

[美] R.E. 戴维斯 等著

测量学理论与实践 上册

SURVEYING THEORY
AND
PRACTICE

测绘出版社

测量学理论与实践

上 册

[美] R.E.戴维斯等 著

郑州测绘学院测量学教研室 译

余 植 校

测 绘 出 版 社

内 容 提 要

《测量学理论与实践》全书共 21 章及 3 个附录。分上、下册出版。上册共 12 章。内容包括：测量学一般原理，测量结果与平差，内、外业一般知识，距离、高程、方向、角度、视距等基本的测量方法，导线、交会、三角或边角或三边测量作业方法，天文测量和现代定位系统等。

Raymond E. Davis, Francis S. Foote,
James M. Anderson, Edward M. Mikhail
SURVEYING, Theory and Practice
(SIXTH EDITION)
McGraw-Hill Book Company
New York, 1981

测量学理论与实践（上册）
[美] R.E. 戴维斯等 著
郑州测绘学院测量学教研室 译
朱植 校

测绘出版社出版
测绘出版社印刷厂印刷
新华书店总店科技发行所发行

*

开本 787×1092 1/16 · 印张 30.5 · 插页 1 · 字数 680 千字

1989 年 10 月第一版 · 1989 年 10 月第一次印刷

印数 1—1,200 册 · 定价 15.50 元

ISBN 7-5030-0214-X/P·84

前 言

本书这次再版，除保持前一版内容的连贯性和广泛性以外，并对全书作了许多有意义的修订。从而使本书既可作为教科书，又是一本对测量人员有益的参考书。鉴于近15年来测绘科学技术的不断发展和测量设备的不断更新，对本书前一版进行仔细审查并作适当修订已是势在必行。此次修订再版的出发点是：在内容上作适当的充实和调整，相对集中有关联的章节；严格区分测量与制图的界限。修订中，除保持原书的深度和广度外，主要增加了一些对测量和制图有影响的现代技术重大成就。

用途广泛的电子计算机就是这些新的技术成就之一，即从袖珍计算器到台式电子计算机和大型中心信息处理机(假定读者已经会用具有三角函数运算功能的袖珍计算器)。这些计算工具的大量采用，要求测量计算原理也要作某些根本性的改变，例如，计算尺、对数表和某些计算表格等均已过时，取而代之的将是用计算机直接处理测量中的代数和几何问题。这样既简明易懂，又快速可靠，有利于数值计算。掌握严密的观测理论和误差原理的概念是十分必要的，因为各类台式计算机上所使用的软件就是根据这些概念编制的。为此，整个第2章专门论述了测量中的观测和计算问题。另外，由于现代计算系统的功能和适应性，过去在普通测量中尽量回避的最小二乘法平差，现在已成为常规方法。用最小二乘法解决测量问题几乎是无所不能的，本版增加了附录B，专门介绍最小二乘法的有关内容。在进行严密平差时，读者如遇到疑难问题可查阅本书的第2章和附录B。

本版的另一特点就是采用矩阵代数来简要地描述测量中的线性关系，附录A专门介绍矩阵代数知识，虽然不甚完整，但应用于最小二乘法平差已绰绰有余，可供缺乏这方面知识的读者参考。

值得指出的是，本书还列举了大量的实际算例，介绍各种操作技术和数据处理方法。

本书共分五大部分：第一部分介绍一般原理，共三章。第1章是引言，介绍一些基本定义和测量与制图的区别；第2章介绍了观测理论、测量和计算中误差理论的一般原理；第3章是内、外业工作的一般情况介绍。

第4章至第7章为第二部分，详细介绍了一些最基本的测量方法。第4章为距离测量；第5章为高程测量和水准测量；第6章为方向和角度测量；第7章为视距仪和视距测量。这一部分我们注意了各章顺序的合理安排，使读者能够循序渐进地掌握这些最基本的测量技术、方法和操作技能。

第三部分包括第8章至第12章。接着第二部分继续介绍一些最基本的测量作业方法，在内容上不可避免地会与第二部分有少量重复。第8章为导线测量；第9章为交会法；第10章为三角测量和三边测量；第11章介绍天文测量。这几章反映了现代技术的一些最新成就和装备。各章中凡涉及到误差传播问题时，都应用了第2章中有关量测和误差的最新概念，并参照和引用了附录B中的最小二乘法平差法。教员可根据课程的要求适当选择讲授

内容的深度。

第三部分还新增加了一章现代定位系统，第12章是现代光电技术和空间技术重大发展的具体体现，其中介绍了三种最有前途的定位系统，即电子、惯性和多普勒系统，它们将给未来的测绘事业带来深远的影响。

如果说第二、三部分讲的是测量，则由第13、14两章组成的第四部分讲的就是制图。第13章为制图和地图编绘，简要的介绍了制图自动化和机助制图等新技术；第14章为一新增内容，主要介绍地图投影，这些内容虽不难在一般的测量与制图教科书中找到，但这里不仅侧重介绍了如何将地球曲面描绘成一幅地图的基本制图理论，而且还结合实际分别介绍了兰勃氏等角投影、横轴墨卡托投影和通用横轴墨卡托投影等平面坐标系的具体形式，并列举了大量实例，用以说明如何使用地图投影用表和地图投影的严密公式，而后者还包括公式的改进，以便于编制程序在电子计算机上进行投影变换。

最后为第五部分，其中各章分别介绍了七种类型的测量。第15章为控制测量和地形测量，它是以下各章的基础；第16章为摄影测量和制图，经大量修订，反映了该领域的一些重大发展；第17、18章分别为线路测量和建筑工程测量，经修订，分别介绍了一些新式的仪器和近代的作业方法；第19章为土地测量。最后两章是约请专家撰写的。第20章为矿山测量；第21章为水文测量。撰写这两章的专家都充分提供了各自领域里的最新资料。

本书基本上保留了以前各版的主要内容，但按现代观点对内容编排作了合理的调整，因此本书是一本适时的和最新的教科书。和前几版一样，每章末尾均附有习题并提供了参考文献目录。本书各章均以现代统计理论为基础对测量和误差进行了分析，其目的在于培养未来的测量工程师们具有正确处理测量数据的本领。当然，读者应当认识到，测量学归根结底是一门量测的科学。

致谢（略）

J.M. 安得逊 (James M. Anderson)

F.M. 米克海尔 (Edward M. Mikhail)

译 者 的 话

“测量学理论与实践”是目前在美国颇有权威性的一本专著，它涉及的内容广泛，论述详尽，并尽可能地反映了发达国家在此一领域的现状和水平，其中各章均由该专题方面造诣较深的美国或加拿大的著名学者编写，每隔若干年修订一次，在国际上也有一定的影响。

在我国，“测量学”教科书虽然为数不少，但都偏重于本专业的特点，像本书这样全面而系统的著作尚不多见。因此，我们热情地向广大读者推荐此书，一方面可以帮助读者了解当前发达国家在这一专业领域里的现状，另一方面也给广大测绘工作者提供了一本具有广泛适应性的参考书，其中有些内容如地籍测量等，可能会对我们正在开拓的事业有所帮助。

需要说明的是，原文书在叙述同一问题时，既使用米制同时又使用英制单位，这对于我国读者是多余的。为此，在不影响阅读的前提下已作了适当删除。

参加本书翻译的有：杨定国(前言，第11章)，宋其友(第17章)，万家贵(第10章)，江中芳(第3、7章)，宫同森(第14、15章，附录C)，王洧滨(第4章)，邓名星(第9、20章)，徐育康(第2章，附录A)，齐晓光(第13章)，崔卫平(第8、12章)，翟翊(第1、5、6章)，钱建刚(第16章)，蒋理兴(第19章)，吴川波(第18、21章)，西勤(附录B)。书中部分插图由王林英等绘制。

全书由崔卫平初校，杨定国二校，余植总校。

由于译者水平有限，疏漏或错误之处在所难免，望读者批评指正。

郑州测绘学院测量学教研室

一九八七年七月

目 录

第一篇 总 论

第 1 章 测量与制图	(1)
1.1 测量.....	(1)
1.2 测量的用途.....	(1)
1.3 地球椭球.....	(2)
1.4 大地测量.....	(4)
1.5 平面测量.....	(4)
1.6 测量作业.....	(5)
1.7 定义摘要.....	(5)
1.8 测量单位.....	(6)
1.9 测绘原图.....	(7)
1.10 地图投影.....	(7)
1.11 地图.....	(8)
1.12 测量精度.....	(9)
1.13 测量原理.....	(9)
1.14 测量实践.....	(9)
第 2 章 测量结果与平差	(11)
2.1 引言.....	(11)
2.2 观测值和模型.....	(11)
2.3 函数性模型和随机性模型.....	(12)
2.4 观测值和误差.....	(13)
2.5 粗差和错误.....	(13)
2.6 系统误差.....	(14)
2.7 系统误差、改正数和残差.....	(15)
2.8 消除系统误差举例.....	(15)
2.9 随机误差.....	(16)
2.10 概率函数.....	(17)
2.11 正态分布或高斯分布.....	(19)
2.12 期望.....	(20)
2.13 方差、协方差和相关系数.....	(21)
2.14 协方差、余因子和权矩阵.....	(22)

2.15	抽样	(23)
2.16	样本统计量的位置特征值	(25)
2.17	样本统计量的离散特征值	(25)
2.18	准确度和精密度	(27)
2.19	误差椭圆	(28)
2.20	误差传播	(29)
2.21	估计	(33)
2.22	最小二乘平差	(34)
2.23	结束语	(35)
2.24	习题	(36)
第 3 章	外业和内业	(38)
3.1	概述	(38)
3.2	测量的计划 and 设计	(38)
3.3	技术规定	(39)
3.4	现状图和控制点	(40)
3.5	仪器装备和作业方法的选择	(40)
3.6	计算方法和数据表示方法的选择	(41)
3.7	角度与距离的关系	(41)
3.8	定义	(44)
3.9	信号	(45)
3.10	仪器的维护 and 操作	(45)
3.11	仪器校正	(47)
3.12	外业资料	(48)
3.13	手簿	(49)
3.14	记簿	(50)
3.15	记录数据的其它方式	(50)
3.16	计算	(51)
3.17	检查	(51)
3.18	有效数字	(52)
3.19	计算设备	(54)
3.20	习题	(56)

第二篇 基础测量

第 4 章	距离测量	(58)
4.1	距离	(58)
4.2	步测	(59)
4.3	哩程记录器、里程表和其它量距方法	(59)

4.4	视距测量	(59)
4.5	钢尺量距	(60)
4.6	电子测距 (EDM)	(60)
4.7	测距方法的选择	(60)
4.8	卷尺	(61)
4.9	钢尺量距附件	(63)
4.10	在平坦地面上进行距离丈量	(64)
4.11	倾斜地面的水平距离丈量	(66)
4.12	斜距丈量	(68)
4.13	倾斜改正	(68)
4.14	θ 和 h 的精度要求	(70)
4.15	距离丈量的系统误差	(71)
4.16	钢尺长度不符合标准	(72)
4.17	钢尺不水平	(72)
4.18	温度变化	(72)
4.19	拉力变化	(72)
4.20	垂曲改正	(73)
4.21	标准拉力	(75)
4.22	丈量时的定线误差	(75)
4.23	丈量时钢尺不直	(76)
4.24	钢尺量距系统误差小结	(76)
4.25	合并改正	(77)
4.26	钢尺量距中的偶然误差	(77)
4.27	钢尺量距中的误差传播	(78)
4.28	钢尺量距中的粗差	(79)
4.29	电子测距	(80)
4.30	光电测距仪的基本原理	(82)
4.31	微波测距仪原理	(85)
4.32	电子测距仪的系统误差	(85)
4.33	大气状态对波速的影响	(86)
4.34	电子测距的仪器系统误差	(88)
4.35	光电测距的非线性影响	(89)
4.36	微波测距仪的地面反射误差	(90)
4.37	电子测距仪所测斜距的归算	(91)
4.38	长边的倾斜改正	(93)
4.39	用对向观测的垂直角进行倾斜改正	(94)
4.40	用高差进行长边归算	(96)

4.41	弦弧改正	(98)
4.42	光程差改正	(99)
4.43	电子测距可能达到的精度	(99)
4.44	习题	(100)
4.45	野外实习	(102)
第 5 章	垂直距离测量: 高程测量	(105)
5.1	定义	(105)
5.2	地球曲率和大气折光	(105)
5.3	测量方法	(106)
5.4	几何水准测量	(107)
5.5	三角高程测量	(107)
5.6	气压高程测量	(111)
5.7	水准仪的种类	(112)
5.8	望远镜	(113)
5.9	物镜	(113)
5.10	调焦	(114)
5.11	十字丝	(115)
5.12	目镜	(116)
5.13	望远镜的性能	(117)
5.14	管水准器	(117)
5.15	管水准器的灵敏度	(118)
5.16	放大率和灵敏度之间的关系	(119)
5.17	定镜水准仪	(119)
5.18	微倾水准仪	(120)
5.19	自动安平水准仪	(122)
5.20	大地测量水准仪	(123)
5.21	罗克手持水准仪	(123)
5.22	阿布雷手持水准测斜仪	(125)
5.23	水准标尺	(125)
5.24	直读标尺	(126)
5.25	视距标尺	(128)
5.26	游标	(128)
5.27	觇板	(129)
5.28	觇板标尺	(130)
5.29	标尺水准器	(130)
5.30	精密水准标尺	(130)
5.31	尺台	(132)

5.32	光学测微器	(133)
5.33	工程水准仪的安置	(134)
5.34	标尺读数	(134)
5.35	微差水准测量	(136)
5.36	水准点	(136)
5.37	定义	(137)
5.38	水准测量的步骤	(137)
5.39	前、后视距离平衡	(138)
5.40	微差水准测量的记簿	(139)
5.41	水准测量中常见的错误	(140)
5.42	水准测量中的误差	(140)
5.43	水准测量的误差传播	(143)
5.44	双标尺双转点水准测量	(145)
5.45	对向观测水准测量	(146)
5.46	三丝法精密水准测量	(146)
5.47	视准差改正	(148)
5.48	大地水准测量	(150)
5.49	正高改正	(152)
5.50	中间水准点的平差	(152)
5.51	不同水准路线的高程平差	(153)
5.52	水准网平差	(156)
5.53	断面水准测量	(157)
5.54	断面水准测量手簿	(158)
5.55	绘制断面图	(159)
5.56	水准仪的校正	(160)
5.57	定镜水准仪轴系理想的关系	(160)
5.58	定镜水准仪的校正	(160)
5.59	自动安平水准仪的校正	(162)
5.60	习题	(163)
5.61	野外实习	(167)
第6章	角度测量和方向测量	(169)
6.1	点的位置	(169)
6.2	子午线	(160)
6.3	真子午线	(171)
6.4	坐标网纵线	(171)
6.5	磁子午线	(171)
6.6	角度和方向	(172)

6.7	象限角	(172)
6.8	方位角	(172)
6.9	内角	(173)
6.10	外角	(174)
6.11	右折角	(174)
6.12	角度和方向的测量方法	(174)
6.13	罗盘	(175)
6.14	磁偏角	(177)
6.15	等磁偏线图	(177)
6.16	磁偏角的变化	(177)
6.17	磁偏角改正	(179)
6.18	局部引力	(189)
6.19	罗盘的用法	(180)
6.20	误差来源, 罗盘校正	(180)
6.21	经纬仪 (Theodolite and transit)	(182)
6.22	工程经纬仪 (Engineer's transit)	(182)
6.23	管水准器	(186)
6.24	望远镜	(186)
6.25	度盘	(187)
6.26	游标	(188)
6.27	游标偏心和度盘偏心	(189)
6.28	具有三个安平螺旋的经纬仪	(189)
6.29	经纬仪各轴之间的几何关系	(190)
6.30	经纬仪 (Theodolites)	(190)
6.31	数字经纬仪	(198)
6.32	工程经纬仪的用途	(199)
6.33	工程经纬仪的整置	(200)
6.34	三个安平螺旋经纬仪的整置	(201)
6.35	用工程经纬仪测量水平角	(202)
6.36	用复测经纬仪测量水平角	(204)
6.37	水平角测设	(204)
6.38	常见的错误	(204)
6.39	用复测法测量水平角	(205)
6.40	用方向经纬仪测定角度和方向	(208)
6.41	用方向经纬仪以复测法测角	(209)
6.42	用复测法进行角度测设	(209)
6.43	垂直角测量	(210)

6.44	双定心法观测垂直角	(212)
6.45	指标差	(212)
6.46	经纬仪的精确置平	(214)
6.47	经纬仪作业: 延长直线	(214)
6.48	通过障碍的直线延长	(215)
6.49	施测两点间的直线	(216)
6.50	工程经纬仪的校正: 理想关系	(217)
6.51	仪器校正	(218)
6.52	特殊校正	(221)
6.53	方向经纬仪和复测经纬仪的校正	(221)
6.54	角度和方向的测定误差: 概述	(222)
6.55	仪器误差	(222)
6.56	人差	(226)
6.57	天然误差	(227)
6.58	角度测量的误差传播	(227)
6.59	六分仪	(234)
6.60	用六分仪测角	(235)
6.61	习题	(235)
6.62	野外实习	(237)
第7章	视距仪和视距测量	(239)
7.1	概述	(239)
7.2	视距法	(239)
7.3	视距丝和视距标尺	(239)
7.4	视距原理	(239)
7.5	视距加常数	(241)
7.6	视距乘常数	(241)
7.7	倾斜视线	(241)
7.8	近似视距公式	(242)
7.9	视距计算	(243)
7.10	视距间隔的观测	(244)
7.11	比曼(Beaman)视距弧	(244)
7.12	高差	(246)
7.13	视距测量的用途	(247)
7.14	视距间接高程测量	(248)
7.15	视距测量的误差	(249)
7.16	视距测量的误差传播	(250)
7.17	自动归算视距仪	(252)

7.18	横基尺	(253)
7.19	平板照准仪	(255)
7.20	平板仪外业原图	(260)
7.21	平板仪的架设和定向	(260)
7.22	误差来源	(262)
7.23	平板照准仪的应用	(262)
7.24	习题	(262)

第三篇 测量作业

第8章	导线测量	(266)
8.1	概述	(266)
8.2	导线测量作业组	(266)
8.3	导线测量小组的仪器装备	(266)
8.4	导线点	(266)
8.5	导线测量的目的	(267)
8.6	导线的种类	(267)
8.7	外角导线	(268)
8.8	内角导线	(272)
8.9	右折角导线	(275)
8.10	方位角导线	(277)
8.11	罗盘仪导线	(278)
8.12	视距导线	(280)
8.13	平板仪导线	(283)
8.14	参考导线点	(284)
8.15	导线计算	(285)
8.16	附和导线的计算	(287)
8.17	闭合导线的计算	(289)
8.18	导线平差	(290)
8.19	用闭合差边长配赋法进行导线平差	(291)
8.20	平差后的距离和方位角	(293)
8.21	直角坐标计算	(294)
8.22	坐标变换	(299)
8.23	导线精度和误差传播	(299)
8.24	遗漏的观测量	(306)
8.25	土地面积的计算: 概述	(309)
8.26	测定面积的方法	(310)
8.27	根据三角形计算面积	(310)

8.28	根据坐标计算面积	(311)
8.29	根据双经线间距和纵坐标增量计算面积	(312)
8.30	不规则或弯曲地界的土地面积的计算	(314)
8.31	等间隔支距法: 梯形法则	(315)
8.32	等间隔支距法: 辛普森三分之一法则	(316)
8.33	弓形面积	(317)
8.34	土地划分	(319)
8.35	按指定方向作直线分割面积	(319)
8.36	过一已知点作直线分割出所需面积	(320)
8.37	沿给定方向作直线分割出所求面积	(320)
8.38	幅射测量	(324)
8.39	三维导线测量	(325)
8.40	习题	(327)
8.41	野外实习	(332)
第9章	交会法	(335)
9.1	用前方交会测定点的位置	(335)
9.2	前方交会的基线解法	(335)
9.3	按已知方位角解算交会点	(336)
9.4	有多余观测数据的前方交会	(339)
9.5	后方交会	(340)
9.6	后方交会计算	(340)
9.7	有多余观测数据的后方交会	(343)
9.8	平板仪前方交会	(343)
9.9	平板仪后方交会	(344)
9.10	平板的定向和后方交会	(344)
9.11	试凑法	(344)
9.12	透明纸法	(346)
9.13	习题	(347)
9.14	野外实习	(348)
第10章	三角测量与三边测量	(350)
10.1	引言	(350)
10.2	平面控制系统的精度	(350)
10.3	三角测量的图形	(351)
10.4	图形选择	(354)
10.5	三角测量的步骤	(354)
10.6	选点	(355)
10.7	三角测量的边、角条件	(355)

10.8	角条件	(355)
10.9	边条件	(356)
10.10	三角测量的误差传播	(359)
10.11	三角测量的图形强度	(361)
10.12	觇标与仪器支架	(365)
10.13	三角点标志	(366)
10.14	基线	(366)
10.15	用电子测距仪测量基线	(367)
10.16	用钢卷尺丈量基线	(367)
10.17	海平面归算	(379)
10.18	方向测量和角度测量	(370)
10.19	三角测量的计算	(372)
10.20	归心改正	(373)
10.21	球面角超	(374)
10.22	三角测量平差	(376)
10.23	点位坐标计算	(377)
10.24	图解三角测量	(389)
10.25	三边测量	(380)
10.26	三边测量的平差	(381)
10.27	边角网测量	(383)
10.28	习题	(384)
10.29	野外实习	(386)
第 11 章	天文测量简介	(389)
11.1	概述	(389)
11.2	天球	(389)
11.3	地球上测站点的位置	(391)
11.4	赤经赤道坐标系	(391)
11.5	时角赤道坐标系	(392)
11.6	赤道坐标系的比较	(393)
11.7	测量用天文表	(394)
11.8	地平圈球面坐标系	(394)
11.9	纬度、高度和赤纬之间的关系	(395)
11.10	地平坐标系与时角赤道坐标系相结合	(396)
11.11	PZS 三角形之解算	(396)
11.12	大距时天体的方位角和时角	(398)
11.13	拱极星任意位置的方位角	(399)
11.14	星体高度	(399)

11.15	太阳日和恒星日	(400)
11.16	民用(平太阳)时	(401)
11.17	视(真)太阳时	(402)
11.18	时差	(402)
11.19	恒星时	(403)
11.20	经度与时间的关系	(404)
11.21	标准时	(405)
11.22	方位角、经、纬度和时间:概述	(406)
11.23	角度测量	(407)
11.24	观测太阳	(407)
11.25	半径改正	(408)
11.26	观测太阳的步骤	(409)
11.27	视差改正	(411)
11.28	折光差改正	(411)
11.29	综合改正数	(412)
11.30	太阳的赤纬	(412)
11.31	太阳中天法测定纬度	(413)
11.32	直接观测太阳测定方位角	(415)
11.33	太阳中天法测定时间	(421)
11.34	太阳中天法测定经度	(422)
11.35	任意时刻太阳高度法测定时间和经度	(422)
11.36	观测星体:概述	(424)
11.37	北极星	(425)
11.38	北极星中天法测定纬度	(427)
11.39	北极星大距法测定方位角	(429)
11.40	北极星任意时角法测定方位角	(432)
11.41	观测其它星体	(433)
11.42	观测其它星体测定纬度	(435)
11.43	观测其它星体测定时间	(435)
11.44	测定经度	(438)
11.45	观测其它星体测定方位角	(438)
11.46	陀螺仪测定方位角	(438)
11.47	习题	(440)
11.48	野外实习	(442)
第12章	现代定位系统	(444)
12.1	引言	(444)
12.2	电子定位系统	(444)