

文章编号: 1007-6301 (2001) 增刊-0039-07

# 中国国家自然地图集电子版的设计和研制

齐清文, 池天河, 廖 克, 李伯楠, 陈华斌, 查春莉

(中国科学院地理科学与资源研究所, 北京 100101)

**摘要:** 本文阐述中国国家自然地图集电子版的设计与研制过程中的若干理论、方法、技术问题及实例。文章首先分析了研制中国国家自然地图集电子版的背景和科研、政府部门、大众等用户对它的需求, 以及中国科学院知识创新工程对它的项目和经费支持。其次, 文章阐述了该电子版的设计原则和若干理论、方法问题, 包括在内容上的再创作, 在技术上的创新, 在功能上的突破, 以及在屏幕界面感知效果上的要求和原则。再次, 本文介绍了本电子版的体系结构和关键技术。其中体系结构和技术系统包括数据、软件、辅助资料、模型与方法, 以及它的四方面的功能, 即图集阅览功能、表达—模拟功能、查询—检索功能、量测分析功能。关键技术则涉及到开发平台的选择、三维和动态数据模型的建立、多源多类数据的集成 3 个方面。第四, 文章分析了中国国家自然地图集电子版的主要特色, 包括独特的交互界面结构、别致的动态交互工具、各种形式的动态地图、丰富的三维地图浏览、生动形象的三维地形虚拟飞行、新颖的多种表达方法的联合、适当的分析和查询功能。最后, 文章阐明了该电子版的未来发展方向和版本更新计划。

**关键词:** 中国国家自然地图集; 电子版; 技术体系; 设计和研制

**中图分类号:** P283.7      **文献标识码:** A

## 1 背景与需求

《中华人民共和国国家自然地图集》是中国国家大地图集五部系列中的一部, 由中国科学院主办, 中国科学院地理研究所为主编单位(廖克研究员任主编), 包括中国科学院若干研究所在内的 37 个国内科研单位、340 多位专家直接参加, 历时 10 余年完成的综合性大型科学参考地图集。该图集的成功编纂受到国内外科学界特别是地学、生物学、测绘学界的高度赞誉, 纷纷称赞其为中国自然环境、自然资源、自然灾害、自然利用与保护的全面展示, 是 20 世纪中国地球科学调查研究成果的系统概括和总结, “在内容广度和深度以及制图技术方面都具有国际领先水平”, 是“独一无二的地图巨著, 是近十年来出版的最优秀的地图集的典范”。

中国国家自然地图集的编制出版无疑对我国的资源分析、国土整治、生态环境的保护

**收稿日期:** 2001-08; **修订日期:** 2001-09

**基金项目:** 中国科学院知识创新工程项目课题 6 (KZCX2-308-6) 和国家自然科学基金资助项目 (49801017)

**作者简介:** 齐清文 (1963-), 男。1996 年获中国科学院地理所理学博士学位, 1996~1998 年在清华大学“3S”中心进行博士后研究工作。现主要从事地图学与地理信息系统的理论、方法和技术研究, 发表论文 30 余篇。E-mail: qiqw@igsnr.ac.cn

和灾害防治,为国民经济建设和社会发展的全面布局、统筹规划与宏观决策等产生非常重要的作用和影响。然而随着信息化社会的到来,随着互联网络和信息共享技术的发展,随着数字地球的建设和开发,纸质印刷版的国家自然地图集作用的发挥在一定程度上受到限制。因此,十分有必要设计、研制和开发该地图集的电子版和 Internet 版,以便使其极丰富、详实的地学资料和深层次的科学提炼、概括成果的作用得到最大限度的发挥。

首先,对于科学研究来说,编制国家自然图集电子版能使科学家们很方便地搜集、计算、分析、比较和显示中国自然环境、自然资源、自然灾害、自然利用与保护等方面的丰富的地图信息,达到对地学信息和知识的进一步深加工的目的,进而能够以活泼、生动的可视化方式来表达和虚拟自然地理信息。

其次,对于行政管理部门而言,自然地图集电子版能使管理者便捷地携带自然地图信息产品,并能够通过计算机手段来做出对自然环境的改造,自然资源利用和自然灾害防治的规划方案,进而方便地向上级部门汇报或向社会发布和宣传相关信息。

再次,对于大众用户来说,编制自然地图集电子版能让人们方便地携带信息产品,并从中获得生动、形象、全面的地理环境、地理资源、自然灾害、旅游景观等方面的知识,获取多方面的行动指导和指南。

中国科学院地理科学与资源研究所对国家自然地图集电子版编制十分重视,在中国科学院知识创新工程项目“国家资源环境数据库建设与数据共享研究”中专设“国家自然地图科学数据库开发与建设”课题予以资助。因此,国家自然地图集电子版也是对于国家资源环境数据库建设及其信息产品开发的重要贡献。

## 2 设计原则和理论一方法问题

作为国家重点项目《中国国家大地图集》的成果的延续,同时也作为中国科学院知识创新工程项目成果之一的信息产品,国家自然地图集电子版在设计上应具有较高的起点,同时要解决电子版开发和建设中涉及到的一系列理论一方法问题。具体来说,国家自然地图集电子版的设计原则和其中涉及到的理论一方法问题有:

(1)在内容上,中国自然地图集电子版不应该是“自然图集”印刷版内容的简单翻版,而应该进行再度创作,即在图集内容上进行信息的重组,使之产生信息的增殖。例如,需要增加最新的气象卫星影像资料;在自然灾害防治、自然利用与保护等方面也应加入最新的大型自然灾害监测与评估成果、最新的自然保护区开发项目等。

(2)在技术水平和风格上,该电子地图集不应该只是跟踪国际、国内的最新技术,而应该在跟踪研究的基础上勇于创新,在风格上标新立异,体现 21 世纪的信息技术的突出特征。这表现在界面设计的新颖性、图集组织的科学性和系统性,以及与宏大的自然地图集内容相适应的科学、严谨的风格。

(3)从功能上看,该电子地图集不应该只注重反映信息或生动地显示图件,还应该在信息和知识的规划、预测上下功夫,真正实现电子地图集从信息传输向虚拟构建和知识提炼功能发展。主要体现在加大虚拟现实技术的力度和成分,增加分析功能及其实用性等。

(4)在界面设计和屏幕感知效果上看,该电子地图集不应该使读者被动地接受信息,而应该主动提取信息和知识。这反映了屏幕地图带来的与传统地图截然不同的全新信息感知

模式。为此,要考虑屏幕地图集与纸质地图集不同的设色、符号设计、图例的固定与浮动等一系列要求和风格。

### 3 体系结构和关键技术

#### 3.1 体系结构和技术系统

中国国家自然地图集电子版由数据、软件、辅助资料、模型与方法 4 部分组成(见图 1)。其中数据是图集的信息主体或核心,包括矢量地图、栅格地图、属性数据 3 种;辅助资料是数据部分的辅助内容,包括说明性文字、实物图片、实景录像和声音资料等;模型和方法是在对地图集信息进行表达、分析、模拟等操作中不可缺少的驱动工具或驱动因子,包括符号模型、色彩模型、表达方法、分析与模拟模型等;软件则对上述数据、辅助资料、模型与方法等进行有机的组织、联结、包装和操作,是本图集与用户直接接触的最外在的躯壳,包括交互界面、图形图像操作和数据库操作等内容。

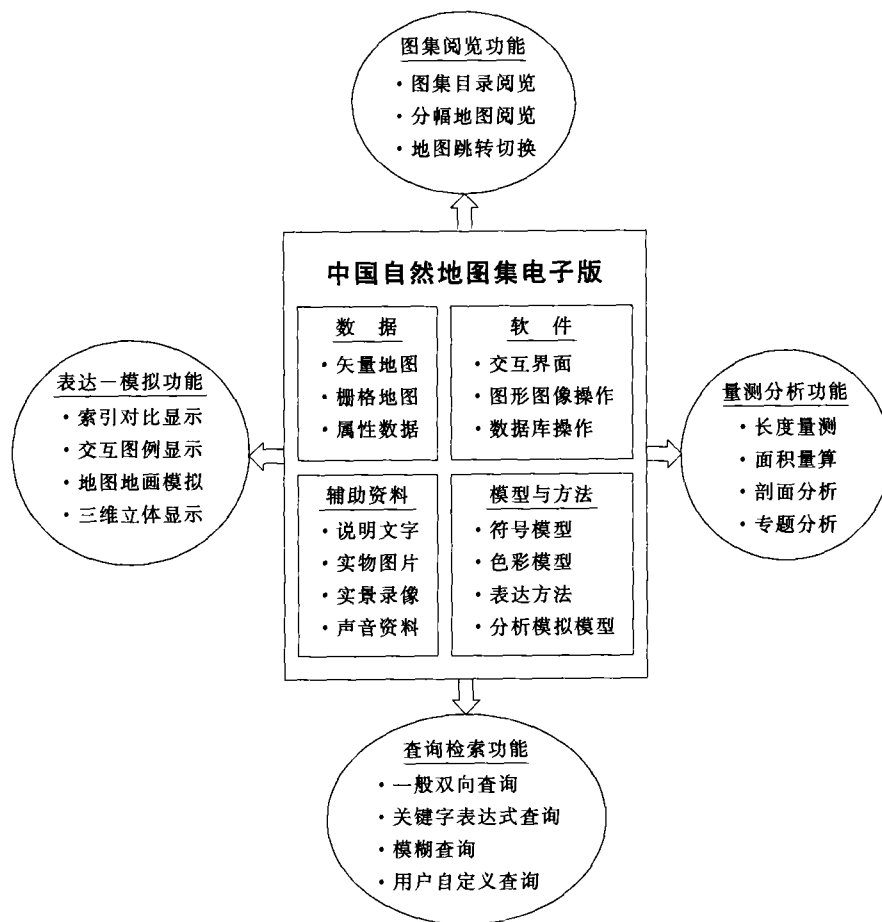


图1 中国国家自然地图集电子版的体系结构

Fig. 1 System structure of the Electronic Version of NPAC

本电子地图集由图集阅览、表达—模拟、量测分析、查询检索等功能模块组成。其中图集阅览功能模块是用户在打开图集后最先接触的内容,包括图集目录阅览、分幅地图阅览、地图跳转和切换等功能;信息表达和模拟功能模块是本图集电子版最基本的功能部分,除基本的二维地图显示和表达之外,还包括索引对比显示(即“鹰眼”式全局图与大比例尺局部图的对比与索引)、交互图例显示(即按图例面板上的分类对象进行交互式的激活显示)、地图动画模拟(按时间或其它系列组成的自变量轴变化)、三维立体显示(包括按 $x$ 、 $y$ 、 $z$ 三个轴旋转和三维立体虚拟飞行)等;查询检索功能模块也是电子地图较基本的功能,是针对数据库而进行的操作,但本电子地图集除了一般的双向查询外,还设计并实现了按关键字或表达式查询、模糊查询以及用户自定义查询等功能;量测分析功能模块则是电子地图的扩展功能块,包括长度量测、面积量算、剖面分析、专题分析等。

### 3.2 几个关键技术问题的解决

在实现本电子地图集技术系统过程中,解决了若干关键技术问题。这里简述如下:

#### 3.2.1 开发平台的选择

中国国家自然地图集电子版的开发采用面向对象及多媒体技术平台。其中系统交互界面及各幅地图的逻辑组织是在 Director 8 上完成。Director 8 是目前世界上最专业的影视制作环境,很多著名电影的电脑特技都是采用该软件进行设计并实现的。它将计算机编辑语言的逻辑性和艺术创作的想象力有机地结合在一起,利用其编程 Lingo 把人的创造力变成无限大。因此,采用 Director 8 进行交互界面的开发,正是由于它在动态交互效果上具有其它开发平台无可比拟的优势。此外,Director 8 也是面向对象应用的典范。在这里,数据封装以及自然地图图组、图、图层、图元、符号等类和子类的层次关系被组织得井井有条。

本电子地图集软件的主体图形图像部分采用 Visual C++ 平台开发,并制作成 ActiveX,生成一系列的方法供系统调用。图形图像控件以面向对象的嵌入方式集成到系统交互界面中。此外,在图形图像部分还采用 Super Map 的控件,利用了 ComGIS 技术的开发功能。

为产生某些特殊的地图特技和交互效果,本电子地图集还采用了 Flash 技术平台等。

#### 3.2.2 三维和动态数据模型的建立

地学三维数据模型分为面三维模型和体三维模型两种。中国自然地图集电子版中的地形三维采用 GRID 模型和面向对象模型等面三维数据模型。“中国年均降水量”、“中国年均冻土”等相当多的一批专题图的三维立体表达则采用线性八叉树模型。为了解决在交互式三维绘制中模型的复杂度与绘制速度之间始终存在的矛盾,我们采用三维模型特征值抽取方法,即把计算机图形学中的细节层次技术 LOD (Level of Detail) 与图像处理中的实时动态抽取和插值技术相结合,运用于本电子地图集的三维立体表达中,取得了很好的效果。

时态数据模型对于表达地学现象或客观实体在时间上的变化是非常重要、必不可少的。本电子地图集的动态地图表达中,采用了基于事件的时空数据模型。在这一模型中,时间维按地理事件和地理事件间的先后关系显式表达。为了减少数据量,我们使用时间游程编码方法,在给定的时间分辨率中,只记录空间目标或位置发生变化的时刻;这样,对于逐步变化或连续变化的地理现象,可以采取不等的时间间隔,按一定的规则或变化积累到有意义的时刻来确定记录的时间位置。

#### 3.2.3 多源多类数据的集成

在中国国家自然地图集电子版中,数据来源多样,数据类型复杂。如何将这些数据集成

到电子图集中形成统一、有机的整体,是我们面临的一个关键技术问题。这里涉及到空间坐标体系的统一和规范化、不同比例尺底图在数字环境下的统一协调、栅格数据与矢量数据之间的配准、多媒体数据与图形图像数据之间的超链接等内容。本电子地图集的坐标系统统一确定为克拉索夫斯基椭球体和北京 80 高程系下的等积圆锥投影(Albers)和等角圆锥投影(Lambert)坐标系。为把图形和图像的变形和误差减少到最低程度,我们以国家基础地理信息中心制作的 1:100 万地形图数据库为标准,控制基础来纠正所有的自然地图集矢量数据和栅格数据;在图件配准和形状纠正中,试验所有的纠正模式,如仿射投影、一至五次多项式的纠正模式等,针对不同来源和类型的数据选择最优化的模式进行配准和纠正。

## 4 主要特色剖析

### 4.1 独特的交互界面结构

本电子地图集交互界面的与众不同之处在于每幅地图在共性界面基础上的个性界面特征(图版 3 中图 2~4),即每幅图的交互界面都具有一定引导功能,引导读图者如何在最短的时间内看和理解地图的图例、内容结构等。这种独特的交互界面结构是由自然地图集复杂多样的地图内容决定的:有表达面状分布现象的区划图(地貌区划图、气候区划图等)、类型图(土地类型图、植被类型图等),表达面状过渡变化现象的等值线图(主要是大量的气象气候图),表达点状要素或离散分布小图斑(范围法)的稀有濒危动植物分布图,表达线状要素的水系图,表达动态路径的寒潮、台风路径图,及表达点、线、面混合和复合现象的地质图(表示地层、地质构造等各种地质要素)等。它们充分反映了中国自然环境、自然资源、自然灾害、自然利用与保护等内容的复杂多样性、区域分异性和各方面的独特性等特征。故每幅图要表达的内容和采用的交互方式都不相同,都需要制作不同特性的具有引导性的交互界面。

### 4.2 别致的动态交互工具

本图集的动态交互工具有 3 种,一是二维地图的一系列按钮,即地图浏览(放大、缩小、自由缩放、漫游、显示全图)、信息查询和索引图按钮等(图版 3 中图 5)。图集中用 Flash 特别制作了动画按钮,当鼠标移至按钮上时,按钮发生动态变化,通过动画形象地表示出该按钮所具有的功能。

第二种是时间图例(图版 3 中图 6)。在具体操作时,可以用鼠标拖动时间滑条至任意位置,也可在动态演示过程中通过时间滑条的移动来指示当前所显示内容的所处的时间。

第三种是交互式图例(见图版 4 中图 7)。它对用户具有引导作用。系统中所有的矢量地图都具有交互式图例。图例上的每一个要素都与图上内容相对应,用户单击图例上的任一色块或线条,对应的地图内容单元就会闪烁并高亮显示。

### 4.3 各种形式的动态地图

本电子地图集中包括各种类型的动态地图。有表现各基本图元随时间变化的时态地图,如黄河下游三角洲河口及河道变迁;以月为单位的中国降水量的变化、河流封冻日期及解冻日期的推移等。此外,还有表现黄河下游决口冲积扇的动态示意图、表现台风路径及寒潮路径走向的有向线状符号的自动生成等(图版 4 中图 8)。

### 4.4 丰富的三维地图浏览

本电子地图集中有丰富的三维立体地图浏览功能,包括三维地图的位近、推远、三维

漫游、全图及分别绕 XYZ 三个轴向的旋转等(图版 5 中图 9)。

除了表现地表实际的三维形态之外,还可把其它专题地图中的属性值以高度值(Z 值)的方式表现出来,这样就可以把表现抽象专题内容(非地形内容)的二维平面地图转化三维立体地图。例如河流最大冰厚度立体图、年降水量三维立体图等(图版 5 中图 9)。

#### 4.5 生动形象的三维地形虚拟飞行浏览

本系统还制作了生动形象的中国地形的三维虚拟飞行浏览效果(图版 5 中图 10)。该三维地形以 DEM 为立体基础,其上叠加了真彩色的地表覆盖图像,形成十分直观的中国三维立体地表景观。该飞行浏览沿着华南→华中→华北→东北→内蒙古高原→天山→塔里木盆地→青藏高原→四川盆地→云贵高原→华南→海南岛的路线,包括地形及地表覆盖景观。

#### 4.6 新颖的多种表达方式的联合

本电子地图集将原纸质地图集中许多地图图幅分解为多幅地图,有栅格地图、二维矢量地图、三维地图及各种形式的动态地图等。将这些地图组成组图,例如降水量组图包括年降水量的二维矢量地图、三维立体图以及各月的降水量动态变化图。这些图从不同侧面反映了我国降水量的分布特点和分布规律,是多表达联合法制图的典范。采用多表达联合法制图的组图的还很多,例如河流冰情与凌汛组图、台风频数与路径组图、平均气温组图等。

#### 4.7 适当的分析和查询功能

系统具有一定的分析和查询功能,如量算长度、面积、体积,从空间到属性的查询和从属性到空间的查询,地形分析,综合剖面分析等。这些功能大大提高了本电子地图集的实用价值,即地学分析价值。

### 5 发展方向与版本更新计划

中国国家自然地图集及其电子版的成功编纂、开发和出版,标志着这部代表国家最高水平的中国自然环境、自然资源、自然灾害、自然利用与保护等方面内容的地图集载入中国科学发展史册,并在国民经济建设、国防建设、科学研究、教育以及国际交流等各个方面或领域中发挥着重要的作用。但对于国家自然地图集电子版来说,它还应该进行进一步的发展和版本更新,以使这种地图集能够得到持续发展。以下是对它发展方向的预测和版本更新的计划:首先,该电子地图集在内容上应该集深厚的科学数据基础、新开发的地学信息图谱、以及深加工的资源—环境—社会—经济—人口—历史等方面的研究报告成果(定期发布)于一体。在地学信息图谱方面,可以根据国家自然地图集数据归纳和提炼出中国水系网络信息图谱、中国综合景观信息图谱等;还可以增加新的较大比例尺数据归纳和提炼出区域专题信息图谱(例如黄土高原地貌形态信息图谱等)。

其次,该电子地图集在功能和系统组成上应该集地理信息多维动态可视化、虚拟现实、决策支持系统、网络信息发布与共享等诸多功能于一体。在决策支持方面,可增加资源保护和利用,环境监测、保护和治理,区域可持续发展等方面的专题分析和决策支持功能。

再次,该电子地图集应该体现信息—软件—知识—模型的集成。以深加工信息为主线,以软件为辅助加工工具和平台,以知识库和模型库为学科基础的体现,是一个动态的、活的科学结论工具和窗口。能够很方便地由专家或首长填报社会—经济指标,然后根据要求

很快计算出结论。

总之，未来的发展方向应体现在两个方面，一是水平越来越高，应研制和开发出达到世界领先水平的电子地图集；二是越来越实用，应能够满足多方面、多层次用户的需求。

### 参考文献：

- [1] 国家自然地图集编委会. 廖克 主编. 中华人民共和国国家自然地图集[M]. 中国地图出版社, 1998.
- [2] 陈述彭. 超前决策与知识创新——国家大地图集的经历和启示[J]. 地球信息科学, 1999(1).
- [3] 廖克. 中国国家自然地图集的特点与创新[J]. 地理学报, 2000, 55(1): 112-117.
- [4] 陈华斌, 李伯楠, 廖克 等. 多维动态地图时态信息可视化研究[J]. 地理学报, 2001, 56(增刊).
- [5] Hans Rudolf Bär and René Sieber. Towards High Standard Interactive Atlases; The “GIS and Multimedia Cartography” Approach[C]. Ottawa ICA/ACI 1999—Proceedings, 1999.
- [6] Barbara Schneider. Integration of analytical GIS—functions in Multimedia Atlas Information Systems[C]. Ottawa ICA/ACI 1999—Proceedings, 1999.
- [7] Maria Andrzejewska, Marek Baranowski, Michal Okonek. Electronic Atlases in Poland: Concepts, Development and the Present Status[C]. Ottawa ICA/ACI 1999—Proceedings, 1999.
- [8] Sveshnikov V V, Krivoff S V. Creation of the electronic version of the National atlas of Russia[C]. Proceedings of ICC 2001 Beijing, China, 2001.
- [9] Michal Okonek. Electronic National Atlas of the Republic of Poland; Framework, development and challenges[C]. Proceedings of ICC 2001 Beijing, China, 2001.

## Design And Development of the Electronic Version of National Physical Atlas of China

QI Qing-wen, CHI Tian-he, LIAO Ke, LI Bo-nan, CHEN Hua-bin, ZHA Chun-li

(Institute of Geographic Sciences and Natural Resources Research, CAS, Beijing 100101, China)

**Abstract:** This paper expounded theories, methods and technologies of the Electronic version of National Physical Atlas of China (ENPAC). At first, the background of, the need to, and the support from CAS to, the ENPAC is related. Secondly, the authors discussed the designing principles and some theoretic & methodological problems of ENPAC. Thirdly, the paper described the system structure and key problems of ENPAC. The system structure of it includes data, software, auxiliary materials, model and methods, and also its four functions, i. e., the function module of atlas browsing, display and simulation, query, as well as analysis. The key problems includes the selection of developing platform, the building of 3D and dynamic data model, and also integration of multi—source & multi—type data. Fourthly, the paper analyzed main characteristics of ENPAC, i. e., the unique interface structure, the special interactive tools, various types of dynamic maps, special browsing function, vivid virtual 3D relief fly—through, multiple representation, as well as function of analysis and query. Finally, future direction and plan of updating ENPAC was expounded.

**Key words:** National Physical Atlas of China; Electronic Version; Technology System; Design and Development