

GEO-SPATIAL INFORMATION SCIENCE

● 高等学校测绘工程专业核心教材



普通高等教育“十一五”国家级规划教材

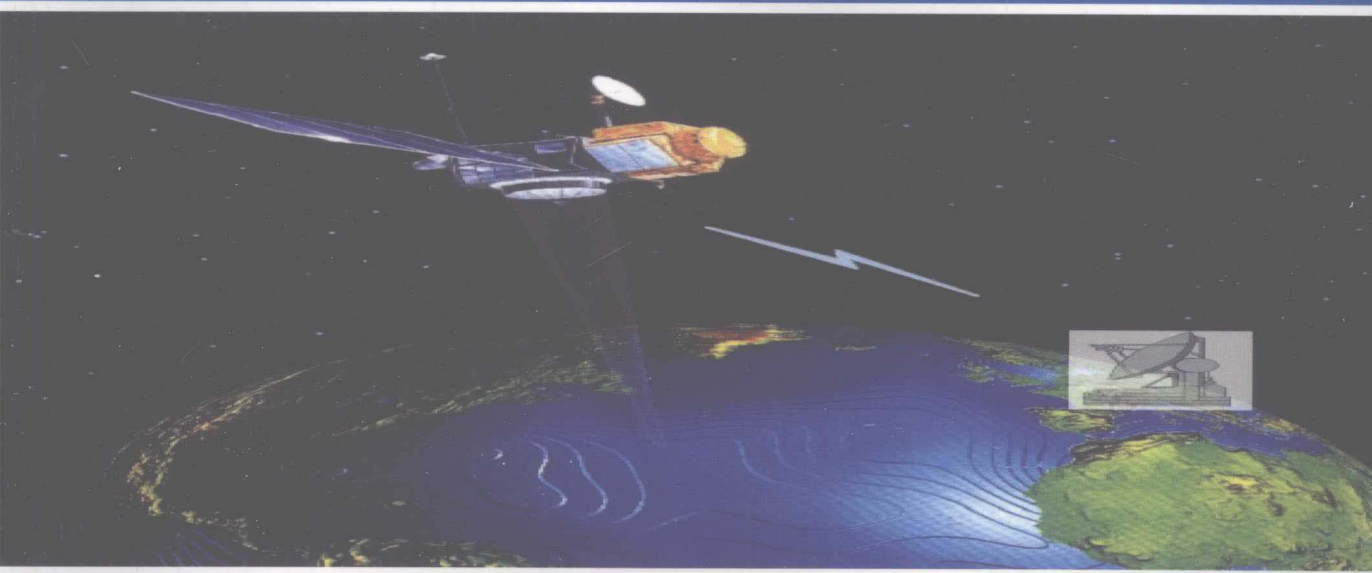
国家精品课程教材

(第二版)

测绘学概论

Introduction to Geomatics

宁津生 陈俊勇 李德仁 刘经南 张祖勋 等编著



WUHAN UNIVERSITY PRESS

武汉大学出版社

高等学校测绘工程专业核心教材



普通高等教育“十一五”国家级规划教材

国家精品课程教材

测绘学概论

(第二版)

宁津生 主编

编委：宁津生 陈俊勇 李德仁 刘经南
张祖勋 陶本藻 张正禄 龚健雅
何宗宜 赵建虎



WUHAN UNIVERSITY PRESS

武汉大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

测绘学概论/宁津生,陈俊勇,李德仁,刘经南,张祖勋等编著. —2版. —
武汉:武汉大学出版社,2008.5

高等学校测绘工程专业核心教材

普通高等教育“十一五”国家级规划教材

国家精品课程教材

ISBN 978-7-307-06139-2

I. 测… II. ①宁… ②陈… ③李… ④刘… ⑤张…[等]
III. 测绘学—高等学校—教材 IV. P2

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 015154 号

责任编辑:任 翔 责任校对:王 建 版式设计:支 笛

出版发行:武汉大学出版社 (430072 武昌 珞珈山)

(电子邮件:wdp4@whu.edu.cn 网址:www.wdp.com.cn)

印刷:武汉精一印刷有限公司

开本:787×1092 1/16 印张:20.5 字数:494千字 插页:2

版次:2004年10月第1版 2008年5月第2版

2008年5月第2版第1次印刷

ISBN 978-7-307-06139-2/P·134 定价:45.00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。

第二版前言

自 1998 年至今,《测绘学概论》这门课程在测绘工程及其相关的遥感科学与技术、地理信息系统和固体地球物理等专业,以及各种测绘管理干部和专业技术人员培训班、研讨班上整整教学了 10 年,受到了全国有测绘工程专业的高校师生和测绘生产、研究单位的测绘科技工作者的关注和好评。在此期间,这门课程的教材相继被国家教育部批准为“十五”、“十一五”国家级规划教材,课程在 2007 年被批准为国家精品课程。目前,《测绘学概论》这门课已经成为我国测绘类专业及其相关专业的一门重要的入门专业技术基础课程。

《测绘学概论》教材第一版是 2004 年在 6 年教学实践的基础上编著出版的。经过这 4 年的教学使用,我们也发现教材中还存在着一些不足之处,同时也征集到不少师生对此教材提出的许多中肯意见和宝贵建议。为此,我们决定修订此教材。

第二版教材的修订,我们主要顾及以下几个方面:密切关注学科前沿动态,补充了若干学科新进展、新内容;考虑到新生对测绘学知识知之甚少的特点,尽量使教学内容更加通俗易懂;鉴于课程的专业技术基础课性质,充分考虑新生的接受能力和程度,删除了第一版教材中一些相对繁琐的技术细节,更着重概念、动态、进展方面的阐述。另外,我们还准备将此课程讲授教师的多媒体课件(PPT)进行修改和完善后放到相关网站上,供广大教师和相关测绘科技工作者下载使用。

参加《测绘学概论》第二版的作者稍有变动,具体是:宁津生(编写第 1 章)、陈俊勇(编写第 2 章)、张祖勋(编写第 3 章)、何宗宜(编写第 4 章)、张正禄(编写第 5 章)、赵建虎(编写第 6 章)、刘经南(编写第 7 章)、李德仁(编写第 8 和第 11 章)、龚健雅(编写第 9 章)、陶本藻(编写第 10 章)。

编著者

2008 年 1 月于武汉大学

前 言

测绘学是一门古老的学科,有着悠久的历史。随着人类社会的进步、经济的发展和科技水平的提高,测绘学科的理论、技术、方法及其学科内涵也随之不断地发生变化。尤其是在当代,由于空间技术、计算机技术、通信技术和地理信息技术的发展,致使测绘学的理论基础、工程技术体系、研究领域和科学目标正在适应新形势的需要而发生深刻的变化。由“3S”技术(GPS,RS,GIS)支撑的测绘科学技术在信息采集、数据处理和成果应用等方面也正步入数字化、网络化、智能化、实时化和可视化的新阶段。测绘学已经成为研究对地球和其他实体的与空间分布有关的信息进行采集、量测、分析、显示、管理和利用的一门科学技术。测绘行业也逐渐成为信息行业中的一个重要组成部分。它的服务对象和范围已远远超出了传统测绘学比较狭窄的应用领域,扩大到国民经济和国防建设中与地理空间信息有关的各个领域。现代测绘学正向着当代刚刚兴起的一门新型学科——地球空间信息学(Geo-Spatial Information Science,简称 Geomatics)跨越和融合。

现代测绘学的上述发展和变化,也充分反映出学科的交叉和渗透。我国高等学校设置的测绘工程本科专业,是由传统测绘学中的几个分支学科专业综合而成的,体现了这种学科交叉和渗透。因此测绘工程专业的学科内容是丰富的,新技术的含量是很高的,在社会和经济发展中的地位是明显的。对于一个刚踏入高等学校大门的学生来说,他们最关心的莫过于他将要学习的是一个什么样的专业。我们之所以在测绘工程专业新生中开设这样一门“测绘学概论”课程,其目的就是让他们在入学之始还未接受专业教育之前就先了解测绘工程专业有哪些主要内容,要学习哪些理论和技术,它有怎样的学科地位和社会作用,对测绘工程专业有些概括性的了解,树立学习这门专业的信心,培养他们的学习兴趣,为今后的专业学习从思想认识上打下较稳固的基础。鉴于此,全国高等学校测绘学科教学指导委员会在研讨测绘工程专业的教学体系时将“测绘学概论”作为公共专业基础课程之一。它既是一门课程,也是进行专业教育的教材。这门课程首先列入武汉大学(原武汉测绘科技大学)测绘工程专业的教学计划,并安排了五位两院院士和五位教授分别主讲相关学科领域的教学内容。考虑到新生对测绘学的专业知识知之甚少,因此要求教师以通俗的语言和多媒体的教学方式向学生作科普性质的讲授,同时编写了相应的讲义。经过 6

年的教学,这门课程深受测绘工程专业新生的欢迎,教学效果是好的。现在在武汉大学,除了测绘工程专业,还有遥感科学与技术、地理信息系统、固体地球物理等专业也开设此课程。为配合教学,我们在6年教学实践的基础上,编著了这本教材,由武汉大学出版社出版发行。经全国高等学校测绘学科教学指导委员会申请,本教材被国家教育部正式批准为“十五”国家级规划教材。编著者们考虑到这本教材除了用于测绘工程专业的教学之外,为了使其使用范围更广一些,教材内容较之教学大纲的规定有所拓展,以便能适用于科研、生产和管理部门从事测绘专业的科技工作者和管理者学习参考。

参加本书编撰工作的有:宁津生(编写第一章)、陈俊勇(编写第二章)、张祖勋(编写第三章)、祝国瑞、何宗宜(编写第四章)、张正禄(编写第五章)、李明(编写第六章)、刘经南(编写第七章)、李德仁(编写第八章和第十一章)、龚健雅(编写第九章)、陶本藻(编写第十章)。

限于时间和编著者的水平,书中难免有不足之处,欢迎读者不吝指正。

编著者

2004年9月于武汉大学

目 录

第 1 章 总论	1
1.1 测绘学的基本概念与研究内容	1
1.1.1 测绘学的基本概念	1
1.1.2 研究内容	2
1.2 测绘学的历史发展	3
1.3 测绘学的学科分类	9
1.3.1 大地测量学	9
1.3.2 摄影测量学	11
1.3.3 地图制图学(地图学)	13
1.3.4 工程测量学	15
1.3.5 海洋测绘学	16
1.4 测绘学的现代发展	17
1.4.1 测绘学中的新技术发展	18
1.4.2 现代测绘新技术对测绘学科发展的影响	23
1.4.3 测绘学的现代概念和内涵	24
1.5 测绘学的科学地位和作用	25
1.5.1 在科学研究中的作用	25
1.5.2 在国民经济建设中的作用	25
1.5.3 在国防建设中的作用	25
1.5.4 在社会发展中的作用	25
第 2 章 大地测量学	27
2.1 概述	27
2.1.1 大地测量学的基本任务	27
2.1.2 大地测量学的作用与服务对象	28
2.1.3 大地测量学的现代发展	29
2.1.4 大地测量学的学科体系	29
2.2 大地测量系统与大地测量参考框架	30
2.2.1 大地测量坐标系统和大地测量常数	30
2.2.2 大地测量坐标框架	31
2.2.3 高程系统和高程框架	32
2.2.4 深度基准	33

2.2.5	重力系统和重力测量框架	33
2.3	实用大地测量学	34
2.3.1	实用大地测量学的任务与方法	34
2.3.2	国家平面控制网	34
2.3.3	国家高程控制网	37
2.3.4	国家重力控制网	39
2.4	椭球面大地测量学	39
2.4.1	椭球面大地测量学的基本任务	39
2.4.2	椭球面的大地线及其解算	40
2.4.3	高斯-克吕格投影与地形图分带	40
2.5	物理大地测量学	41
2.5.1	物理大地测量学的任务和内容	41
2.5.2	地球重力场	42
2.5.3	重力测量技术	42
2.6	卫星大地测量学	45
2.6.1	卫星大地测量学的内容、技术特点与作用	45
2.6.2	卫星激光测距技术	45
2.6.3	卫星测高技术	47
2.6.4	其他卫星大地测量技术	48
2.6.5	甚长基线干涉测量技术	49
2.7	大地测量的时间基准	50
2.7.1	时间系统	50
2.7.2	时间系统框架	51
2.8	我国近五十年大地测量的进展	52
2.8.1	20 世纪 50~70 年代	52
2.8.2	20 世纪 80 年代	53
2.8.3	20 世纪 90 年代	54
2.8.4	2000 年以来	54
第 3 章	摄影测量学	59
3.1	概述	59
3.1.1	由普通测量理解摄影测量	59
3.1.2	由人的双眼理解摄影测量	60
3.1.3	摄影测量的分类	62
3.1.4	摄影测量的三个发展阶段	66
3.1.5	摄影测量的两个基本组成部分	67
3.2	摄影测量的一些基本原理	67
3.2.1	影像与物体的基本关系	67
3.2.2	影像与地图的关系	68

3.2.3	摄影机的内方位元素	69
3.2.4	摄影机的外方位元素	70
3.2.5	共线方程	70
3.2.6	立体观测方法	71
3.3	恢复(确定)影像方位元素的方法	73
3.3.1	确定单张影像的外方位元素——空间后方交会	73
3.3.2	确定两张影像的外方位元素	74
3.3.3	航带、区域模型的建立与区域网平差	76
3.3.4	GPS 空中三角测量与 POS 系统的应用	77
3.4	数字摄影测量与影像匹配	78
3.4.1	数字摄影测量与数字影像	78
3.4.2	数字图像处理	79
3.4.3	影像匹配原理	80
3.4.4	立体像对的核线与一维匹配	82
3.5	摄影测量的应用	83
3.5.1	数字高程模型与等高线测绘	83
3.5.2	数字纠正、正射纠正	85
3.5.3	三维景观影像	86
3.5.4	基于影像的三维建模	88
3.5.5	城市建模	88
3.6	数字摄影测量与计算机视觉	89
3.7	数字摄影测量的发展与展望	90
3.7.1	信息获取的种类与方法	90
3.7.2	数字摄影测量理论的发展	90
3.7.3	数字摄影测量发展的展望	90
第 4 章	地图制图学	92
4.1	地图的基本概念	92
4.1.1	地图的特性	92
4.1.2	地图的内容	92
4.1.3	地图的分类	93
4.2	地图的数学基础	94
4.2.1	地图投影	94
4.2.2	地图定向	96
4.2.3	地图比例尺	96
4.3	地图语言	97
4.3.1	地图符号	97
4.3.2	地图色彩	98
4.3.3	地图注记	98

4.4	普通地图编制	99
4.4.1	普通地图要素的表示	99
4.4.2	普通地图的制图综合	101
4.4.3	普通地图设计	103
4.4.4	普通地图编制过程	103
4.5	专题地图编制	104
4.5.1	专题地图的分类	104
4.5.2	专题地图的表示方法	104
4.5.3	专题地图的设计与编制	107
4.6	卫星影像地图编制	107
4.7	地图集编制	108
4.7.1	地图集的特点	108
4.7.2	地图集的分类	109
4.7.3	地图集的设计与编制	109
4.8	电子地图	109
4.8.1	电子地图的特点	109
4.8.2	电子地图的技术基础	111
4.8.3	电子地图种类	111
4.8.4	电子地图设计	112
4.9	空间信息可视化	113
4.10	地图的应用	114
4.10.1	常规地图的应用	114
4.10.2	电子地图的应用	115
4.11	地图制图学的发展趋势	116
4.11.1	数字地图制图技术的发展	116
4.11.2	地图学新理论的不断探索	116
4.11.3	地图自动制图综合的发展趋势	117
4.11.4	空间信息可视化的发展趋势	117
第5章	工程测量学	119
5.1	概述	119
5.1.1	工程测量学的含义	119
5.1.2	工程测量学的发展概况	119
5.2	工程建设各阶段的测量工作	120
5.2.1	规划设计阶段	120
5.2.2	施工建设阶段	121
5.2.3	运行管理阶段	122
5.2.4	典型的工程测量问题	123
5.3	工程测量的仪器和方法	123

5.3.1	工程测量仪器	124
5.3.2	工程测量方法	127
5.4	工程控制网的布设	130
5.4.1	控制网的坐标系	130
5.4.2	控制网的作用和分类	130
5.4.3	控制网的设计	133
5.4.4	控制网的数据处理	135
5.5	施工放样与设备安装测量	135
5.5.1	施工放样概述	135
5.5.2	施工放样方法	136
5.5.3	曲线测设	138
5.5.4	三维工业测量	138
5.5.5	竣工测量	140
5.6	工程变形监测分析与预报	140
5.6.1	变形监测的目的和内容	140
5.6.2	变形监测方案设计	142
5.6.3	变形观测数据处理	142
5.6.4	变形观测资料整理和成果表达	143
5.7	不动产测绘	144
5.7.1	不动产测绘的概念	144
5.7.2	不动产测绘的内容	144
5.8	工程测量学的发展展望	148
第6章	海洋测绘	151
6.1	概述	151
6.1.1	海洋与海洋测绘	151
6.1.2	海洋测绘的特点及其与其他学科的关系	152
6.2	海洋测绘内容	153
6.2.1	海洋大地控制网	154
6.2.2	海洋重力测量	155
6.2.3	海洋磁力测量	157
6.2.4	海洋定位	158
6.2.5	水深测量与水下地形测量	161
6.2.6	海洋水文要素及其观测	165
6.2.7	海底地貌及底质探测	168
6.2.8	海洋工程测量	170
6.2.9	海洋地图绘制	170
6.2.10	海洋地理信息系统	172

第 7 章 全球卫星导航定位技术	174
7.1 概述	174
7.1.1 定位与导航的概念	174
7.1.2 定位需求与技术的发展过程	174
7.1.3 绝对定位方式与相对定位方式	175
7.1.4 定位与导航的方法和技术	176
7.1.5 组合导航定位技术	179
7.1.6 区域卫星导航定位技术	179
7.2 全球卫星导航定位系统的工作原理和使用方法	180
7.2.1 概述	180
7.2.2 GPS 全球定位系统的概念	181
7.2.3 GLONASS 全球卫星导航定位系统的概念	182
7.2.4 伽利略(GALILEO)全球卫星导航定位系统的概念	183
7.2.5 全球卫星导航定位的基本原理	184
7.2.6 全球卫星导航定位的主要误差来源	186
7.2.7 全球卫星导航相对定位原理和方法	186
7.2.8 GPS 技术的最新进展	189
7.3 全球卫星导航定位系统的应用	192
7.3.1 概述	192
7.3.2 GPS 定位技术在科学研究中的应用	193
7.3.3 GPS 定位技术在工程技术中的应用	195
7.3.4 GPS 定位技术在军事中的应用	198
7.3.5 GPS 定位技术在其他领域的应用	199
第 8 章 遥感科学与技术	202
8.1 遥感的概念	202
8.2 遥感的电磁波谱	203
8.3 遥感信息获取	206
8.3.1 遥感传感器	206
8.3.2 遥感平台	208
8.3.3 遥感数据的记录形式与特点	209
8.3.4 遥感对地观测的历史发展	211
8.3.5 主要的遥感对地观测卫星及其未来发展	213
8.4 遥感信息传输与预处理	217
8.4.1 遥感信息的传输	218
8.4.2 遥感信息的预处理	218
8.5 遥感影像数据处理	219
8.5.1 概述	219
8.5.2 雷达干涉测量和差分雷达干涉测量	219

8.6 遥感技术的应用	223
8.6.1 在国家基础测绘和建立空间数据基础设施中的应用	223
8.6.2 在铁路、公路设计中的应用	223
8.6.3 在农业中的应用	223
8.6.4 在林业中的应用	223
8.6.5 在煤炭工业中的应用	224
8.6.6 在油气资源勘探中的应用	224
8.6.7 在地质矿产勘查中的应用	225
8.6.8 在水文学和水资源研究中的应用	226
8.6.9 在海洋研究中的应用	227
8.6.10 在环境监测中的应用	228
8.6.11 在洪水灾害监测与评估中的应用	228
8.6.12 在地震灾害监测中的应用	229
8.7 我国航天航空遥感的主要成就	230
8.7.1 我国的航天遥感系统	230
8.7.2 我国的航空遥感技术	236
8.8 遥感对地观测的发展前景	236
8.8.1 航空航天遥感传感器数据获取技术趋向三多和三高	236
8.8.2 航空航天遥感对地定位趋向于不依赖地面控制	237
8.8.3 摄影测量与遥感数据的计算机处理更趋自动化和智能化	238
8.8.4 利用多时相影像数据自动发现地表覆盖的变化趋向实时化	238
8.8.5 航空与航天遥感在构建“数字地球”和“数字中国”中正在发挥愈来愈大的作用	238
8.8.6 全量化遥感方法走向实用	238
8.8.7 遥感传感器网络与全球信息网络走向集成	239
第9章 地理信息系统	241
9.1 地理信息系统的概念	242
9.1.1 地理现象及其抽象表达	242
9.1.2 地理信息系统的含义	245
9.1.3 地理空间对象的计算机表达	246
9.2 地理信息系统的硬件构成	247
9.2.1 单机模式	247
9.2.2 局域网模式	248
9.2.3 广域网模式	248
9.2.4 输入设备	250
9.2.5 输出设备	251
9.3 地理信息系统的功能与软件构成	251
9.3.1 概述	251
9.3.2 空间数据采集与输入子系统	252

9.3.3	图形及属性编辑子系统	253
9.3.4	空间数据库管理系统	254
9.3.5	空间查询与空间分析子系统	255
9.3.6	地图制图与输出子系统	256
9.4	地理信息系统的工程建设与应用	257
9.4.1	GIS 的应用系统开发	258
9.4.2	GIS 工程设计与建设	259
9.4.3	GIS 的主要应用领域	260
9.5	地理信息系统的起因与发展	263
9.5.1	地理信息系统的发展过程	263
9.5.2	当代地理信息系统的进展	264
第 10 章	观测误差理论与测量平差	270
10.1	概述	270
10.1.1	观测误差理论与测量平差的科学任务	270
10.1.2	观测(测量)	270
10.1.3	观测误差	271
10.1.4	测量平差的含义	273
10.2	观测误差理论	274
10.2.1	偶然误差的规律性及其统计分布	274
10.2.2	衡量精度的指标	275
10.2.3	不同精度观测的权	276
10.2.4	协方差与相关系数	277
10.2.5	误差传播	277
10.2.6	误差检验	278
10.3	测量平差	278
10.3.1	多余观测	278
10.3.2	平差模型	278
10.3.3	平差最优化准则	280
10.3.4	具有一个参数的平差问题	282
10.3.5	线性方程组的解算	283
10.4	近代测量平差及其在测绘学中的作用	283
10.4.1	近代测量平差综述	283
10.4.2	测量平差在现代测绘中的作用	284
第 11 章	地球空间信息学与数字地球	286
11.1	什么是数字地球	286
11.1.1	资源经济,资本经济和知识经济	286
11.1.2	数字地球的提出	286

11.2	数字地球的技术支撑·····	289
11.2.1	信息高速公路和计算机宽带高速网·····	289
11.2.2	高分辨率卫星影像·····	289
11.2.3	空间信息技术与空间数据基础设施·····	289
11.2.4	大容量数据存储及元数据·····	290
11.2.5	科学计算·····	290
11.2.6	可视化和虚拟现实技术·····	290
11.3	作为数字地球基础的地球空间信息科学·····	291
11.3.1	地球空间信息学的形成·····	292
11.3.2	地球空间信息科学的理论体系·····	293
11.3.3	地球空间信息学的技术体系·····	294
11.3.4	GPS、RS 与 GIS 的集成·····	295
11.3.5	从 4D 产品到 5D 产品——可量测实景影像的概念与应用·····	300
11.4	数字地球的应用·····	304
11.4.1	数字地球对全球变化与社会可持续发展的作用·····	304
11.4.2	数字地球对社会经济和生活的影响·····	304
11.4.3	数字地球与精细农业·····	304
11.4.4	数字地球与智能化交通·····	306
11.4.5	数字地球与数字城市·····	306
11.4.6	数字地球为专家服务·····	308
11.4.7	数字地球与现代化战争·····	308
11.4.8	数字地球走进千家万户·····	309
11.5	发展与展望·····	309
11.5.1	时空信息获取的天地一体化和全球化·····	309
11.5.2	时空信息加工与处理的自动化、智能化与实时化·····	310
11.5.3	时空信息管理和分发的网格化·····	311
11.5.4	时空信息服务的大众化·····	311

第1章 总 论

1.1 测绘学的基本概念与研究内容

1.1.1 测绘学的基本概念

测绘学起初的概念是以地球为研究对象,对其进行测定和描绘的科学。按照这样的概念,测绘就是利用测量仪器测定地球表面自然形态的地理要素和地表人工设施的形状、大小、空间位置及其属性等,然后根据观测到的这些数据通过地图制图的方法将地面的自然形态和人工设施等绘制成地图,如图 1-1 所示,其中(a)为利用小平板仪测绘地形图,(b)为实地和地形图的对应关系。一般情况下,这种概念的测绘工作限于较小区域的测量和制图,将地面当成平面,不考虑地球曲率的影响。但是地球表面并不是平面,测绘工作的范围也不限于较小的区域,尤其是测绘科学技术的应用领域不断扩大,其工作范围不仅是一个国家或一

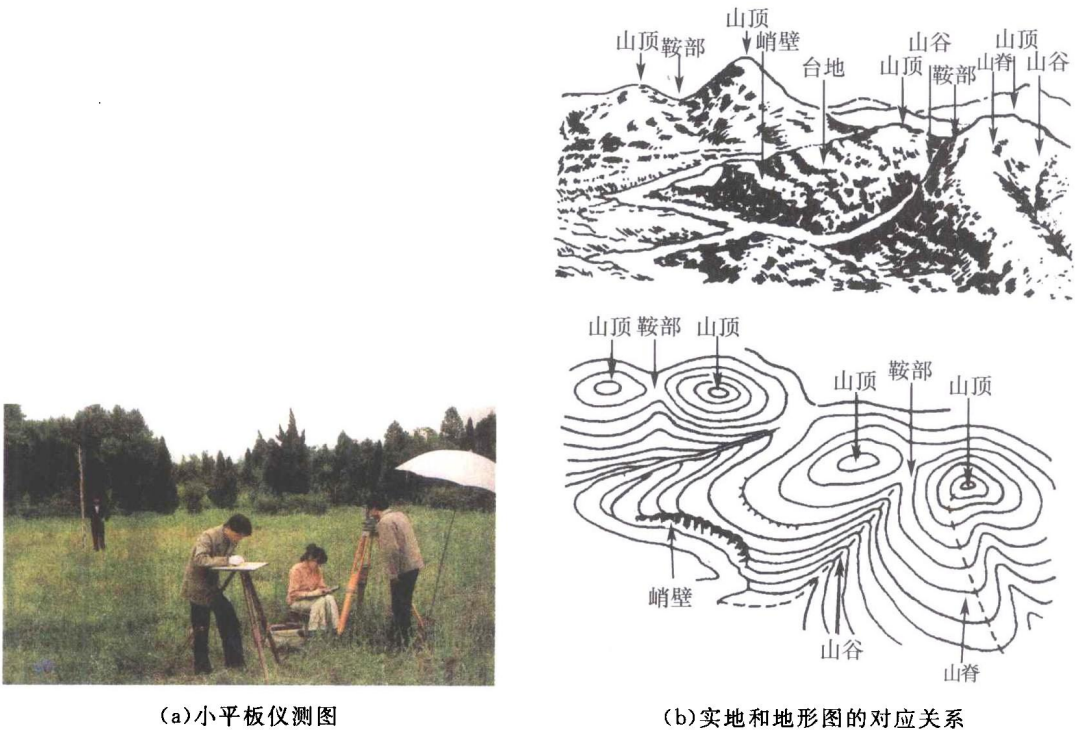


图 1-1 测绘学起初的概念

个地区,有时甚至需要进行全球的测绘工作。在这种情况下,测绘工作和测绘学所要研究的问题就不像上面所说的那样简单,而是变得复杂多了。此时,测绘学不仅研究地球表面的自然形态和人工设施的几何信息的获取和表述问题,而且还要把地球作为一个整体,研究获取和表述其几何信息之外的物理信息,如地球重力场的信息,以及这些几何和物理信息随时间的变化。随着科学技术的发展和社会的进步,测绘学的研究对象不仅是地球,还需要将其研究范围扩大到地球外层空间的各种自然和人造实体,甚至地球内部结构等。因此,测绘学的一个比较完整的基本概念应该是:研究测定和推算地面及其外层空间点的几何位置,确定地球形状和地球重力场,获取地球表面自然形态和人工设施的几何分布以及与其属性有关的信息,编制全球或局部地区的各种比例尺的普通地图和专题地图,为国民经济发展和国防建设以及地学研究服务。随着科学技术的发展,现时又出现了许多现代测绘新技术,使得测绘学的理论和方法及其应用范围发生了巨大的变化,与此相应地,测绘学又有了新的概念和含义,这在本章后面测绘学的现代发展中去阐述。从上面测绘学的基本概念中可以看出,测绘学主要研究地球的地理空间信息,同地球科学的研究有着密切的关系,因此测绘学可以说是地球科学的一个分支学科。

1.1.2 研究内容

从测绘学的基本概念可知,其研究内容是很多的,涉及许多方面。现仅就测绘地球来阐述其主要内容:首先,在已知地球形状、大小及其重力场的基础上建立一个统一的地球坐标系,用以表示地球表面及其外部空间任一点在这个地球坐标系中准确的几何位置。由于地球的外形接近一个椭球(称为地球椭球),所以地面上任一点的几何位置即用这一点在地球椭球面上的经纬度及其高程表示。这里要研究地球重力场理论、确定地球椭球参数、建立测绘基准和坐标系以及测定点的坐标等技术和方法。其次,有了大量的地面点的坐标和高程,就可以此为基础进行地表形态的测绘工作,其中包括地表的各种自然形态,如水系、地貌、土壤和植被的分布,也包括人类社会活动所产生的各种人工形态,如居民地、交通线和各种建筑物的位置。对于小面积的地表形态测绘工作可以利用普通的测量仪器,通过平面测量的方法直接测绘地形图;对于大面积地表形态的测绘工作,通常采用摄影方法,获得地表形态和人工设施空间分布的影像信息,根据摄影测量理论和方法,将地表形态和人工设施的影像信息用模拟的、解析的或数字的方式转变成各种比例尺的地形原图或形成地理数据库。第三,以上用测量仪器和测量方法所获得的自然界和人类社会现象的空间分布、相互联系及其动态变化信息,最终要以地图的形式反映和展示出来。为此要经过地图投影、综合、编制、整饰和制印,或者增加某些专门要素,形成各种比例尺的普通地图和专题地图。因此,传统地图学就是要研究地图制作的理论、技术和工艺。第四,各种经济建设和国防工程建设的规划、设计、施工和建筑物建成后的运营管理中,都需要进行相应的测绘工作,并利用测绘资料引导工程建设的实施,监视建筑物的形变。这些测绘工程往往要根据具体工程的要求,采取专门的测量方法。对于一些特殊的工程,还需要特定的高精度测量或使用特种测量仪器去完成相应的测量任务。第五,地球的表层不仅有陆地,而且还有70%的海洋,因此不仅要在陆地进行测绘,而且面对广阔的海洋也有许多测绘工作。在海洋环境(包括江河湖泊)中进行测绘工作,同陆地测量有很大的区别。主要是测量内容综合性强,需多种仪器配合施测,