

指导性文件
GUIDANCE NOTES
GD26-2023



船舶自主航行附加标志检验指南

2023

2023年7月1日

北京

第 1 章 通则	1
第 1 节 一般规定	1
第 2 节 知识产权及保密	1
第 3 节 术语及定义	1
第 4 节 辅助航行	3
第 5 节 自主航行	4
第 6 节 设计运行条件	6
第 2 章 图纸与资料审查	11
第 1 节 一般规定	11
第 2 节 总体说明	12
第 3 节 功能说明	12
第 4 节 主要组件说明	12
第 5 节 布置及原理图	13
第 6 节 安全理念	13
第 7 节 制造厂进行的试验与验证	15
第 8 节 数据	15
第 9 节 网络安全	15
第 10 节 软件安全	16
第 11 节 操作手册	16
第 12 节 质量管理体系	16
第 3 章 风险评估	17
第 1 节 一般规定	17
第 2 节 风险评估流程	18
第 3 节 风险识别	19
第 4 节 风险分析	20
第 5 节 风险评价	22
第 6 节 风险应对	22
第 4 章 性能要求	24
第 1 节 一般规定	24
第 2 节 基础要求	24
第 3 节 动态任务	26
第 4 节 人机交互	29
第 5 节 应急措施	30
第 6 节 数据记录	31
第 7 节 网络安全和软件安全	32

第8节 安全保障	33
第9节 监控人员	33
第5章 系统认可与试验技术要求	35
第1节 一般规定	35
第2节 认可及检验阶段	35
第3节 原理认可	36
第4节 设计认可	36
第5节 型式认可	36
第6节 认可后的单件/单批检验	39
第6章 附加标志检验	40
第1节 初次入级检验	40
第2节 营运检验	40
第7章 实船测试	43
第1节 一般规定	43
第2节 测试场	43
第3节 测试场景	43
第4节 测试参数设置	45
第5节 测试工具	45
第6节 测试报告	45
附录1 建模与仿真	47
第1节 一般规定	47
第2节 文件资料审查	47
第3节 建模与仿真可信度评估	47
附录2 风险评估报告	49

第 1 章 通则

第 1 节 一般规定

1.1.1 一般要求

1.1.1.1 本指南为中国船级社（以下简称“CCS”）《智能船舶规范》第二章“智能航行”相关系统开发、应用、测试验证提出具体的技术要求，以保障具有辅助、自主航行功能的船舶满足性能要求，保证系统可靠性和航行安全性。

1.1.1.2 在《智能船舶规范》规定的“智能航行”的基础上，将智能航行功能进一步细分，提出了辅助航行功能的要求。

1.1.1.3 本指南为智能航行系统（包括自主航行和辅助航行系统）的检验及实船应用提出具体技术要求。

1.1.1.4 除本指南另有明文规定外，智能航行系统还应满足 CCS 相应的规范和船旗国主管机关的适用要求。

1.1.2 适用范围

1.1.2.1 适用于申请 CCS 认可的智能航行系统的认可与检验。

1.1.2.2 适用于申请入级 CCS 的拟安装智能航行系统船舶的初次入级检验。

1.1.2.3 适用于已安装智能航行系统的现有船舶的营运检验。

第 2 节 知识产权及保密

1.2.1 一般要求

1.2.1.1 CCS 按照《钢质海船入级规范》第 1 篇第 3 章第 1 节 3.1.10.2 的要求对申请方提交资料进行保密。

1.2.1.2 申请方应保证所有提交资料满足《钢质海船入级规范》第 1 篇第 3 章第 1 节 3.1.10.1 的要求。

第 3 节 术语及定义

1.3.1 术语

1.3.1.1 本指南所涉及术语定义如下：

- (1) **硬件** (hardware)：用于处理、存储或传输计算机软件或数据的物理设备。
- (2) **软件** (software)：与计算机系统的操作有关的计算机程序、规程和可能相关的文档。
- (3) **自主航行系统** (autonomous navigation system)：自主航行系统系指利用感知技术获取所需数据和信息，通过信息融合等计算机技术进行分析和处理，为船舶的安全航行提供行动决策，并按照决策方案实现船舶自主控制的所有软硬件的集合。系统具备船舶运动控制能力。
- (4) **辅助航行系统** (navigation assistance system)：辅助航行系统系指利用感知技术获取所需数据和信息，为人员提供感知增强。和/或通过信息融合等计算机技术进行分析和处理，为船舶的安全航行提供导航辅助决策的所有软硬件的集合。系统具备向人提供决策建议的能力，最终由人确认并操作。
- (5) **智能航行系统** (intelligent navigation system)：自主航行系统与辅助航行系统的总称。
- (6) **设计运行条件** (operational design condition)：自主航行系统设计时确定的适用于其功能运行的各类条件的总称。
- (7) **动态任务** (dynamic task)：智能航行系统根据环境及其他实时信息的感知融合后进行决策或决策与控制的任務，不包括航路设计等静态任务。
- (8) **场景** (scenario)：系指智能航行船舶航行时所处的地理区域、自然环境、会遇态势和时间等要素的集合。
- (9) **仿真测试** (simulation testing)：采用仿真工具部分或全部替换被测系统及信息源，以验证被测系统部分/全部功能及性能的测试。
- (10) **验证** (verification)：通过提供客观证据对规定要求已得到满足的认定。
- (11) **确认** (validation)：通过提供客观证据对特定的预期用途或应用要求已得到满足的认定。
- (12) **安全理念** (safety concept)：保证智能航行系统相关功能安全运行所采取的安全设计和安全机制，以使系统运行时无不合理的风险，或使风险及时得到控制。
- (13) **态势感知** (situational awareness)：态势感知是船舶利用传感器及智能融合算法对多种信息（自然环境信息、自身运动信息、其他船舶信息）的感知以及对感知信息的融合处理并生成航行态势信息。
- (14) **运行模式** (operation mode)：自主航行船舶可能存在的多种运行模式。
- a) **自主航行模式**：自主航行模式下由船舶自主完成航行任务，船上人员监视船舶航行状态，必要时船上人员可随时介入并获取船舶驾驶控制权。
- b) **人员驾驶模式**：自主航行系统未运行，辅助航行系统可以运行，但完全由人员控制船舶。
- (15) **控制位置** (control station)：能够进入/退出自主航行系统并能应急介入由人工控制船舶推力方向和大小的位置，控制位置可以在船上或远程控制站。
- (16) **本船** (ego ship)：装有智能航行系统，按照本指南要求进行测试和检验的船舶。

(17) **目标船 (target ship)**：在本船周围一定范围内的其他船舶。

(18) **监控人员 (supervisor)**：决定智能航行系统的启动和关闭，在自主航行系统运行时进行监视，必要时切换船舶运行模式并紧急控制船舶的人员。

(19) **会遇态势 (encounter situation)**：按照《国际海上避碰规则》或其他区域性交通规则划分的船舶会遇态势，包括对遇、追越、交叉相遇等。

(20) **综合显示 (integrated display)**：将感知信息、决策信息展示在屏幕或其他设备上，以供监控人员查看。

(21) **测试场 (test area)**：具有足够范围的开阔水域，交通密度满足试验条件或可以进行交通管制的一个区域。具备进行智能航行船舶测试的所有设备、设施及安全辅助船舶。

1.3.2 缩略语

1.3.2.1 本指南中使用的缩写见表 1.3.2.1。

缩略语

表 1.3.2.1

序号	缩写	含义
1	ODC	设计运行条件
2	ODD	设计运行范围
3	DQ	数据质量及安全
4	SSR	软件安全及可靠性
5	CS	网络安全
6	SR	系统可靠性
7	AiP	原理认可
8	DA	设计认可
9	TA	型式认可
10	SS	船舶检验

第 4 节 辅助航行

1.4.1 辅助航行功能分类

1.4.1.1 辅助航行是指对水文气象环境、船舶运动状态、其他船舶及航行障碍物进行实时感知，在雾航、能见度低等环境条件下实现超视距感知，并实现对传感器、海图等信息的融合显示，为驾驶人员提供更加高效的辅助航行信息展示。实现航行态势、危险的实时判断，做出动态航路决策。辅助航行系统不对船舶运动进行控制，该任务由由驾驶人员完成。基于以上功能将辅助航行分为两类：

- (1) 增强感知类辅助航行
- (2) 决策规划类辅助航行

1.4.1.2 增强感知类的辅助航行主要功能为将雷达、AIS、光电传感器、运动感知设备等多源信息融合处理为辅助驾驶员进行决策的直观、可靠的综合信息，并以良好的展示和交互方式叠加在某一/多个显示终端，其主要显示终端包括视频显示终端、2D/3D 环境重构显示终端、AR/VR 显示终端、基于海图开发的显示终端、基于 RADAR 开发的显示终端等。

1.4.1.3 决策规划类的辅助航行除了具备航路航速优化设计功能（《智能船舶规范》2.3.1）以及增强感知类辅助航行的所有功能外，还应根据融合信息进行动态航路规划，为驾驶人员提供图形化展示界面的决策方案选择。

第 5 节 自主航行

1.5.1 自主航行功能架构

1.5.1.1 自主是指系统能够实现感知、认知、决策及对船舶或设备的控制，并安全、可靠地完成预期任务，无需人为干预，仅在紧急情况下进行人为接管控制。自主航行在辅助航行功能的基础上进一步，系统将决策信息输入控制机构，船舶可以自主完成航行任务，见图 1.5.1.1。

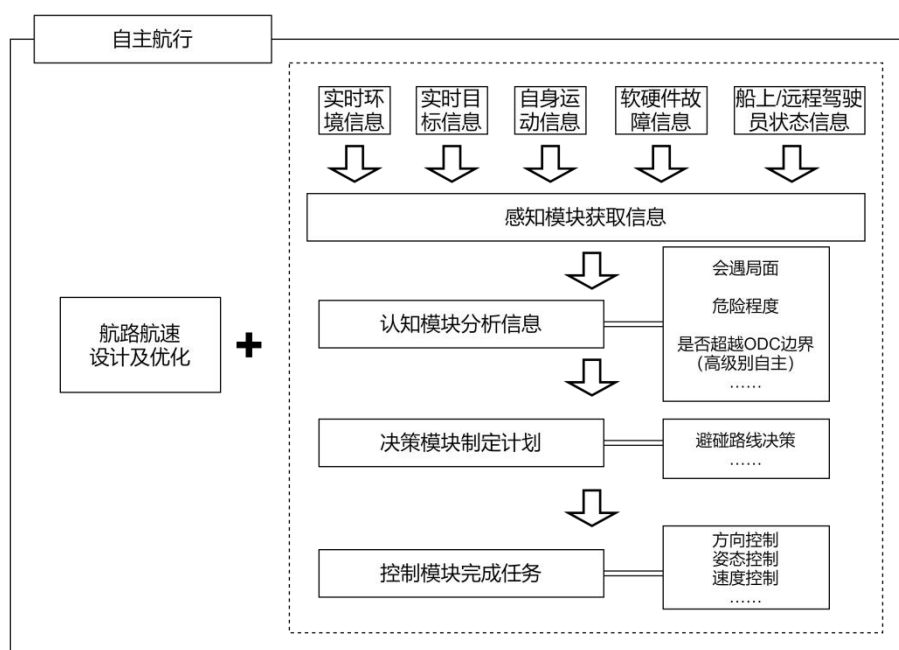


图 1.5.1.1 自主航行功能架构

1.5.2 自主航行监控分级

1.5.2.1 对于已经具备自主航行功能的船舶，能够在收到航行指令后自动完成从感知、认知、决策到控制的整个过程。此时，船上监控人员的作用是监控船舶自主航行的状态，以确保在系统报警或请求接管以及在任何其他紧急情况发生时采用应急措施将风险降到最低。

1.5.2.2 根据监控人员在航行过程中进行监视的周期对船舶的自主航行监控进行等级划分，见表 1.5.2.2。

自主航行监控等级划分表

表 1.5.2.2

等级	名称	监控人员责任
H1	连续值班	监控人员在控制位置持续监视。
H2	周期性值班	监控人员在控制位置周期性监视，在系统报警后监控人员应及时到达控制位置或远程控制。
H3	无人值班	无需在控制位置进行值班监视，在系统报警后监控人员应及时到达控制位置或远程控制。

注：① 连续值班系指在自主航行功能运行过程中，监控人员必须在控制位置持续监视船舶运行状态。

② 周期性值班系指在自主航行功能运行过程中，监控人员无须时刻保持在控制位置进行监视，而是根据操作手册或实际情况进行周期性值班监视，监控人员仅需在系统发出报警或提出接管申请时及时到达控制位置。

③ 无人值班系指无需人员在控制位置监视自主航行功能运行时船舶状态，监控人员仅需在系统发出报警或提出接管申请时及时到达控制位置。当人员未及时接管船舶时，系统应能够自行采取应急措施保证船舶安全。

1.5.3 附加标志

1.5.3.1 根据申请，经 CCS 审图、认可与检验，确认船舶满足 CCS《智能船舶规范》关于智能航行的要求以及本指南的相关要求，可根据实际授予表 1.5.3.1 中的附加标志。

附加标志说明

表 1.5.3.1

附加标志	说明
No	满足《智能船舶规范》及本指南开阔水域自主航行的要求。
Nn	满足《智能船舶规范》及本指南全航程自主航行的要求。

注：满足本指南辅助航行相关要求的，经检验合格后，CCS 在签发的检验文件中进行说明。满足本指南 H1-H3 等级的自主航行相关要求的，经检验合格后，CCS 在签发的检验文件中进行说明。

1.5.3.2 No 与 Nn 要求的区别体现在从感知到控制的整个过程，由于任务场景的变化和任务要求的提高，自主航行功能的各项性能均应得到提升，见图 1.5.3.2。

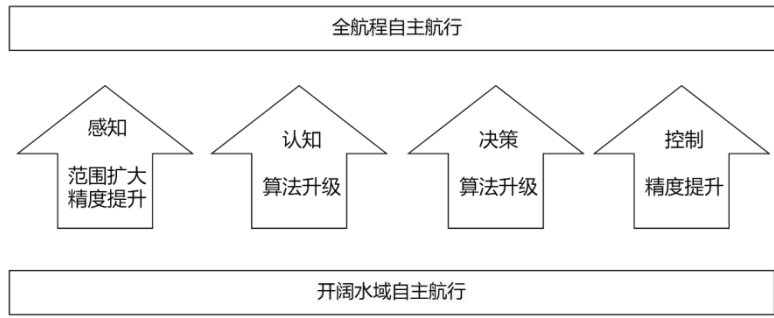


图 1.5.3.2 开阔水域与全航程自主航行功能关系

第 6 节 设计运行条件

1.6.1 一般要求

1.6.1.1 设计运行条件（ODC）是自主航行系统设计时确定的适用于其功能运行的各类条件的总称，包括设计运行范围（Operational Design Domain, ODD）、船舶自身状态、监控人员状态及其他必要条件。

1.6.1.2 具备自主航行功能的船舶应当确定设计运行条件，自主航行功能在满足设计运行条件时方允许运行。具备辅助航行功能的船舶亦可参考本节确定设计运行条件。

1.6.1.3 自主航行系统制造厂应当识别合理的设计运行条件元素集合，并利用所选择的元素集合通过合理的构建方法，形成易理解、无歧义的设计运行条件表达方案，将各元素进行详细描述，并考虑多个元素的组合关系，使各利益相关者清楚了解自主航行系统的启动和运行条件。设计运行条件的最小集应当包含本指南 1.6.2-1.6.4 的全部内容，不适用的应得到充分的论证及说明。

1.6.1.4 对于 H2 及以上等级的自主航行系统，应监控当前 ODC 状态，以使系统保持在设计和定义的 ODC 之内。在即将超出 ODC 边界的情况下，自主航行系统应能触发接管请求，并考虑监控人员值班的不同情况，保证有足够的时间进行接管。

1.6.2 设计运行范围

1.6.2.1 ODD 可分为场景元素、环境条件与动态元素三个大类。其中场景元素由空间固定元素组成，包括水域、航道设施、码头设施等。环境条件包括天气和海况等。动态元素则包括所有的交通参与者以及漂浮障碍物等，如表 1.6.2.1。

设计运行范围分类

表 1.6.2.1

ODD 分类	场景元素	环境条件	动态元素
内容	1, 区域 2, 水上固定设施 3, 临时设施	1, 天气 2, 光照 3, 海况 4, 冰情 5, 水深	1, 交通流 2, 水面漂浮物

1.6.2.2 场景元素

(1) 区域：区域主要用于区分船舶航行交通规则、典型航行条件、航道定线制要求等。应进行下列区分：

a) 水域类别：

- a. 开阔水域
- b. 交通密集水域
- c. 港内水域
- d. 沿岸水域
- e. 狭窄河流水域（各不同等级）
- f. 特殊岛礁区域
- g. 其他特定水域

b) 地区：

- a. 某国领水
- b. 某公海

c) 人为划定的区域（坐标范围）

(2) 水上固定设施：水上固定设施系指在装有自主航行系统的船舶可以行驶的区域中的固定建筑物，包括：

a) 建筑：

- a. 码头；
- b. 桥梁；
- c. 闸；
- d. 人工岛礁。

b) 设施：

- a. 海上固定平台；
- b. 风电设施；
- c. 网箱；
- d. 航标；
- e. 海洋科考、测量设施。

(3) 临时设施：

- a. 临时施工建筑、设施；
- b. 临时交通管制。

1.6.2.3 环境条件

(1) 天气

- a) 风：
应以 m/s 为单位明确风速条件边界，可采用世界气象组织定义的风级。
- b) 降雨
应以 mm/h 为单位明确降雨条件边界。
- c) 降雪
应以能见距离明确降雪条件边界。
- d) 雾
应以能见距离明确雾条件边界。
- e) 其他空气污染
应以能见距离明确其他空气污染条件边界。

(2) 光照

- a) 白天：
 - a. 应明确太阳高度角条件边界；
 - b. 应明确太阳方位条件边界。
- b) 晚上
- c) 多云：
应以云量（okta）为单位明确云的条件边界。

(3) 海况

应以浪高明确海浪条件边界。

(4) 冰情

应以浮冰范围、浮冰平均厚度、浮冰最大厚度等明确冰情条件边界。

(5) 水深

应以航行区域最小水深明确条件边界。

(6) 通信连接：通信连接包括通信和定位：

- a) 通信：
 - a. 船-船通信；
 - b. 船-岸通信；
 - c. 船-卫星通信。
- b) 定位：
 - a. 北斗；
 - b. GPS；
 - c. 其他卫星定位系统。

1.6.2.4 动态元素：动态元素主要是船舶航行区域的交通流和一般水面漂浮物：

(1) 交通流

- a) 交通参与者船型

应当明确允许装有自主航行系统的船舶接近并进行避让等正常交通行为的交通参与者船型。

b) 交通参与者执行的任务种类

应当明确允许装有自主航行系统的船舶接近并进行避让等正常交通行为的交通参与者所执行的任务种类。

c) 交通流密度

装有自主航行系统的船舶所允许航行的交通流密度条件边界。

(2) 水面漂浮物

应明确允许装有自主航行系统的船舶接近并进行避让等正常交通行为的水面漂浮物的属性。

a) 漂浮物种类；

b) 漂浮物尺寸；

c) 漂浮物漂浮状态（水线以下的形状等）。

1.6.3 船舶自身状态

1.6.3.1 软硬件健康状态

(1) 自主航行系统软硬件健康状态；

(2) 船舶其他航行相关必要系统软硬件健康状态。

1.6.3.2 船舶运动状态

(1) 船舶横摇；

(2) 船舶纵摇；

(3) 船舶吃水；

(4) 船舶垂荡。

1.6.3.3 船舶稳性状态

(1) 船舶横倾；

(2) 船舶纵倾；

(3) 船舶完整稳性（含第二代完整稳性）。

1.6.4 监控人员状态

1.6.4.1 船上监控人员

(1) 控制位置（值班位置）是否有人；

(2) 监控人员已连续工作时间；

(3) 监控人员行为是否正常；

(4) 监控人员其他状态。

1.6.4.2 远程监控人员

- (1) 控制位置（值班位置）是否有人；
- (2) 监控人员已连续工作时间；
- (3) 监控人员行为是否正常；
- (4) 监控人员其他状态。

第 2 章 图纸与资料审查

第 1 节 一般规定

2.1.1 一般要求

2.1.1.1 申请智能航行系统认可或船舶智能航行附加标志检验的相关方应当向 CCS 提交图纸及资料，说明系统及船舶在 ODC 范围内运行无不合理的风险。至少应提交表 2.1.1.1 中适用的图纸与资料。

智能功能图纸与资料审查范围及类型

表 2.1.1.1

序号	图纸资料	AIP		DA		TA		SS	
		D	A	D	A	D	A	D	A
1	系统总体说明	D	A	D	A	D	A	D	A
2	系统功能说明	D	A	D	A	D	A	D	A
3	系统组件说明	D	A	D	A	D	A	D	A
4	系统布置及原理图	D	A	D	A	D	A	D	A
5	系统安全理念说明书	D	A	D	A	D	A	D	A
6	制造厂进行试验及验证报告			D	N	S	N	S	N
7	数据记录（实船测试及运行阶段）					S	N	S	N
8	网络安全说明			D	N	D	N	D	N
9	软件安全说明			D	N	D	N	D	N
10	操作手册					D	N	D	N
11	质量管理体系相关文件			D	N	S	N	S	N
12	型式试验大纲			S	A	S	A		
13	实船测试大纲							S	A

注：1) 提交阶段：审图 D、检验 S。2) 审查类型：批准 A、备查 N。

2.1.2 审查依据

- (1) CCS《钢质海船入级规范》第 1 篇第 3 章、第 7 篇第 2 章；
- (2) CCS《船舶网络安全指南》；
- (3) CCS《船用软件安全及可靠性评估指南》；

(4) CCS《智能船舶规范》第2章及本指南。

第2节 总体说明

2.2.1 智能航行系统识别信息

2.2.1.1 提交总体说明文件说明智能航行系统型号、版本等识别信息及识别方法。

2.2.2 ODC 说明

2.2.2.1 自主航行系统制造厂应对 ODC 进行验证，并向 CCS 提交验证结果文件资料（含程序、方法、数据、模型、结果、解释和备注）。

2.2.2.2 自主航行系统的 ODC 应包含本指南第 1 章第 8 节规定的适用的内容以及其他制造厂规定的边界条件。

2.2.3 系统性能说明

2.2.3.1 智能航行系统能够达到的本指南第 4 章规定的性能要求。

2.2.4 系统安全保证措施

2.2.4.1 智能航行系统进入或停用的方法。

2.2.4.2 在智能航行系统运行过程中，监控人员应采取的以确保安全的一切措施。

第3节 功能说明

2.3.1 系统功能（功能架构）

2.3.1.1 应说明智能航行系统的所有功能，包括保证系统可靠性及安全运行的逻辑以及执行 ODC 内动态任务的方法和系统设计及功能的边界条件。并说明以上功能是如何得到保证的。

2.3.1.2 所有输入变量和感知变量的清单，以及变量的范围，并说明这些变量对智能航行系统运行的影响。

2.3.2 人员接管

2.3.2.1 当系统接近 ODC 边界并最终超出 ODC 边界时的人员交互原则。说明系统向监控人员发出支持或接管请求的类型列表、解决请求的执行方法、请求解决失败的处理程序和降低风险的措施，说明系统发出的信号和信息（H2 及以上等级）。

第4节 主要组件说明

2.4.1 组件清单

2.4.1.1 提供智能航行系统组件清单,以及为实现系统功能所需的相关船上其他系统或设备。

2.4.2 单元功能

2.4.2.1 单元是指系统组件的最小划分。每个单元应能够清晰明确地识别(通过硬件、软件标记等)并说明识别方法。

2.4.2.2 应提供智能航行系统每个单元的功能说明,并说明各单元之间及各单元与船上其他系统的连接方式。

2.4.3 系统组件的安装

2.4.3.1 制造厂应说明系统组件安装要求,包括:

- (1) 安装位置;
- (2) 安装姿态;
- (3) 组件安装位置周围的结构、材料性质及其尺寸和几何形状;
- (4) 安装允许公差。

第 5 节 布置及原理图

2.5.1 系统布置示意图(结构图等)

2.5.1.1 制造厂应提供系统组件的布置及连接方式说明及图纸。包括感知、认知、决策、控制(如适用)装置,定位装置,数据记录装置,智能航行系统与船上其他系统或设备的连接和交互等的说明及图纸。

2.5.2 组件的连接示意图

2.5.2.1 智能航行系统内部电路、气动或液压传动设备的管路图及机械连接示意图,以及与其他系统之间的传输连接示意图。

第 6 节 安全理念

2.6.1 一般要求

2.6.1.1 制造厂提交一份安全理念说明书,包括本节内容,用以说明系统及船舶安全通过设计、开发中的相关措施进行保证的方法和理念。安全理念说明包括风险分析的过程和结论。

2.6.2 制造厂声明

2.6.2.1 制造厂应声明,确认智能航行系统装船后在设计运行条件下不会对人员、本

船及其他船舶、环境等产生不合理的风险。

2.6.3 软件说明

2.6.3.1 对于智能航行系统中使用的软件（包括算法）应进行详细说明，包括所使用的设计方法和工具。制造厂提供有关智能航行系统各功能及逻辑在设计和开发过程中实现方式的证明。

2.6.4 安全设计规则

2.6.4.1 制造厂应提供智能航行系统设计规则说明，并通过履行该规则确保功能和操作安全。安全设计规则包括但不限于：

- (1) 系统组件的冗余设计；
- (2) 执行相同功能的系统多样性设计；
- (3) 系统功能的限制。

2.6.4.2 若采用冗余设计，应解释转换机制的原理、冗余的逻辑和水平、检查机制以及限制条件。

2.6.5 应急措施

2.6.5.1 制造厂应对智能航行系统安全操作措施（如人员接管、停船等）进行详细说明。

2.6.6 风险缓解

2.6.6.1 制造厂应解释智能航行系统减轻或者避免事故风险的方法。

2.6.6.2 该方法应当基于系统安全的风险评估，并将风险评估报告纳入安全理念说明，风险评估可按本指南第 3 章进行，风险评估报告参考附录 2。

2.6.6.3 该方法可以基于失效模式和影响分析（FMEA）、故障树分析（FTA）、系统理论过程分析（STPA）或任何基于系统功能和操作安全的类似过程。

2.6.6.4 制造厂应提供基于风险评估的测试及验证（例如软件在环测试（SIL）、硬件在环测试（HIL）、测试船测试或者任何其他测试）报告，包括适当的验收衡准。能够证明智能航行系统运行时不会比人工驾驶时产生更大的风险。

2.6.6.5 应当至少对以下风险进行分析、评估，并设计缓解措施：

- (1) 智能航行系统与船舶其他系统或设备的交互风险；
- (2) 智能航行系统的失效风险；
- (3) 由于运行故障，在 ODC 范围内，自主航行系统可能产生不合理的安全风险的情况（例如监控人员的误解、控制能力降低、特殊的场景等）；
- (4) 执行动态任务的决策过程中的风险；

- (5) 监控人员的错误或人员故意篡改；
- (6) 网络安全风险；
- (7) 缺乏维护风险等。

第 7 节 制造厂进行的试验与验证

2.7.1 一般要求

2.7.1.1 为了保证智能航行系统的安全，设计和开发过程中应采用仿真、实船测试等方法进行系统验证，相关测试应满足本指南要求。

2.7.1.2 制造厂应在设计和开发阶段至少进行不同要素参数组合的场景（至少包括 7.3.2 要求的全部场景）测试，验证智能航行系统是否符合安全要求。

2.7.2 文件

2.7.2.1 制造厂应根据本指南要求进行设计及开发中的试验与验证，并将以下文件提交 CCS 审核：

- (1) 方法概述；
- (2) 使用的场景；
- (3) 试验及验证使用的方法和工具；
- (4) 试验及验证结果说明；
- (5) 结果的解释及制造厂声明；
- (6) 测试报告：仿真测试验证报告（包含附录 1 第 2 节内容）等。

第 8 节 数据

2.8.1 一般要求

2.8.1.1 制造厂按照第 4 章第 6 节的要求提供文件，包含如下内容：

- (1) 数据存储格式；
- (2) 数据存储位置；
- (3) 数据存储空间计算说明；
- (4) 储存的事件及数据元素说明；
- (5) 数据安全保护说明；
- (6) 数据访问方法。

第 9 节 网络安全

2.9.1 网络安全系统说明

2.9.1.1 按照 CCS《船舶网络安全指南》进行的网络安全设计及提交该指南要求的图纸资料。

第 10 节 软件安全

2.10.1 软件安全及可靠性说明

2.10.1.1 按照 CCS《船用软件安全及可靠性评估指南》进行的软件安全设计及提交该指南要求的图纸资料。

第 11 节 操作手册

2.11.1 一般要求

2.11.1.1 制造厂应编制系统操作手册，本手册的目的是向船长、监控人员及监管机构等利益相关方提供详细的说明，以保证智能航行系统及船舶安全运行。操作手册除了提交 CCS 备查外，还应提供给船东、船舶管理公司、船上监控人员及监管机构等相关方。

2.11.2 手册要求

2.11.2.1 操作手册应包含以下内容：

- (1) 智能航行系统的功能说明；
- (2) 确保智能航行系统运行期间所必需的技术措施（如智能航行系统及船舶其他系统或设备的检查和维护）；
- (3) 设计运行条件的详细说明；
- (4) 操作限制（例如航速限制等）；
- (5) 智能航行系统的失效说明，以及其他任何必要的系统说明；
- (6) 智能航行系统运行过程中的维护、检查及试验的规定；
- (7) 其他必要说明。

第 12 节 质量管理体系

2.12.1 管理体系

2.12.1.1 制造厂应具有质量管理体系认证，相关证书提交 CCS 备查。并向 CCS 提交文件化的质量管理体系说明，包括质量手册、程序文件、作业指导书、报告报表等。

第 3 章 风险评估

第 1 节 一般规定

3.1.1 船舶智能航行风险评估应确认包括感知、决策和控制环节的风险等级，应分析智能航行功能失效模式及其对人员、船舶和环境的影响，船舶系统、设备失效及其对智能航行功能的影响。

3.1.2 智能航行功能的风险评估应在使用前（包括试航前）完成，报请 CCS 进行或委托符合 CCS 要求的第三方进行，第三方风险评估应按本规则风险评价章节要求，并按照附录 2 格式编制智能航行船舶风险评估报告，并提交 CCS 审核。

3.1.3 风险评估将作为智能航行系统设计、开发的前提，纳入安全理念。

3.1.4 风险评估以现行国际海事公约、规则要求的安全环保水平为衡准，至少应综合考虑危险发生的可能性（频率）、潜在后果、事故风险等。

3.1.5 实船试航前及期间应持续评估智能航行测试船舶的安全性，提出可能的应急措施或预案，超过安全限制时应暂停或停止试验，试验相关方包括（如适用）：

- (1) 船舶操作人员；
- (2) 试验场；
- (3) 海事主管当局；
- (4) 沿岸国主管当局；
- (5) 港口国主管当局；
- (6) 港口与码头方；
- (7) 船舶交通管理中心（Vessel Traffic Services，简称 VTS）；
- (8) 搜救中心；
- (9) 其他试验相关服务商。

3.1.6 风险评估报告包括：

- (1) 拟进行评估的功能、模块或系统；
- (2) 评估方法的说明；
- (3) 评估的适用范围；
- (4) 参与评估的专家、人员及其专业背景；
- (5) 评估所采用的风险矩阵及风险评估验收标准；
- (6) 风险管控对象次序表；
- (7) 风险控制措施。

3.1.7 风险评估方法应适用于所评估的对象，可参考 CCS《船舶综合安全评估应用指南》。

3.1.8 风险评估报告具有统一的形式，报告可参考附录 2 进行编写。

3.1.9 风险评估结果运用风险矩阵进行表达，表征风险等级，通过建立概率和后果的评估结果与风险矩阵中标准化概率指数和后果指数之间的映射关系，其中船舶智能航行风险度量标准，可参考 CCS《船舶综合安全评估应用指南》。

3.1.10 系列船或按已批准主要结构图纸在一年内再续造的船舶，根据实际情况，可免除风险评估的部分图纸。

第 2 节 风险评估流程

3.2.1 智能航行功能的风险评估由四个步骤组成，如图 3.2.1。

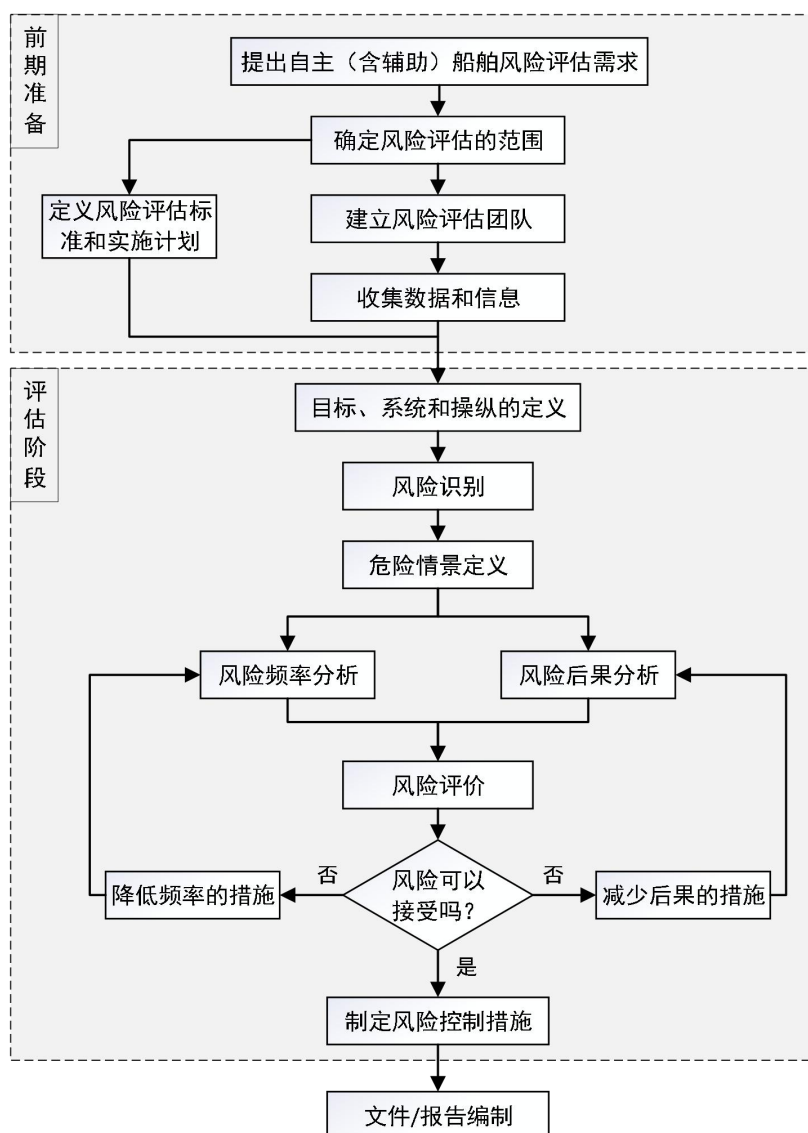


图 3.2.1 智能航行风险评估流程

3.2.1.1 风险识别应充分且详尽地识别智能航行中可能面临的危险事件和/或相关风险因素。

3.2.1.2 风险分析应对智能航行中危险事件发生的可能性和后果严重程度进行分析。

3.2.1.3 风险评价应采用合理的方法度量智能航行中危险事件的风险水平。

3.2.1.4 风险应对制定风险控制措施（含方案）以降低智能航行风险。

3.2.2 智能风险评估四个步骤可依次进行，也可根据实际情况和需求选择若干步骤构成风险评估框架依序进行，如图 3.2.2；风险评估步骤确定后可重复进行，直到风险识别充分且详尽、风险可接受。

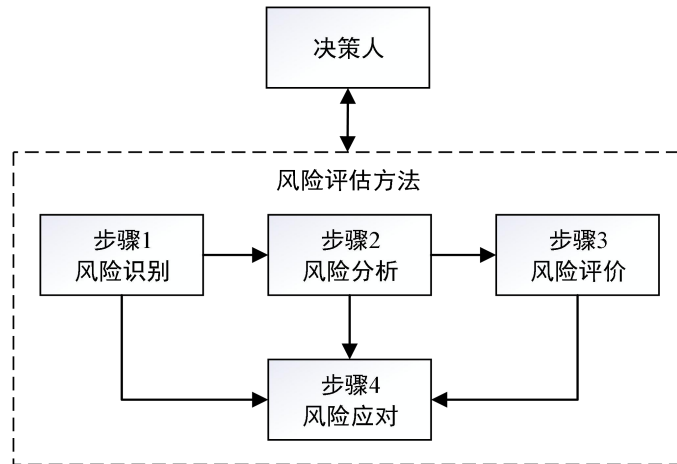


图 3.2.2 智能航行风险评估框架

3.2.3 数据和信息

智能航行风险评估在缺少相关客观数据的情况下，需要专家依据各自的经验进行专家判断，其中关于专家数据判断一致性的问题，可参考 CCS《船舶综合安全评估应用指南》。

第 3 节 风险识别

3.3.1 一般要求

3.3.1.1 风险识别的目的是确定可能影响智能航行的各种危险情景及其相关的风险因素。

3.3.1.2 在船舶智能航行风险识别中应系统考虑人为因素，将其与危险的发生频率、深层原因和影响联系起来。若采用人因可靠性分析方法（HRA）识别人为因素，可参考 CCS《船舶综合安全评估应用指南》。

3.3.1.3 一旦风险得以识别，应对现有的控制措施（诸如设计特征、人员、过程和系统等）进行识别，以便对主要风险进一步分析和提出相应的风险控制方案。

3.3.1.4 风险识别过程包括识别那些可能对智能航行产生影响的风险源、影响范围、事件及其原因和潜在的后果，以及可能导致危险情景发生的风险因素。

3.3.1.5 船舶智能航行风险识别结果根据危险发生的可能性（频率）与后果严重程度

的组合获得。

3.3.2 风险识别内容

3.3.2.1 智能航行船舶风险包括硬件失效风险、系统功能不足风险、通信及网络安全风险、人机交互风险等。

3.3.2.2 可从不同的航行阶段和不同类型风险因素对智能航行风险进行系统风险识别。对于硬件失效风险可采用 FMEA，对软件、组件交互产生的风险以及人机交互风险的识别可以采用系统理论过程分析（STPA）等方法。

3.3.2.3 通过分析船舶智能航行风险评估涉及的危险（含事故险情）发生的可能性（频率）和后果严重程度的定性或定量分析，结合风险评估标准，对风险水平进行排序，并选取高风险的危险事件开展风险分析。

3.3.2.4 船舶智能航行潜在后果包括但不限于：

- (1) 任务失败；
- (2) 碰撞（包括一般航行、进出港、靠离泊、锚泊过程中的碰撞、触碰、撞击）；
- (3) 搁浅；
- (4) 倾覆；
- (5) 人员生命安全受损；
- (6) 船舶失联。

第 4 节 风险分析

3.4.1 目的和范围

3.4.1.1 风险分析是在风险识别的基础上，针对所识别出的智能航行中的关键风险进行详细分析，并为风险评价提供输入。

3.4.1.2 风险分析包括危险（含事故险情）发生的可能性、后果发生的可能性、后果的严重性分析等，并结合风险度量标准确定风险等级（一个危险可能产生多个后果，从而可能影响多重目标）。

3.4.2 风险分析内容

3.4.2.1 在前期准备中，通过建立风险分析工作组，识别风险，提出初步的风险防控预案，完成初步风险分析。初步风险分析是试航之前的必要步骤之一，比如在试航之前通过召开研讨会、安全教育等形式将风险识别结果和风险防控预案等对试验参加人员、船员等进行安全宣贯。

3.4.2.2 智能航行风险分析是在风险识别的基础上，针对关键危险（事故情景）开展频率分析、后果分析和风险估计等方面的工作。

3.4.2.3 频率分析是在明晰危险情景演化的基础上,对风险传播过程中涉及的中间事件和结束事件发生的可能性进行估计。

3.4.2.4 危险(含事故情景)的发生可能会对人、船舶或环境产生一系列不同严重程度的影响,后果分析需要确定风险影响的性质和类型,包括:

- (1) 轻微后果、高概率;
- (2) 严重后果、低概率(如黑天鹅事件);
- (3) 以上两种情况的若干中间状况。

3.4.2.5 风险估计需要综合考虑危险情景发生的可能性和后果严重性,不能仅考虑频率分析和后果分析结果的聚合值:

(1) 在某些情况下,应关注具有潜在严重后果的风险,因为这些风险往往是重点管理对象;

(2) 在其它情况下,同时分析具有严重后果和轻微后果的风险也是重要的(如频繁轻微但具有很大的累积效应);

(3) 对于软件、组件交互产生的风险评估还可以采用数字孪生、系统仿真等方法进行评估;或在数据缺乏情况下,可参考同类产品相关参数进行评估。

3.4.2.6 功能不足或系统失效后果的等级可按照失效后对人员、船舶和环境的影响程度进行划分,见表 3.4.2.6。

失效后果等级划分

表 3.4.2.6

等级	失效后果	典型功能不足或系统失效
1	不会对人员、船舶和环境构成危险	传感器损坏但冗余设备立刻投入运行; 综合显示设备失电,但 UPS 投入使用; 数据记录功能失效。
2	会对人员、船舶和环境构成较危险,但有充分的时间进行规避	电子海图未更新,但船舶未开航; 应急切换功能失效,但态势感知模块显示附近无其他船舶; 报警功能失效,但态势感知模块显示附近无其他船舶。
3	会对人员、船舶和环境构成较小危险,且无充分的时间进行规避	未识别到海面漂浮的小体积碍航物,但将要驶过; 综合显示设备失电; 航行于开阔水域,电子海图失电。
4	会对人员、船舶和环境构成较大危险,且无充分的时间进行规避	ODC 定义不完整,导致船舶接近某一特定条件但未发出危险报警; 感知系统功能不足,导致船舶与水下附近小尺寸障碍物发生碰撞;

		决策和控制模块失效，且态势感知模块显示存在碰撞危险船舶； 靠泊过程中，首向控制失效； 进出港过程中，自主航行偏离航道； 航行过程中动力失效。
--	--	---

第 5 节 风险评价

3.5.1 一般规定

3.5.1.1 风险评价是在风险分析（步骤 2）的基础上，将风险分析的结果与预先设定的风险准则相比较，或者在各种风险的分析结果之间进行比较，来确定风险的等级，以便制定相应的风险控制方案/措施。

3.5.2 风险评价内容

3.5.2.1 风险评价是在风险分析的基础上，结合具体的风险度量标准，评价风险是否可接受，并针对不可接受的危险情景分析关键影响因素。

3.5.2.2 风险度量标准应在风险评价实施前确定，不应受到风险评价结果的影响。

3.5.2.3 建议对风险不可接受的危险情景，通过敏感性分析等方法，评价影响危险情景的关键因素，以便制定更有针对性的风险控制措施。

第 6 节 风险应对

3.6.1 一般规定

3.6.1.1 智能航行船舶应开展风险评估并采取适当措施将风险降低，以达到现行国际公约规则或国内法律法规等要求的安全环保水平。

3.6.1.2 应当在智能航行功能的概念、设计、制造、装船、实船运行的整个阶段中应用风险评估，确保所开发功能、模块的安全、可靠。

3.6.2 风险控制措施

3.6.2.1 风险控制方案既要解决原存在的风险，也要考虑由于新技术或更新的操作方法所面临的新风险。

3.6.2.2 风险控制措施制定可考虑以下方法：

- (1) 通过改进设计、程序优化、组织合理化、加强培训等措施减少事故发生的频率；
- (2) 减轻故障的影响，预防事故发生；
- (3) 改善可能发生事故的环境条件，以避免事故发生；

(4) 减轻事故造成的后果。

3.6.2.3 风险控制措施评估应充分考虑技术可行性、成本、效益、风险降低等因素。

3.6.2.4 风险控制措施效益，是指减少风险后获得的相应收益，可考虑以下方面：

- (1) 减少人员伤亡；
- (2) 减轻财产损失；
- (3) 降低环境破坏；
- (4) 减少向第三方责任赔偿；
- (5) 延长船舶平均寿命。

3.6.2.5 风险控制应急措施包括但不限于以下方面：

(1) 低速航行：船舶保持最低操纵性，而不造成人员、环境、财产危险，以获得足够的时间制定合理的避险措施或等待救援。

(2) 保持位置：停船或尽可能保持船舶位置，以获得足够的时间制定合理的避险措施或等待救援。

第 4 章 性能要求

第 1 节 一般规定

4.1.1 一般要求

4.1.1.1 本章对智能航行系统的专用技术最低要求进行明确。

4.1.1.2 智能航行系统安装上船后应当不降低船舶安全水平。

4.1.1.3 智能航行系统应便于使用,并不增加船上驾驶人员的工作量或过分转移注意力导致新的安全风险。

4.1.1.4 自主航行系统尚应满足 CCS《钢质海船入级规范》III 类计算机要求。

4.1.1.5 本章所有要求均针对设计运行条件下的系统性能。如无另文规定,本章要求适用于所有智能航行系统。

第 2 节 基础要求

4.2.1 综合显示

4.2.1.1 综合显示设备是集成在监控人员控制位置的用于展示感知、决策等信息的显示系统,为监控人员提供直观、方便的各信息源融合后的增强感知信息。

4.2.1.2 综合显示设备应提供便捷的交互方式,以便人员调整信息展示种类和缩放感知信息范围。应能够避免误操作。

4.2.1.3 显示效果的设计应符合表 4.2.1.3 的要求,显示内容应当保证实时性。

综合显示效果

表 4.2.1.3

类别	(1) (a-d)	(1) (e-i)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
增强感知类 辅助航行	X	X (适用时)		X		○	X
决策规划类 辅助航行	X	X (适用时)	X	X		○	X
开阔水域自 主航行	X	e)适用	X	X	X	X	X
全航程自主 航行	X	X	X	X	X	X	X

注：表中 X 表示适用，○表示可选。

(1) 显示内容全面、直观、有效、平稳连贯。

a) 展示的航行环境信息应包括能见度、海况信息、风速风向等；

b) 展示的本船运动状态信息应包括航速、航向、航线、首向、吃水、横摇、纵摇、首摇等；

c) 展示的目标船舶信息应包括航速、航向、方位、船舶识别信息（具备 AIS 的目标船）；

d) 显示中所使用的符号、术语和缩略语应满足 IMO SN/Circ.243/Rev.3 和 IHO S-52 等与航行相关的符号、术语和缩略语的要求。

e) 展示的会遇信息应包括会遇态势以及本船处于该种态势时的船舶责任（让路、直航）、当前船舶处于的危险状态及预警；

f) 展示进出港分道通航信息；

g) 展示计划靠泊的码头及靠泊路径；

h) 展示靠离泊过程中危险因素及风险预警；

i) 展示靠离泊过程中船岸关系。

(2) 包括航路规划、行动时机、避让效果预测（最小会遇距离及该时刻本船及目标船预测船位等）、靠离泊过程预测在内的决策内容展示，内容直观、清晰、易于理解。

(3) 显示决策后的航路、船位与原航路、船位对比，供监管人员参考。

(4) 显示当前船舶运行模式。

(5) 信息可通过 1.6.1.2 规定的至少 2 种形式进行展示，或者设计其他方式的冗余。

(6) 信息显示器应满足 MSC.191(79)《船载航行显示器有关航行信息显示的性能标准》的要求。

4.2.2 自主航行状态警告策略

4.2.2.1 对于装有自主航行系统的船舶，当船舶处于自主航行状态时，应向其他目标发出警告。

4.2.3 监控自检

4.2.3.1 智能航行系统应具有监控及自检功能，能够对系统运行中的所有软硬件类失效、故障等做到实时监测，并且通过主系统和冗余系统进行交叉验证，互相校验和监控，确保故障没有遗漏。当监测到设备故障（如输入信号丢失、输出接口通信异常、硬件故障等）时应能按 4.5.1 的要求发出提示报警信息，并进行记录。

4.2.3.2 系统应能自动识别失效或性能不足，并判断系统是否能够继续执行智能航行任务。

4.2.4 无扰动切换

4.2.4.1 自主航行系统在各运行模式之间切换（如有自主航行模式切换到人工控制），不应导致推力方向和大小及相关设备的运行状态发生较大变化。

4.2.4.2 自主航行系统因故障而无法继续自主航行控制时，在操作人员切换回人工控制模式之前，船舶应保持当前的航行状态（保持当前航速航向）。

4.2.5 电源

4.2.5.1 智能航行系统由不间断电源系统（UPS）供电。在断电的情况下，UPS 必须有足够的能量来运行自主航行系统，直到将控制权安全地交至监控人员，无论如何不低于 0.5 小时。

4.2.5.2 关于电源容量的相关计算资料应提交 CCS 审核。

4.2.6 冗余

4.2.6.1 智能航行系统感知、决策、控制系统及决策单元软件及硬件应从部件级、系统级设计冗余，以应对单点故障或功能失效。

第 3 节 动态任务

4.3.1 一般要求

4.3.1.1 本节规定智能航行系统执行动态任务的性能要求。

4.3.1.2 辅助航行系统可根据任务场景满足相应的性能要求条款，但至少应满足本节 4.3.2.1-4.3.2.5、4.3.2.7-4.3.2.9 的要求。

4.3.1.3 自主航行系统根据任务场景（开阔水域、全航程及可能遭遇的环境条件下）满足本节要求。

4.3.1.4 智能航行系统若无法满足本节要求，可采用其他等效方案，并在设计文件和制造文件中阐述，由 CCS 审查批准。

4.3.2 感知

4.3.2.1 服务于智能航行功能的感知模块，其信息源可分成外部感知和内部感知两方面，外部感知用于对外部环境信息及岸基传输信息的获取，内部感知用于对船舶自身信息进行获取。智能航行功能感知模块的配置应当基于信息的重要程度，根据实际情况配置以满足本条要求。

4.3.2.2 船舶在所有设计工况下感知模块应能保证正常工作。

4.3.2.3 除特殊说明外，对本节 4.3.2.4-4.3.2.10 规定的内容，应配备至少 1 套冗余感知设备，用以融合感知。尚应配备一套冗余服务器。

4.3.2.4 应对船舶的自身船位进行连续监测：

(1) 船舶应配备控制安全航行计划所必需的定位设备，本船位置的确定应至少基于

两套独立的设备；

(2) 装有智能航行系统的船舶航行于不同水域时，应当具备足够精确的位置感知精度。

4.3.2.5 应对船舶自身运动状态及船舶姿态进行连续监测，至少应包括纵摇、横摇、吃水等。

4.3.2.6 全航程自主航行船舶或具备靠离泊辅助功能的辅助航行船舶在进行自动靠离泊任务时，应当具备足够精确的首向感知误差。

4.3.2.7 应说明能够感知的目标船的尺度、船型等范围信息。对于目标船，装有智能航行系统的船舶的感知精度应包括以下内容：

- (1) 应能够对目标船舶进行全域自动录取、连续跟踪的距离范围；
- (2) 应能够判断目标船舶的船型及尺度等静态信息的距离范围；
- (3) 对以上目标船的探测，应保证以下感知性能准确性：
 - a) 相对方位；
 - b) 相对距离；
 - c) 对地航速；
 - d) 对地航向。

4.3.2.8 应保持对失控或操控能力受限船舶、遇险船舶或飞机、遇险人员、沉船等其他对航行安全有危险的碍航物进行连续探测，至少包括位置、对地运动方向、对地速度、尺寸、与本船相对距离等。

4.3.2.9 应保持对船舶航行自然环境进行连续探测：

- (1) 能见度；
- (2) 风速、风向；
- (3) 环境温度；
- (4) 水深；
- (5) 其他需要探测的与设计运行条件相关的环境物理量。

4.3.2.10 全航程自主航行系统，还应对以下环境进行连续探测：

- (1) 本船两舷水平附近空间；
- (2) 本船周围高度空间；
- (3) 本船舷侧与码头间的空间；
- (4) 本船首尾附近空间；
- (5) 码头位置、形状、水深信息；
- (6) 锚泊位置附近空间；
- (7) 推进装置力的反馈。

4.3.3 认知

4.3.3.1 智能航行功能必须能够解释传感器或通过其他信息源采集到的信息，包括其对本船、目标船、人类和环境的安全的直接或间接影响。

4.3.3.2 自主航行系统（H2 及以上等级）应能根据感知信息判断船舶及系统是否处于设计运行条件（ODC）。

4.3.3.3 决策规划类辅助航行及自主航行系统应能判断船舶航行当前局势的危险状态，识别当前会遇局面的危险状态。

4.3.3.4 对于自主航行船舶或具备靠离泊辅助功能的辅助航行船舶，在进行自动靠离泊行动时还应能够判断当前环境条件下的靠离泊行动是否安全。

4.3.3.5 会遇态势认知，系统应：

- (1) 能够准确判断当前所处交会态势（交叉相遇、对遇、追越）。
- (2) 能准确判断本船为让路船/直航船，或同等避让责任船。

4.3.4 决策

4.3.4.1 智能航行功能应保证航行决策符合《国际海上避碰规则》或其他适用区域性交通规则的要求。在任何时候根据通航密度、环境及航道限制等因素，应能及时改变预定计划航线，并发出报警以引起监控人员注意。

4.3.4.2 决策逻辑及保证安全的措施应当形成详细说明文件，纳入功能说明。

4.3.4.3 航速设计和规划应考虑以下因素：

- (1) 通航密度；
- (2) 天气；
- (3) 海况；
- (4) 与船舶操纵特性有关的航行区域；
- (5) 预定航线或航道上的碍航物；
- (6) 船舶装载状态；
- (7) 其他必要条件。

4.3.4.4 避碰路径规划，应符合以下要求：

(1) 无论能见度良好或能见度不良，避让决策应保证与任何目标船的最小安全会遇距离，以保证不产生碰撞，且不使未装有智能航行功能的目标船驾驶人员产生风险提升感受。该最小安全会遇距离应基于不同船型、航速、航行区域等因素，还应符合船舶驾驶习惯。

(2) 应符合《国际海上避碰规则》或其他适用区域性交通规则要求，根据会遇态势实时变化动态识别本船责任，并依此进行决策。

(3) 应符合《国际海上避碰规则》或其他适用区域性交通规则要求，及时进行行动决策，以提供足够的操作空间。

(4) 应符合《国际海上避碰规则》或其他适用区域性交通规则要求，保证足够的行动幅度，足以引起目标船驾驶员明显发觉。

(5) 决策应保证避让行动高效：

a) 避免过分的航线偏移，避让行动的航线偏移不宜过大而导致燃油过度消耗及影响其他船舶航行；

b) 避免僵持，避让行动完成后应尽快复航。

4.3.4.5 全航程自主航行船舶或具备靠离泊辅助功能的辅助航行船舶在进行靠离泊决策规划时应符合以下要求：

(1) 在速度降低时保证船舶足够的操纵性；

(2) 保证靠泊和离泊的效率，减少用时；

(3) 保证靠泊后前后船舶间距合理；

(4) 对于侧向靠泊的船舶，靠泊过程中尽可能保证较前与较后船体同时靠上码头。

4.3.5 控制

4.3.5.1 本条仅针对自主航行功能，在自主航行系统运行期间任何时间，对船舶运动的控制能力均应保证达到本条要求。

4.3.5.2 自主航行功能发出航线规划指令后，应能持续监测船舶状态，用以判断指令是否被响应。如果在一定时限内未被响应，系统应发出警告（warning）提示。指令响应时间应根据船舶实际状况进行设定，一般应不超过 1s。

4.3.5.3 自主航行系统应有足够的船位控制能力及精度，能够及时响应动态规划航线决策，保证船舶能够按照决策航线航行而不产生影响安全的偏离，在 ODC 范围内能够安全地执行航行任务。

4.3.5.4 自主航行系统应有足够的航速控制能力及精度，能够及时响应动态规划航线决策，保证航速控制精度，在 ODC 范围内系统能够安全地执行航行任务。

4.3.5.5 首向控制：全航程自主航行船舶在进行靠离泊码头作业时应保证足够的首向控制精度。

4.3.5.6 船舶姿态：自主航行系统控制船舶时不产生过度的横倾及其他不利于安全和舒适度的后果。

第 4 节 人机交互

4.4.1 智能航行系统应便于开启、关闭、切换，使用独立于船舶操纵设备的专用装置，系统控制位置与驾驶位置应能集中于同一位置。

4.4.2 当动态航路规划发生变化时，应当发出警报，并同时展示变更前后的信息，以便监控人员进行对比。

4.4.3 H2 及以上等级自主航行系统系统应自动判断是否满足启动条件，应以明确方式提示监控人员。启动条件至少包括以下内容：

- (1) 自主航行功能无影响安全和功能的失效，自主航行功能自检通过；
- (2) 船舶航行条件符合设计运行条件 ODC 的要求。

4.4.4 当运行模式切换时，应发出听觉和视觉报警，确保船上监控人员易于察觉，且不应造成干扰。

4.4.5 已经开启的自主航行系统在任何情况退出前都应发出请求接管报警。应当充分考虑监控人员到达控制位置的时间或其不能及时到达控制位置的情况，并具备应对措施。

4.4.6 自主航行系统若使用了非专用设备（如船上的雷达、GPS 等），应当给予监控人员足够的说明。系统对设备进行的设置或控制不会导致监控人员增加工作量、降低对局势判断水平等不利影响。

4.4.7 智能航行功能的设计应当不增加监控人员的工作量，制造厂应进行充分论证，并通过测试船测试验证。

第 5 节 应急措施

4.5.1 报警

4.5.1.1 智能航行系统应具有报警功能，应至少在控制位置激发声光报警信号，并根据系统设计和船舶布置在其他必要位置激发声光报警信号，引起监控人员注意。产生报警的情况应包括但不限于（适用时）：

- (1) 传感器数据异常（丢失、超限等）；
- (2) 系统电源故障；
- (3) 传输/连接故障；
- (4) 碰撞风险报警；
- (5) 其他接近/脱离 ODC 报警；
- (6) 其他故障。

4.5.1.2 根据风险分析的结果，对报警的种类至少分为 2 级。

- (1) 报警：一般性警告，不会产生设备或功能故障的事件发生时。
- (2) 严重报警：导致感知、决策、控制等功能失效或其他影响航行安全的事件发生时。

4.5.2 应急措施

4.5.2.1 应制定应急计划。

4.5.2.2 自主航行系统请求监控人员接管船舶操纵权时,应至少采用视觉和听觉方式显示请求接管信息,并有相关措施保证监控人员能够及时获得上述报警。

4.5.2.3 人员在采取应急措施时,可对自主航行功能进行越控,直接控制船舶航速、航向。

4.5.2.4 自主航行系统(H2及以上等级)应对ODC边界进行连续监控,以保证系统正常运行,并在接近边界时发出报警。

4.5.2.5 自主航行系统(H2及以上等级)应对监控人员状态进行连续探测,以判断向人员发出接管请求的时机。H3级的自主航行系统在监控人员未及时或不适于获取控制权时采取必要的安全措施(如3.6.2.5)。系统能够识别监控人员状态,包括1.8.4条所列人员状态。根据监控人员的状态条件完成决策,必要时采取降低风险的措施,使船舶进入最小风险状态,以保证船舶安全。

4.5.2.6 自主航行系统应在请求接管时向监控人员提供足够的状态信息。

第6节 数据记录

4.6.1 一般要求

4.6.2 在进行系统及船舶试验时,以及船舶营运期间,应持续对4.6.4中的事件进行记录、储存,并说明事件记录的原因。

4.6.3 数据质量及安全(DQ)

4.6.3.1 智能航行系统是涉及安全的船舶数字系统,应具备高质量及高安全性的数据采集、集成、传输、模型与应用能力。数字系统应符合CCS《船舶与海上设施数字系统验证指南》的规定。

4.6.4 当智能航行系统运行时,应记录以下事件:

- (1) 进入自主航行状态
- (2) 退出自主航行状态
- (3) 系统向监控人员发出托管请求
- (4) 应急措施开始
- (5) 应急措施结束
- (6) 系统的所有动作
- (7) 系统动作后的船舶状态
- (8) 检测到有碰撞危险的目标
- (9) 传感器感知事件
- (10) 认知事件
- (11) 决策事件

- (12) 控制事件
- (13) 系统故障
- (14) 船舶其他系统或设备故障

4.6.5 数据可用性

4.6.5.1 记录数据应便于向 CCS 及监管机构提交。

4.6.5.2 当船舶主电源失电时，仍可检索所有数据。

4.6.5.3 存储的数据应通过使用电子通信接口以标准化的方式易于阅读，可以利用综合显示设备进行存储数据的回放和显示。

4.6.6 数据访问

4.6.6.1 制造厂应提供数据访问说明。

4.6.7 存储容量

4.6.7.1 船上存储设备应保证能连续存储单航次且不低于 30 天的上述信息，在船舶靠港获得便利的网络条件后应将数据传输至岸端服务器保存。30 天内无法获得便利的网络条件则应在船上配备关键数据备份所用的存储设备。岸端服务器容量应当能足够存储不少于从上次定期检验以来积累的全部信息，并在定期检验时提交 CCS。

4.6.8 防篡改

4.6.8.1 应制定有效的数据备份措施。

4.6.8.2 应通过防篡改设计确保对存储数据的操纵（例如数据擦除）的充分保护。

第 7 节 网络安全和软件安全

4.7.1 网络安全（CS）

4.7.1.1 智能航行功能涉及到搭建船舶网络系统，应从物理安全、网络架构、区域边界、计算环境等方面验证并确认符合 CCS《船舶网络安全指南》的规定。

4.7.1.2 应制定措施保护智能航行系统免受未经授权的访问。

4.7.2 软件安全及可靠性（SSR）

4.7.2.1 智能航行系统相较于传统船舶技术，在软件的依赖度上大大增加。同时，对于船舶技术中使用的编程语言也在从专用编程语言向通用计算机编程语言转变。由于软件系统愈加复杂，软件的开发、交付和修改的质量对于确保船舶功能、系统的安全和可靠性至关重要。涉及本指南功能的软件系统应符合 CCS《船用软件安全及可靠性评估指南》的规定。

4.7.2.2 智能航行系统应支持软件更新，应保证软件的更新程序和过程的有效性。

4.7.2.3 制造厂应说明如何获取软件版本信息。

第 8 节 安全保障

4.8.1 一般规定

4.8.1.1 申请 CCS 认可的智能航行系统制造厂在设计与开发阶段应当满足本节要求。

4.8.1.2 制造厂应保证并声明智能航行系统的设计和开发过程中进行了针对安全的措施，以保证智能航行系统在营运过程中不会产生不合理的风险。

4.8.2 质量管理体系

4.8.2.1 系统制造厂为了保证系统质量及安全性，应当根据 ISO 9001、ISO 90003 等标准建立并运行质量管理体系。制造厂应说明安全管理体系包含的流程、方法、培训和工具，以及如何利用管理体系保证系统安全。若制造厂进行了关于质量管理体系的认证并获取了证书或证明文件，应将副本提交 CCS。

4.8.2.2 为了保证自主系统的功能安全性，系统开发应当基于 IEC 61508、ISO 26262 或参考其他标准进行控制，降低系统的安全风险。

4.8.2.3 设计和开发过程应充分文件化，建立文件管理系统，包括安全管理体系、需求管理、需求的实施、人员职责、开发过程、测试及验证、故障跟踪、迭代及发布等内容。

4.8.2.4 制造厂应建立系统运行数据收集和分析系统，用以监控系统装船后的运行数据及运行过程中的事件信息数据，该系统的存储设备可与 4.6.8 中岸端存储设备共用，但应保证数据的使用不会对原始数据产生变更。

4.8.2.5 制造厂应当在管理体系中纳入对系统装船后潜在安全风险的持续跟踪，并在必要时保证对系统的维护和更新。

4.8.2.6 制造厂应至少每年进行一次内部审核，以确保管理体系得到有效运行。

第 9 节 监控人员

4.9.1 一般要求

4.9.1.1 监控人员应当接受至少相当于传统船舶船员相同标准的培训，并取得相关认可。

4.9.1.2 监控人员应接受智能航行功能制造厂或符合 CCS 要求的培训提供方进行的

培训，并取得资质认可，并将相关证明副本提交 CCS 备查。

4.9.1.3 监控人员应通过培训具备能力如表 4.9.1.3（适用时）。

监控人员能力

表 4.9.1.3

序号	类别	目标
1	基础	掌握智能航行功能和性能。
2	操作	掌握智能航行功能操作。
3	风险	掌握智能航行功能风险。
4	ODC	掌握自主航行功能设计运行条件。
5	限制	掌握智能航行功能的限制条件。
6	应急	掌握自主航行功能发生故障时的应急措施。
7	责任	明确自主航行船舶运行过程各方责任。
8	维护保养	掌握智能航行功能所有部件的维护保养方法或途径。
9	能力	保障船舶安全，遵守公约、法规。
10	计划	掌握智能航行船舶航行计划制定。

第 5 章 系统认可与试验技术要求

第 1 节 一般规定

5.1.1 本章规定了 CCS 提供的智能航行系统认可及检验服务流程及系统认可相关要求。

第 2 节 认可及检验阶段

5.2.1 智能航行功能具备与传统技术不同的特性，主要体现在船上人员角色的变化，这种变化将带来一系列风险问题。制造厂应保证智能航行功能在船舶上的应用具备与传统船舶相同的安全等级（或更加安全），确保智能航行功能的设计、开发、应用和维护保养过程安全、可靠。

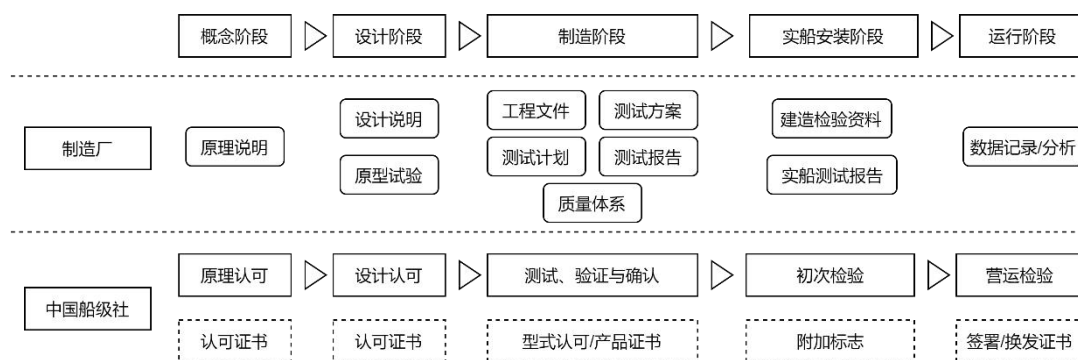


图 5.2.1 认可及检验阶段

5.2.2 智能航行系统的各阶段认可及检验内容

各阶段认可及检验内容

表 5.2.2*

认可阶段	资料审核/审查	型式试验			实船测试
		工厂试验	仿真测试	测试船测试	
原理认可（可选）	X	○	○	○	○
设计认可（可选）	X	X	X	○	○
型式认可	X	X	X	X	
初次入级检验（自主航行功能）	X		○		X

认可阶段	资料审核/审查	型式试验			实船测试
初次入级检验 (辅助航行功能)	X		○		X
营运检验			○		○

注：X 表示适用，○表示可选。

*制造厂可在开发过程的任何阶段申请在符合 CCS 要求的仿真测试平台及测试船进行的测试和验证活动，结果均可作为认可及检验的依据。

第 3 节 原理认可

5.3.1 一般要求

5.3.1.1 认可程序、证书签发等参考《钢质海船入级规范》第 1 篇第 3 章第 11 节的规定。

5.3.2 资料审查

5.3.2.1 按照本指南第 2 章进行资料审查。

第 4 节 设计认可

5.4.1 一般要求

5.4.1.1 认可程序、试验、证书签发等参考《钢质海船入级规范》第 1 篇第 3 章第 3 节的规定。

5.4.2 资料审查

5.4.2.1 按照本指南第 2 章进行资料审查。

5.4.3 原型试验和/或检验

5.4.3.1 试验的要求可按照《钢质海船入级规范》第 1 篇第 3 章第 3 节 3.3.3 规定。

5.4.3.2 试验应当至少包括系统的正常运行、软硬件交互及所有功能、故障试验等。

5.4.3.3 申请方应提交研发阶段的自测报告，包括算法、模型、功能及性能的仿真、实船测试项目及结果等。CCS 可根据试验情况进行试验抽查，至少应包含与 ODC 边界感知功能、其他感知功能、避碰决策功能以及应急功能相关的测试。试验应由 CCS 验船师现场见证，并由 CCS 组织完成试验结果的评价。

第 5 节 型式认可

5.5.1 一般要求

5.5.1.1 认可程序、证书签发等参考《钢质海船入级规范》第 1 篇第 3 章第 4 节的规定。

5.5.2 资料审查

5.5.2.1 按照本指南第 2 章的要求对图纸、文件进行审查。

5.5.2.2 将系统装船的相关图纸提交 CCS 审查。

- (1) 系统安装图纸；
- (2) 系统内部布置及连接图；
- (3) 系统与船舶其他系统的连接图。

5.5.2.3 其他 CCS 认为必要的文件资料。

5.5.3 典型样品的选择

5.5.3.1 试验样品的选取应具有技术代表性，且能覆盖申请型式认可的产品范围。

5.5.3.2 对于产品的主要元器件（如计算机、显示器等）来自不同的制造方，我社可考虑按照上述原则，分别抽取样品进行型式试验（船用环境试验、电磁兼容试验）。

5.5.4 型式认可

5.5.4.1 型式认可按照《钢质海船入级规范》第 1 篇第 3 章第 3.4.4 条的规定。

5.5.4.2 智能航行系统获取型式认可前应按照审批图纸要求安装在测试船上，并进行测试船测试，测试船可由申请方提供，测试船应持有 CCS 签发的适航证书。在测试船上应进行功能及性能试验，试验大纲应经 CCS 型式认可单位批准。

5.5.4.3 表 5.5.4.3 中的试验应由 CCS 验船师现场见证，并由 CCS 组织完成试验结果的评价。试验满足本指南第 7 章的规定。

试验项目

5.5.4.3

序号	类别	试验及检验项目	试验结果要求	辅助航行系统	自主航行系统
1	安装	安装检查。	设备布置及接线符合图纸要求	X	X
2	综合显示设备	1.综合显示设备配备检查。 2.显示内容准确性及全面性检查。 3.综合显示设备内容切换、缩放、选择、回放功能试验。	本指南 4.2.2	X	X

序号	类别	试验及检验项目	试验结果要求	辅助航行系统	自主航行系统
3	自主航行状态警告	切换自主航行模式，检查警告功能。	本指南 4.2.3		X
4	自检	人为设置设备或接线故障，检查自检功能。	本指南 4.2.4	X	X
5	无扰动切换	进行自主航行模式切换，检查推力方向及大小变化情况。	本指南 4.2.5		X
6	电源	1.人为切断主电源，检查系统电源切换功能。 2.人为切断主电源，检查报警功能。 3.检查电源容量计算资料与配备相符。	本指南 4.2.6	X	X
7	动态任务	1.设置场景，进行感知功能测试。 2.设置场景，进行认知及决策功能测试。 3.设置场景，进行循迹航行控制能力测试。 4.设置场景（在测试船或实船条件下按照本指南第 7 章第 3 节的要求完成所有场景试验），进行动态航行任务测试。 注：1、2 测试可采用 HIL 仿真测试。	本指南 4.3	X（3、4 不适用）	X
8	人机交互	1.检查智能航行系统的控制位置与驾驶位置位于同一位置。 2.设置场景使动态航行规划发生变化，检查报警及显示功能。 3.改变进入自主航行模式的前提条件，检查系统提示功能。 4.切换运行模式，检查报警功能。 5.设置场景，检查航行任务完成或自主航行模式退出前的报警功能。 6.检查非系统专用设备的设置是否对监控人员的常规驾驶适用产生影响。	本指南 4.4	X（3、5 不适用）	X
9	应急措施	1.根据制造厂说明设置场景，检查系统报警功能及报警分级功能。 2.根据制造厂说明设置场景，检查系统请求接管功能及展示的信息。 3.检查人员紧急切换时的越控功能。 4.根据制造厂说明，设置场景，检查周期性无人值班及无人值班的系统的其他特殊要求。模拟监控人员就绪、离开、疲劳、	本指南 4.5	X（2、3、4 不适用）	X

序号	类别	试验及检验项目	试验结果要求	辅助航行系统	自主航行系统
		未及时接管等状态，测试自主航行系统（H2-H3）对监控人员状态识别的功能。			
10	数据记录	1.检查数据存储设备满足容量计算要求。 2.检查数据存储设备的数据覆盖功能。 3.检查数据记录设备的防篡改功能。 4.检查数据访问方式。 5.检查数据记录格式。 6.检查船舶失电时数据访问及检索功能。 7.检查数据记录是否全面。	本指南 4.6	X	X
11	仿真测试	检查 7.1.1 由制造厂提供的仿真测试与验证材料，必要时 CCS 验船师可要求复测或见证仿真测试。	本指南第 7 章	X	X

注：X 表示适用

第 6 节 认可后的单件/单批检验

5.6.1 一般要求

5.6.1.1 经型式认可后，CCS 验船师应逐台进行产品检验。试验项目见表 5.6.1.1。

单件/单批试验项目

表 5.6.1.1

序号	试验项目	试验结果要求
1	外观标识及完整性检查	确认产品外观应无损伤，标识清晰，产品各个模块齐全。
2	资料审查	审核型式认可证书
3	试验及检验	表 5.5.4.3 中 2-6、8-10 的试验项目。

第 6 章 附加标志检验

第 1 节 初次入级检验

6.1.1 一般要求

6.1.1.1 初次入级检验要求适用范围是申请本指南 1.7.3 智能航行附加标志的船舶。

6.1.1.2 按照《智能船舶规范》智能系统及部件的产品持证要求取证的智能航行系统方能安装上船。

6.1.2 文件审查

6.1.2.1 按照第 2 章、5.2.2 及 5.5.2 的要求进行图纸、资料审查。并应根据仿真测试报告内容与测试船测试结果，进行实船测试抽检。

6.1.2.2 应在实船测试前编制实船测试大纲等工艺文件，提交 CCS 现场检验单位审批。

6.1.3 检验项目

6.1.3.1 在实船检验时应完成表 5.5.4.3 中 1-6、8-10 规定的测试及检验，对表中 7 规定的试验应结合实船的实际情况根据制造厂提供的自测报告进行抽检。

第 2 节 营运检验

6.2.1 数据收集与报告

6.2.1.1 为了促进技术改进和为检验收集充足的数据信息，船舶运行期间应由船舶管理公司或制造厂记录运行数据、编制运行报告，在定期检验时提交 CCS 审核，数据记录满足本指南第 4 章第 6 节的要求。任何数据的预处理过程都应在报告中详细说明。

6.2.1.2 智能航行系统运行期间发生的任何涉及安全及环保的事件，应立即通知 CCS。其他运行期间需要报告的事件清单见表 6.2.1.2。

需报告的运行事件清单

表 6.2.1.2

序号	事件	立即报告	定期检验时报告
1	与性能相关的事件。		
1.1	制造厂或船舶管理公司确定的涉及安全的关键事件。	X	X
1.2	自主航行系统接近并离开 ODC 后运行的相关事件。	X	X
1.3	对于装有可周期性值班或无人值班自主航行系统的，出现未能实现合理的应急操作并降低安全风险的事件。	X	X

序号	事件	立即报告	定期检验时报告
1.4	与网络安全相关的事件。		X
1.5	系统性能降低，请求监控人员接管的事件。		X
2	监控人员的误操作事件。		X
3	系统技术条件相关事件。		
3.1	系统发生故障，请求接管的事件。		X
3.2	系统的维护与维修。	X	X
3.3	未经授权的修改。	X	X
4	制造厂对系统进行的重大修改，包括识别了新的涉及安全的场景，或对算法的调整等。	X	X

6.2.2 检验种类

6.2.2.1 营运检验包括年度检验、中间检验、特别检验和临时检验。检验目的是确认智能航行功能运行状况，并确认是否发生了任何未经批准的变更。

6.2.3 变更管理

6.2.3.1 应制定有效的系统变更管理计划，并提交 CCS 审批。

(1) 变更管理计划应当包含对任何潜在变更可能造成的影响的评估原则和评估程序，确保系统和船舶的运行和安全不会遭受严重的非预期风险；

(2) 变更包括硬件更换或修理、软件升级或替换、算法升级、系统结构变化以及人员发生变化等；

(3) 无论做出任何变更，都应在实施这项变更之前对潜在后果进行详细评估，如果有关变更可能改变原有风险评估的内容，则需要重新进行风险评估，相关文件重新提交 CCS 审核批准。

6.2.4 年度检验

6.2.4.1 年度检验间隔期详见 CCS《钢质海船入级规范》第 1 篇第 5 章第 2 节的有关规定。

6.2.4.2 年度检验的目的，是确认从上一次检验以来，船舶自主航行系统及有关设备得到良好的维护保养，且符合 CCS《智能船舶规范》第 2 章智能航行和本指南的功能要求。

6.2.4.3 年度检验按照表 6.2.4.3 的项目清单进行。

年度检验项目表

表 6.2.4.3

序号	项目内容
1	确认系统和设备无未经批准的变更。
2	检查 6.2.1 规定的运行报告。

序号	项目内容
3	查阅系统以往的使用情况，数据记录等，确认系统功能正常。
4	检查系统及设备的维护保养记录、软件升级维护记录，以证实自上次检验以来，设备的日常维护保养情况正常，能保证智能航行系统有效运行。
5	检查系统设备故障的详细记录以及修理记录，应尽可能将损坏的零部件保存在船上以备检查。更换规范有持证要求的零部件时，应提供有关的证书。
6	对信息源/传感器进行外观检查，通过查阅监测数据以及运行记录，确认设备运行正常。
7	确认系统软件功能。
8	核查船上人员培训记录，确认人员对系统的使用情况良好。
9	验船师认为有必要的其他检验项目。

6.2.5 中间检验

6.2.5.1 中间检验间隔期详见 CCS《钢质海船入级规范》第 1 篇第 5 章第 2 节的有关规定。

6.2.5.2 检验项目同年度检验。

6.2.6 特别检验

6.2.6.1 特别检验间隔期详见 CCS《钢质海船入级规范》第 1 篇第 5 章第 2 节的有关规定。

6.2.6.2 检验项目同年度检验。

6.2.7 临时检验

6.2.7.1 当设备（如计算机、可编程控制器等）和系统进行修理或更新时，船东应通知 CCS，并申请临时检验，设备和系统的功能至少满足原有设备和系统的技术要求，不产生新的安全风险。

第 7 章 实船测试

第 1 节 一般规定

7.1.1 一般要求

7.1.1.1 本章规定了实船测试的技术要求。智能航行系统至少应当按照本章要求进行实船测试，对未进行测试，但可能在系统定义的 ODC 范围内发生的情况，制造厂应进行论证和评估，并进行仿真测试及验证，仿真与建模应按照附录 1 的要求进行，并向 CCS 提交相关文件资料。

7.1.1.2 实船测试应当在符合 CCS 要求的测试场内进行，并由 CCS 验船师现场见证。

7.1.1.3 对于智能航行系统，仿真测试不能完全替代实船测试。实船测试应基于仿真测试结果，可根据实船测试实际情况部分验证仿真测试的准确性。

7.1.1.4 测试船测试可参考本章要求。

第 2 节 测试场

7.2.1 一般要求

7.2.1.1 实船测试应在符合 CCS 要求的测试场中进行试验，亦可采用等效方法，至少能够保证满足以下要求，对于无法满足要求的情况，应当在保证安全的前提下完成试验。

- (1) 试验过程中责任划分清晰；
- (2) 所有人员经过试验前培训和安全教育，具备与职责相符的应急反应能力；
- (3) 进行试验过程的风险分析评估，并制定风险缓解措施；
- (4) 划定测试海域，排除其他船舶进入，或采用其他有效措施；
- (5) 测试海域有 VTS 服务能力，以监督试验的进行并随时报告危险情况；
- (6) 确保陪试船舶及其驾驶人员的安全状态；
- (7) 确保陪试船舶性能满足场景设置的需求；
- (8) 能够准确记录测试过程中的本船、陪试船的位置、航速、航向等信息；
- (9) 能够获取试验过程中的局部风浪流实时信息；
- (10) 通讯情况良好，保证所有试验参与单位和人员的信息共享。

第 3 节 测试场景

7.3.1 一般要求

7.3.1.1 测试场景应包含如下种类：

- (1) 在 ODC 范围内，船舶正常航行中执行动态任务的场景；
- (2) 为了分析和验证 ODC 而设置在 ODC 边界上的场景；
- (3) 故障及失效场景；
- (4) 其他验证系统安全的场景。

7.3.1.2 如无法完成相关场景的实船测试，或无法达到场景设置条件，部分测试可采用硬件在环测试等方式替代，但应论证其等效性，并提交 CCS 审查。

7.3.2 场景示例

7.3.2.1 测试场景清单示例如表 7.3.2.1

测试场景清单

表 7.3.2.1

序号	场景类别	水域	辅助航行	No	Nn
1	正常航行动态任务场景（ODC 内）				
1.1	1 艘目标船与本船形成会遇态势（包含存在/不存在危险的情况），和/或存在其他障碍物。	开阔水域	X	X	X
1.2	1 艘目标船与本船形成会遇态势，并存在碰撞危险，同时有其他 1 艘及以上船舶与本船不形成危险的会遇，和/或存在其他障碍物。	开阔水域	X	X	X
1.3	2 艘及以上目标船与本船依次形成会遇态势，并存在碰撞危险，和/或存在其他障碍物。	开阔水域	X	X	X
1.4	2 艘及以上目标船与本船同时形成会遇态势，并存在碰撞危险，和/或存在其他障碍物。	开阔水域	X	X	X
1.5	进出港航道中，航道前方有 1 艘航速低于本船的船（或航道后方有 1 艘航速高于本船的船）	进出港	X（如适用）		X
1.6	航道上存在 1 艘及以上目标船穿越航道，且航道前方有 1 艘航速低于本船的船（或航道后方有 1 艘航速高于本船的船）	进出港	X（如适用）		X
1.7	靠离泊任务场景，和/或存在其他船舶或障碍物。	码头	X（如适用）		X
2	验证 ODD 的场景				
2.1	基于场景元素变化的测试场景，通过该类场景验证 ODD 关于区域等条件的边界。	与 ODD 设定相关		X	X
2.2	基于环境条件变化的测试场景，通过该类场景验证 ODD 关于水深、能见度、天气、海况、	与 ODD 设定相		X	X

序号	场景类别	水域	辅助航行	No	Nn
	海冰等条件的边界。	关			
2.3	基于动态元素变化的测试场景，通过该类场景验证 ODD 关于交通流密度、水面障碍物、航速及航行规则限制等条件的边界。	与 ODD 设定相关		X	X
3	验证系统识别船舶自身状态的场景				
3.1	基于本船的运动状态及装载情况变化的测试场景，通过该类场景验证 ODC 关于船舶自身运动、稳性状态等条件的边界。	与 ODC 设定相关		X	X
3.2	基于软硬件失效及故障注入的测试场景，通过该类场景验证 ODC 关于软硬件健康状态等条件的边界。	与 ODC 设定相关		X	X
4	验证系统识别监控人员状态的场景				
4.1	基于船上、远程监控人员状态变化的测试场景，通过该类场景验证 ODC 关于监控人员状态条件的边界。	与 ODC 设定相关		X (H2、H3 适用)	X (H2、H3 适用)
5	其他涉及系统安全的场景				
5.1	基于风险评估，识别涉及系统安全的其他关键场景。		X (如适用)	X	X

第 4 节 测试参数设置

7.4.1 一般要求

7.4.1.1 为了方便测试而进行对智能航行系统进行的修改，例如感知信息等，应确保这些修改不会影响测试结果。将修改的说明和影响分析记录在测试报告中。

第 5 节 测试工具

7.5.1 一般要求

7.5.1.1 在设置场景时，除了使用陪试船并在实际环境中进行外，还可以使用其他测试工具进行测试，取代实船及目标船等。测试工具应保证被替代对象的感知特性。采用该种测试工具进行测试的仍属于仿真测试，过程及结论仅用于制造厂安全理念的验证，不能完全替代测试船/实船测试。

第 6 节 测试报告

7.6.1 一般要求

7.6.1.1 应对测试数据进行记录,至少包含测试系统软硬件版本信息、系统运行模式、船舶运动状态参数、人机交互及报警相关提示信息状态、目标障碍物的位置及运动数据等内容,确保测试结果的可追溯性,并对测试结果进行分析与评估。

7.6.1.2 完成实船测试后,测试场等相关测试执行机构应出具实船测试报告。测试报告包含以下内容:

- (1) 测试场景的选择及理由;
- (2) 测试场景的详细说明;
- (3) 参与测试的陪试船的说明;
- (4) 为达到测试目的而进行的修改;
- (5) 测试其他条件;
- (6) 测量装置及测量的物理量;
- (7) 验收衡准;
- (8) 测试结果;
- (9) 测试结论。

附录 1 建模与仿真

第 1 节 一般规定

1.1.1 一般要求

1.1.1.1 智能航行系统的任何设备和系统进行的仿真测试应满足本章规定。仿真测试结果可作为智能航行系统安全性评估的支撑。

1.1.1.2 CCS 可根据制造厂提供的文件资料进行审核，并根据结果向制造厂提出要求进行 7.3.2 中任何场景或其他场景的仿真测试，在认可及检验阶段进行的仿真测试应当在符合 CCS 要求的仿真平台中进行，制造厂应为测试提供任何便利条件。

1.1.1.3 用于对智能航行系统进行测试及验证目的的建模和仿真（model & simulation, M&S）的管理要求及技术要求可参考 NASA-STD-7009A 标准或 COMMISSION IMPLEMENTING REGULATION (EU) 2022/1426 中 ANNEX III PART 4 部分。本章中仅简要说明需要提交的文件资料及要求。

第 2 节 文件资料审查

1.2.1 一般要求

1.2.1.1 制造厂应按本章要求编制仿真测试相关文件，在申请认可或检验时应当向 CCS 提供建模及仿真的文件资料。

1.2.1.2 制造厂应能保证文件资料可追溯到相应的 M&S 或数据。

1.2.1.3 文件资料应在仿真使用的全生命周期内得到适当维护。

第 3 节 建模与仿真可信度评估

1.3.1 一般要求

1.3.1.1 制造厂应建立可信度评估方法，进行建模及仿真（model & simulation, M&S）的可信度评估，并以评估结果确定支持智能航行系统评估的仿真工具/方法。

1.3.1.2 影响 M&S 可信度的因素包括多个方面，制造厂应当从以下五个方面进行 M&S 的可信度评估，并通过评估优化 M&S。

(1) 建模及仿真的管理；

- (2) 人员经验及专业性;
- (3) 建模及仿真的分析;
- (4) 数据谱系;
- (5) 验证、确认及不确定性分析。

1.3.2 建模及仿真管理

1.3.2.1 应对设计和开发过程中的建模和仿真进行监控和管理，并以文档形式进行记录。

1.3.3 人员经验及专业性

1.3.3.1 M&S 的可信度不仅建立在模型的质量之上，也建立在参与 M&S 开发和验证的人员经验及专业性之上。例如，对 M&S 的有效性限制的充分理解能够避免 M&S 的滥用。

1.3.3.2 M&S 人员应当承担验证建模工具、验证模型并利用 M&S 验证智能航行系统的责任。

1.3.3.3 应当建立 M&S 人员管理体系，降低人员风险。制造厂应说明建立的管理体系采用的标准（如 ISO 9001）。

1.3.4 数据谱系

1.3.4.1 数据谱系是数据的生命周期，展示了从数据源头到数据目标之间的转换过程。制造厂应对 M&S 中涉及的数据建立数据谱系。

1.3.5 建模与仿真分析

1.3.5.1 M&S 分析旨在识别可以通过仿真测试进行评估的参数空间。同时定义模型与建模工具的范围和限制，并确定可能影响 M&S 结果的不确定性来源。

1.3.5.2 制造厂应对使用的仿真工具进行详细说明，以及使用 M&S 支持智能航行系统的验证及评估。

1.3.6 验证及确认

1.3.6.1 制造厂应提供 M&S 验证及确认的相关证据，M&S 的验证包括多个步骤，包括代码验证、计算验证、敏感性验证及确认。

附录 2 风险评估报告

a	标题
a.1	应明确指明应用的问题。
a.2	应反映评估技术应用的范围，如果仅是评估技术部分步骤的应用，则应标明应用的某一步骤或某些步骤。
b	引言
b.1	项目简述：应用的范围、评估的对象、遵循的依据、重要的假设和限定。
b.2	重要研究结论：风险评估研究得出的重要结论。
c	问题的限定
c.1	应确定所要考虑的有关要进行评估的问题的定义。
c.2	有关需要制定或修改所涉及到的规范或相关文件。
c.3	船舶智能航行风险评估中所用模型的定义。
d	背景资料
d.1	建议引入的措施用于类似问题而得到的经验（如有时）。
d.2	与所考虑问题相关的事故统计，包括数据分析（例加，船舶类型或事故类别）。
d.3	数据和资料的来源。
e	工作方法
e.1	人员：风险评估工作组的成员及其经验水平（列表列出成员所在单位、部门、专业和职称等）。
e.2	对如何进行评估加以介绍，例如召开的各种会议、工作组及决策方法等。
e.3	风险评估开始和完成日期。
f	步骤简述
f.1	<p>对每一步骤，应简述：</p> <p>（1）进行评定的技术/方法；</p> <p>（2）假定/限制条件（如有时），或不确定性及其依据；</p> <p>（3）每一步骤的结果，包括：</p> <p>步骤 1：风险识别：</p> <p>①识别潜在危险事故情景；</p> <p>②事故情景发生频率的估计；</p> <p>③事故情景后果严重性的估计；</p> <p>④影响关键事故情景的重要风险因素。</p> <p>步骤 2：风险分析：</p> <p>①事故情景的演化过程；</p> <p>②事故情景及其后果事件发生频率的估计；</p> <p>③事故场景后果严重性估计；</p>

	<p>④事故情景的风险值。</p> <p>步骤 3： 风险评价：</p> <p>①事故情景的风险等级（高风险/低风险/“ALARP”区域）；</p> <p>②事故情景是否需要制定风险控制措施；</p> <p>③影响高风险事故情景的关键因素。</p> <p>步骤 4： 风险应对：</p> <p>①各种风险控制方案（包含一个或若干个风险控制措施）；</p> <p>②风险控制方案对降低风险的有效性。</p>
g	供决策的最终建议
g.1	以可审核和可追溯的方式列出最终的建议，并说明理由。
h	补充材料
h.1	<p>船舶智能航行风险评估报告包括：</p> <p>（1）说明每位专家的背景和选用专家的依据；</p> <p>（2）参考文献；</p> <p>（3）数据来源；</p> <p>（4）事故统计；</p> <p>（5）技术支持材料（例如，调研报告、内部资料、图纸资料和专家意见等）；</p> <p>（6）其它信息资料。</p>