

UDC

中华人民共和国行业标准

YS

P

YS 5229-96

---

# 岩土工程监测规范

Code for monitoring of geotechnical  
engineering

1996-11-20 发布

1997-05-01 实施

---

中国有色金属工业总公司发布

中华人民共和国行业标准

岩土工程监测规范

Code for monitoring of  
geotechnical engineering

YS 5229-96

主编单位：中国有色金属工业昆明勘察院  
批准部门：中国有色金属工业总公司

中国计划出版社

1996 北京

中华人民共和国行业标准

**岩土工程监测规范**

**YS 5229—96**

☆

中国有色金属工业昆明勘察院主编

中国计划出版社出版发行

(北京市西城区月坛北小街2号)

北京北方印刷厂印刷

---

850mm×1168mm 1/32 3.5印张 86千字

1997年8月第一版 1997年8月第一次印刷

印数：1—1500册

统一书号：158058·362

定价：12.50元

# 关于发布《岩土工程监测规范》的通知

中色投字〔1996〕0701号

由中国有色金属工业昆明勘察院主编的《岩土工程监测规范》，已通过审查。现批准《岩土工程监测规范》YS 5229-96 为强制性行业标准，自1997年5月1日起施行。各单位在执行中要注意总结经验，积累资料，如有意见和建议，请与中国有色金属工业总公司工程建设标准规范管理处联系。

**中国有色金属工业总公司**

1996年11月20日

# 目 次

1	总 则 .....	( 1 )
2	主要符号与术 语 .....	( 2 )
3	建筑物、构筑物变形监测 .....	( 4 )
3.1	一般规定 .....	( 4 )
3.2	水平位移监测网 .....	( 5 )
3.3	水平位移监测点的布设 .....	( 6 )
3.4	水平位移监测 .....	( 7 )
3.5	垂直位移监测网 .....	( 13 )
3.6	垂直位移监测点的布设 .....	( 14 )
3.7	垂直位移监测 .....	( 15 )
3.8	裂缝与挠度监测 .....	( 17 )
4	岩土体变形监测 .....	( 19 )
4.1	一般规定 .....	( 19 )
4.2	水平位移监测网 .....	( 21 )
4.3	垂直位移监测网 .....	( 23 )
4.4	井下采矿区地表和建筑场地的监测 .....	( 24 )
4.5	边坡和滑坡的监测 .....	( 29 )
4.6	坝体监测 .....	( 31 )
5	土压力和孔隙水压力监测 .....	( 33 )
5.1	土压力监测 .....	( 33 )
5.2	孔隙水压力监测 .....	( 35 )
6	数据处理 .....	( 38 )
6.1	数据整理与平差计算 .....	( 38 )
6.2	变形分析 .....	( 40 )
6.3	成果整理 .....	( 43 )

附录A	观测墩类型和规格 .....	( 45 )
附录B	水平位移照准标志类型和规格.....	( 47 )
附录C	垂直位移标石类型和规格 .....	( 51 )
附录D	垂直位移监测点标志类型和规格 .....	( 54 )
附录E	记录表格与成果表格 .....	( 57 )
附录F	变形分析曲线图 .....	( 59 )
附录G	F检验中 $\mu_0^2$ 的计算 .....	( 64 )
附录H	模糊聚类变形分析中R的计算 .....	( 66 )
附录I	建筑物垂直位移预测的灰色模型.....	( 68 )
附录J	本规范用词说明.....	( 71 )
附加说明	.....	( 72 )
附:	岩土工程监测规范条文说明 .....	( 73 )

# 1 总 则

**1.0.1** 为了统一岩土工程监测中的技术要求,及时准确地为岩土工程设计、施工过程和运营阶段提供基本监测数据资料,做到技术先进,确保质量,特制定本规范。

**1.0.2** 本规范适用于建筑物、构筑物、工业场地、尾矿坝、中小型水库坝体等工程施工和运营阶段的监测。

**1.0.3** 水平位移监测点点位中误差和垂直位移监测点高程中误差,应相对于最近的监测网点确定。

**1.0.4** 监测项目确立时,必须取得委托方的任务书,其内容应包括:建筑物性质,荷载场地工程地质条件,监测点设置要求,设计容许变形值,差异沉降容许值等项目。监测工作开始前,应编制监测技术设计书,整个监测工作都应在设计书指导下进行。

**1.0.5** 观测记录应整洁、字迹规整、各项数据齐全,严禁涂改和重抄,并应在观测后及时整理、检查。当使用电子手簿时,应及时存贮。

**1.0.6** 变形观测应符合下列要求:

- a) 采用相同的图形、观测路线和观测方法;
- b) 固定观测仪器和设备;
- c) 固定观测人员;
- d) 在基本相同的情况下施测;
- e) 精心观测及时检核数据。

**1.0.7** 岩土工程监测工作除执行本规范外,尚应符合国家现行的有关标准、规范的规定。

## 2 主要符号与术语

### 2.0.1 主要符号

$A$ ——方位角

$D$ ——水平距离

$H$ ——高度

$i$ ——倾斜率

$L$ ——观测值

$m$ ——中误差

$n$ ——测站数、测回数、边数、角数

$P$ ——压力

$r$ ——多余观测量

$u$ ——孔隙水压力

$W$ ——闭合差

$\alpha$ ——垂直角

$\beta$ ——水平角

$\Delta$ ——位移值

$\mu^2$ ——单位权方差

### 2.0.2 术语

a) 岩土工程监测——对建（构）筑物、地基基础、尾矿坝、边坡、滑坡等岩土体的位移（变化）量在施工和运营期间采用相应方法进行测定和分析的过程。

b) 监测网——为监测建筑物和岩土体的变形，由基准点、工作基点组成的专用测量控制网。

c) 监测网参考系——在监测网数据处理中通过对监测网点稳定情况分析而确定采用的平差模型系统。



d) 基准点——在变形监测中,作为测定工作基点和监测点依据的稳定可靠点。

e) 工作基点——作为直接测定监测点的较稳定的控制点。

f) 监测点——设置在变形体上能反应变形特征的点。

g) 可靠性——衡量平差系统发现和剔除粗差的能力和 方法的可靠程度。

h) 灵敏度——监测网对变形的发现能力。

i) 经纬仪投点法——在视线成正交的两测站上, 将监测物体上、下监测点投影至同一水平面上, 求得位移矢量和倾斜率的方法。

j) 测夹角法——在视线成正交的两测站上,测出上、下标志间的水平夹角, 求出位移矢量和倾斜率的方法。

k) 切线测角法——在视线成正交的两测站上,测出设置在同一圆周上切线标志的水平方向值, 求出位移矢量和倾斜率的方法。

l) 差异沉降推算法——用水准测量测出基础两端的沉降差, 求出位移矢量和倾斜率的方法。

m) 小角度法——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, 求得位移矢量的方法。

n) 视准线法——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, 求得位移值的方法。

o) 观测周期——对监测点进行监测时,相邻两次监测的时间间隔。

p) 变形分析——根据变形观测资料,通过计算确定变形矢量, 分析变形值和变形因素的关系, 找出变形规律和原因, 判断变形对建(构) 筑物、岩土体的影响并作出变形预报等工作的总称。

q) 土压力——土作用于土体内部或者与其它建筑物 基础、构筑物接触面上的力。

r) 孔隙水压力——在土体孔隙中含有的毛细水和重力水 所产生的压力。

## 3 建筑物、构筑物变形监测

### 3.1 一般规定

**3.1.1** 本章适用于建（构）筑物的水平位移和垂直位移监测。

**3.1.2** 变形测量精度要求，应符合表3.1.2的规定。

变形测量精度要求

表3.1.2

等级	水平位移	垂直位移	适用范围
	监测点点位中误差 (mm)	监测点高程中误差 (mm)	
二等	$\pm 3.0$	$\pm 0.5$	精密工程基础设施、古建筑物
三等	$\pm 6.0$	$\pm 1.0$	高层建筑物、高耸构筑物、砖混结构建筑物
四等	$\pm 12.0$	$\pm 2.0$	观测精度要求较低的建（构）筑物

**3.1.3** 技术设计应按监测点精度要求确定监测网等级，并应根据建（构）筑物的规模、类型、结构特征、地质情况和场地条件等因素，按监测网点的精度和网形的可靠性及灵敏度，选择布网和观测方案。

**3.1.4** 变形测量点，宜分为基准点、工作基点和监测点。每项工程应有3个稳固可靠的点作为基准点。

**3.1.5** 变形观测使用的仪器设备，应按现行国家标准《工程测量规范》和《工程摄影测量规范》规定的项目进行检验、校正，并作出详细记录。

**3.1.6** 平面和高程监测网应作定期观测。建网初期宜半年观测1次，一年后宜每年观测1次，当变形值发生异常时，应及时进行检测。

**3.1.7 监测点的首次观测，宜独立观测2次。**

### 3.2 水平位移监测网

**3.2.1 水平位移监测网的布设，应根据监测目的、精度要求和监测点的观测方法因地制宜、灵活选择，并应符合下列要求：**

- a) 监测网宜一次独立布网；
- b) 当构成网形时，多余观测量与观测总量之比，应大于0.4；
- c) 当采用轴线形式时，两端应设置检核点。

**3.2.2 水平位移监测网可采用独立坐标系统，起始数据宜采用测区原有的坐标和方位。**

**3.2.3 水平位移监测网技术要求，应符合表3.2.3的规定。**

水平位移监测网技术要求

表3.2.3

等级	相邻点点位中误差 (mm)	平均边长 (m)	测角中误差 (")	测距相对中误差	测回数		三角形闭合差 (")
					DJ <sub>1</sub>	DJ <sub>2</sub>	
二等	±1.5	<100	±1.8	≤1/100000	9	12	7
三等	±3.0	<120	±2.5	≤1/70000	6	9	9
四等	±6.0	<150	±5.0	≤1/40000	4	6	15

**3.2.4 水平角方向观测法技术要求，应符合表3.2.4的规定。**

水平角方向观测法技术要求

表3.2.4

仪器型号	光学测微器两次重合读数之差 (")	半测回归零差 (")	2倍照准部互差变动范围 (")	同一方向值各测回较差 (")
DJ <sub>1</sub>	1	6	9	6
DJ <sub>2</sub>	3	8	13	9

注：当观测方向的垂直角超过±3°时，该方向2倍照准部互差的变动范围，可按相邻测回同方向进行比较。

**3.2.5 距离测量技术要求应符合表3.2.5规定。**

**3.2.6 监测网点位置的选择，应避开车辆、人员流量大和有机械**

距离测量技术要求

表3.2.5

等级	测距仪 精度等级	观测次数		总测回数	一测回读数 较差 (mm)	单程各测回 较差 (mm)	往返较差 (mm)
		往	返				
二等	I	1	1	8~12	$\leq 1$	$\leq 3$	D/70000
三等	I	1	1	6	$\leq 1$	$\leq 3$	D/50000
	II	1	1	8~12	$\leq 3$	$\leq 5$	
四等	I	1	1	6	$\leq 3$	$\leq 5$	D/30000

注：①电照准1次，3次读数为1测回。

②D为监测网边长。

振动的地段；监测网点之间应通视良好，视线距离地面应大于1.0m，距离侧方物体应大于0.5m。

**3.2.7** 监测网点宜采用有强制归心装置的观测墩，观测墩的建造应稳固、易于保存、便于观测。观测墩的类型、规格及埋设深度应符合本规范附录A的有关规定。

**3.2.8** 监测网观测的照准标志，宜采用有强制对中装置的觇牌，觇牌的类型和规格应符合本规范附录B的有关规定。

**3.2.9** 监测网观测作业时，应按国家现行行业标准《工程测量作业规程》的有关规定执行。

### 3.3 水平位移监测点的布设

**3.3.1** 监测点的布设应按委托方的要求，根据建（构）筑物的规模、形式和结构特征等因素，确定其位置和数量。

**3.3.2** 主体倾斜观测监测点的布设，应符合下列要求：

a) 布设在建（构）筑物拐角的顶部和相应的底部，中间部位的布设可按委托方的要求；

b) 当采用切线测角法观测圆形建（构）筑物时，应分别布设在顶部和底部的同一圆周上；

c) 当采用差异沉降推算法时，应布设在基础上。

**3.3.3 监测点的埋设，应符合下列要求：**

a) 埋设应稳固、醒目和便于观测，且无损于建（构）筑物的美观；

b) 当埋设上、下标志时，宜使上、下标志和某一测站点在同一铅垂面内；

c) 标志的类型和规格宜符合本规范附录B的有关规定。

**3.3.4 监测点埋设时应应对监测点进行编号，埋设后应绘制监测点分布图和观测图。**

### **3.4 水平位移监测**

**3.4.1 水平位移的相对位移观测，应在监测网点上设站。**可采用经纬仪投点法、测夹角法、切线测角法、前方交会法、差异沉降推算法和地面摄影测量等方法，亦可采用激光准直等测量方法进行。

**3.4.2 经纬仪投点法作业，应符合下列的要求：**

a) 在视线成正交的2个位置上设置测站点，至少应有一个测站点是监测网点，测站点至监测点下标志的距离宜为监测物高度的1.5倍；

b) 在2个测站上用经纬仪将上、下标志投影到同一水平面上，当采用平板仪作为投影平面时，必须定位和定向；

c) 投点观测不应少于2测回，测回间较差不应大于3mm，取中后分别量取上标志相对于下标志的位移分量，观测值应估读至0.5mm；

d) 经纬仪投点法的记录格式，宜符合本规范附录E的有关规定；

e) 水平位移值应按下式计算：

$$\Delta = \sqrt{\Delta_1^2 + \Delta_2^2} \quad (3.4.2-1)$$

$$i = \frac{\Delta}{H} \quad (3.4.2-2)$$

$$A = \arctg \frac{\Delta_u}{\Delta_v} \quad (3.4.2-3)$$

式中  $\Delta$ ——上标志相对于下标志的水平位移值 (mm) ;  
 $\Delta_v$ ,  $\Delta_u$ ——分别为纵、横方向的2次位移分量观测值之差 (mm) ;

$i$ ——倾斜率;

$H$ ——监测点上标志与下标志的高差 (mm) ;

$A$ ——倾斜方位角 (°) 。

### 3.4.3 测夹角法作业, 应符合下列要求:

- a) 设立测站点应按本规范第3.4.2条a款的要求进行;
- b) 在测站上用经纬仪按水平角方向观测法, 观测上、下标志之间的水平夹角;
- c) 测夹角法技术要求, 应符合表3.4.3的规定;

测夹角法技术要求

表3.4.3

等级	平均边长 (m)	水 平 角 观 测		
		仪器型号	测 回 数	测角中误差(″)
二等	150	DJ <sub>1</sub>	4	2.5
三等	200	DJ <sub>1</sub>	2	4.0
		DJ <sub>2</sub>	4	
四等	250	DJ <sub>2</sub>	2	6.0

- d) 水平角观测的技术要求应按本规范表3.2.4的规定执行;
- e) 当垂直角大于3° 时, 应进行经纬仪垂直轴倾斜改正;
- f) 量取测站点至监测点下标志的距离, 距离测量相对中误差不应大于1/2000;
- g) 水平位移值的计算

1) 位移分量观测值应按下式计算:

$$L = \frac{\beta}{\rho} D \quad (3.4.3)$$

式中  $L$ ——位移分量观测值 (mm);

$\beta$ ——监测点上、下标志之间的水平夹角 (″);

$D$ ——测站点至监测点下标志的水平距离 (mm);

$\rho$ ——206265 (″);

2) 采用同样的方法计算另一测站观测的位移分量观测值;

3) 水平位移值、倾斜率和倾斜方位角应分别按本规范式 (3.4.2-1)、式 (3.4.2-2) 和式 (3.4.2-3) 计算。

**3.4.4 切线测角法作业, 应符合下列要求:**

a) 设立测站点应按本规范第3.4.2条a款的要求进行;

b) 观测后视点与监测点上、下标志的水平方向值, 水平角观测技术要求应按本规范表3.2.4和表3.4.3的规定执行。

c) 量取测站点至监测点下标志之间的距离, 距离测量相对中误差不应大于1/2000;

d) 水平位移值的计算

1) 位移观测值应按下式计算:

$$D_c = \frac{D_t}{\cos \frac{\beta}{2}} \quad (3.4.4-1)$$

$$L = \frac{\Delta\beta}{\rho} D_c \quad (3.4.4-2)$$

式中  $D_c$ ——测站点至圆形监测物中心的水平距离 (m);

$D_t$ ——测站点至圆形监测物切线下标志的水平距离 (m);

$\beta$ ——2个下标志水平夹角 (°);

$L$ ——位移分量观测值 (mm);

$\Delta\beta$ ——上部与下部中心线水平方向值之差 (″);

$\rho$ ——206265 (″);

2) 采用同样的方法,计算另一测站观测的位移分量观测值;

3) 水平位移值、倾斜率和倾斜方位角,应分别按本规范式(3.4.2-1)、式(3.4.2-2)和式(3.4.2-3)计算。

### 3.4.5 前方交会法作业,应符合下列要求:

a) 在距离监测物点高度1.5倍左右的位置,设立2个测站点,交会角宜在 $60^{\circ} \sim 120^{\circ}$ 之间;

b) 水平角观测的技术要求应按本规范表3.2.4和表3.4.3的规定执行;

c) 测站之间的距离测量相对中误差不应大于 $1/2000$ ;

d) 前方交会法宜采用2组进行,较差不应大于监测点点位中误差的 $\sqrt{2}$ 倍;

e) 水平位移值的计算

1) 位移分量观测值应按下列式计算:

$$L_x = X_{\text{上}} - X_{\text{下}} \quad (3.4.5-1)$$

$$L_y = Y_{\text{上}} - Y_{\text{下}} \quad (3.4.5-2)$$

式中  $L_x$ 、 $L_y$ ——分别为位移分量观测值(m);

$X_{\text{上}}$ 、 $Y_{\text{上}}$ 、 $X_{\text{下}}$ 、 $Y_{\text{下}}$ ——分别为计算出的上、下标志坐标值(m);

2) 水平位移值、倾斜率和倾斜方位角,应分别按本规范式(3.4.2-1)、式(3.4.2-2)和式(3.4.2-3)计算。

### 3.4.6 极坐标法作业应符合下列要求:

a) 设立测站点应按本规范第3.4.5条a款的要求进行;

b) 极坐标观测的技术要求应符合表3.4.6的规定;

c) 水平角观测的技术要求应符合本规范第3.2.4条的规定;

d) 距离测量的技术要求应符合本规范表3.2.5的规定;

e) 极坐标法宜采用2组进行,较差不应大于监测点点位中误差的 $\sqrt{2}$ 倍;

f) 水平位移观测值应按本规范式(3.4.5-1)和式(3.4.5-2)计算,水平位移值、倾斜率和倾斜方位角应分别按本规范式



极坐标观测的技术要求

表3.4.6

等级	水平角观测		距离改平的垂直角观测				距离测量	
	仪器型号	测回数	测回数		指标差 较差 (")	垂直角 较差 (")	仪器精度 类型	测回数
			三丝法	中丝法				
二等	DJ <sub>1</sub>	4	1	2	≤7	≤7	I	4
三等	DJ <sub>1</sub>	2	—	1	≤7	≤7	I	2
	DJ <sub>2</sub>	4	1	2	≤15	≤15	I	4
四等	DJ <sub>2</sub>	2	—	1	≤15	<15	I	2

(3.4.2-1)、式(3.4.2-2)和式(3.4.2-3)计算。

### 3.4.7 差异沉降推算法作业，应符合下列要求：

- 采用水准测量测定基础两端点的差异沉降值；
- 观测的技术要求应按本规范第3.7.2条的规定执行；
- 基础两端点之间的距离测量，相对中误差不应大于1/2000；
- 水平位移值的计算
  - 水平位移应按下式计算：

$$\Delta = \frac{\Delta_h}{D} H \quad (3.4.7)$$

式中  $\Delta$ ——监测物顶部相对于底部的水平位移值 (mm)；

$\Delta_h$ ——基础两端点的差异沉降值 (mm)；

$D$ ——基础两端点间的水平距离 (m)；

$H$ ——监测物的高度 (m)。

- 倾斜率应按本规范式(3.4.2-2)计算。

### 3.4.8 采用地面摄影测量方法作业，应符合下列要求：

- 在摄影方向成正交的位置上，设立2个摄影站；
- 摄影站至监测点下标志的距离测量相对中误差，不应大于1/2000；
- 摄影时每站拍摄2~4片，象片比例尺不宜小于1:1000，当

采用倾斜摄影时象片比例尺不宜小于1:500;

d) 摄影和摄影处理,应按现行国家标准《工程摄影测量规范》的有关规定执行;

e) 像片量测应采用精度不低于0.01mm的量测设备;量测时先进行内定向,再照准上、下标志各2次,每次2次读数,读数较差不应大于0.015mm;采用同样的步骤再进行1次,两次观测值较差不应大于0.02mm;

f) 水平位移值计算

1) 位移分量观测值应按下式计算:

$$L = \frac{X_{\text{上}} - X_{\text{下}}}{f} D \quad (3.4.8)$$

式中  $L$ ——位移分量观测值 (mm);

$X_{\text{上}}$ 、 $X_{\text{下}}$ ——上、下标志量测的像片坐标 (mm);

$f$ ——摄影仪器焦距 (mm);

$D$ ——摄影站至下标志的水平距离 (mm);

2) 水平位移值、倾斜率和倾斜方位角,应分别按本规范式(3.4.2-1)、式(3.4.2-2)和式(3.4.2-3)计算。

**3.4.9** 当采用切线测角法、前方交会法和极坐标法观测监测点上标志的相对位移时,其下标志可只作首次观测,必要时可作适当的检核。

**3.4.10** 当需要观测监测物的绝对位移时,应在监测网点上设站,采用前方交会法或极坐标法进行观测。

**3.4.11** 水平位移观测周期应符合下列要求:

a) 施工期间,可参照垂直位移观测周期的要求确定;

b) 竣工后的运营阶段,宜每隔2~3个月观测1次;

c) 当监测物附近有大量堆载或卸载、基坑开挖、桩基施工和场地积水等情况导致位移速度加快时,应增加观测次数;

d) 观测周期亦可按委托方的要求进行。

### 3.5 垂直位移监测网

**3.5.1** 垂直位移监测网,应布设成闭合环形一次布网;监测网中至少应有3个基准点。

**3.5.2** 垂直位移监测网技术要求应符合表3.5.2的规定。

垂直位移监测网技术要求

表3.5.2

等级	相邻点 高差中 误差 (mm)	每站高 差中 误差 (mm)	往返较差 或环线 闭合差 (mm)	检测已 测高差 较差 (mm)	使用仪器、观测方法及要求
二等	$\pm 0.3$	$\pm 0.07$	$0.15\sqrt{n}$	$0.2\sqrt{n}$	DS <sub>0.5</sub> 型仪器,视线长度 $\leq 15\text{m}$ ,前后视距差 $\leq 0.3\text{m}$ ,视距累积差 $\leq 1.5\text{m}$ ,参照国家一等水准测量的技术要求施测
三等	$\pm 0.5$	$\pm 0.13$	$0.30\sqrt{n}$	$0.5\sqrt{n}$	DS <sub>1</sub> 型仪器,视线长度 $\leq 25\text{m}$ ,参照现行国家标准《工程测量规范》二等水准测量的技术要求,双摆站观测
四等	$\pm 1.0$	$\pm 0.30$	$0.60\sqrt{n}$	$0.8\sqrt{n}$	DS <sub>1</sub> 型仪器,视线长度 $\leq 40\text{m}$ ,参照现行国家标准《工程测量规范》二等水准测量的技术要求施测

注:  $n$ 为测段的测站数。

**3.5.3** 监测网點選点时,应避开交通要道、地下管线、水源井、河岸以及有机械振动等地段。

**3.5.4** 监测网点的埋设应符合下列要求:

- 基准点应埋设在基岩或微风化岩层;
- 基准点埋设在原状土土层中时,深度应大于压缩土层,封冻地区应在冻土线下 $0.5\text{m}$ ;
- 在变形区附近,可埋设深层金属管基准点;
- 工作基点的埋设深度不宜小于 $0.5\text{m}$ ;
- 基准点和工作基点的标石类型和埋设规格,应符合本规范附录C的有关规定;

f) 标石埋设后,原状土层中标石宜稳固 $30\text{d}$ 以上,岩石上标石宜稳固 $5\sim 8\text{d}$ 。

**3.5.5** 起始点高程宜采用测区原有高程，亦可自定高程系统。

**3.5.6** 垂直位移监测网观测时，除应符合国家一等水准和现行国家标准《工程测量规范》二等水准测量的有关规定外，尚应符合下列要求：

- a) 设站位置应避开机械振动和车辆、行人流量大的地段；
- b) 迁站时，仪器应直立搬运，测伞不可离开仪器；
- c) 水准尺应有支撑，并应在气泡居中稳定后方可读数。

### **3.6 垂直位移监测点的布设**

**3.6.1** 垂直位移监测点布设的位置和数量，应根据建（构）筑物的规模、型式、结构特征、地质条件等因素，综合考虑确定。

**3.6.2** 监测点的点位布设应符合下列要求：

a) 布设在建筑物的拐角处，直线部位宜每隔2～3根柱基或间隔10～15m布设；

b) 布设在结构沉降缝、伸缩缝、高低层和新旧建筑物交界处的两侧；

c) 布设在基础埋深相差较大、填土与原状土接壤处和建筑结构变化分界处的两侧；

d) 圆形建（构）筑物沿周边或基础轴线对称部位布设；

e) 每个建（构）筑物的监测点，不得少于4个。

**3.6.3** 监测点的埋设应符合下列要求：

a) 埋设应稳固、易于保存和不影响建（构）筑物的美观；

b) 埋设的位置适宜，标志的高度适中，便于观测。

c) 监测点标志的类型和规格，可按本规范附录D的有关规定执行。

**3.6.4** 垂直位移监测点埋设后，应绘制监测点分布图和观测路线图。

### 3.7 垂直位移监测

**3.7.1** 垂直位移监测点观测,宜采用几何水准法,亦可采用静力水准等测量方法。

**3.7.2** 监测点观测技术要求应符合表3.7.2的规定。

监测点观测技术要求

表3.7.2

等级	监测点 高程中 误差 (mm)	往返较差 附合或环 形闭合差 (mm)	观 测 方 法
二等	$\pm 0.5$	$\leq 0.3\sqrt{n}$	按国家一等水准测量的技术要求施测
三等	$\pm 1.0$	$\leq 0.6\sqrt{n}$	按现行国家标准《工程测量规范》二等水准测量的技术要求施测
四等	$\pm 2.0$	$\leq 1.4\sqrt{n}$	按现行国家标准《工程测量规范》三等水准测量的技术要求施测

**3.7.3** 首次观测前,宜选择出固定的设站和水准尺位置。

**3.7.4** 首次观测应在荷载较小的情况下开始。

**3.7.5** 垂直位移监测点观测周期,应符合下列规定:

- a) 民用建筑每增加1~3层宜观测一次;
- b) 工业建筑在基坑回填、立柱和屋架安装、砖墙砌筑、设备安装、设备运转等不同荷载阶段,宜分别进行观测;
- c) 施工期间不宜少于4次,施工暂停和重新开工时宜各观测1次,停工期间每隔2~3个月宜观测1次;
- d) 建(构)筑物竣工后的观测次数,宜符合下列要求:
  - 1) 第一年观测3~4次;
  - 2) 第二年观测2~3次;
  - 3) 第三年后,每年观测1次;
  - 4) 根据沉降速率进行调整,当沉降速率小于0.01mm/d时,可停止经常性观测。

**3.7.6** 基坑回弹观测,宜采用水准仪配辅助杆或挂尺方法。并应符合下列要求:

a) 基坑回弹监测点,宜在基坑中央和沿基坑纵、横线上长、宽各1/4处对称布点,标志应埋入基坑底面。

b) 基坑开挖前,应在选定的位置用钻机成孔,钻孔应垂直,将监测点标志埋入预定深度。

c) 基坑开挖前、开挖结束和基础浇灌前应各观测1次。当基坑开挖和浇灌的时间较长时,应酌情增加观测次数。

d) 观测数据应进行辅助杆的温度、钢尺尺长和拉力等改正。

e) 回弹监测点高程中误差,不应大于 $\pm 1.0\text{mm}$ 。

### **3.7.7 地基土分层沉降观测,应符合下列要求:**

a) 根据地基地质剖面图或委托方的要求,确定监测点标志埋设深度和数量;

b) 监测点宜布设在基础中心部位的2m范围内,最浅的标志应设置在基础底面下不小于50cm处;

c) 基坑开挖结束后,应采用钻机成孔,将套管式观测标志分层埋设。当埋设时间大于7d后方可进行观测;

d) 监测点观测标志的类型和规格应符合本规范附录D的有关规定;

e) 观测方法、作业技术要求和观测周期,应按本规范第3.7.2条和第3.7.5条的有关规定执行;

f) 测标杆应进行温度改正。

### **3.7.8 建筑施工对周围建(构)筑物影响的变形观测,应符合下列要求:**

a) 监测点布设范围线至基坑边缘的距离,宜大于基坑设计开挖深度的2倍;

b) 建(构)筑物面向基坑一侧的监测点,应按本规范第3.6.7条的要求布设,其背面可适当减少布点的数量;

c) 监测点标志的类型和规格应符合本规范附录D的有关规定;

d) 观测方法和作业技术要求,应按本规范第3.7.2条的有关规定执行;

e) 对影响范围内的建(构)筑物、管道亦应进行水平位移观测,其观测方法、作业技术要求和观测周期应按本规范第3.4节的有关规定执行。

**3.7.9** 当建(构)筑物进行基础加固或纠偏施工时,变形监测应在施工过程中和施工结束半年内进行。

### **3.8 裂缝与挠度监测**

**3.8.1** 裂缝监测点布设应符合下列要求:

- a) 在裂缝的首末端和最宽处应各布设一对监测点;
- b) 各对监测点两点的连线应垂直于裂缝;
- c) 监测点标志的类型和规格,应符合本规范附录B的有关规定。

**3.8.2** 裂缝观测应符合下列要求:

a) 当直接量测标志间宽度时,可采用比例尺、楔形尺和游标卡尺等进行量测,读数应读至0.2mm,两次读数较差不应大于0.5mm;

b) 采用摄影测量观测裂缝应符合下列要求:

- 1) 采用单片摄影,摄影主光轴应垂直于被摄影的平面;
- 2) 摄影象片比例尺不宜小于1:200;
- 3) 摄影作业和像片量测,应按本规范第3.4.8条的有关规定

执行。

**3.8.3** 裂缝观测周期应符合下列要求:

- a) 开始时宜逐日观测;
- b) 稳定后,每隔10~15d宜观测1次;
- c) 观测周期亦可按委托方要求进行观测。

**3.8.4** 挠度观测监测点的布设应符合下列要求:

- a) 对于基础、悬梁、横梁和行车轨道等,应布设在两端和中间部位;
- b) 对于建(构)筑物的主体,应布设在上、下和中间部位;
- c) 中间部位至少应布设1个。

**3.8.5 挠度观测作业应符合下列要求：**

a) 基础、悬梁、横梁和行车轨道等挠度的观测方法和作业技术要求，应按本规范第3.7.2条的有关规定执行，亦可采用挂尺水准、静力水准测量和地面摄影等方法进行观测；

b) 建（构）筑物主体挠度的观测方法和作业技术要求，应按本规范第3.4节的有关规定执行；

c) 量取监测点之间的距离，距离测量的相对中误差不应大于1/1000；

**3.8.6 挠度值计算可参照图3.8.6并按下式进行：**

$$f_c = (L_B - L_C) - \frac{D_1}{D_1 + D_2} (L_A - L_B) \quad (3.8.6)$$

式中  $f_c$ ——挠度值 (m) ；

$L_A$ 、 $L_B$ 、 $L_C$ ——分别为A、B、C位移（沉降）观测值 (m) ；

$D_1$ ——B、C间水平距离 (m) ；

$D_2$ ——A、C间水平距离 (m) ；

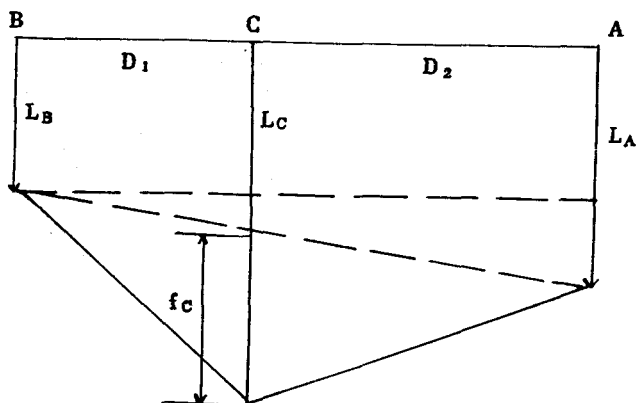


图3.8.6 挠度计算示意图

**3.8.7 观测周期宜每隔2~3个月观测1次，或按委托方的要求进行。当荷载有较大变化时，应增加观测次数。**



## 4 岩土体变形监测

### 4.1 一般规定

**4.1.1** 本章适用于井下采矿区的地表、建筑场地,边坡、滑坡,土石结构的尾矿坝体和中小型水库的坝体等岩土体的变形监测。

**4.1.2** 监测网和监测点的技术设计,应根据委托书及其技术要求,并搜集与变形监测有关的测绘、地质、设计、气象等资料进行。

**4.1.3** 水平位移监测网和监测点的精度要求,应符合表4.1.3的规定。

水平位移监测网和监测点的精度要求

表4.1.3

等级	监测网	监测点	适用范围
	相邻点点位中误差(mm)	点位中误差(mm)	
三等	±3	±6	土石结构的尾矿坝和中小型水库坝体,建筑场地等
四等	±6	±12	边坡、滑坡,井下采矿区的地表等

**4.1.4** 垂直位移监测网和监测点的精度要求应符合表4.1.4的规定。

垂直位移监测网和监测点的精度要求

表4.1.4

等级	监测网	监测点	适用范围
	相邻点高差中误差(mm)	高程中误差(mm)	
四等	±1	±4	土石结构的尾矿坝和中小型水库坝体,建筑场地等
五等	±2	±8	边坡、滑坡,井下采矿区的地表等

**4.1.5** 当监测的岩土体变形区域较大时,可采用全球定位系统GPS建立监测网,其监测网点的精度应符合本规范表4.1.3和表4.1.4的有关规定。作业的具体要求应按照国家现行标准执行。

**4.1.6** 监测网点的布设应符合下列要求:

a) 基准点应布设在监测区范围外的稳定地段,每个监测网的基准点不应少于3个;

b) 工作基点应布设在比较稳定且便于施测监测点的部位。

**4.1.7** 监测点应根据监测对象、任务要求、工程地质情况和自然条件进行布设,并应符合下列要求:

a) 监测点应布设在变形体和受其影响的地段;

b) 监测点应组成断面观测线,各观测线宜平行或正交,或成辐射线状;

c) 观测线的方向应与预计的水平位移方向或已发生的位移方向一致或垂直。

**4.1.8** 监测网的观测应定期进行。建网的初期宜每隔半年观测一次,一年后可每年观测一次。当有异常情况对其成果发生怀疑时,应随时进行检测。

**4.1.9** 监测点的观测周期,宜按委托方要求进行,当遇有下列情况之一时,应随时进行观测:

a) 不明原因的变形速率增大;

b) 暴雨之后;

c) 久雨期间或之后;

d) 地震之后;

e) 其它意外情况。

**4.1.10** 监测网点和监测点的观测,应在埋设标石10~15d后进行。

**4.1.11** 在监测工程进行期间,当发现个别监测网点和监测点被破坏时,应及时设法恢复,并注意与以前观测成果的联系。

## 4.2 水平位移监测网

### 4.2.1 监测网的布设应符合下列要求:

a) 当采用网形时, 多余观测量与观测总量之比应大于0.4。

b) 当采用轴线形式时, 应在轴线的两端分别设立检核点。当在两端设立检核点有困难时, 可在一端设立两个检核点。

### 4.2.2 监测网点的布设位置应符合本规范第4.1.6条的要求。

### 4.2.3 水平位移监测网的主要技术要求应符合表4.2.3的规定。

水平位移监测网的主要技术要求

表4.2.3

等级	平均边长 (m)	测距相对中误差 (mm)	测角中误差 (")	相邻点点位中误差 (mm)
三等	200	1/100000	±2	±3
四等	200	1/50000	±4	±6
	400	1/100000	±2	±6

### 4.2.4 水平位移监测网水平角观测的技术要求, 应符合表4.2.4的规定。

水平角观测的技术要求

表4.2.4

等级	平均边长 (m)	仪器	观测方法	测回数	测角中误差 (")	半测回归零差 (")	光学测微器两次读数较差 (")	2倍照准部互差变动范围 (")	同一方向各测回较差 (")
三等	200	DJ <sub>1</sub>	方向观测法	6	2	6	1	9	6
	200	DJ <sub>2</sub>		9	2	8	3	13	9
四等	200	DJ <sub>1</sub>		4	4	6	1	9	6
	200	DJ <sub>2</sub>		6	4	8	3	13	9
	400	DJ <sub>1</sub>		6	2	6	1	9	6
	400	DJ <sub>2</sub>		9	2	8	3	13	9

### 4.2.5 水平位移监测网距离测量的技术要求应符合表4.2.5的规定。

距离测量的技术要求

表4.2.5

等级	距离长度 (m)	测距仪 精度 等级	观测次数		总测回数	一回回 较 差 (mm)	单程各测 回较差 (mm)	往返较差 (mm)
			往	返				
三等	200	I	1	1	6	3	5	D/70000
	200	I	1	1	8~12	5	7	
四等	200~400	I	1	1	4	3	5	D/35000~70000
	200~400	I	1	1	6	5	7	

4.2.6 测距时应读取温度和气压，并应符合下列要求：

- 温度计读至 $0.2^{\circ}\text{C}$ ；
- 气压表应置平，指针不应阻滞，读至 $50\text{Pa}$ 。

4.2.7 测距边用垂直角进行平距计算时，测距仪高度、经纬仪高度、反射镜高度和照准觇牌高度应量至毫米。垂直角观测的技术要求应符合表4.2.7的规定。

计算平距垂直角观测的技术要求

表4.2.7

等级	垂直角 范围	中丝观测法测回数				指标差 较 差 ( $''$ )		垂直角 较 差 ( $''$ )		垂直角测角中误差 ( $''$ )	
		边长 $\leq 200\text{m}$		边长 $\leq 400\text{m}$							
		DJ <sub>1</sub>	DJ <sub>2</sub>	DJ <sub>1</sub>	DJ <sub>2</sub>	DJ <sub>1</sub>	DJ <sub>2</sub>	DJ <sub>1</sub>	DJ <sub>2</sub>	边长 $\leq 200\text{m}$	边长 $\leq 400\text{m}$
三等	$<5^{\circ}$	1	2	—	—	$\leq 5$	$\leq 7$	$\leq 5$	$\leq 7$	10	—
	$5^{\circ} \sim 10^{\circ}$	2	2	—	—	$\leq 5$	$\leq 7$	$\leq 5$	$\leq 7$	6	—
	$10^{\circ} \sim 15^{\circ}$	2	4	—	—	$\leq 5$	$\leq 7$	$\leq 5$	$\leq 7$	4	—
四等	$<5^{\circ}$	1	1	1	2	$\leq 7$	$\leq 10$	$\leq 7$	$\leq 10$	20	10
	$5^{\circ} \sim 10^{\circ}$	2	2	2	3	$\leq 7$	$\leq 10$	$\leq 7$	$\leq 10$	10	5
	$10^{\circ} \sim 15^{\circ}$	2	2	3	6	$\leq 7$	$\leq 10$	$\leq 7$	$\leq 10$	7	3

4.2.8 在进行水平位移监测网的设计时，应进行精度估算，并使网形具有足够的可靠性和灵敏度。

4.2. 水平位移监测网点，应采用有强制归心装置的观测墩或观测台；照准标志应采用有强制对中装置的觇牌。观测墩和观测台的埋设深度、规格，应分别符合本规范附录A和附录B的有关

规定。

### 4.3 垂直位移监测网

4.3.1 监测网应布设成单一闭合环或环形网等形式。

4.3.2 垂直位移监测网的点位,可使用水平位移监测网的点位,埋设的水准基准点不应少于3个。

4.3.3 水准基准点的标石类型及规格,应符合本规范附录C的有关规定。

4.3.4 监测网的主要技术要求应符合表4.3.4的规定。

垂直位移监测网的主要技术要求

表4.3.4

等级	相邻点高差中误差 (mm)	每站高差中误差 (mm)	往返较差或环形 闭合差 (mm)	检测已测高差较差 (mm)
四等	$\pm 1$	$\pm 0.3$	$\pm 0.6\sqrt{n}$	$\pm 0.8\sqrt{n}$
五等	$\pm 2$	$\pm 0.7$	$\pm 1.4\sqrt{n}$	$\pm 2\sqrt{n}$

注:  $n$ 为测段的测站数。

4.3.5 垂直位移监测网的每站高差中误差和相邻点高差中误差可按下式计算:

a) 每站高差中误差

$$m_s = \pm \sqrt{\frac{1}{N} \left[ \frac{W_h W_h}{n} \right]} \quad (4.3.5-1)$$

式中  $m_s$ ——每站高差中误差 (mm);

$W_h$ ——环形闭合差 (mm);

$n$ ——计算环形闭合差的站数;

$N$ ——闭合环形的个数;

b) 相邻点高差中误差

$$m_b = \pm m_s \sqrt{n} \quad (4.3.5-2)$$

式中  $m_b$ ——相邻点高差中误差 (mm);

$n$ ——相邻点间的测站数。

### 4.3.6 监测网的观测技术要求应符合表4.3.6的规定。

垂直位移监测网观测的技术要求

表4.3.6

等级	水准仪 型 号	水准尺 类 型	观测 次数	视线长度 (m)	观测技术要求
四等	DS <sub>1</sub>	因瓦尺	往一次	40	按现行国家标准《工程测量规范》二等水准观测技术要求进行
五等	DS <sub>1</sub>	因瓦尺	往一次	60	按现行国家标准《工程测量规范》三等水准观测技术要求进行

## 4.4 井下采矿区地表和建筑场地的监测

4.4.1 井下采矿区地表下沉盆地区域的监测点的布设应符合下列要求:

a) 根据采矿设计资料和地质资料确定下沉盆地边界及盆地内最大下沉点和拐点位置;

b) 通过下沉盆地内预计的最大下沉点,应分别沿矿体走向和倾向布设主断面观测线,其监测点间距可按表4.4.1选取;

监测点间距

表4.4.1

平均开采 深度 $H_0$ (m)	$H_0 \leq 50$	$50 < H_0 \leq 100$	$100 < H_0 \leq 200$	$200 < H_0 \leq 300$	$H_0 > 300$
监测点 间距(m)	5	10	15	20	25

c) 监测点宜按等距布设,在下沉盆地的边界处应向盆地外延伸布设2个监测点,在拐点和最大下沉点前后宜增加布设监测点;

d) 当回采工作面沿走向长度大于 $1.4H_0 + 50\text{m}$ 时,除布设主断面观测线外,还应沿倾向再布设2条观测线,观测线间距不应小于50m;

e) 当开采急倾斜层状矿体时,除布设主断面观测线外,还应在预计的采空区上方地质条件不良处沿走向再布设一条观测线,观测线的间距不应小于30m;

f) 受下沉盆地影响范围内的建筑物、构筑物的水平位移和垂直位移监测点的布设, 应分别按本规范第3.3.2条和第3.6.2条的规定执行。

**4.4.2** 监测点应埋设标石, 埋设时宜用经纬仪标定方向, 埋设深度宜为0.4~0.5m, 在冻土地区的埋设深度应在冻土线下0.5m。监测点标石应设有照准视牌强制对中装置。标石规格应符合本规范附录B的有关规定。

**4.4.3** 监测点的水平位移观测精度要求, 应符合本规范表4.1.3的规定, 观测方法可采用视准线法、小角度法、极坐标法、前方交会法、测边交会法等。

**4.4.4** 视准线法作业宜使用DJ<sub>2</sub>型经纬仪观测, 并应符合下列要求:

a) 在观测线的一端点设站, 后视另一端点建立视准线, 正倒镜照准视牌量取偏离视准线的距离, 正倒镜较差不得大于15mm;

b) 往测时, 视牌由近及远设置; 返测时, 视牌由远及近设置, 各一测回。同一监测点的往返较差不得大于12mm;

c) 测站至监测点的距离不应大于300m, 当大于300m时, 应增设测站点;

d) 监测点的位移值应按下式计算:

$$\Delta = L_2 - L_1 \quad (4.4.4)$$

式中  $\Delta$ ——监测点位移值 (mm);

$L_1, L_2$ ——分别为前后两次的监测点位移观测值 (mm);

e) 视准线法观测的记录格式应符合本规范附录E的要求;

f) 测站点至监测点距离测量的相对精度不应大于1/2000。

**4.4.5** 小角度法作业宜采用DJ<sub>2</sub>型经纬仪观测, 并应符合下列要求:

a) 在观测线一端点设站, 后视另一端点, 测定视准线至监测点的小角度;

b) 水平角度应观测2测回, 第一测回, 视牌由近及远设置, 第

二测回觇牌由远及近设置。水平角度观测的技术要求应符合本规范表4.2.4的规定；

- c) 计算的同一监测点偏离视准线的往返较差不得大于12mm；
- d) 测站至监测点的距离不应大于300m，当大于300m时，应增设测站点。测站至监测点距离量测的相对精度不得大于1/2000；
- e) 监测点位移观测值应按下式计算：

$$L = D \sin \beta \quad (4.4.5)$$

式中  $L$ ——监测点位移观测值 (mm)；  
 $\beta$ ——测定的小角度，从视准线起算顺时针为正 (°)；  
 $D$ ——测站至监测点的水平距离 (mm)；

- f) 监测点位移值应按本规范式 (4.4.4) 计算。

#### 4.4.6 极坐标法作业应符合下列要求：

- a) 距离往一次测定；
- b) 距离测量采用 I 级测距仪时，观测2测回，采用 II 级测距仪时，观测4测回。距离测量的技术要求应符合表4.2.5的规定；
- c) 测站至监测点的距离不得大于300mm；
- d) 水平角的观测宜采用DJ<sub>2</sub>型经纬仪2测回测定，观测的技术要求应符合本规范表4.2.4的规定；
- e) 监测点位移值的计算，应按下列步骤进行：

##### 1) 位移分量按下式计算：

$$\Delta_x = L_{x2} - L_{x1} \quad (4.4.6-1.1)$$

$$\Delta_y = L_{y2} - L_{y1} \quad (4.4.6-1.2)$$

式中  $\Delta_x, \Delta_y$ ——监测点的位移分量值 (mm)；  
 $L_{x1}, L_{x2}, L_{y1}, L_{y2}$ ——分别为前后两次观测的监测点位移分量观测值 (mm)；

##### 2) 位移值及位移值方位角按下式计算：

$$\Delta = \sqrt{\Delta_x^2 + \Delta_y^2} \quad (4.4.6-2.1)$$

$$\Delta_x = \arctg \frac{\Delta_y}{\Delta_x} \quad (4.4.6-2.2)$$



式中  $\Delta$ ——监测点的位移值 (mm) ;

$\Delta_x$ ——监测点位移值方位角;

3) 当需要计算监测点位移值投影到观测线方向的位移值时,按下式计算:

$$\Delta_1 = \Delta_x \cos \theta + \Delta_y \sin \theta \quad (4.4.6-3.1)$$

$$\Delta_2 = -\Delta_x \sin \theta + \Delta_y \cos \theta \quad (4.4.6-3.2)$$

式中  $\Delta_1$ 、 $\Delta_2$ ——分别为监测点在观测线方向的纵向和横向位移分量 (mm) ;

$\theta$ ——监测网坐标系纵轴与监测点观测线的夹角,  
从纵轴起算顺时针为正 (°) ;

4) 位移值对观测线的角度按下式计算:

$$A = \arctan \frac{\Delta_2}{\Delta_1} \quad (4.4.6-4)$$

式中  $A$ ——监测点位移值对观测线的角度,从观测线起算顺时针为正 (°) 。

**4.4.7 前方交会法作业应符合下列要求:**

- a) 交会角应在 $60^\circ \sim 120^\circ$ 之间;
- b) 水平角观测宜采用DJ<sub>2</sub>型经纬仪4测回测定,观测的技术要求应符合本规范表4.2.4的规定;
- c) 测站至监测点的距离不得大于300mm;
- d) 监测点位移值的计算应符合本规范第4.4.6条的有关规定。

**4.4.8 测边交会法作业应符合下列要求:**

- a) 交会角应在 $60^\circ \sim 120^\circ$ 之间;
- b) 交会边的边长用电磁波测距仪测定,当用Ⅰ级测距仪时,往一次3测回测定,当用Ⅱ级测距仪时,往一次6测回测定;
- c) 距离测量的技术要求应符合本规范表4.2.5的规定;
- b) 交会边长不应大于300m;
- d) 边交会监测点的坐标计算可按下列步骤进行
  - 1) 边交会测站两底角可按下式计算;

$$\beta_1 = \arccos \frac{D_1^2 + D^2 - D_2^2}{2D_1D} \quad (4.4.8-1)$$

$$\beta_2 = \arccos \frac{D_2^2 + D^2 - D_1^2}{2D_2D} \quad (4.4.8-2)$$

式中  $\beta_1$ 、 $\beta_2$ ——分别为边交会左右两测站的底角；

$D_1$ 、 $D_2$ ——分别为左右两测站至监测点的水平距离；

$D$ ——左右两测站间的水平距离；

2) 根据两底角 $\beta_1$ 、 $\beta_2$ 和两测站的坐标，可用前方交会法或极坐标法计算监测点的坐标；

f) 监测点位移值的计算应按本规范第4.4.6条的有关规定进行。

#### 4.4.9 监测点的垂直位移观测应符合下列要求：

a) 观测精度应符合本规范表4.1.4五等的规定；

b) 当用几何水准观测时，观测的技术要求应执行现行国家标准《工程测量规范》四等水准测量的有关规定，视线长度不得大于50m；

c) 当采用电磁波测距三角高程时应符合下列要求：

1) 最大边长不得大于150m；

2) 测距中误差不得大于10mm；

3) 垂直角用DJ<sub>2</sub>型经纬仪2测回测定，测角中误差不得大于8''；

4) 垂直角最大不宜大于15°；

5) 测距仪高度、经纬仪高度、反射镜高度和照准觇牌高度均应量至毫米；

6) 计算时应进行大气蒙气差和地球曲率改正。

4.4.10 下沉盆地影响范围内的建筑物、构筑物监测点的水平位移观测，应符合本规范第3.4节的有关规定；垂直位移观测应符合本规范第3.7.2条的规定。

#### **4.4.11 下沉盆地监测点的观测周期应符合下列要求:**

a) 采矿开始前应对所有的监测点进行两次水平位移和垂直位移的全面观测。

b) 采矿开始后,宜沿矿体走向观测线选择不少于 5 个监测点,每隔 15~30d 进行一次垂直位移观测,当某一监测点的垂直位移值达到 20mm 时,应对观测线上所有的监测点进行水平位移和垂直位移的全面观测;

c) 在采矿进行期间,监测点的全面观测不得少于 4 次;

d) 采矿结束后,应在停采线两侧沿矿体走向的观测线上,选择不少于 5 个监测点进行垂直位移观测,每隔 2 个月进行一次,直至 6 个月内各监测点的垂直位移速率都不大于 0.15mm/d 时,再进行 1 次全面观测。

#### **4.4.12 建筑场地的垂直位移监测点宜按下列形式选择布设:**

a) 沿基坑纵线和横线方向,自基坑边界始,由密至疏地向基坑外布设成方格网;

b) 沿基坑纵线、横线和对角线方向,自基坑边界始,由密至疏地向坑外布设成辐射观测线;

c) 自基坑边界始,由密至疏地向坑外布设成散点。

#### **4.4.13 基坑外最远监测点至基坑边界的距离,应大于基坑设计开挖深度的 2 倍。**

#### **4.4.14 建筑场地垂直位移监测点标石的埋设应符合本规范第 4.4.2 条的规定。**

#### **4.4.15 建筑场地监测点的垂直位移观测精度、观测方法、观测周期,应符合本规范第 3.7 节的有关规定。**

### **4.5 边坡和滑坡的监测**

#### **4.5.1 边坡和滑坡监测点的布设应符合下列要求:**

a) 监测点应沿边坡和滑坡预计的滑动方向或已发生的滑动方向和垂直其滑动方向布设成观测线;

b) 在监测的边坡段和滑坡区域, 至少应在其中部以及其两侧边缘布设 3 条观测线, 监测点应布设至滑动影响范围外 30m, 观测线间的距离不宜小于 20m;

c) 监测点的间距以 10~30m 为宜;

d) 在下列地段应布设监测点:

1) 地质不良地段;

2) 受地下水、地表水影响较大的地段;

3) 场地内有建筑物、构筑物 and 运输枢纽区的地段;

4) 受爆破影响严重的地段;

5) 有滑动迹象或正在进行边坡治理的地段;

e) 在地质不良地段和受地下水、地表水影响较大的地段布设监测点时, 应会同工程地质人员一起进行。

**4.5.2** 已确定的监测点观测线应测量并展绘到比例尺为 1:500 或 1:1000 的地形图上。

**4.5.3** 监测点标石的埋设, 应符合本规范第 4.4.2 条的规定。

**4.5.4** 监测点的水平位移观测和垂直位移观测精度、观测方法及其位移值的计算, 应符合本规范第 4.4 节的有关规定。

**4.5.5** 监测点的观测周期, 应符合本规范第 4.1.9 条的规定。但在大爆破前后, 雨季和融雪季节, 应及时进行水平位移和垂直位移观测。首次观测应进行两次。

**4.5.6** 受边坡和滑坡滑动影响的建筑物、构筑物的变形监测应符合本规范第 3.4 节和第 3.7 节的有关规定。

**4.5.7** 边坡和滑坡监测区产生的地表裂缝观测, 应符合下列要求:

a) 裂缝应分条进行编号;

b) 每条裂缝的两端、拐弯、中部和最宽处的两侧, 应设立成对观测标志, 并编号;

c) 用钢尺测定成对标志间的距离, 变换尺位两次读数, 读至 0.5mm, 其较差不应大于 1mm;

d) 裂缝的观测周期,视裂缝的发展情况而定,宜1个月观测1次,当裂缝发展加快时,应增加观测次数;

e) 裂缝标志点的埋设,应符合本规范第4.4.2条的规定;

f) 裂缝的形状,宽度应测绘到监测点平面布置图上,从裂缝出现到观测结束,应施测3次裂缝平面图。

**4.5.8** 当需要进行土压力和孔隙水压力监测时,可按本规范第5章的有关规定执行。

## **4.6 坝体监测**

**4.6.1** 坝体监测点的布设应符合下列要求:

a) 布设在坝顶和下游坝坡处的监测点断面线不应少于3条;

b) 监测点的间距应视坝体的结构尺寸和结构需要而定,最大间距不应大于50m;

c) 断面观测线通过的下列坝段,应增加布设监测点:

1) 坝体基础地质不良的坝段;

2) 基础变化较大的坝段;

3) 溢洪道和涵管通过的坝段;

4) 严重渗漏的坝段;

5) 设有排渗孔和浸润观测孔的坝段;

d) 尾矿堆积坝每筑成一个平台后,应在平台上布设一条纵向断面观测线。

**4.6.2** 监测点的埋石,应符合本规范第4.4.2条的规定。

**4.6.3** 坝体监测点的水平位移观测方法和精度应符合下列要求:

a) 采用视准线法时,观测方法同本规范第4.4.4条。横向位移观测值采用DJ<sub>2</sub>型经纬仪往返各2测回测定,其往返较差不应大于6mm;

b) 采用小角度法时,观测方法同本规范第4.4.5条。水平角采用DJ<sub>2</sub>型经纬仪往返各2测回测定,按本规范式(4.4.5)计算的往返较差不应大于6mm;

c) 测站至监测点的最大距离不应超过300m, 当超过300m时, 应增设测站点;

d) 测站至监测点距离测量相对中误差不应大于 $1/2000$ ;

e) 监测点位移值的计算应按本规范式(4.4.4)和式(4.4.5)进行。

**4.6.5** 坝体监测点的垂直位移观测, 宜组成环形或附合水准路线。观测精度应符合本规范表4.1.4中四等的规定, 观测的技术要求应按现行国家标准《工程测量规范》三等水准的要求施测, 但视线长度不得大于50m。

**4.6.6** 坝体监测点的观测周期, 按本规范第4.1.9条执行, 首次观测应进行两次。当出现下列情况时, 应增加观测次数:

a) 每年的汛期前后;

b) 水库空库或最高水位时。

**4.6.7** 每次观测坝体监测点时, 应巡视坝体, 发现裂缝应进行观测。观测的技术要求应按本规范第4.5.7条执行。对威胁坝体安全的横向裂缝, 应增加观测次数并注视其发展。

**4.6.8** 孔隙水压力的监测, 应按本规范第5.2节的有关规定执行。

## 5 土压力和孔隙水压力监测

### 5.1 土压力监测

**5.1.1** 本节适用于挡土结构、建筑物基础,填土地地等项目的承受有效应力的监测。

**5.1.2** 土压力监测宜采用土压力计并按下列步骤进行:

- a) 设计监测点位;
- b) 埋设土压力计传感器;
- c) 记录观测数据;
- d) 整理资料。

**5.1.3** 设计监测点位前应搜集下列资料:

- a) 挡土构筑物结构特点;
- b) 周围建筑物、土层的性质及作用条件;
- c) 施工工艺;
- d) 施工荷载大小及作用条件。

**5.1.4** 监测点布设应作图上设计,设计时可按下列原则进行:

- a) 加载预压地基土监测点可沿纵横线布置,间距宜为5~10m;
- b) 挡土构筑物监测点可按深度布置,间距为1~3m,在从底部向上深度的1/3处必须布点;
- c) 锚杆和支撑处监测点应在受力点处布置;
- d) 适当布置一定数量的孔隙水压力监测点,方法可按本规范第5.2节的要求进行。

**5.1.5** 土压力计选用应符合下列要求:

- a) 土压力计满量程应大于设计最大压力的1.2倍,土压力计传

传感器精度应小于满量程的0.5%；

b) 传感器必须具有足够强度，抗腐蚀性和耐久性，并具有抗震和抗冲击性能；

c) 传感器能够灵敏反应土压力变化，在加压和减压时线性良好；

d) 传感器设置于含水土层中时，在300kPa水压下应能正常使用。

**5.1.6 传感器埋设前，宜对土压力计装置进行下列项目的检验和标定：**

a) 密封性检验：将传感器放入300kPa水压力的压力罐中，进行8小时检验，传感器工作性能应保持稳定。

b) 压力标定：将传感器放入专门设备中分级加压，加压减压反复三次，测定电阻或频率值，整理后给出压力—频率（或压力—电阻）曲线，并用回归方法计算压力标定系数，并提供不同压力的标定曲线。

c) 温度标定：将传感器浸入不同温度的恒温水中，测定电阻和频率值，经三次测定，给出电阻—频率曲线，并计算出电阻修正系数。

d) 确定初始值：在埋设前和埋放后受力前，进行多次初始值读数，读数较差不大于2kPa，取连续稳定值的平均值为压力的初始值。

**5.1.7 传感器埋设应符合下列要求：**

a) 回填土性状与周围土体保持一致；

b) 传感器承压面与建（构）筑物表面接触紧密，并保持与应力方向垂直；

c) 传感器周边应设置柔性缓冲保护；

d) 连接电缆按一定线路集中于观测站，并分别编号。

**5.1.8 传感器埋设后，宜进行检验性观测5~10次，其中应有3~5次连续较差在2kPa以下的稳定值。**



**5.1.9** 根据施工进度进行定时观测,观测时分别将电缆与接收器接通,记录电阻和频率观测数据,同时还应记录施工进度相关数据。当发现观测数据异常时,应停止观测并查找原因。

**5.1.10** 资料整理应按下列要求进行:

a) 根据观测数据(电阻值或频率值),按本规范第5.1.6条b款中测定的压力标定回归方程或曲线,计算相应的总应力值;

b) 土压力值应按下式计算:

$$P = P_b - u \quad (5.1.10)$$

式中  $u$ ——孔隙水压力值(kPa);

$P$ ——土压力值(kPa);

$P_b$ ——总应力值(kPa);

c) 根据开挖深度、回填高度或荷重变化和土压力值绘制土压力分布曲线图;

d) 根据土压力值和观测日期绘制土压力变化过程曲线图,并对曲线质量作出质量评估。

## **5.2 孔隙水压力监测**

**5.2.1** 本节适用于建筑物地基、坝体、场地等项目的监测。

**5.2.2** 监测点设计宜按下列原则进行:

a) 可参照本规范第5.1.3条的规定搜集有关资料;

b) 监测点可散点或沿断面线布设;

c) 根据地质剖面图确定监测点埋设深度及平面布局。

**5.2.3** 孔隙水压力监测应采用孔隙水压力计进行。选用孔隙水压力计应满足下列要求:

a) 传感器应有足够强度,有良好的抗腐蚀性和耐久性;

b) 传感器体积要小,外形平整光滑;

c) 读数稳定;

d) 孔隙水压力计满量程应大于设计最大压力的1.2倍,仪器灵敏度不应大于1Hz。

**5.2.4** 传感器埋设前,可按仪器说明书对标定系数 $k$ 和零点压力  
下频率值 $f_0$ 进行重新测定。

**5.2.5** 传感器的埋设至少应在施工前7~10d进行。埋设时可根据不同情况分别选用下列方法:

a) 压入法:在软土地区可将传感器缓缓压入埋设深度;当深度较大时可先成孔至埋设深度以上1m处,再将传感器压入土中,上部用粘土球封孔。粘土球宜采用塑性指数 $I_p$ 大于17的膨润性粘土制做,直径为1~2cm。

b) 钻孔埋设法:在埋设处用钻机成孔,钻孔直径宜110~130mm,成孔时严禁采用泥浆护壁工艺。当必须采用泥浆护壁成孔时,成孔后应清孔。钻孔达到埋设深度后,在孔内填入少许干净砂,将传感器送入预定位置,再填入干净砂不应少于10cm,上部用粘土球封孔。

c) 填土施工时可随填土过程随时埋入。

**5.2.6** 同一钻孔埋设多个传感器时,传感器间隔不得小于1m,间隔之间封孔应密实,并将传感器连续接电缆由下至上编号,同时注意电缆松紧适度。

**5.2.7** 在埋设传感器时应将连接电缆用导管引出,并做好保护工作。

**5.2.8** 孔隙水压力上升和消散期间应逐日定时观测,当压力值小于安全值后可3~5天观测一次。使用钢弦式或电感调频式压力计时,应在接通电缆读数稳定后,记录观测值。

**5.2.9** 资料整理可按下列要求进行:

a) 钢弦式或电感调频式压力计孔隙水压力值应按下列公式计算:

$$u = k(f - f_0) \quad (5.2.9)$$

式中  $u$ ——孔隙水压力 (kPa);

$k$ ——传感器标定系数 (kPa/Hz);

$f_0$ ——零点压力下的频率值 (Hz);

$f$ ——观测频率值 (Hz)。

- b) 绘制下列曲线图：
- 1) 孔隙水压力与荷载关系曲线；
  - 2) 孔隙水压力与时间关系曲线；
  - 3) 孔隙水压力等值线图；
- c) 编写监测报告，对监测质量作出评价。

## 6 数据处理

### 6.1 数据整理与平差计算

**6.1.1** 内业计算应在观测工作完成后及时进行。

**6.1.2** 监测网和监测点的平差计算前，应作好下列准备工作：

a) 复查观测记录，发现问题及时解决；

b) 对观测数据进行下列改正：

1) 电磁波测距仪的乘常数、加常数、周期误差、气象和倾斜改正；

2) 水准尺的尺长、零点差改正；

c) 验算水平位移监测网和垂直位移监测网诸条件自由项的限制是否符合要求，发现问题应及时解决。验算内容及其自由项限值的计算，应按现行国家标准《工程测量规范》的有关规定执行；

d) 核对起算数据抄录得是否正确。

**6.1.3** 监测网参考系的选择，应根据监测网点的稳定情况决定。选择建立的参考系应符合下列要求：

a) 当监测网点布设在地质条件较好的地区，点的稳定情况良好，或虽有位移，但其位移值相对于监测点位移观测值的中误差很小时，应选择其中最稳定的点作为起算点，建立固定参考系；

b) 当一部分监测网点相对于另一部分是稳定时，应建立拟稳参考系；

c) 当监测网点全部位于不稳定地区，且不稳定的程度基本相同时，应建立重心参考系。

**6.1.5** 监测网的平差计算方法应与所建立的参考系相适应，并应

符合下列要求:

a) 当采用固定参考系时,应采用非秩亏网严密平差方法计算,每次计算要求使用相同的起算数据;

b) 当采用拟稳参考系时,应采用拟稳平差方法计算,每次计算要求使用相同的拟稳点和相同的近似值;

c) 当采用重心参考系时,用秩亏网平差方法计算,每次计算要求使用相同的点和相同的近似值。

**6.1.5** 监测网和监测点每次复测后,均应对其进行点的稳定性检验。当经多次复测发现所建立的参考系不符合点的稳定情况时,应重新选择参考系,并应使用原观测数据重新平差计算监测网点的稳定性。

**6.1.6** 监测网复测后,发现监测网点有线性位移时,应对施测监测点所使用的有位移监测网点,进行区间改正,得出有位移监测网点的动态位置,再使用监测点的观测数据计算监测点的坐标或高程。有位移监测网点的动态位置应按下式计算:

$$\eta_t = \eta_{t_1} + \frac{\eta_{t_2} - \eta_{t_1}}{t_2 - t_1}(t - t_1) \quad (6.1.6)$$

式中  $\eta_t$ ——在观测监测点的时刻 $t$ 时,有位移监测网点的动态坐标或高程;

$t_1$ 、 $t_2$ ——分别为两次观测监测网的时刻;

$t$ ——观测监测点的时刻 ( $t_1 \leq t \leq t_2$ );

$\eta_{t_1}$ 、 $\eta_{t_2}$ ——分别为两次观测有位移监测网点的坐标或高程。

**6.1.7** 内业计算的数值取位要求,应符合表6.1.7的规定。

内业计算的数值取位要求

表6.1.7

类别	角度 ( $''$ )	边长 (mm)	坐标 (mm)	高程 (mm)	水平位移 (mm)	垂直位移 (mm)
监测网	0.01	0.1	0.1	0.01	0.1	0.01
监测点	0.1	1.0	1.0	0.1	1.0	0.1

## 6.2 变形分析

**6.2.1** 本节适用于监测网点和监测点的位移显著性检验和监测网总体稳定性检验。

**6.2.2** 两次观测的监测网点的位移显著性检验前应作 $F$ 检验,判断两次观测的子样单位权方差,是否来自同一母体,并按下列步骤进行:

a)  $F$ 检验的统计量应按下式计算:

$$F = \frac{\mu_1^2}{\mu_2^2} \quad (6.2.1)$$

式中  $F$ —— $F$ 检验的统计量;

$\mu_1^2, \mu_2^2$ ——两次观测的子样单位权方差,以其较大的为 $\mu_1^2$ ;

b) 按显著水平 $\alpha = 0.05$ 和分子、分母的自由度 $r_1$ 、 $r_2$ 查取 $F_{\frac{\alpha}{2}}$ 。当 $F < F_{\frac{\alpha}{2}}$ 时,表明两次观测的监测网单位权方差,来自同一母体。否则两次观测的监测网精度有显著差别,应重测单位权方差较大的那一次监测网。

**6.2.3** 对监测网点可采用比较检验法、 $t$ 检验法、 $F$ 检验法、模糊聚类分析等方法进行位移显著性检验。当对用某一检验方法的检验结果发生怀疑时,宜再用其它的检验方法检验,综合几种检验结果,分析判断被检验的监测网点是否有位移。

**6.2.4** 比较检验法应按下列步骤进行:

a) 两次观测的监测网点的位移显著性比较判断式如下:

$$\mu = \sqrt{\frac{(V^T P V)_I + (V^T P V)_{II}}{r_I + r_{II}}} \quad (6.2.4-1)$$

$$\Delta < 2\mu\sqrt{2Q} \quad (6.2.4-2)$$

式中  $\mu$ ——两次观测的监测网综合单位权中误差；

$(V^T P V)_I, (V^T P V)_{II}$ ——分别为两次观测的监测网带权改正数平方和；

$r_I, r_{II}$ ——分别为两次观测的监测网多余观测量。

$\Delta$ ——两次观测的监测网中某点的坐标或高程较差；

$Q$ ——监测网中某点的权系数；

b) 当  $\Delta < 2\mu\sqrt{2Q}$  时，认为被检验点是稳定的，否则认为该点有位移。

**6.2.5** 当两次观测的监测网单位权方差无显著差别时，可采用  $t$  检验法，并按下列步骤进行：

a)  $t$  检验统计量应按下式计算：

$$t = \frac{\Delta}{\mu\sqrt{2Q}} \quad (6.2.5)$$

式中  $t$ —— $t$  检验统计量；

$\Delta$ ——两次观测的监测网中某点的坐标或高程较差；

$\mu$ ——监测网综合单位权中误差，按本规范式 (6.2.4-1) 计算；

$Q$ ——被检验的监测网点的权系数。

b) 按显著水平  $\alpha = 0.05$  和  $t$  的自由度  $(r_I + r_{II})$  查取  $t_{\frac{\alpha}{2}}$ 。当

$t < t_{\frac{\alpha}{2}}$  时，认为被检验点无位移，否则认为该点位移显著。

**6.2.6** 采用  $F$  检验法检验监测网总体稳定性应按下列步骤进行：

a) 根据两次观测监测网点的坐标或高程较差的大小，将其分为两组，较差较小的点为第一组，其余的为第二组；

b) 对稳定点进行F检验,并按下式计算统计量:

$$F = \frac{\mu_0^2}{\mu^2} \quad (6.2.6)$$

式中  $F$ ——F检验的统计量;

$\mu_0^2$ ——用第一组的点两次观测的坐标或高程较差,按本规范附录G的方法计算的监测网单位权方差;

$\mu^2$ ——按本规范式(6.2.4-1)计算的两次观测的监测网综合单位权方差;

c) 按显著水平 $\alpha = 0.05$ 和第一组点中互相独立的变量数,两次观测的监测网多余观测量之和为自由度查取 $F_\alpha$ 。当 $F < F_\alpha$ 检验通过时,应将第二组点中坐标或高程较差较小的点加入第一组点中,重复上述步骤,直至通不过为止,此时第二组点中剩余的点皆为非稳定点;当 $F > F_\alpha$ 检验通不过时,应将第一组点中坐标或高程较差较大的点去掉,再作F检验,直至检验通过为止,第一组点中剩余的点为稳定点。

**6.2.7** 当多数监测网点之间的观测关系不少于3个时,可采用模糊聚类变形分析法,按下列步骤进行:

a) 计算两次观测的监测网点间有观测关系的高差或边长较差;

b) 根据两次观测的监测网的高程或边长较差,按本规范附录H的有关规定计算模糊相似关系矩阵及其最小模糊等价矩阵;

c) 稳定水平相似系数,应按下式计算:

$$\lambda = 1 - \frac{\sqrt{2} \mu}{|\Delta|} \quad (6.2.7)$$

式中  $\lambda$ ——稳定水平相似系数;

$|\Delta|$ ——两次观测的监测网点间高差或边长绝对值最大的较差;

$\mu$ ——按(6.2.4-1)计算的两次观测的监测网综合单位权



中误差；

d) 当点 $i$ 和点 $j$ 的 $r_{ij}^* > \lambda$ 时，聚类为稳定点； $r_{ij}^* \leq \lambda$ 时，聚类为非稳定点，根据多个观测关系，可判断出稳定点和非稳定点。

**6.2.8** 监测点的位移显著性检验，宜用相邻两次观测的位移值，或本次与首次比较的位移累计值，同本规范表3.1.2、表4.1.3和表4.1.4中相应等级规定的监测点中误差相比较，当位移值小于 $2\sqrt{2}$ 倍中误差时，可视被检验的监测点无位移，否则认为该点位移显著。

**6.2.9** 在对监测点进行变形分析时，应根据其相邻两次的位移值和位移累计值，分析其变形趋势。当监测点位移值虽小，其多次观测变形趋势明显时，应视为有变形。

**6.2.10** 在对监测点进行变形分析时，宜绘制监测点的变形值与相关因素曲线图。一般有变形与荷载、变形与时间的曲线图，绘图时宜取变形值为纵轴，荷载或时间为横轴。

**6.2.11** 根据变形数据和变形与相关因素曲线图，选用合适的回归分析方法，建立变形与相关因素的函数关系，作为预报监测点未来变形值的数学模型，亦可用灰色理论建立预报模型，进行预报。灰色理论预报模型的计算应按本规范附录 I 的有关规定进行。

**6.2.12** 当发现监测点的位移值突然增大或其它异常情况时，应及时向有关部门报告。

### 6.3 成果整理

**6.3.1** 变形监测成果资料的整理应符合下列要求：

- a) 成果资料整理应在野外观测和数据处理完成后及时进行；
- b) 成果表的整理应按观测的先后次序，分别按水平位移和垂直位移进行；
- c) 图纸资料的整理应能反映变形过程和变形与相关因素的关系。

**6.3.2** 监测网点和监测点成果表，宜包括下列内容：

- a) 历次观测的坐标或高程；
- b) 相邻两次观测的水平位移值或垂直位移值；
- c) 与首次观测成果相比较的水平位移或垂直位移的累计值；
- d) 分区间的位移速率和整个观测期间的平均位移速率。

**6.3.3** 根据历次观测裂缝的数据，整理裂缝观测成果表。裂缝观测成果表宜包括下列内容：

- a) 每次观测裂缝成对标志间的宽度；
- b) 相邻两次裂缝宽度的变化值；
- c) 与首次观测相比较的宽度变化累计值；
- d) 裂缝宽度变化速率。

**6.3.4** 根据监测工程的需要，可有选择地整理和绘制下列图纸资料：

a) 监测点的水平位移或垂直位移变形过程图，应按本规范附录F.0.1的有关要求绘制；

b) 等沉降（垂直位移）曲线图，应按本规范附录F.0.2的有关要求绘制；

c) 滑坡监测点水平位移与垂直位移综合曲线图，应按本规范附录F.0.5的有关要求绘制；

d) 监测点的变形与相关因素曲线图，应按本规范附录F.0.3、F.0.4的有关要求绘制；

e) 裂缝平面图；

f) 受变形体变形影响的范围平面图；

g) 监测网和监测点布设平面图；

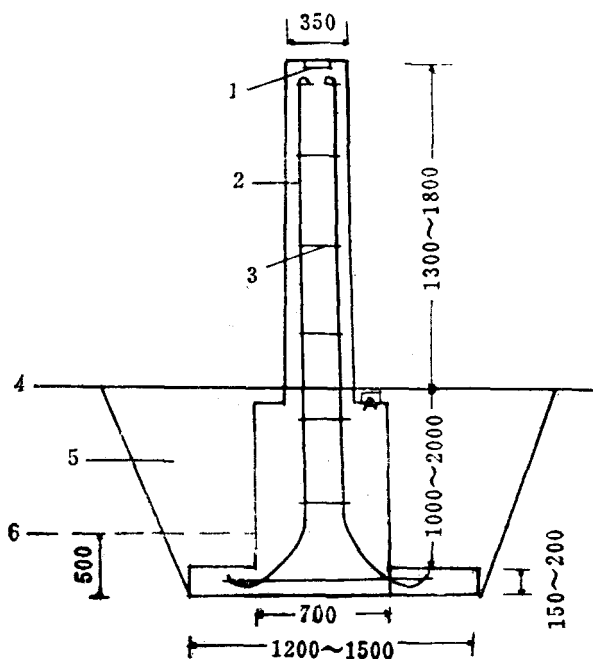
h) 委托方要求提交的其它图纸。

**6.3.5** 工程结束后，应编写变形观测和变形分析报告书。报告书应附有需要的成果表和图纸资料。

## 附录A 观测墩类型和规格

**A.0.1** 土层上观测墩应符合下列要求:

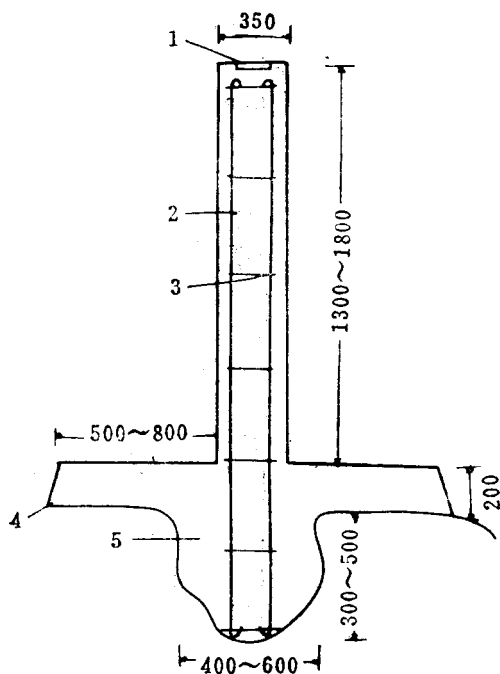
- a) 观测墩高度应根据视线高度确定;
- b) 埋设深度应按土质情况确定;
- c) 规格如图A.0.1所示, 单位mm。



图A.0.1 土层上观测墩

- 1-归心盘, 2-纵向钢筋 $\phi 12 \sim 20$ , 3-箍筋 $\phi 6 \sim 10$ , 4-地面, 5-填土,  
6-冻土线或原状土线

**A.0.2 岩石上观测墩规格如图A.0.2所示，单位mm。**



**图A.0.2 岩石上观测墩**

1-归心盘，2-纵向钢筋 $\phi 12 \sim 20$ ，3-箍筋 $\phi 6 \sim 10$ ，

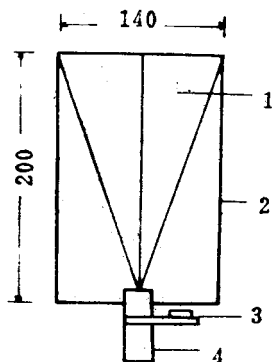
4-岩石，5-混凝土

## 附录B 水平位移照准标志类型和规格

### B.1 监测网觇牌

**B.1.1** 觇牌规格应符合下列要求:

- a) 连接圆柱直径应根据观测墩归心盘中心孔径确定;
- b) 觇牌宜采用黑白、红黄等反差大的颜色;
- c) 规格如图B.1.1所示, 单位mm。

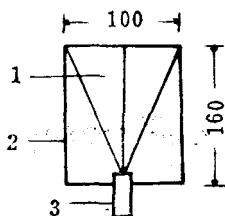


图B.1.1 监测网觇牌

1-照准区, 2-合金板或有机玻璃板, 3-气泡, 4-连接圆柱

### B.2 监测点照准标志

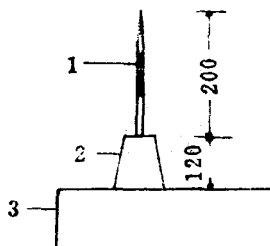
**B.2.1** 直插式觇牌标志规格如图B.2.1所示, 单位mm。



图B.2.1 直插式牌标志

1-照准区, 2-合金或有机玻璃板, 3-连接圆柱

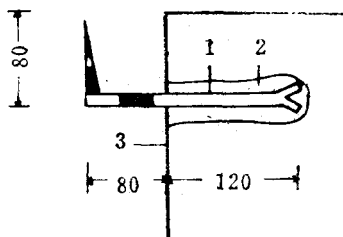
B.2.2 针式标志规格如图B.2.2所示, 单位mm。



图B.2.2 针式标志

1-钢筋 $\phi 10 \sim 16$ , 2-混凝土墩, 3-建(构)筑物

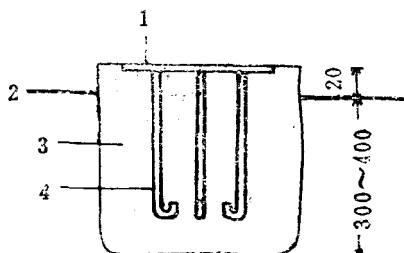
B.2.3 弯勾式标志规格如图B.2.3所示, 单位mm。



图B.2.3 弯勾式标志

1-钢筋 $\phi 10 \sim 16$ , 2-混凝土, 3-建(构)筑物

**B.2.4** 地面钢板标志规格如图B.2.4所示，单位mm。

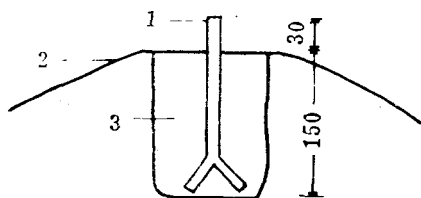


图B.2.4钢板标志

1-钢板厚5~10，长宽自定，2-地面，3-混凝土，  
4-钢筋 $\phi 8 \sim 12$

**B.2.5** 岩土体岩石上标志规格应符合下列要求：

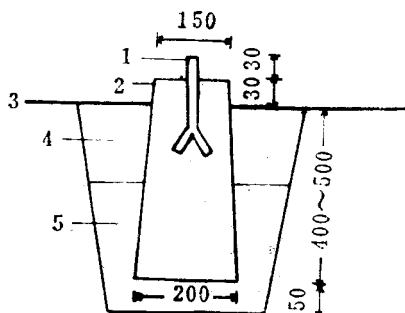
- a) 中心钢筋直径按觇牌插入孔径确定；
- b) 规格如图B.2.5所示，单位mm。



图B.2.5 岩土体岩石上标志

1-中心钢筋，2-岩石，3-混凝土

**B.2.6** 岩土体土层上标志规格如图B.2.6所示，单位mm。

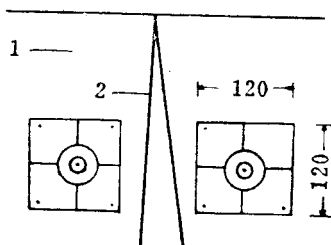


图B.2.6 岩土体土层上标志

1-钢筋；2-预制桩；3-地面；4-填土；5-混凝土

**B.2.7** 裂缝监测点标志规格应符合下列要求：

- a) 内圆直径应按坐标量测仪测标志直径计算；
- b) 外圆直径按经纬仪双丝夹角计算；
- c) 规格如图B.2.7所示，单位mm。



图B.2.7 裂缝监测点标志

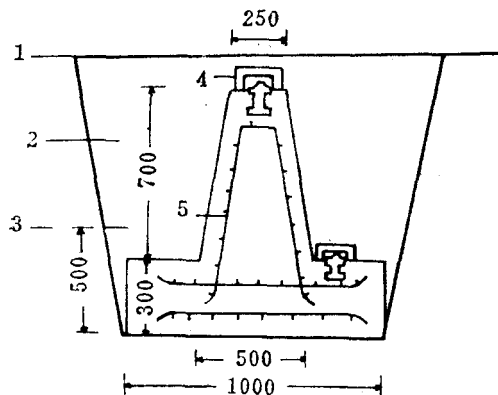
1-墙体；2-裂缝



## 附录C 垂直位移标石类型和规格

### C.1 基准点标石

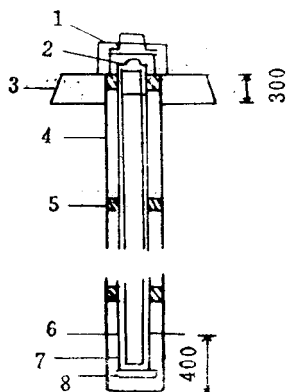
C.1.1 基准点混凝土标石规格如图C.1.1所示，单位mm。



图C.1.1 基准点混凝土标石

1-地面，2-填土，3-冻土线，4-盖板，  
5-纵向钢筋

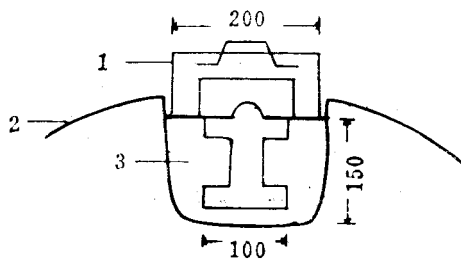
**C.1.2 钢管基准点标石规格如图C.1.2所示，单位mm。**



**图C.1.2 钢管基准点标石**

1-盖板，2-标心 $\phi 50 \sim 80$ ，3-混凝土，4-钻孔护管，5-橡胶环，  
6-基岩面，7-混凝土，8-管底板

**C.1.3 岩石上基准点标石规格如图C.1.3所示，单位mm。**

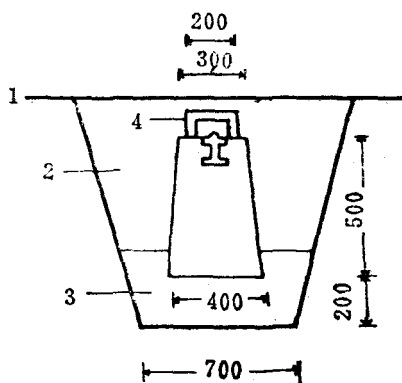


**图C.1.3 岩石上基准点标石**

1-盖板，2-岩石，3-混凝土

## C.2 工作基点标石

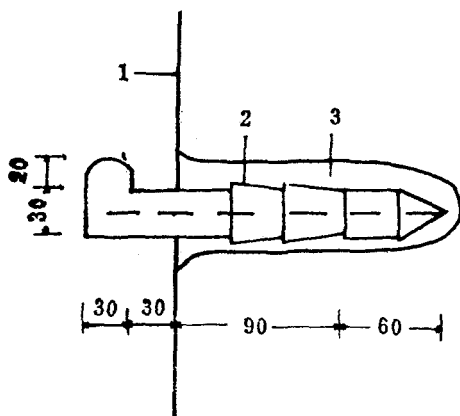
C.2.1 工作基点混凝土标石规格如图C.2.1所示，单位mm。



图C.2.1 工作基点混凝土标石

1-地面，2-填土，3-混凝土，4-盖板

C.2.2 工作基点墙上标志规格如图C.2.2所示，单位mm。



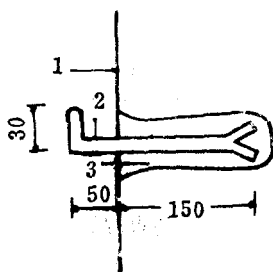
图C.2.2 工作基点墙上标志

1-墙面，2-圆钢，3-混凝土

## 附录D 垂直位移监测点标志类型和规格

### D.1 建（构）筑物监测点标志

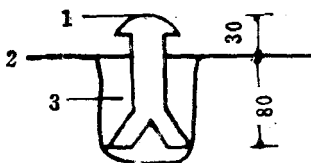
D.1.1 墙（柱）上标志规格如图D.1.1所示，单位mm。



图D.1.1 墙（柱）上标志

1—墙（柱），2—钢筋 $\phi 16 \sim 20$ ，3—混凝土

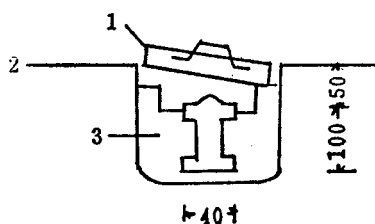
D.1.2 基础面上标志规格如图D.1.2所示，单位mm。



图D.1.2 基础面标志

1—圆钢 $\phi 10 \sim 20$ ，2—基础面，3—混凝土

**D.1.3** 隐蔽式标志规格如图D.1.3所示，单位mm。

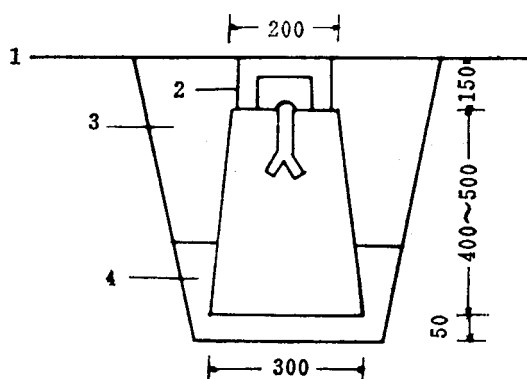


图D.1.3 隐蔽式标志

1—盖板，2—基础面，3—混凝土

## D.2 岩土体监测点标志

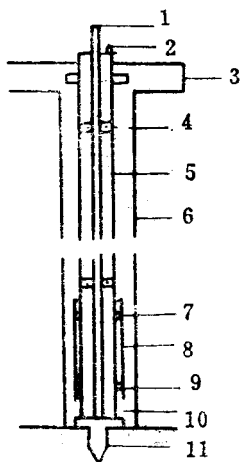
**D.2.1** 建筑场地土层上监测点标志 规格如图D.2.1所示，单位mm。



图D.2.1 土层上监测点标志

1—地面，2—盖板，3—填土，4—混凝土

**D.2.2 地基土分层监测点标志如图D.2.2所示。**



**图D.2.2 地基土分层监测点标志**

1-测标, 2-保护管测头, 3-基础底板, 4-滑轮, 5-保护管, 6-钻孔壁, 7-上塞线, 8-套管, 9-下塞线, 10-灌沙, 11-标脚

## 附录E 记录与成果表格式

**E.0.1** 经纬仪投点记录格式应符合下列要求：

**经纬仪投点记录**

**表E.0.1**

工程名称：_____	仪器类型：_____
观测编号：_____	天 气：_____
日 期：_____	

测站	点号	位移分量观测值 (mm)				中数 (mm)
		1	2	3	4	

观测者：\_\_\_\_\_

记录者：\_\_\_\_\_

检查者：\_\_\_\_\_

**E.0.2** 视准线法记录格式应符合下列要求：

**视准线法观测记录**

**表E.0.2**

工程名称：_____	仪器类型：_____
观测编号：_____	天 气：_____
日 期：_____	

测站	后视点	监测点	测回数	往返或返	正镜观测值	倒镜观测值	Dl-Dr	Dl-Dr	各测回平均值
					DI (mm)	Dr (mm)			

观测者：\_\_\_\_\_

记录者：\_\_\_\_\_

检查者：\_\_\_\_\_

**E.0.3 水平位移成果表格式宜符合下列要求：**

日期：		水平位移成果表		表E.0.3	
工程名称：		天气：			
仪器类型：		荷载：			
点 号	坐 标 值 (mm)		相邻两次位移值 (mm)	位移累计值 (mm)	
	X	Y			

观测者： 记录者： 检查者：

**E.0.4 垂直位移成果表宜符合下列要求：**

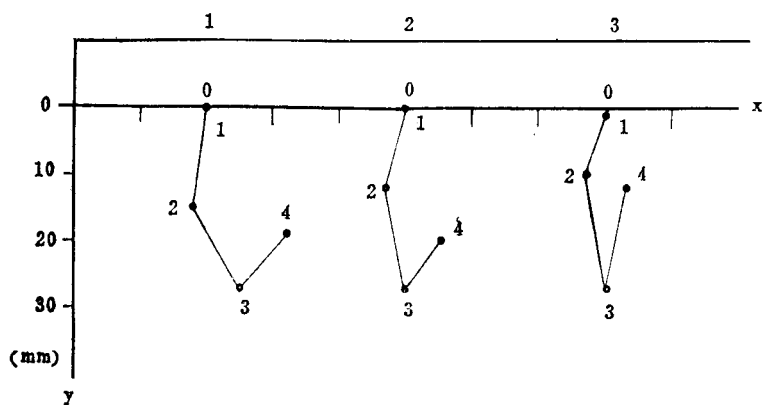
日期：		垂直位移成果表		表E.0.4	
工程名称：		天气：			
仪器类型：		荷载：			
点 号	高 程 (m)	相邻两次沉降值 (mm)	累计值 (mm)		

观测者： 记录者： 检查者：



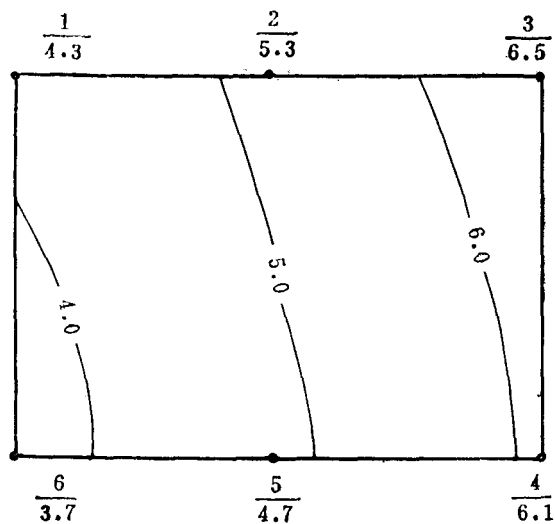
## 附录F 变形分析曲线图

F.0.1 水平位移过程图如F.0.1所示:



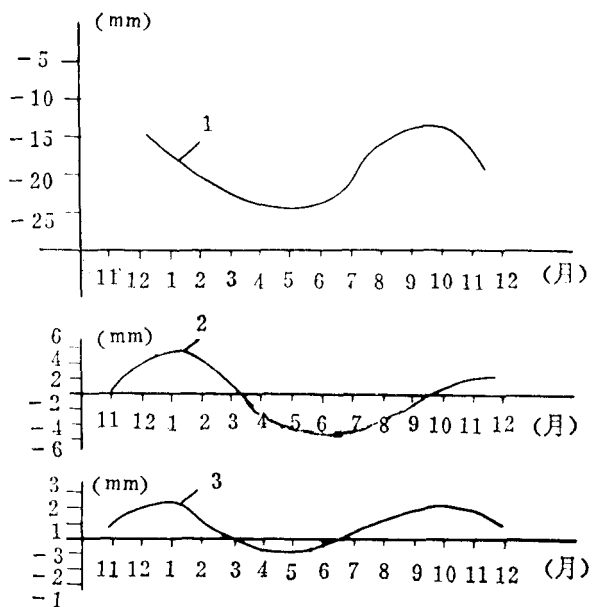
图F.0.1 水平位移过程图

F.0.2 等沉降曲线如图F.0.2所示:



图F.0.2 等沉降曲线

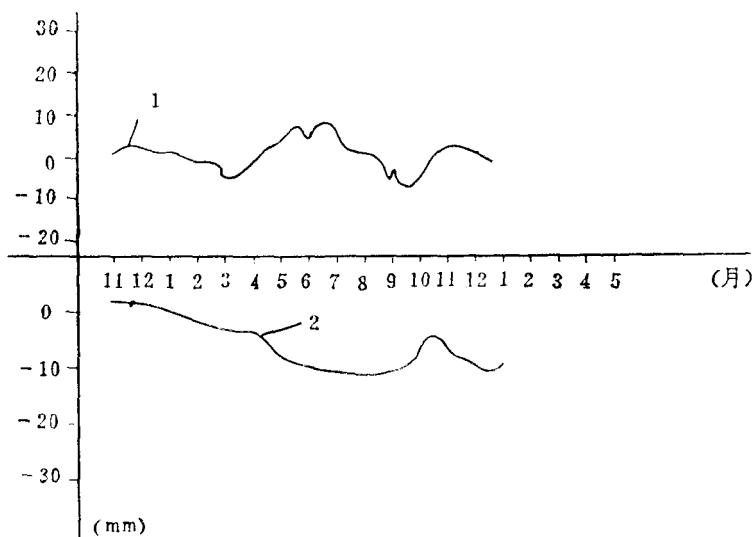
**F.0.3 监测点变形——时间曲线图**如图F.0.3所示:



**图F.0.3 监测点变形——时间曲线图**

1-监测点沉降曲线 2-监测点位移曲线 3-监测点挠度曲线

**F.0.4** 温度——沉降曲线图如图形F.0.4所示:

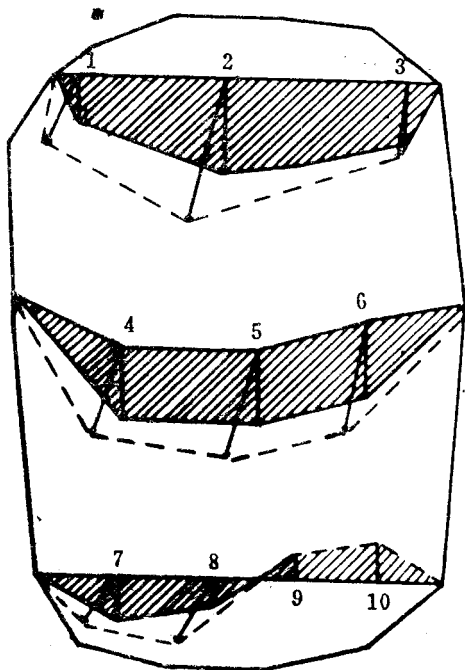


**图F.0.4**温度——沉降曲线图

1—大气温度曲线 2—沉降曲线

**F.0.5** 滑坡监测点位移与沉降综合曲线图宜符合下列要求:

- a) 监测点平面位置图可用比例尺1 : 500或1 : 1000绘制;
- b) 位移和沉降矢量可用比例尺1 : 1或1 : 5绘制;
- c) 综合曲线图如图F.0.5所示。



图F.0.5 滑坡监测点位移与沉降综合曲线图

## 附录G F检验中 $\mu_0^2$ 的计算

**G.0.1** 两期观测的监测网点坐标或高程较差应按下式计算:

$$\left. \begin{aligned} \Delta X_0 &= X_{0\text{I}} - X_{0\text{II}} \\ \Delta X_{\text{I}} &= X_{\text{I}\text{I}} - X_{\text{I}\text{I}} \\ \Delta X^T &= [\Delta X_{\text{I}}^T \Delta X_0^T] \end{aligned} \right\} \quad (\text{G.0.1})$$

式中  $\Delta X_0, \Delta X_{\text{I}}$ ——分别为两次监测网中第一组、第二组点的坐标或高程较差;

$\Delta X^T$ ——两次全部监测网点的较差矩阵;

$X_{0\text{I}}, X_{0\text{II}}, X_{\text{I}\text{I}}, X_{\text{I}\text{I}}$ ——分别为两次监测网中第一组和第二组点的坐标或高程,角标 0 表示第一组,角标 1 表示第二组,角标 I、II 分别表示第 1 次和第 2 次。

**G.0.2** 两次监测网全部点的较差权矩阵及其第二组点和第一组点的权分块矩阵应按下式计算:

$$\left. \begin{aligned} Q_{\Delta X \Delta X} &= 2Q_{\text{I}} \\ P_{\Delta X} &= Q_{\Delta X \Delta X} (Q_{\Delta X \Delta X} Q_{\Delta X \Delta X})^{-1} \\ Q_{\Delta X \Delta X} (Q_{\Delta X \Delta X} Q_{\Delta X \Delta X})^{-1} &= Q_{\Delta X \Delta X} \\ P_{\Delta X} &= \begin{pmatrix} P_{\Delta X \text{I}} & P_{\Delta X \text{II}} \\ P_{\Delta X \text{II}} & P_{\Delta X \text{I}} \end{pmatrix} \end{aligned} \right\} \quad (\text{G.0.2})$$

式中  $Q_{\Delta X \Delta X}$ ——监测网全部点较差的权系数矩阵;

$Q_{\text{I}}$ ——第 1 期秩亏网平差的权系数矩阵;

$P_{\Delta X}$ ——监测网全部点较差的权矩阵;

$P_{\Delta X \text{I}}, P_{\Delta X \text{II}}, P_{\Delta X \text{II}}, P_{\Delta X \text{I}}$ ——分别为第二组点, 第一组点和两者相关的权分块矩阵。

**G.0.3**  $\mu_0^2$ 应按下列式计算:

$$\left. \begin{aligned} \mu_0^2 &= \frac{\Delta X_0^T \bar{P}_{\Delta X_0} \Delta X_0}{f_0} \\ \bar{P}_{\Delta X_0} &= P_{\Delta X_0} - P_{\Delta X_0 1} (P_{\Delta X_1})^{-1} P_{\Delta X_1 0} \end{aligned} \right\} \quad (\text{G.0.3})$$

式中  $f_0$ ——矩阵 $\Delta X_0$ 中相互独立的变量数。

## 附录H 模糊聚类变形分析中R\*的计算

**H.0.1** 变形相似系数应按下式计算，并组成模糊相似矩阵：

$$r_{ij} = \begin{cases} 1, & i=j \text{ 时} \\ 0, & \text{点} i \text{ 和点} j \text{ 点无观测关系时} \\ 1 - C|\Delta_{ij}|, & i \neq j \text{ 时} \end{cases} \quad (H.0.1)$$

$$C = \frac{1}{|\Delta|}$$

$$R = \begin{pmatrix} r_{11} & r_{12} & \dots & r_{1n} \\ r_{21} & r_{22} & \dots & r_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ r_{n1} & r_{n2} & \dots & r_{nn} \end{pmatrix}$$

$$r_{ij} = r_{ji}$$

式中  $r_{ij}$  ——点  $i$  和点  $j$  间的变形相似系数，角标  $i, j$  全部监测网点的序号， $i, j = 1, 2, \dots, n$ ；

$\Delta_{ij}$  ——两次观测的监测网中点  $i$  和点  $j$  间的高差或边长较差；

$\Delta$  ——两期观测的监测网中绝对值最大的较差；

$R$  ——模糊相似矩阵。

**H.0.2** 最小模糊等价矩阵中变形相似系数应按下式计算，并据此组成最小模糊等价矩阵：

$$r_{ij}^2 = (r_{i1} \wedge r_{1j}) \vee (r_{i2} \wedge r_{2j}) \dots \vee (r_{in} \wedge r_{nj}) \quad (H.0.2-1)$$

$$r_{ij}^4 = (r_{ij}^2 \wedge r_{ij}^2) \vee (r_{i2}^2 \wedge r_{2j}^2) \dots \vee (r_{in}^2 \wedge r_{nj}^2) \quad (H.0.2-2)$$

$$\text{直至 } r_{ij}^* = r_{ij}^{2^k} = r_{ij}^k, \quad (k=1, 2, 4, 8, \dots)$$



$$R^* = \begin{pmatrix} r_{11}^* & r_{12}^* & \dots & r_{1n}^* \\ r_{21}^* & r_{22}^* & \dots & r_{2n}^* \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ r_{n1}^* & r_{n2}^* & \dots & r_{nn}^* \end{pmatrix} \quad (\text{H.0.2-3})$$

式中  $r_{ij}^*$ ——最小模糊等价矩阵中的变形相似系数，点*i*和点*j*间  
无观测关系时  $r_{ij}^* = 0$ ；

$R^*$ ——最小模糊等价矩阵；

$\wedge$ ——取小运算符号；

$\vee$ ——取大运算符号。

## 附录I 建筑物垂直位移预测的灰色模型

### I.1 灰色模型的建立及其预测精度评定

#### I.1.1 灰色模型的建立应按下列步骤进行:

a) 将某监测点的历次垂直位移累计值,依观测时间顺序写成等时间间隔(由沉降——时间曲线查取所需要等时间间隔对应的垂直位移累计值)的原始数据数列:

$$X_k^0 = X_1^0, X_2^0, X_3^0, \dots, X_n^0 \quad (I.1.1-1)$$

式中  $X_k^0$  某监测点的第k次位移数据。上标“0”表示原始数据,下标“k”表示观测次序数。k=1, 2, 3, …, n,

b) 按下式一次累加生成新数列:

$$\left. \begin{aligned} X_1^1 &= X_1^0 \\ X_2^1 &= X_1^1 + X_2^0 \\ X_3^1 &= X_2^1 + X_3^0 \\ &\dots\dots\dots \\ X_n^1 &= X_{n-1}^1 + X_n^0 \end{aligned} \right\} \quad (I.1.1-2)$$

式中  $X_k^1$  某监测点第k次数据一次累加值,上标“1”表示一次累加。

c) 按下式由原始观测数列 $X_k^0$ 和一次累加生成数列 $X_k^1$ 并组成矩阵A、B。

$$A = \begin{pmatrix} -\frac{1}{2}(X_1^1 + X_2^1) & 1 \\ -\frac{1}{2}(X_2^1 + X_3^1) & 1 \\ \vdots & \vdots \\ -\frac{1}{2}(X_{n-1}^1 + X_n^1) & 1 \end{pmatrix} \quad (I.1.1-3)$$

$$B = \begin{pmatrix} X_1^0 \\ X_2^0 \\ \vdots \\ X_n^0 \end{pmatrix} \quad (I.1.1-4)$$

d) 灰参数向量按下式计算:

$$\hat{a} = \begin{pmatrix} a \\ u \end{pmatrix} = (A^T A)^{-1} A^T B \quad (I.1.1-5)$$

e) 灰色预测模型按下式建立:

$$X_k^0 = (1 - e^a) \left( X_1^0 - \frac{u}{a} \right) e^{-a(k-1)} \quad (I.1.1-6)$$

式中  $X_k^0$ ——某监测点第K次观测的预测值;

$e = 2.718281828$ 。

**I.1.2 预测值的精度评定应按下列步骤进行:**

a) 预测值的残差及其均值和方差按下式计算:

$$\left. \begin{aligned} \varepsilon_k &= X_k^0 - \hat{X}_k^0 & k &= 1, 2, \dots, n \\ \bar{\varepsilon} &= \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n \varepsilon_k \\ S_1^2 &= \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n (\varepsilon_k - \bar{\varepsilon})^2 \end{aligned} \right\} \quad (I.1.2-1)$$

b) 原始观测数列的均值及其方差应按下式计算:

$$\left. \begin{aligned} \bar{X} &= \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n X_k^0 \\ S_2^2 &= \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n (X_k^0 - \bar{X})^2 \end{aligned} \right\} \quad (I.1.2-2)$$

c) 计算后验差比值  $C = S_1/S_2$ ,  $C$  表示预测误差离散度, 它越小越好。

d) 计算小误差概率  $P = P\{|\varepsilon_k - \bar{\varepsilon}| < 0.6745 S_2\}$ , 若  $P$  大, 说明预测误差较小, 预测精度高。

e) 预测精度检验综合指标应符合表 I.1.2 的规定。

预测精度检验综合指标

表 I.1.2

预测精度等级	$P$	$C$
好	$>0.95$	$<0.35$
合格	$>0.80$	$<0.50$
勉强	$>0.70$	$<0.65$
不合格	$\leq 0.70$	$\geq 0.65$

## I.2 模型更新

I.2.1 随着观测次数的增加, 模型应不断更新。

I.2.2 模型更新的原则如下:

a) 在原始数列中, 将最前面的原始观测数据去掉, 再将最后一次观测的数据加在数列的最后面;

b) 数列中的数据个数不应少于4个, 以保持6个为宜;

c) 用更新的数列, 依本规范附录第 I.1 节的方法建立新的预测模型。

## 附录J 本规范用词说明

**J.0.1** 为了正确执行本标准的条文，对表示严格程度的用词作如下说明，以便执行过程中按不同要求区别对待。

1) 表示很严格，非这样做不可的：

正面词采用“必须”；

反面词采用“严禁”。

2) 表示严格，在正常情况下都应这样做的：

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，但在条件许可时首先应这样做的：

正面词采用“宜”或“可”；

反面词采用“不宜”。

**J.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”或“应按……执行”。

## 附加说明

### 本规范主编单位和主要起草人 名 单

**主 编 单 位：**中国有色金属工业昆明勘察院

**主要起草人：**高永生      孙祥洲      包大中

统一书号: 1580058 • 362

---

定 价: 18.00 元