

前 言

本标准自实施之日起, MH/T 1009—2000《航空摄影技术设计规范》即行废止。

本标准的附录 A~附录 C 是规范性附录。

本标准的附录 D~附录 J 是资料性附录。

本标准由中国民用航空总局、国家测绘局共同提出。

本标准由中国民用航空总局航空安全技术中心、国家测绘局国土测绘科技司归口。

本标准起草单位: 中国东方航空股份有限公司山西分公司、江苏省测绘局。

本标准主要起草人: 李有为、薛恒福、孟平、翟义清、梁青蓉、靳军号、赵福祥。

航空摄影技术设计规范

1 范围

本标准规定了航空摄影技术设计(以下简称航摄设计)的基本要求、主要内容和审批程序。
本标准适用于编制航空摄影测量的航摄设计。

2 规范性引用文件

下列文件中的条款通过本标准的引用而成为本标准的条款。凡是注日期的引用文件,其随后所有的修改单(不包括勘误的内容)或修订版均不适用于本标准。然而,鼓励根据本标准达成协议的各方研究是否可使用这些文件的最新版本。凡是不注日期的引用文件,其最新版本适用于本标准。

GB/T 788 图书和杂志开本及其幅面尺寸(neq ISO 6716:1983)

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

GB/T 15661 1:5 000、1:10 000、1:25 000、1:50 000、1:100 000 地形图 航空摄影规范

GB/T 16176—1996 航空摄影产品的注记与包装

3 航摄设计的基本要求

3.1 航空摄影项目均应进行技术设计。技术设计书未经批准不应实施。

3.2 航摄设计应从实际出发,积极采用适用的新技术、新方法和新工艺。

3.3 航摄设计应体现整体性原则,满足用户的要求,以可靠的设计质量确保航摄成果质量。设计方案应体现经济效益和社会效益的统一。

3.4 航摄设计书应内容明确,文字简练,资料详实。

3.5 航摄设计书的名词、术语、公式、符号、代号和计量单位等应与有关法规和标准一致。

3.6 航摄设计由航摄单位进行设计或用户自行设计。

3.7 航摄设计人员应具备相应的任职资格。

3.8 航摄设计的依据为航空摄影合同(以下简称合同)、相关的法规和技术标准。

4 航摄设计的技术要求

4.1 航摄设计应确保航摄成果能够满足航测成图精度的要求。

4.2 航摄设计用图的选择原则如下:

a) 应是摄区新近出版的基本比例尺地形图;

b) 一般根据成图比例尺按表 1 选择,亦可按照 GB 6962、GB/T 15661 的有关规定进行选择。

表 1

成图比例尺	设计用图比例尺
$\geq 1:1\ 000$	1:10 000 或 1:10 000DEM ^a
$\geq 1:10\ 000$	1:25 000~1:50 000 或 1:50 000DEM
$\geq 1:100\ 000$	1:100 000~1:250 000 或 1:50 000DEM、1:100 000DEM、 1:250 000DEM

^a DEM 为数字高程模型。

4.3 航摄比例尺一般按表 2 选择,亦可根据成图目的、摄区的具体条件由航摄单位与用户商定。

表 2

成图比例尺	航摄比例尺
1 : 500	1 : 2 000~1 : 3 500
1 : 1 000	1 : 3 500~1 : 7 000
1 : 2 000	1 : 7 000~1 : 14 000
1 : 5 000	1 : 10 000~1 : 20 000
1 : 10 000	1 : 20 000~1 : 40 000
1 : 25 000	1 : 25 000~1 : 60 000
1 : 50 000	1 : 35 000~1 : 80 000
1 : 100 000	1 : 60 000~1 : 100 000

4.4 航摄分区的划分原则如下:

- 分区界线应与图廓线相一致;
- 分区内的地形高差一般不大于 1/4 相对航高;当航摄比例尺大于或等于 1 : 8 000 时,一般不应大于 1/6 相对航高;
- 分区内的地物景物反差、地貌类型应尽量一致;
- 根据成图比例尺确定分区最小跨度,在地形高差许可的情况下,航摄分区的跨度应尽量划大,同时分区划分还应考虑用户提出的加密方法和布点方案的要求;
- 当地面高差突变,地形特征显著不同时,在用户认可的情况下,可以破图幅划分航摄分区;
- 划分分区时,应考虑航摄飞机侧前方安全距离与安全高度;
- 当采用 GPS(全球定位系统)辅助空三航摄时,划分分区除应遵守上述各规定外,还应确保分区界线与加密分区界线相一致或一个摄影分区内可涵盖多个完整的加密分区。

4.5 航线敷设原则如下:

- 航线飞行方向一般设计为东西向,特定条件下亦可按照地形走向或专业测绘的需要,设计南北向或沿线路、河流、海岸、境界等任意方向飞行;
- 按常规方法敷设航线时,航线应平行于图廓线,位于摄区边缘的首末航线应设计在摄区边界线上或边界线外;
- 根据合同要求航线按图幅中心线或按相邻两排成图图幅的公共图廓线敷设时,应注意计算最高点对摄区边界图廓保证的影响和与相邻航线重叠度的保证情况,当出现不能保证的情况时,应调整航摄比例尺;
- 对水域、海区敷设航线时,应尽可能避免像主点落水,应保证所有岛屿覆盖完整并能组成立体像对;
- 采用 GPS 领航时,应计算出每条航线首末摄站的经纬度(即坐标);
- GPS 辅助空三航摄时:
 - 加密分区航线两端按合同要求布设控制航线;控制航线应满足 GB/T 15661 的要求;
 - 当沿图幅中心线敷设航线时,平行于航摄飞行方向的测区边缘应各外延一条航线。

4.6 选择最佳航摄季节,应在合同规定的航摄作业期限内,综合考虑下列主要因素:

- 摄区晴天日数多;
- 大气透明度好;
- 光照充足;
- 地表植被及其覆盖物(如洪水、积雪、农作物等)对摄影和成图的影响最小;

e) 彩红外、真彩色摄影,在北方一般避开冬季。

4.7 航摄时间的选定原则如下:

a) 既要保证具有充足的光照度,又要避免过大的阴影,一般按表 3 规定执行。对高差特大的陡峭山区或高层建筑物密集的特大城市,设计时亦可参照下列公式计算:

$$T_{\psi} = 12^{\text{h}} - \sqrt{\frac{1 - \cos t_{\theta}}{0.03}}$$

$$\cos t_{\theta} = \frac{h_{\theta} - \delta_{\theta}}{90^{\circ} - \psi}$$

式中:

T_{ψ} ——摄区的地方时(使用时应换算成北京标准时);

12^{h} ——摄区当地正午时间;

t_{θ} ——太阳时角,单位为度($^{\circ}$);

h_{θ} ——摄影要求的太阳高度角,单位为($^{\circ}$);

δ_{θ} ——摄影日期的太阳赤纬,单位为度($^{\circ}$);

ψ ——摄区的平均纬度,单位为度($^{\circ}$)。

表 3

地形类别	太阳高度角(h_{θ})	阴影倍数/倍
平地	$>20^{\circ}$	<3
丘陵地、小城镇	$>30^{\circ}$	<2
山地、中等城市	$\geq 45^{\circ}$	≤ 1
高差特大的陡峭山区和高层建筑物密集的大城市	限在当地正午前后各 1 h 进行摄影	<1

b) 沙漠、戈壁滩等地面反光强烈的地区,一般在当地正午前后各 2 h 内不应摄影;

c) 彩红外与真彩色摄影应在色温 4 500 K~6 800 K 范围内进行;雨后绿色植被表面水滴未干时不应进行彩红外摄影。

4.8 航摄仪和航摄材料的选用应依据合同要求选定。

4.9 按合同要求需布设地面标志与 GPS 基准站的摄区应在航摄设计书中加以说明。

5 航摄设计书的格式及内容结构

5.1 航摄设计书封面格式

5.1.1 航摄设计书封面应包括设计书名称、摄区代号、用户单位、执行期限、编制单位、编制人、审批单位、审批人及编制时间等要素。

5.1.2 航摄设计书名称书写组成形式如下:

省(直辖市、自治区)名——摄区名——航摄技术设计书

示例:河南漯河摄区航摄技术设计书

5.1.3 航摄设计书名称字体为一号黑体,其他要素为四号黑体。

5.1.4 航摄设计书幅面尺寸采用 GB/T 788 中规定的 A4 幅面(210 mm×297 mm)。航摄设计书封面格式见附录 A。

5.2 航摄设计书内容结构

5.2.1 航摄设计书内容应包括:封面、任务说明、航摄因子计算表、飞行时间计算表、航摄材料消耗计算表、GPS 领航数据表、摄区略图等。

5.2.2 航摄设计书任务说明中还应包括用户在合同中提出的特殊内容。

6 航摄设计书的编制方法与程序

6.1 航摄设计的准备工作

6.1.1 了解合同内容与用户要求。

6.1.2 准备技术设计用图,根据用户合同中提供的摄区范围图,将摄区范围准确地标绘在设计用图上。

6.2 划分航摄分区

6.2.1 根据合同及航摄分区的划分原则在地形图或 DEM 上将摄区划分为若干个航摄分区。

6.2.2 分区划分完毕,按从左到右,自上而下顺序,在摄区范围图及设计用图上对分区进行编号。

6.3 确定分区平均平面高程($h_{\text{平}}$)

6.3.1 分区平均平面高程是将分区内个别突出最高点与最低点舍去不计外,使分区内高点平均高程与低点平均高程面积各占一半的平均高程平面。

6.3.2 采用 DEM 设计时,分区平均平面高程用下式计算:

$$h_{\text{平}} = \frac{\sum_{i=1}^n h_i}{n}$$

式中:

$h_{\text{平}}$ ——分区平均平面高程,单位为米(m);

h_i ——分区内 DEM 格网点的高程值,单位为米(m)。

6.3.3 在地形图上选择高程点计算分区平均平面高程公式如下:

a) 在平原和地形高差不大的平缓地区,用下式计算:

$$h_{\text{平}} = \frac{h_{\text{最高}} + h_{\text{最低}}}{2}$$

式中:

$h_{\text{平}}$ ——分区平均平面高程,单位为米(m);

$h_{\text{最高}}$ ——分区内最高高程,单位为米(m);

$h_{\text{最低}}$ ——分区内最低高程,单位为米(m);

b) 在丘陵和地形起伏较大的地区,用下式计算:

$$h_{\text{平}} = \frac{h_{\text{高平均}} + h_{\text{低平均}}}{2}$$

$$h_{\text{高平均}} = \frac{\sum_{i=1}^n h_{i,\text{高}}}{n}$$

$$h_{\text{低平均}} = \frac{\sum_{i=1}^n h_{i,\text{低}}}{n}$$

式中:

$h_{\text{平}}$ ——分区平均平面高程,单位为米(m);

$h_{\text{高平均}}$ ——分区内高点平均高程,单位为米(m);

$h_{\text{低平均}}$ ——分区内低点平均高程,单位为米(m)。

c) 在地形高差显著、陡峭的山区,当安全高度保证有问题时,用下式计算:

$$h_{\text{平}} = H_{\text{地}} - H_{\text{相}}$$

$$H_{\text{地}} = h_{\text{突}} + h_{\text{安}}$$

$$H_{\text{相}} = mf$$

式中：

$h_{\text{平}}$ ——分区平均平面高程,单位为米(m);

$H_{\text{绝}}$ ——分区绝对航高,单位为米(m);

$H_{\text{相}}$ ——分区相对航高,单位为米(m);

$h_{\text{突}}$ ——分区内最高点高程,单位为米(m);

$h_{\text{安}}$ ——飞机至分区内最高点安全高度规定值,单位为米(m);

m ——分区航摄比例尺分母;

f ——航摄仪主距,单位为毫米(mm)。

6.3.4 平均平面高程的确定应确保合同规定的航摄比例尺精度。

6.3.5 计算航摄飞机飞行安全高度和侧、前方安全距离,检查航摄飞行范围内地形是否满足飞行安全的要求。计算方法见附录 B。

6.4 绘制摄区略图

6.4.1 摄区略图绘制的要求如下：

- a) 绘制规范,字体工整,图上数据准确;
- b) 图纸规格为 A4 幅面;
- c) 线条宽度以图廓线为基准,分区、摄区界线按倍率关系逐个加宽。

6.4.2 摄区略图注记内容如下：

- a) 摄区代号(需要时摄区名称可注记在其下方);
- b) 分区编号;
- c) 图幅编号;
- d) 摄区经纬度;
- e) 重要城镇、河流、湖泊;
- f) 国界及禁飞区;
- g) 说明。

摄区略图格式及注记要求见附录 C。

6.5 计算航摄主要数据

6.5.1 航摄因子计算主要内容如下：

- a) 地区困难类别,参见附录 D;
- b) 分区面积;
- c) 航摄比例尺;
- d) 分区平均平面高程;
- e) 绝对航高;
- f) 基线长度;
- g) 航线间隔;
- h) 航线长度;
- i) 分区相片数。

航摄因子计算表格式参见附录 E。

6.5.2 当采用 GPS 领航方法时,还应按航线计算领航数据。GPS 领航数据表格式参见附录 F。

6.5.3 航摄时间计算主要内容如下：

- a) 航摄时间;
- b) 日平均摄影时间;
- c) 摄影架次;
- d) 往返飞行总时间;

- e) 航摄辅助飞行时间；
- f) 航摄飞行总时间；
- g) 预计停车场时间。

航摄时间计算表格式参见附录 G。

6.5.4 摄影材料消耗计算内容如下：

- a) 航空胶片；
- b) 相纸；
- c) 化学药品。

感光材料及化学药品计算表格式参见附录 H。

6.6 编写任务说明

任务说明的内容如下：

- a) 任务来源、编制设计依据及基本概况；
- b) 使用机场、机型、航摄仪类型及焦距、领航方法；
- c) 摄区地貌、地物情况、气象状况、执行任务的有利与不利因素；
- d) 合同中对地面处理与成果质量的特殊技术要求；
- e) 对航摄资料提供的要求；
- f) 特别需要说明的其他事项：如国界、禁区、安全高度保证等；
- g) 当采用 GPS 辅助空三航摄时，应注明有关航摄飞行的要求。

7 航摄设计书的校核与审批程序

7.1 航摄设计书的校核

7.1.1 航摄设计书应经编制人员自查、互查；

7.1.2 编制单位技术负责人应进行校核签字，对设计数据正确性负责。

7.1.3 校核内容如下：

- a) 分区划分是否合理；
- b) 安全高度是否保证；
- c) 设计数据是否正确；
- d) 摄区略图所示的摄区和经纬度注记是否正确；
- e) 任务说明是否完整；
- f) 其他应校核的内容。

7.2 航摄设计书的审批

7.2.1 航摄设计书由编制单位的业务主管审批。

7.2.2 航摄设计书经审批后，方可按其组织生产。

7.2.3 航摄单位编制的航摄设计书经审批后，应向用户备案。

7.2.4 航摄设计书如需做原则性修改或补充时，可由编制单位提出修改或补充件，及时上报原审批单位核准后执行。

附录 A
(规范性附录)
航摄设计书封面格式

A.1 航摄设计书封面要素

航摄设计书封面规定了应有的要素。

A.2 航摄设计书封面格式

见示意图 A.1。

×× ×××航摄技术设计书

摄区代号：
用户单位：
执行期限：

审批单位（盖章）
审批意见：

编制单位（盖章）
技术负责人（签字）

审批人（签字）

编制人（签字）

年 月 日

年 月 日

图 A.1 航摄技术设计书封面

附录 B
(规范性附录)

各种航摄飞机安全高度与侧、前方安全距离表

机 型	安全高度/ m	侧方安全距离/ km	前方安全距离/ km	最高飞行高度/ m
空中国王	600	5	7	<10 000
运-8				<10 400
安-30	600	5	7	<8 400
里尔捷特				<13 000
奖状				<12 000
双水獭	400	3	4	<7 000
运-5 运-5B	200(山区) 100(丘陵)	1	1.5	<4 500
运-11 运-12	400	3	4	<7 000
<p>注 1:空中国王执行大比例尺任务时,其安全高度与双水獭相同。</p> <p>注 2:在规划分区时,侧方安全距离等于半张相片相应于地面的距离与相应机型规定值之和,前方安全距离等于两条基线相应于地面的距离与使用机型平飞 30 s 的距离、飞机转弯半径、相应机型规定值之和。</p>				

附录 C
(规范性附录)

摄区略图格式及注记要求

C.1 摄区略图注记要求应符合 GB/T 16176—1996 附录 B 中 B2 的规定。

C.2 摄区略图格式见图 C.1。

9950

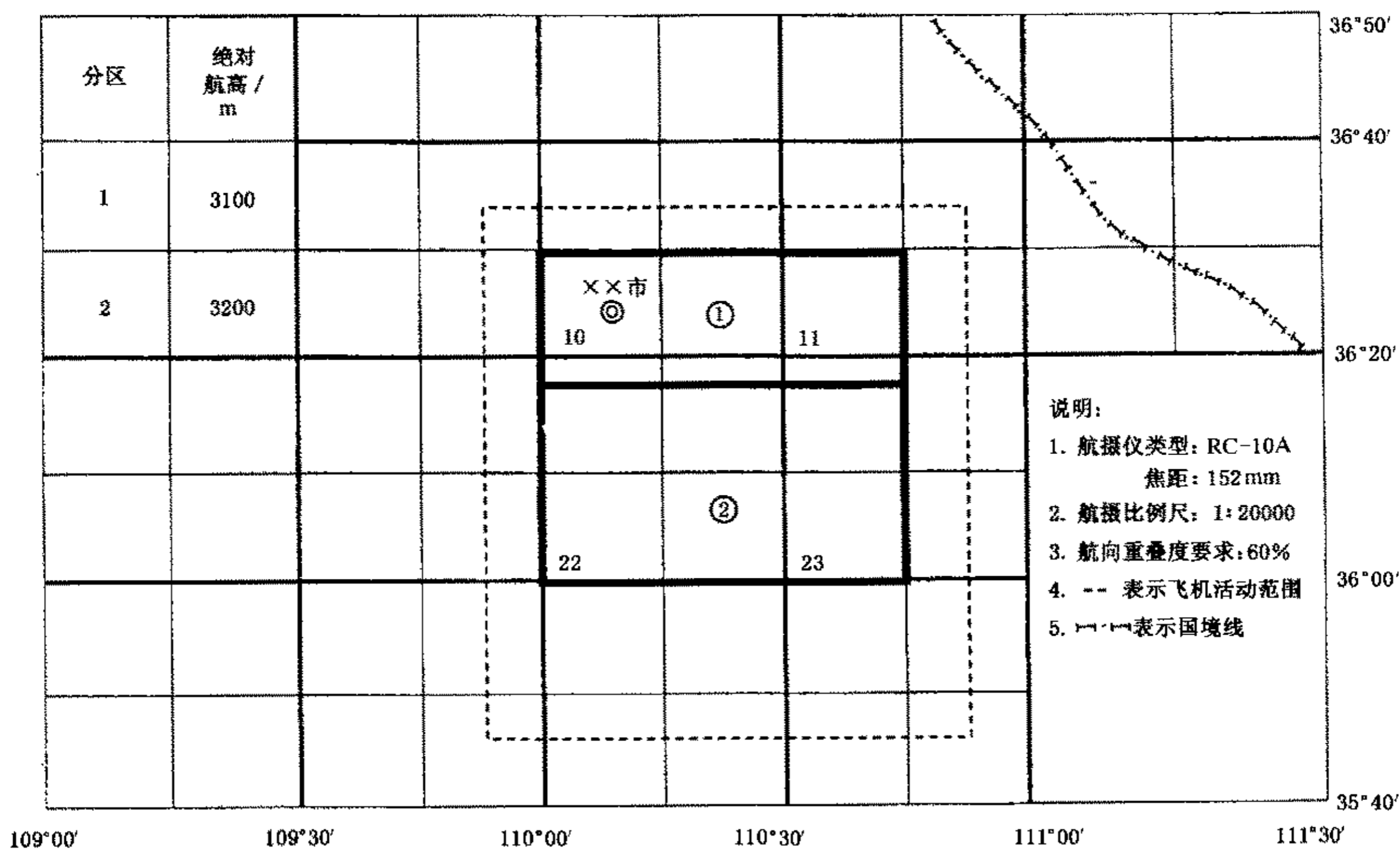


图 C.1 摄区略图示意图

附 录 D
(资料性附录)
航空摄影困难类区划分

- D.1** 一类区:东北松辽平原、华北平原、华东平原、准葛尔盆地、内蒙古草原。
- D.2** 二类区:新疆塔里木盆地、河南西部、甘肃(不含祁连山)东部黄土高原、山西、陕西秦岭以北、东北三江平原、苏北、皖北、山东泰山、广东。
- D.3** 三类区:江西、浙江大部、广西南部、湖北、湖南大部、东北大小兴安岭、新疆阿尔泰山脉和天山中东部、青海东部、海南岛、四川盆地。
- D.4** 四类区:云南昆明地区、福建、甘肃祁连山、新疆天山西部和阿尔金山、陕西秦岭以南、甘肃白龙江、湖南西北。
- D.5** 五类区:西藏、贵州、云南(不含昆明地区)、四川(不含四川盆地)。
- D.6** 困难类别界限划分参见相关图示。

上述地区类别,当国家测绘局或民航总局发布最新地区划分标准时做相应的调整。

附录 E
(资料性附录)
航摄因子计算表

摄区代号: _____ 航摄仪类型: _____ 焦距: _____ mm 机型: _____

分区					注:以下列出表中(1)~(16)项数据的计算方法: (1) 查附录 D; (2) 查高斯-克吕格坐标表或量测计算; (3) 查《航空摄影合同》; $(4) h_{高平均} = \frac{\sum_{i=1}^n h_{i高}}{n};$ (5) 高差 = $h_{高平} - h_{低平}$; $(6) h_{平} = \frac{h_{高平} + h_{低平}}{2};$ (7) $H_{相} = mf$; (8) $H_{地} = h_{平} + H_{相}$ 特殊情况下 $H_{地} = h_{突} + h_{安}$; $(9) p_x = p'_x + (1 - p'_x) \frac{\Delta h}{H};$ $(10) q_y = q'_y + (1 - q'_y) \frac{\Delta h}{H};$ $(11) B_x = \frac{L_x(1 - p_x)m}{10^5};$ $(12) D_y = \frac{L_y(1 - q_y)m}{10^5};$ (13) 航线条数等于分区宽度除以航线间隔;摄区边界分区加一条线; (14) 航线长度等于分区长度加上两条基线长度; (15) 每条航线相片数等于航线长除以基线长。 (16) 分区相片数等于每条航线相片数与航线条数之积。
地区分类		(1)			
面积/km ²		(2)			
航摄比例尺		(3)			
分 区	突出最高点高程/m				
	高平均面($h_{高平}$)/m	(4)			
	高差(相对于平均平面)/m	(5)			
	平均平面($h_{平}$)/m	(6)			
相对航高($H_{相}$)/m		(7)			
绝对航高($H_{地}$)/m		(8)			
重叠度/(%)	航向(p_x)	(9)			
	旁向(q_y)	(10)			
摄影基线长度(B_x)/km		(11)			
航线敷设方法					
航线间隔(D_y)/km		(12)			
分区宽度/km					
航线条数		(13)			
航线长度/km		(14)			
平均每条摄线相片数/张		(15)			
分区相片数/张		(16)			

编制人: _____

检查人: _____

技术负责人: _____

附 录 G
(资料性附录)
航摄飞行时间计算表

摄区代号: _____ 机型: _____ 使用机场: _____

序 号	项 目	数 量	备 注
1	摄区摄影时间/h		①
2	日平均摄影时间/h		②
3	摄影架次/次		③
4	到达摄区平均距离/km		
5	一次往返飞行平均时间/h		④
6	往返飞行总时间/h		⑤
7	航摄辅助飞行时间/h		
	a) 试验飞行(含视察飞行)/h		
	b) 气象飞行/h		⑥
	c) 调机飞行/h		
8	航摄飞行总时间/h		⑦
9	预计停车场时间/h		

注 1: 以下列出表中①~⑦项数据的计算方法:

- ① 摄区摄影时间等于若干个摄影分区之和;分区摄影时间等于分区面积除以航线间隔乘以 1.2 系数再除以有效速度;有效速度等于巡航速度乘以 0.85 系数;
- ② 日平均摄影时间统一按 1.5 h 计算;
- ③ 摄影架次等于摄区摄影时间除以日平均摄影时间;
- ④ 一次往返飞行平均时间等于 2 倍到达摄区平均距离除以巡航速度加上爬高时间;
- ⑤ 往返飞行总时间等于③乘以④;
- ⑥ 气象飞行时间等于摄区摄影时间乘以百分之十五;
- ⑦ 航摄飞行总时间等于①加⑤加⑥。

注 2: 各种航摄机型巡航速度、转弯时间参见附录 I、附录 J。

编制人: _____ 检查人: _____ 技术负责人: _____

附录 H
(资料性附录)
感光材料及药品计算表

摄区代号: _____

摄区面积: _____ km

摄影比例尺: _____

摄区相片总数: _____

名称		型号	规格	单位	数量	单价	金额
黑白胶片	国产	1 022	24 cm×6 000 cm	筒			
		1 024	24 cm×6 000 cm	筒			
	柯达	2 402	24 cm×7 500 cm	筒			
			24 cm×10 500 cm	筒			
彩红外胶片	国产	1 821	24 cm×6 000 cm	筒			
		1 822	24 cm×6 000 cm	筒			
彩红外反转片	柯达	S0734	24 cm×6 000 cm	筒			
		1 443	24 cm×12 000 cm	筒			
真彩色胶片	国产						
	柯达	2 444	24 cm×10 700 cm	筒			
黑白胶片 显定影液	国产	G42	套药	套			
	柯达	885	套药	套			
彩色胶片 显定影液	国产	G80	套药	套			
	柯达	C-22EA5	套药	套			
黑白像纸							
彩色像纸							
黑白像纸 显定影液							
彩色像纸 显定影液							
合 计							

编制人: _____

检查人: _____

技术负责人: _____

附 录 I
(资料性附录)
各种航摄机型巡航速度表

机 型	安-30	空中 国王	双水獭	运-8	奖状Ⅱ 里尔捷特	运-5 运-5B	运-11 运-12
巡航速度/(km/h)	450	450	240	580	800	160	250
每爬高表列的高 度增加 1 min	1 000	1 000	500	1 000	1 000	200	500

附录 J
(资料性附录)
各种航摄机型转弯时间表

单位为分

摄影比例尺	机 型						
	安-30	空中 国王	双水獭	运-8	奖状 II 里尔捷特	运-5 运-5B	运-11 运-12
1 : 500	—	—	3.5	—	—	3.5	3.5
1 : 10 000	—	—	4	—	—	4.5	4
1 : 15 000	4	4	5	4	—	5.5	5
1 : 20 000	4.5	4.5	5.5	4.5	5	6.5	5.5
1 : 25 000	5	5	6	5	5	7.5	6
1 : 30 000	5.5	5.5	7	5.5	5	8.5	7
1 : 40 000	6	6	8	6	6	10.5	8
1 : 50 000	7	7	—	6.5	6	—	—
1 : 60 000	8	8	—	7	6.5	—	—

注：各机型转弯时间按下式计算：

$$\Delta t = \frac{2R + 6B_x + 2D}{V}$$

式中：

Δt ——飞机转弯路时间，单位为分(min)；

R ——转弯半径，转弯坡度统一按 $\text{tg}20^\circ$ 计算，单位为米(m)；

$$R = \frac{V^2}{9.81 \text{tg}\beta}$$

B_x ——基线长度，单位为米(m)；

D ——飞机平飞 1 min 距离，单位为米(m)；

V ——飞机空速，统一按各机型巡航速度计算，单位为米每分(m/min)。