团 体 标 准

T/XXX XXXX—XXXX

深厚软土地区超宽深大基坑自动化监测施
工技术规程

Technical Specification for Automated Monitoring Construction of Extra-Wide,
Deep, and Large Foundation Pits in Areas with Thick Soft Soil

XXXX - XX - XX 发布

XXXX - XX - XX 实施

目录

前	言	4
1	范围	5
2	规范性引用文件	5
3	术语和定义	5
4	基本规程	6
5	监测范围	7
6	监测项目	7
7	监测点布置	8
	7.1 一般规定	8
	7.2 基坑及支护结构	8
	7.3 深层水平位移	9
	7.3 围护墙内力	9
	7.4 支撑轴力	9
	7.5 立柱变形与内力	9
	7.7 锚杆轴力	9
	7.8 坑底隆起	10
	7.9 围护墙侧向	10
	7.10 孔隙水	10
	7.11 地下水位	10
8	监测方法和精度	11
	8.1 一般规定	11
	8.2 水平位移监测	11
	8.3 竖向位移监测	12
	8.4 深层水平位移监测	12
	8.5 倾斜监测	13
	8.6 裂缝监测	13
	8.7 支护内力监测	14
	8.8 土压力监测	14
	8.9 孔隙水压力监测	14
	8.10 地下水位监测	14
	8.11 锚杆轴力监测	15
	8.12 土体分层竖向位移监测	15
	8.13 坑底隆起监测	15
9	监测频率	15

9.1 一般规定	15
9.2 仪器监测频率	16
10 监测预警	17
10.1 一般规定	17
10.2 预警值	17
11 数据处理与信息反馈	17
11.1 一般规定	17
11.2 数据处理	17
11.3 信息反馈	18
附录 A 水平位移、竖向位移监测日报表	19

前 言

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

本文件由××××归口。

本文件起草单位：

本文件起草人：

深厚软土地区超宽深大基坑自动化监测施工技术规范

1 范围

本标准规定了深厚软土地区超宽深大基坑自动化监测的监测范围、监测项目及测点布置、监测频率和监测预警值等做出规定。

本标准适用于深厚软土地区超宽深大基坑自动化监测工作。

2 规范性引用文件

DBJ/T 15-259 深厚软土地层建筑基坑工程监测技术标准

GB 50497 建筑基坑工程监测技术规范

JGJ 120 建筑基坑支护技术规程

JGJ 311 建筑深基坑工程施工安全技术规范

GB 50007 建筑地基基础设计规范

JGJ 8-2016 建筑变形测量规范

3 术语和定义

3.1 建筑基坑 building excavation

为进行建(构)筑物地下部分的施工,由地面向不开挖出的空间,简称基坑。

3.2 基坑周边环境 surroundings around excavation

在建筑基坑施工及使用阶段,基坑周围可能受基坑影响的或可能影响基坑的既有建(构)筑物、设施、管线、道路、岩土体及水系等的统称。

3.3 基坑工程监测 monitoring of excavation engineering

在建筑基坑施工及使用阶段,采用仪器量测、现场巡视等手段和方法对基坑及周边环境的安全状况、变化特征及其发展趋势实施的定期或连续巡查、量测、监视以及数据采集、分析、反馈活动。

3.4 建筑深基坑 deep building foundation excavation

为进行建(构)筑物地下部分施工及地下设施、设备埋设,由地面向下开挖,深度大于或等于5m的空间。

3.5 软土地层 soft soil layer

本标准也称为软弱土层,指建筑基坑施工中影响范围内存在的淤泥、淤泥质土、泥炭、泥炭质土及冲填土等不良土层。

3.6 深厚软土地层建筑基坑工程 deep soft soil layer building foundation pit engineering

本标准也称软土基坑，指开挖深度超过3m(含3m)，基坑支护深度范围内软弱土层单层厚度大于5.0m或软弱土层总厚度大于支护深度一半的建筑基坑工程；或开挖深度范围内软弱土层总厚度大于基坑开挖深度一半的建筑基坑工程。

3.7 监测等级 monitoring level

根据基坑支护结构设计安全等级和周边环境风险等级综合确定的监测工作等级，本标准规定监测等级分为一级、二级和三级。

3.8 监测范围 monitoring range

在建筑基坑施工及使用阶段，可能受施工影响而产生安全隐患的周边相邻区域。一般从基坑支护结构边缘起，向外量取一定距离作为影响范围，本标准将监测范围分为主要影响区、次要影响区和可能影响区。

3.9 监测对象 monitoring objects

本标准监测对象指基坑工程监测中的基坑支护结构、周边环境及岩土体。

3.10 监测频率 monitoring frequency

一定时间内对监测工程项目实施的观测或巡查次数。

3.11 监测预警值 monitoring warning values

为预防基坑支护结构及周边环境可能存在的安全问题而设定的警戒值。

3.12 监测剖面 monitoring profile

分布在同一区域，能反映该区域支护结构或岩土体的变化且数据变化具有关联性，由同一监测项目所组成的横向或纵向断面。

3.13 监测点组 monitoring point group

由布设在同一相邻区域、测量数据具有关联性、反映支护结构和岩土体在该区域测量数据变化量、由多个监测项目形成的监测单元。

3.14 基坑工程微变形控制 micro-deformation control

为满足基坑周边环境保护要求，将基坑围护墙侧向位移控制在 $0.2\% H$ (H 为基坑开挖深度)之内的工程行为，简称微变形控制。

4 基本规程

4.1 基本要求

4.1.1 深厚软土地区超宽深大基坑按照 GB 50007《建筑地基基础设计规范》规定的地基基础设计等级划分基坑设计安全为一级。

4.1.2 开挖深度超过3m(含3m)的基坑工程监测中，符合以下情况之一时，为软土基坑：

- a) 基坑支护深度范围内软弱土层单层厚度大于5m；
- b) 基坑支护深度范围内软弱土层总厚度大于支护深度一半的建筑基坑工程。
- c) 开挖深度范围内软弱土层总厚度大于基坑开挖深度的。

4.1.3 基坑工程遇下列情况时，宜按微变形控制要求进行勘察设计、施工和监测：

- a) 基坑施工影响范围存在复杂敏感环境保护对象；

b) 软弱土基坑开挖深度较深、面积较大。

4.1.4 有微变形控制要求的基坑工程，应加大支护结构整体刚度，根据工程特点选择采用分坑、轴力伺服支撑、土体加固等技术措施。

4.1.5 以下基坑工程应采用自动化监测：

- a) 基坑设计安全等级为一的基坑；
- b) 开挖深度大于或等于 15m 的以下基坑：
 - 1) 软土质基坑；
 - 2) 极软岩基坑、破碎的软岩基坑、极破碎的岩体基坑；
 - 3) 上部为土体，下部为极软岩、破碎的软岩、极破碎的岩体构成的土岩组合基坑。
- c) 开挖深度小于 15m 但现场地质情况和周围环境较复杂的基坑。

4.1.6 软土基坑施工期间应开展基坑工程监测，分析支护结构及周边环境安全状态和发展趋势，为信息化设计及施工提供资料。

4.1.7 软土基坑工程设计文件应对基坑设计安全等级和周边环境风险等级作出规定，明确监测范围、监测项目、监测精度和监测预警值等。

4.1.8 监测单位应根据工程水文地质勘察报告、设计文件、现场踏勘及合同等编制监测方案，监测方案应通过委托方认可后实施，必要时须经过专家论证审查。

4.1.9 当基坑工程遇重大设计或施工变更时，应及时调整监测方案。

4.1.10 软土基坑监测应从基坑工程施工前开始，直至地下工程完成且周边环境变形趋于稳定后结束。

4.1.11 监测单位应在支护结构施工前完成周边环境初始值测量宜形成独立成果报告。

4.1.12 监测点数据采集前应进行测点验收，参建各方应协助监测单位保护监测设施。

4.1.13 实施自动化监测的基坑工程，应符合下列规定：

- a) 自动化监测系统应包括监测仪器设备、数据自动采集系统、数据传输系统、数据存储管理系统及实时发布系统等；
- b) 自动监测仪器设备精度和量程应满足工程要求；
- c) 自动化监测系统应能进行数据异常情况下的自动预警或故障显示。

5 监测范围

5.0.1 监测范围应根据软土基坑地质条件、开挖深度、施工工法和周边环境等因素综合确定。

5.0.2 现场监测的对象宜包括：

- a) 支护结构；
- b) 基坑及周围岩土体；
- c) 地下水；
- d) 周边环境中的被保护对象，包括周边建筑、管线、轨道交通、铁路及重要的道路等；
- e) 其他应监测的对象。

6 监测项目

6.1 监测内容

6.1.1 深厚软土地区超宽深大基坑的监测项目应按照表 5.1.1 进行选择。

表 5.1.1 监测项目表

监测项目	基坑工程设计安全等级		
	一级	二级	
围护墙(边坡)顶部水平位移	应测	应测	
围护墙(边坡)顶部竖向位移	应测	应测	
深层水平位移	应测	应测	
立柱竖向位移	应测	应测	
围护墙内力	宜测	可测	
支撑轴力	应测	应测	
立柱内力	可测	可测	
锚杆轴力	应测	宜测	
坑底隆起	可测	可测	
围护墙侧向土压力	可测	可测	
孔隙水压力	可测	可测	
地下水位	应测	应测	
土体分层竖向位移	可测	可测	
周边地表竖向位移	应测	应测	
周边建筑	竖向位移	应测	应测
	倾斜	应测	宜测
	水平位移	宜测	可测
周边建筑裂缝、地表裂缝	应测	应测	
周边管线	竖向位移	应测	应测
	水平位移	可测	可测
周边道路竖向位移	应测	宜测	

6.1.2 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。

6.1.3 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。

6.1.4 对有微变形控制要求的基坑工程参考本文 7.13，8.14，9.2.26 部分。

7 监测点布置

7.1 一般规定

7.1.1 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。

7.1.2 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。

7.1.3 不同监测项目的监测点宜布置在同一监测断面上。

7.1.4 监测标志应稳固可靠、标示清晰。

7.1.5 自动化监测项目选取需具备覆盖性、差异性、可行性及溯源性。

7.2 基坑及支护结构

围护墙及基坑边坡顶部变形监测：

- a) 监测点应沿基坑周边连续布设，重点布置于各侧边中部、阳角部位及邻近保护对象的关键区域；
- b) 测点水平间距不宜超过20m，单侧边监测点数量不应少于3个；
- c) 水平与竖向位移监测点宜采用共点设置，优先布设于围护墙顶面或基坑坡顶区域。

7.3 深层水平位移

7.3.1 测斜点应布设在基坑周边中部、阳角处及具有典型地质特征的区段，水平间距宜为20-60m，单侧边测点数量不得少于1个；

7.3.2 测斜管埋设深度应符合以下规定：

- a) 围护墙体内埋设：测斜管深度应与围护墙入土深度一致；
- b) 土体内部埋设：测斜管长度不应小于基坑深度的1.5倍，且应超过围护墙深度；当以管底为固定基准点时，管底需嵌入稳定岩土层，确保数据可靠性。

7.3 围护墙内力

围护墙内力监测断面的平面位置应设置在设计计算中受力较大、变形显著且具有代表性的部位。监测点的数量和水平间距应根据具体情况进行调整。竖直方向上，监测点的间距宜为2米至4米，并且在设计计算弯矩极值处应布置监测点。每个监测点沿垂直于围护墙的方向应至少对称放置1对应力计。

7.4 支撑轴力

支撑轴力监测点布置要求：

- a) 优先布设于支撑设计计算中内力较大、基坑阳角或对整体支撑体系起关键控制作用的杆件；
- b) 每层支撑的轴力监测点数量不应少于3个；
- c) 各层监测点宜沿竖向对齐，确保数据连续性；
- d) 钢支撑：监测断面宜设置在端头或跨中1/3区域（避开节点）；
- e) 混凝土支撑：监测断面宜设置在跨中1/3区域（避开节点）；
- f) 每个监测点传感器的数量及布设方式应满足不同传感器的测试精度与信号采集需求。

7.5 立柱变形与内力

7.5.1 竖向位移监测点布置：

- a) 基坑中部、多支撑交汇处、地质条件复杂区域的立柱；
- b) 监测点数量 $\geq$ 立柱总数的5%，且不少于3根；
- c) 逆作法基坑：监测点数量 $\geq$ 立柱总数的10%，且不少于3根。

7.5.2 内力监测点布置：

- a) 布设于设计计算中受力较大的立柱；
- b) 位置要求：位于坑底以上各层立柱下部1/3区域；
- c) 传感器设置：每个监测截面埋设传感器数量 $\geq$ 4个，确保数据可靠性。

7.7 锚杆轴力

7.7.1 监测断面选址：

优先布设于设计计算中受力较大且具有典型力学特征的区域，重点覆盖基坑各侧边中部、阳角部位及地质条件复杂区段。

7.7.2 监测点数量控制：

a) 每层锚杆内力监测点数量按该层锚杆总数的1%-3%设置，且基坑单侧边监测点不应少于1根。

b) 各层监测点宜沿竖向对齐布设，保证数据连续性；测试点位置要求。

7.7.3 每根锚杆的测试点应设置在锚头附近及受力特征显著区域，确保监测结果反映真实受力状态。

7.8 坑底隆起

a) 坑底隆起监测点的布置应符合下列规定：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。

7.9 围护墙侧向

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的部位；

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，每层上布设的测点不应少于1个，且宜布置在各层土的中部。

7.10 孔隙水

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。

7.11 地下水位

7.11.1 基坑内水位监测点布置：

a) 深井降水：监测点宜布设于基坑中央及相邻降水井中间部位；

b) 轻型井点、喷射井点降水：监测点宜布设于基坑中央及周边拐角处；

c) 数量要求：根据工程实际情况合理确定监测点数量；

7.11.2 基坑外水位监测点布置：

a) 布设范围：沿基坑周边、被保护对象周边或基坑与被保护对象之间布设；

b) 间距要求：监测点间距宜为20m~50m；

c) 重点区域：邻近建筑物、重要管线或管线密集区域应增设监测点；

d) 止水帷幕影响区：当设置止水帷幕时，监测点宜布设于帷幕外侧约2m处；

7.11.3 水位观测管埋深要求：

a) 潜水层：管底埋深应低于最低设计水位或最低允许地下水位3m~5m；

b) 承压水层：滤管应埋设于目标承压含水层内；

7.11.4 多层含水层监测要求：

当降水深度范围内存在2个及以上含水层时，应分层布设地下水位观测孔

7.12 周边环境

周边环境的监测应遵循 GB 50497-2019《建筑基坑工程监测技术规范》中5.3部分。

7.13 微变形控制

微变形控制的监测布置点，应满足下列要求：

- a) 邻近环境保护对象侧的围护墙体内应布置深层水平位移监测点，监测点间距不宜大于18m；
- b) 环境保护对象侧宜布置多个土体深层水平位移监测点形成垂直围护墙的监测断面；
- c) 基坑与环境保护对象之间、支护结构刚度变化处、新老围护墙交接处宜布置地下水位监测点，监测点间距宜为14m-18m；
- d) 当采用分坑措施时，在分坑墙后开挖的一侧应布设监测点，并在分坑墙内布置深层水平位移监测点，后续基坑开挖前应采用有效措施对监测孔进行封堵。

8 监测方法和精度

8.1 一般规定

8.1.1 监测方法的选择应根据监测对象的监控要求、现场条件当地经验和方法适用性等因素综合确定，监测方法应合理易行。仪器监测采用自动化实时监测。

8.1.2 变形监测网的基准点、工作基点的设置应符合下列规定：

- a) 基准点应选择在施工影响范围以外不受扰动的位置，基准点应稳定可靠；
- b) 工作基点应选在相对稳定和方便使用的位置，在通视条件良好、距离较近的情况下，宜直接将基准点作为工作基点；
- c) 工作基点应与基准点进行组网和联测。

8.1.3 自动化监测仪器、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。

8.1.4 对同一监测项目，监测时宜符合下列规定：采用相同的观测方法和观测路线：

- a) 使用同一监测仪器和设备；
- b) 固定观测人员；
- c) 在基本相同的环境和条件下工作

8.1.5 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。

8.1.6 除使用本标准规定的监测方法外，亦可采用能达到本标准规定精度要求的其他方法。

8.2 水平位移监测

8.2.1 水平位移监测宜采用智能型全站仪进行水平位移自动化监测，使用仪器精度应按照 JGJ 8-2016《建筑变形测量规范》规定执行。

8.2.2 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、导线网、边角网等形式。

8.2.3 水平位移自动化监测应符合下列规定：

- a) 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按照 JGJ 8-2016《建筑变形测量规范》规定执行；
- b) 测站至监测点的距离不宜大于 300m；

- c) 工作基点宜设置具有强制对中装置的观测墩或观测站房，当采用光学对中装置时，对中误差不宜大于0.5mm；
- d) 水平位移基准点、工作基点的测量宜采用智能型全站仪边角测量方法；测定监测点任意方向的水平位移时，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；
- e) 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；
- f) 应定期检查仪器的整平状态，并及时校正；
- g) 智能型全站仪架设位置宜安装电子气温气压计、控制系统、通信系统及不间断供电系统等配套设备，并注意防护。

8.2.4 全站仪标称精度应符合表 8.2.4 的规定。

表 8.2.4 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
1.0	≤ 0.5	$< (1 \text{ mm} + 1 \text{ ppm})$
1.5	≤ 1.0	$< (1 \text{ mm} + 1 \text{ ppm})$
2.0	≤ 1.0	$< (1 \text{ mm} + 2 \text{ ppm})$
3.0	≤ 2.0	$< (2 \text{ mm} + 2 \text{ ppm})$

8.3 竖向位移监测

8.3.1 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。竖向位移监测可采全站仪用三角高程测量或静力水准测量等方法。

8.3.2 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：

- a) 所用全站仪的测角标称精度不应大手，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；
- c) 作业方式、较差、观测要求等均应符合现行行业标准 JGJ 8-2016《建筑变形测量规范》的有关规定。

8.3.3 采用静力水准测量进行竖向位移监测时，应符合下列规定：

- a) 应根据位移预警监控要求及观测精度选取相应精度和量程的静力水准传感器，宜采用连通管式静力水准；
- b) 当采用多组串联方式构成观测线路时，相邻测线交接处应在同一结构的上下设置2个传感器作为转接点；
- c) 工作基点应采用水准测量方法定期与基准点联测；
- d) 观测技术要求应符合现行行业标准 JGJ 8-2016《建筑变形测量规范》的有关规定。

8.4 深层水平位移监测

8.4.1 深层水平位移监测宜采用在围护墙体或土体中预埋测斜管，通过测斜仪观测各深度处水平位移的方法。

8.4.2 采用固定式测斜仪进行深层水平位移监测时，应满足以下要求：

- a) 测斜仪系统精度不宜低于0.25mm/1000mm，单根传感器分辨率不宜低于0.04mm/1000mm。
- b) 当以顶部作为深层水平位移的起算点时，每次监测应测定起算位置的变化并修正；
- c) 测斜探头间距不宜大于1m，且相邻探头间距保持固定，探头数量满足测斜孔深度要求；

d) 监测点设备检查、更换后,应确保相应传感器处于测斜孔内原位置;

e) 自动化设备布设完毕后,应进行连续测试,以检查测值的稳定性。

8.4.3 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。

8.5 倾斜监测

8.5.1 根据现场观测条件和要求,倾斜监测可选择倾斜传感器或静力水准法等自动化监测方法。

8.5.2 建(构)筑物倾斜监测点布设应符合下列规定:

a) 倾斜监测点应沿主体结构顶部、底部上下对应按组布设,且中部可增加监测点;

b) 每栋建(构)筑物倾斜监测数量不宜少于2组,每组的监测点不应少于2个;

c) 采用基础的差异沉降推算建(构)筑物倾斜时,监测点的布设应符合:

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

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

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

4) 风险等级较高的建(构)筑物应适当增加监测点数量。

8.5.3 传感器的安装应符合下列规定:

a) 倾角仪安装要求

1) 传感器应与结构物贴合安装,被测量面要尽可能的平整;

2) 24小时后,读取倾角计传感器数据,共读取5组数据,取其平均值作为初始读数;记录好测斜仪安装信息,如仪器编号、埋设日期、测试方向、初始读数等;

3) 当采用悬挑支架安装时,应在悬挑板上部或下部增加肋板,避免支架形变影响测量结果;

4) 传感器轴线应与测量主方向垂直或平行,尽量保证所有传感器的安装朝向完全一致;

5) 尽量将倾角仪安装在阴凉恒温环境处,或采用必要的保温防护措施。

b) 静力水准法安装要求

静力水准法安装要求在埋设前,要对每一条测线架进行抄平,支架应安装在同一水平面上,高度互差不得超过3mm,如不能埋设在同一水平面应加设转点;管路连接密封性好,管路无压折、管内无气泡;管路、通讯线、电缆连接不影响结构及设施安全。

8.5.4 数据采集频率和数据处理应包括人工采集和自动化采集两部分。采集软件将读出的数据解算,并自动存储入库、实时显示、生成数据报表。

8.6 裂缝监测

8.6.1 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。

8.6.2 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。

8.6.3 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、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

8.6.4 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。

8.7 支护内力监测

8.7.1 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。

8.7.2 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。

8.7.3 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·S,分辨率不宜低于0.2%F·S。

8.7.4 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。

8.7.5 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。

8.7.6 内力监测值宜考虑温度变化等因素的影响。

8.8 土压力监测

土压力自动化监测宜采用土压力计结合智能采集传输模块进行量测,土压力计选埋应符合下列规定:

a) 应埋设于基坑壁内,深度应确保能够准确测量基坑土体的压力变化,同时需考虑设备的安全埋设深度;

b) 埋设位置应选在基坑壁面稳定的区域,避免因土体位移或坍塌导致监测数据失真;

c) 土压力计应选择耐腐蚀、抗震抗压的材料制成,并确保埋设方式能够保护设备免受外界环境影响,提高设备的使用寿命;

d) 土压力计应配备智能采集传输模块,能够实现实时数据采集和传输,确保监测数据及时可靠地传送到监测中心或相关管理人员手中。

8.9 孔隙水压力监测

孔隙水压力自动化监测宜采用孔隙水压力计结合智能采集传输模块进行量测。

8.10 地下水位监测

8.10.1 地下水位监测宜采用钻孔内设置水位管或设置观测井,通过水位计进行量测。

8.10.2 地下水位量测精度不宜低于10mm。

8.10.3 潜水水位管直径不宜小于50mm,饱和软土等渗透性小的土层水位管直径不宜小于70mm,滤管长度应满足量测要求;承压水位监测时被测含水层与其他含水层之间应采取有效的隔水措施。

8.10.4 水位管宜在基坑预降水前至少1周埋设,并逐日连续观测水位取得稳定初始值。

8.10.5 水位自动化监测应符合下列规定:

a) 水位自动化监测系统设计原则应为“实用、可靠、先进、经济”,仪器设备在满足准确度的前提下,系统结构力求简单、稳定、维护方便,易于改造和升级;

b) 水位自动化监测应具有自动巡测、选测、自检、自诊断功能，掉电保护功能，现场网络数据和远程通信功能，网络安全防护功能，防雷及抗干扰功能；具备人工测量接口，可以进行补测、比测；应有智能化系统软件进行数据分析处理；

c) 现场数据通信应根据实际需求在保证通信质量的前提下，选择实用经济、维护方便的通信方式。系统通信可采用光纤、双绞线、无线通信等方式，误码率应不大于 10^{-4} ；

d) 水位自动化系统安装时，应对系统仪器设备进行检验、试验参数标定，并做好详细记录；

e) 系统设备安装及电缆布线应整齐，水位监测设施应设置必要的防护措施；

f) 每月应对水位监测自动化系统进行1次检查和维护，所有原始实测数据应全部存入数据库，每周应对监测数据进行不少于1次备份，每月宜对自动采集测点进行1次人工比测。

8.11 锚杆轴力监测

8.11.1 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。

8.11.2 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 $0.2\%F \cdot S$ 。

8.11.3 轴力计仪表应与锚杆张拉设备仪表相互标定。锚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，

8.12 土体分层竖向位移监测

土体分层竖向位移自动化监测宜采用多点位移计结合智能采集传输模块进行量测。

8.13 坑底隆起监测

8.13.1 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。

8.13.2 坑底隆起监测的精度应符合表 8.13.2 的规定。

表 8.13.2 坑底隆起监测的精度要求 (mm)

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

8.14 微变形控制监测

微变形控制监测宜采用自动化监测，并应符合下列要求：

- 自动化监测频率和精度不应低于人工监测；
- 自动化监测成果应定期进行人工测量复核；
- 自动化监测系统应在数据异常情况下及时预警。

9 监测频率

9.1 一般规定

9.1.1 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。

9.1.2 监测工作应贯穿于基坑工程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。

9.2 仪器监测频率

9.2.1 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。

9.2.2 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 9.2.2 确定。

表 9.2.2 现场仪器监测的监测频率

基坑设计安全等级	施工进度		监测频率
一级	开挖深度h	$\leq H/3$	1次/ (2-3) d
		$H/3-2H/3$	1次/ (1-2) d
		$2H/3-H$	(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

注: 1 h—基坑开挖深度; H—基坑设计深度

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/d。

3 基坑工程施工至开挖前的监测频率视具体情况确定

9.2.3 当出现下列情况之一时,应提高监测频率:

- a) 监测数据异常或变化速率较大;
- b) 支护结构出现开裂等明显异常变形;
- c) 基坑及周边大量积水、附近地面荷载突然增大或超过设计限值、邻近施工及振动等可能影响基坑及周边环境安全的异常情况;
- d) 暴雨或长时间连续降雨;
- e) 存在勘察未发现的不良地质条件,且影响工程安全;工程险情或事故后重新组织施工;
- f) 基坑出现隆起、管涌、流土、突涌、渗漏等现象;周边地面突发较大沉降或出现严重开裂、市政管道出现泄漏及邻近建筑突发较大沉降、不均匀沉降或出现严重开裂;
- g) 存在超深、超长开挖或未及时安装支撑等违反设计的施工工况;
- h) 出现其他影响基坑及周边环境安全的异常情况。

9.2.4 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。

9.2.5 巡视检查应与仪器监测同步实施并应做好巡查记录,在关键工况、特殊天气等情况下应提高巡查频率,可设置视频监控等远程设备辅助巡视检查工作。

9.2.6 对微变形控制监测频率应满足下列要求:

- a) 围护墙施工期间,环境保护对象侧监测频率不宜低于1次/d;
- b) 开挖阶段监测频率不宜低于1次/d-2 次/d;
- c) 底板浇筑后7天内不宜低于1次/d,7 天后不宜低于1次/3d;
- d) 支撑结构开始拆除至拆除完成后3天内不低于2次/d;
- e) 当监测数据异常或变化速率较大时,应提高监测频率并查明原因。

10 监测预警

10.1 一般规定

10.1.1 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。

10.1.2 监测数据出现异常或报警时，应及时分析原因，必要时应进行现场核对或复测。

10.1.3 监测项目在达到预警值时，应及时进行危情报送。

10.1.4 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。

10.2 预警值

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 GB 50497《建筑基坑工程监测技术规范》表 8.0.5 确定。

11 数据处理与信息反馈

11.1 一般规定

11.1.1 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。

11.1.2 现场监测资料宜包括仪器监测记录，以及仪器、视频等电子数据资料。任何原始记录不得涂改、伪造和转抄，采用电子方式记录的原始数据应完整存储在可靠的介质上。

11.1.3 监测数据应及时处理，数据分析应结合施工工况、支护结构、地质条件、环境条件以及相关监测数据进行，应对其现状进行研判，宜对数据发展趋势做出预测。

11.2 数据处理

11.2.1 监测数据处理前，应正确判断粗差、系统误差、偶然误差，剔除由监测系统自身引起的异常数据，并应针对异常监测数据查明原因，对使用的设备、方法、精度和周期、预警值等提出改进意见。

11.2.2 对监测数据应及时计算单次变化量、累计变化值、变化速率等，并绘制时程曲线，必要时绘制断面曲线图、等值线图，并预测其发展趋势。

11.2.3 监测数据出现异常或报警时，应及时分析原因，必要时应进行现场核对或复测。

11.2.4 监测报告可分为日报、月报、报警报告、阶段性报告和总结报告等。监测报告应采用文字、表格、图形、影像及视频等形式，可以以纸质文件、电子文件、自动化监测平台信息等为载体。

11.3 信息反馈

11.3.1 自动化监测数据的信息反馈宜利用专门的自动化监测平台，实现数据采集、处理、分析、预警、查询和管理的一体化及监测成果的可视化。

11.3.2 测日报、监测月报、报警报告、阶段性报告和成果报告应按照规定格式、内容和时间要求，及时向相关单位报送。

a) 自动化数据采集完成后，应及时对监测数据进行初步分析判断，对异常值做出分析、解释、对测量粗差予以剔除；

b) 各监测物理量的计算和统计应正确、合理，特征值数据无遗漏、无错误，有关图件应准确清晰；

c) 监测成果分析应按照观测项目及部位统计特征值，并对特征值进行分析，包括累计变化的最大值、最小值。对于周期观测之后的成果分析，还应统计本次变化的最大值、最小值及发生的时间；

d) 成果分析应对照环境变化情况和主体施工情况进行定性对比分析，判断变化是否与环境及施工情况一致。有条件时，宜进行定量的相关分析；

e) 资料分析时对所有测点绘制测值变化过程线图和分布图，分析时空分布、变化规律。必要时，对主要效应量进行时间效应分析；

f) 应按时提交监测快报、周报、月报、季报、年报和专题报告，日报参考附录A。