



地形图编绘



中国人民解放军测绘学校

一九七二年五月



毛 主 席 語 錄

教育必須为无产階級政治服务，必須同生产劳动相結合。

学制要縮短。課程設置要精簡。教材要彻底改革，有的首先刪繁就簡。

前 言

无产阶级文化大革命的伟大胜利，彻底清算了叛徒、内奸、工贼刘少奇一类骗子在教育战线上推行的反革命修正主义路线，为我们在马列主义、毛泽东思想统帅下编写新教材开辟了前进的道路。

伟大革命导师列宁指出：“在任何学校里，最重要的是课程的政治方向。”伟大领袖毛主席指出：要“理论和实际统一。”根据上述方针，在重新编写《地形图编绘》教材时，我们坚持了以马列主义和毛主席的哲学思想为武器，批判了刘少奇一类骗子鼓吹的唯心主义、智育第一和技术至上等反动观点，明确了教材的无产阶级政治方向。为了提高教材的政治性、实践性和科学性，我们总结了一年来的教学实践的体会，吸取了部队的宝贵经验。

新编的这本《地形图编绘》教材，作为我校制图专业的专业课基本教材。

在伟大领袖毛主席“备战、备荒、为人民”的方针指引下，在国防建设和经济建设日益发展的新高潮中，如何编写一部适合我国实际情况的《地形图编绘》教材，为三大革命实践服务，为测绘科学的普及和提高服务，是摆在我们面前的一项重大任务。但是，由于我们对马列主义、毛泽东思想学习不够，教育革命的实践还很少，理论水平不高，所以这本教材难免有缺点和错误，我们热诚地希望同志们提出批评意见。

遵照毛主席关于“教材要彻底改革”的教导，我们决心通过反复实践，把教材改革进行到底，夺取无产阶级教育革命的更大胜利！

第一篇
地形图的数学基础

目 录

第一篇 地形图的数学基础

第一章 地球与地球椭圆柱体	1- 1
第一节 地球的形状与大小	1- 1
第二节 地球椭圆柱体上点的位置的确定	1- 3
一、大地坐标系	1- 3
二、天文坐标系	1- 4
三、黄海高程系	1- 7
四、北京坐标系。大地控制网起始点的确定	1- 9
第三节 椭圆柱体元素公式	1-10
第二章 地形图的分幅与编号	1-13
第一节 基本比例尺地形图的分幅与编号	1-13
第二节 分幅编号的应用	1-16
第三章 等角横圆柱投影	1-21
第一节 等角横圆柱投影的概念	1-22
一、等角横圆柱投影的几何概念	1-22
二、等角横圆柱投影的坐标公式	1-23
第二节 地图投影的变形，等角横圆柱投影的长度变形规律	1-25
一、地图投影的变形	1-25
二、等角横圆柱投影的长度变形规律	1-27
第三节 地形图应用等角横圆柱投影的规定	1-28
一、分带规定	1-28
二、坐标网重迭的规定	1-30
三、坐标规定	1-32
第四节 平面子午线收敛角	1-33
第四章 地形图的其它数学要素	1-36
第一节 起始方向线，方位角和偏角	1-36
一、起始方向线和方位角	1-36
二、偏角	1-37
三、偏角的实际用途	1-38
第二节 地形图上磁子午线的表示	1-39
第三节 坡度尺	1-40
第五章 1：100万比例尺地图的投影	1-43
第一节 1：100万地图的投影条件和坐标公式	1-43

一、投影条件(即投影规定).....	1-43
二、投影的坐标公式.....	1-44
第二节 1:100万地图投影的变形分布、相邻四幅图拼接的裂隙.....	1-49
第六章 建立地形图数学基础的仪器和方法.....	1-50
第一节 展绘地形图数学基础的仪器与工具.....	1-50
一、直角坐标展点仪.....	1-50
二、方眼尺.....	1-55
三、杠规.....	1-57
四、微分尺.....	1-57
五、检查尺(日内瓦尺).....	1-58
第二节 展绘地形图数学基础的方法.....	1-59
一、数据的准备.....	1-61
二、展绘工作.....	1-66
三、检查工作.....	1-68
四、邻带方里网的展绘.....	1-68

第二篇 地形图各要素的制图综合

第七章 居民地的综合.....	2-1
第一节 居民地的取舍.....	2-1
一、确定地图上居民地的适当容量.....	2-2
二、按重要性选取居民地.....	2-4
三、反映居民地的分布特征.....	2-6
第二节 居民地名称注记的选取.....	2-6
第三节 居民地形状的概括.....	2-8
一、居民地平面图形的特点.....	2-8
二、有街道的居住区(房屋密集和稀疏)形状的概括.....	2-10
三、无街道居住区形状的概括.....	2-15
四、居民地整个外围轮廓的概括.....	2-18
五、用圈形符号表示居民地.....	2-18
六、居民地与其它要素关系的处理.....	2-19
第四节 居民地综合举例.....	2-23
一、滨海城市.....	2-23
二、农村居民地之一.....	2-25
三、农村居民地之二.....	2-25
第八章 道路网的综合.....	2-28
第一节 道路的取舍.....	2-28
一、保证重要道路的入选.....	2-28
二、保持道路与居民地的联系.....	2-29
三、保持不同地区道路网的密度对比和平面图形特点.....	2-30
第二节 道路形状的概括.....	2-30
一、道路形状的特点.....	2-30

二、概括道路形状的方法	2-31
三、道路和其它要素的关系	2-33
第九章 水系的综合	2-35
第一节 水系图形的特点及其综合	2-35
一、水系图形的特点	2-35
二、水系图形的概括	2-36
三、水系图形形状概括的技术方法	2-42
第二节 湖泊的综合	2-44
一、湖泊的类型	2-44
二、湖泊的综合	2-46
第三节 河系的综合	2-47
一、河系的类型	2-47
二、河流的取舍及河系图形的化简	2-48
三、河流其它标志的表示	2-51
第四节 水系综合举例	2-51
一、海岸的综合	2-51
二、河系的综合	2-53
三、湖泊群的选取	2-55
四、人工湖泊(水库)	2-57
第十章 地貌的综合	2-58
第一节 等高线图形的概括	2-58
一、等高线图形的特点	2-59
二、概括等高线图形的的方法	2-59
三、概括等高线图形的顺序	2-69
第二节 地貌基本形态的概括	2-70
一、斜坡的概括	2-71
二、谷地的概括	2-74
三、鞍部的概括	2-80
四、山顶(山脊)的概括	2-82
第三节 等高距	2-84
一、大、中比例尺地形图等高距的确定	2-85
二、小比例尺地形图等高距的选择	2-86
三、补充等高线及其应用	2-91
四、等高线的“插绘”	2-99
第十一章 境界线的表示和其它要素的综合	2-103
第一节 境界线的表示	2-103
第二节 植被的综合	2-104
第十二章 制图综合的基本问题	2-106
第一节 制图综合的原则	2-106
第二节 制图综合的条件	2-109
一、地图的用途	2-109

二、地图比例尺	2-110
三、制图地区的地形特点	2-112
第三节 制图综合的方法	2-113
一、物体的取舍	2-114
二、物体形状的概括	2-115

第三篇 地形图編繪原图的制作

第十三章 制图資料的分析研究	3- 1
第一节 編图資料的种类	3- 1
一、測量控制成果	3- 1
二、地图	3- 1
三、航空照片	3- 2
四、測绘技术档案	3- 2
第二节 基本資料的評选	3- 2
一、地图內容的完备程度	3- 2
二、地图的新旧程度	3- 3
三、地图的精确程度	3- 3
四、地图內容各要素表示的正确程度	3- 3
第三节 分析資料的基本方法	3- 4
第十四章 区域地理特点的研究	3- 7
第一节 制图区域研究的意义和內容	3- 7
第二节 区域研究的一般方法	3- 8
第十五章 制作編繪原图的技术方法	3-10
第一节 編繪原图底图的复制和轉绘	3-10
一、照相复制法	3-10
二、网格轉绘法	3-13
第二节 几种編图方法	3-15
一、編稿法	3-15
二、連編带绘(或連編带刻)法	3-16
三、过渡原图的标描	3-17
第三节 制作編繪原图的工作內容	3-18
一、准备工作	3-18
二、地图內容各要素的制图綜合	3-20
三、抄边和接边	3-20
四、图外整飾	3-21
五、地图图历簿的填写	3-21
六、审校、驗收	3-21
第十六章 规范、編图計劃、編繪要点和技术总结	3-23
第一节 地形图的編繪规范	3-23
第二节 編图計劃	3-24
第三节 图幅編繪要点	3-25
第四节 編图的技术总结	3-26

毛主席语录

一切矛盾着的东西，互相联系着，不但在一定条件之下共处于一个统一体中，而且在一定条件之下互相转化，这就是矛盾的统一性的全部意义。

大家明白，不论做什么事，不懂得那件事的情形，它的性质，它和它以外的事情的关联，就不知道那件事的规律，就不知道如何去做，就不能做好那件事。

第一章 地球与地球椭圆柱体

地图是根据一定用途、要求，表示地球表面某些要素的。由此可见，地球表面是地图的原面（即地图表示的对象）。要作图，首先必须了解地球是什么样的形状，以及它的大小。否则是不能作出符合要求的地图的。

第一节 地球的形状与大小

大家知道，地球表面有高山、深谷、平原、大海，是一个很不规则的自然起伏面，它不可能用数学公式来表达，也无法实施运算。所以不能成为直接依据的投影原面。这就给我们的测量制图工作带来了矛盾。但是，“任何矛盾不但应当解决，也是完全可以解决的。”如果我们利用一个很接近自然地球表面、又能用数学公式表达的曲面，来代替地球自然表面，这样，矛盾就可以得到解决。

实践出真知。人们通过长期实践，发现地球的自然表面虽然不规则，但它的总体形状很接近于一个旋转椭圆柱体面。这一结论，正如恩格斯所说，“决不是从臆性的自由想象中得来的”，“形的概念也完全是从外部世界得来的，而不是在头脑中由纯粹的思维产生出来的。”（《反杜林论》）大家知道，旋转椭圆柱体面是一个规则的、可以用数学公式表达的曲面。因此，我们就用一个旋转椭圆柱体面来代替地球的自然表面。这样，就能根据这一个面实施一定的数学运算，完成投影的任务。

这个椭圆柱体的大小如何呢？自从十七世纪以来，很多人根据各种不同的实际测量资料 and 不同的处理方法，算出了各种不同的椭圆柱体元素，如下表所示，

表1—1

几种地球椭圆体的元素

椭圆体名称	年	长半轴	扁率	使用的主要国家
白塞尔	1841	6 377 397	1 : 299.15	波兰, 罗马尼亚, 捷克斯洛伐克, 南斯拉夫, 苏联(使用到1946年), 日本, 葡萄牙, 瑞士, 瑞典, 智利。
爱菲尔士	1857	6 377 276	1 : 300.8	印度, 缅甸。
克拉克 I	1866	6 378 206	1 : 295.0	埃及, 加拿大, 墨西哥, 美国, 法兰西。
克拉克 II	1880	6 378 249	1 : 293.47	俄罗斯, 罗马尼亚, 南非联邦, 法兰西, 越南。
海福特	1909	6 378 388	1 : 297.0	意大利, 比利时, 葡萄牙, 丹麦, 保加利亚, 罗马尼亚, 芬兰, 土耳其, 埃及, 阿根廷。
克拉索夫斯基	1940	6 378 245	1 : 298.3	保加利亚, 匈牙利, 德意志民主共和国, 波兰, 罗马尼亚, 捷克斯洛伐克, 苏联(1946年起)

我国一九五二年以前采用的是海福特椭圆体。从一九五三年起采用克拉索夫斯基椭圆体。克拉索夫斯基椭圆体的元素为:

长半径 $a = 6\,378\,245$ 米

短半径 $b = 6\,356\,863$ 米

扁率 $\alpha = \frac{a-b}{a} = 1 : 298.3$

$$e^2 = \frac{a^2 - b^2}{a^2} = 0.006\,693\,4216 \quad (e \text{ 为第一偏心率})$$

$$e'^2 = \frac{a^2 - b^2}{b^2} = 0.006\,738\,5245 \quad (e' \text{ 为第二偏心率})$$

a 或 b , 与上述任何另一元素, 就决定了一个椭圆体(大小和扁平形状)。

什么样的椭圆体最接近地球总体形状呢? 这需要连接全球的天文大地网和依据大量重力测量资料进行计算, 才能较好解决。

毛主席教导说: “中国是一个具有九百六十万平方公里土地和六万万人口的国家, 中国应当对于人类有较大的贡献。” 解放二十二年来, 我国测绘工作者, 在战无不胜的

毛泽东思想指引下，发扬“一不怕苦，二不怕死”的革命精神，在祖国的九百六十万平方公里的土地上，完成了大部分大地测量任务，并正在向号称世界屋脊的西藏高原进军。这不仅开创了世界测绘史上的新篇章，而且由于完成我国幅员这样辽阔的测量任务，对进一步解决地球的形状和大小问题将做出应有的贡献。

毛主席教导说：“人类总得不断地总结经验，有所发现，有所发明，有所创造，有所前进。”一九七〇年四月二十四日，我国成功地发射了第一颗人造地球卫星，实现了毛主席“我们也要搞人造卫星”的伟大号召，后来又发射了一颗科学实验卫星，这对进一步研究地球形状和大小必将提供更加有利的条件。

第二节 地球椭圆体上点的位置的确定

大家知道，平面上的某一点，它的位置是用平面坐标（如平面直角坐标 X 、 Y ；平面极坐标 ρ 、 δ ）表示的。地球椭圆体面不是平面，而是曲面。这个曲面上点的位置如何确定呢？显然不能用平面坐标，而需采用另外的坐标系。

一、大地坐标系

为了了解大地坐标系，首先应了解椭圆体上的某些线和面。如图1—1所示： PP_1 为椭圆体的短轴；包含短轴 PP_1 的一切平面叫大地子午面（如 PQ_1RP_1O ），其中通过英国格林尼治天文台的子午面叫起始子午面；大地子午面与椭圆体面的交线叫子午线，也称经线（如 PQ_1RP_1 ）；通过椭圆体的中心 O 并垂直于短轴 PP_1 的平面，称为赤道面，它与椭圆体面的交线叫赤道（如 ERE_1 ）；平行于赤道面的

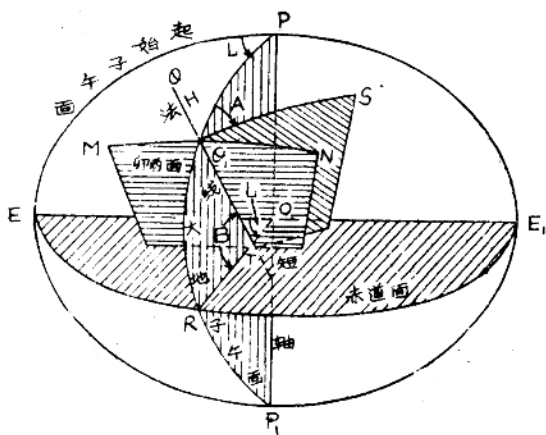


图1—1

平面与椭圆体面的交线叫平行圈（或称纬线）。 QT 是由地面上的某一点 Q 向椭圆体面所作的垂线，我们称它为椭圆体面的法线。包含法线的一切平面叫法截面（如 Q_1TS ），垂直于大地子午面的法截面叫大地卯酉面，它与椭圆体面的交线叫卯酉圈（如 MQ_1N ）。

了解了上述概念，就能建立大地坐标系。

大地经度：过某点（ Q ）的大地子午面与起始子午面之间的夹角（ $\angle EOR$ ），叫做 Q 点的大地经度，以“ L ”表示。全球分为 360° ，由起始子午面向东 180° 为东经，向

西 180° 为西经。同一条子午线上的点，其大地经度相等。

大地纬度：过某点 Q 的法线与赤道面的交角叫该点的大地纬度，以“ B ”表示。显然，赤道上的点，其纬度为 0° 。由赤道向两极各为 $0^\circ-90^\circ$ ，向北为北纬，向南为南纬。同一条纬线上的各点，其纬度相等。

大地方位角：某点 Q 至另一点 S 的大地方位角，是过 Q 点的大地子午面与含法线 QT 和 S 的法截面之间的夹角（ $\angle P_Q S$ ），以“ A ”表示。按顺时针方向计算角值。

大地高：是点 Q 沿法线到椭球面的垂直距离（ QQ_1 ），以 H 表示。

由此可知，如椭圆体面（或地面）上有一点，就有一组大地经、纬度数值。这组大地经、纬度数值就是该点的大地坐标。因此，用大地经纬度确定椭圆体面（和地面）各点位置的这种方法，我们称之为大地坐标系。

大地经、纬度就是大地坐标系中的两个坐标。它表示地面某点 Q 沿法线在椭圆体面上的投影点 Q_1 的位置。

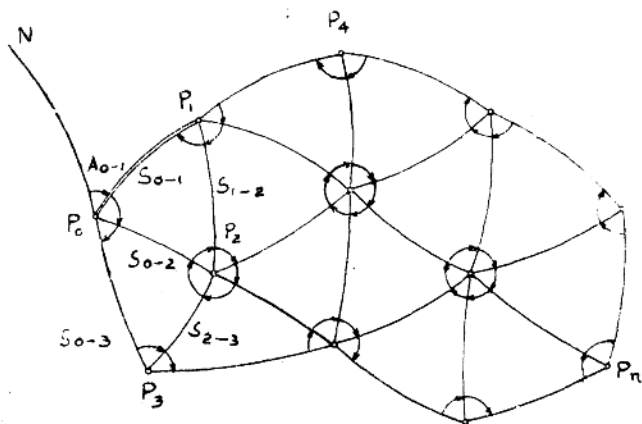


图1—2 三角测量法示意图

各点的大地坐标是如何求得的呢？主要是用三角测量法来求得的。即在地面上选定一系列有控制作用的点 P_1 、 P_2 …… P_N ，使相邻点都能通视，构成连续的三角网（图1—2）。测量出各三角形的各顶角和网中的一条边长（叫基线，如图1—2中的 $P_0 P_1$ ），从球面三角形 $P_0 P_1 P_2$ 开始，逐次解算每一三角形，可算得网中的所有边长；再根据起始点（也叫原点） P_0 的大地坐标（ L_0 、 B_0 ）及基线 $P_0 P_1$ 的大地方位角 A_{0-1} ，就可推算出网中各点的大地方位角（ A_i ），并进一步算出各点的大地坐标（ L 、 B ）。我们作图时所遇到的三角点及其大地坐标值就是这样得来的。

三角点是国家等级的控制点，是国民经济建设、国防建设、以及测图、编图的控制基础，也是炮兵、远射程武器决定射击诸元的必要依据。因此，作图时一定要保证其精度。

二、天文坐标系

前述的大地坐标系，是以椭球面为依据面，以法线为依据线来决定地面点的坐

标——經緯度数值的。

而天文坐标系，是以大地水准面和鉛垂綫为依据，用天文观测法来确定地面点的坐标值的。

什么叫鉛垂綫？大家知道，我們向上抛出一个物体，当它到达頂点后，就要垂直下落。其自由下落的方向就是鉛垂綫方向，简称鉛垂綫。

什么是大地水准面？液体静止时的表面称为水准面。静止的海洋面是地球表面上最广大的实际水准面。假想把这个静止的海洋面延伸到大陆内部，处处与鉛垂綫正交，就形成一个全球性的封闭曲面。这个曲面称为大地水准面。

由于地表起伏不平，以及地壳内部物质的密度分布不均匀，引起鉛垂綫方向的不規則的变化，这样，与鉛垂綫处处垂直的大地水准面，也随之产生不規則的变化（图 1—3）。由此可知，大地水准面也是一个不規則的曲面。因而，也不能在其上进行数学运算。

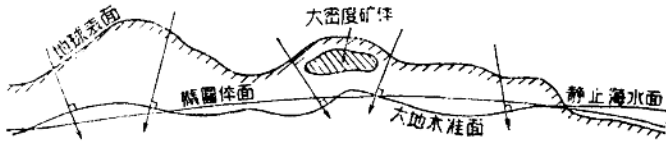


图1—3

如图 1—4 所示：包含鉛垂綫 qt 的一切平面称为过 q 点的垂直面，包含 qt ，并和地軸平行的垂直面称为天文子午面 ($P'q_1rP_1'O_1$)；通过地心并与地軸 PP_1 正交的平面，叫地球赤道面 (ere_1o)。

以起始子午面和地球赤道面为坐标面，就得天文坐标系：

天文經度：起始子午面与本地天文子午面間的夹角 ($\angle eO_1r$)，叫天文經度，以 λ 表表。

天文緯度：过本地的鉛垂綫与地球赤道面的交角 ($\angle q_1tr$)，叫天文緯度，以 φ 表示。

天文方位角：本地天文子午面与过該点及另一点 S 的垂直面間的夹角 ($\angle P'q_1S$)，叫 q_1S 方向的天文方位角，以 α 表示。

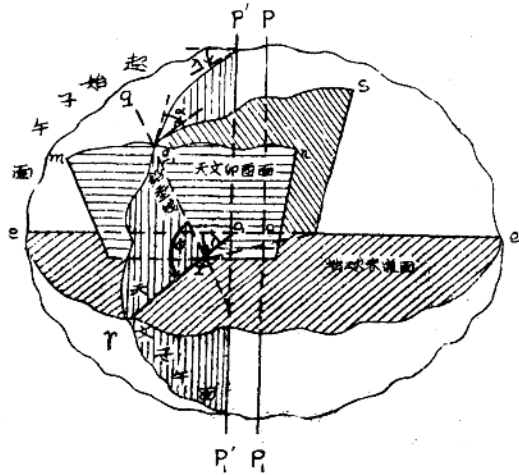


图1—4

用天文經、緯度及天文方位角确定点位的方法，叫天文坐标系。

由于大地水准面是較复杂的表面，不能在其上进行簡單而准确的数学运算，因此，各点的天文坐标只能用天文观测的方法各自独立测得，而不能互相推算。

毛主席教导說：“对于物質的每一种运动形式，必須注意它和其他各种运动形式的共同点。但是，尤其重要的，成为我們認識事物的基礎的东西，則是必須注意它的特殊点，……”上述的大地坐标系和天文坐标系都是用經、緯度来表示点位的。这是这两个坐标系的共同点。但是，我們必須搞清它們的差别。现将各自的特点用表格对比于下：

表 1—2 大地坐标与天文坐标的差别

对比项目		大地坐标系	天文坐标系
依据面、綫		椭球面、法綫	大地水准面、鉛垂綫
坐标面		起始子午面、赤道面	起始子午面、地球赤道面
坐标	經度 (L)	起始子午面与本地大地子午面間的夹角	(λ) 起始子午面与本地天文子午面間的夹角
	緯度 (B)	法綫与赤道面的交角	(φ) 鉛垂綫与地球赤道面交角
取得各点坐标之方法		不能直接测得。只能利用三角测量等方法推算各点坐标。这种方法取得坐标值的精度高。	直接测得各点坐标，不能通过推算获得。这种坐标的精度低。

遵照毛主席关于“抓着了世界的規律性的認識，必須把它再回到改造世界的实践中去，再用到生产的实践、革命的階級斗争和民族斗争的实践以及科学实验的实践中去”的教导，我們再討論一下大地坐标和天文坐标在图上的应用問題。

上表告訴我們，天文坐标的精度沒有大地坐标精度高。这是因为天文坐标是以鉛垂綫为依据綫，而鉛垂綫方向有不規則的变化所造成。地面上同一点(Q)的两种坐标值之所以不一致，是由于过Q点的鉛垂綫和过Q点的法綫不一致(两者的交角叫垂綫偏差)，因此，同一点Q，沿法綫和沿鉛垂綫投影到各自的依据面上，其点位就出現不一致。如果垂綫偏差达2—3秒，相距几十公里的两点，其点位相对誤差可达60—90米。在1:10万图上相当0.6—0.9毫米。所以大于1:10万比例尺地形图的控制点(如三角点)，既有大地坐标，又有天文坐标时，应依据大地坐标来展绘，而不能用天文坐标，并用三角点符号表示。地形图上只对一些独立天文点(只有天文坐标的点)才能依天文坐标(經緯度)展绘于图上，用天文点符号表示。

既然如此，天文坐标还有什么用呢？毛主席教导我們：“看問題要从各方面去看，不能只从单方面看。”由于天文坐标可以单独求得，因此，虽然精度低些，但仍有下列

用途：①用以确定大地控制网的起始点的坐标和基线的方位角，作为解算大地控制网的原始数据；②无大地点的地区，可用天文点来代替；小于1：10万比例尺的地形图，天文坐标与大地坐标均可应用，因为比例尺小，它们之间的差别在图上已经微不足道了；③远洋航轮等用以报告自己的位置，如此等等。

三、黄海高程系

(一) 高程起算面

地形图上表示的各点(如三角点、水准点、独立天文点等)以及等高线的高程，是从何处起算的呢？它们都是从大地水准面起算的。

这是由于大地水准面、即平均海面具有广大的实际表面，而且它的位置基本上是长期不变的，因此，就在沿海近岸的一点上竖立水位标尺，长期观测海水涨落潮的水位升降情况，记录出多年的平均位置，作为高程起算的零点(起算面)。我国是于1950—1956年在青岛验潮站测定黄海海域的平均海面，作为全国的高程起算面。即各点的高程都是与这一水准面之差(见图1-5)。该高差叫该点的海拔，以 h 表示。由于是一九五六年规定以它作为起算面的，故地形图上注明“一九五六年黄海高程系。”

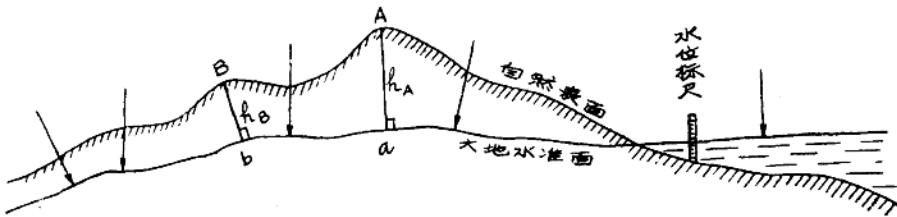


图1-5

Aa为A点高程，Bb为点B的高程，箭头方向为铅垂线方向

(二) 各点的高程是怎样测定的？毛主席教导说：“不解决方法问题，任务也只是瞎说一顿。”测定高程的基本方法分为水准测量法和三角高程法。

水准测量法：如图1-6所示，要求得任意一点P的高程，可将A至P的路线分成若干段，如AB、BC、CP，首先在AB间安置水准仪，在A、B两点树立标尺，整置水准仪使水准器水平，即望远镜的观测视线水平；然后分别照准标尺A、B，得读数N、V，则B点对A点的高差即可求得：

$$h_1 = N - V$$

然后移动水准仪至B、C之间，同法可得C点对B点的高差 h_2 。

如此继续测到P点，得 h_3 。

将各段的高差相加，为P对A点之高差。即

$$h_p = h_1 + h_2 + h_3$$

由此可知，水准测量的基本原理是，利用水准仪的水准面使观测视线水平，在两根垂直树立的标尺上直接测定两点高差，然后取各段高差之和。

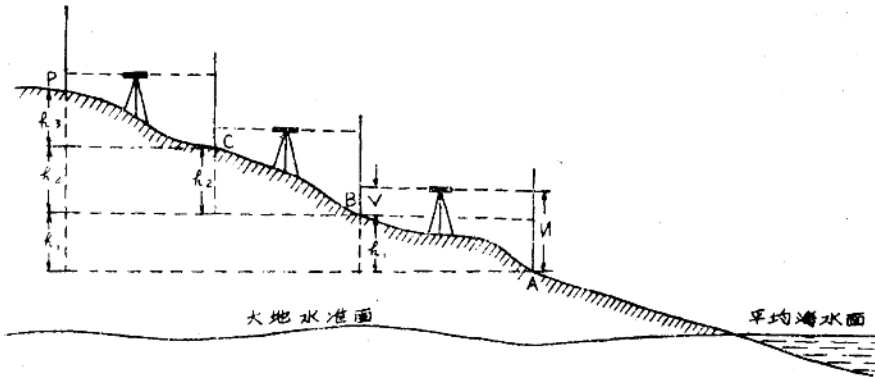


图1-6 水准测量法示意图

若A点的高程已知为 H_A ，则P点的高程 H_P 为：

$$H_P = H_A + h_p$$

用此法来测定其高程的各点叫水准点。图上用符号配合注记来表示。水准点一般沿铁路、公路、土路、大河等坡度较小的线路布设。

三角高程法：水准测量法是建立高程控制网的主要方法。然而它的工作量大；对于山区施测不变，有时甚至不可能。毛主席教导说：“用不同的方法去解决不同的矛盾”，因此测量上还采用三角高程法来解决某些高程测量任务。

其基本原理如图1-7所示：

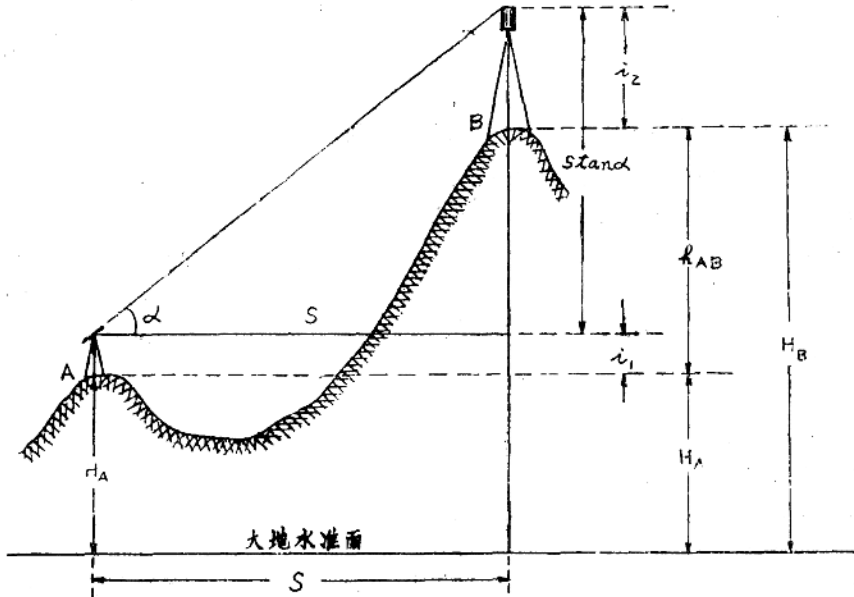


图1-7 三角高程法示意图

B点对A点的高程差

$$h_{AB} = S \tan \alpha + i_1 - i_2$$

如A点的高程已知为 H_A ，则B点的高程即为：

$$H_B = H_A + h_{AB} = H_A + S \tan \alpha + i_1 - i_2$$

(式中 α 为A至B的垂直角，S为A、B间的水平距离， i_1 和 i_2 分别为仪器高和觇标高)。

用这种方法测得的高程，其精度较水准法测得的低。但速度快，较方便。在高山区无法进行水准测量时，就必须采用三角高程法。测图细则规定，每幅1:5万图有3—4个国家等级的三角点，其中至少有一个点的高程是水准法测得的，以保证高程的精度。其余点可用三角高程法测定(用水准法测定高程的三角点，仍用三角点符号表示，而不用水准点符号。只有沿水准路线布设的水准网的点，才用水准点符号表示)。

四、北京坐标系。大地控制网起始点的确定

地形图图廓外注有“一九五四年北京坐标系。”这是什么意思呢？

前面已谈到，大地坐标不能直接测得，而只能根据一个已知点(起始点)逐一推算出其它各点的坐标。根据毛主席关于“共产党员对任何事情都要问一个为什么”的教导，我们要问，上述起始点如何选择、它的坐标又是如何得来的呢？其基本方法是，在本国领域内选一合适的点，用精密天文观测的方法，直接测出它的坐标。即整置仪器使水准器泡居中(这时仪器的垂直轴就与铅垂线一致，亦即与大地水准面垂直)，然后观测天体(星体)，求得该点的天文坐标(λ_c 、 φ_c)，并测出对另一点的天文方位角(α_c)。我们就把这点的天文坐标和天文方位角，当做该点的大地坐标和大地方位角。这时：

$$(\text{天文纬度}) \varphi_c = B_c (\text{大地纬度})$$

$$(\text{天文经度}) \lambda_c = L_c (\text{大地经度})$$

$$(\text{天文方位角}) \alpha_c = A_c (\text{大地方位角})$$

$$\text{并令(海拔高)} h_c = H_c (\text{大地高})$$

“凡事应该用脑筋好好想一想。”由于大地坐标的依据面、线是旋轉椭圆体面和法线，而天文坐标的依据面、线是大地水准面和铅垂线，这样， $\varphi_c = B_c$ ，则点的铅垂线必与法线一致，同时，两个赤道面也必然平行； $\lambda_c = L_c$ ，则大地子午面与天文子午面重合，两个起始子午面也必然平行； $\alpha_c = A_c$ ，则原点对另一点的垂直面必与法截面一致； $h_c = H_c$ ，则大地水准面与椭圆体面在原点(A')处相切。这就是说，把选定的旋轉椭圆体面与大地水准面按上述关系联结起来了，或者说把它套在地球的一个适当的位置上了。这样确定大地原点的过程也就是椭圆体的“定位”(图1—8)。

已定位的旋轉椭圆体，称为参考椭圆体。

我国于1954年选定伟大祖国的首都——北京作为全国大地坐标的原点(起始点)，因此叫“1954年北京坐标系。”我国，国家大地点的坐标均依它为起始点来推算。