

文章编号:1004-4574(2012)01-0135-05

城市燃气管道地震安全控制演示系统

匙庆磊¹ 杨学山¹ 程丽娜² 何先龙¹ 张涛¹ 杨秋格²

(1. 中国地震局工程力学研究所, 河北 三河 065201; 2. 防灾科技学院, 河北 三河 065201)

摘要:介绍了一种用于展示城市燃气管道地震安全控制系统工作机理和控制效果的演示系统。对演示系统地震阀门的原理和性能作了阐述,对演示系统的组成、工作原理和效果做了较为详细的介绍。该系统可用于科普场馆或相关单位介绍城市燃气管道地震紧急处置的原理,系统已在唐山市地震博物馆安装应用。

关键词:燃气管道;地震紧急处置;地震安全控制;地震阀门;演示系统

中图分类号:X43

文献标志码:A

A seismic safety control demonstration system for urban gas pipelines

CHI Qinglei¹, YANG Xueshan¹, CHENG Lina², HE Xianlong¹, ZHANG Tao¹, YANG Qiuge²

(1. Institute of Engineering Mechanics, China Earthquake Administration, Sanhe 065201, China;

2. Institute of Disaster Prevention Science And Technology, Sanhe 065201, China)

Abstract: This paper introduced a seismic safety control demonstration system for urban gas pipelines. The principle and performance of the seismic valve were described, and the composition, the working principle and the effects of the demonstration system were introduced. The demonstration system could be used for the popularization of the principle of seismic emergency treatment. The demonstration system had been applied to Tangshan Earthquake Museum.

Key words: gas pipeline; seismic emergency handling; seismic safety control; seismic valve; demonstration system

地震是一种严重的自然灾害,城市燃气管网防震减灾技术的研究一直受到重视,文献[1-4]从不同角度对该问题进行了阐述。总体上看,城市燃气管网的防震减灾措施集中在3个方面:一是燃气管线的抗震设计;二是安装燃气管道地震紧急处置装置,做到实时监测、自动切断;三是合理的震后处置措施。第1和第3方面的问题研究较多,第2方面的问题则是近年来才开始引起重视。

应用燃气管道地震紧急处置技术,实时监测、自动切断,对于减少地震次生灾害有现实意义,国内外也已做了大量富有实效的工作。美国已有全机械式煤气地震阀门,并已在地震多发区安装了该阀门,可在地震破坏达到一定程度时自动关闭切断燃气流动;日本用地震感知器检测到地震信号后带动电机关闭燃气管道阀门,并结合烈度计、地震仪、通信网等组成了较为完整的燃气监控网。国内在燃气管道紧急处置技术研究方面也做了大量工作,研制成功燃气管道地震自动关闭阀门(见参考文献[5]),并于2010年以唐山市某燃气泵站作为试点成功安装了“燃气管道地震安全控制系统”。为展示燃气管道地震安全控制的工作机理和控制效果,还研制了“城市燃气管道地震安全控制演示系统”,本文将对该演示系统进行介绍。

收稿日期:2011-05-11; 修回日期:2011-09-20

基金项目:中国地震局工程力学研究所专题研究项目(2010B03)

作者简介:匙庆磊(1983-),男,硕士研究生,主要从事振动仪器和测试技术、防灾减灾技术研究。E-mail: chi-5288@163.com

通讯作者:杨学山(1950-),研究员。E-mail: yangxs_iem@126.com

1 系统组成

地震安全控制演示系统由地震波发生单元、阀门信息采集报警单元和地震安全控制演示沙盘单元三部分组成,每部分又由不同的子单元组成,图 1 为系统实物照片。以下对演示系统的各部分逐一进行介绍,因为地震阀门是实现地震安全控制的重要设备,因此首先介绍地震阀门。

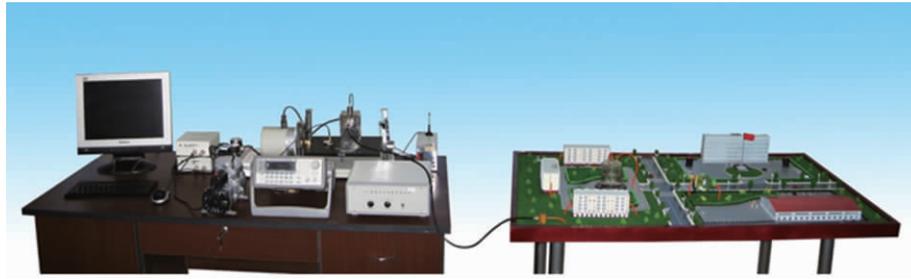


图 1 燃气管道地震安全控制演示系统实物照片

Fig. 1 Photo of seismic safety control demonstration system of gas pipeline

1.1 地震阀门

地震阀门是实现地震安全控制的重要设备,可在地震发生时自动触发切断燃气的流动。以演示系统使用的 JK-1 型地震阀门(竖直向) 为例,如图 2 所示,该阀门可实现每户或每个楼梯单元燃气管道的地震紧急处置,在地震发生并超过阀门触发阈值时自动关闭切断燃气流动,该竖向阀门已经获得国家专利(专利号: 200920099112) 。

JK-1 型地震阀门(竖直向) 主要技术指标如表 1 所示。地震阀门采用全机械式触发,依靠地震产生的惯性力触动机械机构关闭阀门,因此可在城市供电系统失效的情况下正常工作;地震阀门对车辆运行、机械运转等城市环境振动不敏感,因此这些振源的振动不会造成地震阀门的误触发,所以地震阀门具有较高的可靠性。



图 2 JK-1 型地震阀门(竖直向)

Fig. 2 Seismic valve of Type JK-1 (for vertical direction)

表 1 JK-1 型地震阀门(竖直向) 技术指标

Table 1 Technical target of seismic valve of Type JK-1 (for vertical direction)

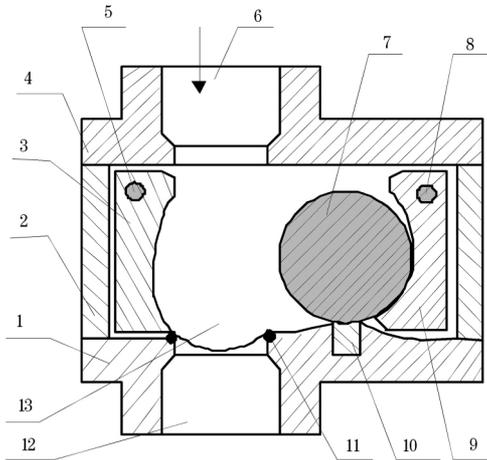
技术参数	技术指标
触发阈值	地震烈度Ⅶ度或Ⅷ度
触发方式	机械式触发
地震动敏感方向	水平向
接口方向	竖直向
复位方式	手动复位
阀门孔径	24.1mm(孔内径)
连接方式	法兰/ 螺纹连接
适用介质	天然气(或其他流体)
工作压力	0 ~ 0.5MPa
使用温度	-40° ~ 70°

注: 表中地震烈度参照 GB/T 17742-2008《中国地震烈度表》中的规定^[6]: 地震烈度Ⅶ度加速度值范围为 0.9 ~ 1.77 m/s²; 地震烈度Ⅷ度加速度值范围为 1.78 ~ 3.53 m/s², 下同。

阀门结构如图 3 和图 4 所示,其工作原理如下^[7]: 盖板、中阀体、底板组成阀体。进气口、出口、密封圈、钢球、钢球座、拨叉组成自动关闭阀门装置。无地震时,地震阀门处于开启状态,气体自上而下流过,钢球坐落在钢球座上,煤气可从进气口沿着箭头方向流向出口,如图 3 所示。当有地震时,钢球在地震力的作用下,脱离钢球座,把出口堵死,阀门关闭,如图 4 所示。

当需要接通煤气时,用专用工具拧动转轴 5 带动拨叉 3 将钢球拨到钢球座上,阀门开启,煤气流通。

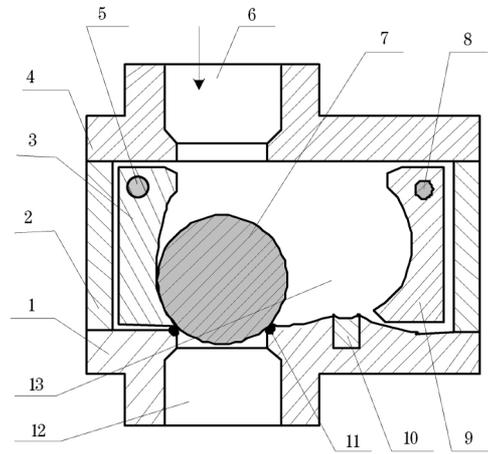
如需要强制关闭阀门时,用专用工具拧动转轴 8 带动拨叉 9 将钢球从钢球座上拨下来,将出口堵死,关闭阀门。



1 - 底板 2 - 中阀体 3 - 拨叉 4 - 盖板 5 - 转轴
6 - 进气口 7 - 钢球 8 - 转轴 9 - 拨叉
10 - 钢球座 11 - 密封圈 12 - 出气口 13 - 腔室

图 3 阀门开启状态

Fig. 3 Valve in opening state



1 - 底板 2 - 中阀体 3 - 拨叉 4 - 盖板 5 - 转轴
6 - 进气口 7 - 钢球 8 - 转轴 9 - 拨叉
10 - 钢球座 11 - 密封圈 12 - 出气口 13 - 腔室

图 4 阀门关闭状态

Fig. 4 Valve in shutting off state

1.2 地震波发生单元

地震波发生单元是一套水平向电磁式地震模拟振动台,用于产生模拟地震波。该部分由地震波信号发生器、功率放大器、水平向振动台组成。其中,地震波信号发生器使用虚拟数字信号发生器,将选定的地震波写入信号发生器的非易失性存储器,需要时即可通过软件调用。地震波信号发生器发送的地震波经过功率放大器放大后送入振动台,推动台面运动,置于台面上的地震阀门受到地震波的激励,当该激励达到地震阀门的触发阈值时,地震阀门即会触发。地震波发生单元的主要技术指标如表 2 所示。

表 2 地震波发生单元技术指标
Table 2 Technical target of seismic wave generation unit

技术指标	技术参数
激励波形	地震波
虚拟信号发生器通信接口	USB
信号发生器输出电压范围	±10V
功率放大器功率	18 W
振动台行程	±3 mm
振动台最大推力	17 N
振动台台面尺寸	220 mm × 270 mm

表 3 阀门信息监测报警单元技术指标
Table 3 Technical target of valve information monitoring and warning unit

技术指标	技术参数
监测传感器通频带	0.2 ~ 1 000Hz
监测传感器灵敏度	0.74V/(m · s ⁻²)
采集仪位数	16
采集仪接口	网口
采集仪输入电压范围	±10V
采集仪控制信号输出电压	5V

1.3 阀门信息监测报警单元

该单元用于监测地震阀门的状态,技术指标如表 3 所示。在阀门触发时捕捉阀门触发信号,记录阀门触发时的加速度值,向指定的短信接收终端发送告知短信息,向演示沙盘发出控制信号。该单元由监测传感器及放大器、采集仪及配套软件和短信发送模块组成。监测传感器用于监测地震阀门的状态、捕捉阀门的触发动作信号、放大器对传感器捕捉到的信号进行放大、滤波处理,采集仪对放大器的输出信号进行采集、配套软件对采集到的信号进行分析处理,并根据处理结果发出相关指令。

1.4 地震安全控制演示沙盘单元

该单元包括小型空气压缩泵、JK-1 型地震阀门、演示沙盘。空气压缩泵作为气源、JK-1 型地震阀门则放在地震波发生单元的振动台台面上、演示沙盘通过声、光、气泡等方式显示阀门的状态(开启或关闭)和气流是否被有效切断。该单元技术指标如表 4 所示。

表 4 地震安全控制演示沙盘单元技术指标

Table 4 Technical target of seismic safety control demonstration sand table unit

技术指标	技术参数	备注
沙盘大小	120cm × 80cm	
阀门型号	JK-1	
阀门气流方向	水平/竖直可选	
阀门触发阈值	地震烈度Ⅶ或Ⅷ度	
阀门状态显示方法	气泡、跑马灯、报警灯	开启时: 有气泡 跑马灯点亮 无报警 触发关闭时: 气泡停止 跑马灯熄灭 报警声响起
空气压缩泵尺寸	24.5cm × 13.5cm × 17cm	
空气压缩泵气压	0 ~ 0.45MPa 可调	过压自动保护
空气压缩泵出气量	23L/min	

2 系统工作原理和效果

燃气管道地震安全控制演示系统用于展示“城市燃气管道地震安全控制系统”的工作机理和控制效果。系统包括三个部分: 地震波发生单元、阀门信息采集报警单元和地震安全控制演示沙盘单元。

系统工作原理为: 地震波发生单元的振动台产生地震波, 地震波作用于安装在振动台上的 JK-1 型地震阀门, 地震阀门平时处于开启状态, 当振动超过设定的阈值时, 地震阀门自动关闭, 切断气体流动; 阀门信息采集报警单元监控地震阀门的状态以及作用于地震阀门的地震波信号的幅值、频率信息并接收控制中心的咨询命令, 当地震阀门动作(关闭)时, 系统向指定的短信接收终端发出报警信息, 图 5 为阀门触发后收到的报警短信; 地震安全控制演示沙盘模拟城市燃气管道, 并通过声光等手段直观的显示地震阀门的状态(开启或关闭), 地震阀门开启时, 沙盘上的气泡显示器中有气泡冒出、沙盘的跑马灯追逐点亮表示气体处于流通状态; 地震阀门触发关闭后, 由于地震阀门已经切断气流, 气泡显示器中不再有气泡冒出, 跑马灯同时熄灭表示气体不再流动, 同时报警声音响起, 表示地震发生, 地震阀门已经触发并切断了气体流动。

地震阀门触发关闭后, 地震波发生单元会自动停止发送地震波信号, 地震波发生单元返回到初始状态; 通过拨动地震阀门的复位开关, 阀门将回到初始状态(开启); 通过点击软件的“复位”按钮, 演示沙盘的跑马灯重新点亮、同时报警声音停止, 演示系统重新回到初始状态, 软件界面如图 6 所示。



图 5 阀门触发后收到的报警短信

Fig. 5 Warning short message received after triggering valve

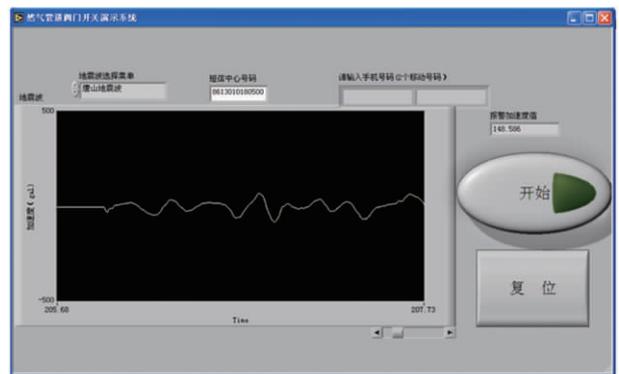


图 6 燃气管道地震安全控制演示系统配套软件界面

Fig. 6 Complementary software interface of seismic safety control demonstration system of gas pipeline

3 结语

该演示系统可直观的展示“城市燃气管道地震安全控制系统”的控制机理和控制效果, 可作为科普仪器用于科普场馆, 也可用于相关单位展示城市燃气管网地震紧急处置技术的原理和效果。目前, 该系统已申报国家发明专利(申请号: 201110098211.X), 系统已在唐山市地震博物馆安装应用。

参考文献:

- [1] 郭恩栋,李山有,赵振东,等. 燃气供应网络地震紧急处置系统初探[J]. 世界地震工程, 2005, 21(2): 44-47.
GUO Endong, LI Shanyou, ZHAO Zhendong et al. Preliminary study on a seismic emergency handling system of gas network [J]. World Information On Earthquake Engineering, 2005, 21(2): 44-47. (in Chinese)
- [2] 周伟国,张中秀,孔令令. 城市燃气管网的震害分析及减灾对策[J]. 土木建筑与环境工程, 2009, 31(4): 70-75.
ZHOU Weiguo, ZHANG Zhongxiu, KONG Lingling. Seismic damage analysis and disaster mitigation approaches for urban gas piping systems [J]. Journal of Civil, Architectural & Environmental Engineering, 2009, 31(4): 70-75. (in Chinese)
- [3] 李杰. 复杂生命线工程系统的地震反应分析与行为控制[J]. 中国科学基金, 1999, 13(6): 17-20.
LI Jie. Behavior control and earthquake response analysis of complex lifeline systems [J]. Bulletin of National Science Foundation of China, 1999, 13(6): 17-20. (in Chinese)
- [4] 陈辉. 城市燃气管网抗震系统和措施[J]. 煤气与热力, 2010, 30(9): 39-42.
CHEN Hui. Earthquake-resistance system and measures of urban gas network [J]. Gas & Heat, 2010, 30(9): 39-42. (in Chinese)
- [5] 杨学山,刘华泰,杨立志. 一种自动地震煤气关闭阀门的设计[J]. 灾害学, 2009, 24(3): 121-123.
YANG Xueshan, LIU Huatai, YANG Lizhi. Design of an automatic shutoff gas valve in case of an earthquake [J]. Journal of Catastrophology, 2009, 24(3): 121-123. (in Chinese)
- [6] GB/T 17742-2008 中国地震烈度表[S]. 北京: 中国标准出版社, 2009.
GB/T 17742-2008 The Chinese Seismic Intensity Scale [S]. Beijing: China Zhijian Publishing House, 2009. (in Chinese)
- [7] 中国地震局工程力学研究所, 杨学山. 竖向地震煤气自动关闭阀门专利说明书[P]. 中华人民共和国知识产权局, 1311696, 2009-11-11.
Institute of Engineering Mechanics, China Earthquake Administration. YANG Xueshan. The Specification of Seismic Gas Safety Valve for Vertical Direction [P]. State Intellectual Property Office of the People's Republic of China, 1311696, 2009-11-11. (in Chinese)