



指导性文件  
GUIDANCE NOTES  
GD023-2025

中国船级社

# 远洋船舶气象导航服务 系统评估指南

**2025**

2026年1月1日生效

北京

## 前 言

为推进远洋船舶气象导航服务标准建立，促进远洋船舶气象导航行业高质量发展，中国船级社在国家重点研发计划专项“远洋船舶气象智能化导航关键技术研发”支持下，梳理了气象导航服务效益评价指标，针对船舶失速模型、航线优化以及船舶风险模型，融合气象海洋多要素的推算船位、航线预报、能效提升等评估验证标准规范，组织编制了《远洋船舶气象导航服务评估指南》。

目 录

|                                 |    |
|---------------------------------|----|
| 第 1 章 通则.....                   | 1  |
| 第 1 节 一般规定.....                 | 1  |
| 第 2 节 规范引用及术语.....              | 1  |
| 第 2 章 远洋船舶气象导航服务系统技术要求.....     | 4  |
| 第 1 节 一般规定.....                 | 4  |
| 第 2 节 技术要求.....                 | 5  |
| 第 3 章 远洋船舶气象导航服务系统船载终端.....     | 10 |
| 第 1 节 概述.....                   | 10 |
| 第 2 节 船载终端的组成与功能.....           | 10 |
| 第 3 节 通用技术要求.....               | 11 |
| 第 4 节 船载终端组件的性能要求.....          | 13 |
| 第 4 章 远洋船舶气象导航服务系统的评估.....      | 18 |
| 第 1 节 概述.....                   | 18 |
| 第 2 节 需要提交的文档资料.....            | 18 |
| 第 3 节 基础模型的评估.....              | 18 |
| 第 4 节 通用技术要求的符合性评估.....         | 19 |
| 第 5 节 初始航线规划的符合性评估.....         | 20 |
| 第 6 节 航线气象预报的符合性评估.....         | 21 |
| 第 7 节 沿航线船位推算的符合性评估.....        | 21 |
| 第 8 节 航线风险预警的符合性评估.....         | 22 |
| 第 9 节 在途航线优化的符合性评估.....         | 22 |
| 第 10 节 航次分析的符合性评估.....          | 23 |
| 第 11 节 船舶能效辅助提升的符合性评估.....      | 23 |
| 第 12 节 评估结论.....                | 23 |
| 第 5 章 远洋船舶气象导航系统船载终端的认可与检验..... | 25 |
| 第 1 节 图纸资料审查.....               | 25 |
| 第 2 节 型式试验.....                 | 25 |
| 第 3 节 认可后的单件/单批检验.....          | 26 |
| 附录 1 海洋气象环境风险等级划分（推荐参考）.....    | 27 |
| 附录 2 沿航线船位推算精度/失速模型的验证.....     | 28 |
| 附录 3 船舶风险模型的验证.....             | 29 |
| 附录 4 船舶能效模型的验证.....             | 32 |
| 附录 5 参考文献.....                  | 34 |

# 第1章 通则

## 第1节 一般规定

### 1.1.1 适用范围

1.1.1.1 本指南以保障船舶航行安全为出发点，规定了为远洋船舶提供气象导航服务的系统所需满足的技术要求。

1.1.1.2 本指南同时规定了远洋船舶气象导航服务系统可能包含的船载终端的设备类型、功能和性能等技术要求，并规定了船载终端的认可和检验要求。

1.1.1.3 本指南适用于远洋船舶气象导航服务系统的设计、构建和评估。

1.1.1.4 本指南适用于远洋船舶气象导航服务系统船载终端的认可和检验。

## 第2节 规范引用及术语

### 1.2.1 规范性引用文件

本指南的编制引用了以下文件。对于标注版本的文件，只适用所引用的版本；对于未标注版本的文件，适用所引用文件的最新版本（包括任何修正案）。

国际海事组织大会决议 IMO A.528(13) 《关于气象导航的建议》；

国际海事组织大会决议 IMO A.893(21) 《航次计划指南》；

国际气象组织《海洋气象服务指南》（2024）；

国际海事组织海安会通函 IMO MSC.1/Circ.1063 《船舶参与气象导航服务》；

国际海事组织海安会通函 IMO MSC.1/Circ.1228 《经修订的船长在恶劣气候条件和海况下避免险情导则》；

中国船级社《钢质海船入级规范》；

中国船级社《智能船舶规范》；

中国船级社《电气电子产品型式认可试验指南》（GD019-2024）；

中国船级社《船用软件安全及可靠性评估指南》（GD008-2025）；

QX/T 179-2013 《船舶气象导航服务》；

QX/T 521-2019 《船载自动气象站》；

IEC 60945 海事无线通信设备与系统——一般要求——测试要求与测试结果要求；

IEC 60529 外壳防护等级（IP 等级）；

IEC 62288 船舶航行与无线电设备和系统——船载航行显示器上航行信息的显示——一般要求，测试方法和要求的测试结果；

IEC 61162 系列 船舶航行与无线电设备和系统——数字接口；

GB/T 35225-2017 《地面气象观测规范 气压》；

GB/T 33703-2017 《自动气象站观测规范》。

## 1.2.2 术语和定义

### 1.2.2.1 远洋船舶气象导航

针对远洋船舶，根据天气与海况预报，在保障航行安全的基础上，结合船舶性能、载货特点、航行任务和/或实时气象信息等要素来输出优化航线，提供航速、航向建议和必要的航行辅助决策。

### 1.2.2.2 远洋船舶气象导航服务系统

为远洋船舶提供气象导航服务的系统。该系统至少应包含岸基服务中心，可包含船载终端。

### 1.2.2.3 远洋船舶气象导航岸基服务中心

远洋船舶气象导航服务的执行机构，借助陆地互联网的便捷性，获取海洋气象信息和船舶航行状态信息，经计算处理形成航线气象预报、风险预警和航线规划优化建议，并推送至船舶。

### 1.2.2.4 远洋船舶气象导航服务系统船载终端

装载于船舶，显示海洋气象预报、航线建议、风险预警信息，反馈船舶状态和/或开展一定程度计算的软件或设备，具备条件时可采集海洋气象信息。

### 1.2.2.5 船载气象站

装载于船舶进行气象水文要素（包括但不限于气温、相对湿度、风向、风速、气压、能见度、水体表层温度或水体表层盐度等）自动观测的仪器。

### 1.2.2.6 航线气象预报

船舶气象导航服务系统的功能之一，指在船舶沿着计划航线航行时，根据船舶当前位置，向该船推送未来一段时间其沿航线航行将会遇到的海洋气象信息。

### 1.2.2.7 航线风险预警

船舶气象导航服务系统的功能之一，指针对船舶航线上未来一段时间可能遇到的威胁船舶航行安全的气象或海况风险，及时向船舶推送预警信息。

### 1.2.2.8 航线优化

船舶气象导航服务系统的功能之一，指根据气象预报、船舶航行计划、船舶状况、货物特点等信息，在保证航行安全的基础上，基于一定目标（最短航程、最少航时等）而对船舶航行的线路和航速方案进行综合分析评估，并给出优化方案。

### 1.2.2.9 沿航线船位推算

船舶气象导航服务系统的功能之一，指对船舶沿着计划航线航行时，在未来一个时间点船舶能够到达的位置进行推导计算，从而可以对船舶进行有针对性的气象预报预警以及航线优化。

### 1.2.2.10 航次分析

船舶气象导航服务系统的功能之一，指船舶完成单次航行任务后，对船舶在该航次的整体性能状况、天气情况和/或燃料消耗等信息进行综合性总结分析，帮助相关方了解该航次中船舶的整体运行情况。

### 1.2.2.11 船舶能效营运指数（EEOI, Energy Efficiency Operational Indicator）

衡量船舶实际运营中每单位货运周转量的 CO<sub>2</sub>排放量（单位：克 CO<sub>2</sub>/吨·海里），反映管理水平和运营策略的能效表现。

#### 1.2.2.12 船舶能效设计指数（EEDI, Energy Efficiency Design Index）

衡量新造船舶在设计阶段固有能效水平的指标，表示船舶每单位运输工作量（载重吨×航行距离）的 CO<sub>2</sub>排放量（单位：克 CO<sub>2</sub>/吨·海里）。

#### 1.2.2.13 现有船舶能效指数（EEXI, Energy Efficiency Existing ship Index）

系指现有船舶每单位运输工作量（载重吨×航行距离）的 CO<sub>2</sub>排放量（单位：克 CO<sub>2</sub>/吨·海里）。

#### 1.2.2.14 船舶失速模型

在船舶气象导航中，船舶失速模型是用于预测船舶在风浪中航行时因阻力增加而导致的航速下降现象的数学计算方法，其核心目标是通过分析风、浪等环境因素对船舶推进效率的影响，帮助确定船舶的实际航速，是航线设计的基础工具。

#### 1.2.2.15 船舶风险模型

在船舶气象导航中，船舶风险模型是一种用于量化船舶在航行过程中潜在风险的数学计算方法，其核心目标是通过综合分析气象、海洋环境、船舶特性及航行任务等因素，评估不同航线下的安全性，从而为船舶提供最优路径建议。

#### 1.2.2.16 船舶能效模型

在船舶气象导航中，船舶能效模型是用于量化船舶航行过程中能源消耗与能效表现的数学计算方法，其核心目标是通过优化航线或航速，降低燃料消耗或碳排放，同时满足航行时间和安全约束。

## 第2章 远洋船舶气象导航服务系统技术要求

### 第1节 一般规定

#### 2.1.1 概述

2.1.1.1 远洋船舶气象导航服务系统功能的实现方式主要有两种<sup>1</sup>：一是由岸基平台实现天气海况的预报预警和形成建议，然后推送至船端；二是岸基平台收集处理天气海况预报信息推送至船舶，由船载终端进行运算并输出优化建议。

2.1.1.2 远洋船舶气象导航服务系统应具备初始航行规划、航线气象预报、沿航线船位推算、航线风险预警、在途航线优化和航次分析的功能。此外，可增设船舶能效辅助提升功能。远洋船舶气象导航服务系统总体框架示意图见图 2.1.1.2。

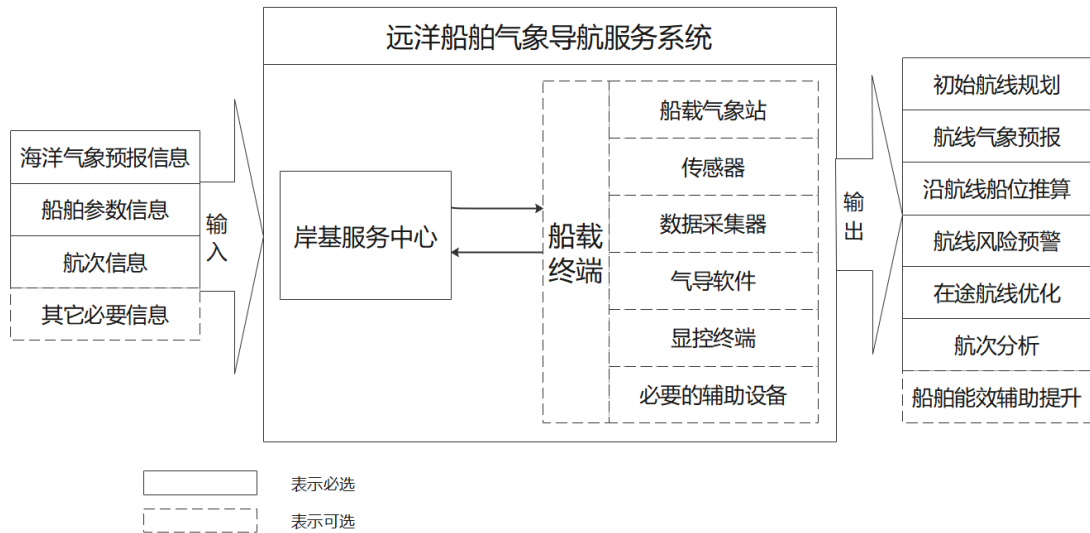


图 2.1.1.2 远洋船舶气象导航服务系统架构图

#### 2.1.2 通用要求

2.1.2.1 远洋船舶气象导航服务系统的设计和构建，应考虑以下信息：

- (1) 保证船舶有足够的航行空间，使船舶能够安全通航；
- (2) 所有已知的航行风险和恶劣气象条件；
- (3) 船舶航行中可能会遇到的船舶定线制；
- (4) 船舶营运需遵守为保护环境而实施的限制；
- (5) 船舶营运需符合国际载重线公约并由此受到的限制；

注 1：第一种形式当前最为常见，能够借助岸基更强大的计算机算力，进行更加全面的导航运算；第二种形式能够使船长更便捷地进行参数调整、评估多种场景、选择航线和数据查阅，但是气象导航性能受限于船载运算平台的算力。

- (6) 船舶安全航行中的必要维护，可能会受到气象环境条件的损害；
- (7) 沿岸国的限速和禁航区要求；
- (8) 船期需求。

2.1.2.2 远洋船舶气象导航服务系统，应基于船舶拟航行海域的标准电子海图，且能够进行海图版本更新，以确保海图最新有效。

2.1.2.3 为保障船舶航行安全，远洋船舶气象导航服务系统应至少基于权威气象预报机构发布的天气和海况预报信息。气象导航服务机构即使具备预测海洋气象状况的能力，也应接收国际权威气象预报机构发布的预报信息并作为参照。气象导航服务机构应能提供证据证明已使用权威机构的气象和海况数据。

2.1.2.4 如果气象导航服务机构使用多个气象海况信息来源，则其应建立信息源之间的评估验证机制，确保数据的可靠性。

2.1.2.5 远洋船舶气象导航服务系统，应基于船舶的具体状态，构建导航模型，提供针对性的导航建议。通常应考虑：

- (1) 船舶基本数据：船型、船长、船宽、型深、吨位、载重量、抗风浪等级、船龄等；
- (2) 船舶运动数据：最大允许转向率、最小转弯半径、最大设计航速、巡航航速、最小可持续航速等；
- (3) 船舶航次数据：船舶主机设置转速、船舶油耗、船舶艏艉吃水、初稳性高度（GM 值）、货物类型、甲板货物情况、载重情况。

2.1.2.6 远洋船舶气象导航服务系统的提供方应能与船上船员进行信息交互。气象导航的建议应得到船员的响应反馈，反馈信息至少包含船位、航速和航向，鼓励包含船舶当前位置的天气和海况信息，同时鼓励船长在基于船舶安全的专业判断后表明他所倾向的航线。为实现信息交互的要求，气象导航服务系统的提供方在船舶启航前，应能与船舶建立可靠的通信渠道。

2.1.2.7 远洋船舶气象导航服务过程中，应有途径便于船长提出即时需求（如天气咨询、航线建议咨询等），且系统应能做出必要响应。

2.1.2.8 航行期间，远洋船舶气象导航服务系统应有途径连续获取船舶的实际位置、航速和航向。信息更新频次应优于 1 次/小时。

2.1.2.9 船长拥有船舶航行的最终决策权。

## 第 2 节 技术要求

### 2.2.1 初始航线规划

2.2.1.1 航线规划的首要目标是保障船舶航行安全，如规划的航线不应经过不适航水域（如浅滩、禁航区等）、危险气象海域（如台风区域等）。

2.2.1.2 根据船方提供的船舶航行起始港、目的港、计划起航时间，并结合气象预报信息、海图信息、船舶状态（本章 2.1.2.5 所述数据）和船舶承租合同约定的航行相关条款

(如适用)，形成航线规划建议推荐给船方。

2.2.1.3 航线规划一般是在气候航线、经验航线或大圆航线基础上进行优化调整。在保障安全的基础上，可根据船方的不同需求（如最快到达、最少航时等）进行对应的航线规划。如可行，系统应能提供多条初始规划航线，并鼓励给出预估的船舶能效营运指数（EEOI）值，供船方评估选择。

2.2.1.4 航线规划应至少包含航路点、推荐航速、沿航线的天气要素和海况预报（风、浪、流、涌等），并给出预测信息：预测船位、综合天气因素对船舶速度的影响、预计到达时间、航行耗时、航行里程和预估能耗。

2.2.1.5 沿航线的气象预报时长应尽量覆盖整个航程，如不可行，则应覆盖至少未来 10 天的航程，超出部分可采用气候数据替代并向用户提示航行天数超出气象预报时长。

2.2.1.6 规划的航线如果需要经过排放控制区、海洋自然保护区、军事禁航区等有特殊要求的区域，应向船方发出必要提示。

2.2.1.7 航线规划应保证必要的时效性，从船方提出规划需求到提供给船方规划航线的时

## 2.2.2 航线气象预报

2.2.2.1 远洋船舶气象导航服务系统的航线气象预报一般包含以下海洋气象要素：

- (1) 气温、气压；
- (2) 风速、风向；
- (3) 流速、流向；
- (4) 涌向、涌高、涌周期；
- (5) 风浪高、风浪向、风浪周期；
- (6) 最大浪高；
- (7) 威胁船舶航行安全的危险气象，如台风、冰情（密集度、厚度）、寒潮大风等；
- (8) 根据实船需求，还提供降水（雨、雪、冰雹）、露点、能见度、湿度、海温等。

2.2.2.2 航线气象预报数据的空间分辨率应优于  $0.25^{\circ} \times 0.25^{\circ}$ 。

2.2.2.3 航线气象预报数据的时间分辨率应优于逐 6h。

2.2.2.4 航线气象预报应至少能覆盖未来 10 天的气象数据。

2.2.2.5 应周期性地向船端提供航线预报数据，预报的时间间隔应根据气象变化速率而调整，但两次预报间隔最大不超过 12h。如船舶航行于气象风险较大的区域，则应提高预报信息的时间分辨率，应优于逐 3h。

2.2.2.6 提供给船方的预报信息中，应当标明预报数据的来源。如可行，还可包含天气模式变化的可能性。

## 2.2.3 沿航线船位推算

2.2.3.1 应根据最新海洋气象预报数据、船舶当前位置，实时推算未来 3 天的船舶位置，分辨率应不低于逐 3h。

2.2.3.2 气象导航的 24h 船位推算，误差不应超过 10 n miles；气象导航的 48h 船位推

算，误差不应超过 25 n miles；气象导航的 72h 船位推算，误差不应超过 40 n miles。

2.2.3.3 针对极地航线，24h 船位推算误差应不超过 5 n miles。

2.2.3.4 船位推算的验证方法可参考附录 2。

#### 2.2.4 航线风险预警

2.2.4.1 应将预测到的危险气象（如冰情，台风、温带气旋或寒潮大风等造成的大风、大浪等）的相关信息（如台风路径、危险区域等），推送给船方，并给出必要的航线风险预警。

2.2.4.2 应预测到船舶未来可能遇到的骑浪或连续大浪袭击的危险航行状况（这种状况是可能导致船舶出现稳性降低的危险状况），并结合本指南 2.2.5 条给出必要的航线优化建议。

2.2.4.3 应预测到未来可能导致船舶出现谐摇/参数横摇运动等危险状况的海况信息，并结合本指南 2.2.5 条给出必要的航线优化建议。

2.2.4.4 应允许船长自定义海洋气象要素的风险阈值。如果未来航线上海洋气象要素可能超过阈值，则应向船舶发出风险预警。

2.2.4.5 应预测至少未来 3 天的航线风险。

2.2.4.6 远洋船舶气象导航服务系统可考虑对船舶未来航线上可能遇到的各类气象风险进行综合分析汇总，形成对未来一段航线的、量化的综合气象风险等级评估，并推送给船方。

#### 2.2.5 在途航线优化

2.2.5.1 船舶航行过程中，结合航线气象预报和船舶自身需求，及时对船舶下一阶段的航行计划（航速、航线）进行综合分析，输出优化后的航线和航速，帮助船舶避免航行风险，减少船舶的绕航或停航，或帮助船舶降低能耗。

2.2.5.2 在途航线优化建议应保证时效性，以给船方提供足够的反应时间；在船舶航行过程中，应结合航线预报信息的变化，及时对航行优化建议进行必要调整。从触发优化需求（预测到危险气象、船员主动提出等）到给出优化建议，时间不应超过 3h。

2.2.5.3 在途航线优化建议，至少应包含建议的航线（航迹点及其预估到达时间）、航速；沿航线的气象（天气、海况）预报信息；相对于优化前的航线，优化后的航线在航程、预计能耗等方面的变化比例。

2.2.5.4 在途航线优化应首先保证船舶避免危险区域，如台风区域、危险浪高区域等。

2.2.5.5 在途航线优化不应经过不适航水域（如浅滩、禁航区等）。

2.2.5.6 在途航线优化，应考虑船舶的综合状况（船龄、船型、静态特性、动态特性、载货情况等）。

2.2.5.7 优化后的航线如需经过排放控制区、海洋自然保护区、军事禁航区等有特殊要求的区域，应向船方发出必要提示。

2.2.5.8 适用时，航线优化建议中可包含所有适合被服务船舶的避风港信息及避风申报要求。

## 2.2.6 航次分析

2.2.6.1 远洋船舶气象导航服务系统应有能力基于船舶航行中报送的数据进行汇总计算分析，并输出航次分析报告，应至少包含本节 2.2.6.2 和 2.2.6.3 所述的报告。

2.2.6.2 航行速度和航行时间的损失与节约分析报告。对船舶在该航程中航行速度和航行时间的完成情况，进行汇总分析并形成报告，一般应包含以下信息：

- (1) 实际航行距离；
- (2) 实际航行时间；
- (3) 平均航速；
- (4) 符合合同规定的好天气航行距离；
- (5) 符合合同规定的好天气航行时间；
- (6) 好天气的平均航速；
- (7) 好天气的海流影响因子；
- (8) 船舶实际性能航速；
- (9) 合同航速和允许偏差；
- (10) 合同允许的海上航行时间；
- (11) 整个航次航行时间的节省或损失（非必须）。

2.2.6.3 航行燃料消耗分析报告。对船舶在该航程中燃料的消耗情况，进行汇总分析并形成报告，一般应包含以下信息：

- (1) 离港定速时船舶燃料存量；
- (2) 航行途中燃料加注量；
- (3) 到港前结束海上航行时的燃料存量；
- (4) 船舶航行实际燃料消耗量；
- (5) 船舶每天平均的燃料消耗量；
- (6) 合同规定的每天燃料消耗量和允许偏差；
- (7) 整个航次相对于合同的燃料节省或超出量。

### 2.2.6.4 其他分析报告（可选）

远洋船舶气象导航服务系统可基于已记录的实际船舶航次数据，进行相关分析计算，帮助船舶掌握某些特定的信息，从而更好地了解船舶运营状态，如船舶碳排放强度计算分析、船舶营运能效分析等。

## 2.2.7 船舶能效辅助提升（可选）

2.2.7.1 远洋船舶气象导航服务系统，可结合已掌握的信息，经综合运算后输出优化建议，帮助船舶航行减少能耗，从而提升船舶运营能效水平。

2.2.7.2 能效提升的主要方式包括：

- (1) 通过系统失速模型的计算，选择利于航行的海况区域航行（如到顺洋流或逆洋流程度较轻的海域航行），从而降低船舶完成单位运输功所需的燃料消耗；
- (2) 建立船舶的能效模型，在保证船舶按期完成航行任务的基础上，计算出船舶各航段

的经济航速并推荐给船方；

(3) 气象导航服务可综合上述两点，结合船方的具体需求，给出融合后的优化建议；

(4) 优化建议中宜包含该方案相比于原航行方案可能给船舶带来的能效提升比例；

(5) 远洋船舶气象导航服务系统应能统计船舶在航行中遭遇冰况或威胁船舶安全的危险气象时的航行事件，包含航行距离、航行日期、时间、船位、燃料消耗等。在冰况下航行时，还应记录航线上的冰图。

## 第3章 远洋船舶气象导航服务系统船载终端

### 第1节 概述

#### 3.1.1 船载终端的作用

3.1.1.1 为船员提供便捷、直观的气象导航信息和服务。

3.1.1.2 采集、存储船舶当前的运行状态数据（如船位、航速、航迹向、油耗等）和环境气象数据，并回传至岸基服务中心；

3.1.1.3 提供人机交换界面，便于船员输入航行计划（出发地、目的地、计划到达时间、出发时间等）和选择优化模式（如最低油耗、最少航行时间、最短航程、最安全航线等）；

3.1.1.4 信息显示，一般应包含船舶当前航线、沿航线的气象预报、气象预警、航线优化建议等信息。

#### 3.1.2 船载终端的工作条件

3.1.2.1 船载终端应能在中国船级社《钢质海船入级规范》第4篇第1章规定的船舶运行环境下可靠工作，防爆性能和防护等级符合安装环境的要求。

### 第2节 船载终端的组成与功能

#### 3.2.1 船载终端的组成和形式

3.2.1.1 远洋船舶气象导航服务系统船载终端主要包括船载气象站、传感器、数据采集器、气象导航软件、存储器、显控终端和/或必要的辅助设备（防辐射罩、支架和安装附件等）等。

3.2.1.2 船载终端的形式包含独立式和嵌入式，独立式是指在硬件和软件上与船上设备独立设置；嵌入式是指在现有船载设备的基础上嵌入气象导航软件并实现气象导航功能，如结合船上电子海图显示和信息系统（ECDIS）、综合导航系统（INS）等。

#### 3.2.2 船载终端组件的功能

3.2.2.1 船载气象站用于采集船舶当前环境的气象信息。包括必备的采集功能（气温、气压、视风速、相对风向）和可选的采集功能（波浪（有效波高、周期）、涌（涌高、涌向、周期）、海流（流速、流向）、能见度、降水量、水体表层温度、水体表层盐度、相对湿度等。）

3.2.2.2 传感器用于采集气压、气温、相对湿度、风向、风速、降水量、能见度、水体表层温度或水体表层盐度等气象信息。宜采用智能传感器，智能传感器应具有采样、算法和数据质量控制、数据存储和传输、状态信息检测以及自标定和远程控制等功能。

3.2.2.3 数据采集器通过连接监测设备，采集船位、船舶姿态、航速、航向等监测数

据。

3.2.2.4 气象导航软件包含采集功能软件和业务功能软件。采集功能软件在人机界面上由船员手动输入测量/观测数据，业务功能指软件显示操作界面上显示气象信息、航线和预警信息等。

3.2.2.5 显控终端主要为船员提供人机交互界面和显示实时航行状态、航线气象预报、航线预警、航线优化建议等信息。该功能可通过安装于船舶自有计算机的气象导航软件实现。

### 第 3 节 通用技术要求

#### 3.3.1 材料

3.3.1.1 应阻燃、耐潮和防海水/盐雾腐蚀，应不含石棉。

3.3.1.2 金属部件应优先选用铜、不锈钢等耐腐蚀材料，如无法实施应涂镀可靠的防护层。

3.3.1.3 非金属材料应选用耐海洋气候的材料。

3.3.1.4 电缆应持有船级社工厂认可证书。

#### 3.3.2 安装

3.3.2.1 相关设备的安装应符合船用电气设备的要求，应可靠接地且应防止造成机械损伤。

#### 3.3.3 传感器

3.3.3.1 传感器应能长期稳定地工作。其量程及频率特性（如适用）应与被测参数的预计最大变化范围及变化速率相适应，并具有适当的精度和灵敏度。

3.3.3.2 安装在船体外部水下部分的传感器或其部件应采用耐海水腐蚀的材料，且应采取防止海生物侵蚀的措施。

3.3.3.3 传感器应尽可能避免船体及相关设施对其采集气象要素的影响。

#### 3.3.4 采集器

3.3.4.1 数据接口应满足 IEC61162 系列船舶航行设备通用通信协议标准，以实现和船舶航行设备的通信。

3.3.4.2 采集频次应满足系统整体运行的需求。

#### 3.3.5 电源

3.3.5.1 船载终端的电源应包含主电源和备用电源，当主电源失电后，应能自动切换到备用电源；备用电源应至少能持续供电 30min。

#### 3.3.6 船载气象站

3.3.6.1 表面涂层应均匀、无脱落，结构件应无机械损伤，表面无裂痕。

3.3.6.2 各零部件安装应正确，牢固可靠，操作部分不应有迟滞、卡死、松脱现象。

3.3.6.3 应采取防盐雾处理措施。

3.3.6.4 应采取防振动和摇晃的措施。

3.3.6.5 应安装于主桅、前桅、最高舱室的顶部或顶部甲板等位置，确保 360°范围内无遮挡。

3.3.6.6 船载气象站按工作范围分为 A 级、B 级、C 级三个级别，每个级别按气象要素采集性能又分为 1 级、2 级两个级别，各别对应的工作环境温度范围和气象要素采集性能见表 3.3.6.6。

船载气象站分级表

表 3.3.6.6

| 级别代号 | 工作环境温度    | 要素             |
|------|-----------|----------------|
| A1   | -50℃~+70℃ | 见表 3.4.1.2 (1) |
| A2   | -50℃~+70℃ | 见表 3.4.1.2 (2) |
| B1   | -25℃~+50℃ | 见表 3.4.1.2 (1) |
| B2   | -25℃~+50℃ | 见表 3.4.1.2 (2) |
| C1   | +5℃~+40℃  | 见表 3.4.1.2 (1) |
| C2   | +5℃~+40℃  | 见表 3.4.1.2 (2) |

### 3.3.7 软件

3.3.7.1 船载终端所涉及的软件应能够满足中国船级社《钢质海船入级规范》第 7 篇第 2 章第 6 节中关于 I 类计算机系统的要求。

### 3.3.8 数据存储和传输

3.3.8.1 应可存储最近不少于 180 天或不小于 100G 的观测数据和状态信息，以及相应的时间和位置信息，见 QX/T 521-2019 附录 C。

3.3.8.2 应具有有线或无线数据通信链路，用来传输观测数据和状态信息，以及相应的时间和位置信息。

3.3.8.3 根据船载气象站通信接口的类型，采用相应的通信电缆、通信设备，建立船载气象站与计算机的数据链路。计算机上运行通用的通信工具软件（如超级终端）并配置相应参数，以实现如下功能：

- (1) 定期向计算机主动传输的采样值和状态等信息；
- (2) 接收计算机发出的终端操作命令后，作出反馈并展示供查看。

### 3.3.9 显控终端

3.3.9.1 显控终端应能实时显示观测数据和状态信息以及相应的时间和位置信息。该设备的信息显示应符合 IEC 62288 的要求。

### 3.3.10 环境适应性

3.3.10.1 船载终端的船舶环境适应性应符合 IEC 60945 的相关要求。

3.3.11 计算依据

- 3.3.11.1 真风的算法应依据 QX/T 521-2019 附录 B 进行。
- 3.3.11.2 海平面气压的算法应依据 GB/T 35225-2017 第 6 章。
- 3.3.11.3 水汽压的算法应依据 GB/T 35226-2017 附录 A 第 2.2 条。
- 3.3.11.4 露点温度的算法应依据 GB/T 35226-2017 附录 A 第 A.4 条。

第 4 节 船载终端组件的性能要求

3.4.1 船载气象站

- 3.4.1.1 算法和数据质量控制应符合 GB/T 33703-2017 的 5.4.2 和 5.4.3 要求。
- 3.4.1.2 船载气象站的采集/测量性能级别 1 和级别 2 应分别符合表 3.4.1.2(1) 和表 3.4.1.2(2) 的要求。

采集/测量性能级别 1 的气象要素采集/测量性能 表 3.4.1.2(1)

| 气象要素   | 测量范围                | 最大允许误差                                                                              | 分辨率    |
|--------|---------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|--------|
| 视风速    | 0~75m/s             | $\pm(0.5\text{m/s}+0.03V)$<br>(起动风速: $\leq 1\text{m/s}$ )                           | 0.1m/s |
| 真风速    | 停航时 0~75m/s         | $\pm(0.5\text{m/s}+0.1V)$                                                           | 0.1m/s |
| 相对风向   | 0~360°              | $\pm 3^\circ$ (起动风速: $\leq 1\text{m/s}$ )                                           | 1°     |
| 真风向    | 0~360°              | $\pm 10^\circ$                                                                      | 1°     |
| 气温     | 按选定的工作环境温度范围级别 (°C) | $\pm 0.2^\circ\text{C}$                                                             | 0.1°C  |
| 相对湿度   | 0%~100%             | $\pm 3\%$ ( $\leq 80\%$ )<br>$\pm 5\%$ ( $> 80\%$ )                                 | 1%     |
| 气压     | 800~1100hPa         | 0.3hPa                                                                              | 0.1hPa |
| 降水量    | 雨强 0~4mm/min        | $\pm 0.5\text{mm}$ ( $\leq 10$ )<br>$\pm 5\text{mm}$ ( $> 10\text{mm}$ )            | 0.1mm  |
| 能见度    | 10~20000m           | $\pm 10\text{m}$ ( $\leq 1500\text{km}$ )<br>$\pm 20\text{m}$ ( $> 1500\text{km}$ ) | 1m     |
| 水体表层温度 | -5°C~40°C           | $\pm 0.2^\circ\text{C}$                                                             | 0.1°C  |
| 水体表层盐度 | 0.2%~4%             | $\pm 0.005\%$                                                                       | 0.001% |

注：视风速最大允许误差表示式中的 V 为视风速实际值；真风速最大允许误差表示式中的 V 为真风速实际值。

采集/测量性能级别 2 的气象要素采集/测量性能 表 3.4.1.2(2)

| 气象要素 | 测量范围         | 最大允许误差                                                      | 分辨率    |
|------|--------------|-------------------------------------------------------------|--------|
| 视风速  | 0~60m/s      | $\pm (0.5\text{m/s}+0.1V)$<br>(起动风速: $\leq 1.5\text{m/s}$ ) | 0.1m/s |
| 真风速  | 停航时: 0~60m/s | $\pm (0.5\text{m/s}+0.2V)$                                  | 0.1m/s |

|                                                        |                     |                                |        |
|--------------------------------------------------------|---------------------|--------------------------------|--------|
| 相对风向                                                   | 0~360°              | ±5° (起动风速: ≤ 1.5m/s)           | 1°     |
| 真风向                                                    | 0~360°              | ±15°                           | 1°     |
| 气温                                                     | 按选定的工作环境温度范围级别 (°C) | ±0.5°C                         | 0.1°C  |
| 相对湿度                                                   | 15%~95%             | ±8%                            | 1%     |
| 气压                                                     | 800~1060hPa         | ±0.5hPa                        | 0.1hPa |
| 降水量                                                    | 雨强 0~4mm/min        | ±1mm (≤10)<br>±10mm (>10mm)    | 0.1mm  |
| 能见度                                                    | 10~20000m           | ±10 (≤1500km)<br>±20 (>1500km) | 1m     |
| 水体表层温度                                                 | -5°C~40°C           | ±0.5°C                         | 0.1°C  |
| 水体表层盐度                                                 | 0.2%~4%             | ±0.01%                         | 0.001% |
| 注: 视风速最大允许误差表示式中的 V 为视风速实际值; 真风速最大允许误差表示式中的 V 为真风速实际值。 |                     |                                |        |

3.4.1.4 船载气象站对运动状态参数的采集和测量性能要求见表 3.4.1.3。

运动状态参数采集和测量性能要求 表 3.4.1.3

| 运动状态参量                                                                                                                    | 测量范围    | 分辨率 | 最大允许误差                                    |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|-----|-------------------------------------------|
| 艏向 (°)                                                                                                                    | 0~360   | 0.1 | ±1.5                                      |
| 航向 (°)                                                                                                                    | 0~360   | 0.1 | ±3 (0.5m/s < Vs < 9m/s)<br>±1 (Vs ≥ 9m/s) |
| 航速 (m/s)                                                                                                                  | 0~30    | 0.1 | ±0.2m/s (RMS)                             |
| 横倾角 (°) (可选)                                                                                                              | -30~+30 | 0.1 | ±2                                        |
| 纵倾角 (°) (可选)                                                                                                              | -30~+30 | 0.1 | ±2                                        |
| 注 1: 最大允许误差式中的 Vs 为航速。<br>注 2: 左右舷具有吃水差的漂态称为横倾, 船舶正浮时水线面与横倾时水线面之间的夹角为横倾角。船舶实际水线纵向不平行于基线时的浮态称纵倾, 船舶正浮时水线面与纵倾时水线面之间的夹角为纵倾角。 |         |     |                                           |

3.4.1.5 船载气象站对气象要素的采集和测量频次要求见表 3.4.1.4。

气象要素采集和测量频次 表 3.4.1.4

| 气象要素 | 采样频次 (/min) |
|------|-------------|
| 气温   | 30          |
| 相对湿度 | 30          |
| 气压   | 30          |
| 视风速  | 240         |

|        |    |
|--------|----|
| 相对风向   | 60 |
| 降水量    | 1  |
| 能见度    | 4  |
| 水体表层温度 | 30 |
| 水体表层盐度 | 30 |

### 3.4.2 数据采集器

3.4.2.1 数据接口应满足 IEC 61162 系列船舶通导设备通用的通信协议标准，以实现和船舶航行设备的通信。

3.4.2.2 设备的采集频次应满足系统整体运行的需求。

### 3.4.3 显控终端

3.4.3.1 应实现全球海洋气象要素可视化。要素一般包括：有效波高、平均浪向、平均浪周期、风浪高、风浪向、风浪周期、涌浪高、涌浪向、涌浪周期、流向、流速、真风速（10 米风）、真风向（10 米风）、台风（路径、7 级风圈半径、强度）、阵风、温带气旋、寒潮等。根据需求，还可显示海平面气压、气温、能见度、海表温度、湿度、露点温度、降水量、海雾信息、高低压信息、冰情预报信息等。

3.4.3.2 航线相关技术要求：

- (1) 航线设计（含编辑、修改）；
- (2) 航线导入/导出；
- (3) 航线推送；
- (4) 航线预报可视化；
- (5) 所编辑航线格式应符合船上电子海图显示与信息系统（ECDIS）的要求。

3.4.3.3 数据获取相关技术要求：

- (1) 区域设置（含固定区域和随船移动区域）；
- (2) 可选时间和空间分辨率；
- (3) 可选预报时效；
- (4) 可选预报频次；
- (5) 可选预报时长；
- (6) 数据获取请求/推送。

3.4.3.4 航行信息显示，应可将数据采集器收集的船舶航行状态信息向船员展示。

3.4.3.5 用户信息设置和操作的技术要求：

- (1) 船舶静态信息设置（船名、IMO No.、MMSI、船型、主尺度、船上使用的定位天线的位置）；
- (2) 设置船舶电子邮箱、电话（可选）；
- (3) 软件更新；
- (4) 时间轴选择；

(5) 图例、测距、地图放大缩小、界面操作；

(6) 输入人工观测的气象数据。

#### 3.4.3.6 附加功能

(1) 预警阈值修改功能。船载终端应具备自定义设置海洋气象和水文条件报警阈值的功能，允许用户根据具体航行需求和安全要求，设定相应的报警阈值。当实时监测数据或航线气象预报数据超过设定的阈值时，系统应及时发出预警信息，提醒船员采取相应的安全措施。

(2) 危险状态预警功能。船载终端应根据 IMO MSC.1/Circ.1228 《经修订的船长在恶劣气候条件和海况下避免险情导则》，为船舶提供以下危险航行状态预警：

① 骑浪风险<sup>2</sup>：是指船舶在随浪航行时，因被波浪捕获而以波速前进所产生的一系列危险状况。

② 连续高浪风险：船舶在一个周期内连续遭受高波浪冲击，这可能导致船体剧烈摇摆、纵倾或横倾，进而危及船舶的稳定性或结构安全。

③ 参数横摇/谐摇风险：波浪的遇浪周期与船舶的自然横摇周期相等或接近时发生共振，导致横摇幅度迅速增大。

(3) 能效管理功能。如远洋船舶气象导航服务系统具有船舶能效管理功能，则应满足中国船级社《船舶智能能效管理检验指南》第 2 章能效数据采集要求。

3.4.3.7 对于依靠船载终端实现气象导航服务的方式，船端的气象导航软件须实现本指南第 2 章关于初始航线规划、航线气象预报、船位推算、航线风险预警、在途航线优化、航次分析、船舶能效辅助提升（可选）技术要求。此外，显控终端的计算机硬件应与气象导航软件所需算力相匹配，以保障气象导航服务的及时性和可靠性。

#### 3.4.3.8 可选软件功能

(1) 降水量预报；

(2) 海雾预报；

(3) 高低压预报；

(4) 港口海洋气象预报；

(5) 冰情预报（含冰、浮冰）；

(6) 能耗数据收集和推送；

(7) 海上重大事件报告（海盗、溢油、碰撞等）。

#### 3.4.3.9 性能要求

(1) 系统加载时间。

定义：从软件启动至系统界面完全可操作的时间，具体要求：

标准： ≤ 10s。

优秀： ≤ 5s。

注 2：骑浪风险产生的原因和影响：船舶在随浪航行时，船艏处于波谷的同时船艉处于波峰，会使船舶产生被加速的情况，进而导致船舶骑浪。对船舶稳性造成影响，易造成船舶倾覆。

合格：  $\leq 15\text{s}$ 。

测试方法：通过计时软件启动和界面加载过程的时间，记录首次使用时的启动速度。

(2) 软件响应时间。

定义：用户开始操作后，系统响应并开始处理的时间，具体要求：

标准：  $\leq 2\text{s}$ 。

优秀：  $\leq 1\text{s}$ 。

合格：  $\leq 3\text{s}$ 。

测试方法：模拟典型用户操作（如航线交互、气象数据加载等），记录从操作开始到系统反馈的时间。

## 第4章 远洋船舶气象导航服务系统的评估

### 第1节 概述

#### 4.1.1 评估申请

4.1.1.1 远洋船舶气象导航服务系统（以下简称“气导服务系统”）的运营机构，可以向中国船级社申请对其气导服务系统进行评估，以验证该系统对于本指南相关条款的符合性。

#### 4.1.2 船载终端型式认可

4.1.2.1 如果申请方的气导服务系统包含船载终端，则该船载终端需获得中国船级社的型式认可证书。船载终端型式认可的相关具体内容请见本指南第5章。

### 第2节 需要提交的文档资料

#### 4.2.1 应提交的资料

4.2.1.1 申请方应向中国船级社提交以下资料，用于开展评估前的技术状态确认：

- (1) 机构营业执照；
- (2) 机构情况简介，应包含企业经营范围及历史，气象导航服务的主要业绩等；
- (3) 远洋船舶气象导航服务的主要技术和管理人员清单，应注明人员的专业、职务、工作年限等信息，其中技术服务团队应包含1名具有5年以上船舶驾驶经验的船长、1名具有3年以上海洋气象预报工作经验的技术人员；
- (4) 远洋船舶气象导航服务所需的气象数据的来源说明；
- (5) 机构的气导服务系统技术说明，应包含以下信息：
  - ① 气导服务系统运行的拓扑图，概述气导服务系统岸基和船舶的信息交互方式（如邮件、微信等）、信息交互的主要内容、是否包含专用船载终端（定义见本指南1.2.2.4）等；
  - ② 气象导航服务可覆盖的海域范围；
  - ③ 气象导航服务流程图，应标注出服务各节点由人工完成还是由计算机自动完成；
  - ④ 机构针对本指南第2章的技术要求的自评估情况说明。
  - ⑤ 评估团队认为需要的辅助验证资料（如适用）。

### 第3节 基础模型的评估

#### 4.3.1 基础模型的评估范围

4.3.1.1 气导服务系统的基础模型是其提供良好服务的算法基础，包含：失速模型、风险模型，如申请评估的系统具备船舶能效辅助提升的功能，则还应包含能效模型。评估气象导航系统，应首先对其基础模型进行评估。

#### 4.3.2 基础模型的评估方法

4.3.2.1 应依据本指南附录 2，对船位推算精度进行验证，用于对失速模型进行评估；

4.3.2.2 应依据本指南附录 3，对气导服务系统的风险模型进行评估；

4.3.2.3 如适用，应依据本指南附录 4，对气导服务系统的能效模型进行评估。

### 第 4 节 通用技术要求的符合性评估

#### 4.4.1 气象导航辅助信息的获取

##### 4.4.1.1 评估方法

(1) 审查申请方提供的文档资料，例如合同、技术说明等，确认本指南 2.1.2.1 和 2.1.2.2 中要求的辅助信息的来源、获取方式等信息；

(2) 见证申请方对气导服务系统进行必要的操作展示；

(3) 通过材料审查和逻辑分析确认。

##### 4.4.1.2 结果要求

(1) 被评估的气导服务系统应能获取本指南 2.1.2.1 和 2.1.2.2 中的辅助信息；

(2) 被评估的气导服务系统应可更新本指南 2.1.2.1 和 2.1.2.2 中的辅助信息。

#### 4.4.2 海洋气象信息的获取

##### 4.4.2.1 评估方法

(1) 审查申请方提供的文档资料，例如合同、技术说明等，确认本指南 2.1.2.3 和 2.1.2.4 中要求的海洋气象信息的来源、获取方式等信息；

(2) 申请方对气导服务系统进行必要的操作展示；

(3) 通过材料审查和逻辑分析确认。

##### 4.4.2.2 结果要求

(1) 被评估的气导服务系统应能获取本指南 2.1.2.3 和 2.1.2.4 中的海洋气象预报源信息，并维持更新，更新频次应不少于 2 次/天；

(2) 源信息的空间分辨率应优于  $0.25^{\circ} \times 0.25^{\circ}$ ；

(3) 源信息的时间分辨率应优于逐 6h；

(4) 源信息的覆盖时长应至少超过未来 10 天；

(5) 如果气导服务系统自身具备海洋气象预报的能力，系统会参照权威气象预报机构发布的预报信息后再向船舶推送气象预报信息。

#### 4.4.3 被服务船舶的参数的获取与录入

##### 4.4.3.1 评估方法

(1) 审查申请方提供的文档资料，例如服务协议、系统技术说明、船舶模型构建技术文档等，确认本指南 2.1.2.5 中要求的船舶参数的来源、获取方式等信息；

(2) 实际录入两艘船舶参数，进行船舶参数录入和修改操作，或选取气导服务系统正在

服务的两艘船舶，查看其船舶参数信息；

(3) 通过材料审查和逻辑分析确认。

#### 4.4.3.2 结果要求

(1) 被评估的气导服务系统应能通过可信来源获取本指南 2.1.2.5 中的船舶参数信息；

(2) 船舶参数信息可根据实际情况进行更新。

#### 4.4.4 气导服务系统与船舶的信息交互

##### 4.4.4.1 评估方法

(1) 审查申请方提供的文档资料，例如服务协议、系统技术说明等，确认气导服务系统和所服务的船舶进行信息交互的方式；

(2) 抽取部分服务案例，审查实际运行的气导服务系统与所服务船舶的通信记录，确认气导服务系统和所服务船舶的信息交换内容；

(3) 通过上述文档和实际案例档案的审查，确认所服务船舶的船长有途径向气导服务系统提出即时需求，且气导服务系统可以给出必要的正确响应；

(4) 通过上述文档和实际服务案例档案的审查，确认气导服务系统能否连续获取船舶的实际位置、航速和航向，以及获取频次。

##### 4.4.4.2 结果要求

(1) 气导服务系统应与船舶建立有效的通信渠道；

(2) 通信渠道应能至少保证船舶可以向气导服务系统反馈船位、航速和航向，且信息更新频次应优于 1 次/小时；

(3) 通信渠道可实现船舶向气导服务系统反馈当前船位的天气和海况信息；

(4) 船长应可以通过通信渠道向气导服务系统反馈需求，如倾向的航线、天气咨询、航线建议等，气导服务系统应能做出必要的响应。

#### 4.4.5 船长决策权的保障

##### 4.4.5.1 评估方法

(1) 审查申请方提供的文档资料，例如服务协议、系统技术说明等；

(2) 确认气导服务系统对于船长的最终决策权的相关信息提示。

##### 4.4.5.2 结果要求

(1) 气导服务系统的服务协议中，应明确提示船长具有航行的最终决策权，气导服务系统推送的信息仅作为船舶航行的参考。

## 第 5 节 初始航线规划的符合性评估

### 4.5.1 评估方法

4.5.1.1 审查申请方提供的文档资料，例如服务协议、系统技术说明等，检查气导服务系统提供的初始航行规划的信息内容，规划时需参考的信息。

4.5.1.2 抽取至少 5 个历史实际服务案例，审查实际运行的气导服务系统输出的初始航

线规划信息。

4.5.1.3 进行 5 个艘次远洋船舶的初始航行规划（5 个艘次应至少覆盖散货船、集装箱船两种船型），这 5 个艘次的起始港不应相同，规划完成后进行航线检查。

#### 4.5.2 结果要求

4.5.2.1 规划的航线，应满足本指南 2.2.1.1、2.2.1.3、2.2.1.6 的要求。

4.5.2.2 气导服务系统输出的规划航线信息内容，应满足本指南 2.2.1.2、2.2.1.4 的要求。

4.5.2.3 初始规划的航线覆盖的时长应满足本指南 2.2.1.5 的要求。

4.5.2.4 初始航线规划的时效性应满足本指南 2.2.1.7 的要求。

### 第 6 节 航线气象预报的符合性评估

#### 4.6.1 评估方法

4.6.1.1 审查申请方提供的文档资料，例如系统技术说明、合同等，检查气导服务系统获取的海洋气象信息包含的要素，并检查气导服务系统向服务的船舶推送的信息内容。

4.6.1.2 对气导服务系统进行操作，检查系统可实际使用的海洋气象要素。

4.6.1.3 获取气导服务系统向服务的船舶播发的预报信息，检查预报信息包含的海洋气象要素、空间分辨率、时间分辨率、覆盖时长。

4.6.1.4 审查气导服务系统的技术文档，并对气导服务系统进行实际操作检查，确认气导服务系统向服务的船舶推送海洋气象预报信息的频次。

4.6.1.5 抽取实际至少 5 个服务中的航次，检查气导服务系统向服务的船舶推送的信息内容。

#### 4.6.2 结果要求

4.6.2.1 气导服务系统应能向服务船舶推送沿航线的未来的海洋气象预报。

4.6.2.2 航线气象预报应至少包含本指南 2.2.2.1 所要求的海洋气象要素。

4.6.2.3 气象预报信息的空间分辨率、时间分辨率、覆盖时长应满足本指南 2.2.2.2、2.2.2.3、2.2.2.4 的要求。

4.6.2.4 气导服务系统向服务的船舶推送气象预报信息的频次应满足本指南 2.2.2.5 的要求。

4.6.2.5 预报信息中应标明预报数据来源，可标明天气模式变化的可能性。

### 第 7 节 沿航线船位推算的符合性评估

#### 4.7.1 评估方法

4.7.1.1 船位推算的符合性评估，依据本指南附录 2 执行。

## 第 8 节 航线风险预警的符合性评估

### 4.8.1 评估方法

4.8.1.1 审查申请方提供的文档资料，例如系统技术说明、服务协议等，检查气导服务系统可以为服务的船舶提供的风险预警内容和预警覆盖的时长。

4.8.1.2 抽取至少 5 个历史实际航次，检查气导服务系统向服务的船舶推送的风险预警信息。

4.8.1.3 抽取至少 5 个服务中的航次，检查气导服务系统向服务的船舶推送的风险预警信息。

4.8.1.4 变更步骤 4.8.1.3 中设定的风险阈值，检查推送的风险预警信息。

### 4.8.2 结果要求

4.8.2.1 航线风险预警信息应至少包含本指南 2.2.4.1、2.2.4.2、2.2.4.3 所要求的内容。

4.8.2.2 航线风险预警应沿船舶航线进行运算，对船舶沿航线未来一段时间的危险进行预警。

4.8.2.3 航线风险预警的时长应至少覆盖未来 3 天以上。

4.8.2.4 航行风险预警的阈值应可以设置，可以根据船长的要求进行调整。

4.8.2.5 预警阈值调整后，风险预警信息应可以发生对应的变更。

4.8.2.6 如适用，气导服务系统可以对未来航线上的各航段存在的各类风险进行综合汇总分析，形成量化的风险等级，并提供给服务的船舶作为参考。

4.8.2.7 气导服务系统在推送航线风险预警的同时，还应推送必要的航线优化建议，航线优化的评估见本章第 9 节。

## 第 9 节 在途航线优化的符合性评估

### 4.9.1 评估方法

4.9.1.1 审查申请方提供的文档资料，如系统技术说明、服务协议等，检查气导服务系统向船舶推送的在途航线优化的信息内容。

4.9.1.2 抽取实际至少 5 个历史航次，检查气导服务系统向服务的船舶推送的在途航线优化信息。

4.9.1.2 抽取至少 5 个服务中的航次，修改船舶需求，触发气导服务系统的在途航行优化功能，检查气导服务系统发给船舶的信息，和航线优化服务耗费的时长。

### 4.9.2 结果要求

4.9.2.1 在途航线优化建议的内容，应符合本指南 2.2.5.3 的要求。

4.9.2.2 在途航线优化建议的航线，应符合本指南 2.2.5.4、2.2.5.5、2.2.5.6、2.2.5.7、2.2.5.8 的要求。

4.9.2.3 抽查的服务中的实际航次，从触发航线优化条件，到系统完成航线优化建议推送，耗时不应超过 3h。

## 第 10 节 航次分析的符合性评估

### 4.10.1 评估方法

4.10.1.1 审查申请方提供的文档资料，例如系统技术说明、服务协议等，检查气导服务系统可以为船舶提供的航次分析的类型和报告格式。

4.10.1.2 抽取至少 5 个历史实际航次，检查气导服务系统生成航次分析报告。

### 4.10.2 结果要求

4.10.2.1 气导服务系统应至少能生成符合本指南 2.2.6.2 和 2.2.6.3 要求的航次分析报告。

## 第 11 节 船舶能效辅助提升的符合性评估

### 4.11.1 评估方法

4.11.1.1 审查申请方提供的文档资料，例如系统技术说明、服务协议等，检查气导服务系统向船舶推送的能效辅助提升相关的信息内容，检查系统可记录的船舶遭遇冰况或威胁船舶安全的危险气象时的事件信息。

4.11.1.2 依据附录 4，对能效模型进行验证。

4.11.1.3 抽取至少 5 个具有能效辅助提升案例的历史实际航次，检查气导服务系统向船舶推送的能效辅助提升相关的信息内容。

### 4.11.2 结果要求

4.11.2.1 气导服务系统应能向船舶推送基于能效辅助提升目的的航线优化建议，内容包括航迹点、各航段的推荐航速、相对于优化前的能效提升比例等。

4.11.2.2 气导服务系统应可以基于航线和航速进行能效提升综合运算。

4.11.2.3 能效模型的验证应符合本指南附录 4 的要求。

4.11.2.4 抽查的案例中，气导服务系统推送的能效辅助提升的信息应包含航迹点、推荐航速、相对于优化前的能效提升比例。

4.11.2.5 气导服务系统的数据记录功能应满足本指南 2.2.7.2（5）的要求。

## 第 12 节 评估结论

### 4.12.1 评估报告

4.12.1.1 中国船级社依据本指南，对申请方的远洋船舶气象导航服务系统进行评估，并签发评估报告。

### 4.12.2 符合声明

4.12.2.1 经评估符合本指南相关要求后，我社可向该运营机构签发远程船舶气导服务系统的实船应用符合声明。

## 第5章 远洋船舶气象导航系统船载终端的认可与检验

### 第1节 图纸资料审查

#### 5.1.1 图纸资料审查

5.1.1.1 远洋船舶气象导航船载终端的以下图纸资料应经中国船级社审查：

- (1) 产品技术条件；
- (2) 系统总图，应标明系统供电，主要单元/模块的内部连接及与其他系统的接口；
- (3) 主要组成设备的外形尺寸图和装配图；
- (4) 面板布置图；
- (5) 系统功能原理图；
- (6) 电气原理图；
- (7) 外部接线图；
- (8) 产品说明书；
- (9) 铭牌图；
- (10) 主要元器件清单。

### 第2节 型式试验

#### 5.2.1 型式试验

5.2.1.1 远洋船舶气象导航服务系统船载终端申请中国船级社型式认可时，则应按下列要求进行型式试验。

##### (1) 样品选取

- ① 试验样品的型号、规格应具有技术代表性，且能覆盖申请型式认可的产品范围；
- ② 对于产品结构相同、电气设计相同的产品，可选取能代表拟认可产品软件、硬件全部功能的型号进行型式试验；
- ③ 试验样品数量可取一台，试验样品应由本社验船师在产品制造厂现场抽取；
- ④ 对于装置主要部件来自不同的制造方，可考虑按照上述原则，分别抽取样品进行认可试验。

(2) 船载终端的型式试验大纲，应经验船师审批。

(3) 船载终端的型式试验的方法包括：

- ① 通过目视和手工检查的方法，对船载终端的设备外观、标识、完整性、接地、安全防护措施等进行检验；
- ② 按照 IEC 60945 的要求确定试验项目和具体试验参数，进行船舶环境适应性试验；
- ③ 根据产品的类别，依据本指南第3章的适用条款进行功能性能试验验证。

### 第3节 认可后的单件/单批检验

#### 5.3.1 产品检验

5.3.1.1 经型式认可的船载终端，如单批次产品需获取船用产品证书，则应向中国船级社申请单件/单批的产品检验。

#### 5.3.2 组批和抽样

5.3.2.1 制造厂应对该批次产品进行逐套检验。验船师在此基础上进行抽样检验，抽样比例不低于5%，不少于2台（如申请检验数量超过1台）。

#### 5.3.3 检验项目

5.3.3.1 进行单件/单批检验，验船师需要见证的试验项目至少包含：

- (1) 外观、标识、软件版本号及完整性检查，确认产品与认可状态一致，没有未经批准的修改；
- (2) 绝缘电阻测量，如适用，试验方法可参考中国船级社《电气电子产品型式认可试验指南》；
- (3) 功能试验，应根据产品类别，满足本指南第3章适用条款的要求。

## 附录 1 海洋气象环境风险等级划分（推荐参考）

远洋船舶气象导航中，对于气象环境风险的判断，可以参考下表信息。不同船舶状况可能导致最终风险判定有所不同。

| 气象因素                 | 风险程度            |                    |                     |                   |                   |
|----------------------|-----------------|--------------------|---------------------|-------------------|-------------------|
|                      | 轻微风险            | 较低风险               | 一般风险                | 较高风险              | 高风险               |
| 年均影响船舶航行的低能见天数占比（%）  | <5%             | 5%~10%             | 10%~15%             | 15%~20%           | >20%              |
| 计划航线中发展出强对流情况的可能性（%） | <1              | 1~3                | 3~5                 | 5~10              | >10               |
| 风速（m/s）              | <5.4<br>(3级及以下) | 5.5~10.7<br>(4,5级) | 10.8~17.1<br>(6,7级) | 17.2~20.7<br>(8级) | >20.7<br>(9级及以上)  |
| 风向与船艏向的夹角（°）         | -18~18          | 18~36;<br>-18~-36  | 36~54;<br>-36~-54   | 54~72;<br>-54~-72 | 72~90;<br>-72~-90 |
| 海域 6 级以上大风天数（d）      | ≤20             | 21~40              | 41~60               | 61~80             | >80               |
| 能见度（n mile）          | >10             | 7~10               | 4~7                 | 1~3               | <1                |
| 有效浪高（m）              | <0.1            | 0.1~1.25           | 1.25~4              | 4~9               | >9                |
| 最大浪高（m）              | <0.1            | 0.1~1.25           | 1.25~4              | 4~9               | >9                |
| 风浪波高（m）              | <0.1            | 0.1~1.25           | 1.25~4              | 4~9               | >9                |
| 涌浪波高（m）              | <0.1            | 0.1~1.25           | 1.25~4              | 4~9               | >9                |
| 平均波浪方向与船艏向夹角（°）      | -18~18          | 18~36;<br>-18~-36  | 36~54;<br>-36~-54   | 54~72;<br>-54~-72 | 72~90;<br>-72~-90 |

## 附录 2 沿航线船位推算精度/失速模型的验证

气象导航服务系统的失速模型通过分析风、浪等环境因素对船舶推进效率的影响，以确定船舶的实际航速从而推算船舶沿航线航行时在未来某个时间点的船舶位置。远洋船舶气象导航服务系统的失速模型通过船位推算的精度来验证。

### 1 船舶失速模型的技术要求

1.1 船舶失速模型的构建：应充分考虑船型、主机参数等关系到船舶运动特性的船舶参数，考虑到沿航线的海洋气象要素。

1.2 船舶失速模型应能输出船舶沿航线航行时在未来某一时间点的预估船位。

1.3 远洋船舶气象导航服务系统的失速模型的性能可以通过沿航线船位推算的精度来验证。

### 2 沿航线船位推算精度/失速模型的验证

2.1 应选取至少 10 艘次远洋船舶，覆盖至少 3 类不同船型（散货船、油船、集装箱船或普通干货船）。

2.2 应选取船舶处于持续跨洋航行的时段，保证船舶可以按计划航线航行 72h 以上，同时尽量避免船舶航行受其它非气象因素影响。同时为保证验证的充分性，建议选择多个场景（不同海域、不同海洋气象条件）下进行验证。

#### 2.3. 验证方法

##### 2.3.1 验证步骤如下：

(1) 选取处于气象导航服务中的远洋船舶，进行船位推算，推算出其 24h、48h、72h 后的船舶位置，应记录推算时间点（作为初始时间）和推算出的船位结果；

(2) 船舶航行期间，气象导航服务系统应周期性获取船舶实时船位并记录，该过程持续 72h 以上；

(3) 将记录的距离初始时间 24h/48h/72h（考虑到船位采集的非连续性，允许有  $\pm 0.5h$  以内的误差）的实际船位和步骤（2）记录的推算船位进行比对计算，得出推算船位与实际船位沿预设航线的距离差，计算采用恒向线方法，并记录结果；

(4) 完成全部测试船的验证后，每组 24h/48h/72h 结果，应分别计算均方根值（RMS）作为最终实际精度。

#### 2.4 结果要求

2.4.1 最终实际精度不应超过本指南 2.2.3.2 和 2.2.3.3（如适用）的要求。

## 附录 3 船舶风险模型的验证

气象导航服务系统的船舶风险模型通过分析气象、海洋环境、船舶特性及航行任务等因素，以识别船舶航线未来一段时间内潜在的安全风险，从而评估未来航线的安全性，为船舶规划调整航线提供辅助信息。

### 1 船舶风险模型技术要求

1.1. 模型构建：船舶风险模型应充分考虑船舶参数、运行状态和航行需求，并基于航线气象预报所提供的多要素数据构建；必要时船舶风险模型还可考虑船舶实测的实时环境数据，增强模型对环境变化的响应能力与适应性，提高预警的准确性和实用性。

1.2 阈值设定及预警：船舶风险模型应根据船舶特性和航行需求预设影响船舶安全的各类风险的阈值，至少包括风速、浪高、海流、冰情、水深；当风险接近和超过预设阈值时，至少提前 72 小时预测并向船舶推送预警信息。

1.3 实时监控：船舶风险模型应可以对未来 7 天内的航线进行全程实时监控，当预测到的危险信息达到设定阈值时，及时推送给船舶。

1.4 预警内容：船舶风险模型发出的预警信息内容需确保完整性，至少包含风险类别、风险等级、与风险区距离、风险区域遭遇时长等信息。

1.5 风险等级：应结合指南附录 1 中海洋气象环境风险等级划分，建立一套符合船舶实际运行环境的风险分级标准，确保模型输出的风险等级具有较高的可信度。如根据风险程度，结合不同船舶特性，将风险划分为高风险（立即规避）、较高风险（建议规避）、一般风险（监控预警）、较低风险（可接受）、低风险（适宜）。

1.6 台风预警：针对台风（或热带气旋），船舶风险模型应能够分别设定船舶距离台风 7 级风圈、10 级风圈边缘的预警阈值；如果船舶沿计划航线航行，船舶与台风风圈边缘的距离将达到预设阈值时，船舶风险模型应能够提前 72 小时向船方推送危险预警信息。

1.7 谐摇预警：在风险阈值范围内，船舶风险模型应能够对发生横摇谐摇、纵摇谐摇等风险发出预警。可使用以下计算过程或等效措施：

1.7.1 计算船舶的固有横摇周期  $T_R$ ，并结合波浪预报数据，预测未来 48 小时航线的波浪遭遇周期  $T_E$ 。当  $T_R/T_E$  处于 0.7~1.3 区间时，船舶横摇幅值因共振效应而显著增大，会发生谐摇危险。船舶航行应使  $T_R/T_E$  避开谐摇区间，船舶风险模型应给出危险航向区间，并提供航向航速建议。

$$T_R = \frac{C \cdot B}{\sqrt{GM}}$$

$$T_E = \frac{\lambda}{v_w + v \cdot \cos \psi}$$

$T_R$ —船舶固有横摇周期（s）

$C$ —横摇周期系数，客船 0.75~0.85，货船 0.7~0.8

B—船宽 (m)

GM—初稳性高度 (m)

$T_E$ —波浪遭遇周期 (s)

$\lambda$ —波长 (m)

v —船速 (m/s)

$v_w$ —波速 (m/s)

$\psi$ —遭遇浪向角 ( $^\circ$ )

1.7.2 计算船舶固有纵摇周期和垂荡周期, 当  $T_P/T_E$  接近 1 时, 发生纵摇谐摇, 容易发生甲板上浪或拍底现象。当  $T_h/T_E$  接近 1 时, 发生垂荡谐摇, 垂荡振幅值最大。船舶风险模型应给出最佳航向范围, 避免谐摇发生。

$$T_P = C_P \cdot \sqrt{L}$$

$$T_h = 2.4\sqrt{\alpha}$$

$T_P$ —船舶固有纵摇周期 (s)

$T_h$ —船舶固有垂荡周期 (s)

$L$ —船长 (m)

$\alpha$ —船舶平均吃水 (m)

## 2 船舶风险模型的验证

### 2.1 基于历史气象信息的验证

2.1.1 本项验证, 受评估机构需具有存储的历史气象信息, 用于进行仿真测试。

2.1.2 仿真所使用的历史气象数据应具有风险代表性, 即包含大风、大浪等危险气象因素, 用于模拟创造出风险场景, 至少包含: 遭遇台风、风/浪数值超过预警阈值、骑浪风险或谐摇风险。

### 2.2 验证方法

2.2.1 选定 10 艘目标船作为服务对象, 所选的目标船应在船型、尺寸、抗风浪等级等方面进行差异化调配。

2.2.2 将其中 1 艘船舶的参数录入受试系统, 对其加载一条历史远洋航线, 同时加载该航线上的历史气象数据 (历史航线和历史气象数据的时间标尺应对齐)。

2.2.3 观察并记录受试系统输出的风险预警信息, 并与实际相关时间点的历史气象数据进行比对。

2.2.4 修改部分目标的船的风险预警阈值, 重复进行 2.2.2、2.2.3。

2.2.5 更换另一艘目标船, 重复步骤 2.2.2、2.2.3、2.2.4。

### 2.3 结果要求

2.3.1 受试模型可以对目标船未来航线上的风险进行识别, 并输出相应预警信息。

- 2.3.2 受试模型输出的预警信息和真实气象数据吻合，符合预先设定的阈值要求。
- 2.3.3 目标船的预警阈值调整后，受试模型输出的风险结果能进行对应的调整。
- 2.3.4 受试模型输出的风险结果在时效、内容上符合本附录 1 的要求。
- 2.3.5 变更目标船后，受试模型输出的风险结果可以进行针对性调整，且结果符合要求。

## 附录 4 船舶能效模型的验证

气象导航中的船舶能效模型的目标是识别影响船舶能效的外部因素，通过优化航线或航速，降低燃料消耗或碳排放，同时满足航行时间和安全约束。

### 1 船舶能效模型的技术要求

1.1 模型构建：船舶能效模型应充分考虑船舶参数、主机转速、主机推进效率、运行状态和航行需求，并基于本指南 2.2.2 的航线气象预报所提供的多要素数据构建。

1.2 建立准确的失速模型：失速模型是船舶能效模型运算性能的基础。船舶能效模型基于的失速模型应依据本指南附录 2 进行验证并符合本指南 2.2.3 的要求。

1.3 纳入主机能耗曲线：根据主机性能数据，主机转速和能耗之间的关系曲线应作为船舶能效模型的重要输入。该曲线主要从主机厂获取，也有经过大量主机运行数据分析后获取。

1.4 航段能耗计算：船舶能效模型，应可以计算船舶沿预设航线航行时的某一航段，在周围气象海况（风、浪、海流等）的影响下，船舶完成该航段需要的时间。进而根据主机能耗曲线，计算出船舶完成该航段将产生的能耗。

1.5 航线比对选择：在某一航段的起止点保持不变的情况下，沿不同线路航行产生的能耗进行比对，进而获取最省能耗的航线。

### 2. 船舶能效模型的验证

2.1 本项验证，受评估机构需具有存储的历史气象信息，用于进行仿真测试。历史气象数据中，应至少包含风浪、海流。包含的因素应可以对船舶航速产生明显影响。各类历史气象数据应可以单独加载至受试模型。

2.2 应依据本指南附录 2 对本受试船舶能效模型依据的失速模型进行精度验证，结果应至少符合本指南 2.2.3 的要求。

#### 2.3 仿真验证方法

2.3.1 审查申请方提交的技术资料，检查受试模型进行航段能耗计算的算法，是否纳入了周围海况环境因素（风浪或海流等）；

2.3.2 选定 10 艘目标船作为服务对象。所选的目标船应在船型、尺寸、主机性能等方面进行差异化调配；

2.3.3 将其中一艘船舶信息录入受试能效模型，明确船舶的起点和终点，加载一条航线，不加载气象预报数据，模拟平静水域场景，记录受试模型输出的目标船的航段预估能耗；

2.3.4 依次对受试模型加载单因素历史气象数据——风浪、海流，记录受试模型输出的目标船的航段预估能耗；

2.3.5 对受试模型加载多因素历史气象数据——风浪和海流，记录受试模型输出的目标船的航段预估能耗；

2.3.6 更换另一艘船舶，重复步骤 2.3.3、2.3.4、2.3.5。

## 2.4 仿真验证结果要求

2.4.1 受试模型可以正常输出该航段预估能耗；

2.4.2 不同气象因素影响下，受试模型可以针对性输出该航段预估能耗；

2.4.3 分析确认受试模型输出的航段预估能耗符合申请方提交的技术说明中的计算公式。

## 2.5 实船测试验证方法

2.5.1 应选取至少 10 艘次远洋船舶，覆盖至少 3 类不同船型（散货船、油船、集装箱船或普通干货船）。

2.5.2 为保证验证的充分性，建议选择在多个场景（不同海域、不同海洋气象条件）下进行验证。

2.5.3 选取正在航行中的航次，以实际和模型预估能耗进行比对，来验证受试能效模型的合理性；

2.5.4 由受试模型对目标船舶进行后续一段航程（48h 以上）的能耗计算（该航程的选取，应能保障船舶可以获取该时间段的能耗统计数据）；

2.5.5 船舶实际完成该航段航行后，记录该航段的燃料消耗数据；

2.5.6 根据 EEOI 计算公式输出 EEOI 值；

2.5.7 将预估的和记录的实际船舶能效营运指数值进行比对计算，评估受试能效模型的准确性。

$$A = 1 - \frac{|EEOI_1 - EEOI_2|}{EEOI_2}$$

A——能效模型进行能耗评估的准确性

EEOI<sub>1</sub>——受试模型预估的船舶能效营运指数；

EEOI<sub>2</sub>——船舶实际的船舶能效营运指数。

## 2.6 实船验证结果要求

2.6.1 受试模型的能效预估准确率应优于 92%。

## 附录 5 参考文献

国际海事组织环保会决议《MARPOL 公约附则 VI》及其修正案；

国际海事组织环保会决议 IMO MEPC.355(78) 《2022 年 CII 计算的修正系数和航次调整临时导则（CII 导则，G5）》；

国际海事组织环保会决议 IMO MEPC.346(78) 《2022 年船舶能效管理计划（SEEMP）制定导则》。