

库特·施维德夫斯基

弗里德里希·阿克曼

摄影测量学

(基础、方法、应用)

库特·施维德夫斯基^著
弗里德里希·阿克曼

摄影测量学

(基础、方法、应用)

刘静宇 朱新美 陈瑞娥 译

楼敬祥 周维煜 李德仁 校

测绘出版社

内 容 简 介

为适应国际上在信息获取和处理方面发生的巨大变化，适应摄影测量体系中的重点转移，作者在1962年第六版基础上，重新修订和补充内容后，又重版了本书。本版增加了数字摄影测量方面的论述，内容丰富、新颖，涉及了遥感、数字制图、数据库以及自动测图的影象相关原理等新技术。

本书主要内容有：摄影测量的基本理论基础；信息获取；几何信息的数字处理；模拟信息处理；摄影测量自动化；航空摄影测量的应用、结果和效率。

本书可供高等院校航测系师生、科研人员及生产单位的航测工程师参考。

摄影测量学

(基础、方法、应用)

库特·施维德夫斯基
弗里德里希·阿克曼^著

刘静宇 朱新美 陈瑞娥 译

楼敬祥 周维煜 李德仁 校

测绘出版社出版

一二〇二厂印刷

新华书店北京发行所发行·各地新华书店经售

开本 850×1168 1/32·印张 16 $\frac{1}{2}$ ·插页 2·字数 429 千字

1984年2月第一版·1984年2月第一次印刷

印数1—7,000册·定价2.05元

统一书号：15039·新275

译 者 的 话

本书根据 Photogrammetrie-Grundlagen, Verfahren, Anwendungen, 1976年德文版本译出。此版本是《摄影测量学原理》(Grundriß der Photogrammetrie)的第七次修订补充版,内容丰富,叙述新颖,可作为摄影测量专业的教学参考书,也可供摄影测量工作者参考使用。

本书原文作者是西德卡尔斯鲁厄(Karlsruhe)大学退休正教授、工程学博士、名誉工学博士库特·施维德夫斯基(Kurt Schwiedefsky)和斯图加特(Stuttgart)大学正教授、工学博士弗里德里希·阿克曼(Friedrich Ackermann)。由陈瑞娥、刘静宇、朱新美同志翻译,何小韵同志提供了第一、二章的部分译稿;**楼敬祥**同志初校,最后由周维煜、李德仁同志审校。

前 言

自本书第六版问世以来的十三年中，国际科坛发生了巨大变化，特别是本学科的信息获取与信息处理。在信息获取方面，经典的航空摄影让位于现代的遥感技术。这种遥感技术部分地采用新式的传感器工作，并且总是以各种人造地球卫星作为运载工具。在信息处理方面，用模拟方法或用数字方法处理图象(或形态)信息、几何信息和物理信息，两种方法均取得了很大进展，并导致了多种多样新成果和副产品的进一步发展。由于电子数据处理方法(EDV)和各种自动化元件的不断完善，在我们特别感兴趣的自动化领域内，人们期待的变革已经发生。特别要指出的是：采用数字方法(在同时改进数学模型的情况下)能够明显地乃至决定性地提高测定点位的精度和经济效果，这对于测量学来说是十分重要的。因此，在摄影测量体系中，重点有了转移。

这种事实或多或少明显地反映在近年来出版的有关教科书和各种手册中。譬如，1972年同时出版了一部四卷的法文“摄影测量学概论”(Photogrammétrie Générale)和一部三卷的属于“测量全书”(Handbuch der Vermessungskunde)的德文著述。仅从这1220页和2321页的多卷著作的篇幅就可明显看出，象本书这样一部篇幅较小的著作，对各种新的发展，显然不得不有意识地加以限制。

在阿克曼教授表示对第六版就数字方法大力加强合作之后，首先重新编排了目录，阿克曼教授承担第三章，第六章以及第一章第二节的编著任务。

因为本书的篇幅由于价格而不能过于庞大，又考虑要说明的重点转移问题，所以，模拟法讨论的内容必须紧凑，避免累赘，这样就能腾出篇幅从数学方法的基本概念直到实际成果进行系

统、紧凑的叙述，这一部分称为数值、数字或解析摄影测量学。这种叙述连同大量最新文献所揭示的，常常面向有经验的实际工作者，而详细说明精度对他们也是有帮助的。这就是本书与上一版最重要的不同之处。

基础部分进行了一些扩充。借助于某些基本概念的阐述，摄影测量可理解为信息系统，今天必须对此有一个全面的认识。为了使摄影测量与遥感方法联系起来，阐述了遥感最重要的基本原理以及一些接收系统。在光学基础方面增加了全息摄影；在摄影方面新编了等密度一节。

在信息获取(第二章)中，介绍了几个供非地形摄影测量，例如供弹道测量和卫星大地测量用的、新的固定式测量摄影机；还提到了“非测量摄影机”的意义。本书略去了许多技术设备和测图仪器的内容丰富的数据图表，因为国际上各大公司的设计大都互相类似，既不可能达到完美无缺，而且这种数据过不多久就会过时。

在模拟信息处理(第四章)中，增叙了其意义还在不断增长的正射投影新的一节。摄影测量自动化则处理为新的第五章。这里特别要指出：应当把重点放在理解基本概念和所选择的例子上。今天在这方面的发展非常迅速，也许某些正在被描述的新系统到本书出版时已部分地变为陈旧了。而且，想在有限篇幅内使专业人员通晓复杂的电子系统亦是不可能的。

第六章所讨论的航空摄影测量的应用和结果仅限于一些示例，而且几乎无例外地属于测量学和地形学范畴。因此只能对现有的成就提出个别有根据的叙述，而不可能包罗一切。对于在工程上的大量应用亦只能作一般性的介绍。

像片判读的方法和应用在最近二十年得到飞速发展。要在有限篇幅内具体而生动地讨论不同专业的各种特殊应用是不大可能的。不过今天在这方面已有许多用德文发表的好文章，以敷各种不同的需要。

总而言之，两作者试图从各自的侧面——容许偶然的少量重叠——简捷明了地叙述作为我们周围环境的信息系统的现代摄影测量学。

我们首先感谢出版本书的出版社。他们继承四十年前开始的传统，决定不惜工本，重新出版发行这本著作。尽管新版的内容有所增加，但由于排版紧凑，增加的篇幅还是有限的。

我们还感谢下列各单位免费赠送像片插图和附件：奥伯科亨(Oberkochen)的卡尔蔡司厂和明斯特的汉莎航空摄影公司，斯图加特大学摄影测量教研组；波恩-帕特格德斯贝格的北莱茵-威斯特法伦土地测量局；科恩的莱茵褐煤股份公司摄影测量分部。

K·施维德夫斯基

F·阿克曼

1975年秋于卡尔斯鲁厄和斯图加特

目 录

0	摄影测量学的起源和发展	(1)
1	基础	(6)
1.1	作为信息系统的摄影测量	(6)
1.1.1	情报和信息	(7)
1.1.2	连续信号	(11)
1.1.3	航空像片	(12)
1.2	数学基础	(14)
1.2.1	摄影测量的数学模型	(14)
1.2.2	像片坐标与地面坐标之间的关系	(17)
1.2.3	透视构像的特性	(22)
1.2.4	微分关系式	(32)
1.2.5	其它基础公式	(42)
1.2.6	像对的基本几何概念	(48)
1.3	光学基础	(51)
1.3.1	量测和判读用的特种镜头	(52)
1.3.2	镜头影象质量的评定	(53)
1.3.3	摄影机的校准	(63)
1.3.4	测像经纬仪	(65)
1.3.5	光学投影	(67)
1.3.6	全息摄影	(70)
1.4	立体观察和量测	(73)
1.4.1	眼睛	(73)
1.4.2	立体观察	(75)
1.4.3	“人工”立体观察	(78)
1.4.4	像对立体观察的各种方法	(85)
1.4.5	立体量测	(88)

1.4.6	立体学.....	(91)
1.5	摄影.....	(92)
1.5.1	航空摄影时的有效照度.....	(92)
1.5.2	黑白乳剂层和滤光片.....	(98)
1.5.3	反差再现.....	(102)
1.5.4	等密度.....	(108)
1.5.5	摄影分解力.....	(107)
1.5.6	其它摄影材料.....	(110)
1.5.7	底片片基.....	(113)
1.5.8	显影和晾干.....	(115)
1.6	利用全波长辐射的遥感.....	(118)
1.6.1	摄影测量和遥感.....	(118)
1.6.2	物体的辐射作用.....	(119)
1.6.3	温度辐射器的辐射规律.....	(120)
1.6.4	多光谱摄影.....	(124)
1.6.5	热力学.....	(126)
1.6.6	雷达测量.....	(129)
2	信息获取.....	(132)
2.1	摄影系统.....	(132)
2.1.1	定义与特性.....	(132)
2.1.2	固定的测量摄影机.....	(132)
2.1.3	航空摄影测量摄影机.....	(135)
2.1.4	遥感摄影系统.....	(135)
2.1.5	非测量摄影机.....	(136)
2.2	地面固定站点的摄影测量.....	(136)
2.2.1	用于地形测量的地面摄影测量.....	(137)
2.2.2	非地形测量应用.....	(143)
2.3	航空摄影.....	(146)
2.3.1	摄影系统.....	(146)
2.3.2	摄影机的摄影效率.....	(166)
2.3.3	计划和摄影飞行.....	(166)

3	几何信息的数字处理	
	——摄影测量测定点位的理论	(174)
3.0	概述	(174)
3.0.1	几何处理方法的任务和分类	(174)
3.0.2	控制点	(175)
3.0.3	数字处理	(176)
3.1	光束的重建	(177)
3.1.1	像片坐标的量测与坐标量测仪	(177)
3.1.2	像坐标的改正	(185)
3.2	单张像片处理	(190)
3.2.1	空间后方交会	(190)
3.2.2	纠正的数学基础	(194)
3.3	像对的理论	(197)
3.3.1	相对定向——模型的构成	(198)
3.3.2	像对的绝对定向	(216)
3.3.3	模拟仪器投影中心的确定	(224)
3.4	像对的解析处理	(227)
3.4.1	解析法相对定向	(227)
3.4.2	计算法的像对绝对定向	(239)
3.4.3	光束法的解析空间双点交会	(244)
3.4.4	补充	(249)
3.5	在像片群中的点位确定——空中三角测量	(258)
3.5.1	概述	(258)
3.5.2	航线构成——多项式航线平差	(267)
3.5.3	航线多项式的区域平差	(270)
3.5.4	独立模型法区域平差	(274)
3.5.5	解析区域三角测量——光束法	(286)
3.5.6	具有辅助数据的区域平差——混合法	(294)
3.5.7	具有附加参数的区域平差——自检校系统	(298)
3.5.8	辐射三角测量	(302)
3.6	摄影测量测定点位的误差理论和精度	(302)

3.6.1	单张像片的误差模型.....	(302)
3.6.2	空间后方交会的精度.....	(311)
3.6.3	纠正的精度.....	(313)
3.6.4	像对的误差理论.....	(315)
3.6.5	空中三角测量的误差理论和精度.....	(336)
4	模拟信息处理	(370)
4.1	像片判读	(370)
4.2	航空像片和地形图	(372)
4.3	不使用仪器的制图方法.....	(374)
4.3.1	像比例尺的确定.....	(374)
4.3.2	根据垂直摄影像片或倾斜摄影像片确定点的 图上位置(图解纠正)	(374)
4.3.3	外方位的推求.....	(377)
4.4	带有立体量测装置的反光立体镜	(378)
4.4.1	反光立体镜.....	(379)
4.4.2	资料准备.....	(380)
4.4.3	测图方法.....	(381)
4.5	平面地物的像片纠正	(384)
4.5.1	任务和定义.....	(384)
4.5.2	纠正仪的自由度和安置值.....	(385)
4.5.3	变像仪器.....	(388)
4.5.4	作业方法.....	(392)
4.6	模拟仪器	(396)
4.6.1	投影仪器(具有几何模拟)	(397)
4.6.2	模拟计算机.....	(422)
4.6.3	模拟仪器的检验和校正.....	(427)
4.7	正射投影学	(429)
4.7.1	概述和命名.....	(429)
4.7.2	微分纠正的发展.....	(431)
4.7.3	微分纠正仪.....	(431)
4.7.4	扫描带法的误差来源.....	(434)

4.7.5	正射投影和高程信息	(437)
5	摄影测量自动化	(440)
5.1	自动装置和自动化	(440)
5.2	自动化部件	(441)
5.3	立体像对的影象相关	(443)
5.4	过程计算机和混合系统	(446)
5.5	解析测图仪	(448)
5.6	信息的自动处理	(450)
5.6.1	贺伯罗(G·L·Hobrough)自动立体测图 仪Stereomat	(451)
5.6.2	带有Itek公司相关器EC5的精密测图仪 Planimat	(455)
6	航空摄影测量的应用、结果和生产率	(457)
6.1	航空摄影测量综述	(457)
6.2	摄影测量的点位测定	(462)
6.2.1	空中三角测量	(462)
6.2.2	地籍测量的点位测定	(469)
6.2.3	摄影测量网的加密	(474)
6.2.4	设置标志, 转标点位	(475)
6.3	摄影测量测图	(478)
6.3.1	成图比例尺和像片比例尺、测图作业率	(478)
6.3.2	测绘等高线	(481)
6.3.3	小比例尺地形图	(485)
6.3.4	大比例尺测图	(487)
6.4	工程测量	(490)
6.5	像片平面图和影象地图	(494)
6.5.1	纠正的像片平面图	(495)
6.5.2	正射像片平面图	(496)
6.5.3	像片平面图和影象地图的应用	(498)
6.5.4	时耗和成本	(500)

6.6	数字测图, 数据库	(502)
7	参考文献择要	(507)
7.1	教科书和总述	(507)
7.2	概述、书目提要、词典	(508)
7.3	数学、信息学	(509)
7.4	光学	(510)
7.5	立体观察术	(511)
7.6	摄影学	(512)
7.7	制图学	(513)
7.8	历史	(513)
7.9	杂志	(514)

0 摄影测量学的起源和发展

将利用中心透视所获得的物体的图像变换为平行投影，从而成为底图和正视图，成为地图和平面图，并且可以量测物体的形状、大小和位置，这种思想没有为摄影术所约制。至少在发明摄影术以前一百年，就已由自然观察的经验形成了这种思想。从那以后经历了一百年，我们才达到了用另外的感光剂作为摄影药膜进行摄影和使用新式摄影系统进行中心透视的地步。如果重新使用古老的通称“画像术”(Ikonomie)(见下文)代替现用名称“摄影测量学”(Photogrammetrie)是严格的，因而是正确的话，那么摄影术就支持上述思想获得成功，并即将成为应用的重点。本书仍然保留大约一百年前由约旦(W. Jordan)、迈登鲍尔(A. Meydenbauer)和施托尔策(F. Stolze)所采用的并在国际上通用的名称“摄影测量学”，但我们必需知道不受该名称约束的真实含义。

在中古时代发展起来的工艺学需要透视画法的地方比绘画和建筑术所需要的少得多。有关透视画法的经验定律到十五世纪才从意大利传到德国，其系统的几何论证直到十七世纪初才看到。十八世纪时，各国的学者从各种不同观点利用透视画法徒手草绘地理图。首创者似乎是瑞士的医生和结晶学家卡佩勒(M. A. Kappeler)，他在1726年用这种办法绘制了瑞士皮拉图斯(Pilatus)断崖地图。1791年法国水道测量者波坦普斯-波普雷(Beautemps-Beaupré)以类似方法辅以罗针定向绘制了太平洋沿岸地图。德国伟大的自然科学研究者兰贝特(J. H. Lambert)于1759年在瑞士苏黎世发表他的著作“Freyen透视画法”，在其第八章中系统地阐述了中心透视的反转，从而提出了摄影测量学的第一个理论根据。

只有在尼普斯(J. H. Niépce)和戴居里(J. L. M. Daguerre)

懂得制作可用的照片和阿拉戈(F. Arago)于1839年发明了人所周知的摄影术以后,实际的试验才获得真正的意义。我们认为真正的摄影测量创始人是法国陆军上校劳赛达特(A. Laussedat)(他起先称他的方法为“测像学”——“Iconométrie”,后来改称“量度摄影学”——“Métrophotographie”),他首先创造了适合于摄影测量用的摄影仪器和作业方法(1859,开始于1851年),该方法利用从一条“基线”的两端点摄取的某一物体的两张像片,从这两张像片向每个要确定的点引出方向线,则每对方向线相交就以点的形式表达出所摄的整个物体。

差不多同时(1858)在德国^①,迈登鲍尔(与劳赛达特独立无关地)进行了第一次试验,他利用建筑物的两张像片,根据交会法完成了建筑学上难以解决和充满危险的测量。事实上具有明显目标点的建筑物是适应于这种方法的理想物体,用在地形测量的地面摄影上一定会遇到困难。因为根据从远处的地面测站点所摄的两张或三张像片重新找到待测的地面点,往往是困难的,有时甚至是不可能的。

十九世纪后半叶,除了继续发展其数学理论(G. Hauck, Seb. Finsterwalder)以外,还第一次应用于军事的和勘探的地形测量上,以及应用于冰川学的和建筑学的测绘中。迈登鲍尔于1885年在柏林建立了普鲁士测量像片馆作为建筑物图像档案馆。

经施托尔策的预先工作后,耶拿的普尔弗里希(C. Pulfrich)提出了立体观察的量测原理,采用这个原理便消除了识别的困难。“立体摄影测量之父”普尔弗里希于1901年制造了立体坐标量测仪。这种新的地形测量的摄影方法和量测方法在德国和奥地利(由A. von Hübl)得到了发展。难处理的物体,如云彩、水波、飞弹以及其它迅速变化的错综复杂的现象,现在能够可靠地量测了。立体摄影测量作业方法的仪器以及部分方法的训练主要由蔡司工

^① Jung, F.R., BuL28(1960), 23至41页。

厂在耶拿进行。在这里于1909年根据奥雷尔(E. von Orel)的建议制造成功立体自动测图仪 (Stereoautograph), 这是第一台实用的仪器, 可以由立体像对“自动”(从前如此称呼)测绘线划地图。从此便开拓了范围广阔的实际应用。

在那段岁月里, 还由专业人员和学者建立了第一次协作。1907年, 有杰出贡献的多勒察尔(E. Doležal)在维也纳成立了“奥地利摄影测量学会”, 同年还成立了“国际摄影测量档案馆”。1910年在维也纳又成立了“国际摄影测量学会”, 由多勒察尔出任第一任主席, 并于1913年在那里举行了第一届国际摄影测量学会议^①。

第一批航空像片是利用1858年由托尔纳松(G. F. Tournachon)在巴黎制取的湿棉胶版(被称为湿版)并于1860年由布拉克(J. W. Black)在波茨坦上空摄得。经过向甫鲁(Th. Scheimpflug)在维也纳的工作, 促进了用于测图任务的航空摄影与航空摄影测量的系统发展^②。

第一次世界大战格外加速了航空摄影测量事业的发展, 摄影机日趋完善。梅斯特尔(O. Messter)于1915年在德国造成了第一台连续摄影机, 在美国, 巴格莱(J. W. Bagley)和布罗克(A. Brock)创造了第一台航空摄影机。之后制作地面像片图的纠正仪也制造出来了, 并且研究出了现场适用的方法。

1915年加赛尔(M. Gasser)根据向甫鲁的基本思想, 制成了供近似垂直摄影用的双像投影仪。1919年尼斯特里(U. Nistri)在罗马开始制造双像投影仪器, 称为像片测图仪(Photocartograph), 并于1922年投入生产作业。1920年, 根据胡格斯霍夫

① 此后历届国际会议举行的时间地点是: 1926年在柏林、1930年在苏黎世、1934年在巴黎、1938年在罗马、1948年在海牙、1952年在华盛顿、1956年在斯德哥尔摩、1960年在伦敦、1964年在里斯本、1968年在洛桑、1972年在渥太华、1976年在赫尔辛基、1980年在汉堡。

② 航空像片的早期历史; *Beaumont Newhall*, 航空摄影机, 纽约1969, 144页。

(R. Hegershoff)的设计, 由海德(Heyde)制造的第一台自动测图仪(Autokartograph)完工, 这台仪器(带有一定条件)可以用任意方向所摄的像片绘制地形图。继它之后, 1923年根据鲍尔斯费尔德(W. Bauersfeld)的设计, 造出了蔡司立体测图仪(Stereoplanigraph)。

在两次世界大战之间的二十年中, 有五至六家西欧光学仪器公司发展了丰富多采的仪器结构和新式的摄影镜头。经过向甫鲁和芬斯特瓦尔德的预备工作后, 由格鲁伯(O. von Gruber)首创辐射三角测量法和空中三角测量法。人们以像片镶嵌图和像片平面图的形式获得地球表面的新型的类似地图的表示方法。第二次世界大战加速了所有这些工作, 高效率镜头取代了复杂的多镜头和全景镜箱, 彩色和红外软片扩大了航空像片的信息容量, 电子导航方法保证了计划的像片重叠。

五十年代初期有两个重要的组织上的成就: 由施迈洪(W. Schermerhorn)发起和由联合国科教文组织协助, 于1951年在荷兰德尔夫特(Delft)成立“航空测量国际训练中心”(ITC), 主要用来培养发展中国家的新生技术力量。后来它改组成“国际航测与地球科学学院”, 并于1971年迁往恩斯奇德(Enschede)。除这个训练中心外, 于1953年在巴黎成立了“欧洲摄影测量试验研究组织”(OEEPE), 合作实施超越一个国家力量的大区域的试验研究。目前属于这个组织的国家有: 比利时, 德意志联邦共和国, 丹麦, 芬兰, 荷兰, 意大利, 挪威, 奥地利和瑞士。

最近二十年来, 新的趋向特别丰富多采。电子数据处理的深入研究, 给摄影测量仪器装备提供了供输入、输出和存贮使用的电子外围设备。数字计算方法大大加强了。海拉瓦(U. V. Helava)发展了一种解析测图仪。正射投影术作为制作任意地面像片图的新方法发展到高度完善的程度。自动化在各个方面都向前推进了。如同在其它技术部门一样, 过程计算机成为主要的部件。电子相关器代替了人工观测者的主要功能, 并使正射投影术充实