

# 控制阀性能评估和故障诊断的研究

鲁卫华

中海石油炼化有限责任公司 广东惠州 516086

**摘要:**“十二五”规划中明确提出要全面落实节能减排的目标,并以此为目标来加强社会生产生活的指导和发  
展,在此形势下,控制阀作为生产工业终端的重要执行机构,对其性能、标准也提出了更严格的要求。控制阀在控  
制系统中十分关键,是最重要的元件之一,一旦其中的一台控制阀出现故障,整个控制回路就会受到较大的影响;如  
果控制阀的性能差,那么所生产出的产品质量也必然会受到较大的影响,甚至还会造成较大的能源损失以及经济损  
失,所以加强控制阀性能评估以及故障诊断十分有必要。

**关键词:**控制阀;性能评估;故障诊断;研究

## Study on performance evaluation and fault diagnosis of control valve

WeiHua Lu

Cnooc Refining & Chemical Co., LTD., Huizhou 516086, China

**Abstract:**“The twelfth five-year plan” clearly put forward to fully implement the goal of energy conservation and emission reduction to strengthen the guidance and development of social production and life as the goal. In this situation, the control valve is a vital executive agency of the production industry terminal, and its performance and standards also put forward more stringent requirements. The control valve is critical in the control system, which is one of the most significant components. Once one of the control valves fails, the whole control loop will be greatly affected. If the performance of the control valve is poor, the quality of the product produced is bound to be greatly affected, and even cause large energy loss and economic loss. So it is necessary to strengthen the performance evaluation and fault diagnosis of the control valve.

**Keywords:** Control valve; Performance evaluation; Fault diagnosis; Research

日本福岛核事故对环境的破坏以及所产生的经济损失,引起了世界各国的高度关注,与此同时设备的安全性、可靠性也引起了高度重视。在这样的情况下,设备可靠性管理思想在国外核电设备管理中也随之得到了广泛应用,同时对于设备性能评估以及故障诊断的研究也更加的深入,其中对于控制阀性能的评估以及故障的诊断是十分重要的内容。控制阀的性能评估与故障诊断是核电发展中的重要内容,而我国对核电需求是相当大的,就更加深入的加强控制阀性能评估与故障诊断的研究,只有全面的保证控制阀的性能,避免出现故障,才能实现减少能耗以及提高产品质量的目的。

### 一、控制阀的构造

控制阀性能评估与故障诊断研究的基础,就是掌握和认识控制阀的构成。实际上,控制阀的种类是比较多

的,其中最为常用的是截止阀,控制阀的构造大多分为以下内容<sup>[1]</sup>:第一,调节机构,指的是调节阀杆竖直位移变化的装置,一般来说,市面上的调节阀主要可以分为两种,分别是直行程以及角行程;而根据流量特性可以将其分为快开特性、线性特性、等百分比特性以及抛物线特性。阀体的构成则包括阀体、阀内件、上阀盖组件以及下阀盖组件;第二,执行机构,是将控制器输出信号转换为控制阀阀杆直线位移或者阀轴角位移的装置,在克服不平衡力、摩擦力等方面有广泛应用,以便促使位移量与输出信号之间呈比例变化;第三,其它相关附件。控制阀的主要附件指阀门定位器,控制阀多使用的是智能定位器,能够促使各模块实现协同工作。减压阀能够降低管路的工作压力,能够实现较高压力介质到给定压力间的转变,同时也是控制阀中的重要附件,

能够稳定进气压力,同时将进气压控制在额定范围内。

## 二、性能评估与故障诊断技术概述

如今随着我国工业领域的快速发展,为了实现节能以及提高产能的发展目标,设备发展也呈现出智能化的特征。在实际的生产活动中,设备的规模和功能也愈发的复杂,同时对关键设备的工作效能也有了更高的要求。设备在使用期间,由于长期处于运行状态,很容易出现设备老化问题,设备的使用寿命也会受到较大的影响,故障率也会随之上升。其中关键设备与其它设备相比有一定差异存在,关键设备如果在运行中出现了故障,除了会影响系统的运行,甚至严重时还会引发生产事故,为此加强关键设备运行状态的评估与监测十分重要。通过对关键设备进行性能评估,能够得到相关的数据,在此基础上能够对设备的可靠性以及可能存在的故障进行科学的分析,以便更好的加强对故障的诊断,从而为企业的生产提供重要的保障<sup>[2]</sup>。

而性能评估与故障诊断技术,在设备性能逐渐退化的过程中,及时发现设备的性能退化情况以及存在的故障,避免由于设备异常而导致出现失效等情况。性能评估与故障诊断的核心,就是评估性能以及对相关数据进行处理,以便提前处理好故障隐患,为设备的良好运行提供重要保证。

## 三、控制阀性能评估的内容

### (一) 动作载荷性能

所谓动作载荷性能,泛指控制阀在渐变信号的干预下,对执行机构的执行能力、阀杆受力情况、力的传递、传输信号与阀杆位移间的关系进行研究,而这些特性大多与弹簧刚度、薄膜有效面积、阀芯阀座密封力等因素有关。

气动控制阀,气室内压力在力转换环节的作用下可能不断的转换为推力,其中推力大小的影响因素是薄膜有效面积,一旦膜片的面积出现了偏差,推力也必然会受到较大的影响,导致正反行程时回差的出现,而且也引入了非线性因素。引入填料,能够让阀杆与填料之间进行紧密接触,并产生摩擦力。而摩擦力,不仅会阻碍控制阀的运动,而且还容易出现时间延迟等情况;此外,如果系统的运行受到了细微干扰,这时候摩擦力还能阻碍控制对象上个状态的变化。

阀杆受力情况能够对执行机构的载荷能力进行反映,控制阀在实际运行中具体表现主要有气室气压大小、弹簧刚度、阀行程大小以及阀芯密封能力等。

### (二) 定位控制性能

定位控制性能多指的是控制阀中的智能定位器,具体来说指的是对设定位置稳定及抵抗外部干扰因素能力的控制。在时域内,定位控制性能能够围绕对象值达到设置值的过程进行细节方面的描述;频域范围内,可以对定位器信号频率变化情况进行研究和分析,可以有效的激发定位器的调控能力,能够对控制器控制算法的优劣进行检验<sup>[3]</sup>。

### (三) 流量调节性能

流量调节性能主要针对控制阀的阀体。阀芯由于形状上有一定的差异,当控制阀在属于同个开度时,尽管阀芯与阀座的直线距离是相同的,但是介质流通能力却存在较大的差异,比如说开度范围相同时,流通范围也是不同的。为了对这种特性进行准确的描述和评估,流量调节性能也随之出现。流量调节性能从数学的角度来看,实际上就是对流体流过控制阀的相对流量与行程间函数关系的研究。

对控制阀两端压降的控制,控制阀的流量特性主要分为两种,分别是固有流量特性以及工作流量特性,其中固有流量特性也被称作理想流量特性,可以对控制阀两端压降恒定时的流量特性机械进行控制;工作流量特性则指的是控制阀的流量特性。控制阀的结构特性指的是阀芯问题与流体通过截面积间的关系,无需考虑两端压降,大多与阀芯形状、大小等因素有很大的关系。而控制阀流量特性与控制阀两端压降有很大关系,当两端压降恒定时,即具有固有流量特性;如果阀两端的压降发生变化,则会获得工作流量特性。

## 四、控制阀性能评估和故障诊断技术

### (一) 基于物理模型的方法

基于物理模型的控制阀性能评估与故障诊断方法,指的是建立数学模型来对系统的物理性能以及失效模式进行诠释。最初的系统物理模型,指的是比较裂纹以预测轴承纹裂尺寸,随后在此基础上对该模型进行改进,诞生了随机滚动增长模型。主动轮裂纹增长模型,能够对主动轮应力区、应变区进行计算;在断裂力学的基础上,齿轮失效模型,可以对残余使用寿命进行预估,以便为系统的安全运作提供重要保证。与之相似的还有动力学模型,该模型的作用是线上预估系统的实际损伤情况以及剩余的使用寿命<sup>[4]</sup>。

除了物理模型外,还有有Kotzalas-Harris级数模型、Yu-Harris轴承寿命方程等。尽管使用物理模型进行性能评估和故障诊断方法的准确性比较高,但对数学模型的精准性也有极高要求,但实际上在物理模型建立中也受

到了一定的限制,使其在生产中的大规模中应用也受到了较大的限制。

### (二) 基于定性经验知识的方法

该方法一般适用于不宜使用机理模型或者传感器数量不足的故障诊断中,且主要分为两种方法,分别是有向图法以及专家系统。有向图法也被称之为图搜法,指的是以图中某个定点V开,并对其附近未被访问的相邻点按顺序进行访问,直到图上所有与V路径有关的所有定点全部被访问;如果图中有顶点没有被访问,就可以将此顶点作为起点,对上述流程进行重复,保证所有图上的顶点都被访问。专家系统是专业的故障诊断系统,有专业知识以及专业人才作支撑,在具体的故障诊断中,能够借助专家的知识 and 经验来进行科学的推理和判断。可见,定性经验知识法对专业性有较高的内容,所以在推广方面也有一定的难度<sup>[5]</sup>。

### (三) 基于数据驱动的方法

大多数企业无法通过上述两种方法的使用来达到预期的效果,可以根据企业发展的实际情况,使用数据驱动的方法。设备在各个环节的状态数据可以轻松获取,这样一来如何获取大量的设备检测和运行数据便成为故障诊断的主要方向。

传感器技术的兴起和快速发展为数据驱动故障诊断方法的使用提供了良好的技术支持,该技术一般分为三种:

第一,基于统计分析的故障诊断方法。该方法主要分为两种,分别是单变量统计以及多变量统计,前者也被称之为控制图法,最为重要的是门限法,指的是对变量门限值进行定义并设置允许的浮动范围,当超出这个范围则表示出现故障。控制图法从用途的角度出发可以分为变量控制图以及性能评估图,前者一般主要在检测生产过程变量变化状态以及工序稳定上应用,后者多用于产品性能评估。多变量统计的故障诊断方法主要分为四个种类,即主元分析法、Fisher判别分析法、偏最小二

乘法以及规则变量分析法。总的来说具有很强的系统性,检漏率更低。

第二,基于信号分析的故障诊断方法。该方法指的是在时域、频域上对信号特征进行提取来判断过程状态,这一方法也衍生出小波分析、S变换以及HHT等方法<sup>[6]</sup>。

第三,基于定量知识的故障诊断方法。人工智能技术的工作原理指的是借助训练让计算机对特定问题进行学习、推理和决策。人工智能技术可以在已有知识的基础上,对计算机进行训练,无需建模就可以进行故障的诊断,也被统称为基于知识的故障诊断方法。

### 五、结束语

综上所述,控制阀是控制回路中的重要部件,控制阀的性能与控制系统的运行有直接影响,所以做好控制阀性能评估以及故障诊断十分重要。对控制阀性能进行科学的评估,可以有效的减低故障发生率,为设备的使用安全以及使用效率提供重要保证,对于我国工业的生产和发展有重要作用。

### 参考文献:

- [1]尚群立,马良威,庞仁贵,等.基于希尔伯特—黄变换的控制阀气密性故障诊断研究[J].计算机测量与控制,2019,27(1):5-12.
- [2]麻军德,章萌.调压阀液压系统状态监测与故障诊断技术研究[J].机床与液压,2019,47(2):4-5.
- [3]林彩霞.综采面液压控制阀故障诊断与维修技术研究[J].当代化工研究,2019(8):2-3.
- [4]李朝雅,孙建平,田乐乐,等.基于WPT-SVM电动调节阀故障诊断研究[J].仪器仪表用户,2021,28(6):6-7.
- [5]丁星.制氢装置配汽调节阀故障现象诊断,分析及处理[J].中国石油和化工标准与质量,2021,41(10):2-3.
- [6]张官祥,陈自然,蒋小辉,等.水轮机调速器比例阀跟随故障诊断处理及应用[J].水电站机电技术,2019,42(6):4-5.