

# 中华人民共和国国家标准

GB/T 39612—2020

---

## 低空数字航摄与数据处理规范

Specifications for low-altitude digital aerial photography and data processing

2020-12-14 发布

2020-12-14 实施

国家市场监督管理总局  
国家标准化管理委员会 发布

目 次

前言 ..... III

1 范围 ..... 1

2 规范性引用文件 ..... 1

3 术语和定义 ..... 1

4 基本要求 ..... 2

    4.1 分幅和编号 ..... 2

    4.2 成果精度 ..... 2

5 航空摄影 ..... 2

    5.1 航摄准备 ..... 2

    5.2 航摄设备要求 ..... 2

    5.3 航摄计划与航摄设计 ..... 3

    5.4 航摄实施 ..... 5

    5.5 飞行质量与影像质量要求 ..... 5

    5.6 航摄成果质量检查与整理 ..... 6

    5.7 航摄成果资料 ..... 6

6 像片控制测量 ..... 6

    6.1 像片控制点布设 ..... 6

    6.2 基础控制点测量 ..... 8

    6.3 像片控制点测量 ..... 9

    6.4 像片控制测量成果检查 ..... 9

    6.5 像片控制测量成果资料 ..... 9

7 空中三角测量 ..... 9

    7.1 影像预处理 ..... 9

    7.2 精度要求 ..... 9

    7.3 相对定向 ..... 10

    7.4 自由网平差 ..... 10

    7.5 绝对定向与区域网平差 ..... 10

    7.6 成果质量检查 ..... 12

    7.7 空中三角测量成果资料 ..... 12

8 基础地理信息产品生产 ..... 13

    8.1 生产方法和要求 ..... 13

    8.2 成果质量检查 ..... 13

    8.3 基础地理信息产品成果资料 ..... 13

附录 A（资料性附录） 相机与像空间坐标系的关系示意图、相机安装方位示意图 ..... 14

附录 B（资料性附录） 低空数字航摄常用计算公式 ..... 15

附录 C (资料性附录)	航摄飞行记录表 .....	18
附录 D (资料性附录)	旋角计算示意图 .....	19
附录 E (资料性附录)	航摄分区示意图和航线示意图 .....	20
附录 F (资料性附录)	摄区完成情况图 .....	22
附录 G (资料性附录)	像片控制点成果表与点之记样例 .....	24



## 前 言

本标准按照 GB/T 1.1—2009 给出的规则起草。

本标准由中华人民共和国自然资源部提出。

本标准由全国地理信息标准化技术委员会(SAC/TC 230)归口。

本标准起草单位:中测新图(北京)遥感技术有限责任公司、中测新图(北京)低空数码测绘技术有限公司、武汉中测晟图遥感技术有限公司、浙江中测新图地理信息技术有限公司。

本标准主要起草人:李英成、薛艳丽、丁晓波、朱祥娥、李西林、戴芳、任亚锋、陈北平、曹化龙、刘沛、廖明、郑安武、匡秀梅。



# 低空数字航摄与数据处理规范

## 1 范围

本标准规定了低空数字航摄与数据处理的基本要求,包含低空数字航空摄影、像片控制测量、空中三角测量和基础地理信息产品生产的技术要求。

本标准适用于采用无人驾驶飞行器低空数字航摄系统进行1:500、1:1 000和1:2 000数字正射影像图(DOM)、数字高程模型(DEM)、数字表面模型(DSM)和数字线划图(DLG)等成果的生产。

## 2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件,仅注日期的版本适用于本文件。凡是不注日期的引用文件,其最新版本(包括所有的修改单)适用于本文件。

- GB/T 13989 国家基本比例尺地形图分幅和编号
- GB/T 18314—2009 全球定位系统(GPS)测量规范
- GB/T 18316 数字测绘成果质量检查与验收
- GB/T 24356 测绘成果质量检查与验收
- GB/T 27919—2011 IMU/GPS辅助航空摄影技术规范
- GB 35650 国家基本比例尺地图测绘基本技术规定
- CH/T 1007 基础地理信息数字产品元数据
- CH/T 1024 影像控制测量成果质量检验技术规程
- CH/T 2009—2010 全球定位系统实时动态测量(RTK)技术规范
- CH/T 3006—2011 数字航空摄影测量 控制测量规范
- CH/T 3007.1 数字航空摄影测量 测图规范 第1部分:1:500 1:1 000 1:2 000 数字高程模型 数字正射影像图 数字线划图
- CH/T 3012 数字表面模型 航空摄影测量生产技术规程
- CH/T 9022 基础地理信息数字成果 1:500 1:1 000 1:2 000 1:5 000 1:10 000 数字表面模型

## 3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

### 3.1

**无人驾驶飞行器** **unmanned aerial vehicle**

由遥控设备或自备程序控制装置操纵,机上无人驾驶的航空器。

### 3.2

**低空数字航摄** **low-altitude digital aerial photography**

采用无人驾驶飞行器,相对航高在2 000 m以下的数字航空摄影。

### 3.3

**2000 国家大地坐标系** **China Geodetic Coordinate System 2000;CGCS2000**

采用2000参考椭球,原点在地心的右手地固直角坐标系。Z轴为国际地球旋转局参考极方向,X

轴为国际地球旋转局的参考子午面与垂直于 $Z$ 轴的赤道面的交线, $Y$ 轴与 $Z$ 轴和 $X$ 轴构成右手正交坐标系。

[GB/T 14911—2008,定义 2.32]

### 3.4

#### 1985 国家高程基准 National Vertical Datum 1985

1987 年颁布命名的,采用青岛水准原点和根据由青岛验潮站从 1952 年到 1979 年的验潮数据确定的黄海平均海水面所定义的高程基准,其水准原点的起算高程为 72.260 m。

[GB/T 14911—2008,定义 2.24]

## 4 基本要求

### 4.1 分幅和编号

基础地理信息产品分幅与编号应按 GB/T 13989 的规定执行。确有必要时,亦可采用自由分幅和编号。

### 4.2 成果精度

成果精度要求如下:

- a) 数字线划图、数字高程模型、数字正射影像图成果应满足 GB 35650 的要求;
- b) 数字表面模型成果应满足 CH/T 9022 的要求。

## 5 航空摄影

### 5.1 航摄准备

航空摄影前,应做以下准备工作:

- a) 收集摄区地形资料和气象资料;
- b) 踏勘调查摄区内高大建筑物、高压线、无线电干扰源等有可能影响飞行安全的地面信息。

### 5.2 航摄设备要求

#### 5.2.1 无人驾驶飞行器要求

采用无人驾驶飞行器进行低空航空摄影,应满足以下基本要求:

- a) 应具备一般气象条件下安全飞行能力,抗风能力一般不低于 4 级;
- b) 自动驾驶仪应具备定点曝光或等距曝光控制功能;
- c) 具备记录相机曝光时刻位置和姿态信息功能。

#### 5.2.2 相机要求

##### 5.2.2.1 基本要求

相机基本要求如下:

- a) 相机镜头应为定焦镜头,且对焦无限远;
- b) 镜头与相机机身、机身与成像探测器之间应稳固连接;
- c) 相机最高快门速度应不慢于 1/800 s;
- d) 相机应具备曝光时刻信号反馈功能;

- e) 相机视场角在飞行方向应不小于  $27^\circ$ ;
- f) 灰度记录的动态范围,每通道应不低于 8 bit;
- g) 原始影像宜以无压缩格式存储,采用压缩格式存储时,压缩倍率应不大于 10 倍。

#### 5.2.2.2 检校要求

相机应进行几何检校,并满足以下要求:

- a) 检校中误差:主点坐标应不大于  $10\ \mu\text{m}$ ,主距应不大于  $5\ \mu\text{m}$ ;
- b) 残余畸变差不应大于 0.3 个像素;
- c) 每次检校均应提供检校参数及检校数学模型;
- d) 当出现相机大修、关键部件更换、遭受剧烈震动冲击等情况,应重新检校。

#### 5.2.2.3 安装要求

相机在无人驾驶飞行器上安装应满足以下要求:

- a) 相机与飞行器连接应稳固可靠;
- b) 相机与飞行器之间应具备减震装置;
- c) 应提供相机安装方位示意图,参见附录 A。

### 5.3 航摄计划与航摄设计

#### 5.3.1 数学基础

数学基础规定如下:

- a) 坐标系应采用 2000 国家大地坐标系,亦可采用依法批准的独立坐标系;
- b) 高程基准应采用 1985 国家高程基准,亦可采用依法批准的其他高程基准;
- c) 地图投影采用高斯-克吕格投影,按经差  $3^\circ$  分带,亦可采用  $1.5^\circ$  分带。

#### 5.3.2 航摄计划

根据成图需要制定航摄计划,航摄计划应包括以下内容:

- a) 摄区范围及其地物地貌特征;
- b) 成图比例尺和摄影地面分辨率;
- c) 航线敷设方法、像片航向和旁向重叠度;
- d) 飞行器与航摄相机的类型、参数和其他辅助设备参数;
- e) 需提供的航摄成果名称和数量;
- f) 执行航摄任务的季节和期限;
- g) 其他技术要求。

#### 5.3.3 航摄设计

##### 5.3.3.1 设计用基础地理数据的选择

设计用基础地理数据应选择摄区最新时相的地形图、影像图或数字高程模型,地形图、影像图比例尺不低于  $1:10\ 000$ ,数字高程模型比例尺不低于  $1:50\ 000$ 。

##### 5.3.3.2 基准面地面分辨率的选择

各航摄分区基准面的地面分辨率应根据不同比例尺航摄成图的要求,结合分区的地形条件、测图等高距、航摄基高比及影像用途等,在确保成图精度的前提下,本着有利于缩短成图周期、降低成本、提高

测绘综合效益的原则,在表 1 的范围内选择。

表 1 航摄基准面地面分辨率设计范围

成图比例尺	地面分辨率/cm
1 : 500	$\leq 5$
1 : 1 000	$\leq 10$ , 宜采用 8
1 : 2 000	$\leq 20$ , 宜采用 16

### 5.3.3.3 航摄分区的划分和基准面确定

航摄分区的划分和基准面确定,应遵循以下原则:

- 分区划分应兼顾成图比例尺、飞行效率、飞行方向、飞行安全等因素。
- 航摄基准面计算一般应取分区内高程占比加权平均值,计算方法参见附录 B 的 B.6。
- 平地、丘陵地和山地分区内的地形高差不应大于 1/4 相对航高;高山地分区内的地形高差不应大于 1/3 相对航高。
- 当按照 c) 规定分区,出现分区面积较小、零散破碎等情况导致飞行任务实施困难时,可按最低点地面分辨率不低于基准面分辨率 1.5 倍的原则重新分区;或者将摄区内分辨率超限面积占比不超过 10% 的多个小分区向相邻较大分区合并。
- 在地形高差符合 c)、d) 规定条件下,分区的跨度应尽量划大,且完整覆盖摄区。

### 5.3.3.4 重叠度设计

重叠度应在航摄分区基准面上设计,设计指标规定如下:

- 航向重叠度一般应为 65%~75%;旁向重叠度一般应为 30%~45%;
- 在陡峭山区、高大建筑物密集的城镇地区、海岛、道路、管线、河流等摄区航摄时,重叠度设计宜适当加大。

### 5.3.3.5 相机快门速度设计

无人驾驶飞行器的飞行速度选择应与相机快门速度设置相匹配,以确保航摄基准面像点位移不超过 0.5 个像素。像点位移计算公式参见 B.1。

### 5.3.3.6 航线敷设

航线敷设应遵循以下原则:

- 航线一般按测区形状的长边平行敷设,亦可按照东西或者南北向敷设,或沿线路、河流、海岛、海岸、境界等走向飞行;
- 曝光点宜基于数字高程模型,采用定点曝光或等距曝光控制方法设计;
- 布设构架航线时,应尽量与摄区内正常航线垂直,并且航高保持一致。

### 5.3.3.7 航摄季节和时间的选择

航摄季节和时间的选择应遵循以下原则:

- 应尽量避免在积雪、洪水、扬沙、烟雾等情况下航摄;
- 在沙漠、戈壁、河流湖泊、海洋、大面积的盐滩、盐碱地、滩涂等区域航摄时,应采取正午前后 1 h~2 h 摄影,以减少地面强烈反光而造成影像地物细节的损失;

- c) 在陡峭山区和高大建筑物密集的城镇地区,宜在正午前后各 2 h 内摄影,减少阴影对地物细节影响。

#### 5.3.3.8 铺设航摄地面标志

对于缺乏特征地物(如森林、戈壁、沙漠、滩涂等)或者需要高精度航空摄影测量的区域,应在航摄实施前制作人工点位和铺设标志并测量坐标,要求如下:

- a) 人工地面标志的形状、规格等应确保其影像上可准确辨认与量测;
- b) 人工地面标志的色彩应确保其与周围地面反差良好,影像上清晰可见。

### 5.4 航摄实施

航摄实施过程中,应遵循以下原则:

- a) 使用机场起降时,应按照机场相关规定飞行;不使用机场起降时,应根据无人飞行器的性能要求,选择起降场地和备用场地。
- b) 航摄实施前应制定详细的飞行计划,且应针对可能出现的紧急情况制定应急预案。
- c) 在保证飞行安全的前提下,且光照和能见度条件允许时,可实施云下摄影。
- d) 采用 GNSS 或 IMU/GNSS 辅助航空摄影时,按照 GB/T 27919—2011 执行。
- e) 起飞前应校准气压高度计、GNSS 大地高、地形图海拔高程三者之间差异,确保飞行实时高度控制与设计航高不出现较大系统性偏差。
- f) 应填写航摄飞行记录表,参见附录 C。

### 5.5 飞行质量与影像质量要求

#### 5.5.1 飞行质量

飞行质量应满足以下要求:

- a) 像片航向重叠度一般为 60%~90%,最小不应小于 53%;旁向重叠度一般为 15%~60%,最小不应小于 8%。
- b) 像片倾角一般不超过 12°,最大不超过 15°;像片旋角一般不超过 15°,最大不超过 25°;像片倾角和像片旋角不应同时达到最大值,像片旋角计算方法参见附录 D。
- c) 航向覆盖超出分区边界线应不少于两条基线;旁向覆盖超出整个摄区和分区边界线一般应不少于像幅的 50%。
- d) 同一航线相邻两张像片飞行高度差不应大于 30 m,同一航线上最高和最低航高之差不应大于 50 m。
- e) 航摄实施过程中出现的相对漏洞和绝对漏洞均应及时补摄。补摄应采用同型号相机,补摄航线的两端应超出漏洞之外两条基线。
- f) 影像数据应与定位定姿数据记录一一对应,并确保完整性。

#### 5.5.2 影像质量

影像质量应满足以下要求:

- a) 影像应清晰、层次丰富、反差适中、色调柔和;
- b) 影像上不应有云、雪,以及大面积烟雾、反光、污点等对立体模型连接和测绘产生影响的缺陷;
- c) 像点位移一般不应大于 0.5 个像素,最大不应大于 1 个像素;
- d) 不应出现因机上振动、镜头污染、相机快门故障等引起影像模糊的现象。

### 5.5.3 定姿、定位数据质量

采用 GNSS 或 IMU/GNSS 辅助航空摄影时,数据质量应满足 GB/T 27919—2011 中 8.1.1 的要求。

## 5.6 航摄成果质量检查与整理

### 5.6.1 航摄成果质量检查

航摄完成后,应根据 5.5 要求进行成果质量检查,检查合格后交付下一工序使用。

### 5.6.2 航摄成果整理

#### 5.6.2.1 航片编号

航片编号方法为:

- a) 航片编号由 12 位阿拉伯数字构成,采用以航线为单位的流水编号。航片编号自左至右 1 位~4 位为摄区代号,5 位~6 位为分区号,7 位~9 位为航线号,10 位~12 位为航片流水号。
- b) 一般以飞行方向为编号的增长方向。
- c) 同一航线内的航片编号不准许重复。
- d) 当有补飞航线时,补飞航线的航片流水号在本航线原流水号基础上加 500。

#### 5.6.2.2 航片存储

按照摄区、分区、航线建立目录分别存储,应采用硬盘或光盘等存储。航摄分区及航线示意图参见附录 E。

## 5.7 航摄成果资料

航摄成果资料包括以下内容:

- a) 影像数据;
- b) 影像位置和姿态数据;
- c) 航摄分区示意图、航线示意图;
- d) 航摄飞行记录表;
- e) 摄区完成情况图,参见附录 F;
- f) 相机检校报告、检校模型及检校参数;
- g) 航摄批文;
- h) 航摄资料审查报告;
- i) 航摄技术设计书;
- j) 航摄技术总结报告;
- k) 航摄成果检查报告与验收报告;
- l) 航摄成果清单;
- m) 其他相关资料。



## 6 像片控制测量

### 6.1 像片控制点布设

#### 6.1.1 基本要求

像片控制点布设应满足以下基本要求:

- a) 像片控制测量作业使用的各种仪器、器材应进行检查校正,检校合格证书处于有效期内;
- b) 外业像控测量之前应进行现场踏勘,选择作业道路、特征地物、布标位置等,合理分配人员和仪器;
- c) 像片控制点宜按照区域网或航线布设。控制点分布应能控制整个测区并能满足成果精度要求,相邻像对和相邻航线之间的控制点宜公用。

6.1.2 布设要求

6.1.2.1 选点要求

像片控制點選点应满足以下要求:

- a) 像片控制点的目标影像应清晰,易于判读刺点和立体量测,同时应是高程起伏较小、常年相对固定且易于准确定位和量测的地点。弧形地物,阴影、高大建筑物以及高大树木附近,与周边不易区分的地点等不应选作点位目标。
- b) 像片控制点应选在像片旁向重叠中线附近,尽量远离像片边缘。

6.1.2.2 区域网布点方案

6.1.2.2.1 基本要求

区域网布点应满足以下要求:

- a) 区域网的划分应依据成图比例尺、地面分辨率、测区地形特点、航摄分区的划分、测区形状等情况全面进行考虑,根据具体情况选择最优实施方案。
- b) 区域网的图形宜呈矩形。区域网的大小和像片控制点之间的跨度以能够满足空中三角测量精度要求为原则,主要依据成图精度、航摄资料的有关参数及对系统误差的处理等多因素确定。

6.1.2.2.2 无 GNSS 或 IMU/GNSS 辅助航摄的区域网布点方案

无 GNSS 或 IMU/GNSS 辅助航摄情况下,对于两条和两条以上的平行航线采用区域网布点时,要求如下:

- a) 航向相邻控制点的基线跨度一般应不超过表 2 的规定,仅用于测制 DOM 时,基线跨度可放宽至 2 倍;



表 2 航向相邻控制点的基线跨度

比例尺	基线跨度
1 : 500	3
1 : 1 000	4
1 : 2 000	6

- b) 旁向相邻控制点的航线跨度一般应不超过表 3 的规定,仅用于测制 DOM 时,航线跨度可放宽至 2 倍;

表 3 旁向相邻控制点的航线跨度

比例尺	航线跨度
1 : 500	3
1 : 1 000	3
1 : 2 000	3

- c) 特殊困难地区(大面积沙漠、戈壁、沼泽、森林等)布点要求中的基线跨度和航线跨度相应放宽至1倍~2倍,且应在技术设计书中明确规定。

#### 6.1.2.2.3 GNSS、IMU/GNSS 辅助航摄区域网布点方案

采用 GNSS、IMU/GNSS 辅助航摄时,除满足 GB/T 27919—2011 要求外,还应满足以下要求:

- a) 像片控制点连线应完全覆盖成图区域,且全部布设平高点;
- b) 控制点采用角点和拐点布设法,即在区域网凸角转折处和凹角转折处布设平高点,区域网中应至少布设1个平高点,实际布设时控制点基线跨度应不超过表4的规定,航线跨度应不超过表5的规定。

表4 航向相邻控制点的基线跨度

比例尺	基线跨度
1 : 500	12
1 : 1 000	15
1 : 2 000	20
注:仅测制 DOM 时,基线跨度可放宽至2倍。	

表5 旁向相邻控制点的航线跨度

比例尺	航线跨度
1 : 500	6
1 : 1 000	6
1 : 2 000	6

#### 6.1.2.3 单航线布点方案

采用单航线布点时,相邻控制点间的航向基线跨度可参照 6.1.2.2 设计,在需要布点像片的上下标准点位处均需布设控制点。

#### 6.1.2.4 全野外布点方案

全野外布点方案按照 CH/T 3006—2011 要求执行。

#### 6.1.2.5 特殊情况的布点方案

当遇到像主点、标准点位落水,以及海湾岛屿地区等出现航摄绝对漏洞等特殊情况,不能按正常情况布设像片控制点时,视具体情况以满足空中三角测量和立体测图要求为原则布设控制点,具体方法按照 CH/T 3006—2011 中 6.3.2.3 的要求执行。

### 6.2 基础控制点测量

基础控制点测量应满足以下要求:

- a) 用于平面控制的基础控制点测量,当使用 GNSS 静态相对定向方法时,其布设原则、选点、观测、记录、数据处理、成果检查与交付资料应符合 GB/T 18314—2009 中 E 级网的规定;
- b) 用于高程控制的基础控制点测量,按等外水准测量或与其精度相当的方法施测;

- c) 采用 GNSS RTK 方法时,其精度、观测、记录、数据处理、成果检查与交付资料应符合 CH/T 2009—2010 中控制测量的规定。

## 6.3 像片控制点测量

### 6.3.1 精度要求

像片控制点相对邻近基础控制点的平面位置中误差不应超过地物点平面位置中误差的  $1/5$ 、高程中误差不应超过基本等高距的  $1/10$ 。

### 6.3.2 编号要求

基础控制点使用原有编号,像片控制点应统一编号,同一测区内不应重号。

### 6.3.3 像片控制点选点、测量与整饰

像片控制点选点、测量与整饰应按下列要求执行:

- a) 在数字影像上选点、标记,准确标示出选点位置;
- b) 像片控制点的测量方法和要求按照 CH/T 3006—2011 的第 7 章执行;
- c) 对像片控制点测量成果进行检查与整理;
- d) 制作像片控制点成果表和点之记文件,像片控制点成果表和点之记格式参见附录 G。

## 6.4 像片控制测量成果检查

像片控制测量按 CH/T 1024 的规定进行成果检查。

## 6.5 像片控制测量成果资料

像片控制测量成果资料包括以下内容:

- a) 点之记;
- b) 基础控制点成果表、像片控制点成果表;
- c) 仪器鉴定证书。
- d) 像控测量技术设计书;
- e) 像控测量技术总结报告;
- f) 像控测量成果检查报告与验收报告;
- g) 提交成果清单;
- h) 其他相关资料。

## 7 空中三角测量

### 7.1 影像预处理

根据内业数据处理需要,在不影响地物立体观测、属性判读前提下,对数字航片进行格式转换、影像旋转、畸变纠正、图像增强等影像预处理。

### 7.2 精度要求

7.2.1 区域网平差计算结束后,连接点对最近野外控制点的平面位置中误差不应大于表 6 的规定,连接点对最近野外控制点的高程中误差不应大于表 6 的规定。连接点的中误差一般采用检查点(多余像片控制点)的中误差进行估算,具体要求见 7.5.2。

7.2.2 特殊困难地区(大面积沙漠、戈壁、沼泽、森林等)的平面和高程中误差均可放宽 1/2,应在技术设计书中明确规定。

7.2.3 1:500 成图时,平地、丘陵地平面位置中误差、高程中误差不能满足表 6 规定的精度时,应采用平高全野外控制布点;1:1 000 与 1:2 000 成图时,平地高程中误差不能满足表 6 规定的精度时,应采用高程全野外控制布点。

表 6 连接点对最近野外控制点平面位置与高程中误差

单位为米

成图比例尺	平面位置中误差				高程中误差			
	平地	丘陵地	山地	高山地	平地	丘陵地	山地	高山地
1:500	0.2	0.2	0.28	0.28	0.15	0.28	0.35	0.5
1:1 000	0.4	0.4	0.55	0.55	0.28	0.35	0.5	1.0
1:2 000	0.8	0.8	1.1	1.1	0.28	0.35	0.8	1.2

### 7.3 相对定向

7.3.1 相对定向连接点上下视差中误差不大于 1/2 个像素,连接点上下视差最大残差不大于 1 个像素,特别困难资料或地区可放宽 0.5 倍。

7.3.2 模型连接较差限值一般按照式(1)、式(2)计算:

$$\Delta S = 0.06 \times m_{\text{像}} \times 10^{-3} \quad \dots\dots\dots (1)$$

式中:

$\Delta S$  ——平面位置较差,单位为米(m);

$m_{\text{像}}$  ——像片比例尺分母。

$$\Delta Z = 0.04 \times \frac{m_{\text{像}} \times f_k}{b} \times 10^{-3} \quad \dots\dots\dots (2)$$

式中:

$\Delta Z$  ——高程较差,单位为米(m);

$m_{\text{像}}$  ——像片比例尺分母;

$f_k$  ——航摄影焦距,单位为毫米(mm);

$b$  ——像片基线长度,单位为毫米(mm)。

7.3.3 每个像对连接点应分布均匀,每个标准点位区应有连接点。自动相对定向时,每个像对连接点数目一般不少于 30 个。

7.3.4 标准点位区落水时,应沿水涯线均匀选择连接点。

7.3.5 航线连接点宜 3 度重叠,旁向连接点宜 6 度重叠。

7.3.6 在精确改正畸变差的基础上,连接点距离影像边缘不应小于 15 个像素。

7.3.7 自由图边在图廓线以外应有连接点。

7.3.8 根据需要选定、量测保密检查点,保密检查点数量和编号规则在技术设计书中确定。

### 7.4 自由网平差

自由网平差后像点坐标残差不大于 2 个像素。

### 7.5 绝对定向与区域网平差

7.5.1 区域网平差计算结束后,基本定向点残差、检查点不符值、区域网间公共点较差的限差不应大于

表 7 的规定。

表 7 基本定向点残差、检查点不符值、公共点较差限差 单位为米

成图比例尺	检查类型	平面位置限差				高程限差			
		平地	丘陵地	山地	高山地	平地	丘陵地	山地	高山地
1 : 500	基本定向点残差	0.15	0.15	0.2	0.2	0.11	0.21	0.26	0.4
	检查点不符值	0.25	0.25	0.35	0.35	0.19	0.35	0.4	0.6
	公共点较差	0.4	0.4	0.55	0.55	0.3	0.56	0.7	1.0
1 : 1 000	基本定向点残差	0.3	0.3	0.4	0.4	0.21	0.26	0.4	0.75
	检查点不符值	0.5	0.5	0.7	0.7	0.35	0.4	0.6	1.2
	公共点较差	0.8	0.8	1.1	1.1	0.56	0.7	1.0	2.0
1 : 2 000	基本定向点残差	0.6	0.6	0.8	0.8	0.21	0.26	0.6	0.9
	检查点不符值	1.0	1.0	1.4	1.4	0.35	0.4	1.0	1.5
	公共点较差	1.6	1.6	2.2	2.2	0.56	0.7	1.6	2.4

7.5.2 检查点的平面中误差、高程中误差分别按式(3)、式(4)计算。

$$m_p = \pm \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (\Delta_{iX}^2 + \Delta_{iY}^2)} \dots\dots\dots (3)$$

$$m_h = \pm \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \Delta_{ih}^2} \dots\dots\dots (4)$$

式中：  
 $m_p$  ——检查点平面位置中误差，单位为米(m)；  
 $m_h$  ——检查点高程中误差，单位为米(m)；  
 $\Delta_{iX}, \Delta_{iY}$  ——检查点的平面坐标较差，单位为米(m)；  
 $\Delta_{ih}$  ——检查点的高程较差，单位为米(m)；  
 $n$  ——参与评定精度的点数。

7.5.3 区域网之间公共点的平面中误差、高程中误差分别按式(5)、式(6)估算。

$$m_p = \pm \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (d_{iX}^2 + d_{iY}^2)} \dots\dots\dots (5)$$

$$m_h = \pm \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n d_{ih}^2} \dots\dots\dots (6)$$

式中：  
 $m_p$  ——公共点平面位置中误差，单位为米(m)；  
 $m_h$  ——公共点高程中误差，单位为米(m)；  
 $d_{iX}, d_{iY}$  ——公共点的平面坐标较差，单位为米(m)；  
 $d_{ih}$  ——公共点的高程较差，单位为米(m)；  
 $n$  ——参与评定精度的点数。

7.5.4 区域网根据航摄分区、可利用控制点的分布以及地形条件等情况灵活划分，可以合并多个航摄分区为一个区域网。

7.5.5 平差计算时对连接点、像片控制点进行粗差检测，并对检测出的粗差点进行剔除或修测。

7.5.6 对于 IMU/GNSS 辅助空中三角测量和 GNSS 辅助空中三角测量，导入摄站点坐标、像片姿态参

数进行联合平差。

7.5.7 当采用自检校区域网平差消除系统误差时,应满足以下要求:

- a) 当像点坐标改正量大于 1 个像素时,应输出相机检校报告或直接输出根据自检校参数纠正后的影像;
- b) 相机检校报告应包含自检校模型和模型对应的各参数值。

7.5.8 水系平差应注意以下要求:

- a) 应把野外施测的水位点高程换算至摄影时期的水位点高程,作为控制定向点直接参与平差计算;
- b) 平差计算后,根据野外施测的水位点和内业测量的水位点,在立体观测下,根据地势变化状况,加减配赋改正,其加减改正数不应大于平地连接点高程中误差。

7.5.9 接边原则应满足以下要求:

- a) 同比例尺、同地形类别像片、航线、区域网之间的公共点接边,平面和高程较差不大于表 7 的规定,取中数作为最终成果值;
- b) 同比例尺、不同地形类别接边时,平面位置较差不大于 7.2 规定的检查点平面位置中误差之和,高程较差不大于 7.2 规定的检查点高程中误差之和;将实际较差按中误差的比例进行配赋作为平面和高程的最终成果值;
- c) 不同比例尺接边,平面位置较差不大于 7.2 规定的连接点平面位置中误差之和,高程较差不大于 7.2 规定的连接点高程中误差之和;将实际较差按中误差的比例进行配赋作为平面和高程的最终成果值;
- d) 与已成图或出版图接边,当较差小于上述规定限差的二分之一时以已成图或出版图为准;当较差大于上述规定限差二分之一但小于规定限差时,应取中数作为最终成果值;超限时,要认真检查原因,确系已成图或出版图错误,直接采用当前成果,在图历簿中注明;
- e) 不同投影带之间公共点平面坐标接边,首先换算成同一带坐标值,在规定限差内取中数,然后再将中数值换算成邻带坐标值。

## 7.6 成果质量检查

空中三角测量成果质量按照 GB/T 24356 的规定执行。

## 7.7 空中三角测量成果资料

空中三角测量成果资料包括以下内容:

- a) 相机参数文件,检校模型;
- b) 像片外方位元素;
- c) 畸变纠正后影像;
- d) 测图定向点像片坐标和大地坐标;
- e) 测区加密分区图;
- f) 空三加密报告;
- g) 技术设计书;
- h) 技术总结报告;
- i) 检查报告与验收报告;
- j) 提交成果清单;
- k) 其他相关资料。

## 8 基础地理信息产品生产

### 8.1 生产方法和要求

8.1.1 数字高程模型、数字正射影像图、数字线划图的生产方法和要求按 CH/T 3007.1 执行,数字表面模型的生产方法和要求按 CH/T 3012 执行。

8.1.2 当区域网平差输出自检校参数时,应根据参数对影像进行去系统误差处理或将参数直接输入生产软件。

8.1.3 应逐个模型或在区域均匀抽取多模型检查相对定向、模型连接精度,相对定向限差不超过 1 个像素,模型连接差不超过  $1/2$  等高距。

8.1.4 当采用空中三角测量加密成果定向测图时,单模型定向精度应满足 CH/T 3007.1 的要求;当仅采用影像外方位元素定向测图时,外业测量点的实测坐标值与同名点的模型观测值的较差应满足 GB 35650 成果精度要求。

8.1.5 元数据的填写内容应符合 CH/T 1007 的规定。

### 8.2 成果质量检查

基础地理信息成果质量检查按照 GB/T 18316 的规定执行。

### 8.3 基础地理信息产品成果资料

基础地理信息产品成果资料包括以下内容:

- a) 数字高程模型、数字正射影像图、数字线划图、元数据、图历簿;
- b) 调绘成果;
- c) 野外补测成果;
- d) 分幅结合表;
- e) 非标准字登记表;
- f) 技术设计书;
- g) 技术总结报告;
- h) 检查报告与验收报告;
- i) 提交成果清单;
- j) 其他相关资料。

附 录 A  
(资料性附录)

相机与像空间坐标系的关系示意图、相机安装方位示意图

A.1 相机与像空间坐标系的关系示意参见图 A.1。

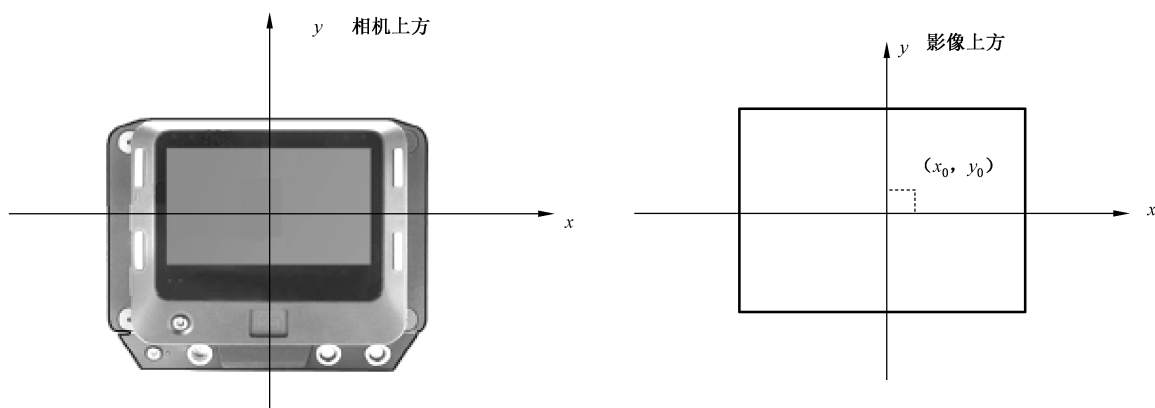


图 A.1 相机与像空间坐标系的关系示意图

A.2 相机安装方位示意图,通过影像上方箭头标明与飞行方向的关系,如图 A.2、图 A.3、图 A.4、图 A.5。

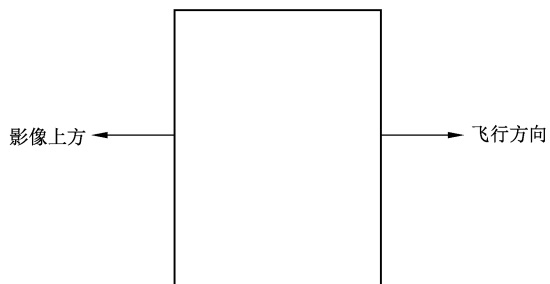


图 A.2 相机安装方位情形 1 示意图

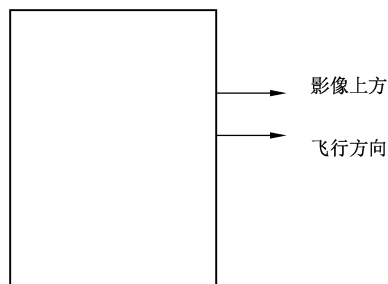


图 A.3 相机安装方位情形 2 示意图

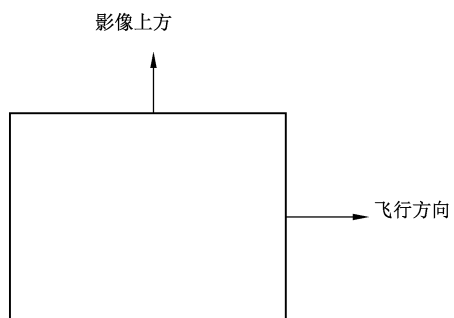


图 A.4 相机安装方位情形 3 示意图

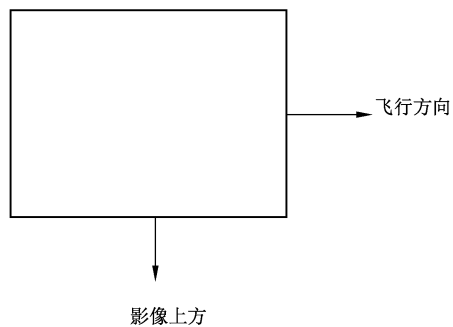


图 A.5 相机安装方位情形 4 示意图

附录 B  
(资料性附录)  
低空数字航摄常用计算公式

B.1 像点位移

像点位移计算见式(B.1):

$$\delta = \frac{v \times t}{R} \dots\dots\dots (B.1)$$

式中:  
 $v$  ——航摄飞机飞行速度,单位为米每秒(m/s);  
 $t$  ——曝光时间,单位为秒(s);  
 $R$  ——地面分辨率 GSD,单位为米(m);  
 $\delta$  ——像点位移,单位为个像素。

B.2 航高

航高计算见式(B.2):

$$H = \frac{f \times R}{a} \dots\dots\dots (B.2)$$

式中:  
 $H$  ——摄影航高,单位为米(m);  
 $f$  ——镜头焦距,单位为毫米(mm);  
 $a$  ——像元尺寸,单位为毫米(mm);  
 $R$  ——地面分辨率 GSD,单位为米(m)。

B.3 摄影基线和航线间隔

摄影基线和航线间隔计算见式(B.3)和式(B.4):

$$b_x = L_x (1 - p_x) \dots\dots\dots (B.3)$$

$$d_y = L_y (1 - q_y)$$

$$B_x = b_x \times \frac{H}{f} \dots\dots\dots (B.4)$$

$$D_y = d_y \times \frac{H}{f}$$

式中:  
 $b_x$  ——像片上的摄影基线长度,单位为毫米(mm);  
 $B_x$  ——实地上的摄影基线长度,单位为米(m);  
 $d_y$  ——像片上的航线间隔宽度,单位为毫米(mm);  
 $D_y$  ——实地上的航线间隔宽度,单位为米(m);  
 $L_x$ 、 $L_y$  ——像幅长度和宽度,单位为毫米(mm);

$p_x, q_y$  ——像片航向和旁向重叠度,以百分比表示;  
 $f$  ——焦距,单位为毫米(mm);  
 $H$  ——摄影航高,单位为米(m)。

#### B.4 像片重叠度

像片重叠度计算见式(B.5):

$$\begin{aligned} p_x &= p'_x + (1 - p'_x) \Delta h / H \\ q_y &= q'_y + (1 - q'_y) \Delta h / H \end{aligned} \quad \dots\dots\dots (B.5)$$

式中:

$p'_x, q'_y$  ——航摄像片的航向、旁向标准重叠度,以百分比表示;  
 $\Delta h$  ——相对于摄影基准面的高差,单位为米(m);  
 $H$  ——摄影航高,单位为米(m)。

#### B.4 相邻像片的曝光时间间隔

相邻像片的曝光时间间隔计算见式(B.6):

$$\Delta t = \frac{B_x}{W} \quad \dots\dots\dots (B.6)$$

式中:

$\Delta t$  ——相邻像片曝光时间间隔,单位为秒(s);  
 $B_x$  ——实地上的摄影基线长度,单位为米(m);  
 $W$  ——飞机飞行时的地速,单位为米每秒(m/s)。

#### B.5 航线弯曲度

航线弯曲度计算见式(B.7):

$$E = \frac{\Delta l}{L} \times 100\% \quad \dots\dots\dots (B.7)$$

式中:

$E$  ——航线弯曲度;  
 $\Delta l$  ——像主点偏离航线首末像主点连线的最大距离,单位为毫米(mm);  
 $L$  ——航线首末像主点连线的长度,单位为毫米(mm)。

#### B.6 摄影分区基准面高程

摄影分区基准面高程是将分区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。

采用 DEM 设计时,摄影分区基准面高程计算公式为:

$$h_{\text{基}} = \frac{\sum_{i=1}^n h_i}{n} \quad \dots\dots\dots (B.8)$$

式中：

$h_{基}$ ——摄影分区基准面高程,单位为米(m);  
 $h_i$ ——分区内 DEM 格网点的高程值,单位为米(m)。

在地形图上选择高程点计算分区平均平面高程公式。  
在平原和地形高差不大的平缓地区,用式(B.9)计算：

$$h_{基} = \frac{h_{最高} + h_{最低}}{2}$$

.....( B.9 )

式中：

$h_{基}$  ——摄影分区基准面高程,单位为米(m);  
 $h_{最高}$  ——分区内最高高程,单位为米(m);  
 $h_{最低}$  ——分区内最低高程,单位为米(m)。

在丘陵和地形起伏较大的地区,用式(B.10)~式(B.12)计算：

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

.....( B.10 )

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

.....( B.11 )

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

.....( B.12 )

式中：


$h_{高平均}$  ——分区内高点平均高程,单位为米(m);  
 $h_{低平均}$  ——分区内低点平均高程,单位为米(m)。



附 录 C  
(资料性附录)  
航摄飞行记录表

航摄飞行过程中,应填写航摄飞行记录表,格式如下。

航摄飞行记录表

机组		日期		从		时	分到	时
摄区	摄区名称		摄区代号		航摄分区		地面分辨率	
	绝对航高		摄影方向		航线条数		地形地貌	
飞行器	飞行器型号		飞行器编号		飞控系统			
相机	相机型号		相机编号		镜头号码		焦距	
	滤光镜		光圈		曝光时间		感光度	
影像	存储盘号				摄影时间			
	航摄前试片				航摄后试片			
天气	天气状况		水平能见度		垂直能见度			
机组	操控手		地面站人员		摄影测量员		机械师	
航线飞行示意图								
<div></div>								
备注:								

填表人\_\_\_\_\_提交人\_\_\_\_\_接收人\_\_\_\_\_

附录 D  
(资料性附录)  
旋角计算示意图

像片旋角计算时,选取相邻航片两个同名点,按照图 D.1、图 D.2 计算像片旋角  $\kappa$  值。

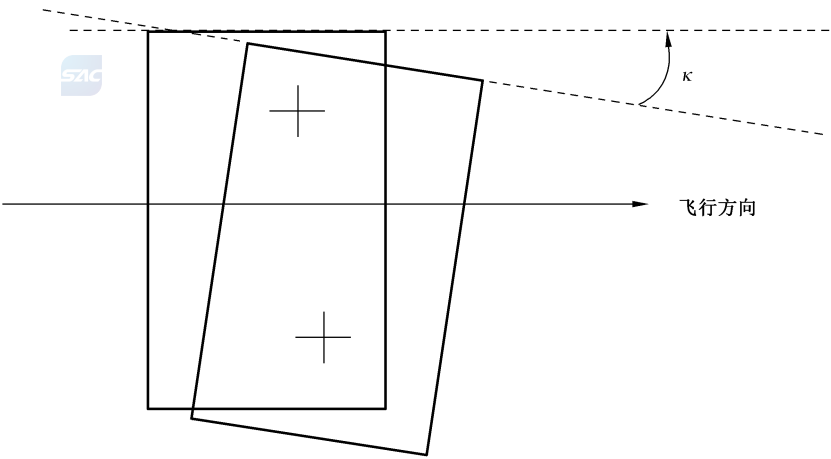


图 D.1 像片长边垂直航向情形的旋角  $\kappa$  值计算示意图

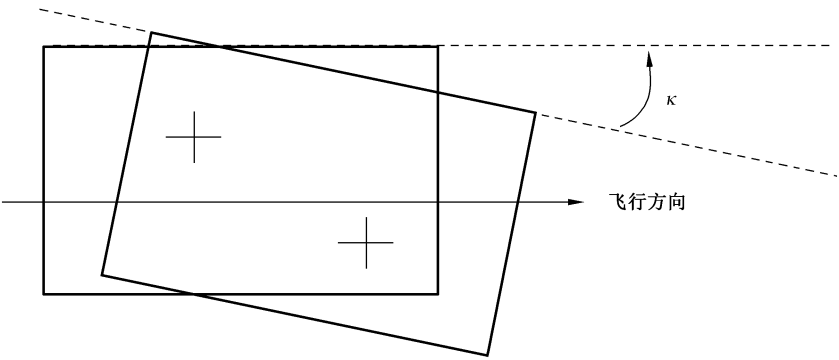


图 D.2 像片短边垂直航向情形的旋角  $\kappa$  值计算示意图

# 附录 E (资料性附录)

## 航摄分区示意图和航线示意图

E.1 面状航摄分区示意图标注摄区范围线和分区号,参见图 E.1。

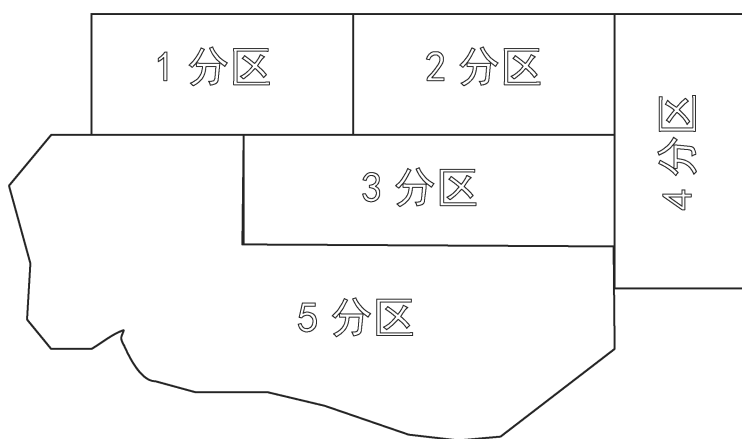


图 E.1 面状摄区航摄分区示意图

E.2 对每个面状摄区子分区绘制航线示意图参见图 E.2。(简写标注分区号、飞行方向、航线号及航片流水号)

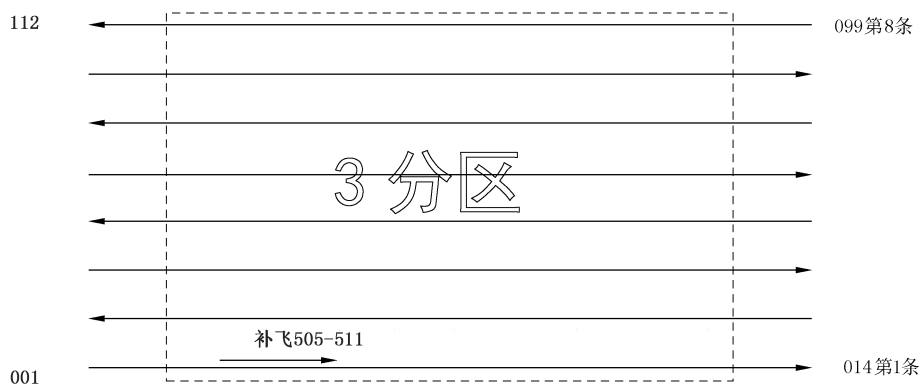


图 E.2 面状摄区分区航线示意图

E.3 线状摄区航线示意图参见图 E.3。(标注分区、飞行方向、航线号及航片流水号)

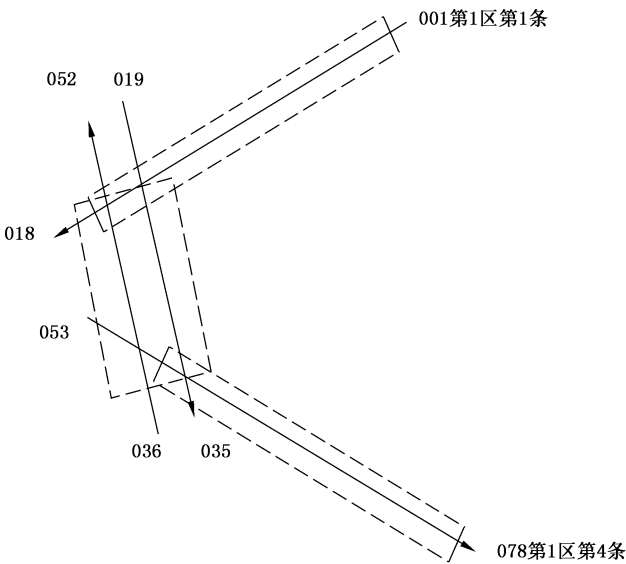


图 E.3 线状摄区航线示意图

附 录 F  
(资料性附录)  
摄区完成情况图

F.1 摄区完成情况图制作要求

F.1.1 制图单元

一般以完整摄区为单元制作摄区完成情况图;当摄区范围较大或分区零散时,也可以分区为单元制作摄区完成情况图。

F.1.2 图面内容

图面内容主要包括以下内容:

- a) 以适合比例尺的数字线划图为底图;
- b) 连接摄区多边形拐点成摄区图廓线,标注摄区图廓拐点经纬度坐标;
- c) 在摄区外接矩形范围内,以 1:10 000 标准图幅为单元,绘制图幅结合表;
- d) 以 1:10 000 标准分幅作为标注图幅单元,绘制标注图幅结合表,并标注图幅号;
- e) 绘制完成区域边界时,按照完成情况分为“以前完成区域”“本次完成区域”“未完成区域”“需补飞区域”“禁飞区域”等类别,采用不同颜色 50%透明填充。

F.1.3 图外整饰

图外整饰内容主要包括以下内容:

- a) 图形顶端居中处注图名:“××摄区完成情况图”。
- b) 图形底部注记内容包括:
  - 1) 摄区名称;
  - 2) 摄区代号;
  - 3) 地面分辨率;
  - 4) 航摄相机型号及镜头机身编号;
  - 5) 相机主距;
  - 6) 摄区面积;
  - 7) 本次完成面积;
  - 8) 以前完成面积;
  - 9) 未完成面积;
  - 10) 需补飞面积;
  - 11) 禁飞面积;
  - 12) 航摄日期;
  - 13) 航摄单位;
  - 14) 制作者;
  - 15) 检查者。

F.1.4 图件输出

以 A4 纸幅面、300 dpi~500 dpi 输出。

### F.2 摄区完成情况示意图

摄区完成情况示意图参见图F.1。

### 摄影区完成情况示意图

L45G056011	L45G056012	L45G056013	L45G056014	L45G056015	L45G056016	L45G056017	L45G056018	L45G056019
L45G057011	L45G057012	L45G057013	L45G057014	L45G057015	L45G057016	L45G057017	L45G057018	L45G057019
L45G058011	L45G058012	L45G058013	L45G058014	L45G058015	L45G058016	L45G058017	L45G058018	L45G058019
L5003				L45E015004	克拉玛依		L45E015005	
12		L45G059013	L45G059014	L45G059015	L45G059016	L45G059017	L45G059018	L45G059019
12		L45G060013	L45G060014	L45G060015	L45G060016	L45G060017	L45G060018	L45G060019
12		L45G061013	L45G061014	L45G061015	L45G061016	L45G061017	L45G061018	L45G061019

图例：

以前完成区域

本次完成区域

需补飞区域

禁飞区域

未完成区域

摄区名称: 摄区代号: 地面分辨率: 航摄影机: 相机主距: 检查者:  
 摄区面积: 本次完成面积: 以前完成面积: 未完成面积: 需补飞面积: 制作者:  
 禁飞面积: 航摄影日期: 年 月 日 航摄影单位:

图 F.1 摄区完成情况示意图

附 录 G  
(资料性附录)  
像片控制点成果表与点之记样例

G.1 像片控制点成果表示例参见表 G.1。

表 G.1 像片控制点成果表

点名	$x$	$y$	$h$	$B$	$L$	$H$
1	4 342 068.333	543 927.254 8	3.432	39°12'40.131 82"	117°30'30.968 15"	−0.651 2
注： $x$ 、 $y$ 为 CGCS2000 平面坐标， $h$ 为 1985 国家高程基准高程， $x$ 、 $y$ 、 $h$ 单位为米(m)。 $B$ 、 $L$ 为 CGCS2000 经纬度坐标，单位分别为度(°)、分(')、秒(")， $H$ 为大地高，单位为米(m)。						

G.2 点之记示例参见表 G.2，像片控制点概略点位图参见表 G.2 的图 a)，像片控制点方位图参见表 G.2中的图 b)，像片控制点实地照片参见表 G.2 的图 c)。



表 G.2 点之记

点号	P147		所在像片号		180320104069.jpg	
刺点者		检查者			日期	2017.06.28
坐标	X/m	3 374 918.634	Y/m	509 550.086	H/m	66.635
	像素 X		像素 Y		说明	
						
			b) 像片控制点方位图			
						
			c) 像片控制点实地照片			
点位说明	点位刺于房前水泥地临近公路的角点,背向大门的右侧。					
备注						