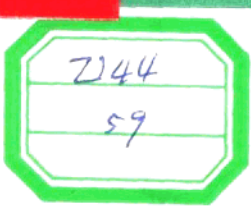


2 010 7055 3

航空摄影测量

(航测外业专业用)



中国人民解放军测绘学校

一九七二年五月

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，最重要的是课程的思想政治方向。”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《航空摄影测量》外业专业教材时，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，我们总结了一年多来教学实践的体会，吸取了测绘部队的作业经验，并组织学员参加了教材编写工作。

新编写的这本《航空摄影测量》外业专业教材作为我校航测外业专业一年制专业课基本教材。

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，如何编写一本适合我国实际情况的《航空摄影测量》外业专业教材，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！

航空摄影测量目录

第一篇 航测外业基本知识

第一章 地形图的基本知识

第一节	地球形状和大小的概念	(1)
第二节	地面点的地理座标和高程	(2)
第三节	高斯横椭圆柱六度带投影	(4)
第四节	平面直角坐标系的建立	(7)
第五节	地图的分幅与编号	(10)
第六节	用高斯——克吕格座标表查取图幅元素	(17)

第二章 航摄像片与地形图的差别

第一节	航摄像片的取得——航空摄影过程简介	(21)
第二节	航摄像片与地形图的差别	(26)
第三节	用航测方法测制地形图的过程	(31)

第二篇 航测外业控制测量和象片调绘

第一章 经纬仪及角度测量

第一节	角度测量的概念	(33)
第二节	DJ 6 — 1 型光学经纬仪	(34)
第三节	030(020)光学经纬仪	(38)
第四节	水平角和垂直角观测	(39)
第五节	经纬仪的检验校正	(44)
第六节	仪器误差对水平角的影响	(48)
第七节	磁偏角测量	(52)

第二章 经纬仪交会法

第一节	座标计算的基本原理	(58)
第二节	前方交会	(59)
第三节	侧方交会	(64)
第四节	后方交会	(66)
第五节	单三角形和引点法	(72)
第六节	各种交会图形的比较及有关技术规定	(75)
第七节	交会法计算错误的检查	(77)
第八节	锁网形	(79)

第三章 经纬仪高程测量

第一节	三角高程测量的计算公式	(82)
第二节	多角高程导线	(85)
第三节	独立交会高程点	(88)
第四节	视距高程导线测量	(90)
第五节	经纬仪水准测量	(96)
第六节	经纬仪定角测量	(100)
第七节	水网地区测高法	(103)

第四章 测量误差的基本知识

第一节	误差的来源和分类	(104)
第二节	偶然误差的规律(特性)	(105)
第三节	中误差及最大误差	(106)
第四节	观测量函数中误差的概念	(107)

第五章 象片判读和调绘

第一节	地物成象规律及判读特征	(111)
第二节	图式符号的运用	(115)
第三节	居民地的调绘	(118)
第四节	方位物和独立地物的调绘	(124)
第五节	管线、垣栅和境界的调绘	(126)
第六节	道路的调绘	(129)
第七节	水系的调绘	(134)

第八节 地貌及土质的调绘(附:沙漠、戈壁、雪山的航摄像片)	(140)
第九节 植被的调绘	(148)
第十节 调绘过程中的补测	(149)
第十一节 地理名称调查及注记资料的量测、注记	(154)
第十二节 象片调绘的综合取舍	(166)
第十三节 象片调绘的方法	(168)
第十四节 象片调绘的着墨整饰与接边	(171)
第十五节 简化地形符号的应用	(174)

第六章 航测外业的组织与实施

第一节 航测外业的准备工作	(177)
第二节 航测外业业务工作的组织实施	(180)
第三节 航测外业的结束工作	(183)

第三篇 航测内业测图及其对外业工作的要求

第一章 航摄像片及立体象对

第一节 航摄像片的主要点、线和内方位元素	(186)
第二节 航摄像片上的象点移位和方向偏差	(187)
第三节 象对的相对方位元素及绝对方位元素	(191)
第四节 象对的立体观察	(192)

第二章 编制象片图及其对外业工作的要求

第一节 编制象片图的地形条件	(194)
第二节 编制象片地形图	(195)
第三节 编制象片地形图对外业工作的要求	(298)
第四节 图解辐射三角测量	(200)
第五节 图解辐射三角测量对外业控制点的要求	(203)

第三章 多倍仪测图及其对外业控制点的要求

第一节 多倍仪测图的基本思想	(207)
第二节 多倍仪的构造	(208)
第三节 多倍仪测图	(210)
第四节 多倍仪测图对外业控制点的要求	(214)
第五节 多倍仪空中三角测量	(217)

第六节	多倍仪空中三角测量对外业控制点的要求	(224)
第七节	解析空中三角测量及其外业布点问题	(226)
第八节	构架航线及其外业布点问题	(228)

第四章 立体量测仪测图及其对外业工作的要求

第一节	立体量测仪测图的基本思想	(231)
第二节	立体量测仪	(235)
第三节	立体量测仪测绘等高线的作业过程	(236)
第四节	象片定向对外业控制点的要求	(239)
第五节	分带投影转绘	(241)
第六节	分带投影转绘对外业工作的要求	(246)

第四篇 平板仪测图与单张象片测图

第一章 平板仪测图

第一节	平板仪的构造	(249)
第二节	平板仪的检验校正	(253)
第三节	计算尺和计算盘	(255)
第四节	测图板的准备	(258)
第五节	图解控制测量	(261)
第六节	测站点的测定	(263)
第七节	方位物、高程注记点和碎部点的测定	(269)
第八节	地物的测绘	(271)
第九节	地貌的测绘	(272)
第十节	成果的整理与上交	(275)

第二章 单张象片测图

第一节	单张象片测图控制点的测定	(277)
第二节	测图前的准备工作	(278)
第三节	碎部测图	(282)
第四节	着墨和整饰	(284)

附录 1	四等水准测量	(286)
------	--------	---------

附录 2	座标邻带换算	(297)
------	--------	---------

附录 3	单指标经纬仪垂直度盘偏心差及其改正	(301)
------	-------------------	---------

第一篇 航测外业基本知识

毛主席教导我们：“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，就不知道如何去它，就不能做好那件事。”地形图客观地反映了地球表面局部地区的形状和大小。它表示了实地地物（地面物体）和地貌（地面自然起伏）的性质及其分布。它是军事行动，经济建设不可缺少的重要资料。我国解放以来主要采用航测方法测制地形图。因此，对地球——航摄象片——地形图三者之间的矛盾和联系进行分析研究是必要的。

地球表面是一个不规则的曲面，如何将这一曲面上的点转化到平面上，这是本篇第一章地形图的基本知识介绍的主要内容。航测成图是在航摄象片上进行的，所以第二章对航摄象片与地形图的差别，作了介绍。至于如何将航摄象片转化为地形图，那将是整个航空摄影测量研究的内容。

第一章 地形图的基本知识

第一节 地球形状和大小的概念

航空摄影测量是一门研究如何用航摄象片测定地球表面上局部地区的形状和大小并将它描绘到图纸上的科学。因此，对我们搞航测外业工作的同志来说，对于地球的整个形状和大小应当有所了解。

在地球表面上，有高山、丘陵、平地、沙漠、戈壁和江、湖、海洋等，然而这种自然表面是很不规则的，从一个局部的自然表面，很难看出地球的整个形状。例如站在岸边看海洋，可能认为地球是一个一望无际的大水面，站在山顶看山区，又可能认为地球是一个连绵不断的起伏面。究竟地球的整个形状如何呢？毛主席教导说：“**马克思主义者看问题，不但要看到部份，而且要看到全体。**”通过人们的长期实践和科学调查，发现在地球表面上，海洋面积占71%，陆地面积占29%，因此，可以设想有一个静止的海水面，即没有风浪和潮汐的海水面向陆地延伸，最后形成封闭曲面。这个静止的海水面叫大地水准面，它是一个南北扁平，沿赤道凸起的椭球曲面。

大地水准面也叫中等海面，其特点是这个面处处与地面点的铅垂线方向相垂直。我们知道，任一地面点的铅垂线方向取决于地球的引力，地球的引力又与地球内部的质量有关，而地球内部质量的分布是不均匀的，因此，地面各点的铅垂线方向也是不规则的（属重力测量学内容），就是说，大地水准面实际上是一个极为复杂的曲面。从我们测绘的角度来看，

如果将地球表面上的图形，投影到这个极为复杂的曲面上，这在测量、计算和制图上都将带来巨大的困难，因此，在测量上都是选定一个非常接近大地体的旋转椭球体（即参考椭球体）作为地球的形状。如图1-1-1为大地水准面（虚线）和旋转椭球体面（实线）的差别示意图。如这个旋转椭球体面即参考面选的适当，则其差异将很小，一般 d 为 $\pm 150\text{m}$ 。

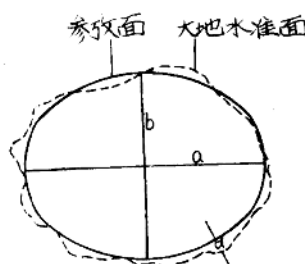


图1-1-1 大地水准面与参考面

旋转椭球体，可以看做由椭圆 PQP_1E 绕短轴 PP_1 旋转而成，如图1-1-2所示。 a 为长半径， b 为短半径，其扁率为 $\alpha = \frac{a-b}{a}$ ， a 、 b 和 α 称为地球元素。

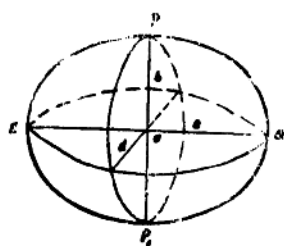


图1-1-2 地球元素

从上述的介绍中，我们对整个地球形状的概念有了初步的了解。如果我们再能知道这些地球元素的数据，那么地球的大小也就知道了。经过广大测绘工作者的长期观测和计算，获得很多结果，目前我国采用的是：

$$a = 6\ 378\ 245\text{m}$$

$$b = 6\ 356\ 863\text{m}$$

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

由于地球旋转椭球体的扁率很小，极接近于圆球，因此在地形测量学研究的范围内，可以认为地球是一个圆球，其半径为：

$$R = \frac{1}{3} (a + a + b) = 6371118\text{m}$$

近似为6370公里。

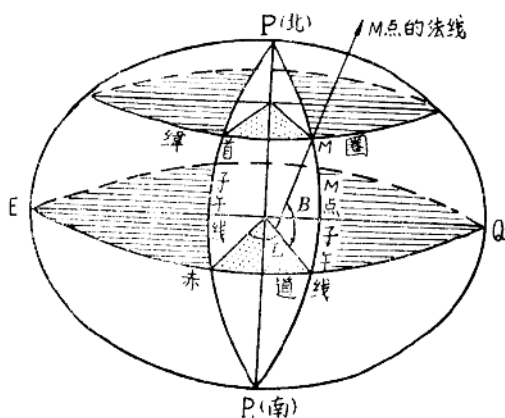
第二节 地面点的地理座标和高度

为了测制和使用地图方便起见，测量上对地面点采用了统一的座标系统。无论在世界地图、全国地图或军用地形图上，图廓外边都注记有经度和纬度，同时还可以查到地面点的高度。对于任一地面点而言，测定了它的经度、纬度和高程，它的位置便确定了。这里所说的经度和纬度，就称为地面点的地理座标。

【一】地面点的地理坐标

上一节我们已经介绍了地球的形状，它是一个绕短轴 PP_1 旋转的旋转椭球体，如图1-1-3所示。图中 PP_1 是旋转椭球体旋转时所绕的轴称为地轴（即短轴），地轴与旋转椭球体面相交的两点为 P 、 P_1 ，在北者称为北极，在南者称为南极。包含地轴的任一平面称为子午

面。子午面与旋转椭园体的交线称为子午线或经线。过地轴中心且垂直于地轴的平面称为赤道面。赤道面与旋转椭园体面的交线（截口）称为赤道。



1—1—3 地理坐标

世界各国都把过英国格林尼治天文台的子午面作为经度起算面，並称之为首子午面，它与旋转椭园体面的交线称为首子午线。规定了经度起算面，就可以确定地面点的经度了。地面上任一点A的经度就是过该点的子午面与首子午面之间的夹角L。经度由首子午线向东量称为东经，向西量称为西经，其值各由 0° — 180° 。

测量上以赤道面作为纬度起算面，同确定经度一样，规定了纬度起算面，就可以确定地面点的纬度了。过地面上任一点M的法线（过M点而与M点的切平面垂直的直线）与赤道面的夹角B称为该点的纬度。纬度由赤道面向北量称为北纬，向南量称为南纬，其值各由 0° — 90° 。

由上述可知：首子午面和赤道面组成为一个坐标系。若知道了地面上任一点A的经度L和纬度B，则该点在此坐标系中的位置就确定了。我们称L和B为A点的地理坐标。因此，在全国地图上，可以查到我国领土台湾省台北市的地理坐标为：东经 $121^{\circ}30'36''$ ，北纬 $25^{\circ}00'32''$ 。反之，若知某地的地理坐标为：东经 $111^{\circ}37'08''$ ，北纬 $16^{\circ}31'05''$ ，在地图上即可找到，这是我国南海的永乐群岛。

【二】地面点的高程

测定了地面点的地理坐标——经度和纬度，还不足以表示地球表面上一个点的位置，因为地球表面高低起伏不同，要表示地面点的实际位置，还需要确定它的高程。从上一个问题的叙述中我们知道，确定高程的关键问题仍在于选择一个起算面。

假如海水面是一个静止不动的曲面，那么这个面选做高程起算面最为理想。恩格斯指出：“运动是物质的存在方式。无论何时何地，都没有也不可能有没有运动的物质。”事实也正是这样，由于月亮的作用，海水会发生涨潮、落潮，从而看出海水并不是静止不动的曲面，而是每时每刻都在变动着。这样就给我们选择高程起算面提出了新的问题，怎样根据不断变化的海水面确定高程起算面？目前我国采用的是1956年黄海高程系，即以黄海中等海水面作为全国的高程起算面。在我国青岛沿海设立验潮站，从1950年至1956年观测水位标尺，每

隔一定时间读取海水面的高度，取其平均值作为高程零点。设有一个静止的海水面通过高程零点，并穿过陆地形成一个封闭曲面，这个面就定为中等海水面（或大地水准面）。为了推算高程方便起见，在青岛验潮站附近设了一个水准原点，用精密水准测量连测水准原点和水准标尺（基点），求得水准原点高程为72.389米。

高程起算面确定了，那么高程也就好确定了。自地面点到大地水准面的垂直距离称为高程，也称海拔或真高。也就是说，统一规定我国地面点的高程都是该点到这个黄海中等海水面的垂直距离，如图1—1—4所示。例如珠穆朗玛峰的高程为8882米，这个数字表示珠穆朗玛峰顶点到黄海中等海水面的垂直距离。

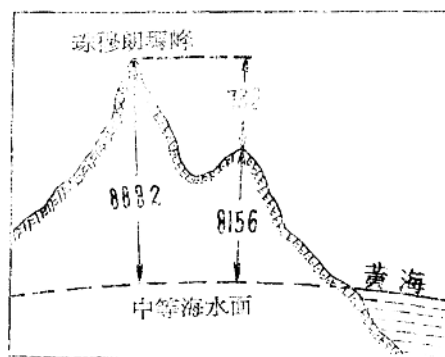


图1—1—4 高程和高差

地面上两点高程之差称为高差或比高。若知某地面点的高程为8156米，则珠穆朗玛峰与该点的高差为：

$$\Delta h = 8882 \text{米} - 8156 \text{米} = 726 \text{米}。$$

显然，高差是相对的，可为正值，也可为负值。

这里还要说明一点，世界上各个海洋的中等海水面都不是一致的，就是同一个海洋不同地方也略有差异。因此我们作业时，当采用的“大地点”和“水准点”的高程成果不是1956年黄海高程系时，应当事先化算为统一的1956年黄海高程系。例如有的成果是“大沽系”、“珠江系”等，均应加（或减）一个改正数。

总之，地面点的位置可由该点的经度（L）、纬度（B）和高程（H）来表示。当地面点的经度（L）、纬度（B）和高程（H）确定后，则该点的空间位置也就确定了。

第三节 高斯横椭圆柱六度带投影

【一】投影的意义

由第二节可知，用地理坐标经度（L）和纬度（B），可以表示地面点在旋转椭圆体面上的位置，也就是在曲面上的位置。而测量和计算最好在平面上进行。由于地球半径很大，小范围测量可以把水准面当水平面看待。但是，如果进行大面积测量，就不能将水准面当水平面看待了。那么，如何将旋转椭圆体上的点描绘到平面图纸上，从而制成军用地形图呢？大家知道，旋转椭圆体面在数学上是一个“不可展曲面”，象桔子皮一样，将它割开以后压成平面，必然会产生许多裂口和重迭，这就不符合测量的要求。怎么办呢？毛主席教导我们：“一切矛盾着的東西，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”。在这里，条件是重要的，“无此一定条件，就不能成为矛盾，不能共居，也不能转化。”要想使曲面上的图形转化到平面图纸上，就必须创造一定的转化条件。横椭圆柱面是一个可展成平面的曲面，只要我们按照一定的条件，将旋转椭圆体面上的图形投影到横椭圆柱面上，然后再展为平面，即可得到所需的地形图，这种方法就称为地图

投影（这是地图投影的一种几何解释）。

在实践中，采用地图投影的方法，仍不能使地面各点投影前后的关系位置完全一致，这种现象习惯上叫变形。这些变形概括起来有“长度变形、角度变形，面积变形”三种。对于各种变形我们可以采用不同的投影方法加以控制和限制，使全部变形减小到某一适当程度，或使某一种变形全部消除，要使三种变形都消除，是不可能的。根据测制地形图的要求，采用那一种投影好呢？毛主席教导我们：“**抓着了世界的规律性的认识，必须把它再回到改造世界的实践中去，再用到生产的实践、革命的阶级斗争和民族斗争的实践以及科学实验的实践中去**”。我们所测的地形图，是军用地形图，它首先要满足革命的阶级斗争的需要，满足我军战备的需要。从我军的作战用图来看，特别是炮兵用图，对角度的精度要求很高。如图1—1—5所示，某炮连从阵地A点向目标B点进行实弹射击，当从图上量取的射击方位角 α 与实地一致时就能命中目标。如果由于投影有了角度变形 ϵ ，则命中不了目标B点而会炮击到B'点上去，就达不到有效消灭敌人的目的。

由此看来，军用地形图保持角度不变形是很重要的，同时长度变形也要尽可能小，根据这种要求，经过反复研究和实践，发现采用正形投影即等角投影能满足上述要求。等角投影的特点是：投影前后角度不产生变形。这样就使得在小范围内投影面上的图形与旋转椭圆柱面上的形状保持相似。正形投影也有很多种，目前我国采用的正形投影是“横椭圆柱六度带投影”，即高斯投影。

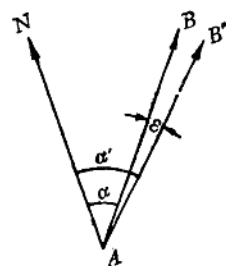
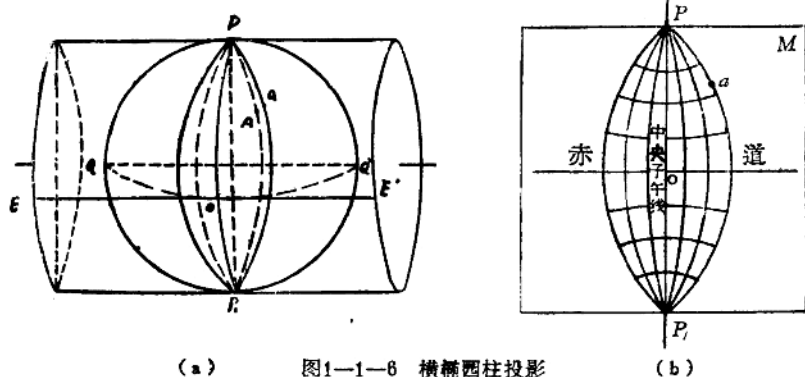


图1—1—5 方位角

【二】横椭圆柱投影的概念

横椭圆柱投影就是设想用一个横椭圆柱套在旋转椭球体外面，使横椭圆柱的轴心通过旋转椭球体的中心，并使横椭圆柱面与旋转椭球体之投影带的中央经线相切，如图1—1—6（a）所示，用数学的方法，在保持等角的条件下，将旋转椭球体面的点、线投影到横椭圆柱面上去，如旋转椭球体面的A点投影到横椭圆柱面上为a点。投影后，依过极点的母线将椭圆柱面切开，并展成平面M，如图1—1—6（b）所示，该平面又叫高斯投影平面。



(a)

图1—1—6 横椭圆柱投影

(b)

综上所述,横椭圆柱投影即高斯投影的条件是:

1. 中央子午线无长度变形;
2. 投影无角度变形。
3. 中央子午线和赤道投影后成互相垂直的直线,并成为图形的对称轴。

从上述条件和图 1—1—6 中,我们还可以看出横椭圆柱投影有以下三条规律:

1. 中央子午线的投影为直线,且长度不变;其余子午线的投影均为凹向中央子午线的曲线,且以中央子午线为对称轴,离中央子午线愈远,其长度变形愈大。
2. 赤道的投影为直线,其余平行于赤道的小圆(称为纬圆或平行圆),其投影为凸向赤道的曲线,並以赤道为对称轴。
3. 经线与纬圆在投影以后,仍然保持互相正交。

横椭圆柱投影虽然保持了等角条件,但必然产生长度变形,这种长度变形,在离中央子午线越远的地方愈大,离中央子午线 300km 时,其投影长度变形为 $\frac{1}{900}$ 。这样的精度,已能满足 1:2.5 万测图的要求。而我国绝大部分地区经差 3° 所对应的弧长都小于 300km,这就是我国采用六度分带的理由。由此可见,只要将投影带的区域限制在一定的范围内,使投影后的长度变形满足测图和用图的精度要求,长度变形的矛盾就解决了。

【三】投影带的划分

在我们目前的中、小比例尺测图中,都采用六度分带法,即从首子午线开始,每隔经差 6° 为一带,分为经差相等的若干个瓜瓣形,由西向东将旋转椭圆体分为六十个带。即 $0^\circ-6^\circ$ 为第一带, $6^\circ-12^\circ$ 为第二带……依此类推,如图 1—1—7 所示。位于各带中央的子午线称为这个带的中央子午线。 6° 带第一带的中央子午线是 3° , 第二带的中央子午线是 9° , ……; 由此可见得出 6° 带任意一带中央子午线的经度是: $n \cdot 6 - 3$, n 为带号。

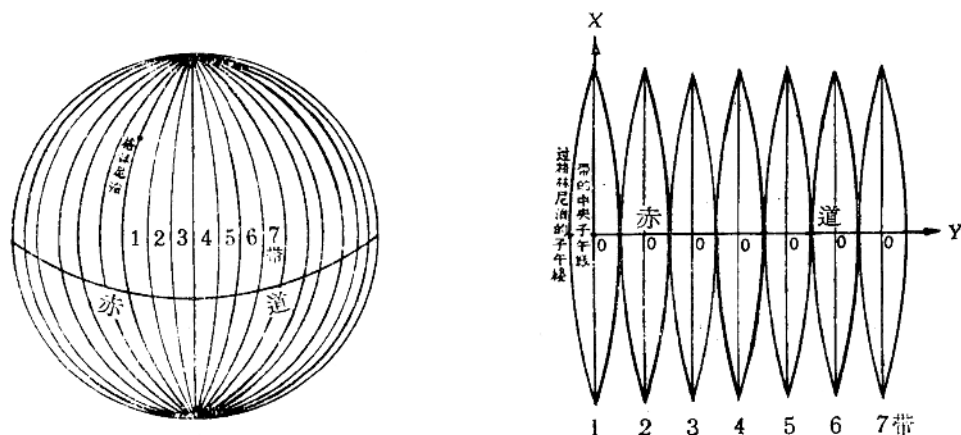


图1—1—7 6°带的划分

当进行大比例尺测图,比如 1:1 万或更大比例尺测图时,按六度分带就满足不了用图的要求,因此,就要采用三度分带法。三度带是在六度带的基础上分成的,它的中央子午

线，一部分同六度带的中央子午线重合，一部分与六度带的边缘子午线重合，即从 $1^{\circ}30'$ 这条子午线开始， $1^{\circ}30' - 4^{\circ}30'$ 为第一带， $4^{\circ}30' - 7^{\circ}30'$ 为第二带……依此类推，将旋转椭圆体面分成一百二十个带，如图 1-1-8 所示。第一带的中央子午线是 3° ，第二带的中央子午线是 6° ，第三带的中央子午线是 9° ……由此可以得出， 3° 带任意一带中央子午线的经度是 $n \cdot 3^{\circ}$ ， n 为带号。显然三度带的单数带中央子午线和六度带的中央子午线重合，而三度带的双数带中央子午线和六度带的分带子午线重合。

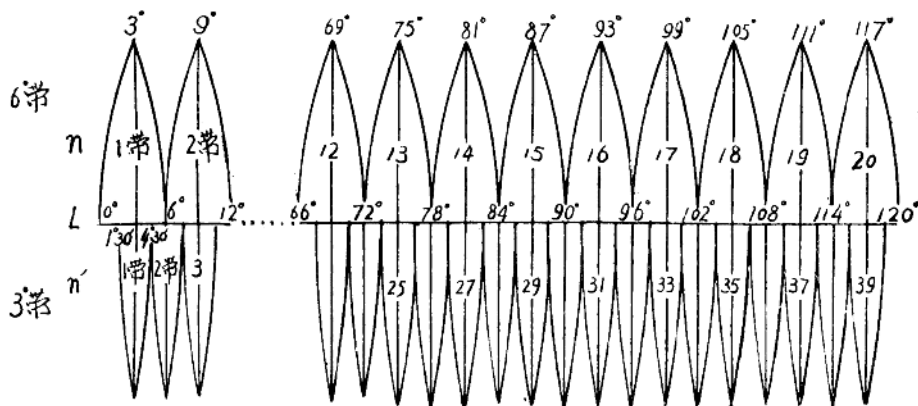


图1-1-8 3° 带与 6° 带中央子午线的关系

最后还要指出一点，就是横椭圆柱六度带投影，不论点在哪一带里，只要它的经差*和纬度相等，其平面直角坐标都是一样的。今后用到的平面直角坐标表，以图廓点的经差和纬度查取图廓点座标，不论图幅在那一个带，都可以用同一表查出。

以上是从测量中最普遍的问题，即如何确定地面点的座标入手，分析了地表面与地形图之间实际存在的一个基本矛盾——旋转椭圆体面与平面之间的矛盾，并指出了在一定条件下解决这个矛盾的方法（横椭圆柱分带投影）。至于如何具体解决这个矛盾，这是大地测量的任务，不必详细研究了。但是应当明白：大地测量为测制地形图提供了地面点的平面座标和高程，航测才能在平面上进行计算和测图工作。

第四节 平面直角坐标系的建立

用横椭圆柱分带投影的方法，可以将旋转椭圆体面上任一点的地理座标化算到投影平面上来。为了确定地面点在投影平面上的相关位置，就必须在投影平面上建立一个坐标系。从上一节可知，中央子午线和赤道在投影平面上的投影为互相正交的两直线，这就给我们选择坐标系创造了有利条件。

【一】平面直角坐标系的建立

在测量上用中央子午线的投影为坐标系的纵轴X，用赤道的投影为坐标系的横轴Y，两轴

*：指对本带中央经线的经差，以下同。

的交点O为坐标原点，如图1—1—9所示。
这样的坐标系称为高斯平面直角坐标系。

纵坐标X由赤道向北量为正，向南量为负；横坐标Y由中央子午线向东量为正，向西量为负。我国领土全部位于赤道以北，所以X值均为正值，但每个投影带内的横坐标Y值却有正有负，在计算中为了避免出现负值，规定每带的纵坐标轴西移500公里，即将投影带内的横坐标值都加上500公里，同时为了指示该点属于何带，规定在横坐标Y值之前要写上带号，这样的坐标，称为通用坐标。例如：在20带中有 a_1 及 a_2 两点，其横坐标分别为：

$$Y_{a_1} = +189\ 672.3\text{m} \quad (\text{在中央子午线以东})$$

$$Y_{a_2} = -105\ 374.8\text{m} \quad (\text{在中央子午线以西})$$

根据上述原则，将 a_1 、 a_2 之中央子午线（即X轴）西移500公里，并加上带号，可得到通用Y坐标值为：

$$Y_{a_1} = 20\ 689\ 672.3\text{m}$$

$$Y_{a_2} = 20\ 394\ 625.2\text{m}$$

【二】直线定向——方位角

平面直角坐标系建立以后，地面点的位置就可以用纵坐标X和横坐标Y来确定。那么地面直线的方向又是如何确定的呢？毛主席教导我们：“每一事物的运动都和它的周围其它事物互相联系着和互相影响着。”如果我们能找到一个或几个标准方向，又知道地面直线与标准方向之间的夹角——方位角，则该直线的方向也就确定了。由于选择的标准方向不同，方位角又分为真方位角，座标方位角和磁方位角三种。

（一）真方位角

在高斯投影面上，由 P_1 点的真子午线方向 P_1N 起算，顺时针量至直线 P_1P_2 的角度 A ，称为直线 P_1P_2 的真方位角，如图1—1—10所示。由于直线 P_1P_2 上各点的真子午线方向都交于南北两极，它们互不平行，因此，在同一直线上各处的真方位角也不相等。

（二）座标方位角

过 P_1 点作纵坐标轴的平行线 P_1X ，如图1—1—10所示，则由 P_1X 起算，顺时针量至直线 P_1P_2 的角度 α ，称为直线 P_1P_2 的座标方位角。

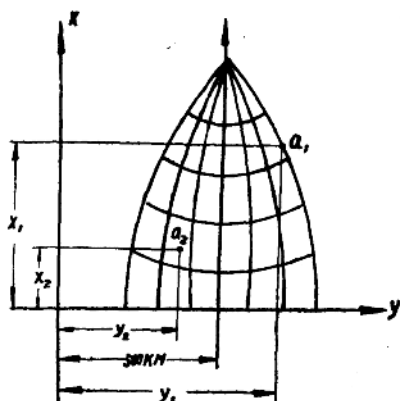


图1—1—9 高斯直角坐标

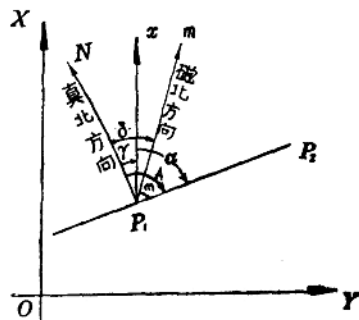


图1—1—10 方位角

1. 正、反座标方位角

设直线 P_1P_2 的座标方位角为 $\alpha_{1.2}$ ，直线 P_2P_1 的座标方位角为 $\alpha_{2.1}$ 。如果以 $\alpha_{1.2}$ 为直线 P_1P_2 的正方位角，则 $\alpha_{2.1}$ 就是该直线的反方位角，如图1—1—11所示。反之亦然。

由图1—1—11可知它们的关系如下：

$$\left. \begin{aligned} \alpha_{2.1} &= \alpha_{1.2} + 180^\circ \\ \alpha_{1.2} &= \alpha_{2.1} - 180^\circ \end{aligned} \right\} (1-1-1)$$

由此得出座标方位角的特点是：正反方位角相差 $\pm 180^\circ$ 。如： $\alpha_{1.2} = 15^\circ$ ，则 $\alpha_{2.1} = 195^\circ$ ；若 $\alpha_{2.1} = 300^\circ$ ，则 $\alpha_{1.2} = 120^\circ$ 。这一点在我们今后的计算中，经常要应用到。

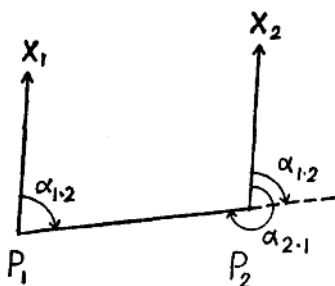


图1—1—11 正反座标方位角

2. 象限角

在测量工作中，由于座标方位角都是顺时针方向计算的，所以平面直角坐标系的I、II、III、IV四个象限，也规定按顺时针方向排列，如图1—1—12所示。大家知道，这和数学上四个象限的排列方向刚好相反，但数学中一切函数的解析关系或运算公式，在测量上仍然保持有效。

直线与纵座标轴方向所夹小于 90° 的角度 α' 称为象限角，如图1—1—13所示。

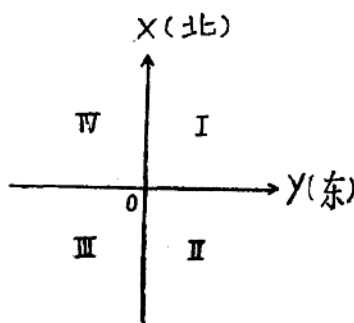


图1—1—12 象限

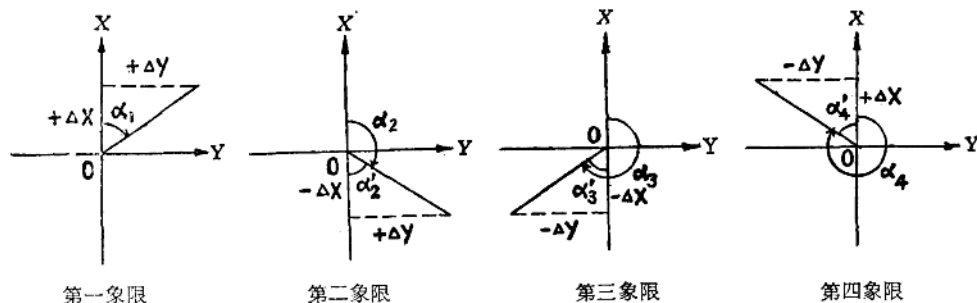


图1—1—13 座标方位角与象限角的关系

设直线在四个象限的座标方位角及象限角分别为 $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4$ 及 $\alpha'_1, \alpha'_2, \alpha'_3, \alpha'_4$ ，其关系是：

$$\left. \begin{aligned} \text{第 I 象限} \quad \alpha'_1 &= \alpha_1 \\ \text{第 II 象限} \quad \alpha'_2 &= 180^\circ - \alpha_2 \\ \text{第 III 象限} \quad \alpha'_3 &= \alpha_3 - 180^\circ \\ \text{第 IV 象限} \quad \alpha'_4 &= 360^\circ - \alpha_4 \end{aligned} \right\} (1-1-2)$$

对于(1-1-2)公式的关系,应当搞清,并熟记,因为今后的计算中(查取三角函数的真数及对数),经常要用到。

(三)磁方位角

当磁针水平静止时,其南北两端所指的方向,即为磁子午线方向,简称磁北方向。由 P_1 点的磁子午线方向 P_1m 起算,顺时针量至直线 P_1P_2 的角度 m ,称为直线 P_1P_2 的磁方位角,如图1-1-10所示。

从以上三种方位角来看,在实际工作中各有其用途。真方位角可借天体测算出来,它主要用于利用北极星判定地图方位。座标方位角的应用范围虽然有局限性,但在同一投影带内,由于同一直线上各处的座标方位角都相等,这对于方位角的传递计算比较方便,因此在测量计算中得到了广泛的应用。至于磁方位角,由于磁针方向受时间、地点及灵敏度的影响,它只能用来概略的指定方向,在地物稀少地区和夜间行军时,可用磁针概略标定地形图和判定方位。

【三】子午线收敛角

从图1-1-10可以看出,在 P_1 点上,其座标北方向 P_1X 与真北方向 P_1N 是不一致的,它们的夹角 γ 称为子午线收敛角。 γ 角由真北向量为正,向西量为负。从图1-1-10中可得出:

$$\left. \begin{array}{l} \alpha = A - \gamma \\ \text{或 } A = \alpha + \gamma \end{array} \right\} \quad (1-1-3)$$

子午线收敛角 γ ,可从平面直角座标表中查取。航测外业规范规定,可由图幅四个图廓点的 γ 值取其中数作为图幅平均子午线收敛角。

第五节 地图的分幅与编号

“我国是一个社会主义的大国”。在我们这样一个幅员辽阔的国家,仅五万分之一的地形图就有几万幅,一万分之一的地形图则有几十万幅。对于如此巨大数量的各种比例尺的地形图,如果不按照一定的规律,将我国全部领土进行适当的分幅与编号,则一定会发生重测、漏测的现象,一定会造成保管混乱、取用困难的后果,这是不符合战备要求的。

为了使测图、管图、用图人员都做到“胸中有数”,我国采用统一的方法将全部领土进行了分幅与编号。在分幅时,应当使各种比例尺的地形图的图幅大小基本相同,这样,不仅便于测图、保管和携带,而且能将同一比例尺的相邻地形图拼接起来使用。在编号时,则要求简单明了,象剧场编座号一样,使观众拿了写有座号的剧票,能够迅速找到座位,对号入座。

各种基本比例尺的地形图都是按照统一的经差和纬差分幅的,而且是在百万分之一地图图幅的基础上分幅的。

【一】1:100万比例尺地图的分幅与编号

1:100万地图的图幅,是按纬差 4° ,经差 6° 来划分全球的,即由赤道向北(或向南),每隔纬差 4° 为一横列,把南北半球各分成22横列(直至 88° 为止),每列依次用1, 2, 3, ……22(过去是用A、B、C……V)表示;由经度 180° 起,自西向东按经差 6° 把全球分成60

纵行，每行依次用 1, 2, 3, ……60 表示，如图 1—1—14 和图 1—1—15 所示。

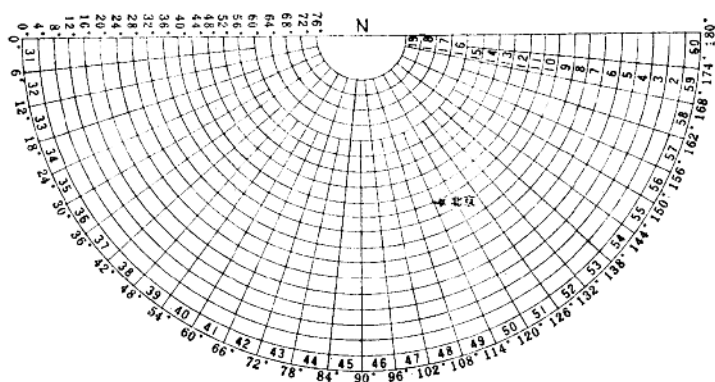


图1—1—14 1:100万分幅与编号

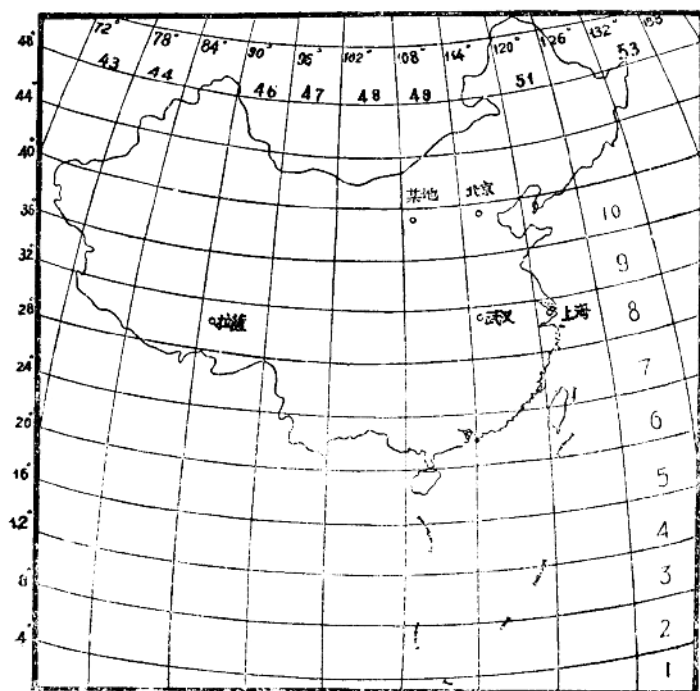


图1—1—15 我国1:100万比例尺地图的分幅图

编号方法是以“横列——纵行”的代号组成，其含意和剧场里的“排”——“座”相似，如我们伟大祖国的首都北京所在的 1:100 万图幅编号为 10—50

由于六度带带号从 0° 子午线起算，而纵行从 180° 子午线起算，因此，纵行代号与六度带带号相差 30，如首都北京所在 1:100 万图幅的纵行代号是 50，而其所在六度带带号是 20。由于我国位于东半球，纵行与带号的关系是：