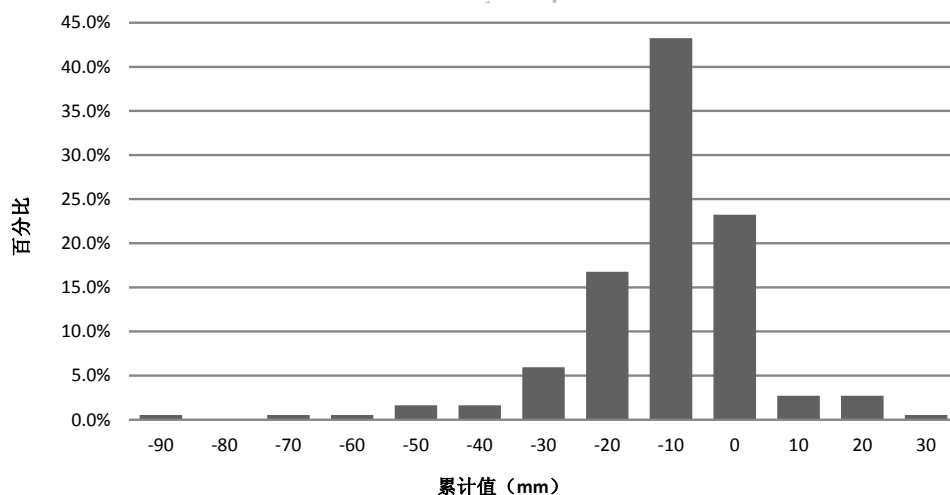


图 10 2 个中硬土地区基坑周边 185 个监测点地表沉降分布频率柱形图

从图 10 可以看出，在中硬土地区基坑周边地表同时出现沉降和隆起现象，2 个基坑的 185 个监测点地表沉降值分布在 -40mm~+20mm（-表示沉降，+表示隆起）的监测点数量占监测点总数的 93.5%。最大地表沉降值约为 0.38% H ，最大地表沉降的平均值约

为 $0.29\%H$ 。

中硬土地区地表沉降按 -40mm 和 $0.40\%H$ 进行控制，对绝大多数的本地工程都能满足安全控制的要求。

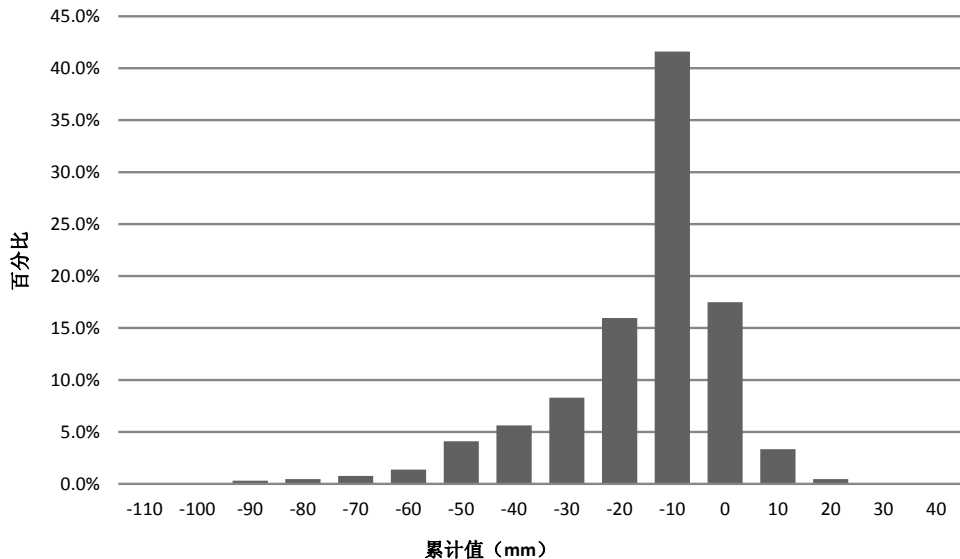


图 11 20 个中软土地区基坑周边 1315 个监测点地表沉降分布频率柱形图

从图 11 可以看出，中软土地区的基坑周边地表沉降变形分布比中硬土更为明显，且比中硬土地区的沉降量更大。19 个基坑的 1315 个监测点的地表沉降数值在 $-60\text{mm} \sim 0\text{mm}$ 的监测点数量占监测点总数的 94.4% 。最大地表沉降值约为 $0.47\%H$ ，最大地表沉降的平均值约为 $0.24\%H$ 。

中软土地区地表沉降按 -60mm 和 $0.60\%H$ 进行控制，对绝大多数的本地工程都能满足安全控制的要求。

根据监测控制值的确定原则、相关规范和标准、上述统计结果，针对不同工程监测等级的安全控制要求，本标准推荐的坚硬~中硬土地区地表沉降控制值为：

一级基坑累计值 $20\text{mm} \sim 30\text{mm}$ ，相对基坑深度 (H) 值 $0.15\%H \sim 0.2\%H$ ，变化速率 $2\text{mm/d} \sim 3\text{mm/d}$ ；

二级基坑累计值 $25\text{mm} \sim 35\text{mm}$ ，相对基坑深度 (H) 值 $0.2\%H \sim$

0.3% H ，变化速率 2mm/d~4mm/d；

三级基坑累计值 30mm~40mm，相对基坑深度(H)值 0.3% H ~0.4% H ，变化速率 2mm/d~4mm/d。

当需对坚硬~中硬土地区基坑周边地表隆起进行控制时，建议控制值为 20mm。

本标准推荐的中软~软弱土地区地表沉降控制值为：

一级基坑累计值 20mm~35mm，相对基坑深度(H)值 0.2% H ~0.3% H ，变化速率 2mm/d~4mm/d；

二级基坑累计值 30mm~50mm，相对基坑深度(H)值 0.3% H ~0.5% H ，变化速率 3mm/d~5mm/d；

三级基坑累计值 40mm~60mm，相对基坑深度(H)值 0.4% H ~0.6% H ，变化速率 4mm/d~6mm/d。

综合各类技术规范及标准的规定和实测数据统计分析结果，本条款给出了基坑工程支护结构和周围岩土体的不同监测项目的控制值，其中地表沉降和支护结构桩（墙）体水平位移根据工程场地土类型不同，分别进行了统计和研究并给出了监测控制值。

5.7 装配式混凝土车站结构监测

5.7.1 预制装配式技术在国内没有地下车站结构工程经验可以参考的条件下，首次在长春市地铁 2 号线工程中应用并取得成功，在我国地铁预制装配式发展史上有着里程碑的重要意义，已积累的监测经验对同类工程的监测工作具有着重要的参考价值。

装配式混凝土地下车站结构的仪器监测项目应根据装配式结构特点以及不同施工阶段的荷载变化情况进行确定，其结构形式如图 12 所示。结构拼装施工过程中对拼装结构所进行的主要的仪器监测项目为净空收敛、拱顶沉降、钢筋应力监测。

净空收敛和拱顶沉降监测可直接反应拼装就位的衬砌环因荷载变化而产生的结构变形特征及规律，是装配式结构安全稳定状况

最为直接的体现。钢筋应力监测的目的是为了掌握预制构件受力的大小和分布规律，与装配式结构变形数据对比分析、验证拼装结构受力是否超过设计强度等。

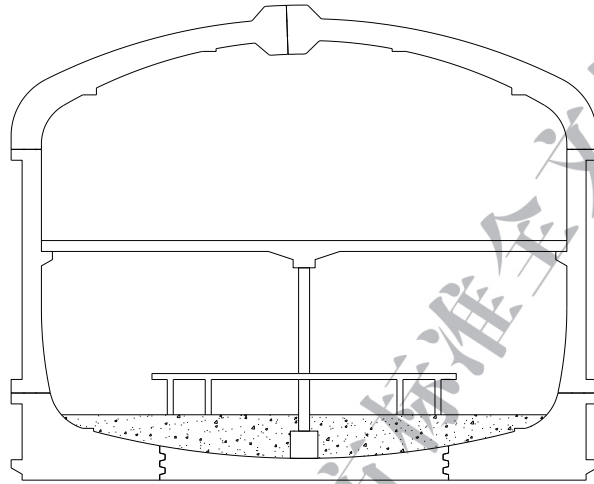


图 12 长春市地铁 2 号线装配式混凝土车站结构设计剖面图

5.7.2~5.7.3 装配式混凝土车站结构监测点及监测断面的布设位置应具有代表性，其位置应能够反应各荷载变化过程的变形特征及规律，净空收敛、拱顶沉降和钢筋应力监测点应布设在同一监测断面上，以便于各项监测数据对比分析，准确判定装配式结构的安全稳定状态。

5.7.4 装配式结构的监测频率应根据荷载变化情况及结构变形速率进行确定。在背后回填、顶拱回填、水位恢复等荷载变化较大的施工阶段，监测及巡查频率宜为 1 次/（1 天~2 天）；当变形超过有关标准或外界条件变化较大时，应加密观测；当有危险事故征兆时，则需进行连续监测。

6 盾构法隧道工程监测

6.1 一般规定

6.1.1 本条对盾构法隧道工程的监测对象进行了归纳分类,其中管片结构监测项目包括管片结构竖向、水平位移、净空收敛、结构应力、连接螺栓应力监测;周围岩土体监测项目包括地表沉降、土体深层水平位移和分层竖向位移、围岩压力、孔隙水压力监测;周边环境监测项目包括周边建(构)筑物、地下管线监测等。

6.1.2 本条对盾构法隧道工程的监测项目监测断面选取、监测点布设及数据采集进行了规定。地面和隧道内监测点应统筹考虑,宜同断面布设,处于同一断面内的监测数据应同步采集。

6.2 监测项目

6.2.1 本条列出盾构法隧道管片结构和周围岩土体监测项目,并对各工程监测等级划分为应测和选测项目。

6.3 监测点布设

6.3.1 本条对盾构法隧道工程管片结构竖向、水平位移和净空收敛监测断面的选取及监测点布设位置进行了规定。盾构隧道的始发、接收区段、联络通道附近、地下水位较高、围岩软硬不均等区段是工程高风险部位,施工可能会引起周围岩土体受力不均匀、土体变形滑移、涌砂涌水等风险,导致结构变形损坏。尤其隧道下穿或邻近重要建(构)筑物、地下管线及河流湖泊等环境对象时会对环境对象的安全与稳定造成较大影响。因此,应在上述部位或区段布设

管片结构竖向和水平位移、净空收敛监测断面及监测点。

6.3.2 盾构法隧道工程管片结构应力、管片围岩压力、管片连接螺栓应力监测，可直接反应管片结构的受力状态及受力分布规律，从而判断管片结构的安全状态。监测断面宜与管片结构竖向、水平位移和净空收敛处于同一监测断面，监测点宜与管片净空收敛监测点布设在拱顶、拱底、两侧拱腰处的同一位置。

6.3.3 本条对盾构法隧道的周边地表沉降监测断面的选取及监测点布设位置进行了规定。盾构法隧道施工引起周边地表变形的机理较为复杂，是一种综合效应，可归纳为以下几种因素：开挖面土体的移动、土体挤入盾尾空隙、盾构姿态的改变、外壳移动与地层间的摩擦和剪切作用、地下水流失、土体由于施工引起的固结、水土压力作用下隧道管片产生的变形以及盾构通过后产生空隙又未能及时注浆填充。盾构法隧道的始发和接收区段、联络通道等部位以及地质条件不良区段是安全事故的高发区段，施工风险比较大，对这些区域应加密监测。

6.3.4 本条对盾构法隧道的周围土体深层水平位移和分层竖向位移监测孔及监测点布设进行了规定，其主要目的是为了掌握盾构施工对周围岩土体的影响程度及影响范围，进而了解岩土体变化或滑移对周边建（构）筑物结构的影响程度，判定周边环境安全状态。因此，监测孔的布设位置和深度应综合考虑盾构隧道所处地质条件和周边环境条件，以及监测孔与隧道结构的相对位置关系。

6.3.5 孔隙水压力监测一般是盾构施工过程中在一些特殊地段增加的监测项目，此监测项目的增设要统筹考虑盾构法隧道工程的其他监测项目，应与管片结构的变形监测及内力监测布设在同一监测断面内，便于分析管片结构及周边环境的变形规律和安全状态，进一步指导和优化工程施工和设计。

6.4 现场巡查

6.4.1 盾构法隧道施工现场巡查范围不小于施工影响范围，巡查内容包括施工工况、盾构掘进速度和姿态、管片结构变形、周边环境及监测设施五个主要方面。在盾构法施工过程中，现场巡查应结合盾构掘进速度、出土量、盾构姿态及各项参数控制、工程地质及水文地质条件复杂情况、周边环境情况，隧道内与地面上巡查工作应相互对应。尤其是在下穿重要环境风险，通过不良地质围岩，管片结构出现开裂、剥落或较大错台、较大渗漏水，地面出现塌陷、冒浆、起鼓等异常情况部位应重点巡查，避免事故的发生。

6.5 监测频率

6.5.1 本条规定了盾构法隧道工程施工中隧道管片结构、周围岩土体和周边环境的监测频率，主要依据盾构掘进面至监测点或监测断面的距离而定。盾构掘进面前方由于开挖扰动，土体受到挤压产生变形移动，从而导致地表以及周边环境变化，所以距盾构掘进面从远到近其监测频率逐渐提高。在盾构掘进面后方由于引起的综合效应沉降，导致盾构隧道管片结构、周围岩土体及周边环境产生变形，因此监测频率同样从远到近逐渐提高，进而才能切实反映隧道结构及周围岩土体变形过程。

6.5.2、6.5.3 盾构法隧道工程相对于矿山法隧道工程，施工中对周围岩土体和周边环境的扰动程度较大，风险把控较困难。因此，当盾构法隧道穿越重要环境风险、重要施工节点或出现异常情况时应提高现场监测频率，必要时进行实时监测。

6.6 监测控制值

6.6.1 盾构法施工过程中管片结构变形和周围岩土体的位移与工

程所处的水文地质条件、周边环境条件及盾构施工参数等密切相关。表 6.6.1-2 的盾构法隧道地表沉降监测控制值是在整理和分析了长春地铁 1、2 号线盾构法隧道工程施工设计文件、岩土勘察报告和第三方监测数据的基础上，结合国家现行有关标准确定的。

《城市轨道交通工程监测技术规范》GB 50911 规定了盾构法隧道工程的地表沉降控制值在坚硬~中硬土为 10mm~40mm，在中软~软弱土为 15mm~45mm；地表隆起控制值为 10mm。

根据长春地铁 1、2 号线《岩土工程详细勘察报告》，对 23 个盾构法隧道工程的场地土类型综合评价，20 个为中软土，3 个为中硬土；地表沉降监测数据统计结果见图 13、图 14。

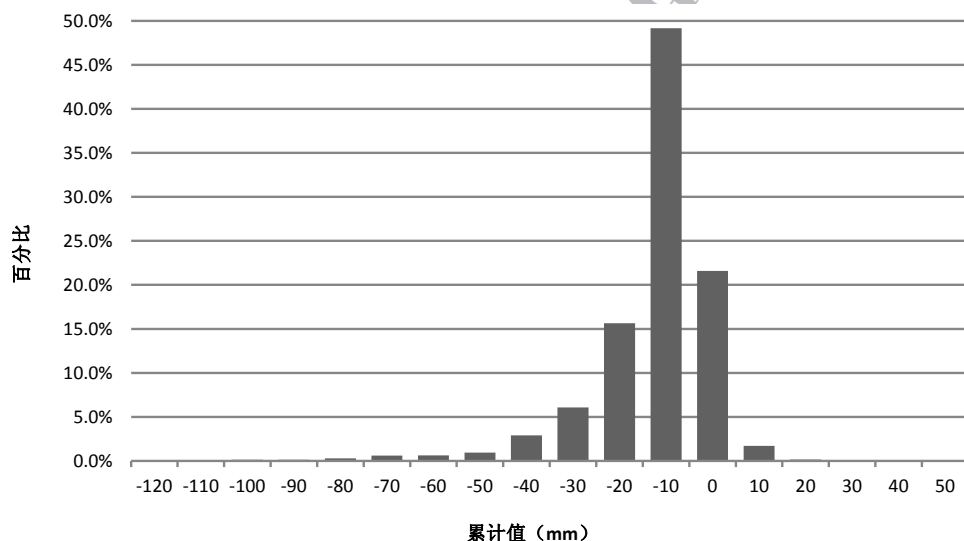


图 13 中软土地区 20 个盾构法隧道的 3210 个监测点地表沉降分布频率柱形图

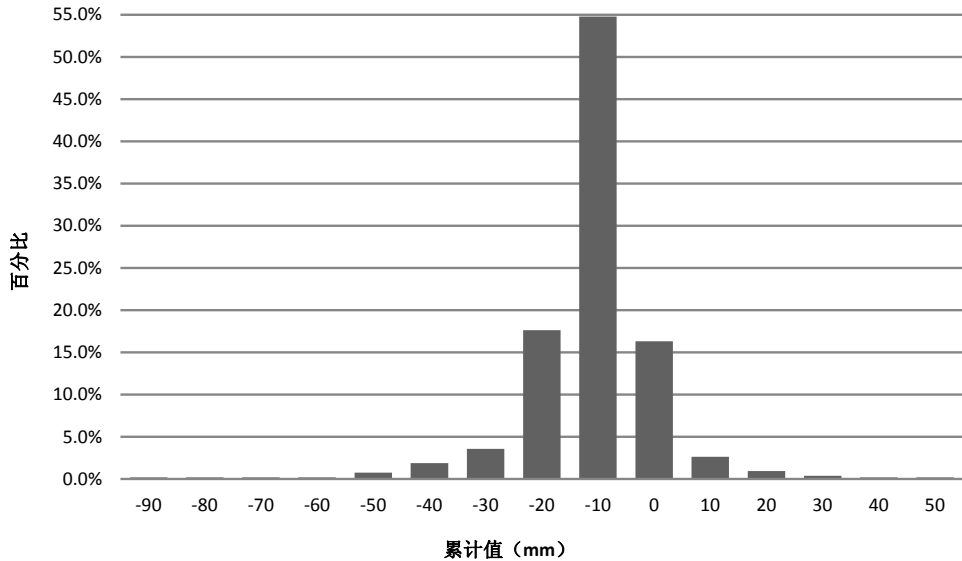


图 14 中硬土地区 3 个盾构法隧道的 533 个监测点地表沉降分布频率柱形图

从图 13、图 14 可以看出，盾构法隧道地表沉降在中软土地区的变形较大，地表沉降实测值在-45mm 以内的监测点数量占沉降监测点总数比例约 96.4%；在中硬土地区地表沉降实测值在-40mm 以内的监测点数量占沉降监测点总数比例约 98.1%；隆起实测值多在+10mm 以内。根据监测控制值的确定原则、相关规范和标准、上述统计结果，针对不同工程监测等级的安全控制要求，本标准给出了盾构法隧道工程地表沉降（隆起）累计变化控制值。

盾构法隧道工程其他监测项目控制值是结合国家现行标准《城市轨道交通工程监测技术规范》GB 50911、《盾构法隧道施工与验收规范》GB 50446、《高速铁路隧道工程施工质量验收标准》TB 10753 等确定。

7 矿山法工程监测

7.1 一般规定

7.1.1 本条对矿山法隧道工程的监测对象进行了规定。

7.1.2 矿山法隧道工程的监测点布设成横向和纵向监测断面，这样可以有效的反映隧道施工影响范围内监测对象的不同部位和对象之间、不同监测项目之间的内在联系和变化规律。隧道支护结构与周围岩土体位移及内力监测点共同组成监测断面，沿隧道开挖方向组成纵向监测断面，沿垂直隧道开挖方向组成横向监测断面。

矿山法隧道支护结构的顶部、底部和两腰是其结构变形和受力最敏感位置，可有效反映隧道结构的稳定状况。当穿越重要周边环境风险或开挖风向较高时，根据实际情况加密监测断面。隧道内位移和内力监测点是在隧道开挖后支护结构施工时布设的，从开挖到监测点开始监测的时间越长，监测所获取的变形量相对于实际施工所产生的总变形量越少，因此，尽可能靠近开挖面布点，可有效提高监测到的变形量占总变形量的比例，更能有效掌握隧道施工过程中隧道支护结构、周围岩土体和周边环境的内在联系和变化规律，对其稳定状况作出更为准确的判定。

7.2 监测项目

7.2.1 本条列出矿山法的支护结构及周边岩土体监测项目，并对各工程监测等级划分为应测和选测项目。

7.2.3 本条所列出在几种不同情况下应增加的监测项目：

1 隧道施工处于存在空洞、水囊等地质条件复杂地段，围岩易受影响产生较大变形和坍塌，采取初期支护、二次衬砌结构应力

及围岩压力监测，能充分掌握初期支护结构、二次衬砌结构及围岩结构的受力分布情况，综合隧道结构变形监测数据，能更准确的判定隧道结构的安全状态，根据隧道结构的受力分布和变形情况，及时采取有效措施规避风险。

2 当隧道施工处于断裂带或其他不良地质区域，除了进行支护结构应力、围岩压力监测外，进行土体深层水平位移及土体分层竖向位移监测，可了解围岩的扰动过程和影响范围，掌握全面的围岩受力和变形参数，是准确判定支护结构和周边环境安全状况的依据。

3 当隧道支护结构出现裂缝，尤其是隧道结构因变形过大而产生的径向裂缝和环向裂缝，应及时对裂缝的长度和宽度进行监测，掌握裂缝变化和发展过程，判定隧道支护结构的安全状况。

7.3 监测点布设

7.3.1 初期支护结构拱顶沉降是指隧道初支结构拱顶部位的竖向变形，净空收敛是指隧道初支结构拱顶、拱腰、拱脚及仰拱等部位之间的空间线性方向上的相对位移，拱顶沉降及净空收敛监测数据直接反映隧道结构在围岩压力作用下的变形程度、特征和规律。拱顶沉降与净空收敛监测点同断面布设，且拱顶沉降监测点也可作为净空收敛的监测点。在同一断面上，单导洞开挖隧道至少布设 1 个拱顶沉降监测点和 1 条水平收敛测线；多个导洞开挖每个上层导洞至少布设 1 个拱顶沉降点，每个导洞至少布设 1 条水平收敛测线；当导洞截面较大或有特殊要求时，应根据隧道结构特点和围岩的压力分布加设特定方向的收敛测线。拱顶沉降和净空收敛监测点应在初期支护结构施作完成后紧随开挖面（离开挖工作面 2m 以内）布设，并及时读取初始值，减少在开挖初期隧道结构变形速率最大时期所观测到变形量的损失。

7.3.2、7.3.3 初期支护结构底板、拱脚竖向位移可反映隧道结构受

到围岩压力作用下的隧道底部结构变形特征和规律，底板和拱脚竖向位移监测点与拱顶沉降监测点同断面布设，且底板竖向位移与拱顶沉降监测点上下对应，底板和拱脚监测点根据需要也可作为净空收敛监测点。

7.3.4 中柱结构竖向位移监测主要是反映支护结构竖向受力变形的指标，监测点布设于中柱结构底部，若中柱结构为钢管柱可选取其底部螺栓作为竖向位移监测点。中柱结构倾斜是反映中柱在偏心方向的水平相对位移变形，监测点宜顶、底对应布设在同一根柱体上。中柱结构应力监测的主要目的是了解中柱受力是否超过设计限值，可使用应变计或应变片在中柱结构的同一水平截面周边均匀布设4个监测点。为便于对照分析中柱结构变形和受力的规律，中柱结构竖向位移、倾斜和应力监测点同柱布设。

7.3.5 初期支护结构应力、二次衬砌应力、围岩压力监测的目的是了解隧道结构在围岩压力作用下的受力特征和分布规律，检验初期支护、二次衬砌结构应力是否超过设计受力限值。初期支护、二次衬砌结构应力可采用应变计或应变片布设监测点，围岩压力采用土压力盒布设监测点。监测断面布设在地质条件复杂或应力变化较大位置，且与拱顶沉降和净空收敛监测断面一致。

7.3.6 周边地表竖向位移监测是反映矿山法施工对周围岩土体及地表的影响，分析并判定周围岩土体和周边环境的安全稳定状态。地表竖向位移监测沿隧道或分部开挖导洞的轴线上方布设纵向监测断面，并在垂直于开挖隧道轴线方向布设横向监测断面，且与隧道内监测断面相对应；监测断面和监测点的布设位置、数量和间距应根据隧道结构形式、开挖方法、监测等级、影响区的分布、地质和环境条件等因素科学合理确定。当隧道开挖断面较大、埋深较浅，下穿不良地质或管线等易发生坍塌事故的重要环境风险时，可根据施工安全需要加密布设。布点周期根据隧道开发速率确定，且保证开挖面前后有地表监测点的控制。

7.3.7 土体深层水平和竖向位移监测是反映隧道施工对围岩结构

的不同深度变形影响。监测点在隧道超前小导管、初支结构背后注浆的影响范围外埋设，一方面保证监测点不被注浆施工破坏，另一方面避免监测数据受到注浆影响而失真。

7.3.8 地下水位监测能反映施工降水影响范围内的降水效果及被保护对象附近水位的动态变化。观测孔埋设在隧道两侧并避开隧道注浆影响范围，避免浆液固结导致水位观测孔不能使用。观测孔埋设深度至少在允许水位以下 3m~5m。

7.4 现场巡查

7.4.1 矿山法工程施工现场巡查范围与施工影响范围一致，巡查内容包括施工工况、支护结构、周围环境、监测设施四个主要方面。在矿山法工程施工过程中，现场巡查结合开挖进度、工程地质及水文地质条件复杂情况、周边环境情况、施工方法与步骤进行。隧道内与地面上巡查工作应相互对应，尤其是在下穿重要环境风险，通过不良地质围岩，隧道结构出现开裂和剥落，开挖面有较大渗漏水、坍塌、管涌，地面出现塌陷、冒浆、起鼓等异常情况的部位应重点巡查。

7.5 监测频率

7.5.1 在矿山法工程施工过程中有两个时段变形速率相对较大的时期，一是隧道开挖初期，二是拆除临时支撑时期。隧道开挖初期是开挖面附近区域，土方开挖是周围岩土体应力释放过程，且刚刚形成的初支结构未与周围岩土体紧贴密实，使得周围岩土体受土压力作用产生较大位移变形，并导致隧道的初期支护结构因受力过大或不均衡而产生较大变形；随着与开挖面的距离逐渐增大，隧道初期支护结构的受力也逐渐均衡稳定，其支护结构的变形速率逐步减小，也趋于收敛稳定；若矿山法隧道工程有临时支撑结构，则在拆

除临时支撑结构时，因受力转换使得隧道初期支护结构发生较大变形，待二次衬砌结构施工完成后，变形速率减小并趋于稳定。因此，矿山法工程的监测点距离开挖面越近监测频率就越高，拆除临时支撑时根据初期支护结构的变形情况增大监测频率。

7.5.2 矿山法车站工程中柱结构竖向位移及结构应力监测，如一次扣拱暗挖逆作法中导洞开挖，或 PBA 工法边跨、中跨的土方开挖，由于土体应力释放及受力转换导致中柱结构受力和变形较大，为掌握变形和受力规律，控制施工风险，根据监测数据变化情况适当增大监测频率；在结构施作过程中，中柱结构的受力和变形均达到稳定，监测频率可根据变形情况适当减小。

7.5.3 矿山法隧道施工地下水位监测频率应根据水位观测孔的作用确定，以监测降水效果为目的应根据降水施工情况、隧道开挖进度等确定监测频率；以控制地下水位为目的监测频率应根据隧道施工进度、被保护对象的变形情况确定监测频率。

7.5.4 矿山法隧道施工采用钻爆法开挖时，因需要对爆破法施工的设计参数进行验证，了解爆破振动对周边环境的影响，规避风险，优化施工方案，调整爆破参数。因此在首次爆破时，对所有需要监测的环境对象均进行监测，再依据首次爆破后的监测结果，结合地质条件和环境对象的特点确定监测频率。针对轨道交通工程、桥梁、隧道、其它重要建（构）筑物等需保护的高风险环境对象时每次爆破均应进行监测。

7.5.6 矿山法隧道工程地下的施工环境温度相对稳定，受冬期寒冷气候影响相对较小，冬期施工期间监测频率不低于本标准 7.5.1 条的规定；冬期停工且开挖面封闭后，开挖面的土方卸载结束，不再有应力释放，隧道结构及周围岩土体受影响变形减小，监测频率可根据变形情况适当降低；冻融期间，地表土层受冻胀和融沉影响，土层结构不稳定，监测频率应根据地表沉降数据适当加密。

7.6 监测控制值

7.6.1 本条规定了矿山法工程支护结构变形、地表沉降的控制值，并分别对区间隧道和车站工程给出相应的控制值。矿山法车站工程一般开挖断面较大，多部进行施工，地表变形控制比区间隧道困难得多，地表沉降累计值的监测控制值相对较大。本标准中表 7.6.1-1 和表 7.6.1-2 的监测控制值是在整理和分析了长春地铁 1、2 号线矿山法工程施工设计文件、岩土勘察报告和第三方监测数据的基础上，结合国家现行有关标准确定的。

1 拱顶沉降

《城市轨道交通工程监测技术规范》GB 50911 规定矿山法区间控制值为 10mm~20mm，车站控制值为 20mm~30mm。

对 24 个矿山法区间隧道的 1100 个监测点拱顶沉降监测数据统计结果，见图 15。对 7 个矿山法车站的 783 个监测点拱顶沉降监测数据统计结果，见图 16。

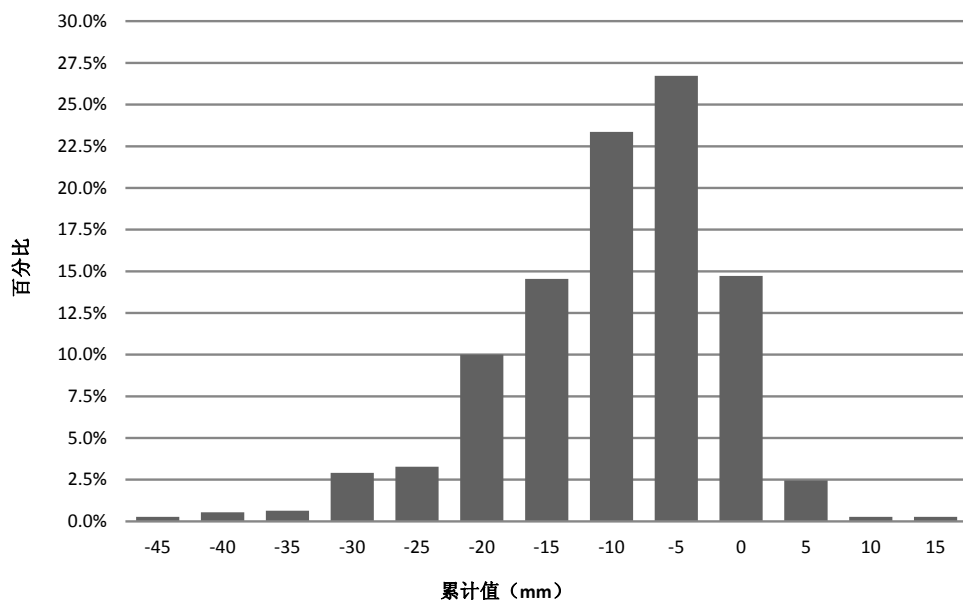


图 15 24 个矿山法区间隧道的 1100 个监测点拱顶沉降分布频率柱形图

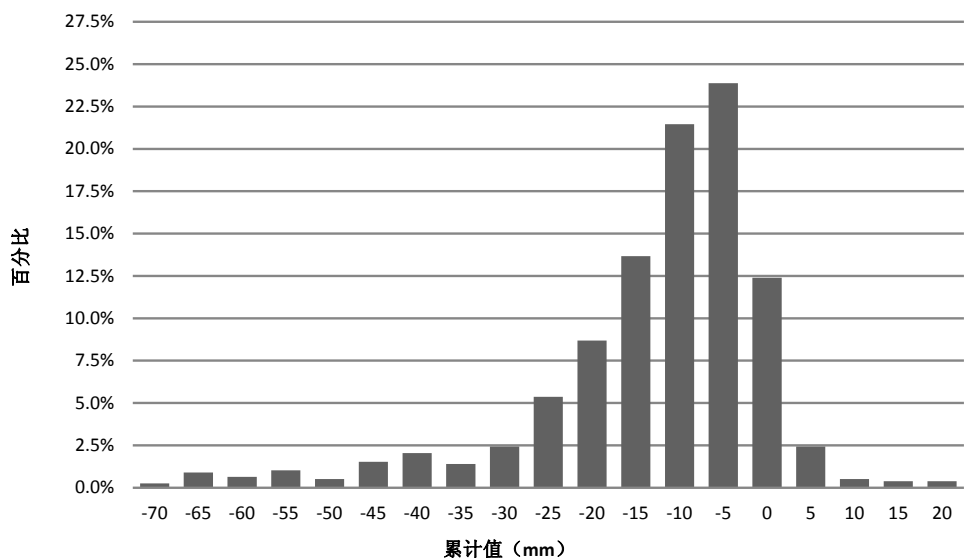


图 16 7 个矿山法车站的 783 个监测点拱顶沉降分布频率柱形图

统计实测结果表明，矿山法区间隧道拱顶沉降实测值在-20mm 以内的监测点数量占沉降监测点总数比例约 90.7%；矿山法车站隧道拱顶沉降实测值在-30mm 以内的监测点数量占沉降监测点总数比例约 90.0%；上浮实测值基本在+10mm 以内。根据监测控制值的确定原则、相关规范和标准、上述统计结果，针对不同工程监测等级的安全控制要求，本标准按区间和车站分别给出拱顶沉降的累计变化控制值。

2 净空收敛

《城市轨道交通工程监测技术规范》GB 50911 规定矿山法隧道的净空收敛控制值为 10mm。

根据长春地铁 1、2 号线《岩土工程详细勘察报告》对 27 个矿山法隧道施工场地土类型的综合评价为 7 个中硬土和 20 中软土地区。对中硬土地区 7 个矿山法隧道的 670 个监测点净空收敛监测数据统计结果，见图 17；对中软土地区 20 个矿山法隧道的 948 个监测点净空收敛监测数据统计结果，见图 18。

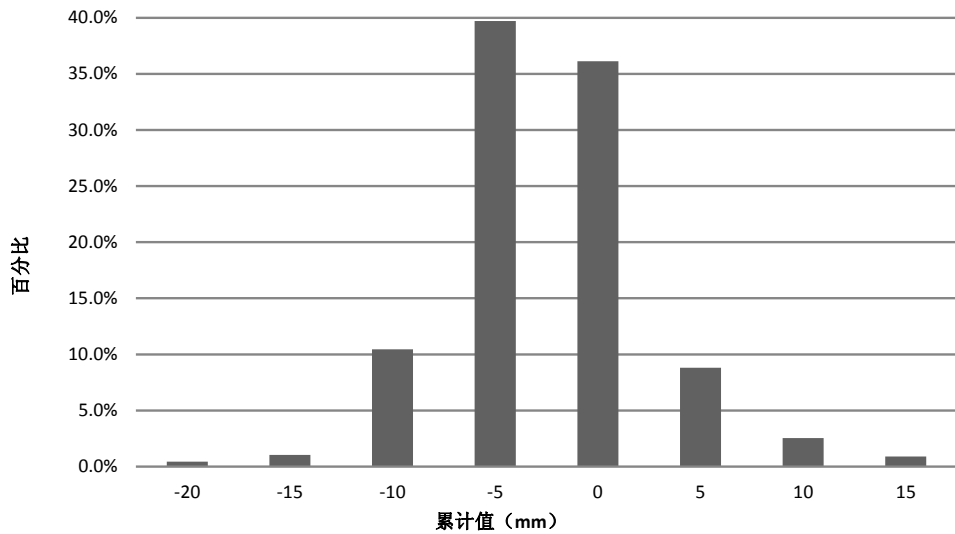


图 17 中硬土地区 7 个矿山法隧道的 670 个监测点净空收敛分布频率柱形图

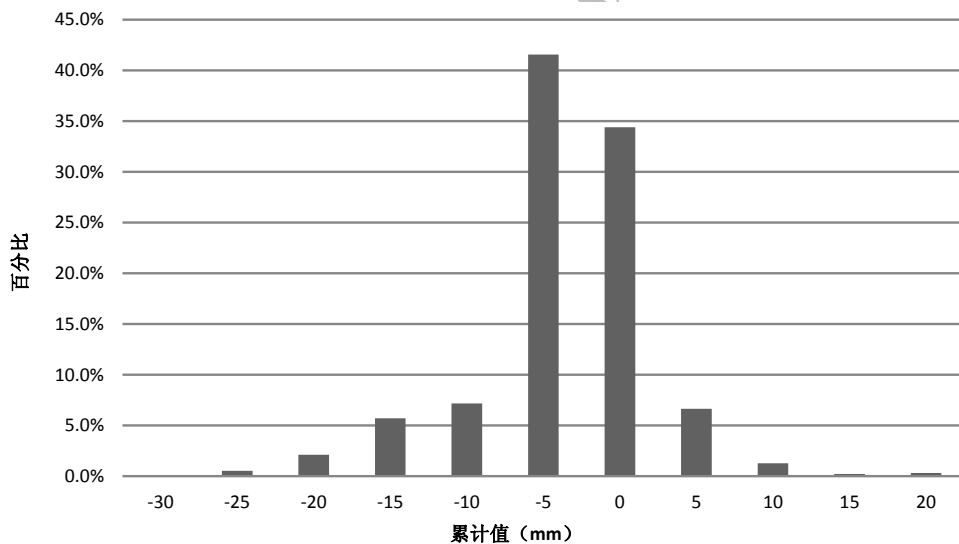


图 18 中软土地区 20 个矿山法隧道的 948 个监测点净空收敛分布频率柱形图

统计实测结果表明，矿山法隧道净空收敛与所在场地土的类型有密切关系，中硬土地区的净空收敛实测值明显小于中软土地区。中硬土地区的实测值在-10mm~+10mm（-表示收敛，+表示扩张）以内的监测点数量占收敛监测点总数比例约 95.1%；中软土地区的实测值在-10mm~+10mm 以内的监测点数量占收敛监测点总数比例约 89.8%，在-20mm~+20mm 以内的监测点数量占收敛监测点总

数比例约 99.1%。中硬土地区按 $-10\text{mm}\sim+10\text{mm}$ ，中软土地区按 $-20\text{mm}\sim+20\text{mm}$ 分别进行控制，对绝大多数的本地工程都能满足安全控制的要求。

根据监测控制值的确定原则、相关规范和标准、上述统计结果，针对不同工程监测等级的安全控制要求，本标准推荐的净空收敛控制值为 $10\text{mm}\sim 20\text{mm}$ 。

3 地表沉降

《城市轨道交通工程监测技术规范》GB 50911 规定矿山法隧道的地表沉降的区间控制值为 $20\text{mm}\sim 40\text{mm}$ ，车站控制值为 $40\text{mm}\sim 70\text{mm}$ 。

对 16 个矿山法区间隧道的 973 个监测点地表沉降监测数据统计结果，见图 19；对 7 个矿山法车站的 806 个监测点地表沉降监测数据统计结果见图 20。

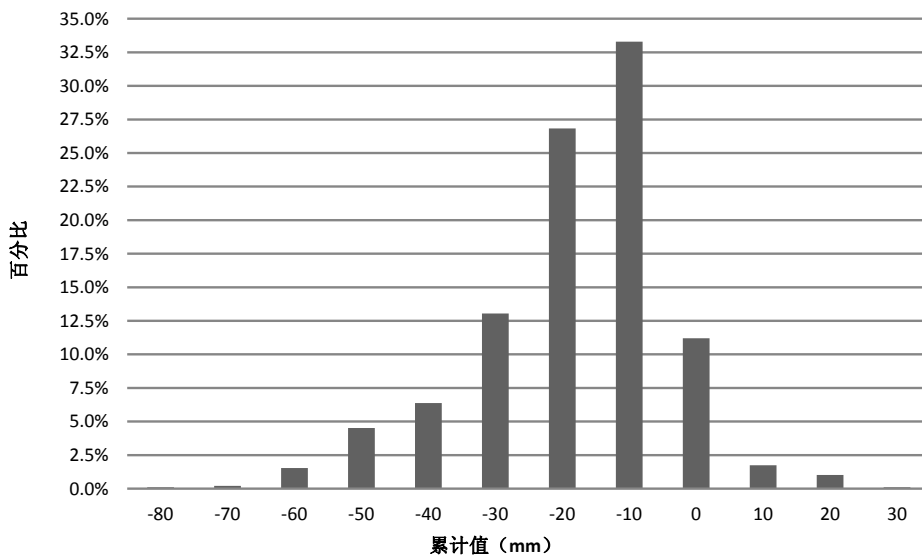


图 19 16 个矿山法区间隧道的 973 个监测点地表沉降分布频率柱形图

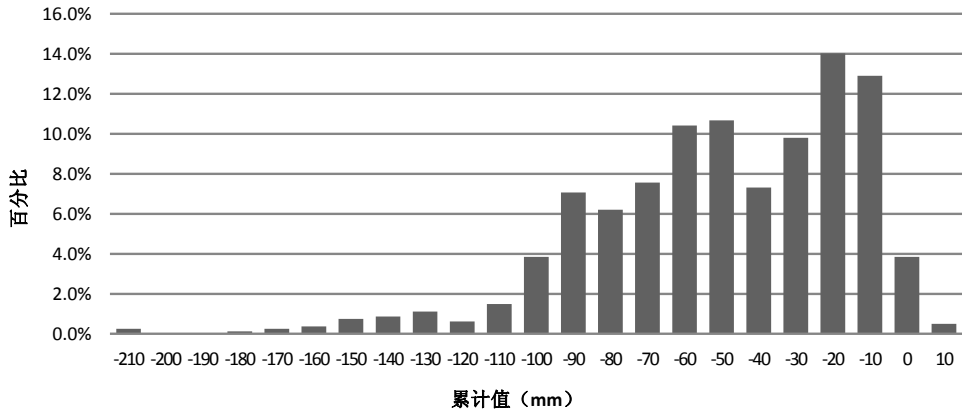


图 20 7 个矿山法车站的 806 个监测点地表沉降分布频率柱形图

统计实测结果表明，车站地表沉降变形明显超过区间隧道，7 个车站的最大地表沉降值为-26.5mm~201.0mm，最大地表沉降平均值为-127mm。由于地质条件、开挖方式、结构形式、周边环境条件、土体冻融作用等因素影响，矿山法隧道地表最终沉降差异较大，本标准结合相关规范、标准和实测结果确定了不同监测等级的矿山法车站地表沉降控制值。

从图 19 可以看出，矿山法区间隧道地表沉降实测值在 40mm 以内的监测点数量占沉降监测点总数比例约 92.6%。因此，矿山法区间隧道地表沉降按 40mm 进行控制，对绝大多数的本地工程都能满足安全控制的要求。根据监测控制值的确定原则、相关规范和标准、上述统计结果，针对不同工程监测等级的安全控制要求，本标准给出了矿山法标准断面区间地表沉降累计变化控制值。

矿山法其它监测项目控制值是结合现行国家标准《城市轨道交通工程监测技术规范》GB 50911 等规范确定的。

8 桥梁工程监测

8.1 一般规定

8.1.1 城市轨道交通工程在桥梁结构施工过程中对其沉降和变形都有严格控制，本条按照现行国家标准《建筑与桥梁结构监测技术规范》GB 50982 要求对桥梁工程的监测对象进行了规定。

8.1.2 城市轨道交通桥梁工程虽然较长，但结构形式相对标准，常用的梁体截面形式为箱梁、T形梁、U形梁，跨度多为 24m 和 32m 左右，采用现浇、预支吊装、架桥机架设等方法施工。对于不同结构形式、施工方法的桥梁工程，受力特点、设计参数也各不相同，所进行的监测项目必须根据具体情况需要确定，尤其是大跨度的桥梁结构更为复杂，更是需要采取特殊监测手段。

8.1.3 城市轨道交通桥梁工程监测分为施工阶段和运行维护阶段的稳定期，施工阶段监测是为了保障施工安全，优化设计和施工方案，验证是否达到结构设计要求提供数据信息。运行维护阶段的稳定期监测是在桥梁结构施工完成后且未投入使用之前延续施工阶段监测进行的监测工作，是为了在桥梁使用前验证结构设计指标和安全性是否符合使用要求，为桥梁的使用阶段监测积累数据。

8.2 监测项目

8.2.1 城市轨道交通工程常用的桥梁结构形式有梁桥、拱桥、斜拉桥和组合体系桥等。本条规定了梁桥工程结构的应测项目为墩台竖向位移和墩柱倾斜监测，选测项目为墩柱倾斜、梁体挠度和应力监测；当采用预制节段拼装和挂篮施工工法时，应进行钢索内力监测。拱桥、斜拉桥等桥梁工程结构的监测项目应根据设计要求和工程特

点确定。

8.3 监测点布设

8.3.1 为掌握桥梁基础结构荷载变化规律和稳定状况，墩台竖向位移监测点应在承台施工完成后埋设并开始监测。因通常情况下承台结构在地面以下，在承台结构完工后将难以使用，所以在高于地面上的墩身或桥台上埋设监测点，代替对应位置的承台监测点并延续其竖向位移监测，使桥梁基础的竖向位移监测数据完整连续。

8.3.2 墩柱倾斜监测点埋设应根据桥梁基础形式、结构和受力特点、地质条件，选取适宜的监测方法埋设倾斜监测点。若施工现场通视条件良好，且有高精度稳定的平面和高程基准网控制时，宜采取全站仪法同时进行倾斜和竖向位移监测，墩柱底部监测点是倾斜与竖向位移监测共用点；若施工现场通视条件十分有限，为便于实施可埋设倾斜仪监测点；当采用不均匀沉降反算斜率的方法进行墩柱倾斜监测时，可直接利用已埋设在墩身上的竖向位移监测点，并准确量测对应倾斜方向的两点间距。

8.3.3 桥梁结构的梁体挠度、应力监测宜在同一梁体对应位置埋设，以便对照分析、相互印证。

8.4 现场巡查

8.4.1 桥梁工程现场巡查内容主要包括施工工况、临时结构、下部结构、上部结构、附属工程、周边环境和监测设施七个方面。桥梁结构施工的现场巡查工作应根据桥梁的结构特点、设计文件要求、施工环节控制等需要进行，尤其是在临时结构和上部结构等受力转换的关键时期，应对变形较大或受力复杂的重要部位进行重点巡查，并结合监测数据进行稳定性分析。

8.5 监测频率

8.5.1~8.5.3 桥梁结构的监测频率应根据桥梁的结构形式、施工方法和步骤、受力特点、设计要求、变形速率、地质及周边环境条件等综合因素分阶段确定，应能真实、准确的反映桥梁结构的变形规律和受力特征。

吉林省工程建设地方标准全文公示

9 周边环境监测

9.1 一般规定

9.1.1 本条对城市轨道交通工程周边环境监测对象进行了明确的列举分类。建（构）筑物包括建筑物地下、地上部分，桥梁包括大型桥梁、过街天桥及桥梁挡墙，地下管线包括燃气、上水、热力等有压管线和雨污水等无压管线，高速公路及城市道路包括高速公路、市政道路、场区道路等，城市轨道交通设施包括地下线、地面线及高架线，既有铁路包括地下线、路基形式和高架形式铁路，地表水体及水利设施包括河、湖、暗河、引调水渠、涵、水闸等，地下构筑物包含地下管沟、暗涵、地下通道、综合管廊、人防设施等。

9.1.2 本条是对周边环境监测点布设提出的一般性原则要求。周边环境对象监测点的布设位置和数量通常要考虑以下几个条件：1) 根据风险评估报告确定周边环境对象的风险等级大小；2) 周边环境对象所处的工程影响分区；3) 周边环境对象自身的材质、结构形式、相对位置关系；4) 工程地质及水文地质条件的复杂程度；5) 施工工艺及所采用的监测方法和现场监测的可实施性。

9.1.3 本条对周边环境监测点的埋设位置进行了要求。监测点应布设在反映监测对象变形特征的关键部位，例如高低悬殊或新旧建筑物连接处、建筑物变形缝、不同基础形式和不同基础埋深部位、地下管线节点和转角点部位、高架桥梁墩柱、支座等部位，这些部位一般都是发生位移和变形的关键部位，应布设监测点进行控制。

周边环境对象监测点布设在受施工影响敏感的部位是指除了上述的一些关键部位外，还包括监测对象抗变形能力较弱的其它部位，如建（构）筑物已出现过大变形、开裂或剥落，地下管线沉降过大或材质老化较为严重等部位。

9.2 建（构）筑物

9.2.1 本条对不同监测等级工程周边的建（构）筑物的监测项目进行了规定。建（构）筑物的仪器监测项目主要依据国家现行标准《建筑地基基础设计规范》GB 50007、《建筑基坑工程监测技术规范》GB 50497、《建筑变形测量规范》JGJ 8 等确定。竖向位移是判定建设工程施工对建（构）筑物影响大小的重要变形参数，故各监测等级均为应测项目。建（构）筑物裂缝监测是建设工程对建（构）筑物影响大小和建（构）筑物受破坏程度的直接表现，故各监测等级亦均为应测项目。对监测等级为一级的高层或超高层建筑，由于工程施工影响会引起倾斜和水平位移，故监测等级为一级的高层和超高层建筑应进行倾斜和水平位移的监测。

9.2.2~9.2.5 建（构）筑物竖向位移监测点布设应能反映建（构）筑物的不均匀沉降，因此监测点的布设应综合考虑其基础形式、埋设深度、结构类型、使用类型、修建年代以及与轨道交通工程的空间位置关系等因素。

水平位移监测点应选取有代表性的部位和竖向位移监测点同位置布设。高层、高耸建（构）筑物的倾斜监测，可采用基础两点间的差异沉降推算倾斜变形，其监测点应符合竖向位移监测点的布设要求。建（构）筑物的裂缝宽度监测应根据裂缝特点，根据现场踏勘已存在的裂缝，选择有代表性的裂缝进行监测。当出现新裂缝的情况下，应分析、判断新裂缝对建筑结构安全的影响，选择影响较大、发展变化较快的裂缝，并增设监测点进行监测。

9.3 桥梁

9.3.1 本条对不同监测等级工程周边的桥梁的监测项目进行了要求。桥梁的仪器监测项目主要依据国家现行标准《建筑与桥梁结构监测技术规范》GB 50982、《城市桥梁养护技术规范》CJJ 99 以及

桥梁养护等规范确定。桥台和墩柱竖向位移、梁体挠度是评价桥梁结构安全的关键因素，故各监测等级均定为应测项目；梁体、墩台的裂缝是桥梁破坏的直接表象，故对各监测等级亦均为应测项目。

9.3.2~9.3.6 城市轨道交通工程建设对地层的扰动通过桥梁承台或墩柱传递到桥梁上部结构，引起桥梁整体变形和应力变化。桥梁承台或墩柱的沉降监测能直接反映出桥梁结构的变形情况，通过对其监测信息的采集、整理和分析，其监测成果可以评价桥梁结构的安全状态。当桥梁承台尺寸较大或一台多柱时，可以适当增加监测点数量，以全面反映桥梁的竖向位移变化。桥梁墩台的沉降或差异沉降可导致桥梁结构内部应力的变化，当结构出现应力集中而超过其应力限值时，会导致结构开裂甚至破坏。桥梁结构应力监测点一般布设在墩台附近或跨中部位的中部和两侧翼板端部等代表性部位。

9.4 地下管线

9.4.1 本条对不同监测等级工程周边的地下管线的监测项目进行了规定。对施工影响区域内的管线监测是一项重要的监测工作，特别是对管材差、抗变形能力弱或有压的管线更应进行监测。因此，本条规定在施工影响区域内的管线应进行竖向位移和差异沉降监测，当支护结构发生较大变形或土体出现坍塌、地面出现裂缝时，管线易发生侧向水平变形，应进行水平位移监测。

9.4.2 本条对地下管线监测点布设要求进行了规定。地下管线与工程施工的空间位置关系不同，受其施工影响不同，距离较近，扰动程度越大，地下管线的破坏风险越高，监测点的布设密度应相应增大。

目前地下管线的监测点布设主要有间接监测点和直接监测点两种形式：间接监测是指通过观测管线周边土体的变化，间接分析管线的变形。常设在与管线轴线相对应的地表或管周土体中。柔性

管线或刚度与周围土体差异不大的管线，与周围土体能够共同变形，可以采用间接监测的方法；直接监测是通过埋设一些装置直接测读管线的变形，风险等级较高、邻近建设工程或对工程危害较大、刚性较大的地下管线一般应布设直接监测点进行监测。当暗挖法建设工程下穿污水、供水、燃气、热力等地下管线且风险很高时，除布设管线结构直接监测点外，还应布设管侧土体监测点，对管线变形及管侧土体变形同时进行监测，以判断管线与管侧土体的协调变形情况。

9.5 高速公路与城市道路

9.5.1 本条对不同工程监测等级的周边高速公路与城市道路的监测项目进行了规定。由于直接在高速公路及城市道路上埋设难度大、成本高，因此本条规定高速公路及城市道路路基竖向位移为必测项目，路基及路面裂缝为选测项目。护坡、挡墙是较为重要的监测对象，工程监测等级为一级、二级应进行竖向位移和倾斜监测，工程监测等级为三级时根据工程需要选测。

9.5.2、9.5.3 高速公路与城市道路沉降监测点的布设应能反映路基沉降变形的要求。

在邻近基坑的监测点布设时应与基坑边线相互垂直，监测点宜组成监测断面，以反映道路路基的变形程度。

隧道下穿或侧穿高速公路、城市重要道路时，应加密布设路基竖向位移监测点，宜组成与隧道轴线相互垂直的监测横断面。在高速公路难以布设监测点的情况下，应在路肩及绿化带中布设竖向位移监测点进行控制。

高速公路与城市道路挡墙与桥梁挡墙类似，主要结构型式主要有毛石砌体、扶臂式、悬臂式、桩板式、锚杆、锚碇板和加筋土挡土墙等几种类型，其监测布点可参考桥梁挡墙监测布点相关内容确定。

9.6 城市轨道交通设施

9.6.1 本条针对地下、地面和高架三种不同的城市轨道交通线路设置形式，并依据《地铁设计规范》GB 50157、《城市轨道交通工程监测技术规范》GB 50911 等国家现行标准确定了所对应的监测项目。

9.6.4~9.6.6 本条分别对地下、地面和高架城市轨道交通设施监测点布设进行了规定。城市轨道交通隧道内和高架桥的轨道结构一般采用短枕式整体道床，地面正线的轨道结构一般采用混凝土枕碎石道床。轨道结构竖向位移监测主要是指监测整体道床或轨枕的竖向位移。轨道结构竖向位移监测按监测断面形式布设，并与隧道结构或路基竖向位移监测断面对应布设，便于分析隧道结构、路基与轨道结构竖向位移之间的关系以及差异变形情况，为分析线路结构变形及维护提供依据。

城市轨道交通的轨道静态几何形位主要包括轨距、轨向、轨道的左右水平和前后高低，轨道静态几何形位监测涉及到轨道的行车安全，国家、行业、地方的相关养护标准及工务维修规则对轨道静态几何形位监测均有具体的规定，监测点的布设应按这些相关的规定执行。

9.7 既有公路隧道

9.7.2~9.7.4 既有公路隧道结构竖向位移、水平位移、净空收敛、结构缝差异沉降及结构裂缝的监测点应按监测断面布设，宜在结构缝、变形缝、变断面等具有代表性的重要部位增加监测断面。当城市轨道交通隧道工程下穿既有公路隧道时，监测断面间距不宜小于5m；下穿风险较大时，宜采用自动化监测手段，布设的自动化监测点应具备人工检核条件。

9.8 既有铁路

9.8.1、9.8.2 分别对路基和高架两种铁路线路设置形式根据《地铁设计规范》GB 50157、《城市轨道交通工程监测技术规范》GB 50911、《铁路轨道交通工程施工质量验收标准》TB 10413、《铁路隧道监控量测技术规范》QCR 9218 等国家现行标准规定了监测项目。

9.8.3 铁路的轨道静态几何形位监测点按国家、行业、地方的相关养护标准及工务维修规则对轨道静态几何形位监测的规定布设。

9.10 监测控制值

9.10.1 建(构)筑物的监测控制值由其自身特点和已有变形决定,主要受其自身的修建年代、结构形式、建筑规模、使用功能、基础类型和地质条件等因素影响,并应保证周边建(构)筑物原有的沉降或变形与轨道交通工程造成的附加沉降或变形叠加后,不超过其允许的最大沉降或变形值。建(构)筑物的监测控制值应根据建(构)筑物的影响因素调查分析、结构材料性能检测和计算分析,对其基础现状承载力和结构安全性进行评价,结合建(构)筑物与工程的空间位置关系综合确定。

新建或一般性的建(构)筑物的监测项目控制值可以依据现行国家标准《建筑地基基础设计规范》GB 50007 中的有关规定进行确定,但应考虑建(构)筑物已发生的变形。对于建设年代久远的建(构)筑物、存在病害的危险建(构)筑物或国家级文物等特殊建(构)筑物的控制值应特别慎重,应通过专项评估确定监测控制值。

9.10.2 桥梁允许变形的控制值由其自身特点和已有变形决定。工程监测项目控制值的确定主要受其自身的建筑规模、结构形式、基础类型、建筑材料、养护情况等因素影响,桥梁与工程的空间位置关系决定了其所受工程的影响程度。

9.10.3 地下管线允许的变形由其自身特点和已有变形决定，监测控制值与其自身的功能、材质、管径、工作压力、接口形式、埋置深度、铺设方法、铺设年代等密切相关，地下管线与工程的空间位置关系决定了其所受工程的影响程度。吉林省地区具有明显的严寒气候特点，土体的冻胀和融沉对管线变形也有较大影响。本条依据国家现行标准《城市轨道交通工程监测技术规范》GB 50911中的有关规定，并结合各类技术规范及已有工程实测数据统计分析结果给出了不同功能类型地下管线的监测项目控制值。

9.10.4 高速公路与城市道路沉降主要是道路路基的沉降，综合各类技术规范要求和已有工程的实测变形情况，根据道路等级的不同，给出了道路路基沉降的监测项目控制值。

9.10.5 城市轨道交通既有线监测项目控制值的确定，一般都是在现状调查的基础上通过专项评估确定，同时也要遵循运营管理单位的意见。本条综合各类技术规范要求和已有工程实测变形情况，给出了城市轨道交通既有线隧道结构变形的监测项目控制值。

9.10.6 既有铁路监测项目控制值主要依据现行行业标准《铁路轨道工程施工质量验收标准》TB 10413和《铁路线路维修规则》(铁运146号)中的有关规定确定。对于高速铁路等特殊的既有铁路线，其过大变形的影响后果极为严重，需通过专项评估确定监测项目控制值，并应满足既有铁路运营单位的要求。

10 线路结构变形监测

10.1 一般规定

10.1.1、10.1.2 受地质条件、施工方法和施工过程中诸多不确定因素的影响，以及试运行期间列车振动荷载与邻近工程施工的影响，城市轨道交通线路及附属结构会发生不同程度的变形，影响线路的结构安全与后期列车运营安全。因此，为保证运行维护阶段的线路结构安全，应对线路中的隧道、高架桥梁、路基、轨道结构、车站与重要附属结构等进行变形监测，为线路维护提供监测数据资料。

10.1.3 线路结构变形监测方案的编制应满足运行维护阶段安全管理的实际要求。监测方案的内容也应包括监测项目、监测范围、布点要求、监测方法、监测时间与监测频率、现场监测作业时段、人员设备安排、进出监测现场要求等。监测方案中宜考虑与施工阶段监测的延续，以保证监测工作与监测数据的连续性、系统性。当线路遇到特殊情况时，应对相关区段的线路结构编制专项监测方案。

10.2 线路结构变形监测要求

10.2.1 城市轨道交通线路结构的沉降缝和变形缝，车站与区间、区间与联络通道、附属结构与线路结构等衔接处，以及线路过渡段容易产生竖向位移或差异沉降，地基或围岩加固区段、道岔区与曲线区段出现沉降会更易影响运营安全，不良地质区段容易使线路结构产生变形，因此，这些部位是结构监测的关键部位，必须有监测点或监测断面控制。

10.2.2、10.2.3 城市轨道交通线路往往较长，为提高整条线路结构的监测精度，竖向位移监测网由基准点、工作基点和变形监测点组

成，构成一条闭合或附合水准线路。基准点通常为地面上的城市高等级水准基准点，工作基点一般布设在相对稳定的车站区段。考虑到监测数据的延续性、变形可对比性和监测工作的经济性，应充分利用施工阶段的监测点开展延续项目的监测工作。监测基准点也尽量利用施工阶段布设的基准点，当基准点的位置或数量不能满足现场监测需求时可重新埋设，其位置和数量要根据整条线路情况统筹考虑。基准点应稳定可靠，监测点应保证长久使用，基准点或监测点被破坏时应及时恢复。

10.2.4~10.2.6 不良地质区段土层往往存在含水量高、孔隙比大、压缩性高、灵敏度高、强度低等不良工程特性，在此区段内盾构法隧道容易产生横向收敛变形、高架桥梁容易产生挠度变形。不良地质和存在病害的区段均是线路结构监测的关键区段，应根据实际情况加密布设监测断面。

10.2.7 本条对线路结构变形监测频率进行了规定。因地质条件、结构形式、周边环境及施工方法的不同，线路结构达到完全稳定的持续时间往往存在很大的差异，沉降速率和最终沉降量也各不相同。因此，线路结构的监测频率可以根据实际情况确定，以及时、准确地反映线路结构变形为确定原则，保证线路的结构安全。

11 监测方法及要求

11.1 一般规定

11.1.1 工程监测所采用的监测方法和使用的仪器设备多种多样，监测对象和监测项目不同，监测方法和仪器设备就不同，工程监测等级和监测精度不同，采用的监测方法和仪器设备的精度也不一样。总之，监测方法的选择应根据设计要求、施工需要、现场条件、监测对象的特点和变形特征等综合确定，并便于现场实施。

11.1.2 监测工作需要准确分辨出监测数据变化量及变化速率，对数据进行准确分析。监测精度是指监测系统给出的指示值和被测量的真值的接近程度，是受监测环境条件、监测人员、监测作业方法及仪器精度等因素影响的综合精度。精度在数理统计学中与误差相联系，监测精度越高，相应的监测误差越低。仪器精度只是某种仪器测定一个监测量的读数的准确程度。各监测项目所确定的监测精度，须满足监测对象的安全控制要求，同时还应兼顾经济合理的原则。

11.1.3 应用于工程监测的监测仪器及元器件的种类较多，质量及价格差别较大，在选型上应重点考虑工程的监测情况和特殊要求，如监测预计变形量的大小、监测的期限、气象和水文地质条件，以及与量测介质的适应性等。监测仪器和设备的定期校准，以及监测元器件的标定是保证取得准确监测数据的基础，在监测过程中定期对仪器设备进行维护保养、核查比对，及时发现仪器设备和元器件是否受到破坏，工作状态是否异常，以便发现问题及时补救。

11.1.4 自动化监测系统在基坑、隧道、边坡、桥梁等工程中已逐渐开始应用，对既有城市轨道交通、铁路、重要桥梁的自动化监测目前已较为普及。为保证整个监测体系的可靠，需要自动化监测系

统功能及精度满足工程需要，且不影响监测对象的正常使用。

11.1.5 本条强调了监测点埋设时间及监测初始值的采集时间，避免因监测点的埋设不及时或初始值的采集不及时而导致可获取的监测变量损失，造成监测成果失真。为保证初始值观测的准确性，要求对各项监测项目初始值观测次数不应少于 3 次，以便形成有效的检核条件，避免粗差和减小误差影响。

11.1.6 本条给出在相同的作业方式下监测，有利于将监测中的系统误差减小到最小，提高不同期次监测成果的可比性，达到确保监测数据可靠的目的。

11.1.7 本条对监测点的保护和标识工作进行了要求。监测元器件的工作状态和监测点的完好程度是获取完整、可靠监测数据的关键，如遭受破坏则有可能造成监控盲区，有些关键部位监测点缺失甚至可能威胁到工程的安全，故应高度重视元器件和监测点的保护和标识工作。实际监测工作中，监测点应设置保护装置，如线缆防护套，测点防护盖、隔离网、保护箱等多种形式，并配有统一的警示标识；在日常工作中，应定期对监测点的完好情况进行检查，发现测点损坏应及时在原部位按原标准恢复，无法恢复的应及时采用其它方法替代或补救，且满足本标准及相关规范要求。

11.1.8 随着工程监测技术的不断发展，自动化监测技术已逐步应用于城市轨道交通工程监测工作中，测量机器人、静力水准、三维激光扫描、近景摄影测量、微波干涉测量等新技术、新方法逐渐得到应用和推广。这些监测技术可以弥补常规技术的不足，具有实施安全、高精度、高效率、操作灵活等特点，有效地提高了监测的技术水平，促进了监测工作的开展。采用新技术、新方法进行工程监测的同时，应辅以常规监测方法进行验证，工程实践表明其具有足够的可靠性时方可单独应用。

11.2 水平位移监测

11.2.1~11.2.5 水平位移常规测量方法包括交会测量、导线测量、极坐标法、自由设站法等，具有实施灵活、精度较高、成果可靠的特点，并在工程监测中广泛使用。方向线偏移法是将视准线小角法与观测点设站法结合使用的方法，这种方法只需仪器一次设站加改正来完成所有观测点位移的测算。自由设站法具有应用灵活的优点，多用于基坑工程监测，缺点是设站误差会改变实际测量的尺度比，造成测量精度的损失，因此为尽可能提高设站精度，设站时至少应观测 3 个以上的已知后视点，且各后视方向的夹角在 $60^{\circ} \sim 120^{\circ}$ 之间为宜。对较大范围的水平位移监测网，且监测点与基准点或工作基点无法通视或距离较远时，可采用 GPS 静态测量方法观测，并依据国家现行标准《全球定位系统(GPS)测量规范》GB/T 18314、《城市轨道交通工程测量规范》GB/T 50308 等进行了规定。三维激光扫描和近景摄影测量手段可测定三维变形，对于连续、面状对象较为适用。自动监测系统所采用的全站仪标称精度应满足本条要求，且标称参数均应满足作业环境的要求。

11.3 竖向位移监测

11.3.1~11.3.6 对目前应用于建设工程的竖向位移监测方法进行了规定，宜根据监测精度及现场条件等要求选择适宜的监测方法。

1 几何水准测量方法应用最为广泛，具有实施灵活、精度较高、成果可靠的特点。目前电子水准仪和条码尺已经普遍应用于水准测量竖向位移监测作业，其作业主要技术依据国家现行标准《城市轨道交通工程监测技术规范》GB 50911、《城市轨道交通工程测量规范》GB/T 50308、《国家一、二等水准测量规范》GB 12897 等进行了规定。

2 实践表明使用高精度全站仪配合专门的觇牌、棱镜组及配件进行三角高程测量在一定条件下可替代三等、四等水准测量，并可以组建成自动化观测系统，实施特殊情况的竖向位移监测。

3 静力水准测量目前有连通管式静力水准和压差式静力水准两种装置。连通管式应用较广泛，其原理是利用相连容器中静止液面在重力作用下保持同一水平的特性来测量各监测点间的高差，特点是连通容器中液体可通过管路流动和交换；压差式原理是通过设置在容器间的压力传感器测量金属膜片压力差的变化计算监测点间的高差。连通管式静力水准系统同一测段内静力水准测量的沉降观测值可按照《建筑变形测量规范》JGJ 8 的计算公式求得。

静力水准测量两个重要指标是量程和精度，对于同一型号的传感器，一般情况下量程越大，精度越低。目前应用的连通式静力水准主流仪器量程一般在 10mm~200mm 左右（对应浮子活动范围在 $\pm 5\text{mm} \sim \pm 100\text{mm}$ ），安装时要求同一组段的仪器安装于大致同一标高位置，一般安装段高差超过一半量程时要增加转点。压差式静力水准仪的量程较大，一般大于 500mm，适合于高差较大的区段监测。静力水准仪器采用的传感器形式多样，有电容式、CCD 式等，其标称精度一般为 $0.5\% F \cdot S$ 左右。静力水准的误差来源主要有仪器标定误差、传感器内部误差、外界气压温度振动等引起的误差。其中较为显著的是仪器安置、温度、振动等引起的误差，因此在实施时要主要保证安置仪器的安装质量，管路不宜跨温度差异分界地段，避免受温度梯度影响不宜高差分布太大，在稳定的条件下读数等。

静力水准测量为测试仪器组成的系统，具有精度高、稳定性好、无需通视等特点，可组建自动化监测系统，应用于要求亚毫米精度、对监测频率要求高的监测项目，如既有轨道交通、隧道、大坝等建筑结构监测。

由于静力水准测量现场参考点难以布设到稳定区域，点位的稳定性很难满足基准点的要求，应定期进行水准联测，发生变化时及

时进行高程改正。

4 三维激光扫描和近景摄影测量方法的相关技术要求依据《建筑变形测量规范》JGJ 8 进行了规定。

11.4 深层水平位移监测

11.4.1~11.4.6 测斜仪主要由测斜探头、电缆线和读数仪组成，按测斜探头中传感元件的性质分为滑动电阻式、电阻应变片式、振弦式及伺服加速度计式等几种，伺服加速度计式测斜仪灵敏和精度相对较高，稳定性也较好。

深层水平位移监测控制值决定了所选用测斜仪的分辨率、精度等应满足本条规定，另外也应注意所测孔位的倾斜度是否位于测斜仪传感元件倾角的量程范围内。

测斜管作为供测斜仪定位及上下活动的通道，必须具有一定的柔性及刚度，测斜管直径应与选用测斜仪导轮展开的松紧度相适宜。

土体深层水平位移测斜管埋设深度应依据当地的地质条件、工程经验等因素综合确定。软土地区，土体测斜管埋设深度宜超过支护墙体一定深度，有利于及时发现支护墙底部的位移状态。

保证测斜管的埋设质量是获得可靠数据和保证精度的前提，埋设前应检查测斜管的管口、十字导槽的加工质量，避免有质量问题的测斜管投入使用。在测斜管埋设过程中，向测斜管内加注清水可以防止测斜管发生上浮。测斜管管壁导槽如与所需测量的位移方向存在夹角，所测得的支护墙体变形量比实际变形偏小。管壁和孔壁之间回填密实是为了使得测斜管与被测土体和支护墙体的变形协调，保证能反映被测对象的真实变形。

为消除测斜仪零漂的影响，每测点都应进行正、反两次量测。由于外界环境温度与地下水温度存在差异，测斜仪探头放至孔底后，恒温一段时间，待读数稳定后方可采样，从而减小测量误差。测斜管的各量测段水平位移值可按《城市轨道交通工程监测技术规范》

GB 50911 的计算公式求得。

11.5 土体分层竖向位移监测

11.5.1~11.5.5 分层沉降仪可用来监测由降水、开挖等引起的周围深层土体的竖向位移变化。分层沉降仪探头中安装有电磁探测装置,根据接收的电磁信号来观测埋设在土体不同深度内的磁环的确切深度位置,再由其所在位置深度的变化计算出土层不同标高处的竖向位移变化情况。

磁环分层沉降量测系统由地下监测器件、地面测试仪器及管口水准测量系统三部分构成。第一部分为埋入地下的材料部分,由分层沉降管、底盖和磁环等组成;第二部分为地面测试仪器,即分层沉降仪,由测头、测量电缆、接收系统和绕线盘等组成;第三部分为管口水准测量系统,由水准仪、标尺、脚架、尺垫、基准点等组成。

分层沉降管埋设时分层沉降管和孔壁之间采用黏土回填密实,使得磁环与周围土体能紧密接触,保持与土体变形的协调一致。

沉降管埋设时应先钻孔,再放入沉降管,沉降管和孔壁之间宜采用黏土水泥浆而不宜用细砂进行回填。土体分层沉降仪的量测效果和精度与沉降管上设置的钢环数量有关,钢环设置的密度越高,所得到的分层沉降规律就越连贯和清晰;还与沉降管同土层密贴程度以及能否自由下沉或隆起有关,所以沉降管的安装和埋设好坏对测试精度至关重要。

分层沉降仪量测时应先用水准仪测出分层沉降管的管口高程,然后将分层沉降仪的探头缓缓放入分层沉降管中。当接收仪发生蜂鸣或指针偏转最大时,即是磁环的位置。读取第一声声响时测量电缆在管口处的深度尺寸,这样由上向下地测量到孔底,这称为进程测读。当从该分层沉降管内回收测量电缆时,测头再次通过土层中的磁环,接收系统的蜂鸣器会再次发出蜂鸣声。此时读出测量电缆

在管口处的深度尺寸，如此由下至上测量到孔口，称为回程测度。磁环的绝对高程可按《城市轨道交通工程监测技术规范》GB 50911的计算公式求得。

11.6 净空收敛监测

11.6.1~11.6.7 隧道内部净空尺寸的变化，常称为收敛位移。收敛位移监测所需进行的工作比较简单，以收敛位移监测值为判断围岩和支护结构（或管片）稳定性的方法比较直观和明确。目前，隧道净空收敛监测可采用接触和非接触两种方法，其中接触监测主要采用收敛计进行，非接触监测则主要采用红外激光测距仪或全站仪进行。

采用收敛计进行净空收敛监测相对简单，通过监测布设于隧道周边上的两个监测点之间的距离，求出与上次量测值之间的变化量即为此处两监测点方向的净空变化值。每个收敛监测点应安装牢固，并采取保护措施，防止因监测点松动而造成监测数据不准确。收敛计读数应准确无误，读数时视线垂直测表，以避免视差。每次监测反复读数三次，读完第一次后，拧松调节螺母并进行调节，拉紧钢尺（或钢丝）至恒定拉力后重复读数，三次读数差不应超过精度范围，取其平均值为本次监测值。

采用激光测距仪法进行净空收敛监测，其操作简单，测量时间短，目前该方法被广泛应用于城市轨道交通工程监测项目中。每组收敛监测点是由埋设在隧道两侧的对中点和瞄准点组成。对中点为与测距仪支座接口配套的预埋件，测距仪可安置在支座上进行姿态调整和固定，瞄准点可采用带有靶心标记预制模板。观测时，先将激光测距仪末端安置在支座上，以对中点为固定支点，通过支座调整测距仪姿态，使测距仪导向光斑落在隧道另一端的瞄准点靶心上，最后测量隧道两监测点间的距离。

用全站仪进行隧道收敛监测方法包括自由设站和固定设站两

种。监测点可采用反射片作为测点靶标,以取代价格昂贵的圆棱镜,反射片正面由均匀分布的微型棱镜和透明塑料膜构成,反面涂有压缩不干胶,它可以牢固地粘附在构件表面上,反射片粘贴在隧道测点处的预埋件上,在开挖面附近的反射片,应采取一定的措施对其进行保护,以免施工时反射片表面被覆盖或污染、碰歪或碰掉。通过固定的后视基准点,对比不同时刻监测点的三维坐标,计算该监测点的三维位移变化量(相对于某一初始状态)。

11.7 爆破振动监测

11.7.1~11.7.6 爆破振动监测中,传感器是反映被测信号的关键设备,为了能正确反映所测信号,除了传感器本身的性能指标满足一定要求外,传感器的安装、定位也是极为重要的。为了可靠地测到爆破振动或结构动力响应的记录,传感器应与被测点的表面牢固地结合在一起,否则在爆破振动时往往会导致传感器松动、滑落,使得信号失真。传感器安装时,还应注意定位方向,要使传感器与所测量的震动方向一致,否则,也会带来测量误差。若测量竖向分量,则使传感器的测震方向垂直于地面;若测量径向水平分量,则使传感器的测震方向垂直于由测点至爆破点连线方向。

爆破振动监测的测量导线对监测系统的工作状态有较大影响,一般采用屏蔽线,以防外界电磁干扰信号。测量导线线路一般不与交流电线路平行,以避免强电磁场的干扰。同时,也需注意测量导线的两端固定问题,连接传感器的一端需使一段导线与地面或建(构)筑物等的表面紧密接触固定,防止测量导线局部摆动给传感器带来干扰信号;在测量导线末端与仪器相连段也需采取有效的固定措施。

11.8 孔隙水压力监测

11.8.1~11.8.6 孔隙水压力探头埋设有两个关键，一是保证探头周围填沙渗水通畅和透水石不堵塞，二是防止上、下层水压力的贯通。采用压入法时宜在无硬壳层的软土层中使用，或钻孔到软土层再采用压入的方法埋设；钻孔法若采用一钻孔多探头方法埋设则应保证封口质量，防止上、下层水压力形成贯通。

孔隙水压力计在埋设时有可能产生超孔隙水压力，要求孔隙水压力计在基坑施工前 2~3 周埋设，有利于超孔隙水压力的消散，得到的初始值更加合理。泥浆护壁成孔后钻孔不容易清洗干净，会引起孔隙水压力计前端透水石的堵塞。量测静水位的变化，以便在计算中消除水位变化影响，获得真实的超孔隙水压力值。

孔隙水压力的大小由现场的量测数据按每个仪器出厂所带的换算公式进行计算。采用的差阻式仪器和振弦式仪器的孔隙水压力值可按《城市轨道交通工程监测技术规范》GB 50911 的公式计算。

11.9 地下水位监测

11.9.1~11.9.5 地下水位监测最直观的方法是埋设水位观测孔，采用钢尺水位计测读。钢尺水位计是一种测量水位较为精确的仪器，通常用于岩土工程周边土体内钻孔及水位管中的水位测量。水位观测时，将连接在钢尺电缆上的测头下放至水位测孔中，测头内部安装了水阻接触点，当触点接触到水位管内水面时，便会接通接收系统并发出连续不断的蜂鸣声，此时通过读取孔口钢尺读数可得水面距离孔口深度，根据孔口高程值可计算水位标高。

为保证水位观测的准确性，需要合格埋设水位观测管，保证待观测部位的地下水能够与水位观测管有效连通，隔离无关水层，同时要保证测读仪器能够顺利通过水位观测管到达观测水面。

11.10 岩土压力监测

11.10.1~11.10.4 由于压力计的结构形式和埋设部位不同,埋设方法很多,例如挂布法、顶入法、弹入法、插入法、钻孔法等。土压力计埋设在支护桩(墙)构筑期间或完成后均可进行。若在支护桩(墙)完成后进行,由于土压力计无法紧贴支护桩(墙)埋设,因而所测数据与支护桩(墙)上实际作用的土压力有一定差别。若土压力计埋设与支护桩(墙)构筑同期进行,则需解决好土压力计在支护桩(墙)迎土面上的安装问题。在水下浇筑混凝土过程中,要防止混凝土将面向土层的土压力计表面钢膜包裹,使其无法感应土压力作用,造成埋设失败。另外,还要保持土压力计的承压面与土的应力方向相互垂直。

11.11 支撑内力、锚杆(索)拉力监测

11.11.1~11.11.4 本标准规定了监测元器件的埋设要求和精度指标,支撑内力与锚索拉力监测原理如下:

1 采用轴力计监测支撑轴力,以及锚索拉力的计算方法:

$$N = k \left[\left(\frac{\sum_{i=1}^n f_i}{n} \right)^2 - \left(\frac{\sum_{i=1}^n f_o}{n} \right)^2 \right]$$

式中: N ——轴力(kN);

k ——轴力计率定参数(kN/Hz^2);

f_i ——轴力计测量自振频率(Hz);

f_o ——轴力计初始自振频率(Hz);

n ——轴力计测试值数量。

2 采用应变计量测混凝土支撑内力,用频率仪测得钢筋测力计的频率,从而换算出混凝土支撑内力,计算公式如下:

$$N_q = \sigma_s \left(\frac{E_c}{E_s} A_c + A_s \right)$$

$$\sigma_s = \bar{\sigma}_{js} \left(\frac{E_c}{E_s} A_c + A_s \right)$$

$$\bar{\sigma}_{js} = \frac{1}{n} + \sum_{j=1}^n [k_j (f_{ji}^2 - f_{j0}^2) / A_{js}]$$

式中：

N_q ——混凝土支撑内力（kN）；

σ_s ——钢筋应力（kN/mm²）；

$\bar{\sigma}_{js}$ ——钢筋计监测平均应力（kN/mm²）；

K_j ——第 j 个钢筋计标定系数（kN/Hz²）；

f_{ji} ——第 j 个钢筋计监测频率（Hz）；

f_{j0} ——第 j 个钢筋计安装后的初始频率（Hz）；

A_{js} ——第 j 个钢筋计截面面积（mm²）；

E_c ——混凝土弹性模量（kN/mm²）；

E_s ——钢筋弹性模量（kN/mm²）；

A_c ——混凝土截面面积（mm²）；

A ——混凝土支撑截面面积（mm²）；

A_s ——钢筋总截面面积（mm²）。

锚杆拉力监测的目的是掌握锚杆或土钉内力的变化，确认其工作性能。由于钢筋束内每根钢筋的初始拉紧程度不一样，所受的拉力与初始拉紧程度关系很大。专用测力计、应力计或应变计应在锚杆或土钉预应力施加前安装并取得初始值。根据质量要求，锚杆或土钉锚固体未达到足够强度不得进行下一层土方的开挖，为此一般应保证锚固体有 3 天的养护时间后才允许下一层土方开挖。

11.12 结构应力监测

11.12.1~11.12.5 钢筋应力计、应变计、光纤传感器和轴力计应根据其特点，采用适宜的安装埋设方法和步骤。

1 钢筋应力计的安装埋设要求如下：

- 1) 测试混凝土构件内力的钢筋应力计可在构件制作时焊接在主筋上；
- 2) 钢筋应力计应焊接在同一直径的受力钢筋上并宜保持在同一轴线上，焊接时尽可能使其处于不受力状态，特别不应处于受弯状态；
- 3) 钢筋应力计的焊接可采用对焊、坡口焊或熔槽焊；对直径大于 28mm 的钢筋，不宜采用对焊焊接；
- 4) 焊接过程中，仪器测出的温度应低于 60℃，为防止应力计温度过高，可采用间歇焊接法，也可在钢筋应力计部位包上湿棉纱浇水冷却，但不得在焊缝处浇水，以免焊层变脆硬；

2 混凝土应变计的安装埋设要求如下：

- 1) 将试件上粘贴混凝土应变计的部位用丙酮等有机溶剂清除表面的油污；表面粗糙不平时，可用细砂轮或砂纸磨平，再用丙酮等有机溶剂清除表面残留的磨屑；
- 2) 在试件上划制两根光滑、清楚且互相垂直交叉的定位线，使混凝土应变计基底上的轴线标记与其对准后再粘贴；
- 3) 粘贴时在准备好的混凝土应变计基底上均匀地注一层胶粘剂，胶粘剂用量应保证粘结胶层厚度均匀且不影响混凝土应变计的工作性能；
- 4) 用镊子夹住引线，将混凝土应变计放在粘贴位置，在粘贴处覆盖一块聚四氟乙烯薄膜，且用手指顺混凝土应变计轴向，向引线方向轻轻按压混凝土应变计。挤出多余胶液和胶粘剂层中的气泡，用力加压保证胶粘剂凝固；

- 3 光纤传感器的安装埋设要求如下：
 - 1) 光纤传感器应先埋入与工程材料一致的小型预制件中，再埋入工程结构中，传感器埋入后应确保传感方向与需测受力方向一致；
 - 2) 钢筋混凝土结构中，光纤传感器可粘结到钢筋上，以钢筋受力、变形反映结构内部应力、应变状态；
 - 3) 可先用小导管保护光纤传感器，在胶粘剂固化前将导管拔出；
- 4 轴力计的安装埋设要求如下：
 - 1) 宜采用专用的轴力计安装架。在钢支撑吊装前，将安装架圆形钢筒上设有开槽的一端面与钢支撑固定端的钢板电焊焊接。焊接时安装架中心点应与钢支撑中心轴线对齐，保持各接触面平整，使钢支撑能通过轴力计正常传力；
 - 2) 焊接部位冷却后，将轴力计推入安装架圆形钢筒内，用螺丝把轴力计固定在安装架上，并将轴力计的电缆绑在安装架的两翼内侧，防止在吊装过程中损伤电缆；
 - 3) 钢支撑吊装、对准、就位后，在安装架的另一端（空缺端）与支护墙体上的钢板中间加一块加强钢垫板；
 - 4) 轴力计受力后即松开固定螺丝。

11.13 挠度监测

11.13.1~11.13.4 挠度指的是建筑的基础、构件或上部结构等在弯矩作用下因挠曲引起的变形，包括竖向挠度（对基础、桥梁、大跨度构件等）和横向挠度（对建筑上部结构、墙、柱等）。由于挠度发生方向不同，测定方法有所不同。桥梁的桥面挠度变化是反映桥面线形变化的重要指标。桥面挠度监测点沿桥面两侧边缘顶布设，根据桥跨长度选择在 $1/2$ 、 $1/4$ 、 $1/8$ 等桥跨距处及跨端墩顶处设置

监测点位。挠度曲线图以点位分布为横轴，挠度值为纵轴，将各挠度监测点的挠度值依次连接为平滑曲线。测定横向的挠度时需要注意，不同高度上所测位移分量应为同一坐标方向上的值；实际作业中，可测定其在相互垂直的两个方向上的位移分量，分别计算相应的挠度。

11.14 倾斜监测

11.14.1~11.14.5 建（构）筑物倾斜监测应根据现场观测条件和要求确定不同的监测方法。当被测建（构）筑物具有明显的外部特征点和宽敞的观测场地时，可以采用投点法等，测出每对上部和底部观测点之间的水平位移分量，再按矢量计算方法求得倾斜量和倾斜方向；当被测建（构）筑物内部有一定的竖向通视条件时，可以采用垂准法、激光铅直仪观测法等；当被测建（构）筑物层数较低具有足够的整体结构刚度时，可以采用倾斜仪法或差异沉降法。对于刚性建筑物整体倾斜，测量顶面或基础的相对沉降确定。倾斜率计算公式如下：

$$i = \tan \alpha = \frac{Q}{h}$$

式中：

i ——倾斜角（倾斜率）；

Q ——建筑物上部与下部的相对位移；

h ——建筑物高度。

采用差异沉降法计算倾斜度，同组差异沉降点间距不宜过短。

11.15 裂缝监测

11.15.1~11.15.6 裂缝监测项目是评价工程结构和环境设施结构的安全性和功能性参数，裂缝的位置、走向、长度、宽度是裂缝监

测的 4 个要素，裂缝深度测量由于手段较为复杂、精度较低，并有可能需要对裂缝表面进行开凿，因此，只有在特殊要求时才进行监测。

工程施工前对周围环境监测对象的裂缝情况进行现状普查是非常重要的工作内容。通过裂缝现状普查，一方面能够对周边环境对象的裂缝情况了解和掌握，选择其中部分重要的裂缝进行监测，另一方面也为解决后续工程施工过程中的工程纠纷提供资料依据。

11.16 轨道静态几何形位监测

11.16.1~11.16.4 轨道静态几何形位是线路工务维修重要的检测项目，用于评价轨道设施是否能够满足列车安全运营条件。轨距和水平可使用轨距尺量取，轨距尺主要是为了满足城市轨道交通、铁路线路的检测、维修而设计的，可以测量轨道设备的轨距、水平等参数。

1 轨距测量

普通线路轨距的测量方法相对比较简单。我国地铁的轨距绝大部分为 1435mm。测量时将道尺测头平稳卡在二根钢轨内侧顶面下 16mm 处。向前或向后慢慢滑动道尺拨动活动测头读出最小数据，由于道尺种类存在误差，有些道尺不能前后滑动时需要多次微动调整读数，以读出的最小数据为准。将读数与 1435mm 进行相减读出轨距，大于 1435mm 记作“+”，小于 1435mm 记作“-”，在数据记录时可以将“+”省略。

2 水平测量

线路在测量水平前需要先确定基准股。正线以行车方向左股为基准股，曲线以上股为基准股，站线以站台一边为基准股，道岔以直股为基准股。

在测量完轨距后可连续读出水平数据，测量时手需离开道尺待

气泡稳定时才可以读数，读数与水平 0 刻度相比较，差一格二根钢轨则高差相差 1mm。读数在 0 刻度靠基准股一边记作“+”反之记作“-”。在测量曲线水平时是将二根钢轨的高差与曲线部位的超高相减得出数据。

需要注意道尺使用时应放置轨枕上方，不要放到两个轨枕之间。遇到接头时道尺要放在距离轨缝 200mm~250mm 的距离，也就是第二个和第三个螺栓之间放到轨枕上。在读数时目光尽量垂直于刻度读出轨距可减小因视差带来影响。

11.17 三维激光扫描测量

11.17.1~11.17.5 三维激光扫描技术是一种先进的全自动高精度立体扫描技术，又称为“实景复制技术”，它是利用激光测距的原理，通过记录被测物体表面大量的密集的点的三维坐标、反射率和纹理等信息，可快速复建出被测目标的三维模型及线、面、体等各种图件数据。

三维激光扫描测量需要设置标靶。标靶是用专门材料制作的具有特殊形状的标志，其在点云中能够很好地被识别和量测。激光扫描测量中将作为激光扫描数据坐标转换的基准且布设在变形区域以外的标靶点称为参考点。激光扫描点云由仪器坐标系向工程坐标系转换，一般采用至少 3 个已知两坐标系中坐标的参考点标靶建立转换关系。标靶在工程坐标系中的坐标由全站仪测量，其测量精度对监测点的精度有直接影响。

11.18 近景摄影测量

11.18.1~11.18.5 近景摄影测量的应用广泛，能测定物体的形状、大小和动态参数。但由于变形测量对象形状大小不同，采用的数码相机及处理软件功能性能不同，需要针对具体的项目进行技术设计。

根据工程经验，近景摄影测量要获得高的精度，应尽量采用高影像分辨率、长焦距的数码相机。

当测定对象范围较小时，可采用单基线立体摄影方式，只需设置 2 个摄站点；当需要测定的对象范围较大时，一般需要采用多基线摄影方式，此时需要设置多个摄站点，这些摄站点可能形成单摄线（类似航摄中的单航线），也可能由多条摄线组成区域网（类似航摄中的区域网）。

采用近景摄影测量方法进行变形测量，成果精度与像控点数量、分布及测定精度等密切相关。为评价近景摄影测量成果的精度，一般通过设置一定数量的检查点来实现，检查点可与像控点同时测定。数据处理时，检查点不能作为像控点使用，以保证精度衡量的可靠性和有效性。

11.19 自动化监测

11.19.1~11.19.3 随着城市轨道交通工程建设的快速发展，以及对信息化施工要求的逐步提高，常规的人工监测逐步向自动化监测转变。本标准对自动化监测系统组成、功能的实现、采取自动化监测的条件以及选用设备等进行了规定。自动化监测应能实现全自动化功能，即数据采集、传输、处理、分析和预警发布等。自动化监测的方法和仪器应根据监测项目、监测对象特点、现场作业条件、监测精度及频率等条件进行选择，并应采用人工监测的方法定期复核自动化监测数据，避免自动化监测设备因故障、停电、迁移等原因不能及时提供监测数据，或基准点变动等其它原因导致监测数据失真等问题。

11.20 现场巡查

11.20.1~11.20.3 巡视检查作为仪器监测方法的有效补充,主要以目测为主。根据巡查计划,结合施工进度,及时进行巡查,并详细做好巡查记录。现场巡查和仪器监测数据成果之间大多存在着内在的联系,可以把被监测对象从定性和定量两方面有机地结合起来。现场巡查到的任何异常情况必须引起足够重视,并结合出现异常区域的监测数据和施工工况进行综合分析判断,及时发现可能出现事故隐患和征兆,以便施工方及相关单位及时启动应急预案,采取应对措施,避免事故的发生。

吉林省工程建设地方标准

12 监测成果、信息反馈及预警

12.1 监测成果

12.1.1 监测成果主要包括现场实测资料和室内数据处理成果两大类。现场实测资料是通过仪器监测、现场巡查和远程视频监控等手段获得的各类现场实测数据。现场实测资料获取后应及时进行计算、分析和整理，并转化为完整、清晰的分析、处理成果，即室内数据处理成果。室内数据处理成果可以采用图表、曲线等直观且易于反映工程安全问题的表现形式，同时对相关图表、曲线也应附必要的文字说明。当某阶段或整个过程的监测工作完成后，应形成书面文字报告，对该阶段或整个监测工作进行总结、分析，提出相关分析结论和建议。

12.1.2、12.1.3 现场仪器监测应将不同监测项目的实测结果记录到规定的表格中，以便监测数据的现场记录与复核、后续的计算、对比和分析。可自动记录现场监测数据的监测仪器应保存相应的电子数据资料，以便于实测数据的复核和比对，防止出现纰漏。现场巡查工作应规范填写巡查记录表格，将实际巡查结果简介、明晰、完整的进行记录。远程视频监控应保存好视频监控录像资料，填写相关视频成果保存记录，便于远程视频监控成果的查找和调用。现场监测资料应与工程实际情况相结合，描述线路名称、合同段、工点名称、施工工法、施工进度等工况资料和相关事项，以使监测成果与实际工程情况更好地结合，便于分析监测对象的安全状态。

12.1.4 监测工作受到气候、天气等自然因素和施工损坏监测点等人为因素的影响，仪器监测成果可能因为监测仪器、设备、元器件和传感器等问题出现偏差，因此，完成现场监测后，应对各类资料进行整理、分析和校对，剔除粗差和错误的监测数据后，形成准确、

可靠的监测数据成果报表。

监测数据采集完成后应及时计算或换算监测对象的累计变化值和变化速率值,以分析判断监测对象的安全状态及发展变化趋势。监测数据的时程曲线可直观、形象地反映监测对象的位移或内力的发展变化趋势及过程,依此判断监测对象的安全状态和发展变化情况。

因此,各类监测数据均应及时绘制成相应的时程曲线。监测断面曲线图、等值线图可以反应监测断面或监测区域的整体变化,以及不同监测部位之间的相互联系及内在规律,对整体分析工程安全状态起着很好的作用。

12.1.5 监测报告根据监测时间阶段和监测结果报告的及时性等可分为日报、周报、警情快报、阶段性报告、停测报告和总结报告。各类监测报告均应以表格、图形等直观、形象的表达形式表示出监测对象的安全状态变化情况,以便于相关人员及专家的分析与判断。

1 日报是反映监测对象变形、变化的最直接、最简单的报告形式,当日监测工作完成后,监测人员应及时整理、分析各类监测信息,确保当日监测成果的正确性。形成日报后,及时反馈给相关单位,以保证信息化施工的顺利开展。

2 周报以“周”为单位的短周期报告形式,是对一周内监测情况阶段性概括和总结,较日报内容更为具体完整。

3 工程出现各类警情异常时,对警情的时间、地点、情况描述、严重程度、施工工况等警情基本信息进行描述,结合监测结果对警情原因进行初步判断,并提出相应的处理措施建议。警情快报应具有时效性,以使上报的警情能够得到相关单位和管理部门的及时、有效处理。

4 监测工作进行一段时间后,监测人员应对该阶段的监测工作进行总结,形成阶段性报告,反馈给相关单位。阶段性报告是某一段时间内各类监测信息、监测分析成果的较深入的总结和分析。综合分析后得出该阶段内监测工点各个监测项目以及工程整体的

变化规律、发展趋势和评价,以便于为信息化施工提供阶段性指导。

5 监测工作暂停或结束前,监测单位应向建设单位提交停测报告,其内容除包括拟定停止监测的工程、监测项目、监测日期等信息,还应说明施工工况和监测数据变化情况及已具备的符合设计、规范及相关管理制度的停测条件等。

6 工程监测工作全部完成后,监测单位应向建设单位提交工程监测的总结报告。总结报告包括各类监测数据和巡查信息的汇总、分析与说明,对整个工程监测工作进行分析、评价,得出整体性监测结论与建议,为以后类似工程监测工作积累经验,以便于相关工程监测借鉴和参考。

12.2 信息反馈

12.2.1~12.2.3 监测信息反馈是一项系统性工作需要建立一套严密、科学的完整体系,应按照工程建设相关管理制度的有关规定建立并完善,以实现安全预警、优化设计与施工方案的目的。信息反馈的基本要求是真实、及时且广泛全面多渠道。它不同于一般的反映情况,不是被动反映,而是主动收集,应具有很强的针对性,更要及时,以便及早发现问题、解决问题,应按照反馈流程多形式、多渠道、多层次的持续进行。

12.2.4 随着城市轨道交通工程监测技术的不断发展,自动化监测技术与网络信息平台管理的广泛应用,监测数据采集、处理、分析查询和管理已实现一体化,监测成果也不再是单一的纸质形式,而是通过信息平台以电子文件形式进行可视化管理,基本达到了无纸化办公,大大的提高了监测成果质量和工作效率。

12.3 预警

12.3.1、12.3.2 为加强安全风险的监控、反馈和管理,将监测预警

分为监测数据预警、巡查预警和综合预警三类。

1 监测数据预警：根据累计变化值和变化速率值的控制指标，将监测点的预警状态按严重程度由小到大分为黄色预警、橙色预警和红色预警三个等级。

2 巡查预警：通过现场巡查发现的安全隐患或不安全状态而进行的预警，根据施工工况、周边环境、支护结构和作业面状态等信息，将巡查安全状态按严重程度由小到大分为黄色预警、橙色预警和红色预警三个等级。

3 综合预警：是指根据监测数据预警、巡查预警、施工工况等信息，根据事故发生的紧急程度、发展势态和可能造成的危害严重程度由小到大分为黄色预警、橙色预警和红色预警三个等级。

12.3.3 根据国家相关法律法规和规范性文件等对城市轨道交通工程施工异常情况预警预报及响应的有关规定。城市轨道交通工程应当根据工程建设相关管理制度、监测控制值、工程特点、施工经验、应急能力等制定监测预警管理制度，其中包括监测预警等级、预警分级标准及不同预警等级的警情报送对象、时间、方式、流程及分别采取的应对措施等。

12.3.4 警情报送是工程监测的重要工作之一，也是监测单位的重要职责，通过警情报送能够使相关各方及时获取警情信息，以便及时采取应对措施，规避风险。