

管道泄漏检测与定位技术国内外研究现状

马欢

(渤海大学信息科学与工程学院 辽宁·锦州 121000)

摘要 总结了国内外流体输送管道泄漏检测与定位的主要方法,并分析了各种方法的原理及优缺点。

关键词 流体管道 泄漏检测 定位

中图分类号 :TU81

文献标识码 :A

文章编号 :1672-7894(2007)02-208-02

1、引言

随着石油、天然气等工业的发展,管道输送在国民经济中的地位越来越重要。但由于管道泄漏不仅造成资源浪费,而且污染环境,所以管道输送的在线实时泄漏检测与定位技术已显得非常重要。

2、泄漏检测方法分类

目前,国际上已有的检测和定位方法大体上分为直接检测法和间接检测法。直接检测法是基于硬件对泄漏物的直接检测,间接检测是基于软件对流体的参数进行测量,根据参数的变化来判断是否发生泄漏并定位。还有一种是基于录像、磁通、涡流等投球技术的管内探测球法。

这里主要针对基于软件的方法加以讨论,主要有基于模型的方法、基于信号处理的方法和基于知识的方法三种。

2.1 基于模型的方法

为了提高泄漏检测和定位的准确性和精确度,可以用模型的方法来在线观测管道的压力和流量,并与压力和流量的实测值比较进行泄漏故障的诊断,这就是基于模型法的基本思想。基于模型的方法主要有状态观测器法(状态估计器)、系统辨识法、Kalman 滤波器法以及实时瞬态模型(RTM)法等。

状态观测器法和系统辨识法都是假定两端的压力不受泄漏量的影响,仅适用于小泄漏。而 Kalman 滤波器法需要知道过程噪声的均值、方差等先验知识,且检测与定位精度和等分段数有关。实时瞬态模型(RTM)法的检测精度依赖于模型和硬件的精度,且泄漏点的位置机理大都是基于线性压力梯度法。

2.2 基于信号处理的方法

基于信号处理的方法不需要建立管道的数学模型,主要有声学法、压力点分析法和流量平衡法等。

(1)声学法

利用声音传感器检测沿管壁传播的泄漏点噪声(或流质在泄漏后产生的压力波信号)利用相关信号处理技术(如相关分析法、小波变换等)进行泄漏检测和定位。该方法泄漏检测率准确性高,定位精度高,但对于长输管道来说,沿途安装大量的传感器在许多场合是不适宜的。

(2)压力点分析法

压力点分析主要有负压波法和压力梯度法等。当管道发生泄漏时,由于管道内外的压差,泄漏点的流体迅速流失,压力下降。泄漏点两边的流体由于压差而向泄漏点补充,相当于泄漏点处产生了以一定速度传播的负压波。根据泄漏产生的负压波传播到上、下游的时间差和管内压力波的传播速度可以计算出泄漏点的位置。定位的原理见图 1。

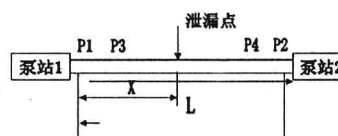


图 1

泄漏点的计算公式为: $X = \frac{L + at}{2}$ 式(1)

式中 X 泄漏点距上游站测压点的距离;

L 上、下游站间距;

a 负压波的传播速度;

t 上游站与下游站压力突变的时间差。

管道的长度 L 可以从设计图中得到。因此,精确确定负压波的传播速度 a 和负压波传播到上下游的时间差 t 是两项关键技术。负压波是通过分析管道压力变化的来进行泄漏判断的。该方法很大程度上取决于传感器的频响和灵敏度,因为在管道上的控制操作(如阀门的开启和关闭)也会产生大幅的压力波,泄漏产生的压力波会淹没在其中,因此信号处理和识别是该方法的一个重点,目前使用的有相关分析法、时间序列分析法、小波分析法、神经网络法等。

以小波分析法为例,利用小波变换的极值可以检测信号的边缘,并且可以抑制噪声,所以,可通过小波变换检测瞬态负压波到达管道上下游的时间差及负压波波速就可实现泄漏点定位。应注意的是,除了泄漏,在泵和阀的正常操作时也有可能产生负压波,但泄漏产生的负压波和正常操作产生的负压波有较大区别,并且这两种负压波方向不同。为确定负压波传播的方向,可分别在距 p1 和 p2 一定距离处再设两个压力测点 p3、p4 (见图 1),利用 p1 和 p3、p2 和 p4 的组合即可检测出负压波源的方向,只有检测到负压波源来自 p1 和 p2 之间的某点,才认为是泵站处的管道发生了泄漏。

负压波法的优点是适用于液体介质的长输管道,对于泄漏量大的泄漏定位精度和灵敏度很高。缺点是不适于微泄漏和渗漏。

压力梯度法是基于管道压力沿管道是线性变化的前提下来进行泄漏检测和定位的。在管道上、下游各设置两个压力传感器检测压力信号,通过上、下游的压力信号可分别计算出上、下游管道的压力梯度。当没有发生泄漏时,沿管道的压力梯度呈斜直线,当发生泄漏时,泄漏点前的流量变大,压力梯度变陡,泄漏点后的流量变小,压力梯度变平,沿管道的压力梯度呈折线状,折点即为泄漏点,由此可计算出泄漏点的位置,其定位原理如图 2。设管道沿线压力满足 $P_x = P_0 - GX$ (P_x 为管道中距入口 X 米处的压力, G 为压力梯度),则泄漏点与管道入口的距离 X 为:

$$X = \frac{P_i - P_0 - LG_0}{G_i - G_0} \quad \text{式(2)}$$

(下转 90 页)

书市场使用广泛。另外一种适用于较厚重或页数较多的书籍,成本较高,但牢固。很多字典或百科全书就是用这种方法装订的,具体方法是大纸折页后在书脊处裁齐,用骑马锁线的方法订牢,装上护封或包上上衣,把另外三边裁齐便可成书,这种方法称为“锁线钉”。锁线钉也是目前书籍装订较常用的方法。

简装其实是线装的改进版,它具有线装的形式,但比线装美观大方,是铅字印刷书籍普遍采用的一种装帧形式,也适应了现代印刷的特点。这种方法至今仍在广泛地使用。

(二)精装

“人要衣装,佛要金装”,进入现代社会,根据现实需要,书籍也需要不断的穿新衣,换新装。早在清代的时候,人们就在继承民族传统工艺的基础上融合了西方先进的装帧技术,形成了精装书籍。精装书,顾名思义就是印制精美、装订精致的书籍,包括在书的封面和书脊、书角等处的精心加工、造型等,形式多样,方法新颖。精装书采用专业且优良的材质,特别是护封坚固,耐磨美观。这种方法多适用于贵重书籍或具有重大意义的书籍,像西方的《圣经》、《新约全书》就是精装书。

精装书跟简装书的区别最大的地方应该在它的外表装饰,其内页书籍的装订方法跟简装书的第二种方法相同为锁线钉。精装书不会用无线胶钉的方法,因为精装书大多价格昂贵,而且收藏者大多为高学历、高收入,所以对书籍要求也高,无线胶钉的方法不牢固,达不到这一阶层的要求。精装书护封是它的标志,材质优良、厚重,不宜损坏。其封面、封底与护封书脊通过外层书衣连成一体,并且封面和书籍首页相连,封底与尾页相连,但护封书脊与书页书脊有一定的活动距离,这样更有利于翻动书页时避免扯动内页造成破

坏。精装书由于其精美的外表,在图书市场上受到了广泛的欢迎,特别是电脑技术引入装帧领域之后,工艺美术与电脑科技结合使我国的精装书的装帧技艺更具特色。这种装帧不仅是某种设计的体现,更是科学技术在装帧的应用。

精装书出现的年代并不久远,而且限于经济发展状况,我国在最近十几年才流行,所以目前市场上,我们很容易就能看到它。

纵观中国书籍装帧的起源和演进过程,至今已有多年的历史,它漫漫不息地折射了东方文明的变迁,是中国文明不断发展的必然,是博大精深的中国传统文化底蕴的体现。在长期的演进过程中逐步形成了古朴、简洁、典雅、实用的东方特有的形式,在世界书籍装帧设计史上占有着重要的地位。在当今这个现代化潮流涌动的时代,我们要结合现代与传统,融合中外技艺,总结前人经验,在此基础上开书籍装帧新时代,努力地把有中国特色的装帧艺术与世界书业的现代化设计思想紧密的结合起来,期待我们的书籍装帧艺术能够带着我们民族的文化气质走向世界。

参考文献:

- [1]欧成君.小议书籍装帧的审美特征.中国出版,2006,2.
- [2]汪开庆,黄荣敏.中国当代书籍装帧设计.包装工程,2006,2.
- [3]毛德宝.浅议书籍装帧学和书籍整体美.新美术,2005,4.
- [4]刘铁薇.中国现(当)代书籍装帧设计中的文化选择.出版发行研究,2005,11.
- [5]何方,尹章伟.书籍装帧设计.湖北:武汉大学出版社,2005.
- [6]姜德明.书衣百影:中国现代书籍装帧选1906~1949.北京:生活·读书·新知三联书店,2000.
- [7]孙彤辉.书装设计.上海:人民美术出版社,2004.

(上接208页)

- 式中 P_i 入口压力;
 P_o 出口压力;
 G_i 泄漏点下游压力梯度;
 G_o 泄漏点上游压力梯度;
 L 管道长度。

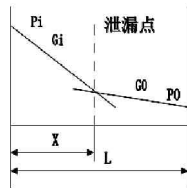


图2

在实际运行中,由于沿管道压力梯度是非线性分布,因此压力梯度法的定位精度较差,并且仪表测量的精度和安装位置都对定位结果有较大的影响。针对这个问题,国内学者提出通过建立反映输送管道沿热力变化的水力和热力综合模型,找到更能反映实际情况的非线性压力梯度分布规律,对输送管道进行泄漏定位。

(3)流量平衡法

流量平衡法监测管道泄漏的原理为通过测量一段管道入口端与出口端的流量差来进行。在单位时间里,入口端的流量可能与出口端的流量不等。没有泄漏发生时流量差满足下面公式:

$$Q_{in} - Q_{out} = dQ_m + \frac{dVs}{dt} \quad \text{式(3)}$$

- 式中 Q_{in} 入口端流量;
 Q_{out} 出口端流量;
 dQ_m 流量测量的误差范围;
 dVs/dt 流量变化率。

如果有泄漏发生,则以上关系式将不成立,即

$$Q_{in} - Q_{out} > dQ_m + \frac{dVs}{dt} \quad \text{式(4)}$$

与其它方法比较,流量平衡法的优点是可以发现微小泄漏。其缺点是对泄漏发生的反应慢和需要在每段管道的两端安装流量表,并且仅靠流量数据不能进行泄漏点定位。

2.3 基于知识的方法

基于知识的泄漏检测方法主要有统计学法、模式识别法、神经网络法、专家系统法等。基于神经网络的输送管道诊断方法是将管道泄漏特征指标构造输入矩阵,通过对实际输送管道不同的泄漏信号,不同的正常信号构造有教师指导的学习,建立起应力波时域和频域特征管道状况的BP网络(非线性映射网络)。人工神经网络的检漏法仍处于试验阶段,还有许多待解决的问题。

3、结束语

目前,国内外对管道泄漏检测技术的研究重点在于将信号处理的方法与硬件结合,以提高检测的自动化程度以及灵敏度和准确度。现今研究的热点是将模式识别、信号处理以及人工智能等学科知识应用于泄漏检测中。由于液体输送管道是非线性时变系统,因此,自适应思想在泄漏检测中的作用将越来越大,小泄漏的检测与定位仍是目前的一个难点。

参考文献:

- [1]Ellul I R. Advances in Pipelines Leak Detection Techniques[J]. Pipes and Pipelines International,1989,34(3):7-12.
- [2]勒世久,唐秀家,王立宁等.原油管道泄漏检测与定位[J].仪器仪表学报,1997,18(4):343-347.
- [3]陈钢.压力容器与压力管道完整性技术[M].北京:机械工业出版社,2005.
- [4]唐秀家.不等温长输管道泄漏定位理论.北京大学.