

数字地质调查系统空间数据库建设

李敏¹, 傅洁², 陈安蜀¹, 李磊¹, 牛广华¹, 张燕¹

1. 中国地质调查局天津地质调查中心, 天津 300170 2. 中国地震局第一监测中心, 天津 300180

摘要 在现代信息技术和空间技术高速发展的今天, 区域地质调查工作过程的数字化已经成为一种必然趋势, 它能更好地实现信息共享和数据更新, 为地质工作服务。区域地质图空间数据库的建设为基础地质调查规划部署、地方资金找矿勘探提供了重要的数据支撑, 是地质调查成果数字化、信息化及国土资源部数字化工程的重要组成部分。通过对数字地质图空间数据库的组织模型、空间存储及属性继承、辅助建库工具、质量监控的阐述, 为建库提供了技术保障, 保证了数据的精度, 有效提高了建库效率。

关键词 数字地质调查系统 空间数据库 空间存储 属性继承 质量监控 元数据

DOI: 10.13686/j.cnki.dzyzy.2015.02.016

SPATIAL DATABASE CONSTRUCTION IN DIGITAL GEOLOGICAL SURVEY SYSTEM

LI Min¹, FU Jie², CHEN An-shu¹, LI Lei¹, NIU Guang-hua¹, ZHANG Yan¹

1. Tianjin Institute of Geology and Mineral Resources, CGS, Tianjin 300170, China;

2. The First Monitoring Centre of China Seismological Bureau, Tianjin 300180, China

Abstract : With the rapid development of modern information and space technology, the digitization of regional geological survey has become an inevitable trend, which can achieve better information sharing and data update for geological work. The analysis on the architecture model of digital geological map spatial database, space storage, property inheritance, auxiliary tools for database building and quality monitoring is proposed, which offers technical guarantees for the building of spatial database and accuracy of data and improves the efficiency of spatial database building as well.

Key words : digital geological survey system; spatial database; space storage; property inheritance; quality monitoring; metadata

区域地质图空间数据库的建设不仅可向社会各界提供基础性地质资料和信息, 更好地为国民经济发展和建设规划提供基础素材, 同时也为国家制定经济发展的战略决策, 保证国土资源信息化工作的高水准高效率提供基础数据支撑, 为国家经济持续发展起到有力的促进作用。

区域地质图空间数据库是应用地理信息系统和数据库技术, 将地质图及相关数据存储于计算机而形成的数据库。它包含两个方面: 其一是将已汇交出版的地质图进行图形矢量化、点线编辑修改、屏幕检查与素图输出检查、图形校正、建立拓扑、建立分层文

件、属性编辑、图元与属性的一致性、投影变换等, 最终形成地质图数据库及相应的图件; 其二是近年采用的野外数字填图系统直接生成的地质图数据, 利用野外填图数据来进行地质图编辑、数据库建设和喷绘纸图, 最终形成的数据库可以在计算机上查阅和检索一个图幅或更大范围内的地质矿产基本特征。

数字地质图空间数据库应用地学模型的基础内容标准、专用标准和应用模式的关系与规则, 通过要素类或对象类的扩展建立具体数据库的数据模型, 是我国第三代地质图数据模型。以数字地质调查系统为基础, 通过面向对象的数据模型, 采用选择文件更新的方式

收稿日期 2014-08-12 修回日期 2014-09-29 编辑 周丽、张哲

基金项目 中国地质调查局项目“区域地质图数据库建设”(1212011220342)。

作者简介 李敏(1984—), 女, 硕士, 工程师, 现主要从事地理信息系统研究、空间数据库建设工作, 通信地址 天津市河东区大直沽八号路4号,

E-mail//liminyj@126.com

继承编稿原图数据,对空间数据库涉及的空间拓扑及属性信息进行无缝集成、迭代建库,实现了从实际材料图、编稿原图到空间数据库等数据库群的不同阶段数据流的“继承与传递”,既保证了数字填图过程中不同阶段的数据库的数据继承与被继承关系,同时也保证了各个阶段数据库的原始性和独立性^[1]。

1 地质图空间数据库组织模型

数据模型是对空间实体数据关系的抽象。地质数据模型是对地质实体及关系的抽象,是地质应用问题向计算机应用系统转换的桥梁,是地质数据库建设和地质信息系统开发的能基础^[2]。

地质图空间数据库组织模型把地质图数据组织成关系型的数据对象:对象类、要素类、关系类、综合要素类和要素数据集。一个对象类在地理数据库中是一个表,存储非空间数据。一个要素类是具有相同几何类型和相同属性的要素的集合。一个要素数据集是共享空间参考系统的要素类的集合。关系类是由一个关系规则构成的关联集合(可以用关联、依赖、组合和继承来描述对象之间的关系规则)。综合要素类与要素类相同,是共享空间参考系统的多个要素类的集合,在地质图数据模型中由复合地质点、线、面要素实体类构成,但不与其他要素类构成拓扑关系。该数据模型对空间要素的定义更接近于现实世界,这种面向对象的数据模型使用户可以根据具体的需要进行扩展,具有用户自定义的特征。在地质图空间数据库中建立了一个不属于任何要素数据集的要素类,称为独立要素类。独立要素类需要建立自己的空间参考系统,并设定自己的投影系统参数和X/Y域。地质图空间数据库的组织模型如图1所示^[3]。

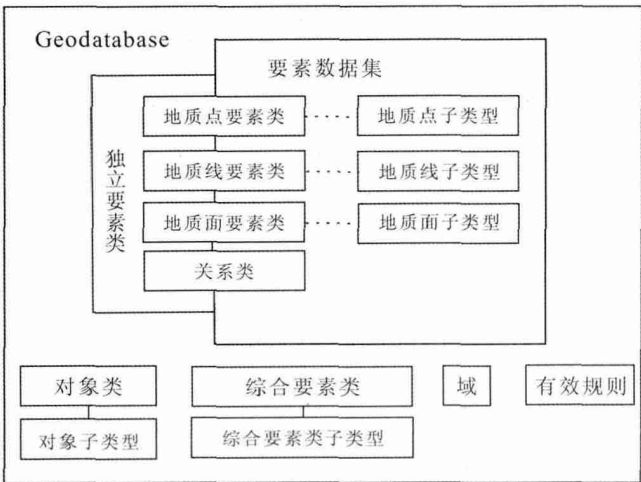


图 1 地质图空间数据库组织模型

Fig. 1 Architecture model of geological map spatial database

地质图属于基础数据库类,利用 15 个基本要素类、8 个综合要素类、12 个对象类组成的地质图空间数据模型,形象化描述了地质图的数据(实体)之间的联系和有关语义约束规则,对数据模型规定的数据的内容、结构、行为和语义进行一致化的描述。区域地质图空间数据库基本要素类、综合要素类、对象类分类表如表 1 所示。

表 1 数字填图分类表
Table 1 Classification of digital mapping

分类	序号	图层文件名	内容
基本要素类	1	_GEOPOLYGON.WP	地质体面实体
	2	_GEOLINE.WL	地质界线
	3	_ATTITUDE.WT	产状符号
	4	_CRATER.WT	各类火山口
	5	_FOSSIL.WT	化石
	6	_ISOTOPE.WT	同位素测年
	7	_ALTERATION_PNT.WT	蚀变点
	8	_MINERAL_PNT.WT	矿产地点
	9	_SAMPLE.WT	样品点
	10	_PHOTOGRAPH.WT	照片点
	11	_SKETCH.WT	素描点
	12	_DRILLHOLE.WT	钻孔
	13	_SPING.WT	泉
	14	_LINE_GEOGRAPH.WL	地理线(面状水体界线)
	15	_DIKE.WT	脉岩点
综合要素类	1	_TECOZONE.WP	构造变形带
	2	_METAMOR_FACIES.WP	变质相带
	3	_ALTERRATION_POLYGON.WP	蚀变带
	4	_MIGMATITE_ZONE.WP	混合岩化带
	5	_MINERAL_ZONE.WP	矿化带
	6	_VOLCA_FACIES.WP	火山岩相带
	7	_LANDSLIDE.WP	大型滑坡
	8	_MAP_FRAME.WL	标准图框(内图框)
对象类	1	_STRATA	沉积(火山)岩石底层单位
	2	_INTRU_LITHO_CHRONO	侵入岩岩石年代单位
	3	_INTRU_PEDIGREE	侵入岩谱系单位
	4	_METAMORPHIC	变质岩地层单位
	5	_SPECIAL_GEOBODY	特殊地质体
	6	_INF_STRATA	非正式底层单位
	7	_FAULT	断层
	8	_DIKE_OBEJECT	脉岩
	9	_DESERT	戈壁沙漠
	10	_FIRN_GLACIER	冰川与终年积雪
	11	_WATER_REGION	面状水体与沼泽
	12	_SHEET_MAPINFO	图幅基本信息

2 数字填图方法空间存储及属性继承

数字地质调查系统结合面向对象的地质图空间数据库模型,采用数据模型继承技术,通过数据流“栈”处理^[4-9](图2),提供了地质图空间数据库数据(空间拓扑、属性信息)无缝集成和迭代建库的技术方案,实现了地质图空间数据库一体化建库模式。

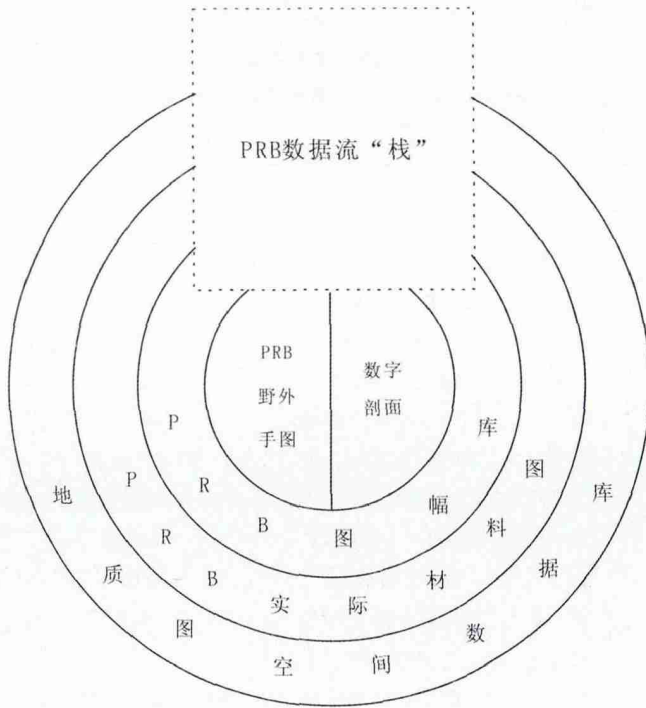


图2 PRB数据流“栈”

Fig.2 PRB data stream stack

首先,自动继承编稿原图的地质面文件和线文件的空间信息以及属性信息到空间数据库要素类。当要素类属性录入结束后,利用“自动从地质体面实体提取对象类,自动从地质界线提取断层对象类功能,自动从标准图框(内图框)中提取图幅基本信息”实现对象类属性数据的部分自动继承。并不是所有要素类的属性都可以继承,部分综合性属性需要逐个输入,进而完善对象类属性数据。除标准内图框外,其余综合要素类均为区文件,这些综合要素类数据输入时应首先根据综合要素类对应的地质含义建立它的临时区文件。其次,考虑到建立拓扑关系的实体没有带空间数据库标准的结构,因此,需要把新建的综合要素类合并到综合相应的空间要素类,以便整合和获得数据结构,在此基础上完成综合要素类的数据输入。

通常,一个要素类的所有对象有相同的行为和属性,但并不是所有的对象共享相同的属性域。当一个要素类的对象使用不同的属性域时,使用不同属性域的

对象就构成要素类或表的子类型。子类型的使用使得数字地质调查系统空间数据库建立时,不需要进行图层剥离,而是通过子类型标识中唯一的属性字段进行图层的区分,大大提高了信息组织的完整性、灵活多样性。地质体面实体和地质界线的子类型分别如表2、3所示。

表2 地质体面实体子类型
Table 2 Subtypes of geologic bodies

子类型名称	子类型编码	子类型值
沉积(火山)岩石地层单位	_STRATA	0
侵入岩岩石年代单位	_INTRU_LITHO_CHRONO	1
侵入岩谱系单位	_INTRU_PEDIGREE	2
变质岩地层单位	_METAMORPHIC	3
特殊地质体	_SPECIAL_GEOBODY	4
非正式地层单位	_INF_STRATA	5
脉岩	_DIKE_OBJECT	6
戈壁沙漠	_DESERT	7
冰川与终年积雪	_FIRN_GLACIER	8
面状水体与沼泽	_WATER_REGION	9

表3 地质界线子类型
Table 3 Subtypes of geological boundaries

子类型名称	子类型编码	子类型值
地质界线	_GEOLINE	0
断层	_FAULT	1
岩性界线	_LITHO_LINE	2
岩相界线	_FACIES_LINE	3
水体界线	_WATER_LINE	4
雪线	_SNOW_LINE	5

3 数字地质图空间数据库建库工具

数字地质调查系统空间数据库建设实现了自动给要素类赋ID值。系统可以为每一个要素类赋ID号,也可一次性的对所有要素类(综合要素类、基本要素类)赋ID值。自动赋地质界线两侧的地质体代号:以图幅为单位,自动将所有地质体界线两侧的地质体代号赋给相应地质界线的左地质体代号、右地质体代号属性中;自动给断层编号字段加图幅编号。选择产状合并到空间数据库(产状无属性)。系统可以将不带属性结构的产状文件合并到空间数据库的产状要素类。

同时,数字地质调查系统提供了一系列辅助建库工具,解决了建库技术流程中的可操作性问题。建库工具主要包括3个方面。

(1) 属性编辑与全局管理工具

属性编辑与全局管理工具实现了要素类从空间到

属性、从属性到空间的整合以及对基本要素类、综合要素类和对象类的综合管理。

(2) 数据一致性检查工具

数据一致性检查工具从两个方面检查: ①对区和线的拓扑错误以及线、弧一致性进行检查。②检查基本要素类和对象类的一致性。包括对象类存在, 要素类必须存在; 从要素类提取的对象类与已经存在的对象类必须一致。

(3) 属性与制图信息整合工具

属性与制图信息整合工具从3个方面检查: ①检查地质体面实体的地质代号与图形参数(颜色)是否一致, 包括一种地质代号所对应的地质体颜色是否唯一, 一种地质体颜色所对应的地质代号是否唯一; ②检查地质界线代码与线型是否一致; ③检查产状类型名称、产状类型名称代码、产状是否一致。

此外, 在地质图空间数据库建库过程中, 如果已经做了大量工作, 再重新拓扑, 原有的区文件信息就会丢失, 为了解决这个问题, 数字地质调查系统提供了“生成label点文件(带参数)”, 通过区文件生成的label点既能记录区属性, 也能记录区参数。当重新拓扑重建时, 原先生成的区的颜色和属性均丢失, 可以利用label点与区合并的功能恢复大部分图元的属性和参数。

4 地质图空间数据库的质量监控

地质图空间数据库建库过程主要体现在对空间数据、属性数据的操作和数据质量的检查上。整个流程中, 首先应该注意空间数据质量。换句话说, 在空间数据库操作窗口之前, 应反复检查编稿地质图, 消除所有制图问题, 主要包括以下几个方面。

(1) 数字地质调查系统空间数据库要求坐标系类型为投影平面直角, 椭球参数为“北京54”或“西安80”, 投影类型为高斯克吕格。

(2) 空间数据质量 ①无重叠线、重叠坐标; ②无悬挂线, 不作为地层分界线的断层的悬挂线要保留, 其他由此产生的悬挂弧段要删除; ③系统参数设置中的结点、裁剪搜索半径设置不大于 10^{-9} ; ④结点的建立, 包括断层切割地质体, 水系的主干与支流; ⑤地层接触关系正确, 地质界线压盖合理; ⑥不同图层共用界线一致(图层套合); ⑦多边形要封闭; ⑧统一每个图层的投影参数和TIC点信息。

5 元数据库的建立

元数据是“关于数据的数据”或“关于信息的信息”,

在地理信息系统中用于描述地理数据集的内容、质量、表示方式、空间参照系、管理方式以及数据集的其他特征, 它是信息化社会中地学信息共享的关键, 并作为“数字地球”的六大技术之一, 引起了全球的高度重视^[10]。可扩展标记语言(Extensible Markup Language, XML)是目前使用最广泛的结构化语言, 可以满足元数据标准的定义、表达、验证、检索等操作需要^[11]。

元数据采集应严格按照《地质信息元数据标准》(DD2006-05)和元数据库采集说明书, 尽量系统、完整、全面地反映数据库的详细情况和状态, 包括图幅基本信息、处理过程、属性结构等。

6 数字地质图空间数据库检索

地质图空间数据库是以图幅方式组织的, 利用数字地质调查系统可以进一步整理和使用多个图幅下的地质图空间数据库成果数据。包括根据需要加载多幅空间数据库数据, 交互式查询和检索不同要素类属性; 地质要素检索, 检索条件包括要素类到对象类、对象类到要素类、对象类到对象类的检索, 用户可自选。根据地质年代检索要素类、地理内容的检索; 专题图层的生成。

7 数据整理与服务产品开发成果

(1) 通过建立元数据库, 实现对区域地质空间信息的编目、管理与发布。

(2) 开发完成了基于元数据的空间查询检索系统, 实现了基于标准分幅数据的空间查询、输入极值坐标与拐点坐标串的空间范围查询、按整装勘查区、成矿远景区与成矿区带业务数据空间查询、按省级市范围行政区查询、按矩形或多边形的范围查询以及结合元数据中关键词的属性查询。通过检索查询使用户了解图幅的空间位置、图幅区调与数据库相关信息以及数据存放与借阅的相关信息。

(3) 区域地质图空间数据库的建设为重要矿产资源调查评价、基础地质调查等提供基础性数据, 为开展矿产资源潜力评价和整装勘查提供基础性数据, 为社会经济的发展提供了强有力的支撑与服务。

(4) 利用区域地质图空间数据库形成的图件, 快速编制如交通工程前期论证、施工勘查、水利、电力工程施工勘查等方面的图件, 更好地服务于相关专业, 从而获得更大的经济效益和社会效益。

8 结语

数字地质调查系统采用 Geodatabase 建立面向对

象的数字地质图空间数据库,可以从地学空间概念的抽象到数据模型的物理实现保持一致,而且过渡自然,不需要复杂的模型转换。Geodatabase 数据模型使得数据库的某一字段将不再只存储地学数据类型,而是一个定义了其行为、包含对象属性的数据^[12],同时,使得各空间实体的拓扑关系能够直观反映,数据精度得到提高,建库质量得到保障,有效降低了数据冗余、减轻了建库工作量。

地质图空间数据的建设、数据整理以及相关服务产品的开发为地质人员开展矿产资源潜力评价、整装勘查提供了数据支撑和强有力的服务,使地质资料更好地为国土资源合理开发利用服务,为新开展的国土资源调查、矿产资源规划、矿产开发、地质环境及灾害治理等工作提供了快速方便、准确的基础地质信息。

参考文献:

- [1] 李超岭. 数字地质调查系统操作指南 [M]. 北京: 地质出版社, 2011: 108—155.
- [2] 刘锋英, 李晨阳, 李军, 等. 面向对象的地质图数据模型研究与实践 [J]. 地质通报, 2004, 23 (8): 816—822.
- [3] 中国地质调查局. DD 2006-06 数字地质图空间数据库标准 [S]. 2006.
- [4] 李超岭, 于庆文, 杨东来, 等. PRB 数字填图技术研究 [J]. 地球科学, 2003, 28 (4): 377—384.
- [5] 李超岭, 张克信, 于庆文, 等. 数字填图中不同阶段数据模型的继承技术 [J]. 地球科学——中国地质大学学报, 2004, 29 (6): 745—752.
- [6] 李超岭, 张克信, 墙芳躅, 等. 数字区域地质调查系统技术研究 [J]. 地球科学进展, 2002, 17 (5): 763—768.
- [7] 李超岭, 于庆文, 张克信, 等. 数字区域地质调查基本理论与技术方法 [M]. 北京: 地质出版社, 2003.
- [8] 李丰丹, 李超岭, 刘畅, 等. 数字地质调查系统中空间数据库建库流程关键技术的解决方案 [J]. 地质通报, 2008, 27 (7): 945—955.
- [9] 李超岭, 张克信, 于庆文, 等. 数字地质填图 PRB 粒度理论框架研究 [J]. 地质通报, 2008, 27 (7): 980—985.
- [10] 赵永平, 过静君, 陈爱军. Metadata 共享体系的实现模型 [J]. 清华大学学报, 1999, 39 (12): 90—93.
- [11] 冯敏, 诸云强, 王卷乐, 等. 分布式多标准地学元数据共享研究与实践 [J]. 地理与地理信息科学, 2007, 23 (11): 8—13.
- [12] 徐翠玲. 基于 Geodatabase 建立数字地质图数据库的方法与实践 [J]. 测绘学报, 2008, 33 (3): 176—177.