前　言

本标准是在原行业标准 ZB D10 001—1989《地质矿产勘查测量规范》的基础上，根据我国现阶段地质矿产勘查测量的发展水平，并参考国内外有关标准起草制定的。

本标准与行业标准比较，主要增加了 GPS 定位测量、数字测图、计算机制图及电子制版等新技术、新方法的有关要求，并对地图复制做了较详细的规定。

本标准的附录 A、附录 B、附录 C、附录 D、附录 E、附录 F 都是标准的附录。

本标准的附录 G、附录 H、附录 J、附录 K、附录 L、附录 M、附录 N、附录 P、附录 Q 都是提示的附录。

本标准由国土资源部提出。

本标准由全国地质矿产标准化技术委员会归口。

本标准负责起草单位：山东省地质测绘院。

本标准参加起草单位：中国建筑材料工业地质勘查中心、国土资源部航空物探遥感中心、云南省地矿测绘院。

本标准主要起草人：潘宝玉、张寿永、李　峰、仝慧杰、赵凤鸣、陈安玉。

中华人民共和国国家标准

地质矿产勘查测量规范

GB/T 18341—2001

Specifications of survey for geological and mineral resources exploration

1 范围

本标准规定了地质矿产勘查中平面控制测量、高程控制测量、地形测量、航空摄影测量、地质勘探工程测量以及地图制图与复制的基本要求。

本标准适用于地质矿产勘查专业进行控制测量、1∶1 000～1∶5 000 比例尺地形测量及地质勘探工程测量，并可供相应精度的矿山设计及生产利用。

2 引用标准

下列标准所包含的条文，通过在本标准中引用而构成为本标准的条文。本标准出版时，所示版本均为有效。所有标准都会被修订，使用本标准的各方应探讨使用下列标准最新版本的可能性。

GB/T 5791—1993 1∶5 000、1∶10 000 地形图图式

GB 6962—1986 1∶500、1∶1 000、1∶2 000 比例尺地形图航空摄影规范

GB/T 7929—1995 1∶500，1∶1 000，1∶2 000 地形图图式

GB 7930—1987 1∶500、1∶1 000、1∶2 000 地形图 航空摄影测量内业规范

GB 7931—1987 1∶500、1∶1 000、1∶2 000 地形图 航空摄影测量外业规范

GB 12898—1991 国家三、四等水准测量规范

GB/T 13977—1992 1∶5 000、1∶10 000 地形图航空摄影测量外业规范

GB/T 13989—1992 国家基本比例尺地形图分幅和编号

GB/T 13990—1992 1∶5 000、1∶10 000 地形图航空摄影测量内业规范

GB 14804—1993 1∶500、1∶1 000、1∶2 000 地形图要素分类与代码

GB 14912—1994 大比例尺地形图机助制图规范

GB/T 15660—1995 1∶5 000，1∶10 000，1∶25 000，1∶50 000，1∶100 000 地形图要素分类与代码

GB/T 15661—1995 1∶5 000，1∶10 000，1∶25 000，1∶50 000，1∶100 000 地形图 航空摄影规范

GB 15967—1995 1∶500，1∶1 000，1∶2 000 地形图航空摄影测量数字化测图规范

GB 50026—1993 工程测量规范

CH 2001—1992 全球定位系统(GPS)测量规范

DZ/T 0153—1995 物化探工程测量规范

3 总则

3.1 一般规定

3.1.1 本标准取两倍中误差为最大误差。

国家质量技术监督局 2001-03-19 批准　　2001-10-01 实施

3.1.2 在满足本标准成果成图精度的前提下，可采用本标准未列入的新技术、新方法，但应在项目设计书中明确规定。

3.1.3 测量工作开始前，应根据任务要求，充分收集、分析测区有关资料，进行必要的现场踏勘，制定经济合理的技术方案，编写技术设计书。作业过程中应加强内、外业的质量检查。工作结束后应编写测区技术总结，及时组织对成果、成图的检查验收，并做好测绘成果的资料整理和归档工作。

3.1.4 为了便于本标准的贯彻执行，各有关测绘单位可结合具体情况，根据本标准所定的基本原则和精度要求，制定本单位使用的作业细则或补充规定。

3.2 坐标系统和高程基准

3.2.1 平面坐标系统采用 1980 西安坐标系，亦可采用 1954 年北京坐标系，高斯正形投影，统一 3°分带。

当投影长度变形值大于 2.5 cm/km 时，可依次采用：

a) 投影于高斯平面上的任意带的平面直角坐标系统；

b) 投影于测区平均高程面或任意高程面上的任意带的平面直角坐标系统。

当测区面积小于 50 km^2 且无发展远景时，可直接在平面上计算。

3.2.2 高程控制采用 1985 国家高程基准，困难地区可采用 1956 年黄海高程系或暂用独立高程系。当采用独立高程系时，应尽量与国家高程基准联测。

3.2.3 当扩建控制网时，为了保持成果成图的连贯性，一般应采用原有的平面坐标系统和高程基准。

3.3 地形图的基本要求

3.3.1 地形图的分幅和编号

地形图按 40 cm×50 cm 或 50 cm×50 cm 的矩形或正方形分幅。

地形图图幅以图廓西南角纵、横坐标值公里数编号，取至 0.1 km，如 4151.0—556.5。

带状或小面积测区，可按测区统一顺序进行编号。

1∶5 000 比例尺测图面积大于 50 km^2 时，其图幅的分幅和编号按 GB/T 13989 的规定。

3.3.2 地形类别

地形图的地形类别按图幅范围内绝大部分的地面倾角划分，规定见表 1。

表 1

地形类别	平　地	丘陵地	山　地	高山地
地面倾角	<2°	2°～6°	6°～25°	>25°

3.3.3 基本等高距

基本等高距依据地形类别划分，规定见表 2。一幅图内一般只采用一种基本等高距。当基本等高距不能显示地貌特征时，应加测间曲线，必要时可再加测助曲线。

表 2　　m

比　例　尺	基　本　等　高　距			
	平　地	丘陵地	山　地	高山地
1∶1 000	0.5	1.0	1.0	2.0
1∶2 000	1.0	1.0	2.0(2.5)	2.0(2.5)
1∶5 000	1.0	2.0(2.5)	5.0	5.0
注：当所测制的基本比例尺地形图需缩小编绘时，可以使用表 2 中括号内的基本等高距。				

3.3.4 地形图的精度

3.3.4.1 图上地物点对邻近野外控制点的平面位置中误差，平地、丘陵地不超过图上 0.6 mm；山地、高山地不超过 0.8 mm。

3.3.4.2 图上等高线插求高程点对邻近野外控制点的高程中误差不超过表3的规定。当采用0.5 m等高距时，高程中误差不应大于0.25 m。

表3 等高距

地形类别	平 地	丘陵地	山 地	高山地
高程中误差	1/3	1/2	2/3	1

3.3.4.3 困难地区(大面积的森林、沙漠、戈壁、沼泽等)地物点的平面位置中误差按3.3.4.1放宽0.5倍，高程中误差按表3放宽0.5倍。特别困难地区，无法按本标准规定的正常方法施测时，其成图精度及施测方法可结合测区具体情况拟定技术规定，报上级主管部门批准后实施。

4 平面控制测量

4.1 一般规定

4.1.1 平面控制点是地形测量及地质勘探工程测量的基础，因此必须具有足够的精度及密度，以满足相应比例尺地形图和地质勘探工程测量的需要。

4.1.2 平面控制网可采用全球定位系统(GPS)测量、三角测量、边角组合测量和导线测量。测量方法的选择应根据测区面积、测图比例尺及矿区发展远景等因地制宜，做到技术先进、经济合理、确保质量、长期适用。

4.1.3 平面控制网的布设一般应遵循从整体到局部、分级布网的原则。其等级的划分，一般依次为三、四等和一、二级。各级平面控制网，根据矿区的规模均可作为首级网。加密网视具体情况，可以越级布网。

4.2 平面控制网的主要技术要求

4.2.1 平面控制点的精度及密度要求

4.2.1.1 三、四等平面控制网中最弱相邻点的相对点位中误差不大于0.1 m；一、二级平面控制网中最弱点相对于起算点的点位中误差不大于0.1 m。

4.2.1.2 平面控制点的密度一般应保持在图上500 mm～1 000 mm的间隔内有一个点，且应能全面控制测区的范围。

4.2.2 三角网的主要技术要求

4.2.2.1 各等级三角网的主要技术指标应不超过表4的规定。

表4

等级		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
三等	首级	5～8	1.8	1/150 000	1/80 000
	加密			1/120 000	
四等	首级	2～5	2.5	1/120 000	1/40 000
	加密			1/80 000	
一级		0.8～3.0	5.0	1/40 000	1/20 000
二级		0.5～1.5	10.0	1/20 000	1/10 000

4.2.2.2 各等级三角网的布设，应符合下列要求：

a) 独立控制网可布设为三角单锁、双锁、中点多边形或连续网；在高等级点下加密控制网时，可采用插网、插锁、插点或其他图形；

b) 插锁(线形锁)的三角形个数一般不多于8个。各种网形的三角形内角不应小于30°，如受地形限制时，个别角亦不应小于25°；

c) 布设插网或插点的位置应尽量避免靠近高级点。当插点与高级点或插点与插点间距离短于平均

边长时，应尽量组成网形联测；

d）布设插点时，应至少由三个方向测定，且各方向均需双向观测，使之能构成极条件或边条件；

e）当三角网估算精度偏低时，宜适当加测对角线或增设测距边以提高网的精度；

f）在特殊情况下，一、二级三角网可布设为无定向线形锁，但应有必要的检核条件。

4.2.2.3 首级三角网的起始边长，应采用相应精度的光电测距仪测定。

4.2.3 导线和导线网的主要技术要求

4.2.3.1 各级光电测距导线的主要技术指标应不大于表5的规定。

表5

等 级	导线长度 km	平均边长 km	每边测距 相对中误差	测角中误差 (″)	导线全长 相对闭合差
三等	30	4	1/120 000	1.8	1/60 000
四等	20	2	1/80 000	2.5	1/40 000
一级	10	1	1/40 000	5.0	1/20 000
二级	5	0.5	1/20 000	10.0	1/10 000

4.2.3.2 各等级导线网的布设应符合下列要求：

a）导线宜布设成直伸等边形状，相邻边长之比不应超过1∶3。导线网用作首级控制时，宜布设成多边形格网；作为加密网时，可布设成单线、单结点或多结点网等形式；

b）导线网中结点与高级点间或结点与结点间的路线长度，应不大于表5导线长度的0.7倍。导线边数一般不应大于10条；

c）加密的一、二级导线，可布设无定向导线，无定向导线应尽可能组成结点网。

4.2.4 测边网或边角组合网的主要技术要求

4.2.4.1 根据测区的具体情况，平面控制网可布设为测边网或边角组合网。

4.2.4.2 各等级测边网或边角组合网的主要技术指标应不大于表6的规定。

表6

等 级	平均边长 km	测角中误差 (″)	测距相对中误差
三等	5.5	1.8	1/160 000
四等	3.0	2.5	1/120 000
一级	1.5	5.0	1/60 000
二级	0.8	10.0	1/30 000

4.2.4.3 各等级边角网或边角组合网的布设应符合以下要求：

a）网的布设应与相应等级的三角网的规格一致，网的边长宜近似相等，各三角形的内角不应大于100°和不宜小于30°，个别角度也不应小于25°；

b）对于由测边组成的中点多边形、大地四边形或扇形，应根据经各项改正后的边长观测值进行圆周角条件及组合角条件的检核〔检核公式见(31)式〕；

c）在测边网布设中，宜选择图形欠佳部位适当加测对角线，以增加图形强度和检核条件。

4.3 技术设计、选点、造标、埋石

4.3.1 测区平面控制网的布设，应在充分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，制定出经济、合理的布网方案。

对有特殊要求的工程施工控制网，应在考虑起始数据误差的基础上，进行整体及各级网的精度最优化设计。

4.3.2 在设计和选点时，应充分利用已有点位，并使所选点位构成良好的图形结构。与国家点联测时，应在设计中明确联测方案。

4.3.3 各等级平面控制点的位置应符合下列基本要求：

a) 相邻点之间应通视良好，观测视线距地面障碍物的距离，三、四等网应在 1.5 m 以上，一、二级网应在 0.5 m 以上，并保证成像清晰、便于观测；

b) 点位应选在土质坚实的地方或坚固稳定的高建筑物顶面上，便于造标、埋石和观测，并能永久保存；

c) 觇标高度合理，作业安全，便于控制网的扩展和低等级点的加密；

d) 三角(导线)点一般应取村名、山名、地名作为点名，并应于实地调查确定。一、二级点的点名可采用编号方法。

4.3.4 三、四等控制点可视需要建造觇标。一、二级控制点不建立觇标。觇标的建立应因地制宜地选用标材，觇标类型可采用寻常标、双锥标和墩标等。

4.3.5 建造各类觇标应符合下列要求：

a) 标形端正，基础坚实，标架稳固，视线距离樘柱应大于 0.1 m；

b) 标心或圆筒中心与标志中心应在同一铅垂线上，最大偏差不应大于 0.1 m；

c) 各类觇标的照准标位可采用标心或圆筒，其直径大小可按式(1)计算：

$$R = \frac{12}{\rho} \cdot S \qquad \cdots\cdots(1)$$

式中：S——控制网的边长，m。

4.3.6 利用旧三角点的觇标时，应检查其坚固性。对不合要求的觇标，必须根据情况进行加固或重建。

4.3.7 三角(导线)点均应按相应等级的规格〔见附录 D(标准的附录)〕，埋设稳固的中心标石。与旧点重合的三角点，应尽量利用旧标石。若原标石只有一层，但坚固完整者，可直接利用。

4.3.8 三、四等三角(导线)点均埋设双层标石，一、二级三角(导线)点一般埋设单层标石。位于铺装路面上的一、二级导线点，可采用其他能长期保存、坚固稳定的标志代替埋设标石、标志。

4.3.9 三角点标石一般用混凝土灌制。在有条件的地区也可用相同规格的坚硬石料代替。

4.3.10 三角(导线)点的标石埋设应符合下列要求：

a) 埋设双层标石时，两层标志中心应严格地在同一铅垂线中，最大偏差不应大于 3 mm，并应精确量取各层标志面间的垂直距离(取至厘米)，将量取结果记入“三角点点之记”中；

b) 重埋标石时，要确保所埋设新标石的标志中心与原标志中心在同一铅垂线中，偏差不应超过 3 mm，并精确量算出新、旧标志面之间的高差(量至厘米)。重埋情况记入“重新埋设中心标石点报告表”〔见附录 C(标准的附录)〕，并通知原埋石单位；

c) 在三角点标石的柱石和盘石顶面中央均嵌入一个瓷质或金属标志，标志需安放正直，粘接牢固；

d) 埋设标石时，应先将坑底填以砂石，捣固夯实，然后埋下盘石和柱石，标石埋稳后，周围的土要夯实，以防标石倾斜和位移。

4.3.11 造标、埋石结束前，应将点之记上的柱石断面图尺寸和柱石标志中心至觇标有关部位的高度填写清楚。

4.4 水平方向观测

4.4.1 经纬仪检验

4.4.1.1 经纬仪是水平方向观测的主要工具，必须进行严格的检验。对于新使用或经过大修的仪器，应进行全面检验。

4.4.1.2 对于 J_1、J_2 型经纬仪，在每期作业开始前均应进行下列项目的检验：

a) 照准部旋转正确性的检验；

b) 光学测微器行差的测定；

c）垂直微动螺旋使用正确性的检验；

d）照准部旋转时仪器底座位移而产生的系统误差的检验；

e）水平轴不垂直于垂直轴之差的测定。

4.4.1.3 J_6型经纬仪应进行下列项目的检验：

a）照准部水准轴与垂直轴是否正交的检验；

b）十字丝位置是否正确的检验；

c）视准轴误差（$2c$）的检验；

d）望远镜水平轴应与垂直轴正交的检验；

e）垂直度盘指标差的检验；

f）垂直度盘偏心差的检验。

4.4.1.4 作业过程中，如果使用光学对点器置中时，还应对光学对点器经常进行检查和校正。

4.4.1.5 电子经纬仪及全站仪一般应进行下列项目的检验：

a）照准部水准器的检校；

b）光学对点器的检校；

c）视准轴误差（$2c$）的测定；

d）水平轴不垂直于垂直轴之差的测定；

e）照准部旋转时仪器底座位移而产生的系统误差的检验；

f）补偿器补偿范围的测定；

g）补偿器补偿精度的测定。

4.4.2 水平方向观测前的准备工作应符合下列要求：

a）检查觇标是否稳固安全，确认其稳固后，方可进行观测；

b）在土质松软的地面观测时，应采取打脚桩或其他措施，保证脚架稳固；

c）测定测站点和照准点归心元素（测定方法与要求见4.4.6）；

d）整置仪器，按选点图找好观测方向，辩认照准目标附近的地形特征，并检查视线超越或旁离障碍物、觇标各部位的距离是否合乎要求；

e）方向观测要选择一个距离适中、通视良好、成像清晰的方向作为零方向；

f）为消除或减弱度盘分划长短周期误差、测微器分划误差及行差的影响，水平方向观测各测回应均匀地分配在度盘和测微器的不同位置上，各测回间应将度盘位置变换一个角度σ，其计算公式如式（2）：

$$\sigma = \frac{180^\circ}{m}(j-1) + i'(j-1) + \frac{\omega}{m}\left(j - \frac{1}{2}\right) \qquad \cdots\cdots(2)$$

式中：m——测回数；

j——测回序号（$j=1,2,\cdots\cdots m$）；

i——水平度盘最小间隔分划值。J_1型为$4'$，J_2型为$10'$；

ω——测微器格数。J_1型为60格，J_2型为$600''$。

一、二级小三角点水平方向观测时，度盘变换位置可按式（3）计算：

$$\sigma = \frac{180^\circ}{m}(j-1) + i'(j-1) \qquad \cdots\cdots(3)$$

对于电子经纬仪及全站仪，可以不作度盘和测微器的位置分配。

4.4.3 水平方向观测的作业要求

4.4.3.1 各等级水平方向观测均应在通视良好，成像清晰稳定时进行。晴天的日出、日落和中午前后，若成像模糊或跳动剧烈时，不应进行观测。全部测回可以在一个时间段内完成。

4.4.3.2 观测开始前，应根据观测目标调整好望远镜的焦距，在一个测回内要保持不变。

4.4.3.3 水平方向观测采用方向观测法。当方向数不多于3个时，可不归零。方向观测法一测回的操作程序如下：

a）将仪器照准零方向目标，按观测度盘表对好度盘和测微器；

b）顺时针方向旋转照准部1～2周后精确照准零方向目标进行水平度盘测微器读数（重合对径分划线两次）；

c）顺时针方向旋转照准部，精确照准2方向目标，按b）方法进行读数；顺时针方向旋转照准部依次进行3、4、…、n方向的观测，最后闭合至零方向；

d）纵转望远镜，逆时针方向旋转照准部1～2周后，精确照准零方向，按b）方法进行读数；

e）逆时针方向旋转照准部，按上半测回观测的相反次序依次观测至零方向。

4.4.3.4 在观测过程中，仪器不应受日光直射，气泡中心位置偏离整置中心不应超过1格。当气泡位置偏离接近1格时，应在测回间重新整置仪器。有纵轴倾斜传感器校正的电子经纬仪及全站仪可不受此限。

4.4.3.5 观测时仪器转动应平稳、匀称。用望远镜垂直丝精确照准目标时，应将目标置于水平丝附近，照准各方向目标应在相同位置。使用微动螺旋照准目标时，其最后旋动螺旋的方向应为旋进。

4.4.3.6 当方向总数超过7个时，应分两组观测。每组方向数应大致相等，且要包括两个共同方向（其中一个为共同零方向）。两组观测的两个共同方向间的角值互差不应超过本等级测角中误差的两倍。两组观测结果分别取中数。分组观测的最后结果按等权进行测站平差。

4.4.3.7 当观测方向多于三个，在观测过程中若个别方向目标不清晰时，可先放弃，待清晰时补测，一测回中放弃的方向数不应超过方向总数的1/3。放弃方向补测时，可只联测零方向。放弃方向的补测，应在原基本测回测完后进行。如果全部基本测回测完，有的方向尚未观测过，对这些方向的观测，则应按分组观测处理。

4.4.3.8 三、四等三角观测，当垂直角超过±3°时，每测回应重新整置仪器，使水准气泡居中，或者在观测过程中读定水准器，加入垂直轴倾斜改正。

4.4.3.9 在高等点上设站观测低等方向时，须联测两个高等方向，且宜是与低等方向构成图形的高等方向。

在已经观测过的点上第二次设站观测时，应联测两个已测方向。一个点上同时或同人不同时进行不同等级观测时，如能确保照准的高等方向正确无误，则在低等观测时可只联测一个通视良好、成像清晰的高等方向。

联测高等方向夹角的观测值和原观测值（查不到原观测成果，则可用坐标反算值）之差不应超过$\pm 2\sqrt{m_1^2+m_2^2}$（式中m_1、m_2为相应的新、旧成果等级规定的测角中误差）。

4.4.3.10 水平方向观测的技术要求及方向法观测的各项限差应符合表7的规定。

表7

项目	限值							
	三等		四等		一级		二级	
	J_1	J_2	J_1	J_2	J_2	J_6	J_2	J_6
观测测回数	9	12	6	9	3	6	2	3
光学测微器两次重合读数限差（″）	1	3	1	3	3		3	
半测回归零差限差（″）	6	8	6	8	12	24	12	24
一测回内2c互差限差（″）	9	13	9	13	13	—	13	—
同一方向值各测回互差限差（″）	6	9	6	9	12	24	12	24
三角形最大闭合差（″）	7		9		15		30	
注：当照准方向的垂直角超过±3°时，该方向的2c互差可按同一时段内的相邻测回进行比较，其限差仍按上表执行。按此方法比较应在手簿中注明。								

4.4.4 导线水平角观测的作业要求

4.4.4.1 各等级导线水平角观测的技术要求应符合表 8 的规定。

表 8

等级	测回数			Δ限差 (″)	方位角闭合差限差 (″)
	J_1	J_2	J_6		
三等	10	12	—	3.5	$3.6\sqrt{n}$
四等	6	10	—	5.0	$5\sqrt{n}$
一级	—	4	6	10.0	$10\sqrt{n}$
二级	—	2	4	20.0	$20\sqrt{n}$
注：n 为测站数；$\Delta=$〔左角〕$_{中}$+〔右角〕$_{中}$−360°。					

4.4.4.2 在观测时应以奇数测回和偶数测回(各为总测回数的一半)分别观测导线前进方向的左角和右角。观测右角时，仍以左角起始方向为准变换度盘位置。

4.4.4.3 导线点观测方向多于两个时，应按方向观测法观测。

4.4.5 水平方向观测成果的重测和取舍

4.4.5.1 凡超出本标准规定限差的结果，均应进行重测。因超限而重测的完整测回称为重测。重测应在基本测回完成后进行。

4.4.5.2 因对错度盘、测错方向、读记错误、上半测回归零差超限、碰动仪器、气泡偏离过大或其他原因而放弃未测完的测回，均可立即重新观测、而不算做重测测回。

4.4.5.3 因 $2c$ 互差或各测回方向值互差超限时，应重测超限方向并联测零方向。因测回互差超限而重测时，除明显孤值外，原则上应重测观测结果中最大和最小值的测回。

4.4.5.4 零方向的 $2c$ 较差或下半测回的归零差超限，该测回应重测。方向观测法一测回中，重测方向数超过所测方向总数的 1/3 时(包括观测三个方向有一个方向重测)，该测回应重测。

4.4.5.5 在一个测站上，基本测回重测的方向测回数超过全部方向测回数的 1/3 时，应整站重测。

4.4.5.6 方向观测法重测数的计算：在基本测回观测结果中，重测一个方向，算作一个方向测回；一测回中有两个方向重测，算做两个方向测回；因零方向超限而全测回重测，算做$(n-1)$个方向测回。一份成果的全部方向测回总数为$(n-1)\cdot m$(式中 n 为该站方向总数，m 为测回数)。

4.4.5.7 方向重测时只须联测零方向。

4.4.5.8 基本测回结果和重测结果，应载入记簿。重测与基本测回结果不取中数，每一测回只采用一个符合限差的结果。

4.4.5.9 因三角形闭合差、极条件、基线条件、方位角条件自由项超限而重测时，应进行认真分析，择取有关测站整站重测。

4.4.5.10 水平方向观测记录及计算取位应符合表 9 的规定。

表 9 (″)

等级	仪器	读数	和或中数	记簿计算	测回中数	归心改正数	方位角闭合差	三角形闭合差
三、四等	J_1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
	J_2	1						
一、二级	J_2	1	1	1	1	1	1	1
	J_6	6						

4.4.6 归心元素的测定

4.4.6.1 归心元素测定，一般用经纬仪在大约相交成 120°或 60°的三个方向依盘左、盘右进行投影。如

因地形限制，也可在交角为90°的两个方向上连续投影两次(两次间须稍变动仪器位置)。投影示误三角形最长边或示误四边形的长对角线，对于标志、仪器、回光中心的投影应小于5 mm，对于圆筒、标心柱中心的投影应小于10 mm。

4.4.6.2 投影应在专用投影纸上进行。投影完毕后，除标志中心外，其他各投影中心均应描绘两个本点观测方向，其中一个是观测零方向。其观测值与描绘值之差，当偏心距小于0.3 m时，不应超过2°；偏心距大于0.3 m时，不应超过1°。偏心距 e 量至1 mm，偏心角 θ 量至15′。

4.4.6.3 在不设站的点上进行照准点投影时，描绘点应包括测站方向，同时用仪器观测两描绘方向间的夹角一个测回，记于投影用纸上。

4.4.6.4 三、四等三角点，测站点和照准点归心元素一般只测定一次，投影至观测时间不超过三个月。对于高标和不牢固的觇标，应根据实际情况适当增加投影次数，如遇大风、暴雨等特殊情况应及时投影。

4.5 距离测量

4.5.1 基本规定

4.5.1.1 各等级平面控制网的起始边和边长，均应采用相应精度的光电测距仪测定。

4.5.1.2 测距仪的精度分级，依测距仪出厂时的标称精度，按1 km测距中误差 m_D 划分为两级：

Ⅰ级：$m_D \leqslant 15$ mm

Ⅱ级：5 mm$< m_D \leqslant$10 mm

测距中误差 m_D 按式(4)计算：

$$m_D = \pm (a + b \cdot D) \qquad \cdots\cdots (4)$$

式中：a——标称精度固定误差，mm；

b——标称精度比例误差系数，mm/km；

D——测距边长度，km。

4.5.2 仪器检验

4.5.2.1 新购置的测距仪需作下列检视：

a) 仪器的附件、配件是否齐全，有无损坏、霉变、变形现象；

b) 仪器的各个旋钮、按钮是否灵活、有效；

c) 按仪器说明书规定的操作步骤，通电检查仪器的功能。

4.5.2.2 新购置的或经过修理的测距仪，应按下列规定项目进行全面的检验：

a) 光电照准系统共轴性或平行性的检验与校正；

b) 发光管相位均匀性(照准误差)的检验；

c) 幅相误差的检验；

d) 周期误差的检验；

e) 精测频率的检验；

f) 内部符合精度的检验；

g) 加常数和乘常数的测定；

h) 反射棱镜常数的测定；

i) 测程的检验。

4.5.2.3 测距仪附件及气象仪表需作下列检验：

a) 光学对点器的检校；

b) 对中杆的检校；

c) 气象仪表的检校。

4.5.2.4 已正常用于生产的测距仪，应对4.5.2.2中的d)、e)、f)、g)项进行检验，检验周期一般不超过一年；对4.5.2.3中的a)、b)项应经常进行检校；对4.5.2.3中的c)项检验周期一般为三年。

4.5.2.5 全站仪的测角部分，应按4.4.1.5的规定项目进行检验。

4.5.3 测距边的选择

4.5.3.1 测距边的长度应符合相应等级规定的边长要求，且应顾及所用测距仪的最佳测程。

4.5.3.2 测线应高出地面和离开障碍物 1 m 以上。

4.5.3.3 测线方向的背景部分应避免有强烈的反光物体。

4.5.3.4 测站应避开受强磁场干扰的地方，一般要求离高压线 5 m 以外。测线不宜从高压输电线间穿过。

4.5.3.5 测线应尽量避免通过吸热、散热体(如湖泊、散热塔等)的上空及附近。测线通过较宽的水域时，视线高度应大于 2 m，并应选择有利观测时间作业。

4.5.3.6 测距边两端点的高差不宜过大，应满足下述规定：

a) 若测距边两端点的高差采用对向三角高程方法测定，则高差的限值按式(5)计算：

$$h \leqslant \frac{S}{T \cdot 10^{-4}} \qquad \cdots\cdots(5)$$

式中：S——测距边边长，m；

T——相应等级测距边规定的相对中误差分母。

b) 当测距边两端点高程是由水准或光电测距高程导线测定时，测距边两端点的高差可不受上述限制。

4.5.4 光电测距的技术要求

4.5.4.1 各等级边长测量的主要技术要求应符合表 10 的规定。

表 10

控制网等级	仪器等级	时间段	每一时间段测回数	备注
三、四等	Ⅰ、Ⅱ	2	4	当四等导线边长小于 2 km 时，可观测一个时间段
一、二级	Ⅰ、Ⅱ	1	2	

注

1 可以用往返测量代替不同时间段测量。时间段指上午、下午、夜间和不同的白天。

2 一测回指照准目标一次，读数四次。自动取平均值的仪器，每进行一次平均值测量为一测回。

3 测定作为首级网的一、二级起始边时，Ⅱ级仪器应观测四测回。

4.5.4.2 各级测距仪观测结果的各项较差的限值，应不大于表 11 的规定。

表 11

mm

仪器等级	一测回读数较差	测回间较差	不同时间段或往返较差
Ⅰ	5	7	$\sqrt{2}(a+b \cdot D)$
Ⅱ	10	15	

注

1 不同时间段(或往返)测量的较差，应将斜距化算到同一高程面上进行比较。

2 $(a+b \cdot D)$为仪器的标称精度。

4.5.4.3 气象数据的测定应符合表 12 的规定。

表 12

等级	最小读数		测定时间	气象数据的取用
	温度 ℃	气压 Pa		
三、四等网的起始边和边长	0.2	50 (或 0.5 mmHg)	一测站同时段观测的始末	测边两端平均值
一、二级网的起始边和边长	0.5	100 (或 1 mmHg)	每边观测的开始	测站端的数据

4.5.4.4 利用天顶距计算高差和平距时，天顶距观测应符合 5.7 的规定。

三、四等边长及一级起始边应对向观测天顶距，一、二级边长可在一端测定。

4.5.5 测距观测的作业要求

4.5.5.1 测距观测时间的选择应符合下列规定：

a) 应在大气稳定、成像清晰的气象条件下观测，晴天日出后与日落前半小时内不宜观测，中午可根据地区、季节和气象情况留有适当的间歇时间。阴天有微风时，可以全天观测；

b) 在雷雨前后、大雾、大风、雨雪天气及大气透明度很差的情况下不应作业。

4.5.5.2 测距的作业应符合下列规定：

a) 严格执行仪器说明书中规定的操作程序；

b) 测距前应先检查电池电压是否符合要求。测距仪应有一定的预热时间，使之与外界温度相适应。观测时，应用“电照准”获得最佳回光信号；

c) 晴天作业时仪器应打伞遮阳，主要电子附件也应避免曝晒。严禁将仪器照准头对向太阳，亦不宜顺光、逆光观测。在顺光观测时，当阳光与测线夹角小于 30°时，棱镜也应打伞遮光；

d) 应按仪器性能及距离选用棱镜组合，作业时使用的棱镜宜与检验时使用的棱镜一致；

e) 仪器和棱镜应严格对中，仪器及棱镜高量至毫米；

f) 测距时，应暂停无线电通话。仪器和棱镜架设后，应有专人管护。

4.5.5.3 气象元素的测定应符合下列要求：

a) 测距前，应先打开干湿温度表和气压表，使其与周围温度一致；

b) 气压表应放置水平，防止曝晒，读数前要轻轻敲击气压表盖，防止指针搁滞；

c) 温度表应悬挂在与测距视线同高、不受阳光辐射影响且通风良好的地方。自动通风干湿温度表和手摇干湿温度表应按规定的要求正确使用。

4.5.5.4 当边长必须进行偏心观测时，应符合下列规定：

a) 当偏心距小于 0.4 m 时，归心元素测定按 4.4.6 规定执行；

b) 当受条件限制，必须进行大偏心观测时，只能在单端进行，且偏心距最大不宜超过 10 m；

c) 偏心距用钢尺丈量两次，读数较差应小于 5 mm，取中数记至毫米；偏心角用经纬仪测定一测回，两个半测回较差应不大于 2′。

4.5.6 观测成果的重测和取舍

4.5.6.1 凡超出表 11 限差的观测成果，均须重测。

4.5.6.2 当一测回中读数较差超限时，可重测一个读数，若重测后读数较差仍超限，该测回重测。

4.5.6.3 测回间较差超限时，应重测一测回，若重测后仍超限，该时间段重测。

4.5.6.4 不同时间段（或往返测）较差超限时，应重测一个时间段的全部测回。

4.5.7 光电测距距离计算

4.5.7.1 测距仪观测的斜距 S，须进行气象改正、加常数改正、乘常数改正、周期误差改正及仪器说明书中规定的其他改正，求得改正后的倾斜距离 S_0，然后利用测边两端点间的高差或天顶距计算出测边平均高程面上的水平距离 D，最后依次将 D 换算为参考椭球面（或任意高程面）边长 D_0、高斯平面边长 D_G。

4.5.7.2 进行加常数、乘常数及气象改正时，可按测边的精度要求和测距仪的性能在仪器中预置改正或计算改正。自动进行气象改正的测距仪，在进行三、四等边长测量时，如果气象改正系统精度低于 $D\times 10^{-6}$，应采用计算方法改正。

4.5.7.3 气象改正数的计算：

$$\Delta D_n = (n_0 - n)\cdot S \qquad \cdots\cdots(6)$$

式中：S——距离观测值，m；

n_0——仪器气象参考点的群折射率；

n——作业时气象条件下的群折射率。

气象改正数也可利用仪器说明书中提供的精确公式、计算图表或计算盘进行计算。

4.5.7.4 周期误差改正数的计算：

$$\Delta D_A = A\sin\left(\varphi_0 + \frac{2S}{\lambda} \times 360°\right) \quad \cdots\cdots(7)$$

式中：A——周期误差振幅，mm；

φ_0——周期误差的初相角，(°)；

λ——测距仪精测调制频率波长，m。

当 A 大于测距中误差绝对值的 $\sqrt{2}$ 倍时，应进行此项改正。对于脉冲式测距仪不进行此项改正。

4.5.7.5 测距仪加常数和乘常数改正数的计算：

加常数改正数：$\Delta D_C = C$ $\cdots\cdots(8)$

乘常数改正数：$\Delta D_R = R \cdot S$ $\cdots\cdots(9)$

式中：C——测距仪的加常数，mm；

R——测距仪的乘常数，mm/km。

4.5.7.6 测边平均高程面水平距离的计算：

a) 利用测距仪中心与反光镜中心的高差 h 计算：

$$D = \sqrt{S_0^2 - h^2} \quad \cdots\cdots(10)$$

式中：S_0——经各项改正后的斜距，m。

b) 利用单方向的天顶距 Z 计算：

$$\left.\begin{aligned} D &= S_0 \cdot \sin(Z - \Delta Z'') \\ \Delta Z'' &= \frac{(1-k) \cdot S_0 \cdot \sin Z}{2R} \times \rho'' \end{aligned}\right\} \quad \cdots\cdots(11)$$

式中：k——当地的大气折光系数；

R——测区地球平均曲率半径，m。

边长往返测量时，可利用各相应的天顶距按(11)式进行平距计算，然后取平均数。

4.5.7.7 测距边长的归心计算：

a) 当偏心距 $e \leqslant 0.4$ m 时，按下式计算：

$$D = D_e - e_1 \cdot \cos\theta_1 - e_2 \cdot \cos\theta_2 \quad \cdots\cdots(12)$$

式中：D_e——偏心观测的水平边长；

e_1——测站的偏心距；

e_2——镜站的偏心距；

θ_1——测站的偏心角；

θ_2——镜站的偏心角。

b) 当偏心距 $e > 0.4$ m 时，按下式计算：

$$D = \sqrt{D_e^2 + e^2 - 2D_e \cdot e \cdot \cos\theta} \quad \cdots\cdots(13)$$

式中：e——测站的偏心距；

θ——测站的偏心角。

4.5.7.8 投影至参考椭球面的边长计算：

a) 三、四等及一级网边长按下式计算：

$$D_0 = D - \frac{H_m + h_m}{R_A + H_m + h_m} \cdot D \quad \cdots\cdots(14)$$

$$R_A = R_m\left(1 - \frac{e'^2}{2} \cdot \cos^2 B \cdot \cos 2A\right) \quad \cdots\cdots(15)$$

式中：D——测边平均高程面上的边长，m；

H_m——测边平均高程面的高程，m；

h_m——测距边所在的大地水准面高出参考椭球面的高度（由全国高程异常图上查取），m；

R_A——沿测线方向参考椭球面法截弧的曲率半径，m；

R_m——参考椭球面测边中点的平均曲率半径，m；

e'——参考椭球的第二偏心率；

B——测距边中点大地纬度；

A——测距边的大地方位角。

b）二级网边长可以用下列近似公式计算：

$$D_0 = D - \frac{H_m + h_m}{R_m} \cdot D \qquad \cdots\cdots(16)$$

式中：R_m——参考椭球面上测边中点或测区中心处的平均曲率半径。

4.5.7.9 归算到高斯平面上的边长计算：

$$D_G = D_0 + \frac{Y_m^2}{2R_m^2} \cdot D_0 \qquad \cdots\cdots(17)$$

式中：Y_m——测边两端点近似横坐标中数，m；

R_m——参考椭球面上测边中心的平均曲率半径，m。

4.5.7.10 归算到任意高程面的边长计算：

$$D_S = D - \frac{H_m - H_0}{R_A + H_m} \cdot D \qquad \cdots\cdots(18)$$

式中：H_0——边长归算高程面的高程，m。

二级网边长归算时可以用 R_m 代替（$R_A + H_m$）。

4.5.8 测量边长的精度评定

4.5.8.1 对向观测的边长精度评定：

a）一次测量的观测值中误差计算：

$$m_0 = \pm\sqrt{\frac{[dd]}{2n}} \qquad \cdots\cdots(19)$$

式中：d——化算至同一高程面的每对水平距离之差，mm；

n——对向观测差值的个数。

b）对向观测的平均值的中误差计算：

$$m_D = \pm\frac{m_0}{\sqrt{2}} = \pm\frac{1}{2}\sqrt{\frac{[dd]}{n}} \qquad \cdots\cdots(20)$$

c）边长相对中误差计算：

$$\frac{1}{T} = \frac{m_D}{D} = \frac{1}{D/m_D} \qquad \cdots\cdots(21)$$

式中：D——测距边的水平距离平均值。

4.5.8.2 单向观测的边长精度评定：

a）各等级边长可按仪器标称精度公式(4)计算测距中误差，进行一般精度衡量；

b）单向观测的边长进行较精确的精度评定，按 GB/T 16818—1997 的 7.3.1 执行。

4.6 全球定位系统(GPS)测量

4.6.1 精度分级

4.6.1.1 GPS 网按相邻点的距离和点位精度要求划分为三、四等和一、二级。

4.6.1.2 各等级 GPS 网相邻点间弦长精度按下式表示：

$$\sigma = \sqrt{a^2 + (bd)^2} \qquad \cdots\cdots(22)$$

式中：σ——标准差(即基线向量的弦长中误差)，mm；

a——固定误差，mm；

b——比例误差系数，10^{-6}；

d——相邻点间距离，km。

4.6.1.3 各等级GPS网的主要技术指标不应超过表13的规定。

表13

等 级	相邻点间距离 km	a mm	b 10^{-6}	最弱边边长 相对中误差	异步闭合环或 附合路线边数
三等	5～8	≤10	≤5	1/80 000	≤6
四等	2～5	≤10	≤10	1/40 000	≤8
一级	0.8～3.0	≤10	≤15	1/20 000	≤10
二级	0.5～1.5	≤15	≤20	1/10 000	≤10

注

1 位于测图范围以外，与已知点联测的个别点距可较表内规定值放长两倍。

2 GPS网的观测边长可根据测区情况及仪器类型而定。

4.6.2 布网原则

4.6.2.1 GPS网的布设应根据测区实际需要、预期达到的精度、测区自然地理及交通状况等，按照优化设计原则进行。

4.6.2.2 GPS网宜布设为全面网，一般应由若干个独立观测环构成，也可采用附合路线的形式。各等级GPS网中异步闭合环或附合路线的边数应符合表13的规定。当需要增设骨架网加强控制网精度时，可分级布网。

4.6.2.3 GPS网的点与点之间不要求通视，但为方便常规测量方法加密时的应用，每点应有一个或一个以上通视方向(包括与同级以上国家控制点通视)。

4.6.2.4 布设GPS网时，应与附近国家地面控制点联测，联测点数一般不得少于3个，困难地区不得少于2个，并应均匀分布于网内。新布设的GPS网应尽量与附近已有的GPS点进行联测。

4.6.3 选点、埋石

4.6.3.1 点位应选在视野开阔、便于安置接收设备和操作的地方，被测卫星的地面高度角15°以上应无障碍物。

4.6.3.2 点位应远离大功率无线电发射源(如电台、电视台、微波站等)，其距离不得小于200 m；远离高压输电线，其距离不得小于50 m。

4.6.3.3 点位附近不应有强烈干扰接收卫星信号的物体，并应尽量避开大面积水域。

4.6.3.4 点位应选在地面基础稳定、利于长期保存、交通方便、施测安全以及便于用其他测量手段进行扩展和联测的地方。

4.6.3.5 GPS点按相应等级埋设三角点标石。GPS点的埋石应符合4.3.7～4.3.11的要求。

4.6.4 观测、记录

4.6.4.1 各等级GPS网的观测应选用双频或单频GPS接收机，其标称精度应不低于10 mm＋5×10^{-6}；同步观测的接收机数，三、四等应不少于3台，一、二级应不少于2台。

4.6.4.2 GPS接收设备的检验和维护应按照CH 2001—1992的8.2～8.4的有关规定执行。

4.6.4.3 作业前，应按照测区的平均经度、纬度和作业日期编制GPS卫星可见性预报表和作业计划进度表。

4.6.4.4 各等级GPS测量作业的主要技术要求应符合表14的规定。

表 14

项　目	方　法	等　级		
		三　等	四　等	一、二级
卫星高度角,(°)	静　态	≥15	≥15	≥15
	快速静态			
有效观测卫星个数	静　态	≥4	≥4	≥4
	快速静态	≥5	≥5	≥5
平均重复设站数	静　态	≥2	≥1.6	≥1.6
	快速静态			
时段长度,min	静　态	≥60	≥45	≥45
	快速静态	≥20	≥15	≥15
数据采样间隔,s	静　态	15～60	15～60	15～60
	快速静态			
点位几何图形强度因子(PDOP)	静　态	<6	<6	<6
	快速静态			
注：当采用双频机进行快速静态观测时,时段长度可缩短为 10 min。				

4.6.4.5　GPS 网测量只记录天气状况,不观测气象元素。

4.6.4.6　在寻常标下可直接设置天线观测;当 GPS 点(或原三角点)上建有高标时,则应将天线安置在基板上或进行偏心观测。需在觇标的基板上安置天线时,应将标志中心投影至基板上,然后依投影点安置天线;偏心观测时,偏心元素的测定及计算方法按 CH 2001—1992 附录 G 执行。

4.6.4.7　安置天线时,应将天线定向标志线指向正北,对于定向标志不明显的天线,按统一规定的记号安置天线并指向正北。天线安置需严格对中。每时段观测前后各量取天线高一次,量至毫米,两次量高较差不应大于 3 mm,取平均值作为最后天线高。

4.6.4.8　观测组必须严格遵守调度命令,确保各站按规定时间同步观测同一组卫星。

4.6.4.9　测量手簿必须现场逐行、逐栏认真记录各项数据,严禁事后补记。测量手簿应连续编印页码并装订成册,不得缺损。

4.6.4.10　接收机内存数据文件在转录到外存介质上时,不得进行任何剔除或删改,严禁调用任何对数据实施重新加工组合的操作指令。

4.6.4.11　外业工作结束后,应及时对基线解算质量进行检核(检核的项目和限值见 4.7.4),当发现有超限成果时,应分析原因后对有关测站进行重测。平差计算时,重测成果与原成果不取中数,而只采用一个符合限差的结果。

4.7　观测成果的检验和计算

4.7.1　三角测量检验的项目和限差

4.7.1.1　三角形闭合差、测角中误差分别不应超过表 7、表 4 的规定。测角中误差 m''_β 按菲列罗公式计算:

$$m''_\beta = \pm\sqrt{\frac{[WW]}{3n}} \qquad \cdots\cdots(23)$$

式中:W——三角形闭合差,(″);

n——三角形个数。

4.7.1.2　极条件自由项的限差按下列公式计算:

$$W_{极}=\pm 2\times\frac{m''_{\beta}}{\rho''}\sqrt{\Sigma\mathrm{ctg}^2\beta} \qquad (24)$$

式中：m''_{β}——相应等级规定的测角中误差，(″)；

β——传距角。

4.7.1.3 边(基线)条件自由项的限差按下列公式计算：

$$W_{边}=\pm 2\sqrt{\frac{m''^2_{\beta}}{\rho''^2}\cdot\Sigma\mathrm{ctg}^2\beta+\left(\frac{m_{S1}}{S_1}\right)^2+\left(\frac{m_{S2}}{S_2}\right)^2} \qquad (25)$$

式中：$\frac{m_{S1}}{S_1}$、$\frac{m_{S2}}{S_2}$——起始边边长相对中误差。

4.7.1.4 方位角条件自由项的限差按下列公式计算：

$$W_{方}=\pm 2\sqrt{n\cdot m''^2_{\beta}+m''^2_{\alpha 1}+m''^2_{\alpha 2}} \qquad (26)$$

式中：$m''_{\alpha 1}$、$m''_{\alpha 2}$——起始方位角中误差，(″)；

n——推算路线所经过的测站数。

4.7.2 导线测量检验的项目及限差

4.7.2.1 方位角条件自由项的限差，按公式(26)计算。

4.7.2.2 图形条件自由项的限差，按下列公式计算：

$$W_{图}=\pm 2m''_{\beta}\sqrt{n} \qquad (27)$$

式中：m''_{β}——相应等级导线规定的测角中误差，(″)；

n——闭合图形的内角个数。

4.7.2.3 测角中误差应符合表5的规定。测角中误差可按下列两种方法计算：

a) 根据测站圆周角闭合差计算测角中误差，计算公式为：

$$m''_{\beta}=\pm\sqrt{\frac{[\Delta\Delta]}{2n}} \qquad (28)$$

式中：Δ——测站圆周角闭合差，(″)；

n——Δ的个数。

b) 根据导线方位角闭合差计算测角中误差，计算公式为：

$$m''_{\beta}=\pm\sqrt{\frac{1}{N}\left[\frac{f_{\beta}f_{\beta}}{n}\right]} \qquad (29)$$

式中：f_{β}——附合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——f_{β}的个数。

4.7.3 测边网或边角组合网检验的项目及限差

4.7.3.1 由测边组成的三角形中观测了一个角度与计算值的限差，按下列公式计算：

$$W''_{\gamma}=\pm 2\sqrt{2\left(\frac{m_s}{S}\rho''\right)^2(\mathrm{ctg}^2\alpha+\mathrm{ctg}^2\beta+\mathrm{ctg}\alpha\cdot\mathrm{ctg}\beta)+m''^2_{\beta}} \qquad (30)$$

式中：$\frac{m_s}{S}$——各边的平均测距相对中误差；

α、β——除观测角外的另两个角度；

m''_{β}——相应等级三角网规定的测角中误差，(″)。

4.7.3.2 测边网或以测边为主的边角组合网角条件(包括圆周角条件和组合角条件)自由项的限值，按下列公式计算：

$$W_{\alpha}=\pm 2m_s\sqrt{[aa]} \qquad (31)$$

式中：m_s——观测边的平均测距中误差，mm；

a——圆周角条件或组合角条件方程式的系数。

4.7.3.3 以测角为主的边角组合网还应按 4.7.1 规定的项目和限差进行检验。

4.7.4 全球定位系统(GPS)测量检核的项目及限差

4.7.4.1 在同一时段观测值基线处理中，数据剔除率不应大于 20%。同步观测环检核的限差按下列公式计算：

$$\left.\begin{aligned} W_x &\leqslant \frac{\sqrt{n}}{2}\sigma \\ W_y &\leqslant \frac{\sqrt{n}}{2}\sigma \\ W_s &\leqslant \frac{\sqrt{n}}{2}\sigma \end{aligned}\right\} \quad \cdots\cdots(32)$$

式中：n——闭合环中的边数；

σ——相应等级规定的精度(按平均边长计算)。

同步时段中的多边形同步环，可不重复检核，即保证各基线边参与一次以上图形检核即可。

同步时段中任一三边同步环全长相对闭合差不应超过表 15 的规定。

表 15 10^{-6}

等级		三等	四等	一级	二级
环线全长相对闭合差	同步观测环	3.0	6.0	10.0	15.0
	异步观测环	10.0	20.0	35.0	60.0

4.7.4.2 异步(独立)观测环，检核的限差按下列公式计算：

$$\left.\begin{aligned} W_x &\leqslant 2\sqrt{n}\sigma \\ W_y &\leqslant 2\sqrt{n}\sigma \\ W_s &\leqslant 2\sqrt{n}\sigma \end{aligned}\right\} \quad \cdots\cdots(33)$$

式中：n、σ 的意义同公式(32)。

异步(独立)观测环全长相对闭合差不应超过表 15 的规定。

4.7.4.3 复测基线的长度较差的限差 d_S 按下列公式计算：

$$d_S \leqslant \sqrt{2}\sigma \quad \cdots\cdots(34)$$

式中：σ——相应等级规定的精度(按基线长度计算)。

4.7.5 平面控制网平差计算

4.7.5.1 三、四等平面控制网的计算应采用严密平差法。一、二级平面控制网可采用简易平差方法。当一、二级平面控制网作为测区首级控制时，应采用严密平差方法计算。

4.7.5.2 控制网的平差计算应采用功能齐全、经鉴定或工程验证过的程序在电子计算机上进行。计算时，应对输入的数据进行认真核对，以确保成果的正确性。打印输出的平差成果应包括起算数据、方向表、边长、坐标、方向(或边长)改正数、单位权中误差、点位中误差、相对点位误差椭圆参数、边长相对中误差和方向中误差。

4.7.5.3 GPS 网的平差计算应符合下列要求：

a) 在基线向量各项质量检核符合要求后，以所有独立基线组成 GPS 空间向量网，在 WGS—84 坐标系内进行三维无约束平差。在无约束平差中，基线向量的改正数绝对值应符合下式规定：

$$\left.\begin{aligned} V_{\Delta x} &\leqslant 3\sigma \\ V_{\Delta y} &\leqslant 3\sigma \\ V_{\Delta z} &\leqslant 3\sigma \end{aligned}\right\} \quad \cdots\cdots(35)$$

式中：σ——相应等级规定的精度(按平均边长计算)。

b) 在无约束平差确定的有效观测量基础上，在国家坐标系或矿区独立坐标系内进行三维或二维约束平差。约束平差中，基线向量的改正数与无约束平差结果的同名基线相应改正数的较差应符合式(36)规定。约束平差的精度还应符合 4.2.1.1 和 4.6.1.3 的规定。

$$\left.\begin{aligned} dV_{\Delta x} &\leqslant 2\sigma \\ dV_{\Delta y} &\leqslant 2\sigma \\ dV_{\Delta z} &\leqslant 2\sigma \end{aligned}\right\} \quad \cdots\cdots(36)$$

4.7.5.4 内业计算数字取位应符合表 16 的规定。

表 16

等　级	方向观测值及各项改正数 (″)	边长观测值及各项改正数 m	边长与坐标 m	方　位　角 (″)
三、四等	0.1	0.001	0.001	0.1
一、二级	1	0.001	0.001	1

5 高程控制测量

5.1 一般规定

5.1.1 测区的高程基本控制应为三、四等水准或四等光电测距高程导线。小面积测区且无发展远景时，亦可布设等外水准。当利用 GPS 进行高程测量时，经计算分析符合四等或等外水准测量精度要求的，可代替相应等级的水准测量。

5.1.2 各等级水准网(光电测距高程导线、GPS 高程测量)最弱点高程中误差，对起始点不大于 0.05 m。

5.1.3 各等级三角点(导线点)、GPS 点的高程，采用水准、光电测距高程导线、GPS 高程测定或三角高程测定，其高程中误差不大于 1/20 等高距；当采用 0.5 m 等高距时，不大于 1/10 等高距。

5.1.4 测区的基本高程控制，应与测区范围相适应，满足加密需要，并与国家水准点连测。当测区甚小且无发展远景、又距国家水准点甚远时，可不连测。

5.1.5 各等级水准、光电测距高程导线的技术指标不应大于表 17、表 18 的规定。

表 17　　km

等　级	闭(附)合路线长度	结点线长	支线长度
三等水准	200	140	50
四等水准、四等光电测距高程导线	80	60	15
等外水准、等外光电测距高程导线	35	25	10

表 18　　mm

等　级	检测已测测段高差之差	往返测高差、环线或附合路线闭合差	
		一般地区	山　区
三等水准	$20\sqrt{L}$	$12\sqrt{L}$	$15\sqrt{L}$
四等水准、四等光电测距高程导线	$30\sqrt{L}$	$20\sqrt{L}$	$25\sqrt{L}$
等外水准、等外光电测距高程导线	—	$35\sqrt{L}$	$50\sqrt{L}$
注：L 为路线长度，km。			

5.1.6 当采用支线水准引测高程时，引测路线的等级应不低于测区的基本高程控制等级，引测高程的

起算点必须进行检测。支线水准的路线长度可按表17的规定放长0.5倍。

5.1.7 本标准所列的四等光电测距高程导线与四等水准，等外光电测距高程导线与等外水准，允许同等级混合使用，但在同一测段中只能使用一种方法。

5.1.8 水准点的间距一般应保持为2 km～6 km，测区外可适当放宽到4 km～8 km。

5.1.9 三、四等水准测量应使用精度不低于S_3型水准仪；等外水准测量应使用精度不低于S_{10}型水准仪。

四等和等外光电测距高程导线测量应使用不低于Ⅱ级光电测距仪及J_2型经纬仪；也可使用精度相应的全站仪(电子速测仪)。

5.2 技术设计、选点、埋石

5.2.1 水准路线的布设形式，应满足高程加密、地形测图、地勘工程测量的要求。一般可在高等点间布设单一路线、高程网或支线，特殊情况下基本高程控制网也可根据引测的高程点布设独立水准网。

5.2.2 水准点(光电测距高程导线点)的点位，应距铁路不少于50 m，距公路应不少于20 m，且地面基础应坚固稳定，以便于观测和长期保存。

5.2.3 水准点标石的规格，见附录F(标准的附录)。等外水准点需要埋石时，可采用一级三角点标石。在线路中的三、四等三角点、导线点标石，均可利用为同等级的水准点标石。

5.2.4 山地、荒漠地埋设水准点标石应挖掘护沟、堆土，并埋设指示盘。

5.2.5 埋设三、四等水准点标石，应详细填写水准点点之记，实地量测点位至方位物点的距离。

5.2.6 GPS高程点的点位除符合上述要求外，还应满足4.6.3的有关规定。

5.3 水准仪及水准标尺检验

5.3.1 新购或经过大修的水准仪要进行全面检验，其项目为：

a) 检视水准仪及脚架的完好性；

b) 望远镜光学性能的检验；

c) 圆水准器和符合水准器水准轴一致性的检验；自动安平水准仪补偿性能与安平精度的检验；

d) 符合水准器分划值及符合精度的测定；

e) 倾斜螺旋效用正确性和分划值的测定；

f) 十字丝的正确性及视距常数的测定；

g) 光学测微器分划值及使用正确性的测定；

h) 调焦透镜运行正确性的测定；

i) 视准轴与水准轴相互关系的检验；自动安平水准仪视准轴位置正确性的检验。

对于电子水准仪应进行a)、b)、h)、i)和c)中“自动安平水准仪补偿性能与安平精度的检验”、f)中“十字丝的正确性”的检验或测定。

5.3.2 使用新的标尺应进行下列项目的检验：

a) 检视水准标尺是否牢固无损；

b) 标尺水准器的检查及校正；

c) 标尺弯曲差的测定；

d) 一对标尺零点不等差及基辅分划常数差的测定；

e) 水准标尺每米真长的测定；

f) 水准标尺分米刻划误差的测定。

对于因瓦条码水准标尺，应进行a)、b)、c)、e)和d)中“一对标尺零点不等差”的测定。

5.3.3 每期作业前，三、四等水准按5.3.1中a)、c)、g)、i)四项检查水准仪，按5.3.2中a)、b)、d)、e)四项检查水准标尺。等外水准只进行5.3.1中i)项、5.3.2中e)项检查。

5.4 水准观测

5.4.1 三、四等水准观测应在标石稳定后进行，观测时应成像稳定清晰，避免阳光直接曝晒仪器。

5.4.2 开始观测的第一周内，每天作业前应检校“i”角，待“i”角稳定后可每隔 15 天检校一次。补偿式自动安平水准仪的视准轴位置正确性应每天检验一次。

5.4.3 三等水准使用光学测微法单程双转点法观测或中丝法往返观测，四等及等外水准用中丝法单程观测，支线水准应往返观测。

5.4.4 三等水准观测每站照准标尺的顺序为后、前、前、后，四等及等外为后、后、前、前。

5.4.5 工作间歇应在固定水准点上结束观测，也可以间歇在三个固定木桩或两个固定的岩石点上。间歇后应进行检测，高差之差不得超过表 20 的规定。

5.4.6 为接测方便而设置的临时水准点，应在手簿中编号，各项观测要求与一般水准点相同。

5.4.7 水准观测应注意的事项

5.4.7.1 当室内外温差较大时，应先将仪器和标尺置于室外，待其温度与外界温度一致时再进行观测。对于电子水准仪，当室内外温差大于 10℃时，仪器在室外静置时间应大于 30 min。

5.4.7.2 观测前应使水准仪各螺旋处于中间位置。

5.4.7.3 观测的视线长度和高度应符合表 19 的规定，不得将尺台放进沟渠或坑洼中以满足视线高的要求。当使用电子水准仪时，视线长度应小于仪器标称测距范围。

表 19

m

等级	视线长度		前后视距差	每站的前后视距积累差	视线高度
	仪器类型	视距			
三等	S_3	≤75	≤2.0	≤5.0	三丝能读数
	S_1，S_{05}	≤100			
四等	S_3	≤100	≤3.0	≤10.0	三丝能读数
	S_1，S_{05}	≤150			
等外	S_3	≤120	≤10.0	≤50.0	—
	S_{10}	≤80			

5.4.7.4 当使用电子水准仪观测时，标尺被外物遮盖率应不大于望远镜视场内标尺截距的 30%。

5.4.7.5 三等水准观测同一站不允许两次调焦，转动仪器倾斜螺旋或测微鼓时最后应为旋进方向。

5.4.7.6 每一测段中测站数应为偶数，由往测转入返测时，两标尺应互调位置，并重新整置仪器。

5.4.8 三等水准测站至标尺的距离应上下丝读数，四等及等外可直读视距。

5.4.9 水准观测的技术指标应不大于表 20 的规定。

表 20

mm

等级		限差			
		基辅(红黑)分划常数差	基辅(红黑)分划高差之差	左右路线转点差	间歇点高差之差
三等	光学测微法	1.0	1.5	3.0	3.0
	中丝法	2.0	3.0		
四等		3.0	5.0	5.0	5.0
等外		4.0	6.0	6.0	6.0

5.4.10 水准观测使用电子计算器记录时，水准记录的程序应具备下列功能：

a) 每项数据输入后，能按观测限差进行核算，显示超限数据，提示作业员调整或重测；

b) 能识别往、返向及奇、偶站编号，进行往测或返测记录；

c) 能作观测间歇检查记录，独立地对第一或第二检查站进行检查及合并检查；

d) 能作退站处理，作上下标志记录和作短跨距渡河水准记录；

e) 能够打印成果或生成文本文件。

5.4.11 等外水准使用的程序功能，至少应包括 5.4.10 中的 a)、c)、e)三项。

5.4.12 水准测量记录，应按要求(三等内容见表 21，四等、等外见表 22)打印装订成册。无打印装置时，可抄录计算器显示的各项信息，填写在手簿相应位置上。

表 21

起点号数		止点号数	
Σ后上丝		Σ前上丝	
Σ后下丝		Σ前下丝	
Σ后基读数		Σ后辅读数	
Σ前基读数		Σ前辅读数	
测站 n		距离 D	
高差 h			

表 22

起点号数		止点号数	
Σ后尺视距		Σ前尺视距	
Σ后黑读数		Σ后红读数	
Σ前黑读数		Σ前红读数	
测站 n		距离 D	
高差 h			

5.4.13 水准观测成果的重测和取舍按下列规定：

a) 凡超出表 18、表 19、表 20 限差规定的结果，均应进行重测；

b) 测站观测限差(表 19，表 20)超限，可随即重测；

c) 测段往返闭合差超限，先就可靠性较小的测段进行重测。若重测结果与同方向原测结果未超限，且取中数后和反向原测结果也未超限，则可取中数为该单程成果，否则取用重测结果。

5.4.14 水准观测、计算取位应符合表 23 的规定。

表 23

mm

等　级	测站读数	往返测高差总和	往返测高差中数	正高、尺长改正数	高　程
三　等	0.1	0.1	0.1	0.1	1
四　等	1	1	1	1	1
等　外	1	1	1	1	10

5.5 光电测距高程导线测量

5.5.1 光电测距高程导线的边长测量应符合同等级导线的测边要求。

天顶距观测应采用觇牌为照准目标，用 J_2 型经纬仪按中丝法观测(测回数按表 24 的规定执行)，光学测微器两次读数差不应大于 3″，天顶距测回差和指标差较差均不应大于 6″。

光电测距高程导线的路线长度、往返测高差较差及路线闭合差按表 17、表 18 执行。

5.5.2 光电测距高程导线的视线长度及观测测回数应符合表 24 的规定。

表 24

等级	作业方法	视线长度,m				最大倾角(°)	观测测回数
		一般地区		山区			
		平均	最大	平均	最大		
四等	复觇	400	600	800	1 300	15	4
等外	单觇	400	600	1 000	1 400	15	2
	复觇	600	900	1 300	2 000	15	2

5.5.3 单觇光电测距高程导线的观测

5.5.3.1 仪器设置在前后反光镜中间,仪器站和镜站的距离应符合表 24 中视线长度的规定。

根据测距头安置在经纬仪上的结构形式和反光镜与觇板前否倾斜,对其所产生的测距头和反光镜偏心,应在测距中分别进行偏心改正。

5.5.3.2 在测段两端点或联测的控制点上,应使用经过检验的量测杆精密量取觇点高两次,读至毫米,丈量较差不得超过 2 mm。当使用照准杆安置反光镜观测时,应保证观测过程中觇高的变动不超过 2 mm,照准杆应树立在牢固的尺垫上。

5.5.3.3 光电测距高程导线的布设,在高级点间加密或成闭合环时,可单程观测,支线采用往返测。

5.5.3.4 每测段的测站数应为偶数。由往测转入返测时,前后镜站应调换位置并重新整置仪器。

5.5.3.5 当测距仪视线和经纬仪视线不平行时,应按下式进行高差改正:

$$\left.\begin{aligned}\Delta h &= e \cdot \cos Z\\ e &= (i_2 - i_1) - (l_2 - l_1)\end{aligned}\right\} \quad \cdots\cdots(37)$$

式中:Z——天顶距;

i_2、i_1——测距仪、经纬仪中心高度;

l_2、l_1——反光镜、照准觇板中心高度。

5.5.3.6 单觇高程导线每站高差计算公式:

$$h = S_{前} \cdot \cos Z_{前} - S_{后} \cdot \cos Z_{后} + \frac{1-k}{2R}[(S_{前} \cdot \sin Z_{前})^2 - (S_{后} \cdot \sin Z_{后})^2] \quad \cdots\cdots(38)$$

式中:S——高程导线边的倾斜距离,m;

Z——天顶距;

k——大气折光系数;

R——测区地球平均曲率半径,m。

5.5.4 复觇光电测距高程导线

5.5.4.1 复觇光电测距高程导线,每站必须精确地丈量觇高和仪高。当中间各站不需要推算高程时,中间各站的觇高、仪高可由基座面测量,量高两次,读至 1 mm,两次较差不大于 2 mm。在不便于量取仪高和觇高时,可采用测角解析法计算觇高和仪高。

5.5.4.2 等外复觇光电测距高程导线,边长只进行往测(或返测),但天顶距应往返观测。

5.5.4.3 直返觇高差不符值,四等不应大于 45 mm $\sqrt{L}$,等外不应大于 70 mm $\sqrt{L}$(L 为边长,km)。

5.6 GPS 高程测量

5.6.1 一般情况下,平地、低丘地区面积在 100 km^2 以内的测区,应联测 4～5 个高精度的已知高程点;面积在 100 km^2 以上的测区,应联测 6～10 个高精度的已知高程点。测区面积增大或地形起伏较大时,联测已知高程点的数量也要相应增加。

在测区面积大、地势起伏较大、已知高程点少的条件下不宜应用 GPS 高程测量。

5.6.2 所有 GPS 高程点均应构成网、闭合环或附合路线,且必须根据控制面积与一定数量的已知高程点进行联测。已知高程点的高程数据一定要准确、可靠。

已知高程点应均匀分布在测区的四周和中心。若测区为带状地形，已知高程点应分布在测区的两端和中部。已知高程点的数量和位置将直接影响高程测量的精度，在构成高程网时，一定要精心设计。

测区面积较大或高程点数量较多时可考虑分层布网：即先将已知高程点和少量高程点构成骨架网，再将其余高程点构成网、闭合环或附合路线。

5.6.3 GPS 高程测量一般伴随平面控制测量进行，其观测技术要求同平面控制测量。

5.6.4 GPS 高程测量的外业观测与记录，应符合 4.6.4 的有关规定。

5.7 三角高程测量

5.7.1 三角高程测量可布设结点网、闭合环、附合路线等形式。三角高程网中起算的高程控制点应不少于两点，小测区联测困难的条件下也可为一点。高程控制点应布设在三角高程控制网的两端或四周。

5.7.2 三角网中各边的天顶距均应往返观测。

5.7.3 三角网中任一三角点距最近高程控制点的间隔边数及单一附合路线的边数应符合表 25 的规定。

表 25

等高距，m	平均边长，km							
	1.0	2.0	3.0	4.0	5.0	6.0	7.0	8.0
	边　数							
1	8	4	2	1	—	—	—	—
2(2.5)	—	10	6	4	3	2	1	—
5	—	16	10	9	8	7	6	5

5.7.4 天顶距观测应选择最有利时间，一般应接近中午时间进行。

5.7.5 天顶距观测可分组进行，在通视条件不佳或气象条件不利时，也可单一方向观测。

5.7.6 在一个测区，由不同方向照准同一点的部位应尽量一致，照准部位及量取高度应记录在观测手簿中。

5.7.7 天顶距观测程序

5.7.7.1 在盘左位置，将望远镜依次照准各目标，进行天顶距读数。

5.7.7.2 由最后一个方向纵转望远镜，反方向依次照准各目标，进行天顶距读数，完成一测回。

5.7.7.3 盘左、盘右照准应将目标置于望远镜垂直丝的对称位置。用三丝法观测时，三丝的盘左、盘右照准次序均按上、中、下丝次序进行。

5.7.7.4 照准目标使用垂直微动螺旋和光学测微器螺旋最后应为旋进方向。

5.7.8 天顶距观测的技术指标不应大于表 26 的规定。

表 26

项　目		限　差			
		三、四等		一、二级	
		J_1	J_2	J_2	J_6
测回数	中丝法	4	4	2	4
	三丝法	—	2	1	2
光学测微器重合差(″)		1	3	3	—
指标差变化(″)		15		15	24
天顶距测回差(″)		10		15	24
注：指标差变化按同丝、同测回、同组比较。					

5.7.9 觇标高、仪器高量取两次，读至 5 mm，两次较差不大于 1 cm 时取用中数。

5.7.10 外业观测成果取舍及重测应符合下列要求：

a) 中丝法超限，用中丝法补测；

b) 三丝法一根丝超限，可用中丝法补测；

c) 三丝法两根丝超限，用三丝法补测一测回；

d) 补测成果不取中数，只取用补测成果。

5.8 跨越障碍物的高程测量

跨河水准测量按GB 12898要求进行。当视线长度不超过相应等级光电测距高程导线边长时，可采用复觇光电测距高程导线方法施测。

5.9 高程成果的检验和计算

5.9.1 三角高程项目验算

5.9.1.1 同一条边直返觇高差不符值不应超过 0.1 m×S(S 为边长，km)。

5.9.1.2 用双向高差中数按闭合图形、附合路线计算的闭合差，不应超过 0.05 m $\sqrt{[S_i^2]}$(S_i 为各边边长，km)。

5.9.1.3 由两个单方向推算的高程不符值，不应超过 0.07 m $\sqrt{S_1^2+S_2^2}$(S_1、S_2 为推算边长，km)。

5.9.2 水准网平差计算

5.9.2.1 三、四等水准平差前应进行尺长改正和正常水准面不平行改正；在有条件的高原山区，三等水准可加入重力异常改正。

5.9.2.2 水准网平差，以距离倒数为权；在山地、高山地也可以测站数倒数为权。

5.9.2.3 水准网平差可以采用条件平差、间接平差或附有条件的间接平差方法。等外水准可采用简易平差法。

5.9.2.4 水准网平差应绘制平差图，图上应包括平差所需的数据。平差计算完后应编写高程计算说明。

5.9.3 GPS高程的平差计算

5.9.3.1 根据测区状况、已知高程点的分布情况及相应等级的精度要求，GPS高程的平差计算可采用平面或曲面拟合法。测区地势平坦且面积在 100 km^2 以内时，可以采用平面拟合法；丘陵、山区或测区面积大于 100 km^2 时，应采用二次曲面拟合法。

5.9.3.2 GPS高程网可与平面网分别进行平差计算。当GPS控制网较大时，也可分区进行平差，但各分区衔接处应有一定数量的重合点。重合点的高程较差应不大于 5 cm。

5.9.3.3 GPS高程拟合后所得的高差，可采用水准或光电测距高程导线进行检查。其高差之差符合表18的规定时，GPS拟合高程可作为相应等级的水准高程使用。

5.9.4 三角高程网平差计算

三角高程路线、三角高程网平差，一般以边长平方倒数为权进行计算。平差结束后，计算单位权中误差和全区每公里高程测量中误差。

6 地形测量

6.1 一般规定

6.1.1 1∶1 000、1∶2 000、1∶5 000比例尺地形图应清晰易读，地物地貌表示和符号运用正确，各项元素测绘齐全，综合取舍恰当，并着重显示与地质勘查及规划设计有关的地物、地貌特征。

6.1.2 图根点是测制地形图和进行地质勘探工程测量的依据。布设图根点时，应兼顾到地质勘探工程测量使用。

6.1.3 图根点对最近的基本控制点(三角点、导线点、GPS点)的平面位置中误差应不大于图上 0.1 mm；对邻近水准点、基本控制点的高程中误差应不大于1/10等高距。

6.1.4 图根点的平面测量应依据控制点加密，采用图根锁(网)、经纬仪导线、光电测距极坐标或测角交

会等方法。一般可发展两级、困难地区少量的点可发展到三级。光电测距极坐标点一般不发展新点，但在困难地区又有检查条件时可再发展一级。

6.1.5 图根点的高程，依据水准点或基本控制点，采用图根水准、高程路线或交会高程测定，一般可发展两次。独立交会高程应以高程路线以上点为起算点。

当测区基本等高距为 0.5 m 时，应采用等外水准或光电测距高程导线测定，也可用与等外水准或等级水准点联测的基本控制点施测。

6.2 图根测量

6.2.1 图根点的密度以能满足测图和地质勘探工程测量需要为原则。根据地区情况，每平方公里内 1∶1 000比例尺测图不少于 45 点，1∶2 000 比例尺不少于 14 点，1∶5 000 比例尺不少于 5 点，并应均匀控制测区。当利用全站仪(电子速测仪)进行数字测图时，图根点的数量可较上述规定减少 1/2。

6.2.2 图根埋石点的数量(包括基本控制点)，1∶2 000、1∶5 000 比例尺每幅图不少于 4 点，1∶1 000 比例尺不少于 3 点。在勘探和施工地区，埋石点的数量应适当增加。

6.2.3 图根点的平均点距，一般在 1∶1 000 比例尺测图为 170 m，1∶2 000 比例尺为 350 m，1∶5 000 比例尺为 500 m。

6.2.4 图根点选点和埋石

6.2.4.1 图根点应选在通视良好、易于测图的位置上，并埋设木桩或标石〔标石及埋设规格见附录 D(标准的附录)〕。

6.2.4.2 标石一般应埋在一级图根点上，埋石点至少应与另一个相邻的埋石点通视并分布均匀。

6.2.4.3 图根点点号在同一测区中应统一编号。

6.2.5 图根点的布设

6.2.5.1 图根锁(网)点的平均边长一般不超过相应比例尺图根点的平均点距。单三角锁、线形锁的三角形个数不得多于 12 个。锁(网)的求距角一般不小于 30°，在困难情况下个别求距角也不应小于 20°。

6.2.5.2 经纬仪导线的边长一般采用光电测距测定。

6.2.5.3 经纬仪附合导线的技术要求应符合表 27 的规定。

表 27

边长测定方法	测图比例尺	导线最大长度 m	平均边长 m	导线最大相对闭合差	角度最大闭合差 (″)
光电测距	1∶1 000	1 500	150	1/4 000	$40\sqrt{n}$ (n 为折角数)
	1∶2 000	3 000	300		
	1∶5 000	6 000	400		
注：图根导线网结点与基本控制点、结点与结点，以及二级导线长度均不得超过附合导线全长的 0.7 倍。					

6.2.5.4 光电测距极坐标法布设图根点的边长，1∶1 000 比例尺测图应不大于 500 m，1∶2 000 比例尺不大于 1 000 m，1∶5 000 比例尺不大于 1 500 m。极坐标法的测站应联测两个已知方向，或以两个已知方向分别观测其方向角，用两个不同高度的反光镜分别观测距离及天顶距。

光电测距极坐标点应与 1～3 个相邻图根点通视。在相邻测站施测的极坐标点在衔接地段应为重合点。

6.2.5.5 测角交会法包括前、侧、后方交会，交会点的交会角应在 30°～150°之间，后方交会点其交会角 $\alpha+\beta$ 与固定角 C 之和不应在 180°±20°的范围内。

交会点的交会边长一般不应大于相应比例尺图根点平均点距的两倍。

6.2.6 图根点的边长测量

6.2.6.1 光电测距仪测定导线边和极坐标点的边长时观测一测回(两次读数)，其读数较差不应大于 10 mm。

6.2.6.2 光电测距边长应加入下列改正：

a）当测距边长的加常数、乘常数改正数和气象改正数大于边长的1/10 000时应加各项改正数(气象数据可采用每天作业时间的平均值)；

b）边长的水平距离按近似公式计算：

$$D = S \cdot \sin Z \qquad \cdots\cdots(39)$$

当测边、测角视线不平行时，应将观测的天顶距改化为测距仪光轴的天顶距计算。

6.2.6.3 图根点边长归化到高斯平面的长度改正值超过边长1/10 000时，应加投影改正。

6.2.7 图根点水平角观测

6.2.7.1 图根点的水平角观测采用全圆方向观测法，当观测方向多于3个时应归零，多于10个时应分组观测。

6.2.7.2 分组观测时，一般应将锁(网)点分为一组，交会点分为一组，分组观测应使用共同的零方向。

6.2.7.3 图根点水平角观测的技术指标应符合表28的规定。

表28

项　　目	限　　差	
	J_6	J_{15}
测回数	1	2
半测回归零差限差(″)	24	45
两个半测回同一方向归零后的较差限差(″)	36	—
测回较差限差(″)	—	45
测角中误差限差(″)	20	
方位角、多边形闭合差限差(″)	$40\sqrt{n}$	
三角形最大闭合差(″)	60	
注：n为折角数。		

6.2.7.4 光电测距极坐标图根点，水平角可采用一测回测定，或用两个已知方向，各半测回测定。

6.2.8 图根点的坐标计算

6.2.8.1 图根点的坐标计算采用简易平差方法，使用电子计算器计算交会点时，应用两组图形计算取平均值。

6.2.8.2 单三角锁的坐标闭合差应不大于$\sqrt{n} \cdot M/10\,000$，线形锁重合点、锁(网)重合点和测角交会点两组坐标较差应不大于$M/5\,000$。

6.2.8.3 侧方和后方交会点分两组计算，困难情况下允许计算横向误差检查，由坐标反算的检查角与观测值之差不得大于$\Delta\varepsilon'' = M \cdot \rho''/(S \cdot 10\,000)$。

6.2.8.4 光电测距极坐标点用两次测边、测角分别计算的两组坐标较差不得大于$M/10\,000$。

以上各式中M为测图比例尺分母，n为推算边数，S为边长(以m为单位)。

6.2.9 图根点的高程测量

6.2.9.1 三角高程路线各边均应对向观测天顶距，仪器高、觇标高测量至厘米。

6.2.9.2 独立交会点高程应由三个方向推算，当由两个方向推算时，其中一个方向应对向观测。

6.2.9.3 光电测距极坐标点高程，应由两个不同觇标高度分别测出的天顶距推算。

6.2.9.4 三角高程路线长度的要求，应符合表29的规定。

表29　　km

测图比例尺	1∶1 000	1∶2 000	1∶5 000
路线最大长度	2.0	4.0	10.0

6.2.9.5 天顶距观测当方向数较多时，可进行分组观测，以3～5个方向为一组，指标差之差的比较在同一组内进行。天顶距观测的技术要求应符合表30的规定。

表30

项　　目	限　　差	
	J_6	J_{15}
测回数	1	2
天顶距测回较差和指标差之差的限差(″)	24	45

6.2.9.6 图根水准可采用水准标尺单面中丝一次读数，估读至mm，单程观测，观测时仪器应尽量安置在前后标尺的中间，水准仪 i 角应小于25″。

图根水准的技术指标不应大于表31的规定。

表31

路线长度 km	路线闭合差 mm	视线长度 m	前后视距累积差 m
10	$40\sqrt{L}$	150	50

6.2.9.7 图根点高程计算应符合下列要求：

a) 计算三角高程时，地球曲率差和折光差大于0.01 m时应加改正；

b) 对向观测直返觇高差较差不得大于 $0.04\times D$（D 为边长，以百米为单位），当 D 小于300 m时按300 m计算；

c) 三角高程路线闭合差和独立交会点高程较差不应大于表32的规定；

表32　　m

测图等高距	1.0	2.0(2.5)	5.0
高程路线闭合差、交会点高程较差	0.3	0.6	0.8

d) 光电测距极坐标点两组高程较差不得大于1/10等高距；

e) 三角高程路线闭合差按边长成比例配赋。

6.3 测站点增补

6.3.1 应充分利用基本控制点、图根点作为地形测图的测站点，不足时以经纬仪视距导线、图解交会、平板仪支导线等方法补充。

测站点对图根点的平面位置中误差不得大于图上0.3 mm，高程中误差不得大于1/6等高距。

6.3.2 加密测站点的作业要求

6.3.2.1 经纬仪视距导线的技术指标不应超过表33的规定。

表33

测图比例尺	导线全长 m	视距 m	往返测距离较差	水平角、天顶距测回数	路线相对闭合差	方位角闭合差 (″)	高程闭合差
1∶1 000	350	100	1/150	1	1/300	$60\sqrt{n}$	1/3等高距
1∶2 000	700	200					
1∶5 000	1 500	250					
注：n 为导线的折角数。							

6.3.2.2 平板仪支导线的技术指标不应超过表34的规定。

表34

测图比例尺	支导线全长 m	视距 m	边数	往返距离较差	备　注
1∶1 000	100	70	2	1/150	往返距离较差在距离小于100 m时，按100 m要求
1∶2 000	200	150	2		
1∶5 000	400	250	2		

导线各边的高差以往返测的距离分别计算，其高差不符值按不同倾角每100 m不应超过表35的规定。

表35　　cm

两点间倾角	4°	8°	12°	16°	20°以上	备　注
不符值	8	14	20	25	30	当距离小于100 m时，按100 m要求

6.3.2.3 采用图解交会法测定测站点时，前、侧方交会不少于三个方向，后方交会不少于四个方向，相邻两方向线交角在30°～150°之间。当各交会方向不能精确交于一点而出现示误三角形，在示误三角形内切圆直径小于0.4 mm时，可按与交会边长成比例的原则进行配赋，刺出点位。用其他方向检查的检查角不应小于30°，点位的方向偏差不得大于0.3 mm。1∶1 000比例尺测图时不得使用图解后方交会法。

6.3.2.4 图解交会点的高程一般用三个方向推算，当采用两个方向时，其中一个方向应用直返觇高差计算高程，直返觇高差之差应符合表35的规定，由各方向推算出高程的不符值不得超过1/3等高距。

6.3.2.5 施测测站点的原始数据应记入地形测量手簿。

6.4 平板仪测图

6.4.1 测图前的准备工作

6.4.1.1 收集需用的成果资料。

6.4.1.2 检查校正仪器。

6.4.1.3 在经过热定型处理、厚度不小于0.1 mm的聚酯薄膜上展绘方格网、图廓点、控制点，展绘误差应不大于表36的规定。

表36　　mm

项　目	展点误差
方格网的实际长度与理论长度之差	0.2
图廓对角线长度与理论长度之差	0.3
控制点间长度与坐标反算长度之差	0.3
方格网线条粗度和刺孔直径	0.1

6.4.1.4 测图前应对仪器的视距常数进行测定，当视距常数所引起的测距误差在图上大于0.1 mm时应加改正。

6.4.2 平板仪测图

6.4.2.1 平板仪测图可采用大平板仪、经纬仪配合小平板仪、光电测距配合平板仪，也可采用能达到精度要求的其他方法。

6.4.2.2 地形点主要采用极坐标法测定，在山区也可采用交会法测定，但交会角应不小于30°，两交会方向推算的同一地形点高程较差不应超过测图等高距的1/2。

6.4.2.3 地形测图时对仪器的设置和测站上的检查应符合下列要求：

a）测站点的对点误差，1∶5 000 比例尺测图不得大于 0.25 m，1∶2 000 比例尺不得大于 0.1 m，1∶1 000比例尺不得大于 0.05 m；

b）以较远的点定向后用其他方向进行检核，其平面的方向偏差，图上不超过 0.3 mm。用经纬仪测图时应有两个定向点，在测图过程中应经常检查定向点的方向；

c）检查测站点的高程，高程较差不应大于 1/4 等高距。

6.4.2.4 测站点测定地物点、地形点的视距长度应符合表 37 的规定。

表 37 m

测图比例尺	最大视距长度
1∶1 000	100
1∶2 000	200
1∶5 000	300

当受地形限制，在倾角小、读数清晰情况下的视距长度，1∶1 000 比例尺可放长至 120 m，1∶2 000 比例尺放长至 250 m，1∶5 000 比例尺放长至 350 m。

读取视距应用全丝读数，尽可能不用半丝读数。

6.4.2.5 当使用光电测距时，距离可适当放长，一般可按表 37 中之最大视距放宽两倍。

6.4.2.6 地形图上高程注记点的密度为每平方分米 5～15 点，在地形破碎、地物密集的地区应适当增加。注记点应在尽量选取明显地物、地貌特征点的基础上力求分布均匀。高程注记至 0.1 m。

6.4.2.7 测绘地物、地貌应本着看不清不绘的原则，当在测站上看不清地貌时，可将测图板搬至立尺点上，依原方向标定测板后就近描绘。

6.4.2.8 地形图上的等高线，除计曲线间距在 5 mm 以下且等倾斜时可在室内插绘首曲线外，其他各种线划、地物符号、高程注记及地理名称注记等均应在现场完成。

6.4.2.9 对地图内容复杂的地形原图，必要时可绘制“综合透写图”，内容包括：地物、地貌符号、植被、各种注记。供内业清绘时参考。

6.4.2.10 1∶5 000 比例尺测图应填写图历表，1∶1 000、1∶2 000 比例尺测图可填写图历卡。

6.5 数字测图

6.5.1 为获得数字地形图，满足设计部门直接在计算机上设计的需要，以及为建立地理信息系统提供数字地面模型，应采用数字测图方法。

数字测图采用全站仪（电子速测仪）在野外直接采集数据，并通过电子记录器或电子存储介质记录，经过计算机及测图软件处理而形成电子图形及有关数据。

数字测图采用的全站仪（电子速测仪）需定期进行鉴定；用于记录观测数据的电子记录器或电子存储介质必须安全、可靠。

6.5.2 计算机测图软件应经过有关业务技术主管部门批准或专家审查通过，方可使用。计算机测图软件应具备以下基本功能：

a）数据入口应是开放性的，能读取文本格式的原始观测数据，读入由其他软件转来的标准绘图交换文件（DXF 格式）；

b）应具备数字化输入功能，如数字化仪、扫描仪输入；

c）应具备较强的图形编辑功能；具有图层、线型和颜色管理功能；具有多种字体的文字、数字注记功能；

d）应具备齐全的测量符号库，符号库应能补充或修改；

e）图形可拼接、剪裁、平移、旋转和缩放；

f）可进行标准分幅或自由分幅，应具备图廓管理功能；

g）图形可以输出到多种笔式和喷墨绘图仪，并可生成标准绘图交换文件（DXF 格式）；

h）软件应有较好的界面，易于操作和使用；

i）软件应有容错能力，避免死机现象，对前次编辑完的图形、数据具有保护功能。

6.5.3 数字测图以基本控制点、图根点为测站点，不足时以测距附合导线、支导线、极坐标支点补充测站点，其边长、角度测量以及平差计算同图根点的技术要求。

6.5.3.1 测距附合导线技术指标应不大于表 38 的规定。

表 38

测图比例尺	导线全长 m	平均边长 m	导线全长 相对闭合差	方位角闭合差 (″)	高程闭合差
1∶1 000	700	150	1/2 000	$60\sqrt{n}$	1/3 等高距
1∶2 000	1 500	300			
1∶5 000	3 000	400			
注：n 为导线的折角数。					

6.5.3.2 测距支导线应往返观测，其技术指标应不大于表 39 的规定。

表 39

测图比例尺	支导线全长 m	平均边长 m	边　数	往返距离较差	往返高程较差
1∶1 000	300	100	3	1/2 000	1/10 等高距
1∶2 000	600	200			
1∶5 000	1 200	400			

6.5.3.3 在基本控制点、图根点上补充极坐标支点时，应以两个已知点方向分别测定或改变镜高测定其坐标和高程。当两次测得坐标和高程较差 1∶1 000、1∶2 000 比例尺不大于 10 cm；1∶5 000 比例尺不大于 20 cm 时，取其平均值。对高山地区上述限差可放宽一倍。

支点距离不应大于表 39 规定的测距支导线的平均边长。

6.5.4 外业数据采集

6.5.4.1 外业数据采集所用的软件及电子记录器，应能输入测区、测站信息，可进行测站检核、偏心改正，能自动记录或手工输入地形点的编号、三维坐标及地形码，所有记录均可显示、查询，并能对非测量数据进行编辑或修改。

6.5.4.2 数字测图时，仪器应精确对准测站点，连接好电子记录器或计算机。先以较远的已知点定向，再用其他已知点进行检核，其坐标和高程较差同 6.5.3.3 要求。

6.5.4.3 地形点主要采用极坐标法测定，在山区可采用交会法测定，在居民区也可采用量边推算等方法。测站点测定地物点、地形点的最大距离一般可按表 37 中之最大视距放宽两倍。

6.5.4.4 地形图上高程注记点的密度同 6.4.2.6 的要求。

对于反映地貌特征的山脊线、山谷线、山顶与鞍部要测绘清楚，用于构成地面高程模型三角网的高程点应分布均匀，并与地貌特征线、点搭配适当。

6.5.4.5 根据测图软件需要，测站上应设专人绘制草图。草图的内容应包含所有观测点和推算点的位置、点号，以及各点之间连线、符号和注记。草图以测站分幅，每站可转绘邻站上的接图部分的地形和点号，为便于区别，邻站的点号应加注括号。

6.5.4.6 当搬至另一测站时，应在接图部分测一些重合点，通过坐标进行检查。

6.5.5 内业图形编辑

6.5.5.1 外业数据采集后，应及时对数据进行检查并转储到计算机或磁盘中，妥善保管。

6.5.5.2 根据草图上各点的点号、位置、连线情况，编辑成各种具有地形码和属性码的点状、线状和面

状图块或图素文件。地形码应采用GB 14804或GB/T 15660中相应的代码。若采用非标准编码时，应经计算机处理后，转换成符合GB 14804或GB/T 15660规定的地形图要素的代码。地形图数据分层同9.4.4.3的要求。

6.5.5.3 地形图上的等高线，应根据草图上的高程点及地性线进行合理构网并生成，对不合理的等高线应作局部修改。

6.5.5.4 根据各种图块或图像生成图形，图形处理同9.4.5的要求，对照草图进行分层编辑，在屏幕上进行内业浏览、检查，并作修改。内业检查后，可加绘各种符号与注记、生成地形图。文字、数字注记的字体、大小应符合GB/T 7929或GB/T 5791的要求。

6.5.5.5 绘制出地形图，应到实地巡视检查。对于电子平板类的测图软件，应在现场巡视检查。

6.5.6 数字地形图的外业检查可采用与外业数据采集时相应的作业方法检测部分地物点和高程点，其平面和高程精度应符合3.3.4的规定。

6.5.7 出图前应进行图廓内容整饰，并根据要求进行标准分幅或自由分幅。

数字地形图可直接绘在白纸上供用户使用，也可绘在聚酯薄膜上用于蓝晒。

当用聚酯薄膜出图时，应选用经过热定型处理、厚度不小于0.07 mm的聚酯薄膜。

绘图仪一般使用笔式绘图仪或用喷墨绘图仪。其基本线条宽度不应超过0.15 mm，在聚酯薄膜上的绘图精度应符合表36的规定。

6.5.8 1∶5 000比例尺测图应填写图历表，1∶1 000、1∶2 000比例尺测图可填写图历卡。图历表(卡)中应填写与本幅图有关的各类数据的文件名。

6.6 地形图测绘内容及表示

6.6.1 地形图应表示各类控制点、地质工程点、居民地、独立地物、工矿企业建筑物和公共设施、道路及其附属设施、管线和垣栅、水系及其附属设施、境界、地貌和土质、植被、注记等。

6.6.2 控制点

6.6.2.1 在地形图上，控制点以相应符号表示，非埋石的图根点根据需要表示，测站点图上不表示。

6.6.2.2 居民地内的控制点如影响居民地或街区形状，其点名、高程可省略。控制点与烟囱、水塔等地物重合而地物不能依比例尺表示时，只绘其独立符号，控制点符号可省略，按图式规定进行注记。

6.6.3 地质工程

各类地质工程(如钻孔、探井、探槽、坑口等)应准确测绘并按相应符号表示，坑口以小矿井符号表示，并加注“探”字。

6.6.4 居民地

6.6.4.1 准确地测绘居民地的外轮廓，房屋外轮廓以墙基为准。

6.6.4.2 街区式居民地在显示外轮廓特征的前提下，凸凹部分在图上小于1 mm时可进行综合。内部应反映居民地内通行情况及建筑密度，区分主要街道、次要街巷。房屋间距在图上小于1.5 mm可综合。空场地可根据用图需要决定综合程度。

6.6.4.3 散列式居民地或行列式居民地的测绘应反映房屋的疏密程度和特征，不得综合成一片。

6.6.4.4 地物稀少地区，具有方位意义的破坏房屋应予表示。

6.6.4.5 1∶2 000、1∶5 000比例尺测图不区分房屋的建筑材料及层数。

6.6.5 工矿企业建筑物和公共设施

6.6.5.1 工矿企业建筑物和公共设施的测绘应能反映建筑物和设施的内容、性质、分布情况，其位置应准确测绘，并按规定的符号表示。

6.6.5.2 地物轮廓在图上超过符号尺寸的依比例尺表示，并配置符号。

6.6.5.3 与地质工作有关的矿井井口、废弃的井口、峒口、采掘场等应注意表示。

6.6.6 独立地物

6.6.6.1 各类独立地物是标定方向、确定位置的重要标志，应准确测绘。

6.6.6.2 凡地物轮廓，在图上尺寸大于符号规定的，依比例尺表示，并配置符号。小于符号尺寸的，用不依比例尺符号准确地表示其定位点或定位线。

6.6.7 道路及其附属设施

6.6.7.1 测绘道路应位置准确、等级分明、取舍恰当、线段曲直和交叉位置反映真实。

1∶1 000 测图铁路依比例尺表示铁轨轨迹位置，1∶2 000、1∶5 000 测图测绘铁路中心位置，用不依比例尺符号表示。电气化铁路应测出电杆(铁塔)的位置。

公路按其技术等级分别用高速公路、等级公路(1～4 级)、等外公路按实地状况测绘并注记技术等级代码。国家干线还要注记国道线编号。等级公路应注铺面宽和路基宽度。

6.6.7.2 1∶1 000、1∶2 000 比例尺测图时，乡村路及乡村路以上等级的道路均须表示。在道路网稠密地区，次要和临时住的小路可适当取舍；在人烟稀少、通行困难、地物稀疏地区的小路均须表示。

1∶5 000 比例尺测图时，大车路以上等级的道路均应测绘。在大车路、乡村路密集地区，允许将次要的适当舍去。人行小路的取舍应能反映出实地道路网疏密程度。

6.6.7.3 依比例尺表示的公路及其他双线道路，按真实宽度以相应比例尺测绘，当道路边线凸凹不规则时，取平均宽度表示。

6.6.7.4 道路的表示应注意与居民地的联系，除街区式外，通过居民地时不应中断。道路等级的变换点应是集镇、农场、居民地、道路交叉的地方。

6.6.7.5 铁路与公路或其他道路在同一平面相交时，铁路符号不应中断，另一道路符号中断。道路立体交叉时应绘以相应的桥梁符号，并配合路堤路堑表示。

6.6.7.6 铁路、公路的附属建筑设施，如车站、桥梁、涵洞、隧道入口、路堤、路堑、里程碑均应测绘。1∶1 000、1∶2 000 比例尺测图时，大车路的堤、堑、桥梁、涵洞也应表示。

6.6.7.7 铁路轨顶、公路中心及交叉处、桥面等应测注高程，堤、堑也应适当测注高程或比高。

6.6.8 管线和垣栅

6.6.8.1 1∶1 000、1∶2 000 比例尺测图时，固定的电力线、通信线均须表示，电杆、铁塔位置实测。电力线分为输电线、配电线，并以相应的符号表示。

6.6.8.2 1∶5 000 比例尺地形图上一般只表示 6.6 kV 以上的高压线。通信线在地物密集地区一般只表示县级以上的线路，地物稀少地区固定线路亦应表示，只准确测绘线路的转折点。

6.6.8.3 城市建筑区的电力线、通信线可不连线，但应在杆架处绘出线路方向。

6.6.8.4 沿公路、铁路、主要堤两侧的电力线、通信线，1∶5 000 比例尺测图时离开其路、堤中心线不超过图上 5 mm 时可不表示，但在其分岔、转折处应绘一段符号以示走向。

6.6.8.5 地面上的、架空的管线均须表示，并分类注记其输送物质，临时性的管线不表示。

6.6.8.6 城墙、围墙、栅栏、篱笆、铁丝网根据其性质、结构、类型予以表示。

1∶5 000 比例尺测图，围墙高在 1.5 m 以上，栅栏、铁丝网、篱笆高在 1 m 以上，长度大于图上5 mm 的才表示。

6.6.9 水系及其附属设施

6.6.9.1 水系的测绘应主次分明、构成系统，主要建筑物如水闸、水坝、输水槽、溢洪道等均应表示并测注高程。

6.6.9.2 海岸线以高潮线为准，干出滩应按规定绘出堆积物和海滨植被。

6.6.9.3 河流、湖泊、水库、溪流、运河的水涯线一般以测图时的水位测定，若水位与常水位相差过大，也可根据需要按常水位测定。

6.6.9.4 1∶5 000、1∶2 000 比例尺测图时，人工沟渠水流宽度在图上超过 0.5 mm(1∶1 000 比例尺超过 1 mm)时用双线描绘，小于 0.5 mm(1∶1 000 比例尺小于 1 mm)时用单线表示，水涯线绘至沟渠内侧的上边缘。

6.6.9.5 水泉、水井、池塘一般应全部测绘在图上，在水网地区或泉、井、池塘密度很大时，1∶5 000 比

例尺测图可按实际需要进行适当取舍。池塘一般只能取舍，不能综合。泉、井应测注高程。

6.6.10 境界

6.6.10.1 在图上须绘出县和县以上行政区划界线，乡、镇、国营农、牧、林场以及自然保护区界线按需要测绘。

6.6.10.2 两级以上的境界重合时只绘高一级境界，但需同时注出各级名称。

6.6.10.3 山区沿自然地形分界时应将境界绘于地性线上。

6.6.11 地貌和土质

6.6.11.1 各种自然形成的地貌形态，用等高线配合地貌符号和高程注记点表示。应注意与地质专业有关的露岩地、独立石、石块地、石垄、山洞、溶洞、石灰岩溶斗、崩崖、滑坡、陡崖、冲沟、岩墙等地貌的表示。

6.6.11.2 以符号表示或以等高线配合符号表示地貌时应遵守下列原则：

a) 崩崖、陡崖应沿其边缘以相应的符号测绘于图上；

b) 冲沟的图上宽度在 0.5 mm(1∶1 000 比例尺为 1.0 mm)以内时以单线绘出，超过其宽度以双线描绘，其宽度达上述规定两倍以上时以陡崖符号表示，图上宽度大于 5 mm(1∶5 000 比例尺为 3 mm)时，其底部应加绘等高线并测注高程；

c) 坡度在 70°以内的石山，以等高线配合露岩地符号表示，坡度在 70°以上时以陡石山符号表示，并适当测注高程或比高；

d) 梯田坎应测注适当数量的比高，密集地区，梯田坎可进行取舍，以等高线配合符号表示，梯田坎的表示应能显示梯田坎地区的地貌形态；

e) 土堆、坑穴、冲沟、地裂缝应测注高度或深度，注至 0.1 m。1∶5 000 比例尺图上的独立石、陡崖、岩墙等也需要测注高度和深度。

6.6.12 植被

6.6.12.1 植被是地形图的要素之一，在综合取舍时应反映其基本比例与分布情况。

6.6.12.2 对林地、苗圃、竹林、灌木林、花圃、经济林、经济作物地以及耕地等应测定其范围，配以相应符号表示。

6.6.12.3 疏林、芦苇地、草地、半荒植物地、植物稀少地以及水生作物等植被，根据其分布、疏密程度配置符号表示。

6.6.12.4 对有方位意义的植被，如林中小面积的空地和耕地，耕地中小面积的林地等应注意表示，还应注意对独立树、林木稀少地区的散树、灌木丛的表示。

6.6.13 注记

6.6.13.1 居民地名称、各种说明注记、数字注记，以及山名、水系名称注记等是地形图的主要内容之一，是判读地形图的直接依据，必须准确注记。

6.6.13.2 注记应按以下原则进行：

a) 凡在当地政府已颁布了统一名称的，应按统一名称注出，其他地理名称必须在实地进行调查并核实；

b) 当地理名称注记在图上跨度太大；可以分段、分片注出，总名和小地名应以字体大小进行区分；

c) 名胜、古迹、独立物体应调注名称；

d) 当地理名称注记难以用字体大小来区分其等级时，可以加注说明注记并填入图历表(卡)中；

e) 名称注记中的简化字应以国务院有关规定为准，对地方沿用的方言和罕见字应在图幅外加拼音注记，并填入图历表(卡)中；

f) 对少数民族地区的地名，应特别注意译名的正确性。

6.7 地形图修测

6.7.1 已变化的地形图，根据用图的需要，应进行修测。修测前应进行实地踏勘，确定修测范围，并制定修测方案。原则上修测时所用方法应与原图的测图方法一致。若原图采用平板仪测图，则应在原图或与原图等精度的复制图上修测；若原图采用数字测图，则应使用原图形数据，在相同的软件或兼容的软件

上修测。

6.7.2 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。

6.7.3 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 0.6 mm。修测后的地物不应再作为修测新地物的依据。

6.7.4 当地物变动面积较大或周围地物关系控制不足，如新建的住宅区或地貌较复杂时，均应先补设图根控制再进行修测。

6.7.5 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，并取用平均值。

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

6.7.7 修测完成后，应按图幅将修测情况作出记录，并填写图历表(卡)。

6.8 地形图的拼接和检查

6.8.1 为保证与相邻图幅接边，应测出图廓外 5 mm。

6.8.2 对无从拼接的自由图边，在测绘过程中应加强检查，确保无误。

6.8.3 接边工作应在离开测区前完成，并认真检查。

6.8.4 接边限差和要求

6.8.4.1 图幅接边的最大误差不超过相应地物、地貌中误差的 3 倍时，可平均配赋后拼接。

6.8.4.2 如果相邻两图幅等高距不同，则等高线接边最大误差不超过较大一级等高距中误差的两倍，在配赋接边误差时原则上修改等高距较大的图幅。

6.8.4.3 线状地物的拼接，不得改变其真实形状。

6.8.4.4 应特别注意四幅图角处地物、地貌的衔接。

6.8.4.5 凡超过上述规定限差时，应进行现场检查并修正。

6.8.5 与已出版的旧图接边，如不超过限差，一般改正新测图幅。当已出版的旧图变化很大，质量较差，接边确实困难时，不应勉强拼接，新测图边按自由图边处理，并将接边情况向主管部门报告，同时在图历表(卡)中说明。

7 航空摄影测量

7.1 一般规定

7.1.1 航测成图目前一般采用精密立体测图仪、解析测图仪、机助立体坐标测量仪测图及数字摄影测图。平坦地区内业测图高程精度不能满足要求时，可用综合法测图；或者外业施测高程注记点和一定数量的碎部点，由内业测绘地物和等高线。

7.1.2 控制点采用全野外法或解析法空中三角测量方法(电算加密)布设。1∶1 000、1∶2 000 地形图平地高程宜采用全野外法布点。

7.1.3 航外控制点的精度要求按 6.1.3 的规定执行。

7.1.4 控制点电算加密，均采用平高区域网布点；当用综合法成图，纠正点电算加密的高程误差影响投影差改正大于图上 0.2 mm 时，可采用全野外高程的平面区域网布点。

7.1.5 用于作业的仪器，在作业前必须经过严格检校。

7.2 对航摄资料的要求

7.2.1 航摄资料的质量要求应符合 GB 6962 或 GB/T 15661 的规定。

7.2.2 航摄比例尺应根据成图比例尺、成图精度、成图方法、仪器设备和航摄质量等情况合理选择。一般平地、丘陵地像片比例尺分母与成图比例尺分母之比值 K 以 4 倍为宜；山地、高山地 K 值以 5～6 倍为宜。当用图急需，K 值大于 6 倍以上直至 8 倍时，要采取必要的技术措施，确保成图精度符合本标准的要求。

7.2.3 根据测区航摄比例尺及地形条件，可参照表 40 确定航摄仪焦距。

综合法成图一般采用常角航摄仪，航迹线按图幅中心线布设，并尽可能与图廓线平行。当 $M_{像}/M_{图}$ 小于 4 时，要求一张像片覆盖一幅图。航摄比例尺可参照 7.2.2 的规定执行。

精测成图时，航迹线按一定旁向重叠布设，也可沿图幅中心线飞行。当航迹线按图幅中心布设，航向重叠正常，$M_{像}/M_{图}$ 大于 4 时，要求一条航线覆盖一排成图图幅，并保证平行于航线方向的图廓线满幅。

表 40 航摄仪焦距 mm

测图比例尺 \ 像幅,cm	平地、丘陵地	山地、高山地
	像幅 23 cm×23 cm	像幅 23 cm×23 cm
1∶1 000	150 210 305	150 210
1∶2 000	88 150 210	150 210
1∶5 000	88 150	150 210

7.3 航外控制点的布设

7.3.1 航外控制点的基本要求

7.3.1.1 控制点的布设分为全野外布点、航线网布点和区域网布点。按航线网或区域网布设控制点时，控制点间的基线数不得超过表 41 的规定。

表 41

$1/M_{图}$ / n / 类别 / $1/M_{摄}$	1∶1 000				1∶2 000				1∶5 000			
	平地	丘陵地	山地	高山地	平地	丘陵地	山地	高山地	平地	丘陵地	山地	高山地
1∶3 000	6/全	6/5	8/6	8/7								
1∶4 000	5/全	5/4	6/5	6/6								
1∶5 000	4/全	4/3	5/4	5/5								
1∶6 000	全/全	3/3	4/4	4/5	6/全	6/3	8/5	8/6				
1∶7 000					6/全	6/全	7/4	7/6				
1∶8 000					5/全	5/全	6/4	6/5				
1∶9 000					4/全	4/全	5/4	5/5				
1∶10 000					4/全	4/全	5/3	5/4	8/全	8/6	10/8	10/9
1∶11 000							4/全	4/4	8/全	8/6	9/7	9/8
1∶12 000							4/全	4/4	7/全	7/5	8/6	8/7
1∶15 000									6/全	6/4	7/5	7/6
1∶20 000									5/全	5/全	6/4	6/5
1∶25 000									4/全	4/全	5/3	5/5

注

1 本表 f 值取 153 mm，b 取 80 mm，m_q 值取 0.025 mm。

2 表中分母为高程基线数，分子为平面基线数。当采用常角航摄仪摄影时，平面基线数不变，高程基线数还应缩小 1/3。

3 本表适于目前我国常用的各种焦距航摄仪。当布设平高点时，应取高程基线数作为最大基线数。

7.3.1.2 位于不同航线、不同区域分界处或不同成图方法图幅之间的控制点，均应满足各自加密和测图的要求，否则应分别布点。

7.3.1.3 当按不同地形条件采用不同方法布点时，每种布点方案所包括的像对范围应相对集中，并尽可能按区域或图幅边缘布点，以便于航内作业。

7.3.1.4 位于各自由边的控制点，要注意布设在图廓线外，以保证自由图边精度和图幅满幅。如按地质需要的范围划分测区，则以保证用图范围为准，不应产生控制漏洞。

7.3.1.5 野外控制点的布设主要根据地形、成图方法、航摄比例尺和仪器设备等因素确定。

野外控制点原则上应按图幅布设。按图幅布设有困难时，也可按航线布设。按航线布设时，当平面与高程允许的距离发生矛盾时，应以高程为准。

7.3.2 控制点布设方案

控制点布设执行 GB 7931—1987 第 2 章或 GB/T 13977—1992 第 4 章的有关规定。

7.4 航外控制点测量

7.4.1 为了提高航外控制点点位精度，切实保证电算加密质量，宜在航摄前按航线设计图和布点方案确定的点位，布设地面标志。测区内的三角点和水准点也应尽量布设标志。标志规格按 GB 7931—1987 附录 D 的规定执行。

7.4.2 控制点的选刺和整饰

7.4.2.1 依大比例尺航测作业的特点，控制点应以辨认判定点位为主，刺点为辅。

7.4.2.2 平面控制点必须选在影像清晰的明显地物点、交角良好的细小线状地物交点、地物拐角点以及影像小于 0.2 mm 的点状地物中心，实地辨认率应小于图上 0.1 mm。弧形地物与阴影处不得选作点位目标。

各等级的测量控制点应刺出点位，不能准确刺出时，用虚线符号表示，加注点位说明。各等级高程控制点的标石至地面的高差应量注至厘米。

7.4.2.3 高程控制点应选刺在局部高程变化很小的地方，狭沟、尖山顶和高程急剧变化的斜坡等不得选作刺点目标。

当点位选在高出或低于地面的地物（如围墙头、房顶角、堤坎边、土包顶、树顶）上时，应量出其与地面的比高，注至厘米，并详细绘出点位略图和断面图。

7.4.2.4 平高控制点的选刺应同时满足平面和高程控制点对点位目标的要求。

7.4.2.5 野外像控点的点位目标在各张相邻片上均应清晰可见，应选择其中最清晰的一张像片作为刺点片，刺点误差和刺孔直径不得大于 0.1 mm，且应刺透，不得有双孔，刺偏时应换片重刺。

7.4.2.6 选刺目标时必须认真判读像片，以满足刺点目标要求为主，同时考虑满足野外像控点布设的点位要求和兼顾联测的方便，选定后打桩（或埋石），并立即进行统一编号和实地绘制略图。桩位、说明、略图和刺孔位置必须一致和确切无误。应由两人分别在不同像片上独立进行对刺或由第二人 100% 检查。控制像片正、反面整饰格式按 GB 7931—1987 附录 E、附录 F 的规定执行。

7.4.2.7 控制象片只整饰刺点片，航线公用点应在邻航线主片上转标，并注明点号及刺点片号。

当借用相邻测区的像片控制点时，必须转刺并按前述规定格式整饰，控制点转刺后，还应加注邻幅图号和刺点片号。

7.4.3 控制点联测

7.4.3.1 控制点联测，在基本平面控制点（三角点、GPS 点、导线点）基础上以 GPS、光电测距导线和测角交会法进行，也可采用锁、网及极坐标法施测，一般允许发展二次（包括引点），个别困难地区可发展三级。

7.4.3.2 控制点用 GPS 定位，其技术要求按 4.6.4 有关规定执行。

7.4.3.3 光电测距导线的技术指标应不大于表 42 的规定。

7.4.3.4 测角交会点的主要技术指标应不大于表 43 的规定。

表 42

测图比例尺	附合导线长度 km	平均边长 km	测角中误差 (″)	方位角闭合差 (″)	导线全长相对闭合差
1∶1 000	2	0.5	15	$30\sqrt{n}$	1∶6 000
1∶2 000	4	0.8			
1∶5 000	10	1.5			

注

1 光电测距的施测方法和要求按 6.2.6.1、6.2.6.2 的规定执行。

2 n 为测站数。

3 导线长度小于表中规定的 1/3 时，导线精度可用绝对闭合差衡量，其最大闭合差应不大于图上 0.3 mm。

表 43

交会边长 m	测角中误差 (″)	交会两组坐标差 m	备　注
1.0M	15	M/5 000	M 为测图比例尺分母

7.4.3.5 当野外控制点不能组成扩展图形，像控点位不宜设站或距已知控制点很近时可采用引点，引点算作一次发展次数，由光电测距极坐标法测定的控制点上可再发展一次引点。引点时应符合下列要求：

a) 本点必须联测两个已知方向，采用方向法观测两测回；

b) 采用光电测距极坐标法时技术指标应不大于表 44 的规定。

表 44

测图比例尺	测距长度 m	测回数	测角中误差 (″)	两组坐标较差 m
1∶1 000	750	2	15	$\frac{M}{10\,000}$
1∶2 000	1 500			
1∶5 000	2 500			

注

1 施测方法按 6.2.5.4 的规定执行。

2 光电测距的施测方法和要求按 6.2.6.1、6.2.6.2 的规定执行。

3 M 为测图比例尺分母。

7.4.3.6 野外控制点的高程测量，平地(0.5 m 等高距)采用图根水准测量，作业要求应符合 6.2.9.6 的规定。

丘陵地、山地、高山地一般采用三角高程路线、光电测距高程导线、GPS 高程、独立交会高程等方法测定。

光电测距高程导线的作业方法与要求按 5.5 中有关等外光电测距高程导线的规定进行。三角高程及独立交会高程测量的方法与要求，除三角高程路线长度及交会边长应按表 42、表 43 的规定执行外，其他均应符合 6.2.9 中有关的规定。

7.4.3.7 控制点的水平角及天顶距观测的技术指标应符合表 45 的规定。

表 45

项目		限差	
		J_2	J_6
水平角	测回数	1	2
	半测回归零差限差(″)	12	24
	测回较差限差(″)		24
	方位角闭合差限差(″)	$30\sqrt{n}$	
	三角形最大闭合差(″)	45	
天顶距	测回数	1	2
	测回较差及指标差之差限差(″)	12	24
注：n 为推算路线中角的个数。			

7.5 像片调绘

7.5.1 像片调绘可根据测区情况，采取全野外法或室内判读与野外调绘相结合的方法。城市或地物密集地区，也可先在内业依据立体模型测图，然后实地在原图上进行补测和修测，并进行文字和数字的调查和注记。

7.5.2 调绘一般在放大片上进行，放大倍率应视测区情况决定。一般地区调绘片的比例尺应不小于成图比例尺的 3 倍；地物地貌比较复杂地区不小于两倍；城镇建筑物密集地区则应分片进行局部放大，其放大比例尺应接近于成图比例尺。

7.5.3 调绘的基本要求

7.5.3.1 调绘重点是确定像片上影像信息不明显和有多义性的地形要素，主要包括：各种名称、性质注记(如地名、路面铺装材料等)；地物的分类分级(如房屋的类别，路、渠的等级等)；地物要素的相互组合(如水系、道路及其附属设施等)。像片上影像清晰明显的地物可不调绘。

7.5.3.2 调绘面积线，全野外布点为控制点连线，非全野外布点为像片重叠部分的中线。如偏离时，均不应大于像片上 1 cm。

调绘面积线规定东、南方为直线，西、北方为曲线。调绘面积不得产生漏洞，自由图边应调出图外 6 mm。

7.5.3.3 新增地物、阴影遮盖及影像模糊的地物，均应实地补测；1∶5 000 比例尺也可采用补调的方法。

7.5.3.4 调绘片采用红、蓝、绿、棕四色清绘，使用加入 2%重铬酸钾或 5%福尔马林的水彩颜料。

7.5.4 地物地貌调绘

7.5.4.1 地物、地貌取舍及注记均应符合 6.6 的规定。

7.5.4.2 三角点、导线点、埋石点，调绘片上均不表示，由内业按坐标展绘。

水准点的点位，应在调绘片上概刺和整饰，并在调绘片反面绘出点位略图，注明水准点距 3 个固定明显地物的交会边长(注至 0.1 m)。

7.5.4.3 不依比例尺表示的独立地物，应准确表示其定位点线。

7.5.4.4 房屋调绘以墙基为准，当房檐宽度在图上大于 0.3 mm 时，房檐宽度应以红色数字注在房檐线上，以供内业成图改正。

7.5.4.5 永久性电力线、通讯线、电缆线在 1∶1 000、1∶2 000 比例尺应表示杆柱位置。

7.5.4.6 地下管线不表示，但入口处及检修井一般应表示。

7.5.4.7 江、河、湖、海的调绘，以摄影时水涯线为准，并注记专有名称。水中和岸边设施应调绘齐全。

7.5.4.8 水渠、池塘、贮水池水涯线符号以坎沿为准。

7.5.4.9 冲沟过密时可适当取舍，但不能综合。在调绘冲沟时，对看不清沟底影像的狭窄的冲沟应适当量注深度。

7.5.4.10 不同层次的梯田坎不能综合相连，并应注意正确反映不同层次纵横向田坎的相关位置，以保证与等高线配合表示时图面协调。

7.5.4.11 在调绘中，对有明显定位作用的岩峰、土堆、独立石等符号位置应准确绘在影像基部的中心，并按规定量注比高；各种带状地貌如陡崖、陡坎等，要用立体镜绘准上下边线；岩墙、石垄等应准确绘于影像中线上。

7.5.4.12 位于陡壁阴影中的洞口很难定位，一般可以舍去；对于其中知名的主要洞口，则应测定洞口基部中点的坐标和高程。

7.5.4.13 大面积植被，可在地界内用红色说明注记；整张调绘片为同一类型的植被时，可在片外统一说明。

7.5.4.14 树林、竹林、灌木林均需量注摄影时的平均高度，以供内业测图时改正树高测绘等高线。当不同地区平均树高不同时，应分别量注。树高量至 0.1 m。

7.5.5 调绘片间必须接边。接边处房屋轮廓、道路、管线、河流、植被等的等级、性质、宽度和符号应一致，拼接后的地物地貌不得改变其真实形状和产生变形。

7.5.6 调绘象片的整饰格式按 GB 7931--1987 附录 G 的规定执行。

7.6 晒印像片与电算加密

7.6.1 晒印供控制加密、立体测图的像片，其质量要求应执行 GB 7930—1987 的 2.1 或GB/T 13990—1992 的 4.1 有关规定。

7.6.2 解析空中三角测量

7.6.2.1 内业加密点误差应不大于表 46 的规定。

表 46

地形类别	平面位置中误差 mm	高程中误差，m					
		1∶1 000		1∶2 000		1∶5 000	
		基本等高距	限差	基本等高距	限差	基本等高距	限差
平地	0.40	—	—	—	—	—	—
丘陵地	0.40	1.0	0.4	1.0	0.4	2.0(2.5)	1.0
山地	0.55	1.0	0.5	2.0(2.5)	0.9	5.0	2.4
高山地	0.60	2.0	1.0	2.0(2.5)	1.4	5.0	3.5
注：平面位置中误差以图比例尺计。							

7.6.2.2 加密点选点、刺点和量测工作执行 GB 7930—1987 的 3.2、3.3 或 GB/T 13990—1992 的 5.1、5.2 的有关规定。

7.6.2.3 计算工作应符合下列要求：

a) 上机前的准备工作

按计算程序要求正确编写各种信息，对各项数据必须认真检查和校对无误后，才能上机计算。计算程序应能对像点坐标进行系统误差改正。当计算程序需要填写改正后的航摄仪焦距 f'_x、f'_y 时，其计算公式为：

$$f'_x = \frac{l_x}{L_x} \cdot f \qquad \cdots\cdots(40)$$

$$f'_y = \frac{l_y}{L_y} \cdot f \qquad \cdots\cdots(41)$$

式中：f——航摄仪焦距，mm；

L_x、L_y——航摄仪上的检定框标距，mm；

l_x、l_y——量测片上的框标距，mm。

b）模型相对定向点的限差应不超过表47的规定。

表47 mm

限差项目 \ 使用仪器 / 地形类别	立坐、精密立坐 精密立体测图仪		解析测图仪	
	平地、丘陵地	山地、高山地	平地、丘陵地	山地、高山地
标准点残余上下视差	0.02	0.03	0.005	0.008
检查点残余上下视差	0.03	0.04	0.008	0.010

c）模型连接点的限差应不超过表48的规定。

表48 m

仪器	平面位置较差(ΔS)	高程较差(ΔZ)
立坐、精密立坐、精密立体测图仪	$0.1 \cdot M_{像} \cdot 10^{-3}$	$0.05 \cdot \frac{M_{像} \times f}{b} \cdot 10^{-3}$
解析测图仪	$0.08 \cdot M_{像} \cdot 10^{-3}$	$0.04 \cdot \frac{M_{像} \times f}{b} \cdot 10^{-3}$
注：上表中 $M_{像}$ 为航摄像片比例尺分母，f 为航摄仪焦距，b 为像片基线。		

d）大地定向后，基本定向残差、多余点的不符值及公共点的较差应不超过表49的规定。

表49

地形类别	定向点残余误差				多余外业控制点不符值				区域网公共点较差			
	平面	高程，m			平面	高程，m			平面	高程，m		
	mm	1∶1 000	1∶2 000	1∶5 000	mm	1∶1 000	1∶2 000	1∶5 000	mm	1∶1 000	1∶2 000	1∶5 000
平地	0.3	—	—	—	0.5	—	—	—	0.8	—	—	—
丘陵地	0.3	0.3	0.3	0.75	0.5	0.5	0.5	1.25	0.8	0.8	0.8	2.0
山地	0.4	0.4	0.7	1.7	0.7	0.6	1.1	3.0	1.1	1.0	1.8	4.8
高山地	0.4	0.75	1.1	2.7	0.8	1.25	1.8	4.4	1.2	2.0	2.8	7.0
备注	为加密点中误差的0.75倍				为加密点中误差的1.25倍				为加密点中误差的2.0倍			

7.6.2.4 下机后要分析核对各项限差是否符合要求，并根据成图方法整理成果：加密点的平面坐标和高程、主点坐标、底点坐标、航高及定向元素。打印成果要清晰，装订应整齐，加密像片要填写高程。

7.6.2.5 加密点的中误差按下列公式计算：

$$M_{控} = \pm\sqrt{\frac{[\Delta\Delta]}{n}} \qquad \cdots\cdots(42)$$

$$M_{公} = \pm\sqrt{\frac{[dd]}{3n}} \qquad \cdots\cdots(43)$$

式中：Δ——多余野外控制点与内业加密点的不符值，m；

d——相邻区域网间公共点的较差，m；

n——用以评定精度的点数。

7.6.2.6 加密接边应符合下列规定：

a）同比例尺、同地形类别的相邻航线或区域网公共点接边，平面和高程较差均不得超过表49的规定，然后可取中数作为最后值。与已成图接边时，当较差小于规定限差二分之一时，以已成图为准；当较差大于规定限差的二分之一且小于规定限差时，取中数作为最后值。超过限差时，要认真检查原因，确系已成图的错误，则可用正确的单值成果；

b）同比例尺成图，不同地形类别接边时，图上平面位置较差不得大于1.4 mm，最大不得超过1.75 mm。高程较差不得大于两种地形类别加密点中误差之和的1.25倍，然后将实际较差按中误差的比例进行配赋作为使用成果；

c）不同比例尺接边，平面的较差不得大于表46中规定的加密点平面位置中误差化为实地长度之和的1.25倍，然后将实际较差按中误差的实地值的比例进行配赋作为最后值。高程较差的规定与同比例尺不同地形类别接边相同；

d）不同投影带之间公共点平面坐标要用解析法进行换带计算，将公共点的邻带坐标换算到本带，不超限时取中数，再将中数成果换算到邻带，各带用中数成果展点。

7.6.2.7 展点应符合下列要求：

a）直角坐标展点仪的X、Y导轨要水平且互相垂直，展点针应消除偏心差，读数鼓的隙动差不得超过0.1 mm，并应保持同一旋进或旋出方向展点；

b）聚酯薄膜要求平整无折痕，厚度在0.07 mm～0.1 mm之间选择；

c）展点误差不应大于0.1 mm，图廓边长、公里网间距离之误差不得大于0.15 mm，对角线误差不得大于0.2 mm；

d）各类符号规格按表50执行。

表50 mm

点　名	符　号	规　格
三角点、GPS点	△	边长7
水准点	⊗	直径4
埋石点	□	边长4
平高控制点	◎	外圈直径4，内圈直径2
内业加密点	○	直径2
图廓点	⊞	边长6
公里网点	⊕	直径3

7.7 纠正镶嵌

7.7.1 像片纠正

7.7.1.1 当平坦地区进行综合法测图时，一般可采用固定比例尺像片图测图。在纠正点控制测绘面积内，高差$\Delta h \leqslant 0.001f/\gamma \cdot M$（$f$为航摄仪焦点，mm；$\gamma$为辐射中心至最远纠正点的距离，mm；$M$为测图比例尺分母），不分带纠正。

一带纠正的高差限制应符合表51的规定。表中γ的取值，18 cm×18 cm像幅时，每片纠正取60 mm，隔片纠正取80 mm；像幅为23 cm×23 cm，每片纠正取80 mm，隔片纠正取100 mm。

表 51

比例尺	像幅 cm	焦距 mm	每片纠正 mm	隔片纠正 m	公式
1∶1 000	18×18	152	2.5	1.9	$\Delta h=0.001\frac{f}{\gamma}\cdot M$ M=测图比例尺分母 f=航摄仪焦距 γ=辐射中心至最远纠正点的距离
		210	3.5	2.6	
	23×23	152	1.9	1.5	
		210	2.6	2.1	
		305	3.8	3.0	
1∶2 000	18×18	115	3.8	2.9	
		152	5.0	3.8	
		210	7.0	5.2	
	23×23	152	3.8	3.0	
		210	5.2	4.2	
		305	7.6	6.1	
1∶5 000	18×18	115	9.5	7.1	
		152	12.7	9.5	
		210	17.5	13.1	
	23×23	115	7.1	5.8	
		152	9.5	7.6	
		210	13.1	10.5	
		305	19.5	15.3	

7.7.1.2 根据航摄资料和地面高差情况，可以采用每片纠正或隔片纠正。

7.7.1.3 纠正晒印各项作业限差不得超过表 52 的规定，其作业要求应符合下列规定：

表 52 mm

项目	限差
透点图	应严格重合
底片刺点误差	0.06
纠正、镶嵌对点	一般 0.4 最大 0.5
镶嵌、切割线重叠、裂缝	0.2
片与片、带与带接边差	1.0
相邻图幅接边差	1.2

a) 纠正片的片号和范围，可根据像片在图板上的位置来决定，像片图应晒出图廓外 1 cm；

b) 底片刺点时，中心点或主点、纠正点、野外控制点都应按像片上的影像转刺在底片上。其限差按表 52 执行；

c) 透点图应说明图号、航线号、纠正片号和点号。点位应严格重合。

7.7.2 分带纠正

7.7.2.1 在纠正点控制的像片面积内，高差 $\Delta h>0.001f/\gamma\cdot M$ 时，应进行分带纠正。分带纠正一般不宜超过 3 带。用立体测图仪确定带的边缘曲线，高程量测的精度不应超过表 51 所列带距的 1/4。

7.7.2.2 各纠正点对起始带中间平面的投影差改正数，按下式计算后并在图板上改正。

$$\delta h=\frac{\Delta h}{H_1-\Delta h}\cdot R \qquad \cdots\cdots(44)$$

式中：Δh——纠正点对起始带中间平面的高差，m；

H_1——起始带中间平面的航高，m；

R——图板上底点至纠正点的距离（在 1∶5 000 成图时，R 可为从主点至纠正点的距离），mm。

7.7.2.3 航高可使用电算成果，也可按下列计算：

$$H_0 = h_a + H_a = h_a + \left(D + \frac{r_b}{f} \cdot \Delta h\right)\frac{f}{d} \qquad \cdots\cdots(45)$$

式中：H_0——绝对航高，m；

H_a——对 a 点的相对航高，m；

h_a——a 点的高程，m；

D——a、b 两已知控制点间的实地距离，m；

Δh——b 对 a 两点之间的高差，m；

d——a、b 两点在像片上的距离，mm；

r_b——像底点（或像主点）至 b 点在像片上的距离，mm。

由两线段计算的航高较差不得大于 $H/200$，在此限差内取中数作为最后值。

7.7.2.4 在晒印完第一带后，必须改变纠正像片的比例尺，为此可根据仪器设备情况，选用下述方法之一，继续晒印第二带和其余带：

a）在图上量出已改正到起始带中间平面的纠正点间对角线的距离 L_1 和 L'_1。并按下式确定在第二带中间平面上的相应距离 L_2 和 L'_2：

$$\left.\begin{aligned} L_2 &= L_1 + \Delta L \qquad L'_2 + L'_1 + \Delta L' \\ \Delta L &= \frac{L_1}{H_1} \cdot \Delta A \qquad \Delta L' = \frac{L'_1}{H_1} \cdot \Delta A \end{aligned}\right\} \qquad \cdots\cdots(46)$$

式中：ΔA——相邻两带中间平面的高差（即带距），m；

H_1——起始带中间平面的航高，m。

在透点图上截取线段 L_2，然后改变仪器的高度，使相应投影点与 L_2 重合，并检查与 L_2 相应的两投影点是否与 L'_2 一致。如果一致，即可晒印出相应于第二带的像片，否则应检查原因。

b）在第二带晒像前，为达到改变像片比例尺的目的，必须改变纠正仪镜头的高度，镜头变化值 Δd 可按下式计算：

$$\Delta d = \frac{F \cdot Q}{f \cdot M} \qquad \cdots\cdots(47)$$

式中：F——纠正仪焦距，mm；

f——航摄仪焦距，mm；

Q——带距，m；

M——成图比例尺分母。

Δd 算出后，即可在仪器上安置，并使底点的投影位置与图板上的相应位置重合，接着便可进行第二带晒像。

7.7.3 光学镶嵌

7.7.3.1 光学镶嵌是在纠正对点后，直接将影像晒印在裱有整块印像纸的图板上（锌板或铝板）。

7.7.3.2 光学镶嵌前应做好下列准备工作：

a）在暗室安全灯下将印像纸裱糊在铝板或锌板上。干燥后，在安全灯下展点，展点时先在图板上蒙上一张透明聚酯薄膜，然后再将公里网点、图廓点、纠正点、中心点（或主点）等点位展绘上去，并刺透到图板上，然后分别将膜片及图板的点位进行整饰，整饰后的图板供晒像用，而透明膜片则用来纠正对点；

b）制作嵌贴纸条，先配制橡胶水，然后把此胶水刷在防潮纸上，晾干后再裁切成 5 mm～8 mm 宽的纸条，裁切口应平直。

7.7.3.3 纠正对点完后，遮上红色滤光片，拿去透点图与垫板，放上准备晒印的图板，在滤光片下根据

纠正时的对点情况标定图板。晒像前，在需要露光的四周，准确地镶贴黑色纸条，当第一片纠正对点、标定图板以后，用重锤将图板均匀压住，然后将除第一片以外的其余部分均用黑纸遮住，移开红色滤光片进行露光。露光完了，将滤光片又遮到镜头前，并用黑纸盖好已露光的部分，继续依上述方法进行下一片的对点和露光，直至全幅光学镶嵌结束。然后进行全幅显影、定影、水洗和晾干。

7.7.4 切割镶嵌

7.7.4.1 片与片之间的镶嵌切割线，应在像片上纠正点连线附近，偏离不得大于 1 cm，带与带之间切割线应以分带线为依据。切割线不允许通过居民地、独立建筑物、桥梁等重要地物点。切割线经过道路、河流等线状地物时应避免成锐角相交。

7.7.4.2 镶嵌图要求色调均匀一致、镶嵌平整、粘贴牢固、切割线光滑。镶嵌对点、切割线的重叠、裂缝、图幅线的接边差等数学精度应不超过表 52 的规定。

7.7.5 正射影像图的编制

正像影像图的编制按 GB 7930—1987 的 4.2 或 GB/T 13990—1992 的 6.2.2 的规定执行。

7.8 综合法测图

7.8.1 固定比例尺像片图测图

7.8.1.1 像片图上的各类控制点、明显地物点，均可做为测站点。也可利用平面控制点及明显地物点图解交会测站(测绘 1∶1 000 比例尺地形图时，不能以后方交会定测站)。交会角应在 30°～150°之间，示误三角形的边长应不大于 0.5 mm，并需用另一方向检查，检查点至检查方向的垂距应不大于 0.5mm。

7.8.1.2 测站点高程可采用等外水准、经纬仪水准、光电测距高程导线测定。也可以采用 3 个方向的单向观测，或一个方向的单向观测、另一方向的对向观测的独立交会高程点。这种点不得发展新点。交会边长以及各方向间(包括对向)的高程较差不应大于表 53 的规定。

表 53 m

比 例 尺	交 会 边 长	高 程 较 差
1∶1 000	150	0.15
1∶2 000	300	0.25
1∶5 000	750	0.40

7.8.1.3 用图板上两个以上控制点或明显地物点标定图板方向，用其他点检查，偏离该点的垂距，图上应不大于 0.4 mm。

7.8.1.4 碎部测图应符合下列要求：

a) 测站点对点误差应符合 6.4.2.3 的规定；

b) 垂直度盘指标差，每天应测定两次，在上午及下午作业开始之前进行，指标差在 1′之内可不改正。垂直角可在一个度盘位置测定；

c) 测站至碎部点的距离不应大于表 54 的规定。

表 54 m

比 例 尺	补 测 地 物	测 绘 地 貌	
		视 距	图上量距或水准法
1∶1 000	80	120	150
1∶2 000	150	200	250
1∶5 000	250	300	400

7.8.1.5 1∶1 000、1∶2 000 比例尺像片图，高出或低于纠正面的地物，投影差值大于 0.3 mm 时，应进行投影差改正。供投影差改正的高差，其量测误差不应大于 0.5 m。1∶5 000 比例尺测图投影差大于 0.5 mm 时也应进行改正。

7.8.2 单张像片测图

7.8.2.1 当地形高差不适宜编制像片图，又不能采用立测法成图时，可进行单张像片测图。单张像片测图应采用接近成图比例尺的放大裱板片，尽量把测绘面积布置在像片中央。

7.8.2.2 像片比例尺的测定按下述方法进行：

a）在平坦地区

若每张像片已布设4个平面控制点，它们所形成的两对角线的距离为d_1、d_2，如图1，则用平面控制点相应的实地距离D_1、D_2，按下式求出像片平均比例尺分母：

$$M=\frac{1}{2}\left(\frac{D_1}{d_1}+\frac{D_2}{d_2}\right)=\frac{1}{2}(M_1+M_2) \qquad \cdots\cdots(48)$$

若像片上未布设平面控制点，可采用视距法，如图2。在距像主点1 cm以内的明显地物点上设站，用视距法测量近似正交且尽量同高的四个明显地物点的实地距离D_1、D_2、D_3、D_4，在像片上量取相应线段d_1、d_2、d_3、d_4，按下式求出像片平均比例尺分母M：

$$M=\frac{1}{2}\left(\frac{D_1+D_3}{d_1+d_3}+\frac{D_2+D_4}{d_2+d_4}\right)=\frac{1}{2}(M_1+M_2) \qquad \cdots\cdots(49)$$

如果测绘面积偏于像片一角时，则可在此测绘面积中部求其平均比例尺。

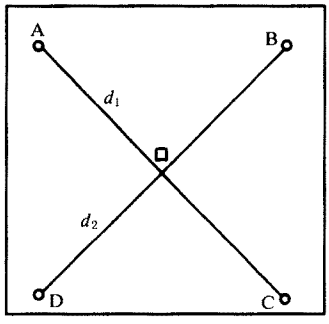


图1

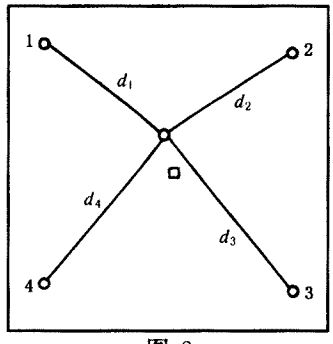


图2

两组比例尺分母M_1、M_2之差ΔM不应超过$M/100$。4个明显地物点至辐射中心的距离，在像片上应不小于2.5 cm(18 cm×18 cm像幅)或3.5 cm(23 cm×23 cm像幅)。如果是放大像片，则还应乘以放大系数，且4段距离应尽量相等。

b）在地形起伏较大地区

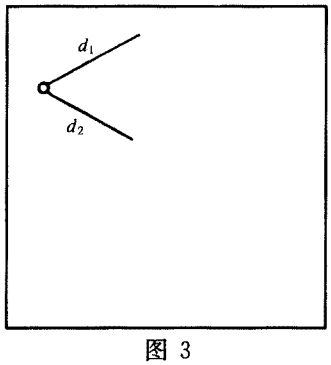


图3

当地形起伏较大时，则应逐站测定比例尺。如图3，以测站点P为中心，选择两个与测站大致同高，且方向线近似正交的明显地物点，用视距法测定测站至两明显地物点的距离D_1、D_2，线段长度在像片上不应短于2 cm，在像片上量取相应的线段d_1、d_2，按(49)式求测站比例尺分母M。

式中M_1与M_2的较差不大于$M/50$时，则取中数作为该测站测图的像片比例尺分母。当M_1与M_2

的较差大于上述规定时，应先检查计算和测量有无错误，如确认无错误，就是像片倾斜角过大的缘故。此时需全部按照判读地面目标进行测图，计算高差的距离一律用视距法测定。

当图幅已全野外布平面控制点，则在像片上选取4个控制点，使两对控制点连线尽量靠近像底点或像主点。根据像片上两对角线的距离与控制点的坐标计算绝对航高 H_0。两组绝对航高值的较差不超过平均航高的1/100时，取中数作为像片的绝对航高。测站的像片比例尺按下式计算：

$$\frac{1}{M}=\frac{f}{H_0-h_1} \qquad \cdots\cdots(50)$$

式中：H_0——绝对航高，m；

f——航摄仪焦距，mm；

h_1——测站点高程，m。

7.8.2.3 在地物点稀少地区，需用罗针标定像片方向时，先选明显地物点标定像片方向，两点间的距离在像片上应大于4 cm；两点连线距像主点的距离，平地一般不大于1 cm，起伏较大地区不大于 $f/40$（f 为航摄仪焦距）。像片标定方向后，在像片上绘出磁子午线，测图时根据此子午线定向，并在测站定向后，用附近明显地物点检查。

7.8.2.4 测站点的平面位置与高程的测定方法及有关规定，与像片图测图相同。当投影差超过图上0.5 mm时，需进行改正。

7.9 精密立体测图仪测图

7.9.1 模型比例尺的选择

7.9.1.1 模型比例尺按下式计算：

$$M_{模}=\frac{H}{Z} \qquad \cdots\cdots(51)$$

式中：H——相对航高，m；

Z——仪器上的相应航高，mm。

7.9.1.2 模型比例尺的选择必须满足以下三个条件：

a）所选择的模型比例尺应使模型内的最高点和最低点的投影距均在仪器 Z 行程的活动范围内；

b）所选择的模型比例尺与高程计数器所具备的高程比例尺相一致或相适应；

c）所选择的模型比例尺与测图比例尺的比例关系应为仪器具备的仪座比。

7.9.1.3 在选择模型比例尺时，先按第一个条件选择模型比例尺的范围，其计算公式为：

$$M_{最小}=\frac{H_{最大}}{Z_{最大}} \qquad \cdots\cdots(52)$$

$$M_{最大}=\frac{H_{最小}}{Z_{最小}} \qquad \cdots\cdots(53)$$

式中：$H_{最大}$——立体模型内最低点的相对航高，m；

$H_{最小}$——立体模型内最高点的相对航高，m；

$Z_{最大}$——全能仪 Z 的最大投影距，mm；

$Z_{最小}$——全能仪 Z 的最小投影距，mm。

7.9.2 装片

装片应通过放大镜使框标严密对准像片盘的相应标志，其对准误差不得大于0.05 mm。

7.9.3 安置焦距

按变形改正后的焦距 f_k'，在左右投影器上分别安置，安置值取至0.01 mm。f_k' 按下式计算

$$f_k'=\frac{1}{2}(f_x'+f_y') \qquad \cdots\cdots(54)$$

当采用分别安置焦距的仪器时，则不必按上式计算，直接分别安置即可。

7.9.4 安置概略基线

概略基线 b_x 可取用电算成果，也可按下式计算：

$$b_x = \frac{M_{像}}{M_{模}} \cdot b + M_{0bx} \qquad \cdots\cdots(55)$$

式中：b——像片基线，mm；

M_{0bx}——b_x 的零位置。

7.9.5 定向

7.9.5.1 电算加密提供了相对定向元素、绝对定向元素和空间基线。为加快定向速度，可应用此成果化算为适应测图仪坐标轴系及分划尺的安置值，并在安置基线与绝对倾角的基础上进行相对定向及绝对定向。

7.9.5.2 相对定向后主点不能有残差，其他各点的残余视差不应大于半个测标。残余视差配赋应合理。

7.9.5.3 绝对定向应符合下列要求：

a) 绝对定向的平面对点误差，平地、丘陵地一般不大于 0.4 mm，最大不得大于 0.5 mm；山地、高山地一般不大于 0.5 mm，最大不得大于 0.6 mm；

b) 高程定向误差，不得大于加密点的高程中误差；平地、丘陵地全野外布点时，高程误差不得大于 0.3 m；

c) 平面的对点误差经配赋后，应使 3、4、5、6 点(见 GB/T 13990—1992 的图 1)误差大致相等，而误差方向相反(3 和 6 相反，4 和 5 相反)；

d) 高程误差经配赋后，应使 3、4、5、6 点误差值大致相等，而 3 和 6 点、4 和 5 点的符号相同，但 3 和 4 点、6 和 5 点的符号相反。

7.9.6 地物地貌的测绘

7.9.6.1 遵循先测地物后测地貌的原则，根据外业调绘片，按居民地、道路、水系、各种附属建筑物、地貌、土壤、植被等分类，依上述次序测绘。在测绘地貌时，按冲沟、陡坎、绝壁、等高线的次序测定。在测绘等高线时，先从最高的山顶处起测，然后逐渐下降，最后测谷底。每个像对的测图范围，不得超过像片上定向点连线外 1 cm，离像片的边缘不得小于 1 cm。

地物与地貌元素应在仪器上直接判绘并参考调绘片根据立体模型仔细辨认和测绘，做到不错漏、不变形、不移位。

7.9.6.2 在测绘地物时，将 X、Y 手轮放入慢档，摇动 X、Y 手轮，使测标中心沿模型上的地物轮廓线移动，并随时转动脚盘，使测标始终与地物表面相切。在测绘依比例尺的地物符号时，可以按拐角打点。对不依比例尺符号，以其定位线或定位点确定。仪器上无法定性的地物，必须到实地补绘。

7.9.6.3 测绘等高线时，要用测标切准模型进行描绘，不得随手勾绘。对山顶、山脊线、沟谷线、鞍部、变坡点及山麓更应认真、准确地描绘，以防止地貌变形。在等倾斜地段，当计曲线间距小于 5 mm 时，可只测计曲线，在清绘时内插首曲线。地貌测绘应符合下列要求：

a) 有植被覆盖的地表，测标应尽量切准地面，当只能沿植被表面描绘时，如植被高度大于 1/2 等高距，应加植被高度改正，在树林密集隐蔽地区，应依野外高程点和立体模型进行测绘；

b) 高程注记点需选择在利于量测和便于地形图判读的位置，其测定的数量按 6.4.2.6 的要求执行。量测时应切读两次，取中数后注记于图上，读数较差一般不得大于 0.3 m。中数取值至 0.1 m；

d) 图上注记的比高大于 1 m 时，由内业测定。

7.9.6.4 像对和图幅接边应符合下列规定：

a) 像对与像对之间的接边，地物接边差最大不得大于地物点中误差的两倍。等高线接边差一般不得大于基本等高距，最大不得大于总则中表 3 规定的两倍。不超过上述限差时，可取平均数改正；超过上述限差，应查明原因；

b）图幅与图幅之间的接边，平面和高程的接边差应符合表 55 的规定（即不得大于 3.3.4.1、3.3.4.2规定的中误差的$\sqrt{2}$倍，最大不得大于 2 倍）。

表 55

地形类别	平面接边限差，mm		等高线接边限差，m	
	一 般	最 大	一 般	最 大
平 地	$0.6\times\sqrt{2}$	0.6×2	$\sqrt{2}\times H/3$	$2\times H/3$
丘陵地	$0.6\times\sqrt{2}$	0.6×2	$\sqrt{2}\times H/2$	$2\times H/2$
山 地	$0.8\times\sqrt{2}$	0.8×2	$\sqrt{2}\times 2H/3$	$2\times 2H/3$
高山地	$0.8\times\sqrt{2}$	0.8×2	$\sqrt{2}\times H$	$2\times H$
注：H 为等高距，m。				

7.9.6.5 在每个像对、每幅图测完后，都应认真进行自检、资料整理及接边，所要求的填写项目必须齐全。

7.10 解析测图仪测图

7.10.1 准备工作

7.10.1.1 解析测图仪主机、电子计算机和数控绘图桌等均应处在良好的作业状态下，方可进行作业。

7.10.1.2 资料准备：包括透明正片、控制像片、调绘片以及原始数据等。

7.10.1.3 装片：透明正片的 X 方向大致平行于仪器 X 方向。

7.10.1.4 输入参数，如仪器类型、作业员姓名、作业日期、像片号、基线、焦距、框标数据、定向点数据、模型号等软件所需要的各种参数。

7.10.2 定向和测图

7.10.2.1 内定向时测标严格对准框标，框标坐标测量误差不得大于 0.02 mm。

7.10.2.2 相对定向各点的残余上下视差不得大于 0.01 mm。

7.10.2.3 绝对定向平面坐标误差平地、丘陵地一般为 $0.000\ 2M_{图}$ m（$M_{图}$ 为图板比例尺分母），最大不得大于 $0.000\ 3M_{图}$ m；山地、高山地一般为 $0.000\ 3M_{图}$ m，最大不得大于 $0.000\ 4M_{图}$ m。高程定向误差平地、丘陵地全野外布点不得大于 0.2 m，其余不得超过加密点高程中误差的 0.75 倍。

7.10.2.4 根据像片测量坐标和控制点的地面坐标，确定像片的定向元素，实时地求得任一像片点的地面坐标，并建立起仪器上的测标点和计算机屏幕上的光标之间的对应关系，最后打印出定向精度报告。

7.10.2.5 联机测图时接边和结尾工作要求与精密立体测图仪测图相同。

7.10.2.6 脱机数据采集，按照 GB 14804 或 GB/T 15660 进行要素分类并赋与相应的代码。

7.10.2.7 数据采集时图幅间的接边应保证线状要素合理、完整、无缝地连接。

7.10.2.8 必须提供能通用的数据格式，以便于数据转换和使用。

7.11 机助立体坐标测量仪测图

7.11.1 准备工作应包括下列内容：

a）立体坐标测量仪、电子计算机和数控绘图桌等均应处于良好的作业状态下，方可进行作业；

b）资料准备：包括透明正片、控制像片、调绘像片及原始数据等；

c）输入参数，如像片号（模型号）、焦距、框标距、定向点数据、仪器类型、作业者姓名、作业日期等各种参数。

7.11.2 内定向应符合下列规定：

a）内定向可采用框标定向、辅助点定向方法；