中华人民共和国地质矿产行业标准

DZ/T 0153—95

物化探工程测量规范

1 主题内容与适用范围

1.1 主题内容

本标准规定了物化探工程测量基本要求、技术设计、控制测量、规则与非规则测网点布设、观测资料整理、质量检查与验收及技术总结报告之编写。

1.2 适用范围

本标准适用于我国地勘行业内开展大、中、小比例尺地面物化探工程测量工作。

2 名词术语

2.1 物化探工程测量

应用大地、航测与工程测量等方法，解决物探化探测量领域内的三维定位问题，统称为物化探工程测量，又称物化探测地。

2.2 规则测网

按照物化探工作比例尺所规定的测点点距、线距构成的矩形或方形测网称之为规则测网。

2.3 非规则测网

按照物化探工作比例尺所规定的测点密度，在一定范围内构成具有一定自由度的面积型测网称之为非规则测网。

2.4 航空象片定位测量

应用航空摄影象片上地物或地表特征点的影象，于实地辨认其位置，航测内业解求三维坐标的方法，称之为航空象片定位测量。

2.5 物化探 GPS 定位测量

GPS 是 Global Positioning System 的缩写，即全球定位系统。用其三维定位技术来确定物化探控制加密点或测点平面位置与高程的方法，称之为物化探 GPS 定位测量。

2.6 精测剖面

为了研究物化探异常进行定量推断解释或确定勘探工程位置时所布设的剖面，称之为精测剖面。

2.7 典型剖面

为了了解异常特征，以定性解释为主或作概略定量推断解释时所布设的剖面，称之为典型剖面。

3 基本要求

3.1 坐标与高程系统

3.1.1 坐标系统暂时采用 1954 年北京坐标系；高程基准采用 1985 年国家高程基准。

3.1.2 平面控制采用高斯正形投影，当物化探工作比例尺大于或等于 1∶10 000 时采用 3°带，小于 1∶10 000时采用 6°带计算平面坐标。

3.1.3 在国家控制点稀少地区大比例尺物化探工作中的小面积测区，当无条件进行连测时，允许采用其它平面和高程系统或假定坐标系统。假定坐标系统可以在已出版的地形图上量取概略坐标和高程值，

中华人民共和国地质矿产部 1995-09-14 批准　　1996-03-01 实施

作为工区起算点，并埋设固定标志，以便必要时与国家控制连测。

3.1.4 物化探GPS定位测量应将WGS-84坐标与椭球面大地高程转换成所需坐标与高程系统。

3.2 控制测量

3.2.1 物化探工程测量应以工区已有的等级控制点，5 s、10 s级小三角点(一、二级导线点)、水准点为基础，根据工区面积和工作比例尺，可以上述任一等级作为首级控制，采用经纬仪交会、电磁波测距(高程)导线、GPS定位测量等方法，进行物化探控制加密测量。

3.3 物化探测网(点)三维定位精度

3.3.1 物化探测点的点位、相邻点距及其高程精度要求见表1。表中各项精度均以中误差衡量，并以二倍中误差为限差。表1中未涉及的重力详查工作，可根据其总精度要求拟定相应的三维定位精度指标。当测网(点)三维定位精度指标高于或低于表1规定的指标时，应报主管部门批准后执行。

表1

物化探方法		点位中误差(图上mm)	相邻点距相对中误差(%)	高程中误差(m)	
				平原丘陵区	山区
磁法、激电(面积性)、自电、化探、放射性		1.25	12.5		
激电测深		1.25	5	相对高程中误差为图上1.0mm	
电剖面	ρ_s(定量)	1.0	2		
	ρ_s(定性)	1.0	4		
充电法		1.0	2		
电测深	点距≥250 m	1.0	0.5	目的层埋深的1%	
	点距≤250 m	1.0	0.5	目的层埋深小于50 m为0.5 m	
地震勘探	1∶25 000	0.8		1.4	
	1∶50 000	0.8		1.7	
	1∶100 000	0.8		2.0	
重力勘探	详查 1∶2 000	1.0	10.0		
	详查 1∶5 000	1.0			
	详查 1∶10 000	1.0			
	详查 1∶25 000	1.0			
	普查 1∶50 000	0.5或1.0		0.7	1.0
	区域调查 1∶100 000	1.0		1.0	1.5
	区域调查 1∶200 000	0.5		3.0	4.0
	区域调查 1∶500 000	0.5		3.0或7.0	4.0或9.0
	区域调查 1∶1 000 000	0.25		7.0	9.0
区域化探	1∶200 000	0.75			
精测剖面		0.6	12.5	相对高程中误差为图上0.6 mm	
典型剖面		1.0	12.5		

3.3.2 物化探测网(点)必须与物化探控制加密点进行连测，有条件而未按本规范要求连测，不能作为正式成果予以验收。需连测的物化探特殊点(如磁法总基点、重力基点等)，按各种物化探规范或技术规定的要求执行。

3.3.3 用于作业的各类仪器设备，应按规定的时间进行检验，其各项性能及精度指标必须满足要求。检验项目及要求见附录A及其他有关标准。检验记录应认真填写，并作为原始资料与测量成果一起上交。

3.4 物化探测网(点)的布设，可采用以下方法：

a. 全仪器法布设测网；

b. 航测法布设测网；

c. 地形图布设测网；

d. 航空象片定位测量；

e. 地形图定点；

f. 物化探GPS定位测量。

3.5 当用其他方法布设测网(点)时，须在设计中规定方法及技术要求，并应满足本标准表1中的各项精度指标。

3.6 测量工作开始前应进行测区踏勘，收集有关资料，编写技术设计书；工作进行中应加强内外业的质量检查；工作结束后应进行资料整理和成果报告编写，并对测量成果资料进行验收和评价。

4 技术设计

4.1 技术设计是物化探工程测量施工的依据，为保证测量工作符合技术标准，满足物化探工作需要，必须在施工前依据物化探工作要求，单独或作为物化探工作设计的章节编写测量技术工作设计，设计书未经批准不得施工。

4.2 技术设计的原则

4.2.1 技术设计方案要从工区实际情况出发，按先整体后局部的原则，选择最佳方案，并应积极采纳实用的新技术、新方法和新工艺。

4.2.2 广泛收集、认真分析和充分利用工区已有的测绘成果资料。

4.2.3 属于跨年度任务的大工区，应编写项目总体设计书，并按年度编写实施计划。

4.2.4 技术设计应严格遵守本标准或有关标准的技术规定。由于某种原因不能按标准实施时，应在设计中阐明原因，并作出新的规定，报上级主管部门审批后执行。

4.2.5 审批后的技术设计书，在实施时发现与实际情况不符时，应及时修改，并及时报原审批部门批准后执行。

4.3 编写技术设计书，内容要明确，文字要简练。对作业中容易混淆和忽视的有关规定，应重点叙述。对于采用的新技术、新方法和新工艺，要阐明其精度及可行性的依据。

4.4 技术设计前，应派富有工作经验的测量专业技术人员，充分收集与工区有关的测绘成图成果等资料，认真分析，确保资料齐全正确可靠，必要时应赴工区实地踏勘。需要收集的资料包含以下内容：

a. 各类控制点成果及其分布略图、施测时间、单位、精度及技术报告等。

b. 采用航测法布网或航空象片定位时，应收集航摄资料与航测成图成果。其中包括航空象片索引图、航摄成果鉴定表、象片控制点成果、解析空中三角成果、图历簿及工区航测成果与技术总结等。

c. 测区有关比例尺地形图。

4.5 工区踏勘

4.5.1 勘查工区山脉走向、水系、交通、地形坡度、比高、植被、气象等自然地理概况。并对一些严重影响测量工作开展的自然条件进行详细了解。

4.5.2 查找与本工区有关的控制点及水准点的位置，以及其标志标石保存情况。如工区已做过物化探工作，尚需查明有关的测网及异常固定标志保存情况。

4.5.3 会同物化探人员初步确定工区边界位置。根据收集的资料及踏勘具体情况，初步选定控制加密点及测网(点)布设方案。

4.6 技术设计内容

4.6.1 测量工作任务概述：说明任务来源、工区范围、地理位置、行政隶属、项目内容、工作比例尺、技术依据、预期主要精度指标、质量要求、任务量、完成期限。

4.6.2 工区自然地理概况：扼要说明地理地形特征、居民地、交通、植被、气象条件和作业困难类别。

4.6.3 已有资料分析利用和评价：详细说明工区已有首级控制点、地形图或航摄等测绘成果资料的作业单位、年代、坐标和高程系统、精度和标志保存情况，以及这些资料可被利用的价值。

4.6.4 设计方案

a. 物化探控制各级加密点布设方案包括：点号、位置、图形、点的密度、已知点的利用与连测方案、作业方法及技术要求等。

b. 测网(点)布设方案采用的方法及各类限差要求。

c. 室内作业方案：包括航测方法布设测网及解析空三加密重力点及地形改正点高程测量等方法技术要求；对外业成果的分析、评价、选用的计算公式、计算与检校的方法及精度要求等，以及对使用程序的要求，计算成果打印及各类资料的整理要求等。

d. 保证质量的主要措施与要求。

4.6.5 规定质量监控与成果资料检查验收程序，确定质量检查比例与数量。

a. 工作量统计：按设计方案，分别计算各工序的工作量。

b. 进度计划：根据工作量统计和计划投入的人员、仪器及设备，参照生产定额，分别制定跨年度或年度计划与各工序衔接计划。

c. 经费预算：根据计划工作量，参照有关生产成本定额及现行物化探标准，编制年度经费或总经费计划，并作必要的说明。

4.6.6 拟订提交成果资料的项目及内容。

5 控制加密测量

为控制物化探测网(点)取得其坐标与高程，须在首级控制点的基础上进行控制加密测量。根据物化探工作的需要，可在首级控制点上发展两级，即为物控一级及物控二级控制加密测量。

控制加密测量点可根据测区的面积、物化探工作比例尺、发展远景、地形条件等情况，因地制宜地选择快速经济有效的布设方案。若采用经纬仪量距或视差导线测量及等外水准测量等方法，可参照《地质矿产勘查测量规范》3.1～4.3 条内有关规定。

5.1 经纬仪交会法测量

5.1.1 经纬仪交会法测量包括前方、侧方、后方、双点、独立三角形与测边交会等形式。

a. 交会角一般应在 30°～150°之间，特殊情况不得小于 20°及大于 160°。

b. 前、侧方交会时应有三个已知点。后方交会应有四个已知点，交会角 α、β 与对角 c 之和不得在 170°～190°之间。双点交会，两待定点间的距离不应短于两已知点距离的 1/5，由两已知点所对待定点的夹角 ε 不应小于 10°，应尽可能地将两待定点间的方向与两已知点间的方向平行或垂直，并须在一个已知点上进行多余观测。独立三角形与测边交会应用两组坐标计算进行校核。

5.1.2 交会点的高程应以三个已知高程点单向三角高程测量方法测定，或两个已知高程点的一个双向和一个单向测定。

5.1.3 水平角、垂直角观测

水平角与垂直角通常在同一个测站上观测，应在呈像清晰、大气稳定的情况下进行。

5.1.3.1 水平角观测

a. 水平角观测一般采用方向观测法；观测方向多于三个方向时，采用全圆观测法。

b. 水平角观测的测回数及限差要求按表 2 和表 3 执行。

表 2

等　　级	测角中误差	测　　回　　数	
		J_2	J_6
物控一级	15″	1	2
物控二级	20″	1	1

表 3

要求 / 仪器类型 / 项目		J_2	J_6
光学测微器两重合读数之差		3″	
半测向回归零差		12″	24″
各测回同一方向较差		12″	24″
一测回内 2C 值互差		18″	
三角形闭合差	15″(物控一级)	45″	
	20″(物控二级)	60″	

5.1.3.2　垂直角观测

a.　垂直角观测采用中丝法观测。交会边可采用单向或双向观测。仪器高及觇标高均量记至厘米。

b.　垂直角观测测回数及限差按表 4 执行。

表 4

仪器 / 要求 / 垂直角中误差 / 项目	J_2		J_6	
	15″	20″	15″	20″
测回数	1	1	3	2
垂直角测回较差及指标差之差	15″	15″	30″	30″
观测结果取位	1″	1″	1″	1″

5.1.4　交会边长一般不应超过表 5 的规定。

表 5

边长 (km) / 比例尺 / 测角中误差	1∶1 000	1∶2 000	1∶5 000	1∶10 000	1∶25 000	1∶50 000
15″	0.3	0.7	1.7	3	8	16
20″	0.25	0.5	1.2	2.5	6	12

5.1.5　交会点分组计算，两组坐标之差应小于 $M/5\,000$，由坐标反算检查角与观测值之差 $\Delta\epsilon''$ 应满足(1)式要求。

$$\Delta\varepsilon'' \leqslant \frac{M}{7\,000} \cdot \frac{\rho''}{S} \qquad \cdots\cdots(1)$$

式中：M——比例尺分母；

S——检查方向边长，以 m 为单位。

5.1.6 交会点三角点高程测量各项有关要求按表 6 执行。

表 6

要求 / 测角中误差 / 项目	15″	20″
同一边对向观测高程较差	$0.2\ m \times S$	$0.3\ m \times S$
由各方向推算交会点高程较差	$0.2\ m\ \sqrt{S_1^2 + S_2^2}$	$0.3\ m\ \sqrt{S_1^2 + S_2^2}$

注：S 为边长公里数，小于 1 km 的边按 1 km 计算。m 为米。

5.2 电磁波测距(高程)导线测量

5.2.1 电磁波测距导线点可在首级点间布设成附合导线、结点或导线网。导线尽可能布成直伸状；导线相邻边长尽量接近。视线最好选在地面覆盖物相同的地段，且应离开地面或障碍物 1.0 m 以上。

5.2.2 电磁波测距平面导线测量主要技术要求按表 7 规定执行。

表 7

等级	附合导线长度 (km)	平均边长 (km)	每边测距相对中误差	测角中误差 (″)	方位角闭合差 (″)	全长相对闭合差
物控一级	8	0.8	1：30 000	15	$45\ \sqrt{n}$	1：8 000
物控二级	4	0.4	1：15 000	20	$60\ \sqrt{n}$	1：5 000

注：n 为转折角个数。

5.2.3 结点至已知点之间的路线长度，应不大于附合路线长度的 0.7 倍。结点与结点之间的路线长度允许为附合路线长度的 0.5 倍。

5.2.4 电磁波测距高程导线一般与其平面测距导线同时施测，也可以单独施测，以代替水准测量。

5.2.5 电磁波测距高程导线测量精度及规格应按表 8 规定执行。

表 8

等级	作业方法	平均边长 (km)	最大倾角 (°)	路线全长闭合差 (m)	垂直角测回数		测回间指标差之差(″)	
					J_2	J_6	J_2	J_6
物控一级	单觇	0.8	15	$0.2\ \sqrt{n}$	1	3	15	24
	复觇	1.6						
物控二级	单觇	0.4		$0.3\ \sqrt{n}$	1	2	15	30
	复觇	0.8						

注：n 为导线边数；往返高差允许为 $0.2\ S$(m)，S 为边长，单位为 km。

5.2.6 作业前应根据电磁波测距仪的实际情况及需要，按照有关规定对仪器及其主要附件进行检验。

5.2.7 电磁波测距(高程)导线的作业要求

a. 电磁波测距中误差应不大于 10 mm/1 km；

b. 测距工作要求在大气稳定和成象清晰的条件下进行；

c. 在测距过程中，如遇到大气湍流影响严重时，应停止观测；

d. 斜距测回数应不少于两测回，一测回至少两次读数，读数较差小于 1 cm 时，取其平均值；

e. 斜距单程测回较差一般不大于 15 mm；

f. 一般用三联脚架法施测；

g. 垂直角观测必须直返觇；

h. 测站对中误差不应大于 5 mm，仪器高和觇标高量至毫米。

5.3 物化探 GPS 定位测量

5.3.1 一般规定

5.3.1.1 物化探 GPS 定位测量是指在首级点的基础上，采用全球定位系统载波相位定位原理，以单频或双频 GPS 接收机进行控制加密测量。采用时间统一为协调世界时(UTC)，坐标系统为 WGS-84 坐标系及椭球面高程系，换算为 1954 北京坐标系与 1985 国家高程基准。基本技术要求应符合表 9 的规定。

表 9

项　　目	一　　级	二　　级
边长区间(km)	10～20	5～10
固定误差(mm)	≤10	≤10
比例误差(ppm)	≤30	≤50
几何图形强度(PDOP)	≤10	≤10
卫星高度角(°)	≥15	≥15
有效观测卫星总数	≥4	≥4
历元间隔(s)	15～60	15～60
时段长度(min)	40～60	20～40
时段中任一卫星有效观测时间(min)	>15	>15

注：表内为静态观测基本技术规定。

5.3.1.2 GPS 点布设，主要根据用途、测区地形与交通条件、预期精度要求、成果可靠程度及效率等综合考虑，一般可采用附合导线或支导线方式布点。

5.3.1.3 选布 GPS 点时，应充分了解与分析测区已有资料、地形、交通、供电、通讯、气象及首级点分布等情况，将点位选布在视野开阔的地方，周围障碍高度角不得大于 12°，距大功率电视台或微波站不小于 300 m，距高压线不小于 100 m，附近不应有强烈干扰卫星信号接收的物体，点位选定要注意交通方便，且有利于其他测量手段扩展及便于保存。点位选定后，用木桩标定。

5.3.1.4 作业前对 GPS 仪器按要求进行全面检验，合格后方可作业。

5.3.1.5 采用最新星历预报，周期为一个月，确定每天观测有效时段，编制 GPS 卫星可见性预报表及观测计划。

5.3.2 测站作业

5.3.2.1 设置天线

a. 在点位上利用三脚架安置天线，对中误差小于 5 mm，用水准器整平，定向标志向北，定向误差小于±5°。

b. 天线高由三个方向量测至毫米，较差小于 5 mm 时，取其平均值。

c. 雷雨季节设置天线注意防止雷击，雷雨过境前应卸下天线。

5.3.2.2 观测要求

a. 观测人员必须严格按观测计划进行，同步观测同组卫星。

b. 检查接收机与天线、电源连结，无误后方可开机作业。

c. 作业中及时逐项填写测量手簿。

d. 开机后观测员应随时察看测站信息（卫星个数、星号、各通道信噪比，PDOP 及其变化情况）。

e. 每个测站观测前后要量取天线高各一次。

f. 观测员要细心操作，静态观测时注意防止接收机震动，不得移动；不得碰动天线或阻挡信号。

5.3.3 数据处理

5.3.3.1 数据检核

a. 野外观测结束后应及时将数据传送至微机，观测任务结束时，及时进行数据质量分析。

b. 每个时段同步边观测数据检核，剔除质量不符合要求的数据，计算同步边各时段平差值误差与相对中误差。

c. 同一条边任何两个时段的成果之差应小于接收机标称精度的 $2\sqrt{2}$ 倍。

d. 独立观测边组成闭合环时，各坐标分量闭合差（W_x、W_y、W_z）应小于或等于用平均边长计算的各分量相应等级中误差 $3\sqrt{N}$ 倍（n 为闭合环的边数）。

e. 同步观测环需根据组成的边数计算环闭合差，检验是否超过相应等级规定精度指标的 3/5。

5.3.3.2 数据后处理

a. 对原始数据进行编辑、整理、分流并产生各种专用数据信息文件。

b. 相同等级点，必须采用相同的数据处理方法，根据实际需要进行平差处理。

c. 进行坐标转换，将 WGS-84 坐标与大地高程系转换成 1954 北京平面坐标与 1985 国家高程系统。固定站应有 WGS-84 坐标，其精度应优于 25 m。根据已知点精度及控制面积大小，分别可选用现行转换方法，如空间强制符合法、空间平差空间转换法、空间平差平面转换法、平面强制符合法及平面平差与平面转换法等。

d. 提供各测站大地坐标及有关精度信息。

e. 各级 GPS 观测值均应加入对流层改正。单频接收机的观测值一般还应加电离层改正。对流层、电离层改正模型，应根据测量精度，视处理软件情况确定。

5.3.3.3 平差计算完成后需输出打印以下信息：

a. 测区及各测站的基本信息。

b. 观测值的数量，数据剔除率，时段起止时刻和持续时间的统计信息。

c. 平面计算采用的坐标系统，基本常数，起算数据，观测值类型与数据处理方法。

d. 平差计算采取的先验约束条件及先验误差。

e. 平差结果。

f. 平差值的精度。

5.3.3.4 数据处理完成后，应及时编写数据处理及其结果分析报告。

5.4 象片控制测量

5.4.1 象片控制点布设

5.4.1.1 象片控制点分为平面点、平高点与高程点三种。

5.4.1.2 象片控制点布设主要依据物化探测量的要求、测区地形条件、航片比例尺及航内仪器设备等因素确定。一般分为全野外布点、航线网布点与区域网布点。

5.4.1.3 全野外布点

a. 当测区较小，航片数较少，航片比例尺小及测量精度要求较高时，须采用全野外布点。

b. 用视差测图仪布设测网时，需在每个象对内布设 4 个平高点与 2 个平高检查点，如图 1 所示。

c. 用全能或解析测图仪器作业时，需在每个象对内布设 4 个平高点，如图 2 所示。

d. 用纠正仪作业时，需在隔号航片的四个角处各布设一个平高点，如图 3 所示。

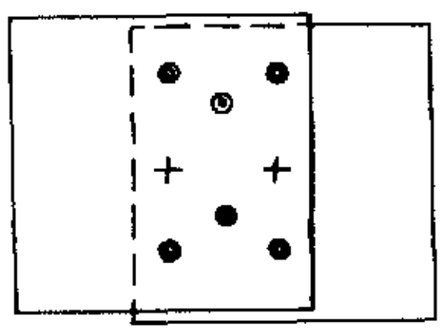


图 1

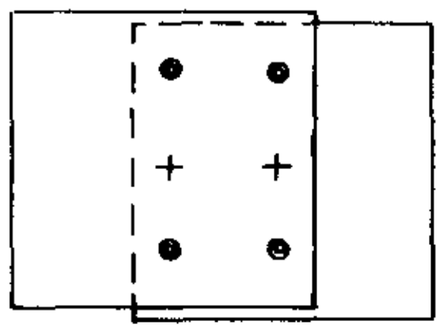


图 2

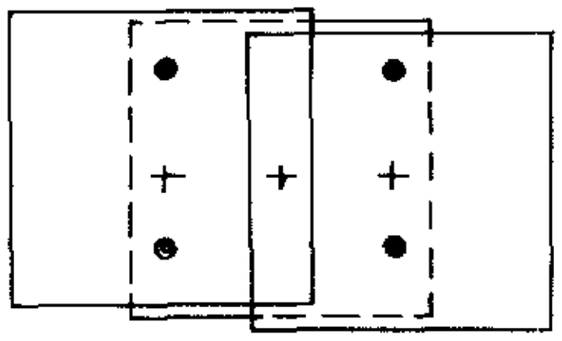


图 3

◎为平高点或平面点；　　⊙为平高检查点(以下各图同)。

5.4.1.4 航线网布点

a. 在航线首末和旁向重迭中线附近布设 6 个平高点，如图 4 所示。相邻控制点跨度不超过附录 C 的规定。如跨度小于规定的 2/3 时，每段航线网可只布设 5 个平高点，如图 5 所示。

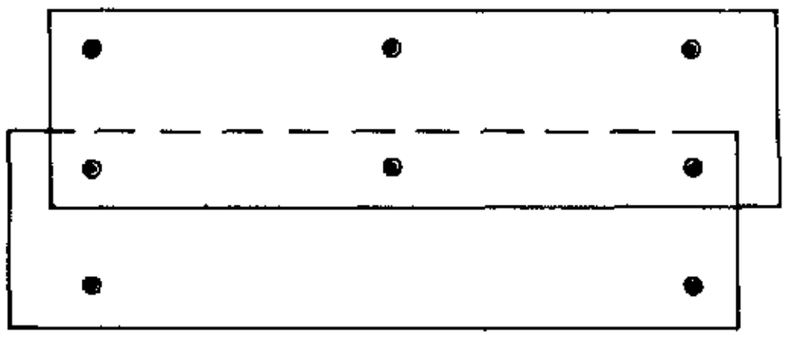


图 4

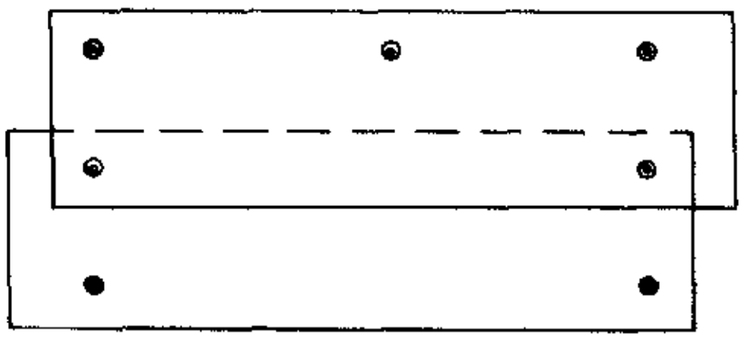


图 5

b. 航线首末一对点应在同一象对内，且与航线方向垂直，相互偏离不超过 1/2 基线；中间一对点应选在航线中间，左右偏离不超过一条基线，并避免同向偏离。

5.4.1.5 区域网布点

a. 平高或平面区域网布点，其控制点间的跨度不应超过附录 C 中的规定，航线数不应超过 6 条。对于 1∶50 000、1∶100 000 重力点定位和 1∶5 000～1∶25 000 重力中区地形改正点高程测量及其相同比例尺测网布设，一般以 4 个 1∶10 000 图幅组成一个区。对于 1∶200 000 重力点定位及其近中区地形改正点高程测量、1∶50 000 测网布设，一般以 2 个 1∶50 000 图幅组成一个区。

b. 平高点布设，一般沿周边布设 6～8 个平高点。在区域网两端和中间，对于平地丘陵地布设五列高程点，如图 6 所示；对于山区和高山区，布设三列高程点，如图 7 所示；区域网内两平高点之间的高程点，可以隔条航线布设。

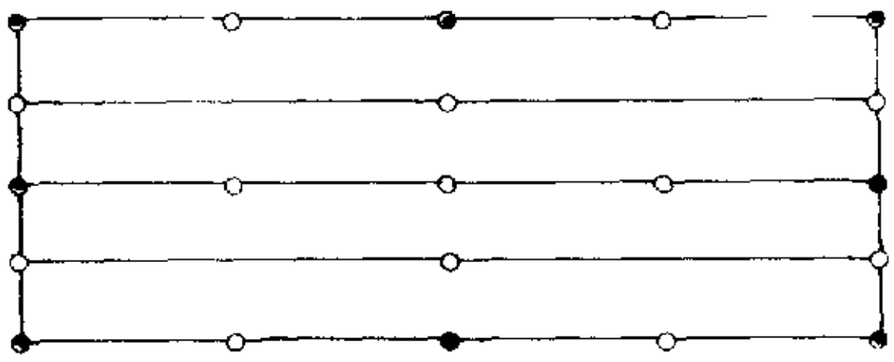


图 6

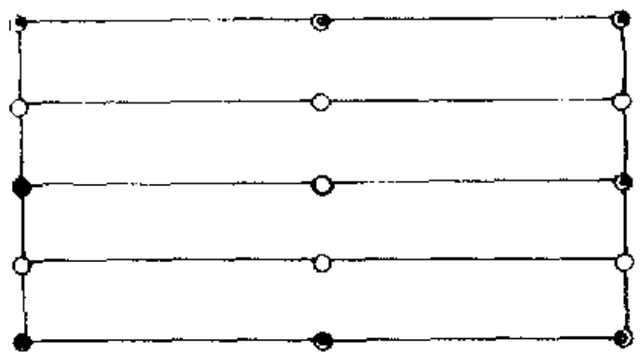


图 7

c. 不规则区域网布点，一般应在凸出处布设平高点，凹进处布设高程点，如图 8 所示。当凹角点与凹角点距离超过两条基线时，在凹角处也应布设平高点。

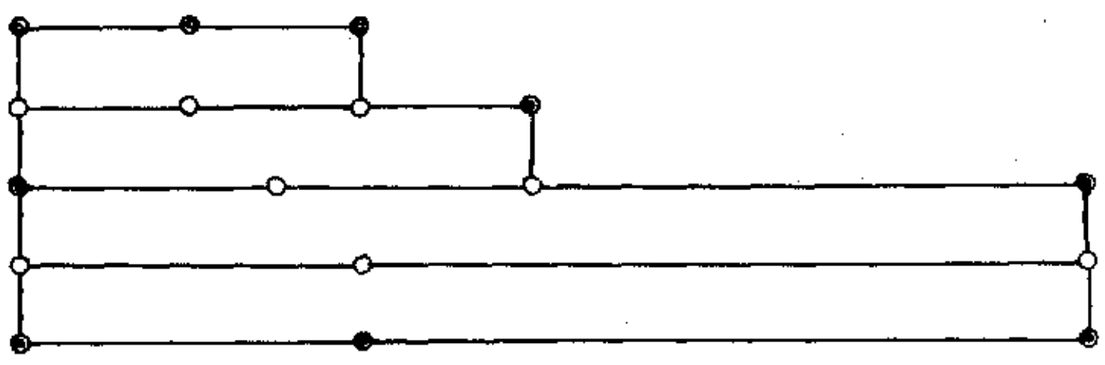


图 8

5.4.1.6 特殊情况布点

a. 航摄分区接合处，控制点选布应在航线重迭接合处，使邻区尽量公用。若不能满足要求，则应分别布点。

b. 当航向重迭小于 56%时，须分别布点。

c. 旁向重迭部分小于 15%时，须分别布点。若重迭部分大于 1 cm，影象清晰，且范围内无重要地物，可在重迭部分内加测 2～3 个高程点。

d. 象主点或标准点位落水，或被云影、阴影、雪影等覆盖，或无明显地物时，均视为点位落水。当落水范围的大小和位置尚不影响立体模型连接，可按正常航线布点。若象主点 2 cm 范围内选不出明显目标，或航向三片重迭范围内选不出连接点时，落水象对应全野外布点。定向点的标准点位落水，若在离开方位线 4 cm(23 cm×23cm 象幅)及 2.5cm(18cm×18cm 象幅)以外的航向三片重迭选不出连接点，应采用全野外布点。

e. 水滨和岛屿地区，一般按全野外布点，以最大限度控制测绘面积为原则，超出控制点连线 1 cm 突出部分应加测平高点，困难时可改为高程点。

5.4.2 象片控制点连测

5.4.2.1 象片控制点的判刺

a. 控制点应于实地认真判读，准确刺点。平高控制点的判刺点精度，不应大于航片上的 0.1 mm。

b. 控制点点位应选在影象清晰的明显地物上，如交角良好(30°～150°)的细小线状地物交点，明显地物折角顶点、影象小于 0.2 mm～0.3 mm 的点状地物中心等。弧形地物及阴影等均不宜选作点。平面控制点应选在刺点目标明显处，高程点应选在高程变化较小处，平高点要求两者均应满足。

c. 点位选刺在高于地面的地物如围墙、房角、堤坎边及土包上等，应量注比高(量至 0.1 m)。

d. 所有国家等级点、小三角点、导线点等均应刺出。若不能准确判刺时，以相应的虚线符号表示。

e. 判刺点应采取对判或由第二人检查。

5.4.2.2 象片控制点整饰见附录D。

5.4.2.3 象片控制点连测

在首级控制点(三角点、导线点)基础上,采用经纬仪测角交会、电磁波测距(高程)导线测量与GPS定位测量等方法进行连测。也可以采用引点法或极坐标法施测。一般允许发展两次(包括引点)。特殊困难地区可以发展三次。连测方法及技术要求按3.2条中有关经纬仪交会、电磁波测距(高程)导线测量、物化探GPS定位测量的规定执行。

6 测网(点)布设

6.1 一般规定

6.1.1 根据物化探工作任务及精度指标,确定测网密度、布设形式,使用仪器类型及方法技术。

6.1.2 物化探测网一般布设为规则网及非规则网两种形式。1∶1 000～1∶25 000比例尺测网应以规则网形式布设。1∶50 000比例尺测网应以规则网形式布设为主,亦可按非规则网形式布设。小于1∶50 000比例尺工作均按非规则网形式布设。

6.1.3 物化探测网的方位、点线距、点位活动半径、工作面积等应与物化探设计相一致。点线编号应由南向北、由西向东递增。

6.1.4 基线(或导线)点,用木桩标定并编号。测点可间隔数点固定一个木桩,或树立其他明显标志。

6.2 规则测网

6.2.1 仪器综合法

6.2.1.1 仪器综合法主要适用于1∶1 000～1∶50 000比例尺的重力、磁法、地震、放射性、电法、化探等详查的面积测网及剖面工作。

6.2.1.2 基线应附合物控(或连测级)点间,或沿基线方向布设导线点。基线或导线闭合差应予配赋。物化探测网的起始点和起始方位视测区地形条件以及物化探工作要求由以下方法确定:

a. 直接由测区中已有首级控制点或物控点引测;

b. 通过天文观测方法测定起始方位角,或用罗盘仪测定磁方位角;

c. 无定向导线方法;

d. 在大于工作比例尺地形图上量取坐标及方位。

6.2.1.3 测线的起测和闭合视具体情况分别采用下述方法:

a. 起闭于两相应基线点或转站点之间;

b. 起闭于控制导线点间;

c. 起闭上述点的两测线互相闭合;

d. 在上述点上,以极坐标法直接测定测点;

e. 在地形平坦地区,也可采用罗盘仪(或三杆)定向,测绳量距定点。

6.2.1.4 对地形条件困难,或面积较大的大比例尺测区,测线应采取平差措施,按实际点位成图。若采用单基线起测测线时,相邻测线间相互闭合,测线闭合差一般可不进行配赋。

6.2.1.5 基测线转站间的距离测定:用普通经纬仪测量时,应以直反觇观测取其平均值。以电磁波测距仪测量时,可单程一测回测定。由转站点上测量测点时,用经纬仪视距单向二次测定或电磁波测距仪一测回测定。

6.2.1.6 基线水平角按方向观测法一个测回测定,$2c$值互差不大于60″,方位角闭合差不得大于$2'\sqrt{n}$(n为测站数)。

测线水平角按方向观测法半测回测定。当基、测线按直线布设时,可使用"一次倒镜法",但须盘左盘右交替使用。

6.2.1.7 经纬仪视距布设测网基测线技术要求及限差。

a. 视距长度及视距精度，应符合表 10 的规定；

表 10

要求 / 项目 / 测网比例尺	最大视距长度(m)	直反觇较差
1∶1 000	170	1/250
1∶2 000	300	1/200
1∶5 000	400	1/150
1∶10 000	450	1/100

b. 长度及闭合差，应符合表 11 的规定。

表 11

点位中误差	图上 1.0 mm				图上 1.25 mm			
技术要求 / 项目 / 比例尺	基线		测线		基线		测线	
	最大长度(km)	闭合差(m)	最大长度(km)	闭合差(m)	最大长度(km)	闭合差(m)	最大长度(km)	闭合差(m)
1∶1 000	0.7	1.7	0.5	1.7	1.0	2.2	0.7	2.2
1∶2 000	1.2	3.5	1.0	3.5	1.6	4.3	2.1	4.3
1∶5 000	4.0	8.6	2.7	8.6	6.0	10.8	3.4	10.8
1∶10 000	8.0	17.3	4.8	17.3	11.5	21.6	6.1	21.6

6.2.1.8 使用电磁波测距方法布设较高精度的 1∶25 000～1∶50 000 比例尺重、磁、地震勘探测网时，起闭于两控制点或物控二级点；布设控制导线，由导线点上施测测线。控制导线及测线角度，坐标闭合差进行平差计算，技术要求应符合表 12 的规定。

表 12

限差 / 项目 / 类别	1∶25 000				1∶50 000			
	最大边长(km)	导线长度(km)	方位闭合差(′)	坐标闭合差(m)	最大边长(km)	导线长度(km)	方位闭合差(′)	坐标闭合差(m)
控制导线	2	22	$1\sqrt{n}$	11	3	42	$1\sqrt{n}$	22
测线(点)	3.5	38	$1.5\sqrt{n}$	26	4.5	68	$1.5\sqrt{n}$	52

6.2.1.9 当配合高精度重力测量，高程中误差要求在 0.1～0.5m 时，应按 5.2 条经纬仪交会法测量中有关高程测量方法及精度要求执行。当使用电磁波测距高程导线同时测定平面、高程时，有关平面观测技术要求按高程路线方法制定。高程中误差为 0.7～1.0m 时，可利用不小于 1∶14 000 航片布设测点，空三加密其平面和高程。

6.2.1.10 布设地震勘探测线或测网的基本要求为：

a. 根据勘探设计，实地布设地震测线方向及检波点(震源点)，并计算出平面坐标及高程。

b. 地震勘探测线应布成直线，如遇不可超越障碍物时，可折线绕过，但转折角不得超过 8°，平面

位置不得偏离 500 m。测线转折点必须设置炮点或检波点。

c. 如在规定的位置上不易设置爆炸点、检波点时，可将爆炸点、检波点沿测线方向±10 m 移动；爆炸点垂直测线方向±50 m 内移动；检波点垂直测线方向±20 m 内移动；移动的爆炸点、检波点应作记录并及时通知地震仪器站。

6.2.2 航测法布设测网

6.2.2.1 航测法布设测网，一般适用于 1∶10 000～1∶50 000 比例尺的磁法、化探、放射性等物化探平面测网布设。

6.2.2.2 根据作业方法及所使用的仪器，可采用以下方法：

a. 利用固定比例尺航空象片平面图布设物化探测网(纠正仪布设测网)主要适用于地形平坦，高差一般小于 50 m 的平地、丘陵地。

b. 视差测图仪布设测网适用于丘陵地、山地及部分高山地，以及地物多、居民点密集、通视条件差的地区。

6.2.2.3 使用航测法布设物化探测网时，应参照表 13 所列象片比例尺进行选择。

表 13

物化探测网工作比例尺	布 网 方 法	航 摄 比 例 尺	编制象片平面图比例尺
1∶10 000	象片平面图	1∶10 000～1∶250 000	1∶5 000～1∶10 000
	视差测图仪	1∶10 000～1∶150 000	
1∶25 000	象片平面图	1∶20 000～1∶40 000	1∶10 000～1∶25 000
	视差测图仪	1∶15 000～1∶35 000	
1∶50 000	象片平面图	1∶35 000～1∶50 000	1∶25 000
	视差测图仪		

6.2.2.4 在地形平坦的丘陵地带，若采用象片平面图布设 1∶50 000 比例尺物化探测网时，象片比例尺不应小于 1∶25 000，象片控制点须全野外布点(如用解析加密法，加密之纠正点平面精度应满足图上±0.5 mm)，编制象片平面图，比例尺不应小于 1∶5 000；10～20 m 点距可用测绳量距。

6.2.2.5 航内区域网法布点

a. 加密点选刺在每张象片上通过主点且垂直于方位线的直线与旁向重迭中线的交点 1 cm 范围内，离方位线不应小于 3.5 cm(18×18 cm 象幅)和 5 cm(23×23 cm 象幅)，距象片边缘不应小于 1 cm (18×18 cm 象幅)和 1.5 cm(23×23 cm 象幅)。

b. 纠正点应选刺在线状地物交叉点或地物拐角点上，影象要清晰，轮廓要明显，刺孔直径一般为 0.1mm，最大不超过 0.2 mm，检查误差在 0.1 mm 内。

c. 纠正仪作业，采用光学镶嵌方法可按 GB 7930—87《1∶500、1∶1 000、1∶2 000 比例尺地形图航空摄影测量内业规范》有关规定执行。

6.2.2.6 解析空三角加密一般要求

a. 测量精度，单人量测半测回较差 X 与 Y 小于 0.05 mm，P 与 Q 小于 0.03 mm。两人对测 X 与 Y 较差小于 0.06 mm，P 与 Q 小于 0.04 mm。采用联机立体坐标量测仪作业单人两次观测较差均不超过 0.01 mm。采用最后一次读数。

b. 加密点相对控制点平面、高程中误差，应符合表 14 规定。

表 14

平地、丘陵地(m)								山　　地(m)					
1∶5 000		1∶10 000		1∶25 000		1∶50 000		1∶10 000		1∶25 000		1∶10 000	
平面	高程	平面	高程	平面	高程	平面	高程	平面	高程	平面	高程	平面	高程
2.0	3.0	4.0	3.0	10.0	3.0	20.0	3.0	4.0	6.0	10.0	6.0	20.0	6.0

c. 相对定向、模型连接按 6.3.4.4b 的要求执行。

d. 大地定向后定向点残差、检查点不符值及公共点较差应符合表 15 规定。

表 15

要求 / 项目 / 测网比例尺	平地、丘陵地(m)						山　　地(m)					
	定向点		检查点		公共点		定向点		检查点		公共点	
	平面	高程	平面	高程	平面	高程	平面	高程	平面	高程	平面	高程
1∶5 000	1.5	2.2	2.5	3.8	5.0	7.5						
1∶10 000	3.0	2.2	5.0	3.8	10.0	7.5	3.0	4.5	5.0	7.5	10.0	15.0
1∶25 000	7.5	2.2	12.5	3.8	25.0	7.5	7.5	4.5	12.5	7.5	25.0	15.0
1∶50 000	15.0	2.2	25.0	3.8	50.0	7.5	15.0	4.5	25.0	7.5	50.0	15.0

e. 视差测图仪布设测网除计算、打印、电算加密点平面坐标和高程外，还需计算打印定向元素 f、H_0、B、b_0、β、θ、X_n、Y_n 等。

6.2.2.7　在象片平面图上布设测网

a. 象片平面图的拼接：按工区分幅，以纠正点、象控点、明显地物(地貌)点为依据划界剪接，根据纠正点、象控点逐片拼接或经光学镶嵌成象片平面图。纠正点对中误差不超过 0.5 mm。剪贴拼接和光学镶嵌的方法技术要求可按 GB 7930—87《1∶500、1∶1 000、1∶2 000 比例尺地形图航空摄影测量内业规范》及 GBCH Ⅲ-201 81《1∶5 000、1∶10 000 比例尺地形图航空摄影测量内业规范》有关规定执行。

b. 在象片平面图上展绘测网点：将已在聚脂薄膜上展绘好的理论测网点套合于象片平面图上(亦可在片平面图上展绘测网)，注记点、线号并加以整饰。对照有关地形图注记村镇、地物名称，以利于定点时参考。

6.2.2.8　视差测图仪布设测网

a. 在聚脂薄膜图上展绘物化探测网及象控点、加密点，展点误差小于 0.2 mm。根据象对数制作象对接合图，并注记点线号。

b. 根据电算成果及各点高程编算仪器作业手簿(如电算已有 Δp 值，则不做此项工作)。完成平面、高程定向后即可进行测网转刺。对点误差应小于 0.1 mm。每一象对检查误差应小于 0.2 mm；全区检查点点位中误差应小于 0.2 mm。

c. 根据外业定点数量的需要复制已转刺好测网的象片。转刺工作须在立体坐标量测仪或视差测图仪上进行。

d. 外业定点：由于测点不一定有明显地物可供判读，必须要对象片上影象的形状大小、色调、阴影、相关位置等特征认真掌握，正确判读。

6.2.3 地形图敷设测网

6.2.3.1 用于敷设物化探测网的地形图应是国家正式出版图。其用图比例尺必须大于物化探工作比例尺。平地、丘陵地的 1∶10 000 工作比例尺物化探测网可用同比例尺地形图。

6.2.3.2 地形图敷设测网步骤

a. 根据物化探设计提供的面积和起点坐标、测线方位、测网密度等计算测区边界坐标，并展绘到地形图上。

b. 在边界点之间(大工区可根据图幅计算边界点)，按点、线距进行准确计算，注明点、线号。

c. 根据地形、地物等特征点进行实地布点(布点必须由另一人检查)。打桩注记点、线号。无特征点可判时，则借助于半仪器法或经纬仪交会法及极坐标法进行实地布点。

d. 需图解坐标或高程的点，应由二人独立进行。二人图解坐标误差应小于 0.5 mm，高程误差应小于 1/3 基本等高距。

6.2.3.3 大面积草原、戈壁、沙漠等无明显地物地带，不宜使用地形图布设测网。

6.2.3.4 利用地形图布设测网，需进行测点质量检查。点位误差应满足同比例尺物化探测点定位精度要求。检查方法如下：

a. 利用图幅内已知点作为起闭点，按导线或极坐标法对测点进行连测检查。

b. 无已知点时，可选择明显地物点作为测站点和方向点，按极坐标法对测点进行检查。

6.3 非规则网

6.3.1 非规则测网主要适用于区域重力调查，其测点密度，精度要求应符合表 16 的规定。

表 16

要求 / 项目 / 比例尺	测点密度 km^2/点	剖面点距 (km)	平面精度 (m)	高程(m)	
				平　丘	山　区
1∶100 000	1～2	0.5～1.0	±100	±1.0	±1.5
1∶200 000	4～8	1.0～2.0	±100	±3.0	±4.0
1∶500 000	20～40	2.0～5.0	±250	±7.0	±9.0
1∶1 000 000	80～160	5.0～1.00	±250	±7.0	±9.0

其他物化探方法，可视各方法对测点精度要求在技术设计中另行规定。

6.3.2 非规则测网编号一般采用四位数，前两位为横坐标公里数的末两位，后两位为纵坐标公里数的末两位。当采用坐标编号不方便时，也可以采用自然顺序编号。

6.3.3 电磁波测距极坐标定位测量，一般适用于工作比例尺大于 1∶100 000 的测点的施测。作业中应遵循以下几点：

a. 测区内首级控制点均可作为测站点，当首级控制点不足时，可在三角点间布设一、二级电磁波测距(高程)导线，导线精度按 5.2 规定执行。

b. 测点距测站的边长一般不应超过 3.5 km。当高程精度要求较高时，边长应控制在 2.5 km 以内。

c. 测点间的距离测量应不少于半测回(即两次读数)，水平角观测一测回，垂直角中丝法观测一测回。

d. 仪器高、觇标高均应量至毫米。

6.3.4 航空象片定位测量

6.3.4.1 航空象片定位测量，一般适用于 1∶50 000～1∶200 000 比例尺重力测点布设。

6.3.4.2 参照表 17 收集相应比例尺的航摄资料与地形图，复制航空象片及透明正片。

表 17

工作比例尺	航摄比例尺	地形图比例尺
1∶50 000	1∶50 000～1∶15 000	1∶50 000
1∶100 000	1∶8 000～1∶35 000	1∶50 000
1∶200 000	1∶30 000～1∶60 000	1∶50 000～1∶100 000

6.3.4.3 外业定点

a. 航空象片判刺法

采用航空象片判刺法确定测点点位时，应首先在地形图上概略圈定测点位置，然后在实地持象片选定测点点位，通过立体观察判读象片，刺出点位。判刺作业应由一人进行，另一人检查，确认无误后，参照附录 D 中的格式进行编号与整饰。

b. 航空象片判定法

采用航空象片判定法确定测点点位时，首先通过室内立体观察象片，选定测点点位，并刺点整饰，然后持象片于实地判读定位。室内解析空三加密作业可超前或同步进行。当野外因地物变迁无法判定测点时，可另行选刺，同时应将所改点位通知内业进行补测。

6.3.4.4 解析空中三角测量

a. 在作业透明正片上转刺测点，应准确无误，其刺点误差不应大于象片上 0.1 mm。

b. 模型相对定向精度及模型连接限差按表 18 规定执行。

表 18

限差 项目 / 象幅	相对定向 (mm)		模型连接 (mm)	
	标准点 ΔQ	检查点 ΔQ	平面较差 ΔS_s	高程较差 ΔZ
18×18	0.02	0.04	0.12	$0.07\frac{M}{b}f$
23×23	0.02	0.03		

注：M 为航片比例尺分母；f 为航摄焦距；b 为象片基线。

c. 模型大地定向后，定向点残差，检查点不符值及公共点较差不得超过表 19 规定。

表 19

地形条件	工作比例尺		定向点 (m)	检查点 (m)	公共点 (m)
平原丘陵区	平面	1∶50 000	1.5	2.5	4.5
		1∶100 000	2.6	4.4	8.8
		1∶200 000	13.1	21.9	43.8
	高程	1∶50 000	0.6	0.9	1.8
		1∶100 000	0.8	1.3	2.6
		1∶200 000	2.3	3.8	7.5

续表 19

地形条件	工作比例尺		定向点 (m)	检查点 (m)	公共点 (m)
山区	平面	1∶50 000	2.0	4.0	6.0
		1∶100 000	3.8	6.2	12.5
		1∶200 000	18.8	31.2	62.5
	高程	1∶50 000	0.8	1.8	2.5
		1∶100 000	1.2	1.9	3.8
		1∶200 000	3.0	5.0	10.0

d. 测点加密计算的坐标值应展绘在相应比例尺的地形图上，读取测点图上高程与之比较，以检查加密点的粗差。

6.3.5 地形图定点

6.3.5.1 用作判定测点平面位置及在图上直接读取高程的地形图，其比例尺应符合表 20 的规定。

6.3.5.2 测点点位应尽量选取图上高程注记点或明显地物点，以便于量取平面坐标与读取图面高程。若测点选在非明显地段时，可用图解法交会确定点位、内插等高线读取高程。

6.3.5.3 当采用气压高程测量方法配合地形图定点测定测点高程时，应在技术设计中予以规定。一般情况下，气压高程测量方法适用于平坦丘陵开阔地区，且比例尺小于 1∶200 000 的重力测量及其他物化探相应比例尺方法作业。

表 20

地形图比例尺 / 项目 / 工作比例尺	平面定位	直读高程
1∶50 000	1∶10 000	1∶5 000
1∶100 000	1∶50 000	1∶10 000
1∶200 000	1∶50 000	1∶50 000
1∶500 000	1∶100 000	1∶50 000
1∶1 000 000	1∶100 000	1∶50 000

6.3.6 GPS 定点

6.3.6.1 采用 GPS 定位测量方法测定物化探测点两维或三维坐标，主要适用于滩涂、戈壁、沙漠、草原、高山等特殊困难地区开展小于 1∶50 000 工作比例尺物化探测点定位。对于只要求两维定位物化探工作，在无 SA 政策影响下可采用导航型 GPS 仪器进行单点定位；如有 SA 政策影响时可采用差分 GPS 定位事后改正方法。对于要求三维定位的物化探工作，须采用测地型 GPS 仪器(单频或双频)，以静态载波相位测量方法进行作业。在地形平坦、交通方便、沿线周围障碍物高度不易遮挡 GPS 卫星信号的地区，点距小于或等于 500 m 的物化探测点三维定位，亦可采用动态载波相位测量方法进行作业。

6.3.6.2 静态定位(载波相位)测量，每个测点有效观测时间为 5～10 min；固定站(已知点)距流动站(待测点)最远边长，单频机不得超过 100 km，双频机不得超过 200 km。其作业方法技术及要求，均按 5.3节中有关规定执行。

6.3.6.3 动态定位测量

a. 动态定位作业前的初始化，需采用天线交换法、已知基线法及静态定位法中的某一方法确定其整周模糊度。天线交换法：其固定站天线与流动站天线须相距 5～10 m，同时采集至少 4 个历元观测值之后进行交换，在交换过程中必须保持跟踪 4 颗卫星；已知基线法：基线长度不宜超过 10 km，且基线三个分量的精度应在 5 cm 之内。静态观测时段约为 1 小时，且一个测站为已知点。静态定位法：根据基线长短不同，观测时间为 30～60 min，为能有最佳机会解算出整周模糊度的整周数值，基线长度一般在 10～15km 范围之内。

b. 在制定观测计划时，星历预报必须采用周期为一个月以内的星历数据。

c. 在已知点或参考点上的接收机必须连续观测；待测点上的接收机必须采集 4 个历元以上的载波相位观测值。在迁站过程中，卫星必须连续跟踪即不能失锁，否则须应返回前一测点重新观测。

d. 动态定位作业结束后，将数据传送到配套微机，形成星历、信息与数据三种文件，应用配套软件以自动方式和手工方式处理数据，并根据预先测定的坐标转换参数，将 WGS-84 坐标及椭球面高程转换成 1954 北京坐标系与 1985 国家高程基准，并作出精度统计与评价。

6.4 剖面测量

6.4.1 典型剖面测量

为了了解异常特性，以定性解释为主或作概略定量推断解释时可布设典型剖面。

a. 典型剖面上各物化探观测点的平面点位中误差，相对于最近首级控制点为测图比例尺图上 1.0 mm。相对高程中误差为剖面工作比例尺图上 0.6 mm。

b. 典型剖面一般采用电磁波测距导线或经纬仪视距导线等方法施测。但对要求较高，地势又较平坦的特殊剖面，其高程可用等外水准施测。当已有地形图比例尺大于或等于所作剖面图的横比例尺时，可用图解法在地形图上横切剖面。当地形剖面的精度要求不高时，还可采用小于剖面图横比例尺的地形图绘制地形剖面图。

c. 用电磁波测距高程导线与经纬仪视距导线法施测时，路线长度、最大视距长度、距离直反觇较差、最大长度闭合差等与相同比例尺的测线测量的要求相同。

d. 典型剖面可起闭于首级控制点、物控点或导线点上，也可以起闭于物探基线点上。

e. 剖面高程一般均不闭合，此时应利用直反觇高差的较差计算测站最弱点相对高程中误差（计算时应加入垂直度偏心差之改正），其值不得大于剖面工作比例尺图上 0.424mm。

f. 各种剖面观测，测站间直反觇高差不符值应符合表 21 要求。

表 21

视距每百米高差不符值cm　视距直反觇较差　地面倾角	$\frac{1}{250}$	$\frac{1}{200}$	$\frac{1}{150}$	$\frac{1}{100}$
4°	6	6	8	11
8°	9	11	14	20
12°	12	15	20	29
16°	15	19	25	38
20°	18	23	30	46
25°	22	27	36	54
30°以上	25	30	40	60

当距离小于 100 m 时，按 100 m 要求。

当剖面较长或垂直角较大时，按表 21 的要求达不到最弱点相对高程中误差 0.424 mm（图上）的总

要求时，应提高测角、测距精度，在设计时另行制定高差不符值的限值。

6.4.2 精制剖面测量

为了详细研究已发现的物化探异常，进行定量推断解释或确定勘探工程位置时布设精测剖面。

a. 精测剖面上各物化探观测点的平面点位中误差，相对于最近首级控制点为剖面工作比例尺图上 0.6 mm。相对高程中误差为剖面工作比例尺图上 0.6 mm。

b. 精测剖面一般都采用电磁波测距(高程)或经纬仪视距(高程)导线施测，当精度要求较高、地形条件又允许时，剖面点高程可采用等外水准施测。

c. 用视距导线法施测时其路线长度、最大视距长度、距离直反觇较差、最大长度闭合差等应与相同比例尺的基线测量的要求相同。

d. 高程测量的精度及方法与典型剖面测量的要求相同。

6.4.3 进行剖面测量时除测定各剖面点的高程外，尚应加测剖面点间的地形突变点。

6.4.4 剖面可采用绝对高程或假定高程。当采用绝对高程时，应以三角高程或视距高程导线进行连测。当采用假定高程时，其起测点的概略高程，可以从地形图上量取或假设，组成面积性剖面网时网中的高程系统应统一。

6.5 固定标志埋设

为了固定测网和异常位置，便于恢复、寻找异常及进一步布置地质探矿工程和物化探工作，每个工区均应埋设固定标志，其规格可参照附录 G 中有关规定执行。有条件的地区也可利用天然岩石作为固定标志。

6.5.1 当物化探测网与控制点进行了必要的连测，固定标志可不再埋设。当测区内埋设标志的控制点较少时，应在基线上增埋一定数量的固定标志。

6.5.2 独立工区物化探测网的基线及有重要意义的精测剖面的端点，均应埋设固定标志。

对面积较大的地区，测网基线上固定标志的埋设应分布均匀，其间隔最大不应超过规定的基线最大闭合长度；面积较小时，测网只在基线端点上埋设。需要埋设固定标志的物化探特殊点(如重力基点等)按各种物化探方法规范或规定的要求执行。

6.5.3 在居民地较多的地区，重要的固定标志应绘制点之记(参照附录 G)。根据国务院的规定，通知当地有关行政机关办理托管手续。固定标志托管书采用全国统一格式。

7 观测资料整理

7.1 记录

7.1.1 一切原始观测值和记事项目，必须在现场用铅笔或钢笔记录在规定格式的外业手簿中。字迹要清楚、正确、整齐、美观。不得涂改、转抄，不同测区、不同方法、不同内容的观测资料不得混记在同一记录本上，不同日期不得记在同一页上。外业手簿应进行编号，不得撕毁。

7.1.2 记录本内页中应将当天工作开始页和结束页的项目填写齐全。

7.1.3 外业手簿中记录和计算的修改及观测值的淘汰，不得涂改及刮补，应用横线整齐划去，把正确数据记在被划去的数据上方。凡划去的数字和超限划去的成果应在备注栏内说明原因和重测成果所在页数。同一测站不能同时划改两个相关数据。

7.1.4 水平方向观测，秒值读记错误应重新观测，度、分，读记错误可现场改正，但同一方向盘左、盘右不得同时更改相关数字，垂直角观测中分值在各测回中不得连环更改。

距离测量和高程测量中，厘米及以下的数值不得更改，同一距离，同一高差的往返测或两次测量的相关数字不得连环更改。

7.1.5 各方法的线路闭合差应在该线末端所在页次绘出线路闭合示意图，注明方位、距离和闭合差。

7.1.6 采用电子手簿记录时，打印输出的主要项目应与手记相同，各项限差打印后应附在专用记录本内。

7.1.7 物化探GPS定位测量记录

a. 测量手簿记录必须在现场按作业顺序完成，不允许事后补记或追记。

b. 数据文件应及时拷贝成一式两份分别保存在专人保管的防水、防静电的资料箱内。

c. 数据软盘应贴制标签，注明文件名、网区名、点名、时段号、采集日期、测量手簿编号。

7.2 内业计算

7.2.1 一般规定

7.2.1.1 计算前应对起算数据、野外观测记录仔细抄录与校对，进行100%的检查。当野外工作方法技术要求及限差符合设计规定，确认无误后方可进行计算。

7.2.1.2 物化探控制加密与连测由一人计算，另一人检查，全部计算应在专门计算表格或计算用纸上进行。采用电子计算器与微机平差计算时，对数据的输入应进行仔细校对，打印成果亦应进行校验。

7.2.1.3 计算中数值的凑整，按四舍六进，遇五单进双舍的原则。若采用电算工具可按四舍五入原则计算。

7.2.1.4 野外观测内业计算取位见表22与表23。

表 22

位数 / 类别 / 工作方法	观测值		计算取位 (″)	坐标计算 (m)	最后坐标 (m)	坐标方位角 (″)
	距离 (m)	水平角 (″)				
物化探控制加密	0.01	1	1	0.01	0.01	1或0.01′
连测点	0.1	1或1′	1或1′	0.01	0.1	1或0.1′
物化探基测线、剖面	0.1	0.1′	0.1	0.1	0.1′	

表 23

位数 / 类别 / 工作方法	观测值	高程计算 (m)	最后高程 (m)
水准或电磁波	0.001 m	0.001	0.01
三角高程	垂直角1″或0.1′	0.01	0.01
地形剖面	垂直角1″或0.1′	0.01	0.1

7.2.1.5 控制加密点应在高斯平面上采用简易平差法进行计算，当三角形边长或导线边长大于4 km时应进行曲率改正。

7.2.1.6 对微机平差计算所使用的程序、采用的数学模型、计算精度、必须输出项目等进行审定，充分考核，并经主管部门鉴定。

7.2.1.7 用计算器(包括带程序的计算器)计算的资料，必须按表格填写观测数据、起算数据及计算结果，计算结果必须校核。

7.2.2 计算

7.2.2.1 物化探控制加密测量中经纬仪交会点、电磁波测距(高程)导线点测量应按有关公式，分别进行平面坐标与高程计算。GPS定位点应按GPS接收机相应配套的软件进行三维坐标计算。其中电磁波测距导线交接成网时，平差计算应根据布设图形采用多边形平差、结点平差或等权代替法平差。角度闭合差按全部观测角平均值反符号配赋于各角内；坐标闭合差按边长成正比反符号配赋于各增量中；三角

高程测量及电磁波测距高程导线测量的高程闭合差符合要求时，应将闭合差按边长或测站数成正比反符号配赋于各点中。当高程路线布设成网或结点时，应进行平差计算。

7.2.2.2 物化探测网基、测线和剖面计算

a. 测网的基线平差按 7.2.2.1 条执行，也可用图解法。

b. 当工区处在 6°投影带边缘或高原区，基线较长时，应考虑在闭合差中加入基线长度化归到高斯平面或椭圆体面上的改正数(须仍用原闭合差配赋)。

c. 测线与典型剖面一般不进行平差，且按设计位置展绘于图上。当采用平差方案或因特殊困难地形需要变更点位时，应提交平差后的全部测点成果或点位变更后的成果，以便按实际点位绘图。当测线闭合差小于最大允许闭合差 1/4 时，可不进行平差。

d. 精测剖面闭合差按照 7.2.2.1 中有关原则进行平差。

7.2.3 精度评定

7.2.3.1 全部计算工作结束后应编制成果表，并进行精度评定，评定结果应符合本标准精度要求。

7.2.3.2 交会点点位中误差满足 5.1.5 条要求时，取两组坐标平均值，并按以下相应公式分别进行计算。

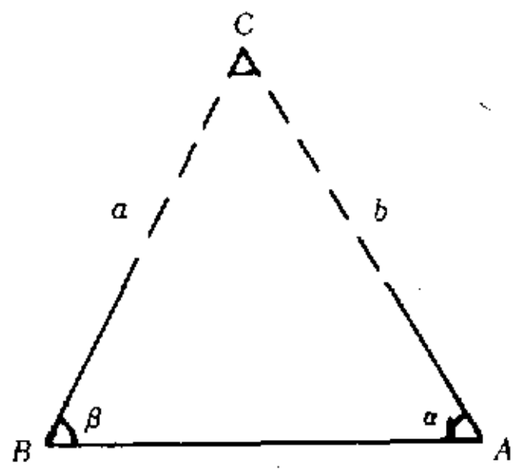


图 9-1

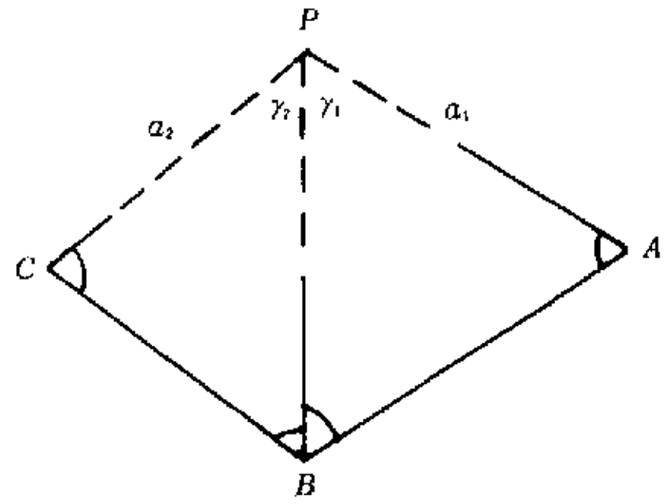


图 9-2

a. 前方交会点

$$m = \frac{m_\beta''}{206\sin\gamma}\sqrt{a^2+b^2} \qquad \cdots\cdots(2)$$

或

$$m = \frac{m_\beta'' \cdot C}{206\sin^2\gamma}\sqrt{\sin^2\alpha+\sin^2\beta} \qquad \cdots\cdots(3)$$

式中：α、β 为观测角。

$$m = \frac{m_\beta''}{413}\sqrt{\frac{a_1^2+b^2}{\sin^2\gamma_1}+\frac{a_2^2+b^2}{\sin^2\gamma_2}} \qquad \cdots\cdots(4)$$

A、B、C 为已知点，γ_1 为∠APB，γ_2 为∠BPC

b. 侧方交会点

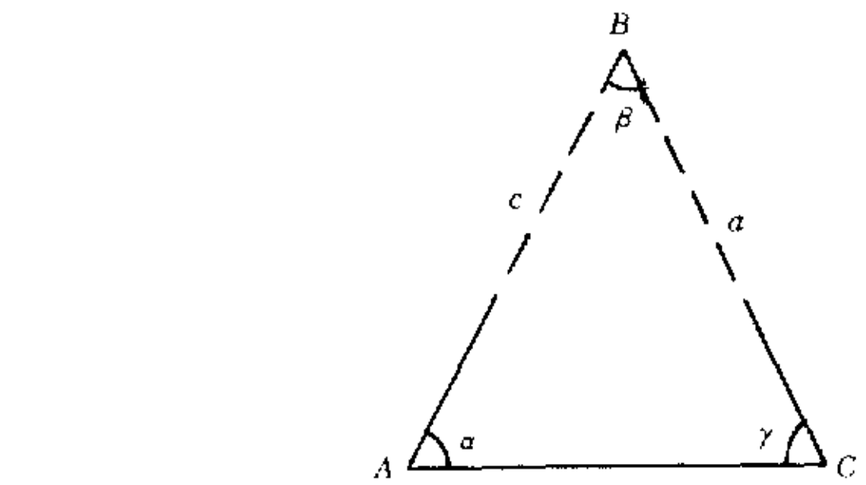


图 10-1

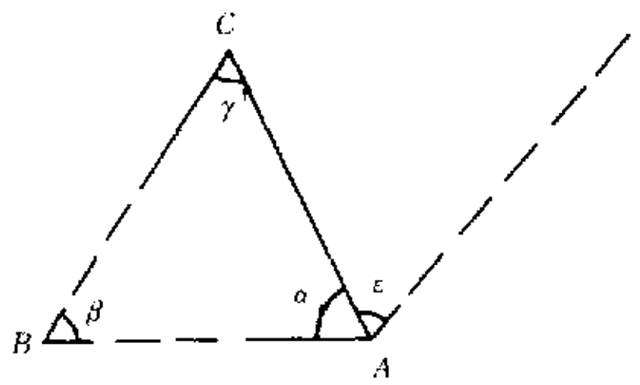


图 10-2

$$m = \frac{m_\beta''}{206\sin\gamma}\sqrt{a^2 + c^2} \qquad \cdots\cdots(5)$$

或

$$m = \frac{m_\beta'' \cdot C}{206\sin^2\gamma}\sqrt{\sin^2\alpha + \sin^2\gamma} \qquad \cdots\cdots(6)$$

式中：α、γ 为观测角。

$$m = \frac{m_\beta''}{206\sin\gamma}\sqrt{a^2 + \frac{1}{2}C^2} \qquad \cdots\cdots(7)$$

$$m = \frac{m_\beta'' \cdot C}{206\sin^2\gamma}\sqrt{\sin^2\alpha + \frac{1}{2}\sin^2\gamma} \qquad \cdots\cdots(8)$$

式中：α、γ、ε 为观测角。

c. 后方交会点

$$m = \frac{m_\beta''}{206} \cdot \frac{b}{\sin(\gamma + b)}\sqrt{\left(\frac{a_1}{s_1}\right)^2 + \left(\frac{a_2}{s_2}\right)^2} \qquad \cdots\cdots(9)$$

α、β 为观测角。

d. 独立三角形

$$m = \frac{m_\beta''}{356\sin\gamma}\sqrt{a^2 + b^2 + c^2} \qquad \cdots\cdots(10)$$

$$m = \frac{m_\beta'' \cdot C}{356\sin^2\gamma}\sqrt{\sin^2\alpha + \sin^2\beta + \sin^2\gamma} \qquad \cdots\cdots(11)$$

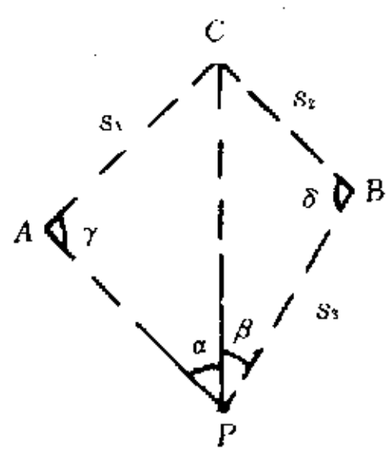


图 11

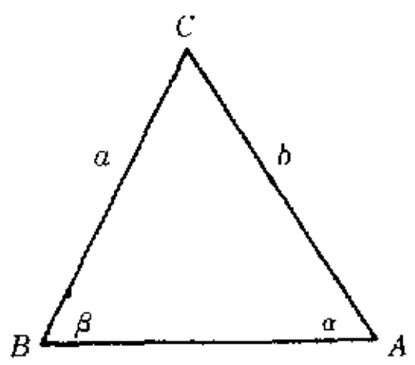


图 12

α、β、γ 为观测角。

7.2.3.3 电磁波测距(直伸)导线最弱点点位中误差。

$$m_p = \frac{1}{2.5}\sqrt{m_s^2 n + \frac{n+3}{12}\cdot\left(\frac{m_\beta}{\rho}L\right)^2} \qquad \cdots\cdots(12)$$

式中：m_s 为边长测量中误差；

n 为导线角顶数；

m_β 为测角中误差，$m_\beta=\frac{f_\beta}{\sqrt{n}}$，$f_\beta$ 为导线角度闭合差；

L 为导线总长。

7.2.3.4 高程导线每公里高差测量中误差

$$m = \pm\sqrt{\frac{[PVV]}{N-K}} \qquad \cdots\cdots(13)$$

式中：K 为结点数；

$P=\frac{1}{L}$ 每公里高程之权(三角高程测量通常也用此式)；

V 为改正数；

N 为路线数。

7.2.3.5 利用高程路线闭合差计算测区每公里高差中误差

$$m = \pm\sqrt{\frac{\left[\frac{f^2}{L}\right]}{N}} \qquad \cdots\cdots(14)$$

式中：L 为路线长度公里数；

f 为路线闭合差；

N 为路线数。

7.2.3.6 测区内最弱点平均高程测量中误差

$$m = \pm\frac{m}{2}\sqrt{L_0} \qquad \cdots\cdots(15)$$

式中：$L_0=\frac{[L]}{N}$；

N 为路线数。

7.2.3.7 精测剖面或典型剖面测站最弱点相对高程中误差

$$m_{弱}=\pm\sqrt{\frac{[\Delta\Delta]}{8}} \qquad \cdots\cdots(16)$$

式中：Δ 为直反觇高差较差。

7.2.3.8 物化探测网基、测线平面测量

a. 用重复观测检查结果计算点距中误差

$$m=\pm\sqrt{\frac{[\delta\delta]}{2n}}\text{(同精度检查)} \qquad \cdots\cdots(17)$$

$$m=\pm\sqrt{\frac{[\delta\delta]}{n}}\text{(高精度检查)} \qquad \cdots\cdots(18)$$

式中：$\delta=\delta_A-\delta_B$，δ_A 为原布设相邻点距，δ_B 为检查观测相邻点距；

n 为检查数。

b. 利用质量检查数据计算点位测量中误差

$$m_D=\pm\sqrt{\frac{[\Delta D\Delta D]}{2n}}\text{(同精度检查)} \qquad \cdots\cdots(19)$$

$$m_D=\pm\sqrt{\frac{[\Delta D\Delta D]}{n}}\text{(高精度检查)} \qquad \cdots\cdots(20)$$

式中：$\Delta D=\pm\sqrt{(X_0-X')^2+(Y_0-Y')^2}$，$X_0$、$Y_0$ 为原设计之坐标值，X'、Y' 为检查观测计算的坐标值。

c. 全区测点最弱点点位中误差

$$m_{点}=\pm\sqrt{m_{控}^2+m_D^2}\text{(检查起闭于控制点)} \qquad \cdots\cdots(21)$$

$$m_{点}=\pm\sqrt{m_{控}^2+m_{连}^2+m_D^2}\text{(检查起闭于连测点)} \qquad \cdots\cdots(22)$$

(a) 单基线控制的测线用下式计算：

$$m_{点}=\pm\sqrt{m_{控}^2+m_{连}^2+\varepsilon'+m_{定点}^2} \qquad \cdots\cdots(23)$$

$$\varepsilon'=m_{基}^{2\prime}+\frac{[f_{s测}^{2\prime}]}{N'} \qquad \cdots\cdots(24)$$

(b) 双基线控制的测线用下式计算：

$$m_{点} = \pm\sqrt{m_{控}^2 + m_{连}^2 + \varepsilon'' + m_{定点}^2} \quad \cdots\cdots(25)$$

$$\varepsilon'' = \frac{[f_{s测}'']}{N''} \quad \cdots\cdots(26)$$

(c) 全区既有单基线又有双基线控制的测线时用下式计算：

$$m_{点} = \pm\sqrt{m_{控}^2 + m_{连}^2 + \varepsilon + m_{定点}^2} \quad \cdots\cdots(27)$$

$$\varepsilon = \frac{\varepsilon' N + \varepsilon'' N''}{N' + N''} \quad \cdots\cdots(28)$$

各式中：$m_{控}$ 为控制加密点的点位中误差，按加密方法相应公式计算；

$m_{连}$、$m_{基}$ 分别为连测、基线的点位中误差，利用实测闭合差 f_s 按下式计算：

$$m = \pm\sqrt{\frac{\left[\left(\frac{f_s}{2}\right)^2\right]}{N}} \quad \cdots\cdots(29)$$

式中：N 为 f_s 的个数，当连测采用交会法时，$m_{连}$ 应按连测方法的相应公式计算；

m_D 为测点点位测量中误差，按(19)或(20)式计算；

$m_{定点}$ 为测线转站至测点的定点误差，按(19)或(20)式计算；

$m_{基}'$ 为利用单基线实测闭合差，按(29)式算得的单基线最弱点中误差；

$f_{s测}'$、$f_{s测}''$ 分别为单基线，双基线控制的测线之实测闭合差。当测线采用平差方案时，(24)和(26)式中的 $f_{s测}$ 用实测闭合差的 1/2 参与计算；

N'、N'' 分别为 $f_{s测}'$、$f_{s测}''$ 的个数。

当测区无连测级时，以上各式应舍去 $m_{连}$ 项。

按(23)、(29)式计算的 M 点超过本标准表 1 规定的数值时，可以将闭合差最大的测线进行平差处理，再用平差的测线闭合差 1/2 参与(24)和(26)式计算。测线平差条数以能使 M 点满足表 1 规定为限，平差后的测线，要按平差值如实成图。

7.3 资料整理

7.3.1 资料整理工作包括：对记录本、计算手簿、各种图件及统计表等进行检查、补充、整饰和分类集成及装订编录等一系列工作。

7.3.2 各项记录、计算和统计表格等所有资料都应分类装订成册，编页、编号、编制目录，并在封面上写明资料名称、资料编号、工作地区、工作比例尺、作业机关名称和工作年度等。每册都应有副封面，在其上记载：工作者、组长、队长，并在明显处写明该手簿的页数。

7.3.3 资料的装订包括内业计算资料的装订和各项精度统计表的装订，当测区面积较小时，可合订为一本。

7.3.3.1 内业计算资料的装订顺序

a. 封面、副封面；

b. 目录；

c. 测区地理位置及控制点略图；

d. 成果表：包括各等级控制点、连测点等坐标及高程成果表，逐级按顺序装订；

e. 各级控制点、连测点平差计算资料，逐级按顺序装订；

f. 各级控制点及连测点、剖面点等高程计算资料。

7.3.3.2 各项精度统计表的装订顺序

a. 封面、副封面；

b. 目录；

c. 基线精度统计表(基线闭合或附合差、相对精度)；

d. 测线精度统计表(基线闭合或附合差、相对精度)；

e. 剖面精度统计表(基线闭合差和相对精度)；

f. 用重复观测检查结果计算点距中误差；

g. 利用连测检查结果计算测点点位中误差；

h. 物化探测网各项精度统计总表；

i. 其他补充资料及文字说明。

7.3.4 根据成果表绘制测区平面底图和实际材料图。平面底图用聚脂薄膜绘制，底图上绘出坐标线、基线、基点、测点。实际材料图上应绘出坐标线，各级控制点、基线、基点、校正点、异常点、钻孔、精测剖面、连测点、检查线、点、主要村庄、河流、道路及其他地物。

7.4 上交资料项目：

一个测区的测量工作结束后应提交以下资料：

a. 测量技术设计、测量成果报告或技术说明书各一份；

b. 测区实际材料图一份；

c. 内业计算资料；

d. 精度统计表；

e. 野外观测手簿；

f. 仪器检验资料；

g. 其他有关资料。

8 质量检查与验收

8.1 测量工作检查验收的基本程序是实行二级检查一级验收制。即作业组自查与分队检查，大队在分队写出检查报告提交验收的基础上检查分队的质量，并对成果进行最后验收。

8.2 质量检查

8.2.1 依据技术设计及有关技术规定，在施测作业过程中，各作业组必须把好质量关，对仪器状况、操作质量及原始记录，要经常进行检查了解，以免大的返工。

8.2.2 作业组对测地资料必须全部复算和自检。作业组长负责作业过程的日常检查工作，中间检查应严格工作质量，把差、错、漏消灭在生产第一线。对记录(电子记录)GPS 定位计算中使用的计算程序，各项限差、成果精度进行全面检查，对不符合质量的问题，应及时提出处理，并责成作业组改正或返工，确保成果符合质量标准。

8.2.3 分队对作业组内，外业检查量应大于 5%，其检查工作量应分布均匀并有代表性，要把工区存在的问题及关键异常列为重点。

8.3 成果验收比例项目按 ZB A75 003—89《测绘产品验收规定》中 2.2 条和第三章中有关规定进行，成果质量等级评定由生产单位按 ZB A75 002—89《测绘产品质量评定标准》有关规定进行，由验收单位予以核定。

9 成果报告编写

测区工作结束后，应对物化探工程测量工作单独编写成果报告，或作为物化探报告的章节。成果报告必须以正式验收资料为依据由物化探工程测量技术负责人组织编写。

9.1 概述

说明物化探工程测量工作的目的任务与要求，野外采用的工作方法及工作起止日期，任务完成情况及未完成的原因，并简述人员仪器的配备情况。

9.2 测区情况

9.2.1 叙述测区的行政位置、地理坐标、地理特点、交通情况、水系分布、森林覆盖及其分布情况、气候特点、雨季、雾季时间等影响野外作业的有关因素。

9.2.2 对已知资料(大地控制点、航摄资料、水准点成果、地形图、钻孔、探槽的坐标成果等)的收集情况。说明已知资料的精度及利用程度。

9.3 工作方法与技术要求

9.3.1 常规布设的物化探测网(包括剖面)及非常规布设物化探测网的新技术方法的应用过程，说明这些工作方法实际达到的各项技术指标及劳动组合经济效益情况。

9.3.2 各级控制加密包括平面和高程的布设方法和实际达到的精度，物化探测网的连测及地形地质图的扣合情况。

9.3.3 各项工作是否按规定和设计要求执行，修改的原因及理由。

9.3.4 仪器设备的使用情况及测区固定标志的埋设托管情况。

9.3.5 室内工作应说明成果计算整理的方法、步骤及成果资料的完整程度。

9.3.6 物化探工程测量工作质量及评价，要用具体数字加以说明，对取得的成果要通过分析研究作出评价。

9.4 工作经验及对今后工作的建议

对新技术的应用加以详细的叙述。对于在特殊困难情况下进行物化探工程测量所采取的技术措施及其取得的效果，应详细总结，最后根据实际工作中的体会，提出对改进今后工作的意见和建议。

附 录 A
普通经纬仪的检验
（补充件）

A1 照准部的水准轴应与仪器垂直正交

整平仪器，使水准器平行于两个脚螺旋。旋转脚螺旋，使气泡居中，再旋转照准部180°，气泡仍居中，说明水准轴与垂直轴正交；否则利用脚螺旋和水准气泡改正螺丝各改正一半，使气泡居中，检查校正须反复进行，直至水准气泡在任何方向上居于正中或者偏离不大于一格。

A2 十字丝的纵丝应与水平轴正交

整平仪器，用十字丝交点照准一明晰点状目标，上下左右转动照准部，此时目标应与纵、横丝重合；否则应转动十字丝环使其重合。

A3 视准轴应与水平轴正交

整平仪器，以盘左、盘右位置照准远处大致与仪器同高的一点，读出水平度盘读数。盘左读数减盘右读数与180°之差即视准轴误差的两倍(2c)。当2c大于40″时，可旋转水平微动螺旋，使读数对准盘左、盘右读数之中位置，再用拨针旋转十字丝校正螺丝，使纵丝精确对准目标。

此项检校须反复进行，使2c小于40″为止。

A4 水平轴与垂直轴正交

在离墙10～50 m处整置仪器，用望远镜照准墙高处一点，放平望远镜，照准墙上与仪器同高的一点并作标记，纵转望远镜如上操作，若放平望远镜后纵丝与标记不重合，有一个横向差(Δ)时，说明水平轴不水平，其倾斜角 i 为：

$$i = \frac{\Delta \mathrm{ctg}\alpha}{2s} \times \rho'' \qquad \cdots\cdots(A1)$$

式中：α——高点垂直角；

s——仪器至照准点的水平距离。

当 i 大于30″时，应进行修理。

A5 垂直度盘指标差应近于零

任选一目标，中丝观测垂直角的一个测回，计算指标差；若大于1′则需校正。校正时旋转垂直度盘水准器微动螺旋，使垂直度盘读数对准该测回中数，再用拨针转动水准器改正螺丝，使水泡居中。采用竖盘自动归零装置的仪器，指标差校正应由仪器检修人员在室内进行。

A6 单指标经纬仪垂直度盘的偏心差及其改正

A6.1 测定偏心差改正系数 K

在平坦地区选择相距400～500 m两点，往返观测垂直角(使仪器高等于觇标高)α往、α返。仪器如果没有偏心差，则|α往|=|α返|；否则存在偏心差，|α往|与|α返|的差即为偏心差的两倍，即：

$$\Delta\alpha = \frac{1}{2}(\alpha往 + \alpha返) \qquad \cdots\cdots(A2)$$

$$K_n = \Delta\alpha = \frac{1}{2}(\alpha往 + \alpha返) \qquad \cdots\cdots(A3)$$

一般应改变两点间的距离，再测定一、两个 K_n 取平均值使用。

A6.2 垂直角的改正

$$\alpha = \alpha' - \Delta\alpha' \qquad \cdots\cdots(A4)$$

$$\Delta\alpha = K_n\cos\alpha' \qquad \cdots\cdots(A5)$$

式中：α——偏心改正后的垂直角；

α'——实际观测的垂直角。

例：J_6 型经纬仪 K_n 的测定(对向法)

仪器型号：$T_1$4732　　测定者：范滨　　日期：79.8.30

测点-觇点	仪器高＝觇标高	α'	$K_n=\frac{1}{2}(\alpha$往$+\alpha$返$)$	K_n中
A-B	1.56	+0°00′42″		
B-A	1.53	−0°03′54″	−1′36″	−93″
C-D	1.54	+0°51′59″	−1′30″	
D-C	1.55	−0°05′00″		

A7 视距乘常数 K 的测定

在平坦地面上选择一条直线，直线的一端打入木桩整置仪器。距仪器 60 m、80m、100m、120m、140m 等处打入木桩，依次往、返竖立标尺，读取标尺间隔由往、返、往、返四个读数取中数。

再用钢尺仔细丈量木桩至仪器中心的水平距离 D，将 D 往、返丈量结果逐项填入表中，提出该仪器能否用于生产的意见。上述 A_1 至 A_5 项检校的中间记录不作原始资料上交，A_6、A_7 七项测定记录应作为原始资料，同下表装订成册上交。

视距常数 K 的测定

仪器：　　NO：　　测定者：　　检查者：

测定日期：19　　年　　月　　日　　记簿者：

水平距离 D						
尺间隔 l	往					
	返					
	往					
	返					
	平均					
$K'=\frac{D}{l}$						
公式	$K=\frac{K'_1+K'_2+K'_3+K'_4+K'_5}{5}=$ $m_k=\pm\sqrt{\frac{[\delta\delta]}{n(n-1)}}=$ $\delta_i=K-K'_i$；　n 为 K' 的个数。					

普通经纬仪的检查结果

仪器：　　NO：　　检查日期：19　　年　　月　　日

次　序	项　　目	检查结果	校修后结果
1	脚架与架头连接是否过紧过松		
2	脚架腿的伸缩固定螺丝效用如何		
3	脚架的金属脚尖是否稳固完好		
4	仪器箱内外完好情况		
5	仪器箱内附件的情况		
6	水平度盘和照准部旋转是否平滑自如		
7	微动螺旋、调焦螺旋和望远镜的转动是否灵活		
8	光学系统有无灰尘、漆块、水珠等，度盘分划与测微尺分划有无视差		
9	测微尺全长与度盘一格之差		
10	照准部上水准器轴是否与仪器垂直轴正交		
11	十字丝的纵丝是否垂直于水平轴		
12	照准轴不垂直于水平轴之差		
13	水平轴不垂直于垂直轴之差		
14	垂直度盘偏心差		
15	垂直度盘指标差		
16	螺丝缺损情况		
17	其他		

检查意见：

检查者：

附 录 B
物化探 GPS 定位测量记录格式
（参考件）

测站号		点 名		图幅编号	
观测员		记录员		观测日期	
接收机名称及编号		天线号		存信者介质编号 数据文件名	
近似纬度	° ′ N	近似纬度	° ′ E	近似高程	m
预热时间	h min	开始记录时间	h min	结束记录时间	h mm
天线高测定		天气状况		点位略图	
测 前： 测定值：…… ……m 改正值：…… ……m 天线高：…… ……m 平均值：…… ……m					

接收卫星号(PRN)	信噪比	PDOP	接收历元数

记事

附 录 C
像片控制点间的跨度规定
（补充件）

方法 / 线数 / 像片比例尺	区域重力点定位				重力地形改正点高程测量				布设测网	
	1∶100 000		1∶200 000		1∶50 000～1∶10 000～1∶25 000(中区)		1∶200 000(近中区)		1∶5 000～1∶10 000～1∶25 000	
	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	平地丘陵地	山地高山地	平地丘陵地	山地高山地
1∶8 000	15/7	19/10			9—15—28 / 9—9—12	12—19—36 / 15—15—15			10—17—31 / 20—20—20	10—17—31 / 32—32—32
1∶10 000	13/5	17/8			8—13—24 / 7—7—10	10—17—31 / 13—13—15			9—14—27 / 17—17—17	9—14—27 / 28—28—28
1∶12 000	11/4	15/7			7—11—21 / 6—6—9	9—15—28 / 11—11—13			7—13—24 / 15—15—15	7—13—24 / 25—25—25
1∶15 000	10/2	13/5			6—10—19 / 4—4—7	7—13—24 / 9—9—11			6—11—20 / 13—13—13	6—11—20 / 21—21—21
1∶20 000		10/3			5—8—15 / 2—2—5	6—10—19 / 7—7—9			5—7—17 / 10—10—10	5—9—17 / 17—17—17
1∶25 000					3—7—13 / 0—0—30	5—9—17 / 5—5—7			4—7—14 / 8—8—8	4—7—14 / 14—14—14
1∶30 000					3—5—11 / 1—1—4	4—7—15 / 6—6—7			3—6—13 / 9—9—9	3—9—13 / 15—15—15
1∶35 000			17/5	21/8		3—6—13 / 5—5—6	17/5	21/8	2—5—11 / 8—8—8	2—5—11 / 14—14—14
1∶40 000			15/7	10/7			15/5	19/7		
1∶45 000			14/4	18/6			14/4	18/6		
1∶50 000			13/4	18/6			13/4	17/6		

注：① 本表以宽角航摄仪(f=115mm)为准；18×18 cm 像幅 b 值为 65 mm，23×23 cm 像幅 b 值为 85 mm；m_q 按 0.025 mm计算。

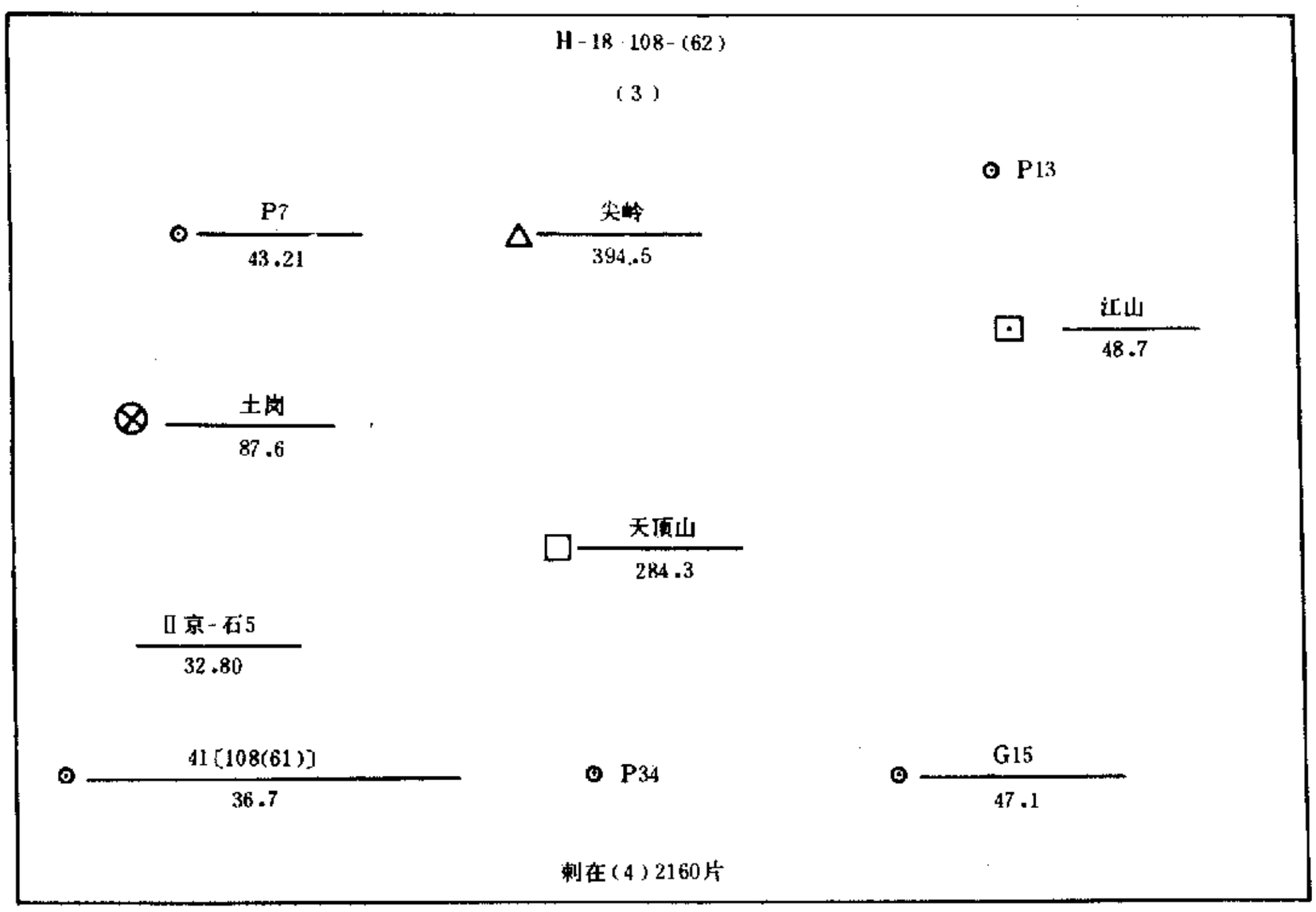
② 常角航摄仪和特宽角航摄仪，平面控制点间的基线数不变；高程控制点间基线数常角航摄仪按上表缩短 1/3，特宽角航摄仪按上表放宽 1/3。

③ 表中双线以上为 18×18 cm 像幅，双线以下为 23×23 cm 像幅。

④ $\frac{\text{平高点间基线数}}{\text{高程点间基线数}}$

附 录 D
控制像片整饰格式
（补充件）

D1 控制像片正面整饰格式



说明：1、图幅编号应注于象片的北部中央，图幅内的航线号由北向南用阿拉伯数字，如(1)、(2)、(3)……，注于图幅编号下面。象片编号使用航摄时的编号，不再重新编号。

2、能准确刺出的三角点、小三角点、平面点和平高控制点均用红色墨水分别以边长和直径为7 mm的三角形、正方形、圆圈符号整饰。

3、能准确刺出的水准点、等外水准点、高程点用绿色墨水以直径7 mm的圆圈(水准点中间加×符号)整饰。

4、转刺相邻测区共用的点，整饰与2、3同，尚需加注相邻测区的编号。

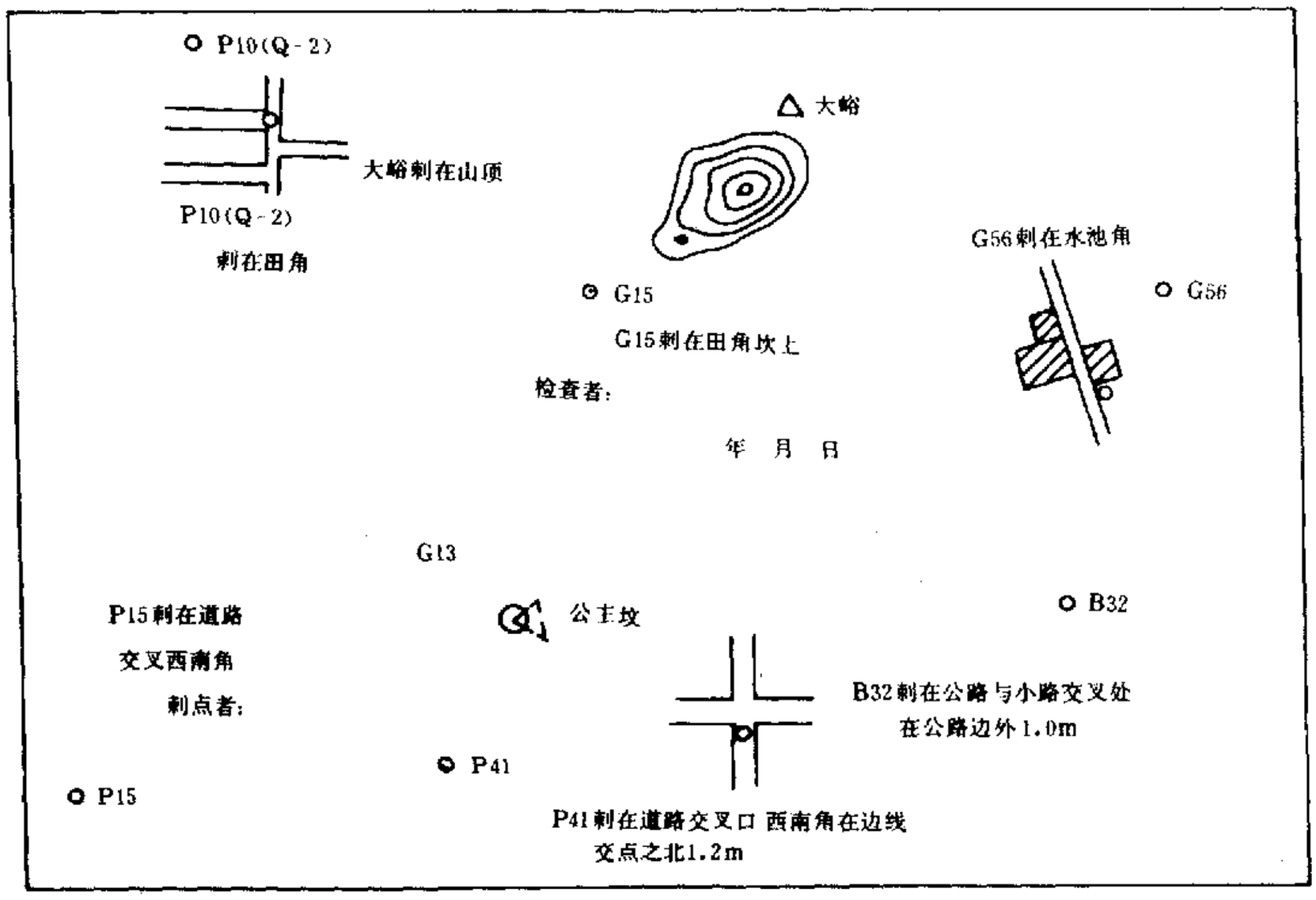
5、以上各种点，仅于最明显的一片上刺出并整饰。本图幅航线间公用的点，则只在邻航线的主片上以相应符号及颜色用特种铅笔转标，用虚线以相应符号表示。

6、不能准确刺出的三角点、小三角点，用虚线以相应符号表示。

7、点名、点号及高程注记，要求字体用红色墨水以分数形式注出，平面点只注点号。

8、象片上若有测区边界通过，应用红色墨水绘出。

D2 控制像片反面整饰格式



说明：1、各种点均以用黑色铅笔以相应符号标出点位、注记点名、点号及刺点日期，并简要说明刺点位置，如文字说明尚不能确切表达时，应在实地加绘点位略图。经实地检查的点，检查者应签字。

2、不能准确刺出的三角点、小三角点，应说明实地位置或加绘点位略图。

3、像片正面转标的点，反面不整饰。

4、同片内的刺点者不同，则应分别注明。若系一人所刺，刺点者的姓名可正规地注于象片正面的右下方。

附 录 E
解析空中三角测量精度估算公式
（参考件）

E1 航线网布点

E1.1 平面精度估算公式

$$m_s = \pm 0.28\, k m_q \sqrt{n^3 + 2n + 46} \qquad \cdots\cdots(E1)$$

E1.2 高程精度估算公式

$$m_h = \pm 0.088\, \frac{H}{b} m_q \sqrt{n^3 + 22n + 33} \qquad \cdots\cdots(E2)$$

E2 单航线平面、高程精度估算

E2.1 平面精度估算公式

E2.1.1 对于宽角摄影像片$\frac{f}{b}\approx1.4$时

$$m_s=\pm 0.239\frac{H}{f}m_q\sqrt{n^3+30n+52} \qquad \cdots\cdots(E3)$$

E2.1.2 对于特宽角摄影像片$\frac{f}{b}\approx1$时

$$m_s=\pm 0.239\frac{H}{f}m_q\sqrt{n^3+15n+52} \qquad \cdots\cdots(E4)$$

E2.2 高程精度计算

$$m_h=\pm\frac{H}{8b}m_q\sqrt{n^3+12n+95} \qquad \cdots\cdots(E5)$$

式中：K——像片比例尺分母与测图比例尺分母之比，$K=\frac{H}{fM}$

M——成图比例尺分母；

H——航线平均相对航高；

b——像片平均基线长；

f——航摄机焦距；

n——相邻控制点基线数(跨度)；

m_q——0.025 mm，上下视差中误差的经检值，包括相对定向和各种物理因素的影响。

例：$H=1\ 400$ m、$f=70$ mm。$b=65$ mm、$n=5$，若按1∶1万航测内业加密精度加密1∶5万物化探观测点的平面、高程，它的精度应为：

a. 按航线网公式估算：

平面精度 $m_s=\pm0.04$ m；

高程精度 $m_h=\pm0.84$ m；

b. 按单航线公式估算：

平面精度 $m_s=\pm1.90$ m；

高程精度 $m_h=\pm1.13$ m；

前述公式在已知 H_1、f、b、m_q 及 n 情况下用来估算平面和高程精度。

E3 区域网平差计算后，按图幅或区域进行精度估算

E3.1 控制点中误差公式

$$m_{控}=\pm\sqrt{\frac{[\Delta\Delta]}{n}} \qquad \cdots\cdots(E6)$$

E3.2 公共点中误差

$$m_{公} = \pm\sqrt{\frac{[dd]}{3n}} \qquad \text{……(E7)}$$

式中：Δ——多余野外控制点的不符值；

d——相邻航线或相邻区域之间公共点较差；

n——用以评定精度的点数。

附 录 F
等外水准测量
（补充件）

F1 一般规定：

F1.1 对于特殊要求的重力、电测深和剖面可视需要采用等外水准测量的方法测定高程。工区面积较大或物探工作需要时，应以等级水准点为首级控制，发展等外水准。

F1.2 以国家等级水准点为基础，等外水准测量可发展三级。

F1.3 等外水准测量按高程精度要求，采用 S_3 型或 S_{10}型水准仪施测。

在野外作业前和作业中，应定期对使用的水准仪和水准标尺进行检验和校正。

F2 等外水准测量的方法及要求

F2.1 等外水准测量采用中丝法观测，一个测站上的观测程序为：

a. 用双面水准尺时，按后、后、前、前次序观测。

b. 用单面水准标尺时，先按后、前次序，接着改变仪器高度 5 cm 以上，再按前、后次序观测。测站观测各项限差见表 F1。

表 F1

每公里高程偶然中误差（mm）	仪器	视线长度（m）	前、后尺距离（m）		测站观测限差（mm）		水准间歇前、后高差不符值（mm）
			前、后不等差	累计距离差	同一标尺黑、红面读数不符值	同一站黑、红面高差不符值	
±10	S_3	150	10	40	5	7	7
	S_{10}	120					
±15	S_{10}	150	15	60	8	11	11
±20～30	S_{10}	170	20	80	9	13	13

F2.2 等外水准环线及两已知点间的附合水准路线采用单程观测，水准支线采用往返观测或单程双线观测。

水准路线长度、高程闭合差、测段往返测高差不符值及左右路线高差不符值，不得超过表 F2 规定。

表 F2

项目 / 要求 / 高程精度(m)	每公里高差偶然中误差(mm)	允许路线长度(km)			环线闭合差测段往返测不符值(mm)		左右路线高差不符值(mm)	最弱点对于上一级点的高程中误差(mm)	高程精度=$\sqrt{M_{起}^2+M_{偶}^2+M_{系}^2}$(mm)
		环线长度	结点间长度	支线长度	一般地区	山区			
0.05	10	25	16	8	$40\sqrt{R}$	$50\sqrt{R}$	$30\sqrt{R}$	50	$50=\sqrt{0+50^2+0}$
	15	11	7	3	$60\sqrt{R}$	$75\sqrt{R}$	$40\sqrt{R}$		
0.10	10	64	42	21	$40\sqrt{R}$	$50\sqrt{R}$	$30\sqrt{R}$	80	$100=\sqrt{50^2+30^2+33^2}$
	15	28	19	9	$60\sqrt{R}$	$75\sqrt{R}$	$40\sqrt{R}$		
	20	16	10	5	$80\sqrt{R}$	$100\sqrt{R}$	$55\sqrt{R}$		
0.20	20	72	48	24	$80\sqrt{R}$	$100\sqrt{R}$	$55\sqrt{R}$	170	$200=\sqrt{80^2+170^2+63^2}$
	25	46	30	15	$100\sqrt{R}$	$120\sqrt{R}$	$70\sqrt{R}$		
	30	32	21	10	$120\sqrt{R}$	$150\sqrt{R}$	$85\sqrt{R}$		

便于安置标尺的固定点作为间歇点。间歇后应进行检测，当检测结果符合表 F1 限差要求时，即可起测，否则须从前一水准点起测。检测结果不参加高差成果计算。

F2.3 水准点观测结果超限的处理：

a. 凡超出表 F1 和表 F2 规定限差的观测结果均应进行重测。

b. 测站观测限差超限在本站检查发现时，可立即进行重测，若迁站后检查发现，则应从前一水准点或间歇点起测。

c. 测段往返测高差不符值或单程双线观测的左右路线高差不符值超限时，应按国家水准测量规范第 56 条的原则处理。

附 录 G
固定标志埋设与点之记
（补充件）

G1 固定标志的规格

a. 混凝土质或石质标志

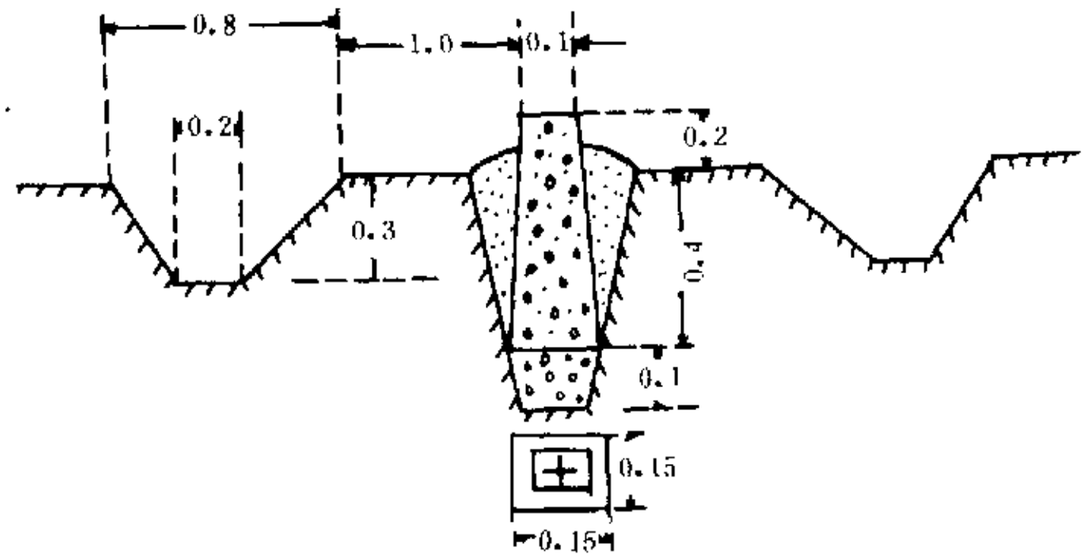


图 G1

b. 大木桩

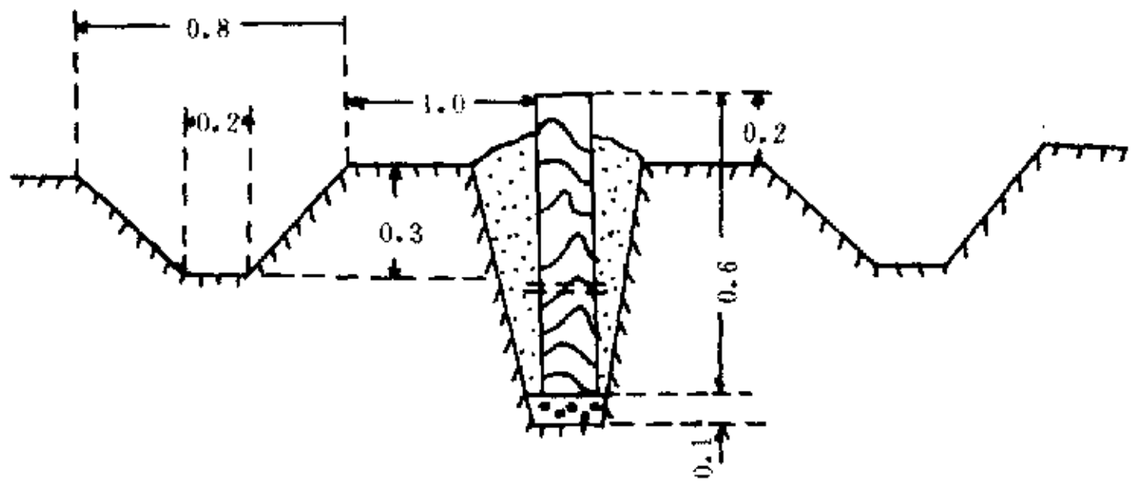
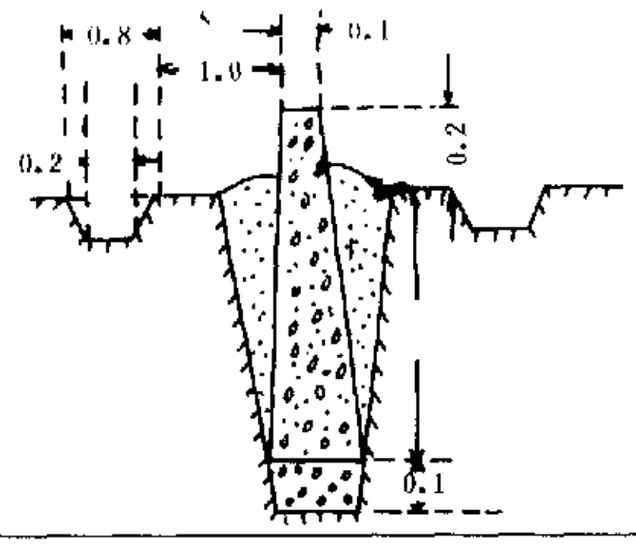
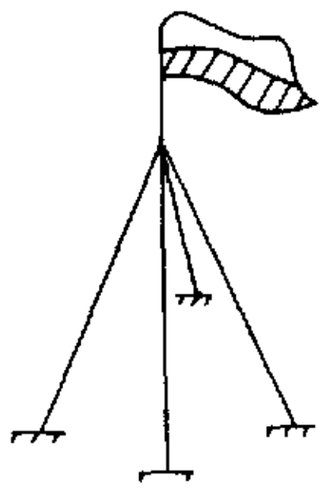
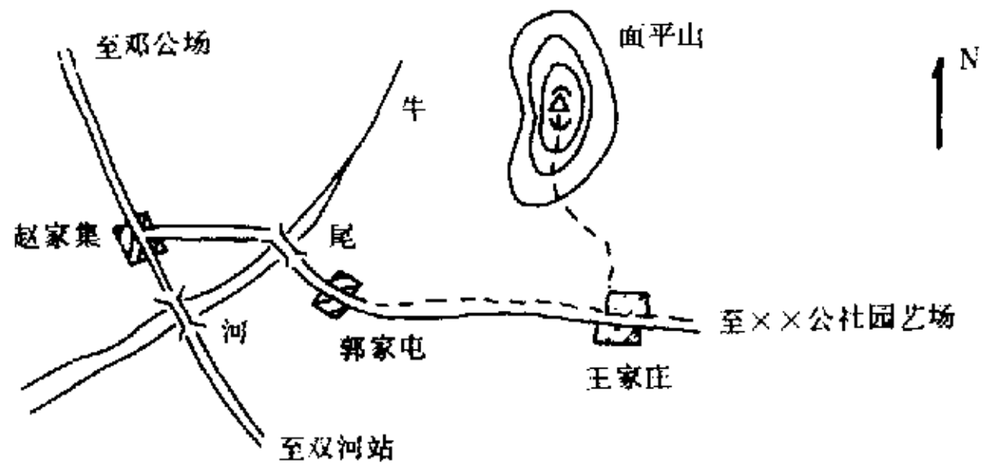


图 G2

G2 固定标志点之记

表 G1

点名(点号)	面 平 山 级 物 控 点	概略坐标	X	3957746.5
			Y	20616934.7
所在地	省 县 区 乡 村			
选点单位	省地矿局物探队 分队	造埋单位	省 队 分队	
选点日期	1993 年 3 月 21 日	造埋者	黄杰	
标石质料	混 凝 土	标石规格	上截面 10×10 cm 下截面 20×20 cm 高 60 cm	
标石断面图		觇标示意图		
点位略图				

附 录 H
地球曲率和大气折光改正数之计算
（补充件）

计算公式：

$$\gamma = \frac{1-K}{2R}D^2 \qquad \cdots\cdots(H1)$$

式中：γ——两差改正值，以米为单位；

K——折光系数，我国大部分折光系数的平均值为 0.11；

R——地球平均曲率半径，取 6 371.117 Rm；

D——边长。

由于工区的海拔高度不同，地形起伏差异，观测时的大气温度变化，在山区、平原、水网、海滩等等不同地区，对 K 值的变化都不尽相同。若使用不近似于本地区的 K 值，往往对工作精度影响很大，应布设一定三角高程导线(不少于 30 条边)，按各边往返测高差初值求取 K_f 的平均值作为测区折光系数。

K_f 计算公式：

$$K_f = 1 + \frac{h_{往} + h_{返}}{D^2}R \qquad \cdots\cdots(H2)$$

平均折光系数：

$$K = \frac{[K_f]}{n} \qquad \cdots\cdots(H3)$$

式中：K_f——高差初值折光系数；

$h_{往}$、$h_{返}$——未经球差改正的往返测高差；

n——观测边数。

附 录 I
距离的归化计算
(补充件)

I1 计算边长归化至参数椭球面计算公式

$$D_0 = D\frac{H_m + h_m}{R_m}D \qquad \cdots\cdots(I1)$$

式中：D_0——参考椭球面上的水平边长；

H_m——边长平均高程面的高程；

h_m——边长所在大地水准面高出椭球体面的高度(可由全国高程异常图上读取)；

R_m——边长中心或测区中心地球平均曲率半径(以 m 为单位)；

D——平均高程面上的水平边长。

例：D=3 876 m，H_m=1 456 m，R_m=6 371 117m，h_m=98 m。

代入上式得：D_0=3 875.054 m。

I2 计算边长归化至高斯平面计算公式

$$D_G = D_0 + \frac{Y_m^2}{2R_m^2}D_0 \qquad \cdots\cdots(I2)$$

式中：D_G——高斯平面上的水平边长；

D_0——参考椭球面上的水平边长；

Y_m——边长两端横坐标中数(自然值)；

R_m——参考椭球面上边长(或测区)中点平均曲率半径。

例：D=3 584 m，Y_m=103 232 m(减 500 km)，R_m=6 371 117m。

代入上式得：D_G=3 548.466 m。

13 水平距离归算至任意高程面上长度计算公式

$$D_s = D_0 \frac{H_m}{R_m} D_0 \qquad \cdots\cdots(13)$$

式中：D_s——任意高程面上的水平边长；

D_0——平均高程面上水平边长；

H_m——边长相对于平均高程面的高程。

例：D=3 875.054 m，H_m=1 456 m，R_m=6 371 117m。

代入上式得：D_s=3 874.168 m。

附加说明：

本标准由全国地质矿产标准化技术委员会地质测绘分技术委员会提出。

本标准由地质矿产部区域重力调查方法技术中心负责起草。

本标准主要起草人许殿德、姚元生、吴顺金、刘修乙、张春培、朱东成、齐士兴、罗应远。