

談談地圖上的誤差

北京師範大學編

谈谈地图上的误差

赵君梅讲

一、地图的特性之一——构成地图的数学法则

虽然通常人们总是说：“地图就是把地球表面的全部或其一部分缩小描绘在平面上的图形。”但是，我们都知道地图与一般的地面照片或鸟瞰图——它们都是把地球表面一部分缩小表现在平面上的图形，是不同的。地图与地面照片或鸟瞰图的不同就在于地图具有三个特性：构成地图的数学法则，地图内容的取舍和概括及符号系统。

地球的表面不能没有破裂或褶皱的展为平面，但通常在地图上要求把图形画成是连续而不破裂的，同时地图上又不允许有褶皱，因此平面上的地图就不可能完全保持着地表轮廓的真实形状而没有任何变形。为了将球面转移到平面上，就需要采用一定的数学法则，用它可以确定球面上各点坐标与平面上相应各点坐标间的一定关系，并做计算出平面上图形的变形。制图时所采用的数学法则称为地图投影。

地图投影的实质就是：首先将地球上的经纬线按照一定的规律从球面转移到平面上，然后再转移个别的点和地表的轮廓。

地球上任一点的位置均决定于它的地理坐标，因此当构成地图时首先应把经纬线转移到平面上，在平面上有了经纬线以后，很容易地就可以将地球上各个点转移到平面上，由此看来，

地图投影的关键在于研究在平面上绘画经纬线的问题。

依据绘画条件在平面上经纬线表现的形式是多种多样的，

在图1中， m_1 、 m_2 、 m_3 、 m_4 和 n_1 、 n_2 、 n_3 代表球面上

的经线和纬线，在平面上可以表现为 $m_1' m_2' m_3' m_4'$; $n_1'' n_2'' n_3'' \dots$ 或 $n_1' m_2' m_3' m_4'$; $n_1'' n_2'' n_3'' \dots$ 等。但是不管在平面上的那一种形式，它总是不能完全与球面上的相似，这也就是说无论在任何投影上描绘地球全部或是它的一部份，总是有或多或少的误差。

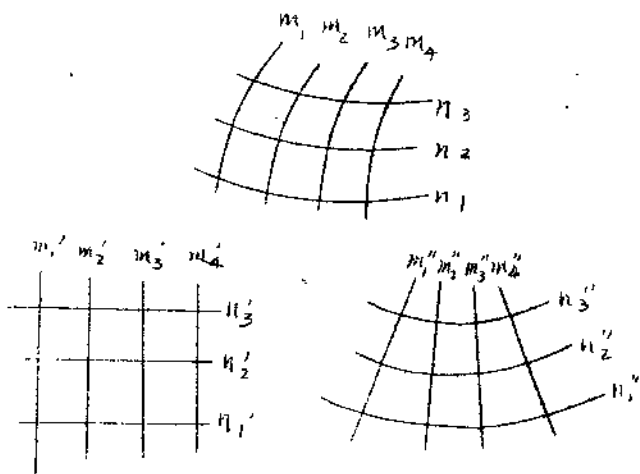


图 1

二、地图上误差表现在那几方面

误差就是地球表面形状的几何特性的破坏，地面上任何事物（大陆、海洋、岛屿等）的形状都有这样的几何特性——面积、形状、各要素间的距离和线条伸展的角度，当把球面转移到平面上时，上述的特性，一般地说来就要遭到破坏，并且发生误差。

误差表现在四个方面：距离误差，面积误差，角度误差和形状误差。

距离误差就是指长度的比例，随不同地点不同方向而改变，意即在投影上不同地点所缩小的长度是不同的，因而地图的比例是可变的。（一般地图上所注写的比例称为标准比例，它被保持在投影上的一定地方。

这个地方即是沒有誤差的地方。除了主比例以外的比例均稱為局部比例）所以要在地圖上量測和比較不同地點和不同方向的各個地理事物間的距離是非常困難的。面積誤差就表示在圖上的面積比例是隨地點而改變的。也就是說分布在地圖上不同地區的事物，有不同的面積比例，因此就難以在圖上量測和比較各事物所占的面積。角度誤差是指在地圖上的角度，不等於實際存在的相應的角度；所以在地圖上就不能進行角的測定。形狀誤差是指在地圖上的形狀與地面上的形狀不相似，這樣就不能根據地圖來判斷各個地理事物的正確形狀。

上述的四種誤差，在不同的投影上並非盡同。距離誤差和形狀誤差是任何投影上均具有的，要想沒有這兩種誤差只有把地球表面描繪在球面——地球儀上，有的投影上還可以沒有面積誤差的，但它的角度誤差和形狀誤差就必須很大，沒有面積誤差的投影稱為等積投影。另外還有的投影上沒有角度誤差，但它的面積誤差很大，沒有角度誤差的投影稱為等角投影。

三、用誤差橢圓來說明各種誤差

如果把地面上任何一點想像為一無窮小圓，那末當把這個圓轉移到地圖上時，與其他地區的輪廓一樣，也要發生變形，變為無限小的橢圓，這個橢圓就叫做誤差橢圓。

為了明確地指出地圖上的誤差分布，可以用等大的無限小圓代表地面上各個不同地方的點，在地圖上相應的地方就會現出各種不同大小的橢圓，橢圓向外伸長的程度和方向均不相同。只有在沒有誤差的點和沒有誤差的點上才保持著與原圓等而給無限小圓的條件。各個橢圓伸長的方向和程度代表著地區輪廓伸長的方向和程度，橢圓軸的長度與投影沒有誤差地區的圓有徑^之比較，表示出長度方面比例的变化，也就是指出長度的真實量，橢圓面積與圓面積的比較，表示出面積比例的变化，也就是指出了誤差面積的誤差。

因此这个椭圆被积为误差椭圆或变形椭圆。

在许多的投影中，可以用误差椭圆所表示出来的情形来区别误差的性质。

在等角投影中，所有的误差椭圆都呈圆形，这是因为它保持无限小图形的相似的缘故。但是这些圆的半径不等于原来无限小圆的半径，离开没有误差的地方愈远，半径愈大，也就是局部比例与标称比例相差愈大，面积比例的增大或缩小与长度比例的正方成正比，因此等角投影中，面积误差是很大的。

在等积投影中，一切椭圆的面积均相等，因此椭圆中的一个轴若大于没有误差的地方上的圆半径多少倍，另一个轴就一定缩小多少倍。实际上，离开没有误差的地方愈远，某一个轴长度不断增大，而另一个轴就不断的缩小，因而形状的误差就愈来愈大。

在投影中，有些既不等角又不等积的，就称为任意投影。任意投影中的椭圆，离开没有误差的地方愈远，其形状，面积和椭圆的二个轴的长短，都要发生变化，在任意投影中有些投影在误差椭圆的一个主轴上长度比例不变；这种投影称为等距投影。在这种投影上面积与形状都有误差，但是它的面积误差小于等角投影的面积误差，而形状误差又小于等积投影的形状误差。

一切的投影，都符合于这样一个原则：离开没有误差的地方愈远，其误差愈大。

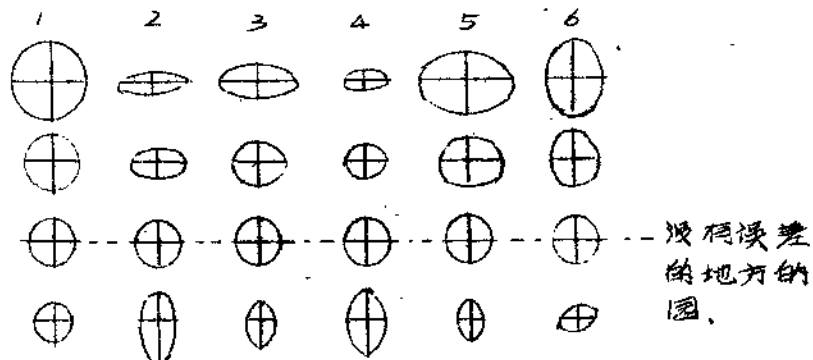


图2. 在各种误差性质不同的投影中，误差椭圆的形状

1. — 等角投影. 2. — 等积投影. 3. 4. — 等距投影.
 (3.的纵轴方向比例未变, 4的横轴方向比例未变.) 5. 6. — 任意投影.

四. 借助投影地球仪观察几种透视投影的误差.

在构成投影时, 我们可以直接按一定的条件把球面上的经纬线转移到平面上, 也可以先把地面转移到另一种可以没有破裂或褶皱的展为平面的面上, 如圆柱面和圆锥面, 然后再把它们展开为平面。当然, 后一种方法也不能使地图避免误差, 误差就发生在把地面转移到圆柱面或圆锥面上的时候, 所以在把它们展成平面时, 误差就保存了。

借助辅助的几何面 — 平面, 圆柱面, 圆锥面求得经纬线网格是投影中最简单的方法; 现用投影地球仪来演示方位投影 (以平面为投影面, 使平面与地球仪相切); 圆柱投影 (以圆柱面为投影面, 使圆柱面与地球仪相切) 和圆锥投影 (以圆锥面为投影面, 使圆锥面与地球仪相切) 中的透视投影, 以观察其误差。

根据观察的结果我们知道: 方位投影 — 通常用来作半球图, 中心一点合乎标准比例, 由投影中心向周围误差逐渐扩大, 等误差线呈同心圆状 (图3)

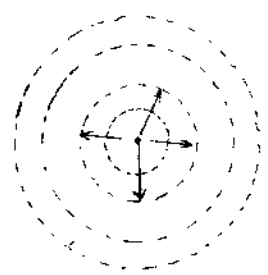


图3 方位投影等误差示意图。

其中正射投影是等角投影, 误差椭圆为圆形, 但这些圆的直径各不相同, 由中心向周边逐渐扩大 (如以中心小圆的直径为1, 则由中心向外圆的直径分别为 1.0, 1.1, 1.2, 1.3, 1.7), 这就说明用这种投影在线的长度和面积上都是由投影中心向周围逐渐扩大的 (图4)

中心射投影和正射投影都属于任意投影, 但中心射投影由中

~6~

心向外误差是扩大的误差

(图5)，而正射投影由中心向外则是缩小的误差(图6)，不过其误差数量都是逐渐增大的。

圆柱投影——可作世界图，当地球仪与圆柱相切时赤道为标准比例，离开赤道向北向南误差均增大，其等误差线呈平行直线(图7)

圆锥投影——通常用作国家及其一部分地图，使地球仪上任一纬线与圆锥相切，则相切的纬线合乎标准比例，离开此纬线向北误差均增大，等误差线呈同心圆弧(图8)

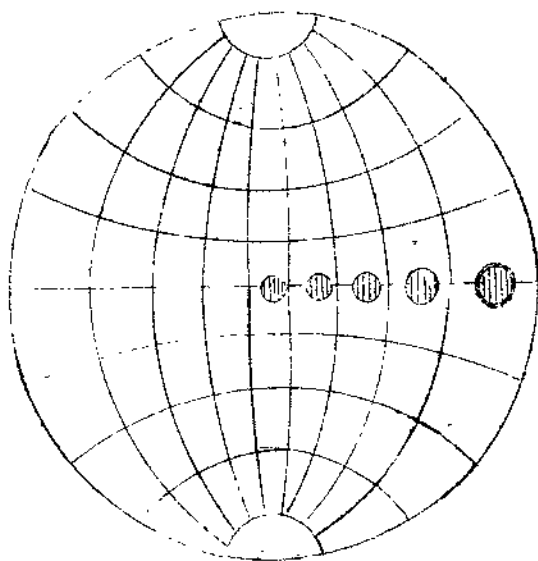


图4 正射赤道投影

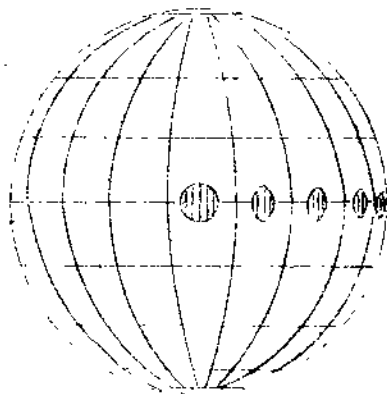


图6 正射赤道投影

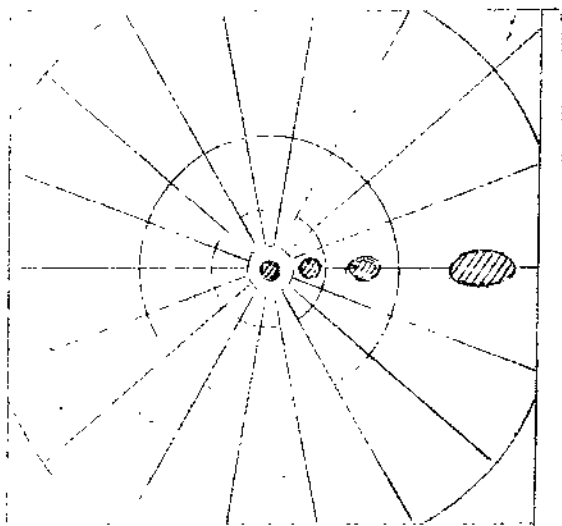


图5 中心射极投影

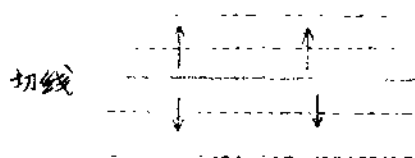


图7.圆柱投影等差线示意图

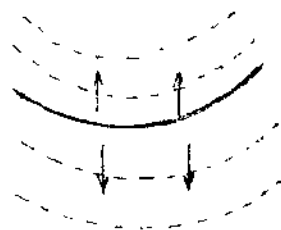


图8.圆锥投影等差线示意图

五、结尾语

任何地图上都有误差，但由于投影的不同，其误差性质及误差数量是不同的，为了正确的利用地图，就必须判别投影的性质（等角、等积、任意），同时要找出标准比例所在的地方（一点，一条线或几条线），并研究其误差的分布。