

# 封闭管道丁烷气体爆炸化学实验研究

张宇庭 (天津理工大学, 天津 300384)

**摘要:** 丁烷是石油化工企业中较为常见燃料, 其与空气混合易发生爆炸, 一旦管理不当, 会给生产人员安全造成极大的伤害。本文首先设计了一个实验装置, 然后开展一系列丁烷-空气混合气体爆炸, 通过记录爆炸过程的压力值、火焰不同部位的热光照强度, 分析丁烷-空气混合气体爆炸过程。

**关键词:** 丁烷; 控制; 爆炸

## 0 引言

丁烷是石油化工企业加工生产使用较为频繁的燃料, 虽然人们对于丁烷的化学性质具有一定的了解, 但是对于丁烷-空气混合气体爆炸的特性认识还非常有限。安全永远是生产企业发展首要准则, 石油化工企业加工生产由于环境复杂, 一旦丁烷-空气混合气体浓度超过一定值, 会导致发生爆炸, 给人们的生命安全造成非常大的损害。因此, 加强丁烷-空气混合气体爆炸特性的研究, 有利于石油化工企业提升员工安全意识, 促进企业安全、健康发展。

## 1 实验装置与实验方法

### 1.1 实验装置

本实验装置结构如图 1 所示, 该装置主要包括进气口、气压显示器、循环气阀、抽气阀、循环泵等组成。装置的 1 和 2 进气口是丁烷和空气由此进入, 而 3 进气口主要作用是平衡设备内部气压。气压显示器主要是实时显示装置内部气压值, 这也是实验关键数据。



图 1 丁烷-空气混合气体爆炸实验装置

### 1.2 实验方法

本文主要是通过实验装置开展一系列丁烷-空气混合气体爆炸, 通过记录爆炸过程的压力值、火焰经过火焰传感器的瞬时火焰纹理, 分析丁烷-空气混合气体爆炸过程。

试验过程如下:

- ①将实验所需要的丁烷预先装入至集气袋中备用;
- ②由于实验过程中是将集气袋中的气体放入设备中, 为了能使气体可以快速的进入设备中, 采用抽气泵

将实验装置内部气压抽至负压;

③将准备好集气袋中的丁烷从进气口 1 放入装置中, 而空气则由进气口 2 进入;

④打开进气口 3, 平衡设备内的气压;

⑤开启两端循环阀, 代开循环泵, 循环气体 3min;

⑥根据实验需求调节点火装置, 同时设置点火参数;

⑦启动点火装置, 并实施采集实验数据;

⑧实验结束后, 打开排气阀, 将装置内多余的气体排除。

## 2 实验结果分析

实验数据分析:

由于在实验过程中, 直接得到的是气压, 为了更好的分析数据结果, 本文将采用浓度变化由压力表示, 在进行数据处理时, 通过公式  $pV=nRT$ , 将压力再转换为浓度。图 2 为不同气体浓度进入时, 管道压力的变化情况, 其中实验过程中采用了 0.406mol/mL、0.487mol/mL、0.3481mol/mL 三种不同流量实验对比。

由实验结果可以看出, 在丁烷爆炸极限范围内, 该管道内气压 ( $P_{max}$ ) 随着丁烷体积分数的增加先增大后减小; 到达火焰温度最高值 ( $T_{max}$ ) 时随丁烷体积分数增加, 而  $P_{max}$  先减小后增大。在该管道内体积分数为 7% 的丁烷爆炸威力最大,  $P_{max}$  为 6.5 MPa。



图 2 不同气体浓度进入管道压力的变化

为了研究丁烷-空气混合气体爆炸过程中, 火焰在管道的变形与加速传播规律, 本实验在装置中安装热光照强度测量仪检测瞬时火焰纹理, 实现结果显示, 在丁烷爆炸极限范围内, 管道内光照强度峰值随丁烷体积分数的增加先增大后减小; 位于管道上部 2 号热光照强度

测量仪，测得的光照强度高于管道下部1号测得的光照强度，说明管道上部燃烧反应比下部剧烈。且当丁烷体积分数为7%时，火焰最明亮，火焰温度峰值最高，为345℃。

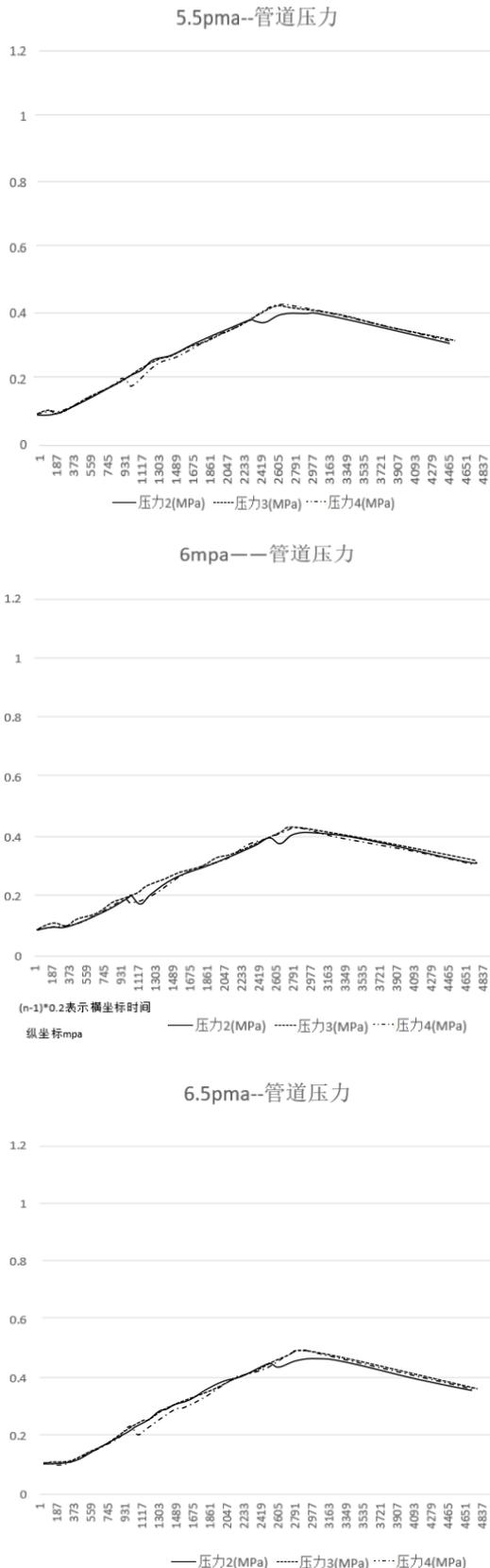


图3 压力随时间变化的实验数据结果

在爆炸管道内，管道压力分别为5.5MPa、6MPa和6.5MPa状态下，爆炸实验过程中，压力随时间变化的实

验数据结果如图3所示。

由数据结果可知，在爆炸管道内，当丁烷体积分数接近7%时，温度和压力都最大，爆炸越猛烈，破坏越强，偏离该浓度时，温度和压力都会降低。

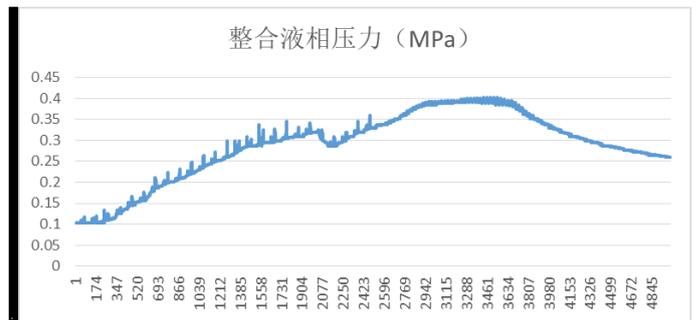


图4 加入液体后

由数据结果可知，在爆炸管道内，无液体时当丁烷体积分数接近7%时，温度和压力都最大，爆炸越猛烈，破坏越强，偏离该浓度时，温度和压力都会降低。加入液体后，同等浓度最大压力随之增大。

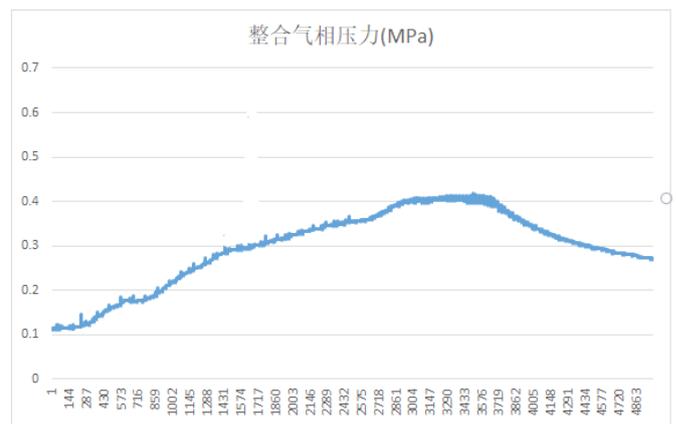


图5

### 3 结语

本文通过设计的封闭管道装置，对丁烷-空气混合气体进行爆炸试验，无论是压力、还是火焰的温度，装置不同部位是存在较大的差异，通过实验可以清晰的认识到烷-空气混合气体爆炸全过程各个参数的变化情况。创新点在于通过真实的工业可燃气爆炸实验得出具有工程意义的结论，可以帮助工业生产规范员工的操作，提升企业安全生产工作。

#### 参考文献:

- [1] 梁春利, 李芳. 管道内可燃气体爆炸的研究进展 [J]. 石油化工, 2006, 34(0z1): 721-723.
- [2] 周凯元, 李宗芬. 丙烷-空气爆燃波的火焰面在直管道中的加速运动 [J]. 爆炸与冲击, 2010(2): 137-142.
- [3] 尉存娟, 谭迎新, 郝永飞, et al. 密闭管道内障碍物对瓦斯爆炸压力的影响 [J]. 煤炭科学技术, 2013, 41(7): 86-88.
- [4] 周宁, 李海涛, 任常兴, 等. 多元混合气体爆炸特性及惰化防爆研究 [J]. 安全与环境学报, 2018, 018(001): 165-171.