

中国船舶工业行业协会团体标准

T/CANSI 116—2023

海上特种作业船智能航行一般要求

General requirements for intelligent navigation of offshore support vessels



2023-12-01 发布

2023-12-01 实施

中国船舶工业行业协会 发布

目 次

前言	II
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
4 总体要求	2
4.1 智能航行系统结构	2
4.2 智能航行基本要求	4
5 态势感知	4
5.1 航行态势感知设备	4
5.2 运行监测系统	4
5.3 气象设备与预报系统	5
5.4 感知设备	5
5.5 通信设备	5
6 数据处理	5
6.1 数据存储	5
6.2 数据清洗	6
6.3 数据融合	6
7 航行决策	6
7.1 数据模型	6
7.2 机理模型	7
7.3 推理模型	7
7.4 航行决策模块	7
8 航行控制	8
8.1 控制权限	8
8.2 控制指令	8
8.3 监测报警	8
8.4 远程控制	9
8.5 自主航行	9
9 网络安全	9



前 言

本文件按照GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由中国船舶工业行业协会标准化分会提出。

本文件由中国船舶工业行业协会归口。

本文件起草单位：中海油田服务股份有限公司、红有软件股份有限公司。

本文件主要起草人：唐海波、王广河、赵晓冬、孙洪杰、张军、刘永杰、周天雄。



海上特种作业船智能航行一般要求

1 范围

本文件规定了海上特种作业船智能航行的总体要求、态势感知、数据处理、航行决策、航行控制、网络安全等内容。

本文件适用于新建或改造的在开阔水域和作业区内具有智能航行功能的海上特种作业船智能航行系统的设计。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

GB/T 15868—1995 全球海上遇险与安全系统(CMDSS) 船用无线电设备和海上导航设备通用要求测试方法和要求的测试结果

GB/T 22239 信息安全技术 网络安全等级保护基本要求

GB/T 31843.2—2019 海上导航和无线电通信设备及系统 数字接口 第2部分：单发话器和多受话器 高速传输

GB/T 31843.3—2015 海上导航和无线电通讯设备及系统 数字接口 第3部分：串行数据设备网络

GB/T 36323 信息安全技术 工业控制系统安全管理基本要求

IEC 61996 海上导航和无线电通信设备及系统船用航程数据记录仪性能要求、测试方法和试验结果要求

IEC 62065 航路控制系统—操作和性能要求、测试方法和要求的测试结果

IMO A.694(17) 作为全球海上遇险和安全系统(GMDSS)组成部分的船载无线电设备和电子助航设备的一般要求

1972年国际海上避碰规则 国际海事组织

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

海上特种作业船 offshore support vessels

为海上油气勘探、开发、生产储运和油田废气处理等各阶段提供专门作业支持和服务的工作船。

注：主要包括三用工作船、供应船和守护船。

3.2

海上目标 targets on the sea

除本船之外的一切海上物体。

注：包括动态目标（如船舶、漂浮物）和静态目标（如岛礁）。

3.3

障碍物 obstacles

对本船航行存在潜在碰撞威胁的水面物体和水下物体。

3.4

智能航行 intelligent navigation

利用先进感知技术和传感信息融合技术等获取和感知船舶航行所需的状态信息，并通过计算机技术、控制技术进行分析和处理，为船舶的航行提供航速和航路优化的决策建议，使船舶能够在开阔水域和作业区等不同航行场景和复杂环境条件下实现船舶的自主航行。

3.5

海上设施 offshore installation

立于或位于水中的被使用、将被使用或已被使用的海洋结构物。

注：包括固定式生产平台、浮式生产平台、移动式钻井装置、顺应塔钻井平台、张力腿或深吃水立柱生产平台等。

3.6

海上设施安全区 offshore installation safety zone

以任一海上设施的外轮廓延伸500 m为半径所确定的范围。

注：不包括海底管线。

4 总体要求

4.1 智能航行系统结构

4.1.1 系统结构见图1。



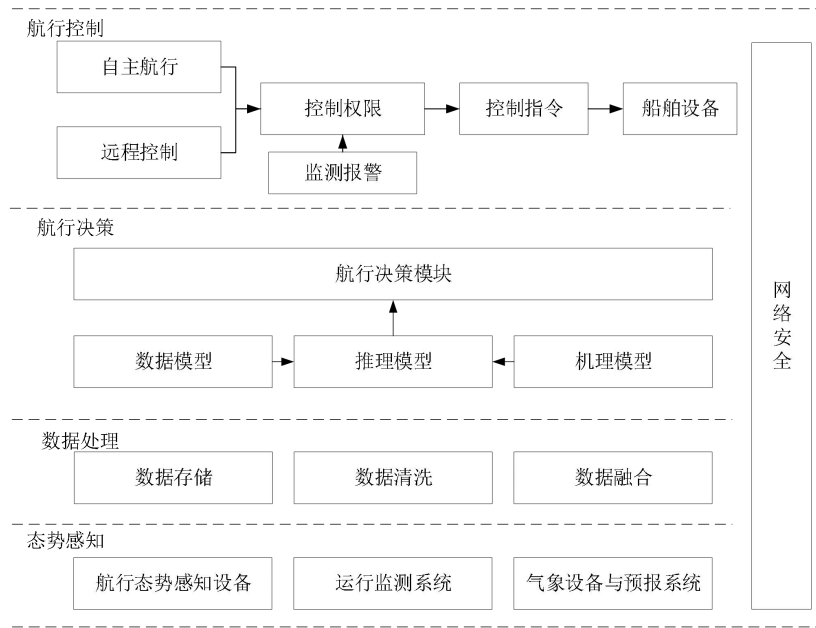


图1 海上特种作业船智能航行系统结构

4.1.2 态势感知，包括航行态势感知设备、运行监测系统、气象设备与预报系统：

- a) 航行态势感知设备：提供本船与他船或障碍物相对方位、相对速度、电子海图等信息；
- b) 运行监测系统：利用传感器技术，获取本船主推进装置、发电机组、作业设备等智能航行相关的运行数据和报警监测数据；
- c) 气象设备与预报系统：提供风速、风向、能见度、浪高等气象数据。

4.1.3 数据处理，包括数据存储、数据清洗、数据融合：

- a) 数据存储：对态势感知所收集到的数据进行评估，为数据提供存储载体；
- b) 数据清洗：对态势感知所收集到的数据进行清洗，保证数据完整、统一；
- c) 数据融合：根据数据来源，选用相应的数据融合方法对数据进行处理。

4.1.4 航行决策，包括数据模型、机理模型、推理模型和航行决策模块：

- a) 数据模型：利用数据驱动的方式对数据进行分析；
- b) 机理模型：利用机理驱动的方式对数据进行分析；
- c) 推理模型：综合数据模型和机理模型的分析结果，并结合控制模式推理出最优策略；
- d) 航行决策模块：提供本船航速、航向策略以及通信与信号设备使用的策略。

4.1.5 航行控制，包括自主航行、远程控制、控制权限、监测报警、控制指令、船舶设备：

- a) 自主航行：一种航行控制方式，船舶能够独立感知周围环境并做出决策，以规划路径，并完成船舶的驾驶任务；
- b) 远程控制：一种航行控制方式，船舶航行能够被船舶之外的一个远程控制站或控制位置进行的控制。
- c) 控制权限：对船舶控制方式权限的进行管理，包括控制方式的优先级和控制模式的转换；
- d) 监测报警：对航行控制的过程进行监测，当出现异常动作时，能够发出警报；
- e) 控制指令：将航行策略转化为船舶操纵装置的控制指令；
- f) 船舶设备：包括主推进装置、操舵装置、侧推装置等，接收控制指令，执行相应的动作。

4.1.6 网络安全贯穿态势感知、数据存储、智能决策和航行控制各层，为船舶通信和控制提供安全保障。

4.2 智能航行基本要求

4.2.1 海上特种作业船智能航行系统的基本功能为航路与航速设计和优化，同时，还应具有开阔水域和作业区内自主航行功能。

4.2.2 海上特种作业船的设备配置应符合 4.2.1 的功能要求，包括感知、存储、分析、推理、决策、控制设备。

4.2.3 海上特种作业船智能航行模式下进出海上设施安全区时应保证其航速、航线、航向、通信、靠泊均满足海上设施安全区准入许可要求，并实时向海上设施管理人提供船舶作业任务和状态信息，在抵达前不少于 1 h 向海上设施报告预计抵达时间。

4.2.4 海上特种作业船应配备智能航行系统操纵人员，负责监控船舶状态并在异常、特殊、关键情况下接管船舶，并应及时排除异常情况。该人员可由船舶驾驶人员经培训后兼任。

4.2.5 海上特种作业船信息与控制应符合 GB/T 36323 和 GB/T 22239 的要求。

5 态势感知

5.1 航行态势感知设备

5.1.1 航行态势感知设备应能实施监测并获取本船实时航行信息、其他船舶实时航行信息、海上其他目标信息。

5.1.2 本船实时航行信息：

- a) 船位、航速（指对地航速）、航向信息；
- b) 运动响应信息；
- c) 吃水信息；
- d) 船艏、船艉与海工平台的间距及角度；
- e) 进入海上设施安全区的航速信息：接近海上设施 2 n mile 时，应向船舶操纵人员提供智能航行辅助决策信息，必要时将操控系统转换为手动控制状态，保证航速降低至 8 kn 以内，接近海上设施 10 m 时，航速应降至 0.5 kn 以下，保证能在安全距离内把船停住。

5.1.3 其他船舶实时航行信息：

- a) 其他船舶位置；
- b) 其他船舶的方向；
- c) 其他船舶的速度；
- d) 其他船舶的尺寸；
- e) 与本船舶之间的距离；
- f) 与本船交角；
- g) 航行信号和航行状态信息。

5.1.4 海上其他目标信息：

- a) 海上固定障碍物位置、方向、距离、尺寸信息；
- b) 海上运动物的位置、方向、距离、速度、尺寸信息。

5.2 运行监测系统

船舶运行监测系统应能实时监测并获取以下运行信息：

- a) 本船主推进装置运行状态、关键参数信息；
- b) 本船操舵装置运行状态、关键参数信息；
- c) 本船舶艏侧推装置运行状态、关键参数信息。

5.3 气象设备与预报系统

气象设备与预报系统应能监测并获取以下信息：

- a) 风速、风向等信息；
- b) 台风、气压等信息；
- c) 海面能见度等信息；
- d) 浪高信息；
- e) 涌高、涌向等信息；
- f) 流速、流向等信息。

5.4 感知设备

海上特种作业船应至少配备以下感知设备，感知设备需要经过中国船级社（CCS）型式试验合格后方可使用：

- a) 带有自动雷达标绘仪（ARPA）功能的船用雷达；
- b) 船舶自动识别系统（AIS）；
- c) 船舶定位导航与授时系统（PNT）；
- d) 电子海图显示与信息系統；
- e) 独立电罗经或其他船舶艏向系统；
- f) 测深仪；
- g) 航速航程测量装置；
- h) 船舶运动传感器；
- i) 风速风向仪；
- j) 能见度传感器；
- k) 近距离探测设备。

5.5 通信设备

海上特种作业船通信设备配置应符合以下要求：

- a) 满足A1+A2+A3无限航区的要求；
- b) 满足在整个航程期间能与岸基建立通信连接；
- c) 国际海上人命安全公约及其修正案的相关规定；
- d) GB/T 15868—1995、GB/T 31843.2—2019、GB/T 31843.3—2015、IEC 62065、IEC 61996、IMO A.694(17)的要求；
- e) 设备防护等级：室内为IP23, 室外为IP56；
- f) 至少配备以下设备：无线电通讯设备、助航设备、特种设备等。

6 数据处理

6.1 数据存储

6.1.1 存储载体

存储载体应满足以下要求：

- a) 海上特种作业船智能航行数据以服务器为存储载体，设置冗余数据服务器。
- b) 存储载体的灾备恢复能力应达到国家五级标准。
- c) 存储数据保存时间不应少于6个月。

6.1.2 存储方式

海上特种作业船智能航行数据包括结构化数据和非结构化数据，存储方式如下：

- a) 结构化数据：以时效性为导向，按照实时数据、准实时数据、历史数据进行存储；
- b) 非结构化数据：以主题为导向，按照图片、音频、视频所属的主题进行分类存储。

6.1.3 存储内容

数据存储内容包括航行相关设备和系统的状态信息、操作信息、感知信息等。应设有必要的记录系统，能按规定的程序和计划自动记录智能航行期间船舶设备及系统的各种操作与动作响应，包括：

- a) 船舶智能航行系统的各种指令；
- b) 相关设备及系统接收智能航行系统指令后的动作响应；
- c) 机舱报警及安全保护动作。

6.2 数据清洗

对海上特种作业船智能航行态势感知设备所获取到的数据进行数据清洗，方法包括：

- a) 缺失值处理：给缺失值赋予特征值，或插补法补齐，或将其删除；
- b) 异常值处理：将异常值删除，或以平均值替代，或视为缺失值；
- c) 去重处理：将相同或相似重复的数据进行聚合，进而修改错误数据或删除重复数据；
- d) 噪声数据处理：利用滤波方法将噪声数据过滤。

6.3 数据融合

6.3.1 海上特种作业船智能航行数据融合的方式包括：

- a) 数据级融合：对各感知数据的数值或像素进行精确匹配融合；
- b) 特征级融合：将各感知数据进行特征提取，对数据特征进行匹配融合；
- c) 决策级融合：根据一定准则和决策可信度，对各独立决策进行融合，得到整体一致的决策。

6.3.2 对于航行态势感知数据，其来源包括雷达、船舶自动识别系统（AIS）、全球定位系统（GPS）、摄像头等，一般采用数据级（像素级）融合方式。

6.3.3 对于运行监测感知数据，热力参数等低频数据一般采用数据级融合方式，振动参数等高频数据一般采用特征级融合方式。

6.3.4 对于气象感知与预报数据，气象感知数据一般采用数据级融合方式，气象预报数据一般采用决策级融合方式。

7 航行决策

7.1 数据模型

数据模型也可以称为态势模型，以航行态势感知数据、运行监测感知数据、气象感知与预报数据为基础，进行数据模型全流程管理。数据模型的全流程包括：

- a) 模型构建：搭建数据模型框架，设计数据驱动算法；
- b) 模型训练：将数据分为训练集和验证集，对模型进行训练和验证；
- c) 模型提交：将训练好的模型归档至已提交数据模型库；
- d) 模型优选：在航行过程中，实际测试模型的性能，优选出综合性能最佳的模型；
- e) 模型发布：经过优选的模型归档至已发布数据模型库；
- f) 模型应用：使用入选已发布数据模型库中的模型；
- g) 模型更新：定期对已发布数据模型库中的模型进行更新。

7.2 机理模型

机理模型以海上特种作业船主推进装置、操舵装置、艏艉侧推装置等运行机理为基础进行构建的，也可成为操纵模型，进行机理模型的全流程管理，包括：

- a) 模型构建：基于知识和专家经验，建立的设备运行操纵模型；
- b) 模型提交：将建好的模型归档至已提交机理模型库；
- c) 模型优选：在航行过程中，实际测试模型的性能，优选出综合性能最佳的模型；
- d) 模型发布：经过优选的模型归档至已发布机理模型库；
- e) 模型应用：使用入选已发布机理模型库中的模型；
- f) 模型更新：定期对已发布机理模型库中的模型进行更新。

7.3 推理模型

以数据模型和机理模型为基础，进行智能航行推理模型的全生命周期管理。推理模型的全生命周期包括：

- a) 模型构建：基于规则、知识和专家经验，建立智能航行推理模型；
- b) 模型提交：将建好的模型归档至已提交推理模型库；
- c) 模型优选：在航行过程中，实际测试模型的性能，优选出综合性能最佳的模型；
- d) 模型发布：经过优选的模型归档至已发布推理模型库；
- e) 模型应用：使用入选已发布推理模型库中的模型；
- f) 模型更新：定期对已发布推理模型库中的模型进行更新。

7.4 航行决策模块

7.4.1 航行决策模块工作原理见图 2。

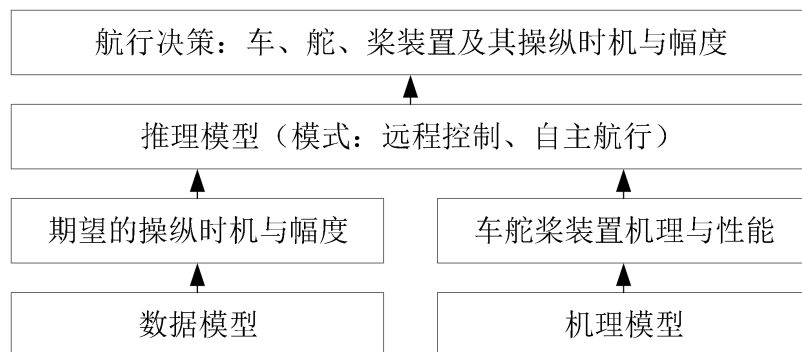


图2 航行决策模块工作原理

7.4.2 航行决策是针对车、舵、桨装置（主推进装置、操舵装置、艏艉侧推装置），基于推理模型分别确定其最佳操纵时机和操纵幅度。推理决策步骤包括：

- a) 基于态势模型，确定海上特种作业船期望的操纵时机和操纵幅度；
- b) 基于操纵模型，确定海上特种作业船车、舵、桨装置的机理和性能；
- c) 基于推理模型，将上述两种模型的分析结果进行融合，并结合智能航行模式（远程控制、自主航行），确定最佳操纵时机和操纵幅度，即智能航行决策。

8 航行控制

8.1 控制权限

8.1.1 优先级

各种控制方式的优先级如下：

- a) 人工手动控制具有最高优先级；
- b) 远程控制的优先级高于自主航行；
- c) 远程控制或自主航行出现异常情况，应在相关控制位置立即发出声光报警，并能迅速被船上操纵人员接管或具有其他防止失控的有效措施。

8.1.2 模式转换

海上特种作业船如需改变操纵模式（手动控制、远程控制、自主航行），应做好以下工作：

- a) 在船舶试靠泊点位置，完成控制站或操纵模式的改变；
- b) 控制站操纵模式的转换，应确认所有的操纵执行响应；
- c) 转换操作应在螺距归零或置于空挡位置进行，若控制转换未成功，应由船舶操纵人员恢复对船舶的控制；
- d) 改变控制站或操纵模式时应做到“适时、同步、验证”；
- e) 远程控制站和船舶驾驶室之间、远程控制站和自主航行系统之间的控制转换，仅能在驾驶室进行，并在远程控制站应答确认后。

8.2 控制指令

为实现航行控制目标，应将航行决策编译为设备可执行的控制指令。车、舵、桨装置相关设备与系统以及信号系统接收自主航行系统和远程控制站指令后执行相应动作。

8.3 监测报警

8.3.1 自主航行控制或远程控制指令应在所有相关操作位置予以显示。

8.3.2 当检测到自主和/或远程控制功能发生故障时，声光报警系统应能使船上和远程控制站人员知道下列情况：

- a) 某一故障已经发生；
- b) 发生的故障已被注意到（如应答、消声等），控制权限已转换；
- c) 故障已被消除。

8.4 远程控制

8.4.1 人员应能在远程控制站远程控制海上特种作业船的航行操作，包括主推进系统、操纵系统、通信与信号系统。远程控制期间至少应具备以下功能：

- a) 实时获取船舶态势感知信息并予以显示；
- b) 对船舶推进和操纵系统进行远程控制，实现船舶在特定场景下的远程控制；
- c) 按《1972年国际海上避碰规则》要求实施避碰决策和操作；
- d) 与船舶及其相关方的语音和数据通信；
- e) 对船舶的历史控制命令及操作进行回放。

8.4.2 远程控制站至少应配备下列人员：

- a) 船舶远程控制操作人员；
- b) 船舶设备和系统管理人员；
- c) 远程控制站系统维护人员。

8.4.3 船舶远程控制操作人员应具有驾驶员（船长）证书，对所控制的船舶性能和操作熟悉，并通过实际操作验证。

8.4.4 船舶设备和系统管理人员应对船舶各系统的功能、管理和维护熟悉，经过理论培训，并具有足够的操作经验。

8.4.5 远程控制站应建立管理制度，至少包括下列内容：

- a) 人员配备要求和值班要求；
- b) 各岗位的职责和资质要求；
- c) 遥控操作程序；
- d) 应急响应程序；
- e) 设备和系统维护程序；
- f) 网络安全风险识别及控制措施；
- g) 安保措施。

8.5 自主航行

海上特种作业船自主航行系统应具备以下功能：

- a) 对船舶主推进装置和操舵装置的控制；
- b) 按《1972年国际海上避碰规则》要求实施避碰决策和操作；
- c) 对船舶的历史控制命令及操作进行回放。

9 网络安全

9.1 海上特种作业船应确保在船舶设计和运行中采取措施将船舶的网络安全风险降低到最低程度，保证船舶网络安全。

9.2 海上特种作业船智能航行系统的网络安全系统至少应包含访问控制、权限认证等功能，不定期对网络安全风险进行识别。

9.3 海上特种作业船和远程控制站的网络安全措施应符合公认的国家/行业标准。