

燃气安全的软监测

夏春梅, 黄凤良

(南京师范大学 控制科学与工程系, 江苏 南京 210042)

[摘要] 对燃气安全进行监测具有非常重要的意义, 但现有技术在适用性方面存在某些不足. 基于软测量的思想, 提出了以管道中燃气流动状态与燃气的燃烧状态为二次辅助变量, 燃气泄漏量为主导变量的燃气安全软监测的方法, 并详细讨论了燃气安全软监测的实现. 结果表明, 采用 0~800℃范围的测温热电偶, 检测燃气具火圈周围的温度变化, 可确定燃气燃烧状态; 利用传感元件与流动流体之间的对流换热, 可判断管道中燃气的流动状态; 以可识别燃气燃烧到熄灭状态的最小时间、燃气的最大流量以及附加的安全系数, 可计算燃气的泄漏量.

[关键词] 燃气安全, 软监测, 燃气, 软测量

[中图分类号] TK311; TK313; TQ517.5; X932, [文献标识码] B, [文章编号] 1672-1292(2004)04-0012-04

0 引言

随着社会生产力和人民生活水平的不断提高, 无论是农村还是城市, 燃气的使用已经相当普及, 燃气中的许多问题受到了人们的普遍关注. 燃气的安全便是其中的焦点问题之一, 其直接关系到人们的生命财产安全, 因燃气泄漏所造成的事故已经给个人、集体、国家造成了无法估计的损失. 因此, 实现燃气的安全监测具有非常重要的实际意义与巨大的经济价值.

如何解决燃气使用中的安全问题, 一直是国内外许多研究者追求的目标, 并做了大量的工作, 出现了一些相关的产品. 主要技术可分为两大类: 一是采用气体传感器, 二是采用记忆合金, 前者直接感知空气中燃气浓度, 超标时进行相应处理, 而后者则是根据燃气燃烧与否时温度状态的差异, 通过记忆合金本身的特性控制相关装置, 实现燃气的通断. 由这两类技术形成的产品在一定程度上保证了燃气使用的安全, 但在实际使用与研究中发现, 这两类技术在适用性方面存在某些不足. 对于气体传感器而言, 由于国内燃气使用环境中常常存在大量的油烟, 直接感知空气中燃气浓度的传感器使用不久就可能失效, 而人们却并不知道它何时失效, 其存在的安全隐患更大; 对于记忆合金, 可以有效解决气体传感器存在的不足, 保证用户燃气具的使用安全, 但无法监测非燃气具使用处(如家庭内部非

燃气具处的燃气管道、燃气运输管道等)的燃气泄漏问题. 因此, 对燃气的安全问题有待进一步研究.

本文采用软测量的原理, 对燃气安全进行软监测, 以改善现有技术中存在的不足, 更好地实现燃气安全的监测.

1 软监测的原理

软测量的思想以及由此形成的软测量技术, 是过程控制和检测领域涌现出的一种新思路与技术, 是目前检测和过程控制研究发展的重要方向.

图1(a)所示为软测量原理示意图, 图中 y 代表主导变量, θ 代表可测的辅助变量, d 和 u 分别表示可测的干扰和控制变量^[1]. 软测量的主要原理就是利用所有可获得的信息 θ 、 d 、 u 以及主导变量 y 中可能部分可测的量, 求取主导变量 y 的“最优”估计值 \hat{y} , 即构造从可测信息集 $\tilde{\theta}$ 到 \hat{y} 的映射: $\hat{y}(s) = K(s)\tilde{\theta}(s)$. 该原理可简单地描述为: 以易测的过程变量(Secondary variable, 辅助变量)为基础, 利用易测过程变量和待测过程变量(Primary variable, 难测的主导变量)之间的数学关系(软测量模型), 通过各种数学计算和估计, 采用软件的形式实现对待测过程变量的测量.

燃气安全中监测燃气泄漏是关键, 但直接监测难度很大, 而燃气具燃烧与否的状态以及管道中燃气的流动为易测量. 当燃气具处于非燃烧状态, 而

管道中燃气处于流动状态时, 可以断定燃气处于泄漏状态. 可见, 将燃气的泄漏作为主导变量, 燃气具燃烧与否与管道中的燃气流动与否作为二次辅助变量, 采用软测量的原理, 可以实现燃气泄漏的监测, 图 1(b) 示出了该软监测的原理.

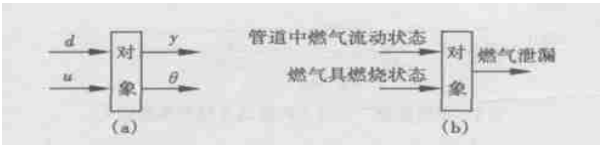


图 1 软测量原理示意图及燃气安全软监测原理

2 软监测的模型

根据燃气安全的软监测原理, 设计了如图 2 所示的燃气安全软监测模型. 其工作原理为: 当采集判断部分 C 通过多路检测部分 B 发现被测对象 A 已处于非燃烧状态时, 发送信号到 D, D 检测被测燃气管道中燃气是否处于流动状态, 并发送信号给 C, C 检测 D 发回的信号, 若为流动状态, 则断定有燃气泄漏, C 在一定的规则与安全系数下计算燃气的泄漏量, 当超出安全规范时, 向 E 发送进一步处理的信号, 实现燃气的泄漏监测, 达到燃气安全的软监测目的.

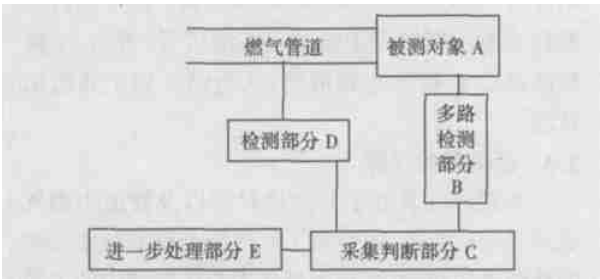


图 2 燃气安全软监测模型

由图 2 模型可见, 要实现燃气泄漏的软监测, 必须解决以下两方面的问题:

- (1) 燃气具处于非燃烧状态的判断;
 - (2) 管道中燃气流动与否的判定.
- 即需要解决软监测中的两个易测量的测量.

3 软监测的实现

3.1 燃气具处于非燃烧状态的判断^[2]

为了有效的判断燃气具所处的状态(燃烧或熄灭), 我们通过实验研究了人工煤气在燃烧到熄灭过程中燃气具火圈周围器具的温度变化.

为了使实验结果具有一般性, 实验中结合实际

的燃气具使用情况, 对两种常用形式的炊具在不同燃气流量、不同被加热高度下的被加热情况进行了研究. 自行搭建的实验装置及实验平台, 其结构简图见图 3 与图 4, 测试原理见图 5, 测试结果见图 6 ~ 图 9. 由测试结果可见, 两种炊具在整个燃气流量范围内的燃烧过程中总的温度变化范围为 160 ~ 750 ℃.

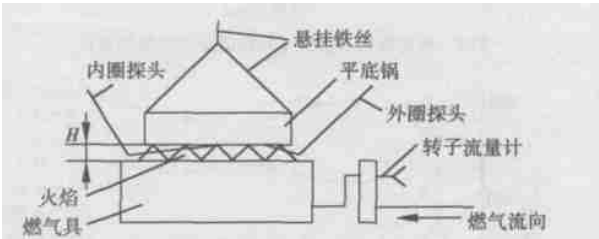


图 3 炊具 1 实验装置简图

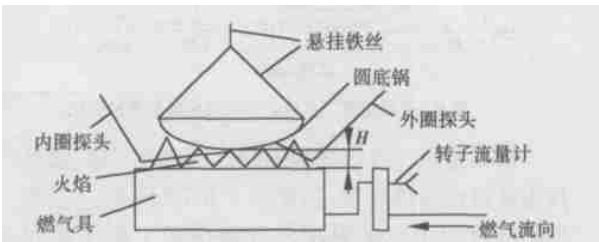


图 4 炊具 2 实验装置简图

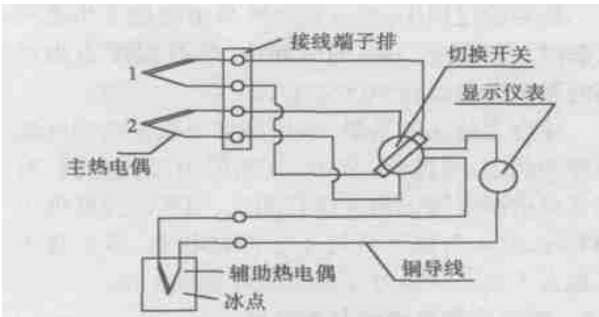


图 5 实验测试装置原理图

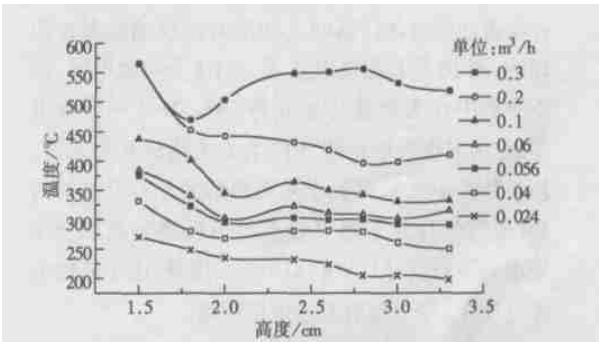


图 6 不同流量下炊具 1 内圈温度随高度的变化

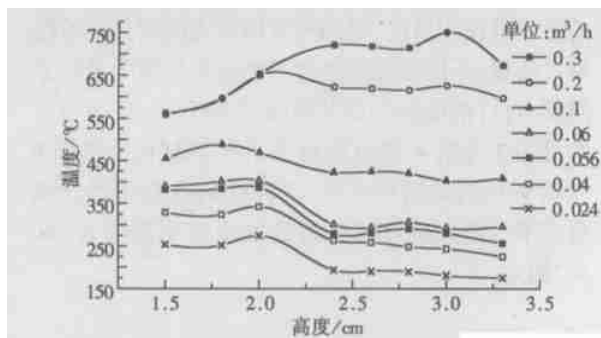


图7 不同流量下炊具1外圈温度随高度的变化

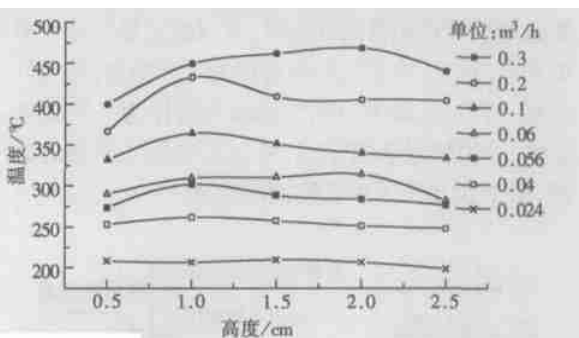


图 8 不同流量下炊具 2 内圈温度随高度的变化

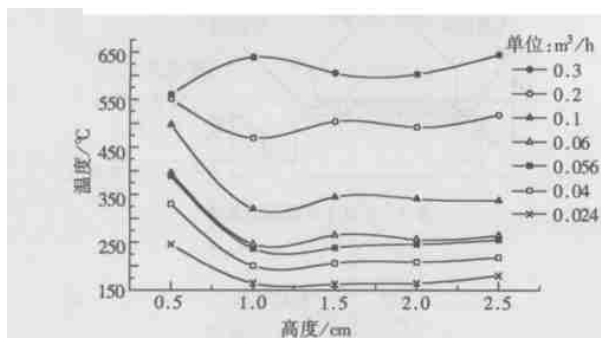


图 9 不同流量下炊具 2 外圈温度随高度的变化

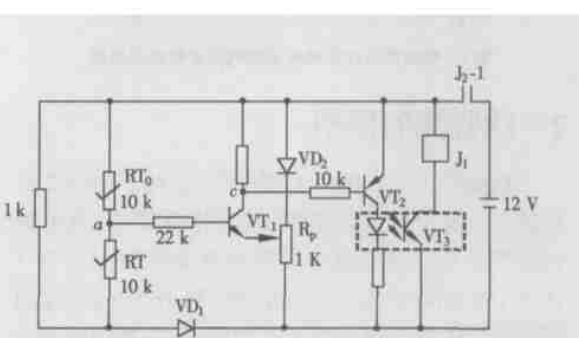


图 10 燃气流动状态判断的测量电路

炊具是燃气燃烧过程中的直接加热对象,而灶具为非直接加热对象,因此正常情况下,灶具在燃气燃烧过程中总的温度变化范围的上限不超过750℃。

在实验过程中,观察到燃气具由燃烧变为熄灭状态时,在不到 2 min 的时间内,炊具温度由加热到的温度迅速降到 80℃左右,温度产生突变。

综合上述实验结果,采用如下手段判断燃气具所处的状态:选择 0~800℃范围的测温热电偶,对燃气具火圈周围的温度进行测试,当所测温度低于 80℃时,可认为燃气具处于非燃烧状态.该处理方式包含了燃气具原处于非燃烧状态的工况.

3.2 管道中燃气流动与否的判定

判断燃气管道中燃气流动与否是利用传感元件与流动的流体(气体)之间的对流换热原理来实现的,图 10 是其测量电路。图中 RT 为热敏电阻,在本测量中作为测速传感元件, RT_0 为另一热敏电阻,作为温度补偿元件, VT_3 为光电隔离开关元件, J_{2-1} 为继电触点,受控于采集判断部分 C 发出的信号(即燃气具处于熄灭状态时由采集判断部分 C 发出的通知信号), VD_1 、 VD_2 为二极管,用于补偿电源电压 V_C 变动所引起的电压漂移。

该电路的测量原理为:测速传感元件 RT 插入到燃气管道中心部位,温度补偿元件 RT₀ 紧贴管道外壁安放,工作前先保持管道中的燃气流量为零,调节 R_p 使发光管微亮(几乎不亮),工作中, E-1 接

收到控制信号时闭合, 测量电路导通, 若管道中的燃气处于流动状态, 则 RT 阻值增加, a 点电位升高, c 点电位下降, VT₂ 导通, VT₃ 导通, 继电器线圈 J₁ 得电, 控制后续电路向软监测模型中的采集判断部分 C 发出燃气处于流动状态的信号, 否则, 采集判断部分 C 接收不到信号, 认为燃气处于非流动状态。

3.3 泄漏量的计算

实现燃气具处于非燃烧状态以及管道中燃气流动与否的判定,就完成了燃气安全软监测中二次辅助变量的测量,则作为燃气安全软监测中的主导变量——燃气泄漏量可通过下式获得:

$$Q = ktQ_0(\text{m}^3) \quad (1)$$

式中, Q 为所求的燃气泄漏量/ m^3 ; k 为安全系数; t 为可识别燃气燃烧到熄灭状态的最小时间/ s ; Q_0 为燃气具使用时的最大流量/ (m^3/s) .

依据国标 13612-92 规定的煤气中含 $\text{CO}(\text{m}^3)$ 宜小于 10%、国标《家用燃气用具的通用实验方法》中规定的一氧化碳体积分数小于 0.02%, 以燃气的最大流量、2 min 时间、 10m^3 空间体积, 利用 (1) 式计算得 $k=2$, 其中未考虑空气的流通、保守计算了空间的体积、燃气的流量以及时间, 因此, 实际安全系数 k 远大于 2。

可见, (1) 式算法具有较大的安全系数, 获得的燃气泄漏量符合燃气安全监测的特殊性要求。

4 结论

燃气安全的软监测既避开了油烟, 也解决了非燃气具处管道中燃气的泄漏监测问题, 能够弥补现有两类技术的不足, 实现燃气安全的监测.

通过本文的讨论, 可获得以下主要结论:

(1) 燃气安全监测可以利用软测量的原理实现软监测, 其主导变量是燃气的泄漏量, 选择燃气燃烧与否以及燃气流动与否为二次辅助变量.

(2) 选择 0~ 800℃范围的测温热电偶, 对燃气具火圈周围的温度进行测试, 当所测温度低于 80℃时, 可认为燃气具处于非燃烧状态.

(3) 利用传感元件与流动的流体(气体) 之间的对流换热原理, 可实现燃气管道中燃气流动与否的判定.

(4) 以可识别燃气燃烧到熄灭状态的最小时间、燃气的最大流量, 并附加一定的加权系数, 可计算燃气的泄漏量.

[参考文献]

[1] 于静江, 周春晖. 过程控制中的软测量技术[J]. 控制理论与应用, 1996, 13(4): 137 - 144.
[2] 黄凤良, 夏春梅, 许峰. 燃气燃烧效果的实验测定[J]. 节能技术, 2003, 21(4): 19 - 21.

Soft-Monitoring Method for Gas Safety

XIA Chunmei, HUANG Fengliang

(Department of Control Science and Engineering, Nanjing Nomal University, Nanjing 210042, China)

Abstract: Some problems have existed in existing techniques for monitoring gas burning. Based on the idea of soft-sensing, a soft-monitoring method is proposed, by which the state of gas burning and gas flowing are the secondary variables and the leakage ratio of gas is the primary variable. The implementation approach of soft-monitoring method for gas safety is discussed in detail. The results show that the state of gas burning can be got by measuring the flame of the gas cooker by using the 0~ 800℃ temperature thermocouple, and the state of gas flowing can be obtained through convective heat transfer between flowing fluid and sensor element. The leakage ratio can be computed with the maximum flow rate, the additional safety coefficient and the minimum time during which the state from gas burning to gas going out can be recognized.

Key words: gas safety, soft-monitoring, gas, soft-sensing

[责任编辑: 刘健]