

AEOMED 谊安				共 页
项目名称 / Project Name: <div>MVEPP</div>				
文件名称 Doc. Name/编号 NO: <div>高压比例阀的物理域模型设计</div>				
相 关 文 档 / Refer Document				
文件编号/Document NO		文件名称/Document Name		版本/Rev.
文 档 记 录 / Document History				
版本/Rev.	编制/日期 Author/Date	审核/日期 Checked/Date	审核/日期 Checked/Date	批准/日期 Approved/Date
1.00	徐鲁玉/20240717			
<div>谊安公司（非公开）版权所有</div> <p>本文件为谊安公司的专有资料。任何对本文件的使用、复制、或发布行为均是明确禁止的，除非本公司特殊批准，否则将被视为侵犯本公司的权利和利益。</p> <div>©AEONMED CORP. (UNPUBLISHED)ALL RIGHTS RESERVED</div> <p>This material is the proprietary information of Aeonmed Corp. and any use, reproduction, or distribution of the material contained herein, unless specifically authorized by Aeonmed Corp., is expressly forbidden and would violate the rights and interests of AeonmedCorp..</p>				

## 目录

第 1 章 概述.....	1
1.1 设计目标.....	1
第 2 章 设计方案.....	2
2.1 软件环境.....	2
2.2 设计方法.....	2
2.2.1 参数计算 .....	2
2.2.2 物理域模型设计 .....	3
第 3 章 总结.....	4

# 第 1 章 概述

## 1.1 设计目标

本文档的设计目标为：设计一种高压气动比例阀的物理域模型，该模型是基于 Matlab Simscape 环境设计构建的。

本文档说明了将目标阀的实际测试数据转换为物理域模型所需参数的计算方法，以及对应模型的设计和构建方法。

## 第 2 章 设计方案

### 2.1 软件环境

Matlab 2023a(需包含 simscape 模型库)

### 2.2 设计方法

该模型的参数计算及设计的假设如下：

- (1) 由于高压气动比例阀存在内部卸荷结构，因此，可近似假设其开度与控制信号成比例关系，不受流量及压差影响，本文以常闭阀为例，因此开度与控制信号成正比，即控制信号越大，开度越大；
- (2) 阀内的气体均为稳流，且不可压缩；
- (3) 该系统为绝热系统，不存在热交换，气体恒为标准气体状态；

#### 2.2.1 参数计算

基于上述假设，高压比例阀的建模得到了简化，需计算的主要参数为流量系数  $C_v$ 、 $K_v$ ，二者均是描述阀在单位时间内，阀的两端压力与流经阀的体积流量的关系，流量系数值越大说明流体流过阀门时的压力损失越小。

其中  $K_v$  为国际单位制流量系数，指温度为  $5\sim 40^\circ\text{C}$  的水，在  $105\text{Pa}$  压降下每小时流过调节阀的立方数， $C_v$  为英制单位流量系数，指温度为  $15.8^\circ\text{C}$  的水，在  $7\text{KPa}$  压降下每分钟流过调节阀的美加仑数。

##### 2.2.1.1 $K_v$

对气体而言，流量系数  $K_v$  的计算取决于阀的两端压力条件，其计算公式如下：

当  $P_2 > 0.5P_1$  时，

$$K_v = \frac{Q_N}{3.34P_1} \sqrt{\frac{\gamma_N(273+t)}{(P_1 - P_2)(P_1 + P_2)}} \sqrt{Z} \quad (2.1)$$

当  $P_2 \leq 0.5P_1$  时，

$$K_v = \frac{Q_N}{2.9P_1} \sqrt{\gamma_N(273+t)} \sqrt{Z} \quad (2.2)$$

其中， $Q_N$  为标准状态气体体积流量  $Nm^3/h$ ， $P_1$  为阀前绝对压力  $KPa$ ， $P_2$  为阀后绝对压力  $KPa$ ， $\gamma_N$  为标准状态的气体密度  $kg/Nm^3$ ， $t$  为气体温度  $^{\circ}C$ ， $Z$  为气体压缩系数。

（一般取值为： $\gamma_N = 1.29kg/Nm^3$ ， $t = 0^{\circ}C$ ， $Z = 0.8872$ ）

对呼吸机系统，高压比例阀的阀前压力一般为  $150 KPa$ ，阀后压力最高为  $10 KPa$  (约  $100 cmH_2O$ )，故应应用公式 (2.2) 计算  $K_v$  值。

### 2.2.1.2 $C_v$

为得到  $C_v$  值，需要将  $K_v$  进行单位转换，其转换公式如下：

若  $K_v$  对应的流量单位为  $Nm^3/h$ ，气压单位为  $KPa$  时，

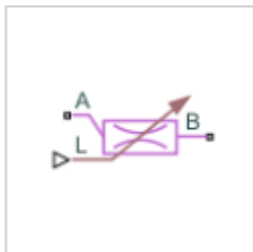
$$C_v = 1.156K_v \quad (2.3)$$

注意，若计算  $K_v$  时的单位不是国际单位制，如流量单位为  $L/min$ ，则系数 1.156 不适用于转换，需要进行相应的单位转换。

## 2.2.2 物理域模型设计

### Orifice (G)

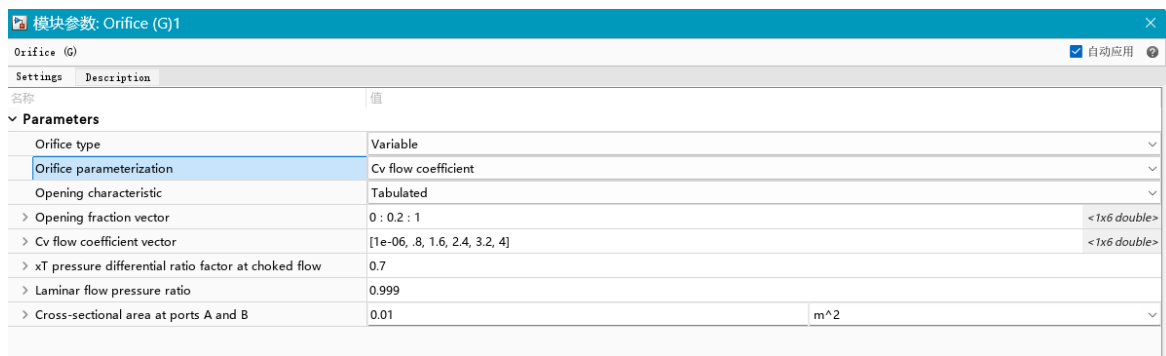
Flow restriction in a gas network



**Libraries:**

Simscape / Fluids / Gas / Valves & Orifices

本文的模型是基于 matlab 的 Simscape 模型库，使用 Orifice 孔板模块作为阀的模型，其主要参数选择如下：



其中，Opening fraction vector 为阀的开度向量，该向量为从左至右严格单调递增的、元素范围为[0,1]；Cv flow coefficient vector 为阀的 Cv 流量系数向量，该向量为从左至右严格单调递增的，向量长度与 Opening fraction vector 相同；Cross-sectional area ports at ports A and B 为孔板的两端管路通流面积；其余参数保持默认值。

将公式（2.3）计算得到的不同开度下的 Cv 向量代入 Cv flow coefficient vector，将不同开度的向量代入 Opening fraction vector。

## 第 3 章 总结

在高压气动比例阀的设计中，需要注意：

- （1）该模型只适用于“阀的开度与控制信号成比例关系，不受流量及压差影响”的阀；
- （2）流经阀的气体需要“均为稳流”，即马赫数小于 0.3，这对应于阀的最大体积流量和通流面积的设计；
- （3）流量系数 Kv 需要以国际单位制计算。