引文格式：张亮,闵天,胡菡,等. 1∶2 000到1∶10 000数字线划图缩编技术研究[J]. 地理空间信息, 2024, 22(9): 117-120. doi:10. 3969/j.issn. 1672-4623.2024.09.025

1∶2 000到1∶10 000数字线划图缩编技术研究

张　亮[1]，闵　天[2]，胡　菡[1]，赵　鹏[1]
（1. 湖北省测绘工程院，湖北 武汉 430074；2. 湖北省航测遥感院，湖北 武汉 430074）

摘　要：以1∶2 000数字线划图缩编1∶10 000数字线划图为例，结合项目生产实际，制定了数字线划图缩编的技术路线，并针对生产流程中各环节的重点问题探索了相应的自动化处理方法。在数据预处理阶段建立了数据转换模型，可实现生产底图的自动匹配与转换；在生产阶段定制了基于通用性缩编要求的缩编规则库，构建了自动化缩编批处理场景，并针对居民地、交通、水系、植被等要素缩编的特殊处理要求，开发了相应的缩编工具作为有效补充。针对自动缩编导致的要素拓扑关系错误，以狭长地带归并为例，设计了相应的分割与合并算法，并基于ArcGIS搭建了数据批处理模型，实现了自动化处理。以流程化批处理辅以定制缩编工具结合人机交互的方式进行数字线划图缩编可大幅提高生产效率，保障数据质量，为数字线划图缩编相关工作提供参考。

关键词：数字线划图；缩编；制图综合；联动更新
中图分类号：P284　　**文献标志码：**B　　**文章编号：**1672-4623（2024）09-0117-04

Research on the Downsizing Technology of Digital Line Graphic from 1∶2 000 to 1∶10 000

ZHANG Liang[1], MIN Tian[2], HU Han[1], ZHAO Peng[1]
(1. Hubei Institute of Surveying and Mapping Engineering, Wuhan 430074, China;
2. Hubei Institute of Photogrammetry and Remote Sensing, Wuhan 430074, China)

Abstract: Taking 1∶2 000 to 1∶10 000 digital line graphic (DLG) downsizing for example, combining with the actual production of project, we formulated the technology route of DLG downsizing, and explored the corresponding automatic processing methods for the key points in each link of the production process. In the data preprocessing stage, we established a data transformation model to realize the automatic matching and transformation of production base map. In the production stage, we customized a downsizing rule database based on universal downsizing requirements, constructed an automatic downsizing batch scenario, and developed corresponding downsizing tools as effective supplements for the special processing requirements of downsizing elements such as residential area, transportation, water system and vegetation. To solve the problem of topological relationship errors caused by automatic downsizing, taking the narrow strip merging for example, we designed the corresponding segmentation and merging algorithm, and built the data batch processing model based on ArcGIS to realize automatic processing. In this paper, the process of batch processing and customized downsizing tools combined with human-computer interaction can greatly improve production efficiency, ensure data quality, and provide reference for the future work of DLG downsizing.

Key words: DLG, downsizing, cartographic generalization, linkage and update

随着信息化进程的加快和区域协同快速发展，各政府部门、企事业单位和社会公众对测绘地理信息的需求日益旺盛[1]，如何有效整合分散异构的省、市、县基础测绘信息资源，推进省、市、县基础测绘成果的协同联动更新，是新时代摆在自然资源人面前的一项重大课题。数字线划图更新是省、市、县基础测绘成果联动更新的一项重要内容。地图缩编是数字线划图成果更新的有效手段之一，因此研究高效的数字线划图缩编方法具有重大现实意义。地图缩编是一个制图综合过程[2]。国外制图综合软件起步较早，如ESRI公司的ArcGIS提供了简单的制图综合工具，但频繁依赖人机交互的分布操作[3]；Safe Software公司的FME能以工作流的方式让用户定制数据转换过程[4]，但主要应用集中于1∶500到1∶2 000的制图综合自动化，对于中小比例尺地图的制图综合仍需大量人工干预。国内的制图综合软件起步较晚，但发展迅速，如北京

收稿日期：2023-05-29。
项目来源：湖北省自然资源厅科技资助项目（ZRZY2022KJ03）。
第一作者简介：张亮（1981—），硕士，高级工程师，主要从事新型基础测绘、基础地理信息数据库、GIS应用开发等方面的工作，E-mail：13419570588@163.com。

吉威时代软件的Geoway提供了地图缩编扩展模块，集基于规则库的全自动综合、智能化交互式综合和人工编辑于一身[5]；清华山维的EPS地图综合（缩编）软件以“模板、脚本、工程化”为主要特点，集成了百余个针对数据取舍与化简综合的缩编功能[6]；中国测绘科学研究院自主研发的WJ地图工作站通过归纳、总结专家在制图时的经验，对制图综合过程进行分解、细化，建立知识库模型，并具备训练和学习的能力，大幅提高了制图综合的自动化处理能力[7]。这些制图综合系统各有特点，大多仅在特定条件或某几类要素综合中表现出色，在通用性和全流程自动化，特别是在中小比例尺地图制图综合的应用上还有待提高。本文通过事前数据预处理制作工作底图，事中流程化缩编批处理，事后自动化数据整理，辅以人机交互编辑的方法进行缩编生产，可提高生产效率。经过项目验证，以1幅1∶10 000图幅范围1∶2 000到1∶10 000数字线划图缩编为例，人工作业平均约需25人天，通过本文方法作业平均约需18人天，自动效率提升约28%。

1 数字线划图缩编的技术路线

以1∶2 000到1∶10 000数字线划图缩编为例，数据更新过程主要包括数据预处理、缩编处理、质量检查和成果提交，总体技术路线见图1。数据预处理主要负责统一数据格式、空间参考，建立1∶2 000到1∶10 000数字线划图的转换模型，实现1∶2 000向1∶10 000数字线划图的数据模型转换，再经数据合并与整理形成1∶10 000基础底图。在1∶10 000基础底图上采用程序自动缩编与人机交互编辑相结合的方式进行地图缩编。程序自动缩编通过在定制相应缩编规则库的基础上开发缩编工具实现。人机交互编辑主要结合DEM数据、地理国情数据、三调界线数据等重新生成或修测地貌、水系、交通、地名、境界与区域等要素，使各要素间逻辑关系合理、拓扑关系正确。完成上述工作并经质量检查合格后对成果进行整理与提交。

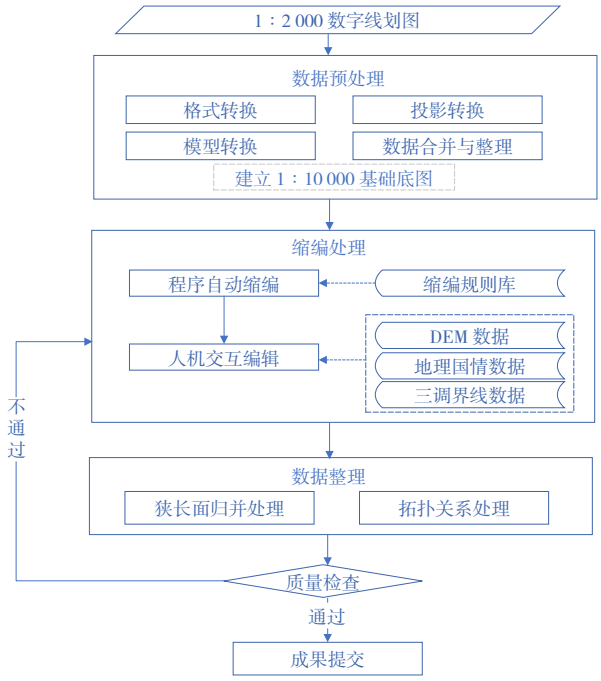


图1 数字线划图缩编技术路线

2 缩编过程中的主要技术问题

缩编过程中存在的以下问题将大大制约生产效率：①由于1∶2 000与1∶10 000数字线划图的采集粒度差异，直接进行缩编图面负载量巨大，且要素间映射关系复杂，影响人工判断，亟需制作统一的缩编生产底图；②由于1∶2 000图分幅建库，需将线状和面状要素进行连接和合并，以便根据1∶10 000要素规范和指标要求进行相应几何类型转换；③根据居民地、交通、水系、植被、地貌等要素综合的特点，人工编辑缩编工作繁琐，需有针对性地开发相应的缩编工具；④数字线划图经缩编后，图面会产生大量的重叠、缝隙、狭长面域等脏数据，导致拓扑关系、要素间逻辑关系错误，人工处理工作量巨大，需进行数据自动化整理。

3 解决方案

1）建立数据转换模型。预处理阶段需要建立数据转换模型，即源数据（1∶2 000数字线划图）到成果数据（1∶10 000数字线划图）要素间的对照关系映射，以便通过程序实现要素代码、分层、属性结构的统一，形成1∶10 000基础底图。经过梳理，要素之间的对照关系主要包括3种情况：①要素代码一对一，源数据与成果数据要素分类代码存在一对一的对应关系，该类要素可直接提取；②要素代码多对一，源数据中要素细分了编码，而成果数据中要素未细分编码，该类要素应提取对应细分编码的上级编码，不足编码位补0码位，示例见表1；③要素代码无对应，源数据中部分要素在成果数据要素分类中找不到对应项，说明该要素在成果要素中无需表示，对于面类型无对应的要素，因其多可综合到与其邻近的其他面要素中，可在1∶10 000基础底图中予以保留，并做出标记，对于其他类型无对应的要素可在1∶10 000基础底图中去除，以减少图面负载量。

表1　要素代码多对一示例

1∶2 000数字线划图			1∶10 000数字线划图		
名称	几何类型	代码	名称	几何类型	代码
贮水池、水窖				定位点	206100010
高于地面无盖贮水池、水窖（坎式）	面	206100031			
高于地面有盖贮水池、水窖（坎式）	面	206100032			
低于地面无盖贮水池、水窖	面	206100033	贮水池、水窖	面	206100030
低于地面有盖贮水池、水窖	面	206100034			
高于地面无盖贮水池、水窖（斜坡式）	面	206100035			
高于地面有盖贮水池、水窖（斜坡式）	面	206100036			
…					

2）制定缩编规则库。实现缩编的自动化，需要根据1∶10 000要素规范和指标要求制定相应缩编规则库，本文定义的缩编规则库见表2。几何类型转换主要包括面转定位点、面转有向点、面转中心线、有向线转有向点、有向点转有向线、范围线转面、线转定位点等情况，分别用1~7进行标识。当面积、长度、宽度等指标均无记录时，可直接进行对应类型转换；否则利用程序结合相应指标、标识进行几何类型的自动转换，自动删除达不到相应采集指标的要素。例如，一般房屋的长度大于图上10 mm但宽度小于图上7 mm时，面转中心线表示；长度小于图上10 mm且宽度小于图上7 mm时，面转有向点表示。

居民地等要素的宽度可取其最小外接矩形的宽度；水系、交通等要素的宽度则以中心线为基准，设置相应缓冲区，计算缓冲区面与原要素面的压盖面积比例，设定相应比例阈值，以判定要素宽度所在区间。

表2　缩编规则库结构示例

要素名称	1∶2 000要素代码	1∶10 000要素代码	1∶2 000图层	1∶10 000图层	标识	面积	长度	宽度
文物碑石	305020630	305020610	JMDJSS_MSGJ_A	JMDJSS_MSGJ_P	1			
停车场	405010530	405010510	JT_DLGZWJFSSS_A	JT_DLGZWJFSSS_P	1	9		
收费站	405010630	405010610	JT_DLGZWJFSSS_A	JT_DLGZWJFSSS_P	1		13	9
贮水池、水窖	206100030	206100010	SX_QTSXYS_A	SX_QTSXYS_P	1	4		
厕所	304060130	304060110	JMDJSS_GGFWJSS_A	JMDJSS_GGFWJSS_P	1		10	7
药浴池	303060530	303060510	JMDJSS_NYJSS_A	JMDJSS_NYJSS_P	2			
单层桥	405030130	405030110	JT_DLGZWJFSSS_A	JT_DLGZWJFSSS_P	2		10	
突出房屋	301040030	301040010	JMDJSS_JMD_A	JMDJSS_JMD_P	2		10	7
饲养场	303020030	303020010	JMDJSS_NYJSS_A	JMDJSS_NYJSS_P	2	2		
柱廊（无墙）	308040131	308040120	JMDJSS_QTJZWJSS_A	JMDJSS_QTJZWJSS_L	3			
收费站	405010630	405010620	JT_DLGZWJFSSS_A	JT_DLGZWJFSSS_L	3		13	9
人行桥	405050230	405050220	JT_DLGZWJFSSS_A	JT_DLGZWJFSSS_L	3		10	
固定顺岸码头	406010230	406010220	JT_SYSS_A	JT_SYSS_L	3			5
一般房屋	301030030	301030020	JMDJSS_JMD_A	JMDJSS_JMD_L	3		10	7
一般房屋	301030030	301030010	JMDJSS_JMD_A	JMDJSS_JMD_P	2		10	7
简易轨道	409020030	409020020	JT_QTJTSS_A	JT_QTJTSS_L	3			
级面桥	405050420	405050410	JT_DLGZWJFSSS_L	JT_DLGZWJFSSS_P	4		10	
涵洞	202090020	202090010	SX_GQ_L	SX_GQ_P	4			
河流流向	206130110	206130120	SX_QTSXYS_P	SX_QTSXYS_L	5			
露天货栈	302160140	302160030	JMDJSS_GKJSS_L	JMDJSS_GKJSS_A	6			
废弃斜井井口	302070320	302070010	JMDJSS_GKJSS_L	JMDJSS_GKJSS_P	7			

3）自动缩编。自动缩编利用缩编规则对居民地、交通、水系、植被、地貌等要素进行自动化处理，主要包括要素类别转换、要素删除、几何类型转换、合并与聚合、图形化简、要素抽稀等步骤。其中，要素删除和几何类型转换几乎为覆盖各类型要素的通用性数据处理，通过读取缩编规则库的相应指标，对缩编处理后的要素进行判断，执行删除或几何类型转换等操作。除上述操作外，针对不同类要素的特点，还需进行以下数据处理：①居民地数据处理，通过同名属性字段值或空间相邻关系结合缩编规则库中相应指标对居民地数据进行合并与聚合，得到街区数据，自动去除合并后街区存在的面空洞、尖锐角等，并对外轮廓小于图上1 mm的凹凸部分进行图形化简；②交通数据处理，对道路面进行化简，使同一

路段宽度一致、路边缘平整，以减少后续人工编辑的工作量，自动提取的道路中心线、点要素自动继承源要素属性，自动对交通要素进行要素类别转换等处理，如主干道转支线等；③水系数据处理，对于未达到1∶10 000数字线划图成果采集指标但密集成片分布的池塘面视坎宽度自动进行面综合，自动提取的水系中心线、点要素自动继承源要素属性，自动对水系要素进行要素类别转换等处理，如干渠转支渠等；④植被数据处理，对于未达到1∶10 000数字线划图成果采集指标但密集成片分布的植被面自动进行面综合；⑤等高线数据处理，按1∶10 000数字线划图成果要素采集指标规范，自动对等高线进行抽稀、光滑处理。

4）数据整理。经过程序自动缩编后，还需对要素之间的逻辑关系进行处理，主要涉及居民地、道路、水系、植被面的压盖问题，通过设置优先级关系将因几何类型转换产生的狭长缝隙碎面和达不到指标的小面合并到邻近面中。本文设置了不能被合并的要素编码集合，碎面或小面的合并对象只能基于该集合外要素进行。在此前提下，碎面和小面优先合并到邻近的地类编码相似度高的同大类要素中；若邻近面集合中无同类要素，则按植被、水系、道路、居民地的顺序优先合并。例如，水系、交通等要素由面状表示变换成单线表示时，需根据周边地形类别对原有面进行分割，将分割后的碎面归并到邻近面中。图2中红色面状道路综合成棕色线状道路后，原面状道路被分割后按预定的优先级规则归并到其邻近面中，以保证全域面的无缝连接。以狭长地带归并为例，本文设计了相应算法：①选择狭长地带面，获取与其相邻面之间的交点；②从交点处引垂线至狭长地带中心线；③将垂线与狭长地带边线相交打断，重新构面，对狭长地带面进行剖分；④为剖分后的狭长地带面添加CLASID字段，并提取其邻近面CLASID判断优先级关系赋值；⑤按CLASID属性进行融合，实现狭长地带归并。本文基于ArcGIS建模实现了自动化处理[8]，模型设计见图3。

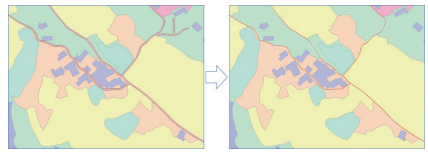


图2 面状道路类型转换后归并示例

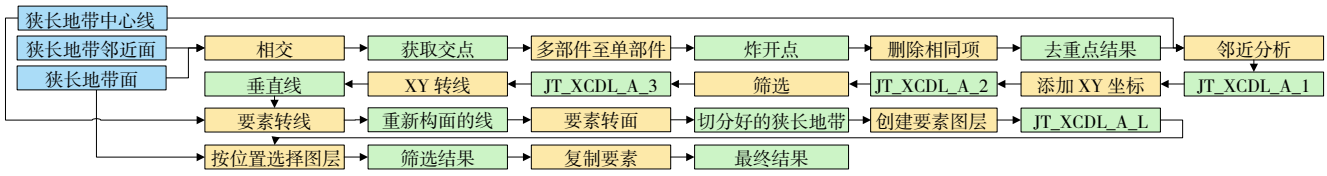


图3 狭长地带切分模型设计

4 结 语

数字线划图缩编是一个复杂、系统的工程，本文针对实际生产中遇到的问题，对缩编规则进行了梳理、分类，探索了智能化缩编的路径。按照本文算法开发的相关工具可有效地应用于实际生产，提高了工作效率，但仍有一定的局限性，需要进一步深入研究：①方法仅限于传统比例尺的数字线划图，随着新型基础测绘的发展，以地理实体为核心，按需组装各种尺度的地理信息产品[9]，实现无级化的地图表达将是今后的一个研究方向；②缩编后的地形图会出现符号压盖、要素交叉繁杂、图面逻辑矛盾等情况，还需人工判断和修正，尚不能实现全自动化的缩编。随着技术的进步和人工智能的发展，如何使数据分析和处理更加智能化也是今后努力的方向。

参考文献

[1] 张亮,周志诚,厉芳婷,等. 基于地理实体的数据库建设探讨[J]. 地理空间信息,2021,19(1):122-124

[2] 刘玉芳,时会省. 基于1∶2 000地形图缩编1∶10 000地形图方法研究[J]. 测绘与空间地理信息,2017,40(3):218-220

[3] 何文娜,朱长青,李仰春,等. 基于ArcGIS的智能地质图综合[J]. 地球物理学进展,2020,35(2):728-734

[4] 许广青,代侦勇,徐朝树,等. 大比例尺数字化地形图智能化缩编方法及应用[J]. 测绘与空间地理信息,2016,39(3):214-216

[5] 肖洲,陈福江,张海涛,等. GeneMap软件在大比例尺地形图缩编中的应用[J]. 北京测绘,2012,26(3):43-46

[6] 何俊,吴敏亚. 基于EPS的大比例尺地形图缩编技术改革及实施:以广州市1∶2 000数字地形图为例[J]. 测绘通报,2014(增刊2):261-264

[7] 孙敬宇,李俊晓,李席锋. 基于WJ-Ⅲ地图工作站的地理国情普查数据缩编制图规则研究[J]. 国土资源导刊,2018,15(2):85-90

[8] 熊彩云,喻松,朱鑫华. ArcGIS环境下狭长图斑线化及图斑融解办法[J]. 江西测绘,2022(2):41-43

[9] 张亮,覃俊华,王爱华,等. 一种基于地理实体的时空数据模型设计[J]. 地理空间信息,2022,20(10):110-112