文章编号:1672-3392(2024)04-0076-08

极区电子海图显示与信息系统的功能需求分析

温朝江[1] 赵 扬[2] 卞鸿巍[3]

(1 中国人民解放军 92941 部队 43 分队, 辽宁 葫芦岛 125000; 2 中国人民解放军 92020 部队, 山东 青岛 266000;
3 海军工程大学电气与信息工程学院, 湖北 武汉 430033)

摘要 根据极区航行保障对极区航海图的总体技术要求,分析了极区电子海图显示与信息系统(ECDIS-Polar)的功能需求。根据极区导航环境技术特点及航海图的关键节点作用,分析了 ECDIS-Polar 重点能力要求。在此基础上,提出了 ECDIS-Polar 功能设计总体原则,并依托 ECDIS 通用功能框架对 ECDIS-Polar 功能需求进行了分析论证,最后指出了 ECDIS-Polar 功能实现需突破的关键技术及解决途径,从而形成了 ECDIS-Polar 功能需求分析方案,可以为 ECDIS-Polar 研制和改进提供参考依据。

关键词 极区导航; 电子海图显示与信息系统; 极区航海图; 功能设计; 需求分析

中图分类号 U675.81 **文献标识码** A

1 引 言

随着全球气候变暖、极区冰盖消融,极区航线可用性提升、战略价值凸显[1,2]。由于极区地处与中低纬度地区显著不同的地极、寒极、磁极,在导航参数定义、引航方法、定位和航海绘算等各个环节,基于地理坐标系、等角航法和墨卡托投影航海图的现有中低纬度导航技术会产生系统性问题[3,4],需要采用基于格网坐标系的格网导航技术、基于横向坐标系的横向导航等技术系统性解决[4-7]。极区航海图本身对应航海绘算,又与导航参数定义、引航方法、定位等其他方面密切相关,其自身可用性也受海图投影方式选用、高纬冰区海图数据可用性等问题制约[4,7-11],因此极区航海图可视为极区导航技术链条的关键环节,其编制及使用方法也是亟待解决的极区导航重难点问题[12,13]。

电子海图显示与信息系统(Electronic Chart Display and Information System, ECDIS)是指符合有关国际标准的船用电子海图系统,它以计算机为核心、以电子航海图为基础,连接定位、测速、测姿、雷达等多种导航传感器、综合反映航行态势,为航海人员提供航行信息显示、查询、量算和记录等专门工具,可作为航行安全信息集成显示、智能处理和辅助决策的中心平台,本质性提高航行安全性和便捷性,目前正向智能化、高精度和三维时态化等方向发展[14,15]。由于导航环境和技术特点的重大差异,中低纬度 ECDIS 产品难以满足极区需要,因此应从解决极区导航保障关键技术难题的高度统筹考虑极区电子海图显示与信息系统(ECDIS-Polar)研制问题[9,16,17]。

目前国内外尚无公开成熟的非墨卡托投影极区航海图及相关电子海图导航成熟产品,2009 年美国海军核潜艇装备的 VMS 系统(其核心是 ECDIS-Navy)上加装了极区导航模块[18],2010 年北约海军舰艇装备的 Warship-ECDIS 采用了格网坐标系使其具备了极区活动能力[19],但缺乏相关技术细节;国内外民用 ECDIS 产品在中

收稿日期 2023-08-11 **收修改稿日期** 2023-10-26
作者简介 温朝江(1985—),男,博士,工程师,主要研究方向为极区导航。
基金项目 国家自然科学基金(41876222、41971416),湖北省杰出青年科学基金(2019CFA086)资助项目

低纬度使用，难以满足极区特殊要求，国内对ECDIS-Polar研究主要集中在投影方式选用和海图数据可用性等方法，对需求分析和总体设计研究尚处于起步阶段[5,16,17]。本文从顶层设计角度明确ECDIS-Polar与中低纬度ECDIS的主要区别与联系，并据此有针对性地制定合理方案，对ECDIS-Polar功能需求进行研究，首先从极区环境、导航技术特点和工程实现方面系统地分析了ECDIS-Polar的特殊功能需求，随后参照ECDIS通用功能框架构建了ECDIS-Polar功能模块体系，并指出了工程实现需突破的关键技术，从而形成了ECDIS-Polar的概念设计方案，为ECDIS-Polar研制和改进提供了参考依据。

2　极区导航技术特点及ECDIS-Polar能力需求

2.1　极区导航技术特点分析

极区地处地球的地极、磁极、寒极和极地特殊的电磁环境等，对极区导航基准、航海图、导航装备和航行控制方法等环节有系列性影响，各环节与极区航海图密切相关。

极区导航需要将导航基准、航海图、导航装备和航行控制方法等环节充分整合，才能全面系统地解决极区导航难题，极区电子海图显示与信息系统可将全部环节系统集成，是极区导航必须突破的关键技术节点，各环节与ECDIS-Polar的关系可总结如图1所示。

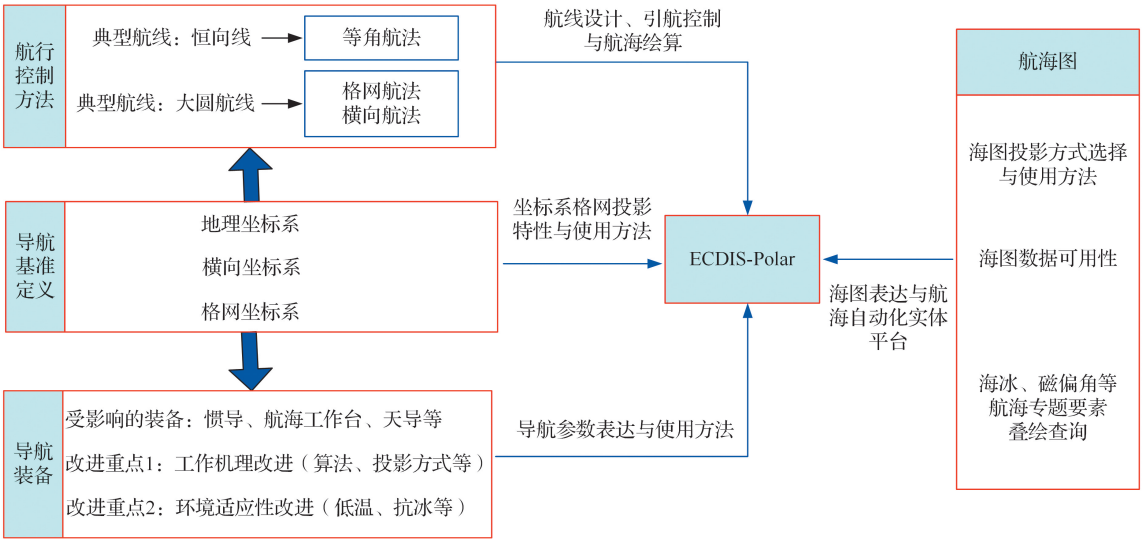

图1　极区导航各环节及其与ECDIS-Polar的关系

Fig. 1　Relationship among ECDIS-Polar and important parts of polar navigation

2.1.1　导航基准定义

地理极点的存在使极区经纬度位置参数和东北向航向参数全部失效，传统定义的地球坐标系和地理坐标系在极区逐渐失效，需采用格网坐标系或横向坐标系等新导航基准。各类导航坐标系格网需在极区航海图表达使用，其表达方式和使用方法与海图投影方式直接相关。

2.1.2　航海图

极区航海图必须解决的技术问题包括：1）中低纬度航海图常用的墨卡托投影由于变形、变大而难以在极区使用，必须采用极球面投影或横向墨卡托投影等投影方式；2）极区冰盖和恶劣气候影响造成测量困难，极区航海图数据可用性严重受限；3）极地冰区复杂环境下航行安全需冰情、气象、水文及地磁等多种专题要素保障，极区航海图上应能实现相关信息叠加显示和便捷查询。

2.1.3　导航装备

极区地处地极、磁极、寒极，地球自转角速度矢量、当地重力矢量均与地轴接近并重合，存在极昼、极夜、极光，气象、水文、冰情复杂，对基于惯性、无线电、地磁和光学（如天文导航）等机理

的导航系统性能和环境适应性均将产生系统性影响，极区导航装备需采用新工作机理并进行环境适应性改进。极区航海图上，应能实现极区坐标系下导航装备所输出的相关参量的表达、转换和绘算。

2.1.4 航行控制方法

用于极区航行的方位线不能被视为恒向线而是大圆弧，因此基于地理坐标系的等角航法在极区不再适用，而需采用大圆航法，依据所采用导航坐标系的不同可分为格网航法和横向航法。极区航海图上，应能实现极区相关航法航海绘算。

2.2 极区导航对 ECDIS-Polar 的能力需求

根据极区导航技术特点及航海图的关键节点作用，ECDIS-Polar 功能必须在现有 ECDIS 基础上改进增强部分重点能力。

2.2.1 极区导航基准支持和转换能力

极区导航选用格网坐标系、横向坐标系等坐标系，ECDIS-Polar 应能支持中低纬度导航基准和极区导航基准叠加或交替显示，为各类导航装备所输出的不同基准下导航参数的标绘、转换、计算提供参考；支持不同导航基准下矢量要素（如磁差、重力异常、风、流等要素）表达形式的图上自动绘制[5]。

2.2.2 海图投影方式支持及转换能力

极区航海图编制时，低纬极区可采用墨卡托投影，高纬极区采用极球面投影或横向墨卡托投影等投影方式，因此 ECDIS-Polar 应能支持或兼容多种投影方式，并能支持不同投影方式下导航参数变换及图上要素显示转换[14]。

2.2.3 多源极区航海图数据的兼容性

极区复杂恶劣的环境使高纬极区海洋测绘极为困难、源数据可用性严重不足，为最大限度保障极区航海图数据的可用性，极区航行时将不得不采用来源于不同国家、测量时间、平台、测量精度、空间参考基准、介质、格式的多种数据，因此 ECDIS-Polar 应兼容矢量航海图（ENC）、栅格航海图（RNC）等多源海图数据[20]。

2.2.4 极区多源航行保障专题信息的集成显示

极地冰区复杂极端的水文、气象、环境特点，对航行安全所需的各类专题要素（如气象、海冰、潮流、磁力、重力、水声环境等）保障提出了苛刻要求，ECDIS-Polar 应能便捷高效地叠绘或集成显示及快速查询这些重要航保专题要素。

2.2.5 极区引航方法切换支持能力

在中低纬度通常采用基于真航向基准的等角航线，高纬极区通常采用基于新导航基准（如格网坐标系、横向地理坐标系等）和大圆航线的格网航法、横向航法等航法[6,7]。ECDIS-Polar 应支持这些航法实现（航线设计、航行监控和航海绘算）及顺畅切换，并支持航法模拟培训。考虑到进出极区的切换操作，ECDIS-Polar 应能够支持中低纬度传统导航方式与高纬度极区导航方式顺利切换。

2.2.6 自动化智能化极区航行辅助决策能力

极区复杂极端的航行环境特点和导航技术特点，使得极地冰区条件下航行保障更需要充分发挥电子海图显示与信息系统的自动化、智能化技术优势，ECDIS-Polar 必须具备自动化智能化极区航行负责决策能力，能根据所处海域的冰情、气象、水文条件和导航装备工作机理及工作能力，科学合理灵活地设计安全高效的最优航线，选用合理航法和导航装备使用方案，确保航行过程中的安全性，大幅度减轻航海人员工作负担，提高极区航行过程中的安全性和经济性。

3 ECDIS-Polar 的功能需求分析

3.1 ECDIS-Polar 功能设计总体原则

根据极区导航环境技术特点，并考虑与中低纬度 ECDIS 兼容衔接等技术实现问题，对 ECDIS-Polar 功能设计总体原则设想如下：

1）从打通整个极区导航信息集成显控节点的角度，综合性、系统性整合导航基准、导航装备、航海图、航法各方面，充分体现极区导航中 ECDIS 的信息显示和处理中心平台作用；

2）可独立开发，也可在现有 ECDIS 基础上针对极区导航需要添加极区特有功能进行增强，导航过程中在“极区导航”和“常规导航”模式下过渡和切换，实现高低纬导航过程的良好兼容、

无缝拼接和顺滑切换[4]；

3）操作界面友好清晰，功能模块设计合理、操作简便，尽量保证航海人员航海作业习惯的无缝衔接；

4）注重模块化和集成性，划分独立功能模块，满足共同开发标准和接口，具有良好可扩展性；

5）先易后难，分步实施，迭代升级。

3.2　ECDIS-Polar 功能需求详细分析

ECDIS 具有海图管理、海图显示与操作、计划航线设计、航行监控与避碰、组合导航、航海绘算、航行信息查询、航行模拟培训等功能[14,15]。按照 ECDIS-Polar 功能设计总体原则，可在传统 ECDIS 基础上重点增强极区导航能力及相关模块，系统组成如图 2 所示。

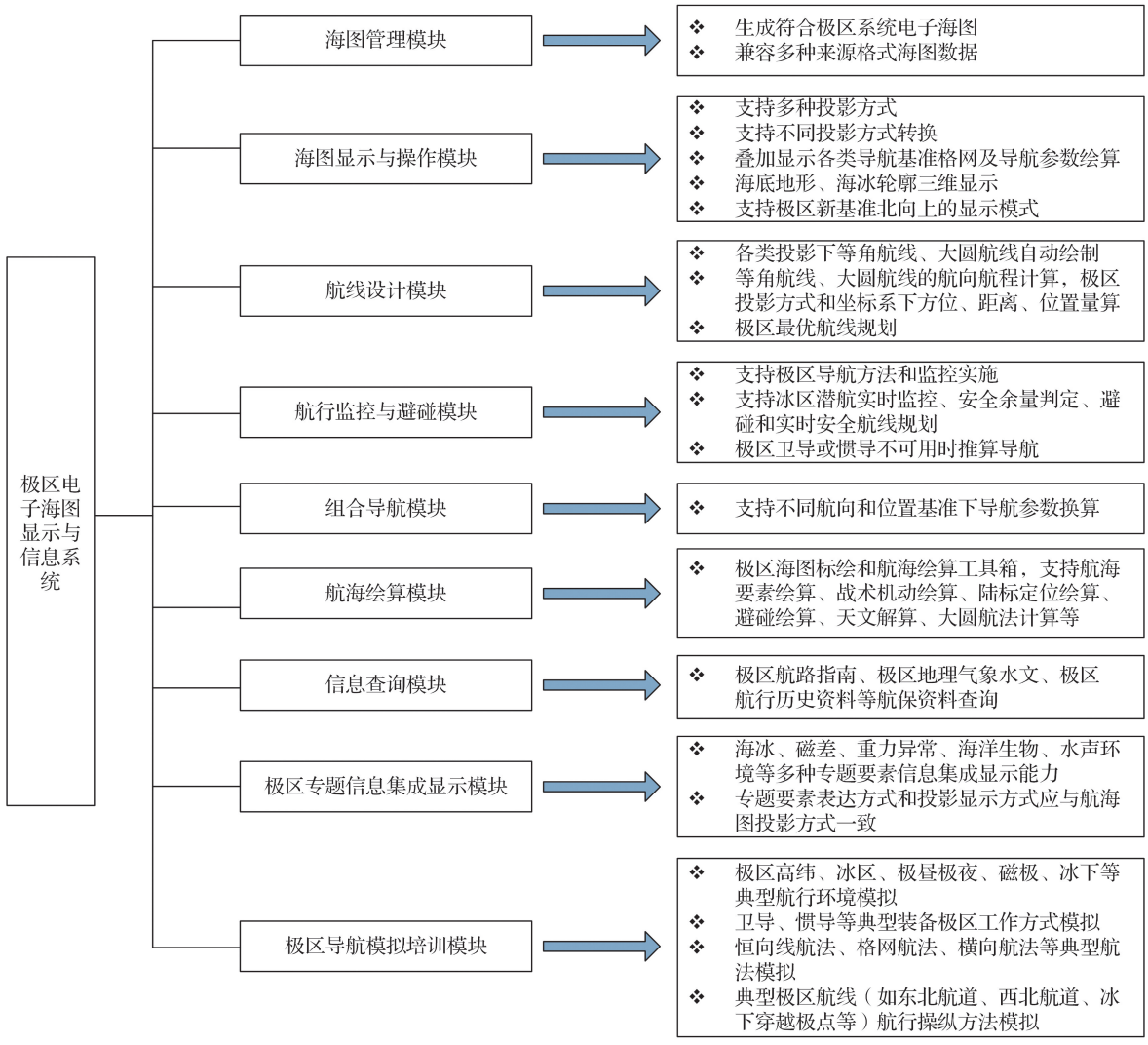

图 2　极区电子海图显示与信息系统组成示意图

Fig. 2　Composition diagram of ECDIS-Polar

3.2.1　海图管理模块

该模块负责处理海图信息处理管理，除了生成系统电子航海图（SENC）、海图库管理、海图数据更新等常规功能外，应增强的极区功能有：

1）海图数据导入时能生成符合极区航行需要的系统电子海图（SENC）；

2）兼容多种来源格式的海图数据，至少包括 ENC 和 RNC[18]，以保证极区航行时海图可用性。

3.2.2　海图显示与操作模块

该模块在屏幕上实现多功能、多窗口、多方式显示海图，是多种航行信息集成显示和态势融

合的基础。除具备电子海图合成、显示、缩放、移动、要素信息查询等功能外，还应增强的极区功能有：

1）能支持多种投影方式，除墨卡托投影外还需支持典型极区航海图投影方式（如极球面投影、横向墨卡托投影、日晷投影等）；

2）支持不同投影方式下（墨卡托投影、极球面投影、横向墨卡托投影等）坐标转换与统一计算；

3）除地理坐标系格网外还能叠加显示极区特有导航基准网格，支持各基准下导航参数表达绘算；

4）海底地形、海冰轮廓三维显示，满足冰下潜航需要[11]；

5）支持极区新航向基准下（格网北、横向北等）等北向上的显示模式。

3.2.3 航线设计模块

该模块在电子海图上完成与航线设计相关海图作业任务。除完成计划航线的设计、编辑、安全检查、绘算等常规功能外，还应增强的极区功能有：

1）墨卡托投影和非墨卡托极区投影下等角航线、大圆航线的自动绘制。

2）自动计算等角航线、大圆航线的航向和航程，精确量算非墨卡托投影、非真航向、非地理坐标系下图上方位、距离、位置等参数；

3）极区自动航行规划，以大幅提高极区航行安全性、减轻人员工作负担。

3.2.4 航行监控与避碰模块

该模块根据本船位置和海图、雷达等信息，使船舶按预定航线航行，并具有防碰撞、触礁和搁浅等能力，除具备态势显示、监控、避碰、航行数据记录等常规功能，应增强的极区功能有：

1）支持极区导航方法（恒向线航法、格网航法、横向航法等）航行实施和监控实施，便于基准切换和参数绘算；

2）支持冰区潜航实时监控，可根据结合测深仪和测冰声纳，进行载体顶部海冰分布和底部剩余深度等安全余量判定，实时合理规划安全航线[11]；

3）具备推算导航功能，极区卫导或惯导等重要导航手段不可用时利用罗经和计程仪推算导航。

3.2.5 组合导航模块

该模块将ECDIS同各类导航传感器相连，对信息接收融合后，求得最佳导航参数以及海洋环境等资料等，该模块还应增强的极区功能有：支持不同航向基准（真北、格网北、横向北等基准下的航向、流向、风向等）和位置基准（大地坐标系、格网坐标系、横向坐标系等）下导航参数转换计算。

3.2.6 航海绘算模块

该模块作为极区海图标绘和航海绘算工具箱，帮助航海人员在极区航行态势复杂紧张、决策时间短的环境下快速、准确、高效地完成航行作业绘算。除进行要素标绘、战术机动绘算、陆标定位绘算、避碰绘算等常规功能外，还可包括极区天文定位解算、大圆航法计算、船位推算、转向绘算等功能。

3.2.7 信息查询模块

该模块通过建立航海咨询库帮助航海人员尽快查询航行参考信息，熟悉海区航行环境并掌握要领，帮助全面了解极区航行环境特点、导航方法、航行经验等。

除常用信息外，该模块应增强的参考资料应包括新版极区航路指南、极区地理气象水文国际国内历次穿越极区航行资料等航保资料。

3.2.8 极区专题信息集成显示模块

该模块在电子海图上叠加显示重要海洋地理、气象和水文环境专题信息，应增强的极区功能有：

1）具有海冰、磁差、重力异常、海洋生物、水声环境等多种专题要素信息集成显示能力，便于便捷查询信息、准确感知航行态势；

2）专题要素表达方式和投影显示方式应与航海图投影方式一致。

3.2.9 极区导航模拟培训模块

该模块是ECDIS-Polar独有，用于模拟高纬、冰区航行环境及极区特有航法，帮助航海人员熟悉极区环境和航法。主要功能有：

1）模拟极区高纬、冰区、极昼极夜、磁极、冰下等典型航行环境；

2）模拟卫导、惯导、罗经等典型装备极区工作方式；

3）模拟恒向线航法、格网航法、横向航法等典型航法；

4）模拟典型极区航线（如东北航道航行、西北航道航行、冰下穿越极点等）航行操纵方法。

4　ECDIS-Polar 功能实现的关键技术

4.1　极区海图投影方式选用

海图投影是航海图编制及使用的数学基础，因此也是 ECDIS-Polar 显示和图上作业的数学基础。由于中低纬度常用的墨卡托投影由于长度变形过大而难以适用，因此需要选用更适合极区的海图投影方式[8-9]，并研究基于新投影方式的航海图编制计算、高精度导航格网构建显示、图上精确绘算以及与极区特有航法配合使用等相关的投影计算问题，可重点针对极球面投影、横向墨卡托投影、日晷投影、等距离圆柱投影等投影方式进行深入研究。

4.2　极区航海图数据库构建

全覆盖高精度的航海图是 ECDIS-Polar 正常运行的重要前提。极区海洋测绘的极端困难性和高度敏感性使得极区航海图数据在地理覆盖范围、精度、完备性等方面与极区导航保障要求存在极大差距，极区航海图数据库建设成为制约 ECDIS-Polar 使用的瓶颈问题[2,11]。需要广泛了解全球极区海道测量及海图制图现状，摸清极区航海图全球数据成果积累的底数和发展趋势，多方收集全球纸质及电子极区航海图数据资料、全球各类船只极区航行轨迹数据，并结合极区考察进行数据采集和数据可用性验证，通过自主测绘编制和外购数据结合的方式，构建全面、精确、完备、可用的极区航海图数据库。

4.3　极区航行辅助决策技术

发挥 ECDIS-Polar 航行信息显示和处理中心平台优势，按照任务要求，根据导航装备的工作机理和可用性状态、冰情气象水文条件，灵活选用和搭配恒向线航法、格网航法、横向航法等航行方法，采用最优航线规划技术和智能避碰避险辅助决策技术，重点研究高纬冰区条件下最优航路规划和避碰、防搁浅等极区航行辅助决策技术，提高极区恶劣环境下航行安全性和经济性。

4.4　极区海洋环境专题要素信息集成显示技术

复杂极端环境下安全航行和活动对气象、冰情等海洋环境要素高度依赖，ECDIS-Polar 需借鉴雷达信息和专题要素图层叠加显示方法等多源信息集成融合技术和叠绘显示技术，突破多源异构海洋环境专题要素信息与极区航海图的集成管理和显示技术，包括多源异构专题信息的集成管理、投影方式和参数匹配、不同来源和格式数据融合、海区及海底地形三维显示等，帮助航行人员便捷、准确地感知航行环境和态势，及时地作出正确操纵决策，满足极区冰下环境下的信息使用要求。

5　结　论

ECDIS-Polar 能够大幅提高极区导航的安全性和便捷性，是整个极区导航保障体系中的重要体系节点设备，功能设计是从顶层设计方面摸清其与中低纬度常用 ECDIS 的区别联系、确定合适的研发策略和理清需突破的关键技术。本文根据极区导航环境、技术特点和工程实现条件系统分析了 ECDIS-Polar 的功能需求，在借鉴以往极区导航经验和成果基础上，依托 ECDIS 惯用功能框架构建了 ECDIS-Polar 的功能模块体系，并根据工程实现需要指出了后续需重点突破的关键技术，从而形成了 ECDIS-Polar 的系统设计方案，目前已根据此方案开展研制工作。该方案是需对中低纬度常用 ECDIS 进行系统性改进，其研发不仅需逐步突破本文中指出的关键技术，还需同步关注极区导航基准、导航设备和航法等方面配套技术进展以进行系统集成，并根据极区航海图数据库建设和极区实船航行验证等实际情况进行不断优化和迭代升级，才能逐渐成熟并达到预期效用。

参 考 文 献

[1] Rogers T S, Walsh J E, Rupp T S, *et al*. Future Arctic marine access: analysis and evaluation of observations, models, and projections of sea ice[J]. The Cryosphere Discussions, 2012, 6(5): 3963-3998.

[2] 王会平, 汪振华. 北冰洋航线通航与航海保障体系[J]. 水运管理, 2012, (11): 5-8.
WANG Hui-ping, WANG Zhenghua. The arctic sea woute navigation and navigational guarantee system[J]. Shipping Manegement, 2012, (11): 5-8.

[3] 王有隆. 北极地区飞行中的通信与导航特性[J]. 航空维修与工程, 2006, (1): 46-48.
WANG You-long. Characteristics of communication and navigation in arctic flights[J]. Aviation Maintenance & Engineering, 2006, (1): 46-48.

[4] 卞鸿巍, 刘文超, 温朝江, 等. 极区导航[M]. 北京: 科学出版社, 2020: 20-25.
BIAN Hong-wei, LIU Wen-chao, WEN Chao-jiang, *et al*. Introduction to navigaion [M]. Beijing: Science Press, 2020: 20-25.

[5] Maclure K C. Polar Navigation[J]. Arctic, 1949, (3): 183-194.

[6] Dyer G C. Polar navigation-A new transverse mercator technique[J]. Institute of Navigation, 1971, (24): 484-495.

[7] 王海波, 张汉武, 郝勇帅. 横轴墨卡托海图的船舶极区航行方法[J]. 测绘科学, 2018, 239(5): 152-157.
WANG Hai-bo, ZHANG Han-wu, HAO Yong-shuai. Exploration to a sailing for ships in polar regions based on transverse mercator chart[J]. Science of Surveying and Mapping, 2018, 239(5): 152-157.

[8] Skopeliti, Andriani; Tsoulos, Lysandros. Choosing a Suitable Projection for Navigation in the Arctic[J]. Marine Geodesy, 2013, (2): 234-259.

[9] ARHC2-08A. Proposal to address polar navigation issues related to ECDIS consideration by arctic regional hydrographic commission[C]. 2nd ARHC Meeting, Copenhagen, Denmark, 2011.

[10] 温朝江, 卞鸿巍, 陈志红, 等. 墨卡托投影在极区航海图编制中的可用性研究[J]. 海洋测绘, 2014, 34(3): 56-59.
WEN Chao-jiang, BIAN Hong-wei, CHEN Zhi-hong, *et al*. Study on availability of mercator projection in polar nautical charts' compilation[J]. Hydrography and Charting, 2014, 34(3): 56-59.

[11] 邱浩兴. 潜航至地球之巅[J]. 船舶物资与市场, 2000, (5): 36-39.
QIU Haoxing. Submerged to the top of the earth[J]. Marine Equipment/Materials & Marketing, 2000, (5): 36-39.

[12] 李树军, 张哲, 李惠雯, 等. 编制北极地区航海图有关问题的探讨[J]. 海洋测绘, 2012, 32(1): 58-60.
LI Shu-jun, ZHANG Zhe, LI Hui-wen, *et al*. Research on compilation of nautical charts of arctic regions[J]. Hydrography and Charting, 2012, 32(1): 58-60.

[13] 赵巍, 温朝江, 王国举. 等距圆量距法在海图上的扩展应用研究[J]. 海洋测绘, 2018, 38(1): 63-66.
ZHAO Wei, WEN Chao-jiang, WANG Guo-ju. The extended application of distance-measuring method based on stereographic charts[J]. Hydrographic Surveying and Charting, 2018, 38(1): 63-66.

[14] Hecht H, Berkin B, Buttgenbach G, *et al*. The electronic chart: functions, potential and limitations of a new marine navigation system[M]. Netherlands: GITC bv, Lemmer, 2006.

[15] 卞鸿巍, 李安, 王荣颖, 等. 导航概论[M]. 2版. 北京: 科学出版社, 2023: 265-266.
BIAN Hong-wei, LI -An, WANG Rong-ying, *et al*. Introduction to navigaion[M]. 2nd ed. Beijing: Science Press, 2023: 265-266.

[16] 张雨佳. 北极航海图投影方法研究及其在ECDIS中的应用[D]. 哈尔滨: 哈尔滨工程大学, 2015.
ZHANG Yu-Jia. Study of map projections for arctic navigation and application in ECDIS[D]. Harbin: Harbin Engineering University, 2015.

[17] 梁秀南. 高纬度海域ECDIS相关问题研究[D]. 大连: 大连海事大学, 2016.
LIANG Xiu-nan. Research on related issues of electronic chart display and information system(ECDIS) on the high

latitudes sea areas[D]. Dalian: Dalian Maritime Universtity, 2016.

[18] Northrop Grumman Corporation. Northrop grumman submarine navigation system upgrade is approved by U. S. Navy[R/OL]. http://www.irconnect.com/noc/press/pages/news_releases.html?d=173159, [2009-9-14].

[19] OSI Ltd. Warship electronic chart display and information system (WECDIS)[R/OL]. http://www.osigeospatial.com. [2011-11-28].

[20] 温朝江, 卞鸿巍, 马恒, 等. 基于ECDIS的多数据源支持技术分析[J]. 海洋测绘, 2014, 34(2): 49-52.
WEN Chao-jiang, BIAN Hong-wei, MA heng, *et al*. Analysis of multiple data sources supporting technology based on ECDIS[J]. Hydrographic Surveying and Charting, 2014, 34(2): 49-52.

Study on Function Requirements Analysis of Electronic Chart Display and Information System-Polar

WEN Chao-jiang[1]　ZHAO Yang[2]　BIAN Hong-wei[3]

(1 92941 Troops, PLA, Huludao 125000, China; 2 92020 Troops, PLA, Qingdao 266000, China;
3 College of Electrical and Information, Naval University of Engineering, Wuhan 430033, China)

Abstract　Function design of electronic chart display and information system-polar is studied based on the overall technology requirement of navigational charts in polar navigation. Firstly function requirements of ECDIS-Polar is analyzed based on the influence analysis of polar navigation environment and technology characteristics and demand analysis of project implementation. Then overall principles are presented and detailed function module architecture of ECDIS-Polar is constructed by borrowing general framework of conventional ECDIS. Lastly key technologies and solutions of ECDIS-Polar development are suggested. The research results provide a conceptual system design for ECDIS-Polar, which would be useful for the development and improvement of ECDIS-Polar.

Key words　polar navigation; ECDIS; polar nautical charts; function design; requirement analysis