

非接触密封

(间隙密封与迷宫密封的原理和应用)

[联邦德国] K. 塔鲁达纳夫斯基



机械工业出版社

增订第三版前言

自从第二版问世以来，已经发表了许多有关文章。若将这些文章的内容收入本书，势必将其彻底改写。鉴于这些文章并未超出第二版的内容，故出版社决定对第二版只补列一些参考文献书目。

当然，从这大量的文章中进行一番取舍甚为必要。为此，遵循了下列原则选择内容：力求这一领域的内容全面完整做到详而不繁，简而不漏，有利读者参考，而具有一定水平。因此，首先把那些通俗易懂的文章列入书中。尽管经过一番取舍，但还是在附录中列入了二百多条新的参考文献书目。虽然讲德语的地区对密封领域的研究已日益增多，但是，相当一部分参考文献书目仍用英文写就。

本书首先着眼于一般的机器制造业，很少涉及到美国国家宇宙航行局（NASA）广泛的空间开发工作。此外，深恐出处引用过多，可能会造成混乱。美国高等学府从事的许多科研工作由于不易搞到资料，所以也未能考虑在内。但愿我对文章的取舍是适宜的。按照既定的宗旨，也收入了那些本身具有综合参考文献书目的文章。

在编制本书时，尽可能做到既有一般性的文字说明，又有一定数量的插图、表格、图表，并注明出处。这样就容易估出那些文章的范围了。

在理论探讨上，非接触密封较之接触密封更易为人接受。这就是大量已发表的文章之所以论述非接触密封的原因。典型的非接触密封间隙密封、迷宫密封和迷宫间隙密封方面，这些文章对其伴生现象（振动；热交换；各种因素对效率的影响；旋转对密封功能、间隙中的流动状态和制造密封的材料等的影响），均作了

IV

精辟的论述。同时，对第二版中尚处于初步探索阶段的密封类型（螺旋密封、自调间隙的径向密封、离心密封）进行了深入的研究。在有关密封的专门著作中运用了最现代化的计算方法。

我深感对参考文献所做的增补还不能达到对一本全面修订的新版本施加影响的目的。尽管如此，我仍然希望对富有创造性的设计人员和在新的领域取得优异成绩的研究开发人员在其辛勤劳动中有所得益。

K. 塔鲁达纳夫斯基

1973年2月于雷奥本

第二版前言

自第一版印行以来，非接触密封的应用范围已显著地扩大。蒸汽轮机以及燃气轮机由于要在高压高温中运转，密封问题也就变得愈加棘手。在当代，还要把非接触密封应用到核能技术与空间技术上去。在活塞式动力机械中已经证实，大多数压缩机（直至高压压缩机）配用了迷宫间隙活塞。活塞式蒸汽机，由于自身落后，已很少采用，但仍然可以看到为数不多的活塞式蒸汽机采用了非接触密封。这种非接触密封的工艺技术提供了一个甚为广阔的、类型繁多的、能经受特殊高压的应用范围。

与接触密封相反，非接触密封无论从理论上还是实际上更容易为人们所理解与接受。这是除了技术上的优越性之外，或许是由于发表了大量文章，探讨并阐明了这种特殊领域的缘故。自第一版问世以来，又发表了许多有关文章（其中也有论文）。这些文章深入地研究了非接触密封的理论基础，并介绍了一部分有关各种结构型的非接触密封的大规模试验结果。

这些试验报告分散在全世界有关专业文献中。正如我在第一版前言中已经说明过的那样，设计人员要饱览全部资料确很困难，撰写此书的目的在于让设计人员了解全貌。当然，也不完全排斥在本书所可能拥有的篇幅内，对非接触密封已知要点进行详尽的举例论证。因此，像第一版那样，详列了参考文献，以保持此书特色，让论文及试验报告发挥更多的作用，使读者充分地了解此书内容。本书为此对基本方程式作了详尽的推导，让读者有可能用这种方法去复核所得的结果。如果设计人员或研究人员认为有必要进一步深入了解，则可根据仔细编排的内容丰富的参考文献，就能轻易地找到原著进行研究，或将其复制，随时备查。

同心支承问题是本书着重论述的主题，故进行了详尽的讨论

而另一些问题，例如热传导，只是一笔带过或作扼要介绍，例如轴封蒸汽的抽气和汽轮机中轴封蒸汽的利用等问题就是采取这种写法。

本书第一版发行时，由于没有耐高温高压的润滑剂，故不得不采用接触密封。当今，即使情况远非如此，但采用这种密封形式的主要原因毕竟还是为了避免因使用润滑剂所引起的各种缺陷。本书一开始就已提到，这类缺陷至今仍然到处可见。

非接触密封的发展绝不到此为止。由于最近探讨的那些密封形式——螺旋密封和自由射流密封——使迄今为止一再引用的流体动力密封不是全密封的基本原则已经变得不是永恒的了。我所提到的自由射流密封，尽管还没有详尽的论述，但据我所知，已有良好的例子证明自由射流密封能以极其有效的方式解决生产中的实际问题。

我又一次得到许多家公司的热情支持，慕尼黑保险公司联合会也向我提供了8.50至8.58的插图锌板，值本书铅印出版之际，谨向他们表示衷心感谢。我在汇编资料中，引用了同行们发表的有关著作中的部分资料与数据，在此也向他们表示感谢。尤其向博士学位工程师K.柯莫托连(K. Komotore)教授表示谢意。我也向A.埃格里(A. Egli)先生对第一版作出的宝贵贡献，再次表示感谢。

在第一版前言中，我向行家们提出了请求，请他们把这一领域的所有经验和对本书修改的建议告诉我。这个建议可惜尚未如愿，我愿再请求一次。

出版社和编辑们答应将来对原稿进行广泛的修改和补充。这些工作势必会使出版社耗费大量资金，会给编辑们增添不少麻烦。为此，我特向出版社和编辑们表示感谢。

K.塔鲁达纳夫斯基

1964年1月于雷奥本

第一版前言

密封的功用是把不同压力的空间相互隔开。汽轮机等这类机器的运转部分要在无摩擦条件下达到密封，就得采用非接触密封。这类密封就是用一种极窄的间隙代替密封填料。要使不可避免的漏泄量维持在最低限度，必须选用适宜的间隙形状与尺寸，以确保间隙中的流阻均匀地增加。因此，对这些机械零件的结构提出了很高的要求，而这些要求只有当代技术才能加以满足。本书论及的领域正是工程技术人员需要处理的技术问题。本书取材既不偏于套取“经验公式”，也不只在理论上空谈阔论。我在编写本书时，力求结合实际来选列计算公式。凡愿进一步深入钻研的读者，在参考文献书目中可以找到出处。有关文章总是散布在不易到手的各种刊物上。经验证明，对于从事实践的工程技术人员来说，若要处处亲自动手，接触这种密封领域，则不仅工作过于繁重，而且时间消耗甚多。过去，有关机械零件的书曾经介绍过非接触密封但内容很简单。因此，本书恰可弥补这一不足之处。

非接触密封有许多方面尚处于发展过程中。正因这样，本书义不容辞地应向从事实际工作的工程技术人员及其后起之秀介绍这种机械零件，并积极推动他们去采用非接触密封。如只求解决个别问题，而影响全局取材，看来实为不必。我认为重要的是，多向读者介绍各种非接触密封的结构原理与计算方法，积极鼓励他们去解决性质相同的各种实际问题。

在参考文献中搜集了具有实用价值的试验资料，本书重点摘录了有关的试验报告。书上凡未注明出处的试验结果，绝大多数是本书作者摘自自己进行试验所得的资料，而这些资料尚未公诸于世。

K. 塔鲁达纳夫斯基

1942年夏季于格雷茨

常用符号的单位和含义

<p>A kcal/(kg·m)—热工当量</p> <p>b m—迷宫间隙处的齿厚</p> <p>B m—空腔宽度</p> <p>c_p kcal/(kg·°C)—等压比热</p> <p>c_v kcal/(kg·°C)—等容比热</p> <p>d m—直径</p> <p>d_{gl} m—等值直径</p> <p>d_m m—平均直径</p> <p>e ——自然对数的底</p> <p>F m²—漏泄横截面</p> <p>F_0 m²—$z = 0$ 为假设的漏泄横截面, 可代作第一个节流口的横截面 ($z = 1$)</p> <p>F_n m²—沿流动方向的最后节流横截面 ($z = n$)</p> <p>g m/s²—重力加速度</p> <p>G kg/s—漏泄重量流量</p> <p>G_k kg/s—临界压比下无摩擦等熵流动时的漏泄重量流量</p> <p>G_1 kg/s—单级迷宫密封的理论重量流量</p> <p>G_n kg/s—多级迷宫密封的理论重量流量</p> <p>G' kg/(h·cm²)—每平方厘米上每小时通过的漏泄流体的重量</p> <p>h m—间隙宽度</p> <p>i kcal/kg—1公斤介质的含热量</p> <p>l m—间隙长度⊖</p> <p>l_{max} m—极限长度</p>	<p>L_M kg⊕·m/kg—1公斤介质的惯性力的功</p> <p>L_R kg·m/kg—1公斤介质的阻力功(摩擦功)</p> <p>L ps, W—功率(德国马力), 瓦</p> <p>$M = \frac{\omega}{\omega_s}$—马赫数</p> <p>$n$ ——级数, 节流口数目</p> <p>n_k ——临界节流口数目</p> <p>n ——多变指数</p> <p>n r/min—转速</p> <p>p kg/m²—压力</p> <p>p_k kg/m²—临界压力</p> <p>Δp kg/m²—压力损失, 压力差</p> <p>Q m³/s—漏泄量</p> <p>Q_e m³/s—偏位流量</p> <p>$Q_{e_{max}}$ m³/s—最大偏位流量</p> <p>Q_A kcal/kg—外面加入的热量</p> <p>Q_R kcal/kg—摩擦热</p> <p>r m—平均半径</p> <p>r_a m—外密封件(气缸的)半径</p> <p>r_i m—内密封件(活塞的)半径</p> <p>R kgm/(kg·°C)—气体常数</p> <p>Re ——雷诺数(流动特性数)</p> <p>Re_0 ——临界压比下的特性数</p> <p>Re_k ——, 从层流流动过渡到紊流流动时的流动特性数</p> <p>s kcal/(kg·°C)—1公斤介质的熵,</p> <p>S m—空腔深度⊕</p>
--	---

⊖ 即密封齿厚度。——译注

⊕ 此处 kg 是力的单位, 本书原书采用工程制, 力和重量单位都是用 kg、但国际单位制力的单位为牛顿, 质量单位为 kg, 中间有一个换算问题。——译注

⊗ 包括间隙。——译注

S kg—侧面推力
 t m—齿距
 t °C—摄氏温度
 T °K—绝对温度 (凯氏温度)
 T m—空腔深度⊖
 u m/s—圆周速度
 u kcal/kg—单位内能
 u m—截面圆周长
 v m³/kg—比容
 v_k m³/kg—临界比容
 v m—汽封齿的相对位移
 w m/s—流速
 w_K m/s—临界速度
 w_m m/s—平均速度
 w_{max} m/s—最大速度
 w_s m/s—声速
 x —单位容积的蒸汽含量⊖
 x m—沿间隙(迷宫间隙)长度的截距⊕
 z —迷宫齿序号(起始号: $z = 1$, 结束号: $z = n$)
 α —汽封齿斜度
 α —流量系数
 α_n —与多级迷宫密封等值的单级迷宫密封的流量系数(可与图 166 比较)
 β —压(力)比
 γ kg/m³—重度, (单位容积重量)
 γ, γ_k kg/h at mm²—每小时单位面积的迷宫损失量(亚临界的, 超临界的)
 δ —“实际”间隙长度(密封齿宽度)与“计算”间隙长度(齿距)之比

$\delta = F_n/F_0$ —最后节流截面与第一个节流截面之比
 $s = G/G\sqrt{g\rho_0/v_0}$ —无量纲的流量
 ζ —阻力系数(局部阻力)
 $\zeta = Z/n$ —已通过流体的节流口与整个节流口数之比
 ζ —弯曲系数
 η kg·s/m²—动力粘度
 $x = c_p/c_v$ —比热比, 等熵系数
 λ —阻力系数
 λ_0 —静止状态密封阻力系数
 λ_1 —层流区的阻力系数
 λ_t —紊流区的阻力系数
 ν m²/s—运动粘度
 ξ —间隙跨接处的影响系数
 ξ —能量系数
 $\rho = \lambda l/2h$ —流动阻力, 管道阻力
 $\sigma = G/G_K$ —实际漏泄重量流量与临界压比下每一个漏泄重量流量之比
 φ —阻力系数
 φ_K —摩擦系数(速度系数)
 $\psi = \omega/\omega_1$ —流速与流入速度之比(塞尔曼-弗莱维算法)
 $\psi_{th} = \sqrt{2 \frac{x}{x-1} (\beta^{2/x} - \beta^{(x+1)/x})}$ —膨胀系数
 $\omega = \omega_1/\omega_K$ —流入速度与最高流出速度之比
 ω s⁻¹—角速度
 ω' s⁻¹—密封流体的涡流角速度
 μ —收缩系数
 τ kgf/m²—剪切应力

⊖ 不包括间隙。——译注

⊕ 又称干度。——译注

⊕ 实际为沿空腔宽度的截距。——译注

目 录

增订第三版前言

第二版前言

第一版前言

常用符号的单位和含义

1. 引言	1
1.1 发展史	1
1.2 密封的结构形式	2
1.3 非接触密封的工作原理及其形式	3
1.4 应用非接触密封的目的	4
2. 间隙	5
2.1 稀流体(不可压缩的液体)通过间隙的流动	5
2.11 层流(粘性流、流线流、平行流)	5
2.111 间隙宽度不变的轴向环形间隙	5
2.112 锥形轴向密封间隙。层流; 中心位置	8
2.113 间隙宽度不变的径向密封间隙。层流	8
2.114 其他影响	9
2.12 紊流(涡流、交织流)	11
2.2 可压缩流体通过间隙的流动	13
2.21 概述	13
2.22 绝热性摩擦流动	13
2.23 膨胀性摩擦和导热流动	26
2.231 层流	26
2.232 紊流	28
2.24 光滑间隙流量方程的曲线表示法	33
2.25 苏尔茨曼和弗莱维的计算法	33
2.26 埃格里算法及其他算法	43
2.27 贝尔、里希特和克劳斯尼采曲线算法	44
2.271 贝尔/里希特计算过程	44

2.272	克劳斯尼采修正法	46
2.273	考虑热交换的计算	47
2.28	计算实例	48
2.3	对环形间隙漏泄量的一些影响	49
2.31	间隙宽度的影响	49
2.32	位置偏心的影响	51
2.33	芯部位置的倾斜	52
2.34	壁面移动的影响	53
2.341	不可压缩液体的层流	53
2.342	格罗特克计算结果	54
2.343	威逊贝格计算结果	55
2.344	关于其他著作的简介	58
2.35	阻力系数 λ	60
2.351	层流区	60
2.352	紊流区	62
2.4	间隙宽度和芯部位置的确定	64
2.5	流过间隙时所产生的横向力	66
2.51	处于偏心状态的圆柱形孔和圆柱形芯部	66
2.52	处于偏心状态的锥形芯部	69
2.53	偏心间隙或偏心迷宫间隙中漏泄量改变时在主流动影 响下出现的分力	72
2.54	油膜涡流造成的分力	73
2.6	自动调整的轴封	73
2.7	径向密封间隙; 可压缩的工作介质	74
2.71	层流(不旋转)	74
2.711	等温工况变化	74
2.712	绝热工况变化	74
2.72	紊流(不旋转)	75
2.721	等温工况变化	75
2.8	关于过渡到另一种结构的看法	76
3.	迷宫	77
3.1	全迷宫的工作原理	77
3.2	节流口和通过节流间隙的流动	77

3.3	不可压缩工作介质的迷宫漏泄	83
3.4	可压缩工作介质的迷宫流动(理论的流动过程)	86
3.41	实际的迷宫流动	87
3.5	间隙流动和迷宫流动的区别以及绘制焓熵图时的注意事项	88
3.6	迷宫流动的热力学基本原理	89
3.7	迷宫密封的计算	91
3.71	埃格里算法	91
3.72	斯多达拉和盖尔克算法	97
3.73	不同起始状态下的流量	104
3.74	迷宫中的压力分布	105
3.741	轴向迷宫	105
3.742	径向迷宫(间隙宽度不变, 间隙面分布呈直线性)	106
3.75	用法诺曲线进行计算(计算实例)	107
3.76	利用热能经济文献活页资料对迷宫的计算	113
3.77	迷宫密封作用的概述	116
3.78	其他算法	118
3.781	斯多达拉曲线算法	118
3.782	盖尔顿-克的轴向迷宫算法	119
3.783	盖尔顿的径向迷宫算法	121
3.784	威逊贝格的可压缩工作介质迷宫漏泄量算法	123
3.785	塞麦林迷宫算法	126
3.786	塔勒泊尔迷宫算法	128
3.787	罗滨逊、柴勃里斯基/斯丹伦里希特、马宁和 斯诺的算法	129
3.788	巴尔多斯算法	134
3.8	对迷宫漏泄量的一些影响	137
3.81	流量系数 α	137
3.82	转速的影响	137
3.83	空腔形状的影响; 流动图	143
3.9	不稳定流动下的迷宫	147
3.91	频率的影响	147
3.92	迷宫容积的影响	150
3.93	可压缩流体不稳定流动时迷宫温度和压力分布的计算	151

4. 迷宫间隙	155
4.1 工作原理	155
4.11 涡流腔中的流动过程	156
4.2 迷宫间隙漏泄量的计算	159
4.21 迷宫间隙当作迷宫的计算法	160
4.22 迷宫间隙当作“粗糙间隙”的计算法	162
4.23 从流动技术上对迷宫间隙的估算	175
4.231 K. W. 契比索瓦算法	175
4.232 K. H. 格罗特克算法	179
4.233 吉利和科莫托连算法	184
4.234 利用约尼斯试验值的算法	189
4.235 伊恩辛算法	189
4.236 德希和塞莫洛维奇算法	191
4.3 特性尺寸变化的影响	195
4.31 间隙宽度	195
4.32 空腔宽度(节距)	195
4.321 间隙长度为常数	197
4.322 节流口数为常数	200
4.33 空腔深度	200
4.34 节流片的倾斜角(“齿尖倾斜度”)	201
4.35 空腔形状	204
4.36 偏心位置	206
4.361 层流区	206
4.362 紊流区	206
4.4 双侧迷宫间隙	206
4.5 迷宫间隙中的压力分布	209
4.6 迷宫和迷宫间隙中流动工况的变化	213
4.7 不等距齿的“辅助节流口”和反向辅助密封环的作用	215
4.8 间隙边界面的旋转影响	217
5. 间隙、迷宫和迷宫间隙的试验结果及补充看法	220
5.1 间隙、迷宫间隙和迷宫的密封效果的比较	252
5.2 非接触密封的热传导	254
5.21 光滑间隙	254

XI

5.22 迷宫和迷宫间隙	254
5.3 迷宫间隙中所产生的临界压比	256
5.4 双相流动	257
5.5 模拟调节	257
6. 综述气体和液体流过非接触密封的关系式(埃格里)	258
6.1 大流阻管路中紊流的一般关系式	258
6.2 间隙截面不变的简单管路中的紊流	259
6.3 所有节流口截面不变的迷宫和迷宫间隙中的流动	260
6.31 气体流动	260
6.32 液体流动	260
6.4 管路系统中的紊流	261
6.5 实例: 由石墨环和迷宫组合成的轴封	263
6.51 不带迷宫的石墨环轴封	264
6.52 带迷宫的石墨环轴封	264
7. 液封式轴封	266
7.1 离心密封	266
7.2 流体压力密封	269
7.21 在轴封外产生的封液压力	269
7.22 在轴封中产生的封液压力(螺旋密封)	275
7.221 卜恩和塔耳算法	275
7.222 崔妥夫的计算法	283
7.223 亚瑟努马的计算和试验	285
7.224 巴隆的计算与试验	288
7.225 格拉巴夫的计算与试验	289
8. 非接触密封的结构设计及其应用	292
8.1 间隙密封	292
8.11 衬套	292
8.111 固定衬套	292
8.112 活动(浮动)衬套	293
8.12 密封环	295
8.121 整体的固定密封环	295
8.122 组合(活动)密封环	295
8.13 自润滑性能	297
8.14 离心泵的间隙密封	299

8.15 混流式水轮机的叶轮间隙	301
8.2 迷宫密封和迷宫间隙密封	301
8.21 在流体机械,尤其在蒸汽汽轮机上的应用	301
8.211 迷宫轴封的结构	306
8.212 漏泄蒸汽的排除	313
8.213 汽轮机隔板汽封和叶片上的密封	313
8.214 确定间隙宽度的准则(径向间隙)	313
8.215 关于减少非调节抽气的轴封漏泄损失	315
8.22 在活塞式机械上的应用	316
8.221 应用的原因	316
8.222 带有迷宫间隙活塞的活塞式压缩机的结构	317
8.223 关于活塞式蒸汽机的情况	325
8.224 活塞漏泄引起的功率损耗	328
8.23 使密封连接件的相互位置尽可能保持同心的安全措施	329
8.3 蒸汽汽轮机轴封的损伤	332
8.31 机械故障造成的损伤	332
8.32 腐蚀和冲蚀所造成的损伤	335
8.33 工作介质的化学影响	336
8.34 关于运行的实际知识	336
9. 全密封	338
9.1 自由射流密封	338
参考文献	341
德中文名词术语对照表	352

1. 引 言

1.1 发 展 史

在机器制造业的发展初期，人们采用静止的密封方式，把需要密封的机器部件尽可能加以相互压紧，并用塑性物质（密封材料）充填残留的、往往还比较大的间隙（漏泄截面）。如对活动的机器部件进行密封，人们一开始就不得不采用优良的塑性密封材料。长期以来，大麻丝就成为基本的密封材料。以后，由于大批出现各种不同的密封材料和密封结构形式，使接触密封种类变得越来越多〔145〕。但是，基本办法依然是：通过可以变形的密封材料或者通过密封面自身的变形来充填漏泄截面。除非是轴封或者活塞密封那样的动接触密封，才采用“金属密封垫”。“金属密封垫”的基本特点是通过金属物体与衬面发生直接接触，并以此来充填极小的漏泄截面。为了改善漏泄截面的密封效果和达到尽可能的混合摩擦，通常采用润滑剂。

如果密封面的相对滑动速度很高或者温度很高，在这类不利状态下，就很难保持理想的润滑，而且还会带来另外一些缺陷；有时候，事先简直无法确定，非稳定摩擦对测量仪表也会引起干扰，或者因摩擦增加，摩擦热升高而失去控制。人们面对这种情况，终于向前迈进了一步，就是避免密封面相互发生接触。于是，以密封间隙为特点的非接触密封应运而生了。如果纯粹地就事论事，那么这种密封间隙必须做得“很小”，只有这样，才能使漏泄损失保持在许可的限度之内。为了持续地保持很小的密封间隙，对机器设计和结构精度均应提出很高的要求。

除了一些例外情况，只有当代技术才能满足这些要求。今天，由于非接触密封的制造、装配和运转已经确有把握，因而为非接触密封的应用开辟了广阔的前景。

1.2 密封的结构形式

在一条闭合线上，当密封面之间的间隙宽度达到零时，静止密封接头才达到了密封（例如管子截面圆周上的法兰面 \ominus ）。

要做到这一点，可以通过密封面本身的变形。因为密封面通常是由不易变形的材料制成的，所以要有极大的力，才使得密封面变形。原则上有两种办法，即：把压力集中到密封面很小的接触面上，这种办法称之为变形办法（如图1.1，II所示）；或者在密封面之间插入一种很容易变形的材料制成的零件来达到“密封”（如图1.1，I所示）。这两种情况就是使有关的机器零部件直接发生接触，称之为接触密封。

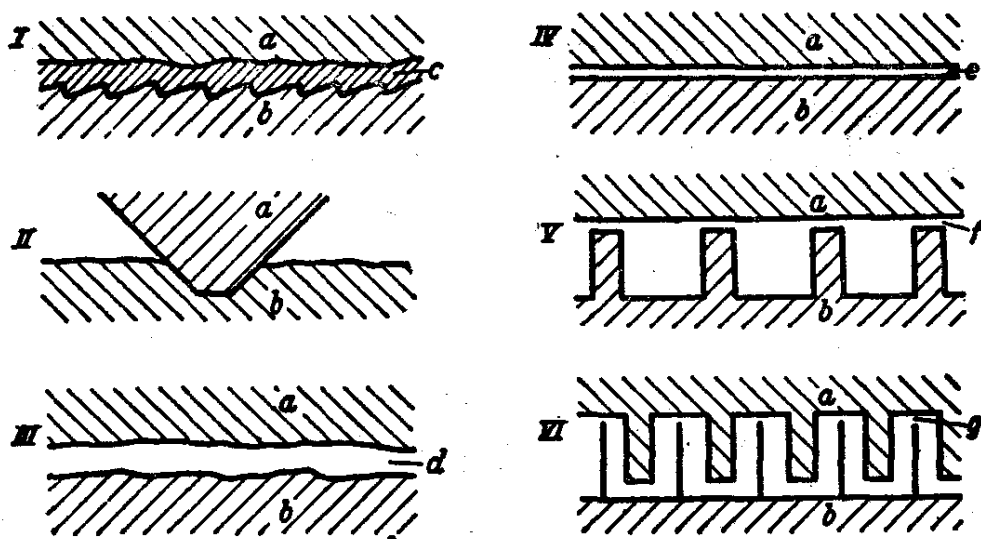


图1-1 密封的结构形式

- I 用相同的密封材料密封，例如平面密封 II 用性能不同的密封材料密封，
 例如变形密封 III 非接触密封 IV 光滑间隙 V 迷宫间隙 VI 迷宫
 a、b—密封面 c—密封材料 d—中间空隙 e—间隙
 f—间隙段 g—节流口

但是，也有可能使密封面相互靠得很近（如图1.1，III所示），而不发生接触。通常情况下，对出现的漏泄不用担心。这就是非接触密封的基本形式。在设计流体通道时，要尽可能提高通道的

\ominus 实际情况却要复杂得多，间隙中的分子作用具有决定性的意义[145]。

流阻。按照这种密封的作用原理，称它为“流动密封”是非常恰当的。

对动密封（轴封等）耦合的两个密封面是不允许相互啮合（相互配合）的。因此，有两种密封可能：a）通过两个密封面相互配在一起，产生一个狭窄的间隙；间隙宽度局部为零，在密封面不平处有轻微的啮合。为了改善摩擦条件，往往用润滑剂充填间隙；切去由于磨损而出现的局部不平度。b）在密封面之间保持一定的（很小的）间距，即机器活动部分的非接触密封。

1.3 非接触密封的工作原理及其形式

为达到技术要求所制造的非接触密封主要指这样的密封：两个密封面之间有一个可用尺寸确定的中间空隙。按照密封的结构形式可以分为间隙（光滑间隙）、迷宫间隙和迷宫（如图1.1，Ⅳ～Ⅵ所示）。迷宫间隙系由光滑间隙组成，由一个或两个分界面将其隔开。迷宫则有若干个节流口串联组成。

非接触密封必须产生一个极高的流阻，以保持很小的漏泄损失。假定两个密封面之间有一个给定的最小间距（根据制造技术、经济性和运转条件确定），那么，间隙的密封性是由间隙长度确定的，而迷宫的密封性是由节流口数目确定的。因此，如果采用间隙密封，密封性和结构长度（尺寸）是相互依存的，那么，在采用迷宫密封时，并不存在这种依存关系，因为节流口（从理论上说）可以无限地增加。

流束不可能仅仅以余速进入下一个节流口，这种状况对于理想的迷宫密封来说，会导致两个密封面的相互啮合，从而在许多场合下无法使用非接触密封的结构形式。通过间隙也可以实现密封。在技术上，通常总是设法使通过管路的流体尽可能没有摩擦，而间隙密封的任务恰恰与此相反。迷宫间隙往往会使流阻提高。如果从流体技术的含义来理解迷宫间隙，那么可以把它看作为“粗糙管路”。设计时，要使迷宫间隙的“粗糙度”达到最大的值，以便适合各种密封条件。