doi: 10.11720/wtyht.2019.1322
冯磊,周伟,陈瑶,等.航空物探工作程度图批量定制技术研究[J].物探与化探,2019,43(1):153-160.http://doi.org/10.11720/wtyht.2019.1322
Feng L,Zhou W,Chen Y,et al.Research on technology of batch customizing aero geophysical survey regions maps[J].Geophysical and Geochemical Exploration,2019,43(1):153-160.http://doi.org/10.11720/wtyht.2019.1322

航空物探工作程度图批量定制技术研究

冯磊,周伟,陈瑶,李文吉
(中国自然资源航空物探遥感中心,北京 100083)

摘 要:为满足行业及社会用户对多尺度、跨区域的航空物探工作程度图的大量需求,为数据资料收集、地质调查工作规划部署等提供借鉴和参考依据,笔者以全国航空物探测区元数据库为数据源,按照"数据字典管理制图标准、模板文件管理图面样式、用户参数创建图面要素"的技术方法,开展航空物探工作程度图的批量定制功能研究,并基于ArcGIS Engine和C#编程语言开发实现了基于数据驱动的航空物探工作程度图批量定制程序。在航空物探调查资料的社会化服务和"秦岭及天山等重点成矿区带航空物探调查"等项目工作部署及实施过程中取得了较好的应用效果,共计完成全国35个区域70余幅航空物探工作程度图的制作与服务,部分产品图件已经发布至"地质云"提供互联网在线服务。

关键词:航空物探;工作程度图;数据驱动;批量定制图件;数据字典
中图分类号:P631 **文献标识码**:A **文章编号**:1000-8918(2019)01-0153-08

0 引言

航空物探调查工作程度是开展地质调查工作规划和部署的重要基础数据,及时进行全国航空物探调查工作程度图的动态更新,有利于理清中央、地方、社会投资开展的基础性地质调查工作现状,有利于协调和衔接中央、地方公益性地质工作,有利于统筹部署重点成矿区带、重要经济区、扶贫工作区等重要区域的公益性基础地质工作[1-3]。

虽然随着信息化技术水平的提高,制图方式有了很大的进步,原来的手工编绘逐步被计算机数字制图所取代,但是当前的数字制图模式仍缺乏系统的解决方案,尤其在专业化应用、内容更新、图库分离、数据冗余等方面仍存在较多问题,信息技术应用水平亟待提高。陈志军等实现了基于ArcPy脚本语言的勘查地球化学图件的批量成图功能,采用变量与对象绑定的方式读取参数并应用于批量制图,提高了勘查地球化学图件的制图效率,但是其工作重点为面向地球化学栅格数据的统计分析与制图,且脚本语言无法独立执行[4],难以应用于航空物探专业领域的在线批量制图需求。

为更好地满足制图流程标准化、内容动态更新、数据利用率提高等需求,笔者提出基于数据驱动的航空物探工作程度图批量定制技术解决方案,按照"数据字典管理制图标准、模板文件管理图面样式、用户参数创建图面要素"的技术路线完成了具体功能开发,在实际生产工作中大大节省了人物资源,提高工作效率。

1 制图需求分析

航空物探工作程度图通常包含地理信息、专业要素、图面整饰等主要内容,其中,地理信息反映了工作区域所处的地理位置、周边环境等信息,专业要素的图形化渲染直观表达出测量方法、测量比例尺等信息,图面整饰内容包含了图名、图例、图框、比例尺、指北针等,图件整体应当遵循"正确完整、清晰醒目、整齐美观、使用方便"的基本要求[5-6]。

现行的航空物探工作程度图编制基本沿用传统的编图模式[7-10],依托单机MapGIS软件,根据资料收集情况,将已有工作测区范围一一添加到图件中,

收稿日期:2018-09-06;**修回日期**:2018-11-23
基金项目:中国地质调查局专项项目(DD20189821);中国地质调查局项目"秦岭及天山等重点成矿区带航空物探调查"(DD20160066)
作者简介:冯磊(1988-),男,工程师,主要从事航空地球物理与遥感信息技术应用研究工作。Email:fl@agrs.cn

万方数据

然后根据不同的测量比例尺、测量方法、测量精度等进行符号化渲染，最后添加图式图例、图框，输出栅格文件，(如图 1)。以张家口—承德测区为例，其测区覆盖范围内的航空物探工作程度图[11]如图 2 所示。

编图过程中的每个步骤都需要人工完成或者人机交互完成，不仅工作细节繁琐，存在反复修正的情况，而且效率较低，难以满足多区域、大批量的工作程度图定制需求。

为满足计算机程序批量制图需求，采用空间数据库 GeoDatabase[12-14]存储和管理测区信息、地理底图，解决资料收集和测区绘制问题；采用数据字典[15-16]管理符号渲染标准，建立各类图面要素与符号之间匹配关系，解决符号自动化渲染问题；建立管理数据表，存储图件图名、图例、图框等信息，减少图式图例的人工输入和修整工作量；通过开发程序自动将矢量数据输出栅格图片，支持多分辨率、多文件格式，以分别满足报告插图、打印出图等使用场景。

图 1　现行编图工作模式

Fig.1　Current drawing map workflow

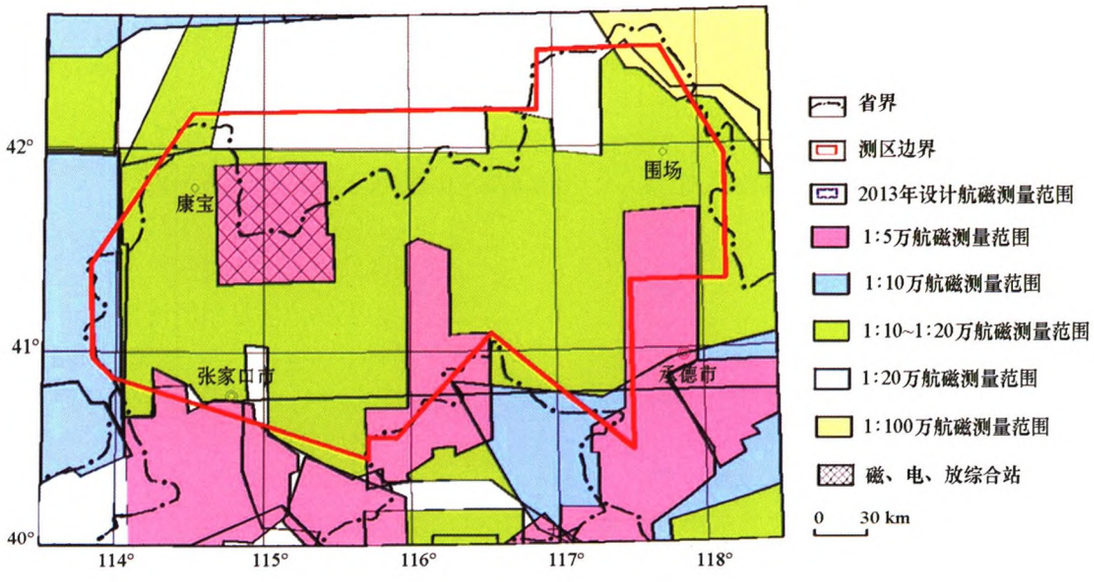


图 2　航空物探工作程度图示例[11]

Fig. 2　Example of aero geophysical survey regions map

2　数据库及功能设计

2.1　航空物探测区概况数据

中国自然资源航空物探遥感中心(简称“航遥中心”)依托国家专项资金支持，已经建立了我国最为全面的航空物探测区元数据库，含国家、地方投资开展的航空磁、电磁、伽马能谱、重力测区近千个[17]。测区元数据库是航空物探工作程度图的主要数据源之一。测区属性信息包含测区名称、空间范围、测量比例尺、测量方法、测量精度、工作年代、资料存档单位等基本信息，核心数据表及部分数据项如下图 3 所示。

以“项目概况信息”为核心数据表，项目和测区之间为一对多的关系，每一个项目通过外键与航磁、重、电、放测区表、资料信息表建立关联关系，测区的空间范围信息存储在空间数据库(GeoDatabase)中，该存储方式能够满足属性检索和空间范围检索需求。

2.2　数据字典设计

为实现程序对测区要素的自动化渲染，针对测区元数据中的不同比例尺、测量方法、测量年代(测量精度)采用不同的符号化渲染方案，采用数据字典技术管理符号化渲染标准[18-21]，如比例尺与填充颜色建立对应关系，测量方法与轮廓线型建立对应关系，测量年代与填充花纹建立对应关系，设计的数据字典表如表 1、表 2、表 3 下所示。

万方数据

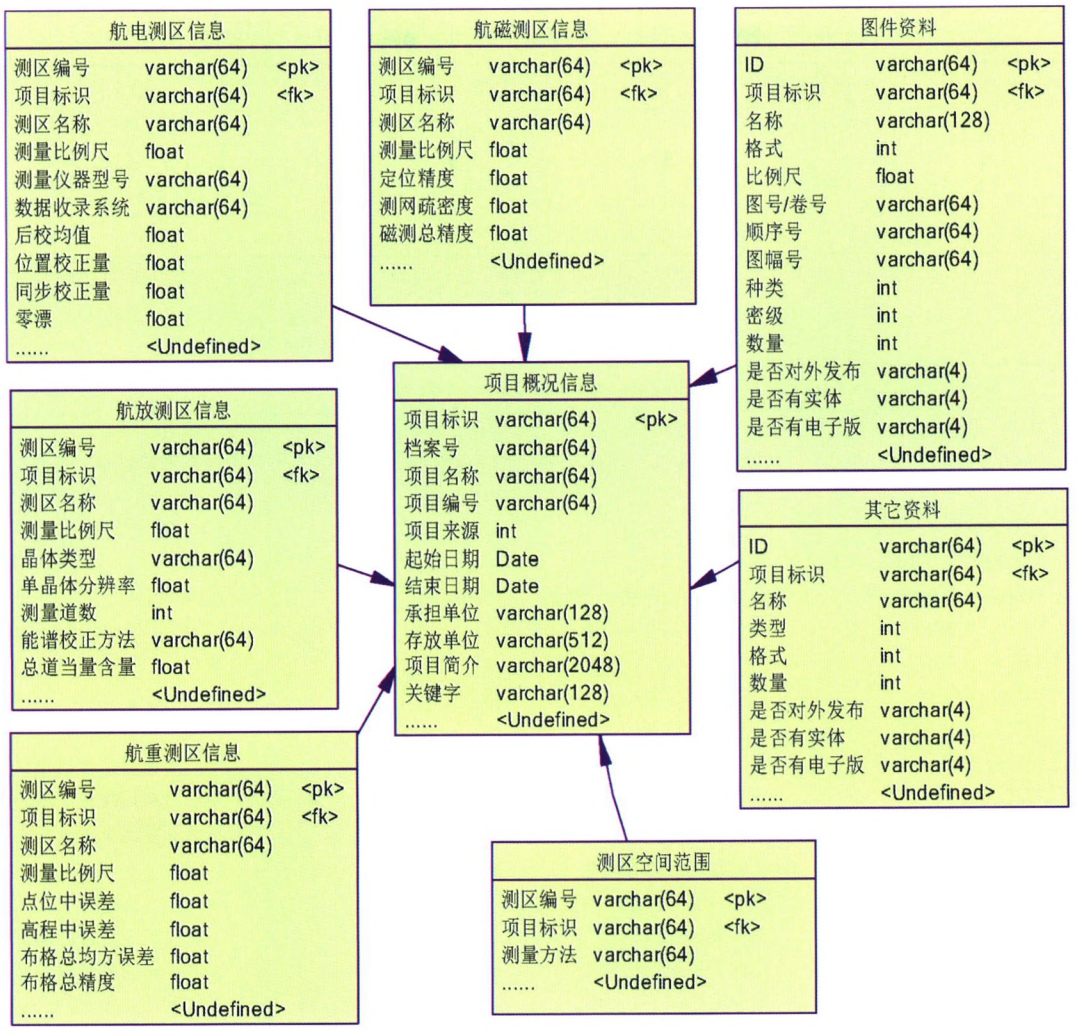


图 3　航空物探测区元数据表

Fig.3　Metadata tables of aero geophysical survey regions

表 1　比例尺与颜色号数据字典(部分)

Table 1　Data dictionary of scale and color numbers

序号	比例尺	COLOR	RGB	颜色样例
1	1∶10000	#FF7F00	255,125,0	
2	1∶50000	#FFFF00	255,255,0	
3	1∶100000	#0070FF	0,110,255	
4	1∶250000	#6EB446	110,180,70	
5	1∶500000	#96DCF0	150,220,240	
6	1∶1000000	#D2D2D2	210,210,210	
7	……	……	……	……

表 2　测量方法与线型数据字典(部分)

Table 2　Data dictionary of survey methods and line types

序号	测量方法	线型	线颜色	线型样例
1	航磁	DASHED	255,0,0	
2	航重	DOTTED	0,255,0	
3	航放	DASHDOT	0,0,255	
4	航电	DASHDOTDOT	100,100,100	
5	航空遥感	SOLID	0,0,0	
6	……	……	……	……

万方数据

表 3 测量精度与填充花纹数据字典(部分)

Table 3 Data dictionary of survey quality and padding patterns

序号	测量精度	填充	填充样例
1	中低精度	DOTTED	
2	高精度	SOLID	
3	……	……	……

表 4 图面基本信息数据字典(部分)

Table 4 Data dictionary of basic infomation in maps

序号	字段名	字段描述	字段类型	备注
1	ID	序号	INT	主键 ID
2	MB_NAME	模板名称	VARCHAR(100)	一套模板对应一系列参数
3	TITLE_VISIBLE	图名是否可见	BOOL	1—可见,0—不可见
4	COMPASS_VISIBLE	指北针是否可见	BOOL	1—可见,0—不可见
5	LEGEND_VISIBLE	图例是否可见	BOOL	1—可见,0—不可见
6	SCALE_VISIBLE	比例尺是否可见	BOOL	1—可见,0—不可见
7	GRID_VISIBLE	图框网格是否可见	BOOL	1—可见,0—不可见
8	TITLE_SIZE	图名字号大小	INT	字号
9	TITLE_VERTICAL	图名水平位置	INT	1—居左,2—居中,3—居右
10	TITLE_HORIZON	图名垂直位置	INT	1—居上,2—居中,3—居下
11	TITLE_TOP	图名向上偏移量	FLOAT	中心点离原位置的偏移量
12	TITLE_LEFT	图名向左偏移量	FLOAT	中心点离原位置的偏移量
13	COMPASS_SIZE	指北针大小	FLOAT	指北针默认大小,百分比
14	COMPASS_VERTICAL	指北针水平位置	INT	1—居左,2—居中,3—居右
15	COMPASS_HORIZON	指北针垂直位置	INT	1—居上,2—居中,3—居下
16	COMPASS_TOP	指北针向上偏移量	FLOAT	中心点离原位置的偏移量
17	COMPASS_LEFT	指北针向左偏移量	FLOAT	中心点离原位置的偏移量
18	LEGEND_SIZE	图例大小	FLOAT	图例默认大小,百分比
19	LEGEND_VERTICAL	图例水平位置	INT	1—居左,2—居中,3—居右
20	LEGEND_HORIZON	图例垂直位置	INT	1—居上,2—居中,3—居下
21	LEGEND_TOP	图例向上偏移量	FLOAT	中心点离原位置的偏移量
22	LEGEND_LEFT	图例向左偏移量	FLOAT	中心点离原位置的偏移量
23	SCALE_SIZE	比例尺大小	FLOAT	比例尺默认大小,百分比
24	SCALE_VERTICAL	比例尺水平位置	INT	1—居左,2—居中,3—居右
25	SCALE_HORIZON	比例尺垂直位置	INT	1—居上,2—居中,3—居下
26	SCALE_TOP	比例尺向上偏移量	FLOAT	中心点离原位置的偏移量
27	SCALE_LEFT	比例尺向左偏移量	FLOAT	中心点离原位置的偏移量
28	……	……	……	……

为了实现图式图例信息的自动添加,需要建立数据表存储某一类图件的默认值信息[22-24],每一类图件,对应一套制图参数,存储参数的数据表结构如表 4 所示。

2.3 功能实现

采用 C#编程语言、基于 DotNet3.5 框架和 ArcGIS 10.1 平台开发实现了航空物探工作程度图的批量定制功能开发,数据库采用 Oracle 11g,为满足实际需求,该程序具备如下主要功能模块:批量定制模块、数据源配置模块、输出配置模块、模板设计模块和数据字典维护模块。

功能组成结构如下图 4 所示:

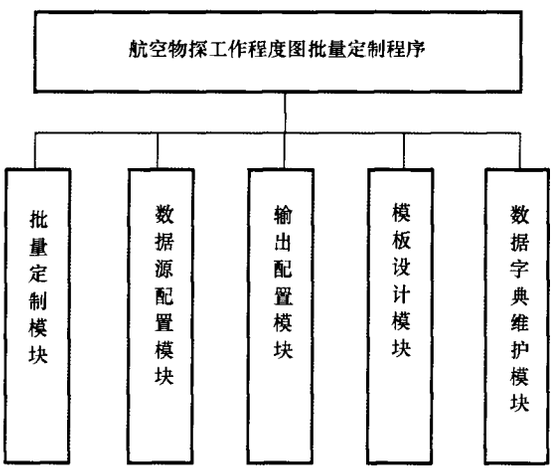


图 4 程序功能组成结构

Fig.4 Main function modules of the program

1) 批量定制模块:根据用户输入参数,以及数据字典中的默认参数,批量创建矢量图件的工程文

万方数据

件、图层文件以及符号化渲染,直接成图预览,提供可视化界面供用户微调参数, 可支持批量加载已经建立好的图件名清单。

2) 数据源配置模块:实现多数据源的配置功能,为数据提取奠定基础,如测区要素来源于航空物探工作程度数据库,底图要素来源于测绘成果数据库,资料档案信息来源于航空物探遥感目录数据库等,具备对多数据源访问接口的维护验证功能。

3) 输出配置模块:按照用户需求输出矢量图件或者栅格图件,支持栅格输出参数设置,如分辨率、文件格式等。

4) 模板设计模块:支持在可视化界面下对制图模板的设计,包括各类图面要素的位置、大小、底图信息等,并保存具体参数到数据库中。

5) 数据字典维护模块:支持对数据库中的各类参数数据字典值进行增删改查等操作。

程序的核心功能模块为批量定制模块和模板设计模块,批量定制模块的操作界面如下图 5 所示,左侧通过按钮项设置一次出图的数量及图名、选择的模板类型,右侧可以实时预览最终成图的效果,也可以通过加载文本格式的图件清单,一键输出对应图件。

模板设计模块的界面如图 6 所示,左侧选择模板后,右侧会实时出现该模板对应的图件样式,设置不同参数的值之后,右侧图面要素会实时联动改变,从而达到参数驱动模板制图的目的。

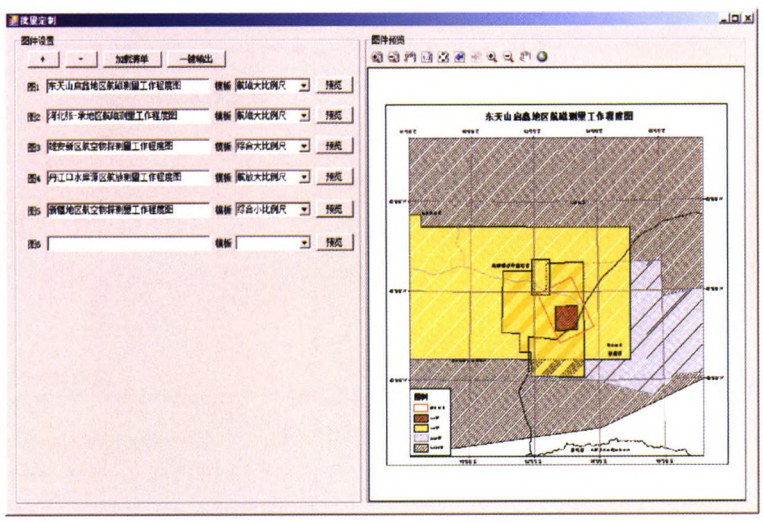


图 5　批量定制图件界面

Fig.5　Interface of batch drawing maps

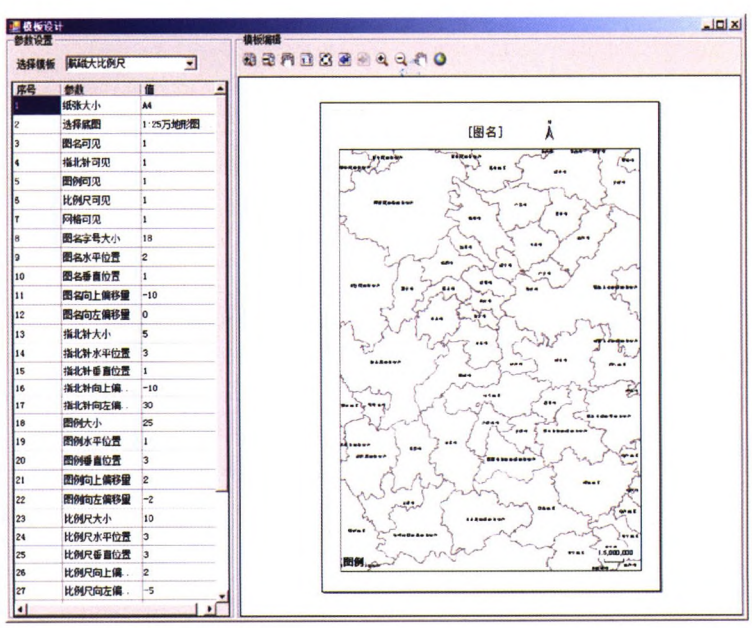


图 6　模板设计界面

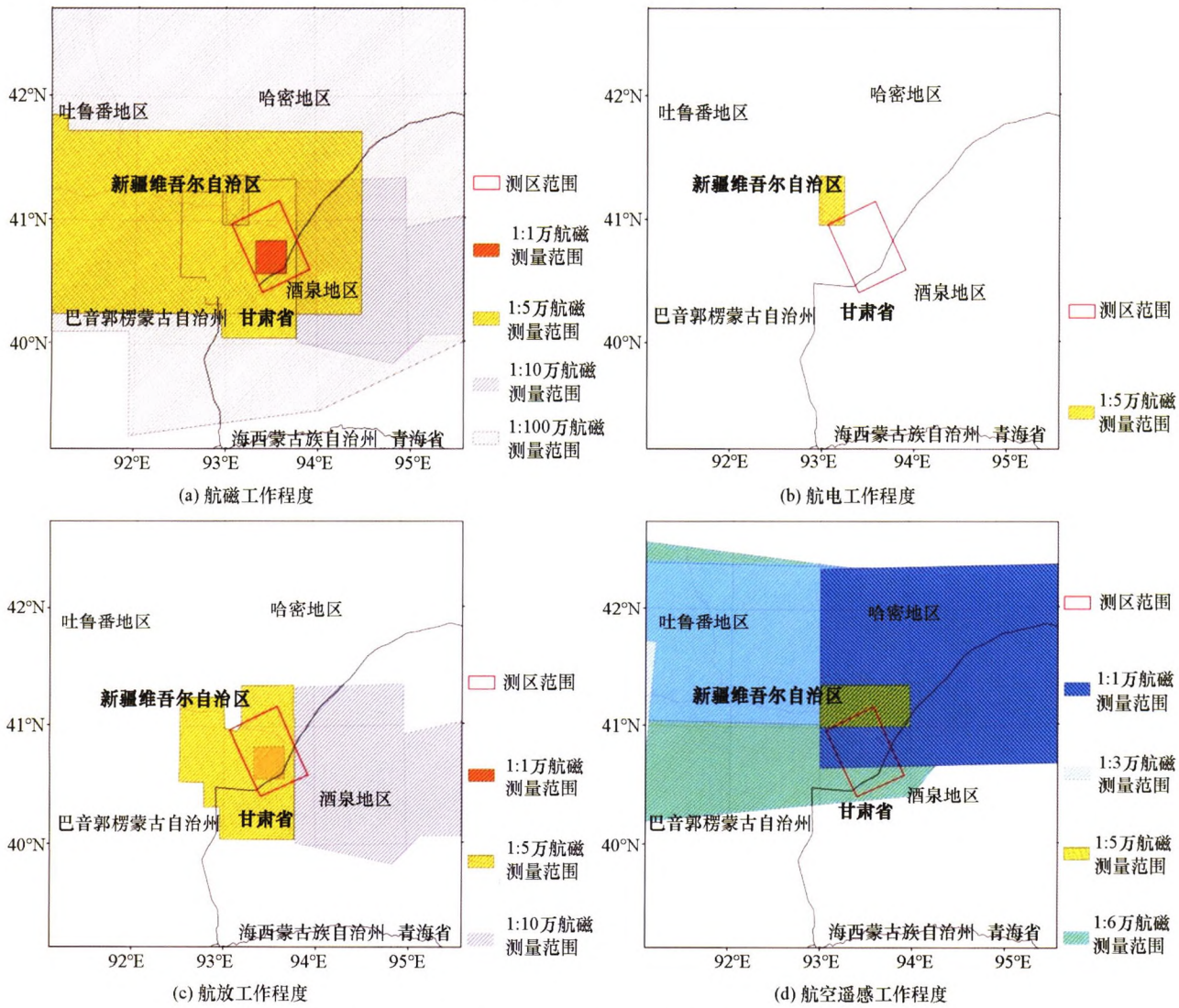
Fig.6　Interface of templates design

万方数据

3　应用实例

在中国地质调查局部署开展的“秦岭及天山等重点成矿区带航空物探调查”二级项目中，共计部署了 30 余个测区，按照传统的工作方式，每个测区在开展测量工作前期，均需要收集资料形成该区域的航空物探工作程度，由于测区较多、空间分布相对分散、测量资料年代跨度大，需要投入较多的人力才能完成[25]。而依托航空物探工作程度图批量定制程序的应用，快速实现了覆盖 30 多个测区、70 多张工作程度图的批量定制。原本需要几十人同时开展数天的工作才能完成的工作量[26]，现在只需要不到一个小时就能完成，极大提高了工作效率。同时，在图件一致性、美观程度以及资料权威性方面，均优于原有的手工制图成果。

通过批量制图完成的东天山—启鑫地区不同测量方法的航空物探工作程度图如下图 7 所示。除应用于“秦岭及天山等重点成矿区带航空物探调查”二级项目之外，该技术还为航遥中心的日常资料社会化服务提供制图服务，如实时更新“地质云”中发布的中国陆域航磁工作程度图信息等。



a—aero magnetic survey regions map; b—aero electrical survey regions map

c—aero radioactive survey regions map; d—aero remote sensing survey regions map

图 7　航空磁、电、放、遥感工作程度

Fig.7　Aero magnetic, electrical, radioactive survey regions maps

4　结论

笔者通过开展航空物探工作程度图的批量定制技术研究，按照“数据字典管理制图标准、模板文件管理图面样式、用户参数创建图面要素”的技术路线，实现了基于数据驱动的航空物探工作程度图批量定制，并基于 ArcGIS 和空间数据库的开发完成具

万方数据

体功能,既实现了不同专题图件的模板参数定制管理,又具备批量出图能力,在航空物探调查资料的社会化服务和中国地质调查局"秦岭及天山等重点成矿区带航空物探调查"等项目工作部署及实施过程中均取得了良好的应用效果。随着各类地学空间数据库的不断建立完善,可通过扩展数据字典、规范元数据标准的方式将本技术应用于更多类别专题图件的批量定制工作中。

参考文献(References):

[1] 张翠光,杨建峰,任收麦,等. 全国地质调查工作程度图集[R]. 中国地质调查局发展研究中心,2016。
Zhang C G ,Yang J F, Ren S M,et al.. National atlas of geological survey work degree [R]. Development and Research Center of China Geological Survey, 2016.

[2] 聂凤军. 航空物探在水工环勘查中的应用[J]. 科技论坛, 2013:27-30.
Nie F J. Application of aerial geophysical exploration in hydro-environmental exploration [J]. Technology Forum, 2013: 27-30.

[3] 李怀渊, 江民忠, 陈国胜,等. 我国航空放射性测量进展及发展方向[J]. 物探与化探, 2018, 42(4):645-652.
Li H Y, Jiang M Z, Chen G S, et al. The brilliant achievements and technological Innovation of airborne radioactivity survey in China[J]. Geophysical and Geochemical Exploration,2018,42(4) : 645-652.

[4] 陈志军, 陈建国. 系列地图批处理自动成图解决方案——以勘查地球化学系列图为例[J]. 地质学刊, 2013, 37(3):456 - 464.
Chen Z J, Chen J G. Automated batch mapping solution for serial maps: A case study of exploration geochemistry maps [J]. Journal of Geology, 2013, 37(3):456 - 464.

[5] 闫红雨, 杨玲羽, 付敖云。航空物探数字制图与印刷技术规定[R]. 中国国土资源航空物探遥感中心, 2015.
Yan H Y, Yang L Y, Fu A Y. Technical regulations for digital mapping and printing of aero geophysical survey[R]. China Aero Geophysical Survey and Remote Sensing Center for Land Resources, 2015.

[6] 贾桂芬. 专题地图的地理底图编制及编辑加工——以《中华人民共和国 1 : 25 万航磁系列图》为例[J]. 传播与版权, 2018 (3):62-64.
Jia G F. The compilation and editing of the geographical base map of the thematic maps——taking the " 1 : 250,000 aeromagnetic series of The People´s Republic of China" as an example[J]. Communication and Copyright, 2018(3):62-64.

[7] 吴高微, 闫红雨. 基于 MapGIS K9 的航空物探图框绘制软件开发[J]. 物探与化探, 2014,38(3):607 - 609.
Wu G W, Yan H Y. The development of airborne geophysical map frame drawing software based on MapGIS K9[J]. Geophysical and Geochemical Exploration, 2014,38(3):607 - 609.]

[8] 李敬敏,闫红雨,李诗珺, 等. 航空地球物理调查全矢量插图编图方法[J]. 工程地球物理学报, 2017, 14(1):37 - 44.
Li J M, Yan H Y, Li S J, et al. Vector illustration map compilation method for airborne geophysical survey [J]. Chinese Journal of Engineering Geophysics, 2017, 14(1):37 - 44.

[9] 王卫平, 吴成平, 马勋表. 黔东地区航磁特征与岩性构造填图[J]. 中国地质调查, 2018, 5(01):37-43.
Wang W P, Wu C P, Ma X B. Aeromagnetic field feature and lithologic mapping in eastern Guizhou[J]. Geological Survey of China, 2018, 5(1):37-43.

[10] 眭素文,于长春,熊盛青.中高山区高精度航磁视磁化强度填图方法[J].地球物理学进展,2004,19(2):357-362.
Sui S W, Yu C C, Xiong S Q. Apparent magnetization mapping from high resolution aeromagnetic data in the region of high topographic relief[J]. Progress in Geophysics,2004,19(2):357-362.

[11] 李文勇,周德文. 河北张家口—承德地区航磁调查成果报告[R]. 中国国土资源航空物探遥感中心,2015.
Li W Y, Zhou D W. Report on aeromagnetic survey results in Zhangjiakou-Chengde Area, Hebei Province [R]. China Aero Geophysical Survey and Remote Sensing Center for Land Resources, 2015.

[12] 宋杨,万幼川. 一种新型空间数据模型 Geodatabase[J]. 测绘通报, 2014,11:31 - 33.
Song Y, Wan Y C. The new spatial data model of Arc/Info 8 — Geodatabase [J]. Bulletin of Surveying and Mapping, 2014,11: 31 - 33.

[13] 郝纪杰,康光清,马瞳宇, 等.基于 ArcEngine 地理信息数据库管理系统的研究与实现[J].测绘与空间地理信息,2018,41 (1):113-115,118.
Hao J J, Kang G Q, Ma T Y, et al. Research and implementation of geographic information database management system based on arcengine[J]. Geomatics & Spatial Information Technology, 2018, 41(1):113-115,118.

[14] 汪敏,余晨曦. ArcGIS 地理数据库驱动的快速出图技术[J].测绘通报,2017(5):129-131.
Wang M, Yu C X. Research of rapid cartographical technology based on geodatabase in ArcGIS[J]. Bulletin Of Surveying and Mapping,2017(5):129-131.

[15] 张龙,汪新庆,康承旭.基于符号提取的地质要素子类动态划分技术[J].科学技术与工程,2013,13(30):8986-8990.
Zhang L, Wang X Q, Kang C X. The subclass dynamic classification of geological features based on symbols extraction[J]. Science Technology and Engineering, 2013,13(30):8986-8990.

[16] 汪新庆,康承旭. 数据字典在地质矿产术语分类代码修编平台中的应用[J]. 地质学刊, 2014,38(3):408 - 411.
Wang X Q, Kang C X. Application of data dictionary in revision platform of geology and minerals terminology classification codes [J]. Journal of Geology, 2014,38(3):408 - 411.

[17] 王林飞,薛典军,李芳,等. 海洋航空物探数据库建设进展[J]. 海洋地质前沿, 2017, 34(3):8 - 14.
Wang L F, Xue D J. A Marine aeromagnetic database for efficient data management [J]. Marine Geology Frontiers, 2017, 34(3):8 - 14.

[18] 刘浩军. 航空物探平剖图自动绘制的可视化处理[J]. 物探与化探, 2004, 28(2):147 - 149.

万方数据

Liu H J. Visualization proccesion of aero geophysical profile map in automatic plotting [J]. Geophysical and Geochemical Exploration, 2004, 28(2):147 - 149.

[19] 王海涛, 苏志军,秦进春. 基于 ArcEngine 的带状图批量制图方法研究[J]. 测绘与空间地理信息, 2017, 40(8):54 - 67.
Wang H T, Su Z J, Qin J C. Study on batch mapping method of strip chart based on ArcEngine [J]. Geomatics and Spatial Information Technology, 2017, 40(8):54 - 67.

[20] 张龙, 汪新庆. 基于数据字典的空间数据库通用建库技术[J]. 国土资源遥感, 2014, 26(1):173 - 178.
Zhang L, Wang X Q. General Geo-spatial database construction method based on data dictionary [J]. Remote Sensing for Land & Resources, 2014, 26(1):173 - 178.

[21] 汪新庆, 刘刚, 韩志军,等. 地质矿产点源数据库系统的模型库及其分类体系[J]. 地球科学, 1998, 23(2):199 - 203.
Wang X Q, Liu G, Han Z J. The case model base and its classification system of geological and mineral point -source database system [J]. Earth Science, 1998, 23(2):199 - 203.

[22] 康承旭,汪新庆,缪谨励, 等.云平台下 mapgis 图件在 arcgis 中还原显示技术研究[J].测绘科学技术学报,2015,32(5):539-544.
Kang C X, Wang X Q, Miao J L, et al. Study of restoration display of mapgis maps in arcgic based on cloud platform[J]. Journal of Geomatics Science and Technology, 2015,32(5):539-544.

[23] 张龙. 地质矿产图例符号数据模型及应用——以全国矿产资源潜力评价数据为例[D].武汉:中国地质大学(武汉),2014.
Zhang L. Geological minerals legend symbol data model and its application——take the national mineral resources potential evaluation data as an example[D]. Wuhan: China University Of Geosciences(Wuhan), 2014.

[24] 汪新庆,方勇军.矿产地质志数据模型应用技术研究[J].地质学刊,2017,41(3):379-383.
Wang X Q, Fang Y J. Research on application technology of mineral geology data model[J]. Journal of Geology, 2017,41(3):379 -383.

[25] 万建华, 熊盛青, 范正国, 等. 全国航空物探工作现状及未来工作重点浅析[J]. 中国矿业, 2011,S1:151 - 154.
Wan J H, Xiong S Q, Fan Z G. The current situation and the future focus of aero geophysical survey in China [J]. China Mining Magazine, 2011,S1:151 - 154.

[26] 夏玲燕, 杨雪, 丁燕云. 中国陆域航磁系列图编制与研究进展[J]. 物探与化探, 2017,41(5):958 - 962.
Xia L Y, Yang X, Ding Y Y. The progress in the compilation and study of aeromagnetic map series for China's land field [J]. Geophysical and Geochemical Exploration, 2017,41(5):958 - 962.

Research on technology of batch customizing aero geophysical survey regions maps

FENG Lei, ZHOU Wei, CHEN Yao, LI Wen-Ji

(*China Aerospace Geophysical and Remote Sensing Center for Natural Resources, Beijing* 100083, *China*)

Abstract: Aero geophysical survey regions maps reflect the information of aero geophysical survey work in the past, and also provide references for survey data collection and survey work planning. In order to fulfill the large demand of industrial and social users for multi-scale and cross-regional aero geophysical survey regions maps, the authors employed National Aero Geophysical Metadata Database established by AGRS to carry out studies of batch creating maps. According to the technical route of "graphic standards stored in data dictionary, drawing style managed by template files, dynamic drawing elements by user parameters", the technique of batch customizing aero geophysical survey regions maps is realized. The technology achieved good application results in the socialized service of aero geophysical survey data and the project deployment and implementation of "Aero geophysical surveys in key ore-forming areas such as Qinling and Tianshan".

Key words: aero geophysical survey;survey regions map;data driven;batch customizing maps;data dictionary

(本文编辑:王萌)

万方数据