

续表 10.1.3

等级	垂直位移监测		水平位移监测	适用范围
	变形观测点的高程中误差	相邻变形观测点的高差中误差	变形观测点的点位中误差	
三等	1.0	0.5	6.0	一般性的高层建筑、多层建筑、工业建筑、高耸构筑物、直立岩体、高边坡、深基坑、一般地下工程、危害性一般的滑坡监测、大型桥梁等
四等	2.0	1.0	12.0	观测精度要求较低的建(构)筑物、普通滑坡监测、中小型桥梁等

注:1 变形观测点的高程中误差和点位中误差,是指相对于邻近基准点的中误差;

2 特定方向的位移中误差可取表中相应等级点位中误差的 $1/\sqrt{2}$ 作为限值;

3 垂直位移监测可根据需要按变形观测点的高程中误差或相邻变形观测点的高差中误差,确定监测精度等级。

10.1.4 变形监测网的点位的构成宜包括基准点、工作基点和变形观测点,点位布置应符合下列规定:

1 基准点应选在变形影响区域之外稳固的位置;每个工程至少应有 3 个基准点;大型工程项目,水平位移基准点应采用带有强制归心装置的观测墩,垂直位移基准点宜采用双金属标或钢管标;

2 工作基点应选在比较稳定且方便使用的位置;设立在大型工程施工区域内的水平位移监测工作基点宜采用带有强制归心装置的观测墩,垂直位移监测工作基点可采用钢管标;对通视条件好的小型工程,可不设立工作基点,可在基准点上直接测定变形观测点;

3 变形观测点应设立在能反映监测体变形特征的位置或监测断面上,监测断面应分为关键断面、重要断面和一般断面。需要时,还应埋设应力、应变传感器。

10.1.5 监测基准网应由基准点和部分工作基点构成。监测基准网应每半年复测一次；当对变形监测成果产生怀疑时，应随时检核监测基准网。

10.1.6 变形监测网应由部分基准点、工作基点和变形观测点构成。监测周期应根据监测体的变形特征、变形速率、观测精度和工程地质条件等因素综合确定。监测期间应根据变形量的变化情况调整。

10.1.7 首期监测应进行两次独立测量，之后各期的变形监测宜符合下列规定：

- 1 宜采用相同的图形(观测路线)和观测方法；
- 2 宜使用同一仪器和设备；
- 3 观测人员宜相对固定；
- 4 宜记录工况及相关环境因素，包括荷载、温度、降水、水位等；
- 5 宜采用同一基准处理数据。

10.1.8 变形监测作业前，应收集相关水文地质、岩土工程资料和设计图纸，并应根据岩土工程地质条件、工程类型、工程规模、基础埋深、建筑结构和施工方法等因素，进行变形监测方案设计。方案设计应包括监测的目的、技术依据、精度等级、监测方法、监测基准及基准网精度估算和点位布设、观测周期、项目预警值、使用的仪器设备、数据处理方法和成果质量检验等内容。

10.1.9 观测前，应对所使用的仪器和设备进行检查、校正，并做好记录。每期观测结束后，应将观测数据转存至计算机，并进行处理。

10.1.10 变形监测出现下列情况之一时，必须通知建设单位，提高监测频率或增加监测内容：

- 1 变形量或变形速率达到变形预警值或接近允许值；
- 2 变形量或变形速率变化异常；
- 3 建(构)筑物的裂缝或地表的裂缝快速扩大。

10.1.11 重要的建(构)筑物及其附属设施的变形监测,应结合工程运营管理需要,逐步实现自动化监测或进行自动化监测改造。

10.2 水平位移监测基准网

10.2.1 水平位移监测基准网可采用三角形网、导线网、卫星定位测量控制网和视准轴线等形式。当采用视准轴线时,轴线上或轴线两端应设立校核点。

10.2.2 水平位移监测基准网宜采用独立坐标系统,并应进行一次布网。专项工程需要时,可与国家坐标系统联测。狭长形建筑物的主轴线或其平行线应纳入网内。大型工程布网时,应兼顾网的精度、可靠性和灵敏度等指标。

10.2.3 基准网点位宜采用有强制归心装置的观测墩。观测墩的制作与埋设应符合本标准附录B的有关规定。

10.2.4 水平位移监测基准网测量的主要技术要求应符合表10.2.4的规定。

表 10.2.4 水平位移监测基准网测量的主要技术要求

等级	相邻基准点的点位中误差(mm)	平均边长L(m)	测角中误差(″)	测边相对中误差	水平角观测回数		
					0.5″级仪器	1″级仪器	2″级仪器
一等	1.5	≤300	0.7	≤1/300000	9	12	—
		≤200	1.0	≤1/200000	6	9	—
二等	3.0	≤400	1.0	≤1/200000	6	9	—
		≤200	1.8	≤1/100000	4	6	9
三等	6.0	≤450	1.8	≤1/100000	4	6	9
		≤350	2.5	≤1/80000	2	4	6
四等	12.0	≤600	2.5	≤1/80000	—	4	6

注:1 水平位移监测基准网的相关指标,是基于相应等级相邻基准点的点位中误差要求进行确定的;

- 2 具体作业时,也可根据监测项目的特点在满足相邻基准点的点位中误差要求前提下,进行专项设计;
- 3 卫星定位测量基准网不受测角中误差和水平角观测回数指标的限制。

10.2.5 监测基准网的水平角观测宜采用方向观测法,水平角观测的技术要求应符合本标准第 3.4.8 条的规定。

10.2.6 监测基准网边长应采用全站仪测距,测距的主要技术要求应符合表 10.2.6 的规定。

表 10.2.6 测距的主要技术要求

等级	仪器精度等级	每边测回数		一测回 读数较差 (mm)	单程各测回 较差 (mm)	气象数据测定的 最小读数		往返较差 (mm)
		往	返			温度(℃)	气压 (hPa)	
一等	1mm 级仪器	4	4	1	1.5	0.2	50	≤2 ($a+b \cdot D$)
二等	2mm 级仪器	3	3	3	4			
三等	5mm 级仪器	2	2	5	7			
四等	10mm 级仪器	4	—	8	10			

- 注:1 一测回是全站仪盘左、盘右各测量一次的过程;
- 2 根据具体情况,测边可采取不同时间段代替往返观测;
 - 3 测量斜距应在经气象改正和仪器的加、乘常数改正后进行水平距离计算;
 - 4 测距往返较差应依经加乘常数改正且归化至同一高程面的平距计算,改正计算时, a 、 b 分别为相应等级所使用仪器标称的固定误差和比例误差系数, D 为测量斜距(km)。

10.2.7 一、二等卫星定位测量基准网应采用精密星历进行数据处理。

10.2.8 水平位移监测基准网测量的其他技术要求应按本标准第 3 章的有关规定执行。一等三角形监测网的三角形闭合差不应超过 $2.5''$ 。

10.3 垂直位移监测基准网

10.3.1 垂直位移监测基准网应布设成环形网,并应采用水准测量方法观测。

10.3.2 基准点的埋设应符合下列规定:

1 应将标石埋设在变形区以外稳定的原状土层内,或将标志镶嵌在裸露基岩上;

2 应利用稳固的建(构)筑物设立墙水准点;

3 当受条件限制时,在变形区内也可埋设深层钢管标或双金属标;

4 大型水工建筑物的基准点可采用平硐标志;

5 基准点的标石规格,可根据现场条件和工程需要,按本标准附录 C 进行选择。

10.3.3 垂直位移监测基准网的主要技术要求应符合表 10.3.3 的规定。

表 10.3.3 垂直位移监测基准网的主要技术要求(mm)

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

注: n 为测站数。

10.3.4 数字水准仪观测的主要技术要求应符合表 10.3.4 的规定。

表 10.3.4 数字水准仪观测的主要技术要求

等级	水准仪级别	水准尺类别	视线长度(m)	前后视的距离较差(m)	前后视的距离较差累积(m)	数字水准仪重复测量次数
一等	DS05、DSZ05	条码式因瓦尺	15	0.3	1.0	4
二等	DS05、DSZ05	条码式因瓦尺	30	0.5	1.5	3

续表 10.3.4

等级	水准仪级别	水准尺类别	视线长度(m)	前后视的距离较差(m)	前后视的距离较差累积(m)	数字水准仪重复测量次数
三等	DS05、DSZ05	条码式因瓦尺	50	2.0	3	2
	DS1、DSZ1	条码式因瓦尺	50	2.0	3	3
四等	DS1、DSZ1	条码式因瓦尺	75	5.0	8	2
	DS1、DSZ1	条码式玻璃钢尺	75	5.0	8	3

注:水准观测时,若受地面震动影响时,应停止测量。

10.3.5 光学水准仪观测的主要技术要求应符合表 10.3.5 的规定。

表 10.3.5 光学水准仪观测的主要技术要求

等级	水准仪级别	水准尺类别	视线长度(m)	前后视的距离较差(m)	前后视的距离较差累积(m)	视线离地面最低高度(m)	基本分划、辅助分划读数较差(mm)	基本分划、辅助分划所测高差较差(mm)
一等	DS05、DSZ05	线条式因瓦尺	15	0.3	1.0	0.5	0.3	0.4
二等	DS05、DSZ05	线条式因瓦尺	30	0.5	1.5	0.5	0.3	0.4
三等	DS05、DSZ05	线条式因瓦尺	50	2.0	3	0.3	0.5	0.7
	DS1、DSZ1	线条式因瓦尺	50	2.0	3	0.3	0.5	0.7

续表 10.3.5

等级	水准仪级别	水准尺类别	视线长度(m)	前后视的距离较差(m)	前后视的距离累积(m)	视线离地面最低高度(m)	基本分划、辅助分划读数较差(mm)	基本分划、辅助分划所测高差较差(mm)
四等	DS1、DSZ1	线条式因瓦尺	75	5.0	8	0.2	1.0	1.5

注:水准路线跨越江河时,应进行相应等级的跨河水准测量,跨河水准测量的指标应不受本表的限制,应按本标准第4章的规定执行。

10.3.6 观测使用的水准仪和水准标尺应符合本标准第4.2.2条的规定,DS05、DSZ05级水准仪视准轴与水准管轴的夹角不得大于 $10''$ 。

10.3.7 基准网宜采用测区原有高程系统。重要的监测工程宜与国家水准点联测,一般的监测工程可采用假定高程系统。

10.3.8 水准观测的其他技术要求应符合本标准第4章的有关规定。

10.4 基本监测方法与技术要求

10.4.1 变形监测的方法的选择应根据监测项目的特点、精度要求、变形速率以及监测体的安全性等指标按表10.4.1选用,也可同时采用多种方法联合监测。

表 10.4.1 变形监测方法的选择

类别	监测方法
水平位移监测	三角形网、极坐标法、交会法、自由设站法、卫星定位测量、地面三维激光扫描法、地基雷达干涉测量法、正倒垂线法、视准线法、引张线法、激光准直法、精密测(量)距、伸缩仪法、多点位移计、倾斜仪等

续表 10.4.1

类别	监测方法
垂直位移监测	水准测量、液体静力水准测量、电磁波测距三角高程测量、地基雷达干涉测量方法等
三维位移监测	全站仪自动跟踪测量法、卫星定位实时动态测量法、摄影测量法等
主体倾斜	经纬仪投点法、差异沉降法、激光准直法、垂线法、倾斜仪、电垂直梁等
挠度观测	垂线法、差异沉降法、位移计、挠度计等
监测体裂缝	精密测(量)距、伸缩仪、测缝计、位移计、光纤光栅传感器、摄影测量等
应力、应变监测	应力计、应变计

10.4.2 采用三角形网测量时,技术要求应符合本标准第 10.2 节的有关规定。

10.4.3 交会法、极坐标法的主要技术要求应符合下列规定:

1 用交会法进行水平位移监测时,宜采用三点交会法;角交会法的交会角,应在 $60^{\circ} \sim 120^{\circ}$ 之间,边交会法的交会角,宜在 $30^{\circ} \sim 150^{\circ}$ 之间;

2 用极坐标法进行水平位移监测时,宜采用双测站极坐标法;

3 测站点应采用有强制对中装置的观测墩,变形观测点,可埋设安置反光镜或觇牌的强制对中装置或其他固定照准标志。

10.4.4 自由设站法的主要技术要求应符合下列规定:

1 控制点的数量不应少于 3 个,宜分布在三角形网的外围或两端;

2 水平角宜采用方向法观测,若需分组,归零方向应相同,并应至少重复观测一个方向;

3 自由设站法测量应边角同步观测且测回数应相同,并应符

合本标准表 10.2.4 的规定；

4 水平角观测和距离测量的其他技术要求应符合本标准第 3.5 节的有关规定。

10.4.5 视准线法的主要技术要求应符合下列规定：

- 1 视准线两端的延长线外宜设立校核基准点。
- 2 视准线应离开障碍物 1m 以上。
- 3 各测点偏离视准线的距离不应大于 20mm；采用小角法时，小角角度不应超过 30'。

4 视准线测量可选用活动觇牌法或小角度法。当采用活动觇牌法观测时，监测精度宜为视准线长度的 1/100000；当采用小角度法观测时，监测精度应按下式估算：

$$m_s = m_\beta L / \rho \quad (10.4.5)$$

式中： m_s ——位移中误差(mm)；

m_β ——测角中误差(')；

L ——视准线长度(mm)；

ρ ——206265''。

5 基准点、校核基准点和变形观测点应采用有强制对中装置的观测墩。

6 当采用活动觇牌法观测时，观测前应对觇牌的零位差进行测定。

10.4.6 引张线法的主要技术要求应符合下列规定：

- 1 引张线长度大于 200m 时，宜采用浮托式；
- 2 引张线两端可设置倒垂线作为校核基准点，也可将校核基准点设置在两端山体的平洞内；
- 3 引张线宜采用直径为 $\phi 0.8\text{mm} \sim \phi 1.2\text{mm}$ 的不锈钢丝；
- 4 观测时，测回较差不应超过 0.2mm。

10.4.7 正、倒垂线法的主要技术要求应符合下列规定：

- 1 应根据垂线长度确定重锤重量或浮子的浮力；
- 2 垂线宜采用直径为 $\phi 0.8\text{mm} \sim \phi 1.2\text{mm}$ 的不锈钢丝或因

瓦丝；

- 3 单段垂线长度不宜大于 50m；
- 4 工程需要时，正倒垂可结合布设；
- 5 测站应采用有强制对中装置的观测墩；
- 6 垂线观测可采用光学垂线坐标仪，测回较差不应超过 0.2mm。

10.4.8 激光测量的主要技术要求应符合下列规定：

- 1 激光器宜安置在变形区影响之外的区域；激光器应采取防尘、防水措施；
- 2 安置激光器后，应同时在激光器附近的激光光路上，设立固定的光路检核标志；
- 3 整个光路上应无障碍物，并应设立安全警示标志；
- 4 激光接收器应稳固设立在变形区域并应与光路垂直，目标板的刻划应均匀对比分明，观测时应将接收到的激光光斑调至最小、最清晰。

10.4.9 地面三维激光扫描可用于沉陷、挠度、高边坡、滑坡、倾斜和隧道收敛等变形监测，主要技术要求应符合下列规定：

- 1 扫描仪宜安置在具有强制对中装置的稳定控制点上；
- 2 用于基准点的标靶应设置在变形区域外，相邻基准点点位中误差和基准点的高差中误差应满足本标准表 10.2.4 和表 10.3.3 中三、四等的要求；
- 3 需要布设标靶时，应将标靶在扫描范围内均匀布设且高低错落，每一扫描站的标靶个数不应少于 4 个，相邻两扫描站的公共标靶个数不应少于 3 个；
- 4 扫描作业结束后，应将数据导入电脑，检查点云数据覆盖范围完整性、标靶数据完整性和可用性；对缺失和异常数据应补扫；
- 5 监测点的变形量宜采用同一测站激光点云数据与上一期的扫描结果进行比对；

6 可使用标靶、特征地物点对多站点云数据进行配准,配准次数不宜超过4次,扫描线路应闭合;

7 当需要将点云数据整体转换到地方坐标系时,标靶点的数量不应少于4个;

8 其他技术要求应符合本标准第5.3.18条~第5.3.26条的有关规定。

10.4.10 当采用水准测量方法进行垂直位移监测时,应符合下列规定:

1 垂直位移监测网的主要技术要求应符合表10.4.10的规定。

表 10.4.10 垂直位移监测网的主要技术要求(mm)

等级	变形观测点的高程中误差	每站高差中误差	往返较差、附合或环线闭合差	检测已测高差较差
一等	0.3	0.07	$0.15\sqrt{n}$	$0.2\sqrt{n}$
二等	0.5	0.15	$0.30\sqrt{n}$	$0.4\sqrt{n}$
三等	1.0	0.30	$0.60\sqrt{n}$	$0.8\sqrt{n}$
四等	2.0	0.70	$1.40\sqrt{n}$	$2.0\sqrt{n}$

注: n 为测站数。

2 数字水准仪观测的主要技术要求应符合本标准第10.3.4条的规定,光学水准仪观测的主要技术要求应符合本标准第10.3.5条的规定。

10.4.11 静力水准测量应符合下列规定:

1 静力水准观测的主要技术要求应符合表10.4.11的规定。

表 10.4.11 静力水准观测的主要技术要求(mm)

等级	仪器类型	读数方式	两次观测高差较差	环线及附合路线闭合差
一等	封闭式	接触式	0.15	$0.15\sqrt{n}$
二等	封闭式、敞口式	接触式	0.30	$0.30\sqrt{n}$

续表 10.4.11

等级	仪器类型	读数方式	两次观测高差 较差	环线及附和路线 闭合差
三等	敞口式	接触式	0.60	$0.60\sqrt{n}$
四等	敞口式	目视式	1.40	$1.40\sqrt{n}$

注： n 为高差个数。

2 观测前，应对观测头的零点差进行检验。

3 应保持连通管路无压折，管内液体无气泡。

4 观测头的圆气泡应居中。

5 两端测站的环境温度宜相同。

6 仪器对中偏差不应大于 2mm，倾斜度不应大于 $10'$ 。

7 宜采用两台仪器对向观测，也可采用一台仪器往返观测。应在液面稳定后再开始测量；每观测一次，应读数三次，并应取平均值作为观测值。

10.4.12 电磁波测距三角高程测量宜采用中点单觇法，也可采用直返觇法。主要技术要求应符合下列规定：

1 垂直角宜采用 $1''$ 级仪器中丝法对向观测各六测回，测回间垂直角较差不应大于 $6''$ ；

2 测距长度宜小于 500m，测距中误差不应超过 3mm；

3 觇标(仪器)高应精确量至 0.1mm；

4 测站观测前后应各测量 1 次气温、气压，计算时加入相应改正。

10.4.13 主体倾斜和挠度观测应符合下列规定：

1 可采用监测体顶部及相应底部变形观测点的相对水平位移值计算主体倾斜；

2 可采用基础差异沉降推算主体倾斜值和基础的挠度；

3 直立监测体的挠度观测，工程需要时可采用正倒垂线法、电垂直梁法；

4 监测体的主体倾斜率和按差异沉降推算主体倾斜值，应按

本标准附录 E 的公式计算。按差异沉降推算基础相对倾斜值和基础挠度,应按本标准附录 F 的公式计算。

10.4.14 当监测体出现裂缝时,应根据需要进行裂缝观测,并应符合下列规定:

1 裂缝观测点,应根据裂缝的走向和长度,分别布设在裂缝的最宽处和裂缝的末端;

2 裂缝观测标志应跨裂缝安装;标志可选用镶嵌式金属标志、粘贴式金属片标志、钢尺条、坐标格网板或专用量测标志等;

3 标志安装完成后,应拍摄裂缝观测初期的照片;

4 裂缝的量测可采用比例尺、小钢尺、游标卡尺或坐标格网板等工具进行,量测应精确至 0.1mm;

5 裂缝的观测周期应根据裂缝变化速度而定。裂缝初期可每半个月观测 1 次,裂缝变化速度减缓后宜每月观测 1 次,当发现裂缝加大时,应每周或每 3 天观测 1 次,并宜持续观测。

10.4.15 全站仪自动跟踪测量的主要技术要求应符合下列规定:

1 测站应设立在基准点或工作基点上,并应采用有强制对中装置的观测台或观测墩;测站视野应开阔无遮挡,周围应设立安全警示标志;应同时具有防水、防尘设施;

2 监测体上的变形观测点宜采用观测棱镜,也可采用反射片;

3 数据通信宜采用光缆、专用数据电缆通信,也可采用无线网络通信;

4 作业前,应将自动观测成果与人工测量成果进行比对,应在自动观测成果满足要求后,再进行自动监测;

5 测站和数据终端设备应具备有不间断电源;

6 数据处理软件应具有观测数据自动检核,超限数据自动处理,不合格数据自动重测,观测目标被遮挡时可自动延时观测以及变形数据自动处理、分析、预报和预警等功能。

10.4.16 当采用摄影测量方法时,应符合下列规定:

1 应根据监测体的变形特点、监测规模和精度要求选用作业方法,可采用时间基线视差法、立体摄影测量方法或实时数字摄影测量方法等;

2 监测点标志可采用十字形或同心圆形,标志的颜色应与背景的颜色色差分明,可采用黑、白、黄色或两色相间;

3 像控点应布设在监测体的四周;当监测体的景深较深时,应在景深范围内均匀布设;像控点的点位精度不宜低于监测体监测精度的 $1/3$;当采用直接线性变换法解算待定点时,一个像对的控制点宜布设 6 个~9 个;当采用时间基线视差法时,一个像对宜布设 4 个以上控制点;

4 对规模较大的监测项目,宜进行监测方案专门设计;可采用多标志、多摄站、多相片及多量测的方法进行;

5 摄影站应设置在带有强制归心装置的观测墩上;对于长方形的监测体,摄影站宜布设在与物体长轴相平行的一条直线上,并使摄影主光轴垂直于被摄物体的主立面;对于圆柱形监测体,摄影站可均匀布设在与物体中轴线等距的周围;

6 多像对摄影时,应布设像对间起连接作用的标志点;

7 变形摄影测量的其他技术要求应符合现行国家标准《工程摄影测量规范》GB 50167 的有关规定。

10.4.17 当采用卫星定位实时动态测量方法时,主要技术要求应符合下列规定:

1 应设立永久性参考站作为变形监测的基准点,并应建立实时监控中心;

2 参考站应设立在变形区之外,对空开阔,无高度角超过 10° 的障碍物,无反射导航定位卫星信号的大面积水域或大型玻璃幕墙建(构)筑物等,无高压线、电视台、无线电发射站、微波站等干扰源;

3 流动站的接收天线应永久设置在监测体的变形观测点上,并应采取保护措施;接收天线的周围无高度角超过 10° 的障碍物;变形观测点的数目应根据具体的监测项目和监测体的结构布设;

有效观测卫星数不应少于 5 颗, 并应采用固定解成果;

4 数据通信可根据工程需要采用光缆或专用数据电缆通信, 也可采用无线通信网络传输数据。

10.4.18 应力、应变监测的主要技术要求应符合下列规定:

1 监测点应根据设计要求和工程需要综合布设;

2 传感器的强度应满足使用环境的要求, 应具有抗腐蚀性、耐久性、抗震和抗冲击性能; 传感器的量程宜为设计最大压力的 1.2 倍, 精度应满足工程监控的要求; 连接电缆应采用耐酸碱、防水、绝缘的专用电缆;

3 传感器埋设前, 应进行密封性检验、力学性能检验和温度性能检验, 应在满足要求后使用;

4 传感器埋设的回填土应夯实, 承压面应与受力方向垂直; 连接电缆应进行编号;

5 传感器埋设达到初始状态后, 应测定静态初始值;

6 应力、应变的数据采集宜自动化, 监测周期宜与变形监测周期同步。

10.4.19 地基雷达干涉测量设备用于变形监测, 应符合下列规定:

1 作业前, 应分析项目变形特点, 预估变形速率, 确定监测特性和监测周期, 选用具有相应参数的雷达设备, 搭建监测平台。

2 地基雷达干涉测量作业应符合下列规定:

1) 应以雷达波束中心线为参考设计雷达测量视角, 并将主要监测目标置于雷达波束最优辐射区域内, 目标主变形方向和雷达视线夹角不宜超过 60° ;

2) 雷达设备启动后应进行预热, 并应舍弃初始 5 景~10 景影像;

3) 应选择雷达波束辐射范围内稳定区域作为主要变形区域变形计算的参考基准;

4) 测区目标应具有后向散射能力; 当回波信号强度整体较弱时, 可布设人工角反射器等协作目标, 角反射器大小应

根据雷达分辨能力综合确定；

5) 连续性准实时变形监测系统设计时, 应加快高相干点目标选取和干涉处理的速度。

3 分析处理影像数据提取变形时应符合下列规定：

1) 数据处理与变形计算应基于稳定的高相干点目标进行, 并应剔除虚假信号像元、低相干点目标像元；

2) 连续性变形监测数据后处理可采用时域相位差分方式计算变形序列；周期性变形监测数据后处理可将各周期影像之间构成干涉对, 采用差分干涉处理或时序分析思路提取变形序列；

3) 地基雷达变形测量数据应借助外部地形数据进行唯一的地理编码、坐标变换和变形投影, 恢复像元的三维位置；

4) 应分析改正环境因素对雷达影像数据的影响；根据测区纵横跨度大小, 可利用参考点采用距离的一元改正模型进行环境改正；也可采用多元改正模型或结合精细的气象模型进行环境改正；采用多元改正模型时, 应在监测过程中同时采集气象参数；

5) 预先确定主变形方向后, 可将雷达视线向变形分量成果转换计算至主变形方向上。

4 地基雷达干涉测量作业还应符合下列规定：

1) 观测时段应避免雷电、降雨和降雪等恶劣天气及强电磁场干扰, 并应防止设备曝晒；

2) 监测基础平台应避免震动, 设备应连续供电, 作业过程中应排除人员走动等干扰；

3) 设备应连续供电, 连续性变形监测应确保设备稳定持续的采集影像, 因断电、人为调整或故障等原因导致影像采集中断的, 中断后应重新开始影像采集；

4) 对周期性变形监测, 在每个监测周期内应连续稳定采集多景影像；

5) 准实时变形监测应搭建能够实时传输和管理数据的网络数据库管理系统, 并应配套准实时处理和分析雷达影像数据的软件平台。

10.4.20 光纤光栅传感器技术用于变形监测应符合下列规定:

1 传感器宜安置在监测体表面变形敏感区域, 也可埋设在监测体内部; 传感器的量测方向应与监测体的变形方向一致; 传感器的量程宜为预计最大变形值的 1.2 倍;

2 安置光纤光栅解调器应与传感器和计算机连接; 光缆连接应满足设计要求, 并应采取保护措施, 不得折损;

3 解调器不宜满负荷工作, 应预留多个的传感器接口;

4 宜使用固定 IP 地址网络服务器传输数据。

10.5 工业与民用建筑变形监测

10.5.1 工业与民用建筑变形监测项目应根据工程需要按表 10.5.1 选择。

表 10.5.1 工业与民用建筑变形监测项目

项 目		主要监测内容		备 注
场地		垂直位移		建筑施工前
基坑	支护边坡	不降水	垂直位移	回填前
			水平位移	
			深层水平位移	
	降水	降水	垂直位移	降水期
			水平位移	
			地下水位	
			深层水平位移	
地基	基坑回弹		基坑开挖期	
	分层地基土沉降		主体施工期、竣工初期	
	地下水位		降水期	

续表 10.5.1

项 目		主要监测内容	备 注
建筑物	基础变形	基础沉降	主体施工期、竣工初期
		基础倾斜	
	主体变形	水平位移	竣工初期
		主体倾斜	
		建筑裂缝	发现裂缝初期
		日照变形	竣工后

10.5.2 拟建建筑场地的沉降观测应在建筑施工前进行。变形观测可采用四等监测精度,点位间距宜为 30m~50m。

10.5.3 基坑的变形监测应符合下列规定:

1 基坑变形监测的精度不宜低于三等;

2 变形观测点的点位应根据工程规模、基坑深度、支护结构和支护设计要求综合布设;普通建筑基坑,变形观测点点位宜布设在基坑的顶部周边,点位间距宜为 10m~20m;危险性较大的基坑,变形观测点点位宜布设在基坑侧壁的顶部和中部;变形敏感的部位,还应加测断面或埋设应力和位移传感器;

3 水平位移监测可采用极坐标法、交会法等,垂直位移监测可采用水准测量方法、电磁波测距三角高程测量方法等;

4 基坑变形监测周期应根据施工进度确定;当开挖速度或降水速度加快引起变形速率增大时,应增加观测次数至每周或每 3 天观测 1 次;当变形量接近预警值或有事故征兆时,应持续观测;

5 基坑开始开挖至回填结束前或在基坑降水期间,还应对基坑边缘外围 1 倍~2 倍基坑深度范围内或受影响的区域内的建(构)筑物、地下管线、道路、地面等进行变形监测。

10.5.4 对有基坑回弹监测要求的建(构)筑物基坑,应根据需要或设计要求进行基坑回弹观测,并应符合下列规定:

1 回弹变形观测点宜布设在基坑的中心和基坑中心的纵横