

**第9篇**  
**转轴密封技术**

编者 陈国桓

---

# 目 录

## 第1章 软填料密封

1 概述 .....	9-1
2 填料密封结构 .....	9-1
2.1 填料箱主要尺寸 .....	9-1
2.2 填料 .....	9-1
2.3 软填料密封计算 .....	9-4
3 填料箱标准化 .....	9-5
3.1 带衬套及冷却水套铸铁填料箱 .....	9-5
3.2 带衬套铸铁填料箱 .....	9-5
3.3 带冷却水套碳钢填料箱 .....	9-7
3.4 碳钢填料箱 .....	9-7
3.5 带冷却水套不锈钢填料箱 .....	9-7
3.6 不锈钢填料箱 .....	9-9
3.7 常压碳钢填料箱 .....	9-9
3.8 常压不锈钢填料箱 .....	9-11
3.9 管用碳钢填料箱 .....	9-11
3.10 管用不锈钢填料箱 .....	9-12

## 第2章 机械密封

1 概述 .....	9-12
2 机械密封类型 .....	9-13
3 设计计算 .....	9-15
3.1 端面比压 .....	9-15
3.2 载荷系数 $K$ 与平衡系数 $\beta$ .....	9-16
3.3 摩擦副主要尺寸 .....	9-17
3.4 弹簧 .....	9-17
3.5 $p_v$ 值 .....	9-17
3.6 摩擦功率 .....	9-17
4 冲洗、冷却和润滑 .....	9-17
4.1 冲洗 .....	9-18
4.2 冷却 .....	9-18

4.3 润滑 .....	9-19
5 材料选用 .....	9-19
5.1 摩擦副材料 .....	9-19
5.2 密封圈材料 .....	9-19
5.3 弹簧 .....	9-21
5.4 机械密封材料选用 .....	9-21
6 机械密封标准化 .....	9-21
6.1 泵用机械密封 .....	9-21
6.2 釜用机械密封标准 .....	9-30
7 机械密封实例 .....	9-43

## 第3章 其他形式密封

1 迷宫密封 .....	9-47
1.1 工作原理及特点 .....	9-47
1.2 漏泄量计算 .....	9-47
1.3 结构型式 .....	9-48
1.4 迷宫密封系统 .....	9-52
2 浮动环密封 .....	9-52
2.1 工作原理及特点 .....	9-52
2.2 结构类型 .....	9-53
2.3 浮动环技术要求 .....	9-53
2.4 浮动环密封计算 .....	9-55
2.5 封油系统 .....	9-58
3 动力密封 .....	9-58
3.1 工作原理与特点 .....	9-58
3.2 结构 .....	9-58
3.3 离心密封的功率消耗 .....	9-59
4 螺旋密封 .....	9-59
5 停车密封 .....	9-60
5.1 自脱式停车密封 .....	9-60
5.2 外操纵式停车密封 .....	9-61
参考文献 .....	9-61

# 第1章 软填料密封

## 1 概述

密封的功能是阻止泄漏。密封有静密封与动密封之分。相对静止的结合面（即密封面）间的密封为静密封，如法兰垫片密封。动密封主要指轴封。本篇主要介绍动密封。

软填料密封典型结构如图9-1-1所示，压盖5将软填料3轴向压紧，使填料产生径向弹性变形，填满间隙而密封。底衬套1可阻止填料被挤入设备内，同时对于轴具有一定的径向支承作用。封液环4中的液体可以从设备内（如泵）引来，也可从外部引来，在这里形成液封，更好地阻止泄漏，并起到润滑、冷却作用。因填料磨损快，应经常注意拧紧压盖螺栓或更换填料。

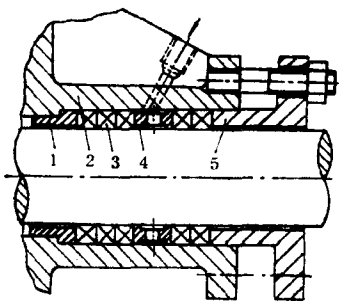


图9-1-1 软填料密封

1—底衬套；2—填料箱体；3—填料；4—封液环；5—压盖

软填料密封常用于泵轴密封（包括旋转式与往复式）、带搅拌反应釜的轴封以及阀杆密封等。其适用范围广泛，介质压力由真空  $1.33 \times 10^{-3}$  至 35 MPa，工作温度  $-50 \sim 600^\circ\text{C}$ ，密封面线速度至 20m/s。使用寿命，过去一般在 2—3 个月之间，由于新材料不断出现，填料寿命有所延长。阀门填料密封参数尚可高出上述范围。

填料密封结构简单、装拆方便、成本低廉。对轴有一定的磨损，需定期维修，且有微量泄漏。

## 2 填料密封结构

### 2.1 填料箱主要尺寸

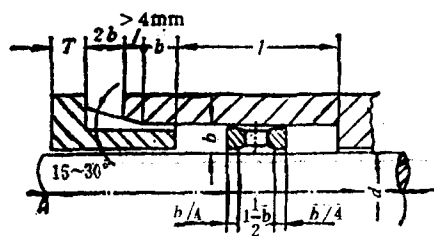


图9-1-2 旋转轴用填料箱主要尺寸

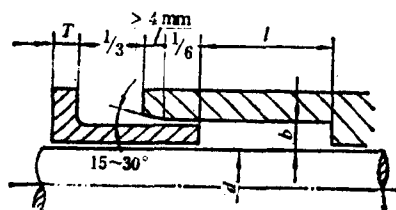


图9-1-3 往复柱塞杆用填料箱主要尺寸

图中  $b$ ——填料截面边长，mm。

$$b = (1.4 \sim 2) \sqrt{d} \text{ 或按表9-1-1选定；}$$

$l$ ——填料室深度（不包括底衬套），mm；  
无液封环时， $l = zb$ ；有液封环时， $l = (z + 2)b$ ；

$d$ ——轴径，mm；

$z$ ——填料环数，可按表9-1-2选取；

$T$ ——压盖法兰厚度，mm； $T = 0.75d_b$ ；

$d_b$ ——压盖螺栓直径，mm。

箱体及压盖与填料接触的端面，可与轴线垂直，也可与轴线呈  $60^\circ$  夹角。

### 2.2 填料

在填料密封中，填料是保持密封的主要零件。可根据介质的性质、操作条件、温度、压力、轴径、转速及密封的要求选择。

制作填料的主体材料有天然纤维（棉、麻、毛）、矿物纤维（石棉）、合成纤维、橡胶、石墨及软金属等。其中，石棉化学性质稳定，吸附润滑

表9-1-1 填料截面尺寸与轴径关系

mm

轴 径	<20	20—35	35—50	50—75	75—110	110—150	150—200	>200
填料截面尺寸	5	6	10	13	16	19	22	25

表 9-1-2 填料环数与介质压力关系

轴杆运动方式	旋 转				往 复			
	压力 MPa	0.1	0.5	1	<1	1—3.5	3.5—7	7—10
填料环数	3—4	4—5	5—7	3—4	4—5	5—6	6—7	7—8或更多

表9-1-3 油浸棉或麻软填料

名 称	工作温度 °C	工作压力 MPa	规 格 mm	容 重 kg/m <sup>3</sup>	工 作 介 质
油浸棉填料	<100	<20	正方形, 边长3、5、6、8、10、 13、16、19、22、25、28、32、 38、42、45、50	900—1300	水、润滑油、碳氢化合物、 空气、弱腐蚀性气体
油浸麻填料	<100	<16	3、5、6、8、10、13、16、 19、22、25、28、32、38、42、 45、50	900—1300	碱液、盐水, 其余同上

表9-1-4 螺旋状橡胶软填料

型 号	规 格 mm	工作温度 °C	工作介质	备 注
101型 102型	正方形, 边长3、5、6、8、 9、10、11、13、14、16、19、 22、25、28、32、38	<120	热水、中压冷 水、低压蒸汽、 煤气	用于往复柱塞杆 101型吸有润滑油, 外表敷 鳞片石墨 102型不吸油, 不敷石墨

剂能力强, 是制作填料的重要主体材料。

### 2.2.1 天然纤维类填料

此类填料用于中、低压, 温度不高的弱腐蚀性介质中, 见表9-1-3。棉填料主要用于油、水类介质, 其密封面线速度可达10m/s。麻填料可用于海水介质。羊毛填料能在酸性介质中应用。

### 2.2.2 橡胶类填料

此类填料适用范围与橡胶品种有关。一般用在压力低于1MPa、温度低于120°C的弱腐蚀性介质中, 见表9-1-4。

### 2.2.3 石棉纤维类填料

此类填料品种较多。散状石棉填料、油浸石棉填料及橡胶石棉填料分别见表9-1-5和表9-1-6。

用金属丝加强的金属箔包的石棉填料, 工作压力可超过10MPa。不锈钢带卷石棉填料能用于高温高压蒸汽。浸氟树脂的石棉填料可用于低温或温度不超过200°C的腐蚀性介质中, 见表9-1-7。

### 2.2.4 膨胀石墨填料

它是由天然鳞片石墨经化学、热处理, 机械加工等一系列工艺制成。膨胀石墨耐腐蚀性好, 可在

表9-1-5 散状石棉填料

型号	结构	工作温度 °C	用途
XLH550	纯特级长石棉与石墨混合搅拌的黑色绒状物。烧失量低于16%	<510	用于电站高压高温阀门填料等

表9-1-6 油浸石棉填料与橡胶石棉填料

名称	油浸石棉填料			橡胶石棉填料		
	用石棉线编结或扭制, 浸润滑油及石墨			用石棉布或石棉线, 橡胶为粘结剂, 卷制或编结		
牌号	YS450	YS350	YS250	XS450	XS350	XS250
工作温度 °C	450	350	250	450	350	250
工作压力 MPa	6.0	4.5	4.5	6.0	4.5	4.5
规格 mm	F——方截面, 边长3、4、5、6、8、10、13、16、19、22、25、28、32、35、38、42、45、50 Y——圆截面, 直径5、6、8、10、13、16、19、22、25、28、32、35、38、42、45、50 N——圆截面(扭制的), 直径3、5、6、8、13、16、19、22、25			方截面, 边长与油浸石棉填料同		
烧失量 %	21	24	32	27	32	40
	除去浸渍剂的烧失量					

表9-1-7 浸氟石棉填料(YAB)填料

材质 %	石棉线40—50、涤纶线3—5、聚四氟乙烯30—40、润滑油、石蜡、二硫化钼15—20	
结构与规格	穿心编结。方形或矩形截面, 边长4、6、8、10、12、16、20	
适用范围	介质	弱酸、强碱、液氨、海水、水、油品、溶剂
	压力 MPa	35
	温度 °C	-70—200
	速度 m/s	12
	寿命 h	1000—2000

除强氧化剂外的绝大多数化学介质中使用; 热稳定性好, 它在-200—600°C温度范围内很稳定; 还具有自润滑性能、低摩擦系数以及不渗透性等。浙江慈谿密封材料厂提供的规格:

密度 g/cm <sup>3</sup>	长度 m	截面尺寸 mm <sup>2</sup>
0.9—1.3	10—15	5×5—40×40

### 2.2.5 合成纤维类填料

这类填料包括碳纤维及氟纤维填料等。碳纤维填料自润滑性, 密封性能良好, 对轴磨损极微(仅为石棉类填料的1/50); 除强酸、热浓碱及强氧化剂以外, 可耐各种化学介质, 见表9-1-8。氟纤维填料能在强腐蚀介质中应用, 见表9-1-9。

### 2.2.6 金属类软填料

此类填料用铜、铅丝编结或铜、铅箔卷制。金属软填料耐高压、高温, 耐磨, 耐冲蚀和冲击, 导热性能良好, 但漏泄量较大。其断面形状见图9-1-4。铜软填料可在35MPa、500°C的高压蒸汽或油中工作。铅软填料可在230°C以下工作。

表9-1-8 碳纤维填料 (TCW填料)

材 质	经预氧化或碳化的聚丙烯纤维, 聚四氟乙烯乳液	
结 构	穿心编结。方形或矩形截面, 边长4, 5, 6, 8, 10, 12, 14, 16	
适用范围	介 质	酸、强碱、溶剂
	压力 MPa	20.0
	温度 °C	-250—320
	速度 m/s	20

表9-1-9 氟纤维填料 (NFS填料)

材 质	聚四氟乙烯纤维浸渍聚四氟乙烯乳液	
结 构	穿心编结。方形截面, 边长4, 6, 8, 10, 12, 16, 18, 20	
适用范围	介 质	各种强腐蚀化学药剂 (熔融金属钠及液氮除外)
	压力 MPa	35.0
	温度 °C	-196—260
	速度 m/s	20
	寿命 h	2500—3000

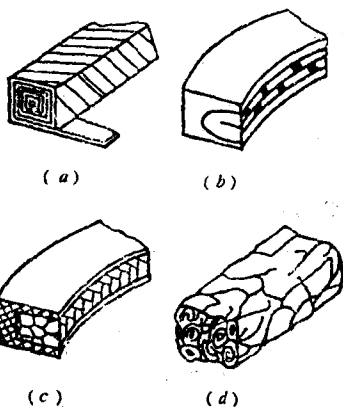


图9-1-4 金属软填料

2.2.7 波形填料

这是一种新型高温高压填料。其结构特点是在石棉料填中央有多层同心圆排列的金属波纹片, 利用石棉的填塞作用与金属片的多级节流作用达到密封, 其断面形状见图9-1-5。波形填料密封性能良

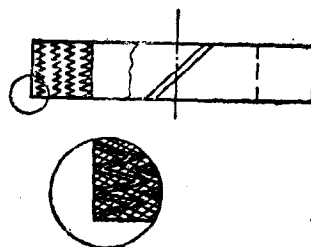


图9-1-5 波形填料

好, 耐磨、耐冲蚀, 能在变动的工作条件下应用, 工作寿命长, 摩擦阻力低 (比石棉编织填料的摩擦阻力低30%)。微量的渗漏不会迅速发展成急剧的泄漏。

波形填料系列由BSP-600, BST-450, BSA-350, BSPb-250组成。其中B表示波纹片, S表示石棉; P、T、A、Pb分别表示波纹片材质为1Cr18Ni9Ti、Cu、Al、Pb; 600、450、350、250表示适用的最高介质温度(°C)。

2.2.8 缓蚀填料

此类填料是在编结石棉填料中添加缓蚀剂和牺牲金属 (如NaNO<sub>2</sub>和Zn粉等) 而成。它的外观及密封性能与普通石棉填料相似。在装机库存期及生产运行中, 能减轻填料对轴杆的腐蚀。

上述填料既可选用单一品种, 又可选择数种混装, 例如, 将石棉填料与铅填料混装, 有利于散发摩擦热, 改善润滑和截断石棉填料的渗漏。

2.3 软填料密封计算

2.3.1 螺栓载荷与压盖螺栓

阻止填料渗漏所需的压实载荷

$$F' = \frac{\pi}{4} (D^2 - d^2) Y \quad N \quad (9-1-1)$$

式中  $D$ 、 $d$ —填料箱内壁直径及轴直径, m;

$Y$ —填料压紧比压, Pa。

石棉类填料  $Y = 4.0 \text{ MPa}$ ,

天然纤维类填料  $Y = 2.5 \text{ MPa}$ ;

阻止沿轴杆及填料箱内壁的泄漏而需要的挤压载荷

$$F'' = \frac{3\pi}{4} (D^2 - d^2) p \quad N \quad (9-1-2)$$

取  $F'$  与  $F''$  中数值较大者作为螺栓载荷  $F$ , 确

定压紧螺栓齿根直径 $d_b(m)$

$$F = Z \frac{\pi}{4} d_b^2 \sigma \quad N \quad (9-1-3)$$

式中  $Z$ ——螺栓数目, 一般2—4个;  
 $[\sigma]$ ——螺栓许用应力, Pa。对碳钢取为20—35MPa。

### 2.3.2 摩擦功率

填料对轴的摩擦力

$$F_t = \pi d l K Y_b \mu \quad N \quad (9-1-4)$$

式中  $K$ ——侧向压力系数, 见表9-1-10;  
 $Y_b$ ——由螺栓载荷产生的轴向压强

$$Y_b = \frac{4F}{\pi(D^2 - d^2)} \quad Pa \quad (9-1-5)$$

$\mu$ ——摩擦系数,  $\mu = 0.04 - 0.08$

填料与轴杆摩擦功率

$$P = \frac{F_t v}{102 \times 9.8} \quad kW \quad (9-1-6)$$

式中  $v$ ——轴杆表面线速度, m/s;

表9-1-10 软填料侧向压力系数 $K$

填料类型	油浸天然纤维类	石棉类	金属箱包石棉类
侧向压力系数 $K$	0.6—0.8	0.8—0.9	0.9—1.0

## 3 填料箱标准化

化学工业部制订和颁布的填料箱标准有十项。按材质不同, 有铸铁、碳钢与不锈钢填料箱; 有带衬套、冷却水套与不带衬套的填料箱; 有公称压力为0.6MPa与常压填料箱。这些标准都包括不同的公称尺寸系列。可根据使用工况选用其中一种。

下面介绍这些标准。

### 3.1 带衬套及冷却水套铸铁填料箱(Pg6, HG5-214-81)

该标准为化学、制药、染料等工业反应釜搅拌轴使用的轴封装置, 其公称压力 $\leq 0.6MPa$ , 适用于需要填料箱起支承作用以及介质温度 $\geq 100^\circ C$ 或转轴线速度 $\geq 1m/s$ 的场合。

#### 3.1.1 型式、基本参数和尺寸

该标准的结构型式、基本参数和尺寸见图9-1-

6、表9-1-11和表9-1-12。

#### 3.1.2 技术要求

1) 填料箱本体法兰与所在设备上突缘(图中假想线表示)的连接为凸凹面连接, 填料箱本体为凸面, 设备上突缘为凹面。连接尺寸按管法兰标准Pg6(HG5-5012-58)。其公称直径相当于尺寸表中 $D_1$ 所示数值。

2) 本体法兰和设备上突缘的紧密面与轴线的不垂直度应小于其外径的 $4/1000$ 。

3) 该标准中 $Pg = 0.6MPa$ 系指填料箱壳体温度小于 $120^\circ C$ 时的许用工作压力。如在较高温度下操作, 则各级温度下的许用工作压力按表9-1-13规定。

4) 与填料、衬套接触部位的轴的外径尺寸公差为 $f8$ , 光洁度不低于 $V_7$ 。

5) 填料箱装配完毕后, 须与设备一起进行水压试验和运转气密性试验, 其试验压力、严密性要求按所在设备总图。

#### 3.1.3 说明

1) 填料应采用软质填料, 允许按操作要求选取, 并在设备总图上注明。若设备总图未注明, 则填料材料按该标准规定为油浸石棉。

2) 填料箱密封性能好坏, 填料使用寿命长短, 不仅与选取的填料材质有关, 而且要满足所在设备对轴提出整形公差、接触表面光洁度、硬度以及相关件装配的同轴度、垂直度等要求。

3) 该标准中填料箱用油润滑。润滑油沿轴流入容器内。对于物料不允许被沾污者, 应在填料箱下端轴上设置贮油杯。

4) 标记示例:

公称轴径 $\phi 80mm$ 的带衬套及冷却水套铸铁填料箱为

填料箱Pg6,  $Dg80$ , HG5-214-81-5

5) 该标准中各种规格填料箱选用时, 按表9-1-14的规定标记标注。

### 3.2 带衬套铸铁填料箱(Pg6, HG5-215-81)

该标准为化学、制药、染料等工业反应釜搅拌轴使用的轴封装置, 其公称压力 $\leq 0.6MPa$ , 适用

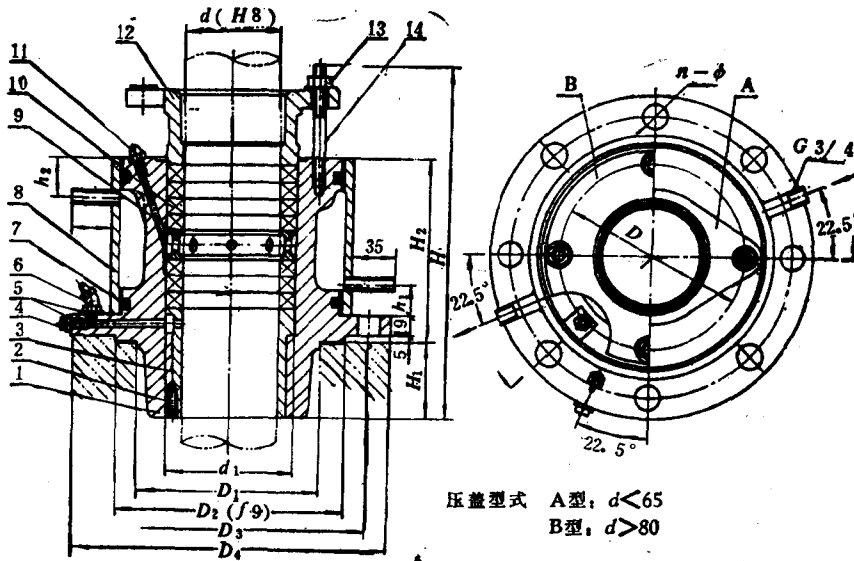


图9-1-6 带衬套及冷却水套铸铁填料箱

表9-1-11 明 细 表

件 号	名 称	数 量	材 料	备 注
1	本体	1	HT20-40	
2	螺钉	1—2*	A3	GB73-76
3	衬套	1	QT50-5	
4	螺塞M8×1	1	A3	Q/ZB220-77
5	油圈15×8	2	石棉橡胶板	ZA71-62
6	油杯45°M8×1	1	A3	GB1153-74
7	O形密封圈	2	橡胶 I-1	GB1235-76
8	水夹套	1	10	
9	油环	1	A3F	
10	填料		油浸石棉	外购
11	油杯M10×1	1	A3	GB1152-74
12	压盖	1	HT20-40	
13	螺母	同双头螺柱	A3	GB52-76
14	双头螺柱	见表1	A3	

\* 轴径 $d \leq 50$ mm时, 螺钉数量为1; 轴径 $d \geq 65$ mm时, 螺钉数量为2。



表9-1-12 带衬套及冷却水套铸铁填料箱主要尺寸

d	d <sub>1</sub>	D	D <sub>1</sub>	D <sub>2</sub>	D <sub>3</sub>	D <sub>4</sub>	H	H <sub>1</sub>	H <sub>2</sub>	h <sub>1</sub>	h <sub>2</sub>	法兰螺栓孔		压盖螺栓	
												n	φ	数量	直径
30	50	80	80	116	150	185	195	14	119	25	30	4	18	2	M12
40	60	90	100	135	170	205	205	24	119	25	30	4	18	2	M12
50	76	105	125	164	200	235	251	32	146	25	30	8	18	2	M16
65	91	120	125	164	200	235	266	47	146	25	30	8	18	2	M16
80	106	145	150	188	225	260	280	62	146	29	34	8	18	4	M12
95	127	165	175	217	255	290	331	75	173	29	35	8	18	4	M16
110	142	185	200	245	280	315	346	90	173	29	35	8	18	4	M16
130	162	210	225	271	305	340	366	110	173	29	35	8	18	4	M16

表9-1-13

工作温度°C	≤120	≤200	≤300
许用工作压力 MPa	0.6	0.55	0.5

表 9-1-14 各种规格填料箱的规定标记

填料箱Pg6 Dg30	HG5-214-81-1
填料箱Pg6 Dg40	HG5-214-81-2
填料箱Pg6 Dg50	HG5-214-81-3
填料箱Pg6 Dg65	HG5-214-81-4
填料箱Pg6 Dg80	HG5-214-81-5
填料箱Pg6 Dg95	HG5-214-81-6
填料箱Pg6 Dg110	HG5-214-81-7
填料箱Pg6 Dg130	HG5-214-81-8

于需要填料箱起支承作用以及介质温度<100°C或转轴线速度1m/s的场合。

其结构型式如图9-1-7。其明细表及尺寸与带衬套及冷却水套铸铁填料箱HG5-214-81类似。由于不带冷却水套，适用的温度范围较低。

### 3.3 带冷却水套碳钢填料箱(Pg6, HG5-1410-81)

该标准为化学、制药、染料等工业反应釜搅拌轴使用的轴封装置，其公称压力≤0.6MPa。适用于介质温度>100°C或转轴线速度>1m/s。

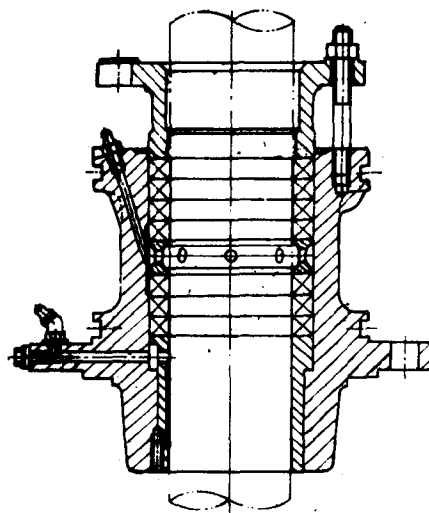


图9-1-7 带衬套铸铁填料箱

结构型式如图9-1-8。明细表见表9-1-15，尺寸表见表9-1-16。公称直径由Dg30至Dg130共8种。

### 3.4 碳钢填料箱(Pg6, HG5-1411-81)

该填料箱与带冷却水套碳钢填料箱HG5-1410-81相似，由于不带冷却水套，适用温度范围较低。其结构型式如图9-1-9所示。适用于轴径由30mm至130mm，共8个档次。

### 3.5 带冷却水套不锈钢填料箱(HG5-1412-81)

该填料箱与冷却水套碳钢填料箱HG5-1410-81

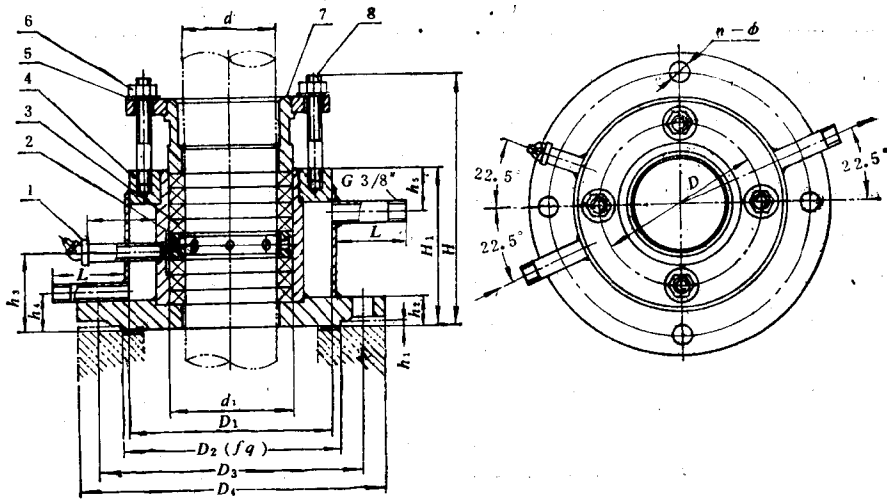


图9-1-8 带冷却水套碳钢填料箱

表9-1-15 带冷却水套碳钢填料箱明细表

件 号	名 称	数 量	材 料	备 注
1	油杯45°M10×1	1	A3	GB1153-74
2	油 环	1	A3F	
3	填 料		油浸石棉	外 购
4	本 体	1	A3, A3F	
5	垫 圈	4	A3	GB97-76
6	螺 母	4	A3	GB52-76
7	压 盖	1	A3F	
8	双头螺柱	4	A3	

表9-1-16 带冷却水套碳钢填料箱主要尺寸

mm

d	d <sub>1</sub>	D	D <sub>1</sub>	D <sub>2</sub>	D <sub>3</sub>	D <sub>4</sub>	L	h <sub>1</sub>	h <sub>2</sub>	h <sub>3</sub>	h <sub>4</sub>	h <sub>5</sub>	H	H <sub>1</sub>	法兰 螺栓孔		压盖螺柱	
															n	φ	数量	直 径
30	50	80	110	116	150	185	60	4	22	55	27.5	39	172	109	4	18	4	M12
40	60	90	120	135	170	205	60	4.5	22.5	55	28	39	172	109	4	18	4	M12
50	76	105	140	164	200	235	65	4.5	22.5	67	30	39	209	136	8	18	4	M12
65	91	120	150	164	200	235	60	4.5	22.5	67	30	39	209	136	8	18	4	M12
80	106	145	170	188	225	260	65	4.5	22.5	67	30	39	209	136	8	18	4	M12
95	127	170	200	217	255	290	65	4.5	22.5	79	32	43	247	163	8	18	4	M16
110	142	185	215	245	280	315	70	4.5	22.5	79	32	43	247	163	8	18	4	M16
130	162	205	235	271	305	340	70	4.5	22.5	79	32	43	247	163	8	18	4	M16

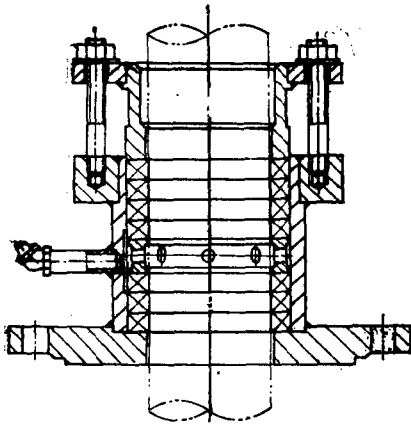


图9-1-9 碳钢填料箱

在结构上相同，由于材料是不锈钢，适用于腐蚀性介质。其公称压力、适用介质温度、转轴线速度都与HG5-1410-81相同。公称直径也是由 $Dg30$ 至 $Dg130$ 共8种。其结构型式如图9-1-10所示。

### 3.6 不锈钢填料箱(Pg6, HG5-1413-81)

填料箱在结构上与碳钢填料箱 HG5-1411-81 相同。由于材料是不锈钢，适用于腐蚀性介质。它与HG5-1412-81的差别是不带冷却水套，适用温度范围较低或转轴线速度较低。其结构型式如图9-1-11。

### 3.7 常压碳钢填料箱( $Pg < 1$ , HG5-218-81)

该标准为化学、制药、染料等工业反应釜搅拌

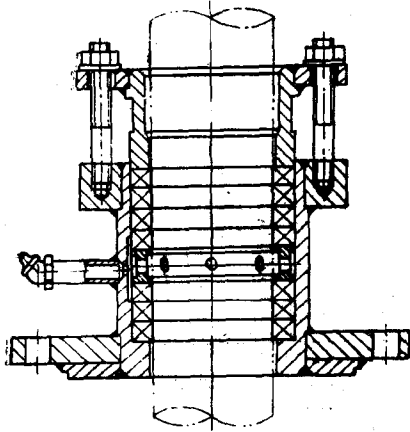


图9-1-11 不锈钢填料箱

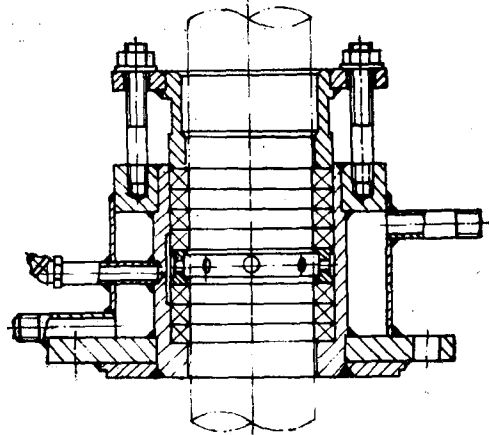


图9-1-10 带冷却水套不锈钢填料箱

轴使用的轴封装置，其公称压力 $< 0.1\text{MPa}$ 。

### 3.7.1 型式、基本参数和尺寸

该标准的结构型式、基本参数及尺寸见图9-1-12，明细表见表9-1-17，尺寸表见表9-1-18。

### 3.7.2 技术要求

- 1) 填料箱许用工作温度根据填料材质决定，但填料箱壳体温度不得超过 $300^\circ\text{C}$ 。
- 2) 与填料接触部位的轴的光洁度不低于 $\nabla 6$ 。
- 3) 填料箱装配完毕后，须与设备一起进行水压试验和运转气密性试验，其试验压力、严密性要求按所在设备总图。

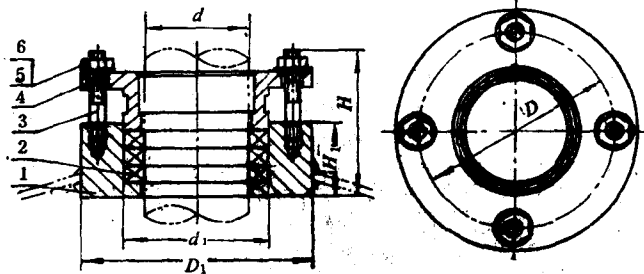


图9-1-12 常压碳钢填料箱

表9-1-17 常压碳钢填料箱明细表

件号	名称	数量	材料	备注
1	本体	1	A3F	外购
2	填料		油浸石棉	
3	双头螺柱	4	A3	
4	压盖	1	A3F	
5	螺母	4	A3	GB52-76
6	垫圈	4	A3	GB97-76

表9-1-18 常压碳钢填料箱主要尺寸

d	d <sub>1</sub>	D	D <sub>1</sub>	H	H <sub>1</sub>	压盖螺柱	
						数量	直径
30	50	80	105	98	43	4	M10
40	60	90	120	96	43	4	M12
50	76	105	140	113	55	4	M12
65	91	120	150	113	55	4	M12
80	106	145	170	113	55	4	M12
95	127	170	200	130	67	4	M12
110	142	185	215	130	67	4	M12
130	162	200	230	130	67	4	M12

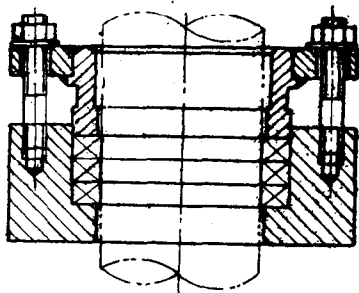


图9-1-13 常压不锈钢填料箱

表9-1-19 各种规格填料箱的规定标记

填料箱Pg<1 Dg30	HG5-218-81-1
填料箱Pg<1 Dg40	HG5-218-81-2
填料箱Pg<1 Dg50	HG5-218-81-3
填料箱Pg<1 Dg65	HG5-218-81-4
填料箱Pg<1 Dg80	HG5-218-81-5
填料箱Pg<1 Dg95	HG5-218-81-6
填料箱Pg<1 Dg110	HG5-218-81-7
填料箱Pg<1 Dg130	HG5-218-81-8

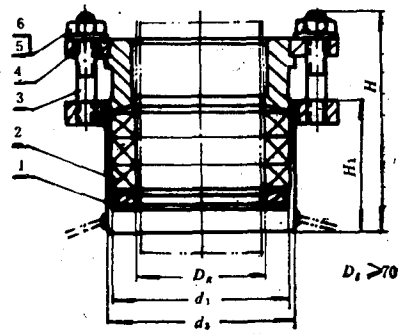
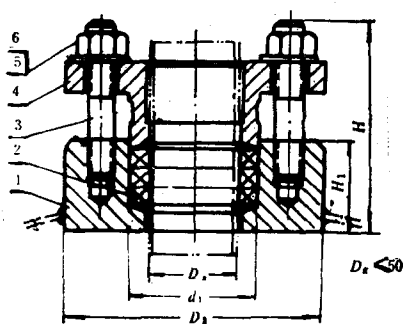


图9-1-14 管用碳钢填料箱

表9-1-20 管用碳钢填料箱明细表

件号	名称	数量	材料	备注
1	本体	1	A3F	外 购
2	填料		油浸石棉	
3	双头螺柱	见表1	A3	
4	压盖	1	A3F	
5	螺母	同双头螺柱	A3	
6	垫圈	同双头螺柱	A3	

表9-1-21 管用碳钢填料箱主要尺寸

mm

公称直径 $D_g$	管子外径 $D_B$	$d_1$	$d_2$	$D$	$D_1$	$H$	$H_1$	压盖螺柱	
								数量	直径
25	32	48	—	75	105	87	37	4	M10
32	38	54	—	80	110	90	37	4	M12
40	45	61	—	90	125	90	37	4	M12
50	57	77	—	105	140	101	43	4	M12
70	76	102	108	135	165	122	65	4	M12
80	89	127	133	165	200	155	85	4	M16
100	108	152	159	195	230	185	110	4	M16
150	159	209	219	255	290	188	110	8	M16
200	219	263	273	310	345	191	110	8	M16

3.7.3 说明

1) 填料应采用软质填料, 允许按操作要求选取, 并在所在设备总图上注明。若设备总图未予注明, 则填料材料按本标准规定为油浸石棉。

2) 标记示例:

公称轴径 $\phi 50$ mm的常压碳钢填料箱为:

填料箱  $P_g < 1, D_g 50$  HG5-218-81-8

3) 该标准各种规格填料箱, 选用时按表 9-1-19 的规定标记标注。

3.8 常压不锈钢填料箱 ( $P_g < 1, HG5-1414-81$ )

该填料箱在结构上与常压碳钢填料箱 (HG5-218-81) 相同, 由于材料是不锈钢, 因此适用于腐蚀性介质。其结构型式见图 9-1-13。

3.9 管用碳钢填料箱 ( $P_g 6, HG5-219-81$ )

该标准为化学、石油、制药等工业设备可拆式内伸接管的密封装置, 其公称压力  $\leq 0.6$ MPa。

3.9.1 型式、基本参数和尺寸

该标准的结构型式、基本参数及尺寸见图 9-1-14, 明细表见表 9-1-20, 尺寸见表 9-1-21。

3.9.2 技术要求

1) 该标准  $P_g = 0.6$ MPa 系指填料箱壳体温度小于  $200^\circ\text{C}$  时的许用工作压力。如在较高温度下操作, 则各级温度下的许用工作压力按表 9-1-22 规定:

表9-1-22

工作温度 $^\circ\text{C}$	$\leq 200$	$\leq 250$	$\leq 300$
许用工作压力 MPa	0.6	0.55	0.5

2) 填料箱装配完毕后, 须与设备一起进行水压试验, 其试验压力和严密性要求按所在设备总图。

3.9.3 说明

1) 填料应采用软质填料, 允许按操作要求选

备

表9-23 各种规格填料箱的规定标记

填料箱Pg6 Dg25	HG5-219-81-1
填料箱Pg6 Dg32	HG5-219-81-2
填料箱Pg6 Dg40	HG5-219-81-3
填料箱Pg6 Dg50	HG5-219-81-4
填料箱Pg6 Dg70	HG5-219-81-5
填料箱Pg6 Dg80	HG5-219-81-6
填料箱Pg6 Dg100	HG5-219-81-7
填料箱Pg6 Dg150	HG5-219-81-8
填料箱Pg6 Dg200	HG5-219-81-9

取,并在所在设备总图上注明。若设备总图未予注明,则填料材料按本标准规定为油浸石棉。

2) 标记示例:

公称管径 $\phi 100\text{mm}$ 的管用碳钢填料箱为:

填料箱Pg6, Dg100 HG5-219-81-7

3) 该标准各种规格填料箱,选用时按表9-1-23的规定标记标注。

### 3.10 管用不锈钢填料箱(Pg6, HG5-1415-81)

该填料箱在结构上与管用碳钢填料箱(HG5-1415-81)相同,只是材料不同。由于采用不锈钢,适用于腐蚀性介质。

## 第2章 机械密封

### 1 概述

机械密封又名端面密封,系由动环及静环表面相互贴合并作相对转动而构成的密封装置,如图9-2-1。

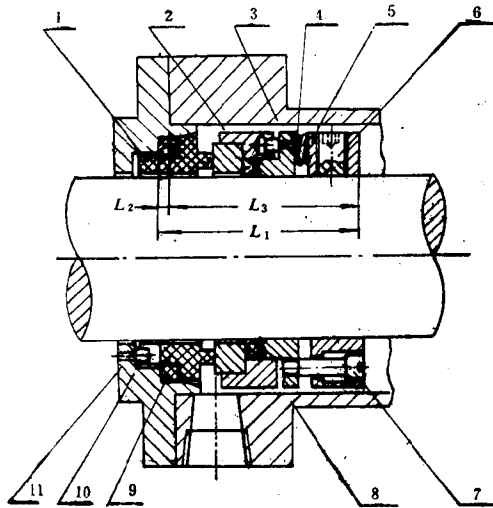


图9-2-1 机械密封结构

机械密封通常由静环1,动环2,弹簧加荷装置(包括推环3、弹簧4、弹簧座5、固定螺钉6及传动销7),辅助密封圈(动环密封圈8和静

环密封圈9)等元件组成。防转销10固定在压盖11上,用以防止静环转动。

机械密封中一般有三个可能的泄漏处。

1) 动环与静环的摩擦副接触面间。这里主要靠流体压力及弹簧力将动环压紧于静环上,以阻止流体泄漏。两环接触面上总会渗漏一点液体,不过这恰好造成接触面上有一层液膜。这层液膜在两环相对旋转下会形成液楔式压力,有助于阻止液体的泄漏,也有助于润滑两环的端面以减轻磨损。为了保证两环完全贴合和均匀压紧,两环端面必须平直光洁。


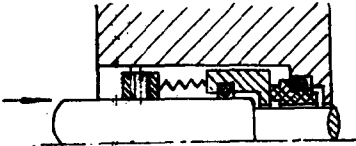

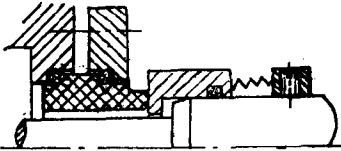
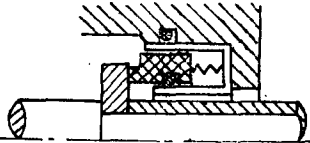
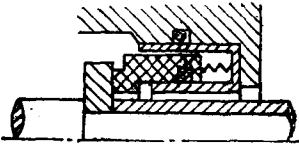
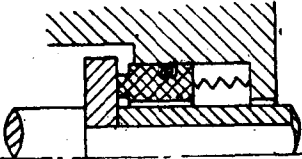
2) 静环与压盖之间,属于静密封,通常装有静环密封圈,用压板、螺栓压紧。

3) 动环与轴(轴套)之间有径向间隙,通常采用具有弹性的O型或V型密封圈(即动环密封圈),有时还用推环压紧达到密封。动环与轴一起旋转,所以动环与轴之间属于静密封。

机械密封的密封性能良好,标准型机械密封的漏泄量低于5ml/h。摩擦功率损失小,对轴的磨损轻微。工作状态稳定,维修周期长。能满足多种特殊工艺条件的需要,可在高压、真空、高温、深冷、高速、大直径、腐蚀、易燃、易爆、有毒、放射性及稀有贵重介质等条件下应用。缺点是结构比填料箱密封复杂,需要一定的加工精度和安装技术。

2 机械密封类型

机械密封结构型式见图9-2-2。机械密封分类见表9-2-1。

序号	简图	结构型式名称
1		旋转式内装内流非平衡型 单端面密封 简称： 内装非平衡型
2		旋转式内装内流部分平衡型 单端面密封 简称： 内装部分平衡型
3		旋转式外装外流全平衡型 单端面密封 简称： 外装全平衡型
4		旋转式外装外流部分平衡型 单端面密封 简称： 外装部分平衡型
5		固定式内装内流非平衡型 单端面密封 简称： 固定非平衡型
6		固定式内装内流部分平衡型 单端面密封 简称： 固定部分平衡型
7		固定式外装内流全平衡型 单端面密封 简称： 固定外装全平衡型

各

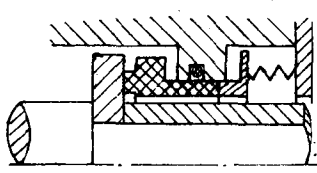
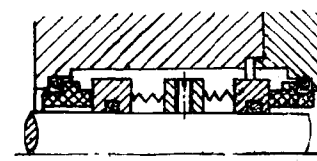
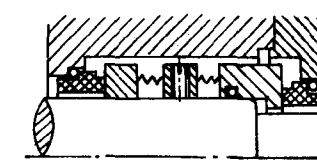
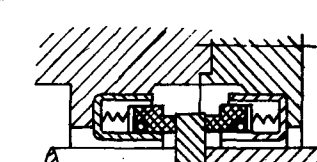
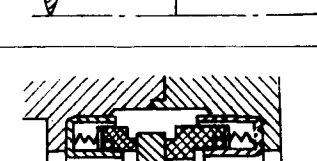
序 号	简 图	结 构 型 式 名 称
8		固定式外装内流部分平衡型 单端面密封 简称： 外装部分平衡型
9		旋转式非平衡型 双端面密封 简称： 非平衡型双端面密封
10		旋转式部分平衡型 双端面密封 简称： 部分平衡型双端面密封
11		固定式面对面非平衡型 双端面密封 简称： 固定非平衡型双端面密封
12		固定式面对面部分平衡型 双端面密封 简称： 固定部分平衡型双端面密封

图9-2-2 机械密封结构型式

表9-2-1 机械密封分类

分 类 依 据	名 称	图 例	备 注	
摩擦副 的对数	一 对	单端面	图9-2-2(1)(3)	常用, 结构简单
	两 对	双端面	图9-2-2(9)(10)	能引入密封液进行堵封、冲洗、冷却、润滑。 封液压力应比介质压力高0.05—0.1MPa
弹簧与 介质接 触与否	接 触	内装式	图9-2-2(1)(2)	摩擦副受力状态好, 漏量小, 冷却与润滑好
	不 接 触	外装式	图9-2-2(3)(4)	用于强腐蚀、高粘度、结晶性介质, 工作压力较低



续表9-2-1

介质压力 卸荷程度	不卸荷	非平衡型	图9-2-2(1)(5)	用于低压条件,通常在0.7MPa以下
	卸荷	平衡型	图9-2-2(3)(7)	用于中、高压条件,通常在0.5MPa以上
弹簧多少	一个	单弹簧	图9-2-8	用于较小轴径
	多个	多弹簧	图9-2-1	用于较大轴径。摩擦副端面弹簧力分布较均匀,但弹簧丝较细,对腐蚀较敏感
弹簧运动状态	旋转	旋转式	图6-2-2(1)	常用,但不宜用于高速条件(<30m/s)
	静止	静止式	图9-2-2(5)	用于高速条件(>30m/s)
介质泄漏方向	向心	内流式	图9-2-2(1)	常用,可阻止泄漏
	离心	外流式	图9-2-2(3)	有助于泄漏
辅助密封圈型式	成型填料	密封圈式	图9-2-2(1)	常用,价廉,耐温-50°—250°C
	波纹管	波纹管式		能在低温或高温条件应用,耐温-203°—650°C
按端面摩擦工况	边界摩擦或半液摩擦	普通型	图9-2-2(1)	常用,结构简单,泄漏量小
	全液摩擦	受控膜型		用于高速或高压条件。包括流体动压型及流体静压型。泄漏量大(约1—100 l/h),结构复杂,有时需要附加封液循环系统

### 3 设计计算

#### 3.1 端面比压

摩擦副端面上承受的轴向接触压力为端面比压。端面比压过大,会加剧端面摩擦磨损,造成摩擦面发热和增加功率消耗;过小,容易泄漏,甚至密封失效。端面比压的推荐值见表9-2-2。对于介质压力高、润滑性良好、摩擦副材质好的情况,可取大值。对于润滑性差、易挥发的介质,尤其是气体介质,可取小值。

图9-2-3为普通型机械密封动环的轴向力平衡图。摩擦副的闭合力为介质的液力载荷及弹簧载

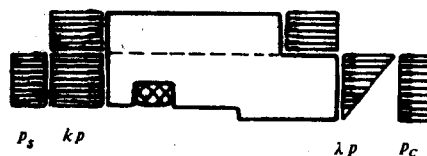


图9-2-3 动环轴向力平衡

荷。摩擦副的推开力由存在于摩擦副端面间的液膜压力产生。若忽略动环密封圈对轴的摩擦阻力,则根据轴向力在动环上的平衡,端面比压可表达为

$$p_c = p_s + Kp - \lambda p = p_s + (K - \lambda)p \quad (9-1)$$

式中 $p_s$ 为弹簧比压,其推荐值见表9-2-2。 $Kp$ 为单位端面面积上介质的液力载荷。当介质的压力给

表9-2-2 普通型机械密封端面比压等的推荐值

密封型式		端面比压 $p_c$ MPa	弹簧比压 $p_s$ MPa	载荷系数 $K$
内装式	非平衡型	0.1—0.8	0.08—0.3	1.15—1.30
	部分平衡型	0.1—0.8	0.08—0.3	0.55—0.85
外装式	过平衡型	0.2—0.4	0.2—0.6	-0.15—-0.35
	部分平衡型	0.1—0.6	0.1—0.3	0.65—0.80
	非平衡型	0.1—0.6	0.1—0.3	1.20—1.30