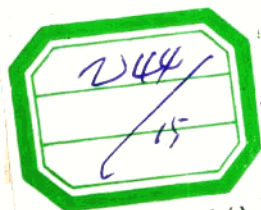




大地測量學

上 冊

(本科講義)



2

二八式解放軍測繪學院編印

大地測量学

上册

(本科讲义)

中国人民解放军測繪学院編印

一九五七年三月 日



前 言

本書系根据我院本科大地測量学教学大綱从1955年上半年着手編写講義，通过二个班的講授，作了必要的修改和补充，現在整理为兩册陸續出版。上册共九章包括緒論及三角測量外業部份；下册共十一章包括基綫測量，精密水准測量，精密導綫測量，二等及二等以下三角鎖網平差等問題。教学大綱中之雷达測量及战斗勤务的大地保証兩部份將另編講義講授。

由于我院地形測量学大綱中未包括气压計測高，本書特專辟一章作了扼要的介紹。

書內闡述之問題力求适合我国全国性大地測量內外業之需要，凡不是現時采用的或今后采用的可能性不大的仪器和作業方法，都不列入。关于仪器檢驗及平差計算的作業提綱和实例，我們正另編大地測量实验實習指導書，故本書从簡或从略。

本書是在完成教学任务的同时，由担任大地測量的几位教师合力編写。分工如下：

唐昌先同志：緒論，地球橢圆体，三角測量誤差傳播及选点，基綫網，基綫測量等五章。

胡应生同志：大地控制網，造标埋石，精密水准測量等三章。

周祥甫同志：測角仪器，仪器誤差，水平角觀測，三角高程測量，气压計測高，精密導綫測量，及三角鎖網平差計算等十二章。

本書虽經過試用，修改与补充，上册完稿后并曾由H.Д.卡果波洛夫同志审閱和提出修訂意見，但我們知識有限，整理时

間也比較倉卒，缺點和錯誤是很容易的，希望讀者隨時把發現的問題通知我們，以便在修編時改正。

大地測量教研室

1956年11月

上册 參考書目

$\Phi. H$ 克拉索夫斯基, $B. B$ 達尼洛夫: 大地測量學第一卷

$B. H$ 拉賓諾維奇: 大地控制網建立原理

$H. IO$ 維道佐夫: 光學經緯儀檢驗法

$H. A$ 古塞夫: 礦山和大地測量儀器學

測量造標規範

一等三角測量細則

二等基本三角鎖測量細則

二三四等三角測量細則

蘇聯1955年測量細則

軍委測繪局技術補充規定

(本科) 大地測量學

(上册目錄)

第一章 緒 論	11
§ (1.1) 大地測量學的任务及其所研究的問題	11
§ (1.2) 大地測量在我國社會主義建設及國防建設上的意義	13
§ (1.3) 大地測量簡史	16
§ (1.4) 我國的大地測量及發展前景	22
第二章 地球橢圓體	26
§ (2.1) 地球形狀概念	26
§ (2.2) 參考橢圓體及垂綫偏差	28
§ (2.3) 參考橢圓體面上曲綫及其曲率半徑的概念	32
§ (2.4) 三角鎖網化算到參考橢圓面上的概念	35
第三章 大地控制網概說	39
§ (3.1) 三角及導綫測量方法概述	39
§ (3.2) 三角測量的用途及其布置基本原則	40
§ (3.3) 高程測量及高程控制網	42
§ (3.4) 中國天文大地網的擴展總則	44
——我國一等三角網布置總則	44
——我國二三四等三角網布置總則	46
第四章 制訂三角測量計劃及選點	49
§ (4.1) 三角形單鎖邊長誤差及圓形誤差	49
§ (4.2) 等邊三角鎖的縱向誤差	54
§ (4.3) 三角鎖的橫向誤差，間隔邊的方位角誤差，拉伯 拉斯方位角	61

——三角鎖的橫向誤差	61
——三角鎖中任一間隔邊的方位角誤差	63
——拉伯拉斯方位角	64
§ (4.4) 三角鎖的坐標誤差, 三角點相對位置的誤差	65
§ (4.5) 角度中系統誤差的影響	69
§ (4.6) 在高級控制點和邊之間插入的三角點位坐標 誤差的估計	71
§ (4.7) 計劃三角測量的基本問題	74
——邊 長	74
——計劃三角鎖時採用的圖形	75
——基綫長度及基綫網形狀	77
——基綫及拉伯拉斯方位角的間隔	77
§ (4.8) 三角點通視覘標高度計算	79
——地球彎曲差及大氣折光差	80
——中間有障礙物的覘標高度計算	80
§ (4.9) 三角測量選點	84
——選點的程序	84
——選擇三角點的要求	84
——選點的方法	85

第五章 大地覘標及標石.....92

§ (5.1) 大地覘標的作用及其類型	92
——大地覘標的作用	92
——大地覘標的類型及其比較	92
§ (5.2) 大地覘標建造的要求	109
§ (5.3) 大地覘標的建造	101
§ (5.4) 中心標石的類型及埋設	106

第六章 測角儀器.....111

§ (6.1) 概 說	111
——測角基本概念	111
——測角儀器的主要元素	112

§ (6.2) 望遠鏡	113
——望遠鏡的結構	113
——望遠鏡的特征	116
——內對光式及其它型式望遠鏡	118
§ (6.3) 水准器	121
——水准器的構造	121
——水准器分格值, 灵敏度	122
——經緯儀上水准器的安裝和应用	124
§ (6.4) 垂直軸	127
§ (6.5) 度盤讀定法	132
——讀角計數原理	132
——度盤和它的分格	133
§ (6.6) 螺旋顯微測微法	133
——螺旋顯微測微器的結構	133
——讀數公式	135
——螺旋測微器的行差	136
——標準讀數公式	137
——雙平行綫測微法讀數公式	141
§ (6.7) 光學測微法	144
——光具組結構	144
——讀數原理及方法	148
§ (6.8) 各型經緯儀概說	152
——2"經緯儀 ($TT_2/6$)	152
——5"經緯儀 ($TT_5/10$ 及 Y_5)	158
——威特精密全能經緯儀 (T_3, T_2)	159
—— $Th010$ 經緯儀	164

第七章 測角儀器誤差 166

§ (7.1) 偏心誤差	166
——基本原理	166
——偏心原素及其測定	167
——垂直軸旋轉正確性的檢驗	168

——水平度盤偏心差	171
§ (7.2) 度盤刻划誤差	171
——度盤分划的刻划	171
——分划誤差的性質及减小消除它的方法	173
——短周期分划誤差及减小, 消除它的方法	175
§ (7.3) 度盤直徑分划誤差的檢驗	176
——用檢驗仪进行度盤直徑誤差檢驗	178
——海維林克法	181
——循序法	186
§ (7.4) 三軸誤差	192
——視軸誤差的影响	192
——水平軸誤差的影响	194
——垂直軸不和測站鉛垂綫一致的影响	196

第八章 水平角觀測 199

§ (8.1) 水平角觀測最有利的時間	199
——觀測的有利時間	199
——水平折光的影响	200
——水平折光影响的減輕或消除	201
§ (8.2) 回照器回光灯	202
§ (8.3) 高精度測角的規則	206
§ (8.4) 复測法	209
——高斯复測法	209
——复測法的精度	211
§ (8.5) 方向觀測法及全圓測回法	212
——方向觀測	212
——各等三角測量中方向法的应用	213
——觀測手簿示例	217
§ (8.6) 完全組合測角法	217
——完全組合測角	217
——史頓伯完全組合測角法	221
——史頓伯法度盤变换的規律	222

——史賴伯法的优缺点	228
——觀測手簿示例	229
§ (8.7) 三方向法	231
§ (8.8) 三角觀測作業	235
——三角觀測作業組織及計劃	235
——測前准备工作	236
——觀測作業应注意的一些問題	238
——方位点的埋設及測定	240
§ (8.9) 觀測結果的測站整理及精度估計	244
——史賴伯法及完全方向組法測角的測站平差	244
——三角形閉合差及測角中誤差	246
——極方程式的檢驗	247
§ (8.10) 三角点归心改正	250
——归心种类及原素	250
——中心投影的方法及要求精度	253
——归心改正計算公式及算例	257
 第九章 三角高程測量	 261
§ (9.1) 天頂距觀測	261
——天頂距觀測方法	261
——标点关系高度的測定	262
§ (9.2) 天頂距之計算	265
——垂直度盤的指标誤差	265
——天頂距計算公式	267
§ (9.3) 高差計算	271
——高差計算公式	271
——折光系数及折光差改正数	274
——觀測高差之权	277
§ (9.4) 三角高程網平差	277

大地測量學

第一章 緒 論

§ (1.1) 大地測量學的任务及其所研究的問題

大地測量學是一門科學，它不但研究測量地球元素以決定地球面上各點的相互位置的方法，而且研究地球总的形狀和大小。

因而大地測量學的基本任务有二：

1. 建立全國性統一的控制點網，以作測制地圖的基礎，這是一個科學技术的任务。

2. 研究地球形狀和大小，以作進一步精密計算點位的基礎並提供其他科學研究地球的資料，這是一個科學的任务。

我國為了鞏固國防和大力發展社會主義生產，需要研究祖國的地形。要正確研究地形，就首先必須具有一個有科學根據的全國性統一的控制點網。同時必須十分精密和嚴格地來測定這些控制點網的坐標，以作大區域測制地圖的基礎。也就是說，要在我國這樣遼闊的領土上進行地圖測制工作，就必須首先從大地測量開始。這是因為：第一，大地測量是顧慮了地球的彎曲差，地球近似一個旋轉橢圓體，它的長短半徑很大，在小塊面積上可以當作平面進行測圖，面積大了就應該看成曲面，曲面是不能展平的，展平會裂口會變形，我們把地圖測制在一張一張的紙平面上，就不能互相拼接了，從大地測量開始，預先精密測定一些點的位置，再把這些點依照一定的方法保持適當的精度描寫到平面上，根據這些點進行測制地圖，就可以互相拼接了；第二，是控制了測量上的誤差，測量上的誤差是難免的，這些誤差在大面積測制地圖的

过程中会逐渐傳遞和累积起来，使距离方向及面积等發生大的誤差，分裂重叠，矛盾百出，依大地測量的方法，預作高精度的控制点，就能把誤差控制在一定範圍內，不致累积，保持了測圖的精度；第三，是解决了大規模展开測制地圖的工作，在一个广大的領土內，要最快地最大限度地發展国防經濟建設，首先就要求全面的展开測制地圖的工作，假如不把控制点納入一个統一的坐标系統內，是不可能的，依大地測量的方法，可以在全国範圍內構成一个統一的高精度的坐标系，根据这个坐标系無論从那方面进行測制地圖，都能互相联系，互無矛盾，并能达到需要的精度。

为了达到第一个任务，大地測量必須研究下列問題。

① 研究精密測量的方法，即大三角測量，精密導綫測量和精密水准測量。

② 研究确定建立天文大地網及水准網的方案和科学工作組織。

③ 研究在进行測量中所使用的儀器的类型和構造及其操作的方法。

④ 研究整理觀測資料及推算大地控制点的坐标和高程的方法。

若沒有地球形狀和大小的知識，也不可能获得像我們这样辽闊的領土上点的精密位置及所需要的精密地圖。因而大地測量学的第二个任务就是用科学的方法来研究地球的形狀和大小。

为了达到第二个任务，我們必須以大地測量、天文測量、重力測量的綜合方法来建立我国一等天文大地控制網，从而决定作为大地測量基礎的地球橢圓体的大小和大地起算数据，并进而探討大地体的形狀。在这个任务內我們應該研究下列問題：

① 确定地球橢圓体面上各元素間存在的关系，研究这个面上曲綫的特性及在橢圓体上个别問題的解法。

② 選擇把地球橢圓体面上的点位描写在平面上的最适用的

投影，用以計算大地点的平面坐标。

③ 研究应用大地測量，天文測量及重力測量的資料決定地球橢圓体的方法。

④ 研究大地体与地球橢圓体的差异，进而推求地球的真实形状。

⑤ 決定国家天文大地網的大地起算数据。

⑥ 研究大規模天文大地網平差計算的方法。

⑦ 研究地壳的升降，大陆可能的变迁，海岸綫的变动，海水面的变化以及地極移动等。因为这些由地球整个生活中所引起的复杂現象，都影响着大地測量、天文測量及重力測量的成果。此外还可以供給資料帮助地球物理学及地質学来闡明地球内部的構造。

§ (1.2) 大地測量在我国社会主义建設及国防建設上的意义

从1919年3月列宁签署的关于組織最高測量局的指令中，我們可以看出大地測量对社会主义建設和国防建設的重大意义。

『为了在地形方面研究国家的領土，为了提高和發展生产力，为了节省技术力量，資金和时间，在国民經济最高苏維埃科学技术处成立最高測量局。』

『为了实现上述目的，最高測量局应作的主要工作，就是在全国範圍内进行基本測量工作（三角測量，天文測量及精密水准測量），……。』

現在我国已进入了偉大的社会主义經济建設时期，第一个五年計劃即將完成，跟着来的是第二个五年計劃，在短短的几个五年計劃后，我們的国家就要由落后的农業国变为先进的工業国，而且要在12年内把我国的科学水平提高到世界的先进水平。这个任务是艰巨的偉大的。为了有計劃的准确的完成任务，首先就需要有一套准确的計劃及方案。在各种工業建設和地下資源勘查

中，要有准确的地圖才能拟訂一个准确的方案。我們就以黃河綜合开發的問題來說，从国务院的，『关于根治黃河水害和开發黃河水利的綜合规划的报告』中，我們知道要在河流上建筑一系列的水庫来控制河水，使河水不再泛濫，并可利用它們来發電，来灌溉及航运。在設計时，水庫应設在何地，水壩应筑多高方能以最小的淹沒面积达到最高的庫容量，灌溉溝渠系統应如何规划，方能达到最大的灌溉量，都必須根据地圖来研究和分析方能得到合理的方案。几年来沿河已經測制了 85000 多平方公里的地圖。为了要保証所測制的地圖合乎一定的規格，在測圖区域内首先就須作合乎規格的基礎控制網，否則，測制出来的地圖是不合乎計劃用的。这就說明了大地測量对社会主义經濟建設的重要性。

又如修筑铁路，公路及运河，須通过勘測工作才能获得路綫，桥梁，碼頭以及其他建筑物最适合的位置，而勘測首先就需要有詳細合乎規格的地圖。修建工厂，發電厂，谷倉与其他工程建筑物时，应当找出它們在地面上适宜的位置，以便最适当地解决給水，燃料与材料的运入，制成品的輸出。此外城市，国营农場等等建筑，均需要有詳細合乎規格的地圖。要有合乎規格的地圖，就首先在測圖区域内布置合乎規格的基礎控制網。这又說明了大地測量对于社会主义經濟建設的重要性。

为了加速建設祖国的社会主义，1956年1月23日，全国人民代表大会常务委員会會議批准了国务院所提請設立的国家測繪总局。有了这个機構，全国的基礎控制網就可統一在一个系統內。有了統一的操作規範，統一的规划，領導和监督檢查，就可提高測制地圖的質量。有了合乎規格的地圖，各种經濟建設的方案就能順利地比較准确地拟訂出来，就加速了工業化。这更說明了大地測量对于社会主义整个經濟建設的重要性了。

在国防上地圖更是重要，它是統帥部和指揮員的眼睛。指揮全軍作战，統帥部必須有正确詳細的地圖，才能在战略上作出正确的決定。工程兵的指揮員不但要有詳細正确的地圖，而且要具

备测量的知識与技术，才能修筑现代化的防御工事。空軍要有詳細而正确的地圖后，才能使飞行方向正确，轟炸时才能命中目标。现代化炮兵作战，更是需要地圖，并且还須在主防御地帶及第二防御地帶內加密控制点，使每4至10平方公里內有一点。炮兵群就可利用控制点的坐标决定射击的方位及射程。就是每个小的作战單位的指揮員，也須以地圖根据地区的特点进行作战的部署，并須尽量利用地形以减少自己的伤亡而多杀伤敌人。此外軍队調动时各支队的进行路綫，軍队駐扎的地点，指揮所和野战医院的位置等等，也須根据地圖来决定。总而言之，現代化作战中任何兵种都是少不了軍用地圖的。在和平时期，設有專門机构根据整个国防的需要，預先作測制軍用地圖的准备工作，并儲存大量的地圖及測量成果，以备战时用。在战争时期，大地測量人員更須根据各个兵种的需要，在各个防御地帶布置各种密度不同的控制網点，以保証軍事战斗的胜利。

由上所述，我們知道大地測量是一切建設（經濟建設及国防建設）的先决条件，沒有大地測量便沒有詳細而可靠的地圖。所以任何国家，不論他們的社會制度如何，都把大地測量視為一項重要的工作，所不同的只是如何利用它而已。

資本主义国家的大地測量工作，主要是用在軍事侵略上。因此，在这种国家內，在边境上所进行的大地測量，往往比内部为多，美帝国主义就設有海岸大地測量局專在沿海一帶进行大地測量。有殖民地的国家，为了掠夺殖民地的資源，在殖民地內的大地測量工作，反比帝国主义本国發达，一百多年来，印度的大地測量的成就，远超过了英国本国，这就是一个很明显的例子。

社会主义制度下的国家所进行的大地測量工作，恰好与資本主义国家的相反，主要是用在經濟建設和国防建設上。因此，祖国解放后，大地測量發展的方向就与反动統治时期不同，發展的速度更是惊人，在短短的五年內，培养出来的大地測量人材，就超过反动統治时期所有的数十倍，而完成的大地測量成果，更超

出反动統治時代的總和。我們的國家愈向社會主義推進，精確的地圖其作用就愈大，而大地測量就愈顯得重要了，蘇聯的大地測量近年來提高精度就是明證。我們從事大地測量工作者，在黨的正確領導下，有信心完成黨及祖國人民交給的任務，有信心保證加速完成社會主義建設的基本建設——大地測量基礎控制點網。

§ (1.3) 大地測量簡史

1. 地球球形說及其第一個測定者

大地測量學是一門古老的科學，它具有悠久的歷史，早在紀元前二千多年，為了提高生產興修水利丈量土地，就已開始為人類服務了。由於使用的儀器粗略簡單，測量的面積不大，科學知識的水平低，因而地球形狀大小的問題就未提到歷史日程上來。

直至紀元前六世紀，畢達哥拉斯始倡地圓之說。其後兩世紀亞里士多德（紀元前384—322）列舉地球為球形的正反理由，推斷地必為球形。根據地球為球形而第一個測定其大小的，是古希臘幾何學家和測量學家愛拉托斯芬（生於紀元前200年）。他在尼羅河上游色尼地方，每至夏至日正午，見太陽恰直射井底，又在同日同時於埃及亞力山大大力亞地方，

測定太陽的天頂距為 $7^{\circ}12'$ ，如圖1中的 Z 角。愛氏認為兩地在同一子午綫上（實際約偏 3° ），兩地距離根據步行日程估計約為5000希臘古尺（每尺合185公尺），約為925000公尺，天頂距 $7^{\circ}12'$ 恰為 360° 的五十分之一，而距離也應當為全圓周的五十分之一。由是算出地球圓周的長為46250000公尺。此種結果與現在精確的數值比較，約過大16%，是為弧度測量之始，當時能有如此的結果，實

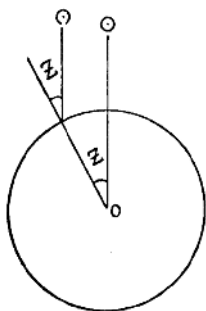


圖 1