

一种自动地震煤气关闭阀门的设计^{*}

杨学山, 刘华泰, 杨立志

(中国地震局工程力学研究所, 河北 三河 065201)

摘要:介绍了一种不需要任何电源的全机械式地震煤气阀门的结构原理及性能,当地震发生时,可按设定的地震加速度(或烈度)值自动关闭阀门,切断煤气(或其它流体)的流动。当需要接通煤气时,仅需拨动地震阀门的复位开关,即可供应煤气。它为能源供应系统的地震动安全控制提供了一种新设备,可防止地震次生灾害的发生。

关键词:地震;煤气阀门;自动关闭;地震烈度

中图分类号: P315.9 **文献标识码:** B **文章编号:** 1000-811X(2009)03-0121-03

0 前言

强烈地震对人类生命财产造成的危害已家喻户晓,次生灾害造成的损失可能远远超过地震造成的直接损失也已为地震专业人员所认识,但随着现代科学技术的发展,能源供应系统当遭受到强烈地震破坏时,其次生灾害的威胁就愈来愈大的现实,并不为人们所重视。现代多数城市中煤气工程已普及,煤气管道交错纵横,给居民的生活带来很大方便,但一旦发生地震而导致管道破裂时,其后果不堪设想。又如我国有的城市位于环山的盆地之中,但其储存的有毒气体量之大,足可毁灭整座城市。

人为的破坏(如挖掘、钻探和盗窃等)也可能使油气管道造成破坏,造成火灾、中毒、污染等次生灾害的发生,如能在管道还未遭到破坏之前发出预警(制止挖掘、钻探的继续进行)并加以控制(自动关闭油、气阀门),则灾害是可避免的。

当前许多国家都开展了管道的监测和预警,如以色列的管道监测系统已较成熟,根据振动信号信息,可判断出是挖掘、钻探或敲击。美国已在地震多发区安装了地震自动关闭阀门。

目前,对于输油、输气管道的安全控制多使用电磁阀,该电磁阀的控制需要交流电或直流电,且耗电较大,在强地震时,一般电网瘫痪,无法进行控制。如引进国外的地震阀门,价格昂贵,

无法在我国地震多发区普及。

本文介绍了一种全机械式地震煤气阀门的结构原理及性能,当地震发生时,可按设定的地震加速度(或烈度)值自动关闭阀门,切断煤气(或其它流体)的流动。当需要接通煤气时,仅需拨动地震阀门的复位开关,即可供应煤气。它为能源供应系统的地震动安全控制提供了一种全机械式的地震自动阀门,可防止地震次生灾害的发生。本阀门在结构和原理上不同于电磁阀,可不需要任何电能即可在强地震动作用下自动关闭。

1 结构原理

图1为阀门导通结构原理图,下阀体6上端部位装有中阀体4,下阀体和中阀体之间构成的腔室14,内装有钢球5,钢球上方设有阀杆1,并与同心的定位套11相接,阀杆下端顶靠于钢球上端部位,下阀体6中心部位装有齿状顶轴8并与齿轴7相啮合,顶轴8上端与钢球5相接,其下端部位开有盲孔13,盲孔内装有复位弹簧9。中阀体4两侧壁分别设有进口3和出口12,中阀体4上端部位设有上阀盖2。下阀体两侧分别设有安装孔10。

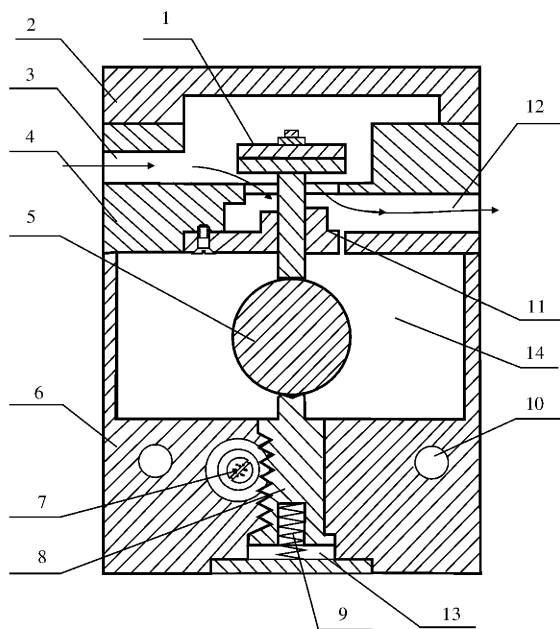
自动关闭原理如下:由上阀盖、中阀体、下阀体和安装孔组成阀体,由进口、出口、阀杆、定位套、钢球、齿轴、顶轴、复位弹簧组成自动关闭阀门装置,无地震时,阀杆靠复位弹簧、顶轴和钢球将阀杆顶起,煤气可从入口沿着箭头方

^{*} 收稿日期:2009-02-10

基金项目:国家科技支撑计划子课题(2006BAJ03B03-01;2006BAJ06B07-03);科技部专项基金(2003 DID2J099)

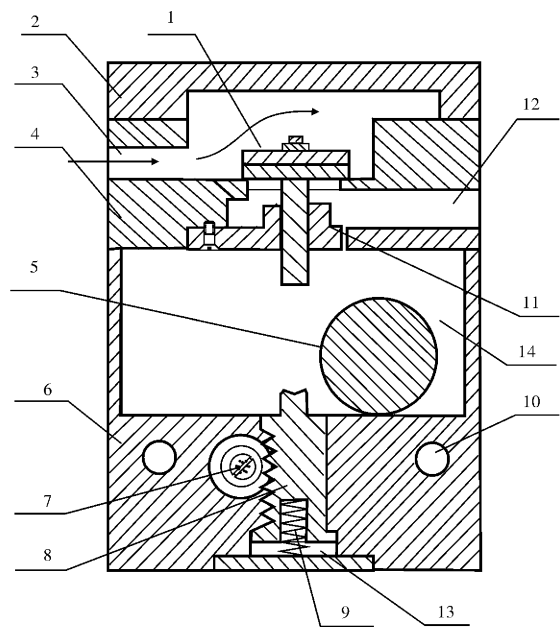
作者简介:杨学山(1950-),山东阳谷县人,研究员,博士生导师,主要从事工程振动、强震仪、防灾减灾等测量仪器和实验技术研究. E-mail: yangxs_iem@126.com

向流向出口；当有地震时，钢球在地震力的作用下，脱离开顶轴，阀杆由于重力作用下落，阀门关闭(图2)。



1. 阀杆；2. 上阀盖；3. 入口；4. 中阀体；5. 钢球；6. 下阀体；
7. 齿轴；8. 顶轴；9. 复位弹簧；10. 安装孔；11. 定位套；
12. 出口；13. 盲孔；14. 腔室

图1 阀门开启状态原理图



1. 阀杆；2. 上阀盖；3. 入口；4. 中阀体；5. 钢球；6. 下阀体；
7. 齿轴；8. 顶轴；9. 复位弹簧；10. 安装孔；11. 定位套；
12. 出口；13. 盲孔；14. 腔室

图2 阀门关闭状态原理图

当需要接通煤气时，用螺丝刀拧动齿轴，拨动顶轴下移，使钢球坐落在顶轴上，然后靠复位弹簧和齿轴的反拨将球和阀杆顶起，阀门开起，

煤气流通。

2 理论计算

理论计算模型如图3所示，钢球坐落在有凹坑的刚体上，忽略阀杆的压力。当刚体水平加速度 α 达到一定值时，钢球滚出凹坑。图3中 R 为钢球的直径， l 为圆形凹坑的直径。

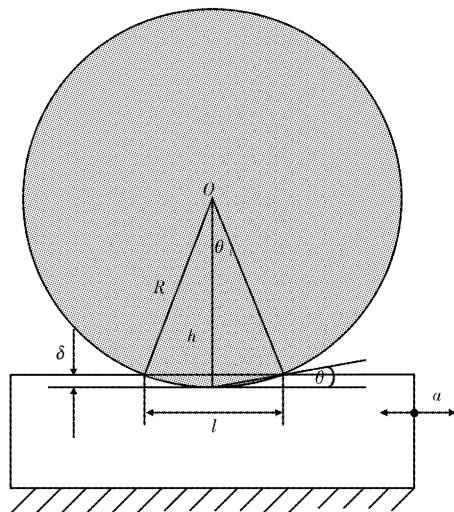


图3 阀门理论计算模型

l 对应的角度为 $\frac{360}{2R\pi}l$, $h = R \times \cos \theta_1$, $\delta = R -$

h , $\theta = \arctan \delta / \frac{l}{2}$ 。

假定圆球滚出凹坑等效为角度为 θ 的斜面，从惯性力的角度计算球滚出凹处的加速度 α ，当圆球向右上方滚动时，对圆球质心的平动，列出运动方程

$$mg \sin \theta - f = ma, \quad (1)$$

式中： $f = \mu mg \cos \theta$ 为静摩擦力，对于绕质心的转动，由转动定律有：

$$fR = \mu mg \cos \theta R = I\beta = \frac{2}{5}mR^2\beta. \quad (2)$$

圆球质心加速度和圆球绕质心转动的角加速度之间有关系为：

$$a = R\beta. \quad (3)$$

由式(1)得：

$$a = \frac{mg \sin \theta - f}{m}. \quad (4)$$

由式(2)、(3)得：

$$f = \frac{2}{5}ma. \quad (5)$$

由式(5)代入(1)得：

$$a = \frac{5}{7}g \sin \theta。 \quad (6)$$

3 主要技术指标

阀门的开关阈值如表 1 所示, 安装孔径如表 2 所示。

表 1 开关阈值

加速度/(m/s ²)	烈度
0.625	Ⅵ
1.25	Ⅶ
2.50	Ⅷ

表 2 孔 径

规格	1/2 英寸	3/4 英寸
孔内径/mm	18.6	24.1
管外径/mm	21	26.4

介 质: 煤气(或其它流体)
工作方式: 自动关闭; 手动复位
接管口径: 可选
使用压力/MPa: 0 ~ 0.5
工作温度: -40℃ ~ 70℃

4 实验结果

实验是在振动台上进行的, 将阀门放在振动台上, 并和台面连接, 固定振动频率(5 Hz), 逐渐加大振动台的振动幅值, 用加速度计检测台面加速度, 当阀门关闭时, 记录台面加速度值。然后拨动复位开关, 使阀门导通, 重复上述结果, 6 次的测量结果如表 3 所示。然后将阀门转动 45° 和 90°, 重复上述实验, 其结果如表 4 和表 5 所示。

表 3 阀门关闭阈值实验结果

序号	关闭阀门时的加速度/(m/s ²)
1	2.261
2	2.113
3	2.261
4	2.187
5	2.187
6	2.187

表 4 阀门关闭阈值实验结果(转动 45°)

序号	关闭阀门时的加速度/(m/s ²)
1	2.187
2	2.150
3	2.150
4	2.110
5	2.298

表 5 阀门关闭阈值实验结果(转动 90°)

序号	关闭阀门时的加速度/(m/s ²)
1	2.151

实验结果表明, 阀门可敏感水平面 360° 任意方向的振动, 关闭阈值基本不变。

5 结语

为输油输气管道提供一种全机械式自动地震煤气关闭阀门, 克服了电磁阀门需要电源的缺点, 可在强地震情况下, 按照设定的阈值自动关闭阀门, 防止输油气管道破裂及次生灾害的发生。可根据用户要求, 提供不同尺寸、不同开关阈值的产品。该阀门已获得国家专利(专利号: ZL2005200218544)。

参考文献:

- [1] 中国地震局工程力学研究所, 杨学山. 自动地震煤气关闭阀门专利说明书[P]. 中华人民共和国知识产权局, 证书号第 867482 号, 2007.

Design of an Automatic Shutoff Gas Valve in Case of an Earthquake

Yang Xueshan, Liu Huatai and Yang Lizhi

(Institute of Engineering Mechanics, China Earthquake Administration, Sanhe 065201, China)

Abstract: Structural principle and performance of a new mechanical seismic gas valve, which does not need any kind of power, are introduced. The valve would be shutoff automatically according to the set seismic acceleration (or intensity) and the gas (or other liquation) would be shutoff in case of earthquakes. Gas supply is restored by resetting the valve switch only. The valve is provided as a new equipment to control the earthquake safety of energy resources system and prevent secondary disasters.

Key words: seismic gas valve; automatic shutoff; seismic intensity