

控制阀在线智能故障诊断器

onlineFDS1.0A/B

示范科研立项建议

未见过的新仪表？

运维方式的革命？

杭州樟数控制阀技术有限公司

www.zhangshu.tech

2025.9



控制阀故障在线诊断需求

旨在解决工厂量大面广气动控制阀的主要运维痛点：

1. 执行安全功能的紧急切断阀/紧急排放阀长期不动，在事故情况下是否会拒动？
2. 气动开关阀及组件（电磁阀/气缸/阀门/限位开关），是否运行故障或性能退化？
3. 气动调节阀及组件（阀门定位器/执行机构/阀门）是否运行故障或性能退化？
4. 阀门顽疾——阀座是否发生了内漏？
5. 严酷工况高性能调节阀，防汽蚀降噪节流（迷宫/小孔）套筒是否气蚀或堵塞？
6. 断电信号/丧失气源、卡死/拒动/误动等严重失效事故，是能否及时发现？

离线诊断技术历史

- 美国3家公司发明了（离线）阀门诊断仪产品（仪器）：Teledyne Test QL、Crane Nuclear VOTES infinity、EMERSON FlowScanner 等系列仪器产品
- 中国政府引进了美国Westinghouse Electric设计的AP1000三代核电技术，在核级阀门采购规格书中强制引入了阀门数字诊断技术
- 浙江工业大学控制阀技术研究实验室（樟数控制阀技术前身），2010年前开始研究控制阀诊断技术；2013年应浙江三方控制阀股份有限公司需求，为其供应AP1000核电机组控制阀提供产品出厂检验开发出国内第1台（离线）阀门诊断仪CVDS1.0
- 2018年与国核工程有限公司合作，承担国家科技重大专项课题，升级完成控制阀数字诊断CVDS3.0国产化研制，是国内唯一通过国家能源局正式验收的（离线）阀门诊断仪。
- （离线）阀门诊断仪，除过正常工艺生产运行外的其它情况下，通过施加特殊激励信号和采集大量临时附加传感器的响应信息，分析控制阀性能。这相当于医学体检。

在线诊断技术历史

- 西方著名的控制阀公司如fisher等在2010年前后相继在智能定位器DVC6200上增加一些故障诊断功能
- 日本Kaneko/美国ASCO在2020年升级电磁阀为智能型，主要是增加一些故障诊断功能
- 中石化镇海炼化、高桥石化等基于上述智能定位器/智能电磁阀技术路线开展在线诊断的工程应用研究
- 武汉105所/中核运行院/728院等基于离线诊断仪技术路线开展核电控制阀在线诊断的科研探索
- 国内一些高校，正在开展相关基础理论研究
- 樟数控制阀技术（浙工大控制阀实验室）从2010年前到2025年，开辟独立仪表的第3条技术路线研究。



控制阀故障在线诊断-技术路线对比

对比项目	依赖智能阀门定位器的故障诊断	智能故障诊断器	依赖离线诊断仪的故障诊断
诊断能力	从定位器自身能力出发	从控制阀需要诊断的故障角度出发	自我发送特定激励信号，切除PLC/DCS
故障诊断结果	状态监测信息，需人工分析具体故障	明确的故障信息	提供性能指标，需人工分析故障
故障种类	执行机构/定位器部分	涵盖减压阀/执行机构/定位器/阀门	可选涵盖减压阀/执行机构/定位器/阀门
诊断方式	后台特定软件分析，如ValveLink	采集信号、就地及时诊断，结果上传	离线采样、离线人工分析
适应性	依赖于特定品牌和型号的定位器	任意，包括机械式定位器	任意，包括机械式定位器
具备扩展性	无	如需外漏等特殊诊断可灵活扩展	可扩展
工程实施改造	无需	需要工程改造，增加诊断器	需要工程改造，临时增加各类传感器
诊断信息传输	HART	可选：HART/485、无线、就地等	可选
安全可靠	控制与状态监测兼顾	独立、专职诊断故障	临时，不可靠



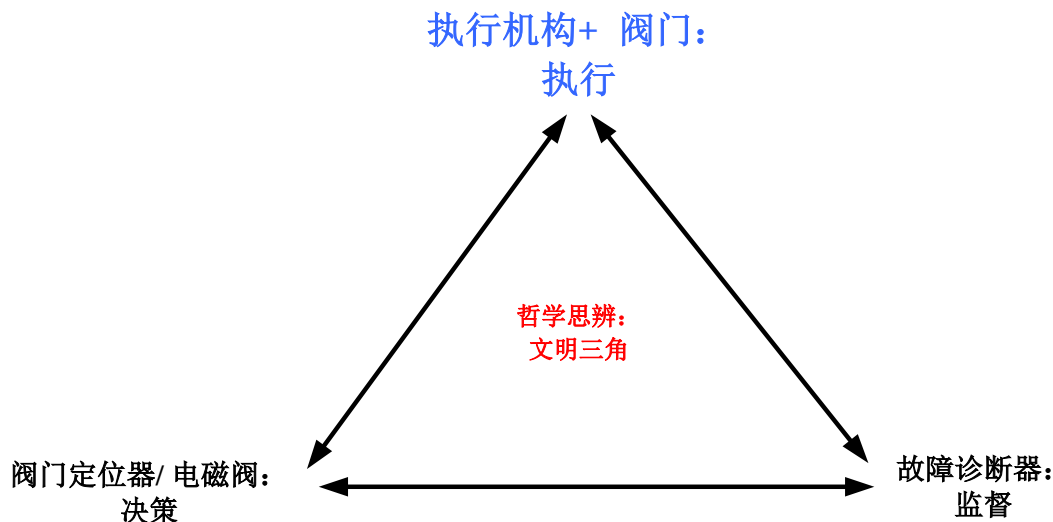
这是部分状态监测



这才是故障诊断



不合适

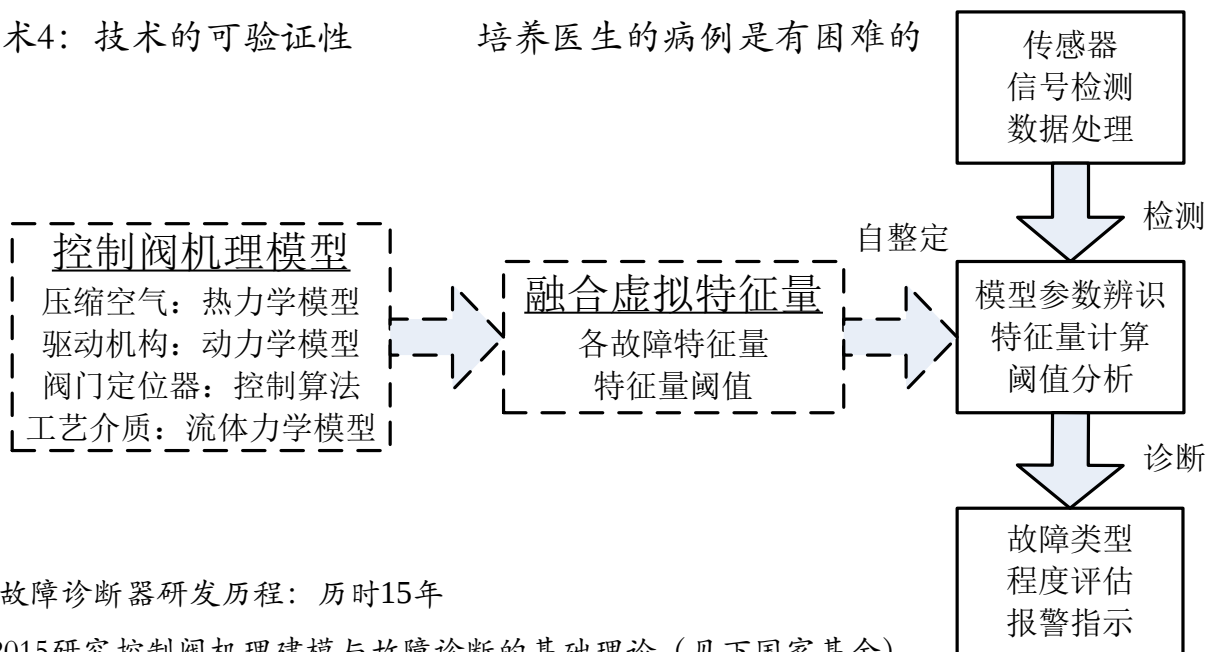




故障诊断器-关键技术

在线故障诊断器的关键技术

- 关键技术1: 建模与诊断基础理论 每种故障--敏感的和可辨识的融合虚拟特征量
- 关键技术2: 功能结构设计 功能与结构独立的新仪表; 解决微创工程实施、应用可靠性
- 关键技术3: 故障阈值获取方法 自整定特征量阈值; 解决易用性, 从科研转化为普遍应用的产品
- 关键技术4: 技术的可验证性 培养医生的病例是有困难的



樟数在线故障诊断器研发历程: 历时15年

- 1、2008-2015研究控制阀机理建模与故障诊断的基础理论 (见下国家基金)
- 2、2016-2020完善基础理论, 研究应用基础理论
- 3、2020-2025.1研究工程化应用问题
- 4、2025.2-9完成样机开发

国家自然科学基金60774031: 执行器气动伺服定位系统建模与控制研究, 2008-2010

国家自然科学基金61174108: 基于多观测器融合的气动执行器故障诊断研究, 2012-2015

一些体会: 科研是不确定性的

- 1、基础理论研究: 长期性、遍历性
- 2、关键技术研究: 随机、灵感
- 3、确定性科研的前提条件:

技术路线正确+关键技术基本突破



故障诊断器-诊断的故障

开关阀

拒动/报警	误动/报警	性能退化/警告		
		电磁阀	执行机构及控制气路	阀门
电磁阀拒动	误动(电磁阀)	线包进水	活塞密封环/膜片破损	填料破损
执行机构拒动	丧失电磁阀电源	线包绝缘受损	弹簧刚度退化	介质压差卡阻
阀门拒动	丧失气源 (储罐)	线包老化	阀杆变形卡涩	阀内件热膨胀卡涩
		电气接线松动	充排气口堵塞	阀轴阀杆划伤变形
正常		滑阀密封环受损	气控元件漏气	阀轴阀杆不对中
		弹簧刚度退化	气控元件受损	杂质卡涩
无拒动	无误动	滑阀阀杆润滑变差	气管接头漏气	
有电有气	性能不退化	充排气口堵塞	备用储气罐泄漏	阀座内漏

调节阀

拒动/报警	误动/报警	性能退化/警告		
		智能阀门定位器	执行机构及控制气路	阀门
定位器拒动	误动(定位器)	油水堵塞	膜片破损	填料破损
执行机构拒动	丧失电信号	充排气口堵塞	弹簧刚度退化	阀内件热胀卡涩
阀门拒动	丧失气源	阀位反馈杆松动	充排气口堵塞	阀杆划伤变形
正常		控制振荡	气管接头漏气	阀杆不对中
		控制气路漏气	气室螺栓松动	套筒气蚀 (可选)
无拒动	无误动			套筒堵塞 (可选)
有电有气	性能不退化		其他气控元件漏气	阀座内漏





故障诊断器-技术特点

技术特点简介：智能化/安全化-----锦上添花不添乱

1. 适用于各种结构气动控制开关阀：气缸/活塞/薄膜执行机构、球阀/蝶阀/闸阀/截止阀
2. 适用于SIS系统执行安全功能的气动开关阀、经常开关动作的普通气动开关阀
3. 适用于各类气动调节阀，包括GLOBE阀/调节球阀/调节蝶阀等
4. 应用特点：实现了真正意义上的控制阀预测性维护，真正的智能运维
 - 1) 可靠性有保障：不借用不侵入原有系统的控制元件，不影响基本过程控制（开关阀的电磁阀开环控制、调节阀的阀门定位器闭环控制）；仅实时地被动监测并诊断故障；
 - 2) 易于接受容易安装：这是一款功能与结构独立的新仪表，不改变原有控制阀的设计如电气附件选型与配置，没有工程条件难以接受的新增传感器，仅微创地接入原系统电气回路，不但适用于新建产线，尤其适合原有产线的技术升级改造；
 - 3) 取代人工巡检：覆盖主要故障的全面的实时在线诊断，既提供了严重故障报警要求立即维修，更提供了各组件性能退化警告实现预测性维护可选择窗口时机旁通隔离维修，完全取代了传统的人工巡检；
 - 4) 故障无线指示：明确故障类型、报警/预警（故障程度评估）、数据上传

特点总结：功能分离、结构独立、微创易接、故障全面、信息明确



1、控制阀的诊断更具意义

- 1) 控制阀相比传感器/变送器/DCS/PLC等其他仪控系统部件，因其接触工艺介质运行工况恶劣/动作频繁/气机电一体结构复杂，所以是最易发生故障；
- 2) 是最终且唯一的控制执行设备且可能涉及安全功能执行，但却无法像仪表和控制系统那样通过传统的冗余技术来提高其可靠性；
- 3) 比如电机/泵/风机/压缩机等属于旋转或往复运动。因为具有基本周期性所以基于频谱分析的诊断技术已趋成熟，而调节阀的动作是非周期随机运动诊断技术缺乏理论基础。

2、设备运维方式的一场技术革命：

- 1) 人工巡检变为智能化巡检：及时、全面、科学
- 2) 传统的定期停车大修改为预测性计划维修：严重故障立即维修比如安排旁路检修，而性能退化则依据退化进程安排合适时机窗口维修。

3、对工业生产带来的效益：安全性+经济性

- 1) 严重故障有其发展过程，性能退化的诊断，大大减少突然停车的生产损失和安全风险；
- 2) 因为故障信息明确，会大大缩短工厂大修周期和控制阀检维修时间，省时省力；
- 3) 人工巡检变为智能化巡检，代替人力减少故障遗漏提高设备运行完好率；
- 4) 产生了工厂控制阀设备运维故障大数据，运用数据挖掘会带来众多新的契机，比如：备品备件采购优化、控制阀选型优化、运维数据标签化用于后台AI训练升级等。

故障诊断器-示范科研立项价值



控制阀技术
www.zhangshu.tech

示范科研工作内容：

- 1、实验室全面的模拟验证测试
- 2、示范应用典型场景和阀门遴选
- 3、现场工程改造
- 4、应用可靠性有效性的现场测试与验证
- 5、用户接口需求改进：数据通信与故障报警指示
- 6、故障诊断器现场安装调试与应用技术规范

科研立项价值

- 1、国际控制阀行业的新技术，为行业第一个吃螃蟹示范实施带来声誉
- 2、解决行业推广应用中的所有技术障碍
- 3、因为是新技术，示范实施企业可以形成知识产权和论文、科技成果
- 5、国际控制阀行业的新技术，可以制定新技术行标/国标甚至国际标准
- 6、示范企业享有行业技术推广权，合作开展行业推广/技术培训等
- 7、因为技术的安全可靠性，项目风险极小但实施成果应该亮眼
- 8、符合目前国家政策：数智转型、设备更新、人工智能+等



控制阀技术

www.zhangshu.tech

进展：故障诊断器样机已研发完成，包括实验台架测试

期望：中石化/中石油/核电等 集团或大厂 示范科研或落地应用

期待：有**立项或应用**意愿者，请扫码我，开展深入的技术交流

