

成都工學院圖書館

284402

基本館藏

高等學校試用教科書



測量學

CELIANGXUE

同濟大學等編

(修訂本)



人民教育出版社

高等学校試用教科书



測 量 学

CELIANGXUE

同济大学等編

(修訂本)

人民教育出版社



本书主要根据 1959 年同济大学郭祿光等合編的“測量学”教材(人民教育出版社出版)进行选編的。其中第五篇系吸取清华大学、西安冶金学院、哈尔滨建筑工程学院等校的建筑结构与施工(工民建)专业測量学方面的教材。

全书分为五篇,計二十三章。其内容为:緒論,地形图及其应用,測量误差的基本知識;直綫丈量,直綫定向及罗盘仪,經緯仪构造及水平角观测,經緯仪导綫及地物測量,小三角測量,交会定点,面积計算;水准測量,三角高程測量,气压高程測量;視距測量,平板仪測量,地图投影及地图分幅的概念,草測,航空摄影測量概念;建筑場地的控制測量,放样工作的基本方法,建筑物的放样和施工安装測量,踏綫測量,工业建築物的变形观测与竣工測量。

本书主要适用于高等工业院校的建筑结构与施工(工民建)专业教材,授学时数为 80 学时左右。其他学时数相近的,如給水排水、城乡建设等专业也可采用。

本书在选編过程中,并有清华大学、唐山铁道学院、北京矿业学院、华东水利学院、武汉测绘学院、哈尔滨建筑工程学院、西安冶金学院、杭州工学院等校的代表参加研究和討論。

簡 裝 本 說 明

目前 850×1168 毫米規格紙張較少,本书暫以 787×1092 毫米規格紙張印刷,定价相应减少 20%。希鑒諒。

測 量 学

(修訂本)

同 济 大 学 等 編

人民教育出版社出版 高等學校教學用書測量學
北京宣武門內大街 25 号

(北京市书刊出版业營業許可証出字第 2 号)

上 海 市 印 刷 五 厂 印 裝
新 華 书 店 上 海 发 行 所 发 行
各 地 新 華 书 店 經 售

統一書号 15010·1053 开本 787×1092 1/32 印張 15 5/16 插圖 1
字數 389,000 印數 1—4,000 定价(4) 1.46

1959 年 7 月初版

1961 年 7 月第 2 版 1961 年 7 月上海第 1 次印刷

目 录

第一篇 测量学的初步知識

第一章 緒論	1
§ 1-1 測量学的任务	1
§ 1-2 測量学在社会主义建設中的作用	1
§ 1-3 測量学的发展簡史	3
§ 1-4 解放后我国測量事业的偉大成就	4
§ 1-5 度量单位	5
§ 1-6 地球的形狀和大小	7
§ 1-7 地面上的图形在球面和平面上的表示方法	8
§ 1-8 地面上点位的确定	10
§ 1-9 水平面代替水准面的限度	12
§ 1-10 地图、平面图和断面图	14
§ 1-11 比例尺	16
§ 1-12 地形图的常用符号	21
§ 1-13 測量工作的組織原則	21
第二章 地形图及其应用	25
§ 2-1 地形在平面图上的表示方法	25
§ 2-2 地形元素的等高綫	29
§ 2-3 等高綫的特征	31
§ 2-4 按点的高程勾繪等高綫	34
§ 2-5 地形图的应用	37
§ 2-6 坡度及傾斜角比例尺曲綫	43
第三章 測量誤差的基本知識	45
§ 3-1 測量誤差的概念	45
§ 3-2 誤差的种类及其特性	49
§ 3-3 測量精度的衡量	48
§ 3-4 观测值函数的中誤差	50
§ 3-5 算术平均值及其中誤差	55
§ 3-6 由似真誤差求观测值的中誤差	58
§ 3-7 双观测值的中誤差	57
§ 3-8 权与单位权	59

§ 3-9 一般算术平均值及其中誤差	61
§ 3-10 单位权的中誤差	62
§ 3-11 观测值函数的权	64
§ 3-12 不同精度观测值单位权的中誤差	65

第二篇 地物平面图的測繪

第四章 直綫丈量	67
§ 4-1 地面上点的标志	67
§ 4-2 直綫定綫	68
§ 4-3 直綫丈量的工具	71
§ 4-4 鋼尺檢驗及尺长改正	72
§ 4-5 直綫丈量	73
§ 4-6 測斜器	76
§ 4-7 直綫丈量的精度及应注意的事項	77
第五章 直綫定向及罗盘仪	81
§ 5-1 方位角与象限角	81
§ 5-2 正反方位角与正反象限角、方向角(坐标方位角)	83
§ 5-3 子午綫收敛角	85
§ 5-4 磁方位角与真方位角的关系	87
§ 5-5 罗盘仪的构造及其檢驗	88
§ 5-6 磁方位角和磁象限角的測定	91
第六章 經緯仪构造及水平角观测	93
§ 6-1 水平角观测的原理	93
§ 6-2 經緯仪的构造	94
§ 6-3 讀数设备	98
§ 6-4 游标盘偏心	102
§ 6-5 望远镜的构造	103
§ 6-6 十字絲及望远镜的調节	107
§ 6-7 內对光望远镜	109
§ 6-8 望远镜的性能	110
§ 6-9 水准器	114
§ 6-10 水准管分划值及其測定	116
§ 6-11 經緯仪的安置	118
§ 6-12 經緯仪的檢驗与校正	120
§ 6-13 仪器誤差对水平角观测的影响	125
§ 6-14 經緯仪的养护	128
§ 6-15 水平角观测	129
§ 6-16 水平角观测精度	132

§ 6-17 光学经纬仪	138
第七章 经纬仪导线及地物测量	143
§ 7-1 平面控制的一般知识	143
§ 7-2 国家平面控制网的概念	145
§ 7-3 导线的布置	146
§ 7-4 经纬仪导线测量	147
§ 7-5 闭合导线的计算	151
§ 7-6 附合导线的计算	156
§ 7-7 导线测量的检查	160
§ 7-8 地物测绘	162
§ 7-9 用反光定角器测设垂直线	164
§ 7-10 导线点的展绘	167
§ 7-11 地物平面图的绘制	170
§ 7-12 平面图的缩放	171
第八章 小三角测量	174
§ 8-1 一般知识	174
§ 8-2 三角锁推算边的精度	175
§ 8-3 基线丈量	177
§ 8-4 基线长度的计算	178
§ 8-5 角度观测	181
§ 8-6 偏心观测及归心计算	183
§ 8-7 三角锁的近似平差	188
§ 8-8 中心多边形的近似平差	192
§ 8-9 四边形的近似平差	193
§ 8-10 线形三角锁的平差	199
第九章 交会定点	207
§ 9-1 前方交会	207
§ 9-2 后方交会	209
§ 9-3 豪司布兰德“辅助符号”的介绍	215
§ 9-4 应用豪氏符号计算前后方交会	217
§ 9-5 导线与高级控制点的连接	221
第十章 面积计算	223
§ 10-1 图解法确定图形面积	223
§ 10-2 解析法计算图形面积	224
§ 10-3 极点求积仪的构造	225
§ 10-4 极点求积仪测定面积的原理	226
§ 10-5 求积仪的分划值和常数的测定	231

§ 10-6	求积仪的檢查及測定面积的精度	233
§ 10-7	用沙維奇法測定图形面积	235

第三篇 高程測量

第十一章 水准測量 237

§ 11-1	国家高程控制网的概念	237
§ 11-2	水准測量的原理	239
§ 11-3	地球曲率及大气折光的影响	242
§ 11-4	水准尺	243
§ 11-5	水准仪	245
§ 11-6	定鏡水准仪的檢驗与校正	249
§ 11-7	四等水准測量	251
§ 11-8	三等水准測量	254
§ 11-9	水准測量工作的中断及观测中应注意的事项	255
§ 11-10	水准測量成果的平差計算	256
§ 11-11	自动水准仪的构造与使用	261
§ 11-12	精密水准仪的构造与使用	263

第十二章 三角高程測量 268

§ 12-1	三角高程測量的原理	268
§ 12-2	經緯仪豎直度盘的构造	270
§ 12-3	豎直角观测及計算	272
§ 12-4	豎盘零位的校正	276
§ 12-5	三角高程測量	276

第十三章 气压高程測量 280

§ 13-1	概述	280
§ 13-2	气压高程測量的基本原理	281
§ 13-3	气压計及其应用	284
§ 13-4	气压高程測量	289
§ 13-5	气压高程測量在路綫勘测中的应用	292

第四篇 地形測量

第十四章 視距測量 293

§ 14-1	一般知識	293
§ 14-2	視距測量的原理	294
§ 14-3	視距常数的測定	296
§ 14-4	視綫傾斜时的水平距离及高差公式	299
§ 14-5	視距計算方法及工具	301

§ 14-6	視距經緯儀測量的精度	304
§ 14-7	視距測量的外業	306
§ 14-8	視距測量的內業	309
§ 14-9	双象視距儀	316
§ 14-10	自計視距儀	319
§ 14-11	无標尺測距儀	321
§ 14-12	視距測量在路線勘測中的應用	321
第十五章	平板儀測量	323
§ 15-1	一般知識	323
§ 15-2	平板儀及其附件	325
§ 15-3	平板儀的檢查和校正	329
§ 15-4	平板儀的安置	331
§ 15-5	前方交會和側方交會定點	333
§ 15-6	后方交會定點	335
§ 15-7	图解三角網及其高差的計算	336
§ 15-8	平板儀導線測量	341
§ 15-9	平板儀地形測量	342
§ 15-10	小平板儀與經緯儀合用法作地形測量	348
§ 15-11	几种地形測量方法的比較	349
§ 15-12	地形測圖中的一些注意事項	350
第十六章	地圖投影及地圖分幅的概念	352
§ 16-1	地圖投影的一般知識	352
§ 16-2	高斯投影的概念	354
§ 16-3	地圖分幅及編號	358
§ 16-4	公里方格網的繪制	362
第十七章	草測	365
§ 17-1	草測的意義	365
§ 17-2	直綫方向的測定	365
§ 17-3	距離的測定	366
§ 17-4	高程的測定	370
§ 17-5	草測的方法	371
第十八章	航空攝影測量概念	373
§ 18-1	航空攝影測量的意義	373
§ 18-2	航空攝影測量的工作內容	374
§ 18-3	航空象片的比例尺	377
§ 18-4	航空攝影測量的几种成圖方法	379
§ 18-5	象片的判讀和調繪	382

第五篇 工业建筑施工测量

第十九章 建筑场地的控制测量	387
§ 19-1 建筑场地控制测量的特点	387
§ 19-2 矩形控制网的坐标系统与坐标变换	389
§ 19-3 矩形控制网的测设	391
第二十章 放样工作的基本方法	399
§ 20-1 放样工作概述	399
§ 20-2 点的平面位置放样的基本方法	400
§ 20-3 高程放样的基本方法	403
§ 20-4 施工放样的基本工作	407
第二十一章 建筑物的放样和施工安装测量	411
§ 21-1 房屋和工业厂房的放样和施工安装测量	411
§ 21-2 特种工业构筑物施工安装测量的特点	427
§ 21-3 建筑场地地面平整时的测量工作	429
第二十二章 线路测量	431
§ 22-1 线路测量概述	431
§ 22-2 路线定线及里程桩的设置	432
§ 22-3 圆曲线元素及圆曲线主点的设置	433
§ 22-4 圆曲线的详细测设	435
§ 22-5 路线纵断面水准测量	438
§ 22-6 路线横断面水准测量	443
§ 22-7 路线纵横断面图的绘制及在图上设计路线	444
§ 22-8 工业铁路道路施工阶段的测量工作	447
§ 22-9 工程管线的放样和施工测量	455
第二十三章 工业建筑物的变形观测与竣工测量	461
§ 23-1 概述	461
§ 23-2 水准点和观测点的布设	463
§ 23-3 建筑物的沉降观测	466
§ 23-4 沉降观测成果的整理	467
§ 23-5 建筑物裂缝的观测	469
§ 23-6 建筑物的倾斜观测	470
§ 23-7 编制竣工总平面图的概念	474
附录 光速测距仪	476
§ 1 光速测距仪的一般概念	476
§ 2 光速测距仪的工作原理	476

§ 3 变频率式中型光速测距仪的结构	478
§ 4 光速测距仪的观测工作	478
§ 5 距离的计算	479

第一篇 測量学的初步知識

第一章 緒 論

§ 1-1. 測量学的任务

測量学的任务：一方面是測定地球表面上某一地区的大小和形状，用一定的比例尺縮小繪到圖紙上，而成相似的图形，作为工程建設和国防建設所必須的地形資料；另一方面是測定整个地球的大小和形状，作为測量計算的依据，同时用来研究地壳的升降，大陆的变迁，海岸綫的移动等。此外，根据建筑物的設計图，用測量的方法，把建筑物的位置在地面上确定下来，这个工作称为建筑物的放样。

測量学和其他科学一样是从人类生产的实际需要而产生，且随着人类生产的发展而发展。今天这門科学已經包括許多方面。在研究整个地球或广大地区的形状和大小时，必須考虑到地球曲率半徑問題，这是大地測量学的任务。关于測繪小区域的形状和大小的問題，則是地形測量学的内容，也是本书所要研究的主要对象。由于地球半徑很大，地球表面在小範圍內可以当作平面。至于研究在圖紙上編繪大地区地图的方法，又是属于地图制图学的任务。

随着摄影学和航空事业的发展，广泛利用航空摄影象片測繪地图的方法称为航空摄影測量学。至于測量学在各种工程建設中的应用称为工程測量学。

§ 1-2. 測量学在社会主义建設中的作用

在社会主义建設中，測量学对于加速社会主义工业化起着重

大的作用。

在工程建設和国民經济方面:例如鐵路和公路在建筑之前,为了确定一条最經濟最合理的路綫,事先必須进行該地帶的測量工作,由測量的成果繪制該地帶的地形图,在地形图上設計路綫,然后将設計的路綫再測設到地面上,以便进行施工。在路綫跨過河流时必須建造桥梁,在造桥之前也要測繪河流兩岸的地形图,以及河流的水位、流速、流量和桥梁軸綫长度的測定,以便在地形图上确定桥梁和桥墩位置等,然后再將設計的位置測設到地面上。路綫經過高山需要开挖隧道,隧道开挖之前,也必須在詳細測繪的地形图上来确定隧道的位置,并由实测的数据来計算隧道的长度和方向。在隧道施工期間,通常是由隧道的兩端开挖的,这就需要經常測量开挖的方向,使之符合于設計的方向。如果没有精密的測量工作相配合,由兩端开挖的結果将在中間不能相遇,因而造成時間上和經濟上的重大浪費。在水利电力建設方面,首先要測出不同比例尺的地形图,作为流域规划和建筑施工程設計的依据。由此可見,測量学在建筑路、桥、水工建筑物时占着非常重要的地位。

在工业与民用建筑中,当进行初步設計和技术設計时也需要地形图,把图上設計好的建筑物轉移到地面上去必須进行測量,在建筑施工阶段随时需要測量,就是在工程結束后也需要进行竣工測量。近年来,特別在建筑工程中装配式的結構与預制构件的应用,施工过程中快速流水作业法的运用,工程建筑的机械化;建筑构件的标准化,这一切又給我們提出了新的測量研究課題。同样,城市规划,人民公社的土地整理和地下資源的勘探等等,也都是在測量的基础上来實現的。因此,对于土建工程技術人員來說,不但要学会利用地形图,閱讀地形图,在地形图上进行設計工作,而且要求能进行小地区的測繪工作和建筑物的施工放样工作。

在国防事业方面,測量学有着特別重要的意义。地势是决定

作戰勝敗的因素之一，在良好的地勢上，不仅可以居高臨下射擊敵人，還可以掩護部隊不致遭受敵人的炮火。因此，統帥部必須根據詳細的地形圖來決定作戰計劃以及其他等等。此外，例如應用長射程的大炮射擊隱蔽的目標時，沒有測量學的知識就不能命中。

總之，測量學在社會主義建設和國防事業中的作用是非常重大的。我們可以這樣說：測量是社會主義建設的尖兵，地形圖是工程師和統帥部的眼睛。

§ 1-3. 測量學的發展簡史

測量學是最古老的科學之一，遠在古埃及由於尼羅河泛濫後，需要重新劃定邊界，便促進了測量科學的發展。後來隨着文化和技術的進步，測量學在人類生活中的作用就日益增加了，測量學的任务也日益擴展了。在公元前一、二百年和公元后若干年代中，由於社會生產的發展，希臘有不少科學家已把測量學應用到天文方面，並且已經能用天文測量的方法初步測定地球的大小了。但是當時所用的儀器和方法，還是非常簡單和原始的。直到 1611 年發明了望遠鏡之後，測量的方法和速度才有了較大的改進。到第一次世界大戰之後，又採用了航空攝影測量方法，促使測量學獲得較大發展。

我國在測量方面有着悠久的歷史，不論過去和現在，我國勞動人民在測量學方面都有着不少寶貴的貢獻。約在公元前 2300 年夏禹治水時就應用了“准、繩、規、矩”四種測量工具。公元前四世紀，有人利用磁石制成了指南工具，稱為“司南”。這種工具直到 1180 年左右，才由阿拉伯人傳到歐洲。公元二世紀初（後漢）張衡製造了渾天儀，進行天文測量。公元三世紀（晉朝）裴秀總結了前人制圖經驗，擬訂了制圖準則，稱為“制圖六體”，包括“分率”，是按比例尺分成方格，例如：一寸等於一百里；“准望”是指以一定方向

为根据的方位;“道里”是指距离;“高下”是指地面的高低;“方邪”是指地物形状的斜正;“迂直”是指道路或河流的曲直。刘徽总结古代立杆测影的方法,著“重差术”,指出以相似三角形的原理来测定山高、水深及城垣、河澗的宽广等九个典型性的测量问题,为世界上地形测量的先例。公元八世纪(唐代)张遂进行了世界上第一次子午线测量。公元十三世纪(元代)郭守敬拟定了测量全国各地纬度的计划,测定了纬度 27 点。清末制成皇舆全图,为世界上完成全国地图的先例。

苏联在伟大的十月社会主义革命胜利后,苏维埃政府颁布了列宁亲自签署的指令,设立了总的测量领导机构,统一了所有的基本测量工作,大量培养了人才,测量科学得到了飞跃的发展,并获得辉煌的成就。例如,1940 年在克拉索夫斯基教授领导下,推算出精确的地球椭圆体元素,对世界科学作出了巨大贡献,特别是载人的宇宙飞船的上天不仅为人类开始了宇宙航行的新纪元,并为进一步测定地球形状和大小,将获得更大的成就。

目前已处于原子时代,由于尖端科学的发展,新技术不断地应用到测量中来。近年来已应用雷达、光速及微波等测量距离,为测绘工作增添了新颖、丰富的内容和开辟了广阔的前程。

§ 1-4. 解放后我国测绘事业的伟大成就

自从 1949 年 10 月建国以来,我国的测绘事业在党的正确领导下,由于学习了苏联的先进经验和广大测绘工作者的共同努力,十一年来取得了很大的成就,从而根本上改变了过去的落后面貌。目前全国大部分地区完成了三角测量和水准测量,并进行了航空摄影测量,编制和出版了各种比例尺的地图,制定了各种测量规范和图式。1956 年成立了国家测绘总局,领导和组织了全国测绘工作。同年成立了测绘学院。在正规培养干部的同时,采取了两

条腿走路的方针，开办了许多短期训练班。到目前为止，全国测绘人员比解放前增加了上百倍，基本上满足了工农业大跃进的需要。

解放后，我国测绘工作不仅规模大，质量高，并且速度快。特别在1958年大跃进的形势下，测绘工作者和全国人民一样，破除迷信，解放思想，发扬了敢想、敢说、敢做的风格和实事求是科学分析的精神，在各项测绘事业中取得了巨大成就。在人民公社的土地规划、兴修水利方面，广大群众创造出各式各样的简易测绘仪器和简易测绘方法，群众性的测量工作遍地开花。在水利电力方面，进行了根治黄河、长江水利资源综合利用等测绘工作。在城乡建设方面，进行了旧城市的改建、扩建和新城市的兴建等各种规划设计的勘测工作。在铁道交通方面，进行了航空选线和完成了长江大桥等规模巨大的测设工作。在测量仪器的制造方面，解放前处于空白状态，解放后不仅生产了各种普通的经纬仪、水准仪和平板仪，并已试制成达到国际水平的各种精密仪器。特别自1958年以来，全国测绘工作者在党的总路线、大跃进、人民公社三面红旗的光辉照耀下，取得的成就更为辉煌。

§ 1-5. 度量单位

测量上常用的单位有长度、面积和角度三种：

(1) 长度

1公里(km) = 1000米(m)

1米(m) = 10分米(dm)

1米 = 3市尺

1分米(dm) = 10厘米(cm)

1厘米(cm) = 10毫米(mm)

1公里 = 2市里

(2) 面积

面积单位为平方米,即 m^2 。

1 公亩 = 100 米^2

1 市亩 = 6000 市尺^2

1 公頃 = 100 公亩

1 公頃 = 15 市亩

(3) 角度

60 等分制:

圓周 = 360° (度), $1^\circ = 60'$ (分), $1' = 60''$ (秒)。

100 等分制:

圓周 = 400° (新度), $1^\circ = 100^\circ$ (新分), $1^\circ = 100^{\circ\circ}$ (新秒)。

60 等分制与 100 等分制的换算:

$$1^\circ = \left(\frac{10}{9}\right)^\circ, \quad 1' = \left(\frac{100}{54}\right)', \quad 1'' = \left(\frac{1000}{324}\right)''.$$

(4) 弧度

以等于半径之长的圆弧所对的圆心角为一弧度,并以 ρ 表示。

圓周的弧长为 $2\pi R$, 圓周角为 360° , 等于半径 R 的弧长所对的圆心角为:

$$\rho^\circ = \frac{180}{\pi} = 57^\circ.3,$$

或

$$\rho' = \frac{180}{\pi} \times 60 = 3438',$$

$$\rho'' = \frac{180}{\pi} \times 60 \times 60 = 206265''.$$

(5) 時間

$1^{\text{日}} = 24^{\text{h}}$ (小时), $1^{\text{h}} = 60^{\text{m}}$ (分), $1^{\text{m}} = 60^{\text{s}}$ (秒)。

§ 1-6. 地球的形状和大小

测量工作是在地球表面上进行的，所以必须了解地球的形状和大小。我們所看到的地球表面并不是完全平坦的，而是有高山、深谷、丘陵、平原、江河、湖泊及海洋等等的起伏状态，这个表面称为地球的自然表面。由于海洋占整个地球表面的71%^①，而大陆高于海水面最大不超过10公里，因此地球总的形状可认为是被海水面所包围的球体。

当海洋或湖泊的水面在静止的状态下，设想穿过大陆和岛屿，而成为一个闭合的曲面。在这个静止的曲面上，任一点的铅垂线都垂直于该点的曲面，这样的曲面称为水准面。因为各地方的高低不同，水准面可以作出很多，其中符合于静止的海洋表面的称为大地水准面。事实上，海洋表面受潮汐及风浪的影响，并非完全静止，故取平均海水面作为大地水准面，并以这个面作为决定地面高程的起算面。

大地水准面的精确形状还是相当复杂的，因为地球表层质量分布的不均匀，以致各处的地质引力也不同，这就引起铅垂线方向的变动，致使大地水准面成为一个复杂的曲面。如果将地球表面上的图形投影到这个复杂的曲面上，在制图方面和测量的计算上都是非常困难的。为了解决这个问题，而选一个非常接近大地水准面的一个辅助面，这个辅助面称为椭球体。用椭球体代替大地水准面，虽然这两个面不完全相同，其高差是非常微小的。

椭球体是由椭圆 PQP_1Q_1 (图1-1)绕其短轴 PP_1 旋转而成，故又称为旋转椭球体。旋转椭球体的形状和大小是决定于下列三个元素，即：

长半轴(赤道半轴) a ，

① Б. И. 叶尔莫洛夫等著：大地测量，上册，测绘出版社。