

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

气动控制阀在线检测与故障诊断技术规范

Pneumatic control valves online monitoring and fault diagnosis technical
specification

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	2
4.1 通用技术要求	2
4.2 在线检测参数要求	2
4.3 检测性能指标要求	3
4.4 故障诊断功能要求	3
4.5 诊断算法与输出要求	3
4.6 通信与数据接口要求	3
4.7 安全与可靠性要求	3
4.8 安装、校准与维护要求	3
5 测试方法	3
5.1 一般要求	3
5.2 外观与安装检查	4
5.3 功能测试	4
5.4 故障诊断功能测试	4
5.5 性能指标测试	4
6 检验规则	4
6.1 检验分类	4
6.2 检验条件	4
6.3 检验项目	4

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

气动控制阀在线检测与故障诊断技术的现状：

1、气动控制阀的在线检测与故障诊断技术正处于从“事后维修”和“定期检修”向“预测性维护”全面转型的关键时期。

2、在中国石油炼化系统的非计划停车事故中，约49%与阀门故障直接相关。采用在线诊断技术实现提前预警，可有效避免此类事故，最新的行业报告和学术研究，当前的技术现状主要为内置智能诊断、外置状态监测、数据驱动与AI分析，三者各有侧重，并且在石油、化工、电力等关键流程工业中已展现出显著的价值。

3、当前，智能化控制阀落地面临终端算力不足、数据传输复杂、安全仪表标准不支持等挑战。同时，行业缺乏统一的数据库，各厂商数据格式不统一，为AI模型的训练和跨系统集成带来困难。行业正呼吁建立统一的国产阀门联盟和设计质量标准，以解决当前“万国牌”设备带来的互联互通难题。

气动控制阀在线检测与故障诊断技术规范的目的：

通过制定和实施工业阀门在线检测与故障诊断技术规范，将阀门状态的监控与评判工作标准化，为难以量化或凭经验判断的阀门故障提供统一的判定标准和科学的检测方法。

主要体现在以下几个方面：

统一技术要求：规范工业阀门在线检测、故障诊断的术语，统一检测流程、诊断方法、数据指标与判定准则，解决企业各自为政、数据不可比的问题，形成行业“通用语言”。

保障生产安全：早期识别卡涩、裂纹、密封失效、执行器故障等隐患，预防介质泄漏、火灾、爆炸、中毒及环境污染事故。

确保连续运行：实现在线、不停机、不解体检测，满足石化、电力、冶金等流程工业长周期连续生产需求。

节能降耗减排：精准识别阀门故障，减少蒸汽、工艺介质、能源浪费，降低能耗与排放，助力绿色生产。

提升运维水平：推动从“定期检修”向“状态检修、预测性维护”转变，减少盲目拆检、降低维修成本与停机时间。

支撑智能运维：规范数据采集、传输、分析与评价，为阀门健康管理平台、工业互联网提供标准接口，推动AI、大数据、物联网在阀门诊断中的应用，为全生命周期管理提供技术依据。

意义：

气动控制阀在线检测与故障诊断技术规范的意义和必要性主要从以下几个方面体现：

安全保障：工业阀门广泛应用在高温、高压、易燃易爆、有毒介质工况，一旦发生卡涩、失效等故障，极易引发火灾、爆炸、中毒、环境污染等重大事故。传统离线检测必须停机，无法实时发现隐患，急需实现在线、实时、不停机监测，提前预警故障，防止重大安全事故，保障人员、设备、环境安全。

连续生产：石化、电力、冶金等流程工业要求长周期连续运行，不能随意停机拆检阀门。传统定期检修模式已无法满足现代工业生产要求，必须依靠在线检测保障设备不停机运行，减少非计划停车，提高生产效率与经济效益。

现有技术多样性：当前阀门在线检测方法多样、数据不统一、诊断标准不一致，导致结果不可比、不可靠、不可追溯，急需统一标准来规范检测与诊断行为。

运维模式升级：传统“事后维修、定期检修”成本高、效率低、过度维修与欠维修并存。企业迫切需要从计划维修转向状态检修、预测性维护，提升企业设备管理精细化、智能化水平必须有技术规范作为依据。

气动控制阀在线检测与故障诊断技术规范

1 范围

本文件规定了气动控制阀在线检测与故障诊断的技术要求、测试方法、检验规则和标志、包装、运输和贮存。

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

在线检测 online detection

在生产、运行或工艺流程不中断的前提下，对被测对象（物料、产品、设备状态、过程参数等）进行实时、连续或周期性的检测活动。

3.2

在线监测 online monitoring

对过程参数、设备状态或环境指标等进行长期、连续、自动的在线检测，并实现数据记录、趋势分析、异常判断等功能的活动。

3.3

在线诊断 online diagnosis

通过在线检测获取信息，对设备故障、过程异常等进行判断、定位、预警的技术活动。

3.4

阀门行程 valve travel

阀门启闭过程中，启闭件从一个极限位置运动到另一个极限位置的总位移量。

3.5

全行程 full stroke

阀门从全关位置到全开位置（或反之）的最大有效行程。

3.6

直线行程 straight line travel

启闭件沿直线方向运动的阀门行程。

3.7

角行程 angular travel

启闭件绕固定轴旋转运动的阀门行程，通常以角度表示。

3.8

额定行程 rated stroke

阀门设计规定的、保证性能与密封的标准行程。

3.9

实际行程 actual travel distance

阀门在工作状态下，启闭件实际运动的位移量。

3.10

行程偏差 travel Deviation

实际行程与额定行程之间的差值。

3.11

全关位置 fully closed position

阀门启闭件处于完全密封、截断介质的极限位置。

3.12

全开位置 fully open position

阀门启闭件处于介质流通截面积最大的极限位置。

3.13

有效行程 effective travel distance

阀门能稳定控制流量、满足调节或切断功能的行程范围。

3.14

滞后 lagging

在相同输入信号下，调节阀正、反行程输出位置的差值。

3.15

响应时间 response time

从输入信号发生规定阶跃变化开始，到调节阀输出（阀芯位移）达到规定值所经历的时间。

3.16

阶跃响应时间 step response time

对控制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。

3.17

阀门摩擦力 valve friction force

阀门启闭或调节过程中，运动部件与静止部件之间因接触、挤压、相对运动产生的阻力。

4 技术要求

4.1 通用技术要求

- 4.1.1 系统应能在工业现场连续、稳定、可靠运行。
- 4.1.2 应满足现场环境条件：温度、湿度、振动、防腐、防爆、防护等级等要求。
- 4.1.3 检测与诊断装置应不影响阀门正常功能与安全运行。
- 4.1.4 系统应具备自诊断、故障报警、掉电保护、数据存储功能。
- 4.1.5 电气安全、电磁兼容应符合相关国家标准要求。

4.2 在线检测参数要求

- 4.2.1 阀门行程/位置检测：开度、全行程、零点、满度、位移曲线、动作速度。
- 4.2.2 运行状态检测：开关状态、动作次数、运行时长、开关周期。
- 4.2.3 驱动力/力矩检测：预紧力、操作力矩、推力、负载变化。

- 4.2.4 摩擦力检测：静摩擦力、动摩擦力、摩擦变化趋势。
- 4.2.5 振动与冲击检测：阀杆、阀体、执行机构振动幅值与频率。
- 4.2.6 温度检测：填料函、阀体、执行机构、轴承等关键部位温度。
- 4.2.7 过程参数关联检测：压差、流量、压力波动等辅助诊断参数。

4.3 检测性能指标要求

- 4.3.1 位置/行程检测精度：不低于设计规定值（常用不大于 $\pm 1\%$ FS）。
- 4.3.2 采样频率：满足动态特性捕捉，不低于规定要求。
- 4.3.3 响应时间：满足实时监测要求。
- 4.3.4 重复性、稳定性、线性度应符合产品技术文件规定。
- 4.3.5 数据采集应连续、无丢失、无失真。

4.4 故障诊断功能要求

- 4.4.1 卡涩、卡死故障：摩擦力增大、动作不畅、行程不到位。
- 4.4.2 行程异常故障：超行程、行程偏差大、零点漂移、满度偏移。
- 4.4.3 执行机构故障：驱动力不足、动作缓慢、气源/电源异常。
- 4.4.4 填料异常：填料磨损、摩擦力突变、外漏趋势。
- 4.4.5 振动过大/异常冲击：介质诱发振动、阀芯振荡、水锤冲击。
- 4.4.6 部件疲劳与老化：动作次数超限、性能衰减、寿命预警。

4.5 诊断算法与输出要求

- 4.5.1 诊断算法：应采用阈值判断、趋势分析、特征提取、模型对比等方法。
- 4.5.2 输出内容：故障类型、故障位号、故障内容、故障位置、故障等级（一般、重要、紧急）、发生时间、故障持续时间、数据曲线。
- 4.5.3 辅助功能：具备历史数据查询、趋势分析、故障统计、健康评估功能。

4.6 通信与数据接口要求

- 4.6.1 支持标准工业通信：Modbus、HART、Profibus、OPC、以太网等。
- 4.6.2 可上传数据至DCS、PLC、云平台、设备管理系统。
- 4.6.3 数据格式应开放、兼容，便于集成。

4.7 安全与可靠性要求

- 4.7.1 不得干扰阀门控制回路与安全连锁系统。
- 4.7.2 故障状态下不应影响阀门安全动作。
- 4.7.3 平均无故障时间应符合规定要求。
- 4.7.4 防爆、防护、防腐等级应满足现场使用环境。

4.8 安装、校准与维护要求

- 4.8.1 安装应简便，不破坏阀门结构，不停机或少停机安装。
- 4.8.2 应具备校准功能，定期校准简便可行。
- 4.8.3 易维护、易更换、低功耗。

5 测试方法

5.1 一般要求

- 5.1.1 测试应在规定环境条件、电源条件、气源条件下进行。
- 5.1.2 测试仪表应经校准合格，并在有效期内。
- 5.1.3 测试用阀门、执行机构、管路系统应安装正确、运行正常。
- 5.1.4 所有测试项目应记录数据、曲线、时间、故障信息等。

5.2 外观与安装检查

目测检查在线检测与诊断装置外观、结构、接口、标识、接线、密封等，应符合设计要求。

5.3 功能测试

5.3.1 分别对行程/位置、力矩/推力、动作时间、响应特性、振动、温度等参数进行检测。

5.3.2 对比标准测试仪器测量值，检查系统是否正常采集、显示、记录。

5.4 故障诊断功能测试

人为模拟下列故障，检查系统是否正确识别、报警、定位：

- a) 阀门卡涩；
- b) 行程超限/行程偏差；
- c) 填料摩擦力异常；
- d) 执行机构驱动力不足；
- e) 振动超限；
- f) 信号异常、通信中断。

5.5 性能指标测试

5.5.1 行程/位置精度测试：将阀门运行至 0%、25%、50%、75%、100% 额定行程位置，用高精度位移测试仪测量实际位移，按公式计算精度，对比系统结果。

5.5.2 重复性测试：在同一条件下，对同一行程点重复测试不少于 5 次，计算重复性误差后对比系统结果。

5.5.3 响应时间测试：输入阶跃信号（如 0%→100% 或 100%→0%），同时记录信号变化时刻与阀门到达规定位置时刻，计算滞后时间、上升时间、稳定时间，对比系统结果。

5.5.4 摩擦力特性测试：在全行程运行中，采集推力/力矩曲线，获取静摩擦力、动摩擦力、正反向摩擦力差（摩擦滞后）。

5.5.5 通信与数据传输测试：检查 Modbus、HART、以太网等通信是否正常，检查数据上传、实时刷新、历史查询、故障上报功能，验证数据完整性、实时性、准确性。

5.5.6 环境适应性测试：高温、低温测试、温度湿度循环测试、振动、冲击测试、防护等级（IP）测试、防爆、防腐适用性检查。

5.5.7 安全可靠测试：断电、复位、重启测试，不应丢失数据、不影响阀门安全，故障状态下不应干扰控制回路、不引发误动作，电磁兼容（EMC）抗干扰测试应符合要求。

5.5.8 测试记录与判定：全部项目符合本标准及产品技术文件要求为合格，任一项目不符合，判定为不合格。

6 检验规则

6.1 检验分类

检验分为出厂检验、在线运行检验和故障复检：

- a) 出厂检验：阀门制造或维修后，在投入使用前进行的在线检测与性能验证；
- b) 在线运行检验：阀门在生产装置正常运行状态下，不停机、不解体进行的定期或不定期检测；
- c) 故障复检：阀门出现异常、报警或维修后，进行的验证性检测。

6.2 检验条件

6.2.1 工况：阀门处于正常运行工况，压力、温度、流量、介质稳定。

6.2.2 环境：满足防爆、防烫、防泄漏、防高空坠落要求。

6.2.3 仪器：检测仪器经校准合格，满足精度与防爆等级。

6.2.4 资质：检测人员具备相应资质，熟悉检测方法与安全规程。

6.2.5 条件：系统发生报警。

6.3 检验项目

- 6.3.1 外观与运行状态：阀门有无明显变形、损伤、腐蚀，执行器动作是否正常，有无卡涩、异响。
 - 6.3.2 泄露检验：采用红外测温、超声波、声发射等方法检测内漏，检查阀杆、法兰、填料、焊缝等处有无介质泄漏检验外漏。
 - 6.3.3 动作性能检验：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。
-