

引文格式:廖克.中国地图学发展的回顾与展望[J].测绘学报,2017,46(10):1517-1525. DOI:10.11947/j.AGCS.2017.20170330.
LIAO Ke.Retrospect and Prospect of the Development of Chinese Cartography[J]. Acta Geodaetica et Cartographica Sinica, 2017,46(10):1517-1525. DOI:10.11947/j.AGCS.2017.20170330.

中国地图学发展的回顾与展望

廖 克^{1,2}

1. 中国科学院地理科学与资源研究所,北京 100101; 2. 中国科学院大学资源与环境学院,北京 100190

Retrospect and Prospect of the Development of Chinese Cartography

LIAO Ke^{1,2}

1. Institute of Geographical Sciences and Natural Resources Research, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100101, China; 2. College of Resources and Environment, University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100190, China

Abstract: This paper is divided into three parts. The first part of the article is a brief review of the developmental history of ancient and modern cartography in China. It shows that China is one of the earliest countries in the world to create maps. China played an important role in the development of cartography in the world, and has made significant contributions to the development of cartography. Up till the Ming Dynasty in 15th Century, China's map and cartography had always been ahead of the Western countries, but fell behind only after the Qing Dynasty. The second part of the article describes the rapid development of China's mapping and cartography after the founding of the "New China", including the tremendous achievements in the areas of mapping and creation of national topographic maps, thematic maps and atlases, remote sensing cartography, computer-aided cartography, multimedia electronic maps, mobile communication maps, online maps, and theoretical research of cartography. China has caught up and reached the world's advanced level in cartography. The third part It proposes the direction and adjusted roles of mapping and cartography in China in the new century, and analyzes the opportunities, challenges and prospects of cartography in the era of big data, internet and artificial intelligence. Via visualization of 3D dynamic mapping, big data can show the spatial pattern and regional differentiation as well as temporal and spatial dynamic change of subjects and phenomena, and then make analysis and evaluation, forecast and early warning, zoning and layout, planning and design, management and regulation. Therefore cartography can play an important role in the era of big data. In the future, internet will become the main platform for map creation and application. Maps will be more popular, personalized, intelligent and practical.

Key words: cartography; history; retrospect; prospect; big data; Internet

摘 要:本文分 3 部分:第 1 部分是中国古代和近代地图学发展历史的简要回顾,阐明中国是世界上地图出现最早的国家之一,在世界地图学发展史上占有重要地位,对世界地图学的发展作出过重要贡献,直至 15 世纪的中国明代,中国地图和地图学始终领先于西方国家,只是清代以后,才落后于西方发达国家;第 2 部分阐述新中国成立后中国地图事业和地图学飞速发展,在全国地形图的测绘与编制、专题地图与地图集编制、遥感制图、计算机制图、多媒体电子地图、移动通信地图、互联网地图、地图学理论研究等方面取得了巨大成就,赶上了世界先进水平;第 3 部分提出新世纪中国地图与地图学方向与任务的调整,分析了大数据、互联网和人工智能时代地图学的机遇、挑战与展望。大数据通过三维动态地图可视化,能够显示事物和现象的空间格局与区域分异及时空动态变化,进而作出分析评价、预测预报、区划布局、规划设计、管理调控。因此地图学在大数据时代能够发挥重要作用。今后互联网将成为地图编制与应用的主要平台,地图会更加大众化、个性化、智能化与实用化。

关键词:地图学;历史;回顾;展望;大数据;互联网

中图分类号:P208

文献标识码:A

文章编号:1001-1595(2017)10-1517-09

1 中国古代和近代地图学发展简要回顾

中国是世界文明古国之一,中国的指南针、火药、造纸、印刷术以及其他许多发明传入欧洲,推动了西方文明的发展,尤其是宋代指南针的发明,大大推进了中世纪以后近代航海事业和世界测绘的发展。中国是世界上地图出现最早的国家之一,在世界地图学发展史上占有重要地位,对世界地图学的发展做出过重要贡献。直至15世纪的中国明代,中国地图和地图学始终领先于西方国家,只是清代以后,才落后于西方发达国家。

1.1 《马王堆西汉帛地图》和裴秀“制图六体”表明中国古代地图学达到较高水平

1974年出土的公元前310年前的《战国中山王陵铜版兆域图》,1986年出土的公元前239年前的《放马滩战国秦墓木板地图》,表明2300多年前春秋战国时期的地图已经发展到一定水平。1973年长沙马王堆三号西汉墓出土公元前168年以前的帛地图,包括地形图、驻军图和城邑图。地形图上河流采用粗细均匀变化的线划,其平面图形、流向和弯曲与现今地形图比较大体相似。居民地用矩形和圆形符号表示,位置相当准确,重要居民地之间有道路相连。地形主要采用闭合的山形线表示山脉的范围、轮廓走向,用柱状符号表示从侧面见到的主要山峰。同样驻军图和城邑图内容也都相当丰富并各具特色。可见2180多年前中国测绘与制图已达到相当高的技术水平。这3幅地图是世界上已发现最早且水平最高的地图。表明中国古代地图测绘技术处于世界领先地位。马王堆地形图是现代国际上权威地图学史的经典插图。晋代出现杰出的地图学家裴秀(公元223—271年)。裴秀不仅绘制了18幅《禹贡地域图》与《地形方丈图》,更重要的是他总结了前人和自己的经验,提出了6项制图原则,即有名的“制图六体”:分率、准望、道里、高下、方邪、迂直。裴秀的“制图六体”,系统总结概括了我国古代地图制图经验,加上“计里画方”,形成了我国古代传统地图学的数学基础与制图原理,对我国古代地图和地图学的发展,产生了极其深远的影响^[1-2]。

1.2 中世纪西方地图学停滞与倒退,而中国地图学则不断发展,始终领先于西方国家

古代希腊著名数学家、天文学家和地图学家托勒密(公元87—150年)所写的由8部地理学著作组成的《地理学指南》,对当时已知的地球各部分作了较详细叙述,其中包括对8000个点的经纬度说明。他创造了球面投影和普通圆锥投影,并以普通圆锥投影绘制了世界地图。该图在西方古代地图学史上具有重要意义。托勒密对西方地图学发展产生了深远的影响。但是,西方在中世纪(公元5—14世纪)漫长时期,由于宗教占统治地位,导致经济、文化、艺术、科学、技术完全停滞,当时地球球形的概念受到排斥,地图也不再是地理知识的表达形式,仅成为神学著作中的插图。这类地图几乎千篇一律,把世界绘成一个圆盘,把耶路撒冷画在圆的中心,圆的南端画一横、两半分别为尼罗河和顿河,中间一竖为地中海,构成丁字形水体,分隔为欧、亚、非3个大陆。这种T-O形地图既无经纬网格,又无比例尺,完全失去了科学和实用价值,所以中世纪是西方地图和地图学大倒退的时期^[3]。

相反,这一时期正是中国地图与地图学不断发展的时期。因为中国历代统治者都非常重视地图的测制和管理,不仅把地图视为权力的象征,而且也是作为军事作战、行政与土地管理、水利工程、都城规划不可缺少的工具。从公元前221年的秦代开始,就设有管理测绘和地图的机构。中国地图与地图学具有继承前朝和前人成果推陈出新的优良传统。从隋代开始修测图经、图志,而且不断修编,中国几乎每个朝代都有代表性地图和著名的地图学家。例如唐代的《海内华夷图》、《禹迹图》和著名地图学家贾耽;宋代的《守令图》和著名地图学家沈括;元代的《舆地图》和著名地图学家朱思本;明代的《广舆图》和著名地图学家罗洪先,著名的航海家郑和及其《郑和航海图》等。此外,唐代僧一行进行了大规模纬度测量,元代郭守敬又研制多种天文观测仪器、提高了测量与制图精度。上述事实表明,直至15世纪的中国明代,中国地图和地图学始终领先于西方国家^[1]。

1.3 15 世纪后西方测绘与地图迅速发展,传教士把西方投影方法与测绘技术传入中国,又将中国的地图带回欧洲,修正了当时欧洲各国的世界地图

15 世纪初,欧洲的手工业和商业日益发达,资本主义开始萌芽,进入了文艺复兴时期,加上各国通商贸易和航海事业的发展,出现一个地理大发现时代,这为地图制图的大发展奠定了新的基础。后来航海地图的发展和新大陆的发现,对地球各大陆和海洋又有了新的认识,成为新的世界地图的基础。公元 15—16 世纪欧洲一些国家编绘出了多种世界地图版本。16 世纪荷兰出现了伟大的地图学家墨卡托(公元 1512—1594 年),他所编制的世界地图采用他自己创造的等角正轴圆柱投影,等角航线表示成直线,对航海最为合适。后人称该投影为墨卡托投影。直到现在各国都采用墨卡托投影编制航海图、航空图和宇航图。墨卡托对西方地图学发展产生了巨大影响,对世界地图学的发展做出了重要贡献^[3]。

16 世纪意大利传教士利玛窦(1552—1610 年)首先来到中国,后来又有一些西方国家传教士到中国来。他们一方面将西方地图投影的概念和经纬度测制方法技术,以及当时欧洲绘制的世界地图传到中国,另一方面他们又到处搜集中国的地图并带回本国^[3]。笔者曾在西班牙巴塞罗纳的西班牙地图研究所见到收藏于该所的明代永乐年手绘《中国輿图集》。传教士卫匡国来华 9 年(1643—1651 年),搜集了大量中国地图资料,返回欧洲后翻译和编绘了《中国新地图集》,于 1655 年在荷兰阿姆斯特丹出版。该图集包括中国总图与各省地图 17 幅及各省地理介绍。这些传入西方的近代中国地图,大大补充了当时西方对中国的认识,修改了当时各国的世界地图,中国对世界地图学发展作出了重要贡献。

1.4 17 世纪以后西方科学技术迅速发展,中国的地图制图技术落后于欧美国家

16 世纪以后,随着资本主义的发展,航海、贸易、军事、殖民掠夺以及工程建设,增加了对地图的需求,特别是 17 世纪工业革命以后,英国、法国、德国的科学技术迅速发展,为测绘与地图制图技术的发展创造了条件。例如当时高精度的罗盘、象限仪、水银气压计、经纬仪、平板仪等仪器的发明,使角度、距离、高差的测绘的精度大为提高,加上三角测量方法的应用,使大范围、高精度大比

例尺地形测图成为可能。而长期处于闭关自守的中国清代,后又陷入半殖民地半封建社会,科学技术未能很好发展。同样中国的测绘与地图制图技术也落后于西方资本主义国家^[3]。不过从清康熙二十三年(公元 1684 年)开始,在传教士的帮助下,进行了全国性较大规模的经纬度三角测绘和全国輿图的编制,历时 35 年,编绘成的《皇輿全览图》在中国测绘史上具有重要意义^[1]。

20 世纪上半叶的旧中国,从 30 年代开始学习和引进德国的航空摄影测量方法测制地形图,但测图进展缓慢,直到 1949 年才完成全国面积的三分之一。1934 年编制出版了由丁文江、翁文灏、曾世英主编的《中华民国新地图》,该图集采用圆锥投影和 1000 多个实测天文点控制,并首次用等高线分层设色表示地貌,是中国早期现代地图集的优秀代表作品,在当时国内外都产生了较大影响。但整体而言,20 世纪上半叶以前,中国的地图与地图学远远落后于欧美发达国家^[2]。

2 新中国地图事业和地图学取得巨大成就,经过 60 多年飞速发展,赶上了世界先进水平

1949 年新中国成立以后,中国政府非常重视测绘和地图事业的发展,全国地形图的测绘与编制,各种类型的普通地图、专题地图与地图集等编制与出版,遥感制图、计算机制图、多媒体电子地图、移动通信地图与互联网地图等方面取得巨大成就,满足了国家经济建设、社会发展、国防军事与科研教育等各方面的需要。

2.1 完成了国家基本地形图的测制和普通地理图的编制

从 20 世纪 50 年代起,中国开始按统一的大地坐标网与制图规范测制国家基本地形图。至 20 世纪 90 年代,1:10 万比例尺~1:100 万比例尺地形图已覆盖全国。2005 年在完成中国西部 1:5 万地形图测制后,1:5 万地形图也覆盖全国。这是新中国测绘与地图事业的重大成就。从 20 世纪 90 年代开始采用数字测绘与制图技术先后完成全国 1:100 万、1:25 万和 1:5 万数字地图与数字地形模型,这标志中国国家基本地形图的测制技术赶上国际先进水平。同时编制出版了各种比例尺全国、各省区及市县普通地图,满足了各级政府部门与社会各界对普通地图的广泛需求^[1]。

2.2 专题地图迅速发展,取得举世瞩目的成就

(1) 各专业部门对全国自然资源与自然条件全面勘测与调查,完成一大批各类专题地图。从50年代开始,地质部门组织全国大规模地质勘测与制图,先后完成全国1:20万和1:100万及重点地区1:5万地质图与矿产图、水文地质图及煤炭、油气分布图的编制,出版了全国地质图、矿产图、多种观点的大地构造图等。地震部门和地球物理工作者根据3000多年的历史记载、近代仪器记录和区域调查等资料,先后编制出版了1:400万和1:300万全国地震区划图、历史地震烈度图、地震震中分布图、主要活动断裂分布图等。全国林业部门完成了林业勘测调查与制图,完成了各林场、林业局的森林分布图、林相图,并在此基础上编制出版了各省区森林分布图和全国森林分布图。农业部门先后两次开展全国农业土壤普查,完成了各县、地、省和全国农业土壤图的编制。气象和水文、水利部门在全国各地观测台站系统积累资料的基础上,编制了各种气象要素图、天气预报图、气候图与水文图^[2]。

(2) 在全国科学考察、自然区划、农业区划和流域规划中完成一大批成果地图。其中包括新疆、黑龙江流域、蒙宁、海南、川西滇北、珠穆朗玛峰地区、青藏高原、横断山区、黄土高原等综合科学考察的成果地图;1:400万中国地貌、气候、水文、潜水、植被、土壤、动物与昆虫等区划图和综合自然区划图;全国各省、县农业资源与农业区划地图;1:100万全国基本自然条件与土地资源地图,其中1:100万《中国土地利用图》、《中国土地资源图》、《中国植被图》、《中国草场资源图》先后正式出版^[1-2]。

2.3 编制出版了国家大地图集和一大批全国性专题地图集与区域性地图集

2.3.1 《中国国家大地图集》

1956年《中国国家大地图集》列为《中国十二年科学技术发展规划》项目。1958年,中国科学院和国家测绘总局组织了国家大地图集编纂委员会,由中国科学院竺可桢副院长任主任委员,并确定中国国家大地图集由普通地图集、自然地图集、经济地图集、历史地图集四卷组成。其中国家自然地图集由中国科学院地理研究所主编,在陈述彭主持下于1965年率先完成,1967年内部出版。该图集较全面系统地反映了中国复杂的自然条件和丰富的自然资源,阐明了中国自然地理环境的

特点。在出版后的30多年中,在各方面发挥了重要作用。国家普通地图集由国家测绘总局测绘研究所等主编,仅完成了省区地图部分,遂于1969年以《中华人民共和国分省地图集》出版。其他各卷因“文化大革命”完全停顿。1982年国务院批准了国家科委、中国科学院、中国社会科学院、国家测绘总局“关于继续编纂出版国家大地图集的报告”,重新组织国家大地图集的编制。经过20多年200多个部门和单位的1700多位专家学者的共同努力,先后编制出版了《国家农业地图集》、《国家普通地图集》、《国家经济地图集》、《国家自然地图集》(重编)、《国家历史地图集》(第一卷)。中国国家大地图集是自然、人口、经济、社会与历史地图的完整汇编,是中国地学、生物学、环境科学、经济学与历史学研究成果的系统概括与总结。图集的编制坚持了为经济建设与社会发展服务的指导方针,坚持科学性与实用性相结合,全面采用遥感制图、计算机制图与自动制版最新技术,出版以后获得国内外权威专家的高度评价,认为是“中国现代地图学发展的里程碑”。中国国家大地图集不仅具有重大的科学意义、应用价值和社会效益,而且它推动了中国现代地图学的发展,促进了地图学人才的培养,提高了中国地图学在国际地图学界的地位和声望^[1-2]。

2.3.2 区域性地图集与全国性专题地图集

在国家地图集的带动下,编制出版了一大批省、市地图集和全国性专题地图集,如广东、湖南、山西、四川、北京、上海、江苏、江西、浙江、福建、辽宁、吉林、贵州、新疆、陕西等省、直辖市、自治区及深圳、珠海、青岛、宁波、绍兴等地级市综合性地图集。有的省市地图集已是二、三代重编。除省市地图集外,还编制出版了《黄河流域地图集》、《长江流域地图集》、《青藏高原地图集》。特别是出版了一批国土资源、环境生态、自然灾害、疾病医疗、城市规划、人口经济等新兴领域的全国或区域专题地图集,如《中国人口地图集》、《中国行政区划地图集》、《中国人口与环境地图集》、《中国古地理图集》、《中国古地图集》(战国—元、明、清三代三卷)、《中国军官地图集》、《中国岩石圈动力学地图集》、《中国水文地质图集》、《中国地质地图集》、《中国金属矿产地图集》、《中国非金属矿产地图集》、《中国自然保护地图集》、《中国饮用水地图集》、《中国药材资源地图集》、《中国自然灾害地图集》、《中国灾害系统地图集》、《中国重大自然灾害

与社会地图集》、《中国地方病与环境地图集》、《中国鼠疫与环境地图集》、《中国土壤地图集》、《中国林业地图集》、《京津地区生态环境地图集》、《长江三峡生态环境地图集》、《长江经济带可持续发展地图集》、《长江防洪地图集》、《长江三峡库区地图集》、《中国古地图集——城市地图》、《中国西部生态环境图集》、《中巴卫星遥感影像图集》等,以及许多省市区国土资源地图集、农业区划地图集、经济地图集,共有 200 多部。这些地图集题材广泛、类型繁多、内容丰富、资料翔实、图型设计多样、制印水平较高,不仅充分反映了中国地学、生物学、环境科学、空间科学、社会科学等方面最新调查研究成果,而且充分反映了改革开放以来在经济建设与社会发展及科研教育等各领域所取得的巨大成就。区域地图集显示了区域特点,专题地图集则突出了主题,其中大部分地图集应用了遥感制图与计算机制图技术,多数地图集达到了国际先进水平,多次在国际地图展览中展出,受到广大读者的欢迎,并得到国际地图学界权威们的高度评价,认为中国在地图集编制方面已跃居世界前列。《北京市地图集》、《深圳市地图集》、《中华人民共和国国家自然地图集》、《长江经济带可持续发展地图集》还先后在国际地图学会议和国际地图展览会中,荣获“国际优秀地图奖”^[1-2]。

2.4 遥感技术广泛应用于专题制图取得明显成效

从 20 世纪 70 年代后期以来,我国遥感技术应用试验研究已在全国范围迅速展开。80 年代后期,遥感制图从假彩色合成与目视判读,发展到了计算机图像数字处理与自动分类制图。遥感技术已在地质、地貌、土壤、林业、土地利用、土地资源、气象、海洋、农业、水利等各项专题制图以及区域综合系列制图中广泛应用。例如,山西省与陕西省遥感农业资源调查与制图、内蒙古自治区遥感草场资源调查与制图、云南丽江地区遥感农业综合系列制图、黄河三角洲遥感动态制图、京津国土资源与环境系列制图、黄土高原遥感系列制图等。中国科学院遥感应用研究所还利用美国陆地卫星 TM 遥感影像,完成了全国 1:10 万土地利用图并建立土地资源数据库。我国自行研制与发射的资源卫星和风云气象卫星已分别在我国资源调查与生态环境动态监测、气象预测预报及其专题制图中发挥了重要作用^[1-2]。

2.5 普遍采用计算机制图与出版系统,实现了从传统手工制图与制版到数字化、自动化的根本变革

中国计算机制图从 20 世纪 70 年代中期组织设备研制与软件设计,到 80 年代后期建立计算机专题制图软件系统,采用计算机制图完成了《中国人口地图集》、《天津市环境质量地图集》、《中华人民共和国国家经济地图集》等一大批地图集编制,同时自行研制出统计制图专家系统、地图设计专家系统。《中华人民共和国国家自然地图集》、《上海市地图集》、《深圳市地图集》、《长江流域地图集》、《长江经济带可持续发展地图集》等一大批地图集采用了计算机设计、编辑与自动出版系统完成,实现了从传统制图工艺向数字化、自动化的根本变革,达到了 90 年代末的国际先进水平^[3]。

2.6 地理信息系统为地图编制与应用创造了良好条件

地理信息系统作为获取、存储、模拟、处理、检索、分析与显示地理空间信息的综合技术系统,已广泛应用于国民经济各部门和各领域,在资源调查与管理、国土规划与整治、环境监测与评价、灾害预警与评估、城市规划与管理、政务信息管理与咨询决策等方面发挥了重要作用。随着我国信息技术和产业的飞速发展,我国地理信息系统技术不仅在数据库结构与数据管理、用户使用界面与服务功能、数据集成与数据更新、空间信息分析模型与专业软件开发、人工智能与专家系统等方面不断提高和完善,而且已形成包括硬件设施、软件开发与信息服务在内的、具有相当规模的地理信息产业。尤其是国产地理信息系统软件有了较大发展,涌现了以 SuperMap、MapGIS 为代表的国产软件。这些软件已达到国际同类产品的先进水平,占领了较大比例的国内市场并开始推向国际市场。20 世纪 90 年代形成由全球定位系统、遥感、地理信息系统(“3S”)和地图相结合的空间信息完整技术支撑体系,在经济建设与社会发展和地球科学各领域研究中发挥了重要作用^[4]。

2.7 多媒体电子地图、移动通信地图与互联网地图迅速发展

(1) 多媒体电子地图。从 1989 年我国出版第 1 部《京津地区生态环境电子地图集》以来,我国电子地图集的研制得到了迅速发展。《中华人民共和国国家经济地图集》电子版、《中华人民共和国人口环境与可持续发展地图集》电子版、《香

港电子地图集》、《北京电子地图集》、《中国国家自然地图集——中国自然资源与环境的形象显示与虚拟》等一大批电子地图集相继问世,并且在阅读、检索与地图分析方面具有自己的特色。

(2) 移动通信地图。电子地图与 GPS 相结合建立的车载导航系统,给驾车出行带来很大方便,目前中国大中城市的智能化车载导航系统已经建立并装备较高档次的车辆。移动手机地图与位置服务也发展很快,2005 年底,中国联通和中国移动、高德、四维图新、凯立德等公司及百度地图、天地图网站都推出了各自的车载和手机地图及位置服务。现在车载与手机地图已先后开通了所有省、市、县的各级公路及乡镇道路,并配有语音导航及路况提示。我国自主研发的“北斗”全球定位系统(BDS)已初步建成,目前已覆盖亚太地区。BDS 具有成本低、精度高、功能更强等优点,能很好地满足军事和民用的需要。同时测绘地理信息主管部门已建立统一的卫星导航定位基准服务系统,能够向公众提供实时亚米级的导航定位服务,并向专业用户提供厘米级乃至毫米级的定位服务。

(3) 互联网地图。随着 20 世纪 90 年代互联网(Internet)的迅速发展,已经成为快速传播各种信息和知识的重要渠道。互联网地图具有远程地图信息传输、广泛便捷传播、适时动态更新、人机交互性等优点,越来越受到各网站的重视和广大用户的欢迎。因此近 20 年来,中国互联网地图得到快速发展。截至 2012 年 12 月底全国已有 279 个单位获得互联网地图甲级或乙级服务资质证书,其中专业的地图网站 100 多个。在专业的地图网站中,影响面较大的全国性地图网站 30 多个。例如百度地图、天地图、图吧地图、搜狗地图、搜搜地图、E 都市地图、城市巴地图、图盟地图、神州龙地图、我要地图、丁丁地图、51 地图、地理国情监测云平台、地图慧等地图网站。其中天地图网提供 1:25 万公众版地图数据、导航电子地图数据、15 m 分辨率卫星遥感影像、300 个地级以上城市 0.6 m 分辨率卫星遥感影像。E 都市网展示全国大、中城市的三维城市地图。这些地图网站除提供地图放大浏览,道路、医院、学校、商店、餐馆、影剧院、旅游景点等的检索,以及位置查询、距离量算外,多数网站还提供实时交通信息查询、出行换乘导航查询等服务。

2.8 初步建立现代地图学理论体系

(1) 地图投影和制图综合的理论和方法研究。20 世纪 50—70 年代以方俊、吴忠性、胡毓矩、杨启和、方炳炎等为代表的研究地图投影的专家,系统研究了地图投影的原理、投影选择、投影计算、投影变形、投影转换等。分别撰写出版了《地图投影》、《地图投影学》、《数学制图学原理》等专著,提出了我国地形图采用高斯-克吕格投影,全国性地图分别采用等角或等积正割圆锥投影,双标准纬线为北纬 25°和 47°。还提出了世界地图、包括南海的中国全图、各省区地图的投影方案,建立了我国地图投影的理论方法。20 世纪 50—60 年代,中国科学院地理研究所陈述彭、郑威、吕人伟对小比例尺普通地图的地图概括(制图综合)进行了系统深入研究,提出在深入分析研究制图区域特点的基础上,先编制制图综合指标图(包括各要素成因类型的分区和形态量测的数量指标分区)的方法,不仅较好地表示每一要素的区域特点与分布规律,而且能较好地处理数量与质量、一般与特殊的关系。与此同时,解放军测绘学院、武汉测绘学院、国家测绘总局测绘研究所和总参测绘研究所,对大、中比例尺地形图的制图综合进行了系统研究,对 6 大要素的形态结构特点、区域分布规律、制图综合指标、综合原则和地图载负量等问题分别进行了研究,其研究结果为编写 1:10 万、1:20 万(1:25 万)、1:100 万地形图制图规范提供了科学依据,对大、中比例尺地形图制综合的实际作业起了重要指导作用^[2]。

(2) 专题与综合制图理论与方法的研究。从 20 世纪 60 年代开始,各科研单位和专业部门的地图研究人员与高等院校地图学教师,结合各部门专题制图和国家与区域地图集的编制,对专题制图与综合制图原理与方法进行了较多研究,包括专题地图的分类与分级,轮廓界线取舍与概括,地理底图选择与编绘,地图符号色彩与图型设计,综合地图集统一协调等问题,发表了很多论文与专著,如张克权、黄仁涛等的《专题地图编制》、李海晨的《专题地图与地图集编制》、温长恩的《专题地图制图》、廖克主编的《专题地图丛书》、廖克的《现代地图学》、陈昱的《现代地图集设计与研究》等,对专题地图和综合地图集的编制起到了重要的指导作用^[2]。

(3) 现代地图学新概念与新理论的探讨。20 世纪 60 年代后期国际上出现地图学新概念与

新理论的大讨论,提出了地图信息论、地图传输论、地图模式论、地图认知论、地图感受论、地图符号学、地图语言学等新概念与新理论,以及理论地图学与实用地图学的划分。20 世纪 70 年代以后我国地图学界廖克、陆权、高俊、王家耀、田德森等也对上述地图学的新概念与新理论进行了研究与探讨,提出许多关于地图传输论与地图认知论及现代地图学的体系与结构等方面的新见解。发表了一系列论文和专著,如廖克的《现代地图学体系》和高俊《地图制图学的理论特征与科学结构》、田德森的《现代地图学理论》、王家耀、陈毓芬的《理论地图学》等。特别值得指出的是 20 世纪 80 年代以后我国地图学界对地图学的研究与教学非常重视,陆续出版了一大批地图学方面的专著和教科书^[2]。除上面提到的著作外,具有代表性的著作还有:祝国瑞、尹贡白的《普通地图编制》(上、下册)、高俊的《地图概论》、王家耀的《普通地图制图综合原理》、段体学、王涛等的《地图整饰》、刘岳、梁启章的《地图制图自动化》、胡友元、黄杏元的《计算机地图制图》、张力果、赵淑梅的《地图学》、廖克、刘岳、傅肃性的《地图概论》、陆漱芬等的《地图学基础》、陈述彭的《地学的探索——地图学》、施祖辉的《地貌晕渲法》、褚广荣、王乃斌等的《遥感系列成图方法研究》、李满春、徐雪仁的《应用地图学纲要——地图分析、解译与应用》、陈逢珍的《实用地图学》、黄万华等的《地图应用学原理研究》、毛赞猷等的《新编地图学教程》、傅肃性的《遥感专题分析与地学图谱》、喻沧、廖克的《中国地图学史》等。

3 新世纪中国地图学发展的展望:机遇与挑战

3.1 新世纪地图与地图学方向与任务的调整

新中国地图与地图学经过 60 多年的迅速发展,已实现从传统手工测绘与制图到全数字化、自动化的根本变革。全国大规模的国家基本地形图的测制已经完成,只有局部重点地区 1:5000、1:10 000 和 1:25 000 仍需继续测绘。全国性综合科学考察,各专业部门的勘察与调查,以及经济与社会各部门的普查也已完成。因此,今后应根据新世纪经济与社会发展新的需求,及时调整地图与地图学的方向和任务。

(1) 国家基本比例尺地形图的任务主要是采用卫星遥感技术进行更新。地形图中以等高线表

示的地形一般不会发生变化,只有水系、居民地、道路网等要素会有一些变化,采用卫星遥感影像技术较容易进行更新,而且不同比例尺可以分别采取相应分辨率的影像进行更新,不必采用逐级比例尺缩编的方法。

(2) 专题制图的主要任务是灾害预测预警、生态保护、环境治理、城镇和区域发展规划服务。除重点地区与海域的矿产与石油(包括油页岩、可燃冰)、天然气资源的继续勘探与填图外,主要是自然灾害预测预报地图、生态环境地图、疾病医疗地图、城市和区域规划地图、人口变化地图、综合经济地图等的编制。今后在遥感遥测基础上的动态监测与制图将进一步发展,其中包括生态与环境的动态监测与制图、地理国情监测与制图、城市土地利用变化动态监测与制图等。

(3) 对已有的各类专题地图与地图集进行地图数字化并建立相应的地图数据库。为适应信息化时代的需要,满足政府各部门、科研单位与高等院校对数字专题地图的需求,充分发挥已出版的各种地图与地图集的作用,提高现有专题地图的使用效益与社会经济效益,有必要对已有的各类专题地图与地图集进行地图数字化并建立相应的地图数据库,使其成为全国自然、经济与环境大数据的重要组成部分。

(4) 突发事件应急地图的编制将进一步加强。目前我国虽已初步建立各类自然灾害的数据库与预警信息系统及卫星遥感的动态监测,但仍需扩充地面监测站网,建立突发事件的应急响应系统,包括无人机的实时遥控监测,从而能够实时生成各种应急地图,包括预防各种自然灾害(地震、滑坡、泥石流、洪涝、干旱、台风、海啸等)与各种流行疾病以及战争等突发事件的各种应急地图。还有突发事件之后的损失评估地图和灾后重建规划地图,适时提供给公安武警、交通通讯、供水供电、防疫医疗、消防抢险、地震救灾、保险救急等各有关部门,作为抗灾救灾、保险赔偿、流行病防治、居民疏散转移、工程修复、重建家园等的科学依据。

3.2 “数字地球”与共建“一带一路”倡议为地图学发展提供新的机遇

“数字地球”战略得到国家的高度重视和支持。1999 年由我国发起和组织的国际数字地球学会已成为理事会设在北京的常设机构,国际数字地球会议也成为两年一届的固定国际学术会

议。继在北京召开第一届会议并通过“数字地球北京宣言”以来,已连续召开了八届会议,对国际数字地球的发展起了重要推动作用。中国的“数字地球”战略,在中央各部门和各级政府的积极支持下,已取得了很大进展,全国二分之一以上的省、市、自治区和 300 个大、中城市及长江、黄河等大河流域都提出并正实施“数字省区”“数字流域”“数字城市”“数字社区”的宏伟计划,各项空间信息基础设施建设、电子政务、电子商务,以及各部门的应用均已取得较大进展和明显成效。“数字地球”的建立与应用,同地图学有着十分密切的关系。它不仅为地图提供各种信息源,而且数字地图本身就是“数字地球”的重要形式。“数字地球”的显示、分析与应用都离不开地图,因此,应该抓住“数字地球”战略这样一个机遇,发挥地图的功能和作用。同时使地图的内容与表现形式更适应“数字地球”的需求^[4-5]。

随着共建“一带一路”倡议的实施,反映“一带一路”倡议布局的规划地图及沿线各国的普通地图与各类专题地图(自然资源与自然条件、经济发展、基础设施、民族宗教、历史文化等地图)的设计编制应提到日程,这必将是非常重要的互联网地图任务。

3.3 大数据、互联网与人工智能时代地图与地图学发展的机遇与挑战

(1) 目前遥感技术已发展到多层面(空间站、多种卫星、飞机等)、多波段光谱、多频率雷达、多时相、全天候、高分辨率(高空间分辨率与高光谱分辨率)的多源遥感数据的空天地一体化观测系统。而且我国已积累了 50 多年的遥感数据,每天还不断地获取大量空天地遥感遥测数据,在此基础上不断生成各种网格地图与矢量地图。同时还有全国数字化的各种比例尺地形图、普通地理图与各类专题地图;全国各类普查(包括人口普查、工业普查、第三产业普查、经济普查、农业普查、科技普查等)数据;历年的各类经济与社会(国民经济总量、工业、农业、运输业、商业、外贸、文化、卫生、科技、教育等)的统计数据;全国气象、水文台站长期积累的观测数据等。再加上移动通讯中每个人每天产生的位置及动态信息以及物联网带来的大量信息,数据量极大且内容极其丰富。而且过去无法获得的数据,现在可以轻而易举地得到。例如每天人流、车流、物流的实时动态数据。通过编制城市汽车的运行实时状况地图及时

解决交通的管理与控制;通过编制企业物流地图确定货物配送最优路线及对配送车辆的实时监管。大数据中有相当部分来源于地图数据,而其他空间数据也都较容易地实现地图可视化。通过地图可视化显示事物和现象的空间格局与区域分异及时空动态变化,进而作出分析评价、预测预报、区划布局、规划设计、管理调控。

(2) 近十年来我国互联网发展极其迅速,2016 年底网民人数已达 6.49 亿,手机网民 6.95 亿,上网人数的比例超过一些发达国家,真正进入了互联网时代。互联网已经成为地图编制与应用的主要平台。目前地图互联网已经不局限地图查询检索,而是提供还原虚拟的真实世界、自定义的样式定制化(根据自身需要定制各种地图)、数据可视化(3D、全景、动画等多种形式)、媒介多样化(PC、手机、智能手表等)等多种服务。在地图形式上除常规的二维平面“实地图”外,可制作三维地图、三维动态地图、虚拟现实地图、时空动态地图等。在地图编绘方式上将大数据与地理信息系统相结合,为各机关、团体和企业及大众提供在线地图制图平台^[6-7],可以直接在网上获取信息,利用网络服务工具制作地图,在网上发布,或在网络上获取数据,网下脱机制图,再网上发布。使地图更加大众化、个性化、智能化、实用化,提高了地图的使用效益。例如地图慧在互联网平台上为广大用户提供大众制图、商业分析与企业服务。它以丰富的地图模块让用户自己根据表格数据生成各种统计地图,帮助企业分析潜在客户和物流网点选址,帮助企业进行网点管理、区划管理、分单管理、路线规划和车辆监控等。又如百度地图拥有全球轨迹追踪、存储、查询、纠偏、分析等功能的鹰眼 Web,能帮助每位开发者实时追踪多达 1000 多万终端,已广泛应用于物流、共享出行、车载硬件、外勤管理和可穿戴设备服务,已为多家快递公司提供轨迹追踪与管理服务。

3.4 今后展望

今后大数据的应用,关键是各类大数据的融合、时空大数据挖掘与知识发现,以及建立各种智能化的应用模型^[6-7]与自动生成各种综合评价、预测预报等专题制图软件。这就需要运用地球科学知识,分析与认识自然和人文现象的分布特点、形成机制与时空动态变化规律。所以需要各学科专业人员的参与和配合。正如李德仁院士指出的:“我们这个行业不缺少地理信息科学家,缺少信息

地理科学家,用信息理论和大数据理论来回答人与自然的关系是地理科学的本源。”^[8]

地图学将随着时代的脚步而不断向发前发展。目前国内地图学界学术思想比较活跃,对大数据时代的地图学、自适应地图、虚拟地图、智慧地图、隐喻地图、实景地图、全息地图、时空动态地图等地图新概念、新理论进行了不少探讨^[6-7,9],这是非常可喜的现象。相信经过一个时期的实践和探讨,大数据、互联网和人工智能时代新的地图学理论体系一定会建立起来,虚拟地图学、自适应地图学、智慧地图学、全息地图学、互联网地图学等也许将会成为地图学的新分支。

参考文献:

- [1] 喻沧,廖克.中国地图学史[M].北京:测绘出版社,2010.
YU Cang, LIAO Ke. History of Chinese Cartography [M]. Beijing: Surveying and Mapping Press, 2010.
- [2] 廖克,喻沧.中国近现代地图学史[M].济南:山东教育出版社,2008.
LIAO Ke, YU Cang. A History of Cartography in Modern China[M]. Jinan: Shandong Education Press, 2008.
- [3] 廖克.现代地图学[M].北京:科学出版社,2003.
LIAO Ke. Contemporary Cartography [M]. Beijing: Science Press, 2003.
- [4] 廖克.地球信息科学导论[M].北京:科学出版社,2007.
LIAO Ke. Introduction to Earth Information Science[M]. Beijing: Science Press, 2007.
- [5] 廖克.中国地图学百年回顾与展望[J].科学,2010,62(4):43-48.
LIAO Ke. Retrospect and Prospect of the Historical Research of Chinese Cartography in the Last Century[J]. Science, 2010, 62(4): 43-48.
- [6] 王家耀,成毅.论地图学的属性和地图的价值[J].测绘学报,2015,44(3):237-241. DOI: 10.11947/j. AGCS. 2015.20140406
WANG Jiayao, CHENG Yi. Discussions on the Attributes of Cartography and the Value of Map [J]. Acta Geodaetica et Cartographica Sinica, 2015, 44(3): 237-241. DOI:10.11947/j. AGCS.2015.20140406
- [7] 龚健雅,耿晶,吴华意.地理空间知识服务概论[J].武汉大学学报(信息科学版),2014,39(8):883-889.
GONG Jianya, GENG Jin, WU huayi. Geospatial Knowledge Service: A Review[J]. Geomatics and Information Science of Wuhan University, 2014, 39(8): 883-889.
- [8] 李德仁.展望大数据时代的地球空间信息学[J].测绘学报,2016,45(4):379-384. DOI: 10.11947/j. AGCS. 2016.20160057
LI Deren. Towards Geo-spatial Information Science in Big Data Era [J]. Acta Geodaetica et Cartographica Sinica, 2016, 45 (4): 379-384. DOI: 10.11947/j. AGCS. 2016.20160057
- [9] 周成虎.全空间地理信息系统展望[J].地理科学进展,2015,34(2):129-131.
ZHOU Chenghu. Prospects on Pan-spatial Information System [J]. Progress in Geography, 2015, 34 (2): 129-131.

(责任编辑:宋启凡)

收稿日期:2017-06-20

修回日期:2017-07-20

作者简介:廖克(1936—),男,教授,博士生导师,研究方向为地图学、遥感制图及地理信息系统应用。

Author: LIAO Ke (1936—), male, professor, PhD supervisor, majors in cartography, remote sensing mapping and application of geographic information system.

E-mail: liao_ke@263.com