

小比例尺地图投影集

(一)

中国部分

测绘出版社

小比例尺地图投影集

(一)

中 国 部 分

武汉测绘学院地图制图系编著

测 绘 出 版 社

内 容 简 介

本书对中国全图以及中国各地区的地图提供了24种地图投影坐标成果表。为便于实际工作中参考应用,介绍了关于建立地图数学基础的一般知识、本书中各个投影的示意图、各种等变形线、长度比图解以及应用的建议。对于几种常用的投影,制作了供提高量算精度用的诺谟图。最后附有几种供使用地图或计算投影用的数表。

本书可供地图生产单位与科研单位实际作业中参考使用,也可作为测绘院校有关专业数学制图、地图编制、制图学课程和综合性大学地理系地图学课程实习的参考书。

小 比 例 尺 地 图 投 影 集

(一)

中 国 部 分

武汉测绘学院地图制图系编著

*

测绘出版社出版

北京印刷二厂印刷

新华书店北京发行所发行·各地新华书店经售

*

开本 $787 \times 1092^{1/16}$ ·印张 $14^{7/8}$ ·字数343千字

1978年8月第一版·1978年8月第一次印刷

印数1—13,000册·定价1.60元

统一书号: 15039·新45

前 言

建国以来，在毛主席和党中央的正确领导下，我国的测绘事业有了很大的发展。经过伟大的无产阶级文化大革命，我国的测绘事业更加朝气蓬勃、欣欣向荣，我国的地图生产正在向着机械化和自动化前进。

为了使地图生产实现机械化和自动化，对于标准化问题应予以重视。

在测绘生产部门，作业上的标准化要求并不是个别的，各种规范、细则、图式就是保证标准化的指导文件。在地图制作方面，从大比例尺地形图到百万分之一幅地图，无论在哪一方面都有其完整的标准化要求，例如地图数学基础（投影、分幅编号、比例尺系统）、图式符号等等，都有统一的标准或要求。随着地图比例尺的缩小，这种统一的要求就不那么明显了。在编绘技术方面，不同单位在编制同一类型的地图时，由于使用目的的不同、整饰方面的不同，在内容和形式上都可能有很大的差别。但在地图的数学基础方面（主要指地图投影），对同一地区、同一比例尺和同一类型的地图，运用相同的投影应该是完全可以的。如果能这样做，则无论在编图作业或地图使用上都将提供有利的条件。例如：编图时运用同样投影的资料，内容转绘异常方便；在使用地图时，由于对投影性质有所了解，对顾及变形或改正变形也将容易些。由此可见，在小比例尺地图制作中，对地图投影推行标准化是有一定意义的。

建立地图的数学基础是制图生产的基本阶段之一。如何加速这一过程，使之简化、完善，而不必对每一幅地图都要重新设计计算一个投影，从而避免烦琐的工作，这不仅是现阶段生产所需要的，而且对制图的机械化与自动化也有重要意义。

随着我国社会主义革命和建设的迅速发展，地图生产面临着以大量的各种各样的地图供应读者的任务。因此，为各地图生产单位提供可用的地图投影成果是必要的。这样，一方面可以减少各制图生产单位自己单独设计、计算的任务，另一方面也可以取得某些统一。例如为取得省（区）图投影性质的统一，本书中编算的省（区）投影均采用了等角圆锥投影。

本书是我们工作计划中的一部分。它是以全国范围至各省（区）地图为对象，提供了各种投影方案和坐标表。其中有些已在生产中应用，有些则是新提的，虽然经过作者反复考虑，同时在实际工作中也是可以使用的，然而还谈不上能充分体现标准化的方案。但是，我们希望它能成为标准化道路上的一块铺路石。

至于以世界或外国地图为对象的投影方案及坐标表，将做为以后各辑的内容，有待继续编算。

总之，本书的主要目的是：第一、提供国内各种小比例尺制图的需要；第二、期望在此基础上逐步提高，争取地图数学基础的标准化和规范化。

本书的编算工作曾持续进行了几年，不少同志参加过该书的计算或整理，特别是地图

出版社的党政领导和有关同志，他们的热情支持使本书得以顺利完成。在此，谨向上述同志表示深切的感谢。

在我们的教学、生产与科研工作中，经常承有关单位提出询问或希望协助解决新编地图的投影问题。这些问题启发和督促了我们从事本书的编著，我们希望它能对我国的测绘事业起一点积极作用。但是，这样一个工作尚属初创，缺乏经验，以及限于作者水平，缺点错误在所难免，敬请读者在参考使用中多提意见，以便补充修改，使之逐步完善。

编著者

一九七七年十二月

目 录

前 言

I	建立地图数学基础的一般知识	1
§ 1—1	选择地图投影的目的、意义和方法	2
§ 1—2	影响选择地图投影的因素	4
§ 1—3	建立地图数学基础的过程与方法	5
§ 1—4	关于中国全图及其各分带、分省(区)等投影的选择	7
§ 1—5	关于提高地图量算精度的诺谟图	10
§ 1—6	符号与公式	11
II	投影示意图、变形图解、投影特征及应用简介	15
	说 明	16
编号 1	中国全图	17
编号 2	中国全图	18
编号 3	中国全图	20
编号 4	中国全图(南海诸岛作插图)	21
编号 5	中国全图(南海诸岛作插图)	22
编号 6	中国全图(南海诸岛作插图)	24
编号 7	中国北部	25
编号 8	中国南部(南海诸岛作插图)	26
编号 9	黑龙江	27
编号 10	吉林、辽宁	28
编号 11	内蒙古自治区	29
编号 12	河北、山东、山西、陕西、甘肃、宁夏回族自治区、青海	30
编号 13	新疆维吾尔自治区	31
编号 14	湖北、江苏、安徽、河南	32
编号 15	四川、西藏自治区	33
编号 16	湖南、浙江、福建、江西、贵州	34
编号 17	云南	35
编号 18	广东、广西壮族自治区、台湾	36
编号 19	南海诸岛	37
编号 20	南海诸岛	38
编号 21	南海诸岛	39
编号 22	中国海域	40

编号23	高斯-克吕格投影	41
编号24	改良多圆锥投影(国际百万分之一地图投影)	42
编号25	适用于百万分之一地图的等角圆锥投影	43
III	投影直角坐标表、变形指标	45
说明		46
编号1	中国全图 斜轴等角方位投影	49
编号2	中国全图 斜轴等距离方位投影	53
编号3	中国全图 斜轴等面积方位投影	57
编号4	中国全图(南海诸岛作插图)	
(1)	等角圆锥投影($\Delta\varphi = \Delta\lambda = 2^\circ$)	61
(2)	等角圆锥投影($\Delta\varphi = \Delta\lambda = 5^\circ$)	72
编号5	中国全图(南海诸岛作插图)	
(1)	等距离圆锥投影($\Delta\varphi = \Delta\lambda = 2^\circ$)	75
(2)	等距离圆锥投影($\Delta\varphi = \Delta\lambda = 5^\circ$)	85
编号6	中国全图(南海诸岛作插图)	
(1)	等面积圆锥投影($\Delta\varphi = \Delta\lambda = 2^\circ$)	88
(2)	等面积圆锥投影($\Delta\varphi = \Delta\lambda = 5^\circ$)	98
编号7	中国北部 等角圆锥投影	101
编号8	中国南部(南海诸岛作插图) 等角圆锥投影	110
编号9	黑龙江 等角圆锥投影	117
编号10	吉林、辽宁 等角圆锥投影	120
编号11	内蒙古自治区 等角圆锥投影	123
编号12	河北、山东、山西、陕西、甘肃、宁夏回族自治区、 青海 等角圆锥投影	126
编号13	新疆维吾尔自治区 等角圆锥投影	130
编号14	湖北、江苏、安徽、河南 等角圆锥投影	137
编号15	四川、西藏自治区 等角圆锥投影	139
编号16	湖南、浙江、福建、江西、贵州 等角圆锥投影	142
编号17	云南 等角圆锥投影	144
编号18	广东、广西壮族自治区、台湾 等角圆锥投影	147
编号19	南海诸岛	
(1)	等角圆锥投影($\Delta\varphi = \Delta\lambda = 2^\circ$)	150
(2)	等角圆锥投影($\Delta\varphi = \Delta\lambda = 5^\circ$)	153
编号20	南海诸岛	
(1)	等距离圆锥投影($\Delta\varphi = \Delta\lambda = 2^\circ$)	155
(2)	等距离圆锥投影($\Delta\varphi = \Delta\lambda = 5^\circ$)	158
编号21	南海诸岛 等角圆柱投影	160
编号22	中国海域 等角圆柱投影	165
编号23	高斯-克吕格投影	167

编号24	改良多圆锥投影 (国际百万分之一地图投影)·····	179
编号25	适用于百万分之一地图的等角圆锥投影 ·····	181
IV	诺谟图 ·····	189
图4.1	等角圆锥投影量距诺谟图 ·····	190
图4.2	等角圆锥投影面积改正系数诺谟图 ·····	190
图4.3	等距离圆锥投影量距诺谟图 ·····	192
图4.4	等距离圆锥投影面积改正系数诺谟图 ·····	194
图4.5	等距离圆锥投影方位角改算诺谟图 ·····	196
图4.6	等面积圆锥投影量距诺谟图 ·····	198
图4.7	等面积圆锥投影方位角改算诺谟图 ·····	200
图4.8	等角圆柱投影量距诺谟图 ($\varphi_K = \pm 15^\circ$) ·····	202
图4.9	等角圆柱投影量距诺谟图 ($\varphi_K = \pm 30^\circ$) ·····	204
图4.10	等角圆柱投影面积改正系数诺谟图 ($\varphi_K = \pm 30^\circ$) ·····	204
V	附表 ·····	207
说 明	·····	208
附表 1	经、纬线弧长 ·····	209
附表 2	地球椭圆柱梯形面积 ·····	216
附表 3	经线曲率半径M、卯酉圈曲率半径N、平均曲率半径R、 切线长度 $N \operatorname{ctg} \varphi$ 、纬线半径 $N \cos \varphi$ ·····	219
附表 4	$\lg M$ 、 $\lg N$ 、 $\lg R$ 、 $\lg N \operatorname{ctg} \varphi$ 、 $\lg r$ ·····	224
附表 5	$\lg U$ 、 $\lg \lg U$ ·····	229

I

建立地图数学基础 的一般知识

§ 1—1 选择地图投影的目的、意义和方法

(1) 在地图学的基本教材中,对于地图的定义是大家知道的,那就是“地图是地球表面的自然与社会现象缩小的、概括的表象。它是依据一定的数学法则在平面上利用图式符号构成的。地图向人们揭露各种现象的分布、本质及相互联系。”

构成地图的特征之一是“依据一定的数学法则”,其具体内容就是把不可展开的地表面运用某种数学方法,表示到平面上。用数学语言来讲就是在地表面点与平面点之间建立一一对应的关系。用较直观的方式来讲,就是把地面(地球椭圆体面或球面)的一组曲线坐标系用数学方法表现为平面上的曲线坐标系,实践中最常用的就是建立经纬线网的平面表象。

当在平面上建立了经纬网的表象后,就可以把地表面经纬线网格内的地物一一用符号转绘到平面上相应的网格内,这就在数学上制作了地图。

可见,建立地图的数学基础是制作地图的基础工序。“没有数学基础、没有投影就不能制作地图。”当然,有了数学基础,还要以后各个工序的继续才能获得地图。

研究建立地图数学基础,也可说成是研究地图投影,就是把地球表面的经纬线网“投影”(不单纯是几何的)到平面上。这是“数学制图学”或“地图投影学”研究的任务。

(2) 大家知道,地球椭圆体或球体表面是一个所谓不可展开的曲面。当把它表示到平面上时,决不可能保持原来的形状,而必然会发生这种或那种变化。在数学制图学中,称之为“变形”。通常可以分为长度、面积和角度三种变形。其中以长度变形为最基本的因素。在每一个具体的投影中,就必然至少包含着其中之一,甚至所有三种变形。

由于各种投影中变形性质与大小是多种多样的,故实际应用中需要予以分类。根据变形性质,通常可以分为下列五类:

1. 等面积投影;
2. 面积变形不大的投影;
3. 等距离投影;
4. 角度变形不大的投影;
5. 等角投影。

上面 2、3、4 三种也可统称为任意投影。

(3) 上述 1、3、5 三种投影的定义是:凡在投影中面积大小不发生变化的投影,也就是在地图上量测的面积与实有面积之比符合主比例尺(地图上所注明的比例尺,见 § 1—3)的称做等面积投影。

凡在投影中沿一个主方向(见 § 1—3)保持长度正确的投影称做等距离投影。

凡在投影中能保持微小面积形状正确的,也就是一点上任意两微分线段所夹之角在投影后保持大小不变的,称做等角(或正形)投影。

至于 2、4 两种,从他们所处分类的地位与名称本身,已可以了解它们的特点。关于

投影按经纬线形状的分类，在本文中从略。

(4) 从投影变形的多样性可以看到，对于一定内容、用途的地图，应该选用符合地图科学使用目的的投影。这样才能正确发挥地图的作用。例如，要求便于作面积量测和面积对比的地图，显然最好采用等面积投影；常用于量取角度或距离的地图，最好采用没有角度变形和易于改正距离的等角投影。如果相反，选用了其他投影，不仅会造成用图的困难，有时甚至会导致错误。因为，数学制图学基本理论证明，等面积投影中恰恰具有较大的角度变形，而等角投影中则有较大的面积变形。

由于地图通常并不服务于单一的使用目的，所以不可能单纯考虑一种变形的要求。这就有必要选取等面积和等角以外的任意投影。而且，大家知道，等距离投影虽然既有面积变形也有角度变形，但其变形大小是介于等面积和等角两者之间，都不是最大的，较适合于某些要求变形较均匀的地图。又如当容许有一些面积变形而角度变形可以稍大，则宜设计第2类投影；反之，则宜设计第4类投影。

(5) 根据制作地图的具体任务选择地图投影，一般没有现成的方案、标准或规范可以遵循。通常是依据下列几个因素来进行的：

制图区域的大小；

区域的形状和位置；

出版方式；

地图用途及其使用方法；

地图内容。

此外，共同的要求则是经纬线形状不复杂，计算和绘制比较容易，在制图区域中变形微小而分布均匀，以及满足投影上的等变形线形状与制图区域的轮廓形状基本上一致的要求。

在实践中则须视实际制图任务而定，例如，对小比例尺广大地区的地图而言，应就各个因素来分析研究。对不大的范围而言，则是不必如此的。如本书所列的制图区域，最大范围以中国全图为对象，以下再划分各个部分。象这种情况，主要考虑的就不是选用什么系统（圆锥、圆柱、方位、伪圆锥……等等），而是在运用少量的投影系统下，适当地选取标准纬线或投影中心，使投影变形分布均匀，以及同类地区用类似的投影。例如各个省（区）的地图就应该这样，而不宜作多余的烦琐的考虑。

为了说明这一点，试以我国各省（区）中最大的新疆维吾尔自治区为例，采用不同条件的四种圆锥投影来计算所取长度比值如下：

投 影	等 角 圆 锥 投 影		等距离圆锥投影	等面积圆锥投影
条 件	$N_s = N_N$	双标准纬线 $\varphi_1 = 37^\circ 30'$ $\varphi_2 = 46^\circ 30'$	双标准纬线 $\varphi_1 = 37^\circ 30'$ $\varphi_2 = 46^\circ 30'$	双标准纬线 $\varphi_1 = 37^\circ 30'$ $\varphi_2 = 46^\circ 30'$
	$N_N \cdot N_0 = 1$			
	$\varphi_N = 48^\circ 30'$			
	$\varphi_s = 35^\circ 30'$			
49°	1.0043	1.0046	1.0048	1.0049
48°	1.0022	1.0026	1.0026	1.0026
46°	0.9991	0.9993	0.9993	0.9993
44°	0.9973	0.9975	0.9975	0.9975
42°	0.9968	0.9969	0.9969	0.9969
40°	0.9975	0.9976	0.9976	0.9976
38°	0.9993	0.9994	0.9994	0.9994
36°	1.0023	1.0023	1.0023	1.0022
35°	1.0042	1.0042	1.0041	1.0040

由上表可见，不同性质的圆锥投影长度变形差别是不大的。对其他较小的省（区）而言，必然更为微小。

§ 1—2 影响选择地图投影的因素

（1）制图区域的大小 区域愈大，则选择投影愈复杂。例如全世界、洲、大洋、洲的一大部分。区域较小，例如我国一个省（区），则采用不同性质投影其投影变形都是很小的。一般的分级是：凡区域在常用的投影中其长度变形约为 $\pm 0.5\%$ ，称做“不大的”区域，在投影中局部地方长度变形达 $\pm 2—3\%$ ，称做“中等的”区域，若变形不能避免大于 $\pm 3\%$ ，则属于“大”区域。本书所列投影区域，均在中等或不大的范围之内。对于中等或不大的区域，一般主要考虑它的几何因素，即地理位置和形状。而内容与用途对变形的要求可以考虑得少些。

（2）制图区域的形状和位置 依据§1-1所述原则，要求等变形线与制图区域轮廓一致可知：

方位投影最适宜于表示具有圆形轮廓的地区，正轴圆锥投影和圆柱投影最适宜于沿纬线伸展的地区，特别是圆锥投影适宜于中纬度地区（例如我国大陆地区），圆柱投影适宜于低纬度及赤道地区。对于沿经线伸展的地区，宜采用横轴圆柱投影和多圆锥投影等等。但是，这也主要是对广大地区而言的。

（3）出版方式 如果一幅地图是单独出版的，那么在选择投影上有较大的“自由”，如果它是在地图集（例如分省地图集）中或一组地图中的一幅，就应考虑它与其他图的从属关系，即取得协调或者用同一系统等。

（4）地图用途与使用方法 地图的特殊用途可能对地图投影有特殊的要求，例如航海地图常要求等角投影且等角航线表现为直线，所以多采用墨卡托投影。至于普通地图，

一般并不要求特殊的投影,但可提出对图上量算或估算的精度要求,作为选择投影之参考。例如对高精度量测,希望长度与面积变形在 $\pm 0.5\%$ 和角度变形在 0.5° 以内,中等精度则希望长度与面积变形在 $\pm 1-2\%$ 和角度变形在 $1-2^\circ$ 以内;近似量测则分别为 $\pm 3-4\%$ 和 $3-5^\circ$ 以内。

如果几种投影都能适合变形限度的要求,那么就可以从中选取最简单方便而且有利于编图作业的一种。

(5) 地图内容对投影的要求 这是很明显的,例如经济地图通常要求面积正确,自然地图中的某些气候图(如风、洋流图等)要求等角性质。但是,等面积(或等角)投影中往往另一方面有较大的角度(或面积)变形,所以有时也要采用2、3、4类投影。例如行政区划图用1—2类,交通与通讯图用2—3类等等。同时,应该指出,这种依据内容选取投影性质,主要也是在相当大地区的制图中才需多加考虑。

§ 1—3 建立地图数学基础的过程与方法

(1) 数学制图学中的基本公式与定义。地图投影的一般公式为

$$x = f_1(\varphi, \lambda), \quad y = f_2(\varphi, \lambda),$$

式中 x 、 y 是投影直角坐标, φ 、 λ 是点的纬度和经度。 f_1 、 f_2 在一定范围内是单值、有限而连续的函数。对不同投影 f_1 、 f_2 有不同的具体形式(参看§1—6符号与公式)。

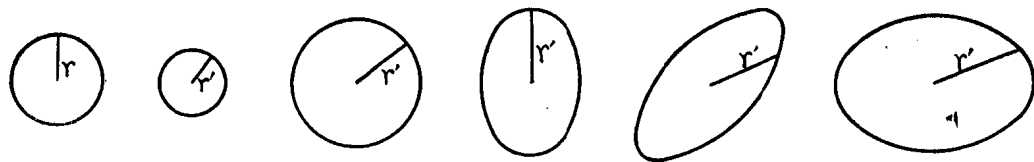
要研究投影变形,须要了解下列术语及其定义。

长度比 μ ——地面上微分线段投影后的长度 ds' 与它固有的长度 ds 的比,以公式表示即

$$\mu = \frac{ds'}{ds}。$$

长度比通常是不固定的。即同一点上不同方向的长度比大小一般是各不相同的,不同点上也不是一样的。举例来说明如下:

地面上不同地区有同样大小的一些小圆,它们在地图投影中,通常不可能保持原来的形状或大小,而是投影成不同大小的圆或各种形状的椭圆(图1.1)。



实地上的一个小圆 小圆在不同投影中的表象

图(1.1)

由图1.1可以看出,地面上一个小圆的半径 r 在投影中成为大小不同的 r' (特别在椭圆中心点上各方向的 r' 均在变动)。根据长度比定义可知:

$$\mu = \frac{r'}{r}$$

是不固定的。

当地面上的一些小圆投影成椭圆时，可以看出，在椭圆中必有一个 r' 最大，而另一个 r' 最小，它们就是椭圆的长短半径，是互相垂直的。在这两个方向上的长度比有极值（最大和最小），称为极值长度比，用 a 、 b 表示。这两个方向命名为主方向。

沿经、纬线的长度比则用 m 、 n 表示。这两种长度比是容易直观地觉察的。例如，同一条纬线在同样的经差时应具有同样的弧段，在地图上若表现为不同长度，就是因长度比不同所引起的。在使用地图时，经纬线长度比 m 、 n 是较容易量算的，只要沿经线或纬线量取一单位长度（例如 1° ），就是投影长度，再与制图用表中检取的该经线或纬线长度（经主比例尺缩小以后）相比，即得 m 、 n 。其他方向的长度比则可利用已知的 m 、 n 计算而得。

面积比 P ——地面上微分面积投影后的大小 dF' 与它固有的面积大小 dF 的比，以公式表示即

$$P = \frac{dF'}{dF}。$$

例如，在某一幅地图上量取纬度 50° 到 51° ，经差 1° 的面积 8050 平方毫米，地图比例尺为 $1:1000\ 000$ 。按该面积实地大小可由制图用表检取，为 7892.49 平方公里。将此值缩小到百万分之一以后，则为 7892 平方毫米，由此可得面积比

$$P = \frac{8050}{7892} = 1.020。$$

这就是说，该面积投影后被放大了一些（达 2%）。

长度变形——长度比与 1 之差值，即 $\mu-1$ 。实际中常用百分数表示，例如 $\pm 1\%$ ，即表示某一线段比实际长度放大或缩小了百分之一。

面积变形——面积比与 1 之差值，即 $P-1$ 。实际中常用百分数表示，例如 $\pm 2\%$ ，即表示某一面积比实际面积放大或缩小了百分之二。

角度变形——某一角度 β 与投影后的角值 β' 之差值，即 $\beta-\beta'$ 。

一点上必有两个方向，其组成的角度与投影角度有最大的差值，则此差值称为最大角度变形 ω 。

主比例尺——在计算地图投影时，通常将地球椭圆体（或球体）按一定比率缩小，也就是在每一幅地图上注明的那个比例尺叫做主比例尺（或称普通比例尺）。

由于投影中一定有着某种变形，因此在理论上地图上只有某些线或点上保持着这个比例尺，而其余地区的比例尺都与主比例尺有所不同（大于或小于主比例尺）。例如，一幅用标准纬线 $\varphi_1 = 25^\circ$ ， $\varphi_2 = 47^\circ$ 的等角圆锥投影编制的四百万分之一中国全图，在纬度 25° 与 47° 及其附近的地区，保持着四百万分之一的比例尺，在 25° 与 47° 之间的地区，比例尺就小于四百万分之一，而在 25° 、 47° 以外的地区，其比例尺就大于四百万分之一。

但是，在实践中，在一定范围的小地区的投影中可以近似地把图幅上的比例尺视为一致而不变的（例如在大中比例尺的地形图中）。

局部比例尺——地图上除保持主比例尺的线或点以外，其他地区的比例尺均是局部比例尺。这种比例尺到处随线段位置和方位而发生变化。

例如，我们在使用一本中型普通分省地图集时，在该图集中的第 36—37 页，山东省图

幅中,沿 36° 纬线量取经差 1° 的长度,得29.35毫米,而实地长度为90166米,由此可求得比例尺为1:307万,这就是局部比例尺。按此图的主比例尺为1:300万,可见在这一部分地区,局部比例尺较主比例尺要小一些。

在广大地区的小比例尺地图上,例如世界图上,比例尺的剧烈变化甚至目视觉察非常明显。在这种情况下,就要施加改正才能取得较正确的量算数据。

(2) 依据具体的制图任务,可考虑若干投影方案,并对于这些方案,作出变形分布的估算。在经过分析研究,确定采用某一投影为该图的数学基础之后,就进行具体的计算。计算是依数学制图学中的投影公式(本书所用投影公式见§1—6)进行的。计算时应该注意的是保证达到所要求的图解精度。大家知道,现代高精度展绘坐标的仪器(坐标展点仪)能保证达到0.1毫米的精度,所以计算直角坐标 x 、 y 应达到0.01毫米。这样,中间各个计算过程(例如正轴圆锥投影中的纬圈投影半径或斜轴方位投影中的向径 ρ)也应该达到0.01毫米等等。在运用函数表或对数表时也应注意与要求精度相适应的位数。

除此以外,还需计算投影的变形指标。例如本书第Ⅲ部分中每一个投影直角坐标之后均附有变形数值,即长度比、面积比和最大角度变形。在计算这些数值时,要考虑到过高的精度是不必要的,如长度比、面积比通常仅要小数后3—4位,有时甚至2位即可,最大角度变形仅需到度、分即可。

整个计算工作应运用表格有规律地循序前进,计算要有独立的校核,以保证成果的正确性。

(3) 地图投影在很多情况下是对称于一条中央经线的,因此投影的计算通常只需算出图面中央经线以东的部分(特殊情况下仅计算图面的四分之一,例如该投影同时又对称于赤道)。因此在展绘经纬网时应该注意全图经纬线交点坐标的获得(参看Ⅲ说明)。

(4) 展绘经纬网最迅速而精确的是应用坐标展点仪。在依据直角坐标展绘经纬网交点时,宜将对称于轴经线的点子同时展绘,这样可以节省一个坐标值之重新安置。

§ 1—4 关于中国全图及其各分带、分省(区)等投影的选择

(1) 关于中国全图的投影。在本书中编算了三种斜轴方位投影,即等角、等面积与等距离方位投影。投影中心取在 $\varphi_0 = +30^\circ$, $\lambda_0 = +105^\circ$ 。投影网格以 $+105^\circ$ 直经线为对称轴。这条中央经线是我国习惯采用的。 $\varphi_0 = +30^\circ$ 系适当考虑到我国疆域所到达的低纬度。这样,整个领土上的变形分布比较均匀(参看投影编号1、2、3)。具有这么三个同一系统不同变形性质的投影,基本上可以满足编制各种全国图的应用,而且同一系统方位投影的同名网格间,存在同素变换的可能性,这将有助于编图作业的改进。当然,有特殊需要时,也应设计其他各种投影。

(2) 关于中国全图(南海诸岛作插图)的投影。在这种图上南海诸岛以插图形式配置于右下角。在我国传统上多采用正轴圆锥投影,但有采用不同标准纬线的方案(见下表)*。

* 表中所列标准纬线数值是近似的,也没有分投影性质。理论上,不同变形性质圆锥投影按条件所得标准纬线是不同的,但实际上相差不多,故不去分开了。

标准纬线 长度比 _n 纬 度	25° 45°	24° 48°	25° 47°	≈24° ≈49°	29°10' 43°30'
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
54°	1.056	1.038	1.042	1.024	1.043
50°	1.024	1.010	1.014	0.9997	
40°	0.989	0.980	0.983	0.975	
36°	0.985	0.978	0.982	0.976	0.992
30°	0.989	0.985	0.988	0.983	
20°	1.016	1.014	1.018	1.015	
18°	1.025	1.025	1.026	1.024	1.043

分析上表中变形变化情况，可以得出：

1. 第5种——长度均方变形为最小的条件，这在理论上长度均方变形最小，应该在“理论上”认为是优良的，但是缺乏考虑地理要求，使南北边缘变形“一视同仁”实践中常希望大陆南缘变形比北缘小些。

2. 第4种——按边纬中纬变形绝对值相同，标准纬线约为24°，49°左右。表面上看来个别变形绝对值在全域没有超过±2.4%，但是它很机械地把南北边缘与中部“等量齐观”，而不考虑中部地区东西延伸广大，南北边缘仅属小块地区。这个投影若以变形理论来衡量，长度均方变形值将是较大的。

3. 第3种——是上述两者的综合，可以看出，在广大的中部地区自纬度20°直到50°，处在小比例尺地图中等量测精度2%以内，变形分布上又是南缘略优于北缘。

4. 第2种——这是接近于第4种的。但把标准纬线凑成整齐的数字。这个方案也是中部变形偏大。

5. 第1种——在中部比(2)、(3)、(4)均有改善，但北部变形偏大。这一方案似也有把标准纬线凑成整齐数值的倾向。

依据上述分析，本书决定选取 $\varphi_1 = 25^\circ$ 、 $\varphi_2 = 47^\circ$ 作为标准纬线。

对于这个投影系统，同样编算了等角、等面积、等距离三种性质的投影。这对于编制中国全图（南海诸岛作插图）的各种地图，也颇为够用了。当然，对于特殊需要也还可设计其他投影。

(3) 关于三个分带的投影。为提供编制我国领域内各种分区性质的地图，例如东北、西北等区，大河流域以及分省图集内的省（区）地图，把全国范围分了三个投影带。中国北部，标准纬线为 $\varphi_1 = 35^\circ$ ， $\varphi_2 = 47^\circ$ ，适用范围为30°至54°；中国南部（南海诸岛作插图），标准纬线为 $\varphi_1 = 25^\circ$ ， $\varphi_2 = 35^\circ$ ，适用范围为18°至40°。以上两带均为正轴等角圆锥投影。两带重复达10°，可以避免某些跨带地区的坐标不够用。标准纬线的这样选用，可以使两带在35°上等长，较易于转绘邻带的内容。两带的另外两标准纬线为25°、47°，则与中国全图（南海诸岛作插图）的相同。两带中的变形是：北带的长度变形最大达2%，绝大部分地区在1%以内；南带的长度变形最大在±2%以下，绝大部分地区在±1%以内。达到了中等量测精度的要求。第三带是南海诸岛。适用范围为0°至25°。编算了标准纬线为

$\varphi_1 = 10^\circ$, $\varphi_2 = 20^\circ$ 的两种正轴圆锥投影（等角、等距离）及一种标准纬线 $\varphi_k = \pm 15^\circ$ 的正轴等角圆柱投影（墨卡托投影）。这三种投影都可供编制中国全图（编号 4、5、6）中南海诸岛插图之用。

应用这样三带的投影，对于编一般参考用分省图集中各省（区）地图也是比较适宜的。若应用中国全图（南海诸岛作插图）一个投影，而各省（区）以割取其一部分作为数学基础，则在某些图幅上会达不到中等量测精度的要求。

（4）关于按省（区）分带的投影。对于编制较高精度的分省地图集以及各个省（区）编制单幅的地图，上述分带的投影对某些省（区）而言尚属过大。经过分析，我国各省（区）最大纬度差为 14° （如新疆维吾尔自治区），最小纬差为 4° 以下（如山东、湖北、台湾等），最大经差为 23° （如新疆维吾尔自治区），最小经差为 2° （如台湾）。在这种情况下，可以认为把近似同纬度带的省（区）合用同一个投影，把全国各省（区）分别纳入若干等角圆锥投影系统就可以满足实际制图之需要了。本书所用的方案是把全国各省（区）分为 10 个投影带。对每一带选用两条标准纬线。这样可以保证各带的长度变形最大不超过 1%，见下表：

投 影 编 号	适 用 省 （区）	标准纬线		最大长度
		φ_1	φ_2	变形
9	黑龙江	45°	$52^\circ 30'$	0.2%
10	吉林、辽宁	40°	$45^\circ 30'$	0.2%
11	内蒙古自治区	39°	46°	0.4%
12	河北、山东、山西、陕西、甘肃、宁夏回族自治区、青海	33°	42°	0.3%
13	新疆维吾尔自治区	$36^\circ 30'$	48°	0.5%
14	湖北、江苏、安徽、河南	30°	$35^\circ 30'$	0.1%
15	四川、西藏自治区	$27^\circ 30'$	35°	0.2%
16	湖南、浙江、福建、江西、贵州	25°	$30^\circ 30'$	0.2%
17	云南	22°	$28^\circ 30'$	0.3%
18	广东、广西壮族自治区、台湾 (南海诸岛作插图配置)	21°	$25^\circ 30'$	0.2%

这样分带的投影方案，既可以适用于编制科学参考用的分省图集，也可以供各个省（区）单独编制本省（区）各种地图之用，并能保证中等以上乃至高精度量测的要求。

关于各个省（区）是否都需要单独一个投影。这在方法上是可以做的，但实际应用上如果从对小比例尺地图的一般要求来看，则是无须这样做的。当然，特殊需要时也不能排斥重新计算一个投影。

在本书中对各省（区）所建议的投影带的标准纬线纬度用下列公式计算：

$$\varphi_1 = \varphi_s + 0.16(\varphi_N - \varphi_s),$$

$$\varphi_2 = \varphi_N - 0.12(\varphi_N - \varphi_s).$$

式中 φ_N 、 φ_s 为分带的边纬线纬度， φ_1 、 φ_2 为标准纬线。实际上， φ_1 、 φ_2 可凑整到 0.5° 或 1° 。而且可视地区特点而稍予调整。纯粹严格地规定地理纬度 φ_N 、 φ_s 以及计算 φ_1 、 φ_2 到