ICS 13.200
CCS A 90

CSPSTC

团　　体　　标　　准

T/CSPSTC 67—2021

基于北斗的城市地质灾害和基础设施结构安全监测技术规范

BeiDou based technical specification for safety monitoring of urban geological hazards and infrastructure structures

2021-10-12 发布　　2021-11-01 实施

中国科技产业化促进会　　发 布

网站www.cnfw315.com
电话4006982315
刮涂层 查真伪

目　　次

前言 …… Ⅲ
引言 …… Ⅳ
1　范围 …… 1
2　规范性引用文件 …… 1
3　术语和定义 …… 1
4　基本规定 …… 3
4.1　监测目的 …… 3
4.2　监测对象 …… 3
4.3　监测周期 …… 3
4.4　监测机构 …… 3
4.5　前期调查 …… 3
4.6　监测方案 …… 4
4.7　监测方法 …… 4
4.8　监测频率 …… 4
4.9　风险等级与监测预警 …… 4
4.10　监测网 …… 5
4.11　监测设备 …… 5
5　监测技术路线与程序 …… 5
5.1　监测技术路线 …… 5
5.2　监测程序 …… 6
6　监测范围确定 …… 6
6.1　监测范围等级 …… 6
6.2　国家级城市地质灾害和基础设施结构安全监测范围 …… 6
6.3　省级城市地质灾害和基础设施结构安全监测范围 …… 7
6.4　城市级城市地质灾害和基础设施结构安全监测范围 …… 7
6.5　重点区域城市地质灾害和基础设施结构安全监测范围 …… 7
6.6　专项(工程级)城市地质灾害和基础设施结构安全监测范围 …… 7
7　监测网的设立与维护 …… 7
7.1　监测基准网 …… 7
7.2　监测点设立原则 …… 8
7.3　地表沉降与塌陷监测 …… 8
7.4　地裂缝监测 …… 9
7.5　建(构)筑物监测 …… 9
7.6　桥梁监测 …… 10
7.7　地下管线和综合管廊监测 …… 11
7.8　高速公路与城市道路监测 …… 11

7.9 大坝监测 …… 12
7.10 滑坡监测 …… 12
7.11 崩塌监测 …… 13
7.12 泥石流监测 …… 13
7.13 机场跑道监测 …… 13
7.14 城市隧道监测 …… 13
8 监测方法及技术要求 …… 13
8.1 基本要求 …… 13
8.2 水平位移监测 …… 14
8.3 竖向位移监测 …… 15
8.4 深层水平位移监测 …… 15
8.5 土体分层竖向位移监测 …… 16
8.6 倾斜监测 …… 16
8.7 裂缝监测 …… 16
8.8 孔隙水压力监测 …… 17
8.9 地下水位监测 …… 17
8.10 应力应变监测 …… 18
8.11 北斗/GNSS 监测 …… 18
8.12 InSAR 监测 …… 19
8.13 现场巡查 …… 21
8.14 远程视频监控 …… 21
9 监测平台 …… 22
9.1 基本要求 …… 22
9.2 监测设备 …… 22
9.3 系统设计 …… 22
9.4 系统功能 …… 23
10 监测成果及信息反馈 …… 23
11 监测信息发布服务 …… 24
11.1 国家级城市地质灾害和基础设施结构安全监测信息发布 …… 24
11.2 省级城市地质灾害和基础设施结构安全监测信息发布 …… 24
11.3 城市级城市地质灾害和基础设施结构安全监测信息发布 …… 25
附录 A（资料性） 监测日报表 …… 26
参考文献 …… 29

前　言

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

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由北京城建勘测设计研究院有限责任公司提出。

本文件由中国科技产业化促进会归口。

本文件起草单位：北京城建勘测设计研究院有限责任公司、湖南联智科技股份有限公司、深圳市天健工程技术有限公司、深圳市地质环境研究院有限公司、中国科学院武汉岩土力学研究所、四川九洲北斗导航与位置服务有限公司、青岛杰瑞自动化有限公司、千寻位置网络有限公司、北京市南水北调环线管理处、深圳市勘察研究院有限公司、南京勘察工程有限公司、中国水利水电科学研究院、云南航天工程物探检测股份有限公司、深圳市市政工程总公司、北京市轨道交通建设管理有限公司、兰州市勘察测绘研究院、黄河勘测规划设计研究院有限公司、中交基础设施养护集团有限公司、中铁第四勘察设计院集团有限公司、北京市轨道交通运营管理有限公司、广州市城市规划勘测设计研究院、中铁电气化局集团有限公司、马鞍山测绘技术院有限公司、苏州市测绘院有限责任公司、北京市交通基础设施建设项目管理中心、山西华冶勘测工程技术有限公司、中晋环境科技有限公司、广东精测勘测科技股份有限公司、中冶成都勘察研究总院有限公司、深圳市勘察测绘院(集团)有限公司、山东大学、中冶智诚(武汉)工程技术有限公司、中兵勘察设计研究院有限公司、珠海市测绘院、成都市勘察测绘研究院、北京地矿工程建设有限责任公司、广州南方卫星导航仪器有限公司、核工业赣州工程勘察设计集团有限公司、伟志股份公司、北京建业通工程检测技术有限公司、杭州鲁尔物联科技有限公司、佛山市测绘地理信息研究院、北京国家速滑馆经营有限责任公司、绵阳市市政设施维护中心、北京市测绘设计研究院、北京市地铁运营有限公司线路分公司、标准联合咨询中心股份公司。

本文件主要起草人：王思锴、余永明、梁晓东、黄小芳、王新春、余弘婧、覃卫民、袁立群、李勇、周胜洪、隋春辉、孙希波、吕兵、刘峰、刘丹卉、张广伟、刘浩、刘永勤、张飞、张剑峰、安新代、陈双全、朱丹、宫辉、方秀友、刘洋、王昕煜、胡生送、程宝银、张伟、刘策、徐栋、蔚志国、张庆斌、任东兴、赵子云、李耀家、张加粮、王正方、袁怀月、孙愿平、王凯、丁建勋、张小波、严建兵、黄劲风、李水明、罗楚楚、周明珲、胡辉、田鹏波、蒋华、赵思仲、贾庆磊、刘瑞敏、谢鸿、张宪彬、马君伟、熊宇、方树薇、蔡荣兴、颜舒琳、魏志然、陶阳、潘文俊、刘祖春、丁天翔、曾健、陈利敏、王浩、康永泰、刘彦凯、秘桐、颜威、张宪君、爱金牛、刘辉、张啸、李芝宏、俞亚磊、张蒙、靳月文、白冬、卢翔峰、吴霁天、罗东林、王志豪、王静、汪畅、李秀龙、贾雷、董蕾、宁轲、时光明、李美娟、王金川、杨坤、刘莎莎、刘正雄、邢玮、张鹏程、李中洲、姜明顺、陈松洲、刘可、王者兴、王振邦、张晓峰、卢成绪。

引　言

近年来，随着城市化进程的逐步加速，我国的城市建设迎来了黄金发展期，但随之而来的施工和运行事故也给人们频频敲响安全警钟，建构筑物沉降与倾斜、地表塌陷变形、城市周边地质灾害、高架桥梁倒塌、地下管线变形引起的事故等时有发生，严重影响人民群众的生产生活。虽然事故原因不尽相同，但其中形变和沉降是目前导致灾害的重要因素之一。除了突发的工程事故，一般的形变和沉降变化属于缓变型的地质灾害，不易察觉，但形成之后又是不可恢复的，造成区域性的自然灾害极其严重。因此，研究一套切实可行的城市地质灾害和基础设施结构安全监测技术，可以对城市安全运行提供保障作用。

北斗系统是我国自行研制、拥有自主知识产权、具有鲜明应用特点的卫星导航系统。从设计指标上看，北斗三代定位、授时精度都达到了先进水平。将北斗技术作为鲜明特征纳入城市安全运行自动化监测方法中并形成科学有效的监测技术体系，能更好地为城市公共安全运行提供保障服务。

本文件主要内容包括：基本规定（监测目的、监测对象、监测周期、监测机构、前期调查、监测方案、监测方法、监测频率、风险等级与监测预警、监测网、监测设备）；监测技术路线与程序（监测技术路线、监测程序）；监测范围确定[监测范围等级，国家级城市、省级城市、城市级城市、重点区域、专项（工程级）城市的地质灾害和基础设施结构安全监测]；监测网的设立与维护[监测基准网、监测点设立原则、地表沉降与塌陷监测、地裂缝监测、建（构）筑物监测、桥梁监测、地下管线和综合管廊监测、高速公路与城市道路监测、大坝监测、滑坡监测、崩塌监测、泥石流监测、机场跑道监测、城市隧道监测]；监测方法及技术要求（水平位移监测、竖向位移监测、深层水平位移监测、土体分层竖向位移监测、倾斜监测、裂缝监测、孔隙水压力监测、地下水位监测、应力应变监测、北斗/GNSS监测、InSAR监测、现场巡查、远程视频监控）；监测平台（监测设备、系统设计、系统功能）；监测成果及信息反馈（监测成果资料、监测数据的处理与信息反馈）；监测信息发布服务（国家级城市、省级城市、城市级城市的监测信息发布）。

本文件可作为影响我国城市安全运行的城市地面沉降与塌陷以及城市建（构）筑物变形、地裂缝、崩塌、滑坡、泥石流等城市地质灾害和基础设施结构的安全监测的作业依据。

基于北斗的城市地质灾害和基础设施结构安全监测技术规范

1 范围

本文件给出了基于北斗的城市地质灾害和基础设施结构安全监测的基本规定，规定了监测技术路线与程序、监测范围确定、监测网的设立与维护、监测方法及技术要求、监测平台、监测成果及信息反馈、监测信息发布服务等。

本文件适用于城市地面沉降与塌陷、城市建(构)筑物与城市交通设施变形以及地裂缝、崩塌、滑坡、大坝、泥石流等影响我国城市安全运行的城市地质灾害安全监测。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；不注日期的引用文件，其最新版本(包括所有的修改单)适用于本文件。

GB/T 12897 国家一、二等水准测量规范

GB/T 18314 全球定位系统(GPS)测量规范

GB/T 39396(所有部分) 全球连续监测评估系统(iGMAS)质量要求

GB/T 39397(所有部分) 全球连续监测评估系统(iGMAS)文件格式

GB/T 39398 全球连续监测评估系统(iGMAS)监测评估参数

GB/T 39399 北斗卫星导航系统测量型接收机通用规范

GB/T 39723 北斗地基增强系统通信网络系统技术规范

GB/T 39772(所有部分) 北斗地基增强系统基准站建设和验收技术规范

GB 50026 工程测量标准

GB 50057 建筑物防雷设计规范

GB 50198 民用闭路监视电视系统工程技术规范

GB 50343 建筑物电子信息系统防雷技术规范

GB 50395 视频安防监控系统工程设计规范

GB 50689 通信局(站)防雷与接地工程设计规范

GB 50911 城市轨道交通工程监测技术规范

GB 51348 民用建筑电气设计标准

DZ/T 0221 崩塌、滑坡、泥石流监测规范

JGJ 8 建筑变形测量规范

T/CAGHP 008 地裂缝地质灾害监测规范(试行)

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

基础设施结构安全监测　infrastructure structure safety monitoring

通过专业的系统、仪器设备和技术，对影响城市安全运行的地质环境、建(构)筑物、地表、桥梁等形变情况，如沉降、水平位移、倾斜等变化所进行的量测工作，收集、处理并生成系列的城市基础设施安全运行指标，对城市基础设施安全运行状况进行观测、描述和评价的过程。

3.2

基础设施结构安全监测项目　type of infrastructure structure safety monitoring

对影响城市安全运行的地面沉降与塌陷及城市建(构)筑物、地裂缝、滑坡、泥石流等进行监测的变形特征或环境因素的统称。

注：包括但不限于沉降、隆起、倾斜、水平位移、应力应变、主体深部位移、地下水位等项目。

3.3

监测控制值　controlled value for monitoring

为满足城市安全运行，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允许值的限值。

3.4

基准点　reference point

为进行城市地质灾害和基础设施结构安全监测而布设的稳定的、长期保存的测量控制点。

注：基准点是城市地质灾害和基础设施结构安全监测工作的基准和依据。

3.5

工作基点　working reference point

为便于现场变形监测作业而布设的相对稳定的水平位移或垂直位移等城市地质灾害和基础设施结构安全监测项目的测量点。

3.6

监测点　observation point

通过直接或间接设置在监测对象上并能反映监测对象变化特征的观测点。

3.7

监测网　monitoring grid

由基准点、工作基点、监测点组成，以监测各类影响城市安全运行活动的基础设施和地质环境的病害体变形为目的而布设的监测网络。

3.8

基岩标　bedrock benchmark

埋设在不同深度基岩中的地面沉降观测标志。

3.9

监测范围　monitoring scope

根据城市安全运营风险影响程度的大小而进行的城市地质灾害和基础设施结构安全监测区域划分。

3.10

监测等级　monitoring measurement grade

根据监测对象及其周边环境和地质条件等风险大小的不同，对城市地质灾害和基础设施结构安全监测项目进行的等级划分。

3.11

自动化监测　automatic monitoring

利用北斗接收机、应力应变计、传感器等专业仪器设备自动化采集监测点信息的监测方式。

3.12

人工监测　manual monitoring

通过专业仪器设备，以人工测量的形式采集监测对象变形数据的监测方式。

3.13

地质灾害监测　geological hazard monitoring

对在自然或人为因素作用下的城市地表岩土体、崩塌、滑坡、泥石流、地面塌陷、地裂缝、地面沉降等地质灾害进行病害变形监测的过程。

3.14

变形监测　deformation monitoring

对城市自然地质体、人工建(构)筑物等监测对象的水平位移、沉降、隆起、倾斜、挠度、土体深部位移、地下水、应力应变等相关影响因素进行的量测工作，并提供变形分析预报的过程。

4　基本规定

4.1　监测目的

监测影响城市安全运行的基础设施和地质环境的病害体变形程度及变化趋势，提供客观、公正、合理的城市安全运行信息，为加强城市安全运行管理和城市基础设施养护提供基础数据和决策依据。

4.2　监测对象

影响城市安全运行的地面沉降与塌陷、城市建(构)筑物等基础设施变形、大坝变形、地裂缝、滑坡、泥石流等地质灾害。

4.3　监测周期

全国范围、全省范围和城市范围的城市地质灾害和基础设施结构安全监测周期宜按照年度和季度进行；重点区域和重点城市、重点区段，以及专题性监测等，监测周期应根据灾害体类型、特征、发展趋势及监测目的与要求综合设置。

4.4　监测机构

城市地质灾害和基础设施结构安全监测应根据不同监测对象由具备监测能力和经验的单位承担监测任务，建设维护城市地质灾害和基础设施结构安全监测网络，实施国家重要经济区、重大工程建设区和特别关注地区的城市地质灾害和基础设施结构安全监测，开展安全运行状况分析评价和预警预报，对各层级城市地质灾害和基础设施结构安全监测工作进行技术服务。

4.5　前期调查

4.5.1　城市地质灾害和基础设施结构安全监测应在搜集资料和城市安全运行灾害现场调(勘)查的基础上开展。资料搜集应包括城市安全运行灾害评估报告、现场勘查资料、防治设计方案、监测报告、灾害体形成条件、诱发因素、变形活动特征、周边环境条件等资料。

4.5.2　前期调查工作应复核搜集的资料与现状灾害体变形的关系，调查和分析灾害体的形成条件、空间分布、变形活动特征、诱发因素与形成机制等，确定灾害体监测的重点部位及仪器设备安放位置，根据实际情况，可拍照、录像或绘制素描图。

4.6 监测方案

城市地质灾害和基础设施结构安全监测方案应根据灾害体类型和特点，有针对性地编制监测方案，监测方案经过审批后方可布置监测点。

监测方案宜包括但不限于以下内容：

a) 基础设施或地质环境的灾害体概况；
b) 灾害体地质条件、周边环境条件及风险特点；
c) 监测目的和依据；
d) 监测范围和监测等级；
e) 监测对象及项目；
f) 基准点、监测点的布设方法与保护要求，监测点布置图；
g) 监测方法和精度；
h) 监测频率；
i) 监测控制值、预警等级、预警标准及异常情况下的监测措施；
j) 监测信息的采集、分析和处理要求；
k) 监测信息反馈制度；
l) 监测仪器设备、元器件及人员的配备；
m) 质量管理制度、安全管理制度及其他管理制度。

4.7 监测方法

4.7.1 城市地质灾害和基础设施结构安全监测应根据不同灾害体类型和变形特征采用不同监测方法，在精度满足的情况下，优先采用北斗/GNSS(全球导航卫星系统)监测技术。

4.7.2 沉降、水平位移、倾斜变形类监测根据现场作业条件宜采用北斗/GNSS 监测、水准测量、精密工程测量、摄影测量、InSAR 测量、三维激光扫描等测量方法。

4.7.3 裂缝和岩土体变形监测宜采用裂缝计测缝法、深层土体水平位移法。

4.7.4 水位和降雨量变化宜采用水位计、孔隙水压力计、雨量计等仪器监测。

4.7.5 监测项目的变形数据宜采用自动化集成方式采集，并通过监测系统实现预报警和监测信息发布。

4.7.6 在满足城市地质灾害和基础设施结构安全监测工作技术要求条件下，积极采用新技术、新方法、新仪器等。

4.8 监测频率

城市地质灾害和基础设施结构安全监测频率应根据监测级别、灾害体发育阶段、地质环境条件等因素确定，确保监测工作质量和数据的连续性，其中基于北斗/GNSS 监测和自动化采集传感器监测等监测手段宜采用在线自动化监测技术。

4.9 风险等级与监测预警

城市安全运行灾害体监测级别宜根据灾害体类型、危害对象、危害程度、地质环境复杂程度等因素划分为普通、轻微、中等、严重四个风险等级，分别对应正常、黄色预警、橙色预警和红色预警四个预警等级。风险等级与监测预警等级对应关系如表 1。

表 1　风险等级与监测预警对应关系

序号	风险等级	预警等级	单一测项风险等级
1	普通	正常	观测值＜0.6C
2	轻微	黄色预警	0.6C≤观测值＜0.8C
3	中等	橙色预警	0.8C≤观测值＜1.0C
4	严重	红色预警	1.0C≤观测值
注：C 为单一监测项目监测控制值。			

4.10　监测网

4.10.1　监测网应能系统监控地质灾害体自身及周边环境因素的活动特征和发展趋势，并兼顾危害对象的分布情况。

4.10.2　监测网的网点分为基准点、工作基点和监测点。其布设需要遵守以下规定：

a）　北斗/GNSS 监测基准点和工作基点布设应遵守 GB/T 39772(所有部分)的技术要求。

b）　基准点应选在变形影响区域之外稳固可靠的位置，每个工程至少应有 3 个基准点。重点灾害体水平位移基准点应采用带有强制归心装置的观测墩，北斗/GNSS 监测基准点之外的垂直位移基准点宜采用双金属标或钢管标。

c）　工作基点应选在稳定且方便使用的位置。设立在灾害体区域内的水平位移监测工作基点宜采用带有强制归心装置的观测墩，垂直位移监测工作基点可采用钢管标。对通视条件较好的小型灾害体，可不设立工作基点，在基准点上直接测定变形观测点。

d）　监测点应设立在能反映监测对象变形特征的位置或监测断面上，监测断面一般宜分为关键断面、重要断面和一般断面。

e）　监测网中的工作基点应定期与基准点联测，基准点宜和城市基岩标定期联测，充分利用已有的相关监测网，避免重复建设。

f）　监测点应避开障碍物，便于观测，监测点与固定式监测仪器应稳固、明显、结构合理。

g）　监测点位应具备较好的人机可达性和一定的基础施工条件。监测点应设立巡查和保护机制，当监测点被破坏后应重新布设。

4.11　监测设备

4.11.1　监测仪器、设备的选型应能满足监测精度及监测频率要求，适应环境条件，便于维护。采用 GNSS 监测时在精度满足的情况下优先采用北斗监测设备。

4.11.2　监测仪器设备安装点位的选择应遵循监测有效性、环境适宜性、施工可行性等原则。

4.11.3　当采用自动化监测时，应采取完整、稳定、安全的数据传输方式，可采用不少于两种数据传输方式。

4.11.4　应采取措施保护监测桩(标)、墩、孔、井、太阳能板、通信电缆等设备设施，定期对监测设备设施进行检查、维护及标定检定。

5　监测技术路线与程序

5.1　监测技术路线

城市地质灾害和基础设施结构安全监测通过对不同监测对象设立监测项目，建立监测点，采用监测

数据分析、风险评估等手段，收集城市不同级别、不同区段、不同环境类型城市安全运行灾害体变形相关数据，对城市安全运行现状进行调查和监测，然后通过系列指标对城市安全运行状况进行全面描述，对城市安全运行状况做出基本的评价和判断，最后生成相关信息并分析、处理、整理，上报给相关部门。

5.2 监测程序

城市地质灾害和基础设施结构安全监测的基本技术程序如下：

a) 确定城市地质灾害和基础设施结构安全监测的范围；
b) 建立以城市地质灾害和基础设施结构安全监测点为基础的数据源；
c) 采集并处理监测数据；
d) 根据监测目标建立城市地质灾害和基础设施结构安全监测指标体系；
e) 计算各类城市安全运行对象监测指标；
f) 对城市安全运行状况进行综合分析和评价；
g) 编制城市地质灾害和基础设施结构安全监测报告。

6 监测范围确定

6.1 监测范围等级

城市地质灾害和基础设施结构安全监测的范围应根据不同监测目标设置。城市内部按照城市某一种影响城市安全运行病害体(如交通基础设施、地下管线、滑坡体、沉陷区等)界定城市地质灾害和基础设施结构安全监测范围。跨城市区域按照行政区划或者宏观经济区域划分城市地质灾害和基础设施结构安全监测范围。

城市地质灾害和基础设施结构安全监测分为国家级城市地质灾害和基础设施结构安全监测、省级城市地质灾害和基础设施结构安全监测、城市级城市地质灾害和基础设施结构安全监测、重点区域城市地质灾害和基础设施结构安全监测、专项(工程级)城市地质灾害和基础设施结构安全监测五个层次。其中，国家级、省级城市地质灾害和基础设施结构安全监测属于区域性城市地质灾害和基础设施结构安全监测，城市级、重点区域、专项(工程级)城市地质灾害和基础设施结构安全监测属于城市内部安全运行监测。监测范围等级如表2。

表2 监测范围等级

序号	监测范围等级	备注
1	国家级	区域性城市地质灾害和基础设施结构安全监测
2	省级	区域性城市地质灾害和基础设施结构安全监测
3	城市级	城市内部安全运行监测
4	重点区域级	城市内部安全运行监测
5	专项(工程级)	城市内部安全运行监测

6.2 国家级城市地质灾害和基础设施结构安全监测范围

国家级城市地质灾害和基础设施结构安全监测范围应包括全国范围的城市地质灾害和基础设施结构安全监测、跨省区域的城市地质灾害和基础设施结构安全监测、重点城市地质灾害和基础设施结构安全监测等。

全国范围的城市地质灾害和基础设施结构安全监测是对全国范围内的直辖市、省会城市、计划单列

市等大城市，以及主要中、小城市进行全面城市地质灾害和基础设施结构安全监测。

跨省区域的城市地质灾害和基础设施结构安全监测是对跨省经济区域（如京津冀、长江三角洲、粤港澳大湾区等地区）的大城市和主要中、小城市进行城市地质灾害和基础设施结构安全监测。

重点城市地质灾害和基础设施结构安全监测范围是对在重要区域或全国范围内有重要影响的城市进行城市地质灾害和基础设施结构安全监测。

6.3 省级城市地质灾害和基础设施结构安全监测范围

省级城市地质灾害和基础设施结构安全监测范围应包括全省范围的城市地质灾害和基础设施结构安全监测、省内分区域的城市地质灾害和基础设施结构安全监测等。

全省范围的城市地质灾害和基础设施结构安全监测动态是对全省范围内的大城市、中等城市、小城市进行全面城市地质灾害和基础设施结构安全监测。

省内分区域的城市地质灾害和基础设施结构安全监测是对省内一定区域的大城市、中等城市、小城市进行城市地质灾害和基础设施结构安全监测。

6.4 城市级城市地质灾害和基础设施结构安全监测范围

城市级城市地质灾害和基础设施结构安全监测范围应包括城市主城区或建成区整体城市地质灾害和基础设施结构安全监测、城市各区域监测等。

6.5 重点区域城市地质灾害和基础设施结构安全监测范围

重点区域城市地质灾害和基础设施结构安全监测是对城市内的重要区域（如中央商务区、核心区、重点安防区、不良地质区域等）进行的监测。

6.6 专项（工程级）城市地质灾害和基础设施结构安全监测范围

专项（工程级）城市地质灾害和基础设施结构安全监测是对重点工程（如地铁、地下综合管廊）或某一类专题（如城市道路、机场跑道、大坝、标志性建筑等）开展的城市地质灾害和基础设施结构安全监测。

7 监测网的设立与维护

7.1 监测基准网

7.1.1 基本要求

7.1.1.1 监测基准网应由基准点和工作基点构成。监测基准网应每半年复测 1 次；当变形监测成果发生异常或发生地震等影响基准网稳定的事变时，应随时检核监测基准网。基准点和工作基准点布设和选择需要遵守以下规定：

a) 基准点设置不应少于 3 个；

b) 基准点应设置在变形区以外的视野开阔区内位置稳定且易于长期保存的稳定岩土体上，便于与工作基点联测；

c) 工作基点根据需要设置，便于校核校验；

d) 工作基点应与基准点构成合理的网形，并满足监测精度的要求，宜埋设在方便观测和稳固的基础上。

7.1.1.2 当使用北斗/GNSS 测量方法进行平面或三维控制测量时，基准点应符合 GB/T 39772（所有部分）的相关规定。

7.1.2 水平位移监测基准网

7.1.2.1 水平位移监测基准网可采用北斗/GNSS 网、三角形网(边角网)、导线网和视准轴线等形式。当采用视准轴线时,轴线上或轴线两端应设立校核点。

7.1.2.2 水平位移监测基准网宜采用独立坐标系统,并进行 1 次布网。根据实际情况,可与国家坐标系统联测。狭长形病害体的主轴线或其平行线,应纳入网内。大型区域病害体布网时,应顾及网的精度、可靠性和灵敏度等指标。

7.1.2.3 水平位移监测基准网点位宜采用有强制归心装置的观测墩。观测墩的制作与埋设应遵守 GB 50026 的相关 规定。

7.1.2.4 水平位移监测基准网的主要技术要求应符合 GB 50026 的相关规定。

7.1.2.5 水平位移监测基准网的水平角观测宜采用方向观测法。水平位移监测基准网边长宜采用电磁波测距。

7.1.2.6 对于三等以上的北斗/GNSS 监测基准网,应采用双频及以上的接收机,并采用精密星历进行数据处理,并应符合 GB/T 39772(所有部分)的相关规定。

7.1.3 垂直位移监测基准网

7.1.3.1 垂直位移监测基准网应布设成环形网并采用水准测量方法观测。

7.1.3.2 基准点的埋设需要遵守以下规定:

a) 应将标石埋设在变形区以外稳定的原状土层内,或将标志镶嵌在裸露基岩上;

b) 城市区域内利用稳固的建(构)筑物,设立墙水准点;

c) 当受条件限制时,在变形区内也可埋设深层钢管标或双金属标;

d) 大坝等大型水工建筑物的基准点可采用平洞标志;

e) 基准点的标石规格可根据现场条件和工程需要,按照 GB 50026 的相关规定执行。

7.1.3.3 垂直位移监测基准网的主要技术要求应符合 GB 50026 的相关规定。

7.1.3.4 起始点高程宜采用测区原有高程系统。较小规模病害体的监测,可采用假定高程系统;较大规模病害体的监测,宜与国家水准基岩标联测。

7.1.4 其他变形监测基准网

水平位移监测基准网和垂直位移监测基准网之外的其他变形监测基准网除应符合 7.1.1 的要求外,尚应符合引用标准的相关规定。

7.2 监测点设立原则

城市地质灾害和基础设施结构安全监测点的设立原则如下:

a) 代表性原则。设立的城市地质灾害和基础设施结构安全监测点在所在区段内,其在城市安全运行病害体关键变化位置和关键特征等方面具有代表性。

b) 确定性原则。设立的城市地质灾害和基础设施结构安全监测点的位置明确,其周围条件及自身条件都比较确定。

c) 稳定性原则。设立的城市地质灾害和基础设施结构安全监测点的埋设区域稳定,在较长的时间内不会发生被盗和破坏等情况。

d) 标识性原则。设立的城市地质灾害和基础设施结构安全监测点易于识别,具有一定的标识性。

7.3 地表沉降与塌陷监测

7.3.1 地表沉降与塌陷监测应在详细勘查、全面掌握塌陷特征的基础上进行设计和实施。根据采空或

岩溶塌陷区的地质环境特征、岩土体变形特征及监测目的等，地表沉降与塌陷监测应采用专业技术监测和简易监测相结合的综合监测方法。

7.3.2 地表沉降与塌陷应监测垂直位移、水平位移、建构(筑)物倾斜、裂缝张合，根据实际情况，可监测地下水水位、降雨量、土壤含水率等。

7.3.3 地表沉降与塌陷监测点应依据塌陷类型与规模、地质条件、变形特征、监测范围、地形地貌、通视条件和监测要求等布设，并遵守以下规定：

a) 地表沉降与塌陷监测点布设范围应外延到地表沉降与塌陷影响区以外；

b) 地表沉降与塌陷的监测应能反映地表沉降与塌陷的变形趋势和监测区地质环境条件变化，监测点应布置在塌陷变形的关键部位，变形速率大、塌陷坑边缘、重要建筑设施等所处的地段应增加监测点。

7.3.4 岩溶地表沉降与塌陷地表变形监测线宜平行和垂直于溶洞的长轴方向，剖面长度宜大于溶洞最大孔径；岩溶地表沉降与塌陷的监测点宜等间距布置。

7.3.5 其他监测项目的监测网点的布设应以变形监测网点为基础，并对地表沉降与塌陷的重点部位进行有针对性的布设。

7.3.6 在塌陷影响区范围内孔隙水压力变化较大、水位变化较大或变形较大的位置应布设孔隙水水位动态监测点。岩溶塌陷区还应布设岩溶水水位监测点。

7.3.7 地表沉降与塌陷的简易监测主要是对塌陷区地表变形及建筑物上的裂缝进行监测；简易监测点设置在裂缝处，监测剖面应垂直裂缝布设，当存在多条裂缝时，应在不同的裂缝处分别布设，简易监测点宜设置在易测处。

7.4 地裂缝监测

7.4.1 地裂缝监测应在对地裂缝灾害特征详细调查和资料搜集分析的基础上进行，包括地裂缝发育长度、宽度、产状、影响带范围、变形活动历史等发育特征及致灾活动、伴生地质灾害等情况。

7.4.2 地裂缝监测范围为地裂缝发育地带及其影响范围其监测项目应包括但不限于以下内容：

a) 地裂缝两侧地面的垂直位移、水平位移及相互错动位移，应计算其差异变形量；

b) 地下水位动态监测；

c) 建构(筑)物裂缝的拉张、扭动或垂直位移量。

7.4.3 地裂缝监测点的布设需要遵守以下规定：

a) 监测剖面线应跨越地裂缝活动带，与其整体直角或大角度相交，监测剖面应覆盖地裂缝活动影响范围并向其影响带外延伸 10 m～20 m，在影响带外侧分别布设不少于 1 个～2 个监测点；

b) 每个剖面监测点数量应能控制地裂缝影响带宽度，依据影响带内主要裂缝的发育和组合确定；

c) 监测点布设在地裂缝两侧，在地裂缝两侧活动较为强烈地段、裂缝宽度最大处、走向明显变化处及延伸末端均应布设短水准剖面监测点，其他位置应按照不少于 3 组/km～5 组/km 布设，每个监测区域不应少于 3 条监测剖面；

d) 在地裂缝活动速率大于 10 mm/a 地段，应布置三维变形监测点；

e) 在地下水开采漏斗区域分布的地裂缝，宜在其两侧布设地下水动态监测点，必要时在地裂缝两侧布设地下分层沉降监测点；

f) 监测点(桩)应选择安全稳定、易于保存和寻找、便于监测的位置埋设，不宜埋设在土质松软、短期因工程建设易毁掉的地段。

7.5 建(构)筑物监测

7.5.1 建(构)筑物根据所处病害体影响区域设置监测点，其竖向位移监测点布设应反映建(构)筑物的不均匀沉降，并遵守以下规定：

a) 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 10 m～15 m，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 15 m～30 m，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。

b) 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。

c) 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。

d) 风险等级较高的建(构)筑物应适当增加监测点数量。

7.5.2 建(构)筑物水平位移监测点应布设在受病害体影响大一侧的建(构)筑物外墙、承重柱、变形缝两侧及其他有代表性的部位，可与建(构)筑物竖向位移监测点布设在同一位置。

7.5.3 建(构)筑物倾斜监测点布设需要遵守以下规定：

a) 倾斜监测点应沿主体结构顶部、底部上下对应，按组布设，根据实际情况，中部增加监测点；

b) 每栋建(构)筑物倾斜监测数量不宜少于 2 组，每组监测点布设数量不应少于 2 个；

c) 采用基础或结构的差异沉降推算建(构)筑物倾斜时，监测点的布设应遵守 7.5.1 的规定。

7.5.4 建(构)筑物裂缝宽度监测点布设遵守以下规定：

a) 裂缝宽度监测应根据裂缝的分布位置、走向、长度、宽度、错台等参数，分析裂缝的性质、产生原因及发展趋势，选取应力或应力变化较大部位的裂缝或宽度较大的裂缝进行监测；

b) 裂缝宽度监测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，并应分别布设在裂缝两侧，且其连线应垂直于裂缝。

7.6 桥梁监测

7.6.1 城市桥梁根据所处病害体影响区域设置监测点，桥梁墩台竖向位移监测点布设需要遵守以下规定：

a) 桥墩的垂直位移变形观测点宜沿桥墩的纵、横轴线布设在外边缘，也可布设在墩面上。每个桥墩的变形观测点根据桥墩大小布设 1 点～4 点。

b) 梁体和构件的变形观测点宜布设在其顶板上。每块箱体或板块宜按照左、中、右分别布设 3 点；构件的点位宜布设在其 1/4、1/2、3/4 处。

c) 悬臂法浇筑或安装梁体的变形观测点宜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。

d) 支架法浇筑梁体的变形观测点可沿梁体纵向轴线或两侧边缘布设在每个桥墩和墩间梁体的 1/2、1/4 处。

e) 装配式拱架的变形观测点可沿拱架纵向轴线布设在每段拱架的两端和拱架的 1/2 处。

f) 索塔垂直位移变形观测点宜布设在索塔底部的四角；索塔倾斜变形观测点宜在索塔的顶部、中部和下部并沿索塔横向轴线对称布设。

g) 桥面变形观测点应在桥墩(索塔)和墩间均匀布设，点位间距以 10 m～50 m 为宜。大型桥梁应沿桥面的两侧布点。

h) 桥梁两岸边坡变形观测点宜成排布设在边坡的顶部、中部和下部，点位间距以 10 m～20 m 为宜。

7.6.2 桥梁墩柱倾斜监测采用全站仪时，监测点应沿墩柱顶、底部上下对应，按组布设，每个墩柱倾斜监测的布设数量不应少于 1 组，每组监测点的布设数量不宜少于 2 个；采用倾斜仪监测时，监测点的布设数量不应少于 1 个。

7.6.3 桥梁结构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。

7.6.4 桥梁裂缝宽度监测点的布设需要遵守 7.5.4 的规定。

7.6.5 采用北斗/GNSS监测方法监测应遵守GB/T 18314的相关规定，并应遵守以下规定：

a) 应设立固定参考站作为变形监测的基准点；

b) 参考站应设立在变形区之外或受变形影响较小的地势较高区域。

7.6.6 桥梁变形监测的精度应根据桥梁的类型、结构、用途等因素综合确定，特大型桥梁的监测精度不宜低于二等，大型桥梁的监测精度不宜低于三等，中小型桥梁的监测精度可采用四等。

7.6.7 变形监测可采用北斗/GNSS测量、极坐标法、精密测(量)距、导线测量、前方交会法、正垂线法、电垂直梁法、水准测量等方法。

7.6.8 大型桥梁的变形监测，根据实际情况，应同步观测梁体和桥墩的温度、水位、流速、风力及风向。

7.6.9 桥梁运营期的变形监测，每年应观测1次，也可在每年的夏季和冬季各观测1次。当洪水、地震、强台风等自然灾害发生时，需要适当增加观测次数。

7.7 地下管线和综合管廊监测

7.7.1 受病害体影响的城市地下管线和综合管廊监测点埋设形式和布设位置应根据地下管线和综合管廊的重要性、修建年代、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。

7.7.2 地下管线和综合管廊位于病害体主要影响区时，竖向位移监测点布设间距宜为5 m～15 m；位于次要影响区时，布设间距宜为15 m～30 m。

7.7.3 监测点宜布设在地下管线和综合管廊的节点、转角点、位移变化敏感或预测变形较大的部位。

7.7.4 地下管线和综合管廊位于主要影响区时，宜采用位移杆法在管体上布设直接监测点，监测管线变形；位于次要影响区且无法布设直接监测点时，可在地表或土层中布设间接监测点，监测管线变形。

7.7.5 城市安全运行病害体风险很高时，应布设管线结构直接监测点及管侧土体监测点，监测管线变形及管侧土体变形，判断管线与管侧土体的协调变形情况。

7.7.6 地下管线和综合管廊水平位移监测点的布设位置和数量应根据地下管线和综合管廊特点和工程需要确定。

7.7.7 地下管线和综合管廊密集、种类繁多时，应重点监测重要的、抗变形能力差的、容易渗漏或破坏的管线。

7.7.8 地下管线和综合管廊变形风险大的区域宜在地表或关键影响区域结构外露面埋设北斗/GNSS监测设备实现自动化监测，且采用InSAR监测方法定期监测沿线地表沉降情况。采用北斗/GNSS监测方法监测应遵守GB/T 18314的相关规定，并应遵守以下规定：

a) 应设立固定参考站作为变形监测的基准点；

b) 参考站应设立在变形区之外或受变形影响较小的地势较高区域。

7.8 高速公路与城市道路监测

7.8.1 受病害体影响的城市高速公路与城市道路的路面和路基竖向位移监测点的布设应与路面下方的地下构筑物和地下管线的监测工作相结合，做到监测点布设合理、相互协调。

7.8.2 路面竖向位移监测应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断面数量。

7.8.3 道路挡墙竖向位移监测点宜沿挡墙走向布设，挡墙位于主要影响区时，布设间距宜为5 m～10 m；挡墙位于次要影响区时，布设间距宜为10 m～15 m。

7.8.4 道路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。

7.8.5 宜采用InSAR监测方法定期监测城市高速公路和城市道路的全线地表沉降情况。

7.8.6 城市隧道安全监测方法应按照GB 50911的相关规定执行。

7.9 大坝监测

7.9.1 为了全面掌握大坝水平位移的变化规律，同时不使观测工作过于繁重，应在坝体上选择有代表性的部位作为测点，在测点上埋设位移点。

7.9.2 监测点选择的原则是要有代表性、能反映出坝体位移的全貌。对于坝体纵向来说，宜在坝顶的坝肩布设1排测点，最高蓄水位以上的上游坝坡布设1排，下游坝坡布设2排～3排。位移标点的布设还应做到使各纵排上的标点在相应的横断面上。横断面一般宜选择在大坝最高处、合龙段、坝内有泄水底孔处及地基坡度和地质情况突变的地段。横断面间距一般宜为50 m～100 m，个数不少于3个。

7.10 滑坡监测

7.10.1 根据滑坡体的地质环境特征、稳定状态及监测目的等，滑坡监测方法和手段应根据监测项目、监测精度和方法适用性等因素综合确定，且宜采用多种方法组合监测。

7.10.2 滑坡监测项目宜包括地表位移、地表裂缝、深部位移、含水率、降雨量、地下水水位等。

7.10.3 滑坡监测网应覆盖滑坡体及滑坡边界以外一定范围，并能监测滑坡体变形的整体变化趋势。滑坡监测网应根据滑坡规模、形状和变形特征、致灾条件和监测条件等确定，当滑坡主滑方向和边界明确时，监测网可布设成十字形或方格形；当滑动方向和边界不明确时，监测网宜布设成放射网型或采用多种网型。

7.10.4 地表监测线(点)应根据滑坡的形态及变形特征、通视条件布设，并遵守以下规定：

a) 监测线应突出关键部位的监测，宜采用主、辅剖面法布设，纵、横监测线布设数量不少于1条；当需要布设多条监测线时，线间距宜按照20 m～30 m确定。

b) 主监测线应结合滑坡分区，沿滑坡的主滑方向布设，推移式滑坡监测点应重点布设于滑坡的中、后部，牵引式滑坡位移监测点应重点布设于滑坡的中、前部。

c) 纵向监测线应延伸至滑坡后缘、前缘以外一定范围，应能反映滑坡的前缘、中部、后缘的变形特征。

d) 横向监测线宜布设在滑坡中部至前缘剪出口之间，并向两侧延伸至滑坡边界以外一定范围。

e) 对于滑坡地表裂缝发育区，应选取滑坡前缘鼓胀、后缘拉张、两侧剪切裂缝及建(构)筑物裂缝等特征裂缝布设裂缝监测点。

f) 对于滑坡体发育鼓胀裂隙带、张拉裂隙带、剪切裂隙带等变形强烈或易发生变形的地段应加密布设监测点。

g) 测标应安设在稳定的混凝土观测墩上，在观测墩上应安置强制对中设备，应避开堆土区、河湖、山谷等阻碍观测地带及可能遭受较大震动和交通影响的区域。

7.10.5 深部位移监测点布设需要考虑滑坡变形特点、监测目的等因素，与地表水平位移监测点相结合布设，并遵守以下规定：

a) 在滑坡体的前缘、中部、后缘等位移变化大的位置应布设深部位移监测点，且至少各布置1个；

b) 以查明滑坡潜在滑动面为目的时，在滑坡主滑方向上应布设深部位移监测点，监测点数量不少于3个；

c) 当监测滑坡变形发展趋势时，一般宜布设于滑坡变形明显、变形特征不同的滑坡单元区段；

d) 宜采用钻孔方式安设，钻孔应进入潜在的滑动面以下稳定岩土层。

7.10.6 环境因素监测点布设需要遵守以下规定：

a) 地下水监测点布设应与水文地质单元相结合，宜沿主滑方向对应的监测线布设，优先考虑与深部位移监测点同点布设；

b) 降雨量监测点应布设在滑坡体外围地势较高、相对开阔位置。

7.10.7 在拥有满足滑坡监测分辨率的SAR数据源的情况下，可采用InSAR方法监测滑坡，并根据现

场实际情况，选择合适的 InSAR 技术方法，如 D-InSAR 方法、SBAS-InSAR 方法、PS-InSAR 方法或 CR-InSAR 方法等。

7.11 崩塌监测

7.11.1 崩塌地质灾害监测应根据崩塌的地质环境特征、稳定状态及监测目的，采用专业技术监测和简易监测相结合的方法。崩塌地质灾害应进行地表位移、裂缝位错和降雨量的监测，根据实际情况，可选择多形态、运动轨迹和运动参数等项目进行监测。

7.11.2 监测网应能控制崩塌整体变形和各块体差异变形，宜兼顾监测外围地质体、崩塌底座及底部斜坡变形。

7.11.3 崩塌监测线的布设需要遵守以下规定：

a) 监测线应穿过崩塌的不同变形地段或块体，每处崩塌带应至少设置 1 条纵向监测线；
b) 监测线应以地表位移监测为主，在监测剖面经过的裂缝处布置裂缝位错监测及其他监测；
c) 当崩塌长度大于 30 m 时，纵向监测线间距宜为 15 m～30 m，根据实际情况，可设置横向监测线，横向监测线一般宜与纵向监测线相垂直；
d) 纵向监测线的设置应沿崩塌的崩落方向或垂直于崩塌体主控结构面开裂的方向，宜结合工程地质调查(勘查)剖面、稳定性计算剖面布设。

7.11.4 崩塌监测点的布设需要遵守以下规定：

a) 地表位移监测点应重点布设在崩塌体上；
b) 裂缝监测点应安设在裂缝两侧，且宜布设在裂缝较宽或位错速率较大部位；
c) 多形态监测点应安设在崩塌体表面；
d) 监测运动轨迹和运动参数的视频监控摄像机应安放在崩塌影响范围以外；
e) 雨量监测点宜设在崩塌影响范围以外地势较高且稳定的地段。

7.11.5 崩塌监测点位置的确定需要考虑以下因素：

a) 变形速率较大或不稳定块段与起始变形块段；
b) 对崩塌稳定性起关键作用块段；
c) 控制崩塌变形的裂缝、岩性明显差异的部位；
d) 其他变形明显部位。

7.12 泥石流监测

泥石流监测内容应包括泥石流的频率、流量、物质组成，以及泥石流流量的变化与河水流量、降雨量的关系等，具体监测方法按照 DZ/T 0221 的相关规定执行。

7.13 机场跑道监测

机场跑道监测应包括跑道的沉降、裂缝、地下空洞等，具体监测方法按照 7.8 的要求执行。

7.14 城市隧道监测

城市隧道监测应包括公路隧道、地下输水隧洞、地铁隧道等，具体监测方法按照 GB 50911 的相关规定执行。

8 监测方法及技术要求

8.1 基本要求

8.1.1 监测方法的选择应根据监测对象和监测项目的特点、监测等级、设计要求、精度要求、场地条件

和以往经验综合确定，监测方法合理且具有可操作性。

8.1.2 监测基准点、工作基点的布设需要遵守 7.1 的相关要求。

8.1.3 监测仪器、设备和元器件需要符合以下规定：

a) 监测仪器、设备和元器件应满足监测精度和量程的要求，并具有良好的稳定性和可靠性，在精度满足情况下，优先采用北斗/GNSS 监测设备；

b) 监测仪器和设备应定期检定或校准；

c) 元器件应在使用前标定，标定记录应齐全；

d) 监测过程中应定期监测仪器核查、比对，设备的维护、保养，以及监测元器件的检查。

8.1.4 监测传感器的选定需要遵守以下规定：

a) 与量测的介质特性相匹配；

b) 灵敏度高、线性好、重复性好；

c) 性能稳定可靠，漂移、滞后误差小；

d) 防水性好，抗干扰能力强。

8.1.5 对同一监测项目，现场监测作业宜遵守以下规定：

a) 采用相同的监测方法和监测路线；

b) 使用同一监测仪器和设备；

c) 固定监测人员；

d) 在基本相同的时段和环境条件下工作。

8.1.6 监测点埋设并稳定后，应至少连续独立进行 3 次观测，取其稳定值的平均值作为初始值。

8.1.7 监测精度应根据监测项目、监测控制值大小、城市安全运行要求、引用标准的规定综合确定，并应满足对监测对象的受力或变形特征分析的要求。

8.1.8 监测过程中，应做好监测点和传感器的保护工作。测斜管、水位观测孔、分层沉降管等管口应砌筑窨井，并加盖保护；北斗/GNSS、InSAR 角反射器、应力应变等传感器应采取防止信号线损坏的措施。

8.1.9 监测新技术、新方法的应用应与传统方法进行验证，其监测精度应满足本文件规定的精度要求。

8.2 水平位移监测

8.2.1 测定特定方向的水平位移宜采用大地测量法，包括投点法、小角法、激光准直法、方向线偏移法、视准线法等，遵守以下规定：

a) 采用投点法和小角法时，应对经纬仪或全站仪的垂直轴倾斜误差进行检验，当垂直角超出 3°范围时，应进行垂直轴倾斜改正。

b) 采用激光准直法时，应在使用前检校激光仪器。

c) 采用方向线偏移法时，对主要监测点，可以该点为测站测出对应基准线端点的边长与角度，求得偏差值；对其他监测点，可选适宜的主要监测点为测站，测出对应其他监测点的距离与方向值，按照方向值的变化求得偏差值。

8.2.2 测定任意方向的水平位移可根据监测点的分布情况，采用交会法、导线测量法、极坐标法等方法。

8.2.3 当监测点与基准点无法通视或距离较远时，可采用北斗/GNSS 测量法或三角测量法、三边测量法、边角测量法与基准线法相结合的综合测量方法。

8.2.4 水平位移监测基准点的埋设应遵守 GB 50026、JGJ 8 的相关规定，宜设置有强制对中的观测墩，或采用精密的光学对中装置，对中误差不宜大于 0.5 mm。

8.2.5 水平位移监测点的埋设宜遵守 GB 50026、JGJ 8 的相关规定。

8.2.6 水平位移监测网宜采用假设坐标系统，并进行 1 次布网。每次变形监测前，应对水平位移基准点进行稳定性复测，并以稳定点作为起算点。

8.2.7 测角、测边水平位移监测网宜布设为近似等边的边角网，其三角形内角不应小于 30°，当受场地或其他条件限制时，个别角度要求可适当放宽。

8.2.8 水平位移监测控制网的技术要求应符合 GB 50026、JGJ 8 的相关规定。

8.2.9 监测仪器和监测方法的选择应满足水平位移监测点坐标中误差和水平位移控制值的要求，并应符合 GB 50026、JGJ 8 的相关规定。

8.2.10 采用北斗/GNSS 监测水平位移时，应遵守 GB/T 18314、GB/T 39772(所有部分)的相关规定，并应遵守以下规定：

a) 应设立固定参考站作为变形监测的基准点；

b) 参考站应设立在变形区之外或受变形影响较小的地势较高区域。

8.3 竖向位移监测

8.3.1 竖向位移监测可采用几何水准测量、液体静力水准测量、电子测距三角高程测量等方法。

8.3.2 竖向位移监测需要遵守以下规定：

a) 监测精度应与相应等级的竖向位移监测网观测一致；

b) 主要监测点应与水准基准点或工作基点组成闭合线路，或附合水准线路；

c) 采用的水准仪 i 角，监测等级为一级时不应大于 10″，监测等级为二级时不应大于 15″、监测等级为三级时不应大于 20″，i 角检校应符合 GB/T 12897 的相关规定；

d) 采用钻孔等方法埋设坑底隆起(回弹)监测标志时，孔口高程宜采用水准测量方法测量，高程中误差在 ±1.0 mm 以内，沉降标至孔口垂直距离宜采用经过检定的钢尺量测；

e) 采用液体静力水准仪进行竖向位移自动监测时，设备的性能应满足监测精度的要求，并应符合 JGJ 8 的相关规定；

f) 采用电子测距三角高程测量方法进行竖向位移监测时，宜采用 0.5″～1″级的全站仪和特制觇牌采用中间设站、不量仪器高的前后视观测方法，并应符合 JGJ 8 的相关规定。

8.3.3 竖向位移监测网的布设需要遵守以下规定：

a) 竖向位移监测网宜采用城市轨道交通工程高程系统，也可采用假定高程系统；

b) 采用几何水准测量、三角高程测量时，监测网应布设成闭合、附合线路或结点网，采用闭合线路时，每次应联测 2 个以上的基准点。

8.3.4 竖向位移监测网的技术要求应符合 GB 50026、JGJ 8 的相关规定。

8.3.5 竖向位移监测点的埋设宜遵守 GB 50026、JGJ 8 的相关规定。

8.3.6 监测仪器和监测方法的选择应满足竖向位移监测点测站高差中误差和竖向位移控制值的要求，并符合 GB 50026、JGJ 8 的相关规定。

8.3.7 采用北斗/GNSS 监测沉降时，应遵守 GB/T 18314、GB/T 39772(所有部分)的相关规定，并应遵守以下规定：

a) 应设立固定参考站作为变形监测的基准点；

b) 参考站应设立在变形区之外或受变形影响较小的地势较高区域。

8.3.8 大范围城市地质灾害和基础设施结构安全监测的竖向位移监测宜采用 InSAR 监测方式。

8.4 深层水平位移监测

8.4.1 土体深层水平位移监测宜在病害体中预埋测斜管，采用测斜仪观测各深度处的水平位移。

8.4.2 测斜仪系统精度不宜低于 0.25 mm/m，分辨率不宜低于 0.02 mm/500 mm，电缆长度应大于测斜孔深度。

8.4.3 测斜管宜采用 PVC 工程塑料或铝合金管制成，直径宜为 45 mm～90 mm，管内应有两组相互垂直的纵向导槽。

8.4.4 水平位移测斜管长度宜根据病害体的影响范围的深度结合周边地质条件确定。

8.4.5 测斜管埋设需要遵守以下规定：

a) 病害体测斜管埋设宜采用钻孔法埋设，测斜管与钻孔孔壁之间应回填密实。

b) 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，管底应保证密封。

c) 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(病害体变形方向)保持一致。

8.4.6 监测前宜用清水将测斜管内冲刷干净，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 0.5 m 或 1.0 m 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。

8.4.7 深层水平位移计算时，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。

8.5 土体分层竖向位移监测

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

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

8.5.3 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，应使磁环与土层黏结固定。

8.5.4 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 1.5 mm；采用深层沉降标结合水准测量时，水准测量精度应符合 GB 50026、JGJ 8 的相关规定。

8.5.5 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。

8.5.6 土体分层竖向位移监测点的埋设宜遵守 GB 50026、JGJ 8 的相关规定。

8.6 倾斜监测

8.6.1 倾斜监测应根据现场观测条件和要求，选用投点法、激光铅直仪法、垂准法、倾斜仪法或差异沉降法等观测方法。

8.6.2 投点法应采用全站仪或经纬仪瞄准上部观测点，在底部观测点安置水平读数尺直接读取偏移量，正、倒镜各观测 1 次取平均值，并根据上、下观测点高度计算倾斜度。

8.6.3 垂准法应在下部测点安装光学垂准仪、激光垂准仪或经纬仪、全站仪加弯管目镜法，在顶部测点安置接收靶，在靶上读取或量取水平位移量与位移方向。

8.6.4 倾斜仪法可采用水管式、水平摆、气泡或电子倾斜仪等进行观测，倾斜仪应具备连续读数、自动记录和数字传输功能。

8.6.5 差异沉降法应采用水准方法测量沉降差，经换算求得倾斜度和倾斜方向。

8.6.6 当采用全站仪或经纬仪进行外部观测时，仪器设置位置与监测点的距离宜为上、下点高差的 1.5 倍～2.0 倍。

8.6.7 倾斜观测精度应符合 GB 50026、JGJ 8 的相关规定。

8.7 裂缝监测

8.7.1 地裂缝及建(构)筑物、桥梁、既有隧道结构等的裂缝监测内容应包括裂缝的位置、走向、长度、宽

度等，根据实际情况，尚应监测裂缝深度。

8.7.2 裂缝监测可采用以下方法：

a) 裂缝宽度监测宜采用裂缝观测仪测读，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测量等方法监测裂缝宽度变化；

b) 裂缝长度监测宜采用直接量测法；

c) 裂缝深度监测宜采用超声波法、凿出法等。

8.7.3 监测工作开展前应记录监测对象已有裂缝的分布位置和数量，对裂缝进行统一编号，记录各裂缝的位置、走向、长度、宽度、深度及初测日期等。

8.7.4 裂缝监测标志应便于量测，长期观测可采用镶嵌或埋入监测对象的金属标志、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。

8.7.5 建(构)筑物裂缝宽度量测精度不宜低于 0.1 mm，裂缝长度和深度量测精度不宜低于 1.0 mm。

8.7.6 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。

8.7.7 地裂缝可采用北斗/GNSS 监测设备或将 InSAR 角反射器安装在主裂缝的两侧进行监测，具体监测方法应符合 T/CAGHP 008 的规定。

8.8 孔隙水压力监测

8.8.1 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监测孔隙水压力。

8.8.2 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。

8.8.3 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；当在黏性土层中埋设单个孔隙水压力计时，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。

8.8.4 孔隙水压力计应在监测前埋设，并遵守以下规定：

a) 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；

b) 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；

c) 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；

d) 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；

e) 埋设后，应记录探头编号、位置及测读初始读数。

8.8.5 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 110 mm～130 mm，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孔。

8.8.6 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照仪器厂家提供的换算公式计算。

8.9 地下水位监测

8.9.1 地下水位监测宜通过钻孔设置水位观测管，采用测绳、水位计等量测。

8.9.2 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，与其他含水层之间应采取有效的隔水措施。

8.9.3 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 20 mm，仪器观测精度不宜低于 0.5%FS。

8.9.4 水位观测管的安装需要遵守以下规定：

a) 水位观测管宜采用镀锌钢管或硬塑料管，内径不宜小于 50 mm。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。

b) 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。

c) 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。

d) 观测孔孔底宜设置一定长度的沉淀管。

e) 观测孔完成后应清洗，保证观测孔内水位与地层水位一致，连通良好。

8.9.5 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。

8.10 应力应变监测

8.10.1 应力应变监测点应根据设计要求和工程需要合理布设。

8.10.2 传感器应具有足够的强度、抗腐蚀性和耐久性，并具有抗震和抗冲击性能；传感器的量程宜为设计最大压力的 1.2 倍，其精度应满足工程监控的要求；连接电缆应采用耐酸碱、防水、绝缘的专用电缆。

8.10.3 传感器埋设前，应进行密封性检验、力学性能检验和温度性能检验，满足要求后方能使用。

8.10.4 传感器应密实埋设，其承压面应与受力方向垂直。连接电缆应编号。

8.10.5 传感器预埋稳定后方能测定静态初始值。

8.10.6 应力、应变监测周期，宜与变形监测周期同步。

8.11 北斗/GNSS 监测

8.11.1 北斗/GNSS 监测流程应包括控制网布设、选点、埋石、观测、数据处理、质量控制与成果提交工作等。

8.11.2 北斗/GNSS 监测应建立测量控制网，控制网布设需要遵守以下规定：

a) 应根据监测目的、精度要求、卫星状况、接收机类型和数量、测区已有资料、测区地形和交通状况及作业效率等因素，综合考虑布设北斗/GNSS 监测网。

b) 北斗/GNSS 监测网宜由基准点和监测点构成，基准点数量应不少于 3 个。应根据灾害体遥感监测内容和精度要求，选择合适的北斗/GNSS 监测网级别。

c) 北斗/GNSS 监测网精度选择应符合表 3 的要求。

表 3 北斗/GNSS 监测网精度要求

监测内容	级别	相邻点基线分量中误差		相对精度	相邻点间平均距离 km
		水平分量 mm	垂直分量 mm		
桥梁、建(构)筑物	B	5	10	10^{-7}	50
地质灾害	C	10	20	10^{-6}	20

d) 北斗/GNSS 网最简异步观测环或附合路线的边数应小于或等于 6 条。

e) 北斗/GNSS 网点位应均匀分布，相邻点间距离最大不宜超过平均距离的 2 倍。新布设的北斗/GNSS 网应与附近已有的国家高等级控制点进行联测，联测点数应不少于 3 点。

8.11.3 北斗/GNSS 监测网选点应遵守以下规定：

a) 在实地选点前，应收集有关布网任务与监测区资料，包括测区 1∶50000 或更大比例尺地形图，已有各类控制点、卫星跟踪站资料等。

b) 应了解和研究监测区情况，特别是交通、通信、供电、气象和大地点等情况。

c) 北斗/GNSS 基准点应选择附近基岩标或远离地面沉降的稳定区域。

d) 北斗/GNSS 监测点应选在能代表或反映监测对象形变特征的位置，并应遵守以下规定：

1) 应布设在不良地质作用地段；

2) 应布设在受地下水、地表水影响的地段；

3) 应布设在有建筑物与构筑物和运输枢纽区的地段；

4) 应布设在有滑动迹象或正在进行治理的地段；

5) 应布设在支护结构及放坡平台的阳角部分。

8.11.4 北斗/GNSS 点位选择需要遵守以下规定：

a) 应视野开阔，视场内障碍物的高度角不宜超过 15°，应有 10°以上地平高度角的卫星通视条件；

b) 应远离电视台、电台、微波站等大功率无线电发射源，其距离应不小于 200 m；

c) 应远离高压输电线和微波无线电信号传送通道，其距离应不小于 50 m；

d) 应进行 24 h 以上的实时环境测试，对于国家基准站和区域基准站，数据可用率应大于 85%，多路径影响应小于 0.5 m；

e) 附近不应有大面积水域、大型建筑及热源等强烈反射卫星信号的物体；

f) 尽量选择通视条件好，便于采用全站仪等手段进行后续测量作业。

8.11.5 北斗/GNSS 监测点的埋设需要遵守以下规定：

a) 北斗/GNSS 网点宜设立带有强制对中装置的观测墩。强制对中装置的对中误差应不大于 1 mm。

b) 观测墩高度应不小于 1.5 m，底部宜设置水准监测标志。监测点宜埋设在稳定岩层或稳定原土层上。

c) 监测点埋深宜不小于 1 m，冻土地区应埋至当地冻土线以下 0.5 m。

8.11.6 北斗/GNSS 观测的技术要求应符合 GB/T 18314 的相关规定。

8.11.7 北斗/GNSS 数据处理应遵守以下规定：

a) 北斗/GNSS 数据基线处理、网平差应在外业成果的检查验收和概算通过后进行。起算数据使用前应进行完整性、正确性与可靠性检验。

b) 北斗/GNSS 网基线处理应采用满足精度要求的数据处理专用软件。

c) 应对北斗/GNSS 网平差结果进行单位权方差检验和残差检验，检验通过时应绘制等值线图等成果图件，如达不到要求应重新计算或重新监测。

8.11.8 北斗/GNSS 监测应提交技术总结、数据成果及专题图件，并应遵守以下规定：

a) 技术总结应包括北斗/GNSS 监测的主要内容、任务依据与工作量，北斗/GNSS 网技术设计、选点与埋石情况，北斗/GNSS 观测、数据处理与监测结果，精度检查与分析情况等；

b) 数据成果应包括北斗/GNSS 原始观测数据，数据处理中生成的文件、资料和成果表等；

c) 专题图件应包括北斗/GNSS 监测形变速率图、北斗/GNSS 累计形变量图等。

8.12 InSAR 监测

8.12.1 InSAR 监测流程应包括 SAR 数据选择、数据处理、精度分析、质量控制与成果提交工作等。

8.12.2 SAR 卫星图像选择需要遵守以下规定：

a) 应根据监测区地表覆盖情况选择合适的波段。地表植被较多地区宜选择波长较长、穿透性较强的 L 波段图像；建筑物较多的城镇地区宜选择波长较短的 X 波段图像；其他地区宜选择波

长适中的C波段图像。

b) 宜根据SAR图像的临界空间基线选择空间基线阈值。系统带宽小于30 MHz的SAR图像宜选择1/2临界空间基线值作为空间基线阈值；系统带宽大于30 MHz的SAR数据图像宜选择1/10临界空间基线值作为空间基线阈值。

c) 应在工作时间范围内连续观测并获取所需数量的SAR图像。

d) 采用编程方式采集SAR图像时，首先考虑数据的波长、覆盖范围和空间分辨率及存档数据数量；其次考虑时间基线、空间基线和极化信息等参数。

8.12.3 应根据灾害体遥感监测的SAR数据量、监测精度和应用条件，选择合适的InSAR技术方法，并遵守以下规定：

a) 监测精度要求较低、SAR数据量不大于4景时，宜选用D-InSAR方法。

b) 监测精度要求较高、SAR数据量较大时，宜选用SBAS-InSAR或PS-InSAR方法。

c) 时间和空间基线分布均匀时，宜选用PS-InSAR方法。

d) 时间和空间基线有1个以长基线为主时，宜选用SBAS-InSAR方法。

e) 监测精度要求极高、有条件提前布设CR时，宜选用CR-InSAR方法，采用CR-InSAR方法时，宜采用同时支持升降轨卫星、尺寸较小同时可增强信号大于20 dB的角反射器。

f) 不同InSAR技术方法所需要的数据量、监测精度和应用条件宜符合表4的规定。

表4 InSAR技术方法

方法	SAR数据的最少量/景	精度	监测应用条件
InSAR	2	<10 m	适用于获取监测区DEM
D-InSAR	2	<3 cm	高相干、中短基线。适用时间间隔短和天气接近的地区
SBAS-InSAR	≥5	<1 cm	短时间基线高相干、长时间基线低相干
PS-InSAR	≥16	<5 mm	点相干、短时间基线。适用时间间隔长、天气条件差异大的地区
CR-InSAR	≥2	<1 mm	低相干、CR需提前布设

8.12.4 InSAR监测需要遵守以下规定：

a) 宜在综合考虑数据质量、时间基线和空间基线等因素的前提下，剔除不连续和存在较大残余相位的干涉图，形成工作区干涉图序列；

b) 应对InSAR形变图进行必要的滤波、数据压缩及地理编码，根据变形量大小利用彩色色标分级显示，并应与必要的地理要素同时叠加在SAR强度图和DEM图上；

c) 应选择合适的同名形变点及地面控制点进行多次联合平差，计算各景InSAR形变图偏移值，进行多景InSAR形变图拼接；

d) 应选择合适的空间插值方法对点目标形变监测结果插值处理，获取每个像元的地表形变结果。

8.12.5 应利用实测数据对InSAR监测结果进行精度分析，并遵守以下规定：

a) InSAR监测的中误差应满足灾害体遥感监测的精度要求；

b) InSAR监测的误差绝对值宜优于15 mm；

c) 可选用最临近法、区域半径法、区域融合法和形变格局法，对获取的形变信息进行精度分析，并应符合表5的规定。

表 5　InSAR 监测结果检校解译方法

评价方法	评价要求	适用范围
最临近法	选择在实测点 3 个像元等同的地面实距范围内与之最接近的点目标作为评价的验证点	PS-InSAR
区域半径法	对实测点一定半径范围的所有点目标形变值进行平均，验证其与实测点的形变值	PS-InSAR
区域融合法	在整个区域上用所有点目标形变值生成等值线面，验证与实测点位置相同的形变值	D-InSAR、PS-InSAR
形变格局法	用实测结果与监测结果分别生成形变等值线面，进行空间分布上的格局分析	D-InSAR、PS-InSAR

8.12.6　InSAR 监测应提交技术总结、数据成果及专题图件，并应遵守以下规定：

a）　技术总结应包括 InSAR 监测的主要内容、任务依据与工作量等，采用的 SAR 图像类型及数据处理方法，InSAR 监测结果，精度检查与分析情况等；

b）　数据成果应包括 SAR 正射影像数据、点目标形变速率数据、点目标累计形变量数据、插值形变速率数据、插值累计形变量数据等；

c）　专题图件应包括点目标形变速率图、点目标累计形变量图、插值形变速率图、插值累计形变量图等。

8.12.7　宜采用高精度北斗/GNSS 或水准测量等方法补充 InSAR 监测数据在时间和空间上的空白区域。

8.13　现场巡查

8.13.1　现场巡查可采用人工目测的方法，辅助以量尺、锤、放大镜、照相机、摄像机、无人机等器具。

8.13.2　巡查人员应以填表、拍照或摄像等方式详细记录观测到的有关信息和现象，填写巡查记录，并及时整理巡查信息。

8.13.3　巡查信息应与仪器监测数据进行对比分析，发现异常或险情，应按照规定程序及时通知建设方及其他相关单位。

8.14　远程视频监控

8.14.1　远程视频监控系统应包括前端采集、数据传输、显示三个部分。

8.14.2　远程视频监控系统应能实现监视、录像、回放、备份、报警及网络浏览等功能。

8.14.3　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。

8.14.4　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，以供存档和必要时的回放。

8.14.5　远程视频监控除满足本文件的规定外，尚应符合 GB 51348、GB 50395 及 GB 50198 的相关规定。

9 监测平台

9.1 基本要求

9.1.1 城市地质灾害和基础设施结构安全监测信息化监测系统应采用基于北斗的自动化监测系统。

9.1.2 基于北斗的地质灾害监测系统应实现对滑坡、崩塌、泥石流、地表沉降等影响城市安全运营灾害的监测。监测系统应包括数据采集终端、数据传输层和软件端三部分。

9.1.3 基于北斗的城市地质灾害和基础设施结构安全监测系统需要遵循实用、可靠、先进、经济和环保的设计原则，监测仪器设备应稳定可靠、易于改造升级、便于日常维护。

9.1.4 基于北斗的城市地质灾害和基础设施结构安全监测系统应根据范围和目的不同，设置维护周期，并制定完善的系统管理制度。

9.2 监测设备

北斗接收机、监测仪器、传感器等现场自动化监测设备，应根据城市地质灾害和基础设施结构安全监测的监测项目、监测范围、内容等选择，并应符合第 8 章的规定。

9.3 系统设计

9.3.1 自动化监测系统由远程自动化监测设备、数据传输系统、监测数据处理系统(数据分析、处理、显示、存储)组成。

9.3.2 系统通过现场各类传感器采集数据，经自动化监测站处理数据，并通过有线或无线的传输系统传至数据处理系统，数据预处理后由技术人员对数据进行分析、处理、显示、存储。

9.3.3 各类监测传感器应适应监测区域的环境条件，其监测精度、量程等满足监测对象和范围的要求。

9.3.4 采用摄像机进行视频监测时，除应符合本文件的规定外，尚应符合 GB 50395、GB 50198 的相关规定。

9.3.5 北斗自动化监测站应设置在变形稳定区域，不应设置在具有较强电磁干扰设备附近，应有防火、防盗和防电磁干扰等防护设施，应配置监测管理软件和网络通信软件，应能对整个自动化监测系统的采集进行设置和管理。

9.3.6 自动化监测站安装时，应对监测仪器设备进行检验、试验、参数标定，变形测项应同人工监测数据比对，无误后方可投入使用。

9.3.7 自动化监测采集应具有自动巡测、选测、自检、自诊断、现场网络数据和远程通信功能，具有存储数据功能，存储格式除应具有多种格式外，尚应具备掉电保护功能。监测历史数据可转换为 TXT、Excel 等多种文件格式保存，并满足监测中心数据库对数据的备份、共享和数据传递等操作。

9.3.8 自动化监测传输系统需要符合以下要求：

a) 数据传输之间采用开放的通信协议和标准数据传输方式，数据传输宜采用有线传输方式。有线传输难以实现时，可采用无线传输方式。

b) 根据工程实际选用定时、随机、实时、直接等通信方式。

c) 远程数据传输应采用具有校验功能的通信协议，能及时纠正传输错误的数据包。

d) 传输系统设计除满足上述要求外，尚应符合引用标准的相关规定。

9.3.9 自动化监测系统宜采用太阳能电源单独供电或与电网电源供电，监测数据处理系统应配备不间断电源(UPS)，应支持 24 h 不间断运行，供配电系统宜具有断电报警功能。

9.3.10 自动化监测系统宜采取防雷及接地措施。防雷、接地设计应遵守 GB 50057、GB 50343 及

GB 50689 的规定。

9.3.11 在安全监测中应用北斗系统除应满足本文件的规定外，尚应符合 GB/T 39396(所有部分)、GB/T 39397(所有部分)、GB/T 39398、GB/T 39399、GB/T 39723 的相关规定。

9.4 系统功能

基于北斗的城市地质灾害和基础设施结构安全监测系统应具有完备的信息安全保障体系，宜具备以下功能：

a) 能接收和管理各种影响城市安全运行的灾害体的变形监测的原始数据、观测数据、计算数据、成果数据等资料；

b) 能接入和接收存储北斗接收机、应力应变计等各类传感器和设备的实时监测数据；

c) 能进行监测基准网和变形监测网观测数据的平差计算和基准点的稳定性分析，能检核和处理各期观测数据；

d) 能通过变形量和变形因子关系模型，对监测点的变化统计分析后，预报变化趋势；

e) 具有数据传输、查询、数据上传、数据共享和推送功能；

f) 具有变形成果图表生成功能，可汇总统计分析监测结构，能实现监测结果的三维展示等功能；

g) 能根据不同风险类型、风险级别建立预警及报警处置预案；

h) 具有用户管理、数据与信息管理和系统安全管理等功能。

10 监测成果及信息反馈

10.1 城市地质灾害和基础设施结构安全监测成果资料应完整、清晰、签字齐全，监测成果应包括现场监测资料、计算分析资料、图表、曲线、文字报告等。

10.2 现场监测资料宜包括外业观测记录、现场巡查记录、记事项目及仪器、视频等电子数据资料。外业观测记录、现场巡查记录和记事项目应在现场自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。

10.3 取得现场监测资料后，应及时对监测资料进行整理、分析和校对，监测数据出现异常时，应分析原因，根据实际情况，现场核对或复测。

10.4 应及时计算监测数据的累计变化值、变化速率值，并绘制时程曲线，根据实际情况，绘制断面曲线图、等值线图等，并根据灾害体现状、地质条件和环境条件分析监测数据的变化原因和变化规律，预测其发展趋势。

10.5 监测报告根据监测范围和对象可分为日报、警情快报、阶段性报告和总结报告。监测报告应采用文字、表格、图形、照片等形式，表达直观、明确。监测报告宜包括但不限于以下主要内容：

a) 日报。监测日报中的日报表格式可参考附录 A。日报宜包括但不限于以下主要内容：

1) 监测概况；

2) 现场巡查信息：巡查照片、记录等；

3) 监测项目日报表：仪器型号、监测日期、观测时间、天气情况、监测项目的累计变化值、变化速率值、监测控制值、监测点平面位置图等，可采用附录 A 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。

b) 警情快报。警情快报宜包括但不限于以下主要内容：

1) 警情发生的时间、地点、情况描述、严重程度、灾害体现状等；

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。

c） 阶段性报告。阶段性报告宜包括但不限于以下主要内容：

1） 灾害体概况及灾害体现状；

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、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。

d） 总结报告。总结报告宜包括但不限于以下主要内容：

1） 灾害体概况；

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） 现场巡查信息：巡查照片、记录等；

7） 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；

8） 监测数据、巡查信息的分析与说明；

9） 结论与建议。

10.6 监测数据的处理与信息反馈宜利用专门的城市地质灾害和基础设施结构安全监测数据处理与信息管理系统软件，实现数据采集、处理、分析、查询和管理的一体化及监测成果的可视化。

10.7 监测日报、警情快报、阶段性报告和总结报告应按照规定的格式和内容，及时向相关单位报送。

11 监测信息发布服务

11.1 国家级城市地质灾害和基础设施结构安全监测信息发布

国家级城市地质灾害和基础设施结构安全监测发布的主要信息内容如下：

a） 全国总体城市安全运行水平值、区域城市安全运行水平值、重点城市安全运行水平值；

b） 全国总体城市安全运行变形增长率、区域城市安全运行变形增长率、重点城市安全运行变形增长率；

c） 全国总体城市安全运行指数、区域城市安全运行指数、重点城市安全运行指数；

d） 全国城市地质灾害和基础设施结构安全监测年度报告、季度报告；

e） 其他相关信息。

11.2 省级城市地质灾害和基础设施结构安全监测信息发布

省级城市地质灾害和基础设施结构安全监测发布的主要信息内容如下：

a） 全省总体城市安全运行水平值、省内重点区域和重点城市的城市安全运行水平值；

b） 全省总体城市安全运行变形增长率、省内重点区域和重点城市的城市安全运行变形增长率；

c) 全省总体城市安全运行指数、省内重点区域和重点城市的城市安全运行指数；

d) 全省总体城市安全运行动态指数、省内重点区域和重点城市的城市安全运行指数；

e) 其他相关信息。

11.3 城市级城市地质灾害和基础设施结构安全监测信息发布

城市级城市地质灾害和基础设施结构安全监测发布的主要信息内容如下：

a) 城市整体城市安全运行水平值、市内各级别用各区段城市安全运行水平值；

b) 城市整体城市安全运行变形增长率、市内各级别及各区段城市安全运行变形增长率；

c) 城市安全运行指数；

d) 城市地质灾害和基础设施结构安全监测年度报告、季度报告；

e) 其他相关信息。

附 录 A
（资料性）
监测日报表

A.1 水平位移、竖向位移监测日报表如表 A.1。

表 A.1 _____水平位移、竖向位移监测日报表

监测工程名称：　　报表编号：　　天气：

本次监测时间：　　年　月　日　时　　上次监测时间：　　年　月　日　时

仪器型号：　　仪器出厂编号：　　检定日期：

监测点号	初始值 mm	上次累计变化量 mm	本次累计变化量 mm	本次变化量 mm	变化速率 mm/d	控制值		预警等级	备注
						累计变化值 mm	变化速率值 mm/d		

施工工况：

监测结论及建议：

现场监测人：　　计算人：　　校核人：

监测项目负责人：　　监测单位：

第　页　共　页

A.2　深层水平位移监测日报表如表 A.2。

表 A.2　_____深层水平位移监测日报表

监测工程名称：　　报表编号：　　天气：

本次监测时间：　年　月　日　时　　上次监测时间：　年　月　日　时

<table>
<tr><td colspan="8">仪器型号：　　仪器出厂编号：　　检定日期：</td></tr>
<tr><td rowspan="2">监测孔号</td><td rowspan="2">深度
m</td><td rowspan="2">上次累计变化量
mm</td><td rowspan="2">本次累计变化量
mm</td><td rowspan="2">本次变化量
mm</td><td rowspan="2">变化速率
mm/d</td><td colspan="2">控制值</td><td rowspan="2">监测深度-位移量变化曲线图：</td></tr>
<tr><td>累计变化值
mm</td><td>变化速率值
mm/d</td></tr>
<tr><td rowspan="11"></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td rowspan="11"></td></tr>
<tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td colspan="8">施工工况：</td></tr>
<tr><td colspan="8">监测结论及建议：</td></tr>
</table>

现场监测人：　　计算人：　　校核人：

监测项目负责人：　　监测单位：

第　页　共　页

A.3　应力、压力监测日报表如表 A.3。

表 A.3　_____应力、压力监测日报表

监测工程名称：　　报表编号：　　天气：

本次监测时间：　　年　月　日　时　　上次监测时间：　　年　月　日　时

仪器型号：　　仪器出厂编号：　　检定日期：

监测点号	初始值 kPa	上次测值 kPa	本次测值 kPa	本次变化值 kPa	变化速率 kPa/d	控制值 kPa	预警等级	备注

施工工况：

监测结论及建议：

现场监测人：　　计算人：　　校核人：

监测项目负责人：　　监测单位：

第　页　共　页

参 考 文 献

[1] GB/T 12898 国家三、四等水准测量规范
[2] GB 50497 建筑基坑工程监测技术标准
[3] CJJ/T 8 城市测量规范
[4] DZ/T 0286 地质灾害危险性评估规范
[5] SL 183 地下水监测规范
[6] DB11/T 1677 地质灾害监测技术规范

T/CSPSTC 67—2021

中国科技产业化促进会
团 体 标 准
基于北斗的城市地质灾害和基础设施
结构安全监测技术规范
T/CSPSTC 67—2021
*
中国标准出版社出版发行
北京市朝阳区和平里西街甲2号(100029)
北京市西城区三里河北街16号(100045)
网址 www.spc.net.cn
总编室:(010)68533533 发行中心:(010)51780238
读者服务部:(010)68523946
中国标准出版社秦皇岛印刷厂印刷
各地新华书店经销
*
开本 880×1230 1/16 印张 2.25 字数 70 千字
2022年3月第一版 2022年3月第一次印刷
*
书号:155066·5-4181 定价 41.00元

如有印装差错 由本社发行中心调换
版权专有 侵权必究
举报电话:(010)68510107

T/CSPSTC 67-2021

码上扫一扫 正版服务到