

中华人民共和国行业标准

新建铁路摄影测量规范

**Photogrammetric code
for new railway lines**

TB10050—97

主编单位:铁道部专业设计院

批准部门:中华人民共和国铁道部

施行日期:1997年7月1日

1997年·北京

关于发布《新建铁路摄影测量规范》等 6 个铁路工程建设标准的通知

铁建函〔1997〕58 号

《新建铁路摄影测量规范》(TB10050—97)、《铁路工程地基土十字板剪切试验规程》(TB10051—97)、《铁路柔性墩桥技术规范》(TB10052—97)、《铁路房屋增层和纠倾技术规范》(TB10114—97)、《全球定位系统(GPS)铁路测量规程》(TB10054—97)和《铁路混凝土与砌体工程施工及验收规范》(TB10210—97)经审查批准,现予发布,自 1997 年 7 月 1 日起施行。现行《铁路混凝土及砌石工程施工规范》(TBJ210—86)、《铁路测量技术规则》(TBJ101—85)中的第二篇“航空摄影测量”和《铁路柔性墩桥设计暂行规定》(铁建〔1991〕108 号)同时废止。

以上规范由部建设司负责解释,由建设司标准科情所和铁道出版社共同组织出版发行。

中华人民共和国铁道部

一九九七年三月三日

目 次

1	总 则	1
2	术语、符号	2
2.1	术 语	2
2.2	符 号	3
3	基本规定	4
4	航空摄影测量	6
4.1	航空摄影	6
4.2	控制测量	6
4.3	像片调绘	17
4.4	摄影处理	19
4.5	解析空中三角测量	20
4.6	模拟测图	23
4.7	数字测图	27
4.8	正射影像地图的制作	29
5	地面立体摄影测量	31
5.1	一般规定	31
5.2	摄影及像片控制点联测、调绘	31
5.3	内业测图	34
5.4	应交成果及资料	35
附录 A	本规范用词说明	36
附加说明	37
条文说明	39

1 总 则

1.0.1 为统一新建铁路摄影测量的技术要求，制定本规范。

1.0.2 本规范适用于新建铁路采用航空摄影测量方法测绘 1 : 1000、1 : 2000、1 : 5000 比例尺地形图和正射影像地图，以及用地面摄影测量方法测绘 1 : 500、1 : 1000 比例尺工点地形图。

1.0.3 外、内业测绘仪器、工具的质量和性能应进行定期的检校，并做好经常的保养和维护工作。

1.0.4 铁路测量成果是设计和施工的依据，必须确保质量良好地完成各项测绘工作。测量记录、计算成果和图表应清楚、真实、正确、齐全，并认真进行检核，未经检核的资料严禁使用。

1.0.5 认真贯彻安全生产的方针，应结合新建铁路摄影测量工作的特点和具体情况，制定安全措施，确保安全生产。

1.0.6 新建铁路摄影测量作业除应符合本规范外，尚应符合国家和铁道部现行有关标准的规定。

2 术语、符号

2.1 术 语

- 2.1.1** 相对航高：遥感平台相对于地面上某一基准面的垂直距离。
- 2.1.2** 像幅：一张像片幅面的大小。
- 2.1.3** 摄影基线：相邻摄站间的距离。
- 2.1.4** 反差：景物或图像明暗对比的差异程度。
- 2.1.5** 明显地物点：在实地和像片上能迅速准确辨认的同名地物点。
- 2.1.6** 透明正片：用透明片基的正性感光材料，通过接触或投影方式晒印得到的像片。
- 2.1.7** 数字测图：利用各种手段采集数据，对所采集的数据进行计算机加工处理，测制数字地图的方法。
- 2.1.8** 数据采集：将空间位置信息和属性信息转换为数字信息的过程。
- 2.1.9** 图形编辑：借助图形终端，通过人机交互方式将所要编辑的图形进行修改、删除与增补等工作。
- 2.1.10** 数字地图：以数字形式贮存在磁介质或激光盘上的地图。
- 2.1.11** 绘图输出：将数字地图用数控绘图机输出。
- 2.1.12** 正直摄影：在摄影基线两端，两摄影机摄影时光轴保持水平，并与摄影基线方向垂直的摄影。
- 2.1.13** 等偏摄影：在摄影基线两端，两摄影机摄影时光轴保持水平，并与摄影基线垂直的方向都同向偏转相等角度的摄影。
- 2.1.14** 等倾摄影：在摄影基线两端，两摄影机摄影时光轴保持平行，但两摄影机光轴向上或下倾斜同样角度的摄影。

2.2 符 号

- B ——摄影基线长度 (m);
- B_x ——摄影基线的 X 分量 (m);
- b ——像片基线长度 (mm);
- b_x ——仪器基线的 x 分量 (mm);
- M ——地形图比例尺分母;
- $M_{\text{模}}$ ——模型比例尺分母;
- m ——像片比例尺分母;
- f_K ——航摄影焦距 (mm);
- H ——摄影瞬间的相对航高 (m);
- Z ——仪器上的相对航高 (mm);
- m_D ——光电测距仪标称精度 (mm);
- D_o ——密度;
- ΔD ——反差;
- $Y_{\text{平}}$ ——地面摄影的纵距平均值 (m)。

3 基本规定

3.0.1 平面坐标宜采用 1980 西安坐标系,高程宜采用 1985 国家高程基准,如取得上述资料有困难时,可采用其他系统,但全线应换算成统一坐标系和高程基准。

平面坐标计算应采用高斯-克吕格投影,按 3°分带计算平面直角坐标。

3.0.2 地形等级应按表 3.0.2 规定划分。

地形等级

表 3.0.2

地形等级	I	II	III	IV
地面坡度 (°)	<6	6~14	14~26	26以上
地面高差 (m)	<50	50~150	150~350	350以上

注:表内数据系指在一个测段内测图范围中的大部分地面坡度或高差而言,地面坡度与高差有矛盾时,一般以地面坡度为主。

3.0.3 基本等高距应根据用图需要和地形等级按表 3.0.3 的规定选用。

基本等高距

表 3.0.3

地形图比例尺	基本等高距 (m)
1:500	0.5, 1
1:1000	1, 2
1:2000	1, 2
1:5000	2, 5

3.0.4 测量精度应以中误差衡量。极限误差规定为中误差的两倍。

3.0.5 地形图的精度应符合下列规定:

3.0.5.1 地物点在图上的点位中误差不应大于表 3.0.5-1 的规定。

点位中误差

表 3.0.5-1

地形图比例尺	点位中误差 (mm)
1 : 500、1 : 1000	1.6
1 : 2000	I、II级地形: 1.0 III、IV级地形: 1.2 困难时: 1.6
1 : 5000	0.8

3.0.5.2 高程注记点,等高线对最近水准点的高程中误差不得大于表 3.0.5-2 的规定。

高程注记点和等高线的高程中误差

表 3.0.5-2

地形等级	I		II		III		IV	
地形图比例尺 \ 误差类别	高程注记点 (m)	等高线 (m)	高程注记点 (m)	等高线 (m)	高程注记点 (m)	等高线 (m)	高程注记点 (m)	等高线 (m)
1 : 500	0.20	0.25	0.40	0.50	0.60	0.75	0.80	1.00
1 : 1000	0.40	0.50	0.60	0.75	0.80	1.00	1.20	1.50
1 : 2000	0.60	0.75	0.96	1.20	1.60	2.00	2.00	2.50
1 : 5000	0.90	1.00	1.20	1.50	2.00	2.50	3.00	3.50

注: 隐蔽和困难地区,可按上表规定放宽到 1.5 倍。

3.0.6 地形图图例符号应符合现行的铁道行业标准《铁路线路图例符号》的规定。

3.0.7 在确保地形图精度下,应充分利用既有航摄资料测图。

4 航空摄影测量

4.1 航空摄影

4.1.1 航摄影应用 $23\text{cm} \times 23\text{cm}$ 像幅, 焦距宜采用 150mm 或 210mm 。

4.1.2 测图所需的航摄像片比例尺应在表 4.1.2 规定范围内根据地形图比例尺、测图精度布点方案、测区地形、仪器装备等情况合理选择。

航摄像片比例尺与地形图比例尺的关系 表 4.1.2

地形图比例尺	航摄像片比例尺	正射影像 地图比例尺	航摄像片比例尺
1 : 1000	1 : 4000~1 : 10000	1 : 1000	1 : 4000~1 : 6000
1 : 2000	1 : 8000~1 : 18000	1 : 2000	1 : 8000~1 : 12000
1 : 5000	1 : 10000~1 : 30000	1 : 5000	1 : 10000~1 : 30000

注: 表内航摄像片比例尺是对测段内线路设计高程平均面而言。

4.1.3 航摄资料的质量应符合国家现行的航空摄影规范的规定。

4.2 控制测量

4.2.1 野外控制点 (简称外控点) 对最近大地点的平面位置中误差, $1 : 1000$ 、 $1 : 2000$ 比例尺测图时不得大于 0.7m , $1 : 5000$ 比例尺测图时不得大于 1.1m ; 对最近水准点的高程中误差不得大于表 4.2.1 规定。

4.2.2 外控点的布设应符合下列规定:

4.2.2.1 外控点布设方案有: (1) 航线网布点、(2) 区域网布点、(3) 全野外布点、(4) 特殊情况布点。而航线网布点又分为: 六点法、五点法、双五点法。采用何种方案主要根据航摄资料、地

形、地形图比例尺等因素确定。

外控点的高程中误差 (m)

表 4.2.1

地形图比例尺 \ 地形等级	I	II	III	IV
1:1000	0.17	0.25	0.33	0.50
1:2000	0.20	0.30	0.45	0.60
1:5000	0.25	0.35	0.55	0.80

4.2.2.2 外控点在像片上的位置应符合下列规定:

(1) 外控点应布设在航向三片重叠范围内和旁向重叠中线附近,测段起、末或困难时可布设在航向二片重叠范围内。

(2) 外控点距像片边缘不得小于 15mm,困难时不得小于 10mm,距像片各类标志不得小于 1mm。

(3) 外控点可不受距方位线远近的限制,上、下两外控点的距离不得小于 100mm。

(4) 当旁向重叠过小,外控点在相邻航线不能公用时,应分别布点,此时控制范围在像片上所裂开的垂直距离不得大于 10mm,当条件受限制时不得大于 20mm。

(5) 测段接头处的外控点宜公用,不能公用时应分别布点。

4.2.2.3 航线网布点应符合下列规定:

(1) 六点法,布点图形见图 4.2.2-1 的 (a)。基线数不得大于表 4.2.2-1,表 4.2.2-2,表 4.2.2-3 的相应规定。

(2) 双五点法,布点图形见图 4.2.2-1 的 (b)。网段除布设六个平高控制点外,在网段的 1/4 和 3/4 处沿设计线路附近加设一个高程控制点。基线数不得大于表 4.2.2-1,表 4.2.2-2,表 4.2.2-3 的相应规定。

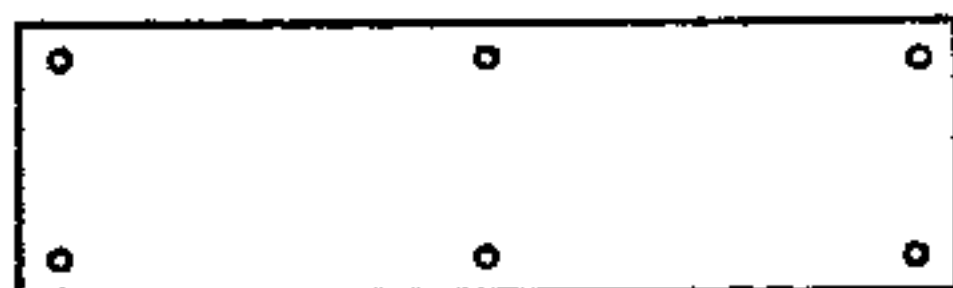
(3) 五点法,布点图形见图 4.2.2-1 的 (c)。基线数不得大于六点法的 2/3。单航线不应采用五点法。

(4) 网段两端的上、下两个平高控制点宜布设在通过像主点且垂直于方位线的直线上,互相偏离一般不得大于 1/2 条基线,个别不得大于 1 条基线。

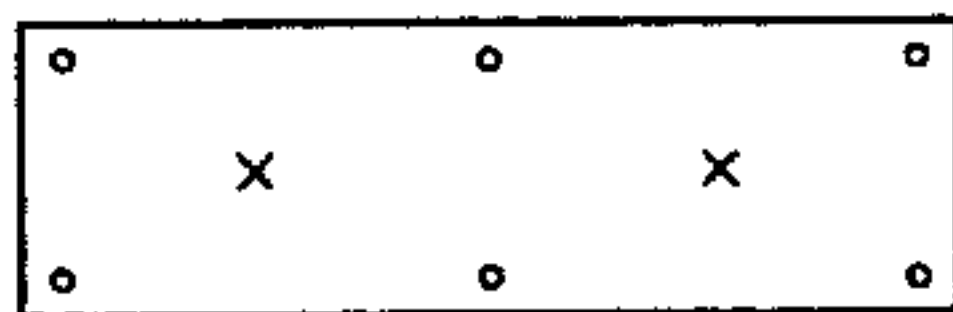
(5) 航线中间的两个平高控制点应布设在网段的中间，困难时左右偏离不得大于 1 条基线，且应避免向网段中央的同一侧偏离。

五点法中间点应大致布设在网段的中央。

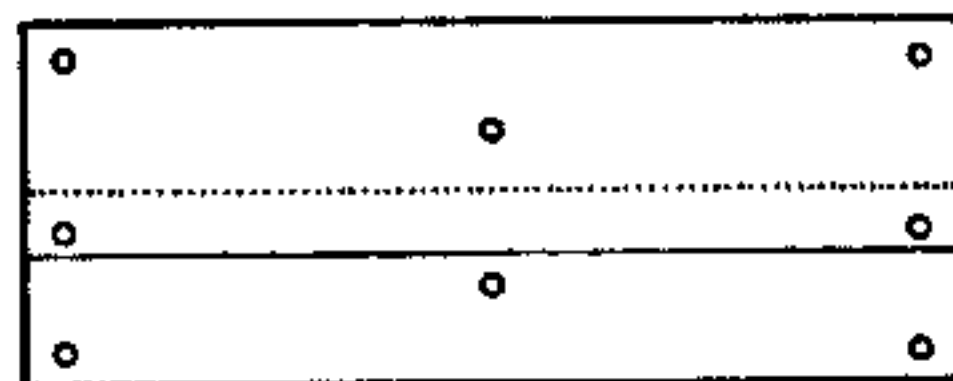
(6) 测图范围应在平高控制点所构成的控制范围内。



(a) 六点法



(b) 双五点法



(c) 五点法

○ 平高控制点

× 高程控制点

图 4.2.2-1

1 : 1000 比例尺地形图网段两端平高控制点间基线数

表 4.2.2-1

航 摄 比 例 尺 布 地 点 形 方 法 焦 距 等 级 (mm)		六 点 法				双 五 点 法			
		I	II	III	IV	I	II	III	IV
1 : 4000	150	6	12			9	15		
	210	4	8	12		6	12	18	
1 : 5000	150	4	8	12		6	12	18	
	210	*	6	10	14	4	9	15	20
1 : 6000	150	*	6	10	14	4	9	15	20
	210	*	4	8	10	*	6	12	15
1 : 7000	150	*	6	10	12	*	9	15	18
	210	*	*	6	8	*	4	9	12
1 : 8000	150	*	4	8	12	*	6	12	18
	210	*	*	4	6	*	*	8	9
1 : 9000	150	*	*	6	10	*	4	12	15
	210	*	*	*	6	*	*	4	9
1 : 10000	150	*	*	6	8	*	*	9	12
	210		*	*	4		*	4	6

注：*表示高程全野外布点。

1 : 2000 比例尺地形图网段两端平高控制点间基线数

表 4.2.2-2

航 摄 比 例 尺 布 地 点 形 方 法 焦 距 等 级 (mm)		六 点 法				双 五 点 法			
		I	II	III	IV	I	II	III	IV
1 : 8000	150	6	10	16	18	9	15	20	20
	210	*	6	12	14	*	9	18	20
1 : 10000	150	*	8	12	16	*	12	18	20
	210	*	4	8	10	*	6	12	15
1 : 12000	150	*	6	10	14	*	9	15	20
	210	*	*	6	8	*	4	9	12

续上表

航 摄 比 例 尺 距	布 地 点 形 等 级 (mm)	方 法				六 点 法				双 五 点 法			
		I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV
1 : 14000	150	*	4	8	10	*	6	12	15				
	210		*	4	6		*	6	9				
1 : 16000	150	*	*	6	10	*	4	9	15				
	210		*	*	4		*	4	6				
1 : 18000	150	*	*	4	8	*	*	6	12				
	210		*	*	4		*	*	6				

注：*表示高程全野外布点。

1 : 5000 比例尺地形图网段两端平高控制点间基线数

表 4.2.2-3

航 摄 比 例 尺 距	布 地 点 形 等 级 (mm)	方 法				六 点 法				双 五 点 法			
		I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV
1 : 10000	150	6	10	18	20	9	15	20	20				
	210	4	6	12	16	6	9	18	20				
1 : 15000	150	*	6	12	14	4	9	18	20				
	210	*	*	8	10	*	4	12	15				
1 : 20000	150	*	*	8	10	*	4	12	15				
	210	*	*	4	6	*	*	6	9				
1 : 25000	150	*	*	6	8	*	*	9	12				
	210		*	*	4		*	*	6				
1 : 30000	150		*	*	4		*	4	6				
	210		*	*	*		*	*	4				

注：*表示高程全野外布点。

4.2.2.4 区域网布点应符合下列要求；

(1) 区域网的航线数不宜大于 6 条，其航线段端点间的基线数应与航线网双五点法布点相同。

(2) 布点图形见图 4.2.2-2。在区域四周均匀布设 8 个平高控制点，中央布设 1 个平高控制点。位于航线网段的 1/4 及 3/4 处的区域周边及隔航线的旁向重叠部分，和区域两端的旁向重叠部分应均匀布设高程控制点。

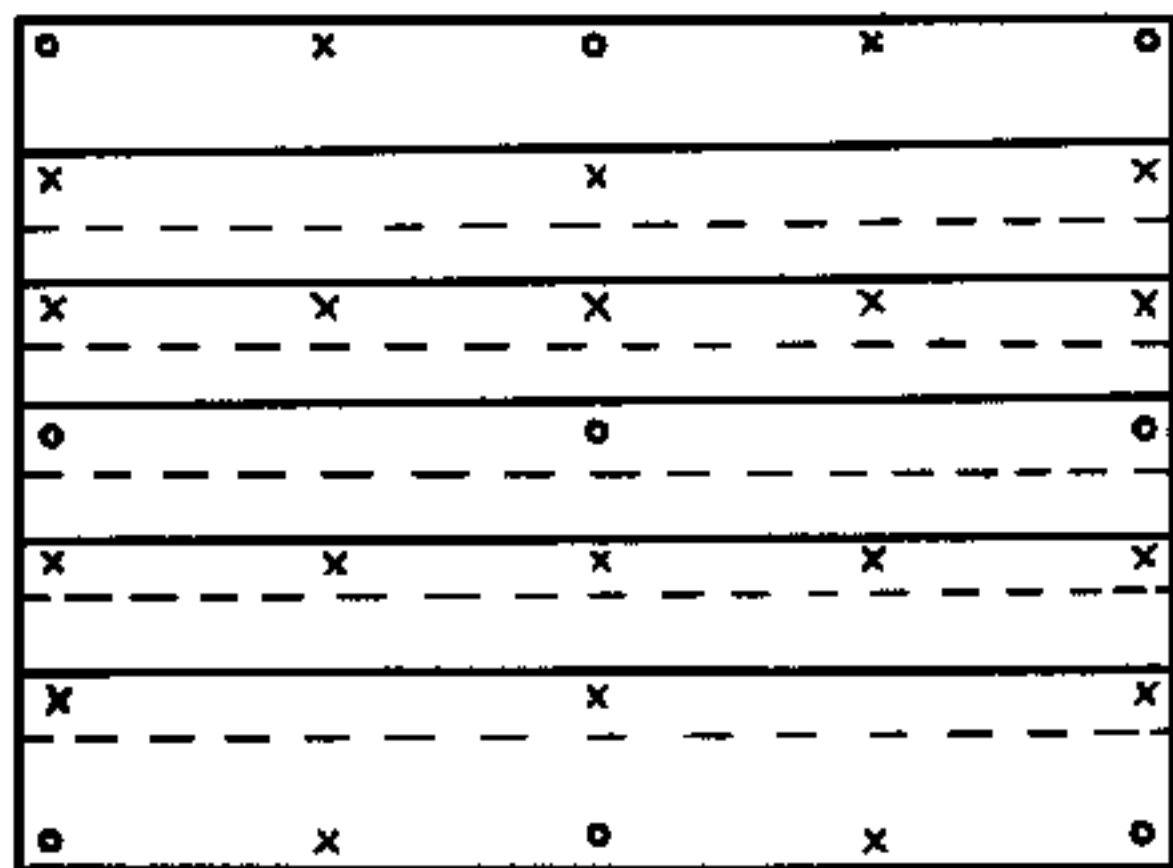


图 4.2.2-2

4.2.2.5 不规则区域网布点应符合下列要求：

(1) 在线路的首末处，位于线路两侧各布设一对平高控制点。

(2) 位于区域中间的航线像对数少于 4 时，在线路两侧各布设一对平高控制点；航线像对数大于或等于 4 时，按航线网六点法或双五点法布设。

(3) 沿线路每隔 500~1000m 宜布设 1 个高程控制点，(可利用刺点的导线点)。

(4) 测图范围应在平高控制点所构成的控制范围内。

平面控制点布设见图 4.2.2-3。

4.2.2.6 全野外布点为每个立体像对按图 4.2.2-4 所示布设

四个外控点。根据测图需要,当这些点需测定其平面和高程时,称平高全野外布点;只需测定高程时,称高程全野外布点,点位应符合下列规定:

(1) 外控点距通过像主点且垂直于方位线的直线不得大于 10mm,困难时个别点不得大于 15mm。

(2) 两个外控点间的旁向距离不得小于 1 条基线。

(3) 高程全野外布点时,平面按航线网六点法布设,网段两端平高控制点间基线数 I、II 级地形不得大于 8 条,III、IV 级地形不得大于 10 条。

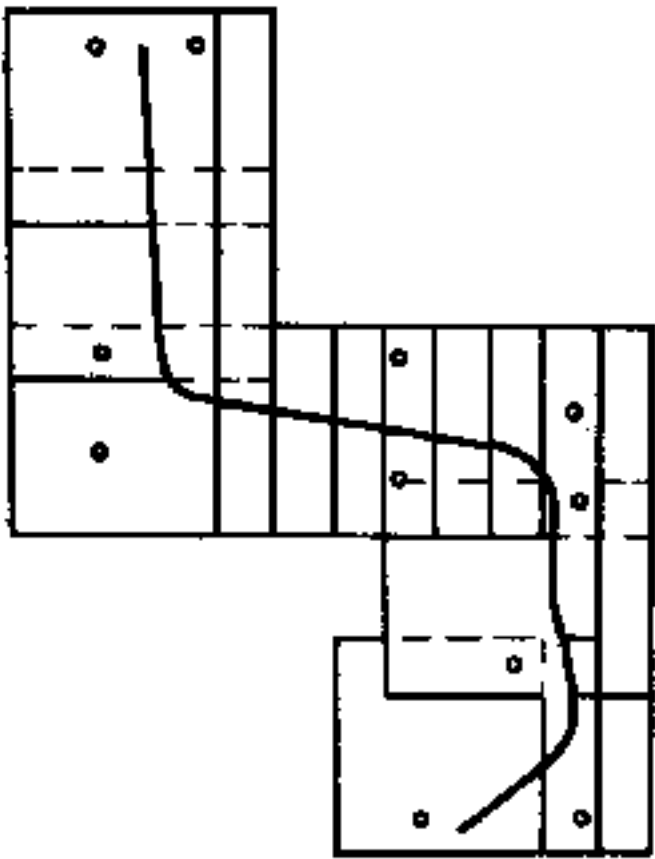
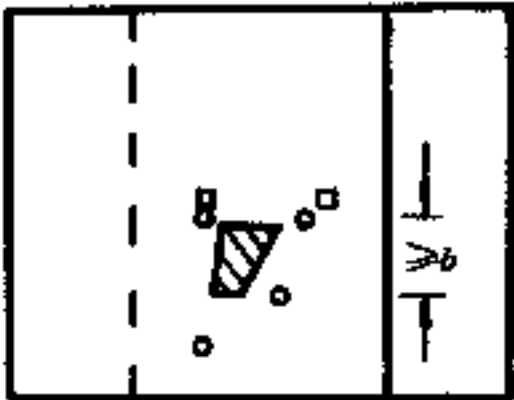
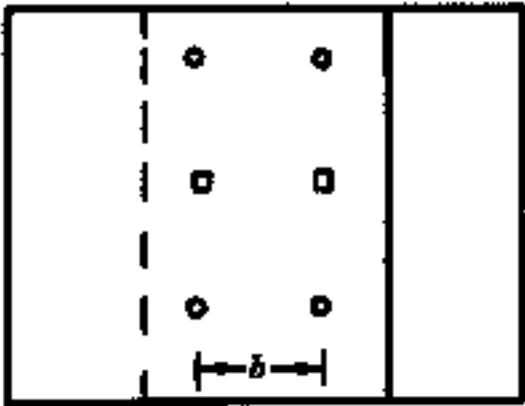


图 4.2.2-3
图 4.2.2-3



□ 像主点

○ 外控点

▨ 测图范围

图 4.2.2-4

4.2.2.7 特殊情况的布点应符合下列要求:

(1) 补摄航线出现下列任何一种情况,应分别布点:采用的航摄仪焦距不一致;航向重叠小于 60%;旁向重叠小于 10%;航

地点、Ⅰ级军控点或相当于上述精度的GPS点及其他点。辅助导线可起闭于主导线点。

4.2.4.2 导线边长以400~800m为宜，安置在各导线点上的反射镜应用固定支架置平对中。边长往返观测各一测回，并应进行气象和加、乘常数改正，测距读数较差及往返测平距较差不得大于表4.2.4-1的规定。竖直角往返观测各一测回，同一测站各方向的指标差之差不得大于15″。

测距限差 表 4.2.4-1

仪器精度等级	测距中误差 (mm)	一测回二次 读数较差 (mm)	测回间读 数较差 (mm)	往返测平 距较差 (mm)
I	<5	5	7	$2\sqrt{2}\frac{m_D}{\sqrt{N}}$
II	5~10	10	15	
III	11~20	20	30	

注：N为单向测回数

4.2.4.3 导线水平角应测量右角，观测一测回。两半测回较差不得大于15″。两半测回间应变换度盘位置。

4.2.4.4 当导线点上水平角观测多于三个方向时应按方向观测法施测，半测回归零差不得大于12″，半测回间同一方向值较差不得大于12″。

4.2.4.5 主、辅助导线全长及限差不得大于表4.2.4-2的规定。

主、辅助导线全长及限差 表 4.2.4-2

地形图 比例尺	导 线 类 别		全 长 (km)	导线全长相 对闭合差	方位角闭 合差 (″)
1:1000 1:2000	主导线	起闭于国家等级三角点	30	$\frac{1}{10000}$	$15\sqrt{n}$
		起闭于Ⅰ级军控点	25		
	辅助导线		23		
1:5000	主导线	起闭于国家等级三角点	40		
		起闭于Ⅰ级军控点	35		
	辅助导线		30		

注：n为置镜点数。

地点、Ⅰ级军控点或相当于上述精度的 GPS 点及其他点。辅助导线可起闭于主导线点。

4.2.4.2 导线边长以 400~800m 为宜,安置在各导线点上的反射镜应用固定支架置平对中。边长往返观测各一测回,并应进行气象和加、乘常数改正,测距读数较差及往返测平距较差不得大于表 4.2.4-1 的规定。竖直角往返观测各一测回,同一测站各方向的指标差之差不得大于 15″。

测距限差

表 4.2.4-1

仪器精度等级	测距中误差 (mm)	一测回二次 读数较差 (mm)	测回间读 数较差 (mm)	往返测平 距较差 (mm)
I	<5	5	7	$2\sqrt{2}\frac{m_D}{\sqrt{N}}$
II	5~10	10	15	
III	11~20	20	30	

注: N 为单向测回数

4.2.4.3 导线水平角应测量右角,观测一测回。两半测回较差不得大于 15″。两半测回间应变换度盘位置。

4.2.4.4 当导线点上水平角观测多于三个方向时应按方向观测法施测,半测回归零差不得大于 12″,半测回间同一方向值较差不得大于 12″。

4.2.4.5 主、辅助导线全长及限差不得大于表 4.2.4-2 的规定。

主、辅助导线全长及限差

表 4.2.4-2

地形图 比例尺	导 线 类 别		全 长 (km)	导线全长相 对闭合差	方位角闭 合差 (″)
1:1000 1:2000	主导线	起闭于国家等级三角点	30	$\frac{1}{10000}$	$15\sqrt{n}$
		起闭于Ⅰ级军控点	25		
	辅助导线		23		
1:5000	主导线	起闭于国家等级三角点	40		
		起闭于Ⅰ级军控点	35		
	辅助导线		30		

注: n 为置镜点数。

类 别	地形图比例尺	全长 (km)	闭合差 (mm)
辅助导线的高程测量	1 : 1000, 1 : 2000	23	$50 \sqrt{L}$
	1 : 5000	30	
支导线的高程测量	1 : 1000	2	
	1 : 2000	3	
	1 : 5000	4	

注: L 为导线全长, 单位以 km 计。

4.2.5.2 水准测量施测应符合下列要求:

- (1) 观测应在呈像清晰、稳定情况下进行;
- (2) 前、后视线长度宜接近;
- (3) 视线长度不得大于 150m。当跨越河流或深沟时, 可增至 200m。跨越宽度为 200m 以上河流或深沟时, 应按跨河水准测量的要求进行。
- (4) 外控点必须是前、后视点, 不得作为中视点。
- (5) 沿水准路线, 宜在每张像片上测定 1~2 个高程控制点。
- (6) 与线路测量的水准点高程测量一致时, 应符合铁道部现行有关线路测量规范的规定。

4.2.5.3 光电测距三角高程导线测量应符合下列规定:

- (1) 仪器高和觇标高量至毫米。
- (2) 竖直角应按中丝法观测两侧回或三丝法观测一测回。测回间较差不得大于 $10''$, 同一站的指标差互差不得大于 $8''$ 。
- (3) 竖直角必须往返观测, 最大竖直角不得大于 30° 。
- (4) 高程支导线最后一站可单向测定, 但必须改变视点高或仪器高测定两组高差, 较差不得大于 100mm, 取平均值为采用值。边长不得大于 800m。

4.2.5.4 新建铁路与既有铁路接轨时, 高程测量应符合下列要求:

- (1) 应与既有铁路水准点或城市水准点联测。
- (2) 应测量车站中心处的既有正线轨顶高程及路肩高程。

类 别	地形图比例尺	全长 (km)	闭合差 (mm)
辅助导线的高程测量	1 : 1000, 1 : 2000	23	$50 \sqrt{L}$
	1 : 5000	30	
支导线的高程测量	1 : 1000	2	
	1 : 2000	3	
	1 : 5000	4	

注: L 为导线全长, 单位以 km 计。

4.2.5.2 水准测量施测应符合下列要求:

- (1) 观测应在呈像清晰、稳定情况下进行;
- (2) 前、后视线长度宜接近;
- (3) 视线长度不得大于 150m。当跨越河流或深沟时, 可增至 200m。跨越宽度为 200m 以上河流或深沟时, 应按跨河水准测量的要求进行。
- (4) 外控点必须是前、后视点, 不得作为中视点。
- (5) 沿水准路线, 宜在每张像片上测定 1~2 个高程控制点。
- (6) 与线路测量的水准点高程测量一致时, 应符合铁道部现行有关线路测量规范的规定。

4.2.5.3 光电测距三角高程导线测量应符合下列规定:

- (1) 仪器高和觇标高量至毫米。
- (2) 竖直角应按中丝法观测两侧回或三丝法观测一测回。测回间较差不得大于 $10''$, 同一站的指标差互差不得大于 $8''$ 。
- (3) 竖直角必须往返观测, 最大竖直角不得大于 30° 。
- (4) 高程支导线最后一站可单向测定, 但必须改变视点高或仪器高测定两组高差, 较差不得大于 100mm, 取平均值为采用值。边长不得大于 800m。

4.2.5.4 新建铁路与既有铁路接轨时, 高程测量应符合下列要求:

- (1) 应与既有铁路水准点或城市水准点联测。
- (2) 应测量车站中心处的既有正线轨顶高程及路肩高程。

(3) 在接轨站内设置的基线点高程应按铁路五等水准点要求进行施测。

4.2.6 成果计算应符合下列要求：

4.2.6.1 计算前应全面认真检查观测记录手簿，核对原始数据。

4.2.6.2 采用微机计算，必须复核手工输入的原始数据；手工计算，必须两人对算，核对无误后以一份成果为准。

4.2.6.3 水准测量、三角高程和光电测距距离的计算取位至毫米，其他各项计算取位至厘米，角度计算的角值取位至秒。

4.2.6.4 对位于相邻投影带分界线附近电算加密单元的公用平高和平面控制点，必须计算该点在相邻两投影带的坐标。

4.2.6.5 采用全站仪作业时，计算前应通过微机检查所记录的编码、点号有无错、漏。计算完成后，及时整理出磁盘贮存内容的索引。

4.3 像片调绘

4.3.1 像片调绘工作，应符合下列要求：

4.3.1.1 地形图上表示的地物、地貌要素应由调绘确定类别、性质及在像片上的位置。

4.3.1.2 地物、地貌的综合取舍，以满足勘测设计的需要为前提，既适应图面允许的荷载量，又保持实地特征。

4.3.1.3 凡测图范围内未能准确、清晰反映的地物，如被阴影或树木遮盖、影像模糊不清或航摄后新增加的地物，应在调绘片的背面标明与邻近明显地物点的关系（如距离、方位）。需补的地物较多时，应将范围圈出、安排补测。

4.3.1.4 像片调绘宜采用部颁图例符号或用文字注记替代。在像片表示困难时，可临时设计简化符号表示，但必须加注说明并上报主管技术部门。

4.3.1.5 航摄像片比例尺较小或地物复杂时，宜采用放大像片调绘。

4.3.1.6 像片上同一部位无法按真实位置描绘两个及两个以上符号时，应分清主次采用移位、注解、示意图等方式表示。

4.3.2 调绘面积划定应符合下列要求：

4.3.2.1 调绘范围必须略大于测图范围。

4.3.2.2 调绘面积线在隔号像片上划定，像片的右边和下边的面积线宜绘成直线，左边和上边可为曲线或折线。

4.3.2.3 调绘面积线宜划在航向和旁向重叠中部附近，应避免与线状地物重合或分割居民点。相邻两调绘面积之间不得产生漏洞。

4.3.2.4 在调绘面积线以外，应注明邻接像片号、航线号和测段号。无接边处应注明“自由边”。多航线测区应绘制调绘片接合图。

4.3.3 调绘作业应符合下列要求：

4.3.3.1 方位物及未进行平面联测的水准点应调注。

4.3.3.2 房屋、窑洞、厂矿及文物古迹等建筑物应调绘。建筑中或已拆除的房屋按其基础用虚线绘出轮廓线，并注“建”或“拆”。1:5000 比例尺测图时可适当综合取舍。

4.3.3.3 管道、电力线（高压和低压）、通讯线应准确表示。其转折处及分岔点需刺点。若刺点困难时应实测。在工矿企业、城镇、电力排灌区等电力线较多时，除调绘干线外，其余线路可适当取舍。通讯线可只绘通往市镇的主要线路。对穿越设计线路的电力线、通讯线必须全部表示。

4.3.3.4 铁路，公路，城市、厂矿、林区、人烟稀少地区和联结居民地的道路，以及渡口，铁路和公路的桥、涵、隧道等建筑物均应调绘。铁路、公路应注明通向，对于公路，每张像片上至少应有一处注记路宽（注至 0.1m）和铺面材料，并在路宽变化处增加注记。

4.3.3.5 河流、湖泊、水库、池塘、沟渠等的水涯线，应绘摄影时的水位。堤坝、河流、沟渠等在像片上宽度大于 1mm 时，应用双线表示；不能用双线表示时，应在宽度变化处注记尺寸。河

流、沟渠应注流向。水工建筑物亦应调绘。

4.3.3.6 农田、植被等各种地类界应调绘。当地类界与线状地物重合时，其线状地物可用作地类界线。

4.3.3.7 在密林、灌木丛区应量测沟底、交叉口、山凹、鞍部和其他地形变化处的树高（注记至米）。注记位置应与实测位置一致。

4.3.3.8 行政区域分界线调至乡级。

4.3.3.9 应注记出居民地、市镇街巷、厂矿企业、机关学校、医院、农（林）场、大型文化体育建筑、名胜古迹、道路、山岭、河流、湖泊、水库、长大沟渠等名称。

4.3.3.10 岩峰、岩穴、悬崖、沙漠、戈壁、河滩和沼泽等，应标出范围并加注说明。

4.3.3.11 接轨站应调绘股道、线间距、进出站信号机、站内建筑物、大型固定设备，以及侧沟、暗沟、明沟等。

4.4 摄影处理

4.4.1 晒印像片应符合下列要求：

4.4.1.1 根据航摄底片的反差情况，正确选择感光材料的型号和选配药液。供加密和测图用的透明正片，应采用涤纶软片。

4.4.1.2 显影液的温度应在 $18\sim 22^{\circ}\text{C}$ 之间。定影必须充分。

4.4.1.3 水洗器皿要洗刷干净，不能有任何细小沙粒。温度在 22°C 以下，水洗时间宜为 25min。

4.4.1.4 使用有机械方向的感光材料时，其机械方向应与航摄底片的机械方向垂直。

4.4.1.5 涤纶片晾干时，宜夹住像片一边的两角平挂。

4.4.1.6 晒印像片时注意压平质量，像片的四个框标影像应清晰、完整。

4.4.2 放大像片应符合下列要求：

4.4.2.1 外业调绘片无论整张放大或局部放大，邻片之间的影像应有适当重叠。

4.4.2.2 放大像片的显影、定影、水洗等应符合本规范第4.4.1.2至4.4.1.5款规定。

4.4.3 晒印像片、涤纶片和放大像片必须反差正常、色调一致、影像清晰、光辉和暗影部分均能辨别出细貌，无斑点、砂粒、污迹、伤痕和气泡。

4.5 解析空中三角测量

4.5.1 内业加密点对最近野外控制点的平面和高程中误差不得大于表4.5.1的规定。

内业加密点的平面和高程中误差

表4.5.1

地形图比例尺 地形类别	I		II		III		IV	
	平面 (m)	高程 (m)	平面 (m)	高程 (m)	平面 (m)	高程 (m)	平面 (m)	高程 (m)
1:1000	0.91	0.33	0.91	0.50	1.10	0.70	1.10	1.00
1:2000	1.40	0.50	1.40	0.80	1.70	1.20	1.70	1.70
1:5000	2.05	0.70	2.05	1.00	2.50	1.70	2.50	2.30

4.5.2 内业选刺点应符合下列要求：

4.5.2.1 当采用辅助点定向时，应准确刺出像主点，并在像片方位线或过像主点垂直于方位线的方向上距像片边缘约10mm处刺出辅助点。

4.5.2.2 各类控制点、导线点及线路、地质、水文等专用点的转刺必须根据刺点位置、略图、点位说明等资料综合判断进行。若无立体转点仪时，外业控制点可只转标概略位置而不刺点。

4.5.2.3 加密点（图4.5.2-1）的选刺应符合下列规定：

(1) 3、4、5、6点应在过主点且垂直于方位线的直线附近，偏离不得大于10mm；离方位线的距离应大致相等且大于50mm。

(2) 当像主点影像不利于量测时，应距像主点15mm范围内选刺一明显地物点为加密点。

(3) 加密点距离像片边缘不得小于10mm，离各类标志不得小于1mm。

(4) 若加密点位于外控点连线外 10mm 时, 应在外控点连线附近增选定向补充点 (图 4.5.2-2 中的 B 点)。

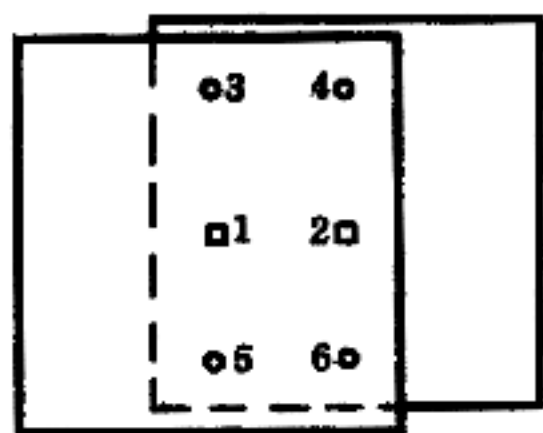


图 4.5.2-1

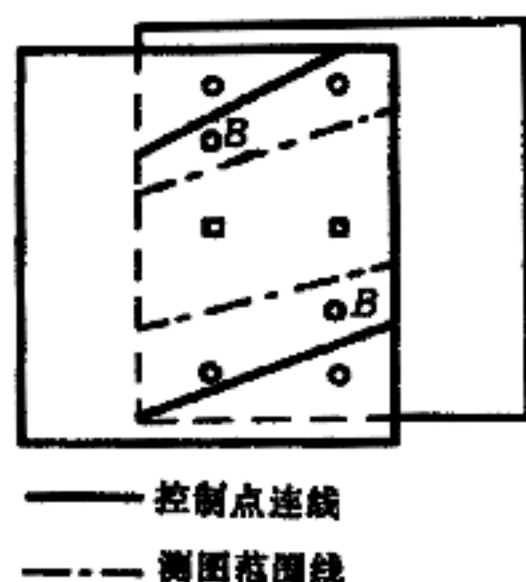


图 4.5.2-2

(5) 重叠范围内加密点应互相转刺。当旁向重叠过小, 在重叠范围中线附近选不出公共点时, 可分别选点, 但该两点至旁向重叠中线垂距之和不得大于 20mm。

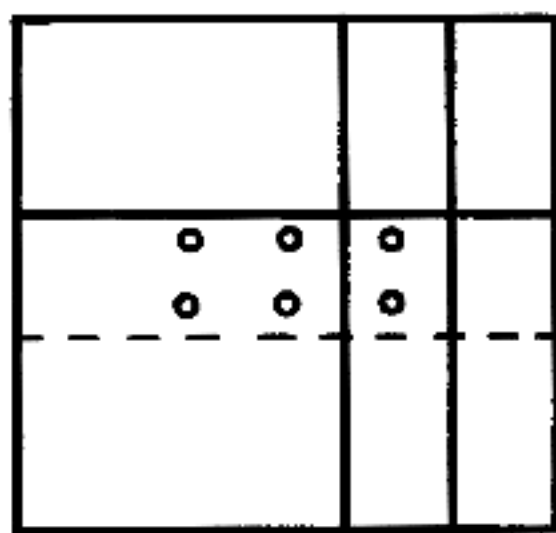
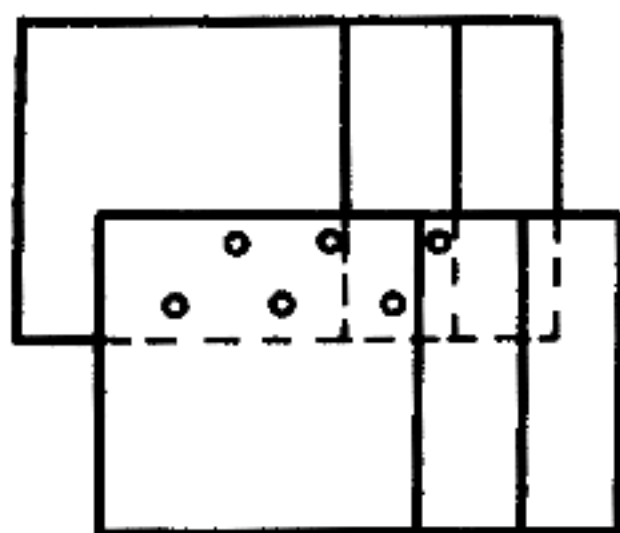


图 4.5.2-3

(6) 区域网平差的航线连接点宜采用双排点布设 (见图 4.5.2-3)。

(7) 遇到大型水库、湖泊、平缓河流时, 在每个像对上选刺两个水位点。

(8) 航摄比例尺较小时,应根据测图仪的绘图桌面的有效尺寸选刺测图控制点,保证立体测图时大地定向点不少于4个。

(9) 选刺点的孔径和误差,均不得大于0.1mm。

(10) 选刺点目标在本片和邻片上的影像必须清晰、明显、易于量测和转刺。当飞行方向与河谷一致时,定向点点位应避开危险圆。

(11) 加密点在同一测段或同一区域网中应统一编号,并注记在测绘面积外。

4.5.3 内业加密作业中的各项误差应符合下列规定:

4.5.3.1 相对定向后残余上下视差

采用解析测图仪或相当于该精度的仪器量测时,各类点的残余上下视差不得大于0.008mm;

采用立体坐标量测仪量测时,加密相对定向点的残余上下视差不得大于0.02mm,其他加密点的残余上下视差不得大于0.04mm。困难时分别放宽到0.03mm和0.05mm。

4.5.3.2 模型连接差

平面连接差 $\leq 0.12m$ (mm);

高程连接差 $\leq 0.05 \frac{f_K}{b} m$ (mm);

采用解析测图仪联机空中三角测量加密时,

平面连接差 $\leq 0.06m$ (mm);

高程连接差 $\leq 0.04 \frac{f_K}{b} m$ (mm);

4.5.3.3 绝对定向完成后,定向点残差不得大于加密点中误差的0.75倍,多余野外控制点残差不得大于加密点中误差的1.3倍。

4.5.3.4 公共点较差不得大于加密点中误差的2.0倍。

4.5.4 内业加密质量评定公式宜为:

采用多余外业点的残差计算中误差时,

$$m_{\text{多}} = \sqrt{\frac{[\Delta\Delta]}{n_1}} \quad (4.5.4-1)$$

式中 Δ ——多额外业点的残差;

n_1 ——多额外业点个数。

采用相邻航线公共点较差计算中误差时,

$$m_{\text{公}} = \sqrt{\frac{[dd]}{2n_2}} \quad (4.5.4-2)$$

式中 d ——公共点较差;

n_2 ——公共点个数。

4.5.5 底图制备应符合下列要求:

4.5.5.1 地形图的分幅图形采用正方形或矩形,其规格为:宽 500mm,长 500~1000mm 或宽 400mm,长 500mm。同一项目,同一比例尺的图纸规格应一致。

4.5.5.2 展绘坐标格网点、大地点、外控点、导线点、专用点、线路联测点和加密点时,误差不得大于 0.1mm。展绘后应检查图纸有无移动。

4.5.5.3 坐标格网整饰线条应细而匀,误差不得大于 0.1mm。

4.5.5.4 位于投影带分界处的图幅应展绘相邻两带的坐标格网。

4.5.5.5 展点完毕后应经第二人检查。

4.6 模拟测图

4.6.1 选择模型比例尺和 b_z 安置应符合下列规定:

4.6.1.1 依据仪器机械移动范围、像对内相对航高及仪器的高程比例尺和仪座传动比选择最大模型比例尺。模型比例尺估算公式为:

$$M_{\text{模}} = \frac{H}{Z} \quad (4.6.1-1)$$

4.6.1.2 b_z 概略安置值用下式计算:

$$b_z = \frac{m}{M_{\text{模}}}b + MQ_{b_z} \quad (4.6.1-2)$$

式中 MQ_{b_z} ——仪器基线分量 b_z 的零位置。

若采用内业加密成果，可用下式计算：

$$b_z = \frac{B_x}{M_{\text{模}}} + MO_{b_z} \quad (4.6.1-3)$$

式中 B_x ——内业加密获取的航摄基线的 x 分量。

4.6.2 内方位定向应符合下列规定：

4.6.2.1 装片时，不论采用透明正片或负片都应通过放大镜仔细观察，使框标标志严格对准像片盘的相应标志。其对准误差不得大于 0.05mm。

4.6.2.2 投影器主距 f 安置至 0.01mm。安置值按下式计算：

$$f = \frac{1}{2} \left(\frac{l_z}{L_z} + \frac{l_y}{L_y} \right) f_K \quad (4.6.2-1)$$

式中 l_z 、 l_y ——分别为透明正片（或负片）的 x 、 y 方向框标的间距；

L_z 、 L_y ——分别为航摄仪 x 、 y 方向框标的间距。

用 B 型仪器作业时，投影器主距 f_z 、 f_y 分别按下式计算：

$$f_z = \frac{l_z}{L_z} f_K \quad (4.6.2-2)$$

$$f_y = \frac{l_y}{L_y} f_K \quad (4.6.2-3)$$

4.6.3 相对定向应符合下列规定：

4.6.3.1 六个定向点应在标准位置附近选用最能显示上下视差的地方。高山峡谷地区测图时，定向点应避免选在危险圆上。

4.6.3.2 相对定向应尽量消除上下视差，残余上下视差应合理分配，主点及主点连线不得配赋残差，其余各定向点残差不得大于测标直径的 1/2。

4.6.4 绝对定向应符合下列规定：

4.6.4.1 残差经合理配赋后，其值不得大于表 4.6.4 的规定，个别不得超过表列规定值的 1.5 倍。

4.6.4.2 模型置平时，残差配赋的原则：在远离测图范围的定向点上宜多配赋，主导线点及靠近线路的其他外业实测点残差应尽量少配赋。

4.6.4.3 位于外控点连线 10mm 外的加密点应采用相应的定向补充点替代。

绝对定向平面对点误差及高程误差 表 4.6.4

地形图比例尺 \ 地形等级 \ 误差类别		I	II	III	IV
1 : 1000	平面 (mm)	0.6	0.6	0.7	0.7
	高程 (m)	0.3	0.4	0.6	0.9
1 : 2000	平面 (mm)	0.6	0.6	0.7	0.7
	高程 (m)	0.4	0.6	0.9	1.1
1 : 5000	平面 (mm)	0.5	0.5	0.6	0.6
	高程 (m)	0.5	0.7	1.3	2.2

注：平面误差是指图上距离。

4.6.5 测绘地物、地貌应符合下列要求：

4.6.5.1 测绘范围应在定向点连线以内，最大不得超过定向点连线外 10mm（像片上）。若相邻航线或像对，在接边处有阴影等缺陷，而在本像对能补测时，测绘范围可酌情放宽，并作记录。

4.6.5.2 地物与地貌要素应在外业调绘的基础上，通过立体测图仪仔细辨认测绘。原则上是外业定性、内业定位。当确认外业调绘有错误时，内业可根据立体模型影像改正，并在该调绘片背面说明。测绘地物地貌要做到无错漏、变形、移位。

4.6.5.3 山顶、鞍部、变坡处和山麓等地区用首曲线不能表示出地貌特征或平坦地区首曲线在图上间隔大于 50mm 时，应加测半距等高线。

4.6.5.4 在等斜坡地段，相邻计曲线间距在图上小于 10mm 时，可只测计曲线。

4.6.5.5 测定高程注记点应符合下列要求：

(1) 沿线路附近的沟心、谷底、鞍部、山顶、变坡处、陡坎、堤坝顶、堤坝底、公路、道路交叉及不能用等高线表示出地貌特征地区，应加测高程注记点，主要河流、湖泊及较大面积的积水

应加测水位点。

(2) 线路、地质、水文各专业所需的专用点应测注高程；

(3) 地形图的每一方格 ($100\text{mm} \times 100\text{mm}$) 内不得少于 5 个均匀分布的高程注记点。

4.6.5.6 洼地、山顶 (包括平地的小山包)、鞍部的高程变换处若无高程注记点, 应绘出示坡线。

4.6.5.7 等高线的高程注记应清晰、易读、字头朝向高处。

4.6.5.8 密林地区测图时, 地貌测绘应考虑树高的影响。等高线描绘完后应进行地形总貌检查。

4.6.6 相邻像对的接边应符合下列规定:

4.6.6.1 相邻像对地物和等高线接边误差分别不得大于地物点平面位置中误差和等高线高程中误差的 1.5 倍, 个别不得大于 2.0 倍。

4.6.6.2 相邻像对地物、地貌接边应在仪器上进行。接边差应合理配赋。配赋时注意避免地物、地貌变形。

4.6.7 原图编绘应符合下列要求:

4.6.7.1 着墨前, 应对铅笔原图进行编图工作。

4.6.7.2 地物、地貌的清绘应对照外业调绘片进行、防止错、漏、移位和变形。清绘后的原图应准确、清晰、易读, 符合部颁图例符号的规定, 满足复印、晒图的要求。

4.6.7.3 相邻计曲线间隔小于 4mm 时, 可不绘首曲线。

4.6.7.4 对测绘的个别地物、地貌有明显不合理时, 可作适当修饰。Ⅰ、Ⅱ级地形的等高线可分别在 $\frac{1}{8}$ 、 $\frac{1}{4}$, Ⅲ、Ⅳ级地形在 $\frac{1}{3}$ 的基本等高距范围内进行修改, 但不应形成成组等高线移位和变形。

4.6.7.5 图上各类线划符号应准确、清晰、统一。各类符号间隔不宜小于 0.2mm , 各类控制点中心位置的个别移位误差不得大于 0.1mm , 各类地物元素的线划、符号中心位置偏移不得大于 0.2mm 。

4.6.7.6 各种文字、数字的注记应正确、合理, 便于阅读, 不

得遮盖重要地物、地貌。

4.6.7.7 图幅接边应按坐标格网进行,若因伸缩等因素产生误差时可平均配赋,但应避免地物、地貌变形。

4.6.8 应交成果及资料:

外业应交刺点片、调绘片,外控点镶辑复照图(绘有制图范围、注有线路设计高程的线路位置、各类外控点等),固桩表、水准点表,观测记录手簿、计算手簿,图历簿,控制测量作业图,检查资料和技术总结。采用微机计算时,还应提交存有原始数据及计算成果的磁介质。

内业应交地形图原图,观测计算手簿,加密成果,透明正片,图历簿,测图说明,检测成果及技术总结。

4.7 数字测图

4.7.1 成果图形文件格式,宜为 DGN (IGDS) 格式, DXF (或 DWG) 格式,或 ASCII 格式。

4.7.2 可采用各数字测图系统现有的编码系统,但必须具备转换成标准地物编码系统的手段和能力。

4.7.3 地物符号库、线型库和汉字库必须按本规范规定的图形符号和制图标准建立。

4.7.4 解析测图仪测图应符合下列规定:

4.7.4.1 装片时,透明正片的飞行方向大致平行于仪器的 x 轴。内定向时,测标严格对准框标,框标坐标量测误差不得大于 0.02mm 。

4.7.4.2 相对定向各点的残余上下视差不得大于 0.008mm 。

4.7.4.3 绝对定向各点平面坐标残差(单位:m); I、II 级地形不得大于 0.0002m 。困难时个别不得大于 0.0003m ; III、IV 级地形不得大于 0.0003m ,困难时,个别不得大于 0.0004m 。高程定向各点残差不得大于加密点高程中误差的 0.6 倍。

4.7.4.4 测绘地物、地貌及接边应符合本规范第 4.6.5 和 4.6.6 条的规定。

4.7.4.5 图形编辑应符合下列规定：

(1) 地形图的各种符号、数字及文字注记位置恰当，不得与重要地物、地貌重叠，并应以图形方式存贮于地形图文件相应的层中。

(2) 在交互式编辑等高线、水系等线状地物时，必须采用“捕捉”功能，曲线接头处应光滑圆顺。

(3) 凡图面上人工修改的地物、地貌，必须同步地在图形文件内作相应的修改。

(4) 地类界、行政区划等封闭图形必须作闭合检查。

4.7.4.6 绘图输出应符合下列要求：

(1) 数控绘图机位置误差应符合本规范第 4.7.4.3 款的规定。

(2) 数控绘图机绘制成品图的各种线划、符号应符合现行的《铁路线路平面图图例》的要求，线条应均匀光滑。

4.7.5 模拟立体测图仪机助系统测图应符合下列规定：

4.7.5.1 选择模型比例尺和 b_z 安置，内方位定向，相对定向，绝对定向，测绘地物、地貌和接边应符合本规范第 4.6.1 至 4.6.6 条的规定。

4.7.5.2 图形编辑、绘图输出应符合本规范第 4.7.4.5 和 4.7.4.6 款的规定。

4.7.6 立体坐标量测仪机助系统测图应符合下列规定：

4.7.6.1 适用于平坦地区或居民地密集区测图。

4.7.6.2 相对定向完成后，定向点的残余上下视差不得大于 0.02mm，检查点不得大于 0.04mm，采集地物、地貌点不得大于 0.06mm。

4.7.6.3 绝对定向完成后，定向点、多余控制点的平面残差分别不得大于 0.3mm、0.5mm；高程残差不得大于加密点高程中误差的 0.75 倍。

4.7.6.4 测绘地物、地貌和接边应符合本规范第 4.6.5 和 4.6.6 条的规定。

4.7.6.5 图形编辑和绘图输出应符合本规范第 4.7.4.5 和

4.7.4.6 款的规定。

4.7.7 应交成果资料;外业成果资料应符合本规范第 4.6.8 条的规定。内业应交地形原图,数字地图,测图手簿,图历簿,作业像片,测图说明,检测成果及技术总结。

4.8 正射影像地图的制作

4.8.1 正射影像地图的高程注记点和等高线高程中误差应符合本规范表 3.0.5-2 的规定,地物点对最近外控点的平面中误差在图上不得大于 1.0mm。

4.8.2 内业处理应符合下列要求:

4.8.2.1 供扫描用的黑白涤纶片应色调均匀,表面清洁,无指纹、擦痕。密度 (D_0) 最大为 0.9~1.2,最小为 0.2~0.4;反差 (ΔD) 为 0.8~1.0。若数据采集与微分纠正不采用同一作业片时,其作业片应使用同种片基材料。

4.8.2.2 加密作业中,相邻基本扫描片重叠部分的控制点应相互转刺外,还应选刺三个供 ORI 正射投影仪作业的定向控制点(可与数据采集的控制点公用),加密其坐标。点位分布按图 4.8.2 所示。

4.8.2.3 数据采集在平坦地区宜用断面方式,山区宜用等高线(含地形特征点)方式。无论采用何种方式采集数据,等高线和地形特征点均应测绘在底图上。

4.8.2.4 采集格网点或断面点(模型坐标)间的密度相对于正射影像地图上的间距不得大于 15mm。此外在路堤、路堑、路肩、沟心、坎上下等变坡处,应采集特征点模型坐标。

4.8.2.5 沿等高线采集模型坐标数据时,同一等高线上相邻两点相对于正射影像地图上的间距:Ⅰ、Ⅱ级地形不得大于 10mm,Ⅲ级地形不得大于 7mm,Ⅳ级地形不得大于 5mm。

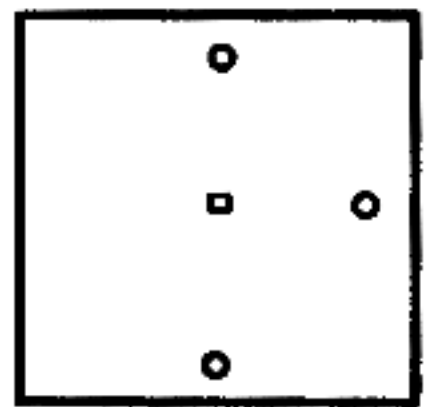


图 4.8.2

4.8.2.6 联机作业或采集断面像点坐标数据,断面间距(相当于正射影像地图的扫描缝隙长度值)可根据地面坡度、地形破碎程度参照下述要求选择:Ⅰ级地形 14~16mm;Ⅱ级地形 10~12mm;Ⅲ级地形 5~8mm;Ⅳ级地形或地形破碎地区 2~5mm。

4.8.2.7 正射投影扫描应符合下列规定:

(1) 正射投影扫描底片为全色片或分色片。感光度在 17DIN~24DIN 内选择;反差系数在 0.6~0.8 之间;片基厚度应在 0.1~0.175mm 范围内。

(2) 正射投影扫描作业中,基本扫描片的平面定向误差合理配赋后,相对于像片平面不得大于 0.03mm。

(3) 当一张基本扫描片覆盖一幅图或切割镶嵌时,扫描影像范围线比图幅或切割镶嵌边缘线应大于 15mm。

(4) 正射影像底片的灰雾密度 $D_0 < 0.2$;最小密度 $D_{0_{\min}} > D_0 + 0.2$;最大密度 $D_{0_{\max}}$ 在 0.8~1.2 之间,反差 ΔD 在 0.6~0.9 之间,最大不得大于 1。

(5) 图幅内扫描带间不应有明显缝隙、条纹,全片不应有折痕、划伤及脱膜、镶嵌拼接处的影像色调不应有明显差异。

4.8.2.8 正射影像地图表示的等高线较稀疏时,可直接在正射影像底片背面套绘等高线,高程注记点,地理名称及经纬距。

4.8.2.9 正射影像地图表示的等高线较密时,宜在刻图膜底图上刻绘等高线,高程注记点、地理名称及经纬距,用套合曝光晒印成正射影像地图。

4.8.3 正射影像地图的编制,除应符合本节规定外,对控制测量、调绘和加密等作业应符合本规范第 4.2、4.3 和 4.5 节的规定。

4.8.4 应交成果及资料:外业成果资料应符合本规范第 4.6.8 条的规定。内业应交正射影像地图,正射影像底片,透明涤纶正片(基本扫描片、数据采集作业用透明正片),加密成果,数据采集手簿、过渡底图(数据采集作业中描有等高线及高程注记点的底图),技术任务书中规定要保存的数据记录磁带。

5 地面立体摄影测量

5.1 一般规定

5.1.1 地面立体摄影测量宜用于Ⅱ、Ⅲ、Ⅳ级地形测制 1:500、1:1000 比例尺工点地形图。

5.1.2 地形图比例尺为 1:500 时,外控点对最近主导线点的平面位置中误差不得大于 0.2m,高程中误差不得大于表 5.1.2 的规定。地形图比例尺为 1:1000 时,平面和高程中误差应符合本规范第 4.2.1 条的规定。

外控点高程中误差

表 5.1.2

地形等级	I	II	III	IV
高程中误差 (m)	0.08	0.17	0.25	0.33

5.2 摄影及像片控制点联测、调绘

5.2.1 摄站、摄影基线应符合下列规定:

5.2.1.1 摄影站应选在视野开阔处,左、右两摄站必须互相通视,且高差不宜过大。一般情况下高差不得大于 $B/10$,困难情况下不得大于 $B/5$ 。

5.2.1.2 在陡峻山区、峡谷地段摄影基线宜布设在摄区的对面。若高差过大且纵距又受地形限制时,可分层选定摄站,布设摄影基线。

5.2.1.3 摄影基线长度应根据纵距 (y) 和地形图比例尺 (1: M) 确定。基线最大长度 B_{\max} 和最小长度 B_{\min} 可按下式计算:

$$B_{\max} = \frac{y_{\text{最近}}}{4} \quad (5.2.1-1)$$

$$B_{\min} = \frac{y_{\text{最远}}}{8M} \quad (5.2.1-2)$$

野外确定摄影基线时,可采用 $\frac{y_{最近}}{4} \geq B \geq \frac{y_{最远}}{20}$ 估算,当成图范围离摄站较远时,在 $\frac{y_{平}}{10} \sim \frac{y_{平}}{20}$ 间选择。

采用立体测图仪测图时,应顾及仪器的 ΔZ 范围。

5.2.1.4 摄影基线长度采用光电测距仪测量或钢尺丈量,长度测量经倾斜改正后的相对误差不得大于 $\frac{1}{2000}$ 。左、右摄影中心之间高差 B_z 的测量误差不得大于10mm。

5.2.2 外控点布设与测量应符合下列要求:

5.2.2.1 外控点布设如图5.2.2-1所示每个立体像对4点或5点,困难情况下可布设3点。连续摄影时,相邻像对的外控点宜公用。

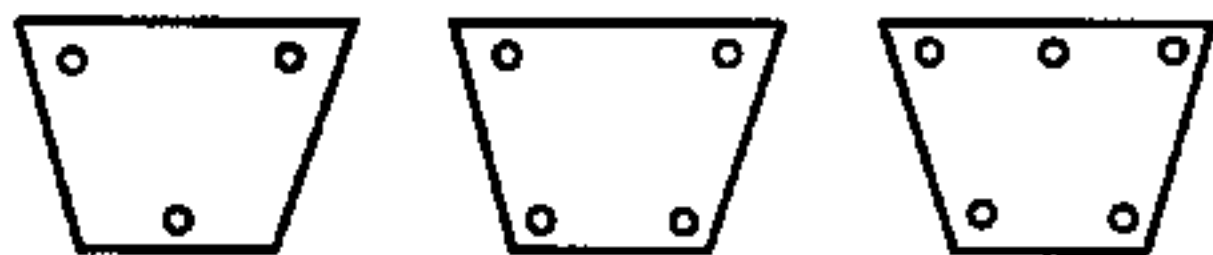


图 5.2.2-1

5.2.2.2 一般情况下,控制点应设人工标志。标志的尺寸按(5.2.2)式计算;

$$R \geq \frac{Y_{平}}{f} v \quad (5.2.2)$$

式中 R ——标志尺寸;
 f ——摄影机主距;
 v ——影像最小量测值。

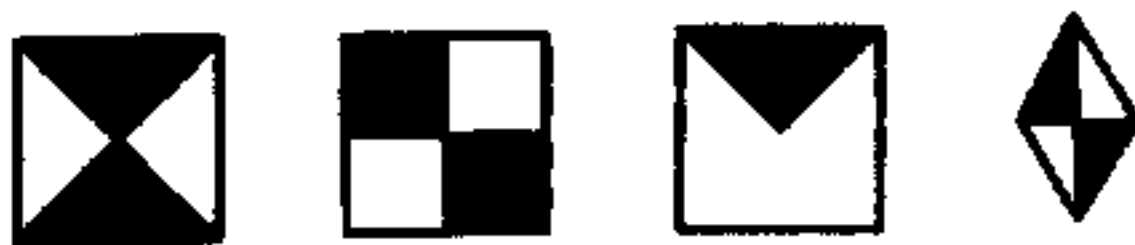


图 5.2.2-2

5.2.2.3 觇板标志宜采用胶合板做成正方形或菱形,并涂以红白漆。见图 5.2.2-2 所示。

5.2.2.4 外控点宜采用起闭于主导线、初测导线、定测线路点或其他高级控制点的导线(含引点)或交会法测定。

5.2.3 摄影及摄影处理应符合下列要求;

5.2.3.1 摄影干板应严格检查挑选,玻璃表面不平度不得大于 0.02mm。

5.2.3.2 摄影时应符合下列要求;

(1) 整平仪器时,水准气泡偏离应在半格以内。定向应准确,交角误差不得大于 $10''$,偏角误差不得大于 $30''$ 。

(2) 检影时,必须保证应摄入的外控点均能摄入像对,并且左站摄影时左边应留出一个基线长度,右站摄影时右边应留出一个基线长度。

(3) 应根据季节、天气、被摄物体的亮度、干板性能等因素正确曝光。不宜逆光摄影。

5.2.3.3 摄影方式根据测区条件、测图仪器而定,有正直摄影、等偏摄影、等倾摄影或交向摄影。等偏摄影时,偏角不宜大于 31.5° 、相邻像对间应有 10% 的重叠。

5.2.3.4 片号、基线长、摄影方式、物镜位置、两摄站高差、等偏角、摄影日期等摄影数据应记入手簿。

5.2.3.5 根据底片类型、景物反差选择显影配方。一般情况下宜用微粒显影液显影。

5.2.3.6 冲洗时液温应保持在 $18\sim 20^\circ\text{C}$ 。

5.2.3.7 底片应黑度正常、反差适中、影像清晰、框标齐全明显。

5.2.3.8 晒印像片时,应根据底片反差选用像纸,像片影像应清晰、层次丰富和反差正常。

5.2.4 外控点整饰及像片调绘应符合下列要求;

5.2.4.1 外控点采用红色以直径 10mm 的圆圈整饰,并在旁注明点号、高程。

5.2.4.2 当利用天然目标作为外控点时,应以 0.1mm 的精度立体刺出点位,并在像片背面绘制点位略图和说明。

5.2.4.3 调绘可用简化符号及文字说明,必要时应附加草图。

5.2.4.4 相邻像对间不得出现调绘漏洞。

5.2.4.5 通讯线、电力线的转折点应实地刺点或标明,地类界应实地绘出。

5.2.4.6 除上述规定外,尚应符合规范第 4.3.3 条的规定。

5.3 内业测图

5.3.1 地面立体摄影测量内业测图可在解析测图仪,精密立体测图仪或地面摄影测量专用的立体测图仪上完成。

5.3.2 图幅尺寸应根据工点面积而定,宜一个工点测绘在一幅图上。若工点面积较大时,可分幅测绘。

5.3.3 底图的坐标格网线应细而均匀,外控点展点误差不得大于 0.1mm。

5.3.4 内定向、相对定向应符合下列规定:

5.3.4.1 底片(干板)上四个框标点对准像片盘上四条框标线,其对准误差不得大于 0.05mm;采用解析测图仪测图,框标坐标量测误差不得大于 0.02mm。

5.3.4.2 相对定向完成后,残余上下视差应符合下列要求:

(1) 解析测图仪测图,残余上下视差 Δ_z 不得大于 0.008mm。

(2) 其他仪器测图,残余上下视差 Δ_z 不得大于 0.02mm。

(3) 主点附近不应有残余上下视差,其他点的残余上下视差应配赋合理。

5.3.5 绝对定向应对外控点残差进行合理配赋,地形图比例尺为 1:500 时,平面对点误差一般不得大于图上 0.6mm,困难时个别点可放宽到 1.0mm。高程误差不得大于表 5.3.5 的规定。地形图比例尺为 1:1000 时,平面对点误差及高程误差不得大于表 4.6.4 的规定。

地形等级	I	II	III	IV
高程余差 (m)	0.15	0.30	0.45	0.60

5.3.6 测绘地物、地貌应符合下列规定:

5.3.6.1 在立体像对上的测绘面积不得大于控制点连线外 10mm (图上长度)。

5.3.6.2 地物测绘应参照调绘片进行。地貌测绘应真实、细致地反映地貌形态及特征。

5.3.6.3 地表面被植被覆盖时,应考虑其影响加以改正。

5.3.6.4 高程注记点应选在明显地物和地形特征点上,如鞍部、山顶、沟心、道路交叉等。图上每方格 (100mm×100mm) 应测注 8~10 个高程点。

5.3.6.5 相邻像对地物和等高线接边误差分别不得大于地物点平面位置中误差和等高线高程中误差的 2 倍。

5.3.7 原图清绘应符合下列要求:

5.3.7.1 原图宜用单色清绘。

5.3.7.2 外控点中心位置偏移不得大于 0.1mm, 各类地物元素的线划、符号中心位置偏移不得大于 0.15mm。

5.3.7.3 各种线划应均匀光滑、饱满, 各种注记书写工整、位置恰当, 不压盖重要地物、地貌。清绘后地形图应清晰、易读。

5.4 应交成果及资料

5.4.1 应交成果及资料: 外业应交布点和摄影像对关系示意图, 摄影干板 (底片), 控制片, 调绘片, 摄影记录表, 控制成果表, 观测和计算手簿, 图历簿, 技术小结。

内业应交测图定向手簿, 地形原图, 图历簿, 技术总结和检查验收报告。

附录 A 本规范用词说明

执行本规范条文时，对于要求严格程度的用词说明如下，以便在执行中区别对待：

A. 0. 1 表示很严格，非这样做不可的用词；

正面词采用“必须”；

反面词采用“严禁”。

A. 0. 2 表示严格，在正常情况下均应这样做的用词；

正面词采用“应”；

反面词采用“不应”或“不得”。

A. 0. 3 表示允许稍有选择，在条件许可时首先应这样做的用词；

正面词采用“宜”或“可”；

反面词采用“不宜”。

附加说明

本规范主编单位、参加单位和主要起草人名单

主编单位：铁道部专业设计院

参加单位：铁道部第一勘测设计院

铁道部第二勘测设计院

铁道部第三勘测设计院

铁道部第四勘测设计院

主要起草人：陈绍光 吴昌荣 熊明轩 睦金文 徐怀恩

聂仕凯 潘志明 徐广印 覃好锐

在执行本规范过程中，如发现需要修改和补充之处，请将意见及有关资料寄交铁道部专业设计院（北京市朝阳区门外大街 **227** 号，邮政编码 **100020**），并抄送铁道部建设司标准科情所（北京市朝阳区门外大街 **227** 号，邮政编码 **100020**），供今后修订时参考。

《新建铁路摄影测量规范》

条文说明

本条文说明系对重点条文的编制依据，存在的问题以及在执行中应注意的事项等予以说明。为了减少篇幅，只列条文号，未抄录原条文。

1.0.1 本规范的宗旨。为了统一新建铁路建设中摄影测量的技术要求，凡是可能在全路统一的共同性的通用内容，本规范均加以规定，以更好地为铁路建设服务。

1.0.2 本规范适用范围。原《铁路测量技术规则》第二篇航空摄影测量只适用于 $1:2000$ 、 $1:5000$ 比例尺地形图的航测。根据铁路勘测设计的需要及铁路摄影测量生产实践，本规范扩大了适用范围。它适用于 $1:1000$ 、 $1:2000$ 、 $1:5000$ 比例尺地形图和正射影像地图的航测， $1:500$ 、 $1:1000$ 比例尺地形图的地面立体摄影测量。

1.0.3 根据长期生产、科研实践，对外、内业测绘仪器、工具，只有做到及时检查校正，加强经常性保养和维护工作，才能保证作业效率和测绘质量。

1.0.4 铁路测量成果是设计施工的重要依据，它直接影响设计施工的质量及安全生产。所以，为确保提高资料的正确，本规范规定未经检核的资料严禁使用。

3.0.1 1980 西安坐标系和 1985 国家高程基准是我国公布的最新的国家平面坐标和高程系统。但目前有些地区收集上述系统的资料仍有困难，另外也考虑在铁路勘测设计中存在着先局部测绘，后全线贯通的情况，所以在条文中规定可采用其他系统，但全线应换算成统一坐标系和高程基准。

我国大地点绝大多数均给出了 6°带投影直角坐标，对于大比例尺成图，带边缘投影后长度变形较大，如我国最南地区在 6°带边缘投影后长度变形可达 1/900。因此，规定采用 3°带投影直角坐标。

3.0.2 地面线路测量是考虑铁路带状测图的特点,按各检查点所在地面的横坡来规定测图精度并进行地形分类，根据地面横坡划分成四个等级。铁路航测的精度是与测段的地形条件有密切关系，生产中，以测段的地形条件制订采用的航摄比例尺和一系列作业方案。所以在 1986 年施行的部标《铁路测量技术规则》（以下简称“测规”）中，铁路航测以测段的高差、坡度进行地形分类。条文沿用“测规”航测篇规定的地形等级。

3.0.3 等高线是反映地形的重要要素。基本等高距的选择必须满足下列要求。

(1) 保证地貌描绘能较好地显示地形特征；

相邻首曲线在图上距离 (mm) 说明表 3.0.3

地形图 比例尺	基本等高距 (m)	地 面 坡 度 (°)													
		1	2	3	4	5	6	10	15	20	25	30	35	40	45
1 : 500	0.5	57	29	19	14	11	10	5	4	3	2	2	1	1	1
	1	114	58	38	28	22	20	10	8	6	4	4	2	2	2
1 : 1000	1	57	29	19	14	11	10	5	4	3	2	2	1	1	1
	2	114	58	38	28	22	20	10	8	6	4	4	2	2	2
1 : 2000	1	29	14	10	7	6	5	3	2	1	1	0.9	0.7	0.6	0.5
	2	57	29	19	14	11	10	5	4	3	2	2	1	1	1
1 : 5000	2	23	11	8	6	5	4	2	1	1	0.9	0.7	0.6	0.5	0.4
	5	57	29	19	14	11	10	5	4	3	2	2	1	1	1

(2) 保证用图需要的高程精度；

(3) 保持图面清晰，读图能准确、方便。等高线过稀不能正确显示地貌特征，增大读图的高程误差。等高线过密影响图面清晰，增加标图和读图的困难，并增加测图和清绘的工作量。所以，

基本等高线的选择与地面坡度有直接关系。说明表 3.0.3 列出本规范规定的基本等高距在各地面坡度情况下相邻首曲线的间隔。当个别不能显示出地貌特征时,可采取加绘半距等高线及加注高程注记点的办法解决。

3.0.4 根据偶然误差规律,以二倍中误差作为极限误差时,其大于二倍中误差出现的或然率不大于 5%,所以,这样规定是符合生产实际的。

3.0.5 本规范规定的地物点在图上平面位置中误差与《新建铁路工程测量规范》的线路测量基本一致。根据铁路航测特点和“测规”施行以来,实践表明所规定的等高线高程中误差是可行并有利于航测技术在铁路勘测设计中推广使用,所以等高线高程中误差仍采用“测规”航测篇的规定。

地形图平面和高程精度的分配原则为:

(1) 尽量减少前工序对后一工序的影响;

(2) 内外业成果最后精度均能满足本规范的要求。外控点是内业加密、测图的基础,野外实测值对于内业测量应近似地可认作真值。

根据分配原则,并参照国家各种比例尺航测规范,地形图高程精度按下列经验公式分配:

(1) 野外控制点高程中误差 (m_{k0}) 为

$$m_{k0} = \frac{1}{4}m_k \sim \frac{1}{3}m_k$$

(2) 内业加密点高程中误差 (m_{k1}) 为

$$m_{k1} = 2/3m_k$$

(3) 高程注记点的高程中误差 (m_{k2}) 为

$$m_{k2} = 4/5m_k$$

上列各式中 m_k 为等高线高程中误差。

地形图平面和高程精度分配列于说明表 3.0.5-1 和说明表 3.0.5-2。由于 1:1000 比例尺地形图不重新施测主导线(或辅助导线),所以这两种比例尺外控点平面位置中误差均为实地

±0.7m。

地形图的平面精度（以图上距离表示）分配

说明表 3.0.5-1

地形图 比例尺	地形 等级	地物点平面 位置中误差 (mm)	外控点平面 位置中误差 (mm)	加密点平面 位置中误差 (mm)
1:1000	I、II	1.6	0.70	0.91
	III、IV	1.6	0.70	1.10
1:2000	I、II	1.0	0.35	0.70
	III、IV	1.2	0.35	0.85
1:5000	I、II	0.8	0.22	0.41
	III、IV	0.8	0.22	0.50

地形图的高程精度分配

说明表 3.0.5-2

地形图 比例尺	地形 等级	等高线高 程中误差 (mm)	外控点高 程中误差 (mm)	加密点高 程中误差 (mm)	注记点高 程中误差 (mm)
1:500	I	0.25	0.08		0.20
	II	0.50	0.17		0.40
	III	0.75	0.25		0.60
	IV	1.00	0.33		0.80
1:1000	I	0.50	0.17	0.33	0.40
	II	0.75	0.25	0.50	0.60
	III	1.00	0.33	0.70	0.80
	IV	1.50	0.50	1.00	1.20
1:2000	I	0.75	0.20	0.50	0.60
	II	1.20	0.30	0.80	0.96
	III	2.00	0.45	1.20	1.60
	IV	2.50	0.60	1.70	2.00
1:5000	I	1.00	0.25	0.70	0.90
	II	1.50	0.35	1.00	1.20
	III	2.50	0.55	1.70	2.00
	IV	3.50	0.80	2.30	3.00

3.0.7 近十年,随着我国国民经济的飞速发展,铁路勘测设计往往急需大比例尺地形图。而航摄因气候及其他一些客观原因无法在预定时间内完成或局部地段出现航摄漏洞,在这样情况下,各设计院相继利用国家既有航摄资料进行航测以解决初测、初设的急需(参阅说明表 3.0.7)。

由于既有航摄资料不是根据铁路勘测设计要求进行的航空摄影,航摄比例尺往往偏小,而航摄日期距今已相隔一段时间,城乡及开发区新增地物较多。在决策时,上述因素必须考虑。当决定利用既有航摄资料测图,应有一定的技术措施,以保证成图质量。

根据当前铁路航测技术(设备、人材、作业方法、软件)有了很大发展,并不断增强,而全国绝大部分地区完成或正在完成 1:10000 比例尺国家基本地形图航测,利用既有航摄资料测图可作为传统铁路航测的一种补充途径。所以在基本规定中明确在确保地形图精度下,应充分利用既有航摄资料测图。

4.1.1 国际上早已不生产 18cm×18cm 像幅的航摄仪,我国航测由 18cm×18cm 向 23cm×23cm 过渡业已完成。本规范只考虑采用 23cm×23cm 像幅航摄仪进行航空摄影。

根据国内、外航测生产经验,一般情况下宜采用焦距为 150mm 的航摄仪。在 III、IV 级地形,因地面高差较大,按计划的航摄比例尺飞行,由于保证不了安全航高而不能进行。在这样的情况下,为了保证计划的航摄比例尺,可采用焦距为 210mm 的航摄仪。

4.1.2 航摄比例尺的选择范围主要是由地形图的精度决定,根据理论估算和生产、科研试验实践的结果制订。

地物点平面中误差估算公式:

$$m_s = \left[\left(1.69 \frac{H}{f_K} m_q \right)^2 + m_w^2 + m_d^2 + m_e^2 \right]^{1/2}$$

式中 m_q ——上下视差中误差;

m_w ——外控点平面中误差;

利用既有航摄资料测图情况

说明表 3.0.7

项 目	线路长度 或测图面积	航 摄 比例尺	焦 距 (mm)	像 幅 (cm×cm)	航 摄 日 期	地形图 比例尺	地形 等级	测图仪器	资料所在 单 位	检测精度	
										m_s (mm)	m_a (m)
昆玉线	24km ²	1:35000	88.09	23×23	1979.12	1:2000	I~N	AMH, BC ₂	云南测绘局	1.0	1.85
	23km ²	1:16000	114.17	18×18	1977.1						
贵瓦线	51.5km	1:35000	88.5	23×23	1978	1:2000	N	AMH, BC ₂	山西测绘局		1.93
兰州枢纽	10km ²	1:15000	209.57	18×18	1975.10	1:2000	I	B型立测仪	甘肃测绘局		
		1:18000	114.66		~1976.6						
宝中线	115km ²	1:18000	153.84	23×23	1981.4	1:2000		B型立测仪	陕西测绘局		
南昆线顶效方案	282km ²	1:18000	114.207	18×18	1978	1:2000	I~N	A10、B型 立测仪	贵州测绘局		1.06 ~2.27
			98.34								
石南支线	54km	1:18000	98.09	18×18	1980.6	1:2000	I~N	A10、B型 立测仪	四川测绘局		0.53~ 0.69
			114.17								
武夷线	214km	1:15000	98.929	18×18	1980	1:2000	I~N	A10、B型 立测仪	福建测绘局		0.65~ 1.24
		1:25000	114.075		1981						
桃威线	70km	1:15000	98.894	18×18	1984	1:2000	I	AMH	山东测绘局		0.48
朔港线	85km	1:25000	152	23×23	1980	1:2000	N		山西测绘局		1.93

续上表

项 目	线路长度 或测图面积	航 摄 比例尺	焦 距 (mm)	像 幅 (cm×cm)	航 摄 日 期	地形图 比例尺	地形 等级	测图仪器	资料所在 单位	检测精度	
										mm ₀ (mm)	mm ₄ (m)
京九线阜九段	234km +2km ²	1:35000	153	23×23	1984	1:2000	I~II	AMH	湖北测绘局		0.92
石长线	20.6km	1:37000	88	23×23	1985	1:2000	II	AMH	湖南测绘局		0.92~ 1.20
麻汉联络线	63km	1:35000	153	23×23	1984 1989	1:2000	I~II	AMH, BC ₂	湖北测绘局		0.65
湘黔线	48km	1:22000	98.44	18×18	1980	1:2000	IV	AMH, BC ₃	湖南测绘局		0.89
武夷线建胡段	31km	1:37000	153	23×23	1985	1:2000	IV	AMH	福建测绘局		1.36
京九线 赣龙段 阜九段	80km	1:22000	87.99	23×23	1980		II	AMH	江西测绘局		1.05
	70km	1:18000 1:32000	100 152	18×18 23×23	1979 1981	1:2000	II~IV		河南、湖北 测绘局		1.94
武夷线段土段	50km	1:22000	153.89	23×23	1989.11	1:2000	IV	AMH	福建测绘局		2.03
虎丰线	60km	1:33000	153	23×23	1984 1985	1:2000	II	A10	河北测绘局		1.22
大秦线 军都山隧道	14km	1:18000	114.20	18×18	1980.6	1:2000	II~IV	A10, AG ₁	北京测绘院		1.04

m_{d1} ——加密点平面中误差;

m_{d2} ——清绘编图的移位中误差, 取值为图上 $\pm 0.1\text{mm}$ 。

等高线高程中误差估算公式:

(1) 地面坡度 $\alpha=6^\circ$ 以下

$$m_h = \left\{ \left[1.16 \frac{H}{b} m_g \right]^2 + m_{k0}^2 + m_{k1}^2 + \left\{ \left[2 \times 1.69 \frac{H}{f_K} m_g \right]^2 + m_{d1}^2 \right\} \text{tg}^2 \alpha \right\}^{1/2}$$

(2) 地面坡度 $\alpha=6^\circ \sim 14^\circ$

$$m_h = \left\{ \left[1.22 \frac{H}{b} m_g \right]^2 + m_{k0}^2 + m_{k1}^2 + \left\{ \left[1.69 \frac{H}{f_K} m_g \right]^2 + m_{d1}^2 \right\} \text{tg}^2 \alpha \right\}^{1/2}$$

(3) 地面坡度 $\alpha=15^\circ$ 以上

$$m_h = \left\{ \left[1.25 \frac{H}{b} m_g \right]^2 + m_{k0}^2 + m_{k1}^2 + \left\{ \left[1.69 \frac{H}{f_K} m_g \right]^2 + m_{d1}^2 \right\} \text{tg}^2 \alpha \right\}^{1/2}$$

式中 m_{k0} ——外控点高程中误差;

m_{k1} ——加密点高程中误差。

按地物点平面中误差与等高线高程中误差估算公式计算出采用本规范制定的航摄比例尺航片测图的理论精度列于说明表 4.1.2-1, 说明表 4.1.2-2。

在计算中, 一些参数及中误差取值如下:

$$m_g = \pm 0.02\text{mm};$$

考虑地形图中地物点对最近外控点而言, 可认为:

$$m_{d2} = 0;$$

地面坡度与像片基线的取值见说明表 4.1.2-3。

$$m_{k1} = \frac{2}{3} m_{k0}.$$

1982 年专业设计院曾在蓟县铁路试验场进行 $f=210\text{mm}$ 、 $1:8000$ 比例尺及 $f=150\text{mm}$ 、 $1:10000$ 比例尺航空摄影, 在 A10

地物点在图上的平面中误差 (mm) 说明表 4.1.2-1

地形图比例尺	航摄比例尺	地物点平面位置中误差	
		全野外布点	加 密
1 : 1000	1 : 10000	0.35	1.16
1 : 2000	1 : 18000	0.36	1.12
1 : 5000	1 : 30000	0.23	0.60

等高线高程中误差 (m) 说明表 4.1.2-2

地形图 比例尺	航摄 比例尺	f_K (mm)	I		II		III		IV	
			全野外	加密	全野外	加密	全野	加密	全野外	加密
1 : 1000	1 : 4000	150	0.23	0.41	0.30	0.60				
		210	0.27	0.43	0.35	0.63	0.42	0.91	0.59	1.39
	1 : 10000	150	0.43	0.54	0.51	0.73	0.59	1.00	0.78	1.48
		210			0.66		0.76		0.93	1.57
1 : 2000	1 : 8000	150	0.37	0.63	0.46	0.96	0.59	1.47	0.76	2.21
		210	0.47	0.70	0.57	1.02	0.70	1.52	0.87	2.25
	1 : 15000	150	0.61		0.72	1.10	0.87	1.66	1.07	2.33
		210			0.96		1.10	1.73	1.32	2.46
	1 : 18000	150	0.74		0.84		0.98	1.67	1.21	2.40
		210			1.14		1.30	1.86	1.56	
1 : 5000	1 : 1000	150	0.46	0.84	0.56	1.20	0.74	2.06	1.00	3.06
		210	0.59	0.93	0.70	1.28	0.87	2.11	1.12	3.10
	1 : 25000	150	1.00		1.14	1.56	1.32	2.33	1.66	3.33
		210			1.55		1.75		2.12	3.58
	1 : 30000	150			1.37		1.55		1.96	
		210					2.08		2.49	

地面坡度与像片基线值 说明表 4.1.2-3

地形等级	I	II	III	IV
地面坡度 α (°)	4	10	20	35
像片基线 b (mm)	90	85	80	70

立体测图仪上测制 1 : 1000 比例尺地形图，大地定向点是通过解析空中三角测量加密提供。成图后用野外实测的检查导线及散列检查点检测等高线高程精度，结果列于说明表 4.1.2-4。

1 : 1000 地形图的检测精度 说明表 4.1.2-4

航摄比例尺	焦距 (mm)	地形等级	等高线高程中误差 (m)	
			检测精度	规范要求
1 : 8000	210	I	0.48	0.50
1 : 8000	210	II	0.60	1.00
1 : 10000	150	III	0.58	1.00

由于近十年我路航测技术，包括设备、软件、作业方法和人员的技术素质有了较大提高，本规范制订的航摄比例尺范围比“测规”有所扩大，1 : 2000 测图从 1 : 12000 增至 1 : 18000，1 : 5000 测图从 1 : 20000 增至 1 : 30000。

选择航摄比例尺是一项十分重要的工作，所决定的比例尺是否合理直接影响测图工作量和地形图质量。比例尺的选择主要根据地形比例尺，精度（包含数学精度、地理精度及微小地物的表示程度）、测区地形、仪器装备（包括航摄仪器及航测仪器）等情况综合分析决定。目前，铁路各设计院基本采用精密立体测图仪测图，一般选用 150mm 焦距的航摄仪摄影。对于 I、II 级地形，地物较多，并且考虑全野外布点时外业工作量较大，因此宜选择较大的航摄比例尺。对于 III、IV 级地形，同样也要考虑地物表示及外业工作量，只要地形条件允许，航摄比例尺应适中，不宜太小。若采用 150mm 焦距航摄，保证不了安全航高，可选用 210mm 焦距。

4.2.1 见本规范第 3.0.5 条的条文说明。

4.2.2 航测外控点布设有区域网、航线网、全野外及特殊情况四种布点方案。由于铁路航测是带状测图，基本上是单航线，所以，大多数采用航线网布点。局部地段（多方案、特大站场、枢纽、特大桥）是多航线，则采用区域网布点。若航摄比例尺较小或航摄质量较差时，往往采用高程全野外，平面航线网布点的方案。

航线网布点分有六点法、五点法和双五点法三种布设形式。六点法是国内较普遍采用的形式。五点法在高程上缺少多余观测量，单航线是不应采用。双五点法是根据铁路航测带状测图，沿设计线路敷设主导线的作业特点提出来的。它克服了五点法缺少多余观测的缺点，由于网段 $1/4$ 和 $3/4$ 处高程控制点可布设在线路附近，野外工作量不大，而网段长度比六点法增长，所以总工作量明显减少。

第 4.2.2.2 款之 (3) 规定：外控点可不受距方位线远近的限制，上、下两外控点的距离不得小于 100mm 。是根据 1985 年铁道部基建总局的基建科研项目《非标准布点编制大比例尺图的研究》(合同号：铁基 85—70) 的科研成果(已通过局院级评审，证书号：铁专院 87011) 及近十年生产实践制定。这样规定，野外作业可以根据铁路窄带状测图特点，沿测图范围附近布设外控点，将十分有利于外业控制测量生产。

航线网布点的网段两端平面控制点间最大基线数是根据理论分析和实践经验制订。在制订过程中考虑下列因素：

1. 铁路航测为带状测图，大多数为单航线，所以网段两端平高控制点间最大基线数是按单航线加密制订。

2. 航速引起的影像移位与航摄比例尺有直接关系，航摄比例尺越大，影像移位也越大。

3. 五点法的基线数仍采用“测规”的规定，为六点法的 $2/3$ 。双五点法是两个相连五点法网段统一观测、平差，中间一对平高控制点将在相邻两立体像对各测量一次，所以加密精度高于相应的五点法。本规范规定双五点法的基线数为六点法的 1.5 倍。

4. 理论分析的估算公式采用：

$$m_r = 0.28Km_g \sqrt{n^3 + 2n + 46}$$

$$m_h = \frac{H}{8b} m_g \sqrt{n^3 + 12n + 95}$$

式中 K ——像片比例尺分母与地形图比例尺分母之比；

m_r ——解析空中三角网最弱点平面中误差，以图上距离表

示, mm。

说明表 4.2.2-1, 说明表 4.2.2-2, 说明表 4.2.2-3 分别为 1:1000, 1:2000, 1:5000 比例尺地形图航线网六点法网段两端平高控制点间最大基线数的理论值。表中分子为根据平面中误差计算的基线数, 分母为根据高程中误差计算的基线数。

蓟县铁路试验场及铁路航测生产的电算加密精度整理在说明表 4.2.2-4 和说明表 4.2.2-5。

5. 网段两端平高点间跨度太大时, 外业成果有错误, 内业不易补救, 所以条文中所规定最大基线数均不超过 20 条。

六点法 1:1000 比例尺地形图加密网段

两端平高点间最大基线数

说明表 4.2.2-1

航摄比例尺	K	$f_K(\text{mm})$	$H(\text{m})$	I	II	III	IV
1:4000	4	150	600	$\frac{22}{12}$	$\frac{22}{16}$		
		210	800	$\frac{22}{8}$	$\frac{22}{12}$	$\frac{26}{16}$	
1:5000	5	150	750	$\frac{20}{8}$	$\frac{20}{12}$	$\frac{22}{16}$	
		210	1050	$\frac{20}{4}$	$\frac{20}{8}$	$\frac{22}{12}$	$\frac{22}{16}$
1:6000	6	150	900	$\frac{16}{6}$	$\frac{16}{10}$	$\frac{20}{14}$	$\frac{20}{18}$
		210	1260	$\frac{16}{*}$	$\frac{16}{6}$	$\frac{20}{10}$	$\frac{20}{12}$
1:7000	7	150	1050	$\frac{14}{4}$	$\frac{14}{8}$	$\frac{18}{12}$	$\frac{18}{14}$
		210	1470	$\frac{14}{*}$	$\frac{14}{4}$	$\frac{18}{8}$	$\frac{18}{10}$
1:8000	8	150	1200	$\frac{14}{*}$	$\frac{14}{6}$	$\frac{16}{10}$	$\frac{16}{14}$
		210	1680	$\frac{14}{*}$	$\frac{14}{4}$	$\frac{16}{6}$	$\frac{16}{8}$

续上表

航摄比例尺	K	$f_K(\text{mm})$	$H(\text{m})$	I	II	III	IV
1 : 9000	9	150	1350	$\frac{12}{1}$	$\frac{12}{4}$	$\frac{14}{8}$	$\frac{14}{12}$
		210	1890	$\frac{12}{1}$	$\frac{12}{*}$	$\frac{14}{4}$	$\frac{14}{8}$
1 : 10000	10	150	1500	$\frac{10}{1}$	$\frac{10}{4}$	$\frac{12}{8}$	$\frac{12}{10}$
		210	2100	$\frac{10}{1}$	$\frac{10}{*}$	$\frac{12}{4}$	$\frac{12}{6}$

六点法 1 : 2000 比例尺地形图加密网段

两端平高点间最大基线数

说明表 4.2.2-2

航摄比例尺	K	$f_K(\text{mm})$	$H(\text{m})$	I	II	III	IV
1 : 8000	4	150	1200	$\frac{18}{8}$	$\frac{18}{12}$	$\frac{20}{18}$	$\frac{20}{20}$
		210	1680	$\frac{18}{4}$	$\frac{18}{8}$	$\frac{20}{14}$	$\frac{20}{16}$
1 : 10000	5	150	1500	$\frac{16}{4}$	$\frac{16}{10}$	$\frac{18}{14}$	$\frac{18}{18}$
		210	2100	$\frac{16}{*}$	$\frac{16}{6}$	$\frac{18}{10}$	$\frac{18}{12}$
1 : 12000	6	150	1800	$\frac{14}{*}$	$\frac{14}{8}$	$\frac{16}{12}$	$\frac{16}{16}$
		210	2520	$\frac{14}{1}$	$\frac{14}{4}$	$\frac{16}{8}$	$\frac{16}{10}$
1 : 14000	7	150	2100	$\frac{12}{1}$	$\frac{12}{6}$	$\frac{14}{10}$	$\frac{14}{12}$
		210	2940	$\frac{12}{1}$	$\frac{12}{*}$	$\frac{14}{6}$	$\frac{14}{8}$
1 : 16000	8	150	2400	$\frac{10}{1}$	$\frac{10}{4}$	$\frac{12}{8}$	$\frac{12}{12}$
		210	3360	$\frac{10}{1}$	$\frac{10}{*}$	$\frac{12}{4}$	$\frac{12}{6}$
1 : 18000	9	150	2700	$\frac{10}{1}$	$\frac{10}{*}$	$\frac{12}{6}$	$\frac{12}{10}$
		210	3780	$\frac{10}{1}$	$\frac{10}{1}$	$\frac{12}{*}$	$\frac{12}{6}$

六点法 1 : 5000 比例尺地形图加密网段

两端平高点间最大基线数

说明表 4.2.2-3

航摄比例尺	K	$f_K(\text{mm})$	$H(\text{m})$	I	II	III	IV
1 : 10000	2	150	1500	$\frac{20}{8}$	$\frac{20}{12}$	$\frac{24}{20}$	$\frac{24}{22}$
		210	2100	$\frac{20}{4}$	$\frac{20}{8}$	$\frac{24}{14}$	$\frac{24}{18}$
1 : 15000	3	150	2250	$\frac{16}{4}$	$\frac{16}{8}$	$\frac{18}{14}$	$\frac{18}{16}$
		210	3150	$\frac{16}{*}$	$\frac{16}{4}$	$\frac{18}{10}$	$\frac{18}{12}$
1 : 20000	4	150	3000	$\frac{12}{*}$	$\frac{12}{4}$	$\frac{14}{10}$	$\frac{14}{12}$
		210	4200	$\frac{12}{*}$	$\frac{12}{*}$	$\frac{14}{6}$	$\frac{14}{8}$
1 : 25000	5	150	3750	$\frac{10}{*}$	$\frac{10}{*}$	$\frac{12}{8}$	$\frac{12}{10}$
		210	5250	$\frac{10}{*}$	$\frac{10}{*}$	$\frac{12}{2}$	$\frac{12}{6}$
1 : 30000	6	150	4500	$\frac{8}{*}$	$\frac{8}{*}$	$\frac{10}{4}$	$\frac{10}{6}$
		210	6300	$\frac{8}{*}$	$\frac{8}{*}$	$\frac{10}{*}$	$\frac{10}{*}$

蓟县铁路试验场的加密精度

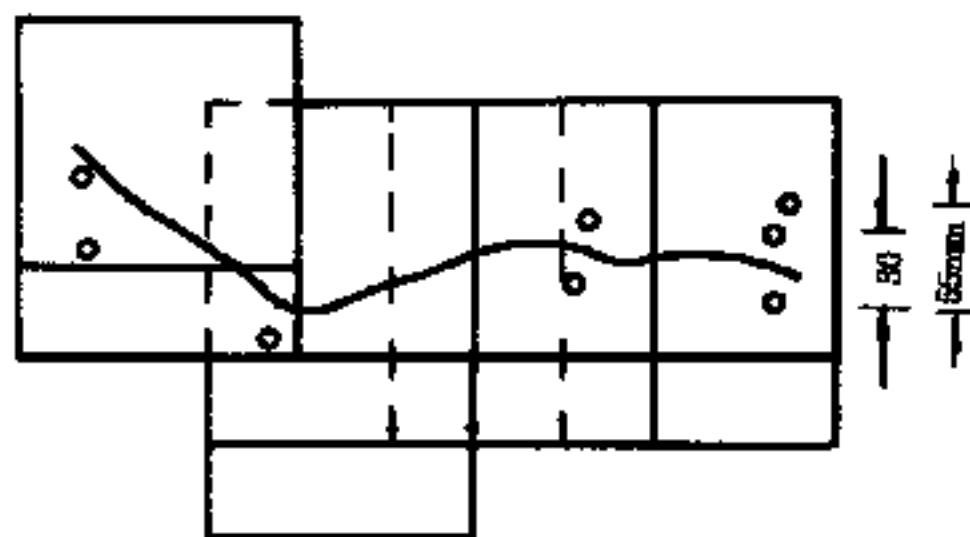
说明表 4.2.2-4

编号	摄影比例尺	$f_K(\text{mm})$	布点图形	基线数	地形等级	$m_s(\text{m})$	$m_h(\text{m})$
1	1 : 8000	210	六点法	6~10	II	0.82	0.37
				11~12		0.68	0.40
2	1 : 15000	210	六点法	7~9	II	0.95	0.58
				12		1.00	0.61
3	1 : 10000	152	六点法	6~8	III	1.10	0.48
4	1 : 15000	152	六点法	6~9	III	1.23	0.57
5	1 : 20000	152	六点法	8~9	III	1.45	0.82

利用既有航摄资料测绘用于新建铁路勘测设计的大比例尺地形图,较多是利用国家 1 : 10000 比例尺基本地形图的航摄资料进

项 目	摄影比例尺	$f_K(\text{mm})$	布点图形	基线数	地形等级	$m_o(\text{m})$	$m_a(\text{m})$
石太线	1:5000	152	双五点法	10	I	0.33	0.23
京广线(京局)	1:5000	152	双五点法	14	I		0.25
哈尔滨枢纽	1:6000	152	双五点法	10	I		0.24
津浦线	1:6000	152	双五点法	12	I		0.24
京包线	1:7000	152	双五点法	10~12	I、II、III		0.33
京广线(广局)	1:7000	152	双五点法	10~12	II		0.26
京承线	1:7000	210	双五点法	12	III		0.40
石太线	1:8000	152	双五点法	12	I、II	0.55	0.29
技柳线	1:8000	210	双五点法	12	II、III、IV		0.48

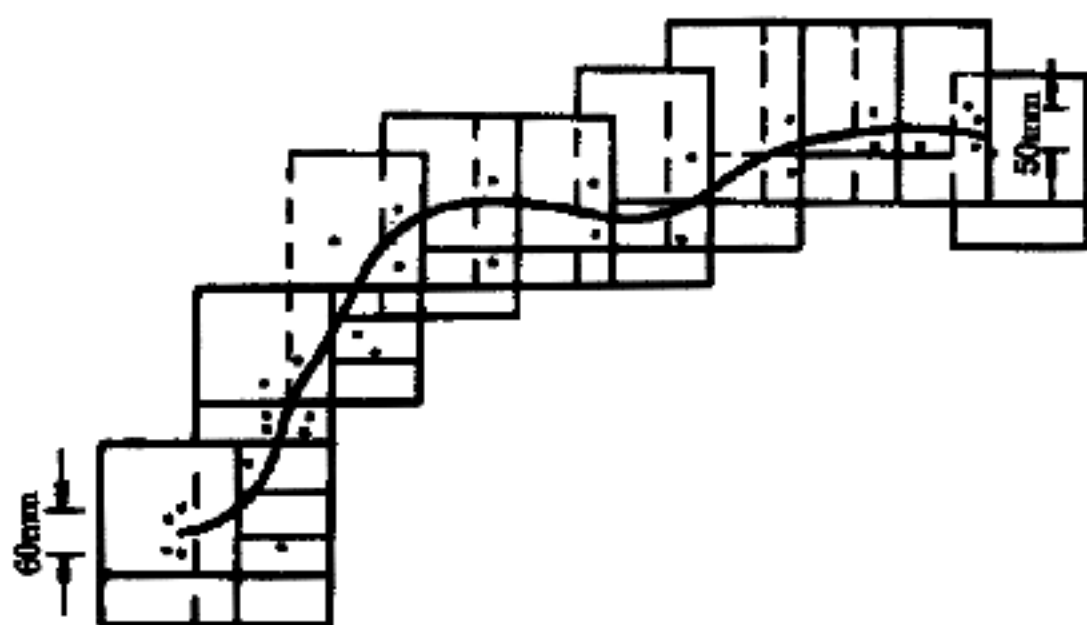
行。该资料是东西向飞行拍摄的。新建铁路线的走向是不固定的,不同地段、走向也会不同。如果按规则区域网作业,外、内业工作量十分庞大。为了减少工作量,缩短工期,按成图范围划定区域,面积将大量缩减,但其区域往往形成不规则形状。本规范第4.2.2.5款不规则区域网布点是针对上述情况制订的。其布点的要求是根据生产科研实践经验,1990年中国铁路工程总公司下达的利用既有航摄资料进行高倍放大测图科学试验项目的成果及虎(什哈)丰(宁)地方铁路初测航测生产情况制订。说明图4.2.2-1,说明图4.2.2-2分别为上述二次航测平高控制点布设示意图(航



说明图 4.2.2-1 京原铁路试验区平高控制点布点示意图

摄比例尺约 1 : 33000)。

对于高程全野外布点,平面按航线网六点法布设,网段两端平高控制点间最大基线是参考了最小摄影比例尺的理论值制订(见说明表 4.2.2-1 至说明表 4.2.2-3)。



说明图 4.2.2-2 虎丰地方铁路平高控制点布设示意图

4.2.3 选刺点是控制测量中重要的工作。如果刺点有了差错,就会失去控制作用,影响成图质量,甚至造成返工。确保实地刺点准确是十分关键,所以本规范对平高控制点、高程控制点的刺点目标提供了具体要求。其中“交角必须良好”是指地物轮廓线的交角最好接近 90° ,不要过钝或过锐,否则,会降低外、内业的辨认精度。

铁路航测成图,放大倍数较大,因此,对外控点点位的可靠性和准确性提出了更高要求。为了使内业迅速精确判定实地点位在立体模型上的平面、高程位置、本规范第 4.2.3.3 款中规定实地刺点后立即在像片背面绘点位略图、加注点位说明。当位于有比高的目标时应加绘断面路图。

4.2.4 八十年代后期, GPS 技术在民用方面发展很快。我国不少测绘部门引进了此技术,在国家、城市、工矿等等控制网测量上取得极好的效果。有些工程测量也采用该技术替代光电测距导线法测量。根据国内、外 GPS 技术的发展和应用情况,导线测量将不是大比例尺航测外业控制测量的唯一好方法。所以,本规范规

定外控点的平面位置可采用精度满足本规范第 4.2.1 条规定的其他测量方法测定。

在测定平面位置的导线测量中,竖直角只用于斜距改平距。本规范将同一测站各方向指标差之差的限差定为 $15''$, 宽于高程测量不得大于 $8''$ 的要求。

关于主导线、辅助导线和支导线全长的规定是根据下列公式推算获得:

(1) 主导线及辅助导线估算公式:

$$\text{纵向误差} \quad m_t = \frac{1}{2} m_D \sqrt{n}$$

$$\text{横向误差} \quad m_x = \frac{m_\beta L}{\rho} \sqrt{\frac{n+6}{192}}$$

$$\text{起始点点位误差} \quad m_{\text{始}} = \frac{m_A}{\sqrt{2}}$$

$$\text{起始方位角误差} \quad m_{\text{方}} = \frac{m_a}{\rho} \cdot \frac{L}{4\sqrt{2}}$$

(2) 支导线点位误差估算公式:

$$\text{纵向误差} \quad m_t = m_D \sqrt{n}$$

$$\text{横向误差} \quad m_x = \frac{M_\beta L}{\rho} \sqrt{\frac{n+1.5}{3}}$$

$$\text{起始点点位误差} \quad m_{\text{始}} = m_A$$

$$\text{起始方位角误差} \quad m_{\text{方}} = \frac{m_a}{\rho} L$$

导线最弱点点位中误差:

$$M = \sqrt{m_t^2 + m_x^2 + m_{\text{始}}^2 + m_{\text{方}}^2}$$

式中 m_D ——边长中误差;

M_β ——水平角测角中误差;

n ——导线边数;

L ——导线全长;

m_A ——起始点点位中误差;

m_a ——起始方位角中误差。

因为规定外控点点位中误差是对最近大地点而言，即以大地点的点位作真值，所以起闭于大地点的主导线不考虑起始点点位误差及起始方位角误差。

在推算中的取值为：

$$M_{\beta}=7'' \text{ (支导线为 } 10'')$$

$$m_D=0.014m$$

$$D=500m$$

推算结果列于说明表 4.2.4-1。

导线全长及最弱点中误差

说明表 4.2.4-1

地形图比例尺		1:1000, 1:2000						1:5000					
类	目 别	边数		全长 (km)		最弱点点位 中误差 (m)		边数		全长 (km)		最弱点点位 中误差 (m)	
		估算	采用	估算	采用	估算	采用	估算	采用	估算	采用	估算	采用
主导线	起闭于大地点		60		30	0.599	0.6	82	80	41	40	0.944	0.95
	起闭于 I 级军控点	50	50	25	25	0.597	0.6	76	70	38	35	0.941	0.95
辅助导线		49	46	24.5	23	0.634	0.64	69	60	34.5	30	1.017	1.02
支导线		6	6	3	3	0.694	0.7	8	8	4	4	1.086	1.1

光电测距导线精度统计

说明表 4.2.4-2

地区	地形等级	导线起讫点	全长 (km)	闭合差 (m)	相对闭合差
东 北	II	申家店西南~富固	32	2.497	1/13000
	II	徐家屯东山~亚河西南山	44	1.529	1/29000
	II	永林北~香竺	28	0.754	1/37000
	II	香竺~汤原	20	1.087	1/18000
	II	朗乡北山-松山屯	31	1.230	1/25000
	II	松山屯~南岔	26	1.147	1/23000
	II	浩良河~秋冷	10	0.252	1/38000
	I	汤原~莲江口	28	2.380	1/16000
	I	莲江口~保保屯	23	0.900	1/26000
	I	新立屯~三门张家	28	2.539	1/11000
	I	马三家子~马三家子	15	0.550	1/27000

续上表

地区	地形等级	导线起讫点	全长(km)	闭合差(m)	相对闭合差
华北	I	白家店~爵山	32	0.957	1/33000
	I	前屯~曲阜车站	33	1.697	1/20000
	I	龙山~岗前	34	1.310	1/26000
	I	鸡鸣山~关庄	25	1.668	1/15000
	I	子原山~团山头	26	1.437	1/18000
	I	馒头山~白马山	32	2.752	1/12000
	I	双庙~袁庄	28	1.303	1/22000
	I	袁庄~代子张庄	22	2.058	1/11000
	I	百子坡~蒿麓山	17	0.747	1/23000
	I	爵子~百子坡	30	2.480	1/12000
中南	Ⅲ~Ⅵ	寨脑上~牌楼坳	21	1.307	1/16000
	Ⅲ~Ⅵ	牌楼坳~宝贝尖	37	1.488	1/25000
	Ⅲ~Ⅵ	宝贝尖~龙羊坡	31	0.211	1/15000
	Ⅲ~Ⅵ	龙羊坡~贝宁木场	39	1.251	1/31000
	Ⅲ~Ⅵ	王吉亚~禁山包	13	1.270	1/10000
	Ⅲ~Ⅵ	陈家山~大庸北	23	1.775	1/13000
	Ⅲ~Ⅵ	庙塔~灯盏垛	38	2.299	1/16000
	Ⅲ~Ⅵ	龙凤山~福神寨	28	0.880	1/32000
	Ⅲ~Ⅵ	龙凤山~金子山	28	2.601	1/11000
	Ⅲ~Ⅵ	金子山~金鸡包	31	1.626	1/19000
西南	Ⅲ	熊家大山~大果山	26	0.628	1/41000
	Ⅲ	马连浩~烟堆山	42	0.378	1/11000
	Ⅵ	高山上~新底店	18	1.240	1/16000
	Ⅵ	庙沟大梁~高山上	30	0.530	1/57000
	Ⅵ	虎头严山~鸭母寨	26	2.063	1/13000
	Ⅵ	百丈岩~牛古株	35	0.926	1/38000

续上表

地区	地形等级	导线起讫点	全长(km)	闭合差(m)	相对闭合差
华东	Ⅱ~Ⅳ	1088~姜山	43	2.479	1/17000
	Ⅱ~Ⅳ	姜山~马头崂	31	2.089	1/15000
	Ⅱ	三角棚~灶后垄	40	3.182	1/13000
	Ⅱ	灶后垄~寨龙亭	43	1.601	1/27000
	Ⅱ	寨龙亭~横原山	45	1.746	1/26000
	Ⅱ	横原山~三仑山	42	1.917	1/22000
	Ⅱ	三山~猫头山	32	0.956	1/34000
	Ⅱ	猫头山~上岐	30	1.457	1/21000

光电测距导线全长闭合差规定不得大于 $1/10000$ ，经多年实践表明是合理可行的。近几年在不同地区、地形施测的导线精度整理在说明表 4.2.4-2，其导线全长闭合差均符合规定。

4.2.5 水准测量和光电测距三角高程导线全长的规定是考虑到我国国家等级水准点在前期受严重破坏，在实际生产中执行 1986 年颁布的《测规》规定：“水准测量及高程主导线全长不得大于 30km”是有困难的。因而根据近十年的生产实践情况放宽为 $1:2000$ 比例尺测图不得大于 50km， $1:5000$ 比例尺测图不得大于 60km。通过理论分析估算，外控点高程精度仍满足规范的要求。理论分析估算如下：

最大误差的外控点是高程辅助导线最弱点发展的高程支导线端点，而该高程辅助导线由高程主导线最弱点发展。因此，外控点的最大误差由高程主导线最弱点误差，高程辅助导线最弱点误差及高程支导线端点误差组成。在理论推算外控点中误差值中，一些误差取值按下列处理：

外控点高程中误差为外控点最大误差的 $1/2$ ；

导线平差后最弱点误差为导线闭合差的 $1/2$ ；

相邻测站高差中误差采用《测规》条文说明的表 1.1.17 所列 m_h 值；

$D=500\text{m}$, $z=70^\circ$ 时, $m_h=\pm 5.33\text{mm}$ 。

高程支导线最弱点中误差 m_h :

$$m_h = m_h \sqrt{n}$$

式中 n 为支导线边数。

高程支导线最弱点误差 $\Delta h = 2m_h$ 。

各类高程导线最弱点误差列于说明表 4.2.5-1, 外控点高程中误差列于说明表 4.2.5-2。

说明表 4.2.5-3 整理了各种地形等级 30km 以上水准测量和光电测距三角高程主导线的生产实例。

高程导线最弱点误差

说明表 4.2.5-1

类 别	地形图 比例尺	导线全长 (km)	闭合差 (m)		最弱点误差 (m)
高 程 主导线	1 : 1000	50	$30 \sqrt{L}$	0.212	0.106
	1 : 2000				
	1 : 5000	60		0.232	0.116
高程辅 助导线	1 : 1000	23	$50 \sqrt{L}$	0.240	0.120
	1 : 2000				
	1 : 5000	30		0.273	0.137
高 程 支导线	1 : 1000	2			0.021
	1 : 2000	3			0.026
	1 : 5000	4			0.030

外控点高程中误差

说明表 4.2.5-2

地形图 比例尺	外控点高程 最大误差 (m)	外控点高程 中误差 (m)	本规范规定的限差 (m)			
			I	II	III	IV
1 : 1000	0.247	0.124	0.17	0.25	0.33	0.50
1 : 2000	0.252	0.126	0.20	0.30	0.45	0.60
1 : 5000	0.283	0.142	0.25	0.35	0.55	0.80

4.2.6 随着微机的普及, 航测外业成果计算在微机上进行已成现实。由于微机计算可靠性高, 不必进行对算。实践表明, 错误容

地区	地形等级	起 讫 点	全长 L (km)	闭合差 (mm)	$30 \sqrt{L}$ (mm)
华北	I ~ I	平曲 52~产曲 41	34	162	174
	I ~ I	曲三 3~平曲 52	35	160	177
	I ~ I	BMO33~BM249	35	10	176
	I ~ I	BM249~运城	34	52	173
	II	BM40~JK10	37	166	181
	II	大榆 4~大榆 4	47	34	205
	I	大榆 58~大榆 68	35	135	177
	I	怀仁 12~安荣 28	50	44	211
	I	CX20~C43	42	93	194
	II~V	大红 58~涞柴 I	55	18	218
	I~V	阳红 30~大红 58	44	120	199
华东	II~V	鹰光 02~鹰光 25	56	81	224
	II~V	BM41~南建 30	63	108	238
西南	I ~ II	BM110~简内 24 I	45	17	201
	I	BM156~内泸 10 I	42	56	194
	I	BM235~江上 1—060	45	71	201
	I	江上 1—106~江上 1—043	42	9	194
西南	I	江上 1—043~江上 1—020	48	102	207
东北	I	I—09~曲 47—141	31	72	167
	I	II 47—1~II 47—7	39	39	187
	I	II 47—7~II 46—13	54	13	220
	I	I 沈山高 1~I 沈沟 16(上)	74	31	258
	I	BM34~I 沈沟 32	80	22	268
	II	I 古牡 22~I 古牡 12	38	5	184
	II	I 牡抚 3~I 古牡 22	45	117	201
	II	I 古牡 2~I 勃古 12	42	124	194

易发生在原始数据的手工输入，所以第 4.2.6.2 款中规定必须复核手工输入的原始数据。

采用全站仪作业，观测记录及成果均贮存在磁盘上。在第 4.2.6.5 款中规定计算完成后，及时整理出磁盘贮存内容的索引，以使日后查阅。

4.3.1 地物和地貌的综合取舍是一项重要而复杂的工作，是野外像片调绘的难点。本规范对地物地貌的综合取舍作了原则规定，由于本规范是属行业标准，服务对象是新建铁路勘测设计，所以条文中强调地物、地貌的综合取舍以满足勘测设计的需要为前提。

铁路航测的地形图比例尺与像片比例尺之比往往大于 4，在地物较多地段，采用接触晒印像片进行外业调绘是很困难的，满足不了航测成图的需要，所以在第 4.3.1.5 款中规定航摄像片比例尺较小或地物复杂时，宜采用放大像片调绘。

4.3.2 在地形起伏区，由于受到投影差的影响，同一地面目标在不同摄站拍摄的航片上，形状可能不一样。例如山坡上的直线，左方像片呈现直线，右方像片呈现折线。所以在第 4.3.2.2 款中规定像片的右边和下边的调绘面积线宜绘成直线，左边和上边可为折线或曲线。

4.3.3 地表被密林、灌木丛覆盖，造成立体测图的极大困难，地形图精度受到较大影响而明显降低。为了满足勘测设计的需要，减少其影响，在第 4.3.3.7 款中，对选线的关键地段——沟底、交叉口、山凹、鞍部，要求实地量取树高，并按实地量取位置注记在像片上，供内业立体测图使用。

4.4.1 摄影材料的伸缩变形，对像点的量测精度影响较大。根据当代摄影材料的情况、供加密和测图用的透明正片应采用涤纶软件。

放置感光片要注意片基机械方向与航摄底片的机械方向垂直，以部分抵消两方向上片基伸缩不一致的影响。

晾干时，宜夹住涤纶像片一边的两角平挂，以防止局部变形。像片的四个框标在内业加密、测图中用于定向和像片变形改

正，因此要求其影像应清晰、完整。

4.5.1 内业加密点对最近外控点的平面和高程中误差的制订原则见第 3.0.5 条的说明。

4.5.2 铁路航测的地形图比例尺比摄影比例尺大数倍，在转刺外业点时，不能光依据像片刺孔进行，必须结合像片背面的点位略图和点位说明综合判断。才能达到准确转刺。

为较高精度解求相对定向元素，第 4.5.2.3 款规定 3、4、5、6 加密点离开方位线不得小于 50mm。

相对定向元素精度公式（参阅普通高等教育测绘类规划教材《解析摄影测量学》1992 年）为：

$$m_{\phi} = \frac{f}{bd} m_g;$$

$$m_{\omega} = \frac{\sqrt{3}}{2d^2} m_g;$$

$$m_b = \sqrt{\frac{2}{3}} \cdot \frac{1}{b} m_g$$

式中 d 为位于四角隅定向点的 y 坐标。说明表 4.5.2-1 列出航向重迭分别为 60%、80%， d 值不同的各相对定向元素精度。从表中数据可知，规范规定 3、4、5、6 加密点离开方位线不得小于 50mm，即 $d \geq 50\text{mm}$ ，这就保证正常情况下相对定向元素精度不低于 7'，若 d 在 70mm 至 100mm，则解算相对定向元素精度更高。

外控点基本上沿线路走向的窄带状测图范围线布设，供立体测图使用的六个定向点（1~6 加密点）经常会在外控点连线以外。这样加密点精度是较低的，因此，在第 4.5.2.3 款规定增选定向补充点。它在立体测图时更替所对应的定向点，以保证置平精度符合要求。

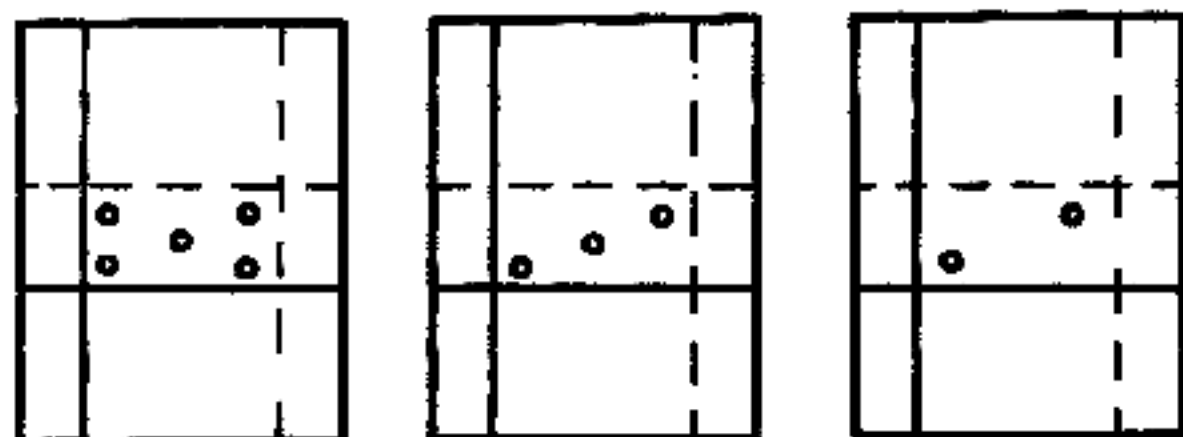
根据国内各部门科研及生产实践，区域网平差的航线连接点采用双排点布设方案，加密精度较好。1990 年铁道部专业设计院航测处曾利用京原线白涧至南城司测区的既有航摄资料进行各种航线连接点布设方案试验，结果表明双排点布设方案的加密精度

最好。说明图 4.5.2 为三种航线连接点布设方案,说明表 4.5.2-2 为不同航线连接点布设方案的加密精度。

相对定向元素精度统计

说明表 4.5.2-1

d (mm)			30	40	50	60	70	80	90	100
航向重迭 60% $b=92\text{mm}$	$M_\phi(\prime)$	$f=150\text{mm}$	3.7	2.8	2.2	1.9	1.6	1.4	1.2	1.1
		$f=210\text{mm}$	5.2	3.9	3.1	2.6	2.2	2.0	1.7	1.1
	$M_w(\prime)$	$f=150\text{mm}$	9.9	5.6	3.6	2.4	1.8	1.4	1.1	0.9
		$f=210\text{mm}$	13.9	7.8	5.0	3.4	2.6	2.0	1.5	1.3
	$M_K(\prime)$	$f=150\text{mm}$	0.6							
		$f=210\text{mm}$								
航向重迭 80% $b=46\text{mm}$	$M_\phi(\prime)$	$f=150\text{mm}$	7.4	5.6	4.5	3.7	3.2	2.8	2.4	2.2
		$f=210\text{mm}$	10.5	7.8	6.3	5.2	4.5	3.9	3.4	3.1
	$M_w(\prime)$	$f=150\text{mm}$	9.9	5.6	3.6	2.4	1.8	1.4	1.1	0.9
		$f=210\text{mm}$	13.9	7.8	5.0	3.4	2.6	2.0	1.5	1.3
	$M_K(\prime)$	$f=150\text{mm}$	1.2							
		$=210\text{mm}$								



说明图 4.5.2 连接点布设

三种航线连接点布设方案的加密精度 说明表 4.5.2-2

类 别	平 面 (概率)			高 程 (概率)		
误 差 (m)	a 方案	b 方案	c 方案	a 方案	b 方案	c 方案
0~0.5	0.16	0.18	0.24	0.24	0.20	0.25

类 别	平 面 (概率)			高 程 (概率)		
误 差 (m)	a 方案	b 方案	c 方案	a 方案	b 方案	c 方案
0.501~1.0	0.33	0.41	0.35	0.49	0.30	0.35
1.001~1.5	0.06	0	0.06	0.15	0.32	0.23
0.501~2.0	0.22	0.11	0.06	0.10	0.08	0.10
2.001~2.5	0.17	0.18	0.23	0.02	0.08	0.02
2.501~3.0	0.06	0.06	0	0	0	0.05
3.001~3.5	0	0.06	0.06	0	0	0
中误差 (m)	±1.56	±1.60	±1.57	±0.86	±1.05	±1.20

4.6.2 参阅国家标准：工程摄影测量规范（GB50167—92）的条文说明，装片时像片归心误差按下式计算：

$$\delta_x \leq \frac{\delta h}{h \sqrt{2}} b$$

式中 δ_x ——归心偶然误差；

h ——像对内高差，设为 $H/4$ ；

δ_h ——归心误差产生的高差误差，设为 $H/3000$ ；

b ——像片基线长。

不同基线长度的 δ_x 值整理于说明表 4.6.2。从表中数据表明仪器装片归心精度要求高于 0.066mm，所以在本规范第 4.6.2.1 款中规定作业时应通过放大镜仔细观察使框标标志严格对准像片盘的相应标志，其对准误差不得大于 0.05mm。

不同基线长度的 δ_x 值

说明表 4.6.2

$b(\text{mm})$	90	85	80	70
$\delta_x(\text{mm})$	0.084	0.080	0.075	0.066

4.6.3 在高山峡谷地区作业，为了避开相对定向不定性，要求定向点避免选在危险圆上。

在实际生产作业中，是以测标为参照物衡量上下视差值。根据实践经验，本规范要求主点及主点连线不得配赋残余上下视差，

其余各定向点残差不得大于测标直径的 $1/2$ 。经常采用的测标直径有两种。**I** 级精度的精密立体测图仪(如 **A10** 型)采用 0.04mm ，**II** 级精度的精密立体测图仪(如 **AG1** 型)采用 0.06mm 。

4.6.4 自 1986 年部标准：铁路测量技术规则 (**TBJ101—85**) 公布后，精密立体测图仪 $23\text{cm} \times 23\text{cm}$ 像幅的立体测图仍按该标准第 **2.3.7.5** 条规定进行绝对定向。多年生产实践表明其规定适用于 $23\text{cm} \times 23\text{cm}$ 像幅的立体测图，所以本规范的 $1:2000$ ， $1:5000$ 比例尺测图仍采用该标准。

$1:1000$ 比例尺测图的规定是参考了国家标准《 $1:500$ 、 $1:1000$ 、 $1:2000$ 地形图航空摄影测量内业规范》(**GB7930—87**)、蓟县铁路试验场的 $1:1000$ 比例尺测图试验和生产实践成果制订。说明表 **4.6.4-1**，说明表 **4.6.4-2** 分别列出利用蓟县铁路试验场资料和沈山铁路沈西站 $1:1000$ 比例尺测图的绝对定向结果。

根据铁路勘测设计的特点。为了提高立体测图的精度，充分利用主导线点及靠近线路的其他外业实测点进行模型置平。所以，第 **4.6.4.2** 款中要求置平时，残差配赋原则为在远离测图范围的定向点上宜多配赋。主导线点及靠近线路的其他外业实测点残差应尽量少配赋。

利用蓟县铁路试验场 $1:1000$ 比例尺测图资料

绝对定向后平面、高程误差

说明表 **4.6.4-1**

摄影比例尺		$1:8000$	f_x (mm)	213.74	加密 精度	M_s	0.88m
地形图比例尺		$1:1000$	地形等级	II		M_h	0.40m
定向点误差		$0 \sim 0.1$	$0.2 \sim 0.3$	$0.4 \sim 0.5$	合 计		
平面 (mm)	点数	8	7	6	21		
	概率	0.38	0.33	0.29	1		
高程 (m)	点数	15	6	1	22		
	概率	0.68	0.27	0.06	1		

4.7.1 关于成果、图形文件采用的格式，考虑国内、外通用的情况，提出宜为 **DGN** (**IGDS**)、**DXF** (或 **DWG**) 和 **ASC II** 格式。

DGN 为 **Microstation** 图形编辑软件采用的格式，**DXF** 为 **Auto**

CAD 图形编辑软件采用的格式, ASC II 为目前国际通用的格式。

沈山铁路沈西站 1 : 1000 比例尺测图

绝对定向后平面、高程误差

说明表 4. 6. 4-2

摄影比例尺		1 : 4000	f_K (mm)	151. 956	加密 精度	M_s	0. 25m
地形图比例尺		1 : 1000	地形等级	I		M_h	0. 30m
定向点误差		0~0. 1	0. 2~0. 3	0. 4~0. 5	合 计		
平面 (mm)	点数	135	10	2	147		
	概率	0. 92	0. 07	0. 01	1		
高程 (m)	点数	97	10	0	107		
	概率	0. 91	0. 09	0	1		

4. 7. 2 考虑到数字测图产品的通用性及国家标准化, 本规范要求采用的编码系统必须具备转换成国家标准地物编码系统的手段和能力。

4. 7. 4 解析测图仪测图是利用框标进行内定向和摄影材料系统变形改正, 所以量测框标坐标的精度要求较高, 其误差不得大于 0. 02mm。

绝对定向的平面坐标和高程残差是参考国家标准: 《1 : 500、1 : 1000、1 : 2000 地形图航空摄影测量内业规范》(GB7930—87) 制订。

图形编辑中必须考虑最终产品质量、图面清晰易读, 所以规定地形图的各种符号、数字及文字注记位置恰当, 不得与重要地物、地貌重叠。在交互式编辑等高线、水系等线状地物时, 必须采用“捕捉”功能, 即连续的下一线段起点应与上一线段末端点严格重合(为同一点, 即坐标相同), 以保证曲线接头处光滑圆顺。

4. 7. 6 立体坐标量测仪机助系统测图是根据立体像对进行逐点量测, 所以, 该系统测图适用于平坦或居民地密集区测图。

4. 8. 1 为了保证正射影像地图影像清晰, 地物轮廓不因放大成图而产生发虚现象, 以及考虑不同图幅地物接边差不宜过大等原因, 本规范在第 3. 1 节中规定 1 : 1000、1 : 2000 正射影像地图的最小摄影比例尺大于线划地形图的最小摄影比例尺。它与图比例尺之

比为 $1:6$ ，而线划地形图的分别为 $1:10$ 和 $1:9$ 。所以，正射影像地图的地物点对最近野外控制点的平面中误差相应提高，不得大于 1.0mm 。

4.8.2 数据采集与微分纠正不采用同一作业片时，考虑片基变形的影响，要求其作业片应使用同种片基材料。

平坦地区采用等高线方式进行数据采集，采集点将太稀少，所以在第 **4.8.2.3** 款中规定数据采集在平坦地区宜用断面方式。

正射投影装置制作正射影像地图是采用了缝隙纠正原理，正射影像地图的平面精度与地面坡度、地形破碎程度及扫描缝隙长度有直接关系。所以，应根据地面坡度、地形破碎程度选择扫描缝隙长度值，本规范是根据厂方推荐的数据及生产科研实践订出各级地形的选用值。

5.1.1 地面立体摄影测量用于地形测量有一定局限性，考虑到工效和立体效应，平地一般较少采用。在高山区，特别是难以到达的陡坡险地、悬崖峭壁，采用地摄极为有利，新建铁路越岭地段的隧道口、竖斜井口和山区桥址、站场等工点图，采用地摄测图速度快、精度高，同时又减轻人工测图劳动强度，避免发生人身伤亡。

5.1.2 $1:500$ 比例尺工点地形图是小面积局部测图，外控点与原有导线联测，所以条文规定外控点平面中误差是相对于最近主导线点而言。

5.1.1 布设基线是地面立体摄影测量的一项重要工作，在布设时应考虑下列原则：

(1) 力求扩大摄影范围，因而要求摄影站选在视野开阔地段；

(2) 左、右摄站的高差不宜过大，以免减少重叠范围和避免立体观察困难，在本规范中要求困难情况下不得大于 $B/5$ ；

(3) 摄影基线的形式可根据地形条件而定，当高差过大且纵距又受地形限制时，可分层布设基线，以保证立体像对覆盖整个测区。

在 **5.2.1.3** 款中给出了计算基线最大，最小长度的公式。可

通过该式获取确定基线长度的范围。

(1) 最大基线

从说明图 5.2.1 的几何关系得：

$$B = 2y \cdot \operatorname{tg} \frac{\gamma}{2}$$

由于人眼的生理现象，当 $\gamma > 15^\circ$ 时，立体效应不好，因此 γ 不应大于 15° 。以 $\gamma = 15^\circ$ 代入上式得到最大基线：

$$B_{\max} = \frac{y_{\text{最近}}}{4}$$

(2) 最小基线

根据 $y = \frac{Bf}{p}$ ，转为中误差

得到

$$M_y = \frac{y^2}{Bf} M_p$$

则

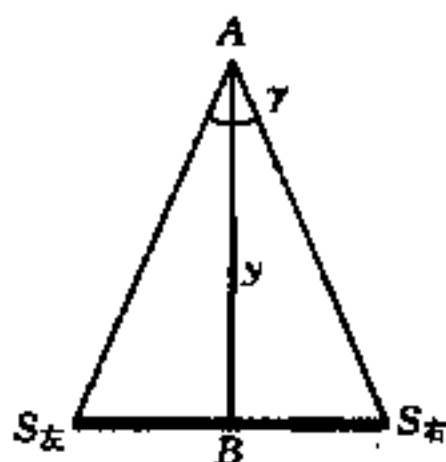
$$B = \frac{y^2 m_p}{m_y f}$$

m_y 为测定点的位置中误差，令 m_y 不得大于图上 0.4mm。而设 $m_p = \pm 0.01\text{mm}$ ， $f = 200\text{mm}$ 代入上式得到最小基线：

$$B_{\min} = \frac{y_{\text{最近}}^2}{8M}$$

在生产实际中，极小采用上述公式计算，一般采用 $\frac{y_{\text{最近}}}{4} > B > \frac{y_{\text{最近}}}{20}$ 来估算。当成图范围离摄站较远时，以纵距平均值在 $y_{\text{平}}/10 \sim y_{\text{平}}/20$ 选择。

5.2.2 根据绝对定向要求，一个立体像对的控制点最少为 3 个，为了提高绝对定向精度和及时发现错误，第 5.2.2.1 款要求每个立体像对布设 4 点或 5 点，困难情况下可只布 3 点。规范中的图 5.2.2-1 所示的布设图形是根据有利于高精度确定外方位元素的原则制订。



说明图 5.2.1

5.2.3 等编摄影当偏角过大,近景容易产生隐蔽空间,因此偏角一般不宜大于 31.5° 。相邻像对之间应有 10% 的重叠,防止近景出现摄影绝对漏洞。

冲洗时温度不宜高,否则银影变色,形成黄色或棕色的硫化银,致使产生黄色的污斑。

5.3.5 绝对定向平面对点误差及高程误差的限差是根据理论估算值和生产资料的检测结果制订。

(1) 理论估算

根据王之卓教授著《摄影测量原理》中的实用公式,平面中误差 m_{s1} 为

$$m_{s1} = \pm 2.14 m_{\text{量}} \cdot k$$

取 $m_{\text{量}} = \pm 0.025$; $k = 5$ 代入后,得

$$m_{s1} = \pm 0.268 \text{mm}。$$

顾及野外控制点误差 m_{s0} 为 $\pm 0.4 \text{mm}$, 则

$$m_s = \sqrt{m_{s0}^2 + m_{s1}^2} = \pm 0.48 \text{mm}$$

高程中误差估算公式为

$$m_h = \sqrt{m_{h0}^2 + (0.17H/bm_{\text{刺}})^2 + (1.21H/bm_g)^2}$$

H 为地面立体摄影测量的纵距 y 令为 500m , $b = 100 \text{mm}$, $m_{\text{刺}} = \pm 0.05 \text{mm}$, $m_g = \pm 0.02 \text{mm}$ 代入后,得

I、II、III、IV 级地形绝对定向点高程误差分别为 0.15m , 0.20m , 0.28m , 0.33m , 描绘误差较小,可忽略不计。

(2) 生产的精度统计

大秦线军都山隧道,广梅汕线,张掖测区等 1:500 比例尺工点图绝对定向点平面对点误差和高程误差统计整理在说明表 5.3.5。

5.3.6 地面立体摄影测量的测绘精度主要是 y 的精度能否满足。只要 y 测绘精度达到要求, x 和 z 的精度也符合要求。控制点连线外已失去控制,测绘精度特别是 y 的测绘精度会急剧下降。因此在第 5.3.6.1 款中要求测绘范围不得大于控制点连线外 10mm

(图上长度)。

绝对定向精度统计

说明表 5.3.5

项 目	类 别	平面对点误差(mm)				高程误差(m)		
		0~0.3	0.31~0.5	0.51~0.8	0.8以上	0~0.2	0.2~0.3	0.3以上
军都山 隧 道	点数	132	86	21	0	232	2	0
	概率	0.55	0.36	0.09	0	0.99	0.01	0
广 梅 汕 线	点数	24	11	4	13	48	4	0
	概率	0.46	0.21	0.08	0.25	0.92	0.08	0
张 掖 测 区	点数	51	11	3	2	64	0	3
	概率	0.76	0.16	0.05	0.03	0.96	0	0.04