

广东省标准



DBJ/T 15-162-2019

备案号 J 14798-2019

---

# 建筑基坑施工监测技术标准

**Technical standard for monitoring of building  
foundation pit construction**

2019-08-19 发布

2019-11-01 实施

---

广东省住房和城乡建设厅 发布

广东省标准

# 建筑基坑施工监测技术标准

Technical standard for monitoring of building  
foundation pit construction

DBJ/T 15-162-2019

住房和城乡建设部备案号：

主编单位：广东省建筑科学研究院集团股份有限公司

批准部门：广东省住房和城乡建设厅

实施日期：2019年11月1日

广东省标准

# 建筑基坑施工监测技术标准

Technical standard for monitoring of building  
foundation pit construction

DBJ/T15-162-2019

住房和城乡建设部备案号：J14798-2019

批准部门：广东省住房和城乡建设厅

施行日期：2019年11月1日

## 前言

根据《关于下达广东省标准<建筑基坑施工监测技术标准>编制任务的通知》（粤建科函〔2009〕249号）的要求，标准编制组经广泛调查研究，认真总结近年来广东省建筑基坑工程监测的实践经验，仔细分析有关国家标准和行业标准在广东省的适应性，参考国内、外其他有关先进标准，并在广泛征求意见的基础上，制定了本标准。

本标准共16章和11个附录，主要技术内容是：1.总则；2.术语和符号；3.基本规定；4.竖向位移监测；5.水平位移监测；6.深层水平位移（测斜）监测；7.倾斜监测；8.裂缝监测；9.地下水位监测；10.支护结构内力监测；11.锚杆（索）拉力监测；12.土压力监测；13.孔隙水压力监测；14.爆破振动监测；15.自动化监测；16.监测成果与信息反馈。

本标准由广东省住房和城乡建设厅负责管理，由广东省建筑科学研究院集团股份有限公司负责具体技术内容的解释。本标准执行过程中如有意见和建议，将寄至广东省建筑科学研究院集团股份有限公司监测所（地址：广州市先烈东路121号省建科院监测所；邮编：510500；Email:dh@263.net.cn, 674217347@qq.com），以便修订时参考。

主编单位：广东省建筑科学研究院集团股份有限公司

参编单位：广东省建筑工程集团有限公司

广东省建设工程质量安全检测总站有限公司

广州市建筑科学研究院有限公司

广州市地铁设计研究院股份有限公司

广州市城市规划勘测设计研究院

深圳市地铁集团有限公司

广东省建筑设计研究院

深圳市勘察研究院有限公司

主要起草人员：邓浩 陈晓丹 周洪波 彭卫平 林泽耿 蒋鹏 吴增伟 张坚

吴太成 徐劲 谭上飞 马伟民 叶蓉 张亮 李均 徐彦锋

章丹峰 刘志峰 林焯珊 匡妍艺

主要审查人员：李彰明 赵旭 钱春阳 毛吉化 连长江 鲁传恒 梁龙昌

# 目次

1 总则.....	1
2 术语和符号.....	2
2.1 术语.....	2
2.2 符号.....	3
3 基本规定.....	6
3.1 一般规定.....	6
3.2 方案编制.....	7
3.3 监测项目.....	8
3.4 测点布置.....	10
3.5 监测方法.....	13
3.6 监测频率.....	15
3.7 监测报警.....	16
4 竖向位移监测.....	19
4.1 一般规定.....	19
4.2 仪器设备.....	19
4.3 现场测量.....	20
4.4 数据处理.....	22
5 水平位移监测.....	25
5.1 一般规定.....	25
5.2 仪器设备.....	25
5.3 现场测量.....	25
5.4 数据处理.....	28
6 深层水平位移（测斜）监测.....	30
6.1 一般规定.....	30
6.2 仪器设备.....	30
6.3 现场测量.....	30
6.4 数据处理.....	32
7 倾斜监测.....	34
7.1 一般规定.....	34
7.2 仪器设备.....	34
7.3 现场测量.....	34
7.4 数据处理.....	36
8 裂缝监测.....	37
8.1 一般规定.....	37
8.2 仪器设备.....	37
8.3 现场测量.....	37
8.4 数据处理.....	38
9 地下水位监测.....	39
9.1 一般规定.....	39
9.2 仪器设备.....	39

9.3	现场测量.....	39
9.4	数据处理.....	40
10	支撑内力监测.....	41
10.1	一般规定.....	41
10.2	仪器设备.....	41
10.3	现场测量.....	41
10.4	数据处理.....	43
11	锚杆（索）拉力监测.....	45
11.1	一般规定.....	45
11.2	仪器设备.....	45
11.3	现场测量.....	45
11.4	数据处理.....	46
12	土压力监测.....	48
12.1	一般规定.....	48
12.2	仪器设备.....	48
12.3	现场测量.....	49
12.4	数据处理.....	51
13	孔隙水压力监测.....	52
13.1	一般规定.....	52
13.2	仪器设备.....	52
13.3	现场测量.....	52
13.4	数据处理.....	54
14	爆破振动监测.....	55
14.1	一般规定.....	55
14.2	仪器设备.....	55
14.3	现场测量.....	56
14.4	数据处理.....	56
15	自动化监测.....	58
15.1	一般规定.....	58
15.2	仪器设备.....	58
15.3	现场测量.....	59
15.4	自动化监测数据信息管理.....	60
16	监测成果与信息反馈.....	62
16.1	一般规定.....	62
16.2	日报表.....	62
16.3	阶段性报告.....	63
16.4	总结报告.....	63
附录 1	竖向位移监测日报表.....	64
附录 2	水平位移监测日报表.....	65
附录 3	深层水平位移（测斜）监测日报表.....	66
附录 4	倾斜监测日报表.....	67
附录 5	裂缝监测日报表.....	68
附录 6	地下水位监测日报表.....	69
附录 7	支护结构内力监测日报表.....	70

附录 8 锚杆（索）拉力监测日报表.....	71
附录 9 土压力监测日报表.....	72
附录 10 孔隙水压力监测日报表.....	73
附录 11 基坑现场巡查表.....	74
标准用词和用语说明.....	75
引用标准名录.....	76
条文说明.....	77

# Contents

1	General Provisions.....	1
2	Terms and Symbols.....	2
2.1	Terms.....	2
2.2	Symbols.....	3
3	Basic Requirements.....	6
3.1	General Requirements.....	6
3.2	Scheme Design.....	7
3.3	Monitoring Items.....	8
3.4	Arrangement of Monitoring Point.....	10
3.5	Monitoring Methods.....	13
3.6	Frequency of Monitoring.....	15
3.7	Alarming on Monitoring.....	16
4	Monitoring of Vertical Displacement.....	19
4.1	General Requirements.....	19
4.2	Instrument and Equipmen.....	19
4.3	Site Measurement.....	20
4.4	Data Processing.....	22
5	Monitoring of Horizontal Displacement.....	25
5.1	General Requirements.....	25
5.2	Instrument and Equipmen.....	25
5.3	Site Measurement.....	25
5.4	Data Processing.....	28
6	Monitoring of Subsurface Horizontal Displacement.....	30
6.1	General Requirements.....	30
6.2	Instrument and Equipmen.....	30
6.3	Site Measurement.....	30
6.4	Data Processing.....	32
7	Monitoring of Inclination.....	34
7.1	General Requirements.....	34
7.2	Instrument and Equipmen.....	34
7.3	Site Measurement.....	34
7.4	Data Processing.....	36
8	Monitoring of Crack.....	37
8.1	General Requirements.....	37
8.2	Instrument and Equipmen.....	37
8.3	Site Measurement.....	37
8.4	Data Processing.....	38
9	Monitoring of Water Table.....	39
9.1	General Requirements.....	39

9.2	Instrument and Equipmen.....	39
9.3	Site Measurement.....	39
9.4	Data Processing.....	40
10	Monitoring of Internal Force in Support.....	41
10.1	General Requirements.....	41
10.2	Instrument and Equipmen.....	41
10.3	Site Measurement.....	41
10.4	Data Processing.....	43
11	Monitoring of Axial Load in Anchor Bolt.....	45
11.1	General Requirements.....	45
11.2	Instrument and Equipmen.....	45
11.3	Site Measurement.....	45
11.4	Data Processing.....	46
12	Monitoring of Earth Pressure.....	48
12.1	General Requirements.....	48
12.2	Instrument and Equipmen.....	48
12.3	Site Measurement.....	49
12.4	Data Processing.....	51
13	Monitoring of Pore -Water Pressure.....	52
13.1	General Requirements.....	52
13.2	Instrument and Equipmen.....	52
13.3	Site Measurement.....	52
13.4	Data Processing.....	54
14	Monitoring of Blasting Vibration.....	55
14.1	General Requirements.....	55
14.2	Instrument and Equipmen.....	55
14.3	Site Measurement.....	56
14.4	Data Processing.....	56
15	Automatic Monitoring.....	58
15.1	General Requirements.....	58
15.2	Instrument and Equipmen.....	58
15.3	Site Measurement.....	59
15.4	Automatic Monitoring Data Information Management.....	60
16	Monitoring Results and Information Feedback.....	62
16.1	General Requirements.....	62
16.2	Daily Report.....	62
16.3	Stage Report.....	63
16.4	Final Report .....	63
	Appendix 1 Daily Report on Vertical Displacement.....	64
	Appendix 2 Daily Report on Horizontal Displacement.....	65
	Appendix 3 Daily Report on Horizontal Displacement of Subsurface Horizontal Displacement.....	66
	Appendix 4 Daily Report on Inclination.....	67
	Appendix 5 Daily Report on Crack.....	68

Appendix 6 Daily Report on Water Table.....	69
Appendix 7 Daily Report on Internal Force in Bracing and Retaining Structure.....	70
Appendix 8 Daily Report on Axial Load in Anchor Bolt.....	71
Appendix 9 Daily Report on Earth Pressure.....	72
Appendix 10 Daily Report on Pore -Water Pressure.....	73
Appendix 11 Daily Report on Inspection and Examination.....	74
Explanation of Wording in this Code.....	75
Normative Standard.....	76
Explanation of Provisions.....	77

# 1 总则

1.0.1 为规范建筑基坑施工过程的监测工作，指导基坑工程信息化施工，做到成果可靠、技术先进、经济合理、安全适用、保护环境，制定本标准。

1.0.2 本标准适用于广东省各类建（构）筑物基坑支护体系及周边环境监测。

1.0.3 建筑基坑施工监测应综合考虑基坑工程设计方案、施工方案、场地工程地质和水文地质、周边环境和气象条件等因素，制定合理的监测方案，精心组织和实施。

1.0.4 建筑基坑施工监测除应符合本标准外，尚应符合国家、省现行有关标准的规定。

## 2 术语和符号

### 2.1 术语

#### 2.1.1 基坑工程监测 foundation pit monitoring

在建筑基坑施工及使用阶段，对建筑基坑及周边环境实施的巡查、量测、数据分析和信息反馈等工作。

#### 2.1.2 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，对基坑侧壁进行临时支挡、加固和保护使基坑侧壁岩土体基本稳定的一种结构体系。主要包括围护结构（挡土和截水结构）和支撑（或锚杆、土钉）体系。

#### 2.1.3 水平位移 horizontal displacement

变形体沿水平方向的位移。

#### 2.1.4 深层水平位移 deep horizontal displacement

围护桩（墙）或土体在不同深度产生的水平位移。

#### 2.1.5 地下水位 underground water level

指地下含水层中潜水水面的高程。潜水是埋藏在地表以下，第一隔水层以上，具有自由表面的重力水，直接接受大气降水的补给，水位、水温和水质随着当地气象因素的变化而发生着相应的变化。

#### 2.1.6 监测点 monitoring point

直接和间接设置在监测对象上并能反映其变化特征的观测点。

#### 2.1.7 监测频率 monitoring frequency

单位时间内的监测次数。

#### 2.1.8 监测报警值 alarming value on monitoring

为保证建筑基坑支护体系与周边环境安全，对监测对象变化可能发生突变或危险所设定的警戒值，用以判断监测对象的变化是否超出允许范围、是否出现异常或危险。

#### 2.1.9 爆破振动监测 monitoring of blasting vibration

采用仪器设备等手段对爆破引起的有害效应进行测试与监控，判断爆破是否对保护对象产生有害影响，用于监督和指导爆破施工。

### 2.1.10 自动监测 automatic monitoring

指在人极少参与或不参与的情况下，采用自动化设备和系统，实现自动量测和数据处理，并以适当方式显示或输出测试结果。

## 2.2 符号

$A$ —水平位移测站点；支护结构或支撑截面积 ( $\text{mm}^2$ )，地下连续墙为每延米计；

$A_c, A_s$ —混凝土截面积和钢筋总截面面积 ( $\text{mm}^2$ )， $A_c + A_s = A$ ；

$B$ —水平位移控制点；

$d$ —小角法视准线测量时监测点偏离值；待测钢筋计之间的中心距离 ( $\text{mm}$ )；

$D$ —小角法视准线测量时从测站点到监测点的距离 ( $\text{m}$ )；

$E_c, E_s$ —混凝土和钢筋的弹性模量 ( $\text{kN/mm}^2$ )；

$f$ —土压力或孔隙水压力监测时压力计测得的频率值 ( $\text{Hz}$ )；

$f_0$ —轴力计测量初始自振频率 ( $\text{Hz}$ )；土压力计或孔隙水压力计标定时测得零点压力下的频率值 ( $\text{Hz}$ )；

$f_i$ —轴力计测量自振频率 ( $\text{Hz}$ )；

$h$ —地下水位深度 ( $\text{m}$ )；

$H$ —建（构）筑物的高度 ( $\text{m}$ )；土压力计或渗压计的埋设深度 ( $\text{m}$ )；

$I$ —建（构）筑物主体的倾斜率；

$I_0$ —支护结构内力测量断面的惯性矩 ( $\text{mm}^4$ )；

$k$ —土压力计或孔隙水压力计的标定系数 ( $\text{kPa/Hz}$ )；

$K$ —振弦式锚杆（索）测力计的灵敏系数 ( $\text{MPa/Hz}^2$ )；

$k_j$ —钢弦式轴力计常数 ( $\text{kN/Hz}^2$ )；

$k_\varepsilon$ —土压力计或孔隙水压力计的标定系数 ( $\text{kPa}/\mu\varepsilon$ )；

$L$ —水准测量测段长度 ( $\text{km}$ )；水准测量计算各  $W$  时，相应的路线长度 ( $\text{km}$ )；

测斜测段长度 (mm); 基础两 endpoint 或两监测点的水平距离 (m);

$M$ —支撑测量断面的计算弯矩 (kN·m);

$M_{\Delta}$ —高差偶然中误差 (mm);

$M_w$ —高差全中误差 (mm);

$N$ —水准测量测段数; 附和路线和闭合环的总个数;

$N_c$ —支护结构轴力 (kN);

$P$ —土压力 (kPa); 被测土压力估值 (kPa); 土压力计实测的总压力 (kPa);

$p'$ —实测土压力 (kPa);

$P_0$ —静止土压力理论计算值 (kPa);

$P$ —水平位移监测点;

$W$ —水准测量附和或环线闭合差 (mm);

$\Delta$ —水准测量测段往返高差不符值 (mm);

$\Delta D$ —倾斜值 (m) 或建 (构) 筑物顶部监测点相对于底部监测点的倾斜值 (m);

$\Delta p_g$ —基坑围护结构位移引起的被动土压力增量, 或施工过程中造成的挤压力 (kPa);

$\Delta p_s$ —施工工艺引起的土的附加应力增量 (kPa);

$\Delta S$ —建 (构) 筑物基础两 endpoint 或两监测点的沉降差 (m);

$u$ —水压力 (kPa);

$\alpha$ —小角法视准线测量时偏角 ("), 前方交会法测量时 A 测站点内测角; 建 (构) 筑物主体的倾斜角 (°);

$\beta$ —前方交会法测量时 B 测站点内测角;

$\varepsilon_0$ —标定时土压力计或孔隙水压力计测得零点压力的初读数 ( $\mu\varepsilon$ );

$\varepsilon$ —监测时土压力计或孔隙水压力计的测读值 ( $\mu\varepsilon$ );

$\varepsilon_c$ —应变计平均应变;

$\varepsilon_{s1}, \varepsilon_{s2}$ —待测应变计的应变值;

$\rho$ —常数，其值为 206265”；

$\gamma_w$ —水的重度 (kN/m<sup>3</sup>)；

$\sigma_i$ —应力计平均应力 (kN/mm<sup>2</sup>)；

$\sigma_{s1}$ 、 $\sigma_{s2}$ —待测钢筋计的应力值 (kN/mm<sup>2</sup>)；

$\theta_{xi}$ 、 $\theta_{yi}$ —测斜时第  $i$  个测段处本次测试倾斜角 (°)；

$\theta_{xi0}$ 、 $\theta_{yi0}$ —测斜时第  $i$  个测段处初试测试倾斜角 (°)；

$(x_A, y_A)$ 、 $(x_B, y_B)$ —前方交会法测量时 A、B 两点的坐标。

## 3 基本规定

### 3.1 一般规定

3.1.1 开挖深度大于等于5m或开挖深度小于5m但场地地质条件或周围环境较复杂的基坑工程以及其他需要监测的基坑工程应实施基坑施工监测。

3.1.2 基坑施工监测应达到下列目的：

- 1 对基坑支护体系及周边环境进行有效监测；
- 2 为信息化施工提供依据；
- 3 为设计验证提供依据。

3.1.3 基坑设计单位应明确基坑施工监测的技术要求，包括基坑工程安全等级、监测项目、测点位置、监测频率和监测报警值等。

3.1.4 建设方应委托具备相应能力的第三方监测机构对基坑工程实施现场监测，施工单位在施工过程中也应进行监测。

3.1.5 监测单位应根据设计要求和现场工程情况编制监测方案。监测方案应经建设、设计、监理等单位认可，必要时还需与基坑周边环境涉及的有关管理部门或单位协商一致后方可实施。

3.1.6 监测工作宜按下列步骤进行：

- 1 接受委托；
- 2 现场踏勘，收集资料；
- 3 制定监测方案；
- 4 基准点、工作基点、监测点布设和验收；
- 5 现场巡查与监测；
- 6 监测数据整理、分析，提交监测日报表，必要时提交阶段性监测报告；
- 7 监测工作结束后，提交监测总结报告。

3.1.7 监测单位应按方案实施监测，及时整理资料，将结果报告委托方及相关单位。当监测数据达到报警值或现场出现异常和事故征兆时，监测单位应及时通报委托方及相关单位，工程建设各方应及时采取有效措施。

3.1.8 监测时应记录监测设施状况、施工工况、支护结构和周边环境的巡查结果。

3.1.9 监测人员须经培训并持相应专业岗位证书方可上岗，监测人员应对监测数

据的真实性和可靠性负责。

3.1.10 监测结束后，监测单位应向委托方提供以下资料，并按有关规定组卷归档。

- 1 监测方案；
- 2 测点布设、验收记录；
- 3 阶段性监测报告；
- 4 监测总结报告。

## 3.2 方案编制

3.2.1 编写监测方案前，监测单位应了解监测要求，收集资料并进行现场踏勘。

委托方应向监测单位提供下列资料：

- 1 监测技术要求；
- 2 基坑工程和地下结构的设计文件；
- 3 岩土工程勘察资料；
- 4 施工组织设计；
- 5 基坑工程施工影响范围内的建（构）筑物、道路、地下设施和管线等资料；
- 6 其他有关资料。

3.2.2 监测方案宜包括下列内容：

- 1 工程概况；
- 2 监测目的和依据；
- 3 监测内容和项目；
- 4 基准点、工作基点和监测点布设和保护；
- 5 监测方法及精度，主要仪器设备；
- 6 监测期限、监测频率和监测报警值；
- 7 数据处理、分析及信息反馈；
- 8 监测成果或监测报告的主要内容；
- 9 监测报警和异常情况下的监测措施；
- 10 监测项目的组织架构及人员配备；
- 11 监测工作的质量安全措施及其他相关内容；

12 相关附图、附表等。

3.2.3 当基坑周边有对变形有特殊要求的建（构）筑物和设施时，建设单位应与相关管理部门或单位协商确定监测方案。

3.2.4 下列基坑工程的监测方案，建设单位应组织专家进行专项评审，建设、设计、施工、监理及监测单位的项目负责人应参加论证。

1 安全等级为一级的基坑；

2 距基坑边 3 倍基坑开挖深度范围内有重点工程、重要建筑、历史文物等重要建（构）筑物，或燃气、给排水、军用光缆等重要管线；

3 基坑外边缘距离周边建（构）筑物基础的净距小于 3m；

4 距基坑边 50m（开挖深度超过 10m 时，5 倍开挖深度）范围内有地铁、隧道、人防等重要工程设施；

5 在开挖影响范围内有深厚淤泥及淤泥质土、地下承压水、砂土层等土体容易导致流砂、管涌、突涌等现象的复杂地质环境条件；

6 采用监测新技术、新工艺、新材料、新设备的一、二级基坑工程；

7 发生险情、事故后重新组织施工的基坑工程；

8 其他需要论证的基坑工程。

3.2.5 当基坑工程设计或施工有重大变更时，委托方应及时通知监测单位相应调整监测方案。

### 3.3 监测项目

3.3.1 基坑工程监测应采用仪器监测、巡视检查等多种手段相结合的综合方法。

3.3.2 基坑工程监测的对象应包括：

1 支护结构；

2 地下水状况；

3 基坑底部及周边土体；

4 周边建（构）筑物；

5 周边管线及设施；

6 周边重要的道路；

7 其他应监测的对象。

3.3.3 基坑工程的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监测，做到重点观测、项目配套并形成有效完整的监测系统。

3.3.4 基坑工程监测项目应根据基坑工程安全等级按表 3.3.4 选取，并应符合设计要求。

表 3.3.4 基坑工程监测项目表

监测项目		一级	二级	三级
基坑工程安全等级				
围护结构顶水平位移		√	√	√
围护结构顶竖向位移		√	√	√
围护结构深层水平位移		√	√	△
地下水位		√	√	√
立柱竖向位移		√	√	△
支撑轴力		√	√	△
锚杆（索）拉力		√	△	○
周围建（构） 筑物变形	竖向位移	√	√	√
	倾斜	√	△	○
	裂缝	√	√	√
围护结构及周边地表裂缝		√	√	√
周边道路及地表竖向位移		√	√	△
周边地下管线位移		√	△	○
注：1 √为应测项目，△为宜测项目，○为可测项目； 2 有爆破施工工况时应进行爆破振动监测； 3 当设计单位认为有必要时，可开展围护结构内力、坑底隆起、土压力、孔隙水压力、周边建（构）筑物和管线水平位移的监测；在地质条件比较差，围护结构未能进入稳固地层的情况下，还应开展土体深层水平位移监测。				

3.3.5 监测单位在开展监测工作时应进行巡视检查。巡视检查以目测为主，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，并应符合以下规定：

1 巡视检查宜以可视范围内与监测工作相关的内容为主，一般包括以下几个方面：

(1) 施工进度、天气情况；

(2) 监测设施：测点是否按要求及时布设，基准点、工作基点、监测点保护是否得当和有效，监测点和基准点是否稳固、有无碰撞或移动痕迹，测点破坏之

后有无及时恢复。

(3) 监测条件：现场监测通视条件是否良好、有无影响观测工作的障碍物，是否设置必要的安全监测设施和通道。

(4) 与监测相关的施工情况：支撑是否及时架设，基坑有无涌土、流砂、管涌，基坑周边有无积水，基坑周围地面有无大量堆载和卸载情况，基坑支护结构及周边有无明显结构裂缝，是否存在震动等影响监测精度的情况。

2 对仪器监测发现可疑或异常情况的，应加大巡视检查力度，关注可疑或异常部位的变化情况；对巡视检查发现可疑或异常情况的，应核查监测数据变化情况，必要时采取加大监测频率或增加测点等措施加强监测。在巡视检查中发现异常或危险情况时，应及时通知委托方及其他相关单位。

3 巡视检查记录应及时整理，并与监测数据进行综合分析。巡视检查结果应反映到监测成果中。

### 3.4 测点布置

3.4.1 基坑工程施工监测测点的布置应反映监测对象的实际工作状态及其变化趋势，且满足现场监测要求，不同监测项目的监测点宜布置在同一监测断面上。

3.4.2 在内力和变形变化大的部位及周边重点监护部位，监测点应适当加密。

3.4.3 基坑外 1~3 倍开挖深度范围内需要保护的建（构）筑物、道路、地下管线等均应作为监测对象。在深厚淤泥及淤泥质土地区，应扩大监测范围；采用施工降水时，尚应考虑降水及地面沉降的影响；采用爆破开挖时，爆破振动的监测范围应根据《爆破安全规程》GB6722 的相关规定并结合工程实际情况，通过爆破试验确定。位于安全保护区范围内的重要保护对象的测点布置，尚应满足相关管理部门或单位的技术要求。

3.4.4 监测标志应结构合理、稳固、明显。应加强对监测标志的保护，必要时设置保护装置或警示标志。

3.4.5 围护结构顶水平位移和竖向位移监测点应沿基坑周边布置，监测点宜设置在基坑边坡坡顶上或基坑围护结构顶上，基坑周边中部、阳角处应布置监测点。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。当基坑工程安全等级为三级时，监测点数量可适当放宽。

3.4.6 深层水平位移监测孔应布置在基坑周边的中部、阳角处及其他有代表性的部位，监测孔水平间距宜为 20m~40m，每边至少应设 1 个监测孔。

3.4.7 基坑外地下水位监测井应沿基坑周边、建（构）筑物、地下管线等被保护对象周边或在两者之间布置，监测井间距宜为 20m~50m。相邻建（构）筑物、重要的地下管线或管线密集处应布置水位监测井；如有止水帷幕，水位监测井宜布置在帷幕的施工搭接处、转角处等有代表性的部位，位置宜布置在止水帷幕的外侧约 2m 处。

3.4.8 立柱竖向位移监测点应布置在基坑中部、多根支撑交汇处、地质条件复杂处等的立柱上，监测点不应少于立柱总数的 10%，逆作法施工的基坑不应少于立柱总数的 20%，且均应不少于 3 根。

3.4.9 围护结构内力监测剖面应视支护结构类型、地质条件和施工组织，在受力、变形较大或其他有代表性的部位竖向布置，监测点间距宜为 2m~4m，在弯矩最大处应布置监测点。每一监测点沿围护结构内外侧对称布置传感器。

3.4.10 支撑轴力监测截面的布置应符合下列要求：

- 1 在支撑内力较大或在整个支撑系统中起控制作用的杆件上设置监测截面；
- 2 支撑内力监测截面不应少于支撑总数的 10%，每层不应少于 3 个，各层监测截面位置在竖向宜保持一致；
- 3 钢支撑的监测截面宜布置在两相邻立柱支点间支撑杆件的 1/3 部位或支撑的端头。钢筋混凝土支撑的监测截面宜布置在两相邻立柱支点间支撑长度的 1/3 部位，并避开节点位置。

3.4.11 锚杆（索）拉力监测点应布置在受力较大且有代表性的位置，基坑每边中部、阳角处和地质条件复杂的区域宜布置监测点。监测点数量宜为该层锚杆总数的 5%，并不应少于 5 根。每层监测点在竖向上的位置宜保持一致。每根杆体上的测试点应设置在锚头附近或其他受力有代表性的位置。

3.4.12 基坑底部隆起监测点应符合下列要求：

- 1 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基底变形特征的位置，断面数量不宜少于 2 个；
- 2 同一断面上监测点间距宜为 10m~30m，数量不宜少于 3 个；
- 3 监测标志宜埋入坑底以下 20cm~30cm。

3.4.13 土压力监测点的布置应符合下列要求：

1 在受力、土质条件变化较大或其他有代表性的部位布置监测断面。在监测断面上，测点应根据土压力分布特点和地层结构布设，在围护结构深度范围内，基坑外侧布设多个测点。围护结构嵌入土体段，基坑内侧也可布设测点。测点间距宜为 2m~5m，监测断面的下部宜适当加密；

2 当按土层分布情况布置监测点时，每层土应至少布置 1 个测点，且布置在各层土的中部；

3 当需测定垂直于基坑方向的土压力变化时，可垂直于基坑方向布置多个测试断面，且埋设同一高程上的测点高差宜小于 0.5m；

4 控制性土压力监测点埋设后，如测定的初始值不稳定或土压力计失效或因施工等原因遭受损坏且无法修复时，应及时补点。

3.4.14 孔隙水压力监测点应在水压力变化影响深度范围内，按土层分布情况竖向布置监测断面，在监测断面上，测点间距宜为 2m~5m，数量不宜少于 3 个。对控制性孔隙水压力监测点埋设后，如测定的初始值不稳定或水压力计失效或因施工等原因遭受损坏且无法修复时，应及时补点。

3.4.15 建（构）筑物的竖向位移监测点宜布置建（构）筑物四角、严重开裂处的两侧以及结构性沉降敏感的部位。应符合下列规定：

1 建筑四角、沿外墙每 10m~15m 处或每隔 2~3 根柱基上，且每侧不少于 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。

3.4.16 建（构）筑物倾斜监测点的布设应符合下列要求：

1 监测点应布置在建（构）筑物的角点、变形缝或抗震缝两侧的承重柱或墙上。

2 当测定顶部相对于底部的整体倾斜时，应沿着同一竖直线分别布设顶部监测点和底部对应点。

3 当由基础差异沉降推算建筑倾斜时，监测点的布置应符合《建筑变形测量规范》JGJ8 中关于建筑沉降监测点布设的要求。

3.4.17 应选择有代表性的裂缝监测其长度和宽度，必要时量测其深度。

3.4.18 周边道路及地表的竖向位移监测宜按剖面垂直于基坑边布置，剖面间距宜为 20m~40m，并宜设置在基坑每侧边中部，监测剖面线延伸长度宜不少于 2~3 倍基坑开挖深度，每条剖面线上的监测点宜由内向外先密后疏布置，且不宜少于 3 个。

3.4.19 地下管线监测点的布置应符合下列要求：

1 监测点宜布置在管线的节点、转角点和变形曲率较大的部位，测点间距视现场条件而定。对于重要的管线，测点平面间距宜为 20m~40m；

2 供水、煤气等压力管线宜设置直接监测点。在无法埋设直接监测点的部位，也可设置间接测点。

3.4.20 爆破振动监测点可选择受影响最大的建（构）筑物和结构薄弱部位布设，根据实际情况还可以在岩土层或地面布设测点。

### 3.5 监测方法

3.5.1 监测单位应根据基坑工程安全等级、现场环境条件和设计要求，选择合理可靠的监测方法。

3.5.2 变形测量点分为基准点、工作基点和变形监测点。基准点、工作基点的布设应符合下列要求：

1 基准点应埋设在基坑开挖影响范围外，每个基坑工程应不少于 3 个稳固、可靠的基准点。

2 工作基点应选在相对稳定和方便使用的位置。在通视良好、距离较近或观测项目较少的情况下，基准点可直接当作工作基点使用。

3 水平位移监测基准点和一级基坑的工作基点宜设置具有强制对中的观测墩或混凝土标石，基准点的埋设要求应符合《建筑变形测量规范》JGJ8 的规定。

4 监测期间，应定期检查基准点和工作基点的稳定性。

5 当测区受到洪水、地震等外界因素影响时，应及时进行基准点检核。

3.5.3 监测仪器及传感器应符合下列要求：

1 监测仪器及传感器应满足监测精度和量程的要求，且与量测的介质特性相匹配，具有良好的稳定性和可靠性；灵敏度高、线性好、重复性好；防水性好，抗干扰能力强，成活率高；

2 监测仪器应在计量检定/校准有效期内，传感器应在使用前进行标定。

3.5.4 监测精度应根据基坑工程安全等级、支护结构类型、基坑形状、开挖深度、周边环境和设施的重要程度、设计变形报警值等因素综合确定。

3.5.5 对同一监测项目，监测时宜符合下列要求：

- 1 采用相同的观测路线和观测方法；
- 2 使用固定的基准点、工作基点及监测点；
- 3 使用同一监测仪器和设备；
- 4 固定监测人员；
- 5 在基本相同的时段和环境条件下工作。

3.5.6 监测数据的采集应符合下列要求：

1 当采用手写记录时，对监测记录表中规定的内容，均应详细记录，记录内容应完整准确，不得随意涂改和转抄；

2 当采用信息化监测时，原始数据应备份保存。

3.5.7 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 次的且较差满足要求的观测值之平均值。

3.5.8 监测新技术、新方法应用前，宜用传统方法进行验证，并在使用过程中与传统方法进行对比，且监测精度应符合本标准的要求。

3.5.9 监测数据处理应符合下列要求：

1 每期观测结束后，应及时处理监测数据；

2 监测数据宜在现场进行核查，当发现数据异常时，监测人员应及时分析原因并进行复测。

3.5.10 监测数据评价应符合下列要求：

1 结合其他相关监测项目的数据、自然环境条件、施工工况等，对监测结果进行综合分析；

2 反映基坑施工各阶段的变化；

3 反映基坑空间（平面和深度）上的变化。

### 3.6 监测频率

3.6.1 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。对有特殊要求的周边环境的监测应根据需要延续至变形趋于稳定后才能结束。

3.6.2 监测频率应考虑基坑工程安全等级、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，参照表 3.6.2，依据设计要求确定。

表 3.6.2 基坑工程监测频率

基坑安全等级	施工进程		基坑设计深度			
			≤5m	5~10m	10~15m	>15m
一级	开挖深度 (m)	≤5	1次/1d	1次/2d	1次/2d	1次/2d
		5~10	/	1次/1d	1次/1d	1次/1d
		>10	/	/	2次/1d	2次/1d
	底板浇筑 后时间 (d)	≤7	1次/1d	1次/1d	2次/1d	2次/1d
		7~14	1次/3d	1次/2d	1次/1d	1次/1d
		14~28	1次/5d	1次/3d	1次/2d	1次/1d
>28		1次/7d	1次/5d	1次/3d	1次/3d	
二级	开挖深度 (m)	≤5	1次/2d	1次/2d	/	/
		5~10	/	1次/1d	/	/
	底板浇筑 后时间 (d)	≤7	1次/2d	1次/2d	/	/
		7~14	1次/3d	1次/3d	/	/
		14~28	1次/7d	1次/5d	/	/
		>28	1次/10d	1次/10d	/	/

注：1 有内支撑的基坑工程，各道支撑开始拆除到拆除完成后 3 天内，监测频率不应低于 1~2 次/d；

2 基坑开挖前的监测频率视具体情况确定；

3 各施工阶段监测频率可根据施工进度、围护结构和邻近建（构）筑物与设施变形，以及天气等因素进行合理调整；

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

5 当基坑安全等级为三级时，监测频率可视具体情况适当降低；

6 停工期间，监测频率不应低于 1 次/7d。

3.6.3 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，符合专项设计方案和评估的要求。

3.6.4 当出现下列情况之一时，建设单位应组织相关单位加强监测，提高监测频

率：

- 1 监测值达到报警值；
- 2 监测值变化量较大或者速率异常增大；
- 3 存在勘察中未发现的不良地质条件；
- 4 超深、超长开挖或未及时加撑等未按设计施工；
- 5 基坑及周边大量积水、长时间连续降雨、市政管道出现泄漏；
- 6 基坑附近地面荷载突然增大或超过设计限值；
- 7 支护结构出现开裂；
- 8 周边地面出现突然较大沉降或严重开裂；
- 9 邻近的建（构）筑物出现突然较大沉降、不均匀沉降或开裂；
- 10 基坑底部、坡体或支护结构出现管涌、渗漏或流砂等现象；
- 11 基坑工程发生事故后重新组织施工；
- 12 出现其他影响基坑及周边环境安全的异常情况。

3.6.5 当有危险事故征兆时，应连续监测。

### 3.7 监测报警

3.7.1 基坑工程监测必须设定监测报警值，监测报警值应满足基坑工程设计、地下结构设计以及周边环境中被保护对象的安全控制要求。

3.7.2 基坑工程监测报警值应根据监测项目特征，设定累计变化量和变化速率报警指标。

3.7.3 监测报警值应根据基坑安全等级和支护形式等，参照表 3.7.3，由基坑工程设计方确定，并在基坑工程设计文件中给出。当地有可靠经验时，也可作为报警依据。

表 3.7.3 围护体系监测报警值

基坑工程 安全等级  监测项目	一级		二级		三级	
	变化 速率 (mm/d)	累计值 (mm)	变化 速率 (mm/d)	累 计 值 (mm)	变化 速率 (mm/d)	累计值 (mm)
围护结构顶水平位移	2~3	25~30	3~5	40~50	8~10	60~80
围护结构深层水平位移		35~50		50~60		80~100
坑顶、地面沉降		25~30		35~45		50~60
支撑内力	荷载设计值或构件承载能力的 70%~80%取小值					
锚杆（索）拉力	荷载设计值					

注：1 报警值取值应根据基坑各侧边环境、开挖深度及支护体系类型等综合确定；内支撑体系宜取小值；

2 当监测项目的变化速率连续三次监测值超过表中规定的70%，应报警；

3 钢支撑内力应设置报警值下限，一般为预加轴力的70%~80%。

3.7.4 周边环境监测报警值应由设计方根据建（构）筑物或设施权属单位的要求确定，如权属单位无具体要求，参照表3.7.4确定。

表 3.7.4 周边环境监测报警值

项目 监测对象		累计值		变化速率 (mm/d)	备注	
		绝对值 (mm)				
1	地下水水位变化	1000~2000		500	/	
2	管线 位移	刚性 管道	压力	10~30	1~3	直接观察 点数据
			非压力	20~40	3~5	
		柔性管线		20~40	3~5	/
3	邻近建（构）筑物倾斜	小于建筑物地基变形 允许值		/	应考虑建 筑物既有 的倾斜	
4	裂 缝 宽度	建筑结构性裂缝		新增裂缝 或既有裂缝扩展	持续发展	/
		邻近地表裂缝		1~3（新增裂缝） 10~15（既有裂缝）	持续发展	/

注：1 报警值取值应根据监测对象的建造年代、结构和基础型式确定，建造时间较短、结构和基础型式较好的可取上限；

2 邻近建筑位移按照最大沉降和差异沉降双重指标控制；

3 确定基坑周边建筑、管线、道路报警值时，应保证其原有沉降或变形

值（由委托单位提供）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；

- 4 水位报警值视具体情况由设计方综合确定，且应剔除常态水位的变化情况；
- 5 爆破振动报警值的确定，应考虑受影响结构的安全以及结合基坑围护结构连接情况、影响范围内的设备设施保护等因素综合考虑，且应小于现行国家标准《爆破安全规程》GB6722规定的相应爆破振动安全允许标准。

3.7.5 当出现下列情况之一时，必须立即报警；并对基坑支护结构和周边相应的保护对象采取应急措施。

- 1 当监测值达到报警值；
- 2 基坑支护结构或周边土体的位移突然明显增大或基坑出现流砂、管涌、隆起、陷落或较严重的渗漏等；
- 3 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；
- 4 周边建（构）筑物的结构部分、周边地面出现可能发展的变形裂缝或较严重的突发裂缝；
- 5 周边管线变形突然明显增大或出现裂缝、泄漏等；
- 6 根据当地工程经验判断，出现其他必须报警的情况。

## 4 竖向位移监测

### 4.1 一般规定

4.1.1 本章适用于基坑围护结构顶部、立柱、坑底隆起以及基坑周边地表、道路、管线和邻近建（构）筑物等的竖向位移测量。

4.1.2 竖向位移监测根据工程实际情况可采用几何水准测量、静力水准测量、三角高程测量等方法。基于全站仪的三角高程测量可用于三等、四等竖向位移监测。

4.1.3 竖向位移监测精度应满足《建筑基坑工程监测技术规范》GB50497 的相关规定。

### 4.2 仪器设备

4.2.1 几何水准测量所使用的仪器及水准尺，应符合下列规定：

1 每期观测开始前，应测定水准仪的  $i$  角。对于一等、二等竖向位移观测，当  $i$  角超过  $15''$  时；对于三等、四等竖向位移观测，当  $i$  角超过  $20''$  时，应停止使用，立即送检。

2 水准尺上的米间隔平均长与名义长之差，对于因瓦水准尺，不应超过  $0.15\text{mm}$ ；对于条形码尺，不应超过  $0.10\text{mm}$ 。

4.2.2 静力水准测量可用于自动化竖向位移观测。应根据观测精度要求和预估沉降量，选取相应精度和量程的静力水准传感器，对于一、二等竖向位移测量，宜采用连通管式静力水准；对于二等及以下等级竖向位移观测，可采用压力式静力水准。

4.2.3 采用静力水准测量进行竖向位移观测，宜将传感器稳固安装在待测结构上。静力水准测量装置的安装应符合下列规定：

1 管线内液体应具有流动性；

2 安装在室外的静力水准系统，应采取措施保证全部连通管管路温度均匀，避免阳光直射；

3 对连通管式静力水准，同组中的传感器应安装在同一高度，安装标高差异不得超过其量程的  $20\%$ ；管路中任何一段的高度均应低于储水罐底部，但不宜低于  $0.2\text{m}$ 。

4.2.4 用全站仪进行三角高程测量时，全站仪标称精度应符合表 4.2.4 的规定。

**表 4.2.4 三角高程测量所用全站仪标称精度要求**

竖向位移测量等级	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。

### 4.3 现场测量

4.3.1 几何水准测量方法的现场测量应符合下列规定：

1 几何水准测量方法基准网的主要技术要求应符合表 4.3.1-1 的规定。

**表 4.3.1-1 水准测量方法基准网的主要技术要求 (mm)**

竖向位移 测量等级	相邻基准点 高差中误差	每站 高差中误差	往返较差或 环线闭合差	检测已测高差 较差
一等	0.3	0.07	$0.15\sqrt{n}$	$0.2\sqrt{n}$
二等	0.5	0.15	$0.30\sqrt{n}$	$0.4\sqrt{n}$
三等	1.0	0.30	$0.60\sqrt{n}$	$0.8\sqrt{n}$
四等	2.0	0.70	$1.40\sqrt{n}$	$2.0\sqrt{n}$

注：表中 n 为测站数。

2 数字水准仪观测要求应符合表 4.3.1-2 的规定，观测限差应符合表 4.3.1-3 的规定。

**表 4.3.1-2 数字水准仪观测要求**

竖向位移 测量等级	视线长度 (m)	前后视距差 (m)	前后视距差 累计 (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

表 4.3.1-3 数字水准仪观测限差 (mm)

竖向位移 测量等级	两次读数所测 高差之差限差	往返较差及附和或 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	$6.0\sqrt{n}$	$4.0\sqrt{n}$	$8.5\sqrt{n}$

注：1 表中 n 为测站数

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。

#### 4.3.2 静力水准的现场测量应符合下列规定：

- 1 静力水准观测的技术要求应符合表 4.3.2 的规定。

表 4.3.2 静力水准观测技术要求 (mm)

竖向位移测 量等级	传感器标称精 度	两次观测高差 较差限差	环线及附和路线 闭合差限差
一等	$\leq 0.1$	0.3	$0.3\sqrt{n}$
二等	$\leq 0.3$	1.0	$1.0\sqrt{n}$
三等	$\leq 1.0$	3.0	$3.0\sqrt{n}$
四等	$\leq 2.0$	6.0	$6.0\sqrt{n}$

注：n 为高差个数。

- 2 静力水准测量系统的数据采集与计算应符合下列规定：

(1) 观测时间应选在气温最稳定的时段，观测读数应在液体完全呈静态下进行。

(2) 每次观测应读数 3 次，读数较差应小于表 4.3.2 中相应等级的仪器标称精度，取读数的算术平均值作为观测值。

- (3) 多组串联组成静力水准观测路线时，应先按测段进行闭合差分配后计算

各组参考点的高程，再根据参考点计算各监测点的高程。

4.3.3 三角高程测量的距离和垂直角观测应符合下列规定：

1 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 4.3.3-1 的规定。

**表 4.3.3-1 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 最小读数	
			温度 (°C)	气压 (mmHg)
1mm+1ppm	3	4.0	0.2	0.5
2mm+2ppm	5	7.0	0.2	0.5

2 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 4.3.3-2 的规定。

**表 4.3.3-2 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

3 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。

## 4.4 数据处理

4.4.1 几何水准测量的数据处理应符合下列规定：

1 当每条水准路线分测段施测时，应按(4.4.1-1)式计算每千米水准测量的高差偶然中误差，其绝对值不应超过相应等级每千米高差全中误差的 1/2。

$$M_{\Delta} = \sqrt{\frac{1}{4n} \left[ \frac{\Delta\Delta}{L} \right]} \quad (4.4.1-1)$$

式中： $M_{\Delta}$ ——高差偶然中误差（mm）；  
 $\Delta$ ——测段往返高差不符值（mm）；  
 $L$ ——测段长度（km）；  
 $n$ ——测段数。

2 水准测量结束后，应按（4.4.1-2）式计算每千米水准测量高差全中误差，其绝对值不应超过相应等级的规定。

$$M_W = \sqrt{\frac{1}{N} \left[ \frac{WW}{L} \right]} \quad (4.4.1-2)$$

式中： $M_W$ ——高差全中误差（mm）；  
 $W$ ——附和或环线闭合差（mm）；  
 $L$ ——计算各  $W$  时，相应的路线长度（km）；  
 $N$ ——附和路线和闭合环的总个数。

4.4.2 静力水准测量应取 3 次观测读数算术平均值作为观测值。对连通管式静力水准系统，同一测段内静力水准测量的沉降观测按下式计算：

$$\Delta H_{kg}^{ij} = (h_k^i - h_g^i) - (h_k^j - h_g^j) \quad (4.4.2)$$

式中： $\Delta H_{kg}^{ij}$ —— $k$  测点第  $i$  次测量相对于测点  $g$  第  $j$  次测量的沉降值（mm）；  
 $h_k^i$ —— $k$  测点第  $i$  测次相对于蓄液罐内液面安装高度的距离（mm）；  
 $h_g^i$ —— $g$  测点第  $i$  测次相对于蓄液罐内液面安装高度的距离（mm）；  
 $h_k^j$ —— $k$  测点第  $j$  测次相对于蓄液罐内液面安装高度的距离（mm）；  
 $h_g^j$ —— $g$  测点第  $j$  测次相对于蓄液罐内液面安装高度的距离（mm）。

4.4.3 三角高程测量单次观测的高差应按下式计算：

$$h_{12} = (D_2 \tan \alpha_2 - D_1 \tan \alpha_1) + \left( \frac{D_2^2 - D_1^2}{2R} \right) - \left( \frac{D_2^2}{2R} K_2 - \frac{D_1^2}{2R} K_1 \right) - (v_2 - v_1) \quad (4.4.3)$$

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）；

$\alpha_1$ 、 $\alpha_2$ ——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；

$v_1$ 、 $v_2$ ——后视、前视棱镜高 (m)。

4.4.4 竖向位移监测应提交下列数据图表：

- 1 监测点位布置图；
- 2 监测成果表；
- 3 竖向位移曲线图。

## 5 水平位移监测

### 5.1 一般规定

5.1.1 本章适用于基坑围护结构顶部、管线和建（构）筑物水平位移的监测。

5.1.2 水平位移监测可根据现场条件选用小角法、极坐标法或前方交会法等方法。

5.1.3 水平位移监测精度应满足《建筑基坑工程监测技术规范》GB50497 的相关规定，且观测等级不宜低于三等。

### 5.2 仪器设备

5.2.1 经纬仪的精度要求：一测回水平方向角度中误差应不大于  $2''$ ，水平读数最小格值应不大于  $1''$ ，测量工作温度  $-20^{\circ}\text{C} \sim +50^{\circ}\text{C}$ 。

5.2.2 全站仪的精度要求：一测回水平方向角度中误差应不大于  $2''$ ，测距精度达到  $2\text{mm}+2\text{ppm}$  以上；测量工作温度  $-20^{\circ}\text{C} \sim +50^{\circ}\text{C}$ 。

### 5.3 现场测量

5.3.1 水平位移监测测站点宜布设在基坑围护结构的外直角上或位于基坑 2~3 倍开挖深度以外的稳定位置，使用带有强制对中装置的观测墩或混凝土标石。

5.3.2 水平位移监测基准网宜采用独立的平面坐标系统。必要时，可与国家坐标系统联测。监测基准网可采用三角网、导线网、GPS 网和视准轴线等形式。当采用全站仪进行基准网点观测及基准点与工作基点间的联测时，应符合《建筑变形测量规范》JGJ 8 的相关规定。

5.3.3 采用全站仪进行位移观测时，应符合下列规定：

- 1 测站点与监测点之间的距离宜符合表 5.3.3-1 的规定。

表 5.3.3-1 全站仪观测距离长度要求 (m)

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" 1mm+1ppm	≤300	≤500	≤800	≤1200
1" 1mm+2ppm	—	≤300	≤500	≤800
2" 2mm+2ppm	—	—	≤300	≤500

2 边长和角度观测测回数应符合表 5.3.3-2 的规定。

表 5.3.3-2 全站仪观测测回数

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" 1mm+1ppm	2	1	1	1
1" 1mm+2ppm	—	2	1	1
2" 2mm+2ppm	—	—	2	1

5.3.4 采用小角法观测时，可按下述步骤进行：

1 在基坑直角点或基坑监测区域一定距离以外布设测站点 A，可用工作基点作为测站点。见图 5.3.4。

2 沿基坑边线延伸设置视准线，视准线应垂直于所测位移方向。水平位移监测点 P 应尽量与视准线在一条直线上，监测点 P 偏离视准线的偏角不应超过 30'。

3 沿视准线方向在基坑监测范围外选定一个控制点 B。测量测站点与各监测点的距离，测站点与监测点之间的距离宜符合表 5.3.3-1 的规定。

4 观测前，应检查测站点 A、控制点 B 和监测点 P 的完整性，定期复核测站点和控制点的稳定性。

5 将仪器架设在测站点 A，用测回法观测  $\angle BAP$  ( $\alpha$ )，观测测回数应根据监测的精度要求和仪器、距离等因素确定，且不应少于 1 测回。

6 对监测数据进行初步分析,发现异常数据及时处理,必要时应进行复测。

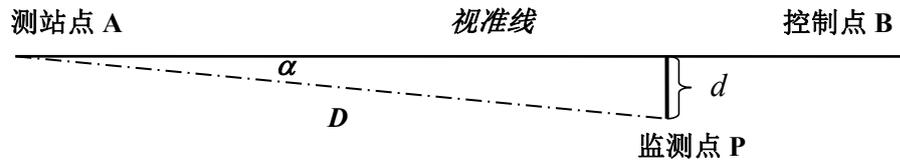


图 5.3.4 小角法

5.3.5 采用极坐标观测时,可按下述步骤进行:

1 在基坑直角点或基坑外相对稳定的区域布设测站点 A,另选定一个控制点 B,构建极坐标系,各监测点 P 宜位于极轴的逆时针方向,见图 5.3.5。测定测站点 A 与各监测点 P 的距离。测站点与监测点的距离应符合本规范表 5.3.3-1 的规定。

2 观测前,应检查测站点 A、控制点 B 和观测标志 P 的完整性,定期复核测站点和控制点的稳定性。

3 将仪器架设在已知测站点 A,用测回法测量各监测点的观测角  $\angle BAP$ ,并测定测站点与监测点的距离,按每周期计算监测点坐标值,再以坐标差计算水平位移,或直接由两周期观测方向值之差解算坐标变化量确定水平位移。水平角、距离观测测回数应符合本规范表 5.3.3-2 的规定。

4 用极坐标法进行水平位移监测时,测站点应采用有强制对中装置的观测墩,变形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。

5 对监测数据进行初步分析,发现异常数据及时处理,必要时应进行复测。

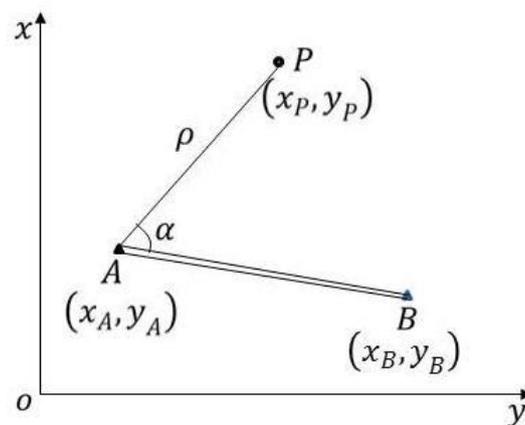


图 5.3.5 极坐标法

5.3.6 采用前方交会法进行位移观测时,可按下述步骤进行:

1 在合适位置布设测站点和监测点,所选基线应与监测点组成最佳构形,交会角

宜在  $60^\circ \sim 120^\circ$  之间。

2 分别将仪器架设在已知点 A、B 两站，观测测点 P，得到  $\angle BAP$  ( $\alpha$ )、 $\angle ABP$  ( $\beta$ ) 的角度值，见图 5.3.6。

3 根据 A、B 两点的坐标和  $\angle BAP$ 、 $\angle ABP$  计算得到测点 P 的坐标，按每周期计算监测点坐标值，再以坐标差计算水平位移，或直接由两周期观测方向值之差解算坐标变化量确定水平位移。

4 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。

5 对监测数据进行初步分析，发现异常数据及时处理，必要时应进行复测。

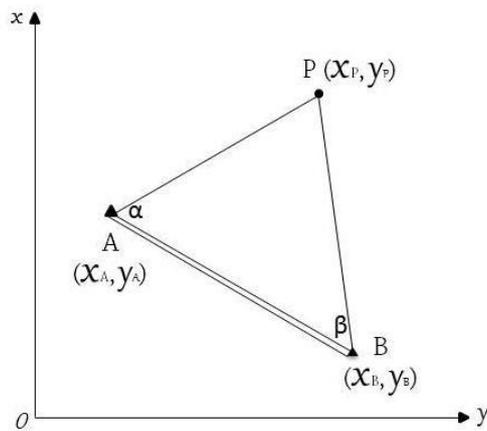


图 5.3.6 前方交会法（角度交会）

## 5.4 数据处理

5.4.1 采用小角法进行视准线测量时，监测点偏离值  $d$ （见图 5.3.4）可按下式计算：

$$d = \alpha / \rho \times D \quad (5.4.1)$$

式中： $\alpha$  — 偏角 (")；

$D$  — 从测站点到监测点的距离 (m)；

$\rho$  — 常数，其值为  $206265''$ 。

5.4.2 采用极坐标法测量时（图 5.3.5），测点 P 的坐标可按下列公式计算：

$$\alpha_{AB} = \tan^{-1} \left( \frac{x_B - x_A}{y_B - y_A} \right) \quad (5.4.2-1)$$

$$\begin{aligned}x_P &= x_A + \rho \sin(\alpha_{AB} + \alpha) \\y_P &= y_A + \rho \cos(\alpha_{AB} + \alpha)\end{aligned}\quad (5.4.2-2)$$

式中：(x<sub>A</sub>, y<sub>A</sub>), (x<sub>B</sub>, y<sub>B</sub>)—A、B 两点的坐标；

α—∠BAP；

ρ—A 点到 P 点的距离。

5.4.3 采用前方交会法测量时（见图5.3.6），监测点 P 的坐标可按下式计算：

$$\begin{aligned}x_P &= \frac{x_A \cot \beta + x_B \cot \alpha - (y_A - y_B)}{\cot \alpha + \cot \beta} \\y_P &= \frac{y_A \cot \beta + y_B \cot \alpha - (x_A - x_B)}{\cot \alpha + \cot \beta}\end{aligned}\quad (5.4.3)$$

式中：(x<sub>A</sub>, y<sub>A</sub>), (x<sub>B</sub>, y<sub>B</sub>)—A、B 两点的坐标；

α、β—A、B 两测站点内测角。

5.4.4 水平位移监测应提交下列图表：

- 1 监测点位布置图；
- 2 监测成果表；
- 3 水平位移曲线图。

## 6 深层水平位移（测斜）监测

### 6.1 一般规定

6.1.1 本章适用于基坑围护结构或周边土体的沿深度方向的水平位移监测。

6.1.2 深层水平位移采用在围护结构内或土体中埋设测斜管，通过测斜仪测量不同深度处水平位移量的方法监测。

### 6.2 仪器设备

6.2.1 可采用移动式或固定式测斜仪测量深层水平位移。

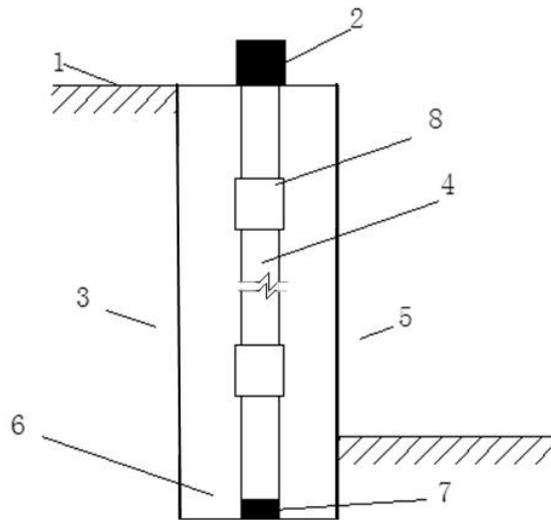
6.2.2 测斜仪的系统精度不宜低于 0.25mm/m，分辨率不宜低于 0.02mm/500mm，电缆长度应大于测斜孔深度。

6.2.3 测斜管宜采用聚氯乙烯(PVC)或铝合金等材料制成的专用测斜管，内径宜大于 45mm，内管壁应有呈十字型分布的四条凹型导槽，导槽深度宜不小于 2.0mm。

### 6.3 现场测量

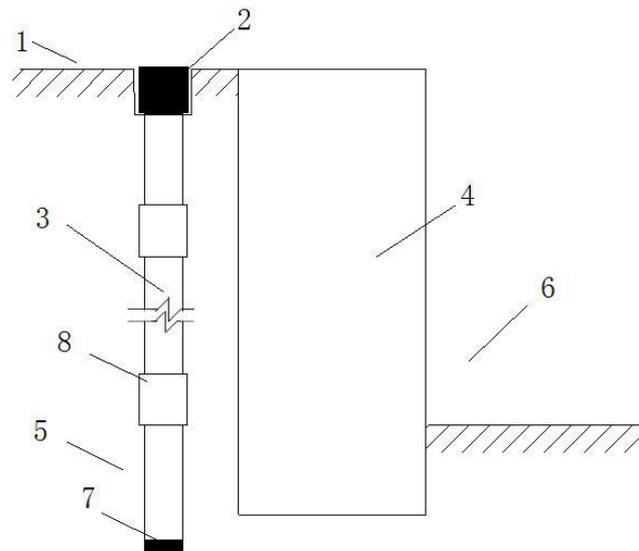
6.3.1 深层水平位移监测孔布设应符合下列要求：

- 1 监测孔布设应易于保护，便于监测，不影响基坑施工。
- 2 测斜管埋设至少应在基坑开挖前 1 周内完成。当测斜管埋设在支护桩（墙）中时，测斜管深度不宜小于支护桩（墙）的入土深度；当测斜管埋设在土体中时，测斜管深度不宜小于基坑深度的 1.5 倍，并应大于围护墙的深度。埋设方法见图 6.3.1-1 或图 6.3.1-2。



1—自然地面；2—保护盖；3—挡土侧；4—测斜管；5—开挖侧；6—围护结构；7—密封盖；8—密封接头

**图 6.3.1-1 围护结构内测斜管埋设示意图**



1—自然地面；2—保护盖；3—测斜管；4—围护结构；5—挡土侧；6—开挖侧；7—密封盖；8—密封接头

**图 6.3.1-2 土体内测斜管埋设示意图**

3 测斜管埋设时应保持竖直，连接时应保证上、下段的导槽相互对准顺畅，防止发生断裂、扭转；测斜管底部应用底塞将管底封牢。

4 测斜管可采用绑扎法、钻孔法埋设。当采用绑扎埋设时，测斜管应与桩（墙）内的钢筋笼绑扎牢固，并使一对导槽的方向与围护结构变形方向一致；当采用钻孔法埋设时，钻孔直径不应小于 100mm，测斜管安装后，管内应充满水，并使一对导槽的

方向应与围护结构或土体变形方向一致，测斜管与钻孔之间的孔隙应填充密实。

5 测斜管埋设后应在管口设置有效的保护设施，测斜管孔口应盖上保护管盖，并做好防损标志。

6.3.2 现场观测应满足下列要求：

1 深层水平位移监测的初始值应取基坑开挖之前连续两次观测无明显差异读数的平均值。采集深层水平位移的初始值时，应同时采用其他测量仪器观测各测孔的孔口坐标。

2 探头放入测斜管内至少应静置至测头温度与周围一致，且读数稳定后再进行观测。探头在测斜管内的提升速度宜保持稳定，避免急拉急停。

3 观测时应将探头从正方向缓慢下至孔底，自下而上将测头稳定在测点位置上，待读数稳定后记录读数，直到管口。

4 将探头旋转 180 度放同一对导槽，按以上方法在同一位置上重复观测。

5 若两组数据存在明显差异时，应检查仪器是否正常，并重新进行观测。

6 当监测孔在基坑阳角位置时，应观测两个方向的深层水平位移值。

## 6.4 数据处理

6.4.1 测斜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。当测斜管管底产生较大的水平位移时（如软土地区）或测斜管可测深度均在桩体（土体）变形区域范围内时（如堵孔后），应以管顶作为起算点，并采用其他测量仪器测定测斜孔口水平位移作为基准值。一般情况下，如果测斜管底部进入较深的稳定土层内，则可以底部作为固定起算点。

基坑方向各量测段水平位移值可按下列公式计算：

$$\begin{aligned}\Delta x_n &= \sum_{i=1}^n L(\sin \theta_{xi} - \sin \theta_{xi0}) \\ \Delta y_n &= \sum_{i=1}^n L(\sin \theta_{yi} - \sin \theta_{yi0})\end{aligned}\quad (6.4.1)$$

式中： $\Delta x_n$ 、 $\Delta y_n$ —若以底部作为固定起算点，则为从管底向上第 n 测段处的总水平位移值（mm）；采用管口作为起算点，则为从管口向下第 n 测段处的总水平位移值（mm）；

$L$ —测段长度 (mm);

$\theta_{xi}$ 、 $\theta_{yi}$ —第  $i$  个测段处本次测试倾斜角;

$\theta_{xi0}$ 、 $\theta_{yi0}$ —第  $i$  个测段处初试测试倾斜角。

注: 1 当测点布设在阳角位置时, 应同时观测测斜孔相互垂直的两个方向, 并计算  $\Delta x_n$  及  $\Delta y_n$ ; 其余位置的测点可观测测斜孔与围护结构变形一致的导槽并计算出变形值  $\Delta x_n$  或  $\Delta y_n$ 。

2 当采用底部作为起算点时,  $\Delta x_n$ 、 $\Delta y_n$  即为第  $n$  段处的位移值; 当采用管口作为起算点时, 假设管口的实测位移量为  $W_x$  和  $W_y$ , 那么第  $n$  段处的位移值为  $W_x + \Delta x_n$  或  $W_y + \Delta y_n$ 。

6.4.2 深层水平位移观测阶段性报告及总结报告均应提交下列图表:

- 1 监测孔位布置图;
- 2 监测成果表;
- 3 测斜孔变形曲线图。

## 7 倾斜监测

### 7.1 一般规定

7.1.1 本章适用于基坑邻近建（构）筑物整体倾斜的监测。倾斜监测应测定邻近建（构）筑物顶部监测点相对于底部固定点的倾斜量、倾斜方向及倾斜速率；也可通过测量建（构）筑物基础的差异沉降来间接确定。

7.1.2 倾斜监测可根据观测对象的特点、精度要求和变形速率等选用投点法、前方交会法、吊垂球法或差异沉降法；有特殊需求时，可根据现场作业条件和经济因素，选用激光准直法、倾斜仪法或其他方法。观测方法应合理易行。

7.1.3 倾斜监测精度应符合《建筑变形测量规范》JGJ8 相关要求，宜根据给定的倾斜量允许值和基坑工程特点采用的位移观测等级不低于三等。

### 7.2 仪器设备

7.2.1 经纬仪的精度要求：一测回水平方向角度中误差应不大于 $2''$ ，水平读数最小格值应不大于 $1''$ 。

7.2.2 全站仪的精度要求：一测回水平方向角度中误差应不大于 $2''$ ，水平读数最小格值应不大于 $1''$ ，距离测量范围 $1.3\sim 4000\text{ m}$ ，测距精度达到 $2\text{mm}+2\text{ppm}$ 以上；测量工作温度 $-20^{\circ}\text{C}\sim +50^{\circ}\text{C}$ 。

7.2.3 倾斜仪的精度不宜低于 $0.1^{\circ}$ ，分辨率不宜低于 $0.01^{\circ}$ 。

7.2.4 游标卡尺的精度要求不宜低于 $0.1\text{ mm}$ ，钢尺最小刻划读数不宜低于 $1\text{ mm}$ 。

### 7.3 现场测量

7.3.1 建筑倾斜监测测站点的布设应符合下列要求：

1 采用投点法在建筑外部观测时，测站点应选在与倾斜方向成正交的方向线上、距照准目标 $1.5\sim 2.0$ 倍目标高度的稳定位置。

2 测站点可根据不同的观测要求，使用带有强制对中装置的观测墩或混凝土标石。

7.3.2 倾斜监测点位的标志设置应符合下列要求：

1 建筑顶部和墙体上的监测点，可采用埋入式固定标志、反射片或建（构）筑物的特征点，标志应坚硬，耐用、便于保护。

2 不便于埋设标志的塔形、圆形建筑以及垂直构件，可以照准视线所切同高边缘确定的位置或用高角度控制的位置作为监测点。

3 对于一次性倾斜观测项目，监测点标志可采用标记形式或直接利用符合位置与照准要求的特征部位，测站点可采用小标石或临时性标志。

7.3.3 采用投点法观测时，可按下述步骤进行：

1 在测站点用全站仪的望远镜瞄准建筑顶部监测标志点 P，旋紧水平制动螺旋，降低望远镜照准建筑底部确定投影点，用红漆作标志。

2 在底部监测点位置安置水平读数尺等量测设备。

3 观测前，应检查观测标志和测站点的稳定性和完整性。

4 在每测站点安装全站仪，测出每对上下监测点标志间的水平位移分量，再按矢量相加法求得水平位移值（倾斜量）和位移方向（倾斜方向）。

5 对监测数据进行初步分析，发现异常数据及时处理，必要时应进行复测。

7.3.4 采用前方交会法观测时，可按本标准第 5.3.6 条要求执行。

7.3.5 采用吊垂球法观测时，可按下述步骤进行：

1 应在顶部或所需高度处的监测点位置上，直接或支出一点悬挂适当重量的锥形垂球，在地面或墙面上确定初始点，用红漆作标志。

2 在垂线下的底部固定毫米格网读数板或小钢尺等读数设备。

3 观测前，应检查上部观测标志和读数设备的稳定性和完整性。

4 直接读取或量出上部监测点相对底部监测点的水平位移量和位移方向。

5 对监测数据进行初步分析，发现异常数据及时处理，必要时应进行复测。

7.3.6 采用激光准直法观测时，可按下述步骤进行：

1 在建筑底部地面设置测站点，在顶部设置固定监测点，且便于安装激光接受靶。

2 将激光准直仪安放在测站点上，用游标卡尺量出接收靶上激光点到监测点的距离，确定初始值和方位。

3 观测前，应检查上部观测标志和测站点的稳定性和完整性。

4 在每测站点上安放激光准直仪，用游标卡尺量出接收靶上激光点到监测点的距离，鉴别变形方向。

5 对监测数据进行初步分析，发现异常数据及时处理，必要时应进行复测。

7.3.7 当利用相对沉降量间接确定建筑整体倾斜时，可在平行于倾斜方向的建筑外墙柱或基础上选设监测点，采用水准测量方法，以所测各周期监测点的沉降差换算求得建筑整体倾斜度及倾斜方向。

7.3.8 当受外部条件限制，需采用倾斜仪测量建（构）筑物倾斜时，应在平行于倾斜方向的楼面或建筑顶部安装固定倾斜仪，以所测楼层面的水平角度变化值，分析计算建（构）筑物的倾斜。

## 7.4 数据处理

7.4.1 建（构）筑物主体的倾斜率，应按下式计算：

$$i = \tan \alpha = \frac{\Delta D}{H} \quad (7.4.1)$$

式中：i—主体的倾斜率；

$\Delta D$ —建（构）筑物顶部监测点相对于底部监测点的倾斜值（m）；

H—建（构）筑物的高度（m）；

$\alpha$ —倾斜角（°）。

7.4.2 按差异沉降推算主体的倾斜值，应按下式计算：

$$\Delta D = \frac{\Delta S}{L} H \quad (7.4.2)$$

式中： $\Delta D$ —倾斜值（m）；

$\Delta S$ —基础两 endpoint 或两监测点的沉降差（m）；

L—基础两 endpoint 或两监测点的水平距离（m）；

H—建（构）筑物的高度（m）。

7.4.3 倾斜观测应提交下列图表：

- 1 监测点位布置图；
- 2 监测成果表；
- 3 建筑主体倾斜曲线图。

## 8 裂缝监测

### 8.1 一般规定

8.1.1 本章适用于基坑施工期间围护结构、周边道路和建（构）物裂缝变化的监测。

8.1.2 裂缝监测应测量裂缝的位置、走向、长度、宽度及其变化情况，必要时宜进行裂缝深度的监测。

### 8.2 仪器设备

8.2.1 裂缝的量测可采用比例尺、游标卡尺、坐标格网板、裂缝仪及裂缝计等工具进行。

8.2.2 裂缝的宽度量测精度不宜低于 0.1mm，长度量测精度不宜低于 1.0mm。

### 8.3 现场测量

8.3.1 在基坑工程围护结构施工前应对其影响范围内的建（构）筑物、道路进行裂缝勘察，记录已有裂缝的分布位置和数量，测定其走向、长度及宽度，并选取有代表性的裂缝做好监测标志。标志安装完成后，应拍摄裂缝观测初期的照片。

8.3.2 对需要监测的裂缝应统一进行编号，每条裂缝布设的监测标志至少应设三组，一组应在裂缝的最宽处，另两组布设在裂缝的两个末端。裂缝监测标志应具有可供测量的明晰端面或中心，且应跨裂缝安装。

8.3.3 裂缝监测标志宜采用镶嵌或埋入金属标志、油漆平行线标志或在测量部位粘贴石膏饼标志等；当需要测出裂缝纵横向变化时，可采用坐标方格网板标志。使用专用仪器设备观测的标志，应按具体要求另行布设。

8.3.4 裂缝宽度监测可根据标志形式的不同分别采用比例尺、小钢尺或游标卡尺等工具量出标志间距离求得裂缝变化值，或用方格网板读取坐标差计算裂缝变化值。

8.3.5 裂缝长度监测可用钢尺或游标卡尺等工具直接量测。若裂缝呈单一方向发展，可直接量测裂缝的两端直线距离作为裂缝长度发展参照值，判断裂缝发展速度；若裂缝发展不规则，则可将裂缝划分若干个单一方向段，再进行长度的量测，必要时采用坐标网格量取裂缝长度。

8.3.6 当原有裂缝错位发育时，宜采用划平行线的方法量测裂缝的上下错位量。

8.3.7 当围护结构、周边道路和建（构）物出现新裂缝时，应及时选取有代表性的裂缝，增设监测点。

8.3.8 每次裂缝监测皆应绘出裂缝的位置、形态和尺寸，注明日期，并拍摄裂缝照片。

## 8.4 数据处理

8.4.1 裂缝监测应提交下列图表：

- 1 裂缝位置分布示意图；
- 2 裂缝监测成果表。

8.4.2 每次裂缝监测完毕，还应分析裂缝发展变化趋势，必要时提供裂缝变化曲线图。

## 9 地下水位监测

### 9.1 一般规定

9.1.1 本章适用于基坑开挖时周边地下水位变化的监测。

9.1.2 地下水位宜在基坑止水帷幕外侧的土体中埋设水位管进行监测。

### 9.2 仪器设备

9.2.1 地下水位监测可采用钢尺水位计、电子水位计或渗压计。

9.2.2 仪器的量测精度不宜低于 10mm。

### 9.3 现场测量

9.3.1 水位井的设置应符合下列要求：

1 水位井应在基坑开挖前埋设完成，采用钻孔埋设水位管的方式布设。

2 水位管位于含水层的管段应预制成花管状（打孔），外缠滤布，管底端封闭。为避免滤布堵塞，钻孔施工宜采用清水钻进，成孔后将水位管送入孔中预定位置。

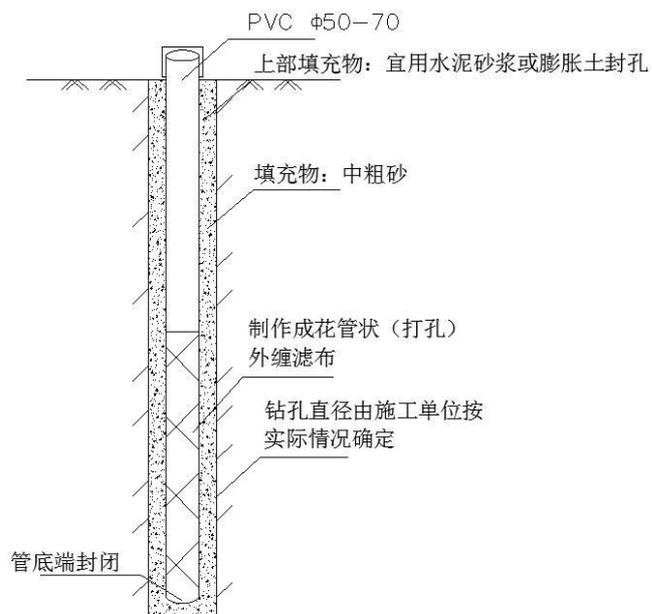


图 9.3.1 水位管埋设示意图

3 水位管直径宜为 50~70 mm，滤管段长度应满足量测要求，与钻孔孔壁间应灌砾砂或石米填实，水位管管口应加盖保护。被测含水层与其他含水层间应采取有效的隔水措施，含水层以上部分应用膨润土球或注浆封孔。

4 水位管管底的埋置深度应满足设计要求，当设计无要求时，应超过基坑底不少于 3m。

9.3.2 水位井施工完毕一周后，宜逐日连续观测水位并取得稳定初始值。

9.3.3 在水位井安装完成后，地下水位测量前，宜对水位井逐个进行抽水或灌水试验，以判断其工作状态的可靠性。监测期间若发现数据异常，也可对异常井进行校验。

9.3.4 地下水位监测应测量管口高程，用以修正水位高程。

9.3.5 每次水位量测应至少进行 3 次读数，并取其平均值作为监测值。

## 9.4 数据处理

9.4.1 基坑降水过程中，根据渗压计测得的水压力来计算地下水位时，可按下式进行计算：

$$h = H - \frac{u}{\gamma_w} \quad (9.4.1)$$

式中： $h$ —地下水位深度（m）；

$H$ —渗压计的埋设深度（m）；

$u$ —水压力（kPa）；

$\gamma_w$ —水的重度（kN/m<sup>3</sup>）。

9.4.2 地下水位监测应提交下列数据图表：

- 1 监测点布置图；
- 2 监测成果表；
- 3 地下水位时间过程曲线图。

## 10 支撑内力监测

### 10.1 一般规定

10.1.1 本章适用于基坑内支撑的轴力监测。

10.1.2 支撑内力监测可采用在支撑内部或表面安装应变计或应力计进行量测的方法。对于混凝土构件可采用钢筋应力计、混凝土应变计、光纤传感器等；对于钢构件可采用轴力计或应变计等。

### 10.2 仪器设备

10.2.1 专用测力计、应力计和应变计的量测精度不宜低于 0.5%F.S，分辨率不宜低于 0.2%F.S，量程宜为承载力最大设计值的 1.5 倍。

10.2.2 数据采集所用频率仪的分辨率应小于 0.1Hz。

### 10.3 现场测量

10.3.1 传感器的安装埋设应符合下列要求：

1 传感器宜在基坑开挖前一周或在构件制作时预埋，并进行编号。

2 混凝土支撑轴力监测传感器可采用混凝土应变计、钢筋应力计。安装时，应保证传感器与支撑受力方向在同一轴线上。每个截面上下左右表面中间各布设 1 个应变计或应力计（如图 10.3.1-1）；钢支撑轴力监测传感器采用在固定端安装轴力计或在支撑表面对称安装表面应变计（如图 10.3.1-2、图 10.3.1-3）。

3 钢筋应力计宜采用螺纹连接。当采用对焊、坡口焊或熔槽焊等焊接时，应避免高温损坏应力计，对于直径大于 28mm 的钢筋，不宜采用对焊焊接。

4 采用轴力计测量钢支撑的内力时，轴力计必须与钢构件中心轴线对齐，保证各接触面平整，结构受力通过传感器正常传递。宜在支撑固定端钢板上焊接专用托架固定轴力计。

5 传感器安装完毕后，应做好元器件和导线的保护。

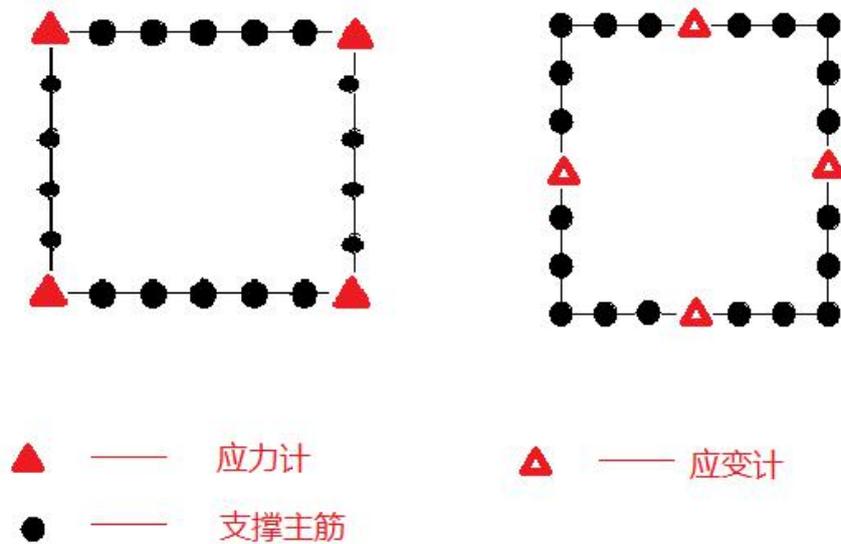


图 10.3.1-1 钢筋混凝土支撑轴力检测应力计（应变计）布置示意图

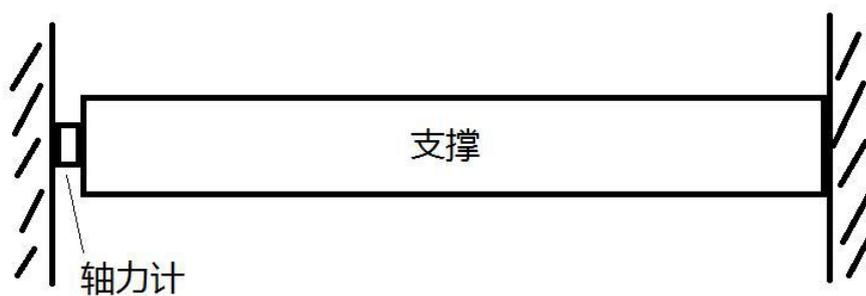


图 10.3.1-2 钢支撑轴力监测轴力计布置示意图

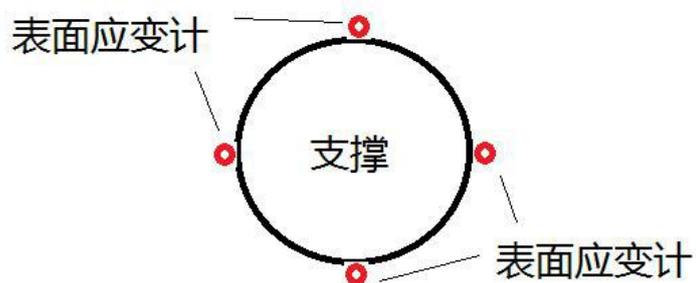


图 10.3.1-3 钢支撑轴力监测表面应变计布置示意图

10.3.2 取基坑土方开挖前连续2天以上量测的稳定值的平均值作为内力监测的初始值。

10.3.3 围护结构内力监测应考虑温度变化等因素的影响，钢筋混凝土结构还应考虑混

凝土收缩、徐变以及裂缝的影响。

10.3.4 除采用应变计或应力计测量支撑轴力外，还可在支撑两端布设变形测点，通过测量支撑长度变化的方式反算轴力。这种方法也可作为支撑轴力监测的校核措施。

## 10.4 数据处理

10.4.1 支护结构内力监测结果应按传感器说明书所给出的计算公式进行计算，同一监测截面有多个传感器时，取其平均值作为监测值。

10.4.2 钢筋应力计测量支护结构轴力可按下式计算：

$$N_c = \sigma_t \left( \frac{E_c}{E_s} A_c + A_s \right) \quad (10.4.2)$$

式中： $N_c$ —支护结构轴力（kN）；

$E_c$ 、 $E_s$ —混凝土和钢筋的弹性模量（kN/mm<sup>2</sup>）；

$A_c$ 、 $A_s$ —混凝土截面积和钢筋总截面面积（mm<sup>2</sup>）， $A_c + A_s = A$ ；

$A$ —支护结构截面积（mm<sup>2</sup>），地下连续墙为每延米计；

$\sigma_t$ —应力计平均应力（kN/mm<sup>2</sup>）。

10.4.3 钢筋应力计测量围护桩（墙）弯矩可按下式计算：

$$M = \frac{E_c I_0}{E_s d} (\sigma_{s1} - \sigma_{s2}) \quad (10.4.3)$$

式中： $M$ —测量断面的计算弯矩（kN·m）；

$E_c$ 、 $E_s$ —混凝土和钢筋的弹性模量（kN/mm<sup>2</sup>）；

$I_0$ —测量断面的惯性矩（mm<sup>4</sup>）；

$\sigma_{s1}$ 、 $\sigma_{s2}$ —待测钢筋计的应力值（kN/mm<sup>2</sup>）；

$d$ —待测钢筋计之间的中心距离（mm）。

10.4.4 应变计测量支护结构轴力可按下式计算：

$$N_c = \varepsilon_c (E_c A_c + E_s A_s) \quad (10.4.4)$$

式中： $N_c$ —支撑轴力（kN）；

$E_c$ 、 $E_s$ —混凝土和钢筋的弹性模量 (kN/mm<sup>2</sup>);

$A_c$ 、 $A_s$ —混凝土截面积和钢筋总截面面积 (mm<sup>2</sup>),  $A_c + A_s = A$ ;

$A$ —支撑截面积 (mm<sup>2</sup>);

$\varepsilon_c$ —应变计平均应变。

10.4.5 应变计测量围护桩(墙)弯矩可按下式计算:

$$M = \frac{E_c I_0}{d} (\varepsilon_{s1} - \varepsilon_{s2}) \quad (10.4.5)$$

式中:  $M$ —测量断面的计算弯矩 (kN·m);

$E_c$ —混凝土的弹性模量 (kN/mm<sup>2</sup>);

$I_0$ —测量断面的惯性矩 (mm<sup>4</sup>);

$\varepsilon_{s1}$ 、 $\varepsilon_{s2}$ —待测应变计的应变值;

$d$ —待测应变计之间的中心距离 (mm)。

10.4.6 轴力计测量钢支撑轴力可按下式计算:

计算公式:

$$N_c = k_j (f_i^2 - f_0^2) \quad (10.4.6)$$

式中:  $N_c$ —支撑轴力 (kN);

$k_j$ —钢弦式轴力计常数 (kN/Hz<sup>2</sup>);

$f_i$ —轴力计测量自振频率 (Hz);

$f_0$ —轴力计测量初始自振频率 (Hz)。

10.4.7 支护结构内力监测应提交下列图表:

- 1 监测点位布置图;
- 2 监测成果表;
- 3 支护结构内力时间过程曲线图。

# 11 锚杆（索）拉力监测

## 11.1 一般规定

11.1.1 本章适用于测量基坑预应力锚杆（索）锚固端拉力随时间的变化规律，评价锚杆的工作状态。

11.1.2 锚杆（索）拉力宜采用专用测力计进行监测。

## 11.2 仪器设备

11.2.1 专用测力计的量程不宜小于设计拉力值的 1.5 倍。量测精度不宜低于 0.5%F.S，分辨率不宜低于 0.2%F.S。并应满足温度、水密性和稳定性要求。条件许可时，可采用附带温度传感器的专用测力计。

11.2.2 专用测力计应采用相匹配的二次读数设备进行数据采集。

## 11.3 现场测量

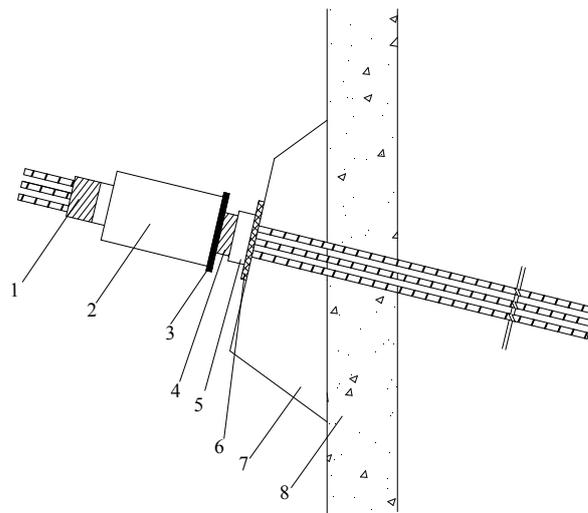
11.3.1 专用测力计与承压构件混凝土受力面间应有足够的刚度，应待承压构件混凝土与锚杆（索）的锚固段混凝土的强度达到设计要求后，方可进行锚杆（索）安装、张拉和锁定。

11.3.2 专用测力计的安装应符合下列规定：

- 1 测力计安装前应读取基准值；
- 2 安装表面应垂直锚杆（索）轴线，专用测力计受力方向应与锚杆（索）轴线重合；
- 3 专用测力计应安装在工作锚和垫板之间，见图 11.3.2；
- 4 专用测力计、电缆和集线箱应设置保护装置。

11.3.3 专用测力计的引出电缆均应可靠接地，并应编号。条件许可时，相邻多个监测元件可接入同一集线箱，联接到自动化系统进行测试。

11.3.4 采用专用测力计监测锚杆（索）拉力时，应在锚杆（索）锁定后连续进行三次测读，当三次测试的差值小于 1%F.S 时取平均值作为锚杆（索）锁定初始值。



- 1— 工具锚；2— 穿心千斤顶；3— 限位板；4— 工作锚；  
5— 测力计；6— 垫板；7— 腰梁或台座；8— 支挡结构

图 11.3.2 安装锚杆测力计的张拉锁定装置示意图

11.3.5 锚杆（索）拉力监测现场测量可按下列步骤进行：

- 1 了解与锚杆（索）拉力监测有关的资料并填写相应记录。
- 2 对二次读数设备进行日常检查测试；
- 3 检查现场引出电缆保护装置的完好性；
- 4 打开电缆保护装置，按照监测元件说明书要求联接引出电缆和二次读数设备，

依次测读各传感器读数并填写记录；

- 5 对监测数据进行初步分析，发现异常数据及时处理，必要时应进行复测；
- 6 恢复电缆保护装置。

11.3.6 当现场监测发现下列情况之一时，应进行复测：

- 1 本次测试数据和前次测试数据相差较大时；
- 2 监测元件传感器测试数据不稳定，无法取得可靠测试值时；
- 3 同一监测元件多个传感器中部分未取得测试值时。

## 11.4 数据处理

11.4.1 锚杆（索）拉力监测元件有多个传感器时，取其平均值作为监测值。

11.4.2 振弦式锚杆（索）测力计拉力可按下式计算：

$$P = K\Delta f^2 + A \quad (11.4.2)$$

式中：P—拉力值 (kN)；

K—灵敏系数 (MPa/ Hz<sup>2</sup>)；

A —修正系数；

$\Delta f^2$ —频率平方差 ( $f_n^2 - f_0^2$ )；

$f_n$  —n 时刻的频率值；

$f_0$ —初始频率值。

11.4.3 锚杆（索）拉力监测应提交下列图表：

- 1 监测点位布置图；
- 2 监测成果表；
- 3 锚杆（索）拉力时间过程曲线图。

## 12 土压力监测

### 12.1 一般规定

12.1.1 本章适用于基坑施工过程中对基坑周边土压力变化的监测。

12.1.2 土压力监测宜采用土压力计测量，其埋设方式可根据围护结构的类型（刚性围护结构、柔性围护结构）和施工工艺等选取边界式或埋入式。

### 12.2 仪器设备

12.2.1 土压力计可采用电阻式或振弦式，相应数据采集仪器分别采用电阻应变仪和钢丝频率计。

12.2.2 土压力计量测精度不宜低于 0.5%F.S，分辨率不宜低于 0.2%F.S。

12.2.3 土压力计性能应符合下列要求：

1 土压力计量程应满足被测压力的要求，其上限可取被测压力估值的 2 倍。被测压力  $p$  可按下式进行估算：

$$p = p_0 + \Delta p_g + \Delta p_s \quad (12.2.3)$$

式中：

$p$  —被测土压力估值（kPa）；

$p_0$  —静止土压力理论计算值（kPa）；

$\Delta p_g$  —基坑围护结构位移引起的被动土压力增量，或施工过程中造成的挤压力（kPa）；

$\Delta p_s$  —施工工艺引起的附加应力增量（kPa）。

2 地下水位以下工作的土压力计，应严格进行水密性检查，要求在 300kPa 水压下能保持良好的稳定性。

3 土压力计的刚度宜接近或大于周边岩土体的刚度，直径与填土平均粒径之比宜大于 10。对埋入式盒，还要求形状扁平，其厚度与直径之比不宜小于 0.2。

4 对于打入式围护结构，应选用具有一定抗震和抗冲击性能的土压力计。

12.2.4 土压力计在埋设前必须进行标定。标定结果应符合下列规定：

- 1 压力无变化时仪表指示的读数应稳定；
- 2 曲线的 3 次重复误差应小于精度要求；
- 3 电测式压力计应绝缘可靠，埋入土中的导线不宜有接头，所使用电源的电压值应在允许范围内。

## 12.3 现场测量

12.3.1 边界式土压力计安装方法可采用挂布法。挂布法安装可参见图 12.3.1，埋设基本要求为：

- 1 桩孔钻进（成槽）应有完整的原始记录，包括回次、进尺、地层分层深度和土的性质描述等；
- 2 挂布应结实，布帘宽度可取  $1/2 \sim 1/3$  槽段宽度（支护桩周长）；
- 3 布帘上布袋缝制位置应对应埋设的设计深度，布袋应缝制在布帘宽度方向的中间，土压力计放入后应封口固定；
- 4 布帘应平铺固定在钢筋笼的近土面一侧外表面上，土压力计受力应面向钢筋笼外侧。钢筋笼吊装安放时应检查方向正确无误；
- 5 土压力计测试导线应固定在钢筋主筋上，应注意导线长度较埋设深度有一定富余。在土压力盒安装部位，应将导线预留 20cm；
- 6 水下混凝土浇筑过程中应进行土压力读数监测，确定土压力计安装是否成功。

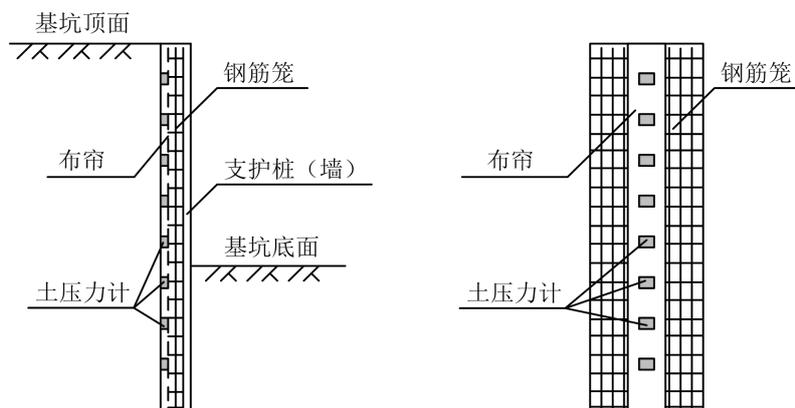


图 12.3.1 挂布法安装示意图

12.3.2 埋入式土压力计安装方法可采用钻孔法。埋设基本要求为：

- 1 钻孔深度应比设计深度深 0.5m~1.0m。钻孔应有完整的原始记录，包括回次、进尺、地层分层深度和土的性质描述等；
- 2 钻孔不宜采用泥浆护壁成孔，钻孔应圆直、干净，孔内应无沉渣和泥浆；
- 3 在填土层或浅层松散不稳定的土层中，应下套管护孔，套管应保证垂直；
- 4 土压力计应固定在安装架内，应将受力面与所监测的压力方向垂直；
- 5 安装架放入钻孔内后应逐段连接安装架压杆，然后通过压杆将土压力计压到设计标高；
- 6 土压力计导线通过压杆引到地面时应注意导线长度较埋设深度有一定富余；
- 7 钻孔回填封孔时应注意回填均匀密实，且回填材料宜与周边岩土体一致。

#### 12.3.3 土压力计埋设过程应符合下列要求：

- 1 土压力计引出的管接头和电缆应做好保护工作，避免在基坑施工过程中造成损坏；
- 2 做好土压力计保护措施；
- 3 做好完整的埋设记录。并绘制埋设柱状图，图中应标明各土压力计具体安放位置。

#### 12.3.4 初始值量测应符合下列要求：

- 1 土压力计埋设以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的初始值；
- 2 稳定值应符合连续 3 天读数差小于 2kPa；
- 3 初始值应取稳定后读数的平均值或中值。

#### 12.3.5 日常量测应符合下列要求：

- 1 基坑开挖和地下室施工期间，应按基坑设计施工图要求的监测频率进行监测；
- 2 每次量测均应及时做好记录，完整填写日报表；
- 3 土压力监测的同时，应测量土压力计埋设位置附近的地下水位；
- 4 监测过程中应注意记录周围环境、地面荷载、施工工艺对土压力的影响；
- 5 测试过程中应随时计算校核分析测试数据，当出现异常值时，应及时复测并分析原因，并提出意见和建议；
- 6 监测过程中应对埋设土压力计的安装受力状态、稳定性、损坏情况等进行统计和分析。

## 12.4 数据处理

12.4.1 振弦式土压力计的土压力可按下式计算：

$$p = k_f \cdot (f_0^2 - f^2) \quad (12.4.1)$$

式中： $P$  —土压力 (kPa)；

$k_f$  —振弦式土压力计的标定系数 (kPa/Hz<sup>2</sup>)；

$f_0$  —土压力计埋设后测得的初始值 (Hz)；

$f$  —监测时测得的频率值 (Hz)。

12.4.2 电阻式土压力计的土压力可按下式计算：

$$p = k_\varepsilon \cdot (\varepsilon - \varepsilon_0) \quad (12.4.2)$$

式中： $k_\varepsilon$  —电阻式土压力计的标定系数 (kPa/ $\mu\varepsilon$ )；

$\varepsilon$  —监测时测得的读数 ( $\mu\varepsilon$ )；

$\varepsilon_0$  —土压力计埋设后测得的初始值 ( $\mu\varepsilon$ )。

12.4.3 土压力监测应提供下列图表：

- 1 监测点位平面、深度布置图；
- 2 监测成果表；
- 3 土压力时间过程曲线。

## 13 孔隙水压力监测

### 13.1 一般规定

13.1.1 本章适用于基坑施工过程中对基坑周边土体内孔隙水压力变化的监测。

13.1.2 孔隙水压力监测宜采用孔隙水压力计测量，孔隙水压力计可采取钻孔法埋设。

### 13.2 仪器设备

13.2.1 孔隙水压力计可采用振弦式或电阻式，相应数据采集仪器分别采用频率计和电阻应变仪。

13.2.2 孔隙水压力计的量测精度不宜低于 0.5%F.S，分辨率不宜低于 0.2%F.S。

13.2.3 孔隙水压力计量程应满足被测压力的要求，其上限可取静水压力与预估超孔隙水压力之和的 2 倍，且不大于静水压力与超孔隙水压力之和 100~200kPa 以上为宜。

13.2.4 孔隙水压力计在埋设前必须进行标定。标定结果应符合下列规定：

- 1 压力无变化时仪表指示的读数应稳定；
- 2 曲线的 3 次重复误差应小于精度要求；
- 3 电测式压力计应绝缘可靠，埋入土中的导线不宜有接头，所用电源的电压值应在允许范围内。

### 13.3 现场测量

13.3.1 孔隙水压力监测点的布置，应结合场地周围地质环境和作业条件，综合考虑确定，并应符合下列要求：

- 1 孔隙水压力监测点在平面上宜沿着应力变化最大方向，并结合其他监测对象位置布置；
- 2 当需测定工程降水的影响范围时，孔隙水压力测试孔应沿抽降漏斗的长短轴方向布置；
- 3 当需监测基坑降水对邻近建筑物的影响时，应选择离建筑物最短的半径方向布设孔隙水压力测试孔，间距宜为 5~10m；

4 在垂直方向上测点应根据应力分布特点和地层结构布设。一般每隔 2~5m 布设 1 个测点；当分层设置时，每个测试孔每层应不少于 1 个测点；

5 孔隙水压力测点的埋设深度应深于设计降水深度，当需要测定基坑底部的孔隙水压力时应埋设于基坑底部以下一定深度范围的土层中；

6 对需要提供基坑孔隙水压力等值线的工程或部位，测试孔应适当加密且埋设同一高程上的测点高差宜小于 0.5m。

13.3.2 钻孔法埋设孔隙水压力计的钻孔应满足如下要求：

1 钻孔直径宜为 110mm~130mm，应采用清水对钻孔进行清洗，钻孔应圆直、干净，孔内应无沉渣和泥浆；

2 在填土层或浅层松散不稳定的土层中，应下套管护孔，套管应保证垂直；

3 钻探应有完整的原始记录，包括回次、进尺、地层分层深度和土的性质描述等。

13.3.3 孔隙水压力计安装应满足如下要求：

1 孔隙水压力计安装与埋设必须在水中作业，安放前必须排除孔隙水压力计内的空气。滤水石不得与大气接触，若有接触必须重新排气；

2 孔隙水压力计周围必须回填透水填料，填料宜选用纯净的中粗砂、砾砂或粒径小于 10mm 的碎石块。孔隙水压力计周围透水填料层高度宜为 0.6~1.0m；

3 垂直方向的孔隙水压力计之间的隔水填料与钻孔封口材料宜采用直径 10mm~20mm 的干燥膨润土球，隔水填料高度不应小于 1.0m，在投放膨润土球时应缓慢均衡投入，确保隔水效果；

4 测试孔口部应设置有效的防护装置并设立明显的标志，孔隙水压力计引出的接头和电缆应做好保护工作；

5 应做好完整详细的埋设记录。并绘制埋设柱状图，图中应标明各孔隙水压力计安放位置、透水填料层和隔水填料层的实际深度等。

13.3.4 初始值量测应符合下列要求：

1 孔隙水压力计埋设以后应立即进行检查测试，基坑开挖前应至少经过 1 周时间的逐日监测并取得稳定的初始值。

2 稳定值应符合连续 3 天读数差小于 2kPa。

3 初始值应取稳定后读数的平均值或中值。

13.3.5 日常量测应符合下列要求：

- 1 基坑开挖和地下室施工期间，应按基坑设计施工图要求的监测频率进行监测。
- 2 每次量测均应及时做好记录完整填写日报表。
- 3 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。
- 4 监测过程中应注意记录周围环境对孔隙水压力的影响。
- 5 测试过程中应随时计算校核分析测试数据，当出现异常值时，应及时复测并分析原因，并提出意见和建议。
- 6 监测过程中应对埋设孔隙水压力计的安装受力状态、稳定性、损坏情况等进行分析。

### 13.4 数据处理

13.4.1 振弦式孔隙水压力计的孔隙水压力可按下式计算：

$$u = k_f \cdot (f_0^2 - f^2) \quad (13.4.1)$$

式中： $u$  — 孔隙水压力 (kPa)；

$k_f$  — 振弦式孔隙水压力计的标定系数 (kPa/Hz<sup>2</sup>)；

$f_0$  — 标定时测得零点压力下的频率值 (Hz)；

$f$  — 监测时测得的频率值 (Hz)。

13.4.2 电阻式孔隙水压力计的孔隙水压力可按下式计算：

$$u = k_\varepsilon \cdot (\varepsilon - \varepsilon_0) \quad (13.4.2)$$

式中： $k_\varepsilon$  — 孔隙水压力计的标定系数 (kPa/ $\mu\varepsilon$ )；

$\varepsilon_0$  — 标定时测得零点压力的初读数 ( $\mu\varepsilon$ )；

$\varepsilon$  — 监测时孔隙水压力计的测读值 ( $\mu\varepsilon$ )。

13.4.3 孔隙水压力监测应提供下列图表：

- 1 监测点位平面、深度布置图；
- 2 监测成果表；
- 3 孔隙水压力时间过程曲线。

## 14 爆破振动监测

### 14.1 一般规定

14.1.1 本章适用于基坑开挖爆破施工时的振动监测。

14.1.2 爆破振动应根据工程性质、爆破规模、地形、水文地质条件、环境及保护对象重要性等因素选取合适的频次进行爆破质点振动的速度和加速度监测。

14.1.3 爆破振动监测应由设计单位提出爆破施工对周边环境振动影响的控制指标。选取振动安全控制指标时，需考虑以下因素：

1 对地面上的建（构）筑物应综合考虑建（构）筑物的重要性、建筑质量、新旧程度、损坏程度、水文地质条件、地基条件和自振频率等。

2 对地下空间应综合考虑建（构）筑物的重要性、围岩状况、断面大小、埋深大小、爆源方向、地震振动频率等因素。

3 对省级以上（含省级）重点保护古建筑与古迹的振动安全控制指标，应经过专家论证选取，并报相应管理部门批准。

### 14.2 仪器设备

14.2.1 爆破振动监测仪器及其信号采集系统宜符合以下规定：

- 1 记录设备的采样频率应大于 12 倍被测物理量的上限主频率。
- 2 记录设备的测量幅值范围应满足被测物理量的预估幅值要求。
- 3 有可靠的自触发功能和负延时功能。
- 4 具有两个或以上通道。
- 5 具有信号显示、保存实测信号及分析处理功能。
- 6 波形曲线必须有横纵坐标刻度值。
- 7 爆破振动监测信号导线应选用屏蔽线缆。

14.2.2 爆破振动监测的传感器宜满足以下要求：

1 传感器频带线性范围应覆盖被测物理量的频率，地下开挖爆破选用的传感器频响范围宜在 20~500Hz。可根据爆破振动频率的高低，配置不同频响范围的传感器供

选用。

2 传感器宜具有较好的低频域功能，低频响应不宜高于 10Hz。

### 14.3 现场测量

14.3.1 爆破质点振动速度监测应同时测定质点振动相互垂直的三个分量，并使传感器的定位方向与所测量的振动方向一致。

14.3.2 应采取措施保证传感器的埋设与被测对象牢固连接、波形不失真。在混凝土结构或岩石上，可选择用膨胀螺丝固定的方式，或将传感器底座用石膏、水泥砂浆或环氧树脂固定在测点表面上。若测点表面为土质时，要清除表面虚土。当测试的振动量级较大时，应铺上碎石，经人工夯实后浇注表面平整的混凝土墩，再安装传感器。采用加速度传感器时，所用螺栓应与标定时一致，安装方向要注意减少横向效应的影响。

14.3.3 现场监测时，应收集爆破规模、爆破方式、孔网参数及起爆网络等爆破参数。并记录测点位置和爆破点位置，明确相对距离。

14.3.4 当需要测试振动衰减规律时，传感器宜以直线排列布设，直线段起点为爆破点，布设不少于两个监测点。

14.3.5 监测人员需与爆破指挥人员保持联系，以便在爆破前使仪器处于采样状态或待触发状态。

14.3.6 爆破前应预计当次爆破振动持续时间和振动频率范围，设定的采样参数（触发通道、触发门槛值、振动幅值限值、采样频率和采样长度等）应可以捕捉到完整的振动波形，准确判读最大振动速度。

14.3.7 爆破振动测试人员和设备必须处于爆破安全影响范围外，确保安全。

14.3.8 监测后应填写爆破振动监测记录表。

### 14.4 数据处理

14.4.1 当爆破振动影响以振动速度单参数控制时，判断监测点的最大振动波形并得出峰值读数，得出最大爆破振动速度。

14.4.2 当爆破振动影响采用双参数判断时，需判读监测点的最大振动速度，并计算出对应主振频率。

14.4.3 爆破振动监测安全允许标准应根据基坑临时支护结构连接情况以及影响范围的设备设施保护等，参照《爆破安全规程》GB6722 关于爆破振动安全允许标准的规定，由基坑工程设计方确定。

14.4.4 核电站及受地震惯性力控制的精密仪器、仪表等特殊保护对象，应采用爆破振动加速度作为安全判据，安全允许质点加速度由相关管理单位确定。

14.4.5 爆破振动结果记录表格内容包括：爆破施工设计参数、爆破点平面位置和高程、测点位置和状况、场区地质情况等、采用的仪器设备、测试时间。

14.4.6 爆破振动监测应提供下列图表：

- 1 监测点布置图；
- 2 监测成果表；
- 3 爆破振动时间过程曲线图。

## 15 自动化监测

### 15.1 一般规定

15.1.1 本章适用于基坑施工的自动化监测。自动化监测可利用网络通信手段实现远程实时监控和信息传输。

15.1.2 当出现以下情况时，根据工程监控需要，可进行自动化监测：

1 监测频率要求高或需要连续监测，基坑或周边环境变形或变形速率超过警戒值、出现危险征兆或进行工程抢险；

2 基坑施工影响范围内有建成的轨道交通设施等需要监测但因条件限制难以进行人工监测；

3 其他适合采用自动化监测的情况。

15.1.3 自动化监测的技术要求不应低于常规监测方法的要求。

15.1.4 自动化监测系统使用前应进行检验，自动化监测结果宜与人工监测结果比对；使用过程中应定期对自动化监测系统进行检查，保证系统运作正常和测量数据可靠。

15.1.5 监测前应在收集资料基础上，进行现场踏勘调查，编制自动化监测技术方案。根据监测对象、范围、方法和现场环境等方面的具体情况，选取全自动化监测方式或自动化监测结合人工监测方式。

### 15.2 仪器设备

15.2.1 自动化监测根据测量数据采集手段，一般可分为光学仪器自动化监测和力学传感器自动化监测两种类型。两种类型常用的仪器设备见表 15.2.1。

表 15.2.1 各种数据采集类型常用的仪器设备

序号	自动化监测数据采集类型	使用仪器设备	备注
1	光学仪器	全站仪和激光测距仪等	一维至三维坐标变化测量
2	力学传感器	倾斜计、裂缝计、收敛计、振动传感器、水位计、土压力计、孔隙水压力计、应变计或轴力计、静力水准仪等	应力应变和变形测量

备注：有条件时，可考虑使用卫星导航定位测量接收机等设备。

15.2.2 自动化监测项目常用的数据采集设备、传感器或测点埋设件见表 15.2.2。

**表 15.2.2 各监测项目常用的数据采集设备、传感器或测点埋设件**

监测项目	数据采集设备	传感器或测点埋设件
水平位移	全站仪测量系统	棱镜
竖向位移	全站仪、静力水准仪测量系统	全站仪测量埋设棱镜、静力水准测量埋设传感器
围护结构或土体 深层水平位移	倾斜仪	倾斜计
支护结构内力、 裂缝宽度	应力、应变数据采集仪和裂缝计	振弦式、电阻式 或电容式传感器等
地下水位	水位计	水位感应探头
爆破振动	振动测试仪	速度或加速度传感器

### 15.3 现场测量

15.3.1 测试前应做好测点检查，进行自动化监测系统的安装调试，保证系统的测试、数据采集和信号传输等功能正常。

15.3.2 数据的采集、通信传输可采用无线方式或有线方式。采用无线传输方式时，环境条件需要满足信号传输要求，数据采集系统应具有数据临时存储功能；采用有线传输方式时，应对敷设线路做好保护，光纤或电缆连接处应有绝缘和防水措施。

15.3.3 采用光学仪器设备进行测点变形自动化监测时，应符合以下规定：

- 1 应定期对基准点进行联测。
- 2 采用全站仪进行测点变形自动化监测时，还应符合以下规定：
  - 1) 根据工程需要进行测点竖向变形、水平变形或纵向变形的一个或多个变形量的监测。
  - 2) 需采用具有自动跟踪功能的全站仪进行监测。
  - 3) 全站仪自动化监测系统一般由全站仪、仪器墩（或支架）、基准点、工作基点、监测点、供电设备、有线（或无线）通讯系统、计算机和自动化监测软件等组成。
  - 4) 测站应设立在基准点或工作基点上，并使用有强制对中装置的观测台或观测

墩。

- 5) 基准点和监测点埋设宜采用反光棱镜。
- 6) 每次测量不少于 2 测回。
- 7) 应采取措施保证设备在小角度条件下能有效跟踪识别不同的测点。
- 8) 当观测距离、光线或视线阻挡等因素影响，一台仪器无法满足观测要求时，应增加观测仪器。多台观测仪器需要联测时，宜采用具有联测功能的软件。
- 9) 数据分析处理软件宜具有观测数据自动检核、超限数据自动处理、不合格数据自动重测和观测目标被遮挡时自动延时等功能。

15.3.4 采用力学传感器进行测点应力应变自动化监测时，应符合以下规定：

1 采用的传感器应与数据采集系统匹配，数据采集系统应能激励、测读采用的传感器。

2 采集系统应有良好的防潮、避雷等防干扰功能。

3 采用静力水准仪进行测点沉降自动化监测时，还应符合以下规定：

- 1) 各等级静力水准观测精度要求应符合有关规范规定。
- 2) 观测前向连通管内充水时，应保持管内液体无气泡。可采用自然压力排气充水法或人工排气充水法进行充水。
- 3) 连通管宜水平铺设，连通管任何一段的高度都应低于蓄水罐底部，采取措施避免连通管受到阳光直射。
- 4) 应保持连通管路无压折，当通过障碍物时，应防止连通管在竖向出现 $\Omega$ 形而产生滞气“死角”。
- 5) 观测时间应选在气温稳定的时段，各测点的环境温度不宜相差过大。观测读数应在液体完全呈静态下进行。

## 15.4 自动化监测数据信息管理

15.4.1 自动化监测数据可参照本标准有关章节的要求进行处理。

15.4.2 宜采用具有数据自动上传、处理、分析、生成过程曲线及变化趋势曲线、自动判别、报警、查询和信息发布等功能的信息管理手段。

15.4.3 当发现自动监测的数据异常变化时，应及时进行现场检查，对数据异常变化的原

因进行分析，排查仪器或通信系统有无故障，或者测点是否被外界人为触碰或破坏，必要时采取弥补措施。

## 16 监测成果与信息反馈

### 16.1 一般规定

16.1.1 监测成果应包括现场监测资料、计算分析资料、图表、曲线、监测报告等。

16.1.2 现场监测资料宜包括监测记录、现场巡查记录以及仪器、视频等电子数据资料。监测报告宜包括日报表、阶段性报告、总结报告。

16.1.3 外业测量结果和巡查记录必须在现场直接记录于监测记录表中。任何原始记录不得涂改、伪造和转抄。现场监测资料应符合下列要求：

- 1 使用专用的监测记录表格；
- 2 应有相应的工况描述；
- 3 监测数据应及时整理；
- 4 对监测数据的变化及发展情况应及时分析和评述；

5 采用电子文件存储记录的测试数据和处理结果，应采取有效措施，保证记录信息的可追溯性，避免原始信息和数据的丢失或改动，并符合相关规定。

16.1.4 监测成果应做到数据可靠、正确判断、准确表达，及时报送。

16.1.5 监测单位宜具备专业的信息化监测数据采集、处理和管理系统。

16.1.6 监测信息反馈宜符合以下规定：

- 1 当监测数据正常时，应在不迟于次日把监测结果发送至建设、监理单位。
- 2 当监测数据超过报警值时，应及时把监测结果和报警信息发送至工程参建各方和监管部门，并不迟于次日提交监测报告。

### 16.2 日报表

16.2.1 日报表宜包括下列内容：

- 1 当日的天气情况和施工工况；
- 2 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；
- 3 对监测项目应有正常或异常、危险的判断性结论；

- 4 对达到或超过监测报警值的监测点应有报警标示，并有原因分析及建议；
- 5 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，并有原因分析及建议；
- 6 其他相关说明。

16.2.2 日报表应标明工程名称、监测单位、监测项目、监测日期与时间、报表编号等，参见附录 1～附录 11。

## 16.3 阶段性报告

16.3.1 阶段性监测报告宜包括下列内容：

- 1 该监测期相应的工程、气象及周边环境概况；
- 2 该监测期的监测项目及测点的布置图；
- 3 各项监测数据的整理、统计及监测成果的过程曲线；
- 4 各监测项目监测值的变化分析及预测；
- 5 相关的设计和施工建议。

16.3.2 阶段性监测报告应标明工程名称、监测单位、该阶段的起止日期和报告编号。

## 16.4 总结报告

16.4.1 基坑工程监测总结报告的内容宜包括：

- 1 工程概况；
- 2 监测依据；
- 3 监测项目；
- 4 测点布置；
- 5 监测设备和监测方法；
- 6 监测频率；
- 7 监测报警值；
- 8 各监测项目全过程的发展变化分析及整体评述；
- 9 监测工作结论与建议。

16.4.2 总结报告应标明工程名称、监测单位、该项目的监测起止日期和报告编号。





## 附录3 深层水平位移（测斜）监测日报表

委托单位：\_\_\_\_\_ 监测单位：\_\_\_\_\_ 报表编号：\_\_\_\_\_  
 工程名称：\_\_\_\_\_ 工程地点：\_\_\_\_\_ 天气：\_\_\_\_\_  
 仪器名称及编号：\_\_\_\_\_ 监测依据：\_\_\_\_\_

监测数据成果汇总											
孔号	时间 深度 (m)	第 次			第 次			第 次			监测曲线
		-年-月-日			-年-月-日			-年-月-日			
		本 次 (mm)	累 计 (mm)	变 化 速率 (mm/d)	本 次 (mm)	累 计 (mm)	变 化 速率 (mm/d)	本 次 (mm)	累 计 (mm)	变 化 速率 (mm/d)	
											<p style="font-size: small;">日期: _____</p>
工况简述											
累计向基坑内位移最大值		变化量（深度）			变化量（深度）			变化量（深度）			
累计向基坑外位移最大值		变化量（深度）			变化量（深度）			变化量（深度）			
最大速率(mm/d)		变化速率（深度）			变化速率（深度）			变化速率（深度）			
备注： 1) 表中次数为进场次数；2) 深层水平位移量“+”表示向基坑内位移，“-”表示向基坑外位移。											
巡视检查结果及其他需要说明的情况：						监测数据简要分析和判断性结论：					

观测：\_\_\_\_\_ 计算：\_\_\_\_\_ 校核：\_\_\_\_\_



## 附录 5 裂缝监测日报表

委托单位：

监测单位：

报表编号：

工程名称：

工程地点：

天气：

仪器名称及编号：

监测依据：

监测数据成果汇总														
时间   测点	初始结果		第 次						第 次					
			-年-月-日						-年-月-日					
	长度 (mm)	宽度 (mm)	长度			宽度			长度			宽度		
			本 次 变 化 (mm)	累 计 变 化 (mm)	变 化 速 率 (mm/d)	本 次 变 化 (mm)	累 计 变 化 (mm)	变 化 速 率 (mm/d)	本 次 变 化 (mm)	累 计 变 化 (mm)	变 化 速 率 (mm/d)	本 次 变 化 (mm)	累 计 变 化 (mm)	变 化 速 率 (mm/d)
工况简述														
累计变化最大值			累计变化量 (点号)			累计变化量 (点号)			累计变化量 (点号)			累计变化量 (点号)		
最大速率 (mm/d)			变化速率 (点号)			变化速率 (点号)			变化速率 (点号)			变化速率 (点号)		
备注： 1) 表中次数为进场次数；2) 裂缝变化量“+”表示变化量增加，“-”表示变化量减少。														
监测数据成果曲线图														
<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="width: 45%;"> <p style="text-align: center;">长度 ↑ 长度累计量 (mm)</p> <p style="text-align: center;">↓ 监测时间</p> </div> <div style="width: 45%; border: 1px solid black; padding: 5px;">图例：</div> </div> <div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="width: 45%;"> <p style="text-align: center;">宽度 ↑ 宽度累计量 (mm)</p> <p style="text-align: center;">↓ 监测时间</p> </div> <div style="width: 45%; border: 1px solid black; padding: 5px;">图例：</div> </div>														
巡视检查结果及其他需要说明的情况：							监测数据简要分析和判断性结论：							

观测：

计算：

校核：











## 附录 11 基坑现场巡查表

工程名称:

报表编号:

监测单位:

天气:

巡查日期: 年 月 日 时

分类	巡查项目	巡查对象	巡查结果
支护结构状况	变形、开裂、倾斜、松动或基底隆起	围护结构□、冠梁□、坡面□、围檩□、支撑□、立柱□、基底□	
	渗漏	围护结构侧壁□、坡面□	
	其他		
施工工况	地质条件变化	岩土层□、地下水□	
	支撑架设及时性	内支撑□、锚杆(索)□	
	积水、涌水、流砂、管涌或隆起	基坑底□	
	其他		
周边环境	道路(地面)裂缝、沉陷	道路(地面)□	
	建(构)筑物沉降、倾斜、裂缝	建(构)筑物□	
	地下管线沉降、偏移、破损、泄漏	基坑周边地下管线□	
	邻近施工情况	邻近基坑□、道路□、基础□、地基处理□、地面建筑□	
	其他		
监测条件	监测设施	基准点□、工作基点□、测点□、连接线路□	
	观测工作条件	观测线路□	
	其他		
其他检查			
附图/照片			

巡查人:

校核人:

监测项目负责人:

## 本标准用词说明

1 为便于在执行本标准条文时区别对待，对要求严格程度不同的用词说明如下：

1) 表示很严格，非这样不可的：

正面用词采用“必须”，反面词采用“严禁”；

2) 表示严格，在正常情况下均应这样做的：

正面词采用“应”，反面词采用“不应”或“不得”；

3) 表示允许稍有选择，在条件许可时首先应这样做的：

正面词用“宜”，反面词用“不宜”；

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

## 引用标准名录

- 《建筑基坑工程监测技术规范》 GB 50497
- 《建筑变形测量规范》 JGJ 8
- 《工程测量规范》 GB50026
- 《建筑基坑支护技术规程》 JGJ120
- 《建筑基坑支护工程技术规程》 DBJ/T15-20
- 《广州地区建筑基坑支护技术规定》 GJB02
- 《深圳地区建筑深基坑支护技术规范》 SJG05
- 《城市轨道交通工程监测技术规范》 GB 50911
- 《超声波法检测混凝土缺陷技术规程》 CECS 21
- 《超声回弹综合法检测混凝土强度技术规程》 CECS 02
- 《锚杆检测与监测技术规程》 JGJ/T 401
- 《爆破安全规程》 GB6722
- 《孔隙水压力测试规程》 CECS 55
- 《民用建筑可靠性鉴定标准》 GB 50292
- 《国家一、二等水准测量规范》 GB/T 12897
- 《国家三、四等水准测量规范》 GB/T 12898
- 《建筑地基基础设计规范》 GB 50007

广东省标准

# 建筑基坑施工监测技术标准

DBJ/T 15-162—2019

条文说明

## 制订说明

《建筑基坑施工监测技术标准》DBJ15—162-2019，经广东省住房和城乡建设厅 2019 年 8 月 19 日以粤建公告〔2019〕45 号公告批准发布。

本标准在制订过程中，编制组遵循了技术先进、安全有效、经济合理、突出地方特色的原则。在对广东省内不同支护形式、不同水文地质情况的基坑工程监测工作全面调查研究的基础上，参考了国内外相关技术规范和标准，对基坑工程监测的测点布置、监测频率、报警值、监测方法和精度等作出了相应规定。

为便于广大建筑基坑监测有关人员在使用本标准时能正确理解和执行条文规定，《建筑基坑施工监测技术标准》编制组按章、节、条顺序编制了条文说明，对条文规定的目的、依据以及执行中需注意的有关事项进行了说明。条文规定与《建筑基坑工程监测技术规范》GB 50497 一致的内容说明见国标，本标准不再赘述。本条文说明不具备与标准正文同等的法律效力，仅供使用者作为理解和把握标准规定的参考。

# 目次

1 总则.....	81
3 基本规定.....	82
3.1 一般规定.....	82
3.2 方案编制.....	83
3.3 监测项目.....	84
3.4 测点布置.....	85
3.5 监测方法.....	88
3.6 监测频率.....	90
3.7 监测报警.....	91
4 竖向位移监测.....	94
4.1 一般规定.....	94
4.2 仪器设备.....	94
4.3 现场测量.....	95
4.4 数据处理.....	95
5 水平位移监测.....	96
5.1 一般规定.....	96
5.3 现场测量.....	96
5.4 数据处理.....	97
6 深层水平位移（测斜）监测.....	98
6.2 仪器设备.....	98
6.3 现场测量.....	98
6.4 数据处理.....	99
7 倾斜观测.....	101
7.1 一般规定.....	101
7.2 仪器设备.....	102
7.3 现场测量.....	102
8 裂缝监测.....	103
8.1 一般规定.....	103
8.2 仪器设备.....	103
8.3 现场测量.....	103
9 地下水位监测.....	104
9.1 一般规定.....	104
9.3 现场测量.....	104
10 支撑内力监测.....	105
10.1 一般规定.....	105
10.2 仪器设备.....	105
10.3 现场测量.....	105
10.4 数据处理.....	106
11 锚杆（索）拉力监测.....	110
11.1 一般规定.....	110

11.2	仪器设备.....	110
11.3	现场测量.....	111
11.4	数据处理.....	111
12	土压力监测.....	112
12.1	一般规定.....	112
12.2	仪器设备.....	112
12.3	现场测量.....	112
12.4	数据处理.....	113
13	孔隙水压力监测.....	114
13.2	仪器设备.....	114
13.3	现场测量.....	114
14	爆破振动监测.....	115
14.1	一般规定.....	115
14.2	仪器设备.....	115
14.3	现场测量.....	115
14.4	数据处理.....	115
15	自动化监测.....	117
15.1	一般规定.....	117
15.2	仪器设备.....	117
15.3	现场测量.....	117
15.4	自动化监测数据信息管理.....	118
16	监测成果与信息反馈.....	119
16.1	一般规定.....	119
16.2	日报表.....	119
16.3	阶段性报告.....	119
16.4	总结报告.....	120

# 1 总则

1.0.1 本条是阐明本标准编制的目的。随着城市建设的不断发展，广东省内深大基坑工程越来越多，由于基坑开挖多在城市人群、建筑密集区，一旦失事，影响和损失巨大。作为基坑施工安全的辅助手段，基坑监测目前存在的主要问题是对于监测仪器、方法和成果评价的没有统一的要求，难以保证基坑监测的有效性。这样给基坑安全评价及后续抢险带来很大的困难，所以编制建筑基坑施工监测技术标准意义重大，主要体现如下：

1 从技术、经济角度而言，归并统一基坑监测技术有助于提高监测工作质量，保证基坑的施工安全，避免事故造成的损失。

2 从管理角度而言，统一监测方法和行为，有助于规范监督和管理。

3 从科技进步角度而言，针对国家基坑监测技术的现状和我省的实际情况，编制具有地方特色的技术标准，有助于推动该项技术的科技进步，更好地为我省“科教兴粤”战略方针的实施服务。

1.0.2 本条是对本标准适用范围的界定。本标准适用于广东省内建(构)筑物地下工程开挖形成的基坑以及基坑开挖影响范围内的建(构)筑物及各种设施、管线、道路等监测。

1.0.4 建筑基坑工程需要遵守的标准有很多，本标准只是其中之一；另外，国家和广东省内一些现行标准中对建筑基坑工程监测也有相关规定，因此本条规定基坑工程监测除遵守本标准外，尚应符合国家和广东省内现行有关标准的规定。与本标准有关的国家现行规范、规程主要有：（1）《建筑基坑工程监测技术规范》GB 50497；（2）《建筑地基基础设计规范》GB 50007；（3）《建筑地基基础工程施工质量验收规范》GB 50202；（4）《建筑边坡工程技术规范》GB 50330；（5）《民用建筑可靠性鉴定标准》GB 50292；（6）《工程测量规范》GB 50026；（7）《建筑变形测量规范》JGJ 8；（8）《建筑基坑支护技术规程》JGJ 120。

与本标准有关的广东省内现行规范、规程主要有：（1）《建筑基坑支护工程技术规程》（DBJ/T15-20-2016）；（2）《广州地区建筑基坑支护技术规定》（GJB02-98）；（3）《深圳地区建筑深基坑支护技术规范》（SJG05-96）等规范。

## 3 基本规定

### 3.1 一般规定

3.1.1 本条款是对建筑基坑工程监测实施范围的界定，在《建筑基坑工程监测技术规范》GB 50497 中是强制性条文。基坑围护结构以及周边环境的变形和稳定与基坑的开挖深度有关，相同条件下基坑开挖深度越深，围护结构变形以及对周边环境的影响越大，与此对应，周边环境对基坑安全的影响也就越大；基坑工程的安全性还与场地的岩土工程条件以及周边环境的复杂性密切相关。建设部《建筑工程预防坍塌事故若干规定》（建质[2003]82 号）中规定：深基坑是指开挖深度超过 5m 的基坑或未超过 5m 但地质条件和周边环境较复杂的基坑。北京、上海、山东、深圳以及南京等国内诸多省市关于深基坑工程的有关规定对深基坑都做了相似的定义，并且规定深基坑工程应实施基坑工程监测。对周边环境复杂的深基坑工程实施监测是确保基坑安全、支护结构安全及周边环境安全的重要措施。

基坑工程施工特别是深基坑工程施工关系到周边居住小区、市政、公用、供电、通讯、人防及文物等安全使用，基础设施管理使用单位会对基坑工程施工提出一些安全保护要求，因此本条还规定“其他需要实施监测的基坑工程应实施基坑施工监测”，以保证基坑工程施工不会影响邻近建筑、设施和设备等的正常使用。

3.1.3 本条款明确了基坑监测技术要求由基坑工程设计单位确定。基坑工程设计单位对基坑自身情况和周边环境条件进行了详细的分析判断，对基坑工程支护结构的承载能力、允许变形量进行了设计计算，故由其提出监测项目、监测范围、监测点位置、监测频率和监测报警值等指标才能达到基坑监测的真正目的。

3.1.4 施工单位是基坑施工的主体，制定并实施施工计划，掌握现场情况，熟悉基坑施工安全的重点、难点及关键点，施工单位在基坑施工过程中应开展施工监测工作。

基坑工程均需同步开展施工监测和第三方监测工作，施工监测由施工单位按照设计文件、施工组织计划及有关规范等要求，对围护结构、周围岩土体和环境等进行监测，是施工过程中的自我安全控制保障措施。第三方监测是监测单位受

建设单位的委托，按照设计要求、合同约定对围护结构的关键部位及基坑施工的重要阶段进行监测，是对施工监测的验证和补充，第三方监测不能取代施工监测。实施第三方监测有利于基坑施工安全，监测结果的可作为处理纠纷与责任判定的重要依据。

3.1.6 本条款明确了监测工作开展的基本流程，监测单位可依此为指导。需要特别说明的是，根据近年来监测实际案例，测点布设不符合要求或损坏成了影响监测工作的突出问题，开展基准点、工作基点和监测点等测点验收工作是非常有必要的。测点验收工作能够有效的提高测点存活率，保障数据的连续性，该项工作可由监理或业主组织进行，对此，广东省部分城市已经有了明确规定。

3.1.9 专业岗位证书是指具有一定测量专业知识和技能的人员从事监测工作的基本要求和前提条件。专业岗位证书还需满足省市有关管理部门的具体要求。

基坑工程监测工作事关基坑及周边环境的安全，是一项复杂且技术性非常强的工作，只有保证监测人员的素质，才能及时提供高质量的综合分析报告，为信息化施工和优化设计提供可靠依据，避免事故的发生。监测分析人员要熟悉基坑工程的设计和施工，能对建构物受力状态进行分析，因此不但要求具备工程测量的知识，还要具备岩土工程、结构工程的综合知识和工程实践经验。

3.1.10 本条明确了监测单位需要提交资料的内容。建设工程资料归档工作一般由项目建设单位完成，监测单位需按照建设方的要求提交完整资料，并对监测成果真实性负责。现场原始记录及数据处理资料是唯一能反映现场真实状况的可追溯性文件，在监测工程完工后由监测单位进行妥善保存备查。

## 3.2 方案编制

3.2.1 基坑工程施工过程中可能会对其影响范围内的建(构)筑物造成一定的影响，监测单位需要根据基坑工程周边环境、监测要求及该工程的特点等编制相应的基坑工程监测方案，故建设单位应该提供基坑工程及周边建(构)筑物的相应资料。若有需要，建设方尚应向监测方提供当地一定时间段内的气象资料。

3.2.2 本条款明确了监测方案应包含的内容。监测方案体现了监测单位的能力水平，也是实施监测工作的重要技术性依据，为了规范方案内容、保证监测工作质量并明确监测单位的责任和义务，本条概括出了监测方案宜包含的 12 个方面的

内容要求。

3.2.4 鉴于基坑监测工作的专业性，为保证监测工作的针对性和有效性，结合地方管理经验，对监测方案实施前提出了技术评审要求，并规定了需进行专项评审的条件。

### 3.3 监测项目

3.3.1 基坑工程监测应采用仪器监测与巡视检查相结合的方法，两种相互补充、验证。巡视检查可以起到定性和补充仪器监测结果的作用，仪器监测可以起到定量评价的作用，两者缺一不可。例如裂缝监测时，巡视检查可区分新旧裂缝，仪器监测则可起到量测裂缝的变化情况的作用。通过巡视检查，有助于及时了解现场的施工工况、支护结构有无裂缝，周边是否积水或堆载以及监测设施是否保存完好等情况，有助于针对性的展开监测和分析，及时发现安全威胁。

3.3.4 基坑工程监测项目的选择与基坑工程安全等级有关。根据《建筑地基基础工程施工质量验收规范》GB 50202和《建筑基坑支护技术规程》JGJ120的规定，基坑工程安全等级的划分应综合考虑基坑开挖深度、施工方案、周边环境和地质条件的复杂程度等因素，当基坑工程影响区内有历史文物、近代优秀保护建筑、重要管线等需要保护或有其他特殊要求，对支护结构的位移有严格限制时，不论基坑深浅，安全等级均应列入一级。基坑工程监测项目主要依据国家标准《建筑基坑工程监测技术规范》GB50497和《建筑基坑支护技术规程》JGJ120，经过全省大量工程调研和征询专家意见后确定，本规范将监测项目分为“应测”、“宜测”和“可测”。

3.3.5 巡视检查作为基坑监测的辅助手段，结合监测数据和施工工况，有利于分析判断基坑围护结构的安全状态和对周边环境的影响，可以更有针对性地采取监测测量和工程措施保证基坑安全。本条对基坑巡视检查方法和内容进行了规定，值得说明的是，鉴于巡视检查采取目视巡查和检查的方法，一般对肉眼可见或辅之以简单工具的围护结构状况、施工工况、周边环境和监测条件进行巡查，并不代替施工、监理、设计和建设单位的基坑施工安全技术和管理措施。

本标准对监测单位的目视巡查内容要求见附录 11，并对监测日报表中增加了目视巡查的记录要求，见附录 1~附录 10。

### 3.4 测点布置

3.4.1 测点应选择在反映监测对象最大受力和变形状态的位置，并应能反映发展趋势，便于在监测过程中做出准确的预报。将不同监测项目的监测点布置在同一监测断面上，方便监测数据的比对，也方便监测工作的开展。

3.4.2 监测对象内力和变形变化大的代表性部位及周边环境重点监测部位，在基坑施工过程中，更可能出现异常，适当加密监测点，以便更加准确可靠的反映监测对象的受力和变形特征。

3.4.3 基坑施工监测范围的确定既要考虑基坑开挖的影响范围，保证周边环境中的保护对象的安全，也要考虑监测成本，避免过度监测。行业标准《建筑基坑支护技术规程》JGJ120-99 第 3.8.2 条规定“从基坑边缘以外 1~2 倍开挖深度范围内的需要保护物体均应作为监控对象”。综合广东省基坑工程设计施工经验和省内各地基坑施工安全管理规定，本条规定了从基坑边缘以外 1~3 倍开挖深度范围内需要保护的建（构）筑物、管线、道路、人防工程等均应作为监控对象。具体范围应根据工程地质条件、基坑安全等级和周边保护对象的重要性等确定。对于采用了降水措施或爆破开挖的基坑，监测范围的确定尚需考虑降水和爆破振动的影响，

在基坑施工过程中应监测位于安全保护区范围内的重要保护对象，监测方案尚需征询相关管理使用单位的意见。重要保护对象是指地铁、隧道、桥梁、重要管线、重要文物和设施、近代优秀建筑等。

3.4.4 基坑监测周期长，测点易损坏。此外，基坑在施工过程中变形是连续的，一旦测点损毁，就会造成监测数据偏差，或无法继续监测，达不到保护基坑安全施工的目的，因此在基坑施工过程中，必须采取有效措施，各方共同努力保护好监测点。观测标志的型式和埋设可参照现行标准《建筑变形测量规范》JGJ8 执行。

3.4.5 一般基坑每边的中部、阳角处变形较大，所以中部、阳角处应设置监测点。为方便监测，水平位移监测点宜同时作为竖向位移的监测点。为了反映基坑变形规律，同时控制监测费用，每边的测点不宜少于 3 个。监测点设置在基坑边坡混

凝土护顶或围护结构顶（冠梁）上，有利于监测点的保护。对桩墙等刚性支护结构，监测点一般埋在支护桩墙冠梁顶部；对土钉墙、水泥土搅拌桩重力式挡墙支护或放坡开挖，监测点一般布置在支护结构体顶部。如上部有小放坡，且高度大于 3m，坡顶宜布置监测点。监测点可采用铆钉枪射入铝钉，亦可钻孔埋设反射片、小棱镜或用环氧树脂粘贴标志。

3.4.6 深层水平位移监测反映基坑围护结构或周边土体沿深度方向的水平变形情况，一般情况下基坑每侧中部、阳角处的变形最大，故此处宜设置监测孔；鉴于深层水平位移监测的费用较高，因此监测点间距适度加大。但对于边长大于 50m 的基坑，视地质情况、支护结构形式和周边环境条件，可适当增设监测孔。此外，基坑开挖次序及局部挖深会使围护结构最大变形位置发生变化，布置监测孔时应考虑。

3.4.7 地下水位测量是通过观测地下水位监测井的水位变化实现的。地下水位的变化，会对基坑周边环境和保护对象造成影响，结合工程实践经验，本条规定了地下水位监测井的布置要求。由于止水帷幕的搭接处、转角处，施工质量不易控制，为了检验止水帷幕的止水效果，确保施工安全，需布点监测。

3.4.8 立柱的竖向位移（沉降或隆起）对支撑轴力影响很大，因此应加强立柱的沉降监测。广东沿海地区，软土覆盖区域广，地质条件复杂，宜适当增加监测点数。监测点应布置在立柱受力、变形较大和容易发生差异沉降的部位。逆作法施工时，立柱同时承担上部结构荷载，应加强监测。

3.4.9 围护结构内力监测点应考虑支护结构内力计算图形，布置在支护结构出现弯矩较大的部位，监测点数量和水平间距需视具体情况而定。平面上宜选择在支护结构相邻两支撑的跨中部位、开挖深度较大以及地面堆载较大的部位；竖直方向（监测剖面）上的监测点宜布置在支撑处和相邻两层支撑的中间部位，间距宜为 2m~4m。

3.4.10 支撑内力监测多根据支撑杆件采用的材料不同选择不同的监测方法和监测传感器。对于混凝土支撑杆件，主要采用钢筋应力计或钢筋应变计，为了保证监测质量，宜在每道钢筋混凝土支撑中埋设部分带测温功能的传感器；对于钢支撑杆件，多采用轴力计或表面应变计。

支撑内力监测点的位置应根据围护结构计算书确定，监测截面应选择在受剪

力影响小的部位，因此当采用应力计和应变计测试时，监测截面宜选择在两相邻立柱支点间支撑杆件的 1/3 部位；钢管支撑采用轴力计测试时，轴力计宜设置在支撑端头。

3.4.11 本标准所指锚杆（索）拉力是锚头部位的轴向拉力，采用荷载计直接量测。测点的数量和位置要求结合工程经验和相关规范规定确定。为了分析不同开挖深度下锚杆拉力的变化情况，各层监测点位置在竖向上宜保持一致。

3.4.12 基坑隆起（回弹）监测点的埋设和施工过程中的保护比较困难，监测点不宜设置太多，以能够测出必要的基坑隆起（回弹）数据为原则，本条规定监测断面数量不少于 2 个，同一断面上监测点数量不应少于 3 个，基坑中央宜设监测点，依据这些监测点绘出的隆起（回弹）断面图可以基本反映出坑底的变形变化规律。

3.4.13 围护结构侧向土压力监测点的布置应选择在受力、土质条件变化较大的部位，在平面上宜与深层水平位移监测点、支护结构内力监测点的位置等相匹配，方便数据间进行相互验证及监测项目的综合分析。竖直方向上的监测点应考虑土压力计算图形、土层分布及与围护结构内力监测点位置的匹配。

3.4.14 孔隙水压力的变化是地层位移的前兆，对基坑开挖引起的地层位移有一定的影响作用。孔隙水压力监测点宜靠近这些基坑受力、变形较大或有代表性的部位布置。

3.4.15 基坑工程施工会对周边建（构）筑物造成一定的影响，保护不当就引起建（构）筑物的不均匀沉降，在基坑施工过程中需要对周边建（构）筑物进行监测，时刻注意基坑工程施工对周边建（构）筑物造成的影响。

为能反映及便于分析建筑竖向位移的特征，应在基础类型、埋深和荷载有明显不同处及沉降缝、伸缩缝、新老建（构）筑物连接处的两侧布置监测点，建（构）筑物的角点、中点宜布置监测点，测点布置间距不宜大于 20m，圆形、多边形的建（构）筑物宜沿纵横轴线对称布置。

3.4.16 建筑整体倾斜监测可根据不同的条件选择不同的监测方法，监测点的布置也有所不同。建筑具有较大的结构刚度和基础刚度时，通常采用观测基础差异沉降推算建筑的倾斜，监测点布置应考虑建筑的基础形式、体态特征、结构形式及地质条件等，要求与建筑的竖向位移测点位置基本一致。

3.4.18 周边道路及地表竖向位移监测点应设置在坑边中部或其他有代表性的部

位，根据基坑的具体情况确定监测点数量，但每侧边剖面数至少 1 个，监测点剖面线宜垂直于基坑边线，当地表变形较大或基坑工程有特殊要求时，可增加纵向剖面。监测点应做好保护工作以保证监测数据的准确性。

3.4.19 周边地下管网主要有排水管道、煤气管道、供水管道和通信电力管线等主要管网系统，在基坑工程施工过程中应注意由于基坑施工对这些管网系统造成的影响，故需要对这些管网系统实施监测。

周边地下管网的监测分为直接法和间接法。采用直接法时常用的测点设置方法有抱箍法和套管法等。间接法就是不直接观测管网本身，而是通过监测管网周边的土体来分析管网的变形，间接法观测精度较低。间接法常用的测点设置方法有底面观测法和顶面观测法，其中底面观测法是将监测点设置在管线底面的土体中，通过观测底面的土体位移来分析管道纵向弯曲受力状态，而顶面观测法是将监测点设置在管线轴线对应的地表或管线的窨井盖上观测，虽然可以避免破土开挖，但观测精度较差，只有在设防标准较低の場合采用，一般情况下不宜采用。

### 3.5 监测方法

3.5.1 监测方法的选择应根据所需测量的指标、精度和现场作业条件来确定，并且应简单易行，安全可靠，确保监测工作的顺利进行。一个项目中可组合使用多种观测方法。对有特殊要求的变形监测项目，可同时选用多种方法相互校验。

3.5.2 基准点和工作基点是基坑工程变形监测中必不可少的，也是最基本的，它们的稳定性事关监测数据是否准确可靠。往往在基坑监测过程中，监测单位会忽略基准点和工作基点稳定性校验，因此必须明确校验要求。另外《建筑变形测量规范》JGJ8 中关于基准点的埋设作了相关规定，可以参照执行。

3.5.3 预埋到监测对象中的传感器，应根据其自身特点和适应条件等要求选择。确保性能稳定可靠、漂移滞后误差小并能正常使用。尽管监测仪器及传感器均为计量器具，鉴于基坑监测采用的传感器多为一次性使用，为了保证监测精度，因此，对于监测仪器需在一定周期内进行检定/校准，而传感器则由监测单位自行标定。

3.5.5 对同一监测项目，为了使监测工程中的误差最小化，固定监测人员、采用相同的观测路线和方法、在相同环境条件下进行监测都是必要的。

3.5.7 工程实践经验总结，实际监测工作中取连续观测 3 次以上的稳定值的平均值作为监测项目初始值是可行的，若观测数据存在较大误差时，应分析误差产生的原因并采取处理措施再进行观测。

3.5.8 卫星导航定位测量、全站仪自由设站、测量机器人、地面三维激光扫描仪、静力水准、微波干涉测量、磁通量传感器、光纤光栅等新技术具有实施安全、高精度、高效率等优点，可以弥补常规技术的不足，促进监测工作的顺利开展。监测单位采用这些新技术、新方法进行基坑监测的同时，应辅以常规监测方法进行验证，有足够的可靠性时方可单独应用。

3.5.9 现场监测工作会受自然环境条件变化（气候、天气等）和人为因素（施工损坏监测点等）的影响，监测结果也可能因为监测仪器设备和传感器等问题出现偏差。因此，完成监测工作后，建议在现场进行简单核查并与上次监测结果进行核对，发现监测数据变化较大时，应立即分析是监测对象实际变化还是监测点和监测仪器等问题所致。难以确定原因时，应进行复测。变形监测结果异常并应进行复测的常见情况有以下几种：

- 1 变形监测结果达到或超过设计规定的报警值；
- 2 本次变化突然变大或时程变形曲线出现明显拐点；
- 3 变形趋势与现场工况不一致；
- 4 同一观测区域只是个别参数或测点变形较大，其他参数或测点无明显变形或变形相反；
- 5 经巡视发现基准点或测点松动或存在被碰撞的痕迹；
- 6 监测人员观测过程出现人为的错误；
- 7 仪器长期未检定或存在影响监测结果的故障；
- 8 监测单位或参建各方认为异常的其他情况；

当排除监测点、监测仪器和人为原因导致的异常后，还应及时对基准点的稳定性进行分析，分析方法参照《建筑变形测量规范》JGJ8 的规定。

孔隙水压力监测数据处理，应注意基坑开挖过程中的变化规律。例如：一般情况下，基坑开挖以前，孔隙水压力可认为等于地下水静止水压力；开挖过程中，由于支护结构水平位移和基坑隆起等因素，孔隙水压力小于地下水静止水压力。并且随开挖深度增加，孔隙水压力逐渐减小；地下室完工，基坑回填后，孔隙水

压力逐渐升高到地下水静止水压力。距离基坑边越远，孔隙水压力越大，反之越小。孔隙水压力出现突变，则可能是基坑失稳的信号。

### 3.6 监测频率

3.6.1 本条规定了基坑监测持续的时间。基坑开挖到达设计深度以后，土体、支护结构变形与应力并非保持不变，而将继续发展，因此监测工作应该贯穿于基坑开挖和地下工程施工的全过程。

地下工程完成一般是指地下室结构完成、基坑回填完毕，对逆作法则是指地下结构完成。也有一些监测项目是在基坑开挖过程中开始监测的，例如支撑轴力、支撑及立柱变形、锚杆（索）拉力等。

一般情况下，地下工程完成就可以结束监测工作。对于一些邻近基坑的重要建筑及管线的监测，由于基坑回填或地下水停止抽水，建筑及管线变形会继续发展，监测工作还需要延续至变形趋于稳定后才能结束。

3.6.2 本条是对基坑施工监测频率的规定。基坑工程监测应能及时反映监测项目的重要发展状况，以便对设计和施工进行动态控制，纠正设计与施工中的偏差，保证基坑及周边环境的安全。基坑工程的监测频率还与投入的监测工作量及监测费用直接相关，既不能遗漏重要的变化时刻，也应控制监测费用。

基坑工程监测频率应该考虑基坑类别、基坑及地下工程的不同施工阶段以及周边环境、自然条件的变化等因素综合确定。基坑工程的监测频率不是一成不变，应根据基坑开挖及地下工程的施工进度、施工工况以及其他外部环境影响因素的变化及时做出调整。一般在基坑开挖期间，地基土处于卸荷阶段，支护体系处于逐渐加荷状态，应适当加密监测；开挖完一段时间后监测值相对稳定时，可适当降低监测频率。出现异常现象或数据临近报警状态时，应提高监测频率甚至连续监测。

表 3.6.2 的监测频率是从工程实践中总结出来的经验成果，在无数据异常和事故征兆的情况下，基本能够满足现场监控的要求，在确定施工监测频率时可以参照使用，第三方监测频率作为施工监测的复核和验证时，监测频率可适度降低。

表 3.6.2 的监测频率针对的是应测项目。对于宜测、可测项目的监测频率可

视具体情况要求适当降低，一般可为应测项目监测频率的 1/2~1/3。

另外，目前有的基坑工程对位移、支撑内力、土压力、孔隙水压力等监测项目实施了自动化监测。一般情况下自动化采集的频率可以较表 3.6.2 大大提高，以获得更连续的实时监测数据，但监测费用基本上不会增加。

3.6.4~3.6.5 这两条描述的情况均属于施工违规操作、外部环境变化趋向恶劣、监测值临近或超过报警标准、有可能导致或出现基坑工程安全事故的征兆或现象，应引起各方的足够重视，必须加强监测，提高监测频率。

### 3.7 监测报警

3.7.1 监测报警是建筑基坑工程实施监测的目的之一，是预防基坑工程事故发生、确保基坑及周边环境安全的重要措施。监测报警值是监测工作的实施前提，是监测期间对基坑工程正常、异常和危险三种状态进行判断的重要依据，因此基坑监测必须设定监测报警值。

监测报警值应该由基坑工程设计方根据基坑工程的设计计算结果、岩土特征、周边环境中被保护对象的控制要求等确定，因此本条明确规定了监测报警值应由基坑工程设计方确定。

对于基坑安全等级为一级且施工条件复杂的基坑，宜针对不同的工况条件确定监测项目的报警值，以分阶段的报警值动态控制监测对象的状态。

3.7.2 基坑工程监测报警不但要控制监测项目的累计变化量，还要注意控制其变化速率。基坑工程工作状态一般分为正常、异常和危险三种情况。异常是指监测对象受力或变形呈现出不符合一般规律的状态。危险是指监测对象的受力或变形呈现出高于结构安全储备、可能发生破坏的状态。累计变化量反映的是监测对象即时状态与危险状态的关系，而变化速率反映的是监测对象发展变化的快慢。过大的变化速率，往往是突发事故的先兆。例如，对围护结构变形的监测数据进行分析时，应把位移的大小和位移速率结合起来分析，考察其发展趋势，如果累计变化量不大，但发展很快，说明情况异常，基坑的安全正受到严重威胁。因此应同时给出累计变化量和变化速率监测报警值，当监测数据超过其中之一时即进入异常或危险状态，监测人员必须及时报警。

3.7.3 基坑工程设计方应根据土质特性和周边环境保护要求对支护结构变形和内

力进行必要的计算和分析，并结合当地的工程经验确定合适的监测报警值。确定基坑工程监测项目的监测报警值是一个十分严肃复杂的问题，建立一个量化的报警指标体系对于基坑工程的安全监控意义重大。但是由于设计理论的不尽完善以及基坑工程的地质、环境的差异性及复杂性，在确定监测报警值时还需要综合考虑各种影响因素。

对于围护结构侧向土压力、孔隙水压力、支护结构内力、锚杆（索）拉力、立柱内力报警值的确定，可依据国家标准《建筑基坑工程监测技术规范》GB50497并结合工程经验确定。本表中所列均为报警值，基坑工程设计方还应同时提出控制值：基坑工程安全等级为一级时，报警值为设计控制值的70%~85%，基坑工程安全等级为二级时，报警值为设计控制值的85%~90%，基坑工程安全等级为三级时，报警值为设计控制值的90%~95%。

3.7.4 本条款给出了基坑周边环境监测报警值的建议值，实际取用时尚应获得主管部门的认可，表3.7.4主要内容是依据国家标准《建筑基坑工程监测技术规范》GB50497得来，基坑周边地表水平位移依据《民用建筑可靠性鉴定标准》GB50292得来，部分增加项目报警值则是根据相关规范及地方经验确定。

周边建筑的安全性与其沉降或变形总量有关，其中基坑开挖造成的沉降仅为其中的一部分。应保证周边建筑原有的沉降或变形与基坑开挖造成的附加沉降或变形叠加后，不能超过允许的最大沉降或变形值，因此，在监测前应收集周边建筑原有沉降与变形资料，结合建筑裂缝观测确定周边建筑的报警值。

水位报警值视具体情况由设计确定：针对基坑周边有重要建构筑物、对周边环境影响严重、水文地质条件差或其他需要严格控制水位影响的情况，水位报警值应比本标准更加严格；针对周边空旷、对周边环境影响不严重、地质条件好、基坑安全等级要求低或其他水位影响不大的情况可适度放宽报警指标。

爆破施工对周边环境振动影响的报警值选取，需综合考虑受影响结构的安全因素、基坑临时支护结构连接情况及影响范围的设备设施保护等因素。

3.7.5 本条所列的都是工程实践中总结出来的基坑及周边环境出现的危险情况，一旦出现这些情况，将可能严重威胁基坑以及周边环境中被保护对象的安全，必须立即发出危险报警，通知建设、设计、施工、监理及其他相关单位及时采取措施，保证基坑及周边环境的安全。

工程实践中由于疏忽大意未能及时报警或报警后未引起各方足够重视,贻误排险或抢险时机而造成工程事故的例子很多,应吸取这些深刻教训,故本条应该切实执行。

## 4 竖向位移监测

### 4.1 一般规定

4.1.1 本条给出了竖向位移监测的适用范围：建筑基坑围护结构顶部、立柱、坑底隆起以及基坑周边地表、道路、管线和邻近建（构）筑物等的竖向位移测量。

4.1.2 本条列出了几种常用的监测方法，具体应用时，要根据监测项目的特点、精度要求、变形速率以及监测对象的安全性等指标，综合应用。已有大量实践证明，利用高精度全站仪配合专门的觇牌、棱镜组及配件进行三角高程测量在一定条件下可以代替三等、四等水准测量。

### 4.2 仪器设备

4.2.1 本条给出数字水准仪、水准标尺日常检验校正的要求，其中  $i$  角的测定方法可参照现行《国家一、二等水准测量规范》GB/T12897。数字水准仪的检定应由专业部门按现行有关标准进行。

4.2.2~4.2.3 静力水准测量目前有连通管式静力水准和压力式静力水准两种装置。目前在用的静力水准测量系统多为连通管式静力水准，其利用相连容器中静止液面在重力作用下保持同一水平这一特征来测量各监测点间的高差。各监测点间的液体通过管路连通，俗称连通管法，其特点是各个容器中的液体是连通的，存在液体流动和交换。压力式静力水准系统是近年才出现的，其容器间的液体被金属膜片分断，不存在液体间的相互交换，通过压力传感器测量金属膜片压力差的变化可计算监测点间的高差。

量程和精度是静力水准的两个重要指标。对于同一型号的传感器，一般情况下，量程越大，精度就越低。目前常用的连通管式液体静力水准仪有 20mm~200mm 多种量程，安装时要求同组的传感器大致位于同一水准面高度。压力式传感器的量程较大，一般大于 500 mm，现场安装要求可适当放宽。静力水准的标称精度一般与量程相关，不同型号的传感器标称精度通常为满量程的 0.1%~0.7%。一等及以上精度的观测宜采用连通管式静力水准系统。

静力水准浮子上、下的活动范围有限，传感器的安装高度应统一，较大的差

异直接影响其量程。应保证管路内液体的流动性，环境温度可能达到冰点的安装现场，填充液应采用防冻液。

静力水准测量误差源主要有液面高度(受外界环境影响)、液压读取元件等两方面。液面高度受外界环境影响又分为：

- 1) 非均匀温度场下管路内液体不均匀膨胀，导致液面高度变化；
- 2) 不同气压、风力导致局部液面压力异常，导致液面高度变化；

3) 液体受外界强迫振动影响，如地铁隧道中安装的静力水准系统受列车运行的振动影响。

4.2.4 用全站仪进行三角高程测量，在两个监测点上分别架设棱镜，在中间适当位置架设全站仪。这种方式作业中，棱镜高可固定，一般也无须测定仪器高，从而提高测量成果精度和作业效率。

### 4.3 现场测量

4.3.1 本条中一等、二等测量的技术指标与现行国家标准《国家一、二等水准测量规范》(GB/T 12897) 的相关规定基本一致；三等、四等测量的技术指标主要参考《国家三、四等水准测量规范》(GB/T 12898) 的相关规定，并考虑了数字水准仪的作业特点和实际建筑变形测量的作业条件。

4.3.3 作业时，应避免在折光系数急剧变化的时间段内观测，并尽量缩短观测时间。

### 4.4 数据处理

4.4.2 为保证发生意外情况时数据能顺延，静力水准测量应与水准测量进行互校。

4.4.3 本条中的公式未考虑垂线偏差。垂线偏差与测站的位置以及观测边长等有关，在山区作业时，可通过缩短边长的方法来减小其影响。为使前后视方向的大气垂直折光差能够得以基本抵消，除要求三等观测前后视线长度差不宜超过 30m、四等观测前后视线长度差不宜超过 50m 外，还应要求前后视方向的视线离地高度大致相同，地形基本对称，观测时间尽量缩短。

## 5 水平位移监测

### 5.1 一般规定

5.1.1 本条给出了本章内容的适用范围：基坑围护结构顶部、管线和建（构）筑物水平位移的监测。

5.1.2 水平位移观测方法选用，应根据基坑支护结构类型、形状、周边环境和场地地质条件等综合确定。目前，通常选用极坐标法和小角度法，当基坑周边环境宽阔、通视条件好时，可选用前方交汇法或其他方法。观测方法应合理易行、经济安全，观测结果能如实反映支护结构顶部的变形特性。

5.1.3 关于水平位移监测精度，国家标准《工程测量规范》GB50026-2007 第 10.5.3 条规定基坑变形监测精度不宜低于三等。行业标准《建筑变形测量规范》JGJ8-2016 第 3.2.2 条和第 3.2.3 条规定基坑工程监测精度等级一般为为二~三等。广东地区地质条件较差，城市中心周边环境较复杂，结合现场监测经验，本标准建议采用三等以上水平位移观测精度，对周边环境复杂，有需严格保护的建构筑物 and 地下管线设施时，监测精度等级可适当提高一级；对场地地质条件好、安全等级为三级、且采用放坡法施工的基坑，水平位移监测精度可适当放宽。

### 5.3 现场测量

5.3.1 基坑工程一般位于闹市中心，周边环境条件较复杂，可供观测使用的自由空间有限，测站点布设位置应根据所采用的观测方法确定，应位于基坑开挖影响范围以外，既便于安全观测，能满足观测精度要求，又方便保护，且不影响基坑工程施工或道路通行。目前，大部分监测单位将测站点布置在基坑围护结构的外直角处，监测资料显示其处于相对稳定状态，微小的变形不影响监测结果和精度。为确保观测精度，测站点平面控制点位应具有强制对中装置，同时，测站点应定期复测，确定其适用性和稳定性。

5.3.4~5.3.6 提出了小角度法、前方交会法和极坐标法等不同水平位移观测方法的实测步骤、注意事项和精度控制要求；观测作业中，全站仪或经纬仪等仪器应严格置平、对中，按正倒镜法旋转 180° 观测两次取平均数。采用小角度法时，用全站仪或经纬仪的望远镜瞄准目标后，用测微器读数，每半测回每一方向各照

准读数两次，可提高监测精度。

## 5.4 数据处理

5.4.1~5.4.3 本标准引用《建筑变形测量规范》JGJ8 中关于小角度法监测点偏离值的计算方法，极坐标法、前方交会法采用的是通用坐标计算方法。

## 6 深层水平位移（测斜）监测

### 6.1 一般规定

6.1.1~6.1.2 深层水平位移监测作为基坑监测常用手段，可反映出随着基坑施工的推进基坑侧壁或周边土体的水平位移变化情况，为内支撑或支护锚杆的施工预警。与其他位移监测方法不同，它属于电法测量方法，测量精度主要与仪器设备的精度和稳定性有关，应用广泛。

### 6.2 仪器设备

6.2.1 测斜仪按探头是否固定分为移动式 and 固定式两种。测斜仪按传感器元件的性质可分为滑动电阻式、电阻应变片式、振弦式及伺服加速度计式等几种，伺服加速度式测斜仪灵敏度和精度相对较高，稳定性也好；其他类型的测斜仪精度及稳定性比伺服加速度式测斜仪稍差。

6.2.3 测斜管作为供测斜仪定位及上下活动的通道，必须具有一定的柔性和刚度，直径不应小于测斜仪导轮的最小宽度，管节之间的导槽必须紧密对接，且连接顺畅。

### 6.3 现场测量

6.3.1 基坑平面上挠曲计算值最大的位置及基坑每侧中部、阳角最能反映基坑围护体系的变形情况，因此应在该处布置监测孔。基坑开挖次序及局部挖深会使围护体系的受力情况发生变化，布置监测孔时应予以考虑。

埋设过程中测斜管中有一对槽口应自上而下始终垂直于基坑边缘，以保证测得围护桩（墙）深层水平位移的最大值。

测斜仪测出的位移常以测斜管底部为固定起算点进行计算，所以埋设时应要求把测斜管管底嵌入到稳定的土体中。

在围护结构中钻孔埋设测斜管时，应采用预留管注水泥浆的方法进行埋设。当在周边土体中钻孔埋设测斜管时，也可采用灌砂法等其他方法进行埋设，当采用其他方法进行埋设时，在成孔后宜先插管再灌砂或其他材料进行填充，在填充

过程中应不断轻晃测斜管并在管边注水,保证填充材料能沉积至孔底并填充密实。

6.3.2 测斜初始值的测定十分重要,应在基坑开挖前采集完毕,取得稳定的读数方可作为初始值使用。在冬天,由于室外温度与地下水温度的差异,测斜仪探头放至孔底后,宜再恒温一段时间,待读数稳定后方可采样。由于仪器存在零漂影响,为消除误差,每测点都应进行正、反两次测量。

## 6.4 数据处理

6.4.1 测斜计算时的起算点选择十分重要。软土地区测斜管管底常产生较大的水平位移,一般情况下应以管顶作为起算点,采用光学仪器测定测斜孔口水平位移作为基准值。在基坑建立平面位移监测基准网时,应同时布设测斜管口平面位移监测点,测取管口在基坑方向的位移分量初始值。若测斜管底部进入较深的稳定土层内,也可以底部作为固定起算点。

6.4.2 广州地铁五号线工程在利用监测信息管理系统详细统计 10 个明挖基坑围护结构体深层水平位移数据的基础上,结合施工工况、地层条件和监测条件等影响因素进行分析,总结出基坑围护结构体深层水平位移八种典型曲线形态(图 1)、影响因素和对策措施(表 1),可供监测结果分析时参考。

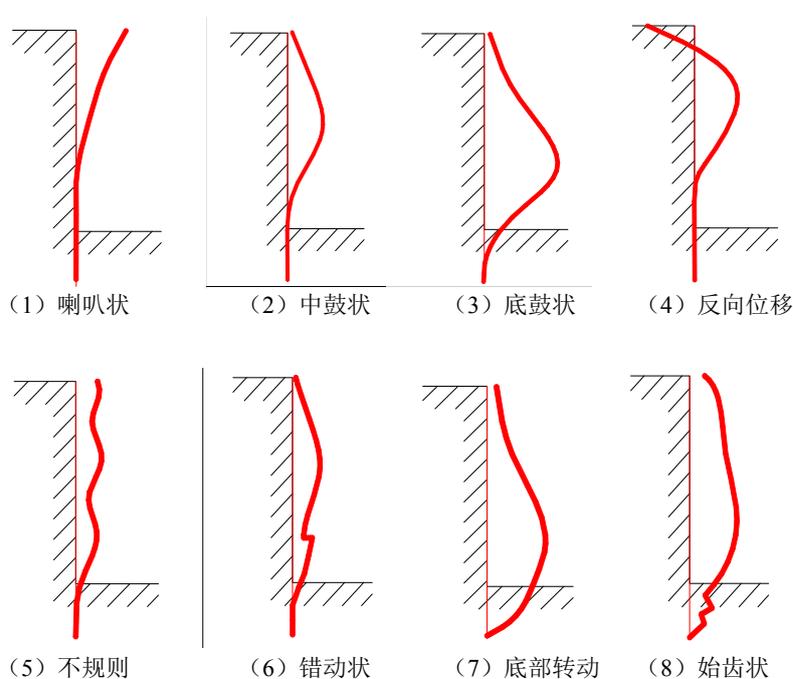


图 1 八种深层水平位移典型曲线形态图

表 1 深层水平位移典型曲线形态产生原因和对策措施

序号	曲线形态名称	曲线形态描述	产生原因分析	对策措施
1	喇叭状	从上到下呈从大到小的渐变曲线，曲线呈向上张开的半喇叭口状。	设计围护结构为悬臂形式；未及时施加首层支撑。	重点关注顶部位移发展情况；尽快施加第一道支撑。
2	中鼓状	中部鼓出，呈抛物线状。鼓出位置处于开挖面上部，随着开挖深度的加大逐渐下移。	内支撑施工时常见情况。	与开挖进度和设计参数比较，判断位移量是否处于正常范围值。
3	底鼓状	中下部鼓出段较长，水平位移总量大。	纵向支撑间距过大；超挖、未及时架设内支撑；设计支撑刚度不够。	提醒现场单位严禁超挖，及时设置支撑或加密支撑布置；判断位移量是否处于正常范围值；观测围护结构是否出现水平向裂缝。
4	反向位移	（顶部）向基坑外位移。	基坑偏压受力；岩土层结构面有规律倾斜；支撑预加应力过大。	与墙顶水平位移移测点观测结果进行比较，并分析原因。
5	不规则	不规则曲线，多呈波浪形。	墙体刚度较小，支撑位置变形相对较小；地层性能影响。	复测并分析原因，注意结合支撑位置、附近土层情况进行分析。
6	错动状	错动情况。	测斜管或围护结构出现错动。	复测并分析原因。
7	底部转动	从底部起曲线即开始倾斜，测出的水平位移值偏小。	测斜管埋设深度不够，管底部已有位移。	埋管时底部应进入不动部位一定深度。可结合围护结构顶部水平位移点位移情况进行修正。
8	始齿状	初始几个测点的变化不规则。	测斜传感器在孔底静置时间不够，传感器状态未稳定即开始测试。	复测。严格按照深层水平位移操作细则作业。

## 7 倾斜观测

### 7.1 一般规定

7.1.1 基坑工程土方开挖或抽排地下水改变周边地下环境条件，相邻建筑地基主要持力层和基础发生不均匀沉降将导致建筑主体结构倾斜。一般而言，应观测邻近基坑边主要承重柱或墙顶部相对于底部固定点的倾斜方向、倾斜度和倾斜速率，预防基础不均匀沉降过大超过地基允许变形值时影响建筑正常使用，甚至整体倾覆。

刚性建筑是指采用筏式基础、上部结构整体性强且抵抗变形的能力和刚度较大、在外力作用下变形特征大致相同的结构体。当受外部环境限制、难以开展建筑外部特征点变形监测时，可通过测量基础或建筑顶部差异沉降来间接估算其整体倾斜，或在顶面或有代表性的楼面采用倾斜仪进行观测。

7.1.2 倾斜观测方法选用，应根据建筑外部观测条件、结构特征和精度要求等确定。当被测建筑具有明显的外部特征点和宽敞的观测场地时，宜选用投点法、前方交会法或吊垂球法等；当被测建筑周边环境受到限制、有一定的竖向通视条件时，宜选用吊垂球法、激光准直法等；当被测建筑属刚性建筑，具有较大的结构刚度和基础刚度时，可选用倾斜仪法、差异沉降法或其他方法。观测方法应合理易行、经济安全，观测结果能如实反映建筑主体结构的变形特性。

7.1.3 关于倾斜观测精度，国家标准《工程测量规范》GB50026-2007 第 10.5.9 条明确规定，建筑物的主体倾斜观测宜采用三等水平位移观测精度；第 10.5.3 条规定基坑变形监测精度不宜低于三等。行业标准《建筑变形测量规范》JGJ8-2016 第 3.2.2 条和第 3.2.3 条规定也建筑变形测量的级别和精度要求。广东地区地质条件较差，多层和高层建筑多采用桩基础，后期沉降或受基坑开挖影响产生的沉降一般不大，危险性较小。但位于基坑边采用天然地基浅基础的多层或低层建筑，一般易受周边土方开挖或降水影响。综合基坑和建筑变形观测精度要求，结合现场监测经验，本标准建议至少应采用三等水平位移观测精度，对采用天然地基浅基础的高层建筑，基坑挖深大于基础埋深，且基础位于 1 倍开挖深度以内时，监测精度等级可适当提高一级。

## 7.2 仪器设备

7.2.1~7.2.4 测量误差产生的原因很多，但概括起来主要有以下三方面：①仪器的原因：仪器结构、制造方面，每一种仪器具有一定的精确度，因而使观测结果的精度受到一定的限制，且仪器构造本身也有一定误差；②人的原因：观测者感官鉴别能力有一定的局限性；③外界条件：外界环境如温度、湿度、风力、大气折光等因素的变化，均使观测结果产生误差。本节规定了不同观测方法所使用仪器的精度要求。

## 7.3 现场测量

7.3.1 基坑工程若位于闹市中心，周边环境条件复杂，可供观测使用的自由空间有限，测站点布设应根据所采用的观测方法确定，位于基坑开挖影响范围以外，既便于安全观测，能满足观测精度要求、又方便于保护，且不影响基坑工程施工或道路通行。为确保观测精度，测站点平面控制点位应具有强制对中装置，同时，测站点应定期复测，确定其适用性和稳定性。

7.3.2 倾斜变形监测点直接埋设在能反映监测体变形特部位，观测标志应结构合理、设置牢固、外形美观、观测方便，且不影响监测体的外观和使用。

7.3.3~7.3.8 提出了投点法、前方交会法、吊垂球法、激光准直法和沉降差法等不同建筑倾斜观测方法的实施步骤及注意事项，观测作业中，全站仪或经纬仪等仪器应严格置平、对中，应按正倒镜法旋转  $180^\circ$  观测两次取平均数，读数时应估读至  $0.1\text{mm}$ 。

## 8 裂缝监测

### 8.1 一般规定

8.1.1 裂缝监测是变形监测的重要手段之一，裂缝的变化情况是反映被监测体稳定性的重要指标之一。基坑施工对周边环境和邻近建筑造成影响，尤其是出现裂缝，往往会引起纠纷，重视基坑施工前的周边环境和邻近建筑的工作状况调查，意义重大。因此，基坑围护结构施工前，应对基坑周边建（构）筑物、道路及周边管线等被监测对象已有裂缝的分布位置、数量、走向、贯通程度及各条裂缝的长度、宽度等进行统计、拍照、整理在册并归档，有利于跟踪并判断基坑开挖对被监测体稳定性的影响程度。

### 8.2 仪器设备

8.2.1 裂缝数量不多时，可采用比例尺、游标卡尺或坐标格网板等工具进行量测；裂缝数量较多，监测频率较密，可采用裂缝仪、裂缝计等自动化监测手段进行量测。

### 8.3 现场测量

8.3.1~8.3.8 监测对象应选择能反映围护结构、周边道路和建（构）筑物的安全与使用功能的代表性裂缝，对于基坑施工过程中新增的代表性裂缝，应逐条监测。

裂缝监测过程中，可根据观测时间的长短埋设不同的观测标志。考虑到雨水等环境因素，镶嵌或埋入金属标志可用于长期观测，油漆平行线标志或在测量部位粘贴石膏饼标志仅用于短期观测。

## **9 地下水位监测**

### **9.1 一般规定**

9.1.1 地下水位测量主要是通过水位井内埋设水位管进行。地下水位监测的作用一是检验降水井的降水效果，二是观测降水对周边环境的影响。

### **9.3 现场测量**

9.3.3 水位井安装完成后，地下水位测量前，须通过灌水试验或抽水试验，检验水位井的有效性。

## 10 支撑内力监测

### 10.1 一般规定

10.1.2 支撑内力监测仪器的选择及安装方法主要根据支护结构自身的受力特点进行选择，同时要方便安装和监测。

### 10.2 仪器设备

10.2.2 根据目前应力计和应变计精度的适用性和国家标准《建筑基坑工程监测技术规范》GB50497 的要求对仪器分辨率、精度和量测进行确定。

### 10.3 现场测量

10.3.1 常用传感器的埋设方法已经相对成熟，对于新型传感器或者较少使用的传感器类型，应根据现场情况结合工程经验确定相应的埋设方法。

钢筋应力计焊接时应使其处于不受力状态，不应使其处于受弯状态。焊接过程中，为防止应力计温度过高，可采用停停焊焊的方法，也可在钢筋应力计部位包上湿棉纱浇水冷却，但不得在焊缝处浇水，以免焊层变脆硬。

应变计安装粘贴时应在准备好的应变计基底上均匀地涂一层粘结剂，粘结剂用量应保证粘结胶层厚度均匀且不影响传感器的工作性能。用镊子夹住引线，将应变计放到粘贴位置，在粘贴处覆盖一块聚四氟乙烯薄膜，且用手指顺应变计轴向，向引线方向轻轻滚压应变计。挤出多余胶液和粘结剂层中的气泡，用力加压保证粘结剂凝固。

基坑钢支撑吊装到位后，应将安装架的另一端与围护结构体上的钢板对上，中间应加一块加强钢垫板，以扩大轴力计受力面积，防止轴力计受力后陷入钢板影响测试结果。

10.3.2 考虑到内力监测传感器在埋设时有可能已经受力，要求土方开挖前连续 2 天测量获得的稳定测试数据的平均值作为初始值更为合理。

10.3.3 温度的变化对支护结构内力监测数据的有一定的影响，应考虑温度影响因素。

10.3.4 根据实际调研情况，当监测进场埋设测点时，支撑混凝土已浇筑完毕或预埋传感器毁坏较常出现，除安装表面应变计作为补救措施外，可以采用高精度全站仪等精密测距仪器测量其支撑两端点之间的距离，通过其形变反算其内力，在设计给出其报警指标的情况下，亦可直接以支撑测距替代支撑内力监测项，同时也可作为支撑内力监测的一种主要数据校核措施。

## 10.4 数据处理

10.4.1 考虑到支护结构构件受力的复杂性，我们通过取平均值减少测量误差。当监测截面上的传感器不以截面轴线对称布置时，其测量结果不宜参与平均值计算。

10.4.2、10.4.4 公式（10.4.2）、（10.4.4）适用于受轴向压力作用的支撑构件。当支撑出现裂缝或在拉力、偏心压力作用下，不建议使用。

支撑内力监测宜考虑温度变化的影响，对于钢筋混凝土支护结构的内力测试，建议制作水泥试块，定期试压测算其弹性模量，以便按混凝土的龄期分别选取合适的弹性模量进行计算。

目前，混凝土支撑轴力只能通过间接方式测量获得，那么监测值计算方法对监测值的精度会产生巨大影响，换言之，使用适合的应力应变关系对支撑轴力监测值的精度至关重要。应力、应变和时间三者关系非常复杂，影响因素多，离散性大，如何将混凝土徐变和混凝土弹性模量随时间变化等因素考虑其中，是值得研究的问题。

主编单位选取某代表性工程中的混凝土支撑，进行了全尺寸支撑轴力影响因素对比试验。以锚索计测值为标准参考值，从支撑自重、传感器种类、传感器布设位置（截面或水平面）、传感器埋设方式、温度等影响因素出发，选用同截面、不同埋设方式，不同截面、不同连接方式，同截面、不同连接方式，同水平面、不同传感器，同截面、不同传感器，同截面、不同点位、同种传感器，考虑温度修正与未考虑温度修正对比，钢筋计不同连接方式对比等八种对比工况开展对比试验。对比试验结果显示：

（1）传感器种类的选择相对于传感器布置截面位置的影响较大。

（2）内埋式连接方式（套接式、焊接式）与锚索计测值相差较大，采用外贴式连接方式能相对真实的反应试验支撑的轴向受力情况。

(3) 混凝土应变计测值较钢筋计测值更接近锚索计测值，混凝土应变计的测试结果更符合压力和弯矩共同作用下构件的轴力分布理论。

(4) 使用仪器厂商提供的温度修正会导致轴力值有不同程度的偏大，偏差范围为 0.5%~3%，温度并不是影响混凝土支撑轴力监测值的主要因素。

对于轴力的计算方法，混凝土弹性模量如果以定值考虑并参与计算会产生较大误差，故应直接使用应力应变关系函数来计算混凝土支撑应力。

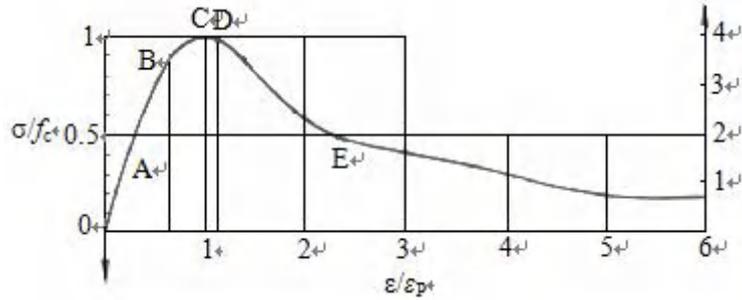


图 2 混凝土的受压变形和破坏过程

混凝土的受压变形和破坏过程见图 2。当  $\sigma < 0.4f_c$  (图中 A 点) 时，应变近似按比例增加，混凝土泊松比  $\nu = 0.16 \sim 0.23 < 0.5$ ，体积应变为压缩。当  $\sigma \approx 0.8 \sim 0.9f_c$  (图中 B 点) 时，混凝土泊松比  $\nu = 0.5$ ，体积压缩变形达到极值。混凝土内部微裂缝有较大开展，但表面无可见裂缝，此后混凝土内出现非稳定裂缝，应变和泊松比增长很快，体积变形开始恢复。应力略微增加，即达峰点 (图中 C 点) 棱柱体抗压强度  $f_c$  和应变  $\varepsilon_p$ 。此后，应力应变曲线进入下降段，当  $\varepsilon = 1 \sim 1.35\varepsilon_p$ ， $\sigma = 1 \sim 0.9f_c$  (图中 D 点) 时，试件中部的表面出现第一条可见细而短的纵向裂缝，此时混凝土的  $\nu_s \approx 0.5$ ， $\varepsilon_v \approx 0$ ，表明裂缝开展引起的体积增大已抵消此前的混凝土压缩变形。继续增大应变，试件上相继出现多条不连续的纵向短裂缝，横向应变、泊松比和体积应变很快增大，混凝土承载力迅速下降，混凝土内骨料和砂浆的界面粘结裂缝，以及砂浆内的裂缝不断延伸、扩展和相连，沿最薄弱面形成宏观斜裂缝，并逐渐地贯通全截面 (图中 E 点)， $\varepsilon = 2 \sim 3\varepsilon_p$ ， $\sigma = 0.4 \sim 0.6f_c$ 。再增大应变，斜裂缝不断加宽，形成一条破损带，其他裂缝不再发展。荷载由破损面上的摩阻力和粘结力相抵抗，剩余承载力缓慢地下降，当时  $\varepsilon = 6\varepsilon_p$ ， $\sigma = 0.2 \sim 0.4f_c$ 。

《混凝土结构设计规范》(GB 50010-2010) 对混凝土受压的应力与应变关系做如下规定：

当  $\varepsilon_c \leq \varepsilon_0$  时

$$\sigma_c = f_c \left[ 1 - \left( 1 - \frac{\varepsilon_c}{\varepsilon_0} \right)^n \right] \quad (1)$$

当  $\varepsilon_0 < \varepsilon_c \leq \varepsilon_{cu}$  时

$$\sigma_c = f_c \quad (2)$$

$$n = 2 - \frac{1}{60} (f_{cu,k} - 50) \quad (3)$$

$$\varepsilon_0 = 0.002 + 0.5 (f_{cu,k} - 50) \times 10^{-5} \quad (4)$$

$$\varepsilon_{cu} = 0.0033 - (f_{cu,k} - 50) \times 10^{-5} \quad (5)$$

式中， $\sigma_c$  为混凝土压应变为  $\varepsilon_c$  时的混凝土压应力； $f_c$  为混凝土轴心抗压强度设计值； $\varepsilon_0$  为混凝土压应力达到  $f_c$  时的混凝土压应变，当计算的  $\varepsilon_0$  值小于 0.002 时，取为 0.002； $\varepsilon_{cu}$  为正截面的混凝土极限压应变，当处于非均匀受压且按 (5) 式计算的值大于 0.0033 时，取为 0.0033；当处于轴心受压时取为  $\varepsilon_0$ ； $f_{cu,k}$  为混凝土立方体抗压强度标准值； $n$  为系数，当计算的  $n$  值大于 2.0 时，取为 2.0。当混凝土强度等级不超过 C50 时，根据式 (1) 至式 (5) 得到应力与应变关系：

当  $\varepsilon_c \leq 0.002$  时

$$\sigma_c = f_c \left[ 1 - \left( 1 - \frac{\varepsilon_c}{0.002} \right)^2 \right] \quad (6)$$

相应的混凝土支撑轴力监测值计算公式为：

$$N_c = f_c \left[ 1 - \left( 1 - \frac{\bar{\varepsilon}}{0.002} \right)^2 \right] A_c + \bar{\varepsilon} E_s A_s \quad (7)$$

式中， $\bar{\varepsilon}$  为混凝土支撑梁中各传感器所实测到的应变量的平均值，徐变是导致支撑梁轴力偏大的主要原因之一。

$$\bar{\varepsilon} = \frac{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n K_i (f_i^2 - f_0^2)}{1 + \varphi'(t, t_0)} \quad (8)$$

式 (7) 和式 (8) 可以看出，式中避免了混凝土弹性模量的出现，即避免了使用固定弹性模量计算导致的偏差；把总应变中徐变变形量给剔除出来了，得到

实际的弹性应变值。该式考虑了混凝土的非线性及时间效应，得出支撑轴力监测值的计算结果仅为现有公式计算结果的 50%~60%，也解析了为何采用混凝土支撑的基坑工程普遍出现支撑轴力监测值偏大的异常现象。

实际上通过对影响支撑轴力监测值的各个因素的分析可知，支撑轴力影响的因素众多，采用间接测量的方法要得到非常高精度的结果是非常困难甚至是不可能做到的，计算公式仅能考虑了几个影响较大的因素，其他影响较小的因素是不能全面考虑到的，因此监测值与实际值有 10%~20%的误差是也属正常。

由于混凝土弹性模量为非定值，然而根据实际调研，监测单位因很难掌握到该项目混凝土各个龄期的弹性模量，通常采用固定弹性模量取值进行计算，是导致误差的因素之一，建议施工单位在各批次浇筑混凝土过程中，制作水泥试块定期送至第三方检测单位试压测算其弹性模量提供给监测单位，以便按混凝土的龄期分别选取合适的弹性模量进行计算。

# 11 锚杆（索）拉力监测

## 11.1 一般规定

11.1.1~11.1.2 本章中的锚杆（索）主要指预应力锚杆（索）。目前，在基坑工程中，一级基坑多采用混凝土灌注桩或地下连续墙加预应力锚杆（索）或加强型喷锚支护型式（采用预应力锚杆（索）控制变形），部分破坏后果严重、对变形要求严格的二级基坑也使用的控制变形的预应力锚杆（索），对上述预应力锚杆（索）进行拉力监测，掌握基坑施工过程中锚杆（索）的变化和工作性能，获取锚杆（索）拉力随时间和开挖深度等的变化规律，对基坑支护结构和周边环境安全意义重大，也为基坑工程反演分析和优化设计提供依据。因而本标准规定对一级基坑及破坏后果严重的二级基坑所使用的锚杆（索）应进行拉力监测。为方便监测，一般采取于锚头部位设置测力计（压力传感器）对锚杆（索）拉力（预应力）进行长期监测的方式进行。对非预应力锚杆可根据工程实际要求确定是否需要进行监测。

## 11.2 仪器设备

11.2.1 对于监测元件的量程，国家标准《建筑基坑工程监测技术规范》（GB50497-2009）规定宜为对应设计值的2倍。考虑到目前基坑工程中锚杆（索）锁定预应力值多为设计拉力值的0.5~0.8倍（如广州市标准《广州地区建筑基坑支护技术规定》（GJB 02-98）规定锚杆预加力值宜取锚杆轴向受拉承载力设计值的0.6~0.8倍；深圳市标准《深圳地区建筑深基坑支护技术规范》（SJG05-96）规定锚杆锁定拉力可取锚杆设计轴向拉力的0.5~0.8倍），且多个工程的锚杆（索）拉力监测结果表明，锚杆（索）拉力监测值一般均小于设计轴向拉力（上述监测结果是和目前基坑工程中锚杆（索）的设计安全度相吻合的），因而本标准将监测元件的量程调整为宜不小于设计拉力值的1.5倍。对于专用测力计应经检定合格，在使用前按照产品要求进行检验率定，确认正常后方可使用；相应的二次读数设备，应在检定校准有效期内。

### 11.3 现场测量

11.3.2 安装专用测力计时，应保证测力计、垫板和锚具与埋设孔的轴线垂直。一般而言，可通过不同荷载作用下同一测力计内部多个传感器的压力增量是否平衡来确定，当多个传感器测值的极差不大于平均值的 30% 时，可认为测力计、垫板和锚具与埋设孔的轴线垂直，其倾斜度和偏心值满足要求。

11.3.4 对于锚杆（索）锁定力（初始预应力）而言，目前较多基坑监测数据显示，当锚索张拉时未采取超张拉方式施工时，其初始预应力监测值一般小于设计锁定值 15~20% 以上，建议当监测结果显示锁定力与设计锁定值的偏差大于 20% 时，宜重新锁定。当设计文件有明确要求时，按设计文件执行。

### 11.4 数据处理

11.4.2 一般锚杆（索）测力计拉力计算可不进行温度补偿修正，如需修正，建议使用厂家提供的温度补偿系数，采用下式计算：

$$P = K\Delta f^2 + A + b\Delta T \quad (9)$$

式中：

$b$ —温度补偿系数(kN/°C)；

$\Delta T$ —温度差 (°C)， $\Delta T = (T_n - T_0)$ ；

$T_n$ — $n$  时刻的温度 (°C)； $T_0$ —初始温度 (°C)。

## 12 土压力监测

### 12.1 一般规定

12.1.2 对于基坑刚性围护结构，往往需要监测作用在围护结构表面上的土压力，因此土压力计的埋设方式多采用边界式。

### 12.2 仪器设备

12.2.1 振弦式土压力计长期稳定性高，受温度影响小，对绝缘性要求低，抗干扰能力强，较适用土压力的长期观测要求，目前我国基坑土压力监测中应用最广泛，但振弦式土压力计不适用于动态响应测试。

12.2.2~12.2.3 土压力计量程上限按被测压力估值的两倍选取，主要是考虑到要有足够的量程，并且还要满足测试必须达到的分辨率。

土压力计直径与中心最大挠度之比宜大于 2000。对于土压力计在量测土体自由场应力时，由于土压力计壳体的刚度远大于周围土体介质的刚度，导致在土压力计壳体圆周的上方产生被动土拱效应，造成测量值大于真实值。此时，应注意选取匹配误差小的土压力计。

### 12.3 现场测量

12.3.1~12.3.2 由于土压力计的结构型式和埋设部位不同，埋设方法很多，埋入式土压力计安装方法有插入法、钻孔法等；边界式土压力计安装方法有挂布法、顶入法和弹入法等。

土压力计埋设在围护结构施工期间或完成后均可进行。若在围护结构完成后进行，由于土压力计无法紧贴围护结构埋设，所测数据与围护结构上实际作用的土压力会有一定差别。若土压力计埋设与围护结构施工同期进行，则须解决好土压力计在围护结构迎土面上的安装问题。在水下浇筑混凝土过程中，要防止混凝土将面向土层的土压力计表面钢膜包裹，使其无法感应土压力作用，造成埋设失败。另外，还要保持土压力计的承压面与土的应力方向垂直。挂布法直接将土压力计置于刚性围护结构表面，方法简便易操作，测试数据较接近真实，目前是最

常用的一种土压力计安装方法。

钻孔法钻孔直径要以满足土压力计安装方便为宜，回填封孔材料不能用粗骨料（如碎石等），而宜用易填实的粗~细砂。

## 12.4 数据处理

**12.4.1~12.4.2** 在地下水位以下，土压力计实际测量的结果为水、土总压力。可根据地下水位计算出水压力或者测得的孔隙水压力，进而计算出实测土压力。按照水土分算原理，实测土压力可按公式（10）计算：

$$p' = p - u_w \quad (10)$$

式中

$p'$  — 实测土压力（kPa）；

$p$  — 土压力计实测的总压力（kPa）；

$u_w$  — 水压力或测得的孔隙水压力（kPa）；

当采用测得的地下水位计算水压力时，水压力可按公式（11）计算：

$$u_w = \gamma_w (h - H) \quad (11)$$

式中

$h$  — 测得地下水位深度（m）；

$H$  — 土压力计的埋设深度（m）

## 13 孔隙水压力监测

### 13.2 仪器设备

**13.2.1** 振弦式孔隙水压力计和电阻式孔隙水压力计都属于电测式孔隙水压力计，适用于各种渗透性质的地层，具有测量误差小，长期稳定性高，深度不受限制等优点，较适用孔隙水压力的长期观测要求，目前我国基坑孔隙水压力监测中应用最广泛。

**13.2.2~13.2.3** 孔隙水压力计量程选取，主要是考虑到要有足够的量程，并且还要满足测试必须达到的分辨率。

基坑正常情况，孔隙水压力计测值要低于静水压力，但由于基坑外部加载、地基土渗透系数低等因素，也可能产生较大的超孔隙水压力。所以孔隙水压力计的量程选取，必须要考虑到超孔隙水压力的存在，并预先评估其大小。

### 13.3 现场测量

**13.3.2** 钻孔泥浆若未清洗干净，可能会引起孔隙水压力计透水石的堵塞。

**13.3.3** 孔隙水压力计的关键是保证探头周围填砂渗水通畅和透水石不堵塞；当存在多层地下水时，并采用钻孔法埋设时，若在一个钻孔内埋设多个孔隙水压力计，更应保证孔隙水压力计之间的隔水层质量，防止上、下层地下水压力形成贯通。

**13.3.4** 孔隙水压力计在埋设时有可能产生超孔隙水压力，要求孔隙水压力计在基坑开挖前 2~3 周埋设，有利于超孔隙水压力的消散，使测得的初始值更加合理。

**13.3.5** 孔隙水压力测量除按基坑设计施工图要求的监测频率外，还应根据孔隙水压力上升、消散的变化规律，采用跟踪、逐日、多日等不同观测频率。

测量地下静水位的变化，主要是为了在计算中消除水位变化影响，获得较真实的超孔隙水压力值。

## 14 爆破振动监测

### 14.1 一般规定

14.1.1 采用爆破施工进行基坑开挖时，会对支护结构和周边环境产生较大的影响，因此应进行爆破安全监测。

14.1.2 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，一般情况可定期进行监测，如规定每周或每月监测次数。

### 14.2 仪器设备

14.2.1~14.2.2 传感器应根据振动频率、距离进行选用。传感器和记录设备均有测量范围，故应选择能满足要求的设备使被测物理量的预估幅值在测量幅值范围内。

屏蔽线缆可降低干扰信号，质点振动速度传感器输出的是电荷信号，因此监测时导线宜选用屏蔽线缆。

### 14.3 现场测量

14.3.1 布置传感器的方向时，一般布置竖直向、水平径向和水平切向三个方向的传感器，根据工程经验，传感器的定位方向应布在可能产生较大振动的方向上。

14.3.2 宜用石膏、螺栓、水泥砂浆或水玻璃等材料，把速度传感器固定在监测部位。原配在传感器上的长螺杆是经过专门设计，全部插入砂土中才能满足监测要求。在传感器安装过程中，安装角度偏差大，将影响监测精度。

14.3.4 测点布置既要能较全面地反映工程开挖爆破的影响，又要能突出重点，做到少而精。利用静态监测断面，既能收集爆破影响观测资料，又便于动静资料对比分析。

14.3.6 自触发设置值一般为顶估峰值的 1/10~1/100。满足多测点同步测试的要求。

### 14.4 数据处理

14.4.3 爆破安全允许标准应依据被保护对象的结构形式、爆破规模及方式、距离爆源的相对位置等遵照《爆破安全规程》GB6722 的有关规定选取。《爆破安全

规程》GB6722 未作规定者，应通过实验研究或工程类比等方法确定。

14.4.5 爆破振动监测记录应完整，并应包括与监测项目相关的内容。监测数据应输入专用分析系统进行处理，分别读出各监测量的峰值、对应的频率、时间等，并根据需要进行频谱分析。遵照《爆破安全规程》GB6722 的有关规定对监测成果进行必要的安全评估。

## 15 自动化监测

### 15.1 一般规定

15.1.1 目前我国经济建设持续快速发展,各种工程地质和水文地质条件下的基坑规模和复杂程度越来越大,周边建(构)筑物繁多,基坑本身安全保障及对周边建(构)筑物保护要求对监测工作的要求不断提高,可高频度或连续监测的自动化监测手段是适应这些要求发展的新技术,具有效率高、节省人力、较少人为失误影响、减少人员作业风险等优势,应用越来越广泛。因此,本标准编制列入了自动化监测这一章。

无人值守远程监控技术是网络通讯技术在自动化监测中的应用,大大提高了监控和信息传输能力,在自动化监测中已被广泛采用。

15.1.4 一般自动化监测系统比较复杂,使用前应注意做好检验。自动化监测是快速发展中的新技术,与采用人工监测的方法进行比对,是自动化监测成果质量保证的一个有效措施。

15.1.5 自动化监测系统较复杂,安装调试要求较高,监测过程需要维护检查或进行调整,制定切合现场实际情况的监测技术方案。自动化监测和人工监测各有其优点和局限性,必要时可两者结合,扬长避短,取得更好的经济技术效果。

### 15.2 仪器设备

15.2.1 根据测量数据采集手段的不同,各类自动化监测使用的仪器设备有很大的不同,本条因此将自动化监测分类划分为两类型。

15.2.2 自动化监测仪器设备、传感器和测点埋设件种类很多,且不断发展中,本条列出了目前各监测项目的常用情况。

### 15.3 现场测量

15.3.1 自动化监测现场前期准备工作很重要。要系统布置好测点,监测前对监测系统和通讯系统做好安装调试,对具有自动跟踪功能的全站仪进行学习测量,以保证系统在设定的期限按设计方案正常稳定运行。

15.3.2 环境条件对信号无线传输的影响大,是采用无线传输方式时需考虑的因素。具有数据临时存储功能系统和间断传输功能的系统可克服信号不稳定的影响。

15.3.3 利用具有测点自动跟踪功能的全站仪测量机器人进行城市轨道交通既有结构测点三维变形自动化监测手段,在我省已开通地铁运营线路的广州、深圳和佛山等城市以及国内其他部分城市已广泛应用,是目前地铁既有结构保护最有效的一种监测手段,该方法也已应用于基坑变形自动化监测中,本条款列出了有关规定。

对监测基准点定期进行联测检核,是保证监测成果可靠性的必要措施。自动化监测由于测量仪器一般是固定安装,后视点常处于变形区范围,当基准点距离较远或通视条件不好时,难以由自动化监测系统完成联测,实际工作中基准点联测需采用人工测量方式完成,容易被忽略。广州地铁在总结工程实际经验的基础上,强调提出了地铁既有结构保护监测中,必须定期进行基准网联测的规定。

15.3.4 采用力学传感器设备进行测点应力应变的自动化监测,是目前基坑安全自动化监测的主要手段,常与光学测量类监测一并实施。

## **15.4 自动化监测数据信息管理**

15.4.2 应用监测信息管理系统,可有效提高自动化监测信息反馈和监管水平。

## 16 监测成果与信息反馈

### 16.1 一般规定

16.1.3 监测的外业记录，应符合各相关现行行业标准的规定，各相关现行行业标准无具体规定的，监测单位可根据单位规定、具体的仪器制定专用表格，表格基本内容应包括：工程名称、监测单位、监测项目、测试日期时间、气候、仪器名称及编号、测试人员签字、记录人员签字、复核人员签字等。

16.1.5 目前基坑工程监测技术发展很快，主要体现在监测方法的自动化、远程化以及数据处理和信息管理的智能化、软件化。建立基坑工程监测数据处理和信息管理系统，利用专业软件帮助实现数据的实时采集、分析、处理和查询，使监测成果反馈更具有时效性，并提高成果可视化程度，更好地为设计和施工服务。

### 16.2 日报表

16.2.1 日报表是信息化施工的重要依据。每次测试完成后，监测人员应及时进行数据处理和分析，形成日报表，提供给委托单位和有关方面。日报表强调及时性和准确性，对监测项目应有正常、异常和危险的判断性结论。

16.2.2 为保证日报表信息全面并便于查询和追溯，本条规定了日报表应标明的信息，并有监测单位盖章及相关责任人签字。

### 16.3 阶段性报告

16.3.1 阶段性报告是经过一段时间的监测后，监测单位通过对以往监测数据和相关资料、工况的综合分析，总结出的各监测项目以及整个监测系统的变化规律、发展趋势及其评价，用于总结经验、优化设计和指导下一步的施工。阶段性监测报告可以是周报、旬报、月报或根据工程的需要不定期地提交。报告的形式是文字叙述和图形曲线相结合，对于监测项目监测值的变化过程和发展趋势尤以过程曲线表示为好。阶段性监测报告强调分析和预测的科学性、准确性，报告的结论要有充分的依据。

## 16.4 总结报告

16.4.1 总结报告是基坑工程监测工作全部完成后监测单位提交给委托单位的竣工报告。总结报告一是要提供完整的监测资料；二是要总结工程的经验与教训，为以后的基坑工程设计、施工和监测提供参考。