



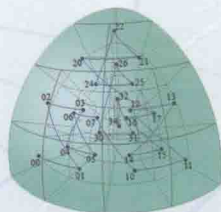
测绘地理信息科技出版资金资助
CETUI DELI XINXI KEJI CHUBAN ZIJIN ZIZHU

地球空间信息理论与应用丛书

地球系统 空间格网技术

Earth System Spatial Grid Technology

余接情 吴立新 著



测绘出版社

江苏高校优势学科建设工程
测绘地理信息科技出版资金资助
地球空间信息理论与应用丛书

地球系统空间格网技术

Earth System Spatial Grid Technology

余接情 吴立新 著

测绘出版社

所有权利(含信息网络传播权)保留,未经许可,不得以任何方式使用。

空间格网是空间数据组织、表达、模拟、分析、共享与可视化的重要工具,而地球系统空间格网是面向大尺度地球系统过程和现象研究的工具。本书首先在对全球空间格网全面回顾的基础上,探讨了全球空间格网的发展趋势,并结合地球系统科学的发展需求,给出了地球系统空间格网的概念及内涵。然后给出了地球系统空间格网的一种实现方法,即球体退化八叉树格网的变种,并介绍了相应的格网编码方法;同时,给出了格网编码与常用坐标系的转换方法、邻近与层次搜索算法,并介绍了地球系统空间格网在三维表达与建模中的若干应用。

本书可作为从事全球空间格网研究的科学工作者、研究生的参考用书,同时也可作为大气科学、地球物理等领域科研工作者的参考用书。

地球系统空间格网技术/余接情, 吴立新著. —北京: 测绘出版社, 2014.10

ISBN 978-7-5030-3392-6

I. ①地… II. ①余… ②吴… III. ①地理信息系统—研究
IV. ①P208

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2014)第 029586 号

责任编辑	贾晓林	封面设计	李 伟	责任校对	董玉珍	责任印制	喻 迅
出版发行	测绘出版社			电 话	010—83543956(发行部)		
地 址	北京市西城区三里河路 50 号				010—68531609(门市部)		
邮政编码	100045				010—68531363(编辑部)		
电子信箱	smp@sinomaps.com			网 址	www.chinasmp.com		
印 刷	北京天顺鸿彩色印刷有限公司			经 销	新华书店		
成品规格	169mm×239mm						
印 张	8.5			字 数	165 千字		
版 次	2014 年 10 月第 1 版			印 次	2014 年 10 月第 1 次印刷		
印 数	0001—1000			定 价	32.00 元		

审图号 GS(2014)512 号

本书如有印装质量问题,请与我社门市部联系调换。

前 言

地球系统数据是一种典型的空間数据,而空間数据的获取、管理、分析、可视化及交换等均离不开空間框架,即空間的描述方法。随着对地观测技术及计算机技术快速发展,以离散方式描述的空間框架备受推崇。空間格网正是这种所谓离散方式描述的空間框架。在空間信息领域,空間格网已脱离于空間框架,成为一种重要的研究工具,如格网索引、格网分幅、栅格表达、地形表达、数值模拟分析等。按所服务的尺度,空間格网分为平面空間格网及全球空間格网。前者在地图投影的制约下,服务于小尺度研究,难以满足地球系统科学研究的需求,而后者则相反。

早期的全球空間格网研究源于建筑设计,以二维为主,即全球离散格网。随着不同领域的研究人员的不断加入,全球离散格网的研究与应用就渐渐地渗透至计算机、大气、环境、地理、地球物理等领域。20 世纪 80 年代初至 90 年代末,国际全球离散格网研究进入了全新的发展阶段,期间涌现出大量成果。2000 年,美国国家地理信息分析中心首次以全球格网为主题举办了全球离散格网会议,并于两年后再次举办,成功地将全球离散格网研究推向了高峰。之后,国际上对全球空間格网研究略呈下降之势,但在中国,研究队伍却异军突起。从 2000 年前后的一至两个小团队,发展到至今十多个团队,并呈不断扩大之势。星星之火,可以燎原。在国家自然科学基金项目的资助下,2011 年北京师范大学首次举办了以全球空間格网为主题的国际学术研讨会,2013 年中国矿业大学再次举办了该专题会议。两次会议均吸引了众多国内学者及部分国外学者的参与。可以预料,未来一段时间,中国将引领这一方向的研究。

然而,全球离散格网只关注球面,仅能解决地球表层系统问题。地球是一个由多个圈层构成的复杂巨系统,各圈层的相互作用以及太阳辐射、地球公转与自转等外力作用共同形成了多姿多彩的地球环境、过程和现象。了解和解决这类地球系统问题光靠研究地球表层是不够的,需由表及里、由内及外,实现对地球系统全方位、立体、系统的研究。由此也诞生了一个新的研究领域——地球系统科学。地球系统科学研究需要一种强有力的数据组织与管理、表达分析、模拟与可视化乃至数据共享工具。在此背景下,地球系统空間格网(earth system spatial grid, ESSG)应运而生。地球系统空間格网研究的主要目的就是要为大尺度的地球系统过程和现象研究提供工具和方法。

本书将对地球系统空間格网的内涵、理论、实现及应用展开介绍。全书共分为 6 章。第 1 章介绍空間格网的研究现状与发展趋势;第 2 章介绍地球系统空間格

网的内涵及其实现——SDOG-ESSG;第3章介绍 SDOG-ESSG 的几何分布规律及其定量关系,为后续格网编码、邻近与层次搜索奠定基础;第4章介绍 SDOG-ESSG 的格网编码方法;第5章介绍格网码与经纬度坐标的转换算法及其层次与邻近搜索算法;第6章介绍 SDOG-ESSG 在三维表达与建模中的应用。

本书的出版也得到了国家自然科学基金重点项目(40930104)、国家自然科学基金青年项目(41301432)、江苏高校优势学科建设工程(测绘科学与技术)的共同资助。此外,作者所在团队成员薄海光、李志锋、李晓静、王鹤、谢磊等在研究生期间都曾参与了本书的部分工作,同时书中引用了大量同行的文献,在此一并表示感谢。

目前,地球系统空间格网有关理论处于快速发展之中,本书在编著过程中力求严谨,但难免会存在争议及纰漏,希望能够“抛砖引玉”,不妥之处欢迎读者批评指出。

目 录

第 1 章 绪 论	1
1.1 空间格网及其分类	3
1.2 平面空间格网的发展与存在的问题	4
1.3 球面空间格网的发展与存在的问题	7
1.4 球体空间格网发展及趋势	10
第 2 章 地球系统空间格网及其实现	13
2.1 地球系统空间格网的内涵	13
2.2 地球系统空间格网的实现	16
第 3 章 SDOG-ESSG 的几何特性	28
3.1 SDOG-ESSG 的几何分布及其定量关系	28
3.2 SDOG-ESSG 的格网粒度分析	34
第 4 章 SDOG-ESSG 的格网编码	45
4.1 常用的格网编码方法	45
4.2 格网编码应考虑的因素	49
4.3 SDOG-ESSG 的格网编码方法	50
第 5 章 SDOG-ESSG 格网码的相关运算	63
5.1 格网码与球体坐标的相互转换算法	63
5.2 SDOG-ESSG 层次搜索	71
5.3 SDOG-ESSG 邻近搜索	76
第 6 章 基于 SDOG-ESSG 的地球系统对象三维表达与建模	81
6.1 大尺度三维对象的表达与建模方法分析	81
6.2 基于 SDOG-ESSG 的地球系统对象三维表达	83
6.3 基于 SDOG-ESSG 的地球系统对象三维建模及变化建模	89
6.4 基于 SDOG-ESSG 的三维建模实例	94

参考文献.....	102
附录 A SDOG-ESSG 最大弧长的计算	114
附录 B 术语中英文对照及缩写	116
附录 C 符号表	117

Contents

Chapter 1	Introduction	1
1.1	Spatial Grid and Its Classifications	3
1.2	Analysis of Planar Spatial Grid	4
1.3	Analysis of Spherical Spatial Grid	7
1.4	Development and Trend of Global Spatial Grid	10
Chapter 2	Earth System Spatial Grid and Its Implementation	13
2.1	Definition of Earth System Spatial Grid	13
2.2	Implementation of Earth System Spatial Grid	16
Chapter 3	Geometric Features of SDOG-ESSG	28
3.1	Analysis of Geometric Distribution and Quantitative Relation on SDOG-ESSG	28
3.2	Analysis of Granularity on SDOG-ESSG	34
Chapter 4	Encoding Scheme of SDOG-ESSG	45
4.1	Common Methods of Grid Encoding	45
4.2	Factors Related to the Grid Encoding	49
4.3	Methods of Grid Encoding for SDOG-ESSG	50
Chapter 5	Operations Based on SDOG-ESSG Code	63
5.1	Algorithms of Transformation between SDOG-ESSG Code and Spheroid Coordinates	63
5.2	Hierarchy Searching in SDOG-ESSG	71
5.3	Adjacent Searching in SDOG-ESSG	76
Chapter 6	Three-dimensional Representation and Modeling of Earth System Objects Based on SDOG-ESSG	81
6.1	Existing Methods of Three-dimensional Representation and Modeling	81

6.2	Three-dimensional Representation of Earth System Objects Based on SDOG-ESSG	83
6.3	Three-dimensional Modeling and Variation Modeling of Earth System Objects Based on SDOG-ESSG	89
6.4	Examples of Three-dimensional Modeling Based on SDOG-ESSG	94
References		102
Appendix A Calculation of the Maximum Arc of SDOG-ESSG		114
Appendix B Terminologies Comparison and English Abbreviations		116
Appendix C Table of Symbols		117

第1章 绪 论

近百年来,随着科学技术及生产力的发展,人类活动对全球环境的影响已经十分显著并呈不断加速和扩大趋势,如全球变暖、环境污染、区域干旱化、海平面上升、厄尔尼诺现象、生物多样性锐减、臭氧层破坏、极端天气和灾害事件频发等(IPCC,2001;符淙斌等,2008)。全球变化问题对人类的生存与发展提出了严峻的挑战,已成为人类可持续发展所必须解决的战略性问题。

全球变化等问题是地球系统各圈层相互作用的综合结果(孙九林等,2009)。固体地球的演化对水圈和大气圈的演化及气候变化有显著影响;岩石圈演化会导致生物圈的重大变化。反过来,大气圈演化对岩石圈构造运动也有重要作用。全球气候通过对岩石圈风化、剥蚀、搬运和堆积等过程的改变而改变构造运动和岩石圈物质的运移和循环(郭正堂等,2004);来自地球内部驱动的火山爆发,喷出的尘埃和气体进入大气层,进而对太阳辐射起到屏蔽作用(张志强,2005)。长期的大气过程及气候变化已经不完全由大气本身的运动所决定。太阳活动、海洋状态、冰雪覆盖、生态变化、人类活动以及地质构造活动都是影响气候变化的决定性因子(周秀骥,2004)。海洋有巨大的贮存和交换热量和气体的能力,对全球气候也起着重要的控制作用(李明等,2004)。

种种研究表明:地球系统是一个由大气圈、水圈(含冰雪圈)、岩石圈、生物圈和日地空间组成的复杂系统,如图1.1所示(姚玉鹏,2005)。地球系统所有的组成要素处在一个相互作用的动态系统。太阳和地核的自然驱动力及人类活动引发了地球系统变化。在这种动力作用下,任一圈层过程都不同程度上与其他圈层存在着相互的影响和制约;任一圈层的结构、功能和行为都是地球系统在局部的反映;圈层行为的耦合产生了地球系统的整体行为(周秀骥,2004;张志强,2005;孙九林等,2009)。

解决全球变化等问题需从整体、系统的角度去研究。1983年地球系统科学委员会(earth system science committee,ESSC)的成立及《Earth System Science—A Closer View》(Committee and Council,1988)的出版,标志着地球系统科学的诞生。地球系统科学(earth system science,ESS)为全球变化等问题提供了一种全新的研究视野,即将地球的大气圈、水圈(含冰雪圈)、岩石圈和生物圈视为一个有机联系且相互作用的系统,从整体的高度来研究系统内各种作用及各层圈间的相互作用,从而更全面、深入地揭示全球变化的基本规律,进而提高人类认识和预测全球变化的能力(柴育成,2002;陈泮勤,2003;毕思文,2004;孙枢,2005;刘东生,2006)。

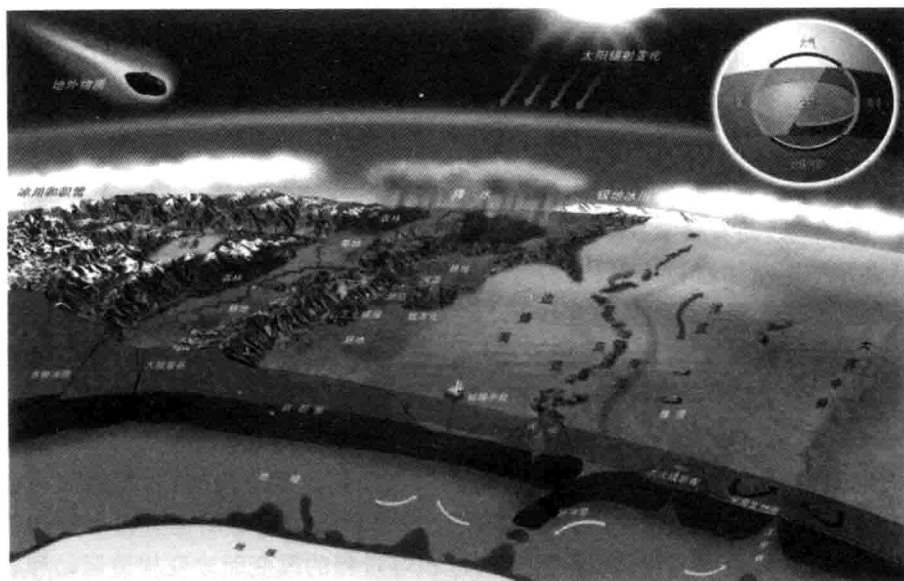


图 1.1 地球系统结构模型

在此背景之下,20 世纪 70 年代末 80 年代初,国际科学界发起了由世界气候研究计划、国际地圈生物圈计划、全球环境变化任务因素计划和生物多样性计划所组成的跨多个圈层的全球变化研究计划,试图探讨包括地球系统各组成部分之间的相互作用,物理、化学和生物三大基本过程的相互作用,以及人与地球的相互作用所联系起来的复杂非线性耦合系统——地球系统的运行机制(孙九林 等,2009)。中国国家自然科学基金委员会地学部也于 2003 年组织了 ESS 战略研究,提出我国应以整体系统研究和探索海、路、气、生及地球内部物质、能量循环的内在联系以及人类活动的影响(孙九林 等,2009)。

在全球变化与 ESS 研究的推动下,目前全球已经建立了立体覆盖的对地观测体系(孙九林 等,2009):

- (1)全球环境监测系统(global environment monitoring system, GEMS)。
- (2)全球观测系统、全球大气监测网(global observing system/global atmosphere watch of WMO, GOS/GAW)。
- (3)全球海洋观测系统(global ocean observing system, GOOS)。
- (4)全球陆地观测系统(global terrestrial observing system, GTOS)。
- (5)综合大洋钻探计划(integrated ocean drilling program, IODP)。
- (6)国际大陆科学钻探计划(international continental scientific drilling program, ICDP)。
- (7)全球地震监测网(global seismographic network, GSN)。

地球科学的科技活动产生地球系统数据,地球系统数据是形成地球科学假说、模式和理论的根据,是地球科学创新的重要源泉,科学的发现依赖于所观测及分析的数据(孙枢,2003)。上述全球立体覆盖的对地观测系统为地球系统研究提供了长期的、稳定的、源源不断的地球系统数据。地球系统科学家们需对这些丰富的地球系统数据进行加工、处理、分析、挖掘和可视化,进而从中揭示出地球系统过程的运行规律及作用机制。地球系统数据具有多维、大尺度、跨圈层、跨学科、综合集成等特性,如何有效地对这些地球系统数据进行集成组织、表达重构、模拟分析、共享与可视化,是 ESS 所面临的主要问题之一(郭正堂等,2004;周秀骥,2004;孙九林等,2009)。作为一种空间框架,格网是解决该问题的常用手段和方法,然而受地图投影及维度的制约,现有格网已难以满足具有多维、大尺度、跨圈层、跨学科等特征的地球系统数据的组织、表达、建模、分析、模拟、共享与可视化等需要。因此,迫切需要发展一种全新的空间框架以满足 ESS 研究的需求。

1.1 空间格网及其分类

地球科学研究是一个从数据获取、数据管理到数据可视化,再到数据分析、得出结论,最后再反复验证的过程。地球科学的研究对象存在于地球系统的三维空间,其数据是一种典型的空間数据。空间数据的获取、管理、分析及可视化等均离不开空间框架,即空间的描述方式。随着对地观测技术及计算机技术的快速发展,以离散方式描述的空间框架备受青睐。空间格网正是这种以离散方式描述的空间框架,可为地球科学研究提供重要方法和工具。

格网(也称网格)具有两层含义:计算格网(computer grid)和空间格网(spatial grid)。计算格网源于电力格网,指对分布式计算及存储等资源的整合(Foster, 2002; Foster et al, 2003);空间格网(以下简称格网)则源于地图制图(陈述彭等, 2002),指对空间区域的一种划分(Rigaux et al, 2002),对应英文有多种称呼,如 grid, lattice, tessellation, cell 等([http://en.wikipedia.org/wiki/Grid_\(spatial_index\)](http://en.wikipedia.org/wiki/Grid_(spatial_index)))。

作为一种空间框架,格网是大气、环境、地理、地球物理等领域常用的数据组织、分析、表达、模拟、共享与可视化的工具。根据划分空间的不同,格网分为平面空间格网(planar spatial grid, PSG)和全球空间格网(global spatial grid, GSG)(Kiestler et al, 2008, 吴立新等, 2012)。在欧氏空间下划分的格网,称为 PSG,包括二维 PSG 和三维 PSG;在球面(体)空间下划分的格网,称为 GSG,包括球面 GSG(基于球面空间划分的 GSG)和球体 GSG(基于球体空间划分的 GSG)(吴立新等, 2012)。全球离散格网(discrete global grid, DGG)(Goodchild, 2000; Sahr et al, 2003)是球面 GSG 中研究最多的一种,常作为球面 GSG 代称。地球系统空间格网(earth system spatial grid, ESSG)(吴立新等, 2012)是球体 GSG 中满足一

定要求并为 ESS 服务的空间格网。图 1.2 显示了各类格网的包含关系。

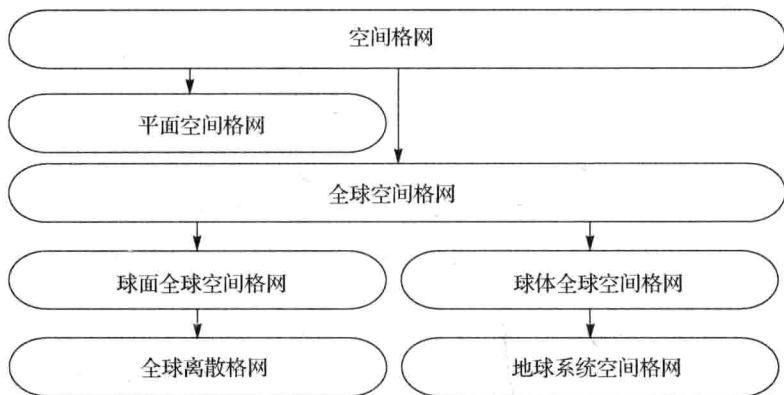


图 1.2 空间格网分类

1.2 平面空间格网的发展与存在的问题

平面空间网格在我国有着悠久的历史,早在 3000 年前农牧社会的原始部落中国就推行了“井田”制度,“田”是四周封闭的网格,“井”是四周没有边界的网格(陈述彭等,2002)。西晋时期,裴秀(公元 224—273 年)率先将网格应用于地图制图,提出了“计里画方”和“制图六体”思想,以“一分为十里,一寸为百里,从率数计里”缩编旧天下大图,完成了《方丈图》。唐代贾耽,以每寸折百里的比例编制了《海内华夷图》。北宋沈括,以二寸折百里编制了《天下州县图》(又称《守令图》)。元代朱思本,用计里画方的方法绘制全国地图——《舆地图》。计里画方以里为单位,将制图区域划分成若干网格,然后在每个网格内分别绘制地图,用以把空间不确定性控制在相应的尺度范围内。

现代地图格网以方里网格为基础,建立在地图投影之上,具有地图管理、地图索引等功能。我国基本比例尺地形图采用了地图分幅方式管理,地图分幅将地球表面分成若干网格,每个网格对应一幅地图,不同网格被赋予不同的网格码,地图分幅编号就是网格的编码,网格隐含位置和比例尺信息,因而通过地图的分幅编号就可确定地图的比例尺和位置。

目前,PSG 已作为一种空间建模、空间分析、数值模拟及空间索引的工具,成为 GIS(geographic information science)、地图学、有限元等领域的重要组成部分。常见的 PSG 及其应用有: TIN^①、DEM^②、地图格网(公里网)(陈述彭等,2002)、

① TIN:不规则三角网,triangulated irregular network。

② DEM:数字高程模型,digital elevation model。

UTM 网格(Grafarend et al, 2006)、有限元网格(Liseikin, 2010)、六边形网格(Gibson et al, 1982; Middleton et al, 2005)、四叉树网格(Samet, 1984; Samet, 1988)、八叉树网格(Jiang Yaohong, 1996; Medellin et al, 2006; Leon et al, 2008)、网格索引(张丽芬等, 2004)等。该类网格的共同点是以欧氏空间为基础进行网格剖分。众所周知, 地球是一个近似球形的空间, 球形空间转换为欧氏空间需要借助地图投影, 然而, 地图投影将导致以下几个问题:

(1) 地图投影不可避免地产生几何变形(Zhao Xuesheng et al, 2006, 2008; 赵学胜等, 2007b; Wu Lixin et al, 2009; Yu et al, 2009)。图 1.3(a) 显示了墨卡托投影产生的几何变形, 随着区域的增大, 几何变形将增大(Wikipedia, 2012a)。为控制几何变形的大小, 地图学家们常采用分带投影的方式, 如高斯-克吕格投影, UTM 投影等。分带投影虽然将几何变形控制在较小的范围以内, 但却带来了几何裂缝问题(Zhao et al, 2006, 2008; Wu Lixin et al, 2009; Yu Jieqing et al, 2009), 即跨越多个投影带的几何对象被割裂成了若干个不连续的几何对象, 如图 1.3(b) 所示(Progonos, 2011)。

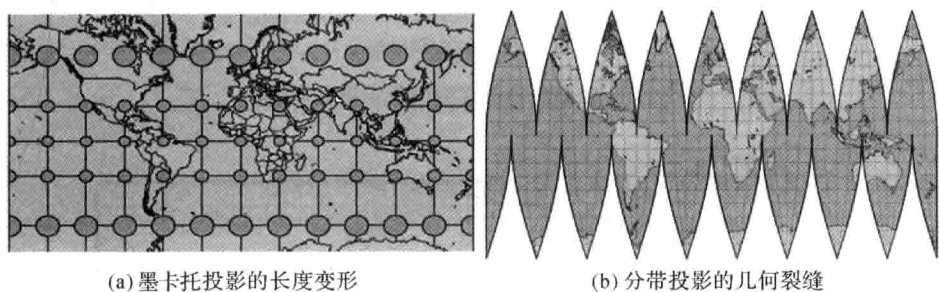


图 1.3 地图投影的几何变形及数据裂缝

(2) 地图投影使得度量空间发生了转变, 导致了空间度量的不准确问题(胡鹏等, 2001; Wu Lixin et al, 2009; 赵学胜等, 2012)。球面空间上两点的距离度量为大圆弧(图 1.4(a)), 而欧氏空间中两点的距离度量为直线(图 1.4(b))。由于地图投影的长度和面积变形不可避免, 上述用于度量的弧线和直线不可能产生重叠, 若采用欧氏距离去度量球面空间上的距离, 必将导致不正确的结果。图 1.4(c) 显示了不同空间(或投影)下, 点 A 的 8 000 km 等距线, 其中红色实线为球面空间大弧度量的结果, 蓝色虚线为墨卡托投影后的直线度量结果, 黑色实线为摩尔威特投影后的直线度量结果。可以看出, 基于投影后的空间度量发生了根本性的改变, 导致了不正确的结果。

(3) 地图投影导致了空间拓扑关系的改变(Gold et al, 2000; Sahr et al, 2003; Zhao Xuesheng et al, 2006; Wu Lixin et al, 2009), 如图 1.5 所示, 黑色弧线的左右两侧在球面上原本是空间相邻的, 但经地图投影之后该区域就被分成两个相互不相邻的空间区域。同理, 南北极点的邻近区域经投影后也改变了这种相邻的空间关系。

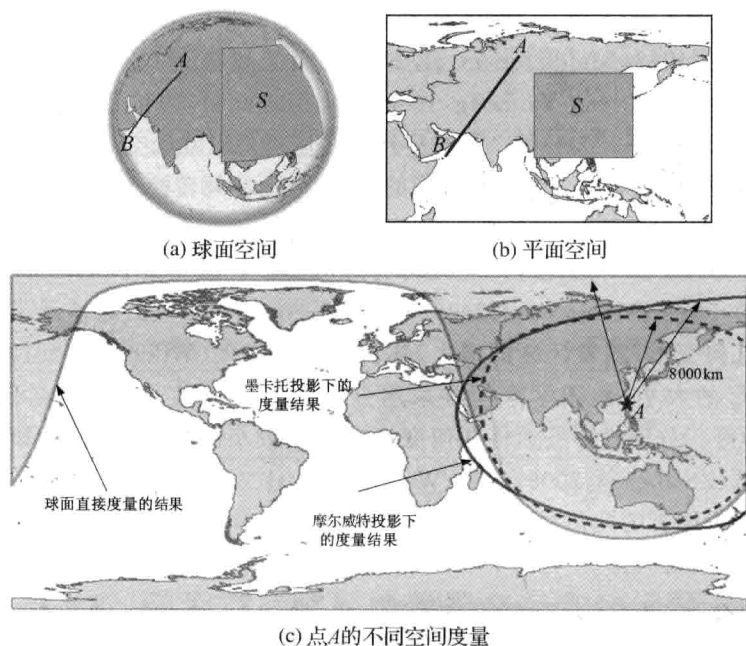


图 1.4 地图投影引起的度量不准确问题

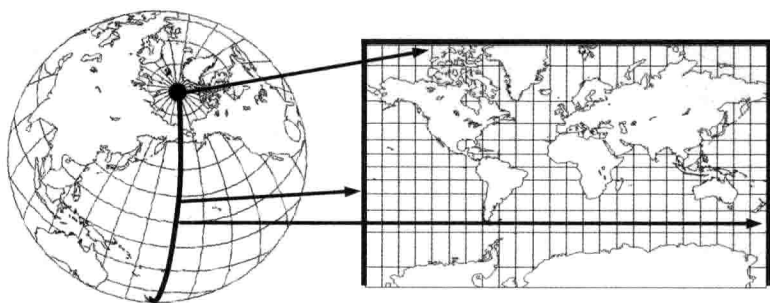


图 1.5 地图投影引起的拓扑改变

(4) 地图投影导致了方位关系的改变。角度是度量方位的基础,在保证一定的长度变形比的前提下,地图投影不可避免地产生角度变形,因此,基于投影后的方位关系计算可能会导致不准确的结果。图 1.6 显示了地图投影所带来的方位关系改变,原本球面空间中,北京位于南昌的东北角,但经投影(如摩尔威特投影)之后,北京就位于南昌的西北角,空间方位关系发生了极大的改变。

小尺度区域($10^0 \sim 10^2$ km),如小区、学校、城市等,球面局部可近似为欧氏平面,因而地图投影产生的变形可忽略不计,度量、拓扑、方位等空间计算结果可认为近似一致。但当尺度不断增大,达到中、大、超大甚至全球尺度($> 10^3$ km)(陈静

等,2003;鲁学军等,2004;吴立新等,2012)时,上述几何变形、裂缝、度量、拓扑、方位等问题不容忽视。大尺度是地球系统数据的主要特征,其研究尺度往往不是全球就是跨越多个投影带,因此,基于地图投影的PSG已难以适应ESS大尺度研究的需要,需要另寻一种不依赖于地图投影而直接在球体(面)空间下构建的一套空间格网系统,即全球空间格网。

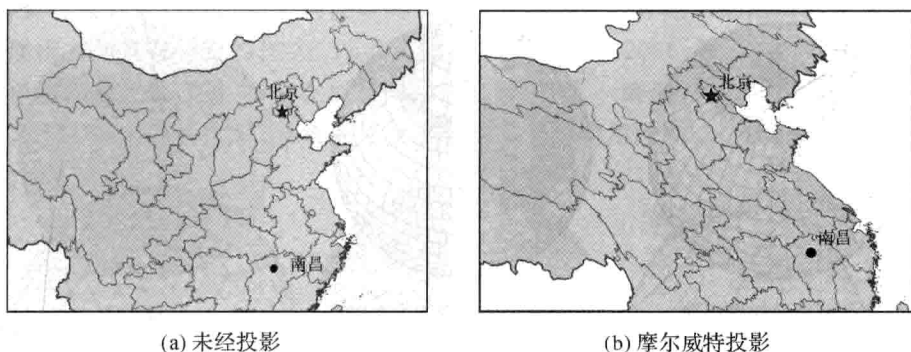


图 1.6 地图投影引起的方位关系改变

1.3 球面空间格网的发展与存在的问题

球面GSG是一种不依赖地图投影而在地球的本质空间——球面空间,直接进行递归剖分的空间格网,有望成为大尺度(或全球尺度)研究空间分析、建模、模拟及索引的工具(赵学胜等,2007b)。球面GSG又称为全球离散格网(DGG)。自1968年Sadourny(1968)及Williamson(1968)提出球面六边形格网以来,国内外涌现了一批关于DGG的研究成果。赵学胜等(2007b,2012)将DGG分为经纬度格网、自适应格网和正多面体格网三类。

经纬度格网基于经纬弧线按一定的间距对球面进行离散剖分,是目前地学界应用最广泛的一种DGG。有关经纬度格网的应用例子非常多,其中,软件系统方面有:美国SRI公司开发的Terra Vision地形浏览器(Reddy et al,1999),谷歌公司推出的Google Earth,微软推出的Virtual Earth,NASA推出的World Wind;数据集方面有:美国地质调查局提供的GTOPO30数据集和ETOPO1数据集、美国国防制图局和美国NASA/哥达德宇航中心编辑的JGP95E5数据集,美国国家图像制图局提供的数字地形高程数据DTED(digital terrain elevation data)等。图1.7是三种经纬度格网(Kurihara,1966;赵学胜等,2012)。

经纬度格网的优点是:①形式简单,具有广泛的应用,现有许多数据格式、处理算法和系统软件均以经纬度格网为基础(赵学胜等,2007b,2012);②经纬线的划分方式与地理现象的经纬分布具有高度一致性;③与经纬度坐标系存在天然的

联系,使得现有广泛基于地图投影的数据均能建立其映射。其缺点是:普通经纬度格网两极逐渐收敛,不同纬度的格网粒度悬殊(Kageyama et al, 2004; Stemmer et al, 2006; Chen Chungang et al, 2008; Ballard et al, 2009),难以构建多分辨率格网,缺乏层次可操作性,且南北极不必要的细度剖分产生了大量的数据冗余(赵学胜等, 2012)。

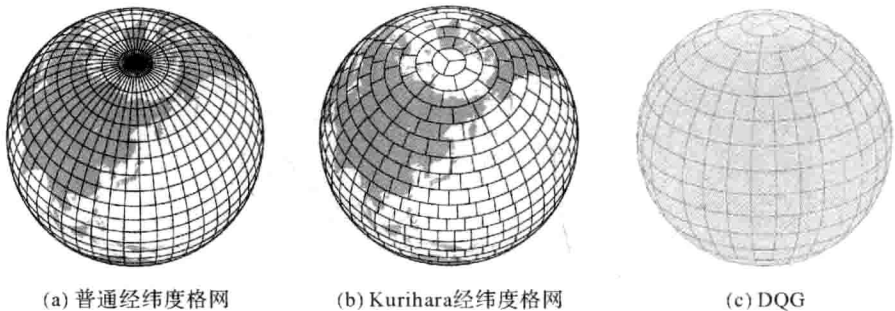


图 1.7 经纬度格网

球面自适应格网剖分以空间目标为基础对球面进行 Voronoi 格网划分。该格网具有较大的不规则性,且无法进行层次递归划分,不同的数据集往往对应不同的格网划分,因此,该格网不适合作为一种空间基础框架,有关该方面的研究和应用相对较少,代表性的有:Lukatela (2000)、Kolar (2004)、Mostafavi (2004)等。

正多面体格网以五种理想的柏拉图正多面体(正四面体、正六面体、正八面体、正十二面体、正二十面体)作为球体的内嵌多面体,将各面投影至球面,以获得若干形状、大小完全一致的球面多面形,然后对各球面多面形采用某种递归剖分方法不断细分。构建该类格网的关键在于:球体定位、正多面体以及递归剖分方法的选择,Sahr 等(2003)对这一问题进行了系统的论述。White 等(1998)经研究得出结论:正多面体的面数越多,其边长和面积变形将越小。因此,有关研究基本集中在正八面体和正二十面体的 DGG 剖分,而对四面体和正六面体的 DGG 剖分则相对较少。正八面体和正二十面体的剖分均可得到球面三角形格网(Dutton, 1984; Dutton, 1989; Goodchild et al, 1992)、球面菱形格网(White, 2000)和球面六边形格网(Peterson, 2006; Vince, 2006; 张永生等, 2007; Sahr, 2008; Tong Xiaochong et al, 2009, 2013),如图 1.8 所示。

球面三角形格网是最基本的球面格网,具有层次性、近似均匀性和全球统一性等特征,其三角剖分单元更符合球面(尤其南北两极处)特性(赵学胜等, 2007, 2012)。在地学分析方面,球面三角形格网更易于对地形进行单点建模,然而球面三角形格网最大的缺点是几何结构复杂,导致格网方向的不确定性及不对称性,且其邻近关系随着位置的不同会产生多种变化,使得邻近搜索与分析非常复杂和困