

ICS 点击此处添加 ICS 号

CCS 点击此处添加 CCS 号

T/CIEP

中国工业环保促进会团体标准

T/CIEP XXXX—2026

自控阀智能制造通用技术要求

General technical requirements for intelligent manufacturing of automatic control valves

征求意见稿

在提交反馈意见时，请将您知道的相关专利连同支持性文件一并附上。

2026 - XX - XX 发布

2026 - XX - XX 实施

中国工业环保促进会 发布

目 次

前言	II
引言	III
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
4 技术要求	3
4.1 功能总体要求	3
4.2 产线总体要求	3
4.3 数字化设计与仿真要求	4
4.4 加工设备要求	4
4.5 智能装配与调试要求	4
4.6 出厂智能检测与质量控制要求	4
4.7 工业数据与系统集成要求	4
5 方法	5
5.1 功能测试	5
5.2 数字化设计功能测试	5
5.3 数字孪生仿真测试	5
5.4 智能装备与产线功能测试	5
5.5 生产过程数据采集测试	5
5.6 MES/APS 智能排产测试	5
5.7 智能检测设备功能测试	5
5.8 全生命周期质量追溯测试	5
5.9 多系统互联互通测试	6
6 检验规则	6
6.1 检验分类	6
6.2 检验条件	6
6.3 检验项目	6

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。

本文件由中国工业环保促进会提出并归口。

本文件起草单位：

本文件主要起草人：

引 言

自控阀智能制造的现状:

当前我国自控阀智能制造正处于数字化普及向深度智能化升级的关键阶段,智能控制阀市场规模持续扩容,石化、电力、煤化工等下游需求旺盛,形成外资占据高端市场、国内头部企业加速国产替代的产业格局;行业在三维数字化设计、多物理场仿真、五轴精密加工、机器人智能装配、机器视觉质检、数字孪生及工业互联网系统集成等技术上已广泛应用,骨干企业建成柔性智能产线,实现多品种混线生产、工艺参数在线监控与产品全生命周期质量追溯,智能定位器、特种材质等核心零部件国产化取得明显突破。但整体仍存在短板,高端极端工况下流体仿真模型、长寿命密封技术、智能控制核心算法及高精度传感芯片仍与国际先进水平存在差距,大量中小制造企业仍停留在基础自动化层面,设备联网率不高、数据孤岛突出、智能制造标准体系与互操作规范尚不健全。未来自控阀行业将朝着产品边缘智能化、生产柔性数字化、全流程数字孪生管控、绿色低碳制造及设备全生命周期服务化方向发展,高端领域国产化替代进程持续加快,智能制造将进一步实现提质、降本、增效与安全可靠的综合目标。

自控阀智能制造通用技术的目的:

制定自控阀智能制造通用技术要求,目的是统一自控阀在数字化设计、精密加工、智能装配、在线检测、系统集成、质量管控等环节的技术准则,规范智能产线建设、装备配置与生产管控流程;解决行业工艺不统一、制造水平参差、产品一致性差、智能化改造缺乏标准依据等问题,引导企业开展柔性化、数字化、智能化生产,提升自控阀加工精度、装配质量与运行可靠性;打通设计、生产、质控、运维全链条数据,实现产品全生命周期可追溯,降低制造成本、提升生产效率,支撑高端自控阀国产化替代,为行业智能工厂规划、产品研发、生产验收及产业规范化升级提供统一技术依据。

自控阀智能制造通用技术的意义:

制定自控阀智能制造通用技术要求具有重要行业价值与工程意义,既能统一自控阀在数字化设计、精密加工、智能装配、在线检测及质量管控等全流程技术准则,填补行业标准空白、规范行业发展秩序,解决制造工艺不统一、企业水平参差不齐、产品质量一致性差等突出问题;又能引导阀门企业推进数字化转型与柔性智能产线建设,促进智能装备、工业软件与生产流程深度融合,缩短研发周期、提升生产效率、降低制造成本,从源头提高自控阀加工精度、装配质量与运行可靠性,满足石化、火电、煤化工等高危工况的安全可靠使用要求;同时可打通设计、生产、质控、运维全链条数据,实现产品全生命周期可追溯,推动行业由传统低端加工向高端智能化制造转型升级,助力核心零部件及高端自控阀国产化替代,为行业智能工厂建设、工程选型、检验验收和产业高质量发展提供规范依据与技术支撑。

制定自控阀智能制造通用技术要求的必要性:

目前我国自控阀制造行业缺乏统一的智能制造规范,企业间制造工艺、装备配置、检测标准差异较大,生产智能化建设缺乏依据,产品加工精度、装配质量和性能一致性难以保障;多数企业仍以传统人工和半自动化生产为主,数字化程度不高、各信息系统互不连通、数据孤岛现象突出,中小微企业智能化改造盲目投入、重复建设问题明显,同时高端自控阀及核心部件制造水平与国际仍有差距,难以满足石化、火电、煤化工等高危工况对高可靠性、高安全性的严苛要求。因此,制定自控阀智能制造通用技术要求十分必要,能够填补行业标准空白,统一设计、加工、装配、检测及系统集成等技术准则,规范智能工厂建设与工艺管控流程,提升产品制造质量与批量稳定性,引导企业科学开展数字化智能化转型

升级，实现生产全流程数据贯通与质量可追溯，加快高端自控阀国产化替代，全面提升行业整体智能制造水平和工业装置安全稳定运行保障能力。

自控阀智能制造通用技术要求

1 范围

本文件规定了自控阀智能制造通用技术要求、测试方法、检验规则和标志、包装、运输和贮存。本文件适用于各类阀门的智能制造。

2 规范性引用文件

本文件没有规范性引用文件。

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

自控阀 automatic control valves

由阀体、节流组件、执行机构、智能附件组成，接收控制系统控制信号，自动实现工艺介质流量、压力、液位、温度调节及开关截断的工业阀门。

3.2

智能制造 intelligent manufacturing

依托数字化设计、柔性精密加工、机器人智能装配、机器视觉检测、工业互联网与智能算法，实现产品研发、加工、装配、检测、质控、运维全流程数字化、自动化、智能化的生产制造模式，可适配标准化批量生产与定制化小批量生产需求。

3.3

柔性制造 flexible manufacturing

通过模块化产线、可编程加工设备与可组态工艺参数，快速适配不同口径、压力等级、驱动形式的自控阀生产，实现产线快速换型、多品种共线生产的制造方式。

3.4

全生命周期追溯 full life cycle traceability

依托产品数据管理系统，记录产品从设计图纸、原材料入库、零部件加工、装配调试、性能检测到出厂交付的全流程数据，实现单品全工序、全维度质量溯源的管控模式。

3.5

数字孪生制造 digital twin manufacturing

构建产品与生产产线虚拟模型，通过虚实数据映射，完成产品虚拟仿真试制、工艺虚拟调试、产线状态监控、生产缺陷预判的智能化制造技术。

3.6

工业机器人 industrial robot

用于阀门焊接、打磨、装配、检测的自动化设备。

3.7

智能检测设备 intelligent detection equipment

基于机器视觉、涡流/超声等技术，实现阀门尺寸、缺陷、性能的在线/离线检测。

3.8

自动导引车/轨道导引车 AGV/track guide car

通过磁条、轨道、激光或二维码等自动导引设备或沿固定轨道运行的，用于车间物料智能配送的导引车。

3.9

工业物联网 industrial internet of things

通过传感器、网关实现设备、产品、系统的互联与数据采集。

3.10

边缘计算 edge calculation

在设备端就近处理数据，降低延迟、保障实时性。

3.11

制造执行系统 manufacturing execution system

在规定试验条件下，对调节阀输入规定幅度的阶跃信号，从输入信号开始变化起，到阀芯位移首次达到额定行程的规定百分比时所经历的时间。

3.12

企业资源计划 enterprise resource plan

集成财务、采购、销售、生产计划的企业级管理平台。

3.13

数据采集与监视控制系统 data acquisition and monitoring control system

按标准划分的、表征阀门关闭密封能力的等级。

3.14

质量管理体系 quality management system

覆盖阀门全流程质量策划、控制、改进与追溯的系统。

3.15

产品生命周期管理 product life cycle management

管理阀门从设计、工艺、制造到服务的全生命周期数据。

3.16

设备数据采集 equipment data acquisition

通过传感器、PLC采集阀门加工/运行的温度、压力、扭矩、振动等数据。

3.17

工业协议转换 conversion of industrial agreements

实现Modbus、Profinet、OPC UA 等不同设备协议的互通。

3.18

数据融合 data fusion

整合多源、多模态数据，提升分析与决策精度。

3.19

数据字典 data dictionary

统一阀门产品、工艺、质量等数据的定义与格式。

3.20

开放平台通信统一架构 open platform communication unified architecture

工业物联网通用通信协议，实现跨平台、跨厂商设备与系统的安全互操作。

3.21

工业互联网平台 industrial internet platform

集成数据存储、分析、应用开发的云平台，支撑阀门智能制造与服务。

3.22

设备健康管理 equipment health management

评估设备状态、寿命预测、维护决策的系统。

3.23

智能排产 intelligent production scheduling

MES/APS 根据订单、产能、设备状态自动生成最优生产计划。

3.24

全生命周期追溯 full life cycle traceability

从原材料到成品、交付、运维的全程数据可追溯。

3.25

智能物流 intelligent logistics

AGV、立体仓库、WMS 协同，实现物料精准、高效配送。

3.26

在线检测 online detection

生产过程中实时检测阀门尺寸、焊缝、密封等质量。

3.27

离线检测 offline detection

成品出厂前的综合性能测试（压力、流量、泄漏等）。

3.28

不良品率 rate of defective products

生产中不合格品占总产量的比例。

3.29

一次合格率 one-time qualified rate

首次加工/装配即合格的产品比例。

4 技术要求

4.1 功能总体要求

自控阀智能制造体系需覆盖产品数字化研发、零部件精密加工、智能自动化装配、在线智能检测、全流程质量管控、生产数据追溯、设备智能运维七大核心模块。产线支持标准化大批量、定制化小批量、异形产品定制三种生产模式，具备工艺自适应、缺陷自识别、数据自归档、故障自预警能力，全面提升自控阀产品一致性、可靠性与生产效率。。

4.2 产线总体要求

智能制造产线采用模块化、集成化设计，兼容气动、电动、电液动自控阀及执行机构零部件生产，设备

通用性强、换型便捷。产线可对接企业 PLM、ERP、MES、QMS 管理系统，实现设计、生产、质控、仓储数据互联互通，消除生产数据孤岛。

4.3 数字化设计与仿真要求

4.3.1 产品研发需采用三维 CAD 建模设计，完成阀体流道、执行机构气缸、阀杆、密封组件等核心结构参数化建模，支持参数快速修改、模型复用，缩短新品研发周期。所有产品图纸、工艺文件、参数模型统一归档至产品生命周期管理系统，版本可追溯。

4.3.2 新品投产前必须完成 CAE 仿真分析，包含结构强度仿真、流体流场仿真、压力冲击仿真、疲劳寿命仿真、密封性能仿真，提前预判结构缺陷、应力集中、介质冲刷、密封失效等问题，减少实物试制次数，降低研发生产成本。

4.3.3 依托数字孪生技术搭建产线虚拟模型，完成加工工艺、装配流程、检测工序的虚拟调试，优化生产节拍与工艺参数，确保新品量产工艺稳定，有效规避批量生产质量缺陷。

4.4 加工设备要求

4.4.1 自控阀阀体、阀内件、执行机构缸体、阀杆等核心零部件，需采用车铣复合加工中心、五轴联动加工设备、高精度数控车床完成加工，配套机器人上下料、自动工装夹具，实现零部件一次装夹、全序加工，减少人工干预带来的加工误差。

4.4.2 核心零部件加工精度需满足：阀杆配合精度小于等于 $\pm 0.01\text{mm}$ ，气缸内壁粗糙度小于等于 $0.8\mu\text{m}$ ，密封面镜面加工精度达标，零部件加工合格率不小于 99%。批量生产过程中精度稳定性强，无系统性加工偏差。

4.4.3 加工设备接入车间 MES 系统，实时采集加工转速、进给量、加工温度、设备振动等工艺数据，系统自动监控工艺参数偏差，超阈值自动报警并锁止加工工序，杜绝不合格半成品流入下一工序。

4.5 智能装配与调试要求

4.5.1 自控阀及执行机构装配采用模块化智能装配工作站，配备自动拧紧设备、压力装配工装、扭矩检测设备，实现螺栓扭矩精准控制、密封件自动预装、执行机构组件自动装配，统一装配工艺标准，避免人工装配松紧不均、装配错位、漏装配件等问题。

4.5.2 产品装配完成后，自动化调试设备自动完成阀门行程标定、零点与量程校准、滞环回差调试、气源适配调试，自动记录调试参数。调试数据实时上传系统，支持单品调试数据独立归档。

4.5.3 系统内置标准化判定阈值，自动识别装配缺陷、调试不合格产品，对不合格工件自动标记、隔离存放，禁止不合格产品进入检测与入库环节。

4.6 出厂智能检测与质量控制要求

4.6.1 自控阀出厂检测需配置智能化综合测试台、行程性能检测仪、气密性测试设备、机器视觉缺陷检测设备，支持自动化、无人化检测。检测设备具备数据采集、自动标定、误差补偿功能，可对接车间 QMS 质量管控系统，适配气动、电动、电液动自控阀全品类出厂校验。检测设备计量精度需定期校准，满足国家计量检定规范要求。

4.6.2 智能制造产线出厂检测需自动完成阀门全行程特性检测、滞环、回差、线性度、启闭时间、气密性、水压强度、内外泄漏等关键项目检测。系统自动绘制性能曲线，对比标准阈值自动判定产品合格状态，替代人工主观判定，保证批量产品质量一致性。

4.6.3 产线配置机器视觉系统，对阀体外观、铸件气孔、划痕、装配错漏、标识刻印缺陷进行自动识别，缺陷识别准确率 $\geq 99\%$ ，可自动分拣不合格产品，实现外观质量智能化筛查。

4.6.4 所有检测数据自动上传归档，绑定单品唯一编码，形成“加工-装配-检测-不合格返修-复检入库”质量闭环，实现质量问题溯源、工艺迭代优化。

4.7 工业数据与系统集成要求

4.7.1 智能制造体系需实现 PLM、ERP、MES、QMS 系统深度集成，打通设计数据、生产工艺数据、设备运行数据、质量检测数据、仓储物流数据，消除数据孤岛，实现全流程数据贯通。

4.7.2 生产设备、检测设备需支持数据实时采集、断点续传，生产数据、质量数据、操作日志长期留存，本地存储不少于 1 年，云端可同步备份，满足质量追溯与审计要求。

4.7.3 支持产线数字孪生可视化监控，实时映射设备状态、生产节拍、产品良率、工艺参数，实现生产状态可视化、异常预警可视化、生产调度智能化。

5 方法

5.1 功能测试

分别数字化设计、数字孪生仿真、智能装备与产线功能、生产过程数据采集、MES/APS 智能排产、智能检测设备功能、全生命周期质量追溯、多系统互联互通、设备综合效率、数据标准与主数据等参数进行检测。

5.2 数字化设计功能测试

应符合以下要求：

- a) 随机抽取不少于 3 套阀门产品设计数据；
- b) 检查三维模型完整性、参数化能力、BOM 一致性；
- c) 检查 CAE 仿真报告（流场、强度、疲劳、密封等）。

5.3 数字孪生仿真测试

应符合以下要求：

- a) 构建物理阀门与虚拟模型对应关系；
- b) 运行虚拟调试、装配仿真、加工路径仿真；
- c) 对比物理样机与虚拟模型行为一致性。

5.4 智能装备与产线功能测试

应符合以下要求：

- a) 检查设备通信接口（OPC UA/Profinet/Modbus 等）；
- b) 启动自动加工 / 装配流程，连续运行不少于 30 件；
- c) 记录运行状态、故障次数、换型时间。

5.5 生产过程数据采集测试

应符合以下要求：

- a) 设定采集频率（如 1 次/s）；
- b) 监测温度、压力、扭矩、振动、能耗等参数；
- c) 检查数据实时性、完整性、丢包率。

5.6 MES/APS 智能排产测试

应符合以下要求：

- a) 导入多品种、小批量订单；
- b) 检查自动排产、资源冲突检测、动态调度功能；
- c) 对比计划与实际执行一致性。

5.7 智能检测设备功能测试

应符合以下要求：

- a) 输入标准样件（合格/不合格）；
- b) 自动检测尺寸、密封性能、焊缝缺陷、表面缺陷等；
- c) 记录检测结果、判定逻辑、数据上传情况。

5.8 全生命周期质量追溯测试

应符合以下要求：

- a) 随机抽取成品阀门，扫描标识；
- b) 逆向追溯：成品→装配→加工→原材料批次→供应商；

- c) 检查信息完整性与查询响应时间。

5.9 多系统互联互通测试

应符合以下要求：

- a) 构造跨系统业务流（订单→计划→生产→入库→发货）；
- b) 检查数据交互一致性、实时性、接口稳定性；
- c) 模拟异常断网后恢复，检查数据补传机制。

6 检验规则

6.1 检验分类

检验分为出厂检验、型式检验、验收检验、监督检验。

6.2 检验条件

- 6.2.1 出厂检验：系统集成完成、试运行合格后，交付前进行。
- 6.2.2 型式检验：出现新产品或系统架构重大升级定型时、正式生产后，结构、关键技术、软件版本重大变更时、国家/行业主管部门提出要求时、出厂检验结果与上次型式检验有较大差异时。
- 6.2.3 验收检验：系统安装调试完成、连续试运行满足规定时间后。
- 6.2.4 监督检验：系统功能完整性检验、性能指标检验、接口与集成互联互通检验等。

6.3 检验项目

- 6.3.1 出厂检验：针对智能装备功能与接口检验、MES/PLC/SCADA 功能检验、数据采集与上传检验、智能检测与追溯功能检验、系统联动与安全功能检验，依照标准规定的测试方法逐项进行。
 - 6.3.2 型式检验：本标准规定的全部技术要求与测试项目。
 - 6.3.3 验收检验：系统功能完整性检验、性能指标检验、接口与集成互联互通检验等。
 - 6.3.4 监督检验：开关到位情况、行程、开度、响应时间，电动/气动执行器扭矩、电流、气压稳定性。
-