

## 目 录

关于航摄比例尺的选择 .....	民航总局 黄纪坤 ( 1 )
1:2 千比例尺航带法区域网加密的试验 .....	江苏省测绘局航测队 ( 25 )
用 1818 立体坐标量测仪进行大 象幅电算加密 .....	河北省测绘局 ( 30 )
正射影象地图实践 .....	四川省地质局测绘队 朱武鸿 ( 35 )
“白底软片”的初步试制 .....	陕西省第五测绘大队 陆永壮 ( 53 )
航线网电算加密的精度 .....	水利部天津勘测设计院测量队 李辉光 ( 58 )
线性缩放仪的检校及精度分析 .....	四川省测绘局综合队 沈永侃 高文朗 ( 70 )
平坦地区 1:1 万比例尺航测成图新方案试验报告 .....	天津市测绘处 ( 75 )
航测内业用小比例尺航摄象片放大成图的经验 .....	陕西省第五测绘大队 ( 82 )
电子光学纠正仪的原理和设计 .....	国家地震局地震研究所 胡国庆 李志良 童止生 ( 94 )
航内测刻一次成图 .....	中国人民解放军 57651 部队 ( 109 )
影象灰度的增量编码 .....	武汉测绘学院 林宗坚 肖应华 ( 118 )
航测技术在青藏高原铁路工程勘测中的应用 .....	铁道部第一勘测设计院 ( 127 )
模型法区域平差提高高程精度和改进计算方法的研究 .....	中国人民解放军 57659 部队 胡广伦 ( 133 )
附录: 《出版说明》中所指的部分论文题目及其所刊载的书刊	( 142 )

# 关于航摄比例尺的选择

民航总局 黄纪坤

## (一) 概 述

航空摄影测量的第一道工序是航空摄影，借以获取航空象片(包括底片和象片)原始基础资料，为此，在编制航测技术设计任务书中，首要的问题是确定航摄比例尺。

在航摄的标准情况下，象片上某一线段  $a$  的长度，与相应被摄地面线段  $A$  的长度之比，就叫做航摄比例尺。

航摄比例尺等于航摄仪焦距与航高之比：

$$\frac{1}{m} = \frac{a}{A} = \frac{f_k}{H}$$

由于我国航摄所使用的飞机、航摄仪都依赖于进口，用于航摄的费用占整个航测所需费用的比例较大。所以应该按我国经济建设的客观实际及具体条件，在不影响成图基本精度的条件下，选用较小的航摄比例尺来测制较大比例尺成图，以大量降底成本，加快成图速度，缩短成图周期，这具有重大的现实意义。

关于航摄比例尺的选择，涉及的因素很多，问题也比较复杂，因为须根据任务的特点、各方面的条件来选择。现就某些方面提出一些个人的意见和建议，供同志们在选择航摄比例尺时参考。

## (二) 航摄比例尺与成图比例尺的关系

航摄比例尺主要依据于成图比例尺，现将国内外一部分航摄比例尺与成图比例尺的关系简要介绍如下：

一、王之卓教授等著作的《航空摄影测量学》一书中提出的航摄比例尺与成图比例尺的关系的经验公式为：

$$m = C_1 \cdot M^{C_2} \quad (1)$$

式中：  $m$ ——航摄比例尺分母；

$M$ ——成图比例尺分母；

$C_2$ ——常数，等于 0.5；

$C_1$ ——常数，精密测量等于 100，  
普通测量等于 130。

当  $C_2 = 0.5$  时，

则  $m = C_1 \cdot \sqrt{M}$

$$\text{精密测量 } m = 100 \cdot \sqrt{M}$$

$$\text{普通测量 } m = 130 \cdot \sqrt{M}$$

由此计算得出航摄比例尺与成图比例尺的关系见表 1。

表 1

成图比例尺	航 摄 比 例 尺	
	精 密 测 量	普 通 测 量
1:10000	1:10000	1:13000
1:25000	1:16000	1:21000
1:50000	1:22000	1:29000
1:100000	1:32000	1:41000

我国四十年代至五十年代初，在航测中所选用的航摄比例尺，基本上都采用表 1 中所列的航摄比例尺数字，或与此相近似的数字。

二、由于航摄仪和航空胶片质量的提高，航测内业成图仪器精度的提高，为缩小航摄比例尺提供了可能。现行规范规定的航摄比例尺与成图比例尺的关系见表 2。

表 2

成图比例尺	航 摄 比 例 尺	
1:10000	1:14000~1:20000	1:10000~1:20000
1:25000	1:25000~1:35000	1:20000~1:30000
1:50000	1:40000~1:60000	1:40000~1:55000
1:100000	1:60000~1:100000	1:60000~1:75000

三、六十年代至今，在航测生产作业和科学实验中，包括采用大象幅摄影，以及小比例尺放大成图，各种成图比例尺曾使用过的航摄比例尺见表 3 所列数字。

#### 四、部分国外选用航摄比例尺的方法

1. 早先德国航测专家格鲁柏 (O.V. Gruber) 总结提出了航摄比例尺与成图比例尺关系的经验公式为：

$$m = C_1 \cdot M^{C_2} \quad (2)$$

$C_2$ ——常数，等于 0.562；

$C_1$ ——常数，精密测量等于 67，

普通测量等于 91。

由此计算得出航摄比例尺与成图比例尺的关系见表 4。

2. 美国选用的航摄比例尺，通常采用航高等于基本等高距乘  $C$  系数。

$$H = C \cdot \text{等高距} \quad (3)$$

$$m = \frac{C \cdot \text{等高距}}{f_k} \quad (4)$$

式中  $C$  系数对不同的测图仪有不同要求。

当使用 B8S 时， $C = 1500$ ；

A8 时， $C = 2000$ ；

A10 时， $C = 2500 \sim 3000$ 。

表 3

成图比例尺	航 摄 比 例 尺		
1:1000	1:3000	1:4000	1:4500
	1:3800	1:4100	1:5000
1:2000	1:6000	1:10000	1:15000
	1:8000	1:12000	1:20000
1:5000	1:15000	1:35000	1:50000
	1:20000	1:40000	
1:10000	1:14000	1:32000	1:43000
	1:16000	1:34000	1:45000
	1:20000	1:35000	1:55000
	1:25000	1:38000	1:58000
	1:30000	1:39000	
1:25000	1:27000	1:35000	1:45000
	1:30000	1:40000	
1:50000	1:40000	1:50000	1:70000
	1:45000	1:60000	
1:100000	1:50000	1:57000	1:65000
	1:55000	1:60000	1:75000

表 4

成 图 比 例 尺	航 摄 比 例 尺	
	精 密 测 量	普 通 测 量
1:10000	1:12000	1:16000
1:25000	1:20000	1:28000
1:50000	1:30000	1:40000
1:100000	1:45000	1:50000

3. 苏联 1956 年航摄规范规定, 航摄比例尺与成图比例尺的关系如表 5。
4. 日本在进行铁路选线大比例尺成图时, 航摄比例尺与成图比例尺的关系如表 6。
5. 欧洲一些国家, 航摄比例尺与成图比例尺的关系, 通常采用以下经验公式:

$$m = (200 \sim 300) \cdot \sqrt{M} \quad (5)$$

根据公式 (5) 计算得比例尺关系见表 7。

表 5

成图比例尺	航摄比例尺
1:10000	1:10000~1:19000
1:25000	1:20000~1:35000
1:50000	1:36000~1:59000
1:100000	1:60000~1:100000

表 6

成图比例尺	航摄比例尺
1:500	1:3000~1:4000
1:1000	1:5000~1:8000
1:2500	1:10000~1:15000
1:5000	1:20000~1:25000
1:10000	1:25000~1:40000

表 7

成图比例尺	航摄比例尺
1:2000	1:9000~1:13000
1:5000	1:14000~1:21000
1:10000	1:20000~1:30000
1:25000	1:32000~1:47000
1:50000	1:45000~1:67000
1:100000	1:63000~1:95000

### (三) 如何选择航摄比例尺

根据航测工作的要求和当前我国主客观现实条件的许可, 就影响选择航摄比例尺的一些主要因素叙述如下。

#### 一、成图比例尺大小

选择航摄比例尺, 首先依赖于成图比例尺, 是直接为成图比例尺服务的, 两者是相对应的。我们不可设想, 在现在的条件下, 航摄比例尺为 1:60000 的成果资料, 不去绘制 1:50000 比例尺地形图, 而用于测绘 1:500 或 1:1000 比例尺地形图, 那是不可能的。在通常情况下, 都采用放大成图。在测绘 1:50000 和 1:100000 小比例尺地形图时, 航摄比例尺的大小与成图比例尺差不多一样; 在测绘 1:10000 和 1:25000 比例尺地形图时, 航摄比例尺比成图比例尺小二至四倍; 在测绘 1:5000 和更大比例尺地形图时, 航摄比例尺比成图比例尺小四至六倍, 甚至更小。

## 二、成图精度要求

地形图的成图质量精度，主要表现于高程精度和平面精度。平面精度是对图板板面而言，加密点一般在图上不超过 0.35~0.50 毫米，对大比例尺来说不超过 0.5~1.0 毫米，故与航摄比例尺关系不甚大。现在着重的是要考虑高程精度，即航摄比例尺与高程中误差的关系。

立体摄影测量的基本公式：

$$h = \frac{H}{b + \Delta p} \cdot \Delta p \quad (6)$$

高程精度的计算公式：

$$m_h = \frac{H}{b + \Delta p} \cdot m_{\Delta p} \quad (7)$$

式中：  $h$  —— 高程（立体象对内的比高差）；

$m_h$  —— 高程中误差；

$b$  —— 象片上摄影基线的长度；

$\Delta p$  —— 立体观测左右视差较；

$m_{\Delta p}$  —— 左右视差较中误差。

$\Delta p$  的数值相对于  $b$  值是比较小的，公式（7）可简化为：

$$m_h = \frac{H}{b} \cdot m_{\Delta p} \quad (8)$$

从公式（8）可以看出，基线  $b$  是相对固定的，影响测图精度的主要因素是航摄时的相对航高和所使用仪器量测左右视差较的中误差。

将  $H = m \cdot f_k$  和  $b = l_x \cdot (1 - p\%)$  代入公式（8）得

$$m_h = \frac{m \cdot f_k \cdot m_{\Delta p}}{l_x \cdot (1 - p\%)} \quad (9)$$

当选用  $f_k = 70$  毫米、 $l_x = 180$  毫米、 $p = 60 \sim 65$  时，

$\frac{f_k}{l_x \cdot (1 - p\%)}$  近似于 1，则公式（9）简化为：

$$m_h = m \cdot m_{\Delta p}$$

$$m = \frac{m_h}{m_{\Delta p}} \quad (10)$$

由公式（10）得出，航摄比例尺与高程中误差成反比，与左右视差较中误差成正比。

假设：焦距为 70 毫米、象幅为 18×18 厘米、航向重叠为 60~65%、 $m_h$  为 0.8 米、 $m_{\Delta p}$  为 0.02 毫米时，

则

$$m = \frac{0.8 \text{ 米}}{0.02 \text{ 毫米}} = 40000,$$

航摄比例尺为 1:40000。

高程中误差  $m_h$  是对成图精度的要求，为了缩小航摄比例尺，只有选用短焦距高航高进行航摄，而采用高精度的测图仪进行作业，才能更有效地满足成图精度的要求。

当选定航摄仪的象幅和焦距后，

$$C = \frac{l_x(1-p\%)}{f_k} = \text{常数}$$

公式 (10) 可写为：

$$m = C \cdot \frac{m_h}{m_{\Delta p}} \quad (11)$$

当采用  $l_x$  为 18 厘米时，

$f_k$ 为 70 毫米，	$C$ 为 1.0；
$f_k$ 为 100 毫米，	$C$ 为 0.7；
$f_k$ 为 115 毫米，	$C$ 为 0.6；
$f_k$ 为 200、210 毫米，	$C$ 为 0.3。

当采用大象幅  $l_x$  为 23 厘米时，

$f_k$ 为 85、88、90 毫米，	$C$ 为 1.0；
$f_k$ 为 152、153 毫米，	$C$ 为 0.6；
$f_k$ 为 210 毫米，	$C$ 为 0.4；
$f_k$ 为 306 毫米，	$C$ 为 0.3。

航摄比例尺与  $m_h$ 、 $f_k$ 、 $C$  等关系见表 8。

表 8

高程 (米)		C 常 数				
等高距	中误差	1.0	0.7	0.6	0.4	0.3
0.5	0.4	1:20000	1:14000	1:12000	1:8000	1:6000
1.0	0.8	1:40000	1:28000	1:24000	1:16000	1:12000
2.5	1.5	1:75000	1:53000	1:45000	1:30000	1:23000
5	3	1:150000	1:105000	1:90000	1:60000	1:45000
10	4	1:200000	1:140000	1:120000	1:80000	
20	6	1:300000	1:210000	1:180000		

注：假设  $m_{\Delta p} = 0.02$  毫米而言。

对航空象片来说，理论上要求能够量测的最小值，通常不应大于 0.02 毫米，亦即要求在象片的有效范围内的综合分解力不少于 25 线/毫米。

AΦA-TЭ、RC-5、RC-8 航摄仪边缘影象的分解力只有 8、10、12 线/毫米，就是 RC-10，虽然中心部分分解力很高，但边缘也只有 15~20 线/毫米，不能满足 25 线/毫米的要求。

在未考虑摄影瞬间振动的影响下，单仅航空胶片的分解力，常用的航微 2 (1048) 的影象分解力为 88 线/毫米。

航摄时允许的影象位移值不应超过 0.05 毫米；构象的模糊圈一般认为最大值不应大于 0.05 毫米，以此来满足量测精度 0.02 毫米的要求，是不可能的。

但在实际生产作业中并非如此。例如：测绘 1:1000 地形图，使用米-八飞机，航速采用每小时 120 公里，平均航摄比例尺 1:3800，放大 3.8 倍成图，使用 AΦA-TЭ 航摄仪，焦距 200 毫米，边缘分解力 10 线/毫米，曝光时间 1/200 秒。以上航摄成果资料，根据内外业成图作业，能满足成图精度要求。但它的理论数据是：分解力已达 0.05 毫米，放大后达 0.19 毫米；位移值达 0.044 毫米，放大后达 0.167 毫米，似乎无法满足成图精度要求，生产实践与理论有矛盾。这说明有些理论还不够完善，因此在某些情况下，虽要有一定的理论依据，但更重要的是要通过生产实践来证明。由此，也可以看出，几何光学构象所得影象的最小分辨信息的能力还有很大潜力（如采用光学传递函数来表示），究竟有多大，怎么表示，有待进一步研究、探讨。

### 三、成图方法

在选择航摄比例尺时，成图的作业方法也是很重要的因素之一。如综合法成图，高程采用全野外作业，这样，高程中误差就不受航摄和内业成图仪器精度的限制，航摄比例尺就有可能取得更小一些。当使用高精度的精密立体测图仪成图时，量测精度可达 0.005 毫米，同样航摄比例尺有可能取得更小一些。又如，当绘制 1:10000 比例尺地形图时，使用 CTД-2 测图，航摄比例尺可为 1:14000~1:20000；使用 B8S 测图，可为 1:30000~1:35000；使用 A-10 测图，可为 1:40000~1:45000。采用电算加密，对缩小航摄比例尺有很大作用。

### 四、判读的要求

航测内业作业和外业调绘判读，都对航空象片提出一定的要求，要能正确地、清楚地显示地物地貌的信息。当今采用放大成图，更应考虑这个问题。判读的可能性是与航摄仪焦距、摄影航高、摄影材料、摄影处理和摄影质量有关。简单说来，对同一地区，判读性能与航摄比例尺和影象质量有关。航摄比例尺愈大判读性能愈好。影象质量主要由航摄镜头质量、摄影材料、摄影处理和大气光学密度等决定的。大气光学条件是客观存在的，对我们来讲，是如何选择好适合航摄要求的天气。关键是航摄仪镜头的清晰度和分解力及摄影材料的清晰度和分解力，使所摄地区的地物地貌，能严格地按几何光学清晰地象片上显示出来。

通常仪器的量测精度为 0.02 毫米，人对于点和线的双眼分辨能力为 0.08~0.10 毫米，那么放大系数为：

$$K = \frac{0.08}{0.02} \text{ 或 } \frac{0.10}{0.02},$$

$K = 4$  或  $5$ 。即可放大四至五倍。

因此，一般来说，判读调绘象片放大四至五倍是不会有影响的。在实际生产作业中，大比例尺成图，放大四、五、六倍是完全可能的。最大能放大多少倍，即航摄比例尺比成图比例尺缩小多少倍，尚待通过实践来总结。

现在正在研究探索直接绘制影象地图，这对判读和直观清晰度提出了要求。要能清晰地显示地物地貌，满足人眼直接观察和判读影象地图的要求。人眼的分辨能力为 0.08~0.10 毫米，即分解力为 5~6 线/毫米。由于印刷过程产生的误差，将要损失 40~50%。因

此分解力必须具备 8~10 线/毫米，才能满足要求。一般航摄仪镜头的分解力都能满足 8~10 线/毫米。但对放大成图的影象地图来讲，理论上就达不到了，但实践中放大三至四倍绘制的影象地图，其影象还是清晰的，能达到影象地图的质量要求。这里也同样说明影象的潜力还很大。在一定范围内缩小航摄比例尺也是可能的。

### 五、受航高的限制

$$\text{航摄比例尺为: } \frac{1}{m} = \frac{f_k}{H}$$

当焦距  $f_k$  不变，航摄比例尺与航高成反比，航高愈高，航摄比例尺愈小。

航高因受飞机的最低安全高度和最高安全高度的限制，而直接影响到航摄比例尺的选择。

例如：在峡谷地带进行航摄，成图 1:1000，航摄比例尺为 1:4000，使用  $f_k$  为 200 毫米，航高为 800 米，地形比较为 900 米，则高差为 450 米，用里二型飞机航摄，最低安全高度为 600 米。为了保证飞行安全，航高应为 1050 米，因此原 800 米的航高就不能保证飞行安全，要升高到 1050 米，航摄比例尺就得缩小为 1:5250。又如：在平均平面海拔 2000 米地区进行航摄，成图 1:100000，航摄比例尺 1:80000，使用  $f_k$  为 70 毫米，航高为 5600 米，绝对航高为 7600 米，用伊尔-14 型飞机航摄，最高安全高度为 6000 米。为了保证飞行安全，绝对航高只能为 6000 米，相对航高只允许 4000 米，即原相对航高 5600 米应缩小至 4000 米，航摄比例尺由原来的 1:80000 放大至 1:57000，才能保证飞行安全。所以航摄比例尺受飞机的飞行最低安全真高和飞机的实用升限的限制。最低安全高度一般为真高 400~600 米。最高安全海拔航高，米-八、里二为 3500~4000 米，伊尔-14 为 5500~6000 米，安-30、安-12 为 7000~10000 米。

### 六、受飞机巡航速度和曝光时间的影响

飞机的巡航速度和曝光时间与航摄比例尺的关系为：

$$\frac{1}{m} = \frac{f_k}{H} = \frac{\delta}{W \cdot t} \quad (12)$$

式中：  $\delta$ ——摄影瞬间象点的位移；

$W$ ——飞机的巡航速度（地速）；

$t$ ——摄影瞬间的曝光时间。

$$\left(\frac{1}{m}\right)_{\text{最大}} = \frac{\delta}{W_{\text{最小}} \cdot t}$$

$$m_{\text{最小}} = \frac{W_{\text{最小}} \cdot t}{\delta} \quad (13)$$

假设： $\delta = 0.05$  毫米，  $t = \frac{1}{200}$  秒，则

最小速度  $W = 120$  公里/小时，最大航摄比例尺 1:3300；

$W = 180,$	1:5000;
$W = 220,$	1:6000;
$W = 320,$	1:9000;
$W = 450,$	1:12500。

假设： $\delta = 0.05$ 毫米， $W = 220$ 公里/小时，则

曝光时间  $t = \frac{1}{400}$ 秒，最大航摄比例尺1:3000；

$$t = \frac{1}{300}, \quad 1:4000;$$

$$t = \frac{1}{200}, \quad 1:6000;$$

$$t = \frac{1}{100}, \quad 1:12000。$$

#### (四) 选择航摄比例尺的经济性

无论办什么事都要考虑经济效果，要用较少的钱办较多的事。离开了这一点，就搞不好社会主义四个现代化的建设。

从成图精度考虑，航摄比例尺愈大，成图精度就愈高。但由于航摄比例尺大了，一张象片所摄的面积就减少，同样大小的面积就要增加象片数，航摄工作量就会增大，材料消耗也会增多。在航测内外业由于立体象对的增加，内外业的工作量将随之大大增加，使成图时间也延长了。相反，航摄比例尺小了，虽然能大量减少测图工作量和测图费用，缩短成图周期，但当小到不能保证测图基本精度要求时，也就没有意义了。应当根据成图比例尺的要求充分发挥影象的潜在能力，采用新技术新方法，以最好的经济效果，来选择最佳航摄比例尺。

假设在使用的航摄仪类型、焦距，飞机，地形高差，重叠度等相同的情况下，按测绘成图比例尺1:10000为例，将摄影比例尺1:30000与1:16000进行比较，来看其经济效果。

##### 一、直接从航摄比例尺的不同进行比较

$$\frac{1}{m^2} : \frac{1}{m_{改}^2} = 100 : X$$

$$X = \frac{m^2}{m_{改}^2} \cdot 100 \quad (14)$$

式中： $m$ ——原航摄比例尺分母；

$m_{改}$ ——修改后航摄比例尺分母。

$$X = \left( \frac{16000}{30000} \right)^2 \times 100 = 28.4$$

选择1:30000比1:16000要节省70%以上。

各种航摄比例尺的比较见表9中之(1)。

以上所讲，是不同航摄比例尺象幅有效面积的比较，也就是象片数的比较（此处所用

重叠数随航摄比例尺的不同而不同，故计算的比例数值略有差异）。

## 二、从航摄生产率的不同进行比较

计算航摄生产率的简化公式为：

$$P = \frac{dy^2}{dy_0} \cdot P_v$$

同理，

$$P_{改} = \frac{dy_{改}^2}{dy_0} \cdot P_v$$

$$P:P_{改} = 100:X$$

$$\therefore X = \frac{dy_{改}^2}{dy^2} \cdot 100 \quad (15)$$

以上式中： $P$ ——航摄生产率；

$P_v$ ——机型有效速度；

$dy_0$ ——标准航线间隔；

$dy$ ——原航线间隔；

$dy_{改}$ ——修改后航线间隔。

假设：1:16000 取 $q\%$ 为 34%，1:30000 为 30%，  
则 $X$ 近似为 400%，效力要提高三倍。

选择 1:30000 比 1:16000 要节约 75%。

各种航摄比例尺的比较见表 9 中之 (2)。

用航摄比例尺和航摄生产率来进行比较，其基本性质和比较数字基本上是相同的。

## 三、从摄影小时的不同进行比较

假设在同一块地区进行航摄，当航摄比例尺选用 1:16000 时，根据计算需要 18.8 小时，当改用 1:30000 比例尺航摄（仅重叠略有不同）时，仅需要 7.8 小时，可节约摄影小时 11 小时，占 58.5%。

各种航摄比例尺的比较见表 9 中之 (3)。

从完成航摄任务日期上来说，假如，所摄地区的摄影季节，平均每月有五个摄影日，每日平均摄影两小时。1:16000 摄影 18.8 小时，需要十个飞行日，两个月完成任务；1:30000 摄影 7.8 小时，需要四个飞行日，不足一个月就能完成任务。缩小航摄比例尺，缩短摄影日期，抢时间完成任务的效果是明显的。

选用不同航摄比例尺经济性能的比较(成图 1:10000,以 1:14000 为 100%计算比较)，请见表 9。

航摄比例尺与成图比例尺的关系，拟采用下列经验公式：

$$\text{中、小比例尺} \quad m = (350 \sim 400) \sqrt{M} \cdot K \quad (16)$$

$$\text{大比例尺} \quad m = (16 \sim 18) \sqrt{M} \cdot \sqrt[3]{M} \cdot K \quad (17)$$

式中： $M$ ——成图比例尺分母；

$K$ ——系数。

采用 B8S 等三极精度仪器， $K = 0.85$ ；

表 9

航 摄 比 例 尺	不 同 航 摄 比 例 尺 以 % 比 较		
	(1)	(2)	(3)
1:14000	100	100	100
1:16000	77	76	84
1:18000	61	58	70
1:20000	49	45	60
1:22000	41	36	53
1:25000	31	28	45
1:30000	22	18	35
1:35000	16	13	29
1:40000	12	10	25
1:45000	10	7	22

A8 等二级精度仪器,  $K = 1.00$ ;

A10 等一级精度仪器,  $K = 1.20$ ;

高程全野外作业,  $K = 1.20$ 。

由公式 (16) 计算出航摄比例尺与成图比例尺的关系见表 10。

表 10

成 图 比 例 尺	$m = (350 \sim 400) \sqrt{M} \cdot K$		
	$K = 0.85$	$K = 1.00$	$K = 1.20$
1:1 万	1:3 万 ~ 1:3 万 4	1:3 万 5 ~ 1:4 万	1:4 万 2 ~ 1:4 万 8
1:2 万 5	1:4 万 7 ~ 1:5 万 4	1:5 万 5 ~ 1:6 万 3	1:6 万 7 ~ 1:7 万 5
1:5 万	1:6 万 7 ~ 1:7 万 6	1:7 万 8 ~ 1:8 万 9	—
1:10 万	1:9 万 4 ~ 1:11 万	1:11 万 ~ 1:13 万	—

由公式 (17) 计算出航摄比例尺与成图比例尺的关系见表 11。

根据以上论述, 特别是从航摄角度来考虑, 为了达到质量高、成本低、速度快、周期短的经济效果, 应选择质量较好的航摄仪类型、象幅、焦距及内业成图仪器, 采用新技术新方法, 包括采用大象幅 (23×23 厘米) 摄影在内, 最佳航摄比例尺建议在表 12 中航摄比例尺范围内选择。

### (五) 使用大象幅航摄的问题

在技术比较先进的国家里, 用航测方法测绘地形图, 大都已采用 23×23 厘米象幅来替代 18×18 厘米象幅, 在生产实践中已经发挥了它的优越性。特别是采用 23×23 厘米象幅

表 11

成 图 比 例 尺	$m=(16\sim 18)\sqrt{M} \cdot \sqrt[3]{M} \cdot K$		
	$K=0.85$	$K=1.00$	$K=1.20$
1:500	1:2400~1:2700	1:2800~1:3200	1:3400~1:3800
1:1000	1:4300~1:4800	1:5100~1:5700	1:6100~1:6800
1:2000	1:7700~1:8600	1:9000~1:10000	1:11000~1:12000
1:5000	1:16000~1:18500	1:19000~1:22000	1:23000~1:26000

表 12

成 图 比 例 尺	航 摄 比 例 尺
1:500	1:2500~1:4000
1:1000	1:4000~1:7000
1:2000	1:8000~1:12000
1:5000	1:15000~1:25000
1:10000	1:30000~1:50000
1:25000	1:50000~1:75000
1:50000	1:70000~1:90000 左右
1:100000	1:90000~1:120000 左右

进行航摄，以满足一张象片覆盖一幅地形图，更突出其优点和经济效果。我国早在五年以前就已提出了采用 23×23 厘米象幅来逐步过渡替代 18×18 厘米象幅。就连一直囿于 18×18 厘米象幅航摄的苏联，最近也提出了要采用 23×23 厘米象幅进行航摄的问题。

除了使用象幅不同以外，在其他条件如成图比例尺，焦距，航摄比例尺，地形高差，航向、旁向重叠都相同的条件下进行如下比较。

航空象片的有效面积  $S$  为：

$$S = l_x \cdot (1 - p\%) \cdot l_y \cdot (1 - q\%)$$

∵ 象幅是正方形的

$$\therefore S = l^2 \cdot (1 - p\%) \cdot (1 - q\%) \quad (18)$$

使用 23×23 厘米与 18×18 厘米进行比较得：

$$\frac{S_{18}}{S_{23}} = \frac{l_{18}^2 (1 - p_{18}\%) (1 - q_{18}\%)}{l_{23}^2 (1 - p_{23}\%) (1 - q_{23}\%)} = X$$

$$X = \frac{100 \cdot l_{23}^2}{l_{18}^2} - \frac{(100 - p_{23})(100 - q_{23})}{(100 - p_{18})(100 - q_{18})}$$

假如选用的航向旁向重叠一样，则

$$\frac{(100 - p_{23})(100 - q_{23})}{(100 - p_{18})(100 - q_{18})} = 1$$

$$X = \frac{100 \cdot l_{23}^2}{l_{18}^2} \quad (19)$$

将  $l_{23}$  为 23 厘米及  $l_{18}$  为 18 厘米代入公式 (19) 得:

$$X = 100 \cdot \frac{23^2}{18^2} = 163$$

假如考虑到  $23 \times 23$  厘米象幅重叠的特点, 它与  $18 \times 18$  厘米不一样:

采用  $18 \times 18$  厘米象幅, 纵向重叠 60%,

横向重叠 30~32%;

则  $23 \times 23$  厘米象幅, 纵向重叠 58%,

横向重叠 24~25%。

注: 对中小航摄比例尺而言。

$$\frac{(100 - p_{23})(100 - q_{23})}{(100 - p_{18})(100 - q_{18})} \text{ 近似等于 } 1.15。$$

$$X = 115 \cdot \frac{l_{23}^2}{l_{18}^2} \quad (20)$$

同理

$$X = 115 \cdot \frac{23^2}{18^2} = 188$$

同一个立体象对, 所能完成的制图面积, 采用  $23 \times 23$  厘米象幅要比  $18 \times 18$  厘米象幅增加 0.88 倍。也就是完成同样一个任务, 要节约  $[(188 - 100) \div 188 = 46.8]47\%$ 。就是在重叠相同的情况下, 也要节约  $[(163 - 100) \div 163 = 38.7]39\%$ 。所以采用大象幅航摄可节约 40~45%。

同样对摄影小时来比较, 因航摄飞行要按分区长度飞满, 航向重叠并不影响摄影小时, 影响摄影小时的是航线间隔。

航线间隔的计算公式是:

$$dy = l_v \cdot (1 - q\%) \cdot m \quad (21)$$

$$dy_{18} = l_{v18} (1 - q_{18}\%) m$$

$$dy_{23} = l_{v23} (1 - q_{23}\%) m$$

$$\frac{100}{X} = \frac{dy_{18}}{dy_{23}} = \frac{l_{v18} (1 - q_{18}\%) m}{l_{v23} (1 - q_{23}\%) m}$$

$$X = \frac{100 \cdot l_{v23}}{l_{v18}} \cdot \frac{1 - q_{23}\%}{1 - q_{18}\%}$$

假如选用的横向重叠一样, 则

$$\frac{1 - q_{23}\%}{1 - q_{18}\%} = 1$$

$$X = \frac{100 \cdot l_{23}}{l_{18}} \quad (22)$$

将  $l_{23}$  为 23 厘米及  $l_{18}$  为 18 厘米代入公式 (22) 得:

$$X = 100 \cdot \frac{23}{18} = 128$$

假如考虑 23 厘米象幅的重叠值与 18 厘米象幅不一样:

采用 18 厘米象幅, 横向重叠 30~32%;

则 23 厘米象幅, 横向重叠 24~25%。

注: 对中小航摄比例尺而言。

$$\frac{100 - q_{23}}{100 - q_{18}} \text{ 近似等于 } 1.1。$$

$$X = 110 \cdot \frac{l_{23}}{l_{18}} \quad (23)$$

同理 
$$X = 110 \cdot \frac{23}{18} = 141$$

完成航摄的摄影小时, 采用  $23 \times 23$  厘米象幅要比  $18 \times 18$  厘米象幅节约  $[(141 - 100) \div 141 = 29.1]29\%$ 。就是在重叠相同的情况下, 也要节约  $[(128 - 100) \div 128 = 21.9]22\%$ 。所以采用大象幅航摄可节约 20~30%。

采用小比例尺大象幅摄影, 例如成图比例尺 1:10000, 选用 1:30000、象幅为 23 厘米来代替原计划的 1:16000、象幅为 18 厘米。以原计划为 100%, 则航测工作量只有  $100 \times 30\% \times 60\% = 18\%$ , 可节省五分之四以上; 航空摄影小时只有  $100 \times 40\% \times 80\% = 32\%$ , 可节省三分之二以上。

很明显, 从上述可以得出结论, 只要能满足成图基本精度的要求, 采用大象幅小比例尺航摄是最经济有效的, 才是符合多快好省地建设社会主义四个现代化精神的。

### (六) 关于一张象片覆盖一幅图问题

为了减少航摄和航测内外业工作量, 更经济有效地测绘地形图, 采用正射投影技术, 加大航向重叠, 领航时按图幅中心线飞行, 使所摄象片, 能满足一张象片覆盖一幅地形图。

一张象片覆盖一幅地形图, 即在所摄的航空象片中, 能选取 (所摄分区内 90~95% 以上象片都能满足一张象片覆盖一幅图) 一张基本片, 把图幅包括在象片边缘以内一公分的范围里, 再选取前后两张过渡片, 构成三张象片两个立体象对, 测绘一幅地形图。这种新的成图方法是当前航测发展方向之一。在国际上技术比较发达的国家都已采用, 我国进行试验和用于生产也有四、五年了, 已取得良好的效果, 现正在总结提高并推广应用。

要采用一张象片覆盖一幅图的新方法, 关键之一是选择好最佳航摄比例尺。

在分析此问题之前, 先要明确一个概念, 即在敷设航线时, 是按图幅中心线飞行的。在航线上用加大重叠 (加大三、四倍) 的方法多摄象片, 以供选择最佳基本象片和过渡象

片。因此，对每张基本象片来说，有其相对的独立性。

### 一、航向基本余量的选择

为了满足航测内外业联测的需要，同时考虑到航摄象片边缘质量比较差，一般不用于测图的原则来选择航向基本余量。

如图 1，两张象片保持一定的航向重叠，

$$A_x = l_x \cdot p\% - 2a_x \quad (24)$$

式中：

$A_x$ ——图幅  $x$  方向在象片上的最大有效距离；

$a_x$ ——象片边缘  $x$  方向两端的基本余量。

先假设  $p\%$  为 100%，则

当  $a_x$  取：10 毫米、15 毫米、20 毫米、25 毫米时，

$2a_x$  为：20 毫米、30 毫米、40 毫米、50 毫米。

采用 18×18 厘米象幅，

$A_x$  为：160 毫米、150 毫米、140 毫米、130 毫米；

采用 23×23 厘米象幅，

$A_x$  为：210 毫米、200 毫米、190 毫米、180 毫米。

当  $a_x$  值取得过小时不能满足需要；  
 $a_x$  值取得过大时，相对的  $A_x$  就减少了，这是很不经济的， $a_x$  应尽量取得适当，特别不宜过大。

选用  $a_x$  值时，相应的  $p\%$  有多大呢？

由表 13 看出，选用  $58\% \pm 2\%$  (56~60%)； $57\% \pm 2\%$  (55~59%) 较为理想。因此， $x$  方向的基本余量  $a_x$  选取 15 毫米最为适当。

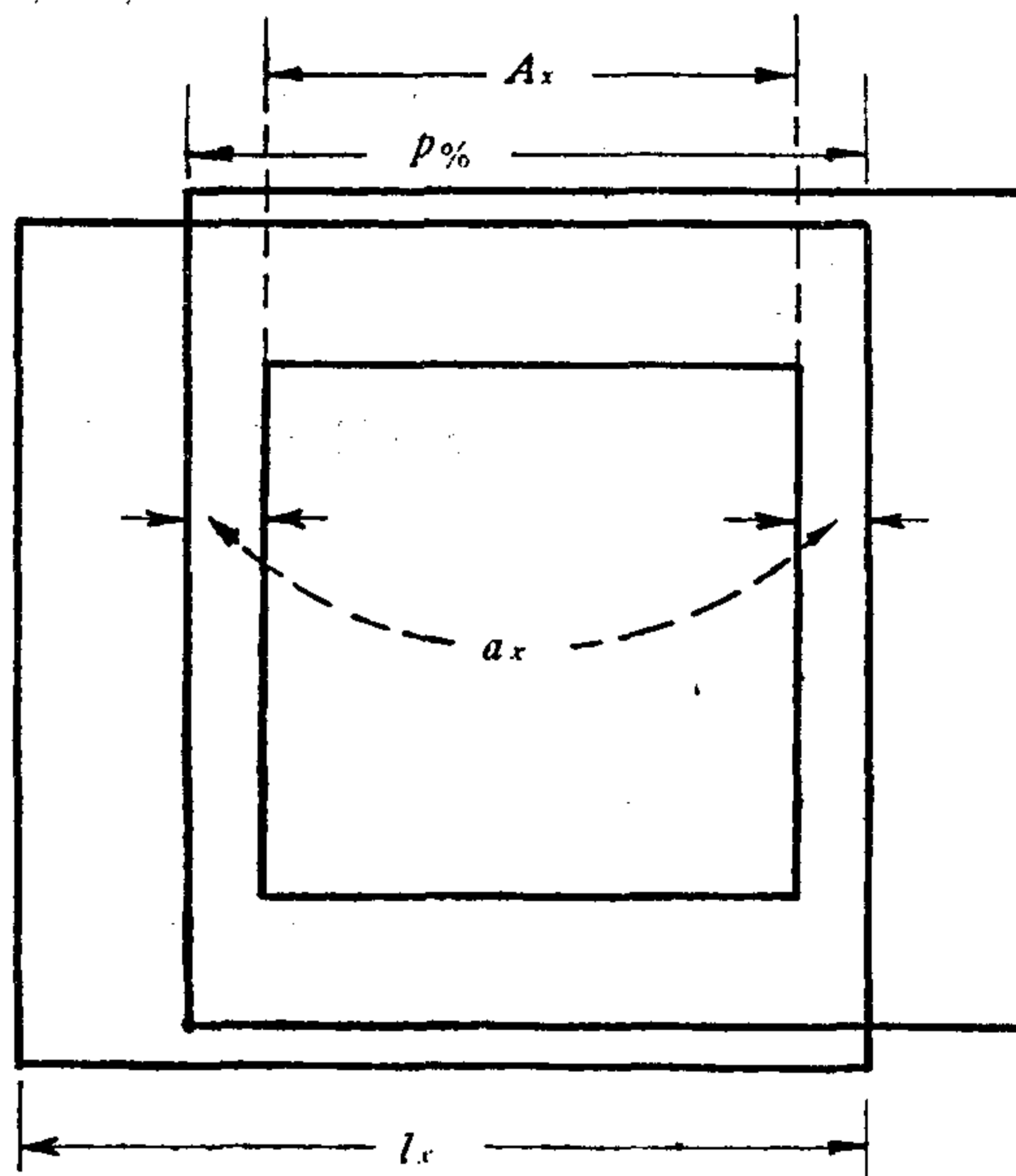


图 1

表 13

$a_x$ 毫米	18×18厘米( $p\%$ )	23×23厘米( $p\%$ )
10	55.6	54.3
15	58.3	56.5
20	61.1	58.7
25	64	61

### 二、航向重叠的选择

假设以航向重叠为 80%、85%、90%、95% 四种进行比较，看那种最适当。

由表 14 看出，航向重叠愈大，图幅  $x$  方向在象片上占的有效距离也愈大、愈经济。但航向重叠太大了，象片数会成倍的增加。虽然在航线内增加象片数并不增加摄影小时，

表 14

p%	a <sub>x</sub> (毫米)	A <sub>x</sub> (毫米)		以航向重叠 60% 的 象片数为 100%
		18×18厘米	23×23厘米	
80	15	114	154	200
85	15	123	166	270
90	15	132	177	400
95	15	141	189	800

但增加了航空胶片的消耗量、摄影处理工作量和化学药品的消耗量，还增加航摄仪的曝光次数，费用就增加了。对整个航摄费用来说，这一部分所占的比例不算大，适当增加航向重叠还是必要的。航向重叠采用 90% 是比较理想的。

由于航向重叠影响象片的使用距离为：

当  $l_x = 180$  毫米，则

$$l_x \cdot (1 - p\%) = 180 \times \frac{10}{100} = 18 \text{ 毫米}$$

当  $l_x = 230$  毫米，则

$$l_x \cdot (1 - p\%) = 230 \times \frac{10}{100} = 23 \text{ 毫米}$$

### 三、旁向基本余量的选择

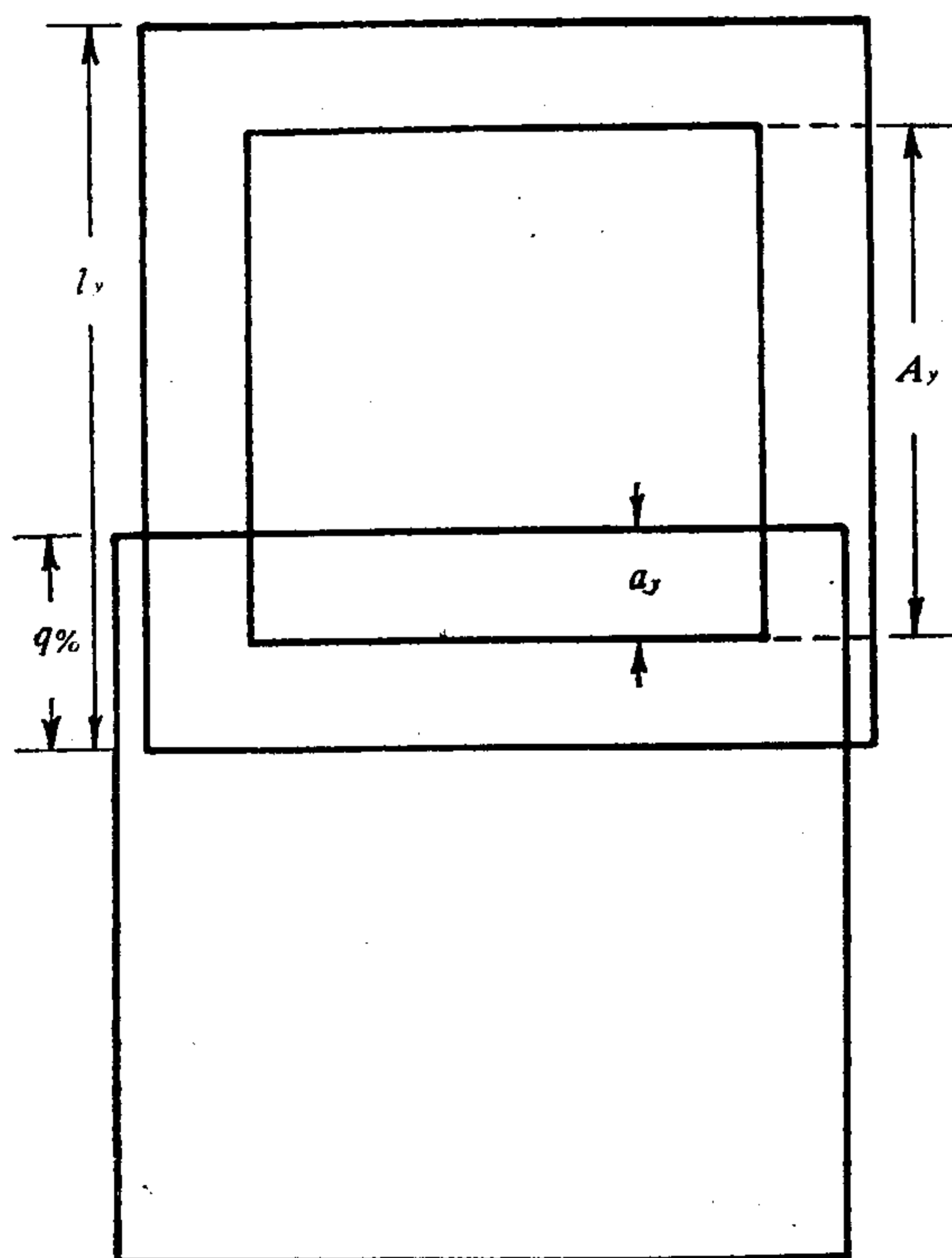


图 2

虽按图幅中心线敷设航线，但仍应按航向的要求来选择旁向基本余量。

如图 2，两张象片保持一定的旁向重叠，

$$2 a_y = l_y \cdot q\%$$

$$a_y = \frac{l_y}{2} \cdot q\%$$

同理，选用  $a_y$  值时，相应的  $q\%$  有多大呢？

由表 15 看出，选用  $17.5\% \pm 2\%$  ( $15 \sim 20\%$ ) 较为理想。因此， $y$  方向的基本余量  $a_y$  选取 16 毫米（对  $18 \times 18$  厘米象幅）和 20 毫米（对  $23 \times 23$  厘米象幅）最为适当。

### 四、航路偏离中心线的影响

沿图幅中心线飞行，要求有较大比例尺的最新地形图（比成图比例尺小四至八倍）作领航图使用，预先在