



中 国 船 级 社

智 能 船 舶 规 范

RULES FOR INTELLIGENT SHIPS

2015

2016年3月01日生效
Effective from March 01, 2016

北 京
Beijing

目 录

第1章 通则	1
1.1 一般要求.....	1
1.2 新技术应用.....	1
1.3 变更与修理.....	1
1.4 智能船舶附加标志.....	2
1.5 计算机系统.....	2
1.6 人员要求.....	3
第2章 智能航行	4
2.1 一般要求.....	4
2.2 智能航行功能标志.....	4
2.3 送审图纸资料.....	4
2.4 航路设计和优化.....	5
2.5 自主航行.....	6
2.6 高级自主航行.....	6
2.7 检验和试验.....	7
第3章 智能船体	8
3.1 一般要求.....	8
3.2 智能船体功能标志.....	8
3.3 船体全生命周期管理.....	8
3.4 船体监测及辅助决策系统.....	12
第4章 智能机舱	16
4.1 一般要求.....	16
4.2 智能机舱功能标志.....	17
4.3 图纸资料.....	18
4.4 系统要求.....	19
4.5 检验和试验.....	22
第5章 智能能效管理	24
5.1 一般要求.....	24
5.2 船舶能效在线智能监控.....	26
5.3 航速优化.....	28
5.4 基于纵倾优化的最佳配载.....	29
5.5 检验和试验.....	30

第6章 智能货物管理	32
6.1 一般要求.....	32
6.2 智能货物管理功能标志.....	32
6.3 图纸资料.....	32
6.4 货物、货舱监测报警和辅助决策系统.....	32
6.5 货物保护系统的监测报警和辅助决策系统.....	33
6.6 货物配载系统.....	33
6.7 自动装卸货系统.....	34
6.8 检验.....	35
第7章 智能集成平台	36
7.1 一般要求.....	36
7.2 智能集成平台功能标志.....	36
7.3 系统层次.....	36
7.4 系统要求.....	38
7.5 检验.....	38
附录1 常用的状态监测技术	40
1.1 振动监测技术.....	40
1.2 油液分析技术.....	43
1.3 噪声监测技术.....	44
1.4 热成像技术.....	44
1.5 电气信号分析技术.....	44

第1章 通 则

1.1 一般要求

1.1.1 本规范适用于申请CCS智能船舶附加标志的船舶。

1.1.2 智能化系指由现代通信与信息技术、计算机网络技术、智能控制技术等汇集而成的针对某个对象的应用，这些应用通常包括但不限于评估、诊断、预测和决策等。智能一般具有如下特点：一是具有感知能力，即具有能够感知外部世界、获取外部信息的能力；二是具有记忆和思维能力，即能够存储感知到的外部信息及由思维产生的知识，同时能够利用已有的知识对信息进行分析、计算、比较、判断、联想、决策；三是具有学习能力和自适应能力，即通过与环境的相互作用，不断学习积累知识，使自己能够适应环境变化；四是具有行为决策能力，即对外界的刺激作出反应，形成决策并传达相应的信息。

1.1.3 智能船舶系指利用传感器、通信、物联网、互联网等技术手段，自动感知和获得船舶自身、海洋环境、物流、港口等方面的信息和数据，并基于计算机技术、自动控制技术和大数据处理和分析技术，在船舶航行、管理、维护保养、货物运输等方面实现智能化运行的船舶，以使船舶更加安全、更加环保、更加经济和更加可靠。

1.1.4 智能船舶的功能分为智能航行、智能船体、智能机舱、智能能效管理、智能货物管理和智能集成平台。

1.1.5 申请智能船舶附加标志的船舶还应满足CCS相应规范和船旗国主管机关的相关要求。

1.2 新技术应用

1.2.1 智能船舶的技术正不断发展，如果应用CCS规范要求会妨碍新技术的应用，经风险评估和试验，证明采用新技术的系统和设备能够达到CCS规范要求的同等安全水平，则这些系统和设备的设计可偏离CCS的规范要求。

1.2.2 风险评估可按照CCS《船舶综合安全评估应用指南》(2015)或相关国际、国家标准规定的方法进行。

1.2.3 新技术的批准可参照IMO《IMO强制性文件中等效替代的认可指南》(MSC/Circ.1455)进行。

1.3 变更与修理

1.3.1 已经获得智能船舶附加标志的船舶，当对智能船舶功能相关的设备和系统进行变更或修理后，应根据具体情况进行检验以确认其满足原有附加标志的技术要求。

1.4 智能船舶附加标志

1.4.1 根据申请，经CCS审图与检验，确认船舶在智能航行、智能船体、智能机舱、智能能效管理、智能货物管理和智能集成平台方面已符合本规范要求，可授予如下智能船舶附加标志：

i-Ship (Nx, Hx, Mx, Ex, Cx, Ix)

其中括号内的字母是智能船舶的功能标志，可根据船舶实际具有的功能授予，功能标志可根据技术的发展增加。

1.4.2 功能标志的含义如下：

N — 智能航行功能标志，应满足本规范第2章的要求；

H — 智能船体功能标志，应满足本规范第3章的要求；

M — 智能机舱功能标志，应满足本规范第4章的要求；

E — 智能能效管理功能标志，应满足本规范第5章的要求；

C — 智能货物管理功能标志，应满足本规范第6章的要求；

I — 智能集成平台功能标志，应满足本规范第7章的要求；

x — 可选功能补充标志，一个小写字母表示一个功能补充标志，一个功能标志可有多个功能补充标志，具体详见第2章至第7章的要求。

1.4.3 智能船舶附加标志的授予、保持、暂停、取消和恢复应符合CCS《钢质海船入级规范》第1篇第2章第9节的规定。

1.5 计算机系统

1.5.1 本规范所涉及的智能系统的相关硬件和软件应满足CCS《钢质海船入级规范》第7篇第2章第6节的适用要求，并经CCS审图和检验。

1.5.2 软件开发应满足CCS《船用软件安全及可靠性评估指南》(GD11-2015)的要求。

1.5.3 应对系统进行风险评估。在系统设计分析时，应确定相关的失效状态，以及系统对这些失效状态的响应，并通过对有关设备中的软件和硬件设计来清除或限制故障的相互影响，并提供故障的检测和容错。另外，在软件测试中，除了要做正常范围的测试之外，还要做异常范围的测试，以保证设备和软件对异常输入和状态的正确响应能力。

1.6 人员要求

1.6.1 船东或船舶管理公司应制定与智能系统相关的管理办法、培训计划、操作程序等，以明确智能系统相关操作和使用人员的职责、资质、培训等要求。

1.6.2 相关人员在上岗前应经培训合格，并熟悉智能系统的操作。

第2章 智能航行

2.1 一般要求

2.1.1 本章要求适用于申请智能航行功能标志的船舶。

2.1.2 智能航行系指利用计算机技术、控制技术等对感知和获得的信息进行分析和处理，对船舶航路和航速进行设计和优化；可行时，借助岸基支持中心，船舶能在开阔水域、狭窄水道、复杂环境条件下自动避碰，实现自主航行。

2.1.3 智能航行的基本功能为航路设计和优化。

2.1.4 除2.1.3基本功能外，智能航行还可具有以下补充功能：

- (1) 自主航行；
- (2) 高级自主航行。

2.2 智能航行功能标志

2.2.1 经申请，并经CCS审图和检验合格，可授予下列智能航行功能标志：

Nx

式中：N——船舶具有智能航行的基本功能；

x——补充功能标志，具体采用以下小写字母表示：

o——船舶具有自主航行能力；

n——船舶具有高级自主航行能力，此时无需授予自主航行补充功能标志o。

2.3 送审图纸资料

2.3.1 航路设计和优化应向CCS提交下列图纸资料：

- (1) 系统组成图；
- (2) 航路设计软件功能；
- (3) 系泊和航行试验大纲。

2.3.2 自主航行、高级自主航行应向CCS提交下列图纸资料：

(1) 岸基支持中心、恶劣天气航行系统、应急事态处理、自动避碰系统和航迹监控系统的组成和功能说明；

(2) 自主航行、高级自主航行风险分析，包括推进系统、船舶操舵系统、导航系统、辅助系统的故障模式和影响分析；

- (3) 系泊和航行试验大纲。

2.4 航路设计和优化

2.4.1 航路设计和优化是根据船舶所具有的技术条件和性能，特定的航行任务、吃水情况、货物特点和船期计划，充分考虑风、浪、流、涌等因素，在保证船舶、人员和货物安全的条件下，设计和优化航路、航速，使燃料消耗最低，并在整个航行期间不断优化。

2.4.2 航路设计和优化一般由船载系统和岸基支持中心组成。

2.4.3 航路设计和优化应具有船舶性能计算模型，在可得到的情况下，通常应考虑下列数据：

- (1) 船舶总布置图；
- (2) 船体型线图、船中横剖面及舳龙骨细节；
- (3) 静水力曲线；
- (4) 主机参数及轴带发电机细节；
- (5) 主机工厂试验结果；
- (6) 船模试验和船舶试航报告；
- (7) 以往航线典型航速、转速、功率和燃油消耗情况(该数据可以通过第5章相关系统获得)；
- (8) 船舶抗风浪等级。

当缺乏数据时，可采用理论分析和经验曲线建立模型，并通过实船获得的数据不断地完善。

2.4.4 航路设计和优化，应考虑航线上的短期和长期气象数据，并进行更新。船舶应定期获得下列数据：

- (1) 风速、风向；
- (2) 波高、平均周期；
- (3) 涌高、涌向和平均周期；
- (4) 流速、流向；
- (5) 热带气旋(或台风):最大风速、阵风风速、半径等；
- (6) 温带气旋：中心气压、移动路径与速度，冷暖锋线等；
- (7) 强冷高压(寒潮大风)预警；
- (6) 冰情(适用时)。

2.4.5 航路设计和优化，一般应具有以下优化功能：

- (1) 确定到达时间；

- (2) 最短航行时间；
- (3) 最低燃油消耗；
- (4) 最低总成本；
- (5) 船舶经受的最高风浪等级。

2.4.6 船舶应配备下列设备：

- (1) 数据通信设备：在整个航程期间能与岸基建立通信连接，以便相互转送信息；
- (2) 电子海图信息与显示系统；
- (3) 电子定位仪；
- (4) 风速风向仪；
- (5) 电罗经；
- (6) 航速和航程测量装置。

2.4.7 航路设计和优化系统应符合I类计算机系统的要求。

2.5 自主航行

2.5.1 船舶具有在开阔水域自主航行的能力。

2.5.2 船舶设有综合导航系统^①，并具有岸基支持中心、恶劣天气航行系统、应急事态处理系统等。

2.5.3 船舶设有开阔水域自动避碰系统，可按预定的航路实现自动避碰，并进行自主航行。

2.5.4 申请自主航行的船舶，应考虑开阔水域自主航行中可预见的风险，进行全面风险评估。

2.5.5 自主航行系统应符合III计算机系统的要求。

2.6 高级自主航行

2.6.1 船舶应具有自主航行的能力。

2.6.2 船舶具有狭窄水道自动避碰系统，具有在复杂环境条件下实现自主航行的能力。

2.6.3 船舶可实现自动靠离码头。

2.6.4 申请高级自主航行的船舶，应考虑开阔水域自主航行、狭窄水道自主航行和自动靠离码头过程中可预见的风险，并进行全面风险评估。

^① 应符合MSC.252(83)决议修正的综合导航系统(INS)性能标准要求。

2.6.5 高级自主航行系统应符合III类计算机系统的要求。

2.7 检验和试验

2.7.1 初次检验

2.7.1.1 相关图纸业经审查。

2.7.1.2 确认系统持有相应的证书。

2.7.1.3 确认智能航行系统的输入、输出及通信功能。

2.7.1.4 根据不同的输入条件，进行模拟航路和航速设计与优化，验证软件功能。

2.7.1.5 确认相关海图进行了相应的更新。

2.7.1.6 试航时验证自主航行、高级自主航行(适用时)的功能，以及恶劣天气及应急事态的处理能力。

2.7.2 建造后检验

2.7.2.1 年度检验、中间检验和特别检验时，查阅系统以往的使用情况，确认处于正常状态。

2.7.2.2 当设备和系统进行修理和更新时，应重新验证功能。当对自动避碰和自主航行系统进行维修或换新后，需重新进行航行试验。

第3章 智能船体

3.1 一般要求

3.1.1 本章规定适用于申请CCS智能船体功能标志的船舶。

3.1.2 智能船体是基于船体数据库的建立与维护，为船体全生命周期内的安全和结构维修保养提供辅助决策，同时还可以通过船体相关数据的自动采集与监测，提供船舶操纵的辅助决策。

3.1.3 船体全生命周期管理包括下列功能：

- (1) 船体建造监控管理；
- (2) 船体结构厚度监控与强度评估；
- (3) 船体检查保养计划；
- (4) 破损稳性和结构剩余强度评估。

3.1.4 船体监测及辅助决策系统包括下列功能：

- (1) 船体监测系统；
- (2) 航行辅助决策系统。

3.1.5 本章涉及的系统软件应满足II类计算机软件的要求。

3.2 智能船体功能标志

3.2.1 经申请，并经CCS审图和检验合格，可授予下列智能船体功能标志：

Hx

式中：H——船舶具有船体全生命周期管理的功能；

x——补充功能标志，具体采用以下小写字母表示：

m——船舶具有船体监测系统及辅助决策系统。

3.3 船体全生命周期管理

3.3.1 一般要求

3.3.1.1 应建立船体全生命周期管理的船体数据库，将船体设计、建造和营运各阶段产生的数据以标准化的电子数据形式存储和传输，并在船舶全生命周期内得到及时维护与更新。同时，采用数字传输技术集成船体监测和船体结构检查保养数据，为有效开展结构检验、保养及维修提供技术保障，实时掌握船体结构状况，预先制定维修计划，以实现船体从建造到营运各阶段实施全生命周期管理，从而达到降低结构维护成本，延长结构使用寿命的目的。

3.3.1.2 全生命周期管理的船体数据库应包含船体结构几何模型、结构强度分析模型和船体性能计算模型。结构强度分析和船体性能模型的要求如下：

(1) 结构强度分析模型应符合CCS相关规范/指南的规定，包括舱段和/或全船有限元模型、船体梁总纵强度以及结构构件局部强度计算模型，并根据CCS相关规范/指南的适用要求，可实现船体结构强度的屈服、屈曲、疲劳强度以及极限强度与剩余强度的计算与分析；

(2) 船体性能计算模型应符合法定要求，可实现船舶完整稳性与破损稳性的计算与分析。

3.3.1.3 在建造阶段，基于船体结构几何模型，建立船舶监造管理的电子档案，包括监控结构关键位置\结构精度，记录建造检验过程。

3.3.1.4 在营运阶段，基于船体结构几何模型，建立结构测厚数据库，以监控船体结构厚度变化、预测腐蚀趋势，实施船体结构强度评估。并制定针对船体结构的定期检查保养计划，指导船员进行日常检查维护保养。

3.3.1.5 应能提供破损稳性和剩余强度的计算分析，为船舶在紧急状态下提供技术评估。

3.3.2 图纸资料

3.3.2.1 全生命周期管理应向CCS提交下述资料：

- (1) 船体数据库设计说明书；
- (2) 船体建造监控计划；
- (3) 船体建造监控管理计算机系统相关资料；
- (4) 船体检查保养计划计算机系统相关资料；
- (5) 破损稳性和剩余强度计算分析的岸基机构相关资料。

3.3.2.2 船上应方便获得下列资料：

- (1) 最近5年的船体测厚报告；
- (2) 最近5年的船体测厚数据分析报告；
- (3) 最近5年的总纵强度评估报告(适用时)；
- (4) 疲劳强度评估报告(适用时)；
- (5) 船体检查保养计划相关资料。

3.3.3 船体建造监控管理

3.3.3.1 船体建造监控管理是采用计算机系统对船体建造过程进行监督与管理，保存监造检验记录、文件资料，形成船体监造管理的电子档案，为船体在营运中的日常维护与进厂修理提供依据，该系统应满足3.3.3.2和3.3.3.3要求。

3.3.3.2 涵盖船东、船厂、船级社共同制定的检验项目表中的所有船体检验项目。以船体结构几何模型为基础，记录建造过程中船体分段、合拢和舱室的检验历史，并能记录检验过程中的意见、结论、照片和电子文档。

3.3.3.3 根据CCS《船体结构建造监控指南》，对船体结构关键位置的构件装配对准、坡口加工以及焊接工艺等进行监控，以确保船体结构关键位置严格按照批准的施工程序建造并符合可接受的质量标准。船体结构建造监控应满足本社《船体结构建造监控指南》的要求。

3.3.4 船体结构厚度监控与强度评估

3.3.4.1 船体结构厚度监控与强度评估是采用计算机系统，基于船体结构几何模型，建立船舶从建造完工到退役之间完整营运周期内的结构厚度数据库，并满足3.3.4.2至3.3.4.4要求。

3.3.4.2 记录构件历次测量的厚度数据及更换历史，统计分析历次测量的厚度数据，以直观的方式显示船体结构腐蚀状况，并基于构件厚度变化和所处环境等因素，预测腐蚀趋势。

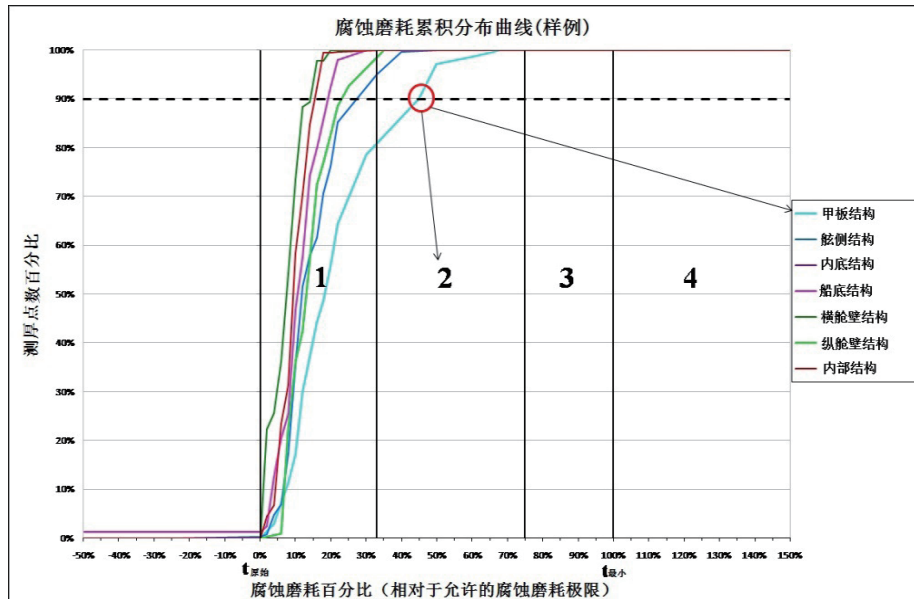
3.3.4.3 基于采集的测厚数据，按如下要求对测厚数据进行分析及评级：

(1) 将船体结构划分为多个舱室/处所/区域，如压载舱、货舱(包括空舱、泵舱等)和外部结构(露天强力甲板和船体外板)等。对每个舱室/处所/区域的测厚数据，采用90%可靠性的统计分析方法(S-Curve方法)进行分析；

(2) 每个舱室/处所/区域的边界及其结构构件在评级时一般划分为多个结构单元(包括板及其附连的骨材):甲板结构、舷侧结构、船底结构、内底结构、横舱壁结构、纵舱壁结构和内部结构(如适用，还应包括舱口盖及舱口围板)。对每一结构单元按如下标准分为1至4级：

	级别			
	1	2	3	4
腐蚀磨损百分比, r	$r \leq 33\%$	$33\% < r \leq 75\%$	$75\% < r \leq 100\%$	$r > 100\%$

(3) 基于90%的水平线(如下图中的水平虚线)与测厚曲线交点所在的评级区间来确定厚度测量评级结果(如下图中甲板结构厚度测量评级为2级)。



(4) 对于具有公共边界的舱室/处所，其公共边界的测厚值在两侧的舱室/处所中分别计入。

3.3.4.4 基于船体数据库，必要时可进行船体结构强度评估。

3.3.5 船体检查保养计划

3.3.5.1 船体检查保养计划是采用计算机系统，基于船体结构几何模型，结合船体结构特点和建造检验记录，根据营运中船级/法定检验要求以及船公司的需求，制定船体结构的定期检查保养计划，指导船员进行日常检查维护保养，该系统应满足3.3.5.2至3.3.5.6的要求。

3.3.5.2 根据船体结构特点，以及船舶设计、建造、审图计算、营运检验指南及营运中强度评估，制定船体结构的一般检查项目、重点关注区域、典型缺陷示意图等。

3.3.5.3 记录船舶舱室各结构区域的涂层及结构检查结果、结构缺陷，以直观的方式显示涂层及结构检查结果、结构腐蚀状况、缺陷及修理历史等，并包括以下内容：

(1) 设定“涂层、均匀腐蚀、点腐蚀、凹槽腐蚀、变形、裂纹”的检查标准和级别评定原则。级别一般分为GOOD、FAIR、POOR；

(2) 根据船舶舱室各结构区域的检查结果，评定每一结构区域和舱室总体的状况级别。级别一般分为GOOD、FAIR、POOR；

(3) 对于评定级别为FAIR或POOR的结构区域，系统应能给予必要的提醒和跟踪。

3.3.5.4 查询船体结构建造检验历史、船体结构构件尺寸信息、测厚历史数据、缺陷及修理历史。

3.3.5.5 计算船舶修理中的涂装面积、构件重量，评估维修工程量。

3.3.5.6 除定期检查保养计划外，通过数字传输技术集成船体监测系统与船体检查保养计划，结合结构厚度监控与强度评估，综合分析船舶的实际状况和可靠性，制定临时的船体结构检查保养计划。

3.3.6 检验

3.3.6.1 在船舶建造完工前初次检验至少应包含如下项目：

(1) 船体数据库设计说明书中规定的船体结构几何模型、结构强度分析模型和船体性能计算模型满足本章相关要求；

(2) 检查系统软件认可证书；

(3) 船体建造监控计划得到满意的实施；

(4) 船体建造监控管理计算机系统检验项目齐全，系统中的记录完整并与实际情况一致；

(5) 船体检查保养计划计算机系统已安装上船并能正常运行；

(6) 船体检查保养计划的一般检查项目、重点关注区域、检查间隔期满足要求；

(7) 执行船体检查保养的船上检查人员经过CCS或CCS接受的组织进行的培训。

3.3.6.2 年度检验 / 中间检验/特别检验至少应包含如下项目：

(1) 船上应方便获得3.3.2.2条规定的资料；

(2) 结构厚度数据库中记录的构件厚度数据及更换历史与实际情况一致；

(3) 船体测厚数据分析报告满足3.3.4.3条要求；

(4) 执行船体检查保养的船上检查人员经过CCS或CCS接受的组织进行的培训；

(5) 船上检查员在验船师的见证下，任意选择至少两个压载舱进行内部检查，准确判定所检查结构区域的涂层及结构状况，并正确将发现的问题和评定的级别录入计算机系统；

(6) 船体检查保养计划计算机系统记录完整并与实际情况一致。

3.4 船体监测及辅助决策系统

3.4.1 一般要求

3.4.1.1 船体监测及辅助决策系统应对船体结构应力、船舶运动状态、船舶装载以及海况、航向、航速等数据进行采集、存储、分析、显示，当这些数据的变化超过预设临界值时，该系统发出警告，并提供指导船舶航行操作的辅助决策。

3.4.1.2 船体监测及辅助决策系统应满足下列要求：

- (1) 对涉及船体结构安全的相关重要参数进行采集与监测；
- (2) 储存采集数据；
- (3) 根据监测系统采集的数据进行计算与异常分析；
- (4) 当分析结果出现异常时能够及时报警；
- (5) 根据报警参数，提出船舶操作的决策建议；
- (6) 与装载仪、电罗经和风速风向仪相联，分析和记录船舶的海况信息以及船舶航行参数。

3.4.2 图纸资料

3.4.2.1 船体监测及辅助决策系统应向CCS提交下述资料：

- (1) 系统原理图；
- (2) 系统操作手册；
- (3) 系统硬件规格说明；
- (4) 系统说明书；
- (5) 系统试验程序。

3.4.3 船体监测系统

3.4.3.1 船体监测系统应符合CCS《钢质海船入级规范》第8篇21章船体监测系统的有关规定。

3.4.3.2 结合各船型船体结构应力分布特点的需要，船体监测系统应对涉及船体结构安全的重要参数以及相关的海洋环境参数进行监测，通常主要包括：

- (1) 船体结构总纵强度；
- (2) 船体结构关键区域，如，大型集装箱船货舱口角隅等；
- (3) 船舶运动，如，横摇角、纵摇角等；
- (4) 船舶运动加速度，如，垂向加速度、横向加速度等
- (5) 首部砰击；

- (6) 液舱内液体晃动(液货船);
- (7) 结构温度(载运高温或低温的液货船);
- (8) 海况数据, 如, 风力、风向、海面波浪;
- (9) 船舶航行参数, 如, 航向、航速;
- (10) 具体可根据船舶实际情况和安全需要, 确定或进一步增加相关的监测参数。

3.4.4 辅助决策系统

3.4.4.1 为了实现系统的辅助决策功能, 应根据船型的需求安装足够的传感器来保障系统具有辅助决策能力。

3.4.4.2 根据监测系统对船舶航行、在港装卸货和进坞状态的监测报警, 辅助决策系统应能够提供相应操作的辅助决策。通常应考虑下列要求:

(1) 航行过程中, 当船体结构应力、船舶运动与加速度以及首部砰击压力和液舱晃动压力等参数发生报警时, 系统应根据当时的海况、航向、航速, 对船体载荷进行总体计算分析与评估, 并作出是否需要改变航向、改变航速以及船舶姿态等操作指令;

(2) 在港装卸货过程中, 当船体结构应力发生报警时, 系统能够给出是否继续装卸货、调整装卸货舱以及装卸货速度等操作指导;

(3) 船舶在进坞和维修过程中, 当船体总纵变形发生报警时, 系统应能够给出坞墩布置调整的措施;

(4) 具体可根据船舶实际情况和安全需要, 确定或进一步增加相关的辅助决策功能。

3.4.5 检验

3.4.5.1 初次检验至少应包括以下项目:

- (1) 确认相关图纸资料已审查;
- (2) 确认系统硬件产品(包括传感器)持有相应的证书;
- (3) 确认系统软件已按II类软件认可;
- (4) 设备安装完成后, 按照试验程序、监测装置的校准程序进行检验和试验, 验证系统功能。

3.4.5.2 在进行年度检验 / 中间检验/特别检验时, 查阅以下系统以往的使用情况, 确认船体监测和辅助决策系统的功能运行正常:

- (1) 船体监测和辅助决策系统的维护情况记录;
- (2) 船体监测和辅助决策系统的总体运行情况;

(3) 系统故障 / 失效的详细情况和原因分析;

(4) 修理记录和备件更换情况。

3.4.5.3 除审查上述3.4.5.2的内容外, 还应检查如下项目:

(1) 检查船体监测和辅助决策系统是否有效运行;

(2) 检查船体监测和辅助决策系统的详细工作记录;

(3) 检查系统设备的修理记录;

(4) 确认船体监测和辅助决策系统的历史数据、分析数据等资料保留完整, 并对部分报告内容进行抽查;

(5) 确认操作人员熟悉船体监测和辅助决策系统, 并确认其执行情况;

(6) 如验船师认为有必要, 一些测试和分析过程需要进行实际验证;

(7) 检查和确认船体监测和辅助决策系统相关仪器仪表按规定的程序和计划进行了校准。

3.4.5.4 如船体监测和辅助决策系统出现故障, 或者设备损坏、修理和换新, 或监测手段等发生较大变化, 船东或船舶管理公司应申请进行临时检验。

第4章 智能机舱

4.1 一般要求

4.1.1 本章规定适用于申请CCS智能机舱功能标志的船舶。

4.1.2 智能机舱能够综合利用状态监测系统所获得的各种信息和数据，对机舱内机械设备的运行状态、健康状况进行分析和评估，用于机械设备操作决策和维护保养计划的制定。

4.1.3 智能机舱应具有如下基本功能：

- (1) 对机舱内的主推进发动机、辅助发电用发动机、轴系的运行状态进行监测；
- (2) 根据状态监测系统收集的数据，对机械设备的运行状态和健康状况进行分析和评估；
- (3) 根据分析与评估结果，提出纠正建议，为船舶操作提供决策建议。

4.1.4 除具有4.1.3规定的基本功能外，智能机舱还可根据机械设备运行状态和健康状况的分析和评估结果，制定相应的视情维护计划，作为智能机舱的补充功能。

4.1.5 主推进发动机及其部件实施状态监测，至少包括如下部件/性能：

- (1) 各缸燃烧性能；
- (2) 燃烧室相关部件，如气缸套、活塞头(含活塞环)、气缸盖(含进、排气阀)、燃料喷嘴/阀；
- (3) 摩擦部件，如主轴承、曲柄销轴承、十字头轴承、凸轮轴轴承；
- (4) 曲轴箱防爆；
- (5) 增压器性能。

4.1.6 辅助发电用发动机及其部件实施状态监测，至少应包括如下部件/性能：

- (1) 燃烧室相关部件，如气缸盖(含进、排气阀)、气缸套、燃料喷嘴/阀；
- (2) 摩擦部件，如主轴承、曲柄销轴承、凸轮轴轴承；
- (3) 增压器性能。

4.1.7 推进轴系实施状态监测，至少包括：

- (1) 齿轮箱(如有时)，如轴承；

(2) 轴和轴承，如轴瓦、密封性能。

4.1.8 用于辅助决策和视情维护的状态监测系统应经CCS认可。

4.1.9 如状态监测与故障诊断系统能根据监测数据对机械设备及其部件的工作状况进行健康评估，证明通过状态监测确定的状态可等效于直接检验确定的状态，则CCS可批准实施视情维护。

4.1.10 已实施视情维护的机械设备及其部件的拆检项目可按视情维护计划执行，未纳入视情维护系统的设备及其部件仍应按PMS实施维护及检验。

4.1.11 状态监测系统船上安装完成后，应按本章4.5.1的要求进行初次检验，验证船舶可按批准的程序和计划实施机械设备及系统的状态监测，监测系统可按设计有效运行。

4.1.12 本章所用定义如下：

(1) **计划维护保养系统(PMS)**：系指船舶机械(包括电气设备)，根据规范的有关要求和设备制造厂说明书的规定，由船东或船舶管理公司制定一套详细的周期维修保养计划，通过该计划在船上的贯彻和实施，使船舶机械始终保持良好的技术状态。对这种船舶机械采用周期性维修保养的计划管理，称为计划保养系统。

(2) **视情维护系统**：系指根据机械设备运行状态和健康状况的分析和评估结果，制定视情维护计划的系统。

(3) **辅助决策**：系指依据机械设备运行状态和健康状况的分析与评估结果，提出纠正措施，为船舶操作提供决策建议。

(4) **状态监测与健康评估系统**：系指通过传感器对机械设备的工作状态进行监测，并基于监测数据对机械设备的运行状态、健康状况进行分析和评估的系统，主要包括传感器、数据采集、数据处理、数据分析、数据存储、分析与评估结果输出等部分。

(5) **基准数据**：系指机械设备及其部件的性能达到或处于初始状态条件下，测量获取的数据，作为机械设备及其部件健康状况分析比较的基准，一般在船上运行时进行测量。

(6) **参考条件**：系指状态监测数据采集时规定的条件，包括监测设备的运行状态(如温度、压力、转速等)、外围系统的工作条件、船舶的运行状态(如航速、吃水)以及相关的环境条件(如气温、气压、海况、风速等)。

4.2 智能机舱功能标志

4.2.1 经申请，并经CCS审图和检验合格，可授予如下智能机舱功能标志：

Mx

其中：M —— 代表船舶具有4.1.3规定的智能机舱基本功能；

x —— 补充功能标志，具体采用以下小写字母表示：

m —— 表示主推进发动机及其部件实施基于状态监测的视情维护；

a —— 表示辅助发电用发动机及其部件实施基于状态监测的视情维护；

p —— 表示推进轴系实施基于状态监测的视情维护。

4.2.2 申请智能机舱附件标志M的船舶，应符合如下条件：

(1) 满足AUT-0附加标志相关要求；

(2) 设有基于状态监测的辅助决策系统。

4.2.3 申请智能机舱附件标志Mx的船舶，除符合4.2.2规定外，还应符合如下条件：

(1) 满足PMS附加标志相关要求；

(2) 设有基于状态监测的视情维护系统。

4.3 图纸资料

4.3.1 申请智能机舱附加标志的船舶，应提交如下适用的图纸资料：

(1) 监测的机械设备清单及说明，至少包括每个设备及其部件的如下信息：

① 监测状态和/或故障，如气缸内燃烧状态、轴承磨损状态、增压器性能等；

② 监测参数及其工作范围，如温度、压力、流量、振动等；

③ 监测装置/传感器；

④ 监测程序；

⑤ 状态分析/评估方法；

⑥ 接受衡准。

(2) 状态监测与故障诊断系统有关的详细资料，一般应包括如下方面的内容：

① 系统原理、功能及使用维护说明；

② 系统硬件说明，如传感器、数据采集装置、数据存储/备份装置等；

③ 软件说明，如数据处理与分析方法、故障诊断方法、状态评估方法等；

④ 输出数据/信息的种类和内容。

- (3) 视情维护系统相关资料，包括：
 - ① 系统功能及使用维护说明；
 - ② 纳入视情维护系统的设备及部件清单及说明；
 - ③ 视情维护内容与计划；
 - ④ 视情维护计划制定与实施程序。
- (4) 辅助决策系统相关资料，包括：
 - ① 系统功能及使用维护说明；
 - ② 纳入辅助决策的设备与系统清单及说明；
 - ③ 实施程序。
- (5) 程序和计划，包括：
 - ① 船上试验程序；
 - ② 数据收集程序和计划；
 - ③ 数据存储/备份程序和计划；
 - ④ 数据分析的程序和计划；
 - ⑤ 评估结果/报告输出；
 - ⑥ 监测装置的校准程序和计划。
- (6) 公司相关资料，至少包括：
 - ① 公司相关岗位(职责)结构框图；
 - ② 工作流程，包括目标、方法和策略；
 - ③ 执行辅助决策和视情维护相关人员的培训计划和资格要求；

4.4 系统要求

4.4.1 一般要求

4.4.1.1 本章涉及的计算机系统应按II类计算机系统的要求进行设计、制造、检验和试验。

4.4.1.2 机械设备状态评估所需的相关参数应选用合适的测量技术/方法进行收集，这些参数值应适合展示机械设备及其部件一段时间内的状态变化趋势。测量数据应以标准的格式予以文件记录，以适合读取和使用。

4.4.1.3 状态监测数据的趋势分析应可方便容易地执行，趋势数据应能以方便的方式显示状态变化。分析与评估结果应能以直观的方式说明。

4.4.1.4 系统所使用的传感器一般应为固定型，如安装固定式传感器不可行，经船级社同意，也可采用等效的其他测量方式。如采用便携式仪器，相关测点位置、测量方向(与方向相关参数测量)应进行永久标记，传感器与测点的连接应能排除任何人为因素的影响；测量结果应能定期输入状态监测系统用于健康评估。

4.4.1.5 状态监测系统可通过船上机械设备的监测和报警系统收集数据，但不应影响船上报警和安全系统的正常功能。

4.4.1.6 状态监测数据应定期进行存储，需要时可随时进行回放和显示。

4.4.1.7 系统应设有数据库备份需要的设施。

4.4.1.8 对于采用新型设计的状态监测与健康评估系统，设计者可与CCS共同协商确定有关系统设计、安装、参数测量、试验和检验方面的要求。

4.4.2 辅助决策

4.4.2.1 辅助决策系统应能根据机舱设备运行状态的分析与评估结果，并结合系统已建立的知识库、专家库、以及相关辅助系统的监测参数数据，提出纠正措施，为机械设备的操作管理提供决策依据。

4.4.2.2 辅助决策系统的知识库和专家库应能随着系统运行经验的积累、知识的更新，予以不断地更新和完善。

4.4.2.3 辅助决策系统应能输出机械设备运行状态和健康状况的分析与评估报告及决策建议。

4.4.2.4 辅助决策系统应能方便地进行历史数据查询，并能输出检验需要的相关记录。

4.4.2.5 如采用岸基支持的方法进行辅助决策，岸基系统应作为辅助决策系统的一部分，提交的图纸资料中应包含岸基系统的功能、设计、操作、维护等方面信息。

4.4.3 视情维护系统

4.4.3.1 视情维护系统应能基于机械设备及其部件的健康评估结果，制定监测设备及部件的视情维护计划。

4.4.3.2 视情维护系统应能基于状态监测信息不断更新维护计划。

4.4.3.3 船上备件应考虑视情维护计划的需要。

4.4.3.4 视情维护系统应能生成如下记录：

- (1) 执行视情维护设备的检查项目清单；
- (2) 视情维护服务、检查和故障修理记录。

4.4.3.5 视情维护系统应能存储和管理状态监测及健康评估信息，输出检查结果、监测数据以及初次检验所需要的各种信息。

4.4.3.6 视情维护计划的历史数据应能进行查询。

4.4.3.7 如采用岸基支持的方法对设备进行视情维护，其相关计划和程序应提交CCS，并满足视情维护目标的要求。

4.4.4 监测和测量

4.4.4.1 应根据监测对象、目标和用途，选择一种或多种适用的监测技术，所采用的每种监测技术应提供详细说明。本规范附录1列出了常用的监测技术，供用户参考。

4.4.4.2 如采用了油液分析技术对柴油机和螺旋桨轴进行状态监测和健康评估，应分别满足CCS《钢规》第1篇第5章附录15《柴油机滑油状态监控系统检验指南》、附录14《螺旋桨轴状态监控系统检验指南》要求。

其他设备如采用油液分析技术进行状态监测，也可参照上述指南的要求实施，至少应考虑如下要求：

- (1) 取样人员，所有的油样在船上应指定的专门人员采集；
- (2) 为了确保油样具有代表性，最好在设备正常运转期间进行取样；
- (3) 取样周期，根据设备的型号、转速、工作条件和性能制定油液分析的取样周期；
- (4) 取样点的标识能够清晰识别和永久标记；

(5) 经CCS认可的油液分析公司提供油液分析报告。若分析结果超过标准允许的范围，船公司有义务及时向CCS报告。

4.4.4.3 为保证所有监测设备的功能正常、测量结果准确，应按批准的程序和计划进行功能试验和定期校准。试验和校准应进行记录。

4.4.4.4 应按规定的时间间隔测量监测数据。参数测量原则上应在参考条件下进行，实际测量时如无法达到参考条件，则测量值应修正至参考条件下的数值。修正方法应与其他认可资料一起提交CCS批准。

4.4.4.5 监测参数的记录至少应包括如下信息：

- (1) 描述机械设备的基本数据；

- (2) 测量位置;
- (3) 测量数据的处理方法;
- (4) 日期和时间信息。

4.4.4.6 应在机械设备处于初始状态条件下测量或获得状态监测的基准数据，测量时的参考条件应以文件形式予以记录。

4.4.4.7 基准数据的测量一般在船上试验时进行。基准数据的测量应满足如下要求：

- (1) 测量人员具有相关资质;
- (2) 测量各种运行状态下的代表性基准数据;
- (3) 用于故障诊断及健康分析的基准数据测量结果有效性应进行评估;
- (4) 新设备或和设备大修后应在磨合期之后进行基准数据有关的测量。

4.4.4.8 机械设备的维护保养和/或修理应进行记录，并在趋势曲线上予以标记。设备修理后相关监测参数应进行数据测量，测得的新数据应与历史数据(修理前)进行比较以检查偏差，测量数据和偏差应予以文件记录。

4.4.4.9 状态监测系统的任何故障/缺陷都应在本章4.5.2.2规定的年度报告中予以记录，对于影响测量数据趋势分析重大故障/缺陷应马上予以修复。如由于这些故障/缺陷导致监测参数测量无法按规定计划进行，则应通知CCS。

4.5 检验和试验

4.5.1 初次检验

4.5.1.1 初次检验至少应包括如下项目：

- (1) 图纸资料已审批;
- (2) 状态监测与健康评估系统已认可;
- (3) 确认系统指定的操作人员已按规定完成了相应的培训，并具有正确履行其职责的能力;
- (4) 相关设备安装完成后，按照船上试验程序、监测装置的校准程序进行检验和试验;
- (5) 核查视情维护计划与实施程序，确保其内容与实船的一致性;
- (6) 确认船上备有相关图纸资料、手册、程序及相关记录。

4.5.2 建造后检验

4.5.2.1 对于授予智能机舱附加标志的船舶，应结合船舶的年度 / 中间/特别检验进行年度检验，验证智能机舱涉及的状态监测、辅助决策和视情维护系统功能正常。

4.5.2.2 船上进行年度检验前，船东或船舶管理公司应向CCS执行检验单位提交一份关于状态监测、辅助决策和视情维护系统的年度报告，报告应至少包括自上次年度检验以来的如下内容：

- (1) 智能机舱状态监测、辅助决策和视情维护系统的维护情况记录；
- (2) 智能机舱状态监测、辅助决策和视情维护系统的总体运行情况；
- (3) 被监测机械设备的故障 / 失效情况和原因分析；
- (4) 被监测机械设备的修理记录和备件更换情况；

4.5.2.3 年度检验时，除审查船东(船方)提交的年度报告外，验船师还应实船检查如下项目：

- (1) 检查智能机舱状态监测、辅助决策和视情维护系统是否有效运行；
- (2) 检查智能机舱状态监测、辅助决策和视情维护系统的详细工作记录；
- (3) 检查被监测机械设备的修理记录，对于重要零部件的更换，其备件应满足CCS规范的持证要求，对换下的部件或设备进行核查；
- (4) 确认状态监测、辅助决策和视情维护系统的历史数据、趋势分析数据、滑油分析报告、振动分析报告等资料保留完整，并对部分报告内容进行抽查；
- (5) 确认操作人员熟悉状态监测系统、辅助决策系统、视情维护系统，并确认其执行情况；
- (6) 如验船师认为有必要，一些测试和分析过程需要进行实际验证；
- (7) 检查和确认状态监测系统及相关仪器仪表按规定的程序和计划进行了校准；
- (8) 纳入视情维护系统的设备，其维护情况应进行确认。

第5章 智能能效管理

5.1 一般要求

5.1.1 本章规定适用于申请智能能效管理功能标志的船舶。

5.1.2 智能能效管理是指能够通过对船舶航行状态、耗能状况的在线监测与数据的自动采集，对船舶能效状况、航行及装载状态等进行评估，并通过大数据分析、数值分析及优化技术，为船舶提供数据评估分析结果和辅助决策建议，以及航速优化、基于纵倾优化的最佳配载等解决方案，实现船舶能效实时监控、智能评估及优化，以不断提高船舶能效管理水平。

5.1.3 智能能效管理应具有如下基本功能：

5.1.3.1 船舶航行状态、能效及耗能状况在线监测和数据的自动采集，以及气象环境数据的获得；

5.1.3.2 对船舶能效及能耗状况进行评估、报告和报警；

5.1.3.3 根据分析评估结果，为船舶能效管理提供辅助决策建议。

5.1.4 除具有5.1.3条规定的基本功能外，智能能效管理还可具有如下附加功能：

5.1.4.1 可结合航线特点、燃料消耗、经济效益等评估结果，提供基于不同目标的航速优化方案。

5.1.4.2 可根据初始装载及船舶最佳航态分析，提供基于纵倾优化的最佳配载方案。

5.1.5 智能能效管理功能标志

5.1.5.1 经申请，并经CCS审图和检验合格，可授予下列智能能效管理功能标志：

Ex

其中：E——船舶具有智能能效管理的基本功能

x——补充功能标志，具体采用以下小写字母表示：

s——航速优化

t——基于纵倾优化的最佳配载

5.1.5.2 申请智能能效管理功能标志的船舶应首先满足本章5.1.3条要求的基本功能要求。如满足航速优化或基于纵倾优化的最佳配载的相关要求，可给予相应补充功能标志。

5.1.6 定义与缩写

5.1.6.1 本章有关定义与缩写如下：

(1) **EEOI**: 系指船舶能效营运指数, 即船舶单位运输作业所排放的CO₂量。

(2) **MRV**: 系指船舶二氧化碳排放监测、报告及核查。

(3) **排放控制区(ECA)**: 系指要求对船舶排放采取特殊强制措施以防止、减少和控制NO_x或SO_x和颗粒物或所有3种排放类型造成大气污染以及随之对人类健康和环境造成不利影响的区域。本章所指排放控制区域应包括MAPROL附则VI第13和14条所列或所指定的区域。

(4) **主要耗能设备**: 系指船舶设备中包括主推进发动机、辅助发电用发动机、锅炉和惰性气体发生器等在内的主要能源消耗设备。

(5) **运输功**: 系指航行距离和运输货物量的乘积。

5.1.7 图纸资料

5.1.7.1 下列图纸资料应提交CCS:

(1) 能效在线监控系统组成及其说明, 至少包括如下信息:

- ① 设备组成说明;
- ② 监测方式、参数;
- ③ 监测设备安装工艺的特别说明(如需要时);
- ④ 能效/能耗分析评估方法;
- ⑤ 能效/能耗评估衡准(初始)设定值;
- ⑥ 输出数据/信息的种类和内容。

(2) 能效在线监控系统电气系统图(包括系统供电、系统输入输出信号线路及参数列表);

(3) 轴功率监测设备电气系统图和布置图;

(4) 主要耗能设备的燃料计量装置布置图;

(5) 程序和计划, 包括:

- ① 数据采集/存储的程序和计划;
- ② 相关评估结果/报告输出的程序和计划;
- ③ 监测装置的校准计划。

(6) 航速优化系统的基本原理、功能及使用说明;

(7) 基于纵倾优化的最佳配载系统的基本原理、功能及使用说明;

(8) 能效管理系统的试验大纲。

5.2 船舶能效在线智能监控

5.2.1 一般要求

5.2.1.1 能效在线智能监控应能对船舶主要耗能设备、船舶航行状况等进行监测，进行数据的采集、传输、存储、分析，并对船舶能效和能耗等相关技术指标进行评估和报警。

5.2.1.2 应能定期进行船舶能效状况综合评估，提供能效优化和改进的辅助决策建议。

5.2.1.3 应能基于能效及能耗数据等的监测、分析和评估结果，根据需求提供相应的数据或分析评估报告。

5.2.1.4 能效在线智能监控的计算机系统应符合第I类计算机系统要求；监测装置或系统应经过CCS认可。

5.2.2 数据监测及采集

5.2.2.1 应能对下述设备的有关数据进行实时采集：主要耗能设备、轴功率监测设备、主要耗能设备的燃料计量装置、风速风向仪、全球卫星定位系统、计程仪、电子倾斜仪、测深仪、船舶吃水测量设备等。

5.2.2.2 船舶主要耗能设备、计量设备和航行设备监测参数包括，但不限于：

- (1) 主要耗能设备的功率、压力、温度参数；
- (2) 主要耗能设备燃料消耗参数；
- (3) 主机轴功率参数；
- (4) 风向、风力参数；
- (5) 船位、航向、航速参数；
- (6) 对水速度参数；
- (7) 船舶倾斜角度；
- (8) 水深值；
- (9) 船舶吃水值；
- (10) 涌浪参数(有条件船舶接入海洋气象数据)。

5.2.3 数据传输及存储

5.2.3.1 系统可周期性接收设备参数数据并进行存储，接收周期可根据设备发送的最小周期和管理需求进行调整。

5.2.4 能效/能耗及排放数据分析

5.2.4.1 系统应至少能自动计算以下能效及排放指标:

- (1) EEOI;
- (2) 单位距离燃料消耗;
- (3) 单位运输功燃料消耗;
- (4) 单位距离CO₂排放;
- (5) 单位运输量CO₂排放。

5.2.4.2 系统应至少能自动计算主要耗能设备的以下指标:

- (1) 燃料小时消耗量;
- (2) 燃料日消耗量;
- (3) 燃料航次(航段)消耗量汇总。

5.2.5 能效及能耗评估

5.2.5.1 主要耗能设备能耗实时评估

- (1) 根据船舶设备运行的实际情况, 自动判断靠泊、机动航行、定速航行等船舶航行状态;
- (2) 利用船舶能耗的实时数据, 根据设定的能耗评估方法和衡准进行比较分析, 自动判断能耗状况, 并输出评估结论。

5.2.5.2 船舶能效及排放指标评估

- (1) 应能自动实时监测能效及排放评估指标, 至少包括单位运输功CO₂排放(能效营运指数EEOI)、单位运输功燃料消耗、单位距离CO₂排放、单位距离燃料消耗量及单位运输量CO₂排放等, 并能与能效评估衡准进行对比分析。
- (2) 应能根据需求, 自动生成年度、季度、月度、航次相关指标数据报告, 并可按需要进行查询。

5.2.5.3 船舶能耗分布分析

- (1) 能够根据船舶设计参数及相关图纸资料(如船舶机械设备估算书、电力负荷计算书等), 分析得出船舶设计航速下各主要耗能设备的能量消耗分布比例及能量利用效率;
- (2) 能够根据船舶能耗实时数据, 实时分析得出船舶动态能量消耗分布比例及能量利用效率;
- (3) 能够输出静态和动态能耗分布数据, 以及能量利用效率的分析结果。

5.2.5.4 指标的超限提醒

(1) 当船舶能效及能耗指标实时值超过设定限值时，系统进行报警。

5.2.6 能效管理辅助决策

5.2.6.1 可按航次或自然时段(不超过一年)进行船舶能效及能耗状况的综合评估；

5.2.6.2 应能根据船舶能效及能耗的综合评估结果，提供能效优化和改进的辅助决策建议。

5.2.7 能效辅助管理

5.2.7.1 MRV所需碳排放的监测、报告：系统能够监测MRV要求的碳排放数据并能够产生相应的报告和满足验证要求的证据。

5.2.7.2 排放控制区(ECA)预警：系统能够根据当前船舶航向、航速，在距离排放控制区一定范围内，进行剩余海里、剩余时间预警，确保排放控制区内的排放符合要求。

5.2.7.3 燃料信息管理：对燃料加装、航行过程中的燃料转换进行管理，包括燃料加装种类、燃料转换前后燃料的信息管理。

5.3 航速优化

5.3.1 一般要求

5.3.1.1 应能根据航次计划、燃料消耗、综合经济效益分析等，提供基于不同目标的航速优化方案。

5.3.1.2 航速优化分析应依据船舶航行数据，结合航次计划、航线特点、船舶效率、燃料消耗评估及航行成本核算分析等结果，形成航速优化方案。

5.3.1.3 基于不同目标的航速优化功能通常应包括：基于航次计划的航速优化和基于经济效益的航速优化。

5.3.1.4 航速优化的计算机系统应符合第I类计算机系统要求。

5.3.2 基于航次计划的航速优化

5.3.2.1 应基于航次、航段管理功能，根据船舶的出发港、目的港、出发时间等，预计航行里程等信息。对已航行距离、已航行时间自动计算，并根据剩余航程和当前航速预报到港时间。

5.3.2.2 能根据航速、主推进设备功率和燃料消耗量等参数，自动计算当前航速下的燃料消耗率；并根据当前航速及剩余航行距离对油耗进行计算，计算已航行里程燃料消耗量和剩余航行里程所需燃料量。

5.3.2.3 根据设定的能够反映运营过程中船舶性能、效率的船舶效率指标和天气海况等因素，并基于历史数据(航速、载货量、油耗、天气海况等因素之间的关系)分析，评估对航速的影响。

5.3.2.4 航行过程系统能够综合上述分析，提供基于航次计划的航速优化方案。

5.3.3 基于经济效益的航速优化

5.3.3.1 费用管理及效益指标评估

(1) 系统应提供针对船舶营运过程中涉及的所有费用管理功能，包括运费、港口使费、燃料价格、船舶折旧、物料投入、船员工资、岸基人员工资及管理费用等；

(2) 系统可对船舶营运过程中的各项费用进行核算，进行航次效益评估。

5.3.3.2 应能根据效益指标评估结果，提供基于经济效益的航速优化方案。

5.4 基于纵倾优化的最佳配载

5.4.1 一般要求

5.4.1.1 基于纵倾优化的最佳配载系统应具有纵倾优化、自动优化配载功能，可用于计算各种装载工况下的最佳纵倾状态。

5.4.1.2 最佳配载系统应首先满足CCS《钢质海船入级与建造规范》第2篇第2章装载仪的相关要求。

5.4.1.3 最佳配载系统可根据初始装载及目标纵倾，通过计算机模拟自动迭代调整货物和压载水，提供基于纵倾优化的最佳节能配载方案。

5.4.1.4 基于纵倾优化的最佳配载计算机系统应符合第I类计算机系统要求。

5.4.2 纵倾优化及配载优化要求

5.4.2.1 纵倾优化系统通常包括航行数据采集装置，纵倾性能基础数据库，以及可进行纵倾寻优的分析系统。

5.4.2.2 纵倾性能数据库的构建可通过船模试验及数值计算方法，或通过实时采集船舶航行数据后由模型分析得到的系列数据组成。

5.4.2.3 通过船模试验及数值计算方法构建纵倾性能数据库，应至少覆盖装载手册所包含工况，每个工况应包括吃水、航速、纵倾要素。通过采集船舶实时航行数据构建纵倾性能数据库，应包括纵倾、吃水、航速、主推进装置的推进功率及转速、风速风向等运营及航行状态数据。

5.4.2.4 应至少能在装载手册所包含任意工况下进行最佳纵倾寻优计算，并输出经优化的航行浮态调整的纵倾区间。

5.4.2.5 实现基于已知目标纵倾下的装载方案辅助寻优计算时应操作简便、计算效率可接受。

5.4.2.6 自动输出最佳节能装载方案时，该方案要求符合最佳航态目标，同时满足船体强度、完整稳性、谷物稳性、破舱稳性及初始航行系列安全指标要求。

5.4.2.7 应能根据用户需要，多次选取目标纵倾作为拟合寻优指标。

5.4.2.8 应尽可能拟合用户选取的最佳航态目标，如数据超限无法拟合应提示用户，并输出最接近目标方案。

5.5 检验和试验

5.5.1 初次检验

5.5.1.1 拟申请智能能效管理功能标志的船舶，应确认5.1.6条规定的图纸资料已经审查。

5.5.1.2 确认智能能效管理相关的计算机系统持有相应证书。

5.5.1.3 确认系统硬件已经过CCS认可。

5.5.1.4 相关信号采集设备的安装与检验

下述所列设备中属于法定、船级范围的设备，除了应满足该设备的法定、船级检验要求外，还应按照下述要求进行检验。

(1) 轴功率监测设备

- ① 按批准图纸和制造厂说明书的要求进行安装检验。
- ② 考虑到船舶变形和局部振动对轴功率监测设备性能的影响，轴功率监测设备的定子安装底座应焊接牢固，一般焊接在船舶强构件上，不允许焊接于船体外板。
- ③ 见证轴功率监测设备的校核过程和结果。

(2) 主要耗能设备的燃料计量装置

- ① 核查燃料计量装置的检定报告。
- ② 按照批准图纸和制造厂说明书的要求进行安装检验。

(3) 电子倾斜仪

- ① 按照批准图纸和厂家说明书的要求进行安装检查。
- ② 效用试验时对电子倾斜仪进行校准，倾斜角度输出结果进行确认。

(4) 风速风向仪、测深仪、全球定位系统、计程仪、遥测四面吃水

① 按批准图纸和厂家说明书的要求进行安装检验。

② 对效用试验进行检验。

5.5.1.5 核查采集信号设备的信号输出、输入

(1) 核查输入至系统参数范围的完整性。

(2) 核查软件系统接收端参数数据与信号采集设备发送端参数数据的一致性。

5.5.1.6 按照试验大纲进行试验及检验。

5.5.1.7 船上已保存使用手册及维护和校准日志。

5.5.2 建造后检验

5.5.2.1 对于授予智能能效管理功能标志的船舶，年度检验/中间检验/特别检验时应查阅系统以往的使用情况，确认系统功能正常。

5.5.2.2 设备的校准应以制造厂说明书规定的校准间隔期为准，年度检验/中间检验/特别检验时应确认监测设备按照规定进行了校准。

第6章 智能货物管理

6.1 一般要求

6.1.1 本章规定适用于申请CCS智能货物管理附加标志的船舶。

6.1.2 智能货物管理是指利用传感器等感知设备对货物、货舱和货物保护系统的参数进行自动采集，并基于计算机技术、自动控制技术和大数据处理和分析，以实现货舱、货物和货物保护系统状态的监测、报警、辅助决策和控制，同时还可以基于监测和获得的数据，进行货物优化配载和自动装卸，以实现船舶货物的智能管理。

6.1.3 智能货物管理应具备下列基本功能：

- (1) 货舱、货物监测报警和辅助决策；
- (2) 货物保护系统的监测报警和辅助决策；
- (3) 货物配载系统。

6.1.4 智能货物管理还可具有以下补充功能：

- (1) 自动装卸货系统。

6.1.5 智能货物管理系统计算机应符合II类计算机系统的要求。

6.2 智能货物管理功能标志

6.2.1 经申请，并经CCS审图和检验合格，可授予下列智能货物管理功能标志：

Cx

其中：C——船舶具有货舱、货物和货物保护系统的监测报警和辅助系统以及货物配载系统；

x——补充功能标志，具体采用以下小写字母表示：

l——船舶具有货物自动装卸系统。

6.3 图纸资料

6.3.1 智能货物管理应向CCS提交下列图纸资料：

- (1) 传感器布置图；
- (2) 系统组成及功能说明；
- (3) 系统硬件规格说明；
- (4) 系统试验程序。

6.4 货物、货舱监测报警和辅助决策系统

6.4.1 货物、货舱监测报警系统应能够根据货物的性质和状态对船上货物、货舱的状态参数进行监测，通过对监测的状态参数进行分析和辨识，给出运行状态。当监控参数超出设定预警值以及系统出现故障时进行报警。如适用，通常监测以下参数：

- (1) 货舱内进水；
- (2) 货舱内温度和压力；
- (3) 货舱内可燃、易爆、有毒等气体；
- (4) 液货舱的液位；
- (5) 货物移动；
- (6) 具体可根据船舶实际情况和安全需要，确定或进一步增加相关的监测参数。

6.4.2 当货物或货舱监测的数据发生异常报警时，辅助决策系统应具有数据的分析和处理能力，并给出操作处理建议。

6.5 货物保护系统的监测报警和辅助决策系统

6.5.1 货物保护系统应能够对保护货物安全相关的结构、设备和系统进行监测，当监测的参数发生异常时，系统应能发出报警，并给出故障位置、可能出现的原因以及应对措施，船员能够据此对货物保护系统进行及时的检查和维修。如适用，通常监测以下参数：

- (1) 液货船围护系统关键区域的结构应力；
- (2) 液货船围护系统温度和压力；
- (3) 货物和集装箱系固载荷；
- (4) 货舱口盖的水密性；
- (5) 具体可根据船舶实际情况和安全需要，确定或进一步增加相关的监测参数。

6.6 货物配载系统

6.6.1 货物配载系统是综合考虑各种制约因素进行自动优化的配载仪，利用传感器等设备采集各种对货物装卸有关的数据，经计算分析，提供最优配载和操作方案。通常应考虑以下因素：

- (1) 安全、环保、能效；
- (2) 船舶浮态、稳性、强度；
- (3) 货舱载货量、积载因素；
- (4) 装卸货顺序、速度以及装卸时间；
- (5) 压载水操作；

- (6) 应急停止程序；
- (7) 货物的危害特性；
- (8) 船舶操纵、租船合同、港口和码头；
- (9) 货物远程识别与跟踪；
- (10) 航线、天气和水文。

6.6.2 对于液货船的货物配载系统，通常还应考虑以下因素：

- (1) 每类货物的数量和级别；
- (2) 密度、温度和其他有关性能；
- (3) 积载图，将使用的管路和泵；
- (4) 最大许可压力；
- (5) 透气要求；
- (6) 溢油应急程序和溢油回收；
- (7) 预防静电产生；
- (8) 最初开始装卸速率；
- (9) 温度控制程序；
- (10) 扫舱；
- (11) 原油洗舱程序；
- (12) 富余水深的限制；
- (13) 针对货物的特别预防措施。

6.7 自动装卸货系统

6.7.1 自动装卸货系统应满足6.6的要求。

6.7.2 自动装卸货系统是通过装卸货过程中相关因素实施监测和计算分析，给出最优装卸方案，实现船舶自动装卸货。

6.7.3 自动装卸货系统包括装卸流程的控制、装卸设备的控制、对异常情况的处理和控制在。通常包括以下内容：

- (1) 装卸货设备的操作；
- (2) 货舱的通风、密闭、货舱开关、货泵、扫舱等的操作；
- (3) 装卸货过程的控制，一般包括：
 - ① 货舱的载货量；
 - ② 压载舱的压载水；
 - ③ 最大静水弯矩和剪力；
 - ④ 船舶纵倾、吃水状态和稳性。
- (4) 对突发设备故障、外部环境变化等因素能及时处理和控制。

6.8 检验

6.8.1 初次检验

6.8.1.1 相关图纸业经审查。

6.8.1.2 确认系统持有相应的证书。

6.8.1.3 确认系统设计和系统的输入、输出及通信功能。

6.8.1.4 根据不同的智能货控符号申请，输入不同的条件，进行模拟操作，验证软件功能。

6.8.1.5 验证应急事态的处理能力。

6.8.2 建造后检验

6.8.2.1 年度检验、中间检验和特别检验时，查阅系统以往的使用情况，确认处于正常状态。

6.8.2.2 当设备和系统进行修理和更新，需重新验证功能。当智能货物管理系统进行维修或换新后，需重新进行试验。

第7章 智能集成平台

7.1 一般要求

7.1.1 本章规定适用于申请CCS智能集成平台功能标志的船舶。

7.1.2 船舶授予智能集成平台功能标志，应至少集成智能航行、智能机舱、智能能效管理三个系统的数据，形成船上数据与应用的统一集成平台。集成平台应具备开放性，能够整合现有船上信息管理系统及后续新增系统，以实现船舶的全面监控与智能化管理，并与岸基实现数据交互。

7.1.3 通过综合应用集成的数据资源，智能集成平台应具有如下基本功能：

- (1) 统计分析、综合评估，能够根据用户定制实现自动和标准化的分析报告；
- (2) 根据用户设置的多维度边界条件，为航行、安全、经济性等相关指标提供综合预报预警；
- (3) 利用船舶历史运行状态及相关参数，为当前的船舶操作及管理方案提供趋势预测；

(4) 支持良好的辅助决策，提高船舶性能，并减少人为因素的失误。能够根据评估及预测结果，为事故响应、风险反应规划、环境保护措施、事故察觉和预防、经济性能提升、资源管理和通信等提供综合的管理及操作方案；

- (5) 能够实现船岸数据交互。

7.2 智能集成平台功能标志

7.2.1 经申请，并经CCS审图和检验合格，可授予如下智能集成平台功能标志：

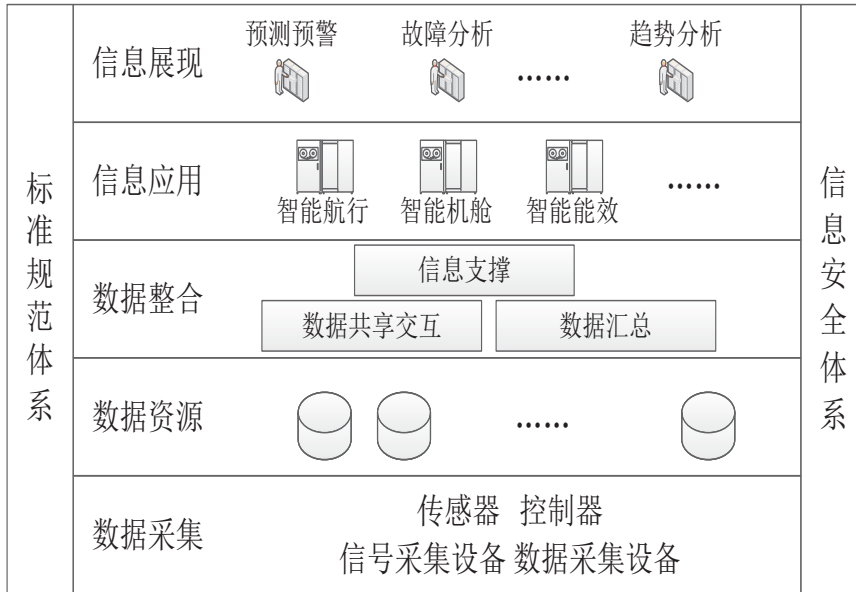
I

其中：I —— 代表船舶能够至少集成智能航行、智能机舱、智能能效管理三个系统的数据，具有7.1.3规定的智能集成平台基本功能；能够整合船上现有的应用系统功能，形成高度集成的网络应用平台，且平台具备开放性，能够接入新增系统。

7.2.2 申请智能集成平台功能标志I的船舶，应取得N、M、E功能标志。

7.3 系统层次

7.3.1 系统总体结构



(1) 数据采集，利用感知设备如传感器、控制器、信号采集设备及数据采集设备采集需要的数据，收集数据、定义数据标准，包括数据定义、数据描述、数据质量、数据传输及数据处理等方面的标准，并实现数据可追溯；

(2) 数据存储，建立支持决策、管理过程的，面向主题的、集成的、相对稳定的、反应历史变化的数据集合；对收集的数据进行存储及安全、评估管理，保证数据的准确性、完整性及可用性；

(3) 数据整合，对已有的数据进行必要的抽取、清理的基础上进行系统加工、分类汇总、分析整合及交互，利用多维分析方法，从不同的角度进行分析比较，提取隐藏在数据中的信息，为业务应用及辅助决策提供信息支撑，发挥信息集成的作用；

(4) 信息应用，基于整合后的数据资源提供相应的集成业务应用，并可面向客户定制主题，进行数据挖掘，得到但不限于故障分析、预报预警、辅助决策等能力；

(5) 信息展现，通过人机交互，按照客户定制，提供相应数据挖掘结果，并用适当的形式表达故障原因、利用数据趋势对用户经营决策提供预测预警等；

(6) 标准规范体系，系统的集成过程中应遵循标准规范体系；

(7) 信息安全体系，基于信息安全的要求(信息的保密性、真实性、完整性、未授权拷贝和所寄生系统的安全性)，从计算机操作系统、安全协议、安全机制(数字签名、消息认证、数据加密等)，直至安全系统等方面，提出设计思路与防护策略，保证系统连续可靠正常地运行，信息服务不中断，最终实现业务连续性。

7.4 系统要求

7.4.1 通用要求

7.4.1.1 智能集成平台可靠性及安全性应满足我社III类软件的要求。

7.4.1.2 系统的集成应采用统一的输入输出标准。

7.4.1.3 数据库应有备份和灾难恢复机制以保证数据完整性和一致性。

7.4.1.4 船岸之间采取稳定可靠的通讯协议和系统数据传递机制。

7.4.1.5 数据采集应具有容错机制。

7.4.1.6 集成平台的数据库应具备有效的整合过程，即根据各系统的数据质量、集成平台的功能要求筛选必要的数据库。

7.4.1.7 系统支持多终端(PC、移动设备等)接入。

7.4.1.8 必要时，系统应提供对外数据传递接口，具备与相关方共享数据的能力。

7.4.1.9 系统应按照公司有关管理体系的要求，实现多部门、多用户的协同管理。

7.4.2 系统集成要求

7.4.2.1 智能集成平台应集成船上已有的智能系统的信息资源。通过智能系统采集的数据可以在集成平台数据库中存储，或与其建立有效的调用关系。

7.4.2.2 智能集成平台能够集成船舶信息管理系统的有关功能，实现船舶及公司对船舶相关信息的管理，如设备维护保养管理、船员交接及基本信息管理、安全管理、体系管理、成本管理、海事资料电子管理等。

7.4.2.3 智能集成平台应能集成根据公约、规范及公司管理和操作需要新增的系统(如视频监控系系统、综合航行系统等)。系统应具备一定的可扩展性，具备完整的数据接口方案，方便其他新增系统的接入。通过新增系统采集的数据可以在智能集成平台数据库中存储，或与其建立有效的调用关系。

7.5 检验

7.5.1 初次检验

7.5.1.1 确认图纸已通过审查。

7.5.1.2 申请智能集成平台功能标志的船舶应进行初次检验，以验证下列项目：

(1) 确认智能集成平台持有相关证书；

(2) 确认智能集成平台的数据采集、存储、传输、显示、应用等过程正常实施；

(3) 按照各集成系统的要求检验智能航行、智能机舱、智能能效管理等的功能。

7.5.2 建造后检验

7.5.2.1 年度检验、中间检验、特别检验时应检查下列项目：

(1) 检查智能集成平台的以往运情况记录，确认智能集成平台良好运行；

(2) 系统数据能够正常地在船岸之间交互，并确认数据交互历史记录；

(3) 抽查系统备份记录，确认系统已实施了有效的备份；

(4) 按照各集成系统的要求检验智能航行、智能机舱、智能能效管理等。

附录1 常用的状态监测技术

1.1 振动监测技术

1.1.1 一般要求

1.1.1.1 用于状态监测的振动测量可以采取从简单到复杂的多种形式，包括连续测量和周期测量。目的是通过振动监测精确地和可靠地评价机器状态。

如采用振动监测技术，应制定适用的监测程序，至少包括如下要素：

- (1) 振动监测技术的详细描述；
- (2) 振动监测点的选择；
- (3) 振动监测仪器的描述，包括用户手册、技术指标和适用的环境条件；
- (4) 评估振动数据的方法和标准。

1.1.2 船舶辅助机械设备振动的整体评价

1.1.2.1 机械设备按功率和旋转方式分为5类：

- (1) 第一类：功率小于15kW的旋转机器；
- (2) 第二类：功率为15kW~75kW的旋转机器；
- (3) 第三类：功率大于75kW的旋转机器；
- (4) 第四类：功率不大于75kW的往复式机器；
- (5) 第五类：功率大于75kW的往复式机器。

1.1.2.2 船舶机械设备振动烈度评价分为如下4个等级：

- (1) A级：优良工作状态；
- (2) B级：良好工作状态；
- (3) C级：合格工作状态；
- (4) D级：不合格工作状态。

1.1.2.3 对于采用弹性支撑安装的机械设备，可按表1进行振动烈度等级的判别；采用刚性支承安装的机械设备，振动烈度等级判别按表2进行。具体的执行可参照GB/T 16301标准。

弹性支承安装方式下的振动烈度等级判别表

表1

振动烈度极限mm/s	机械设备类型					
	第一类	第二类	第三类	第四类	第五类	
0.28	A	A	A	A	A	
0.45						
0.71						
1.12						
1.8	B	B	B	B	B	
2.8						
4.5	C	C	C	C	C	
7.1						
11.2	D	D	D	D	D	
18						
28			D	D	D	D
45						
71			D	D	D	D
112						

刚性支承安装方式下的振动烈度等级判别表

表2

振动烈度极限mm/s	机械设备类型					
	第一类	第二类	第三类	第四类	第五类	
0.28	A	A	A	A	A	
0.45						
0.71						
1.12	B	B	B	B	B	
1.8						
2.8	C	C	C	C	C	
4.5						
7.1	D	D	D	D	D	
11.2						
18			D	D	D	D
28						
45			D	D	D	D
71						
112						

1.1.3 振动监测的常见故障及原因分析

机械振动有各种各样的原因。通常由机器部件的恶化、磨损、非正常操作、安装不良、维修和设计缺陷引起。转子的不平衡是引发机械振动的一个常见原因，这将引起转子和机械固定部件的振动。旋转机械振动的另一个常见原因是轴或轴承的不对中。表3列出了机器横向振动的常见原因、振动频率特征信息及振动问题评定的建议。振动频谱分析是帮助评价振动问题的有效方法。其他的决定因素包括：由于转速变化或其他原因引起的振动相位差的量以及关注振动最明显的机器位置等。

横向振动最常见的原因及引起的振动特征

表3

原因	特征振动频率	附注
不平衡	1X(即每转一次)	平衡的变化将引起1X矢量变化。当转速与转子系统的临界转速重合时振动最大。当通过临界转速时转速将发生显著的相位变化。在固定转速下, 振动幅值恒定。
轴承不对中	1X或较高阶谐波	一般由基础运动引起的、平行的或角度的轴承不对中。轴承不对中不是振动激励的直接原因, 但不对中改变了支承系统的动力学特性。
滚动轴承磨损	高频宽带加速度	要求用具有高频响应的传感器检测。振动趋于局限在有缺陷轴承的区域。振动读数通常是非稳定的而且随时间增大。可能有必要用其他技术表征这种类型的故障
转子弯曲	1X、2X或较高阶谐波	最普遍的是1X的变化, 如果转子在联轴器附近弯曲, 经常观察到高的2X轴向振动, 在固定转速下, 转子振动值恒定。
裂纹转子	1X、2X或较高阶谐波	2X矢量增大表示横向裂纹向临界增长。也会产生1X或较高阶谐波矢量的变化。
转子部件松动	1X或转速频率的谐波	在每次启停时, 振动幅值可能不稳定, 不一致。有时也可观察到次谐波频率。
轴颈偏心或不圆	1X, 而对于非圆轴颈有转速频率的谐波	在低转速及转子临界转速时振动幅值可能异常或过大, 转速一定时振动幅值恒定。
齿轮缺陷	相应于齿轮啮合/旋转频率谐波及相关的边频带的高频	要求用具有高频响应的传感器检测。若1个齿有缺陷, 则是1X及倍频。若多个齿磨损, 则是齿轮啮合频率并具有边频带和倍频。
共振	以激励频率振动, 例如在转速等于转子/支承系统固有频率之一时	在每个机器共振转速时振动放大, 并且在转子通过临界转速时, 1X响应中相位角有明显大的变化。转子不平衡也是最常见的激励, 它在机器的非旋转系统中能产生机器的共振相应。对于电机, 另一个主要激励是2X, 它由转子感应而定子的电磁力引起。
摩擦	最常见的是1X, 但也有1X的倍频, 次谐波频率及固有频率	低速时轻微摩擦可使之磨合。然而, 在高速时摩擦有可能使振动突变, 很快上升到要求停机的幅值。有时摩擦时由于机器加载过快, 或者机器的热状态突然变化而引起。另外, 在其他情况下, 摩擦也可能由于转动部件和固定部件之间的间隙太小或者运行期间部件移位而引起。

1.1.4 传感器及测量位置

1.1.4.1 依据具体应用选择传感器。用于状态监测的传感器一般包括:

- (1) 加速度计, 其输出能处理得到3个参数(加速度、速度和位移)中的任意一个;

(2) 速度传感器，其输出能积分得到位移；

(3) 非接触式传感器，其输出直接正比于机器旋转件和非旋转件之间的相对位移。

传感器的选择应考虑其动态范围与频率的关系。目前的振动传感器的应用范围包括了状态监测的大多数应用。特别情况下，经我社评估可以将范围扩大。

1.1.4.2 应选择最可能检出故障的位置进行测量，测量点应具有唯一标识，建议由专业的工程师或振动监测公司进行安装。传感器的安装应考虑如下因素：

(1) 安全性；

(2) 故障状态变化的高灵敏性；

(3) 测量的可重复性；

(4) 可接近性；

(5) 环境条件；

(6) 成本。

1.2 油液分析技术

1.2.1 油液分析项目

(1) 油品理化性能分析

常规理化性能分析是根据油品本身性能的变化，来判断机械的磨损状态，可以防止因润滑不良而导致的故障。油品的性能与机械设备的磨损状态、设备的使用寿命有着密切的关系。通过对润滑剂进行理化性能指标的监测，可以达到对磨损状态进行间接监测的目的。

(2) 光谱分析

润滑油的光谱分析是指用光谱分析的方法，鉴别油品中污染物及其成分和数量，据此预测状态监测设备和油品的状态。光谱分析主要应用发射光谱分析法和红外光谱分析法。

(3) 铁谱分析

铁谱技术又称铁相学，它是使带有磨屑的润滑油流过一个高强度、高梯度的磁场，利用磁场力把磁性磨屑从润滑油中分离出来，而且按照磨屑颗粒的大小依次沉淀在基片上制成谱片，供观察和分析用。可以用铁谱显微镜进行观察和用光密度计对磨屑的分布状况进行定量的测定。也可以用电子显微镜进行观察和用x射线能谱仪或x射线波谱仪对磨屑中各种元素进行准确的测定。测定的内容包括：

① 磨屑的浓度和颗粒大小，反映磨损的严重程度；

② 磨屑的大小和外形，反映了磨屑产生的原因；

③ 磨屑的成分，反映磨屑产生的部位。

1.3 噪声监测技术

1.3.1 机械设备和电气设备早期故障的明显特征之一是噪声的增加。当设备的部件开始磨损和恶化，这种声信号就可以被界定和识别。噪声监测技术可探测如下的故障：

- (1) 轴承故障；
- (2) 压缩空气和液压油泄露；
- (3) 真空泄露；
- (4) 油舱泄露。

1.3.2 噪声可探测的范围取决于声压级和背景噪声等级。表4给出了不同形式噪声区域的覆盖距离，探测触发值设定在高于背景噪声等级6dB。

不同形式噪声区域的覆盖距离

表4

噪声区域的类型	背景噪声等级/触发值	覆盖距离
低噪声区域	58dB/64dB	15~20m
中噪声区域	68dB/74dB	9~12m
高噪声区域	78dB/84dB	5~8m

1.4 热成像技术

红外热像仪是一门使用光电设备来检测和测量辐射并在辐射与表面温度之间建立相互联系的科学。辐射是指红外热像仪的光路图辐射能(电磁波)在没有直接传导媒体的情况下移动时发生的热量移动。现代红外热像仪的工作原理是使用光电设备来检测和测量辐射，并在辐射与表面温度之间建立相互联系。所有高于绝对零度(-273℃)的物体都会发出红外辐射。红外热像仪利用红外探测器和光学成像物镜接受被测目标的红外辐射能量分布图形反映到红外探测器的光敏元件上，从而获得红外热像图，这种热像图与物体表面的热分布场相对应。通俗地讲红外热像仪就是将物体发出的不可见红外能量转变为可见的热图像。热图像的上面的不同颜色代表被测物体的不同温度。通过查看热图像，可以观察到被测目标的整体温度分布状况，研究目标的发热情况，从而进行下一步工作的判断。

热成像仪可以测量机械和设备的任何部分的温度，以便于探测任何温度变化所能指示的故障的发展。由于其具备非接触的功能，适合探测结构、机械、电气设备和材料的故障检测。与其他监测技术相比热成像技术最关键的优势是实时呈现热图象。

1.5 电气信号分析技术

电气信号分析技术可以探测其他监测技术不易探测的故障和信息，能够监测最常见的故障有：

- (1) 绝缘监测;
- (2) 定子电流不平衡检查;
- (3) 定子绕组故障造成的短路;
- (4) 谐波的变化;
- (5) 转子故障检测。