

高等学校教材

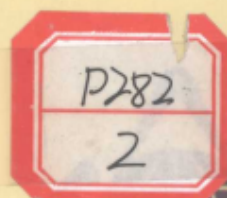
地图投影

李国藻 杨启和 胡定荃 编著

解放军出版社

P282
2
责任编辑：张世涛 张照华

封面设计：苏 刚



ISBN 7-5065-2208-X/E • 1143

15.00 元

高等学校教材

地图投影

李国藻
杨启和 编著
胡定荃

解放军出版社

京新登字 117 号

地 图 投 影
总参谋部测绘局

解放军出版社出版发行

(北京平安里三号)

(邮政编码 100035)

北京隆昌印刷厂印刷

787×1092 毫米 16 开本 21.25 印张 510 千字

1993 年 12 月第 1 版 1993 年 12 月 (北京) 第 1 次印刷

ISBN 7-5065-2208-X/ E·1143

定价: 15.00 元

内 容 简 介

地图投影学也叫做数学制图学，主要是研究建立地图数学基础的理论和方法及其应用。

本书由十七章组成，其主要内容有：地图投影基本理论、三类常用地图投影、伪投影和多圆锥投影、高斯-克吕格投影以及地图投影应用方面的有关内容。

本书属数学制图学系列教材之一。它是供地图制图和计算机地图制图专业本科、专科使用的教材，亦可作为地学有关专业、测绘生产、科研单位和工程技术人员的参考书。

前 言

本书是根据测绘高等院校地图制图专业《地图投影》教学大纲,在郑州测绘学院历年编写的地图投影教材、讲义的基础上,在总结作者长期教学实践和科学研究方面成果的基础上而编写的。

《地图投影》是地图制图和计算机地图制图专业本科教育计划中的主干专业课程之一。但本书亦可作为专科、培训班等地图投影必修或选修课以及有关院校学习地学有关课程的教学参考书,也可作为测绘生产、科研单位的工程技术人员学习业务的参考书。

全书由十七章组成,具有较强的系统性和连贯性。全书遵循由一般到特殊、由浅入深和由具体到抽象的原则编写的。

本书以大纲为依据,既突出重点,又照顾一般。书中以地图投影基本理论、三类常用地图投影和高斯-克吕格投影及其应用为重点内容,但椭球面在球面上的描写、三类伪投影和多圆锥投影也用一定的篇幅进行了介绍。

本书注重理论联系实际,书中不仅介绍各类投影的投影条件、一般公式和应用,而且对三类常用地图投影进行了应用举例,对地形图数学基础的有关内容作了较详细地介绍,还专门用一章介绍了满足特殊要求的地图投影。

地图投影作为地图制图的一门专业课程,它的基本理论和分类系统发展至今已比较成熟。但随着科学技术的发展,地图投影学已突破了传统的研究内容和研究方法。其中尤以计算机科学、空间科学更为深刻地影响着地图投影学的研究内容和体系的建立,并促使其向深度和广度方向发展。本书在编写中对近些年国内外发展的新型投影在各章中作了一定的介绍,并对随着计算机地图制图和信息系统建设而发展起来的地图投影变换这一新的研究领域也单独进行了介绍。

本书属数学制图学系列教材之一。为了适应更高层次的教学需要和高年级学生、工程技术人员学习和参考的需要,已先后出版了《数学制图学原理》(吴忠性、杨启和编著,测绘出版社,1989年出版)和《地图投影变换原理与方法》(杨启和著,解放军出版社,1990年出版)。

本书内容略多于大纲,但教学中第一、四章一般可不安排教学时间,其它内容可根据教学对象进行适当调整。本书按章的顺序列入了较丰富的参考文献,可供读者进一步深入学习时参考。

本书绪论,第一、二、三、四、五、八、九章是由李国藻编写的;第七、十一、十二、十三、十四、十五、十六、十七章是由杨启和编写的;第六、十章是由胡定荃编写的。本书部分内容承吴忠性教授进行了审阅,全书承胡毓钜教授、龚剑文教授进行了审阅。特此表示衷心的感谢。

根据审阅意见,分别由李国藻、杨启和进行了修改,最后全书由杨启和统稿。

本书经测绘教材编审委员会评审为高等学校教材。

编者

1991年6月于郑州

目 录

绪 论	(1)
§ 1 地图投影研究对象和任务及与其他科学的关系	(1)
§ 2 地图投影发展简史	(4)
第一章 地球椭球体的一些基本公式	(7)
§ 1 地球的形状和大小	(7)
§ 2 地球面上的经纬线和地理坐标	(11)
§ 3 纬线圈半径和任意方向法截线曲率半径	(12)
§ 4 子午圈曲率半径和卯酉圈曲率半径	(17)
§ 5 平均曲率半径	(19)
§ 6 经线和纬线弧长	(22)
§ 7 地球面上等角航线及其弧长	(25)
§ 8 地球面上之梯形面积	(28)
§ 9 地球椭球面上的等量坐标	(29)
第二章 球面坐标及球面上某些曲线方程	(31)
§ 1 地球球半径	(31)
§ 2 球面坐标和球面直角坐标	(33)
§ 3 球面坐标极的确定	(37)
§ 4 球面上某些曲线方程	(41)
第三章 地图投影基本理论	(45)
§ 1 地图投影的概念和实质	(45)
§ 2 地图投影变形概念与定义	(46)
§ 3 变形椭圆	(49)
§ 4 角度变形公式	(53)
§ 5 长度比公式	(62)
§ 6 面积比公式	(65)
§ 7 等角投影条件、等面积投影条件和等距离投影条件	(66)
§ 8 变形近似式	(70)
§ 9 以极坐标表示的投影和变形公式	(71)
§ 10 地图投影变形表示法	(74)
§ 11 地图投影分类	(77)
§ 12 例题	(84)
第四章 地球椭球面在球面上的描写	(87)
§ 1 概述	(87)

§2 椭球面在球面上的等角描写	(88)
§3 椭球面在球面上局部等角描写	(94)
§4 椭球面在球面上的等面积描写	(98)
§5 椭球面在球面上的等距离描写	(99)
§6 椭球面在球面上的任意描写	(100)
第五章 方位投影	(102)
§1 方位投影概念及一般公式	(102)
§2 透视方位投影	(105)
§3 等角方位投影	(114)
§4 等面积方位投影	(118)
§5 等距离方位投影	(121)
§6 双重方位投影	(124)
§7 方位投影的图解解析法	(130)
§8 方位投影分析	(132)
第六章 圆柱投影	(137)
§1 圆柱投影的概念及一般公式	(137)
§2 等角正圆柱投影	(138)
§3 等角正圆柱投影的应用	(141)
§4 等面积正圆柱投影	(143)
§5 等距离正圆柱投影	(144)
§6 透视圆柱投影	(145)
§7 拟定圆柱投影的数值方法	(149)
§8 $m=n^2$ 圆柱投影	(150)
§9 横轴、斜轴圆柱投影	(152)
第七章 圆锥投影	(161)
§1 圆锥投影概念及一般公式	(161)
§2 等角圆锥投影	(165)
§3 等面积圆锥投影	(174)
§4 等距离圆锥投影	(179)
§5 任意圆锥投影	(185)
§6 斜轴、横轴圆锥投影	(193)
§7 圆锥投影的若干性质和应用分析	(198)
§8 我国新编百万分之一地形图的数学基础	(203)
第八章 伪方位投影	(207)
§1 伪方位投影概念及一般公式	(207)
§2 伪方位投影函数拟定法	(208)
§3 等变形线为椭圆形的伪方位投影	(211)
§4 等变形线为三瓣形的伪方位投影	(213)
第九章 伪圆柱投影及哈默——爱托夫投影	(216)

§1 伪圆柱投影的一般公式.....	(216)
§2 等面积伪圆柱投影一般公式.....	(217)
§3 正弦等面积伪圆柱投影.....	(218)
§4 椭圆等面积伪圆柱投影.....	(222)
§5 哈默—爱托夫投影.....	(225)
第十章 伪圆锥投影.....	(228)
§1 伪圆锥投影的概念及一般公式.....	(228)
§2 等面积伪圆锥投影.....	(229)
第十一章 多圆锥投影.....	(232)
§1 多圆锥投影概念及一般公式.....	(232)
§2 普通多圆锥投影.....	(234)
§3 改良多圆锥投影.....	(235)
§4 一种角度变形不大的多圆锥投影.....	(240)
§5 用于世界地图的多圆锥投影.....	(242)
第十二章 高斯—克吕格投影及其衍生投影.....	(248)
§1 高斯—克吕格投影的坐标公式.....	(248)
§2 高斯—克吕格投影的长度比公式.....	(251)
§3 高斯—克吕格投影的平面子午线收敛角公式.....	(253)
§4 通用横墨卡托投影.....	(254)
§5 双标准经线等角横圆柱投影.....	(256)
§6 高斯—克吕格投影族.....	(258)
第十三章 高斯—克吕格投影在地形图中的应用.....	(265)
§1 高斯—克吕格投影用于地形图的有关规定.....	(265)
§2 高斯—克吕格坐标表的构成及其用法.....	(270)
§3 高斯投影邻带方里线坐标变换表的构成及其用法.....	(274)
§4 地形图图幅元素和高斯投影邻带方里线坐标变换的 BASIC 程序.....	(278)
第十四章 地图投影选择和区域地图数学基础的设计.....	(282)
§1 地图投影选择的一般原则.....	(282)
§2 区域地图数学基础的设计.....	(285)
第十五章 地图投影变换.....	(292)
§1 地图投影变换的研究对象和基本方法.....	(292)
§2 地图投影的解析变换.....	(294)
§3 地图投影的数值变换.....	(297)
§4 计算机辅助地图投影变换.....	(300)
§5 地图投影的同素变换.....	(303)
第十六章 计算机辅助建立地图数学基础.....	(310)
§1 计算机辅助建立地图数学基础的一般方法.....	(310)
§2 地图经纬线网的自动绘制.....	(312)
§3 专题数学要素图的自动绘制.....	(313)

第十七章 满足特殊要求的地图投影.....	(318)
§ 1 扁圆等面积投影.....	(318)
§ 2 组合方位投影.....	(322)
§ 3 双方位投影和双等距离投影.....	(324)
参考文献.....	(329)

绪 论

§ 1 地图投影研究对象和任务及其与其他科学的关系

地球的形状经过长期的观察与测量，了解到它是一个近似球体，更确切地说是一个近似以椭圆短轴为旋转轴而旋转的旋转椭球体。这种形体只有现在所做的地球仪大致可以保持与之相似。然而地球仪的大小是有限的，一般桌上用的小地球仪的直径只有十几厘米至几十厘米，大的地球仪直径可达一米，最大的可达三米左右，其直径约为地球直径的 $1/450$ 万，这就是说地球仪面上任何长度都比实地缩短了很多。由于地球仪比例尺太小，一般只能显示水陆分布，各大洲及比较大的国家的位置，所以用地球仪表示地球达不到应用的目的。

欲详细研究地球表面的情况必须依靠地图。地图比例尺可以很大也可以很小，不受限制。因而，它可以详细表示地球面上的各种自然及社会经济要素和现象。并且制图区域也不受限制，既可以作全球地图，也可以作半球地图，各洲图，分国图以及小区域地图。地图便于折叠，且携带方便，可以单幅用也可以拼接使用。

但是地图是绘在平面上的用平面代替球面的，而地球表面是个球面，并且这种表面为不可展曲面，因此用地图表示地球的一部分或全部这就产生了一种不可克服的矛盾——球面与平面的矛盾，如硬要将地球表面拉平，那就如同将桔子皮剥下铺成平面一样，不可避免地要产生不规则的裂口和褶皱。可是地图又必须是连续的、平整的平面，不允许有重叠和裂口的

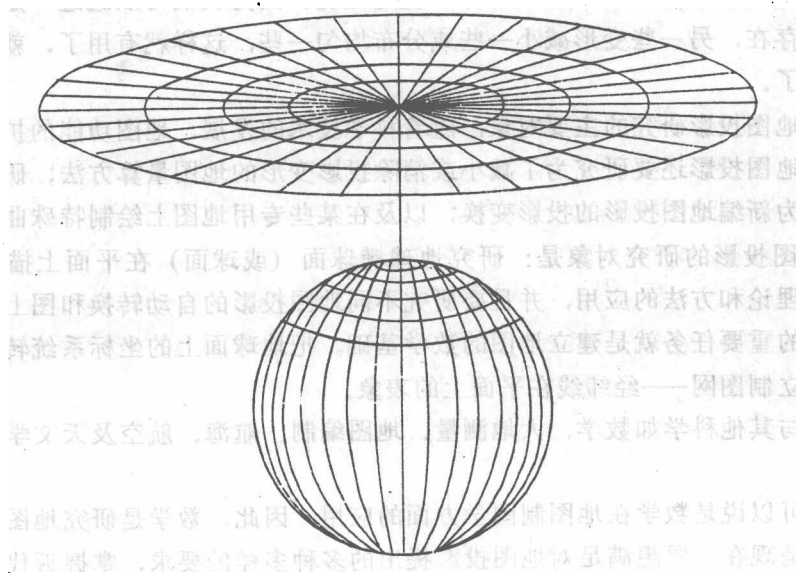


图 0.1

现象存在。怎么办呢？人们经过长期的摸索和探讨，通过地图投影的方法来解决这个矛盾，换句话说，用某种数学方法来解决这个矛盾。

用地图投影的方法来解决这个矛盾，最初是用几何透视方法，这种方法是建立在透视学原理的基础之上的。即假想地球是一个透明体，在其中心安放一个点光源（在透视学上称之为视点），接通电源把地球面上的经线和纬线投影到切在地球面的平面上（如图 0.1）。这是最简单、也最容易理解的地图投影方法，这种投影我们称之为球心透视投影法。此处，我们也可以将视点放在地球的表面某一点上或球外某一位置，用同样的透视方法，也可以将地球面上的经线和纬线描写在平面上，这种投影方法我们称之为球面透视投影和外心透视投影。

以上是以平面作为投影面，用透视方法进行投影。除此之外，我们可以用圆锥面或圆柱面作为投影面，这种圆锥面或圆柱面切在或割在地球面上某一位置，仍用透视方法，可将地球面上的经线和纬线投影到圆锥面或圆柱面上，再将圆锥面或圆柱面在某处切开铺成平面，即可得到圆锥投影或圆柱投影。如图 0.2, 0.3 所示。

自从数学分析这一学科出现以后，地图投影方法，采用几何透视的方法就不多了，用数学分析方法建立地图投影，则是现在研究地图投影的主要方法。所以，地图投影有透视和非透视的两种。

用透视的方法或非透视的方法建立地图投影，虽然解决了球面与平面之间的矛盾，但在平面上表示地球的各部分，完全无误的表示是不可能的。这是由于地球面是一个不可展的曲面，在平面上表示它的一部或全部必然会产生投影变形，即是说它们之间必有差异。所以，研究地图投影除了研究建立地图投影的方法之外，还要研究地图投影的变形，这也是研究地图投影重要内容之一。地图投影变形归纳起来有三种：一是长度变形，即投影后的长度与原来的长度不一致了；二是面积变形，即投影后的面积与原来的面积不一致了；三是角度变形，即投影后两方向所夹之角与原来的角度不一致了。

既然地球面通过地图投影的方法表示在平面上还存在这样和那样的变形，那末，地图投影方法解决球面与平面之间的矛盾还有什么优越性呢？因为我们可以通过一定的方法可使某种投影变形不存在，另一些变形减小一些或分布均匀一些，这样就有用了，就能达到某种地图用途的目的了。

以上就是地图投影研究的主要对象，随着科学技术的发展，地图功能的扩大和制作地图技术的改进，地图投影还要研究为了减小或消除投影变形的地图量算方法；研究将原始地图资料投影转换为新编地图投影的投影变换；以及在某些专用地图上绘制特殊曲线等。

因此，地图投影的研究对象是：研究地球椭球面（或球面）在平面上描写的理论和方法，以及这些理论和方法的应用，并且要研究不同地图投影的自动转换和图上量算及图上作业等问题。它的重要任务就是建立地图的数学基础。把地球面上的坐标系统转化为平面上的坐标系统，建立制图网——经纬线在平面上的表象。

地图投影与其他科学如数学、大地测量、地图编制、航海、航空及天文学有着密切的联系。

地图投影可以说是数学在地图制图学方面的应用。因此，数学是研究地图投影极为重要的工具。尤其是现在，要想满足对地图投影提出的多种多样的要求，掌握近代数学这个工具有着极其重要的意义。反过来，由于地图投影的发展，也就不断地丰富了数学研究的内容。

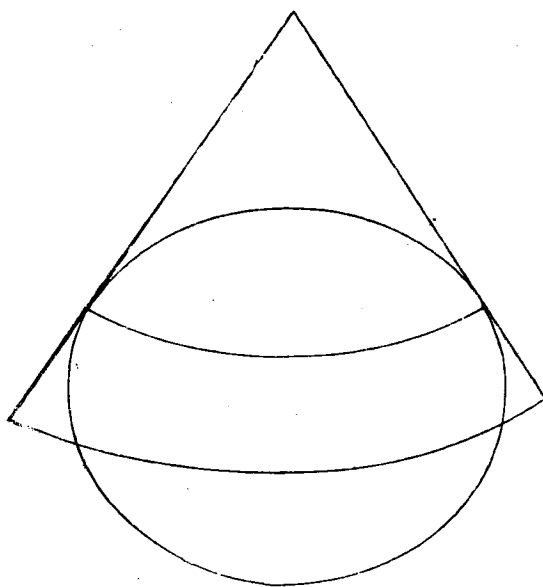


图 0.2

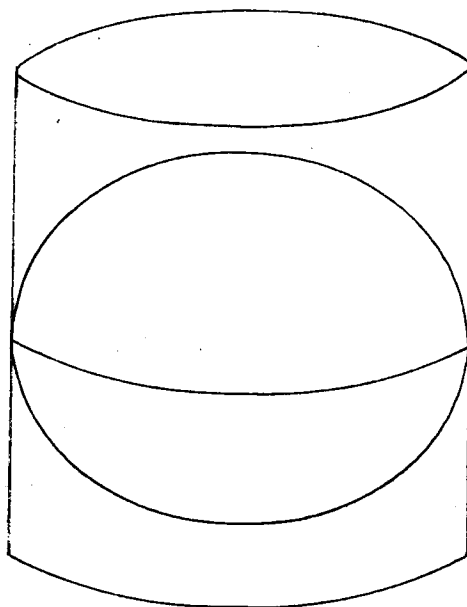


图 0.3

地图投影须由大地测量获得地球形状大小以及大地控制点的精确地理坐标。而大地测量为了获得其工作最后成果及简化计算，又必须应用地图投影将控制点的位置处理成简单且便于使用的平面直角坐标。

地图投影与地图编制关系更为密切，二者同属于地图制图学的组成部分。地图投影是建立地图数学基础，构成制图网，做为制图的控制基础。地图编制是在制图网内表示地图的内容。这种控制基础的正确与否，不仅影响到编制地图的复杂程度、速度与生产成本，而且会影响地图的科学使用价值，所以二者是密切相关的。

地图投影与航海、航空及天文学也有着一定的关系。在航海、航空及天文学方面，为了解决它们本身的任务，需要利用地图投影知识来编制它们所需要的专门地图。同时，又由于航海、航空及天文学等方面在地图投影上提出一些新的要求，又迫使地图投影研究一些更适合它们要求的内容。

§ 2 地图投影发展简史

地图投影产生于公元前 6 世纪到 5 世纪，当时的地图投影是用来编制天体图的。例如：古希腊天文学家塞利斯（Thales 公元前 640—546 年）最早用日晷投影（即球心投影）来编制天体图。用于编制地球表面的地图是埃及天文学家和地理学家埃拉托色尼（Eratosthene 公元前 276—194 年）在其完成第一次子午弧长测量的基础上而编出的“世界图”。他应用了经纬线互相垂直的等距离圆柱投影。此一时期，另外一些学者，如天文学家喜帕恰斯（Hipparchus 公元前 160—125 年）还发明一些投影——球面投影、正射投影及简单的圆锥投影，并指出利用天文点编制地图的方法。

古罗马地图制图学的发展与托勒玫（Ptolemaeu 公元 90—168 年）的著作有一定联系。在他的著作中，除了阐述地图制图学基础——编图方法之外，还拟制了伪圆锥投影及改良简单圆锥投影，并说明以前已知三种投影——圆柱投影、球心投影及正射投影的作图法。

地图制图学的蓬勃发展是随着 16 世纪伟大地理发现，扩大了地球的地理概念而日益发展起来的。这一时期荷兰的杰出地图制图学家墨卡托（Mercator 公元 1512—1594 年）曾拟定等角圆柱投影编制世界地图。由于这种投影具有一可贵的特性——等角航线描写成直线，因而至今仍用于编制海图。除此以外，这一时期的地图还利用了以下一些投影，等距离方位投影、球面投影、心脏形投影、伪圆锥投影、梯形投影及其他一些投影。

到了 17~18 世纪，投影的发展逐渐具有现代化的特点。这一时期发展的特征是大比例尺地形图应用了地图投影，如西欧三角测量中曾应用了卡西尼（Cassini 公元 1714—1784 年）和彭纳（Bonne 公元 1752—1777 年）投影。此外对投影的理论，亦有较深的研究。如兰勃特（Lambert 公元 1728—1777 年），欧勒（Euler 公元 1707—1783 年），拉格朗日（Lagrange 公元 1736—1813 年）等人的研究丰富了地图投影的理论。兰勃特曾写出等角投影的一般理论，并拟定了等角圆锥投影、等面积方位投影和等面积圆柱投影。欧勒研究了等面积投影，并拟定新的等面积圆锥投影。拉格朗日研究了等角双圆投影的一般理论。

19 世纪由于军事制图的发展和地形测量的扩大，探索地图投影主要朝着保证大比例尺地图数学基础的方向发展。首先应当指出的是高斯（Gauss 公元 1777—1855 年），他拟定了一个曲面在另一个曲面上描写包括椭球面在球面上等角描写的一般理论，并提出等角横切圆柱投影，这种投影现在许多国家的地形图都应用它。底索（Tissot）对地图投影变形的一般原理阐述最为完善，同时指出了近似计算等角投影的方法以及从他所示变形椭圆（ellipse of distortion）适宜分布的角度来看，提出了一系列投影常数确定的原则。切比雪夫（Chybishev 公元 1821—1894 年）所发表的：地表一部分描写于地图平面上最适宜的投影，是在描写边线上长度比保持为同一数值的投影。这一理论对今后探求新投影的方向极为重要。

本世纪初苏联十月革命取得伟大胜利，推动科学技术迅速发展，地图投影发展重心转到

社会主义苏联。从十月革命到本世纪 50 年代, 应指出的有: 卡夫拉伊斯基 (Kavraisky) 为苏联拟定了等距离圆锥投影、等面积圆锥投影, 并设计了一种任意性质的伪圆柱投影; 乌尔马也夫 (Urmaev) 在理论上贡献最大, 他著有《数学制图学原理》和《新投影探求法》, 详细论述了地图投影基本理论, 提出了根据已知变形分布探求新的地图投影, 利用数值法; 求出投影的坐标值 (这是前人从未提过的), 它为探求新地图投影开辟了一个广阔的道路, 此外他对投影变换亦有所贡献; 索洛维也夫 (Soloviev) 为苏联教学用图拟定了一些透视圆柱投影, 他还提出了多重透视方位投影; 金兹布尔格 (Ginzburg) 拟制了一系列的方位投影、伪圆柱投影、多圆锥投影、等变形线为卵形及椭圆形的伪方位投影, 他还提出了两个具有价值的方位投影概括公式; 伏尔可夫 (Voikov) 著有《图上量测原理和方法》一书, 较系统地阐述了地图投影问题。

我国地图制图学发展很早。在晋朝时, 裴秀 (公元 224—273 年) 就创制了科学的编图方法——制图六体 (分率、准望、道里、高下、方邪、迂直)。但我国长期受封建统治, 统治者不重视科学技术, 天圆地方说长期占统治地位。直到明朝末年, 我国的地图上才出现经纬线网。以后清朝进行了全国的经纬度测量, 所编出来的《皇舆全图》和最后编出的《大清一统舆图》, 都应用了地图投影。这些投影大部分采用了伪圆柱投影。

在民国初年北洋军阀统治时期, 我国基本地形图, 如 1:50000 地图还未应用地图投影, 而是将地球当作平面看待, 用 36 厘米×46 厘米的矩形分幅。在 1:100000, 1:500000 和 1:1000000 比例尺地图, 用多面体投影。

在国民党统治时期, 1:50000 地图采用兰勃特等角圆锥投影, 按纬度分带将全国分成十一个带, 每带单独投影。用这种投影曾测制了贵、桂、川等省的地图。1:1000000 分幅地图应用了国际百万分之一改良多圆锥投影。市面上出版的小比例尺地图, 应用了早期提出的一些投影如彭纳投影, 格灵顿 (Grinten) 投影和亚尔勃斯 (Albers) 投影等。在投影理论上出版有一两本地图投影书籍。

中华人民共和国成立以后, 情况就大不相同了, 由于党重视科学技术有了很大发展。50 年代初期, 我国地图投影以引进和学习苏联为主。翻译了许多苏联地图投影教材、专著和工具书等。并选用了高斯—克吕格 (Gauss—Krüger) 投影作为国家基本地形图的数学基础。且出版了各种计算用表。

50 年代后期相继出版了我国自己编著的具有我国特色的地图投影书籍。创办了学术刊物, 发表了不少专著。

三十多年来, 我国从事地图投影这门学科的制图工作者, 无论是在地图投影理论研究方面, 或者是对新地图投影的探求和应用方面, 都取得了可喜的成绩, 使得我国这门学科, 在其理论研究的深度和广度方面, 有了更大的发展。在此期间发表的理论性和实用性文章有: 《地图投影学中矛盾运动的初步分析》、《数学制图学的发展现状及其趋势》、《根据变形椭圆探求新投影的问题》、《试论圆柱、方位、圆锥投影变形转换规律》、《试论地图投影分类》、《双标准经线等角横圆柱投影》、《改良等角横圆柱投影——应用于百万分之一分幅图》、《伪方位投影及其对中国全图的应用》、《定域等面积的等角与等距离圆锥投影》、《双重方位投影》、《 $m=n^k$ 的圆锥投影和圆柱投影》、《高斯—克吕格投影族》、《多圆锥投影族》等。

此外, 运用数值法探求一些新地图投影也有了一定发展, 如《论探求方位投影的图解解析法》、《指定变形分布探求圆柱投影的图解解析法》、《运用数值法探求任意性质的圆锥投

影》、《不等分纬线多圆锥投影及其应用》等。

在地图投影选择和设计方面也做出了一定成绩。如《中华人民共和国大地图集地图投影的选择和设计》、《论中华人民共和国分省图集的投影》、《论省（区）地图集的投影》等。此外还出版了《区域地图投影用表集》和《小比例尺地图投影集》。

在图上量算和图上作业方面也有许多专门文章，如《在等高线地形图上量算地表面面积的问题》、《在等高线地形图上量算表面积方法的分析》、《关于地图上量测河网和湖、塘密度问题的探讨》、《墨卡托海图上的圆弧网格》、《一种专门世界地图及其量算与标绘方法》等。

近十多年来地图投影发展较快。这一时期的特点是伴随高科技的进步而发展，特别是随着航天遥感技术和电子计算机技术的发展。航天遥感图象信息转换处理，需要与其相适应的投影，国外已设计了空间斜墨卡托（SOM）投影。这种投影考虑到地球自转，计算公式中加入了时间参数 t 。因此，也有人称之为动态投影，它与通常的地图投影（静态投影）有所不同。空间斜墨卡托投影有两套系统，一套是将地球面当做球面；而另一套公式则较为复杂，它是将地球面当做椭球体面推证的。空间斜墨卡托投影严格讲它并不等角，为解决角度变形问题，最近我国学者设计了一种保持卫星星下点轨迹线投影后等长的等角投影，这种投影是用数值方法建立的。为解决广播电视卫星波束覆盖面积，设计了一种新的双重方位投影方案，其特点是用到了球面投影任何大小圆都投影为圆的这一重要特性，使得卫星发射的圆形截面波束在地图上描写为一个平面圆，较好地解决了这个问题。计算机地图制图的出现，要求实现计算机制图自动化。在地图制图中最先实现自动化的是地图投影，如地图投影经纬线和地形图、海图图廓的自动绘制及在专用地图上绘制位置线网格等。为实现不同地图投影内容之间的自动转换，系统的研究了地图投影变换的理论和方法。为便于投影计算设计了常用地图投影通用程序及地图投影常用子程序和地图投影变换程序，并在国内推广使用。其他的地图投影如变比例尺投影，放大镜式的方位投影，具有扁圆等变形线的等面积投影及多圆柱投影等，也都得到发展。在制图实践中，特别是在一些专门地图集中，选用了我国自己设计的具有我国特点的地图投影。

从以上的简短叙述，可以看出 40 多年来有关地图投影的科学，在我国得到相当大的发展，在整个地图制图学中居于领先地位，但还有不少新的研究领域，有待进一步向前开拓。

思 考 题

1. 地图投影基本矛盾是什么？
2. 地图投影研究对象和任务是什么？
3. 地图投影简史及解放后我国制图工作者在地图投影方面的贡献。

第一章 地球椭球体的一些基本公式

§1 地球的形状和大小

在遥远的古代,人们生活在地球表面的狭小范围内,他们的活动范围极小,而且科学技术也不发达,只能凭借直观感受到的感性认识去说明世界,把地球当做平面.我国古代的“天圆地方”说就是这种认识的代表。

随着古代天文学的发展,人们对地球的认识也进入一个新的阶段,相信地球不是一个平面而是一个圆球形。我国古代的“浑天说”就是这种认识的代表,浑天说认为宇宙好比鸡卵,地球为卵黄,悬浮在宇宙之中。在国外,古希腊学者在地球球形说方面也作出了杰出贡献。最早的有塞利斯,后有毕达哥拉斯(Pythagoras 约公元前 580—500 年),他认为地球为一球形,并提出地球绕地轴自转。亚里士多德(Aristotle 公元前 384—322 年)说月蚀为地球之影映于月面,其边曲线证明地球为球形。埃拉托色尼对地球进行测量,发现埃及亚历山大港以南的阿斯旺有一口很深的枯井,每年夏至那天的正午,太阳能直射到井底,也就是说,这一天的正午,太阳位于阿斯旺的天顶;而在这一天,亚历山大港正午的太阳并不是直射的,他用一根长柱直立于地面,测得亚历山大港在夏至那天正午太阳的入射角为 7.2 度,于是他肯定:这 7.2 度的差角正是亚历山大港和阿斯旺两地所对的地面弧距,根据这个数值和两地间的距离,算出地球的圆周长为 25 万斯台地亚(相当于 39816 公里)。这个数值已很接近于目前计算出来的地球圆周长。意大利航海家哥伦布(Columbu 公元 1436—1506 年)受地球是球形的影响,他从欧洲向西航行,想进一步证明地球为球形,从而发现南美洲(哥伦布以为到达印度)。葡萄牙航海家麦哲伦(Magellan 公元 1480—1521 年)组织船队从西班牙出发横渡大西洋,穿过美洲南端的麦哲伦海峡,进入南太平洋,最后返回西班牙。麦哲伦绕地球一周之举,最终证实地球为球形。

地球为球形是地球形状的第一次近似。随着科学技术进步,从十七世纪起为了满足大比例尺精密测图的需要,开始了大地测量。在对地球的实际测量成果的计算与分析中,发现地球不是一个球体,其表面是接近于一个大地水准面的形状。所谓大地水准面是一个处于流体静平衡状态的海洋表面(无波浪、潮汐、水流和大气变化引起的扰动)并延伸到大陆内部的水准面。在海洋上通常以平均海水面作为大地水准面的基准面,它是一个连续封闭曲面。在大地水准面上重力位势是处处相等的,并与其上铅垂线方向处处保持正交。由于地球表面起伏不平 and 地球内部物质分布不均匀,引起重力方向(铅垂线方向)发生局部变化,促使处处与重力方向正交的大地水准面也是具有微小起伏的不规则的曲面。大地水准面所包围的形体叫大地体,大地体已很接近于地球的真实形状,它是高程的起算面。

大地水准面很接近于地球的真实形状,但到现在为止还找不到一种数学公式可以表达,而在其上实施运算还有一定的困难。牛顿认为地球赤道离心力最大,两极最小,要保持平衡,地