

地 图 投 影

吴 忠 性 编 著

测 绘 出 版 社

内 容 简 介

本书详细地阐明了地图投影的基本理论，地形图、区域地图和其它地图所用的地图投影及其实际应用。对地形图所采用的地图投影说明特别详细。其他地图所应用的地图投影如何进行设计计算，也专门作了介绍。对地图量算常用的几种方法也作了简单介绍。

本书可供测绘及地理制图作业人员学习和参考，也可供院校地图专业学生参考。

地 图 投 影

吴忠性 编著

•

测绘出版社出版

山西新华印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行·各地新华书店经售

•

开本787×1092 1/16·印张13 $\frac{3}{4}$ ·字数320千字

1980年3月第一版·1980年5月第一次印刷

印数1—5,300册 定价1.15元

统一书号：15039·新109

前 言

地图投影是研究建立地图数学基础（经纬线网和平面直角坐标网）的一门学科。它在地图生产中起着“基础”和“骨架”的作用，没有这种“基础”和“骨架”，地图就不能科学地产生出来，就不能很好地将地球表面上的物体描绘在平面上。所以，地图投影的作业是地图生产中的重要一环，地图投影的知识是地图生产中不可缺少的知识。

地图投影是从生产实践中产生和发展起来的。最初只有简单的几种投影，以后生产发展了，要求不同了，投影也随之发展起来。其次，地图投影的理论化与系统化和数学的发展有一定的联系。自从数学分析出现之后，这门学科也就逐渐成熟起来。但归根结底地图投影之所以能成为一门独立的学科，还是由于它的内部有一种特殊矛盾——即不可展的地球表面（曲面）与平面（地图）之间的矛盾而引起的。没有这种矛盾，就不可能有这门学科。

本书是以辩证唯物主义的认识论作为指导思想而编写的。因此，在叙述方法上，力求做到：按提出矛盾、分析矛盾、解决矛盾的顺序阐明问题；从实际出发，引出问题，加以分析，求得解决。本书坚持“理论和实践统一”的原则，在提出每一种投影或其它理论之后，紧接着就举一些实际应用的例子，使理论与实际挂上钩。在内容的选择和安排上，打破了过去框框，不以这门学科所应包括的内容为前提，而是从实际作业和用图的需要，选了必须学的、学了即能用的一些问题。

本书是按地形图、区域地图和其它地图所用地图投影的次序编排的。前面两种地图的地图投影是本书的重点，故叙述的比较详细一些，举例也比较多一些。后面一种地图的地图投影仅仅帮助读者阅读世界范围的地图，了解它的经纬线网是如何形成的。但在这部分中国际百万分之一地图投影目前在我国还要用到，故在编写时也占了不少篇幅。至于在本书的前面写了地图投影的基本理论，是针对以下各章所用到的理论而安排的，也是对地图投影的基本概念先来个介绍，为以后的学习打下一个基础。区域地图数学基础的设计，是从实际作业中总结出来的，是对前面所学的地图投影的综合运用，有了这一章就能使“学”和“用”更好地结合起来。考虑到目前讲地图量算的书很少，本书安排了这一部分内容，可能对有些用图单位有一定的参考价值。为了照顾读者自学的需要，在各章之后都列出了一些思考题。在正文中一些未证明的问题，或应用到的有关数学公式，从“附录”中可以找到它的答案。

在写具体问题时，如有几种类似的方法，书中只叙述常用的一种或两种。例如在圆锥投影中有许多决定常数的方法，在经线为正弦曲线和经线为椭圆的伪圆柱投影中也有很多种，书中就是这样处理的。因为这些问题是大同小异，弄通了一种或两种，其它也不难理解。所谓“触类旁通”或“举一反三”，即是这个道理。

像这样一种读物，我过去从未写过，缺乏这方面的经验，因此，写的可能不够合适，不能满足读者的要求。这只能起到“抛砖引玉”的作用，希望由此引出许多好的这

类作品来。再者，因作者理论水平有限，实践经验不多，所写的内容，可能还有一些欠妥或错误的地方，希望读者给予批评指正！

吴 忠 性

1 9 7 8 年 5 月

目 录

前 言

第一章 地图投影的基本理论	(1)
第一节 引言	(1)
第二节 地图投影的研究对象	(2)
第三节 地球椭球面与地图平面	(2)
(一) 地球椭球面	(2)
(二) 地图平面	(7)
第四节 地图投影的目的和方法	(8)
第五节 地图投影的变形	(11)
(一) 变形的概念	(11)
(二) 变形椭圆	(13)
第六节 长度比和面积比公式	(15)
第七节 角度变形公式	(17)
第八节 等角条件、等积条件和等距离条件	(21)
第九节 以极坐标为依据的投影变形公式	(22)
第十节 地图投影的分类	(24)
思考题	(29)
第二章 地形图的地图投影	(30)
第一节 地形图对地图投影的要求	(30)
第二节 等角横切圆柱投影(高斯投影)	(30)
(一) 等角横切圆柱投影的坐标公式	(30)
(二) 等角横切圆柱投影的长度比公式	(36)
(三) 等角横切圆柱投影的子午线收敛角公式	(38)
第三节 等角横切圆柱投影在地形图中的应用	(40)
(一) 分带方法	(40)
(二) 坐标轴平移	(41)
(三) 方里线和经纬线的间隔	(41)
(四) 重叠方里线网	(42)
(五) 图廓点数	(44)
第四节 展绘地形图数学基础的作业	(46)
(一) 数据准备	(47)
(二) 展绘方里网线、图廓点和测量控制点	(49)
(三) 检 查	(54)
(四) 整 饰	(55)

第五节 地形图上方位的表示	(56)
(一) 起始方向线和方位角	(56)
(二) 偏角	(57)
(三) 磁子午线的表示	(58)
思考题	(59)
第三章 区域地图常用的地图投影	(61)
第一节 区域地图对地图投影的要求	(61)
第二节 方位投影	(61)
(一) 方位投影的一般公式	(61)
(二) 球面投影(等角方位投影)	(61)
(三) 等积方位投影	(67)
(四) 等距离方位投影	(70)
(五) 双重方位投影	(72)
(六) 应用举例	(74)
第三节 圆柱投影	(80)
(一) 正轴圆柱投影的一般公式	(80)
(二) 等角正轴圆柱投影(墨卡托投影)	(82)
(三) 等角横、斜轴圆柱投影	(89)
第四节 圆锥投影	(92)
(一) 正轴圆锥投影的一般公式	(92)
(二) 等角正轴圆锥投影	(95)
单标准纬线等角圆锥投影	(95)
双标准纬线等角圆锥投影	(98)
等角圆锥投影切和割的内在联系	(102)
应用举例	(103)
(三) 等积正轴圆锥投影	(106)
双标准纬线等积圆锥投影	(107)
应用举例	(109)
(四) 等距离正轴圆锥投影	(111)
双标准纬线等距离圆锥投影	(112)
应用举例	(113)
思考题	(116)
第四章 其他地图的地图投影	(117)
第一节 其他地图对地图投影的要求	(117)
第二节 多圆锥投影	(118)
(一) 普通多圆锥投影	(118)
(二) 改良多圆锥投影	(121)
(三) 等差分纬线多圆锥投影	(129)

应用举例	(133)
第三节 伪圆柱投影	(138)
(一) 伪圆柱投影的一般公式	(138)
(二) 经线为正弦曲线的等积伪圆柱投影	(139)
(三) 经线为椭圆的等积伪圆柱投影	(140)
(四) 分瓣方法	(144)
第四节 伪圆锥投影	(145)
(一) 伪圆锥投影的一般公式	(145)
(二) 等积伪圆锥投影	(146)
第五节 一种用于世界地图的派生投影	(148)
第六节 组合投影的拟定	(152)
思考题	(155)
第五章 区域地图数学基础的设计	(156)
第一节 地图投影选择的一般原则	(156)
第二节 区域地图数学基础设计方法和步骤	(158)
第三节 区域地图数学基础设计举例	(163)
思考题	(175)
第六章 地图量算	(176)
第一节 地图量算的任务及其所受某些因素的影响	(176)
第二节 在地图上测定点的位置	(177)
第三节 在地图上量算直线长度	(178)
第四节 在地图上量算曲线长度	(180)
第五节 在地图上量算面积	(182)
第六节 在地图上测定方位角	(185)
第七节 在地图上描绘正航线和斜航线	(188)
第八节 在地图上加密经纬线网	(190)
思考题	(193)
附 录	(194)
一、地球椭球的一些基本公式	(194)
(一) 纬线圈的半径	(194)
(二) 子午圈的曲率半径	(195)
(三) 卯酉圈的曲率半径	(196)
(四) 平均曲率半径	(197)
(五) 经线和纬线弧长	(200)
(六) 地球椭球面上的梯形面积	(202)
二、常用数值	(205)
三、数学公式	(206)
(一) 平面三角	(206)

(二) 球面三角	(207)
(三) 对数	(208)
(四) 函数展开式	(209)
(五) 内插法公式	(210)
(六) 微分和积分	(211)

第一章 地图投影的基本理论

第一节 引言

现代普通地图都包括有自然要素、社会政治经济要素和数学要素。有了这些要素，才能达到这种地图用途的目的和要求。地图中的经线和纬线是地图的主要数学要素。有了经线和纬线就能比较有效地控制地图中的自然要素和社会政治经济要素各自之间和相互之间的关系位置和方向，并能测定某一地物的地理位置。所以，经线和纬线在地图中与其它要素是紧密联系的，并起到制作地图的“基础”和“骨架”作用。凡有实用价值和具有一定科学性的地图，必须绘有经线和纬线。

经线和纬线代表地球表面上两组虽然看不见而实际存在的线。经线表示地球南北方向，其在地面上的实地位置是用经度表明的，在同一条经线上经度是相同的。纬线表示地球东西方向，其在地面上的实地位置是用纬度表明的，在同一条纬线上纬度是相同的。故经线和纬线的交点，即是某地的地理位置。也就是说，地面上任何一点都有它一定的经度和纬度，只要知道某点的经度和纬度，即能确定该点的地理位置。用经纬度表明某地的地理位置，在下列情况下，更为必不可少，如：我们有时从广播中听到某某号台风的中心，现在太平洋上某一位置，这是由于海洋上没有固定目标，常用经纬度说明它的所在地；航船在海洋上如发生问题，亦常用经纬度说明它的出事地点，希望别的船只能去援救；导弹发射，落弹地点如在海洋上，亦常用经纬度说明它的目标；发射人造地球卫星，经过某地上空，有时亦用经纬度说明地面位置。知道了这些数据，即能从地图上找到它们的地点。

为此，在制作地图时，第一步工序就要绘出经纬线，有了经纬线才便于决定地图其它内容的位置。大比例尺地形图，由于图幅地理范围很小，且因地图内容比较详尽，为了避免遮盖其它地物，常不在图内绘出经纬线，但其内图廓线即是经纬线，纵图廓线为经线，横图廓线为纬线，并将内图廓线按经纬度进行细分，其分点即某某经度和某某纬度所在的位置。在实际用图时，如须要知道图内某一地物的地理位置，连接图廓线上同经度的两点和同纬度的两点，所成直线的交点，即某一地物的地理位置。

那末，地图上的经纬线是怎样形成的呢？亦即如何将地球面上的经纬线表示在平面上的呢？这就是本书所要叙述的问题。研究这个问题的专门学问叫做地图投影学。我们研究地图投影学是以辩证唯物主义的观点为指导，并以数学为工具，联系生产实际要求，阐明它的理论与方法。它的产生与发展是由生产实践所决定的，它的形成是由其内部特有的矛盾引起的。地图投影学的内容相当丰富，其应用很广泛。本书只能说其大概，不在理论上作过多的探讨，在应用上亦只限于常见的几种。下面我们就来逐步讲明地图投影究竟是怎么一回事，如何用之于制图生产。

第二节 地图投影的研究对象

任何一门科学都有它自己特有的一种矛盾，没有这种特有的矛盾，就不能构成这门科学。化学的特有矛盾是化合与分解，力学的特有矛盾是作用与反作用，军事学的特有矛盾是进攻与防御，故它们均能各自构成一门独立的科学。这门科学的现象领域所特有的矛盾运动，就是这门科学的研究对象。这正如毛主席在《矛盾论》中所阐明的那样：

“科学研究的区分，就是根据科学对象所具有的特殊的矛盾性。因此，对于某一现象的领域所特有的某一种矛盾的研究，就构成某一门科学的对象”。地图投影作为一门独立的科学，当然也不例外。它的特有矛盾是不可展的地球表面（曲面）与平面（地图）之间的矛盾，这种曲面与平面之间的矛盾运动，就是地图投影的研究对象。

为什么说地球表面与平面之间的矛盾，是地图投影科学对象所具有的特殊矛盾性呢？其原因是由于地球表面是一个不可展的曲面，而地图常是平面，要想将这种曲面上的东西，表示在平面上，如不经过地图投影的方法，势必如吃橘子时将橘子皮剥开铺成平面那样，有东一块缺口，西一块重叠，用这种“平面”来描绘地图，显然是不合实用要求的。反过来说，假如地球不是一个不可展的曲面，而是一个平面，平面表示在平面上，问题就很简单了。又假如地球是一个可展的曲面，如圆锥面，那末，将圆锥面表示在平面上，就好像一个尖顶的帽子铺成平面那样，也不会出现上面的重叠与撕裂的现象。所以，问题就在于地球是一个不可展的曲面而地图常是平面这一对特殊矛盾。地图投影就是要解决这种矛盾。但“矛盾是普遍的、绝对的，存在于事物发展的一切过程中，又贯穿于一切过程的始终。”旧的矛盾解决了，新的矛盾又会发生。所以，地图投影的研究对象，不限于研究解决这两个面之间的矛盾，还要研究在解决了这种矛盾之后，所出现的新矛盾又如何去解决，以及矛盾运动不断向前发展问题。这些问题，我们将一一加以叙述。

第三节 地球椭球面与地图平面

既然知道地图投影是研究解决地球表面与平面之间的矛盾问题（即如何将地球表面表示在地图平面上的问题），那末，用之于地图投影的地球表面究竟是什么样的“面”，其形体有多大，哪些面可以成为地图平面？必须首先弄清楚这些问题，方能讨论投影。本节所要说明的即是这两个问题。

（一）地球椭球面

关于这个问题，可分几方面来谈。

1. 地球的形状和大小

地球自然表面是一个起伏不平、十分不规则的表面，有高山、深谷、平地 and 海洋。在陆地上最高点珠穆朗玛峰高出海面8848米，海洋中最深处达1万多米（例如，马利亚纳海沟深达11043米），两者相差近20公里。这种高低不平的表面是无法用数学公式表

达的，故不能在其上实施运算。人们经过长期实践，发现地球自然表面虽然极不规则，但它的总体形状还是有规可循的，了解到它接近于一个大地体。所谓大地体就是设想当海水处于完全静止平衡状态的时候，把它延伸到大陆内部，使其成为处处与铅垂线正交的一个连续的闭合的水准面，这种水准面我们称之为大地水准面，它所包围的形体称为大地体。又由于地球外壳物质分布不均匀和地表起伏不平，引起重力方向（铅垂线方向）发生局部变化，促使处处与重力方向正交的大地水准面，也显得有不规则的变化。因而大地水准面的形状仍然是十分复杂的，到现在为止也找不到一种数学公式可以表达，故这种表面仍不便于在其上实施运算。不过大地水准面的形状虽然十分复杂，但从

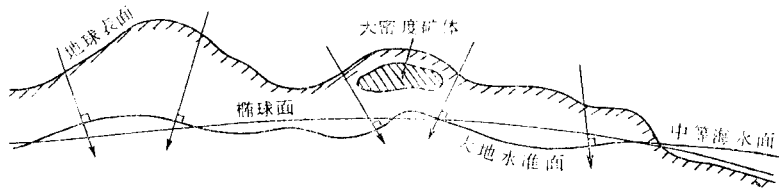


图1—1 地球自然表面、大地水准面和椭球面之间的关系示意图

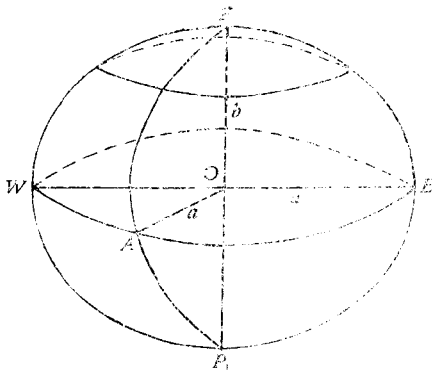


图1—2 地球椭球的形状和大小

整体形状来看，这种起伏是十分微小的。另外，我们知道：重力是引力和离心力的合力，在地球赤道处，离心力最大，在两极处最小。由此可以推知：在两极的重力大于赤道重力的情况下，必使整个地球呈扁平状态。经理论和实践证明，这种形体的表面接近具有微小扁率的旋转椭球面，即以椭圆的短轴（地轴）为旋转轴的椭球面。这种椭球面是用来代表地球形状的，故又名地球椭球面。旋转椭球面是一个纯粹的数学表面，用简单的数学公式即可表达。在地图投影中进行各种运算，都是以这种椭球面为依据的。图1—1表示这三种面的不同情况和互相关系。

现在进一步说明这种椭球的形状和大小。如图1—2，设椭圆的长半径为 a ，短半径为 b ，由于这种椭球是围绕椭圆的短轴而旋转的，故其公式可书写为

$$\frac{x^2}{a^2} + \frac{y^2}{a^2} + \frac{z^2}{b^2} = 1 \quad (1-1)$$

表示地球椭球的形状和大小，常用的符号有 a 、 b 、 α 、 e 、 e' ，这些符号的含义叫做地球椭球的基本元素。它们的名称和公式为

长半径	a	
短半径	b	
扁率	$\alpha = \frac{a-b}{a}$	(1-2)

$$\text{第一偏心率 } e^2 = \frac{a^2 - b^2}{a^2} \quad (1-3)$$

$$\text{第二偏心率 } e'^2 = \frac{a^2 - b^2}{b^2} \quad (1-4)$$

扁率反映了椭球的扁平程度，偏心率也反映了椭球的扁平程度。决定地球椭球的状态和大小，只要知道上面五个基本元素中的两个元素就够了，但其中至少必须有一个是长度元素（ a 或 b ）。

这些基本元素，由于推求它的年代不同，所用的方法不同，以及测定的地区不同，其成果很不一致，故地球椭球的元素值有多种。现将世界各国常用的地球椭球的元素值列表于下。我国当前暂时采用的是克拉索夫斯基椭球面，这种椭球面对我们国家不是完全适合的，待全国天文大地网平差后，可能要提出更适合我国情况的新椭球面。

表1—1

椭球名称	年代	长半径 a (m)	短半径 b (m)	扁率 α
埃弗勒斯	1830	6 377 276	6 356 075	1:300.80
白塞尔	1811	6 377 397	6 356 079	1:299.15
埃利	1849	6 377 563	6 356 257	1:299.32
克拉克 I	1866	6 378 206	6 356 584	1:294.98
克拉克 II	1880	6 378 249	6 356 515	1:293.47
海福特	1909	6 378 388	6 356 912	1:297.00
克拉索夫斯基	1940	6 378 245	6 356 863	1:298.30
国际天文联合会	1965	6 378 160	6 356 775	1:298.25

这里需要指出，上述地球椭球元素的求得是广大测量工作者劳动的结果，表中引用的命名，不过是当时的组织者之一。

2. 地球椭球的各种元素

1) 经纬线和地理坐标

为了确定地面点在地球上的地理位置，需要在地球上建立一种以地理极（北极或南极）为极以经线和纬线为坐标线的坐标系。在未说明建立这种坐标系之前，先要说明经线、纬线和地理极的含义。

如图1—3，设 PP_1 为地球的自转轴，即地轴，地轴与椭球面的交点 P 、 P_1 叫做地球的北极和南极，统称地理极。现用一组垂直于地轴的平面截地球椭球面，其交线均为圆，称之为纬线圈（或叫平行

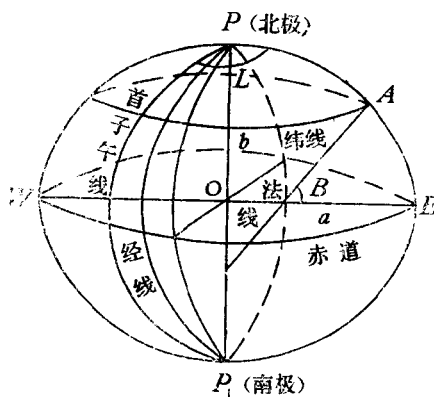


图1—3 经纬线和经纬度

圆)。通过地球中心并垂直于地轴的平面与椭球面相交的圆为最大纬线圈，叫做赤道。赤道的半径等于地球椭球的长半径 a 。再用一组通过地轴的平面截地球椭球面，其交线都是大小相同的椭圆，叫做经线圈(或叫子午圈)。椭圆的短半径即地球椭球的短半径 b 。今设椭球面上有一点 A ，通过 A 点作椭球面的垂线，称之为在椭球面上过 A 点的法线。法线与赤道面的交角，叫做 A 点的纬度，用字母 B (或 φ) 表示之。在同一条纬线上各点的纬度是相同的，不同的纬线纬度不同。在赤道上纬度为 0° ，纬线圈离开赤道愈远纬度越大，至极点纬度为 90° ，赤道以北的纬度叫北纬，赤道以南的纬度叫南纬。过 A 点的经线圈与通过英国格林尼治天文台的经线圈的二面角，叫做 A 点的经度，以字母 L (或 λ) 表示之。经度的计算是从格林尼治首经线(或叫首子午线)开始，该线的经度定为零度，向东 $0-180^\circ$ 叫东经，向西 $0-180^\circ$ 叫西经。在同一条经线上经度是相同的，不同的经线经度不同。

地球椭球面上任意一点的位置，可由该点的纬度(B)和经度(L)确定之，这种确定地面点位的方法，叫做用地理坐标确定地面点位的方法，称之为地理坐标系。地球椭球面上地理坐标系中某点的纬度(B)和经度(L)，是用大地测量方法测定的，故又称这种地理坐标系为大地地理坐标系，简称大地坐标系。为了区别用其它方法在其它面上确定的纬度和经度，常称这种纬度和经度叫大地纬度和大地经度。我们在地图投影中所用的纬度和经度即这种纬度和经度。

2) 纬线圈半径和纬线弧长公式

如图 1—4， AC 为纬度为 B 的纬线圈，纬线圈为一个圆，设其半径为 r ，则从图中可以看出

$$r = AQ \cos B$$

而 AQ 是从 A 点所作法线交地轴于 Q 之长。这个长度实际上是卯酉圈在 A 点的曲率半径，常以符号 N 表示之。所谓卯酉圈即通过 A 点垂直于该点的子午圈与椭球面的交线，如图 1—4 的 FAW 曲线。经证明它的曲率半径公式为

$$N = \frac{a}{(1 - e^2 \sin^2 B)^{\frac{1}{2}}} \quad (1-5)$$

故
$$r = N \cos B \quad (1-6)$$

或
$$r = \frac{a \cos B}{(1 - e^2 \sin^2 B)^{\frac{1}{2}}} \quad (1-7)$$

r 和 N 都是纬度 B 的函数，它们仅随纬度 B 的变化而变化。在赤道上，因 $B = 0^\circ$ ，故 $r = N = a$ 。随着纬度 B 的增大， r 逐渐减小，当 $B = 90^\circ$ 时， $r = 0$ 。而 N 则随纬度 B 的增大而逐渐增大，到了 $B = 90^\circ$ 时， N 为最大。 r 和 N 值从 1958 年测绘出版社出版的《制图用表》表 4 和表 2 中查取。

现再求纬线的弧长。如图 1—5，设有与 A 点同纬度的一点 A' ，其间经度差为 l ，(即 $L_{A'} - L_A$)，求纬线的弧长 AA' ，设其为 S_n 。由于纬线圈是以 r 为半径的圆，所以

$$\widehat{AA'} = S_n = r l = N \cos B l \quad (1-8)$$

式中 l 为弧度值，若以角度为单位可写成

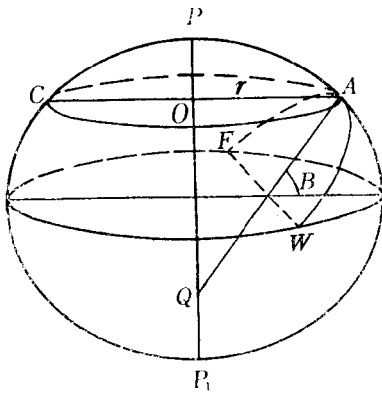


图1-4 纬线圈和卯酉圈

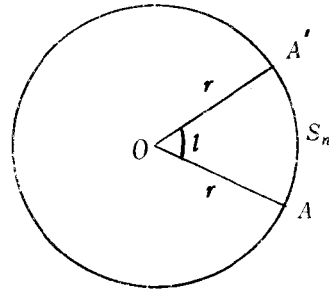


图1-5 经差为 l 、半径为 r 的纬线弧长 S_n

$$S_n = r \frac{l^\circ}{\rho^\circ} = \frac{l^\circ}{\rho^\circ} N \cos B \quad (1-8)'$$

式中 $\rho^\circ = \frac{180^\circ}{\pi} = 57^\circ.2957795$

在上述《制图用表》表 6 中载有经差 $30'$ 的纬线弧长。

如系微分线段，则

$$dS_n = r dl = N \cos B dl \quad (1-9)$$

3) 经线曲率半径和经线弧长公式

经线圈是一个平面椭圆，在平面椭圆上各点的弯曲程度是不一样的，不象圆那样有一个固定的半径。这种半径随各点而异。在数学中称这种半径为曲线的曲率半径。设经线的曲率半径为 M ，经证明其公式为

$$M = \frac{a(1-e^2)}{(1-e^2 \sin^2 B)^{3/2}} \quad (1-10)$$

M 也是随纬度 B 的变化而变化的。在赤道上， $B = 0^\circ$ ， $M = a(1-e^2)$ 。在极点处， $B = 90^\circ$ ，

$M = \frac{a}{\sqrt{1-e^2}}$ 。可见 M 值在赤道上为最小，随着纬度的增大而逐渐增大，在极点处为最大。

M 值载于《制图用表》表 1 中。

经线的弧长，按数学公式，在微分线段为

$$dS_m = M dB \quad (1-11)$$

在同一经线上任意两点的经线弧长公式为

$$S_m = \int_{B_A}^{B_B} M dB \quad (1-12)$$

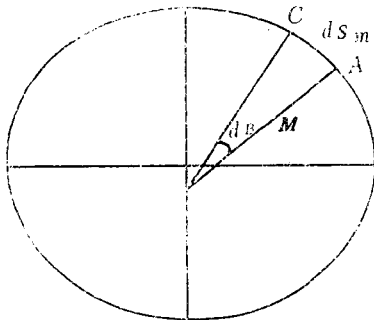


图1-6 表示曲率半径为 M
纬差为 dB 的经线弧长 dS_m

在《制图用表》表 6 中载有纬差 $30'$ 的经线弧长。

(二) 地图平面

地图平面也就是投影面，即将地球椭球面上的点、线、面投影到这个平面上的面。前面提到，地图平面必须是无重叠与撕裂现象的平面，那末，这个平面必须是平面或可展的曲面形成的平面。由此看来，可以作为地图平面的面（投影面）通常有三种：平面、圆柱面和圆锥面。圆柱面和圆锥面虽然不是平面，但是可展面，即可沿其母线将其展开成平面，如图1—7，1—8所示。这种平面是合乎地图平面要求的。地图投影都是以这三种面作为投影面的。

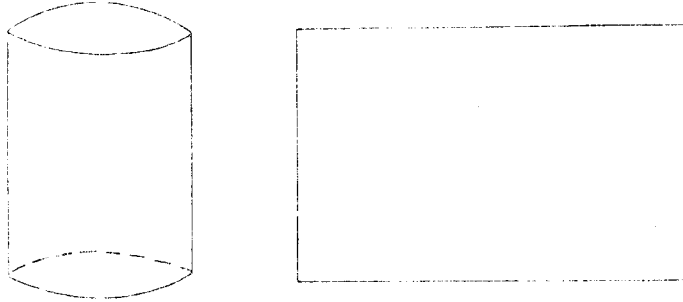


图1—7 圆柱面沿其母线展开成平面示意图

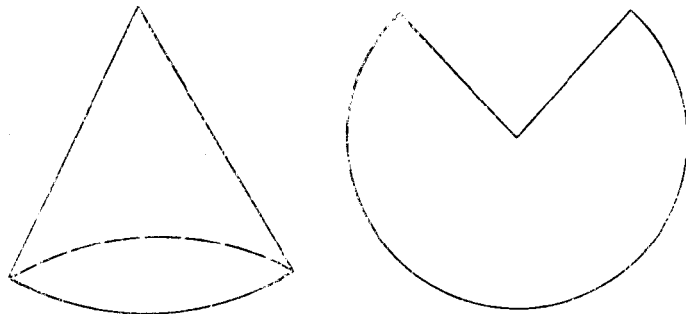


图1—8 圆锥面沿其母线展开成平面示意图

在投影平面上表示地面物体的位置，通常有两种表示方法：平面极坐标法和平面直角坐标法。如图1—9所示，设地球椭球面上某一点的投影为极坐标的原点，即极点，某一经线的投影为极轴。这样地球椭球面上一点 A 的投影可用其动径 ρ 和动径角 δ 将其表示出来，即 $A(\rho, \delta)$ 。如果我们从极点作一直线垂直于极轴，命极轴为 X 轴，垂直于极轴的轴为 Y 轴，这样地球椭球面上一点 A 亦可用平面直角坐标 (x, y) 表示出来，即 $A(x, y)$ 。

它们之间的关系式为

$$\left. \begin{aligned} x &= \rho \cos \delta \\ y &= \rho \sin \delta \end{aligned} \right\} \quad (1-13)$$

在地图投影中，有时为了避免在制图区域内坐标值出现负值或方里网线不便于编号，将两个坐标轴或一个坐标轴平行移动一个位置，移到制图区域之外。这就会出现一

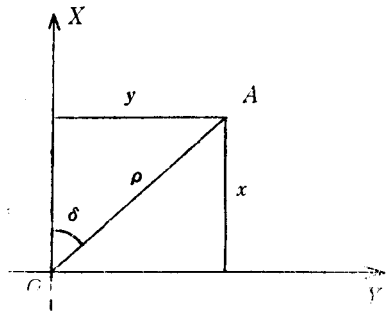


图1—9 一点A以平面极坐标和直角坐标两种形式表示

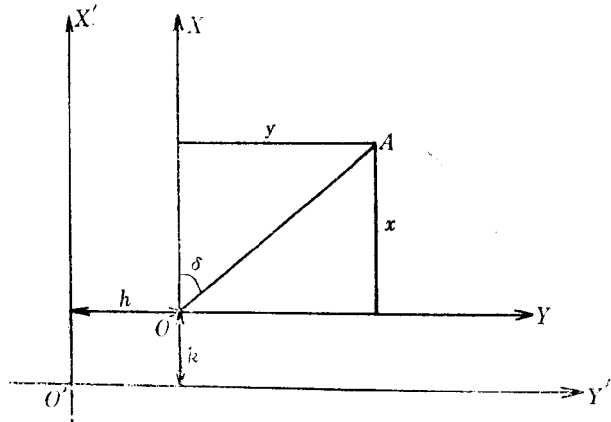


图1—10 坐标轴的平移

个新原点，如图1—10所示。我们常叫原来的原点为真原点，新原点为假原点。设纵坐标轴X平行移动距离为h，横坐标轴Y平行移动距离为k，并设新坐标轴为X'Y'，这时A点的坐标式可写为

$$\left. \begin{aligned} x' &= k + \rho \cos \delta \\ y' &= h + \rho \sin \delta \end{aligned} \right\} \quad (1-14)$$

须要注意的是：这里所指的动径角(δ)是从X轴到动径(OA)所形成的角，是按顺时针方向计算的。不象一般数学教科书中所指的动径角是从Y轴到动径所形成的角那样按逆时针方向计算。X轴与Y轴所规定的方向亦与数学中所规定的相反。我们以后讨论的地图投影坐标都是按照这个原则规定的。

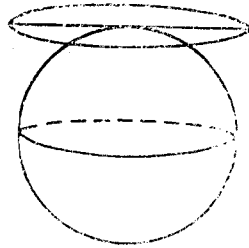
第四节 地图投影的目的和方法

弄清了地图投影原面——地球椭球面上一些基本知识和什么样的面可以作为投影面——地图平面之后，现在即可谈地图投影的目的和方法了。

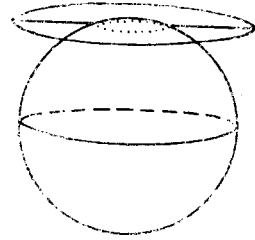
地图投影的目的为的是能将地球椭球面上的点表示在平面坐标系内，并在平面坐标系内能以计算这些点的距离和方向。由于地球椭球面上的点是用地理坐标表示的，故地图投影的目的实际上为的是能将地球椭球面上的经纬线的交点表示在平面坐标系内，并在平面坐标系内能以计算这些点的距离和方向。点的移动轨迹为线，线的移动轨迹为面，这样将许许多多地球椭球面上经纬线的交点表示在平面上，就可将整个或部分地球椭球面表示在平面上。

那末，如何将地球椭球面上经纬线的交点表示在平面坐标系内呢？其方法是这样：假定有一个投影面，这个面可以是平面、圆锥面或圆柱面，将投影面与投影原面——地球椭球面相切、相割或多面相切，如图1—11所示，这时用某种条件将投影原面上的大地坐标点——投影到平面坐标系内，就成为某种地图投影，就解决了曲面与平面之间的矛盾。由此可见，地图投影就是研究地球椭球面上的大地坐标(B, L)和平面上的直角坐

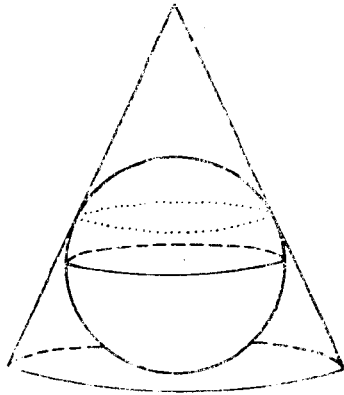
标 (x, y) 或极坐标 (ρ, δ) 之间的关系，也就是研究这两类点的一一对应关系。由于平面上的点是由地球椭球面上的点而产生的，因此，大地坐标 (B, L) 是自变量，平面直角坐标 (x, y) 是因变量，其间的函数关系式为



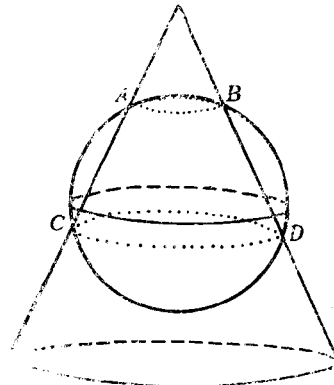
平面与地球相切



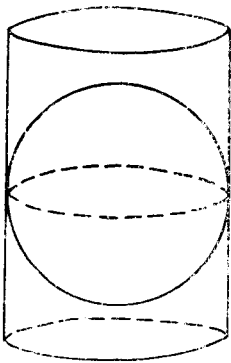
平面与地球相割



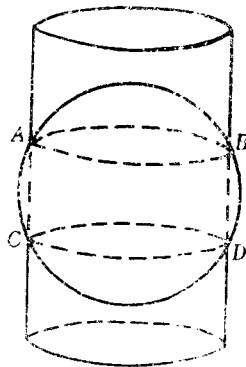
圆锥与地球相切



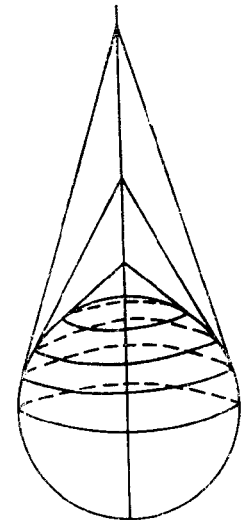
圆锥与地球相割



圆柱与地球相切



圆柱与地球相割



圆锥与地球多面相切

图1-11 几种投影面与地球切割示意图