



中华人民共和国国家标准

GB/T 45727—2025

工业仪表智能化等级要求与评价方法

Intelligent level requirements and evaluation methods of industrial instruments

2025-05-30 发布

2025-12-01 实施

国家市场监督管理总局
国家标准化管理委员会 发布

目 次

前言 III

引言 IV

1 范围 1

2 规范性引用文件 1

3 术语、定义和缩略语..... 1

 3.1 术语和定义 1

 3.2 缩略语 1

4 智能化等级 2

5 智能特征要求 2

 5.1 分类 2

 5.2 本体智能特征要求 3

 5.3 基础智能特征要求 5

 5.4 系统智能特征要求 7

 5.5 自主智能特征要求 8

6 智能特征测评方法 9

 6.1 本体智能特征测评方法 9

 6.2 基础智能特征测评方法 10

 6.3 系统智能特征测评方法 11

 6.4 自主智能特征测评方法 12

7 智能化评价方法..... 12

 7.1 通则 12

 7.2 样品要求 13

 7.3 第三方检测报告认可引用 13

 7.4 评价方法 13

 7.5 评价流程 13

 7.6 评价报告 13

参考文献 14



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。

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。

本文件由中国机械工业联合会提出。

本文件由全国工业过程测量控制和自动化标准化技术委员会(SAC/TC 124)归口。

本文件起草单位：机械工业仪器仪表综合技术经济研究所、中国核电工程有限公司、重庆四联测控技术有限公司、上海自动化仪表有限公司、宁夏宁东科技创业投资有限公司、清华大学、重庆川仪自动化股份有限公司、开封大学、杭州美仪自动化有限公司、浙江永盛科技股份有限公司、厦门埃癸斯流体控制设备有限公司、西门子(中国)有限公司、艾默生过程控制有限公司、恩德斯豪斯(中国)自动化有限公司、沈阳中科博微科技股份有限公司、北京杰易特科技发展有限公司、重庆川仪调节阀有限公司、上海电力大学、绵阳市维博电子有限责任公司、南京工程学院、天津迅尔科技股份有限公司、华南理工大学、哈尔滨理工大学、电子科技大学、频率探索智能科技江苏有限公司、深圳万讯自控股份有限公司、广东省计量科学研究院、上海市计量测试技术研究院、杭州和利时自动化系统工程有限公司、广东产品质量监督检验研究院、上海工业自动化仪表研究院有限公司、上海仪器仪表自控系统检验测试所有限公司、上海西派埃自动化科技有限公司、山东新一代标准化研究院有限公司、陕西鼓风机(集团)有限公司、合肥金星智控科技股份有限公司、开封仪表有限公司、西安国仪测控股份有限公司、合肥精都机电仪表有限公司、南京科达新控仪表有限公司、常熟市惠尔石化仪表有限公司、西安华云智联信息科技有限公司、福建警察学院、济南大神探电子科技有限公司、江苏诚功阀门科技有限公司、杭州美亚发电设备有限公司、广州钦尔锐科技有限公司、江苏方天电力技术有限公司、普立默智能科技(上海)有限公司、浙江宝核工业科技集团有限公司、电子科技大学(深圳)高等研究院、金卡智能集团(杭州)有限公司、汇中仪表股份有限公司、成都秦川物联网科技股份有限公司、苏州安特威工业智能科技股份有限公司、埃柯特测控技术(江苏)有限公司、上海航数智能科技有限公司、开封高中压阀门有限公司、成都迈可森流体控制设备有限公司、浙江伯特利科技股份有限公司、扬州电力设备修造厂有限公司、西派集团有限公司、浙江汇正阀门科技股份有限公司、扬州市兰陵智控阀门有限公司、山东奥博控制技术有限公司、美卓伦仪表(常州)有限公司、中煤科工集团重庆研究院有限公司、北京至善智行教育科技有限公司、北京仪综测业科技发展有限公司。

本文件主要起草人：王成城、王春喜、李玉荣、喻立川、胡晖、张飞斌、张全利、朱跃峰、包伟华、田英明、陈丽君、王鹏、薛桂芹、陈鹏、赵栋、赵锦铭、金光淑、陈海波、张晓虹、李炜、陈伟雄、王凯、刘长君、倪培、何志强、张健、彭正红、梁绍华、王金平、王敏、刘乙奇、蒲诚、齐佳、孟力、骆薇、张向、张忠立、杨彬、黄文财、肖红练、俞磊、沈斌、李士波、范丽俊、毛晓明、范明星、李玉红、范遂、郭林、申远、靳文哲、郭磊、黄学锋、刘李强、王平、魏华峰、温豁、罗江琴、徐灵峰、吕思源、黄金凤、王红兵、徐卫东、任志刚、黄伟、秦冉、冯涛、金平、唐存彬、曹勇、叶加星、朱昌益、徐胜明、张茂懋、朱浩、李彩霞、梁永增、王国旺、卢涛、王青鹤、王正权、金卡迪、蔡军、庄新、熊文丰、林柏明、薛高明、杨迪、林娟。

引 言

用于工业过程测量和控制的智能仪表,包括测量仪表(温度、压力、物位、流量等测量仪表)、分析仪表(水质、气体等分析仪)、执行器(电动/电液执行机构、气动/气液执行机构及其相配的阀门定位器)等。随着微处理器技术、数字信号处理或控制技术、现场总线和工业以太网等网络通信技术的应用,智能仪表经历了数字化、网络化、智能化的发展路径,并向用户提供了校准、诊断、定位、决策等多项功能,极大地促进了智能仪表的应用效果和服务质量,但目前并没有针对智能仪表智能化等级的标准及相关测试评价方法,导致在采购和部署时难以明确需求,这也是本文件制定的背景和目的。

目前,部分标准提出了智能化仪表的通用功能,包括自诊断、自适应、自推演、自学习等,部分标准也涉及智能仪表的功能,但对于功能的具体描述通常采用定性描述的方式,并未与智能仪表的技术特点完全融合,尤其是对于自动组态、互操作性等要求,标准内容的可操作性不足。因此,本文件根据智能仪表实现智能化的基础能力(数据处理和通信)等级的不同,将其分为4级,即本体智能、基础智能、系统智能和自主智能,并定义了不同智能化等级的内容和特征,提供了不同智能化特征对应的标准和技术要求,有效地支撑了智能仪表智能化等级的评价。

不同的行业背景对于智能化的理解存在差异,但数据和通信作为智能化的基础,是符合国际上对于智能化的普遍共识的。随着技术的发展,当工业仪表智能化出现本文件没有覆盖的创新技术时,本文件会做及时修订,鼓励创新技术有序发展。



工业仪表智能化等级要求与评价方法

1 范围

本文件规定了工业仪表(以下简称仪表)的智能化等级、智能特征要求,描述了智能特征测评方法和智能化评价方法。

本文件适用于测量仪表(温度、压力、物位、流量等测量仪表)、分析仪表(水质、气体等分析仪)、执行器(电动/电液执行机构、气动/气液执行机构及其相配的阀门定位器)等仪表的智能化等级评价。

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 18271.4—2017 过程测量和控制装置 通用性能评定方法和程序 第4部分:评定报告的内容

GB/T 34049—2017 智能流量仪表 通用技术条件

GB/T 34050—2017 智能温度仪表 通用技术条件

GB/T 36411—2018 智能压力仪表 通用技术条件

GB/T 40571—2021 智能服务 预测性维护 通用要求

GB/T 43555—2023 智能服务 预测性维护 算法测评方法

3 术语、定义和缩略语

3.1 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1.1

智能特征 intelligent features

智能仪表所具有的类似人的智能行为或能力。

3.1.2

智能化 intelligentize

使对象具备自适应、自诊断、自决策、自学习等智能特征,并有效执行预期功能而进行的工作。

3.1.3

执行器[终端控制单元] final controlling element

控制系统正向通路中直接改变操纵变量的仪表,由执行机构和调节机构构成。

[GB/T 26815—2011,2.1.1]

3.2 缩略语

下列缩略语适用于本文件。

DTM:设备类型管理器(Device Type Manager)

EDDL:电子设备描述语言(Electronic Device Description Language)
FDI:现场设备集成(Field Device Integration)
FDT:现场设备工具(Field Device Tool)
HART:可寻址远程传感器高速通道(Highway Addressable Remote Transducer)

4 智能化等级

仪表的智能化等级如表 1 所示。

表 1 仪表智能化等级列表

智能化等级	名称	等级说明
一级(I1)	本体智能	无需通信和集成,仅依靠仪表本体就可以实现的基础功能
二级(I2)	基础智能	仪表实现数字化和双向通信,具备初步的智能化功能
三级(I3)	系统智能	在基础智能的基础上,仪表可通过系统进行复杂的运算和反馈
四级(I4)	自主智能	基于人工智能技术,仪表具备自适应、自学习、自我管理等功能

5 智能特征要求

5.1 分类

仪表的智能化等级由若干智能特征组成。不同类型仪表的智能化等级对应的智能特征如表 2 所示。

表 2 仪表智能特征列表

智能化等级	名称	智能特征
一级(I1)	本体智能	信号输出
		信号处理
		参数配置
		数据存储
		功能自检
		参数校准(分析仪表适用)
		自动整定(执行器适用)
二级(I2)	基础智能	双向通信
		本地组态
		固件升级
		信息记忆
		时间感知

表 2 仪表智能特征列表（续）

智能化等级	名称	智能特征
二级(I2)	基础智能	定位识别
		仿真调试
		自诊断
三级(I3)	系统智能	互操作性
		远程组态
		故障诊断
		过程诊断
		自动校准(分析仪表适用)
四级(I4)	自主智能	自动组网
		自学习
		边缘计算
		数字校准
		设备健康管理

执行器是阀门/执行机构/阀门附件的组合物，根据执行机构动力源的形式可分为电动、气动、液动执行机构。其智能化特征通过电动/电液执行机构和阀门定位器(与气动/气液执行机构配合)体现。

5.2 本体智能特征要求

5.2.1 信号输出

仪表本体具备对外输出相关测量结果或报警指示的功能,输出应至少满足以下任一方式:

- a) 通过本地显示屏向外界输出信息;
- b) 通过电压、电流、脉冲、频率等电信号向外界输出信息;
- c) 通过声、光等信号向外界输出信息;
- d) 通过通信的方式向外界输出信息(有线或无线)。

执行器能够通过上述任一方式,反馈阀门当前的位置或者开关状态信息。

5.2.2 信号处理

仪表本体通过电路(电子电路、光路)等方式对传感器从被测介质获取的模拟信号进行处理,经 A/D 采样等方式转换成数字信号送入处理器进行数据处理。执行器具备电压或电流输入信号的处理,根据执行机构类型转换对应驱动信息驱动执行器动作。

5.2.3 参数配置

通过触发装置实现对仪表本体组态参数的设置及修改,触发装置包括但不限于本地触发装置,如物理按键、非接触式按键或其他物理信号。

针对不同类型仪表的具体要求如表 3 所示。

表 3 参数配置特征的具体要求

仪表类别		特征要求
测量仪表		需支持配置的基本参数包括:滤波参数、量程上限、量程下限、显示单位、报警参数、阻尼系数、输出参数。 仪表专用的配置参数包括: a) 压力测量仪表:调零、开方作用点(差压仪表适用); b) 流量测量仪表:调零; c) 温度测量仪表:传感器类型
分析仪表		需支持配置的基本参数包括:用户访问权限、量程上限、量程下限、显示单位、校准模式(如自动校准、手动校准)、报警参数、阻尼系数
执行器	电动/电液执行机构	需支持配置的基本参数包括:开启/关闭扭矩、最大推力、行程、扭矩、远程/就地控制、输出参数
	气动/气液执行机构及其相配的阀门定位器	需支持配置的基本参数包括:阀门/执行机构类型、输入范围上下限、校准模式(如自动校准、手动校准)、调节特性配置

5.2.4 数据存储

仪表本体可通过非易失性存储单元(包括处理器本体内部或者外部独立的存储单元),存储仪表参数、数据等信息,存储单元具备掉电保存功能。

针对不同类型仪表的具体要求如表 4 所示。

表 4 数据存储特征的具体要求

仪表类别		特征要求
测量仪表		存储的具体信息包括: a) 5.2.3 中规定的相应设置参数; b) 仪表序列号、固件版本号; c) 流量测量仪表需存储累积量数据
分析仪表		存储的具体信息包括: a) 5.2.3 中规定的相应设置参数; b) 仪表序列号、固件版本号; c) 校准的相关参数信息
执行器	电动/电液执行机构	存储的具体信息包括: a) 5.2.3 中规定的相应设置参数; b) 仪表序列号、固件版本号; c) 参考扭矩
	气动/气液执行机构及其相配的阀门定位器	存储的具体信息包括: a) 5.2.3 中规定的相应设置参数; b) 仪表序列号、固件版本号

5.2.5 功能自检

仪表应具备自检并在出现故障时进行警示功能。
针对不同类型仪表的具体要求如表 5 所示。

表 5 功能自检特征的具体要求

仪表类别		特征要求
测量仪表		提供不少于 3 项的故障代码表,可自检的故障包括:传感器故障、数据校验错误、电路硬件故障
分析仪表		
执行器	电动/电液执行机构	提供不少于 5 项的故障代码表,可自检的故障包括:位置传感器故障、组态错误、电路硬件故障、输入信号异常、主电压异常
	气动/气液执行机构及其相配的阀门定位器	提供不少于 5 项的故障代码表,可自检的故障包括:位置传感器故障、组态错误、电路硬件故障、输入信号异常、气源故障

5.2.6 参数校准

本功能仅针对分析仪表。仪表应具有使用标准物质进行校准的功能,应至少支持单点校准或线性校准。

5.2.7 自动整定

本功能仅针对执行器。根据参数配置中行程整定参数具有自动校验功能,可自动完成行程位置校准和控制参数自动调整。

5.3 基础智能特征要求

5.3.1 双向通信

仪表应至少支持一种标准通信接口,可实现与上位系统的双向数据通信,接口类型和通信协议符合相应工业通信国际标准、国家标准或行业标准。包含标准通信接口和通信协议,通信协议不限于工业总线(Profibus、HART、M-BUS、CAN、Modbus、AUTBUS 等)、工业以太网(Powerlink、Profinet、EtherCAT 等)、工业无线(NB-IOT、CAT-1、2G/3G/4G、5G NR 等)。

5.3.2 本地组态

仪表支持以通信的方式实现对仪表本体组态参数的设置或读取,通信终端包括但不限于手操器、移动操作端等。针对不同类型仪表的具体要求如表 6 所示。

表 6 本地组态特征的具体要求

仪表类别	特征要求
测量仪表	除了 5.2.3 设置参数外,还包括位号、通信参数等
分析仪表	除了 5.2.3 设置参数外,还包括位号、通信参数,在线校准值、标准样品参数值、温补相关参数、输出相关参数(如有)等

表 6 本地组态特征的具体要求（续）

仪表类别		特征要求
执行器	电动/电液执行机构	除了 5.2.3 设置参数外,还包括位号、通信参数等
	气动/气液执行机构及其相配的阀门定位器	除了 5.2.3 设置参数外,还包括位号、通信参数、整定参数、行程偏差报警等

5.3.3 固件升级

仪表支持对固件进行识别、校验、升级、恢复功能(特殊应用场景或法律法规要求的情况除外)。

5.3.4 信息记忆

仪表可通过非易失性存储单元(包括处理器本体内部或者外部独立的存储单元),存储历史数据、仪表运行状态等信息,方便用户查询。记录的信息包括操作记录、报警记录、超限记录、上下电信息,每项信息的记忆条数不少于 20 条。分析仪表应支持记录信息的检索,不允许对原始数据进行删除或修改。

5.3.5 时间感知

仪表具备计时功能,通过本地显示或通信方式能获取或配置到当前时间及仪表运行时间。具体要求包括:

- a) 应有时钟功能、时间校准功能(可从网络上进行同步、通过按键进行时钟校准设置或通过通信方式进行校准);
- b) 可通过显示界面、调试设备或通信接收端设备查看仪表时间数据,不限于出厂时间、累计运行时间、当前时间;
- c) 为所有的数据点和事件日志条目附加秒级时间标签。

5.3.6 定位识别

仪表可通过本地按键或上位软件等方式进行查询、识别、配置仪表位号等信息。

5.3.7 仿真调试

仪表具备模拟具有特定物理意义的数据或信号,并输出用于调试的功能。本功能不适用于执行器。

5.3.8 自诊断

在不增加检测装置的前提下,仪表可对自身信息和功能进行诊断。针对不同类型仪表的具体要求如表 7 所示。

表 7 自诊断特征的具体要求

仪表类别	特征要求
测量仪表	提供不少于 8 项的诊断信息表,在 5.2.5 规定的自检要求外,还应诊断输入信号、运行数据和基础硬件(如传感器、模-数转换模块、存储器或中央处理单元等),诊断结果能在界面上进行显示或通过通信方式输出
分析仪表	

表 7 自诊断特征的具体要求（续）

仪表类别		特征要求
SAC 执行器	电动/电液执行机构	提供不少于 10 条的诊断信息表,在 5.2.5 规定的自检要求外,还应诊断:输入信号(如锂电池电压低、缺相、电机电流等)、运行数据(如电机温度、旋转方向、行程、速度等)和基础硬件(如速度传感器、驱动器故障、接触器等),诊断结果能在界面上进行显示或通过通信方式输出
	气动/气液执行机构及其相配的阀门定位器	提供不少于 10 条的诊断信息表,在 5.2.5 规定的自检要求外,还应诊断:输入信号(如输入电流或其他信号、供气压力等)、运行数据(如驱动信号、行程偏差、温度、断电次数、累积行程、组态更改、紧密关闭次数等)和基础硬件(如内存、非易失性存储器、温度/压力/行程传感器等),诊断结果能在界面上进行显示或通过通信方式输出

5.4 系统智能特征要求

5.4.1 互操作性

仪表可支持 EDDL、FDT/DTM 或 FDI 等技术,实现基于设备描述文件的双向数据交互与共享。

5.4.2 远程组态

仪表具备将 5.3.2 规定的参数进行远传,且支持远程接收下发指令给仪表。

5.4.3 故障诊断

仪表在自诊断的基础上,对异常数据及状态进行判断与分析,并显示或输出故障诊断信息。针对不同类型仪表的具体要求如表 8 所示。

表 8 故障诊断特征的具体要求

仪表类别		特征要求
测量仪表		提供不少于 20 条的诊断信息表,在 5.3.8 规定的自诊断要求外,至少覆盖电源诊断、输出反馈或回路电流诊断、通信状态诊断
分析仪表		提供不少于 20 条的诊断信息表,在 5.3.8 规定的自诊断要求外,至少覆盖电源诊断、输出反馈或回路电流诊断(对于无输出功能的例外)、通信状态诊断
SAC 执行器	电动/电液执行机构	提供不少于 20 条的诊断信息表,在 5.3.8 规定的自诊断要求外,至少覆盖开启/关闭时扭矩过大、开启/关闭时阀门卡死、开启/关闭时中位报警、通信状态诊断等
	气动/气液执行机构及其相配的阀门定位器	提供不少于 20 条的诊断信息表,在 5.3.8 规定的自诊断要求外,通过分析阀门性能参数(如阀门摩擦力、阀座关断力、阀门线性度、回差、弹簧弹性系数等)和关键部件(如填料、阀座、阀杆、阀芯、弹簧等)的状况,实现阀门卡涩、阀门内漏、外漏、执行机构健康状况等诊断,部分功能可配合软件系统实现

5.4.4 过程诊断

仪表可记录在运行过程中发生的过程报警功能、维护维修评价与提示、变量日志管理、事件触发管理、状态分类识别与监控等关键事件,数据记录等。针对不同类型仪表的具体要求如表 9 所示。

表 9 过程诊断特征的具体要求

仪表类别		特征要求
测量仪表	压力、物位、温度测量仪表	压力、物位、温度测量仪表可实现过程变量的异常诊断和记录,单项异常的诊断准确率不低于 95%;压力测量仪表应具备导压管堵塞诊断、接液温度测算功能
	流量测量仪表	流量测量仪表可根据原理不同具备不同的过程异常诊断功能。涡街流量测量仪表可通过测量信号幅值分布,综合判断蒸汽冷凝或由此引起水锤风险等过程异常;带黏度测量功能的流量测量仪表可通过测量黏度参数,判断工艺状态的稳定性及是否存在过程异常;电磁流量测量仪表可通过测量黏附参数,指示传感器周边的工艺管道黏附等过程异常;热式气体质量流量测量仪表可诊断冷凝、黏附异常;超声流量测量仪表可通过测量声速信号强度、质量及信噪比等,综合判断被测流体的纯净度,指示流体含杂质等过程异常。 以上单项异常的诊断准确率不低于 95%
分析仪表		实现以下功能之一: a) 诊断工业过程中的异常行为或偏差; b) 利用历史数据进行趋势分析,诊断潜在的过程问题

5.4.5 自动校准

本功能仅针对气体分析仪表,仪表应能够根据预设的时间间隔和条件自动触发校准,校准过程无需人工干预,可自动记录校准时间、环境条件和校准结果等,并验证校准结果的有效性。当校准过程中出现异常,仪表应能触发报警并通知用户。

5.5 自主智能特征要求

5.5.1 自动组网

仪表具备自动加入或组建通信网络功能,可适应环境变化或网络拓扑的改变进行调整和优化传输路径,具备一定的安全性,如身份识别、数据加密、网络隔离等。具体要求包括:

- 仪表通过物理通信接口连接工业总线主站设备(不限于 Profibus、Hart、M-BUS、CAN 等),仪表在此网络中有唯一的设备 ID,主站设备可自动识别仪表,并向服务端软件推送仪表数据和状态,不低于 99%;
- 仪表通过工业以太网接入服务端设备(不限于 Powerlink、Profinet、EtherCAT 等),仪表在此网络中有唯一的网络地址,服务端设备可自动识别仪表,并可查看仪表数据和状态,通信成功率不低于 99%;
- 仪表以电磁波为通信载体,遵守指定的局域网通信协议(不限于 WirelessHART、zigbee、loran、WIA-PA、ISA100 等)向无线网关请求加入无线网络,网络 ID 和网络密钥组合具有唯一性,仪表在此网络中有唯一的设备 ID,无线网关可查看仪表数据和状态,通信成功率不低于 98%;
- 仪表以电磁波为通信载体,遵守指定的广域网通信协议(不限于 NB-IOT、2G/3G/4G、5G NR 等)向基站请求加入无线网络,仪表在此网络中有唯一的 IMEI、SIM 卡号,基站将仪表数据推送到指定互联网地址,通过安装与互联网地址的服务端软件查看仪表数据和状态,通信成功率不低于 99%。

5.5.2 自学习

在不同工况应用场景,仪表可基于自身的模型库,主动选择对应的测量模式和算法,并可动态调整

参数。针对不同类型仪表的具体要求如表 10 所示。

表 10 自学习特征的具体要求

仪表类别	特征要求
测量仪表	符合以下要求： a) 支持多种场景模型库，在相应的场景下进行标准量的测量，可准确输出（满足仪表标称要求）； b) 在环境温度上限、下限、交变条件下，输出满足仪表的标称要求； c) 在场景动态变化时，可通过特定工具或软件查看仪表参数动态变化
分析仪表	符合以下要求： a) 能够根据历史数据自动调整其测量算法以提高准确性； b) 自动优化仪表参数以适应不同的测量条件和环境变化； c) 识别和学习在线分析过程中的典型模式和趋势； d) 预测设备维护和更换部件的时间； e) 支持多种场景或介质的模型库，能在各种不同场景或介质中准确测量
执行器	可根据不同工况应用场景自动识别，主动选择对应的输出模型和算法，并可动态调整整定参数，实现阀门优化和回路优化等

5.5.3 边缘计算

基于云、边、端交互协同架构，仪表具备过程诊断、故障诊断、功能重构、远程运维等功能，同时可依据大数据和模型库，对仪表现场实时工况进行分析、决策和预测。

5.5.4 数字校准

仪表具备数字检定/校准证书的数据交互、有效性核验功能。可通过特定设备（包括但不限于系统平台、移动端、PC 端、手操器等）从仪表中读取数字检定/校准证书，并可验证与仪表参数设置的一致性；同时，仪表数字检定/校准证书的有效性可与发布机构验证并同步更新。

5.5.5 设备健康管理

仪表能够基于历史数据或寿命模型，对其关键部件的性能退化趋势、寿命或健康度进行预测，支持预防性维护和预测性维护等模式，优化维修维护实施过程。如支持监测或诊断功能，算法准确率不低于 90%，如支持趋势预测或寿命预测，准确率不低于 80%。

6 智能特征测评方法

6.1 本体智能特征测评方法

6.1.1 信号输出

采用目视检测的方法，搭建仪表工作环境，通过仪表的本地显示装置或相关信号接收设备查看仪表显示的信息是否满足 5.2.1 的要求。

6.1.2 信号处理

测评方法见 6.1.1，满足 5.2.2 的要求。

6.1.3 参数配置

采用目视检测的方法,依据仪表使用手册,通过触发装置进行参数配置,断电后重启,再次进入相关参数配置项确认是否配置成功,可配置的参数应符合 5.2.3 的要求。

6.1.4 数据存储

采用目视检测的方法,仪表正常工作时,修改仪表配置参数,再次进入相关参数目录确认是否修改成功,断电重启后,重复上述步骤。执行器在断电重启后,输入同样的信号,执行器动作符合预期要求。存储的参数应符合 5.2.4 的要求。

6.1.5 功能自检

采用测试方法,通过设置或模拟故障触发条件,检查仪表是否准确报出相应的故障,记录统计并满足 5.2.5 的要求。

6.1.6 参数校准

本项目仅针对分析仪表。测评方法包括以下步骤:

- 仪表正常工作时,使用不同参考值的标准样品,进行单点校准或线性校准,检查仪器的响应和校准的准确性,进入相关页面或使用相关指令,进行校准测量值,校准通过后,相关的显示或输出应按校准后的数据关系进行,并满足 5.2.6 的要求;
- 按照仪器提供的校准指导进行操作,评价用户界面的易用性;
- 完成校准后,检查系统是否能记录所有相关数据,并提供查询功能。

6.1.7 自动整定

本项目仅针对执行器,当执行器完成自动整定过程后,至少选择 0%、50%、100% 3 个位置,查看整定结果是否与行程刻度一致。

6.2 基础智能特征测评方法

6.2.1 双向通信

提供符合标准化通信协议的证明或第三方测试报告,上位系统通过仪表具备的通信接口与通信协议读取仪表的测量数据和组态参数,满足 5.3.1 的要求。

6.2.2 本地组态

仪表正常工作时,验证以下功能:

- 检查仪器是否提供标准的组态接口,并验证其物理连接的稳定性;
- 通过人机接口查看仪表的运行数据,组态参数,并验证数据是否正确;
- 通过人机接口修改仪表的组态参数,并验证修改是否正确生效。

对于分析仪表的报警阈值设置测评:设定不同的报警阈值,验证报警系统是否按新设定的阈值正确响应。

组态参数应满足 5.3.2 的要求。

6.2.3 固件升级

建立通信的终端设备对固件进行升级或恢复,通过终端设备检查固件版本号的变化,满足 5.3.3 的

要求。

6.2.4 信息记忆

测试方法包括以下步骤：

- 仪表正常工作时，触发仪表参数变化，断电重启后，进入参数目录查看变化后的参数是否正确存储；
- 仪表正常工作时，可读取存储历史数据和运行状态信息，断电重启后，数据与信息不丢失，并仍可读取；
- 验证仪表能够存储的数据量、数据类型和功能是否符合 5.3.4 中的要求。

6.2.5 时间感知

采用目视检测的方法，通过本地显示查看、通信接收设备或相关检测仪器查看仪表时间信息，满足 5.3.5 的要求。

6.2.6 定位识别

采用目视检测的方法，依照仪表规定的设置方式进行工位号设置，通过显示或读取方式检查是否设置成功，满足 5.3.6 的要求。

6.2.7 仿真调试

采用目视检测的方法，当仪表进入仿真调试模式时，查看或检测仪表是否可以稳定地输出信号，满足 5.3.7 的要求。

6.2.8 自诊断

通过插入故障或模拟运行条件，触发仪表自诊断功能，通过本地显示或远程方式获取仪表自诊断信息，验证是否满足 5.3.8 的要求。

6.3 系统智能特征测评方法

6.3.1 互操作性

采用测试的方法，仪表正常工作时，将设备描述文件导入上位系统，采用仪表具备的通信接口与通信协议，获取仪表的测量数据和组态参数，满足 5.4.1 的要求。具体包括以下内容：

- 仪表配套的 EDDL 和 FDT/DTM 等文件是否通过第三方认证机构认证并发布；
- 将发布的 EDDL 和 FDT/DTM 等文件导入集成系统、手操器等设备，与仪表进行相关操作，相关操作需满足远程组态指标要求；
- 动态数据更新测评：改变仪器的运行参数，检查是否能够动态更新并应用这些更改。

6.3.2 远程组态

采用测试的方法，通过上位机软件、移动 APP 等对仪表进行远程数据读写，检查仪表参数是否有效修改，组态参数满足 5.4.2 的要求。

6.3.3 故障诊断

通过插入故障或模拟运行条件，触发仪表故障诊断功能，通过本地显示或远程方式获取仪表故障提示信息和诊断结果，满足 5.4.3 的要求。

6.3.4 过程诊断

根据厂家提供的操作方法,通过功能复现的方式验证过程诊断功能。提供不少于 100 次的过程诊断的场景或数据,测试仪表过程诊断的准确率,满足 5.4.4 的要求。

6.3.5 自动校准

对于气体分析仪表,通过以下测量方法,验证其是否满足 5.4.5 的要求:

- a) 自动校准触发测评,设置自动校准的时间间隔,检查仪器是否按时自动开始校准过程;
- b) 校准数据记录测评,自动校准完成后,检查仪表是否记录了所有相关的校准数据;
- c) 校准结果验证测评,自动校准完成后,检查仪表是否可提供校准结果的验证信息;
- d) 校准异常报警测评,在校准过程中引入异常情况,检查仪器是否能够触发报警并通知用户。

6.4 自主智能特征测评方法

6.4.1 自动组网

采用测试的方法,通过设备集成服务端、网关等设备查看仪表是否可以自主加入网络,断网自动重连,仪表在网络中具有唯一的身份标识,满足 5.5.1 的要求。

6.4.2 自学习

采用测试的方法,仪表正常工作时,更改或模拟外部场景条件变化,查看仪表是否能自动选择模型算法并输出正确测量值,满足 5.5.2 的要求。测评自学习功能的方法可采用下列方法中的一种或多种:

- a) 算法自适应测评:通过改变测量条件,评价仪器是否能够自动调整算法以适应新的条件,并提高测量结果的准确性;
- b) 参数自优化测评:监测仪器在不同环境条件下的参数变化,验证其自优化功能是否有效;
- c) 模式识别测评:提供不同典型的工况下的分析数据,检查仪器是否能够识别和学习这些模式;
- d) 预测性维护测评:利用历史维护数据,评价仪器的预测性维护功能是否能够准确预测维护时间。

6.4.3 边缘计算

采用测试的方法验证仪表是否满足 5.5.3 的技术要求。

6.4.4 数字校准

采用目视检测的方法,可通过特定设备(包括但不限于系统平台、移动端、PC 端、手操器等)从仪表中读取数字检定/校准证书,并可验证与仪表参数设置的一致性;同时,仪表数字检定/校准证书的有效性可与发布机构验证并同步更新,满足 5.5.4 的要求。

6.4.5 设备健康管理

采用测试的方法,基于 GB/T 40571—2021 开展软件功能测试,基于 GB/T 43555—2023 开展算法准确率测试,满足 5.5.5 的要求。

7 智能化评价方法

7.1 通则

仪表在开展智能化等级评价之前,需提交第三方出具的型式试验报告或其他可证明产品性能和功能

正常的试验报告,根据仪表类型的不同,应选择 GB/T 34049—2017、GB/T 34050—2017、GB/T 36411—2018 等标准作为测试依据。

在满足产品性能标准的基础上,应满足所有必备的智能特征才能判定为符合该智能化等级,在判断某仪表符合该智能化等级之前,应满足上一级所有适用的智能特征。

7.2 样品要求

样品选取的准则及抽样方案原则上由设计/制造商依据内部质量控制流程自主制定。若买方或使用方对检验样品的选取有特定要求时,应通过双方或多方的充分沟通与协商,达成一致意见。当买方或使用方对送检样品的选择有特殊约定时,应由设计/制造商与买方或使用方协商一致确定。

送检样品及相关技术资料的具体要求如下:

- a) 试验样品,至少一件(或台、套)以上,建议提供三件(或台、套);
- b) 产品标准或技术规范;
- c) 使用说明书或使用手册;
- d) 测试大纲、测试报告和数据;
- e) 可选的其他技术资料。

7.3 第三方检测报告认可引用

本文件仅限于仪表智能化等级评价,不能替代证明产品设计是否符合相关标准或规范的形式试验、全性能试验或专业试验与评价。

设计/制造商可提供独立机构或第三方检测机构出具的全性能试验报告、型式试验报告、专业试验及评价报告、专业认证或认可证书等相关技术资料,并在申请书中详细说明依据本文件的试验与评价项目与第三方检测报告的对应关系。

如本文件的试验被评价机构认可引用,则可简化试验和评价,直接引用第三方检测报告的结果或数据进行评定,但该情况应在试验和评价报告中说明。

7.4 评价方法

智能化等级的评价有效性易受各方面因素的制约和影响,设计/制造商、检验和评价机构以及可能的买方或使用方对评价结果达成统一意见时,评价报告应反映该统一意见,并根据该意见给出评定结果;如各方的意见不统一,则评价报告应如实记录各方的意见,由报告的使用者自行做出判断,在该情况下,检验和评价机构可根据自己的判断给出评价结果。

7.5 评价流程

工业仪表智能化等级评价流程包括:

- 评价前准备,包括资料提交与审核、确定评价目标、抽样与样品准备;
- 评价方案确认,包括确认测试项目和测试方法;
- 评价实施,包括现场勘查、收集证据、实施测试等;
- 评价结果分析,包括等级评价、报告编制、报告发布等;
- 评价结果反馈,由被评价机构或相关负责人反馈评价结果。

7.6 评价报告

试验和评价结束后,应按 GB/T 18271.4—2017 的规定编写智能化等级评价报告。

参 考 文 献

- [1] GB/T 26815—2011 工业自动化仪表术语 执行器术语
-



