

附：

工程测量规范

GB 50026—93

第一章 总 则

第 1.0.1 条 为了统一工程测量的技术要求，及时、准确地为工程建设提供正确的测绘资料，保证其成果、成图的质量符合各个测绘阶段的要求，适应工程建设发展的需要，制定本规范。

第 1.0.2 条 本规范适用于城镇、工矿企业、交通运输和能源等工程建设的勘察、设计、施工以及生产（运营）阶段的通用性测绘工作。其内容包括控制测量、采用非摄影测量方法的 1:500 ~ 1:5000 比例尺测图、线路测量、绘图与复制、施工测量、竣工总图编绘与实测和变形测量。

对于测图面积大于 50km^2 的 1:5000 比例尺地形图，在满足工程建设对测图精度要求的条件下，宜按国家测绘局颁发的现行有关规范执行。

第 1.0.3 条 工程测量作业前，应了解委托方对测绘工作的技术要求，进行现场踏勘，并应搜集、分析和利用已有合格资料，制定经济合理的技术方案，编写技术设计书或勘察纲要。工程进行中，应加强内、外业的质量检查。工程收尾，应进行检查验收，做好资料整理、工程技术报告书或说明书的编写工作。

第 1.0.4 条 对测绘仪器、工具，必须做到及时检查校正，加强维护保养、定期检修。

第 1.0.5 条 工程测量应以中误差作为衡量测绘精度的标准，二倍中误差作为极限误差。

第 1.0.6 条 对于精度要求较高的工程，当多余观测数小于 20 时，宜选用一定的置信概率，采用中误差的区间估计，再结合观测条件评定观测精度。

第 1.0.7 条 各类工程的测量工作，除应按本规范执行外，尚应符合国家现行有关标准的规定。

第二章 平面控制测量

第一节 一般规定

第 2.1.1 条 平面控制网的布设，应因地制宜，既从当前需要出发，又适当考虑发

展。

平面控制网的建立可采用三角测量、导线测量和三边测量等方法，对某些特殊工程可采用边角网的测量方法。

平面控制网的等级划分，三角测量、三边测量依次为二、三、四等和一、二级小三角、小三边；导线测量依次为三、四等和一、二、三级。各等级的采用，根据工程需要，均可作为测区的首级控制。

在满足本规范的精度指标的情况下，可越等级布设或同等级扩展。

第 2.1.2 条 平面控制网的坐标系统，应在满足测区内投影长度变形值不大于 2.5cm/km 的要求下，作下列选择：

一、采用统一的高斯正形投影 3°带平面直角坐标系；

二、采用高斯正形投影 3°带或任意带平面直角坐标系，投影面可采用 1985 年国家高程基准、测区抵偿高程面或测区平均高程面；

三、小测区可采用简易方法定向，建立独立坐标系；

四、在已有平面控制网的地区，可沿用原有的坐标系；

五、厂区内可采用建筑坐标系。

(I) 三角测量的主要技术要求

第 2.1.3 条 三角测量的主要技术要求，应符合表 2.1.3 的规定。

表 2.1.3 三角测量的主要技术要求

等级		平均边长 (km)	测 角 中误差 (")	起始边边长 相对中误差	最弱边边长 相对中误差	测回数			三角形最 大闭合差 (")
						DJ ₁	DJ ₂	DJ ₆	
二等		9	1	≤1/250000	≤1/120000	12	—	—	3.5
三等	首级	4.5	1.8	≤1/150000	≤1/70000	6	9	—	7
	加密			≤1/120000					
四等	首级	2	2.5	≤1/100000	≤1/40000	4	6	—	9
	加密			≤1/70000					
一级小三角		1	5	≤1/40000	≤1/20000	—	2	4	15
二级小三角		0.5	10	≤1/20000	≤1/10000	—	1	2	30

注：①本规范表格、公式及条文叙述中的中误差、闭合差、限差及较差均为正负值；

②当测区测图的最大比例尺为 1:1000 时，一、二级小三角的边长可适当放长，但最大长度不应大于表中规定的 2 倍。

第 2.1.4 条 三角测量的网（锁）布设，应符合下列要求：

一、各等级的首级控制网，宜布设为近似等边三角形的网（锁）。其三角形的内角不应小于 30°；当受地形限制时，个别角可放宽，但不应小于 25°。

二、加密的控制网，可采用插网、线形网或插点等形式。各等级的插点宜采用坚强图形布设。当受条件限制时，单插点对于三等点应有不少于 6 个内外交会方向，其中外交会方向至少应有两个交角为 $6^{\circ}0' \sim 120^{\circ}$ ；四等点应有不少于 5 个内外交会方向，当图形欠佳时，其中至少应有外交会方向。双插点的交会方向数应为上述规定的 2 倍，但其中不应包括两待定点间的对向观测方向。当采用边角联合交会时，多余观测数必须与上述各等级插点规定相同。一、二级小三角插点的内外交会方向数不应少于 4 个或外交会方向数不应少于 3 个。

三、一、二级小三角的布设，可采用线形锁。线形锁的布设，宜近于直伸。狭长地区布设一条线形锁时，按传距角计算的图形强度的总和值，应以对数六位取值，并不得小于 60。

(II) 导线测量的主要技术要求

第 2.1.5 条 导线测量的主要技术要求，应符合表 2.1.5 的规定。

表 2.1.5 导线测量的主要技术要求

等级	导线平均长度 (km)	测 边长 (km)	测 角中误差 (")	测距中误差 (mm)	测距相对中误差	测距数			方位角 闭合差 (")	相 对 闭合差
						DJ ₁	DJ ₂	DJ ₆		
三等	14	3	1.8	20	$\leq 1/150000$	6	10	—	$3.6 \sqrt{n}$	$\leq 1/55000$
四等	9	1.5	2.5	18	$\leq 1/80000$	4	6	—	$5 \sqrt{n}$	$\leq 1/35000$
一级	4	0.5	5	15	$\leq 1/30000$	—	2	4	$10 \sqrt{n}$	$\leq 1/15000$
二级	2.4	0.25	8	15	$\leq 1/14000$	—	1	3	$16 \sqrt{n}$	$\leq 1/10000$
三级	1.2	0.1	12	15	$\leq 1/7000$	—	1	2	$24 \sqrt{n}$	$\leq 1/5000$

注：①表中 n 为测站数；
②当测区测图的最大比例尺为 1:1000 时，一、二、三级导线的平均边长及总长可适当放长，但最大长度不应大于表中规定的 2 倍。

第 2.1.6 条 当导线平均边长较短时，应控制导线边数，但不得超过表 2.1.5 相应等级导线长度和平均边长算得的边数；当导线长度小于表 2.1.5 规定长度的 1/3 时，导线全长的绝对闭合差不应大于 13cm。

第 2.1.7 条 导线宜布设成直伸形状，相邻边长不宜相差过大。当附和导线长度超过规定时，应布设成结点网形。结点与结点、结点与高级点之间的导线长度，不应大于本规范第 2.1.5 条中规定长度的 0.7 倍。

当导线网用作首级控制时，应布设成环形网，网内不同环节上的点不宜相距过近。

(III) 三边测量的主要技术要求

第 2.1.8 条 各等级三边网的起始边至最远边之间的三角形个数不宜多于 10 个。

三边测量主要技术要求，应符合表 2.1.8 的规定。

表 2.1.8 三边测量的主要技术要求

等级	平均边长（km）	测距中误差（mm）	测距相对中误差
二等	9	36	$\leq 1/250000$
三等	4.5	30	$\leq 1/150000$
四等	2	20	$\leq 1/100000$
一级小 三 边	1	25	$\leq 1/40000$
二级小 三 边	0.5	25	$\leq 1/20000$

第 2.1.9 条 各等级三边网的边长宜近似相等，其组成的各内角宜为 $30^{\circ} \sim 100^{\circ}$ 。当受条件限制时，个别角可放宽，但不应小于 25° ；当图形欠佳时，应增测对角线边。

第 2.1.10 条 四等以上的三边网，宜在网中选择接近 100° 的角，以相应等级三角测量的测角精度进行观测作为检核。其检核的限差，应符合本规范第 2.5.4 条的规定。

第 2.1.11 条 当以测边方法进行交会插点时，至少应有一个多余观测，根据多余观测与必要观测算得的纵、横坐标差值，不应大于 3.5cm。

第二节 设计、选点 造标与埋石

第 2.2.1 条 测区首级控制网的布设，应在搜集和了解有关资料的基础上，采用野外踏勘和图上设计相结合的方法，制定出合理可行的方案。当与国家点联测时，应同时考虑联测方案。

有特殊要求的工程控制网，应进行控制网的优化设计。当设计重要且复杂的控制网时，宜考虑起始数据误差的影响，在完整的误差分析的基础上，进行整体及各级网的精度优化设计。

第 2.2.2 条 当在设计和选点时，宜利用已有点位，并使所选点位构成良好的图形。

第 2.2.3 条 控制点位的选定，应符合下列要求：

一、相邻点之间应通视良好，其视线距障碍物的距离，角网二等不宜小于 2m；三和四等不宜小于 1.5m；一级及一级以下，宜保证便于观测，以不受旁折光等影响为原则；

二、测距边位置的选择，应满足相应测距方法对地形等因素的要求。当采用电磁波测距时，其测距边选择应遵守本规范第 2.4.4 条的规定；

三、觐标的高度应合理，作业应安全；

四、控制点应便于长期保存、加密、扩展和寻找。

第 2.2.4 条 二、三等控制点应建造觐标；四等控制点可视需要而定。觐标可因地

制宜地选用钢标、木标或混凝土标等。所建的觐标，应符合下列要求：

一、标形端正，标架稳固；
二、标柱的中心、仪器台的中心，宜与标石的中心位于同一铅垂线上，其偏差不应大于 10cm；

三、标柱距离测站仪器的观测视线：二等点应大于 20cm，三、四等点应大于 10cm。

第 2.2.5 条 二、三等点应埋设柱石和盘石，两层标石中心的最大偏差，不应超过 3mm；四等以下的各级控制点，可不埋设盘石；一、二、三级导线点，位于铺装路面上的部分，可采用其他能长期保存、稳定的标志代替埋设标石、标志，标石的埋设规格应按本规范附录二执行。

二、三、四等控制点应绘制点之记，其他控制点可视需要而定。

第三节 水平角观测

第 2.3.1 条 水平角观测所用的光学经纬仪，在作业前，应进行下列项目的检验：

一、照准部旋转轴正确，各位置气泡读数较差，DJ₁ 型仪器不应超过二格，DJ₂ 型仪器不应超过一格；

二、光学测微器行差及隙动差，DJ₁ 型仪器不应大于 1″，DJ₂ 型仪器不应大于 2″；

三、水平轴不垂直于垂直轴之差，DJ₁ 型仪器不应超过 10″，DJ₂ 型仪器不应超过 15″；

四、垂直微动螺旋使用时，视准轴在水平方向上不产生偏移；

五、仪器的底部在照准部旋转时，无明显位移；

六、光学对点器的对中误差，不应大于 1mm。

第 2.3.2 条 水平角观测前或观测后，应测定归心元素。测定时，投影示误三角形的最长边，对于标石、仪器中心的投影不应大于 5mm；对于照准圆筒中心的投影不应大于 10mm。投影完毕后，除标石中心外，其他各投影中心均应描绘两个观测方向。角度元素应量至 15′，长度元素应量至 1mm。

第 2.3.3 条 水平角观测宜采用方向观测法。当方向数不多于 3 个时，可不归零。各测回间度盘和测微器位置的变换，应按本规范附录三执行。

二等三角点水平角观测可采用全组合测角法。

第 2.3.4 条 当测站的方向总数超过 6 个时，可进行分组观测。分组观测应包括两个共同方向（其中一个为共同零方向）。其两组观测角值之差，不应大于同等级测角中误差的 2 倍。分组观测的最后结果，应按等权分组观测进行测站平差。

第 2.3.5 条 水平角观测过程中，气泡中心位置偏离整置中心不宜超过 1 格。四等以上的水平角观测，当观测方向的垂直角超过 $\pm 3^\circ$ 的范围时，宜在测回间重新整置气泡位置。

第 2.3.6 条 水平角方向观测法的技术要求，不应超过表 2.3.6 的规定。

第 2.3.7 条 四等以上导线水平角的观测，应在观测总测回中以奇数测回和偶数测回分别观测导线前进方向的左角和右角。左角平均值与右角平均值之和，应等于 360° ，其误差值不应大于测角中误差的 2 倍。

表 2.3.6 水平角方向观测法的技术要求

等级	仪器型号	光学测微器 两次重合读数之差 (″)	半测回归零差 (″)	一测回中 2 倍 照准差 变动范围 (″)	同一方向值 各测回较差 (″)
四等级 以 上	DJ ₁	1	6	9	6
	DJ ₂	3	8	13	9
一级及 以 下	DJ ₂	—	12	18	12
	DJ ₆	—	18	—	24

注：①当观测方向的垂直角超过 ± 3°的范围时，该方向 2 倍照准差的变动范围，可按相邻测回同方向进行比较；
②高山地区二、三等三角网点的水平角观测，当垂线偏差和垂直角较大时，其水平方向观测值应进行垂线偏差的修正。

第 2.3.8 条水平角观测误差超限时，应在原来度盘位置上进行重测，并应符合下列规定：

- 一、2 倍照准差变动范围或各测回较差超限时，应重测超限方向，并联测零方向；
- 二、下半测回归零差或零方向的 2 倍照准差变动范围超限时，应重测该测回；
- 三、若一测回中重测方向数超过总方向数的 1/3 时，应重测该测回。当重测的测回数超过总测回数的 1/3 时，应重测该站。

第 2.3.9 条 首级控制网定向时，方位角传递宜联测 2 个已知方向。其水平角观测应按首级网的有关规定执行。

第 2.3.10 条 水平角观测结束后，测角中误差，应按下列公式计算：

一、三角网测角中误差：

$$m_{\beta} = \sqrt{\frac{[WW]}{3n}}$$

(2.3.10 - 1)

式中 m_{β} ——测角中误差 (″)；
 W ——三角形闭合差 (″)；
 n ——三角形的个数。

二、导线（网）测角中误差：

$$m_{\beta} = \sqrt{\frac{1}{N} \left[\frac{f_{\beta} f_{\beta}}{n} \right]}$$

(2.3.10 - 2)

式中 f_{β} ——附和导线或闭合导线环的方位角闭合差 (″)；
 n ——计算 f_{β} 时的测站数；
 N ——附和导线或闭合导线环的个数。

第四节 距离测量

(I) 电磁波测距

第 2.4.1 条 本节电磁波测距各项指标适用于中、短程红外测距仪。中、短程的划

分，短程为 3km 以下；中程为 3 ~ 15km。

第 2.4.2 条 电磁波测距仪按标称精度分级，其级别的划分，应符合下列规定：

一、仪器的标称精度表达式为：

$$m_D = (a + b \cdot D) \quad (2.4.2)$$

式中 m_D ——测距中误差 (mm)；

a ——标称精度中的固定误差 (mm)；

b ——标称精度中的比例误差系数 (mm/km)；

D ——测距长度 (km)。

二、当测距长度为 1km 时，仪器精度分别为：

I 级： $|m_D| \leq 5$ ；

II 级： $5 < |m_D| \leq 10$ ；

III 级： $10 < |m_D| \leq 20$ 。

第 2.4.3 条 电磁波测距仪及辅助工具的检校，应符合下列规定：

一、新购置的仪器或大修后，应进行全面检校；

二、测距使用的气象仪表，应送气象部门按有关规定检测。

当在高海拔地区使用空盒气压计时，宜送当地气象台（站）校准。

第 2.4.4 条 选择测距边，应符合下列要求：

一、测距边宜选在地面覆盖物相同的地段，不宜选在烟囱、散热塔、散热池等发热体的上空；

二、测线上不应有树枝、电线等障碍物，四等及以上的测线，应离开地面或障碍物 1.3m 以上；

三、测线应避开高压线等强电磁场的干扰；

四、测距边的测线倾角不宜太大。

第 2.4.5 条 测距的作业，应符合下列要求：

一、测边时应在成像清晰和气象条件稳定时进行，雨、雪和大风天气不宜作业，不宜顺光、逆光观测，严禁将仪器照准头对准太阳；

二、当反光镜背景方向有反射物时，应在反光镜后方遮上黑布；

三、测距过程中，当视线被遮挡出现粗差时，应重新启动测量；

四、当观测数据超限时，应重测整个测回。当观测数据出现分群时，应分析原因，采取相应措施重新观测；

五、温度计宜采用通风干湿温度计，气压表宜选用高原型空盒气压表；

六、当测四等及以上的边时，应量取两端点的测边始末的气象数据，计算时应取平均值。

测量温度时应量取空气温度。通风干湿温度计，应悬挂在离开地面和人体 1.5m 以外的地方，其读数取值精确至 0.2℃。

气压表应置平，指针不应滞阻，其读数取值精确至 50Pa；

七、当测距边用三角高程测定的高差进行倾斜修正时，垂直角的观测和对向观测较差要求，可按本规范第 3.3.4 条中五等三角高程测量的有关规定放宽 1 倍执行。

- 八、当测高精度边或长边时，应符合下列规定：
- 1. 宜选在日出后 1 小时左右或日落前 1 小时左右的时间内观测；
 - 2. 宜采用“电照准”；
 - 3. 应在启动仪器 3min 后观测。

第 2.4.6 条 测距的主要技术要求，应符合表 2.4.6 的规定。

表 2.4.6 测距的主要技术要求

平面控制网等级	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
		往	返				
二、三等	I	1	1	6	≤5	≤7	≤2 (a + b·D)
	II			8	≤10	≤15	
四等	I	1	1	4 ~ 6	≤5	≤7	
	II			4 ~ 8	≤10	≤15	
一级	II	1	-	2	≤10	≤15	
	III			4	≤20	≤30	
二、三级	II	1	-	1 ~ 2	≤10	≤15	
	III			2	≤20	≤30	

注：①测回是指照准目标一次，读数 2~4 次的过程；
②根据具体情况，测边可采取不同时间段观测代替往返观测。

- 第 2.4.7 条 测距边的水平距离计算，应符合下列要求：
- 一、气象改正，应按所给定的图表或公式进行；
 - 二、加、乘常数的改正，应根据仪器检测结果进行；
 - 三、测距仪与反光镜的平均高程面上的水平距离，应按下式计算：

$$D_p = \sqrt{S^2 - h^2} \tag{2.4.7}$$

式中 D_p ——水平距离 (m)；
 S ——经气象及加、乘常数等改正后的斜距 (m)；
 h ——仪器与反光镜之间的高差 (m)。

- 第 2.4.8 条 测距边的精度评定，应按下列公式计算：
- 一、单位权中误差：

$$\mu = \sqrt{\frac{[Pdd]}{2n}} \tag{2.4.8-1}$$

式中 μ ——单位权中误差 (mm)；
 d ——各边往、返距离的较差 (mm)；

n——测距的边数；

p——各边距离测量的先验权，其值为 $\frac{1}{\sigma_D^2}$ ， σ_D 为测距的先验中误差，可按测距仪的标称精度计算。

二、任一边的实际测距中误差：

$$m_{Di} = \mu \sqrt{\frac{1}{P_i}} \tag{2.4.8-2}$$

式中 m_{Di} ——第 i 边的实际测距中误差（mm）；

P_i ——第 i 边距离测量的先验权。

当网中的边长相差不大时，可按下式计算平均测距中误差：

$$m_{Di} = \sqrt{\frac{[dd]}{2n}} \tag{2.4.8-3}$$

式中 m_{Di} ——平均测距中误差（mm）。

（Ⅱ）因瓦尺、普通钢尺和 2m 横基尺视差法测距

第 2.4.9 条 采用因瓦尺测距的主要技术要求，应符合表 2.4.9 的规定。

第 2.4.10 条 普通钢尺测距的主要技术要求，应符合表 2.4.10 的规定。

表 2.4.9 因瓦尺测距的主要技术要求

相 对 中误差	作 业 次 数	丈 量 总 次 数	定 线 最 大 偏 差 (mm)	尺 段 高 差 较 差 (mm)	读 定 次 数	估 读 值 至 (mm)	温 度 读 数 值 至 (℃)	同 尺 各 次 或 同 段 各 尺 的 较 差 (mm)	成 果 取 值 精 确 至 (mm)	经 各 项 修 正 后 , 各 次 或 各 尺 全 长 较 差 (mm)
1/300000	2~3	4~6	≤20	≤3	3	0.1	0.5	≤0.3	0.1	≤5√S
1/200000	2	4	≤25	≤3	3	0.1	0.5	≤0.3	0.1	≤8√S
1/100000	1~2	2~4	≤30	≤5	3	0.1	0.5	≤0.5	1.0	≤10√S

注：S 为测距长度（km）。

表 2.4.10 普通钢尺测距的主要技术要求

边长丈量 较差相对 误差	作 业 尺 数	丈 量 总 次 数	定线最 大偏差 (mm)	尺段高 差较差 (mm)	读定 次数	估读 值至 (mm)	温度读 数值至 (℃)	同尺各次 或同段各 尺的较差 (mm)
1/30000	2	4	50	≤5	3	0.5	0.5	≤2

边长丈量 较差相对 误差	作业 尺数	丈量 总次数	定线最 大偏差 (mm)	尺段高 差较差 (mm)	读定 次数	估读 值至 (mm)	温度读 数值至 (℃)	同尺各次 或同段各 尺的较差 (mm)
1/20000	1 ~ 2	2	50	≤ 10	3	0.5	0.5	≤ 2
1/10000	1 ~ 2	2	70	≤ 10	2	0.5	0.5	≤ 3

注：当检定钢尺时，其丈量的相对误差不应大于 1/100000。

第 2.4.11 条 2m 横基尺视差法测距的主要技术要求，应符合表 2.4.11 的规定。

表 2.4.11 2m 横基尺视差法测距的主要技术要求

单个视差图形测 距相对中误差	测距长度 (mm)	视差角测角中误差 (″)	测角方法及限差
1/8000	50	1	视差角以 DJ ₂ 型仪器，在同竖 盘位置观测 6 次，其角值较 差不得超过 5″
1/5000	70	1	

注：①当边长大于上表规定时，应分段测量；
②尺长检定中误差不应超过 0.04mm，加常数检定中误差不应超过 0.2mm，DJ₂ 型仪器测微器
的行差大于 1″时，应加行差修正。

第五节 内业计算

第 2.5.1 条 计算所用的外业手簿及起算数据，均应经检查核对后才能使用。当使用电子记簿器时，打印输出的主要项目应与手记相同，存贮在记簿器内的各项限差应打印附在记录中。

第 2.5.2 条 一级及以上平面控制网的计算，应采用严密平差法；二级及以下平面控制网，可根据需要采用严密或简化方法平差。当采用简化方法平差时，应以平差后坐标反算的角度和边长作为成果。

第 2.5.3 条 三角网条件方程式自由项的限值，应按下列公式计算：

一、极条件自由项的限值。

1. 对数形式：

$$W_j = 2m''_{\beta} \sqrt{\sum \delta^2}$$

(2.5.3 - 1)

2. 真数形式：

$$W_j = 2 \frac{m''_{\beta}}{\rho''} \sqrt{\sum \text{ctg}^2 \beta}$$

(2.5.3 - 2)

式中 W_j——极条件自由项的限值；

m''_{β} ——相应等级的测角中误差 (");

δ ——求距角正弦对数一秒表差;

β ——求距角 ($^{\circ}$);

二、边 (基线) 条件自由项的限值。

1. 对数形式:

$$W_b = 2 \sqrt{m''_{\beta}{}^2 \sum \delta^2 + m^2 \lg S_1 + m^2 \lg S_2} \quad (2.5.3-3)$$

2. 真数形式:

$$W_b = 2 \sqrt{\frac{m''_{\beta}{}^2}{\rho''^2} \sum \operatorname{ctg}^2 \beta + \left(\frac{m_{S_1}}{S_1} \right) + \left(\frac{m_{S_2}}{S_2} \right)^2} \quad (2.5.3-4)$$

式中 W_b ——边 (基线) 条件自由项的限值;

$\frac{m_{S_1}}{S_1}$ 、 $\frac{m_{S_2}}{S_2}$ ——起始边边长相对中误差;

$m \lg S_1$ 、 $m \lg S_2$ ——起始边边长对数中误差。

三、方位角条件的自由项的限值。

$$W_f = 2 \sqrt{m''_{a_1}{}^2 + m''_{a_2}{}^2 + n m''_{\beta}{}^2} \quad (2.5.3-5)$$

式中 W_f ——方位角条件的自由项的限值 (");

m''_{a_1} 、 m''_{a_2} ——起始方位角中误差 (");

n ——推算路线所经过的测站数。

四、固定角自由项的限值。

$$W_g = 2 \sqrt{m''_g{}^2 + m''_{\beta}{}^2} \quad (2.5.3-6)$$

式中 W_g ——固定角自由项的限值 (");

m''_g ——固定角的角度中误差 (");

第 2.5.4 条 三边测量的检核项目和限差, 应符合下列规定:

一、三角形中观测的一个角度与由观测边长根据各边平均测距相对中误差计算所得的角值限差, 应按下式进行检核:

$$W''_r = 2 \sqrt{2 \left(\frac{m_D}{D} \rho'' \right)^2 (\operatorname{ctg}^2 \alpha + \operatorname{ctg}^2 \beta + \operatorname{ctg} \alpha \operatorname{ctg} \beta) + m''_{\beta}{}^2} \quad (2.5.4-1)$$

式中 W''_r ——观测角与计算角的角值限差 (");

$\frac{m_D}{D}$ ——各边平均测距相对中误差;

α 、 β ——除观测角外的另两个角度 ($^{\circ}$);

m''_{β} ——相应等级的测角中误差 (");

二、三边网角条件自由项的限值, 应按下式计算:

$$W_z = 2 \rho'' \frac{m_D}{D} \sqrt{\sum \alpha^2 w + \sum \alpha_i^2} \quad (2.5.4-2)$$

$$a_w = \operatorname{ctg}\alpha_i + \operatorname{ctg}\beta_i \quad (2.5.4-3)$$

$$a_i = \operatorname{ctga}_i \pm \operatorname{ctg}\beta_{i-1} \quad (2.5.4-4)$$

式中 W_z ——三边网角条件自由项的限值 (");

a_w ——与极点相对的外围边两端的两底的余切函数之和;

a_i ——中点多边形中与极点相连的辐射边两侧的相邻底角的余切函数之和; 四边多边形中内辐射边两侧的相邻底角的余切函数之和以及外侧的两辐射边的相邻底角的余切函数之差;

i ——三角形编号。

第 2.5.5 条 测距长度的归化投影计算, 应符合下列规定:

一、归算到测区平均高程面上的测距边长度, 应按下式计算:

$$D = D'_0 \left(1 + \frac{H_p - H_m}{R_A} \right) \quad (2.5.5-1)$$

式中 D ——测区平均高程面上的测距边长度 (m);

D'_0 ——测距两端点的平均高程面的水平距 (m);

H_p ——测区的平均高程 (m);

H_m ——测距两端的平均高程 (m);

R_A ——参考椭球体在测距边方向法截弧的曲率半径 (m)。

二、归算到参考椭球面上的测距边长度, 应按下式计算:

$$D_i = D'_0 \left(1 - \frac{H_m + h_m}{R_A + H_m + h_m} \right) \quad (2.5.5-2)$$

式中 D_i ——归算到参考椭球面上的测距边长度 (m);

h_m ——测区大地水准面高出参考椭球面的高差 (m), 当测区大地水准面高出参考椭球面的高差 h_m 大于 3m 时, 二等三角网的起算边和三边网的测距边, 应将其归算到参考椭球面上。

三、测距边在高斯投影面上的长度, 应按下式计算:

$$D_2 = D_1 \left(1 + \frac{y_m^2}{2R_m^2} + \frac{\Delta y^2}{24R_m^2} \right) \quad (2.5.5-3)$$

式中 D_2 ——测距边在高斯投影面上的长度 (m);

y_m ——测距边两端点横坐标的平均值 (m);

R_m ——测距边中点的平均曲率半径 (m);

Δy ——测距边两端点近似横坐标的增量 (m)。

第 2.5.6 条 导线网、边角网平差时, 先验中误差 m_{β} 及 m_D , 应按本规范第 2.3.10 条、第 2.4.8 条中的方法计算, 也可用数理统计等方法求得的经验公式估算先验中误差的值, 并用以计算角度及边长的权。

第 2.5.7 条 电子计算机平差计算所使用的程序, 在投产前应对其所采用的数学模型、计算精度、必要的输出项目等进行审定, 充分考核, 并经主管部门鉴定。平差计算时, 对输入数据应进行仔细校对, 对计算的结果亦应进行检查。打印输出的平差成果,

应列有起算数据、观测数据以及必要的中间数据。

第 2.5.8 条 平差后的精度评定，应包含有单位权中误差、相对点位误差椭圆参数、最弱相邻点点位中误差或最弱边的边长中误差等。当采用简化平差时，平差后的精度评定，可作相应简化。

第 2.5.9 条 内业计算中数字取值精度的要求，应符合表 2.5.9 的规定。

表 2.5.9 内业计算中数字取值精度的要求

等级	观测方向值 及各项修正 数 (″)	边长观测值 及各项修正 数 (m)	函数 位数	边长与坐标 (m)	方位角 (″)
二等	0.01	0.0001	8	0.001	0.01
三、四等	0.1	0.001	7	0.001	0.1
一级及以下	1	0.001	7	0.001	1

第 2.5.10 条 内业计算结束后，应将所采用的程序名称、程序代码说明、打印成果资料，一并附在计算资料中。

第三章 高程控制测量

第一节 一般规定

第 3.1.1 条 测区的高程系统，宜采用 1985 国家高程基准。在已有高程控制网的地区进行测量时，可沿用原高程系统；当小测区联测有困难时，亦可采用假定高程系统。

第 3.1.2 条 高程控制测量，可采用水准测量和电磁波测距三角高程测量。高程控制测量等级的划分，应依次为二、三、四、五等。各等级视需要，均可作为测区的首级高程控制。

第 3.1.3 条 首级网应布设成环形网。当加密时，宜布设成附合路线或结点网。

第二节 水准测量

第 3.2.1 条 水准测量的主要技术要求，应符合表 3.2.1 的规定。

第 3.2.2 条 水准测量所使用的仪器及水准尺，应符合下列规定：

- 一、水准仪视准轴与水准管轴的夹角，DS₁ 型不应超过 15″；DS₃ 型不应超过 20″；
 - 二、水准尺上的米间隔平均长与名义长之差，对于因瓦水准尺，不应超过 0.15mm，对于双面水准尺，不应超过 0.5mm；
 - 三、二等水准测量采用补偿式自动安平水准仪时，其补偿误差 Δ_a 不应超过 0.2″。
- 第 3.2.3 条 水准点应选在土质坚硬、便于长期保存和使用方便的地点。墙水准点应选设于稳定的建筑物上，点位应便于寻找、保存和引测。

一个测区及其周围至少应有 3 个水准点。水准点间的距离，一般地区应为 1 ~ 3km，工厂区宜小于 1km。

表 3.2.1 水准测量的主要技术要求

等级	每千米高差全中误差 (mm)	路 线 长 度 (km)	水 准 仪 的 型 号	水 准 尺	观测次数		往返较差、附合或环线闭合差	
					与已知点联测	附合或环线	平地 (mm)	山地 (mm)
二等	2	—	DS ₁	因瓦	往 返 各一次	往 返 各一次	4 \sqrt{L}	—
三等	6	≤ 50	DS ₁	因瓦	往 返 各一次	往一次	12 \sqrt{L}	4 \sqrt{n}
			DS ₃	双面		往 返 各一次		
四等	10	≤ 16	DS ₃	双面	往 返 各一次	往一次	20 \sqrt{L}	6 \sqrt{n}
五等	15	—	DS ₃	单面	往 返 各一次	往一次	30 \sqrt{L}	—

注：①结点之间或结点与高级点之间，其路线的长度，不应大于表中规定的 0.7 倍；

②L 为往返测段，附合或环线的水准路线长度 (km)；n 为测站数。

第 3.2.4 条 各等级的水准点，应埋设水准标石。标志及标石的埋设规格，应按本规范附录四执行。

第 3.2.5 条 各等级的水准点，应绘制点之记，必要时设置指示桩。

第 3.2.6 条 水准观测应在标石埋设稳定后进行，其主要技术要求，应符合表 3.2.6 的规定。

表 3.2.6 水准观测的主要技术要求

等 级	水准仪的型号	视线长度 (m)	前后视较差 (m)	前后视累积差 (m)	视线离地面最低高度 (m)	基本分划、辅助分划或黑面、红面、读数较差 (mm)	基本分划、辅助分划或黑面、红面所测高差较差 (mm)
二等	DS ₁	50	1	3	0.5	0.5	0.7
三等	DS ₁	100	3	6	0.3	1.0	1.5
	DS ₃	75				2.0	3.0

等 级	水准 仪的 型号	视线 长度 (m)	前后视 较差 (m)	前后视 累积差 (m)	视线离 地面最 低高度 (m)	基本分划、辅助分划或 黑面、红面、读数较差 (mm)	基本分划、 辅助分划或黑 面、红面所测 高差较差 (mm)
四等	DS ₃	100	5	10	0.2	3.0	5.0
五等	DS ₃	100	大致相等	—	—	—	—

注：①二等水准视线长度小于 20m 时，其视线高度不应低于 0.3m；
②三、四等水准采用变动仪器高度观测单面水准尺时，所测两次高差较差，应与黑面、红面所测高差之差的要求相同。

第 3.2.7 条 两次观测高差较差超限时应重测。二等水准应选取两次异向合格的结果。当重测结果与原测结果分别比较，其较差均不超过限值时，应取三次结果的平均数。

第 3.2.8 条 水准测量的内业计算，应符合下列规定：

一、平差前每条水准路线若分测段进行施测时，应按水准路线往返测段高差较差计算，每千米水准测量的高差偶然中误差，应按下式计算：

$$M_{\Delta} = \sqrt{\frac{1}{4n} \left[\frac{\Delta\Delta}{L} \right]} \tag{3.2.8-1}$$

式中 M_{Δ} ——高差偶然中误差 (mm)；
 Δ ——水准路线测段往返高差不符值 (mm)；
 L ——水准测段长度 (km)；
 n ——往返测的水准路线测段数。

M_{Δ} 的绝对值不应超过本规范表 3.2.1 规定的各等级每千米高差全中误差的 1/2。

二、每条水准路线应按附合路线和环形闭合差计算，每千米水准测量高差全中误差，应按下式计算：

$$M_w = \sqrt{\frac{1}{N} \left[\frac{WW}{L} \right]} \tag{3.2.8-2}$$

式中 M_w ——高差全中误差 (mm)；
 W ——闭合差 (mm)；
 L ——计算各 W 时，相应的路线长度 (km)；
 N ——附合路线或闭合路线环的个数。

三、当二、三等水准测量与国家水准点附合时，高山地区除应进行正常位水准面不平行修正外，尚应进行其重力异常的归算修正。

四、各等水准网的计算，应按最小二乘法原理，采用条件观测平差或间接观测平差，并应计算每千米高差全中误差。

五、内业计算最后成果的取值：二等水准应精确至 0.1mm，三、四、五等水准应精

确至 1mm。

第三节 电磁波测距三角高程

第 3.3.1 条 三角高程控制，宜在平面控制点的基础上布设成三角高程网或高程导线。

第 3.3.2 条 四等应起迄于不低于三等水准的高程点上，五等应起迄于不低于四等的高程点上。其边长均不应超过 1km；边数不应超过 6 条。当边长不超过 0.5km 或单纯作高程控制时，边数可增加 1 倍。

第 3.3.3 条 电磁波测距三角高程测量的主要技术要求，应符合表 3.3.3 的规定。

表 3.3.3 电磁波测距三角高程测量的主要技术要求

等级	仪器	测回数		指标 差较差 (″)	垂直 角较差 (″)	对向观测 高差较差 (mm)	附和或环 形闭合差 (mm)
		三丝法	中丝法				
四等	DJ ₂	—	3	≤7	≤7	40√D	20√ΣD
五等	DJ ₂	1	2	≤10	≤10	60√D	30√ΣD

注：D 为电磁波测距边长度（km）。

第 3.3.4 条 对向观测宜在较短时间内进行。计算时，应考虑地球曲率和折光差的影响。

第 3.3.5 条 三角高程的边长的测定，应采用不低于Ⅱ级精度的测距仪。四等应采用往返各一测回；五等应采用一测回。

第 3.3.6 条 仪器高度、反射镜高度或觇牌高度，应在观测前后量测，四等应采用测杆量测，取其值精确至 1mm，当较差不大于 2mm 时，取用平均值；五等量测，其取值精确至 1mm，当较差不大于 4mm 时，取用平均值。

第 3.3.7 条 四等垂直角观测宜采用觇牌为照准目标。每照准一次，读数两次，两次读数较差不应大于 3″。

第 3.3.8 条 当内业计算时，垂直角度的取值，应精确至 0.1″；高程的取值，应精确至 1mm。

第 3.3.9 条 当采用一、二级小三角测量，在一般地区进行 1:1000~1:5000 比例尺测图的控制时，可采用经纬仪三角高程，其施测的主要技术要求，可按本规范第 3.3.3 条五等的有关规定执行。

第四章 地形测量

第一节 一般规定

第 4.1.1 条 测图的比例尺根据工程性质、设计阶段和规模大小，可按表 4.1.1 选

用。

表 4.1.1 测图比例尺的选用

比例尺	用 途
1:5000	可行性研究、总体规划、厂址选择、初步设计等
1:2000	可行性研究、初步设计、矿山总图管理、城镇详细规划等
1:1000	初步设计、施工图设计；城镇、工矿总图管理；竣工验收及工业普查等
1:500	

注：对于精度要求较低的专用地形图，可按小一级比例尺地形图的规定进行测绘或利用小一级比例尺地形图放大成图。

第 4.1.2 条 地形的类别划分，应根据地面倾角（ α ）大小确定，并应符合下列规定：

- 平坦地： $\alpha < 3^\circ$ ；
- 丘陵地： $3^\circ \leq \alpha < 10^\circ$ ；
- 山 地： $10^\circ \leq \alpha < 25^\circ$ ；
- 高山地： $\alpha \geq 25^\circ$ 。

地形图的基本等高距，应按表 4.1.2 选用。

第 4.1.3 条 地形图的图式，应符合现行国家有关标准的规定，国家标准图式中没有规定的地物、地貌可自行补充，但应在技术报告书中注明。

第 4.1.4 条 地形测量的区域类型，可划分为一般地区、城镇居住区、工矿区和水域。

表 4.1.2 地形图的基本等高距（m）

地形类别	比例尺			
	1:500	1:1000	1:2000	1:5000
平坦地	0.5	0.5	1	2
丘陵地	0.5	1	2	5
山 地	1	1	2	5
高山地	1	2	2	5

注：一个测区同一比例尺，宜采用一种基本等高距。

第 4.1.5 条 地形图图上地物点相对于邻近图根点的位置中误差，应符合表 4.1.5 的规定。

表 4.1.5 图上地物点的点位中误差（mm）

区域类型	点 位 中 误 差
一般地区	0.8
城镇居住区、 工 矿 区	0.6

注：隐蔽或施测困难的地区，可放宽 50%。

第 4.1.6 条 等高线插求点对邻近图根点的高程中误差，应符合表 4.1.6 的规定。

表 4.1.6 等高线插求点的高程中误差

地形类别	平坦地	丘陵地	山地	高山地
高程中误差 (m)	$\frac{1}{3}H_d$	$\frac{1}{2}H_d$	$\frac{2}{3}H_d$	$1H_d$

注：① H_d 为等高距（m）；
②隐蔽、困难的地区，可按上表放宽 50%。

第 4.1.7 条 工矿区细部点位置和高程的中误差，应符合表 4.1.7 的规定。

表 4.1.7 细部点位置和高程的中误差（cm）

地 物 类 别	位 置	高 程
主要建筑物、构筑物	5	2
一般建筑物，构筑物	7	3

第 4.1.8 条 地形原图制作时，宜选用厚度为 0.07 ~ 0.10mm，伸缩率小于 0.2‰的聚酯薄膜。

第 4.1.9 条 地形图的分幅，可采用矩形或正方形。图幅的编号，宜采用图幅西南角坐标的千米数表示。小测区可采用顺序编号；对于已施测过地形图的测区，亦可沿用原有的分幅和编号。

第 4.1.10 条 图廓格网线绘制和控制点的展点误差，不应大于 0.2mm。图廓格网的对角线、图根点间的长度误差，不应大于 0.3mm。

第 4.1.11 条 每幅图应测出图廓外 5mm，图幅的接边误差不应大于本规范表 4.1.5 和表 4.1.6 规定值的 $2\sqrt{2}$ 倍，小于规定值时，可平均配赋；超过规定值时，应进行实地检查和修改。

表 4.1.12 条 地形图应经过内业检查、实地的全面对照及实测检查，实测检查量不应少于测图工作量的 10%。

第二节 图根控制测量

第 4.2.1 条 图根点的精度，相对于邻近等级控制点的点位中误差，不应大于图上 0.1mm；高程的中误差，不应大于测图基本等高距的 1/10。

第 4.2.2 条 图根平面控制点的布设，可采用图根三角、图根导线、电磁波测距仪用极坐标或交会点等方法。当在等级点下加密时，图根控制不宜超过 2 次附合。当测区较小时，图根三角、图根导线可作为首级控制。在难以布设闭合导线的狭长地区，可布设成支导线。

第 4.2.3 条 测区内解析图根点的个数，一般地区不宜小于表 4.2.3 的规定。

表 4.2.3 一般地区解析图根点的个数

测图比例尺	图幅尺寸（cm）	解析控制点（个数）
1:500	50×50	8
1:1000	50×50	12
1:2000	50×50	15
1:5000	40×40	30

注：①表中所列点数指施测该幅图时，可利用的全部解析控制点；
②当采用电子速测仪测图时，控制点数量可适当减少。

第 4.2.4 条 当图根点作为首级控制或等级点稀少时，应埋设适当数量的标石。

（I）图根平面控制

第 4.2.5 条 图根三角测量主要技术要求，应符合表 4.2.5 的规定。

表 4.2.5 图根三角测量的主要技术要求

边长 （m）	测角中误差 （″）	三角形 个数	DJ ₆ 测回数	三角形最 大闭合差 （″）	方位角 闭合差 （″）
≤1.7 测图 最大视距	20	≤13	1	60	$40\sqrt{n}$

注：n 为测站数。

第 4.2.6 条 图根三角作为首级控制时，起始边边长相对中误差不应大于 1/10000。

第 4.2.7 条 线形锁应适当布置检查边，其较差的相对误差不应大于 1/1500；当按重合点检查时，其点位较差不应大于图上 0.2mm。

第 4.2.8 条 图根导线测量的主要技术要求，应符合表 4.2.8 的规定。

表 4.2.8 图根导线测量的主要技术要求

导线长度 (m)	相 对 闭合差	边长	测角中误差 (″)		DJ ₆ 测回数	方位角闭合差 (″)	
			一般	首级控制		一般	首级控制
≤1.0M	≤1/2000	≤1.5 测图最大视距	30	20	1	$60\sqrt{n}$	$40\sqrt{n}$

注：①M 为测图比例尺的分母；
②隐蔽或施测困难地区导线相对闭合差可放宽，但不应大于 1/1000。

第 4.2.9 条 当采用 1:500、1:1000 比例尺测图时，附和导线长度可按表 4.2.8 规定适当放长；当附和导线长度小于 1/3M 时，其绝对闭合差不应大于图上 0.3mm。

第 4.2.10 条 用于测定细部点的图根导线，其绝对闭合差不应大于 25cm；当附和导线长度小于 200m 时，其绝对闭合差不应大于 13cm。

第 4.2.11 条 图根导线的边长，宜采用电磁波测距仪单向施测，也可使用经检定的普通钢尺单向丈量。当图根导线作为首级控制时，边长应往返丈量，其较差的相对误差不应大于 1/4000。

钢尺丈量的边长，当坡度大于 0.02、温度超过钢尺检定温度范围 ± 10℃或尺长修正大于 1/10000 时，应分别进行坡度、温度、尺长的修正。

第 4.2.12 条 当图根导线布设成支导线时，水平角可用 DJ₆ 型经纬仪施测左、右角各一测回，其圆周角闭合差不应超过 40″。边长应往返丈量，其较差相对误差不应大于 1/3000。导线平均边长及边数，不应超过表 4.2.12 的规定。

表 4.2.12 图根支导线平均边长及边数

测图比例尺	平均边长 (m)	导线边数
1:500	100	2
1:1000	150	2
1:2000	250	3
1:5000	350	4

第 4.2.13 条 采用电磁波测距仪用极坐标法布设图根控制时，应符合下列规定：

一、水平角可采用 DJ₆ 型仪器施测一测回；高程应按图根高程控制施测；边长采用电磁波测距仪施测一测回，并应进行本站校核，方向较差不应超过 30″；高程较差不应大于等高距的 1/5；测距较差不应超过图上 0.1mm。

二、边长不应大于表 4.2.13 的规定。

表 4.2.13 电磁波测距极坐标法的边长

比 例 尺	边 长 (m)
1:500	300
1:1000	500
1:2000	700
1:5000	1000

表 4.2.14 条 图根解析补点，可采用有校核条件的测边交会、测角交会或内外分点等方法。当采用测边交会和测角交会时，其交会角应在 30°~150°之间，施测技术要求应与图根导线一致。分组计算所得坐标较差，不应大于图上 0.2mm。

(II) 图根高程控制

第 4.2.15 条 图根高程控制，可采用直接水准、电磁波测距三角高程及经纬仪三角高程等测量方法。

第 4.2.16 条 图根水准测量，应起迄于不低于四等的高程点上，其主要技术要求，应符合表 4.2.16 的规定。

表 4.2.16 图根水准测量的主要技术要求

仪器 类型	1km 高 差中误差 (mm)	附和路 线长度 (km)	视线 长度 (m)	观测次数		往返较差附和 或环线闭合差 (mm)	
				与已知点 联 测	附和或闭 合路线	平地	山地
DS ₁₀	20	≤5	≤100	往 返 各一次	往一次	$40\sqrt{L}$	$12\sqrt{n}$

注：L 为往返测段、附和或环线的水准路线的长度 (km)。

第 4.2.17 条 当水准线路布设成支线时，应采用往返观测，其线路长度不应大于 2.5km。

第 4.2.18 条 图根电磁波测距三角高程，垂直角可采用 DJ₆ 型经纬仪中丝法二测回测定，指标差较差和垂直角较差均不应大于 25″。仪器的高度和觇标的高度的量取值，应精确至 1mm。附和或环线闭合差，不应大于 $40\sqrt{\sum D}\text{mm}$ 。

注：D 为电磁波测距边长度 (km)。

第 4.2.19 条 图根经纬仪三角高程测量，应起迄于不低于图根水准精度的高程点上。边数不应超过 15 个，当超过规定时，路线应布设成结点网。

第 4.2.20 条 图根经纬仪三角高程测量的主要技术要求，应符合表 4.2.20 的规定。

表 4.2.20 图根经纬仪三角高程测量的主要技术要求

边长 (km)	仪器	测回数	对向观测高差 较 差 (mm)	附和或环形闭 合 差 (m)
		中丝法		
≤0.5	DJ ₆	1	≤400S	$0.1H_d\sqrt{n}$

注：①S 为边长 (km) , n 为边数；
②H_d 为等高距 (m)；
③边长大于 400m 时，应考虑地球曲率和折光差的影响。

第 4.2.21 条 图根控制点的坐标和高程成果取值，应精确至 1cm。内业计算中取值精确度的要求，应符合表 4.2.21 的规定。

表 4.2.21 计算取值精确度的要求

观测方向或垂直 角 (")	各项修正值 (")	方位角 (")	边长及坐标 (m)	高程 (m)
6 或 10	6 或 10	6 或 10	0.001	0.001

注：取 6″或 10″，根据仪器不同而定。

第三节 一般地区地形测图

(I) 测绘方法与技术要求

第 4.3.1 条 实测地形图，可选用测记法、测绘法等成图方法。

第 4.3.2 条 采用速测仪或测距仪用极坐标测记法时，应符合下列要求：

- 一、应绘制草图。对各种地物、地貌特征，应分别指定代码。测站上，宜按地物分类顺序施测。
- 二、测点时，水平角、垂直角度的读数，应精确至 1′；归零检查，不宜大小 1.5′。最大测距长度，应符合表 4.3.2 的规定。

表 4.3.2 最大测距长度

比例尺	等高距 (m)	最大测距长度 (m)
1:500	0.5	300
1:1000	0.5	450
1:2000	1	700
1:5000	2	1000

三、内业可采用计算机辅助成图，也可用坐标展点成图。

第 4.3.3 条 测绘法所用的仪器和工具，应符合下列要求：

- 一、视距常数范围应在 $100 \pm 0.1\text{m}$ 以内；
- 二、垂直度盘指标差，不应超过 $2'$ ；
- 三、比例尺尺长误差，不应超过 0.2mm ；
- 四、量角器半径，不应小于 10cm ，其偏心差不应大于 0.2mm ；
- 五、坐标展点器的刻划误差，不应超过 0.2mm 。

第 4.3.4 条 当解析图根点不能满足测图需要时，可增补少量图解交会点或视距支点。图解补点应符合下列要求：

- 一、图解交会点必须选多余方向作校核，交会误差三角形内切圆直径应小于 0.5mm ，相邻两线交角应在 $30^\circ \sim 150^\circ$ 之间；
- 二、视距支点边长不宜大于相应比例尺地形点最大视距长度的 $2/3$ ，距离应采用往返视距测定，其较差不应大于边长的 $1/150$ ；
- 三、当确定图解交会点、视距支点的高程时，其垂直角应采用一测回测定，由两个方向或往返测的高程较差，在平地不应大于等高距的 $1/5$ ；在山地不应大于等高距的 $1/3$ 。

第 4.3.5 条 测地形图时，仪器的设置及测站的检查，应符合下列要求：

- 一、当采用平板仪测绘时：
 - 1. 仪器对中的偏差，不应大于图上 0.05mm ；
 - 2. 以较远一点标定方向，另一点进行检核，其检核方向线的偏差不应大于图上 0.3mm ，每站测图过程中和结束前应注意检查后视方向；
 - 3. 检查另一测站的高程，其较差不应大于等高距的 $1/5$ 。
 - 二、采用经纬仪和电子速测仪测绘时，其各项限差宜适当减小。
- 第 4.3.6 条 地形点间距和视距长度的要求，不应超过长表 4.3.6 的规定。

第 4.3.7 条 地形图上高程点注记，当等高距为 0.5m 时，应精确至 0.01m ；当等高距大于 0.5m 时，应精确至 0.1m 。

表 4.3.6 地形点间距和视距长度

比例尺	地形点间距 (m)	视距长度 (m)	
		地物	地形点
1:500	15	60	100
1:1000	30	100	150
1:2000	50	180	250
1:5000	100	300	350

注：垂直角超过 $\pm 10^\circ$ 的范围时，视距长度应适当缩短；平坦地区成像清晰时，视距长度可放长 20%。

(II) 测绘

第 4.3.8 条 各类建筑物、构筑物及其主要附属设施均应进行测绘，房屋外廓以墙角为准。居民区可视测图比例尺大小或用图需要，内容及其取舍可适当加以综合。临时性建筑可不测。

当建筑物、构筑物轮廓凸凹部分在图上小于 0.5mm 或 1:500 比例尺图上小于 1mm 时，可用直线连接。

第 4.3.9 条 独立地物能按比例尺表示的，应实测外廓，填绘符号；不能按比例尺表示的，应准确表示其定位点或定位线。

第 4.3.10 条 管线转角均应实测。线路密集时或居民区的低压电力线路和通讯线路，可选择要点测绘。当管线直线部分的支架、线杆和附属设施密集时，可适当取舍。当多种线路在同一杆柱上时，应表示主要的。

第 4.3.11 条 道路及其附属物，均应按实际形状测绘。铁路应测注轨面高程，在曲线段应测柱内轨面高程；涵洞应测注洞底高程。

1:2000、1:5000 比例尺地形图，可适当舍去车站范围内的附属设施。人行小道可选择要点测绘。

第 4.3.12 条 水系及其附属物，宜按实际形状测绘。水渠应测注渠顶边高程；堤、坝应测注顶部及坡脚高程；水井应测注井台高程；水塘应测注塘顶边及塘底高程。当河沟、水渠在地形图上的宽度小于 1mm 时，可用单线表示。

第 4.3.13 条 地貌宜以等高线表示，明显的特征地貌，应以符号表示。山顶、鞍部、凹部、地脊、谷底及倾斜变换点处，必须测注高程点。露岩、独立石、土堆、陡坎等，应注记高程或比高。

各种天然形成的斜坡、陡坎，其比高小于等高距的 $1/2$ 或图上长度小于 10mm 时，可不表示；当坡、坎较密时，可适当取舍。

第 4.3.14 条 植被的测绘，应按其经济价值和面积大小适当取舍，并应符合下列规定：

一、农业用地应分为稻田、旱地、菜地、经济作物地、养殖场地，施测时按实地作物类别绘示在地形图上；

二、地类界与线状地物重合时，应绘线状地物符号；

三、梯田坎的坡宽在地形图上大于 2mm 时，应实测坡脚；小于 2mm 时，可量注比高。当两坎间距在地形图上小于 5mm，1:500 比例尺地形图上小于 10mm，或坎高小于等高距的 $1/2$ 时，田坎可适当取舍；

四、水田应测出代表性高程，当田埂宽在地形图上小于 1mm 时，可用单线表示。

第 4.3.15 条 地形图上各种名称的注记，应采用现有的法定名称。

第四节 城镇居住区地形测图

第 4.4.1 条 城镇居住区 1:500 比例尺地形图，可采用速测仪或测距仪测记法测绘，当采用其他方法测绘时，测站点至地物点的距离，应实地丈量，丈量距离不应大于 50m。

其他比例尺的地形图，可按本章第三节的方法进行。

当施测街道外廓时，可采用支距法、线交会法等。在庭院的内部，可采用几何作图法。

第 4.4.2 条 当采用视距法测图时，其视距最大长度应符合表 4.4.2 的规定。

表 4.4.2		视距的最大长度		
类 别	比 例 尺			
	1:500	1:1000	1:2000	
地物点 (m)	—	80	150	
地形点 (m)	70	120	200	

注：平坦地区可放宽 20%。

第 4.4.3 条 各单位的出入口及建筑物的重点部位，应测注高程点。主要道路中心在图上每隔 5cm 处和交叉、转折、起伏变换处，应测注高程点。各种管线的检修井，电力线路、通讯线路的杆（塔），架空管线的固定支架，应测出位置，并适当测注高程点。

其他高程点的间距，在地形图上不宜大于 5cm。当等高距为 0.5m 时，高程注记应精确至 1cm；大于 0.5m 时，注记可精确至 0.1m。

第 4.4.4 条 施测 1:500 和 1:1000 比例尺地形图时，房屋、街巷，应分别实施；施测 1:2000 比例尺地形图时，小于 1m 宽的小巷，可适当合并测绘；施测 1:5000 比例尺地形图时，对集中的小巷和村舍可合并测绘。

街区或建筑物凹凸部分的取舍，可根据用图的需要和实际情况确定。其他内容的测绘及取舍，应符合本章第三节的要求。

第 4.4.5 条 小城镇的测绘，可按本章第三节一般地区地形测图的要求进行。街区的取舍，可按本章第 4.4.4 条的要求适当放宽。

第 4.4.6 条 地下防空巷道，可只测量人防巷道出入口、竖井的平面位置和高程，并注记在地形图上。

第五节 工矿区现状图测量

第 4.5.1 条 工矿区现状图测量，建筑物、构筑物，宜测量其主要细部点及有关元素，并根据测算数据展绘，编制成图。

对于不施测细部点的建筑物、构筑物，以及不需要施测细部点的工矿区，可按本章第四节的有关规定执行。

第 4.5.2 条 工矿区建筑物、构筑物测量的取舍，应根据工矿区建筑物、构筑物的疏密程度、测图比例尺，与委托方共同商定。其细部点选取的技术要求，应符合表 4.5.2 的规定。

第 4.5.3 条 两相邻细部坐标点间，反算距离与实地丈量距离的较差，不应大于表 4.5.3 的规定。

表 4.5.3 反算距离与实地丈量距离的较差

项 目	较 差 (cm)
主要建筑物，构筑物	$7 + \frac{S}{2000}$
一般建筑物，构筑物	$10 + \frac{S}{2000}$

注：S 为两相邻细部点间的距离 (cm)。

(I) 细部测量

第 4.5.4 条 细部坐标，宜采用极坐标法施测。水平角可采用 DJ₆ 型仪器观测半测回；距离采用钢尺量距时，不宜超过一尺段。

细部标高，可采用 DS₁₀ 型水准仪或将经纬仪望远镜置平施测。

第 4.5.5 条 采用速测仪或测距仪施测细部点时，应进行测站检查。仪器对中偏差不应大于 5mm；归零差不宜大于 1'。

当采用 DJ₆ 型经纬仪半测回测角时，测距的长度不应超过 100m；同时施测细部标高时，垂直角范围应在 ± 10° 以内，并应观测 1 测回，测量仪器高和觇标高的取值精确至 1mm。

第 4.5.6 条 坐标及标高成果取值，均应精确至 1cm。坐标展点误差，不应大于图上 0.3mm。

表 4.5.2 细部点选取的技术要求

类 别		坐标	标高	其他技术要求
建筑物、构筑物	矩形	主要墙角	主要墙外角、室内地坪	
	圆形	圆心	地面	注明半径、高度或深度
地下管道		起、终、转、交叉点的管道中心	地面、井台、井底、管顶、下水测出入口管底或沟底	经委托单位开挖后施测
架空管道		起、终、转、交叉点，皆测支架中心	施测细部坐标的点和变坡点，皆测基座面或地面	注明通过铁路、公路的净空高
架空电力线路、电讯线路		杆(塔)的起、终、转、交叉点，皆测杆(塔)中心	杆(塔)的地面或基座面	注明通过铁路、公路的净空高
地下电缆		起、终、转、交叉点(电缆或沟道中心)入地、出地	施测过细部坐标的点和变坡处，皆需测地面和电缆面	经委托单位开挖后施测
铁 路		车档、岔心、进厂房处，直线部分每 50m 测一点	车档、岔心、变坡处、直线段每 50m、曲线内轨每 20m 测一点	-

类 别	坐标	标高	其他技术要求
公 路	干线交叉点	变坡处、交叉处、直线段每 30 ~ 40m 测一点	-
桥梁、涵洞	大型测四角 ,中型测中心线两端 ,小型只测中心点	施测过细部坐标的点、涵洞需测进出口底部高	-

注：①建筑物，构筑物轮廓凹凸部分大于 0.5m 时，应丈量细部尺寸；
②厂房门宽度大于 2.5m 或能通行汽车时，应实测位置；
③对排列整齐的宿舍，可只测其外围的四角细部坐标。

(II) 现状图与专业图的控制

第 4.5.7 条 细部点宜按分类编号，并编制成果表。当细部点的密度不大时，可将细部坐标注记于图上。

工矿区可只绘制现状总图，当有特殊需要或管道密集时，宜分类绘制专业图。其绘制要求可按本规范第八章第二节竣工总图的编绘的有关规定执行。

第 4.5.8 条 专业图上各种数据，可根据专业管道和有关地物的疏密情况，分别选用不同的注记方式。

第 4.5.9 条 专业图图式，宜采用现行的专用图式。

第六节 水域地形测量

第 4.6.1 条 水域地形测量的精度要求，应符合下列规定：

- 一、测点对邻近图根点位置中误差，不应超出图上 1.5mm。在 1:500 比例尺测图、大面积平坦水域和水深超出 20m 的开阔水域，可放宽至 2.0mm；
- 二、测点深度中误差，应符合表 4.6.1 的规定。

表 4.6.1 测点深度中误差

水深范围 (m)	测深仪器或工具	流速 (m/s)	测点深度中误差 (m)
0 ~ 4	宜用测深杆	-	± 0.10
1 ~ 10 0 ~ 10	测深仪 测深锤	- < 1	± 0.15
10 ~ 20	测深仪或测深锤	< 0.5	± 0.20
> 20	测深仪	-	水深的 1.5%

注：在工程要求不高或特殊困难地区以及用锤测而流速大于表中规定或锤测水深超出 20m 时，可将中误差放宽 1 倍。

第 4.6.2 条 水域地形测量开始前，必须了解测区的礁石、沉船、水流和险滩等水

下情况。

作业中，当风浪引起测深仪记录纸上的回声线波形起伏值，在内陆水域大于 0.3m、海域大于 0.5m 时，宜暂停测深工作。用测深杆、测深锤作业，当遇有大风、水面波动较大时，应停止水上作业。

第 4.6.3 条 水尺的设置，应能反映全测区内水面的瞬时变化。水尺零点高程或水面高程，应以不低于图根水准测量的精度进行联测。当采用的基准面与陆上高程不一致时，应求出相应关系。

第 4.6.4 条 采用测深仪施测时，应遵守下列规定：

- 一、工作电压与额定电压之差，直流电源不应超过 10%，交流电源不应超过 5%；
- 二、实际转速与规定转速之差不应超出 $\pm 1\%$ ，超出时应加修正；
- 三、电压与转速调整后，应在深、浅水处作停泊与航行检查，当有误差时，应绘制误差曲线图予以修正；
- 四、每次测量前后，均应测定电压、转速，并应采用其他测深仪器、工具检查水深读数。

第 4.6.5 条 测深点定位方法的选择，应根据测区情况，测图比例尺及设备条件综合比较确定，可采用无线电定位法或选用经纬仪、平板仪前方交会法，六分仪后方交会法，断面索法，单角交会法及极坐标法等。

当采用交会定位时，交会角宜控制在 $30^{\circ} \sim 150^{\circ}$ 之间。

第 4.6.6 条 大面积水域的地形测量，宜用无线电定位法。作业前应根据仪器的实际精度、测区范围及地形特征配置岸台。岸台布设必须按其图形条件、岸台与船台的高差及岸台个数等估算出测区内最弱处水深点位中误差，使其能满足测图精度。岸台宜远离高压输电线路、配电站、电台和其他大功率无线电设施。

表 4.6.10 等深（高）线插求点的高程中误差

地形倾角 (a)	$a < 3^{\circ}$	$3^{\circ} \leq a < 10^{\circ}$	$10^{\circ} \leq a < 25^{\circ}$	$a \geq 25^{\circ}$
高程中误差 (m)	$\frac{1}{2} H_d$	$\frac{2}{3} H_d$	$1 H_d$	$1 \frac{1}{2} H_d$

注：对于作业困难，水深大于 20m 或工程要求不高时，其等深（高）线的高程中误差，可放宽 1 倍。

第 4.6.7 条 水域地形测量与陆上地形测量应互相衔接。其测点宜按横断面布设；断面方向，宜与岸线（或主流方向）相垂直；断面的间距，宜为地形图上 2cm；测点间距宜为地形图上 1cm。根据地形变化和用图要求不同，断面间距可适当加密或放宽。

第 4.6.8 条 水域地形测量的测站点精度，不应低于图根点的精度。在作业中，应经常检查后视方向，其偏差，经纬仪不应大于 $1'$ ，平板仪不应大于图上 0.2mm。

第 4.6.9 条 测深点的内业展绘，应根据外业定位方法、测图比例尺、测区大小、测点距测站的远近及设备情况，选用解析法、辐射线格网法、圆弧格网法、量角器法、

重叠法以及机助成图法。

测点的高程（或水深）注记精度，应精确至 0.1m。

第 4.6.10 条 水域地形测量等深（高）线的高程中误差，不应大于表 4.6.10 的规定。

第七节 地形图的修测

第 4.7.1 条 已变化的地形图，根据用图的需要，应长期进行修测。

修测前应进行实地踏勘，确定修测范围，并制定修测方案。修测时宜用实测原图或与原图等精度的复制图。

第 4.7.2 条 当原图图廓伸缩变形不能满足修测的质量要求时，应予以修正。

第 4.7.3 条 修测时，应根据原有的邻近图根点和测有坐标的地物点进行。局部地区地物变动不大时，可利用经过校核，位置准确的地物点进行。修测后的地物与原有地物的间距中误差不得超过图上 0.6mm。修测后的地物不应再作为修测新地物的依据。

第 4.7.4 条 当地物变动面积较大、周围地物关系控制不足、如新建的住宅为楼群或独立的高大建筑物或地貌较复杂时，均应先补设图根控制，再进行修测。

第 4.7.5 条 高程点应从邻近的高程控制点引测；局部地区少量的高程点，也可利用 3 个固定的高程点作为依据进行补测。其高程较差不得超过等高距的 1/5，并应取用平均值。

第 4.7.6 条 修测中发现原图上已有地物、地貌有明显错误或粗差时，亦应进行修正。

第 4.7.7 条 修测完成后，应按图幅将修测情况作记录，并会制略图。

第五章 线路测量

第一节 一般规定

第 5.1.1 条 本章适用于铁路、公路、架空索道、各种自流和压力管线及架空送电线路的工程测量。

第 5.1.2 条 线路测量的控制系统，应按本规范第 2.1.2 条和第 3.1.1 条中的有关规定选用。

第 5.1.3 条 线路的平面控制，宜采用导线的方法，靠近线路贯通布设；导线点宜选在土层良好、便于观测、易保存的地方。

第 5.1.4 条 线路的高程控制，应靠近线路，并应在施工干扰范围外布设。

第 5.1.5 条 当布设自由导线或自由水准路线时，应加强检核。当设计需要时，应进行坐标和高程的联测。

第 5.1.6 条 平面和高程控制点，应根据需要埋设标石。

第 5.1.7 条 线路测图的比例尺，可按表 5.1.7 选用。

第 5.1.8 条 带状地形图比例尺的选用，应按本规范第 4.1.1 条的有关规定执行。1

:200 比例尺的工点地形图，可按对 1:500 比例尺地形测图的技术要求测绘。

第 5.1.9 条 当线路测量与已有的道路、管道、线路交叉时，应根据需要测量交叉角。交叉点的平面位置及高程和净空高或负高。

第 5.1.10 条 断面图中的平面图内的地物，可根据需要实测位置、高程及必要的高度。

第 5.1.11 条 线路的起点、终点和转角点，以及铁路、公路的曲线起点、终点，应埋设固定桩。

表 5.1.7 线路测图的比例尺

线路名称	带状地形图	工点地形图	纵断面图		横断面图	
			水平	垂直	水平	垂直
铁路	1:1000	1:200 1:500	1:1000	1:100	1:100 1:200	1:100 1:200
	1:2000		1:2000	1:200		
	1:5000		1:10000	1:1000		
公路	1:2000	1:200 1:500 1:1000	1:2000	1:200	1:100 1:200	1:100 1:200
	1:5000		1:5000	1:500		
架空索道	1:2000	1:200 1:500	1:2000	1:200	—	—
	1:5000		1:5000	1:500		
自流管线	1:1000	1:500	1:1000	1:100	—	—
	1:2000		1:2000	1:200		
压力管线	1:2000	1:500	1:2000	1:200	—	—
	1:5000		1:5000	1:500		
架空送电线路	—	1:200	1:2000	1:200	—	—
		1:500	1:5000	1:500		

第 5.1.12 条 线路施工前，应对其定测线路进行复测，符合要求后方可放样。

第三节 铁路、公路测量

第 5.2.1 条 铁路导线的起点、终点及间隔不大于 30km 的点上，应与国家或其他控制点联测。当有困难时，应在相应的点上观测真北确定方位。

第 5.2.2 条 铁路、一般公路导线点的间距，宜为 50 ~ 400m。当采用电磁波测距仪时，其间距可增至 1000m，并应在不大于 600m 处增设内分点。

第 5.2.3 条 铁路、一般公路导线测量的主要技术要求，不应超过表 5.2.3 的规定。

表 5.2.3 铁路、一般公路导线测量的主要技术要求

方位角闭合差			相对闭合差
附 合 ($''$)	两端测真北 ($''$)	一端测真北 ($''$)	
$30\sqrt{n}$	$30\sqrt{n+10}$	$30\sqrt{n+5}$	1/2000

注：n 为测站数。

第 5.2.4 条 铁路导线点的水平角观测，应采用两半测回测量右角。两半测回之间，应变动度盘位置，其观测角值较差，当采用 DJ₂ 型仪器时，不应大于 20''；当采用 DJ₆ 型仪器时，不应大于 30''。

第 5.2.5 条 铁路、一般公路的高程控制等级，应采用五等，并应在不大于 30km 处与国家或其他控制点联测。其主要技术要求，应按本规范第三章中的有关规定执行。

第 5.2.6 条 汽车专用公路的平面控制，应布设附和导线，其主要技术要求，宜按本规范第二章中导线测量的有关规定执行。

第 5.2.7 条 汽车专用公路的高程控制，应布设附和路线，其主要技术要求，应按本规范第三章的有关规定执行。

第 5.2.8 条 定测阶段的放线测量，应根据初测导线或航测外控点及图纸上定线线位，采用极坐标法、拨角法、支距法等进行。

第 5.2.9 条 正交点的水平角观测，应符合本规范第 5.2.4 条的规定。副交点应观测两测回，其角值限差，不应超过表 5.2.9 的规定。

表 5.2.9 副交点的角值限差

仪器类型	两半测回间角值较差 ($''$)	测回间角值较差 ($''$)
DJ ₂	20	15
DJ ₆	30	20

第 5.2.10 条 当采用延长直线增设转点或交点时，应采用正倒镜分中法，并应符合下列要求：

一、交点至转点或转点之间的间距，宜为 50～400m；当视线清晰时，可增至 500m。当采用电磁波测距仪施测时，不宜大于 1000m；

二、正倒镜点位的横向偏差，每 100m 不应大于 5mm；当间距超过 400m 时，不应大于 20mm。

第 5.2.11 条 线路中线上，应设线路起终点桩、千米桩、百米桩、平曲线控制桩、桥梁或隧道轴线控制桩、转点桩和断链桩，并应根据竖曲线的变化情况加桩。

第 5.2.12 条 铁路新建干线应以接轨站中心为里程起点，支线和专用线应以接轨道岔的岔心为起点，并应注明与既有线的里程关系。

第 5.2.13 条 断链桩宜设在直线上的百米桩或 20m 整倍数的桩上，不宜设在车站、桥梁、隧道和平曲线内。

第 5.2.14 条 直线上中桩的间距，不应大于 50m，平曲线上宜为 20m；当地势平坦且曲线半径大于 800m 时，其中桩间距可为 40m。当公路曲线半径为 30～60m，缓和曲线长度为 30～50m 时，其中桩间距不应大于 10m；当曲线半径和缓和曲线长度小于 30m 或用回头曲线时，中桩间距不应大于 5m。

第 5.2.15 条 中桩桩位测量的限差，不应超过表 5.2.15 的规定。

表 5.2.15 中桩桩位测量的限差要求

线路名称	纵向误差 (m)	横向误差 (cm)
铁路，汽车专用公路	$\frac{S}{2000} + 0.1$	10
一般公路	$\frac{S}{1000} + 0.1$	10

注：S 为转点桩至中桩桩位的距离（ m ）。

第 5.2.16 条 曲线的测量，可采用极坐标法、拨角法或支距法。曲线测量的限差，不应超过表 5.2.16 的规定。

表 5.2.16 曲线测量的限差

线路名称	纵向闭合差		横向闭合差 (cm)
	平地	山地	
铁路，汽车专用公路	1/2000	1/1000	10
一般公路	1/1000	1/500	10

第 5.2.17 条 线路中线的测量，应布设附和导线。其测量限差，应符合表 5.2.17 的规定。

表 5.2.17 中线测量的限差

线路名称	方位角闭合差 (″)	相对闭合差
铁路，汽车专用公路	$30 \sqrt{n}$	1/2000
一般公路	$60 \sqrt{n}$	1/1000

第 5.2.18 条 定测阶段的高程测量前，应对初测高程控制点逐一检测，其较差不应超过 $30 \sqrt{L}mm$ 。

第 5.2.19 条 中桩高程测量，应布设附和路线，其闭合差不应超过 $50 \sqrt{L}mm$ 。

第 5.2.20 条 横断面测量的限差，应符合表 5.2.20 的规定。

表 5.2.20 横断面测量的限差（m）

线路名称	距离	高程
铁路，汽车专用公路	$(\frac{l}{100} + 0.1)$	$(\frac{h}{100} + \frac{l}{200} + 0.1)$
一般公路	$(\frac{l}{50} + 0.1)$	$(\frac{h}{50} + \frac{l}{100} + 0.1)$

注：① l 为测点至线路中桩的水平距离（m）；

② h 为测点至线路中桩的高差（m）。

第 5.2.21 条 铁路改建既有线或增建第二线的里程，应从既有车站中心或桥、隧的既有里程引出，按原有里程方向推算。

第 5.2.22 条 既有线中线测量时，应设外移桩，并注明里程。桩之间的距离，直线段宜为 200～400m；曲线段应按半径大小选定，宜为 60～100m。中线测量的限差，应按本规范第 5.2.17 条的规定执行。

第 5.2.23 条 既有线的中桩高程测量，应进行两次。当两次闭合差均不超过 $30\sqrt{L}$ mm，应采用第一次成果。中桩高程，直线段应测左轨轨面；曲线段应测内轨轨面。

第 5.2.24 条 当增建第二线与既有线的距离大于 20m 时，应按绕行线施测，其测量要求，应按本章新建铁路测量的有关规定执行。

第 5.2.25 条 站场现状图测绘的技术要求，应按本规范第四章第五节的有关规定执行。

第 5.2.26 条 施工前应复测中桩。当复测成果与原测成果的较差符合表 5.2.26 的限差规定时，应采用原测成果。

表 5.2.26 中桩复测与原测成果较差的限差

线方名称	水平角 （″）	距离 相对误差	转点横向误差 （mm）	曲线横向 闭合差 （cm）	中桩高程 （cm）
铁路、汽车 专用公路	≤30	≤1/2000	每 100m 小于 5，点间距 大于等于 400m 小于 20	≤10	≤10
一般公路	≤60	≤1/1000	每 100m 小于 10	≤10	≤10

第 5.2.27 条 施工放样时，曲线横向闭合差应进行调正。测设边桩的限差应符合本规范第 5.2.20 条的规定。

第 5.2.28 条 竣工测量，可采用定测的同等方法和技术要求，其高程误差、曲线横向闭合差，均不应超过 5cm。中线测量后，应标出与路基宽度和建筑接近限界的距

离。

第三节 架空索道测量

第 5.3.1 条 架空索道的测量，应布设附合导线。导线的相对闭合差，不应大于 $1/1000$ ；方位角的闭合差，不应超过 $30''\sqrt{n}$ 。

第 5.3.2 条 方向点间距不应大于 1km ，方向点偏离直线应在 $180^\circ \pm 20''$ 以内。

第 5.3.3 条 架空索道的起点、终点、转点和方向点的高程，宜采用图根水准测量；在测量困难地区，可采用图根三角高程，其技术要求，应按本规范第四章第二节的有关规定执行。

第 5.3.4 条 导线宜采用 DJ_2 型仪器一测回施测。断面可采用视距法测量。

第 5.3.5 条 断面测量的最大视距，不宜超过 300m ，转站点应对向观测检核，其距离较差的相对误差，不应大于 $1/150$ ；高差较差每百米不应大于 0.1m 。转角点及方向点之间的距离相对闭合差，不应大于 $1/300$ ；高程闭合差不应超过 $0.1\sqrt{n}(\text{m})$ 。

第 5.3.6 条 山脊、山顶的断面点，不应少于 3 个；山谷、沟底，可适当从简。当线路走向与等高线平时，线路附近的陡峭地段，应视需要加测横断面。

第 5.3.7 条 当采用电磁波测距仪进行测量时，导线测量和断面测量，可同时进行。

第四节 自流和压力管线测量

第 5.4.1 条 自流管线测量的导线相对闭合差，不应大于 $1/1000$ ；方位角闭合差，不应超过 $40''\sqrt{n}$ 。导线的高程闭合差，不应超过 $30\sqrt{L}(\text{mm})$ 。

第 5.4.2 条 压力管线测量的技术要求，应符合下列规定：

一、当采用视距法测量时，视距长度不应大于 300m ，采用正倒镜对向观测，视距较差的相对误差不应超过 $1/150$ ；

二、视距高程可采用 DJ_6 型仪器对向观测，垂直角以一测回施测，对向观测的高差较差的限差，可按下式计算：

$$\delta_h = S \cdot \alpha \quad (5.4.2-1)$$

式中 δ_h ——对向观测的高差较差 (cm)；

S ——边长 (0.1km)；

α ——垂直角 ($^\circ$)，当 α 小于 3° 时，可按 3° 计算。

三、当视距高程导线与水准点闭合时，其高程的闭合差，应符合下式规定：

$$W_h \leq \pm 0.1\alpha_p \frac{L}{\sqrt{n}} \quad (5.4.2-2)$$

式中 W_h ——高程的闭合差 (m)；

α_p ——平均垂直角 ($^\circ$)，当 α_p 小于 3° 时，可按 3° 计算；

L ——线路长度 (km)；

n ——导线边数。

四、对距离及高程要求较高的压力管线测量，可按本规范第 5.4.1 条的规定执行。

第 5.4.3 条 自流管线的中线测量，可按本章第二节中铁路测量的有关规定执行。

压力管线的中线测量，可按本章第二节中一般公路测量的有关规定执行。

第五节 架空送电线路测量

第 5.5.1 条 架空送电线路的选线，应根据批准的路径方案，配合设计实地选定。线路通过协议区及相关位置比较密集的地段，应进行必要的联测和相关地物、地貌的测量。

第 5.5.2 条 定线测量，可采用 DJ₆ 型仪器，直接定线或间接定线。方向点偏离直线，应在 $180^{\circ} \pm 1'$ 以内。

第 5.5.3 条 当以经纬仪正倒镜分中法直接定线时，仪器对中误差不应大于 3mm，水平度盘气泡偏离值不应大于 1 格。

间接定线可采用四边形法或等腰三角形法等，其主要技术要求，应符合表 5.5.3 的规定。

表 5.5.3 间接定线的主要技术要求

仪器对中 误 差 (mm)	水平度盘气 泡偏离值 (格)	正倒镜定 点 差 (mm)	钢尺量距		相对误差
			方法	长度 (m)	
≤3	≤1	每 10m 不 大于 3	往返	20 ~ 80	≤1/2000

注：当测距边小于 20m 或大于 80m 时，应适当提高测量精度。

第 5.5.4 条 桩之间的距离和高程测量，可采用视距法同向两测回或往返各一测回测定，其视距长度不宜大于 400m，当受地形限制时，可适当放长。测距相对误差，同向不应大于 1/200，对向不应大于 1/150。当距离大于 600m 时，宜采用电磁波测距仪测距或四边形、三角形等解析法施测。高差较差，不应超过本章第 5.4.2 条中的有关规定。

第 5.5.5 条 断面测量的视距长度，不宜大于 300m；当超过时，应用正倒镜观测或加设测站施测。当用正倒镜观测时，距离的相对误差不应大于 1/200，垂直角较差不应大于 1'。当加设测站时，应对向观测，其主要技术要求，应按本规范第 5.5.4 条的有关规定执行。

第 5.5.6 条 选测断面点，应符合下列规定：

- 一、平地断面点的间距，不宜大于 50m；
- 二、山地断面点不应少于 3 个；
- 三、送电导线高度距地面可能有危险影响的地段，应适当加密。不影响设计排位的断崖、深沟的断面线，可中断；
- 四、送电导线排列较宽的线路，当边线的地面高出实测中心线地面 0.5m 时，应施测边线断面；
- 五、当送电线路通过和接近斜坡、陡岸或高大建筑物时，应按设计需要施测风偏横断面或风偏危险点。

第 5.5.7 条 大跨越档的间距，可采用电磁波测距或三角形等解析法施测，测距相对中误差不应大于 $1/\text{档距}(\text{m})$ ，杆位桩的高程应采用图根水准或图根三角高程测量。

第 5.5.8 条 杆（塔）施工前应复测，杆位桩或直线桩的桩间距、转点和高差与其原成果的较差，距离相对误差不应大于 $1/100$ ；转点与设计转点之差不应大于 $1'30''$ ；高差与原成果的较差不应大于本规范第 5.4.2 条有关规定的 1.5 倍。

第 5.5.9 条 在实地排定杆位时，应加强对所测距离、高差及危险点的检核。

第 5.5.10 条 10kV 以下架空送电线路的测量工作，其主要技术要求，可适当放宽。

第六章 绘图与复制

第一节 一般规定

第 6.1.1 条 实测原图，应进行原图着墨或映绘；编绘原图，应进行清绘或刻绘。

第 6.1.2 条 绘图用的聚酯薄膜，当采用磨砂、喷砂或涂层等方法制作时，毛面应粗细适当、均匀。

第 6.1.3 条 刻图膜宜选择变形较小，透光密度符合制版要求，涂层均匀牢固，刻绘性能良好的材质。

第 6.1.4 条 地形图复制，根据设备情况和用图要求，可选用晒蓝图、静电复印和制印等方法。

第 6.1.5 条 地形图通过复照缩小或放大一倍，经过整饰，可不经绘图直接复制使用。

第 6.1.6 条 复制图必须清晰易读，线划颜色饱满均匀，内容与原图一致。

第二节 绘 图

（ I ）绘图的质量要求

第 6.2.1 条 分版绘制的图幅，各色版的套合差不得超过 0.2mm 。

第 6.2.2 条 绘制轮廓符号应符合下列规定：

一、依比例绘制的轮廓符号，应保持轮廓位置的精度，轮廓内的说明符号，应按图式规定配置。

二、半依比例绘制的线状符号，应保持主线位置的几何精度；符号的宽度、线号的粗细，应按图式规定的尺寸。

三、不依比例绘制的符号，应保持其主点位置的几何精度；符号的形状、大小和方向，应按图式规定。

第 6.2.3 条 绘制的成图，应墨色黑实光润、图面整洁。刻绘线划应边缘平滑，透明部分密度不应大于 0.1。符号、注记应粘贴牢固、平整，符合复制要求。

第 6.2.4 条 绘制底图镶嵌拼贴的图廓点、控制点和坐标网的展点、图廓线、对角线的长度，应符合精度要求。放大编绘镶嵌拼贴的精度，可按比例放宽。

第 6.2.5 条 编绘原图应达到图内各要素位置准确，层次分明，内容完备。当采用多色编绘时，不得用蓝色，并应符合复制及晒蓝图的要求。

(II) 原图着墨、映绘、清绘与刻绘

第 6.2.6 条 在着墨、映绘、清绘或刻绘作业前,应先检查原图质量,当误差超限时,不得进行作业。

第 6.2.7 条 根据成图的需要,清绘可一版绘或分版绘。等大绘或放大绘;刻绘也可一版刻或分版刻。根据需要,清绘与刻绘可综合作业。

第 6.2.8 条 地形图的绘制程序,应符合下列规定:

- 一、图廓和坐标网;
- 二、测量控制点;
- 三、注记;
- 四、独立地物;
- 五、居民地、管线及垣栅;
- 六、水系及其附属建筑物;
- 七、道路及其附属建筑物;
- 八、境界;
- 九、植被及地类界;
- 十、地貌;
- 十一、接边、整饰。

注:粘贴的注记应在第十项后进行。

第 6.2.9 条 注记的配置,应符合下列规定:

一、文字注记应使所指示的地物能明确判读。一般情况下,字头应朝北。道路河流名称,可随线状弯曲的方向排列。各字侧边或底边,应垂直或平行于线状物体。各字间隔尺寸应在 0.5mm 以上;远间隔的亦不宜超过字号的 8 倍。注字应避免遮断主要地物和地形的特征部分;

二、高程的注记,应注于点的右方,离点位的间隔应为 0.5mm;

三、等高线的注记字头,应指向山顶或高地,字头不应朝向图纸的下方,地貌复杂的地方,应注意配置;

四、当像片的注记剪贴时,四边应留 0.2mm 的白纸边,使用透明注记,绘图时应留出贴字的位置,线划和字的间隔,应保持 0.2mm。

第 6.2.10 条 居民地的绘制,应符合下列规定:

- 一、城镇和农村的街区、房屋,均应按外轮廓线准确绘制;
- 二、街区与道路的衔接处,应留出 0.2mm 的间隔。

第 6.2.11 条 水系的绘制,应符合下列规定:

一、水系应先绘桥、闸,其次绘双线河、湖泊、渠、海岸线、单线河,然后绘堤岸、陡岸、沙滩和渡口等;

二、当河流遇桥梁时应中断;单线沟渠与双线河相交时,应将水涯线断开,弯曲交于一点。当两双线河相交时,应互相衔接、圆滑。

第 6.2.12 条 道路网的绘制,应符合下列规定:

- 一、当绘制道路时,应先绘铁路,再绘公路及大车路等;

二、当实线道路与虚线道路、虚线道路与虚线道路相交时，应实部相交；

三、当公路遇桥梁时，公路与桥梁应留出 0.2mm 的间隔。

第 6.2.13 条 等高线的绘制，应符合下列规定：

一、必须保证精度，不得跑线变形。

二、当单色图上的等高线遇双线河、渠和不依比例绘制的符号时，应中断；当多色图上的等高线遇双线河、渠时，应中断，遇其他地物时，不得中断。

第 6.2.14 条 境界线的绘制，应符合下列规定：

一、凡绘制有国界线的图，必须符合国务院批准的有关国境界线的绘制规定；

二、境界线的转角处，不得有间断，并应在转角上绘出点或曲折线。

第 6.2.15 条 每幅图绘完后，应对图的内容、接边、整饰进行认真检查，发现问题修改后，应经审查、验收方能作为正式成品交出。

第三节 编 绘

第 6.3.1 条 小比例尺的编绘图，应以大比例尺实测图为基础，各种专业图，应以地形图为基础。

第 6.3.2 条 编绘图应选用内容详细、现势性强、精度高的地形图，经缩照复制后作底图进行编绘，编绘时可采用先编后绘（刻）或连编带绘（刻）一次成图的作业方法。

第 6.3.3 条 编绘图的编绘程序，宜符合下列规定：

一、展绘图廓、坐标网和控制点；

二、对基本资料进行镶嵌、拼接、检查和复照；

三、制作编绘原图的底图；

四、编绘；

五、接边和图廓外简要整饰；

六、对编绘原图进行修改；

七、复照和晒制裱板、聚酯薄膜或刻图膜蓝图；

八、进行清绘或刻绘作业。

第 6.3.4 条 编绘作业的基本要求，应符合下列规定：

一、数学基础的展绘精度，资料转绘和各要素的绘制精度，必须符合相应比例尺地形图测量的规定；

二、各要素的综合取舍，应根据地形图的用途、比例尺和区域特点确定；

三、当编绘原图作为原稿时，其线划、注记、符号规格，宜符合图式规定。复制用的原图，必须再经清绘或刻绘。连编带绘（刻）的原图，可直接供给复制使用，其规格要求，应按本章第二节绘图的有关规定执行。

第四节 晒蓝图、静电复印与复照

第 6.4.1 条 晒制的蓝图，应图面整洁、图形居中、图像清晰。线划、注记、符号应色深，底色浅，不虚涨，不重影；编绘、清绘、刻绘用的铁盐蓝图，应与底板尺寸一致，晒成中蓝色。

第 6.4.2 条 静电复印，等大复制图的尺寸，应与原图一致。需要按理论尺寸纠正和按比例放大或缩小的图幅，其图廓尺寸与理论尺寸之差，不应超过 0.3mm；对角线的误差，不应超过 0.4mm。原图的内图廓纵横模伸缩不等时，应取其平均值为复制标准；线划粗细变形，不应超过 15%；灰雾度，不应大于 0.1。

第 6.4.3 条 复照底版的密度，应大于 3.0（晒蓝图用版，应大于 2.0）；灰雾度，不应大于 0.2。

第 6.4.4 条 复照应图形完整、线划光洁，线划粗细变形应按缩放倍率计算，其值不得超过 15%。

第 6.4.5 条 复照的精度要求，不应大于表 6.4.5 的规定。

表 6.4.5 复照的精度要求

图 种	开幅	实际尺寸与理论尺寸 最大误差值（mm）		拼接边长、分版绘各版相 应边长最大较差值（mm）
		边长	对角线	
原图着墨、映绘、清绘， 各种地形图及精度要求较 高的其他图种	≤对开	0.2	0.3	0.2
	>对开	0.3	0.4	0.3
精度要求较低的图种	≤对开	0.4	0.6	0.3
	>对开	0.6	0.8	0.4

第五节 翻版、晒印刷版与修版

第 6.5.1 条 图形应完整，规矩线应齐全，线划、注记应清晰；使用网线胶片线数、百分比、角度应与工艺方案相符；角度误差不应超过 7°；线划、网线粗细变形不得超过 10%。

第 6.5.2 条 翻版的版膜应牢固，染色均匀，无气泡，少砂眼。撕膜版的版膜应易撕，不断。各种版的密度要求，应符合表 6.5.2 的规定。

表 6.5.2 各种翻版的密度要求

版 别	不透明部分	透明部分
银盐阴（阳）版	≥3.0	≤0.1
重氮阴（阳）版	≥2.5	≤0.1
铬胶阴版	≥2.5	≤0.1
铬胶阳版	≥2.5	≤0.1
铬胶选择性版	≥3.0	≤0.2

版 别	不透明部分	透明部分
铬胶撕膜版	≥ 2.0	≤ 0.2
铬胶淡蓝阳版	≥ 0.2	目测无色

第 6.5.3 条 锌版的厚度，应为 0.4 ~ 0.6mm；预制版铝基应为 0.3mm。锌版砂目应均匀，无划痕及伤残。

第 6.5.4 条 晒制印刷版落版位置的咬口尺寸，应与使用的印刷机相符，误差不得超过 3mm；侧规误差不得超过 5mm。

第 6.5.5 条 地形图各版套翻、套晒的误差，不得超过 0.3mm；精度要求较高的图种，不得超过 0.2mm。

第 6.5.6 条 根据工艺方案提供的底版和设备条件，应按需要采用银盐、重氮、铬胶翻版或阳图、阴图与预涂印制版。

第 6.5.7 条 当修涂底版时，去掉的应修涂干净，保留的应完整无缺。阴象版应涂墨均匀、无气泡、疙瘩、裂纹；密度应在 3.0 以上；阳象版的空白部分，应彻底刮净。

第 6.5.8 条 修刻、增补的要素，应位置准确，线划光洁，字体清晰；当修涂淡蓝阳版时，普染范围线的偏离差，不得超过 0.1mm。

第 6.5.9 条 修版操作前，应检查底版的质量和图廓的尺寸，分色版应选取主色版。

第 6.5.10 条 多幅拼接的整幅图，当相邻幅接边处普染底色分涂时，应互相重叠为 3 ~ 5mm。

第六节 打样与胶印

第 6.6.1 条 打样与胶印的图纸，应整洁、清晰，无破损、皱折，背面无脏污。

第 6.6.2 条 墨色应饱满均匀、符合指定的色标；整批成品墨色应一致。各色套印，应以第一色版的规矩线为准，其套合差不得超过表 6.6.2 的规定。

表 6.6.2 套印的套合差（mm）

等级		地形图及精度 要求较高的其他图种	精度要求较低的图种		双面套印 反正面套 合差
			对开幅	全开幅	
正品	线划版	0.3	0.4	0.5	1.0
	普染色	0.4	0.5	0.6	
副品	线划版	0.4	0.5	0.6	
	普染色	0.5	0.6	0.7	

第 6.6.3 条 线划及网线粗细的变形，不得超过 15%。拼接图幅的墨色，应目测深浅一致。

第 6.6.4 条 图纸的正品，不得少于 90%，当合格品不足 95% 时，应及时补印。

第 6.6.5 条 裁切纸张与设计规格的误差，不得超过 2mm；边线应互相垂直，按一边对折，对边的错位，不得超过 1mm；裁口应光滑，并准确核实张数。

第 6.6.6 条 油墨应根据付印样图或指定色标调配，刮样对比必须相符；每批印件的墨量，应一次配足，不得边干边配；当调配浅色油墨时，应将器件洗净到不落色为止。

第七章 施工测量

第一章 一般规定

第 7.1.1 条 本章适用于工业与民用建筑及水工建筑的施工测量。

第 7.1.2 条 施工的控制，可利用原区域内的平面与高程控制网，作为建筑物、构筑物定位的依据。当原区域内的控制网不能满足施工测量的技术要求时，应另测设施工的控制网。

第 7.1.3 条 施工的平面控制网，应符合下列规定：

- 一、施工平面控制网的坐标系统，应与工程设计所采用的坐标系统相同；
- 二、当利用原有的平面控制网时，其精度应满足需要；投影所引起的长度变形，不应超过 1/40000；当超过时，应进行换算；
- 三、当原控制网精度不能满足需要时，可选用原控制网中个别点作为施工平面控制网坐标和方位的起算数据。

第 7.1.4 条 控制网点，应根据总平面图和施工总布置图设计。

第二节 施工控制测量

(I) 场区平面控制

第 7.2.1 条 场区的平面控制网，可根据场区地形条件和建筑物、构筑物的布置情况，布设成建筑方格网、导线网、三角网或三边网。

第 7.2.2 条 场区的平面控制网，应根据等级控制点进行定位、定向和起算。

第 7.2.3 条 场区平面控制网的等级和精度，应符合下列规定：

- 一、建筑场地大于 1km^2 或重要工业区，宜建立相当于一级导线精度的平面控制网；
- 二、建筑场地小于 1km^2 或一般性建筑区，可根据需要建立相当于二、三级导线精度的平面控制网；
- 三、当原有控制网作为场区控制网时，应进行复测检查。

第 7.2.4 条 建筑方格网的主要技术要求，应符合表 7.2.4 的规定。

第 7.2.5 条 建筑方格网的首级控制，可采用轴线法或布网法，其施测的主要技术要求，应符合下列规定：

- 一、轴线法。

1. 轴线宜位于场地的中央，与主要建筑物平行；长轴线上的定位点，不得少于 3 个；轴线点的点位中误差，不应大于 5cm；
2. 放样后的主轴线点位，应进行角度观测，检查直线度；测定交角的测角中误差，不应超过 2.5″；直线度的限差，应在 $180^{\circ} \pm 5''$ 以内；

表 7.2.4 建筑方格网的主要技术要求

等级	边长 (m)	测角中误差 (″)	边长相对中误差
I 级	100 ~ 300	5	$\leq 1/30000$
II 级	100 ~ 300	8	$\leq 1/20000$

3. 轴交点，应在长轴线上丈量全长后确定；
4. 短轴线，应根据长轴线定向后测定，其测量精度应与长轴线相同，交角的限差应在 $90^{\circ} \pm 5''$ 以内。
- 二、布网法，宜增测对角线的三边网，其测量精度，不应低于本规范第 2.1.8 条中四等三边网的规定。

第 7.2.6 条 标桩的埋设深度，应根据地冻线和场地平整的设计标高确定。

第 7.2.7 条 建筑方格网的测量，应符合下列规定：

- 一、角度观测可采用方向观测法，其主要技术要求，应符合表 7.2.7-1 的规定；

表 7.2.7-1 角度观测的主要技术要求

方格网 等 级	经纬仪 型 号	测 角 中误差 (″)	测 回 数	测微器两 次读数差 (″)	半测回 归零差 (″)	一测回中两倍 照准差变动 范 围 (″)	各测回方 向较差 (″)
I 级	DJ ₁	5	2	≤ 1	≤ 6	≤ 9	≤ 6
	DJ ₂	5	3	≤ 3	≤ 8	≤ 13	≤ 9
II 级	DJ ₂	8	2	—	≤ 12	≤ 18	≤ 12

- 二、当采用电磁波测距仪测定边长时，应对仪器进行检测，采用仪器的等级及总测回数，应符合表 7.2.7-2 的规定；
- 三、方格网点平差后，应确定归化数据，并在实地标板上修正至设计位置；
- 四、建筑方格网竣工后，应经过实地复测检查，方能提供给委托单位。

表 7.2.7-2 采用仪器的等级及总测回数

方格网等级	仪器分级	总测回数
I 级	I、II 精度	4
II 级	II 精度	2

第 7.2.8 条 当采用小三角网作为场区控制网时，边长宜为 0.2~0.4km；测角中误差，不应超过 8″；最弱边边长相对中误差，不应大于 1/20000。

第 7.2.9 条 当采用小三边网作为场区控制网时，边长宜为 0.2~0.6km；测边的相对中误差，不应大于 1/40000。

第 7.2.10 条 小三角、小三边测量的其他技术要求，宜按本规范第二章的有关规定执行。

（II）建筑物的平面控制

第 7.2.11 条 建筑物的平面控制网，可按建筑物、构筑物特点，布设成十字轴线或矩形控制网。矩形网可采用导线法或增测对角线的测边法测定。

第 7.2.12 条 建筑物的控制网，应根据场区控制网进行定位、定向和起算。

第 7.2.13 条 建筑物的控制网，应根据建筑物结构、机械设备传动性能及生产工艺连续程度，分别布设一级或二级控制网，其主要技术要求，应符合表 7.2.13 的规定。

表 7.2.13 建筑物控制网的主要技术要求

等级	边长相对中误差	测角中误差
一级	1/30000	$7''\sqrt{n}$
二级	1/15000	$15''\sqrt{n}$

注：n 为建筑物结构的跨数。

第 7.2.14 条 建筑物的控制测量，应符合下列规定：

- 一、控制网应按设计总图和施工总布置图布设，点位应选择在通视良好、利于长期保存的地方；
- 二、控制网加密的指示桩，宜选在建筑物行列线或主要设备中心线方向上；
- 三、主要的控制网点和主要设备中心线端点，应埋设混凝土固定标桩；
- 四、控制网轴线起始点的测量定位误差，不应低于同级控制网的要求，允许误差宜

为 2cm；两建筑物（厂房）间有联动关系时，允许误差宜为 1cm，定位点不得少于 3 个；

五、角度观测可采用方向观测法，其测回数应根据测角中误差的大小，按表 7.2.14 确定；

表 7.2.14 角度观测的测回数

测角中误差		2.5″	3.5″	4.0″	5″	10″
测 回 数	DJ ₁	4	3	2	—	—
	DJ ₂	6	5	4	3	1

六、矩形网的角度闭合差，不应大于测角中误差的 4 倍；

七、当采用钢尺丈量距离时，一级网的边长，应以二测回测定；二级网的边长，应以一测回测定。长度应进行温度、坡度和尺长修正。钢尺量距的主要技术要求，应按本规范第二章第四节的有关规定执行；

八、矩形网应按平差结果进行实地修正，调整到设计位置。当增设轴线时，可采用现场改点法进行配赋调整；

九、点位修正后，应进行矩形网角度的检测。

第 7.2.15 条 建筑物的围护结构封闭前，应根据需要将建筑物外部控制转移至内部，内部的控制点，宜设置在已建成的建筑物、构筑物的预埋件或预埋测量标板上。当由外部控制向建筑物内部引测时，其投点误差，一级不应超过 2mm；二级不应超过 3mm。

（ III ） 高程控制

第 7.2.16 条 场区的高程控制网，应布设成闭合环线、附和路线或结点网形。高程测量的精度，不宜低于三等水准的精度，其主要技术要求，应按本规范第三章第二节的有关规定执行。

第 7.2.17 条 场地水准点的间距，宜小于 1km。距离建筑物、构筑物不宜小于 25m；距离回填土边线不宜小于 15m。

第 7.2.18 条 建筑物高程控制的水准点，可单独埋设在建筑物的平面控制网的标桩上，也可利用场地附近的水准点，其间距宜在 200m 左右。

第 7.2.19 条 当施工中水准点标桩不能保存时，应将其高程引测至稳固的建筑物或构筑物上，引测的精度，不应低于原有水准的等级要求。

第三节 工业与民用建筑施工放样

第 7.3.1 条 工业与民用建筑的施工放样，应具备下列资料：

- 一、总平面图；
- 二、建筑物的设计与说明；

- 三、建筑物、构筑物的轴线平面图；
- 四、建筑物的基础平面图；
- 五、设备的基础图；
- 六、土方的开挖图；
- 七、建筑物的结构图；
- 八、管网图。

第 7.3.2 条 测设各工序间的中心线，宜符合下列规定：

- 一、当利用建筑物的控制网测设中心线时，其端点应根据建筑物控制网相邻的距离指标桩，以内分法测定；
- 二、进行中心线投点时，经纬仪的视线，应根据中心线两端点决定；当无可靠校核条件时，不得采用测设直角的方法进行投点。

第 7.3.3 条 在施工的建筑物或构筑物外围，应建立线板或控制桩。线板应注记中心线编号，并测设标高。线板和控制桩应注意保存。

第 7.3.4 条 施工测量人员在大型设备基础浇注过程中，应及时看守观测，当发现位置及标高与施工要求不符时，应立即通知施工人员，及时处理。

第 7.3.5 条 建筑物施工放样的主要技术要求，应符合表 7.3.5 的规定。

表 7.3.5 建筑物施工放样的主要技术要求

建筑物 结构特征	测距相对 中误差	测角 中误差 (")	在测站上 测定高差 中误差 (mm)	根据起始水平 面在施工水平 面上测定高程 中误差 (mm)	竖向传递 轴线点 中误差 (mm)
金属结构、装配式钢筋 混凝土结构、建筑物高度 100 ~ 120mm 或跨度 30 ~ 36m	1/20000	5	1	6	4
15 层房屋建筑物高度 60 ~ 100m 或跨度 18 ~ 30m	1/10000	10	2	5	3
5 ~ 15 层房屋、建筑物高度 15 ~ 60m 或跨度 6 ~ 18m	1/5000	20	2.5	4	2.5
5 层房屋、建筑物高度 15m 或跨 度 6m 及以下	1/3000	30	3	3	2
木结构、工业管线或公路铁路 专用线	1/2000	30	5	—	—
土工竖向整平	1/1000	45	10	—	—

注：①对于具有两种以上特征的建筑物，应取要求高的中误差值；
②特殊要求的工程项目，应根据设计对限差的要求，确定其放样精度。

- 第 7.3.6 条 结构安装测量，工作开始前，必须熟悉设计图，掌握限差要求，并制定作业方法。
- 第 7.3.7 条 柱子、桁架或梁的安装测量允许偏差，应符合表 7.3.7 的规定。
- 第 7.3.8 条 构件预装测量的允许偏差，应符合表 7.3.8 的规定。
- 第 7.3.9 条 附属构筑物安装测量的允许偏差，应符合表 7.3.9 的规定。
- 第 7.3.10 条 设备安装过程中的测量，应符合下列规定。

表 7.3.7 柱子、桁架或梁的安装测量允许偏差

测量内容	允许偏差（mm）
钢柱垫板标高	± 2
钢柱 ±0 标高检查	± 2
混凝土柱（预制）±0 标高	± 3
混凝土柱、钢柱垂直度	± 3
桁架和实腹梁、 桁架和钢架的支承结点间相邻 高差的偏差	± 5
梁间距	± 3
梁面垫板标高	± 2

注：当柱高大于 10m 或一般民用建筑的混凝土柱、钢柱垂直度，可适当放宽。

表 7.3.8 构件预装测量的允许偏差

测量内容	测量的允许偏差（mm）
平台面抄平	± 1
纵横中心线的正交度	$\pm 0.8\sqrt{l}$
预装过程中的抄平工作	± 2

注：l 为自交点起算的横向中心线长度（mm），不足 5m 时，以 5m 计。

表 7.3.9 附属构筑物安装测量的允许偏差

测量项目	测量的允许偏差（mm）
栈桥和斜桥中心线的投点	± 2
轨面的标高	± 2
轨道跨距的丈量	± 2
管道构件中心线的定位	± 5
管道标高的测量	± 5

测量项目	测量的允许偏差（mm）
管道垂直度的测量	H/1000

注：H 为管道垂直部分的长度（mm）。

一、设备基础中心线的复测与调整。

- 1. 基础竣工中心线必须进行复测，两次测量的较差不应大于 5mm；
- 2. 埋设有中心标板的重要设备基础，其中心线由竣工中心线引测，同一中心标点的偏差应为 ±1mm。纵模中心线应进行垂直度的检查，并调整横向中心线。同一设备基准中心线的平行偏差或同一生产系统的中心线的直线度应在 ±1mm 以内。

二、设备安装基准点的高程测量。

- 1. 一般设备基础基准点的标高偏差，应在 ±2mm 以内；
- 2. 传动装置有联系的设备基础，其相邻两基准点的标高偏差，应在 ±1mm 以内。

第四节 灌注桩、界桩与红线测量

第 7.4.1 条 灌注桩应根据设计的数据进行定位测量，其定位误差，不宜大于 5cm。当精度要求较高，需建立灌注桩矩形控制网时，其技术要求应符合表 7.4.1 的规定。

表 7.4.1 灌注桩矩形控制网的技术要求

平均边长（m）	量距相对中误差	导线相对闭合差	DJ ₂ 测回数	测角中误差（″）	多边形方位闭合差（″）	高程闭合差（mm）
≤100	≤1/20000	1/10000	2	10	20√n	10√n

注：导线全长小于 200m 时，其绝对闭合差，不应大于 20mm。

第 7.4.2 条 灌注桩矩形控制网定位点，不应少于 3 个。调整限差，应在 180°±10′和 90°±10′以内。丈量距离应采用不低于 II 级精度的电磁波测距仪，往返各一次测定。

第 7.4.3 条 各灌注桩均应在矩形控制网下，采用内分法测定。

第 7.4.4 条 界桩点、红线点定位及高程测量，可按本规范第四章第五节中有关细部点测量的技术要求执行。

第五节 水工建筑物施工测量

第 7.5.1 条 水工建筑物施工平面控制网，根据工程规模及对放样点的精度要求，应依次为二、三、四等三角网和三边网。其主要技术要求，应符合本规范表 2.1.3 和表 2.1.8 的有关规定；其平均边长应相应缩短，二等为 0.8km；三等为 0.6km；四等为 0.4km。

第 7.5.2 条 平面控制网宜按两级布设。控制点的相邻点点位中误差，不应大于 10mm。

第 7.5.3 条 高程控制网的等级，应依次为二、三、四、五等。首级网的等级应符合表 7.5.3 的规定。

表 7.5.3 首级网的等级

工程规模	混凝土建筑物	土石建筑物
大型工程	二、三等	三等
中型工程	三等	四等

第 7.5.4 条 高程控制测量的最低级控制点相对于首级控制点的高程中误差，对于混凝土建筑物不应大于 10mm，对于土石建筑物不应大于 20mm。

第 7.5.5 条 当水工建筑物施工放样时，立模、填筑轮廓点测量的允许偏差，应符合表 7.5.5 的规定。

表 7.5.5 立模、填筑轮廓点测定点位中误差

建筑 材料	建筑物名称	在控制点上测定点位中误差（mm）	
		平面	高程
混 凝 土	主坝、厂房等各种主要水工建筑物	20	20
	各种导墙及井洞衬砌	25	20
	副坝、护坡等	30	30
土 石 料	碾压式坝（堤）边线等	40	30
	各种坝（堤）内设施定位等	50	30

第 7.5.6 条 用于立模、填筑放样的高程控制点，其精度不应低于四等。

第 7.5.7 条 当高层建筑物采用混凝土浇筑及预制构件拼装时，竖向测量的允许偏差，应符合表 7.5.7 的规定。

表 7.5.7 竖向测量的允许偏差

工程项目	相邻两层对接中心 线相对偏差（mm）	相对基础中心 线的偏差（mm）	累计偏差 （mm）
厂房等的各种构架、 立柱	± 3	H/2000	± 20
闸墩、栈桥墩，厂房 等的侧墙	± 5	H/1000	± 30

工程项目	相邻两层对接中心 线相对偏差（mm）	相对基础中心 线的偏差（mm）	累计偏差 （mm）
筛分楼、堆料高排架 等	± 5	H/1000	± 35

注：H 为建筑物、构筑物的高度（mm）。

第 7.5.8 条 安装测量的技术要求，应符合国家现行有关的安装工程施工及验收规范的规定。

第八章 竣工总图的编绘与实测

第一节 一般规定

第 8.1.1 条 本章竣工总图系指在施工后，施工区域内地上，地下建筑物及构筑物的位置和标高等的编绘与实测图纸。

第 8.1.2 条 对于地下管道及隐蔽工程，回填前应实测其位置及标高，作出记录，并绘制草图。

第 8.1.3 条 竣工总图的比例尺，宜为 1:500。其坐标系统、图幅大小、注记、图例符号及线条，应与原设计图一致。原设计图没有的图例符号，可使用新的图例符号，并应符合现行总平面图设计的有关规定。

第 8.1.4 条 竣工总图应根据现有资料，及时编绘。

重新编绘时，应详细实地检核。对不符之处，应实测其位置、标高及尺寸，按实测资料绘制。

第 8.1.5 条 竣工总图编绘完后，应经原设计及施工单位技术负责人的审核、会签。

第二节 竣工总图的编绘

第 8.2.1 条 工业与民用建筑竣工总图的编绘，应符合下列规定：

一、总平面及交通运输竣工图

- 1. 应绘出地面的建筑物、构筑物、公路、铁路、地面排水沟渠、树木绿化等设施；
- 2. 矩形建筑物、构筑物在对角线两端外墙轴线交点，应注明 2 点以上坐标；
- 3. 圆形建筑物、构筑物，应注明中心坐标及接地外半径；
- 4. 所有建筑物都应注明室内地坪标高；
- 5. 公路中心的起终点、交叉点，应注明坐标及标高，弯道应注明交角、半径及交点坐标，路面应注明材料及宽度；
- 6. 铁路中心线的起终点、曲线交点，应注明坐标，在曲线上应注明曲线的半径、切线长、曲线长、外矢矩、偏角诸元素；铁路的起终点、变坡点及曲线的内轨轨面应注明标高。

二、给、排水管道竣工图

1. 给水管道。应绘出地面给水建筑物、构筑物及各种水处理设施。在管道的结点处,当图上按比例绘制有困难时,可用放大详图表示。管道的起终点、交叉点、分支点,应注明坐标;变坡处应注明标高;变径处应注明管径及材料;不同型号的检查井,应绘详图。

2. 排水管道。应绘出污水处理构筑物、水泵站、检查井、跌水井、水封井、各种排水管道、雨水口、排水口、化粪池以及明渠、暗渠等。检查井应注明中心坐标、出入口管底标高。井底标高、井台标高。管道应注明管径、材料、坡度。对不同类型的检查井应绘出详图。此外,还应绘出有关建筑物及铁路、公路。

三、动力、工艺管道竣工图

1. 应绘出管道及有关的建筑物、构筑物,管道的交叉点、起终点,应注明坐标及标高、管径及材料;

2. 对于地沟埋设的管道,应在适当地方绘出地沟断面,表示出沟的尺寸及沟内各种管道的位置。此外,还应绘出有关的建筑物、构筑物及铁路、公路。

四、输电及通讯线路竣工图

1. 应绘出总变电所、配电站、车间降压变电所、室外变电装置、柱上变压器、铁塔、电杆、地下电缆检查井等;

2. 通讯线路应绘出中继站、交接箱、分线盒(箱)、电杆、地下通讯电缆人孔等;

3. 各种线路的起终点、分支点、交叉点的电杆应注明坐标;线路与道路交叉处应注明净空高;

4. 地下电缆应注明深度或电缆沟的沟底标高;

5. 各种线路应注明线径、导线数、电压等数据,各种输变电设备应注明型号、容量;

6. 应绘出有关的建筑物、构筑物及铁路、公路。

五、综合管线竣工图

1. 应绘出所有的地上、地下管道,主要建筑物、构筑物及铁路、道路;

2. 在管道密集处及交叉处,应用剖面图表示其相互关系。

第 8.2.2 条 其他工程的竣工总图,应按该工程的要求编绘。

第三节 竣工总图的实测

第 8.3.1 条 竣工总图的实测,应在已有的施工控制点上进行。当控制点被破坏时,应进行恢复。恢复后的控制点点位,应保证所施测细部点的精度,并应符合本规范第 4.1.7 条的规定。

第 8.3.2 条 对已有资料,应进行实地检测,其允许误差,应符合国家现行有关施工验收规范的规定。

第 8.3.3 条 竣工总图细部点的实测方法及主要技术要求,应按本规范第四章第五节的有关规定执行。

第九章 变形测量

第一节 一般规定

第 9.1.1 条 本章适用于工业与民用建筑物、构筑物、建筑场地、地基基础、中（小）型水坝，以及测量精度要求与本规范相适应的其他变形测量。

第 9.1.2 条 大型或重要工程建筑物、构筑物，在工程设计时，应对变形测量统筹安排。施工开始时，即应进行变形测量。

第 9.1.3 条 变形测量点，宜分为基准点、工作基点和变形观测点。其布设应符合下列要求：

- 一、每个工程至少应有 3 个稳固可靠的点作为基准点；
- 二、工作基点应选在比较稳定的位置。对通视条件较好或观测项目较少的工程，可不设立工作基点，在基准点上直接测定变形观测点；
- 三、变形观测点应设立在变形体上能反映变形特征的位置。

第 9.1.4 条 变形测量的等级划分及精度要求，应符合表 9.1.4 的规定。

第 9.1.5 条 变形测量的观测周期，应根据建筑物、构筑物的特征、变形速率、观测精度要求和工程地质条件等因素综合考虑。观测过程中，根据变形量的变化情况，应适当调整。

第 9.1.6 条 每次变形观测时，宜符合下列要求：

- 一、采用相同的图形（观测路线）和观测方法；
- 二、使用同一仪器和设备；
- 三、固定观测人员；
- 四、在基本相同的环境和条件下工作。

第 9.1.7 条 平面和高程监测网，应定期检测。建网初期，宜每半年检测一次；点位稳定后，检测周期可适当延长。当对变形成果发生怀疑时，应随时进行检核。

表 9.1.4 变形测量的等级划分及精度要求

变形 测量 等级	垂直位移测量		水平位移 测量	适用范围
	变形点的 高程中误 差（mm）	相邻变形 点高差 中误差 （mm）	变形点 的点位 中误差 （mm）	
一等	± 0.3	± 0.1	± 1.5	变形特别敏感的高层建筑、工业建筑、高耸构筑物、重要古建筑、精密工程设施等

变形 测量 等级	垂直位移测量		水平位移 测量	适用范围
	变形点的 高程中误差 (mm)	相邻变形 点高差 中误差 (mm)	变形点的 点位 中误差 (mm)	
二等	± 0.5	± 0.3	± 3.0	变形比较敏感的高层建筑、高耸构筑物、古建筑、重要工程设施和重要建筑场地的滑坡监测等
三等	± 1.0	± 0.5	± 6.0	一般性的高层建筑、工业建筑、高耸构筑物、滑坡监测等
四等	± 2.0	± 1.0	± 12.0	观测精度要求较低的建筑物，构筑物和滑坡监测等

注：①变形点的高程中误差和点位中误差，系相对于最近基准点而言；
②当水平位移变形测量用坐标向量表示时，向量中误差为表中相应等级点位中误差的 $1/\sqrt{2}$ ；
③垂直位移的测量，可视需要按变形点的高程中误差或相邻变形点高差中误差确定测量等级。

第 9.1.8 条 每次观测前，对所使用的仪器和设备，应进行检验校正，作出详细记录。

第二节 水平位移监测网

第 9.2.1 条 水平位移的监测网，可采用三角网，导线网、边角网、三边网和轴线等形式。当采用轴线控制时，轴线两端应分别建立检核点。

第 9.2.2 条 水平位移的监测网，宜采用独立坐标系统，并进行一次布网。

第 9.2.3 条 控制点宜采用有强制归心装置的观测墩；照准标志宜采用强制对中装置的觇牌。

第 9.2.4 条 水平位移监测网的主要技术要求，应符合表 9.2.4 的规定。

表 9.2.4 水平位移监测网的主要技术要求

等级	相邻基准点的 点位中误差 (mm)	平均 边长 (m)	测角中 测差 (")	最弱边相 对中误差	作业要求
一等	1.5	< 300	± 0.7	≤ 1/250000	宜按国家一等三角要求观测
		< 150	± 1.0	≤ 1/120000	宜按本规范二等三角要求观测

等级	相邻基准点的点位中误差 (mm)	平均边长 (m)	测角中测差 (″)	最弱边相对中误差	作业要求
二等	3.0	< 300	± 1.0	≤ 1/120000	宜按本规范二等三角要求观测
		< 150	± 1.8	≤ 1/70000	宜按本规范三等三角要求观测
三等	6.0	< 350	± 1.8	≤ 1/70000	宜按本规范三等三角要求观测
		< 200	± 2.5	≤ 1/40000	宜按本规范四等三角要求观测
四等	12.0	< 400	± 2.5	≤ 1/40000	宜按本规范四等三角要求观测

注：表中未考虑起始误差的影响。

第 9.2.5 条 在设计水平位移的监测网时，应进行精度预估，选用最优方案。

第 9.2.6 条 当工程需要时，变形监测网的起始边，宜按国家一等三角测量的要求及本规范第二章相应等级的有关规定执行，并应采用高精度的测距仪或因瓦基线尺测定。

第三节 垂直位移监测网

第 9.3.1 条 垂直位移的监测网，可布设成闭合环、结点或附合水准路线等形式。

第 9.3.2 条 水准基准点，应埋设在变形区以外的基岩或原状土层上，亦可利用稳固的建筑物、构筑物，设立墙上水准点。当受条件限制时，在变形区内也可埋设深层金属管水准基准点。

第 9.3.3 条 水准点的标石型式，可根据现场条件和任务需要，按本规范附录四中相应规定执行。

第 9.3.4 条 垂直位移监测网的主要技术要求，应符合表 9.3.4 的规定。

表 9.3.4 垂直位移监测网的主要技术要求

等级	相邻基准点高差中误差 (mm)	每站高差中误差 (mm)	往返较差、附合或环线闭合差 (mm)	检测已测高差较差 (mm)	使用仪器、观测方法及要求
一等	0.3	0.07	$0.15 \sqrt{n}$	$0.2 \sqrt{n}$	DS ₀₅ 型仪器，视线长度 ≤ 15m，前后视距差 ≤ 0.3m，视距累积差 ≤ 1.5m。宜按国家一等水准测量的技术要求施测
二等	0.5	0.13	$0.30 \sqrt{n}$	$0.5 \sqrt{n}$	DS ₀₅ 型仪器，宜按国家一等水准测量的技术要求施测

等级	相邻基准点高差中误差 (mm)	每站高差中误差 (mm)	往返较差、附和环线闭合差 (mm)	检测已测高差较差 (mm)	使用仪器、观测方法及要求
三等	1.0	0.30	$0.60\sqrt{n}$	$0.8\sqrt{n}$	DS ₀₅ 或DS ₁ 型仪器，宜按本规范二等水准测量的技术要求施测
四等	2.0	0.70	$1.40\sqrt{n}$	$2.0\sqrt{n}$	DS ₁ 或DS ₃ 型仪器，宜按本规范三等水准测量的技术要求施测

注：n 为测段的测站数。

第 9.3.5 条 起始点高程宜采用测区原有高程系统。无条件时，高程系统可根据经验自定。对监测面积较大的工程，宜与国家或测区原有水准点联测。

第四节 水平位移测量

第 9.4.1 条 水平位移的测量，可采用测角前方交会法、边角交会法、导线测量法、极坐标法、小角法、经纬仪投点法、视准线法、引张线法、正垂线或倒垂线法等，并应符合下列规定：

- 一、采用前方交会法时，交会角应在 60°~120°之间，并宜采用三点交会；
- 二、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 ±3°范围时，应进行垂直轴倾斜修正；
- 三、采用极坐标法时，其边长应采用检定过的钢尺丈量或用电磁波测距仪测定，当采用钢尺丈量时，不宜超过一尺段，并应进行尺长、拉力、温度的高差等项修正；
- 四、采用视准线法时，其测点埋设偏离基准线的距离，不应大于 2cm；对活动觇牌的零位差，应进行测定。

第 9.4.2 条 水平位移观测点的施测精度，应按本规范表 9.1.4 中相应等级及规定的规定执行。

第 9.4.3 条 建筑物、构筑物主体的倾斜观测，应测定顶部及其相应底部观测点的偏移值。对整体刚度较好的建筑物的倾斜观测，可采用基础差异沉降推算主体倾斜值。建筑物、构筑物主体倾斜率和按差异沉降推算主体倾斜值，可按本规范附录五的公式计算。

第 9.4.4 条 建筑物、构筑物和水坝的裂缝观测，宜在裂缝两侧设置观测标志；对于较大的裂缝，至少应在其最宽处及裂缝末端各布设一对观测标志。裂缝可直接量取或间接测定，分别测定其位置、走向、长度和宽度的变化。

第 9.4.5 条 混凝土坝和有条件的高层建筑物，主体挠度观测，可采用正倒垂线法，利用坐标仪或其他仪器测定各观测点相对于铅垂线的偏离值。

第 9.4.6 条 日照变形观测的观测点，宜设置在观测体受热面不同的高度处。根据温度的变化，测定各观测点相对于底点的位移值。

观测工作，宜在日出前开始，定时观测，至日落后结束。观测时应同时分别测记观

测体向阳和背阳面的温度。

第 9.4.7 条 建筑场地滑坡观测的观测点，宜设置在滑坡周界附近、滑动量较大、滑动速度较快的轴线方向和滑坡前沿区等部位。在确定点位时，应考虑工程地质的需要。观测点应埋设标石，其深度不应小于 1m。

观测点，可采用测角前方交会法或极坐标法测定。滑坡观测点的点位精度，应符合本规范表 9.1.4 中相应等级的规定。

第 9.4.8 条 进行滑坡位移观测时，应同时进行垂直位移观测。垂直位移观测的技术要求，可按本规范表 9.5.3 中相应等级规定执行。当分析滑坡位移的规律时，应将观测点的水平位移量与垂直位移量进行综合判断。

第 9.4.9 条 水坝的水平位移观测点，宜沿坝的轴线布设。土坝观测点横断面的间距，应小于 50m；混凝土坝每坝段，应有 1 个横断面。

第 9.4.10 条 水坝水平位移的观测，相对于工作基点的坐标中误差，中型混凝土土坝不应超过 1mm，小型混凝土坝不应超过 2mm；中型土石坝不应超过 3mm，小型土石坝不应超过 5mm。

第五节 垂直位移测量

第 9.5.1 条 建筑物的沉降观测，宜采用几何水准或液体静力水准等测量方法。单个构件，可采用测微水准或机械倾斜仪、电子倾斜仪等测量方法。

第 9.5.2 条 沉降观测点的布设，应符合下列规定：

- 一、能够反映建筑物、构筑物变形特征和变形明显的部位；
- 二、标志应稳固、明显、结构合理，不影响建筑物、构筑物的美观和使用；
- 三、点位应避开障碍物，便于观测和长期保存。

第 9.5.3 条 沉降观测点的精度要求和观测方法，根据工程需要，应符合本规范表 9.5.3 中相应等级的规定。

表 9.5.3 沉降观测点的精度要求和观测方法

等级	高程中 误 差 (mm)	相邻点 高差中 误 差 (mm)	观测方法	往返较差、 附和或环 线闭合差 (mm)
一等	± 0.3	± 0.15	除宜按国家一等精密水准测量外，尚需设 双转点，视线 ≤ 15m，前后视视距差 ≤ 0.3m，视距累积差 ≤ 1.5m；精密液体静力 水准测量；微水准测量等	≤ 0.15 √n
二等	± 0.5	± 0.30	按国家一等精密水准测量； 精密液体静力水准测量	≤ 0.30 √n
三等	± 1.0	± 0.50	按本规范二等水准测量； 液体静力水准测量	≤ 0.60 √n
四等	± 2.0	± 1.00	按本规范三等水准测量； 短视线三角高程测量	≤ 1.40 √n

第 9.5.4 条 沉降观测的各项记录，必须注明观测时的气象情况和荷载变化。

第 9.5.5 条 建筑物、构筑物的沉降观测点，应按设计图纸埋设，并宜符合下列规定：

- 一、建筑物四角或沿外墙每 10 ~ 15m 处或每隔 2 ~ 3 根柱基上；
- 二、裂缝或沉降缝或伸缩缝的两侧；新旧建筑物或高低建筑物以及纵横墙的交接处；
- 三、人工地基和天然地基的接壤处；建筑物不同结构的分界处；
- 四、烟囱、水塔和大型储藏罐等高耸构筑物的基础轴线的对称部位，每一构筑物不得少于 4 个点。

第 9.5.6 条 施工期间，建筑物沉降观测的周期，高层建筑每增加 1 ~ 2 层应观测 1 次；其他建筑的观测总次数，不应少于 5 次。竣工后的观测周期，可根据建筑物的稳定情况确定。

第 9.5.7 条 建筑物、构筑物的基础沉降观测点，应埋设于基础底板上。在浇灌底板前和基础浇灌完毕后应至少各观测 1 次。基础不均匀沉降产生的基础相对倾斜值和基础挠度，宜按本规范附录六公式计算。

第 9.5.8 条 基坑回弹观测时，回弹观测点，宜沿基坑纵横轴线或在能反映回弹特征的其他位置上设置。回弹观测的标志，应埋入基底面下 10 ~ 20cm。其钻孔必须垂直，并应设置保护管。

第 9.5.9 条 回弹观测点的高程，宜在基坑开挖前、开挖后及浇灌基础之前，各测定 1 次。对传递高程的辅助设备，应进行温度、尺长和拉力等项修正。回弹观测点的高程中误差，不应超过 1mm。

第 9.5.10 条 地基土的分层沉降观测点，应选择在建筑物、构筑物的地基中心附

近。观测标志的深度，最浅的应在基础底面 50cm 以下；最深的应超过理论上的压缩层厚度。

观测的标志，应由内管和保护管组成，内管顶部应设置半球状的立尺标志。

第 9.5.11 条 地基土的分层沉降观测，应在基础浇灌前开始，观测的周期，应符合本规范第 9.5.6 条的规定。观测的高差中误差，不应超过 1mm。

第 9.5.12 条 建筑场地的沉降观测点布设范围，宜为建筑物基础深度的 2~3 倍，并应由密到疏布点。

第 9.5.13 条 水坝垂直位移测量的观测点，应沿坝轴线平行布设在能反映坝体变形的部位，并宜与水平位移观测点合设在一个标墩上。

第 9.5.14 条 水坝的观测周期，应符合下列规定：

一、坝体竣工初期，应每半个月或 1 个月观测 1 次；坝体已基本稳定时，宜每季度观测 1 次；

二、土坝宜在每年汛前、汛后各观测 1 次；

三、当发生水库空库、最高水位、高温、低温、水位骤变、位移量显著增大及地震等情况时，应及时增加观测次数。

第 9.5.15 条 水坝的垂直位移观测，相对于工作基点的高程中误差，中型混凝土坝不应超过 1mm，小型混凝土坝不应超过 2mm；中型土石坝不应超过 3mm，小型土石坝不应超过 5mm。

第六节 内业计算及成果整理

第 9.6.1 条 观测工作结束后，应及时整理和检查外业观测手簿。

第 9.6.2 条 水平位移监测网的测角中误差、测距中误差及各条件方程自由项限差，应按本规范第二章中的有关公式进行计算。

垂直位移监测网，每测站的高差全中误差，应按本规范第 3.2.8 条的有关公式计算。

第 9.6.3 条 监测网的平差计算与精度评定，应根据工程需要，采用经典严密平差法或自由网平差法。

第 9.6.4 条 监测网点位稳定性的检验，可采用下列方法：

一、采用经典严密平差时的检验方法，复测后两次平差值的较差应符合下式要求：

$$\Delta < 2 \sqrt{2\mu^2 Q} \quad (9.6.4)$$

式中 Δ ——两次平差值较差 (");

μ ——单位权中误差 (");

Q ——权系数。

二、采用自由网平差时的统计检验方法；

二、经典法与统计检验相结合的方法。

第 9.6.5 条 内业计算取值精确度的要求，应符合表 9.6.5 的规定。

第 9.6.6 条 观测点的变形分析，应符合下列规定：

一、相邻两观测周期，相同观测点有无显著变化；

二、应结合荷载、气象和地质等外界相关因素综合考虑，进行几何和物理分析。

表 9.6.5 内业计算取值精确度的要求

监测网等级	方向值 （″）	边长 （mm）	坐标 （mm）	高程 （mm）	水平 位移量 （mm）	垂直 位移量 （mm）
一、二等	0.01	0.1	0.1	0.01	0.1	0.01
三、四等	0.10	1.0	1.0	0.10	1.0	0.10

第 9.6.7 条 水平位移测量结束后，应根据工程需要，提交下列有关资料：

- 一、水平位移量成果表；
- 二、观测点平面位置图；
- 三、水平位移量曲线图；
- 四、有关荷载、温度、位移值相关曲线图；
- 五、水平位移和垂直位移综合曲线图；
- 六、变形分析报告等。

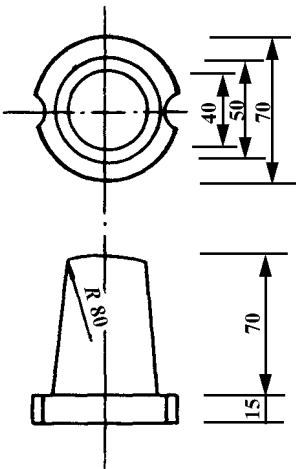
第 9.6.8 条 垂直位移测量结束后，应根据工程需要，提交下列有关资料：

- 一、垂直位移量成果表；
- 二、观测点位置图；
- 三、位移速率、时间、位移量曲线图；
- 四、荷载、时间、位移量曲线图；
- 五、等位移量曲线图；
- 六、相邻影响曲线图；
- 七、变形分析报告等。

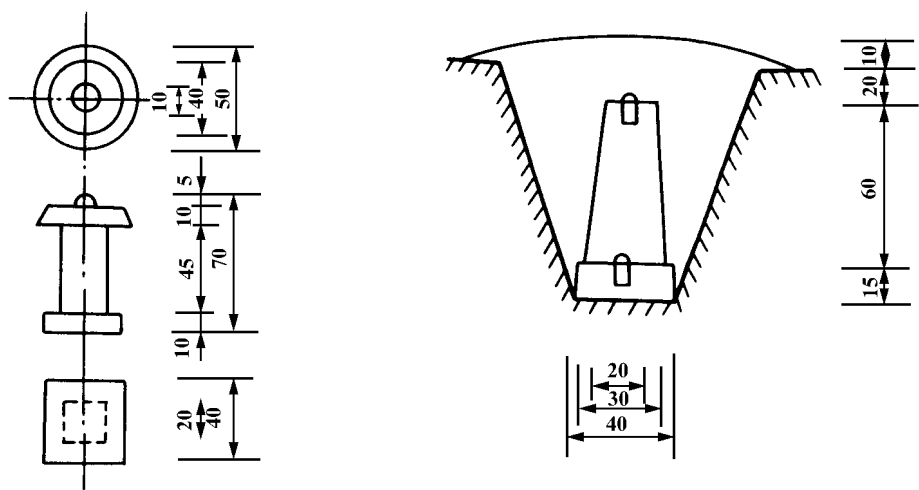
附录一 本规范名词解释

附表 1 名 词 解 释	
名 词	解 释
边角网	边、角全测的控制网
电照准	根据接收电讯号最强确定照准位置的方法
基准点	确认固定不动，且作为测定工作基点和变形观测点的点
工作基点	作为直接测定变形观测点的相对稳定的点，可用基准点代替
变形观测点	设立在变形体上，反映变形特征的观测点

附录二 平面控制点标志及标石的埋设规格

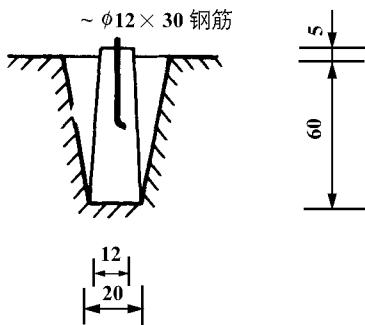


附图 2.1 磁质标志图
(单位：mm)



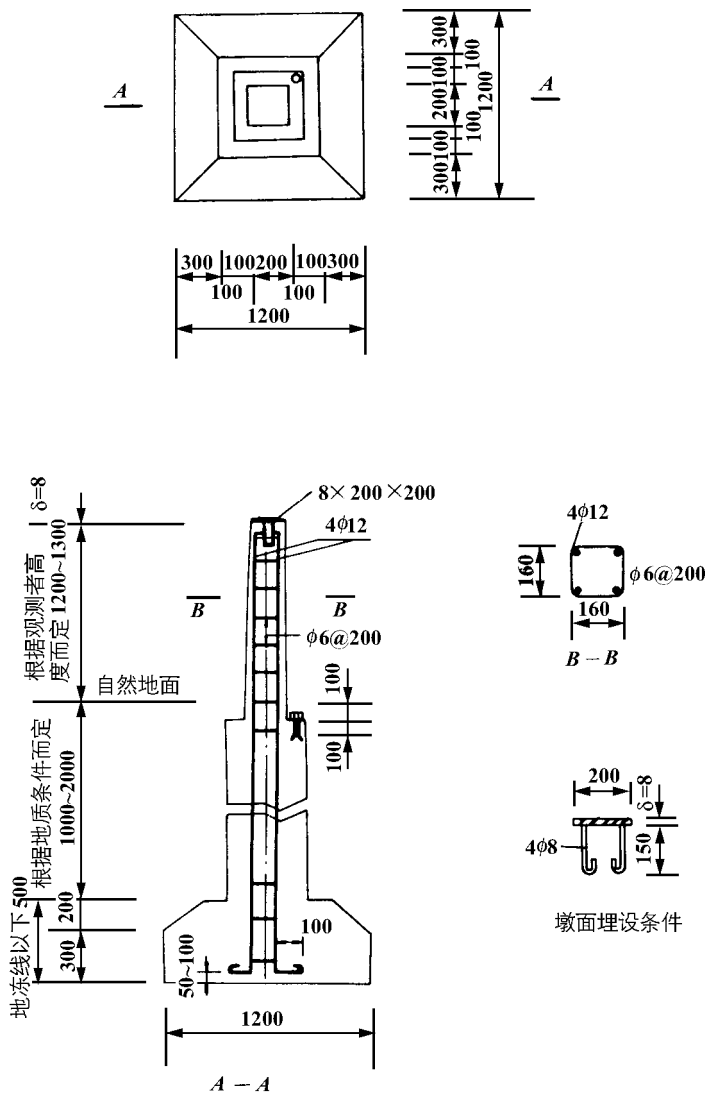
附图 2.2 金属标志图
(单位：mm)

附图 2.3 二、三等三角点标石埋设图
(单位：cm)



附图 2.4 一、二级小三角点标石埋设图
(单位：cm)

注：①山地及冻土地区标石尺寸和埋设深度，可自行设计；
②柱石与盘石间，应放 0.5~1cm 厚粗砂；
③四等三角点，可不埋盘石，柱石高度适当加大；
④一、二、三级导线、点的标石规格，应按照附图 2.4 或自行设计；
⑤线路和图根点可参照附图 2.4 略缩小。



附图 2.5 变形测量观测墩图（单位：mm）

注：墩面尺寸根据强制归心装置尺寸而定。

附录三 方向观测法度盘和测微器
位置变换计算公式

一、计算公式：

$$\sigma = \frac{180^\circ}{m} (j - 1) + i (j - 1) + \frac{\omega}{m} (j - \frac{1}{2})$$
 (附 3.1)

式中 σ ——度盘和测微器位置变换值 (″)；

m ——测回数；

j ——测回序号；

i ——度盘最小间格分划值 (DJ₁ 为 4′；DJ₂ 为 10′)；

ω ——测微盘分格数 (值) (DJ₁ 为 60 格；DJ₂ 为 600″)。

二、根据上述公式，方向观测法度盘编制应符合附表 3.1、3.2 的要求。

附表 3.1 用 DJ₁ 型仪器方向观测度盘编制表

测回数 测回 序号	15	9	6	4
1	00°00′02″	00°00′03″	00°00′05″	00°00′08″
2	12°04′06″	20°04′10″	30°04′15″	45°04′22″
3	24°08′10″	40°08′17″	60°08′25″	90°08′38″
4	36°12′14″	60°12′23″	90°12′35″	135°12′52″
5	48°16′18″	80°16′30″	120°16′45″	
6	60°20′22″	100°20′37″	150°20′55″	
7	72°24′26″	120°24′43″		
8	84°28′30″	140°28′50″		
9	96°32′34″	160°32′57″		
10	108°36′38″			
11	120°40′42″			

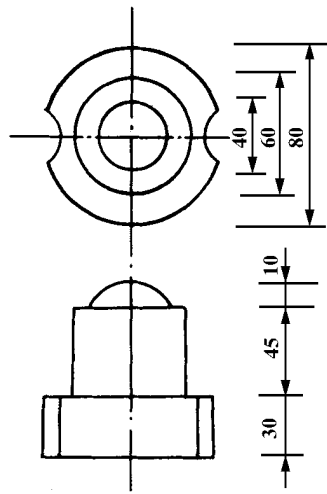
测回数 测回 序号	15	9	6	4
12	132°44'46"			
13	144°48'50"			
14	156°52'54"			
15	168°56'58"			

注：采用测微盘分格数（值）为 120 格的仪器时，应另行计算编表。

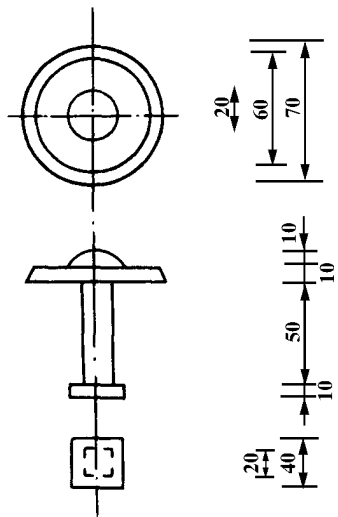
附表 3.2 用 DJ₂ 型仪器方向观测度盘编制表

测回数 测回 序号	12	9	8	6
1	00°00'25"	00°00'33"	00°00'37"	00°00'50"
2	15°11'15"	20°11'40"	22°11'52"	30°12'30"
3	30°22'05"	40°22'47"	45°23'07"	60°24'10"
4	45°32'55"	60°33'53"	67°34'22"	90°35'50"
5	60°43'45"	80°45'00"	90°45'37"	120°47'30"
6	75°54'35"	100°56'07"	112°56'52"	150°59'10"
7	90°05'25"	120°07'13"	135°08'07"	
8	105°16'15"	140°18'20"	157°19'22"	
9	120°27'05"	160°29'27"		
10	135°37'55"			
11	150°48'45"			
12	165°59'35"			

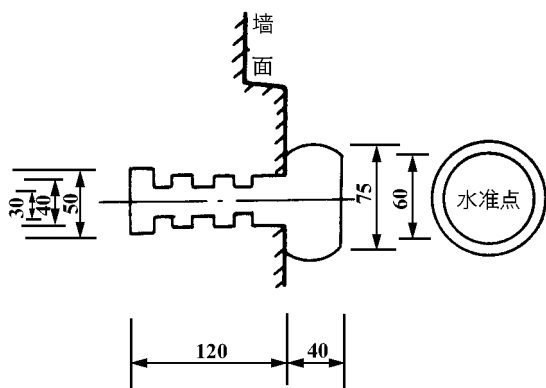
附录四 高程控制点标志及标石的埋设规格



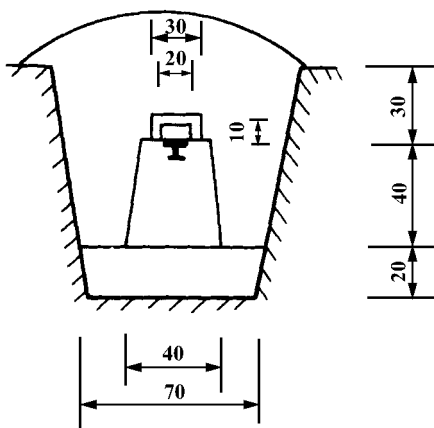
附图 4.1 磁质标志图
(单位：mm)



附图 4.2 金属标志图
(单位：mm)

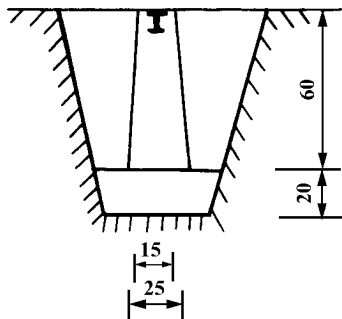


附图 4.3 墙脚水准点标志图（单位：mm）



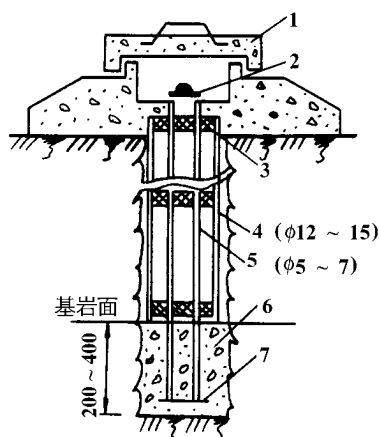
附图 4.4 二、三等水准点标石埋设图（单位：cm）

注：冻土地区的标石规格和埋设深度，可自行设计。



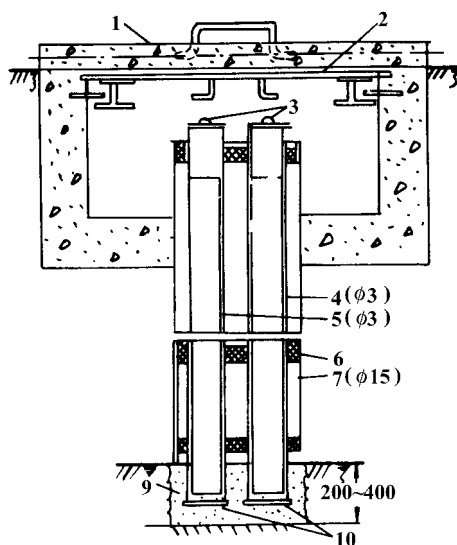
附图 4.5 四等水准点标石埋设图（单位：cm）

注：线路专用高程控制可按附图 4.5 或自行设计。



(a) 测温钢管标 (单位: cm)

1—标盖; 2—标心 (有测温孔); 3—橡皮环; 4—保护管;
5—钢管; 6—混凝土; 7—封底钢板与根络



(b) 双金属标 (单位: cm)

1—钢筋混凝土标盖; 2—钢板标盖; 3—标心; 4—钢心管;
5—铝心管; 6—橡胶环; 7—钻孔保护管; 8—新鲜基岩面;
9—200# 沙浆; 10—心管底板和根络

附图 4.6 深埋水准点结构图

附录五 建筑物、构筑物主体倾斜率和按差异沉降推算主体倾斜值的计算公式

一、建筑物、构筑物主体的倾斜率。应按下式计算：

$$i = \operatorname{tg} \alpha = \frac{\Delta D}{H} \quad (\text{附 } 5.1)$$

式中 i ——主体的倾斜率；

ΔD ——建筑物、构筑物顶部观测点相对于底部观测点的偏移值 (m)；

H ——建筑物、构筑物的高度 (m)；

α ——倾斜角 ($^{\circ}$)。

二、按差异沉降推算主体的倾斜值，应按下式计算：

$$\Delta D = \frac{\Delta S}{L} H \quad (\text{附 } 5.2)$$

式中 ΔD ——倾斜值 (m)；

ΔS ——基础两端点的沉降差 (m)；

L ——基础两端点的水平距离 (m)；

H ——建筑物的高度 (m)。

附录六 基础相对倾斜值和基础挠度计算公式

一、基础相对倾斜值 ΔS_{AB} 应按下式进行计算：

$$\Delta S_{AB} = \frac{S_A - S_B}{L} \quad (\text{附 } 6.1)$$

式中 S_{AB} ——相对倾斜值；

S_A 、 S_B ——倾斜段两端观测点 A、B 的沉降量 (m)；

L ——A、B 间的水平距离 (附图 6.1) (m)。

二、基础的挠度 f_c 应按下式进行计算：

$$f_c = \Delta S_{BC} - \frac{L_1}{L_1 + L_2} \Delta S_{AB} \quad (\text{附 } 6.1)$$

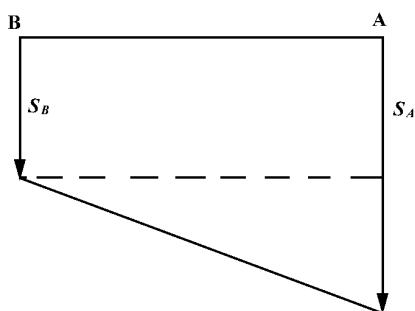
式中 f_c ——挠度 (m)；

ΔS_{BC} ——B、C 的沉降差 (m)；

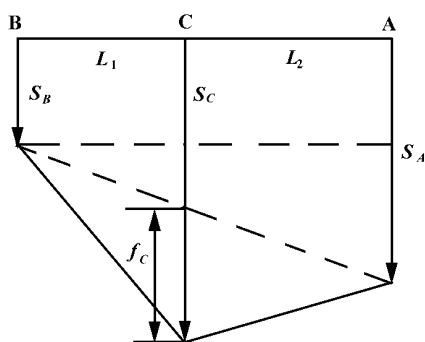
ΔS_{AB} ——A、B 的沉降差 (m)；

L_1 ——B、C 间的水平距 (m)；

L_2 ——A、C 间的水平距 (附图 6.2) (m)。



附图 6.1 基础的相对倾斜



附图 6.2 基础的挠度

附录七 本规范用词说明

一、对条文执行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”。

二、条文中必须按指定的标准、规范或其他有关规定执行的写法为“应按……执行”或“应符合……规定”。

工程测量规范（条文说明）

GB 50026—93

第一章 总 则

第 1.0.1 条 本规范的宗旨。为了统一工程建设中工程测量的技术要求，凡是可能在全国统一的共同性的通用内容，本规范均加以规定，以使修订后的新规范更好地为工程建设服务。本规范对新技术和新方法的采用，本着积极慎重的态度，凡经过鉴定行之有效的好经验、新方法，如电磁波测距等级导线、三边网、电磁波测距三角高程等，已作了相应的规定。并在内容和指标的规定上，做到“体现政策，技术先进，经济合理，安全适用”。

第 1.0.2 条 本规范适用范围。原规范着重于城市、工矿企业勘察设计阶段的测绘工作。本规范适用范围有所扩大，除工程建设的勘察设计阶段的测绘工作外，施工及生产（运营）阶段的测绘工作也包括在其中了。

原规范第五章摄影测量方法的 1：500～1：5000 比例尺测图已另编入《工程摄影测量规范》中。

从我国实际情况出发，根据需要，对于测图面积大于 50km² 的 1：5000 比例尺地形图，如可能，应考虑“一测多用”的原则，规定了宜按国家测绘局颁发的现行有关规范执行。

第 1.0.3 条 作业三阶段工作。这是根据历年来工程测量单位在作业实践中总结出来的经验而制定出来的三作业阶段必须进行的工作。

第 1.0.4 条 对测绘仪器、工具，根据作业实践，只有做到及时检查校正，加强维护保养，定期检修，才能保证仪器、工具百分之百的完好率，不致妨害作业，延误工期，保证测绘质量。

第 1.0.5 条 根据偶然误差出现的规律，以二倍中误差作为极限误差时，其误差出现的或然率不大于 5%，这样规定是合理的。

第 1.0.6 条 多余观测数小于 20 的中误差的区间估计。根据数理统计原理，子样方差与母体方差的 χ^2 分布关系，导出母体中误差 m 的区间数为：

$$\sigma \sqrt{\frac{n-1}{x_2^2}} \leq m \leq \sigma \sqrt{\frac{n-1}{x_1^2}} \quad (\text{概率为 } p) \quad (1.0.6-1)$$

式中 σ ——子样中误差；

n ——观测数；

m ——母体中误差。

当 $n > 20$ 时，子样中误差与母体中误差的差别可能在 20% 以内，按 1979 年复旦大学编《数理统计》一书认为：子样中误差可以代替母体中误差。

当观测数 $n < 20$ 时，由经典的最小自乘法常用的测量中误差公式计算：

$$m = \sqrt{\frac{[\Delta\Delta]}{n}} \quad (1.0.6-2)$$

$$\text{及 } m = \sqrt{\frac{[\nu\nu]}{n-1}} \quad (1.0.6-3)$$

式中 Δ ——观测值的真误差；

ν ——观测值的修正值。

求得的中误差 m 值，实际上与数理统计中的子样中误差 σ 相当，其值的可靠性随着 n 的减小而越来越小，因此对某些工程要求中误差值有较高可靠性时，应按公式 (1.0.6-1) 采用中误差的区间估计办法进行评定，置信概率 p 值一般可选 0.7~0.9 之间， p 值越大，求得的 m 值越可靠。

一般要肯定观测中误差是否小于某一限值，这时就要计算母体中误差的可能最大极限值。

设 $x^2 \leq x_0^2$ 的概率为 p ，得 $m \leq \sqrt{\frac{n-1}{x_0^2}} \sigma$ 的概率为 p ；设 $\sqrt{\frac{n-1}{x_0^2}} = K_M$ ，即 $m \leq K_{M\sigma}$ 的概率为 p 。由于 $\sqrt{\frac{n-1}{x_0^2}} > 1$ ，故 m 的可能极限值 $K_{M\sigma} > \sigma$ ， K_M 值相当于安全系数，其值的大小决定于置信概率 p 。

计算 σ 后乘以 K_M 值再与规范规定的相应中误差比较。

第一章 平面控制测量

第一节 一般规定

第 2.1.1 条 根据多年来一些工测单位的实践经验及典型插网图形的电算成果的精度分析，越等级布设控制网有下列优点：

- 一、觐标高度可适当降低，节约造标费用；
- 二、与逐级布网的经济比较，节约生产工日约 2/5；
- 三、插网中各特定点的精度较均匀；
- 四、一次插入的点数愈多，则点位中误差愈小；
- 五、相邻点位中误差，随着加密边长的缩短而减小。

优点中的三、四、五款，可由电算出的以下四种插网图形的主要精度综合统计表 2.1.1 所证实。

表 2.1.1 四种插网图形的主要精度综合统计

插网中待 定点点数	边长缩 小倍数	加密网 边 长 (km)	点位中误差 (mm)			相邻点位中误差 (mm)			相对中误差 平 均
			最大	最小	平均	最大	最小	平均	
3	2 : 1	5	47.7	47.7	47.7	49.7	47.7	48.4	1/103000
7	3 : 1	3.3	38.3	35.6	36.5	38.5	32.4	35.4	1/93000
12	4 : 1	2.5	36.2	31.6	33.0	32.2	22.7	27.5	1/91000
18	5 : 1	2.0	33.5	28.0	30.7	28.0	18.1	22.5	1/90000

因此本规范规定在满足本规范指标的情况下，可越等级布设。

第 2.1.2 条 坐标系统的选择。本条在坐标系统的选择上，根据国家现行的规定，结合工程的特点，提出了满足测区内投影长度变形值不大于 2.5cm/km 的要求，只有当投影长度变形值在此范围内，才有可能采用统一的高斯正形投影 3°带平面直角坐标系。

本规范规定出的长度变形 1km 可为 2.5cm，即是相对误差为 1/40000，这样的长度变形，能满足工程建设中施工放样测量精度不低于 1/20000 的要求，并与之相适应。

坐标系统的选择，在投影长度变形值不大于 2.5cm/km 的原则下，还可采用高斯正形投影 3°带或任意带平面直角坐标系，投影面可采用 1985 国家高程基准、抵偿高程面或测区平均高程面；特殊要求的工程可采用建筑坐标等独立坐标系。

第 2.1.3 条 三角测量的主要技术要求。三角测量的主要技术要求是根据工程测量单位控制网的统计资料和考虑已有城市、工程测量单位的规范指标，在综合分析的基础上规定的。在此分述如下：

一、测角中误差与测回数。本规范对二、三、四等三角测量的测角中误差仍分别沿用过去已规定的 ±1.0″、 ±1.8″、 ±2.5″，其水平角观测的测回数是根据工测单位控制网水平角测角中误差与测回数统计表（表 2.1.3）而规定出来的。

表 2.1.3 工测单位控制网水平角测角中误差与测回数统计

DJ ₁ 型			DJ ₂ 型		
测回数	测角中误差 (″)	网的个数	测回数	测角中误差 (″)	网的个数
3	0.90 ~ 1.66	4	1	5.00	1
4	0.89 ~ 2.40	8	3	2.40	2
6	0.80 ~ 1.70	17	4	1.55 ~ 2.10	4
8	0.85 ~ 1.68	3	6	1.30 ~ 2.50	9
9	0.55 ~ 1.79	26	8	1.9 ~ 2.20	5
10	1.01	1	9	0.95 ~ 1.80	6

DJ ₁ 型			DJ ₂ 型		
测回数	测角中误差 (″)	网的个数	测回数	测角中误差 (″)	网的个数
12	0.40 ~ 1.02	7	9	2.12	1
			12	1.17 ~ 1.64	2

一、二级小三角的测角中误差和测回数，也是根据多数工测单位多年来已采用的指标。

二、基本精度。工测单位平面控制网的基本精度，应使四等以下的各级平面控制的最弱边边长（或最弱点点位）中误差不大于地形图上 0.1mm。对 1:500 比例尺和 1:1000 比例尺地形图来说，就是 5cm 和 10cm。因此，二、三、四等三角网的建立，本规范取四等三角网最弱边边长中误差为 5cm。

本规范表 2.1.3 中规定对一、二级小三角的边长可放长，最长为表中规定的 2 倍，即根据测区测图的最大比例尺而定，当为 1:1000 时，则规定了 10cm 的网。

一般工程的施工放样，要求新设的建筑物与相邻已有建筑物的相关位置误差（或相对主轴线）应小于 10 ~ 20cm。在改、扩建厂的施工图设计时，尚须测定主要地物点的解析坐标，其点位对于最近解析图根点的点位中误差，约为 5 ~ 10cm。因此，本规范所规定的控制网精度规格，是可以满足大比例尺测图并兼顾一般施工放样需要的。

三、最弱边精度系列。对加密网而言，三角网的边长精度，主要取决于测角的精度。有如下的关系式，即：

$$TQ_i : T_i = m''_{\beta_i} : m''_{\beta_{i-1}} \tag{2.1.3-1}$$

式中 TQ_i 、 T_i ——分别为第 i 级三角网起始边，最弱边的边长相对中误差的分母；
 m''_{β_i} 、 $m''_{\beta_{i-1}}$ ——分别为 i 级和 $i-1$ 级三角网测角中误差。

二、三、四等三角网，一、二级小三角的测角中误差，分别规定为：± 1.0″、± 1.8″、± 2.5″、± 5″、± 10″，那么各等级的 TQ_i 与 T_i 的值也就基本确定。

至于独立的首级三角网，其最弱边的边长中误差，应与加密网的系列一致，二、三、四等三角起始边，本规范根据需要和电磁波测距的可能，采用 1/250000、1/150000 和 1/100000；一、二级小三角分别采用 1/40000 和 1/20000，以上系列在实际工作中验证均可达到。其中，只有三等三角网，从电算出的 8 个任意中点多边形进行了分析：认为当采用一条起始边的中点多边形，选择较良好的图形时，测角中误差若能比规范规定提高 5% ~ 10%，则基本上能完全符合精度要求。

四、各等级三角测量平均边长。根据一些工程测量单位作业经验和调查走访施工建设单位，认为四等三角平均边长为 2km，最弱边边长相对中误差不低于 1/40000，即相对点位中误差为 ± 5cm，这样密度和精度的网，一般施工放样工作均能适用，故四等三角平均边长规定为 2km。而其余各等级的平均边长，大体上按上、下相邻等级之比约为 2 : 1 来规定；三等为 4.5km、二等为 9km；一级为 1km、二级为 0.5km。

综合以上四个方面，制定出三角测量的主要技术要求。

贯彻执行本规范表 2.1.3 规定时还应注意：

①采用国家大地测量网作为起算，当边长较长时，在精度满足要求的情况下，可采用同级或越级插网等形式进行加密，以缩短其边长。

②表中三等、四等加密的起始边边长相对中误差一栏，是指直接利用二等点边加密三等网点，以及三等点边加密四等网点的二等和三等的起始边的精度而言，并不是下一级加密网时的起始边。如果在下一级（三等或四等）网中增设加密网起始边时，宜考虑原始数据误差的影响，在完整的误差分析的基础上，决定加密起始边的观测精度。

第 2.1.4 条 三角网（锁）的布设。根据实践经验，三角网（锁）的布设应注意下列事项：

一、应从当前需要出发，适当考虑发展，坚持因地制宜，做到技术先进、经济合理；

二、当测区内没有高级控制网或原有控制网的精度不能满足要求时，一般布设独立网；

三、当测区内有高级控制网，且其精度满足要求时，可用插网、线形网或插点等形式进行加密。

四、规范条文中增加了各等级三角网用插点加密时的一些具体规定，以求得统一。

五、一、二级小三角的布设，根据实践经验，可采用线形锁，并可按下式计算的中间点位中误差值（ $M_{\text{中}}$ ）进行验证：

$$M_{\text{中}} = \tilde{L} \frac{m''_{\beta}}{\mu \cdot 10^6} \sqrt{\frac{(n+1)^2 + 20}{70(n+1)}} \times (4.43 + R_{\text{平}}) \quad (2.1.4-1)$$

式中 \tilde{L} ——两高级点间实际距离（或称大基线长度）；

$R_{\text{平}}$ —— $\frac{\sum R}{n}$ ； R 为三角形图形强度系数，以对数第六位为单位；

n ——三角形个数；

μ ——0.4343。

由式（2.1.4-1），知线形锁中间点的点位中误差 $M_{\text{中}}$ 与大基线长度 \tilde{L} 成正比。偏离大基线愈远， $M_{\text{中}}$ 就愈大，故线形锁的布设宜近于直伸。

狭长测区布设一条线形锁时，按传距角计算的图形强度的总和值，应小于 60。按公式（2.1.4-2）计算线形锁端边（最弱边）的边长相对中误差：

$$\frac{m_s}{S} = \frac{m''_{\beta}}{\mu \cdot 10^6} \sqrt{\frac{2}{9} \sum R} \quad (2.1.4-2)$$

当 $m''_{\beta} = \pm 5''$ ， $\frac{m_s}{S} = \frac{1}{T} = \frac{1}{20000}$ ；

当 $m''_{\beta} = \pm 10''$ ， $\frac{m_s}{S} = \frac{1}{T} = \frac{1}{10000}$ 。

可见，所得结果均满足规范一、二级小三角最弱边的边长相对中误差的要求。

第 2.1.5 条 导线测量的主要技术要求。导线（网）测量的主要技术要求，是根据多数工程测量单位历来来实践经验、理论公式估算以及规范的科研课题试验验证，按下列要求规定出来的：

一、三、四等导线的测角中误差采用同等三角测量的测角中误差值 (m_β) ;

二、导线点的密度应比三角测量密一些, 故三、四等导线的平均边长 (S), 采用同等级三角测量平均边长的 0.7 倍左右;

三、由于测距仪的普及, 为使导线测量的应用更广泛起见, 故将原规范一、二级导线增至一、二、三级;

四、测距中误差按 II、III 级精度的测距仪标称精度 (m_D) 估算;

五、设计导线时, 根据中间最弱点点位中误差采用 5cm; 起始误差和测量误差对导线中点的影响按“等影响”处理, 所求的导线长度的理论公式为:

$$\frac{0.1225m''_\beta}{S} [S]^3 + 0.612m_\beta^2 [S]^2 + \frac{0.25m_D}{S} [S] - 1250 = 0 \quad (2.1.5-1)$$

分别将各等级的 m''_β 、 S 及 m_D 值代入式 (2.1.5-1), 解出 $[S]$, 即得导线长度。

六、导线终点的总误差 ($M_{终}$) 的理论公式为:

$$M_{终} = \sqrt{4m_t^2 + 16m_\mu^2 + 4m_{Q中}^2} \quad (2.1.5-2)$$

式中 $m_t = \frac{1}{2}m_D\sqrt{n}$;

$$m_\mu = 0.35m''_\beta [S] \sqrt{n+5};$$

$$m_{Q中} = \frac{50}{\sqrt{2}} (\text{mm})$$

求导线相对闭合差公式为:

$$1/T = 2M_{终}/[S] \quad (2.1.5-3)$$

通过以上各款结果, 并适当取舍整理, 得出导线测量的主要技术要求如规范表 2.1.5。

以上导线测量的主要技术要求, 也与电磁波测距导线代替三、四等三角测量的精度指标的研究课题 (1984 年 9 月经过成果评审) 某测区的试验报告所提指标基本相符合。

第 2.1.6 条 绝对闭合差不应大于 13cm。根据理论公式验证, 直伸导线平差后, 导线中点的点位中误差和导线终点的点位中误差的关系为:

$$m_{中} = \frac{1}{K} M_{终} \quad (2.1.6-1)$$

则导线全长的相对闭合差, 按 (2.1.6-1) 式为:

$$1/T = 2M_{终}/[S] = 2Km_{中}/[S] \quad (2.1.6-2)$$

当附合导线长度小于规范表 2.1.5, 规定长度 $1/3$ 时, 导线全长的最大相对闭合差, 不能达到规范的最低要求, 此时则以导线全长的绝对闭合差来衡量, 亦即 K_m 来计算。

K 为比例系数, 取 $K = \sqrt{7}$; $m_{中} = 0.05m$, 故 $\sqrt{7} \times 5 \approx 13 (\text{cm})$ 。

第 2.1.7 条 关于结点间、结点与高级点间的导线长度。从较常用的导线网形出发, 当最弱点的中误差与单一附合导线最弱点中误差近似相等时, 各环节段的长度, 以附合导线长度为单位, 经过计算求得各图形结点间、结点与高级点间长度约为 0.5 ~ 0.75 倍之间, 本规范取用 0.7 倍。

第 2.1.8 条 三边网的主要技术要求。根据理论验证、模拟试验结果以及国外有关三边网的资料，制定出三边网的主要技术要求。

确定三边测量的精度规格的方法，是根据 $m_{\text{角}}/\sqrt{2}\rho'' \times \sqrt{\frac{1}{P_{\text{角网}}}} = m_{\text{边}}\sqrt{\frac{1}{P_{\text{边网}}}}$ 作为条件，用同一个由正三角形组成的网形，按不同等级三角测量的平均边长计算出其权系数阵，使同一图形的三边网中的同各边的两端点相对点位中误差与三角网的相等，并接近规范中规定的最弱边的相对点位中误差，即可由此确定三边网的单位权中误差 m_s 。其关系式如下：

$$m_s \sqrt{\frac{1}{P_{\Delta x}} + \frac{1}{P_{\Delta y}}} = M_{ij} \quad (2.1.8-1)$$

或

$$m_s = \frac{M_{ij}}{\sqrt{\frac{1}{P_{\Delta x}} + \frac{1}{P_{\Delta y}}}} \quad (2.1.8-2)$$

式中 M_{ij} ——三角网中接近规范最弱边指标的某相邻点 i 、 j 的相对点位中误差；

$\frac{1}{P_{\Delta x}}$ 、 $\frac{1}{P_{\Delta y}}$ ——三边网中同一边的相应权倒数，可用三边网的权倒数阵按下式计算。

$$\frac{1}{P_{\Delta x}} = Q_{xixi} + Q_{xjxj} - 2Q_{xjxi}$$

$$\frac{1}{P_{\Delta y}} = Q_{yiyi} + Q_{yjyj} - 2Q_{yjyi}$$

我们利用一个由 18 个正三角形组成的图形计算，得结果如表 2.1.8。该网中 A、B 点为三角网的起算点，而三边网则以 A 点为起算点，AB 的方位角为起算方位角。

规定的 M_{ij} 按下式计算：

$$M_{ij} = S \sqrt{\left(\frac{1}{T_{\text{弱}}}\right)^2 + \left(\frac{m''_{\beta}}{\sqrt{2}\rho''}\right)^2} \quad (2.1.8-3)$$

式中 S ——三角网的平均边长；

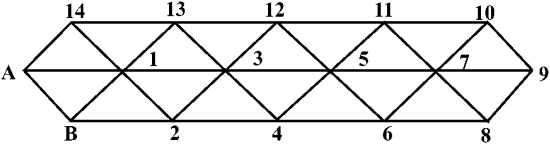
$\frac{1}{T_{\text{弱}}}$ ——规定的最弱边相对中误差；

m''_{β} ——规定的测角中误差。

根据以上结果可看出各等级三边测量的主要技术要求，如规范表 2.1.8。

为了验证三边网主要技术要求，下面以四个典型中点多边形的四等网模拟试验为例。边长为 2km，平差后各边相邻点的点位中误差（mm）记录在图 2.1.8 中，园括号中的数值为角网，无括号的数值为边网，边网的测距相对中误差按 $\frac{1}{100000}$ 计算。

表 2.1.8 三边网的单位权中误差 m_s 计算

等级	规定的 M_{ij} (mm)	边号	算得的 M_{ij} (mm)	$\sqrt{\frac{1}{P_{\Delta x}} + \frac{1}{P_{\Delta y}}}$	m_s (mm)	m_s/S
二等	81	7~11	81.6	2.23	36.6	1/246000
三等	70	7~11	73.0	2.23	32.7	1/138000
四等	53	9~10	51.6	2.46	21.0	1/95000
示意图形						

根据图 2.1.8 数据可知，图形中的网大体上均为相邻点位为 5cm 的网。角网相邻点的点位精度，随网的扩展降低得较快；而边网的点位精度则比较均匀。再根据目前测距仪的实际情况，要求从实际用途和经济效益出发，使规范制订出来的技术规格，不致造成对仪器和观测条件的严格选择，在重视图形结构的条件下，四等网测距相对中误差（图 2.1.8）为 1/100000，是完全能满足精度要求的。这与原苏联《地矿杂志》1980 年，В.С. ВОЛГЫЦАКОВ 著《工程测量工作指南参考》（СПРАВОЧНОЕ РУКОВОДСТВО ПО ИНЖЕНЕРНО—ГЕОДЕЗИЧЕСКИМ РАБОТАМ）所规定的测边网的精度基本一致。其余各等级边网，均按此进行过模拟试验验证。

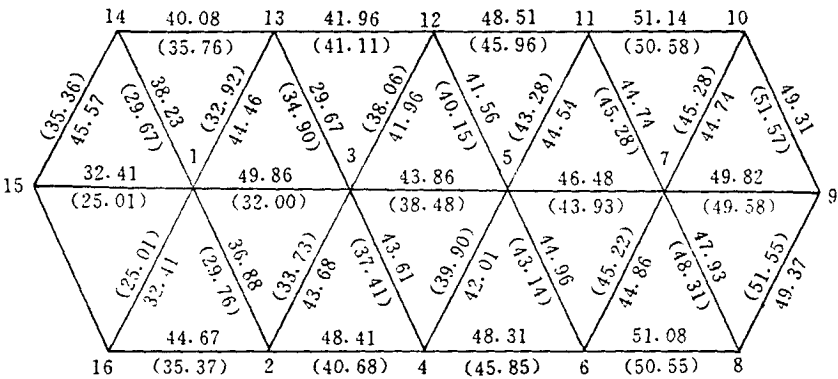


图 2.18 各边相邻点的点位中误差（mm）

另外，根据模拟试验证实，三边网将三角形个数控制在 10 个以内是恰当的。超过 10 个时，应进行控制网一、二类（阶段）的优化设计，计算最弱边的相对误差椭圆。对一类而言是调整图形结构，对二类而言是选用观测仪器。这样就可以弥补一般规定的不足。

第 2.19 条 三边网图形结构。根据理论公式验证，三边网的一个三角形（如图 2.1.9）各内角的误差，根据图形结构和各边长误差的关系，应按下式计算：

$$m_r = \pm \rho'' \sqrt{(\operatorname{ctg} \alpha + \operatorname{ctg} \beta)^2 \frac{m_{sc}^2}{S_c^2} + \operatorname{ctg}^2 \alpha \frac{m_{sb}^2}{S_b^2} + \operatorname{ctg}^2 \beta \frac{m_{sa}^2}{S_a^2}} \quad (2.1.9)$$

如各内角相差过大，由（2.1.9）式计算出的角度误差亦将变化较大，这对加密低级网不利。因此，规定了三角形的内角宜为 $30^\circ \sim 100^\circ$ ，个别角也不应小于 25° 。

图形欠佳时，应增测对角线边的规定，是为了增强图形强度，增加多余观测条件，提高整个边网的精度而作出的。三边测量的单锁没有多余观测的平差条件，精度低，故不应采用。

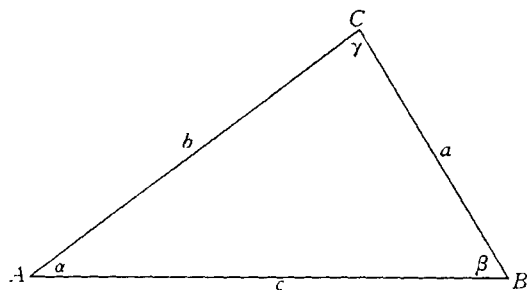


图 2.1.9 三边网的一个三角形

第二节 设计、选点、造标与埋石

第 2.2.1 条 控制网的优化设计。电算技术的普及，对某些有特殊要求的工程控制网，规定应充分利用电算技术，进行控制网的优化设计。特别应指出的是，当设计重要且复杂的控制网时，考虑原始数据误差的影响，在完整的误差分析的基础上，进行网的精度优化设计时，可采用《工程测量规范》已经评审过的西南交通大学的科研课题“原始数据误差对工程测量多级平面控制网精度的影响及其野外实验验证”中有关的计算方法和电算程序进行工作。

第 2.2.3 条 控制点位的选定。为了保证四等以上的各种控制网的观测质量，增加了选点时对通视条件的要求。

第 2.2.4 条 关于建造觐标。

一、标注中心、仪器台的中心以及标石中心互相偏差不应大于 10cm，这是根据造标时可能做到，以及便利进行归心投影改正工作而规定下来的指标；

二、槽柱距离测站仪器的观测视线，二等不应大于 20cm，三、四等 10cm，是根据经验为避免旁折光对观测精度的影响而规定的。

第 2.2.5 条 导线点的埋石。考虑到在建筑区内埋石的一些具体情况，对导线点的埋石作了有一定灵活性的规定。

第二节 水平角观测

第 2.3.1 条 光学经纬仪作业前检验。水平角观测所用的光学经纬仪是以 DJ₁ 型、

DJ₂ 型仪器的原理为基础的，而这两种仪器精度不同，因此我们只有根据实际的需要和两种仪器可能达到的精度，分别规定出不同的指标。

第 2.3.2 条 测定归心元素。归心元素测定时规定的各项精度指标，都是在保证水平角观测精度的前提下，测定时又容易办到而规定的。

第 2.3.3 条 当方向数不多于 3 个时可不归零，是根据历年来的实践，方向数少，观测时间短，不归零时观测精度影响不大。相反，归零观测增加观测的工作量，因此没有必要。

第 2.3.4 条 当测站的方向总数超过 6 个时，进行分组观测，其理由是：由于方向数多了，根据实践经验，观测时间拖长了，气象等观测条件变化较大，不容易使各项观测限差满足质量要求。因此，宜采用分组观测的办法进行。

第 2.3.5 条 重新整置气泡位置。本规范各水平角观测的限差是在视线水平条件下规定的，当观测方向的垂直角超过 $\pm 3^\circ$ 时，宜在测回间重新整置气泡位置，除了满足视线水平的条件外，还应遵守本规范第 2.3.6 条有关规定的要求。

第 2.3.6 条 垂线偏差修正及两倍照准误差：

一、垂线偏差修正。这是根据我国《工程勘测》杂志 1980 年第 4 期张基石著“高山区矿山三角垂线偏差的试验研究”和西德《测量》杂志 1987 年第 8 期 Grafarend E. W 著“垂线方向变化对局部大地网坐标误差的影响”作出的规定。一些学者近年来的研究成果表明，垂线偏差对山区三角网水平方向和垂直角的影响不可忽视，国内试验分析结果对水平方向观测值最大改正值为 $9.62''$ ；国外研究结果对局部大地网坐标误差的影响可达 $10 \sim 30\text{cm}$ 。故规定对高山地区二、三等三角网点的水平角观测值进行垂线偏差的修正是完全必要的。

二、两倍照准误差。根据以下理论公式得知，仪器视准轴误差 (c) 和横轴误差 (i)，对同一方向盘左观测值减盘右观测值的影响为：

$$L - R = \frac{2C}{\cos\alpha} + 2itg\alpha \quad (2.3.6-1)$$

当垂直角 $\alpha = 0$ 时， $L - R = 2C$ ，即只有视线水平时， $L - R$ 才等于 2 倍照准差，因此， $2C$ 的较差受垂直角的影响为：

$$\begin{aligned} \Delta_{2c} &= \left(\frac{2C}{\cos\alpha_1} + 2itg\alpha_1 \right) - \left(\frac{2C}{\cos\alpha_2} + 2itg\alpha_2 \right) \\ &= 2C \left(\frac{1}{\cos\alpha_1} - \frac{1}{\cos\alpha_2} \right) + 2 \left(itg\alpha_1 - itg\alpha_2 \right) \\ &\approx C \frac{\alpha_1^2 - \alpha_2^2}{\rho^2} + 2itg\Delta\alpha \end{aligned} \quad (2.3.6-2)$$

对 DJ₂ 型经纬仪， $2C$ 可校正到小于 $30''$ ，即 $C \leq 15''$ ，这时 (2.3.6-2) 式右端第一项取值较小。例如： $\alpha_1 = 5^\circ$ ， $\alpha_2 = 0^\circ$ 时， $C \frac{\alpha_1^2 - \alpha_2^2}{\rho^2} = 0.12''$ ，当 $\alpha_1 = 10^\circ$ ， $\alpha_2 = 0^\circ$ 时， $C \frac{\alpha_1^2 - \alpha_2^2}{\rho^2} = 0.46''$ 。可见，此值与 $2C$ 较差限差 $13''$ 相比是较小的，因此式 (2.3.6-2) 第二项才是影响 $2C$ 较差变化的主项。

对于 DJ₂ 型仪器，一般要求 $i \leq 15''$ ，但是由于 DJ₂ 型仪器水平轴不便于外业校正，所以若 i 角较大时，也得用于外业。

i 角对 2C 较差的影响，见表 2.3.6。

表 2.3.6 i 角对 2C 较差的影响

<div><div><div><div><div><div></div></div></div><div><div>$2i \operatorname{tg} \Delta \alpha$</div></div></div><div><div>$\Delta \alpha$</div></div></div><div><div>j</div></div></div>	5°	10°	15°
15''	2.6''	5.3''	8.0''
20''	3.5''	7.1''	10.7''

由表列数值可知，2C 较差即使允许放宽 30% 或 50%，有时还显得不够合理，但是若再放宽此限差，则对于 i 角较小的仪器又显得太宽，失去限差的意义。

因此，规范规定：“当观测方向的垂直角超过 $\pm 3^\circ$ 时，该方向的 2C 较差可按相邻测回进行比较”。

用 DJ₂ 型经纬仪观测“一级小三角及以下时，一测回中两倍照准差（2C）的变动范围，可放宽为 18''。”

这里，主要考虑到小三角的测角精度要求较低，同时由于边长较短，照准目标简陋，因此 2C 较差放宽为 18'' 后，对成果精度影响不大，同时有利于作业，所以本规范予以放宽。

第 2.3.7 条 三等导线测回数为偶数的规定。由于三等导线便于左、右角观测测回数相同，规定为 10 测回，因此和等三角规定的 9 测回不一样。但在此应特别指出的是，按附录三公式计算时，当 $m = 10$ 时的度盘配置应如表 2.3.7。

采用 10 测回观测，按公式配置的尾数全为 30''，是不合理的。故观测时应注意再均匀调整一下度盘的尾数值。

表 2.3.7 度盘配置

j	σ
1	0°0′30''
2	18°11′30''
3	36°22′30''
4	54°33′30''
5	72°44′30''
6	90°55′30''
7	109°06′30''
8	127°17′30''

9	145°28′30″
10	163°39′30″

第四节 距离测量

第 2.4.1 条 测距仪中、短程的划分。短程为 3km 以下，中程为 3～15km，是根据目前国内、外生产的红外测距仪的规格而统一规定的。

第 2.4.2 条 仪器精度分级。从适用角度出发，当测距长度为 1km 时，仪器精度分为Ⅰ、Ⅱ、Ⅲ三个级别，分别代表了当前生产的红外测距仪的高、中、低的三个等级的仪器水平，现已为广大测绘工作人员所承认。

第 2.4.3 条 仪器及辅助工具检校。电磁波测距仪及辅助工具的检校，本规范中所列条文全都是根据多年作业实践取得的经验而制定出来的，对指导我们的生产作业有重大意义。

第 2.4.4 条 选择测距边测线倾角不宜太大。根据测线倾角对测距边产生误差公式(2.4.4-1)，知测距边测线倾角大，直接影响高差中误差 (m_h)，而 m_h 又对测边误差有间接影响。其公式为：

$$m_s^2 = m_D^2 + \left(\frac{h}{S}m_h\right)^2 \tag{2.4.4-1}$$

$$m_h = \sqrt{E^2 + F^2 + G^2 + H^2} \tag{2.4.4-2}$$

- 式中 m_s ——测距边中误差；
 m_D ——测距中误差；
 m_h ——高差中误差；
E——垂直角观测的偶然误差；
F——仪器系统误差；
G——地面大气折光差；
H——垂线偏差及水准面不平行影响。

如测距边测线倾角小，则 E、F、H 三项均相应减少。

第 2.4.5 条 测距边倾斜修正的垂直角观测。由于高差测定误差 (m_h) 而引起水平距离修正数的中误差 m_D 为：

$$m_D = \frac{h}{S}m_h \tag{2.4.5}$$

按式(2.4.5)分析，当要求测距边倾斜边尽量保持水平时，则 h 之值远比 S 之值小得多，故其高程误差影响水平距离修正的中误差则更微小。根据规范第 3.3.3 条五等电磁波测距三角高程的高程精度为 1km，中误差仅为 15mm，故本条规定其垂直角的观测和对向观测高差较差放宽一倍，是完全能保证测距边精度的。

第 2.4.6 条 测距的主要技术要求。测距的主要技术要求是根据多数工程测量单位历年来的生产实践经验按以下各项而制定的：

- 一、一测回较差是根据不同距离按各级仪器的标称精度规定的：

二、单程测回间较差为一测回较差乘以 $\sqrt{2}$ ；

三、往返较差是各往、返测回间取平均值后，按仪器标称精度的极限值（2倍）作为限差的；

四、仪器等级、测回次数及总测回数是依据该等级距离要求达到的测距精度而作出的规定。

综合以上各款，制定出测距主要技术要求如规范表 2.4.6。

第 2.4.7 条 测距边的计算。根据理论论证了水平距离计算的严密公式（2.4.7）与常用简化式 $D = \sqrt{S^2 - h^2}$ 的关系，以及采用三角高程测定高差的计算公式。

用两点间高差计算水平距离，当用三角高程计算时，较严密式为： $h = S \sin \alpha + \frac{\cos \alpha - K}{2R} S^2$ ，当垂直角 α 较小时， $\cos \alpha \approx 1$ ，故一般可采用 $h = S \cdot \sin \alpha + \frac{1-K}{2R} S^2$

当计算了高差 h 后，仍采用 $D = \sqrt{S^2 - h^2}$ 计算测距仪与反光镜的平均高程面上的水平距。

边长较长时，图 2.4.7 中 D 与 S 的弧距均以其弦距表示，根据 $D^2 = 2R^2 - 2R^2 \cos \theta$ ，则 $\cos \theta = 1 - \frac{D^2}{2R^2}$ 。

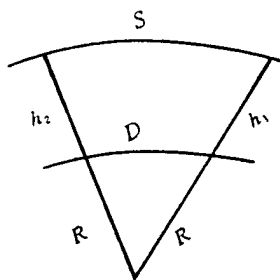


图 2.4.7 边长较长时的弧距

又 $S^2 = (R + h_1)^2 + (R + h_2)^2 - 2(R + h_1)(R + h_2) \cos \theta$ ，

将前式代入即得 $S^2 = (h_1 - h_2)^2 + \frac{D^2 (R + h_1)(R + h_2)}{R^2}$ ，如 $h_1 - h_2 = h$ ，求得严密推算公式为：

$$D^2 = \frac{(S + h)(S - h)}{\left(1 + \frac{h_1}{R}\right)\left(1 + \frac{h_2}{R}\right)} \quad (2.4.7)$$

式中 S ——测量倾斜距离；

D ——水平距；

h_1 、 h_2 ——分别为仪器或反光镜高程；

h ——仪器与反光镜之间的高差；

R ——地球平均曲率半径。

因先采用 $h = S \cdot \sin \alpha + \frac{1-K}{2R} S^2$ ，计算的高差为仪器与反光镜之间的平均高程面上的

高差结果,同时 h_1 、 h_2 均以此高程面为水准面基准, h_1 、 h_2 的高程均接近于零,则分母 $(1 + \frac{h_1}{R})$ 与 $(1 + \frac{h_2}{R}) \approx 1$ 。故采用简化式 $D = \sqrt{S^2 - h^2}$, 对计算精度无妨害。否则应采用严密公式进行计算为妥

第 2.4.8 条 不往返观测时测距边的精度评定。本条规定了测距边的精度评定,可按往返观测较差计算。当测距边不进行往返观测时,允许采用经实测检验证明适用的经验公式或其他评定方法来评定测距边的精度。如以边网中用边长计算出的角度闭合差条件作为真误差,计算出与三角测量水平角观测相类似的“菲列罗”公式,以求得外部符合的测距边精度,也是一种评定精度的有效方法。

第 2.4.9 条、第 2.4.10 条 因瓦基线尺测距、普通钢尺测距。因瓦基线尺测距虽然在目前的一般平面控制中较少使用,但对于工程测量,还是必不可少的。普通钢尺测距在施工测量中使用还很普遍,所以这些部分规范条文中还是保留,可按规范表 2.4.10 的相应规定进行。

规范表 2.1.5 中导线测量的主要技术要求,是针对电磁波测距而设计的技术规格。若测距时采用普通钢尺进行,钢尺丈量较差的相对误差并不能代表表 2.1.5 中测距相对中误差。但根据各工程测量单位的实际作业经验,其较差相对误差与导线闭合差的关系,其比例大致为 2:1 的关系。因此,表 2.4.10 仍可分别适用于一、二、三级导线的测距工作。

第 2.4.11 条 $2m$ 横基尺视差法测距。根据经验,用横基尺视差法测距时,边长可用一个单个视差图形测定,也可用几个单个视差图形分段测定。全长可看成是由几个单个视差图形测距之和。

设 S 为单个视差图形测距长度, L 为总长,则 $n = \frac{L}{S}$ 。

又设视差角测角中误差为 m''_{β} , 则由视差角测角误差,引起每个单个视差图形测距长度的误差为:

$$m_s = \frac{m''_{\beta}}{\rho''} \cdot \frac{S^2}{b} \quad (2.4.11-1)$$

本规范表 2.4.11 中为单个视差图形按 (2.4.11-1) 式进行计算而取用的相对中误差。为了各种用途的总长 L 不同,可自行按 (2.4.11-2) 式估算其纵向误差 t_D 的大小,即:

$$t_D = m_s \sqrt{n} = m_s \sqrt{\frac{L}{S}} \quad (2.4.11-2)$$

第五节 内业计算

第 2.5.1 条 电子记簿。现在已经有些单位开始用电子记簿器来代替手工记簿,但是还没有统一的格式和规定。所以修订规范时,只提出了一些一般的要求和规定,待以后再详细补充。

第 2.5.2 条 关于控制网平差。一级以上平面控制网的计算,根据历年来各工程测量单位的实践经验,应采用严密平差法,才能满足质量要求,这在电子计算机广泛运用的今天,是容易实现的。二级及以下的平面控制网,由于网的质量要求较低一些,根据各单位的条件和实际情况,允许有一些灵活性,在当前,也是一种适宜的措施。

第 2.5.3 条 三角网条件方程自由项的限值。在三角网整体平差计算之前，应注意对网的各条件方程式自由项，按本条各计算公式计算其限值是否满足要求，不满足时，应及时检查处理，然后才能继续进行整体的解算。

第 2.5.4 条 三边测量检核限差。本条与第 2.5.3 条意义相同，只是针对三边测量而言的，是为了保证原始资料的正确性，不致造成成果有误而提出来的要求。

第 2.5.5 条 测距长度的归化投影计算。本条是对测距长度归化在不同的投影面上而列出来的计算公式。在作业时应根据本规范第 2.1.2 条对平面控制网的坐标系系统选择的不同而取用不同的公式。

第 2.5.6 条 关于先验权计算。导线网、边角网平差时，必需估算其角度及边长的先验中误差的值，并用以计算其先验权值。根据实践经验，采用经典的计算公式和数理统计的经验公式，经过计算，反复迭代完成，但最终结果一样，都是可行的办法。

第 2.5.7 条 电算。鉴于电算平差的日益普及，规范中增加了对电算平差程序的基本要求。为有利于电算工作，在规范第 2.5.3 条中增加了采用真数计算限差的公式。

第 2.5.8 条 平差后的精度评定。根据历年来的实践，只有将本规范中提出的各个评定项目逐一完成后，才能充分说明控制网的实际精度情况。

第 2.5.9 条 内业计算中数字取值精度要求。根据各等级网的边长不同，取位规定的标准也不同，等级愈高，取位精度要求愈严格，否则不能达到最终边长与坐标的实际有效位数为毫米（mm）位的精度。

第三章 高程控制测量

第一节 一般规定

第 3.1.1 条 根据国测（1987）365 号文规定采用“1985 国家高程基准”，其高程起算点是位于青岛的“中华人民共和国水准原点”，其高程值为 72.2604m。原来采用的 1956 年黄海平均海水面及相应的水准原点高程值 72.289m 将被代替。两系统相差—0.0286m，对一般地形图来说可不用改动。工程测量单位当采用“1985 国家高程基准”时，应在说明书中写入换算公式。有条件时，宜将原高程系统换算成“1985 国家高程基准”。

第 3.1.2 条 首级高程控制等级。根据我们对 55 个城市水准测量资料的统计，以二等水准为首级控制的占 42%，四等水准为首级控制的占 16%，其余以三等水准为首级控制，所以，本规范仍以二等水准作为高程控制的最高等级。

第 3.1.3 条 首级网布设成环形网。首级网中没有高级已知点作为起算，只有布设成环形网，才能从一个点出发闭合回到同一个点上，以资校核。而加密时，已知起算点多，情况则不相同了。

第二节 水准测量

第 3.2.1 条 水准网的主要技术要求。根据国家对各等级水准每千米高差中误差的统一规定，以及历年来工测单位的实践经验而制定此技术要求。除因工程需要增加了五

等水准外，其余与原规范完全相同。

其技术要求的理由和根据说明如下：

一、表中附合或闭合的四等水准测量，工测部门都采用单程一次测量。实践证明是能达到规定精度的；因为四等水准与三等水准使用的仪器、视线长度、操作方法等基本相同，只有单程和往返的区别；照此估算，四等水准单程观测是能达到规定精度指标的。

二、表中所规定的附合水准路线长度，在按级布设时，其最低等级的最弱点高程中误差在 3cm 左右（已考虑起始数据误差影响）。对于越级布设的加密网，必要时应组成结点网形。

三、关于结点间或高级点间的路线长度。在图 3.2.1 中，“⊙”表示高级点，“•”表示最弱点（由于图形的对称性，图中未标出全部最弱点），图中注明了当最弱点的高程中误差与单一附合线路中点高程中误差近似相等时，各环节段的长度，以附合线路长为单位。

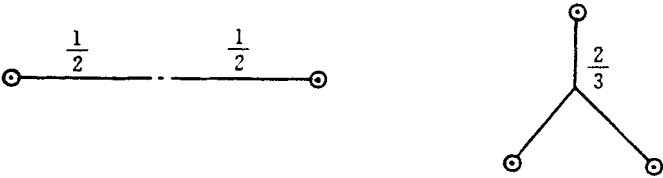


图 3.2.1 线路长度

由于最弱点不在结点处，故本规范注①中规定结点间或结点与高级点间不应大于规范表 3.2.1 中规定的单一附合路线的长度的 0.7 倍。

四、关于山地水准测量的限差。在山地进行水准测量，其往返较差或附合路线环线闭合差的限值，应适当放宽：

三等 $\pm 5 \sqrt{L} \text{mm}$ ；四等： $\pm 25 \sqrt{L} \text{mm}$

但实测中，其限差以测站数（n）来控制比较合适，为此将上表限差转换为每站中误差的限差（每千米以 16 站计），则得：

$$m_{\text{三}} = \frac{15}{\sqrt{16}} \approx 4 :$$

$$m_{\text{四}} = \frac{25}{\sqrt{16}} \approx 6$$

因此，规范规定以站计的往返高差较差、附合路线或环线闭合差为：

$$\text{三等 } \pm 4 \sqrt{n} \text{mm}$$

$$\text{四等 } \pm 6 \sqrt{n} \text{mm}$$

第 3.2.2 条 水准测量所使用的仪器及水准尺。根据水准仪器型号和水准尺刻划等精度不同而分别规定出必须满足的指标。这些指标根据多年实践经验是能够达到的。DS₁ 型仪器两轴间夹角不应超过 15″，DS₂ 型不应超过 20″，这也是与该型号仪器的水准

管灵敏度相适应的。因瓦尺尺长之差 0.15mm，双面水准尺 0.5mm，也是与其最小刻划相适应的，作业中必须满足，不满足则不能保证水准测量的技术要求。

第 3.2.3 条 水准点间的距离。水准点间距离工厂区小于 1km 和一般地区 1~3km，这是根据历年来工程测量单位实践总结出来的经验，只有这样才能便利使用，做到经济合理。

第 3.2.6 条 水准观测的主要技术要求。是从不同水准仪型号和采用的不同水准尺出发，经过水准观测时的理论分析，提供出来的数据指标，并根据历年来工程测量单位的实践经验，加以补充、修订而成的。

第 3.2.8 条 水准测量内业计算。为与其他规范标准求得统一，改由下面两个简单公式进行水准测量精度评定：

$$M_{\Delta} = \pm \sqrt{\frac{1}{4n} \left\{ \frac{\Delta\Delta}{L} \right\}} \quad (3.2.8-1)$$

$$M_w = \pm \sqrt{\frac{1}{N} \left\{ \frac{WW}{L} \right\}} \quad (3.2.8-2)$$

(3.2.8-1) 式是利用测段的往返测高差不符值来推求的，主要反映了测段间偶然误差的影响，因此称为水准测量 1km 高差的偶然中误差。

(3.2.8-2) 式是利用环线的闭合差来推求的，反映了偶然误差和系统误差的综合影响，因此称为水准测量 1km 高差的全中误差。

第三节 电磁波测距三角高程

第 3.3.2 条 四、五等三角高程边数。本条规定四、五等三角高程边数，不应超过 6 条，是根据电磁波测距三角高程同时与施测平面控制网的位置相匹配，边长为 1km 时，由于位置精度的需要，不能超过 6 条边。当边长不超过 0.5km 或单纯作高程控制时，则边数可增至 12 条。理由是：

一、我们已经根据需要和可能设计出四等 1km 高差全中误差（往返测取中数）为 10mm 以及五等 1km 为 15mm 两个等级，不难看出 10mm 和 15mm 分别相当于四等和五等水准精度。

二、为满足一般施工测量和测 0.5m 等高距地形图的需要，采用测区首级水准网或水准路线中互为最远点之间的高差中误差不应超过 $\pm 30\text{mm}$ 的精度指标，至今还是适用的。

三、电磁波测距三角高程测量线路中某点的高差中误差，相对起算点而言的关系式为：

$$m_{hi} = M_w \sqrt{\sum D_i} \quad (3.3.2)$$

当 $m_{hi} = 30\text{mm}$ ， $M_w = 10\text{mm}$ 时，代入 (3.3.2) 式，得 $\sum D_i = 9 (\text{km})$ 。实际上，在 18km 以内都可满足，本规范采用 12 条边，是留有一定储备精度的。

当 $m_{hi} = 30\text{mm}$ ， $M_w = 15\text{mm}$ 时，代入 (3.3.2) 式，得 $\sum D_i = 4 (\text{km})$ 。实际上在 8km 以内均可满足，由于边长均在 1km 以内，取 12 条边，一般说来还是可以满足的。

四、当边长不超过 0.5km 时，根据本规范导线（网）的技术要求分析，相当于一级

以下导线边长，其符合导线总长，按 12 条边计算，也基本能满足要求。

第 3.3.3 条 电磁波测距三角高程及其主要技术要求。根据误差分析以及生产试验验证，本规范表 3.3.3 提出的主要技术要求，具体理由如下：

一、各项误差的分析。往返观测的高差中误差的计算公式为：

$$m_L = \sqrt{\frac{1}{2} \{ (\sin\alpha \cdot m_D)^2 + (D \cdot \cos \cdot \frac{m''_{\alpha}}{\rho''})^2 + (\frac{D^2}{2R} \cdot m_k)^2 + m_i^2 + m_v^2 \}} \quad (3.3.3)$$

1. 测距误差： m_D 对高差的影响与垂直角 α 的大小有关，从表 3.3.3-2 可看出，这种影响是很小的。一般中、短程红外测距仪的测距精度 $m_D = (5 \times 5 \times \text{ppm} \cdot D) (\text{mm})$ ，由于测距精度高，因此它对高程精度的影响很小。

2. 测角误差：垂直角观测误差 (m_{α}) 对高差的影响随边长 D 的增大而增大，这一影响比测边误差的影响要大得多。为了削减其影响，一是控制边长不要太长，规范规定不超过 1km。二是增加垂直角的测回数，提高测角精度，使 m_{α} 在 $\pm 2''$ 之内，四等高程控制是可行的。国家测绘局测绘科学研究所和广东省测绘局 1985 年在珠海地区的实验证明，采用 DJ₂ 型仪器对特制觇牌的上下边缘观测垂直角三测回，其对向观测高差平均值相应的垂直角观测精度为 $\pm 1.11''$ 左右。采用 DJ₂ 型仪器二测回，使 m_{α} 在 $\pm 3''$ 以内，五等高程控制也是可行的。

表 3.3.3-1 对向观测高差较差

地 区	工作性质	边数	边长 (km)		较差 > ± 30 √D边数	占 %	备 注
			最大	最小			
珠 海	试验	62	< 1		3	4.8	
西南某矿区	试验	61	1.83	0.05	5	8.2	其中两条边 大于 1km
迁 安	生产	70	0.92	0.14	4	5.7	
西南煤矿区	生产	126	-	-	2	-	

3. 大气折光影响的误差：垂直角采用对向观测，而且又在尽量短的时间内进行，大气折光系数的变化是相当小的，因此，可以说对向观测垂直角可以很好地抵消大气折光的影响。但实际上，无论采取何种措施，大气折光系数不可能完全一样，往测和返测时的 k 值总会有一定差值，所以，对向观测时 m_k 应是往返测大气折光系数 K 值之差的 影响。有文献记载，在山区不同时间进行对向观测，所得高差平均值的误差 $m_k = 0.042D^2 (\text{cm}) (D \text{ 以 } 1\text{km} \text{ 计})$ 。当 $D = 1\text{km}$ 时， $m_k = 0.4\text{mm}$ ，其影响很小。

本规范表 3.3.3 中规定对向观测高差较差的限差，根据表 3.3.3-1 可知，超出限差 $\pm 30 \sqrt{D}\text{mm}$ ，所占百分数已符合误差出现的规律。考虑到生产的实际情况，条件多变，不可能用试验中的严格要求。规范在此基础上适当放宽为 $40 \sqrt{D}\text{mm}$ 。

4. 量高误差：作业时用量测杆量取仪器高和觇标高各两次至 1mm，取中数后使 m_l

= $m_v = 2\text{mm}$ ，应该是可以做得到的。

在（3.3.3）式中，设：

$$a = \frac{1}{2} \left(\sin\alpha \cdot m_D \right)^2$$

$$b = \frac{1}{2} \left(D \cdot \cos\alpha \frac{m''_{\alpha}}{\rho''} \right)^2$$

$$c = \frac{1}{2} \left(\frac{D^2}{2R} m_k \right)^2 = \left(0.42D^2 \right)^2$$

$$d = \frac{1}{2} \left(m_i^2 + m_v^2 \right)$$

则电磁波测距三角高程对向观测高程中误差见表 3.3.3－2。

从表 3.3.3－2 可知，在观测精度相同的情况下，对向观测的高差中误差与垂直角大小关系不大，而与边长的关系较大。

二、电磁波测距三角高程每一测高边每千米测量中误差值。每一测高边的偶然中误差取前表 3.3.3－2 中 3° 与 $14^\circ m_h$ 的平均值，系统误差取偶然误差的 $1/6$ 。按下式计算每一测高边的测量中误差（ m_h ）：

$$m_h = \sqrt{m_{\text{偶}}^2 + m_{\text{系}}^2} \tag{3.3.3}$$

将相应的数据代入求得边长为 1km ，每一测高边的测量中误差偶然为 7.16mm ，系统为 1.19mm ，每一测高边的测量中误差值按上式计算为 7.26mm ，即每条边均能满足 10mm 的四等水准要求。

表 3.3.3－2 电磁波测距三角高程对向观测的高程中误差

项 目 (mm)		边 长 (km)									
		0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1
3°	a	0.041	0.049	0.058	0.067	0.077	0.088	0.099	0.111	0.124	0.137
	b	0.469	1.875	4.219	7.501	11.720	16.877	22.971	30.003	37.973	46.880
	c	0	0	0.001	0.004	0.011	0.023	0.042	0.072	0.116	0.176
	d	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
	m_h	2.12	2.43	2.88	3.40	3.98	4.58	5.21	5.85	6.50	7.15
14°	a	0.885	1.053	1.236	1.434	1.646	1.873	2.114	2.370	2.641	2.926
	b	0.443	1.770	3.983	7.081	11.064	15.933	21.686	28.325	35.849	44.258
	c	0	0	0.001	0.004	0.011	0.023	0.042	0.072	0.116	0.258
	d	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
	m_h	2.31	2.61	3.04	3.54	4.09	4.67	5.28	5.89	6.53	7.17

三、附和路线闭合差与往返观测结果的较差。电磁波三角高程测量的对向观测高差较差。不少试验证明用四等水准测量的限差 $20\text{mm} \sqrt{L}$ 要求很难达到。因而本规范表

3.3.3 中规定为 $\pm 40\text{mm} \sqrt{D}$ 。这是因为三角高程边较水准测量边长，且计算用的大气折光系数与测区实际折光系数不一致，在对向观测高差中还剩余不少大气折光影响的缘故。但对向观测结果平均值能较好地抵消大气折光的影响，因而本规范表 3.3.3 中附合或环形闭合差规定为 $20\text{mm} \sqrt{\sum D}$ ，也就是说能达到四等水准测量的限差 $20\text{mm} \sqrt{L}$ 的规定。

同理，五等电磁波测距三角高程，按每千米高差中误差 15mm 的要求，结合现场实践的大量资料得出，测距仪采用 II 类仪器，测角中误差采用 3″，反射镜高和仪器高量至 1mm，测距长度控制在 1km 以内，其结果是能满足五等水准精度要求的。

第 3.3.4 条 地球曲率与折光差影响。电磁波测距三角高程测量，大都是在平面控制点的基础上布设的，测距边无论四等或五等，都超过 1km 以上，此时地球曲率和折光差对高差的影响不可忽视，必须进行改正计算。

第 3.3.5 条 三角高程的边长测定。为了减少测距误差 m_D 对高差的影响，四等、五等边长要求 II 级精度的仪器，即是每公里测距中误差小于 10cm，此时对高差的影响较小，一般还不到 1mm，能保证电磁波测距三角高程测量的精度。

第 3.3.7 条 关于四等垂直角观测。四等垂直角观测中，本规范规定的办法及其限差要求，是根据国家测绘局测绘科学研究所 1985 年在珠海地区进行的三角高程试验中的经验制定的。

第 3.3.9 条 经纬仪三角高程。根据的《工程测量规范》规定的三角高程测量的主要技术指标，主要用于图根高程控制，为了在网的布设上加密方便，在图根上又增设一个等级的三角高程，使一、二级小三角在平面和高程上都可以起控制作用，称为“一级三角高程”，可以满足等高距 1m 以上的山区测图要求。而本规范此次修订认为：当采用一、二级小三角施测的经纬仪三角高程，规定按电磁波测距五等三角高程有关规定执行，不全是为了满足山区测图用，而是要求它达到五等高程的精度。两者精度指标看起来相差悬殊，这是因为过去的一级三角高程指标放宽了的缘故，实际上是完全可以达到的。

第四章 地形测量

第一节 一般规定

第 4.1.1 条 测图比例尺。地形图比例尺的选择，反映用图方面对地形图精度和内容的要求，并关系到经济合理的问题。根据 45 个设计院对此问题讨论的意见，以及 69 个城市测图比例尺的统计，将其用途意见归纳如规范表 4.1.1。

由于用图特点的不同，用图细致程度、设计内容和地形复杂程度也不尽一样。显然属于比较简单的情况，应当采用较小比例尺。综合性用图（如城市地形图）与专业用图也有区别，为满足多方面需要，通常提供较大比例尺图。分几段设计的用途，通常初步设计选择较小比例尺；两段设计合用一种比例尺时，一般多取一种适中的比例尺（1:1000），或按施工设计的要求选择比例尺。建厂规模、占地面积也是重要因素，小型厂矿或单体工程设计，其用图精度不一定高，但要求较大的图面以能反映设计内容的细

部，因此多选用较大比例尺。以上说明用图情况是多种多样的，因此，本规范规定“地形图的比例尺，应按工程性质、设计阶段和规模大小进行选择”。

在一般情况下，对于同一设计阶段，各单位常用比例尺的应用比较一致，为此作了一般规定。应当指出，1:5000 比例尺地形图，一般为规划设计用图的最大比例尺，据调查，有些可以是简测图。

在一般地区，大量的 1:1000 比例尺地形图，已用于各专业的施工设计。所以，1:1000 比例尺地形图，应为施工设计的基本比例尺图。但是，还有不少中小厂矿或单位工程的施工设计用 1:500 比例尺地形图，其主要原因在于：1:1000 比例尺图的图面偏小，并不是因为其精度不够。对于城市市区，情况有所不同，由于精度要求高，内容也复杂。多数大城市和部分中等城市的市区，施测 1:500 比例尺图。还有一些工厂区，采用 1:500 比例尺作为维修管理用图。至于小城镇和另一部分中等城市，从较大范围来说，测绘 1:1000 比例尺图已能满足需要。根据目前现状，本规范仍把 1:500 比例尺测图列为常用测图比例尺之一。

有一些专用图，专业性比较强，应用的时间又很短，很大程度上是为了与设计用图比例尺一致；还有些专用图，或参考用图，本身属于低精度用图，针对这种需要，本规范作了相应规定。

第 4.1.2 条 地形类别的划分和等高距的选择。根据大比例尺测图、地形坡段宜按需要和工程建设用地情况进行划分。本次修改考虑到工程用图的实际，将地形类别划分为：平坦地， $\alpha < 3^\circ$ ；丘陵地， $3^\circ \leq \alpha < 10^\circ$ ；山地， $10^\circ \leq \alpha < 25^\circ$ ；高山地， $\alpha \geq 25^\circ$ 四类。

根据上述不同地形类别对地形图的基本等距作了相应的调整。

再以等高线的高程中误差的经验公式验算：

$$M_{\text{等}} = \frac{1}{4} H_d + \frac{0.8M}{1000} \lg \alpha \quad (4.1.2)$$

式中 H_d ——等高距；

M ——测图比例尺分母；

α ——地面倾角。

在常用的设计坡度，等高线的高程中误差均不应大于 $1/2$ 等高距；在较大的设计坡段，也不大于一般等高距。

地形图对高程精度的要求，很大程度体现在等高距的选择问题上，据统计 34 个城建与工业设计院的意见，在缓坡地 1:1000 ~ 1:5000 比例尺，多取等高距 (H_d) 为比例尺分母 (M) 的 $\frac{1}{2000}$ ，山地为 $\frac{1}{1000}$ ，1:500 比例尺图最小等高距为 0.5m。这种规格能保持等高线的名义值不致有较大出入。规定还考虑到等高线不宜过密，规格也不宜过多。

第 4.1.4 条 区域类型划分。根据工程测量单位多年来的实践经验，地形测量中，对一般地区，城镇居住区、工矿区或水域，其施测方法和技术要求均有所不同，故规范首先作了类型划分的规定。

第 4.1.5 条 地形图地物点位置中误差。本规范规定，地形图地物点的平面位置精度，主要应根据用图的需要和工测单位测图的实际情况确定。

一、城镇居住区、工矿区、一般地区（包括非建筑区、小城镇、部分中等城市和不

测细部坐标的矿区)的用图情况不同，其特点如下：

1. 改、扩建工矿区的要求较高，一般图面精度不能完全满足，还要视具体情况，测一些细部坐标。至于未测坐标的其他内容，据各单位的实践，多按一段地区的要求实测。

2. 非建筑区与城镇居住区（指大城市和部分中等城市），用图的区别：城镇居住区地形图主要用途之一是规划红线，此时，建筑物在图面的位置精度，对于红线的设置精度影响较大，关系到建筑物的拆迁问题。在非建筑区，对地表的改造多反映为土方工程问题，它主要取决于高程精度。

城镇居住区应保留的建筑对新建筑的制约是比较强的，则要求图面位置较准确，以避免与设计的间距式联接关系有较大的出入。非建筑区设计内容受已有地物制约的因素较少，有较大的选择余地。

城镇居住区的地形图，可提供给各部门使用，要求复杂，保留时间长达 10~20 年。由于这种图经常修测，要求原图精度略有储备。非建筑区的用图性质和图面内容比较单一，经施工后变化很大，若反映建成后的地物、地貌，一般多要求重测。

3. 小城镇和另一部分中等城市的街区，具有城镇居住区的特点，但一般不那样严密复杂，建筑物、构筑物的规整程度也较差些。由以上各点可见，除有些工业建筑区，要测一定数量的细部坐标外，城镇建筑区要比一般地区的用图要求高。

二、从总结我国城市测量的实践出发，经调查，多数城建单位认为：地物点位中误差，不大于图上 0.6mm，对于一般大、中城镇居住区是合适的，它符合对地形图精度的较高要求。北京、南京等城市对地形图的检验表明，用当前城市测量常用的作业方法，这样的精度标准是可以达到的。

多年来，各工业勘察单位结合各自专业的用图需要，多数单位根据工程实际情况，在满足用图的前提下，1:500 比例尺测图，以视距法代替量距法。

在平地适当放宽视距长度，提高了作业效率，并趋向于采用 0.8mm 的标准。据机械、冶金 7 个勘察单位检验 30 个工程的地形图统计结果看（表 4.1.5-1），这反映了一般测图的现状。

表 4.1.5-1 30 个工程地物点位置中误差检验结果

地物点位置中误差	建 筑 区			一般地区		
（图上 mm）	< 0.4	0.4 ~ 0.6	> 0.6	< 0.6	0.6 ~ 0.8 （1 : 500 至 1.0）	> 0.8 （1 : 500 > 1.0）
占检查工程数的百分比 （ % ）	29	47	24	37	48	15

三、目前从用图的观点还难以证明确切的极限误差为多少。一般认为，原图的精度应与用图的细致程度，量计单位，复制图的拼接与变形、地物概括误差等大体相当，它可以归结为图上 1mm 这样的凑整值。按本规范规定的指标，地物点的位置中误差，应小于图上 1mm 的概率（表 4.1.5-2）。

根据以上三方面的分析研究，提出了图上地物点的位置中误差如规范表 4.1.5 的规定。

表 4.1.5-2 地物点位置中误差小于图上 1mm 的概率

地物点位置中误差（图上 mm）	0.6	0.8
误差小于 1mm 的概率（%）	90	80

第 4.1.6 条 等高线插求点的高程中误差。在常用的坡段，等高线的误差不宜大于 $\frac{H_d}{2}$ ，在可用的较大坡段，等高线的误差不宜大于 H_d 。目前 1/2 或 1 个等高距的要求，也是多数规范沿用的规定。工程设计应用高程数据与土方预算，确定坡度、基础设计等的关系较为密切，对这些问题的一般分析表明，这个要求是适应的。规范规定的等高线插求点高程中误差，将保证 85% ~ 90% 以上的误差小于上述要求。我们统计了 5 个勘察单位 27 个工程的数据（倾角 α 最大达 47°），按规定的中误差衡量，达到标准的占 89%。综上提出了等高线插求点的高程中误差如规范表 4.1.6 的规定。

第 4.1.7 条 细部点位置的中误差。根据设计或维修管理方面应用原图时，能给予足够的高精度，以及符合新设建筑与邻近已有建筑的相关位置误差，宜小于 10 ~ 20cm 的要求，故工业建筑区主要建筑物、构筑物的细部点相对于邻近图根点的点位中误差，不应超过 $\pm 5\text{cm}$ 。这个规定，用极坐标解析法是不难达到的，对于一段为 50m 的量距而言，一次量距相对中误差以 $\frac{1}{2000}$ 计，测角中误差小于 2，相邻导线点相对点位中误差对细部点坐标值的影响取 2cm，估算得：

$$\begin{aligned} M_{\text{细}} &= \sqrt{\left(\frac{5000}{2000}\right)^2 + \left(\frac{2 \times 5000}{3438}\right)^2 + 2^2} \\ &= 4.3 \text{ (cm)} \end{aligned}$$

当建筑物、构筑物的棱角不明显时，其位置的判别存在误差；确定一些建筑物、构筑物的轴线、理论轴线、理论中心时也存在误差。而对铁路、给水排水管道、架空线路的精度分析表明，其精度要求不完全是 5cm，即使按施工规程的规定，各种施工对象的定位精度也是有区别的（7 ~ 30cm）。因此，将诸如此类内容划为一般建筑物、构筑物的细部点，其位置中误差规范规定为 7cm。

第 4.1.8 条 聚酯薄膜选用。用于绘图的聚酯薄膜，不同于一般的聚酯薄膜，应满足绘图时透明度和伸缩率等的要求，故本规范在此条条文中规定了选择时的各项指标。

第 4.1.9 条 地形图分幅及编号。工程测量单位根据历年来的经验，总结出工程测

量地形图的分幅及其编号方法，形式简单，使用方便，已为广大的工程测量单位人员所接受。

第 4.1.10 条 图廓格网线绘制和控制点展点。图廓格网线绘制和控制点展点等误差的规定，是为了保证测图的最终精度所必需的精度要求，也是目前采用的展点仪、坐标仪（尺）等工具能够实现的指标。

第 4.1.11 条 图幅接边。

一、根据经验，测出图廓外 5mm 是图幅接边所需要的，太大和太小都不适宜。

二、因图幅接边，两图幅测廓都有误差，共同的误差应为 $\sqrt{2}$ 倍，取二倍中误差为极限值，故再乘以 2，得到的接边误差不大于 $2\sqrt{2}$ 倍的限差规定。

第 4.1.12 条 关于地形图检查。地形图检查的办法及检查工作量 10% 的规定，都是历年来工程测量单位为了确保质量而总结出来的，是行之有效的办法。

第二节 图根控制测量

第 4.2.1 条 图根点精度。图根控制的图根点主要用于地形测量，为保证大比例尺地形图的成图质量，图根点的精度相对于邻近等级控制点点位中误差不应大于图上 0.1mm，也即是在展点误差的范围之内。

第 4.2.2 条 关于二次附和。图根控制的图根点主要用于地形测量。为保证大比例尺地形图的成图质量，第一次附和的图根小三角和图根导线，其最弱点的点位中误差，不应大于图上 0.1mm。

在地形隐蔽和地物复杂的地区，为了便于测图，往往需要布设第二次附和的图根控制点。由于在这类地区进行作业，对于地物点的位置中误差的要求可放宽至 1.5 倍，因此第二次附和图根点的精度，可按地形图上 $\pm 0.15\text{mm}$ 计算。

第 4.2.3 条 关于图幅中解析图根点的数量。为了保证在不同测站测图时以最大视距测得的地形点能够衔接，取最大视距长度的 0.7 倍作为半径求出有效控制面积，分别推算出各类比例尺每幅图Ⅲ类困难地区的最低控制点数量，再按两相邻困难类别梯度系数 0.75 换算出其他困难类别每幅图的最低图根点数量。

第 4.2.5 条 图根三角测量的主要技术要求。根据图根线形锁的测角中误差 $m''_{\beta} = \pm 20''$ ，大基线的长度 \bar{L} 对于 1:500、1:1000 比例尺测图为图上 1000mm；三角形个数 $n = 13$ ， $R_{\text{平}} = 15$ ；则图根线形锁最弱点点位中误差（M）为：

$$\begin{aligned} M &= \pm \frac{M''_{\beta}}{0.434 \times 10^6} \bar{L} \sqrt{\frac{(n-1)^2 + 20}{72(n+1)}} (R_{\text{平}} + 4.43) \\ &= \pm 0.096 \approx \pm 0.1 (\text{mm}) \end{aligned}$$

因此，本规范规定，图根线形锁三角形个数不应超出 13 个。对于 1:2000、1:5000 比例尺测图，其 \bar{L} 一般短于图上 1000mm，这样精度会更好一些。

图根点最大边长的确定，应保证不同测站点测图时，以最大视距测得的地形点能够衔接为原则。

图 4.2.5 中，设 A、B、C 为图根三角点，P 为正三角形中心，AP 为最大视距，令 $AP = 1$ ， $AB = \sqrt{3} = 1.7$ ，所以规范规定：图根三角点的边长，不应大于测图最大视距的 1.7 倍。

综合以上各方面制定出图根三角测量的主要技术要求如规范表 4.2.5 规定。

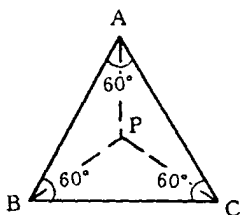


图 4.2.5 图根三角点的边长

第 4.2.8 条 附和导线长度。图根导线测量的主要技术要求中，附和导线长度根据导线全长的最大相对闭合差的估算公式（4.2.8）进行验证：

$$\frac{1}{T} = \frac{2KM_2}{L} \quad (4.2.8)$$

式中 K ——比例系数；

L ——导线全长；

M_2 ——导线中间点平差后的点位中误差。

设 M 为测图比例尺的分母， M_2 为地形图上 $\pm 0.1\text{mm}$ ，化为地面的实际长度时，则为 $0.1M$ (mm)，而 $K = \sqrt{7}$ ， $\frac{1}{T} = \frac{1}{2000}$ 时，得 $\frac{1}{2000} = \frac{2\sqrt{7} \cdot 0.1M}{L}$ ，则 $L = 0.5M \cdot 2000 = 1.0M$ (m)。所以本规范规定，附和导线长度 $L = 1.0M$ (m)。

对于图根导线，其布设与图根三角不同，因此，确定图根导线最大边长为视距的 1.5 倍，大体上也是适宜的。

第 4.2.9 条 附和导线放长与短导线绝对闭合差限值。根据城市测量单位在 1:500 和 1:1000 比例尺测图时，图根导线长度为 $1.0M$ (m) 似嫌太短，当 1:500、1:1000 比例尺测图时，在保证图上 0.1mm 的精度条件下，附和导线长度可适当放长。

原规范规定，图根导线短于 $1/3M$ 时，其绝对闭合差不应大于图上 0.4mm 。按相应比例尺换算成相对误差约 $1/750$ 。为考虑一般导线与短导线之间均匀过渡，故取用图上 0.3mm ，作为短导线绝对闭合差的值。

第 4.2.10 条 测定细部点的图根导线。对于测定解析坐标的短导线，由于导线中点距端点的距离较近，为使所测定细部点的相邻点位保持一定的精度，因 $f \leq K \cdot M_2 = \sqrt{7} \cdot 5 \approx 13\text{cm}$ ，故规范规定：“当附和导线长度短于 200m 时，其绝对闭合差不应大于 13cm ”。

第 4.2.11 条 钢尺丈量的修正。本条规定钢尺丈量边长，当温度、坡度、尺长三项中仅其中一项超限存在时，对这一项应进行修正。若三项均接近于限差，亦应考虑修正。

第 4.2.12 条 关于支导线边数的规定。根据电磁波测距和钢尺量距两种方法所得边长的精度不等，故在相同精度要求的条件下，规范表 4.2.12 列出的规定是采用直伸等边支导线端点的纵向误差 (m_l) 和横向误差 (m_{\perp}) 公式，即 (4.2.12-1) 和 (4.2.12-2) 式计算的结果而确定的。

$$m_t = \sqrt{\eta m_s^2 + \lambda^2 L^2} \quad (4.2.12-1)$$

$$m_\mu = \frac{m''_\beta}{\rho''} \cdot L \sqrt{\frac{n+1.5}{3}} \quad (4.2.12-2)$$

式中, m_β 取 $\pm 20''$, m_s 取 $10 + 5\text{ppm} \cdot D$, λ 取 0.00005 。

第 4.2.13 条 极坐标法边长的确定, 随着电磁波测距仪的普及, 极坐标法布设图根点已广泛使用。其点位误差按图上 0.1mm 精度要求, 采用小角弧度法计算, 比例尺 $1:500$ 时边长可达 450m ; $1:1000$ 时边长可达 1000m 。为考虑一定的精度储备和实用, 故采用规范表 4.2.13 所列数据。

第 4.2.14 条 图根解析补点。交会补点时, 根据理论计算分析, 当交会角在 $30^\circ \sim 150^\circ$ 之间, 交会误差最小, 交会补点的质量最高。

第 4.2.15 条 图根高程控制。图根高程控制因精度要求较低, 采用规范条文中提出的多种方法, 均可满足精度要求。

第 4.2.16 条 图根水准测量的主要技术要求。图根水准测量的技术规格系根据每 1km 高差中误差为 20mm 进行设计, 并参考历年来的实践经验而制定的。

第 4.2.17 条 水准支线布设。水准支线因不附和闭合, 精度较低, 因此本规范将其线路长度缩短为附和路线长度 5km 的一半, 即不大于 2.5km , 并同时增加观测次数, 采用往返观测。

第 4.2.18 条 图根电磁波测距三角高程测量。根据技术的发展, 图根电磁波测距三角高程测量, 可为平坦地区代替图根水准测量, 其精度相当于 $40 \sqrt{L}\text{mm}$ 这一级别。图根电磁波三角高程测量的符合路线长度, 一般应与图根水准测量相当。

第 4.2.19 条 图根经纬仪三角高程测量的边数。由于图根经纬仪三角高程测量的边长较短, 一般小于或等于 0.5km , 而三角高程的附和或环形闭合差完全是从实用目的出发, 按等高距的 $\frac{1}{10}$ 来考虑的, 精度较低, 而垂直角观测又与五等电磁波测距三角高程相当, 故测量的边数, 根据计算分析, 远多于 15 条边, 为了与图根经纬仪锁网边数配合一致起见, 故仍用 15 个边。

第 4.2.20 条 图根经纬仪三角高程测量的主要技术要求。从边长小于或等于 0.5km 出发, 对向观测高差较差小于 0.2m 不难达到, 且其附和或环形闭合差一律按等高距的 $\frac{1}{10}$ 进行考虑, 以此列表如规范 4.2.20 所示。

第 4.2.21 条 图根控制点计算取值精确度的要求, 要从图根控制点的边长出发, 保证经计算后最终边长及坐标成果准确至 1mm 有效位的精度。

第三节 一般地区地形测图

第 4.3.2 条 坐标展点成图。当采用速测仪或测距仪极坐标测距法施测的各种地物、地貌, 内业成图不具备使用计算机辅助成图条件时, 可根据其测点坐标的解析数据, 手工直接展点成图。

第 4.3.3 条 测绘法所用的仪器和工具的误差。仪器、工具的各项误差, 直接影响测图的最终精度, 即一般地区为 0.8mm , 城镇居住、工矿区为 0.6mm , 故将其控制在

0.2mm 的范围内是可行的。

第 4.3.4 条 图解补点。图解交会点精度，一般低于解析点，约为 0.3mm，因此交会的误差三角形内切圆直径不宜过大，故本规范规定为 0.5mm 是适宜的。视距交点边长相应缩短也是必需的。图解交会点的高程较差适当放宽，平地为 1/5 等高距，山地为 1/3 等高距，也是一种合理的措施。

第 4.3.5 条 测图时仪器设置与测站调查。平板仪对中的偏差不应大于图上 0.05mm，这项限差当采用垂球对点时，也是容易达到的。测站上校核方向线的偏差不应不大于图上 0.3mm，这是人眼查觉不到的图解误差的最大限度了

第 4.3.6 条 视距长度要求，根据验算结果（表 4.3.6）规范表 4.3.6 中除规定了地形点间距外，还规定了视距长度，其长度与此验算是相当的。

表 4.3.6 一般地区地物点、地形点点位中误差

比例尺	1：500		1：1000		1：2000		1：5000	
地物类别	地物	地形	地物	地形	地物	地形	地物	地形
S（m）	60	100	100	150	180	250	300	350
m _位 （mm）	0.64	0.94	0.53	0.75	0.58	0.72	0.59	0.64

第 4.3.7 条 高程点图上注记。注记高程点的精确度，因等高距大小不同，用户要求也不相同，规范采取分别对待的办法是完全正确的。

第 4.3.8 条 建筑物、构筑物轮廓凸凹部分。建筑物、构筑物轮廓凸凹部分，一般均应实测，但当图上小于 0.5mm，或 1:500 比例尺图上小于 1mm，也即是实地小于半米的凸凹部分，实测起来太琐碎，可视为一直线看待，用直线连接表示。

第 4.3.9 条 独立地物。独立地物如水塔、烟囱、杆塔，在图上比较明显，重要而又不能按比例尺表示其外廓形状时，应准确表示其定位点或定位线位置。

第 4.3.10 条 选择要点测绘。线路密集时，规范提出了选择要点的测绘原则，这对统一规范工作，是很有必要的。一是保证用图者的需要，二是使图纸负载合理，清晰易读。

第 4.3.11 条 道路及其附属物的测绘。道路及其附属物对 1:2000、1：5000 比例尺地形图，不可能如 1:1000 或 1:500 的地形图，因此可适当舍去车站范围内的附属设施，以突出道路为主要目标。

第 4.3.12 条 渠顶边与塘顶边。渠和塘的测绘，特别对它们的顶部，有时难以区分出明显的界线。主要应测出其顶部的适当位置，以至不对渠、塘的容积大小产生疑义为原则。

第 4.3.13 条 明显特征地貌。明显特征地貌是指陡崖、冲沟等而言。

第 4.3.15 条 名称注记。注记名称指的是国家统一颁布的名称。不得自行命名注记。

第四节 城镇居住区地形测图

第 4.4.2 条 视距长度。根据验算结果，规范表 4.4.2 对视距最大长度作了相应的规定。

表 4.4.2 视距最大长度

比例尺		1:500		1:1000		1:2000	
类别		地物	地形	地物	地形	地物	地形
城镇建筑区	S (m)	50	70	80	120	150	200
	m位	(量距)					
	(mm)	0.38	0.62	0.44	0.65	0.45	0.52

第 4.4.3 条 高程点间距及高程注记精确度。高程点间距及注记精确度，绝大部分是根据用图者的实际需要来确定的（并同时考虑测量的可能性）。

第 4.4.4 条 街区或建筑物凹凸部分的测绘。目前建筑物为了抗震，进行加固，柱子突出部分大于 0.5m 的不少。如果街区或建筑区凹凸部分规定大于 0.5m 时应示出，则测绘内容太多。如果按照图上大于 0.5mm 的应施测表示，则城镇建筑区 1:500 测图，实地仅 25cm，统一规定起来比较困难。因此本规范修订时，未予规定。实际作业时应根据城镇用图的要求和实际情况另行确定。

第 4.4.5 条 小城镇的测绘。小城镇规划设计用途和其他设计用途所需的测绘工作，都不同于一般大、中城市的要求，规范在此作出了有关放宽处理的一些原则规定。

第 4.4.6 条 地下防空巷道。地下防空巷道内部的测量，本规范未涉及，各单位需要测绘时可参考有关专业规范或规程进行。

第五节 工矿区现状图测量

第 4.5.1 条 工矿区现状图测量。根据 30 多年来的经验，工矿区现状图测量，均采用细部点的解析数据展绘成图。因此本规范在此条中首先明确了这一点。

第 4.5.2 条 细部点选取的技术要求。细部点选取的技术要求（规范表 4.5.2）的规定是一般性的原则规定，具体执行时尚须与委托方共同商定，以满足用户的需要为主。

第 4.5.3 条 反算距离与实量距离的较差。当建筑物的长度小于 50m 时，较差应按一个细部点的最大点位误差即 10cm 来考虑，此值与规范规定 $(7 + \frac{S}{2000})$ (cm) 大体相当。当建筑物较长时，较差大小除与细部坐标点相对于邻近图根点的点位中误差 5cm 有关外，还与施测细部点的两图根点之相对点位误差以及实量建筑物的长度误差有关，这两项均以相对中误差计，前者为 $\frac{S}{5000}$ ，后者为 $\frac{S}{3000}$ ，取三项中误差的和，得：

$$m_s = \sqrt{0.05^2 + (\frac{S}{5000})^2 + (\frac{S}{3000})^2} \text{ (m)}$$

当厂房长度短于 300m 时，并取 2 倍中误差为较差的限值，可拟合化简得近似式（7 + $\frac{S}{2000}$ ）（cm）。

有关这方面的检验数据，据机械、冶金部门 4 个单位检查 711 条边的结果，达到规定的占 97%。

第 4.5.5 条 关于速测仪等测细部点。

一、根据理论公式论证，细部点点位的精度公式可写为：

$$m_p = \pm \sqrt{m_s^2 + S^2 \left(\frac{m_\beta}{\rho} \right)^2} \quad (4.5.5-1)$$

将（4.5.5-1）式变换为距离 S：

$$S = \pm \sqrt{\frac{(m_p^2 - m_s^2) \rho^2}{m_\beta^2}} \quad (4.5.5-2)$$

式中 m_p ——细部点点位中误差（以 $\pm 5\text{cm}$ 计）；

m_s ——测距中误差（ $m_s = \pm \sqrt{m_{s1}^2 + m_{s2}^2 + m_{s3}^2}$ ）； m_{s1} 仪器的标称精度（以 III 级仪器为 $\pm 2\text{cm}$ 计）； m_{s2} 为仪器对中误差（以 $\pm 0.3\text{cm}$ 计）； m_{s3} 为反光镜对中误差（以 $\pm 1.2\text{cm}$ 计）；

m_β ——测角中误差（以 DJ₆ 仪器半测回为 $\pm 90''$ 计）

$\rho'' = 206265''$

将有关数据代入（4.5.5-2）式，得测量工业建筑区细部坐标的测距长度 S：

$$S = \pm \sqrt{\frac{(5^2 - 2.35^2) \rho^2}{m_\beta^2}} \approx 100 \text{ (m)}$$

故规范规定测距长度不应超过 100m。

以 m_β 为变数则得： $S \approx 10m_\beta^{-1}$ （km），故规范规定提高测角精度时，距离可适当放长。

二、测量工业建筑区细部点标高时，垂直角 m_v 的观测精度对细部标高的精度影响为：

$$\left(\frac{m_h}{h} \right)^2 = \left(\frac{m_s}{S} \right)^2 + \left(\frac{2m_v''}{\rho'' \cdot \sin 2V} \right)^2 \quad (4.5.5-3)$$

转换为 m_v'' 式得：

$$m_v'' = \rho'' \sin 2V \sqrt{\left(\frac{m_h}{\rho \sin V} \right)^2 + \left(\frac{m_s}{S} \right)^2} / 2 \cdot S \quad (4.5.5-4)$$

式中 V——垂直角（以 10° 计）；

m_h ——细部标高点的精度（以 2.0cm 计）；

m_s ——测距误差以 2.35cm 计（根据本条说明第一款）；

S——距离长度（以 km 计）。

将有关数值代入（4.5.5-4）式，得

$$m_v'' = \frac{\rho'' 0.3420 \sqrt{\left(\frac{0.020}{0.1763} \right)^2 + (0.0235)^2}}{2S}$$

= 4S⁻¹

通常一个点的细部坐标与标高同时测出，当距离长度不变时求 m''_v ，此时以 $S = 100\text{m}$ 计，故得出 $m''_v = 40''$ 。为预留一定的精度，故规范规定使用 DJ_6 仪器观测垂直角采用一测回观测。

此处忽略了折光系数的影响。

第六节 水域地形测量

第 4.6.1 条 水域地形测量精度。

一、根据工程测量的实践经验，本规范规定测点位置对邻近图根点位置中误差，在图上不应超过 $\pm 1.5\text{mm}$ 。1:500 比例尺测图，大面积平坦水域和水深超出 20m 的水域，可放宽至 $\pm 2.0\text{mm}$ ，主要考虑以下几点：

1. 水域内的工程设施，一般多在 20m 水深范围内，而靠岸边的浅水区域，又多是施工重点，从工程需要出发，精度要求宜有所侧重。设计和施工要求近岸地形变化大的水域精度应高些；大面积平坦区域与离岸线远的水域精度可放宽些。此处，1:500 比例尺测图或交会距离在图上大于 100cm 时，要达到较高精度比较困难，因此，也应适当放宽。

2. 几种常用定位方法的精度概算值，见表 4.6.1 - 1。

表 4.6.1 - 1 水域定位方法的精度概算值

定位方法	交角	测点至测站距离 (图上 mm)	作图方法	定位中误差 (图上 mm)
经纬仪 前方交会法	30° ~ 150°	250	量角器展绘	± 1.35
		500	三杆分度仪展绘	± 1.43
		1000	辐射线格网线展绘	± 1.53
平板仪与经纬仪 联合前方交会	30° ~ 150°	400	-	± 1.38
六分仪后方交会 (适应 1:2000、 1:5000 测图)	$\geq 20^\circ$	1000	1:2000 测图及交距超出 三杆分度仪臂长时用圆 弧格网法	± 1.50

3. 有关单位的 5 项工程由 3 台仪器交会实测，在原始图上仔细量取 800 多个示误三角形之高，计算出其点位中误差为图上 1.31mm。

4. 水域定位精度的试验值，见表 4.6.1 - 2。

5. 本规范的水域定位精度，是在总结一些现行有关专业规范。(点位中误差为图上 1.25 ~ 2.00mm) 的基础上制定的。

二、测点深度中误差的确定。根据水域工程建筑要求的特点，各种测深仪器和工具所能达到的精度及其适应范围，按 0 ~ 4m，1 ~ 10m，10 ~ 20m 和大于 20m 四段划分水深

范围，所以采用不同的作业方法和仪器是适宜的。

表 4.6.1－2 水域定位精度的试验值

试验方法	比例尺	测点数	点位中误差（图上 mm）
前方交会陆上模拟	1:500	194	± 0.80
前方交会常规作业 （二次）	1:2000	204	± 0.80； ± 1.20
经纬仪垂直角定位 （二次）	1:5000	200	± 1.20
六分仪后方交会 （二次）	1:2000	848	± 1.30； ± 1.38
激光地形仪定位	1:1000	235	± 2.00

一般认为，用测杆测深。在 0～4m 范围内其较差为 0.2～0.3m；用测深锤测深，在流速不大，水深小于 20m 的情况下，其较差为 0.3～0.5m；用测深仪测深，在电压、转速正常情况下，测深精度为水深的 1%～2%。

经试验和有关资料分析，结果与上述认识大体相同。有关单位在历年来的作业中，统计水深在 20m 以内，两次实测的重合点其深度较差，一般不大于 0.2～0.3m。现行多数规范所规定的指标，也与上述认识基本相符。

因水域测量受自然条件影响的因素较多，测区情况、设备条件、用图对象不一，所以在条文中还给予了较大的灵活性。

第 4.6.2 条 风浪影响。根据实践经验及有关资料，测船因风浪造成的摇动大小，取决于风浪的强弱及测船的抗风性能，因此，应由测深仪记录纸上回声线反应出的起伏变化来定。当变化不大时尚可作业，这时，应量取起伏变化的中数为水深读数，对测深精度影响不大。而当测深仪在正常工作、记录纸上出现有 0.4～0.5m 的锯齿形变化时，实际水面浪高一般将超出其值 1～2 倍。此时船身大幅度摇动，换能器随测船摇动而改变了入水深度，直接造成深度误差，并且往往还伴随出现锯齿形回声线，此时将无法辨别水深。按海上和内河船舶抗风能力，规定在内陆水域当测深仪正常工作时回声线在记录纸上出现大于 0.3m 的锯齿变化，海域在记录纸上出现大于 0.5m 的变化，一般应暂停作业。至于用测深锤、测深杆作业时，则主要考虑风浪引起水面起伏变化大小，因水面直接影响测深的读数精度。

第 4.6.4 条 额定电压。关于测深仪工作时电压与额定电压及实际转速与规定转速之差的变动范围，应以仪器说明书（鉴定书）为依据，条文中只作了一般规定。

第 4.6.5 条 测深点定位。测深点定位方法很多，规范在本条中均提到了，但究竟采用什么方法，应根据水域情况（水深、流速等）及设备条件综合考虑确定，如海域宽广、深度大，简单方法就不行。

第 4.6.6 条 无线电定位。无线电定位方法也很多，有双曲导航定位以及激光测距定位等，但都存在一个定位精度问题，因此事前应进行定位方案的设计、定位精度的预

估，合理配置岸台数量及位置等，都是极其重要的工作。

第 4.6.7 条 断面间距及测点密度。水下地形测量，不能像陆上那样按地形变化选择地性点，所以测点密度较大。一般情况，水下地貌垂直于岸线的横向变化远大于平行岸线的纵向变化，所以断面间距应大于测点间距。现结合各单位多年的作业实践，并考虑到图面负荷，规定断面间距为地形图上 2cm，测点间距为地形图上 1cm。为适应水下地形图变化剧烈及平坦等不同情况的水域，可根据具体情况及工程需要将断面间距、测点密度作适当的放宽或加密。

第 4.6.8 条 水域地形测量。水域地形测量基本相当于陆地经纬仪和平板仪地形测量，其作业与检查等的精度要求，因水域看不见施测地点，与陆地不同，故规定得稍高一点。

第 4.6.9 条 测深点的内业展绘。测深点的内业展绘，只能根据外业及设备等不同情况，选择不同的方法，此处只能作此原则规定。

第 4.6.10 条 等深（高）线的中误差。为与本规范陆域地形测量的有关规定相一致，水下地形坡角按规范第 4.1.2 条划分为四类，基本等高距按规范表 4.1.2 的规定。

表 4.6.10 等深（高）线中误差

水底倾角 τ	比例尺	基本等深 (高)距 (m)	深 (高) 度中误差 (m)		备 注
			m_T	相当基本等深距	
3°以下	1:500	0.5	0.17	1/3	
	1:1000	0.5	0.20	2/5	
	1:2000	1	0.30	1/3	
	1:5000	2	0.59	1/3	
3° ~ 10°	1:500	0.5	0.22	1/2	
	1:1000	1	0.37	2/5	
	1:2000	2	0.71	1/3	
	1:5000	5	1.73	1/3	
10° ~ 25°	1:500	1	0.45	1/2	
	1:1000	1	0.78	3/4	
	1:2000	2	1.55	3/4	
	1:5000	5	3.85	3/4	
25°以上	1:500	1	0.83	1	按 45°计算
	1:1000	2	1.68	4/5	
	1:2000	2	3.22	$1\frac{3}{5}$	
	1:5000	5	8.03	$1\frac{3}{5}$	

等深（高）线的中误差主要决定于测点的深度误差和点位误差。按水下地形的不同坡度，等深（高）线的中误差 m_T 为：

$$\begin{aligned} m_T^2 &= m_h^2 + (m_1^2 + m_2^2 + m_3^2) \cdot M^2 \operatorname{tg}^2 \tau + m_4^2 \\ &= m_h^2 + 2.54 \times 10^{-6} \cdot M^2 \cdot \operatorname{tg}^2 \tau + m_4^2 \end{aligned} \quad (4.6.10)$$

式中 m_h ——测点深度中误差（取 $\pm 0.15\text{m}$ ）；
 m_1 ——测点平面位置中误差（取 $\pm 1.5\text{mm}$ ）；
 m_2 ——等深线内插和勾绘中误差（取 $\pm 0.5\text{mm}$ ）
 m_3 ——等深线描绘跑线中误差（取 $\pm 0.2\text{mm}$ ）；
 m_4 ——等深线概括误差（取基本等高距的 $1/5$ ）；
 M ——测图比例尺之分母。

m_1 、 m_2 、 m_3 的平面位置中误差化为深度误差，必须乘以水底坡度倾角 τ 的正切。最后求得等深（高）线中误差如规范表 4.6.10。

经综合整理，取用规范表 4.6.10 所规定数据。

交会距离在图上大于 100cm 或水深大于 20m 时，点位中误差放宽至图上 2.0mm ，另一方面，当测区流速大而作业困难时，等深线的深度中误差可适当放宽。

第七节 地形图的修测

第 4.7.1 条 修测范围。根据实践和用图需要，已变化的地形图应进行修测，修测方法和技术要求应按本节修测的规定执行。当已变化的范围超过 $1/5$ 以上时，应重测。重测的技术要求应按本规范第四章不同地区类型的地形测量方法和技术要求执行。

第五章 线路测量

第一节 一般规定

第 5.1.1 条 本章的适用范围。本章主要适用于铁路、公路、架空索道、各种自流和压力管线及架空送电线路在工程建设中的通用性测量工作。城镇和工业企业内部的线路测量，如建筑物、构筑物及各种线路密集时，应视需要适当提高测量精度。

本章对专业性较强的线路测量工作如隧道、大型桥涵等未纳入，请参照专业规范执行。

第 5.1.2 条 控制系统。参阅本说明第 2.1.2 条和第 3.1.1 条。

第 5.1.6 条 控制点埋石。标石的埋设，应根据需要而定。如果初测和定测间隔时间较长，则应考虑埋设标石。如果初测和定测一并进行，有的导线点则可不埋设标石。在人烟稀少地区，即使初测和定测间隔时间较长，也可不埋设标石。反之，则应考虑控制点位的长期保存的问题。

第 5.1.7 条 对线路的测图比例尺。带状地形图主要供方案比较和纸上定线使用；工点地形图主要供对站场、隧道口、桥涵、泵站、取水构筑物、杆塔基础等设计使用；纵横断面图主要供计算土方量使用。对带状地形图和工点地形图的施测，采用何种比例尺，应根据所需精度、幅面长度、图面负荷（含地形、地貌及设计占用图幅的复杂程

度)、经济合理等诸因素,综合考虑选用。

当前常用的线路测图的比例尺如规范表 5.1.7 所规定。

第二节 铁路、公路测量

第 5.2.1 条 铁路和导线联测。由于多年对铁路导线的实践,为了使导线能得到可靠的检核和防止粗差,提出联测要求。因导线的传递误差由纵向误差和横向误差所组成,以等边直伸导线等影响原则,推导出综合分析公式为:

$$\frac{m_D}{D} = \pm 2\sqrt{2} \frac{m''_{\beta}}{\rho''} \sqrt{\frac{n+3}{12}} \quad (5.2.1)$$

式中 m_D ——测距相对中误差;

D ——测距长度;

m''_{β} ——测角中误差;

ρ'' ——206265;

n ——边数。

在铁路勘测时,取 $m''_{\beta} = \pm 10''$,平均边长为 300m, $D = 30\text{km}$ 时,代入 (5.2.1) 式,得 $\frac{m_D}{D} = \frac{1}{2500}$ 。因此,规定导线上间隔不远于 30km,应与国家或其他控制点联测。

当联测困难时,条文中规定“应在起、终点及间隔不远于 30km 的点上观测真北。”

第 5.2.2 条 铁路导线点间距。根据实践和理论分析,为了减小导线的横向误差,应尽量减少转折角的个数,导线边则宜长些。但导线点是为定线和地形测图而设置的,间距过长,会使定测和测图精度过低。本规范第 4.3.6 条规定,1:2000 比例尺测图时,最大视距限为 250m,则边长为 $250\text{m} \times \sqrt{3}$,取用 400m。间距过短亦会大大降低精度。

为了充分发挥电磁波测距仪的作用,同时顾及对电磁波测距三角高程测量和测图最大视距的要求,因此,将电磁波测距的边长限制在 1km 以内,并应在不远于 500m 处增设内分点。

第 5.2.3 条 铁路、一般公路的导线测量的主要技术要求。根据一般推论和专门研究的结果,得知:

一、附和导线方位角闭合差,可用下式表示:

$$f_{\beta} = \alpha_{\text{起}} + n \cdot 180^{\circ} - \sum \beta \quad (5.2.3-1)$$

式中 $\alpha_{\text{起}}$ ——导线起始边方位角;

n ——传递角个数;

β ——传递角。

根据误差传播定律,推导出导线方位角闭合差的中误差,并取二倍中误差作为限差,则得:

$$f_{\beta} = \pm 2m_{\beta} \sqrt{n} \quad (5.2.3-2)$$

在满足导线相对闭合差 1/2000 的前提下,将 DJ₆ 型仪器测角中误差放宽至 15'',代入 (5.2.3-2) 式,则得 $f_{\beta} = \pm 30 \sqrt{n}$ 。

二、根据长沙铁道学院研究结果,在采用两端观测真北方位时,根据 (5.2.3-2)

式，得：

$$f_{\beta} = \pm 2 \sqrt{m_{\beta}^2 \cdot n + 2m_{\alpha}^2} \quad (5.2.3-3)$$

式中 m_{α} ——观测真北方位角的平均值中误差（以 35" 计）。

取 $m_{\beta} = 15''$ ，代入（5.2.3-3）式，近似得：

$$f_{\beta} = \pm 30'' \sqrt{n+10}；\text{当一端观测真北时，则近似得；}$$

$$f_{\beta} = \pm 30'' \sqrt{n+5}。最后列出铁路、一般公路、导线测量的主要技术要求如规范表$$

5.2.3 所规定。

第 5.2.4 条 铁路导线水平角两半测回间角值较差的限差。这个限差是根据西南交通大学《铁路线路测量中水平角观测限差的研究》和长沙铁道学院《用 DJ₂ 型光学经纬仪测角精度分析及限差规定的意见》的有关结论，并结合其他有关文献，进行理论分析，再结合京广、太西等 6 条铁路线路，934 个实测资料，进行统计分析，适当取整后确定的。

第 5.2.5 条 铁路、一般公路高程控制的联测长度。根据本规范第 3.2.1 条规定五等的每千米高差中误差为 $\pm 15\text{mm}$ 。线路端点高程中误差以满足 1:2000 比例尺测图需要，取 $H/20$ ，即 10cm。采用 $m_h = M_w \cdot \sqrt{L}$ 公式，算得 $L = 44\text{km}$ 。为了留有一定的储备精度，本规范规定在 30km 左右应联测。

第 5.2.6 条 汽车专用公路的平面控制。汽车专用公路的平面控制，不同于一般公路的要求，它要求先测图，进行纸上选线、定线。而一般公路是直接采用野外选线、定线。故其技术要求，宜按第二章导线测量有关规定执行。

第 5.2.7 条 汽车专用公路的高程控制。汽车专用公路的高程控制的主要技术要求，也不同于一般公路，故应按本规范第三章有关规定执行。

第 5.2.8 条 定测阶段的放线测量。本条对定测阶段的放线测量所依据的点、线位及所采用的方法，仅作原则的规定。

第 5.2.9 条 交点的水平角观测。根据铁道部门的实践经验，往往由于正交点点位在实地难于选定，应另选不只一个副交点进行观测。为防止误差累积、副交点除两个半测回角值较差不低于正交点的限差外，并规定副交点应观测两测回，测回间的角值较差 DJ₂ 型为 15" DJ₆ 型为 20"。

第 5.2.10 条 正倒镜分中法。铁道部门在工程实践中，增设转点或交点时，采用正倒镜分中法来延长直线，具体规定了点间间距为 500m，正倒镜点位的横向偏差最大不大于 20mm，这些限差不但控制了线路位置，同时起到了保证线路质量的作用。

第 5.2.11 条 线路中线上的桩位。线路中线上所设桩位，无论是起始点桩、千米桩、百米桩、控制桩、加桩等，都是必不可少的，是控制线路位置、线路放样所必需的。

第 5.2.12 条 里程起点。里程起点，由于干线和支线的情况不同，因此规定也不相同。

第 5.2.13 条 断链桩设置。断链桩设在直线上的百米桩或 20m 整倍数的桩上，这样计算容易，工作简单。

第 5.2.14 条 中桩间距。根据线路部门的经验，铁路、公路的中桩间距应有所区别，同时还应根据直线、曲线、曲线半径大小不同，分别作出不同的规定。

第 5.2.15 条 中桩桩位，测量限差要求。中桩桩位测量限差分两档：铁路、汽车专用公路稍高些，列为一档；一般公路列分另一档。实际这些限差与采用的施测方法都是容易达到的。

第 5.2.16 条 曲线测设闭合差。多年实践来看，曲线测设的纵向闭合差，主要由总偏角的测角误差、切线和弦长的大量误差等构成。一般情况下，总偏角的测角误差将使计算的各项曲线要素产生同向误差，这种误差在曲线测设中互相抵消。切线和弦丈量时的系统误差在纵向闭合差中影响甚微，偶然误差是影响纵向闭合差的主要因素。纵向闭合差定为 1/2000 是容易达到的，此次修订保留了这一精度指标。

曲线横向闭合差，主要由切线丈量误差、采用拨角法时的拨角误差，弦长丈量误差、置镜点对点误差等构成。经过论证、推算、汇总，得以曲线长（K）曲线半径（R）为引数的总横向误差表 5.2.16。

表 5.2.16 总横向误差表

<div><div><div><div><div></div><div>$K(m)$</div></div><div><div>$\Delta\mu(cm)$</div><div>$R(m)$</div></div></div></div></div>	100	200	300	400	500	600
2000	1.09	2.38	3.49	5.76	7.82	10.16
1000	1.17	2.72	4.69	7.08	9.98	—
500	1.29	3.26	6.05	9.61	—	—
300	1.49	4.21	8.17	—	—	—

从表 5.2.16 中可以看出，曲线测设的横向闭合差采用 10cm，可以满足一般情况下的要求。根据铁道部门对川黔、成昆等线路的实测资料统计，在 127 个曲线的测设中，横向闭合差超过 10cm 的只有 3 个，占 2.4%，处于正态分布状态。

在电磁波测距仪较广泛使用的今天，采用极坐标法是可以提高曲线测设精度的。综合以上情况，列出规范中曲线测量的限差如规范表 5.2.16 的规定。

第 5.2.17 条 线路中线测量。线路中线测量布设附合导线，铁路、汽车专用公路的限差相当图根导线的精度，而一般公路的限差比图根导线还低一级，容易达到。

第 5.2.18 条 初测高程控制的检测。对初测的高程控制进行检测，应不低于五等水准的精度进行施测为宜，否则达不到较差为 $30\sqrt{L}mm$ 的要求。

第 5.2.19 条 中桩高程测量限差。根据公式计算验证，并结合生产实践，对附合线路闭合差，可按下式计算：

$$W = \pm 2 \sqrt{m_B^2 + m_{测}^2} \cdot \sqrt{L}$$

(5.2.19)

当 m_B 取用 15mm， $m_{测}$ 单程取用 $20\sqrt{2}mm$ 时，代入上式得 $W = \pm 64\sqrt{L}$ ，结合生产

实践取用 $\pm 50 \sqrt{L}$ 。

第 5.2.20 条 横断面测量限差。横断面测量限差，是根据数学公式，采用误差理论推导，再代入不同的相关数值，统计出的近似表达公式，为使用方便，改写为规范表 5.2.20 中的实用式。

第 5.2.21 条 改建既有线里程丈量起点。目前现状，实地埋设的里程标误差较大，不能作为起点的依据。所以，应自里程为已知的既有建筑中心，如车站、桥梁、隧道中心等丈量至起点。有条件时，还应进行检核。

因我国线路里程计算方向尚不统一，为了便于使用，里程应按原有方向推算。

第 5.2.22 条 既有线中线测量应设外移桩。根据现实情况，既有线中线测量，一般不是在既有线路的中心线上进行，而是沿外移桩或轨面进行。设置外移桩，便于设置镜点方向的标定，也便于将线路恢复到测量时的线路平面位置，作为施工依据。

第 5.2.23 条 施工前的中桩复测。根据第二次测量，检查第一次成果是否正确。在限差范围内采用原测成果。

第 5.2.28 条 竣工测量的限差。因竣工测量条件较定测时有利，所以竣工测量的高程误差和曲线闭合差要求均高于定测时的要求。

第三节 架空索道测量

第 5.3.1 条、第 5.3.2 条 架空索道平面位置测量。根据设计人员提供及有关设计参考资料，索道设计对施工的要求内容有：

- 一、索道相邻支架间的偏角不许超过 $\pm 30''$ ；
- 二、支架间距误差不许超过 1/500 架间距；
- 三、施工安装时，架顶、索底标高误差不许超过 1/1000 架间距。

根据上述要求，规范规定方向点偏离直线，不应超过 $180^\circ \pm 20''$ ，比原规范该指标提高了 $10''$ 。这是为适应近年来载人索道和大型吊斗的增设，为确保安全而提出的。关于测距精度比设计要求提高一倍，经过多年实践也是可行的。修订时，保留了这一指标。

第 5.3.3 条 高程测量限差。多年来支架间高差限差采用不超过架间距 1/1000。测量限差则采用了测高误差与距离之比，不应低于 1/2000。规范中规定，在困难地区亦可采用图根三角高程测量的方法。关于此方法能否满足上述要求，下面作简要说明。

三角高程测量的高差中误差可用下式表示：

$$m_h = \pm \sqrt{\left(S \cdot \frac{m_\alpha}{\rho}\right)^2 + \left(S \cdot \frac{m_s}{S} \operatorname{tg} \alpha\right)^2} \quad (5.3.3)$$

式中 S ——测边距离 (m)；

m_α ——垂直角中误差；

$\frac{m_s}{S}$ ——测边相对误差；

α ——测边的垂直角。

当取 $m_\alpha = 20''$ 、 $\frac{m_s}{S} = \frac{1}{2000}$ 时，代入上式，得表 5.3.3。

从表 5.3.3 可以看出，当垂直角小于 25°时，能够满足 1/2000 的精度要求。但表中
所列的相对精度，是单向观测误差，当对向观测，并取平均值时，误差将减小，完全能
满足 1/2000 的精度要求。

表 5.3.3 三角高程与距离之比的相对误差

α	5	10	15	20	25	30
$2m_h/S$	1/4500	1/3800	1/3000	1/2500	1/2000	1/1600

第 5.3.4 条 架空索道的导线和断面测量的施测方法及精度要求，是从历年来工程
测量单位的经验总结出来的。

第 5.3.5 条 断面测量。断面测量的各项限差规定，均系根据视距测量的精度进行
分析后，具体作出的规定，作业人员容易掌握和执行。

第 5.3.6 条 有关断面点选定。架空索道在山脊、山顶的断面点数量应增多，因为
索道杆塔都设置于此。山谷、沟底是悬空的，设计杆塔的可能性小，故可适当从简。陡
峭地区加测横断面，便于设计的分析参考，很有必要。

第 5.3.7 条 导线和断面测量同时进行。电磁波测距仪测量时，为了节省工作量，
导线和断面的测量可以同时进行，这也是电磁波测距仪的优越性。

第四节 自流和压力管线测量

第 5.4.1 条 一般自流管线测量。对一般自流管线的测量，根据多年来的实践经
验，其误差限值应满足下列要求：

一、纵向误差达到 1/500，就能满足设计要求，故测量精度提高一倍，规定为 1/
1000。

二、中桩高程测量，宜为图根水准测量精度，因此首级控制不应低于五等的精度。

三、当建筑物、构筑物较密或地面坡度小于 5‰时，应提高其测量的精度。

第 5.4.2 条 压力管线测量。

一、视距测量对向观测时距离较差的规定。根据各有关单位试验，本规范综合取视
距一次观测相对中误差为 1/200，则一测回相对中误差为 $1/200\sqrt{2}$ ，对向观测较差的相
对中误差为 $\sqrt{2}/200\sqrt{2}$ ，取二倍中误差作为误差的极限值，为 $2\sqrt{2}/200\sqrt{2} = 1/100$ 。因此，
规范规定采用正倒镜对向观测，两次测距较差的相对误差，不超过 1/150。

二、视距测量对向观测时，每百米距离高差较差的计算。设视距一次测量高差的中
误差为 m_h ，正倒镜对向观测的较差中误差为 $\sqrt{2} \times m_h/\sqrt{2}$ ，取二倍中误差为极限值，高差
较差公式为：

$$\delta_h = \pm 2 \sqrt{\left(\frac{1}{2} S \sin 2\alpha \frac{m_s}{S}\right)^2 + \left(S \cos 2\alpha \frac{m_a}{\rho}\right)^2} \tag{5.4.2-1}$$

式中 S——视距长度，取 100m；
 m_a ——垂直角中误差，取 0.5；
 α ——测边垂直角；

$\frac{m_s}{S}$ ——视距相对中误差，取 $\frac{1}{200}$ ；
 ρ ——3438。

以不同的 α 值代入上式，算得每百米距离的高差较差如表 5.4.2。

表 5.4.2 视距测量对向观测的高差较差（每百米距离）

α	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20
δ_h (cm)	4.6	7.6	10.4	14.0	17.4	20.4	23.6	26.6	29.4	32.0

从表 5.4.2 中可以看出，高差精度主要受距离精度的影响，垂直角越大，高差精度越低。将表 5.4.2 重新计算整理后，即得本规范第 5.4.2 条的取用式，即规范（5.4.2－1）式。

三、视距导线点的高程与已知点闭合时，高程闭合差可用下式表示：

$$W_h = \alpha_p \times S \sqrt{n} \text{ (cm)} \tag{5.4.2-2}$$

经推算化简，即得规范（5.4.2－2）式。

第五节 架空送电线路测量

第 5.5.2 条 方向点偏离直线的精度。设计者认为，杆塔偏离直线相差 3′～4′时，所引起的垂直于线路方向的水平负荷、放电间隙的改变及绝缘子串的歪斜程度是允许的。从施工工艺来看，当偏离 1′时，相邻杆塔的绝缘子串的歪斜，用肉眼是观察不出来的。取其较高要求，方向点偏离直线不应超过 1′。

第 5.5.3 条 正倒分中和间接定线法。

一、经综合试验分析，正倒分中法延伸直线，其精度受仪器对中误差、置平误差、目标偏斜误差和照准误差等的影响。采用规范规定的指标，基本上能满足定线误差不超过 $180^\circ \pm 1'$ 的精度要求。但在前视过长或后视过短时，则应从严掌握。

二、根据间接定线的 m_u 亦不应超过 1′的要求，则 $m_u \leq \frac{L \times 1'}{2\rho}$ ，取桩间距 300m，计算得 $m_u \leq 0.043m_0$ 。

根据电力部门的试验论证，当采用四边形时，量距精度估算公式如下：

$$m_L = \pm \frac{1}{2} \sqrt{m_u^2 + m_A^2} \tag{5.5.3}$$

式中 m_A ——量距边起始点的横向误差（取值为 0.016m）。

将 m_u 和 m_A 数值代入上式，得 $m_L = \pm 0.02m_0$ 。

由不同丈量距离算得的相对中误差列于表 5.5.3。

从表 5.5.3 可知，当采用钢尺量距时，相对中误差高于 1/4000 时，就需采取必要措施，才能达到精度要求。因此，规范规定丈量长度不宜大于 80m。根据试验证明，当丈量长度小于 20m 时，求得的延伸直线亦很难满足精度要求，因此，规范规定丈量长度不宜小于 20m。

表 5.5.3 不同距离算得的相对中误差

$l \text{ (cm)}$	20	40	60	80	100
m_l/l	1/1000	1/2000	1/3000	1/4000	1/5000

第 5.5.4 条 桩间距离测量。根据 500kV 架空送电线路确定的裕度值，一般不宜大于 1m。在各项误差概略分析的基础上，反推对测量距离的精度要求。当档距大于 600m，测距相对中误差为 1/200 时，其弧垂综合误差已接近裕度值的允许值。结合实际生产情况，就一般架空送电线路来说，规范取用视距长度，不宜超过 400m。

有关测距较差规定的说明，参阅本说明第 5.4.2 条的第一款。

第 5.5.5 条 架空送电线路的断面测量。断面测量所作的规定均低于桩间的距离和高程的测量，只有加设测站时，其主要技术要求才与之相同。

第 5.5.6 条 施测边线断面。根据经验，送电导线的边导线对地的净空高应与中线一致。但以往测量送电线路断面时，忽略了对边导线的测量，结果造成边导线对地净空高不够，而加高杆塔或开挖土石方。所以，本次修订加入了这一规定。

第 5.5.7 条 大跨越档距测量。根据经验，在大跨越档距间，我们提出了采用电磁波测距或解析法测量，一般情况下，是能满足测距相对误差的要求的。

第 5.5.8 条 杆（塔）施工前的复测。此条规定了复测时距离和转点的限差以及高差的较差，规定详尽明确，作业中均不难达到，故应严格遵守。

第 5.5.9 条 排定杆位的检核。排定杆位时，以距离和高差检核危险点非常重要，应引起重视。

第 5.5.10 条 10kV 以下架空送电线路测量。本节主要是针对超高压架空送电线路而定的。10kV 以下的架空送电线路一般为单杆，距地面较近，送电导线横向跨度也较小。进行测量时，可根据需要，其技术要求可适当放宽。

第六章 绘图与复制

第一节 一般规定

第 6.1.1 条 ~ 第 6.1.6 条 绘图复制。目前由于绘图与复制的发展变化，社会的需要和图种的增多以及绘图、制印方法和以前有所不同，而原规范绘图复制分两节共 8 条，内容很少，绘图方面着重于描绘地形图，而复制方面着重于晒蓝图，此次修订时，充实了这一章的内容。

第二节 绘 图

第 6.2.6 条 ~ 第 6.2.15 条 原图着墨、映绘、清绘与刻绘。原规范使用“描绘”的称法，意义含混，不能固定于一种绘图作业上。这次修订认为：

- 一、实测原图的铅笔线上着墨，称为原图着墨；
- 二、透明材料蒙绘的称为映绘；
- 三、晒制蓝图上着墨的称为清绘；

四、刻图膜刻制的称为刻绘。

第三节 编 绘

第 6.3.1 条 ~ 第 6.3.4 条 编绘。根据经验，编绘主要是以地形图为主，并包括其他需要使用地形图作为底图编制的图种，如各种专业图、竣工总图等。由于编图是多种多样的，故本节只作编绘的基本要求和一般程序规定，具体内容由各专业另定。

第四节 晒蓝图、静电复印与复照

第 6.4.1 条、第 6.4.2 条 晒蓝图与静电复印。针对工程测量用图测图比例尺大，印刷数量少，要求快速复制，现势性强等特点，从生产实践中体会到，单一搞一种制印方法不行；同时，尽管印刷机械已向快速、自动化方向发展，晒蓝图和静电复印等方法确有其不足之处，但目前仍然可列入规范，作为供图的手段之一。

第 6.4.5 条 复照精度要求。根据复照工作历年来的经验，提出规范表 6.4.5 的规定。

第五节 翻版、晒印刷版与修版

第 6.5.1 条 ~ 第 6.5.6 条 翻版、晒印刷版。根据各种翻版的版别不同，采用密度数据制定标准，作为制印数据化的开端，提出规范表 6.5.2 的规定。

工业建筑区现状图以及城市建筑区测图，采用多色图的不少，故在印刷工艺中把翻版、晒印刷版等并为一节。

第六节 打样与胶印

第 6.6.1 条 ~ 第 6.6.6 条 打样、胶印。印量较少，多采用打样、胶印的方法，故将打样、胶印合并为一节。

套印的套合差，根据目前经验取用了一些数据，制定规范表 6.6.2 的规定，不足之处，有待今后实践完善。

第七章 施工测量

第一节 一般规定

第 7.1.1 条 本章适用范围。本章适用于工业与民用建筑及水工建筑的范围，原因是未涉及到其他的施工测量，如矿山井巷以及道路桥梁等的内容。

第 7.1.2 条 施工控制网的定位。施工控制网，可以利用原区域，如城市及工程勘察测量时所建立的平面和高程控制网作为依据。当满足施工测量技术要求时，应充分利用。

第 7.1.3 条 施工平面控制网长度变形。根据历年来实践经验，在坐标系统的选择上，首先应从全局考虑，应与工程设计所采用的坐标系统相同，尽量采用高斯正形投影按 3°分带。只有当投影长度变形值超限，影响工程设计精度要求时，才允许采用独立坐标系。

施工放样的方格网和建筑轴线的测量精度，一般为 1/20000。为使施工放样测量避

免长度变形影响，本规范规定，由于选择坐标系考虑投影引起的长度变形，每千米不应大于 2.5cm（相对误差为 1/40000）。

第二节 施工控制测量

第 7.2.1 条 布设建筑方格网。当地势平坦，建筑物、构筑物布置整齐，应尽量布设建筑方格网，作为场区平面控制网，以便施工工作容易进行。

第 7.2.2 条 场区平面控制网。场区平面控制网，其精度和系统往往都是独立存在的。但这种平面控制网，应根据原有城市和工程勘察期间的等级控制点，互相取得联系才行。故规范提到：应根据等级控制点进行定位、定向和起算，这都是必要的处置办法。

第 7.2.3 条 场区平面控制网的等级和精度。根据场区面积大小以及工业区或一般性建筑区建立不同精度的场区平面控制网，是 30 多年来反复实践、认识的结果，是宝贵的经验之一。

第 7.2.4 条 方格网主要技术要求。建筑方格网的主要技术要求，是从一般性建筑物定位需要满足的精度出发，进行精度估算而制定的。

一般性建筑物、构筑物定位的点位中误差 $m_{\text{点}} \leq \pm 10\text{mm}$ ，点位误差由场区控制点的起始误差和放样误差的共同影响决定，即：

$$m_{\text{点}}^2 = m_{\text{控}}^2 + m_{\text{放}}^2$$

规定放样误差 $m_{\text{放}} = \pm 6\text{mm}$ ，或者说 $\frac{m_{\text{放}}}{m_{\text{控}}} = \frac{3}{4}$ ，代入上式，得 $m_{\text{控}} = \pm 8\text{mm}$ 。而控制

点间的距离，一般以 $S = 200\text{m}$ 计，若 $m_{\text{控}}^2 = m_{\text{纵}}^2 + m_{\text{横}}^2 = 2m_{\text{纵}}^2$ ，故 $m_{\text{纵}} = \frac{m_{\text{控}}}{\sqrt{2}} = \pm 5.66\text{mm}$ 。

即测距中误差： $\frac{m_s}{S} = \frac{5.66}{200000} = \frac{1}{35400}$ （取用 $\frac{1}{30000}$ ）。其测角中误差 $m''_{\beta} = \frac{m_s}{S} \rho'' = \pm 5.8''$ （取用 $5''$ ）。

当 II 级建筑方格网组成导线时，其导线相对误差，根据式（7.2.4）计算。

$$\frac{1}{T} = \frac{2M}{L\sqrt{2}} \quad (7.2.4)$$

式中 T ——方格网的容许相对误差的分母；

M ——导线端点点位中误差（导线中点位置中误差 $\times 2.5$ ）；

L ——导线总长。

当取用 $\frac{1}{2 \times 20000} = \frac{0.125\text{m}}{L\sqrt{2}}$ 时， $L = 3536\text{m}$ ，故大于 1km^2 时，应考虑布置 I 级方格网。

II 级建筑方格网测角中误差的估算可按：

$$\begin{aligned} m''_{\beta} &= \frac{\rho \cdot M}{L} \sqrt{\frac{48 \cdot n(n+1)}{(n+2)(n^2+2n+4)}} \\ &= \frac{206265 \times 0.05 \times 2.5}{3536} \times 1.5 \approx 10.9'' \end{aligned}$$

（取用 $8''$ ）。

式中 n 为边数，II 级建筑方格网测角中误差规定为 $8''$ 。综合以上结果，求得建筑方

格网主要技术要求如规范表 7.2.4 所规定。

第 7.2.5 条 建筑方格网的布设。根据实践和估算，为保证网点的密度，建筑方格网搞一次布网往往是有困难的，也是不合适的。所以，规范仍采用二次布网加密的方案。

一、关于“布网法”。建筑方格网的首级控制可采用增测对角线的三边网代替轴线控制。若根据四等三边网的技术要求增测对角线，其精度还可提高。经统一平差后求得各点的坐标量或是值，然后改正至设计坐标位置。在此基础上，按内分法进行Ⅰ、Ⅱ级加密。当建筑场区控制面积较小，可采用一次布网方案进行加密。

根据点的密度和控制面积大小，增测对角线的三边网个数可增减，调整三边网边长，以满足场区控制的测设要求。

二、关于建筑方格网轴线控制测量。由于建筑方格网方格个数较多，从测设控制轴线（实际上是高一级的施工控制）将方格网分割成几个大矩形，并提高轴交角的观测精度，以减小整个网形的扭曲是必要的。

第 7.2.7 条 测角与测距的主要技术要求。根据建筑方格网的测角测距的实际经验总结，结合本规范第二章第三节表 2.3.6 水平角方向观测法的技术要求以及表 2.4.6 测距的技术要求的相应规定，提出规范表 7.2.7-1 角度观测的主要技术要求以及表 7.2.7-2 采用测距仪器等级及总测回数等的规定。

第 7.2.8 条 施工场区小三角网。经过估算与分析，小三角网作为场区控制网的技术规格，应满足施工的需要，即要求相邻最弱点的精度为 10mm。边长以 200m 为例，则最弱边长相对中误差为 1/20000。测角中误差：

$$m_{\beta} = \frac{10 / (\text{mm}) \sqrt{2} \times 206265}{200000} \approx 8 (")$$

第 7.2.9 条 施工场区小三边网。根据本规范第二章的三边网的技术要求的规定，测边精度一般略等于或稍低于三角网起始边的精度，采用小三边网作为场区控制网时，小三角网最弱边相对中误差为 1/20000，规范规定小三边网的测边精度为 1/40000。如果边长较短，应注意选择电磁波测距仪的仪器等级，Ⅱ级不行时，应考虑Ⅰ级仪器，并注意观测方法，否则难以达到精度。

第 7.2.13 条 建筑物（厂房）控制网的主要技术要求。根据实践经验和推算，为了满足建筑安装工程施工放样的要求，应该在建筑限差群中筛选出与测量定位轴线有直接连接，限差要求最高，并以此为依据推算建筑物（厂房）控制网的测设精度指标要求。

建筑限差，都是对设计的纵横轴线，即行列线而言，在《工程施工及验收规范》GBJ 204—83、GBJ 205—83 中以地脚螺栓中心线允许偏差 $\Delta_{\text{限}} = \pm 5\text{mm}$ 的要求最高。建筑物（厂房）控制网的精度可按此限差进行推算。

取限差的 1/2 作为施测螺栓纵向和横向位移的中误差 m ，即 $m = \pm 2.5\text{mm}$ 。

按 GBJ 204—83 第 2.3.8 条、第 4.6.10 条规定，预埋螺栓的安装允许偏差 $\Delta_{\text{安}} = \pm 2\text{mm}$ （对定位线而言），则螺栓安装中误差 $m_{\text{安}} = \frac{\Delta_{\text{安}}}{2} = \pm 1 (\text{mm})$ 。

进行定位线放样的放样误差取 $m_{\text{放}} = 1.5\text{mm}$ ，则可推导出控制线（两相对控制点的连线）的中误差 $m_{\text{控}}$ ，则 $m_2 = m_{\text{控}}^2 + m_{\text{放}}^2 + m_{\text{安}}^2$ ，即：

$$2.5^2 = m_{\text{控}}^2 + 1.5^2 + 1.0^2$$

$$\text{则：} m_{\text{控}} = \pm 1.73\text{mm}$$

若控制线纵向误差（相邻两列线间的长度误差）和横向误差（相邻两行线间的偏移误差）都应等于或小于控制线的测量误差，即：

$$m_{\text{纵}} = m_{\text{横}} \leq m_{\text{控}}$$

就工业厂房而论，行线之间的间距一般为 $6 \sim 24\text{m}$ ；列线间距为 $18 \sim 48\text{m}$ ，列线跨距大于行线跨距。

若列线跨数多，其控制线就长，建筑物（厂房）控制的精度就应高。

以上 $m_{\text{纵}} = \pm 1.73\text{mm}$ ，是 $n = 1$ 时的要求，当列线跨数为 n ，不同跨长 S_i 的测量中误差为：

$$m_{\text{si}} = m_{\text{纵}} \sqrt{n}$$

相对中误差：
$$\frac{m_{\text{si}}}{S_i \cdot n} = \frac{m_{\text{纵}}}{S_i \sqrt{n}}$$

若跨长 $S_i = 30\text{m}$ ，跨数 $n = 3$ ，则相对中误差为 $\frac{1}{30000}$ ；

若跨长 $S_i = 48\text{m}$ ，跨数 $n = 5$ ，则相对中误差为 $\frac{1}{62000}$ 。

建筑物（厂房）控制网的测角中误差：

$$m_{\beta} = \frac{m_{\text{横}}}{S_i} \rho''$$

列线间最长跨距 $S_i = 48\text{m}$ ，当 $n = 1$ 时，测角中误差：

$$m_{\beta} = \frac{1.73 \times 206265}{48000} = \pm 7 (")$$

根据以上的结果，建筑物（厂房）控制网主要技术要求如规范表 7.2.13 的规定。

第 7.2.14 条 测角中误差大小。当建筑物有 n 跨时，测角中误差：

$$m_{\beta i} = \frac{m_{\beta}}{\sqrt{n}} = \pm \frac{7''}{\sqrt{n}}$$

故可计算出测角精度指标如表 7.2.14。

表 7.2.14 建筑物（厂房）控制网测角中误差

列线跨数	$n = 1$	$n = 2$	$n = 3$	$n = 4$	$n = 5$
测角中误差	$\pm 7''$	$\pm 5''$	$\pm 4''$	$\pm 3.5''$	$\pm 3''$

规范中测角中误差取用： $\pm 2.5''$ ， $\pm 3.5''$ ， $\pm 4.0''$ ， $\pm 5''$ ， $\pm 10''$ 作为区间，规定出规范表 7.2.14 的建筑物控制网测回数。

第 7.2.15 条 外部控制转移。根据施工测量经验，建筑物的围护结构封闭前，外

部控制转移至内部，以便于日后内部继续施工的需要，其引测时规定的投点误差，一般都能做到。

第 7.2.16 条 关于场区高程控制网不宜低于三等水准测量的精度。根据经验，在施工放样中，要求工业场地和城市中的平土工程、楼房和建筑物的基坑、排水沟、下水管道等竖向相对误差均不应大于 $\pm 10\text{mm}$ 。因此，要求场区的高程控制网不低于三等水准测量精度，对一般施工均能满足要求。

第三节 工业与民用建筑施工放样

第 7.3.1 条 施工放样应具备资料。施工测量部门经过历年实践，总结出施工放样应具备的资料内容，对施工测量人员很有必要，这样才能便利工作。

第 7.3.2 条 测设各工序间的中心线。有关测设的这些作法的经验和注意事项，都是根据施工测量部门总结出来的。

第 7.3.3 条 线板或控制桩。建筑物外围建立线板或控制桩一是便利施工，二是容易保存，这是施工测量中必不可少的。

第 7.3.4 条 及时看守观测。这也是重要的经验总结之一，在大型设备基础浇注过程中，为防止位移和高程不符，尤应及时看守观测，才能保证工程质量。

第 7.3.5 条 建筑物施工放样的主要技术要求。工业与民用建筑施工放样的主要技术指标规范表 7.3.5，是参照 1985 年原苏联建筑工程施工测量法规（即 СНиП3.01.03 ~ 84）并结合我国的情况制定的。

目前，我国高层建筑施工放样的精度要求尚无统一规定。某些部门根据其自身的施工要求，颁布了一些具体规定，如广州的白天鹅、花园酒家等，就是根据其施工的误差，反过来规定测量精度的。

原国家建委科研院建筑工程情报资料第 7814 号介绍了北京市赴日建筑考察团的一篇参观考察报告，对日本东京 19 座超过 90m 的超高层建筑设计、施工作了详细介绍。结论是：

结构：有 2~4 层地下室，下部为钢筋混凝土结构，上部为钢结构。

特点为地震频繁，考虑地震问题。

经过大量试验和实践认为：结构处于弹性阶段时，最大的层间位移为 $\frac{h}{300}$ ，顶点位移为 $H/500$ （ h ——层高、 H ——总高）。

塑性阶段时，取 $\frac{h}{150} \sim \frac{h}{200}$ 。

日本高层建筑标准层高 3.5m 左右。如我国 $h = 3.2\text{m}$ ，取上述规定的 1/2 为宜，故层间最大位移应小于 $\pm 5\text{mm}$ 。当 $H = 100\text{m}$ 时，顶点位移应小于 $\pm 10\text{cm}$ 。

本规范表 7.3.5 中竖向传递轴线点中误差，规定不超过 4mm，与层间最大位移 5mm 基本相当。而顶点位移，应是传递轴点误差的累计量，按此标准还是能够达到要求。

经综合分析后，得出建筑物施工放样的主要技术要求如规范表 7.3.5 的规定。

第 7.3.7 条 柱子、桁架或梁安装测量允许偏差。是根据设计允许偏差，并经历年来的实践和理论分析而制定的测量允许偏差。

一、关于混凝土柱、钢柱垂直度的测量允许偏差，规范表 7.3.7-1 中规定为 3mm 是合理的。过去有的测量规程对其测量允许偏差规定为 $0.3H/1000 \leq 7\text{mm}$ 。这是按照《工程施工及验收规范》GBJ 204—83 和《钢结构施工及验收规范》GBJ 205—83 规定的建筑限差简单地按 $1/3$ 考虑的。

同时，中国建筑技术发展编辑的《施工技术》1988 年第三期“工业厂房钢柱的安装校正”一文中，已提出我国 CBJ 205—83 规范对钢柱安装允许偏差的规定与国外规范的差异。

而柱子垂直度测量前，必须将仪器进行检查校正，把测量误差控制在 $\pm 3\text{mm}$ 以内。规范按此标准确定出 $\pm 3\text{mm}$ 的测量允许偏差。在柱子安装找正过程中，待柱子基本就位固定后，一般要用正倒镜投点取平均值来测定柱顶的偏差值，此时仪器的残差基本上已消除。故 $\pm 3\text{mm}$ 还是可以达到的。当柱子大于 10m 或一般建筑不需要或难达到 $\pm 3\text{mm}$ 的精度时，规范表 7.3.7 注中已注明可适当放宽。

把测量误差限定在 $\pm 3\text{mm}$ 以内，就能达到国外安装标准的钢柱牛腿部偏差 $\pm 5\text{mm}$ ，柱顶部偏差 $\pm 10\text{mm}$ 的要求。这也是为使国家标准达到国际安装标准的要求。

二、关于梁间距的测量偏差。GBJ 204—83 第 5.3.10 条三款中规定了梁或吊车梁中心线对定位轴线的位移允许误差 5mm，此系安装误差。规范规定测量容许偏差为 3mm，是为了保证位移允许误差 5mm 而提出来的（如规范表 7.3.7 所规定）。

第 7.3.8 条 构件预装测量的允许偏差。构件预装测量的允许偏差（规范表 7.3.8）的规定，是施工测量部门提供的数据，均小于施工限差所规定的范围。

第 7.3.9 条 附属构筑物安装测量的允许偏差。附属构筑物安装测量的允许偏差（规范表 7.3.9）的规定，也是施工测量部门提供的数据，均小于安装限差（如管道垂直度的安装限差为 $H/300$ ，而测量允许偏差取值 $1/3$ 左右，规定为 $H/1000$ ）。

第 7.3.10 条 设备安装过程中的测量。设备安装测量应注意：使用一个水准点作为高程起算点，当厂房较大时，为施工测量方便起见，可以增设水准点，但其观测精度应提高。

设备基础中心线的复测与调整，以及基准点的高程测量，是根据我国多年来施工测量的实践总结出来的。

第四节 灌注桩、界桩与红线测量

第 7.4.1 条 灌注桩定位精度。根据国家建筑工程总局标准《工业与民用建筑灌注桩基础设计与施工规程》中所规定桩位容许偏差：垂直轴线方向不大于 $\frac{1}{6}$ 桩的设计直径；顺轴线方向应不大于 $\frac{1}{4}$ 桩的设计直径。而灌注桩一般直径为 400mm，常见为 600mm，故本规范规定定位误差最大不应低于 10cm（中误差为 5cm）。当精度要求高时，应建立灌注桩矩形控制网。规范中对灌注桩的矩形网的技术要求，是使各灌注桩能在此矩形控制网下，以内分法测定，其定位精度为 2cm 左右。综上提出规范表 7.4.1 的规定。

第 7.4.2 条 灌注桩矩形控制网。矩形控制网设计的点位精度，比单独定灌注桩位

要高很多，这是由于把灌注桩定位与灌注桩施工结合在一起进行的。

第 7.4.3 条 内分法测定灌注桩。在矩形控制网下，采用内分法测定，其定位误差精度不是 5cm，而是 2cm。

第 7.4.4 条 界桩点。测量界桩点属地籍测量范畴，其定线（定位）精度视所在地区的地价不同而异。目前，地籍测量工作正在试验，尚无明确划分规定，因此本规范按建筑区细部坐标测量的精度要求进行，一般情况下是适当的。

第五节 水工建筑物施工测量

第 7.5.2 条 水工施工平面控制网布设。施工平面控制网是施工放样的基础。在设计三角网时，应尽可能使三角点接近于所放样的建筑物轴线位置。但由于水工建筑物往往受地形约束较大，三角点离建筑物轴线较远，此时须由最近的三角点，再用高精度导线或交会等方法加密，采用两级布设控制网。这样可使首级三角网受地形制约较小些，有可能选出图形好、精度高的三角网。因此，本规范提出，一般以两级布设为宜。

对施工三角网，由于平均边长与本规范第二章相比相应缩短，而其最低级控制点的相邻点位中误差又不应大于 10mm。根据这些不同条件，对测角或测距精度应进行专门的估算工作。其基本方法与第二章相同。

第 7.5.3 条 首级高程网的等级要求。根据多年来的经验和施工需要，规定如规范表 7.5.3。

第 7.5.4 条 水工建筑物高程控制测量。最低级控制点相对于首级控制点的高程中误差规定为 10mm 和 20mm，目前三等水准测量均不难达到。

第 7.5.5 条 水工建筑物放样测量容许偏差。水工建筑物要求的放样精度应根据水利工程的规模、结构、部位不同而不同。规范中表 7.5.5 提出了对一般水工建筑的立模、填筑轮廓点的容许偏差，其值已据历年经验做适当调整。

第 7.5.6 条 立模、填筑放样的高程控制点。用于立模、填筑放样的高程控制点，因要求精度不高，故规范规定不应低于四等。

第 7.5.7 条 竖向测量容许偏差。根据一般水工建筑施工允许偏差的要求，提出竖向测量容许偏差如规范表 7.5.7 规定。

第八章 竣工总图的编绘与实测

第一节 一般规定

第 8.1.1 条 ~ 第 8.1.5 条 竣工总图编绘与实测规定内容。竣工总图编绘与实测的内容是根据原国家建委 1982 年 2 月颁发的《关于编制基本建设工程竣工图的几项暂行规定》（50 号文件）的精神，结合目前实际情况而规定的。竣工总图主要反映设计、施工的情况，这与一般的测量图不完全相同。为了使实测竣工总图能与原设计图相配合，因此，实测竣工总图的各项要求，如坐标及标高系统、比例尺、图例符号等一般应与设计图相同，以便于设计、建设单位使用。竣工总图应采用现行总平面设计图的图例符合，如 1988 年出版的国家标准《建筑制图标准》中第三章总平面及运输图例等。关于

竣工总图使用的现有资料，应全面搜集、整理已有的施工图、施工说明、设计变更通知单、原测记录及图纸、验收记录等。

第二节 竣工总图的编绘

第 8.2.1 条 工业与民用建筑竣工总图编绘。由于竣工总图基本上是一种设计图的变型，因此，图的编绘内容及深度也基本上要和设计图一致，本节各条的规定就是一般设计图的内容要求，在实施中可与设计图对应。

编绘给水管道各种水处理设施，如水源井、泵房、水塔、水池以及地上、地下各种管径的给水管线及其附属设备，如检查井、水封井、水表、各种阀门等。

编绘动力管道，如热力管道、煤气管道等；工艺管道，如输送各种化学液体、气体的管道；管道的构筑物，如地沟、支架、各种阀门、涨缩圈以及锅炉房、烟囱、煤场等。

第 8.2.2 条 其他工程的竣工总图编绘。根据实际情况，有的工程，如矿山建设等，不同于一般工业与民用建筑，其竣工总图的编绘，规范规定应按该建设工程的要求进行编绘，这样处理是恰当的。

第三节 竣工总图的实测

第 8.3.1 条 施工控制点恢复。根据机械委勘察院的工程实践统计：在 1km^2 左右面积的地区，如恢复控制网的原点选得比较合理，用同等级进行恢复控制测量，则边缘地区的细部坐标点的新旧较差值，最大在 15cm 以内，故规范规定中误差 7cm 。

第 8.3.2 条 实地检测。国家对工程施工及验收的质量标准均制定有规范，故施工误差均以国家标准有关施工验收规范的规定为准。各施工验收规范对建筑物、构筑物轴线施工后的偏差都作了规定，如砖石工程的墙体轴线偏差为 10mm ，这是指用仪器检查的值与设计理论值之差。为达到这个精度，测量误差应小于 10mm ，在 5mm 。这样才能保证验收的质量标准。

第九章 变形测量

第一节 一般规定

第 9.1.1 条 适用范围。本章是根据工程测量单位生产实践中经常遇到的变形测量工作而编制的，适用于工业与民用建筑物、构筑物，建筑场地、地基基础，中小型水坝和滑坡等的变形测量。同时，也适用于与本规范相适应和观测方法相同的其他变形测量工作。

根据编写大纲的要求，本章的观测方法以大地测量方法为主，其他一些常用测量方法为辅。有关摄影测量的方法已编入国家标准《工程摄影测量规范》中，本章没有涉及。

第 9.1.3 条 变形测量点的分类。根据变形测量精度要求高的特点，以及标志的作用和要求不同，本规范将它们分成三类：

一、基准点。要求建立在变形区以外的稳定地区，同大地测量点比较，要求具有更

高的稳定性，其平面控制点一般应有强制归心装置。

二、工作点。要求这些点在观测期间稳定不变，测定变形点时作为高程和坐标的传递点，同基准点一样，其平面控制点应设有强制归心装置。

三、变形点。直接埋设在要测定的变形体上。点位应设立在能反映变形体变形的特征部位，不但要求设置牢固，便于观测，还要求形式美观，结构合理，且不破坏变形体的外观和使用。

第 9.1.4 条 变形测量的等级划分及精度要求。根据我国的经验，参考国外规范有关变形测量的资料，本规范以变形点水平位移的点位中误差及垂直位移的高程中误差和相邻点高差中误差的大小来划分等级。

等级划分共分为四等。一等属于高精度观测，二、三等为一般常用变形观测的精度指标（采用常规仪器和作业方法即可达到），四等为低精度的变形观测。

相邻点高程中误差，是为了只要求相对沉降量的观测项目而规定的。

变形测量的精度指标，本规范采用设计和其他规范已确定了的允许变形量的 $\frac{1}{20}$ 作为测量精度要求，以使在允许变形范围之内，能确保建筑物、构筑物的安全使用。这样，每个周期的观测一般均可反映变形体的变形情况。根据国内外经验，归纳出变形测量的等级划分及精度要求，如规范表 9.1.4。

第 9.1.5 条 变形观测的观测周期。变形测量的观测周期，应根据变形体的特性、变形速率和变形观测的精度要求来确定。某些与外界因素比较密切的观测项目，还必须结合外界自然条件的变化，如工程地质条件等因素综合考虑。当有多种原因使某一变形体产生变形时，我们分别以各种因素考虑观测周期后，以其量短的周期为观测周期。

根据变形量的变化情况，应适当调整周期。当三个观测周期的变形量小于观测精度时，可作为无变形的稳定限值。

第 9.1.6 条 每次观测规定。根据变形观测的经验，由于测量面积小，精度要求高。要求每次采用相同的图形和观测方法，以及同一仪器和设备等基本条件相同，这是为了将观测中的系统误差减到最小，达到提高精度的目的。

第 9.1.7 条 对于监测网的检测。根据国内变形测量的实践经验，监测网由于自然条件的变化，人为破坏等原因，不可避免地有个别点位会发生变化。为了验证监测网点的稳定性，应对其进行定期检测。复测时间间隔的长短，应根据点位稳定程度来确定。规范条文中作出了一般规定。

第二节 水平位移监测网

第 9.2.1 条 采用三角网形式布网。本规范对水平位移监测网的建立，首先提到采用三角网，这是根据我国现实设备情况和实践经验制定的。在我国高精度的测距仪还没有普及的情况下，要大量丈量高精度的边长有一定的困难。如果我们采用三角网，只丈量一条起算边，起算边满足变形测量相对精度后，将它作为真值看待，当测角精度高时能保证网的内部符合精度。当监测网点位稳定不变时，网的相对精度只是对变形量的相对精度发生影响，如网的边长相对精度为 1:10000，在不考虑其他误差的情况下，测得变形量的相对精度也是 1:10000。一般变形量都很小，其相对精度要求并不高。在监测

网中，个别点丢失，由于网的内部精度高，不受起算边丈量精度的影响，这就比较容易达到恢复点位精度的要求。无疑，在现阶段采用三角网是比较适用的。当然，若条件具备时，也不排除采用其他形式布网。

第 9.2.2 条 独立坐标系统和一次布网。变形测量是以单纯测定变形体的变形量为目的，因此只需采用独立坐标系统，即可满足要求。

根据经验和理论验证，由于变形测量区域面积一般较小，采用一次布网形式，其点位精度比较均匀，基准点和工作点同时布设，当基准点不能直接测定变形点时，可采用工作点测定，这样有利于提高和保证监测网的布网精度。

第 9.2.4 条 水平位移监测网的主要技术要求。根据实践经验是从实用目的出发，水平位移监测网的主要技术要求，按三角网的形式，遵循以下技术设计原则制定：

一、监测网的等级、测角中误差以及各等级最弱边相对中误差的规定，与本规范第二章平面控制测量相适应。其中，一等监测网参照了国家一等三角测量的技术要求。

二、相邻基准点的点位中误差的规定与规范表 9.1.4 规定的变形点的点位中误差相当。这是为了点位移动或丢失时，恢复控制点的需要。如大大提高监测网点的精度，无疑会给高精度观测带来困难，经济上也造成浪费。

当某一基准点点位移动时，我们用等精度来恢复该点，若恢复的点又是网中最弱点，根据以上规定 $m_{\text{基}} = m_{\text{观}}$ ，点位恢复后，相对于原点精度为 $\sqrt{2}m_{\text{基}}$ 。恢复后测得变形量的精度：

$$m_{\text{变}} = \sqrt{2m_{\text{基}}^2 + m_{\text{观}1}^2 + m_{\text{观}2}^2} \quad (9.2.4)$$

式中 $m_{\text{基}} = m_{\text{观}1} = m_{\text{观}2} = \frac{1}{20}\Delta_{\text{允}}$ 。

故得 $m_{\text{变}} = \frac{1}{10}\Delta_{\text{允}}$ ，取极限误差，即为 $m_{\text{变限}} = \frac{1}{5}\Delta_{\text{允}}$ ，即分别在五个观测周期内达到允许变形量。这时每周期的变形量为 $\Delta_{\text{变}} = \frac{1}{5}\Delta_{\text{允}}$ ，这时一般变形观测项目是完全适用的。等精度恢复点位后，测得变形量的误差 $m_{\text{限变}} = \Delta_{\text{变}}$ ，恰好能反映某一周期的变形，因此规范的规定是可行的。

三、平均边长是以相邻基准点的点位中误差为准，按各等级最弱边相对中误差的要求估算出来的。如二等点位误差为 3mm，当平均边长为 300m 时，其相对中误差仅为

$$\frac{3\text{mm}}{300000} = \frac{1}{100000}，规范规定为 1/120000，故应小于 300m 才能达到要求。$$

综合以上技术要求，制定出规范表 9.2.4。

第 9.2.6 条 变形监测网的起始边。根据经验，在变形监测网中采用三角网时，它的起始边的丈量精度一般只要满足变形量的相对精度就可以。但当工程需要时或对于其他形式的控制网，其起始边或测距边，规范条文原则规定了可参照国家一等三角的要求及本规范第二章相应等级的有关规定执行，采用相应高程精度的测距仪或因瓦基线尺测定。

第三节 垂直位移监测网

第 9.3.2 条 埋设水准基点。根据变形测量垂直位移的需要，水准基点必须保证其

稳定性，并应有一定数量稳固可靠的点以资校核。对于单体建筑物的沉降观测，有时埋设深层金属管水准基点，其稳定性虽然很好，但埋设费用很大。因此规范条文中对埋设数量未作具体规定。

第 9.3.4 条 垂直位移监测网的主要技术要求。根据实践经验和实用目的，以及精度估算，并参阅有关国内外资料，按以下水准测量技术设计，确定出垂直位移监测网的主要技术要求：

一、相邻基准点高差中误差中，二、三、四等分别采用国家一、二、三等每千米高差的偶然中误差值。这一要求限制了基准点间的距离，保证了高程基准点有一定的密度，点位变动时可保证其恢复的精度。

二、每站高差偶然中误差的规定保证了各级监测网的观测精度。

三、每站高差中误差为 $\pm 0.07\text{mm}$ ，则往返较差、附和或环线闭合差为 $\pm 2 \times 0.07\text{mm}$
 $\sqrt{n} = \pm 0.15 \sqrt{n}$ （式中 n 为站数）。

四、对使用仪器、观测方法及要求，垂直位移监测网的二、三、四等分别采用国家一、二、三等水准使用的仪器方法和要求。由于监测网中的一等精度要求特别高，即使采用国家一等水准观测也无法达到，因此本规范规定采用 DS_{05} 型仪器，视线长度 $\leq 15\text{m}$ ，前后视距差 $\leq 0.3\text{m}$ ，视距累计差 $\leq 1.5\text{m}$ ，水准尺必须经过严格检校。这样，在每站进行转点观测时，经过严格估算结果，其高差中误差可以达 $\pm 0.07\text{mm}$ 的精度。估算式如下：

$$m_{\text{站}} = \sqrt{2m_{\text{照}}^2 + 2m_{\text{中}}^2 + 2m_{\text{读}}^2 + 2m_{\text{焦}}^2 + 2m_{\text{i}}^2 + 2m_{\text{尺}}^2 + 2m_{\text{底}}^2 + m_{\text{直}}^2 + m_{\text{其他}}^2} \quad (9.3.4)$$

式中 $m_{\text{照}}$ ——照准误差，取 0.05mm ；

$m_{\text{中}}$ ——气泡居中误差，取 0.02mm ；

$m_{\text{读}}$ ——读数误差，取 0.01mm ；

$m_{\text{焦}}$ ——调焦误差，取 0 ；

m_{i} ——视准轴不水平的 i 角误差，取 0.022mm ；

$m_{\text{尺}}$ ——水准尺每米分划误差，取 0.02mm ；

$m_{\text{底}}$ ——尺底面不垂直轴线的误差，取 0.02mm ；

$m_{\text{直}}$ ——尺子不垂直的误差，取 0.01mm ；

$m_{\text{其他}}$ ——其他外界影响的误差，取 $\pm 0.02\text{mm}$ 。

把以上数据代入上式，得：

$$m_{\text{站}} = (2 \times 0.05^2 + 2 \times 0.02^2 + 2 \times 0.01^2 + 0^2 + 0.02^2 + 2 \times 0.02^2 + 2 \times 0.02^2 + 0.01^2 + 0.02^2)^{\frac{1}{2}} \\ = \pm 0.093$$

双转点时： $m_{\text{站}} = \pm 0.093 \div \sqrt{2} = \pm 0.07$ （mm）。

综合以上设计，制定出规范表 9.3.4。

第 9.3.5 条 高程系统。根据实践经验，单纯为了测定变形体的变形，高程起算点可根据经验自定。测区若已有高程起算点，宜采用原有高程系统。当测区面积不大，与当地国家网或域网联测方便时，应与之进行联测、换算，以达到一网多用的目的。

第四节 水平位移测量

第 9.4.5 条 正倒垂线法。根据大坝水平位移观测的经验，正倒垂线法是行之有效的好方法。这种方法不但在水坝位移测量中采用，实际上在其他类似的位移测量中，如有条件的高层建筑物的主体挠度观测中，也可采用此法。

第 9.4.7 条 滑坡观测。根据经验以及仪器设备的条件，本规范对滑坡观测点，提出采用测角前方交会或极坐标法测定，淘汰了过去的一些方法，如十字交叉法、方格网法、放射线法等。

第五节 垂直位移测量

第 9.5.1 条 单个构件的沉降观测。根据建筑物、构筑物的单个构件的沉降变形测量中的经验，提出了采用测微水准或机械倾斜仪以及电子倾斜仪等测量方法。这些仪器的测量精度，规范条文中没有具体规定，我们主要考虑是应以这类仪器的标称精度作为精度衡量的指标。

第 9.5.3 条 沉降观测点的精度要求和观测方法。根据沉降观测的特点，没有对各类沉降观测的精度指标作出规定，只提及一般的等级划分的精度，以及相应精度要求的观测方法，考虑如下：

一、按等影响原则，各等级变形点高程中误差与垂直位移监测网中相应等级精度相当。即一等为 $\pm 0.3\text{mm}$ ，二等为 $\pm 0.5\text{mm}$ ，三等为 $\pm 1.0\text{mm}$ ，四等为 $\pm 2.0\text{mm}$ ；

二、观测方法着重规定使用几何水准测量，这在我国使用比较普遍，在高精度沉降观测中精密液体静力水准测量也已被广泛采用；

三、用短视线三角高程测量来测定直接水准不能到达的两点间的高差是十分方便的，从理论上分析和国内外有关资料的介绍，已达到很高的精度，由于我国使用经验较少，规范只在四等精度的观测方法中作规定。

综合以上各点列出规范表 9.5.3。

第 9.5.9 条 回弹观测。根据实践经验，对回弹观测项目，目前认识较统一，规范对其观测点的高程误差，提出了一个具体的指标，可供一般性工程中测量工作使用。

第 9.5.10 条 地基土的分层沉降观测点。分层沉降观测点，应选在地基中心附近，观测标志的深度，最浅应在基础底面 50cm 以下，最深应超过地基土的理论上的压缩层厚度，根据工程地质资料确定为宜，否则将失去土的分层沉降观测的意义。

第 9.5.11 条 地基土分层沉降观测。与第 9.5.9 条说明相同，对地基土分层沉降观测，也提出了一个具体的指标供使用。

第 9.5.12 条 场地沉降观测点布设。场地沉降观测点布设范围，根据建筑物基础深度不同而变化，根据经验，一般为深度的 2~3 倍。

第 9.5.13 条 水坝垂直位移测量观测点的布设。沿坝轴线平行布设，便于观测与分析工作，与水平位移观测点合一，是为了节省工作量。

第 9.5.14 条 水坝观测周期。由周期短到周期长，以及特殊情况下的增加观测次数都是科学的、客观合理的措施。

第 9.5.15 条 水坝垂直位移观测。根据近年来水利、水电和工程测量技术的发展

情况，水坝的观测除了由专业的水利水电部门承担外，其他工程测量单位进行观测的也不少，所以规范条文中作了一些通用性的规定。

第六节 内业计算及成果整理

第 9.6.4 条 监测网点位稳定性的检验。根据经验，监测网中每次复测后，均应采用经典法、数理检验法或两者相结合的方法进行稳定性的检验。以稳定点作为起算点，重新推算各监测网点的坐标或高程，然后衡量其较差，若小于 $2\sqrt{2\mu^2Q}$ 时，则认为其点位稳定。此时应采用原坐标和高程作为测量变形点的起始数据。

第 9.6.6 条 观测点变形分析。本条规定是根据实践经验和变形需要而制定出来的。这里应注意的事项是：

一、变形点的变形计算和分析是变形测量的关键工序之一，虽然规范只作了原则的规定，但实际工作中应按需要灵活应用。

二、变形计算时，可按常规方法计算变形点的点位，求出变形量；也可直接从观测值的差数 ΔL_i 来计算变形量，两种方法都是可取的。

三、某些变形体的变形与外界因素关系密切，为了正确分析变形原因，在观测时必须详细记录气象情况及荷载变化。对某些特殊观测项目，还应详细记录观测周期内的各种气象和自然条件的变化情况。

第 9.6.7 条、第 9.6.8 条 提交资料。根据观测项目和目的不同，水平位移测量和垂直位移测量应提交的资料也不同，具体工程可按提交资料的要求，提交其中部分或全部资料。