

团 体 标 准

T/CSNAME 057—2023

船用设备智能集成与远程运维系统 第 1 部分：状态监测

Intelligent integration and remote operation and maintenance of marine equipment
Part 1: Condition monitoring

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1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：武汉理工大学、郑州大学、上海船舶运输科学研究所、中远海运能源运输股份有限公司、上海外高桥造船有限公司。

本文件主要起草人：王献忠、张瑞、李和林、张兴龙、俞伯正、范爱龙、卢明剑、赵涵丞、李果、储兰芳、齐文超、居啸天、孙杰。



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1部分：状态监测

1 范围

本文件规定了船用设备状态监测的总体要求、数据采集、数据预处理、信息输出与显示、监测程序等。

本文件适用于船用设备智能集成与远程运维系统中状态监测子系统的设计开发。

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。

GB/T 37393-2019 数字化车间通用技术要求

GB/T 37942-2019 生产过程质量控制 设备状态监测

ISO 10816（所有部分）— 机械振动 通过非转动部件上的测量对机器振动的评估（Mechanical vibration — Evaluation of machine vibration by measurements on non-rotating）

ISO 13373-1 机器的状态监测和故障诊断 机器的振动监测 第1部分：机器的振动状态监测程序（Condition monitoring and diagnostics of machines — Vibration condition monitoring — Part 1: General procedures）

ISO 14830-1 机器状态监测与诊断 基于摩擦学的监测与诊断 第1部分：总则（Condition monitoring and diagnostics of machine systems — Tribology-based monitoring and diagnostics — Part 1: General requirements and guidelines）

3 术语和定义

GB/T 37393-2019界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

聚合 aggregation

对复杂设备或系统状态和趋势监测数据进行选取、加权、分析、判别、归类,从而获得设备或系统状态结果数据的转化过程。

[来源GB/T 37942-2019, 3.1]

3.2

基线数据 baseline data

在各种过程中正常状态下,设备特征值允许比较计算或测量的基准值。

[来源GB/T 37942-2019, 3.2]

3.3

数据采集 data acquisition

通过传感器或系统,检测与收集设备状态信息的过程。

3.4

数据预处理 data preprocessing

对数据采集获得的信息进行预处理、特征分析,从而获得表征设备状态特征的数据。主要处理方法包括数据清洗、数据集成,数据变换等。

[来源GB/T 37942-2019, 5.1]

3.5

状态监测 condition monitoring

在设备运行中，对特定的特征信号进行检测、变换、记录、分析处理并显示与记录的一系列操作，是设备运维的基础。

3.6

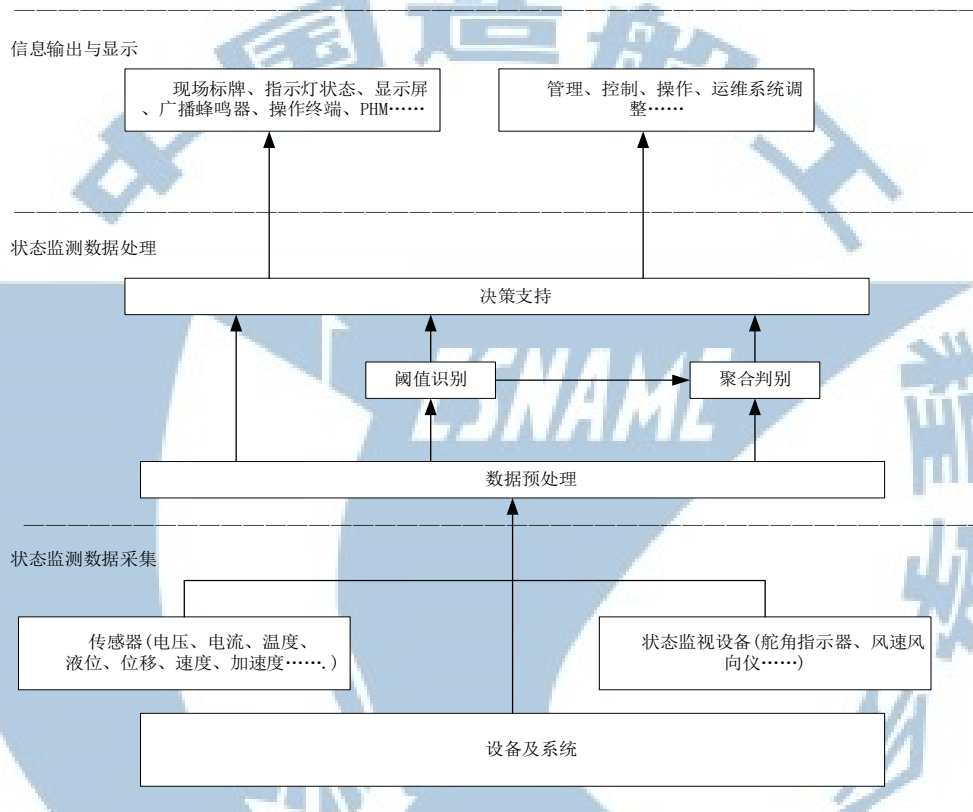
阈值 threshold

设备特征值的参考临界值。

[来源GB/T 37942-2019, 3.6]

4 状态监测系统结构

状态监测系统结构主要包括状态监测数据采集、状态监测数据处理和信息输出与显示三部分。设备状态监测系统结构如图1所示。



注1：状态监测数据采集：设备及系统数据包括设备或系统的基础、运行、统计、管理等信息；传感器采集设备及相关联环境的状态与过程信息；状态监视设备主要提供船体或系统状态情况。

注2：状态监测数据处理：数据预处理是对数据进行主要处理前对数据进行的处理，获得表征设备状态特征的数据；阈值/聚合判别与决策支持是对设备状态表征数据进行处理，获得设备状态判别结果的方法。

注3：信息输出与显示是将设备状态判别结果输出至设备显示模块，或输出至相关管理、控制、运维、操作等系统。

图1 设备状态监测系统结构

5 状态监测网络架构

状态监测网络结构与接口要求如图2所示。数据传输的主干网宜采用光纤，现场设备的连接宜采用屏蔽双绞线，对重要的网段也可采用冗余技术，以此提高网络的抗干扰能力和可靠性。为实现控制设备与现场设备之间的通信，可采用以下通信方式：

- 现场总线：PROFIBUS、CC-LINK、MODBUS、CAN 等协议；
- 工业以太网通信：OPCUA、PROFINET、Modbus TCP、Ethernet/IP、Ether CAT、POWERLINK 等协议；
- 无线通信：工业无线（WIA-FA、WIA-PA）、WIFI、蓝牙、3G/4G/5G 等协议。

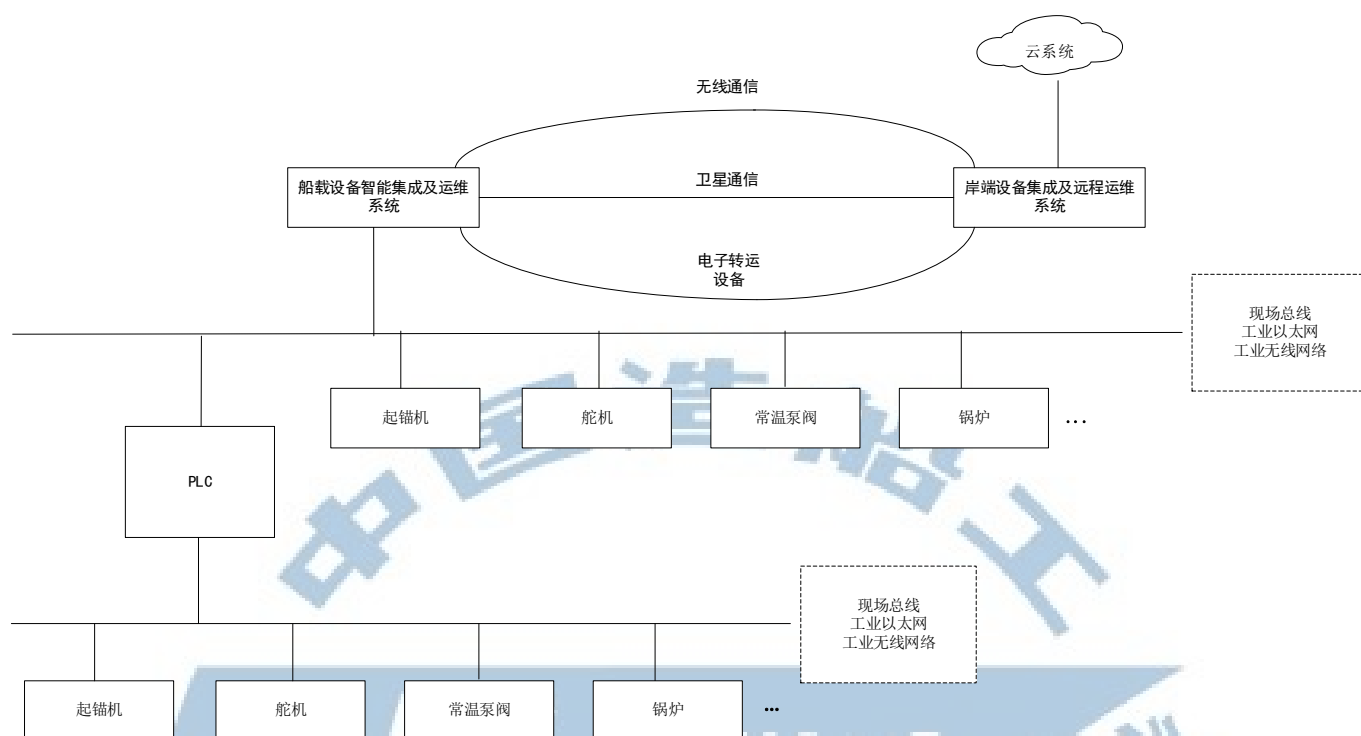


图2 状态监测网络架构

6 状态监测基本要求

状态监测应满足以下要求：

- 自动监测：在被测设备处于运行或待机状态条件下，应能对设备状况进行自动监测；
- 数字化：设备状态监测信息应能够转成数字信息；
- 数据一致性：设备状态监测系统由若干设备状态监测单元组成，其数据相互传输与格式均应遵循相同通信协议与规则。

7 状态监测程序

状态监测流程见图3。

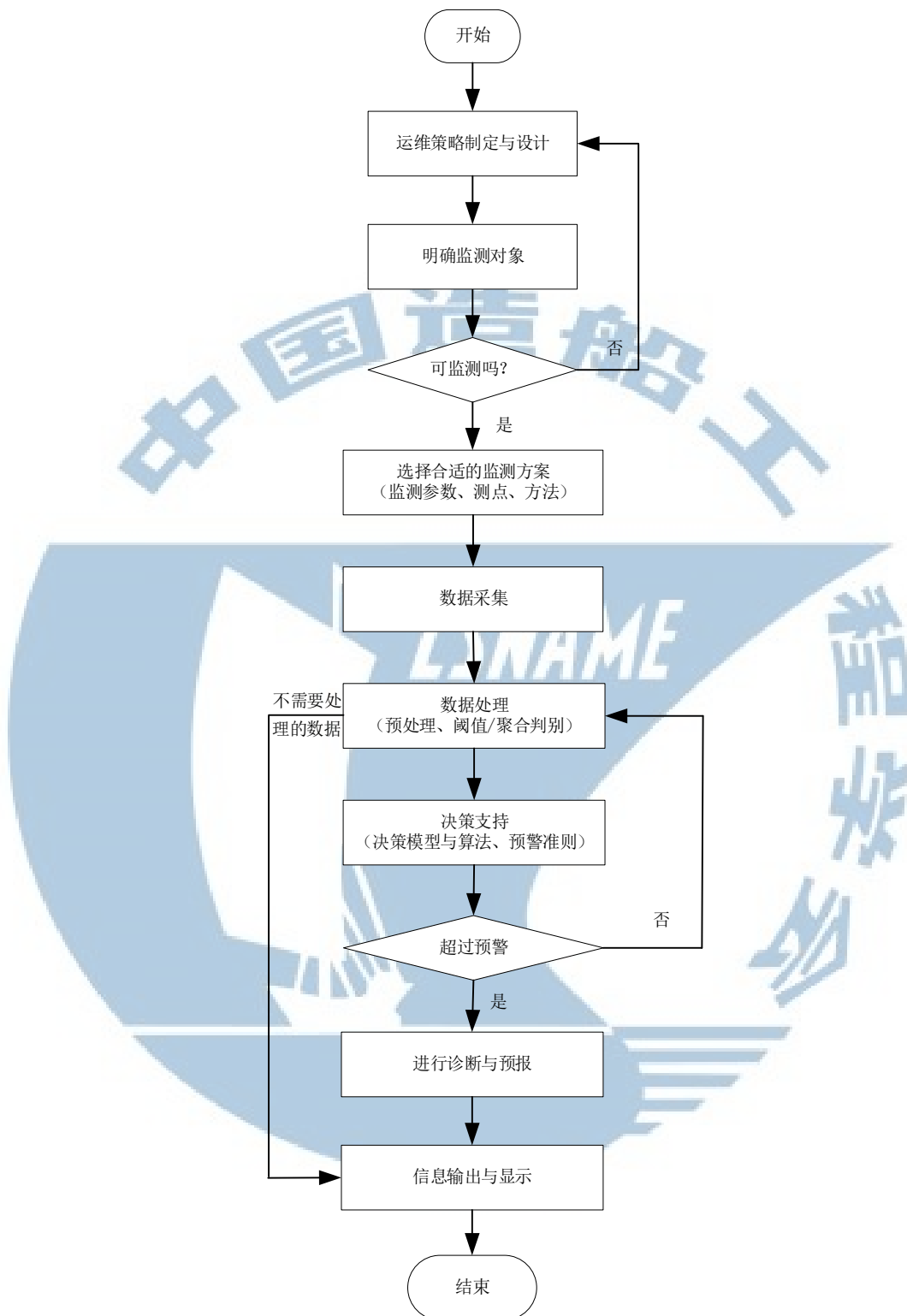


图3 状态监测流程

8 状态监测数据采集

8.1 数据选择原则

设备状态是依据若干反映设备状态特征的数据进行预测与判断,设备状态监测数据的选择原则为:

- a) 关联性: 数据应能表征被监测设备的能力;
- b) 灵敏性: 监测参数随着设备状态的变化应比其他参数的变化更明显;
- c) 稳定性: 在相同测试条件下, 所测得的监测参数值具有良好的重复性;
- d) 可解释性: 监测参数具备一定物理意义, 能用数字表示, 可以量化。

注: 设备状态监测数据来源:

- 设备或系统的数据: 包含设备基本静态数据和经系统计算获取的动态统计数据及管理数据。设备基本静态数据包含设备名称、型号、规格、生产厂家、资产编号、采购及入库时间、运行程序等; 动态统计数据包含开机率、主轴运转率、主轴负载率、设备运行率、故障率、设备综合效率(OEE)、全生命周期履历统计数据等; 管理数据包含设备开关机、故障报警记录等。
- 传感器的数据: 主要包括电压、电流、位置(行程)、温度、压力、液位、振动等。
- 状态监视装备的数据: 提供船体或系统状态情况的数据, 如: 舵角指示器数据、风速风向仪数据等。

8.2 数据采集方法

数据的采集方法有人工输入采集和自动采集两种。对于无连续监测要求或自动采集困难的设备状态数据采取人工输入。

注: 人工输入采集数据量有限, 速度慢, 可对采集数据进行人工筛选与处理; 自动采集数据量大, 速度快, 可连续甚至实时监测, 按指定方法自动筛选与处理。对设备状态数据应尽可能采取自动采集方式。

8.3 数据采集运行工况

在设备已经达到预定的运行工况(如正常的运行温度)时, 或者瞬态达到预定的开始、结束工况和运行状态(例如滑停)时进行监测。不同参数的测量宜尽可能在同一时刻或相同运行工况下进行。

8.4 数据采集间隔

数据采集间隔应考虑监测数据的变化及设备所处生命周期阶段, 采集时间间隔应当满足远程运维系统数据处理的要求。

8.5 数据采集速率

数据采集速率应能在工况改变前捕捉到完整的数据集。

8.6 数据采集记录

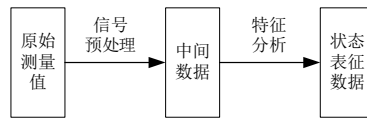
数据采集记录至少应包括以下信息:

- a) 描述机器特征的基本数据;
- b) 描述运行工况的基本数据;
- c) 测量位置;
- d) 测量参数的单位和处理方法;
- e) 日期和时间信息。

9 状态监测数据处理

9.1 数据预处理

设备状态监测系统数据预处理流程与步骤如图4所示。



注1：当设备被测量为静态量(比如温度、液位等)时,需依据信号与干扰情况,进行线性化或非线性化处理,以及滤波处理。常见的滤波处理有限幅滤波、限速滤波、中值滤波、平均算术滤波、加权平均算术滤波、防脉冲干扰平均值滤波、一阶滞后滤波等,信号预处理与特征分析不是必需的;当设备被测量为动态量(比如振动、应力、应变等)时,可依据需求进行幅值域分析,时域分析与频谱分析等。

注2：设备被测量：能经传感器、数据采集器采集,并与设备状态特征值产生确定映射且可溯源的数据;

注3：原始测量值：经传感器信号采集未经处理的数据;

注4：中间数据：通过传感器、设备或系统在运行中获取的动态或趋势数据,经调理或计算后,去除外部干扰或无效信号的数据;

注5：状态表征数据：中间数据经特征提取后能表征设备状态特征的数据。

图4 数据预处理流程与步骤

9.2 状态判别方法

9.2.1 预警/报警准则

9.2.1.1 预警和报警准则应随时间迭代优化。

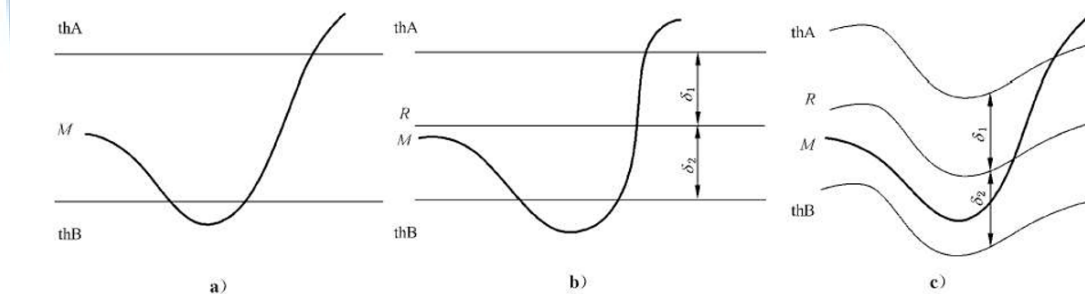
9.2.1.2 关于振动状态监测,预警/报警准则应参考 ISO 13373-1 和 ISO 10816 (所有部分)。

9.2.1.3 关于摩擦学的状态监测,预警/报警准则应参考 ISO 14830-1。

9.2.2 阈值判别

9.2.2.1 基线数据可设定为固定值,也可设为随着设备运行而改变的动态目标值。阈值应采取绝对值或相对于基线数据(如果存在)的偏差形式。阈值绝对值为没有任何参考值情况下的有效固定极限;阈值偏差值为与基线数据的绝对或相对偏差极限。

9.2.2.2 阈值的使用方式见图 5。



注1：M为被监测设备特征值变化曲线,R为正常运行的基线数据,thA为上限阈值,thB为下限阈值, δ 为阈值thA、thB相对于基线数据R的偏差值,该值可为绝对值或百分比值。

注2：图5 a)的阈值thA、thB为没有基线数据的绝对值,是常数;

注3：图5 b)的阈值thA、thB为相对于固定基线数据R的偏差值;

注4：图5 c)的阈值thA、thB为相对于动态变化的基线数据R的偏差值。

图5 阈值使用方式

9.2.2.3 当设备特征值变化在设定的阈值或阈值函数范围之内,设备正常运行;当设备特征值超出设备阈值或阈值函数值,设备运行异常。

9.2.3 聚合判别

9.2.3.1 状态监测系统层级分为基本单元、子系统、设备、运行系统四层,处在系统中每个层级的结构元素都应具有唯一标识。

9.2.3.2 基本单元是构成状态监测系统的最小单元,基本单元的状态判别方法宜为阈值判别法,根据设定的阈值或阈值函数辨识其状态。

9.2.3.3 当一个系统或设备由多个基本单元、子系统描述状态时，即出现多个状态监测报告时，应当执行聚合。聚合过程参见附录 A。

9.2.3.4 子系统、设备、运行系统的状态监测判别方法宜为聚合判别。

9.3 决策支持

9.3.1 状态监测决策支持主要包含以下内容：

- a) 简易诊断：通过测定设备某些较为单一的特征参数(如振动、温度、压力等)来检查设备状态，并根据特征参数值与阈值之间的关系来确定设备的运行状态；
- b) 趋势分析：对设备进行定期或连续的状态监测，可获得有关设备状态变化的趋势规律，据此可预测和预报设备的将来状态。

9.3.2 决策支持分析主要包含以下方法：

- a) 基线比较法：如果测量值与预警/报警准则对比是可以接受的，则记录数据并继续监测，不需要采取措施。如果测量值与预警/报警准则对比是不可以接受的，则启动诊断过程。通过诊断，如没有发现可疑或没有监测到异常的情况，诊断与预报仍要继续进行。对于已经超出监测程序范畴的异常情况，应对监测程序进行完善与补充；
- b) 趋势分析法：把采集的数据与相同或相似设备的历史趋势、基线或有代表性的数据进行比较。

10 信息输出与显示

10.1 输出内容

10.1.1 设备基本数据

设备制造商依据自身技术标准或用户依据需求自定义的设备基本数据。

10.1.2 设备运行数据

设备在运行或待机状态下反映设备状态特征的信息。

10.1.3 设备状态

用于记录当前设备缺陷或故障、严重情况、警告、良好、正常、无状况报告等状态的信息。

10.1.4 设备状态字

设备状态字是设备状态简要表达形式，可用于指示设备相关参数是否有效，如设备在正常参数范围内工作，则设备状态字标记为有效；如缺少输入值或参数值无效，则设备状态字标记为不确定，设备状态输出不能使用。

10.2 信息显示

设备（或系统）信息显示宜采用以下方式：

- a) 现场标牌：可用绿、黄、红色等指示灯显示和警示当前设备正常、警告、缺陷（故障）等状态；
- b) 显示屏：可显示当前设备运行参数、通信参数、故障代码或故障信息等内容；
- c) 广播/蜂鸣器：通过独特的音乐、音调或声音区分不同的设备状态，如用声音提示设备故障、生产线的启动或停止等；
- d) 操作终端：可用于显示当前设备运行状态、参数变化曲线、故障信息等内容，如：工位终端、移位终端等。