

— 高等学校教材 —

普通测量学

清华大学测量教研组编

人 民 教 育 出 版 社

高等学校教材



普通测量学

清华大学测量教研组编

人民教育出版社

本书是清华大学测量教研组编写的。全书为七篇，共二十七章。
主要内容为：测量学的基本知识，测量仪器的构造和使用方法，小地区大比例尺地形测量工作，地形图的应用，土木工程和水利工程中测设工作的基本内容，航空摄影测量概念及光速测距的概念等。

本书可作高等工业学校土建、水利类专业“普通测量学”课程的试用教科书，也可供有关工程技术人员参考。

参加本书编写工作的有储钟瑞、刘翰生、王雄风、杨德麟、高登崙、郑国忠、李之闲等同志。

普 通 测 量 学

清华大学测量教研组编

北京市书刊出版业营业许可证出字第2号

人民教育出版社出版(北京景山东街)

人 民 教 育 印 刷 厂 印 装

新华书店北京发行所发行

各 地 新 华 书 店 经 售

统一书号K15010·1070 开本 850×1168 $\frac{1}{32}$ 印张 12 $\frac{5}{16}$ 插页 1

字数 319,000 印数 6,501—7,500 定价(7) 1.40

1951年8月第1版 1963年4月第2版 1964年3月北京第4次印刷

序

本书是以清华大学試用的“测量学”讲义为基础,改写而成的。本书的地形测量部分,先介绍了测量的基本概念,着重阐明了实际地面描繪在图紙上的問題,并讲述确定地面点相互位置的元素及其测量工作(水平距离、水平角和高差的測定),然后介绍了一个测站的地形测量工作,最后讲述了一片地区的控制测量和碎部测量工作。这样,可以使學生先在較短的时间內掌握測量中的基本工作和建立地形測量的基本概念,然后对一片地区的控制测量和碎部测量工作就更容易接受了。在完成了平时的理論学习之后,再經過几周的集中測量实习,使學生几次接触測图工作,这样,學生对地形測量的知識就能掌握得更深入、更巩固。

本书在改写时,根据今年4月間,参加选編“测量学”教材的部分学校有关教师的意見,增加了地形图应用和工程測量部分的内容,并对航空攝影測量概念和光速測距概念作了簡要的敘述。

本书在編写过程中主要参考了西安冶金学院、哈尔滨建筑工程学院及同济大学的測量学讲义,还参考了已出版的測量学書籍,如北京矿业学院等三校合編的測量学、郭祿光等編写的測量学、王兆祥等編写的測量学等以及其他有关資料。

由于編者的水平所限以及編写时间的仓促,书中一定有不妥当甚至錯誤之处,希望讀者指正。

清华大学測量教研組

1961年6月

目 录

序.....	x
--------	---

第一篇 緒 論

第一章 概述	1
§ 1-1. 測量学的任务及內容	1
§ 1-2. 測量学在社会主义建設中的作用	2
§ 1-3. 測量学发展簡史	3
§ 1-4. 新中国測繪事业的伟大成就	4
第二章 測量学的初步知識	6
§ 2-1. 地球的形狀和大小	6
§ 2-2. 地面上点位的确定	7
§ 2-3. 水平面代替水准面的限度	8
§ 2-4. 地图、地形图和断面图	10
§ 2-5. 比例尺和慣用符号	10
§ 2-6. 測量工作的概念	16
§ 2-7. 等高綫的概念	17
§ 2-8. 地形的类型及等高綫表示法	18
§ 2-9. 等高綫的特性	20

第二篇 測量的基本工作

第三章 距离丈量	22
§ 3-1. 直綫定綫	22
§ 3-2. 丈量距离的工具	24
§ 3-3. 鋼尺的鉴定和改正数	25
§ 3-4. 直綫丈量	25
§ 3-5. 直綫丈量的精度要求和注意事項	30
第四章 直綫定向和罗盘仪	32
§ 4-1. 定向概念	32
§ 4-2. 方位角、象限角和它們之間的关系	33
§ 4-3. 正反方位角和正反象限角	34
§ 4-4. 坐标方位角(方向角)	35

§ 4-5. 罗盘仪及其使用	38
第五章 水平角測量	39
§ 5-1. 測定水平角的原理	39
§ 5-2. 經緯仪的构造	39
§ 5-3. 度盘和游标盘	42
§ 5-4. 望远鏡的构造和使用	44
§ 5-5. 水准器	46
§ 5-6. 經緯仪的檢驗和校正	48
§ 5-7. 經緯仪的安置和使用	53
§ 5-8. 量水平角的方法	55
§ 5-9. 量水平角产生誤差的原因及应注意的事项	59
§ 5-10. 光学經緯仪	61
§ 5-11. 經緯仪的保养	65
第六章 高程測量	67
§ 6-1. 高程測量的目的和种类	67
§ 6-2. 几何水准測量的原理	68
§ 6-3. 地球曲率和折光的影响	69
§ 6-4. 水准仪和水准尺	70
§ 6-5. 水准仪的檢驗和校正	73
§ 6-6. 水准測量的方法及注意事项	75
§ 6-7. 自动水准仪的构造和使用	77
§ 6-8. 精密水准仪的构造和使用	80
第七章 用視距法測定水平距离和高差	83
§ 7-1. 視距法的一般概念及基本原理	83
§ 7-2. 視距常数的測定	85
§ 7-3. 視准軸傾斜时測定水平距离与高差的公式	88
§ 7-4. 豎直角的測定和指标差的校正	88
§ 7-5. 視距法的成果計算	92
§ 7-6. 自計視距仪	96
第八章 用平板仪測定水平距离和高差	97
§ 8-1. 一般概念	97
§ 8-2. 平板仪的构造及附件	98
§ 8-3. 平板仪的檢驗和校正	100
§ 8-4. 用平板仪測定点位的工作步驟	104
§ 8-5. 新型平板仪介紹	106
第九章 一个測站的測繪工作	113

§ 9-1. 概述	113
§ 9-2. 在一个测站上视距经纬仪的测绘工作	114
§ 9-3. 一个测站上平板仪的测绘工作	118
§ 9-4. 地形图的绘制	119
第十章 误差概念	123
§ 10-1. 前言	123
§ 10-2. 测量误差的分类	123
§ 10-3. 偶然误差的特性	124
§ 10-4. 中误差、允许误差和相对误差	125
§ 10-5. 对各种测量结果的误差分析	127
§ 10-6. 权和权平均值	132
第三篇 平面控制测量和高程控制测量	
第十一章 平面控制测量概述	134
§ 11-1. 平面控制测量概念	134
§ 11-2. 建立平面控制网概述	137
第十二章 经纬仪导线测量	141
§ 12-1. 经纬仪导线测量外业	141
§ 12-2. 经纬仪导线与高级控制点的连接	142
§ 12-3. 经纬仪导线测量的内业	143
§ 12-4. 导线错误的发现	154
§ 12-5. 视差法测距导线	156
第十三章 小三角测量	160
§ 13-1. 概述	160
§ 13-2. 基线丈量	161
§ 13-3. 角度观测	163
§ 13-4. 小三角锁的近似平差	163
§ 13-5. 中心多边形的近似平差	168
§ 13-6. 四边形的近似平差	170
§ 13-7. 线形三角锁的平差	174
第十四章 经纬仪交会定点	183
§ 14-1. 前方交会	183
§ 14-2. 后方交会	187
第十五章 高程控制测量	194
§ 15-1. 高程控制测量概念	194
§ 15-2. 水准点	195

§ 15-3 水准测量的外业及校核	196
§ 15-4 水准测量成果的整理和调整	197
§ 15-5 水准测量精度	199
§ 15-6 三、四等水准测量概述	200
§ 15-7 三等水准测量的外业	200
§ 15-8 四等水准测量的外业	203
第十六章 三角高程测量与经纬仪高程导线	204
§ 16-1 概述	204
§ 16-2 中间法作三角高程测量	204
§ 16-3 端点法作三角高程测量	205
§ 16-4 三角高程测量的实施	206
§ 16-5 经纬仪高程导线	206
第四篇 碎部测量	
第十七章 碎部测量	208
§ 17-1 碎部测量概念	208
§ 17-2 碎部测量前的准备工作	211
§ 17-3 加密控制点的几种方法	216
§ 17-4 小平板仪碎部测量	223
§ 17-5 小平板仪和经纬仪联合测图法	226
§ 17-6 各种地形测量方法的比较	227
§ 17-7 碎部点的选择	223
§ 17-8 野外地形测量工作	231
§ 17-9 地形图的拼接、整饰和检查	235
第五篇 地形图的应用	
第十八章 地图投影及分幅概念	239
§ 18-1 地图投影的一般知识	239
§ 18-2 高斯投影的概念	242
§ 18-3 地图分幅及编号	243
§ 18-4 独立测区地形图编号	247
第十九章 用地形图解决的一些基本问题	250
§ 19-1 概述	250
§ 19-2 地形图上任一点的坐标和高程的确定	251
§ 19-3 等高线间某一方向的坡度的确定和地形图上最短路线的选定	252
§ 19-4 地形图上任一直线的坐标方位角的确定	253
§ 19-5 沿地形图上某一方向纵断面图的绘制	254

第二十章 城市、土木、水利工程规划设计中地形图的应用 256

- § 20-1. 在地形图上汇水面积的确定和库容的计算 256
- § 20-2. 在地形图上土壩的坡脚綫的确定 257
- § 20-3. 城市用地的地形分析 258
- § 20-4. 豎向规划中地形图的应用 260
- § 20-5. 排水工程规划中地形图的应用 261
- § 20-6. 工业企业总平面图设计中地形图的应用 263
- § 20-7. 不同规划设计阶段对地形图的要求 267

第二十一章 面积測定 268

- § 21-1. 一般概念 268
- § 21-2. 确定面积的图解法 268
- § 21-3. 确定面积的解析法 269
- § 21-4. 确定面积的定极求积仪法 271
- § 21-5. 薩維奇法 277

第六篇 簡易測量及航空摄影測量

第二十二章 簡易測图与气压高程測量 279

- § 22-1. 簡易測图的特点 279
- § 22-2. 草測 280
- § 22-3. 气压高程測量原理和公式 283
- § 22-4. 气压高程測量所用的仪器 284
- § 22-5. 空盒气压計的讀数的改正数 285
- § 22-6. 气压高程測量的外业 286
- § 22-7. 气压高程測量的成果整理工作 288
- § 22-8. 用一个气压計观测的成果整理实例 290
- § 22-9. 气压高程測量的精度 294

第二十三章 航空摄影測量及地面摄影測量概念 295

- § 23-1. 摄影測量的优点及其在工程上的应用 295
- § 23-2. 空中摄影与象片比例尺 296
- § 23-3. 地面起伏与象片傾斜所引起的象点位移 297
- § 23-4. 航摄像片的判讀 299
- § 23-5. 象片略图与象片平面图 300
- § 23-6. 象片測图方法 300
- § 23-7. 調繪 301
- § 23-8. 地面立体摄影測量的基本原理 302

第七篇 工程测量

第二十四章 工程测量的基本工作	304
§ 24-1. 放样工作概述	304
§ 24-2. 点的放样方法	305
§ 24-3. 放样的基本测量工作	309
§ 24-4. 放样工作中的几个特殊问题	313
第二十五章 路线测量	320
§ 25-1. 路线测量概念	320
§ 25-2. 路线测量的准备工作和施测方法	320
§ 25-3. 纵横断面图的绘制	323
§ 25-4. 曲线主点的计算和曲线放样	326
§ 25-5. 路基的放样	338
第二十六章 建筑物的放样和施工安装测量	342
§ 26-1. 工业企业总平面图概念	342
§ 26-2. 建筑场地控制测量概述	343
§ 26-3. 民用房屋和工业厂房的放样工作	346
§ 26-4. 一般房屋的放样工作	349
§ 26-5. 工业厂房的施工测量和安装测量	352
§ 26-6. 地下工程管线的放样和施工测量	356
§ 26-7. 建筑物的变形观测和竣工测量概述	359
第二十七章 水利枢纽施工测量	364
§ 27-1. 水利枢纽施工控制测量概述	364
§ 27-2. 施工时壩身的控制	366
§ 27-3. 壩身施工测量	370
§ 27-4. 收方测量	372
§ 27-5. 大壩竣工测量	374
§ 27-6. 隧洞测量	375
§ 27-7. 溢洪道的放样	376
§ 27-8. 大壩的变形观测	378

附 录

I. 光速测距仪简介	380
§ 附-1. 一般概念	380

§ 附-2. 变频式光速测距仪的工作原理	380
§ 附-3. 中型变频式光速测距仪的结构	381
§ 附-4. 光速测距仪的观测工作	382
§ 附-5. 距离的计算	382
II. 测量常用的计量单位	383

第一篇 緒 論

第一章 概 述

§ 1-1. 測量学的任务及內容

測量学是一門研究和量測地球表面的技术科学。測量学的任务包括两方面：

一方面是測定整个地球或地球表面局部地区的形状和大小。測定整个地球的形状和大小的目的，是为測繪工作中的計算和繪图提供必要数据，同时也为研究地壳的升降，陆地的变迁，海岸綫的移动及其他有关地球的科学問題提供必需的資料；測定地球表面局部地区的形状和大小，主要是为建設部門提供规划、設計所需的資料。

另一方面是測設工作，就是将在图紙上已設計好的建筑物位置放到地面上去。这种測量工作也称为放样工作。

測量学的內容包括很多方面，例如：研究地球的形状和大小，解决大地地区的測量問題，是属于高等測量学的內容；在小地区內，略去地球的曲率而把地球表面当作平面看待所进行的測繪工作，是属于普通測量学的內容；研究地图的編制和复制属于制图学的內容；研究有关工程建設中的測量問題，則属于工程測量学的內容。此外，随着攝影学的发展，目前已广泛利用象片来測繪地形图，其中研究利用航空攝影象片来进行的測繪工作，属于航空攝影測量学的內容；研究利用地面攝影象片来进行的測繪工作，属于地面攝影測量学的內容。随着生产的不断发展，对測量学的要求越来越高，測量学的內容也就越来越丰富。

測量学与其他科学有着密切的联系。以地球为研究对象或与地球

有关的科学,如地理学、地质学、地球物理学、土壤学、天文学等等,都要测量学为它們提供必需的資料,在这些科学領域內也广泛地应用到测量技术。同时测量学也要以数学、物理学、化学、地貌学、地质学、摄影学等等作为基础。随着这些科学的发展,测量学也得到了相应的发展。近代光学、无綫电技术的发展为創制新的测距仪器、計算工具、晒印机器等創造了极有利的条件。

本教材的內容主要包括:小地区的測繪工作,土木建筑、水利等有关专业用图的基本知識和工程测量的基本內容。

1-2. 测量学在社会主义建設中的作用

不論是全國資源的調查,荒地的开垦,森林的开发,厂矿交通綫路的兴建,河道的整理和水利資源的利用或是城乡规划,无一不需要进行大量的測繪工作。随着我国社会主义建設的日益发展,測繪任务也日益繁重。

在发展国民經济的过程中,摸清各种地上、地下資源是一項迫切的任务。大規模的資源普查工作必須有測繪工作紧密配合。調查获得的資料要填到地形图上去,估算矿产的蘊藏量也要进行测量等等。

在水利电力建設方面,測繪工作是进行水利工程必不可少的环节。全国水利資源的开发,就要求在几百万平方公里的土地上进行测量工作,搜集地形資料,作为設計的依据。在水利工程的兴建过程,要用测量来放样建筑物的位置;在水工建筑物的使用过程,还要进行变形观测,以保証使用期間的安全。

在城乡规划和厂房的建筑方面,要在地形图上进行工业区、文教区、居住区、交通綫路的规划;要用测量資料来进行厂房的設計和工程量的估算;在建筑物兴建过程中,要进行各种測設工作;对高大和重要的建筑物,在使用期間,也要进行变形观测。

在农业生产战綫上,測繪工作要为扩大耕地面积、指导农业生产服

务。測繪工作对发展农田水利事业來說,更是休戚相关的。

在政治和軍事方面,如国界的划分,战略的部署,战役的指揮,更是离不开地图和測量工作。

§ 1-3. 測量学发展簡史

我国是世界的文明古国。測量学在我国发展得很早,早在公元前2300年,夏禹治水就用了簡易的測量工具——“准绳規矩”。夏禹还把九州山、川、草、木、禽兽的图象鑄在九个鼎上,这些图具有原始地图的性质。

中国发明了磁針,并最早用于航海上。直到現在,磁針还是測定方位的重要工具。

西晋(公元三世紀)裴秀綜合前人的制图經驗,拟訂了制图准則,称为“制图六体”。唐代(公元八世紀)南宮說实测了子午綫 1° 的弧长。元代(十三世紀)郭守敬拟訂了測量全国緯度的計劃,共測出了27点的緯度。清康熙年間,即进行了三角測量,并在1718年完成了“皇輿全图”。清朝末年,有的省分还建立了一些測量机构,做了一些測繪工作。

在其他国家,如古代埃及,由于尼罗河常常洪水泛濫,消灭了土地的边界,为了重新划分边界,就进行了土地測量。古代希腊人也很早就掌握土地測量的方法。測量学按希腊文的意义就是土地划分。

十五世紀中叶以后,欧洲进入文艺复兴时期。由于資本主义的兴起,貿易发达,海道通航需要航海图,在航海中还要經常測定船只的位置。这时,測量学得到了迅速的发展。到十七世紀,望遠鏡、水准器、分度机和精确的讀数装备等的发明,大大加速了測量学的发展。在第一次世界大战以后,由于摄影学和航空事业的发展,航空摄影測量得到了广泛的应用,于是測量学走上了机械化的道路。

近几年来,由于物理光学、电子技术、計算技术的迅速发展,和这些新技术在測量上的应用,从而出現了很多新的測量仪器,例如利用光波或无綫电波的測距仪、雷达航測仪、电子印象机、电子計算机等,这就使測繪工作逐漸走向自动化的道路。这說明了測量学是随着社会的进步和生产的发展而发展的。

在苏联,十月革命后的四十余年間,測繪事业有了很大的发展。1919年3月,列宁同志签署了关于成立苏联国家測繪总局的法令。1930年起,苏联就大量采用航空攝影測量的方法来編制地形图。1940年,在大地測量学家克拉索夫斯基教授的领导下,确定了目前最精确的地球形状和大小的元素。苏联已統一了全国的坐标系統,建立了多所培养測繪干部的学校。光速測距等新技术的研究也有显著的成就,并已应用于生产。

§ 1-4. 新中国測繪事业的偉大成就

新中国的測繪事业,在中国共产党的领导下,已取得了巨大的成就。

旧中国遗留下来的測繪遺產是少得可怜的。全国沒有統一的坐标系統,相邻省分的地图不能相互拼接,精度也很差。1949年的时候,測繪干部只有一千多人,一等經緯仪、水准仪只有十几台,而普通的經緯仪、水准仪也不能生产。反动派甚至以国防和开发資源为名,与美帝国主义签定卖国的“航空測量秘密协定”,让美帝国主义来窃取我国的地形和資源机密。而当时,共产党领导下人民军队,在极端困难的物质条件下,却积极地发展了測繪事业;这为解放后測繪事业的迅速发展打下了良好的基础。

新中国成立以后,开展了規模巨大的社会主义建設,这就迫切要求在我国广大的領土上測繪詳細而精确的地形图和完成大量的工程測量任务。为了滿足建設的需要,1950年起政府許多部門都先后成立了測

繪机构,进行了大量的測繪工作。国家为了更好地領導全国測繪工作,在1956年建立了国务院直屬的測繪机构——国家測繪总局,还先后建立了专门培养測繪干部的大、专学校,科学研究机构等。与此同时,統一了全国的大地坐标系統和高程系統,广泛地应用了航空摄影測量的方法,生产了經緯仪、水准仪、平板仪等測繪仪器。在創制新型仪器方面,也取得很多成就。全国已拥有一支强大的受有专门訓練和实际鍛炼的測繪专业队伍。

近几年来測量工作有了很大的发展。我們相信,在总路綫、大跃进、人民公社三面紅旗的光輝照耀下,随着全国社会主义建設各項事业的发展,全国測繪工作者将以更大的跃进步伐,为社会主义建設事业作出更多的貢獻。

第二章 測量学的初步知識

§ 2-1. 地球的形狀和大小

測量上所講的地球表面點子的位置，是指這些點子對於地球總的形狀（簡稱總形）的關係。因此首先需要了解一下地球總的形狀和大小。我們所看到的地球表面並不是完全平坦的，而是有高山、深谷、河川、平原、海洋等等的起伏，但這些起伏與地球的總體相比，是極為微小的（如珠穆朗瑪峰的高程是 8882 米）。因而在講地球的總形時，可以不考慮這些微小的起伏。近百年來由於測量科學的發展，我們知道地球表面的形狀是近於球形，它的半徑 R 約為 6371 公里。若更精確地研究地球表面的形狀，則它更近於一個橢圓體。根據蘇聯在克拉索夫斯基教授領導下推算所得的最精確的結果，這個橢圓體的長半徑 $a = 6378.245$ 公里，短半徑 $b = 6356.863$ 公里，扁率 $\alpha = \frac{a-b}{a} = \frac{1}{298.3}$ 。

就整個地球而言，海洋的面積約占 71%，陸地面積僅占 29%，因此地球的總形可設想為一個靜止的海水面延續穿過大陸而形成一個閉合曲面。靜止的水面有一個特點，就是在这个面上任何一點所作的鉛垂綫（和重力方向一致的綫）都垂直於這個曲面。凡是滿足這個條件的面都稱為水準面。和水準面相切的平面，叫做水平面。水平面內任何方向的直綫都是垂直於鉛垂綫的水平綫。水準面有無窮多個，其中包括平均海水面的，稱為大地水準面。在實際工作中，是在海濱設立驗潮站，對水位的高低進行長期的觀測，取平均數作為平均海水面的位置，以確定大地水準面的位置。由於地球內部質量分布不均勻，大地水準面就變成一個複雜的面，因此直接用這個面作為基準面來進行測量上的計算和繪圖工作是很不方便的。目前我們採用一個和大地水準面很接近的數學面來代表地球的總形，這個數學面形成一個扁形的橢圓