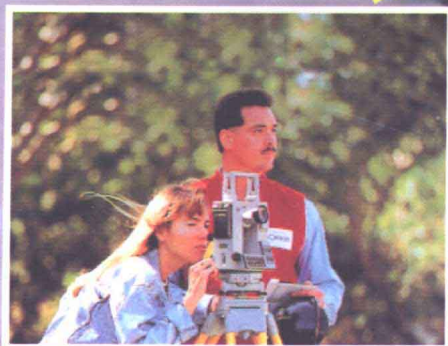
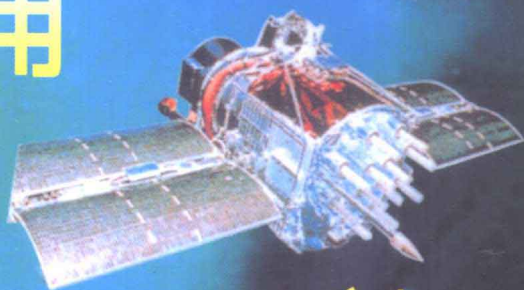


大比例尺地学图形全解析测绘 基本原理及其应用

卢秀山 成 枢 徐泮林 编著



地震出版社

大比例尺地学图形全解析测绘 基本原理及其应用

卢秀山 成 枢 徐泮林 编著

地 震 出 版 社

1998

内 容 简 介

本书对于现代大比例尺地学图形中所涉及的坐标系统、经典的测绘原理、现代的测绘技术及相应的仪器（GPS 系统、全站式电子速测仪、绘图仪、数字化仪）进行了较为系统的阐述。在内容上，既注重基本原理阐述的系统性、逻辑性，又注重有关原理应用的广泛性、可操作性。本书可作为测绘、建筑、国土和房地产管理、城建、农林、水利、矿业等学科专业大比例尺地学图形测绘的教材和教学参考书，可作为上述专业与地学图形有关的工程技术人员的专业参考书，也可作为工业、商业、交通、邮电等与电子地理图有关的工程技术人员的专业参考书。

大比例尺地学图形全解析测绘

基本原理及其应用

卢秀山 成 枢 徐泮林 编 著

责任编辑：陈晏群

责任校对：庞娅萍

*

地 震 出 版 社 出 版

北京海淀民族学院南路 9 号

北京地大彩印厂印刷

新华书店北京发行所发行

全国各地新华书店经售

*

787×1092 1/16 11.375 印张 291 千字

1998 年 6 月第一版 1998 年 6 月第一次印刷

印数 001—700

ISBN 7-5028-1506-6/P·921

(1958) 定价：22.00 元

前 言

随着科学技术的发展,大比例尺地学图形测绘的仪器、方法发生了很大的变化。测区的首级控制一般采用 GPS 定位法;加密控制一般采用电磁波测距导线;而对于地物、地貌特征点,则采用全站式电子速测仪解析测定。在成图方面,传统的借助于部分地物(地貌)特征点的图解法成图,基本上被淘汰。代之以地物(地貌)特征点的几何信息、属性信息,在一定绘图系统的支持下,采用计算机绘图的方式成图。随之,地学图形的存档、编绘也发生了根本性的变化。这些变化已引起了与地学图形有关的专家、学者们的关注。

大比例尺地学图形测绘仪器、方法的变化,使得大比例尺地学图形测绘原理的内容构成发生了变化,即必须在经典基本原理的基础上补充新的内容。它们是:GPS 测定控制点点位的基本原理,全站式电子速测仪测定点位的基本原理,计算机绘制地学图形的基本原理。相应地还应补充:地物(地貌)特征点的几何信息与属性信息的编码方式,数字化仪的工作原理,等等。另一方面,地学图形测绘中许多经典的基本原理,仍发挥着积极作用。如:椭球几何、高斯投影、水平角测量、高差测量,等等。这些经典的基本原理是构成地学图形测绘的基本内容之一。同时,它们也是构成地学图形测绘原理新内容的基础。

因此,大比例尺地学图形测绘原理,既应包括新的仪器构成与工作原理、新方法的应用原理,以反映测绘科技发展的现实;也应包括测绘原理的经典部分。并且,它们的构成应该是有机的、系统的。目前,在论述测绘基本原理方面有不少经典之作;对于测绘新技术,也有不少具有重要意义和较大影响的著作。本书作者是在学习和研究这些著作的基础上,力图将新的测绘原理融入测绘经典原理之中。旨在论述大比例尺地学图形测绘原理中,既充分反映与现代测绘仪器、方法相应的基本原理,又保证其与经典原理的有机结合,使全书尽量趋于先进性、科学性和系统性的理想要求。

大比例尺地学图形测绘的经典方法是:借助于给定的坐标系,通过测定较少的地物、地貌特征点,将测区基准面视为平面,采用正射投影、按比例缩绘成图。其原始成果是铅笔原图和着墨二底图。实用图纸则是由着墨二底图复制而得。因此,经典测绘的基本思想是将地表的实际形态抽象为几何图形,并以抽象化的符号和注记按比例成图。其实质是一个从图到图的过程。

现代大比例尺地学图形测绘所不同的是,用数字编码方式构成图形的几何要素和属性要素。按编码设计,根据实物的地物、地貌特征点的坐标以及地物、地貌的属性、形成图素的数字编码。绘图时,计算机在相应软件系统的支持下,根

据图素的数字编码形成地学图形，按数字文件（图形文件）存储。当需用图纸时，调出相应的文件，由绘图仪绘出。从形式上看，现代测绘过程是一个从数字到数字的过程。因此，可将现代大比例尺地学图形测绘概括为数字地学图形测绘。

从形式上看，在大比例尺地学图形测绘的过程中，有野外地物、地貌特征点的数据采集（数字）、编码（数字）、数据传输（数字）、图形存储（数字）等与数字息息相关的环节。因此，将现代大比例尺地学图形测绘概括为数字地学图形测绘是有一定道理的。我们也注意到这样一个事实，现代大比例尺地学图形测绘的技术理论，是在经典测绘原理、方法的基础上，有机地融入了现代科学技术而形成的。现代大比例尺地学图形测绘的实质，是一个将图形矢量化和将矢量数据图形化的过程。

具体来说，把测区基准面视为平面，将地物、地貌进行正射投影。采用传统的平板成图时，投影是在每个图根点上完成的。这也正是测绘人员的主观意识。采用现代方法，以测定的地物、地貌特征点的空间坐标作为外业成果，而任一点的空间坐标都是相应坐标系的一个矢量。因此，外业工作的实质是将存在的图形矢量化。同时，虽然测定特征点的坐标是在图根点上进行的，但投影（成图）是在图幅的西南角点上进行的，即成图是将矢量化的数据（点的空间坐标）图形化。因此，现代大比例尺地学图形测绘的基本指导思想是：外业将地物、地貌特征点的空间位置矢量化，内业将矢量化的数据图形化。

尽管在成图所涉及的数据中，有非矢量性数据成分，如地物、地貌的属性信息。如果说地物、地貌的属性信息是地学图形的重要内容，那么它们的几何信息则是地学图形的主要内容。因此，用“矢量化数据”比用“数字”能较为恰当地表述现代大比例尺地学图形测绘中所涉及的数据。这样，现代大比例尺地学图形测绘即可自然地概括为解析法测绘。

全书共九章，约 30 万字。第一章，简要地叙述了解析测绘的内容和意义、经典和现代测绘技术，重点阐述了现代测绘技术与解析成图的相应关系。第二章，主要介绍了地球椭球的基本知识、测绘中的坐标系，重点阐述了地面（曲面）与地学图形（平面）的相应关系。第三章，主要介绍了点位测量的基本原理和经典方法，重点阐述了点位三维坐标的分解，三维坐标与观测量的关系，由观测量计算坐标，长度基准，不同面上的距离及相互关系，测量成果的表示方法等。第四章，主要阐述了 GPS 定位的基本原理；既考虑了系统性，又考虑了适用性；既注意概念的准确性，又尽量做到简明易懂。第五章，主要阐述了全站式电子速测仪、数字化仪、绘图仪的基本工作原理，重点阐述了现代测绘系统及其逻辑关系。第六章，介绍了地学图形的基本知识，为阐述解析测绘奠定基础，着重于相关内容的内部逻辑性，在内容组织与安排上有一定特色。第七章，本章篇幅较大，意在阐明测量与误差的关系，真值的定义及其与观测值的关系，误差的来源、影响规律、

评定标准等基本概念与基本原理，力求相关内容的系统性和概念的明确性。第八章，介绍了地学图形测绘的基础——控制测量的基本概念，阐述了水准网、导线网、GPS网设计的一般原则和基本方法，具有较好的可操作性。第九章，较为系统地阐述了：测绘工程设计的基本内容和一般原则，解析法平板测图的特点，数字化仪输入原图时的坐标换算、精度分析和操作方法，全站式电子速测仪外业数据采集的特点，特征点的信息编码，计算机内业成图等。第四、五、七、八、九章是全书的重点内容，第五、七、九章是全书的核心内容。

本书在阐述基本原理、基本概念的基础上，用了很大的篇幅介绍了这些原理的实际应用方法，且具有确定的可操作性。由于国防建设和国民经济建设的许多部门均涉及地学图形，因而本书可作为测绘、建筑、国土和房地产管理、城建、农林、水利、矿业等学科专业大比例尺地学图形测绘的教材和教学参考书，可作为上述专业与地学图形有关的工程技术人员的专业参考书，也可作为工业、商业、交通、邮电等与电子地理图有关的工程技术人员的专业参考书。

在本书的编写过程中，得到了中国科学院测量与地球物理研究所欧吉坤研究员的热情指导。欧吉坤研究员审阅了本书的初稿，提出了许多宝贵意见，在此表示衷心的感谢。测量与地球物理研究所教育处的张小青处长、曾祥新和袁运斌两位研究生为本书的编写提供了许多帮助，山东矿业学院戴洪磊、陈兰森两位研究生为本书绘制了部分插图，崔先国副教授、郭金运讲师在插图的绘制方面提供了不少帮助，在此一并致谢。

由于我们的水平所限，书中缺点和错误在所难免，请广大读者批评指正。

目 录

第一章 绪论	(1)
1.1 全解析测绘的内容和意义	(1)
1.2 地学图形测绘的经典方法	(2)
1.3 现代测绘技术	(3)
1.3.1 GPS的发展现状	(3)
1.3.2 全站式电子速测仪的研制、使用及其意义	(3)
1.3.3 绘图系统简介	(4)
1.3.4 现代测绘技术使全解析测绘成为可能	(5)
第二章 地面点位的表示方法	(6)
2.1 地球的形状和大小	(6)
2.2 椭球的基本知识	(8)
2.2.1 椭球及其基本元素	(8)
2.2.2 常用坐标系及其相互之间的关系	(9)
2.3 高斯平面直角坐标系	(12)
2.3.1 高斯投影的概念	(12)
2.3.2 高斯投影的分带	(14)
2.3.3 独立平面直角坐标系	(15)
2.4 高程系统	(17)
2.4.1 大地高程系统	(17)
2.4.2 正高系统	(17)
2.4.3 正常高系统	(18)
第三章 点位测量的基本原理	(20)
3.1 高程测量原理	(20)
3.1.1 高程和高差	(20)
3.1.2 高差测量	(21)
3.1.3 高程计算	(28)
3.2 方位测量原理	(28)
3.2.1 基本概念	(28)
3.2.2 水平角测量原理	(33)
3.2.3 光学经纬仪	(33)
3.2.4 坐标计算	(38)
3.3 距离测量原理	(38)
3.3.1 长度基准	(39)
3.3.2 不同面上的距离及相互关系	(40)

3.3.3	钢尺量距的基本原理	(43)
3.3.4	电磁波测距的基本原理	(44)
3.4	测绘成果的表达方法	(47)
3.4.1	数据成果	(47)
3.4.2	图形成果	(49)
第四章	GPS 测量的基本原理	(51)
4.1	GPS 测量系统简况	(51)
4.1.1	GPS 发展简况	(51)
4.1.2	GPS 定位系统的组成与应用特点	(51)
4.1.3	GPS 定位的基本概念	(54)
4.1.4	全球定位系统在我国的应用概况	(56)
4.2	GPS 卫星信号与 GPS 接收机的工作原理	(57)
4.2.1	GPS 卫星信号	(57)
4.2.2	GPS 接收机的工作原理	(59)
4.3	GPS 的观测方程及误差	(62)
4.3.1	观测量	(62)
4.3.2	测码伪距观测方程	(62)
4.3.3	测相伪距观测方程	(64)
4.3.4	观测量的误差来源及其影响	(66)
4.4	GPS 静态相对定位	(69)
4.4.1	静态相对定位的基本观测量及其线性组合	(69)
4.4.2	单差观测方程	(70)
4.4.3	双差观测方程	(71)
4.4.4	三差观测方程	(72)
4.4.5	基线解的基本概念	(73)
第五章	数据采集与图形绘制的系统结构及其工作原理	(75)
5.1	现代测绘系统及其逻辑关系	(75)
5.2	全站仪	(76)
5.2.1	外部可视部件	(76)
5.2.2	系统构成	(77)
5.2.3	子系统间的连接与协调	(78)
5.2.4	系统的工作原理	(78)
5.3	数字化仪	(84)
5.3.1	数字化仪及其作用	(84)
5.3.2	数字化仪的工作方式	(85)
5.3.3	数字化仪的工作原理	(86)
5.4	绘图仪	(87)
5.4.1	滚筒式绘图仪	(87)
5.4.2	平台式绘图仪	(88)

5.4.3 绘图仪的工作原理	(90)
第六章 地学图形的基本知识	(93)
6.1 地学图形的基本概念	(93)
6.1.1 图名、图号和接图表	(93)
6.1.2 图的比例尺	(93)
6.1.3 图的定向和定位	(93)
6.1.4 图廓和坐标格网	(94)
6.1.5 磁偏角和坐标纵线偏角	(94)
6.1.6 坡度尺	(95)
6.2 地学图形的比例尺	(95)
6.2.1 比例尺的种类	(95)
6.2.2 比例尺的精度	(96)
6.3 地学图形的分幅与编号	(97)
6.3.1 梯形分幅和编号	(97)
6.3.2 矩形分幅和编号	(100)
6.4 地物和地貌在图上的表示方法	(101)
6.4.1 地物在图上的表示方法	(101)
6.4.2 地貌在地形图上的表示	(103)
第七章 测量误差的初步知识	(108)
7.1 测量与误差	(108)
7.1.1 测量的定义	(108)
7.1.2 误差	(108)
7.2 真值与观测值	(109)
7.2.1 真值	(109)
7.2.2 观测值与测量成果	(109)
7.3 测量误差的来源与分类	(111)
7.3.1 误差的来源	(111)
7.3.2 测量误差的分类、转化及不确定度	(112)
7.4 偶然误差的特性	(115)
7.5 衡量精度的标准	(117)
7.5.1 绝对误差	(117)
7.5.2 相对误差	(119)
7.5.3 对测量精度的评定	(120)
7.6 误差传播定律	(120)
7.6.1 单变量线性函数	(121)
7.6.2 单位系数多变量线性函数	(121)
7.6.3 一般线性函数	(122)
7.6.4 一般函数	(122)
7.7 用改正数计算观测值的中误差	(123)

7.7.1	观测值的改正数	(123)
7.7.2	用改正数计算观测值中误差	(123)
7.8	不等精度观测	(124)
7.8.1	权的概念	(124)
7.8.2	权和中误差的关系	(125)
7.8.3	加权平均值	(126)
7.8.4	单位权中误差及加权平均值的中误差	(127)
7.8.5	权倒数传播定律	(127)
第八章	控制测量的基本概念与技术设计	(129)
8.1	控制测量的作用及其研究的内容	(129)
8.1.1	控制测量的意义、作用和方法	(129)
8.1.2	全国性控制测量概念	(131)
8.1.3	图根控制测量	(134)
8.2	控制测量技术设计的一般原则	(134)
8.2.1	技术设计的基本原则	(135)
8.2.2	技术设计的基本内容和程序	(136)
8.2.3	平面坐标系统的选择	(137)
8.2.4	技术设计说明书的编写提纲	(140)
8.3	水准网的图形设计与精度估算	(140)
8.3.1	水准网的布设形式	(141)
8.3.2	水准网设计	(141)
8.3.3	水准网精度估算	(142)
8.4	导线网的图形设计与精度估算	(144)
8.4.1	导线的布设形式	(145)
8.4.2	导线测量的技术要求	(146)
8.4.3	导线网精度估算	(146)
8.5	GPS网的设计	(151)
8.5.1	精度标准	(151)
8.5.2	同步环与异步环	(152)
8.5.3	图形设计	(154)
8.5.4	观测时段设计	(154)
第九章	全解析测绘	(156)
9.1	测绘工程设计的基本内容	(156)
9.1.1	测绘工程设计的基本内容	(156)
9.1.2	技术设计的编写提纲	(157)
9.2	图根点的测定	(158)
9.2.1	图根平面控制	(159)
9.2.2	图根高程控制	(160)
9.3	解析法平板测图	(160)

9.3.1	解析法平板测图的特点	(160)
9.3.2	数字化仪输入原图时的坐标换算	(161)
9.3.3	数字化仪输入原图时的精度分析	(162)
9.3.4	数字化仪输入原图时的操作	(163)
9.4	全站仪外业数据采集与计算机内业成图	(164)
9.4.1	特征点的信息编码	(164)
9.4.2	特征点的信息采集	(166)
9.4.3	图形绘制	(167)
参考文献		(169)

第一章 绪 论

1.1 全解析测绘的内容和意义

地学图形是指地形图、地籍图、城市综合电子地理图等，它提供相应的地球表面及其附近地空间（地下）物质的几何信息和属性信息，是国防建设、国民经济建设以及人们生产、生活的重要技术文件。传统的地学图形，通常是以白图纸（或聚脂薄膜）作为载体的地形图、地籍图。从成图、管理、复制到作为技术文件使用，均是载有相应地物（地貌）几何信息和属性信息的图纸。随着科学技术的发展，传统的地学图形已不能满足国防建设、国民经济建设的要求，并且，其所具有的可用信息得不到充分利用，影响了自身的价值。

土木建设业是国家的基础产业之一，是国民经济的主要支柱之一。目前，土木建设业中的工程设计，已经采用了计算机辅助设计（CAD）技术。它的快速、高效、标准化、便于方案比较等优点，使得传统的以地形图纸为底图的设计方法被逐渐淘汰。这就要求设计底图要满足设计要求，即，设计底图除了应具有必要的图案外，还应数字化、信息化，与CAD技术相匹配，以实现设计的自动化。作为应急手段，目前常使用数字化仪对原图进行数字化，以保证CAD技术的实验。

国土是国家的宝贵财富，有关土地法规的颁布，使得土地的所有权、使用权，以及土地的有偿使用有法可依。地籍图是土地管理与运作的主要的、基本的技术文件，其重要性是显而易见的。随着土地开发、土木建设、城镇建设的发展，土地信息则日新月异。随着国民经济的发展，某些黄金地段的租赁、使用价格将逐步攀升。这就要求，对地籍信息的管理应具有可靠性和有效性，对地籍信息的更新应具有及时性、可行性和方便性。而只有将地籍资料数字化、信息化，才能满足这些要求。

工业、商业、交通、邮电、城建、国防建设等迅速发展，国民经济水平的不断提高，对于信息的传递与分析，决策的制定与实施，迫切需要专用的或综合性的地理信息系统。我们知道，电子地理图是地理信息系统的主要组成部分。

显然，只有使地形图、地籍图数字化、信息化，才能赋予传统的地学图形以新的生命，才能满足社会发展的需要。按传统的平板成图法成图，再用数字化仪将原图数字化，可以初步满足上述各种要求，但却造成了大量的人力、物力的浪费，且图形精度也有所降低。因此，平板成图法将被逐步淘汰。

1:1000 或更小比例尺的地形图，目前已基本由航测成图法完成。它的快速、高效和节省经费等优点，已是测绘人员的共识。随着计算机科学的发展，航测内业成图已摆脱了传统的耗资巨大的成图设备和光电成图技术，代之以数字化技术进行航片内业成图。数字化后的图形，直接可以作为计算机图形设计的底图，也可作为地理信息系统的载体。

但是，航测成图存在着一定的局限性：组织复杂，不适用小范围成图或小区域补图；不能满足 1:500 地形图的精度要求。不能满足 1:1000、1:500 地籍图的精度要求。为了有效

地保证地学图形数字化、信息化管理,保证CAD技术在工程设计中有效实施,使地学图形便于作为地理信息系统的载体,必须采用全解析数字化成图法测绘大比例尺地学图形。这样,全解析成图法与航测成图法技术水平协调一致,构成数字化、信息化地学图形测绘的两种基本方法。

全解析成图法,是应社会发展的需要而逐渐发展起来的一种自动化程度较高的成图方法,表现在图素采集自动化、数据传输自动化和图形绘制自动化。全解析成图法是借助于智能仪器,用有序数字解析表示和存储图素,并用数字图素自动绘图的一种方法。其核心是图素解析(数字)化和解析数据图形化。其显著特点是外业可以完全甩掉图板。全解析数字成图法的形成,使传统的测绘方法得到了彻底变革。

1.2 地学图形测绘的经典方法

地形图是地学图形的典型代表。地形图客观、准确地反映了地球表面(或其某一区域)的地物和地貌信息,它在国民经济建设和军事上有着十分重要的作用。每个国家在历史发展的各个时期都非常重视地形图的测绘和使用。在科技高度发达的现在,地形图的作用更加突出。地形图测绘和使用的技术水平,从一个方面反映了一个国家的国民经济的发达程度和科学技术的发展水平。

地形图的基本图素是点、线、面,由基本图素形成了地表的地物和地貌信息。面由线构成,线由点构成。点(一般称特征点)是地形测量的直接对象。不论在什么坐标系下,表示点位的空间位置都需要三个独立元素,如 $(X、Y、H)$ 。而要确定一个点的空间位置,一般是通过确定该点与其相邻的点的位置关系来完成的。即,一点到另一点的斜距、方位和天顶距(或斜距、方位和高差)。地形图的测绘工作一般面对一个相对小的区域,大区域的地形图或地图一般是利用许多小区域的地形图编绘而成的。小区域地形图测绘将测区基准面视为水平面,因而,点与点之间位置关系的描述是在直角坐标系下进行的。

在直角坐标系下,点与点之间几何关系的确定有多种方法。经典方法的原理简单,仪器造价相对较低,方法实施的技术含量不高。自从发明望远镜以后,就形成了地形图测绘的经典方法,至今仍在使用。两点之间的斜距用带有刻度的带尺丈量。精度要求低的用测绳、皮尺、经纬仪视距法进行,精度要求较高的用普通钢尺进行。两点之间连线的水平方位角定义为该方向线与标准方向线之间的夹角。用经纬仪可以测定两方向线在某一水平面上的夹角,若其一方向线的方位角已知,则另一方向线的方位角得求。

小区域地形图测绘将测区基准面视为平面,是对点位的平面测量而言的。两点间的高差定义为两点所在的水准面间的垂差。用水准仪测量两点间的高差,是在仪器的视准轴水平的条件下进行的。由于水准测量的视距一般较短,当仪器安置在两水准尺之间近于等距的位置时,水平面与水准面之差、视线垂直折光差均被消除或大部分消除。两水准尺读数之差即作为两点所在的水准面间的垂差。用经纬仪测天顶距,如果两点间的水平距离(或斜距)已知,根据三角原理,也可确定两点间的高差。

测定斜距、方位、高差(或天顶距),建立了点与点之间的相互关系,根据已知点坐标,求出每一未知点的坐标。

1.3 现代测绘技术

1.3.1 GPS的发展现状

全球定位系统(GPS)是美国继阿波罗登月计划和航天飞机计划之后的第三项庞大的空间计划。GPS全球定位系统是英文 Navigation Satellite Timing and Ranging/Global Positioning System 的字头缩写词 NAVSTAR/GPS 的简称。它的含义是:导航卫星测时和测距/全球定位系统。

GPS 对人类活动影响极大,应用价值极高,所以得到美国政府和三军的高度重视。海湾战争以后,各国政府和军队都根据自己的情况,进行GPS应用理论的研究,大规模地实施GPS在各个系统中的应用。GPS可以从根本上解决人类在地球上的导航和定位问题,可以满足不同用户的需要。对舰船而言,它能在海上协同作战、海上交通管理、海洋测量、石油勘探、海洋捕鱼、浮标建立、管道铺设、浅滩测量、暗礁定位、海港领航等方面作出贡献。对飞机而言,它可在飞机进场、着陆、中途导航、飞机会合和空中加油、武器准确投掷及空中交通管制等方面进行服务。在陆地上,可用于各种车辆、坦克、陆军部队、炮兵、空降兵和步兵等的定位。用于大地测量、摄影测量、野外调查和勘探的定位。甚至还可以深入到每一个人的生活中去,例如用于汽车、旅行、探险、狩猎等方面。在空间技术方面,可以用于弹道导弹的引航和定位、空间飞行器的导航和定位等。总之,GPS定位系统的建立,使导航和定位技术产生了巨大的变化。

对GPS技术的研究和对GPS信息资源的开发也给地学研究 and 应用提供了一种崭新的观测手段。由于该系统具有高精度和全天候的特点,故能进行快速大地定位和布设大地网,能建立全球统一的地心坐标系,能提供高精度和高稳定度的原子时,也能与甚长基线干涉测量技术配合研究地壳和板块运动。总之,它可以给出地球某些参数的动态变化,为地学研究提供可靠的观测数据,因而意义重大。

对于大比例尺地图图形测绘,GPS技术有着广泛的用途。由于用GPS技术测定两点间的基线向量,不需要两点间通视,方便了控制点的选点,同时,其全天候的可操作性、操作的方便性以及成果的高精度等特点、优点,使得GPS法成为建立测图控制网的首选的方法。GPS的快速相对定位、准动态定位为图根点的建立提供了一种方便、有效的方法。RTK(Real-Time Kinematic)定位技术提供了一种直接测定地物(地貌)特征点坐标的方法,它将为自动化成图提供了一种有效的方法。

1.3.2 全站式电子速测仪的研制、使用及其意义

使用光学经纬仪测角,需要观测者在显微镜视场中读数,观测者容易疲劳,且存在因人而异的读数误差。电子经纬仪的产生和发展,把观测者从读数的繁琐工作中解放出来,减小了劳动强度,提高了工作效率。光电测距仪的研制和发展,改变了传统的测量状况,测边网代替测角网,突破了大气折光误差影响对提高控制网精度的限制。直接测量三角网部分边长,改变了三角网的精度结构,提高了控制网的可靠性。相位测量代替了钢尺量距,既改变了人们的测距观念,又为导线测量注入了生机,使导线测量产生了突飞猛进地发展,使测图的控

制方案产生了明显的变革。

然而，电子经纬仪和光电测距仪，仅仅改变了测角、量距的方法，没有动摇地学图形测绘的整体方案。不过，在电子经纬仪和光电测距仪的基础上，随着计算机技术的发展，而产生和发展的全站式电子速测仪，已经对人们关于地学图形测绘的传统观念产生冲击。全站式电子速测仪，可以同时测定测站至目标的水平方向、斜距和天顶距，自动记录观测成果，并能计算目标点的三维坐标和进行简单的支导线计算。因此，它首先改变了图根点测定的概念和程序，对于地物、地貌特征点的测绘，虽然仍根据平面投影原理，但从工作过程来看，投影更抽象化。采用全站式电子速测仪测量地物（地貌）特征点的程序是：根据地物、地貌的特征点的特性，进行特征点的编码方案设计；根据地物、地貌的实际形态，分布规律，逐点进行特征点的数据采集，通过内部程序的运行，计算出特征点的平面坐标和高程；由地形码（也称属性编码）和绘图操作控制码组成的编码，在特征点数据采集时同时输入，点位三维坐标连同点位编码，存储于电子记录手簿。

将电子记录手簿的存储内容、通过一定的连接方式输入计算机，在计算机绘图系统的支持下，进行特征点间的连线；在人工适当干预下，进行计算机屏幕编辑，形成地学图形的几何要素和属性要素；适当添加一些注记和说明，即形成地学图形。这种地学图形，可按数据文件或图形文件存储于磁盘或光盘，需要时，由绘图仪输出图纸地学图形。

采用全站式电子速测仪进行野外数据采集，通过数据传输技术，在测绘工程师的适当干预下，由计算机进行数据组织和成图。这就是说，我们一直使用的平板仪成图法将被淘汰。因而，地学图形测绘的平面投影原理更加抽象化，在我们谈到该原理时，将不得不增加新的内容。

1.3.3 绘图系统简介

绘图系统一般指数字化仪（或扫描仪）、绘图仪、计算机和相应的支持软件。数字化仪（或扫描仪），是将图纸地学图形的原图数字化，或将野外测绘的铅笔原图进行数字化。数字化仪是和计算机相联的，数字化的点、线由计算机接受，并同时在屏幕上显示。在计算机内部软件系统（如 CAD 系统）支持下，在屏幕上作适当的编辑，并形成数据文件，存入磁盘或光盘。计算机是数字或图形处理中心。如上所述，数字化仪是通过计算机来实现其功能的。而采用全站式电子速测仪成图，也必须通过计算机来实现。计算机工作平台一般是 CAD 系统，或在 CAD 支持下进一步开发的系统。存储于磁盘或光盘的地学图形，必须通过计算机来读取，通过计算机控制绘图仪进行图形输出。

绘图仪是一种计算机控制下的绘图仪器，一般分平板式和滚筒式。目前，绘图仪都具有功能较强的微处理器，在接收计算机传输的数据以后，即可自动绘图，而不必由计算机跟踪控制。绘图系统的主体是计算机软、硬件和绘图仪。而数字化仪在数字化成图发展的过程中，具有重要的地位，但经过一个阶段以后，对于地学图形测绘的作用将明显降低。数据记录、通讯和存储设备，是绘图系统的配套设备。

以计算机为中心的绘图系统，是全解析测绘的主要组成部分之一。同时，它改变了地学图形绘制、存档和复制的方法以及与它们有关的一些基本概念。例如，对于不同比例尺的地学图形，既可以按不同比例尺分别存档，也可以一定比例尺地学图形存档，需要时，可在相应软件支持下，由较大比例尺的地学图形形成所需比例尺地学图形。随着科技发展的需要，地

学图形的更新速度将加快。在相同系统控制点控制之下，采用解析法测绘数字地学图形，新图很容易覆盖老图。新测区域也方便与周边拼接，不留拼接痕迹，拼接后的地学图形自然地成为一有机整体。

1.3.4 现代测绘技术使全解析测绘成为可能

现代科学技术的迅猛发展，特别是计算机技术的日新月异，使得测绘仪器产生了一场革命性的变化，现代测绘数据处理理论的产生和发展，奠定了测绘新技术的基础，计算机技术的发展，使得原本很复杂的数据处理模型得以实现。从现状和发展趋势来看，目前自动化测绘系统已基本形成。就测绘系统而言，未来的发展（可见的将来），是在现有的基本理论、基本系统的基础上进行某些功能的革新或精度的改善。

GPS 定位系统和全站式电子速测仪，承担着测图的基本控制和图根控制任务，以及地物、地貌特征点的数据采集。在计算机控制下，数字化仪可将原图数字化，绘图仪自动绘图。工矿、城镇和其他地物密集而地势较为平坦的地区，用全解析法测绘 1:500 和 1:1000 比例尺的地学图形。在空旷地区、高山等地势复杂地区，采用航测成图法、测绘 1:2000 或 1:5000 比例尺的地形图；相应的较小比例尺的地形图、地图，均由所测地形图编制而成。地学图形可按图形文件或数据文件存储，地物、地貌的变更采用补测的方案进行。定期进行 GPS 定位，取得新的控制点坐标，以保证补测与原图的有机拼接。补测的概念应扩大内涵，因为数字模型地学图形在逻辑上是广大区域的图形，非整个区域的地学图形测绘均可称为补测。

第二章 地面点位的表示方法

2.1 地球的形状和大小

测绘的野外工作是在地球表面上进行的。地球表面的形状极其复杂，有高山、深谷、丘陵、平原、江河、湖泊及海洋等等。这个复杂的表面称为地球的自然表面。在地球的自然表面上，海洋约占 71%，陆地约占 29%。就常识而言，地球表面的起伏是很大的。但是，这种起伏与地球的平均曲率半径相比，是微不足道的。

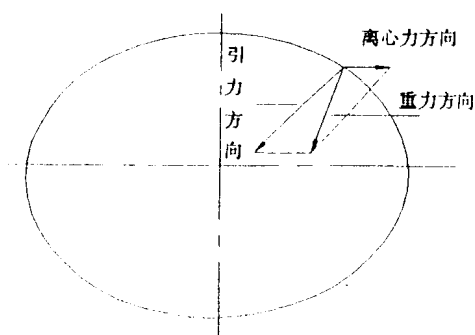


图 2-1 重力示意图

地球在不停地旋转。因此，地球上的每一个质点都受到一个离心力的作用。同时，地球本身又有巨大的质量，对地球上的每一个质点有一个吸引力。所以，地球上每一个质点都受到两个力的作用，即离心力和地球吸引力（如图 2-1 所示）。这两个力的合力，就是作用于该质点的重力。重力的作用线就是铅垂线。

当液体处于静止时，其表面必然处处与重力方向（铅垂线）正交，否则液体就要流动（图 2-2）。我们称液体的静止表面为水准面。水准面是客观存在的、处处与铅垂线相垂直的面。

由于地球附近的空间或内部，处处都有重力作用的存在，所以通过不同高度的点，都有一个水准面。在起伏不平的地球表面就有无数个水准面。

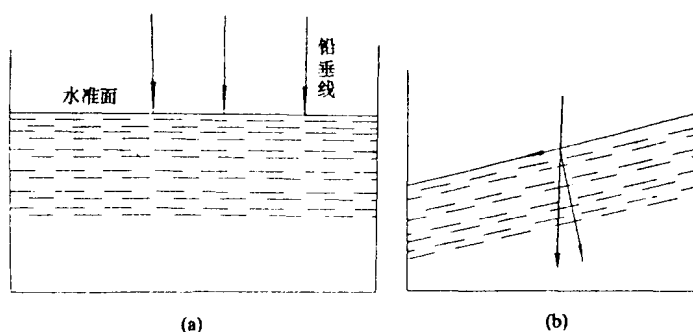


图 2-2 水准面与重力线关系示意图

海洋表面的静止平衡状态是地球上最大的一个水准面，想象这一水准面向陆地延伸，若忽略陆地的高低起伏，则其形状和大小均接近地球的自然表面，这个水准面在测量上称为大