



西昌学院“质量工程”资助出版系列教材

数字化测图及实训



■ 主编 张明剑

 **北京理工大学出版社**
BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

西昌学院“质量工程”资助出版系列教材

数字化测图及实训

主 编 张明剑

副主编 郭 宁 钱 波

 **北京理工大学出版社**

BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

内 容 简 介

本书从实用的角度出发,介绍了全站仪、GPS 两大类多型号外业采集设备,并重点、详细地介绍了内业处理软件 CASS 成图软件的特点及数字化成图和数字地形图的基本应用,最后还介绍了目前较流行的谷歌地图和草图大师相配合截取、生成等高线的方法。

本书既可作为高等学校土木工程、道桥专业、水利专业的课程教材,也可作为相关工程技术人员的技术参考书。

版权专有 侵权必究

图书在版编目 (CIP) 数据

数字化测图及实训/张明剑主编. —北京:北京理工大学出版社, 2014. 9

ISBN 978 - 7 - 5640 - 8693 - 0

I. ①数… II. ①张… III. ①数字化测图 IV. ①P231. 5

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2013) 第 311585 号

出版发行 / 北京理工大学出版社有限责任公司

社 址 / 北京市海淀区中关村南大街 5 号

邮 编 / 100081

电 话 / (010) 68914775 (总编室)

82562903 (教材售后服务热线)

68948351 (其他图书服务热线)

网 址 / [http://www. bitpress. com. cn](http://www.bitpress.com.cn)

经 销 / 全国各地新华书店

印 刷 / 三河市天利华印刷装订有限公司

开 本 / 787 毫米 × 1092 毫米 1/16

印 张 / 14. 25

字 数 / 329 千字

版 次 / 2014 年 9 月第 1 版 2014 年 9 月第 1 次印刷

定 价 / 39. 00 元

责任编辑 / 陈莉华

文案编辑 / 陈莉华

责任校对 / 周瑞红

责任印制 / 马振武

图书出现印装质量问题, 请拨打售后服务热线, 本社负责调换

序 言

西昌学院校长 夏明忠

为了贯彻落实党中央和国务院关于高等教育要全面坚持科学发展观，切实把重点放在提高质量上的战略部署，经国务院批准，教育部和财政部于2007年1月正式启动“高等学校本科教学质量与教学改革工程”（简称“质量工程”）。2007年2月，教育部又出台了“关于进一步深化本科教学改革全面提高教学质量的若干意见”。从此，拉开了中国高等教育“提高质量，办出特色”的序幕，将中国高等教育从扩大规模正式向“适当控制招生增长的幅度，切实提高教学质量”的方向转变。这是继“211工程”和“985工程”之后，在高等教育领域实施的又一重大工程。

西昌学院在“质量工程”建设过程中，全面落实科学发展观，全面贯彻党的教育方针，全面推进素质教育；坚持“巩固、深化、提高、发展”的方针，遵循高等教育的基本规律，牢固树立人才培养是学校的根本任务，质量是学校的生命线，教学是学校的中心工作的理念；按照分类指导、注重特色的原则，推行“本科学历（学位）+职业技能素养”的人才培养模式，加大教学投入，强化教学管理，深化教学改革，把提高应用型人才培养质量视为学校的永恒主题。先后实施了提高人才培养质量的“十四大举措”和“应用型人才培养质量提升计划20条”，确保本科人才培养质量。

通过7年的努力，学校“质量工程”建设取得了丰硕成果。已建成1个国家级特色专业，6个省级特色专业，2个省级教学示范中心，3位省级教学名师，2个省级卓越工程师人才培养专业，3个省级高等教育“质量工程”专业综合改革建设项目，16门省级精品课程，2门省级精品资源共享课，2个省级重点实验室和1个省级人文社会科学重点研究基地，2个省级实践教学建设项目，1个省级大学生校外农科教合作人才培养实践基地，4个省级优秀教学团队等等。

为了搭建“质量工程”建设项目交流和展示的良好平台，使之在更大范围内发挥作用，取得明显实效；促进青年教师尽快健康成长，建立一支高素质的教学科研队伍，提升学校教学科研整体水平。学校决定借建院十周年之机，利用2013年的“质量工程”建设资金资助实施“百书工程”，即出版优秀教材80本，优秀专著40本。“百书工程”原则上支持学校副高职称的在职教学和科研人员，以及成果极为突出的中级职称或获得博士学位的教师。学校鼓励和支持他们出版具有本土化、特色化、实用性、创新性的专著，结合“本科学历（学位）+职业技能素养人才培养模式”的实践成果，编写实验、实习、实训等实践类的教材。

在“百书工程”实施过程中，教师们积极响应，热情参与，踊跃申报，一大批青年教师更希望借此机会促进和提升自己的教学科研能力；一批教授甘于奉献，淡泊名利，精心指导青年教师；各二级学院、教务处、科技处、院学术委员会等部门的同志在选题、审稿、修改等方面也做了大量的工作；北京理工大学出版社和四川大学出版社也给予了大力支持。借此机会，向为实施“百书工程”付出艰辛劳动的广大教师、相关职能部门和出版社等表示衷心

的感谢！

我们衷心祝愿此次出版的教材和专著能为提升西昌学院整体办学实力增光添彩，更期待今后有更多更好的代表学校教学科研实力和水平的佳作源源不断地问世，殷切希望同行专家提出宝贵的意见和建议，以利于西昌学院在新的起点上继续前进，为实现第三步发展战略目标而努力。

前 言

数字化测图目前是土木类工程的重要技术。

我国从 20 世纪 90 年代中期开始推行数字化测图建设，到 21 世纪初已经开始全面采用数字化测图成果，本书以数字化测图的历史沿革、外业仪器操作、内业数据处理成图为主线，详细地介绍了目前比较流行的外业数据计算、采集工具，包括：普通计算器及可编程计算器（FX-4500、FX-5800）；全站仪（科力达 KTS-442 全站仪、南方 NTS-370Win 全站仪）；南方测图精灵；手持 GPS（合众思壮 eTrex 手持机、南方 GISTarx S760 手持机）；GPS-RTK（南方 GPS-RTK S82、中海达 RTK-5800N（9900EX））。

内业软件着重介绍了：南方平差易；ESDPS 工程测量数据处理系统；南方 CASS 9.0 数字化测绘软件；草图大师如何在谷歌地图上生成等高线。

数字化测图是各项工程的基本建设数据，涉及工业建设、铁路、公路、桥梁、隧道、水利工程、地下工程、管线（输电线、输油管）工程、矿山和城市建设等行业。

本书需对应相应的仪器设备和相应软件进行同步学习。

全书由张明剑统稿，参与本书编写、调试工作的还有郭宁、钱波。第 3 章、第 4 章由张明剑编写；第 1 章、第 2 章由郭宁编写；第 5 章由钱波编写。本书的顺利出版，要感谢西昌学院的领导和老师给予的大力支持和帮助。

由于编者水平所限，书中难免存在不妥之处，敬请读者批评指正，并提出宝贵意见。

作 者

目 录

第1章 绪 论	(1)
1.1 测量学概述	(1)
1.2 测量发展简史	(3)
1.2.1 测量学的发展	(3)
1.2.2 测绘科技发展年代简史	(7)
1.3 测量工作概述	(8)
1.4 测量常用计量单位与换算	(8)
1.5 本章小结	(9)
第2章 测量计算及软件简介	(11)
2.1 测量外业计算器的使用	(11)
2.1.1 普通函数计算器	(11)
2.1.2 简单可编程计算器	(12)
2.1.3 可编程工程计算器 FX-4500、FX-5800	(13)
2.2 平差易介绍	(15)
2.2.1 平差计算运行	(16)
2.2.2 平差报告的生成与输出	(39)
2.3 ESDPS 工程测量数据处理系统介绍	(50)
2.3.1 导线平差	(51)
2.3.2 水准平差	(54)
2.3.3 坐标换算	(56)
2.4 本章小结	(58)
第3章 全站仪及其使用	(59)
3.1 全站仪概述	(59)
3.1.1 全站仪简史	(59)
3.1.2 全站仪的基本使用和维护	(60)
3.2 科力达 KTS-442 全站仪概况及使用	(63)

3.2.1 功能简介	(63)
3.2.2 仪器部件名称	(63)
3.2.3 仪器常数设置及超限	(65)
3.2.4 基本测量	(67)
3.3 南方 NTS-370 Win (免棱镜) 全站仪概况及使用	(87)
3.3.1 功能简介	(87)
3.3.2 测量操作步骤	(90)
3.4 本章小结	(91)
第4章 GPS 测量	(92)
4.1 GPS 概述	(92)
4.1.1 GPS 测量技术应用	(97)
4.1.2 GPS 系统的应用前景及在我国的应用概况	(99)
4.2 GPS 测量方法	(101)
4.2.1 手持式 GPS 使用简介	(101)
4.2.2 南方测绘双频 GPS RTK S82 操作简介	(105)
4.2.3 中海达 RTK-5800N (9900EX) 操作步骤	(123)
4.3 本章小结	(126)
第5章 数字化测图及其应用	(128)
5.1 使用 CASS 软件进行数字测图的常规方法	(128)
5.1.1 基本绘图方法	(128)
5.1.2 测制地形图的详细方法	(139)
5.2 测图精灵配合全站仪数字化测图方法	(168)
5.2.1 测图精灵简介	(168)
5.2.2 测图精灵使用	(169)
5.3 数字地形图的一般应用	(180)
5.3.1 土方量的计算	(180)
5.3.2 断面图的绘制	(206)
5.3.3 公路曲线设计	(209)
5.4 草图大师在谷歌地图上生成等高线	(213)
5.5 本章小结	(218)
参考文献	(219)

第 1 章

绪 论

本章介绍测量学简介及测量学的发展简史，并对基本测量实验操作规程进行了说明。并对实验提出量化考核要求，这是学习本书后续内容的必要准备。

1.1 测量学概述

测量学是研究地球的形状与大小，确定地球表面各种物体的形状、大小和空间位置的科学。测量学将地表物体分为地物和地貌。

地物：地面上天然或人工形成的物体，它包括湖泊、河流、海洋、房屋、道路、桥梁等。

地貌：地表高低起伏的形态，它包括山地、丘陵和平原等。

地物和地貌总称为地形，测量学的主要任务是测定和测设。

测定：使用测量仪器和工具，通过测量与计算将地物和地貌的位置按一定比例尺、规定的符号缩小绘制成地形图，供科学研究和工程建设规划设计使用。

测设：将在地形图上设计出的建筑物和构筑物的位置在实地标定出来，作为施工的依据。

在城市规划、给水排水、燃气管道、工业厂房和民用建筑建设中的测量工作是：在设计阶段，测绘各种比例尺的地形图，供建、构筑物的平面及竖向设计使用；在施工阶段，将设计建、构筑物的平面位置和高程在实地标定出来，作为施工的依据；工程完工后，测绘竣工图，供日后扩建、改建、维修和城市管理应用，对某些重要的建、构筑物，在建设中和建成后还应进行变形观测，以保证建筑物的安全。

在铁路、公路建设中的测量工作是：为了确定一条经济合理的路线，应预先测绘路线附近的地形图，在地形图上进行路线设计，然后将设计路线的位置标定在地面上以指导施工；当路线跨越河流时，应建造桥梁，建桥前应测绘河流两岸的地形图，测定河流的水位、流速、流量、河床地形图与桥梁轴线长度等，为桥梁设计提供必要的资料，最后将设计桥台、桥墩的位置标定到实地；当路线穿过山岭需要开挖隧道时，开挖前应在地形图上确定隧道的位置，根据测量数据计算隧道的长度和方向；隧道施工通常是从隧道两端相向开挖，这就需要根据测量成果指示开挖方向，保证其正确贯通。

(1) 对土建类专业的学生，通过本课程的学习，应掌握下列有关测定和测设的基本

内容:

①地形图测绘。运用各种测量仪器、软件和工具,通过实地测量与计算,把小范围内地面上的地物、地貌按一定的比例尺测绘成图。

②地形图应用。在工程设计中,从地形图上获取设计所需要的资料,如点的坐标和高程、两点间的水平距离、地块的面积、土方量、地面的坡度、地形的断面和进行的地形分析等。

③施工放样。将图上设计的建、构筑物标定在实地上,作为施工的依据。

④变形观测。监测建、构筑物的水平位移和垂直沉降,以便采取措施,保证建筑物的安全。

⑤竣工测量。测绘竣工图。

掌握好本课程的要求:认真听课,做好笔记;独立完成作业;认真对待实验课的同时在实验中培养能吃苦的品格及工作组织能力。

学习要领:课前预习,课后复习,重在理解,利用图书馆及网络资源完善体系知识。

(2) 测量实验一般规定。

①仪器的开(装)箱。仪器领取和移动要轻拿轻放,开箱时记清仪器在箱内的摆放位置和方位,以便放回,取出仪器后应及时关箱,以免野外灰尘入侵箱内。仪器装箱时应松开其制动螺旋,将仪器按原样装入箱内后,再固紧制动螺旋,关箱时不可强压以免仪器受损;如果不能将仪器箱顺利合上,应及时检查仪器的摆放位置是否合适。顺利装箱后还应检查是否锁好,仪器箱的皮带是否可靠,以免仪器在移动过程中从箱内跌落。

②架设仪器。从箱内取出进行安装时,要稳拿轻放,一手拿仪器,另一手连接螺旋,以防失手。在平滑地面上架设仪器时还应注意脚架安置是否稳妥,要严密防止脚架因地滑而跌落。

③仪器使用。刚接手的仪器或放置时间较长的仪器在使用前一般要进行简单的检校(具体检校方法详见《测量学》)。测量仪器是精密仪器,在使用中要注意动作舒缓而准确。测量仪器的各种螺旋件大多用合金制作,对其调整,要做到“点到即止、到位就可”,严禁将螺旋转动过紧,而导致杆件滑丝。

④搬站。当需要搬站时,如果搬站距离较近时,可保留仪器和脚架的连接状态,应收拢脚架,左手抱住脚架,右手托住仪器头部,缓慢前行至下一个点位;严禁用扛、拉、两人抬等方式搬动仪器。如果距离较远(大于100 m)时应将仪器装箱搬运。

⑤仪器看护。在测量作业的工作间隙(如中午吃饭等),如不能将仪器装箱收回,就必须安排专人进行看护,以防发生意外。在洞口或滑坡地段进行测量时要注意飞石或滴水。

⑥仪器保养。野外测量时必须带测伞,以防仪器日晒、雨淋。必须爱护镜头,擦拭要用软布或镜头纸,严禁用手擦和接触。仪器在湿度大的地方使用后,要通风、去潮后才能装箱。仪器在平时储存时应定期开箱通风去潮。

⑦仪器运输。在运输过程中要将仪器随身携带乘车,遇路面颠簸时必须将仪器抱于身上,以免仪器因震碰而损坏。

⑧仪器故障处理。不论仪器在何处发生故障,应立即交专业人员维修,严禁私自拆卸。

⑨仪器借还、交接。仪器的借用、归还及交接必须有双方当事人及见证人共3人在场,并当场清点、签字并归档。

(3) 测量普通操作考核标准。

①水准仪的操作主要是整平工作,因此对于学生的操作水平和对仪器操作的熟练程度的考核重点在于此。在平整的场地上进行仪器架设、粗平、瞄准、精平、读数的操作,如果能

在 30 s 内完成, 评定为优秀; 在 30 ~ 40 s 内完成, 评定为良; 在 40 ~ 50 s 内完成, 评定为合格; 在 50 s 以上完成评定为不合格。

②经纬仪的操作主要考核同学们对它的掌握熟练程度。在一平整的场地上按规范步骤进行光学对中、粗平、精平等操作, 如果能在 35 s 内完成, 评定为优秀; 在 35 ~ 45 s 内完成, 评定为良; 在 45 ~ 60 s 内完成, 评定为合格; 在 60 s 以上完成评定为不合格。

③全站仪数字化测图实验主要考核同学们对地形图测绘的熟练掌握程度。在学院内开展地形图的数字化测绘实习, 在正确完成 5 ~ 10 次搬站的情况下, 一个小组每天能完成 500 个以上碎部点的测量, 并能当天及时用 CASS 软件连线绘图, 则将该小组评定为优秀; 每天能完成 350 ~ 500 个碎部点的测量, 并能当天及时用 CASS 软件连线绘图, 则将该小组评定为良; 每天能完成 200 ~ 350 个碎部点的测量, 并能当天及时用 CASS 软件连线绘图, 则将该小组评定为合格; 每天不能完成 200 个碎部点的测量, 并不能当天及时用 CASS 软件连线绘图, 则将该小组评定为不合格。

1.2 测量发展简史

1.2.1 测量学的发展

这是人类长期探索的问题。早在公元前 6 世纪古希腊的毕达哥拉斯就提出了地球形状的概念。两世纪后, 亚里士多德作了进一步论证, 支持这一学说。又一世纪后, 埃拉托斯特尼用在南北两地同时观测日影的办法首次推算出地球子午圈的周长。

在人类认识地球形状和大小的过程中, 测量学获得了飞速的发展, 如三角测量和天文测量的理论和技术、高精度经纬仪制作的技术、距离丈量的技术及有关理论、测量数据处理的理论及误差理论等。在测量学发展的过程中很多数学家、物理学家作出了巨大的贡献, 如托勒密、墨卡托等。

世界上第一台经纬仪 Ramsden Theodolite Model - B (图 1-1 ~ 图 1-3 为游标经纬仪, 图 1-4 为水准仪) 于 1783 年由英国制造, 材料为青铜, 水平盘直径为 0.9 m, 质量为 91 kg, 使用特制的四轮弹簧马车运输。

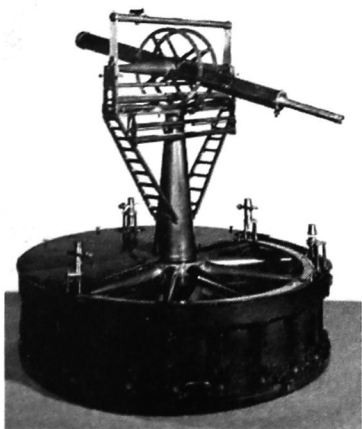


图 1-1 1783 年世界上第一台经纬仪



图 1-2 1870 年游标经纬仪

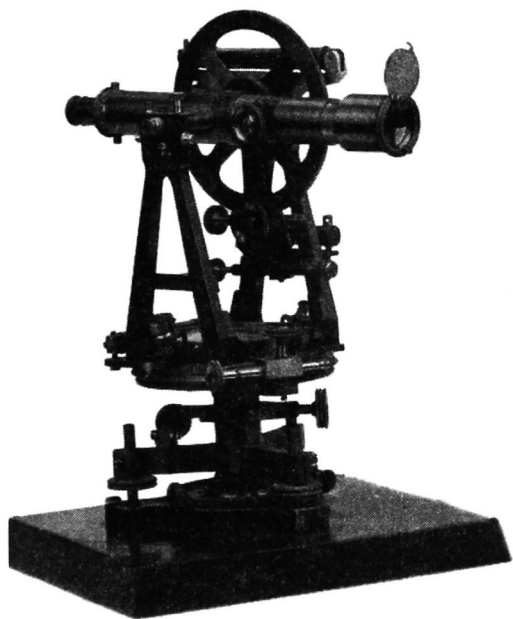


图 1-3 1905 年詹天佑使用的游标经纬仪

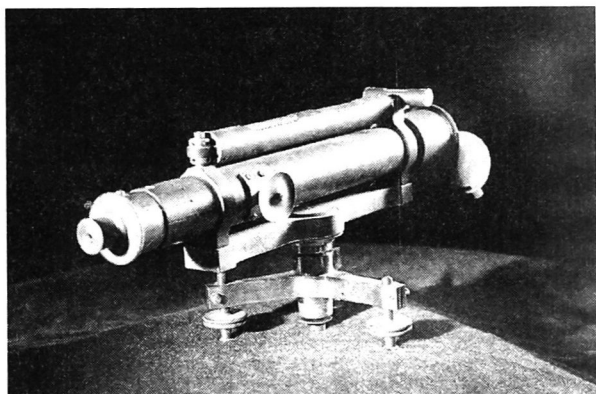


图 1-4 1905 年詹天佑使用的水准仪

我国是世界文明古国，由于生活和生产的需要，测量工作开始得很早。春秋战国时编制了《四分历》，一年为 365.25 日，与罗马人采用的儒略历相同，但比其早四五百年。南北朝时祖冲之所测的“朔望月”为 29.530 588 日，与现今采用的数值只差 0.3 s。宋代杨忠辅编制的《统天历》，一年为 365.242 5 日，与现代值相比，只有 26 s 误差。之所以能取得这样准确的数据，是因为公元前 4 世纪就已创制了浑天仪，用它来测定天体的坐标入宿度和去极度（相当于现代赤道坐标系统的赤经差和 90° 赤纬）。汉代张衡改进了浑天仪（图 1-5），并著有《浑天仪图注》。元代郭守敬改进浑天仪为简仪（图 1-6）。用于天文观测的仪器还有圭、表和复矩，用以计时的仪器有漏壶和日晷等。



图 1-5 浑天仪

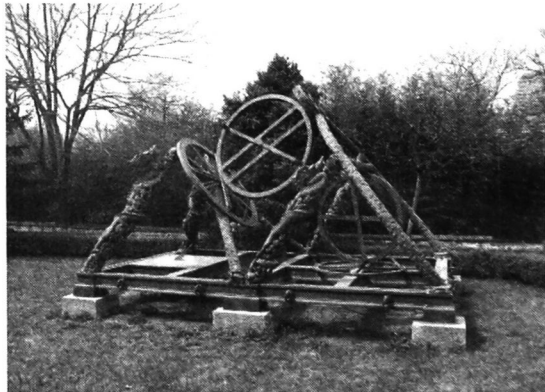


图 1-6 简仪

在地图测绘方面，由于行军作战的需要，历代帝皇都很重视。目前见于记载最早的古地图是西周初年的洛邑城址附近的地形图。周代地图使用很普遍，管理地图的官员分工很细。现在能见到的最早的古地图是长沙马王堆三号墓出土的公元前 168 年陪葬的长沙国地图和驻军图（图 1-7 和图 1-8），图上有山脉、河流、居民地、道路和军事要素。

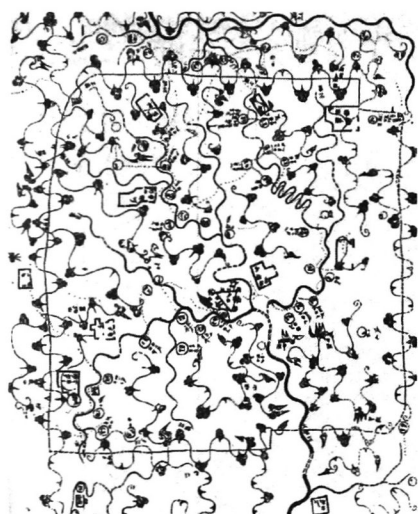


图 1-7 长沙国南部驻军图

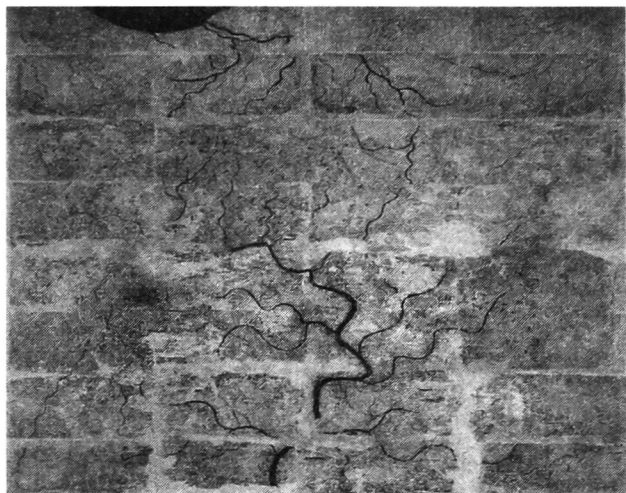


图 1-8 长沙国深平防区图

西晋时裴秀编制了《禹贡地域图》和《方丈图》，并创立了地图编制理论——《制图六体》。此后历代都编制过多种地图，其中比较著名的有：南北朝时谢庄创制的《木方丈图》；唐代贾耽编制的《关中陇右及山南九州等固》及《海内华夷图》；北宋时的《淳化天下固》；南宋时石刻的《华夷图》和《禹迹图》（现保存在西安碑林）；元代朱思本绘制的《舆地图》；明代罗洪先绘制的《广舆图》（相当于现代分幅绘制的地图集）；明代郑和下西洋绘制的《郑和航海图》；清代康熙年间绘制的《皇舆全览图》以及 1934 年上海申报馆出版的《中华民国新地图》等。我国历代能绘制出较高水平的地图，是与测量技术的发展有关联的。我国古代测量长度的工具有丈杆、测绳（常见的有地钯、云钯和均高）、步车和记里鼓车；测量高程的仪器工具有矩和水平（水准仪）；测量方向的仪器有望筒和指南针（战国时期利用天然磁石制成指南工具——司南，宋代出现人工磁铁制成的指南针）。测量技术的发展与数理知识紧密关联。公元前问世的《周髀算经》和《九章算术》都有利用相似三角形进行测量的记载。三国时魏人刘徽所著的《海岛算经》，介绍利用丈杆进行两次、3 次甚至 4 次测量（称重差术），求解山高、河宽的实例，大大促进了测量技术的发展。我国古代的测绘成就，除编制历法和测绘地图外，还有唐代在僧一行的主持下，实量了从河南白马，经过浚仪、扶沟到上蔡的距离和北极高度，得出子午线一度的弧长为 132.31 km，为人类正确认识地球做出了贡献。北宋时沈括在《梦溪笔谈》中记载了磁偏角的发现。元代郭守敬在测绘黄河流域地形图时，“以海面较京师至汀梁地形高下之差”，是历史上最早使用“海拔”观念的人。清代为统一尺度，规定二百里（1 里 = 0.5 千米）合地球上经线 1° 的弧长，即每尺合经线上 $0.01''$ ，一尺等于 0.317 m。

中华人民共和国成立后，我国测绘事业有了很大的发展。建立和统一了全国坐标系统和高程系统；建立了遍及全国的大地控制网、国家水准网、基本重力网和卫星多普勒网；完成了国家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；完成了珠穆朗玛峰和南极长城站的地理位置和高程的测量；配合国民经济建设进行了大量的测绘工作，如进行了南京长江大桥、葛洲坝水电站、三峡水库、北京正负电子对撞机等工程的精确放样和设备安装测量。在测绘仪器制造方面，从无到有，现在不仅能生产系列的光学测量仪器，还研制成功各种测程的光电测距仪、卫星激光测距仪和解析测图仪等先进仪器，如图 1-9 ~ 图 1-12 所

示。特别是近年来，我国测绘科技发展更快，如 GPS 全球定位系统已得到广泛应用。

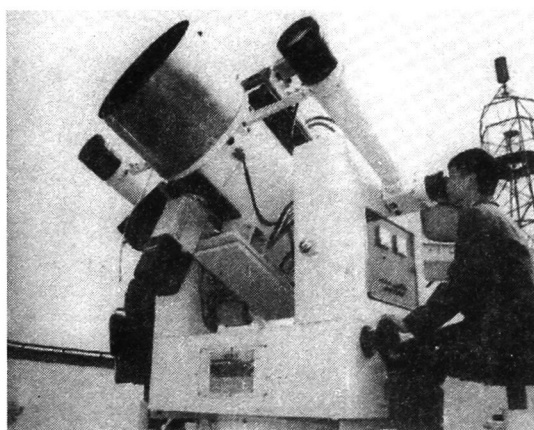


图 1-9 国产 G171 - II 人卫激光测距仪



图 1 - 10 国产 NTS370 Win 免棱镜全站仪



图 1 - 11 国产 DL - 3003 高精度电子水准仪



图 1 - 12 国产 GPS (北斗) RTK S82

1.2.2 测绘科技发展年代简史

公元前3世纪,中国已经用指南仪器——司南来确定方向。

公元400年,中国发明了记里鼓车,用以测量距离。

1276年,元朝的郭守敬创制了多种天文仪器,用于测定天体的高度和方位。

15世纪,由于航海和地理开发的需要,研究地球形状的科学得到发展;同时,由于军事和经济建设的需要,对测量仪器提出了更高的精度要求。

1608年,荷兰人汉斯发明了望远镜。

1667年,法国首先在全圆分度器上安装了望远镜,进行测角。

1783年,英国制成了度盘直径90 cm,重达91 kg的经纬仪。

17世纪后期,丹麦天文学家奥拉夫-鲁默尔将测微器和显微镜用于读取度盘读数,大大提高了读数精度。

1858年,意大利工程师波尔勒发明了内对光望远镜,未能推广应用。

1892年,减反射涂层的发明,使内对光望远镜的制造得到发展。

1920年,威特等人制造成功了世界上第一台光学经纬仪(Theodolite),定为TH1型,1923年生产出T2型经纬仪。至此,现代光学测量仪器的基本结构已经确定。

1960年,美国贝尔实验室发明了世界上第一台红宝石激光器。1962年,砷化镓半导体激光器研制成功。激光的出现,对传统光学仪器产生了深刻影响。

1983年,奥地利维也纳技术大学的卡门教授用视觉经纬仪改制成功了世界上第一台测量机器人,并用于监测矿区的地表移动。

1978年,王之卓院士提出了发展全数字自动化测图系统的设想和方案,指出“全数字化测图系统是指用航摄像片按灰度元素数字化形式,利用数字电子计算机运算并通过数字地面模型测制线划等高线及正射影像地图”。1985年,完成了全数字自动测图软件系统WUDAMS。进入20世纪90年代,数字图像处理、模式识别等理论和技术的引入,数字摄影测量工作站获得迅速发展并步入实用化阶段。

1990年,我国各测绘单位相继进入全站仪时代;1995年,数字化测图开始运用于测绘生产中。

GPS起始于1958年美国军方的一个项目,1964年投入使用。20世纪70年代,美国陆海空三军联合研制了新一代卫星定位系统GPS(图1-13),主要目的是为陆海空三大领域提供实时、全天候和全球性的导航服务,并用于情报收集、核爆监测和应急通信等一系列军事目的,经过20余年的研究试验,耗资300亿美元,到1994年,全球覆盖率高达98%的24颗GPS卫星星座已布设完成。

北斗卫星导航系统于1983年提出,2000年开始发射北斗卫星,其系统由空间端、地面端和用户端3部分组成(图1-14)。空间端包括5颗静止轨道卫星和30颗非静止轨道卫星。地面端包括主控站、注入站和监测站等若干个地面站。用户端由北斗用户终端以及与美国GPS、俄罗斯“格洛纳斯”(GLONASS)、欧盟“伽利略”(GALILEO)等其他卫星导航系统兼容的终端组成。



图 1-13 GPS 系统



图 1-14 2012 年 12 月 27 日北斗正式服务

1.3 测量工作概述

地球表面复杂多样的形态，可分为地物和地貌两大类。地面上固定性物体称为地物，如河流、湖泊、道路和房屋等。地面上高低起伏的形态称为地貌，如山岭、谷地和陡崖等。不论地物还是地貌，它们的形状和大小都是由一些特征点的位置所决定的。这些特征点也称碎部点。测量时，主要就是测定这些碎部点的平面位置和高程。

测定碎部点的位置，其程序通常分为以下两步：

(1) 控制测量。以较精确的仪器和方法测定各控制点之间的距离、各控制边之间的水平夹角，某一条边的方位角，如设某点的坐标已知，则可计算出其他控制点的坐标，以确定其平面位置；同时还要测出各控制点之间的高差，如某点的高程已知，求出其他控制点的高程。

(2) 碎部测量。即根据控制点测定碎部点的位置。这种“从整体到局部”“先控制后碎部”的方法是组织测量工作应遵循的原则，它可以减少误差累积，保证测图精度，而且可以分幅测绘，加快测图进度。

另外，从上述可知，当测定控制点的相对位置有错误时，以其为基础所测定的碎部点位也就有错误，碎部测量中有错误时，以此资料绘制的地形图也就有错误。因此，测量工作必须严格进行检核工作，故“前一步测量工作未作检核而不进行下一步测量工作”是组织测量工作应遵循的又一个原则，它可以防止错漏发生，保证测量成果的正确性。

1.4 测量常用计量单位与换算

1. 长度单位

英制单位：海里、码、英尺、英寸。

市制单位：里、丈、尺、寸。

公制单位：公里、米、分米、厘米、毫米。

2. 长度单位“米”的定义

18 世纪法国科学院派测量队进行“弧度测量”，随后以测得的子午线弧长的 4 000 万

分之一作为长度的基本单位,称为“米”。为了使用方便,用铂金属制造了几根长1米的尺子,称为米的原尺。当时,世界各国的长度标准都是由这几根米尺派生复制出来的。我国在20世纪60年代之前也一直使用这样的复制尺。

3. 时间单位“秒”的定义

经典的时间标准是用天文测量方法测定的。设将测量仪器的望远镜指向天顶,则某一天体连续两次通过望远镜纵丝的时间间隔就等于24时。1时的 $\frac{1}{3600}$ 就等于1秒。当然精确的“秒”要用一年甚至几年的时间间隔细分后求得。自20世纪70年代起才改用原子钟取得时间的标准。

4. 60进制单位

度(d)、分(m)、秒(s)。

5. 10进制单位

新度(g)、新分(gm)、新秒(gs)。

6. 弧度单位

1弧度 = 2 062 650 s。

7. 长度单位换算

1 km = 1 000 m 1 m = 10 dm = 100 cm = 1 000 mm

1 英里 = 1.609 3 公里 1 码 = 3 英尺

1 英尺 = 12 英寸 = 30.48 厘米

1 英寸 = 2.54 厘米

1 海里 = 1.852 公里 = 1 852 米

1 里 = 500 米 1 丈 = 10 尺

1 尺 = $\frac{1}{3}$ 米 1 尺 = 10 寸

8. 角度单位换算

1 度(d) = 60 分(m) = 3 600 秒(s)

$r^\circ = 180^\circ / \pi r = 57.3^\circ$

1.5 本章小结

测量学是测绘科学的一个组成部分,在工程建设中起着重要的作用,它包括地形测图、施工放样和变形监测等部分。

要确定地面上一点的空间位置,可以用坐标和高程表示。测量中常用的坐标有地理坐标、高斯平面直角坐标和平面直角坐标。本课程主要用到平面直角坐标,请注意它和数学上的平面直角坐标的不同。高程分为绝对高程和相对高程,一般用绝对高程。

平面坐标系:坐标纵轴为X轴,向北为正,坐标横轴为Y轴,向东为正,坐标原点可假定,也可选在测区的已知点上。象限按顺时针编号。

测量工作的原则:测量工作遵循“从整体到局部、由高级到低级、先控制后碎部”及“步步检核”的原则。

传统意义的测量,手工绘图目前仅用于理论层面,而现在的工程中普遍使用的是数字化测图及其运用。