

高等学校教材試用本

測量學

(修訂二版)

周 卡 程人和 編
王丙戌 李汝昌

測繪出版社

高等学校教材试用本

测量学

(修订二版)

周卡程人和昌 編
三丙戌季汝昌

测绘出版社

1959·北京

本書是根据最近高等教育部及地質部所擬訂的測量學教學大綱編寫的。在編寫過程中參考了許多蘇聯測量學教材。初稿曾在北京地質學院及北京礦業學院試用。

在內容方面：本書不但說明了各種測量的理論知識，同時更着重於測量方法，如控制測量、經緯儀導綫測量、高程測量、地形測圖法、攝影測量、草測以及地形圖的應用。在講誤差一章中，詳細地說明誤差發生的原因，以及在儀器上可能發生誤差的檢查、校正及消除的方法。此外，書中亦提到對各種儀器的保養法。

此次根據高等教育部的指示及教學中發現的缺點和讀者反應的意見，進行了修訂。其中有的章節曾加以調整，有的章節過去敘述不夠完整，現已加以補充，特別是空中像片的在地質上所運用的一般知識，又詳細地加以重寫，一部分關於精度的討論及誤差公式的推演，對於地質專業不需要的，進行了刪簡。

雖經此次修訂，但也難免錯誤，希望讀者提出寶貴意見，以便改正。

測 量 學

(修訂二版)

編 著 者 周 卡 程 人 和
 王 丙 李 汝 昌

出 版 者 測 繪 出 版 社
 * 北京宣武門外大街路西3號

北京市書刊出版業審計登記證出字第081號

發 行 者 新 華 書 店

印 刷 者 崇 文 印 刷 廠

印數(京) 1—7800冊

開本 31"×43" $1/25$

字數 260,000字

定價(10) 1.70元

1956年7月北京第2版

1959年4月北京第2版

1959年4月第1次印刷

印張 12 $10/25$ 插頁 2

目 录

序	7
修訂版序	9
第三版序	10
第一章 緒論	15
1-1 測量学研究的对象和任务	15
1-2 測量学在社会主义建設, 特別是在地質勘探工作中的意义	14
1-3 关于地球的形狀和大小的概念	14
1-4 水平面和水准面	16
1-5 平面坐标及球面坐标	19
1-6 地球表面上一点的絕對高程与假定高程	20
1-7 測量工作概念	21
第二章 誤差的初步原理	23
2-1 緒言	25
2-2 誤差的發生及其种类	25
2-3 偶然誤差的性質	24
2-4 偶然誤差的衡量	26
2-5 簡單函数的均方誤差	27
2-6 算术平均值的均方誤差	29
2-7 以算术平均值为基礎的一般度值的均方誤差	29
2-8 精度結果的权	32
2-9 权平均值及其均方誤差	33
2-10 相对誤差	34
2-11 容許誤差	35
第三章 直綫定綫与丈量	37
3-1 地面上的直綫及其標誌	37
3-2 定概略直綫的方法	37
3-3 丈量直綫的工具	39
3-4 鋼尺的檢定	40

3.5	用鋼尺丈量直線的距離	40
3.6	測斜器	44
3.7	以鋼尺丈量直線的精度	45
第四章	直線定向	47
4.1	直線定向的意義	47
4.2	標準方向的種類	47
4.3	一直線的眞方位角與象限角	49
4.4	子午線的收斂	52
4.5	以羅盤儀定一直線的磁方位	54
4.6	羅盤儀的檢驗	57
4.7	用日圭定正北方向	59
第五章	水平角測量	61
5.1	水平角測量的原理	61
5.2	經緯儀	65
5.3	經緯儀的主要構造部分	67
5.4	經緯儀的構成條件	77
5.5	經緯儀上可能發生的主要誤差的檢查、校正及消去法	79
5.6	儀器的保養	82
5.7	經緯儀的安置及整平與望遠鏡的使用	85
5.8	水平角的測定法	84
第六章	全國性控制點網的一般知識	89
6.1	控制測量的意義	89
6.2	三角測量的概念	89
6.3	全國性水準網的概念	91
第七章	經緯儀導線測量	93
7.1	導線測量的意義	93
7.2	導線測量的佈置	93
7.3	經緯儀導線測量的野外工作	95
7.4	經緯儀導線測量的精度估計	97
7.5	在有障礙地區的導線測量工作	101
7.6	經緯儀導線計算	103
7.7	按縱橫坐標繪導線點	115

7-8 独立点坐标的决定	114
第八章 高程测量	127
8-1 高程测量的一般概念	127
8-2 水准测量的基本原理	128
8-3 水准点	131
8-4 水准仪	132
8-5 水准尺及其读数	135
8-6 尺垫及其用途	136
8-7 水准测量的实施	136
8-8 水准测量的调整	140
8-9 路线断面图的绘制	143
8-10 面积水准测量	144
第九章 测绘地物地貌的基本操作法	147
9-1 地物地貌在测绘地形图中的含义	147
9-2 测定地物的基本操作法	147
9-3 比例尺	149
9-4 在图上表示地物所用的惯用符号	150
9-5 地貌与等高线	151
9-6 地貌的测绘	155
第十章 视距测量	158
10-1 视距测量所用的仪器及其工作原理	158
10-2 当视线倾斜时, 求距离及高差的公式	161
10-3 竖角的测法	166
10-4 视距测量的作业	169
10-5 视距测量成果的整理与地形图的绘制	174
第十一章 平板仪测量	176
11-1 平板仪测量的概念	176
11-2 平板仪的构造	177
11-3 平板仪的检验及校正	180
11-4 平板仪的安置	185
11-5 平板仪的应用	184
11-6 平板仪测量的作业	188

第十二章 摄影测量的概念	199
12-1 摄影测量基本認識	199
12-2 空中摄影测量与地質工作	202
12-3 空中像片的本質与其几何关系	210
12-4 空中像片的立体透視及高差的关系	216
12-5 由空中像片制圖的方法	222
12-6 空中像片繪圖	238
12-7 像片解釋	243
第十三章 草測及气压計高程測量	271
13-1 草測的应用	271
13-2 量距的方法	271
13-3 草測的定向和測角	273
13-3 草測的进行	273
13-5 气压計高程測量	275
第十四章 地形圖的应用	284
14-1 地形圖的概念	284
14-2 地圖的分幅及編号	285
14-3 地圖投影的概念与地圖格網	292
14-4 方位角的問題	297
14-5 地圖的定向	300
14-6 在圖上圖出一点的坐标	301
14-7 在圖上确定一点的經度及緯度	302
14-8 在圖上确定兩点間的直綫長度	303
14-9 高程問題	304
14-10 断面圖問題	304
14-11 面积問題	306
14-12 地圖的縮放	311
参考文献	315

序

本書是根據地質院系各專業的“測量學及地形制圖”教學大綱的課堂講授部分——測量學——編寫的。

從1953年開始，北京地質學院測量教研室學習了蘇聯莫斯科地質學院的“測量學及地形制圖”教學大綱，參考了若干蘇聯教材，着手編寫普通測量學的教材。經過幾度修改後，由北京地質學院印出，作為北京地質學院和北京礦業學院各地質專業學生的測量學教本，在試用過程中，一般地提高了教學效果；但是由於在編寫教材的當時，對於蘇聯的教學大綱體會還不十分深刻，對於教授地質專業學生測量學的要求還不夠完全明確，因此該教本也反映出許多缺點，急待修改。

1954年10月中央地質部及高等教育部召集了地質院系各專業課程教學大綱審訂會議。在這個會議上，參加會議的同志們認真地學習了蘇聯的教學大綱，交流了教學經驗，並在蘇聯專家的指導下擬訂了適合我國情況的“測量學及地形制圖”教學大綱。通過這次會議使我們進一步地明確了對於地質專業學生，講授這門課程的主要目的是使學生們了解測量學的一般理論知識；初步掌握幾種主要的簡單的測圖技術；學會讀釋和應用地形圖，以便根據這些知識和技術正確地進行地質工作。

在教學大綱修訂會議以後，北京地質學院，北京石油學院及北京礦業學院測量教研室的幾位同志組織了教材編寫小組，以北京地質學院的教材為基礎，根據教學大綱進行了整編。

本書的內容和章節次序基本上是依照教學大綱編寫的；但在內容

方面略有增添，作为参考教材。应该提到，为了学习苏联先进经验，本书广泛的引用了苏联教材。甚至在有的章节中引用了普通测量学（清华译）的译文。本书也注意到结合我国测量工作的情况，做了简要的说明。

参加本书编写工作的有北京地质学院测量教研室周卡、李汝昌，北京石油学院程人和及北京矿业学院王丙戌等同志。由于我们的政治与业务水平不足，再加整编的时间紧迫，这本书一定还有许多缺点，希望各方面指出缺点以便改正。

编者 1955 年 1 月

修訂版序

在这次的修訂当中，改变最大的是將原来的第七章罗盤仪測量取消了，其中主要的內容分在第四章直綫定向及第九章地形測圖內講；其次，在第二章的誤差公式上也有一些改动；在气压高程測量內刪去了沸点气压計；在視距測量的精度估計中，在第一版上沒有將高程精度估計完整地敘述出来，現已全部补述；在平板測量中，將平板定向的节次略加以調整，并补述高程網的調整办法；由于本書是地質院系“測量学及地形制圖”在一学期內以60小时講授完的，所以有的部分是不可能完全照講，可以不講的部分現已用符号*补註出来。

由于我們的業務水平低，虽然經過这次修正，但也还不能避免錯誤，希望讀者提出批評指正。以便修改。

編者1956年2月

第三版序

在第二版印出后已整整二年多了。在这二年多的教学实践中，我們發現了本書內容有的地方有些偏多，地質學生不一定完全需要；有的重复，有的提而未作具体交代；比較严重的是教材的先后秩序与內容的安排，沒有从學生的接受水平出發，造成了學生在學習上的困难。例如第一章就講到等高綫的問題，第二章有过多的誤差公式的推演，在第五章上講經緯儀缺乏游标讀法的实际举例，在豎角的始讀數上，不适当地把問題弄复杂化了，有的地方不适当地过多引用了苏联材料，另外在某些文字叙述上有不妥的地方。根据上述情况，我們在这次修改中，为了講述的方便，避免同學在學習上的不必要的困难，我們在第一章緒論中，將有关圖及等高綫的部分拿到第九章測繪地物地貌的基本操作法內去講了。这样，在表面上看来似乎失去了緒論的体系及完整性。但是另外加了一节測量学在社会主义建設，特别是在地質探勘工作中的意义，为的是使同學一开始就明了測量学是解决地質生产問題所必要的基本技术，必須加以充分注意及好好地學習，不能說地質工作中的有关測量問題，完全叫測量人員来服务。在誤差的初步原理一章中，將誤差的傳播定律一节完全重写，刪去了那些不必要的誤差公式的推演，使同學能集中精力来了解誤差的意义及应用，这对于教者与學生都有好处。在直綫定綫与丈量一章中，对于以鋼尺丈量直綫的精度一节，过去的講法是不够妥善的，現在全部改正。在直綫定向一章中的多边形各边的角度与平面方位角間的关系一节与經緯儀導綫計算一节有重复，故刪去。而子午綫的收斂及罗盤儀的檢驗二节虽保留，但已註上*号可以不講。在水平角測量的一章中，关于設角器測量的二节，对地質學生沒多用处刪去。本章从水平角測量的

原理开始講起，在經緯儀的游標讀數上另加二圖及舉例。在水平角的測法上，把簡單測角法去掉了，我們認為這是多余的东西，复測法全部重写。过去第六章的控制測量，改为全国性控制点網的一般知識，叙述我国新近的規定，把过去的，地質学生不必要的內容，全部刪掉。在經緯儀導綫測量一章中，加了在有障碍地区的導綫測量工作一节，这是对水文及物探学生特別有用的。原第八章高程測量改为水准測量，將气压計高程測量放在草測一章內講，且精簡了內容。三角高程測量在視距測量一章提及避免重复。另加了水准点及水准尺的讀數二节，并將水准測量的調整及面积水准測量二节独立出来，主要是为水文学生而設的。拿第九章地形測量分为測繪地物地貌的基本操作法，視距測量及平板儀測量三章。在視距測量上取消了視距測量概念，自动視距儀及視距測量的精度三节，加了豎角的測法及視距測量成果的整理和地形圖的繪制二节，避免了始讀數的概念。在平板儀測量一章中也有若干精簡。原十一章攝影測量概念，現改为第十二章。这是这次內容变动最大的一章。由于目前我国的地質工作已大規模地应用了空中像片，我們的地質学生不能不在这一方面赶上去，所以加了一部分地質判釋及簡單的像片制的东西。在地形圖的应用一章內，刪去了等傾斜綫問題一节并刪去求积儀的檢定一段。

以上的这些修改，固是比以前进了一步，但是在如何結合地質各專業的要求上，还有很大一段距离。在以后，与各方面的生产結合后，肯定地会得到逐步的解决。

最后我們要感謝中南矿冶学院測量教研組對我們提出的寶貴意見。

編者 1958 年 9 月

測 量 學

第一章 緒 論

1-1 測量學研究的對象和任務

測量學是一門在地面上進行量度的科學，借量度的結果來研究地球表面各個部分以及整個地球的形狀和大小，並從而獲得一幅完整的地形圖的科學。測量學密切的關係到社會的生產建設，並成為研究地球科學的基礎。

測量學的任務在於：

- (1) 決定地面上各點的相對位置和絕對位置；
- (2) 將所測量地區地面形狀繪制成地形圖；
- (3) 決定地球的形狀和大小。

以整個地球或一廣大地區為對象而進行的測量及其成果的處理，是屬於高等測量學的范围。以小地區為對象，獨立地進行測量，並繪制平面圖的工作，是屬於普通測量學（或地形測量學）的范围。而繪制廣大地區或整個地球的地圖的工作，則屬於制圖學的范围。

隨着攝影學和航空技術及裝備的高度發展，對於測制地形圖的工作，現在已成熟地改用在航空攝影像片上的量測來成圖。這是在測制地形圖方面的一巨大發展，引起了技術上的革命，因而出現了一門如何在航空像片上進行量測並借之來制成一幅完整的地形圖的科學，叫做航空攝影測量學。

測量學發展很早，遠在上古時代，由於人民農業生產劃分土地的需要，發明了土地丈量的方法。土地丈量促進了幾何學的形成和發展，後來由於人類經濟和政治生活的需要逐漸發明了羅盤儀等等測量儀器，發展了精確的測量和繪制地圖的工作。隨着物理學、天文學、數

学、机械制造等等科学的發展，測量学已發展成为一門复杂而严密的科学，它在人类生活中佔着重要地位。

1-2 測量学在社会主义建設，特別是 在地質勘探工作中的意义

測量学在社会主义建設的計劃經濟中所起的作用，不只是借測量学的帮助，来获得全国各地区的地形資料，以此資料来实现各种工程上、农业上的設計与施工，而且借地形圖的研究可使各种不同的經濟与技术规划有全面配合的可能，进而解放生产力。

測量学在地質探勘工作中的意义，是：一方面借之来确定各地質現象間的立体关系，从而使埋藏在地下較深的矿产有發現的可能。为了进一步探明矿体在地下的分佈情况并作儲量的正确估計，以便开采，也非需測量資料不可。而在开采过程中，也必須要測量数据来作技术設計，解决一系列的有关地上地下的开采、运输等一类的問題。

在地質普查期間，地形圖及航空像片是地質人員所不可缺少的工具，經常要在航空像片上查明各类地質現象，作必要的普查設計以指导野外工作，返回来又要以野外工作的結果来在地形圖上或像片上填地質圖，根据地質圖来研究地層关系、地貌演化情况。

另一方面，在研究各地貌变化以及地壳运动的規律性时，只有在地面上进行反复的精密測量工作，以此各項所得的結果加以系統的分析、比較，才会得出正确的、可以揭开大自然神秘的結論。

1-3 关于地球的形狀和大小的概念

地球的地形表面及地球的外形 地球表面是不平坦、不規則的，有山嶺、高原、平原、深谷；海洋里的底面，也是不平坦的。但如从整个地球的形狀来看，地球表面上这些起伏变化是極微小的，而整个地球是一个兩極略扁的球体。

水准面 地球上海洋和湖泊的水面当其平靜时，任何一点的水面

必与该点的重力方向线成正交，这种在所有点上和重力方向成正交的表面叫做水准面。设想地球上的某一湖泊水面无限扩展起来，也就是说水准面无限扩展起来，就自然形成一个闭合的球面了，而这样闭合的水准面大大小小可有无数之多。

大地水准面 在上面这些无限多的面中，有一个特殊曲面，假定它与静止的海面相合，穿过大陆与岛屿闭合起来可代表地球的形状的，叫做大地水准面。这个大地水准面，我们在实际工作中是以在海滨设立验潮站测定水位的高低，经过若干年取一个中数来求得，称做平均海面。

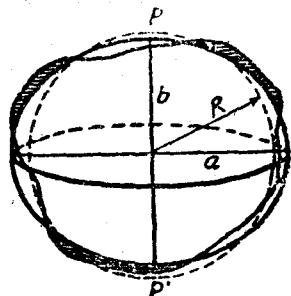


圖 1

由于近百年来测量科学的发展，我们得知大地水准面（即地球表面）近似于一个椭球体形状。这个球体的形状和大小决定于三个元素（如图 1）：

长半径 a

短半径 b

$$\text{扁率 } \alpha = \frac{a-b}{a}$$

美国人海佛德(Hayford)于 1909 年发表了：

长半径 $a = 6378388$ 公尺

短半径 $b = 6356911$ 公尺

$$\text{扁率 } \alpha = \frac{a-b}{a} = 1:297$$

这是在 1929 年以后，解放以前，我国测量工作所采用的地球椭球体元素。

目前在最新的，科学的测量工作基础上，苏联学者克拉索夫斯基教授得到最新的地球椭球体元素，

$$a = 6378245 \text{ 公尺}$$

$$\bar{b} = 6356863 \text{ 公尺}$$

$$\alpha = \frac{1}{298.3}$$

苏联和我们现在都已采用这个元素来作测量的基础了。

大地水准面是大范围内的大规模测量，可以作为基准的天然表面；这种大范围内的一切测量成果都应化算到它的上面，然后才能将它们统一起来。

1-4 水平面和水准面

当作水平面的椭圆体表面范围的界限。水平面是和大地水准面于

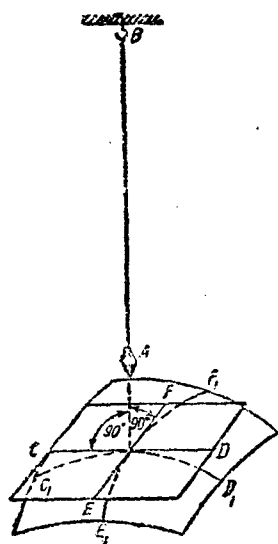


圖 2

某一点相切的一个平面，这个平面和切点上的重力方向成正交，而且只和切点上的重力方向正交（如图 2）。由于地球的半径很大，这一水平切面在切点的周围很大一块地区的表面几乎与它相合，于是我们可以把某一限度的地球表面看作一平面，是没有很大差异的。这样在测量过程中，就可以把这一测区的中点的水平切面当作基准面，于是就将以大地水准面为基准面的技术问题、理论问题大大简化了。

但是，把地球表面（曲面）看作一个平面是有一定限度的。这是因为球面不可能展成平面而无裂口，也就是球面上的形像不可能和平面上的形像完全相同。用平面上的形像来表示球面上的形像一定会发生变形。显然，球面的面积愈大，用平面来表示球面形像所发生的变形也愈大。

假定在地球上有 A、B、C、D 四点组成一四边形（如图 3）通过 A、B、C、D 四点各作铅垂线到水准面上，得 A₁、B₁、C₁、D₁ 四点，则 A₁、