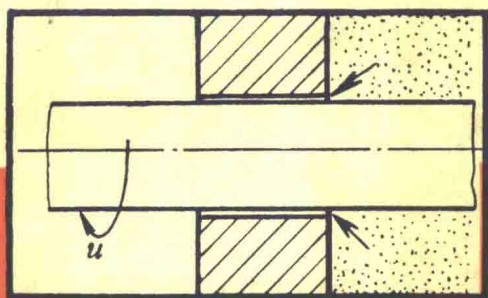


旋转密封装置



国防工业出版社

旋转密封装置

彭拾义 编

国防工业出版社

内 容 简 介

本书介绍了旋转密封装置的两大类型：接触式密封和非接触式密封。接触式密封包括填料密封、皮碗密封、石墨密封、涨圈密封等四种；非接触式密封包括离心密封、螺旋密封、迷宫密封、气动密封、水力密封等五种。书中分别介绍了每种型式的密封的使用情况，能正常工作的最大速度、压力、温度范围，构造设计，以及有关漏泄量和功率消耗的计算等。书末附有由多种不同型式的密封装置进行组合密封而用于轴承封油的实例。

本书的重点为旋转密封结构设计，以具体实例为主，可供从事机械设计制造的技术人员参考。

旋 转 密 封 装 置

彭拾义 编

*

国防工业出版社出版

北京市书刊出版业营业登记证出字第 074 号

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

国防工业出版社印刷厂印刷

*

787×1092¹/₃₂ 印张 4 82 千字

1976年5月第一版 1976年5月第一次印刷 印数：00,001-20,000册

统一书号：15034·1476 定价：0.43元

(只限国内发行)

前 言

遵循伟大领袖毛主席“**要认真总结经验**”的教导，根据自己多年来在工作中的一些粗浅体会，并参考国内外有关资料，编写了《旋转密封装置》这本小册子，供从事机械设计制造的同志们参考。

旋转机械用得很多，常见的如油泵、鼓风机、电机、发动机等。为了使转子能够旋转，旋转轴与壳体之间必须留有间隙。但是，间隙的存在，会引起机器内部的流体介质沿此间隙外漏，或外部的流体、灰尘等窜入机器（例如真空泵）内部。在这种情况下，轻则引起油量损失（例如油泵漏油），或效率下降，重则造成严重恶果（例如当有毒的、可燃的或爆炸性的流体漏出时）。为此，必须设置旋转密封装置。在高速、高温、高压条件下，漏泄更加严重。因此要求旋转密封装置在高温、高速、高压条件下仍能可靠地工作，并且经久耐用，体积小，重量轻，使用、维修方便。

旋转密封装置的型式多种多样，在进行设计的时候，不易于恰当地选择其类型；或者，在已选定某一种密封结构之后，又难以正确判断它是否能在设计所要求的转速、压力、温度下保证密封可靠。一般总希望多参考成功的先例，借以进行分析比较，最好还能估算出设计状态下漏泄量的大小。

可是，迄今为止，有系统地专门研究各种类型的旋转密封装置的书籍尚未见到。为了便于实用参考，本书介绍各种

型式的旋转密封的设计、使用条件、极限工作范围以及有关漏泄量和功率消耗的计算等；书中所列一百七十多种旋转密封装置实例，多选自各个工业部门中使用较成熟的结构，可作为新设计旋转密封装置时的借鉴和参考。

本书初稿承陈光同志审阅并提出许多宝贵意见，在此谨致谢意。

由于编者水平所限，书中一定会存在不少缺点和错误，欢迎同志们批评指正。

编 者

一九七五年二月

目 录

前言	3
----------	---

第一章 总论	7
--------------	---

第一篇 接触式密封

第二章 填料密封	12
----------------	----

第一节 填料密封使用条件	12
--------------------	----

第二节 填料密封结构	13
------------------	----

第三节 填料密封漏泄量和摩擦功率的计算	23
---------------------------	----

第三章 皮碗密封	27
----------------	----

第一节 皮碗密封使用条件	27
--------------------	----

第二节 皮碗密封结构	29
------------------	----

第三节 皮碗密封漏泄量和摩擦功率的计算	40
---------------------------	----

第四章 石墨密封	41
----------------	----

第一节 石墨密封使用条件	41
--------------------	----

第二节 石墨密封结构	43
------------------	----

第三节 石墨密封漏泄量和摩擦功率的计算	63
---------------------------	----

第五章 涨圈密封	66
----------------	----

第一节 涨圈密封使用条件	66
--------------------	----

第二节 涨圈密封和浮动环密封	68
----------------------	----

第三节 涨圈密封漏泄量和摩擦功率的计算	81
---------------------------	----

第二篇 非接触式密封

第六章 离心密封	83
----------------	----

第一节	离心密封使用条件	83
第二节	离心密封结构	83
第三节	离心甩油盘的强度计算	88
第七章	螺旋密封	90
第一节	螺旋密封使用条件	90
第二节	螺旋密封结构	90
第三节	螺旋密封漏泄量的计算	94
第八章	迷宫密封	95
第一节	迷宫密封使用条件	95
第二节	迷宫密封结构	96
第三节	迷宫密封漏气量的计算	106
第九章	气动密封	108
第一节	气动密封使用条件	108
第二节	气动密封结构	109
第三节	气动密封空气消耗量的计算	112
第十章	水力密封	113
第一节	水力密封使用条件	113
第二节	水力密封结构	114
第三节	水力密封最大压差及功率消耗的计算	119
附录	组合密封用于轴承封油的实例	123

第一章 总 论

旋转密封结构的类型，按其是否与轴接触而可分为接触式和非接触式两大类。接触式是指密封件直接与旋转轴接触，两者之间有相对摩擦产生，因此，如何选择密封件的材料是很重要的。按密封件材料的不同可将接触式密封装置分为：

1. 填料密封——用毛毡、石棉之类作密封件；
2. 皮碗密封——用橡胶、皮革作成碗状密封件；
3. 石墨密封——用石墨作密封件；
4. 涨圈密封——用金属涨圈或浮动环作密封件。

非接触式密封装置是指密封件与旋转轴互不接触，按密封原理的不同它们可分为：

1. 离心密封——借离心力作用以达到封严目的，例如甩油盘密封；
2. 螺旋密封——利用螺杆泵原理，对液体封严；
3. 迷宫密封——流体通过弯弯曲曲的迷宫缝隙，阻力很大，使流体难于漏出；
4. 气动密封——利用空气动力的作用，封住旋转轴的间隙；
5. 水力密封——利用液体压力进行封严；
6. 组合密封——由两种或两种以上的非接触式或加上接触式密封的组合封严装置。

另外，旋转密封结构，按被密封介质形态的不同，又可

分为：

1. 气体密封——最常用的是封空气、燃气和水蒸气；
2. 液体密封——如封油、封水等；
3. 固体密封——一般用以防尘。

旋转密封结构，还可以按密封位置不同而分：

1. 端面密封——密封位置在轴的端面上；
2. 圆周密封——密封位置在轴的圆周上。

不论按什么分类，旋转密封装置的工作机理可以归纳成以下几点：

1. 为了阻止两空腔的介质沿旋转轴与壳体之间的间隙泄漏，可在两空腔之间安放固体物质，以隔断两空腔之间的缝隙通道，这就是接触式密封；如果两空腔之间充以高压空气，用空气来隔断两腔的缝隙通道，这就是气动密封；如果改用液体来隔断两腔的通道，就成为水力密封了。可见，可以用固体、气体或液体来切断旋转轴的间隙通道，以达到密封的目的。

2. 允许旋转轴与壳体之间有间隙存在，但设法尽可能增大介质通过此间隙时的阻力，使介质难以流出，例如迷宫式密封就是。

3. 对液体介质做功，以挡住液体漏出的出路（例如离心甩油盘）；或对液体介质做功，强迫液体介质向相反的方向流回去（例如螺旋密封）。

4. 设置漏出孔。见图 1.1，旋转轴 1 的左腔压力高于右腔压力。为防止介质漏到右腔，在壳体 3 中设有两重密封装置 2，在两重密封装置中间设有漏出孔，如果介质已经通过第一道密封装置渗漏，则介质可以经由漏出孔逸出；同时，

由于漏出孔的卸压作用，使介质没有能力通过第二道密封装置，从而保证了旋转轴左腔的介质不会漏到右腔。

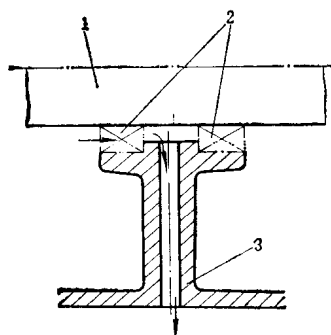


图1.1 设置漏出孔

1—旋转轴；2—密封装置；3—壳体。

在低速（圆周速度每秒几米）、常温（摄氏几十度）、常压（大气压）下工作的旋转轴，其密封装置的设计并不困难。工作于高速（圆周速度每秒几十米以上）、高温（二、三百度以上）、高压（几个大气压以上）的密封装置设计则较困难。

在高速密封中，如果采用接触式封严装置，则主要的问题是解决耐高温的耐磨材料，例如用石墨作的密封件，可在50米/秒的高速和350℃的高温下可靠地工作。如果材料的选择和设计得当，金属胀圈密封可以在60~80米/秒甚至到100米/秒的高速下可靠地工作。但一般说来，解决高速密封问题时，采用非接触式密封优于用接触式密封，这是因为非接触式的密封件不与高速旋转轴接触，不存在高速度的相对摩擦问题。除水力密封外的其他各种非接触式密封，其旋转速度均不受限制，相反地，速度越高，越有利于封严。但是，

非接触式密封往往难以保证完全不漏。非接触式的水力密封可以保证完全不漏，可是水力密封受速度限制，一般只能在50米/秒以下工作；若速度太高，则水力摩擦发热很大，而且还要消耗一定的功率。

用非接触式密封以解决高速封严问题，有一个明显的缺点，就是当旋转轴速度降低时，其密封性能下降。例如水力密封，根本不能在静止状态或很低转速下起密封作用。因此，往往采用组合密封设计。例如，使用橡胶皮碗的接触式密封以解决静止和低速状态下的封严；使用非接触式的水力密封以解决高速状态下的封严。

解决高温密封问题，除了应选择耐高温的材料外，还可考虑对密封件进行强迫冷却，例如用气冷或液冷。

如果封严介质是高温气体，例如在燃气涡轮发动机中对高温燃气的密封，则宜用气动密封加上迷宫密封。如果图1.1被封严的是高温燃气，则漏出孔可以通大气；若要求更高，还可从漏出孔强制抽气，以保证左腔的高温燃气不至漏到右腔。

如果封严介质是高温液体，例如化工用的输送泵，则一般宜用石墨密封。

解决高压密封问题，主要用接触式密封。在过去，填料密封用得很多；现在，石墨密封已得到广泛应用。

速度、温度、压力三个因素中，压力直接影响到漏泄量，因为漏泄量与封严装置两端的压差成正比。因此，欲减少漏泄量，则应减少压差。为此，在总压差不变的条件下，可分级降低压力，借以减少漏泄。图1.2(a)没有分级降压，压差为 $\Delta p = p_1 - p_0 = 11 - 1 = 10$ 公斤/厘米²；图1.2(b)有分级

降压, 使两个密封装置中间的压力 $p = 6$ 公斤/厘米² (可由两密封装置的设计来保证; 如果允许放掉一部分介质, 还可以通过改变节流板 4 的孔径 d 来保证)。此时, 通过第一道密封装置 2 的压差 $\Delta p = p_1 - p = 11 - 6 = 5$ 公斤/厘米², 通过第二道密封装置 5 的压差 $\Delta p = p - p_0 = 6 - 1 = 5$ 公斤/厘米²。这样, 漏泄量减少了一半。

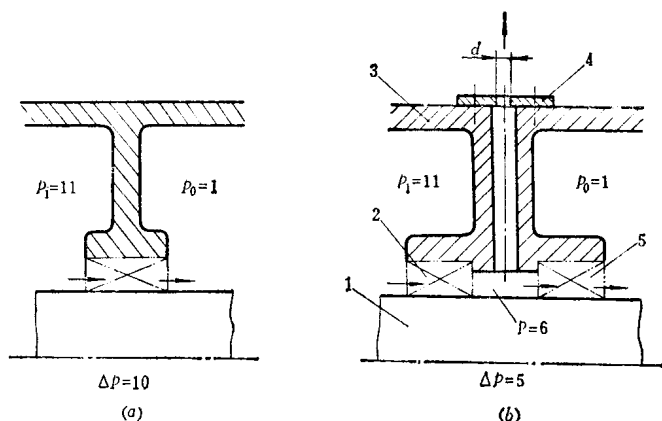


图1.2 分级降压比较

1—轴; 2—第一道密封装置; 3—壳体; 4—节流板;
5—第二道密封装置。

在实际设计中, 同时考虑高速、高温、高压的影响, 问题更加复杂。在高速、高温、高压的极其恶劣的密封条件下, 石墨密封较理想。此外, 采用多种类型的组合密封结构, 也是解决复杂密封问题的途径。

后文将分别讨论各种密封装置的使用条件和优缺点, 速度、温度、压力的极限值, 结构设计, 漏泄量和功率消耗的计算等。

第一篇 接触式密封

第二章 填料密封

第一节 填料密封使用条件

所谓填料密封，就是在轴与壳体之间填塞弹性材料，以堵住漏出间隙，达到密封目的。填料密封可分为毛毡密封和盘根密封两种。

毛毡密封（见图2.1）是在壳体2的槽中填以毛毡圈3组成的密封结构。

在接触式密封装置中，毛毡密封是最简单的一种，它广泛应用于低速、常温、常压的电机、齿轮箱等机械中，用以密封黄油、滑油。毛毡密封还适于防尘，但不宜用作气体密封。毛毡密封用作液体密封时，介质的粘度越大则密封效果越好；对于象煤油这一类粘度较小的液体，毛毡密封的封严效果很差。

在毛毡密封中如果使用粗毛毡，则轴的圆周速度只允许在3米/秒以下；若用优质细毛毡，则速度可提高2~3倍，但不能超过10米/秒。如果设计得当，而且轴的硬度高，表面光度好，润滑充分，那么，在个别情况下毛毡密封还可在20米/秒的高速下正常工作。毛毡密封的使用温度一般不超过90℃，使用压力一般为一个大气压力。

盘根密封（见图2.4）在轴1与壳体2（盘根箱）之间

缠绕盘根 3，然后用压盖 5 和螺钉 4 压紧。

盘根密封广泛应用于各种泵类（如水泵、真空泵等）的密封，用作液体或气体介质的封严装置。

盘根密封可用于高温、高压。例如，油浸石棉盘根，其密封压力可达 12 公斤/厘米²，介质温度可达 250℃。但是盘根密封的速度却较低。例如，用于水泵时，其使用速度上限为 6 米/秒。这是因为盘根填料不耐磨，而盘根与轴的接触摩擦面很大，且盘根对轴的压力也很大，因而发热及磨损严重。如果密封介质的压力较高，还必须将螺钉 4 拧得更紧，使盘根对轴的压紧力更大，这样才能保证高压密封不漏。此时，轴的转速必须降得更低。可见，压力和转速是互相联系的，压力较低时，可允许转速高一些；若压力较高，则必须降低转速，以满足高压密封的要求。

一般盘根密封产生泄漏的原因，是由于摩擦产生高温，使盘根中某些成分挥发或碳化而形成漏泄间隙。此时，可更换新的盘根以恢复其密封性能。

盘根成本很低，这是其他各种高压密封所不如的。但是，盘根密封所占的体积和重量很大，远不如石墨密封和涨圈密封紧凑、轻巧。

第二节 填料密封结构

（一）毛毡密封结构

毛毡密封尺寸见图 2.1。毛毡的内径 d 应小于轴的外径 d_0 ，要有 1 毫米的过盈。

毛毡尺寸：

$$d = d_0 - 1 (\text{毫米})$$

$$D = d_0 + (14 \sim 20) (\text{毫米})$$

$$B = 6 \sim 14 (\text{毫米})$$

槽的尺寸:

$$d_1 = d_0 + (1 \sim 2) (\text{毫米})$$

$$D_1 = D + (1 \sim 2) (\text{毫米})$$

$$B_1 = B - (0.5 \sim 1.5) (\text{毫米})$$

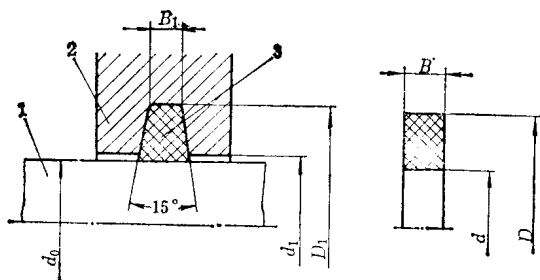


图2.1 毛毡密封尺寸

1—轴; 2—壳体; 3—毛毡。

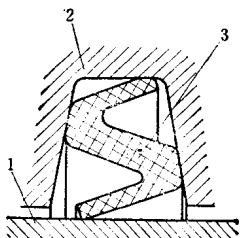


图2.2 用“S”形胶圈代替毛毡

1—轴; 2—壳体; 3—“S”形胶圈。

毛毡槽内也可不装毛毡, 而装以截面为“S”形的橡胶圈, 见图 2.2。

图 2.3 所示为毛毡密封的结构型式, 其中型式 (a) 最

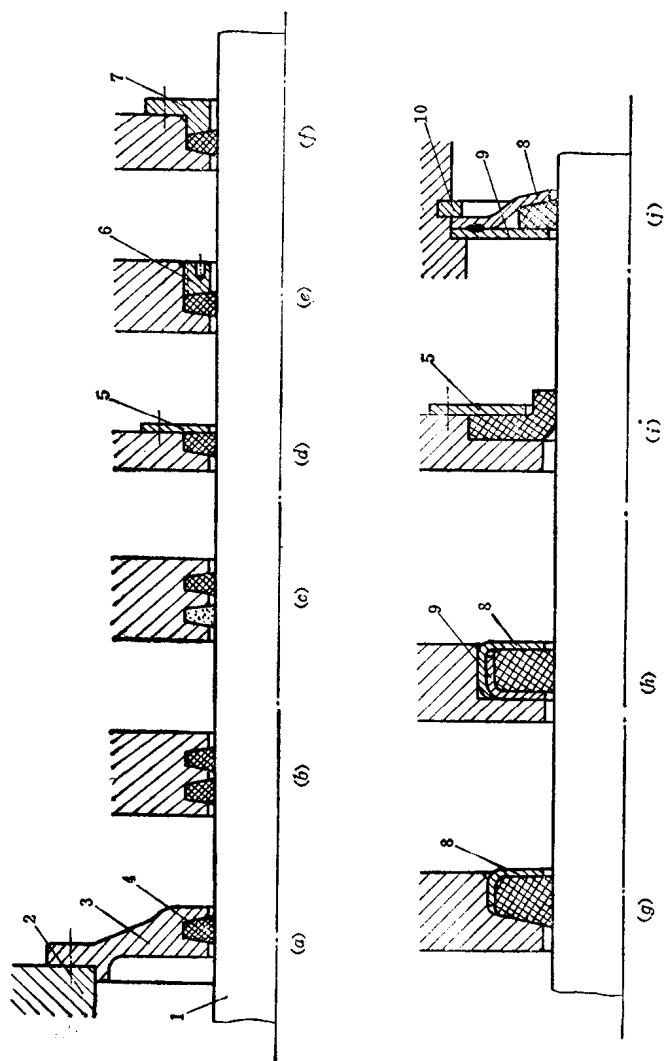


图2.3 毛毡密封型式

1—轴; 2—壳体; 3—密封盖; 4—毛毡; 5—压板; 6—压紧螺圈; 7—压紧半环; 8—毛毡前盖; 9—毛毡后盖; 10—卡环。

普通。

要求密封较严时,可以并排使用两道毛毡,如图2.3(b),靠近机器内部的一道毛毡,是为了防止滑油漏出,而靠外的一道毛毡,是为了防止灰尘渗入。毛毡具有天然弹性,而且本身呈松孔海绵状,可以贮存滑油;轴旋转时,毛毡又将滑油从轴上刮下,反复自我润滑。如使用两道毛毡,则两道毛毡之间的空间还可贮存更多的润滑剂,使工作条件进一步改善。

有时,两道毛毡槽中只有一道槽装以毛毡,另一道槽空着,填以润滑油脂,见图2.3(c)。

上述毛毡密封结构,毛毡本身是自由放置的,无轴向压紧力,故被密封的介质只能是粘度较大的厚油。

图2.3(d)用压板5轴向压紧毛毡;在图2.3(e)中则用压紧螺圈6压紧毛毡,其压紧力可调,如发现渗漏,可进一步拧紧螺圈6。

图2.3(f)的压紧件7是由两个半环组成,目的是便于装卸,便于更换毛毡。当更换毛毡时,型式(d)、(e)、(f)均不必分解密封盖。

图2.3(g)和图2.3(d)一样,但型式(g)更紧凑,美观。

图2.3(h)的型式为大量生产时所采用。毛毡与前盖8、后盖9装配成一个组件,在此组件中,毛毡已预受轴向压紧力。更换毛毡时,整个组件一起更换。

为了增大毛毡与轴的接触面积,增强密封效果,有时也有采用图2.3(i)所示的结构。

不用密封盖时,毛毡可设在板料结构的槽中,见图2.3(j)。