引文格式：郑海波,蔡梦雅,刘西宁,等. 陆海一体化数据处理与制图工具箱设计与实现[J]. 地理空间信息, 2025, 23(4):95-99. doi:10. 3969/j.issn. 1672-4623.2025.04.021

陆海一体化数据处理与制图工具箱设计与实现

郑海波[1,2,3]，蔡梦雅[1,2,3]，刘西宁[1,2,3]，邝晗宇[1,2,3]，段梦蝶[1,2,3]

（1. 中国地质调查局 广州海洋地质调查局 三亚南海地质研究所，海南 三亚 572024；2. 中国地质调查局 南海地质科学院，海南 三亚 572024；3. 自然资源部 海底矿产资源重点实验室，广东 广州 511458）

摘　要：陆海一体化矢量数据涉及陆域、海域要素繁多，陆海要素语义融合规则复杂，数据处理与制图过程繁琐。为提高陆海数据处理与分幅制图表达的效率，减少人为因素对陆海一体化数据质量的影响，依据基础地理信息数据生产规范要求，探讨工具箱的开发思路和功能设计，基于ArcGIS与Python集成开发数据源预处理、产品生产、数据制图等系列功能模块，实现对陆海一体化矢量数据的快速自动化处理与标准分幅制图出图。并通过对三亚海岸带区域应用实验，分析评价分幅数据处理与制图表达的工作效率，证明工具箱在提高生产效率和成果质量水平上具有显著的效果。

关键词：陆海一体化；自动化处理；制图表达；工具箱

中图分类号：P283　　**文献标志码：**B　　**文章编号：**1672-4623（2025）04-0095-05

Design and Implementation of Land-sea Integrated Data Processing and Mapping Toolbox

ZHENG Haibo[1,2,3], CAI Mengya[1,2,3], LIU Xining[1,2,3], KUANG Hanyu[1,2,3], DUAN Mengdie[1,2,3]

(1. Sanya Institute of South China Sea Geology, Guangzhou Marine Geological Survey, China Geological Survey, Sanya 572024,China;
2. Academy of South China Sea Geological Science, China Geological Survey, Sanya 572024, China;
3. Key Laboratory of Marine Mineral Recourses, Ministry of Natural Recourses, Guangzhou 511458, China)

Abstract: The land-sea integrated vector data involves many land and sea elements, the semantic fusion rules of land and sea elements are complex, and the data processing and mapping process is cumbersome. In order to improve the efficiency of land-sea data processing and framing expression, and reduce the impact of human factors on the quality of land-sea integrated data, according to the requirements of basic geographical information data production specifications, we discussed the development ideas and functional design of toolbox. Based on ArcGIS and Python, we developed data pre-processing, production and mapping functions, and realized rapid and automated processing of land-sea integrated vector data and standard framing mapping. Through the application test in Sanya coastal, we analyzed and evaluated the work efficiency of framing data processing and mapping expression. Practice has proved that the toolbox has a significant effect on improving production efficiency and quality of results.

Key words: land-sea integration, automatic processing, mapping expression, toolbox

自然资源部高度重视自然资源信息化工作，提出要以全覆盖、全要素、立体调查监测为基础，整合已有国土、海洋、测绘地理信息数据，构建陆海相连且相互关联的自然资源数据底版[1]。当前，自然资源“一张图”建设、自然资源综合调查监测、海洋综合管理和生态文明建设等工作，对陆海基础地理信息资源建设提出新的要求，基于陆海一体的基础地理信息产品体系建设需求应运而生。已有相关单位在陆海统筹现状调查、应用需求分析基础上，开展了陆海一体化基础地理信息产品设计及技术验证等研究，形成陆海一体化产品设计方案和陆海一体化数据处理技术流程与要求等研究成果[2-3]。陆海一体化矢量数据是产品的重要组成部分，它在要素覆盖范围、信息尺度、要素内容等方面，均实现了基础地理信息要素由陆地向海域的延伸，继承与扩展了现有地形图、海图等陆海数据标准体系[4-6]，保证了数据了基础性、统一性、完整性以及可扩展性。

然而，在陆海一体化矢量数据生产处理过程中，由于涉及陆海数据源要素众多，在数学基础、要素内容、分层分类编码、表达方式等方面存在差异，陆海要素及属性之间复杂的一对一、一对多、多对一的语义映射关系和组合、拆分的融合规则，要素处理与分幅制图繁琐等，导致数据生产工作耗时耗力[7-9]。为提高陆海一体化矢量数据生产工作效率，减少重复性操作，降低人为因素对成果质量的影响，根据陆海一体化矢量数据处理技术流程、技术要求与成果数据规

项目来源：三亚崖州湾科技城科技专项（SKJC-2022-01-003）；三亚市科技创新专项（2022KJCX13）。

第一作者简介：郑海波（1990—），硕士，工程师，从事陆海地理信息产品研制、融合更新及建库工作，E-mail：zhenghb629@163.com。

定，基于ArcGIS与Python开发了陆海一体化数据自动化处理与制图辅助工具箱（简称“工具箱”）。工具箱包括了数据预处理工具集、产品生产处理工具集和产品制图工具集。

1 陆海一体化矢量数据处理与制图

1.1 数据处理

陆海一体化矢量数据生产以已有地形图、海图成果为基础，结合港口、海岛、航标表、航海通告、海岸线修测数据、倾倒区名录、辖区锚地情况等专题资料，充分利用航空航天遥感技术、多波束（单波束）水深测量技术以及侧扫声呐、浅地层剖面仪、磁力仪、珊瑚礁探测仪等探测技术，通过涉海要素调查、测量与内业数据空间化处理、整合编辑、改造、更新等处理，形成陆海一体化矢量数据成果。

分析提取数据内业处理工作中具有较强的规律性、人为重复性操作较多、处理较复杂繁琐的步骤或环节，实现数据的快速自动化处理，包括数据格式转换、坐标系统转换、分类分层编码、属性迁移、数据拼接与裁剪、要素提取、数据模板创建、数据结构重组、非法编码与几何表达检查等。

1.2 制图表达

基于ArcGIS制图表达的图库一体化技术实现对陆海一体化矢量数据库生产、存储、管理与制图输出一体化。根据《国家基本比例尺地图图式》、《中国海图图式》等地形图图式规范要求[10-11]，制作陆海一体化矢量数据符号库与制图模板，有助于制图符号的存储、管理与共享，方便创建和共享协调一致的陆海一体化数据制图。通过陆海一体化地理信息库要素类制图表达与制图优化，实现要素属性驱动符号化绘制；采用Maplex标注引擎实现地理要素属性与地名的标注管理；使用图层与要素级掩膜，遮挡制图表达中相对不重要的部分，使图面层次分明、表达更清晰；地图元素布局设计，包括图名、图号、指北针、比例尺、图例、直角坐标网、政区略图、地图说明等整饰要素内容，使分幅制图输出更标准统一。

2 工具开发

ArcGIS软件平台支持多种开发语言，具有稳定性高、运用灵活等特点。Python已经延伸应用于ArcGIS集成开发，成为一种用于进行数据分析、数据转换、数据管理和制图自动化的开源脚本语言，具有跨平台，代码量低，易于读写与后期程序维护，拥有丰富的第三方库等优势[12-13]。结合陆海一体化矢量数据处理与制图工作的要求与流程环节分析，充分考虑工作效率与数据质量等因素，采用基于ArcGIS与Python的二次开发方式进行辅助工具开发，实现数据处理与制图的自动化，从而有助于提高生产效率。

2.1 总体设计

依据陆海一体化矢量数据生产作业流程，针对批量地理数据库、要素类、属性、地图文档等对象，工具箱采用模块化设计，包括数据源预处理工具模块、产品生产处理工具模块、产品数据制图工具模块以及通用工具模块。根据数据要求，可单独执行独立功能或通过多个功能顺序组合支持流程化处理，有助于过程数据结果质量控制。

2.2 功能设计

数据源预处理工具模块针对地形图、海图以及其他专题数据源预处理而设计，可根据数据源类型的增加扩展功能。预处理工具包括地形图批量分幅拼接、海图数据批量格式转换、图号标记、属性转换、图幅拼接、范围裁剪、涉海要素提取、地名提取、分类编码赋值、元数据提取、航海通告网络爬取等。

产品生产处理工具模块针对陆海一体化矢量数据处理阶段设计，包括产品地理数据库模板创建、载入产品模板前数据合理性检查、载入产品地理数据库模板、属性映射迁移、数据检查等。实现地理数据库结构的自动定义与创建；检查陆海数据源数据预处理后是否存在要素不满足数据分类编码与几何表达类型要求，即是否满足载入产品模板实现数据结构重组要求；载入产品模板实现陆海数据的结构重组；属性映射迁移实现属性值由源属性项向目标属性项的转移，属性项属性值的统一规范化处理；检查数据结构是否完整，属性值是否遗漏，要素名称与地名对应是否缺漏等。

产品数据制图工具模块针对陆海一体化矢量数据制图表达阶段设计，包括批量添加或删除要素类制图表达，自动计算要素制图表达规则，查询制图表达信息，输出地理数据库制图表达属性域，公路桥或涵洞等有向符号方向计算，查询未分配制图表达规则（符号化）的要素，地图文档数据源替换，查询并修改图层分类脚本标注，地图文档分幅自动创建、布局元素检查与内容修改，地图文档批量导出图层文件（*.lyr），地图文档批量地图输出等。

通用工具模块针对各个数据源、各个数据处理流程，

可能使用到的基础性、普适性功能的设计，包括坐标系统转换、指定单一属性值替换、空图层批量删除、批量添加\修改\删除字段等。

2.3　重点功能实现

涉海要素提取工具通过一个或多个待提取海图数据的图幅号，根据要求提取的涉海要素内容，在海图数据预处理后地理数据库要素类中按属性进行查找，若定位到待提取图幅的待提取要素，则提取到自动创建的目标地理数据库中。要素提取过程中，判断目标地理数据库中是否存在同名同几何类型图层，若存在则以追加数据的方式提取；若不存在，则以图层复制的方式提取，其功能模块的设计信息见表1。

表1　涉海要素提取工具输入输出

输入参数	输出参数	说明
①预处理后海图地理数据库所在文件夹 ②提取结果所在文件夹 ③提取结果地理数据库名称 ④要求提取图幅号列表 ⑤要求提取要素内容列表（*.txt）	提取结果地理数据库（*.gdb）	设置待提取的图幅号名称，可满足单个或多个图幅号，示例：C1516341;C1616342，图幅间以英文分号“;”隔开

分类编码赋值工具根据陆海要素类语义映射关系，通过要素类图层、几何类型、字段、字段值逐级匹配的方式，按要素属性选择提取后执行字段计算，实现涉海要素分类编码属性赋值，包括一对一、一对多及多对一关系的分类编码赋值，以海床区和浮标在海图与地形图之间语义关系为例，存在多种映射关系见表2[13-14]。分类编码赋值工具的设计信息见表3。

表2　陆海要素类语义映射关系示例

关系类	海图	海图字段	地形图
一对一	SEAARE海床区（点）	NATSUR表面性质：沙/石/岩石/珊瑚/泥	840000海底底质
一对多	SEAARE海床区（面）		250401沙滩 250402砾石滩 250403岩石滩 250404珊瑚滩 250405泥滩
多对一	BOYCAR方位浮标 BOYINB作业浮标 BOYISD孤立危险物浮标 BOYLAT侧面浮标 BOYSAW安全水域浮标 BOYSPP专用/通用浮标		460404浮标

表3　分类编码赋值工具输入输出

输入参数	输出参数	说明
①待赋值地理数据库所在文件夹 ②陆海要素类语义映射关系表（*.txt）	添加GB字段及赋值	对文件夹下一个或多个地理数据库执行操作

产品地理数据库模板创建工具通过读取数据结构定义表、属性项及定义表，按照地理数据库、要素类图层、属性项的顺序逐级创建，工具的设计信息见表4。地理数据库创建时设置坐标系统和环境参数，包括 *XY* 分辨率、容差、输出范围等，保证数据载入前后无精度损失。根据分类要素名称或图层名称匹配其对应的属性项结构，依次根据属性结构中的属性项名称匹配其对应的属性项定义参数，以此方式实现地理数据库中图层及其属性结构创建，如表5[14]和表6[14-15]所示。这种根据参考文件创建地理数据库的方式有助于数据库数据结构的后期维护，无需修改程序代码，只需修改编辑表格内的定义表即可。

表4　产品地理数据库模板创建工具输入输出

输入参数	输出参数
①产品地理数据库模板创建结果所在路径 ②数据结构定义表、属性项及定义表（*.xlsx）	产品地理数据库模板（*.gdb）

表5　分类要素数据结构定义表示例

分类名称：代码	几何特征	描述信息	属性内容	要素分层
海洋要素：250000				
海域：250100	范围线构面	代码，名称，海区类型，实体编码，数据源，更新日期	GB，NAME，TYPE，ENTIID，SOURCE，DATE	HYDA BOUA
海岸线：250200	线	代码，岸线类型，数据源，更新日期	GB，TYPE，SOURCE，DATE	HYDL BOUL
干出线：250300	线	代码，数据源，更新日期	GB，SOURCE，DATE	HFCL
干出滩、滩涂：250400				
沙滩：250401	范围线构面	代码，名称，数据源，更新日期	GB，NAMIE，SOURCE，DATE	HFCA
沙砾滩、砾石滩：250402	范围线构面	代码，名称，类型，数据源，更新日期	GB，NAME，TYPE，SOURCE，DATE	HFCA
岩石滩：250403	岩石滩的干出线范围线构面	代码，名称，数据源，更新日期	GB，NAME，SOURCE，DATE	HFCL HFCA

载入产品模板工具通过以下3种方法实现陆海源数据结构及过程数据的属性结构重组。3种方法工具的设计信息如下：①将经过预处理但仍保留源数据结构的地形图、海图数据，根据地形图、海图图层与产品地理数据库模板图层的对应关系（此时地形图图层、海图图层与模板图层名称均不同，以要素分类代码为对应关系判断依据），通过合并的方式同时载入数据库模板中。这种方式实现在满足陆海一体化矢量数据结构要求的基础上，保留了地形图、海图各自特有的属性项，能够保证在数据结构重组的过程中不丢失属性内容，通过属性迁移后，利用字段删除工具自动删除多余属性项。②过程数据经过一系列编辑处理

表6 属性项及其定义表示例

属性项	属性项描述	字段类型	约束性	多重性	长度	值域（精度）	单位
ANGLE	方位、方向、航行方向	FLOAT	O	0,1	–	4.8	°
AREA	仓储面积、分布面积、覆盖面积	DOUBLE	O	0,1	–		㎡
BH	编号	TEXT	O	0,*	10		
BHCS	保护措施	TEXT	O	0,1	60		
BN0	界碑、界桩编号	TEXT	O	0,1	20		
BRGLEV	桥梁层数	LONG	O	0,1	–	1	
BURDEP	埋置深度、管道埋置深度	FLOAT	O	0,1	–	2.1	m
CATBRG	桥梁类型	TEXT	O	0,1	60		
CATLIT	灯光类型	TEXT	O	0,1	20		
CJG	船籍港	TEXT	O	0,1	20		
CLASS	地名分类码	TEXT	O	0,1	3		
CLFS	测量方式	TEXT	O	0,*	10		
CNO	点号	TEXT	M	1,1	20		

后，结构发生变化，在需要保留所有属性的情况下重构属性结构，其依据相同图层名称（重构前后图层名称相同），通过合并的方式载入数据库模板中。③与方法二对应，过程数据在不需要保留多余属性的情况下重构属性结构，则同样依据相同图层名称，通过追加的方式载入数据库模板中。数字线划地图（DLG）和海图（NC）分别载入产品地理数据库模板过程，如图1所示。



图1 载入产品模板过程描述示意图

添加要素类制图表达工具为地理数据库全部要素类自动添加制图表达，即向要素类中添加RuleID、Override字段，制图表达名称统一为“图层名_Rep”。RuleID保存对每个要素的制图表达规则的引用，Override保存特定于要素的制图表达规则的覆盖值。添加制图表达时，需指定一个导入规则图层用以导入图层文件中指定渲染器类型（即符号系统中指定一个字段中的唯一值绘制类别）下列出的符号选项，所有符号选项都将作为新制图表达规则复制到对应的要素类制图表达中。要求规则图层与待添加制图表达的要素类在图层命名上具有一定的相关性及规律，即从图层名称反映二者的对应关系，否则程序无法定位到正确的规则图层，从而无法复用制图表达规则。

计算要素制图表达规则工具通过构建并读取要素分类编码、分类属性与制图表达规则的对应关系，根据要素分类编码或分类编码与分类属性的组合，对地理数据库、要素类图层等进行制图表达规则自动计算，实现要素制图表达。

布局元素检查与内容修改工具针对分幅制图的地图文档（*.mxd）文件运行，实现分幅制图过程中布局元素（亦为地图整饰要素，包括图名、图号、指北针、比例尺、政区略图与邻接图表、图例、图件系列名称、出图单位、其他出图说明等内容）的自动检查与内容替换。

在分幅制图模板的地图文档布局视图中，预先设置文本、图片、图形、数据框、页面、图例等元素的元素唯一名称、锚点位置、*XY*位置、元素尺寸（长、宽），方便程序识别区分与定位对象。其中，页面元素是与数据框有关联的对象，如指北针，其与数据框为一对一关系。元素*XY*位置是以元素锚点位置为基础。根据作为制图模板的地图文档文件，批量自动创建统一以图幅号命名的地图文档文件，读取分幅结合图或元数据信息，根据图幅号匹配相应的图名、政区略图与邻接图表信息、图廓角点经纬度，用于替换该分幅地图文档中相应文本元素的内容，并检查调整地图元素位置、尺寸大小、字体间隔等参数。同时利用分幅结合图定义查询目标图幅，并通过缩放至结合图要素范围来定位数据框与政区略图中制图数据位置与范围。

3 应用实例

以海南省三亚市海岸带区域为例对研发的工具箱进行应用实验，图2为实验区，面积约1 220 km²，涵盖有重要海湾、重要港口、海岛礁、自贸港重点园区、自然保护区、国家级旅游风景区和海洋产业基地。采用的数据包括40幅1∶10 000标准分幅地形图数据、源于海事局和航保部的1∶4 000~1∶150 000数字海图数据、高分辨率遥感影像、海岛资料、航标表资料、网络收取的航海通告资料等。

从工作效率来看，采用人工处理生产陆海一体化矢量数据（不包括数据制图），1幅1∶10 000标准分

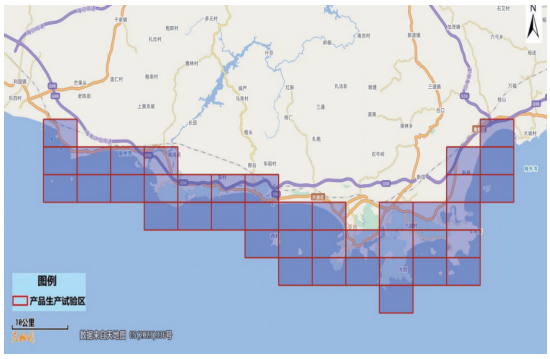


图2　工具箱应用实验区
审图号：GS(2023)336号

幅范围数据内业工作至少需要2个工作日；而采用陆海一体化数据处理与制图辅助工具，按同一数据要求完成40幅标准分幅范围陆海一体化矢量数据处理仅为20个工作日，即每幅处理仅需半日，其中耗时的工作环节主要集中在陆海交界处要素关系的处理。借助制图模板与制图工具，约2个工作日完成40幅1∶10 000标准分幅图的地图文档基本制图工作，地图文档标注修改处理时间约1幅图1 min。采用工具辅助作业，能减少工作量，提高工作效率并保证成果质量。

4　结　语

本文在陆海一体化矢量数据处理与制图技术方法与流程的基础上，基于ArcGIS与Python编程语言开发了陆海一体化数据自动化处理与制图工具箱，最后以三亚市海岸带区域为例对工具箱的实用性和高效性进行了验证。结果显示，本研究中开发的陆海一体化数据处理与制图工具箱能辅助作业人员进行批量陆海数据快速自动化处理与标准分幅制图，高效节约时间与人力，降低人为错误率，提高作业效率与成果质量。

参考文献

[1] 自然资源部. 自然资源部信息化建设总体方案[EB/OL]. (2019-11-01)[2023-11-07].http://gi.mnr.gov.cn/201911/t20191122_2483072.html

[2] 陈炜,刘西宁,蔡梦雅,等. 陆海一体化基础地理信息产品研制关键技术[J]. 海洋测绘,2023,43(3):78-82

[3] 李华光,陈田,魏海洋,等. 海陆一体化融合技术的中国电子海图服务研究[J]. 地理信息世界,2020,27(4):129-134

[4] 崔洪波,付文轩,蔡梦雅. 简析地形图与电子海图数据的差异[J]. 测绘与空间地理信息,2018,41(10):243-245

[5] 吕瑛炯,林昱. 陆海地理要素空间差异对比研究[J]. 地理空间信息,2016,14(7):35-38

[6] 郭丽,焦红波,罗兴潮,等. 陆海融合制图技术研究[J].海洋信息,2021,36(2):19-27

[7] 自然资源部测绘标准化研究所:GB/T 13923-2022[S].

[8] 国家海洋信息中心:HY/T 075-2005[S].

[9] 海军司令部航海保证部:GJB 2680-1996[S].

[10] 中华人民共和国标准:GB/T 20257.2-2017[S].

[11] 中华人民共和国标准:GB 12319-2022[S].

[12] 张伟. 基于Python语言开发1:10 000基础地理信息数据处理工具[J]. 测绘标准化,2023,39(1):112-115

[13] 李强,白建荣,李振林,等. 基于Python的数据批处理技术探讨及实现[J]. 地理空间信息,2015,13(2):54-56

[14] 国家测绘局. 1:10 000基础地理信息数据生产与建库总体技术纲要[S].

(上接第19页)

ing[J]. Acm Tog,2022,41(4):102-117

[8] Zehao Y,Songyou P,Michael N,et al. MonoSDF: Exploring Monocular Geometric Cues for Neural Implicit Surface Reconstruction[J]. NeurIPS,2022(8):25 018-25 032

[9] Jiepeng W,Peng W,Xiao X L ,et al. NeuRIS: Neural Reconstruction of Indoor Scenes Using Normal Priors[J]. ECCV,2022(10):139-155

[10] Michael N,Jonathan T, Barron B M,et al. RegNeRF: Regularizing Neural Radiance Fields for View Synthesis from Sparse Inputs[J]. CVPR,2022(12):5 470- 5 480

[11] Ivan K,Simon J D P,Marcus A B. Normalizing Flows: An Introduction and Review of Current Methods[J]. IEEE TPAMI,2021,43(11):3 964-3 979

[12] Kangle D, Andrew L, Jun Y Z, et al. Depth-supervised nerf: Fewer Views and Faster Training for Free[J]. CVPR, 2022(10):12 882-12 891

[13] Ben M, Pratul P, Srinivasan R O, et al. Local Light Field Fusion: Practical View Synthesis with Prescriptive Sampling Guidelines[J]. ACM TOG,2019,38(4):1-14

[14] Rasmus J , Anders D , George V , et al. Large Scale Multi-view Stereopsis Evaluation[J]. CVPR,2014(6):406-413

[15] Zhou W,Alan C B,Hamid R S,et al. Image Quality Assessment: From Error Visibility to Structural Similarity[J]. Transactions on Image Processing,2004,13(4):600-612

[16] Richard Z,Phillip I,Alexei A E,et al. The Unreasonable Effectiveness of Deep Features as a Perceptual Metric[J]. CVPR,2018(5):586-595