

表 7.2-4 烧结金属含油轴承材质规格 (JIS B 1581)

种类	种类记号	含油率 (体积分数) /%	化学成分 (质量分数) /%								压溃强度 /MPa	表面多孔性
			Fe	C	Cu	Sn	Pb	Zn	其他			
SBF1 种	1号	SBF1118	18 以上	余	-	-	-	-	-	3 以下	170 以上	加热时油应一致地自滑动面滑出
SBF2 种	1号	SBF2118	18 以上	余	-	5 以下	-	-	-	3 以下	200 以上	
	2号	SBF2118				18~25					280 以上	
SB3 种	1号	SBF3118	18 以上	余	0.2~0.5	-	-	-	-	3 以下	200 以上	
SBF4 种	1号	SBF4118	18 以上	余	0.2~0.9	5 以下	-	-	-	3 以下	280 以上	
SB5 种	1号	SBF5110	10 以上	余		5 以下	-	3 以上 10 未 满	-	3 以下	150 以上	
SBF1 种	1号	SBK1112	12 以上 18 未 满	1 以下	2 以上	余	8~11	-	-	0.5 以下	200 以上	
	2号	SBK1218	18 以上								150 以上	
SBF2 种	1号	SBK2118	18 以上	1 以下	2 以下	余	6~10	5 以下	1 以下	0.5 以下	150 以上	

① SBF 系的碳是化合碳, SBK 系的碳是石墨。

表 7.2-5 烧结金属含油轴承材料的化学成分与性能

材料	化学成分 (质量分数) /%							特性				无噪声运转							
	Fe	Cu	Sn	石墨碳	化合碳	Pb	其他	密度 /g· cm-3	压溃 强度 K/MPa	耐 蚀 性	抗 黏 附 性								
青铜	-	余量	9~11	-	-	-	<3	6	>120	E	G	G							
								6.8	>160	E	G	G							
								7	>200	E	G	G							
	-	余量	9~11	-	-	-	<1	6	>100	E	E	G							
								6.8	>150	E	E	G							
								7	>170	E	E	G							
-	余量	8~10	-	-	-	<3	6.4	>100	E	E	G								
							铁	余量	<1	-	-	<0.3	-	<3	5.9	>150	P	P	P
															6.2	>180	P	P	P
余量	1~5	-	-	<0.3	-	<3									5.9	>160	P	P	A
余量	6~10	-	-	<0.3	2~5	<3	5.9	>190	P	P	A								
							6.2	>200	A	G	G								
							6.2	>230	A	G	G								

铁-青铜	余量	2~4	-	1~2	-	-	<3	5.9 6.2	>100 >150	P P	A A	A A
	余量	18~22	-	1.5~2.5	<0.5	-	<3	6.2	>140	G	G	A
	15~20	68~72	7~9	0.5~1.5	-	-	<3	6.4	>120	G	G	G
	36~42	47~53	4~7	0.5~1.5	-	-	<3	6.2	>120	A	G	G
	45~50	50~55	-	0.5~1.5	<0.5	-	<3	5.9	>100	A	G	G
	56~60	32~36	3~7	0.5~1.5	-	-	<3	5.9	>100	P		G

注：E-优；G-良；A-一般；P-差。

表 7.2-6 烧结金属含油轴承的化学成分和物理-力学性能

合金系（主要成分）	化学成分（质量分数）/%						相应的 JIS 标准	性能		
	Cu	Fe	Sn	Pb	C	其他		密度/g· cm-3	含油率 /%	压溃强 度/MPa
Cu-Sn	余量	-	8~11	-	-	<1	SBK1218	6.4~7.2	>18	>150
Cu-Sn-Pb-C	余量	-	8~11	<3	<3	<1	SBK2118	6.4~7.2	>18	>150
Cu-Sn-C	余量	-	8~11	-	<3	<1	SBK1218	6.4~7.2	>18	>150
Cu-Sn-Pb	余量	-	3~5	4~7	-	<1	SBK2118	6.4~7.2	>18	>150
Cu-Sn-Pb-C	余量	MoS <sub>2</sub> 1.5~5.5, Ni<3	7~11	<1.5	<1.5	<1	-	6.4~7.2	>12	>150
Cu-Sn-Pb	余量	余量	7~11	<1.5	-	<1	-	6.4~7.2	>18	>150
Fe-Cu -C	<5	余量	-	-	0.2~0.8	<1	SBF4118	5.6~6.4	>18	>150
Fe-Cu -Pb	<3	余量	-	<2	-	<1	SBF2118	5.6~6.4	>18	>150
Fe-Cu -Pb-C	<5	余量	-	3~10	0.2~0.8	<3	SBF5110	5.7~7.2	>15	>200
Fe-Cu -Sn	48~52	余量	1~3	-	-	<3	-	6.2~7	>18	>200
Fe-Cu -C	14~20	余量	-	-	1~4	<1	-	5.6~6.4	>18	>160
Fe-Cu-Zn	18~22	余量	1~3	Zn 2~7	-	<1	-	5.6~6.4	>18	>150

注：化学成分与密度各生产厂略有不同。

表 7.2-7 烧结金属含油轴承的各种特性

合金系（主要成分）	使用特性														
	极限 PV 值 /MPa·m·m in <sup>-1</sup>	轴回转				负载			音 响	高温	切削 加工 性	铆接 性	防锈 能力	尺寸 精度	价格
		高速	低 速	断 续	摇 动	高 负 载	低 负 载	冲击							
Cu-Sn	100	○	●●	●	●	●	○	●	*	●	○	*	○	○	±
Cu-Sn-Pb-C	100	○	○	○	○	●	○	○	●	●	○	△	○	○	±
Cu-Sn-C	100	*	○	●	●	●	○	○	○	●	○	△	○	○	±
Cu-Sn-Pb	20	●	○	●	●	△	○	●	*	●	*	●	○	*	±
Cu-Sn-Pb-C	300	*	○	○	*	*	*	○	○	○	○	△	○	○	++
Cu-Sn-Pb	100	○	*	*	○	○	*	○	*	○	○	●	○	○	++
Fe-Cu -C	200	●	●	●	●	*	○	○	△	●	△	△	△	*	=
Fe-Cu -Pb	150	○	○	●	●	●	○	△	●	●	●	○	○	○	=



Cu-Sn	余	-	2~7		<3		<2	6.7~7.8	>12	>100	50max	用于便携式录音机等，摩擦系数小，省电
Cu-Sn-P-C	余	-	8~11	-	-	<3	<1	7~7.6	>6	>180	150max	适用于低速、高荷载，在摇动条件下仍可使用。可用于替代电机中的滚动轴承
Cu-Fe-Sn-Zn-C	余	24~68	0.2~7	3~28	-	<2	<1	5.8~6.6	>18	>160	100max	耐腐蚀性优良，耐磨性好，在低 pv 值下，性能与青铜材质同。可替代青铜轴承、价格便宜。广泛用于家电、音响机器等
Fe-Cu-Sn-C	余	40~48	3~6	-	-	0~3	<1	5.8~6.6	>18	>200	120max	耐磨性近于铁基材料，在搞 pv 值下，耐磨性比青铜轴承好。广泛用于汽车、音响机器
Fe-Cu-Sn-C	余	50~65	2~7	-		0~3	<2	根据使用条件	根据使用条件	>150	120max	适用于高转速的含油轴承

表 7.2-10 烧结铜铅合金轴承材料化学成分（质量分数）/%

化学元素	CuPb10Sn10	CuPb24Sn4	CuPb24Sn	CuPbSn30
Cu	其余	其余	其余	其余
Pb	9~11	19~27	19~27	26~33
Sn	9~11	3~4.5	0.6~2	0.5
Zn	0.5	0.5	0.5	0.5
P	0.1	0.1	0.1	0.1
Fe	0.7	0.7	0.7	0.7
Ni	0.5	0.5	0.5	0.5
Sb	0.5	0.5	0.5	0.5
其他元素总和	0.5	0.5	0.5	0.5

表 7.2-11 各种烧结金属-石墨材料的成分与应用范围

序号	石墨含量(质量分数) /%	添加剂(质量分数) /%	应用范围
铁基			
1	2~20	达 15Cu	无润滑油下工作
2	10~30		在沉重摩擦条件下，不润滑时工作（在水、气体、水气中、于温度-200~600℃下，在达 900℃的温度作用下与达 45m/s 的速度下）
3	6~25		
4	6~8		
5	17~30		
6	4~14		
7	4~17		
8	10~15	(1.5~3.5) Bi, As,	在 p=0.2~1MPa 和

		Sb	v=4.35~35.8m/s 下， 于 50~370℃ 范围内 工作
9	达 10	0.2~10Ni 或 Mn, Cr, Mo, P, Si, V, Ta, W, Nb	
10	达 10	2~40 一种或几种 Ti, Ta, Zr, W, Nb, Cr, Mo, Si, B 或 v 的碳 化物	
11	<8	5TiH <sub>2</sub>	于无润滑油下工作
12	4~25	18Ni	于高负荷，较高粉尘 及无润滑油的沉重工 作条件下
13	3~7 或 5~15	(0~20) Pb,(0~25)Cu,(1~15)Ni	滑块
铜基			
14	4~20	Pb, Al, P, Sn, Zn	滑块、密封、轴承
15	15~16	10~12Pb, 9~10Sn	无润滑油下工作
铜合金基 (Cu-Al, Cu-Sn, Cu-Sn-Al, Cu-Sn, -P,Cu-Sn-Zn,Cu-Sn-Pb)			
16	12~20	4~15Ti, Mn, Co, Ni, Fe	无润滑油下工作
铜基或黄铜基			
17	4~25		在温度-200~350℃ 下，于水蒸气、水气 体中工作的轴承
Cr-Co 合金基			
18	40~60%体积分数		于热水中工作
铝基			
19	30		是热导率与耐磨性高 的材料，用于制造触 头、电机电刷
20	4~17		
21	16~10		
银基			
22	10		是热导率与耐磨性高 的材料，用于制造触 头、电机电刷

7.2-12 COB070 型轴承材料物理力学性能

性能	指标数据
最大承载力（干摩擦）静载/MPa	73.5
动载/MPa	24.5
最大承载力（定期润滑）静载/MPa	73.5
动载/MPa	49

最大线速度干摩擦/ $m \cdot s^{-1}$	0.5
定期润滑/ $m \cdot s^{-1}$	1
最高 pv 值干摩擦/ $m \cdot s^{-1}$	1.63
定期润滑/ $m \cdot s^{-1}$	2.45
工作温度/ $^{\circ}C$	-40~120
密度/ $g \cdot cm^{-3}$	6.3
硬度 HB	$\geq 55$
对偶件硬度 HRC	$\geq 35$
对偶件粗糙度/ $\mu m$	0.2~0.8

表 7.2-13 COB072 型轴承材料物理力学性能

性能	指标数据
最大承载力（干摩擦）静载/MPa	200
动载/MPa	80
最大线速度/ $m \cdot s^{-1}$	0.25
最大 pv 值/ $MPa \cdot m \cdot s^{-1}$	0.8
摩擦系数干摩擦	0.13~0.18
水润滑	0.11~0.16
工作温度/ $^{\circ}C$	-150~280
线膨胀系数/ $K^{-1}$	$17.5 \times 10^{-6}$
抗压强度/MPa	320
密度/ $g \cdot cm^{-3}$	6.3
硬度 HB	$\geq 40$
对偶件硬度 HRC	$\geq 180$
对偶件粗糙度/ $\mu m$	0.2~0.8

表 7.2-14 COB074 型轴承材料物理力学性能

性能	指标数据
最大承载力（干摩擦）静载/MPa	200
动载/MPa	80
最大线速度/ $m \cdot s^{-1}$	0.25
最大 pv 值/ $MPa \cdot m \cdot s^{-1}$	0.8
摩擦系数干摩擦	0.13~0.18
水润滑	0.11~0.16
工作温度/ $^{\circ}C$	-150~280
线膨胀系数/ $K^{-1}$	$19.5 \times 10^{-6}$
抗压强度/MPa	300
密度/ $g \cdot cm^{-3}$	7.1
硬度 HB	$\geq 40$
对偶件硬度 HRC	$\geq 180$
对偶件粗糙度/ $\mu m$	0.2~0.8

表 7.2-15 COB075 型轴承材料物理力学性能

性能	指标数据
最大承载力（干摩擦）静载/MPa	200
动载/MPa	80
最大线速度/m·s <sup>-1</sup>	0.5
最大 pv 值/MPa·m·s <sup>-1</sup>	1
摩擦系数干摩擦	0.11~0.16
水润滑	0.1~0.13
工作温度/°C	-150~280
线膨胀系数/K <sup>-1</sup>	13×10 <sup>-6</sup>
抗压强度/MPa	300
密度/g·cm <sup>-3</sup>	6.6
硬度 HB	≥40
对偶件硬度 HRC	≥35
对偶件粗糙度/μm	0.2~0.8

表 7.2-16 COB077 型轴承材料物理力学性能

性能	指标数据
最大承载力（动载）/MPa	50
最大线速度/m·s <sup>-1</sup>	0.1
最大 pv 值/MPa·m·s <sup>-1</sup>	1.05
最高使用温度/°C	250
摩擦系数	0.1~0.2
线膨胀系数/K <sup>-1</sup>	18×10 <sup>-6</sup>
抗压强度/MPa	343
密度/g·cm <sup>-3</sup>	6.4
硬度 HB	≥50
对偶件硬度 HRC	≥35
对偶件粗糙度/μm	0.2~0.8

7.3-6 铜基粉末冶金摩擦材料的配方组成（质量分数）

基体组元			摩擦组元（摩擦调整剂）					润滑组元	
铜	锡	锌	莫来石	二氧化硅	铁	镍	钼	石墨	二硫化钼
40~80	3~10	3~10	3~10	1~5	2~8	0~2	0~5	5~25	1~5

表 7.3-7 金属陶瓷配方组成（质量分数）%

基体组元			摩擦组元（摩擦调整剂）				润滑组元	
铜	锡	锌	铁	钼	莫来石	二氧化硅镍	石墨	二硫化钼
余	3~10	3~10	5~10	3~5	20~30		5~23	1~5

表 7.3-10 干式铜基粉末冶金摩擦材料物理-力学性能

密度	洛氏	抗拉	抗弯强	抗压强	剪切	热传导率	线胀系	比热容
----	----	----	-----	-----	----	------	-----	-----

/g· cm-3	硬度 HRL	强度 /MPa	度 /MPa	度 /MPa	力 /MPa	/W·(m·K) -1	数 /10 <sup>-6</sup> K <sup>-1</sup>	/J·(g·K) -1
4~6	10~90	5~60	30~150	50~200	10~40	10~40	10~20	0.3~0.9

注：HRL 的测定条件为，压头直径 6.35mm 钢球，基准荷重 98.1N，试验荷重 588N。

表 7.3-11 湿式铜基粉末冶金摩擦材料的物理力学性能

密度/g· cm-3	洛氏硬度 HRL	抗拉强度 /MPa	抗弯强度 /MPa	热传导率 /W·(m·K) -1	线胀系数 /10 <sup>-6</sup> K <sup>-1</sup>	比热容 /J·(g·K) -1
3.5~5.5	30~80	1~10	20~50	10~50	10~20	0.3~0.9

注：HR15Y 测定条件为，压头直径 12.7mm 钢球或硬质合金球，基准荷重 19.42N，试验荷重 147.1N。

表 7.4-1 世界几家主要公司生产的粉末烧结多孔性材料的规格与性能

公司名称	材料	精度等级 数	精度范围 /mm	公司名称	材料	精度等级 数	精度范围 /mm
法国 Sintertech	青铜	9	5~270	前苏联 Former	青铜	7	10~35
	不锈钢	8	4.5~130		不锈钢	13	10~100
德国 Krebsoge	青铜	8	8~200	中国	青铜	7	2~90
	不锈钢	15	0.5~200		不锈钢	9	5~100
美国 PALL	不锈钢	5	12~55		不锈钢	10	3~100
	蒙耐尔	4	5~35		蒙耐尔	5	15~160

表世界几家主要公司的不锈钢纤维毡系列及其性能

公司	系列	精度等级数	精度范围/ $\mu$ m
美国 MEMTEC	X	11	3~80
	XS	3	25~60
	XL	4	10~25
	XG	4	10~25
比利时 Bekeart	AL	10	3~58.5
	BL	6	5.3~57
日本 Nipponson	CL	6	3~60
德国 Krebsoge	FIL	12	3~100
中国	BZ,CZ,DZ	11	5~100

表 7.4-4 复合丝网的规格与性能

公司	精度等级数	精度范围/ $\mu$ m	尺寸/mm
美国	6	2~100	600×1200×1.7
英国 Haber & Boecker		20~500	250×1250
英国 Whilst	40	2.5~300	
美国 MEMTEC	9	5~240	
日本 FUJI	12	2~100	600×1200
中国	10	5~100	600×1200



表 7.4-5 多孔性材料的烧结条件

材料	烧结温度/°C	烧结气氛
青铜	750~850	工业纯氢、分解氨等还原性气氛
Fe	1100~1200	工业纯氢、分解氨等还原性气氛
Ni	1200~1250	工业纯氢、分解氨等还原性气氛
不锈钢	1200~1350	低露点氢气、真空
Ti	1000~1350	真空 ( $10^{-4}$ ~ $10^{-6}$ Pa), 高纯氩等惰性气体
W	1900~2300	氢气
Ta	2000	真空 ( $10^{-3}$ ~ $10^{-4}$ Pa)

表 7.5-1 常用电触头材料组成元素的基本性能数据

项目	Ag	Cu	W	Mo	Ni	Cr	Fe	C(石墨)
原子序数	47	29	74	42	28	24	26	6
原子量	107.9	63.55	183.8	95.95	58.7	52	55.85	12
密度/g·cm <sup>-3</sup>	10.5	8.96	19.3	10.2	8.9	7.19	7.86	2.27
熔点/°C	960	1083	3415	2625	1455	1860	1530	-
沸点/°C	2177	2582	5555	4610	2840	2640	3070	3850 升华
熔化热 /KJ·mol <sup>-1</sup>	11.3	13.04	35.2	27.59	17.6	14.63	15.34	-
汽化热 /KJ·mol <sup>-1</sup>	255	304.3	798.4	593.6	371.6	348.6	350.7	-
比热容 (15~100°C) /J·(kg·K) <sup>-1</sup>	234.46	389.37	142.35	301.44	456.36	460.55	473.11	-
热导率 /W·(m·K) <sup>-1</sup>	418.26	414.07	167.47	146.54	58.61	66.98	75.36	23.86
电阻率/ $\mu\Omega\cdot\text{cm}$	1.63	1.69	5.5	5.2	6.9	13.2	8.6	10~41
线胀系数 /10 <sup>-6</sup> K <sup>-1</sup>	19.2	16.8	4.5	5	12.7	8.4	11.7	1.1~2.4 (平行挤压方向) 2.7~3.8 (垂直挤压方向)

表 7.5-2 银-镍、银-铁电触头材料的牌号和性能

牌号及组成(质量分数)/%	制取方法 ①	密度/g·cm <sup>-3</sup>		电导率 /51ACS	硬度	抗拉强度 /MPa
		计算	实例			
银-镍材料 95Ag-5Ni	压-烧-复	10.41	9.8~10.41	80~95	32HRF <sup>②</sup> 84HRF <sup>③</sup>	165

90Ag-10Ni	压-烧-复	10.31	9.7~10.31	75~90	35 HRF <sup>②</sup> 89 HRF <sup>③</sup>	172
85Ag-15Ni	压-烧-复	10.22	9.5~10.02	66~80	40 HRF <sup>②</sup> 93 HRF <sup>③</sup>	186
80Ag-20Ni	压-烧-复	10.13	9.3~9.5	63~75	52~59 HRF <sup>②</sup> 80 HRF <sup>③</sup>	
75Ag-25Ni	压-烧-复	10.05	9.2	59	61 HRF <sup>②</sup>	-
70Ag-30Ni	压-烧-复	9.96	9.4~9.53	53~56	42 HRF <sup>②</sup> 87 HRF <sup>③</sup>	-
65Ag-35Ni	压-烧-复	9.88	9	49	26HR30T <sup>②</sup>	
60Ag-40Ni	压-烧-复	9.8	8.9~9.6	44~47	40 HR30T <sup>②</sup>	241
	压-烧-复	9.8	9.6	60	46 HR30T <sup>②</sup>	
55Ag-45Ni	压-烧-复	9.71	8.8	41	25 HR30T <sup>②</sup>	
60 Ag-50Ni	压-烧-复	9.63	9	38	50 HR30T <sup>②</sup>	
40 Ag-60Ni	压-烧-复	9.48	8.8	32	35 HR30T <sup>②</sup>	
	压-烧-复	9.48	9.3	40	68 HR30T <sup>②</sup>	
30 Ag-70Ni	压-烧-复	9.32	8.5	27	40 HR30T <sup>②</sup>	
银-铁材料 93 Ag-7Fe	压-烧-复	10.26	10~10.2	85~93	60~75 HR	-
90 Ag-10Fe	压-烧-复	10.16	9.6~10.15	87~92	48 HR30T <sup>②</sup>	214

① 压-烧-复即压制-烧结-复压；压-烧-挤即压制-烧结-挤压。

② 退火态。

③ 冷加工

表 7.5-3 银-钨、银-钼电触头材料的牌号、组成、性能及其应用

牌号及组成 (质量分数) /%	密度/g·cm <sup>-3</sup>		电导率 /51ACS	硬度	应用举例
	计算	实例			
银-钨材料 90Ag-10W	11	10.3~11	90~95	20~23HRB	遥控器、自动 电流保护器、 墙上开关
85 Ag-15W	11.27	10.6~11.3	85~90	25~38 HRB	断路器的载 流触头低负 荷接触器
80 Ag-20W	11.55	10.9~11.5	80~85	30~43 HRB	
70 Ag-30W	12.16	12	72~80	40~47 HRB	
65 Ag-35W	12.48	12.1	68	80HV	
60 Ag-40W	12.84	12.2~12.64	60~65	50~60 HRB	
银-钼材料 90Ag-10Mo	10.47	10.38	65~68	35~40 HRB	空调控制器
80 Ag-20Mo	10.44	10.36	59~62	38~42 HRB	低及中等负 荷应用自动 电流断路器
75 Ag-25Mo	10.42	10.33	58~61	44~47 HRB	
70 Ag-30Mo	10.41	10.31	56~60	46~48 HRB	
65 Ag-35Mo	10.39	10.39	55~64	49~55 HRB	自动电流保 护器起动开
60 Ag-40Mo	10.38	10.38	55~62	55~62 HRB	

					关
--	--	--	--	--	---

表 7.5-4 银-氧化物电触头材料的牌号、组成及其性能

号及组成(质量分数)/%	制取方法 <sup>①</sup>	密度/g·cm <sup>-3</sup>		电导率/51ACS	硬度 <sup>②</sup>	抗拉强度 <sup>②</sup> /MPa
		计算	实例			
银-氧化镉 97.5Ag-2.5CdO	压-烧-复	10.42	10.21	85	22HRF	110
	压-烧-复	10.42	10.42	95	37 HRF	131
95 Ag-5CdO	压-烧-复	10.35	9.5~10.14	80~90	32 HRF	110
	压-烧-挤	10.35	10.35	92	40 HRF	131
	内氧化	10.35	10.35	80	40 HRF	186
	预氧-压-烧-挤	10.35	10.35	85	70 HRF	207
90 Ag-10CdO	压-烧-复	10.21	9.3~9.8	72~85	42 HRF	103
	压-烧-挤	10.21	10.21	84~87	46 HRF	172
	内氧化	10.21	10.21	75	45 HRF	186
	预氧-压-烧-挤	10.21	10.2	82	71 HRF	269
88 Ag-12CdO	压-烧-挤	10.2	10.11	81	90 HRF	-
86.7 Ag-13.3CdO	内氧化	10.11	10.11	68	48 HRF	200
86.5 Ag-13.5CdO	预氧-压-烧-挤	10.11	8.6~9.58	75	70 HRF	276
85 Ag-15CdO	压-烧-复	10.06	9.9~10.06	55~75	35 HRF	83
	压-烧-挤	10.06	10.06	65~75	57 HRF	193
	内氧化	10.06	10.06	65	50 HRF	207
	预氧-压-烧-挤	10.06	10.01	72	70 HRF	276
83 Ag-17CdO	内氧化	10.01	10.01	62	52 HRF	214
	预氧-压-烧-挤	10.01	9.93	70	70 HRF	276
80 Ag-20CdO	预氧-压-烧-挤	9.93	10	68	70 HRF	276
银-氧化锡 92 Ag-8SnO <sub>2</sub>	压-烧-挤	10.08	9.97	88	58 HRV	205~230
90 Ag-10SnO <sub>2</sub>	压-烧-挤	9.98	9.68	82	64HV	215
88 Ag-12SnO <sub>2</sub>	压-烧-挤	9.7	9.8	72	72HV	-
银-氧化锌 92Ag-8ZnO	压-烧-挤	9.81		71	60~65HV	

① 压-烧-复即压制-烧结-复压；压-烧-挤即压制-烧结-挤压；预氧-压-烧-挤为预氧化-压制-烧结-挤压。

② 均为退火态材料。

表 7.5-5 不同方法制取的 Ag-CdO 材料的性能比较

性能	压制-烧结-复压	压制-烧结-挤压	内氧化	预氧化-压制-烧结-挤压
高的材料性能 力学强度	3	2	2	1
抗退火软化	3	2	2	1
导电导热性	2	1	1	1
材料的韧性	2	2	2	1
CdO 分布均匀性	1	1	3	1
抗电弧使用性 能烧蚀性	3	2	1	1
抗熔焊性	1	1	2	2
低接触电阻	1	1	1	1
灭弧性能	3	2	1	1
抗化学腐蚀	1	1	1	1

注：1.在大多数条件优选得出。

2.表明在大多数条件下比3优而不如1。

3. 该材料可接受，但在典型操作条件下不如1和2。

表 7.5-6 银-石墨电触头材料的牌号和性能

牌号及组成 (质量分数) %	制取方法	密度/g·cm <sup>-3</sup>		电导率 /%1ACS	硬度
		计算	实例		
银-石墨二元素 99.5Ag-0.5C	压制-烧结-复压	10.31	9.6~10.3	92~102	26~44HRF① 70~73 HRF②
99 Ag-1C	压制-烧结-复压	10.13	9.4~10.12	87~99	24~36 HRF① 68~69 HRF②
98.5 Ag-1.5C	压制-烧结-复压	9.96	10.04	97	33 HRF① 66 HRF②
98 Ag-2C	压制-烧结-复压	9.79	9.15~9.57	82~90	22 HRF① 65 HRF②
97 Ag-3C	压制-烧结-复压	9.46	8.8	55~62	20 HRF① 69 HRF②
	压制-烧结-复压	9.46	8.9	86	42HV
96 Ag-4C	压制-烧结-复压	9.15	8.8	79	41HV
95 Ag-5C	压制-烧结-复压	8.88	8.3~8.68	55~62	25 HRF②
	压制-烧结-复压	8.88	8.84	75	40 HRF②
93 Ag-7C	压制-烧结-复压	8.37	7.8	50~57	15 HRF① 45 HRF②
90 Ag-10C	压制-烧结-复压	7.69	6.3~7.2	43~53	13 HRF① 30 HRF②

银-石墨三元素 85Ag-12WC-3C	压制-烧结-复 压	9.76	9.3	57	60HB
48 Ag-51.75WC-0.25C	压制-烧结-复 压	13.58	13.38	65	55HRB
46 Ag-53WC-1C	压制-烧结-复 压	13.2	12.58	55	85HRB
45 Ag-50WC-5C	压制-烧结-复 压	11	10.6	37~43	45~55HRB
88 Ag-10WC-2C	压制-烧结-复 压	9.63	9.37	70	26 HRF① 64 HRF②
87 Ag-10WC-3C	压制-烧结-复 压	9.31	9.18	57~62	-

① 退火态；

② 加工态。

表 7.5-7 钨（钼）基电触头材料牌号成分及其主要性能

牌号	成分/%		密度/g·cm <sup>-3</sup>		电导率 /%1ACS	硬度	抗拉强度 /MPa
			计算值	实例			
纯钨	≥99.9%W		19.3	19.1~19.3	33	70HRA	900~1100
钨-银 65W-35Ag	W 65	Ag 35	14.92	14.2~14.7	45~53	80~93HRB	-
70 W-30Ag	70	30	15.42	15~15.2	40~50	85~93 HRB	-
75 W-25Ag	75	25	15.96	15.52~15.4	40~50	85~95 HRB	-
80 W-20Ag	80	20	16.53	16.18	35~40	91~100 HRB	-
85 W-15Ag	85	15	17.14	16.6~17.05	32~41	90~100 HRB	448
90 W-10Ag	90	10	17.81	17.25	25~35	90~105 HRB	379
72.5 W-27.5Ag	72.5	27.5	15.69	15.56	49	90 HRB	483
钨-铜 50W-50Cu	W 50	Cu 50	12.3	11.9~11.96	45~53	60~81 HRB	-
56 W-44Cu	56	44	12.87	12.75	55	79 HRB	434
60 W-40Cu	60	40	13.29	12.8~12.95	42~57	75~86 HRB	-
65 W-35Cu	65	35	13.85	13.35	54	83~93 HRB	-
70 W-30Cu	70	30	14.45	13.85~14.18	36~51	86~96 HRB	-
75 W-25Cu	75	25	15.11	14.5	33~48	90~100 HRB	-
80 W-20Cu	80	20	15.84	15.2	30~40	95~105 HRB	758
85 W-15Cu	85	15	16.45	16	20	190HV (退火态)	

90 W-10Cu	90	10	17.31	16.8~17.2	45~52	30HRC	765
钼-银 50Mo-50Ag	Mo 50	Ag 50	10.35	10.1~10.24	44~58	70~80 HRB75~82 HRB	-
55 Mo-45Ag	55	45	10.33	10.1~10.32	42~49	75~82HRB	-
60 Mo-40Ag	60	40	10.32	10.1~10.22	40~45	80~90 HRB	-
65 Mo-35Ag	65	35	10.3	10~10.08	35~45	82~92 HRB	-
70 Mo-30Ag	70	30	10.29	10~10.31	31~34	85~95 HRB	414
75 Mo-25Ag	75	25	10.27	10.27	28~32	93~97 HRB	414
80 Mo-20Ag	80	20	10.26	10.23~10.26	28~31	96~98 HRB	407
85 Mo-15Ag	85	15	10.24	10.18	27~30	97~102 HRB	-
90 Mo-10Ag	90	10	10.23	10.13	28~32	97~102 HRB	-
钼-铜 50Mo-50Cu	Mo 50	Cu 50	9.52	9.2~9.43	26~30	130~170 HRB	-
60 Mo-40Cu	60	40	9.65	9.31~9.56	26	140~180 HRB	-
70 Mo-30Cu	70	30	9.78	9.4~9.66	18	150~190 HRB	-
75 Mo-25Cu	75	25	9.85	9.53~9.75	46~55	180HV	-
碳化钨-银 40WC-60Ag	WC 40	Ag 60	12.09	11.4~11.92	43~52	60~70 HRB	-
50 WC-50Ag	50	50	12.56	12.12~12.5	40~47	75~85 HRB	276
60 WC-40Ag	60	40	13.07	12.7~12.92	30~37	90~100 HRB	379
65 WC-35Ag	65	35	13.35	12.9~13.18	19	95~105 HRB	-
80 WC-20Ag	80	20	14.25	13.2	42~47	400HV	-
碳化钨-铜 50 WC-50Cu	50	50	11.39	11~11.27	43	90~100HRF	-
56 WC-44Cu	56	44	11.77	11.64	30	99HRF	-
70 WC-30Cu	70	30	12.78	12.65	12.6	38HRC	-
钨基高密度 合金 W-Ni-Cu	W86Ni10 Cu4		16.66	16.25~16.4	10.7	275~295Kgf /m <sup>2</sup>	-
W-Ni-Fe-Mo	W85Ni5 Fe2 Mo8		16.65	16.6		3700HV	-

表 7.5-8 金属及复合材料的载流值

金属或材料	Pb	Sb	Bi	Sn	Mo	W	Ag
载流值/A	0.3~0.5	0.5~0.6	1~1.2	1~1.3	5.7~6.7	18~21	7~7.5
金属或材料	Cu	Al	WCu20	WSn25		WPb18	
载流值/A	16~18	12~13	5~6	2.5		1.6	

表 7.5-9 常用的真空电触头材料的牌号、组成及性能

牌号	组成/%	气体 O <sub>2</sub> 含量/10 <sup>-6</sup>	电导率/ MS · m <sup>-1</sup>	硬度
钨-铜系 W-Cu5V	W Cu 95 5	30~50	18	330HV ± 15HV
W-Cu10V	90 10	30~70	22	330HV ± 15HV
W-Cu15V	85 15	30~70	24	300HV ± 15HV
W-Cu20V	80 20	<75	16~25	220~260 HV
W-Cu35V	65 35	<75	23~28	150~180 HV
W-Cu35SbV	65 35	<120	10~16	200~240 HV
W-Cu-Al-TeV	74 25 A10.5 Te0.5	<120	24	-
钼-铜系 Mo-Cu25V	Mo Cu 75 25	<75	18	180 HV
Mo-Cu30V	70 30	-	27	150~190 HV
Mo-Cu40V	60 40	<75	30	140~180 HV
Mo-Cu50V	50 50	-	26~32	130~170 HV
碳化钨系 WC-Ag	WC 60 40 (Ag)	<100	23~26	180~1220 HV
WC-Cu	60 40 (Ag)	<100	22~24	200~260HB
铬铜系 Cu-Cu25	Cr Cu Fe 25 75	<500	25	110 HV
Cu-Cr30	30 70	<500	23	110 HV
Cu-Cr40	40 60	<500	20	110~130 HV
Cu-Cr50	50 50	<500	18	100HB
CuCr50Fe3	50 47 3	<800	12	100HB
CuCr50Fe5	50 45 5	<800	10	120HB
Cr40Cu 50Fe10	40 50 10	<800	10	150HV

表 7.5-10 超细混合粉直接烧结制成的真空用钨-铜材料的性能

材料牌号	成分/%	电导率/%1ACS	热导率 /W · (m · k) <sup>-1</sup>	硬度 HV
WCu5	95W-5Cu	32	171	375
WCu10	90 W-10Cu	38	188	352
WCu15	85 W-15Cu	41	197	333

WCu20	80 W-20Cu	46	210	281
WCu25	75 W-25Cu	50	225	275

表 7.5-11 铬铜及铬铜铁材料的比较

材料牌号		Cr-Cu50	Cr-Cu-Fe3	Cr-Cu-Fe5	Cr-Cu-Fe7	Cr-Cu-Fe9
成分/%	Cr	50	48.5	47.5	46.5	45.5
	Cu	50	48.5	47.5	46.5	45.5
	Fe	-	3	5	7	9
密度/g·cm <sup>-3</sup>		7.94	7.934	7.936	7.936	7.932
硬度 HB		105.3	146	156.3	167.3	179.8
抗拉强度/MPa		303	317	340	365	381
电阻率/ $\mu\Omega \cdot \text{cm}$		6.54	8.45	9.17	9.87	11.2
热导率/W·(m·k) <sup>-1</sup>		105.7	76.3	66.5	63.8	50.8
(0.75mm 间距) 击穿电压/kV		38.1	45.5	53.9	63.5	未做试验
断路开断电流/KA		22.4	22.8	23.4	22.3	
平均截留值/A		4.29	4.74	4.58	3.48	
接触电阻/ $\mu\Omega$		9	9.5	14	16	

表 7.5-12 热处理的铬铜系合金成分及热处理前后 Cu 相中 Cr 含量的变化

合金编号		1	2	3	4	5	6	7	8
合金组成/%	Cu	75	70	60	50	71	66	56	48.5
	Cr	25	30	40	50	25	30	40	48.5
	Fe	-	-	-	-	4	4	4	3
Cu 相中 Cr 含量/%	处理前	0.18	0.24	0.36	0.42	0.37	0.45	0.64	0.76
	处理后	0.11	0.15	0.24	0.3	0.23	0.3	0.42	0.56

表 7.5-14 常用金属-石墨电刷材料的牌号成分和性能

牌号成分	密度/g·cm <sup>-3</sup>	比电阻/ $\Omega \cdot \text{m}$	最大电流密度/KA·m <sup>-2</sup>	使用电压/V	肖氏硬度
铜-石墨 21Cu-79C	2.2	0.024	125	<72	28
35 Cu-65C	2.5	0.016	125	<72	28
50 Cu-50C	2.75	0.006	130	<36	28
65 Cu-35C	3.5	0.0016	190	<18	20
75 Cu-25C	4	0.0008	235	<15	18
94 Cu-6C	6	0.0003	235	<6	6
97 Cu-3C	6.5	0.0001	235	<6	5
银-石墨 40Ag-60C	2.7	0.008	150	<36	30
65 Ag-35C	3.8	0.001	190	<18	20



80 Ag-20C	4.6	0.0008	235	<9	23
93 Ag-7C	7	0.0001	270	<6	10

表 7.6-1