

## 低速高压旋转密封选型介绍 part1

来源: 爱力领富  
作者: 郝晓晗

旋转密封作为密封件的集中典型应用之一,在设计的时候需要经常接触,相较于直线密封旋转密封的选取是有一定的技术要点,本课件主要介绍如何高效、合适地选取应用于旋转工况的密封产品,现分为两部分来介绍。本次涉及的是低速(线速度低于 2m/s)、高压(2~40MPa)、重载应用的一些密封的选取。

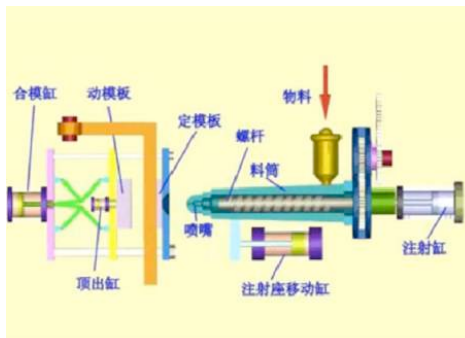
### 一. 应用场合介绍

低速重载的产品主要应用于以下场景:

液压旋转接头



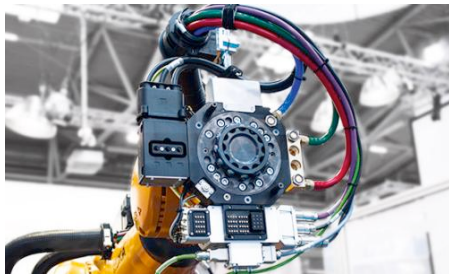
注塑机注射缸



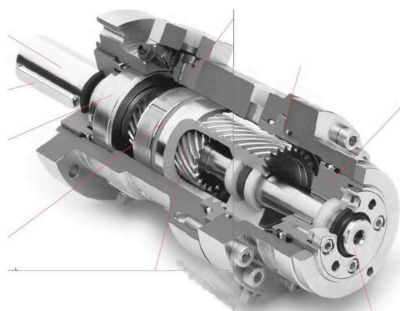
重型移动设备的液压转向器



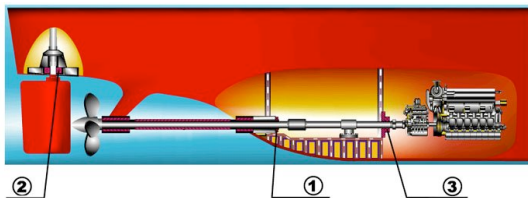
重载机械手的换刀/换模



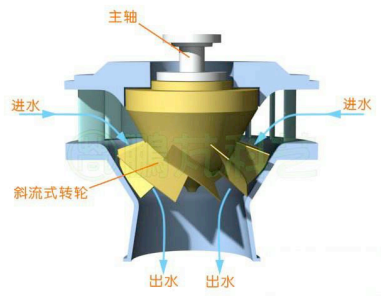
液压摆动油缸



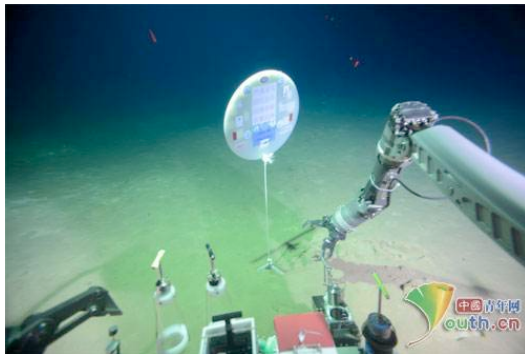
船舶舵机、推进等



水电



水下设备



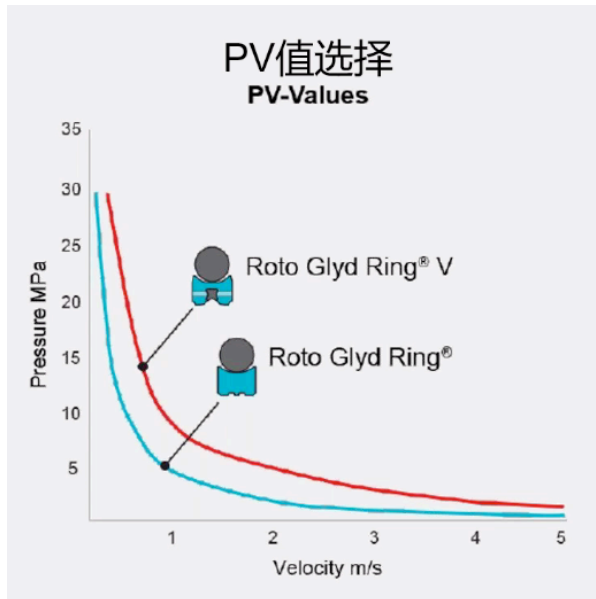
制药/食品灌装设备

等等其他应用场合

## 二. 技术要点

1. 低速、重载旋转密封在大多数场合需要承受一些径向力，这就对机械结构提出了一定的要求，需要采用滚动/滑动轴承来保证运动部件的轴向跳动。

2. 低速重载旋转油封一般要求计算油封本身所在工况的 PV 值。根据不同的 PV 值来确定应用的产品。需要注意的是 PV 值曲线并不是一条定斜率的直线，而是类似于下图中的类双曲线



3. 在确定 PV 值以后的特别重要的一点是高压重载油封的最高允许线速度一般是 2m/s，如果运动部位是聚氨酯类的还会更低一些。

4. 旋转密封场合相对直线运动存在介质流动性差，进而导致润滑、散热情况会更差。

5. 旋转部件会因为磨损（配合部件和密封件都磨损）存在摩擦力变化。

6. 磨损产生的残渣碎屑比较难从摩擦部位排出，会在后续使用中持续摩擦磨损部。

### 三. 密封产品方案

#### 1. 旋转格莱圈



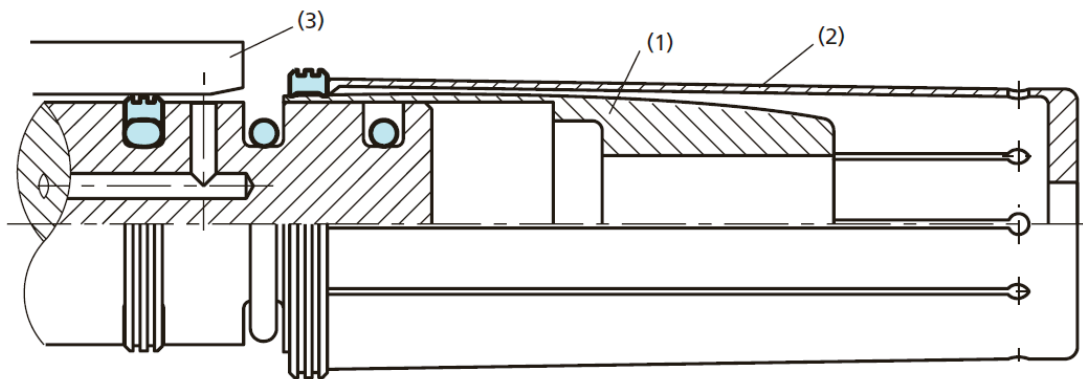
密封原理:

PTFE 部: 摩擦系数极小 (与钢摩擦 0.04 附近) 带有自润滑特性, 添加剂为石墨类会增加自润滑的效果。PTFE 本身对于介质兼容性极强 (几乎耐受所有介质), 适温范围极宽 (-200℃~260℃), 耐候性, 抗氧化性都非常好。结构上带有储油槽有利于油膜的保持。但是本体基本没有变形量, 没有什么补偿性。

O 型圈部: 为整个油封提供预紧力保证密封处于过盈配合选用不同材料的 O 型圈可以实现不同介质的兼容, 可选的一般为 NBR/FKM/EPDM 等材质。本密封的极限兼容条件都取决于 O 型圈部。

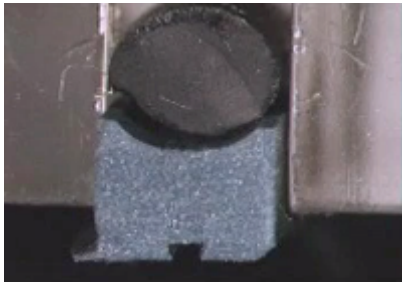
密封特点: 应用场合比较广泛, 耐压等级较高, 加工尺寸特别方便, 可以轻松应用于直径不大于 0.5m (部分品牌可以做到 2.7m) 的密封场合。此型 PV 值一般低于 2MPa · m/s (压力和线速度乘积), 使用温度范围取决于所搭配的 O 型圈的性质, 一般可以低至 -45℃, 高温到 200℃。请注意低温和高温并不是同时存在。由于该密封在结构上有储油槽的设计, 会有少量油液存在于储油槽保证密封件油膜的存在。同时这种类型的旋转密封不能用于长期保压的工况, 因为 PTFE 的物理性质决定了这种类型油封并无补偿量的存在。

另外本型油封当使用在轴端时, 装配需要工装辅助, 如 PTFE 部在装配过程中变形较大, 需要使用专用的矫正模具进行矫正。装配指导如下:



其中 1 号为保护工装套, 2 号为压装工装, 3 号为矫正工装。

需要注意的是在使用过程中随着密封圈的变形、磨损, 可能会导致 O 型圈和 PTFE 部粘连后一起运动 (如下图)。

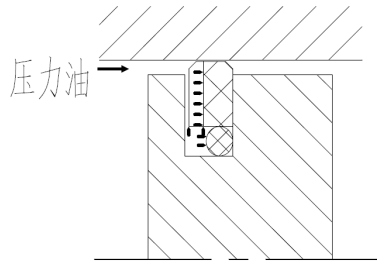


O 型圈在槽内运动, 会对沟槽加工精度提出一定的要求。因此沟槽内的表面精度需要低于 Ra 1.6, 建议 Ra0.2~0.8, 配合部 (与密封件摩擦部) 加工精度建议是 Ra 0.2 以下最低 Ra0.05, 硬度建议 HRC 45 以上。

需要特别注意的是旋转格莱圈/斯特封 PTFE 材料选取添加剂不允许有青铜粉。

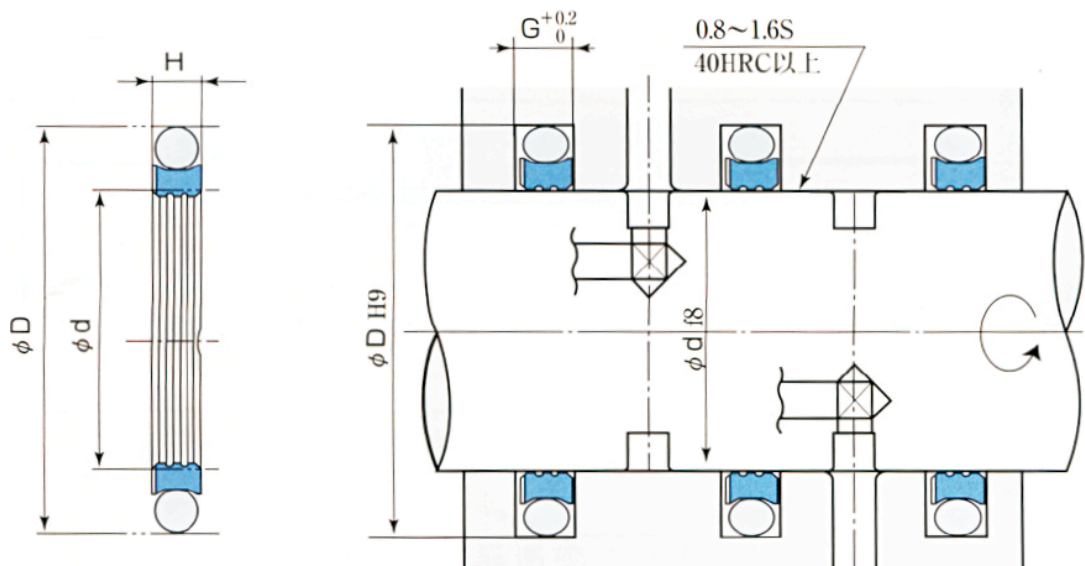
## 2. 从第一种旋转格莱圈发展而来的带有泄压结构的旋转格莱圈。

密封原理: 该型密封特点是带有面向高压侧的泄油孔, 将少量油液导入到油封的摩擦面和储油槽槽内, 预先行成润滑, 降低对油封的冲击和加速油封进入密封状态。

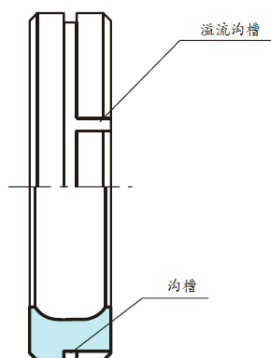


由于有结构上的优势，本型油封的 PV 值要略高于第一种油封。可以达到  $2.5\text{MPa} \cdot \text{m/s}$ 。其他应用注意事项与第一种应用类似。

我司总代理的阪上密封件在这个项目因原材料和加工工艺的特殊，目前处于领先的地位，在高压回转接头应用介绍如下：



3. 在 2 号类型上发展的新结构的密封。如下图

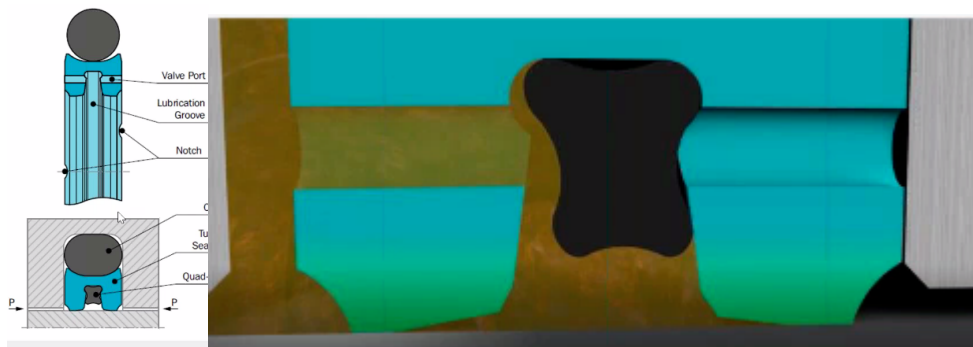


这种类型的油封直接把泄油槽导入到储油槽内，进一步降低了旋

转格莱圈摩擦力，同时平衡了一部分侧向力，因此这种结构的密封圈摩阻力更低，但是相应内泄量也要大于前两种。

同时需要注意，**本型油封是一种单向油封**，带有泄油槽的这一面需要面向高压密封区域，如果双侧都有高压，那么需要背靠背搭配使用。

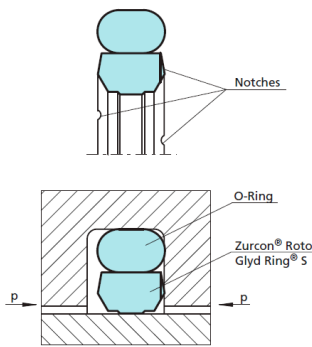
4. 为了解决第三种旋转格莱圈单向密封的问题，在第三种结构上又发展出了第四种旋转格莱圈。如下图：



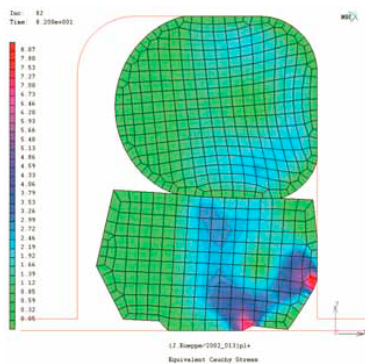
该密封的密封原理如右上图，密封本身在泄油槽的基础上增加了导油孔，当的导油孔在压力油进入的时候会直接进入油封中部的槽内形成和第三种旋转格莱圈一致的受力状态，同时油封中的星型圈密封住另一侧的导油槽，防止内泄。而后的密封原理与其他旋转格莱圈是一致的。

这种密封的结构实现了双向高压，同时可以允许密封以非常高的 PV 值运行（某品牌可以做到  $10\text{MPa} \cdot \text{m/s}$ ），响应快，摩阻力低，但是相应的内泄会增加一些。

5. 在旋转格莱圈的基础上现在发展出了基于聚氨酯结构的旋转密封圈，其结构如下：



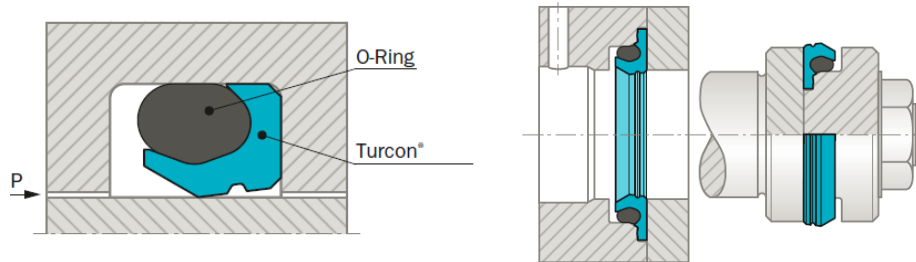
密封原理：基础构架与上面旋转格莱圈的是类似的，与运动部件接触的采用聚氨酯橡胶为材料的摩擦部件，顶部采用 O 型圈保证密封性。聚氨酯具有耐磨性好，能注塑加工，有弹性、有补偿性、易装配等优点。但是同时也有耐温差（一般 $-25^{\circ}\text{C}\sim 100^{\circ}\text{C}$ 为极限）、耐介质差（不耐酸碱、水等）、摩擦系数高（0.18 附近，大约是 PTFE 的 4~5 倍）等缺点。同时聚氨酯材料硬度比 PTFE 比较软，容易发生形变，不容易保证密封形状。



本型油封特性是类似于上图，当部件带压旋转的时候，由于油封变形承压的背向侧只有两条线密封，摩擦面极小，产生的结果是此型油封的摩擦力反而低于上面的 PTFE 作为摩擦部的旋转格莱圈。某品牌最大 PV 值也可以达到  $6.5\text{MPa} \cdot \text{m/s}$ 。同时在 30MPa 的高压情况下，本型油封的摩擦力矩只有其他几种旋转格莱圈的  $1/2$ ，磨损量只有上面几种格莱圈的  $1/5\sim 1/8$ ，与此同时本型油封

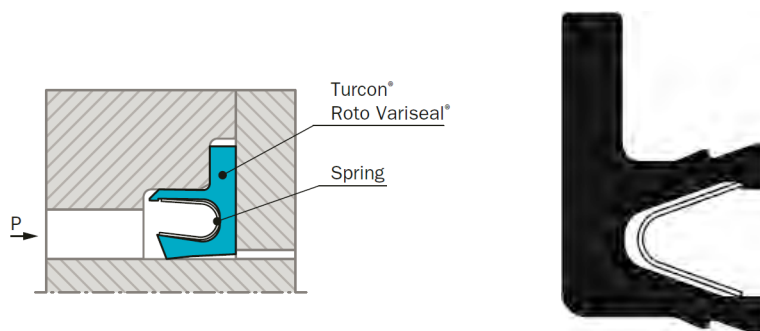
由于材料基础性质问题，基本没有泄露（泄漏量是上面几种油封的 1/10 不到这样）。可以说这种类型油封在高压状况下是非常好的一类油封。

## 6. 特异型的斯特封



这几种属于同一种密封原理。即类似旋转格莱圈，但是在唇口有特殊的形状，接触面有应力集中点，更方便密封和刮除杂质，同时对 O 型圈提供支撑作用改善 O 型圈的受力情况。此型密封的耐受 PV 值也可以达到  $6.5\text{MPa} \cdot \text{m/s}$ 。需要注意的是本形状的油封为单向油封。应用场合多在伐木机械和工业机械手。

## 7. 泛塞封



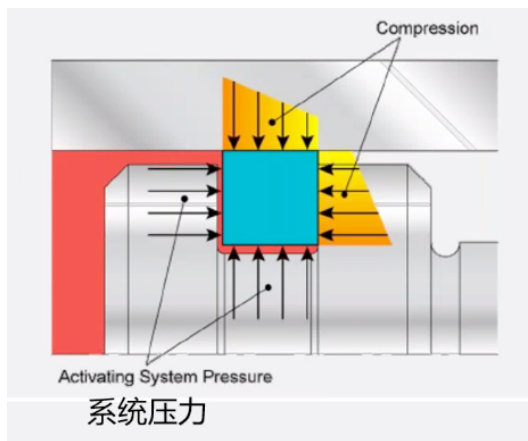
密封原理：

泛塞封分为密封部件和 V 型弹簧两部分，密封部的材质为 PTFE 类材料，弹簧部根据不同的介质选定不同的金属（绝大多数为不锈钢）作为材料。当低压、低温、低速时由弹簧保证密封性，当

转速提升后和带压情况下就以密封唇来保证,密封的基础原理类似于 Y 型圈的密封原理,当压力介质进入唇口后会 把唇口撑开自形成自密封的结构。

基于本密封密封唇口的材料性质,本类型油封大多应用于像水下、食品、医疗行业、注塑机等对于介质兼容性、安全性有较高要求的场合。

### 8. 纯 PTFE 矩形密封环



密封原理:与矩形密封圈是一致的,采用过盈配合。由于只使用了 PTFE 作为密封材料,这种密封圈的特性非常好。介质兼容性极佳,耐温范围 $-200^{\circ}\text{C}\sim 260^{\circ}\text{C}$ ,PV 值可高达  $10\text{MPa}\cdot\text{m/s}$ ,同时允许  $15\text{m/s}$  以下的线速度。但是缺点是由于 PTFE 没有变形量和弹性,在密封和运动部件的配合间隙是有一些漏油量的,因此这种密封天然的是具有内泄、泄压的特性。

应用范围方面多应用于减震器或者作为油缸的缓冲环,或者注塑机的旋转密封。这种密封环可选开口和闭口,在开口部分可以选择切口的形状,满足不同的工况要求。

#### 四. 总结

总体来说低速、高压、重载油封是一种应用特殊，需要特别对应的一种应用场合。根据不同的使用工况选择不同参数的密封结构才能做到最终性能的满足。如需更详细的密封选型欢迎到我司进行交流。