

团 体 标 准

T/CSNAME 064—2023

船用设备智能集成与远程运维系统 第 5 部分：知识库建设

Intelligent integration and remote operation and maintenance of marine equipment
Part 5: Knowledge base construction

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5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：武汉船用设备机械有限责任公司、中国造船工程学会、武汉理工大学、上海船舶科学运输研究所、震兑工业智能科技有限公司。

本文件主要起草人：王强、赵玫佳、王献忠、曾力、李泓、韩冰、范爱龙、魏幕恒。



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5部分：知识库建设

1 范围

本文件规定了船用设备智能集成与远程运维知识库（以下简称知识库）的知识库结构、建设要求、运行管理要求和应用。

本文件适用于船用设备智能集成与远程运维知识库的设计开发与运行管理。

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 26099.1 机械产品三维建模通用规则 第1部分：通用要求

GB/T 26099.2 机械产品三维建模通用规则 第2部分：零件建模

GB/T 26099.3 机械产品三维建模通用规则 第3部分：装配建模

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

知识库 knowledge base

针对某一领域问题求解的需要，采用若干知识表示方式在计算机存储中存储、组织、管理和使用的互相联系的知识集合。

3.2

知识体系 knowledge system

对知识资源进行重组与优化，通过对知识资源的结构化组织和清晰描述，实现知识资源的高度有序化的体系。

3.3

知识分类 knowledge classification

知识体系（3.1）的要素，按照不同维度形成层次化的分类模型，在同一维度中各个分类项之间是彼此独立、不相容的。

3.4

知识关系 knowledge relationship

表达知识要素之间的各种关联关系。

3.5

知识模板 knowledge template

描述知识体系要素基本特征的属性模板，包括内容属性、分类属性、关联属性和管理属性等。

3.6

知识图谱 knowledge graph

以结构化形式描述、并以图形进行显示的知识元素及其联系的集合。

3.7

数据库 database

以特定分类方式存储，能够实现多用户共享、与应用程序相独立的数据集合。

3.8

本体模型 ontology model

按照现实生活中的概念、概念间的关系、概念所具有的属性以及概念的实例抽象出现实的模型。

3.9

基本表 basic table

本身独立存在的表，一个关系就对应一个表。

3.10

中间表 intermediate table

用来兼容数据，建立映射关系，来兼容新老数据表的数据。

3.11

临时表 cursor

建立在系统临时文件夹中的表，其数据和表结构都储存在内存中。

3.12

主键 primary key

定义一个表中起主要作用的数据项，这些数据项的数据在表中是唯一的，系统按主键为表建立索引。

3.13

外键 foreign key

定义一个表中的某数据项的数据，要参照另一个表的主键数据。

4 知识库结构

4.1 总体架构

知识库采用“基础软件框架+知识内容”的模式部署在服务器上，分别设置与监测数据和远程诊断系统的接口，实现对用户信息、设备信息、智能集成信息、知识模型等的存储和应用。

4.2 知识库主要功能

知识库是智能集成和远程运维平台的底层支持库，通过接收和存储船端监测数据和智能集成信息，调用本知识库的设备信息、专家系统或模型，开展设备的故障诊断和预测性维护。知识库应包含以下功能：

- a) 知识库的访问与权限设置；
- b) 各类知识（文档、模型等）的录入和审核；
- c) 各类知识（文档、模型等）的分类和存储；
- d) 各类知识（文档、模型等）的搜索和查询；
- e) 各类知识（文档、模型等）的发布和应用。

4.3 知识内容

4.3.1 船用设备知识分类

船用设备知识可按以下维度分类：

- a) 产品类型：分为锅炉与压力容器、舱室辅机与机舱设备、甲板机械、船舶消防设备、船舶环保设备、船舶管路附件、液压与气动元件；
- b) 技术领域：可分为机械、液压、电气、控制、材料、信息技术等；
- c) 产品结构：可分为总体、部套、一级组件、二级组件、零件等；
- d) 知识类型：可分为文档和模型，其中知识文档包括行业及以上标准、企业标准、采购件样本、书籍资料、论文、专利、报告、成果等，知识模型应包含设计计算算法模型、产品三维模型、机理模型等。

4.3.2 智能集成知识分类

船用设备智能集成知识可按以下维度分类：

- a) 智能集成平台组成：可分为硬件、软件、网络、接口等；
- b) 智能集成平台功能：可分为数据采集与分析、集成控制、远程控制等；

- c) 智能集成平台应用：可分为操作、运行、管理等；
- d) 船用设备集成接入：可分为集成设备、统一接入接口、通信协议、网络配置等；
- e) 知识类型：可分为文档和模型，其中知识文档包括行业及以上标准、企业标准、书籍资料、论文、专利、报告、成果等，知识模型应包含设备集成数据的数据分析处理算法模型、集成控制算法模型、集成平台接口算法模型等。

4.3.3 远程运维知识分类

船用设备远程运维知识可按以下几个维度进行分类：

- a) 远程运维平台模块：可分为船端和岸基两个场景下的运维；
- b) 远程运维平台组成：可分为硬件、软件、网络、接口等；
- c) 远程运维平台功能：可分为船用设备状态监测数据、面向船舶设备状态监测、故障诊断、健康管理、故障预测、视情维护、预测性维护等；
- d) 知识类型：可分为文档和模型，其中知识文档包括行业及以上标准、企业标准、书籍资料、论文、专利、报告、成果、故障库、运维流程等，知识模型应包含设备监测和运维数据的数据分析处理算法模型、故障诊断模型、健康管理模型、故障预测模型、预测性维护模型、远程控制模型。

5 知识库建设要求

5.1 知识库建设内容

知识库建设内容包括基础软件建设、知识体系建设、知识图谱建设、知识模型建设，以及知识图谱在知识体系成果的基础上开展具体应用。

5.2 基础软件

5.2.1 概念数据模型设计时应遵守第三范式，任何字段不能由其他字段派生出来，字段应没有冗余。物理数据模型设计时，为提高运行效率，可适当降低范式标准，保留冗余数据。

5.2.2 原始单据与基本表可为“一对一”、“一对多”、“多对多”的关系。

5.2.3 设计知识库时，应将基本表与中间表、临时表区分开来。基本表应该满足原子性、原始性、演绎性和稳定性。

5.2.4 主键是表间连接工具，可为无物理意义的数字串，由程序自动加 1 来实现，也可为有物理意义的字段名或字段名的组合。

5.2.5 一张基本表不应既无主键又无外键。主键是数据表的高度抽象，主键与外键的配对，表示表与表之间的连接。

5.2.6 复杂可靠性计算应在知识库外进行，以文件系统方式，用编程语言计算处理完成之后，再入库追加到表中去。

5.2.7 若数据表的记录超过一千万条，应对该表进行水平分割，即以该表主键的某个值为界线，将该表的记录水平分割为两个表。若某个表的字段超过八十个，则垂直分割该表，将原来的一个表分解为两个表。

5.3 知识体系

5.3.1 知识分类

5.3.1.1 知识分类应参考翻译模型、双曲几何模型、神经网络模型等知识模型及实际业务需求。

5.3.1.2 知识分类维度之间应不交叉、不重叠、层次结构清晰。

5.3.1.3 知识分类的粒度应基于实际应用需求而定。

5.3.2 知识关系

5.3.2.1 在开展知识关系设计时，首先确认出基本的、通用的知识关系，如知识分类中上下级间的父子关系，业务对象间空间所属关系等。在此基础上，与典型用户展开多次沟通，不断挖掘用户的知识关系需求，获取新的需要建立的知识关系。

5.3.2.2 在知识关系设计过程中,应根据前期成果与用户对业务的需求实时调整知识关系的设计方向。

5.3.3 知识模板

5.3.3.1 知识模板是反映知识基本特征的重要方式,在开展知识模板设计时,应选取一类对象中所有成员公共的特征作为基础属性。

5.3.3.2 在开展知识的基本属性分析时,应依据知识类型本身的专业特点开展分析,分析的来源参照期刊文献、论文专著等专业期刊,网络资源如百科、论坛等。

5.3.3.3 在开展知识的关联属性分析时,应考虑以下内容:

- a) 同类型的知识间要建立哪些关联;
- b) 需要和哪些不同类型的知识建立关联;
- c) 用哪些属性实现关联的构建。

5.4 知识图谱

5.4.1 知识抽取

知识抽取是通过识别、理解、筛选、格式化,把不同来源、不同结构的数据中的知识点抽取出来,以一定形式存入知识库中的过程,根据数据类型不同,可按以下方式进行知识抽取:

- a) 对于表格类结构化数据,通过选择映射方式、定义和配置映射规则等方式来提取知识单元;
- b) 对于百科类半结构化数据,设计提取器提取知识单元;
- c) 对于网页类半结构化数据,设计包装器提取知识单元;
- d) 对于非结构化数据(如纯文本数据)提取,选择或设计适合业务场景和数据类型的知识提取算法。

5.4.2 知识表示

知识表示是将信息表示为符合机器处理的模式,知识表示模型是在计算机中表示知识的形式,应满足以下要求:

- a) 知识表示模型应能完整表达特定领域业务所需知识且可被实施人员理解的程度;
- b) 知识表示模型应能被计算机识别及被算法实现;
- c) 知识表示模型应能显式表达事物的属性及其语义联想显式表达;
- d) 知识表示模型应能描述形式化的语法、语义及相关推理规则;
- e) 知识表示模型应支持知识图谱中知识单元的维护和管理。

5.4.3 知识建模

知识建模是使用一定的知识表示语言或数据结构将实体的相关信息和知识组织起来,由此所表达的知识可由计算机系统所解释和处理,应包含以下内容:

- a) 本体模型应能划分为一个或者多个实体类型,并支持实体类型间关系的描述;
- b) 本体模型应能支持后续知识获取、知识融合、知识计算等活动;
- c) 本体模型应能支持事件和时间序列等复杂知识的表示,并可支持匿名实体的使用;
- d) 本体模型应能支持实体类型及其属性与关系的添加、删除和修改;
- e) 本体模型应实现与已有本体模型的兼容或继承等;
- f) 创建的本体模型图式应符合最小冗余原则,以满足知识融合和知识计算中本体模型的应用和可视化要求。

5.4.4 知识融合

知识融合是将不同知识库的同一实体融合在一起,应包含以下内容:

- a) 应对齐不同本体模型中的等效关系,并对关系进行合并;
- b) 应对齐不同本体模型中的等价属性,并合并为同一属性;
- c) 应识别知识单元中等效的实体;
- d) 应校验融合后知识单元间的一致性。

5.4.5 知识存储

知识存储是将有价值的知识经过选择、过滤、加工和提炼后,按照一定的规范中保存在适当媒介内,并随时更新和重组其内容和结构的的活动,应包含以下内容:

- a) 根据对知识的存储和应用需求,结合资源配置条件选择数据存储系统类型,如数据库、文件系统等;

- b) 基于选择的数据存储系统类型设计知识存储结构；
- c) 执行存储操作，包括存储、查询、维护和可视化；
- d) 存储管理，包括数据库配置、日志记录和安全机制建立。

5.4.6 知识应用

知识应用是依据已有知识去解决有关问题的过程，应包含以下内容：

- a) 定义知识应用需求；
- b) 设计知识应用所需的数据结构及算法模型；
- c) 执行知识计算流程并评估计算性能；
- d) 基于挖掘的隐性知识补充缺失的知识单元；
- e) 通过接口等形式提供知识计算服务。

5.5 知识模型

5.5.1 船用设备关键知识模型要求

5.5.1.1 设计计算算法模型应经过产品的应用验证，以 mcdx、xlsx、mo 等格式的文件存储。

5.5.1.2 产品三维模型应按 GB/T 26099.1-2010、GB/T 26099.2-2010、GB/T 26099.3-2010 要求建模，以 step、prt、CATPart、CATProduct 等格式的文件存储。

5.5.1.3 机理模型应经过产品的试验验证和应用验证，以 wbpj、bdf、cas、cfx、bin、ame 等格式的文件存储。

5.5.2 智能集成关键知识模型要求

5.5.2.1 数据集成模型应经过系统的应用验证，以 m、mo 等格式的文件存储。

5.5.2.2 功能集成算法模型应经过系统的应用验证，以 mwp 等格式的文件存储。

5.5.2.3 集成平台接口算法模型应经过系统的应用验证，以 cpp、cs 等格式的文件存储。

5.5.3 远程运维关键知识模型要求

5.5.3.1 设备监测和运维数据的数据分析处理算法模型应包括数据描述性分析、方差分析、线性回归分析、判别分析、主成分分析和聚类分析等的算法模型等，须经过系统的应用验证，以 m、mo 等格式的文件存储。

5.5.3.2 故障诊断模型、健康管理模型、故障预测模型、预测性维护模型应包括结构力学、流体力学、热学机理模型、振动噪声等的机理模型、控制系统模型、回归模型等，以及将现场使用人员在船用设备故障诊断、预测和维护过程中形成的经验模型，须经过系统的应用验证，其中算法模型、控制系统模型、回归模型以 m、mo 等生成的格式的文件存储，机理模型以 wbpj、bdf、cas、cfx、bin、ame 等格式的文件存储，经验模型以 cpp、cs 等格式的文件存储。

6 知识库运行管理要求

6.1 知识库访问

6.1.1 数据库组件和服务器组件通过对象关系映射，提供业务对象和数据库对象间的关系映射，为应用系统提供数据交互访问途径，实现应用系统和数据库的解耦合。

6.1.2 Web 服务器通过对象关系映射框架访问数据库，对象关系映射框架实现 web 服务器与数据库间的对象关系映射。

6.1.3 当有外部数据访问请求时，Web 服务器把请求提交给对象关系映射框架，再由对象关系映射框架根据映射配置信息从数据库中获取或保存数据，最后将执行结果返回给客户端。

6.2 文件传输

应设置文件服务器为系统管理用户和客户提供产品资料与客户需求文件传输服务，文件描述信息保存在数据库服务器，文件本身保存在文件服务器中，通过在数据库中查询文件路径后再通过文件下载。上传文件与下载过程相反。

6.3 知识存储

知识库的知识应由多个数据库分开存储，主要分为基础信息数据库和年度信息数据库。基础信息数据库保存长期稳定的基础数据，如船舶、用户、设备等信息；年度信息数据库保存每年动态录入的知识，每年独立生成一个数据库，即按年度分库存储。

6.4 知识库运行

知识库正式运行前应开展以下工作：

- a) 试运行阶段，不同的角色人员对不同模块进行使用测试，发现知识库缺陷，并列出整改清单；
- b) 基础软件框架的优化；
- c) 知识内容的完善、验证和优化。

6.5 知识库管理

- 6.5.1 知识库在试运行和正式运行阶段，应明确管理方式，确定是专人管理还是设备人员兼职管理。
- 6.5.2 知识库在试运行和正式运行阶段，应明确角色制定，包括管理员、知识的提供者、知识的录入者、知识的使用者等。
- 6.5.3 管理员的职责应为用户管理、角色管理、知识权限的把控、知识审核流程管理，统计知识使用情况。
- 6.5.4 知识的提供者的职责为知识的收集和汇总，保证信息准确、全面。
- 6.5.5 知识的录入者的职责为将知识分类别且准确地录入到知识库中。
- 6.5.6 知识的使用者的职责为利用知识开展业务工作，并对知识库的建设提出需求。

7 知识库应用

- 7.1 知识库应用场景应覆盖设备研发设计、设备制造、设备试验、设备交付后服务全过程，应用方法应涵盖知识检索、知识共享、工程应用及知识挖掘。
- 7.2 知识库在设备研发设计场景的应用应包括但不限于：
 - a) 通过对船用设备关键知识模型、智能集成关键知识模型、远程运维关键知识模型的检索，开展同类产品技术设计工作；
 - b) 将设备设计计算算法模型、机理模型等关键知识模型应用于同一领域不同类产品的技术设计；
 - c) 基于设备关键知识模型建立信息化产品设计系统，实现基于技术参数输入的产品模型的自动计算和构建；
 - d) 将知识库进行主题分类，实现基于同一技术域下船用设备关键知识、智能集成关键知识、远程运维关键知识的挖掘，为非标产品设计提供创新、定制化的解决方案。
- 7.3 知识库在设备制造场景的应用应包括但不限于：
 - a) 通过对船用设备关键知识模型、智能集成关键知识模型、远程运维关键知识模型等检索，设计符合技术要求的设备工艺路线和工序；
 - b) 基于船用设备关键知识模型与计算机辅助工艺规划系统集成，实现基于模型的系统工程的制造过程仿真分析；
 - c) 基于船用设备关键知识模型与供应链、制造执行系统、质量管理体系等生产管理业务系统的集成共享，实现设备设计参数统一数据源，确保设计与制造执行的一致性；
 - d) 通过远程运维关键知识模型与船用设备关键知识模型的匹配分析和数据挖掘，优化设备各零部件的制造工艺参数。
- 7.4 知识库在设备试验场景的应用应包括但不限于：
 - a) 通过对船用设备关键知识模型、远程运维关键知识模型等检索，提出符合技术要求的设备试验指标和验证方案；
 - b) 通过船用设备关键知识模型、远程运维关键知识模型与产品试验管理系统集成，实现虚拟仿真试验验证。
- 7.5 知识库在设备交付后服务场景的应用应包括但不限于：
 - a) 通过对船用设备关键知识模型、远程运维关键知识模型的检索，为售后服务人员进行设备故障维修提供技术支撑；
 - b) 通过对智能集成平台的检索，为平台运维提供技术支撑；

- c) 通过船用设备关键知识模型、远程运维关键知识模型的检索，为船东进行设备运维提供技术支撑；
- d) 基于船用设备关键知识模型的共享，实现设备、平台与船厂安装接口的集成，为船厂的设备安装、调试、试航提供技术支撑；
- e) 调用智能集成平台知识模型，开发平台的设备集成接口、数据分析处理、集成控制模块，实现平台的设备接入、采集数据的分析和设备操控；
- f) 调用远程运维关键知识模型，实现面向船舶设备的故障诊断、健康管理、故障预测、视情维护、预测性维护等功能；
- g) 基于船用设备关键知识模型、远程运维关键知识模型的相似性分析和数据挖掘，对同一技术领域的不同设备故障问题实现诊断分析、故障预测和视情维护。

