

王杨刚, 李娜, 向运川, 等. 全球地质矿产数据建库方法技术研究[J]. 中国地质, 2015, 42(1): 342–353.

Wang Yanggang, Li Na, Xiang Yunchuan, et al. The methods and techniques for the construction of the global mineral and resource database[J]. Geology in China, 2015, 42(1): 342–353(in Chinese with English abstract).

全球地质矿产数据建库方法技术研究

王杨刚^{1,2} 李 娜² 向运川² 刘 国³ 于 艳³

张大可⁴ 何翠云⁵ 何学洲² 赵 军⁶ 吴文娟⁷

- (1. 中国地质大学(北京)地球科学与资源学院, 北京 100083; 2. 中国地质调查局发展研究中心, 北京 100037; 3. 中国地质图书馆, 北京 100083; 4. 河北省区域地质矿产调查研究所, 河北 廊坊 065000; 5. 广西壮族自治区地质调查院, 广西 南宁 530023; 6. 内蒙古自治区地质调查院, 内蒙古 呼和浩特 010020; 7. 易智瑞(中国)信息技术有限公司, 北京 100007)

摘要:全球地质矿产数据库建设是中国应对经济全球化及保障资源能源安全的策略,其建设数据包括地理、地质、矿产、物探、化探、矿业开发及法律法规等内容,具有数据内容丰富、涉及国家多、语言多样化等特点。本文以多年地质矿产数据库建设实践为依据,研究建立了基于数据库驱动理念的全球地质矿产数据建库方法技术,在中国地质行业空间数据生产中首次实现了地质图空间数据和制图数据一体化,具有生产效率高,成果易于更新和应用等优点,在行业多家单位得到了推广应用。

关键词:全球;地质矿产;数据库;数据库驱动;ArcGIS;制图表达

中图分类号:P628⁺.4 文献标志码:A 文章编号:1000-3657(2015)01-0342-12

The methods and techniques for the construction of the global mineral and resource database

WANG Yang-gang^{1,2}, LI Na², XIANG Yun-chuan², LIU Guo³, YU Yan³, ZHANG Da-ke⁴,
HE Cui-yun⁵, HE Xue-zhou², ZHAO Jun⁶, WU Wen-juan⁷

- (1. School of Earth Science and Resources, China University of Geoscience, Beijing 100083, China; 2. Development Research Center, China Geological Survey, Beijing 100037, China; 3. National Geological Library of China, Beijing 100083, China; 4. Hebei Institute of Regional Geological and Mineral Resource Survey, Langfang 065000, Hebei, China; 5. Guangxi Institute of Geological Survey, Nanning 530023, Guangxi, China; 6. Geological Survey Institute of Inner Mongolia, Hohhot 010020, Inner Mongolia, China; 7. Esri China Information Technology Co., Ltd., Beijing 100007, China)

Abstract: In the light of economic globalization, the establishment of the global mineral and resource database is an important measure to maintain China's energy security. The database covers the fields of geography, geology, mineral resources, geophysical research, geochemical research, mineral resource exploration and some laws and regulations. In the database, the various data are

收稿日期:2014-09-30;改回日期:2014-12-21

基金项目:国外矿产资源风险勘查专项项目(06200015)资助。

作者简介:王杨刚,男,1981年生,博士生,高级工程师,从事地质信息化研究工作;E-mail: wigsont@126.com。

related to various countries and different languages. In this paper, the database construction method and techniques were developed based on rich experience gained by the authors, which promotes the integration of spatial data and representation data in geological field. The proposed methods and techniques are efficient and practical and have already been used by some organizations in geological research field.

Key words: globe; mineral and resource; database; database-driven; ArcGIS; representation

About the first author: WANG Yang-gang, male, born in 1981, doctor candidate, senior engineer, engages in the study of geological information; E-mail: wigsont@126.com.

1 引言

经济全球化促使各国矿业公司、企业、地勘单位加大了在全球范围内进行矿产勘查开发和研究的力度。为了满足全球化过程中社会经济发展对世界范围内地质矿产信息的需求,国际上有关商业组织和机构开展了形式多样的全球范围地质矿产资料信息数据建库工作,提供信息服务。

全球地质矿产数据具有涉及空间范围广,专题内容多,数据来源广和结构类型多等特点。如何利用先进的信息技术高效地开展数据生产、加工、建库工作并对数据进行科学组织管理,是及时将各类信息提供社会化服务应用所面临的重要技术问题。笔者以全球地质矿产数据实际生产应用实践为基础,研究建立了一整套全球地质矿产数据生产、集成与管理方法技术。本文主要针对地质矿产

空间数据生产,论述区别于中国传统做法的高效建库方法技术,此为基础;集成与管理方法将另篇论述。

2 全球地质矿产数据内容及特点

2.1 数据内容

全球地质矿产信息,包括全球、大洲、国家、成矿带及重要矿区四个层次,涵盖基础地理、地质、矿产、物探、化探、遥感、矿业开发以及各国的概况、政治经济基础、法律法规、考察报告等专业内容,数据格式有矢量、栅格、数据表和文本等多种类型。具体数据内容参见表1。

2.2 数据特点

(1) 涉及范围广泛性

全球地质矿产信息资料涉及全球200多个国家和地区。其中,地理及遥感数据覆盖七个大洲和四

表1 全球地质矿产空间数据库的数据内容

Table 1 Content of the Global Mineral & Resource Database

一级分类	二级分类	数据内容
矢量数据	地理	线状水系、面状水体、点状水体及设施、铁路、公路、航线(水)、航线(空)、居民地、行政区、管线、境界线、行政区划、等高线、线状地貌、高程点、点状地貌、面状地貌、农林绿地、自然保护区、其它地理地物等
	地质	地质界线、断层、地质体、围岩蚀变、混合岩化带、变质相带、褶皱、构造变形带、矿产、产状符号、脉岩(线)、火山机构(线)、火山机构(点)、化石、同位素、泉、剖面线、岩石采样点
	矿产	矿产地、矿床、矿化带、矿化区带、预测点、预测区、成矿带、成矿省、成矿域、靶区等
	其他地质	钻孔、地质灾害点、线性构造带、构造单元、线元构造相、盆地构造、地质调查工作程度等
	矿业开发	矿山、勘查开发登记区
	物探	磁场等值线图、磁异常图、重力布格异常图、物探推断地层或岩体、物探推断地质界线、物探推断构造等
	化探	地球化学元素等值线图、地球化学元素异常图、地球化学元素综合异常图、地球化学元素采样点值域分布图、化探推断地层或岩体、化探推断构造、化探推断地质界线等
遥感	遥感解译构造单元、遥感解译线性构造、遥感解译环形构造、遥感解译韧性剪切带、遥感解译地层与岩性、遥感解译地质界线、遥感解译蚀变带等	
栅格数据	—	遥感影像、DEM、扫描图片、图片
数据表	重力	重力测区信息表、重力观测数据表、重力处理数据表、重力处理信息表
	磁法	磁测区信息表、磁测观测数据表、磁测处理数据表、磁测处理信息表
	化探	化探测区信息表、化探采样点信息表、化探分析数据表等
	影像与图片	栅格数据信息表、遥感影像处理信息表、扫描图片信息表等
	矿业开发	矿产产销信息、矿业公司信息表、矿业开发政策法规信息表
	地质矿产资料	地质矿产资料索引表、地质矿产图表索引表
文本数据	—	各国概况、矿业开发政策、国家法律法规、资源状况及考察报告等

大洋,地质矿产数据覆盖除南极洲外的所有陆地表面地区以及部分海域。

(2) 专题内容多样性

全球地质矿产信息资料涉及基础地理、地质、矿产、物探(重力、磁法)、化探、遥感、矿业开发、成矿规律、成矿预测以及各个国家的概况、政治经济基础、法律法规、考察报告等内容。

(3) 源数据结构差异大

建库数据涉及纸质数据和电子数据,电子数据分空间和非空间两类,有矢量、栅格、数据表、文本等多种形式。

各个国家的地质矿产数据及图件,其生产及制图过程采用的习惯与标准是不同的。即使同一国家的同类图件也会由于野外调查和制图人员、生产时间和采用方法的不同存在地质图件内容、图面表达等方面的差异。同时由于图件的生产需求和应用目的差异,也会造成制图有关内容及详略不同。

(4) 语言丰富性

地质、矿产图件及矿业开发等资料一般由编图人员采用本国官方语言编制。全球地质矿产图件及数据涉及的语言包括英语、法语、俄语、西班牙语、葡萄牙语、新蒙古语、波斯语、阿拉伯语和越南语等20余个语种,甚至部分图件使用两种语言表达。非洲大部分国家的图件是由西欧发达国家编制的,多用英语、法语。

(5) 坐标系统参数多样化

通常,地质矿产图件采用适合当地或者使用需要的坐标系统,全球地质矿产数据建库涉及WGS1984、Belge1972、Pulkovo194等坐标系,涉及UTM、兰伯特、高斯-克吕格等投影方式。

3 地质图空间数据建库与制图技术发展

3.1 数据库建设

(1) 国外地质图建库

根据实际需求,美国、加拿大、法国、德国、英国、澳大利亚、日本等发达国家和有关组织和机构,已建立了多种地质矿产类数据库。美国国家地质图数据库项目,由ESRI公司提供GIS技术等方面的服务支持,目前采用地理数据库的形式进行地质空间数据存储、管理等应用方面的服务;英国、加拿

大、澳大利亚等国地质矿产数据库建设也得到了美国ESRI公司的技术支撑。

(2) 国内地质行业空间数据库建设

中国地质矿产领域数据库建设始于20世纪90年代,建库软件平台基于MapGIS 6x软件(如1:5万、1:20万、1:25万回溯性数据库建设)等^[1-3],区域地质调查野外采集仪也基于MapGIS平台二次开发;也有部分数据库基于ESRI软件产品(如ArcView、ArcMap)建设^[4-7];个别数据库基于两个平台开展了工作,如全国矿产地质数据库建设。

目前,中国已对几十年来积累的大量地质工作资料进行了数字化和建库工作,基本建立了国家基础地学数据库体系。据不完全统计,已经完成和正在建设的全国性数据资源有12大类50余个数据库,数据量达10TB以上。这些数据库主要包括1:500万、1:250万、1:100万、1:50万、1:20万、1:5万数字地质图空间数据库等^[8-10]。

(3) 其他行业空间数据建库技术

国内测绘、水利、环境、卫生和电力等行业的数据库生产和应用以ArcGIS软件平台为主,在具体项目实施中也应用到一些其他GIS软件,如GeoStar、SuperMap、MapInfo等。

当前,国家基础地理信息中心数据生产和管理平台基于数据驱动开展制图及现势性更新工作^[11-14],可即时打印成果图件提供社会服务,并可提供ESRI Shapefile格式的测绘数据产品。

3.2 制图技术发展

(1) 理论研究

近年来,国际上对GIS制图技术发展和理论的研究有了重大进展^[15],对数据或数据库驱动制图进行了模型及框架等方面的研究,设计了包含制图信息的GIS数据模型及(派生的)制图数据模型^[16],深入地论述了数据库驱动下的制图方法模型^[17]。数据(库)驱动的制图模型主要是指以充分利用数据库资源为出发点的制图解决方案。

在数据模型方面,面向对象的数据管理模型GeoDatabase是以关系型数据库为基础建立的能够对地理事物进行存储和管理的数据模型,能够更好地表达现实空间事物^[18]。近几年,地理数据库由理论走向实际生产应用,并且得到了各个GIS软件开发商的支持。

(2) 软件研发

目前,制图理论由制图驱动向数据(库)驱动发展,相应的GIS制图软件研发也向数据库驱动制图发展^[15-17]。ESRI对数据驱动制图提供了全面的支持,在其研发的ArcGIS 10及以上高版本中,提供的Representations制图表达功能,能够满足地质图件制图的需求,在制图的人性化、细致化和自动化方面进行了相应的丰富和完善。在全球地质矿产数据库建设中,ESRI ArcGIS10甚至能够满足制图的特殊复杂需求。

4 全球地质矿产数据建库技术流程

4.1 工作内容构成及平台环境

全球地质矿产数据建库工作包括平台选择、坐标系选择、图件说明资料收集翻译、图件校正、库结构建立、矢量化、要素类生成、属性填写、图面符号化、图外整饰、质量检查和成果汇总整理等。

目前,国际上地质矿产数据格式通用程度高的是ArcGIS软件数据格式。为了便于今后地质矿产成果数据的应用,全球地质矿产空间数据建库主要以ArcGIS软件为平台,采用GeoDatabase地理数据库作为地质矿产空间数据存储和管理基本模型;采用Windows结构化文件管理方式对非空间文档进行规范化管理。以WGS1984作为全球范围地质矿产空间数据无缝集成的坐标系。

4.2 技术流程

4.2.1 图件及资料准备

(1) 图件扫描

为确保全球地质矿产数据建库精度,尽可能使用质量好的新图,扫描前进行必要的熨平和修补等前期处理工作。精度要求为彩色图件扫描采用300 dpi,黑白图件扫描采用150 dpi。为了确保扫描质量,可依据图件的清晰及复杂程度,适当调整扫描分辨率。完成扫描后需要进行精度检查,若质量较差重新扫描;扫描形成的光栅文件按《全球地质矿产数据库建设指南》规定进行命名。

(2) 图像预处理及校正

①图像预处理:为了使提高矢量化质量,还需利用Photoshop的图像调整功能将其亮度、对比度进行调整,并去除污点。若图像不端正,还要将其旋转水平,便于矢量化。

②图像校正:利用ArcGIS软件中影像校正功能,利用已有高精度矢量数据,在扫描图件上均匀采集25个以上同名点,进行校正。

③资料翻译:对待建库图件的说明书、图例等材料和信息进行翻译,由地质专业技术人员对翻译结果特别是图例等信息进行校正,使其符合国内专业语言要求。图内地理地名、人名等信息无法翻译时可以保留原文。

4.2.2 生产建库基本流程

全球地质矿产地质图矢量化建库工作主要分为4个主要流程阶段:图件矢量化、属性数据填写、矢量数据的制图表达与图面整饰和质量检查工作,基本流程如图1所示。

根据实际情况,生产过程中4个流程的工作先后顺序可能会有调整、交叉等情况,其中,数据质量管理贯穿整个生产过程,并由相应的软件提供质量检查。

(1) 图件矢量化

按照GIS数据模型的要求,全球地质矿产图件在矢量化中分点、线、面状要素对不同的专题分别进行矢量化、存储和管理,如表1。

本技术方法通过设置各个不同要素类属性模板,在矢量化过程中能够自动录入相应要素类的分类属性字段信息,在此基础上,由于采用数据驱动制图功能,提供即时浏览矢量数据符号化效果。

①地质要素:针对全球地质矿产各类图件的特性,对复杂且大量的面要素的生成采用线拓扑生成面的方法,如地质图中地质体单元(面状图形)。矢量化顺序:地质类面状要素(地质体)、地质类线状要素(断层、脉岩、褶皱等)、点状要素(同位素、化石采样点等)。

②地理要素:按点、线、面要素类对图面地理内容进行矢量化,矢量顺序:内图框、行政界线、河流、道路、等高线等。

可利用ArcGIS平台数据驱动制图功能生成图面相关要素属性注记,此阶段可以不需要矢量化注记。矢量化成果是建库的基础,该阶段需要应用拓扑规则对矢量化的点、线、面要素进行全面的几何检查;本方法可对已建立拓扑关系的矢量数据(如相邻地质体边界)进行联动修改。

(2) 补充/完善属性内容

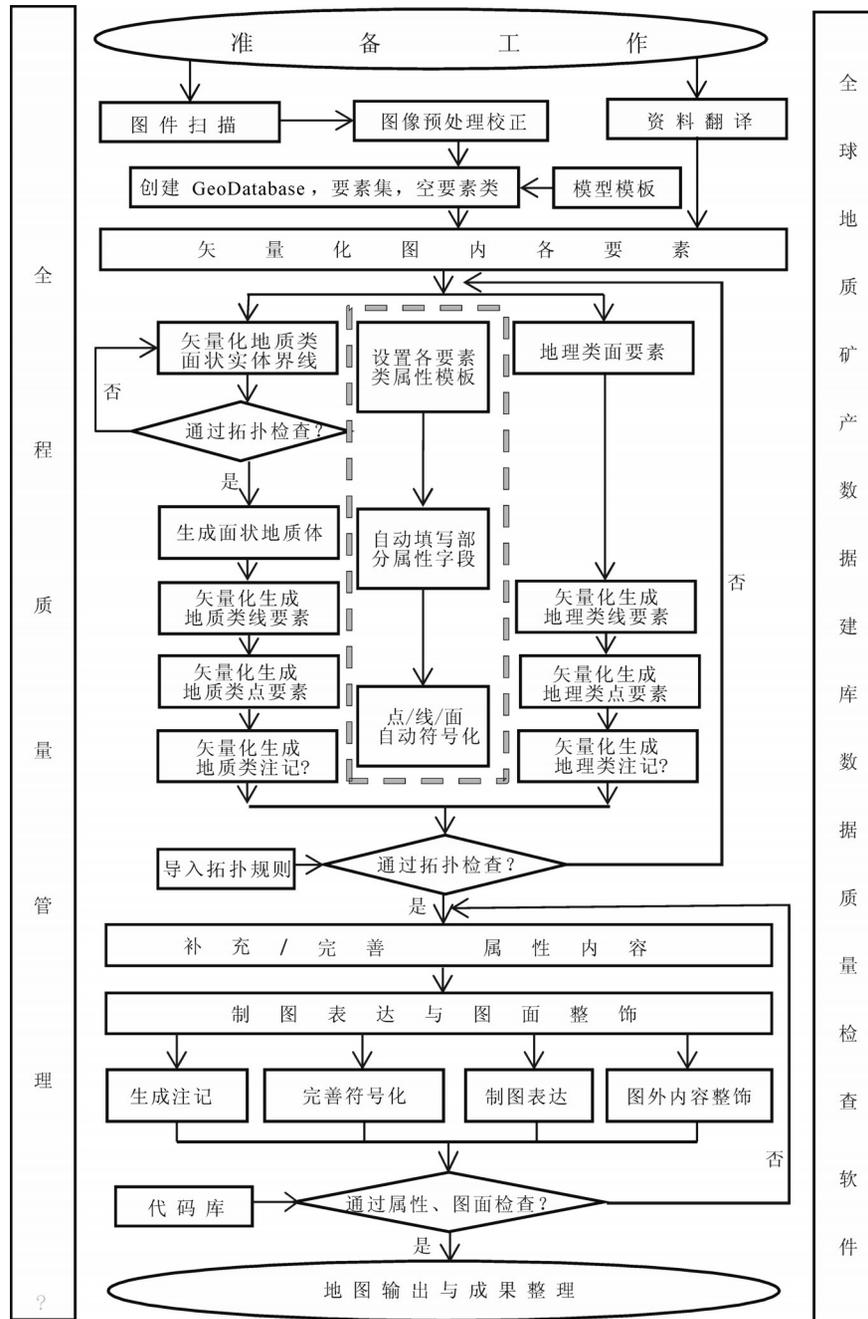


图1 矢量化建库流程图
Fig.1 Vectorization and database establishment flow chart

在矢量化过程中,由于软件自动填写了部分要素属性字段(模板分类属性字段)内容,在属性填写阶段,可在已有属性表的基础上补充或者完善相关要素的各个属性字段内容。

(3)制图表达与图面整饰

本阶段工作包括生成注记、完善符号化、制图

表达和图外内容整饰等。可以通过制作脚本利用要素类属性字段自动生成注记要素类,通过建立注记要素类与相应要素类的关系来自动完成图面注记的更新工作;以插入文本形式对内图框以外图名、角点坐标注记、方里网注记、资料来源、区调单位等进行表达。最后,在布局视图中插入比例尺、

部分角图和图表对象。

按点、线、面要素类对图外整饰内容进行矢量化,矢量顺序:柱状图、剖面图、图例、角图。

(4)质量管理

数据质量是评价空间数据库建设的重要工作依据,质量控制应贯穿数据生产和数据库建设全过程,详细而可操作的质量要求和控制措施可以保证数据的质量^[19-20]。全球地质矿产数据建库质量检查和数据验收标准,包括数据内容完整性、结构模型标准性、空间与属性数据准确性、图面表达准确性和整饰规范性等5大方面内容。

4.3 主要技术方法

(1)数据模型与存储管理

数据模型与存储管理形式直接影响数据的采集编辑、后续数据汇总、分发使用等,在分析对比不同数据格式的通用性、描述地质规律的能力、科学性和存储效率的基础上,全球地质矿产数据库建设选择使用ESRI GeoDatabase存储和管理生产过程中的空间数据。全球地质矿产数据要素类划分模型如表2所示,图2是模型的生产实例数据。

本要素类划分模型中地质体要素类为拓扑要素类,存放管理9子类内容,覆盖整个图面,各要素间存在严格的拓扑关系。地质体要素类的主要字段包括地质体类型、名称、代号、时代、描述、主要岩石名称和含矿性等。

(2)属性录入与自动填写

全球地质矿产数据建库技术提供“字段计算器”、“几何计算”等功能进行属性录入,可根据要素

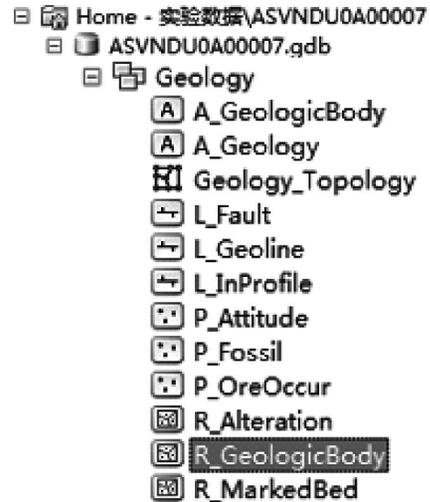


图2 要素类模型实现
Fig.2 Feature class template

图形的地理空间位置计算其坐标、长度、面积等属性,省去人工录入的工作量而提高工作效率。

全球地质矿产数据建库中,通过设置要素类不同属性的矢量化符号模板,能够自动填写该属性字段内容。如矢量化矿产图时,使用设置的铜矿产符号矢量化后的该要素属性“矿种”字段里自动填写了“铜”矿种代码“2001”。

(3)矢量化

图件矢量化是全球地质矿产数据生产中的主要工作,也是后续工作的基础,工作量大而繁重。与传统方法不同,全球地质矿产数据建库技术采用数据驱动制图,在生产过程中,只需矢量化相应的地质实体,与实体相关的符号和注记可以作为整饰

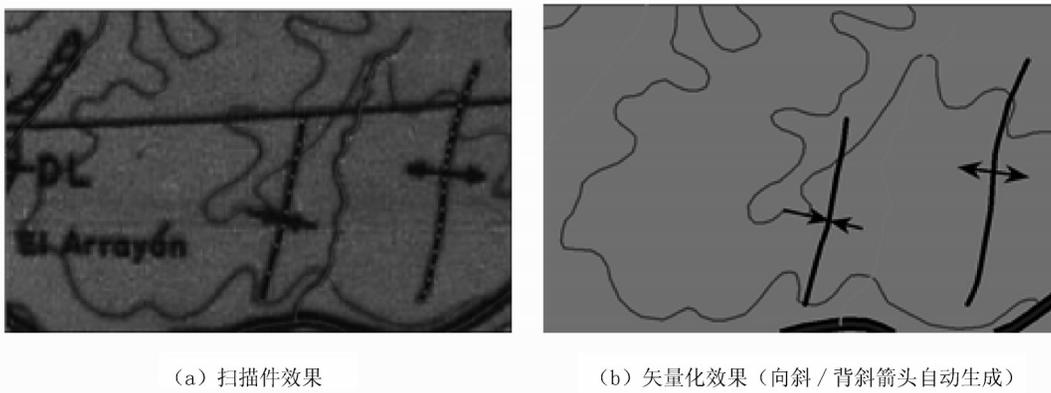


图3 矢量化示例
Fig.3 Example of vectorization

表2 要素类划分模型
Table 2 Feature class form

类别	编号	要素大类	要素类			类型	备注	
			名称	代码	包含内容			
地质 (Geology)	1	地质主体	地质界线	L_Geoline	①地层界线; ②变质地层界线; ③火山岩岩性岩相界线; ④非正式地层单位界线; ⑤侵入岩界线; ⑥水体界线; ⑦断层等	线		
			断层	L_Fault	地质体的共享边部分(作为地质体界线—断层接触)、非共享边部分(山前大断裂、隐伏断裂等)	线		
			地质体	R_GeologicBody ①沉积岩 ②变质岩 ③非正式 ④侵入岩年代单位(次火山岩) ⑤侵入岩谱系单位 ⑥脉岩 ⑦构造变形带 ⑧矿产 ⑨被覆盖地质体	沉积岩	正常沉积地层单位	面	拓扑要素类, 实体与实体间存在共享边
						火山沉积地层单位		
					变质岩	变质地层单位		
						非正式	非正式地层单位	
					侵入岩	侵入岩年代单位	面	
						变质变形侵入体(变质深成侵入体)		
						次火山岩		
						侵入岩谱系单位		
	构造变形带	构造变形带构成单独实体, 如碎裂岩、构造角砾岩等, 能够圈出边界	面					
		矿产		地质图中表示出的矿脉、矿化脉、矿层、含矿层等				
	被覆盖地质体	被水体、冰雪及其他物体所覆盖的部分地质体						
	地质主体注记	A_GeologicBody	地质主体各要素的注记	注记	按注记子类别管理			
	2	其他地质实体	围岩蚀变	R_Alteration	各种围岩蚀变	面		
			混合岩化带	R_MigmatiteZone	各类混合岩化带	面		
			变质相带	R_MetamorFace	接触变质相带	面		
					区域变质相带			
					未分变质相带			
			褶皱	L_Fold	背斜、向斜等	线		
			构造变形带	R_Deform	剪切带	面		
					构造破碎带			
			矿产	P_OreOccur	地质图中的各类矿产	点		
			产状	P_Attitude	各种类型产状	点		
			脉岩	L_Dike	以线表示的脉岩	点	不依比例尺	
					以点表示的脉岩			
			火山	R_Crater	以线表示的火山机构	面		
以面表示的火山机构								
以点表示的火山机构								
化石采样点			P_Fossil	化石采样点	点			
同位素年龄采样点			P_Isotope	同位素年龄采样点	点			
泉	P_Spring	各种类型的泉	点					
剖面线	L_InProfile	图切地质剖面线	线					
岩石采样点	P_RockSample		点					
特殊	R_MarkedBed		面					

元素自动生成,减少了矢量化工作量,大大提高了生产效率。如图3所示,矢量化图3-a中的向斜、背斜走向线即可,图3-b中向斜、背斜根据线型样式自动生成。

(4) 注记及代号自动生成和更新

生产中,通过注记要素类读取数据库中属性字段内容自动标注图框内注记,若更新库中属性信息(支持多国语言文字),图面相应的注记信息会自动更新,实现了库图一体更新。

《全球地质矿产数据建设指南》规定地质代号上标采用“#+”表示、下标采用“#-”表示、还原采用“#=”表示、斜体采用“#”表示。在实际生产中,地层代号 $D_1 m_2$ 在属性 GB_SIGN 中记录为 $D\#-1\#=#/m\#-2, \gamma_3^{(2)}$ 在属性 GB_SIGN 中记录为 $\gamma\#-5\#+3(2)$, 通过使用脚本自动生成地质代号注记(图4),并能使用不同字体。

标注上下标脚本代码如表3。

(5) 符号化与制图表达

符号化表达是本建库技术区别于以往地质图空间数据库技术的又一重要特点,是地质图数据库建设的方法技术创新。全球地质图数据库建设中摒弃了传统使用 slib 符号库的做法,将数据与符号分开存储,可依据属性自动匹配符号,如图5所示。利用数据驱动制图功能,实现制图数据与空间数据库的一体化,便于数据的更新、方便数据共享应用。根据实际图件建库需求,利用 ArcGIS 软件提供

的基本符号和 windows 系统自带字体库进行组合,可以设置参数等得到制图输出所需要的复杂符号,同时 Representation 制图表达功能提供图面表达个性化编辑。通过对比图6-a、图6-b,可以发现采用制图表达的图6-b在符号细节表达效果方面比采用常规符号化的图6-a图面效果要好很多。

(6) 质量检查软件

数据质量检查贯穿全球地质矿产建库各个工作过程和阶段,检查数据是否存在缺失、冗余,属性结构、属性值域范围、拓扑规则、数学基础、精度等内容是否符合建库指南规定。全球地质矿产数据生产使用“全球地质矿产数据建库数据质量检查软件”开展质量检查工作。

该工具软件基于 ESRI File GDB API 开发,直接拷贝即可运行,应用灵巧方便,界面如图7所示。通过对目标国家整个目录或者单个专题数据的扫描进行质量检查,质量检查软件生成 Microsoft Excel 质量检查报告。质量检查报告包括【成果目录文档结构评价表】、【空间数据库结构评价表】和【空间数据内容评价表】3部分,技术人员可以据此评估数据质量,并对空间数据库进行修改完善。

5 应用与结论

采用本技术方法生产的全球地质矿产空间数据成果打开后的图面和属性内容实际效果展示,如图8示,其中图8-a为图面效果,图8-b为属性表。

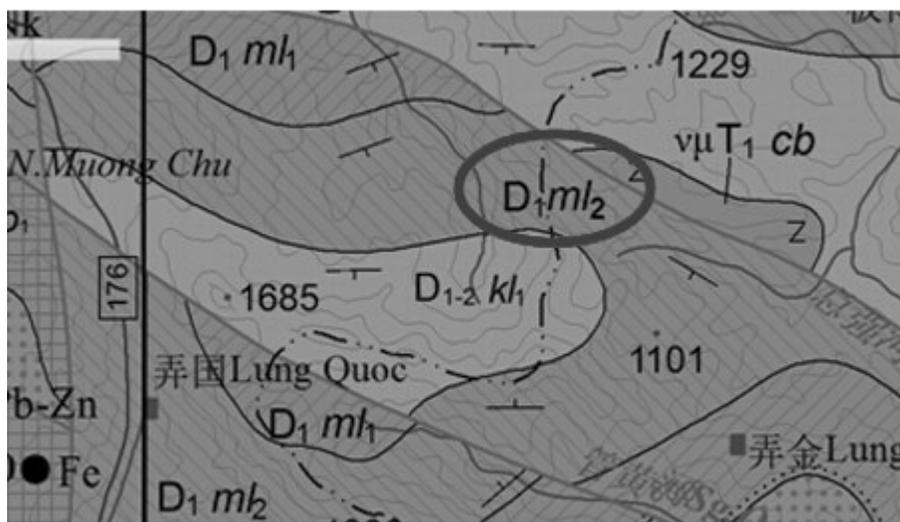


图4 注记示例

Fig.4 Annotation example

表 3 上下标生成程序代码
Table 3 Program code for subscript and superscript

<p>片段 1:</p> <pre>Function FindLabel([GB_SIGN]) index = 0 var1 = [GB_SIGN] var1 = ReplaceKey(var1, "#+##") var1 = ReplaceKey(var1, "#?##") var1 = ReplaceKeyk(var1, "#+") var1 = ReplaceKeyk(var1, "#?") var1 = ReplaceKeyk(var1, "#/") do index = instr(1, var1, "#=") index = instr(1, var1, "# ") if index = 0 then end if var1 = Replace(var1, "#=", "") var1 = Replace(var1, "# ", "") Loop while index <> 0 FindLabel = var1 End Function</pre>	<p>片段 2:</p> <pre>Function ReplaceKey(sign, key) index = 0 nextstringlength = 0 do index = instr(1, sign, key) if (index = 0) then exit do end if nextSign = right(sign, len(sign) - index + 3) endIndex1 = instr(1, nextSign, "#") endIndex2 = instr(1, nextSign, "<") if (endIndex1 <> 0 And endIndex2 <> 0) then if (endIndex1 < endIndex2) then nextStirngLength = endIndex1 + 1 else nextStirngLength = endIndex2 + 1 end if elseif (endIndex1 = 0 And endIndex2 <> 0) then nextStirngLength = endIndex2 + 1 elseif (endIndex2 = 0 And endIndex1 <> 0) then nextStirngLength = endIndex1 + 1 else nextStirngLength = len(nextSign) end if nextString = left(nextSign, nextStirngLength) if key = "#+##/" then sign = Replace(sign, key & nextString, "<sup><ITA>" & nextString & "</ITA></sup>") else sign = Replace(sign, key & nextString, "<sub><ITA>" & nextString & "</ITA></sub>") end if Loop while index <> 0 ReplaceKey = sign End Function</pre>
	<p>片段 3:</p> <pre>Function ReplaceKeyk(sign, key) index = 0 nextstringlength = 0 do index = instr(1, sign, key) if (index = 0) then exit do end if nextSign = right(sign, len(sign) - index + 1) endIndex1 = instr(1, nextSign, "#") endIndex2 = instr(1, nextSign, "<") if (endIndex1 <> 0 And endIndex2 <> 0) then if (endIndex1 < endIndex2) then nextStirngLength = endIndex1 + 1 else nextStirngLength = endIndex2 + 1 end if elseif (endIndex1 = 0 And endIndex2 <> 0) then nextStirngLength = endIndex2 + 1 elseif (endIndex2 = 0 And endIndex1 <> 0) then nextStirngLength = endIndex1 + 1 else nextStirngLength = len(nextSign) end if nextString = left(nextSign, nextStirngLength) if key = "#?" then sign = Replace(sign, key & nextString, "<sub>" & nextString & "</sub>") elseif key = "#+" then sign = Replace(sign, key & nextString, "<sup>" & nextString & "</sup>") else sign = Replace(sign, key & nextString, "<ITA>" & nextString & "</ITA>") end if Loop while index <> 0 ReplaceKeyk = sign End Function</pre>

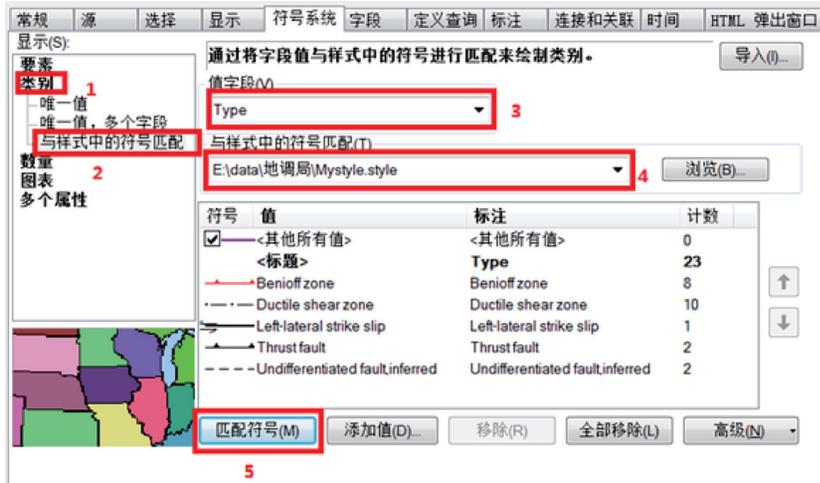
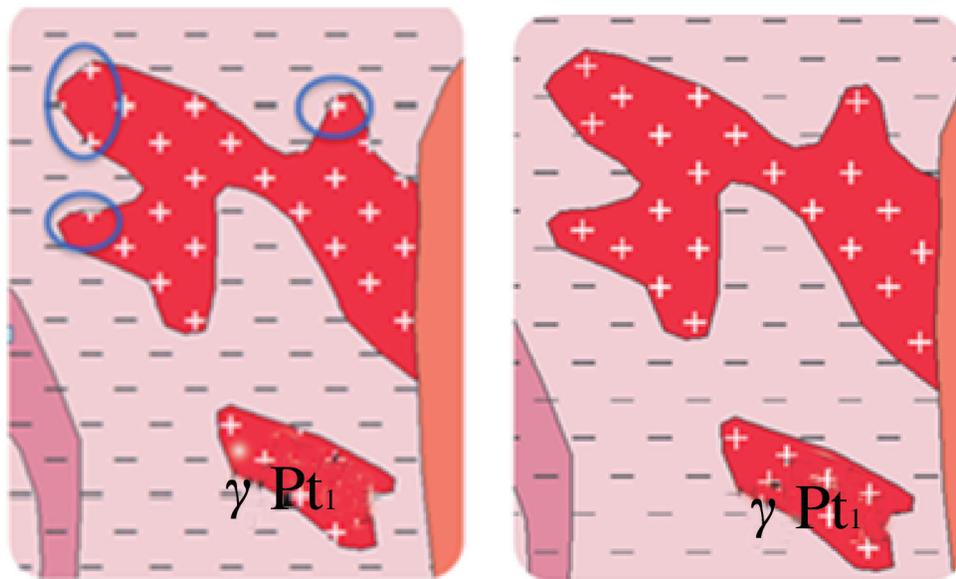


图 5 依据属性匹配符号
Fig.5 Match to symbols for value fields



(a) 常规符号化

(b) 制图表达

图 6 制图表达效果
Fig.6 Representations

该数据经过有丰富区域地质调查工作经验、地质数据库建设专家的联合检查,其成果整体质量完全符合实际应用要求。

通过全球地质矿产空间数据库建设工作研究建立的地质图空间数据库建库方法技术,基于数据驱动理念,第一次在中国地质行业内实现了地质图空间数据

和制图数据一体化,能够在空间数据更新时自动更新制图数据。相比国内传统的建库方法,提高了生产效率,易于质量控制,便于建库数据管理、更新和成果应用,在生产实践中显示出了其优越性。

目前,该技术经过了完善和实践检验,在行业内 50 多个单位得到了推广和应用;将为今后全球地



图7 数据质量检查验收软件

Fig.7 User Interface of Software for data quality checking

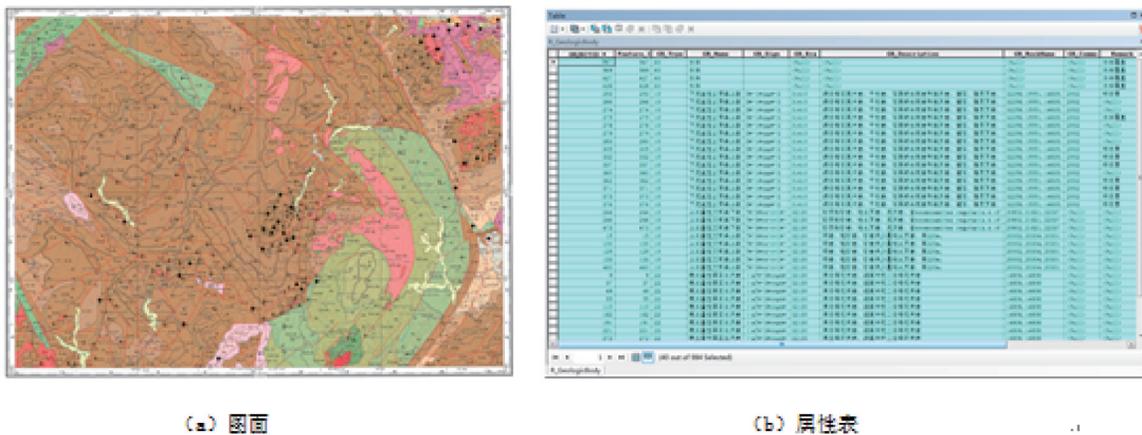


图8 建库成果示例

Fig.8 Example of database

质矿产数据建库工作发挥重要的技术支撑作用,同时将为国内其他数据库建设工作开展提供工作方法、技术和人才储备。

致谢: 审稿专家及编辑部王学明、杨艳老师对论文提出了宝贵修改意见,在此一并致以诚挚的谢意!

参考文献(References):

- [1] 张庆合,曹邦功,姜兰. 1:50万地质图数据库的研建[J]. 中国地质, 2002, 29(2): 208-212.
Zhang Qinghe, Cao Bangong, Jiang Lan. Development and construction of the 1:500000 geological map database[J]. Geology in China, 2002, 29(2): 208-212(in Chinese with English abstract).
- [2] 韩坤英,张庆合,丁孝忠,等. 中国1:100万地质图数据库管理系

统的设计与应用[J]. 中国地质, 2010, 37(4): 1215-1123.

Han Kunying, Zhang Qinghe, Ding Xiaozhong, et al. The design and application of the management system for 1:1M geological map database of China[J]. Geology in China, 2010, 37(4): 1215-1123(in Chinese with English abstract).

- [3] 左群超,叶亚琴,文辉,等. 中国矿产资源潜力评价集成数据库模型[J]. 中国地质, 2013, 40(6): 1968-1981.
Zuo Qunchao, Ye Yaqin, Wen Hui, et al. The integrated database model for mineral resources potential evaluation in China[J]. Geology in China, 2013, 40(6): 1968-1981(in Chinese with English abstract).
- [4] 张大可,张德生,陈英富,等. 矿产资源调查中自然重砂测量成果的重新应用——以河北蔚县地区为例[J]. 中国地质, 2007, 34(4): 723-729.
Zhang Dake, Zhang Desheng, Chen Yingfu, et al. The reapplication of placer mineral survey data in mineral resources

- investigation——A case study of the Yuxian area in Hebei[J]. *Geology in China*, 2007, 34(4): 723–729(in Chinese with English abstract).
- [5] 王杨刚, 吴晓红, 李玉龙, 等. 基于GIS的地质项目管理系统平台研究[J]. *中国地质*, 2011, 38(5): 1396–1404.
Wang Yanggang, Wu Xiaohong, Li Yulong, et al. A study of the geological project management platform based on GIS[J]. *Geology in China*, 2011, 38(5): 1396–1404(in Chinese with English abstract).
- [6] 王杨刚, 李玉龙, 王新春, 等. 基于GIS的地质项目管理系统研究与实现——以战略性矿产远景调查专项项目管理系统为例[J]. *中国地质*, 2010, 37(2): 542–549.
Wang Yanggang, Li Yulong, Wang Xinchun, et al. Research and realization of the Geologic Projects Management System based on GIS: A case study of the Strategic Mineral Prospect Survey projects management system[J]. *Geology in China*, 2010, 37(2): 542–549 (in Chinese with English abstract).
- [7] 许惠平, 覃如府, 叶娜, 等. 中国岩石圈三维结构数据库总库管理系统[J]. *中国地质*, 2006, 33(4): 928–935.
Xu Huiping, Qin Rufu, Ye Na, et al. Management system of the 3D lithospheric structure database of China[J]. *Geology in China*, 2006, 33(4): 928–935(in Chinese with English abstract).
- [8] 国土资源部. 全国矿产资源潜力评价总体实施方案[J]. *国土资源通讯*, 2009, (12): 15–35.
Ministry of Land and Resources. The overall implementation plan of evaluation of national mineral resources potential[J]. *National Land & Resources Information*, 2009, (12): 15–35(in Chinese).
- [9] 国土资源部. 全国矿产资源潜力评价总体实施方案[J]. *国土资源通讯*, 2009, (13): 13–36.
Ministry of Land and Resources. The overall implementation plan of evaluation of national mineral resources potential [J]. *National Land & Resources Information*, 2009, (13): 13–36(in Chinese).
- [10] 国土资源部. 全国矿产资源潜力评价总体实施方案[J]. *国土资源通讯*, 2009, (14): 18–44.
Ministry of Land and Resources. The overall implementation plan of evaluation of national mineral resources potential [J]. *National Land & Resources Information*, 2009, (14): 18–44(in Chinese).
- [11] 陈军, 王东华, 商瑶玲, 等. 国家1: 50000数据库更新工程总体设计研究与技术创新[J]. *测绘学报*, 2010, 39(1): 7–10.
Chen Jun, Wang Donghua, Shang Yaoling, et al. Master design and technical development for national 1: 50000 topographic database updating engineering in China[J]. *Acta Geodaetica et Cartographica Sinica*, 2010, 39(1): 7–10(in Chinese with English abstract).
- [12] 王东华, 商瑶玲, 刘建军, 等. 数据库驱动的地形图快速制图技术探讨[J]. *地理信息世界*, 2012, (2): 6–9.
Wang Donghua, Shang Yaoling, Liu Jianjun, et al. Database – driven Topographic Mapping Technology[J]. *Geomatics World*, 2012, (2): 6–9(in Chinese with English abstract).
- [13] 商瑶玲, 王东华, 刘建军, 等. 国家基础地理信息数据库质量控制技术体系建立与应用[J]. *地理信息世界*, 2012, (4): 13–17.
Shang Yaoling, Wang Donghua, Liu Jianjun, et al. Study on quality control of fundamental geographic information data[J]. *Geomatics World*, 2012, (4): 13 – 17(in Chinese with English abstract).
- [14] 王东华, 刘建军, 商瑶玲, 等. 国家1: 50000基础地理信息数据库动态更新[J]. *测绘通报*, 2013, (7): 1–4.
Wang Donghua, Liu Jianjun, Shang Yaoling, et al. Dynamic Updating of National Fundamental Geography Information Database[J]. *Bulletin of Surveying and Mapping*, 2013, (7): 1–4 (in Chinese).
- [15] 吕干. 数据库驱动的制图建模及其数据处理框架研究[D]. 浙江: 浙江大学, 2008: 1–22.
Lv Gan. Study on the model of the data driven cartography and data processing system[D]. Zhejiang: Zhejiang University, 2008: 1–22(in Chinese with English abstract).
- [16] Buckley Aileen, Bunenfield Barbara. Cartography: Modeling GIS data for Map making[M]/OLI. <http://www.esri.com>, 2006.
- [17] Frye Chadie, L Eicher Cory. Modeling Active Databa – Driven Cartography With GIS Databases[C]/the 21st International Cartographic Conference of the International Cartographic Association, Durbal, South Africa, 2003: 10–16.
- [18] 张康聪, 陈健飞, 等译. 地理信息系统导论(第三版)[M]. 北京: 清华大学出版社, 2009: 60–64.
Kangtsung Chang. Translated by Chen Jianfei, et al. Introduction to Geographic Information Systems, 3rd edition[M]. Beijing: Tsinghua University Press, 2009: 60–64(in Chinese).
- [19] 姜作勤. 数据质量研究与实践的现状及空间数据质量标准[J]. *国土资源信息化*, 2004(3): 23–28.
Jiang Zuoqin. The current situation of research and practice on the data quality and spatial data quality standards[J]. *Land and Resources Informatization*, 2004(3): 23–28(in Chinese).
- [20] 张振芳, 赵佳, 王岳明. 地质图空间数据库建设数据质量控制研究与实践——以1:25万区域地质图空间数据库建设为例[J]. *地理信息世界*, 2013, 20(4): 82–85, 99.
Zhang Zhenfang, Zhao Jia, Wang Yueming. The research and practice of quality control of geological map spatial database construction: 1: 250000 regional geological map spatial database construction as an example[J]. *Geomatics World*, 2013, 20(4): 82–85, 99(in Chinese with English abstract).