

# 第9章 滑 动 轴 承

王嵩祥 刘国森<sup>⊙</sup>

## 常用符号

- (1) 动压轴承部分
- $A$ ——承载投影面积 ( $\text{cm}^2$ )
- $a$ ——油楔入口和出口处的间隙比值
- $B$ ——轴承宽度 ( $\text{m}$  或  $\text{mm}$ )
- $B_1$ ——油楔宽度 ( $\text{mm}$ )
- $B_2$ ——轴向封油边宽度 ( $\text{mm}$ )
- $\bar{B}$ ——宽径比,  $\bar{B} = B/D$
- $C$ ——润滑油比热 (单油楔轴承) ( $\text{J}/\text{kg}\cdot^\circ\text{C}$ )
- 接触柔度系数 (短三瓦轴承)
- ( $\mu\text{m}\cdot\text{m}^2/\text{N}$ )
- 复合式成型油楔修正系数
- $C_L$ ——端泄影响系数
- $C_P$ ——承载系数
- $C_f$ ——摩擦特性系数
- $D$ ——轴承直径 ( $\text{m}$  或  $\text{mm}$ )
- $d$ ——轴颈直径 ( $\text{m}$  或  $\text{mm}$ )
- $d_o$ ——钻孔直径 (短三瓦轴承) ( $\text{mm}$ )
- $D_1$ ——成型面推力轴承内径 ( $\text{mm}$ )
- 轴瓦外径 (短三瓦轴承) ( $\text{mm}$ )
- $D_2$ ——成型面推力轴承外径 ( $\text{mm}$ )
- $e$ ——偏心距 ( $\text{mm}$ )
- $e_{\max}$ ——轴心最大位移 ( $\text{mm}$ )
- $F$ ——外载荷, 外力 ( $\text{N}$ )
- $h_0$ ——径向轴承半径间隙 (轴心无位移时)
- ( $\text{mm}$ )
- 推力轴承间隙 ( $\text{mm}$ )
- $h_{im}$ ——成型面轴承每个油楔在  $e_{\max}$  时的间隙
- ( $\text{mm}$ )
- $h_{im(\min)}$ ——成型面径向轴承最小极限半径间隙
- ( $\text{mm}$ )
- $K$ ——单油楔轴承可靠性系数
- 短三瓦轴承综合刚度 ( $\text{N}/\mu\text{m}$ )
- $K_1$ ——油膜刚度 ( $\text{N}/\mu\text{m}$ )
- $K_2$ ——接触刚度 ( $\text{N}/\mu\text{m}$ )
- $L$ ——轴瓦面工作长度 (弧长) ( $\text{mm}$ )
- $L_1$ ——复合式轴承油楔面长度 ( $\text{mm}$ )
- $L_2$ ——周向封油边长度 ( $\text{mm}$ )
- $m$ ——偏心圆弧圆心与轴承中心的距离
- ( $\text{mm}$ )
- $n$ ——轴颈转速 ( $\text{r}/\text{min}$ )
- $P$ ——承载力 ( $\text{N}$ )
- $p$ ——轴承比压 ( $\text{N}/\text{cm}^2$ )  $\ominus$
- $P_{\max}$ ——在  $e_{\max}$  时的承载力 ( $\text{N}$ )
- $P_o$ ——复合式多油楔动压轴承承载力 ( $\text{N}$ )
- $Q$ ——外载荷 (多油楔轴承) ( $\text{N}$ )
- 润滑油的流量 (单油楔轴承) ( $\text{m}^3/\text{s}$ )
- $R$ ——油楔面偏心圆弧半径 ( $\text{mm}$ )
- 短三瓦支承球面半径 ( $\text{mm}$ )
- $r$ ——轴颈半径 ( $\text{mm}$ )
- $r_o$ ——成型面截线基圆半径 ( $\text{mm}$ )
- $R_{z1}, R_{z2}$ ——轴颈和轴承表面粗糙度 ( $\mu\text{m}$ )
- $t_\beta$ ——润滑油进口温度 ( $^\circ\text{C}$ )
- $t_m$ ——润滑油平均工作温度 ( $^\circ\text{C}$ )
- $[t_m]$ ——许用温度 ( $^\circ\text{C}$ )
- $v$ ——轴颈线速度 ( $\text{m}/\text{s}$ )
- $z$ ——油楔个数
- $\alpha_s$ ——轴承放热系数 ( $\text{W}/\text{m}^2\cdot^\circ\text{C}$ )
- $\beta$ ——中心角 ( $^\circ$ )
- $\gamma$ ——润滑油密度 ( $\text{kg}/\text{m}^3$ )
- $\gamma_0$ ——轴承贮油角 ( $^\circ$ )
- $\gamma_i$ ——成型面径向动压轴承每个油楔的角度位置 ( $^\circ$ )

<sup>⊙</sup> 第 4、6 节是刘国森编写, 其余各节为王嵩祥编写。

- $\delta$ ——成型油楔深度 (mm)  
 $A$ ——直径间隙 (mm)  
 $\Delta t$ ——温升 ( $^{\circ}\text{C}$ )  
 $\psi$ ——相对间隙  
     ——接触线位置角(整体瓦薄壁变形轴承)  
     ( $^{\circ}$ )  
 $\kappa$ ——相对偏心系数  
 $\varphi_0$ ——短三瓦轴承装配角度 ( $^{\circ}$ )  
     ——成型面径向轴承安装角 ( $^{\circ}$ )  
 $\varphi_1$ ——油楔起始角, 成型面工作弧长包容角  
     ( $^{\circ}$ )  
 $\varphi_P$ ——成型面径向轴承承载力  $P$  的角度位置  
     ( $^{\circ}$ )  
 $\theta_1$ ——短三瓦轴承支承点对外力作用方向的  
     夹角 ( $^{\circ}$ )  
 $\eta$ ——润滑油动力粘度 ( $\text{Pa}\cdot\text{s}$ )  
 $\nu$ ——润滑油运动粘度 ( $\text{m}^2/\text{s}$ )  
 $\epsilon$ ——轴心偏移角 ( $^{\circ}$ )  
 $\lambda$ ——成型油楔长度与工作表面长度之比,  
      $\lambda = L_1/L$
- (2) 静压轴承部分
- $A_c$ ——滑阀弹簧安装处的端面积 ( $\text{cm}^2$ )  
 $A_s$ ——径向轴承一个油腔的有效承载面积  
     ( $\text{cm}^2$ )  
 $A'_s$ ——推力轴承环形油腔的有效承载面积  
     ( $\text{cm}^2$ )  
 $b_1, B$ ——径向轴承周向封油面宽度 (mm)  
 $b_2$ ——径向轴承回油槽宽度 (mm)  
 $C_s$ ——滑阀控制系数  
 $D$ ——径向轴承内孔直径, 推力轴承外径  
     (cm)  
 $d_0$ ——节流小孔直径 (mm)  
 $d_s$ ——滑阀直径 (cm)  
 $d_r$ ——毛细管直径 (cm)  
 $E$ ——材料弹性模量 ( $\text{N}/\text{cm}^2$ )  
 $e, e', e_m$ ——主轴径向、轴向位移量 (cm)  
 $F$ ——径向轴承承载能力, 外载荷 (N)  
 $F', F_m$ ——轴向承载能力, 轴向外载荷 (N)  
 $h_0$ ——径向轴承半径间隙 (cm)  
 $h'_0$ ——推力轴承轴向单面间隙 (cm)  
 $h_s$ ——阀体和滑阀之间的节流半径间隙  
     ( $\text{cm}^2$ )  
 $h_d$ ——薄膜处于平直状态下的薄膜和圆台  
     间的间隙 (cm)
- $J, J', J_m$ ——径向、轴向轴承刚度 ( $\text{N}/\mu\text{m}$  或  $\text{N}/\text{cm}$ )  
 $K$ ——薄膜控制系数  
 $k_s$ ——弹簧刚度 ( $\text{N}/\text{cm}$ )  
 $L$ ——径向轴承长度 (cm)  
 $l$ ——径向轴承油腔长度 (cm)  
 $l_0$ ——小孔长度 (cm)  
 $l_1$ ——径向轴承轴向封油面长度 (cm)  
 $l_s$ ——毛细管长度 (cm)  
 $l_c$ ——滑阀节流长度 (cm)  
 $p_s$ ——供油压力 ( $\text{N}/\text{cm}^2$ )  
 $p_0$ ——径向轴承空载时的油腔压力 ( $\text{N}/\text{cm}^2$ )  
 $p'_0$ ——推力轴承空载时的油腔压力 ( $\text{N}/\text{cm}^2$ )  
 $p_1$ ——背载油腔压力 ( $\text{N}/\text{cm}^2$ )  
 $p_3$ ——受载油腔压力 ( $\text{N}/\text{cm}^2$ )  
 $Q_0$ ——空载时从径向轴承一个油腔流出的流  
     量 ( $\text{cm}^3/\text{s}$  或  $1/\text{min}$ )  
 $Q_{e0}$ ——空载时通过节流器流入径向轴承一个  
     油腔的流量 ( $\text{cm}^3/\text{s}$  或  $1/\text{min}$ )  
 $R$ ——径向轴承内孔半径, 推力轴承半径  
     (cm)  
 $r_s$ ——薄膜工作范围半径 (cm)  
 $r_{e1}$ ——薄膜节流器圆台进油孔半径 (cm)  
 $r_{e2}$ ——薄膜节流器圆台半径 (cm)  
 $\bar{u}$ ——轴承受载后薄膜平均变形量 (cm)  
 $x$ ——受载后滑阀移动量 (cm)  
 $z$ ——轴承油腔数目  
 $Z_1$ ——径向轴承油腔深度 (cm)  
 $Z_2$ ——径向轴承回油槽深度 (cm)  
 $\theta_1$ ——径向轴承油腔张角之半 ( $^{\circ}$ )  
 $\theta_2$ ——径向轴承油腔中心线与周向封油面远  
     边上的夹角 ( $^{\circ}$ )  
 $\eta$ ——润滑油动力粘度 ( $\text{Pa}\cdot\text{s}$ )  
 $\nu$ ——润滑油运动粘度 ( $\text{m}^2/\text{s}$ )  
 $\rho$ ——润滑油密度 ( $\text{kg}/\text{m}^3$ )  
 $\delta$ ——薄膜厚度 (cm)  
 $\alpha$ ——小孔流量系数,  $\alpha = 0.6 \sim 0.7$ , 空载时  
     推力轴承与径向轴承的油腔压力比,  
      $\alpha = \frac{p'_0}{p_0}$   
 $\beta$ ——节流比  
 $\beta_m$ ——轴向节流比  
 $\lambda$ ——设计参数

$\lambda_m$ ——轴向设计参数

$\mu$ ——泊松比

$e, e'$ ——径向、轴向相对偏心率( $e = \frac{e}{h_0}$ )和位移

$$\text{率} \left( e' = \frac{e'}{h_0'} \right)$$

$\omega$ ——载荷系数

$\omega_D$ ——额定载荷系数

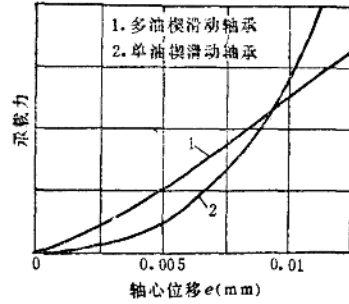


图 9-1-1 多油楔和单油楔滑动轴承的承载能力对比 (径向间隙 0.05 mm)

## 第 1 节 滑动轴承的特征与材料选用

### (一) 滑动轴承的分类及其特征

滑动轴承的分类与应用列于表 9-1-1。

滑动轴承的摩擦状态及其特征列于表 9-1-2。

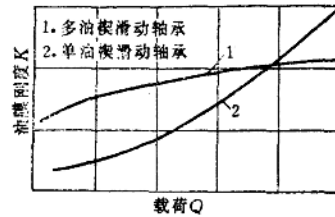


图 9-1-2 多油楔和单油楔滑动轴承的油膜刚度与载荷关系

滑动轴承的性能对比列于表 9-1-3。

表 9-1-1 滑动轴承的分类与应用

分类方法	轴承种类	特点与应用
按摩擦状态分	非液体摩擦润滑轴承	经常处于边界摩擦、混合摩擦状态,用以支承一般轴类零件
	液体摩擦润滑轴承	经常处于液体摩擦状态,用以支承重要的轴如机床主轴等
按承受载荷的方式分	液体静压轴承	依靠外界供给平衡外载荷的一定压力的润滑油(承载油膜),使两滑动表面完全隔开,以实现液体摩擦。用于精密机床或设备的主要轴系
	液体动压轴承	利用轴颈自身的回转产生平衡外载荷的承载油膜,使两滑动面完全隔开,以实现液体摩擦。广泛用于精密机床和普通机床主轴、发电设备、涡轮轴等
	液体动、静压轴承	启动停车时,依靠外界供给一定压力的润滑油建立承载油膜;工作时(稳定运转)主要依靠轴颈本身的回转运动产生部分平衡外载荷的承载油膜,使两滑动面完全隔开,以实现液体摩擦。目前正在逐渐推广应用
按承受载荷的方向分	径向轴承(向心轴承)	轴承上的反作用力与轴的中心线垂直,用以承受径向力
	推力轴承	轴承上的反作用力与轴的中心线方向一致,用以承受轴向力
	径向推力联合轴承	同时承受径向和轴向负载
按润滑剂分	液体(主要是润滑油)润滑轴承	应用最广泛
	气体润滑轴承	粘度低(仅为润滑油的 1/4000~1/5000),因此,摩擦阻力,发热极小,可在特高转速( $10^4 \sim 10^5 \text{r/min}$ )和轻载下工作。空气静压润滑轴承已应用于机床,航空,航天等多种机械设备上
	固体润滑轴承	根据所用润滑剂不同以及固体润滑膜的被覆程度不同,其摩擦系数一般为 0.04~0.1 左右,适用于一般精度及某些特殊场合,如需避免润滑剂污染,单位面积压力较高,加油不便等场合

(续)

分类方法	轴承种类	特点与应用	
液体径向动压润滑油膜的方法分	单油膜轴承	结构简单,有一定的承载能力,但由于只在一个部位(随外载荷的大小,方向的改变而改变)上形成承载油膜,不利的散热条件使轴承间隙不能太小,因此,其旋转精度较低,且轴心轨迹不够稳定(高速轻载时易有油膜振荡现象)。常用于支承受重载的轴	
	多油膜轴承	整体成型面轴承	结构较复杂,承载能力一般不很高。但由于在几个比较固定的部位,形成相互独立的承载油膜,有利的散热条件,可使轴承间隙很小,因此,其旋转精度较高,且轴心轨迹稳定(高速轻载时较少油膜振荡现象)。广泛用于支承精密机床的主轴
		分体多瓦式轴承	
		整体弹性变形轴承	
按轴承材料分	金属轴承	应用最广泛	
	含油轴承	为金属陶瓷材料,成本低,内部呈多孔的海绵状。浸润滑油后,可长时间工作而无需加油。适用于工作场地要求清洁,不漏油,长时期不加维护,低速(或中速)、轻载(或中载)场合	
	非金属材料轴承	成本低,可用水作润滑剂,摩擦系数低,有较高的耐磨性,能在冲击载荷下工作。如轧钢机轴瓦等	
	金属塑料复合材料轴承	利用机械强度高,导热性好的金属与减摩性好的塑料结合而成的新型自润滑轴承,如DU材料轴承。承载能力大,抗冲击和交变载荷性能好,摩擦系数低(0.03~0.05),使用温度范围宽,不需润滑和保养,可在干摩擦条件下工作,正在普遍推广应用之中	

表9-1-2 滑动轴承的摩擦状态及其特征

摩擦状态	润 滑	粘度的影响	过 程 特 征	摩擦系数
液体摩擦	完全润滑	有决定性影响	两滑动表面被一层润滑油(承载油膜)完全隔开。粘度高的润滑油易于形成承载油膜,其摩擦阻力表现为润滑油的内摩擦力,因此摩擦系数很小 轴承的磨损仅在停车,开车,反转或载荷有急剧变动时及供油不正常等情况下,破坏了液体摩擦状态时才会发生	0.005~0.01
干摩擦	绝对干的表面,无润滑	无	在严重缺乏润滑剂时,相配的轴承零件在表面尖峰处焊合	>0.3
边界摩擦	仅在相配的轴承零件上有吸附的气膜或油膜	无	两滑动表面被润滑油中的极性分子(一般存在于油酸等表面活性添加剂中)与金属表面直接接合而成的边界吸附膜所隔开,或者被含有硫、氯、磷等活性物质与金属表面起化学作用所形成的无机盐膜所隔开。滑动阻力是由边界膜之间的摩擦所产生的。边界吸附膜或化学膜的形成以及边界膜的承载力取决于润滑油的油性,所含表面活性剂的性能、含量以及金属表面的性质	0.1~0.3
半液体摩擦	部分润滑	有部分影响	液体摩擦和边界摩擦或液体摩擦和干摩擦同时发生的混合摩擦。摩擦系数的变动范围较大。具备液体润滑条件的轴承,在开、停车,反转或载荷有急剧变动,供油不正常等情况下,多出现此种状态	0.05~0.1

表9-1-3 各类滑动轴承的性能对比

对比项目	非液体摩擦 润滑轴承	液体动压轴承		液体静压轴承	液体动静压轴承
		单油楔	多油楔		
承载能力及其与转速的关系	一般, 随转速的增高而降低	较大, 随转速的增大而增大	较小, 随转速增高而增大	大, 与转速无关	大, 随转速增高而增大
轴心偏移量及其与转速的关系	最大, 与转速无关	较大, 随转速增高而减小	较小, 随转速增高而减小	较小, 与转速无关	较小, 随转速增高而减小
承受冲出振动的能力	弱	较强①	强②	强	强
运转平稳性		差	好	好	好
回转精度	较低	一般	高	高	高
起动阻力矩	最高	高	高	低	低
寿命	有限	较长	较长	长	长
噪声	较小	小	小	较小	小
轴承刚度	一般	在重载时较高	高③	高	高
所需功率	较大	较小	较小	较大	较小
制造及费用	简单, 低	简单, 稍高	精度要求高时 较难 较高	难度一般 高	难度较大 比静压轴承低
装拆	易	易	较易	较难	较易
维护保养	易	较易	较难	难	较难
结构	简单	较简单	较复杂	复杂	较复杂

① 承载油膜具有缓冲能力, 但只限于一个方向。

② 承载油膜在  $z$  个方向上有缓冲能力 ( $z$ —油楔面数)。

③ 多油楔滑动轴承, 即使在接近空载时仍能由油楔形成一定的油膜承载力和刚度, 见图 9-1-1~9-1-2。

图 9-1-3 示出滑动轴承最小磨损率的  $p-v$  曲线。

## (二) 常用滑动轴承材料及其选择

### 1. 常用滑动轴承材料的性能

常用滑动轴承材料性能及其应用分别列于表 9-1-4~9-1-7。

### 2. 滑动轴承磨损性能的验算

由于轴承的磨损是轴承失效的主要问题, 所以选择滑动轴承时, 无论液体润滑或不完全润滑, 都必须根据其工作条件进行磨损性能的验算。通常是验算轴承表面单位面积压力  $P$  (受材料强度限制), 轴承的滑动速度  $v$  (限制温度升高) 和它们的乘积  $p v$  值 (限制发热)。而且必须同时满足三项指标 (表 9-1-8)。

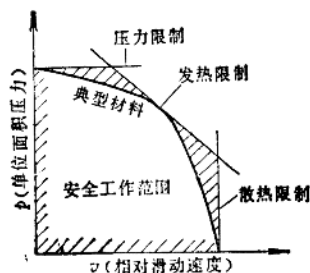


图9-1-3 滑动轴承最小磨损率的  $p-v$  曲线

表9-1-4 常用金属轴承材料性能及应用

材 料	代 号	许 用 值			硬 度 HB		基 本 特 性 及 应 用
		[P]	[v]	[pv]	(10/1000/10min)		
		(N/cm <sup>2</sup> )	(m/s)	( $\frac{N \cdot m}{cm^2 \cdot s}$ )	金属模	砂 模	
灰铸铁	HT 150	400	0.5		163~241		用于不受冲击的轻负荷轴承
	HT 200	200	1				
	HT 250	100	2				
铸造青铜	锡磷青铜 CuSn10P	1500	10	1500	95	70	用于重载中速、高温及冲击条件下工作的轴承(主轴、丝杠、齿轮轴等),轴经热处理(HRC≥45)
	锡锌铅青铜 CuSn 7 Pb 7 Zn 3 CuPb 5 Sn 5 Zn 5	800	6	600	65	65	用于在中等负荷和中等速度下工作的轴承(如机床的一般主轴轴承),轴经热处理(HRC≥45)
	铅青铜 CuPb30	1500	15	2000	25		用于在高速、充分润滑条件下工作的主轴的双金属轴承(不适宜做全铜轴衬),轴必须经热处理(HRC≥45)
	铝铁青铜 CuAl10Fe 5 Ni 5	2000	6	7500	140	140	用于受冲击负荷处。轴承温度可至300℃。它与热处理到HRC≥45的钢一起工作时,有很大的强度和特别高的耐磨性
	铅锡青铜 CuPb15Sn 8	1000	12	1500	60	60	用于中速到高速下工作的主轴轴承,轴经热处理(HRC≥45)
铸造黄铜	ZHSi80-3-3	1200	2	1000	—		用于低速、中等载荷的轴承
	ZHMn58-2-2	1000	1	1000			
铝合金	20%铝锡合金	2800~3500	14	—	—		用于高速、中等载荷的轴承
	铝硅合金	—	—	—	—		是较新的轴承材料,强度高、耐腐蚀,而且表面性能好。可用于增压强化的柴油机轴承
铸铝合金	ZZnAl10-5	2000	9	1600	90		用于机床轴承,可浇注,又可制造成整体轴衬,轴承温度不得超过80℃
锡基轴承合金	锡磷轴承合金 SnSb 8 Cu 4 Cd	2000	50	1500	28 (HB 10/250/180)		用于重型和中型机床中的巨型轴承,或在高压下工作的重要轴承
	锡磷轴承合金 SnSb12Cu 6 Pb	1000	25	1000	25 (HB 10/250/180)		
铅基轴承合金	铅锡轴承合金 PbSb15SnAs	1300	10	600	18 (HB 10/250/180)		用于在润滑困难,无显著冲击负荷条件下工作的轴承(如车床),轴承温升不得超过120℃
	PbSb14Sn 9 CuAs	500	6	500	22		用于一般机床的轴承
	PbSb15Sn10	500	15	800	21 (HB 10/250/180)		用于中载下的滑动轴承,可倾瓦止推轴承,十字头轴承,破碎机轴承等
	(轴表面经热处理)						
三层金属	(镀轴承合金)	1400~3500	—	—	—		以低碳钢为瓦背,铜、青铜、铝或银为中间层,上镀轴承合金组成,疲劳强度显著提高

表9-1-5 非金属轴瓦材料性能及应用

轴瓦材料	最大许用值				基本特性及应用
	$[P]$ (N/cm <sup>2</sup> )	$[v]$ $\left(\frac{m}{s}\right)$	$[pv]$ $\left(\frac{N}{cm^2} \cdot \frac{m}{s}\right)$	$t$ (°C)	
酚醛塑料	4000	12	50	110	由棉织物、石棉等填料经酚醛树脂粘结而成。抗咬合性好，强度、抗震性也极好。能防水、酸、碱。导热性差，重载时需用水或油充分润滑。易膨胀，轴承间隙宜取大些
尼龙	700	5	10	110	最为常用。摩擦系数低，耐磨性好，无噪声。金属瓦上复以尼龙薄层，能受中等载荷，减轻冷流现象。加入石墨、二硫化钼等填料，可提高机械性能、刚性和耐磨性。加入耐热成分的尼龙，可提高工作温度
聚四氟乙烯	350	0.25	3.5	280	摩擦系数很低，自润滑性能好，能耐任何化学药品的侵蚀，适用温度范围宽 (>280°C时，放出少量有害气体)。但成本高，承载能力低。用玻璃丝、石墨及其他惰性材料为填料， $[pv]$ 值可大为提高。用玻璃纤维加固时，要注意避免端头外露，否则易于磨损
加强聚四氟乙烯	1700	5	35	280	
聚碳酸酯	700	5	10	120	聚碳酸酯、脘缩醇、聚酰亚胺等都是较新的塑料。物理性能好。易于喷射成型，比较经济。脘缩醇和聚碳酸酯稳定性好。填充石墨的聚酰亚胺温度可达 280°C
脘缩醇	700	5	10	100	
碳-石墨	400	12	50	420	有自润滑性，高温稳定性好，对化学药品侵蚀的能力强，常用于要求清洁工作的机器中。长期工作的， $[pv]$ 值应适当降低
橡胶	35	20	—	80	常用于水、泥浆等的工业设备中。橡胶能隔震、降低噪声、减小动载荷、补偿误差。但导热性差，需加强冷却。用丁二烯-丙烯腈共聚物等合成橡胶，能耐油和各种化学溶液
木材	1400	10	40	90	有自润滑性。能耐酸、油和其他强化学药品。用于要求清洁工作的轴承

表9-1-6 粉末冶金轴瓦材料性能及应用

轴瓦材料	最大许用值				基本特性及应用
	$[P]$ (N/cm <sup>2</sup> )	$[v]$ $\left(\frac{m}{s}\right)$	$[pv]$ $\left(\frac{N}{cm^2} \cdot \frac{m}{s}\right)$	$t$ (°C)	
多孔铁	$\frac{7000}{2100}$	2	100	80	具有成本低、含油量多、耐磨性好等特点，应用最广
多孔青铜	$\frac{5600}{1400}$	6	180	80	孔隙度大的多用于高速轻载轴承，孔隙度小的多用于摆动或往复运动的轴承。长期运转而不补充润滑剂的应降低 $[pv]$ 值。高温或连续工作的应不断补充润滑剂
多孔铝	$\frac{2800}{1400}$	6	180	80	是新发展的轴瓦材料。具有重量轻、摩擦系数低、轴承温升小、寿命比较长、价格比青铜便宜等特点

注：分子为静载，分母为动载。

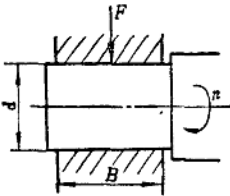
表9-1-7 滑动轴承材料的一般性能

评价：1.很好，2.好，3.较好，4.一般，5.不好

材 料	巴氏合金		青 铜			铝合金	多孔质 烧结轴承	塑 料	人造碳
	铅基	锡基	铅基	锡基	铝基				
滑动性能②	1	2	3	3	3	2...3	3...4	4	4
异物嵌入性	1	2	3	3	3	2...3	3	4	5
应急运转性能③	1	2	2	3	2	2	1	1	1
承载能力	4	3	2	2	2	2	3	4	5
导热性/热膨胀性	4	4	3	3	3	2	4	5	5
耐腐蚀性	5	3	4	3	2	2	2...5 按结构	3	2
少润滑或无润滑	2	3	4	5	4	3	1	1	1

- ① 有附加的三元减摩层。
- ② 滑动性能包括耐磨性，减摩性，摩擦相容性，摩擦顺应性，磨合性能及亲油性等。
- ③ 应急运转性能是指在极端情况下可能产生的短时间内的不利运转情况，包括抗咬粘性及摩擦相容性。

表9-1-8 滑动轴承磨损性能的验算



项 目	验 算 公 式	说 明
单位面积压力 $p$ ( $N/cm^2$ )	$p = \frac{F}{0.85dB}$ $p \leq [p]$	式中 $d$ (cm), $B$ (cm), 0.85系考虑轴和轴承接 触角减小系数由轴的结 构设计拟定, 许用值 [ $p$ ], [ $v$ ], [ $pv$ ]见表 9-1-4
相对滑动速度 $v$ ( $m/s$ )	$v = \frac{\pi dn}{6000}$ $v \leq [v]$	
发热因素 $pv$ ( $\frac{N}{cm^2} \cdot \frac{m}{s}$ )	$pv = \frac{F \cdot n}{1910B}$ $pv \leq [pv]$	

## 第 2 节 不完全润滑轴承

### (一) 径向滑动轴承

#### 1. 径向不完全润滑轴承座

径向不完全润滑轴承座的种类及其选用列于表

9-2-1。

表9-2-1 径向不完全润滑轴承座的种类及其选用

名 称	型 号	标 准 号	基 本 尺 寸
对开二螺栓正滑动轴承座	H2000	JB2561-79	表9-2-2
对开四螺栓正滑动轴承座	H4000	JB2562-79	表9-2-3
对开四螺栓斜滑动轴承座	HX000	JB2563-79	
整体轴承座	HZ000	JB2560-79	表9-2-4
关节轴承座		GB3945-83等	

#### 2. 径向滑动轴承选用原则

1) 轴承座的载荷方向应该在垂直于分合面的轴承中心线左右各  $35^\circ$  的范围内 (图 9-2-1)。图中阴影部分是允许承受的径向负荷范围。

2) 轴瓦端面的圆角按表 9-2-5 选取。

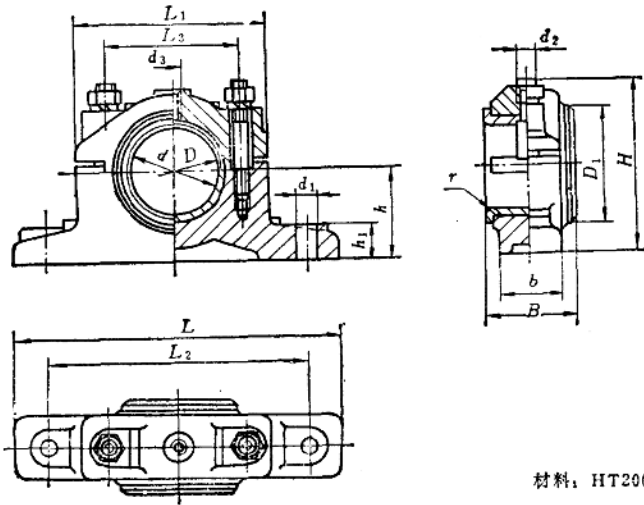
3) 当轴肩直径或轴环外径不小于轴瓦肩部的外径 ( $D_1$ ) 时, 允许承受的轴向载荷不大于最大径向载荷的 30%。

4) 轴瓦和轴套采用 CuAl10Fe5Ni5 铝铁青铜制造, 轴套可采用 CuPb5Sn5Zn5 青铜制



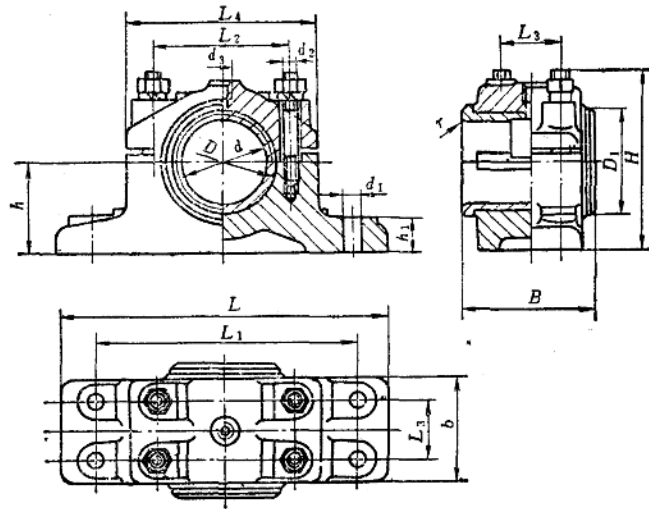
表9-2-2 对开式二螺柱正滑动轴承基本尺寸

(mm)



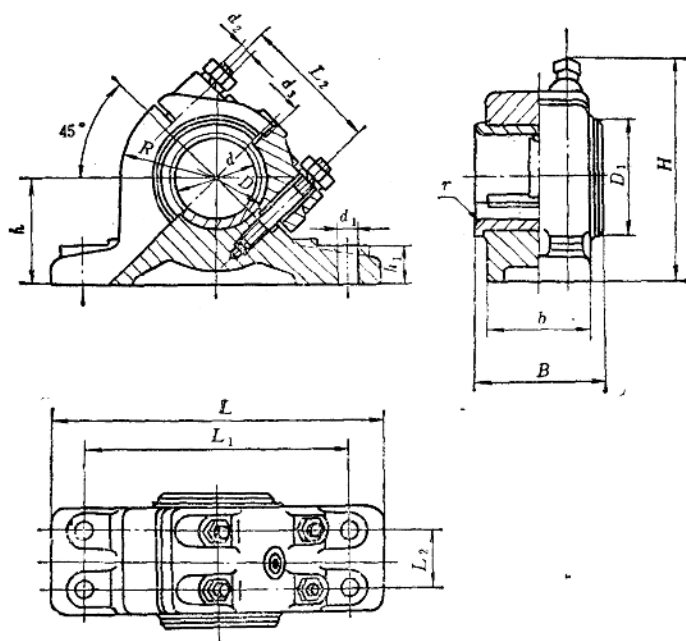
材料: HT200

型号	d (H8)	D	D <sub>1</sub>	B	h	H ≈	h	h <sub>1</sub>	L	L <sub>1</sub>	L <sub>2</sub>	L <sub>3</sub>	d <sub>1</sub>		d <sub>2</sub>	d <sub>3</sub>	r
													孔径	螺栓			
H2030	30	38	48	34	22	70	35	15	140	85	115	60	9	M8	M8	M10×1	1.5
H2035	35	45	55	45	28	87	42	18	165	100	135	75	11	M10	M10		2
H2040	40	50	60	50	35	90	45	20	170	110	140	80	14	M12		M12	
H2045	45	55	65	55	40	100	50		175		145	85					
H2050	50	60	70	60	40	105	25	20	200	120	160	90	18	M16	M12	M14×1.5	3
H2060	60	70	80	70	50	125			60	240	140	190	100	22	M20		
H2070	70	85	95	80	60	140	70	30	260	160	210	120	26	M24	M20	4	
H2080	80	95	110	95	70	160	80	35	290	180	240	140					
H2090	90	105	120	105	80	170	85	40	300	190	250	150	33	M30	M24	3	
H2100	100	115	130	115	90	185	90		340	210	280	160					
H2110	110	125	140	125	100	190	95	50	350	220	290	170	33	M30	M24	4	
H2120	120	135	150	140	110	205	105		45	370	240	310					190
H2140	140	160	175	160	120	230	120	50	390	260	330	210	33	M30	M24	4	
H2160	160	180	200	180	140	250	130		410	280	350	230					



a) 正滑动轴承座 (材料: HT200)

正滑动轴承座 (JB2562-79)				斜滑动轴承座 (JB2563-79)				d (H8)	D	D <sub>1</sub>	B
型 号	H ≈	h	L <sub>4</sub>	型 号	H ≈	h	R				
H4050	105	50	120	HX050	140	65	60	50	60	70	75
H4060	125	60	140	HX060	160	75	70	60	70	80	90
H4070	135	70	160	HX070	185	90	80	70	85	95	105
H4080	160	80	180	HX080	215	100	90	80	95	110	120
H4090	165	85	190	HX090	225	105	95	90	105	120	135
H4100	175	90	210	HX100	250	115	105	100	115	130	150
H4110	185	95	220	HX110	260	120	110	110	125	140	165
H4120	230	105	240	HX120	275	130	120	120	135	150	180
H4140	230	120	260	HX140	300	140	130	140	160	175	210
H4160	250	130	280	HX160	335	150	140	160	180	200	240
H4180	260	140	320	HX180	375	170	160	180	200	220	270
H4200	295	160	360	HX200	425	190	180	200	230	250	300
H4220	360	170	390	HX220	440	205	195	220	250	270	320

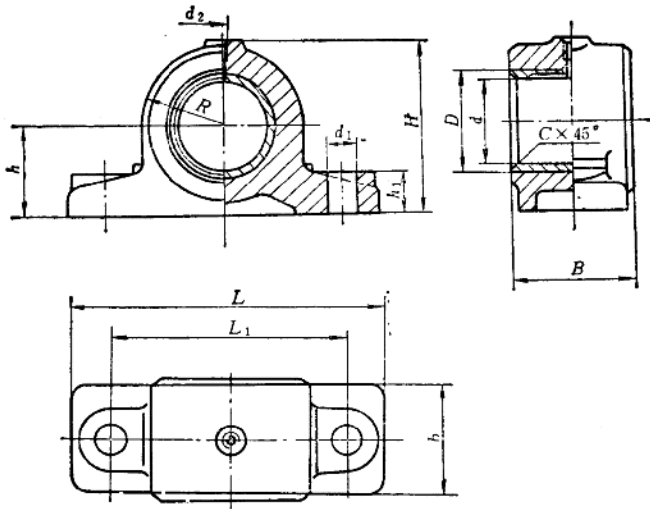


b) 斜滑动轴承座 (材料: HT200)

b	h <sub>1</sub>	L	L <sub>1</sub>	L <sub>2</sub>	L <sub>3</sub>	r	d <sub>1</sub>		d <sub>2</sub>	d <sub>3</sub>
							孔径	螺栓		
60	25	200	160	90	30	2.5	14	M12	M10	M10×1
75		240	190	100	40		16	M16	M12	
90	30	260	210	120	45		3	22	M20	M14×1.5
100	35	290	240	140	55					
115		300	250	150	70	26		M24	M20	
130	40	340	280	160	80					
140		350	290	170	85	26	M24	M20		
155	370	310	190	90	5				39	M36
170	45	390	330	210		100	33	M30		
200	50	410	350	230	120	5			39	M36
220		460	400	260	140					
245	55	520	440	300	160					
265	60	550	470	330	180					

表9-2-4 整体滑动轴承座基本尺寸

(mm)



材料: HT200

型号	d (H8)	D	R	B	b	L	L <sub>1</sub>	H ≈	h	h <sub>1</sub>	d <sub>1</sub>		d <sub>2</sub>	C
											孔径	螺栓		
HZ020	20	28	26	30	25	105	80	58	30	14	11	M10	M10×1	1.5
HZ025	25	32	30	40	35	125	95	68	35	16	14	M12		
HZ030	30	38		50	40	150	110	78		20	18	M16		
HZ035	35	45	38	55	45	160	120	84	42	25	22	M20		2
HZ040	40	50	40	60	50	165	125	88	50					
HZ045	45	55	45	70	60	185	140	98						
HZ050	50	60		75	65			100						
HZ060	60	70	55	80	70	225	170	120	60	30	26	M24	2.5	
HZ070	70	85	65	100	80	245	190	140	70					
HZ080	80	95	70			255	200	155	80					
HZ090	90	105	75	120	90	285	220	165	85	40	33	M30	M14×1.5	3
HZ100	100	115	85			305	240	180	90					
HZ110	110	125	90			140	100	315	250					
HZ120	120	135	100	150	110	370	290	210	105	45	39	M36		
HZ140	140	160	115	170	130	400	320	240	120					

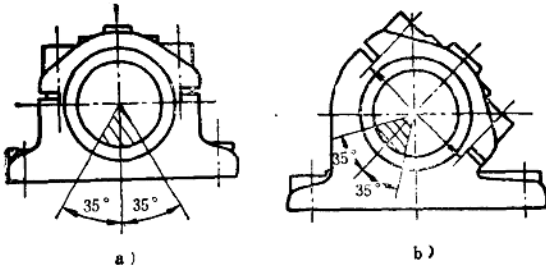


图9-2-1 轴承座受载荷范围  
a) 正滑动 b) 斜滑动

造。当轴瓦采用铝铁青铜时，轴颈最好进行表面硬化处理。

5) 正滑动轴承采用稀油润滑时，如果压强较大或载荷变化较剧烈时，应采用粘度较大的润滑油。

6) 润滑方式的选择。根据轴承平均载荷系数  $K$  来决定轴承的润滑方式。

$$K = \sqrt{p_{cp} v^3}$$

式中  $p_{cp}$ ——轴颈上的平均单位压力；

$$p_{cp} = \frac{F}{dB} \quad (\text{N/cm}^2)$$

$F$ ——轴承负载；

$d$ ——轴颈直径 (cm)；

$B$ ——轴承宽度 (cm)；

$v$ ——轴颈的圆周速度 (m/s)。

$K \leq 60$ ，用润滑脂润滑 (可用黄油杯)；

$K > 60 \sim 500$ ，用润滑油润滑 (可用针阀油杯等)；

$K > 500 \sim 1000$ ，用油杯，飞溅润滑，需用水或循环油冷却；

$K > 1000$ ，必须用循环压力润滑。

润滑油，润滑装置及轴承润滑油沟的选用可参见本手册第8卷。

7) 轴承座其它技术条件应符合 JB 2564—79 所规定的技术要求。

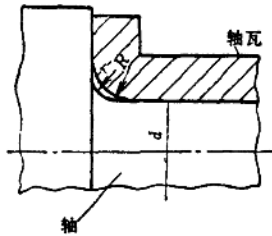
### 3. 轴套与轴瓦

轴套与轴瓦的种类及选用列于表 9-2-6。

轴衬材料按表 9-2-12 选用。

表9-2-5 轴瓦端面与轴肩在接合面处的圆角半径

(mm)



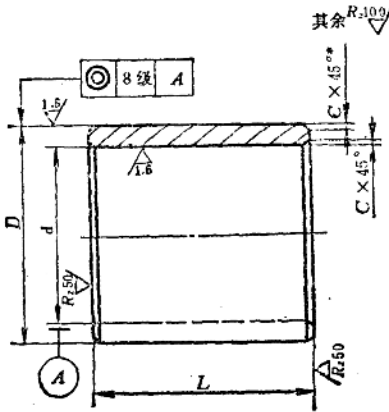
$d$ 至	30	70	100	175	250	300	350	400	420以上
$r$	1.5	2	3	4	6	8	10	12	15
$R$	2.0	2.5	4	5	7	10	12	14	18

表9-2-6 轴套与轴瓦的种类及选用

名称	标准号	基本尺寸	附注
普通整体轴套	GB2509—81	表9-2-7	其材料一般为铸造青铜(CuPb5Sn5Zn53, CuSn10P, CuAl10Fe5Ni5, CuSn7Pb7Zn3) 特殊情况下也可采用耐磨铸铁
带挡边整体轴套	GB2510—81	表9-2-8	
双金属轴套		表9-2-9	底基金属采用15钢或20钢，衬体采用铸造青铜(CuSn7Pb7Zn3, CuSn10P, CuPb30, CuPb15Sn8等)
剖分轴瓦		表9-2-10	轴衬材料的选用见表 9-2-12
轴承合金浇注用槽	Q/ZB161—73	表9-2-11	

表9-2-7 铜合金整体轴套

(mm)



\* 外径倒角根据需要也可采用 $15^\circ$

标记示例:

内径20mm、外径24mm、长度30mm的铜合金整体轴套:

轴套 20×24×30 GB2509-81

d	D		C	L (h12)		d	D		C	L (h12)	
	厚壁	薄壁		厚壁	薄壁		厚壁	薄壁		厚壁	薄壁
8	14	12	0.3	6~12	6~12	55	65	63	0.8	35~70	
10	16	14			6~16	60	75	70		40~80	
12	18	16	0.5	8~20		65	80	75	1.0	45~80	45~80
14	20	18		10~25	8~25	70	85	80		45~90	
16	22	20		12~25		75	90	85		50~90	
18	24	22		12~30		80	95	90		55~100	
20	26	24		16~35		85	100	95		55~120	
22	28	26				90	110	105		60~120	
25	32	30		20~40	16~40	95	115	110		75~120	
28	36	34		20~45		100	120	115		80~120	
30	38	36				105	125	120		100~150	
32	40	38		0.8	25~50		110	130		125	100~180
35	45	42	25~55		120	140	135	120~180			
38	48	45	25~60		130	150	145	120~200			
40	50	48	25~65		140	160	155	150~250			
42	52	50	30~65		150	170	165				
45	55	53	35~65		160	185	180				
48	58	56			170	195	190				
50	60	58			180	210	200				

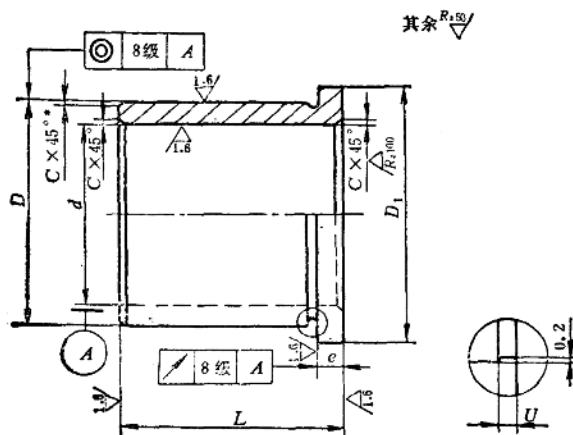
注: 1. 轴套外径D的尺寸公差按下列配合选用:  $D \leq 120$ , s6;  $D > 120$ , r6。

2. 要求留有精加工量的轴套内径d, 其公差为E6。

3. 材料可按表9-1-4中铸造青铜或耐磨铸铁制造。

表9-2-8 铜合金带挡边整体轴套

(mm)



\* 外径倒角根据需要也可采用 $15^\circ$ 标记示例:  
内径20mm、外径26mm、长度30mm的铜合金带挡边整体轴套。  
轴套 20×26×30 GB2510—81

$d$ ①	$D$ ②	$D_1$ (d 11)	$e$	$C$	$U$	$L$ ③ (h 12)	$d$ ①	$D$ ②	$D_1$ (d 11)	$e$	$C$	$U$	$L$ ③ (h 12)
8	14	18	3	0.3	1	6~12	60	75	83	7.5	0.8	2	40~80
10	16	20				6~16	65	80	88				45~80
12	18	22				8~20	70	85	95				45~90
14	20	25				10~25	75	90	100				50~90
16	22	28		0.5	1.5	12~25	80	95	105		1.0	3	55~100
18	24	30				12~30	85	100	110				55~120
20	26	32				16~35	90	110	120				55~120
22	28	34				20~40	95	115	125				60~120
25	32	38				20~45	100	120	130				75~120
28	36	42				105	125	135	80~120				
30	38	44	4	0.8	2	20~45	110	130	140	10	2.0	4	100~150
32	40	46				25~50	120	140	150				100~180
35	45	50				25~55	130	150	160				120~180
38	48	54				25~60	140	160	170				120~180
40	50	58				25~65	150	170	180				120~180
42	52	60				25~65	160	185	200				120~200
45	55	63				30~65	170	195	210				150~250
48	58	66				35~65	180	210	220				150~250
50	60	68				190	220	230	15				180~250
55	65	73				35~70	200	230	240				180~250

注: 材料可按表9-1-4中铸造青铜或耐磨铸铁制造。

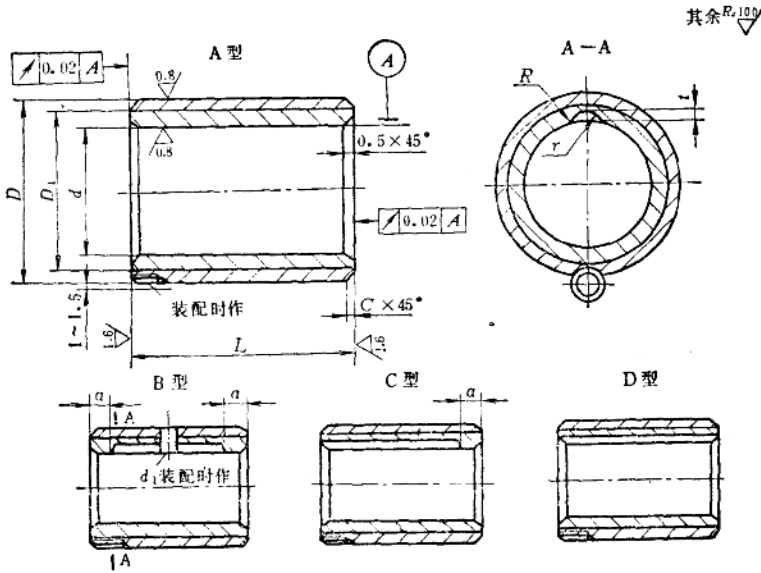
① 要求留有精加工量的内径公差为E 6。

② 轴套外径 $D$ 的尺寸公差选定,  $D \leq 120\text{mm}$ , s 6;  $D > 120\text{mm}$ , r 6。

③  $L$ 尺寸系列为, 6, 8, 10, 12, 16, 20, 25, 30, 35, 40, 45, 50, 55, 60, 65, 70, 75, 80, 90, 100, 120, 150, 180, 200, 250。

表9-2-9 双金属轴套尺寸参数

(mm)



技术要求：外圆  $D$  对内孔  $d$  的轴线径向跳动不大于  $0.02\text{mm}$  ( $D \leq 100$  时) 或  $0.03\text{mm}$  ( $D > 100$  时)

标记示例：

A 型  $D = 80, L = 100$ , 双金属套  $80 \times 100$

B 型  $D = 80, L = 100$ , 双金属套  $B-80 \times 100$

$D$ k6, s7 或 n6	70	80	85	90	95	100	105	110	115	120	125	(130)	135	(150)	160	(170)	180	(190)	200	215	230
$d$ (H7)	60	65	70	75	80	85	90	95	100	105	110	115	120	130	140	150	160	170	180	190	200
$D_1$	64	69	74	79	84	89	94	99	104	110	115	120	125	135	145	155	165	175	185	195	205
$r$	3		4					5				6		7			8				10
$R$	7.5		10					15				18		21			24				30
$t$	1.5		2					2.5				3		3.5			4				5
$a$			10							12							16				20
$C$										1											1.5
螺钉 (GB71-85)	M8×16												M10×20								
$L(d6)$	55 { 100	55 { 120	60 { 120	60 { 130	70 { 140	70 { 150	80 { 150	80 { 160	90 { 180	90 { 200	100 { 200	110 { 220	110 { 240	120 { 260	130 { 280	140 { 280	150 { 300	160 { 300			

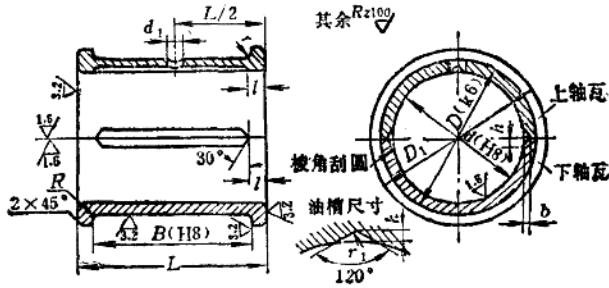
L 系列：55, 60, 70, 80, 90, 100, 110, 120, 130, 140, 150, 160, 180, 200, 220, 240, 260, 280, 300

1. 采用 s7 公差时, 不用螺钉 (GB71-85) 作补充固定。
2. 装配后, 须重新检查内孔公差, 并在必要时修正孔。
3.  $d_1$  孔由设计者确定。
4. 括号内尺寸尽可能不采用。



表9-2-10 剖分轴瓦基本尺寸

(mm)



轴的 直径	d (H8)		D (k6)		D <sub>1</sub>	d <sub>1</sub>	B (H8)		L	l	b	h	h <sub>1</sub>	R	r	r <sub>1</sub>
	公称 尺寸	偏差	公称 尺寸	偏差			公称 尺寸	偏差								
30	30	+0.033	40		50	10.5	50		60	8	1	7	1.5	2	2	1
35	35	+0.039	45	+0.018	55	10.5	50		60	8	1	7	1.5	2.5	2	1
	40		40	+0.002	60	10.5	60		70	8	1	7	1.5	2.5	2	1
45	45	+0.039	55		65	10.5	60		70	8	1	7	1.5	2.5	2.5	1
	50		50		70	10.5	65		80	10	1	7	2	2.5	2.5	1.5
55	55	+0.046	65	+0.021	75	10.5	65	+0.046	80	10	1	7	2	2.5	2.5	1.5
	60		60	+0.002	80	10.5	65		80	10	1	8	2	2.5	2.5	1.5
	65		65		80	10.5	65		80	10	1	8	2	2.5	2.5	1.5
70	70	+0.046	85		100	10.5	75		90	10	1	8	2.5	2.5	3	2
	75		75		105	10.5	75		90	10	1	8	2.5	4	3	2
80	80	+0.046	95		110	10.5	75		90	10	1	8	2.5	4	3	2
									120	10	1	8	2.5	4	3	2
85	85	+0.054	100	+0.025	115	10.5	85	+0.054	100	12	1.5	10	3	4	3	2
									140	12	1.5	10	3	4	3	2
90	90	+0.054	105	+0.003	120	10.5	85	+0.054	100	12	1.5	10	3	4	3	2
									140	12	1.5	10	3	4	3	2
95	95	+0.054	115		130	10.5	90	+0.054	110	12	1.5	10	3	4	3	2
									140	12	1.5	10	3	4	3	2
100	100	+0.054	120		140	10.5	90	+0.054	110	12	1.5	10	3	4	3	2
									160	12	1.5	10	3	4	3	2
110	110	+0.063	130		150	10.5	100	+0.054	120	12	2	13	3.5	5	4	2
									160	12	2	13	3.5	5	4	2
120	120	+0.063	140		160	10.5	110	+0.054	130	12	2	13	3.5	5	4	2
									180	12	2	13	3.5	5	4	2
130	130	+0.063	150	+0.025	175	10.5	120	+0.054	140	14	2	16	4	5	4	3
									200	14	2	16	4	5	4	3
140	140	+0.063	165	+0.005	190	10.5	130	+0.054	150	14	2	16	4	5	4	3
									200	14	2	16	4	5	4	3
150	150	+0.063	175		200	10.5	140	+0.063	160	14	3	20	4.5	5	4	3
									240	14	3	20	4.5	5	4	3
160	160	+0.063	185		210	10.5	155	+0.063	170	14	3	20	4.5	5	5	3
									240	14	3	20	4.5	5	5	3
180	180	+0.072	210	+0.033	240	12.5	240	+0.072	270	16	3	20	4.5	6	5	3
									240	16	3	20	4.5	6	5	3
200	200	+0.072	230	+0.004	260	12.5	270	+0.081	300	16	4	25	5	6	5	4
									220	16	4	25	5	6	5	4

注：1.加工时，上、下轴瓦必须一并加工。

2.轴瓦材料允许采用CuSn7Pb7Zn3锡锌铅青铜合金及耐磨铸铁。