

中国核工业勘察设计协会文件

核设协[2023] 202 号

关于中国核工业勘察设计协会立项的 团体标准《核工程变形监测技术规程》 公开征求意见的通知

中国核工业勘察设计协会立项的团体标准《核工程变形监测技术规程》已经完成草案编制工作。依照《中国核工业勘察设计协会团体标准管理办法》的相关规定，现面向会员单位和社会广泛征求意见。

烦请相关领域的专家查收《核工程变形监测技术规程》团体标准编写说明（详见附件 1）和《核工程变形监测技术规程（征求意见稿）》（详见附件 2），并于 2023 年 10 月 19 日前将《征求意见表》（详见附件 3）发送至联系人邮箱。

联系人：黄善明

联系电话：13523447572

邮箱：516355982@qq.com

感谢对中国核工业勘察设计协会团体标准工作的大力支持！

附件：

1. 《核工程变形监测技术规程》团体标准编写说明
2. 《核工程变形监测技术规程》（征求意见稿）
3. 征求意见表



抄 送：理事长、副理事长、秘书长、副秘书长

中国核工业勘察设计协会秘书处 2023 年 9 月 20 日印发

附件 1

中国核工业勘察设计协会

《核工程变形监测技术规程》团体标准编制说明

一、工作简况

（一）任务来源

根据核设协〔2021〕80号《关于征集中国核工业勘察设计协会2022年度团体标准申报立项的通知》文件，中核勘察设计研究院有限公司作为牵头单位于2021年9月26日向中国核工业勘察设计协会提出《核工程变形监测技术规程》立项申请。核设协〔2022〕17号《关于转发〈中国核工业勘察设计协会2022年度第一次团体标准化管理委员会、技术委员会和专业委员会工作会议会议纪要〉的通知》同意本团体标准立项，2022年3月25日经公示后正式立项。项目立项编号：CNIDA-LX-2022-005，完成周期12个月。

（二）标准制定的目的和意义

目前核工程方面变形监测标准仅《核电厂建构筑物变形监测技术规程》（NB20494-2018），满足不了核工程发展进步之快的要求，本标准的目的是统一核工程安全监测、质量控制工作程序，明确各项监测工作的深度、工作内容、工作方法、技术要求。

（三）编制过程

1. 起草单位及主要起草人

2021年9月，本标准立项申请确定了主、参编单位；2022年7月明确了编制组成员及任务分工。

主编单位：中核勘察设计研究院有限公司

参编单位：核工业航测遥感中心、国核电力规划设计研究院有限公司、融纬勘测有限公司、核工业湖州勘测规划设计研究院股份有限公司、河北中核岩土工程有限责任公司、核工业金华勘测设计院有限公司。

主要起草人：苗长伟、黄善明、张宇、何光源、李世烜、董建军、孔令鹏、聂子良、杨海成、王伟、王以磊、刘超、常頔、徐静、朱伟、裴亚兵、尹忠飞、焦正华、钟华、王诚东。

2. 大纲编制

该标准列入拟申请报批标准计划后，主编单位积极组织各参编单位开展准备活动，认真收集分析国内相关标准、规范、规定、规程资料，起草标准编制大纲和项目实施工作计划，初步拟定了标准框架内容，并筹备成立标准编制组。

2022年4月2日，中核勘察设计研究有限公司主持召开了第一次标准编制工作视频会议，经会议讨论成立了标准编制组。会议初步确定了本规程基本框架结构和各章节内容，明确了标准编制后续计划和单位分工。

3. 大纲评审

2022年9月1日编写组向团标评审平台系统上传了编制大纲，10月底收到7位专家评委意见总计53条，编写组针对评委意见逐一进行了分析和处理。2022年12月6日中国核工业勘察设计协会工程勘察专业委员会组织进行了大纲专家评审会，会议上主编单位就大纲编写情况、目录结构、初审意见及处理情况进行了一一汇报，评委针对标准编制的依据、目的、意义，监测方法、监测内容、附录内容、编写内容及编制组的分工进行了评议，一致通过评审，并形成会议纪要。2022年12月27日编写组向团标

评审平台上传了大纲终稿、大纲意见汇总处理表及大纲评审会议纪要，并通过平台审核。

4. 征求意见稿编写

标准大纲通过评审并经平台审核通过后，编写组按照分工编写标准讨论稿。2023年6月28日，编写组召开视频会议对讨论稿进行讨论，会议对讨论稿尚存在的问题达成最终修改意见。在此基础上形成征求意见稿，并于2023年9月12日将标准征求意见稿、编制说明和条文说明上传至团标评审平台。

二、 标准编制原则和主要内容

（一）编制原则

涉核工程目前是安全等级最高的工程类型之一，规范涉核工程变形监测工作，统一涉核工程变形监测技术要求，确保监测工作能够为涉核工程的安全施工、运营提供可靠数据。

（二）主要内容

本标准按照 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。标准共分为8章，主要内容包括：前言；1 范围；2 规范性引用文件；3 术语、符号和缩略语；4 基本规定；5 监测内容；6 监测技术；7 基本监测预警；8 质量检验；附录；参考文献。

三、 主要试验（或验证）情况

无。

四、 标准中涉及专利的情况

标准中没有涉及专利的问题。

五、 预期达到的社会效益、对产业发展的作用等情况

制定中国核工业勘察设计协会团体标准《核工程变形监测技术规程》，对核工程施工期间和运营期间的监测内容、监测精度、监测频率、变形预警值等做出规定，实现核工程安全施工和稳定使用。

六、 与国际、国外标准对比情况

未收集到国际、国外相关标准。

七、 与现行相关法律、法规、规章及相关标准，特别是强制性标准的协调性

本标准的编制，以《中华人民共和国核安全法》、《中华人民共和国测绘法》等法律法规为依据，充分参考国家强制性标准《工程测量标准》GB 50026—2020、《工程测量通用规范》GB 55018—2021、《核电厂工程测量技术规范》GB 50633—2010、《建筑基坑工程监测技术标准》GB 50497-2019、《爆破安全规程》GB 6722-2014、《建筑地基基础设计规范》GB 50007-2011；行业标准《核电厂构筑物变形监测技术规程》NB/T 20494—2018、《建筑变形测量规范》JGJ 8—2016 等技术标准，并进行扩展，与以上标准内容不冲突。

八、 重大分歧意见的处理经过和依据

标准在起草过程中未遇到重大分歧意见。

九、 标准性质的建议说明

团体标准为自愿性标准。

十、 贯彻标准的要求和措施建议

标准经批准后，由团标办公室统一编号、协会发布，并在协会网站和全国团体标准信息平台上发布。

十一、 废止现行相关标准的建议

标准为首次制定。

十二、 必要专利信息披露情况说明

无。

十三、 其他应予说明的事项

无。

《核工程变形监测技术规程》编写组

2023 年 9 月 12 日

附件 2

团 体 标 准

T/CHINA XXX-202X

核工程变形监测技术规程

Code of practice for deformation monitoring
in nuclear engineering
(征求意见稿)

XXXX-XX-XX 发布

XXXX-XX-XX 实施

中国核工业勘察设计协会发布

目 次

前言	III
核工程变形监测技术规程	1
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语、符号和缩略语	1
3.1 术语	1
3.2 符号	3
3.3 缩略语	4
4 基本规定	4
5 监测内容	6
6 监测方法	9
6.1 一般规定	9
6.2 水准测量	9
6.3 三角高程测量	12
6.4 全站仪测量	13
6.5 卫星导航定位测量	17
7 监测技术要求	19
7.1 基准点布设与测量	19
7.2 场地监测	21
7.3 基坑工程监测	26
7.4 边坡工程监测	39
7.5 建（构）筑物监测	45
7.6 水工构筑物监测	49
7.7 隧道及地下工程监测	52
7.8 爆破工程监测	59
8 质量检验	60
8.1 一般规定	60
8.2 质量检查	61
8.3 质量验收	61

8.4 质量报告 62

附录 A(资料性)原始记录表 63

附录 B(资料性)监测报表 69

附录 C(资料性)质量检查记录表 79

参考文献 80

前言

本文件按照 GB/T 1.1-2020 给出的规则经广泛调查研究，认真总结实践经验，参考有关标准，并广泛征求意见，按照 GB/T 1.1-2020 给出的规则进行编写。

本文件共分 8 个章节 16 个附录，主要内容有：范围，规范性引用文件，术语、符号和缩略语，基本规定，监测内容，监测方法，监测技术要求，质量检验等。

本文件主编单位、参编单位编制组成员和主要审查人员：

主编单位：中核勘察设计研究有限公司

参编单位：核工业航测遥感中心

国核电力规划设计研究院有限公司

融纬勘测有限公司

核工业湖州勘测规划设计研究院股份有限公司

河北中核岩土工程有限责任公司

核工业金华勘测设计院有限公司

编制组成员：苗长伟 黄善明 张 宇 何光源 李世烜 董建军 孔令鹏 聂子良
杨海成 武 伟 王以磊 刘 超 常 頔 徐 静 朱 伟 裴亚兵
尹忠飞 焦正华 钟 华 王诚东

主要审查人员：

核工程变形监测技术规程

1 范围

本文件规定了核工程变形监测所采用的方法、工作内容、质量技术要求、资料整理及成果报告的编制要求。

本文件适用于核工程变形监测工作，包括核电厂、核供热厂、实验堆、研究堆、乏燃料后处理厂等涉核工程。

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 6722 爆破安全规程

GB 50007 建筑地基基础设计规范

GB 50026 工程测量标准

GB 50330 建筑边坡工程技术规范

GB/T 1.1 标准化工作导则第 1 部分：标准化文件的结构和起草规则

NB/T 20547 核电工程爆破安全监测技术规程

JGJ 8 建筑变形测量规范

JGJ 120 建筑基坑支护技术规程

CJJ/T 73 卫星定位城市测量技术规范

3 术语、符号和缩略语

下列术语、符号和缩略语适用于本文件。

3.1 术语

3.1.1

基准点 benchmark, reference point

为进行变形测量而布设的稳定的、长期保存的测量点。根据变形测量的类型，可分为沉降基准点和位移基准点。

3.1.2

工作基点 working reference point

为便于现场变形观测作业而布设的相对稳定的测量点。根据变形测量的类型，可分为沉降工作基点和位移工作基点。

3.1.3

场地 venue

适应某种需要的空地。

3.1.4

变形 deformation

建筑在荷载作用下产生的形状或位置变化的现象。可分为沉降和位移两大类。沉降指竖向的变形，包括下沉和上升；而位移为除沉降外其他变形的统称，包括水平位移、倾斜、挠度、裂缝、收敛变形、风振变形和日照变形等。

3.1.5

建筑变形测量 deformation measurement of building and structure

对建筑物或构筑物的场地、地基、基础、上部结构及周边环境受荷载作用而产生的形状或位置变化进行观测，并对观测结果进行处理、表达和分析的工作。

3.1.6

差异沉降 differential settlement

不同位置在同一时间段产生的不均匀沉降现象。

3.1.7

倾斜 inclination

包括基础倾斜和上部结构倾斜。基础倾斜指的是基础两端由于不均匀沉降而产生的差异沉降现象；上部结构倾斜指的是建筑的中心线或其墙、柱上某点相对于底部对应点产生的偏离现象。

3.1.8

挠度 deflection

建筑的基础、构件或上部结构等在弯矩作用下因挠曲而产生的变形。

3.1.9

收敛变形 convergence deformation

隧道、涵洞等类型的建筑在施工或运营过程中因围岩应力变化产生的变形。

3.1.10

监测点 monitoring Point

布设在建筑场地、地基、基础、上部结构或周边环境的敏感位置上能反映其变形特征的测量点。根据变形测量的类型，可分为沉降监测点和位移监测点。

3.1.11

变形值 deformation value

变形大小的数值，也称变形量。

3.1.12

变形允许值 allowable deformation value

为保证建筑正常使用而确定的变形控制值。

3.1.13

变形预警值 prewarning deformation value

在变形允许值范围内，根据建筑变形的敏感程度，以变形允许值的一定比例计算的或直接给定的警示值。

3.1.14

变形速率 rate of deformation

单位时间的变形量。

3.1.15

观测频率 observation frequency

一定时间内的观测次数。

3.1.16

观测周期 observation cycle

相邻两次观测之间的时间间隔。

3.1.17

建筑基坑 building excavation

为进行建（构）筑物地下部分的施工，由地面向下开挖出的空间，简称基坑。

3.1.18

岩体基坑 rock mass excavation

岩石出露地面或岩体上覆盖少量土的基坑。

3.1.19

土岩组合基坑 soil-rock combinational excavation

开挖深度范围内上部为土体，下部为岩体，需要考虑土体对支护结构稳定影响的基坑。

3.1.20

基坑设计安全等级 design safety grade of excavation

由基坑工程设计文件确定的基坑安全等级。

3.1.21

支护结构 bracing and retaining structure

为保证基坑开挖和地下结构的施工安全以及保护基坑周边环境，对基坑侧壁进行支挡、加固的一种结构体系，包括围护墙和支撑（或拉锚）体系。

3.1.22

围护墙 retaining wall

基坑周边承受坑侧土压力、水压力及一定范围内地面荷载的竖向结构。

3.1.23

边坡 slope

由于工程开挖或填筑施工所形成的人工边坡和对建（构）筑物安全或稳定有不利影响的自然斜坡。

3.2 符号

3.2.1 变形量

A —— 风力振幅；

d —— 位移分量；偏离值；

F_c —— 基础相对弯曲度；

f_1 —— 水平方向的挠度值；

f_2 —— 垂直方向的挠度值；

s —— 沉降量

α —— 倾斜度；夹角；

Δ —— 两期间的变形量；

Δd —— 位移分量差；

Δs —— 沉降差。

3.2.2 观测量

D —— 距离；边长；

h —— 高差；

L —— 附和路线、环线或视准线长度；

n —— 测回数；测站数；高差个数；

S —— 视线长度；

α_v —— 垂直角；

V —— 棱镜高。

3.2.3 中误差

m_d —— 位移分量或偏离值测定中误差；

$m_{\Delta d}$ —— 位移分量差测定中误差；

m_h —— 测站高差中误差；

m_0 —— 水准测量单程观测每测站高差中误差；

m_s —— 沉降量测定中误差；

$m_{\Delta s}$ —— 沉降差测定中误差；

m_a —— 方向观测中误差；

m_β —— 测角中误差；

μ —— 单位权中误差。

3.2.4 仪器参数

i —— 水准仪视准轴与水准管轴的夹角；

K —— 收敛尺的温度线膨胀系数，

$2C$ —— 经纬仪两倍视准误差。

3.2.5 其他符号

K —— 大气垂直折光系数；

R —— 地球平均曲率半径。

3.3 缩略语

GNSS —— Global Navigation Satellite System 全球导航卫星系统。

4 基本规定

4.0.1 下列建（构）筑物应实施监测：

- a) 设计安全等级为一、二级的基坑和地基基础设计等级为甲级的建筑；
- b) 开挖深度大于或等于 5m 的土质、破碎岩体基坑；
- c) 扩建或软弱地基或处理地基上的建（构）筑；
- d) 采用新型基础或新型结构的建筑物；
- e) 对核设施运行安全有影响的建（构）筑物
- f) 现场地质情况和周围环境较复杂的建（构）筑物。

- 4.0.2 设计文件应对监测范围、监测项目及监测点布置、监测频率和监测预警值等做出规定。
- 4.0.3 建（构）筑物施工前，应由建设方委托具备相应能力的第三方对基坑工程实施现场监测。监测单位应编制监测方案，监测方案应经建设方、设计方等认可，必要时还应与建（构）筑物周边环境涉及的有关管理单位协商一致后方可实施。
- 4.0.4 监测工作步骤应符合下列规定：
- a) 现场踏勘，收集资料；
 - b) 制定监测方案；
 - c) 基准点、工作基点、监测点布设与验收，仪器设备校验和元器件标定；
 - d) 实施现场监测；
 - e) 监测数据的处理、分析及信息反馈；
 - f) 提交阶段性监测结果和报告；
 - g) 现场监测工作结束后，提交完整的监测资料。
- 4.0.5 监测方案编制前，委托方应提供下列资料：
- a) 岩土工程勘察报告；
 - b) 建（构）筑物相关设计文件；
 - c) 建（构）筑物施工方案或施工组织设计；
 - d) 周边环境各监测对象的相关资料；
 - e) 其他所需资料。
- 4.0.6 监测单位在现场踏勘、资料收集阶段应包括下列主要工作：
- a) 了解建设方和相关单位对监测的要求；
 - b) 收集并分析岩土工程勘察、水文气象、周边环境、设计、施工等资料；
 - c) 了解相邻工程的设计和施工情况；
 - d) 通过现场踏勘，复核相关资料与现场状况的关系，确定拟监测项目现场实施的可行性。
- 4.0.7 监测方案应包括下列内容。
- a) 工程概况；
 - b) 场地工程地质、水文地质条件及基坑周边环境状况；
 - c) 监测目的；
 - d) 编制依据；
 - e) 监测范围、对象及项目；
 - f) 基准点、工作基点、监测点的布设要求及测点布置图；
 - g) 监测方法和精度等级；
 - h) 监测人员配备和使用的主要仪器设备；
 - i) 监测期和监测频率；
 - j) 监测数据处理、分析与信息反馈；
 - k) 监测预警、异常及危险情况下的监测措施；
 - l) 质量管理、监测作业安全及其他管理制度。
- 4.0.8 基坑工程监测范围应根据基坑设计深度、地质条件、周边环境情况以及支护结构类型、施工工法等综合确定；采用施工降水时，尚应考虑降水及地面沉降的影响范围；采用爆破开挖时，爆破振动的监测范围应根据 GB 6722 的相关规定并结合工程实际情况，通过爆破试验确定。

- 4.0.9 监测单位应按监测方案实施监测，当工程设计或施工有重大变更时，监测单位应与建设方及相关单位研究并及时调整监测方案。
- 4.0.10 监测单位应及时处理、分析监测数据，并将监测结果和评价及时向建设方及相关单位进行反馈。
- 4.0.11 监测期间，监测方应做好监测设施的保护。建设方及总包方应协助监测单位保护监测设施。
- 4.0.12 监测结束阶段，监测单位应向建设方提供监测总结报告，并将下列资料组卷归档：
- 监测方案；
 - 基准点、监测点布设及验收记录；
 - 阶段性监测报告；
 - 监测总结报告。
- 4.0.13 核工程建（构）物在施工期间和使用期间的基准网可使用工程范围内及周边稳定的三等以上平面控制点和二等以上的高程控制点构成。
- 4.0.14 每个重要的建（构）筑物都应有独立的变形测量监测系统，在工程建造时，各项监测设施应随施工的进展及时埋设安装。
- 4.0.15 监测点埋设完成后，宜连续进行两次独立观测，当两次较差不超过 2 倍中误差时应取其平均值作为变形监测初始值。
- 4.0.16 同一监测项目在不同的监测周期宜采用相同的网形或观测路线和相同的观测方法，使用同等精度和级别的仪器和设备，观测人员宜相对固定，监测环境和条件基本相同。
- 4.0.17 监测时应记录天气、温度、气压、相对湿度和建设过程中的荷载变化情况。

5 监测内容

施工期监测内容包括建筑物监测、基坑监测、场地监测、边坡监测、隧道及地下工程监测和爆破工程监测等；使用期监测内容包括建筑物监测、边坡监测、水工构筑物监测和隧洞监测等。各类建筑物应进行沉降观测，高耸构筑物应进行水平位移和倾斜观测，其他监测子项监测基上应按下表要求执行：

表 1 土质基坑工程仪器监测项目表

监测项目	基坑工程安全等级		
	一级	二级	三级
围护墙（边坡）顶部水平位移	应测	应测	应测
围护墙（边坡）顶部竖向位移	应测	应测	应测
深层水平位移	应测	应测	宜测
立柱竖向位移	应测	应测	宜测
围护墙内力	宜测	可测	可测
支撑轴力	应测	应测	宜测
立柱内力	可测	可测	可测
锚杆轴力	应测	宜测	可测
坑底隆起	可测	可测	可测
围护墙侧向土压力	可测	可测	可测
孔隙水压力	可测	可测	可测
地下水位	应测	应测	应测
土体分层竖向位移	可测	可测	可测
周边地表竖向位移	应测	应测	宜测

周边建筑	竖向位移	应测	应测	应测
	倾斜	应测	宜测	可测
	水平位移	宜测	可测	可测
周边建筑裂缝、地表裂缝		应测	应测	应测
周边管线	竖向位移	应测	应测	应测
	水平位移	可测	可测	可测
周边道路竖向位移		应测	宜测	可测

土质基坑设计安全等级应按现行行业标准《建筑基坑支护技术规程 JGJ 120》的相关规定划分。

表 2 岩体基坑工程仪器监测项目表

监测项目		基坑设计安全等级		
		一级	二级	三级
坑顶水平位移		应测	应测	应测
坑顶竖向位移		应测	宜测	可测
锚杆轴力		应测	宜测	可测
地下水、渗水与降雨关系		宜测	可测	可测
周边地表竖向位移		应测	宜测	可测
周边建筑	竖向位移	应测	宜测	可测
	倾斜	宜测	可测	可测
	水平位移	宜测	可测	可测
周边建筑裂缝、地表裂缝		应测	宜测	可测
周边管线	竖向位移	应测	宜测	可测
	水平位移	宜测	可测	可测
周边道路竖向位移		应测	宜测	可测

岩体基坑设计安全等级应按现行国家标准《建筑边坡工程技术规范》GB 50330 的相关规定进行划分。

表 3 边坡工程监测项目表

监测项目	测点布置位置	边坡工程安全等级		
		一级	二级	三级
坡顶水平位移和垂直位移	支护结构顶部或预估支护结构变形最大处	应测	应测	应测
坡体深部位移	预估支护结构变形最大处	应测	应测	选测
地表裂缝	强顶背后 1.0H（岩质）~1.5H（土质）范围内	应测	应测	选测
坡顶建（构）筑物变形	边坡坡顶建筑物基础、墙面和整体倾斜	应测	应测	选测
降雨、洪水与时间关系	—	应测	应测	选测
锚杆（索）拉力	外锚头或锚杆主筋	应测	选测	可不测
支护结构变形	主要受力构建	应测	选测	可不测
支护结构应力	应力最大处	选测	选测	可不测
地下水、渗水与降雨关系	出水点	选测	选测	可不测
注 1：在边坡塌滑区内有重要建（构）筑物，破坏后果严重时，应加强对支护结构的应力监测；				
注 2：H—边坡高度（m）。				

边坡工程设计安全等级应按现行国家标准《建筑边坡工程技术规范》GB 50330 的相关规定进行划分。

表 4 水工建筑物及附属设施的变形监测项目和内容

阶段	项目	主要监测内容
施工期	高边坡开挖稳定性监测	水平位移、垂直位移、倾斜、裂缝、深层位移
	堆石体监测	水平位移、垂直位移
	结构物监测	水平位移、垂直位移、挠度、倾斜、裂缝
	临时围堰监测	水平位移、垂直位移、挠度
	建筑物基础沉降观测	垂直位移
	近坝区滑坡监测	水平位移、垂直位移、深层位移
	库周跨断裂（断层）监测	水平位移、垂直位移、裂缝
运营期	混凝土坝（闸口）	水平位移、垂直位移、坝体表面接缝、裂缝等
	取、排水明渠	水平位移、垂直位移
	护岸（堤坝）	水平位移、垂直位移
	重件码头	水平位移、垂直位移

表 5 盾构法隧道管片结构和周围岩土体监测项目

序号	监测项目	项目选择	备注
1	管片结构竖向位移	必测	
2	管片结构水平位移	选测	
3	管片结构净空收敛	必测	
4	管片结构应力	选测	
5	管片连接螺栓应力	选测	
6	地表沉降	必测	
7	建（构）筑物沉降	必测	
8	建（构）筑物裂缝	必测	若有
9	深层水平位移	选测	
10	分层竖向位移	选测	
11	管片围岩压力	选测	
12	孔隙水压力	选测	

表 6 矿山法隧道支护结构和周围岩土体监测项目

序号	监测项目	项目选择	备注
1	初期支护结构拱顶沉降	必测	
2	初期支护结构底板隆起	必测	
3	初期支护结构净空收敛	必测	
4	隧道拱脚竖向位移	选测	
5	中柱结构竖向位移	选测	

6	中柱结构倾斜	选测	
7	中柱结构应力	选测	
8	初期支护结构、二次衬砌应力	选测	
9	地表沉降	必测	
10	建（构）筑物沉降	必测	
11	建（构）筑物裂缝	必测	
12	深层水平位移	选测	
13	分层竖向位移	选测	
14	围岩压力	选测	
15	地下水位	必测	

6 基本监测方法

6.1 一般规定

6.1.1 监测方法应根据监测对象的监测要求、现场作业条件和监测的适用性综合确定，一个项目中可组合使用多种观测方法，仪器监测可采用现场人工监测或自动化实时监测。

6.1.2 当采用光学水准仪进行变形监测时，技术要求可按关于数字水准仪测量的相关规定及国家现行有关标准的规定执行。

6.1.3 监测使用的仪器、设备和元件应满足监测精度的要求，经过检定、校准或标定，并在监测过程中进行定期维护、检查。

6.1.4 当变形测量需采用特等精度时，应对所用测量方法、仪器设备及具体作业过程等进行专门的技术设计、精度分析，并宜进行试验验证。

6.1.5 除使用本标准规定的监测方法外，也可采用达到监测精度要求的其他方法。

6.1.6 监测仪器、设备和元件应符合下列规定：

- a) 满足观测精度和量程的要求，且应具有良好的稳定性和可靠性；
- b) 应经过校准或标定，且校核记录和标定资料齐全，并应在规定的校准有效期内使用；
- c) 监测过程中应定期进行监测仪器、设备的维护保养、检测以及监测元件的检查。

6.1.7 除使用本规程规定的监测方法外，亦可采用能达到本规程规定精度要求的其他方法。

6.2 水准测量

6.2.1 当采用水准测量进行沉降观测时，所用仪器型号和标尺类型应符合表 7 的规定。

表 7 水准仪型号和标尺类型

等级	水准仪型号	标尺类型
一等	DS05	因瓦条码标尺
二等	DS05	因瓦条码标尺、玻璃钢条码标尺
	DS1	因瓦条码标尺
三等	DS05、DS1	因瓦条码标尺、玻璃钢条码标尺
	DS3	玻璃钢条码标尺
四等	DS1	因瓦条码标尺、玻璃钢条码标尺
	DS3	玻璃钢条码标尺

6.2.2 水准测量的作业方式应符合表 8 的规定。

表 8 沉降观测作业方式

沉降观测等级	基准点测量、工作基点联测及首期沉降观测			其他各期沉降观测			观测顺序
	DS05 型仪器	DS1 型仪器	DS3 型仪器	DS05 型仪器	DS1 型仪器	DS3 型仪器	
一等	往返测	—	—	往返测或单程双测站	—	—	奇数站： 后-前-前-后 偶数站： 前-后-后-前
二等	往返测	往返测或单程双测站	—	单程观测	单程双测站	—	奇数站： 后-前-前-后 偶数站： 前-后-后-前
三等	单程双测站	单程双测站	往返测或单程双测站	单程观测	单程观测	单程双测站	后-前-前-后
四等	—	单程双测站	往返测或单程双测站	—	单程观测	单程双测站	后-后-前-前

6.2.3 水准测量应符合下列规定：

a) 观测视线长度、前后视距差、视线高度及重复测量次数应符合表 9 的规定。

表 9 数字水准仪观测要求

沉降观测等级	视线长度 m	前后视距差 m	前后视距差累积 m	视线高度 m	重复测量次数 次
一等	≥ 4 且 ≤ 30	≤ 1.0	≤ 3.0	≥ 0.65	≥ 3
二等	≥ 3 且 ≤ 50	≤ 1.5	≤ 5.0	≥ 0.55	≥ 2
三等	≥ 3 且 ≤ 75	≤ 2.0	≤ 6.0	≥ 0.45	≥ 2
四等	≥ 3 且 ≤ 100	≤ 3.0	≤ 10.0	≥ 0.35	≥ 2

注 1：在室内作业时，视线高度不受本表的限制；
注 2：当采用光学水准仪时，观测要求应满足表中各项要求。

b) 观测限差应符合表 10 的规定。

表 10 数字水准仪观测限差

单位为毫米

沉降观测等级	两次读数所测高差之差限差	往返较差及附合或环线闭合差限差	单程双测站所测高差较差限差	检测已测测段高差之差限差
一等	0.5	$0.3\sqrt{n}$	$0.2\sqrt{n}$	$0.45\sqrt{n}$
二等	0.7	$1.0\sqrt{n}$	$0.7\sqrt{n}$	$1.5\sqrt{n}$
三等	3.0	$3.0\sqrt{n}$	$2.0\sqrt{n}$	$4.5\sqrt{n}$
四等	5.0	$5.0\sqrt{n}$	$4.0\sqrt{n}$	$8.5\sqrt{n}$

注 1：表中 n 为测站数；
注 2：当采用光学水准仪时，基、辅分划或黑、红面读数较差应满足表中两次读数所测高差之差限差。

6.2.4 每期观测开始前，应测定水准仪的 i 角。当其值对一等、二等沉降观测超过 $15''$ ，对三等、四等沉降观测超过 $20''$ 时，应进行检校或送检。当观测成果出现异常，经分析可能与仪器有关时，应及时对仪器进行检验。

6.2.5 水准测量作业应符合下列规定：

- a) 应在标尺分划线成像清晰和稳定的条件下进行观测，不得在日出后或日落前约半小时、太阳中天前后、风力大于四级、气温突变时以及标尺分划线的成像跳动而难以照准时进行观测，阴天可全天观测。
- b) 观测前半小时，应将数字水准仪置于露天阴影下，使仪器与外界气温趋于一致。观测前，应进行不少于 20 次单次测量的预热。
- c) 应避免望远镜直接对着太阳，并应避免观测视线被遮挡。仪器应在其生产厂家规定的温度范围内工作。当遇临时振动影响时，应暂停作业。当长时间受振动影响时，应增加重复测量次数。
- d) 各期观测过程中，当发现相邻监测点高差变动异常或附近地面出现裂缝时，应进行记录。

6.2.6 观测成果的重测和取舍应符合下列规定：

- a) 凡超出表 10 规定限差的成果，均应在分析原因的基础上进行重测。当测站观测限差超限时，对在本站观测时发现的，应立即重测；当迁站后发现超限时，应从稳固可靠的点开始重测。
- b) 当测段往返测高差较差超限时，应先对可靠性小的往测或返测测段进行重测，并应符合下列规定：
 - 1) 当重测的高差与同方向原测高差的不符值大于往返测高差不符值的限差，但与另一单程的高差不符值未超出限差时，可取用重测结果；
 - 2) 当同方向两高差的不符值未超出限差，且其算术平均值与另一单程原测高差的不符值亦不超出限差时，可取同方向两高差算术平均值作为该单程的高差；
 - 3) 当重测高差或同方向两高差算术平均值与另一单程高差的不符值超出限差时，应重测另一单程；
 - 4) 当出现同向不超限但异向超限时，若同方向高差不符值小于限差的 $1/2$ ，可取原测的往返高差算术平均值作为往测结果，取重测的往返高差算术平均值作为返测结果。
- c) 单程双测站所测高差较差超限时，可只重测一个单线，并应与原测结果中符合限差的一个单线取算术平均值采用。若重测结果与原测结果均符合限差时，可取三个单线的算术平均值。当重测结果与原测两个单线结果均超限时，应再重测一个单线。
- d) 当线路往返测高差较差、附和路线或环线闭合差超限时，应对路线上可靠性小的测段进行重测。

6.2.7 每测段的始、末，工作间歇的前后及观测中气候变化时，应记录观测日期、时间（北京时间）、大气温度（仪器高度处温度）、标尺温度、天气、云量（按十级制，即肉眼所见云彩遮

蔽天空面积的十分之几，则为几级云量）、成像、太阳方向（按太阳对于路线前进方向的 8 个方位：前方、前右、右方、右后、后方、左后、左方、前左）、道路土质、风向及风力（风向按风吹来的方向对于路线前进方向的 8 个方位：前方、前右、右方、右后、后方；左后、左方、前左记录）。

6.2.8 使用光学水准仪时，每测站应记录上、下丝在前后标尺的读数，楔形平分丝在前后标尺基、辅分划面的读数。每五个测站记录一次标尺温度，读至 0.1℃。

6.2.9 使用光学水准仪时，外业观测值和记事项目载体分为电子记录和手簿记录两种方式，优先考虑采用电子记录。当采用手工记录时，应在现场直接记录。手簿一律用铅笔填写，记录的文字与数字力求清晰，整洁，不得潦草模糊。手簿中任何原始记录不得涂擦，对原始记录有错误的数字与文字，应仔细核对后以单线划去，在其上方填写更正的数字与文字，并在备考栏内注明原因。对作废的记录，亦用单线划去，并注明原因及重测结果记于何处。重测记录应加注“重测”二字。使用电子水准仪时，可用仪器自带的软件进行记录存储原始数据。

6.2.10 观测工作结束后应及时整理和检查外业观测手簿。检查手簿中所有计算是否正确、观测成果是否满足各项限差要求。确认观测成果全部符合规定之后，方可进行外业计算。

6.3 三角高程测量

6.3.1 全站仪的三角高程测量可用于三等、四等沉降观测。三角高程测量应采用中间设站观测方式，所用全站仪的标称精度应符合表 11 的规定，并宜采用高低棱镜组及配件。

表 11 三角高程测量所用全站仪标称精度要求

沉降观测等级	一测回水平方向标准差 "	测距中误差 mm
三等	≤1.0	≤(1mm+1ppm)
四等	≤2.0	≤(2mm+2ppm)
注：1ppm 表示每千米 1mm，2ppm 表示每千米 2mm，下同。		

6.3.2 三角高程测量，应符合下列规定：

- a) 可在后视点、前视点上设置棱镜，在其中间设置全站仪。观测视线长度不宜大于 300m，最长不宜超过 500m，视线垂直角不应超过 20°。每站的前后视线长度之差，对三等观测不宜超过 30m，四等观测不宜超过 50m。
- b) 视线高度及离开障碍物的间距宜大于 1.3m。
- c) 当采用单棱镜观测时，每站应变动 1 次仪器高进行 2 次独立测量。当 2 次独立测量所计算高差的较差符合表 12 的规定时，取其算术平均值作为最终高差值。

表 12 两次测量高差较差限差

沉降观测等级	两次测量高差较差限差 mm
三等	10√D
四等	20√D
注：D 为两点间距离，以 km 为单位。	

- d) 当采用高低棱镜组观测时，每站应分别以高、低棱镜中心为照准目标各进行 1 次距离和垂直角观测；观测宜采用全站仪自动照准和跟踪测量功能按自动化测量模式进行；当分别以高、低棱镜中心所测成果计算高差的较差符合表 12 的规定时，取其算术平均值作为最终高差值。

6.3.3 三角高程测量中的距离和垂直角观测，应符合下列规定：

- a) 每次距离观测时，前后视应各测 2 个测回。每测回应照准目标 1 次、读数 4 次。距离观测应符合表 13 的规定。

表 13 距离观测要求

全站仪测距 标称精度	一测回读数间较差限差 mm	测回间较差限差 mm	气象数据测定	
			温度 ℃	气压 Pa
1mm+1ppm	3	4	0.2	50
2mm+2ppm	5	7	0.2	50

- b) 每次垂直角观测时，应采用中丝双照准法观测，观测测回数及限差应符合表 14 的规定。

表 14 垂直角观测要求

全站仪测角标称精度 "	测回数		两次照准目标读数差限差 "	垂直角测回差限差 "	指标差较差限差 "
	三等	四等			
0.5	2	1	1.5	3	3
1	4	2	4	5	5
2	-	4	6	7	7

- c) 观测宜在日出后 2h 至日落前 2h 的期间内目标成像清晰稳定时进行，阴天和多云天气可全天观测。

6.3.4 三角高程测量单次观测的高差应按下列公式计算：

$$h_{12} = (D_2 \tan \alpha_2 - D_1 \tan \alpha_1) + \left(\frac{D_2^2 - D_1^2}{2R} \right) - \left(\frac{D_2^2}{2R} K_2 - \frac{D_1^2}{2R} K_1 \right) - (\nu_2 - \nu_1) \quad (6.3.4)$$

式中： h_{12} ——后视点与前视点之间的高差(m)；

D_1 、 D_2 ——后视、前视水平距离(m)；

α_1 、 α_2 ——后视、前视垂直角；

R ——地球平均曲率半径(m)；

K_1 、 K_2 ——后视、前视大气垂直折光系数；

ν_1 、 ν_2 ——后视、前视棱镜高(m)。

6.4 全站仪测量

6.4.1 全站仪边角测量法可用于位移基准点网观测及基准点与工作基点间的联测；全站仪小角法、极坐标法、前方交会法和自由设站法可用于监测点的位移观测。

6.4.2 位移观测所用全站仪的标称精度应符合表 15 的规定。

表 15 全站仪标称精度要求

位移观测等级	一测回水平方向标准差 "	测距中误差 mm
一等	≤ 0.5	$\leq (1\text{mm}+1\text{ppm})$
二等	≤ 1.0	$\leq (1\text{mm}+2\text{ppm})$
三等	≤ 2.0	$\leq (2\text{mm}+2\text{ppm})$
四等	≤ 2.0	$\leq (2\text{mm}+2\text{ppm})$

6.4.3 当采用全站仪边角测量法进行位移基准点网观测及基准点与工作基点间联测时，应符合下列规定：

- a) 基准点及工作基点应组成多边形网，网的边长宜符合表 16 的规定。

表 16 基准点及工作基点网边长要求

单位为米

位移观测等级	边长
一等	≤ 300
二等	≤ 500
三等	≤ 800
四等	≤ 1200

- b) 应在各基准点、工作基点上设站观测，观测应边角同测。

- c) 视线高度及离开障碍物的间距宜大于 1.3m。

6.4.4 全站仪水平角观测应符合下列规定：

- a) 水平角观测应采用方向观测法，测回数应符合表 17 的规定，观测限差应符合表 18 的规定。

表 17 水平角观测测回数

全站仪测角标称精度	位移观测等级			
	一等	二等	三等	四等
0.5"	4	2	1	1
1"	—	4	2	1
2"	—	—	4	2

表 18 水平角观测限差

全站仪测角标称精度 "	半测回归零差限差 "	一测回内 2C 互差限差 "	同一方向值各测回互差限差 "
0.5	3	5	3
1	6	9	6
2	8	13	9

- b) 观测应在通视良好、成像清晰稳定时进行。晴天的日出、日落前后和太阳中天前后不宜观测。作业中仪器不得受阳光直接照射，当气泡偏离超过一格时，应在测回间重新整置仪器。当视线靠近吸热或放热强烈的地形地物时，应选择阴天或有风但不影响仪器稳定的时间进行观测。

- c) 每站观测中，宜避免二次调焦。当观测方向的边长悬殊较大需调焦时，宜采用正倒镜同时观测法，该方向的 2C 值可不参与互差计算。对于大倾角方向的观测，水平气泡偏移不应超过一格。
- d) 当水平角观测成果超出限差时，应按下列规定进行重测：
 - 1) 当 2C 互差或各测回互差超限时，应重测超限方向，并联测零方向；
 - 2) 当归零差或零方向的 2C 互差超限时，应重测该测回；
 - 3) 测回中，当重测方向数超过所测方向总数的 1/3 时，应重测该测回；
 - 4) 一个测站上，当重测的方向测回数超过全部方向测回总数的 1/3 时，应重测该测站所有方向。

6.4.5 全站仪距离观测应符合下列规定：

- a) 一等位移观测，距离应往返各观测 4 个测回；二等、三等、四等位移观测，距离应往返各观测 2 个测回。每测回应照准目标 1 次、读数 4 次。有关技术要求应符合表 19 的规定，其中往返测观测值较差应将斜距化算到同一水平面上方可比较。

表 19 距离观测技术要求

全站仪测距 标称精度	一测回读数间较差限差 mm	测回间较差限差 mm	往返测较差限差 mm	气象数据测定最小读数	
				温度 ℃	气压 Pa
1mm+1ppm	3	4.0	6.0	0.2	50
1mm+2ppm	4	5.5	8.0	0.2	50
2mm+2ppm	5	7.0	10.0	0.2	50

- b) 测距应在成像清晰、气象条件稳定时进行。阴天、有微风时可全天观测；晴天最佳观测时间宜为日出后 1h 和日落前 1h；雷雨前后、大雾、大风、雨、雪天和大气透明度很差时，不应进行观测。
- c) 晴天作业时，应对全站仪和反光镜打伞遮阳，严禁将仪器照准头对准太阳。
- d) 观测时的气象数据测定，应采用经检定合格的温度计和气压计。气象数据应在每边观测始末时在两端进行测定，取其算术平均值。
- e) 测距边两端点的高差，对一等、二等观测可采用四等水准测量或三等三角高程测量方法测定；对三等、四等观测可采用四等三角高程测量方法测定。
- f) 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常数、乘常数、周期误差改正，并化算到同一水平面上。
- g) 当距离观测成果超限时，应按下列规定进行重测：
 - 1) 当一测回读数间较差超限时，应重测该测回；
 - 2) 当测回间较差超限时，可加测 2 个测回，去掉其中最大、最小测回观测值后再进行比较，如仍超限，应重测该边的所有测回；
 - 3) 当往返测较差超限时，应分析原因，重测单方向的距离。如重测后仍超限，应重测往返两方向的距离。

6.4.6 当采用全站仪小角法测定某个方向上的水平位移时，应符合下列规定：

- a) 应垂直于所测位移方向布设视准线，并应以工作基点作为测站点。
- b) 测站点与监测点之间的距离宜符合表 20 的规定。

表 20 全站仪小角法观测距离要求

单位为米

全站仪测角标称精度	位移观测等级			
	一等	二等	三等	四等
0.5″	≤300	≤500	≤800	≤1200
1″	—	≤300	≤500	≤800
2″	—	—	≤300	≤500

- c) 监测点偏离视准线的角度不应超过 30′。
- d) 每期观测时，利用全站仪观测各监测点的小角值，观测不应少于 1 测回。
- e) 监测点偏离视准线的垂直距离 d(图 1) 应按下式计算：

$$d = \alpha / \rho \times D \qquad (6.4.6)$$

式中： α ——偏角(″)；
 D ——监测点至测站点之间的距离(mm)；
 ρ ——常数，其值为 206265″。

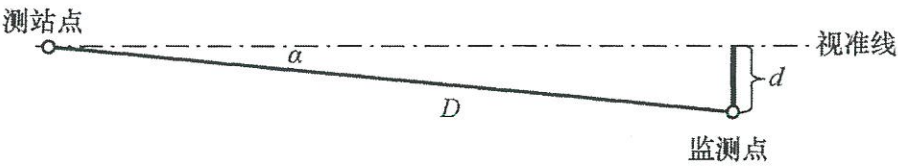


图 1 小角法示意图

6.4.7 当采用全站仪极坐标法进行位移观测时，应符合下列规定：

- a) 测站点与监测点之间的距离宜符合表 21 的规定。

表 21 全站仪观测距离长度要求

单位为米

全站仪标称精度	位移观测等级			
	一等	二等	三等	四等
0.5″ 1mm+1ppm	≤300	≤500	≤800	1200
1″ 1mm+2ppm	—	≤300	≤500	≤800
2″ 2mm+2ppm	—	—	≤300	≤500

- b) 边长和角度观测测回数应符合表 22 的规定。

表 22 全站仪观测测回数

全站仪标称精度	位移观测等级			
	一等	二等	三等	四等
0.5" 1mm+1ppm	2	1	1	1
1" 1mm+2ppm	—	2	1	1
2" 2mm+2ppm	—	—	2	1

6.4.8 当采用全站仪前方交会法进行位移观测时，应符合下列规定：

- 应选择合适的测站位置，使各监测点与其之间形成的交会角在 $60^{\circ} \sim 120^{\circ}$ 之间。测站点与监测点之间的距离宜符合表 21 的规定。
- 水平角、距离观测测回数应符合表 22 的规定。
- 当采用边角交会时，应在 2 个测站上测定各监测点的水平角和水平距离。
- 当仅采用测角或测边交会时，应至少在 3 个测站点上测定各监测点的水平角或水平距离。

6.4.9 当采用全站仪自由设站法进行位移观测时，应符合下列规定：

- 设站点应与 3 个基准点或工作基点通视，且该部分基准点或工作基点的平面分布范围应大于 90° ，设站点与监测点之间的距离宜符合表 21 的规定。
- 所观测的监测点中，至少有 2 个点应在其他测站同期观测。
- 宜边角同测。水平角和距离观测测回数应符合表 22 的规定。

6.4.10 当采用全站仪自动监测系统进行变形测量时，应符合下列规定：

- 自动化数据采集的仪器设备应安装牢固，并不应影响监测对象的安全运营。使用期间应定期维护设备，发现性能异常时应及时修复。
- 全站仪的自动照准应稳定、有效，单点单次照准时间不宜大于 10s。
- 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。有关技术要求可按第 6.4.7 条～第 6.4.9 条的规定执行。每点每次观测的测回数宜符合表 22 的规定。
- 后台控制程序应能按预定顺序逐点观测，数据不正常时应能补测，并应能根据即时指令增加观测。

e) 多台全站仪联合组网观测时，相邻测站应有重叠的观测目标。

f) 每期观测时均应进行基准点联测、稳定性判断和观测精度评定，然后再进行监测点数据计算。

6.5 卫星定位测量

6.5.1 卫星定位测量方法可用于二等、三等和四等水平位移观测，应采用静态测量模式。

6.5.2 卫星定位测量设备的选用应符合表 23 的规定。

表 23 卫星定位测量设备选用

位移观测等级		二等	三、四等
静态测量	接收机类型	双频	双频或单频
	标称静态精度	$\leq (3\text{mm}+1\text{ppm})$	$\leq (5\text{mm}+1\text{ppm})$

6.5.3 卫星定位测量接收设备的检定、检验应符合现行行业标准《卫星定位城市测量技术规范》CJ/T 73 的规定，并应符合下列要求：

- 新购置的接收设备应进行全面检验后方可使用，检验内容应包括一般检验、常规检验、通电检验和实测检验。
- 每期变形测量作业前，应对所用接收设备进行实测检验。
- 当接收机或天线受到强烈撞击后，或更新接收机部件及更新天线与接收机的匹配关系后，应按新购置设备做全面检验。

6.5.4 采用卫星定位测量进行变形测量作业，其点位选择应符合下列规定：

- 视场内障碍物的高度角不宜超过 15° 。
- 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、大型建筑以及热源等。
- 通视条件好，应便于采用全站仪等手段进行后续测量作业。

6.5.5 卫星定位测量静态测量作业应符合下列规定：

- 静态测量作业的基本技术要求应符合表 24 的规定。

表 24 静态测量基本技术要求

位移观测等级	二等	三等	四等
有效观测卫星数	≥ 6	≥ 4	≥ 4
卫星截止高度角($^\circ$)	≥ 15	≥ 15	≥ 15
观测时段长度(min)	20~60	15~45	15~45
数据采样间隔(s)	10~30	10~30	10~30
位置精度因子(PDOP)	≤ 5	≤ 6	≤ 6
观测时间段	≥ 2	≥ 1.6	≥ 1.6

- 对二等位移测量，应采用零相位天线，削弱多路径误差，并采用强制对中器安置接收机天线，对中误差不应大于 0.5mm，天线应统一指向正北。
- 作业中应按规定的时间计划进行观测。
- 经检查接收机电源电缆和天线等各项连接无误后，方可开机。
- 开机后经检验有关指示灯与仪表显示正常后，方可进行自测试及输入测站名、时段等控制信息。
- 接收机启动前与作业过程中，应填写测量手簿中的记录项目。
- 观测开始、结束时，应分别量测 1 次天线高，两次较差不应大于 3mm，并应取其算术平均值作为天线高。

- i) 观测期间, 应防止接收设备振动, 并应防止人员和其他物体碰动天线或阻挡信号。
- j) 观测期间, 不得在天线附近使用电台、对讲机和手机等无线电通信设备。
- k) 作业过程中, 不得进行下列操作:
 - 1) 接收机关闭又重新启动;
 - 2) 进行自测试;
 - 3) 改变卫星截止高度角;
 - 4) 改变数据采样间隔;
 - 5) 改变天线位置;
 - 6) 按动关闭文件和删除文件功能键。
- l) 对二等位移测量, 宜采用高精度解算软件和精密星历进行数据处理; 对三等或四等位移测量, 可采用商用软件和预报星历进行数据处理。观测数据的处理和质量检查应符合现行行业标准《卫星定位城市测量技术规范》CJJ/T 73 的规定。同一时段观测值的数据采用率宜大于 85%。

7 监测技术要求

7.1 基准点布设与测量

7.1.1 基准点和工作基点布设

变形监测基准网的点位构成包括基准点和工作基点, 点位布设应符合下列要求:

- a) 基准点应选在变形影响区域之外稳固的位置; 一、二等变形观测, 基准点不应少于 4 个; 其他等级变形观测, 基准点不应少于 3 个。水平位移基准点应采用带有强制归心装置的观测墩, 垂直位移基准点宜采用双金属标或钢管标;
- b) 工作基点应选在比较稳定且方便使用的位置; 水平位移监测工作基点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; 离基准点较近通视条件好的工程, 可不设立工作基点, 可在基准点上直接测定变形观测点。
- c) 竖向位移基准点、工作基点的布设和测量应符合下列规定:
 - 1) 基准点的数量不应少于 3 个, 基准点之间应形成闭合环; 基准点标志的型式和埋设应符合现行行业标准《建筑变形测量规范》JGJ 8 的有关规定; 在冻土地区, 基准点标志应埋设在当地冻土线以下 0.5m, 在基岩壁或稳固的建筑上可埋设墙上水准标志。
 - 2) 密集建筑区内, 基准点与待测建筑的距离应大于该建筑基础最大深度的 2 倍。基准点可选择在沉降影响区以外稳定的建(构)筑物结构上。
 - 3) 可根据作业需要设置工作基点, 工作基点与基准点之间应便于联测。
- d) 水平位移监测基准点、工作基点的布设和测量应符合下列规定:
 - 1) 水平位移基准点的数量不应少于 3 个, 基准点标志的型式和埋设应符合现行行业标准《建筑变形测量规范》JGJ 8 的有关规定;
 - 2) 采用视准线活动觇牌法和视准线小角法进行位移观测, 当不便设置基准点时, 可选择设置在稳定位置的方向标志作为方向基准, 采用基准线控制时, 每条基准线应在稳定

区域设置检核基准点；

- 3) 工作基点宜设置为具有强制对中装置的观测墩，当采用光学对中装置时，对中误差不宜大于 0.5mm；
- 4) 水平位移基准点的测量宜采用全站仪边角测量，水平位移工作基点的测量可采用全站仪边角测量、边角后方交会等方法；
- 5) 每次水平位移观测前应对相邻控制点（基准点或工作基点）进行稳定性检查。

7.1.2 水平位移监测基准网测量

7.1.2.1 水平位移监测基准网可采用三角形网、导线网、卫星定位测量控制网等形式。

7.1.2.2 水平位移监测基准网宜采用独立坐标系统，并应进行一次布网。专项工程需要时，可与国家坐标系统联测。大型工程布网时，应同时顾及网的精度、可靠性、兼容性、费用准则的优化设计。

7.1.3 垂直位移监测基准网测量

7.1.3.1 垂直位移监测基准网应布设成环线，宜采用水准测量，对三等或四等垂直位移基准点观测，当不便采用水准测量时，可采用三角高程测量方法。

7.1.3.2 垂直位移基准网宜采用测区原有高程系统。重要的监测工程宜与国家水准原点联测，一般的监测工程可采用假定高程系统。

7.1.4 变形监测基准网的复测与稳定性分析

7.1.4.1 基准网复测

监测基准网应每 6 个~12 个月复测一次；当对变形监测成果产生怀疑时，应随时复核监测基准网。

7.1.4.2 基准点的稳定性检验分析应符合下列规定

- a) 首期基准点测量及每期复测后，应进行数据整理，获得各期基准点的平面坐标和高程。
- b) 垂直位移基准点稳定性检验分析应符合下列规定：
 - 1) 基准网复测后，对所有基准点应分别按两两组合，计算本期平差后的高差数据与上期平差后高差数据之间的较差。
 - 2) 当计算的所有较差均不大于按下列公式计算的限差时，认为所有基准点稳定：

$$\delta = 2\sqrt{2} \sigma_h \quad (7.1.4-1)$$

$$\sigma_h = \sqrt{n} \mu \quad (7.1.4-2)$$

式中：σ—高差较差限差（mm）；

μ—对应精度等级的测站高差中误差（mm）；

n—两个基准点之间的观测测站数。

- 3) 当有差值超过限差时，应通过分析判断找出不稳定的点。

c) 水平位移基准点的稳定性检验分析应符合下列规定：

- 1) 当水平位移观测、基坑监测、边坡监测中设置了不少于 3 个位移基准点时，可按照本文件第 7.1.4.2.b) 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判断。
- 2) 对大范围的建筑物水平位移监测或大型基坑边坡监测等项目，当设置的基准点数多于 4 个，采用本文件第 7.1.4.2.b) 条方法难以分析判断找出不稳定基准点时，可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。

d) 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,若确认其不适合继续作为基准点,应予以舍弃,并应及时布设新基准点,及时进行联测。
- 2) 应检查分析与不稳定基准点有关的各期变形测量成果,并应在剔除不稳定基准点的影响后,重新进行数据处理。
- 3) 处理结果应及时与项目委托方进行沟通,并应在变形测量技术报告中说明。

7.2 场地监测

7.2.1 建筑场地沉降观测的内容应符合下列规定:

- a) 应测定建筑影响范围内的相邻地基沉降。
- b) 应测定建筑影响范围之外的场地地面沉降。

7.2.2 建筑场地沉降点位的选择应符合下列规定:

- a) 相邻地基沉降监测点可选在建筑纵横轴线或边线的延长线上,亦可选在通过建筑重心的轴线延长线上。其点位间距应视基础类型、荷载大小及地质条件,与设计人员共同确定或征求设计人员意见后确定。点位可在建筑基础深度 1.5~2.0 倍的距离范围内,由支护结构向外由密到疏布设,但距基础最远的监测点应设置在沉降量为零的沉降临界点以外。
- b) 场地地面沉降监测点应在相邻地基沉降监测点布设线路之外的地面上均匀布设。根据地形地质条件,可选择采用平行轴线方格网法、沿建筑四角辐射网法或散点法布设。

7.2.3 建筑场地沉降点标志的类型及埋设应符合下列规定:

- a) 相邻地基沉降监测点的标志可选择浅埋标或深埋标,并应符合下列规定:
 - 1) 浅埋标可采用普通水准标石或用直径 0.25m 的水泥管现场浇灌,埋深宜为 1m~2m;当在季节冻土区埋设时,标石底部宜埋设于冻土线下 0.5m;当在永久冻土区埋设时,标石底部宜埋设于最大溶解深度线下(永冻层中) 1.0m;
 - 2) 深埋标可采用内管外加保护管的标石型式,埋深应与建筑基础深度相适应,标石顶部应埋入地面下 0.2m~0.3m,并应砌筑带盖的窨井加以保护。
- b) 场地地面沉降监测点的标志与埋设,应根据观测要求确定,可采用浅埋标。

7.2.4 建筑场地沉降观测的观测方法、观测精度及其他技术要求可按第 7.5.3 节的有关规定执行。

7.2.5 建筑场地沉降观测的周期,应根据不同任务要求、产生沉降的不同情况以及沉降速率等因素具体分析确定,并应符合下列规定:

- a) 在基础施工期间的相邻地基沉降观测,在基坑降水时和基坑土开挖过程中应每天观测 1 次。混凝土底板浇完 10d 以后,可每 2d~3d 观测 1 次,直至地下室顶板完工和水位恢复,若水位恢复时间较短、恢复速度较快,应在水位恢复的前后一周内每 2d~3d 观测 1 次,同时应观测水位变化。此后可每周观测 1 次至回填土完工。
- b) 在上部结构施工期间的相邻地基沉降观测和场地地面沉降观测次数与间隔时间应视地基与荷载增加情况确定。民用高层建筑宜每加高 2 层~3 层观测 1 次,工业建筑宜按回填基坑、安装柱子和屋架、砌筑墙体、设备安装等不同施工阶段分别进行观测。若建筑施工均匀增高,应至少在增加荷载的 25%、50%、75%和 100%时各测 1 次。

7.2.6 建筑场地沉降观测应提交下列成果资料:

- a) 监测点布置图。

- b) 观测成果表。
- c) 相邻地基沉降的距离沉降曲线。
- d) 场地地面等沉降曲线。

7.2.7 回填场地监测一般规定

- a) 回填场地监测项目应与回填设计、施工方案相匹配；各监测项目的选择应利于形成互为补充、验证的监测体系。
- b) 监测点的布置应能反映回填区域的变形特征，但不应妨碍土方回填的正常工作，并且便于监测、易于保护，不同监测项目的监测点宜布置在同一监测断面上。
- c) 监测方法的选择应根据监测对象的监控要求、现场条件、核工程建设经验和方法适用性等因素综合确定，监测方法应合理易行。
- d) 变形监测网的基准点宜采用核工程的初级和次级平面、高程控制网点成果，每个回填区域应布设不少于 2 个工作基点，工作基点应与基准点进行组网和联测。
- e) 监测仪器、设备和元件应满足观测精度和量程的要求，且应具有良好的稳定性和可靠性；应经过检定、校准或标定，且检定、校核证书和标定资料齐全，并应在规定的检定、校准有效期内使用。
- f) 同一监测项目在不同期监测时宜采用相同的观测基准、观测方法、观测路线、监测仪器和设备，并在基本相同的环境和条件下监测。
- g) 首次监测时宜进行不少于连续观测 2 次的稳定值，取平均值作为初始值。

7.2.8 回填场地监测项目

- a) 回填现场监测应采用仪器监测与现场巡视检查相结合的方法。
- b) 回填期和回填完成后回填场地仪器监测项目根据表 25 进行选择。

表 25 回填工程仪器监测项目表

监测项目	回填期		场平回填区
	回填强夯区	回填碾压区	
竖向位移	应测	应测	应测
水平位移	可测	可测	应测
土体分层竖向位移	可测	可测	应测
土体深层水平位移	应测	应测	应测
孔隙水压力	应测	可测	应测

- c) 回填期和回填场地形成后至沉降稳定前，每天均应由专人进行巡视检查，检查回填区域有无沉陷、坍塌和新增裂缝，检查基准点、监测点、监测元件的完好状况和保护情况。

7.2.9 回填场地监测点布置

- a) 土方回填期
 - 1) 监测点分别在不同回填厚度区、不同夯击能的强夯区布置，并尽量避开施工区、建筑物等设施，采取单点和断面相结合的方式布置；
 - 2) 变形监测点宜采用网格状布置，尽可能的控制整个回填场地；监测点间距宜为 30m～50m。
- b) 场平回填区

土方回填场地变形监测点应设在能反映场地变形特征的位置或监测断面上，监测点间距宜为 150m～200m。

7.2.10 回填场地监测方法及精度要求

7.2.10.1 竖向位移监测

- a) 竖向位移监测宜采用几何水准测量，也可采用三角高程测量方法。
- b) 竖向位移监测网宜采用国家高程基准或独立的高程基准。监测网应布设成闭合环或附合线路，且宜一次布设。
- c) 竖向位移基准点、工作基点的布设和测量应符合下列规定：
 - 1) 基准点宜采用核工程的初级和次级高程控制网点成果；
 - 2) 可根据作业需要设置工作基点，工作基点与基准点之间应便于联测。
- d) 土方回填竖向位移监测等级划分和精度要求按表 26 确定。

表 26 竖向位移监测等级和精度要求

等级	监测点测站高差中误差(mm)	适用范围
一级	≤ 0.5	回填高度大于 5 米
二级	≤ 1.0	回填高度小于 5 米

注：监测点测站高差中误差系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。

- e) 采用几何水准测量进行竖向位移监测时，应符合下列规定：
 - 1) 所用仪器精度与观测限差应符合表 27 的规定。

表 27 水准仪精度和观测限差要求

监测点测站高差中误差(mm)	≤ 0.5	≤ 1.0
水准仪精度要求(mm/km)	± 0.5	± 1.0
往返较差及附合或环线闭合差限差(mm)	$1.0\sqrt{n}$	$2.0\sqrt{n}$
检测已测测段高差之差限差(mm)	$1.5\sqrt{n}$	$3.0\sqrt{n}$

注：表中 n 为测站数。

- 2) 水准测量作业方式、观测要求应符合现行行业标准《建筑变形测量规范》JGJ 8 的有关规定。
- f) 采用光电测距三角高程测量进行竖向位移监测时，应符合下列规定：
 - 1) 所用全站仪的测角标称精度不应大于 $1''$ ，观测精度应满足对监测对象竖向位移预警监控的要求；
 - 2) 应采用中间设站的观测方式，后视点、前视点均应设置棱镜或特制觇牌；
 - 3) 作业方式、较差、观测要求等均应符合现行行业标准《建筑变形测量规范》JGJ 8 的有关规定。

7.2.10.2 水平位移监测

- a) 回填场地水平位移监测点的测定，宜采用极坐标法、交会法、自由设站法等。
- b) 水平位移监测网宜采用国家坐标系、假定坐标系统或建筑坐标系统进行一次布网。水平位移监测网可采用支导线、单导线、导线网、边角网等形式。
- c) 水平位移监测基准点、工作基点的布设和测量应符合下列规定：
 - 1) 水平位移基准点宜采用核工程的初级和次级平面控制网点成果；

- 2) 工作基点宜设置为具有强制对中装置的观测墩, 当采用光学对中装置时, 对中误差不宜大于 0.5mm;
 - 3) 水平位移工作基点的测量可采用全站仪边角测量、边角后方交会等方法;
 - 4) 每次水平位移观测前应对相邻控制点(基准点或工作基点)进行稳定性检查。
- d) 土方回填水平位移监测等级划分和精度要求按表 28 确定。

表 28 水平位移监测等级和精度要求

等级	监测点坐标中误差 mm	适用范围
一级	≤ 1.5	回填高度大于 5 米
二级	≤ 2.0	回填高度小于 5 米

注 1: 监测点坐标中误差系指监测点相对测站点(如工作基点等)的坐标中误差, 监测点相对于基准线的偏差中误差为点位中误差的 $1/\sqrt{2}$ 。

注 2: 以中误差作为衡量精度的标准,

- e) 采用全站仪极坐标法进行水平位移监测时, 应符合下列规定:
- 1) 全站仪标称精度应符合表 29 的规定。

表 29 全站仪标称精度要求

监测点坐标中误差 mm	一测回水平方向标准差 "	测距中误差 mm
1.5	≤ 1.0	$\leq (1\text{mm}+1\text{ppm})$
2	≤ 1.0	$\leq (1\text{mm}+2\text{ppm})$

- 2) 测站至监测点的距离不宜大于 300m。
- 3) 监测点的测回数应根据观测精度要求、全站仪标称精度、测站至监测点的距离等因素综合确定。

7.2.10.3 土体分层竖向位移监测

- a) 土体分层竖向位移可通过埋设磁环式分层沉降标, 采用分层沉降仪进行量测, 或者通过埋设深层沉降标, 采用水准测量方法进行量测, 也可采用埋设多点位移计进行量测。
- b) 沉降标或多点位移计应在土方回填前至少 1 周埋设。采用磁环式分层沉降标时, 应保证沉降管安置到位后与土层密贴牢固。
- c) 土体分层竖向位移的初始值应在沉降标或多点位移计埋设后 1 周量测, 并获得稳定的初始值。
- d) 埋设磁环式分层沉降标, 采用分层沉降仪量测时, 每次测量应重复 2 次并取其平均值作为测量结果, 2 次读数较差不应大于 1.5mm, 沉降仪的系统精度不宜低于 1.5mm, 采用深层沉降标结合水准测量时, 水准监测精度宜按本文件表 26 确定。
- e) 采用磁环式分层沉降标监测时, 每次监测均应测定沉降管口高程的变化, 然后换算出沉降管内各监测点的高程。

7.2.10.4 土体深层水平位移监测

- a) 深层水平位移监测宜采用土体中预埋测斜管, 通过测斜仪观测各深度处水平位移的方法。
- b) 测斜仪的系统精度不宜低于 0.25mm/m, 分辨率不宜低于 0.02mm/500mm。

c) 测斜管埋设应符合下列规定:

- 1) 测斜管的埋设可采用钻孔法, 测斜管与钻孔之间的空隙应填充密实;
- 2) 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, 各段接头及管底应保证密封, 测斜管管口、管底应采取保护措施;
- 3) 测斜管埋设时应保持竖直, 防止发生上浮、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;
- 4) 正式测量前宜使用探头模型检查测斜管导槽顺畅状态。

d) 测斜仪探头置入测斜管底后, 应待探头接近管内温度后, 自下而上以不大于 0.5m 间隔逐段测量, 每个监测方向均应进行正、反两次量测。

e) 深层水平位移计算时, 应确定起算点。当测斜管嵌固在稳定岩土体中时, 宜以测斜管底部为位移起算点; 当测斜管底部未嵌固在稳定岩土体时, 应以测斜管上部管口为起算点, 且每次监测均应测定管口位移, 并对深层水平位移值进行修正。

7.2.10.5 孔隙水压力监测

a) 孔隙水压力宜通过埋设钢弦式或应变式等孔隙水压力计测试。

b) 孔隙水压力计量程应满足被测压力范围的要求, 可取静水压力与超孔隙水压力之和的 2 倍, 精度不宜低于 $0.5\%F \cdot S$, 分辨率不宜低于 $0.2\%F \cdot S$ 。

c) 孔隙水压力计埋设可采用压入法、钻孔法等。

d) 孔隙水压力计应事前埋设, 埋设前应符合下列规定:

- 1) 孔隙水压力计应浸泡饱和, 排除透水石中的气泡;
- 2) 核查标定数据, 记录探头编号, 测读初始读数。

e) 采用钻孔法埋设孔隙水压力计时, 钻孔直径宜为 110mm~130mm, 不宜使用泥浆护壁成孔, 钻孔应圆直、干净; 封口材料宜采用直径 10mm~20mm 的干燥膨润土球。

f) 孔隙水压力计埋设后应测量初始值, 且宜逐日量测 1 周以上并取得稳定初始值。

g) 应在孔隙水压力监测的同时测量孔隙水压力计埋设位置附近的地下水位。

7.2.11 回填场地监测频率

回填场地监测的频率宜根据地质条件、使用功能确定, 可按下列规定执行:

a) 在施工期间, 每填筑 1 层监测 1 次, 若两次填筑间隔时间较长时, 则每半月至少监测 1 次; 回填场地形成后第 1-2 个月每周监测一次, 第 3-5 个月每两周监测一次, 第 6 个月及以后每月监测一次直至沉降稳定; 监测频率可根据天气条件、地质条件、沉降速率等情况适当调整。

b) 回填场地完工后的变形监测时间不应少于 2 年, 具体监测持续时间视实际监测结果确定。

7.2.12 回填场地监测预警

a) 监测方案中应明确监测预警值, 预警值一般由监测点的累计变化量和变化速率进行控制, 任一监测数据超越预警值, 监测单位应及时上报相关单位。

b) 竖向位移的预警值可按设计允许值的 75% 确定, 若无特殊要求, 水平位移、土体分层竖向位移、土体深层水平位移和孔隙水压力的预警值可参照竖向位移预警值的标准确定。

7.2.13 回填场地数据处理

a) 每期监测外业工作结束后, 应及时整理和检查外业观测记录, 确保无误后进行平差计算处理, 计算各种变形量, 并对土方回填的变形做出分析。监测数据平差计算应符合下列规定:

- 1) 应使用严密的平差方法和可靠的平差软件;
 - 2) 应剔除含有粗差的观测数据;
 - 3) 平差结果应符合相应等级变形监测的精度要求。
- b) 变形监测数据取位应符合表 30 的规定:

表 30 变形监测数据取位要求

等级	高差 mm	角度 "	距离 mm	坐标 mm	高程 mm	沉降量 mm	位移值 mm
一级	0.01	0.01	0.1	0.1	0.01	0.01	0.1
二级	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1

7.3 基坑工程监测

7.3.1 一般规定

- 7.3.1.1 监测项目应与基坑工程设计、施工方案相匹配;应针对监测对象的关键部位进行重点观测;各监测项目的选择应利于形成互为补充、验证的监测体系。
- 7.3.1.2 基坑工程现场监测应采用仪器监测与现场巡视检查相结合的方法。
- 7.3.1.3 监测点的布置应能反映监测对象的实际状态及其变化趋势,监测点应布置在监测对象受力及变形关键点和特征点上,并应满足对监测对象的监控要求。
- 7.3.1.4 监测点的布置不应妨碍监测对象的正常工作,并且便于监测、易于保护。
- 7.3.1.5 不同监测项目的监测点宜布置在同一监测断面上。
- 7.3.1.6 监测标志应稳固可靠、标示清晰。
- 7.3.1.7 对同一监测项目,监测时宜符合下列规定:
 - a) 采用相同的观测方法和观测路线;
 - b) 使用同一监测仪器和设备;
 - c) 固定观测人员;
 - d) 在基本相同的环境和条件下工作。
- 7.3.1.8 监测项目初始值应在相关施工工序之前测定,并取至少连续观测 3 次的稳定值的平均值。
- 7.3.1.9 基坑周边环境中的地铁、隧道等被保护对象的监测方法和监测精度尚应符合相关标准的规定以及主管部门的要求。

7.3.2 监测内容

7.3.2.1 仪器监测

- a) 土质基坑工程仪器监测项目应根据表 1 进行选择。
- b) 岩体基坑工程仪器监测项目应根据表 2 进行选择。
- c) 土岩组合基坑工程应根据基坑设计安全等级、岩体质量、土岩分布、土岩结合面及地下水状况、支护形式、周边环境变形控制要求,按照表 1、表 2 选择监测项目,围护桩嵌岩处岩体的水平向位移宜进行监测。
- d) 岩体基坑、土岩组合基坑采用爆破开挖时,应对爆破振动影响范围内的建(构)筑物、桥梁、道路、管线等保护对象进行质点振动速度或加速度监测。

- e) 湿陷性黄土和膨胀土基坑, 当坑壁土体浸水可能性较大时, 宜对土体含水量进行监测。
- f) 当基坑周边有地铁、隧道或其他对位移有特殊要求的建筑及设施时, 监测项目应与有关管理部门或单位协商确定。

7.3.2.2 巡视检查

- a) 基坑工程施工和使用期内, 每天均应由专人进行巡视检查。
- b) 基坑工程巡视检查宜包括以下内容:
 - 1) 支护结构:
 - ① 支护结构成型质量;
 - ② 冠梁、支撑、围檩或腰梁是否有裂缝;
 - ③ 冠梁、围檩或腰梁的连续性, 有无过大变形;
 - ④ 围檩或腰梁与围护桩的密贴性, 围檩与支撑的防坠落措施;
 - ⑤ 锚杆垫板有无松动、变形;
 - ⑥ 立柱有无倾斜、沉陷或隆起;
 - ⑦ 止水帷幕有无开裂、渗漏水;
 - ⑧ 基坑有无涌土、流砂、管涌;
 - ⑨ 面层有无开裂、脱落。
 - 2) 施工状况:
 - ① 开挖后暴露的岩土体情况与岩土勘察报告有无差异;
 - ② 开挖分段长度、分层厚度及支撑(锚杆)设置是否与设计要求一致;
 - ③ 基坑侧壁开挖暴露面是否及时封闭;
 - ④ 支撑、锚杆是否施工及时;
 - ⑤ 边坡、侧壁及周边地表的截水、排水措施是否到位, 坑边或坑底有无积水;
 - ⑥ 基坑降水、回灌设施运转是否正常;
 - ⑦ 基坑周边地面有无超载。
 - 3) 周边环境:
 - ① 周边管线有无破损、泄漏情况;
 - ② 围护墙后土体有无沉陷、裂缝及滑移现象;
 - ③ 周边建筑有无新增裂缝出现;
 - ④ 周边道路(地面)有无裂缝、沉陷;
 - ⑤ 邻近基坑施工(堆载、开挖、降水或回灌、打桩等)变化情况;
 - ⑥ 存在水力联系的邻近水体(湖泊、河流、水库等)的水位变化情况。
 - 4) 监测设施:
 - ① 基准点、工作基点、监测点完好状况;
 - ② 监测元件的完好及保护情况;
 - ③ 有无影响观测工作的障碍物。
 - 5) 根据设计要求或当地经验确定的其他巡视检查内容。
- c) 特殊土基坑工程巡视检查除了应符合本文件第 7.3.2.2. b) 条的规定外, 尚应符合下列规定:
 - 1) 对膨胀土、湿陷性黄土、红黏土、盐渍土, 应重点巡视场地内防水、排水等防护设施是否完好, 开挖暴露面有无被雨水及各种水源浸湿的现象, 是否及时覆盖封闭;

- 2) 膨胀土基坑开挖时有无较大的原生裂隙面, 在干湿循环剧烈季节坡面有无保湿措施;
 - 3) 对多年冻土、季节性冻土等温度敏感性土, 当基坑施工及使用阶段经受冻融循环时, 应重点巡视开挖暴露面保温、隔热措施是否到位, 坡顶、坡脚排水系统设施是否完好;
 - 4) 对高灵敏性软土, 应重点巡视施工扰动情况, 支撑施作是否及时, 侧壁有无软土挤出, 开挖暴露面是否及时封闭等。
- d) 岩体基坑、土岩组合基坑工程巡视检查除应符合本文件第 7.3.2.2.b) 条的规定外, 尚应符合下列规定:
- 1) 岩体结构面产状、结构面含水情况;
 - 2) 采用吊脚桩支护形式时, 岩肩处岩体有无开裂、掉块;
 - 3) 爆破后岩体 是否出现松动。
- e) 巡视检查宜以目测为主, 可辅以锤、钎、量尺、放大镜等工器具以及摄像、摄影等设备进行。
- f) 对自然条件、支护结构、施工工况、周边环境、监测设施等的巡视检查情况应做好记录, 及时整理, 并与仪器监测数据进行综合分析, 如发现异常情况时, 应及时通知建设方及其他相关单位。

7.3.3 监测点布置

7.3.3.1 基坑及支护结构

7.3.3.1.1 围护墙或基坑边坡顶部的水平和竖向位移监测点应沿基坑周边布置, 基坑各侧边中部、阳角处、邻近被保护对象的部位应布置监测点。监测点水平间距不宜大于 20m, 每边监测点数目不宜少于 3 个。水平和竖向位移监测点宜为共用点, 监测点宜设置在围护墙顶或基坑坡顶上。

7.3.3.1.2 围护墙或土体深层水平位移监测点宜布置在基坑周边的中部、阳角处及有代表性的部位。监测点水平间距宜为 20m~60m, 每侧边监测点数目不应少于 1 个。用测斜仪观测深层水平位移时, 测斜管埋设深度应符合下列规定:

- a) 埋设在围护墙体内的测斜管, 布置深度宜与围护墙入土深度相同;
- b) 埋设在土体中的测斜管, 长度不宜小于基坑深度的 1.5 倍, 并应大于围护墙的深度, 以测斜管底为固定起算点时, 管底应嵌入到稳定的土体或岩体中 1.5m~2m。

7.3.3.1.3 围护墙内力监测断面的平面位置应布置在设计计算受力、变形较大且有代表性的部位。监测点数量和水平间距应视具体情况而定。竖直方向监测点间距宜为 2m~4m 且在设计计算弯矩极值处应布置监测点, 每一监测点沿垂直于围护墙方向对称放置的应力计不应少于 1 对。

7.3.3.1.4 支撑轴力监测点的布置应符合下列规定:

- a) 监测断面的平面位置宜设置在支撑设计计算内力较大、基坑阳角处或在整个支撑系统中起控制作用的杆件上;
- b) 每层支撑的轴力监测点不应少于 3 个, 各层支撑的监测点位置宜在竖向保持一致;
- c) 钢支撑的监测断面宜选择在支撑的端头或两支点间 1/3 部位, 混凝土支撑的监测断面宜选择在两支点间 1/3 部位, 并避开节点位置;
- d) 每个监测点传感器的设置数量及布置应满足不同传感器的测试要求。

7.3.3.1.5 立柱的竖向位移监测点宜布置在基坑中部、多根支撑交汇处、地质条件复杂处的立柱上; 监测点不应少于立柱总根数的 5%, 逆作法施工的基坑不应少于 10%, 且均不应少于 3 根。立柱的内力

监测点宜布置在设计计算受力较大的立柱上，位置宜设在坑底以上各层立柱下部的 1/3 部位，每个截面传感器埋设不应少于 4 个。

7.3.3.1.6 锚杆轴力监测断面的平面位置应选择在设计计算受力较大且有代表性的位置，基坑每侧边中部、阳角处和地质条件复杂的区段内宜布置监测点。每层锚杆的内力监测点数量应为该层锚杆总数的 1%~3%，且基坑每边不应少于 1 根。各层监测点位置在竖向上宜保持一致。每根杆体上的测试点宜设置在锚头附近和受力有代表性的位置。

7.3.3.1.7 坑底隆起监测点的布置应符合下列规定：

- a) 监测点宜按纵向或横向断面布置，断面宜选择在基坑的中央以及其他能反映变形特征的位置，断面数量不宜少于 2 个；
- b) 同一断面上监测点横向间距宜为 10m~30m，数量不宜少于 3 个；
- c) 监测标志宜埋入坑底以下 20cm~30cm。

7.3.3.1.8 围护墙侧向土压力监测点的布置应符合下列规定：

- a) 监测断面的平面位置应布置在受力、土质条件变化较大或其他有代表性部位；
- b) 在平面布置上，基坑每边的监测断面不宜少于 2 个，竖向布置上监测点间距宜为 2m~5m，下部宜加密；
- c) 当按土层分布情况布设时，每层土布设的测点不应少于 1 个，且宜布置在各层土的中部。

7.3.3.1.9 孔隙水压力监测断面宜布置在基坑受力、变形较大或有代表性的部位。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。

7.3.3.1.10 地下水位监测点的布置应符合下列规定：

- a) 当采用深井降水时，基坑内地下水位监测点宜布置在基坑中央和两相邻降水井的中间部位，当采用轻型井点、喷射井点降水时，水位监测点宜布置在基坑中央和周边拐角处，监测点数量应视具体情况确定；
- b) 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，相邻建筑、重要的管线或管线密集处应布置水位监测点，当有止水帷幕时，宜布置在截水帷幕的外侧约 2m 处；
- c) 水位观测管的管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，承压水水位监测管的滤管应埋置在所测的承压含水层中；
- d) 在降水深度内存在 2 个以上（含 2 个）含水层时，宜分层布设地下水位观测孔；
- e) 岩体基坑地下水监测点宜布置在出水点和可能滑面部位；
- f) 回灌井点观测井应设置在回灌井点与被保护对象之间。

7.3.3.2 基坑周边环境

- a) 基坑边缘以外 1 倍~3 倍的基坑开挖深度范围内需要保护的周边环境应作为监测对象，必要时尚应扩大监测范围。
- b) 周边建筑竖向位移监测点的布置应符合下列规定：
 - 1) 建筑四角、沿外墙每 10m~15m 处或每隔 2 根~3 根柱的柱基或柱子上，且每侧外墙不应少于 3 个监测点；
 - 2) 不同地基或基础的分界处；
 - 3) 不同结构的分界处；

- 4) 变形缝、抗震缝或严重开裂处的两侧;
- 5) 新、旧建筑或高、低建筑交接处的两侧;
- 6) 高耸构筑物基础轴线的对称部位, 每一构筑物不应少于 4 点。
- c) 周边建筑水平位移监测点应布置在建筑的外墙墙角、外墙中间部位的墙上或柱上、裂缝两侧以及其他有代表性的部位, 监测点间距视具体情况而定, 一侧墙体的监测点不宜少于 3 点。
- d) 周边建筑倾斜监测点的布置应符合下列规定:
 - 1) 监测点宜布置在建筑角点、变形缝两侧的承重柱或墙上;
 - 2) 监测点应沿主体顶部、底部上下对应布设, 上、下监测点应布置在同一竖直线上;
 - 3) 当由基础的差异沉降推算建筑倾斜时, 监测点的布置应符合本文件第 7.3.3.2.b) 条的规定。
- e) 周边建筑裂缝、地表裂缝监测点应选择有代表性的裂缝进行布置, 当原有裂缝增大或出现新裂缝时, 应及时增设监测点。对需要观测的裂缝, 每条裂缝的监测点应至少设 2 个, 且宜设置在裂缝的最宽处及裂缝末端。
- f) 周边管线监测点的布置应符合下列规定:
 - 1) 应根据管线修建年份、类型、材质、尺寸、接口形式及现状等情况, 综合确定监测点布置和埋设方法, 应对重要的、距离基坑近的、抗变形能力差的管线进行重点监测;
 - 2) 监测点宜布置在管线的节点、转折点、变坡点、变径点等特征点和变形曲率较大的部位, 监测点水平间距宜为 15m~25m, 并宜向基坑边缘以外延伸 1 倍~3 倍的基坑开挖深度;
 - 3) 供水、煤气、供热等压力管线宜设置直接监测点, 也可利用窖井、阀门、抽气口以及检查井等管线设备作为监测点, 在无法埋设直接监测点的部位, 可设置间接监测点。
- g) 周边地表竖向位移监测断面宜设在坑边中部或其他有代表性的部位。监测断面应与坑边垂直, 数量视具体情况确定。每个监测断面上的监测点数量不宜少于 5 个。
- h) 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。在竖向布置上测点宜设置在各层土的界面上, 也可等间距设置。测点深度、测点数量应视具体情况确定。
- i) 周边环境爆破振动监测点应根据保护对象的重要性、结构特征、距离爆源的远近等布置。对于同一类型的保护对象, 监测点宜选择在距离爆源最近、结构性状最弱的保护对象上。当因地质、地形等情况, 爆破对较远处保护对象可能产生更大危害时, 应增加监测点。监测点宜布置在保护对象的基础以及其他具有代表性的位置。

7.3.4 监测方法及精度要求

7.3.4.1 水平位移监测

7.3.4.1.1 水平位移监测包括围护墙(边坡)顶部、周边建筑、周边管线的水平位移观测。测定特定方向上的水平位移时, 可采用视准线活动觇牌法、视准线测小角法、激光准直法等; 测定监测点任意方向上的水平位移时, 可视监测点的分布情况, 采用极坐标法、交会法、自由设站法等。

7.3.4.1.2 水平位移监测网宜进行一次布网, 并宜采用假定坐标系统或建筑坐标系统。水平位移监

测网可采用基准线、单导线、导线网、边角网等形式。

7.3.4.1.3 基坑围护墙（边坡）顶部、周边建筑、周边管线的水平位移监测精度应根据其水平位移预警值按表 31 确定。

表 31 水平位移监测精度要求

水平位移预警值	累计值 $D(\text{mm})$	$D \leq 40$		$40 < D \leq 60$	$D > 60$
	变化速率 V_D (mm/d)	$V_D \leq 2$	$2 < V_D \leq 4$	$V_D \leq 6$	$V_D > 6$
监测点坐标中误差 (mm)		≤ 1.0	≤ 1.5	≤ 2.0	≤ 3.0
注 1: 监测点坐标中误差系指监测点相对测站点(如工作基点等)的坐标中误差, 监测点相对于基准线的偏差中误差为点位中误差的 $1/\sqrt{2}$ 。					
注 2: 当根据累计值 and 变化速率选择的精度要求不一致时, 水平位移监测精度优先按变化速率预警值的要求确定。					
注 3: 以中误差作为衡量精度的标准,					

7.3.4.1.5 采用全站仪极坐标法进行水平位移监测时, 应符合下列规定:

a) 全站仪标称精度应符合表 32 的规定。

表 32 全站仪标称精度要求

监测点坐标中误差 (mm)	一测回水平方向标准差 "	测距中误差 mm
1	≤ 0.5	$\leq (1\text{mm}+1\text{ppm})$
1.5	≤ 1.0	$\leq (1\text{mm}+1\text{ppm})$
2	≤ 1.0	$\leq (1\text{mm}+2\text{ppm})$
3	≤ 2.0	$\leq (2\text{mm}+2\text{ppm})$

b) 测站至监测点的距离不宜大于 300m。

c) 监测点的测回数应根据观测精度要求、全站仪标称精度、测站至监测点的距离等因素综合确定。

7.3.4.1.6 当采用视准线活动觇牌法和视准线小角法进行水平位移监测时, 应符合下列规定:

a) 全站仪标称精度应符合表 20 的规定;

b) 应垂直于所测位移方向布设视准线, 视准线小角法以工作基点作为测站点;

c) 测站点与监测点之间的距离不宜大于 300m;

d) 采用视准线小角法时, 小角角度不应超过 $30''$, 观测不应少于 1 个测回。

7.3.4.2 竖向位移监测

a) 竖向位移监测包括围护墙(边坡)顶部、立柱、周边地表、建筑、管线、道路的竖向位移观测。竖向位移监测宜采用几何水准测量, 也可采用三角高程测量或静力水准测量等方法。

b) 竖向位移监测网宜采用国家高程基准或工程所在城市使用的高程基准, 也可采用独立的高程基准。监测网应布设成闭合环或附和线路, 且宜一次布设。

c) 围护墙(边坡)顶部、立柱、基坑周边地表、管线和邻近建筑、道路的竖向位移监测精度应根据其竖向位移预警值按表 33 确定。

表 33 竖向位移监测精度要求

竖向位移预警值	累计值 S (mm)	≤ 20	$20 < S \leq 40$	$40 < S \leq 60$	$S > 60$
	变化速率 v_S (mm/d)	$v_S \leq 2$	$2 < v_S \leq 4$	$4 < v_S \leq 6$	$v_S > 6$
监测点测站高差中误差 (mm)		≤ 0.15	≤ 0.5	≤ 1.0	≤ 1.5
注：监测点测站高差中误差系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。					

d) 采用几何水准测量进行竖向位移监测时，应符合下列规定：

1) 所用仪器精度与观测限差应符合表 34 的规定。

表 34 水准仪精度和观测限差要求

监测点测站高差中误差 (mm)	≤ 0.15	≤ 0.5	≤ 1.0	≤ 1.5
水准仪精度要求 (mm/km)	± 0.3	± 0.5	± 1.0	± 1.0
往返较差及附和或环线闭合差限差 (mm)	$0.3\sqrt{n}$	$1.0\sqrt{n}$	$2.0\sqrt{n}$	$3.0\sqrt{n}$
检测已测测段高差之差限差 (mm)	$0.45\sqrt{n}$	$1.5\sqrt{n}$	$3.0\sqrt{n}$	$4.5\sqrt{n}$
注：表中 n 为测站数。				

2) 水准测量作业方式、观测要求应符合现行行业标准《建筑变形测量规范》JGJ 8 的有关规定。

e) 采用光电测距三角高程测量进行竖向位移监测时，参照本文件第 7.2.10.1.f) 条的规定。

7.3.4.3 深层水平位移监测

深层水平位移监测参照本文件第 7.2.10.4 条的规定。

7.3.4.4 倾斜监测

a) 建筑倾斜监测方法应根据现场监测条件和要求，选用投点法、水平角观测法、前方交会法、垂准法、倾斜仪法和差异沉降法等方法。

b) 建筑倾斜监测精度应符合国家现行标准《工程测量标准》GB 50026 及《建筑变形测量规范》JGJ 8 的有关规定。

c) 建筑倾斜监测应符合下列规定：

1) 当从建筑外部进行倾斜观测时，建筑顶部的监测点标志宜采用固定的觇牌和棱镜，墙体上的监测点标志可采用埋入式照准标志。当不便安装埋设标志时，可粘贴反射片标志，也可利用满足照准要求的建筑特征点。

2) 当建筑外场地允许，宜采用全站仪或经纬仪投点法。测站点宜选择在与建筑倾斜方向成正交的方向线上，测站点距离照准目标不宜小于 1.5 倍的目标高度。底部观测点宜安置水平读数尺，全站仪或经纬仪应瞄准上部观测点标志，将上部观测点投影到底部，通过水平读数尺直接读取偏移量，正、倒镜各观测一次取平均值，并根据上、下观测点高度差计算倾斜度。

3) 当采用水平角观测法时，应设置定向点，测站点和定向点应采用具有强制对中装置的观测墩。

- 4) 当建筑内部具有竖向通视条件时,可采用垂准法。应在下部观测点上安置激光垂准仪或光学垂准仪,在顶部观测点上安置接收靶,由接收靶直接读取或量取顶部水平位移量和位移方向,计算倾斜量。观测时应进行下部点对中,并按 180° 和 90° 的对称位置,分别读取 2 次或 4 次位移数据。
- 5) 当利用相对沉降量间接确定建筑倾斜时,可采用水准测量或静力水准测量等方法通过测定差异沉降计算倾斜值和倾向方向。

7.3.4.5 裂缝监测

- a) 裂缝监测应监测裂缝的位置、走向、长度、宽度,必要时尚应监测裂缝深度。
- b) 基坑开挖前应记录监测对象已有裂缝的分布位置和数量,测定其走向、长度、宽度和深度等情况,监测标志应具有可供量测的明晰端面或中心。
- c) 裂缝监测宜采用下列方法:
 - 1) 裂缝宽度监测宜在裂缝两侧贴埋标志,用千分尺、游标卡尺、数字裂缝宽度测量仪等直接量测,也可用裂缝计、粘贴安装千分表量测或摄影量测等;
 - 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。
- d) 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 1mm 。

7.3.4.6 支护结构内力监测

- a) 支护结构内力监测适用于围护墙内力、支撑轴力、立柱内力、围檩或腰梁内力监测等,宜采用安装在结构内部或表面的应力、应变传感器进行量测。
- b) 应根据监测对象的结构形式、施工方法选择相应类型的传感器。混凝土支撑、围护桩(墙)宜在钢筋笼制作的同时,在主筋上安装钢筋应力计;钢支撑宜采用轴力计或表面应力计;钢立柱、钢围檩(腰梁)宜采用表面应变计。
- c) 应力计或应变计的量程不宜小于设计值的 1.5 倍,精度不宜低于 $0.5\%F \cdot S$,分辨率不宜低于 $0.2\%F \cdot S$ 。
- d) 内力监测传感器埋设前应进行标定和编号,导线应做好标记,并设置导线防护措施。
- e) 内力监测宜取土方开挖前连续 3d 获得的稳定测试数据的平均值作为初始值。
- f) 内力监测值宜考虑温度变化等因素的影响。

7.3.4.7 土压力监测

- a) 土压力宜采用土压力计量测。
- b) 土压力计的量程应满足预估被测压力的要求,其上限可取设计压力的 2 倍,精度不宜低于 $0.5\%F \cdot S$,分辨率不宜低于 $0.2\%F \cdot S$ 。
- c) 土压力计埋设可采用埋入式或边界式。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。埋设时应符合下列规定:
 - 1) 受力面与所监测的压力方向垂直并紧贴被监测对象;
 - 2) 埋设过程中应有土压力膜保护措施;
 - 3) 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;
 - 4) 土压力计导线中间不宜有接头,导线应按一定线路捆扎,接头应集中引入导线箱中;
 - 5) 做好完整的埋设记录。
- d) 土压力计埋设后应立即进行检查测试,基坑开挖前应至少经过 1 周时间的监测并取得稳定

初始值。

7.3.4.8 孔隙水压力监测

孔隙水压力监测参照本文件第 7.2.10.5 条的规定。

7.3.4.10 锚杆轴力监测

- a) 锚杆轴力监测宜采用轴力计、钢筋应力计或应变计，当使用钢筋束时宜监测每根钢筋的受力。
- b) 轴力计、钢筋应力计和应变计的量程宜为锚杆极限抗拔承载力的 1.5 倍，量测精度不宜低于 $0.5\%F \cdot S$ ，分辨率不宜低于 $0.2\%F \cdot S$ 。
- c) 轴力计仪表应与锚杆张拉设备仪表相互标定。锚杆施工完成后应对轴力计、应力计或应变计进行检查测试，并取下一层土方开挖前连续 2d 获得的稳定测试数据的平均值作为其初始值。

7.3.4.11 土体分层竖向位移监测

- a) 土体分层竖向位移可通过埋设磁环式分层沉降标，采用分层沉降仪进行量测，或者通过埋设深层沉降标，采用水准测量方法进行量测，也可采用埋设多点位移计进行量测。
- b) 沉降标或多点位移计应在基坑开挖前至少 1 周埋设。采用磁环式分层沉降标时，应保证沉降管安置到位后与土层密贴牢固。
- c) 土体分层竖向位移的初始值应在沉降标或多点位移计埋设后 1 周量测，并获得稳定的初始值。
- d) 埋设磁环式分层沉降标，采用分层沉降仪量测时，每次测量应重复 2 次并取其平均值作为测量结果，2 次读数较差不应大于 1.5mm，沉降仪的系统精度不宜低于 1.5mm，采用深层沉降标结合水准测量时，水准监测精度宜按表 27 确定。
- e) 采用磁环式分层沉降标监测时，每次监测均应测定沉降管口高程的变化，然后换算出沉降管内各监测点的高程。

7.3.4.12 坑底隆起监测

- a) 坑底隆起采用钻孔等方法埋设深层沉降标时，孔口高程宜用水准测量方法测量，沉降标至孔口垂直距离可采用钢尺量测。
- b) 坑底隆起监测的精度应符合表 35 的规定。

表 35 坑底隆起监测的精度要求

单位为毫米

坑底隆起预警值（累计值）	≤ 40	40~60	> 60
监测点测站高差中误差	≤ 1.0	≤ 2.0	≤ 3.0

7.3.5 监测频率

7.3.5.1 监测频率的确定应满足能系统反映监测对象所测项目的重要变化过程而又不遗漏其变化时刻的要求。

7.3.5.2 监测工作应贯穿于基坑和地下工程施工全过程。监测工作应从基坑工程施工前开始，直至地下工程完成为止。对有特殊要求的基坑周边环境的监测应根据需要延续至变形趋于稳定后结束。

7.3.5.3 仪器监测频率应符合下列规定：

a) 应综合考虑基坑支护、基坑及地下工程的不同施工阶段以及周边环境、自然条件的变化和当地经验确定。

b) 对于应测项目，在无异常和无事故征兆的情况下，开挖后监测频率可按表 36 确定。

表 36 现场仪器监测的监测频率

基坑设计安全等级	施工	施工进度	监测频率
一级	开挖深度 h	$\leq H/3$	1 次/(2~3) d
		$H/3\sim 2H/3$	1 次/(1~2) d
		$2H/3\sim H$	(1~2) 次/d
	底板浇筑后时间 (d)	≤ 7	1 次/d
		7~14	1 次/3d
		14~28	1 次/5d
		>28	1 次/7d
二级	开挖深度 h	$\leq H/3$	1 次/3d
		$H/3\sim 2H/3$	1 次/2d
		$2H/3\sim H$	1 次/d
	底板浇筑后时间 (d)	≤ 7	1 次/2d
		7~14	1 次/3d
		14~28	1 次/7d
		>28	1 次/10d

注 1: h — 基坑开挖深度; H — 基坑设计深度;

注 2: 支撑结构开始拆除到拆除完成后 3d 内监测频率加密为 1 次;

注 3: 基坑工程施工至开挖前的监测频率视具体情况确定;

注 4: 当基坑设计安全等级为三级时, 监测频率可视具体情况适当降低;

注 5: 宜测、可测项目的仪器监测频率可视具体情况适当降低。

c) 当基坑支护结构监测值相对稳定, 开挖工况无明显变化时, 可适当降低对支护结构的监测频率。

d) 当基坑支护结构、地下水位监测值相对稳定时, 可适当降低对周边环境的监测频率。

7.3.5.4 当出现下列情况之一时, 应提高监测频率:

- 监测值达到预警值;
- 监测值变化较大或者速率加快;
- 存在勘察未发现的不良地质状况;
- 超深、超长开挖或未及时加撑等违反设计工况施工;
- 基坑及周边大量积水、长时间连续降雨、市政管道出现泄漏;
- 基坑附近地面荷载突然增大或超过设计限值;
- 支护结构出现开裂;
- 周边地面突发较大沉降或出现严重开裂;
- 邻近建筑突发较大沉降、不均匀沉降或出现严重开裂;
- 基坑底部、侧壁出现管涌、渗漏或流砂等现象;
- 膨胀土、湿陷性黄土等水敏性特殊土基坑出现防水、排水等防护设施损坏, 开挖暴露面有被水浸湿的现象;
- 多年冻土、季节性冻土等温度敏感性土基坑经历冻融季节;
- 高灵敏性软土基坑受施工扰动严重、支撑施作不及时、有软土侧壁挤出、开挖暴露面未及

时封闭等异常情况；

n) 出现其他影响基坑及周边环境安全的异常情况。

7.3.5.5 当出现可能危及工程及周边环境安全的事故征兆时，应实时跟踪监测。

7.3.6 预警要求

7.3.6.1 监测预警值应满足基坑支护结构、周边环境的变形和安全控制要求。监测预警值应由基坑工程设计方确定。

7.3.6.2 基坑支护结构、周边环境的变形和安全控制应符合下列规定：

- 保证基坑的稳定；
- 保证地下结构的正常施工；
- 对周边已有建筑引起的变形不得超过相关技术标准的要求或影响其正常使用；
- 保证周边道路、管线、设施等正常使用；
- 满足特殊环境的技术要求。

7.3.6.3 变形监测预警值应包括监测项目的累计变化预警值和变化速率预警值。

7.3.6.4 基坑及支护结构监测预警值应根据基坑设计安全等级、工程地质条件、设计计算结果及当地工程经验等因素确定；当无当地工程经验时，土质基坑可按表 37 确定。

7.3.6.5 基坑工程周边环境监测预警值应根据监测对象主管部门的要求或建筑检测报告的结论确定，当无具体控制值时，可按表 38 确定。

7.3.6.6 确定基坑周边建筑、管线、道路预警值时，应保证其原有沉降或变形值与基坑开挖、降水造成的附加沉降或变形值叠加后不应超过其允许的最大沉降或变形值。

表 37 土质基坑及支护结构监测预警值

序号	监测项目	支护类型	基坑设计安全等级								
			一级			二级			三级		
			累计值		变化速率 (mm/d)	累计值		变化速率 (mm/d)	累计值		变化速率 (mm/d)
			绝对值 (mm)	相对基坑 设计深度 H 控制值		绝对值 (mm)	相对基坑 设计深度 H 控制值		绝对值 (mm)	相对基坑设计深度 H 控制值	
1	围护墙(边坡)顶部水平位移	土钉墙、复合土钉墙、锚喷支护、水泥土墙	30~40	0.3~0.4%	3~5	40~50	0.5~0.8%	4~5	50~60	0.7~1.0%	5~6
		灌注桩、地下连续墙、钢板桩、型钢水泥土墙	20~30	0.2~0.3%	2~3	30~40	0.3~0.5%	2~4	40~80	0.6~0.8%	3~5
2	围护墙(边坡)顶部竖向位移	土钉墙、复合土钉墙、锚喷支护	20~30	0.2~0.4%	2~3	30~40	0.4~0.6%	3~4	40~60	0.6~0.8%	4~5
		水泥土墙、型钢水泥土墙	—	—	—	30~40	0.6~0.8%	3~4	40~60	0.8~1.0%	4~5
		灌注桩、地下连续墙、钢板桩	10~20	0.1~0.2%	2~3	20~30	0.3~0.5%	2~3	30~40	0.5~0.6%	3~4
3	深层水平位移	复合土钉墙	40~60	0.4~0.6%	3~4	50~70	0.6~0.8%	4~5	60~80	0.7~1.0%	5~6
		型钢水泥土墙	—	—	—	50~60	0.6~0.8%	4~5	60~70	0.7~1.0%	5~6
		钢板桩	50~60	0.6~0.7%	2~3	60~80	0.7~0.8%	3~5	70~90	0.8~1.0%	4~5
		灌注桩、地下连续墙	30~50	0.3~0.4%		40~60	0.4~0.6%		50~70	0.6~0.8%	

4	立柱竖向位移	20~30	—	2~3	20~30	—	2~3	20~40	—	2~4
5	地表竖向位移	25~35	—	2~3	35~45	—	3~4	45~55	—	4~5
6	坑底隆起（回弹）	累计值（30~60）mm，变化速率（4~10）mm/d								
7	支撑轴力	最大值：（60%~80%） f_2			最大值：（70%~80%） f_2			最大值：（70%~80%） f_2		
8	锚杆轴力	最小值：（80%~100%） f_y			最小值：（80%~100%） f_y			最小值：（80%~100%） f_y		
9	土压力	（60%~70%） f_1			（70%~80%） f_1			（70%~80%） f_1		
10	孔隙水压力									
11	围护墙内力	（60%~70%） f_2			（70%~80%） f_2			（70%~80%） f_2		
12	立柱内力									
注 1：H—基坑设计深度；f_1—荷载设计值；f_2—构件承载能力设计值，锚杆为极限抗拔承载力；f_y—钢支撑、锚杆预应力设计值。 注 2：累计值取绝对值和相对基坑设计深度 H 控制值两者的较小值。 注 3：当监测项目的变化速率达到表中规定值或连续 3 次超过该值的 70%应预警。 注 4：底板完成后，监测项目的位移变化速率不宜超过表中速率预警值的 70%。										

表 38 基坑工程周边环境监测预警值

监测对象				累计值（mm）	变化速率 （mm/d）	备注
项目						
1	地下水位变化			1000~2000 （常年变幅以外）	500	—
2	管线 位移	刚性管道	压力	10~20	2	直接观察点数据
			非压力	10~30	2	
		柔性管线		10~40	3~5	—
3	邻近建筑位移			小于建筑物地基 变形允许值	2~3	—
4	邻近道路路基沉降		高速公路、道路 主干	10~30	3	—
			一般城市道路	20~40	3	—
5	裂缝宽度		建筑结构性 裂缝	1.5~3（既有裂缝） 0.2~0.25（新增裂缝）	持续发展	—
			地表裂缝	10~15（既有裂缝） 1~3（新增裂缝）	持续发展	—
注 1： 建筑整体倾斜度累计值达到 2/1000 或倾斜速度连续 3d 大于 0.0001H/d（H 为建筑承重结构高度）时应预警；						
注 2： 建筑物地基变形允许值应按现行国家标准《建筑地基基础设计规范》GB 50007 的有关规定取值。						

7.3.6.8 监测数据达到监测预警值时，应立即预警，通知有关各方及时分析原因并采取相应措施。

7.3.6.9 当出现下列情况之一时，必须立即进行危险报警，并应通知有关各方对基坑支护结构和周边环境保护对象采取应急措施。

- a) 基坑支护结构的位移值突然明显增大或基坑出现流砂、管涌、隆起、陷落等；
- b) 基坑支护结构的支撑或锚杆体系出现过大变形、压屈、断裂、松弛或拔出的迹象；
- c) 基坑周边建筑的结构部分出现危害结构的变形裂缝；
- d) 基坑周边地面出现较严重的突发裂缝或地下空洞、地面下陷；
- e) 基坑周边管线变形突然明显增长或出现裂缝、泄漏等；
- f) 冻土基坑经受冻融循环时，基坑周边土体温度显著上升，发生明显的冻融变形；
- g) 出现基坑工程设计方提出的其他危险报警情况，或根据当地工程经验判断，出现其他必须进行危险报警的情况。

7.3.7 数据处理与信息反馈

7.3.7.1 监测单位应对整个项目的监测方案实施以及监测技术成果的真实性、可靠性负责，监测技术成果应有相关负责人签字，并加盖成果章。

7.3.7.2 现场监测资料宜包括外业观测记录、巡视检查记录、记事项目以及视频及仪器电子数据资料等。现场监测资料的整理应符合下列规定：

- a) 外业观测值和记事项目应真实完整，并应在现场直接记录在观测记录表中；任何原始记录不得涂改、伪造和转抄；采用电子方式记录的数据，应完整存储在可靠的介质上。
- b) 监测记录应有相应的工况描述。
- c) 使用正式的监测记录表格。
- d) 监测记录应有相关责任人签字。

7.3.7.3 取得现场监测资料后，应及时进行整理、分析。监测数据出现异常时，应分析原因，必要时应进行复测。

7.3.7.4 监测项目的数据分析应结合施工工况、地质条件、环境条件以及相关监测项目监测数据的变化进行，并对其发展趋势做出预测。

7.3.7.5 数据处理、成果图表及分析资料应完整、清晰。监测数据的处理与信息反馈宜利用监测数据处理与信息管理系统专业软件或平台，其功能和参数应符合的有关规定，并应具备数据采集、处理、分析、查询和管理一体化以及监测成果可视化的功能。

7.3.8 成果报告的编制

7.3.8.1 技术成果应包括当日报表、阶段性分析报告和总结报告。技术成果提供的内容应真实、准确、完整，并宜用文字阐述与绘制变化曲线或图形相结合的形式表达。技术成果应按时报送。

7.3.8.2 当日报表应包括下列内容：

- a) 当日的天气情况和施工现场的工况；
- b) 仪器监测项目各监测点的本次测试值、单次变化值、变化速率以及累计值等，必要时绘制有关曲线图；
- c) 巡视检查的记录；
- d) 对监测项目应有正常或异常的判断性结论；

- e) 对达到或超过监测预警值的监测点应有预警标示，并有分析和建议；
- f) 对巡视检查发现的异常情况应有详细描述，危险情况应有报警标示，并有分析和建议；
- g) 其他相关说明。

当日报表宜采用附录 B 规定的格式。

7.3.8.3 阶段性报告应包括下列内容：

- a) 该监测阶段相应的工程、气象及周边环境概况；
- b) 该监测阶段的监测项目及测点的布置图；
- c) 各项监测数据的整理、统计及监测成果的过程曲线；
- d) 各监测项目监测值的变化分析、评价、发展预测及施工建议。

7.3.8.4 总结报告应包括下列内容：

- a) 工程概况；
- b) 监测依据；
- c) 监测项目；
- d) 监测点布置；
- e) 监测设备和监测方法；
- f) 监测频率；
- g) 监测预警值；
- h) 各监测项目全过程的发展变化分析及整体评述；
- i) 监测工作结论与建议。

7.4 边坡工程监测

7.4.1 一般规定

7.4.1.1 边坡塌滑区有重要建（构）筑物的一级边坡工程施工时必须对坡顶水平位移、垂直位移、地表裂缝和坡顶建（构）筑物变形进行监测。

7.4.1.2 边坡工程应由设计提出监测项目和要求，由建设方委托有资质的监测单位编制监测方案。监测方案应包括监测项目、监测目的、监测方法、测点布置、监测项目报警值和信息反馈制度等内容，经设计、监理和业主等共同认可后实施。

7.4.1.3 边坡工程可根据安全等级、地质环境、边坡类型、支护结构类型和变形控制要求，按表 3 选择监测项目。

7.4.1.4 边坡变形监测与测量精度应符合表 39 的规定。

表 39 边坡监测的精度要求

单位为毫米

等级	水平位移监测的点位中误差	垂直位移监测的高程中误差	地表裂缝的观测中误差
一级	3.0	0.5	0.3
二级	6.0	1.0	0.5

注：水平位移和垂直位移的监测中误差是相对于基准点或者工作基点。

7.4.1.5 边坡和高边坡监测的点位布设可根据边坡的高度，按上、中、下成排布点，变形监测点应

埋设在监测体上且最能反应变形特征和变形明显的部位。其监测方法、精度和周期应符合下列规定：

- a) 边坡的水平位移监测可采用交会法、极坐标法、GNSS 测量等方法。
- b) 进行边坡监测时，应同时进行垂直位移观测。当分析边坡位移的规律时，应将观测点的水平位移量和垂直位移量进行综合判断。
- c) 边坡工程施工初期，监测宜每天一次，完工一年内，监测宜 1 次/月，完工第二年，监测宜 1 次/季度，监测时间不少于两年，且应根据地质环境复杂程度、周边建（构）筑物、管线对边坡变形敏感程度、气候条件和监测数据调整监测时间及频率；当出现险情时应加强监测；
- d) 一级永久性边坡工程竣工后的监测时间不宜少于 2 年。后期建议每年监测 1 次。

7.4.1.6 边坡工程监测应符合下列规定：

- a) 坡顶位移观测，应在每一典型边坡段的支护结构顶部设置不少于 3 个监测点的监测网，监测位移量、移动速度和移动方向；
- b) 锚杆拉力和预应力损失监测，应选择有代表性的锚杆（索），测定锚杆（索）应力和预应力损失；
- c) 非预应力锚杆的应力监测根数不宜少于锚杆总数 3%，预应力锚索的应力监测根数不宜少于锚索总数的 5%，且均不应少于 3 根；
- d) 监测工作可根据设计要求、边坡稳定性、周边环境和施工进度等因素进行动态调整；

7.4.1.7 滑坡水平位移观测可采用交会法、极坐标法、卫星定位测量和多摄站摄影测量方法；深层位移观测可采用深部钻孔测斜方法。垂直位移观测可采用水准测量和电磁波测距三角高程测量方法。地表裂缝观测可采用精密测(量)距方法。

7.4.1.8 首次监测宜连续进行两次独立观测，当两次较差不超过 2 倍中误差时应取其平均值作为变形监测初始值。

7.4.1.9 不同周期的变形监测应符合下列规定：

- a) 应选择良好的观测时段并在较短的时间内完成。
- b) 应采用相同的网形或观测路线和观测方法。
- c) 宜使用相同测量仪器和设备。
- d) 观测人员宜固定。
- e) 应记录荷载、天气、温度、气压、相对湿度等的环境因素。
- f) 应采用统一基准处理数据。

7.4.1.10 边坡工程施工过程中及监测期间遇到下列情况时应及时报警，并采取相应的应急措施：

- a) 有软弱外倾结构面的岩土边坡支护结构坡顶有水平位移迹象或支护结构受力裂缝有发展；无外倾结构面的岩质边坡或支护结构构件的最大裂缝宽度达到国家现行相关标准的允许值；土质边坡支护结构坡顶的最大水平位移已大于边坡开挖深度的 1/500 或 20mm，以及其水平位移速度已连续 3d 大于 2mm/d；
- b) 土质边坡坡顶邻近建筑物的累计沉降、不均匀沉降或整体倾斜已大于设计允许值的 80%，或建筑物的整体倾斜度变化速度已连续 3d 每天大于 0.00008；
- c) 坡顶邻近建筑物出现新裂缝、原有裂缝有新进展；
- d) 支护结构中有重要构件出现应力骤增、压屈、断裂、松弛或破坏的迹象；
- e) 边坡底部或周围岩土体已出现可能导致边坡剪切破坏的迹象或其他可能影响安全的征兆；

- f) 根据当地工程经验判断已出现其他必须报警的情况。
- 7.4.1.11 对地质条件特别复杂的采用新技术治理的一级边坡工程，应建立边坡工程长期监测系统（自动化监测系统）或采用三维激光扫描技术进行监测（高边坡监测采用三维激光扫描时，仪器应选用扫描点位精度不低于 5mm，扫描距离能达到 400m 的扫描仪）。边坡工程监测系统包括监测基准网和监测点建设、监测设备仪器安装和保护、数据采集与传输、数据处理与分析、预测预报或总结等。
- 7.4.1.12 变形量的正负号应符合下列规定：
- 边坡水平位移：向坡外为正，反之为负；
 - 垂直位移：向下为正，反之为负。
- 7.4.1.13 工程监测报告应包括下列主要内容：
- 边坡工程概况；
 - 监测依据；
 - 监测项目和要求；
 - 监测仪器的型号、规格和标定资料；
 - 监测方法与技术；
 - 测点布置图、监测指标过程曲线图；
 - 监测数据整理、分析和监测结果评述。

7.4.2 水平位移测量

7.4.2.1 水平位移的测量可采用测角前方交会法、边角交会法、极坐标法、小角法、经纬仪投点法、视准线法等。

7.4.2.2 施工期间，为保证满足生产需求及测量数据时效性，宜采用极坐标法进行观测，观测精度应满足 7.4.1.4 的要求。

7.4.2.3 运营阶段，水平位移监测的水平角观测宜采用方向观测法。其技术要求应符合表 40 的规定。

表 40 水平角方向观测法的技术要求

类型	仪器精度等级	测回数	两次照准目标读数差 "	半测回归零差 "	一测回中 2 倍照准差变动范围 "	同一方向值各测回较差 "
一级	DJ05	4	2	4	6	4
	DJ1	6	3	6	9	6
二级	DJ05	2	4	6	9	6
	DJ1	4	6	8	12	9
注：当观测方向的垂直角超过土 3 的范围时，该方向的 2C 互差可按同一观测时段内相邻测回进行比较。						

水平位移监测的距离测量宜采用电磁波测距。其技术要求应符合表 41 的规定。

表 41 电磁波测距的主要技术要求

等级	测距仪精度等级	测回数	一测回读数较差限值	单程测回间较差限值	气象数据测定最小读数	往返或时段间较差限值
----	---------	-----	-----------	-----------	------------	------------

		往	返	mm	mm	温度 ℃	气压 Pa	mm
一级	I 型仪器	4	4	1	1.5	0.2	50	$\leq 2(a+b \cdot D \cdot 10^{-6})$
二级	I 型仪器	2	2	1	1.5			
	II 型仪器	4	4	3	4			

注 1: 测回指照准目标一次, 读数 2 次~4 次的过程;

注 2: 根据具体情况, 测边可采取不同时间段代替往返观测;

注 3: 测斜距应经气象改正和仪器加、乘常数改正后再进行水平距离计算;

注 4: 测距仪按 1km 测距中误差计分为三级, I 级为 $|m_D| \leq 2\text{mm}$; II 级为 $2\text{mm} < |m_D| \leq 5\text{mm}$; III 级为 $5\text{mm} < |m_D| \leq 10\text{mm}$ 。

7.4.2.5 当采用交会法、极坐标法时, 其主要技术要求应符合下列规定:

a) 采用测角交会时, 其交会角应为 $60^\circ \sim 120^\circ$, 并宜采用三方向交会; 采用测边交会时, 交会角宜为 $30^\circ \sim 150^\circ$ 。

b) 极坐标法观测宜采用双测站极坐标法测定。

c) 测站应采用有强制对中装置的观测墩, 变形观测监测点可埋设安置反光镜或觇牌的强制对中装置或其他固定照准标志, 也可采用光学垂准仪或天底仪对中。

7.4.2.6 当采用小角法 视准线法时, 其主要技术要求应符合下列规定:

a) 视准线两端的延长线处宜设立校核基准点。

b) 视准线应离开邻近障碍物 1m 以上。

c) 各测点偏离视准线的距离不应大于 2cm; 采用小角法观测时可适当放宽, 小角角度不应超过 $30''$ 。

d) 视准线法测量可选用活动觇牌法, 当采用活动觇牌法观测时, 监测精度宜为视准线长度的 1/100000。

e) 当采用小角法观测时, 监测精度应按式估算:

$$M_S = m_\beta L / \rho''$$

式中: M_S ——位移中误差 (mm);

m_β ——测角中误差 ($''$);

L ——视准线长度 (mm);

ρ'' ——取值为 206265。

f) 基准点和测站点应采用有强制对中装置的观测墩。

g) 当采用活动觇牌法观测时, 观测前应对觇牌的零位差进行测定。

7.4.3 垂直位移测量

7.4.3.1 边坡和高边坡的垂直位移宜采用精密水准测量方法进行监测, 在变形较大或不便于立尺的地方可同时辅以静力水准法独立监测。单个构件可采用测微水准仪或机械倾斜仪、电子倾斜仪等测量方法。在特殊条件 (如现场条件不满足水准测量方法) 下, 可以选用三角高程法进行数据采集。

7.4.3.2 沉降观测点的布设应符合下列规定:

a) 能够反映建(构)筑物变形特征和变形明显的部位。

b) 标志应稳固、明显、结构合理, 不影响建(构)筑物的美观和使用。

c) 点位应避开障碍物，并应布设在有利于观测和长期保存的位置。

7.4.3.3 沉降观测的各项记录应注明观测时的气象情况和荷载变化。

7.4.3.4 垂直位移监测的主要技术要求应符合表 42 的规定。

表 42 垂直位移监测的主要技术要求

单位为毫米

等级	相邻基准点高差中误差	每站高差中误差	往返较差、附和或环线闭合差	检测间隙点高差较差
一级	0.5	0.15	$0.3\sqrt{n}$	$0.4\sqrt{n}$
二级	1.0	0.3	$0.6\sqrt{n}$	$0.8\sqrt{n}$

7.4.3.5 水准观测的主要技术要求应符合表 43 的规定。

表 43 水准观测的主要技术要求

等级	仪器精度等级	视线长度 m	前后视较差 m	前后视累计 距离较差 m	视线离地面 最低高度 m	基、辅分划或黑、 红面读数较差 mm	基、辅分划或黑、 红面所测高差较差 mm
一级	DS05	30	0.5	1.5	0.5	0.3	0.4
二级	DS05	50	2.0	3.0	0.3	0.5	0.7
	DS1	50					

注 1: 视距长度小于 5m, 引测至观测墩等特殊情况下, 视线高可放宽;

注 2: 当采用电子水准仪时, 两次读书所测高差之差限差满足基、辅分划或黑、红面读数较差限差。

7.4.3.6 当采用三角高程测量时, 其主要技术要求应符合下列规定:

a) 所用全站仪的测角标称精度不应大于 1", 观测精度应满足对监测对象竖向位移预警监控的要求;

b) 应采用中间设站的观测方式, 后视点、前视点均应设置棱镜或特制觇牌。观测视线长度不宜大于 300m, 最长不宜超过 500m, 视线垂直角不应超过 20°。

c) 采用单棱镜观测时, 每站应变动 1 次仪器高进行 2 次独立测量。当 2 次独立测量所计算高差的较差符合下表的规定时, 取其算术平均值作为最终高差值。

表 44 两次测量高差较差限差

沉降观测等级	两次测量高差较差限差 mm
一级	$10\sqrt{D}$
二级	$20\sqrt{D}$

注: D 为两点间距离, 以 km 为单位。

7.4.4 深层水平位移监测

深层水平位移监测参照本文件第 7.3.4.3 条的规定。

7.4.5 锚杆（索）拉力

锚杆轴力监测参照本文件第 7.3.4.10 条的规定。

7.4.6 裂缝观测

7.4.6.1 裂缝监测应监测裂缝的位置、走向、长度、宽度，必要时尚应监测裂缝深度。

7.4.6.2 基坑开挖前应记录监测对象已有裂缝的分布位置和数量，测定其走向、长度、宽度和深度等情况，监测标志应具有可供量测的明晰端面或中心。

7.4.6.3 裂缝监测宜采用下列方法：

- a) 裂缝宽度监测宜在裂缝两侧贴埋标志，用千分尺、游标卡尺、数字裂缝宽度测量仪等直接量测，也可用裂缝计、粘贴安装千分表量测或摄影量测等；
- 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。

7.4.6.4 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 1mm。

7.4.7 地下水观测

7.4.7.1 地下水位孔布设应符合以下原则：

- a) 地下水位观测孔应根据水位地质条件的复杂程度、降水深度、降水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监测孔；
- b) 降水区靠近地表水体时，应在其附近埋设地下水位监测孔，观测和分析地表水对地下水的影
- c) 监测点宜布置在邻近围护桩施工搭接处、转角处、相邻建（构）筑物处、地下管线相对密集处等，并宜布置在止水帷幕外侧约 2m 处；
- d) 测点被破坏后应在附近位置增补监测点。

7.4.8 数据处理与变形分析

7.4.8.1 观测工作结束后，应及时整理和检查外业观测手簿。

7.4.8.2 当采用电子记录时，观测完毕后应及时将原始测量数据输出备份，编辑打印后还应加注必要的说明。

7.4.8.3 数据处理工作应依据测量误差理论和统计检验原理对获得的观测数据及时进行平差处理，并计算各种变形量。平差计算软件、计算模型、使用方法和处理过程，以及成果、图表和各种检验、分析资料，应完整清晰、准确无误。

7.4.8.4 内业资料整理应包括原始资料的整理与检查和变形观测点的成果汇总等内容。

7.4.8.5 变形测量内业计算和分析中的数字取位应符合表 45 的规定。

表 45 变形监测内业计算和分析中的数字取位要求

方向值 ″	边长 mm	坐标 mm	高程 mm	水平位移量 mm	垂直位移量 mm
0.1	1.0	1.0	0.1	1.0	0.1

7.4.8.6 监测预警

- a) 监测预警值应满足边坡支护结构、周边环境的变形和安全控制要求。监测预警值应由边坡

工程设计方确定。

- b) 基坑及支护结构监测预警值应根据基坑设计安全等级、工程地质条件、设计计算结果及当地工程经验等因素确定。

7.5 建（构）筑物监测

7.5.1 一般规定

7.5.1.1 本章适用于核电厂工程建（构）筑物变形监测项目，主要包括厂区核岛、常规岛、BOP厂房等建（构）筑物的变形监测。

7.5.1.2 沉降观测应测定建筑的沉降量、沉降差及沉降速率，并应根据需要计算基础倾斜、局部倾斜、相对弯曲及构件倾斜。

7.5.1.3 沉降监测点的布置应符合下列规定：

- a) 应能反映建筑及地基变形特征，并应顾及建筑结构和地质结构特点。当建筑结构或地质结构复杂时，应加密布点；
- b) 建筑的四角、核心筒四角、大转角处及沿外墙每 10m~20m 处或每隔 2 根~3 根柱基上；
- c) 高低层建筑、新旧建筑和纵横墙等交接处的两侧；
- d) 建筑裂缝、后浇带两侧、沉降缝两侧、基础埋深相差悬殊处、人工地基与天然地基接壤处、不同结构的分界处及填挖方分界处以及地质条件变化处两侧；
- e) 对宽度大于或等于 15m、宽度虽小于 15m 但地质复杂以及膨胀土、湿陷性土地区的建筑，应在承重内隔墙中部设内墙点，并在室内地面中心及四周设地面点；
- f) 架结构及钢结构建筑的每个或部分柱基上或沿纵横轴线上；
- g) 重型设备基础和动力设备基础的四角、基础形式或埋深改变处；

7.5.1.4 沉降监测点的标志可根据待测建筑的结构类型和墙体材料等情况进行选择，并应符合下列规定：

- a) 标志的立尺部位应加工成半球形或有明显的突出点，并宜涂上防腐剂
- b) 标志的埋设位置应避开雨水管、窗台线、散热器、暖水管、电气开关等有碍设标与观测的障碍物，并应视立尺需要离开墙面、柱面或地面一定距离，宜与设计部门沟通。
- c) 标志应美观，易于保护。
- d) 采力测量进行沉降观测时，标志的型式及其埋设，应根据所用静力水准仪的型号、结构、安装方式以及现场条件等确定。

7.5.1.5 核工程建（构）筑物变形监测的等级划分及精度要求应符合表 46 的规定：

表 46 变形监测的等级划分及精度要求

等级	高程中误差 mm	点位中误差 mm	适用范围
一级	0.5	3.0	核工程中主体建筑物
二级	1.0	6.0	核工程中附属设施

7.5.1.6 沉降观测的周期和观测时间应符合下列规定：

- a) 建筑施工阶段的观测应符合下列规定：
 - 1) 宜在基础完工后或地下室砌完后开始观测；
 - 2) 观测次数与间隔时间应视地基与荷载增加情况确定。民用高层建筑宜每加高 2 层~3 层

观测 1 次，工业建筑宜按回填基坑、安装柱子和屋架、砌筑墙体、设备安装等不同施工阶段分别进行观测。若建筑施工均匀增高，应至少在增加荷载的 25%、50%、75% 和 100% 时各测 1 次；

3) 施工过程中若暂时停工，在停工时及重新开工时应各观测 1 次，停工期间可每隔 2 月~3 月观测 1 次。

b) 建筑运营阶段的观测次数，应视地基土类型和沉降速率大小确定。除有特殊要求外，可在第一年观测 3 次~4 次，第二年观测 2 次~3 次，第三年后每年观测 1 次，至沉降达到稳定状态或满足观测要求为止。

c) 观测过程中，若发现大规模沉降、严重不均匀沉降或严重裂缝等，或出现基础附近地面荷载突然增减、基础四周大量积水、长时间连续降雨等情况，应提高观测频率，并应实施安全预案。

d) 建筑沉降达到稳定状态可由沉降量与时间关系曲线判定。当最后 100d 的最大沉降速率小于 0.01mm/d~0.04mm/d 时，可认为已达到稳定状态。对具体沉降观测项目，最大沉降速率的取值宜结合当地地基土的压缩性能来确定。

7.5.1.7 每期观测后，应计算各监测点的沉降量、累计沉降量、沉降速率及所有监测点的平均沉降量。根据需要，可按下列式计算基础或构件的倾斜度

$$\Delta D = \frac{\Delta S}{L} H$$

式中： ΔD ——倾斜值（m）；

ΔS ——基础两端点的沉降差（m）；

L ——基础两端点的水平距离（m）；

H ——建（构）筑物的高度（m）。

7.5.1.8 沉降观测应提交下列成果资料：

- a) 监测点布置图；
- b) 观测成果表；
- c) 时间-荷载-沉降量曲线；
- d) 等沉降曲线。

7.5.2 水平位移测量

7.5.2.1 水平位移的测量可采用测角前方交会法、边角交会法、极坐标法、小角法、经纬仪投点法、视准线法等。

7.5.2.2 施工期间，为保证满足生产需求及测量数据时效性，宜采用极坐标法进行观测，观测精度应满足本文件第 7.5.1.5 条的要求。

7.5.2.3 运营阶段，水平位移监测的水平角观测宜采用方向观测法。其技术要求应符合本文件表 40 的规定。

7.5.2.4 水平位移监测的距离测量宜采用电磁波测距。其技术要求应符合本文件表 41 的规定。

7.5.2.5 当采用交会法、极坐标法时，其主要技术要求应符合下列规定：

a) 采用测角交会时，其交会角应为 60°~120°，并宜采用三方向交会；采用测边交会时，交会角宜为 30°~150°。

b) 极坐标法观测宜采用双测站极坐标法测定。

c) 测站应采用有强制对中装置的观测墩, 变形观测监测点可埋设安置反光镜或觇牌的强制对中装置或其他固定照准标志, 也可采用光学垂准仪或天底仪对中。

7.5.2.6 当采用小角法 视准线法时, 其主要技术要求应符合下列规定:

a) 视准线两端的延长线处宜设立校核基准点。

b) 视准线应离开邻近障碍物 1m 以上。

c) 各测点偏离视准线的距离不应大于 2cm; 采用小角法观测时可适当放宽, 小角角度不应超过 30"。

d) 视准线法测量可选用活动觇牌法, 当采用活动觇牌法观测时, 监测精度宜为视准线长度的 1/100000。

e) 当采用小角法观测时, 监测精度应按下列式估算:

$$M_s = m_\beta L / \rho''$$

式中: M_s ——位移中误差 (mm);

m_β ——测角中误差 (");

L ——视准线长度 (mm);

ρ'' ——取值为 206265。

f) 基准点和测站点应采用有强制对中装置的观测墩。

g) 当采用活动觇牌法观测时, 观测前应对觇牌的零位差进行测定。

7.5.3 垂直位移测量

7.5.3.1 核岛、常规岛等建筑物的垂直位移宜采用精密水准测量方法进行监测, 在变形较大或不利于立尺的地方可同时辅以静力水准法独立监测。单个构件可采用测微水准仪或机械倾斜仪电子倾斜仪等测量方法。

7.5.3.2 沉降观测点的布设应符合下列规定:

a) 能够反映建(构)筑物变形特征和变形明显的部位。

b) 标志应稳固、明显、结构合理, 不影响建(构)筑物的美观和使用。

c) 点位应避开障碍物, 并应布设在有利于观测和长期保存的位置。

7.5.3.3 沉降观测的各项记录应注明观测时的气象情况和荷载变化。

7.5.3.4 垂直位移监测的主要技术要求应符合符合本文件表 42 的规定。

7.5.3.5 水准观测的主要技术要求应符合本文件表 43 的规定。

7.5.3.6 建(构)筑物的沉降观测点应按设计图纸埋设, 并应符合下列规定:

a) 宜埋设在建筑物四角或沿外墙每 10m~15m 处或每隔 2 根~3 根柱基上。

b) 宜埋设在裂缝、沉降缝或伸缩缝的两侧。

c) 宜埋设在人工地基和天然地基的接壤处, 也可埋设在建筑物不同结构的分界处。

d) 宜埋设在烟囱、水塔和大型储藏罐等高耸构筑物的基础轴线的对称部位, 每一构筑物不得少于 4 个点。

7.5.3.7 施工期间, 建筑物的沉降观测周期应按施工进度及设计要求进行施测。

7.5.4 倾斜观测

7.5.4.1 建筑施工过程中及竣工验收前，宜对建筑上部结构或墙面、柱等进行倾斜观测。建筑运营阶段，当发生倾斜时，应及时进行倾斜观测。

7.5.4.2 倾斜监测点的布设及标志设置应符合下列规定：

- a) 当测定顶部相对于底部的整体倾斜时，应沿同一竖直线分别布设顶部监测点和底部对应点。
- b) 测定局部倾斜时，应沿同一竖直线分别布设所测范围的上部监测点和下部监测点。
- c) 建筑顶部的监测点标志，宜采用固定的觇牌和棱镜，墙体上的监测点标志可采用埋入式照准标志或粘贴反射片标志。
- d) 对不便埋设标志的塔形、圆形建筑以及竖直构件，可粘贴反射片标志，也可照准视线所切同高边缘确定的位置或利用符合位置与照准要求的建筑特征部位。

7.5.4.3 倾斜观测的周期，宜根据倾斜速率每1月~3个月观测1次。当出现基础附近因大量堆载或卸载、场地降雨长期积水等导致倾斜速度加快时，应提高观测频率。施工期间倾斜观测的周期和频率，宜与沉降观测同步。

7.5.4.4 倾斜观测作业应避开风荷载影响大的时间段。对于高层和超高层建筑的倾斜观测，也应避开强日照时间段。

7.5.4.5 当从建筑外部进行倾斜观测时，应符合下列规定：

- a) 宜站仪点法、水平角观测法或前方交会法进行观测。当采用投点法时，测站点宜选在与倾斜方向成正交的方向线上距照准目标15倍~20倍目标高度的固定位置，测站点的数量不宜少于2个；当采用水平角观测法时，应设置好定向点。当观测精度为二等及以上时，测站点和定向点应采用带有强制对中装置的观测墩。
- b) 当建筑上监测点数量较多时，可采用激光扫描测量或近景摄影测量等方法进行观测。

7.5.4.6 当利用建筑或构件的顶部与底部之间的竖向通视条件进行倾斜观测时，可采用激光垂准测量或正、倒垂线等方法。

7.5.4.7 当利用相对沉降量间接确定建筑倾斜时，可采用水准测量或静力水准测量等方法通过测定差异沉降来计算倾斜值及倾斜方向。

7.5.4.8 当需要测定建筑垂直度时，可采用与倾斜观测相同的方法进行。

7.5.4.9 倾斜观测应提交下列成果资料：

- a) 监测点布置图。
- b) 观测成果表。
- c) 倾斜曲线。

7.5.5 裂缝观测

7.5.5.1 对建筑上明显的裂缝，应进行裂缝观测。裂缝观测应测定裂缝的位置分布和裂缝的走向、长度、宽度、深度及其变化情况。深度观测宜选在裂缝最宽的位置。

7.5.5.2 对需要观测的裂缝应统一编号。每次观测时，应绘出裂缝的位置、形态和尺寸，注明观测日期，并拍摄裂缝照片。

7.5.5.3 每条裂缝应至少布设3组观测标志，其中一组应在裂缝的最宽处，另两组应分别在裂缝的末端。每组应使用两个对应的标志，分别设在裂缝的两侧。

7.5.5.4 裂缝观测标志应便于量测。长期观测时，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；短期观测时，可采用油漆平行线标志或用建筑胶粘贴的金属片标志。当需要测出裂缝纵、横向变化值时，可采用坐标方格网板标志。采用专用仪器设备观测的标志，可按具体要求另行设计。

7.5.5.5 裂缝的宽度量测精度不应低于 1.0mm，长度量测精度不应低于 10.0mm，深度量测精度不应低于 3.0mm。

7.5.5.6 裂缝观测方法应符合下列规定：

- a) 对数量少、量测方便的裂缝，可分别采用比例尺、小钢尺或游标卡尺等工具定期量出标志间距离求得裂缝变化值，或用方格网板定期读取坐标差计算裂缝变化值。
- b) 对大面积且不利于人工量测的众多裂缝，宜采用前方交会或单片摄影方法观测。
- c) 当需要连续监测裂缝变化时，可采用测缝计或传感器自动测记方法观测。
- d) 对裂缝深度量测，当裂缝深度较小时，宜采用凿出法和单面接触超声波法监测；当深度较大时，宜采用超声波法监测。

7.5.5.7 裂缝观测的周期应根据裂缝变化速率确定，开始时半月测 1 次，以后 1 月测 1 次。当发现裂缝加大时，应提高观测频率。

7.5.5.8 裂缝观测应提交下列成果资料：

- a) 裂缝位置分布图。
- b) 观测成果表。
- c) 裂缝变化曲线。

7.5.6 数据处理与变形分析

7.5.6.1 观测工作结束后，应及时整理和检查外业观测手簿。

7.5.6.2 当采用电子记录时，观测完毕后应及时将原始测量数据输出备份，编辑打印后还应加注必要的说明。

7.5.6.3 数据处理工作应依据测量误差理论和统计检验原理对获得的观测数据及时进行平差处理，并计算各种变形量。平差计算软件、计算模型、使用方法和处理过程，以及成果、图表和各种检验、分析资料，应完整清晰、准确无误。

7.5.6.4 内业资料整理应包括原始资料的整理与检查和变形观测点的成果汇总等内容。

7.5.6.5 变形测量内业计算和分析中的数字取位应符合表 47 的规定。

表 47 变形监测内业计算和分析中的数字取位要求

类别	高差 mm	方向值 ″	距离 mm	坐标 mm	高程 mm	沉降量 mm	位移值 mm
一级	0.01	0.01	0.1	0.1	0.01	0.1	0.01
二级	0.1	0.1	1.0	1.0	0.1	1.0	0.1

7.6 水工构筑物监测

7.6.1 一般规定

7.6.1.1 水工建筑物及附属设施的变形监测项目和内容应根据水工建筑物结构及布局、基坑深度、水库库容、地质地貌、开挖断面和施工方法等因素确定。监测内容应在满足工程需要和设计要求的基礎上按表 4 选择。

7.6.1.2 水工建筑物及附属设施的变形监测的精度要求应满足表 48 规定：

表 48 水工建筑物及附属设施的变形监测的精度要求

单位为毫米

阶段	项目	高程中误差	点位中误差
施工期	高边坡开挖稳定性监测	5.0	5.0
	堆石体监测	5.0	5.0
	结构物监测	根据设计要求	
	临时围堰监测	5.0	10.0
	建筑物基础沉降观测	—	3.0
	近坝区滑坡监测	5.0	5.0
运营期	护岸	1.0	3.0
	重件码头		
	混凝土坝（闸口）		
	取、排水明渠		
	高边坡		
注：高边坡、护岸边坡监测采用三维激光扫描时，仪器应选用扫描点位精度不低于 5mm，扫描距离能达到 400m 的扫描仪。			

7.6.1.3 每个重要的建(构)筑物都应有独立的变形测量监测系统。在工程设计时，应对变形监测内容进行统筹安排；在工程建造时，各项监测设施应随施工的进展及时埋设安装。

7.6.1.4 首次观测宜连续进行两次独立观测，当两次较差不超过 2 倍中误差时应取其平均值作为变形监测初始值。

7.6.2 水平位移测量

7.6.2.1 水平位移的测量可采用测角前方交会法、边角交会法、极坐标法、小角法、经纬仪投点法、视准线法、正垂线或倒垂线法等。

7.6.2.2 施工期间，为保证满足生产需求及测量数据时效性，宜采用极坐标法进行观测，观测精度应满足 7.6.1.2 的要求。

7.6.2.3 运营阶段，水平位移监测的水平角观测宜采用方向观测法。其技术要求应符合本文件表 40 的规定。

7.6.2.4 水平位移监测的距离测量宜采用电磁波测距。其技术要求应符合本文件表 41 的规定。

7.6.2.5 正、倒垂线法主要技术要求应符合下列规定：

- 应根据垂线长度合理确定重锤质量。
- 垂线宜采用直径为中 $\Phi 0.8\text{mm} \sim \Phi 1.2\text{mm}$ 的不锈钢丝或钢瓦丝。
- 单段垂线长度不宜大于 50m。
- 测站应采用有强制对中装置的观测墩。

- e) 垂线观测可采用光学垂线坐标仪，测回较差不应超过 0.2mm。

7.6.3 垂直位移测量

7.6.3.1 取排水构筑物的垂直位移宜采用精密水准测量方法进行监测，在变形较大或不便于立尺的地方可同时辅以静力水准法独立监测。单个构件可采用测微水准仪或机械倾斜仪、电子倾斜仪等测量方法。在特殊条件（如不满足水准测量方法：取水明渠、排水明渠）下，可以选用三角高程法进行数据采集。

7.6.3.2 沉降观测点的布设应符合下列规定：

- a) 能够反映建(构)筑物变形特征和变形明显的部位。
- b) 标志应稳固、明显、结构合理，不影响建(构)筑物的美观和使用。
- c) 点位应避免障碍物，并应布设在有利于观测和长期保存的位置。

7.6.3.3 沉降观测的各项记录应注明观测时的气象情况和荷载变化。

7.6.3.4 垂直位移监测的主要技术要求应符合本文件表 42 的规定。

7.6.3.5 水准观测的主要技术要求应符合本文件表 43 的规定。

7.6.4 数据处理与变形分析

7.6.4.1 观测工作结束后，应及时整理和检查外业观测手簿。

7.6.4.2 当采用电子记录时，观测完毕后应及时将原始测量数据输出备份，编辑打印后还应加注必要的说明。

7.6.4.3 数据处理工作应依据测量误差理论和统计检验原理对获得的观测数据及时进行平差处理，并计算各种变形量。平差计算软件、计算模型、使用方法和处理过程，以及成果、图表和各种检验、分析资料，应完整清晰、准确无误。

7.6.4.4 内业资料整理应包括原始资料的整理与检查和变形观测点的成果汇总等内容。

7.6.4.5 变形测量内业计算和分析中的数字取位应符合表 49 的规定。

表 49 变形监测内业计算和分析中的数字取位要求

类别	方向值 ″	边长 mm	坐标 mm	高程 mm	水平位移量 mm	垂直位移量 mm
一级	0.01	0.1	0.1	0.01	0.1	0.01
二级	0.1	1.0	1.0	0.1	1.0	0.1

7.6.4.6 水平位移测量结束后，宜提交下列资料：

- a) 水平位移量成果表。
- b) 水平位移测量报告。
- c) 观测点平面位置图。
- d) 水平位移量曲线图。
- e) 有关荷载、温度、位移值相关曲线图等。

7.6.4.7 垂直位移测量结束后，宜提交下列资料：

- a) 垂直位移量成果表。
- b) 垂直位移测量报告。
- c) 观测点平面位置图。

- d) 位移速率、时间、位移量曲线图。
- e) 荷载、时间、位移量曲线图。
- f) 等位移量曲线图。
- g) 相邻影响曲线图等。

7.7 隧道及地下工程监测

7.7.1 一般规定

7.7.1.1 隧道及地下工程在施工阶段对支护结构、周围岩土体及周边环境进行监测。

7.7.1.2 工程监测应遵循下列工作流程：

- a) 收集、分析相关资料，现场踏勘；
- b) 编制和审查监测方案；
- c) 埋设、验收与保护监测基准点和监测点；
- d) 校验仪器设备，标定元器件，测定监测点初始值；
- e) 采集监测信息；
- f) 处理和分析监测信息；
- g) 提交监测日报、警情快报、阶段性监测报告等；
- h) 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。

7.7.1.3 工程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。

7.7.1.4 工程监测方案应根据工程的施工特点，在分析研究工程风险及影响工程安全的关键部位和关键工序的基础上，有针对性地进行编制。

7.7.1.5 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采集。

7.7.2 监测内容

7.7.2.1 工程监测项目的选择应在满足工程支护结构安全和周边环境保护要求的条件下，针对不同的施工方法，根据支护结构设计方案、周围岩土体及周边环境条件综合确定。

7.7.2.2 盾构法隧道管片结构和周围岩土体监测项目可根据表 5 选择。

7.7.2.3 矿山法隧道支护结构和周围岩土体监测项目可根据表 6 选择。

7.7.3 监测点布设

7.7.3.1 监测点的布设位置和数量应满足反映工程结构和周边环境安全状态的要求。

7.7.3.2 监测点布设时应设置监测断面，且监测断面的布设应反映监测对象的变化规律，以及不同监测对象之间的内在变化规律。监测断面的位置和数量宜根据工程条件及规模进行确定。

7.7.3.3 监测点的埋设位置应便于观测，不应影响和妨碍监测对象的正常受力和使用。监测点应埋设稳固，标识清晰，并应采取有效的保护措施。

7.7.3.4 盾构管片结构竖向、水平位移和净空收敛监测点应布设在同一监测断面，监测断面布设间距不大于 100m，监测断面布设应符合下列规定：

- a) 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；

- b) 下穿或邻近重要建（构）筑物、堤坝、河流等周边环境条件复杂区段应布设监测断面；
 - c) 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。
- 7.7.3.5 盾构管片结构应力、管片围岩压力、管片连接螺栓应力 监测点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；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。
- 7.7.3.6 盾构法隧道的周边地表沉降监测断面及监测点布设应符合下列规定：
- a) 监测点应沿盾构隧道轴线上方地表布设，监测点间距宜为 5m~15m；
 - b) 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，监测断面间距宜为 50m~150m；
 - c) 在始发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；
 - d) 横向监测断面的监测点数量宜为 7 个~11 个，监测点间距宜为 3m~10m。
- 7.7.3.7 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应符合下列规定：
- a) 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、湿陷性土等特殊性地段，工程施工对岩土体扰动较大或邻近重要建（构）筑物等地段，应布设监测孔及监测点；
 - b) 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；
 - c) 分层竖向位移监测点宜布设在各层土的中部或界面上，也可等间距布设。
- 7.7.3.8 孔隙水压力监测点布设应符合下列规定：
- a) 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设；
 - b) 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设，竖向监测点间距宜为 2m~5m，且数量不宜少于 3 个。
- 7.7.3.9 矿山法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：
- a) 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，监测断面间距宜为 10m~15m；
 - b) 监测点宜在隧道拱顶、两侧拱脚处（全断面开挖时）或拱腰处（半断面开挖时）布设，拱顶的沉降监测点可兼作净空收敛监测点，净空收敛测线宜为 1 条~3 条；
 - c) 分部开挖施工的每个导洞均应布设横向监测断面；
 - d) 监测点应在初期支护结构完成后及时布设。
- 7.7.3.10 矿山法的初期支护结构底板竖向位移监测点宜布设在初期支护结构底板的中部或两侧，布设位置与拱顶沉降监测点宜对应布设。
- 7.7.3.11 在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；宜与初期支护结构拱顶沉降监测共同组成监测断面。
- 7.7.3.12 矿山法的中柱沉降、倾斜及结构应力监测点布设应符合下列规定：
- a) 应选择有代表性的中柱进行沉降、倾斜监测；

- b) 当需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，每柱宜布设 4 个监测点，并在同一水平面内均匀布设。

7.7.3.13 矿山法的围岩压力、初期支护结构应力、二次衬砌应力监测断面及监测点布设宜与净空收敛监测断面处于同一位置；监测点宜布设在拱顶、拱脚、墙中、墙脚、仰拱中部等部位，监测断面上每个监测项目不宜少于 5 个监测点。

7.7.3.14 矿山法的周边地表沉降监测断面及监测点布设应符合下列规定：

- a) 监测点应沿每个隧道或分部开挖导洞的轴线上方地表布设，监测点间距宜为 5m~15m；
- b) 应根据周边环境 and 地质条件布设垂直于隧道轴线的横向监测断面，监测断面间距宜为 50m~150m；
- c) 在洞口、隧道断面变化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；
- d) 横向监测断面的监测点数量宜为 7 个~11 个，监测点间距宜为 3m~10m。

7.7.3.15 矿山法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应符合第 7.7.3.7 条的规定。

7.7.3.16 矿山法的地下水位观测孔布设数量应根据工程需要确定。

7.7.3.17 建（构）筑物竖向位移监测点布设应符合第 7.5 条的规定。

7.7.4 监测方法

7.7.4.1 矿山法初期支护结构和盾构法管片结构的净空收敛可采用收敛计、全站仪或红外激光测距仪进行监测。

7.7.4.2 采用收敛计监测应符合下列规定：

- a) 应在收敛测线两端安装监测点，监测点与隧道侧壁应固定牢固；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，并应进行 3 次独立观测，且 3 次独立观测较差应小于标称精度的 2 倍；
- b) 观测时应施加收敛尺标定时的拉力，观测结果应取 3 次独立观测读数的平均值；
- c) 工作现场温度变化较大时，读数应进行温度修正。

7.7.4.3 采用红外激光测距仪监测应符合下列规定：

- a) 测距仪的标称精度应优于 $\pm 1.5\text{mm}$ ；
- b) 应在收敛测线两端设置对中与瞄准标志，隧道侧壁粗糙时，瞄准标志宜采用反射片；对中与瞄准标志设置后，应进行实测精度符合性检查，并应进行 3 次独立观测，且 3 次独立观测较差应小于测距标称精度的 2 倍；
- c) 观测结果应为 3 次独立观测读数的平均值。

7.7.4.4 采用全站仪进行固定测线收敛监测应符合下列规定：

- a) 应设置固定仪器设站位置，并在收敛测线两端固定小棱镜或设置反射片，设站点与测线两端点水平投影应呈一直线；
- b) 应按盘左、盘右两个盘位观测至少一测回，并计算测线两端点的水平距离。

7.7.4.5 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：

- a) 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；

- b) 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；
- c) 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 $\pm 3\text{mm}$ ；
- d) 收敛变形数据宜与标准断面进行比较，并以标准断面为基准输出全断面各点向外（拉张）或向内（压缩）变形情况。

7.7.4.6 矿山法隧道开挖后、盾构法隧道拼装完成后，应及时设置收敛监测点，并进行初始值测量。

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

7.7.4.8 巡查人员应以填表、拍照或摄像等方式将观测到的有关信息和现象进行记录，具体巡视内容如下：

- a) 盾构法隧道施工现场巡查宜包括下列内容：
 - 1) 盾构掘进位置（环号）；
 - 2) 盾构停机、开仓等的时间和位置；
 - 3) 管片破损、开裂、错台、渗漏水情况。
- b) 矿山法隧道施工现场巡查宜包括下列内容：
 - 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 开挖面岩土体的坍塌位置、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、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 临时支撑结构的变位情况；
 - 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。
- c) 周边环境现场巡查宜包括下列内容：
 - 1) 建（构）筑物等的裂缝位置、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) 地下构筑物裂缝及渗水情况；
 - 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) 周边水域水面是否出现漩涡、气泡，以及其位置、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、爆破等可能影响工程安全的生产活动。

7.7.5 监测频率

7.7.5.1 监测信息采集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，并应满足反映监测对象变化过程的要求。

7.7.5.2 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 50 确定。

表 50 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	周围岩土和周边环境	$5D < L \leq 8D$	1 次/3~5d
		$3D < L \leq 5D$	1 次/2d
		$L \leq 3D$	1 次/d
开挖面后方	管片结构、周围岩土和周边环境	$L \leq 3D$	1~2 次/d
		$3D < L \leq 8D$	1 次/1~2d
		$L > 8D$	1 次/3~7d
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) ; 注 2: 管片结构位移、净空收敛宜在衬砌环脱出盾尾能通视时进行监测; 注 3: 监测数据趋于稳定后, 监测频率宜为 1 次/ (15~ 30d) 。			

7.7.5.3 矿山法隧道工程施工中隧道初期支护结构、周围岩土体和周边环境的监测频率可按表 51 确定。

表 51 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	周围岩土和周边环境	$2B<L\leq5B$	1 次/2d
		$L\leq2B$	1 次/1d
		$L\leq1B$	1~2 次/1d
开挖面后方	管片结构、周围岩土和周边环境	$1B<L\leq2B$	1 次/d
		$2B<L\leq5B$	1 次/1~2d
		$L>5B$	1 次/3~7d
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) ; 注 2: 当拆除临时支撑时应增大监测频率; 注 3: 监测数据趋于稳定后, 监测频率宜为 1 次/ (15~ 30d) 。			

7.7.5.4 地下水位监测频率应根据水文地质条件复杂程度、施工工况、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/(1d ~ 2d)。

7.7.5.5 当遇到下列情况时，应提高监测频率：

- a) 监测数据异常或变化速率较大;
- b) 存在勘察未发现的不良地质条件, 且影响工程安全;
- c) 地表、建 (构) 筑物等周边环境发生较大沉降、不均匀沉降;
- d) 盾构始发、接收以及停机检修或更换刀具期间;
- e) 矿山法隧道断面变化及受力转换部位;
- f) 工程出现异常;
- g) 工程险情或事故后重新组织施工;
- h) 暴雨或长时间连续降雨;
- i) 邻近工程施工、超载、振动等周边环境条件较大改变;

7.7.5.6 工程施工期间, 现场巡查每天不宜少于一次, 并应做好巡查记录, 在关键工况、特殊天气等情况下应增加巡查次数。

7.7.6 监测周期

7.7.6.1 施工阶段工程监测应贯穿工程施工全过程, 满足下列条件时, 可结束监测工作:

- a) 盾构法隧道完成、隧道内施工完成后, 可结束管片结构的监测工作;
- b) 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, 可结束监测工作;
- c) 满足设计要求结束监测工作的条件。

7.7.7 监测控制值

7.7.7.1 核工程隧道及地下工程施工图设计文件应明确监测项目的控制值。

7.7.7.2 监测项目控制值应按监测项目的性质分为变形监测控制值和力学监测控制值。变形监测控制值应包括变形监测数据的累计变化值 and 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。

7.7.7.3 盾构法隧道管片结构竖向位移、净空收敛和地表沉降控制值应根据工程地质条件、隧道设计参数、工程安全等级及当地工程经验等确定, 当无地方经验时, 可按表 52 和表 53 确定。

表 52 盾构法隧道管片结构竖向位移、净空收敛监测项目控制值

监测项目及岩土类型		累计值 (mm)	变形速率 (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%Ls	/
管片结构净空收敛		0.2%D	3
注: D——盾构法隧道开挖直径(m), Ls——沿隧道轴向两监测点间距 (m)。			

表 53 盾构法隧道地表沉降监测项目控制值

监测项目及岩土类型	累计值 mm	变形速率 mm/d
-----------	-----------	--------------

地表沉降	坚硬~中硬土	10~30	3~4
	中软~软弱土	15~35	3~5
地表隆起		10	3
注：本表主要适用于标准断面的盾构法隧道工程。			

7.7.7.4 矿山法隧道支护结构变形、地表沉降控制值应根据工程地质条件、隧道设计参数、工程安全等级及当地工程经验等确定，当无地方经验时，可按表 54 确定。

表 54 矿山法隧道支护结构及地表沉降变形监测项目控制值

监测项目	累计值 mm	变形速率 mm/d
拱顶沉降	10~20	3
底板竖向位移	10	2
净空收敛	10	2
中柱竖向位移	10~20	2
地表沉降	20~40	3~4
注：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。		

7.7.7.5 应根据工程特点、监测项目控制值、当地施工经验等制定监测预警标准。施工过程中，当监测数据达到预警标准时，必须进行警情报送。

7.7.7.6 现场巡查过程中发现下列警情之一时，应根据警情紧急程度、发展趋势和造成后果的严重程度按预警管理制度进行警情报送：

- a) 隧道支护结构出现明显变形、较大裂缝、断裂、较严重渗漏水、隧道底鼓，支撑出现明显变位或脱落等；
- b) 隧道周围岩土体出现涌砂、涌土、管涌，较严重渗漏水、突水，滑移、坍塌，隧底较大隆起等；
- c) 上方地表出现突然明显沉降或较严重的突发裂缝、坍塌；
- d) 建（构）筑物等周边环境出现危害正常使用功能或结构安全的过大沉降、倾斜、裂缝等；
- e) 根据当地工程经验判断应进行警情报送的其他情况。

7.7.8 数据处理与变形分析

7.7.8.1 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。

7.7.8.2 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软件，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。

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

7.8 爆破工程监测

7.8.1 爆破工程监测应根据工程性质、爆破规模、地形、工程地质和水文地质条件、环境及保护对象重要性等因素，设置必要的监测项目，进行跟踪监测或定期系统的监测。

7.8.2 爆破工程监测单位应经有关部门认证具有法定资质，所使用的测试系统应满足国家计量法规的要求。

7.8.3 承担爆破工程监测的单位应在项目实施前进行爆破工程监测设计并编制实施计划。

7.8.4 爆破监测设计方案应包含一下主要内容为工程概述、监测目标、监测项目、测点布置、监测仪器设备数量与性能、监测频率、预期成果等。

7.8.5 爆破工程监测应采取仪器监测和现场巡视调查相结合的方法。

7.8.6 爆破作业之前应通过爆破实验振动监测获取爆破振动传播规律。

7.8.7 爆破振动监测点应根据周边环境保护对象的重要性、结构特征、距离爆源的远近等布置。对于同一类型的保护对象，监测点宜选择在距离爆源最近、结构性状最弱的保护对象上。当因地质、地形等情况，爆破对较远处保护对象的基础以及其他具有代表性的位置。

7.8.8 地上建（构）筑物振动监测点布置应符合以下规定：

- a) 距基坑负挖爆破爆源 30~50m 处基岩上布设质点振动速度测点 1 个~3 个；
- b) 距振动源最近的建构筑物基础或支承结构顶面振动最大点上；
- c) 新浇混凝土等特殊保护对象，应在保护对象距振动源最近点布置监测点；
- d) 当研究爆破振动的传播与衰减特性时，监测点应布置在具有代表性的重点监测断面上，同次监测点不应少于 5 个，监测点布置范围应大于最近一个监测点到爆心距离的 1 个数量级。

7.8.9 地下建（构）筑物：振动监测点宜布置在结构主要振型振幅较大部位，并避开节点位置，且相邻测点间距不宜大于 200m。

7.8.10 隧洞开挖爆破监测，应在边墙侧布置振动监测点，最近测点宜布置在距离爆破区边缘 10m 范围内；隧洞距离小于 1.5 倍平均洞径的相邻隧道爆破时，应在不爆破的邻洞布置振动监测点；根据隧洞埋深、周边环境条件、施工方法等情况可对临近建构筑物进行爆破振动监测，爆破振动监测点的布置应符合 GB 6722 规定。

7.8.11 邻近爆破区域的永久性岩石高边坡应在不同高程马道内侧坡角处布置质点振动速度测点 1 个~3 个。

7.8.12 测振传感器安装时应设置警示标志并做好保护；对于需要长期布设的传感器，还应制作标识牌，注明其用途、归口单位和联系方式等信息，并定期对传感器进行维护。

7.8.13 测振传感器的安装应符合下列规定：

- a) 应保证测振传感器与被测对象连接牢固且紧密，不应置于松软地面以及不平整、不坚实的构件表面；
- b) 安装过程中应控制每一个测点不同方向的测振传感器安装角度，角度误差不得大于 5 度；
- c) 仪器安装和连接后应进行监测系统的测试。

7.8.14 测振传感器可采用垂直、水平单向传感器或三矢量一体传感器。传感器频带范围应覆盖被测物理量的频率，记录设备的采样频率应大于 12 倍被测物理量的上限主振动频率，传感器和记录设备的测量幅值范围应满足被测物理量的估计幅值，测试导线宜选用屏蔽电缆。

7.8.15 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》GB6722 的有关规

定。

7.8.16 现场监测应符合下列规定：

- a) 应收集基坑开挖爆破规模、爆破方式、孔网、起爆网路、药量等爆破参数；
- b) 合理选择自触发设定值，设置量程、记录时间及采样频率应满足对被测物理量的监控要求；
- c) 测量过程应避免影响环境振动测量值得非振动源干扰；
- d) 测量过程中应保证仪器电压稳定。

7.8.17 现场巡视检查，应采取爆破前后对比检测方法，主要内容应包括：

- a) 爆破前后保护对象的外观有无变化；
- b) 爆破前后爆破区域周围的岩土裂缝、层面及被保护建筑物上原有裂缝有无变化；
- c) 爆破前后爆破区域周围设置的观测标志有无变化。

7.8.18 爆破振动监测频率应根据爆破规模及被保护对象的重要性确定。首次爆破时，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监测对象特点确定监测频率。对于重要的爆破或重点保护对象每次爆破均应进行跟踪监测。

7.8.19 爆破振动监测项目预警值应综合考虑保护对象的重要性以及工程质量、结构性状、地基及围岩条件、自振频率等因素确定；振动监测预警值宜选取保护对象安全允许振动值标准的 80% 确定。

7.8.20 爆破振动对核岛、常规岛、主控机房等重要建（构）筑物结构，海工构筑物、地下建（构）筑物、高边坡，新浇筑大体积混凝土的安全允许振动值可按照《核电工程爆破安全监测技术规程》NB/T 20547 中的规定及工程设计、现场测试的要求。

8 质量检验

8.1 一般规定

8.1.1 对核工程变形监测成果的质量宜通过两级检查一级验收方式进行控制，并应符合下列规定：

- a) 两级检查中的过程检查由项目承担方的作业部门实施、最终检查应由项目承担方的质量管理部门实施；
- b) 验收宜由项目委托方组织实施或委托具有资质的质量检验机构进行质量验收。

8.1.2 变形监测成果质量检验应依据下列文件进行：

- a) 项目技术任务书、任务委托函、委托书或合同书，以及项目委托方与承担方达成的其他文件；
- b) 技术设计书或监测方案；
- c) 依据的国家标准、行业标准；
- d) 项目承担方的质量管理文件。

8.1.3 对变形监测成果，应根据质量检验结果评定质量等级。质量等级应分为合格和不合格两级。当成果出现下列问题之一时，应判定为质量不合格：

- a) 基准点的数量及标志不符合设计书或规范要求；
- b) 所用仪器设备不满足规范规定的精度要求，或未经检定，或未在有效检定期内使用；
- c) 观测成果精度不符合规范要求；
- d) 数据弄虚作假；
- e) 未根据项目委托方的要求，按期或按变形发展情况提交本期及前 1 期~2 期的监测成果、与

前一期监测间的变形量和变形速率、本期监测后的累计变形量、相关图表及简要说明和建议等；

f) 核工程变形监测任务全部完成、监测子项完成或项目委托方需要时，未提交各期监测成果和技术报告作为综合成果。

8.1.4 变形监测成果质量检验应符合下列规定：

- a) 对所有变形监测记录、计算和分析结果，应进行过程检查；
- b) 对提交给委托方的变形监测阶段性成果，应进行最终检查；
- c) 对变形监测综合成果，应进行二级检查，并宜进行验收；
- d) 质量检验中，当需要利用仪器设备时，其精度等级不应低于该项目作业时所用仪器设备的精度等级；
- e) 质量检验过程应形成记录，并进行归档。

8.2 质量检查

8.2.1 变形监测成果质量的两级检查均采用内业全数检查、外业检查的方式进行。检查过程应填写记录，记录样式宜符合附录 C 的规定。

8.2.2 对首期变形监测成果，应检查下列主要内容：

- a) 基准点、监测点的布设位置图；
- b) 标石、标志的构造及埋设照片；
- c) 仪器设备的检定和检验资料；
- d) 外业观测记录和内业计算资料；
- e) 变形监测成果图表；
- f) 与项目有关的其他资料。

8.2.3 对其他各期变形监测成果，应检查下列主要内容：

- a) 仪器设备的检定和检验资料；
- b) 外业观测记录和内业计算资料；
- c) 基准点检测及稳定性分析资料；
- d) 变形监测成果图表；
- e) 与项目有关的其他资料。

8.2.4 当质量检查中发现不符合项时，应立即提出处理意见，返回作业部门进行纠正。纠正后的成果应重新进行质量检查，直至符合要求。

8.3 质量验收

8.3.1 当变形监测成果需要进行质量验收时，可采用抽样核查方式，并应符合下列规定：

- a) 应对各类变形观测成果分别进行质量验收；
- b) 首期观测成果应为必查样本；
- c) 对其他各期成果，应随机抽取不少于期数的 10%作为样本，且至少为 1 期；
- d) 对抽取的样本，应进行内业全数核查、外业针对性核查。

8.3.2 变形监测成果质量验收时应核查下列主要内容：

- a) 技术设计或施测方案；

- b) 技术报告;
- c) 质量检查记录或报告;
- d) 与项目有关的其他资料。

8.4 质量报告

8.4.1 质量检查报告

对变形监测综合成果,应在质量检查后编写质量检查报告。质量检查报告应包括下列主要内容:

- a) 工作概况;
- b) 项目成果概况;
- c) 检查依据;
- d) 检查内容及方法;
- e) 主要质量问题及处理情况;
- f) 质量统计及质量等级等内容。

8.4.2 质量验收报告

变形监测成果质量验收宜形成质量验收报告并评定质量等级。质量验收报告应包括下列主要内容:

- a) 工作概况;
- b) 项目成果概况;
- c) 验收依据;
- d) 抽样情况;
- e) 核查内容及方法;
- f) 主要质量问题及处理情况;
- g) 质量统计及质量等级等内容。

附录 A(资料性)原始记录表

表 A1 水准测量记录表

项目名称: _____ 项目编号: _____
 往(返)测自 _____ 至 _____ 仪器: _____ 年 ____ 月 ____ 日
 时刻: 开始 ____ 时 ____ 分 结束: ____ 时 ____ 分 成像: _____
 温度: _____ 天气: _____ 页码: 第 ____ 页

测站 编号	后尺	上丝	前尺	上丝	方向 及 编号	标 尺 读 数		基+K-辅 (一减二)	备注
		下丝		下丝		基本分划 (一次)	辅助分划 (二次)		
	后距(直量)		前距(直量)						
	视距差 d		累积差 Σd						
					后				
					前				
					后-前				
					h				
					后				
					前				
					后-前				
					h				
					后				
					前				
					后-前				
					h				
					后				
					前				
					后-前				
					h				
					后				
					前				
					后-前				
					h				
					后				
					前				
					后-前				
					h				
					后				
					前				
					后-前				
					h				

观测者: _____ 记录者: _____

表 A3 水位监测记录表

项目名称：项目编号：天气：监测日期：监测时间：页码：仪 器：仪器编号：

序号	点号	孔口高程 (H) m	深度 m	水位高程 (H) m	备注

观测：记录：复核：

表 A4 轴力、内力、应力、压力监测记录表

项目名称:

项目编号:

监测日期:

监测时间:

仪器:

仪器编号:

天气:

页码:

监测点号	元件编号	标定系数	初始频率	本次频率				本次测值	备注
				第一次	第二次	第三次	平均值		

观测:

记录:

复核:

表 A5 深层水平位移监测记录表

项目名称：项目编号：

监测日期：监测时间：天 气：

仪 器：仪器编号：页 码：

测点名称					
深度	正测（A+）	返测（A-）	平均值	本次测值	备注

观测：

记录：

复核：

表 A6 裂缝监测记录表

项目名称：项目编号：

监测日期：监测时间：天 气：

仪 器：仪器编号：页 码：

序号	点号	宽度（mm）	备注

观测：

记录：

复核：

附录 B(资料性) 监测报表

表 B1 水平位移、竖向位移监测日报表

第 () 次

工程名称: 报表编号: 天气:

观测者: 计算者: 校核者:

仪器型号: 仪器编号: 检定有效期:

本次监测时间: 上次监测时间: 页 码:

点号	累计位移量 (mm)	本次变化量 (mm)	变化速率 (mm/d)	备注
工况描述:				
简要分析及判断性结论:				

工程负责人:

监测单位:

表 B2 深层水平位移监测日报表

孔号 () 第 () 次

工程名称:

观测者:

仪器型号:

本次监测时间:

报表编号:

计算者 :

仪器编号:

上次监测时间:

天气:

校核者:

检定有效期:

页 码:

深度 (m)	累计位移 (mm)	本次变化量 (mm)	变化速率 (mm/d)	
				位移量 (mm) 深度 (m)

工况描述:

简要分析及判断性结论:

工程负责人:

监测单位:

B3 围护墙内力、立柱内力及土压力、孔隙水压力监测日报表

第（ ）次

工程名称：

报表编号：

天气：

观测者：

计算者：

校核者：

仪器型号：

仪器编号：

检定有效期：

本次监测时间：

上次监测时间：

页 码：

组号	点号	深度 (m)	本次测值 (kPa)	上次测值 (kPa)	本次变化 (kPa)	累计变化 (kPa)	备注
工况描述：							
简要分析及判断性结论：							

工程负责人：

监测单位：

B4 支撑轴力、锚杆轴力监测日报表

第 () 次

工程名称:

报表编号:

天气:

观测者:

计算者:

校核者:

仪器型号:

仪器编号:

检定有效期:

本次监测时间:

上次监测时间:

页 码:

组号	点号	深度 (m)	本次测值 (kN)	上次测值 (kN)	本次变化 (kN)	累计变化 (kN)	备注
	工况描述:						
简要分析及判断性结论:							

工程负责人:

监测单位:

B5 地下水位、地表竖向位移、分层竖向位移、

坑底隆起监测日报表

第 () 次

工程名称:

报表编号:

天气:

观测者:

计算者：

校核者：

仪器型号:

仪器编号:

检定有效期:

本次监测时间:

上次监测时间:

页 码:

组号	点号	初始高程 (m)	本次高程 (m)	上次高程 (m)	本次变化 量(mm)	累计变化 量(mm)	变化速率 (mm/d)	备注
工况描述：								
简要分析及判断性结论：								

工程负责人:

监测单位:

B6 裂缝监测日报表

第（ ）次

工程名称：

观测者：

仪器型号：

本次监测时间：

报表编号：

计算者：

仪器编号：

上次监测时间：

天气：

校核者：

检定有效期：

页 码：

点号	长度				宽度				备注
	本次测试值 (mm)	单次变化 (mm)	累计变化量 (mm)	变化速率 (mm/d)	本次测试值 (mm)	单次变化 (mm)	累计变化量 (mm)	变化速率 (mm/d)	
工况描述：									
简要分析及判断性结论：									

工程负责人：

监测单位：

B7 巡视检查日报表

第 () 次

工程名称:

报表编号:

天气:

观测者:

巡视时间 :

页码:

分类	巡视检查内容	巡视检查结果	备注
支护结构	支护结构成型质量		
	冠梁、支撑、围棋是否有裂缝		
	冠梁、围模（腰梁）的连续性，有无过大变形		
	围模（腰梁）与围护桩的密贴性；围棋与支撑的防坠落措施		
	锚杆垫板有无松动、变形		
	立柱有无倾斜、沉陷或隆起		
	止水帷幕有无开裂、渗漏水		
	基坑有无涌土、流砂、管涌		
	面层有无开裂、脱落		
	其他		
施工工况	开挖后暴露的岩土体情况与岩土勘察报告有无差异		
	基坑开挖分段长度及分层厚度		
	侧壁开挖暴露面是否及时封闭		
	支撑、锚杆是否施工及时		
	边坡、侧壁及周边地表的排水、截水措施及效果，坑边或坑底有无积水		
	基坑降水、回灌设施运转情况		
	基坑周边地面堆载情况		

续 巡视检查日报表

施工 工况	爆破后岩体是否出现松动		
	吊脚桩支护形式时，岩肩处岩体有无开裂、掉块		
	其他		
周边 环境	管道破损、泄漏情况		
	国护墙后土体有无沉陷、裂缝及滑移		
	周边建筑有无出现新裂缝、有无发展		
	周边道路（地面）有无出现新裂缝或沉陷，有无发展		
	邻近施工（堆载、开挖、打桩、降水）情况		
	存在水力联系的邻近水体（湖泊、河流等）的水位变化情况		
	其他		
监测 设施	基准点、测点完好状况、保护情况		
	监测元件及导线的完好情况、保护情况		
	观测工作条件		

工程负责人：

监测单位：

B8 建筑沉降观测成果表

项目名称：项目编号：天气：第 页 共 页

观测期数	观测期数					观测期数					
观测日期	观测日期					观测日期					
点号	高程	沉降量	累计沉降量	本期沉降速率	备注	点号	高程	沉降量	累计沉降量	本期沉降速率	备注
	(m)	(mm)	(mm)	(mm/d)	(mm/d)		(m)	(mm)	(mm)	(mm/d)	(mm/d)
工况						工况					
说明						说明					

项目负责人：观测：计算：检查：测量单位：

B9 建筑位移观测成果表

项目名称:

上期观测日期: 年 月 日

项目编号:

本期观测日期: 年 月 日

第 页 共 页

点号	初始观测值 m		上期观测值 m		本期观测值 m		单期变化量 mm		累计变化量 mm		本期变化速率 mm/d	
	X	Y	X	Y	X	Y	ΔX	ΔY	ΔX	ΔY	$\Delta X/D$	$\Delta Y/D$
工况							简要分析					
说明												

项目负责人:

观测:

计算:

检查:

测量单位:

附录 C(资料性) 质量检查记录表

变形测量成果质量检查记录表

项目名称：

项目编号：

检查内容	检查结果	备注
执行技术设计或施测方案及 技术标准、政策法规情况		
使用的仪器设备 及其检定情况		
记录和计算所用 软件系统情况		
基准点和监测点布设 及标石、标志情况		
实际观测情况，包括观测频率、 观测周期、观测方法和操作 程序的正确性等		
基准点稳定性检测 与分析情况		
观测限差和精度统计情况		
记录的完整准确性及 记录项目的齐全性		
观测数据的各项改正情况		
计算过程的正确性、资料 整理的完整性、精度统计 和质量评定的合理性		
变形测量成果分析 的合理性		
提交成果的可靠性、 完整性及符合性情况		
技术报告内容的完整性、统计数据 的准确性、结论的可靠性及体例 的规范性		
成果签署的完整性 和符合性情况		

检查阶段：

☐ 一级检查

☐ 二级检查

质量等级：

☐ 合格

☐ 不合格

检查人：

检查日期： 年 月 日

参考文献

- GB/T 1.1 标准化工作导则第 1 部分：标准化文件的结构和起草规则；
GB 50497 建筑基坑工程监测技术标准
GB 50633 核电厂工程测量技术规范
GB 55018 工程测量通用规范
GB/T 12897 国家一、二等水准测量规范
GB/T 12898 国家三、四等水准测量规范
GB/T 18314 全球定位系统（GPS）测量规范
GB/T 50228 工程测量基本术语标准
NB/T 20494 核电厂建构筑物变形监测技术规程
JTS 131 水运工程测量规范
JTS 235 水运工程水工建筑物原型观测技术规范
JGJ 311 建筑深基坑工程施工安全技术规范

附件 3

中国核工业勘察设计协会
团体标准编写大纲/标准征求意见表

大纲/标准名称				
意见提出人			所在单位	
联系电话			邮箱	
意见反馈内容				
序号	所在页次	大纲/标准章 条编号	大纲/原标准内容	建议修改及依据

中国核工业勘察设计协会
团体标准征求意见表(续页)

[illegible]

共 页第 页