

# 团 体 标 准

T/CSNAME 059—2023

## 船用设备智能集成与远程运维系统 第 3 部分：视情维护

Intelligent integration and remote operation and maintenance of marine equipment  
Part 3: Condition maintenance

2023 - 05 - 24 发布

2023 - 08 - 24 实施

## 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。

本文件是《船用设备智能集成与远程运维系统》的第3部分。

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。

本文件由中国造船工程学会提出并归口。

本文件起草单位：上海船舶运输科学研究所、郑州大学、武汉理工大学、中远海运能源运输股份有限公司、河南省科学院。

本文件主要起草人：徐卫东、李果、王亚辉、汤敏、杨琨、凌志远、韩冰、张欢仁、董胜利、宋晓辉。



## 引 言

船用设备智能集成与远程运维标准群由13项标准组成，涵盖了船用设备智能集成模块设计、搭建、应用、维护等全过程，对该类问题有较好的指导作用。根据各项标准特点，本群标准所涉及的内容可分为以下四类：

——基础共性标准，包含《船用设备智能集成与远程运维通则》《船用设备标识编码要求》《船用设备智能集成可靠性设计要求》3项标准，可为后续内容提供整体性的指导。

——系统集成标准，包含《船用设备智能集成原则与要求》《船用设备信息集成平台通用技术要求》《船用设备远程运维系统接入要求》3项标准，对船用设备智能集成系统的搭建提出了要求。

——维护保养标准，包含《船用设备远程运维系统技术要求》《船用设备智能集成与远程运维系统 第1部分：状态监测》《船用设备智能集成与远程运维系统 第2部分：健康管理》《船用设备智能集成与远程运维系统 第3部分：视情维护》《船用设备智能集成与远程运维系统 第4部分：虚拟运维》5项标准，为船用设备智能集成系统的运行维护提供指导。

——数据管理与应用标准，包含《船用设备远程运维数据管理要求》《船用设备智能集成与远程运维系统 第5部分：知识库建设要求》2项标准，规范了系统所测数据的采集与处理方式。



# 船用设备智能集成与远程运维系统

## 第3部分：视情维护

### 1 范围

本文件规定了船用设备视情维护的基本架构、业务模型、实施策略等方面的要求。本文件适用于船用设备智能集成与远程运维系统视情维护子系统的设计开发。

### 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。

T/CSNAME 057-2023 船用设备智能运维通用技术要求 第1部分：状态监测

### 3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

#### 3.1

**视情维护 condition-based maintenance**

借助传感器与状态监测技术获取设备的实时信息，通过对信息的处理，完成对设备健康状态的诊断和预测，给出设备运行状态出现性能明显下降后实施的维修策略。

#### 3.2

**性能退化模型 performance degradation model**

描述与设备寿命和可靠度高度相关的物理变量对时间的变化规律的数学模型，包括一般路径模型、wiener过程、Gamma过程和Inverse Gaussian过程。

### 4 缩略语

下列缩略语适用于本文件。

PHM：故障预测与健康管理（Prognostics Health Management）

### 5 视情维护业务流程

根据设备状态监测数据，构建性能退化模型，评估设备运行状态，诊断和预测设备的健康状态，制定维修维护策略。视情维护业务流程如图1所示，具体实施流程为：

- 对设备运行状态数据进行采集（如：振动频率、功率、温度等），建立状态监测系统。状态监测系统的构建详见 T/CSNAME 057-2023；
- 结合设备状态数据和历史状态信息建立能够描述设备性能退化的退化模型，该模型可用于设备运行状态评估与预测；
- 根据状态监测数据与退化模型评估设备运行状态，通过与预设的失效阈值进行比较，如果退化指标达到或超过阈值，将要求对设备进行及时维护，否则认为设备状态良好，继续进行监测；
- 视情维护实施主要包括维护活动安排与维护策略优化。

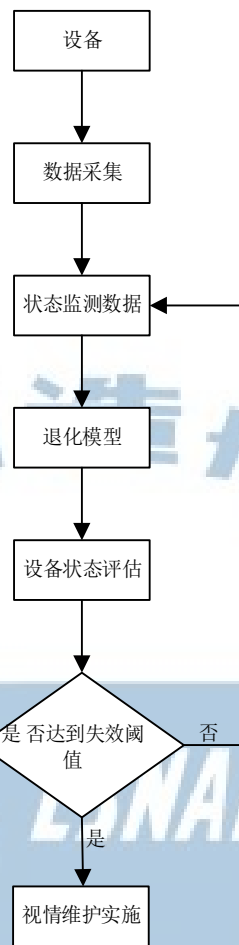
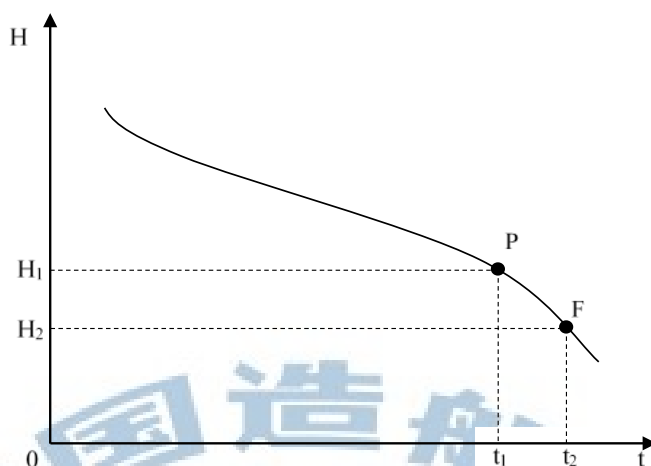


图1 视情维护业务流程

## 6 视情维护要求

### 6.1 设备健康状态退化曲线

视情维护的实施需要依据船用设备健康状态退化曲线，健康状态退化曲线可以通过对状态监测数据的数理统计或者建立Markov过程模型、Gamma过程模型或Wiener过程等退化模型构建。健康状态退化曲线如图2所示。



注：  
 H——健康指数  
 t——设备运行时间  
 P——潜在故障点  
 F——功能故障点

图2 设备健康状态退化曲线

## 6.2 健康指标

设备健康指标按照以下要求确定：

- 简单设备的健康指标可以由单一维度的状态监测数据确定，而对于复杂设备，则需要对多维度的监测数据进行综合分析来获取设备健康状态的评判指标；
- 进行多维度监测数据综合分析时需要进行数据预处理操作，主要是对不同维度数据的筛选，可以通过计算两种状态变量之间的相关性程度系数，来对多维度状态变量参数进行降维，常用的相关系数计算方法有 Pearson 相关性系数、Kendel 秩相关系数和 Spearman 等级相关系数等；
- 根据健康指标，采取综合评价方法获取设备健康指数。

## 6.3 设备故障节点

根据设备健康状态退化曲线，当设备的健康指数 $H$ 大于 $H_1$ 时，设备处于健康工作状态。

当 $H_2 < H \leq H_1$ 时，设备处于潜在故障状态，阈值 $H_1$ 所对应的设备状态点 $P$ 称为潜在故障点。从 $P$ 点所对应的 $t_1$ 时刻以后，故障征兆可被探测，对设备开展视情维护，并通过退化模型对设备寿命进行预测。

当 $H \leq H_2$ 时，设备失效的可能性接近100%，阈值 $H_2$ 所对应的设备状态点 $F$ 称为功能故障点，从 $F$ 点所对应的 $t_2$ 时刻以后，设备处于功能故障状态。

## 6.4 视情维护实施

视情维护实施方式按以下要求进行：

- 设备运行时间在图 2 中潜在故障点之前时，持续监测；
- 设备运行时间在图 2 中潜在故障点与功能故障点之间时，应采取预防性维护；
- 设备运行时间在图 2 中功能故障点之后时，应采取修复性维护。

## 7 视情维护管理要求

7.1 应依据退化模型输出结果，制定相应的维护维修策略，也可借助 PHM 系统，实现维修维护管理的优化。维修维护管理优化包括：

- 维护维修的质量优化，如考虑可靠性约束的不完全维修策略成本优化；
- 可行性优化，如备品备件、维修人员的资源调度优化；
- 运行优化，如基于设备维修相关性的集群设备维修计划优化等。

- 7.2 在优化维护决策过程中需根据维护对象的功能、风险和经济属性选择相关的维护策略代价函数：
- a) 对于故障发生有安全隐患、功能丧失或造成较大经济损失的设备，应将平均可用度作为代价函数；
  - b) 对于故障发生没有安全隐患、不会导致系统功能丧失、不会有明显经济损失的设备，应将平均维护费用作为代价函数。
- 7.3 当维修任务完成后，应记录维修过程和设备的变化，包括使用的备件、工艺和维修期间发现的其他故障。
- 7.4 应通过对维修维护开展有效性评审，分析失效的根原因，并开展相应的改进措施。

