引文格式：梁文琼,王春晓,陈慧,等. 海陆地理信息融合技术研究[J]. 地理空间信息, 2024, 22(3): 63-65. doi:10.3969/j.issn.1672-4623.2024.03.015

海陆地理信息融合技术研究

梁文琼[1]，王春晓[1]，陈　慧[1]，熊小青[1*]
（1. 自然资源部海南基础地理信息中心，海南 海口 570203）

摘　要：为实现海陆一体化制图，对海陆地理信息融合技术进行了研究。采用海图数据向陆图数据同化和集成的方法，首先对比分析海图和陆图在数学基础、数据标准和数据内容等方面的特点和差异，再研究海图预处理、海陆图比例尺匹配、海图数据整合、海陆接边、地图服务发布等融合技术；并以海南岛西岸洋浦港附近和北部湾海域为实验区，对融合方法进行了验证。结果显示成图效果较理想，能为海南省陆海统筹发展提供地理信息技术支撑。

关键词：地理信息融合；海陆一张图；陆海统筹发展
中图分类号：P283　　**文献标志码：**B　　**文章编号：**1672-4623（2024）03-0063-03

Research on Sea and Land Geographical Information Integration Technology

LIANG Wenqiong[1], WANG Chunxiao[1], CHEN Hui[1], XIONG Xiaoqing[1]
(1. Hainan Geomatics Centre of Ministry of Nautral Resources, Haikou 570203, China)

Abstract: In order to realize sea and land integration cartography, we studied sea and land geographical information integration technology. We adopted the assimilation and integration method from chart data to land map data. Firstly, we analyzed the characteristics and differences between chart and land map in mathematical basis, data standards and contents. Then we studied the integration technologies of chart preprocessing, chart and land map scale matching, chart data integration, sea and land interface, map service release and so on. Finally, taking the area around Yangpu Port and the Gulf of Tonkin Sea on the west coast of Hainan Island for example, we validated the integration method. The result is satisfactory, which can provide geographical information technology support for the land and sea development of Hainan Province as a whole.

Key words: geographical information integration, sea and land one map, land and sea development as a whole

由于海南省特殊的地理位置，海陆一体化是自贸港建设、发展“海洋强省”的必然选择[1]。在海岸带自然资源管理、岸线管控、生态环境保护、应急救灾等方面均需要统筹陆海空间信息[2-4]，而传统地理信息数据中陆地要素丰富、海洋要素较少，海图数据中海洋要素丰富、陆地要素缺乏。地理信息行业和海事行业相对独立，海陆原始数据在数据标准、更新频率、数据尺度等方面均存在差异[5]；还存在海岸带地理范围界定不统一、要素不一致、数学基础不同等问题，使陆海接边处存在重复、矛盾等区域[6-8]。海陆地理信息融合旨在实现海域和陆域地理信息数据的同化和集成，形成一套成果矢量数据集，并进行服务集成与发布[9-11]。本文针对海图和陆图的特点和差异，对海陆地理信息融合技术进行研究与验证，为陆海统筹发展提供地理信息技术支持。

1　海图数据和陆图数据

1.1　海图数据

海图分为一般航行图、远岸航行图、近岸航行图、港口图和锚泊图，主要描述海域地理信息和航海信息。近岸航行图、港口图、锚泊图等包括建筑、植被、道路等陆域地理信息，但概括性强，数据精度和现势性无法保证。海图主要采用WGS84坐标系、墨卡托投影；分幅沿海岸或航线进行，图幅面积大小不固定，相邻图幅间有重叠；没有固定的比例尺系列。电子海图数据格式为S57或S63，要素种类繁多，分类分层主要考虑航海需要。与传统GIS空间数据库格式相比，两种数据结构根据不同标准不同应用领域而设计，在要素分类、要素定义和属性定义等方面存在很大差别。

收稿日期：2022-06-02。
项目来源：自然资源部海洋测绘重点实验室开放研究基金资助项目（2021B07、2021B02）。
第一作者简介：梁文琼（1987—），硕士研究生，高级工程师，目前主要从事测绘地理信息工作，E-mail：497935237@qq.com。
通信作者：熊小青（1984—），本科，正高级工程师，从事地图制图与地理信息系统工作，E-mail：77852353@qq.com。

1.2 陆图数据

陆图一般采用CGCS2000坐标系、高斯—克吕格投影，有固定的比例尺设计原则；矢量数据一般以空间数据库形式存储，包括shape、mdb、gdb等格式，内容主要包括道路、居民地、水系、境界与政区、基础设施、地形数据、地名地址等。电子地图配图遵照《地理信息公共服务平台电子地图数据规范》和《公共服务电子地图瓦片数据规范》。

2 海陆地理信息融合

2.1 海陆地理信息融合技术流程

海图和陆图在数据格式、空间基准、要素表达等方面均存在差异，因此二者的数据一致性建设是实现海陆地理信息融合的关键。考虑数据的通用性，海陆地理信息融合按照海图向陆图同化的原则，主要包括电子海图预处理、比例尺匹配、数据整合和海陆接边等步骤（图1）。

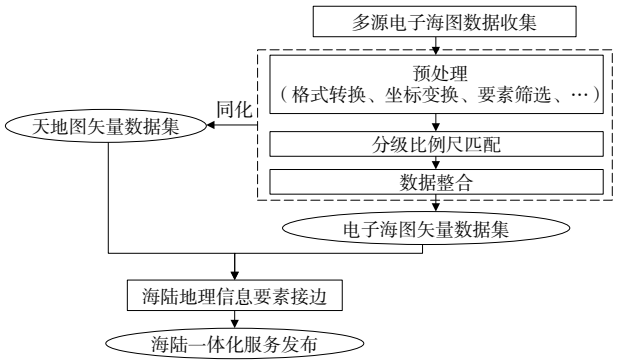


图1 海陆地理信息融合技术流程图

2.2 海图预处理

电子海图数据预处理主要包括格式转换、坐标变换和要素筛选等。格式转换过程可采用FME软件中的FME Quick Translator工具模块，将S57标准格式转换成shape格式。坐标转换可借助地理信息行业坐标转换工具。海图数据包含元类、制图类、集合类和地理类4类特征物标[12-13]，元类描述其他物标的共有信息，制图类描述制图方法，集合类描述其他物标间的关系，地理类描述现实世界中地理实体。为减少数据冗余，对转换后的数据进行要素筛选时只保留在地图制图中最关键的地理特征要素。

2.3 比例尺匹配

比例尺匹配是陆海一体化地图服务发布的准备工作，旨在随着陆图显示级别的推进，海图信息载负实现相应的合理增长，并在固定的显示级别下要素均衡分布。将海图不同比例尺图幅数据与地图服务各级比例尺范围进行匹配，并以成图范围为界形成分级图幅接合表。最佳比例尺数据不能覆盖的区域，采用低等级数据进行补充，低等级数据按照比例尺优先原则进行选取。

2.4 数据整合

数据整合建立在比例尺匹配的基础上，包括同一级别数据接边和不同级别同类要素合并等。同一级别不同比例尺或不同图幅电子海图间存在重叠区域的，需要对重叠区域进行裁切处理，再对相邻图幅进行接边。重叠区域数据选择时，遵循最佳匹配比例尺原则和要素最全、覆盖面最大原则。图幅间接边主要遵循小比例尺向大比例尺衔接、同比例尺取平均值等原则，主要分为点要素、线要素和面要素接边。对不同级别数据类型相同的要素进行合并，并建立文件地理数据库，形成全要素全覆盖的电子海图数据集。

2.5 海陆接边

海陆无缝接边直接关系海陆一张图的成图效果，包括重叠区域处理和海陆邻接要素接边。接边处理的主要原则为：①海陆重叠区域，陆域性质要素以陆图数据为准，海域性质要素以海图数据为准；②从数据完整性和可操作性角度考虑确定接边线，对邻接要素几何位置进行接边，接边后的数据保持原有数据格式、属性和组织方式不变；③河流入海口、桥梁等跨越陆海两边的地物，以影像为参考对海图或陆图进行调整，以保证接边后的位置精度。

2.6 地图服务发布

海图服务发布可借助Chart Server、ArcGIS Maritime Server等Web端服务发布工具，直接将S57电子海图发布成服务，无需进行格式转换和配图等，方便快捷。然而，海图分布不均，不同比例尺图幅接边效果较差；再加上海图和陆图范围线不一致、坐标系不同，导致两个服务衔接处有压盖或缝隙，放大显示效果较差。因此，大比例尺海陆一张图服务采用先融合再发布的方式，首先利用ArcMap软件按地图的显示级别对接边后海图数据进行组织；再根据S52显示标准制作海图符号库，对海图数据进行分级渲染，规范化显示处理；最后将海图与陆图集成发布为海陆一体化地图服务。

3 实验结果与分析

3.1 实验区与数据处理

本文选取海南岛西岸洋浦港附近和北部湾海域作为实验区，面积约为2 000 km^2。收集2011—2021年S57

标准电子海图9幅，陆图采用2020年海南天地图公众版，选取2021年上半年、大于1 m分辨率卫星影像作为参考影像，对海陆地理信息融合技术进行验证。

按照天地图数据标准，借助格式转换软件和坐标转换工具将S57电子海图数据转换成shape格式、CGCS2000坐标系。通过Python脚本工具对海图要素进行筛选，去除M_COVR、M_NSYS、M_QUAL等非地理类要素。

3.2　比例尺匹配

按照天地图0~19级分级标准，对实验区海图数据进行比例尺匹配（表1）。实验区电子海图比例尺范围为1∶15 000~1∶7 000 000，支持显示到15级，16~19级沿用15级数据。一般航行图（C11）、远岸航行图（C13）比例尺较小，对应天地图最大显示级别为11级，可采用直接发布服务的方式，12级以上海陆一体化地图服务采用先融合再发布的方式。

表1　比例尺匹配

天地图分级标准			海图图幅号与比例尺
级别	初始比例尺	终止比例尺	
L6	13 867 000	6 933 499	C1100101_7000000
L7	6 933 500	3 466 749	C1100102_4000000
L10	866 688	433 345	C1316020_700000
L11	433 344	216 673	C1316500_250000
L12	216 672	108 337	C1416510_150000，C1416570_150000
L14	54 168	27 085	C1516561_35000
L15	27 084	13 543	C1516571_25000，C1616562_15000

3.3　数据整合与陆海接边

建立各级海图接合表，实验区分级所得各级海图不能覆盖的区域由低等级数据进行补充。接边时根据距离差的大小，主要采用小比例尺向大比例移位和平均移位的方法。接边后的海图要素备注显示级别属性后将所有级别的同一类要素进行合并，并以GDB格式存储所有要素按照点、线、面要素集。

以天地图数据为基准，对12~19级电子海图和天地图数据进行融合处理（图2）。根据海图要素与天地图的空间关系，主要接边工作包括：①以天地图陆域范围线为界，删除海图陆域性质数据，包括建筑区（物）、道路、地面高程、陆地范围等；②入海河流、桥梁、岛礁等跨界要素以影像为参考对海图或天地图范围线进行适当调整，保证接边后的位置精度；③将与陆地邻接的海域/命名水域、港区（行政的）、海床区等要素向天地图接边；④与陆地关系不大的海水养殖场等以海图为准，其他海域性质要素以海图为准。



图2　海陆融合示意图

3.4　海陆一体化服务发布

按照S52标准，利用ArcMap建立了海图符号库，对海图进行标准化配图；再与天地图集成发布了海陆一张图服务。

本文对实验区海图进行了预处理和比例尺分析，并与天地图分级标准进行了比例尺匹配和图幅接边；然后根据海图要素与天地图的空间关系，采用不同的方式进行了海陆接边，主要处理了海图与天地图有重叠、要素范围不一致、位置衔接不准确等问题；最终实现了海图与天地图的有效融合。

4　结　语

海陆地理信息融合技术实现了海图向陆图的一致化处理以及地理位置上的有效衔接。海陆一张图从内容上兼顾了陆海信息的表达，填补了原海图和陆图信息的空白；从图面效果上看，海陆接边处无缝衔接、过渡自然，配图保留了陆图与海图两种表达习惯，图面较美观。海陆一张图是陆海统筹发展不可或缺的数据基础和工作底图，研究成果能为国土空间统筹规划、自然资源调查管理、社会化监管等提供地理信息服务保障。

参考文献

[1]　张晖，樊燕. 海南省海陆一体化的动因及发展路径研究[J]. 海南大学学报(人文社会科学版)，2015，33(6)：78-84

[2]　林小如，吕一平，洪世键，等. 海岸带陆海耦合协调度测评及其优化策略研究：以厦门市海岸带为例[J]. 城市规划，2022，46(3)：54-62

[3]　李成悦，史雅娟. 国土空间规划体系下的陆海统筹规划路径研究[C]//面向高质量发展的空间治理：2020中国城市规划年会论文集(20总体规划)，2021：576-584

[4]　杨启成，于晓霞，聂婕，等. 莱州湾陆海污染源多级监测和评

（下转第90页）