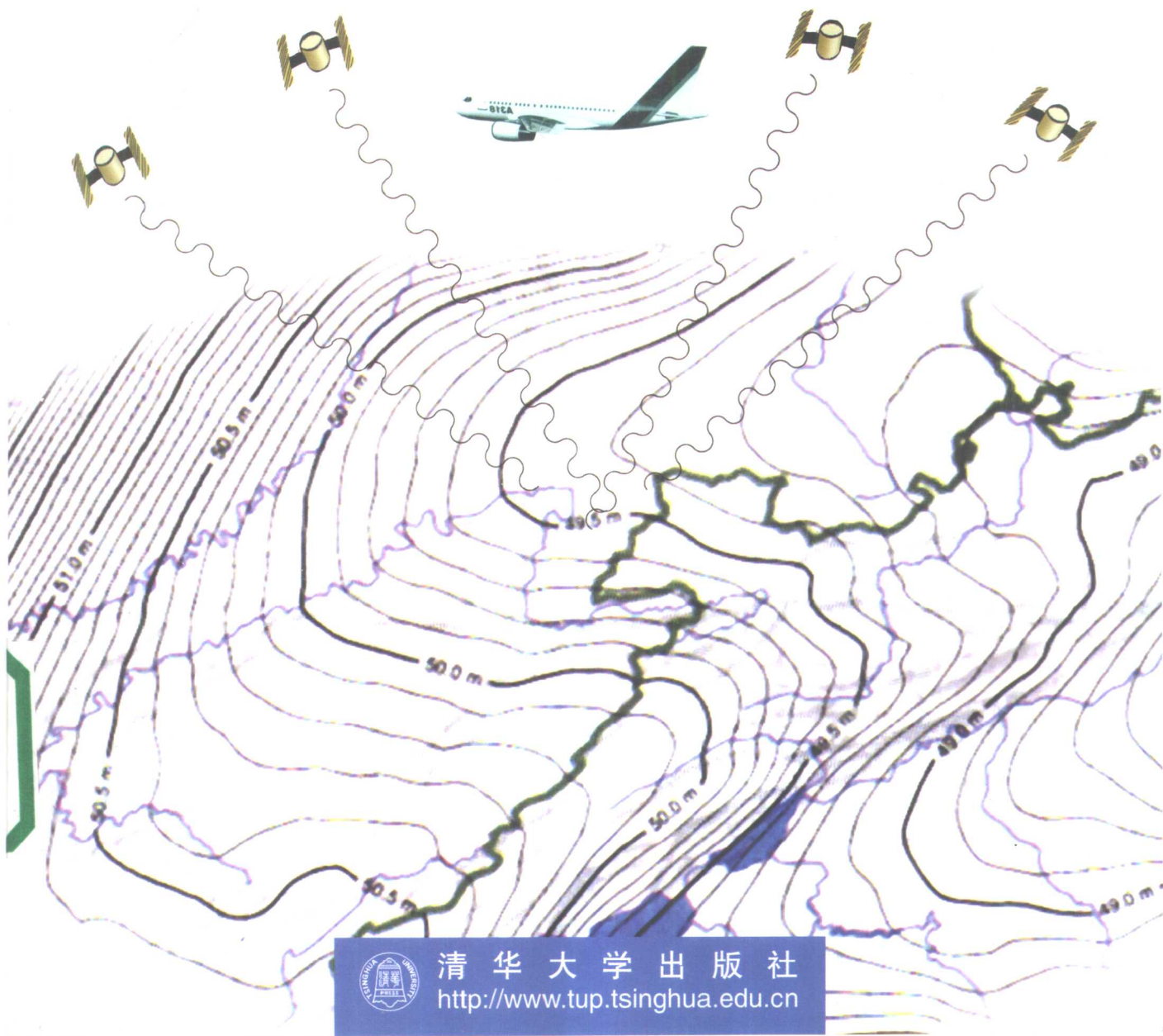


全国测绘教育系统重点教材

# 现代普通测量学

王 依 过静珺 主编



清华大学出版社  
<http://www.tup.tsinghua.edu.cn>

全国测绘教育系统重点教材

# 现代普通测量学

王 侬 过静琚 主编

清华大学出版社

(京)新登字 158 号

### 内 容 简 介

本书为高等院校土木工程类专业基础课“测量学”教材。全书共分十三章。第 1~2 章为测量基础知识;第 3~6 章为测量基本原理和方法,包括高程测量、角度测量、距离测量和误差分析;第 7~8 章为控制测量原理和方法;第 9~10 章为基础地理信息获取方法及地理空间信息的应用;第 11~13 章为施工测量方法及建筑物变形监测。

本书可作为高等院校土木建筑工程类、道桥类、农林类、地质矿产类、环境工程类等专业的本科生教材,也可作为有关工程技术人员的参考书。

书 名: 现代普通测量学

作 者: 王 依 过静琚 主编

出版者: 清华大学出版社(北京清华大学学研大厦, 邮编 100084)

<http://www.tup.tsinghua.edu.cn>

印刷者: 世界知识印刷厂

发行者: 新华书店总店北京发行所

开 本: 787×1092 1/16 印张: 20.75 字数: 476 千字

版 次: 2001 年 10 月第 1 版 2001 年 10 月第 1 次印刷

书 号: ISBN 7-302-04717-0/TU·165

印 数: 0001~5000

定 价: 24.50 元

# 前 言

面对 21 世纪教育改革的新发展,为了贯彻执行新的专业目录,全国高等学校测绘类专业教学指导委员会决定编写土木建筑类专业的测量学重点教材。我们受此委托,编写了《现代普通测量学》。

我们考虑,教材中首先要充实现代测绘新技术,如 GPS、GIS、RS、数字测图等有关内容,以及新的测绘仪器和设备,如全站仪、陀螺经纬仪、智能经纬仪、数字水准仪等内容,使土木建筑类专业的学生不但能了解当前测绘科学发展的现状,更能结合专业的要求,拓宽视野,开阔思路,更好地应用测绘新技术为其专业服务。

当前正处于新老测绘技术的转换时期,现代测绘科学的技术和理论正在积极地被开发应用,传统的测绘技术也仍在使用。如果在教材中只追求新技术的充实,过多地删除传统的测绘内容,那么,仍然会脱离当前教学和生产的实际,达不到教学改革的目的。因此我们力图在充实新技术的同时,仍保留必要的传统内容。对陈旧的和今后使用较少的内容,如小平板仪、小三角锁、图解法测图等,要删简、压缩。

本教材主要用于新的土木建筑类专业的教学。但是,该专业面已经拓宽,如建筑工程、城镇建设、交通土建、矿井建设等,都属于土建类专业的范畴。因此对书中的基本部分要尽量统一,专业部分可求同存异,专业需要的内容可从教材中选取讲授。为适应上述两方面的要求,在尽量压缩篇幅的情况下,内容也有所增多。

本教材力图以点位的确定为中心,以数字化测量为主线,以测绘新概念、新技术、新仪器为重点进行叙述;明确非测绘专业测量学课程的特点,试求建立由浅入深,先易后难,循序渐进的教材体系,同时又力求符合生产程序。本书内容包括两大部分,前六章以点位为中心,讲述三个元素的单项测定和基本概念,7、8、9 三章介绍点位信息的综合采集和管理,第 10 章是在以上各章的基础上,阐述地理空间信息的应用知识,以上十章属基本部分;第 11、12、13 三章结合专业的施工测量,属专业部分。为了适应有关专业的需要,还编写了航空摄影与遥感、地籍测量的基本知识列于附录中。在每章的最后还附有习题与思考题,便于学生自学和练习。

本教材由王依、过静珺主编,季如进、高飞参加编写。编写分工是:王依编写第 1、10、11、12 章;过静珺编写第 2、5、8 章及附录 A;季如进编写第 6、7、13 章及附录 B;高飞编写第 3、4、9 章。为了集思广益,曾两次在全国测绘教育委员会组织的测量学教学改革研讨会上征求对本书的意见,我们得到了兄弟院校同行们的支持和帮助;在编写过程中得到了宁津生院士的多次指导,在此深表感谢。

本书由陶本藻教授、王大武教授审稿,陶本藻教授复审。他们在审稿过程中提出了宝贵的意见和建议,为提高书稿的质量起了重要作用,在此深表谢忱。

本书由许先琳同志绘制了插图,由吴兆福、刘光鑫、郁青等同志协助打印书稿;合肥工业大学教材科的同志给予了各方面的支持,在此一并表示衷心感谢。

由于编者水平有限,教学改革经验不足,教材中的缺点错误在所难免,请读者不吝指正。

编者

2000年12月

# 目 录

前言 .....	I
<b>第 1 章 绪论</b> .....	1
1.1 测绘学与测量学 .....	1
1.2 测绘学的发展现状 .....	2
1.3 现代测绘学的广泛应用和在土木工程中的作用 .....	6
1.4 学习测量学的目的和要求 .....	7
习题与思考题 .....	7
<b>第 2 章 测量学的基础知识</b> .....	8
2.1 地球的形状和大小 .....	8
2.2 地球椭球 .....	10
2.3 地面点位的确定 .....	11
2.4 测量中常用的坐标系统与坐标系间的坐标转换 .....	12
2.5 地面点的高程 .....	19
2.6 用水平面代替水准面的限度 .....	20
2.7 测量工作的基本概念 .....	22
习题与思考题 .....	24
<b>第 3 章 水准测量</b> .....	26
3.1 水准测量原理 .....	26
3.2 水准仪及其使用 .....	27
3.3 自动安平水准仪及数字水准仪 .....	34
3.4 水准测量方法 .....	37
3.5 微倾式水准仪的检验与校正 .....	43
3.6 水准测量误差的分析及注意事项 .....	45
习题与思考题 .....	47
<b>第 4 章 角度测量</b> .....	50
4.1 角度测量原理 .....	50
4.2 经纬仪及角度观测 .....	51
4.3 经纬仪的检验与校正 .....	61

4.4	精密电子经纬仪的测角原理	64
4.5	角度测量误差分析及注意事项	68
	习题与思考题	71
<b>第5章</b>	<b>距离测量与直线定向</b>	<b>74</b>
5.1	钢尺量距	74
5.2	视距测量	80
5.3	红外测距仪及全站仪	84
5.4	直线定向	93
	习题与思考题	97
<b>第6章</b>	<b>测量误差及数据处理的基本知识</b>	<b>99</b>
6.1	概述	99
6.2	测量误差的种类	100
6.3	偶然误差的特性及其概率密度函数	102
6.4	衡量观测值精度的指标	104
6.5	误差传播定律	108
6.6	同精度直接观测平差	111
6.7	不同精度直接观测平差	115
6.8	最小二乘法原理及其应用	119
	习题与思考题	122
<b>第7章</b>	<b>控制测量</b>	<b>124</b>
7.1	控制测量概述	124
7.2	导线测量	128
7.3	边角网测量	136
7.4	控制点加密	139
7.5	三、四等水准测量	142
7.6	三角高程测量	145
	习题与思考题	148
<b>第8章</b>	<b>全球定位系统的定位技术</b>	<b>151</b>
8.1	概述	151
8.2	全球定位系统的组成	152
8.3	GPS 卫星定位的基本原理	157
8.4	GPS 接收机及其工作原理	162
8.5	GPS 测量实施	165
	习题与思考题	171

<b>第 9 章 基础地理信息采集及成图方法</b> .....	172
9.1 基础地理信息概述 .....	172
9.2 地形图的基本知识 .....	175
9.3 大比例尺地形图的传统测绘方法 .....	188
9.4 数字化测图方法 .....	193
9.5 普通地形图的数字化 .....	206
习题与思考题.....	212
<b>第 10 章 地理空间信息的应用</b> .....	213
10.1 概述.....	213
10.2 地形图应用的基本知识.....	214
10.3 面积量算.....	216
10.4 在地形图上按一定方向绘制断面图.....	219
10.5 地形图在平整场地中的应用.....	220
10.6 地理信息系统在城市管理中的应用.....	222
习题与思考题.....	227
<b>第 11 章 土木建筑工程中的施工测量</b> .....	228
11.1 施工测量概述.....	228
11.2 测设的基本内容和方法.....	229
11.3 施工控制网.....	238
11.4 建筑施工测量.....	246
11.5 线路测量.....	253
11.6 竣工测量与竣工图的编绘.....	266
习题与思考题.....	267
<b>第 12 章 隧道工程测量</b> .....	269
12.1 隧道工程地面控制测量.....	269
12.2 地上、地下联系测量 .....	271
12.3 隧道的施工测量.....	282
12.4 隧道(巷道)的贯通测量.....	287
习题与思考题.....	290
<b>第 13 章 建(构)筑物变形观测与动态位移监测</b> .....	291
13.1 概述 .....	291
13.2 建筑物的沉降观测 .....	293
13.3 建筑物的水平位移观测 .....	296



13.4 建筑物的倾斜观测与裂缝观测 .....	298
13.5 结构物的动态位移监测 .....	300
习题与思考题.....	302
<b>参考文献</b> .....	<b>304</b>
<b>附录 A 航空摄影测量与遥感概述</b> .....	<b>305</b>
<b>附录 B 地籍测量的基本概念</b> .....	<b>314</b>

# 第 1 章 绪 论

## 1.1 测绘学与测量学

测量学与制图学统称为测绘学。测绘学研究的对象是地球整体及其表面和外层空间中的各种自然物体和人造物体的有关信息。它研究的内容是对这些与地理空间有关的信息进行采集、处理、管理、更新和利用。它既要研究测定地面点的几何位置、地球形状、地球重力场,以及地球表面自然形态和人工设施的几何形态;又要结合社会和自然信息的地理分布,研究绘制全球和局部地区各种比例尺的地形图和专题地图的理论和技術。前者 and 后者构成测绘学。由此可见,测量学是测绘学科的重要组成部分。

### 1.1.1 测绘学研究的对象

传统的测量学研究的对象是地球及其表面,但随着现代科学技术的发展,它已扩展到地球的外层空间,并且已由静态对象发展到观测和研究动态对象;同时,所获得的量既有宏量,也有微量。使用的手段和设备,也已转向自动化、遥测、遥控和数字化。

### 1.1.2 测绘学的分科

伴随着社会的进步,科学技术的发展,各方面对测量的要求不断变化和提高,测量学的分科也越来越细,诸如以下学科:

#### 1. 大地测量学

研究和测定地球的形状、大小和地球重力场,以及测定特定地面上点的空间位置。

大地测量学分几何大地测量学、物理大地测量学和卫星大地测量学(或空间大地测量学)三个分支学科。几何大地测量学是以一个与地球外形最为接近的几何体(旋转椭球)代表地球形状,用天文方法测定该椭球的形状和大小。物理大地测量学是研究用物理方法测定地球形状及其外部重力场的学科。卫星大地测量学是利用人造地球卫星进行地面点定位及测定地球形状、大小和地球重力场的理论、方法的学科。现代大地测量学是综合利用几何、物理、空间大地测量的理论和方法,解决大地测量学中各种问题的学科。摄影测量与遥感学是研究用摄影和遥感的手段,获取被测物体的信息,进行分析、处理,以确定物体的形状、大小和空间位置,并判定其属性的科学。摄影测量与遥感学分为地面摄影测量、航空摄影测量学和航天遥感测量学。

#### 2. 工程测量学

研究工程建设和资源开发中,在规划、设计、施工和运营管理各个阶段进行的控制测量、地形测绘和施工放样、变形监测的理论、技术和方法的学科。由于建设工程的不同,工程测量学又分为矿山测量学、水利工程测量学、公路测量学、铁道测量学,以及海洋工程测

量学等；又由于工程的不同，精度要求的不同，而有精密工程测量学、特种精密工程测量学等。

### 3. 地图制图学(地图学)

研究地图的编制和应用的学科。它研究用地图图形信息反映自然界和人类社会各种现象的空间分布、相互联系及其动态变化。

### 4. 海洋测绘

是研究以海洋水体和海底为对象所进行的测量和海图编制理论、方法的学科。

### 5. 测量学

研究对地球表面局部地区进行测绘工作的基本理论、工作方法、技术和应用的学科。其内容包括图根控制网的建立、地形图测绘及一般工程的测设。

也有人称地形测量学为测量学。但这种测量学只是为测量地球局部的形状和绘制地形图服务，不包括其他内容。

普通测量学是研究地球局部地区，不考虑地球曲率的影响，使用常规测量仪器设备，进行测定和测设所涉及的测量理论和技术的学科。本教材为现代普通测量学，是在普通测量学的基础上，增加了现代测量科学技术的内容，故名。同时，又根据土木建筑工程专业的要求，充实了部分工程测量的内容，以满足土木建筑工程类专业的要求。

## 1.2 测绘学的发展现状

### 1.2.1 测绘学的发展简史

科学的产生和发展是由生产决定的。测绘科学也不例外，它是人类长期以来，在生活和生产方面与自然界斗争的结晶。由于生活和生产的需要，人类社会在远古时代，测量工作就被用于实际。早在公元前 21 世纪夏禹治水时，已使用了“准、绳、规、矩”四种测量工具和方法；埃及尼罗河泛滥后在农田的整治中也应用了原始的测量技术。

在天文测量方面，远在颛顼高阳氏(公元前 2513—前 2434 年)便开始观测日、月、五星，来定一年的长短，战国时已首先制出了世界最早的恒星表。秦代(公元前 246—前 207 年)用颛顼历定一年的长短为 365.25 天，与罗马人的儒略历相同，但比其早四五百年。宋代的《统天历》，一年为 365.242 5 日，与现代值相比，只有 26 秒的误差，可见天文测量在古代已有很大发展。古代创制了浑天仪、圭、表和复矩等仪器，用于天文测量。

在研究地球形状和大小方面，在公元前就有人提出丈量子午线上的弧长，以推断地球的大小、形状。我国于唐代(公元 724 年)在僧一行主持下，实量河南白马到上蔡的距离和北极高度角，得出子午线 1 度的弧长为 132.31km，为人类正确认识地球作出了贡献。17 世纪末，牛顿和惠更斯从力学的观点，提出地球是两极略扁的地扁说，从此与地圆说展开了一场大论战，直至 1739 年经过弧长测量才证实了地扁说的正确性，纠正了长期以来的地圆说，为正确地认识地球奠定了理论基础。1743 年，法国克莱洛论证了地球几何扁率与重力扁率之间的关系，为物理大地测量打下了基础。1849 年，斯托克斯提出利用重力观测资料确定地球形状的理论，之后又提出了用大地水准面代表地球形状，从此确认了

大地水准面比椭球面更接近地球的真实形状的观念。

17世纪以来,在资产阶级革命的推动下,生产力有所发展。为了满足生产力发展的需要,科学技术发展迅速。望远镜的应用,为测绘科学的发展开拓了光明前景,使测量方法、测量仪器有了重大的改变,三角测量方法的创立,大地测量的广泛开展,对进一步研究地球的形状和大小,以及测绘地形图都起了重要作用;同时,在测量理论方面也有不少创新,如高斯的最小二乘法理论和横圆柱投影理论,就是其中的重要例证,一直使用至今。地(形)图是测绘工作的重要成果,是生产和军事活动的重要工具。最早于公元前20世纪之前,有人已用陶片作为载体,有的用柳条做模型制作地图,说明地图早已被人们所重视。我国最早的记载是夏禹将地图铸于九鼎上,这已是地图的雏形。公元前7世纪,春秋时期管仲著的《管子》一书中已论述地图;平山县发掘出土的春秋战国时期的“兆域图”,已经表示了比例和符号的概念;在湖南长沙马王堆发现公元前168年的长沙国地图和驻军图,地物、地形和军事要素已有表示。公元2世纪,古希腊的托勒密在《地理学指南》一书中,首先提出了用数学的方法将地球表象描绘成平面图的问题,已经提出了原始的地图投影的问题。公元224—271年,我国西晋的裴秀总结了前人的制图经验,拟定了小比例尺地图的编制法规,称《制图六体》,是世界上最早的制图规范之一。此后历代都编制过多种地图,由此足以说明地图的测绘已有较大发展。但是,测绘工作仍用手工业生产方式。1903年飞机的发明,使航空摄影测量成为可能,不但使成图工作提高了速度,减轻了劳动强度,而且改变了测绘地形图的工作现状,为由手工业生产方式向自动化方式转化开创了光明的前景。

忆往昔,测绘科学技术的发展也和其他科学技术的发展一样,由原始的、落后的方式,经漫长的人类社会发展的历程,一步步发展起来。是生产促进了测绘科学的发展,同时测绘科学技术又为发展生产力创造了条件。

### 1.2.2 现代测绘学的发展现状

20世纪中叶,新的科学技术得到了快速发展,特别是电子学、信息学、电子计算机科学和空间科学等,在其自身发展的同时,给测绘科学的发展开拓了广阔的道路,创造了发展的条件,推动着测绘技术和仪器的变革和进步。测绘科学的发展很大部分是从测绘仪器发展开始的,然后使测绘技术发生重大的变革。1947年,光波测距仪问世,60年代激光器作为光源用于电磁波测距,使长期以来艰苦的手工业生产方式的测距工作,发生了根本性的变革,彻底改变了大地测量工作中以测角换算距离的面貌,因此除用三角测量外,还可用导线测量和三边测量。随着光源和微处理机的问世和应用,使测距工作向着自动化方向发展。氦氖激光光源的应用使测程达到60公里以上,精度达到 $\pm(5\text{mm}+5\times 10^{-6}D)$ 。固体激光器的应用使测程大大加大,因此测月、测卫工作得以实现。80年代开始,多波段(多色)载波测距的出现,抵偿、减弱了大气条件的影响,使测距精度大大提高。ME5000测距仪达到 $\pm(0.2+0.1\times 10^{-6}D)$ 的标称精度。与此同时,砷化钾发光管和激光光源的使用,使测距仪的体积大大减小,重量减轻,向着小型化大大迈进了一步。

除了光波测距以外,微波测距也有很大发展,80年代之后,全自动化的微波测距仪CA—100、WM—20等已用于军事等部门。

测角仪器的发展也十分迅速,它和其他仪器一样,随着科学技术的进步而发展,从金属度盘发展为光学度盘。近 20 年来,伴随着电子技术、微处理机技术的广泛应用,经纬仪已使用电子度盘和电子读数,且能自动显示、自动记录,完成了自动化测角的进程,自动测角的电子经纬仪问世,并得到应用。同时,电子经纬仪与测距仪结合,形成了电子速测仪(全站仪)。其体积小,重量轻,功能全,自动化程度高,为数字测图开拓了广阔前景。最近又推出了智能经纬仪,连瞄准目标也可自动化。从此将结束测角、测距手工业生产方式的漫长历史。

20 世纪 40 年代,自动安平水准仪的问世,标志着水准测量自动化的开端。之后,又发展了激光水准仪、激光扫平仪,为提高水准测量的精度和开拓广泛的用途创造了条件。近年来,数字水准仪的诞生,也使水准测量中的自动记录、自动传输、存储和处理数据成为现实。它和经纬仪一样,也可自动选取目标进行观测。

由于以上这些先进测量仪器的生产和应用,使测量工作向着自动化、电子化方向发展,减轻了劳动强度,提高了工作效率,并且使野外工作大大减少,因而改善了测绘工作艰苦的环境。

20 世纪 80 年代,全球定位系统(GPS)问世,采用卫星直接进行空间点的三维定位,引起了测绘工作重大变革。由于卫星定位具有全球、全天候、快速、高精度和无需建立高标等优点,被广泛用在大地测量、工程测量、地形测量及军事的导航、定位上。世界上很多国家为了使用全球定位系统的信号,迅速进行了接收机的研制。从 70 年代到现在,已有百余厂家研制了一二百种精度不同、类型不同的仪器。现已生产出第五代产品,它体积小,功能全,重量轻。

除了美国研制 GPS 定位系统外,前苏联研制了 GLONASS 定位系统,还有欧洲空间局的全球卫星导航系统(NAVSAT)、原西德的全球无线电导航系统(GRANAS)等也都开展了工作。

我国也在进行卫星导航定位系统的研究,所研制的双星定位系统已有很大进展,不久即可问世;另外,全球定位系统 GPS 的应用研究,进展很快,做出了很好的成果。

20 世纪 70 年代,除了用飞机进行航空摄影测量测绘地(形)图外,还通过人造地球卫星拍摄地球照片,监测自然现象的变化,并且利用这些卫片测绘地图,其精度逐步提高。近年来,已改变了过去摄影测量的方式,用数字摄影测量技术进行测量工作,使摄影测量的成果稳定、可靠,并且自动化程度高,还可与计算机组成一个系统,易于完成地图的生产、使用、修改和换代。

由于测绘仪器的飞速发展和计算机技术的广泛应用,地面的测图系统,由过去的传统测绘方式发展为数字测图。所以地形图是由数字表示的,用计算机进行绘制和管理既便捷,又迅速,精度可靠。

### 1.2.3 我国测绘事业的发展

我国近代测绘科学的发展从中华人民共和国成立后才进入了一个崭新的阶段。1956 年成立了国家测绘总局,建立了测绘研究机构,组建了专门培养测绘人才的院校。各业务部门也纷纷成立测绘机构,党和国家对测绘工作给予了很大的关怀和重视。

在测绘工作方面,建立和统一了全国坐标系统和高程系统,建立了全国的大地控制网、国家水准网、基本重力网,完成了大地网和水准网的整体平差;完成了国家基本图的测绘工作;进行了珠峰和南极长城站的地理位置和高程的测量;各种工程建设的测量工作也取得显著成绩,如长江大桥、葛洲坝水电站、宝山钢铁厂、正负电子对撞机和同步辐射加速器、核电站等大型和特殊工程的测量工作。出版发行了地图 1 600 多种,发行量超过 11 亿册。在测绘仪器制造方面从无到有,发展迅速,已生产了多种不同等级、不同型号的电磁波测距仪。我国全站仪已经批量生产,国产 GPS 接收机已广泛使用,传统的测量仪器产品已经配套生产。已完成全国 GPS 大地控制网。各部门对地理信息系统(GIS)的建立和应用十分重视,已经着手建立各行业的 GIS 系统,测绘工作已经为建立这一系统提供了大量的基础数据。

综上所述,我国在测绘事业上已经做了大量的工作,为国民经济建设和国防建设做出了不可磨灭的贡献,但是与国际先进水平相比还有一定差距。我们要发奋图强,迅速赶上国际先进水平,为祖国的测绘事业做出更大的贡献。

#### 1.2.4 地球空间信息学(geomatics)与现代测绘学的任务

随着科学技术的发展,高新技术不断涌现,如计算机科学、信息科学、空间技术、卫星技术、微电子技术、传感器技术等,在近代都得到了高速发展和应用;在此基础上,测绘学科也不例外,发展十分迅速。同时,测绘学的相邻学科如地球物理学、地球动力学、海洋学、地质学、天体力学的交叉发展,以及全球定位系统(GPS)、遥感(RS)、地理信息系统(GIS)、专家系统(ES)、数字摄影测量系统(DPS)的出现,使传统的测绘学从地面到空间,从静态到动态,从宏量到微量,从手工业生产方式到自动化、信息化,有了一个根本性的变革。因此,测绘学的手段、方法、理论,甚至测量的观念和内涵有了较大的改变,传统的“测”和“绘”的科学概念,已经不能概括现代测绘学的研究对象和任务,更不能覆盖高新技术对测绘科学的渗透和冲击而产生的新内容。因此如何界定测绘学含义,使形式和内容统一,已引起了世界各国测绘工作者的关注。自从 1975 年,法国大地测量与摄影测量学者 Bernard Dubuisson 博士首先提出以 geomatics 反映测绘学的学科实质之后,得到了各国测绘科学家的认可,并一致认为 geomatics 能准确地反映现代测绘学的内容实质。

geomatics 的含义是比“测绘”更广泛、更深远、更现代化的一个学科名词,如果说它与测绘紧密相连,只能说测绘是其内容的一个组成部分。国际标准组织对它的定义是:“geomatics 是一个活动性的学科领域,它以系统的方法将所有用于空间数据的采集和管理的手段进行综合。这类空间数据是在空间信息产生和管理过程中所涉及的科学的、行政的、法律的以及技术的工作所需要的。上述活动包括地图学、控制测量、数字测图、大地测量、地理信息系统、水道测量、土地信息管理、土地测量、矿山测量、摄影测量和遥感等,但并不限于此。”

结合我国测绘科学的具体情况,我国的测绘专家们了解和分析了国外对 geomatics 的含义之后,对 geomatics 提出了如下定义:“对所研究的物体,包括地球的整体及其表面和外层空间的各种自然和人造实体,利用接触与非接触式测量仪器、传感器及其组合系统,对这些实体进行信息的采集、量测、存储、管理、更新、分析、显示、分发和利用的一门科

学和技术”。

由上述可见,现代测绘学的任务是研究人类对赖以生存的地球环境信息的采集、量测、描述和利用的科学。其内容包括:空间定位、地球形状和重力场;获取地球及其外层空间宇宙星体的自然形态、人为设施以及与其属性有关的信息;制成各种地形图、专题图和建立地理信息系统,为研究地球上的自然和有关的社会现象,为社会可持续发展提供基础信息。

## 1.3 现代测绘学的广泛应用和在土木建筑工程中的作用

### 1.3.1 现代测绘学在国民经济建设中的作用

由以上讨论可知,现代测绘学的内容广泛,任务涉及面大,是现代高新技术互相渗透的结果。现代普通测量学是现代测绘学的一个重要的组成部分,担负着现代测量学的历史任务。其内涵也与传统的测量学有所不同,它不只是手段先进,方法新颖,而且其研究和服务的对象、范围越来越广泛,重要性越来越显著。如上所述,现代测量学是一门科学性、技术性很强的学科,对于国民经济建设、国防建设以及科学研究等领域,是一门重要的基础科学。

在工程建设方面,工程的勘测、规划、设计、施工、竣工及运营后的监测、维护都需要测量工作。在军事上,首先由测绘工作提供地形信息,在战略的部署、战役的指挥中,除必须的军用地图(包括电子地图、数字地图)外,还需要进行目标的观测定位,以便进行打击。至于远程导弹、空间武器、人造地球卫星以及航天器的发射等,都要随时观测、校正飞行轨道,保证它精确入轨飞行。为了使飞行器到达预定目标,除了测算出发射点和目标点的精确坐标、方位、距离外,还必须掌握地球形状、大小、重力场的精确数据。航天器发射后,还要跟踪观测飞行轨道是否正确。总之,现代战争与现代测绘技术紧密结合在一起,是军事上决策的重要依据之一。

在科学实验方面,如地震预测预报、灾情监测、空间技术研究、海底资源探测、大坝变形监测、加速器和核电站运营的监测等等,以及其他科学研究,无一不需要测绘工作紧密配合和提供空间信息。

此外,对建立各种地理信息系统(GIS)、数字城市、数字中国,都需要现代测绘科学提供基础数据信息。

### 1.3.2 现代测绘学在土木建筑工程中的作用

现代测量学在土木建筑类各专业的作品中,不但应用广泛,而且与各专业结合得越来越紧密。例如,在勘测设计各个阶段,需要勘测区的地形信息和地形图或电子地图,供工程规划、选址和设计使用。在施工阶段,要进行施工测量,把设计好的建筑物、构筑物的空间位置测设于实地,以便据此进行施工;伴随着施工的进展,不断地测设高程和轴线,以指导施工;并且根据需要还要进行设备的安装测量。在施工的同时,要根据建(构)筑物的要求,开始变形观测,直至建(构)筑物基本上停止变形为止,以监测施工在建(构)筑物变形

的全过程,为保护建筑物提供资料。施工完成后,及时地进行竣工测量,编绘竣工图,为今后建筑物的扩建、改建、修建,以及进一步发展提供依据。在建(构)筑物使用和工程的运营阶段,对于现代大型或重要的建筑物,还要继续进行变形观测和安全监测,为安全运营和生产提供资料。由此看出,测量工作在土木建筑工程专业中应用十分广泛,它贯穿着工程建设的全过程,特别是大型和重要的建筑工程,测量工作更是非常重要的。

## 1.4 学习测量学的目的和要求

本课程是土木建筑类专业的技术基础课。土木建筑类各专业的学生,学习该课程之后,要求掌握现代普通测量学的基本知识和基本理论;具有使用常规测量仪器的操作技能,了解先进测绘仪器的原理、使用方法;基本掌握大比例尺地形图测图的原理、方法;对数字测图的过程有所了解;在工程规划、设计和施工中能正确地使用地形图和测量信息;掌握处理测量数据的理论和评定精度的方法。在施工过程中,能正确使用测量仪器进行一般工程的施工放样工作。同时,土木建筑类专业的学生,学过测量课之后,对现代测量学的发展现状应有所了解和认识。

现代普通测量学是一门实践性很强的课程,在教学过程中,除了课堂讲授之外,还有实验课和教学实习。在掌握课堂讲授内容的同时,要认真参加实验课,以巩固和验证所学理论。教学实习是一个系统的实践环节,要自始至终完成各项作业的实习,才能对普通测量学的系统知识和实践过程有一个完整的、系统的认识。

测量工作的主要任务是按照《规范》的规定提供点位的空间信息,工作中稍有不慎,发生错误,将造成巨大损失,甚至造成人民生命、财产的损失,这是绝对不能允许的。因此,学习普通测量学还要注意以下几个方面:要养成认真细致的工作习惯,尽可能减少粗差;坚持处处时时按照《规范》作业的原则,以保持测量工作和成果的严肃性;树立和加强检核工作的高度责任感,以保证数据的正确性;测量工作大多是集体作业,有的是外业工作,环境条件较差,因而要有团结、战斗的集体主义精神和吃苦耐劳的工作作风,以保证测量工作的顺利进行和成果的高质量。

## 习题与思考题

1. 测绘学研究的内容是什么?
2. geomatics 的含义是什么?
3. 现代测绘学的任务是什么?
4. 我国近代测绘事业有哪些成就?
5. 测量学在土木工程建设中有哪些作用?
6. 学习测量学应达到哪些要求?



## 第 2 章 测量学的基础知识

### 2.1 地球的形状和大小

关于地球的形状和大小,自古以来人类就很关心,对它的研究从来没有停止过。研究地球的大小和形状是通过测量工作进行的。

地球是太阳系中的一颗行星,它围绕着太阳旋转,又绕着自己的旋转轴旋转。地球的自转和公转使得地球形体呈椭球状。其赤道半径大,极半径小。地球的自然表面极其复杂:有高山、丘陵,有盆地、平原和海洋;有高于海平面 8 848m 的珠穆朗玛峰,有低于海平面 11 022m 的马里亚纳海沟;地形起伏很大。但是,由于地球半径很大,约 6 371km,地面高低变化的幅度相对于地球半径只有 1/300,从宏观上看,仍然可以将地球看作为圆滑球体。地球自然表面大部分是海洋,占地球表面积 71%,陆地仅占 29%,所以人们设想,将静止的海水面延伸到大陆内部形成的闭合曲面来代替地球表面。

地球有引力,地球上每个质点都受到地球引力的作用。地球的自转又产生离心力,

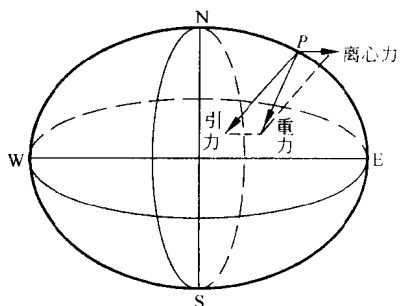


图 2-1 地球重力

每个质点又受到离心力的作用。因此地球上每个质点都受到这两个力的作用,这两个力的合力称为重力,见图 2-1。地球表面的每个水分子都会受到重力作用。当水面静止时,说明每个水分子的重力位相等。静止的水面称为水准面。水准面上处处重力位相等,所以水准面是等位面。水面有高、有低,高低面上的重力位能不一样,所以水准面可以有无穷多个,并且互不相交。测量中将海洋处于静止平衡状态时的水准面,并向大陆、岛屿内延伸而形成

的闭合水准面,称为大地水准面。大地水准面同水准面一样,也是等位面,过大地水准面上任何一点的切面均与重力方向正交。大地水准面所包含的形体称为大地体。研究地球形状和大小就是研究大地水准面的形状和大地体的大小。

重力方向线又称为铅垂线。铅垂线是测量工作的基准线。测量仪器上都配有垂球,以使用它表示垂线方向。测量仪器上都装有水准器,见图 2-2。在地球重力作用下,水准气泡居中时,水准管圆弧的法线方向和重力方向一致。利用水准器可以整置仪器的竖轴,使之测量结果是以过地面点 A 的水准面获得的。由于大地水准面和水准面之间不平行度很小,所以测量上统一以大地水准面作为野外测量基准面。大地水准面与地球表面相比,可算是个光滑的曲面,见图 2-3。但是,由于地球表面起伏和地球内部物质分布不均匀,重力的大小和方向会产生不规则的变化,见图 2-4。重力方向指向高密度矿体,离开