

上海市工程建设规范
基坑工程施工监测规程

Specification for foundation
excavation monitoring

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
施行日期：2006年12月1日



2006 上海

上海市建设和交通委员会

沪建交[2006]678号

上海市建设和交通委员会
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

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。

上海市建设和交通委员会
二〇〇六年十月九日

前 言

本规程是根据上海市建设和管理委员会沪建建[2005]54号文的要求,由上海岩土工程勘察设计研究院有限公司会同有关单位进行编制。在整个编制过程中,编制组认真总结实践经验,多次开展专题研究、讨论,在广泛征求本市有关单位和专家的意见后,由上海市建设和交通委员会科学技术委员会组织有关专家审查定稿。

本规程共分七章。内容包括:1、总则 2、术语、符号 3、基本规定 4、围护体系监测点布置 5、周边环境监测点布置 6、监测方法与技术要求 7、监测技术成果文件编制。

在实施本规程的过程中,请各有关单位注意总结经验,积累资料,如发现需要进一步补充或修改之处,请将意见和建议及时寄至上海岩土工程勘察设计研究院有限公司总工办(联系地址:延安东路34号;邮编:200002;E-mail:SGIDI@public.sta.net.cn),以便修订时参考。

主编单位:上海岩土工程勘察设计研究院有限公司

参编单位:同济大学

中船勘察设计研究院

申元岩土工程有限公司

主要起草人:顾国荣 陆学智 莫群欢

(以下按姓氏笔划为序)

水伟厚 宋友仁 张晓沪 张银海

杨石飞 侯瑜玉 夏才初 夏 寅

郭春生 褚伟洪 黄永进 曹 晖

龚才康 潘国荣

上海市建筑建材业市场管理总站

二〇〇六年四月

本卷共四册，此为第三册。二〇〇六年四月

目 次

1 总 则	(1)
2 术语、符号.....	(2)
2.1 术 语	(2)
2.2 主要符号	(6)
3 基本规定	(8)
3.1 基坑监测工作基本要求	(8)
3.2 基坑工程监测等级	(8)
3.3 监测方案编制及工作内容.....	(11)
4 围护体系监测点布置.....	(15)
4.1 一般规定.....	(15)
4.2 监测点布置.....	(15)
5 周边环境监测点布置.....	(19)
5.1 一般规定.....	(19)
5.2 邻近建(构)筑物监测点布置.....	(19)
5.3 邻近地下管线监测点布置.....	(20)
5.4 邻近地表监测点布置.....	(20)
6 监测方法与技术要求.....	(22)
6.1 一般规定.....	(22)
6.2 水位移监测.....	(22)
6.3 垂直位移监测.....	(25)
6.4 裂缝监测.....	(27)
6.5 倾斜监测.....	(28)
6.6 深层侧向变形(测斜)监测.....	(28)
6.7 土压力监测.....	(29)
6.8 孔隙水压力监测.....	(30)

6.9	地下水水位监测	(32)
6.10	围护体系内力监测	(32)
6.11	坑外土体分层垂直位移监测	(33)
6.12	坑底隆起(回弹)监测	(33)
6.13	锚杆拉力监测	(33)
6.14	监测频率	(34)
6.15	监测报警值	(34)
7	监测技术成果文件编制	(36)
7.1	一般规定	(36)
7.2	监测日报表和中间报告	(36)
7.3	最终报告	(37)
附录 A	垂直位移和水平位移监测日报表样表	(39)
附录 B	深层侧向变形(测斜)监测日报表样表	(40)
附录 C	应力、土压力、孔隙水压力监测日报表样表	(41)
附录 D	内力、拉力监测日报表样表	(42)
附录 E	地下水水位、分层垂直位移、隆起(回弹)监测日报表 样表	(43)
	本规程用词说明	(44)
	条文说明	(45)

第1章 总则

1.0.1 为指导基坑工程施工,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、岩土体及地下水体等的统称。

2.1.3 基坑监测 monitoring of foundation excavation

基坑施工过程中,采用工程测量仪器和各类传感器对支护结构内力和变形、基坑周边环境位移、倾斜、沉降、开裂、地下水位的动态变化与土压力、孔隙水压力变化等进行综合监测。

2.1.4 基坑侧壁 side of foundation pit

构成建筑基坑围护墙体的某一侧面。

2.1.5 基坑支护 retaining and protecting for 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撑、加固与保护措施。

2.1.6 围护体系 outer protective system

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。围护体系包括围护结构和支护结构。

2.1.7 排桩 piles in row

以某种桩型按排队列式布置组成的基坑围护结构。

2.1.8 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。

- 2.1.9 水泥土墙 cement-soil wall** 由水泥土桩相互搭接形成的格栅状、壁状等形式的围护结构。
- 2.1.10 土钉墙 soil nailing wall** 采用土钉加固的基坑侧壁土体形成的围护结构。
- 2.1.11 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。
- 2.1.12 支护结构 bracing system** 由围檩、支撑(或土层锚杆)、立柱等构件组成的结构。
- 2.1.13 冠梁(压顶) top beam** 设置在支护结构顶部的钢筋混凝土梁或钢梁。
- 2.1.14 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。
- 2.1.15 支点 fulcrum** 锚杆或支撑体系对支护结构的水平约束点。
- 2.1.16 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。
- 2.1.17 地下水水位监测 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。
- 2.1.18 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。
- 2.1.19 监测项目 monitoring item** 实施监测的按性质分类的项目。
- 2.1.20 测斜 slope monitoring**

围护体和(或)土体在一定深度产生的水平向位移监测。

2.1.21 孔隙水压力 pore water pressure 土体中孔隙水所承担的压力。

2.1.22 分层位移 tintering displacement 不同土层产生的相对竖向和水平位移。

2.1.23 基坑隆起(回弹) basal swelling(rebound) 基坑底因土体应力变化而产生的向上变形。

2.1.24 共同沟 public utility tunnel “地下城市管道综合走廊”的俗称,综合走廊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。

2.1.25 监测网 monitoring control network 为变形监测而建立的由基准点、工作基点组成的专用测量控制网。

2.1.26 基准点 datum point 在变形监测中,作为测定工作基点和监测点依据的、需长期保存和稳定可靠的测量控制点。

2.1.27 工作基点 operating control point 作为直接测定监测点的相对稳定的测量控制点。

2.1.28 监测点 monitoring point 设置在围护体系或周边建(构)筑物、管线等能反映力学及变形特征的观测点。

2.1.29 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。

2.1.30 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。

2.1.31 小角法 minor angle method

在测站上测量监测点的距离及固定方向与监测点方向间的夹角,以确定位移矢量的方法。

2.1.32 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顶部的观测点投影到底部观测点的水平面上,以测定位移矢量,根据上、下观测点间高度计算倾斜率的方法。

2.1.33 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,在需要准直的点上用目视的接收屏或光电接收靶观测光斑的能量中心,以测定各点偏离基准线差值的测量方法。

2.1.34 视准线法 collimation line method

以两固定点间经纬仪的视线作为基准线,测量监测点到基准线间的距离,确定偏移值的测量方法。

2.1.35 前方交会法 forward intersection method

在两个以上已知控制点上,分别对监测点观测水平角(或边长),然后根据已知控制点的坐标和观测角值(或边长)计算监测点坐标的测量方法。

2.1.36 自由设站法 method of free set station

选择一适宜的地方设站,对附近的2~3个已知控制点测量距离和水平角,用边角后方交会的方法计算测站点的坐标和定向角,用极坐标法测定监测点的测量方法。

2.1.37 导线测量法 traversing method

按一定要求选定一系列的点(导线点)依相邻次序连成折线,测定各折线边(导线边)的边长和各转折角(导线角),再根据起始数据推算各导线点坐标的测量方法。

2.1.38 极坐标法 polar coordinate method

根据一个已知点和一条已知方位的边对监测点测量一个角度和一段距离,以坐标正算求得该点坐标的测量方法。

2.1.39 方向线偏移法 deflection of direction method

以两固定点间方向线作为基准线，在其附近设站测量相应固定点的距离（仅需测一次）和水平角，求得本测站侧向偏差值的测量方法。

2.2 主要符号

- A_b ——支撑截面面积(m^2)；
 A_i ——钢筋计截面面积(m^2)；
 A_s ——钢筋截面面积(m^2)；
 E_c, E_s ——混凝土、钢筋弹性模量(kPa)；
 f_i ——振弦式土压力计、孔隙水压力传感器、振弦式应力计的本次读数(Hz)；
 f_0 ——振弦式土压力计、孔隙水压力传感器、振弦式应力计的初始读数(Hz)；
 H ——基坑开挖深度(m)；
 K ——振弦式土压力传感器、孔隙水压力传感器、应力计的标定系数(kPa/Hz 2)；
 K_c ——振弦式混凝土应变计的标定系数(10 $^{-6}$ /Hz 2)；
 l ——测斜量测段长度(mm)；
 N ——钢支撑轴力(kN)；
 P ——土压力(kPa)；
 T_b ——应力计、应变计的温度修正系数(kN/℃)；
 T_i ——应变计的本次测试温度值(℃)；
 T_0 ——应变计的初始测试温度值(℃)；
 u ——孔隙水压力(kPa)；
 w ——土的含水量(%)；
 $\Delta\delta_i$ ——测斜第*i*测段的相对水平偏差增量值(mm)；
 ΔX_n ——测斜从管口下第*n*个量测段处水平位移值(mm)；

α_i ——测斜从管口下第 i 个量测段处本次测试倾角值(度);

α_0 ——测斜从管口下第 i 个量测段处初次测试倾角值(度);

ΔX_0 ——测斜实测管口水平位移(mm),当采用底部作为起算点时, $\Delta X_0=0$;

σ ——钢筋应力(kPa)。

本工程地基土层为中风化页岩,土质坚硬,无明显裂隙,且风化程度较低,故取单轴抗压强度为 100Mpa,地基承载力特征值按经验公式计算。

3 基本规定

3.1 基坑监测工作基本要求

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；基坑围护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和收集相关资料基础上，依据委托方和相关单位的要求和规范、规程规定编制监测方案；监测方案须经委托方及相关单位认可后方能实施。

3.1.2 基坑监测应达到下列目的：

- 1 对基坑围护体系及周边环境安全进行有效监护；
- 2 为信息化施工提供参数；
- 3 验证有关设计参数。

3.1.3 当监测值达到报警值或出现危险事故征兆时，应加密或连续监测。

3.1.4 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，并及时提交监测日报表；当监测值达到报警值，应立即发出报警通知。

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 1H 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 1H~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 1H 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 范围以内没有需要保护管线或建(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。

极硬

较硬

较软

软

表 3.2.4 地基复杂程度划分

地基复杂程度	地基土性、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性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性土;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:从复杂程度开始,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考虑。

3.3 监测方案编制及工作内容

3.3.1 监测方案宜包括下列内容：

- 1 工程概况(包括工程性质、基坑工程设计和施工方案概况)；
- 2 场地工程地质条件及基坑周边环境状况；
- 3 监测目的和依据；
- 4 监测点设置原则；
- 5 监测项目和监测点布置及各监测点布置的平面、立面图；
- 6 监测方法及精度；
- 7 监测进度和监测频率；
- 8 监测报警值控制标准；
- 9 监测成果及监测报告的主要内容；
- 10 监测人员组成和主要仪器设备。

3.3.2 基坑方案编制前，委托方应提供下列资料：

- 1 基坑围护设计施工图及设计人员提出的监测要求；
- 2 勘察成果文件；
- 3 基坑影响范围内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。

3.3.3 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。

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

3.3.5 基坑施工监测过程中应了解监测范围内周边工程施工(挖土、打桩、降水等)情况，并分析对监测成果的影响。

3.3.6 监测项目应有针对性的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确定，各监测项目可参照表3.3.6进行选择。

表3.3.6 监测项目表

序号	施工阶段 监测工程等级 监测项目	开挖前 围护体系	开挖阶段						放坡开挖	
			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		√	○	√	√	○			
5	围护墙侧向变形(测斜)		√	○	√	√	○			
6	围护墙侧向土压力					○	○			
7	围护墙内力					√	○			
8	冠梁及围檩内力					√	○			
9	支撑内力					√	√	○		
10	锚杆或土钉拉力		○			√	√	○		
11	立柱垂直位移					√	√	○		
12	立柱内力					○	○			

续表 3.3.6

序号	施工阶段 监测工程等级 监测项目	开挖前 围护体系	开挖阶段						放坡开挖	
			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		
13	基坑外地下水水位	√	√	√		√	√	√	√	
14	基坑内地下水水位	○	○			○	○			
15	孔隙水压力	○	○			○				
16	土体深层侧向变形(测斜)	○	○			√	○			
17	土体分层垂直位移		○			○				
18	坑底隆起(回弹)		○			○	○			
19	地表垂直位移	○	√			√	○		○	
20	邻近建(构)筑物垂直位移	√	√	√		√	√	√	√	
21	邻近建(构)筑物水平位移	○	○	○		○	○	○		
22	邻近建(构)筑物倾斜		○			○	○			
23	邻近建(构)筑物裂缝、地表裂缝	√	√	√		√	√	√	√	
24	邻近地下管线水平及垂直位移	√	√	√		√	√	√	√	

注:√应测项目;○选测项目(视监测工程具体情况和相关单位要求确定)。

3.3.7 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。

3.3.8 基坑工程监测过程中应由业主及总包方协助保护监测设施。

3.3.9 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。

3.3.10 各类传感器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。

3.3.11 监测传感器应满足下列要求：

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

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 监测点布置尚应满足设计和施工单位要求。

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 监测点宜布置在围护墙中间部位，布置间距宜为 20～50m，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 监测点宜布置在受力较大及有代表性的围护体外侧；

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，可预设在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 监测点宜布置在受力较大围护墙体；

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 冠梁及围檩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、受力较大、支撑间距较大处；在竖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竖向上保持一致；

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间部位、锚杆或土钉受力较大处；
- 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；每层监测点在竖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。

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较大的立柱上；
- 2 每个截面内传感器埋设不应少于 4 个；
- 3 监测点宜布置在坑底以上立柱长度的 1/3 部位。

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、相邻建筑（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压井近中间部位，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3m；

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、相邻降压井近中间部位。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；

2 监测点数量不宜少于3个。

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)孔埋设深度宜大于围护墙(桩)埋深的5~10m。

4.2.15 土体分层垂直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 监测点在竖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 周边环境监测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，并组织现场交底。

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3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,应上、下部成对设置,并位于同一垂直线上,必要时中部加密;

2 当采用垂准法观测时,下部监测点为测站,则上部监测点必须安置接收靶;

3 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;

4 当采用精密水准观测时,可按 5.2.1 有关规定成对布置。

5.2.3 基坑开挖前应对基坑开挖影响范围内的建(构)筑物裂缝现状进行目测调查并记录,对典型裂缝布置监测点。在基坑开挖过程中,发现新裂缝或原有裂缝有增大趋势,应及时增设监测点。

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观测点;

2 观测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 影响范围内有多条管线时,宜根据管线年份、类型、材质、管径等情况,综合确定监测点,且宜在内侧和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 地表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间距宜为 15~25m。

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。

6.1.4 监测过程中应进行巡视检查，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。

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)

监测等级	特级	一级	二级	三级
监测点坐标中误差	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 水平位移监测网宜采用独立坐标系统，并进行一次布网（有条件的可以与上海平面坐标系统联测）；水平位移监测网宜采用GPS网、单导线或导线网、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。

6.2.3 水平位移监测基准点应埋设在施工影响范围外，数量不应少于3点。宜设置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。

6.2.4 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。

6.2.5 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6.2.5的规定。

表6.2.5 水平位移监测网观测主要技术要求

监测网等级	平均边长(m)	测角中误差(“)	测距中误差(mm)	最弱边边长相对中误差	适用范围
一级	200	1.0	1.0	1:200000	一级基坑工程监测
二级	300	1.5	3.0	1:100000	二级或三级基坑工程监测
三级	500	2.5	10.0	1:50000	条件许可时的三级基坑工程监测

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。

6.2.6 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。

6.2.7 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，当垂直角超出土 3° 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和基坑的侧向位移监测。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（仅需测一次）与角度，求得本测站侧向偏差值。对其它监测点，可测出该站对应其它监测点的边长（仅需测一次）与方向值，求得侧向偏差值。

6.2.8 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，边长可用全站仪测定，也可用经纬仪与检定过的钢尺丈量，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。

6.2.9 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)

监测等级	特级	一级	二级	三级
监测点测站高差中误差	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 (mm)

监测网等级	测站高差中误差	往返较差、闭合差、附合差	检定已测闭合高差之差	适用范围
一级	0.15	$0.3\sqrt{n}$	$0.45\sqrt{n}$	一级基坑工程监测
二级	0.5	$1.0\sqrt{n}$	$1.5\sqrt{n}$	二级或三级基坑工程监测
三级	1.5	$3.0\sqrt{n}$	$4.5\sqrt{n}$	与城市水准点联测

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设于基坑开挖深度3倍范围以外不受施工影响的区域，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

监测网等级	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，视线高度不应低于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15d；

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要求：

1 垂直位移监测宜采用几何水准方法，或电磁波测距三角高程、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,或附合水准线路;

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,应符合行业标准《建筑变形测量规范》(JGJ 8)的规定;

8 采用电子测距三角高程作垂直位移监测时,宜采用 0.5"~1"级的全站仪和特制觇牌用中间设站、不量仪器高的前后视观测方法,并应符合行业标准《建筑变形测量规范》(JGJ 8)的规定。

6.4 裂缝监测

6.4.1 裂缝监测内容包括裂缝形态、长度、宽度、描述,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 在裂缝两侧粘贴带量测孔的金属板,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±0.1mm,裂缝长度测量值精度为±1mm。

6.4.3 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。

6.4.4 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、经纬仪投点法、水准测量以及倾斜仪测记等方法。

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 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,根据上、下观测点高度计算倾斜度。经纬仪正、倒镜法各观测一次算一个测回。

6.5.4 倾斜仪测记法,可采用水管式、水平摆、气泡或电子倾斜仪等进行观测。倾斜仪应具有连续读数、自动记录和数字传输的功能。

6.5.5 基础沉降差可按本规程6.3节有关规定测定,对已埋设在基础上的监测点,采用水准测量方法所测定的沉降差,可换算求得倾斜度及倾斜方向。

6.6 深层侧向变形(测斜)监测

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 测斜仪的分辨率不应大于 $0.01\text{mm}/\text{m}$,精度为 $\pm 0.1\text{mm}$ 。

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 $45\sim 90\text{mm}$,管内应有两组相互垂直的纵向导槽。

6.6.4 测斜管埋设可采用钻孔法,在地下连续墙、钻孔灌注桩排桩、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至少一周前埋设,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 测斜管保持垂直，其中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 测斜管理设后应在基坑开挖至少 2d 前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，在稳定 10~15min 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。各量测段水平位移值按式(6.6.8)计算：

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

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 个量测段处初始值测试倾角值；
 X_0 ——实测管口水平位移 (mm)，当采用底部作为起算点时， $X_0 = 0$ 。

6.7 土压力监测

- 6.7.1 土压力监测宜采用土压力计测量。
- 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), 精度为士 0.5% (F. S);
- 3 稳定性强、坚固耐用、防水性能好，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，提供不同压力的标定曲线。

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，且介质宜与周围岩土体保持一致；
- 3 连接电缆应按一定线路集中于导线箱内，并编制安装记录。

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 次测定的稳定值的平均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，监测值精度为士 1kPa。

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

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±0.5%(F.S);
- 3 稳定性强、坚固耐用、防水性能好,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,提供不同压力的标定曲线。

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,并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,其间隔不应小于1m,并采取措施确保各元件间的封闭隔离。

6.8.5 孔隙水压力计埋设后应量测孔隙水压力初始值,且宜逐日定时连续量测1周,取3次测定稳定值的平均值作为初始值。

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±1kPa。

$$u = K(f_i - f_0) \quad (6.8.6)$$

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3d稳定值的平均值作为初始值。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±1cm。

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±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,在主筋上焊接钢筋应力计来测定。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,导线端部应做好防护措施。
- 6.10.5 围护体系内力监测值宜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2d

测定稳定值的平均值作为初始值。

6.11 坑外土体分层垂直位移监测

6.11.1 坑外土体分层垂直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 分层垂直位移读数分辨率应不大于0.5mm,监测值精度为±1mm。

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一周,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,监测值精度为±1mm。

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。

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±1kPa。

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;也可根据需要延长监测期限。

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工程性质、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

监测项目分类 施工工况	从基坑开始开挖到结构底板浇筑完成后 3d	结构底板浇筑完成后 3d 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 3d	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 监测报警值应由变化速率与累计变化值控制,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根据围护设计单位要求确定,并经相关单位认可,当无具体报警值时,可参考表 6.15.2-1;

表 6.15.2-1 围护体系报警值

基坑工程监测等级 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)			
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	设计控制值的 60%~80%						
支撑轴力	设计控制值的 60%~80%						
锚杆拉力	设计控制值的 60%~80%						
桩、墙、柱内力	设计控制值的 60%~80%						

- 注:1. 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. 特级监测工程报警值除按一级监测工程确定外,尚应根据委托方及相关单位的特殊要求确定。

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,当无具体报警值时,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 监测技术成果文件编制

7.1 一般规定

- 7.1.1 监测技术成果文件宜包括监测过程中提供的监测日报表(速报)、监测中间报告(阶段报告)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 成果文件应标识工程名称、工程编号、编写单位、提交报告日期等。
- 7.1.4 中间报告和最终报告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，并应加盖企业行政章。
- 7.1.5 成果文件图表部分格式可参考附录 A~附录 E。

7.2 监测日报表和中间报告

7.2.1 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，必要时绘制有关曲线图；
- 2 实测基坑周边环境各监测项目的日变量值、累计变量值，必要时绘制有关曲线图；
- 3 应对出现的异常情况进行简要分析，并提出相关建议，对达到和超过监测报警值的监测点应有明显的报警标识；
- 4 注明工程名称、编号、填写日期、天气情况、有关施工工况以及发出监测报警后的施工措施，并由工程负责人、记录人、计算人、校核人签字。

7.2.2 监测中间报告(阶段)应包括下列内容：

- 1 相应阶段的施工概况；
- 2 相应阶段基坑围护体系和周边环境的监测项目和监测点

布置；

- 3 对各项监测数据进行整理、统计，并绘制成有关图、表；
- 4 监测报警情况及施工处理措施；
- 5 对相应阶段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；
- 6 工程负责人、审核人签字。

7.3 最终报告

7.3.1 最终报告应包括文字报告和图表两大部分。

7.3.2 文字报告应包括下列内容：

- 1 工程概况：
 - 1)工程地点、建设设计、施工、监理单位名称；
 - 2)基坑工程及周边环境概况；
 - 3)监测依据以及执行的主要技术规范、标准；
 - 4)监测目的、要求以及主要监测内容；
 - 5)监测起止日期、投入人员、主要设备仪器以及完成工作量。
- 2 工程地质概况：
 - 1)应用勘察报告的企业名称、编号等；
 - 2)本场地地层构成与特征以及地基土主要指标；
 - 3)地下水类型、埋深条件、水位标高等；
 - 4)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：
 - 1)周边建(构)筑物位置、结构、层数等现状；
 - 2)周边地下管线种类、位置、埋深等。
- 4 监测项目：
 - 1)基坑围护体系监测项目；

2) 基坑周边环境监测项目。

5 监测点的布置:

- 1) 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);
- 2) 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:

- 1) 基坑围护体系各监测项目、主要监测方法和设备(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;
- 2) 基坑周边环境各监测项目、主要监测方法和设备(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。

7.3.3 图表部分应包括下列内容:

- 1 基坑围护体系与周边环境监测点平面布置图;
- 2 施工工况进程表;
- 3 监测点设置示意图;
- 4 各监测项目特征变化曲线图;
- 5 观测仪器、设备一览表;
- 6 监测控制网检测汇总表;
- 7 各监测项目监测成果汇总表。

附录 A 垂直位移和水平位移监测日报表样表

(监测项目名称) 监测日报表 第 次

工程名称:

工程编号:

天气:

观测者:

计算者:

测试日期:

点号	垂直沉降量(mm)		平面位移量(mm)		备注	点号	垂直沉降量(mm)		平面位移量(mm)		备注
	本次	累计	本次	累计			本次	累计	本次	累计	
说明	(说明中应注明数据的正负号分别代表的物理意义,如果该测点超报警值应在备注中注明,测点的状况如被压、被毁也应在备注中说明)										
工况											

工程负责人: _____

监测单位: _____

- 注:1. 本日报表使用于垂直位移和水平位移项目的监测;
 2. 应视工程及测点变形情况,定期附典型测点的数据变化曲线图。

附录 B 深层侧向变形(测斜)监测日报表样表

(监测项目名称)

第 次测斜成果表

工程编号:

孔号：

测试者：

测试时间：

累计位移最大值: mm, 深度为 m

本次位移最大值: mm, 深度为 m

施工工况:开挖(深度 m)

工程负责人：

测试单位：

附录 C 应力、土压力、孔隙水压力监测日报表样表

(监测项目名称) 监测日报表

第 次

工程名称:

测试者：

工程编号:

计算者。

天气。

测试日期:

工程负责人:

监测单位:

- 注：1. 本日报表适用于围护墙应力、土压力、孔隙水压力项目的监测；
2. 应视工程及测点变形情况，定期附典型测点的数据变化曲线图。

附录 D 内力、拉力监测日报表样表

(监测项目名称) 监测日报表

第 次

第 页 共 页

工程名称:

工程编号:

天气:

测试者:

计算者:

测试日期:

构 件 内 力 成 果 表

点号	本次内力(kN)	上次内力(kN)	变化量(kN)	备注	点号	本次内力(kN)	上次内力(kN)	变化量(kN)	备注

构 件 轴 力 成 果 表

点号	本次内力(kN)	上次内力(kN)	变化量(kN)	备注	点号	本次内力(kN)	上次内力(kN)	变化量(kN)	备注

说 明	(应注明数据的单位及正负号 分别代表的物理意义;如果该 测点超报警应在备注中注明, 测点的状况如被压、被毁也应 在备注中说明)	点位示意图:
工 况		

工程负责人:

监测单位:

- 注:1. 本日报表使用于构件内力、拉力项目的监测;
- 2. 应视工程及测点变形情况,定期附典型测点的数据变化曲线图。

附录 E 地下水水位、分层垂位移、隆起(回弹)监测日报表样表

(监测项目名称) 监测日报表

第 次

第 页 共 页

工程名称：

工程编号:

天气：

測試者。

计算者。

测试日期:

工程负责人:

监测单位:

注：1. 本日报表适用于构件内力、拉力项目的监测；

2. 应视工程及测点变形情况,定期附典型测点的数据变化曲线图。

本规程用词说明

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”。

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……”。

本规程由国家质量监督检验检疫总局负责解释。本规程自2000年7月1日起施行。本规程发布前已按原《电业安全工作规程(发电厂和变电所电气部分)》(DL408—91)执行的,今后新装、大修、技改工程及扩建工程,仍按原《电业安全工作规程(发电厂和变电所电气部分)》(DL408—91)执行;今后新装、大修、技改工程及扩建工程,按本规程执行。

上海市工程建设规范

基坑工程施工监测规程

DG/TJ08-2001-2006

条文说明

目 次

1	总 则	(47)
3	基本规定	(48)
3.1	基坑监测工作基本要求	(48)
3.2	基坑工程监测等级	(48)
3.3	监测方案编制及工作内容	(49)
4	围护体系监测点布置	(50)
4.1	一般规定	(50)
4.2	监测点布置	(50)
5	周边环境监测点布置	(52)
5.1	一般规定	(52)
5.2	邻近建(构)筑物监测点布置	(52)
6	监测方法与技术要求	(53)
6.1	一般规定	(53)
6.2	水平位移监测	(53)
6.3	垂直位移监测	(56)
6.6	深层侧向变形(测斜)监测	(59)
6.7	土压力监测	(60)
6.8	孔隙水压力监测	(60)
6.9	地下水水位监测	(61)
6.10	围护体系内力监测	(61)
6.11	坑外土体分层垂直位移监测	(62)
6.12	坑底隆起(回弹)监测	(62)
6.13	锚杆拉力监测	(62)
7	监测技术成果文件编制	(64)
7.2	监测日报表和中间报告	(64)
7.3	最终报告	(64)

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、管线等周边环境进行系统的监测,才能对工程情况有全面的了解,确保工程施工的顺利进行。

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,适用于上海地区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。因此在编制监测方案时,应充分考虑其相关因素。

1.0.4 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、基坑围护设计、地基基础、上部结构、施工工艺等技术。因此,强调除应符合本规程外,尚应符合国家、行业和上海市现行有关基坑施工监测强制性标准的规定。

3 基本规定

3.1 基坑监测工作基本要求

3.1.1 本条规定了基坑监测实施单位应具备工程勘察和工程测量这两方面专业技术及相应资质。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委托方或承包方、设计、监理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较大,加之土层条件变化以及基坑工程设计的理论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,本规程提出综合基坑工程安全等级、周边环境条件和地基复杂程度三个方面考虑。

3.3 监测方案编制及工作内容

3.3.2 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、地形图及周边建(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。

3.3.3~3.3.4 监测范围宜达到基坑边线以外2倍以上基坑深度,主要依据是基坑开挖影响范围。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定量化,根据上海地区一般工程经验,其影响范围一般不大于2倍基坑深度。但作为前期调查,其范围宜达到基坑边线以外3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。

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

3.3.8~3.3.9 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。

3.3.11 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。

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和最重要的部位进行监测,以便测到各项监测内容的最大值以及对最重要部位进行有效的监护。

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 当分段开挖时,每个开挖面至少应有1个监测点。

4.2.3 围护墙侧向变形(测斜)监测点布置间距应与基坑工程监测等级、开挖段的长度相匹配,监测等级高的工程监测孔间距应加密,应保证每个开挖段有1个监测孔,如基坑侧边较短时(小于20m)可布设1个监测孔。

4.2.5 围护墙内力监测点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 支撑内力监测点布置应根据围护设计计算书确定,主要选择轴向受压的支撑杆件布置;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 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(沉降)差异。

4.2.11~4.2.12 基坑内外地下水位监测孔布置：

- 1 承压水位监测孔如埋设在基坑内部时，应有足够的安全措施，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测读水位。

4.2.14 土体侧向位移孔埋设深度宜超过围护墙深5~10m，尽量埋设到不动点，同时能监测到围护墙底部的变形。

4.2.15 土体分层垂直位移监测点布置：

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5m。

4.2.16 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%。

基坑底部隆起的高程要通过围护墙顶部沉降量的增加量来确定，即

基坑底部隆起量=围护墙顶部沉降量+围护墙底部侧向变形量

围护墙底部侧向变形量=围护墙底部侧向变形系数×围护墙侧向变形量

围护墙侧向变形量=围护墙侧向变形系数×围护墙侧向变形量

围护墙侧向变形系数=围护墙侧向变形系数×围护墙侧向变形量

围护墙侧向变形量=围护墙侧向变形系数×围护墙侧向变形量

围护墙侧向变形系数=围护墙侧向变形系数×围护墙侧向变形量

5 周边环境监测点布置

5.1 一般规定

5.1.4 目前主要有以下相关管理部门的规定：

《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 基坑周围地表裂缝(5.4.2)、围护体系裂缝(4.2.2)和建(构)筑物裂缝的监测应是全方位的,对需要监测的裂缝应统一进行编号。选取其中裂缝宽度较大有代表性的部位重点监测。

1 在基坑开挖过程中,当建(构)筑物出现裂缝时,这就说明建(构)筑物已发生了较大的差异沉降。已经威胁建(构)筑物的安全,应及时增设监测点;

2 裂缝监测点要求成对布设,其两点连线要求垂直于裂缝,是为了能正确地反映出裂缝的宽度和变化情况。

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。

6.1.3 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。

6.1.4 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,可及时避免或减少工程事故的发生。

6.2 水平位移监测

6.2.1 水平位移测量精度要求表 6.2.1 系引自行业标准《建筑变形测量规范》(JGJ 8),为此,水平位移监测网的各项主要技术要求,均应符合该规程的有关规定:

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)和国家现行标准《建筑地基基础工程施工质量验收规范》(GB50202)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。

6.2.2~6.2.5

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 6.2.5 的技术要求宜分别采用准确度为 I、II、III 等级全站仪,从其相应的出厂标称准确度值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 6.2.5 是一般的规定,为满足边长相对中误差要求,应按实际边长,优化设计测角、测距精度,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 $m_a/\rho = m_D/D$ 匹配测角和测边精度,其纵、横向误差也就基本相等,点位误差也较为均匀。

6.2.7 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。

方向线偏移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。

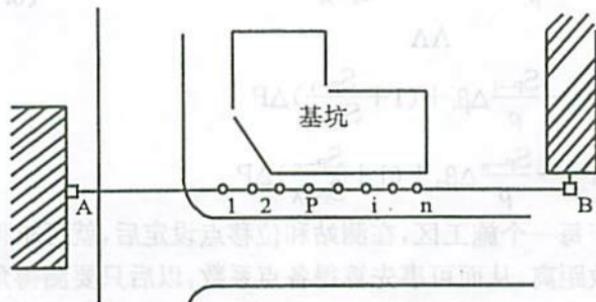


图 6.2.7(a)

如图 6.2.7(a)所示，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按下式：

$$\Delta x_i = \frac{AB}{\tan(\alpha - \beta)} \cdot \tan(\beta - \gamma_i)$$

式中：
 α —P 点的横向位移量；
 β —P 点的横向位移量；
 γ_i —i 点的横向位移量；
 AB —A、B 两点间的水平距离；
 Δx_i —i 点的横向位移量。

$$\left\{ \begin{array}{l} \Delta P = \frac{S_{P-A} S_{P-B}}{S_{P-A} + S_{P-B}} \cdot \rho \Delta \beta_P \\ \Delta 1 = \frac{S_{P-1}}{\rho} \Delta \beta_1 + (1 - \frac{S_{P-1}}{S_{P-A}}) \Delta P \\ \Delta 2 = \frac{S_{P-2}}{\rho} \Delta \beta_2 + (1 - \frac{S_{P-2}}{S_{P-A}}) \Delta P \\ \Delta i = -\frac{S_{P-i}}{\rho} \Delta \beta_i + (1 + \frac{S_{P-i}}{S_{P-A}}) \Delta P \\ \Delta n = -\frac{S_{P-n}}{\rho} \Delta \beta_n + (1 + \frac{S_{P-n}}{S_{P-A}}) \Delta P \end{array} \right. \quad (6.2.7-1)$$

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 $\Delta \beta = \beta_{本次} - \beta_{上次}$ ，即可算得位移量（例如，算出系数得式 6.2.7-2）；水平位移的符号相对基坑而言：向内为正，向外为负。

$$\left\{ \begin{array}{l} \Delta P = 0.2206 \cdot \Delta \beta_P \\ \Delta 1 = 0.1077 \cdot \Delta \beta_1 + 0.7727 \cdot \Delta P \\ \Delta 2 = 0.0619 \cdot \Delta \beta_2 + 0.8694 \cdot \Delta P \\ \Delta i = -0.0584 \cdot \Delta \beta_i + 1.1232 \cdot \Delta P \\ \Delta n = -0.1340 \cdot \Delta \beta_n + 1.2829 \cdot \Delta P \end{array} \right. \quad (6.2.7-2)$$

6.3 垂直位移监测

6.3.1 垂直位移测量精度要求表 6.3.1 系引自行业标准《建筑变形测量规范》(JGJ 8)，为此，垂直位移监测网的各项主要技术要求，均应符合该规范的有关规定。

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士

1.0mm, 相邻点高差中误差为±0.5mm。

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。垂直位移监测网不应布设附合路线, 由于多余的强制符合条件会对监测网产生高程异常, 更不便于自我检校, 所以应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、附合差、闭合差 $\Delta_{\text{附}}$ 均依据 $m_{\text{站}}$ 和往返、符合、闭合水准路线的测站数推算, 计算方法按式(6.3.2-1):

$$\Delta_{\text{附}} = 2m_{\text{站}}\sqrt{n} \quad (6.3.2-1)$$

检测已测段高差之差 $\Delta_{\text{检}}$ 按二次施测为同精度推算, 计算方法按式(6.3.2-2):

$$\Delta_{\text{检}} = \sqrt{2}\Delta_{\text{附}} \quad (6.3.2-2)$$

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吴淞高程系统, 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;

5 水准基准点应首选在沉降稳定的高层建(构)筑物结构上, 或至少选择一点为深埋式水准基准点。其深度应尽可能与本工程桩基在同一持力层上, 其位置必须便于长期保存。

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6.3.3)是对应满足垂直位移监测网技术指标(表6.3.2)综合国家水准测量规范《国家一、二等水准测量规范》(GB12897)和《国家三、四等水准测

量规范》(GB12898)、《工程测量规范》(GB50026)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15d后开始施测，是上海市多数基坑监测工程的经验，并与《建筑变形测量规范》(JGJ 8)要求一致，但不表示埋设15d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，列出电磁波测距三角高程，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附合水准线路，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6.3.2的要求控制；

4 本规程参照《工程测量规范》(GB50026)和《建筑变形测量规范》(JGJ 8)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直间距后计算标志处标高;

7 液体静力水准作业要求见《建筑变形测量规范》(JGJ 8),其组成监测网的技术指标参见表6.3.1和6.3.2;

8 电磁波测距三角高程采用仪器和作业要求,见《建筑变形测量规范》(JGJ 8)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)监测

6.6.1 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。

测斜仪电缆长度应大于最深的测斜孔深度。

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,宜恒温一段时间,待读数稳定后方可量测。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,并采用测量仪器测定测斜管顶水平位移作为起算值。如果测斜管底部进入较深的稳定土层内(5~10m),也可以底部作为固定起算点。

6.7 土压力监测

6.7.1 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。

6.7.4 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。

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。埋设时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。

6.8 孔隙水压力监测

6.8.4 本条是指监测工程中常用的一孔埋设多个孔隙水压力计的埋设法,当在软弱土层中埋设单个孔隙水压力计时,可采用压入埋设法,即钻进成孔到埋设预定深度以上0.5~1.0m处,将孔隙水压力计缓慢压入预定深度,其上孔段用隔水填料全部埋实封严。

6.8.6 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压力值。

6.9 地下水水位监测

6.9.1 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。

6.9.4 水位观测时，应注意水位管阻塞，或被测水位与其它含水层连通，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。根据工程性质，围护体系内力监测应选用抗干扰能力强、防水性好、不受导线长度影响、稳定性好、坚固耐用的测力传感器。

对于振弦式混凝土应变计，按式(6.10.2—1)计算支撑轴力：

$$N = E_c A_b (K_c (f_i^2 - f_0^2) + T_b (T_i - T_0)) \quad (6.10.2-1)$$

对于振弦式钢筋应力计，按式(6.10.2—2)计算支撑轴力：

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

式中 N——支撑轴力(kN)；

A_b, A_s ——支撑截面面积和钢筋截面面积(m^2)；

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_c ——应变计的标定系数($10^{-6}/Hz^2$)；

K_s ——应力计的标定系数(kN/ Hz^2)；

T_b ——应变计的温度修正系数($10^{-6}/^\circ C$)；

T_s ——应力计的温度修正系数(kN/ $^\circ C$)；

T_i ——应变计的本次测试温度值(℃);

T_0 ——应变计的初始测试温度值(℃)。

对于振弦式应力计,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,按式(6.10.2-3)计算内力:

$$\sigma = (K_s(f_i^2 - f_0^2) + T_s(T_i - T_0)) / A_i \quad (6.10.2-3)$$

式中 σ ——结构内力(kPa);

A_i ——钢筋计截面面积(m^2)。

6.10.3 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,宜直接测读应变计应变,并按平均值作为观测值。钢筋应力计焊接宜采用对接焊;也可用绑条焊,但应确保搭接长度满足规范要求。

6.11 坑外土体分层垂直位移监测

6.11.3 分层沉降管外的填充料,可用现场干细土或中粗砂,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2~3d内应进行检查,必要时补充回填。

6.12 基坑隆起(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,并用水准仪测定管口标高,以便换算到每个磁环的标高。以后随挖土进程,每开挖一层土观测一次,截去上部沉降管时应保护好下节沉降管,直至基坑挖土完毕。

6.13 锚杆拉力监测

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

用专门特制的锚杆应力计或钢筋应力计来监测。用钢筋应力计监测锚杆受力的方法基本同结构内力监测。锚杆应力计的安装方法与钢支撑反力计基本相同,但仅观测拉力的变化。

7 监测技术成果文件编制

7.2 监测日报表和中间报告

7.2.1 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。

7.3 最终报告

7.3.2 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。

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)筑物的结构状态，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。

7.3.3 各监测项目特征变化曲线图是指能反映整个基坑施工过程中围护结构和周边环境受力、变形与时间、工况之间关系，以及基坑围护结构受力、变形与周边环境变形之间关系的曲线图。

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、换撑和拆撑(包括每道支撑)的起止时间，直到±0.00 的时间。