目　录

第一部分　地图投影习题

习题 1　利用制图用表(或《地图投影》* 附录 6、附录 7 和附录 9)以纬度为引数查出地球椭球表面一些要素的数值并计算

地图投影的主要任务，就是根据一定的数学法则，在平面上(地图上)建立与地球(椭球)表面上的地理坐标(经纬线网)相应的直角坐标系。为此，我们必须掌握地球椭球表面上的一些要素，诸如某段经线弧长、纬线弧长、某经纬差范围的梯形面积等。

本习题除了要求能够查表并计算出地球椭球表面上的一些要素的数值外，还需要了解这些要素随纬度变化的规律。

1.　查出子午圈曲率半径 M、卯酉圈曲率半径 N 和由赤道到纬线(φ)间的子午线弧长 S_M：

表 1-1

纬度 φ	子午圈曲率半径 M (m)	卯酉圈曲率半径 N (m)	由赤道至纬度 φ 的子午线弧长 S_M (m)
0°			
20°			
40°			
60°			
25°40′			

2.　计算下列经线弧长：

表 1-2

纬　差 $\Delta\varphi=\varphi_2-\varphi_1$	由赤道到纬度 φ_2 的子午线弧长 (m)	由赤道到纬度 φ_1 的子午线弧长 (m)	纬线间($\varphi_2-\varphi_1$)的经线弧长 S_M (m)
25°40′～20°00′			
60°00′～40°00′			

* 胡毓钜、龚剑文：地图投影(第二版)，测绘出版社，1991 年。

3.　查表并计算下列纬线弧长：

表 1-3

纬度 φ	经差间隔 ($\Delta\lambda=\lambda_2-\lambda_1$)	经差 30′的纬线弧长 S_P (m)	所求纬线弧长 S_P (m)
0°	1°		
30°	2°		
60°	3°		
45°	4°30′		

4.　查表并计算下列球面梯形的面积：

表 1-4

纬　差 $\Delta\varphi=\varphi_2-\varphi_1$	经　差 $\Delta\lambda=\lambda_2-\lambda_1$	经纬差范围 $\Delta\varphi\times\Delta\lambda$	梯形面积 (km^2)
0°～4°	6°＝116°－110°	4°×6°	
40°～44°	6°＝116°－110°	4°×6°	
56°～60°	6°＝116°－110°	4°×6°	

习题 2　在地图上量算长度比、面积比

参照本习题集中附图 1 中华人民共和国地图，量算其长度比、面积比。

本作业的目的，就是了解地图上除了某些点和某些线以外的其它地方，可能存在各种变形(长度变形、面积变形等)。变形的大小和分布是衡量投影性质的重要标志。不同的地图投影有着不同的经纬网形状，因此利用地图上的经纬网形状经简单量测来估算各种变形对今后学习地图投影具有重要意义。

在地图上直接量得的长度比一般是沿经纬线的长度比 m、n。理论上长度比是微分线段投影长 $\Delta S'$ 与相应固有长 ΔS 的比值，即 $\mu=\frac{\Delta S'}{\Delta S}$。实际上可以通过量取某点沿经纬线上的单位长度，例如经差 1°、纬差 1°的经纬线长度，然后与该线段的实地长度(查表并除以地图主比例尺分母)相比可得。

在地图上量算的面积比就是藉简单的工具量取几块不同位置的经纬网格面积 $\Delta F'$ 与相应实地面积 ΔF 的比值，即 $P=\frac{\Delta F'}{\Delta F}$。

量算长度比

1.　准备一张地图(或地图集中的某页)，找到指定的经纬线交点；

2.　用钢尺(或直尺)及分规，自指定的交点沿经、纬线量取单位长度，读数精确到 0.1 mm，在有关的制图用表(或《地图投影》附录)中检取线段相应的实地长度，并依地图比例尺化成以毫米为单位的长度；

3.　填写表格；

表 1-5

长度比计算表

点位号	中心点		终点			图上量测长度 $\Delta S'$ (mm)		$\Delta S'$ 平均值 (mm)	相应地面实际长度 ΔS (m)	局部比例尺		主比例尺 1 : M	长度比 $\mu=\frac{\Delta S'}{\Delta S}\cdot M$	长度变形 $v_\mu=(\mu-1)\%$
						第一次	第二次			计算的	凑整的			
1	经度	105°	经度	左	100°									
				右	110°									
	纬度	30°	纬度	上	35°									
				下	25°									
2	经度	125°	经度	左	120°									
				右	130°									
	纬度	50°	纬度	上	55°									
				下	45°									
3	经度	90°	经度	左	85°									
				右	95°									
	纬度	10°	纬度	上	15°									
				下	5°									
4	经度	120°	经度	左	115°									
				右	125°									
	纬度	10°	纬度	上	15°									
				下	5°									
略图		1					2			3			4	

注意事项

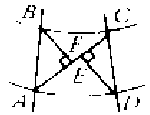
(1)若经纬线为曲线时，则应在曲线上量测，例如利用两脚规以 2mm 脚距进行；

(2)为了避免量测工具因温度及刻划等因素引起误差，应使用具有 0.5mm 刻划的钢尺进行量测；

(3)线条连线时铅笔头宜细。

表 1-6

面积比计算表

编号	量测范围	图上量(km)测数据				图上面积 $\Delta F'$ (km²)	实地面积 ΔF (km²)	面积比 $P=\Delta F'/\Delta F$	略图
		线段	第一次	第二次	平均值				
1	φ:自 30°到 35° λ:自 100°到 105°	AC							
		BE							
		DF							
2	φ:自 10°到 15° λ:自 110°到 115°	AC							
		BE							
		DF							
3	φ:自 40°到 45° λ:自 85°到 90°	AC							
		BE							
		DF							
4	φ:自 10°到 15° λ:自 90°到 95°	AC							
		BE							
		DF							
5	φ:自 50°到 55° λ:自 70°到 75°	AC							
		BE							
		DF							

4. 计算该交点位置的沿经、纬线长度比（有条件可与该地图采用的投影变形值进行比较）；

5. 附略图：说明所量测经纬线交点的位置和变形值的大小。

量算面积比

1. 在指定的地图或地图集中找到指定的范围；

2. 将图上经纬线所包含的面积近似地划分为若干块有规则的几何图形（如三角形、长方形等），用简单的工具进行量测，并计算得出图上的面积；

3. 利用制图用表（或《地图投影》中附录），检取椭球上相应的面积；

4. 计算面积比（有条件时可与该地图所采用投影值的大小进行比较）。

习题 3　根据投影方程分析投影特征

地图投影的一般方程为

$$x = f_1(\varphi, \lambda)$$

$$y = f_2(\varphi, \lambda)$$

从投影的方程来研究该投影的特征是研究投影的一般方法。熟悉用分析的方法来理解投影，这对今后的学习会有较大的帮助。

由已知投影方程求定：
· 投影性质
· 投影后经纬线夹角及其所在象限
· 沿经、纬线长度比
· 面积比
· 经纬线的形状

分析步骤提示

1. 先求一阶基本量 E、F、G、H；

2. 验算是否符合等角条件或等面积条件，如果两者均不符合，则为任意性质投影（还可以进一步验算是否满足等距离条件）；

3. 求 θ'、m、n、P 的方程；

4. 由投影公式分别消去 φ 和 λ 来求得经、纬线方程，从而确定经、纬线形状。

例　已知投影方程式

$$x = R\varphi$$

$$y = R\lambda \cos \varphi$$

分析该投影的特征。

1. 先求 E、F、G、H，确定投影的表象性质。

$$n = \frac{\sqrt{G}}{R\cos\varphi} = \frac{R\cos\varphi}{R\cos\varphi} = 1$$

4. 求面积比。

$$P = \frac{H}{R^2\cos\varphi} = \frac{R^2\cos\varphi}{R^2\cos\varphi} = 1$$

或

$$P = m \cdot n \cdot \cos\varepsilon = 1$$

5. 求经纬线形状。

由投影第一方程式知：

$$x = R\varphi$$

此式为纬线方程式。由此式可以看出，纬线为直线。

为了求得经线方程式，我们可先从 x 坐标式中求 φ：

$$\varphi = \frac{x}{R}$$

将上式代入 y 的坐标方程式，则

$$y = R\lambda\cos\frac{x}{R} = R\lambda\sin\left(\frac{\pi}{2} - \frac{x}{R}\right)$$

得到经线方程式为正弦曲线方程式，因而，经线是正弦曲线。

该投影就是著名的桑逊投影（图 1-1）。

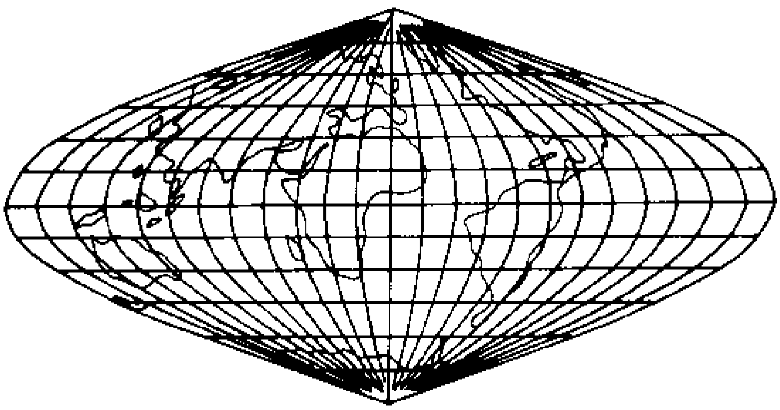


图 1-1 该投影的经纬线形状

根据下列已知方程分析它们的投影特征

1. $x = R\lambda\cos\varphi$;　　$y = R\lambda$
2. $x = -\rho\cos\delta$;　　$y = \rho\sin\delta$［式中 $\delta = \lambda, \rho = R(90^\circ - \varphi)$］
3. $x = R\ln\mathrm{tg}\left(\frac{\pi}{4} + \frac{\varphi}{2}\right)$;　　$y = R\lambda$
4. $x = R\,\mathrm{tg}\,\varphi$;　　$y = R\lambda$
5. $x = -\frac{2R\cos\varphi \cdot \cos\lambda}{1 + \sin\varphi}$;　　$y = \frac{2R\cos\varphi \cdot \sin\lambda}{1 + \sin\varphi}$
6. $x = R\sin\varphi$;　　$y = R\lambda$

习题 4　利用诺谟图求变形值

利用诺谟图求极值长度比 a、b

在量测和计算某点上沿经、纬线的长度比 m、n 和经纬线投影后的夹角 θ' 后，用公式计算该点极值长度比 a、b 显得很麻烦，而使用《地图投影》附录 3 决定极值长度比 a、b 的诺谟图就比较方便了。

由于在制作诺谟图时引进 ε 对使用较为方便，因此有

$$a \pm b = \sqrt{m^2 \pm 2mn\sin\theta' + n^2} = \sqrt{m^2 \pm 2mn\cos\varepsilon + n^2}$$

$$= n\sqrt{\sigma^2 \pm 2\sigma\cos\varepsilon + 1} = n(a_1 + b_1)$$

式中：$\varepsilon = \theta' - 90°$，$\sigma = \frac{m}{n}$（规定 $\sigma > 1$。若 $n > m$，则 $\sigma = \frac{n}{m}$）。

例　设 $m = 2.02$，$n = 1.47$，$\theta' = 103°12'$，求极值长度比。

(1) 由于 $m > n$，故 $\sigma = \frac{m}{n} = 1.375$，$\varepsilon = \theta' - 90° = 13.2°$。

(2) 以 $\varepsilon = 13.2°$ 为引数，在 A 尺上读出 ε；以 σ 为引数分别在 $\sigma(a_1 + b_1)$ 和 $\sigma(a_1 - b_1)$ 尺上读出 σ 值，标出两点。按 $\sigma(a_1 + b_1)$ 和 ε 读数以直尺连线，在 $\frac{1}{2}(a_1 + b_1)$ 尺上得 1.18，再按 $\sigma(a_1 + b_1)$ 和 ε 读数以直尺连线，在 $\frac{1}{2}(a_1 + b_1)$ 尺上得 0.23（图 1-2）。

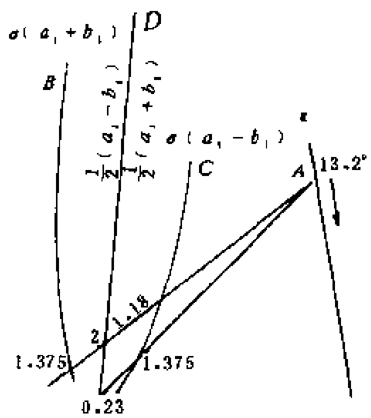


图 1-2

由于

$$\frac{1}{2}(a_1 + b_1) = 1.18$$

$$\frac{1}{2}(a_1 - b_1) = 0.23$$

解得 $a_1 = 1.41$，$b_1 = 0.95$。

于是得

$$a = n \cdot a_1 = 2.07$$

$$b = n \cdot b_1 = 1.37$$

利用诺谟图决定面积比 P

例　设 $m = 2.02$，$n = 1.47$，$\theta' = 103°12'$，利用《地图投影》附录 4 求其面积比。

(1) 以 $m = 2.02$，$n = 1.47$ 为引数，分别在 m、n 尺上找到两定点，并用直线相连，在无分划尺上相交于 f 点（图 1-3）。

(2) 在 ε 尺上找出 13.2° 点，并与 f 点以直线相连交 P 分划尺之点即为所求面积比值，得 $P = 2.89$。

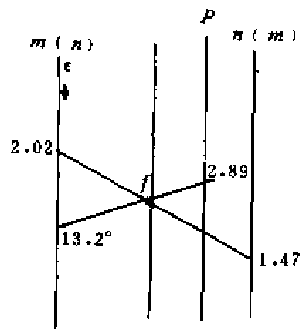


图 1-3

利用诺谟图决定最大角度变形

将公式 $\text{tg}\frac{\omega}{2} = \frac{a - b}{2\sqrt{ab}}$ 改写为

$$\text{tg}^2\frac{\omega}{2} = \frac{\sigma^2 - 2\sigma + 1}{4\sigma\cos\varepsilon}$$ 式中的 $\sigma = \frac{m}{n}$，故 $m = \sigma n$。

例　设 $m = 2.02$，$n = 1.47$，$\theta' = 103°12'$，利用《地图投影》附录 5 求该点的最大角度变形。

(1)由 $\theta' = 103°12'$ 得 $\varepsilon = 13.2°$，$a = \frac{m}{n} = 1.375$。

(2)在《地图投影》附录 5 中，以 $a=1.375$ 和 $\varepsilon=13.2°$为引数，分别在 a 和 ε 尺上找到两定点，用直线相连，在 ω 尺上交点处即为所求最大角度变形值，$\omega=22.5°$。

利用诺谟图求解下列的极值长度比、面积比和最大角度变形

1. 已知 $m=1.000$，$n=0.990$，$\theta'=90°$。
2. 已知 $m=1.500$，$n=0.800$，$\theta'=102°$。

习题 5　利用变形值绘出变形椭圆

地图投影中利用变形椭圆能较恰当地、直观地显示变形性质的特征和大小（但在投影计算和投影设计时并不需绘出变形椭圆）。在绘出变形椭圆之前，必须先找出变形椭圆的方位角 α_0' 的位置（即主方向），然后再根据 α_0' 及极值长度比 a、b 值便可绘出该点位置的变形椭圆。

变形椭圆方位角 α_0' 的计算

$$\operatorname{tg}\alpha_0' = \pm\frac{b}{a}\sqrt{\frac{a^2-m^2}{m^2-b^2}}$$

例　设 $m=2.02$，$a=2.07$，$b=1.39$，求该点变形椭圆的方位角。

根据公式计算得：

$$\operatorname{tg}\alpha_0' = -0.207157$$

则 $\alpha_0'=-11°42'$。

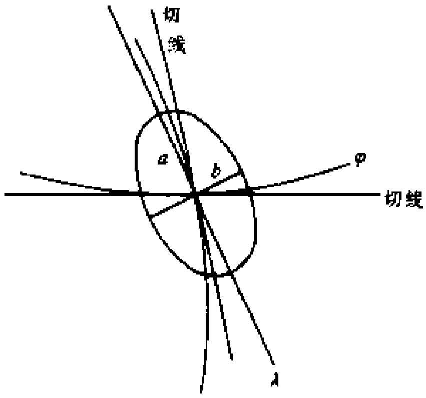


图 1-4

作业步骤提示

1. 利用《地图投影》附录中的诺谟图，根据 m、n、θ' 分别求出 a、b、P、ω 值；
2. 计算该点变形椭圆方位角 α_0'；
3. 根据 α_0' 值在该点找到主方向；
4. 按极值长度比 a（极值长度比中最大值为 a，最小值为 b）在主方向上（注意：变形椭圆的长轴必在经纬线投影后夹角的锐角位置）按一定比例截取，过该交点的另一主方向上截取极值长度比 b 值；
5. 根据变形椭圆的长、短半径绘出该点的变形椭圆。

利用变形值绘出变形椭圆

根据习题 2 中量算的沿经、纬线长度比数值，再分别量测该点的经纬线投影后交角 θ'，计算并绘出交点位置的变形椭圆。

习题6　斜轴等面积方位投影的计算

这类投影是目前小比例尺制图中应用得较为广泛的一种投影。如编制水陆半球图可采用斜轴等面积方位投影；对于编制分洲或区域较大（如欧亚大陆）的地图，则应用该类投影就更多了；对于编制中华人民共和国地图，亦多采用斜轴等面积方位投影，其投影中心可选取 $\varphi_0=+30°$（或 $+35°$），$\lambda=105°E$。

等面积方位投影保持实地面积与图上相应面积相等，为此常被用来编制一些要求图上的区域面积大小

有对比关系的地图,如经济地图和自然地图等。

投 影 公 式

$$\delta = a$$

$$\rho = 2R\sin\frac{z}{2}$$

$$x = \rho\cos\delta = 2R\sin\frac{z}{2}\cos\delta$$

$$y = \rho\sin\delta = 2R\sin\frac{z}{2}\sin\delta$$

$$\mu_2 = \sec\frac{z}{2} = \sqrt{\frac{2}{1+\cos z}}$$

$$\mu_1 = \frac{1}{\mu_2}$$

$$\mathrm{tg}(45^\circ + \frac{\omega}{4}) = \sec\frac{z}{2}$$

计算步骤提示

1. 首先应根据制图区域位置和大小确定该区域平均曲率半径 R 和新极点的位置 $Q(\varphi_0,\lambda_0)$;
2. 将制图区域内的地理坐标 φ、λ 换算为球面极坐标 a、z;
3. 计算投影极坐标 δ、ρ 和平面直角坐标 x、y;
4. 计算长度比 μ_1、μ_2 和最大角度变形 ω;
5. 绘制长度比与最大角度变形略图。

注 意 事 项

1. 斜轴等面积割方位投影,由于面积比 P 不是 1,而是常数值 $\cos\frac{z_K}{2}$,且不能改善角度变形,故在实际编图中应用得不多;

2. 采用斜轴等面积方位投影编图时,往往编图比例尺较小,制图区域较大,因此,多采用电子计算机来计算。这时,方位角 a 在编源程序时的四个象限必须妥善处理。

斜轴等面积方位投影的计算

已知制图区域:亚洲

$$\varphi_N = +80^\circ N \qquad \varphi_S = -10^\circ$$

$$\lambda_E = 20^\circ \qquad \lambda_W = 180^\circ$$

投影比例尺:$1:M_0 = 1:1000$ 万

投影中心点:$\varphi_0 = 40^\circ, \lambda_0 = 90^\circ$

经纬网密度:$\Delta\varphi = \Delta\lambda = 5^\circ$

所采用的平均曲率半径:$R = 6374492(\mathrm{m})$

本作业只计算局部几点。

1. 将地理坐标换算为球面极坐标。

公式为

$$\mathrm{tg}\ a = \frac{\cos\varphi \sin(\lambda - \lambda_0)}{\cos\varphi_0 \sin\varphi - \sin\varphi_0 \cos\varphi \cos(\lambda - \lambda_0)}$$

$$\cos z = \sin\varphi \sin\varphi_0 + \cos\varphi \cos\varphi_0 \cos(\lambda - \lambda_0)$$

表 1-7

φ	λ / $\Delta\lambda$ / a、z	90°	85° 95°	80° 100°	75° 105°
	$\Delta\lambda$	0°	5°	10°	15°
−10°	a				
	z				
5°	a				
	z				
0°	a				
	z				
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮

2. 计算直角坐标 x、y。

$$2R \cdot \frac{100}{M_0} = 127.4898\text{cm}$$

表 1-8

φ	λ	90°	85° 95°	80° 100°
	$\Delta\lambda$ / 公式	0°	5°	10°
10°	$\frac{z}{2}$			
	$\sin\frac{z}{2}$			
	ρ			
	δ			
	$\cos\delta$			
	$\sin\delta$			
	x			
	y			
−5°	$\frac{z}{2}$			
	$\sin\frac{z}{2}$			
	ρ			
	δ			
	$\cos\delta$			
	$\sin\delta$			
	x			
	y			

3. 计算长度比 μ_1、μ_2 及面积比 P。

表 1-9

z / 公式	0°	5°	10°
$\frac{z}{2}$			
μ_1			
μ_2			
$45°+\frac{\omega}{4}$			
ω			

习题 7　正轴等角割圆锥投影的计算

圆锥投影，特别是正轴等角割圆锥投影，在我国以及一些中等纬度的国家应用得非常广泛。例如，编制中华人民共和国地图（南海诸岛作插图）以及各省（区）地图都是采用这类投影。新中国成立之前，我国地形图也是采用该投影作为数学基础的。可见，等角割圆锥投影可适用于编制我国不同比例尺、不同类型的地图。

等角圆锥投影具有两个常数，它是根据指定条件来确定的，实践中一般多采用指定制图区域中两条纬线无长度变形的方法求得。两条标准纬线的确定，在制图区域纬差不大于 20°的情况下，可按《地图投影》中的近似公式进行计算，最后再根据制图区域内自然和经济条件适当凑整到 0.5°或 1°（而不宜为小数）。

等角圆锥投影没有角度变形，一点上长度比沿任意方向保持相等，离标准纬线愈远则变形愈大。在地图上附有图解比例尺来改正由于变形而产生的距离误差，从而得到改正后的距离。

目前，我国电子计算机已广泛普及，有条件的单位和个人，本作业可自编源程序按作业规定内容完成计算。为了掌握圆锥投影的整套计算过程，这里仍是提供采用计算器完成的计算表格。

投 影 公 式

$$\alpha=\frac{\lg r_1-\lg r_2}{\lg U_2-\lg U_1}=\frac{A}{B}\left(U=\frac{\mathrm{tg}(45°+\frac{\varphi}{2})}{\mathrm{tg}^e(45°+\frac{\Psi}{2})},\sin\Psi=e\sin\varphi,e=\sqrt{\frac{a^2-b^2}{a^2}}\right)$$

$$\sin\varphi_0=\alpha$$

$$K_{cm}=\frac{100}{M_0}\cdot\frac{r_1U_1^\alpha}{\alpha}=\frac{100}{M_0}\cdot\frac{r_2U_2^\alpha}{\alpha}$$

$$\delta=\alpha\cdot\lambda''$$

$$\rho=\frac{K}{U^\alpha}$$

$$x=\rho_s-\rho\cos\delta$$

$$y = \rho \sin \delta$$

$$m = n = \frac{aK}{rU^a}$$

$$P = m \cdot n$$

$$\omega = 0$$

计算步骤提示

1. 按《地图投影》中近似公式和要求计算两条标准纬线，并参考制图区域形状，凑整到 0.5°(或 1°)。

2. 投影常数 α 在计算过程中没有检查，如果投影常数 α 计算不对，则整个投影计算错误，为此必须十分注意。我们可从下列两方面对 α 进行检查：①$0<\alpha<1$，即 α 值应在 0 和 1 之间；②$\alpha=\sin\varphi_0$，$\varphi_0=\sin^{-1}\alpha$，$\alpha$ 值应位于$\frac{\varphi_1+\varphi_2}{2}$稍偏北处，也就是长度比最小的纬线的纬度。

计算积分常数 K 应将比例尺化为以厘米为单位；在采用计算机计算时，应按 $K_1=\frac{100}{M_0}\cdot\frac{r_1U_1^a}{\alpha}$、$K_2=\frac{100}{M_0}\cdot\frac{r_2U_2^a}{\alpha}$、$K=\frac{K_1+K_2}{2}$进行。

3. 计算投影极坐标 δ、ρ 时，$\delta''=\alpha\cdot\lambda''$，$\lambda''$为某经线与中央经线的经差，并化为以秒为单位，最后 δ 必须化到度分秒后再参与下面的计算。

4. 计算直角坐标值 x、y。$x=\rho_S-\rho\cos\delta$，ρ_S 为制图区域最低纬线(φ_S)的投影半径，为了保证制图区域纬线的展绘精度，实际计算时，ρ_S 的 φ_S 应低于制图区域最低纬线(φ_S)(北半球)。

5. 计算长度比 m 和面积比 P。

6. 计算图解比例尺 200、400、600、800、1000m 及 100、200、300、400、500km 的各纬度线段的数值。

7. 根据计算数据绘制长度比、面积比变化曲线；

8. 根据计算图解比例尺数值绘制图解比例尺(当制图区域纬差较小，变形值变化不大时，绘制图解比例尺工作可省)。

9. 根据直角坐标数据绘制制图区域略图，要求：

(1)按计算的直角坐标数据在厘米纸上(有直角坐标展点仪的单位可在直角坐标展点仪上进行展点)建立直角坐标系、同时展出制图区域内各经纬线交点的坐标，用细铅笔连线构成经纬线网，并检查之；

(2)参考该区域的地图(或地图集)，用目估方法描绘下列要素：境界线(国界及省、自治区、直辖市界)、省会所在地、一条境内铁路和河流(作定向用)；

(3)绘出内、外图廓线(用矩形)；

(4)注记：在内外图廓线之间注出经纬线的经、纬度，省会、铁路、河流名称以及图名、比例尺、投影名称等；

(5)擦去多余的线条，完成制图区域略图的绘制工作。

计算精度要求

1. α 精确到小数点后 7 位、K 精确到 0.001cm；

2. δ 精确到 0.1″，ρ 精确到 0.001cm；

3. x、y 精确到 0.001cm；

4. m、P 精确到 0.0001；

5. 图解比例尺精确到 0.001cm。

正轴等角割圆锥投影的计算

制图区域：河北省

$$\varphi_N = 43°00', \ \varphi_S = 36°00'$$

$$\lambda_E = 120°00', \lambda_W = 112°00'$$

制图区域中央经线：$\lambda_0 = 116°00'$

标准纬线：$\varphi_1 = 37°30', \varphi_2 = 41°00'$

主比例尺：1∶500 万

经纬网密度：$\Delta\varphi = \Delta\lambda = 1°$

学生也可根据自己所在省（区）或结合某种制图生产任务选择某一个制图区域，按要求来完成本次作业任务。

1. 计算投影常数 α。

$$\alpha = \frac{\lg r_1 - \lg r_2}{\lg U_2 - \lg U_1} = \frac{A}{B}$$

$$\sin \varphi_0 = \alpha$$

表 1-10

$\lg r_1$	
$\lg r_2$	
A	
$\lg U_2$	
$\lg U_1$	
B	
α	
φ_0	

2. 计算积分常数 K。

$$K = \frac{r_1 U_1^{\alpha} \cdot 100}{\alpha M_0} = \frac{r_2 U_2^{\alpha} \cdot 100}{\alpha M_0}$$

表 1-11

公式 \ φ	φ_1	φ_2
α		
U		
U^α		
r		
$\frac{100}{M_0}$		
K(cm)		
$K_{平均}$		

3. 计算极坐标角 δ。

$$\delta = \alpha \cdot \lambda$$

表 1-12

公式 \ λ_i	116°	117° 115°	118° 114°	119° 113°	120° 112°
$\lambda_i - \lambda_0$	0°	1°	2°	3°	4°
α					
δ''					
$\delta^{\circ\prime\prime\prime}$					

4. 计算纬圈投影半径 ρ。

$$\rho = \frac{K}{U^\alpha}$$

表 1-13

公式 \ φ	36°	37°	38°	39°	40°	41°	42°	43°
α								
U								
U^α								
K(cm)								
ρ_{cm}								

5. 计算直角坐标。

$$x = \rho_s - \rho \cos \delta, y = \rho \sin \delta \qquad (\rho_s = \qquad)$$

表 1-14

φ	λ₁ \ δ	116°	117° 115°	118° 114°	119° 113°	120° 112°
ρ						
43°	x					
	y					
42°	x					
	y					
41°	x					
	y					
40°	x					
	y					
39°	x					
	y					
38°	x					
	y					
37°	x					
	y					
36°	x					
	y					

6. 计算长度比(m)和面积比(P)。

$$m = \frac{a \cdot \rho \cdot M_0}{r \cdot 100}, P = m^2$$

表 1-15

φ \ 公式	36°	37°	38°	39°	40°	41°	42°	43°
a								
ρ(cm)								
r								
$\frac{r \cdot 100}{M_0}$								
m								
P								

7. 计算图解比例尺。

$$D = \frac{K \cdot 100000}{M_0} \cdot m \text{（}K\text{ 为实地公里数）}$$

表 1-16

	实地距离	100 (km)	200 (km)	300 (km)	400 (km)	500 (km)
φ	图上距离 \ 长度比 m	D(cm)				
43°						
42°						
41°						
40°						
39°						
38°						
37°						
36°						

8. 长度比、面积比变化曲线。

9. 绘制图解比例尺。

10. 绘制制图区域略图。

计算步骤提示

1. 计算投影常数 α、C(注意 C 应按比例尺换算为厘米)；
2. 计算投影极坐标 δ、ρ；
3. 计算直角坐标 x、y；
4. 计算长度比 m、n 和最大角度变形 ω；
5. 绘制长度比和最大角度变化曲线。
6. 根据计算直角坐标值展绘经纬线网并绘制制图区域略图；

计算精度要求

1. α 精确到小数点后 7 位，C 精确到小数点后 3 位；
2. δ''精确到 0.1″，ρ 精确到 0.001cm；
3. x、y 精确到 0.001cm；
4. m、n 精确到小数点后 4 位，ω 精确到 1′。

正轴等面积割圆锥投影的计算

已知制图区域：河北省

$$\varphi_N = 43°00', \qquad \varphi_S = 36°00'$$
$$\lambda_E = 120°00', \qquad \lambda_W = 112°00'$$

制图区域中央经线：$\lambda_0 = 116°00'$

指定两条标准纬线：$\varphi_1 = 37°30', \varphi_2 = 41°00'$

投影比例尺：$1 : M_0 = 1 : 500$ 万

经纬网密度：$\Delta\varphi = \Delta\lambda = 1°$

1. 计算投影常数 α、C。

$$\alpha = \frac{r_1^2 - r_2^2}{2(S_2 - S_1)}, \quad C = \frac{\alpha\rho_1^2}{2} + S_1 = \frac{\alpha\rho_2^2}{2} + S_2 (\text{式中 } \rho_1 = \frac{r_1}{\alpha}, \rho_2 = \frac{r_2}{\alpha})$$

表 1-17

公式 \ φ	φ_1	φ_2
r		
r^2		
S		
α		
ρ		
ρ^2		
C		
$C(cm^2)$		

2. 计算 δ。

$$\delta = \alpha \cdot \lambda$$

表 1-18

公式 \ λ_i	116°	117° 115°	118° 114°	119° 113°	120° 112°
$\lambda_i - \lambda_0$					
α					
δ''					
$\delta^{\circ\prime\prime\prime}$					

3. 计算 ρ。

$$\rho^2 = \frac{2}{\alpha}(C - S) \cdot \frac{100^2}{M_0^2}$$

表 1-19

公式 \ φ	36°	37°	38°	39°	40°	41°	42°	43°
C								
S								
$\frac{2}{\alpha}(C-S)$								
ρ^2								
ρ(cm)								

4. 计算直角坐标。

$$x = \rho_S - \rho\cos\delta, y = \rho\sin\delta \ (\rho_S = \qquad\qquad)$$

表 1-20

λ δ φρ x、y			116°	117° 115°	118° 114°	119° 113°	120° 112°
φ ρ	43°	x					
		y					
φ ρ	42°	x					
		y					
φ ρ	41°	x					
		y					
φ ρ	40°	x					
		y					
φ ρ	39°	x					
		y					
φ ρ	38°	x					
		y					
φ ρ	37°	x					
		y					
φ ρ	36°	x					
		y					

5. 计算长度比 m、n 和最大角度变形 ω。

$$n = \frac{\alpha\rho}{r},\quad m = \frac{1}{n},\quad \mathrm{tg}\left(45^\circ + \frac{\omega}{4}\right) = \alpha$$

表 1-21

φ 公式	36°	37°	38°	39°	40°	41°	42°	43°
ρ								
α								
r								
n								
m								

续表 1-21

φ / 公式	36°	37°	38°	39°	40°	41°	42°	43°
$45°+\frac{\omega}{4}$								
$\frac{\omega}{4}$								
$\omega^{\circ\prime}$								

6. 绘制长度比及最大角度变形的变化曲线。

7. 绘制制图区域略图

制图区域略图的绘制要求同习题 7。

习题 9　正轴等角割圆柱投影的计算

在所有圆柱投影中，正轴等角圆柱投影（墨卡托投影）是应用得最广泛的一种，特别是在海图中常被普遍的采用。目前人造地球卫星轨道运行及一些专题地图亦采用这类投影。

由于圆柱投影中经纬线投影成为两组相互正交的平行直线，纬线投影长度相等，因此高纬度的变形显著增加。为减小变形，除赤道地区外，常采用“割”圆柱。本投影的计算和展绘均比较简单。

墨卡托投影中的变形和等角圆锥投影一样，变形仅是纬度的函数，等变形线与纬线一致，离开标准纬线愈远则变形增长愈快，地图上不能表示两极，为了便于用图，常在地图上附有图解比例尺，其制作及使用方法与等角圆锥投影的方法相同。

投影公式

$$x = \frac{a}{0.434294}\lg U$$

$$y = a \cdot \lambda$$

$$m = n = \frac{a}{r}$$

$$P = m^2$$

计算步骤提示

1. 等角割圆柱的投影常数为所割纬圈半径，即 $a=r_k$。

2. 由于经线为等间隔的平行直线，为此，只需要计算一条相邻中央经线的横坐标，其余经线则为其倍数。

3. 纬线之间随纬度愈高其间隔愈大，极点不能在图上表达。

4. 本作业要求在制图区域略图上绘出该投影的面积比等变形线 0.94、0.96、1.00、1.05 及 1.10。等变形线的绘制方法，是根据以纬度为引数计算的面积比值用直线内插法得到的。

5. 图解比例尺按 1：1000 万绘制，左端绘出 100、200、300、400、500km；右端绘出 20、40、60、80、100km。

计算精度要求

1. a 精确到小数点后 7 位；

2. x、y 精确到 0.001cm；

3. m、P 精确到小数点后 4 位。

正轴等角割圆柱投影的计算

已知制图区域：南海诸岛

$$\varphi_N = 25°00', \quad \varphi_S = 0°00'$$

$$\lambda_E = 125°00', \lambda_W = 105°00'$$

制图区域中央经线：$\alpha_0 = 115°00'$

指定标准纬线：$\varphi_{\pm k} = \pm 15°00'$

投影比例尺：$1:M_0=1:100$ 万

(学生也可自己选择制图区域或结合某种制图任务来完成此次作业)。

1. 计算投影常数。

$$a = r_K$$

$$a =$$

2. 计算直角坐标 x、y。

$$x = \frac{a}{0.434294} \cdot \frac{100}{M_0} \lg U, \quad y = \frac{a \cdot 100}{M_0} \cdot \frac{\pi}{180^\circ}(\lambda_i^0 - \lambda_0^0)$$

表 1-22

公式 \ φ	0°	5°	10°	15°	20°	25°
$\frac{a}{0.434294} \cdot \frac{100}{M_0}$						
$\lg U$						
x(cm)						

表 1-23

公式 \ λ	105°	110°	115°	120°	125°
$\lambda_i - \lambda_0$	10°	5°	0°	5°	10°
$\frac{a \cdot 100}{M_0} \cdot \frac{\pi}{180^\circ}$					
y(cm)					

3. 计算长度比 m、面积比 P。

$$m = n = \frac{a}{r}, \qquad P = m^2$$

表 1-24

公式 \ φ	0°	5°	10°	15°	20°	25°
a						
r						
m						
P						

4. 图解比例尺计算。

$$D(\mathrm{cm}) = \frac{K \cdot 100000}{M_0} \cdot m \quad (1 : M_0 = 1 : 10\ 000\ 000, K \text{ 为实地距离})$$

表 1-25

φ	实地距离 / 图上距离 / 长度比 m	100(km)	200(km)	300(km)	400(km)	500(km)
		D(cm)				
25°						
20°						
15°						
10°						
5°						
0°						

表 1-26

φ	实地距离 / 图上距离 / 长度比 m	20(km)	40(km)	60(km)	80(km)	100(km)
		D(cm)				
25°						
20°						
15°						
10°						
5°						
0°						

5. 绘制长度比、面积比变化曲线。

6. 绘制图解比例尺。

7. 绘制制图区域略图及等变形线。

制图区域略图的绘制要求同习题 7。

在制图区域略图上，用红色加绘面积比等变形线，要求见本题计算步骤提示中第 4 条。

习题 10　高斯-克吕格投影宽带坐标及平面子午线收敛角的计算

我国目前大于 1∶50 万的地形图均采用高斯-克吕格投影作为地图的数学基础。我国已出版的高斯-克吕格投影计算表中，经差 Δl 小于 3°30′。而在编制一些中、小比例尺地图和地图集中，由于制图区域的经差较大(一般小于 9°)，因而需采用宽带高斯-克吕格投影，那么超过经差 3°30′地区的直角坐标，必须自己计算。目前微型计算机已较为普及，高斯-克吕格投影正、反算及换带计算程序也较多，可以借鉴使用。但为了掌握该投影的原理以及计算方法，本作业仍采用测绘出版社于 1975 年 5 月出版的《高斯-克吕格投影计算表》进行计算。

投 影 公 式

$$x = S + \frac{N}{2\rho''^2}\sin\varphi\cos\varphi l''^2 + \frac{N}{24\rho''^4}\sin\varphi\cos^3\varphi(5-\mathrm{tg}^2\varphi+9\eta^2+4\eta^4)\cdot l''^4$$
$$+\frac{N}{720\rho''^6}\sin\varphi\cos^5\varphi(61-58\,\mathrm{tg}^2\varphi+\mathrm{tg}^4\varphi)l''^6+\cdots\cdots \tag{1}$$

$$y = \frac{N}{\rho''}\cos\varphi l'' + \frac{N}{6\rho''^3}\cos^3\varphi(1-\mathrm{tg}^2\varphi+\eta^2)l''^3 + \frac{N}{120\rho''^5}\cos^5\varphi(5$$
$$-18\,\mathrm{tg}^2\varphi+\mathrm{tg}^4\varphi)l''^5+\cdots\cdots \tag{2}$$

式中：$\rho''=206264.8$，λ、φ 为投影点的经、纬度，λ_0 为投影带中央子午线的经度，经差 $l=\lambda-\lambda_0$，S 为该点的平行圈所截的中央子午线的长度(即由赤道到该点的子午线弧长)*，$\eta^2=e'^2\cos^2\varphi$。

由经、纬度(λ、φ)计算平面子午线收敛角 γ 的公式为

$$\gamma = l''\sin\varphi + \frac{l''^3}{2\rho''^2}\sin\varphi\cos^2\varphi(1+3\eta^2+2\eta^4) + \frac{l''^5}{15\rho''^4}\sin\varphi\cos^4\varphi(2-\mathrm{tg}^2\varphi)+\cdots\cdots \tag{3}$$

以上公式在计算中显得非常复杂，为了有效地进行计算(或补算某些投影点时)，可利用《高斯-克吕格投影计算表》配合计算器进行计算，并将以上公式改写为实用公式：

$$x = S + l'(a_1 + a_2 l') + \delta x \tag{4}$$

$$y = l''(b_1 + b_2 l') + \delta y \tag{5}$$

$$\gamma = l''(c_1 + c_2 l') + \delta\gamma \tag{6}$$

式中：$l'=l^2\cdot 10^{-8}$(以秒为单位)

$$a_1 = \frac{N}{2\rho''^2}\sin\varphi\cos\varphi\cdot 10^8$$

$$a_2 = \frac{N}{24\rho''^4}\sin\varphi\cos^3\varphi(5-\mathrm{tg}^2\varphi+9\eta^2+4\eta^4)\cdot 10^{16}$$

$$b_1 = \frac{N}{\rho''}\cos\varphi$$

$$b_2 = \frac{N}{6\rho''^3}\cos^3\varphi(1-\mathrm{tg}^2\varphi+\eta^2)\cdot 10^8$$

$$C_1 = \sin\varphi$$

$$C_2 = \frac{\sin\varphi\cdot\cos^2\varphi}{3\rho''^2}(1+3\eta^2+2\eta^4)\cdot 10^8$$

---

* 在《高斯-克吕格投影坐标表》中用 X 表示

$$\delta_x = \frac{N}{720\rho''^6}\sin\varphi\cos^5\varphi(61 - 58\,\mathrm{tg}^2\varphi + \mathrm{tg}^4\varphi)l''^6$$

$$\delta_y = \frac{N}{120\rho''^5}\cos^5\varphi(5 - 18\,\mathrm{tg}^2\varphi + \mathrm{tg}^4\varphi)l''^5$$

$$\delta_\gamma = \frac{l''^5}{15\rho''^4}\sin\varphi\cos^4\varphi(2 - \mathrm{tg}^2\varphi)$$

若按(4)、(5)、(6)式计算，在最不利的情况下，即纬度 $\varphi=0$、$l=3°30'$ 时，计算直角坐标 x、y 的误差不超过 0.5mm，γ 的误差不超过 0.0005″。

若编图比例尺为 1：20 万或更小时，计算中可将微量改正项 δ_x、δ_y、δ_γ 忽略不计而不致影响其精度，故(4)、(5)、(6)式可改写为：

$$x = S + l'(a_1 + a_2 l') \tag{7}$$

$$y = l''(b_1 + b_2 l') \tag{8}$$

$$\gamma = l''(c_1 + c_2 l') \tag{9}$$

在《高斯-克吕格投影计算表》中，以纬度 φ 为引数，可查得 S、a_1、a_2、b_1、b_2、c_1、c_2 各值。在计算经纬度交点时一般都是整分数，所以不用内插，直接检取。

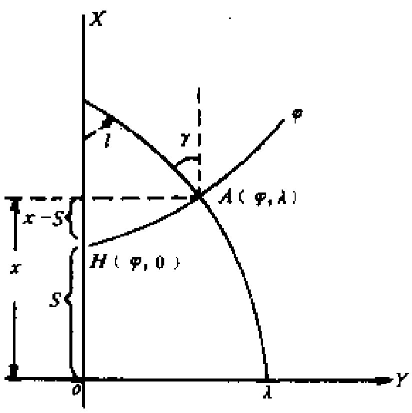


图 1-5

计算步骤提示

1. 见图 1-5，先根据已知点经纬度 λ、φ 计算经差 l'' 和 l'。

2. 以纬度 φ 为引数，查得 $S(X)$、a_1、a_2、b_1、b_2、c_1、c_2 各值，按计算表格中规定的计算次序依次填入。

3. 将 l' 值放在计算器显示窗内，依次乘以 a_2、b_2、c_2 及 (a_1+a_2l')，分别填入 14、15、16 及 20 栏（注意 a_2l' 的小数点移前 3 位，b_2l'、c_2l' 的小数点移前 7 位）。

4. 将 l'' 值放在计算器显示窗内，依次乘以 (b_1+b_2l') 及 (c_1+c_2l') 填入 21、22 栏。

5. 最后计算 x、y、γ。

计算下列点的直角坐标(x,y)及平面子午线收敛角 γ　　表 1-27

计算次序	计算项目	点 1	点 2	点 3	点 4
1	φ	30°00′	25°00′	20°00′	30°00′
2	λ	113°00′	113°00′	115°00′	114°30′
3	λ_0	111°00′	111°00′	111°00′	111°00′
4	l	2°00′			
5	l''	7200			
6	$l'=l''^2\cdot10^{-8}$	0.5184000			
9	$a_2\cdot10^{-3}$	2249			
11	$b_2\cdot10^{-7}$	52896			
13	$c_2\cdot10^{-7}$	2983			

续表

计算次序	计算项目	点 1	点 2	点 3	点 4
8	a_1	3248.518			
14	$a_2 \cdot l'$	1.166			
17	a_1+a_2l'	3249.684			
7	$S(X)$	3320172.407			
20	$l'(a_1+a_2l')$	1684.636			
23	x	3321857.043			
10	b_1	26.8021951			
15	b_2l'	0.0027421			
18	b_1+b_2l'	26.8049372			
21	y	192995.548			
12	c_1	0.5000000			
16	c_2l'	0.0001546			
19	c_1+c_2l'	0.5001546			
22	$l'(c_1+c_2l')$	3601″			
24	$\gamma^{\circ\prime\prime\prime}$	1°00′01″			

习题 11　地图投影电算程序的设计

利用电子计算器和制图用表来计算地图投影不仅速度慢，而且容易出错，随着各种类型电子计算机的广泛使用，对具有一定数学模式的地图投影的计算已不是一件复杂的事。

本习题按指定的制图区域(也可结合某一编图任务)，根据所在单位现有电子计算机(或微型计算机)的类型，利用 BASIC 语言编写源程序并输出打印结果。

投 影 公 式

同习题 7 正轴等角割圆锥投影的计算。

计算步骤提示

1. 在编制源程序时，采用通用程序为好，为此，$M=\dfrac{a(1-e^2)}{(1-e^2\sin^2\varphi)^{3/2}}$，$N=\dfrac{a}{(1-e^2\sin^2\varphi)^{1/2}}$，$e^2=\dfrac{a^2-b^2}{a^2}$。地球椭球的数据仍采用克拉索夫斯基椭球；即 $a=6378245$m，$b=6356863$m(亦可采用 IAG-75 椭球：$a=6378140$m、$b=6356755$m)。

2. 输出成果要求完整、整齐，有条件时可采用汉字化、表格化。输出成果包括：φ_S、φ_N、λ_W、λ_E、λ_0、$\Delta\varphi$、$\Delta\lambda$、1：M_0，α、K、δ、ρ、x、y 以及 m、P。

计算精度要求

计算精度要求同习题 7。

正轴等角割圆锥投影电算程序的设计

制图区域：河北省

$$\varphi_N = 43°00', \ \varphi_S = 36°00'$$

$$\lambda_E = 120°00', \lambda_W = 112°00'$$

制图区域中央经线：$\lambda_0 = 116°00'$

标准纬线：$\varphi_1 = 37°30', \varphi_2 = 41°00'$

主比例尺：1：500 万

经纬网密度：$\Delta\varphi = \Delta\lambda = 1°$

1. 正轴等角割圆锥投影的源程序。

2. 输出成果。

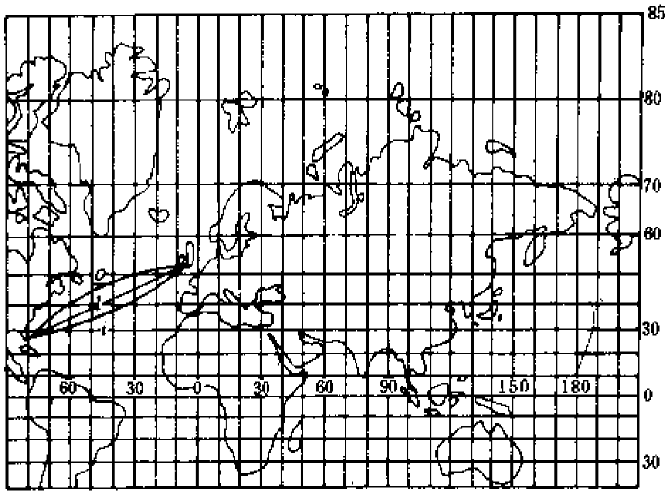
习题 12　若干小比例尺地图投影经纬网的识别

小比例尺地图由于表示的制图区域大，比例尺小，且用途不同，因而往往对地图投影有着特殊的要求。本习题选择了几幅小比例尺地图上常用的地图投影的经纬网，有助于巩固了解这些投影的特点。

作业步骤提示

1. 该投影的名称。
2. 经纬线形状：中央经线、经纬线、极点。
3. 投影特征。
4. 投影应用的范围。

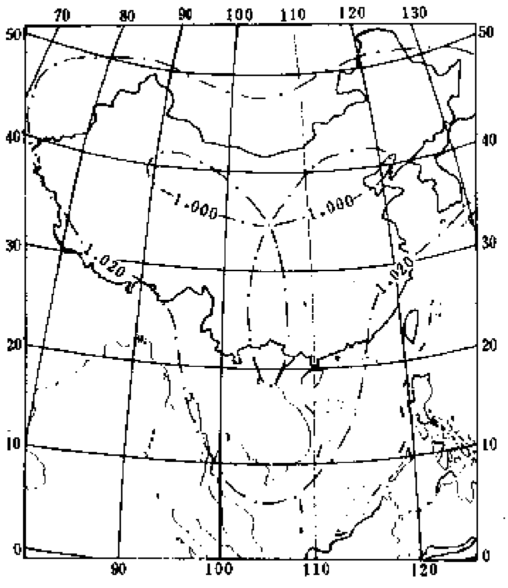
1. 按提示中的内容分析图 1-6。



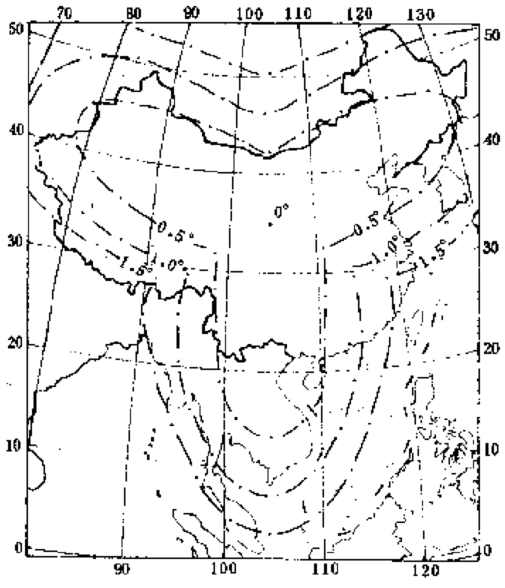
l 为等角航线，o 为大圆航线，i 为等方位线

图 1-6

2. 按提示中的内容分析图 1-7。



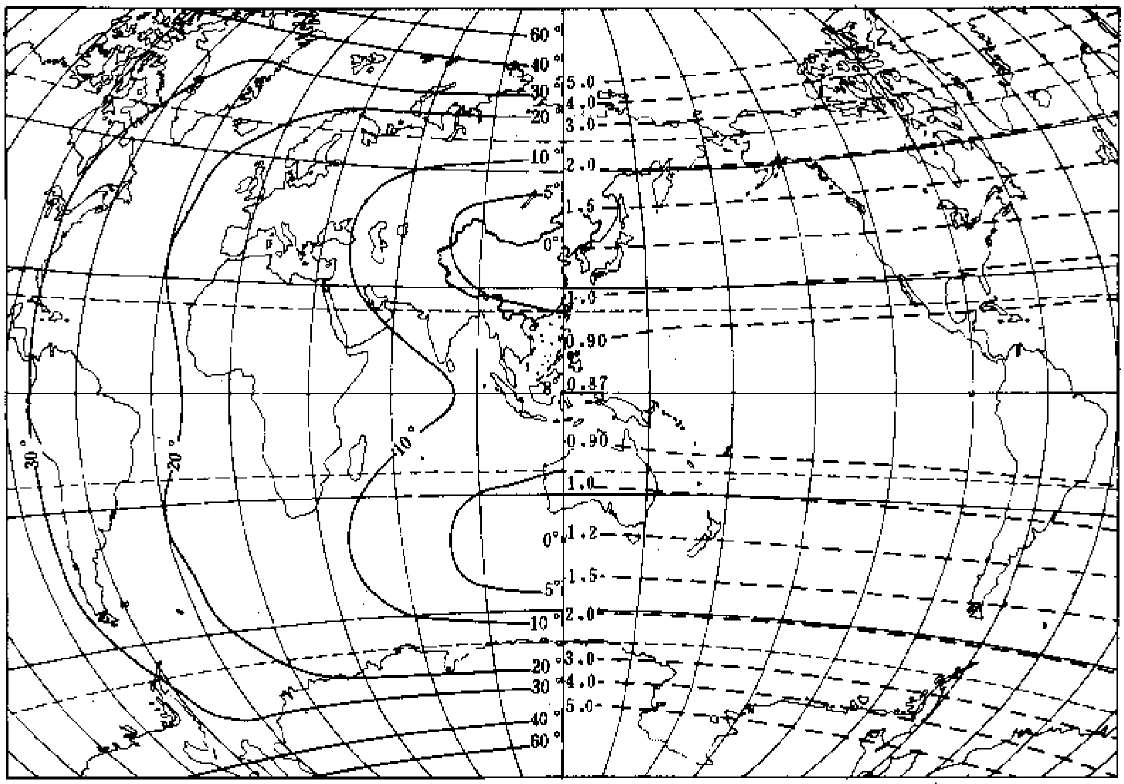
a 面积比等变形线



b 最大角度等变形线

图 1-7

3. 按提示中的内容分析图 1-8。

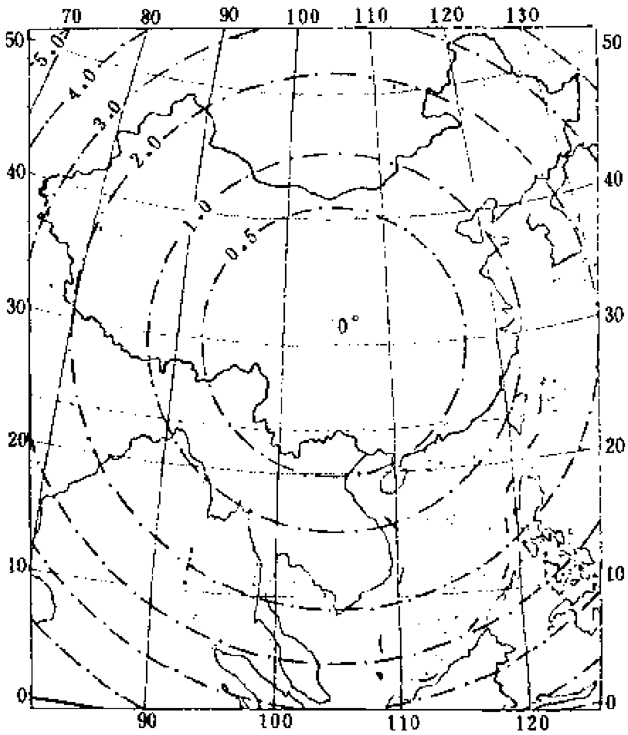


--3.0--面积比 P 等值线

—10°—最大角度变形 ω 等值线

图 1-8

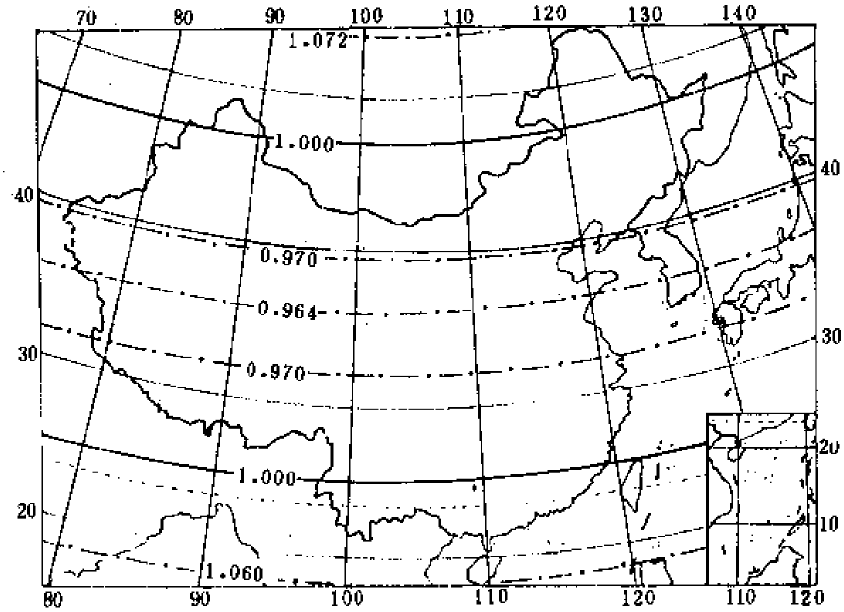
4. 按提示中的内容分析图 1-9。



图中为最大角度变形等变形线

图 1-9

5. 按提示中的内容分析图 1-10。



图中为面积比等变形线

图 1-10

习题 13　地图投影的选择

按指定的制图区域、比例尺、地图内容及用途等要求，选择（设计）一幅地图（或一本图集）的地图投影。

这个作业的目的在于学习了各种投影的原理、公式的推导、变形的大小和分布、投影的应用以及选择投影的一般原则之后，针对某个区域具体制图任务设计一个投影。通过这个作业可以综合运用学到的理论知识。在作业时，很重要的是要参考已有的制图作品（地图）、有关选择投影的参考书、地图编辑计划及有关文献等。

作业步骤提示

1. 领会所编地图的用途和内容。
2. 研究制图区域的地理位置，确定经纬度的范围。
3. 参考已有的该区域制图作品（地图）及参考书，根据地图用途及内容，按照地图投影选择的一般原则提出适合该地区 2～3 个投影方案。
4. 对这些投影方案估算变形指标，列表指出边缘及变形最大值的位置和大小。
5. 对所选择的投影方案进行分析，评价变形大小，作出结论性的建议；
6. 提交该制图区域所选择投影的名称、投影成果（标准纬线或中心点、直角坐标及变形值）、图幅配置图等。

习题 14　地图投影的判别

在学完地图投影的基础理论之后，需要广泛阅读国内外有关地图投影的书刊等，提高自己识别经纬网的能力。当取出一幅缺乏数学基础说明的地图时，仅依靠地图上经纬线的形状，运用掌握的地图投影知识，参照各种投影的样图进行分析、比较，并做一些图上简单而精确的量算工作，就能够作出关于投影类型、变形性质和变形分布的判断、大体上确定该地图采用什么投影。

作业步骤提示

判别地图投影一般只限于在小比例尺地图上进行。还必须指出，正确地判别一张地图上的投影比为一幅地图选择投影难度可能还大，有时甚至得不到正确的结果。判别投影没有固定的模式，往往要视具体情况而灵活的进行，但一般可从以下几方面进行。

1. 确定投影系统：目估属于圆锥、圆柱、方位、伪圆柱、多圆锥投影等。
2. 确定投影变形性质：通过在地图上量算长度比、面积比，确定是等角、等面积或任意性质的投影。
3. 确定投影型式：通过图上量测数据并计算，确定标准纬线、投影常数、投影面与地球相切或相割的位置、无变形点等。
4. 最后根据经纬网的形状和量算数据，做出结论该图是采用什么投影。

地图投影的判别

判别本习题中附图 2 亚洲政区图采用什么地图投影。

第二部分　几种常用的地图投影源程序及示例

学习地图投影课程，首先必须熟悉地图投影的理论知识，其中包括地球椭球的基本要素和公式、地图投影的基本理论、球面上坐标变换等。对于具体投影，例如圆锥投影、圆柱投影、高斯-克吕格投影、方位投影以及其它投影等，必须掌握这些投影的经纬线形状、投影公式、投影性质、变形大小和分布、特征及应用等。在这基础上，学习投影选择、投影判别和投影变换就容易一些，在以后工作中对地图投影就会应用自如。例如，当我们接受设计一幅地图或一本图集的数学基础时，必须了解地图设计中的规定要求（用途、比例尺、使用方式、内容、区域大小及特殊要求等），综合学到的地图投影知识进行研究和分析。因为地图投影的选择是一项创造性的工作，没有一个现成的公式、方案或规范（除大比例尺地形图系列外）可遵循。当投影选定后，接下来的工作就是对所选定的具体投影进行计算。学生在学习期间，对某些具体投影进行补算或验算某些直角坐标值、变形值等均可采用本习题集第一部分中的有关内容，利用计算器进行计算。对于较大地区和经纬线较密、工作量较大的地图数学基础的成果计算，采用微型计算机就显得更为优越。本部分仅列出几个常用投影的源程序（IBM 微机，采用 BASIC 语言）供参考。对于其它投影的源程序设计亦可在此基础上根据用途进行自编。

本部分所列举的几种源程序，为了节省篇幅及便于实际应用，仅输出直角坐标值。

程序 1　正轴等角割圆锥投影直角坐标值的计算

输入参数说明

中央经线：L_0

边缘经线：L_E（由于圆锥投影横坐标对称于中央经线，因而本成果仅计算中央经线以东的直角坐标值）。

区域最南纬线纬度：B_S

区域最北纬线纬度：B_N

标准纬线纬度：B_1，B_2

经纬线疏密度：经差 D_L，纬差 D_B

比例尺分母：M

输出参数说明

U_1，U_2

投影常数：A

积分常数：K

长度比为最小的纬线纬度：B_0

纬度：B

经度：L

直角坐标：X，Y

源程序

```
100  DEF FNASN(X)=ATN(X/SQR(1-X*X))
105  PRINT"input L0,LE:";INPUT LO,LE
110  PRINT"input BS,BN,B1,B2:";INPUT BS,BN,B1,B2
120  INPUT"M=";K1:INPUT"DB=";DB:INPUT"DL=";DL
125  LPRINT"LO="LO;"LE=";LE
126  LPRINT"BS=";BS;"BN=";BN;"B1=";B1;"B2=";B2
127  LPRINT"DB=";DB;"DL=";DL;"M=";"1/";K1
130  R=6378245!;E=.081813334#;F=.0066934216#
131  PI=3.1415926#
132  W=PI/180;B1=B1*W;B2=B2*W
134  F1=FNASN(E*SIN (B1))
136  F2=FNASN(E*SIN (B2))
150  N1=R/SQR(1-F*SIN (B1)*SIN (B1))
160  N2=R/SQR(1-F*SIN (B2)*SIN (B2))
170  R1=N1*COS (B1)
175  R2=N2*COS (B2)
180  Z1=TAN (PI /4+B1/2);Z2=TAN (PI /4+B2/2)
190  Q1=(TAN (PI /4+F1/2))^ E;Q2=(TAN (PI /4+F2/2))^ E
200  U1=Z1/Q1;U2=Z2/Q2
210  A=(LOG(R1)-LOG(R2))/(LOG(U2)-LOG(U1))
215  BO=FNASN(A)
217  DI=BO/W;AI=INT (DI);BI=(DI-AI)*60;BB=INT (BI)
218  CI=(BI-BB)*60;CI=INT (CI+.5)
220  K=100/K1*R1*U1^ A/A
230  LPRINT"U1=";U1;"U2=";U2
240  LPRINT"A=";A1;"K=";K
245  LPRINT"BO=";AI;"*";BB;"'";CI;"''"
250  LPRINT
252  I1=(BN-BS)/DB
258  J1=(LE-L0)/DL
268  DIM U(I1),X(I1,J1),Y(I1,J1),P(I1)
```

```
270  FOR   I=0 TO I1
280  B=BS+I * DB;F=FN ASN (E * SIN (W * B))
290  U(I)=TAN (PI /4+W * B/2)/(TAN (PI /4+F2))^ E
300  P(I)=K/U(I)^ A
340  FOR J=0 TO J1
350  L=J * DL * W
351  G=L * A
400  X(I,J)=P(0)-P(I) * COS(G);Y(I,J)=P(I) * SIN(G)
420  NEXT J
430  NEXT I
435  LPRINT TAB(2);"B      L:";
437  FOR J=0 TO J1; LPRINT TAB(8+J * 9);L0+J * DL;
438  NEXT J:LPRINT
440  FOR I=0 TO I1:LPRINT BS+I * DB;
442  FOR J=0 TO J1
443  LPRINT TAB(4+J * 9);USING "#.# # # ,# # #";X(I,J);
444  NEXT J
446  FOR J=0 TO J1
447  LPRINT TAB(4+J * 9);USING "# # # # ,# # #";Y(I,J);
448  NEXT J
449  LPRINT:NEXT I
450  LPRINT:END
```

例 某区域采用正轴等角割圆锥投影直角坐标值的计算。

中央经线经度：$L_0=97°$

东边缘经线经度：LE=103°

区域南北纬线纬度：$B_S=31°$，$B_N=40°$

标准纬线纬度：$B_1=33°$，$B_2=38°$

经纬线疏密度：$D_B=D_L=1°$

主比例尺分母：M=1000 000

输出成果(单位：cm)：

```
L0=97   LE=103
BS=31   BN=40   B1=33   B2=38
DB=1 DL=1M=1000000
U1=1.835065 U2=2.041865
A= .5808921 K=1311.54
B0=35 * 30'48"
```

B	L: 97	98	99	100	101	102	103
31							
	0.000	0.049	0.194	0.437	0.776	1.213	1.746
	0.000	9.570	19.140	28.707	38.272	47.832	57.388
32							
	11.104	11.152	11.296	11.536	11.871	12.303	12.830
	0.000	9.458	18.915	28.370	37.821	47.270	56.713
33							
	22.199	22.246	22.388	22.625	22.957	23.383	23.904
	0.000	9.345	18.690	28.032	37.372	46.707	56.038
34							
	33.287	33.333	33.474	33.708	34.035	34.456	34.971
	0.000	9.233	18.465	27.695	36.922	46.146	55.364
35							
	44.371	44.418	44.556	44.787	45.111	45.527	46.035
	0.000	9.121	18.240	27.358	36.473	45.584	54.690
36							
	55.456	55.502	55.639	55.867	56.187	56.598	57.100
	0.000	9.008	18.015	27.021	36.023	45.022	54.016
37							
	66.544	66.589	66.725	66.950	67.266	67.672	68.167
	0.000	8.896	17.791	26.684	35.574	44.460	53.342
38							
	77.640	77.684	77.818	78.040	78.352	78.753	79.242
	0.000	8.783	17.566	26.346	35.124	43.898	52.668
39							
	88.745	88.789	88.921	89.141	89.448	89.844	90.327
	0.000	8.671	17.340	26.008	34.674	43.335	51.993
40							
	99.865	99.908	100.038	100.255	100.559	100.949	101.426
	0.000	8.558	17.115	25.670	34.223	42.772	51.317

程序 2　正轴等面积割圆锥投影直角坐标值的计算

圆锥投影输入参数及输出参数说明见程序 1。

源程序

```
100  R=6378245!:E=.081813334#
101  F=.0066934216#:PI=3.1415926#
102  DEF FNF(B)=R*R* (1-F)*(1.0033636057#*SIN(B)-.0011240269#*
     SIN(3*B)+1.6989E-06*SIN(5*B)*2.6775E-09*SIN(7*B))
105  PRINT "input LO,LE:":INPUT LO,LE
110  PRINT "input BS,BN,B1,B2:"
115  INPUT BS,BN,B1,B2
120  INPUT "M=";K1
122  INPUT "DB";DB:INPUT"DL=";DL
125  LPRINT"L0="L0;"LE=";LE
126  LPRINT"BS=";BS;"BN=";BN;"B1=";B1;"B2=";B2
127  LPRINT"DB=";DB;"DL=";DL;"M=";"1/";K1
130  LPRINT
132  W=PI/180:B1=B1*W:B2=B2*W
150  N1=R/SQR (1-F*SIN (B1)*SIN (B1))
160  N2=R/SQR (1-F*SIN (B2)*SIN (B2))
170  R1=N1*COS (B1)
175  R2=N2*COS (B2)
180  F1=FNF(B1):F2=FNF(B2)
190  C=(R1*R2*F2-R2*R2*F1)/(R1*R1-R2*R2)
200  A=(R1*R1-R2*R2)/2/(F2-F1)
252  I1=(BN-BS)/DB
258  J1=(LE-L0)/DL
268  DIM U(I1),X(I1,J1),Y(I1,J1),P(I1)
270  FOR I=0 TO I1
280  B=BS+I*DB
290  FF=FNF(B*W)
300  P(I)=SQR(2/A*(C-FF)*10000/(K1*K1))
340  FOR J=0 TO J1
350  L=J*DL*W
351  G=L*A
```

```
400  X(I,J)=P(0)-P(I)*COS(G)
410  Y(I,J)=P(I)*SIN(G)
420  NEXT J
430  NEXT  I
435  LPRINT TAB(2);"B      L:";
437  FOR J=0 TO J1
438  LPRINT TAB(8+J*9);L0+J*DL;
439  NEXT J:LPRINT
440  FOR I=0 TO I1
441  LPRINT BS+I*DB;
442  FOR J=0 TO J1
443  LPRINT TAB(4+J*9);USING"####;###";X(I,J);
444  NEXT J
446  FOR J=0 TO J1
447  LPRINT TAB(4+J*9);USING "####;###";Y(I,J);
448  NEXT J
449  LPRINT:NEXT I
450  LPRINT END
```

例 某区域采用正轴等面积割圆锥投影直角坐标值的计算。

中央经线经度：$L_0=97°$

东边缘经线经度：$L_E=103°$

区域南北纬线纬度：$B_S=31°, B_N=40°$

标准纬线纬度：$B_1=33°, B_2=38°$

经纬线疏密度：$D_B=1°, D_l=1°$

主比例尺分母：M=1000 000

输出成果(单位:cm)：

```
L0=97   LE=103
BS=31   BN=40   B1=33   B2=38
DB=1 DL=1   M=1000000
     B     L:97     98      99      100     101     102     103
    31
           0.000   0.048   0.194   0.436   0.775   1.211   1.744
           0.000   9.570  19.138  28.705  38.269  47.829  57.384
    32
          11.072  11.120  11.264  11.503  11.838  12.269  12.795
           0.000   9.458  18.914  28.369  37.821  47.268  56.711
```

33							
	22.158	22.205	22.347	22.583	22.915	23.340	23.860
	0.000	9.345	18.690	28.032	37.372	46.707	56.038
34							
	33.253	33.300	33.440	33.674	34.001	34.421	34.935
	0.000	9.233	18.465	27.695	36.922	46.146	55.365
35							
	44.355	44.401	44.539	44.770	45.094	45.509	46.017
	0.000	9.121	18.240	27.358	36.473	45.584	54.691
36							
	55.461	55.506	55.643	55.871	56.190	56.600	57.102
	0.000	9.008	18.015	27.021	36.023	45.022	54.016
37							
	66.566	66.612	66.747	66.972	67.287	67.692	68.187
	0.000	8.896	17.790	26.683	35.574	44.460	53.342
38							
	77.669	77.714	77.847	78.069	78.381	78.781	79.270
	0.000	8.783	17.566	26.346	35.124	43.898	52.668
39							
	88.765	88.809	88.941	89.160	89.467	89.862	90.345
	0.000	8.671	17.341	26.009	34.675	43.337	51.994
40							
	99.850	99.894	100.024	100.240	100.544	100.933	101.410
	0.000	8.559	17.116	25.672	32.226	42.776	51.321

程序 3　正轴等距离割圆锥投影直角坐标值的计算

圆锥投影输入参数及输出参数说明见程序 1。

源程序

```
104 DEF FNSM(B)=6367558.496# * B-16036.48# * SIN(2 * B)+16.828 * SIN(4
    * B)-.022 * SIN(6 * B)-.00003 * SIN(8 * B)
105 PRINT "input L0,LE:";INPUT L0,LE
110 PRINT "input BS,BN,B1,B2:";INPUT BS,BN,B1,B2
```

```
120 INPUT "M=";K1:INPUT "DB=";DB:INPUT "DL=";DL
125 LPRINT"L0=";L0;"LE=";LE
126 LPRINT"BS=";BS;"BN=";BN;"B1=";B1;"B2=";B2
127 LPRINT "DB=";DB;"DL=";DL;"M=";"1/";K1
128 LPRINT
130 R=6378245!:E=.081813334#:F=.0066934216#
132 PI=3.1415926#:W=PI /180:B1=B1 * W:B2=B2 * W
150 N1=R/SQR (1-F * SIN (B1) * SIN (B1))
160 N2=R/SQR (1-F * SIN (B2) * SIN (B2))
170 R1=N1 * COS (B1)
175 R2=N2 * COS (B2)
180 SM1=FNSM(B1):SM2=FNSM(B2)
190 C=(SM2 * R1-SM1 * R2)/(R1-R2)/K1 * 100
200 A=5 * (R1/(K1/100 * C-SM1)+R2/(K1/100 * C-SM2))
252 I1=(BN-BS)/DB
258 J1=(LE-L0)/DL
268 DIM U(I1),X(I1,J1),Y(I1,J1);P(I1)
270 FOR I=0 TO I1
280 B=BS+I * DB
290 SM=FNSM(B * W)
300 P(I)=C-SM/K1 * 100
340 FOR J=0 TO J1
350 L=J * DL * W
351 G=L * A
400 X(I,J)=P(0)-P(I) * COS(G);Y(I,J)=P(I) * SIN(G)
420 NEXT J
430 NEXT I
435 LPRINT TAB(2);"B      L:";
437 FOR J=0 TO J1
438 LPRINT TAB(8+J * 9);L0+J * DL;
439 NEXT J:LPRINT
440 FOR I=0  TO I1:LPRINT BS+I * DB;
441 FOR J=0  TO J1
442 LPRIN TAB(4+J * 9);USING "####.###";X(I,J);
443 NEXT  J
444 FOR J=0 TO J1
445 LPRINT TAB(4+J * 9);USING "####.###";Y(I,J);
```

```
446  NEXT J
447  LPRINT;NEXT I
450  LPRINT;END
```

例 某区域采用正轴等距离割圆锥投影直角坐标值的计算。

中央经线经度：$L_0=97°$

东边缘经线经度：$L_E=103°$

区域南北纬线纬度：$B_S=31°$，$B_N=40°$

标准纬线纬度：$B_1=33°$，$B_2=38°$

经纬线疏密度：$D_B=1°$，$D_L=1°$

主比例尺分母：M＝1000 000

输出成果（单位：cm）

L0＝97　LE＝103

BS＝31 BN＝40 B1＝33 B2＝38

DB＝1 DL＝1 M＝1000000

B	L:97	98	99	100	101	102	103
31							
	0.000	0.048	0.194	0.436	0.776	1.212	1.745
	0.000	9.570	19.139	28.706	38.270	47.830	57.386
32							
	11.088	11.136	11.280	11.519	11.854	12.286	12.812
	0.000	9.458	18.914	28.369	37.821	47.269	56.712
33							
	22.178	22.225	22.367	22.604	22.935	23.361	23.882
	0.000	9.345	18.690	28.032	37.372	46.707	56.038
34							
	33.269	33.316	33.456	33.690	34.018	34.438	34.953
	0.000	9.233	18.465	27.695	36.922	46.146	55.364
35							
	44.363	44.409	44.547	44.778	45.102	45.518	46.026
	0.000	9.121	18.240	27.358	36.473	45.584	54.691
36							
	55.458	55.503	55.640	55.868	56.188	56.599	57.100
	0.000	9.008	18.015	27.021	36.023	45.022	54.016
37							

	66.555	66.600	66.735	66.960	67.276	67.681	68.177
	0.000	8.896	17.790	26.683	35.574	44.460	53.342
38							
	77.654	77.698	77.832	78.054	78.365	78.766	79.255
	0.000	8.783	17.566	26.346	35.124	43.898	52.668
39							
	88.755	88.798	88.930	89.150	89.457	89.852	90.335
	0.000	8.671	17.341	26.009	34.674	43.336	51.993
40							
	99.857	99.901	100.031	100.247	100.551	100.941	101.417
	0.000	8.558	17.116	25.671	32.224	42.774	51.319

程序 4　正轴等角割圆柱投影直角坐标值的计算

输入参数说明

中央经线经度：L_0

边缘经线经度：L_E

区域南北纬线纬度：B_S，B_N

标准纬线纬度：B_K

经纬线疏密度：经差 D_L，纬差 D_B

比例尺分母：M

输出参数说明

输出参数说明见程序 1。

源程序

```
100  DEF FNASN(X)=ATN(X/SQR(1-X*X))
105  INPUT "L0=? LE=? ";L0,LE
110  INPUT "BS=? BN=? BK=?";BS,BN,BK
120  INPUT "M=";K1:INPUT "DB=? DL=?";DB,DL
122  LPRINT "L0=";L0;" LE=";LE
124  LPRINT"BS=";BS;"BN=";BN;"BK=";BK
126  LPRINT"DL=";DL;"DB=";DB;"M=1:";K1
130  R=6378245!:E=.081813334#
131  F=.0066934216#:PI=3.1415926#
132  W=PI/180:BK=BK*W
```

```
160  N=R/SQR(1-F*SIN(BK)*SIN(BK))
170  RK=N*COS(BK)
180  M=.43429448#
230  LPRINT "RK=";RK
252  I1=(BN-BS)/DB
258  J1=(LE-L0)/DL
268  DIM X(I1,J1),Y(I1,J1)
270  FOR I=0 TO I1
280  B=BS+I*DB:FF=FNASN(E*SIN (W*B))
290  U=(TAN (PI /4+W*B/2))/(TAN (PI /4+FF/2))^E
340  FOR J=0 TO J1
350  L=J*DL*W
400  X(I,J)=RK*LOG(U)*100/K1:Y(I,J)=RK*L*100/K1
420  NEXT J
425  LPRINT
430  NEXT I
435  LPRINT TAB(2);"B      L:";
437  FOR J=0 TO J1
438  LPRINT TAB(8+J*9);L0+J*DL;
439  NEXT J:LPRINT
440  FOR I=0 TO I1
441  LPRINT BS+I*DB;
442  FOR J=0 TO J1
443  LPRINT TAB(4+J*9);USING "###,###";X(I,J);
444  NEXT J
454  FOR J=0 TO J1
455  LPRINT TAB(4+J*9);USING "###,###";Y(I,J);
456  NEXT J
458  LPRINT:NEXT I
460  END
```

例 某区域采用正轴等角割圆柱投影直角坐标值的计算。

中央经线经度：$L_0=105°$

东边缘经线经度：$L_E=135°$

区域南北纬线纬度：$B_S=0°, B_N=45°$

标准纬线纬度：$B_K=20°$

经纬线疏密度：$D_L=5°, D_B=5°$

主比例尺分母：$M=1000\ 000$

输出成果(单位:cm)

L0=105 LE=135

BS=0 BN=45 BK=20

DL=5 DB=5 M=1000000

RK=5995939

B	L: 105	110	115	120	125	130	135
0							
	−0.000	−0.000	−0.000	−0.000	−0.000	−0.000	−0.000
	0.000	52.324	104.649	156.973	209.298	261.622	313.947
5							
	52.041	52.041	52.041	52.041	52.041	52.041	52.041
	0.000	52.324	104.649	156.973	209.298	261.622	313.947
10							
	104.487	104.487	104.487	104.487	104.487	104.487	104.487
	0.000	52.324	104.649	156.973	209.298	261.622	313.947
15							
	157.759	157.759	157.759	157.759	157.759	157.759	157.759
	0.000	52.324	104.649	156.973	209.298	261.622	313.947
20							
	212.309	212.309	212.309	212.309	212.309	212.309	212.309
	0.000	52.324	104.649	156.973	209.298	261.622	313.947
25							
	268.645	268.645	268.645	268.645	268.645	268.645	268.645
	0.000	52.324	104.649	156.973	209.298	261.622	313.947
30							
	327.353	327.353	327.353	327.353	327.353	327.353	327.353
	0.000	52.324	104.649	156.973	209.298	261.622	313.947
35							
	389.133	389.133	389.133	389.133	389.133	389.133	389.133
	0.000	52.324	104.649	156.973	209.298	261.622	313.947
40							
	454.854	454.854	454.854	454.854	454.854	454.854	454.854
	0.000	52.324	104.649	156.973	209.298	261.622	313.947

45

525.625	525.625	525.625	525.625	525.625	525.625	525.625
0.000	52.324	104.649	156.973	209.298	261.622	313.947

程序 5 斜轴等面积切方位投影直角坐标值的计算

输入参数说明

切点经纬度：经度 B_0，纬度 L_0

经纬线疏密度：经差 D_L，纬差 D_B

假定地球半径：R(cm)

源程序

```
15 INPUT "B0=",B0:INPUT "L0=",L0
18 INPUT "DB=";DB:INPUT "DL=";DL
20 LPRINT"B0=";B0;"L0=";L0;"DB=";DB;"DL=";DL
30 W=3.14159/180:R=100:B1=SIN(B0*W):B2=COS(B0*W)
32 N1=INT((180-B0)/DB):N2=INT(180/DL):N3=INT(B0/DB)
35 DIM L(N1),X(N1+1,N2),Y(N1+1,N2),N(N1),U(N2),V(N2)
40 FOR I=N3+1 TO N1
42 B=W*(90-I*DB)
43 IF B2*COS(B)=0 THEN PRINT I,B
45 CO=-(B1*SIN(B))/(B2*COS(B))
47 L(I)=1.570796-ATN(CO/SQR(1-CO*CO)):NEXT I
48 FOR I=0 TO N2:L=W*(I*DL-LO):B=ATN(-B2*COS(L)/B1)
50 GOSUB 110
51 U(I)=P*COS(A):V(I)=P*SIN(A):NEXT I
52 FOR I=0 TO N1
53 Q=0
54 B=W*(90-I*DB)
60 FOR J=0 TO N2
62 L=W*(DL*J-L0)
65 IF(B<((90-B0)*W))AND(L>=L(I)) THEN L=L(I):Q=1
66 GOSUB 110
70 X(I,J)=P*COS(A):Y(I,J)=P*SIN(A):N(I)=J
76 IF Q=1 GOTO 78
```

```
77  NEXT J
78  NEXT I
80  FOR I=0 TO N1
82  LPRINT TAB(2);"B=";90-I*DB
84  FOR J=0 TO N(I)
85  LPRINT TAB(8+J*8);L0+J*DL;NEXT J
86  FOR J=0 TO N(I)
87  LPRINT TAB(4+J*8);USING "####,###";X(I,J);
88  NEXT J
90  FOR J=0 TO N(I)
91  LPRINT TAB(4+J*8);USING "####,###";Y(I,J);
92  NEXT J
98  NEXT I
99  END
110  CZ=B1*SIN(B)+B2*COS(B)*COS(L)
111  Z=1.570796-ATN(CZ/SQR(1-CZ*CZ))
112  T1=COS(B)*SIN(L)
113  T2=B2*SIN(B)-B1*COS(B)*COS(L)
114  IF (T2=0) AND (T1<0) THEN A=90*W:GOTO 118
115  IF (T2=0) AND (T1=0) THEN A=0:GOTO 118
116  TA=T1/T2:A=ATN(TA)
118  IF B<(B0*W) AND A<=0 AND L<>(180*W) THEN A=A+180*W
120  P=2*R*SIN(Z/2):RETURN
```

例 某区域采用斜轴等面积切方位投影直角坐标值的计算。

切点(中心点)经纬度：$B_0=45°$，$L_0=0°$

经纬线疏密度：$D_L=30°$，$D_B=30°$，

区域东西经纬度：180°←0°→180°

区域南北经纬度：0°→90°N

地球半径：R=100cm

（以上三项）在程序中设置

输出成果(单位：cm)：

B0=45 L0=0 DB=30 DL=30

B=90

0	30	60	90	120	150	180
76.537	76.537	76.537	76.537	76.537	76.537	76.537
0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

B=60

0	30	60	90	120	150	180
26.105	31.262	46.055	68.202	93.145	113.663	121.752
0.000	25.525	45.782	55.687	51.109	30.935	0.000

B=30

0	30	60	90	120	150
−26.105	−18.214	5.200	42.977	91.167	100.000
0.000	44.616	82.330	105.271	103.640	100.000

B=0

0	30	60	90	120
−76.537	−68.202	−42.976	0.000	0.000
0.000	55.687	105.271	141.421	141.421

B=−30

0	30	60
−121.752	−115.229	−100.000
0.000	56.451	100.000

第三部分 《地图投影》复习题与思考题

学习地图投影这门课程，主要需弄清楚概念。有些投影的建立过程有较多的推导方法，但应着眼于了解建立原理，推导所得的结果过程，而不一定每个推导都需要运算一番。因为前人做过的事，得出的成果可供我们使用，因而不必一切从头做起，否则就难以发展了。当然了解原理与过程也是必要的，但更重要的是运用学到的基础知识来发展这门学科，并取得新的成果。

在了解地图投影的基本原理之后，对具体投影的学习，应掌握投影后经纬线形状、投影的数学条件、公式推导过程、投影的特征、成果计算步骤、变形大小和分布、应用范围等。

本部分是按教材《地图投影》(第二版)的内容为范围编写的，目的在于使学生能够更好地检查自己的学习情况。编排上同《地图投影》的章节划分和排列顺序保持一一对应关系，分列出各章的复习题和思考题。

本部分的复习题一般在讲授范围之内，多属概念和必须掌握的内容。思考题的内容比较深一些，思考范围也广一些，有利于开拓学生对学习本课程的兴趣和思路。

本部分所提出的复习题和思考题，仅提供学生复习和提高用，并不要求所有不同专业、不同层次的学生都去逐题钻研。复习时，需根据教学大纲的内容和专业对该课程的要求，有侧重地提出复习范围。

绪 论

复 习 题

1. 地图投影对地图制作有什么意义？
2. 为什么地图投影中一定会产生变形？
3. 变形椭圆怎样显示各种不同性质的变形？
4. 哪些几何面可用来建立地图投影？
5. 地图投影建立的一般途径是怎样的？
6. 地图投影的基本矛盾是什么？

思 考 题

1. 本教材中所研究的地图投影均属静态的地图投影，随着人造地球卫星和遥感技术的发展，将产生动态的地图投影。为什么叫动态的地图投影？
2. 地图投影与其它学科的联系如何？
3. 地图投影在编制地图过程中的重要作用如何？

一、地球椭球基本要素和公式

复 习 题

1. 地球椭球各元素的定义和现行的数值是什么?

2. 北京坐标系和黄海高程系对地图制图的意义是什么?

3. 各种曲率半径(M、N)和半径(R、r)的几何定义是什么?

4. M、N 的变化有何特点(从赤道到极点)?

5. 如何在现成数表中查求子午线和纬线的弧长?

6. 在测量和制图的实践中,为什么采用一定大小的旋转椭球面来代替地球的自然表面?

7. 为什么有时需要用球来代替地球椭球进行地图投影?

8. 在纬度不同的情况下,试用数值大小比较同一点上子午圈曲率半径和卯酉圈曲率半径的同、异变化规律。

9. 目前我国在测绘工作中采用什么椭球,其长半径、短半径和扁率各是多少?

10. 某点上子午圈曲率半径和卯酉圈曲率半径是否在同一条法线上?它是否通过地球椭球中心?

11. 1954 年北京坐标系和 1980 年国家坐标系有什么区别?

思 考 题

1. 绘图说明地球自然表面、大地水准面和椭球面三者的关系。

2. 利用《地图投影》中附录 6、附录 7 和附录 8 分别求出同样经差和纬差构成的梯形面积(例如 $2°\times2°$或 $1°\times1°$),其与附录 9 相比较,是否存在着差异,为什么?

3. 为什么卯酉圈曲率半径 N 一定与地球椭球短轴相交? 试证明之。

4. 在编制地图时,在什么情况下或在多大的区域内,选择椭球、有条件球或球来代替地球?

5. 利用(1-26)式,试编地球椭球表面上的梯形面积程序。

二、地图投影的基本理论

复 习 题

1. 长度比、面积比、长度变形、面积变形以及角度变形的定义是什么?

2. 什么是等角投影、等面积投影、任意投影和其中的等距离投影?

3. 长度比是怎样变化的?

4. 主方向长度比、极值长度比、沿经纬线长度比有什么异同?

5. 变形椭圆在不同变形性质的投影中，其形状与大小有哪些可能的变化？

6. 角度变形与最大角度变形有何差别？

7. 由变形近似式得出的等角、等面积、等距离投影的各种变形有什么特点？

8. 什么是等变形线，它能显示什么现象？

9. 绘图说明方位角和方向角的区别？

10. 请指出下列长度比符号的差别：μ、m、n、a、b、μ_β。

11. 主比例尺和局部比例尺有什么差别，产生局部比例尺的原因是什么？

12. 主方向具有什么特征，主方向与极值长度比有什么关系？

13. 为什么说 $x=f_1(\varphi,\lambda)$，$y=f_2(\varphi,\lambda)$的表达式在一定区域内是单值、有限、连续的？

14. 经纬线正交的投影中，变形椭圆方位角是多少？

15. 什么叫主方向，研究变形时为什么要找出主方向？

16. 等距离投影能否 $a=1$ 同时 $b=1$？

17. 某一种投影，在某一点上量算得 $a=1.002$，$b=0.998$。试求该点上最大角变形和面积变形是多少？

18. 写出最大角度变形的几种表现公式。

19. 为什么在研究地图投影的基本公式时，均采用微分线段、微分面积来进行？

20. 如何说明等角投影的经纬线一定正交，而经纬线正交的投影不一定是等角投影。

思 考 题

1. 等角投影条件 $\frac{\partial x}{\partial \lambda}=-\frac{r}{M}\frac{\partial y}{\partial \varphi}$，$\frac{\partial y}{\partial \lambda}=+\frac{r}{M}\frac{\partial x}{\partial \varphi}$ 中，为什么前式取负号，而后式必须取正号？

2. 公式 $H=\pm\sqrt{EG-F^2}$ 中，H 为什么一定取正号？

3. 简单证明在一个地图投影中，不能同时满足等角性质和等面积性质。

4. 你能否想像出微分圆变形后为变形椭圆的实例吗？

5. 给你一把带刻划的直尺、一个量角规和分规、一本制图用表和一张地图，你能否在这张地图上绘出经纬线交点处的变形椭圆，进行的步骤如何？

6. 利用微分几何方法证明等角条件的充分与必要条件。

三、球面上的坐标系与坐标变换

复 习 题

1. 地理坐标与球面极坐标之间是如何换算的？

2. 天顶距和方位角是球面极坐标的两个变量，它们在正轴情况下与经、纬度有何关系？

3. 对球面极坐标选定新极 Q 有哪些方式？

4. 为什么要把地理坐标换算为球面极坐标？

5. 什么叫天顶距，什么叫方位角，请绘图说明之。

思 考 题

采用斜方位投影计算全球性地图投影时，在程序设计中如何考虑方位角 α 和天顶距 z。

四、平面上的坐标系与坐标变换

复 习 题

1. 建立平面极坐标系的过程和表达方式是什么？

2. 为什么有时要把坐标系平移和旋转？

思 考 题

试举一例说明在地图制图（或机助制图）中使用坐标系平移和旋转的情况。

五、地图投影的分类

复 习 题

1. 地图投影按外在特征和内在性质分类有什么联系？

2. 地图投影按经纬线形状分类与投影面有什么关系？

3. 地图投影按变形性质分类有哪些大的类别？

4. 完整的地图投影名称应如何表达？试举例说明。

5. 叙述正轴圆锥、圆柱、方位投影以及伪圆锥、伪圆柱和伪方位投影的经纬线形状如何？

思 考 题

1. 如何理解《地图投影》表 5-2 中椭圆型投影、抛物型投影和双曲型投影？

2. 什么叫准相似投影、倍积投影和混合投影？

3. 根据你学到的知识，还可依据哪些因素进行地图投影分类？

六、方位投影

复 习 题

1. 在方位投影公式推导过程中，为什么引进球面极坐标系？

2. 叙述斜轴方位投影的计算步骤，并比较其与正轴圆锥投影和正轴圆柱投影在计算直角坐标时的计算步骤有什么不同？

3. 等角方位投影有什么特性？

4. 回答在两极地区宜采用什么投影，东西半球地图宜采用什么投影，水陆半球地图又宜采用什么投影？

5. UPS 投影是一种什么投影？

6. 为什么说方位投影适合圆形制图区域？

7. 透视方位投影因视点离球心的距离不同可分为哪几种？

8. 在什么情况下，$\mu = \mu_1 = \mu_2 = m = n = a = b$？

9. 根据变形性质，试比较和分析各类方位投影的变形情况和应用。

思 考 题

1. 为什么除等角方位投影以外，其它方位投影在标准纬线上只有 $\mu_2=1$ 而 $\mu_1 \neq 1$？

2. 如何从正轴等角、等距离和等面积方位投影的纬圈投影半径来说明纬圈间隔的变化情况？

3. 球心投影和球面投影各有何特性？试证明之。这些特性在实际应用上有什么用途？

4. 若中华人民共和国地图采用斜轴方位投影作为数学基础，比较不同性质的方位投影位于我国轮廓上的各种变形值。

七、圆锥投影

复 习 题

1. 圆锥投影按投影面（圆锥）与地球相对位置及变形性质，可划分为哪些类？

2. 等角圆锥投影纬线半径 ρ 的推导过程中，出现的常数 K 有什么涵义？

3. 一条和二条标准纬线的圆锥投影在变形分布上有什么差别？

4. 绘示等角（或等面积、或等距离）圆锥投影在一条（或二条）标准纬线的情况下，沿经线的变形椭圆形状（注明 m、n、P 大于、小于或等于 1 的情况）。

5. 圆锥投影从变形分布上看最适宜于怎样的制图区域？

6. 为什么等面积圆锥投影的极点投影是一条圆弧？

7. 等距离圆锥投影中极点投影为何？

8. 斜轴圆锥投影中，如何决定圆锥的位置？

9. 斜轴圆锥投影的等变形线形状是什么？

10. 从《地图投影》(7-95)式中，如何理解 φ_1，φ_2 计算上的不同？

11. 绘图并推导正轴圆锥投影中 m、n、P 的变形公式。

12. 为什么说正轴圆锥投影变形仅与纬度有关，而与经差无关？

13. 正轴、斜轴圆锥投影最适宜应用于地球表面什么形状的制图区域？

14. 正轴圆锥投影沿经线长度比 $m=-\frac{d\rho}{Md\varphi}$ 中的负号是怎样得出的？

15. 试分析等角割圆锥投影的变化规律，它与切圆锥投影比较有何优点？

16. 绘出正轴等角割圆锥投影计算过程的框图。

17. 为什么世界上多数国家都采用圆锥投影来编制地图？

思 考 题

1. 从经线上纬线间隔的距离变化，如何估计该圆锥投影的变形性质？

2. 圆锥投影的纬线长度变化规律同变形性质有什么联系，为什么？

3. 圆锥投影与方位投影的异同点是什么？

4. 试证明（用任何方法）圆锥投影中，就北半球而言，假设一条标准纬线，变形（自标准纬线）向北增长要快于向南增长。

5. 切圆锥投影和割圆锥投影有什么关系？试证明之。

6. 等角圆锥投影中，投影常数 α,K 的几何意义是什么？

7. 确定某种性质，利用长度比为最小的纬线有什么实际意义？

8. 试证明圆锥投影的纬线投影半径 ρ 的变化规律？

9. 编制中国分省（区）地图若选用圆锥投影作为地图的数学基础，采用什么性质的投影为好，请用数学公式和数值说明之。

10. 确定投影常数 α、K 有很多方法，其条件的实质是什么，你能否提出一种确定 α、K 的条件来求得投影常数。

11. 编制中国全图（南海诸岛作插图），采用长度均方变形为最小的方案，确定该区域等角圆锥投影的两条标准纬线。

12. 解析证明方位、圆柱（等面积、等距离）投影是圆锥投影的极限情况。

13. 你怎样检查计算出的等角（或等面积、等距离）割圆锥投影直角坐标值、变形值（m、n、P）等成果的正确性？

14. 利用坐标展点仪按计算的正轴等角割圆锥投影直角坐标值进行展点、连线，得出经纬线网，你怎样检查该投影经纬线网是否合格、可靠？

15. 斜轴、横轴情况下的等角、等面积和等距离投影的新极点表象形式是什么？

16. 圆锥投影纬线投影半径 ρ 的变化规律怎样？

八、圆柱投影

复 习 题

1. 圆柱投影标准纬线（一条或二条）的决定与圆锥投影有什么不同？

2. 等角航线与大圆航线有什么差别？

3. 为什么在墨卡托投影的地图上，任意两点间的直线就是等角航线？

4. 绘示等角切(割)圆柱投影中一条经线上的变形椭圆的形状。

5. 绘示等面积切(割)圆柱投影中一条经线上的变形椭圆的形状。

6. 圆柱投影中,从一条经线上纬线间隔距离的变化如何估计这种投影的变形性质?

7. 为什么斜轴或横轴圆柱投影公式可套用正轴投影公式,并改写成 α、z 的函数?

8. 斜轴或横轴圆柱投影中,等变形线是怎样的线条系统?

9. 各种位置(正、横、斜)的圆柱投影各适宜于怎样的制图区域?

10. 能否证明墨卡托投影(正轴时)的极点是不能表达的?

11. 为什么正轴等角圆柱投影被广泛应用于海图?

12. 对于正轴等角圆柱投影,为什么纬度愈高,纬线的间隔愈大?

思 考 题

1. 举例说明,如何决定斜轴圆柱投影的新极点?

2. 对不同的海区图可采用不同的标准纬线。如果要南北相邻海区图拼接使用,可采取什么办法?

3. 把地球视为正球,等距离切圆柱和割圆柱的投影网有哪些异同?

九、高斯-克吕格投影

复 习 题

1. 叙述高斯-克吕格投影的三个条件,并根据这些条件说出推导直角坐标的过程。

2. 按高斯-克吕格投影长度比公式分析其变形特征。

3. 绘示意图比较高斯-克吕格投影和 UTM 投影几何意义的差别。

4. 写出高斯-克吕格投影和 UTM 投影的中央经线上的长度比,根据《地图投影》表 9-2 和表 9-3 绘出长度比为 1.0000、1.0005 和 1.0010 三条等变形线。

5. 高斯-克吕格投影为什么要按经差划分为 3°、6°和 9°带,分别叙述其用途。

6. 地形图系列为什么一定要采用等角性质的投影?

7. 子午线收敛角 γ 在地形图建立数学基础时和使用地形图时各有何用途?

8. 在北半球 γ 值是中央经线以东为正,以西为负,那么在南半球 γ 值又如何呢?

9. 绘出 UTM 投影和高斯-克吕格投影在一个投影带上的变形椭圆分布规律。

10. 为什么在 1∶5 万比例尺地形图建立数学基础时只需 4 个图廓点,而 1∶10 万比例尺地形图建立数学基础时却需要 6 个图廓点?

11. 高斯-克吕格投影的长度比及子午线收敛角的变化规律是什么?

思 考 题

1. 从地形图数学基础的精度出发,试比较我国地形图系列采用高斯-克吕格投影和 UTM 投影哪种为好,用数据说明之。

2. 试计算我国大陆南部纬度为16°的一幅1∶10万地形图采用高斯-克吕格投影而带来的面积误差为多少(单位:km^2)?

3. 高斯-克吕格投影族的设计思想如何,它与高斯-克吕格投影,UTM投影间的关系如何?

4. UTM投影计算直角坐标时,只需计算某6°带中的四分之一(东北部)条带,全球即可通用,为什么? 高斯-克吕格投影又如何?

十、伪圆锥投影和伪圆柱投影

复 习 题

1. 圆锥投影与伪圆锥投影,圆柱投影与伪圆柱投影在经纬线形状和极点表象上有什么区别?

2. 彭纳投影的经、纬线形状表象如何,它有什么特征,变形分布规律如何?

3. 彭纳投影适用于什么样的地区?

4. 在伪圆柱投影中,极点投影有几种形式,为什么采取这种处理?

5. 叙述桑逊投影的经纬线形状、特征及应用。

6. 为什么要研究伪圆柱投影,如何根据伪圆柱投影的定义推导一般公式?

7. 伪圆柱投影按变形性质分有哪几种类型,为什么不存在等角伪圆柱投影?

8. 摩尔威德投影是根据什么条件来求得的?

9. 古德分瓣投影的设计思想和它的优缺点是什么?

思 考 题

1. 在一些地图集中,编制世界地图时常采用分瓣改良方法,为什么?

2. 为什么伪圆锥投影没有等角性质的投影?

3. 当$P=1,n=1$的条件满足时,我们不称该投影为等面积和等距离性质的投影,为什么?

十一、伪方位投影与扁圆等面积投影

复 习 题

1. 伪方位投影和方位投影的经纬线形状有什么不同?

2. 为什么伪方位投影没有等角性质和等面积性质的投影?

3. 公式$\delta=\alpha-c(\frac{z}{z_n})^q\sin K\alpha$中,$c$、$q$、$K$、$z_n$参数各代表什么意义,在选择这些参数时如何考虑其作用,其取值范围是怎样的?

3. 改良多圆锥投影经纬线形状是怎样的？

4. 绘图说明改良多圆锥投影的变形特征，并指出最大变形点的位置及其大小。

5. 我国现行百万分一投影和联合国国际地图技术会议于 1962 年通过的等角圆锥投影的投影常数的区别及变形分布如何？

6. 取九幅中纬度百万分一地图，若沿经线拼贴，那么裂隙位于什么地方，数值为多少？

思 考 题

1. 我国百万分一地图采用的投影，其两条标准纬线近似值为 $\varphi_1 \approx \varphi_S + 35'$，$\varphi_2 \approx \varphi_N - 35'$。我国境内 φ_1，φ_2 的变化范围是多少？

2. 改良多圆锥投影为什么没有继续被采用为百万分一地图的数学基础？

十四、地图投影的特殊应用

复 习 题

1. 根据球面投影的理论，地球表面上任何圆的表象仍然保持为圆，能否把 这一原理扩大到任何多边形？

2. 如何使变比例尺地图投影适用于不同形状的旅游图？

3. 比较伪方位投影与椭圆等面积投影在设计等变形线形状中的不同特点。

4. 为什么说 SOM 投影是动态投影？

5. SOM 投影是否是等角性质的投影？

思 考 题

1. 为什么利用球面投影的正轴与横辆两个投影网的套合，可以量算地球球面点之间的距离与方位角，能否用其它方位投影解决类似的问题？

2. 变比例尺投影中，逆投影（平面到过渡球面）与正投影（过渡球面到平面）之间的过渡球面的半径大小变化对变比例尺的影响如何？

十五、地图投影变换

复 习 题

1. 什么叫投影变换？

2. 地图投影变换有哪几种方法？

3. 叙述由等角圆柱投影变换成等角圆锥投影的数学模式。

4. 叙述用反解法求解投影变换的过程。

思 考 题

1. 取一幅比例尺较小、区域范围较大的地图进行地图投影的判别。
2. 怎样理解判别一幅地图的投影比选择一幅地图的投影还困难？

第四部分　地图投影试题示例

本部分选择了地图投影课程历年来不同专业、不同层次的考试题共计 12 例，可分为三种类型。其中，A 组试题难度较大；B 组试题为一般难度；C 组考试题相对容易一些。

同学们通过课堂讲授或自学地图投影教材，经过习题的"消化"，再来看看这一部分的考试题，对进一步检查自己的学习情况是有一定帮助的。

试题 A-1

1. 填空题：

(1)不同性质的正轴圆锥投影，其极点的表现形式为：

等角投影________________；

等面积投影________________；

等距离投影________________。

(2)我国目前采用__________椭球；其长半径为__________ m；扁率为__________。

(3)高斯-克吕格投影的中央经线的长度比为__________；最大变形位于__________；最大变形值为__________。

(4)彭纳投影的极点投影为__________；经纬线形状为__________；其等变形线呈__________形状。

(5)目前百万分一地图采用__________投影；其投影常数选择时，国际地图技术会议通过用__________计算；我国新编百万分一地图投影的投影常数用__________条件计算。

2. 选择题：

(1)在等角投影地图上，某一点的长度比是________。

a. 与方向和点位有关； b. 与点的位置无关； c. 与方向无关。

(2)如图 4-1 所示，在一张 1∶3000 万正轴等角割($\varphi_K=\pm 15°$)圆柱投影的地图上，量得 $AB=AC=AD=AE$ 四条线段，问实地上哪一条线段最长？__________。

a. AB 线段； b. AC 线段； c. AD 线段； d. AE 线段。

(3)在一个球的正圆柱投影中，所有经纬线网格投影成大小相同的矩形，这个投影是__________。

a. 等面积投影； b. 等角投影； c. 某种透视圆柱任意投

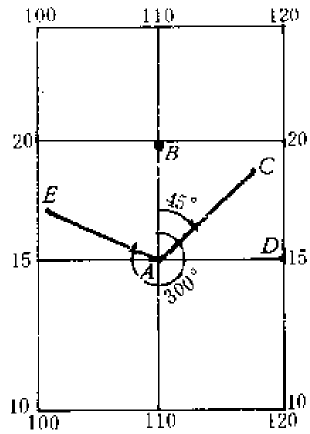


图 4-1

影；d. 等距离投影。

(4)球心投影的经线表象为__________________。

a. 双曲线； b. 直线； c. 圆弧； d. 复杂曲线。

(5)适宜编制中华人民共和国地图的伪方位投影的投影性质为____________________。

a. 等角投影； b. 等面积投影； c. 任意投影 d. 等距离投影。

3. 某 1：10 万图幅位于纬度 16°00′～16°20′，经度 113°30′～114°00′，由高斯投影图廓坐标表查得 $a_1=53.58\text{cm}$，$a_2=53.49\text{cm}$，$c=36.93\text{cm}$，并查得该图幅的理论面积 $P_{理}=1972.50\text{km}^2$，计算得该纬度高斯投影长度变形值见表 4-1。求该图幅因地图投影变形的影响与理论图幅面积改正前和改正后的差值为多少？

4. 已知投影方程 $x=R\,\mathrm{tg}\,\varphi$，$y=R\lambda$，求：

(1)投影性质；

(2)极值长度比；

(3)经纬线形状。

[提示：$E=(\frac{\partial x}{\partial \varphi})^2+(\frac{\partial y}{\partial \varphi})^2$；$F=\frac{\partial x}{\partial \varphi}\cdot\frac{\partial x}{\partial \lambda}+\frac{\partial y}{\partial \varphi}\cdot\frac{\partial y}{\partial \lambda}$；$G=(\frac{\partial x}{\partial \lambda})^2+(\frac{\partial y}{\partial \lambda})^2$；$H=\frac{\partial x}{\partial \varphi}\cdot\frac{\partial y}{\partial \lambda}-\frac{\partial y}{\partial \varphi}\cdot\frac{\partial x}{\partial \lambda}$]

表 4-1

纬　　度	长度变形
14°	+0.130%
16°	+0.127%
18°	+0.125%

试题 A-2

1. 选择题：

(1)正轴等角圆锥投影应满足条件__________________。

a. $m=n$； b. $m=\frac{1}{n}$； c. $m=1$

(2)正轴等角圆柱投影适用于__________________。

a. 两极地区； b. 中纬度地区； c. 赤道地区。

(3)纬圈半径为__________________。

a. $r=N\cos\varphi$； b. $r=N\sin\varphi$； c. $r=a$。

(4)横轴圆柱投影的等变形线是__________________。

a. 同心圆圆弧； b. 与纬线一致； c. 垂直于赤道的平行直线。

(5)伪方位投影按其经纬线形状可能有__________________。

a. 等角投影； b. 任意投影； c. 等距离投影。

2. 填空题：

(1)目前我国地形图的数学基础采用______________椭球，其长半径为______________m。

(2)多圆锥投影中，中央经线的表象为______________；圆心位于______________；极点呈______________。

(3)图 4-2 为三种不同性质的正轴圆柱投影的经纬网形状，根据经纬网形状判断投影性质：a 为______________投影；b 为______________投影；c 为______________投影。

(4)编制世界地图宜采用______________投影；编制亚洲地图宜采用______________投影。

(5)写出下列定义：

长度比是______________；

面积比是______________；

面积变形是______________。

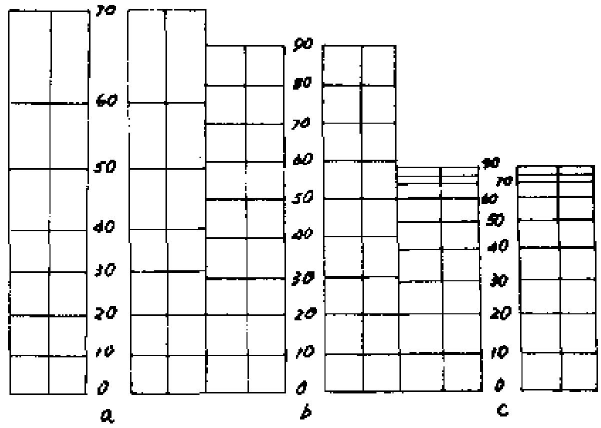


图 4-2

3. 分析下列叙述的正确性(用“是”或“否”回答)：

(1)经线在任何球心投影中的表象都是直线。 (　　)

(2)等距离斜方位投影中的 $m=1$。 (　　)

(3)等角投影中面积变形近似为长度变形的两倍。 (　　)

(4)等角投影经纬线正交，经纬线正交的投影一定具有等角性质。 (　　)

(5)等角航线是墨卡托投影图上两点间最短的线。 (　　)

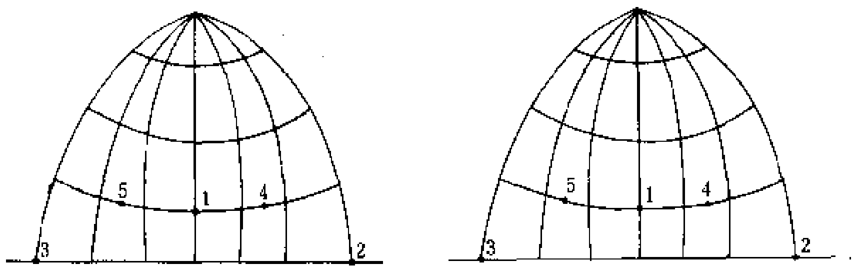
(6)伪方位投影中不存在等面积性质。 (　　)

(7)编制中华人民共和国地图宜采用正轴等面积方位投影。 (　　)

(8)正轴等面积圆锥投影中极点的投影为点。 (　　)

(9)正轴等角圆锥投影适宜于东西长、南北窄的编图地区。 (　　)

(10)在桑逊投影中，$P=1, n=1, m_c=1$。 (　　)



a 高斯-克吕格投影　　*b* UTM投影

图 4-3

4. 在图4-3中所标出的位置上，分别绘出高斯-克吕格投影和UTM投影的变形椭圆分布，并指出什么位置上的变形椭圆为最大和最小。

5. 根据制图任务，选用等角圆锥投影。若你已计算出该投影成果，那么如何判断(检查)该成果的正确性？

试题 B-1

1. 填空题：

(1)我国现用的地球椭球的长半径为________________m。

(2)斜轴圆锥投影中的等变形线是________________。

(3)横轴圆柱投影中的等变形线是________________。

(4)长度比的定义是________________。

(5)正轴等距离割圆柱投影中，经纬线投影构成________________。

(6)我国现行百万分一地形图采用的投影是________________。

(7)等角航线在________________上表现为直线。

(8)大圆航线在________________上表现为直线。

(9)经纬线投影呈直角相交，则主方向方位角为________________。

(10)在________________情况下，m、n与a、b是一致的。

2. 在右边的答案中选择一个正确的答案填入括号内：

(1)彭纳投影的纬线是(　　)。	①对称曲线。
(2)正轴伪方位投影的纬线是(　　)。	②同轴圆圆弧。
(3)桑逊投影的纬线是(　　)。	③平行等距直线。
(4)横轴球心投影的经线是(　　)。	④直线。
(5)斜轴正射投影的经线是(　　)。	⑤同心圆。
(6)高斯-克吕格投影的经线是(　　)。	⑥间隔由中间向上下缩小的同心圆圆弧。
(7)多圆锥投影的经线是(　　)。	⑦抛物线。
(8)等面积圆锥投影的纬线是(　　)。	⑧同心圆圆弧。
(9)多圆柱投影的纬线是(　　)。	⑨间隔由中间向上下扩大的同心圆圆弧。
(10)球面投影的纬线是(　　)。	⑩平行不等距直线。
	⑪同轴圆。
	⑫椭圆。
	⑬平行直线。
	⑭圆。
	⑮双曲线。

3. 回答以下有关投影应用方面的问题：

(1)我国 1∶50 万以及更大比例尺的地形图采用________________投影。

(2)两极地区适宜采用________________投影。

(3)沿经线伸展的狭长地区宜采用________________投影。

(4)中纬度沿纬线伸展的地区宜采用________________投影。

(5)航海图宜采用________________投影。

(6)低纬度地区宜采用________________投影。

(7)我国编制的世界地图多采用________________投影。

4. 推导或说明以下问题：

(1)一平面图上的方格网用逆等距圆柱投影到辅助球赤道一侧的半球上，用等面积圆锥投影到另一平面上后，格网的比例尺发生哪些变化，图形形状如何？

(2)等角方位投影中(图 4-4)，若要求投影中心与边缘 z_K 处的变形绝对值相同，则投影面应割在何处(已知：$\mu = \cos^2 \frac{z_K}{2} \sec^2 \frac{z}{2}$，$z_K$ 是所割等高圈)？

(3)已知等角圆锥投影的标准纬线 φ_1,φ_2，求出投影常数 α 和 K(已知：$n = \frac{\alpha K}{rU^{\alpha}}$)。

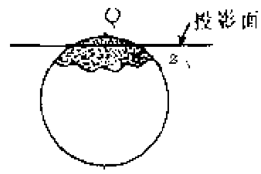


图 4-4

5. 一幅经线为直线、纬线为圆弧的投影，如何进一步确定它是等距离圆锥投影(回答要一步步简单明了)。

试题 B-2

1. 在右边的答案中，选择一个正确的答案填入括号内：

(1)长度比的定义是(　　)。	①从中间向上下间隔增大的同心圆圆弧。
(2)面积变形是(　　)。	②墨卡托投影。
(3)伪圆锥投影中(　　)长度比为 1。	③经纬线。
(4)等角方位投影中(　　)保持为圆。	④沿一经线伸展的地区。
(5)高斯-克吕格投影是(　　)。	⑤沿中纬度的圆形地区。
(6)斜轴正射投影中经纬线为(　　)。	⑥球面投影。
(7)面积比是(　)。	⑦微分线段与其投影长度之比。
(8)等角圆锥投影的纬线是(　)。	⑧与中央经线平行的直线。
(9)多圆锥投影的纬线是(　)。	⑨中央经线。
(10)等角航线在(　)上表现为直线。	⑩任意投影。
(11)横轴球心投影的经线是(　)。	⑪同心圆。
(12)在(　)上大圆航线为直线。	⑫面积比与 1 之差。
(13)横轴圆柱投影适用于(　)。	⑬平行直线。
(14)斜轴方位投影适用于(　)。	⑭矩形。

(15)斜轴圆锥投影的等变形线是( )。

(16)斜轴圆柱投影的等变形线是( )。

(17)正轴割圆柱等距离投影的经纬线网是( )。

(18)主比例尺是( )。

(19)正轴等面积圆锥投影中,极点表象为( )。

(20)在等角割方位投影中,投影中心的变形椭圆为( )。

⑮微分线段投影与原长之比。

⑯椭圆。

⑰所有圆。

⑱不等间隔的平行直线。

⑲1 与面积比之差。

⑳正方形。

㉑同轴圆圆弧。

㉒纬线。

㉓制图时地图缩小的比率。

㉔微分面积与其投影之比。

㉕等角投影。

㉖球心投影。

㉗圆弧。

㉘微分面积投影与原面积之比。

㉙无变形的微分圆。

㉚同心圆圆弧。

㉛缩小了的微分圆。

2. 分析回答以下问题:

(1)已知纬线 φ_N,φ_S 为区域边纬线,$n=\frac{aK}{rU^a}$,求边纬与中纬变形绝对值相同的等角圆锥投影常数 a 和 K 。

(2)建立高斯-克吕格投影的三个条件和它们在推导投影公式过程中的作用是什么?

(3)一幅经线为直线、纬线为圆弧的投影,如何进一步确定它是等面积圆锥投影?

(4)对一城市平面图采用变比例尺处理,逆投影采用等距圆柱投影,方格网的一边构成了辅助球的"赤道"的一部分;正投影采用等面积圆柱投影。在此情况下,原来的方格网变成了什么形状的网?

(5)如图 4-5 所示,人造卫星 S 离赤道地面高度为 H,地球半径为 R,采用什么投影方法能使波束 A 在 B 平面上的投影 A' 保持为圆形?

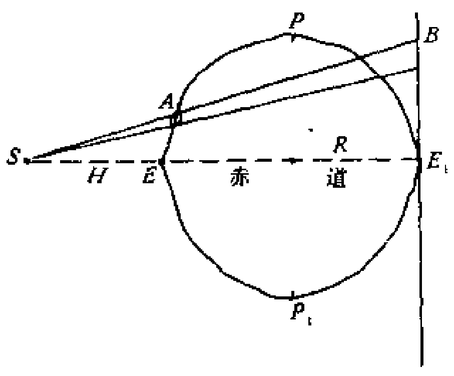


图 4-5

试题 B-3

1. 写出下列术语的简要定义:

(1)长度比是________________。

(2)面积变形是________________。

(3)最大角度变形是________________。

(4)等距离投影是________________。

(5)等变形线是________________。

2. 分析下列叙述的正确性(用“是”或“否”回答):

(1)一般情况下,等角航线是与所有经线相交成相同方位角的大圆弧线,它在圆柱投影上的表象是直线。 (　　)

(2)经线在任何球心投影中的表象都是直线。 (　　)

(3)等角投影能保持制图区域较大面积的形状与实地相似。 (　　)

(4)等面积投影的面积变形接近零。 (　　)

(5)等距离斜方位投影中的 $m=1$。 (　　)

(6)伪圆锥投影中经线等分所有纬线。 (　　)

(7)伪方位投影不存在等面积性质。 (　　)

(8)等角投影中,面积变形近似为长度变形的两倍。 (　　)

(9)正轴等距离圆柱投影中,$n=\sec\varphi$,故 $P=\sec^2\varphi$ (　　)

(10)正方位投影的等变形线与等高圈一致。 (　　)

3. 一制图区域边纬为 φ_N、φ_S,已知 $n=m=\dfrac{\alpha K}{rU^\alpha}$,在边纬与中纬变形绝对值相等的条件下,求出投影 α 和 K。

4. 在 1∶100 万等面积圆锥投影的地图上,某点的经线长度比为 0.95,自该点向东量得图上距离为 2.10cm,求基实地长度为多少(精确到公里即可)?

5. 已知一投影格网,其纬线是圆弧,经线是辐射直线。怎样进一步分析它是圆锥或方位投影,不做 m,n 的量算,根据什么特征判断它可能是等角、等距离或等面积投影?

试题 B-4

1. 在右边的答案中选择一个或两个正确的答案填入括号中。

(1)长度比是(　　)。	①纬度。
(2)长度变形是(　　)。	②相等。
(3)斜方位投影中的等变形线是与(　　)一致的。	③同心圆圆弧。
(4)面积比是(　　)。	④中央经线。
(5)等距离圆锥投影中角度变形与面积变形(　　)。	⑤微分圆。
(6)伪圆锥投影中沿(　)长度比为 1。	⑥线段与其投影长度之比。
(7)面积变形是(　　)。	⑦等高圈。

(8)横轴圆柱投影中等变形线与(　　)平行。

(9)等角方位投影中(　　)均保持为圆。

(10)斜轴圆柱投影中(　　)表象为直线。

(11)斜轴正射投影中经、纬线的表象为(　　)。

(12)球心投影中(　　)成为直线。

(13)高斯-克吕格投影是(　　)。

(14)桑逊投影是(　　)。

(15)我国百万分一地图采用(　　)。

⑧1 与面积比之差

⑨长度比与 1 之差。

⑩微分面积与其投影之比。

⑪经线。

⑫微分线段投影与原长之比。

⑬所有圆。

⑭赤道。

⑮投影后的微分面积与实地面积之比。

⑯等角投影。

⑰直线。

⑱等面积圆锥投影。

⑲等角圆锥投影。

⑳椭圆。

㉑双标准纬线等角圆锥投影。

㉒面积比与 1 之差。

㉓近似相等。

2. 分析下列投影适用的地区位置和形状：

(1)正轴圆锥投影适用于____________________。

(2)横轴圆柱投影适用于____________________。

(3)斜轴方位投影适用于____________________。

(4)斜圆柱投影适用于____________________。

(5)正轴圆柱投影适用于____________________。

3. 从给出的长度比公式中，分析高斯-克吕格投影随经纬度变化的变形规律。

$$\mu = 1 + \frac{1}{2\rho''^2}\cos^2\varphi(1+\eta^2)\lambda''^2 + \frac{\lambda''^4}{24\rho''^4}\cos^4\varphi(5 - 4\,\mathrm{tg}^2\varphi)$$

4. 图 4-6 边长为四个单位的方格网，中点为 0′，采用逆等距方位投影到球面上，求球面上弧长 OA、OB、OC 及 $\angle AOB$、$\angle BOC$。

5. 分析回答下列问题：

(1)对于纬线为同轴圆圆弧的投影，凭什么特征估计它具有等面积性质或不具有等面积性质？

(2)对于纬线为平行直线的投影，凭什么特征估计它具有等面积性质或不具有等面积性质？

6. 看到纬线是同心圆圆弧，经线是辐射直线，如何进一步分析它是圆锥或方位投影，

如何分析它是等角、等面积、还是等距离投影？

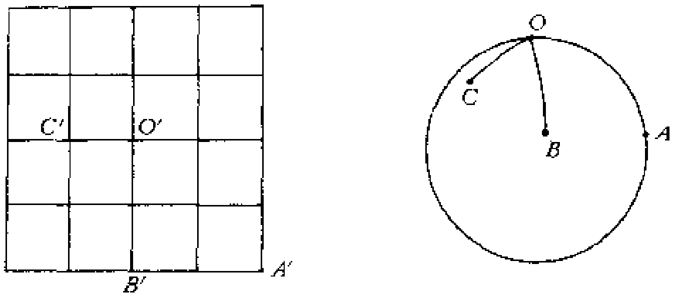


图 4-6

试题 B-5

1. 选择题：

(1)斜轴圆锥投影中的等变形线是＿＿＿＿＿＿＿＿。

a. 对称于中央经线的曲线； *b*. 同心圆圆弧； *c*. 同纬线一致的曲线； *d*. 同经线一致的曲线。

(2)正轴等距离圆锥投影的两条标准纬线之间，*m* 与 *n* 的大小是＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿。

a. $m>1, n=1$； *b*. $m<1, n>1$； *c*. $m=n, n<1$； *d*. $m=1, n=m$。

(3)斜轴方位投影中的等变形线是＿＿＿＿＿＿＿＿。

a. 同心圆； *b*. 同纬线一致的曲线； *c*. 对称于中央经线的曲线； *d*. 平行于中央经线的直线。

(4)横轴圆柱投影中的等变形线是＿＿＿＿＿＿＿＿。

a. 对称于中央经线的曲线(即与经线一致)； *b*. 同心圆圆弧； *c*. 与纬线一致； *d*. 垂直于赤道投影的平行直线。

(5)横轴方位投影中的等变形线是＿＿＿＿＿＿＿＿。

a. 同纬线一致的对称曲线； *b*. 同经线一致的对称曲线； *c*. 同心圆； *d*. 同心圆圆弧。

(6)伪方位投影按其经纬线形状可能有＿＿＿＿＿＿＿＿。

a. 等角投影； *b*. 等距离投影； *c*. 任意投影； *d*. 等面积投影。

(7)伪圆柱投影可能的＿＿＿＿＿＿＿＿。

a. 等角投影； *b*. 等面积或任意投影； *c*. 等距离投影； *d*. 保持经线长度正确的投影。

(8)墨卡托投影中纬线的间隔自赤道向两极＿＿＿＿＿＿＿＿。

a. 逐渐增大； *b*. 逐渐缩小； *c*. 保持相等； *d*. 显著增大。

2. 填充题：

(1)目前我国地形图的数学基础采用______________________椭球和______________投影。

(2)我国现行百万分一地形图采用______________________椭球和______________投影。

(3)多圆锥投影中,纬线表象为______________________,经线表象为____________________,中央经线表象为____________________,圆心位于______________上。

(4)等角航线在______________投影图上的表象是直线;______________航线在球心投影图上的表象是直线;球面上任意圆在______________投影图上的表象是圆;经线在______________投影图上是平行且不等间隔的直线。

(5)经纬线投影呈直角相交,主方向方位角为______________度。

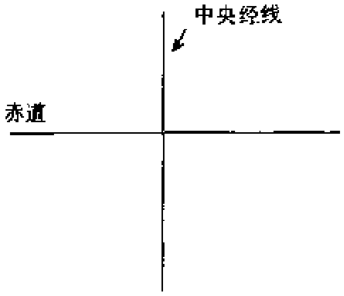


图 4-7

(6)横轴等角切圆柱投影中,变形椭圆在中央经线上的形状是____________________,在赤道上的形状是______________,并在图 4-7 上概略地绘出。

(7)在双标准纬线等面积圆锥投影中,一条经线上不同位置处的变形椭圆形状是:标准纬线之外______________;标准纬线之上______________;标准纬线之内______________(可用 m、n、P 来说清楚)。

3. 利用制图用表查取以下数据:

(1)纬度 40°处的子午线(经线)曲率半径为______________ m,纬线曲率半径为______________ m。

(2)纬度 10°到 25°的经线弧长为______________ m,纬度 30°、经差 30′的纬线弧长为______________ m。

4. 推导和说明下列的基本公式:

(1)双标准纬线等角圆锥投影,其标准纬线是 φ_1 和 φ_2。已知 $n=\frac{\alpha K}{rU^{\alpha}}$,求投影常数 α 和 K。

(2)等角圆柱投影标准纬线是 $\varphi_K=\pm 60°$,球半径为 R,求长度比 m、n 和面积比 P,并求出赤道投影的长度比值和面积比值。

(3)简要说明高斯-克吕格投影公式建立中的三个条件和它们在推导过程中的作用(不推导公式)。

5. 分析回答下列问题:

(1)有一种投影,经分析得出其纬线是同心圆圆弧,经线为交于一点的直线。如何进一步确定它是什么投影系统,以及它的投影中心或标准纬线(答案要简明、条理化)?

(2)从变形分布观点来看,下列投影各适宜于什么形状和地理位置的制图区域。

正轴圆锥投影______________。

横轴圆柱投影______________。

斜轴方位投影______________。

斜轴圆锥投影________________。

多圆锥投影________________。

斜轴圆柱投影________________。

6. 根据你的判断，在图 4-8 的格网交点上绘出变形椭圆，并标出 a,b 的位置(0 点为无变形点)。

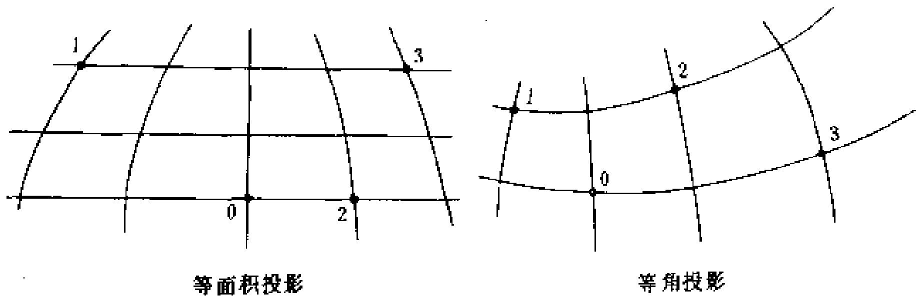


图 4-8

试题 B-6

1. 填空题：

(1)所谓地图投影是指依据________________，将________________上的点投影到________________上，建立两者之间的________________关系，即________________。

(2)椭球元素包括________________。

(3)通过椭球表面上任意一点 A 的________________，可以做出________________个法截面，其中________________被称为主法截面，并且________________曲率半径具有最大值，________________具有最小值。

(4)地图投影及其基本公式中最基本的线段为________________；面积为________________；角度为________________。

(5)在等角投影条件中，由 $F=0$ 或 $H=\sqrt{EG}$ 表明________________；由 $\frac{\sqrt{G}}{r}=\frac{\sqrt{E}}{M}$ 表明________________。

(6)一点上的长度比不但随________________而变化，也随________________而变化。极值长度比是指________________，而且我们将极值长度比方向定义为________________。

(7)已知某等角投影沿经线方向的长度变形为+0.3%，那么其沿纬线的长度比为________________，面积变形应为________________，角度变形应为________________。

(8)在高斯-克吕格投影中，中央经线上的长度比为________________，UTM 投影

中央经线上的长度比为________________；如果已知高斯-克吕格投影图上一点处的子午线收敛角为 γ_0，那么同一点处 UTM 投影图上的子午线收敛角应为________________。

(9)透视投影与非透视投影的区别在于________________。如果设 D 为视点到球心的距离，L 为视点到投影面的距离，那么在正射投影中有 $D=$________________，$L=$________________；在球面投影中有 $D=$________________，$L=$________________；在球心投影中有 $D=$________________，$L=$________________。

(10)球心投影将________________投影成直线；球面投影将________________投影成圆，这一特点亦说明了球面投影具有________________性质。

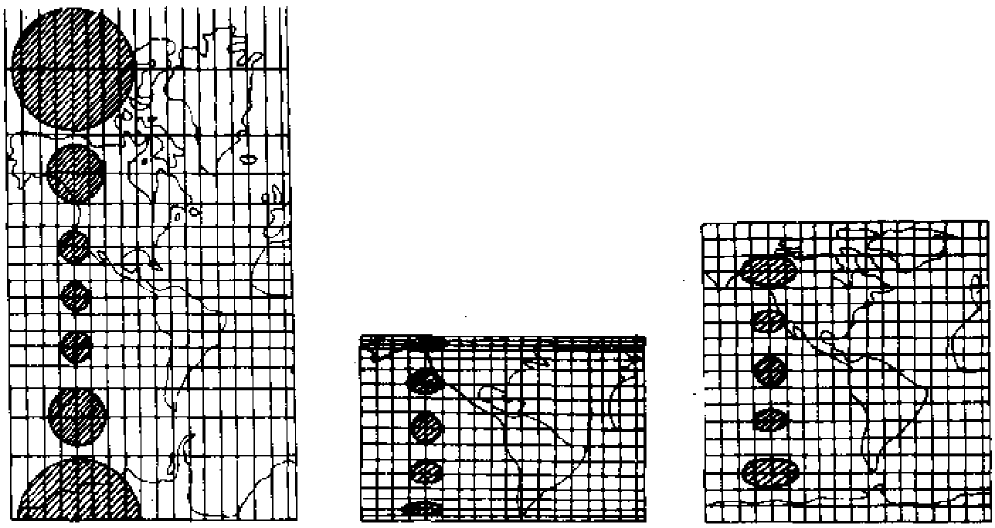
(11)彭纳投影是一种________________投影，其经线形状为________________，纬线形状为________________。其投影中心是指________________。

(12)桑逊投影和爱凯特投影均为________________投影，其中前者将极点投影成________________，后者将极点投影成________________，这样做的目的在于________________。

(13)伪方位投影的一个最突出的特点就是________________。

(14)我国百万分一地图采用的投影与国际上百万分一地图所采用的投影的不同点在于________________，________________。

(15)地图投影反解变换的一般原理是________________，如果反解困难，则采用另



a　　b　　c

图 4-9

一种方法，即____ ________________。

2. 参看图 4-9，试说明以下问题：

(1)什么是变形椭圆，它是如何反映变形变化规律的？

(2)图 a、图 b、图 c 分别是何种投影，为什么？

(3)什么是变形椭圆方位角，图中的变形椭圆长短轴为什么与经纬线重合？

(4)若给定一经纬线网，对其上任意一点，你如何去确定并给出该点上的变形椭圆(提示：$a\pm b=\sqrt{m^2\pm 2m\cdot n\sin\theta'+n^2}$，$\mathrm{tg}\ \alpha'_0=\frac{b}{a}\sqrt{\frac{a^2-m^2}{m^2-b^2}}$)？

3. 叙述高斯-克吕格投影的条件，说明为什么在高斯-克吕格投影公式 $x=f_1(\varphi,\lambda)$，$y=f_2(\varphi,\lambda)$ 中，它们都具有奇偶性，并比较判定图 4-10 中各点上的变形大小。

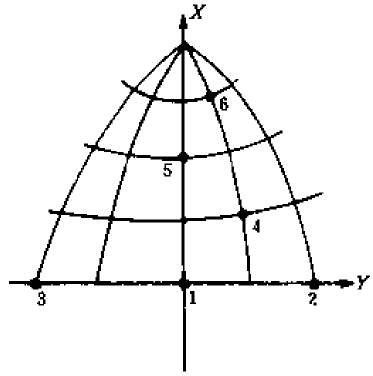


图 4-10

4. 当你编制某地区地图，并选择了正确的正轴等角割圆锥投影后，试推导出该投影的公式并计算出该投影(只写详细步骤或过程框图，不写具体公式)。

5. 根据下面给定的条件，如何进行投影判别分析：

(1)已知投影方程为 $x=f_1(\varphi,\lambda)$，$y=f_2(\varphi,\lambda)$。

(2)已知经纬线投影图形。

试题 C-1

1. 在右边的答案中选定一个正确的答案填入括号内：

A 组

(1)长度比是( )。	①地面面积与投影面积之比。
(2)面积比是( )。	②长度比与 1 之差。
(3)角度变形是( )。	③地图上的比例尺。
(4)长度变形是( )。	④微分线段投影与其原长之比。
(5)面积变形是( )。	⑤地图上某线段与其原长之比。
(6)主比例尺是( )。	⑥主比例尺与局部比例尺方向上的长度比。
(7)局部比例尺是( )。	⑦1 与面积比之差。
(8)极值长度比是( )。	⑧微分线段与其投影长度之比。
	⑨两微分线段夹角与其投影夹角之差。
	⑩地图上某一局部的比例尺。
	⑪地图上的方向角与方位角之差。
	⑫变形椭圆长短半轴上的长度比。
	⑬面积比与 1 之差。
	⑭制图时地球缩小的比例尺。
	⑮微分面积与其投影面积之比。

⑯地图上某一线段的比例尺。
⑰微分面积投影与其原大之比。

B 组

(1)等角投影是(　)。
(2)等面积投影是(　)。
(3)任意投影是(　)。
(4)等距离投影是(　)。

①投影后任何两直线夹角与实地夹角相等的投影。
②所有大圆航线长度不变的投影。
③一点上任何方向的长度比均相等的投影。
④通过一特定点的大圆无长度变形的投影。
⑤一点上任何方向的长度比均为 1 的投影。
⑥投影中任何面积与原面积大小相等的投影。
⑦有各种变形的投影。
⑧面积比为常数的投影。
⑨所有线段无长度变形的投影。

C 组

(1)等角投影中的变形椭圆是(　)。
(2)等面积投影中的变形椭圆是(　)。
(3)等距离投影中的变形椭圆是(　)。
(4)任意投影中的变形椭圆是(　)。
(5)标准纬线上的变形椭圆是(　)。
(6)高斯-克吕格投影中央经线上的变形椭圆是(　)。
(7)墨卡托投影经线上的变形椭圆是(　)。
(8)墨卡托投影纬线上的变形椭圆是(　)。

①大小形状均相同的微分圆。
②大小形状均不变的椭圆。
③形状不变的微分圆。
④$m=1$ 的椭圆或圆。
⑤大小不变、形状变化的椭圆。
⑥大小、形状均有变化的椭圆。
⑦$n=1$ 的圆或椭圆。
⑧一个主方向上长度比为 1 的椭圆。
⑨直径长度比为 1 的微分圆。

2.　填空题:

(1)经线为辐射直线,纬线为同心圆圆弧的投影是____________。
(2)经纬线为平行直线且相互正交的投影是____________。
(3)纬线为同心圆,经线为辐射直线的投影是____________。
(4)高斯-克吕格投影中,不含中央经线的地形图图幅边长____________。
(5)____________上的微分圆没有任何大小变形。
(6)____________投影中经线上的微分圆大小、形状都无变形。
(7)____________投影中所有经线没有长度变形。
(8)____________投影中所有纬线长度相同。
(9)方位投影与圆锥投影在外貌上的最大不同是____________。
(10)正轴方位投影中经线夹角等于____________。

试题 C-2

1. 查表并比较下列曲率半径及半径的大小：

表 4-2

纬度	0°	45°10′	90°
M			
N			
r			

2. 选择题：

(1)正轴圆柱投影的等变形线是______________________________。

a. 对称于中央经线的曲线； b. 平行于赤道的直线； c. 平行于中央经线的直线。

(2)正轴方位投影的等变形线是______________________________。

a. 辐射直线； b. 一般曲线； c. 同心圆。

(3)正轴圆锥投影的等变形线是______________________________。

a. 辐射直线； b. 同心圆圆弧； c. 平行直线。

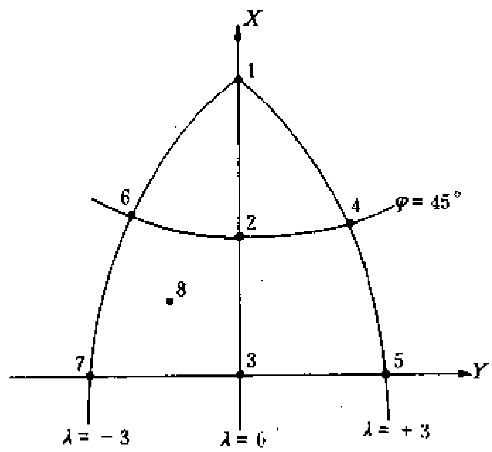


图 4-11

(4)高斯-克吕格投影的等变形线是____________________。

a. 对称于中央经线的曲线； b. 平行于赤道的直线； c. 对称于中央经线的直线。

(3)在图 4-11 高斯-克吕格投影中，绘出 1-8 点上的变形椭圆。

4. 在等角圆锥投影中，其纬线长度比公式为 $n=\frac{aK}{r\,U^{a}}$，现指定在两条标准纬线上无长度变形，即在 φ_1 上 $n_1=1$，在 φ_2 上 $n_2=1$，请推导出投影常数 α 和 K 的表达式。

5. 图 4-12 所示的经纬线网格，比例尺为 1：1000 万，由图上量得 $AB=BC=CD=\cdots\cdots=9.65$cm，回答：

(1)此网格为何种投影？

(2)此投影标准纬线的纬度是多少？

6. 叙述我国目前编制世界地图所采用的等差分纬线多圆锥投影的特点是什么？

7. 选择合适的投影填入以下空格内：

(1)航海图采用____________________投影。

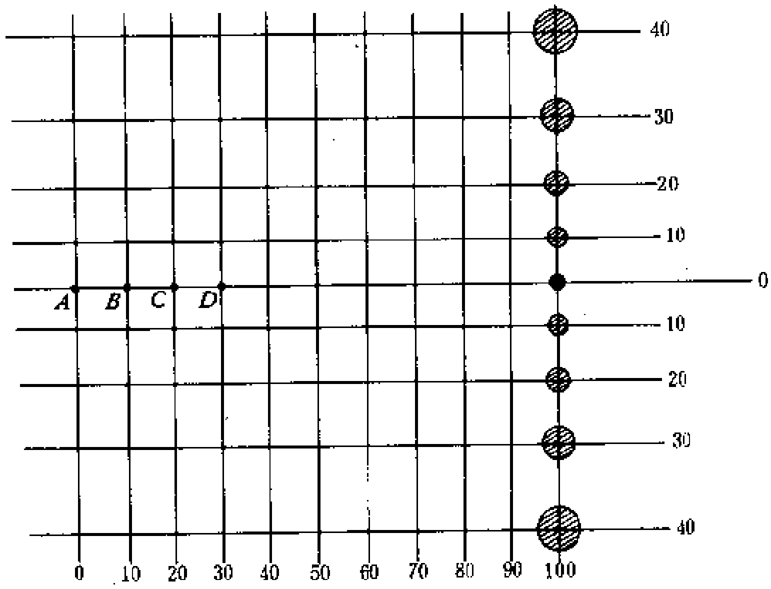


图 4-12

(2)大比例尺地图采用________________投影。

(3)南极洲地图可采用________________投影。

(4)世界政区图可采用________________投影。

(5)东、西半球地图可采用________________投影。

(6)中国(大陆部分)地图可采用________________投影。

(7)目前我国 1∶100 万地形图采用________________投影。

(8)中国全图(包括领海)可采用________________投影。

(9)亚洲政区图可采用________________投影。

(10)北冰洋地图可采用________________投影。

试题 C-3

1. 已知投影方程为

$$x = \rho\cos\delta$$
$$y = \rho\sin\delta$$

式中:$\delta=\lambda$,$\rho=R(90°-\varphi)$。求该投影的投影性质及沿经纬线的长度比、面积比。

提示:

$$E=(\frac{\partial x}{\partial\varphi})^2+(\frac{\partial y}{\partial\varphi})^2,\qquad F=\frac{\partial x}{\partial\varphi}\cdot\frac{\partial x}{\partial\lambda}+\frac{\partial y}{\partial\varphi}\cdot\frac{\partial y}{\partial\lambda}$$

$$G=(\frac{\partial x}{\partial\lambda})^2+(\frac{\partial y}{\partial\lambda})^2,\qquad H=\frac{\partial x}{\partial\varphi}\cdot\frac{\partial x}{\partial\lambda}-\frac{\partial y}{\partial\varphi}\cdot\frac{\partial x}{\partial\lambda}$$

$$\frac{\partial x}{\partial\lambda}=-\frac{r}{M}\cdot\frac{\partial y}{\partial\varphi},\qquad \frac{\partial y}{\partial\lambda}=+\frac{r}{M}\cdot\frac{\partial x}{\partial\varphi}$$

$$\frac{\partial x}{\partial \varphi}\cdot\frac{\partial y}{\partial \lambda}-\frac{\partial y}{\partial \varphi}\cdot\frac{\partial x}{\partial \lambda}=Mr$$

$$(\frac{\partial x}{\partial \varphi})^2+(\frac{\partial y}{\partial \varphi})^2=M^2,\qquad (\frac{\partial x}{\partial \lambda})^2+(\frac{\partial y}{\partial \lambda})^2=r^2$$

$$m=\frac{\sqrt{E}}{M},\qquad n=\frac{\sqrt{G}}{r},\qquad P=\frac{H}{Mr}$$

2. 选择题：

(1)正轴圆柱投影的等变形线是____________________。

a. 对称于中央经线的曲线； *b*. 平行于赤道的直线； *c*. 平行于中央经线的直线。

(2)正轴等角圆柱投影适用于____________________地区编图。

a. 两极地区； *b*. 赤道附近地区； *c*. 中纬度地区。

(3)在利用等角圆锥投影编制的地图上，面积变形____________________。

a. 等于长度变形的平方； *b*. 近似于长度变形的 2 倍； *c*. 等于长度比。

(4)在等面积性质的投影中，微分圆投影后为____________________。

a. 变形椭圆； *b*. 仍为圆形； *c*. 卵形。

(5)正轴等角圆锥投影中，投影常数 α 值通常____________________。

a. 大于 1； *b*. 小于 1； *c*. 等于 1。

3. 填空题：

(1)等角航线在____________________投影图上表现为直线。

(2)目前我国百万分一地图采用____________________投影编制地图。

(3)航海地图宜采用____________________投影。

(4)我国目前地形图系列采用____________________投影。

(5)地球椭球面上有一点，在______________________________情况下，$M<N$；在____________________情况下，$M=N$。

(6)圆锥投影的经线形状为____________________________________；纬线形状为____________________。

(7)地图投影按变形性质可分为________________________；____________________；____________________。

(8)UTM 投影的中央经线长度比为____________________；高斯-克吕格投影的中央经线长度比为____________________。

(9)在等面积投影中，若某点上的长度变形为 $+0.2\%$，则该点上的面积变形约为____________________。

(10)在利用等角圆锥投影编制的地图上，量得其经纬线夹角为____________________。

4. 绘出正轴等角割圆柱投影的变形椭圆分布规律，并说明之。

试题 C-4

已知投影方程 $x=R\,\mathrm{tg}\,\varphi$，$y=R\lambda$，求定：

(1)投影性质;

(2)沿经纬线的长度比;

(3)面积比;

(4)经纬线的形状(不绘图)。

提示:

$$d\left(\frac{U}{V}\right)=\frac{VdU-UdV}{V^2};\qquad E=\left(\frac{\partial x}{\partial\varphi}\right)^2+\left(\frac{\partial y}{\partial\varphi}\right)^2;$$

$$F=\frac{\partial x}{\partial\varphi}\cdot\frac{\partial x}{\partial\lambda}+\frac{\partial y}{\partial\varphi}\cdot\frac{\partial y}{\partial\lambda};\qquad G=\left(\frac{\partial x}{\partial\lambda}\right)^2+\left(\frac{\partial y}{\partial\lambda}\right)^2$$

$$H=\frac{\partial x}{\partial\varphi}\cdot\frac{\partial y}{\partial\lambda}-\frac{\partial y}{\partial\varphi}\cdot\frac{\partial x}{\partial\lambda};\qquad \frac{\sqrt{E}}{M}=\frac{\sqrt{G}}{r};$$

$$\frac{\partial x}{\partial\lambda}=-\frac{r}{M}\cdot\frac{\partial y}{\partial\varphi},\quad \frac{\partial y}{\partial\lambda}=+\frac{r}{M}\cdot\frac{\partial x}{\partial\varphi};\quad H=Mr;\quad E=M^2$$

2. 填空题:

(1)等角航线在________________投影图上表现为直线。

(2)在等面积投影中,若某点上的长度变形为+0.2%,则该点的面积变形约为________________。

(3)UTM 投影的中央经线长度比为________________;高斯-克吕格投影的中央经线长度比为________________。

(4)高斯-克吕格投影的最大变形位于________________;等变形线呈________________形状。

(5)彭纳投影的经线形状为________________;纬线形状为________________;极点表示为________________。

(6)圆锥投影的等变形线为________________形状;圆柱投影的等变形线为________________形状。

(7)子午圈曲率半径 M 和卯酉圈曲率半径 N 的关系,在 $90°>\varphi\geq 0°$ 时,有________________;在极点时,有________________。

(8)某制图区域处于中纬度地区,且东西长、南北窄,若编制该地区的行政区划图,则宜采用________________投影。

(9)我国目前 1∶100 万地图采用________________投影;地形图系列采用________________投影。

3. 已知某制图区域采用等角圆锥投影作为其数学基础,计算得该投影沿经纬线的长度比值见表 4-3,请计算出图 4-13 中的 *A*、*B*、*C* 三个位置沿纬线的长度变形、面积变形及最大角度变形,填入表 4-4 中,并在图 4-13 上绘出面积比为 1.0000 及 1.0400 的等变形线。

表 4-3

纬度 φ	沿经线长度比值 (m)
15°	1.0471
20°	1.0198
25°	1.0000
30°	0.9874
35°	0.9819
40°	0.9838
45°	0.9936
50°	1.0125
55°	1.0422

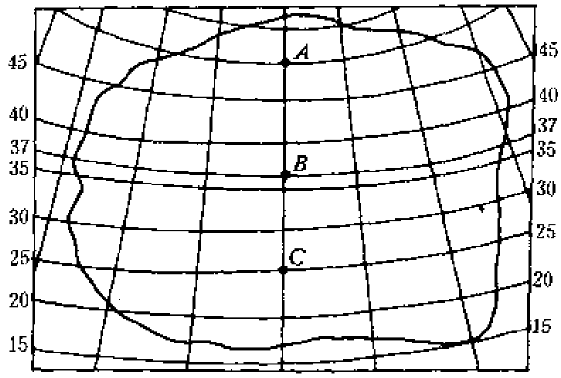


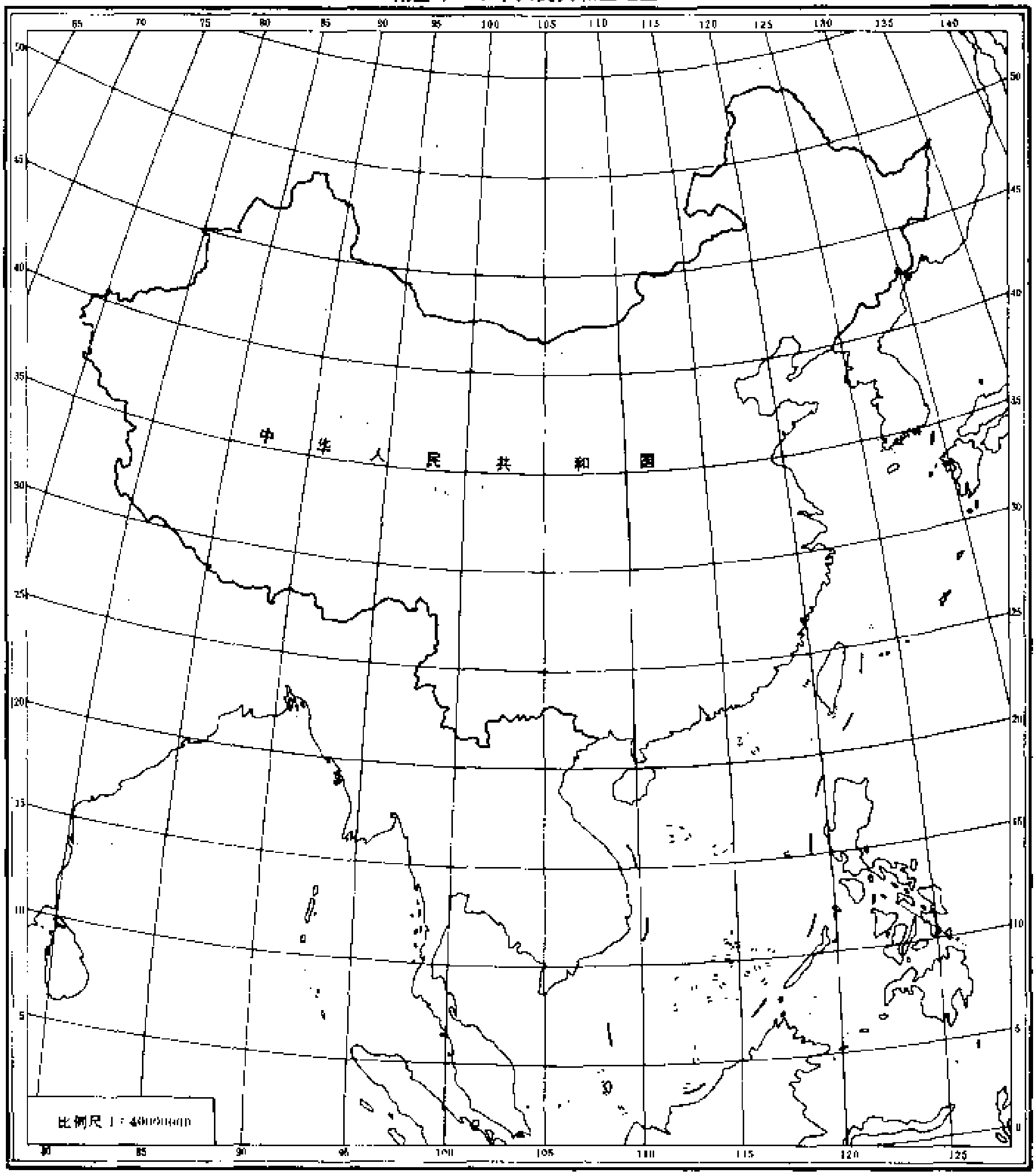
图 4-13

表 4-4

需计算的点位	最大角度变形	沿纬线的长度变形	面积变形
A			
B			
C			

4. 在等角圆锥投影中，其纬线长度比的表达式为 $n=-\dfrac{\alpha K}{rU^{\alpha}}$，现指定在两条标准纬线上无长度变形，即在 φ_1 上 $n_1=1$，在 φ_2 上 $n_2=1$，请推导出投影常数 α 和 K 的表达式。

附图 1　中华人民共和国地图



附图 2　亚洲政区