

HANGKONG SHEYING CELIANG WAIYE

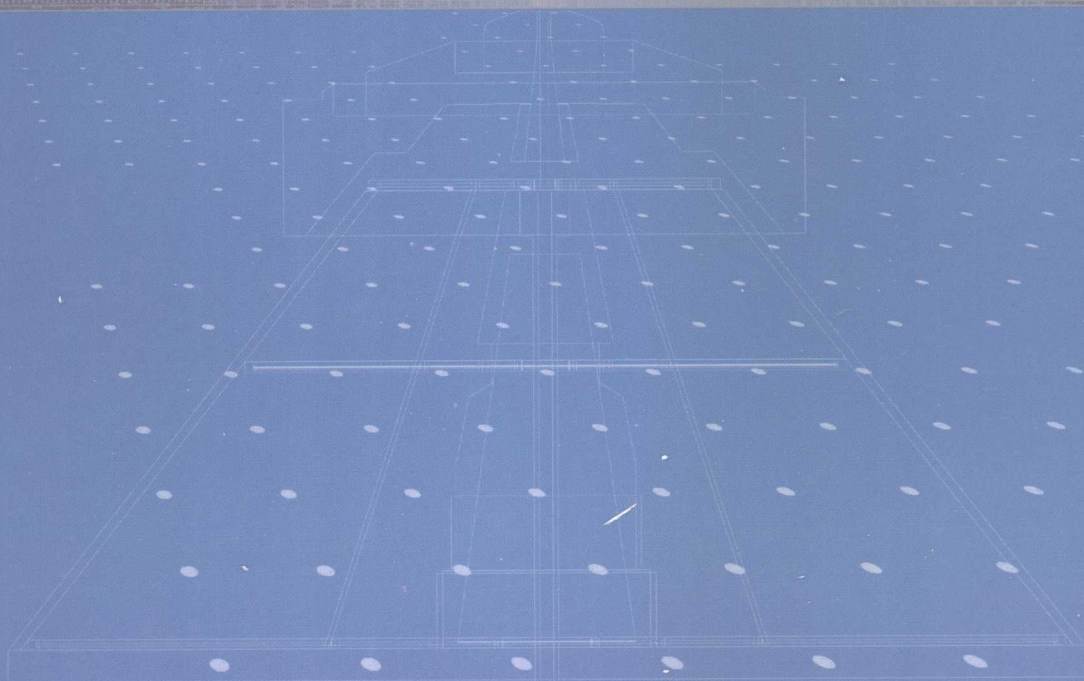
航空摄影 测量外业

郭学林 主编



黄河水利出版社

HANGKONG SHEYING CELIANG WAIYE



责任编辑 赵红菲
封面设计 谢 萍
责任校对 张 倩
责任监制 常红昕

ISBN 978-7-5509-0070-7



9 787550 900707 >

定价:38.00 元

航空摄影测量外业

主编 郭学林

黄河水利出版社

· 郑州 ·

内 容 提 要

本书是一本比较系统、全面地介绍航空摄影测量与遥感外业的基本理论、技能与方法的教材,指出了航空摄影测量与遥感外业的所有工作任务。全书分为八章,主要内容包括航空摄影测量外业概论、影像判读、像片控制测量、影像图测图、调绘的基本知识、中小比例尺各类地形元素的调绘、大比例尺航空摄影测量外业、航外测量工作的实施。

本书涉及面广,具有较强的适应性,可作为中等职业和高职高专摄影测量与遥感专业学生的教材,或作为从事航测外业工作的初、中级技术人员参考书。

图书在版编目(CIP)数据

航空摄影测量外业/郭学林主编. —郑州:黄河水利出版社,2011.6

ISBN 978-7-5509-0070-7

I. ①航… II. ①郭… III. ①航空摄影测量 IV. ①P231

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2011)第 119283 号

出 版 社:黄河水利出版社

地址:河南省郑州市顺河路黄委会综合楼 14 层

邮政编码:450003

发行单位:黄河水利出版社

发行部电话:0371-66026940、66020550、66028024、66022620(传真)

E-mail:hhslebs@126.com

承印单位:河南地质彩色印刷厂

开本:787mm×1092mm 1/16

印张:22.25

字数:541千字

版次:2011年6月第1版

印数:1—4100

印次:2011年6月第1次印刷

定价:38.00元

前言

本书是作者根据自己多年航空摄影测量外业的教学经验、生产实践,经长期反复酝酿和讨论后,在赵仲华老师编写的《航空摄影测量外业》一书的基础上编写而成的。书中系统叙述了航空摄影测量外业的理论、方法和详细的作业过程、要求。

航空摄影测量是研究以空中摄影影像为基础测制各种比例尺地形图成图理论与方法的一门学科。其主要包括航空摄影测量和遥感测量两大部分,按测图过程分为空中摄影测量外业(一般简称航测外业)和空中摄影测量内业(一般简称航测内业)两大部分。

航测外业以其在摄影区域实地进行测量和调查、工作性质流动分散、工作环境复杂多变为主要特征;航测内业主要是在室内利用各种摄影测量仪器及数字摄影测量工作站所建立的像对立体模型进行量测、描绘,具有较好的工作环境,工作性质固定集中。航测外业与航测内业不仅具有密不可分的联系,而且具有互不相同的工作内容和工作方式,在统一的成图理论指导下协同完成测图任务。

学习航空摄影测量外业课程既要具有较系统的基础摄影测量成图理论知识,又要掌握常规地形测量的各种测量方法与技能。根据空中摄影影像识别各种地形元素的判读技术在航测外业中也占有十分重要的位置。

《航空摄影测量外业》的主要内容包括:

(1)影像判读。根据地面物体在空中摄影影像上成像的各种规律和识别标志对影像进行准确解释。包括航片判读和遥感图像判读。

(2)像片控制测量。主要介绍以 GPS 定位测量和常规地形测量等方法按规定在实地测出一定数量的像片控制点的平面坐标和高程。

(3)影像图测图。以空中摄影影像为基础,采用地形测量的方法在实地直接测图,但地貌地貌的平面位置可根据影像确定。

(4)调绘。分为直接利用影像调绘和利用内业所测回放图调绘两种方法。利用影像调绘是在影像判读的基础上,按测图要求在像片上或数字影像上用图示符号表示地物和不能用等高线表示的特征地貌元素;利用内业所测回放图调绘是指在内业先测地形元素的定位点、线,按一定比例打印出图后,到野外进行定性调绘、补绘、核查。

(5)大比例尺航空摄影测量外业。主要讲述其与中小比例尺摄影测量外业相比较后,在像片控制、调绘和影像图测图方面的特点。

随着空中摄影测量成图方法在工程测量、地籍测量、城市建设测量等国民经济建设各部门中的广泛应用,空中摄影测量外业的作用和地位越来越明显,在技术、方法和设备各方面都得到了很大的发展。

鉴于 1:10 000 比例尺测图属我国基本比例尺地形图测图之一,它应用广泛,有成熟的作业方法和成图理论,在各种比例尺地形图中具有承上启下的作用,占有十分重要的地位;但目前的形势是 1:10 000 地形图测图在全国已基本完成,主要进行 1:10 000 地形图测图更新工作和大比例尺的城镇地形、地籍测量。所以,学生必须掌握航测大比例尺测图生产

的知识、技能,才能在生产岗位上发挥作用。因此,本教材仍以 1:10 000 测图为基础内容,前六章叙述的具体技术规定和多项控制指标均是对 1:10 000 测图而言,第七章为 1:500、1:1 000、1:2 000 大比例尺摄影测量外业部分,较完整地叙述了它们的作业过程和作业特点,力求使之达到应用的程度。

本教材主要是针对中等专业学校或高职高专学校航测专业的学生编写的。在教材内容上压缩和删减了陈旧部分,增加了适应生产发展的新技术、新知识内容。在第二章增加了遥感图像的相关识别理论、遥感图像判读的基本方法;在第三章增加了“GPS 定位测量技术”一节;另外,为了适应测绘管理、提高生产质量的需要,在第八章增加了测绘产品质量评定和验收的相关知识,以增加教材的现实性与预见性。

考虑到航测外业教材的特点,书中较多地应用了图形、表格、实物像片等表达方式,在文字叙述上也力求概念清楚,定义准确,语言通俗,便于学生阅读和读者参考。

本教材共八章,具体编写分工如下:第一、三、四、六、七章由郭学林编写,第二章由薛雁明编写,第五章由陈会明编写,第八章由李晓编写。本书由郭学林担任主编,并负责统稿。全书文字录入主要由李栋杰负责。全书插图由郭学林绘制和收集。薛雁明、尚国旗对全书进行了审阅。在本书编写过程中,得到了郑州测绘学校教务处、摄影测量与遥感教学部的的大力支持,也得到了测绘生产单位很多专家、同行的大力支持与帮助,在此一并表示衷心的感谢!

限于编者水平,书中错漏及不当之处在所难免,恳请读者批评指正。

编者

2011 年 1 月

目 录

前 言

第一章 航空摄影测量外业概论	(1)
第一节 概 述	(1)
第二节 航测成图对航摄资料及大地测量资料的要求	(10)
第三节 航摄像片的基本特性	(16)
第四节 航测成图方法的选择	(21)
复习题	(21)
第二章 影像判读	(23)
第一节 概 述	(23)
第二节 地面目标在航摄像片上的判读特征	(25)
第三节 野外判读的经验和方法	(32)
第四节 各类地形元素的航摄影像判读	(33)
第五节 遥感图像的判读	(41)
复习题	(76)
第三章 像片控制测量	(85)
第一节 像片控制点的布设	(85)
第二节 像片控制测量的布点方案	(88)
第三节 GPS 定位测量技术	(99)
第四节 高级地形控制测量计划的拟定及实施	(129)
第五节 像片控制测量技术计划的拟定及实施	(134)
第六节 GPS 辅助航空摄影测量技术应用	(147)
复习题	(157)
第四章 影像图测图	(160)
第一节 固定比例尺影像图测图	(160)
第二节 单张像片测图	(163)
复习题	(167)
第五章 调绘的基本知识	(169)
第一节 概 述	(169)
第二节 航摄像片与地形图的区别	(171)
第三节 图式符号的运用	(173)
第四节 像片调绘的综合取舍	(178)
第五节 调绘的准备工作	(180)
第六节 像片调绘的基本方法和有关规定	(183)
复习题	(187)

第六章 中小比例尺各类地形元素的调绘	(189)
第一节 永久性测量控制点的调绘	(189)
第二节 居民地及设施的调绘	(190)
第三节 工矿建筑物、公共设施与独立地物的调绘	(201)
第四节 交通线路及其附属设施的调绘	(216)
第五节 管线及附属设施的调绘	(233)
第六节 水系的调绘	(235)
第七节 境界的调绘	(250)
第八节 植被与土质的调绘	(253)
第九节 地貌的调绘	(261)
第十节 地名调查和注记	(270)
第十一节 补测、清绘、接边	(280)
第十二节 影像地图的调绘与控制测量	(284)
第十三节 室内外综合判调法	(285)
复习题	(289)
第七章 大比例尺航空摄影测量外业	(294)
第一节 概 述	(294)
第二节 大比例尺航测外业像片控制测量	(296)
第三节 大比例尺航摄像片及回放纸图调绘	(313)
第四节 1:500、1:1 000、1:2 000 固定比例尺像片图测图	(327)
复习题	(330)
第八章 航外测量工作的实施	(332)
第一节 测绘院的管理机构	(332)
第二节 测绘院航测外业的生产技术工作	(333)
第三节 测绘院航测外业的工作内容	(336)
第四节 航测生产检查验收工作和技术总结	(337)
复习题	(348)
参考文献	(349)

第一章 航空摄影测量外业概论

第一节 概 述

地形图测绘的目的主要是供国民经济各部门进行勘察、规划、设计和科研等使用,以及作为编制更小比例尺地形图或专题地图的基础资料。为此,对地形图的有关知识必须有更深的了解。

一、地形图的规格

图例 (一) 投影、坐标系统和高程基准

图例 1:5 000、1:10 000 地形图采用高斯-克吕格投影,按 3°分带。坐标系统以前主要采用 1980 西安坐标系或 1954 北京坐标系,亦可采用独立坐标系。高程系统采用 1985 国家高程基准。平面控制采用高斯-克吕格投影,按 3°分带计算平面直角坐标。当对控制网有特殊要求时,可以采用任意经度作为中央子午线的独立坐标系,投影面亦可采用当地平均高程面。

图例 自 2008 年 7 月 1 日起,启用 2000 国家大地坐标系,2000 国家大地坐标系是全球地心坐标系在我国的具体体现,其原点为包括海洋和大气的整个地球的质量中心。2000 国家大地坐标系与现行国家大地坐标系转换、衔接的过渡期为 8~10 年。现有各类测绘成果,在过渡期内可沿用现行国家大地坐标系,2008 年 7 月 1 日后新生产的各类测绘成果应采用 2000 国家大地坐标系。2000 国家大地坐标系采用的地球椭球参数如下:

长半轴 $a = 6\,378\,137\text{ m}$

扁率 $f = 1/298.257\,222\,101$

地心引力常数 $GM = 3.986\,004\,418 \times 10^{14}\text{ m}^3/\text{s}^2$

自转角速度 $\omega = 7.292\,115 \times 10^{-5}\text{ rad/s}$

依法建立的相对独立的平面坐标系仍可继续使用,但必须建立与 2000 国家大地坐标系的联系。控制点建立联系的方法,可通过坐标转换方法建立相对独立的平面坐标系下控制点与 2000 国家大地坐标系的联系。相对独立的平面坐标系下数字地形图转换,采用点对点转换法建立相对独立的平面坐标系下数字地形图和 2000 国家大地坐标系的联系。

地形图采用的坐标系和高程基准在南图廓外的左下方用文字说明。

(二) 地形图的分幅与编号

地形图的分幅与编号按《国家基本比例尺地形图分幅和编号》(GB/T 13989—92)执行。1:5 000~1:1 000 000 的中小比例尺地形图的分幅是按经纬线分幅的梯形分幅法。地形图的梯形分幅又称国际分幅,由国际统一规定的经线为图的东西边界,统一规定的纬线为图的南北边界。由于子午线向南北极收敛,因此整个图幅呈梯形。其划分的方法和编号随比例尺不同而不同。

每幅 1:100 000 的图可划分为 4 幅 1:50 000 的图,分别在 1:100 000 的图号后面写上各自的代号 A、B、C、D;再将每幅 1:50 000 的图 4 等分,就得 1:25 000 的图,分别以 1、2、3、4 编号;每幅 1:100 000 的图,按其经差和纬差作 8 等分,就直接划分为 64 幅 1:10 000 的图,以 (1)、(2)、…、(64) 编号。

按经纬线分幅的 1:5 000 比例尺地图,是在 1:10 000 图的基础上进行分幅和编号的,每幅 1:10 000 的图分成 4 幅 1:5 000 的图,并分别在 1:10 000 图的图号后面写上各自的代号 a、b、c、d 作为编号。

在特殊情况下,如临近国境线或广阔水域地区,图幅内只有少部分陆地,可并入邻近图幅作破图廓处理。破图廓的图幅编号写在主图幅编号之后,中间用逗号分开。

(三) 图廓外注记

地形图的图廓外注记内容有图号、图名、接图表、比例尺、坐标系、使用图式、规范、等高距、测图日期、测绘单位、图廓线、坐标格网、三北方向线和坡度尺等,它们分布在东、南、西、北四面图廓线外。

图号、图名注记在北图廓上方的中央,在图的北图廓左上方,画有该幅图四邻各图号(或图名)的略图,称为接图表。中间一格画有斜线的代表本图幅,四邻分别注明相应的图号(或图名)。接图表的作用是便于查找到相邻的图幅。

在每幅图南图框外的中央均注有数字比例尺,在数字比例尺下方绘出直线比例尺,其作用是便于用图解法确定图上直线的距离。

测图时间注明在南图廓左下方,用户可以根据测图时间及测区的开发情况,判断地形图的现势性。

梯形图幅的图廓是由上、下两条纬线和左、右两条经线构成的,在地形图中必须注明,以说明该图幅的位置及范围。为表示经纬度与平面直角坐标的对应关系和精度及检查与使用的方便,应绘出坐标方格网。它是平行于以投影带的中央子午线为 x 轴和以赤道为 y 轴的直线,其间隔通常是 1 km,也称为公里格网。

三北方向是指真子午线北方向 N、磁子午线北方向和坐标纵线北方向 $+x$,其关系图见图 1-1。三个方向间的角度关系图一般绘制在中小比例尺图的东图廓线的坡度比例尺上方。

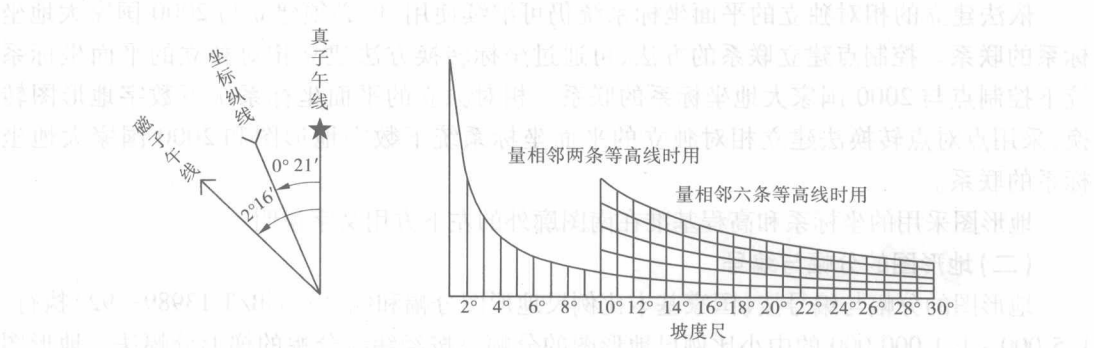


图 1-1 三北方向线与坡度尺

坐标纵线偏于真子午线以西 $0^\circ 21'$,而磁子午线偏于坐标纵线以西 $1^\circ 55'$ 。利用该关系图,可对图上任一方向的真方位角、磁方位角和坐标方位角三者进行相互换算。

(四) 地形类别

地形类别按图幅范围大部分的地面倾斜角和高差划分,规定见表 1-1。当高差与地面倾斜角矛盾时,以地面倾斜角为准。

表 1-1 地形类别划分规定

地形类别	地面倾斜角 (°)	高差(m)	
		1:5 000	1:10 000
平地	<2	<20	<20
丘陵地	2~6	20~150	20~150
山地	6~25	150~300	150~500
高山地	>25	>300	>500

(五) 基本等高距

基本等高距依据地形类别划分,规定见表 1-2。一幅图内一般采用一种基本等高距。当基本等高线不能显示地貌特征时,应加测间曲线,必要时可再加测助曲线。

表 1-2 基本等高距的划分

地形类别	基本等高距(m)	
	1:5 000	1:10 000
平地	1.0	1.0
丘陵地	2.5	2.5
山地	5.0	5.0
高山地	5.0	10.0

(六) 高程注记密度

高程注记点应选在明显地物点和地形特征点上,其密度为图上每 100 cm² 内,平地、丘陵地 10~20 个,山地、高山地及地形特征点稀少地区 8~15 个。等高线注记图上每 100 cm² 内 1~3 个。

(七) 地形图的符号及注记

地形图的符号和注记规格按《国家基本比例尺地图图式第 2 部分:1:5 000 1:10 000 地形图图式》(GB/T 20257. 2—2006) 执行。

二、地形图的内容

地形图精确、详尽地反映了地表面的物体和现象,内容多而复杂,但总的来说,一幅地形图,它的基本内容包括数学要素、自然地理要素、社会经济要素和注记整饰要素四个部分。地形图的内容示意如图 1-2 所示。

(一) 数学要素

数学要素即地图的数学基础,地形图上的所有内容都是建立在地图的数学基础之上的,它在地图中起控制(或骨架)作用,能保证地图具有必要的精确度。数学要素在地形图上主

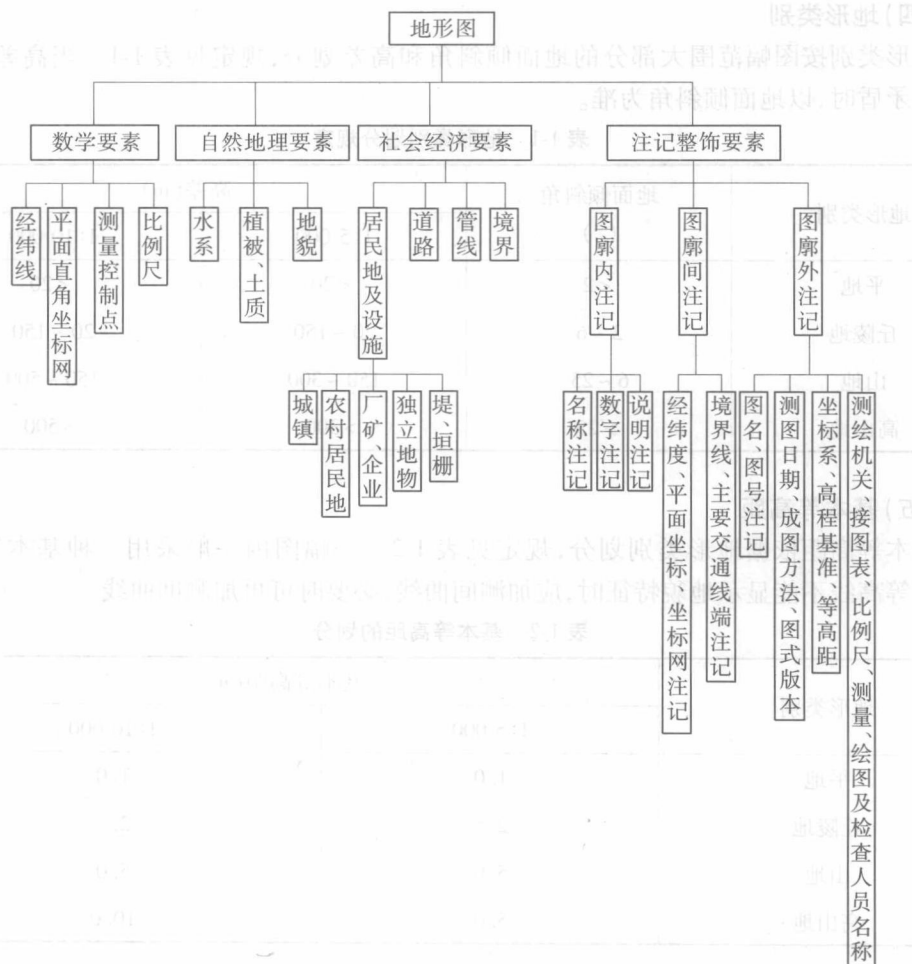


图 1-2 地形图的内容示意

要是指以下内容。

1. 地理坐标网 (经纬线)

地形图统一采用高斯投影(1:1 000 000 地形图比例,它采用等角圆锥投影),通过这种地形投影,将地球椭球面上的经纬线转换到平面上,从而构成按一定经纬度间隔表示的经纬线,用以确定地球表面上任一点的地理坐标(经纬度)。大比例尺地形图的内图廓线,就是按统一规定的经纬线构成的,所以内图廓线划定了图幅的地理位置和范围,即地理坐标网是地图的控制基础。

2. 平面直角坐标网

平面直角坐标网是由纵横坐标线构成的,纵坐标线平行于投影带的中央经线,横坐标线平行于赤道。在大比例尺地形图上,坐标线供展绘控制点、指示目标和图上量算等使用。

3. 测量控制点

测量控制点是地图上的三角点、埋石点、水准点等。这些点都是用来控制地形图内容的平面、高程位置和精度的。

4. 比例尺

比例尺标志着地形图缩小的倍数,即图上长度与实地长度(水平距离)之比。例如,1:2 000即表示图上1个单位长度,在实地上就是2 000个单位长度。比例尺在地形图上的表达形式,有数字比例尺和直线比例尺两种,在测图或图上量距时,是离不开比例尺的。

(二) 自然地理要素

自然地理要素反映地区的自然现状,即地理景观(地表自然景色)和自然条件。它包括:

水系——江、河、湖、海、水库、运河、沟渠、井、泉等。

地貌——地表起伏现状,有平原、丘陵、山地、高山、冰川、盆地、沙漠等。

植被、土质——森林、灌木林、草地、农作物、沼泽地、沙砾地、盐碱地等。

(三) 社会经济要素

社会经济要素是指人类社会活动的成果,如地区的政治、经济、文化和交通等情况,它包括:

居民地及设施——城市、集镇、村庄、独立住房、工厂、学校及农林牧渔场,堤、垣栅(围墙、城墙)和宝塔、烟囱、纪念碑(塔)、水塔、塔形建筑物、无线电杆(塔)等独立地物。

道路——铁路、公路、大车路、乡村路、小路等。

境界——国界、省界(直辖市、自治区)、市界、自治州、省辖市界、地区界、县界、自治县、旗、乡界等。

管线——输油(气)等各种管道和电力线、通信线。

(四) 注记整饰要素

注记整饰要素是指图廓内的各种注记、图廓外的注记和图形。它有助于读图、用图,并且用来提高地形图的表现力和使用价值。

(五) 地形图内容分布

1. 地形图图廓间主要内容

地形图图廓间主要内容:四个图廓角的平面坐标(纵坐标 x 、横坐标 y),表示该幅图所在具体位置及范围大小;坐标格网线,以图上10 cm为间隔,以某一图廓角为准,各自纵横划分,主要是为手工绘图的展点和检查精度及点位的查找应用提供方便。

2. 地形图图廓内部内容

图廓内部内容主要是各类地物、地貌的符号和地理名称、文字、数字说明注记等。

3. 地形图图廓外部内容

图号、图名注记在北图廓上方的中央,比例尺注记在南图廓下方中央,测图时间(日期)、成图方法、地形图采用的坐标系和高程基准、等高距、图式符号版本注在南图廓左下方,接图表在北图廓左上方表示,测绘机关(测图单位)在图廓左(西)侧下方纵向注记,测量绘图及检查人员姓名在南图廓右下方表示。

三、地形图的精度

根据测图范围的大小、图幅的大小和表示内容的详略等不同情况,测图选用的比例尺有大有小。相同大小的图幅,比例尺越大,地图上所表示的范围越小,图内表示的内容越详细,精度越高;比例尺越小,地图上所表示的范围越大,图内表示的内容越简略,精度越低。

(一) 比例尺精度

1. 比例尺精度的定义

确定测图比例尺的主要因素是在图上需要表示的最小地物有多大,点的平面位置或两点距离要精确到什么程度。为此就需要知道比例尺精度,通常人眼能分辨的图上两点间的最小距离是 0.1 mm ,对 $1:M$ 比例尺的地形图,对应的实地水平距离为 $0.1M\text{ mm}$ 。对于 $1:10\,000$ 比例尺的地形图,小于 $0.1\text{ m} \times 10\,000 = 1\text{ m}$ 的实地水平距离在图上是分辨不出来的。因此,把地形图上 0.1 mm 所能代表的实地水平距离($0.1M\text{ mm}$)称为比例尺精度。

2. 比例尺精度的作用

根据比例尺精度,不但可以按照比例尺确定地面上碎部点位时的量距应精确到什么程度,而且可以按照量距的规定精度来确定测图比例尺。例如:测绘 $1:1\,000$ 比例尺的地形图时,地面上量距的精度为 $0.1\text{ mm} \times 1\,000 = 0.1\text{ m}$;要求在图上能表示出 0.5 m 的精度,则所用的测图比例尺为 $0.1\text{ mm}/0.5\text{ m} = 1/5\,000$ 。各种比例尺地形图的比例尺精度及用途见表1-3。

表 1-3 各种比例尺地形图的比例尺精度及用途

比例尺	比例尺精度(m)	用途
1:10 000	1.0	城市规划设计、城市总体规划、厂址选择、区域位置、方案比较等
1:5 000	0.50	城市规划设计、城市总体规划、厂址选择、区域位置、方案比较等
1:2 000	0.20	城市详细规划和工程项目的初步设计
1:1 000	0.10	城市详细规划、管理、地下人防工程的竣工图、工程项目的施工图设计等
1:500	0.05	城市详细规划、管理、地下人防工程的竣工图、工程项目的施工图设计等

(二) 地形图精度

地形图精度就是地形图的精确度,即地形图的误差大小,是衡量地形图质量的重要标志之一,它与地图投影、比例尺、制作方法和工艺有关。通常用地图上某一地物点或地物轮廓点的平面和高程位置偏离其真实位置的平均误差来衡量。地形图上各种要素的误差主要由以下几方面引起:获取的数据误差,投影的误差,展绘地图数学基础的误差,地形图内容的编辑和综合取舍误差,输出打印产生的误差,印刷造成的误差和图纸伸缩造成的误差。这些误差难以避免。在地形图生产过程中,一般对每一生产工序都进行误差控制,以便达到地形图的精度要求。当展绘地图数学基础时,展点允许误差为 $\pm 0.1\text{ mm}$,边长误差 $\leq \pm 0.2\text{ mm}$,对角线误差 $\leq \pm 0.3\text{ mm}$;内容转绘误差 $< \pm 0.2\text{ mm}$;描绘误差 $< \pm 0.2\text{ mm}$;印刷套印误差 $\leq \pm 0.3\text{ mm}$ 等。因存在地形图误差,故在地形图上进行量算时,对量测的数据必须考虑地图的各项误差。

1. 碎部点的误差要求

对 $1:10\,000$ 比例尺的地形图,规范规定,图上地物点对附近野外控制点的平面位置中误差,平地、丘陵地不超过 $\pm 0.50\text{ mm}$,山地、高山地不超过 $\pm 0.75\text{ mm}$ 。高程注记点和等高线对野外控制点的高程中误差不得大于表1-4的规定。

表 1-4 高程注记点和等高线对野外控制点的高程中误差允许值 (单位:m)

项目		成图比例尺							
		1:5 000				1:10 000			
地形类别		平地	丘陵地	山地	高山地	平地	丘陵地	山地	高山地
高程中误差	高程注记点	0.35	1.2	2.5	3.0	0.35	1.2	2.5	4.0
	等高线	0.5	1.5	3.0 (地形 变换点)	4.0 (地形 变换点)	0.5	1.5	3.0 (地形 变换点)	6.0 (地形 变换点)

地形图上山地、高山地的等高线在实地不能直接找到衡量其高程精度的相应位置时,等高线的高程中误差可按式(1-1)计算,当计算值小于表 1-4 的规定时,则按表 1-4 的规定。

$$m_n = \pm (a + b \tan \alpha) \tag{1-1}$$

式中 m_n ——等高线高程中误差,m;

a ——高程注记点的高程中误差,m;

b ——地物点的平面位置中误差,m;

α ——检查点附近的地面倾斜角,(°)。

特殊困难地区(大面积的森林、沙漠、戈壁、沼泽等)地物点的平面位置中误差按上述规定放宽 0.5 倍,高程中误差按表 1-4 的规定相应放宽 0.5 倍。

2. 对已知点的误差要求

高级地形控制点对于国家等级三角点的平面位置中误差不超过图上 $\pm 0.05\text{ mm}$ 。像片平面和平高控制点对于附近国家等级三角点或高级地形控制点的平面位置中误差不超过图上 $\pm 0.1\text{ mm}$ 。

高级地形控制点、像片高程控制点对于附近水准点或三角点的高程中误差,平地、丘陵地、山地均不超过 $1/10$ 基本等高距(高山地按山地要求)。

—般规定 2 倍中误差为最大误差。

四、地形图的获取方法

目前,地形图测绘除采取常规地形测量方法外,摄影测量是另一种主要方法,而航空摄影测量是摄影测量中采用最多的一种方式。与常规地形测量比较,采用航空摄影测量测制地形图不仅速度快,而且成本低,数字化程度高,作业条件好。随着国家经济建设的发展和科学技术水平的提高,航测成图方法不仅用于测制 1:10 000、1:25 000、1:100 000 等国家基本比例尺地形图,而且还是大比例尺(1:2 000、1:1 000、1:500)、大面积地形、地籍测绘的主要方法。

常规地形测量,是指用经纬仪、水准仪、平板仪和全站仪、GPS 定位系统及微机等设备在实地直接对地面进行测量绘制地形图的方法。其分为白纸测图和内外业一体化数字测图。白纸测图已基本不用,内外业一体化数字测图被广泛应用于测区面积不大的各种测绘项目,精度高,但工作量大,成本高。航空摄影测量主要应用摄影技术,以飞机作为主要载体,在载体上安装传感器对地面进行摄影,利用摄影像片提供的丰富地面信息在室内进行量测获取

地形图。两者之间在原理和方法上都有很大区别,但并不是说航空摄影测量与常规地形测量之间无任何联系,恰恰相反,在整个成图过程中,它们之间还有许多共同之处。应该说,航空摄影测量是以常规地形测量为基础加上航空摄影技术发展起来的一门科学技术,没有地形测量牢固的基础知识,就不可能学好航空摄影测量。

航测法成图和常规方法测图的最终目的都是获取地形图。因此,在进行航测外业测量时,对测图基础、规格方面的要求与相应比例尺常规方法测图的要求相同。

航空摄影测量中常用到的地形测量知识有:控制点的联测方法及各项技术要求,各种地形测量仪器的正确使用,地貌的测绘方法与等高线的基本原理,地物的综合取舍原则及图式符号的运用,地物、地貌的图层设置与管理,地形原图的图形编辑与整饰。在学习本课程时必须十分注意这些问题。

五、航测成图过程

针对不同的地形情况,航空摄影测量主要有综合法、立测法两种成图作业方法。熟悉航测成图作业过程非常重要,根据成图过程及各工序之间的关系,在具体作业时只要我们按照相应规范、图式的各项要求去实施就能完成好测图任务。

(一) 综合法成图

综合法成图指用航空摄影测量和常规测量相结合测制地形图的方法,主要适用于高程精度要求较高的情况。

综合法又包括固定比例尺像片图测图、自由比例尺像片图测图和单张像片测图三种方法,但是常用的是固定比例尺像片图测图。

固定比例尺像片图测图是指用与成图比例尺相等的像片平面图或正射影像图片作图底,外业用常规地形测量的方法测绘地貌,并对照实地判读像片影像,在像片上描绘地物、地貌的测图方法。很明显,实现固定比例尺像片图测图的关键是获取具有与成图比例尺相等的影像平面图。

目前,获取影像平面图的主要方法是:外业根据需要在实地测定一定数量的像片控制点,内业对具有中心投影性质的航摄像片采用微分纠正的方法获取正射投影性质的影像平面图。

对于综合法成图主要采用固定比例尺像片图测图,其作业过程如图 1-3(a)、(b)所示。

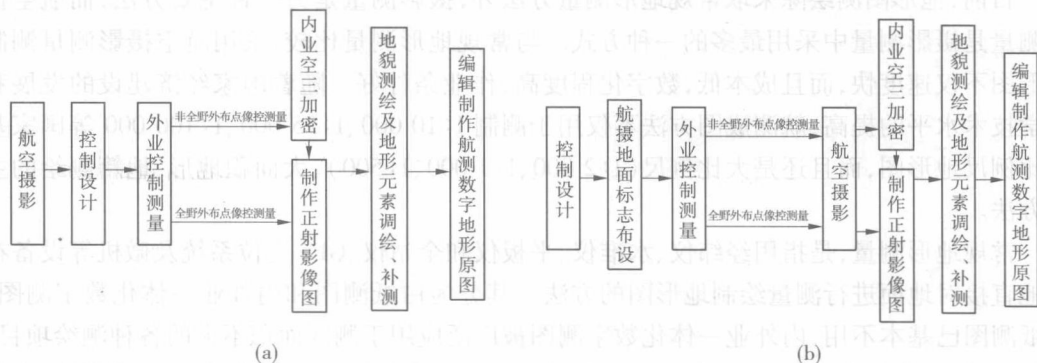


图 1-3 航测综合法成图过程

(二) 立测法成图

立测法成图是指内业根据航测成图的基本原理,利用具有一定重叠度的航摄像片,在立体测图设备上或数字摄影测量系统中,根据一定数量的已知像片控制点,建立一个比例一定和确定其在大地图坐标系中的空间位置和方向的立体模型,然后在模型上以正射投影方式,参照事先获取的外业调绘资料(也可利用内业测图后回放的线划图进行调绘),按规定进行地物、地貌测绘,获得数字地形图(DLG)的方法。立测法成图作业过程可由图 1-4(a)、(b)表示。

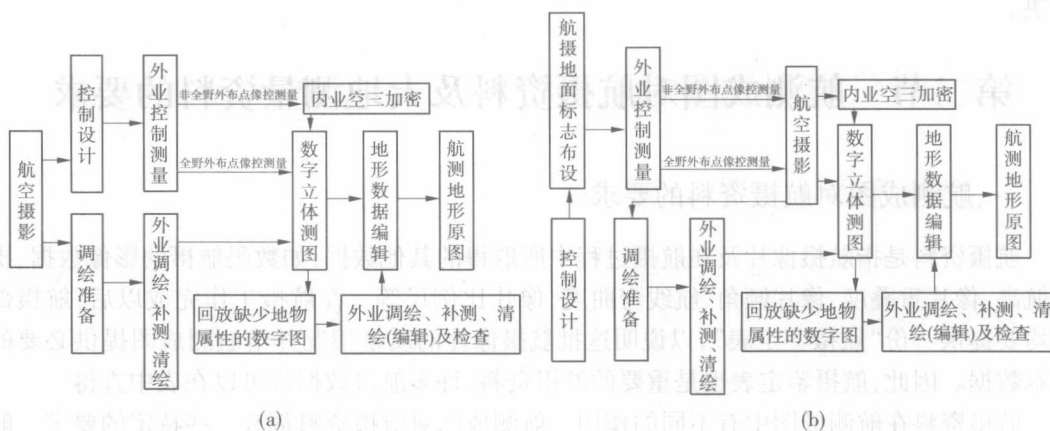


图 1-4 航测立测法成图过程

由此可见,无论是综合法还是立测法,在其成图过程中都必须首先进行航外控制测量,获取必要的控制点,才能进行正射影像图片的制作和测图工作。但为了减少野外测定控制点的工作量,生产中又采用了内业加密控制点的作业方法。这种方法只需要在航外控制测量中测定少量控制点,内业利用数字模拟计算形式建立航线或区域模型,然后以外业控制点为基础对模型进行绝对定向和误差改正,从模型上量测纠正和立体测图所需要的像片控制点的坐标和高程。加密所得的控制点又称为加密点。

从上述情况可以看出,内业纠正或测图所需要的控制点可以用两种方法获得:一是全部由野外测定,称为全野外布点方案;另一种是少量由野外测定,多数由内业加密取得,称为非全野外布点方案。

很明显,航外控制测量的基本任务是:在实地测定一定数量且符合规范要求的精度较高的控制点以满足内业加密、纠正或测图的需要,为航测成图提供可靠的基础数据。

由于航外测量控制点是航测成图的基础,因此具有十分重要的作用。不难明白,一旦航外控制点出现错误,将会给整个成图带来十分严重的影响。因此,航外测量人员必须认真负责,严格细致地工作,遵守规范规定,树立“质量第一”的思想,为内业提供可靠的优质成果,这样才能保证最后成图的质量。

航测内业的“纠正”或模型“绝对定向”对像片控制点的需求实质就是用空间前方交会(空中三角测量)的方法求解像片的方位元素,以确定像片、摄影中心、地面三者之间的相对位置关系,即确定摄影机或传感器的空间位置和姿态,此法已使用 60 年之久。如果所有航摄像片的方位元素已知,航测外业的地面控制测量工作就基本可以取消。近年,GPS 定位技术在动态摄影导航及精确定位上的应用研究(机载 GPS 接收机用于空中三角测量)已基本