

# 机 械 密 封

(日) 鷺田彰著

上海化工学院

潘鸿猷译

化学工业部设备设计技术中心站

# 出版说明

本书作者鹭田彰是日本一位研究机械密封的专家。从事机械密封的研究近三十年，在日本机械密封界有一定影响。作者于70年代初期曾到过我国访问。在他访问我国期间，把他自己的这本《机械密封》（1969年8月出版，第一版）赠给我有关人员一册，书中刊误之处作者亲笔作了订正，本译文就是根据作者赠送的这册原版书译出的。

本书分四章比较全面地介绍了有关机械密封的设计、选型和维修方面的知识。第一章序论：主要介绍涡轮泵在不同条件下（温度、液质和压力等）轴封装置的选用；第二章机械密封的基础：介绍机械密封的基本结构，而着重介绍了机械密封端面的摩擦、磨损和泄漏。列举了很多实验图表和资料并且扼要地介绍了机械密封的各种实验装置；第三章方案与设计：介绍如何评价机械密封的性能以及机械密封的设计方法和步骤。对特殊条件下（高速、高压、高温和低温等）使用的机械密封的要求也有一定介绍；第四章选型和使用方法：主要介绍机械密封的选型方法和步骤以及操作和保养等。书的内容侧重于实用，对机械密封的设计，选型和维修方面可资参考的数据，图表等资料列举的比较多，具有一定的参考价值。

在翻译这本《机械密封》的过程中，译者得到上海化工学院周坤永、杭铮伍、黄震尧及上海石油化工总厂一分厂技术组黄光忠等同志的热情指导、帮助和支持，借此机会向这些同志表示深切的谢意。

翻译一本书译者还是初次，由于缺少经验加上中外文水平和业务水平有限，翻译不当和错误之处在所难免，敬希读者批评指正。

译者

1978年8月

# 序

旧话重提，第二次世界大战中的日本由于缺少汽油，曾把一滴汽油比作一滴血。尽管这样，每年从每台石油泵填料密封的地方却漏掉了10立方米的石油；与此情况相反，资源丰富的美国，石油泵采用的是机械密封，每年每台石油泵的泄漏量能限制在0.001—0.003立方米左右。象这样具有讽刺意味的科学技术上的差距遍及我国各方面。

今后我国应走的道路无疑是致力于和平，同时也要站在世界的先列发展科学技术以造福自己和有益于人类的发展。所谓发展科学技术不是指局部而言，而要切实地从基础领域出发进行积累。现在所表现出来的一些成果只能把它们看作是冰山上的一角而已。在这个意义上，我国技术的根底还很浅，可以说外来的东西不少。

机械密封是一个部件，就冰山而言它是隐藏在海面以下的部分，仅是构成现代化工业的一个点而已，但没有它就不能期待有效地经营工业。

纵观第二次世界大战以后的这二十年里的情况，各种工业——石油工业，石油化工，化纤工业，电力工业，原子能工业的发展速度是惊人的。伴随着这些工业的发展，应用在这些工业方面的处理流体的各种机械（从水利机械开始）的使用范围（处理的流体种类，压力和温度等）都显著扩大。为了增加生产、确保安全，轴封的泄漏量和使用寿命成为一个重要问题。另外从设备自动化角度出发也强烈要求轴封的性能要切实可靠和运转保养方便。为了适应这样情况，各种形式的轴封装置相应地得到了高度发展，其中机械密封的普遍使用发挥了重要作用。

作者对轴封装置发生了兴趣是在昭和23年（1948年译者注）进入西岛工厂之后的事。甚至在拥有很多杰出技术人员的泵这个著名部门里，在当时对泵的轴封也不怎么关心。不论那张图纸，轴封都是标记着填料密封的符号。其原因是在泵的生产厂里，轴封是不使人注目的部分，即使研究了也不能反映出来，因此谁也不大愿意去搞它。但是实际上，当设计大型泵和化学泵时，深感轴封的重要，不能等闲视之。

一次偶然的机，已故的竹尾会长把石墨轴套的毛坯交给我，叫我试试这种材料能否用于轴封，这是我与轴封发生直接关系的开始。那大约是在昭和23年年末左右。在那一年的第二年，现在在职的原田经理把《C.E.Schmitz、Trans、ASME、71.6（1949—8）635》的摘录交给我，对我说“这种称作机械密封的东西可能成为将来轴封的主流。日本也必须赶快研究，否则会使泵落后于现代化。你能否作为一个专门问题钻研钻研”。以这次谈话为起端，我就把机械密封放到了心上。以现在的技术来看，当时的情况是可笑的，在试验处理汽油的密封时，准备了砂袋以防万一，值了二、三个夜班，试验一停下，发现密封性能惊人的好。在全公司认识提高的基础上，把机械密封应用于水下轴承的工作进展就比较顺利了。

创造出一种新产品，如果没有用户的理解和协作也是不能达到实际应用的。在实际应用上，日东纺织公司稻泽先生（现任该公司郡山工厂董事设计部长）给了我积极的支持。

处理纺织液的机械密封，连我们自己对它也无自信的情况下，承蒙稻泽先生拿去试用，得以确认密封效果是良好的。

在制造机械密封初期，缺乏各种资料，因此每当有什么问题就去请教工作繁忙的田伏博士（当时为京都大学教授，现任大阪府立大学名誉教授，武藏工业大学教授）田伏博士对才学浅薄的我给了亲切指导。

就是这样，得以培育出日本的初期泵用机械密封。在国内这个时期可能各处都有和我一样从事这方面工作的人。我花力量最多的方面是使机械密封迅速而广泛的实用化。因此完成的项目就尽可能地申请专利（申请专利的项目约3000项，现在取得专利的项目为700项），我的考虑是：日本有的东西也要让世界的人知道，同时也是考虑到将来不要被外国的专利所约束。幸而，现在日本的机械密封界与化学工业电子工业和原子工业等不同，完全不受外国专利所约束，我在这方面能有一点微薄的贡献是聊以自慰的。

近来，人们对泵和机械密封的认识相当深刻了。诚然没有泵就没有我们的文化生活；没有机械密封就造不出和现代工业相匹配的泵。在这个意义上，机械密封是现代工业所绝对必需的。尽管如此，由于机械密封是在我们日常生活中目不触及的地方工作的一种朴实的东西，即使，一旦创造出世界水平的，报纸和杂志一般也不会为之喧染一番的。

这次，诚蒙日刊工业新闻社的深刻理介，给予这个纯属朴实部门的书籍以出版的机会，实在感谢不尽。

由于篇幅的限制，本书的编写方针以实用为第一，凡对密封设计和使用可以直接利用的资料尽可能编写了进去。本书中的多数资料是西岛工厂密封研究所研究报告中未曾发表过的资料，诚蒙原田经理特许发表，在此深表谢意，同时对编写本书提供帮助的本公司机械密封部的获森、荻原、本村、下田平、渡边、大森、吉冈、佐佐木等各位先生以及开发课的武门先生致以深切谢意。

这本小册子作为一块垫脚石，如能在未探明的领域尚多的密封界起到一点参考作用的话，作者则喜出望外了。

作 者

44年8月

# 目 次

第一章	序 论	( 1 )
第二章	机械密封的基础	( 5 )
2.1	机械密封的发展	( 5 )
2.2	基本结构	( 5 )
2.2.1	结构举例和特点	( 5 )
2.2.2	定义和基本结构	( 9 )
2.3	密封面的摩擦、磨损和泄漏	( 19 )
2.3.1	密封面的接触压力	( 19 )
2.3.2	摩擦系数和摩擦特性	( 21 )
2.3.3	密封理论和泄漏	( 27 )
2.3.4	磨损	( 28 )
2.3.5	其他参考资料	( 29 )
2.3.6	机械密封的实验装置	( 55 )
第三章	方案与设计	( 59 )
3.1	机械密封的用途和生产方式	( 59 )
3.1.1	按用途分类	( 59 )
3.1.2	按生产方式分类	( 60 )
3.2	方案和设计	( 61 )
3.2.1	评价机械密封性能的有关项目	( 61 )
3.2.2	估计条件 and 设计条件	( 61 )
3.2.3	设计上的基本要素	( 61 )
3.3	设计要领	( 61 )
3.3.1	确定用途	( 66 )
3.3.2	确定使用范围和使用条件	( 66 )
3.3.3	确定基本结构以及选定生产方式	( 69 )
3.3.4	确定材质	( 70 )
3.3.5	使用方法的分析研究	( 95 )
3.3.6	选定密封面	( 95 )

3.3.7	密封环和缓冲圈的设计	(97)
3.3.8	缓冲圈和密封圈的设计	(102)
3.3.9	基础接触压力的施加方式	(104)
3.4	对压力、周速和温度等条件有苛刻要求的密封设计	(105)
3.4.1	高压高速密封	(105)
3.4.2	高温用密封	(107)
3.4.3	低温用密封	(108)
3.4.4	干气密封	(108)

## 第四章 选型与使用方法 (109)

4.1	选型法	(109)
4.1.1	主要选型条件	(109)
4.1.2	选型顺序	(112)
4.2	使用法	(112)
4.2.1	附属机构的方案和设计	(112)
4.2.2	对浆液的处理措施	(120)
4.2.3	双端面密封	(126)
4.2.4	特殊使用条件及其相应措施	(129)
4.2.5	操作与保养	(131)
4.2.6	事故及其预防措施	(132)
4.2.7	各种机器用的密封的选择方案和设计(举例)	(132)
4.2.8	水下轴承装置中机械密封的应用	(157)



# 第一章 序 论

各种水力机械在其旋转轴和往复轴穿过机壳的地方在轴的周围装了一个称为填料箱或密封箱的筒状结构。在这个筒状结构和轴间地区里装入填料及其它密封元件,借以防止机壳内流体向外泄漏,或防止向机壳内吸进气体。这种用来限制机壳和作相对运动的轴二者间流体流量的装置称为轴封装置。

轴封有二种方法:减少泄漏量的方法和无泄漏的方法。限制泄漏的方法有:填料(压盖)密封、分段密封、油封, O型圈密封、机械密封、轴衬、浮环、冷冻密封以及利用流体的离心力和粘性的密封等。无泄漏的密封方法,除了液封和气封外还有所谓非密封形式的,以泵为例有:隔膜泵、屏闭泵、湿式泵、气封电动泵和电磁泵等。

上述轴封装置与轴的运动关系见表1·1所示。这些轴封装置除了单独使用外,组合起来使用的也很多。

表 1·1 轴 封 装 置 的 种 类 和 轴 的 运 动 关 系

种 类	运 用 (符号○)			备 注
	往复运动	旋转运动	螺旋运动	
填 料 密 封	○	○	○	采用绳绕, 卷线或成型密封圈
分段(扇形)密封	○	○		采用石墨等
油 封	(○)	○		采用成型合成橡胶
○ 型 圈 密 封	○	○	○	
机 械 密 封		○		
轴 衬	○	○		包括各种迷宫式密封
浮 环		○		
冷 冻 密 封		○		
利用液体离心力和粘性的密封		○		
非 密 封 方 式	○	○		隔膜泵、屏闭泵、湿式泵、电磁泵等

表1·2是以涡轮泵为对象,根据温度、液质和压力进行选择轴封装置的一般概要” 1)。

1) 鷲田: 日本机械学会志72, 485 (昭34—6), 182

表 1·2(a)

轴 封 装 置 选 择 表 烃 类

M冷却	循 环	冷 却 循 环 循 环	冷 却 循 环 循 环	循 环 冷 却 循 环	冷 却 循 环	
70 42	C	C M	C M	C	C	平 衡 型
42 28	C M	C M	C M	C M(mg)	C	平 衡 型
28	C	C P(润滑,冷却) M	C P(冷却) M	C P(冷却) M(mg)	C P(冷却) M(mg)	平 衡 型
14	M	C P(润滑,冷却) M	C P(冷却) M	C P(冷却) M(mg)	C P(冷却) M(mg)	平 衡 型 非平衡型
14 0	C M	C P(润滑,冷却) M	C P(冷却) M	C P(冷却) M(mg)	C P(冷却) M(mg)	平 衡 型 非平衡型
0	C	C P(润滑)	C P(冷却)	C P(冷却)	C P(冷却)	
-76毫米汞柱	M	M	M	M	M(mg)	非平衡型
压力差 (公斤/厘米 <sup>2</sup> )	-73	0 0	9494	205205	316316	426
温度(°C)						M结构

符号说明：C：屏蔽泵，B：节流衬套，F：浮环，M：机械密封，P：填料密封，W：湿式泵；mg：附带金属密封圈。

P(润滑)表示双密封圈而仅对兰登圈注液，(冷却)表示注入和排出液体之循环，——表示机械密封的常用范围。

表 1·2(b)

轴 封 装 置 选 择 表 化 学 溶 液

M冷却	循 环	循 环	循 环	
28	C	C	C	
14	M	M	M	平 衡 型
14	C	C	C	
7	M	M	M	平 衡 型
7	C	C	C	外 装 式
	P(润滑,冷却)	P(润滑,冷却)	P(冷却)	内 装 式
2	M	M	M	平 衡 型
2	C	C	C	外 装 式
	P(润滑,冷却)	P(润滑,冷却)	P(冷却)	内 装 式
0	M	M	M	平 衡 型
0	C	C	C	外 装 式
	P(润滑,冷却)	P(润滑,冷却)	P(冷却)	内 装 式
-760毫米汞柱	M	M	M	平 衡 型
压力差 (公斤/厘米 <sup>2</sup> )	-54	0 0	3838	118
温度(°C)				M结构



表 1.2(C)

轴封装置选择表 清水

B冷却 F结构	非冷却	非冷却	冷却, 注入冷水 (B有迷宫 无迷宫)	冷却, 注入冷水 (B有迷宫 —无密封圈, 无迷宫—有密 封圈)	
M冷却	循 环	冷 却 循 环 循 环	冷 却 循 环	冷 却 循 环	
211	B F W C	B F W C	B F W C	B(无密封圈) F W C	
141	B F W C	B F W C	B F W C	B F W C	
106	B F M	B F M	B F M	B F M	平衡型
70	B F M	B F M	B F M	B F M	平衡型
56	B F M	B F M	B F M	B F M	平衡型
42	B F M	B F M	B F M	B F M	平衡型
28	B M	B M	B M	B M	平衡型
28	B P(冷却, 非冷却) M	B P(冷却, 非冷却) M	B P(冷却) M	B P M	平衡型
14	P(非冷却) M	P(非冷却) M	P(冷却, 非冷却) M		平衡型 非平衡型
0	P(润滑) M	P(润滑) M			非平衡型
- 760 毫米汞柱	M	M			
压力差 (公斤/厘米) <sup>2</sup> (温度 ℃)	38以下	38~83	83~205	205~370	M结构

表 1.2(d)

轴封装置选择表 放射性水

M冷却	冷却循环	冷却循环	冷却循环	冷却循环	
211 106	W C	W C	W C	W C	
106	M W C	M W C	M W C	M W C	平衡型
56	W C	W C	W C	W C	
56	M W C	M W C	M W C	M W C	平衡型
42	W C	W C	W C	W C	
42	M W C	M W C	M W C	M W C	平衡型
28	W C	W C	W C	W C	
28	M W C	M W C	M W C	M W C	平衡型
14	W C	W C	W C	W C	
14	M W C	M W C	M W C		平衡型
0	W C	W C	W C		
压力差 (公斤/厘米) <sup>2</sup>	38以下	38~83	83~205	205~370	M构结
温度(℃)					

# 第二章 机械密封的基础

## 2.1 机械密封的发展

机械密封据说是1885年在英国申请专利时开始的。第一次世界大战后冷冻机上广泛地应用了机械密封。第二次世界大战以前机械密封用在涡轮泵上还为数不多。第二次世界大战当中,美国把机械密封用于化学泵和海空军的用途方面。第二次世界大战以后机械密封在美国得到迅速普及,欧洲的英国和法国也开始制造。西德比日本普及的较晚,但现在使用的范围也相当广泛。用在冷冻机上的机械密封,日本在第二次世界大战之前已经应用,但泵上使用的机械密封的正式投产早在1950年,一般是在1957年前后。

泵上使用的机械密封的发展可从西岛制造厂的情况来了解。1927年采用的是原始结构用来防止轴承油的泄漏,到了1942年产生了机械密封和填料密封合用的结构。

作者自1948年左右开始实验石墨(烧结或模制)在端面密封上的应用;1949年开始研制机械密封,1952年开始供应市场。最初的产品为纱浆泵机械密封和汽油泵机械密封。纱浆泵上的填料密封大约有一周的使用寿命,对比之下,纱浆泵上的机械密封连续使用了2万个小时左右,而汽油泵上的机械密封实际上连续使用了12年。

几乎在同一时期开始研究了泵的水下轴承装置里应用机械密封的问题,1952~1953年将一个特殊的机械密封安装在一个大型泵上,这个泵至今还在运转。

在我国开展现代机械密封的初期,文献和研究都缺少,而且一般对机械密封的兴趣也不高。但时至今日伴随着各种工业的发展,不用机械密封不能解决问题的领域增多,于是从事机械密封研究的人增加,制造厂增多,密封的性能得以日益提高。目前(1969)我国能生产的机械密封的大致范围为:

最大压力	=	300公斤/厘米 <sup>2</sup> 表压(轴径为200毫米)[低速]
最大周速	=	120米/秒[低压]
最大PV值	=	2000(公斤/厘米 <sup>2</sup> 表压·米/秒)[高压,高速泄漏稍多]
最大转速	=	130000转/分[低压]
最大轴径	=	2000毫米[低压]
温度	=	-190℃~+430℃

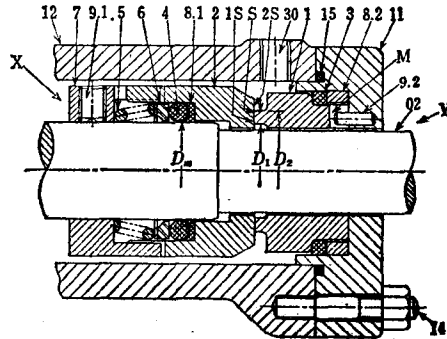
## 2.2 基本结构

### 2.2.1 结构举例和特点

机械密封的结构多种多样。兹以现今有代表性的结构为例说明其作用。如图2·1,双头螺栓(14)将密封盖(11)装配在筒形填料箱(12)的端面上。轴(02)穿过填料箱

和密封盖。静环(1) 嵌装在密封盖(11)的内周二者之间装有合成橡胶或聚四氟乙烯的缓冲圈(3)有的结构方式使此静环不与密封盖接触。将圆柱销(9.2)压进密封盖并插入静环的槽(M)中以防止静环转动。动环(2) 装在轴(02)的外周二者之间装有密封圈(4), 可轴向移动。动环由密封圈(4)弹性地支撑在轴上而不与轴接触。使推环(6)与密封圈的一侧接触。弹簧座(7) 装在轴(02)上用销子(9.1)固定。弹簧座和推环中间安装弹簧(5)。动环(2)与弹簧座相互咬合防止二者之间产生相对转动, 动环可作轴向移动。静环(1)的端面(1s)和动环的端面(2s)都与轴(02)的轴线大致垂直, 研磨这两个端面以提高它们的光洁度, 降低不平度。使端面(2s)与端面(1s)紧密接触构成密封面(s)。密封流体(通常是液体)(x)与密封面(s)的外周接触; 大气(Y)与密封面(s)的内周接触。由于弹簧(5)的弹力使密封面的接触压力增大。动环(2)上有一个以密封面(s)的外径 $D_2$ 为外径, 以轴的直径 $D_m$ (或称平衡直径)为内径的环形面积, 根据密封流体(x)的压力, 在此面积上作用着一个推力故对密封面(s)施加着一个接触压力。

缓冲圈(3)既用来弹性地支承静环(1)同时又用来防止静环和密封盖间的泄漏\*。密封圈(4)既弹性地支承动环(2)同时又用来防止动环和轴间的泄漏\*。密封面(s)防止静环(1)和动环(2)两端面间的泄漏, 因此, 在轴(02)不转动期间能防止密封流体(x)的泄漏。



(名称和材质举例)

轴 [sus32]

1. 静环 [石墨]

2. 动环 [sus32, 端面钨铬钴硬质合金]

3. 缓冲圈 [氟橡胶]

4. 密封圈 [氟橡胶]

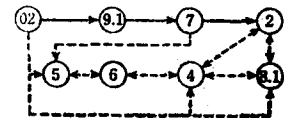
5. 弹簧 [sus32]

6. 推环(压紧环) [sus32]

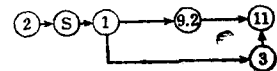
7. 弹簧座 [sus32]

8.1 支撑圈 [玻璃填充聚四氟乙烯]

(垫圈 1)



防 转



(机能)

静止零件: 1, 3, 8.2, 9.2, 11, 12, 14, 15

\* 又称为二次密封

9·1 销子(1) [sus32] (固定螺钉)	
9·2 销子(2) [sus32]	旋转零件;
11 密封盖 [sus32] (填料压盖)	轴向可动的零件 2,4,5,6,
12 填料箱 [sus32]	8·1
(密封箱)	轴向不可动的零件 02, 7,
14 压盖螺栓 [sus32] (螺栓)	9·1
15 垫圈 [氟橡胶]	
30 冲洗或冷却孔	
s 密封面	
x 密封流体	
y 大 气	

图2·1 机械密封结构(举例)

轴(02)转动时,弹簧座(7)与轴一起转动。弹簧座推动动环(2)转动,密封圈,推环和弹簧也随着转动。因静环(1)不转动,面(1s)也不转动。动环的端面(2s)转动,密封面(s)成为相对旋转面的贴合面,因此在轴(02)转动期间也能防止密封流体(x)的泄漏。随着密封面因摩擦而产生磨损,动环(2)向静环(1)方面推移,密封面(s)可保持紧密接触。缓冲圈(3)和密封圈(4)可以缓和轴振动对密封面(s)的影响。由于静环(1)与密封盖(11)之间以及动环(2)与轴(02)之间几乎都没有相对运动,所以缓冲圈(3)和密封圈(4)受到的摩擦通常很小。但当轴的振动剧烈或密封面(s)对轴心的倾斜度大时,使得密封圈(4)与轴(02)之间的摩擦加剧致使密封圈和轴受到损伤。

下面介绍机械密封的特点

[优点]

(i) 泄漏很少。因为密封圈和缓冲圈几乎不摩擦,所以这几处的密封性很高。密封面是由滑动性和耐磨性好的合适材料组成,其表面光洁度和平直度都很高,在此面上相对于密封流体压力,又施加着一定的接触压力所以密封面在流体润滑、甚至是临界润滑的情况下也很少泄漏,总的说来泄漏量是极少的。JIS把泄漏量规定在3毫升/小时以下。通常,把泄漏量限制在3毫升/小时以下是容易做到的。有的机械密封可以把泄漏量限制到0.01毫升/小时以下有的甚至几乎达到查不出泄漏的程度。

(ii) 使用寿命长。只有密封面是机械密封的磨损部分。由于密封面的磨损量非常少,一般可以连续使用1—2年,特殊的也有用至5—10年以上。

(iii) 不需要调整。在密封流体压力和弹簧压力的作用下,动环被推向静环,使密封面自动地经常保持贴紧。因此一旦安装好了以后就不需要再调整了。

(iv) 摩擦功率小。密封面的面积小,也能够设法减少摩擦系数所以摩擦功率小。

(v) 轴与轴套不产生磨损。轴与轴套几乎没有摩擦所以它们不产生磨损。

(vi) PV值高。对密封面可以做到适当润滑故能提高PV值。

(vii) 耐振性强。由于有缓冲机构所以耐振性比较好。

(viii) 能够缩短轴封所需长度。和性能相同的密封装配相比长度较短,另外不需要调整用的空间所以机器可以造得紧凑。

(ix) 适合无人操作和自动控制。这是一个次要的优点。由于泄漏少, 寿命长, 不需要调整所以适合于无人操作, 自动控制以及远距离操作等。

(x) 适合于有害流体或贵重流体的轴封。这也是一个次要的优点。由于密封性高故适于这类流体的轴封。

[ 缺点 ]

(i) 结构复杂。

(ii) 装配稍难。

(iii) 更换不便。由于原则上不能制成二半的\*, 更换时, 必须从轴端取出密封组件, 所以需要部分地拆开机器或者全部拆开机器。

(iv) 运转不正常时采取应急措施困难。

(v) 价格较大。

机械密封虽有上面的一些缺点, 但由于其优点显著能适应现代工业的需要所以发展很快。表 2·1 列出机械密封和填料密封的优缺点比较, 以供参考。

表 2·1 机械密封和填料密封优缺点比较

项目	机 械 密 封		填 料 密 封	
	优	点	缺	点
泄漏量	接近没有	泄漏极少。一般涡轮泵可以做到 $Q \leq 3 \sim 0.01$ 毫升/小时	多	一般的涡轮泵 $Q \geq 300 \sim 1200$ 毫升/小时是不能避免的
寿命	长	通常可连续使用 1—2 年, 特殊的连续运转 17 年还在使用	短	需要定期更换填料, 更换频繁, 必要时需更换轴和轴套
轴的磨损	无	通常轴与轴套不摩擦, 所以无磨损	有	填料摩擦轴和轴套的外周致使轴和轴套磨损
调整	不需要	能自动调整	需要	如不经常扭紧填料, 泄漏量就要增加
摩擦损失	小	摩擦面积小, 能降低摩擦系数, 消耗功率小	大	摩擦面积大, 摩擦系数亦大, 消耗功率大
PV 值	大	非平衡型 $PV \leq 40 \sim 60$ (公斤/厘米 <sup>2</sup> .米/秒) 平衡型 $PV \leq 900 \sim 2000$ (公斤/厘米 <sup>2</sup> .米/秒)	小	有的填料密封 $PV \leq 30 \sim 1000$ 但如要减少泄漏则必须显著降低 PV 值
耐振性	好	耐振性可以比填料密封做得更好	不好	一般的涡轮泵如不把双振幅降到 0.07~0.08 毫米以下则泄漏就会增加
装配长度	短	即使装配长度长些, 但由于不需要调整空间就总体而言还是短的	长	由于需要调换零部件的空间故装配长度长
价格	能降低价格	初次成本虽高, 但根据条件可以降低运转费用	常增加费用	初次成本虽低但根据条件往往使运转费用增高

\*特殊场合, 例如水轮机处有用割开的密封圈。

项目	机械密封		填料密封	
	缺点		优点	
结构	复杂	零件多而精密故复杂	简单	零件少，精度要求不高，故简单
安装	稍难		容易	
更换	不便	密封环需由轴端取出，所以必须局部或全部拆开机器	简便	不需要拆开机器可以简单地进行更换

### 2.2.2 定义和基本结构

填料密封和油封都属于圆筒面密封而机械密封是一种端面密封。这种密封考虑了缓冲措施解决轴的振动传给贴紧的密封面的问题。JIS对机械密封的定义是：“带有缓冲机构，通过与轴大体垂直并作相对转动的两密封端面进行密封的装置称为机械密封。”使构成密封面的两端面贴紧的方法一般是利用弹簧压力和密封流体（对通过密封面的流量要进行限制的流体，通常是指处于高压侧的流体）的压力。有时也利用密封流体以外的其他流体压力或磁力（也可以利用电磁铁，但尚未实际应用）。

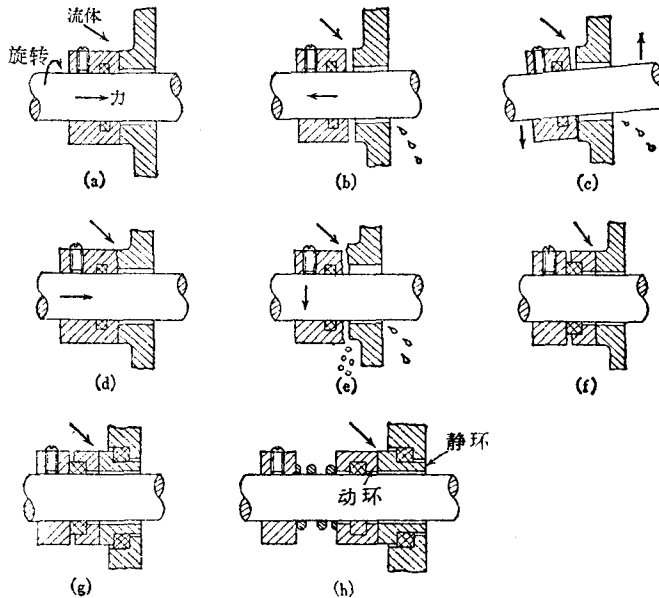


图2.2 端面密封和缓冲机能

在机械密封上，“缓冲”是一个重要条件。如果轴的振动不加缓冲地直接传到密封面上，那末这密封面就不能贴紧，泄漏就会增加，或者造成对密封面施加过大的径向力或轴向力从而导致密封面过度磨损，破坏或烧熔咬死。为此，一切机械密封都要有效地利用合成橡胶，塑料，石棉，全属密封圈以及金属波纹管等的弹性来缓和轴振动对密封面的影响。



图 2·2 用图解的方式说明端面密封与缓冲机能的关系。图 (f) ~ (h) 表示利用合成橡胶等的弹性进行缓冲和密封，(g) 的耐振性比 (f) 好。图 (h) 表示利用弹簧的弹力使动环沿轴向可作适当的移动的方法，缓冲效果很好。把图 (g) 上的静环直接压入机体，不作浮动支撑，这种结构至今还有人采用，自然耐振性很差。为了获得更好的耐振性必须仔细地考虑密封面和缓冲机构之间的距离以及缓冲件的大小和形状。

如图 2·3 所示，机械密封的结构原理有两种方式：使泄漏由密封面外周向内周流泄

		背面高压式		背面低压式		
		弹簧内装式	弹簧外装式	弹簧内装式	弹簧外装式	
非平衡型	内流式	旋转式				
		静止式				
	外流式	旋转式				
		静止式				
平衡型	内流式	旋转式				
		静止式				
	外流式	旋转式				
		静止式				

图 2.3 机械密封的分类

的内流式和使泄漏由密封面的内周向外周流泄的外流式。不论那一种形式又都可以根据弹簧是否跟随动环旋转分为旋转式和静止式。旋转式和静止式中分别又可分为弹簧内装式和弹簧外装式二种。按此分类下去除特殊者外，可分成32种类型。需要最多是非平衡型、内流、旋转，背面高压，弹簧内装形式的机械密封（见图1）。

兹将这些类型的特点扼要地分述如下：

(i) 平衡型密封面的润滑情况比非平衡型的好，所以PV值高。（通常非平衡型的最大PV值 $\approx 40\sim 60$ 公斤/厘米<sup>2</sup>·米/秒；平衡型的最大PV值 $\approx 900\sim 2000$ 公斤/厘米<sup>2</sup>·米/秒）

(ii) 对于内流式和外流式，它们的泄漏方向与离心力作用方向相反。所以特别高速的轴宜用外流式，但外流式由于受着内压所以不适于高压的场合。（外流式又由于材质和设计上的原因一般 $P_{最大} \leq 10\sim 20$ 公斤/厘米<sup>2</sup>时较为安全）。

(iii) 旋转式的弹簧受离心力的影响，静止式的弹簧不受离心力的影响，所以高速轴宜采用静止式（旋转式取 $V \leq 20\sim 30$ 米/秒为佳）

(iv) 背面高压式机械密封其传动机构和其他复杂机构均在密封流体中间，易受腐蚀和电腐蚀而且安装调整困难。背面低压式机械密封其主要零件都在轴壳外面，不易被腐蚀，安装调整容易并且能够判断磨损程度。

(v) 弹簧内装式机械密封，由于弹簧处于密封流体当中，所以弹簧容易被腐蚀，也容易被夹杂物和浆状物堵塞。又弹簧旋转式对高粘度流体是不适合的，而弹簧外装式则无此缺点。

兹将上述各点归纳起来列表于表2·2。

表 2·2 各种型式机械密封的特性比较

项 目 种 类	压力 P (公斤/ 厘米 <sup>2</sup> )	速度 V (米/秒)	PV 值 (公斤/厘米 <sup>2</sup> · 米/秒)	泄 漏	端面磨损	耐 浆 液 的 性 能	对高粘 度液体 的情况
非平衡型	×	×	<sup>x</sup> ( $\leq 40\sim 60$ )	⊙	×	⊙	×
平衡型	⊙	⊙	⊙ ( $\leq 900\sim 2000$ )	×	⊙	×	⊙
内流式	⊙ ( $\leq 300$ )	×	⊙	○ ----- (也有泄漏 多的说法)	×	○ ----- (有不耐浆 液的说法)	×
外流式	×	⊙ ( $\leq 20$ )	×	×	○ ----- (也有磨损 少的说法)	×	○
旋 转 式	—	×	×	—	—	×	×
静 止 式	—	⊙ ( $20\sim 30$ )	⊙	—	—	⊙	⊙
背面高压式	} 本来无 } 甚差异	—	—	—	—	—	—
背面低压式		—	—	—	—	—	—
弹簧内装式	—	—	—	—	—	×	×
弹簧外装式	—	—	—	—	—	⊙	⊙