

非地形摄影测量

—美国《摄影测量手册》节选之六

[美] H. M. 卡拉拉 主编



测绘出版社

非地形摄影测量

——美国《摄影测量手册》节选之六

主编：[美] H.M.卡拉拉

译者：赵友茂 程友琛

校者：丁窘辋

测绘出版社

出 版 说 明

由 C.C. 斯拉麦主编的美国《摄影测量手册》(1980 年第四版) 是摄影测量学科的重要著作, 在国际上有很大影响。它的翻译出版对我国摄影测量与遥感事业的发展, 必将会有所促进。原书篇幅较大, 若全面进行介绍, 工作量大, 出版周期将拖得很久。现根据我国目前摄影测量书籍的出版和需求情况, 按轻重缓急采取节译办法, 以一章为一单行本的形式, 陆续介绍给广大读者。

本书是《摄影测量手册》的第十六章。它是根据美国摄影测量学会 1979 年单独出版的《非地形摄影测量手册》翻译的, 保留了其中的前言和序。非地形摄影测量的应用范围非常广泛, 在各种领域中日益显示其重要性。本书是这一学科的第一本内容全面的参考书, 它的出版将有助于我国读者充分了解非地形摄影测量当前的发展状况。

非 地 形 摄 影 测 量

[美] H.M. 卡拉拉 主编

赵友茂 程友琛 译

丁窘惆 校

*

测绘出版社出版

测绘出版社印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行·各地新华书店经售

*

开本 787×1092 1/32 · 印张 7 · 字数 147 千字

1985 年 5 月第一版·1985 年 5 月第一次印刷

印数 1—3,800 册·定价 1.60 元

统一书号: 15039·新 355

前 言

美国摄影测量学会通过手册和会议录的出版向同行提供最新技术资料的传统，非地形摄影测量手册的出版，便是这一老传统的继承。

正如学会所出版的其他书刊一样，本手册是以 H.M. Karhra（主编）为首的专业小组经过多年来的自愿努力而取得的结果。

在非地形摄影测量方面，本手册的单独出版，着重说明了我们所从事的这一专业的重要性正在日益增长。摄影测量的应用，往往受到用户想象力和创造性的限制。目前，利用非地形摄影测量的新技术正在不断发展。本手册的出版，毫无疑问，将会有助于发现其他的新用途。

学会对为本手册的出版作过贡献的所有人员表示感谢。

美国摄影测量学会主席

Clifford J. Crandall

序

本手册原先打算作为美国摄影测量学会所编摄影测量手册第四版的一章。但是，由于该摄影测量手册的出版遇到了意外的延误，此外，在非地形摄影测量方面，对于最新参考书的需要。也越来越为迫切，因此，美国摄影测量学会决定单独出版本手册。但本手册的目录仍将编为摄影测量手册第四版的第十六章。

本手册的原稿于 1976 年完成，其后附的文献目录截止到 1978 年 3 月。参加本手册编写的有(其中每人编写一章)，

M. Carbonnell(国家地理院，法国巴黎)；

W. Faig(新不伦瑞克大学，加拿大弗雷德里克顿)；

S. K. Ghosh(俄亥俄州立大学，俄亥俄州哥伦布)；

R. E. Herron(贝勒医学院，得克萨斯州休斯敦)；

E. M. Mikhail(普渡大学，印第安纳州西拉斐特)；

F. H. Moffitt(加利福尼亚大学，加利福尼亚州伯克利)；

H. Takasaki(静冈大学，日本滨松)；

S. A. Veress(华盛顿大学，华盛顿州西雅图)。

对在这一共同事业中进行模范合作的所有我的同事，我诚挚地向他们表示感谢；美国摄影测量学会也对他们中的每一个人表示感谢。不仅作者在自愿编写手册的各个章节上，花费了大量的时间，而且他们所在工作单位也给予了大力支持。

I

本手册的插图由下列单位提供:

奥地利, 维也纳, 联邦文物管理局;

英国, 环保局;

意大利, 佛罗伦萨大学;

意大利, 佛罗伦萨, 伽利略营业处;

瑞典, Victor Hasselblad Akfieboglag;

德意志联邦共和国, 斯图加特, 建筑史和建筑测量研究所;

法国, 巴黎, 国家地理院;

德意志民主共和国, 耶拿光学仪器厂;

马里兰州, 巴尔的摩, Kelsh 仪器科/Danko Arlington 有限公司;

日本, Nippon Kogaku;

俄亥俄州, 哥伦布, 俄亥俄州立大学;

瑞典, 斯德哥尔摩, Riksanantikvarieämbetet;

瑞士, 威特厂总厂;

德意志联邦共和国, 卡尔·蔡司厂。

美国摄影测量学会对上述单位提供重要插图, 表示深深的谢意。

主编

H. M. (Sam) 卡拉拉

1978年4月

目 录

前言.....	(I)
序.....	(III)
第一章 引言	(1)
第二章 近景摄影测量	(2)
2.1 引言	(2)
2.2 摄影数据获取系统	(3)
2.2.1 测量摄影机	(3)
2.2.1.1 单个摄影机	(3)
2.2.1.1.1 Hasselblad MK-70摄影机	(9)
2.2.1.1.2 耶拿光学仪器厂 UMK10/1318全能 摄影测量摄影机系统	(11)
2.2.1.1.3 Kelshk-470 地面摄影机.....	(12)
2.2.1.1.4 威特 P31 全能地面摄影机	(14)
2.2.1.1.5 威特 P32 地面摄影机	(15)
2.2.1.2 立体测量摄影机	(17)
2.2.1.2.1 蔡司 SMK 立体测量摄影机	(17)
2.2.1.2.2 伽利略-桑多尼 Tecnoster-A 立体 测量摄影机	(23)
2.2.1.2.3 耶拿光学仪器厂 IMK10/1318 摄影机	(23)
2.2.1.2.4 Kelsh K-460 全能立体测量摄	

影机·····	(25)
2.2.1.2.5 Nikon TS-20 地面立体摄影测	
量摄影机·····	(27)
2.2.2 非测量摄影机·····	(28)
2.3 数据简化系统 ·····	(29)
2.3.1 模拟法·····	(29)
2.3.2 解析法·····	(33)
2.3.2.1 近景摄影测量的数学公式·····	(36)
2.3.2.1.1 对于测量摄影机摄影·····	(36)
2.3.2.1.2 对于非测量摄影机摄影·····	(37)
2.3.3 半解析法·····	(40)
2.4 近景摄影测量的应用范围 ·····	(40)
2.4.1 建筑学·····	(40)
2.4.1.1 引言·····	(40)
2.4.1.2 历史文物测量·····	(40)
2.4.1.2.1 快速简易测量·····	(41)
2.4.1.2.2 精密完整测量·····	(41)
2.4.1.2.3 高精度摄影测量·····	(51)
2.4.1.2.4 作业方法·····	(51)
2.4.1.3 考古测量·····	(52)
2.4.1.4 历史遗址测量·····	(60)
2.4.2 生物立体测量 (摄影测量在生物医学	
和生物工程中的应用) ·····	(61)
2.4.2.1 引言·····	(61)
2.4.2.2 基本原理·····	(62)
2.4.2.3 定义·····	(63)
2.4.2.4 生物立体测量的观测设备·····	(63)

2.4.2.4.1	立体测量传感器·····	(63)
2.4.2.4.2	计算机输入和输出·····	(66)
2.4.2.5	结论·····	(66)
2.4.2.6	附言·····	(67)
2.4.3	工业摄影测量·····	(68)
2.4.3.1	工业要求·····	(68)
2.4.3.2	工业中应用的实例·····	(70)
2.4.3.2.1	汽车制造·····	(70)
2.4.3.2.2	机械制造、金属加工、质量检核·····	(70)
2.4.3.2.3	采矿工程·····	(70)
2.4.3.2.4	运动物体·····	(70)
2.4.3.2.5	造船·····	(71)
2.4.3.2.6	结构和建筑·····	(71)
2.4.3.2.7	交通工程·····	(71)
2.4.3.2.8	其他工业应用·····	(74)

第三章 地面摄影测量 ····· (76)

3.1	引言 ·····	(76)
3.2	数据获取 ·····	(76)
3.2.1	地面摄影机·····	(76)
3.2.2	地面摄影的方式·····	(76)
3.2.2.1	正直摄影·····	(76)
3.2.2.2	等偏摄影·····	(78)
3.2.2.3	交向摄影·····	(79)
3.3	数据简化 ·····	(82)
3.3.1	模拟法·····	(82)
3.3.2	解析法·····	(83)

3.3.2.1	近似解法·····	(83)
3.3.2.1.1	摄影站位置的确定·····	(83)
3.3.2.1.2	每张象片方位矩阵的确定·····	(86)
3.3.2.1.3	物点空间坐标的确定·····	(88)
3.3.2.2	严密解法·····	(92)
3.4	地面控制作业 ·····	(95)
3.4.1	标志·····	(95)
3.5	当前应用 ·····	(98)

第四章 水下摄影测量 ····· (101)

4.1	引言 ·····	(101)
4.2	数据获取 ·····	(101)
4.2.1	水下光学·····	(102)
4.2.1.1	水的光学特性·····	(102)
4.2.1.2	水下透镜的几何光学·····	(102)
4.2.2	水下摄影机·····	(105)
4.2.3	水下照明·····	(105)
4.2.4	用于水下摄影的软片·····	(106)
4.2.5	水下控制·····	(106)
4.2.6	辅助设备·····	(108)
4.3	数据简化 ·····	(108)
4.3.1	模拟解算·····	(108)
4.3.1.1	水下摄影的解算·····	(108)
4.3.1.2	双介质摄影的模拟解算·····	(109)
4.3.2	解析解算·····	(110)
4.3.2.1	多介质摄影测量的数学公式·····	(110)
4.3.2.2	采用解析测图仪的双介质摄影	

	测量.....	(113)
4.4	应用	(116)
4.4.1	水下考古实例.....	(116)
4.4.2	海岸测图实例.....	(117)
第五章	X射线系统及其应用	(120)
5.1	X 射线影象的形成	(120)
5.2	X 射线软片上的影象衰减	(123)
5.3	立体射线摄影	(125)
5.4	立体射线象片的内方位	(129)
5.5	立体射线象片的外方位	(135)
5.6	物方控制	(137)
5.7	X 射线软片的量测	(139)
5.8	X 射线软片量测结果的归算	(141)
5.9	被摄体在两次曝光之间的移动	(144)
5.10	X 射线摄影测量的应用	(145)
第六章	扫描电子显微镜系统	
	及其应用	(146)
第七章	全息摄影系统及其应	
	用的可能性	(152)
7.1	引言	(152)
7.2	三维物体的直接全息图	(154)
7.2.1	直接菲涅尔全息图的测量.....	(156)
7.2.2	测图用的直接菲涅尔全息图.....	(159)
7.3	全息摄影立体模型	(161)

7.3.1	菲涅尔全息摄影立体模型.....	(161)
7.3.2	聚焦影象全息摄影立体模型.....	(163)
7.4	全息摄影测量的自动化	(166)
7.5	结论	(166)

第八章 波纹形貌测量系统

及其应用 (168)

8.1	引言	(168)
8.2	原理	(168)
8.3	波纹形貌测量用于活人驱体	(178)
8.4	等值线的改正	(182)
8.4.1	条纹顺序的改正.....	(182)
8.4.2	透视改正.....	(183)
8.5	确定“丘陵”和“山谷”的辅助 方法	(184)
8.6	结论	(187)

第九章 文献目录 (189)

9.1	近景和地面摄影测量系统	(191)
9.2	建筑摄影测量	(196)
9.3	生物立体测量	(196)
9.4	工业摄影测量	(197)
9.5	水下摄影测量	(203)
9.6	X 射线摄影测量	(205)
9.7	扫描电子显微术	(206)
9.8	全息摄影和波纹形貌测量	(207)

第一章 引言

自从一百年前开始有摄影测量以来，它主要用于测绘地形图和平面图。摄影测量作为一种有效而又方便的测图手段来说，已经发展成了一种高度可靠和精密的测量技术。

从摄影测量的早期开始，作为制图人员的摄影测量工作者，就企图在地形测图的范围以外来使用这一技术。地形测图范围以外的应用，称为“非地形测量”应用。在测图地区，非地形摄影测量的发展，是在一般摄影测量的发展之后。由于国际摄影测量学会认识到了非地形摄影测量的重要性，因此很早就指定它的七个技术委员会中的一个（第五委员会）来从事这方面的研究。自从1948年在海牙举行的国际摄影测量学会会议上建立该组织以来，第五委员会有过许多的名称，其中包括：“摄影测量在各方面的应用”、“摄影测量的专门应用”、“摄影测量的非制图应用”、“摄影测量的非地形测量应用”以及自1972年开始采用的“非地形摄影测量”。从一个名称到另一个名称的变化，反映了为寻求一个合适的名称所作的不断的探索，使得名称与日益扩大的摄影测量在地形测图范围以外的应用相适应。

由于缺乏更全面的名称，本手册只好取名为《非地形摄影测量》，并包括以下内容：近景摄影测量、地面摄影测量、水下摄影测量、X射线系统及其应用、扫描电子显微镜系统及其应用、全息摄影系统及其应用、波纹形貌测量系统及其应用。除此以外，还包括非地形摄影测量的各方面的参考书目。

第二章 近景摄影测量

2.1 引言

通常，近景摄影测量的定义为：目标至摄影机的距离不大于 300m。

任何摄影测量过程都有两个主要阶段：(1)摄取必要的象片以获得待测物体的数据；(2)将象片(透视投影)变成地图或空间坐标(正射投影)，即将象片变换为模拟量或数字数据。因此，整个摄影测量系统可分为两个主要部分：数据获取系统和数据简化系统。

数据获取系统涉及到获取所谓的原始数据或原始信息。原始数据应理解为象片。因此，数据获取系统便与获取必要的和合适的象片有关。

数据简化系统涉及到将原始数据或象片变换为符合预定使用要求的最终数据形式。最终数据形式可以是模拟形式的，如地图，也可以是数字形式的，如打印出来的或穿孔的空间坐标。

当摄影测量系统的最终数据输出与其它数据相结合和(或者)进一步修改时，一般要采用数据处理系统这个术语。将数据进行处理以获得被摄物体的表面面积或体积，就是一例。

2.2 摄影数据获取系统

在近景摄影测量中，可利用测量和非测量*摄影机来摄取象片。

2.2.1 测量摄影机

用于近景摄影的测量摄影机包括单个摄影机和立体测量摄影机。表 1 和表 2 列出了目前（1975）最常使用的近景测量摄影机的某些有关特性。该表的某些部分是 根据 1973 年 Carbonnell 所公布的资料。

2.2.1.1 单个摄影机

最新式的摄影测量单个摄影机由两个主要部分组成：一个是能安装在三角架上的镜箱定向安置，另一个是可倾斜的量测暗箱。为了运输方便，两部分可以分开。大多数这样的摄影机采用玻璃干板，有些可以使用卷轴软片或单张软片，表 1 列出了目前（1975）最常用的单个摄影机。

表 1 所列大多数摄影机其主距可变，用来扩大调焦范围。变更主距不是以分挡方式就是以连续方式来完成。例如 Wild P31 摄影机的固定对焦是 25 米，但通过利用不同的附加垫环，可调焦到 7，4，2.5，2.1，1.8，1.6 和 1.4 米。另一种方法是通过可以装在摄影机上的近景镜头以分挡方式来改变主距。例如对于 0.5，0.6，0.75，1.0，1.5 和 2.5 米的物距，近景镜头可以装到蔡司 TMK-6 地面摄影机的镜头上。

* 非测量摄影机即不是专门为摄影测量目的而设计的。这种类型的摄影机包括业余与专业摄影机。

单个测量摄影机的特性

制造厂	型号	象幅* (cm)	标称焦距 (mm)	景深范围 (m)
Galileo (意大利)	Verostat	9×12U	100	
Galileo (意大利)	FTG-1b	10×15H	155	10→∞
Hasselblad (瑞典)	MK70 (Biogon镜头)	6×6	60	0.9→∞
Hasselblad (瑞典)	MK70 (Planar镜头)	6×6	100	15→∞ [▽]
Jenoptik (民主德国)	UMK10/1318FP UMK10/1318NP	13×18UH	99	1.4→∞
Jenoptik (民主德国)	UMK10/1318FF UMK10/1318NF	13×18UH	99	1.4→∞
Jenoptik (民主德国)	19/1318 摄影经纬仪	13×18H	190	25→∞
Kelsh (美国)	K-470	10.5×12.7 UH	90	2→∞

表 1

光轴倾角 及分挡数	摄影材料	附 注
0→±90° (2)	玻璃干板 或单张软片	可变主距(分挡)
0→±35° 连续	玻璃干板	可变主距(分挡)
无限制 [△]	70mm 软片	[△] 手持或装在三角架 上, 可变主距(连续 型), 单次曝光或连 续曝光
无限制 [△]	70mm 软片	[▽] 定焦在无穷远(若 需要定焦在要求距 离, 则不小于2m) [△] 手持或装在三角架 上, 马达驱动, 单次 曝光或连续曝光
-30°→+90° (7)	玻璃干板	当物距为∞→3.6m 时 Lamlgon 8/100镜头 的畸变差<12μm 当物距为4.2→1.4米时 Lamegon 8/100N镜头 的畸变差<12μm
-30°→+90° (7)	190mm卷轴 软片和玻璃 干板(带连 接器)	当物距为∞→3.6米时 Lamegon 8/100镜头 的畸变差<12μm 当物距为4.2→1.4米时 Lamegon 8/100N镜头 的畸变差<12μm
无 ^δ	玻璃干板	^δ 镜头可以上下垂直移动(+30 →-45mm)每5mm一档
无	单张软片, 卷轴软片, 玻璃干板	象幅偏离镜头光轴 13mm