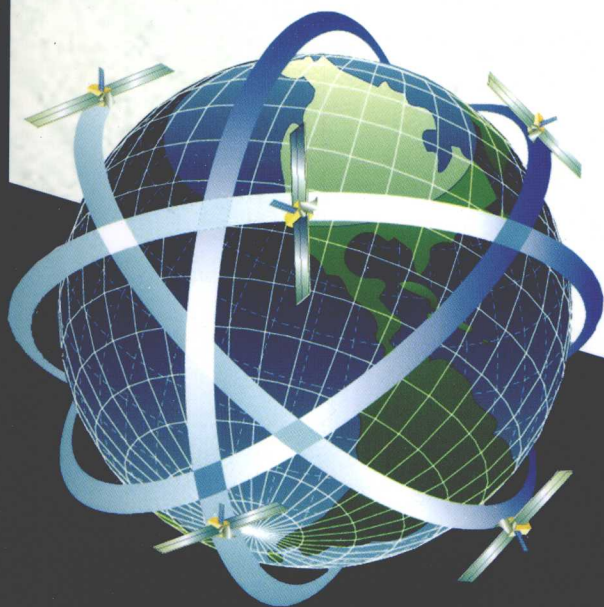


# 数字摄影测量学

—— 背景、基础、自动定向过程

[美] Toni Schenk 著  
郑顺义 苏国中 译



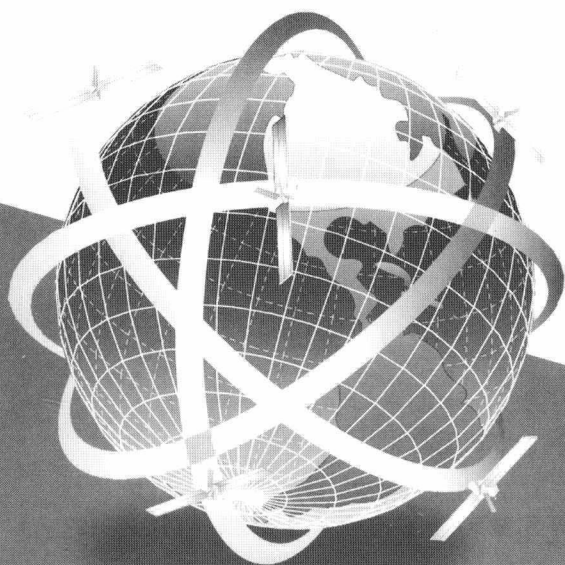
WUHAN UNIVERSITY PRESS

武汉大学出版社

# 数字摄影测量学

—— 背景、基础、自动定向过程

[美] Toni Schenk 著  
郑顺义 苏国中 译



WUHAN UNIVERSITY PRESS

武汉大学出版社

## 图书在版编目(CIP)数据

数字摄影测量学:背景、基础、自动定向过程/[美]Toni Schenk 著;郑顺义,苏国中译. —武汉:武汉大学出版社,2009.9

ISBN 978-7-307-06993-0

I. 数… II. ①S… ②郑… ③苏… III. 数字照相机—摄影技术  
IV. P23

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 058004 号

著作权合同登记号:图字 17-2008-50 号

© Toni Schenk

This translation of *Digital Photogrammetry* is published by arrangement with the Author.

本书中文翻译版本由作者授权武汉大学出版社出版。未经出版社书面允许,不得以任何方式复印或抄袭本书内容。

责任编辑:王金龙      责任校对:黄添生      版式设计:马 佳

---

出版发行:武汉大学出版社 (430072 武昌 珞珈山)

(电子邮件:cbs22@whu.edu.cn 网址:www.wdp.com.cn)

印刷:通山金地印务有限公司

开本:787×1092 1/16 印张:17.5 字数:420千字 插页:1

版次:2009年9月第1版      2009年9月第1次印刷

ISBN 978-7-307-06993-0/P·147      定价:35.00元

---

版权所有,不得翻印;凡购买我社的图书,如有缺页、倒页、脱页等质量问题,请与当地图书销售部门联系调换。

## 译者序

摄影测量发展到数字摄影测量阶段,作业方式发生了巨大变化,计算机的自动处理代替了作业员手工操作,人工交互方式变为自动处理方式。作业方式的改变基于许多新的理论和方法,其中有很多方法来自于信号与图像处理、计算机视觉等相关学科,因此数字摄影测量的发展与相关技术(计算机技术、电子技术等)的发展关系密切。本书对数字摄影测量的发展背景,采用的基本原理,与相关学科的关系,以及数字摄影测量的自动处理过程等方面进行了系统全面的介绍,是一本经典的关于数字摄影测量的著作。

数字摄影测量最重要的一个特征就是自动化,以前由人工完成的工作现在由计算机完成,其中一项很重要的技术就是影像匹配,本书中用了两章对影像匹配进行介绍,从基于灰度的匹配到基于特征的匹配,最后是基于符号描述的关系匹配。

数字摄影测量另外一个重要特征是高效率。对于单个特征的提取,计算机在特征选择以及提取精度等方面并不一定比人工强,但计算机在相同时间内可以提取比人工多得多的特征,处理多得多的数据。冗余数据的增加可以提高精度,这是数字摄影测量的特点,本书的叙述体现并强调了这一点。

数字摄影测量使得许多传统摄影测量的概念发生改变。传统的摄影测量完全是基于点的摄影测量,无论相对定向、绝对定向、空中三角测量等都需要一定数量的同名点(不同影像间的同名点或像方与物方之间的同名点)。在数字摄影测量中,处理的元素从点发展到特征(线特征和面特征)是一个很大的进步,也是与传统摄影测量一个显著不同的地方。在此基础上,相对定向可以基于直线和曲线,控制信息由控制点扩展到控制线、控制面,这对于摄影测量的处理方法具有重要的影响。从点扩展到线特征是本书介绍的重点和特色之一。

在数字摄影测量领域,我国并不落后。张祖勋院士、刘先林院士、李德仁院士、张剑清教授等对于我国乃至世界的数字摄影测量发展做出了卓越的贡献。作为张祖勋院士的学生,我亲历了近年来数字摄影测量的快速发展,大师们的教诲使我受益匪浅,作为摄影测量与遥感领域一名普通的研究人员和教师,我感觉有责任和义务为本学科的发展和教育做出一点贡献,因此利用业余时间翻译了 Toni Schenk 教授的这本书,供国内的读者参阅。

Toni Schenk 教授是国际著名的摄影测量专家,1972年毕业于瑞士联邦工学院(ETH),获博士学位,随后在徕卡公司研发部担任首席科学家,1985年加入美国俄亥俄州立大学大地测量系,现为该系教授。他曾经担任国际摄影测量与遥感学会第三委员会的主席(1996—2000),先后指导博士生30多名,可谓桃李满天下。Toni Schenk 教授长期从事摄影测量的教学和研究工作,积极吸收计算机视觉、图像解译等领域的研究成果,丰富摄影测量的理论与方法,对摄影测量的发展形成了其独到的见解,并提出许多切实可行的理论与方法,值得我们参考学习。

本书的翻译由郑顺义、苏国中完成，由郑顺义审核、修改、定稿。除此之外，对本书的翻译和排版作出贡献的老师和学生还包括季铮、陆藩藩、朱毅、李彩林、王瑞瑞、肖建英、王妍霞、侯晨等。

书中可能有纰漏或翻译不妥的地方，恳请读者批评指正。

郑顺义

2008年春节于武汉大学

# 序 言

摄影测量和猫都有一个共同的也是最重要的特点——都有多条命。摄影测量的终结已被预测过多次，比如，20世纪80年代GPS出现时，人们似乎看到摄影测量以及其他测量手段都将要快速消失，更有一些人深信摄影测量将作为一个子集融合到计算机视觉或计算机图形学中去。研究基于各种硬件平台的定向系统的专家预示了摄影测量的部分终结——空中三角测量将成为过去。尽管有这么多悲观的预测，我个人仍然认为摄影测量非常具有活力——数字摄影测量的出现使摄影测量的研究者和应用者感到激动。它更具有使当前的许多问题得到更有效解决的潜力，许多新的问题也可以得到解决。

数字摄影测量是一个相对年轻而且快速发展的领域，许多重要的理论和方法来自于图像处理 and 计算机视觉。尽管受来自其他领域的方法和算法的强烈影响，但是数字摄影测量仍然是一个独具特色的学科。因此，我从摄影测量学科的观点出发叙述本书中的内容。尽管本书是一个摄影测量领域的学者为摄影测量工作者所写的一本书，我仍然希望它包含对具有其他背景的读者有用的信息。过去的几年出现了大量的关于数字摄影测量的文章，但对这一专题尚未有综合叙述，本书弥补了这一空白。

写这本书的目的在于提供一本该领域的教科书或参考书，因此，我把重点放在基本原理方面。同时，作为一本入门的教材，我尽可能地使叙述通俗易懂，并在必要的时候，省略了一些繁琐的数学上的严密推导。书中并没有在某些实施细节和具体算法方面进行深入叙述，该书的贡献仅限于作为工具书这一级别。我认为，一个人在深入到具体实现细节当中之前首先应该理解和解决一些基本的问题。

该书是从我在俄亥俄州立大学为研究生讲述了12年的数字摄影测量课程的讲义中整理而来的。为了便于作为教材使用，除了第一部分之外，每一章的后面都附有习题。这些习题大多来自家庭作业或一些测验，包括从基本原理到计算问题。

本书的内容在两门连续的课程中讲述，共分三部分。数字摄影测量涉及多个学科，与图像处理、计算机视觉、模式识别、计算机图形学有很强的联系。我没有把这些学科的相关内容放在附录里，而是在该书的开始部分对这些对摄影测量具有影响的学科的相关内容给予了简明的叙述。“背景知识”这一部分共分为五章，从信号和图像处理开始，然后是计算机视觉和人类视觉。更好地理解人类视觉可以深入理解诸如确定物体表面、形状和物体识别等方面的问题。为了从影像中提取关于物体的有用信息，首先要理解影像如何形成。为了便于理解基本的影像形成过程，第六章叙述了关于辐射度量学和光度量学的背景知识。第一部分的每一章后面都有一小节，介绍推荐的参考文献。

第二部分介绍数字摄影测量的基础，从数据获取(数码相机和扫描仪)到数字摄影测量工作站，然后又用了两章介绍影像匹配。数字影像可以直接由数码相机(第七章)获取或通过扫描模拟影像(第八章)得到。数字摄影测量最重要的产品可能要属数字摄影测量工作

站。第九章介绍了数字摄影测量工作站，重点介绍它们的功能和 workflows，没有对具体的系统进行详细叙述。

本书并没有包含交互式数字摄影测量(软拷贝摄影测量)的内容，而是将重点放在自动摄影测量处理过程中，这部分内容在本书的第三部分进行了介绍。该部分包括三章，介绍基本的自动定向过程。在简单地介绍了现有的方法之后，我从一个全新的角度考察了自动内定向、外定向和相对定向过程，并给出了全新的解决方案。重点放在把线特征和面特征用于定向过程，从而把基于点的摄影测量转变到真正的基于特征的摄影测量，这样更适合于自动化处理。我希望即使是一些摄影测量业余爱好者也能对这一部分内容感兴趣。

该书完全是数字化的成果。几乎所有的插图都是用 PostScript 生成的。我改变了这些插图的大小，以作为教学材料的标题。最近，我转换了一些插图的格式用于在网络上发布的报告中。其中，为了更好地理解一些关键原理采用了大量的动画。这本书就是直接从 Post-Script 手稿印刷而来的。

随后出版的本书的第二卷将包含自动空中三角测量，基于不同传感器(包括激光扫描仪)的表面重建，正射影像生成和目标识别。

我非常感谢我的有耐心的学生们，他们经历了从最初使用讲稿的阶段到现在的形式。对于没有解释清楚的问题，学生们总是非常好奇，没有什么比这更能作为对讲义或讲述的质量的反馈了。非常感谢我的学生和同事，在与他们讨论数字摄影测量的相关问题时，我得到许多珍贵的反馈。

作者

# 目 录

第一章 概述	1
1.1 背景	1
1.2 相关的术语	3
1.3 典型的数字摄影测量环境	3
1.4 数字影像的特点	4
1.4.1 数字影像的定义	4
1.4.2 空间分辨率与几何精度	4
1.4.3 辐射分辨率	6
1.5 数字摄影测量过程和任务的分类	6
1.5.1 系统级任务	7
1.5.2 低级任务	7
1.5.3 中级任务	7
1.5.4 高级任务	7
1.6 数字摄影测量与其他学科的关系	7
1.7 本书的主要内容	8

## 第一部分 背 景

第二章 数字信号处理	13
2.1 信号和系统	13
2.1.1 序列	13
2.1.2 线性偏移不变系统	14
2.2 频率表示	17
2.3 傅立叶变换	19
2.3.1 傅立叶积分	19
2.3.2 总结	22
2.4 数字滤波	24
2.4.1 移动平均滤波器	24
2.4.2 理想的低通滤波	26
2.5 相关文献	27
第三章 数字图像处理	28
3.1 图像模型	28



3.2 图像特征	30
3.2.1 均值和标准差	30
3.2.2 熵	30
3.2.3 直方图	30
3.2.4 矩	31
3.3 图像增强与恢复	32
3.3.1 直方图修正	33
3.3.2 平滑	34
3.3.3 锐化算子	37
3.3.4 差分算子	37
3.3.5 图像校正	39
3.4 几何变换	41
3.4.1 变换后图像的大小	42
3.4.2 重采样	42
3.5 图像分割	44
3.5.1 直方图阈值化	44
3.5.2 共生矩阵法	46
3.5.3 基于 Gabor 滤波器的纹理分割法	48
3.6 相关文献	50
第四章 人类视觉	51
4.1 人类视觉系统简介	51
4.2 眼睛	52
4.2.1 眼球	53
4.2.2 眼睛的光学特性	54
4.2.3 光感受器的光度学特性	56
4.3 视觉皮层	60
4.3.1 概述	60
4.3.2 皮层接收域	60
4.4 视觉感知	61
4.4.1 感知编组	62
4.4.2 其他感知过程	63
4.5 Marr 的视觉理论	64
4.5.1 初始简图	64
4.5.2 2.5 维简图	65
4.5.3 3 维模型表达	65
4.6 相关文献	65

<b>第五章 计算机视觉</b> .....	67
5.1 背景知识 .....	67
5.2 关键概念与关键问题 .....	69
5.2.1 视觉是模块化的和多层次的 .....	69
5.2.2 视觉是病态的 .....	70
5.2.3 初级视觉到高级视觉的转化 .....	70
5.3 边缘检测 .....	71
5.3.1 检测边缘像素 .....	72
5.3.2 链接边缘像素 .....	75
5.4 尺度空间理论和影像金字塔 .....	76
5.4.1 尺度空间的生成 .....	77
5.4.2 影像金字塔 .....	78
5.5 感知编组 .....	79
5.5.1 背景 .....	79
5.5.2 积木世界场景的分析 .....	79
5.5.3 曲线分割 .....	79
5.5.4 区域分割 .....	80
5.5.5 更一般的方法 .....	81
5.6 物体识别 .....	82
5.6.1 基于全局模型的识别 .....	82
5.6.2 带有几何约束的特征匹配 .....	83
5.6.3 不基于模型的物体识别 .....	86
5.7 相关文献 .....	87
<b>第六章 辐射度量学和光度量学</b> .....	88
6.1 电磁辐射 .....	88
6.1.1 电磁辐射的波特性 .....	88
6.1.2 辐射的量子特性 .....	88
6.1.3 电磁光谱 .....	89
6.2 辐射度量学 .....	90
6.2.1 立体角 .....	90
6.2.2 辐射量 .....	91
6.2.3 兰波特辐射 .....	93
6.2.4 辐射量之间的关系 .....	93
6.2.5 热辐射 .....	94
6.2.6 光子通量 .....	95
6.3 光度量学 .....	96
6.3.1 光度量 .....	96
6.3.2 辐射度量和光度量间的联系 .....	96

6.4	辐射能量传递	97
6.4.1	一般情况	97
6.4.2	通过透镜系统的辐射能量传递	98
6.5	相关文献	100

## 第二部分 数字摄影测量基础

<b>第七章</b>	<b>电子成像系统</b>	<b>103</b>
7.1	概述	103
7.2	CCD 传感器的工作原理和特性	104
7.2.1	工作原理	105
7.2.2	主要特点	108
7.3	固态相机	110
7.3.1	相机概述	110
7.3.2	模拟输出	111
7.3.3	线阵相机	112
7.3.4	比较模拟相机和数字相机	116
7.4	帧接收器	119
7.4.1	定时电路	119
7.4.2	A/D 转换器	119
<b>第八章</b>	<b>扫描仪</b>	<b>123</b>
8.1	引言	123
8.2	滚筒扫描仪与平板扫描仪	124
8.3	平板扫描仪的主要部件	125
8.3.1	照明和光学器件系统	125
8.3.2	像片承载器	126
8.3.3	传感器	126
8.3.4	扫描仪电子装置	127
8.3.5	主机	128
8.4	像素大小	128
8.4.1	传感器像素与扫描仪像素间的关系	129
8.4.2	扫描仪像素与像片像素的关系	129
8.5	潜在的误差源	129
8.5.1	定位和分辨率	130
8.5.2	辐射表达	130
<b>第九章</b>	<b>数字摄影测量工作站</b>	<b>132</b>
9.1	背景	132
9.1.1	数字摄影测量工作站和数字摄影测量环境	132

9.1.2	发展综述 .....	134
9.1.3	现状 .....	135
9.1.4	数字摄影测量工作站的分类 .....	135
9.2	系统的基本组成 .....	136
9.3	系统的基本功能 .....	137
9.3.1	存储系统 .....	137
9.3.2	观测与量测系统 .....	138
9.3.3	立体观测 .....	140
9.3.4	漫游 .....	141
9.4	应用软件的功能 .....	143
9.4.1	准备阶段 .....	144
9.4.2	定向过程 .....	144
9.4.3	数字空中三角测量 .....	145
9.4.4	DEM 的自动生成 .....	145
9.4.5	数字正射影像产品 .....	146
9.5	解析测图仪与 DPW .....	146
9.6	小结 .....	147
<b>第十章</b>	<b>影像匹配基础 .....</b>	<b>150</b>
10.1	引言 .....	150
10.1.1	发展综述 .....	150
10.1.2	名词术语和涉及的定义 .....	150
10.1.3	问题描述 .....	151
10.2	影像匹配的基本问题 .....	152
10.2.1	搜索空间、匹配实体的唯一性 .....	152
10.2.2	近似值、约束以及假设 .....	152
10.2.3	匹配实体的几何变形 .....	154
10.3	基本问题的解决办法 .....	157
10.3.1	搜索空间和近似值 .....	157
10.3.2	匹配实体的唯一性 .....	164
10.4	基于区域的匹配 .....	164
10.4.1	相关 .....	165
10.4.2	最小二乘匹配 .....	167
<b>第十一章</b>	<b>高级影像匹配方法 .....</b>	<b>173</b>
11.1	基于特征的匹配 .....	173
11.1.1	特征提取 .....	173
11.1.2	兴趣点匹配 .....	175
11.1.3	边缘像素匹配 .....	176

11.1.4	匹配整个边缘	177
11.2	关系匹配	181
11.2.1	基元与关系的描述	182
11.2.2	评价函数	183
11.2.3	树搜索	183
11.3	模板匹配	185
11.3.1	匹配环境	185
11.3.2	匹配策略	186
11.3.3	目标检测	186
11.3.4	精确定位	188
<b>第十二章</b>	<b>核线影像计算</b>	<b>194</b>
12.1	概述	194
12.2	核线几何	196
12.3	原始影像到核线影像的转换	196
12.3.1	基于共线方程的变换	198
12.3.2	透视变换	198
12.4	核线数字影像	199

### 第三部分 自动定向方法

<b>第十三章</b>	<b>自动内定向</b>	<b>205</b>
13.1	内定向的目的	205
13.2	内定向	206
13.2.1	像素坐标系到影像坐标系的变换	206
13.2.2	影像纠正	207
13.3	交互式内定向	210
13.4	自主内定向	211
13.4.1	背景与目的	211
13.4.2	自主内定向的目标	212
13.4.3	假设条件	212
13.4.4	实现自主内定向	213
13.4.5	框标的结构	214
13.5	基于区域的方法	215
13.6	基于特征的方法	220
13.6.1	圆的检测	221
13.6.2	直线的检测	223
13.6.3	精确定位	224
13.7	小结	226

<b>第十四章</b>	<b>自动相对定向</b> .....	228
14.1	背景知识.....	228
14.1.1	传统相对定向和自动相对定向.....	228
14.1.2	相对定向的数学模型.....	229
14.2	交互式相对定向.....	233
14.3	基于兴趣点的自动定向.....	233
14.3.1	兴趣点的提取.....	234
14.3.2	匹配兴趣点.....	234
14.4	基于边缘像素的自动定向.....	235
14.4.1	边缘匹配.....	235
14.4.2	利用边缘特征点计算定向系数.....	236
14.5	利用边缘实体自动定向.....	237
14.5.1	相关的边缘特征.....	237
14.5.2	定向参数的计算.....	239
14.5.3	表面的计算.....	241
14.5.4	方案.....	242
14.6	无须影像匹配的定向参数计算.....	242
14.6.1	原理.....	242
14.6.2	通过试错法进行边缘匹配.....	244
14.7	小结.....	245
<b>第十五章</b>	<b>自动外定向</b> .....	248
15.1	直接定向与间接定向.....	249
15.2	背景.....	251
15.2.1	单幅影像后方交会.....	251
15.2.2	绝对定向.....	252
15.2.3	利用相对定向与绝对定向获取外方位元素.....	252
15.3	基于控制点的自动定向.....	253
15.3.1	控制点标志的自动识别.....	253
15.3.2	地形控制点的自动识别.....	254
15.4	基于控制特征的自动定向.....	255
15.4.1	提取的特征与控制特征之间的匹配.....	256
15.4.2	基于控制线计算定向参数.....	257
15.5	基于控制表面的自动定向.....	260
15.5.1	问题描述.....	260
15.5.2	解法.....	260
15.5.3	过程.....	263
15.6	小结.....	263

# 第一章 概 述

本章简单介绍数字摄影测量学以及本书所包含的内容。首先,简单介绍数字摄影测量的历史发展,并对一些术语进行了解释;然后,在概括地介绍了一般的数字摄影测量环境之后,介绍数字影像的概念及其与模拟影像的差异;最后,将数字摄影测量与相关学科进行了对比。

## 1.1 背景

数字摄影测量学飞速发展,成为摄影测量学的一个全新的分支学科。数字摄影测量学起源于20世纪50年代,但是直到20世纪80年代,随着电子学与计算机等先进技术(例如数码相机,并行处理技术,大容量储存设备)的出现,大量研究活动才真正开始。最近几年,数字摄影测量学得到快速发展。目前,一些数字摄影测量产品已经开始了商业化的推广和使用,例如,软拷贝工作站(softcopy workstations),自动DEM生成软件,数字正射影像生成等,这些只是其中一小部分。

图1.1描述的是摄影测量学的四个发展阶段,以及数字摄影测量学与摄影测量学其他领域的关系。

**开始阶段** 以1839年摄影技术的发明为标志。在这个阶段,地面摄影测量与气球摄影测量方面取得显著的成就。

**模拟摄影测量阶段** 以立体摄影测量的发明为标志。在两次世界大战期间,建立了航空测量技术的主要基础,至今仍在使用。摄影测量学成为一种高效的测量与制图技术。

**解析摄影测量阶段** 以计算机的发明为标志。计算机技术的发展很大程度上决定了摄影测量学的发展。表1.1叙述了计算机的发展阶段以及对摄影测量学的影响。

**数字摄影测量阶段** 该阶段处理的是数字影像而不再是模拟相片。只有第五代计算机(见表1.1)才拥有数字摄影测量阶段所需要的能够存储、检索、处理海量影像的软、硬件设备。

表 1.1 计算机的发展与摄影测量学科

发展阶段	硬件	软件	摄影测量学科
第一代	真空管	机器码	解析摄影测量 —空中三角测量 —相关匹配 —解析测图仪
第二代	晶体管 磁带存储	高级语言 (FORTRAN, COBOL)	

续表

发展阶段	硬件	软件	摄影测量学科
第三代	IC 存储 小型计算机 磁盘存储	分时 操作系统 虚拟内存	解析摄影测量 —空中三角测量 —相关匹配 —解析测图仪
第四代	微处理器, 个人电脑 VLSI(超大规模集成电路) 网络	新语言 PASCAL, MODULA RGS, DBMS	计算机辅助摄影测量
第五代	并行处理 RISC(精简指令计算机) VHSIC(特高速电路) 光学磁盘存储	软件工程方面的知识 专家系统 自然语言处理	数字摄影测量 —实时摄影测量

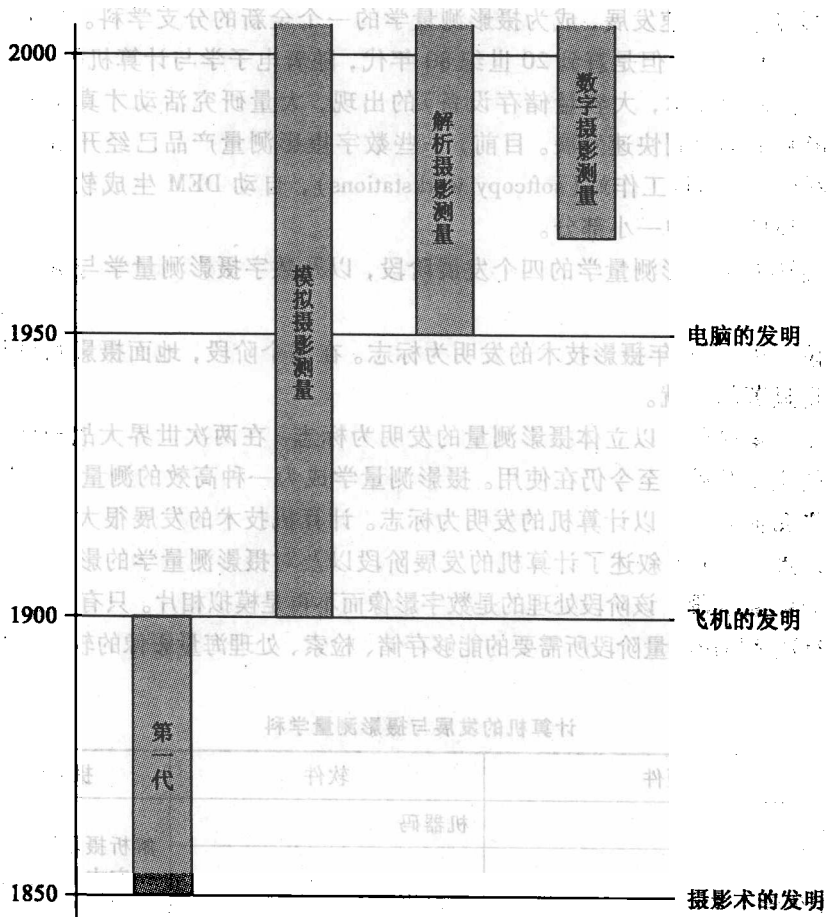


图 1.1 摄影测量学的发展



## 1.2 相关的术语

任何一种新技术在刚出现的时候,除可接受的定义外,都没有统一的术语标准,数字摄影测量也是如此。“数字摄影测量”这个术语也曾经是有争议的。在美国等国家称为“软拷贝摄影测量”,软拷贝是指数字影像的显示与处理。也许使用此术语的目的是想将数字摄影测量学与传统的使用硬拷贝(胶片和地图等)的摄影测量学分开。这种说法是有问题的,因为硬拷贝摄影测量这个概念根本就不存在。因为数字摄影测量这个术语较好地区分了与已被接受的模拟摄影测量、解析摄影测量的区别,所以更能让人接受。此外,数字摄影测量清楚地表明使用的是数字影像而不是模拟相片。在数字摄影测量的处理过程中有时并不需要软拷贝,但是总需要数字影像,这更能说明数字摄影测量这个术语用得恰到好处。

数字摄影测量与计算机视觉关系密切。同一术语在这两个学科中表述不尽相同,因而,不可避免地会产生两种不同的称谓。本小节将给出摄影测量术语和概念的参考。

数字摄影测量最重要的产品是软拷贝工作站(WS),或称为数字摄影测量工作站(DPW)。尽管有的学者认为这两个名字存在差异,但这里认为它们是可交换的。在本书中,数字影像是指存储在计算机中的图片(例如存储在软拷贝工作站里)。另外,相片或底片是指以模拟形式存在的图片。

最后一个要解释的是“自动”这个术语。我们经常会看到自动化系统或自动化处理。以DEM的自动生成为例,使用这个术语意味着软件产生一个DEM,只是偶尔需要人工干预操作。程序越完善,就越不需要人工干预。这里,“自动”不是指软件在没有任何人工干预下完全独立地完成所有工作。当看到“……自动生成80%的点”,应该理解成这种处理过程是在交互式的环境中进行的。如果一个处理过程真的达到100%的自动,不需要任何的人工干预,就是一种黑盒式处理过程,在此我更愿意称它为“自主”。

## 1.3 典型的数字摄影测量环境

图1.2描述了数字摄影测量环境。输入端是数字相机或者是可以把现有航空相片数字化的扫描仪。处理过程的核心位置是数字摄影测量工作站。输出端由一个胶片记录器和一个绘图仪组成,胶片记录器产生栅格数据格式的硬拷贝,绘图仪提供矢量数据格式的硬拷贝。

如图1.2所示,数字影像直接来源于数字相机,或者通过扫描现有的相片得到。数字航空相机最终会取代模拟航空相机,但目前扫描仪仍是一个重要的组成部分。扫描仪、数码相机与数字摄影测量工作站所使用的算法,一起决定了数字摄影测量产品的精度。

数字摄影测量工作站类似于一个普通的图像工作站,它还具备一些附加特征,比如立体显示、3D光标以及不断增加的存储容量,以支持处理整个项目的数字影像。