

上海市工程建设规范

基 坑 工 程 施 工 监 测 规 程

DG/TJ08-2001-2006

主编单位：上海岩土工程勘察设计研究院有限公司

批准部门：上海市建设和交通委员会

批准日期：2006 年 10 月 9 日

2006 上海

关于批准《基坑工程施工监测规程》 为上海市工程建设规范的通知

沪建交〔2006〕678 号

各有关单位：

由上海岩土工程勘察设计研究院有限公司主编的《基坑工程施工监测规程》，经有关专家审查和我委审核，现批准为上海市工程建设规范。该规范统一编号为DG/TJ08-2001-2006，自 2006 年 12 月 1 日起实施。

本规范由市建设交通委负责管理，上海岩土工程勘察设计研究院有限公司负责解释。

二〇〇六年十月九日

目 次

- 1、总则
- 2、术语符号
 - 2.1 术 语
 - 2.2 主要符号
- 3、基本规定
 - 3.1 基坑监测工作基本原则
 - 3.2 基坑工程监测等级
 - 3.3 监测工作内容与要求
- 4、围护体系监测点布置
 - 4.1 一般规定
 - 4.2 监测点布置
- 5、周边环境监测点布置
 - 5.1 一般规定
 - 5.2 邻近建(构) 筑物监测点布置
 - 5.3 邻近地下管线监测点布置
 - 5.4 邻近地表监测点布置
- 6 监测方法与技术要求
 - 6.1 一般规定
 - 6.2 水平位移监测
 - 6.3 垂直位移监测
 - 6.4 裂缝监测
 - 6.5 倾斜监测
 - 6.6 深层侧向变形（测斜）
 - 6.7 土压力监测
 - 6.8 孔隙水压力监测
 - 6.9 地下水水位监测
 - 6.10 围护体系内力监测
 - 6.11 坑外土体分层位移监测

6.12 坑底隆起（回弹）监测

6.13 锚杆拉力监测

6.14 监测频率

6.15 监测报警值

7 监测技术成果文件的编制

7.1 一般规定

7.2 成果文件

1 总 则

1.0.1 为指导基坑工程安全施工，有效监控对周边环境影响，使基坑施工监测工作做到成果可靠、技术先进、经济合理、确保质量，特制定本规程。

1.0.2 本规程适用于上海地区各类建（构）筑物的基坑工程施工监测。

1.0.3 基坑工程施工监测应综合考虑基坑设计特点、地基岩土条件、邻近建（构）筑物、地下设施、环境条件、施工条件和工期等因素，因地制宜，精心编制监测方案并实施。

1.0.4 本规程未尽之处，尚可参照执行现行国家、行业和地方相关标准。

2 术语符号

2.1 术语

2.1.1 建筑基坑 building foundation pit

为进行建（构）筑物基础与地下建（构）筑物的施工所开挖的地面以下空间。

2.1.2 基坑监测 monitoring of foundation pit

基坑施工过程中，对支护结构和基坑周边环境实施的应力、位移、倾斜、沉降、开裂、地下水位动态变化，土压力、孔隙水压力变化等综合监测。

2.1.3 基坑侧壁 side of foundation pit

构成建筑基坑围护墙体的某一侧面。

2.1.4 基坑周边环境 surroundings around foundation pit

基坑开挖影响范围以内包括既有建（构）筑物、道路、地下设施、地下管线、岩土体及地下水等等的统称。

2.1.5 基坑支护 retaining and protecting for foundation excavation

为保证地下结构施工及基坑周边环境的安全，对基坑侧壁采用的支挡、加固与保护措施。

2.1.6 排桩 piles in row

以某种桩型按排队列式布置组成的基坑支护结构。

2.1.7 地下连续墙 diaphragm wall

用机械施工方法成槽浇灌钢筋混凝土连续拼接形成的地下墙体。

2.1.8 水泥土墙 mix-insitu pile

由水泥土桩相互搭接形成的格栅状、壁状等形式的支护结构。

2.1.9 土钉墙 soil nailing wall

采用土钉加固的基坑侧壁土体形成的支护结构。

2.1.10 土层锚杆 soil anchor

由设置于钻孔内、端部伸入稳定土层中的钢筋、钢管或钢绞线与孔内注浆体组成的受拉杆体。

2.1.11 支撑体系 bracing system

由围檩、支撑（或土层锚杆）、立柱等结构组成的体系。由钢或钢筋混凝土构件组成的用以支撑基坑侧壁的结构体系。

2.1.12 冠梁（压顶） top beam

设置在支护结构顶部的钢筋混凝土或型钢连续梁。

2.1.13 腰梁（围檩） middle beam

设置在支护结构顶部以下传递支护结构与锚杆或内支撑支点力的钢筋混凝土梁或钢梁。

2.1.14 支点 fulcrum

锚杆或支撑体系对支护结构的水平约束点。

2.1.15 嵌固深度 embedded depth

桩墙围护结构在基坑开挖底面以下的埋置深度。

2.1.16 地下水水位（头）监测 groundwater level monitoring

对保证支护结构施工、基坑挖土、地下室施工及基坑周边环境安全而在基坑内外采取的排水、降水、截水或回灌措施所引起的水位变化的监测。

2.1.17 止水帷幕 curtain wall

用于阻截基坑侧壁及基坑底地下水流入基坑而采用的连续止水体。

2.1.18 测斜 slope monitoring

基坑围护体和（或）变形影响范围内土体或其它构筑物附近土体在一定深度产生的水平向位移监测。

2.1.19 监测项目 monitoring item

监测单位在施工工地上按需要进行监测的性质分成的类。

2.1.20 监测点 monitoring point

根据要求在施工场地设置的观测点和控制点。

2.1.21 监测频率 monitoring frequency

在监测过程中，监测方对监测点实施的取值频率。

2.1.22 监测报警值 monitoring alarm value

在施工过程中，为确保基坑工程施工和周边环境安全而设置的监控值。

2.1.23 监测网 monitoring net

根据设计图上的监测点在施工场地上所设置的监测网格。

2.1.24 围护体系 outer protective system

围护体系包括围护结构和支撑体系。安全承受坑侧水、土压力和坑外一定范围内固定或临时荷载作用的体系为围护体系。支撑体系由围檩、支撑（或土层锚杆）、立柱等结构组成的体系。

2.1.25 孔隙水压力 pore water pressure

饱和土体在承受外加荷载条件下，由其孔隙水所承担的压力。

2.1.26 分层位移 tinting displacement

地下各个不同土层之间在施工过程中所产生的相对竖向位移。

2.1.27 基坑隆起（回弹）swell(rebound) of foundation pit

基坑坑底因土体应力变化而产生的向上变形。

2.1.28 共同沟 common canal

共同沟是“地下城市管道综合走廊”的俗称。地下通道里除了集中各种专业线路等系统外，并为人员检修、维护、增容等工作预留操作和交通空间。

2.1.29 小角法 narrow angle method

在测站上测量位移点的距离及固定方向与位移点方向间夹角，以确定位移大小、位移方向的方法。

2.1.31 经纬仪投点法 method of transit projection

用经纬仪在两个正交的方向将建筑物、构筑物顶部的观测点投影到底部观测点的水平面上，以测定位移大小、位移方向及倾斜度的方法。

2.1.32 激光准直法 method of laser alignment

以激光发射系统发出的激光束作为基准线，在需要准直的点上放置激光束的接收装置，确定偏离值的方法。

2.1.33 视准线法 collimation method

以两固定点间经纬仪的视线作为基准线，测量变形观测点到基准线间的距离，确定偏移值的方法。

2.1.34 前方交会法 forward intersection method

适合于测定难以到这或难以量距的明显界址点，所需方位角一般通过在已知点设站联测定向点和未知点之间的夹角推算求得，常与极坐标法测定其他界址点同时进行。

2.1.35 自由设站法 method of free set station

自由设站法是一种非常方便的补充测站点的方法。作业时，选择一方便的地方设站，对附近的控制点测量距离和水平角，用边角后方交会的方法解算测站点的坐标和定向角，便可用极坐标法测定界址点。

2.1.36 导线测量法 polygonal method

导线法是补充测站点的最常用的方法。为了保证测量精度，定向点到测站的距离应远于支站到测站的距离。观测前后应检查定向方位。测站到支站的距离应往返测量，取中数，角度应

观测左右角。支导线只允许发展两次，困难地区可适当放宽发展次数。

2.1.37 极坐标法 polar coordinate method

极坐标法属于方位与距离交会法。该法是一种最广泛应用于点位测量的方法。

2.2 主要符号

C——基坑周长；

d---桩身直径；

h---基础埋置深度；

H---基础开挖深度；

L---基础底面长度；

b---基础底面宽度(最小边长);或力矩作用方向的基础底面边长；M---作用于围护结构的力矩或截面的弯矩；

N——钢支撑轴力；

Nc——钢筋混凝土轴力

p---基础底面处平均压力；

s---沉降量、位移量；

u---孔隙水压力；

w---土的含水量；

$\Delta\delta_i$ ——第 i 测段的相对水平偏差增量值；

3 基本规定

3.1 基坑监测工作基本原则

3.1.1 基坑监测应由委托方委托具备相应资质的第三方承担；基坑设计单位及相关单位应提出监测技术要求；监测前应在现场踏勘收集相关资料的基础上，依据委托方和相关单位的要求和规范规定编制监测方案；监测方案须经委托方及相关单位认可后方可实施。

3.1.2 基坑监测应达到下列要求：

- 1 对基坑支护体系及周边环境安全进行有效监护；
- 2 做到信息化施工；
- 3 验证有关设计参数。

3.1.3 监测方案宜包括工程概况、基坑设计要点、地基土条件、周边环境概况、监测目的、编制依据、监测项目、测点布置、监测方法及精度、数据整理方法、监测频率、报警值、主要仪器设备、拟提供的监测成果以及监测结果反馈制度等。

3.2 基坑工程监测等级

3.2.1 基坑工程监测等级应根据基坑工程安全等级、周边环境等级和地基复杂程度划分。

3.2.2 基坑工程安全等级应根据破坏后果和基坑开挖深度按表 3.2.2 划分为三级。

表 3.2.2 基坑工程安全等级划分

| 基坑工程安全等级 | 破坏后果、基坑开挖深度 |
|----------|-------------------------|
| 一级 | 破坏后果很严重或基坑开挖深度大于等于 10m。 |
| 二级 | 破坏后果严重或基坑开挖深度介于 7~10m。 |
| 三级 | 破坏后果不严重和基坑开挖深度小于 7m。 |

3.2.3 周边环境等级应根据周边环境条件按表 3.2.3 划分为四个等级。

表 3.2.3 周边环境等级划分

| 周边环境等级 | 周边环境条件 |
|--------|--|
| 特级 | 离基坑 H 范围内有地铁、共同沟、大直径(大于 0.7m)煤气(天然气)管道、大型压力总水管、高压铁塔、历史文物、近代优秀建筑等重要建(构)筑物及设施。 |
| 一级 | 离基坑 $H \sim 2H$ 范围内有地铁、共同沟、大直径煤气(天然气)管道、大型压力总水管、高压铁塔、历史文物、近代优秀建筑等重要建(构)筑物及设施。 |
| 二级 | 离基坑 H 范围内有重要支线、水管、大型建(构)筑物及设施等。 |
| 三级 | 离基坑 $2H$ 以外设有需要保护管线和建(构)筑物及设施等。 |

注：1 H 为开挖深度 (m)。(以下同)

2 高压铁塔、历史文物、近代优秀建筑的划分应符合相关管理部门的规定。

3.2.4 地基复杂程度应根据场地地基土土性、软弱程度和水文地质条件按表 3.2.4 划分为复杂、中等和简单三种。

表 3.2.4 地基复杂程度划分

| 地基复杂程度 | 地基土土性、软弱程度和水文地质条件 |
|--------|---|
| 复杂 | 2H 深度范围内存在厚度较大的特软弱淤泥质粘土(土性指标:含水量大于 55%;静探比贯入阻力小于 0.40MPa);坑底存在厚度较大的粉土或砂土且隔水帷幕无法隔断;存在大面积厚层填土(厚度大于 3m)、暗浜(塘)分布;水文地质条件:邻近江、河边(约 1.5H 水平距离以内),并有水力联系;有渗透性较大的含水层并存在微承压水或承压水(基坑影响深度范围以内)。 |
| 中等 | 2H 深度范围内存在淤泥质粘性土或粉土;水文地质条件:离江、河边有一定距离(大于 1.5H 水平距离),并无水力联系。 |
| 简单 | 2H 开挖深度范围内土性较好;无暗浜(塘)分布;水文地质条件简单。 |

注: 从复杂开始,有二项(含二项)以上,最先符合该等级标准者,即可定为该等级。

3.2.5 综合基坑工程安全等级、周边环境等级和地基复杂程度,基坑工程监测等级按表 3.2.5 可分为四级,并应明确基坑各侧壁工程监测等级。

表 3.2.5 基坑工程监测等级

| 基坑工程监测等级 | 基坑工程安全等级 | 周边环境等级 | 地基复杂程度 |
|----------|----------|--------|--------|
| 特级 | 一级 | 特级 | 复杂~中等 |
| 一级 | 一级~二级 | 特级~一级 | 复杂~中等 |
| 二级 | 二级~三级 | 一级~二级 | 中等~简单 |
| 三级 | 三级 | 三级 | 简单 |

注: 1 有二项(含二项)以上,最先符合该等级标准者,即可定为该等级。

2 当符合两个监测等级时,宜按周边环境高一等级优先考虑。

3.3 监测工作内容与要求

3.3.1 基坑监测前,委托方应提供下列资料:

- 1 基坑围护设计施工图及设计监测要求;
- 2 勘察成果文件;
- 3 基坑影响区地下管线图及地形图;
- 4 周边建(构)筑物状况(建筑年代、基础和结构形式)等。

3.3.2 基坑施工前应对周边建(构)筑物和有关设施的现状、裂缝开展情况等进行前期调查,并详细记录或拍照、摄像,作为施工前档案资料。前期调查范围宜达到基坑边线以外 3 倍基坑深度。

3.3.3 监测范围宜达到基坑边线以外 2 倍以上基坑深度,并符合工程保护范围的规定,或按工程设计要求确定。

3.3.4 监测项目应根据基坑工程监测等级、支护结构特点、施工工艺以及变形控制要求有针对性确定，监测项目可参照表 3.3.4 进行布置。

表 3.3.4 监测项目表

| 序号 | 施工阶段 | 开挖前 | 开挖阶段 | | | | | | 放坡开挖 |
|----|-------------------|------|---------|----|----|--------|----|----|------|
| | 监测工程等级 监测项目 | 围护体系 | 重力式围护体系 | | | 板式围护体系 | | | |
| | | | 一级 | 二级 | 三级 | 一级 | 二级 | 三级 | |
| 1 | 围护体系观察 | | √ | √ | √ | √ | √ | √ | √ |
| 2 | 围护墙（边坡）顶部水平位移 | | √ | √ | √ | √ | √ | √ | √ |
| 3 | 围护墙（边坡）顶部垂直位移 | | √ | √ | √ | √ | √ | √ | √ |
| 4 | 围护体系裂缝 | | √ | √ | m | √ | √ | m | |
| 5 | 围护墙侧向变形（测斜） | | √ | √ | m | √ | √ | m | |
| 6 | 围护墙侧向土压力 | | | | | m | m | | |
| 7 | 围护墙内力 | | | | | √ | m | | |
| 8 | 冠梁或围檩内力 | | | | | √ | m | | |
| 9 | 支撑内力 | | | | | √ | √ | m | |
| 10 | 锚杆或土钉拉力 | | m | m | | √ | √ | m | |
| 11 | 立柱垂直位移 | | | | | √ | √ | m | |
| 12 | 立柱内力 | | | | | m | m | | |
| 13 | 基坑外地下水水位 | √ | √ | √ | √ | √ | √ | √ | √ |
| 14 | 基坑内地下水水位 | m | m | m | | m | m | | |
| 15 | 孔隙水压力 | m | m | | | m | | | |
| 16 | 土体深层侧向变形（测斜） | m | m | m | | √ | m | | |
| 17 | 土体分层位移 | | m | | | m | | | |
| 18 | 坑底隆起（回弹） | | m | m | | m | m | | |
| 19 | 地表垂直位移 | m | √ | m | | √ | m | | m |
| 20 | 邻近建（构）筑物垂直及水平向位移 | √ | √ | √ | √ | √ | √ | √ | √ |
| 21 | 邻近建（构）筑物倾斜 | | m | m | | m | m | | |
| 22 | 邻近建（构）筑物裂缝、地表裂缝 | √ | √ | √ | √ | √ | √ | √ | √ |
| 23 | 邻近地下 管线水平 及 垂直向位移 | √ | √ | √ | √ | √ | √ | √ | √ |

注：√应测项目；m 选测项目(视监测工程具体情况和相关方要求确定)

3.3.5 特级监测工程的监测项目除按一级确定外，尚应根据委托方及相关单位的特殊要求增加相应的监测项目。

3.3.6 基坑工程监测过程中应由业主及承包方协助保护监测设施。

3.3.7 监测点应稳定可靠，标识清晰，能直接反映监测对象的变化特性。

3.3.8 各类仪器设备在埋设前均应进行标定；各种测量仪器除精度需满足要求外，应定期由法定计量单位进行检验、校正。

6.3.9 监测传感器应满足下列要求：

- 1 与量测的介质特性相匹配，以减小测量误差；
- 2 灵敏度高、线性好、重复性好；
- 3 漂移、滞后误差小；
- 4 防水性好，抗干扰能力强，成活率高。

3.3.10 当监测值达到报警值或出现危险事故征兆时，应加密或连续观测。

3.3.11 应对现场监测的结果认真分析整理，仔细校核，确保数据可靠、正确，并及时提交当日报表；当监测值达到报警值，应立即发出报警通知。

3.3.12 监测数据宜自动连续采集，便于信息处理、分析和预测。

4 围护体系监测点布置

4.1 一般规定

4.1.1 围护体系监测点的布置应充分考虑基坑工程监测等级、围护体系的类型、形状、位置以及分段开挖的长度、宽度和基坑施工进度等因素。监测点布置应能反映各类围护结构体受力和变形的变化趋势。

4.1.2 基坑围护墙侧边中部、阳角处、围护结构受力和变形较大处宜布置监测点，周边有重点监护对象处应加密监测点。

4.1.3 不同监测项目的监测点宜布置在同一断面上。

4.1.4 当基坑设计与施工对监测点布置有专门要求时，应按设计和施工要求确定。

4.2 监测点布置

4.2.1 围护墙（边坡）顶部水平位移和垂直位移监测点布置应符合下列要求：

- 1 围护墙（边坡）顶部水平位移监测点和垂直位移监测点应为共用点，并布置在冠梁（压顶）上，监测点间距不宜大于 20m，关键部位宜适当加密，且每侧边监测点不少于 3 个。
- 2 宜布置在两根支撑的中间部位。
- 3 宜布置在围护墙侧向变形(测斜)监测点处。

4.2.2 围护体系裂缝监测内容包括裂缝形态、长度、宽度、深度描述，监测点布置应符合下列要求：

- 1 当围护体系出现肉眼可见裂缝时，宜及时布置监测点。
- 2 宜在裂缝中部和两端各布置裂缝宽度监测点。

4.2.3 围护墙侧向变形（测斜）监测点布置应符合下列要求：

- 1 监测点布置间距宜为 20~50m，中间部位宜布置监测点，每侧边监测点至少 1 个。
- 2 监测点布置深度宜与围护墙（桩）入土深度相同。

4.2.4 围护墙侧向土压力监测点布置应符合下列要求：

- 1 监测点宜选择布置在弯矩较大、受力较复杂及有代表性的围护体侧；
- 2 监测点平面间距宜为 20~50m，且每侧边监测点至少 1 个；
- 3 监测点垂直间距宜为 3~5m，宜布置在土层中部，可预设于迎土面及迎坑面入土段的围护墙侧面。

4.2.5 围护墙内力监测点布置应符合下列要求：

- 1 监测点宜布置在弯矩较大、受力较复杂等围护墙体内；
- 2 监测点平面间距宜为 20~50m，且每侧边监测点至少 1 个；
- 3 监测点竖向上宜布置在支撑点、拉锚位置、弯矩较大处，垂直间距宜为 3~5m。

4.2.6 冠梁或腰梁内力监测点布置应符合下列要求：

- 1 监测点宜布置在每侧边的中间部位、弯矩较大、支撑间距较大、受力较复杂处；在垂向上监测点的位置宜保持一致；
- 2 监测点平面间距宜为 20~50m，且每侧边布置监测点至少 1 个；
- 3 每个监测点内力传感器埋设不应少于 2 个，且应在冠梁或腰梁两侧对称布置。

4.2.7 支撑内力监测点布置应符合下列要求：

- 1 监测点宜布置在支撑内力较大、受力较复杂的支撑上；
- 2 每道支撑内力监测点不应少于 3 个，并且每道支撑内力监测点位置宜在垂向上保持一致；
- 3 对钢筋混凝土支撑，每个截面内传感器埋设不宜少于 4 个；对钢支撑，每个截面内传感器埋设不应少于 2 个；
- 4 钢筋混凝土支撑和 H 型钢支撑内力监测点宜布置在支撑长度的 1/3 部位。钢管支撑采用反力计测试时，监测点应布置在支撑端头；采用表面应变计测试时，宜布置在支撑长度的 1/3 部位。

4.2.8 锚杆或土钉拉力监测点布置应符合下列要求：

- 1 监测点应布置在基坑每侧边中心处、锚杆或土钉受力较大、形态较复杂处；
- 2 每层监测点应按锚杆或土钉总数的 1%~3% 布置，且不应少于 3 个；并且每层监测点在垂向上的位置宜保持一致。

4.2.9 立柱垂直位移监测点布置应符合下列要求：

- 1 监测点宜布置在基坑中部、多根支撑交汇处、施工栈桥下、地质条件复杂等位置的立柱上，不同结构类型的立柱宜分别布点；
- 2 监测点不宜少于立柱总数的 10%，逆作法施工的基坑不宜少于立柱总数的 20%，且不应少于 5 根立柱。

4.2.10 立柱内力监测点布置应符合下列要求：

- 1 监测点宜布置在受力复杂、内力较大的立柱上；
- 2 每个截面内传感器埋设不应少于 2 个；
- 3 监测点宜布置在坑底以上立柱长度的 1/3 部位，多道支撑时宜布置在相邻两道支撑中部。

4.2.11 基坑外地下水水位监测包括潜水水位监测和承压水水位监测，监测点布置应符合下列要求：

- 1 监测点宜布置在邻近搅拌桩施工搭接处、转角处、相邻建（构）筑物处、地下管线相对密集处等，并宜布置在止水帷幕外侧约 2m 处；
- 2 潜水水位监测点间距宜为 20~50m，水文地质条件复杂处应适当加密；
- 3 潜水水位观测管埋置深度宜为 6~8m；
- 4 对需要降低微承压水或承压水水位的基坑工程，监测点宜布置在相邻降水井近中间部位，间距宜为 30~60m，每侧边监测点至少 1 个。观测孔埋设深度应保证能反映承压水水位的变化。

4.2.12 基坑内地下水水位监测包括潜水水位监测和承压水水位（头）监测，监测点布置应符合下列要求：

- 1 潜水水位监测点宜布置在相邻降水井近中间部位；
- 2 潜水水位观测管埋置深度不宜小于基坑开挖深度以下 5m；
- 3 对需要降低微承压水或承压水水位的基坑工程，监测点宜布置在基坑中部、相邻降水井近中间部位。观测孔埋设深度应满足设计要求。

4.2.13 孔隙水压力监测点布置应符合下列要求：

- 1 监测点宜根据施工监测对象、测试目的和场地条件等布置，数量不宜少于 3 个；
- 2 监测点宜在水压力变化影响深度范围内按土层布置，竖向间距宜为 4~5m，涉及多层承压水层时应适当加密。

4.2.14 土体深层侧向变形（测斜）监测点布置应符合下列要求：

- 1 监测点应布置在邻近需要重点监护的地下设施或建（构）筑物周围土体中；
- 2 监测点布置间距宜为围护墙侧向变形监测点布置间距的 1~2 倍，并宜布置在围护墙顶部水平位移监测点旁，每侧边监测点至少 1 个；
- 3 土体侧向变形监测（测斜）孔布置深度宜大于围护墙（桩）埋深的 5~10m。

4.2.15 土体分层位移监测点布置应符合下列要求：

- 1 监测点应布置在紧邻保护对象处；
- 2 监测点在垂向上宜布置在各土层分界面上，在厚度较大土层中部应适当加密。
- 3 监测点布置深度宜大于 2.5 倍基坑开挖深度，且不应小于基坑围护结构以下 5~10m。

4.2.16 坑底隆起（回弹）监测点布置应符合下列要求：

- 1 监测点宜按剖面布置在基坑中部；

- 2 监测剖面间距宜为 20~50m，数量不应少于 2 条；
- 3 剖面上监测点间距宜为 10~20m，数量不宜少于 3 个。

5 周边环境监测点布置

5.1 一般规定

5.1.1 周边环境包括各类基坑周边邻近建（构）筑物、地下管线及地表的监测。建（构）筑物监测内容为垂直、水平位移、倾斜、裂缝等；地下管线监测内容为垂直、水平位移；地表监测内容为垂直位移、裂缝。

5.1.2 周边环境监测点的布置应根据基坑各侧边工程监测等级、周边邻近建（构）筑物性质、地下管线现状等确定。

5.1.3 施工前应收集周边建（构）筑物状况（建筑年代、基础和结构形式等）、地下管线（类型、年代、分布与埋深等）资料，组织现场交底。

5.1.4 位于地铁、上游引水、合流污水等重要地下公共设施安全保护区范围内的监测点设置，应依据相关管理部门技术要求确定。

5.2 邻近建(构)筑物垂直及水平向位移监测点布置

5.2.1 垂直与水平位移监测点布置应符合下列要求：

- 1 监测点应布置在基础类型、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；
- 2 监测点宜布置于通视良好，不易遭受破坏之处；
- 3 建（构）筑物的角点、中点应布置监测点，沿周边布置间距宜为 6~20m，且每边不应少于 2 个；圆形、多边形的建（构）筑物宜沿纵横轴线对称布置；工业厂房监测点宜布置在独立柱基上。

5.2.2 倾斜监测点布置应符合下列要求：

- 1 监测点宜布置在建（构）筑物角点或伸缩缝两侧承重柱（墙），上、下部成对设置，并位于同一垂直线上，必要时中部加密；
- 2 当采用全站仪或经纬仪观测时，仪器设置位置与监测点的距离宜为上、下点高差的 1.5~2.0 倍；
- 3 当用精密水准观测时，可按 5.2.1 有关规定成对布置。

5.2.3 裂缝监测应在基坑开挖前目测调查，对基坑开挖影响范围内的建（构）筑物裂缝现状进行记录；在基坑开挖过程中，发现新裂缝或原有裂缝有增大趋势，应增设监测点。裂缝监测点布置应符合下列要求：

- 1 在裂缝的首末端和最宽处应各布设一对监测点；
- 2 各对监测点两点的连线应垂直于裂缝。

5.3 邻近地下管线监测点布置

- 5.3.1 管线监测点间距宜为 15~25m，所设置的垂直位移和水平位移监测点宜为共用点。
- 5.3.2 影响区有多条管线时，宜根据管线年份、类型、材质、管径等情况，综合确定监测点，且宜在最内侧和最外侧的管线上布置监测点。
- 5.3.3 上水、煤气管宜设置直接观测点，也可利用窨井、阀门、抽气孔以及检查井等管线设备作为监测点。
- 5.3.4 地下电缆接头处、管线端点、转弯处宜布置监测点。
- 5.3.5 管线监测点布置方案应征求管线等有关管理部门的意见。

5.4 邻近地表监测点布置

- 5.4.1 地表垂直位移监测点布置应符合下列要求：
- 1 监测点宜按剖面垂直于基坑边布置，剖面间距宜为 30~50m，每侧边剖面线至少 1 条，并宜设置在每侧边中部；
 - 2 监测剖面线延伸长度宜大于 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 5 个。
- 5.4.2 裂缝监测点布置应符合下列要求：
- 1 施工前应采取目测调查，在基坑影响范围，对地表、道路出现的裂缝现状进行记录；
 - 2 施工过程中发现新裂缝应增设监测点。
 - 3 裂缝监测内容和监测点布置可参照 4.2.2 和 5.2.3。
- 5.4.3 当无法在地下管线上布置直接监测点时，管线上地表监测点的布置宜参照 5.3.1。

6 监测方法与技术要求

6.1 一般规定

6.1.1 监测方法的选择应根据工程监测等级、现场条件、设计对参数的要求、地区经验和测试方法的适用性等因素综合确定。

6.1.2 变形测量点宜分为基准点、工作基点和监测点。基准点设置应符合下列要求：

- 1 在施工前埋设，并经观测确定其稳定后，方可投入使用；
- 2 在施工场地影响范围外设置，不宜少于 3 个；
- 3 监测期间，应定期联测，检验其稳定性；
- 4 整个施工期间，应采取有效措施，确保正常使用。

6.1.3 同一工程的监测，宜固定观测人员和仪器，并应采用相同的观测方法和观测路线进行施测。

6.2 水平位移监测

6.2.1 水平位移测量精度要求应符合表 6.2.1 的规定。

表 6.2.1 水平位移测量精度要求(mm)

| 变形测量等级 | 特级 | 一级 | 二级 | 三级 |
|-------------------|-----|-----|-----|------|
| 监测点坐标 中误差 (mm) | 0.3 | 1.0 | 3.0 | 10.0 |

注：监测点坐标中误差系指监测点相对测站点（如工作基点等）的坐标中误差，为点位中误差的 $1/\sqrt{2}$ ；

6.2.2 巡视检查，应注意基坑周围地面及建（构）筑物墙面裂缝、倾斜等变化，同时了解施工工况、坑边荷载的变化、围护体系的防渗以及支护结构施工质量等问题，及时发现事故隐患，减少工程事故。

6.2.3 水平位移监测网应采用独立坐标系统，并进行一次布网（有条件的可以与上海平面坐标系统联测）；

水平位移监测网应采用 GPS 网、单导线和导线网、边角网和视准轴线等形式。当采用基准线控制时轴线上必须设置检核点。

6.2.4 水平位移监测基准点应埋设在变形区外，数量不应少于 3 点。宜建造具有强制对中的观测墩，或利用已有稳定的施工控制点，采用精密的光学对中装置（对中误差小于 0.5mm）。基准点的埋设形式，按有关测绘规范、规程执行；

6.2.5 水平位移监测网应定期进行检测。每次变形监测前，宜对其中相邻的三个控制点进行

稳定性检查，并应以稳定的点作为基准点。

6.2.6 除特级或特殊要求的水平位移监测网应经专门设计论证外，对于一～三级水平位移监测网，其技术要求应符合表 6.2.6 的规定。

表 6.2.6 水平位移监测网观测主要技术要求

| 变形测量等级 | 平均边长 (m) | 测角中误差 (") | 测距 中误差 (mm) | 最弱内边长 相对中误差 | 适用范围 |
|--------|-------------|--------------|-------------------|----------------|--------------|
| 一级 | 200 | 1.0 | 1.0 | 1: 200000 | 一级工程监测 |
| 二级 | 300 | 1.5 | 3.0 | 1: 100000 | 二级或三级工程监测 |
| 三级 | 500 | 2.5 | 10.0 | 1: 50000 | 条件许可时的三级工程监测 |

注：实际平均边长与表列数据相差较大，或采用边角组合网和导线网时应另行设计。

6.2.7 各等级测角、测边水平位移监测网宜布设为近似等边三角形网。其三角形内角不应小于 30° ，当受场地或其它条件限制时，个别角可放宽，但不应小于 25° 。边角网具有测角和测边精度的互补特性，可不受网形影响。在边角组合网中应以测边为主，加测部分角度，并合理配置测角和测距的精度；

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

1 采用经纬仪投点法和小角法时，对经纬仪的垂直轴倾斜误差，应进行检验，当垂直角超出 $\pm 3^\circ$ 范围时，应进行垂直轴倾斜改正。

2 采用激光准直法时，必须在使用前对激光仪器进行检校，使仪器射出的激光束轴线、反射系统轴线和望远镜照准轴三者重合（共轴），并使观测目标与最小激光斑重合（共焦）；

3 方向线偏移法用于地下管线的监测。对主要监测点，可以该点为测站测出对应基准线端点的边长与角度，求得偏差值。对其它监测点，可选适宜的主要监测点为测站，测出对应其它监测点的距离与方向值，按坐标法求得偏差值。

6.2.9 测定监测点任意方向的水平位移可视监测点的分布情况，采用前方交会、自由设站、导线测量、极坐标等方法。单个建（构）筑物亦可采用直接测定位移分量的方向线法，在建（构）筑物纵、横线的相邻延长线设置固定方向线，定期测出基础的纵向位移和横向位移：

1 采用前方交会法时，交会角应在 $60^\circ \sim 120^\circ$ 之间，并宜采用三点交会；

2 采用自由设站法时，宜采用全站仪后方交会由三个及以上固定点测角、测边求定测

站坐标。

3 采用极坐标法时，可用全站仪测定，也可用检定过的钢尺丈量，当采用钢尺丈量时，其边长不宜超过一尺段，并应进行尺长、拉力、温度和高差等项改正。

6.2.10 当基准点距基坑较远时，宜采用 GPS 测量法或三角、三边、边角测量与基准线法相结合的综合测量方法。

6.3 垂直位移监测

6.3.1 垂直位移测量精度要求应符合表 6.3.1 的规定。

表 6.3.1 垂直位移测量精度要求(mm)

| 变形测量等级 | 特级 | 一级 | 二级 | 三级 |
|---------------------|------|------|-----|-----|
| 监测点测站高差 中误差 (mm) | 0.05 | 0.15 | 0.5 | 1.5 |

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

6.3.2 垂直位移监测网布设应符合下列要求：

- 1 垂直位移监测网应采用水准测量方法一次布设成闭合环形的水准网形式。
- 2 垂直位移监测网共分三级，主要技术指标应符合表 6.3.2 的规定。

表 6.3.2 垂直位移监测网水准测量技术指标

| 等级 | 测 站 高 差 中 误 差 (mm) | 往返较差、符合差、闭合 差 (mm) | 检测已测测段 高差之差 (mm) | 适用范围 (相应精度) |
|----|-----------------------|-----------------------|---------------------|---------------------------|
| 一级 | 0.15 | $0.3\sqrt{n}$ | $0.45\sqrt{n}$ | 一级基坑监测工程 (国家一等水准测量) |
| 二级 | 0.5 | $1.0\sqrt{n}$ | $1.5\sqrt{n}$ | 二级或三级基坑监测工程 (国家二等水准测量) |
| 三级 | 1.5 | $3.0\sqrt{n}$ | $4.5\sqrt{n}$ | 与城市水准点联测 (国家三等水准测量) |

注：表中 n 为测站数

- 3 垂直位移监测网应采用吴淞高程系统，与城市水准点的联测精度不应低于三级水准测量要求。
- 4 水准基准点应均匀布置布设于基坑开挖深度 3 倍范围以外不影响施工的区域，且不应少于 3 点。
- 5 水准基准点埋设深度不宜小于 1m，标石基底宜用 20cm 厚素砼浇实，或设于影响区

外沉降稳定的建构筑物结构上。水准标石的形式可按有关测绘规范、规程执行。

6.3.3 垂直位移监测网施测应符合下列要求：

- 1 垂直位移监测网观测主要技术要求应符合表 6.3.3 的规定。

表 6.3.3 垂直位移监测网观测主要技术要求

| 变形测量 等级 | 水准仪型号 | 视线长度 (m) | 前后视 较差(m) | 前后视 累计较 差(m) | 视线离地面 高度(m) | 基辅分 划读数 差(mm) | 基辅分划 高差之差 (mm) |
|------------|-------------------------------------|-------------|--------------|--------------------|----------------|---------------------|----------------------|
| 一级 | DS ₀₅ 、DSZ ₀₅ | 30 | 0.7 | 1.0 | 0.3 | 0.3 | 0.5 |
| 二级 | DS ₁ 、DSZ ₁ | 50 | 2.0 | 3.0 | 0.2 | 0.5 | 0.7 |
| 三级 | DS ₃ 、DSZ ₃ | 75 | 5.0 | 8.0 | 三丝能读数 | 2.0 | 3.0 |

注：当采用数字水准仪观测时，视线高度应不低于 0.7m。同一尺面的两次读数差，不设限差，两次读数所测高差的差，执行基辅分划所测高差之差的限差。

- 2 垂直位移监测网应在水准基准点稳定后方可开始施测，稳定期不宜少于 15 天。
- 3 垂直位移监测网应取连续二次观测的平均值作为水准基准点高程值。
- 4 监测期垂直位移监测网应每 1~2 个月进行重复观测，发现不稳定的水准基准点应另行补设。

6.3.4 垂直位移监测应符合下列规定：

- 1 垂直位移监测应采用几何水准方法，或电子测距三角高程、液体静力水准测量等方法。
- 2 监测精度应与相应等级的垂直位移监测网观测相一致。
- 3 垂直位移监测各监测点与水准基准点或场地水准点（工作基点）应组成闭合环，或符合水准线路。
- 4 垂直位移监测应取最初连续二次观测的平均值作为初始值。
- 5 垂直位移监测采用水准仪 i 角不应大于 10"（一级）、15"（二级）、20"（三级）；监测期宜每月对 i 角进行检查校正。
- 6 用成孔埋设电感应式分层沉降和基坑底隆起监测标志时，孔口高程宜用水准测量方法施测，高程中误差为±1.0mm，沉降标至孔口垂直距离宜采用经检定的钢尺量测。
- 7 采用液体静力水准作垂直位移监测时，宜采用 2 台仪器对向观测，或一台仪器往返观测，可按中华人民共和国行业标准《建筑变形测量规程》（JGJ/T82006）规定实施。

- 8 采用电子测距三角高程作垂直位移监测时，宜采用 $0.5''\sim 1''$ 级的全站仪和特制占牌用中间设站、不量仪器高的前后视观测方法。可按中华人民共和国行业标准《建筑变形测量规程》（JGJ/T82006）规定实施。

6.4 裂缝监测

- 6.4.1 裂缝监测宜采用直接量测、摄影量测以及测缝传感器等方法进行；
- 6.4.2 对于缝纹清晰的裂缝，现场设置量测基准线，观测时沿量测基准线放置比照尺，与裂缝共同摄像后，在计算机中参照比照尺的比例计算；应尽量采用畸变影响较小的图像中部观测。
- 6.4.3 当采用测缝传感器自动测记时，应确保数据观测、传输、保存的可靠性。

6.5 倾斜监测

- 6.5.1 倾斜监测应根据监测对象的现场条件，采用垂准法或外部投点法。
- 6.5.2 垂准法应在下部测点上安置光学垂准仪或激光垂准仪，在顶部监测点上安置接收靶，在靶上直接读取或量取水平位移量与位移方向。观测时应按 180° 、 120° 或 90° 夹角旋转垂准仪进行下部点对中（分别读取 2 次、3 次或 4 次）算一个测回。
- 6.5.3 外部投点法应采用经纬仪瞄准上部观测点，在底部观测点位置安置水平读数尺直接读取倾斜量，换算成倾斜度。经纬仪正、倒镜法各观测一次算一个测回。

6.6 深层侧向变形监测（测斜）

- 6.6.1 深层侧向变形（测斜）宜采用测斜仪测量，适用于量测围护墙体或坑外土体在不同深度处的水平位移变化。
- 6.6.2 测斜仪的分辨率应大于 0.01mm/m ，精度为 $\pm 0.1\text{mm}$ ，电缆长度必须大于最深的测斜孔深度。
- 6.6.3 测斜管宜采用 PVC 工程塑料或铝合金材料制成，直径宜为 $45\sim 90\text{mm}$ ，管内须有两组相互垂直的纵向导槽，导槽扭度不应大于 $1/100$ ；
- 6.6.4 测斜管埋设可采用钻孔法，在地下连续墙、钻孔排桩、SMW 工法桩等围护结构中宜采用绑扎法、钢抱箍法，
- 6.6.5 测斜管应在基坑开挖前一周埋设，埋设时应符合下列要求：

- 1 测斜管长度应与围护墙深度相同；

- 2 保持垂直，测斜管的一组导槽应与需要量测的方向保持一致；
- 3 每相邻节测斜管应紧密对接，保持导槽顺畅；
- 4 测斜管与钻孔之间孔隙应填充密实；

6.6.6 测斜管埋设后应在基坑开挖前 2 天测定侧向变形初始值，取至少 2 次观测的平均值作为初始值。

6.6.7 深层侧向变形测试时，应符合下列要求：

- 1 测斜仪探头应沿导槽缓缓沉至孔底，在恒温 10~15 分钟后，自下而上以 0.5m 或 1m 为间隔，逐段测出需量测方向上的位移；
- 2 每测点均应进行正、反两次量测。

6.6.8 深层侧向变形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。当采用顶部作为起算点时，应采用光学仪器测定测斜孔口水平位移。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，按式（6.6.8）计算各量测段水平位移值：

$$\Delta X_n = \Delta X_0 + L \sum_{i=0}^n (\sin \alpha_i - \sin \alpha_{i0}) \quad (6.6.8)$$

式中： ΔX_n --从管口下第 n 个量测段处水平位移值(mm)

L -- 量测段长度(mm)

α_i --从管口下第 i 个量测段处本次测试倾角值

α_{i0} --从管口下第 i 个量测段处初次测试倾角值

ΔX_0 --实测管口水平位移，当采用底部作为起算点时， $\Delta X_0 = 0$ 。

6.7 土压力监测

6.7.1 土压力监测宜采用土压力计测量，适用于量测基坑挡土结构内、外侧的有效应力。

6.7.2 土压力计应满足下列要求：

- 1 量程应满足被测压力范围的要求，其上限可取最大设计压力的 1.2 倍；
- 2 分辨率不大于 0.2%(F.S),精度为 $\pm 0.5\%$ (F.S)；
- 3 具有足够强度、抗腐蚀性和耐久性，并具有抗震和抗冲击性能；
- 4 应选择匹配误差较小的土压力计；

6.7.3 土压力计埋设前，应检查核对土压力计的出厂率定数据，整理压力—频率（或压力—电阻）曲线，并用回归方法计算各土压力计的标定系数。

6.7.4 土压力计的埋设可采用埋入式和边界式。埋设时应符合下列要求：

- 1 受力面应与观测压力方向垂直；
- 2 采用钻孔法埋设时，填充料回填应均匀密实，且性质宜与周围岩土体保持一致；
- 3 编写安装记录。

6.7.5 土压力计埋设后应进行检验性测试（包括二次仪表），经一周时间观测，读数基本稳定后，取 3 次测定的稳定值作为压力计的初始读数。

6.7.6 当采用振弦式土压力计时，土压力值可按式（6.7.6）计算，监测值精度为 $\pm 1\text{kPa}$ 。

$$P=K(f_i^2-f_0^2) \quad (6.7.6)$$

式中： P —土压力(kPa)

f_i —土压力计的本次读数(Hz)

f_0 —土压力计的初始读数(Hz)

K —土压力传感器的标定系数(kPa/Hz²)

6.8 孔隙水压力监测

6.8.1 孔隙水压力监测可采用振弦式孔隙水压力计或气压式孔隙水压力计，适用于量测不同深度处土中的孔隙水压力。

6.8.2 孔隙水压力计应满足下列要求：

- 1 量程应满足被测压力范围的要求，其上限可取静水压力与超孔隙水压力之和的 1.2 倍；
- 2 分辨率不大于 0.2%(F.S),精度为 $\pm 0.5\%$ (F.S)；
- 3 具有足够强度、抗腐蚀性和耐久性，并具有抗震和抗冲击性能。

6.8.3 孔隙水压力计应在基坑降水前 1 周埋设，埋设前应符合下列要求：

- 1 孔隙水压力计应浸泡饱和，排除透水石中的气泡；
- 2 检查核对孔隙水压力计的出厂率定数据，整理压力—频率（或压力—电阻）曲线，并用回归方法计算各孔隙水压力计的标定系数。

6.8.4 孔隙水压力计埋设时应符合下列要求：

- 1 钻孔孔径宜为 110~130mm，并保持钻孔圆直、干净；
- 2 观测段内应回填透水填料，再用膨润土球或注浆封孔；
- 3 当一孔内埋设多个孔隙水压力计时，压力计间隔不应小于 1m，并作好各元件间的封闭隔离措施。

6.8.5 孔隙水压力计埋设后应量测孔隙水压力初始值，且宜逐日定期连续量测 1 周，取 3

次测定稳定值的平均值或中值作为初始值。

6.8.6 当采用振弦式孔隙水压力计时，孔隙水压力值可按式（6.8.6）计算，监测值精度为 $\pm 1\text{kPa}$ 。

$$U=K(f_i^2-f_0^2) \quad (6.8.6)$$

式中： U —孔隙水压力(kPa)

f_i —孔隙水压力传感器的本次读数(Hz)

f_0 —孔隙水压力传感器的初始读数(Hz)

K —压力传感器的标定系数(kPa/Hz²)

6.9 地下水水位监测

6.9.1 地下水水位监测宜采用钻孔内设置水位管的方法测试。

6.9.2 潜水水位管应在基坑降水之前设置，钻孔孔径不应小于 110mm，水位管直径宜为 50～70mm。水位管滤管段以上应用膨润土球封至孔口，水位管管口应加盖保护。

6.9.3 承压水位管直径宜为 50～70mm，滤管段长度应满足监测要求，与钻孔孔壁间应灌砂填实，被测含水层与其它含水层间应采取有效隔水措施，含水层以上部位应用膨润土球或注浆封孔，水位管管口应加盖保护。

6.9.4 水位管埋设后，应采用水位计逐日连续观测水位，取至少 3 天稳定值作为初始值。地下水水位变化量为本次监测值与初始值之差。监测值精度为 $\pm 1.0\text{cm}$ 。

6.10 围护体系内力监测

6.10.1 围护体系内力可通过在结构内部或表面埋设应变计或应力计来测定，适用于对支撑、围护墙、立柱、围檩等的内力监测。

6.10.2 应变计或应力计可采用电阻应变片、振弦式传感器，量程应大于预估值的 1.2 倍，分辨率不大于 0.2%(F.S),精度为 $\pm 0.5\%$ (F.S)。

6.10.3 围护墙内力、立柱内力、围檩内力宜在围护墙、立柱、围檩钢筋笼制作时，在主筋上对焊钢筋应力计来测定。围檩内力亦可在围檩内埋设混凝土应变计来测定。

6.10.4 应变计或应力计导线应通过钢筋笼引至地面，每个导线应做好标记，导线端部应进行密封处理，并做好防护措施。

6.10.5 围护体系内力监测值应考虑温度变化的影响，对钢筋混凝土支撑尚应考虑混凝土收

缩、徐变以及裂缝开展的影响。

6.10.6 内力传感器宜在基坑开挖前一周埋设，取开挖前连续 2 天测定稳定值作为初始值。

6.11 坑外土体分层位移监测

6.11.1 坑外土体分层位移可采用磁性分层沉降仪或深层沉降观测标来测定，适用于监测基坑外地面以下不同深度处土层的沉降或隆起。

6.11.2 分层位移读数分辨率应不大于 0.5mm，精度为 $\pm 1.0\text{mm}$ 。

6.11.3 磁性沉降环可采用钻机在预定位置钻孔埋设。安装磁环时，应先在每节沉降管上套上磁环与定位环，逐节放入分层沉降管。沉降管安置到位后，应使磁环与土层粘结固定。

6.11.4 磁性分层沉降仪埋设后应连续观测 1 周，至磁环位置稳定后，测定各磁环高程。

6.11.5 深层沉降观测标埋设后应连续观测，数据稳定后，测读标头的初始高程。

6.12 坑底隆起（回弹）监测

6.12.1 坑底隆起（回弹）可采用基坑坑内开挖面以下的分层沉降仪或深层沉降标的高程变化测定。

6.12.2 监测点宜在基坑开挖前一周埋设，至观测数据稳定后，测读各监测点的初始高程，以监测点的高程变化确定基坑开挖面以下土体的隆起（回弹）量。监测值精度为 $\pm 1.0\text{mm}$ 。

6.13 锚杆拉力监测

6.13.1 锚杆拉力可用锚杆应力计测定，当使用钢筋束作为锚杆时，应分别监测每根钢筋的受力，可采用钢筋应力计来测定。

6.13.2 锚杆拉力监测点应在施加预应力前布置。

6.13.3 锚杆预应力施加前应测读应力计初始读数，监测值精度为 $\pm 1\text{ kPa}$ 。

6.14 监测频率

6.14.1 基坑监测应从基坑围护结构施工开始，直至 ± 0.00 标高为止；当需要延长监测期限时，可另行商定。

6.14.2 监测频率的确定应以准确反映围护结构、周边环境动态变化为前提，采用定时监测，必要时进行跟踪监测。

6.14.3 各监测项目的监测频率宜根据其重要性程度、施工工况按表 6.14.3 确定，当监测项目的

日变化量较大时，应适当加密。

表 6.14.3 监测频率的确定

| 施工工况 监测项目 分类 | 从基坑开始开挖到 结构底板浇筑完成 后 3 天 | 结构底板浇筑完成后 3 天到地下结构施工至 ± 0.00 标高 | |
|--------------------|-------------------------------|--|---------|
| | | 各道支撑开始拆除 到拆除完成后 3 天 | 一般情况 |
| 应测项目 | 1 次/天 | 1 次/天 | 2~3 次/周 |
| 选测项目 | 2~3 次/周 | 2~3 次/周 | 1 次/周 |

6.14.4 对于分区或分期开挖的基坑，应根据施工的影响程度，调整监测频率。

6.15 监测报警值

6.15.1 监测报警值应由量变化速率与累计变化控制，报警值不应超过设计控制值。

6.15.2 各监测项目的报警值，可按以下原则确定：

- 1 围护体系监测项目的报警值应由围护设计单位提出，并经相关单位认可，亦可参考表 6.15.2-1。

表 6.15.2-1 围护体系报警值

| 监测项目 \ 基坑工程监测等级 | 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) | |
| 围护墙顶变形 | 2~3 | 25~30 | 3~5 | 50~60 | 宜按 二级基坑的 标准控制，当条件 许可时，可适度放 宽 |
| 围护墙侧向最大位移 | | 40~50 | | 65~80 | |
| 地面最大沉降 | | 25~30 | | 50~60 | |
| 孔隙水压力 | 设计控制值的 60%~80% | | | | |
| 土压力 | | | | | |
| 支撑轴力 | | | | | |
| 锚杆拉力 | | | | | |
| 桩、墙、柱内力 | | | | | |

注：报警值取值应根据基坑各侧边环境、开挖深度及围护体系类型等综合确定。

- 2 周边环境监测项目的报警值应根据监测对象的主管部门的要求确定，当无具体警戒值时，亦可参考表 6.15.2-2。

表 6.15.2 - 2 基坑周边环境监控报警值

| 项目 监测对象 | 变化速率 (mm/d) | 累计值 (mm) | 备注 |
|------------|-------------|----------|--------------------|
| 煤气、供水管线位移 | 2 | 10 | 刚性管道 |
| 电缆、通讯管线位移 | 5 | 10 | 柔性管道 |
| 地下水水位变化 | 300 | 1000 | - |
| 邻近建（构）筑物位移 | 1~3 | 20~60 | 根据建（构）筑物对变形的适应能力确定 |

7 监测技术成果文件的编制

7.1 一般规定

- 7.1.1 监测技术成果文件宜包括监测日报表（速报）、监测中间报告（阶段）和最终报告。
- 7.1.2 成果文件中提供的数据、图表应客观、真实、准确。
- 7.1.3 成果文件封面应标识工程名称、工程编号、编写单位、提交报告日期等，并应加盖企业行政章。
- 7.1.4 成果文件扉页应标识主要工程负责人、审核人、审定人、企业行政负责人以及企业名称等。
- 7.1.5 成果文件图表部分格式可参考附录 B～附录 F。

7.2 成果文件

- 7.2.1 最终报告包括文字报告和图、表部分。
- 7.2.2 文字报告应包括下列内容：
- 1 工程概况及监测目的、内容
 - ┆ 工程地点、建设和设计、施工、监理单位名称
 - ┆ 基坑工程及周边环境概况
 - ┆ 监测依据以及执行的主要技术规范、标准；
 - ┆ 监测目的、要求以及主要监测内容；
 - ┆ 监测起止日期、投入人员、主要设备仪器以及完成工作量。
 - 2 工程与水文地质概况
 - ┆ 应用勘察报告的企业名称、编号等。
 - ┆ 本场地地层构成与特征以及地基土主要指标；
 - ┆ 地下水应包括类型、埋深条件、水位标高等；
 - ┆ 场地明（暗）浜等不良地质现象，包括填土、明（暗）浜埋深等；
 - 3 基坑周边环境
 - 4 监测项目和监测点布置
 - ┆ 基坑围护体系监测项目；
 - ┆ 基坑周边环境监测项目；

5 测点的布置

- ┆ 基坑围护体系各监测项目监测点布置；（包括平面以及垂直向布置）
- ┆ 基坑周边环境监测项目监测点布置；

6 监测设备与监测方法

- ┆ 基坑围护体系各监测项目、主要监测方法（应包括：投入的观测仪器名称、型号、测读精度、传感器名称、型号、量程以及测读精度）及监测值精度；
- ┆ 基坑周边环境监测项目的监测方法（应包括：投入的观测仪器名称、型号、测读精度）及监测值精度；

7 监测报警值与监测频率

8 监测成果分析

9 结论与建议

7.2.3 图表部分应包括下列内容：

- ┆ 基坑围护体系与周边环境监测点平面布置图
- ┆ 监测点设置示意图
- ┆ 各监测项目特征变化曲线图
- ┆ 地基土物理力学性质指标表
- ┆ 观测仪器、设备一览表
- ┆ 监测控制网检测汇总表
- ┆ 施工工况进程表
- ┆ 各监测项目监测成果汇总表

7.2.4 监测日报表（速报）应包括下列内容：

- 1 实测基坑围护体系各监测项目的日变量值、累计变量值，并绘制有关曲线图；
- 2 实测基坑周边环境各监测项目的日变量值、累计变量值，并绘制有关曲线图；
- 3 应对出现的有异常进行简要分析，并提出相关建议；
- 4 注明工程名称、编号、填写日期、天气情况以及有关施工工况，并由工程负责人、记录人、计算人、校核人签字；

7.2.5 监测中间报告（阶段）应包括下列内容：

- 1 对在不同工况、不同时间的基坑围护体系和周边环境的变化趋势进行分析、评价，并提出相关建议。
- 2 对各项监测数据进行整理、统计，并绘制成有关图、表。

3 工程负责人、审核人签字。

附录 A 规程用词说明

A.0.1 为便于在执行本规程条文时区别对待，对于要求严格程度不同的用词，说明如下：

1 表示很严格，非这样做不可的用词：正面词采用“必须”，反面词采用“严禁”。

2 表示严格，在正常情况下均应这样做的用词：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用词：正面词采用“宜”或“可”，反面词采用“不宜”。

A.0.2 条文中指定应按其他有关标准、规范执行时，写法为“应符合……的规定”。非必须按所指定的标准、规范或其他规定执行时，写法为“可参照……”。

条文说明

1 总 则

1.0.1 本条主要明确了制定本规程的目的和指导思想。当前，上海处在高速度、高密度建设之中，深基坑施工量大面广，开挖深度越来越深，伴随着基坑工程风险性越来越大，环境保护问题也愈加重要，因此，在深基坑施工过程中，必须对基坑支护结构、周围土体和相邻的建（构）筑物进行系统的监测，才能对工程情况有全面的了解，确保工程的顺利进行。

1.0.2 本规程主要吸取了上海地区的基坑工程监测实例，是地区性经验总结，适应于上海地区。适用工程对象主要有工业和民用建筑工程的基坑、市政工程中排管沟槽、地铁、隧道支护等。

1.0.3 基坑施工监测是对基坑支护结构本身安全及稳定性变化、对基坑周围环境和地下设施的变化进行系统和系列的现场观测工作，旨在为基坑施工质量和安全性提供保证措施。因此在编制监测大纲时，应充分考虑其相关因素。

1.0.4~1.0.5 基坑施工监测涉及到多门学科，本规程难以全面反映工程勘察、工程测量、基坑设计、地基基础、钢筋混凝土结构等技术。因此，强调除应符合本规程外，尚应符合国家、行业 and 上海市现行有关基坑施工监测强制性标准的规定；本规程未详之处，尚可参照执行相关国家、行业和地方标准。

3 基本规定

3.1 基坑监测工作基本原则

3.1.1 本条规定了基坑监测实施单位应具备资质，特别强调应具备工程勘察和工程测量这两方面专业知识。并明确基坑设计单位应提出监测技术要求；考虑到基坑监测范围及内容的广度，尤其是对大型地下设施、城市生命线等工程位移控制，应事先与相应管理部门取得联系，协商确定报警值等，因此强调监测方案须经设计、监理、业主或承包商及相关单位共同确认后实施的重要性。

3.1.2 基坑围护结构属地下隐蔽工程，现有的检测手段不可能全面反映其基坑施工质量，周围建筑和地下管线对变形承受能力差异极大，加之土层条件变化以及基坑工程设计的理论还不十分精确，具有半经验半理论特点，因此采用监测是唯一的、有效监护方法，利用监测所

获得的信息随时掌握基坑结构、周围环境变化程度和发展趋势,及时对异常情况采取对策(如调整施工顺序、采取补救措施),防止事故的发生;以监测指导施工,积累资料,完善基坑工程设计理论和提高基坑工程的设计水平,验证有关设计参数,做到信息化施工,动态预估发展趋势。

3.2 基坑工程监测等级

3.2.1~3.2.5 本节要求对基坑工程监测进行等级划分,有利于监测人员在工作量布置时更具针对性,突出重点,尤其强调当基坑各侧边条件差异很大且复杂时,每个侧边可建议不同工程监测等级。关于工程监测等级的划分,本规程提出按基坑工程安全等级、周边环境条件和地基复杂程度三个方面考虑。

3.3 监测工作基本要求

3.3.1 基坑监测前应通过委托方取得基坑围护设计施工图、设计监测要求、勘察成果文件、基坑影响区地下管线图、周边建(构)筑物情况(建筑年代、基础和结构形式)等资料,是编制监测方案主要依据。当缺少部分资料时,如地下管线或建(构)筑物基础等资料时,应要求委托方进行专项探测。

3.3.2 监测范围宜达到基坑边线以外两倍以上基坑深度,主要是依据基坑开挖影响范围,不同开挖面积和深度、不同地质条件、不同围护形式其影响范围是很难量化,根据上海地区一般工程经验,其影响范围一般均大于两倍以上基坑深度,但考虑到具体工程实际情况,定为监测范围宜达到基坑边线以外两倍以上基坑深度,并符合工程保护范围的规定或按工程设计要求确定。

3.3.4 基坑监测项目应根据基坑工程监测等级、支护结构特点、施工工艺以及变形控制要求有针对性布置监测工作量,监测项目可参照表 3.3.4 进行布置。

3.3.5 特级基坑监测工程的监测项目除按一级确定外,监测方案尚应组织专家论证确定。

3.3.6~3.3.7 基坑工程的监测点(包括基准点、工作基点等)以及各类监测设施的保护,关系到实施基坑工程监测过程中数据记录的连续、完整、及时和准确,因此,在整个基坑实施过程中,应由业主及承包方等相关单位协助监测单位作好保护工作。

3.3.8 各类仪器设备在埋设前均应进行重复标定;各种测量仪器除精度需满足设计要求外,应定期由法定计量单位进行检验、校正,并出具合格证。

3.3.10 现场监测的结果应认真分析整理,仔细校核,数据应可靠、正确,并及时提交当日报

表；当监测值达到报警值，应及时签发报警通知。

3.3.11 监测工作宜采用自动连续采集数据，便于信息处理、分析和预测。

本节要求对监测工程进行等级划分，有利于监测人员在工作量布置时更具针对性，突出重点，尤其强调当基坑各侧边条件差异很大且复杂时，每个侧边可建议不同监测工程等级。关于监测工程等级的划分，本规程提出按基坑工程安全等级、周边环境条件和地基复杂程度三个方面考虑。

4 围护体系监测点布置

4.1 一般规定

4.1.2 基坑围护墙体变形和内力监测关键是对变化最大的地方和对最重要的地方进行监测，以便测到各项监测内容的最大值以及对最重要地方的进行有效的监护。

各监测内容的数据量值的发展与基坑施工开挖的顺序和进度等施工工况因素密切相关，为此，在数据处理和分析时也应密切结合这些施工工况因素。

4.1.3 不同的监测内容尽可能布置在同一剖面上或附近，可便于监测数据变化趋势之间能进行相互印证。

4.2 监测点布置

4.2.1 围护墙（边坡）顶部水平位移和垂直位移监测点

1 根据上海地区的基坑工程实践表明，围护墙底部也存在水平向的位移，因此以围护墙中埋设的测斜管底部作为位移不动点会给计算带来误差，应以管口处冠梁上的水平位移监测点的实测数据作为基准，推算测斜管各深度点的侧向位移值。

2 当基坑的侧边长度较短时，监测点可适当减少。

4.2.3 围护墙侧向变形（测斜）监测点

1 测斜观测点的布置间距应与基坑工程监测等级、开挖段的长度相匹配，监测等级高的工程测孔间距应加密，应保证每个开挖段有 1 个监测孔，如基坑侧边较短时(小于 30 米)可布设 1 个监测孔。

2 开挖深度大于 7 米的基坑宜在布置围护墙体侧向变形孔同时也宜布置土体侧向变形孔。

4.2.4 围护墙侧向土压力监测点布置

土体侧向位移孔埋设深度超过围护墙深 5~10 米，尽量埋设到不动点，同时能监测到围护

墙底部的变形。

4.2.5 围护墙内力监测点

应力传感器在垂直方向上宜布置在墙体弯矩最大、两道支撑的跨中、反弯点、各土层的分界面、配筋率改变及沿深度变化的位置。

4.2.7 支撑内力监测点

- 1 支撑内力测点位置应根据围护设计计算书确定，并主要选择轴向受压的支撑杆件布置，应避免布置在可能出现受拉状态的支撑杆件，如果混凝土支撑出现受拉裂缝后，受力计算就不符合支撑内钢筋与混凝土变形协调的假定了，计算数据会发生偏差。
- 2 每个截面内埋设的 4 个传感器可上下或左右对称布置。

4.2.9 立柱垂直位移监测点

逆作法施工时，承担上部结构荷载的立柱桩应重点监测，严格控制立柱桩之间的变形差异。

4.2.11~ 4.2.12 基坑内、外地下水位(水头)监测孔

- 1 承压水位(水头)监测孔如埋设在基坑内部时，一定要有足够的安全措施，以避免在基坑开挖过程中承压水的突涌。
- 2 基坑内的潜水水位观测孔在开挖过程中一般情况下难以保全，可采取利用坑内降水井停抽一段时间后来测读水位。

4.2.13 孔隙水压力监测点

在桩基施工时挤土效应明显、需要降低承压水层水头压力的工程中，应布设孔隙水压力监测孔。

4.2.15 土体分层位移监测点

- 1 为监控特定埋藏深度的地下构筑物处土体位移情况，垂向监测点布置应以该深度为中心，上下以合适的间距对称布置，测点数量应能全面反映工程施工时在立面上的影响范围。
- 2 垂向上监测点的间距宜取约 5 米，大于 10 米的土层应在其中部设点。

4.2.16 坑底隆起（回弹）监测点

- 1 基坑底部隆起是基坑稳定性计算中的重要组成部分，引起基坑隆起的因素主要有卸载产生的回弹变形、底部土体的吸水膨胀及围护墙底部的侧向变形。在上海地区软土深基坑开挖中，一般隆起量为开挖深度的 0.5%~1.0%，在涉及到降低承压水头的工程中，隆起量会小些，有些工程仅为 0.2%。

- 2 埋设坑底回弹孔时，钻孔深度宜适宜，应避免因上覆土层厚度减小而引起坑底承压水层发生突涌。

5 周边环境监测点布置

5.1 一般规定

5.1.4 主要有以下等上海市人民政府颁布的规定：

《上海市轨道交通管理条例》（2002年5月21日上海市第十一届人民代表大会常务委员会第三十九次会议通过）；

《上海市合流污水治理设施管理办法》2001年1月9日上海市人民政府令第97号；

《上海市原水引水管渠保护办法》1995年1月6日上海市人民政府发布。

5.2 邻近建(构)筑物监测点布置

5.2.2 当受现场场地限制，可采用仪器配备转角目镜的方法适当减小仪器设置位置与监测点的距离。

5.2.3 通常直接量测、摄影量测以及测缝传感器等方法可如下进行：

- 1 在裂缝两侧粘有量测孔的金属板，采用千分尺或游标卡尺观测量测孔变化，裂缝宽度测量值精度为 $\pm 0.1\text{mm}$ ，裂缝长度测量值精度为 $\pm 1\text{mm}$ ；
- 2 对于缝纹清晰的裂缝，现场设置量测基准线，观测时沿量测基准线放置比照尺，与裂缝共同摄像后，在计算机中参照比照尺的比例计算；应尽量采用畸变影响较小的图像中部观测。
- 3 当采用测缝传感器自动测记时，应确保数据观测、传输、保存的可靠性。

6 监测方法与技术要求

6.1 一般规定

6.1.2 基准点和监测点在整个监测期间很容易破坏，这将对监测工作带来很大的危害，导致数据不连续或无法解释，有些关键的监测点遭破坏可能直接威胁到工程的安全，故应高度重视，必须采取有效措施对基准点和监测点予以保护。

6.1.4 监测用传感器选型应考虑到基坑监测的特殊情况，如观测时间长，高温、暴雨、严寒等恶劣气象对传感器的影响，以及土体介质的适应性。

6.1.5 监测工作是精度要求高而又多次重复作业的过程，应将监测中存在的系统误差在二次观测值之差中得到消除。在相同的作业方式下观测，有利于确保数据的可靠度。

6.2 水平位移监测

6.2.1 水平、垂直位移测量精度要求表, 6.2.1 和表 6.3.1 系引自中华人民共和国行业标准《建筑变形测量规程》(JGJ/T8—2006), 为此, 水平、垂直位移监测网的各项主要技术要求, 均应符合《建筑变形测量规程》的规定。

1 水平位移监测点的必要精度, 以监测点相对于测站点(工作基点或基准点)的坐标中误差为指标。等价于监测点相对于某一固定点纵、横向量的测定中误差和监测点相对于控制基准线(视准线、方向线)的偏差测定中误差(简称为监测点坐标中误差)。本规范根据《上海市基坑工程设计规范》(DGJ08—61—97)和国家现行标准《建筑地基基础工程施工质量验收规范》(GB50202—2002)所规定的基坑变形监测的控制值(简称监控值)的 1/20 作为监测点的坐标中误差。

2 基坑工程施工监测所测定的变形量系相对位移量, 由于精度指标较高, 只能以相对最近监测网来确定精度, 因此一般不考虑监测网点的起始误差, 但相邻工作基点的测定精度应不低于监测点的必要精度。

6.2.2 巡视检查就是利用肉眼观测基坑周边发生的各种变形现象, 并根据已有经验帮助分析判断监测数据, 可有效地提高监测数据的可靠性及正确性, 可及时发现事故苗子, 减少工程事故的发生。

6.2.3~6.2.6

1 水平位移监测的目标是监测测点的变化量, 所以监测网一般可布设成独立坐标系统或假设坐标系统。

2 对较大范围的水平位移监测网可采用 GPS 网, 对线型边的水平位移监测适合用单导线、导线网以及视准轴线的形式。对控制面积一般的场地也可布设成边角网的形式。各种布网均应考虑网形强度, 长短边不宜悬殊过大。

3 基准点采用的形式可根据现场情况进行选择, 每一测区的基准点不应少于 3 个。

4 基准点可用固定角或固定边测量来检查其稳定性。必要的起算控制点应有 2 个。

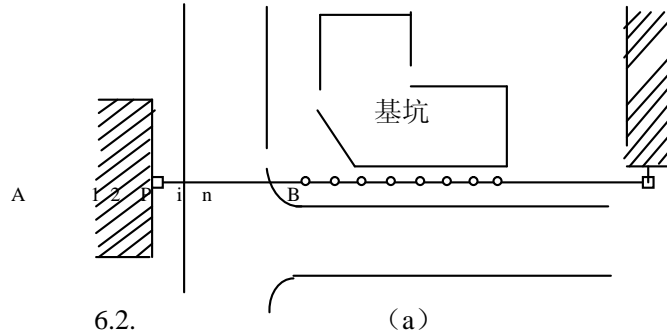
5 本规程 6.2.6 的技术要求是针对分别采用高、中、低三档全站仪而言的, 从其相应的标称精度来看是可达到此观测精度要求的。如采用 GPS 布设监测控制网, 也应按此精度要求执行。

6 表 6.2.6 是一般的规定, 当实际平均边长与表列数值相差较大, 或采用边角组合网和导线网时应另行优化设计。由于全站仪的普及, 边角网布设灵活且精度高, 应该优先采用。

在边角网中应以测边为主，加测部分角度，并按下式 $m_\alpha/\rho = m_D/D$ 匹配测角和测边精度，其纵、横向误差也就基本等，点位误差也较为均匀。

6.2.8.1 仪器垂直轴倾斜误差，不能通过取盘左、盘右的平均值加以抵消，尤其当垂直角超过 $\pm 3^\circ$ 时，应严格控制仪器水平气泡偏移；在多测回观测时，可采用测回间重新整平仪器水平气泡来加以削弱其影响。

6.2.8.3 此法是将视准线小角法与观测点设站法结合使用的方法，这种方法只需仪器一次设站加改正来完成所有观测点位移的测算。



在施工影响之外的坚固建（构）筑物上设了两个标志 A、B。为了避免行人和车辆阻挡视线，A、B 两标志设在较高的墙面上。所以每次监测时，先要测量 $\angle APB$ 角的变化量，求得 P 点的横向位移量，再测量 $\angle APi$ 角的变化量，从而求得诸观测点 i 的横向位移量。其各点的横向水平位移计算公式：

$$\left\{ \begin{array}{l} \Delta P = \frac{S_{P-A} S_{P-B}}{S_{P-A} + S_{P-B}} \frac{\Delta b_P}{r} \\ \Delta 1 = \frac{S_{P-1}}{r} \Delta b_1 + \left(1 - \frac{S_{P-1}}{S_{P-A}}\right) \Delta P \\ \Delta 2 = \frac{S_{P-2}}{r} \Delta b_2 + \left(1 - \frac{S_{P-2}}{S_{P-A}}\right) \Delta P \\ \quad \quad \quad \mathbf{L L} \\ \Delta i = -\frac{S_{P-i}}{r} \Delta b_i + \left(1 + \frac{S_{P-i}}{S_{P-A}}\right) \Delta P \\ \Delta n = -\frac{S_{P-n}}{r} \Delta b_n + \left(1 + \frac{S_{P-n}}{S_{P-A}}\right) \Delta P \end{array} \right.$$

对于每一个施工区，在测站和位移点设定后，就可求得各点之间的大致距离，从而可事先算得各点系数，以后只要测得角度变化 $\Delta b = b_{\text{本次}} - b_{\text{上次}}$ ，即可算得位移量（例如，算出系数得下式）；水平位移的符号相对基坑而言：向内为正，向外为负。

$$\left\{ \begin{array}{l} \Delta P = 0.2206 \cdot \Delta b_p \\ \Delta l = 0.1077 \cdot \Delta b_1 + 0.7727 \cdot \Delta P \\ \Delta 2 = 0.0619 \cdot \Delta b_2 + 0.8694 \cdot \Delta P \\ \text{LL} \\ \Delta i = -0.0584 \cdot \Delta b_i + 1.1232 \cdot \Delta P \\ \Delta n = -0.1340 \cdot \Delta b_n + 1.2829 \cdot \Delta P \end{array} \right.$$

关于精度问题分析如下：

a. 测小角法

如图 6.2.2(b)所示，设中间点 P，概量距离 AP=S₁，BP=S₂。架经纬仪在 A 点，用测小

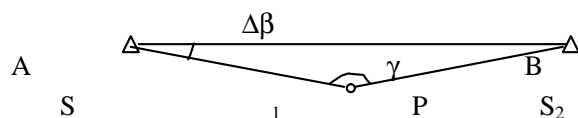


图 6.2.2(b)

角法测量∠BAP=Δβ，计算中间点 P 的偏离值为 $e = \frac{\Delta b}{r} S_1$ 。设经纬仪测角误差为 m_β，

则由此引起测量 P 点偏离值的误差为： $m_{P小} = \frac{m_b}{r} S_1$

b. 测大角法

经纬仪不架设在 A 点上测小角，而架在中间点 P 上测量大角∠APB=γ，设Δγ=180°-γ，

这时可计算 P 点的偏离值 $e = \frac{s_1 s_2}{s_1 + s_2} \cdot \frac{\Delta g}{r}$ 。由测角误差 m_γ引起偏离值的误差为

$$m_{P大} = \frac{s_1 s_2}{s_1 + s_2} \cdot \frac{m_g}{r}$$

比较 m_{P小}、m_{P大} 二式，并顾及在测角误差相等的条件下，即 m_β=m_γ，则

$$\frac{m_{P大}}{m_{P小}} = \frac{s_2}{s_1 + s_2} < 1$$

可见，测大角法测量偏离值的精度高。

由于测量的位移值是前、后二次偏离值之差，故位移中误差是偏离值中误差的 $\sqrt{2}$ 倍，具体位移中误差的数值比较列表如下：

| 测角 中误差 m_β " | 边长 ($S_1 + S_2$) m | 小角法测偏离值中 误差 mm | 大角法测偏离值中 误差 mm |
|--------------------------|----------------------------|----------------------|----------------------|
| 1.0 | 100 | 0.34 | 0.17 |
| | 200 | 0.69 | 0.34 |
| | 300 | 1.03 | 0.51 |
| | 500 | 1.71 | 0.86 |
| 1.5 | 100 | 0.51 | 0.26 |
| | 200 | 1.03 | 0.51 |
| | 300 | 1.54 | 0.77 |
| | 500 | 2.57 | 1.29 |
| 2.5 | 100 | 0.86 | 0.43 |
| | 200 | 1.71 | 0.86 |
| | 300 | 2.57 | 1.29 |
| | 500 | 4.29 | 2.14 |

6.3 垂直位移监测

6.3.1 垂直位移（沉降）监测点的必要精度，以相邻监测点或观测点（一站或数站）相对高差中误差为指标（简称为监测点测站高差中误差）。本规程规定垂直位移（沉降）监测点高程中误差为 $\pm 1.0\text{mm}$ ，相邻点高差中误差为 $\pm 0.5\text{mm}$ 。

6.3.2 垂直位移监测网布设

1 采用水准测量方法布设垂直位移监测网是可靠成熟的施测方法。垂直位移监测网不能布设符合路线，由于多余的强制符合条件会对监测网产生高程异常；更不利于自我检校，所以只能独立布设成闭合环形的水准网。

2 垂直位移监测网以测站高差中误差 $m_{\text{站}}$ 作为基本精度指标，往返较差、符合差、闭合差 $\Delta_{\text{闭}}$ 均依据 $m_{\text{站}}$ 和往返、符合、闭合水准路线的测站数推算：

$$\Delta_{\text{闭}} = 2m_{\text{站}} \sqrt{n}$$

检测已测测段高差之差 $\Delta_{\text{检}}$ 按二次施测为同精度推算：

$$\Delta_{\text{检}} = \sqrt{2} \Delta_{\text{闭}}$$

3 上海城市高程均统一采用吴淞高程系统，上海市各建设工程均依此作为施工高程依据，为保持一致，便于各监测项目变形值的相互比较、验证和延续，要求垂直位移监测网应

采用上海城市高程系统，与城市水准点联测只供引入城市系统高程之用，只需以不低于本规程三级水准测量要求，一次性联测到一个水准基准点上即可。

4 水准基准点不少于 3 点，宜在测区外围均匀布设，目的在于定期复测时能发现和判别水准基准点的稳定性，并能以最少测站数施测各监测点高程。

6.3.3 垂直位移监测网施测

1 垂直位移监测网观测主要技术要求（表 6.3.2）是对应满足垂直位移监测网技术指标（表 6.3.1）综合国家《水准测量规范》、《工程测量规范》及北京、上海和天津等地方有关规范、规程的相关规定拟定。

2 水准基准点埋设后稳定期不宜少于 15 天后开始施测，是上海市多数基坑监测工程的经验，并与《建筑变形测量规程》要求一致，但不表示埋设 15 天后就一定稳定了，是否稳定主要应从埋设后对垂直位移监测网的重复观测进行判断，以排除水准基准点不稳定对监测成果的影响。

3 水准基准点高程是垂直位移监测起算依据，为增加检验，提高精度，其高程值应采用相同等级、线路、测站进行连续二次施测平差后的平均值高程。连续二次观测相邻水准基准点间高差之差按表 6.3.2 中检测已测测段高差之差的要求控制。

4 对垂直位移网重复观测间隔周期，应视监测网的等级和重复观测水准基准点的稳定性而定，监测网等级高、或发现网中有不稳定水准基准点，重复观测间隔周期应短；监测网等级低、或检测水准基准点稳定，重复观测间隔周期可长。

6.3.4 垂直位移监测

1 几何水准测量是垂直位移首选方法，列出电子测距三角高程，液体静力水准方法，供在特殊环境条件下选择使用。

2 垂直位移监测点与水准基准点组成闭合环或符合水准线路，有利于提高精度和避免粗差。

3 垂直位移监测点的初始高程值是监测点垂直位移量的起算依据，为保证其施测精度，要求在埋设固定后取最初连续二次观测的平均值作为监测点高程初始值，二次观测监测点至邻近水准基准点间高差之差按表 6.3.1 的要求控制。

4 本规程参照《工程测量规范》和《建筑变形测量规程》规定了监测用水准仪 i 角的要求，目的在于忽略因前后视距不等带来的系统误差，实际监测工作中应特别注意一个测站观测多个中视距与前后视距相差较大时 i 角的影响，如 i 角为 $20''$ ，视距差为 10m 对一测站的高差影响将达 1mm，所以作业中应经常检查校正水准仪的 i 角，并严格控制水准测量中

的视距差。

5 对水准测量施测条件的规定，目的在于保证在有利的施测条件下取得可靠观测成果。

6 对电磁感应式沉降或隆起标志监测时，孔口应纳入监测水准网中，高程中误差为 $\pm 1.0\text{mm}$ 。每次监测同时借助电磁感应探头量测孔口至磁环标志间垂间距后计算标志处标高。

7 液体静力水准作业要求见《建筑变形测量规程》其组成监测网的技术指标参见表 6.3.1 和 6.3.2。

8 电子测距三角高程采用仪器和作业要求，见《建筑变形测量规范》；其组成监测网的技术指标参见表 6.3.1 和 6.3.2。

6.6 深层侧向变形（测斜）

6.6.2 测斜仪按传感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，稳定性也较好。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。

6.6.3 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及刚度，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。

6.6.6 测斜初始值的测定十分重要，应在基坑开挖前测试完毕，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，测斜仪探头放到孔底后，宜在恒温一段时间，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、反两次量测。

6.6.8 测斜计算时的起算点选择十分重要。上海软土地区的实测数据表明，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。如果测斜管底部进入较深的稳定土层内（5~10 米），也可以底部作为固定起算点。

6.7 土压力监测

本方法主要用于量测基坑围护结构内、外侧的土压力。

6.7.2 土压力计的选择与标定

土压力测试可采用振弦式土压力计，在使用前应经过标定，量程应满足被测压力范围的要求，其上限可取最大设计压力的 1.2~1.5 倍，下限应能满足测试须达的分辨率，为避免土拱效应影响测试精度，应选择匹配误差小的土压力计。

6.7.3 土压力计的埋设方式分为埋入式和边界式。压入法、钻孔法都属埋入式，边界式有挂

布法、弹入法、活塞压入法，用于量测（岩）土体与围护结构体间的接触压力，边界式常用挂布法将土压力计置于刚性结构物表面。

6.7.3 土压力计埋设前，应检查其压力囊（常用沥青囊）是否有气孔等，以免受力后发生渗漏，影响测试结果。

6.7.4 土压力计埋设时，其受力面应与观测压力方向垂直，采用钻孔法埋设时，填充料回填应均匀密实，且性质宜与岩土体性质尽量一致，但回填材料不能用粗骨料（如碎石等），需用成分均匀的易填实的粗砂、细砂。

埋设完毕后应编写详细的安装记录。

6.7.5～6.7.6 测试方法与技术要求

土压力计埋设后即应进行检验性测试（包括二次仪表），测读初值，并取 3 次测定的稳定值作为基准值。

施工期间土压力观测频率应根据施工进度和工程要求确定。监测工作开始后，用频率计测得土压力计频率相对基准值的变化量，根据频率～压力率定关系计算土压力（P）。

6.8 孔隙水压力监测

6.8.1 用于监测土中孔隙水压力的变化。

6.8.2 孔隙水压力计的选择与埋设

孔隙水压力计的量程应满足被测压力范围的要求。其上限可取静水压力与超孔隙水压力之和的 1.2 倍，下限不大于 $\pm 2\text{kPa}$ 。

6.8.3 孔隙水压力计应在基坑降水前 1 周埋设，埋设前，孔隙水压力计应浸泡饱和，排除透水石中的气泡，且浸泡饱和时间不宜少于 12 小时。并作好率定检验。

6.8.4 埋设成孔直径不应少于 110mm，观测段内须回填入透水填料，再用有效的隔水材料封孔。孔内有多个孔隙水压力计时，应作好各元件间的封闭隔离。

6.8.5～6.8.6 测试方法与技术要求

孔隙水压力计埋设后即应量测初值，一般宜连续量测 1 周，取 3 次测定的稳定值的平均值作为基准值。孔隙水压力初始读数应在埋设后开始量测，每日 1 次，每次观测时间宜固定，由于孔隙水压力稳定需时较长。

振弦式孔隙水压力计用频率仪测试其频率变化量，由频率～压力率定关系换算出孔隙水压力；气压式孔隙水压力计可直接测读孔隙水值。

6.9 地下水水位（头）监测

6.9.1 本方法用于监测地下水位的变化。

上海地区地下水类型主要为潜水、微承压水、承压水。

基坑施工期间对地下水的监测，主要了解其在相应工况下的变化，以便安全预警。

6.9.2~6.9.3 水位观测孔的要求

为基坑监测用的（坑外）潜水水位观测孔应在基坑降水之前完成。其孔径不应小于110mm，孔深应根据基坑开挖深度确定，一般在5~8m，当挖深范围内若有渗透性较强的粉、砂性土层时，水位观测孔应进入该层一定深度。孔隙水压力计周围、水位管滤管段与孔壁间须灌砂，其余段应用有效的隔水材料封阻至孔口，水位管口应加盖，防止地表水及杂物进入。

承压水位观测孔深进入承压含水层不宜小于2m，孔底应填砂，水位管直径可为50~70mm，滤管段不宜小于1m，其与孔壁间应灌砂，被测含水层与其它含水层间应采取有效措施隔水。

6.9.4 测试方法与技术要求

水位观测孔成孔后，即应采用水位计逐日连续观测水位变化，取稳定值作为基准值，施工监测时，应据工况需求的频次测读地下水位变化量，其测试精度为±1cm。观测时，应注意水位管阻塞或被测水位因与其它含水层连通致使观测值失真。

6.10 围护体系内力监测

6.10.2 内力监测按传感元件的性质可分为电阻应变片式、振弦式等几种。振弦式传感器抗干扰能力强，防水性好，不受导线长度影响，稳定性较好，使用较为广泛。电阻应变片式传感器易受温度及导线长度影响，稳定性稍差。故宜采用振弦式传感器或其他更稳定的传感器。

用振弦式混凝土应变计计算支撑轴力见（6.10.2-1）公式：

$$N = E_c A (K(f_i^2 - f_0^2) + b(T_i - T_0)) \quad (6.10.2-1)$$

用振弦式钢筋计计算支撑轴力见（6.10.2-2）公式：

$$N = \frac{E_c}{E_s} \left(\frac{A}{A_s} - 1 \right) (K(f_i^2 - f_0^2) + b(T_i - T_0)) \quad (6.10.2-2)$$

式中：N——支撑轴力(kN)

A, A_s——支撑截面面积和钢筋截面面积(m²)

E_c, E_s——混凝土、钢筋弹性模量(kPa)

f_i——应变计的本次读数(Hz)

f_0 ——应变计的初始读数(Hz)

K ——应变计的标定系数($10^{-6}/\text{Hz}^2$)

b ——应变计的温度修正系数($10^{-6}/^\circ\text{C}$)

T_i ——应变计的本次测试温度值($^\circ\text{C}$)

T_0 ——应变计的初始测试温度值($^\circ\text{C}$)

用振弦式应变计计算围护墙体内力、立柱内力、围檩内力的计算公式与上式基本相同，见(6.10.2-3)公式：

$$S = (K(f_i^2 - f_0^2) + b(T_i - T_0)) / a \quad (6.10.2-3)$$

式中： σ ——结构内力(kPa)

a ——钢筋计截面面积(m^2)

K ——应力计的标定系数(kN/Hz^2)

b ——应力计的温度修正系数($\text{kN}/^\circ\text{C}$)

6.10.3~6.10.8 混凝土受压构件的轴向压力是根据钢筋与混凝土的应变一致的原理进行计算的，当一个截面中埋设多个传感器进行测试时，宜直接测读应变，并按平均值作为观测值。

混凝土结硬时的收缩在钢筋和混凝土中产生不同的收缩应力；混凝土的弹性模量随龄期增加而增长，一般来说，在混凝土结硬初期（龄期小于 15 天）用钢筋计测得数据较为接近实际情况。在高温天气还应注意温差对监测结果的影响。因此，在实际监测中应按实际情况进行修正。

6.11 坑外土体分层沉降监测

6.11.3 分层沉降管外的填充料，可用现场干细土或中粗沙，回填速度不能太快，以免堵塞后回填料无法下沉而形成空隙。为确保回填质量，在埋设后 2~3 天内应进行检查，必要时补充回填。

6.12 基坑回弹监测

6.12.1~6.12.2 由于基坑内挖土、降水以及运输等种种原因的影响，基坑内回弹监测点非常难以存活，因此应特别做好测点保护工作。为确保观测质量，可在基坑开挖前观测二次初读数，并用水准仪测定孔口标高，以便换算到每个磁环的标高。同理，以后随挖土进程，每开挖一层土观测一次，并截去上部沉降管，并保护好下节沉降管，直至基坑挖土完毕。

6.13 锚杆受力监测

6.13.1~6.13.3 锚杆应力监测一般仅监测锚杆拉力的变化，可用专门特制的轴力计或钢筋应变计来监测。用钢筋应力计监测锚杆受力的方法基本同结构内力监测。轴力计的安装方法与钢支撑内反力计基本相同，但其仅观测拉力的变化。

7 监测技术报告的编制

7.1 一般规定

7.1.1~7.1.4 基坑施工监测规程作为指导性文件，制定了监测技术报告的编制程序和内容，它不仅是基坑施工过程重要组成部分，也是整个监测过程信息化施工工作总结，同时是完善发展基坑设计理论、设计方法和提高施工水平、监测水平的重要手段。

现场量测的数据和图、表的绘制与施工因素的关系及工程设计、场区地质、场区环境等资料是编写报告的基本条件，必须真实、客观、可靠。报告应经过认真整理、检查、分析的基础上，按相关条文要求编制。

7.2 成果文件

7.2.3-1 基坑工程概况是指基坑规模的简要叙述，内容包括：基坑开挖面积、尺度、开挖深度和基坑围护结构体系的形式及基坑降水型式等；周边环境概况是指简要叙述周边环境复杂程度及工程的影响。

监测依据主要包括委托监测合同，基坑支护设计图纸文件，基坑工程施工组织设计、基坑周边地形图、地下管线图，相关单位和主管部门的要求等。

7.2.3-3 基坑周边环境是指在影响范围内经过现场踏勘和相关资料收集的基础上叙述基坑每侧边邻近地下管线的种类、分布、直径、材质和埋深与基坑侧边的距离；邻近建、构物的结构状态，质量情况与基坑侧边的距离，是否有特殊要求的环境，如：地下轨道交通、大直径的燃气管、原水管，污、雨水泵站、防汛墙、防汛闸等，或有特殊监测要求的环境。

7.2.4 各监测项目特征变化曲线图是指，基坑施工监测工作中应测和选测项目中有代表性的

监测点，该点能全过程反应整个基坑施工过程中围护结构受力、变形和周边环境变形与时间、工况的关系及基坑围护结构受力、变形与周边环境变形之间的关系，或按设计要求绘制。

施工工况进程表是指，基坑围护结构施工阶段的起止时间、挖土阶段（包括每层挖土和做撑）起止时间、基础大底板浇注（包括绑扎钢筋）的起止时间、支撑拆除（包括每道支撑）的起止时间，直到 ± 0.00 的时间。

7.2.5 监测日报表（速报）工作是经过工程经验的积累和总结，做为基坑施工监测的一项工作制度在本规程中体现出来，它不仅是基坑信息化施工的重要环节，也是做好事前控制的重要保证，同时是控制施工进度、调整施工方法的重要依据。

日报表必须真实、可靠反映当日各监测项目的观测成果，原始记录不得任意涂改，日报表中应注明相应工况、天气情况和周边环境的变化情况，如遇异常情况，对观测资料应进行综合性分析研究，确认监测数据无误，应在最短时间内呈报给相关单位，以便采取相应措施，避免工程事故的发生。

7.2.6 监测中间报告（阶段），宜根据工程的需要或委托方及设计方要求编写。