

一种气动开关阀检测装置的简介与拓展应用

耿振鹏

中广核核电运营有限公司

DOI:10.12238/pe.v3i2.12450

[摘要] 对于高可靠性系统中的阀门,在线检测尤为重要^[1]。本文针对一种高可靠性隔膜式气动截止阀,介绍其状态检测与整定专用工具的原理、迭代及应用情况。在生产实践中,超越工具的原设计功能与检测范围,可以将工具应用到其他类似设备或特定工况下,得到相对可靠的检测、分析结果,进而解决现场实际问题。本文阐述了几种特殊的检测工况,提出了相对应的检测方法与注意事项,并对使用经验作了总结。

[关键词] 气动开关阀; 状态检测; 专用工具; 拓展应用

中图分类号: V448.15+1 **文献标识码:** A

Brief introduction and extended application of a pneumatic switching valve detection device

Zhenpeng Geng

CGN Nuclear Power Operation Co., LTD.

[Abstract] For valves in systems with high reliability requirements, online detection is particularly important^[1]. This paper introduces the principle, iteration and application of the pneumatic stop valve. In production practice, beyond the original design function and detection scope of the tool, the tool can be applied to other similar equipment or specific working conditions, to obtain relatively reliable detection and analysis results, so as to solve the practical problems in the site. This paper expounds several special detection conditions, puts forward the corresponding detection methods and matters needing attention, and summarizes the use experience.

[Key words] pneumatic switch valve; status detection; special tools; expand the application

引言

气动开关阀一般结构复杂,故障类型多样。为了达到快速确定故障点、定期对阀门参数进行标定等目的,部分阀门配有专用诊断工具,原产法国的VELAN隔膜式气动截止阀就是如此,其配套的专用工具为FRATOL工具^[2]。在生产实践中,也会遇到气缸式闸阀、气缸式截止阀出现故障,或者在线设备有检测需求,通过对上述专用工具的改动与参数配置调整,也能实现检测功能,分析并锁定故障原因。下文将做简要介绍,给出一种解决问题的思路与建议。

1 阀门与专用工具简介

隔膜式气动截止阀按其动作方式可分为失气开式和失气关式,按隔膜多少可分为单隔膜及双隔膜形式,如图1所示,执行机构隔膜盒内置蝶形弹簧,用以开关阀门并提供阀门密封力。此类阀门的故障类型主要有:(1)气动杆与导向套、阀杆与盘根之间卡涩;(2)隔膜局部破损或内缩导致漏气、O环老化或损坏导致串气;(3)阀瓣不落座、密封力不足;(4)碟簧失效或线性差;(5)阀门密封面损伤等。

FRATOL工具,是为上述阀门设计的专用检测工具,首次应用

到国内的是III-H液压型,经过技术迭代,目前已升级为气动型,后者更加集约化、更为轻便,但其原理是一致的,驱动系统使阀门完成开关动作过程中,均使用压力、位移和应力传感器采集数据,输入计算机软件进行绘图、分析。

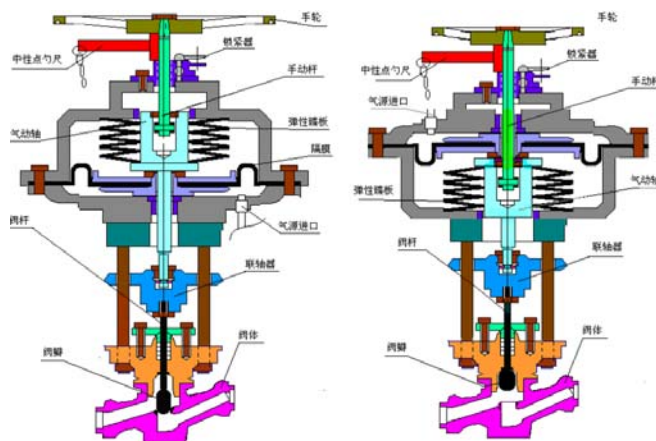


图1 隔膜式气动截止阀(内置碟簧、单隔膜)原理图

力-位移曲线及数据分析:使用该工具进行测试的过程中利用安装在阀门上的传感器,连续测量作用于阀门上的力与位移,通过软件绘制出力-位移曲线,如图2所示,曲线上标注了0-10一系列特征点。在标准测试环境下,可以计算出的技术指标有:前阀瓣力 F_2 、后阀瓣力 F_7 、行程 $S_{(6-5)}$ 、盘根摩擦力 $[F_{(5-3)}+F_{(8-9)}]/2$ 、执行机构迟滞 $F_{(3-4)}$ 、联轴器间隙 $S_{(4-2)}$ 及弹簧斜率 $F_{(8-2)}/S_{(8-2)}$ 等。通过分析曲线及特征点,能分析阀门可能存在的故障类别、判断执行机构的性能,进而制定有针对性的检修策略,具体如下:(1)弹簧性能判断:弹簧的线性性能可以通过5-6或9-10段直观显现,另外,如果弹簧提供的力值不能同时满足 F_2 及 F_7 的标准,则需考虑更换新弹簧;(2)阀门落座与密封力调整:阀门是否能够落座,可通过应力测试得知,在保证安全的情况下,可采取调整阀杆在联轴器中旋入长度的方式对落座情况进行调整(必要时在弹簧处增加垫环),密封力大小的调整也可同时实现;(3)机械限位螺母的调整与设定:为保护阀杆组件及阀门背密封完好,在满足阀门行程的前提下,操作专用工具可实现阀门机械限位的调整与设定;(4)盘根摩擦力与执行机构内部摩擦力是否正常:比对历史数据,可获知这两项参数的变化趋势,如通过调整盘根力矩或调整轴系部件对中的方式无法获取合格参数,则需考虑更换阀门盘根或检修执行机构。

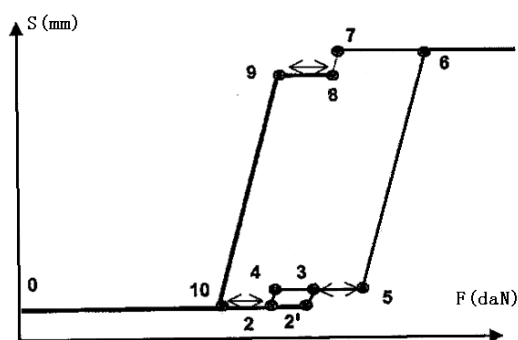


图2 标准力-位移曲线及特征点

2 特殊设备与工况的检测需求及处理方案

2.1 在分析气缸式截止阀故障原因上的拓展

结构:执行机构采用螺旋弹簧加气缸形式,气缸采用O环密封,内置单螺旋或成组螺旋弹簧,气动杆与阀杆之间由联轴器连接,联轴器不可调节。

故障现象:频繁出现内漏(阀体部分无异常)。

分析要点与处理方案:执行机构存在异常的可能性较大,应用气动阀诊断工具,改变传感器加装方式后,所得检测曲线与图2形式基本一致,曲线分析重点如下:(1)可以计算出执行机构气缸摩擦力 $f=(F_3-F_4)/2$,对于单螺旋弹簧型号的阀门,需重点分析摩擦力与弹簧能提供的力值的大小和差距,分析摩擦力是否影响阀门密封力。同时,检修中必须做好气缸清洁打磨与O环润滑工作,气缸内壁与活塞外壁不能有毛刺,O环必须涂抹O环专用油脂,延缓其老化。(2)弹簧提供的落座密封力(F_{10})与密封力计算值($F_{密封}=P_{系统}*S_{阀瓣有效}$)也需要进行比较分析,核算是否能满

足密封需求,如果裕量不足,即使阀瓣阀座密封面完好无损,也会造成阀门内漏;发现异常后,在气缸检修过程中,可使用弹簧试验机复核弹簧力学性能,分析弹簧是否有选型错误问题或设计裕量偏小问题,必要时可更换其他型号弹簧。(3)脱开联轴器,如曲线的5-6段与9-10段出现扭曲(波浪型或锯齿型)变形,则说明阀门在开关过程中有卡涩现象,如卡涩严重,说明气动头安装存在异常;不脱开联轴器,如曲线的5-6段与9-10段出现扭曲(波浪型或锯齿型)变形,而脱开联轴器后曲线异常情况消失,则说明阀门盘根部位存在异常,可能是盘根力矩问题或盘根老化问题造成的,需复核盘根力矩、临时润滑盘根、更换新盘根甚至进行盘根替代换型。

2.2 在分析气动闸阀故障原因上的拓展

结构:执行机构为气缸形式,内置单个或成组螺旋弹簧,使用O环或C型环密封,阀体部分属于平行闸板阀,此类阀门口径一般较大。

故障现象:阀门拒动、开启或关闭卡涩、开关时间超差等。

分析要点与处理方案:应用诊断工具,改变传感器加装方式后,曲线(5-6、9-10段为锯齿型)分析重点如下:(1)计算执行机构气缸摩擦力 $f=(F_3-F_4)/2$,及其占弹簧力的百分比 $a=(f/F_8)\%$,如气缸摩擦力异常升高,可能是气缸润滑不足、O环老化或C型环与气缸壁粘滞等原因造成,需更换易损件。(2)通过比对单独检测执行机构的曲线(脱开气动杆与阀杆),发现曲线中5-6与9-10的抖动主要是盘根摩擦力偏大引起的,通过实测方式可知盘根摩擦力 $F_{盘根}=[(F_5-F_3)+(F_8-F_6)]/2$,这一盘根性能优劣的重要指标可通过此种方式直观计算出来。同时,根据盘根摩擦力的理论计算模型 $F_{盘根}=\pi dhzf$,其中,d为阀杆直径,h为单圈高度,z为填料圈数,f为摩擦因数(0.05~0.15)^[3],可得出盘根摩擦力的理论值。将实测值与理论值进行对比分析,可为检修方案的制定提供依据。另外,如需对比不同厂家的盘根性能差异,对比热态与冷态的盘根性能表现,也可采取此种测试方法,为盘根的力矩大小核准或盘根选型提供决策依据。(3)实施在线检测时(阀腔内有压力),5点将明显右移,原因为,介质对阀瓣产生作用力,加大了阀门的开启难度。分析认为,气动头的弹簧必须有足够的设计裕量,且这一裕量应是充分考虑盘根摩擦力异常升高或者气缸摩擦力异常升高后的裕量,这样才能进一步克服系统介质作用在阀瓣上的力而保证阀门能够正常开启。

2.3 在系统带压情况下进行阀门气动头标定的拓展

气动阀诊断测试工具的设计检测工况是阀门隔离泄压,但在生产实践中,确实有极少数阀门需要在系统带压状态进行检测。

处理方案与计算方法:带压状态下检测出的曲线不再是标准力-位移曲线,进行相关试验数据分析时,需根据特征点位置、阀门的结构特点及系统压力大小等因素统筹分析(前提是系统压力可知)。检测曲线如图3所示,以此为例对该曲线分析如下:(1)阀门联轴器间隙出现在阀门全开之后,如图3中4-5-6段,说明在系统压力的作用下,阀杆承受开启方向的推力,气动头少量

供气即可打开阀门; (2) 此曲线不同于标准力-位移曲线, 无法通过特征点参数值得出阀门密封力FX数值, 需要通过计算判断气动头性能是否合格, 计算公式如下: ($F_{\text{盘根}}$ 盘根摩擦力, 由历史检测查得; d 阀杆直径; p 介质压力; s 阀门行程; k 蝶簧斜率; f 气动头内部摩擦力。)

$$F_{\text{工具}} = F_{\delta} - k * s - F_{\text{盘根}}$$

$$F_x = F_{\text{工具}} + p * \pi * (d/2)^2 + 2f$$

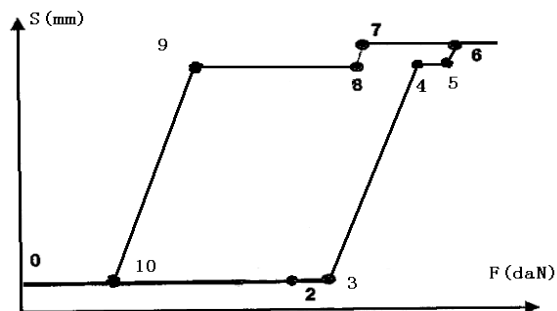


图3 系统带压测试曲线示意图(一种情况)

(3) 阀门行程仍为真实值, 阀门应力测试也可正常执行; (4) 如检测或计算发现阀门执行机构存在异常, 可正常执行执行机构的检修, 但待系统能够泄压时, 仍需安排窗口重新对阀门性能进行检测。(5) 不建议执行带压测试, 原因有三点, 其一: 阀门密封力数值需要通过计算才能得到, 计算结果与实际值难免存在

偏差; 其二, 现场存在高温烫伤或介质外漏等风险, 不能通过降低盘根力矩的方式调整盘根摩擦力; 其三, 如果测试结果不合格, 无法采取调整阀杆在联轴器中旋入长度的方式调整阀门密封力。

3 结束语

从实践效果来看, 对专用工具实施拓展应用总体是可行的, 结合计算、对比等手段也确实能解决一些实际问题, 但需注意: (1) 拓展使用专用工具时, 需解决传感器加装的接口问题; (2) 检测数据的积累尤为重要, 建议积累数据, 为后续分析特定阀门的故障原因、对比测试结果提供支撑。

[参考文献]

[1] 黄厚坤, 张辉, 900MW压水堆核电站系统与设备[M]. 北京: 原子能出版社, 2025.

[2] 董晓祥, 陈军琦, 气动截止阀的故障及FRATOL诊断[J]. 热力发电 2002(1):47-50, 58.

[3] 牟杨, 核电厂气动两位阀诊断方法与常见故障浅析[J]. 设备管理与维修, 2004, 10(上):169-171.

作者简介:

耿振鹏(1987--), 男, 汉族, 天津人, 本科, 工程师, 研究方向: 机械维修、项目管理。