

DOI: 10.3969/j.issn.1001-3881.2013.15.022

梭式爆破保护装置关闭时的流场特性研究

莫才友, 朱建公, 向北平, 曾祥炜

(西南科技大学制造科学与工程学院, 四川绵阳 621010)

摘要: 为了研究梭式爆破保护装置关闭时的流场特性和分析爆破保护装置关闭时的动态特性, 采用数值仿真计算方法。以 ADINA 软件为平台, 对 DN50 梭式爆破保护装置进行仿真计算, 验证了流体阻尼器在梭式爆破保护装置关闭过程中起到了很好的缓闭作用, 使阀芯在闭合过程中快速平稳, 减小了水击, 有利于它进一步的研究与应用。

关键词: 梭式爆破保护装置; 流体阻尼器; 流场特性

中图分类号: TH137 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3881 (2013) 15-083-3

Study on Flow Field Characteristics of Shuttle-type Rupturing Protection Devices in Shutting Process

MO Caiyou, ZHU Jiangong, XIANG Beiping, ZENG Xiangwei

(School of Manufacturing Science and Engineering, Southwest University of Science and Technology, Mianyang Sichuan 621010, China)

Abstract: In order to research the characteristics of flow field about the shuttle-type rupturing protection device in the closed process, and to analyze the dynamic characteristics of shuttle-type rupturing protection device in the closed process, numerical simulation method was used. In AIDNA software, simulation calculation to the DN50 shuttle-type rupturing protection device was completed. It is verified the fluid damper plays the role of shutting down slowly in the closed process of the shuttle-type rupturing protection device. In the same time, the valve core closes rapidly and smoothly. Meanwhile, water attack is reduced. Based on the above advantages, it is helpful for the further research and extension.

Keywords: Shuttle-type rupturing protection devices; Fluid damper; Flow field characteristics

近年来, 为了防止在长距离输送管道中产生爆破泄漏事故, 提出了一种非能动的梭式爆破保护装置, 为石油、供水、化工、发电、航空及核电等系统提供了新的控制元件。它可预先设定一个爆破保护值, 达到此值时能快速关闭而制止泄漏事故^[1]。

在梭式爆破保护装置关闭时压力突然降低, 引起液体内部压力迅速交替升降, 形成水击。水击引发压力的升高或降低, 导致管道系统发生强烈震动, 引起管道严重变形甚至爆裂。因此, 在压力管道系统中, 必须研究防止和削弱水击作用的措施^[2]。

1 梭式爆破保护装置的结构特点与工作原理

梭式爆破保护装置是用于管道运输中管道突然爆破, 保护装置突然关闭实现流体断开, 阻止泄漏事故进一步发生的一种装置。正常情况下, 由于流道采用梭形, 流阻小, 阀芯两侧的压力几乎相等, 阀芯处于静止状态。当下游的管道发生爆破, 出口压力降低, 爆破保护装置入口与出口形成压差, 阀芯在克服阻尼

的作用下向右移动, 并关闭出口制止泄漏事故的进一步发生。

爆破保护装置的结构原理图如图 1 所示, 包括阀芯、阀体、调节器、液压孔、缓冲器等装置, 阀芯可作往复运动并且有阻尼件。

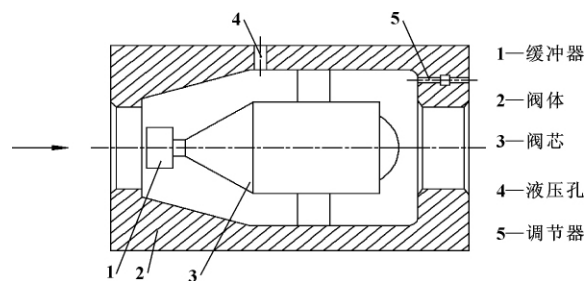


图 1 梭式爆破保护装置结构示意图

2 模型建立与参数设置

2.1 几何建模

考虑到梭式爆破保护装置结构是轴对称模型与 ADINA 软件建模的复杂性, 运用 Pro/Engineer 三维造

收稿日期: 2012-07-17

基金项目: 四川省科技厅应用基础研究资助项目 (2012JY0050)

作者简介: 莫才友 (1985—), 男, 硕士研究生, 主要从事液压系统设计与控制的研究工作。E-mail: mocaiyou@163.com。

型软件进行参数化 2D 建模, 通过 IGES 数据接口导入 ADINA 软件进行仿真计算。

2.2 控制方程

在流固耦合过程中, 两相介质之间相互作用, 流体的作用力影响结构的变形, 同时结构的位移又影响流场的形态, 对于这种类型的分析采用双向流固耦合, 因此需要迭代求解某一时刻的值, 根据应力、位移或两者之间的结合来检查迭代的收敛性。其相关控制方程如下^[4]:

$$\text{应力标准: } \gamma_{\tau} = \frac{\| \underline{\tau}_f^k - \underline{\tau}_f^{k-1} \|}{\max\{ \| \underline{\tau}_f^k \|, \varepsilon_0 \}} \leq \varepsilon_{\tau} \quad (1)$$

$$\text{位移标准: } \gamma_d = \frac{\| \underline{d}_s^k - \underline{d}_s^{k-1} \|}{\max\{ \| \underline{d}_s^k \|, \varepsilon_0 \}} \leq \varepsilon_d \quad (2)$$

式中: d 为位移; τ 为应力, 为防止检查收敛性时应力和位移值太小, 给定常数 $\varepsilon_0 = 10^{-8}$; ε_{τ} 和 ε_d 分别为应力和位移的收敛容许误差, 考虑迭代的收敛性, 取其值为 0.01, 最大迭代次数为 200 次。

2.3 参数设置

(1) 假定爆破保护装置阀芯的行程为 35 mm, 入口压力为 0.1 MPa, 出口压力为 0.08 MPa;

(2) 假定阀芯正常工作 1 s 后管道突然爆破, 出口压力在 0.01 s 时突然变为 0, 阀芯在弹簧力 (弹簧的弹性系数 $k = 50 \text{ N/mm}$) 与阻尼器的作用下以 0.04 m/s 的速度作匀速运动, 直到关闭;

(3) 采用无滑移边界条件, 阀体内壁为 Wall, 阀芯边界为 FSI;

(4) 流体材料设为不可压缩常参数模型, 黏度为 $0.01 \text{ Pa} \cdot \text{s}$, 密度为 950 kg/m^3 , 流体体积弹性模量为 $2.56 \times 10^9 \text{ Pa}$, 阀芯为各向同性线弹性材料, 弹性模量为 $2.06 \times 10^{11} \text{ Pa}$, 泊松比为 0.3, 密度为 7800 kg/m^3 。

3 梭式爆破保护装置仿真结果分析^[6-8]

模拟梭式爆破保护装置在正常工作 1 s 后, 管道发生爆破使爆破保护装置快速关闭的整个过程。在假定边界条件与初始条件下, 施加载荷, 在阻尼器的作用下使阀芯匀速关闭; 对整个过程进行数字仿真计算, 得出速度矢量图与压力云图进行可视化分析, 研究其在关闭时的流场动态特性。

由图 2 可知, 流场流速完全呈轴流对称分布, 最大流速为 14.02 m/s; 由于阀芯与流道结构的影响, 产生局部流体回旋现象, 但对整个流场的影响较小; 流速分布均匀, 主要以层流为主, 流体湍动强度与湍动能耗散率低, 流体能量损失小。

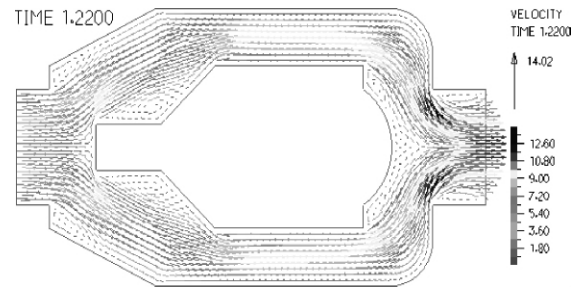


图 2 速度矢量图

由图 3 可知, 流场压力呈轴对称分布, 最大压力为 129 064 Pa (节点 54 处), 最小负压值为 -76 297 Pa (节点 664 处); 阀芯周围压力分布对称, 使阀芯受力平衡, 在关闭过程中阀芯移动平稳, 减小水击对管道系统的影响。

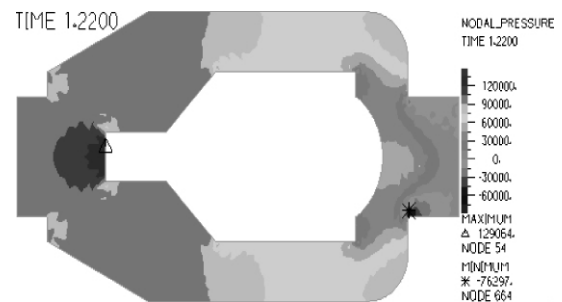


图 3 压力云图

为了分析关闭过程中流场某些特殊位置的流速和压力情况, 分别选取阀芯前后流场中的两节点 (如图 4 所示) 进行分析。由图 5 可知: 在正常工作 1 s 后管道突然爆破, 梭式爆破保护装置立即关闭, 阻止流体泄漏; 在关闭瞬间, 爆破保护装置出口压力突然变为 0, 两节点受到流体冲击力的作用, 节点 1 967 处的速度陡增到最大值, 节点 1 656 处的速度在本身流速的基础上缓慢增加; 随着阀芯的不断右移, 爆破保护装置开度逐渐减小, 节点 1 967 处的速度逐渐变小, 节点 1 656 处的速度逐渐增加; 当爆破保护装置开度为 0 时, 节点 1 967 处的速度递减为 0, 而节点 1 656 处的速度由前一时刻的最大值瞬间变为 0; 在爆破保护装置关闭的瞬间, 流体受到挤压, 其速度存在小的波动情况。

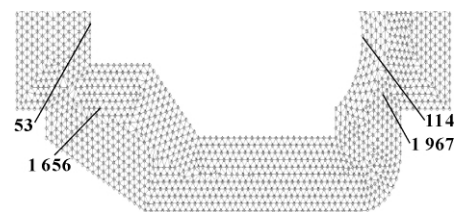


图 4 特殊节点

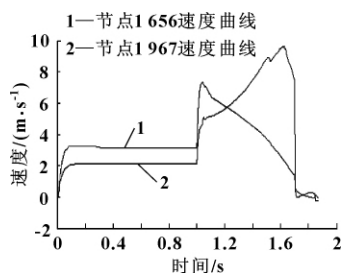


图 5 速度曲线图

在管道爆破瞬间, 爆破保护装置受压力差的作用自动关闭。由图 6 可知: 在正常工作 1 s 后, 由于管道爆破后爆破保护装置右端压力突然变为 0, 节点 53 处的压力瞬间增大到最大值, 然后逐渐减小到管道中的正常压力值; 节点 114 处的压力瞬间减小到 0, 随着流体的不断流动, 压力逐渐增大, 然后由于阀芯的不断右移, 开口不断减小, 压力值又不断减小, 直到关闭时, 压力又变为 0。

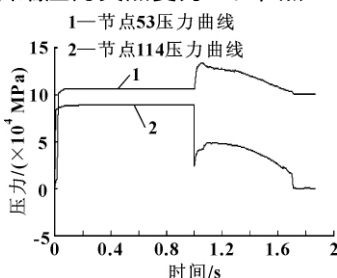


图 6 压力曲线图

综上所述, 梭式爆破保护装置在正常工作至爆破关闭过程中, 阀芯运动开始与停止时流场内流体压力和速度变化剧烈, 容易产生水击, 引起管道系统的再次爆破。所以为了防止关闭管道过快, 系统增加了缓闭功能, 在阻尼器的基础上增加了泄压孔、调节器。当阀芯关闭时, 泄压孔由阀前向阀后泄压, 中间连接一个调节装置, 泄压完成后自动关闭。阀芯关闭时, 压力瞬间增大, 通过泄压孔可以泄出部分压力, 降低水击对管道系统的影响。增加泄压孔与调节器后, 阀芯在关闭过程中移动平稳, 减少了水击对管道系统的破坏, 提高了管道运输的稳定性与安全性, 延长了梭式爆破保护装置的寿命^[3-5]。

4 结论

对梭式爆破保护装置阀体内的流场进行流固耦合仿真计算, 验证了流体阻尼器在梭式爆破保护装置关闭过程中起到了很好的缓闭作用, 流场压力分布对称, 阀芯在闭合过程中快速平稳, 减小了水击对管道系统的破坏, 为其性能研究和结构优化提供了一定的数据参考, 有利于梭式爆破保护装置的进一步研究与应用。

参考文献:

- 【1】曾祥炜. 非能动控制梭式管道爆破保护装置: 中国, 1419640 [P]. 2004-01-15.
- 【2】曾祥炜, 黄首一, 高树藩, 等. 梭式管道爆破保护装置的动态特性[J]. 油气储运, 1999, 18(1): 30-34.

- 【3】曾祥炜, 陈崑, 邱小平, 等. 从大连输油管爆炸反思油气设备驱动方式[J]. 中国工程科学, 2010, 12(9): 34-38.
- 【4】李贺军, 蔡勇, 向北平, 等. 梭式止回阀的流固耦合性能研究[J]. 煤矿机械, 2012(2): 70-73.
- 【5】万五一, 练继建, 李玉柱. 阀门系统的过流特性及其对瞬变过程的影响[J]. 清华大学学报, 2005(12): 98-101.
- 【6】ZENG Xiangwei, QIU Xiaoping, HUANG Huang, et al. Shuttle-type Passive Control System for Pressure Pipe-line Conveying[C]//Proc 8th Conference on Systemics, Cybernetics and Informatics 2004: 446-451.
- 【7】ZENG Xiangwei, CHEN Kun, QIU Xiaoping, et al. The Burst Protectors for the Pressure Pipeline in Shuttle-type Passive Control System[C]//Proc 9th Conference on Systemics, Cybernetics and Informatics 2005: 403-407.
- 【8】曾祥炜, 高树藩, 许力宏, 等. 一种新型气(液)动速度调节系统——差流可调梭阀在球阀速度调节系统中的应用[J]. 自动化仪表, 2002, 23(1): 38-41.

自动化控制液压砖机满足房地产行业绿色发展的需求

这几年房地产行业发展较快, 但是房地产行业因更新换代遗留下来了大量的废旧砖块、瓦块、石块、混凝土、钢筋等建筑垃圾, 这些得不到合理处理的建筑垃圾不仅仅直接导致环境的污染而且还影响了整个社会环境的容貌。由此可见, 房地产行业建筑垃圾的处理问题已经是迫在眉睫, 房地产行业走绿色发展的道路是房地产企业必然的选择。

房地产企业为了走上绿色发展的道路不断的寻找各种各样的有效途径, 这其中采用先进的破碎设备进行粉碎筛分后利用全自动液压砖机制成蒸压砖就是一种特别有效的措施。该生产线能在很大的程度上使房地产企业实现建筑垃圾再利用, 解决了房地产行业建筑垃圾环境污染的问题, 提高了建筑垃圾的回收率, 使房地产行业达到保护环境的目的, 也满足了房地产行业绿色发展的需求。作为行业内能真正将固体废物综合利用变废为宝生产出绿色建材的河南省机械设计院作为省级的科研单位, 本着利国利民的原则, 有责任且有义务把自动化程度高, 设计先进, 性能稳定, 产品多样的新型全自动下压式液压制砖机推向更多的建筑市场, 让更多的工业固体废弃物通过它转化为又节能又环保的新型绿色建材产品。用这种下压式液压制砖机可生产多种带孔洞的多孔砖及空心的空心砌块, 用来代替传统的实心烧结砖或实心蒸压砖, 提高建筑物整体的节能环保系数。

(内容来源: 河南省机械院机械装备股份有限公司)