

地信网论坛

中国

New

WELCOME

<http://bbs.3s001.com>

✿ 地信酋长

世界地图常用地图投影知识大全

空间斜轴墨卡托投影是圆柱中心轴垂直于卫星轨道平面的一种斜轴伪圆柱投影。适用于沿卫星轨道方向伸展的狭窄区域的地图制图。可满足卫星遥感资料如陆地卫星影像投影变换的需要。多数用于采用近极地太阳同步圆形轨道，且以动态遥感方式对地表进行扫描成像的地球观测遥感卫星。如陆地卫星多波段扫描仪（[Landsat TM](#)和[Landsat TM2](#)），每绕地球一周获得一条宽 185 公里的连续扫描影像。由于地球自转的影响，这种动态扫描影像不可避免地产生偏斜，故未加地球旋转改正的影像数据，在任何静态地图投影系统中总是变形的。为便于直接建立卫星影像与投影系统之间的变换关系，在空间斜轴墨卡托投影中，将地球旋转的影响，用时间为参数，通过使圆柱面沿中心轴左右滑动来补偿。很适于多光谱扫描成像的[Landsat TM](#)和[Landsat TM2](#)之类的影像，便于计算机辅助的影像几何处理。在同样条件下，采用这种投影比其它状态投影变形小。

在不同的场合和用途下使用不同的地图投影,地图投影方法及分类名目众多,象:墨卡托投影,空间斜轴墨卡托投影,桑逊投影,摩尔维特投影,古德投影,等差分纬线多圆锥投影,横轴等积方位投影,横轴等角方位投影,正轴等距方位投影,斜轴等积方位投影,正轴等角圆锥投影,彭纳投影,高斯-克吕格投影,等角圆锥投影等等。

一、世界地图常用投影

1、等差分纬线多圆锥投影(Polyconic Projection With Meridional Interval on Same Parallel Decrease Away From Central Meridian by Equal Difference)

普通多圆锥投影的经纬线网具有很强的球形感，但由于同一纬线上的经线间隔相等，在编制世界地图时，会导致图形边缘具有较大面积变形。1963 年中国地图出版社在普通多圆锥投影的基础上，设计出了等差分纬线多圆锥投影。

等差分纬线多圆锥投影的赤道和中央经线是相互垂直的直线，中央经线长度比等于 1；其它纬线为凸向对称于赤道的同轴圆弧，其圆心位于中央经线的延长线上，中央经线上的纬线间隔从赤道向高纬略有放大；其它经线为凹向对称于中央经线的曲线，其经线间隔随离中央经线距离的增加而按等差级数递减；极点投影成圆弧(一般被图廓截掉),其长度等于赤道的一半（图 2-30）。

通过对大陆的合理配置，该投影能完整地表现太平洋及其沿岸国家，突出显示我国与邻近国家的水陆关系。从变形性质上看，等差分纬线多圆锥投影属于面积变形不大的任意投影。我国绝大部分地区的面积变形在 10%以内。中央经线和 $\pm 44^\circ$ 纬线的交点处没有角度变形，随远离该点变形愈大。全国大部分地区的最大角度变形在 10° 以内。等差分纬线多圆锥投影是我国编制各种世界政区图和其它类型世界地图的最主要的投影之一。

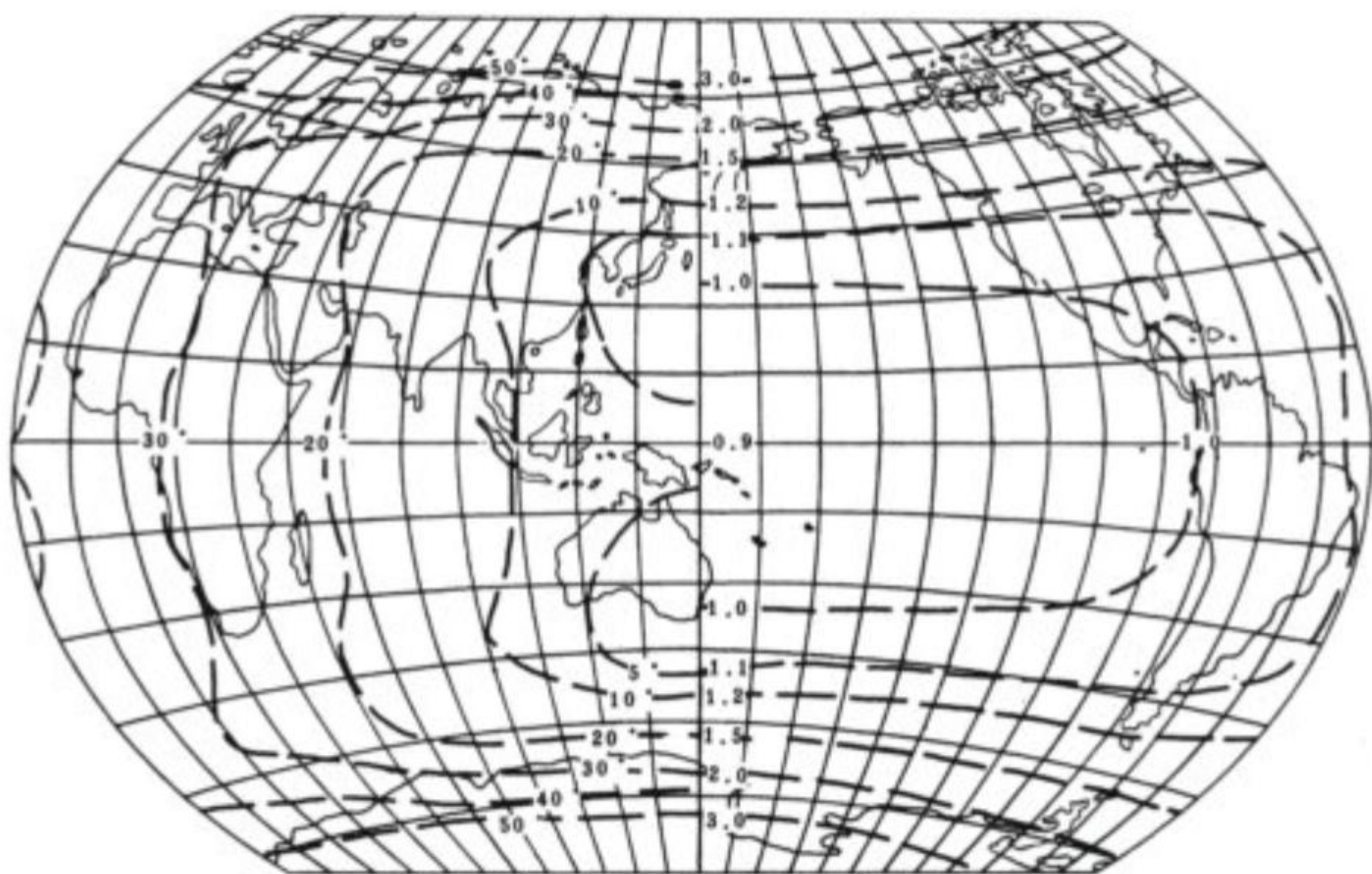


图2-30 等差分纬线多圆锥投影及其角度、面积等变形线

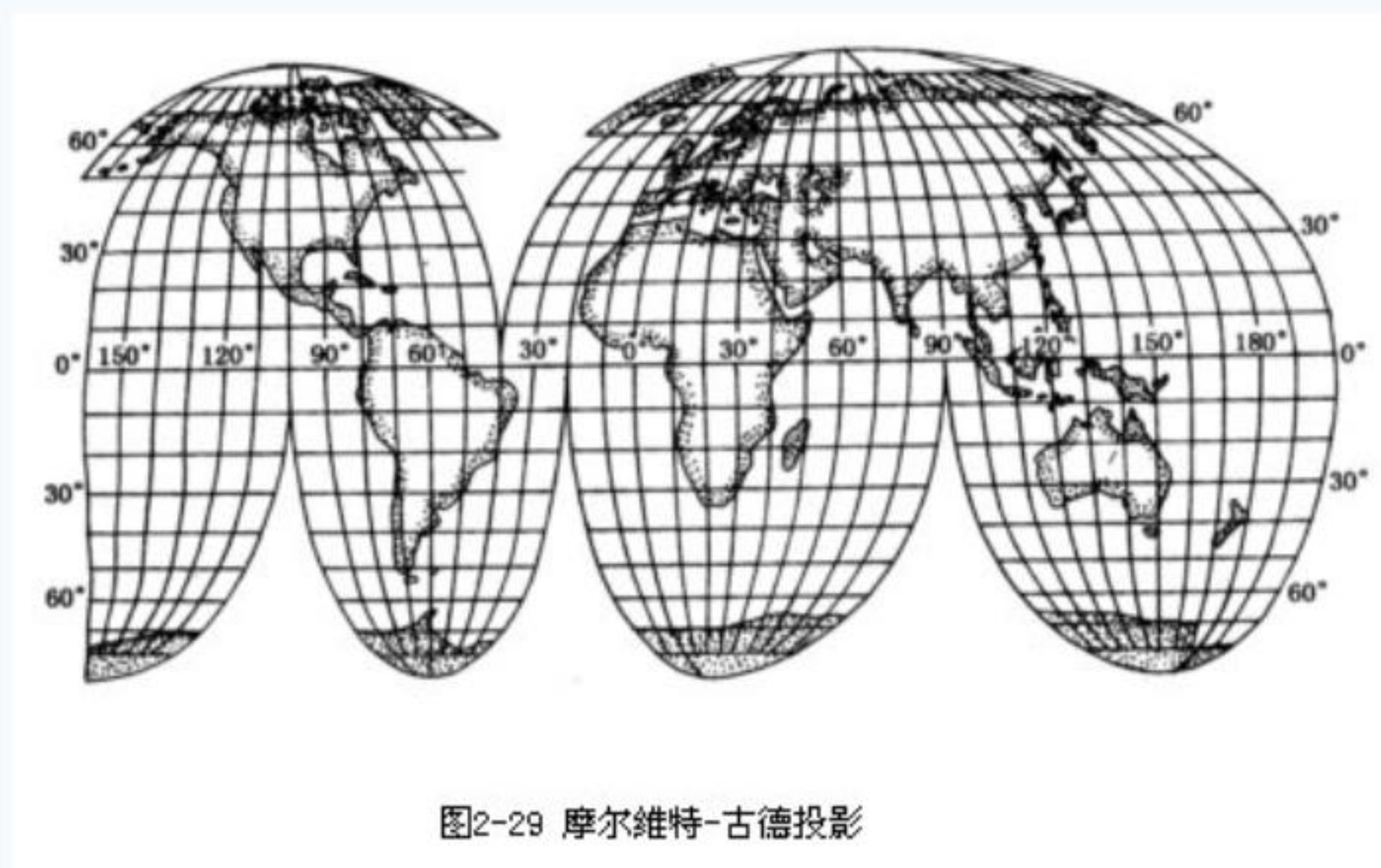
类似投影还有正切差分纬线多圆锥投影（Polyconic Projection with Meridional Intervals on Decrease Away From Central Meridian by Tangent），该投影是 1976 年中国地图出版社拟定的另外一种不等分纬线的多圆锥投影。该投影的经纬线形状和上一个投影相同，其经线间隔从中央经线向东西两侧按与中央经线经差的正切函数递减。该投影属于角度变形不大的任意投影，角度无变形点位于中央经线和纬度 $\pm 44^\circ$ 的交点处，从无变形点向赤道和东西方向角度变形增大较慢，向高纬增长较快。面积等变形线大致与纬线方向一致，纬度 $\pm 30^\circ$ 以内面积变形为 10%-20%，在 $\pm 60^\circ$ 处增至 200%。总体来看，世界大陆轮廓形状表达较好，我国的形状比较正确，大陆部分最大角度变形均在 6° 以内；大部分地区的面积变形在 10%-20% 以内。我国常采用该投影编制世界地图。

2. 古德投影（Goode Projection）

从伪圆柱投影的变形情况来看，中央经线是一条没有变形的线，离开它越远，变形越大。因此，为了更大程度地减小投影变形，同时使各部分的变形分布相对均匀，1923 年美国地理学家古德（J.Paul Goode）提出了一种对伪圆柱投影进行分瓣的投影方法，即古德投影。

古德投影的设计思想是对摩尔维特等积伪圆柱投影进行“分瓣投影”，即在整个制图区

域的几个主要部分，分别设置一条中央经线，然后分别进行投影。投影的结果，全图被分成几瓣，各瓣通过赤道连接在一起，地图上仍无面积变形，核心区域的长度、角度变形和相应的伪圆柱投影相比明显减小，但投影的图形却出现了明显的裂缝，这种尽量减少投影变形，而不惜图面的连续性是古德投影的重要特征（图 2-29）。



回味古德投影的设计思想，不难看出：尽可能地减小投影变形，而不惜图面的连续，是该投影设计的重要思路。

3、摩尔维特投影（Mollweide Projection）

摩尔维特投影是一种经线为椭圆曲线的正轴等积伪圆柱投影。该投影的中央经线为直线，离中央经线经差 $\pm 90^\circ$ 的经线为一个圆，圆的面积等于地球面积的一半，其余的经线为椭圆曲线。赤道长度是中央经线的两倍。纬线是间隔不等的平行直线，其间隔从赤道向两极逐渐减小。同一纬线上的经线间隔相等（图 2-28）。

摩尔维特投影没有面积变形。赤道长度比 $n_0=0.9$ 。中央经线与南北纬

$40^\circ = 0^\circ \text{ Arabic } 04^\circ 4' 11.8''$ 的两个交点是没有变形的点，从这两点向外变形逐渐增大，而且越向高纬，长度、角度变形增加的程度越大。

摩尔维特投影常用来编制世界，大洋图，由于离中央经线经差 $\pm 90^\circ$ 的经线是一个圆，且圆面积恰好等于半球面积，因此，该投影也用来编制东、西半球地图。

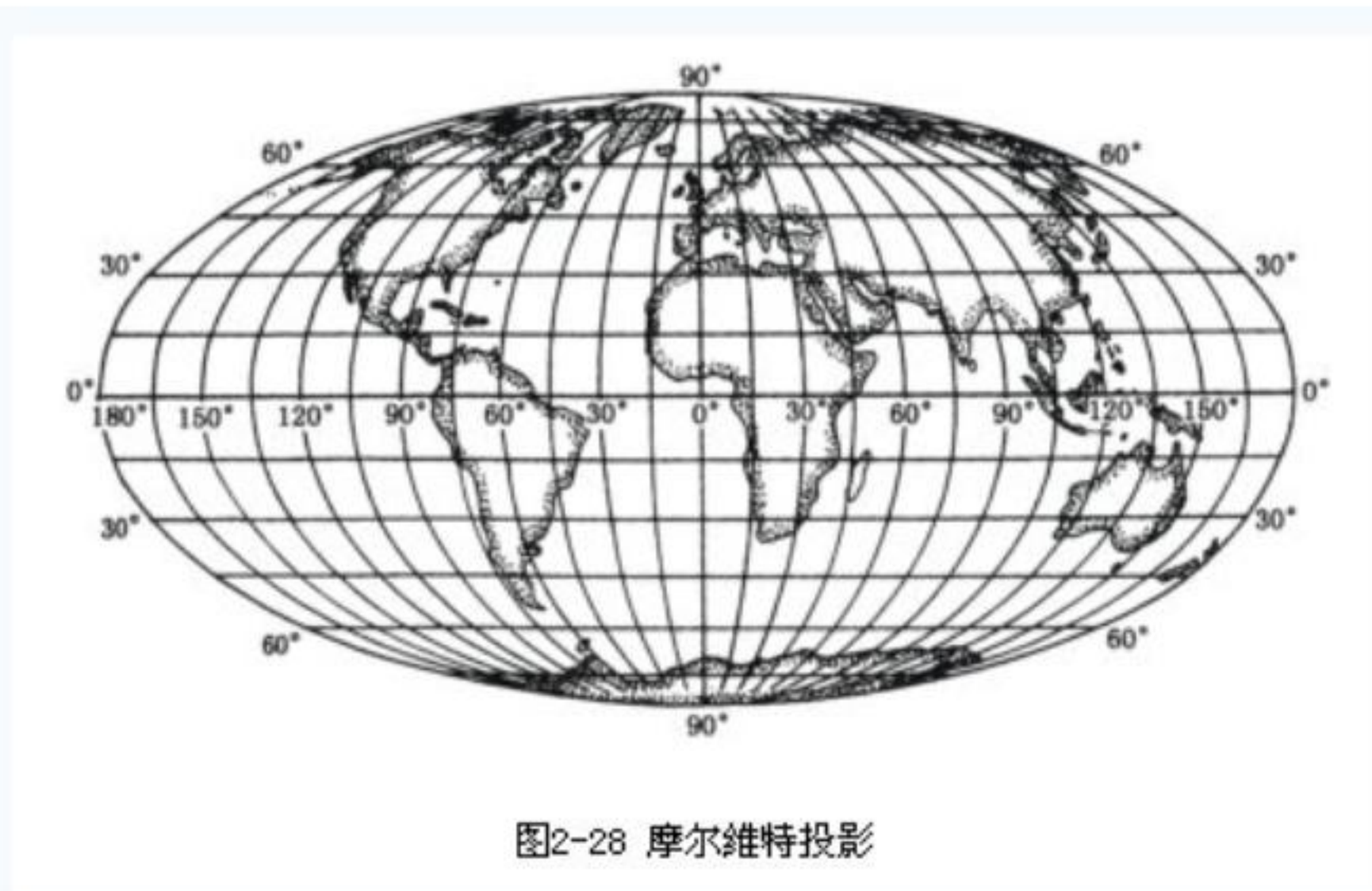


图2-28 摩尔维特投影

4、桑逊投影 (Sanson Projection)

桑逊投影是一种经线为正弦曲线的正轴等积伪圆柱投影，又称桑逊-弗兰斯蒂德 (Sanson-Flamsteed) 投影。该投影的纬线为间隔相等的平行直线，经线为对称于中央经线的正弦曲线 (图 2-27)。中央经线长度比为 1，即 $m_0=1$ ，且 $n=1$ ， $p=1$ 。

桑逊投影为等面积投影，赤道和中央经线是两条没有变形的线，离开这两条线越远，长度、角度变形越大。因此，该投影中心部分变形较小，除用于编制世界地图外，更适合编制赤道附近南北延伸地区的地图，如非洲、南美洲地图等。

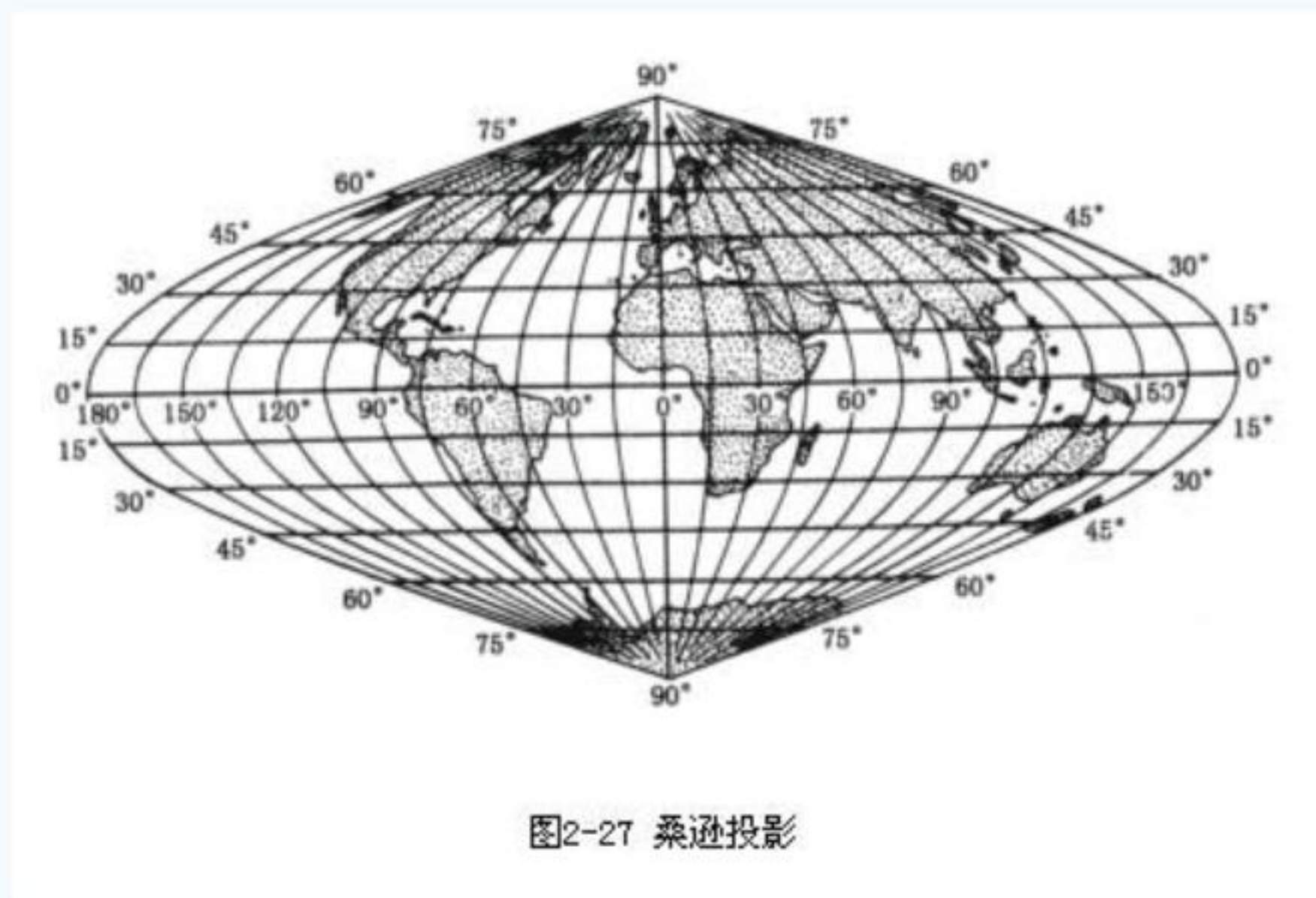


图2-27 桑逊投影

5、空间斜轴墨卡托投影 (Space Oblique Mercator Projection)

这是美国针对陆地卫星对地面扫描图像的需要而设计的一种近似等角的投影。这种投影与传

统的地图投影不同，是在地面点地理坐标（ λ , φ ）或大地坐标（ x , y , z ）的基础上，又加入了时间维，即上述坐标是时间 t 的函数,在四维空间动态条件下建立的投影。空间斜轴墨卡托投影（简称 SOM 投影），是将空间圆柱面斜切于卫星地面轨迹，因此，卫星地面轨迹成为该投影的无变形线，其长度比近似等于 1。这条无变形线是一条不同于球面大圆线的曲线，其地面轨迹之所以是弯曲的，是因为卫星在沿轨道运行时地球也在自转，卫星轨道对于赤道面的倾角，将卫星地面轨迹限制在约 $\pm 810^\circ$ 之间的区域内（图 2-26）。

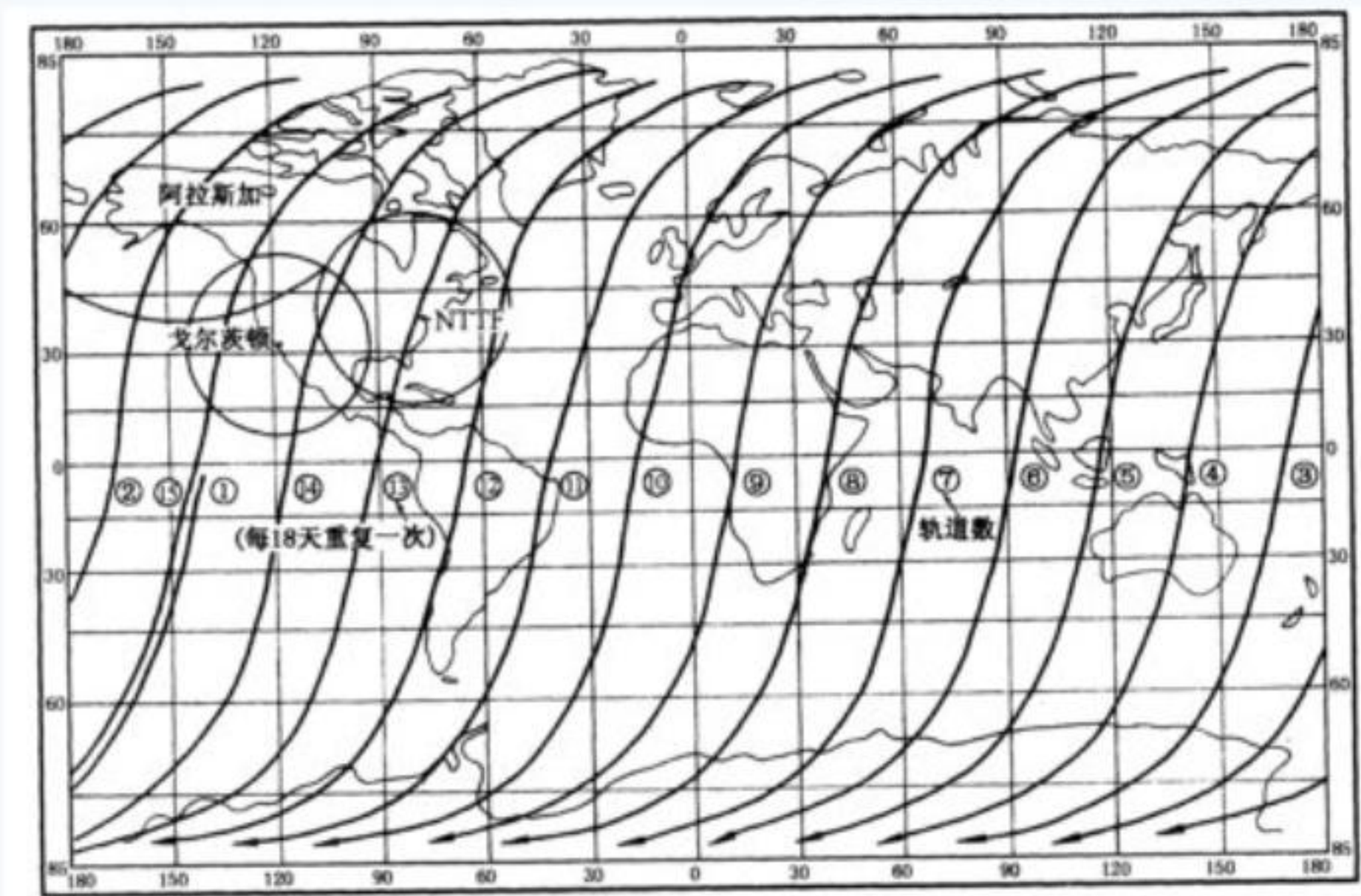


图2-26 陆地卫星轨迹示意图

这种投影，是设想空间圆柱面为了保持与卫星地面轨迹相切，必须随卫星的空间运动而摆动，并且根据卫星轨道运动、地球自转等几种主要条件，将经纬网投影到圆柱表面上。在该投影图上，卫星地面轨迹为以某种角度与赤道相交的斜线，卫星成像扫描线与卫星地面轨迹垂直，并且能正确反映上述几种运动的影响，可将地面景像直接投影到 SOM 投影面上。

6、墨卡托投影（Mercator Projection）

墨卡托投影属于正轴等角圆柱投影。该投影设想与地轴方向一致的圆柱与地球相切或相割，将球面上的经纬线网按等角的条件投影到圆柱面上，然后把圆柱面沿一条母线剪开并展成平面。经线和纬线是两组相互垂直的平行直线，经线间隔相等，纬线间隔由赤道向两极逐渐扩大（图 2-25）。图上无角度变形，但面积变形较大。

在正轴等角切圆柱投影中，赤道为没有变形的线，随着纬度增高，长度、面积变形逐渐增大。在正轴割圆柱投影中，两条割线为没有变形的线，离开标准纬线愈远，长度、面积变形值愈大，等变形线为与纬线平行的直线。

墨卡托投影的等角航线（斜航线）表现为直线。这一特性对航海具有重要意义。但球面上两点之间的最短距离是大圆航线，而不是等角航线，因此远洋航行，完全沿等角航线航行是不经济的。

墨卡托投影的等角性质和把等角航线表现为直线的特性，使其在航海地图中得到了广泛应用。另外，该投影也可用来编制赤道附近国家及一些区域的地图。

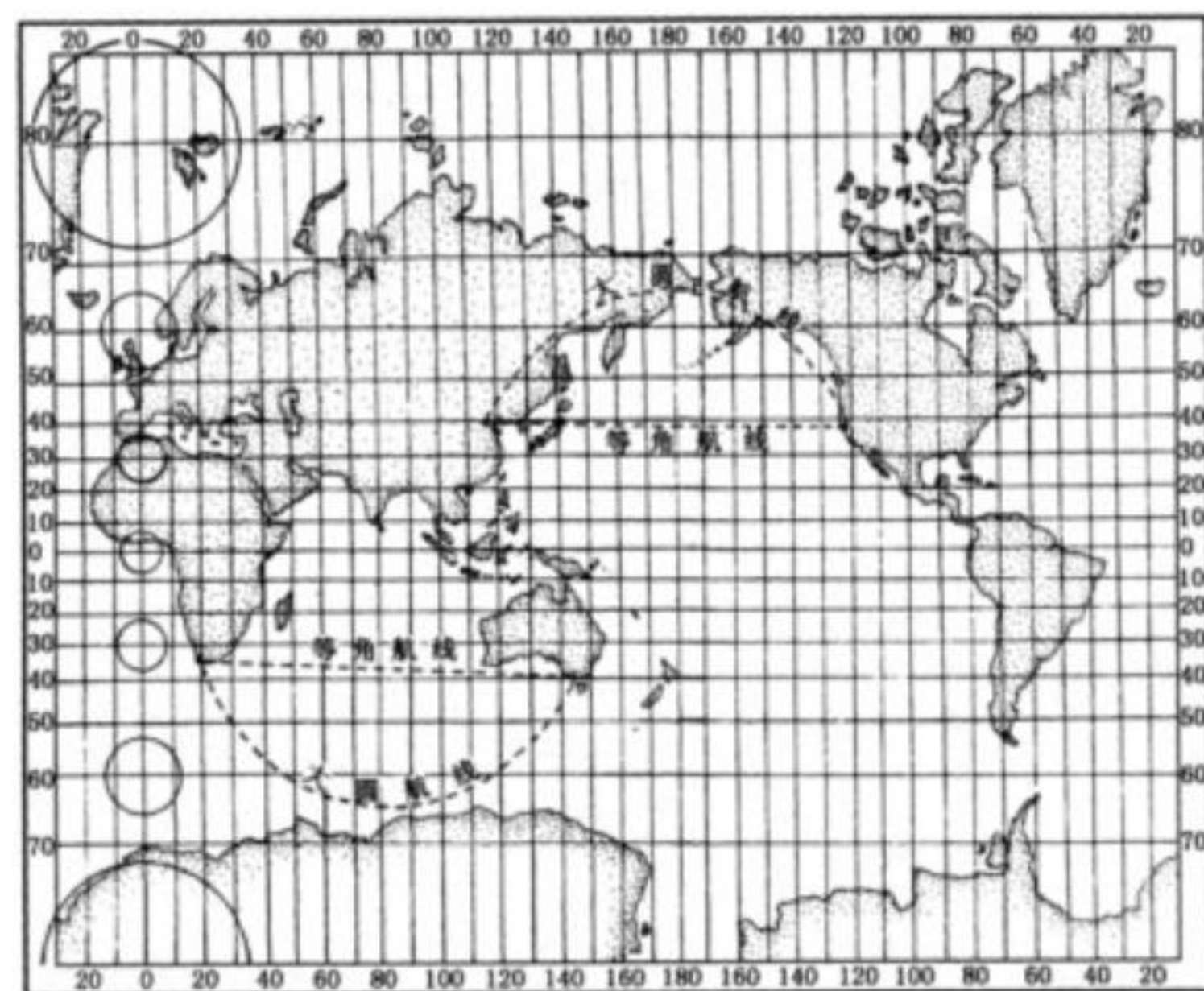


图2-25 墨卡托投影

二、半球地图常用投影

1、横轴等积方位投影（Lambert, s Azimuthal Equivalent Projection）

又名**兰勃特**（J.H.Lambert）方位投影，赤道和中央经线为相互正交的直线，纬线为凸向对称于赤道的曲线，经线为凹向对称于中央经线的曲线。该投影图上面积无变形，角度变形明显。投影时的切点为无变形点，角度等变形线以切点为圆心，呈同心圆分布。离开无变形点愈远，长度、角度变形愈大，到半球的边缘，角度变形可达 $38^{\circ}37'$ 。

横轴等积方位投影常用于编制东、西半球地图。东半球的投影中心为 70°E 与赤道的交点（图 2-31）；西半球的投影中心为 110°W 与赤道的交点。



图2-31 横轴等积方位投影

2、横轴等角方位投影（Transverse Azimuthal Orthomorphic Projection）

横轴等角方位投影又名球面投影（Stereographic Projection）、平射投影，是一种视点在球面，切点在赤道的完全透视的方位投影（图 2-32），又称赤道投影。经纬线网形状与横轴等积方位投影的经纬线网相同。在变形方面，该投影没有角度变形，但面积变形明显。赤道上的投影切点为无变形点，面积等变形线以切点为圆心，呈同心圆分布。离开无变形点愈远，长度、面积变形愈大，到半球的边缘，面积变形可达 400%。

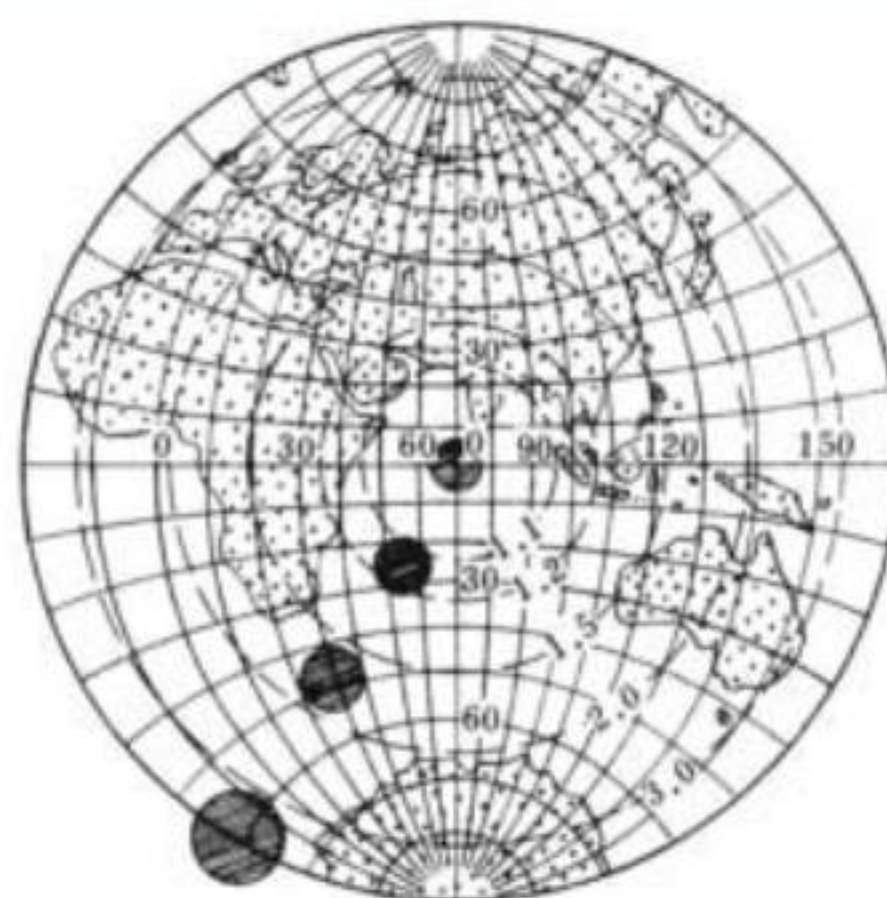


图2-32 横轴等角方位投影

3、正轴等距方位投影 (Postel's Projection)

正轴等距方位投影又名波斯特尔 (G.Postel) 投影, 纬线为同心圆, 经线为交于圆心的放射状直线, 其夹角等于相应的经差。该投影的特点是经线方向上没有长度变形, 因此纬线间距与实地相等。切点在极点, 为无变形点。有角度变形和面积变形, 等变形线均以极点为中心, 呈同心圆分布, 离无变形点愈远, 变形愈大 (图 2-33)。

在世界地图集中, 正轴等距方位投影多用于编制南、北半球地图和北极、南极区域地图。

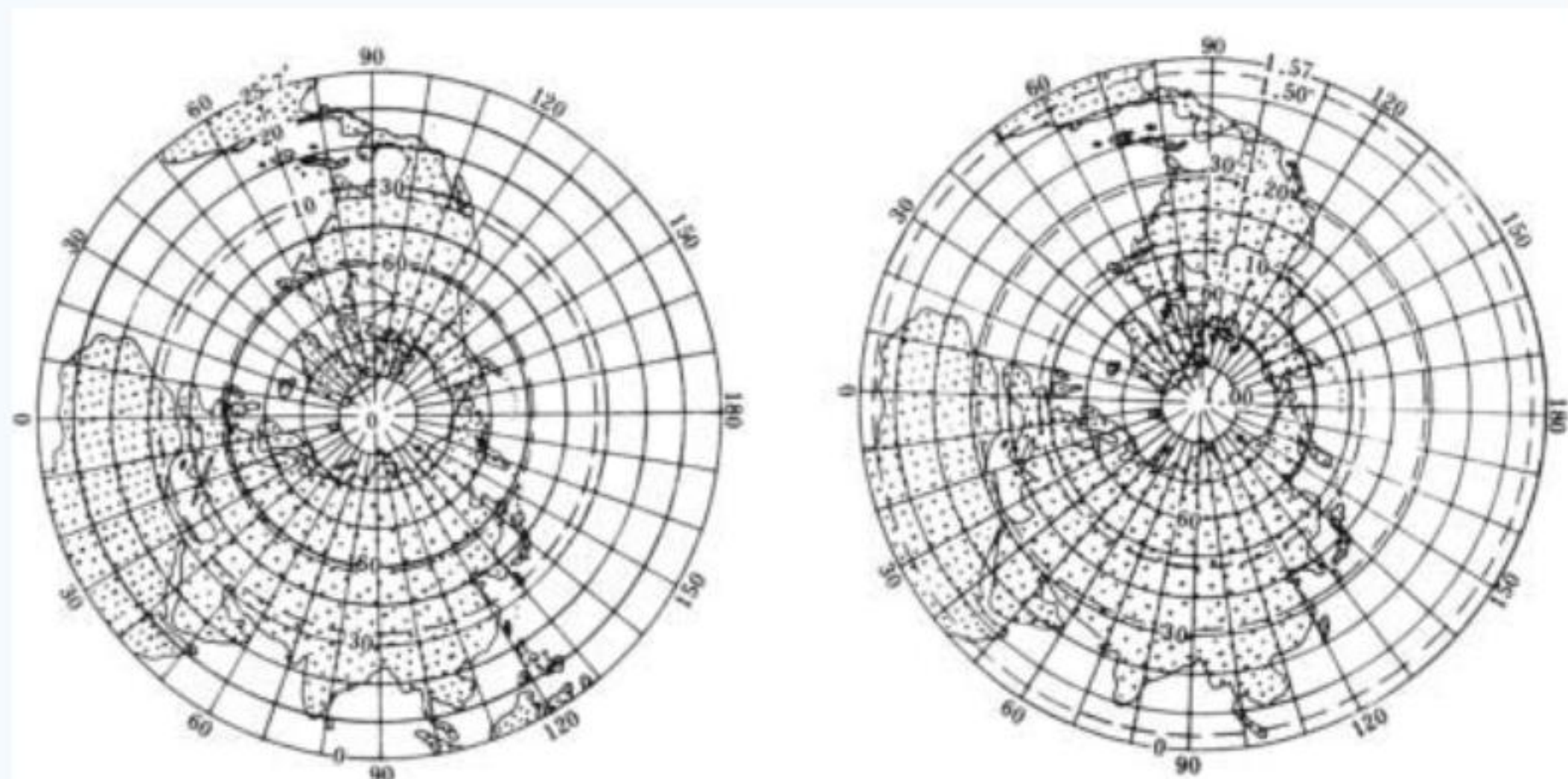


图2-33 正轴等距方位投影

三、分洲、分国地图常用投影

分洲、分国地图采用的投影以方位投影、圆锥投影和伪圆锥投影为主。

1、斜轴等积方位投影 (Oblique Equal-area Projection)

投影而与椭球面相切于极地与赤道之间的任一点 (投影中心)。中央经线为直线, 其余经线为凹向对称于中央经线的曲线; 纬线为凹向极地的曲线。中央经线上, 纬线间距从投影中心向南、向北逐渐缩短 (图 2-34)。该投影没有面积变形, 中央经线上的投影中心无变形, 长度和角度变形随着远离投影中心而逐渐增加, 等变形线为同心圆, 主要用于编制亚洲、欧洲和北美洲等大区域地图。中国政区图可采用此投影, 投影中心通常位于 300N, 1050E。

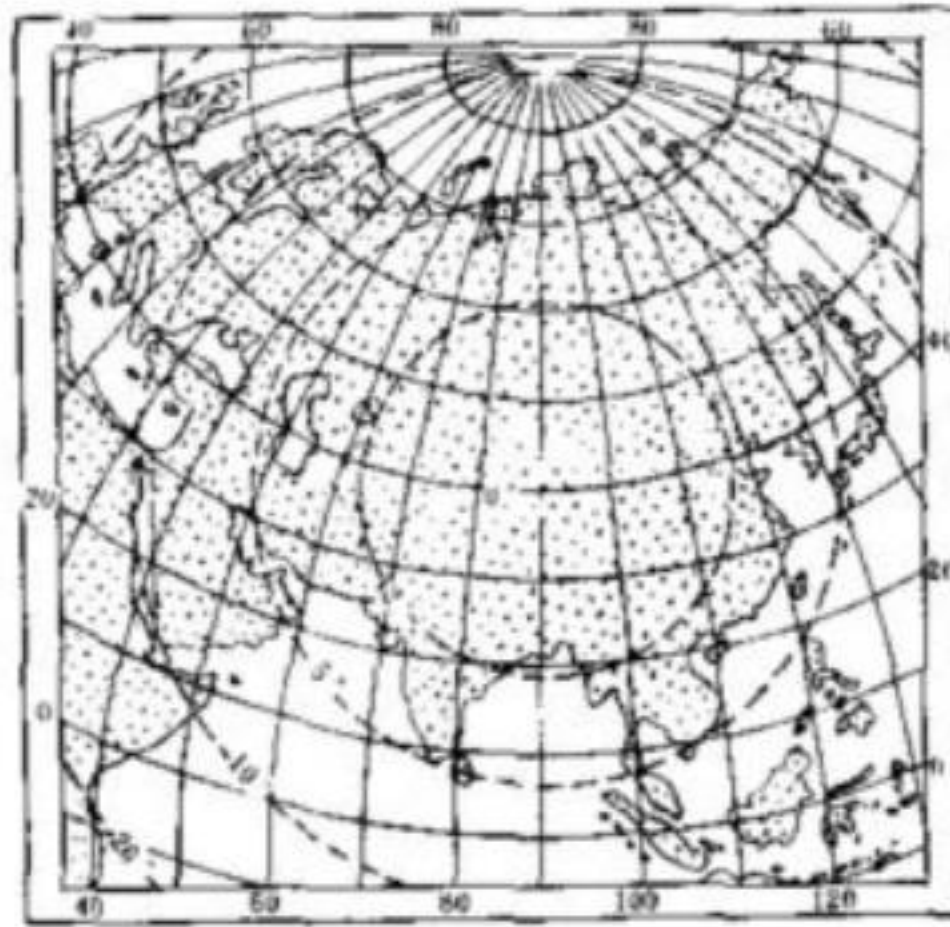


图2-34 斜轴等积方位投影

类似投影斜轴等角方位投影（Oblique Conformal Projection）的经纬线形状和该投影完全相同，但投影条件按 $\omega=0$ 设计，中央经线上的纬线间距从中心向南、向北逐渐增加。

2、正轴等角圆锥投影（Labert Projection）

正轴圆锥投影的纬线为同心圆弧，经线为放射性直线。无论变形性质如何，只要是切圆锥投影，相切的纬线就是标准纬线，其长度比等于 1，其它纬线的长度比均大于 1；只要是割圆锥投影，相割的两条纬线为标准纬线，其长度比为 1。在两条割线之内，纬线长度比小于 1，之外长度比大于 1。由于纬线长度比是不可变的，为了使圆锥投影具有等角性质，只能改变经线长度比。正轴等角圆锥投影就是通过改变经线长度比，并使经线长度比等于纬线长度比而得到的。两条标准纬线之外的纬线长度比大于 1，为达到等角，经线长度比必须相应同等增大；两条标准纬线之内，纬线长度比小于 1，经线长度比也必须相应同等缩小，达到等角目的。

正轴等角圆锥投影又称兰勃特正形投影，应用很广。我国新编百万分之一地图采用的就是该投影。除此以外，该投影还广泛应用于我国编制出版的全国 1: 400 万、1: 600 万挂图，以及全国性普通地图（图 2-35 b）和专题地图等。

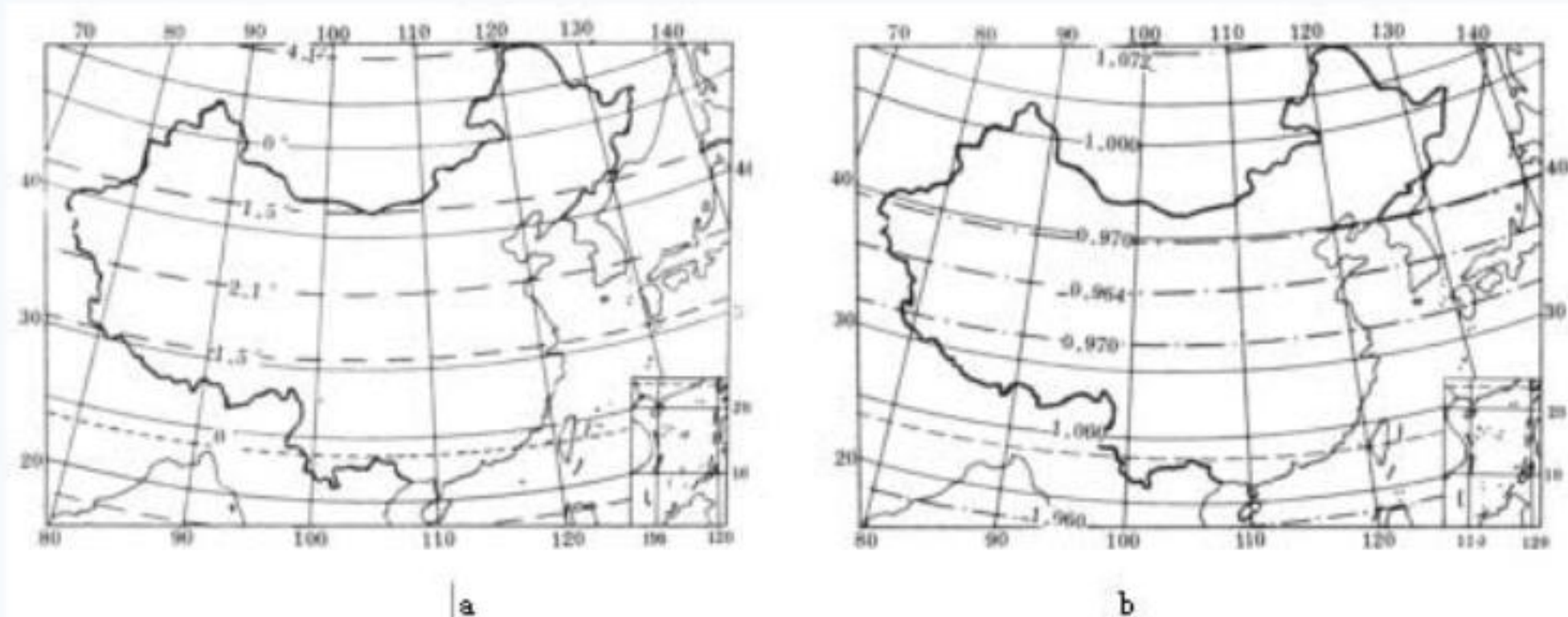


图2-35 正轴等角圆锥投影

而正轴等积圆锥投影又称亚尔勃斯投影（Albers' Projection），亦是在正轴圆锥投影的基础上，通过改变经线长度比而得来的，但其经线长度比与纬线长度比互为倒数，两条标准纬线之外的纬线长度比大于 1，为达到等积，经线长度比相应同等缩短；两条标准纬线之内，纬线长度比小于 1，为保持等积，经线长度相应同等增加，达到等积目的。

我国常用等积圆锥投影编制全国性自然地图中的各种分布图、类型图、区划图以及全国性社会经济地图中的行政区划图、人口密度图、土地利用图（图 2-35 a）等。

3、彭纳投影（Bonne Projection）

彭纳投影是法国水利工程师彭纳（Rigobert Bonne）1752 年设计的一种等积伪圆锥投影。该投影的中央经线为直线，其长度比等于 1，其余经线为凹向对称于中央经线的曲线；纬线为同心圆弧，长度比等于 1；同一条纬线上的经线间隔相等，中央经线上的纬线间隔相等，中央经线与所有的纬线正交，中央纬线与所有的经线正交，同纬度带的球面梯形面积相等。

彭纳投影无面积变形，中央经线和中央纬线是两条没有变形的线，离开这两条线越远，长度、角度变形越大。该投影常用于中纬度地区小比例尺地图，如我国出版的《世界地图集》中的亚洲政区图（图 2-36），英国《泰晤士世界地图集》中的澳大利亚与西南太平洋地图，都采用的是彭纳投影。

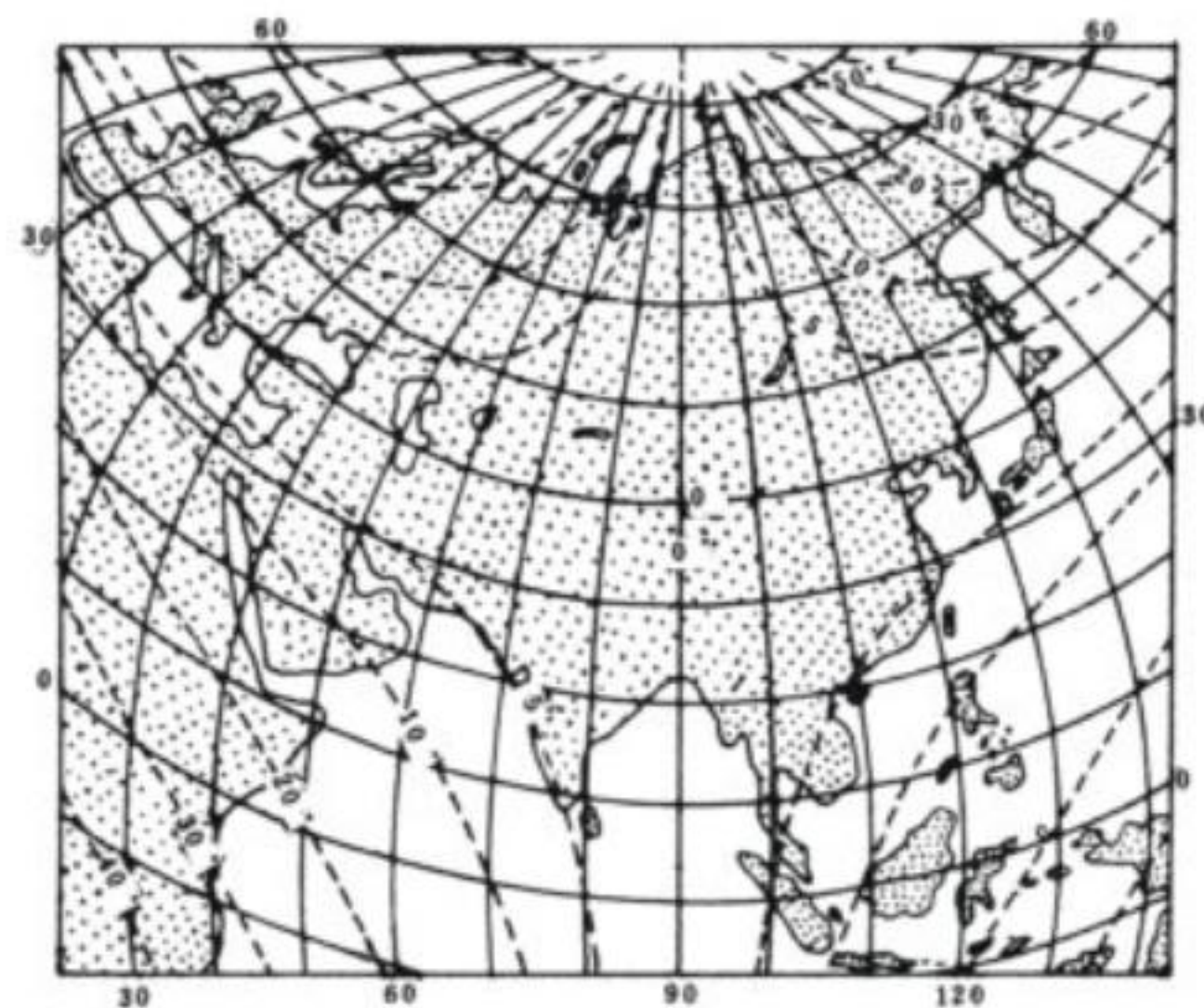


图2-36 彭纳投影及其角度等变形线

四、地形图常用投影

各国地形图所采用的投影很不统一。在我国 8 种国家基本比例尺地形图中，除 1: 100 万地形图采用等角圆锥投影外，其余都采用高斯-克吕格投影。

1、高斯-克吕格投影 (Gauss-Kruger Projection)

高斯-克吕格投影是一种横轴等角切椭圆柱投影。它是假设一个椭圆柱面与地球椭球体面横切于某一条经线上，按照等角条件将中央经线东、西各 3° 或 1.5° 经线范围内的经纬线投影到椭圆柱面上，然后将椭圆柱面展开成平面 (图 2-37) 即成。该投影是 19 世纪 20 年代由德国数学家、天文学家、物理学家高斯 (Friedrich Gauss) 最先设计，后经德国大地测量学家克吕格 (Johannes Vliiiger) 补充完善，故名高斯-克吕格投影。

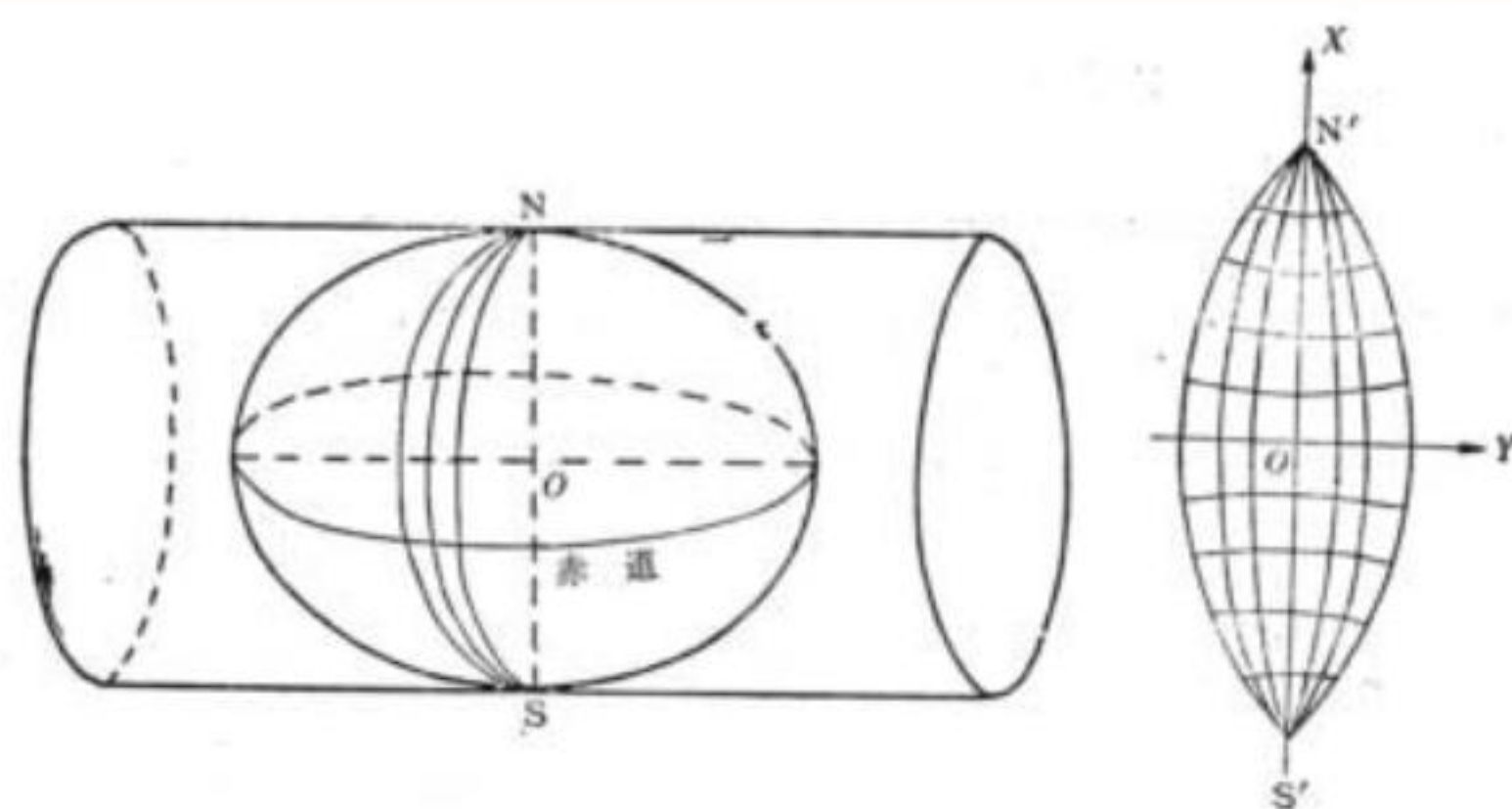


图2-37 高斯-克吕格投影示意图

高斯-克吕格投影的中央经线和赤道为垂直相交的直线，经线为凹向对称于中央经线的曲线，纬线为凸向对称于赤道的曲线，经纬线成直角相交。该投影无角度变形；中央经线长度比等于 1，没有长度变形；其余经线长度比均大于 1，长度变形为正；距中央经线越远，变形越大；最大变形在边缘经线与赤道的交点上，但最大长度、面积变形分别仅为+0.14%和+0.27%（6°带），变形极小。

为控制投影变形，高斯-克吕格投影采用了 6°带、3°带分带投影的方法，使其变形不超过一定的限度。

我国 1: 2.5 万-1: 50 万地形图均采用 6°带投影，1: 1 万及更大比例尺地形图采用 3°带投影。6°分带法规定：从格林威治零度经线开始，由西向东每隔 6°为一个投影带，全球共分 60 个投影带，分别用阿拉伯数字 1-60 予以标记。我国位于东经 72°-136°之间，共包括 11 个投影带（13-23 带）。3°分带法规定：从东经 1°30′起算，每 3°为一带，全球共分 120 带，图 2-38 表示了 6°分带与 3°分带的中央经线与带号的关系。

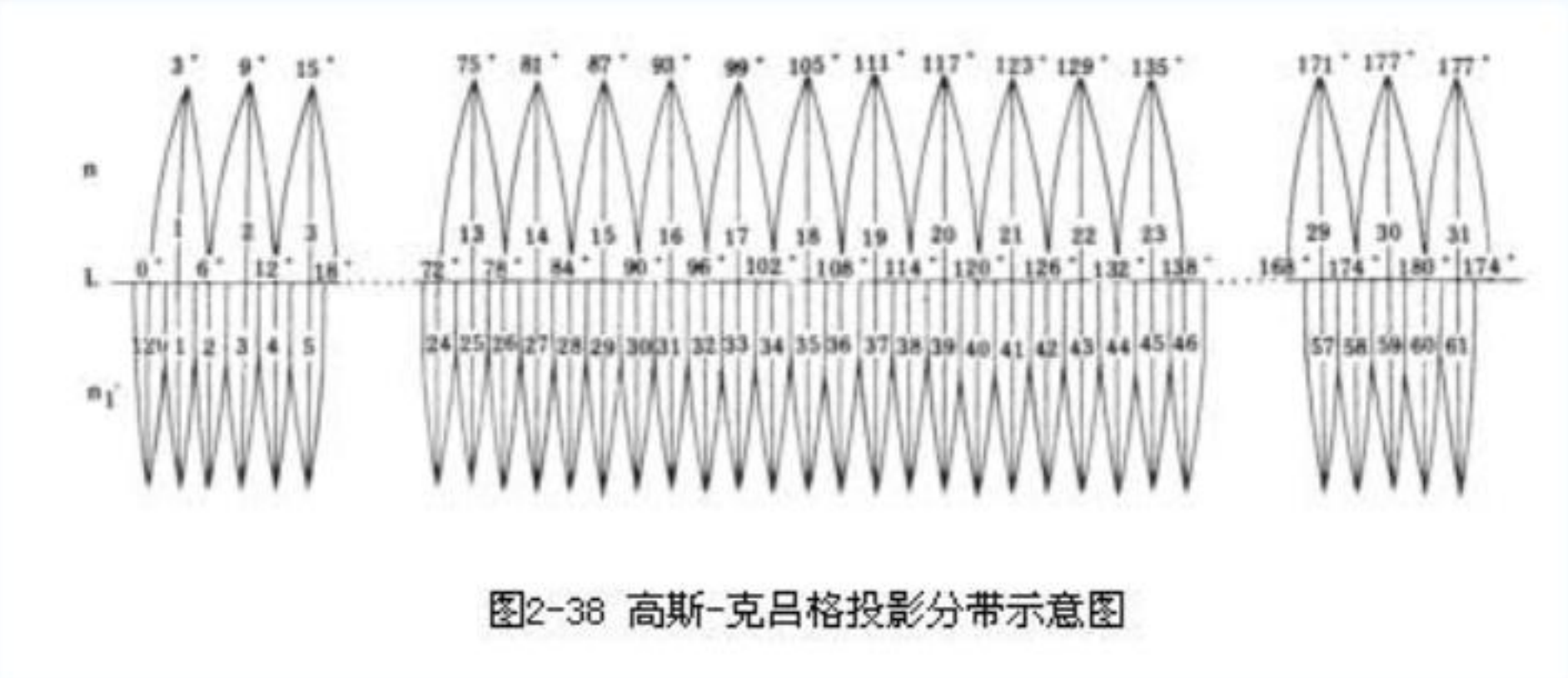


图2-38 高斯-克吕格投影分带示意图

该投影的平面直角坐标规定为：每个投影带以中央经线为坐标纵轴即 X 轴，以赤道为坐标横轴即 Y 轴组成平面直角坐标系。为避免 Y 值出现负值，将 X 轴西移 500km 组成新的直角坐标系，即在原坐标横值上均加上 500km，因我国位处北半球，X 值均为正值。60 个投影带构成了 60 个相同的平面直角坐标系，为区分之，在地形图南北的内外图廓间的横坐标标注记前，均加注投影带带号。为应用方便，在图上每隔 1km、2km 或 10km 绘出中央经线和赤道的平行线，即坐标纵线或坐标横线，构成了地形图方里网（公里网）。

地理坐标规定为：在大于等于 1:25 万比例尺地形图上，经纬线以内图廓线形式绘出（两条经线、两条纬线），并在图幅 4 个角的经纬线交点处标注经纬度值。为方便使用，在内外图廓线间以 1′为单位标注出分度带短线。在 1:50 万地形图上，则直接绘出经纬线网。

高斯-克吕格投影在欧美一些国家也被称为横轴等角墨卡托投影。它与一些国家地形图

使用的通用横轴墨卡托投影（Universal Transverse Mercator Projection,即 UTM 投影），都属于横轴等角圆柱投影的系列，所不同的是 UTM 投影是横轴等角割圆柱投影，在投影带内，有两条长度比等于 1 的标准线（平行于中央经线的小圆），而中央经线的长度比为 0.9996。因而投影带内变形差异更小，其最大长度变形不超过 0.04%。

2、等角圆锥投影（Conical Orthomorphic Projection）

我国 1：100 万地形图最早使用的是国际投影(改良多圆锥投影),1978 年以后采用了国际统一规定的等角圆锥投影。

为了提高投影精度，我国 1：100 万地形图的投影是按百万分之一地图的纬度划分原则分带投影的。即从 0°开始，每隔纬差 4°为一个投影带，每个投影带单独计算坐标，建立数学基础。同一投影带内再按经差 6°分幅，各图幅的大小完全相同，故只需计算经差 6°、纬差 4°的一幅图的投影坐标即可。每幅图的直角坐标，是以图幅的中央经线作为 X 轴，中央经线与图幅南纬线交点为原点，过原点切线为 Y 轴，组成直角坐标系。每个投影带设置两条标准纬线，其位置是：

$$\Phi_1=\Phi_S+30'$$

$$\Phi_2=\Phi_N-30'$$

该投影的变形分布规律：没有角度变形；两条标准纬线上没有任何变形；由于采用了分带投影，每带纬差较小，因此我国范围内的变形几乎相等，最大长度变形不超过±0.03%（南北图廓和中间纬线），最大面积变形不大于±0.06%（图 2-39）。

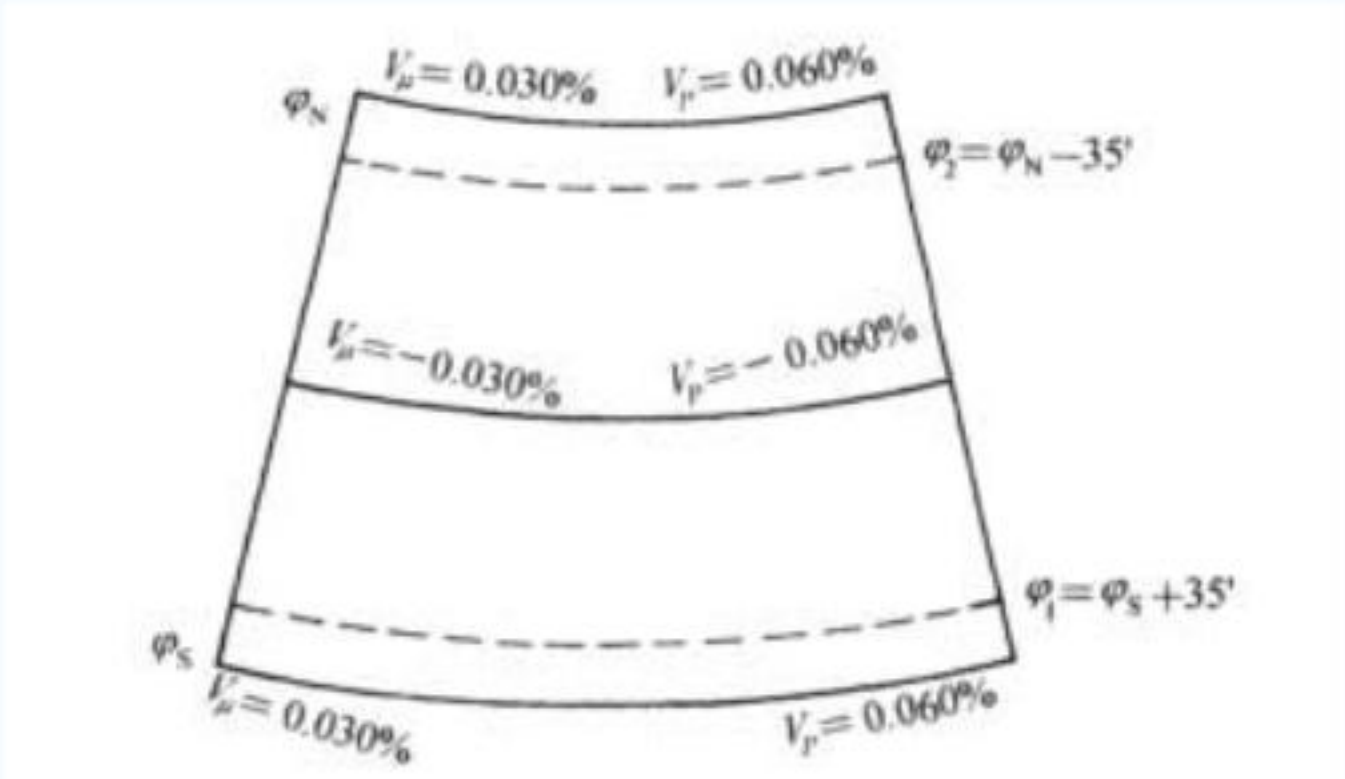


图2-39 1：100万地形图变形分布示意图