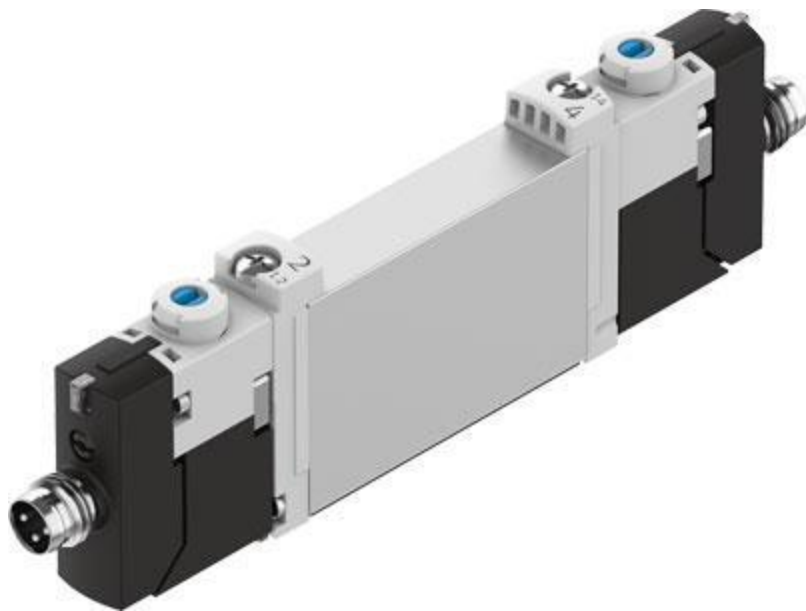


## 截止阀和滑柱阀的结构特点及应用



陈星

Festo 技术支持

2020 年 3 月 27 日

**关键词:**

截止阀，滑柱阀

**摘要:**

本文详细介绍了截止阀和滑柱阀的结构原理、特点及应用

**目标群体:**

本文仅针对对气动知识有一定了解和应用的工程师。

**声明:**

本文档为技术工程师根据官方资料和测试结果编写，旨在指导用户快速上手使用 Festo 产品，如果发现描述与官方正式出版物冲突，请以正式出版物为准。

我们尽量罗列了实验室测试的软、硬件环境，但现场设备型号可能不同，软件/固件版本可能有差异，请务必在理解文档内容和确保安全的前提下执行测试。

我们会持续更正和更新文档内容，恕不另行通知。

# 目录

|     |                 |    |
|-----|-----------------|----|
| 1   | 截止阀 .....       | 4  |
| 1.1 | 球形截止阀 .....     | 4  |
| 1.2 | 平面密封截止阀 .....   | 4  |
| 2   | 滑柱阀 .....       | 6  |
| 2.1 | 金属密封 .....      | 7  |
| 2.2 | 阀芯采用橡胶密封 .....  | 7  |
| 2.3 | 橡胶密封位于阀体上 ..... | 8  |
| 2.4 | 嵌入式橡胶密封圈 .....  | 8  |
| 3   | 小结 .....        | 10 |

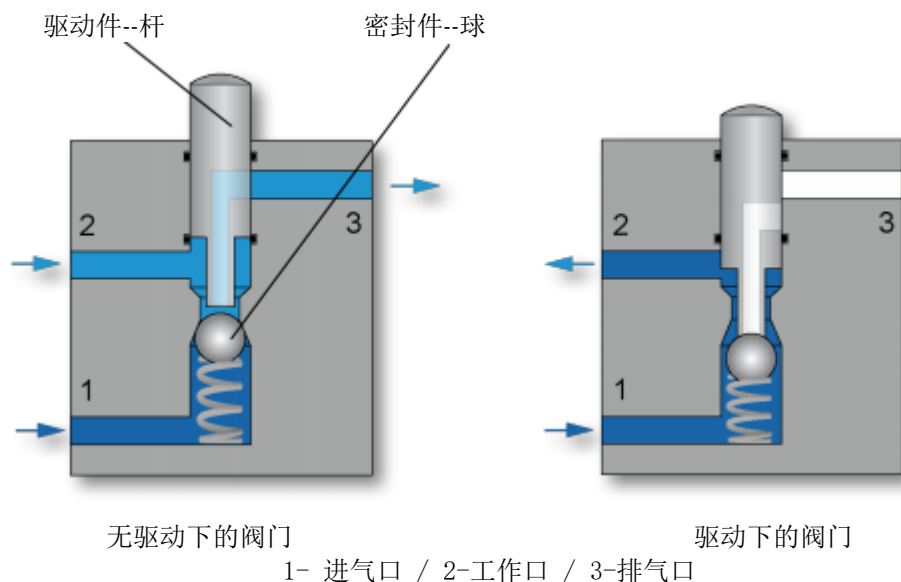
## 1 截止阀

截止阀设计简单，耐用，抗污性好。此外，它们能在非常小的行程中获得相对高的流量。然而，截止阀的缺点在于需要相对较高的驱动力。

基本上截止阀类别可分为两类：球形截止阀和平面密封截止阀

### 1.1 球形截止阀

这种截止阀系列设计极为简单，小巧，并且具有极高性价比。中心密封件是一个球，受到在1口的弹簧和工作压力的作用，被永久固定于密封位置。一个驱动件，位置相对于圆球的杆，作用在切换工作位置上。



复位弹簧和工作压力作用在圆球上，这意味着工作位置的转换需要相对更高的压力。球形截止阀通常用于手控，机控或气控控制，而不是电控阀。

由于这种结实坚固结构，在阀运动过程中，密封座的过载破坏基本上是不可能出现的，这是这种阀设计上的又一个优点。

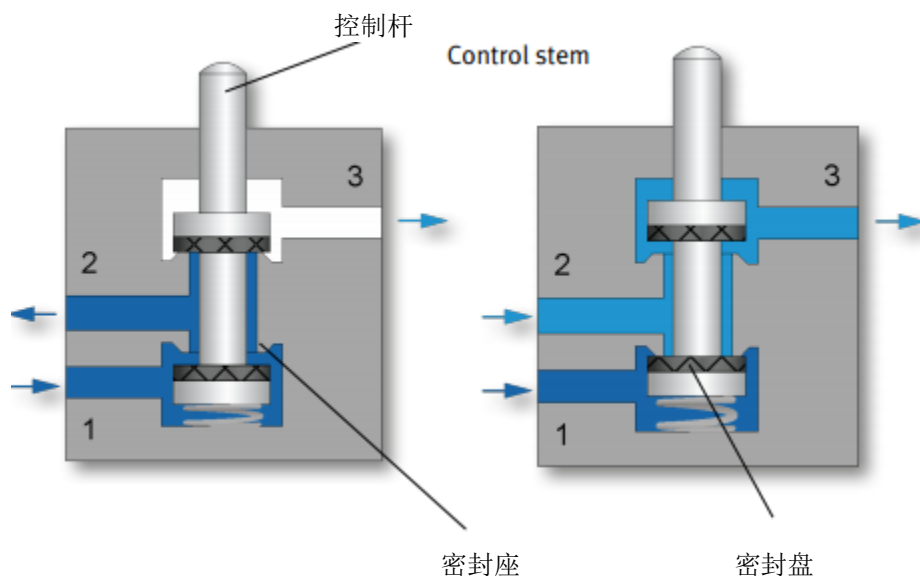
然而，球形截止阀体会产生很高的泄露量。所以它运用于要求不是很严格的场合。

球形截止阀有二位二通阀 (2/2) 和二位三通型阀 (3/2)。

### 1.2 平面密封截止阀

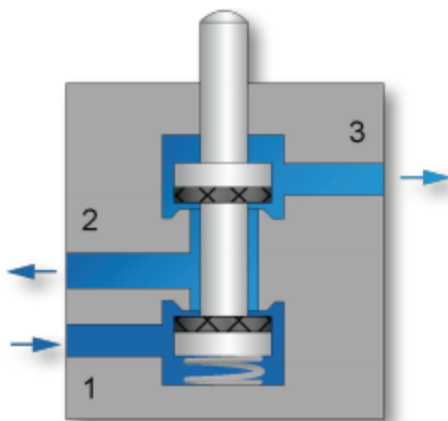
它的主要的密封件是一个或几个密封盘，根据密封件的结构和功能有三种不同的设计。

下图为最简单的结构。



在这个例子中，密封盘直接安装在控制杆上，弹簧作用使控制杆移动至初始位置，这个位置上其中一个密封件与密封座连接，如图所示，底下的密封件打开，而上方的密封件则关闭。

然而，对于切换过程的进一步研究暴露了设计中的一个缺陷：当控制杆切换至中间位置时，其中一个密封座已经打开了，而另一个密封座却还没有关闭，这样在短时间内三个通气管相互连接（窜气），即同时进行进气和排气，这一情况就是通常所说的窜气。这种不良的结果导致了相对高的泄漏和噪音。

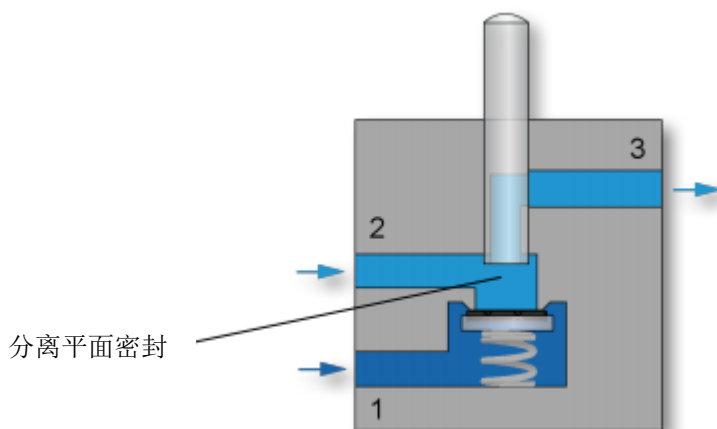


气门窜气：三个气口同时连通，在实际过程中，切换过程瞬间不会带来严重后果。

然而，问题可能会发生在内先导阀中，因为进气口1和排气口3连通带来的压力下降同样会影响到先导压力。而如果压力下降的太多，会导致阀不切换。

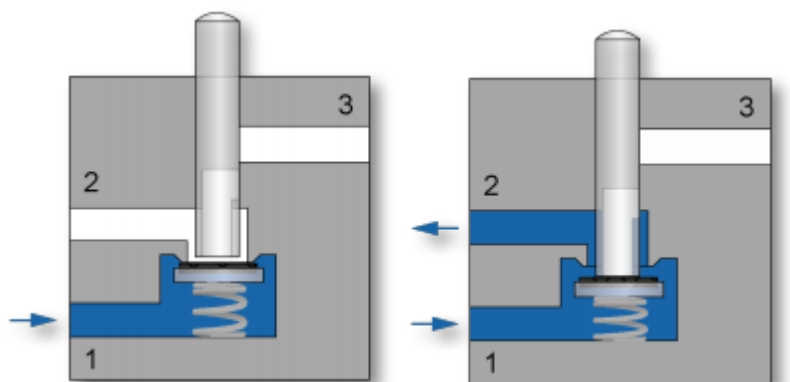
为了解决窜气的问题，让其中的一个密封盘不与控制杆直接连接——第二种派生为平面密封截止阀设计。

以“常闭式”阀为例，如果驱动控制杆，工作口2和排气口3之间的连接最初是关闭的。只有通过滑杆运动，使密封件向下移动，这样进气口1和工作口2才能连通。

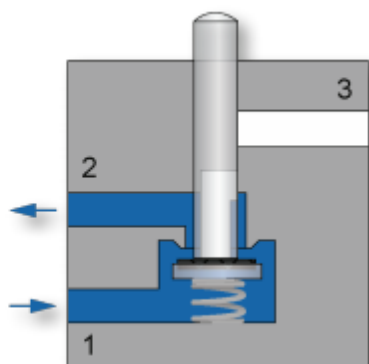


分离平面密封

控制位置1  
工作口2和排气口3的连通



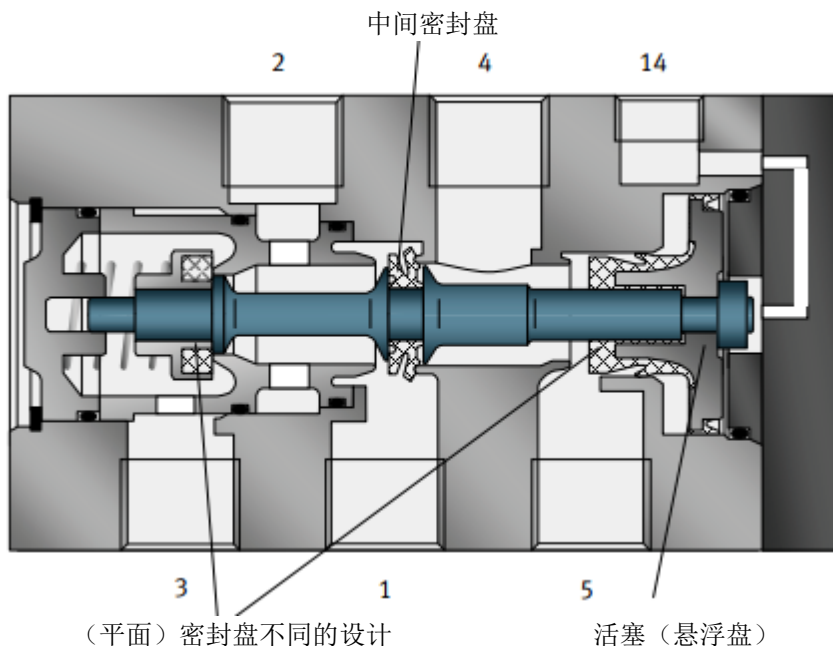
中间位置  
将工作口2和排气口3连通  
进气口1和2口关闭



控制位置2  
工作口2和排气口3关闭  
进气口1和工作口2是打开

当然，不是所有的平面密封阀都设计成二位三通阀。为了获得一个二位五通阀，需要3个密封盘。由于中间的密封盘在两个密封座之间前后移动，即“悬浮”于它们之间，这第三种派生阀也被称为浮动的截止阀。

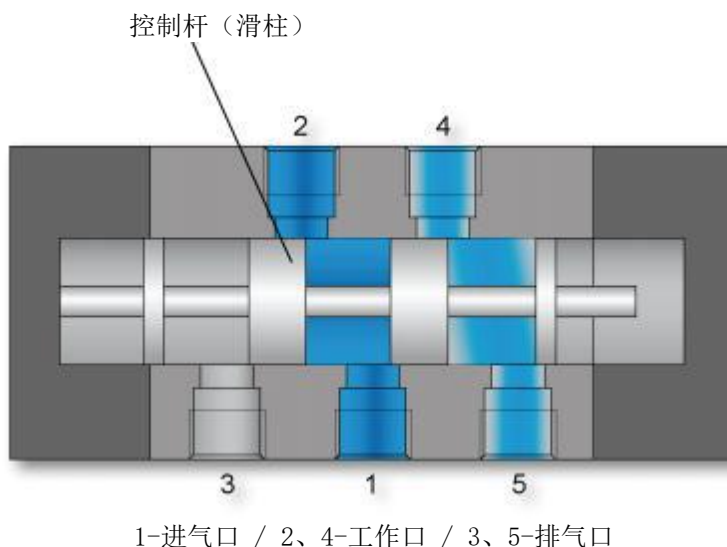
这幅插图显示了一个实际的结构，它清晰说明了“前后浮动”中间密封盘，同样这三个盘的不同密封设计。



上图所示的气控阀。压缩空气从14口进入，轴移动到初始位置2，关闭了右边的密封座，同时中间密封圈的右边打开了，左边的密封座关闭。

## 2 滑柱阀

滑柱阀，是以滑柱作为控制单元，通过活塞杆的移动，改变气流通路的接通与关闭。



相对于截止阀，滑柱阀的驱动力要小，因为滑柱阀在驱动过程中不需要考虑由于工作压力产生的背压。

另一个相对于截止阀的优点是重叠（窜气）问题在这里可以轻易解决，从而消除了的泄漏和噪音。滑柱阀基本不产生窜气。

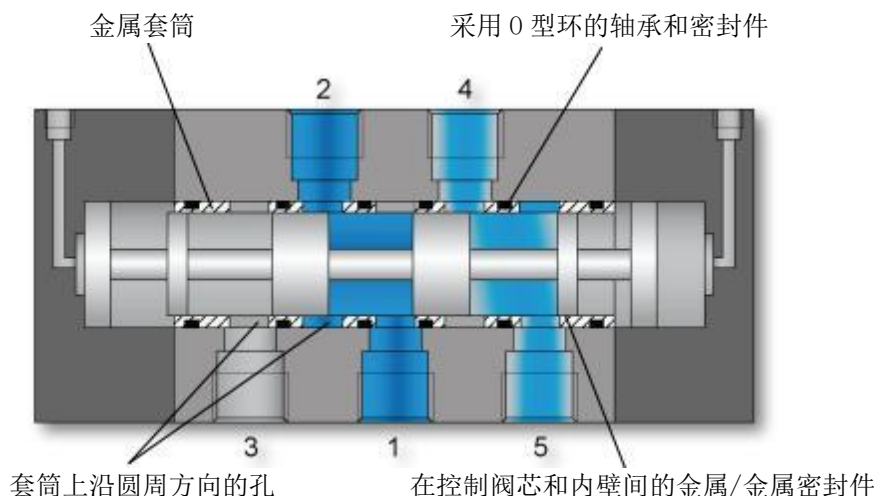
然而，滑柱阀也有缺点，即行程要比截止阀大，这一行程与阀芯的结构导致了滑柱阀的整体需要更大的尺寸。

从制造的技术工艺上考虑，滑柱阀更加复杂。密封技术较为特殊，共有四种派生密封结构产生：金属密封；阀芯采用橡胶密封；橡胶密封位于阀体上；嵌入式橡胶密封圈。

## 2.1 金属密封

正文这是最为耐用的密封结构/形式，但是也是最为复杂的。在气动阀中要求相当高的精度，在阀芯和孔的制造精度最大间隙为2um到4um，这一精度通过研磨抛光法获得。

从商业的角度考虑，对于阀芯轴，不直接将阀芯与阀体内壁接触，而是在阀体上装上金属阀套将更加经济实用。阀套与阀芯尺寸是匹配套并且一起形成阀的驱动机构。



然而，这几微米紧密的间隙需要进一步的结构测量。阀套需要以极小的间隙装入阀体中。通过这种方法，成对的阀套与阀芯才不会由于螺栓紧固而引起阀体的变形而对装配带来影响。这是通过带有 O 型圈的阀套浮动安装来实现的，这要求阀套与阀体保持密封。

同样，阀芯和孔之间由于在不同温度下的膨胀系数不一样，将会带来卡死或出现的泄漏。如果采用钢制的阀芯和铝制的阀体直接组合，可能导致故障。这就是阀芯要套在一个钢制的阀套里的原因。同种材料具有同样的膨胀系数，就不会带来上述的消极影响。

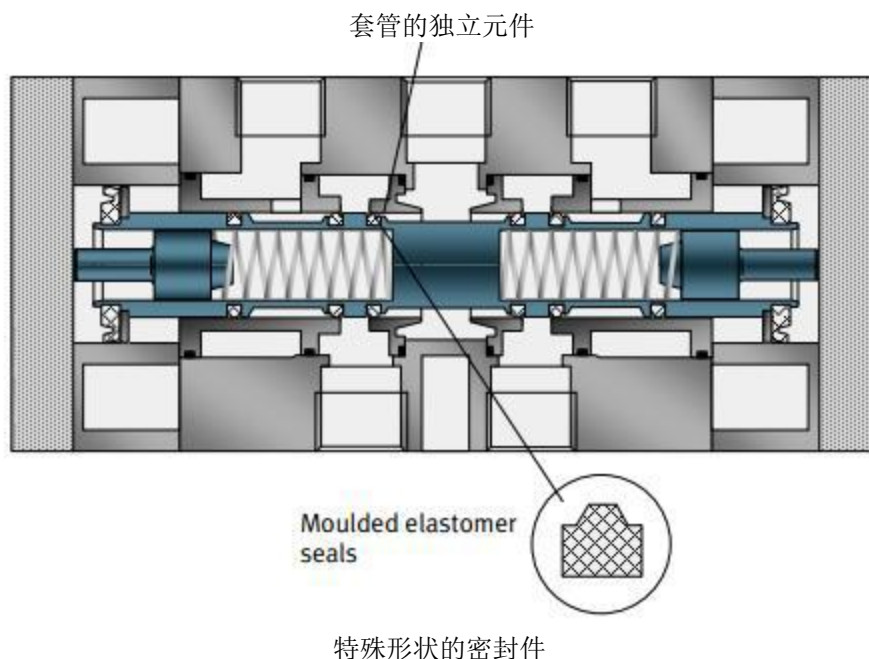
如果切换位置改变，阀芯通过管孔与空气接触，通常情况下，凹槽都在阀体管孔的位置。如果阀芯直接在阀体上的沟槽上滑动，阀芯就会很快磨损，为了避免这一现象，阀套周围提供一些孔，这种轴套因此有几种功能。

如上面已提到的，金属/金属密封具有很好的耐久性，但是它们中存在着少量的泄漏（特别是由于阀套的使用），通常在相同的尺寸下降低了流量。

除了很好的耐久性，硬质密封的长处是即使在停止运转状态下，阀可用完全动态进行转换。软密封结构有时会产生粘着效应，如果不经常启动，可能使材料很快磨损或直接损坏。

## 2.2 阀芯采用橡胶密封

对于金属密封而言，更便宜的结构是采用橡胶密封（O 型圈或弹性密封）在阀芯上。



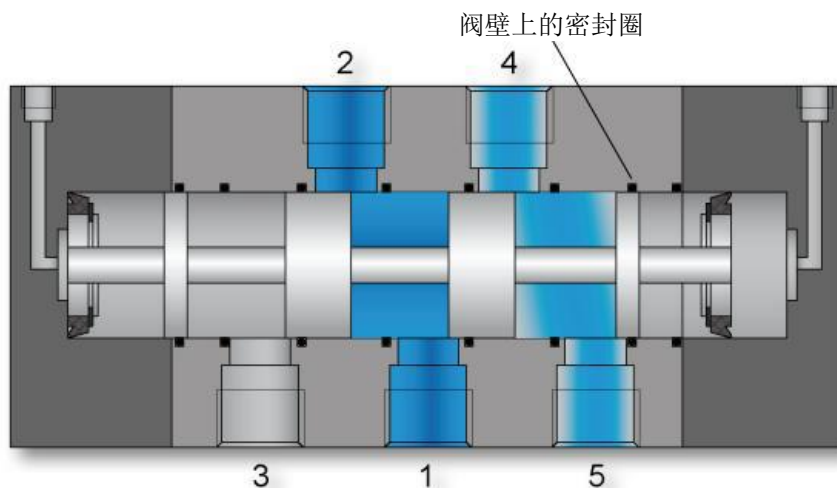
当活塞主轴穿过气口边缘时，磨损问题同样存在。这种边缘设计就是所谓的控制边缘，采用引导向轴套是非常重要的。密封通常采用弹性密封。这种形状是确保阀芯平滑穿过的最好的边缘控制方式。

以上所示的解决方式是一种运用于阀芯中的密封结构。这代表一种与时俱进和低成本解决的方案。如有采用合适的材料和优化的密封件尺寸，这将达到有150万到200万切换寿命。这适用于大多数的应用场合。

### 2.3 橡胶密封位于阀体上

然而，有一种方式不需要轴套。这就是密封圈直接安装在阀体上。这种方案看上去相当令人满意，但也有三个缺点。

第一，从产品设计上，由于密封圈要装配到相对更深和小的孔径中，这就使得制造精度高的沟槽变得很困难。对于很小型的孔，这几乎不可能。如果不采用O型圈而是使用弹性密封圈，就需要凹槽清根。



1-进气口 / 2、4-工作口 / 3、5-排气口

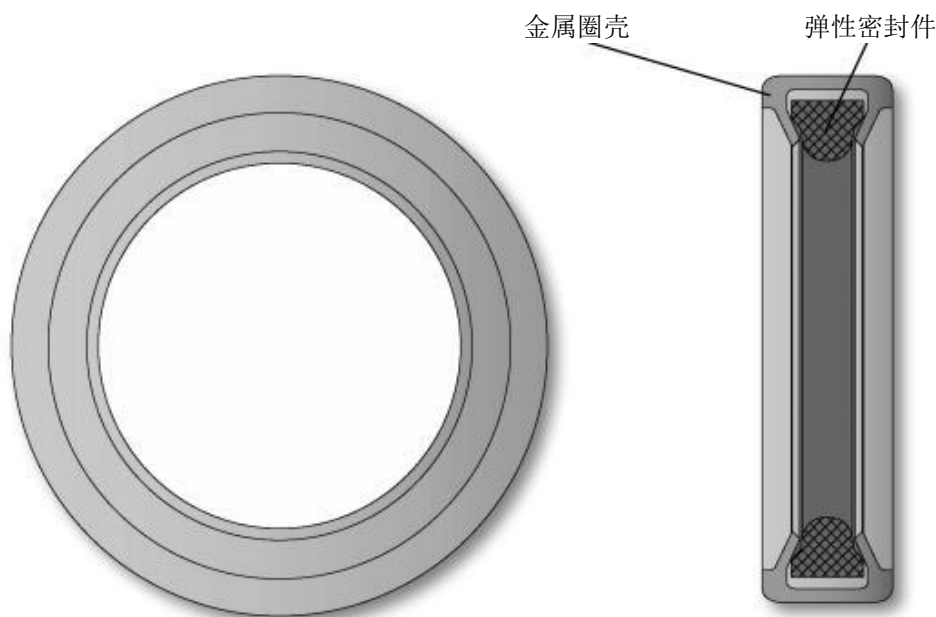
第二，尽管采用适当的导套，密封圈的装配也不容易。

第三，每个活塞都需要与切换位置数量相同的密封圈如果4个活塞和2个工作位置就需要 $4 \times 2 = 8$ 密封圈

这一设计的优势在于，生产阀芯较容易且不需要金属轴套。由于没有密封件需要穿过凹槽并且也不需要金属与金属密封的公差配合。

### 2.4 嵌入式橡胶密封圈

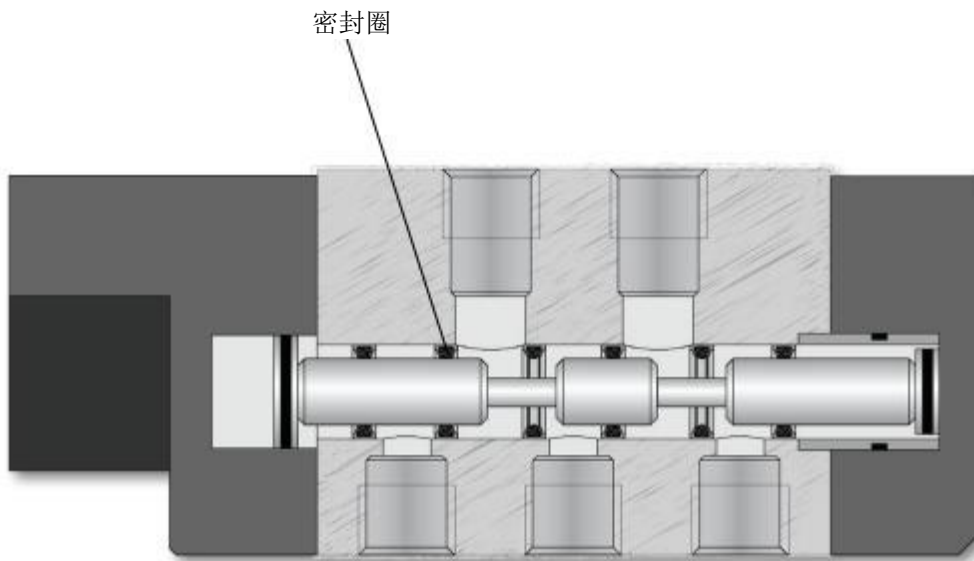
为了充分利用密封结构的优势和避免它的缺陷，就产生了一种叫做卡圈密封圈。这个卡圈密封圈由一个金属圈组成，金属圈中是一个异形圈。



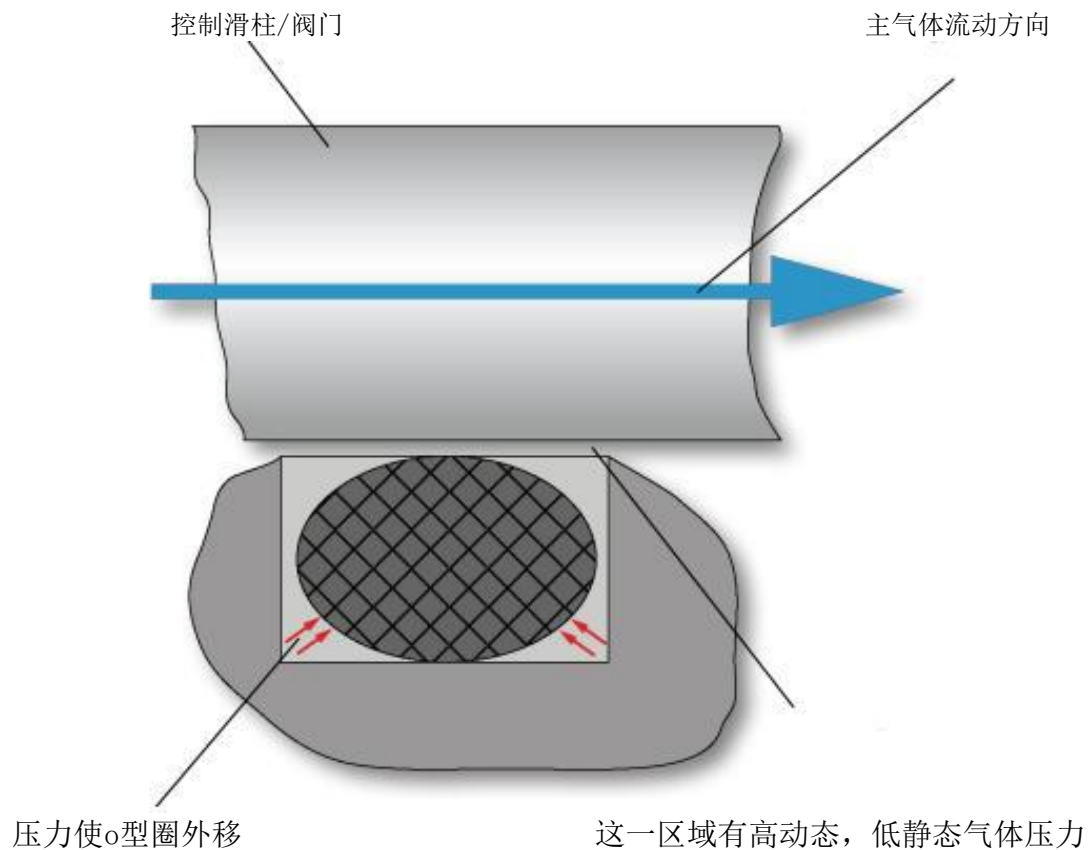
这一设计有以下几个优点：

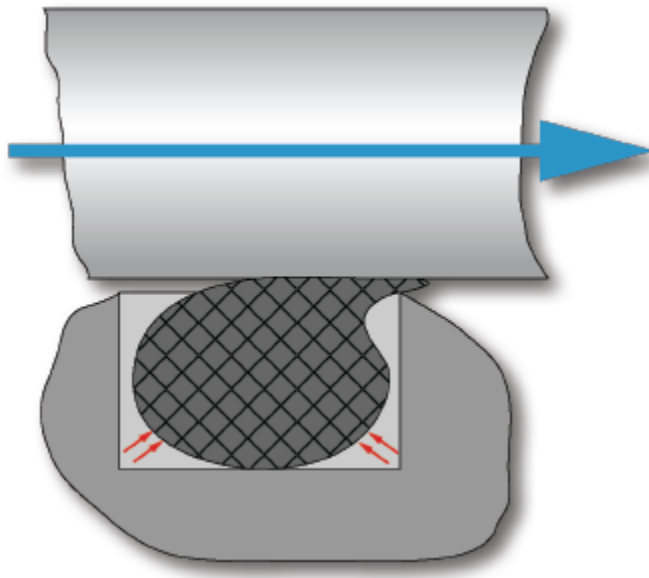
第一，用来压装在公差孔中的卡圈是光滑的。这有利于生产和后续阀的组装

第二，卡圈可以用于直接组装到阀体带有下切口凹槽的情况中，正如以上所述，这些下切口生产比较困难，某些情况不能生产，或者不是很经济的。



模压密封圈更加适合压入阀体，磨损小。O-型圈也不需要清根切凹槽，这存在一种有趣的现象，由于气体流经O型圈，在凹槽的区域产生了不同的压力。在气体流动作用下，在凹槽的底部产生了比上边更高的静态压力。这渐渐使密封圈脱离了凹槽。这让密封圈移动至阀芯与阀体之间，这会导致密封圈承受更大的载荷并且提前泄漏或完全失效。





尽管这一现象取决于空气的流动速度，在8bar的压力情况下，这具有一定的规律。这种现象在不同制造商之间差异明显。

### 3 小结

截止阀：

优点：阀芯行程短，体积小。

开口大，抗污染性强

缺点：驱动力大，噪音大；结构复杂；耐压低

滑柱阀：

优点：驱动力小，噪音小，成本低；

耐压高，寿命长；

通用性强，这种结构易设计成多位多通阀

缺点：阀芯行程长；对气源净化处理要求较高。

所以，在相对干净的应用环境下，可选择滑柱阀；在粉尘多、湿度大等恶劣环境，则选择截止阀。