

橡胶密封资料汇编

(内部资料 注意保存)

橡胶密封资料汇编

(内部资料 注意保存)

一九七六年四月

编辑：机械产品防漏座谈会密封资料
编写组

出版：广州机床研究所

印刷：广东新华印刷厂

目 录

橡胶 O 形圈的结构设计及应用

.....铁岭橡胶工业研究所 (1)

O 形橡胶密封圈模具设计及加工

.....上海钢模厂 (14)

密封件用橡胶简介

.....铁岭橡胶工业研究所 (22)

橡胶 O 形圈的结构设计及应用

铁岭橡胶工业研究所

一、概 述

“O”形圈是断面呈圆形的密封件，一般安装在机械零件的沟槽里，在两件相配偶的零件（运动的或静止的均可使用）接触时，产生一定的弹性压缩而起密封作用。同其它密封件相比，具有结构简单、装卸方便、密封可靠、动摩擦阻力小、无须周期调整等特点。因而广泛用于机床、汽车、拖拉机、工程机械及各种液压件的固定与运动密封。据统计，我国机械产品所需的密封件中，“O”形圈占 50% 以上。但鉴于它在空压机器及低摩擦运动中，始动摩擦阻力较大，（约为动摩擦阻力的 3~4 倍）和在较高速度下断面易扭曲破坏，所以设计和使用时均须留意。

小小“O”形圈，价格低廉，常不易引人注意。但其质量好坏直接关系到整机效率和能力的发挥。特别在半自动生产线或自动线上，常因个别“O”形圈失灵，引起很大损失。如某厂一条半自动铸造生产线，共有五十多个双气控滑阀，曾因其中一个双气控滑阀的密封圈出问题而使全线停产，一次就浪费铁水 4 吨多。有的自动化机床因严重漏油而不得不停产修理，因此，目前已受到各部门的重视。

本文着重介绍“O”形圈的结构设计要点和安装使用注意事项。

二、“O”形圈的结构设计

“O”形圈的使用性能和寿命，除直接和材质有关外，和本身结构、配偶件之组合尺寸、偶件的表面状态也有关。因此，对密封件的研究，不仅要考虑材质性能，还要着重考虑“O”形圈结构设计的合理性以及偶件的表面状态等。

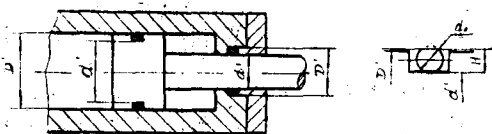


图 1 压缩量示意图

2—1、压缩量

2—1—1 压缩量的概念

压缩量 δ 系指“O”形圈在自由状态下的断面直径，安装在密封沟槽中以后的径向压缩值，见图 1。压缩量 δ 通常以下式表示：

$$\delta = d_0 - \frac{D' - d'}{2} = d_0 \cdot H \quad (\text{毫米})$$

式中: d_0 —“O”形圈在自由状态下的断面直径 (毫米)

D' —缸径或缸体上开沟槽时的沟槽底径 (毫米)

d' —活塞沟槽底径或缸体上开槽时的活塞杆直径 (毫米)

H —密封沟槽高度 (毫米)

对于压缩量亦有以压缩率 K 表示的, 即压缩量 δ 与“O”形圈在自由状态下断面直径之百分比, $K = \frac{\delta}{d_0} \times 100\%$ 。

压缩量 δ 的大小, 是直接影响“O”形圈使用性能和寿命的重要因素。压缩量过小, 密封性能不好。压缩量过大, 则压缩应力增大, 摩擦阻力也相应增加, 并且易产生扭曲破坏, 寿命缩短, 甚至也造成装配困难。因此, 合理选择压缩量很关键, 一般在保证密封的前提下, 压缩量以较小为宜。

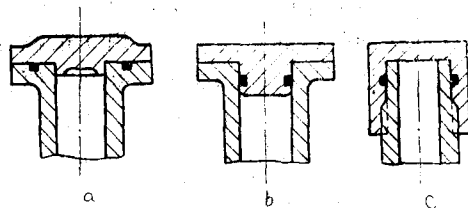
根据不同使用条件 (压力、温度、介质), 不同工作状态、压缩量大小亦不同。

2—1—2, 固定密封的压缩量

①用于一般设备:

一般设备固定密封所用“O”形圈 (见图 2)

其压缩量较大。平面法兰 (图 2 a) 的压缩率 K 为 15~25% 左右, 而圆筒式固定密封 (图 2 b、c) K 为 13~21%。



a、平面法兰 b、缸盖法兰 c、缸螺纹法兰
图 2 固定密封示例

②用于真空设备:

真空设备所用的“O”形圈均作固定密封用, 其沟槽设计与一般设备相同。但由于压力差极小, 且不允许有微量的泄漏。较小的压缩量就不能使“O”形圈对密封沟槽的凸凹不平面完全补偿, 从而失去密封作用。因此, “O”形圈用于真空设备的固定密封时, 其压缩率 K 一般在 30% 左右。但也不能为了保证密封的可靠性而无限度的提高压缩量。如某 600 口径油扩散增压泵, 其密封圈的压缩率曾取 >83%, 致密封圈被压裂, 故设计时须妥为选择。

2—1—3、运动密封的压缩量

“O”形圈用于运动密封时, 为了减少摩擦阻力, 压缩量应比固定密封时小。根据运动形式不同, 压缩量也不一样。

① 往复运动: “O”形圈用于往复运动时, 无论是内径还是外径作滑动密封 (见图 1) 压缩率 K 为 10~20% 左右, 一般取 K 为 10~12%。据日本盘根技术便览介绍, “O”形圈在拉伸安装后, 断面直径变小, 此时压缩率也相应减少, 故推荐实际压缩率 K 不得小于 8%。

② 旋转运动: “O”形圈用于旋转运动时, 在设计上必须考虑“焦尔”效应。“O”形圈在拉伸状态下进行安装, 旋转轴和“O”形圈总是在一个部位上接触转动, 摩擦热集中一点, 这样“O”形圈从外部加热后产生收缩, 因此作用在旋转轴的摩擦力加大, 摩擦热发生—收缩—摩擦力增大—摩擦热增大, 不断的恶性循环, 必然加速“O”形圈磨损, 早期老化损坏, 因此在设计时必须注意。为了克服焦尔效应带来的不利, 国外“O”形圈的

内径比旋转轴的直径大 5%，外径的压缩率 3~5% (图 3)，轴的偏心在 0.05~0.15 毫米左右。按照此法，据资料介绍可在线速度 4~7 米/秒下进行使用。目前国内在工程机械及车辆上用于线速度为 7 米/秒的场合，密封性能良好。



图 3 旋转运动用“O”形圈示例

③ 低摩擦运动：“O”形圈用在空压设备和低压设备上，存在着始动摩擦阻力大的缺点。如果压缩量大，始动摩擦阻力愈大，因此应选取比一般运动状态下较小的压缩量。据日本盘根技术便览介绍低摩擦运动的压缩量取一般往复运动压缩量的 $\frac{1}{2} \sim \frac{1}{3}$ 。济南铸造锻压机械研究所设计的双气控换向滑阀，使用的“O”形圈的压缩率取 5~8%，始动摩擦阻力为 1.2~1.6 公斤。

2-2、拉伸量

在一般情况下，“O”形圈的实际内径均小于其活塞沟槽底径或活塞杆径，使“O”形圈内径处于拉伸状态下进行安装使用。因而出现拉伸量这一概念。拉伸量以下式表示：

$$\alpha = \frac{d_1 + d_0}{d' + d_0}$$

式中： α —拉伸量

d_1 —“O”形圈实际内径 (毫米)

d_0 —“O”形圈断面直径 (毫米)

d' —活塞沟槽底径或活塞杆径 (毫米)

拉伸量 α 的大小，对“O”形圈的寿命有很大影响， α 过大，安装困难，此外也会因断面直径变化使压缩量降低，从而导致泄漏。据资料介绍 α 一般取 1~5%，个别资料也有按“O”形圈直径大小，推荐不同的 α 值见表 1。

表 1 推荐的 α 值

“O”形圈直径	10~20	20~70	70~100	100以上
α	1.025~1.020	1.020~1.015	1.015~1.010	1.010

由于“O”形圈内径有拉伸使断面有一压缩，其值为 δ_2 (见图 4)。当“O”形圈装入密封沟槽后，外径亦受一压缩其值为 δ_1 ，此时，断面总压缩 $\delta = \delta_1 + \delta_2$ 。据介绍当 $\delta_1 = \delta_2$ 时，表明“O”形圈的中心周长与沟槽中心线的周长相等。当 $\delta_2 < \delta_1$ 时，中心线受到压缩。当 $\delta_2 > \delta_1$ 时，中心线被拉伸。从老化寿命考虑，在实际使用时应尽力避免 $\delta_2 > \delta_1$ ，特别是安装在有脉冲压的动密封处，更要注意。当 $\delta_2 < \delta_1$ 时，并不能只考虑内部受压缩，往往还因压缩量较大而寿命也相应缩短。总之 δ_1 与 δ_2 均不能过大，过大还会给安装带来不便。

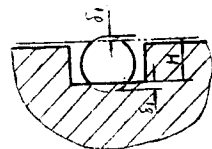


图 4 内外压缩分布

目前从各国的内外压缩量 δ_1 和 δ_2 的分布来看，均不一致。从对国内外“O”形圈标准计

案 2 表 2

公差数值 d_0 d_1		公差变化		d°			d_1°			d_0^+			d_1^+			d_0^-			d_1^-			d_0			d_1			d_0			d_1		
		压 缩量 (率)		δ_1	δ_2	δ	δ_1	δ_2	δ	δ_1	δ_2	δ	δ_1	δ_2	δ	δ_1	δ_2	δ	δ_1	δ_2	δ	δ_1	δ_2	δ	δ_1	δ_2	δ	δ_1	δ_2	δ			
1.9 ± 0.08 7.7 ± 0.12		0.25	0.15	0.40	21	0.39	0.09	0.48	24.2	0.27	0.21	0.48	24.2	0.23	0.09	0.32	17.5	0.11	0.21	0.32	17.5	0.11	0.21	0.32	17.5	0.11	0.21	0.32	17.5	0.11	0.21	0.32	17.5
2.4 ± 0.09 14.6 ± 0.13		0.20	0.20	0.40	16.7	0.36	0.14	0.50	20.2	0.23	0.27	0.50	20.2	0.18	0.14	0.32	13.9	0.05	0.27	0.32	13.9	0.05	0.27	0.32	13.9	0.05	0.27	0.32	13.9	0.05	0.27	0.32	13.9
3.5 ± 0.11 48.6 ± 0.20		0.30	0.20	0.50	14.3	0.51	0.10	0.61	16.9	0.31	0.30	0.61	16.9	0.29	0.10	0.39	11.5	0.09	0.30	0.39	11.5	0.09	0.30	0.39	11.5	0.09	0.30	0.39	11.5	0.09	0.30	0.39	11.5
$G 3.1 \pm 0.10$ 59.5 ± 0.40		0.35	0.25	0.60	19.4	0.65	0.05	0.70	21.8	0.25	0.45	0.70	21.8	0.45	0.05	0.50	16.7	0.05	0.45	0.50	16.7	0.05	0.45	0.50	16.7	0.05	0.45	0.50	16.7	0.05	0.45	0.50	16.7
$G 3.1 \pm 0.10$ 104.5 ± 0.40		0.35	0.25	0.60	19.4	0.65	0.05	0.70	21.8	0.25	0.45	0.70	21.8	0.45	0.05	0.50	16.7	0.05	0.45	0.50	16.7	0.05	0.45	0.50	16.7	0.05	0.45	0.50	16.7	0.05	0.45	0.50	16.7
$G 3.1 \pm 0.10$ 139.5 ± 0.50		0.35	0.25	0.60	19.4	0.70	0	0.70	21.8	0.20	0.50	0.70	21.8	0.50	0	0.50	16.7	0	0.50	0.50	16.7	0	0.50	0.50	16.7	0	0.50	0.50	16.7	0	0.50	0.50	16.7
5.7 ± 0.14 52.4 ± 0.40		0.40	0.30	0.70	12.3	0.74	0.10	0.84	14.4	0.34	0.50	0.84	14.4	0.46	0.10	0.56	10.1	0.06	0.50	0.56	10.1	0.06	0.50	0.56	10.1	0.06	0.50	0.56	10.1	0.06	0.50	0.56	10.1
5.7 ± 0.14 114.4 ± 0.40		0.40	0.30	0.70	12.3	0.74	0.10	0.84	14.4	0.34	0.50	0.84	14.4	0.46	0.10	0.56	10.1	0.06	0.50	0.56	10.1	0.06	0.50	0.56	10.1	0.06	0.50	0.56	10.1	0.06	0.50	0.56	10.1
$G 5.7 \pm 0.14$ 164.3 ± 0.80		0.35	0.35	0.70	12.3	0.89	-0.05	0.84	14.4	0.09	0.75	0.84	14.4	0.61	-0.05	0.56	10.1	-0.19	0.75	0.56	10.1	-0.19	0.75	0.56	10.1	-0.19	0.75	0.56	10.1	-0.19	0.75	0.56	10.1
$G 5.7 \pm 0.14$ 164.3 ± 0.80		0.35	0.35	0.70	12.3	0.89	-0.05	0.84	14.4	0.09	0.75	0.84	14.4	0.61	-0.05	0.56	10.1	-0.19	0.75	0.56	10.1	-0.19	0.75	0.56	10.1	-0.19	0.75	0.56	10.1	-0.19	0.75	0.56	10.1
8.6 ± 0.16 164.1 ± 0.80		0.65	0.45	1.10	12.8	1.21	0.05	1.26	14.4	0.41	0.85	1.26	14.4	0.89	0.05	0.94	11.2	0.09	0.85	0.94	11.2	0.09	0.85	0.94	11.2	0.09	0.85	0.94	11.2	0.09	0.85	0.94	11.2
8.6 ± 0.16 244.1 ± 0.28		0.65	0.45	1.10	12.8	1.21	0.05	1.26	14.4	0.41	0.85	1.26	14.4	0.89	0.05	0.94	11.2	0.09	0.85	0.94	11.2	0.09	0.85	0.94	11.2	0.09	0.85	0.94	11.2	0.09	0.85	0.94	11.2
8.6 ± 0.16 319.3 ± 0.10		0.75	0.35	1.10	12.8	1.41	-0.15	1.26	14.4	0.41	0.85	1.26	14.4	1.09	-0.15	0.94	11.2	0.09	0.85	0.94	11.2	0.09	0.85	0.94	11.2	0.09	0.85	0.94	11.2	0.09	0.85	0.94	11.2
8.6 ± 0.16 464.3 ± 1.2		0.75	0.35	1.10	12.8	1.51	-0.25	1.26	14.4	0.31	0.95	1.26	14.4	1.19	-0.25	0.94	11.2	-0.01	0.95	0.94	11.2	-0.01	0.95	0.94	11.2	-0.01	0.95	0.94	11.2	-0.01	0.95	0.94	11.2

法兰联接固定用	δ	K		δ	K		δ	K
$d_0 = 1.9$	0.5	26.3	$d_0 = 2.4$	0.6	25	$d_0 = 3.1$	0.7	22.6
$d_0 = 5.7$	1.2	21.2	$d_0 = 8.6$	1.7	19.6			

表 3 至表 6 为日本标准 JISB—2401, 英国标准 BS 1806—60(运动用); 美国汽车标准 SAEJ 120 K; 捷克标准 CSNO 29280—60(运动用), 表从略。

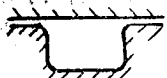
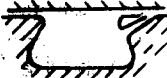
算结果来看, 国标草案及日本 (JIS 2401) 标准中 $\delta_1 > \delta_2$, 美国汽车标准 (SAEJ 120 K) (表略), 英国 (BS 1806—60 运动用), 捷克标准 (CSNO 29280—60 运动用) (表略) 为 $\delta_1 < \delta_2$, 其值如何分配为合理, 尚需进一步探讨。

表 2 中数值, 均为 “O” 形圈的内径、断面在极限公差内变化时, 内外压缩量的变化。从表中数值看出, 各国均出现负值, 从总的压缩量 δ 来看虽然不变, 但对缸或轴来说其实际密封效果将大幅度下降, 甚至失去密封。因此, 要求 “O” 形圈在加工过程中, 应特别注意尺寸的控制。

2—3. 沟槽形状及宽度

2—3—1. 沟槽的形状: 安装 “O” 形圈的沟槽有各种形状, 如矩形、三角形、V 形等, 各种沟槽形状特点见表 7。

表 7 安装 “O” 形圈的各种沟槽形状

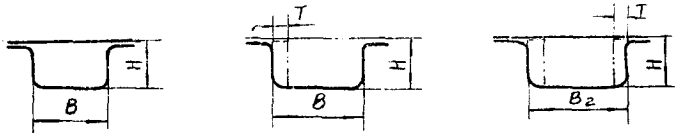
沟槽形状	沟槽名称	特 点
	矩 形	固定和运动均适用, 是应用最普遍的一种。
	三 角 形	适用于法兰盘及螺栓的颈部比较狭窄的地方, 仅作固定用。
	V 形	仅用于张力不变的场合, 作动态时只能在低压下使用。一般因摩擦阻力大, “O” 形圈易挤出, 不推荐用, 一般仅用于固定。
	燕尾形 a	可牢固的使 “O” 形圈固定在沟槽内, 仅用于要求摩擦阻力小的场合, 但应用不普遍。
	燕尾形 b	特点同 a 种, 当 “O” 形圈被沟槽一侧压力压住, 开设一个放油口
	燕尾形 c	特点同 a. b. 但比它们安装方便
	半 圆 形	仅用于旋转运动, 但不普遍
	斜 底 形	适用于对燃料油有膨润的场合。

2—3—2.沟槽宽度：上述几种沟槽形状，其中以矩形沟槽应用最普遍。矩形沟槽的尺寸，由其宽度和深度来决定，通常要求矩形沟槽的体积比“O”形圈的体积大15%左右。其原因有以下几方面：

(1) “O”形圈安装在沟槽里呈压缩状态，因橡胶本身是不可压缩的，所以必须有容纳“O”形圈变形的空间。

(2) 在不同的介质和工作温度下，“O”形圈会出现一定的膨胀，故沟槽也应有相应的增量。

(3) 在动态情况下，能适应“O”形圈产生轻微的滚动。
但是根据不同的使用条件和不同的工作状态，沟槽宽度也各不相同（见图5）



$P > 100$ 公斤力/厘米² 单向受 $P > 100$ 公斤力/厘米² 双向
压时，受压方向置一挡环 受压时，可置两个挡环

图5 不同条件下沟槽宽度

在压力超过100公斤力/厘米²高压下使用“O”形圈时，为了防止“O”形圈从密封间隙中挤出，需在受压方向置一挡环。如果双向受压则在沟槽两侧置两个挡环。这样沟槽宽度要比一般情况下的要大一些，其值见表8。因此，沟槽的形状和宽度必须根据具体条件进

表8 不同运动状态下沟槽宽度

“O”形圈 断面 d_o	往复与螺旋运动				旋 转 运 动			
	B	B ₁	B ₂	公差	B	B ₁	B ₂	公差
1.9	2.5	3.8	5.2	+0.10	2.1	3.4	4.8	+0.10
2.4	3.2	4.5	5.9	+0.15	2.6	4.0	5.4	+0.15
3.1	4.0	5.6	7.2	+0.15	3.5	5.1	6.7	+0.15
3.5	4.5	6.2	7.7	+0.15	3.9	5.5	7.1	+0.15
4.6	6.1	7.7	9.4	+0.20	5.1	6.7	8.4	+0.20
5.7	7.5	9.6	11.7	+0.20	6.4	8.5	10.5	+0.20
8.6	11	13.5	16.3	+0.20	9.6	12.2	14.9	+0.20

行合理设计，否则会影响其使用寿命。例如 FT06 风动钻削动力头，换向控制阀滑套所用“O”形圈之沟槽原为半圆形，直径为1.5毫米（见图6），槽深为1.4毫米，槽宽与“O”形圈断面直径相等。安装后其变形的部分被挤入密封间隙，形成早期磨损。此外橡胶硬度较高（邵氏硬度为80），始动摩擦阻力相应增加，最高使用寿命只有2000次左右。后将沟槽改为矩形，宽度改为2毫米（见图7）适当的降低橡胶硬度（ $70 \pm 5^\circ$ ），便克服了上述弊病，寿命提高30倍之多。

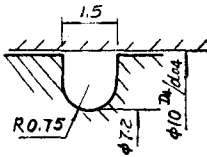


图6 半圆形沟槽

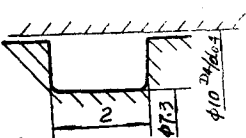


图7 矩形沟槽

2—4. 密封间隙

“O”形圈损坏的主要原因之一是密封间隙过大，在压力的作用下，“O”形圈被挤入密封间隙所致(如图8)。因此活塞与油缸内径必须适当。密封间隙的大小与压力等级、橡胶硬度、“O”形圈之断面直径有关。

目前国内制定“O”形圈国标验证草案中推荐密封间隙数值见表9。此外从机加工角度来看，在不能减小密封间隙时，需采用加挡环的办法予以弥补。挡环尺寸见国

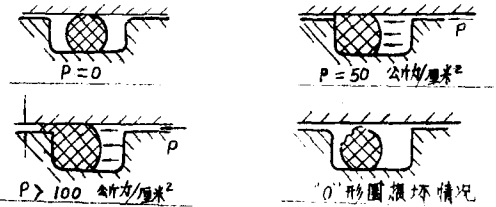


图8 “O”形圈的工作状态

标验证草案挡环尺寸系列，一般规定工作压力 $P > 100$ 公斤/厘米² 时，在“O”形圈承压面置挡环。

表9 推荐的密封间隙值

邵氏硬度 “O”形圈 断面 d_0 (毫米) 密封间隙 工作压力 (公斤/厘米 ²)	60~70		70~80		80~90	
	1.9, 3.1	4.6	1.9, 3.1	4.6	1.9, 3.1	4.6
	2.4, 3.5	5.7	2.4, 3.5	5.7	2.4, 3.5	5.7
0~25	0.14~0.18	0.20~0.25	0.18~0.20	0.22~0.25	0.20~0.25	0.22~0.25
>25~80	0.08~0.11	0.10~0.15	0.10~0.15	0.13~0.20	0.14~0.18	0.20~0.23
>80~160			0.06~0.08	0.08~0.11	0.08~0.11	0.10~0.13
>160~320					0.04~0.07	0.07~0.09

2—5. 配偶件的表面加工

为了减小“O”形圈的摩擦阻力，充分发挥应有的性能和提高其使用寿命，要求安装“O”形圈的配偶件包括沟槽及与“O”形圈接触、滑动部分均必须很好的进行加工。一般配偶件的表面光洁度对“O”形圈的摩擦阻力，特别是始动摩擦阻力有直接影响。当表面光洁度低于 ∇_6 时，“O”形圈的摩擦阻力增大，磨损也相应增加。但当光洁度高于 ∇_{10} 以上时，润滑油膜减薄甚至被破坏，则摩擦阻力反而增加。因此需根据情况采取适当的表面光洁度，一般表面光洁度按标准规定见表10。此外，配偶件表面不得有划伤，倒角尤要平滑无毛刺以免拉伤“O”形圈。

表10 配偶件表面光洁度

部 位	运 动 用
缸 内 表 面	∇_9
杆 外 表 面	∇_6
沟 槽 底 面	∇_6
沟 槽 无 挡 环	∇_6
侧 面 有 挡 环	∇_4

部 位	固 定 用
法兰面及圆筒接触面	∇_5
沟 槽 底 面	∇_5
沟 槽 侧 面	∇_5

据日本机械设计资料介绍，液压缸或活塞杆若采用淬火钢，表面镀硬铬后抛光同镀硬质镍抛光相比，“O”形圈的使用寿命可提高 1.5 倍。表 11 为国外介绍电镀用金属性能比较。

表11 电 镀 用 金 属 性 能 比 较

金 属	耐腐蚀性	耐 磨	耐 着 色	对 钢 的 保 护 性	适 用 “O” 形 圈	
					固 定	运 动
铬	优	优	优	劣	良	良
铜	良	可	劣	良	劣	劣
镍	良	良	可	良	良	良
铈	优	优	优	可	良	良
锡	良	劣	良	可	良	劣
锌	劣	劣	劣	优	良	劣

2—6. “O”形圈的模具设计与加工

“O”形圈是一种比较精密的橡胶制品，其形状和尺寸主要靠模具来保证。模具的结构设计及机加工的水平直接影响“O”形圈的质量，所以在设计模具时应注意以下几点：

- 1. 结合橡胶配方、硬度、含胶率确定准确的橡胶收缩率。
- 2. 要保证上、下模具型腔的同心，要求定位可靠。
- 3. 模具型腔尺寸公差应按产品公差要求提高两级，光洁度要求在 ∇_7 。
- 4. 模具型腔与分型面应保持尖锐。
- 5. 开设排气孔和流胶槽，流胶槽与型腔距离一般为 1 ~ 2 毫米左右。
- 6. 对小规格‘O’形圈，为了提高生产效率应设计成一模多腔的模具。

从目前国内加工的‘O’形圈模具看，主要是机加工精度达不到设计要求（国内各厂加工模具公差据调查一般在0.05~0.10毫米），大部分出现‘O’形圈断面错位、椭圆、胶边厚等问题。严重的影响‘O’形圈的使用性能和寿命。因此如何提高机加工精度，严格控制收缩率显得尤为重要。

对‘O’形圈模具的结构，国内有 180° 和 45° 分型面两种（见图 9、10）。180° 分型面主要用于固定密封，45° 分型面多用于往复运动和旋转运动的密封。但这种分型面不易加工，要求其 45° 锥面接触面积不得低于80%，上、下模平面应相吻合，否则因受力不均使模具早期损坏。模具型腔内径尺寸不能直接测得，易造成偏差。

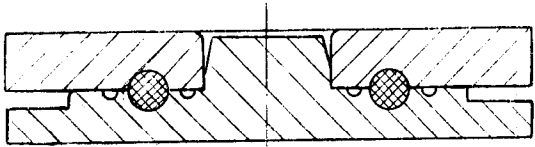


图 9 180°分型面

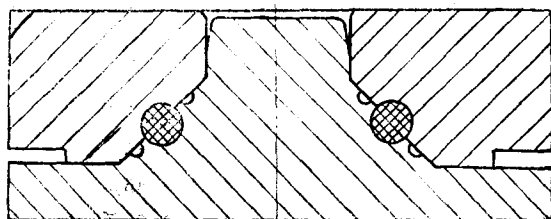


图10 45°分型面

三、‘O’形圈的应用

3—1 应用范围

‘O’形圈适用于各种液压、气压以及真空机械设备，在固定或运动状态下起密封作用。用于固定密封时其压力国内已用至1200公斤力/厘米²，使用金属‘O’形圈可用于2000公斤力/厘米²左右。在动密封中其压力可用于300公斤力/厘米²左右。据日本《密封与衬垫》介绍，最近在实验室中已成功的将‘O’形圈应用于12000公斤力/厘米²的超高压运动部件上。使用线速度范围也比较广，旋转运动在2~7米/秒左右。

在实际应用‘O’形圈时，必须根据机械设备的使用条件、工作状态进行结构设计，特别要依据介质和工作温度的要求合理选材，二者必须全面考虑。否则不仅密封性能不好寿命低，甚至会影响机器的正常运转。

3—2、高低温下‘O’形圈尺寸的变化

‘O’形圈在一定的介质中，材料对该介质的抗耐性对尺寸稳定程度有很大影响，特别在较低或较高的温度下，尺寸变化更为明显。国内某厂已分别将‘O’形圈置于高低温下测得尺寸变化数值见表12，13。从上两表中可看出，‘O’形圈随着温度变化尺寸是不稳定的，在高温下特别在180℃时，橡胶受热膨胀尤为明显。在低温-52℃时，产生收缩，因此在使用时必须注意此点。

3—3、始动摩擦阻力

‘O’形圈用于往复运动密封时，动摩擦阻力比任何类型密封圈均小。但始动摩擦力

表12

‘O’形圈在不同温度下尺寸变化

胶 号	项 目	试 验 条 件		增 减 率 %	
		温 度	时 间	外 径	内 径
1		常温×24小时		0.92	0.187
2		"		0.45	0.051
3		"		0.30	0.230
1		70°C×48小时		1.30	1.44
2		"		1.54	1.46
3		"		1.36	1.36
1		180°C×24小时		4.70	4.1
2		"		4.30	3.4
3		"		3.20	2.8

表13 ‘O’形圈在低温（-52℃）下收缩情况

胶 号	平 均 收 缩 率
1	0.85%
2	2.85%
3	1.45%
4	1.06%
5	1.49%

却要大得多。且与安装后静止时间有关，这一点往往是气压及低压设备上使用“O”形圈的致命弱点。须严加注意。

“O”形圈安装后，静止时间愈长，始动摩擦阻力愈大，如图11。产生此现象的主要原因是由于金属滑动表面存在不规则的凸凹不平所致。“O”形圈是压缩型密封，压缩后“O”形圈势必嵌入到金属凸凹面（见图12）。始动摩擦力要克服“O”形圈从已嵌入到金属表面的部分拉出所需之力。静止时间短，所需克服拉力较小，始动摩擦阻力小。但静止时间愈长，嵌入凸凹面愈深，始动摩擦阻力愈大。如果长时间的放置，就会使“O”形圈与金属表面间的油膜完全消失，形成粘着，此时需要克服的拉力更大。所以长时间放置后，重新使用时要特别注意。

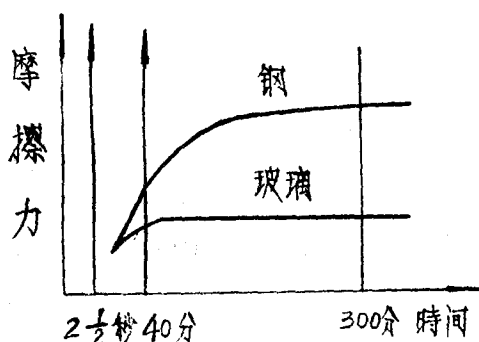


图11 静止时间与摩擦力



图12 不规则的金属表面与始动摩擦

影响“O”形圈始动摩擦力的因素很多，其中主要有以下几点：

1. 压缩量：压缩量愈大，始动摩擦阻力愈大，在保证密封前提下，压缩量以小为宜。
2. 橡胶硬度：“O”形圈的硬度愈高，摩擦力愈大。这是因为在压缩量相同时，硬度高的所需压缩力大，从而嵌入金属凸凹不平面的比例愈大，因此始动摩擦力愈大。一般取橡胶邵氏硬度为55±5°左右为宜。
3. “O”形圈的断面直径：断面直径小，接触面积小，摩擦阻力亦小。
4. 表面光洁度：金属滑动面光洁度越低，摩擦力越大，一般光洁度为▽₈~▽₉为好。
5. 温度的影响：“O”形圈在同一压缩量、同一硬度下，分别在冬夏不同温度情况下使用，其始动摩擦力不一致，一般夏季使用摩擦力较小，冬季使用则较大。
6. 润滑条件：润滑条件是保证“O”形圈与金属表面形成油膜的首要条件。特别是在

气动方面应用时必须创造一个良好的润滑条件。一般认为锂润滑脂较好，因其滴膜黏度高，不易破坏。

所以在设计气压及低压油压设备时，应充分考虑上述诸因素。

3—4、“O”形圈的安装要求

1. 安装前须将“O”形圈涂以润滑油或脂。
2. 安装时如果“O”形圈出现扭转，必须将其拆下重装，否则容易发生扭曲破坏。

3. 为了不致使配偶件的棱角划伤“O”形圈，可以将配偶件端部做成 15° — 30° 倒角，端部尺寸见图13及表14。

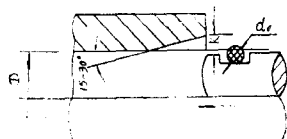


图13 安装部件倒角的方法

表14 安装部位倒角的取法

“O”形圈断面直径 d_0	1.9	2.4	3.1	3.5	4.6	5.7	8.6
K最小	0.9	0.9	1.0	1.1	1.2	1.8	1.5

4. “O”形圈在过孔时，应将孔的棱角倒掉，如图14，使其园滑不致划伤“O”形圈。
5. “O”形圈在过螺纹及有尖棱角部位，必须有专门安装的金属导套筒，如图15示。

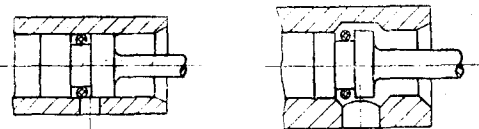


图14 “O”形圈过通孔时的设计

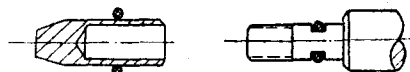


图15 “O”形圈过螺纹的安装例

四、国外发展趋势和科研动态

随着科学技术不断的向高温、高压、高速、高真空方面发展，对橡胶密封件的使用越来越广，其性能要求越来越高。这就迫使各个部门必须研制出新结构、新材料的密封件，以满足千差万别使用条件下的密封性能。综上所述“O”形圈用于往复运动时，有启动摩擦阻力大，易产生扭曲的缺点，特别是在活塞与缸的间隙不均一，偏心较大，以及在较高速度下使用时，更易扭曲破坏。为了克服原结构的不足，国外在“O”形圈的基础上已派生许多新型的特殊的“O”形圈，沟槽设计和“O”形圈基本相同，现分述如下：

4—1. 新型的特殊“O”形圈

1. D形圈：断面呈D形状如图16，在运动中使用不易发生扭曲，适用于有冲击压力的场合。D形圈美国和日本已形成标准。



图16 D形圈

2. X形圈：断面呈X形，如图17示。具有摩擦阻力小，不发生扭曲特点。一般适用于旋转运动在压缩量为1%的情况下即可保证密封。国外已形成标准。



图17 X形圈剖面图

3. 三角形圈：断面呈三角形形状，如图18示。在往复运动中

使用具有不扭曲, 摩擦阻力小的特点。

4. T形圈: 为了防止扭曲而采用的密封圈, 见图 19, 它适用于低压下有振动的场合, 在 5 % 的压缩量下密封性能良好, 摩擦阻力亦小。在 T 形圈两侧按装挡环, 由于成型困难, 仅用于特殊场合。

5. V—O 形圈: 它是由 V 形圈和“O”形圈组合而成, 见图 20。在较小的压缩量下可获得良好的密封, 不仅泄漏少摩擦阻力亦小, 在往复运动下使用不扭曲。但因制造困难, 一般不应用。

6. 心形圈: 断面呈心形, 如图 21 示。应用于低压旋转运动场合, 在心形圈的一侧置有挡环和支承环。

7. 五角形圈: 五角形密封断面, 如图 22 所示。它可安装在“O”形圈沟槽中使用, 与“O”形圈相比, 泄漏量小, 密封可靠, 并且不易扭曲。使用压力可达 140 公斤/厘米², 但在 100 公斤/厘米² 以上的高压下使用时, 要与挡环并用。此外一般五角形圈借助五角形刮油圈并用可提高其性能和寿命。

8. 角—O 形圈(Quad—O): 它共有六个突起部分, 外侧比内侧突起要高, 见图 23。适于高压下使用。“O”形圈一般可用至 1260 公斤/厘米², 而角 O 形可在 2100 公斤/厘米² 高压下使用。

9. 适用于定压, 低摩擦下应用的密封圈如图 24 示。

10. 组合圈: 组合圈是由两个“O”形圈与一个金属骨架硫化为一体, 见图 25。其特点在装配时, “O”形圈的固定密封的压缩量对动密封的压缩量不影响, 因此滑动性能不变, 不因扭曲、挤出而损伤。日本已在 3500 万次滑阀耐久试验后, 空气泄漏量只有 20 毫升/分。

11. MY 形圈: MY 形密封圈可直接应用于 O 形圈的沟槽中。断面如图 26。特点是摩擦阻力小, 特别是安装后长期放置其始动摩擦阻力不变。

4—2. 组合类型密封件

国外近几年已向复合材料和组合密封方面发展。目前在空压及要求低摩擦运动状态下使用时, 常采用橡胶与氟塑料组合的密封圈其结构如图 27 示。此结构与“O”形圈相比, 摩擦阻力小, 使用寿命据报导在某场合甚至可延长至 90 倍。

4—3. 特种材料制作的“O”形圈

1. 为了适应酸、碱以及较宽的温度 (-100 ~ +260 ℃) 范围, 国外已采用氟塑料制作的“O”形圈。为了克服氟塑料的硬度高, 缺乏弹性等缺点, 故改变了“O”形圈的断面结构制作成切槽式, 见图 28。主要作为静密封, 在低速的往复运动和旋转运动方面也可

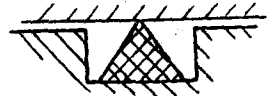


图18 三角形圈



图19 T形圈



图20 V—O形圈



图21 心形圈



图22 五角形圈



图23 角O形圈

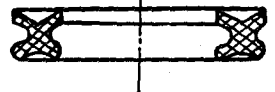


图24 用于定压,
低摩擦密封圈



图25 组合圈



图26 MY形

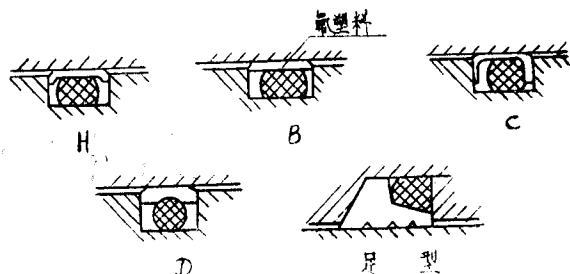


图27 组合密封的设计

使用。

2. 在工作温度高于 250°C ，甚至超过 540°C 以上，压力达 $3000\sim 20000$ 公斤/厘米² 时，一般橡胶和氟塑料均不能满足使用要求，又出现了中空金属“O”形圈。沟槽设计如同合成橡胶“O”形圈沟槽一样，压缩率在 $20\sim 30\%$ 左右。国内重大型高压容器上已有采用。

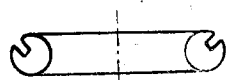


图28 切槽式“O”形圈

4-4 科研动态

随着科学技术的发展，对密封件性能和寿命提出的要求越来越高，因此橡胶密封技术已引起了各国的重视。目前许多国家不仅设有专门的试验研究机构，组织专业生产，而且还进行定期和不定期的国内与国际的经验和资料交流。如英国的流体动力协会(BHRA)设立了专业液压密封研究。各大公司和生产厂都设有自己的研究中心，日本的专业公司中有 $6\sim 10\%$ 人员从事专业研究。他们不仅偏重于产品的结构和性能的研究，近几年来日本已开始转向基本理论和密封机理方面的研究，英国着重于理论和产品的研究。

在经验与资料的交流方面，如美国润滑工程师协会(ASLE)定期举行年会，到74年已召开过29次会议。日本为了交流“O”形圈方面的科研和生产成立了“O”形圈(OR)研究会。在国际方面，以英国流体动力研究协会(BHRA)为中心，从61年至74年共召开了六次国际流体密封会议(ZCFS)共发表了24篇报告和论文，东欧国家以东德塑料、弹性企业联合会和柏林技术室专家协会为中心，自61年以来每四年召开一次会议，至74年已主持召开了第五次德雷斯登国际密封会议，最近在74年4月召开了第五次国际流体密封会议共15国家参加，共470名代表，分成几个专业组，共报告59个题目，从而进一步推动了橡胶技术的发展。总之，近十几年来，国外在密封机理、结构及新型材料方面已做了大量的，系统的研究。因此对橡胶密封件的性能和寿命取得了一定成效。

(上接第33页)

个工作条件中进行协调，在配方中的原材料的品种和数量进行适当的平衡，最后得出适应于工作条件的配方，当然这个过程是相对的，而不是绝对的。随着化工原料水平的提高和品种增加以及加工技术的发展，去年认为合适的配方，今年可能要有新的变动，这符合于自然科学的发展规律。

O形橡胶密封圈模具设计及加工

上海钢模厂

随着我国机械工业不断发展,机械产品又向高、精、尖方向发展,因此对“O”形密封圈,不但在数量上而且从质量及技术性能上提出更高的要求。机械产品中存在的三漏现象(漏水、漏油、漏气)主要由下列几方面形成:“O”形密封圈尺寸精度及几何形状偏差;机械零件表面质量及相应构槽及装配技术等。

就“O”形密封圈质量而言,亦有很多方面,如:模具设计、制造、胶料、压制、修边等等。其中以模具设计及制造更为重要。

通过几年来的生产实践和向兄弟单位学习,从实践中摸索了一点规律,遵照毛主席关于“要认真总结经验”的教导,下面我们谈一些粗浅的认识,其中一定还存在不少缺点和错误,希批评指正。

一、“O”形密封圈模具设计要求

模具是生产“O”形密封圈的主要工具。设计模具时首先要了解产品的使用情况,模具使用方法,模具制造工艺等等。并保证压制后的产品符合产品图纸尺寸、几何精度及技术要求。为了能设计出较好的模具,必须考虑下述各点:

- 1.一般“O”型密封圈有二种分型面,即180°、45°分型。
- 2.模具结构要简单,定位要准确且便于操作。
- 3.在保证强度的前提下,重量要轻,以减轻劳动强度。
- 4.模具制造要利于机械加工,并便于取出制件。
- 5.在适当地方开设流胶槽。
- 6.橡胶收缩率。
- 7.产品产量及经济性等。

二、模具的结构设计

2—1. 收缩率:是指在室温条件下橡胶制品D与模具D₁之差,和D之百分比,如式

$$K = \frac{D_1 - D}{D} \times 100\%。$$