

第七篇

轴 承 润 滑 技 术

第一章 润滑材料

第一节 润滑剂的分类

一、按组成和成份分类



二、按用途和品名分类

润滑剂按用途和品名分类见表 7-1-1。

表 7-1-1 润滑剂按用途和品名的分类

润滑油类			液压油及液压力类
机械油(全损耗) 合成锭子油 齿轮油 双曲线型齿轮油 普通工业齿轮油 中负荷工业齿轮油 重负荷工业齿轮油 复合油	开式齿轮油 压缩机油 汽轮机油 冷冻机油 饱和汽缸油 过热汽缸油 合成过热汽缸油 车轴油	柴油机油 导轨油 液压-导轨油 仪表油 真空泵油 变压器油	抗磨液压油 低凝抗磨液压油 液力传动油 汽车制动液 减振器油 采煤机油
难燃工作液	润滑脂类		工艺用油
水包油型乳化液 油包水型乳化液 难燃齿轮液 难燃清洁液 水-乙二醇液压力 磷酸脂液压力	钙基脂 合成钙基脂 复合钙基脂 合成复合钙基脂 石墨钙基脂 钠基脂 合成钠基脂 钙钠基脂 压延基脂	锂基脂 合成锂基脂 托辊锂基脂 铝基脂 合成复合铝基脂 钼基脂 二硫化钼润滑脂 钢丝绳脂 工业凡士林	金工油 软麻油 腻子油 淬火油 各类添加剂

三、按粘度或锥入度分类

(一) 润滑油类按粘度分类

各种牌号的工业用润滑油粘度的分类见表 7-1-2;在不同温度和粘度指数时粘度等级对照如图 7-1-1 所示;当粘度指数为 95 时,常用润滑油新旧粘度等级对照如图 7-1-2 所示;内燃机油、车辆齿轮油和工业闭式齿轮油粘度等级对照如图 7-1-3 所示。

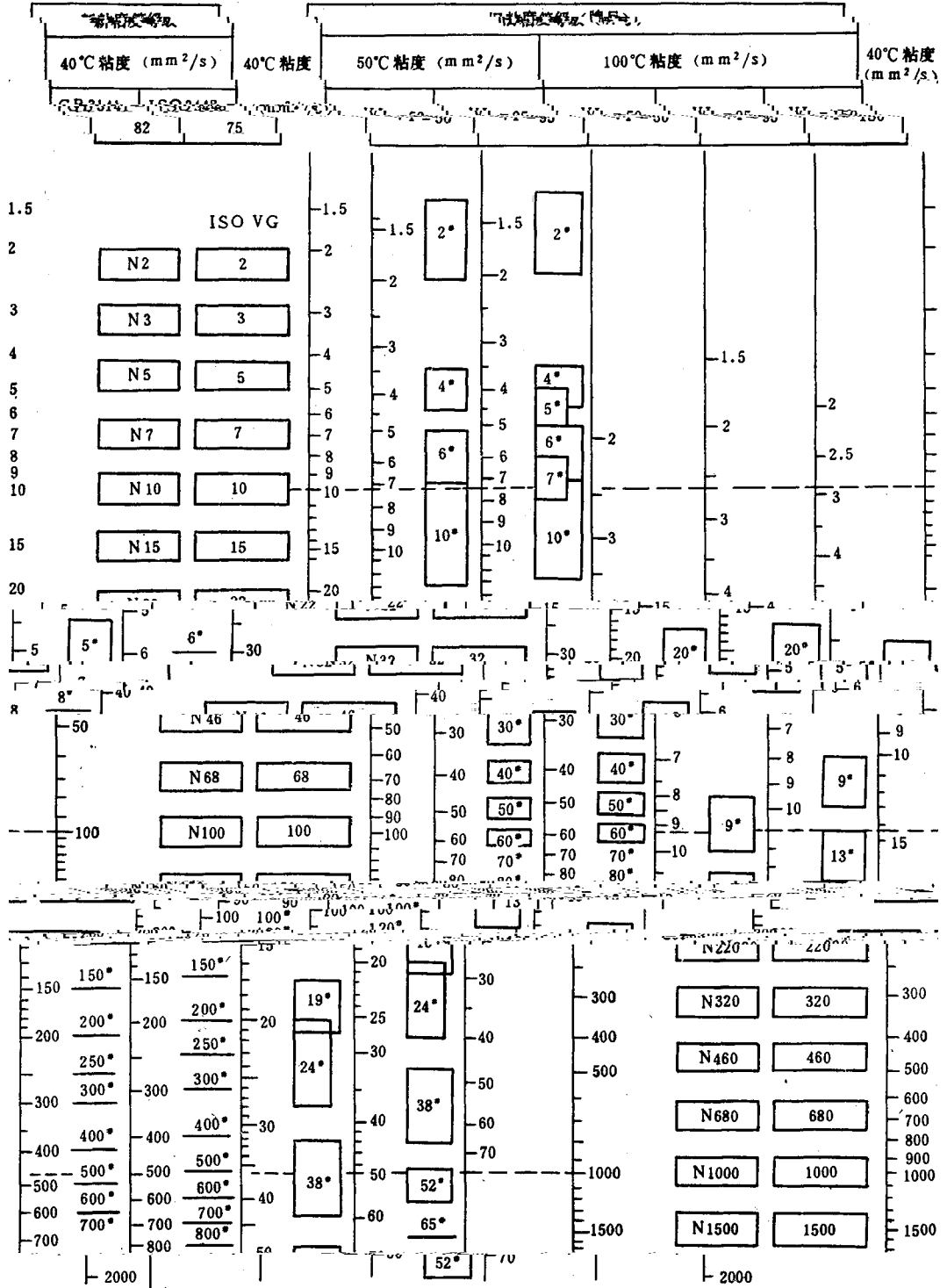
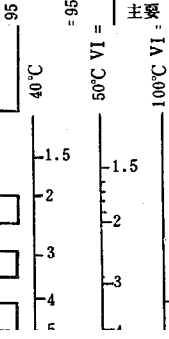


图 7-1-1 在不同温度和粘度指数(VI)时粘度等级对照参考图

序号	1	2	3	4	5	6	7
油名	机械油	车轴油	工业齿轮油	中负荷工业齿轮油	普通开式齿轮油	压缩机油	冷冻机油
ISO 符号	L-AN	~L-AY		L-CKC	~L-CKH ~L-AB	~L-DAB ~L-DAG	~L-DRA
组成特性	精制矿油	精制矿油	精制矿油 加入少量抗磨剂	精制矿油 R & O, AW②	精制矿油 加入沥青质	精制矿油 R & O	精制矿油 低倾点
主要应用	轻负荷机械	机车或全损耗系统	中负荷工业齿轮油 货车车轴	中负荷的代用油	中负荷工业齿轮	DAB (活塞式) 开式齿轮	工业用开式齿轮 DAG (回转式)
牌号①	新 旧	新 旧	新 旧	新 旧	新 旧	新 旧	新 旧

运动粘度 (mm²/s)



N 2
N 3
N 5

粘 度 等 级 (按 GB 3141-82)	
新	旧

ISO VG	AGMA 工业闭式齿轮油	SAE 车轴齿轮油	SAE 内燃机油	基础油 CN
-----------	-----------------	--------------	-------------	-----------

图 7-1-3 各种粘度等级对照参考图

(二) 润滑脂类按锥入度分类

润滑脂按锥入度的分类见表 7-1-3。

限于篇幅,本章仅着重介绍润滑油,这里仅简单介绍一下润滑脂不再赘述。

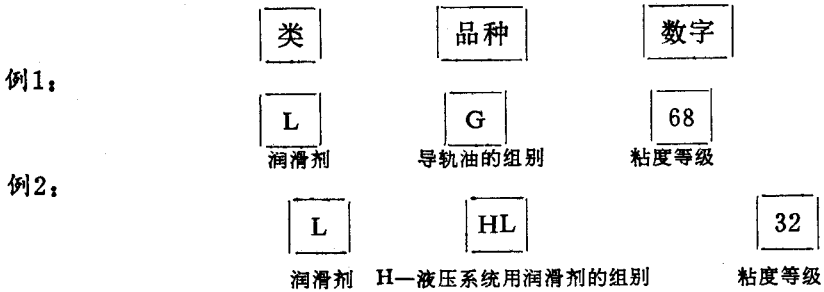
表 7-1-3 润滑脂类按锥入度分类

类别	稠度等级	锥入度范围	典型用途
流体	000	445 ~ 475	集中润滑系统 不回收系统
半流体	00	400 ~ 430	
很软	0	355 ~ 385	
软的	1	310 ~ 340	滚动轴承 一般用途
中软	2	36 ~ 295	
中等	3	220 ~ 250	
硬的	4	175 ~ 205	普通轴承
很硬	5	130 ~ 160	
最硬	6	85 ~ 115	

第二节 工业润滑油

一、润滑油的名称

根据石油产品及润滑剂的总分类规定,润滑剂和有关产品以代号 L 表示,润滑油的名称表示形式如下:



润滑油(L类)的分类:

A——全损耗系统;C——齿轮;E——压缩机(包括冷冻机和真空泵);内燃机——E;
 主轴、轴承和离合器——F;G——导轨;H——液压系统;汽轮机——T;蒸汽汽缸
 ——Z;暂时保护防腐蚀——R。

目前由于新老标准尚等待制订,颁布本书根据实际情况编制,牌号多数仍为老的命名。

二、润滑油主要质量指标定义

润滑油主要质量指标定义见表 7-1-4。

表 7-1-4 润滑油主要质量指标

指标	定义	使用意义
粘度	<p>粘度是润滑液体的内摩擦阻力,也就是当液体在外力的影响下移动时在液体分子间所发生的内摩擦。粘度可以用动力粘度和运动粘度表示</p> <p>动力粘度:液体中有面积各为 1cm^2 和相距 1cm 的两层液体,当其中一层液体以 1cm/s 的速度与另一层液体作相对运动时所产生的阻力</p>	<p>粘度过大的润滑油不能流入配合间隙很小的两摩擦面之间,粘度大,承压大,润滑油不易从摩擦面挤出来而保持一定厚度的油膜。因此,它对机械润滑的好坏起着决定性的作用。在选择或掺配润滑油时,粘度是主要依据之一</p>

指 标	定 义	使 用 意 义
粘度	运动粘度 动力粘度与同温度下液体密度的比值 条件粘度 :用各种粘度计所测得的粘度 ,以条件单位表示 ,如用恩氏粘度计测得的恩氏粘度	动力粘度的单位为 : $\text{Pa}\cdot\text{s}$ 或 $\text{mPa}\cdot\text{s}$ $1\text{Pa}\cdot\text{s} = 1\,000\text{mPa}\cdot\text{s}$ 运动粘度的单位为 : m^2/s 或 mm^2/s $1\text{m}^2/\text{s} = 10^6\text{mm}^2/\text{s}$ 条件粘度的单位为 : $\text{mm}^2/(\text{cst})$
粘度指数 (粘度比)	表示润滑油的粘度随温度而变化的性能。通常用 50°C 粘度与 100°C 粘度的比值来判断粘温性的好坏。	一般希望粘度指数大些 ,即在温度升高或降低时粘度的变化小些 ,使摩擦表面之间具有稳定状态 (粘温曲线愈平缓愈好)
凝 点 (倾点)	将润滑油放在试管中冷却 ,把试管倾斜 45°C ,管中油面经过 1min 后 ,润滑油开始失去流动性时的温度	表示润滑油耐低温的性能 ,在低温情况下工作的机械应选用低凝点润滑油
密度和相对密度	单位体积内石油产品的质量称为石油产品的密度 ,以希腊字母“ ρ ”表示 ,单位为 g/cm^3 。一定体积的石油产品在某温度时的质量 m 与同体积纯水在某温度时的质量 m 之比称为相对密度 (比重)	计算石油产品的重量、说明产品纯度、判别石油产品的组成及质量均需密度指标
酸 值	中和 1g 润滑油中的有机酸所需氢氧化钾 (KOH) 的毫克数	在润滑油贮存及使用中 ,可以酸值指标变化情况 ,来判断油类的氧化变质情况
闪 点	润滑油加热到一定温度开始蒸发成气体 ,当与空气混合后遇到火焰就发生燃烧闪光 ,此时的温度称闪点	通常作为润滑油的一个安全指标
残 炭	润滑油因受热裂解而形成的焦黑色残留物称为残炭	残炭较多的润滑油会造成油路堵塞 ,磨损加剧
灰 分	一定量的润滑油按规定温度完全燃烧后 ,残留的无机物的重量百分数称为灰分	对不含添加剂的润滑油 ,灰分系指润滑油的精制程度 ,灰分越低精制程度越高 ,润滑油越稳定
机械杂质	经过溶剂稀释和过滤后得到的残留物占油样重量的百分比称为机械杂质	油中杂质较多 ,能使磨损加剧 ,促使油氧化变质、油膜破坏、油路堵塞、绝缘性能降低
起泡性	在一定温度下 ,向一定量的试油吹入一定量的空气 ,读出气泡量 ,静置一段时间后 ,再读出气泡量 ,从两次读数值可判断试油抗泡性	气泡能促进氧化过程 ,切破油膜 ,加剧磨损 ,在液压系统中 ,能产生气蚀现象 ,引起剧烈振动
破乳化性	在试验条件下将蒸汽通入试验油液 ,形成乳化状态 ,然后计算从乳化状态到油、水完全分层的时间 ,此时间称破乳化性	乳化后的油液会使零件锈蚀 ,从而降低润滑作用
抗磨性	是指减少机件被磨损的能力 ,它取决于润滑油的油膜强度 (常用四球机进行试验)	粘度越大 ,油膜强度越高 ,不易被挤出润滑表面 ,因此可降低磨损

(一) 粘度换算

各种条件粘度换算可用公式换算或利用图 7-1-4 及表 7-1-5 粘度换算对照表近似查取。

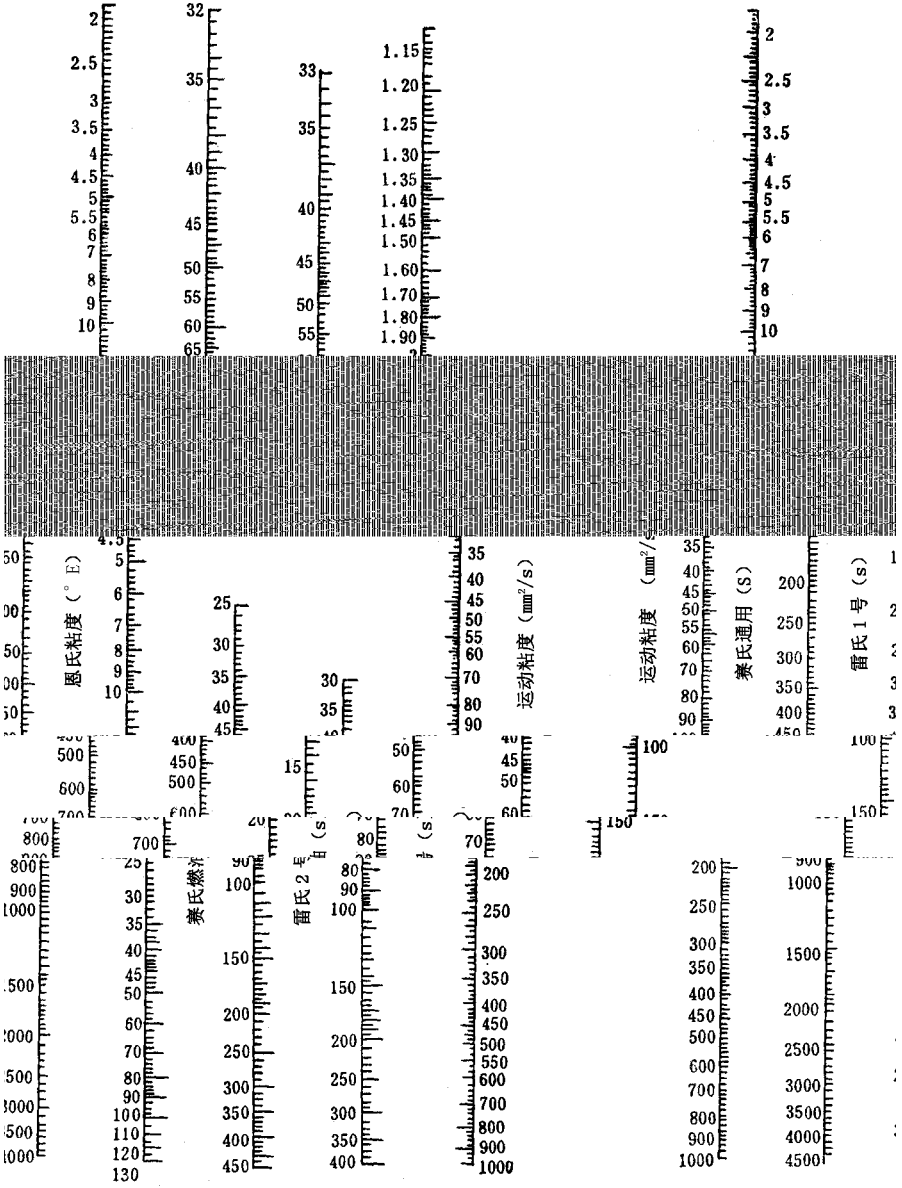


图 7-1-4 各种条件粘度换算图

1. 运动粘度与动力粘度的换算

$$v = \frac{\eta}{\rho} \quad (7-1-1)$$

式中 v ——流体的运动粘度 mm^2/s ;
 η ——流体的动力粘度 cP (厘泊);
 ρ ——流体的密度 g/cm^3 。

2. 运动粘度与恩氏粘度的换算

当运动粘度 $\leq 500 \text{mm}^2/\text{s}$ 时可查表 7-1-5;

表 7-1-5 粘度换算对照表

运动粘度 (mm^2/s)	恩氏粘 度($^{\circ}\text{E}$)	赛氏 SUS(通用 s)			雷氏 $R_1(\text{s})$		运动粘度 (mm^2/s)	恩氏粘 度($^{\circ}\text{E}$)	赛氏 SUS(通用 s)			雷氏 $R_1(\text{s})$	
		40 $^{\circ}\text{C}$	54.4 $^{\circ}\text{C}$	100 $^{\circ}\text{C}$	40 $^{\circ}\text{C}$	100 $^{\circ}\text{C}$			40 $^{\circ}\text{C}$	54.4 $^{\circ}\text{C}$	100 $^{\circ}\text{C}$	40 $^{\circ}\text{C}$	100 $^{\circ}\text{C}$
2.00	1.11	32.6	32.7	32.8			18.50	2.71	91.5	91.7	92.2	80.3	80.2
2.50	1.16	34.3	34.4	34.5			19.00	2.77	93.6	93.8	94.3	82.0	83.2
3.00	1.21	36.0	36.1	36.2			19.50	2.83	95.7	95.9	96.4	83.8	85.2
3.50	1.25	37.6	37.7	37.8			20.00	2.88	97.8	98.0	98.5	85.6	87.2
4.00	1.31	39.2	39.3	39.5	35.6	36.6	20.50	2.94	99.9	100.1	100.6	87.6	89.2
4.50	1.35	40.8	40.9	41.1	37.1	37.5	21.00	3.00	102.1	102.2	102.7	89.6	91.2
5.00	1.40	42.4	42.5	42.7	38.6	39.0	21.50	3.06	104.2	104.4	104.9	91.6	93.2
5.50	1.44	44.0	44.1	44.3	39.8	40.6	22.00	3.12	106.3	106.5	107.1	93.6	95.2
6.00	1.49	45.6	45.7	45.9	41.0	42.2	22.50	3.17	108.5	108.7	109.2	95.1	97.3
6.50	1.53	47.2	47.3	47.5	42.3	43.1	23.00	3.23	110.6	110.8	111.4	96.6	99.4
7.00	1.58	48.8	48.9	49.1	43.6	44.0	23.50	3.29	112.8	113.0	113.6	98.6	101.4
7.50	1.62	50.4	50.5	50.3	44.8	45.6	24.00	3.35	115.0	115.2	115.8	100.6	103.4
8.00	1.66	52.1	52.2	52.4	46.0	47.2	24.50	3.41	117.2	117.4	118.0	102.6	104.8
8.50	1.71	53.7	53.8	54.1	47.5	48.7	25.00	3.47	119.4	119.6	120.2	104.6	106.2
9.00	1.75	55.4	55.5	55.8	49.0	50.1	25.50	3.53	121.6	121.8	122.4	106.6	108.2
9.50	1.80	57.1	57.2	57.5	50.5	51.7	26.00	3.59	123.7	124.0	124.6	108.6	110.2
10.00	1.84	58.8	58.9	59.2	52.0	53.2	26.50	3.65	126.0	126.2	126.8	110.6	112.2
10.50	1.89	60.6	60.7	61.0	53.5	54.7	27.00	3.71	128.2	128.4	129.0	112.6	114.2
11.00	1.94	62.4	62.5	62.8	55.0	56.2	27.50	3.78	130.4	130.6	131.3	114.6	116.2
11.50	1.98	64.2	64.3	64.6	56.5	57.7	28.00	3.84	132.6	132.8	133.5	116.6	118.2
12.00	2.03	66.0	66.1	66.4	58.0	59.2	28.50	3.90	134.8	135.1	135.7	118.6	120.2
12.50	2.08	67.8	68.0	68.3	59.8	60.6	29.00	3.96	137.0	137.3	138.0	120.6	122.2
13.00	2.13	69.7	69.8	70.2	61.6	62.0	29.50	4.02	139.3	139.5	140.2	122.4	124.2
13.50	2.18	71.6	71.7	72.1	63.5	63.5	30.00	4.08	141.5	141.8	142.5	124.3	126.2
14.00	2.23	73.5	73.6	74.0	65.0	65.0	31.00	4.21	146.0	146.3	147.0	128.3	131.4
15.00	2.34	77.4	77.5	77.9	68.0	69.2	32.00	4.33	150.5	150.8	151.5	132.3	135.4
15.50	2.39	79.4	79.5	79.9	69.8	70.6	33.00	4.46	155.0	155.3	156.0	136.3	139.4
16.00	2.44	81.4	81.5	81.9	71.6	72.0	34.00	4.58	159.5	159.8	160.6	140.3	143.4
16.50	2.49	83.4	83.5	83.9	73.3	74.1	35.00	4.71	164.0	164.3	165.1	144.3	147.4
17.00	2.55	85.4	85.5	86.0	75.0	76.2	36.00	4.84	168.6	168.9	169.7	148.3	151.4
17.50	2.60	87.4	87.6	88.0	76.8	78.2	37.00	4.96	173.1	173.4	174.3	152.3	155.4
18.00	2.66	89.5	89.6	90.1	78.6	78.2	38.00	5.09	177.6	178.0	178.8	156.2	159.4

第七篇 轴承润滑技术

运动粘度 (!!"#)\$	恩氏粘 度(%&)	赛氏 '(('通用 \$)			雷氏 R ₁ (\$)		运动粘度 (!!"#)\$	恩氏粘 度(%&)	赛氏 '(('通用 \$)			雷氏 R ₁ (\$)	
		+,	-.*,)++,	*+,)++,			*+,	-*.*,)++,	*+,)++,
/0.++	-.""	)1".	)1".-	)1/.*	)2+./	)2/.*	"++	"2./"	0*3	0*1	0//	)1)3.+	1/0."
*+.++	-./-	)12.1	)13.)	)11.+	)2.2	)23.*	"+-	"2.01	0+-	0-)	0-2	1/3.*	12+."
*)).++	-.*3	)0)./	)0).3	)0".2	)21.2	)3).*	")+	"3.2*	03/	03-	030	1-3.0	11)."
**").++	-.2+	)0-.0	)02."	)03."	)3".2	)32.2	")-	"1."0	002	001	)++/	131./	0+").
*./++	-.3/	"++	"++	"+	)32.2	)1+.2	"++	"1.0-	)+)0	)++)	)+"2	101.3	0"/.)
").++	-.12	"+-	"+-	"2	)1+.2	)1*.2	"--	"0.2)	)+"*	)++*	)+"0	0)0.)	0.)
-).++	-.00	")+	")+	")	)1.2	)11.2	"/+	"/+.3	)2-	)23	)23/	0/0.-	02-.)
2.++	2.)"	")*	")*	")-	)11.2	)0".2	"/-	"/+.0"	)2+0	)2+0	)2+0	02+.	012.)
*3.++	2."-	")0	")0	"++	)0".2	)02.2	"**	"/).2-	)**)	)**)	)**)	01+.*	)++3.+
*1.++	2./1	""/	""/	"**	)02.2	"+)1	"*-	"/".*	)**)	)**)	)**)	)+++./	)+"1.+
*0.++	2.-+	"1	"1	"/+	"++2	"+-1	"-+	"/).0+)**))**))**))**))**)
-+).++	2.2/	"//	"//	"/-	"*2	"+0.1	"--	//.-2)**))**))**))**))**)
--	3."1	"-2	"-2	"-1	"-./	"/+.1	"2+	"/.*")**))**))**))**))**)
2+	3.0/	"30	"1+	"1)	"-./	"-.1	"2-	"/.13)**))**))**))**))**)
2-	1.-0	/"	"/+	"/*	"2-./	"3".1	"3+	"/-./)**))**))**))**))**)
3+	0."*	/"-	"/+	"/3	"12./	"0/.1	"3-	"/2.0)**))**))**))**))**)
3-	0.10	/*1	/*0	/-+	/*2./	/*/.1	"1+	/*2.1*)**))**))**))**))**)
1+	)+.-	/3)	/3"	/3/	/*2.0	/*-."	"1-	/*3.-+)**))**))**))**))**)
1-	)".	/0*	/0-	/02	/*2.0	/*-2.*	"0+	/*1.2)**))**))**))**))**)
0+	)".12	*)3	*)1	*)0	/*23.0	/*33.*	"0-	/*1.1")**))**))**))**))**)
0-	)".-	**+	**)	**/	/*13.0	/*01.2	/*++	/*0.*1)**))**))**))**))**)
)++	)/.3	*2/	*2*	*22	*+1.-	*)0.2	/*+-	*+.)/)**))**))**))**))**)
)+-	)/.1/	*13	*13	*10	**1.0	**+.2	/*+	*+.30)**))**))**))**))**)
)++)	)*.0	-)+	-))	-)/	**0.*	*2).2	/*-	*)*. -)**))**))**))**))**)
)--	)-.)*	-//	-/*	-/2	*20.1	*1".-	/*+	**.))**))**))**))**))**)
)"+	)-.1+	--2	--3	--0	*0+."	-+/.-	/*-	**32)**))**))**))**))**)
)"-	)2.*2	-30	-1+	-1/	-)+.2	-**.-	/*+	*/.*")**))**))**))**))**)
)/+	)3.)	2+"	2+/	2+2	-/.)	-*-.-	/*-	**+1)**))**))**))**))**)
)/-	)3.33	2"-	2"3	2"0	--).-	-22.-	/*+	**3*)**))**))**))**))**)
)*+	)1.*	2*0	2+-	2-/	-3).0	-13.*	/*-	*-.*+)**))**))**))**))**)
)*-	)0.+0	23"	23/	232	-0"/	2+1.*	/*+	*2.-+)**))**))**))**))**)
)-+	)0.3*	20-	202	3++	2)".1	2"0.*	/*-	*2.3))**))**))**))**))**)
)--	"+.+	3)1	3)0	3"/	2//."	2-+.*	/*2+	*3./3	)221	)23	)230	*3+2	)-)+.2
)2+	")+.2	3*)	3*/	3*2	2-/.2	23).*	/*2-	*1.+/	)20	)20*	)3+*	*)0.+)-/)-.
)2-	")3"	32*	322	33+	23*.+	20"/.	/*3+	*1.20	)3)*	)3)3	)3"2)-)-.)-)-.
)3+	""./3	311	310	30/	20*.-	3)/."	/*3-	*0.**	)3/3	)3*+	)3*0	)-/).0	)-3/.-
)3-	"/.+/	1))	1)"	1)2	3)*.0	3*/./	/*1+	-+).+	)32+	)32*	)33"	)-"/.	)-0*.-
)1+	"/.20	1/*	1/-	1/0	3/-./	3--./	/*1-	-+22	)31/	)313	)30-	)-3".3	2)-.-
)1-	"*./-	1-3	1-0	12/	3--3	332./	/*0+	-)/."	)1+3	)1)+	)1)0	)-0/."	2)2.*
)0+	"-.++	11+	11"	112	332.)	303."	/*0-	-).01	)1+/	)1//	)1**	2)/.2	2)-3.*
)0-	"-.22	0+/"	0+-	0+0	302.2	1)1."	**+	-".2/	)1-/	)1-2	)12-	2)/*+.	2)31.*

当运动粘度 4 -++ ! ! "#\$ 时 ;

$$E_i = 0.132 vt \quad (7-1-2)$$

式中 E_i ——温度为 t 时油品的恩氏粘度, °E ;

v_t ——温度为 t 时油品的运动粘度, mm^2/s 。

3. 赛氏 (SUS) 通用 (s) 和雷氏 (R_1) 1 号 (s) 与运动粘度的关系

1) 赛氏通用 (s) 与运动粘度的关系

在美国, 习惯使用的条件粘度单位为赛氏通用 (s) (USU), 与运动粘度的关系为:

当运动粘度 $\leq 500 \text{mm}^2/\text{s}$ 时, 可查表 7-1-5 ;

当运动粘度 $> 500 \text{mm}^2/\text{s}$ 时, 常用温度下的换算按表 7-1-6, 其它温度下的换算按下式

$$v_t = v_{100F} [1 + 0.0006(t - 100)] = Av_{100F} \quad (7-1-3)$$

表 7-1-6 常用温度下运动粘度的换算

100°F ($\approx 40^\circ\text{C}$)	130°F (54.4°C)	210°F ($\approx 100^\circ\text{C}$)
$u = 4.632 \text{ SUS}$	$u = 0.641 \text{ SUS}$	$u = 4.64 \text{ SUS}$

式中 v_t —— $t^\circ\text{F}$ 下赛氏通用粘度 SUS, s ;

v_{100F} ——100°F 下赛氏通用粘度相当于运动粘度, mm^2/s ;

t ——华氏温度, °F。

在英国, 习惯使用的条件粘度单位为雷氏 1 号 (s) (R_1), 它与运动粘度的关系为:

当运动粘度 $> 100 \text{mm}^2/\text{s}$ 时, 查表 7-1-5 ;

当运动粘度 $\leq 100 \text{mm}^2/\text{s}$ 时, 查表 7-1-7。

(二) 粘度指数

表 7-1-7 运动粘度与雷氏 1 号粘度换算表

运动粘度 (mm^2/s)	相当于雷氏 1 号粘度 (s)			运动粘度 (mm^2/s)	相当于雷氏 1 号粘度 (s)		
	70°F	140°F	200°F		70°F	140°F	200°F
4.0	35	36	36	8.5	48	48	48
4.5	37	37	38	9.0	49	49	50
5.0	38	39	39	9.5	50	51	51
5.5	39	40	40	10	52	53	53
6.0	41	41	42	11	55	56	56
6.5	42	43	43	12	58	59	59
7.0	43	44	44	13	61	62	62
7.5	45	45	46	14	65	65	65
8.0	46	46	47	15	68	69	69

运动粘度 (mm^2/s)	相当于雷氏 1 号粘度(s)			运动粘度 (mm^2/s)	相当于雷氏 1 号粘度(s)		
	70°F	140°F	200°F		70°F	140°F	200°F
16	71	72	72	59	240	242	24
17	75	76	76				
18	78	80	80				
19	82	82	83				
20	85	86	87				
21	89	90	91				
22	93	94	95				
23	96	97	99				
24	100	101	103				
25	104	105	106				
26	108	109	110				
27	112	113	114				
28	116	117	118				
29	120	121	122				
30	123	125	126				
31	127	129	131				
32	131	133	135				
33	135	137	139				
34	139	141	143				
35	143	145	147				
36	147	149	151				
37	151	143	155				
38	155	157	159				
39	159	161	163				
40	164	165	167				
41	168	169	171				
42	172	173	176				
43	176	177	180				
44	180	181	184				
45	184	185	188				
46	188	189	192				
47	192	193	196				
48	196	197	201				
49	100	201	205				
50	204	205	209				
51	208	209	213				
52	212	213	217				
53	216	218	222				
54	220	222	226				
55	224	226	230				
56	228	230	234				
57	232	334	238				
58	236	238	242				

1. 粘度指数分类

粘度指数分类见表 7-1-8

表 7-1-8 粘度指数分类

分 级	粘 度 指 数 范 围
低粘度指数	< 35
中粘度指数	35 ~ 80
高粘度指数	80 ~ 110
更高粘度指数	> 110

2. 粘度指数计算

1) 粘度指数小于 100 的石油产品的粘度指数按下式计算：

$$VI = \frac{L - U}{L - H} \times 100 \quad \text{或} \quad VI = \frac{L - U}{D} \times 100 \quad (7-1-4)$$

式中 VI ——粘度指数计算值；

L ——与试样 100℃时运动粘度相同，粘度指数为 0 的石油产品在 40℃时的运动粘度， mm^2/s ；

H ——与试样 100℃时运动粘度相同，粘度指数为 100 的石油产品在 40℃时的运动粘度， mm^2/s ；

U ——试样 40℃时的运动粘度， mm^2/s ；

$$D = L - H$$

2) 试样 100℃的运动粘度大于 $70\text{mm}^2/\text{s}$ 时，按下式计算 L 和 D 值：

$$L = 0.8353 Y^2 + 14.67 Y - 216$$

$$D = 0.6669 Y^2 + 2.82 Y - 119$$

式中 Y ——试样 100℃时的运动粘度， mm^2/s 。

3) 粘度指数等于或大于 100 的石油产品的粘度指数按下式计算：

$$VI = \frac{\text{反} \log N - 1}{0.00715} + 100 \quad (7-1-7)$$

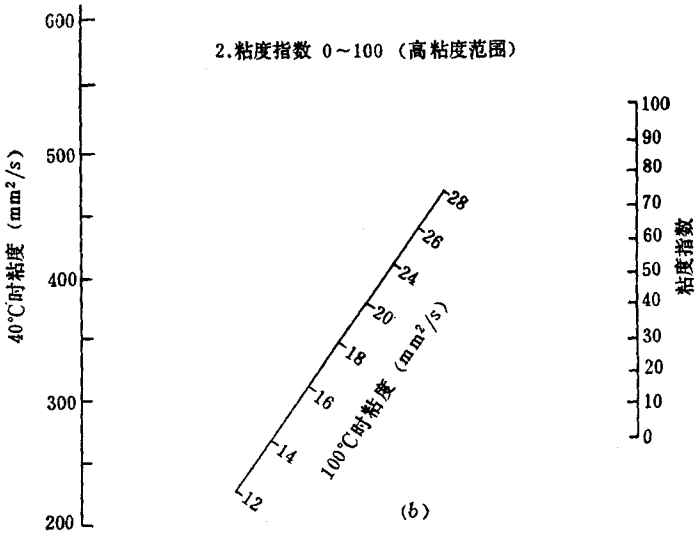
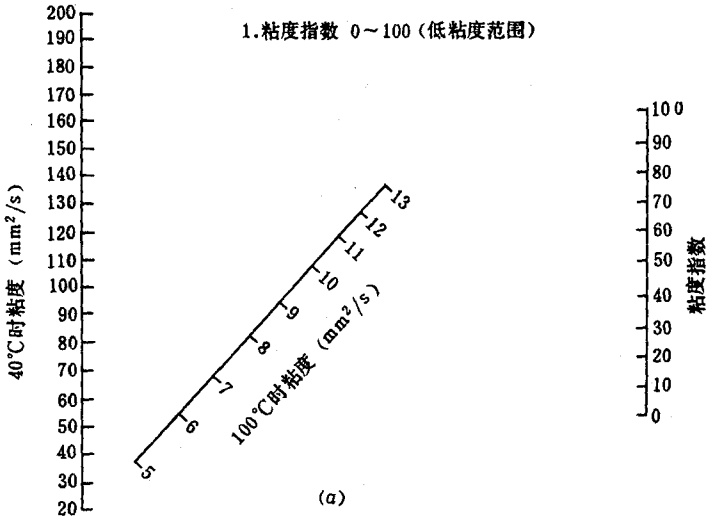
式中 N ——计算粘度指数的真数值，其值按下式计算：

$$N = \frac{\log H - \log U}{\log Y} \quad (7-1-8)$$

3. 由 40℃、50℃及 100℃粘度查测粘度指数

1) 由 40℃及 100℃查测粘度指数如图 7-1-5 所示。

2) 由 50℃及 100℃查测粘度指数如图 7-1-6 所示。



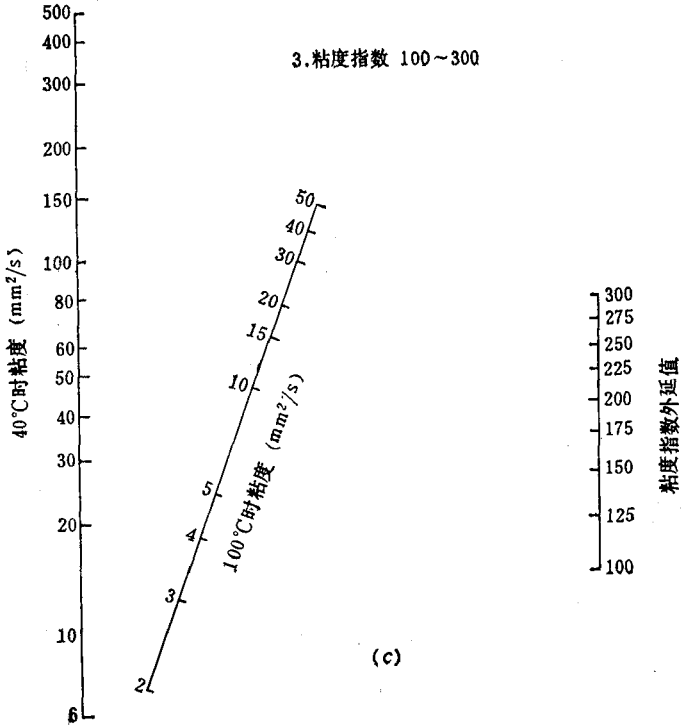
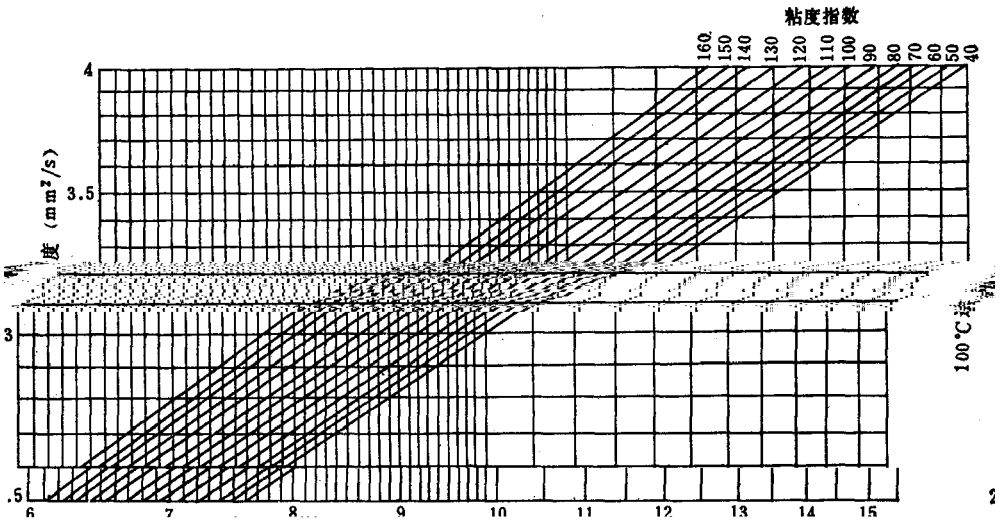
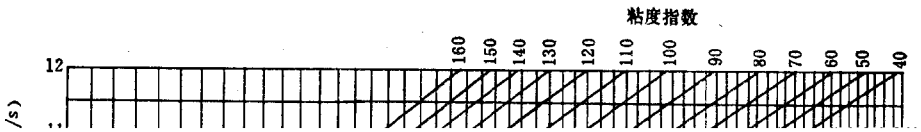
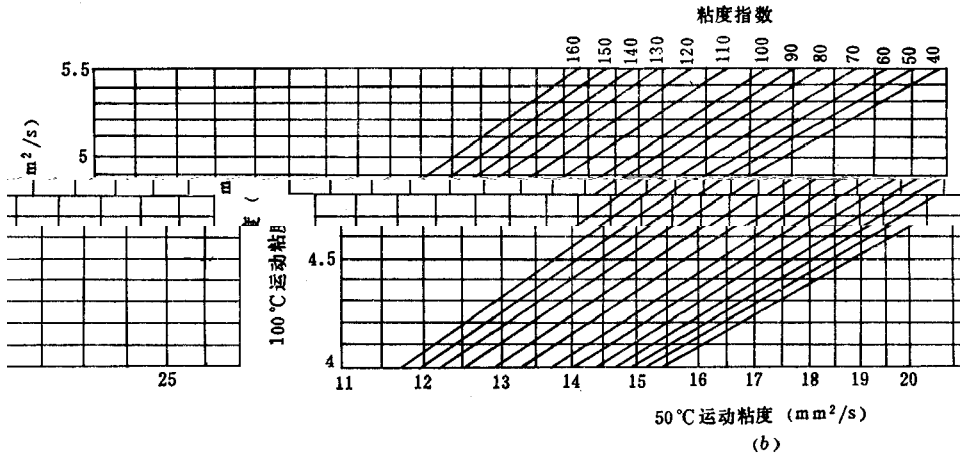
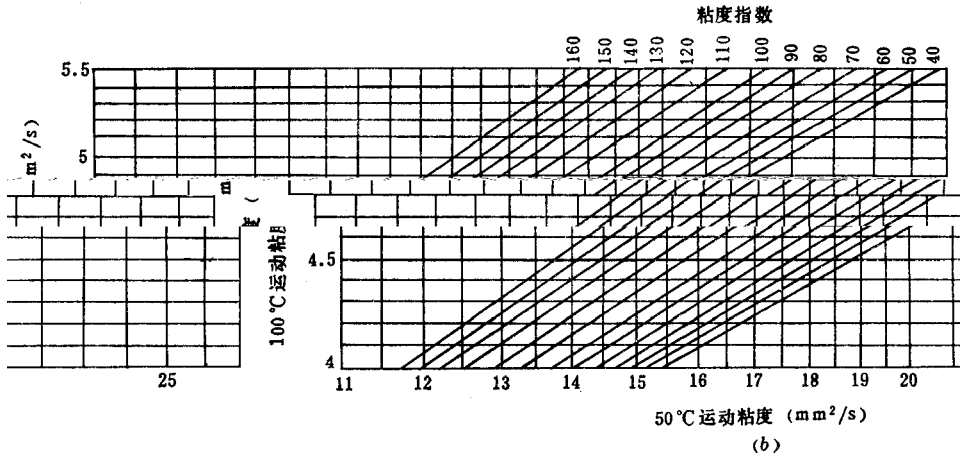


图 7-1-5 由 40°C 及 100°C 查测粘度指数





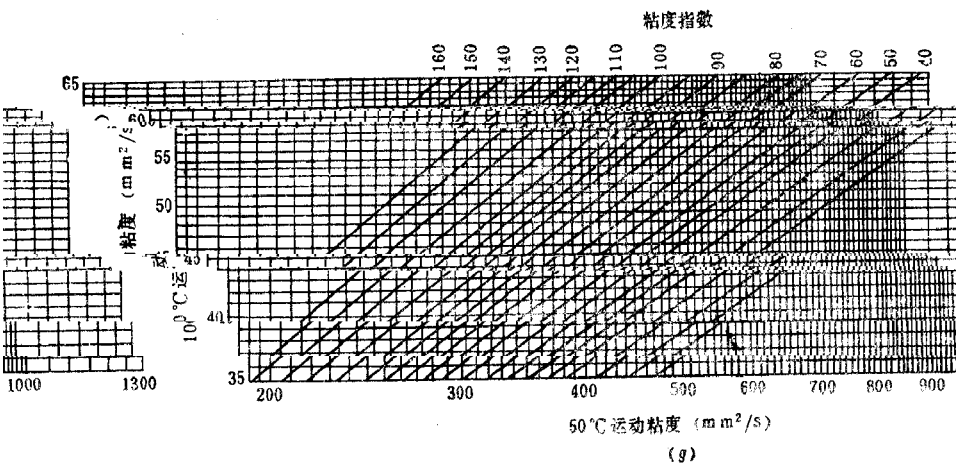
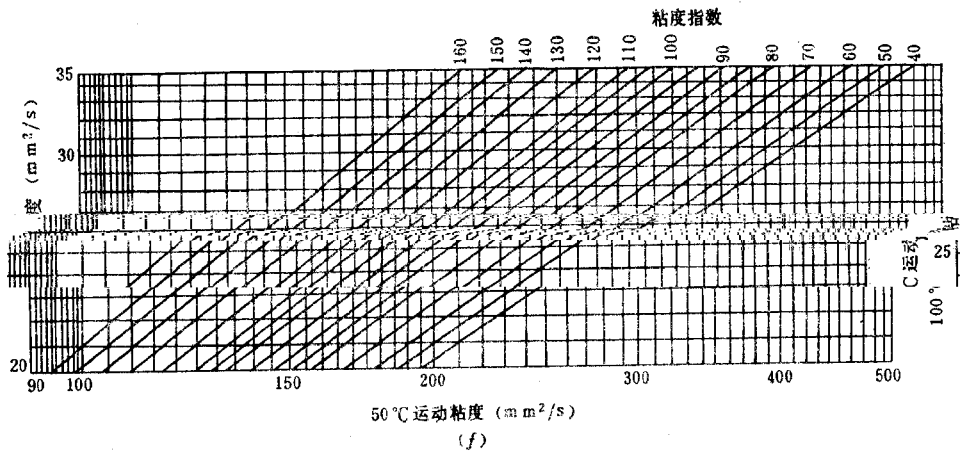
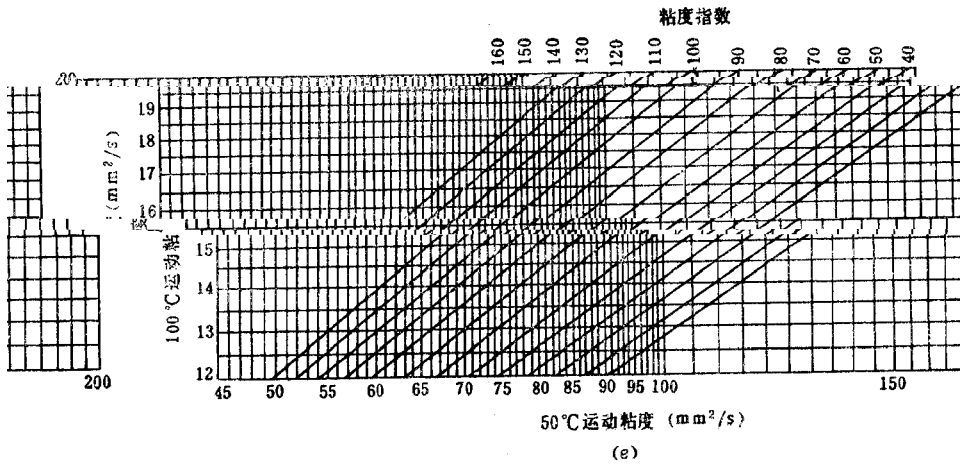


图 7-1-6 由 50°C 及 100°C 查测粘度指数

(三) 密度和相对密度(比重)

密度的计算公式见式 7-1-1。密度与温度的关系如图 7-1-7 所示。

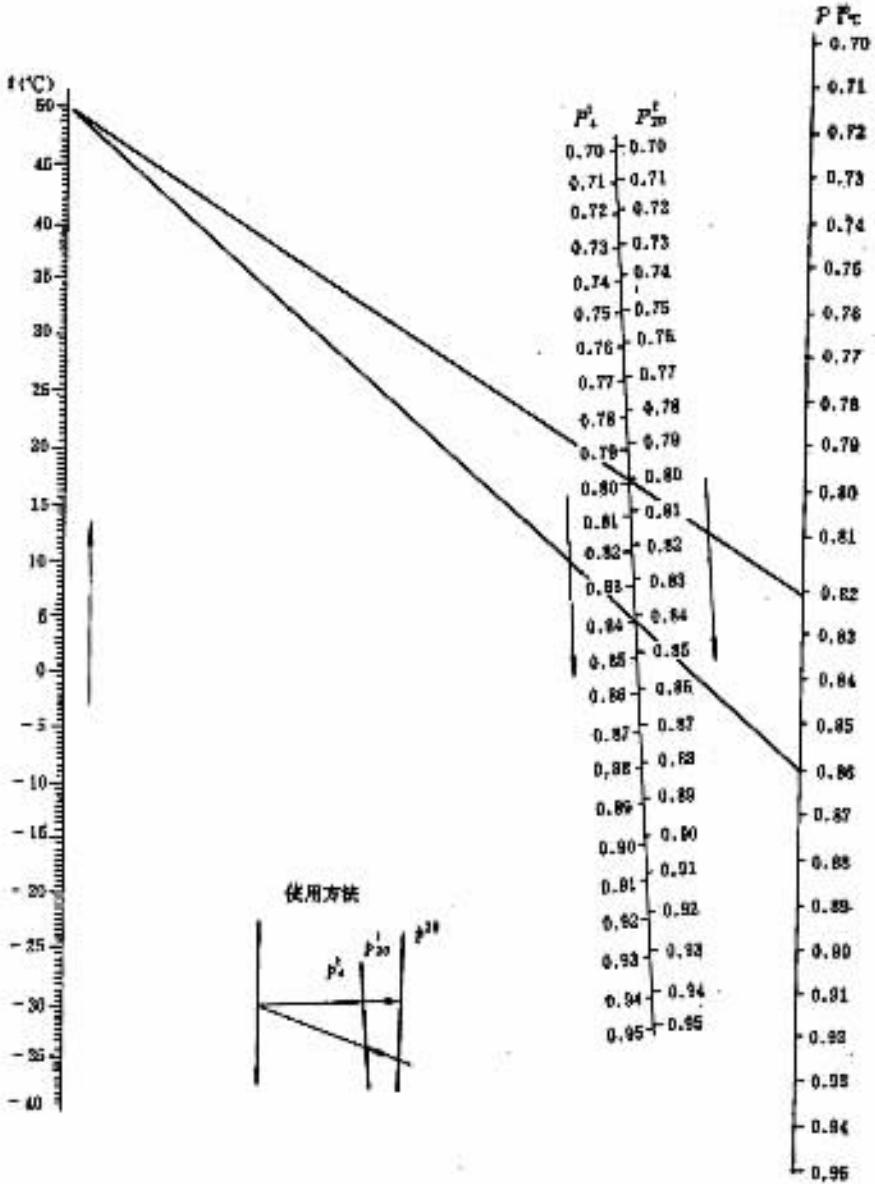


图 7-1-7 润滑油密度与温度的关系

ρ_4^{20} —表示润滑油在 20°C 时的密度(相对 4°C 时水的密度);

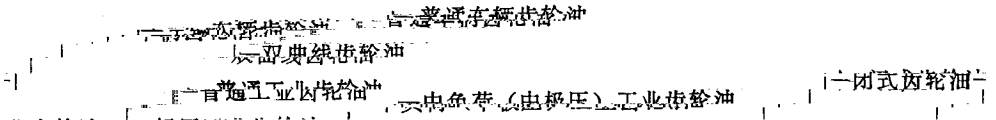
ρ_4^t —表示润滑油在 t °C 时的密度(相对于 4°C 时水的密度);

ρ_{20}^t —表示润滑油在 t °C 时的密度(相对于 20°C 时水的密度)

三、常用润滑油

(一) 齿轮油

齿轮油用途之泛、用量大、油品专用性强,其分类如下:



1. 车辆齿轮油

汽车吊、内燃机车等的传动机构(如变速器、后桥齿轮箱)采用车辆齿轮油,油品必须具有良好的极压、抗磨性能,有一定的抗氧化性能和热稳定性,有较好的清净分散性能。过去生产的普通车辆齿轮油正在被 85W-90 和 80W-90 普通车辆齿轮油所代替,这些油品适于在黄河流域及南部地区四季通用。目前我国正在生产含硫磷氯锌四元素,相当于 CL-4 水平馏分型双曲线齿轮油和 GL-5 水平的 85W-90、90 号硫磷型双曲线齿轮油(即重负荷车辆齿轮油)。美国 API 车辆齿轮油的分类以及我国实际使用的车辆齿轮油的对应关系参见表。7-1-9。

表 7-1-9 API 分类与我国实际使用车辆齿轮油对应表

分类 (API)	使用说明	我国实际使用 情况	用途
GL-1	低齿面压力、低滑动速度行的螺旋伞齿轮、蜗轮差速器,各种手动变速箱	机械油	汽车、拖拉机的手动变速箱
GL-2	中等负荷的螺旋伞齿轮、正齿轮差速器和手动变速箱蜗轮蜗杆传动装置	普通工业 齿轮油	蜗轮蜗杆传动装置,工业机械减速度器
GL-3	高负荷螺旋齿轮、正齿轮差速器和手动变速箱	普通车辆 齿轮油,工业 齿油(中负 荷)	货车、公共汽车、拖拉机、叉式起重机、建筑机械等的变速箱、用于工业机械中的轻负荷机械
GL-4	高速低转矩、低速高转矩条件下工作的双曲线齿轮差速器及其它类型差速器和变速箱	残渣型双 曲线齿轮油, 18号双曲线 齿轮油	汽车变速器和差速器(乘用车)小型汽车、货车差速器,工业机械减速度器
GL-5	高速冲击、高速低转矩、低速高转矩条件下工作的双曲线齿轮差速器,或其它类型的齿轮差速器、减速度器,特别是客车、越野车的齿轮差速器	重负荷车 辆齿轮油	用于乘坐车的差速器、大型货车、公共汽车双曲线差速器及建筑机械减速度器

总之,一般负荷下的汽车、拖拉机螺旋伞齿轮差速器可选用普通车辆齿轮油,双曲线齿轮传动桥必须选用双曲线齿轮油。我国目前尚缺少高低温通用的全系列双曲线齿轮油,因此夏冬季选用时,应注意油品的粘度与低温性能。

2. 工业齿轮油

1) 普通工业齿轮油(防锈抗氧型)

普通工业齿轮油有较好的粘附性和抗磨性,但氧化安定性差,使用寿命短,适用于中等载荷的齿轮传动装置。

2) 极压工业齿轮油

(1) 中负荷(中极压)工业齿轮油

在中负荷工业齿轮油中加有 0.5 ~ 1.0% 的极压添加剂以及抗氧化、抗泡沫和防锈添加剂,可用于齿面接触应力 600 MPa 左右、运转较平稳的减速器。根据加入添加剂的不同,此类油可分为硫磷型与硫铅型两种。硫铅型中负荷工业齿轮油适用于无水环境,但已逐渐被硫磷型工业齿轮油所代替。

(2) 重负荷(极压)工业齿轮油

在重负荷工业齿轮油中加有 4 ~ 6% 的高性能极压添加剂,抗极压性能好、承载能力高,适用于重载、高温、有冲击载荷的场合。硫铅型极压工业齿轮油适用于无水环境,硫磷型极压工业齿轮油适用于潮湿有水环境,它们的主要用途见表 7-1-10。

表 7-1-10 硫铅型和硫磷型极压工业齿轮油的主要用途

油 品	主 要 用 途
硫铅型极压工业齿轮油	重载及反复冲击载荷封闭式齿轮减速器,尤其适用于水泥、橡胶、造纸、矿山机械等常受重载、冲击载荷而一般不接触水的减速器,但不适宜用在油温超过 80℃ 的减速器
硫磷型极压工业齿轮油	钢铁、水泥、矿山机械等经常受重载、反复冲击载荷而水分容易进入的封闭式齿轮减速器,选用 N150、N220 或 N320 牌号时,能在油温超过 80℃ 的齿轮减速器中使用

同一种类工业齿轮油可以互相调合,但极压齿轮油切忌与其它油混合,以免影响极压性能。使用这种油类的齿轮油箱中注油应适量,以免油量过多产生搅动,造成的泡沫与油温上升。一般注油量以加至最低处齿顶高的 3 倍为准。在苛刻运转条件下,采用油浴、飞溅、滴油润滑方式时,3 ~ 6 个月就应换油。

3) 蜗轮蜗杆油

蜗轮蜗杆油用于滑动速度较大的铜-钢结构的摩擦表面。它具有高粘度指数、高油性、油膜附着力强、摩擦系数低的特点。

3. 开式齿轮油

目前没有统一的标准,由各企业标准规定油品质量,在油中加有抗磨、防锈等添加剂。

(二) L-AN 全损耗系统用油(原名机械油)

该类油品属于中等粘度的润滑油,其粘温性、高温抗氧化性、抗磨性较差,但由于价格低,因而广泛用于轻载、没有冲击的机械和对润滑油无特殊要求的全损耗润滑系统(不适用于循环润滑系统)。这种油的主要用途见表 7-1-11。

表 7-1-11 L-AN 全损耗系统用油的主要用途

牌号	主要用途
N7 (高速)	1. 15 000r/min 以上细纱锭子; 2. 高速(8 000~12 000r/min)轻负荷机械; 3. 0.5kW 以下小型电动机; 4. 缝纫机
N10	1. 10 000~13 000r/min 细纱锭子; 2. 缝纫机; 3. 高速(5 000~8 000r/min)轻负荷机械; 4. 5 000r/min 以上小型电动机
N22	1. 络经机; 2. 1 500~5 000r/min 轻负荷机械; 3. 油环给油的小型电动机、鼓风机; 4. 淬火用油、擦枪油、千斤顶用油
N32	1. 中小型 1 500r/min 左右机床齿轮; 2. 滑动速度 0.5m/s 机床导轨; 3. 络经机; 4. 5 000r/min、100kW 以下的电动机; 5. 作淬火油
N46	1. 各式中型机床; 2. 齿轮加工机床; 3. 梳棉机; 4. 1 000r/min 以下的 100~400kW 电动机; 5. 1 000r/min 左右中型回转泵、离心泵、鼓风机
N68	1. 低速工作的重型机床导轨、主轴及吊车的减速器; 2. 蒸汽泵、蒸汽机的传动部分; 3. 中型矿山机械、提升机等; 4. 纺织机械
N100	1. 负荷大、转速低、时开时停的重型机械; 2. 矿山机械和锻压机械; 3. 起重设备、造纸机械; 4. 纺织机械

(三) 汽轮机油(俗称透平油)

质量较全损耗系统用油好,有良好的氧化安定性,纯度高,酸值增加缓慢,抗乳化性能好,易与水分离,特别是防锈汽轮机油的质量更优于一般汽轮机油。其主要用途见表 7-1-12。

表 7-1-12 防锈汽轮机油的主要用途

性能要求	牌号	主要用途
1. 有较好的安定性,沉积物少,酸值增加缓慢 2. 破乳化性好,易与水分离 3. 较好的防锈性 4. 抗泡沫性好 5. 使用时工作温度不应超过 60℃	N32	1. 汽轮机轴承; 2. 风动工具; 3. 有润滑系统的汽轮泵、汽轮鼓风机; 4. 汽轮压缩机的润滑; 5. 与变压器油以 1:1 可配成汽车减震器油
	N46	1. 汽轮机轴承; 2. 风动工具和具有润滑系统的汽轮泵、汽轮鼓风机; 3. 汽轮压缩机的润滑
	N68	用于汽轮机的减速器
	N100	用于汽轮机的减速器

(四)汽缸油

汽缸油的主要用途见表

(五)主轴油

主轴油主要适用于精密机床主轴轴承的润滑以及其它以压力、油浴、油雾润滑的滑动轴承或滚动轴承的润滑。其主要用途见表 7-1-14。

表 7-1-13 汽缸油的主要用途

质量要求	牌号	应用
闪点高,蒸发性小,粘度大,附着力强,能抵住冷凝水和蒸汽的冲击,积碳少	11号	蒸汽压力 5.0×10^5 Pa, 蒸汽温度 150°以下的饱和蒸汽机和蒸汽机和蒸汽泵。各种低速、高负荷机械,中等负荷、滑动速度为 10 ~ 15m 的蜗杆传动装置
	24号	蒸汽压力 $(5.07 \sim 16.2) \times 10^5$ Pa, 蒸汽温度在 150 ~ 200°C 的饱和蒸汽机、蒸汽泵、蒸汽机和压路机 负荷较大、滑动速度为 3m/s 的蜗杆传动装置
	38号	蒸汽温度在 300°C 以下的过热蒸汽机
	52号	蒸汽温度在 320 ~ 420°C 的过热蒸汽机
	65号	蒸汽温度在 380°C 以下,功率为 800 ~ 1 800Ps 的蒸汽机和机车蒸汽机

表 7-1-14 主轴油的主要用途

性能要求	牌 号	主 要 用 途
以精制的矿油馏分为基础油,添加抗氧、防锈、抗磨等添加剂	N5 N7	纺织工业高速好锭子油
	N10	普通轴承与缝纫机用油
	N15 N20	低压液压系统用油

四、国产常用润滑油的质量指标

国产常用润油的质量指标见表 7-1-15。

表 7-1-15 国产常用润滑油的质量指标

标准号	润滑油		运动粘度 (mm ² /s)			粘度 指数 ≥	倾点 (°C) ≤	闪点 开口 (°C) ≥	氧化安 定性 h (mg, KOH/g) ≥	抗乳化性(mL)		起泡沫性 (mL/mL) ≤
	名称	牌号	50°C	40°C	100°C					(54°C, min)	(32°C, min)	
SY1103 —77	齿轮油	HL-20 HL-30			恩氏 2.7~3.2 恩氏 4.0~4.5		-20 -5	170 180				
ZBE34006 —87 (GL-3)	普通 车辆齿 轮油	80W/90 85W/90 90			15~19 15~19 15~19		-28 -18 -10	170 200 200			24°C ≤ 100/10 93°C ≤ 100/10 24°C ≤ 100/10	
SY1102 —77	双曲 线齿 轮油	HL5722 HL5728			16.1~28.4 24.5~32.5		-20 -5					
似订 (GL-5)	重负 荷车 轮油	75W 80W/90 90 85W/140			4.1 以上 13.5~24.0 13.5~24.0 24.0~41.0	90		150 165 180 180				
SY1172 —80	普通 工业 齿 轮 油	50 70 90 120 150 200 250 300 350	40~55 65~75 80~100 110~130 140~160 180~220 230~270 280~320 330~370				-5 -5 -5 -5 -5 -5 -5 0 0	170 170 190 190 200 200 220 220 220				
GB5903 —86 中负 荷工业 齿 轮 油 (中极 压)	N68 N100 N150 N220 N320 N460 N680	61.2~ 74.8 90~110 135~165 198~242 288~352 414~506 612~748			90	-8	180 180 200 200 200 200 200					
	合成 蜗 轮 蜗 杆 油	200号 250号 300号 350号 400号	180~220 230~270 280~320 380~370 280~420	320 460 680 680 1000			110 110 110 110 110	-12 -12 -12 -12 -8	180 180 180 180 180			
SY1232 —85	普通 开式 齿 轮 油	68 100 150 220 320			60~75 90~110 135~165 200~245 290~350			200 210				

第七篇 轴承润滑技术

标准号	润滑油		运动粘度 (mm ² /s)			粘度 指数	倾点 (°C)	闪点 开口 (°C)	氧化安 定性 h (mg, KOH/g)	抗乳化性 (mL)		起泡沫性 (mL/mL)			
	名称	牌号	50°C	40°C	100°C					≥	≤		≥	≥	≤
										(54°C, min)	(32°C, min)				
GB443 —89	全损 耗系统 用油 L-AN (机械 油)	N5		4.14 ~ 5.06			-5	80							
		N7		6.12 ~ 7.48			-5	110							
		N10		9.00 ~ 11.00			-5	130							
		N15		13.5 ~ 16.5			-5	150							
		N22		19.8 ~ 24.2			-5	150							
GB443 —89	全损 耗系统 用油 L-AN (机械 油)	N32		28.8 ~ 35.2			-5	150							
		N46		41.4 ~ 50.6			-5	160							
		N68		61.2 ~ 74.8			-5	160							
		N100		90.0 ~ 110			-5	180							
		N150		135 ~ 165			-5	180							
GB11120 —89	防锈 汽轮机 油 L- TSA	N32		28.8 ~ 35.2		90	-7	180	3000	15 15 30	30	24°C ≤ 450/0 93°C ≤ 100/0 后 24°C ≤ 450/0			
		N46		41.4 ~ 50.6	180			3000							
		N68		61.2 ~ 74.8	195			2000							
		N100		90.0 ~ 110.0	195			2000							
GB2537 —81	汽轮 机油	HU-20	18 ~ 22				-15	180							
		HU-30	28 ~ 32				-10	180							
		HU-40	37 ~ 43				-10	180							
		HU-45	43 ~ 47				-10	195							
		HU-55	53 ~ 57				-5	195							
SY1203 —77	合成 汽缸油	65		恩氏 8.0 ~ 9.5			320								

标准号	润滑油		运动粘度 (!!"#\$)			粘度 指数 ≥	倾点 () ≤	闪点 开口 () ≥	氧化安 定性* (!+, , - . +) ≥	抗乳化性(! /)		起泡沫性 (! /#! /) ≤
	名称	牌号	%&'	(&'	)&&'					(%(' , (2'' . ! 01) ! 01)	≤
34)""5 —6"	主轴油	7"	)98 : "9&"9& : "9(
		72	"9(: "95"95 : 29%									
		7%	292 : (9&(9" : %9)									
		78	(96 : %98; 9" : 89%									
		7)&	; 96 : 69) 59& :)9&									
		7)%	596 :)29% :)96) : 9%				5&	<)%)&			
		7"")295 :)596 :) ; 9; " (9")"&			

注：表述名称系根据目前实际情况编写。

五、润滑油添加剂

(一) 分类

润滑油的添加剂大致分成两类，一类是影响油的物理性质的添加剂，如降凝剂、抗泡、增粘剂；另一类是最终在化学方面起作用的添加剂，如抗氧防胶剂、清净分散剂、极压抗磨剂等。加入添加剂后，将使润滑油具有新的特征或者改善其某一方面的性能。常用的添加剂有：

() 清净分散剂——在油液中起中和酸类、增溶固体、减少漆膜与积碳生成，并加以吸附分散、防止集积大颗粒的油泥的作用。其牌号有 =)&"、 =)&(、 =)&6、 =)&5、 =))&、 =))) 等。

(") 抗氧及抗氧抗腐剂——延缓氧化速度，延长油品使用寿命，同时保护机件金属表面不受酸的腐蚀。其牌号有 = "&、 = "&"、 = "&(、 = %&) 等。

(2) 增粘剂——增加油的粘度，改善粘温性能，也称粘度指数改进剂。其牌号有 = ; &、 = ; &"、 = ; &2 等。

(() 降凝剂——改变蜡的晶形，使其均匀、松散而成为尺寸较小的晶粒，丧失流动性，促使凝点降低。其牌号有 = 6&)、 = 6&2 等。

(%) 极压抗磨剂——在高压下能在金属表面形成比较牢固的化合物膜，减少摩擦和磨损。其牌号有 = 2&)、 = 2&"、 = 2&2、 = 2&(等。

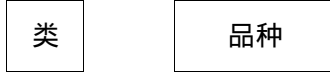
(;) 油性添加剂——改善油品润滑性能，保障最小的磨损和最低的摩擦系数。其牌号有 = (&) 等。

(7)防锈剂——防止金属锈蚀的添加剂。其牌号有 T 701、T 703、T 704 等。

(8)抗泡沫剂——用来破坏润滑油与空气形成的泡沫。二甲基硅油是常用的抗泡沫剂。

(二)名称

根据 ZBE60003—87 石油添加剂的分类规定,添加剂的名称一般形式为:



[例] 102——品种(1代表添加剂的分组号,02为该分组中的中碱性石油磺酸钙。)

各种润滑油添加剂均有规定的组号,各组别的规定组号如下:

清净剂和分散剂	组号为 1
抗氧抗腐剂	组号为 2
极压抗磨剂	组号为 3
油性剂	组号为 4
抗氧剂	组号为 5
粘度指数改进剂	组号为 6
防锈剂	组号为 7
降凝剂	组号为 8
抗泡沫剂	组号为 9

六、防锈油、脂

防锈油、脂可以对金属表面进地暂时性的保护,以防止生锈。防锈油一般分成置换型防锈油、溶剂稀释型防锈油与防护油,防锈脂分为热涂脂和冷涂脂,以适应各种金属零件防锈的需要。

(一)防锈油

1. 置换型防锈油

置换型防锈油有 1 号、2 号、3 号、4 号四种规格,主要用于机械加工后的工件经水清洗后的防锈以及入库前的脱水油封,也可作为工序时的防锈油使用。经防锈油直接脱水后,同时在金属表面附上一层防锈油膜,防锈期一般可达 100 天左右。1 号置换型防锈油用于黑色金属,2 号用于黑色金属和铜,3 号用于黑色金属和有然金属,4 号用于序间清洗防锈。

2. 溶剂稀释型防锈油

溶剂稀释型防锈油用石油溶剂成膜材料和防锈添加剂制成,成膜后透明美观、使用

方便、去除容易,适于长期封存防锈之用。规格有1号、2号两种牌号,1号为硬膜油,2号为软膜油。

3. 防护油

防护油分1号、2号两种,1号适用于南方武器日常擦拭防护,2号用于北方武器日常擦拭防护。

4. 常用防锈油

常用防锈油的名称、性能、特点与使用范围见表7-1-16。

表7-1-16 常用防锈油的性能、特点及使用范围

名称	性能与特点	使用范围
F20-1 薄层防锈油	油膜薄、透明、易清洗,封存前用油剂或水剂清洗	适用于钢、铜、铝、镀锌、钝化、发蓝件、轴承、工具、量具的防锈,使用广泛,特别适用于轴承的防锈
7424 薄层防锈油	属溶剂稀释型(半干型)防锈油,成膜薄(6μ)透明。封存前用120#溶剂汽油清洗,防锈期2年	适用于碳素钢工具产品表面防锈,对黄铜、铝、铝合金、铜等有色金属也有好的适应性
软膜 I、II、号(70-33)(软膜2号)	属溶剂稀释型防锈油,镀层薄、透明、使用方便,严禁与火明接触	I号用于工具、零件,II号用于工具轴承长期封存防锈
硬膜 I、II号(70-100)(71-22)	封存前用汽油清洗,能长期封存机械设备与零件	I号用于炮弹、机械设备,II号用于机械产品、军械武器长期封存防锈
SM-1 水膜置换防锈油	能直接脱除金属零件经水剂清洗后表面残留的洗涤液,同时在金属表面附上一层防锈油膜。防锈期为6~12个月,简化了清洗工序	适用于各种机械零件脱水防锈
SM-2 水膜置换防锈油	是一种既能脱水又能直接脱清洗液、脱除部分水基磨削液的防锈油,且不需另上防锈油,可有3个月以上的防锈能力,简化了使用大量汽油清洗液的防锈工艺	适用于钢、铜、铝、仪表等的防锈
SYQ-10 气相防锈油	油液中溶入油溶性的气相缓蚀剂,具有良好的接触防锈性能,又具有良好的不接触防锈性能,有效防腐性能可达1年以上	主要用于发动机、齿轮箱、压缩机等内腔金属表面封存,每 m^3 加气相油6~10kg
SQ 系列所相防锈润滑	油液中具有油溶性缓蚀剂、气相缓蚀剂、极压剂,对黑色与有色金属有良好的接触防锈和气相防锈性能,封存后投入运转时不必清洗	对重型机械设备有很好的内腔金属表面防锈性能,也可作试车油和中间防锈油
ZFR-16、ZFR-30 轴承防锈润滑油	具有防锈润滑双重特性,既能封存防锈,又能满足油封轴承不经清洗、直接装机使用的要求	适用于钢、铝、铜、镀锌、发蓝等金属制件和摩擦表面,如轴承、量具、齿轮和机床的油封部位

名 称	性 能 与 特 点	使 用 范 围
液压设备防锈油	具有防锈、抗氧、降凝、增粘等添加剂,可使用液压设备试车与防锈一体化。可根据液压设备用油的粘度,选用相应的粘度防锈油。试车后可留一部分油液作防锈剂	各种液压设备的试车、防锈

(二)防锈脂

1. 石油型防锈脂

防锈脂有冷涂和热涂两种,1号为冷涂脂,2号、3号为热涂脂。1号适用于黑色金属和一般精密机械部件表面在库内长期防锈之用,可以室温下涂覆或加热涂覆;2号热涂脂适用于黑色金属在室外短期防锈及室内长期防锈;3号热涂脂适用于黑色金属及铜件表面在室外短期防锈及室内长期防锈。

2. 钢丝绳表面脂

钢丝绳表面脂适用于钢丝绳封存。

3. 钢丝绳麻芯脂。

钢丝绳麻芯脂适用于钢丝绳麻芯的浸渍和润滑。

七、润滑油换油周期

润滑油经一定时期的存放或使用后都会产生变质和老化,严重的会失去润滑作用。这是因为润滑油在机械剪切、搅拌、磨粒粉末尘埃污染,各种气体作用,水分或其它润滑油渗入,稠化剂解聚、添加剂消失,温度上升等众多因素的影响下所造成的后果。为了保证润滑效果以及提高机器的使用寿命,应及时对油液进行更换。

(一)润滑油变质程度的鉴定

润滑油变质程度只有在采集代表性的试样化验和分析后,才能全面正确地加以判断和鉴定。在实际工作中,积有一定判断经验时,从外观上也可以粗略地进行分,如油液的杂质增多、乳化变质、泡沫积聚、粘度增大等。国内外各生产厂均制订有各类润滑油报废指标和换油标准,这对正确使用润滑油是极为重要的依据。

(二)换新油周期的确定

一般润滑油的更换主要是指对箱式润滑系统而言,由于各种设备的使用条件、使用性能情况不一,换新油的周期很难有一个统一的换油周期,但是油液的理化指标应该是更换油液的衡量标准。换油指标见表7-1-17。

表 7-1-17 换油指标

项 目	汽 轮 机 油	齿 轮 油	轴 承 油
外观	不透明、有杂质	有杂质	
粘度(%)	±15 ±10☆	±15	±10
酸值大于(mg·KOH/g)	$\begin{pmatrix} 1 \\ 0.5 \end{pmatrix}$	腐蚀、不及格	$\begin{pmatrix} 1 \\ 0.3 \end{pmatrix}$
机械杂质大于(%)	0.1	0.5	0.2
水分(%)	>0.2	0.5	0.2
闪点大于(%)	-8℃	-15℃	
清淨度大于(mg/100mL)			
P^k 值大于(kg)		-20	
残碳(%)			

注:1.()内为有添加剂的油的标准。☆为有伺服机构。

2. 各国生产厂均规定有报废指标,可从各种润滑油手册中查取。

第二章 滚动轴承润滑技术

第一节 滚动轴承润滑方式的选择

滚动轴承是一种重要的机械元件,一台机械设备的性能能否充分发挥出来要取决于轴承的润滑是否适当,可以说,润滑是保证轴承正常运转的必要条件,它对于提高轴承的承载能力和使用寿命起着重要作用。不论采用何种润滑形式,润滑在滚动轴承中都能起到如下作用:

- (1)减少金属间的摩擦,减缓其磨损。
- (2)油膜的形增大接触面积,减小接触应力。
- (3)确保滚动轴承能在高频接触应力下,长时间地正常运转,延长疲劳寿命,
- (4)消除摩擦热,降低轴承工作表面温度,防止烧伤。
- (5)起防尘、防锈、防蚀作用。

因此,正确地润滑对滚动轴承的正常运转非常重要。

滚动轴承的润滑设计的内容主要包括:合理的润滑方法的确定,润滑剂的正确选用,润滑剂用量的定量计算及换油周期的确定。

滚动轴承润滑一般可以根据使用的润滑剂种类分为油润滑、脂润滑和和固体润滑三大类。其中油润滑具有比其他润滑方式更宽的温度使用范围,更适用于高速和高负荷条件下工作的轴承;同时,由于油润滑还具有设备保养和润滑剂更换方便、系统中摩擦副如齿轮等可以同时润滑的优点,所以迄今为止,轴承使用油润滑最为普遍。

脂润滑具有密封装置简易、维修费用低以及润滑脂成本较低等优点,在低速、中速、

中温运转的轴承中使用很普遍。特别是近年来抗磨添加剂的问世,提高了脂的润滑性能,使脂润滑得到了更广泛的应用。

如果使用油润滑和脂润滑达不到轴承所要求的润滑条件,或无法满足特定的工作条件时,则可以使用固体润滑剂,或设法提高轴承自身的润滑性能。

一、油润滑

常用的润滑方式有下列几种。

(一)油杯滴油润滑

油杯滴油润滑是通过油杯中的节流口向轴承滴油,达到对轴承的润滑。节流口根据用量可以调节。此种润滑方式的优点是结构简单,使用方便,缺点是粘度不易过高,否则滴油不畅,影响润滑效果。所以一般用于低速轻载的滚动轴承润滑。

(二)油浴润滑

油浴润滑也叫浸油润滑,就是把轴承部分浸入润滑油中,使轴承在运转中每个滚动体都能进入一次润滑油中,并把润滑油带到轴承的其他工作部位。常见的油浴润滑装置见图 2-10。考虑到搅拌损耗及温升,为减缓润滑油的老化速度,一般油浴润滑不易在高转速轴承中采用。各类滚动轴承采用油浴润滑时的容许速度参数 $d_0 n$ 值可参考表 2-1。

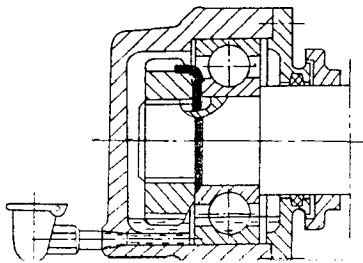


图 2-10 油浴润滑

表 2-1 油浴润滑的各类轴承的容许 $d_0 n$ 值

滚动轴承类型	保持架类型	$d_0 n$ 值
单列深沟球轴承 $d_0 n \leq 10^6$	冲压	1000
	实体	1500
单列角接触球轴承 接触角 $\alpha = 15^\circ$	冲压	1000
	实体	1500
单列角接触球轴承 接触角 $\alpha = 25^\circ$	冲压	1000
	实体	1500

滚动轴承类型	保持架类型	$d_m n$ 值
单列角接触球轴承 接触角 $\alpha = 40^\circ$	实 体	400 000
球面球轴承		300 000
双列向心球轴承		300 000
推力球轴承	冲 压	100 000
	实 体	150 000
组合向心球轴承		350 000
圆柱滚子球轴承	实 体	400 000
圆锥滚子轴承	冲 压	250 000
球面滚子轴承	实 体	250 000
注	d_m ——滚动轴承平均直径, mm; $d_m = (D + d)/2$ n ——轴承转速, r/min。	

(三) 飞溅润滑

飞溅润滑是在闭式齿轮传动装置中滚动轴承常用的润滑方式,它是利用旋转部件,如齿轮、甩油盘等将润滑油溅起。散落到轴承上或沿箱壁流入预先设计好的油槽进入滚动轴承内,对滚动轴承进行润滑,经使用的润滑油又可汇集箱体内部循环重复使用。由于滚动轴承在采用飞溅润滑时,不需要任何辅助设施,故常被结构简单及紧凑的齿轮传动装置所采用。但在采用飞溅润滑时应注意以下三点:

(1) 润滑油面不能太高,否则搅油耗损过大,及会将油池中的沉淀物如磨屑等带入轴承部位,从而引起磨粒磨损。

(2) 箱体内部的润滑油应经常保持清洁,油池内可用磁性吸附器及时清除磨屑和异物,减少磨粒磨损的发生。

(3) 在结构设计时,可在箱壁上设置贮油槽及向轴承导通的节流口,以使轴承有类似处于油浴润滑或滴油润滑的状态,补充润滑,防止供油不足。

(四) 油循环润滑

油循环润滑是一种对滚动轴承部位进行积极润滑的一种方式。它是利用油泵将润滑油从油箱中吸出,通过油管、油孔导入滚动轴承座中,再通过轴承座的回油口,将油返回油箱,经冷却和过滤后再使用。因此,此种润滑方式能够在排除较多热量的同时有效地排出摩擦热,故适用于负荷量大、转速高的轴承支承。

(五) 喷油润滑

喷油润滑是油循环润滑的一种。但是,为了能够使润滑油充分地进入高速轴承的内部相对运动表面,同时又要避免由于高速运转条件下循环给油量过大而产生温升过高及

摩擦阻力过大,在轴承座进油口增设了喷咀,并提高供油压力,依靠喷咀把油喷射到轴上,达到轴承的润滑和冷却。所以,喷油润滑是一种良好的润滑方式,主要用于高速运转的滚动轴承,可用于滚动轴承的 $d_m n$ 值大于 $2\,000\,000\text{mm}\cdot\text{r}/\text{min}$ 的场合。喷油润滑的油泵压力一般约为 $3\sim 5\text{bar}$,为了克服和避免高速状况下的附壁效应,还必须使喷咀出口的喷油速度达到滚动轴承线速度的 20% 以上。

(六)油雾润滑

油雾润滑是一种微量润滑,是用很少量的润滑油来满足滚动轴承的润滑要求。油雾润滑是将润滑油在油雾发生器中变成油雾,通过油雾对轴承进行润滑。由于油雾在滚动轴承工作表面凝聚成油滴,实际上滚动轴承仍保持着稀油润滑状态。当轴承滚动体线速度很高时,常采用油雾润滑,以避免其他润滑方法由于供油过多,油的内摩擦增大而增高滚动轴承的工作温度。一般油雾压力约为 $0.05\sim 0.1\text{mbar}$ 。但是,使用这种润滑方式应注意以下两点:

1. 油的粘度选择一般不应高于 $340\text{mm}^2/\text{s}$ (40°C),因为过高粘度将达不到雾化效果。
2. 润滑过的油雾可能部分地随空气散逸,要污染环境。必要时可用油气分离器来收集油雾,或者采用通风装置来排除废气。

一般可以通过表 7-2-2 判定润滑方式。但是,应注意,表 7-2-2 中各种润滑方式的 dn 允许值不是固定的,而是个参考值,选用时还要结合使用条件和要求,综合比较各种润滑方式的特点,选择合适的润滑剂和润滑方式。

表 7-2-2 滚动轴承在不同润滑方式下的 dn ($\text{mm}\cdot\text{r}/\text{min}$) 允许值

轴承类型 (代号)	脂润滑 ($\times 10^4$)	油润滑($\times 10^4$)			
		滴油	油浴、飞溅	压力循环喷油润滑	油雾润滑
0, 1, 2, 6	< 18	25	40	60	> 60
7	10	16	23	30	—
8	4	6	12	15	—

二、脂润滑

脂润滑的应用是直接将润滑脂涂抹到滚动轴承各个运动表面间。但是在给滚动轴承的滚道和滑动工作表面输入润滑脂时,必须遵循以下原则:

(1) 润滑脂必须贯穿轴承的工作表面和轴承的内部空隙,这样才能使润滑脂充分起到润滑作用。

(2) 在滚动轴承的工作表面应保留一定数量的润滑脂,并持续一定的时间,但又要防止因润滑脂过多流失。

(3) 润滑脂的输入和排出的流向应和密封要求一致,这有利于入侵污物的排出。

(4) 在保证良好的润滑的前提下,尽量减少润滑脂的用量。

(5) 在润滑脂流向尽头开设出口孔,以便使新补充的润滑脂能挤走旧的润滑脂,确保良好的润滑。

脂润滑允许的 dn 值见表 7-2-2。

常用的脂润滑方式有以下几种:

(一) 填脂法

填脂法是一种最常用的脂润滑方式。所谓填脂法就是定期向滚动轴承工作表面填入适量的润滑脂。

(二) 油杯法

油杯法是在轴承座上设置旋盖式油杯或压油油杯,定期旋动旋盖或用油枪将脂注入。这也是一种常用的脂润滑方式。

(三) 压力供脂法

压力供脂法是依靠润滑脂泵供脂。此时应选用流动性好的润滑脂。

(四) 集中供脂法

集中供脂法也是一种压力供脂法,通过润滑脂泵,同时向各个滚动轴承和其他部件供脂。同样,此时润滑脂应选用流动性好、抗氧化性和防腐性的润滑脂。

三、固体润滑

如果使用油润滑和脂润滑达不到滚动轴承所要求的润滑条件,或无法满足特定的工作条件时,则可以使用固体润滑剂或设法提高滚动轴承自身的润滑性能。

固体润滑剂润滑是利用固体润滑剂粉末和涂层,或用低摩擦系数的抗磨材料来代替润滑油和润滑脂,隔离相互接触的摩擦面,以达到减少金属间的摩擦和减缓磨损的目的,从而满足在特殊工作条件下滚动轴承的润滑要求。

(一) 使用固体粉末润滑剂润滑

使用固体粉末润滑剂润滑可以避免油和脂润滑时的污染及泄漏现象,取消供油和供脂的辅助设施,降低维修费用和节省投资。因此,固体粉末润滑剂较适合在中、高温和特殊条件下(如真空、腐蚀等)工作的滚动轴承中使用。但是,目前固体粉末润滑剂本身还存在着摩擦系数不够低,无冷却作用及使用寿命短的缺点。常用的固体粉末润滑剂有:二硫化钼类固体粉末及石墨类固体粉末。前者摩擦系数约为 $0.015 \sim 0.09$,耐压极限为 $2\ 800 \sim 3\ 200\text{N/mm}^2$,适用工作温度范围 $-68 \sim 390^\circ\text{C}$,但在高温下易发生氧化,在潮湿环境中摩擦系数有明显增大;后者摩擦系数约为 $0.05 \sim 0.19$,适用的最佳温度为 $426 \sim$

540℃,但在太干燥和真空度太高的工作环境中润滑效果较差。

滚动轴承使用固体粉末润滑剂时,必须注意以下两个问题:

1. 固体润滑剂的导入性。由于固体润滑剂不能流动,导入性很差,故必须借助于油、脂、水或空气,使之进入滚动轴承工作表面。在导入性问题没有很好解决以前,不要盲目地应用固体粉末润滑剂。

2. 固体润滑剂的压实性。由于固体润滑剂在压力作用下会被压成片,并聚集成堆,而不能自动排出,这时即不能起到良好的润滑作用,又会影响滚动轴承的内部游隙,所以,为了使固体粉末润滑剂能较好地附着在轴承零件下,应对润滑表面进行磷化等处理,或将固体粉末润滑剂制成胶体状。

(二)使用自润滑复合材料润滑

使用自润滑复合材料润滑是根据固体润滑剂的物理及化学吸附特性,在轴承工作表面涂上固体润滑剂。最普遍使用的是以聚四氟乙烯(PTFE)为基体的塑性自润滑材料涂层。

第二节 润滑剂的选择

在机械设备的事故中,润滑事故占有很大比重,而润滑剂选择不当,又是造成润滑事故的一个重要原因。故在滚动轴承的润滑设计中,润滑剂的选择占有极其重要位置,应加以特别重视。

一、润滑油的选择

从油润滑的滚动轴承失效实例可知,失效多数是由于润滑油粘度不足引起的。润滑油的粘度越低,则油膜的承载能力越差,油膜容易破裂,滚动轴承内部相对运动表面的金属材料会发生直接接触,导致摩擦增大,磨损加剧,滚动轴承的使用寿命明显缩短或发生轴承的烧伤、断裂事故。但是,润滑油的粘度过高,会使摩擦阻力加大,因搅拌润滑剂而产生的热量增多,系统的能耗增加。另一方面,对于高速、高负荷及高温等特殊条件下运转的滚动轴承,可能会有防锈、抗氧化、抗磨及提高润滑油的吸附能力的特殊要求。所以,润滑油的选择主要是润滑油的粘度等级的确定和所用添加剂种类或选择带有一定添加剂的不同润滑油品的确定。

(一)滚动轴承用润滑油的选择

1. 润滑油的一般选择原则:

! 工作温度。工作温度影响着润滑油的粘度变化和润滑效果。故当工作温度较低时,应选用粘度较低的润滑油;工作温度很高时,应选用高粘度或有适当添加剂的润滑油。高于 200℃时,一般可考虑采用固体润滑剂。环境温度不同,所选的润滑油的粘度也应随着变化,例如润滑同一轴承时,在我国北方或冬季,应比南方或夏季选用粘度较低的润滑油。当工作温度经常变化时,还应选用粘温特性优良的润滑油,即所用的润滑油粘度随工作温度的上升或下降变化不大,以保证油膜厚度稳定在一定范围。

" 运动速度。转速越高,越应选用粘度低的润滑油,以避免运动阻力增大,产生热量过多;反之,在低速情况下,则应采用粘度较高的润滑油,以利提高承载能力。

运动性质。运动中有冲击、振动、经常变载、变速,起动、停车、反转频繁,以及做往复或间歇运动时,都不利于油膜的形成,故应选用粘度较高的润滑油。有时宁可采用润滑脂,甚至固体润滑剂,以保证可靠的润滑。

§ 工作载荷。滚动轴承承受的载荷越大,润滑油粘度也应选得越高,并应具有较好的油性和极压性,以免润滑油从摩擦副中挤出,或产生金属间的直接接触。

% 结构特点。滚动轴承的径向间隙越小,摩擦面的加工精度愈高,润滑油的粘度应愈低。

& 环境条件。当轴承在潮湿、有腐蚀性气体、低温、尘埃、强辐射条件下工作时,润滑油易被污染变质,此时应选用抗水、抗磨、抗蚀、耐寒、抗辐射性强的润滑油。在有流水溅污、乳化液喷射、潮湿空气或灰尘屑末严重处,一般不宜选用润滑油,而选用润滑脂。

· 轴承精度。轴承运动摩擦表面粗糙时,一般适用粘度大的油品,以便承受由于接触不良而形成局部较大的压力,而运动摩擦表面精度高时,应选用低粘度的润滑油,以减少不必要的能耗损失和温升。

(轴承硬度。轴承运动摩擦表面硬度低时,应选用粘度高的润滑油,而且油量要充足;反之,润滑油的粘度可降低。

2. 润滑油的粘度选择;

滚动轴承运转中润滑油的最低粘度推荐值见表 7-2-3,在实际选择润滑油时,其粘度应高于表 7-2-3 中所列数据。滚动轴承用润滑油一般可按滚动轴承的结构类型及工作温度 t (℃)、速度参数 $d_m n$ (mm·r/min) 承受的载荷 P (N) 这三大工作状态系数来选择合适的润滑油,选择方法见图 7-2-2。

表 7-2-3 滚动轴承运转时润滑油最低粘度

滚动轴承类型	40℃时的运动粘度(mm ² s 或 cst)
球轴承、短圆柱滚子轴承、滚针轴承	13
球面滚子轴承、圆锥滚子轴承	20
推力球面滚子轴承	32

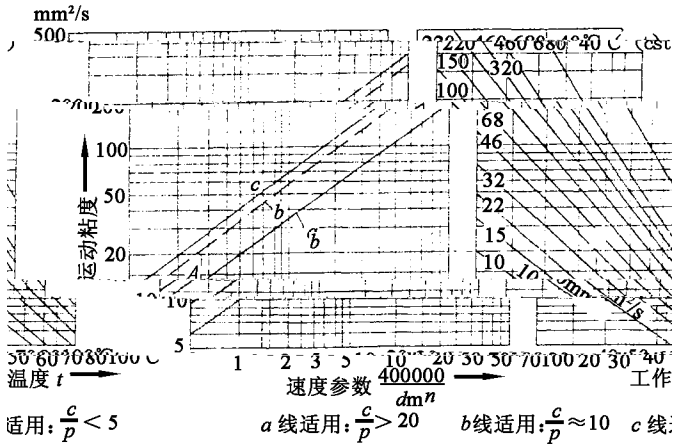


图 7-2-2 润滑油的运动粘度和轴承负荷、速度、温度的关系

选择时,首先根据速度参数 $400\,000/(d_m n)$ 和负荷参数 C/P (滚动轴承额定动负荷/当量动负荷) 确定工作温度条件下所需的运动粘度;再根据画水平线与实际工作温度的垂线交点所接近的粘度等级线,确定适于实际工作温度的粘度等级,该粘度等级即为所选润滑油的新牌号(以 40°C 时粘度范围命名的粘度等级)。表 7-2-4 是考虑各类滚动轴承的结构特性、运动速度和工作温度时的润滑油基准粘度选择表,可做为选择润滑油粘度的参考。具体选择粘度时,一般可用粘度稍高的油来代替粘度稍低的油,但不应高于 25%。

表 7-2-4 润滑油基准粘度选择表

轴承工作温度($^\circ\text{C}$)	$d_m n$ 值 ($\text{mm}\cdot\text{r}/\text{min}$)	润滑油粘度等级 $40^\circ\text{C}(\text{cst})$		适用轴承
		普通负荷	重负荷或冲击负荷	
-30 ~ 0	至极限容许转速	22 32	46	全类型
0 ~ 60	15 000 止	46 68	100	全类型
	15 000 ~ 80 000	32 46	68	全类型
	80 000 ~ 150 000	22 32	32	除推力球轴承外
	150 000 ~ 500 000	10	22 32	圆柱滚子及角接触球轴承
60 ~ 100	15 000 止	150	220	全类型
	15 000 ~ 80 000	100	150	全类型
	80 000 ~ 150 000	68	100 150	除推力球轴承外
	150 000 ~ 500 000	32	68	圆柱滚子及角接触球轴承
100 ~ 150	至极限容许转速	320	320	全类型
0 ~ 60	同上	46 68	46 68	双列球面滚子轴承
60 ~ 100	同上	150	150	双列球面滚子轴承

目前,我国生产的各类滚动轴承润滑油或齿轮用润滑油,除有以 40℃ 时粘度范围命名的新牌号,还保留着以 50℃ 或 100℃ 时的运动粘度命名的旧牌号。在选用时,还应再根据所选润滑油以 40℃ 时的运动粘度命名的新牌号换算为 50℃ 或 100℃ 时的运动粘度牌号。由于不同润滑油,其粘温变化曲线各不相同,精确的换算应根据所选油的粘温曲线,但这在实际应用时较为困难,故作为近似,可以由表 7-2-5 近似对各种润滑油进行新、旧牌号的换算。

表 7-2-5 我国润滑油粘度分类及新旧牌号对照

新牌号	运动粘度(mm ² /s)		旧粘度分类牌号		
	v _{40℃}	v _{50℃}	以 50℃ 时 运动粘度分类		以 100℃ 时运动粘度分类
			牌号	v _{50℃}	牌号
N46	41.4 ~ 50.6	27 ~ 32.5	30	27 ~ 33	
N68	61.2 ~ 74.8	38.7 ~ 46.6	50	45 ~ 55	6
N100	90 ~ 110	55.3 ~ 66.7			70	65 ~ 75	10, 11
N150	135 ~ 165	80.6 ~ 97.1	90	80 ~ 100	15
N220	198 ~ 242	115 ~ 138	120	110 ~ 130	20, 22, 24
N320	288 ~ 352	163 ~ 196	150	140 ~ 160	
N460	414 ~ 506	228 ~ 274	200	180 ~ 220	28, 30
			250	230 ~ 270	
N680	612 ~ 748	326 ~ 393	300	280 ~ 320	38
			350	330 ~ 370	
N1000	900 ~ 1 100	466 ~ 560			
N1500	1 350 ~ 1 650	672 ~ 812			

在现代设计中,为了提高滚动轴承的使用寿命,往往希望滚动轴承处在弹性流体动力润滑状态,或至少在部分弹性流体动力润滑状态下工作,这就要求滚动轴承工作时运动表面间可以形成足够的油膜厚度,根据塔廉于 1967 年提出膜厚比 λ (油膜厚度与综合表面粗糙度之比)与滚动轴承润滑状态的关系(如图 7-2-3 所示),当 $\lambda \geq 1.5$ 时,油膜

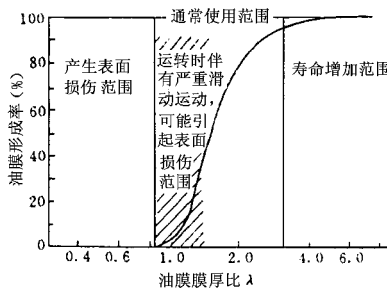


图 7-2-3 油膜形成率与油膜膜厚比的关系曲线图

连续程度 $\geq 50\%$,滚动轴承理论上能够达到额定寿命 ,一般较为理想 ,因此 ,可以根据所要求的油膜参数(膜厚比 l) 来确定滚动轴承所需要的润滑油粘度等级。

①对线接触轴承(滚子轴承)的润滑油粘度选择。

根据线接触弹性流体动力润滑油膜厚度计算公式及油膜膜厚比 $l \geq 1.5$,可以得到润滑油粘度选择计算公式 :

$$\frac{2.65 \bar{G}^{0.54} \bar{U}^{0.7} \bar{W}^{-0.13} G'}{\mu'} \geq l = 1.5 \quad (7-2-1)$$

式中 \bar{G} ——材料参数 , $\bar{G} = aE'$;

\bar{U} ——速度参数 , $\bar{U} = (\neq_0 U) (E'R')$;

\bar{W} ——载荷参数 , $\bar{W} = W (E'R')$;

R' ——滚子与滚道的综合曲率半径 , m ;

$$R' = (1/R_1 + 1/r)^{-1}$$

μ' ——综合表面粗糙度 , m ;

$$\mu' = 1.25 \sqrt{(R_{a1})^2 + R_{a2}^2}$$

a ——润滑油的粘压系数 , m^2/N ;

$$a = (3.495 + 0.9651 \neq_0) \times 10^{-8} ,$$

一般初步设计时 $a = 2.2 \times 10^{-8} m^2/N$ 。

\neq_0 ——润滑油动力粘度 , $N \cdot s/m^2$;

E' ——综合弹性模量 , N/m^2 ;

$$E' = 2 \left(\frac{1 - \nu_1^2}{E_1} + \frac{2 - \nu_2^2}{E_2} \right) ,$$

一般取 $E' = 2.3 \times 10^{11} N/m^2$ 。

E_1, E_2 ——两接触体材料的弹性模量 , N/m^2 ;

ν_1, ν_2 ——两接触体材料的泊松比 ;

U ——滚子在套圈间滚动的平均速度 , m/s ;

$$U = \frac{1 + 2r/R_1}{2(1 + r/R_1)} R_1 \times 2\pi n_1 / 60$$

R_1 ——滚动轴承内圈滚道半径 , m ;

对圆柱滚子轴承及 1500 系列和 1600 系列的球

面球轴承 $R_1 \approx \frac{1}{8}(D + 3d)$,其他类型滚动轴承

$R_1 \approx \frac{1}{20}(3D + 7d)$,其中 d, D 分别为轴承的内、外径。

r ——滚子半径, m ;

n_1 ——滚动轴承内圈转速, r/min ;

$\#$ ——滚子单位接触长度上的最大载荷, N/m ;

$$\# = 4 S_r / (Z \%_i)$$

S_r ——滚动轴承径向载荷, N ;

$\&$ ——滚动轴承中滚子个数;

$\%_i$ ——滚子有效接触长度, m ;

r_{a1} 、 r_{a2} ——滚道与滚子表面的粗糙度, m ;

将以上各参数代入 7-2-1, 可以得到润滑油粘度计算公式:

$$\eta_0 \geq \left\{ 0.708 \sqrt{r_{a1}^2 + r_{a2}^2 / r} \right\} (n_1 r)^{-0.54} \left[\frac{r^2 + 2! r_1}{(r_1 + !)} \times 60 \pi n_1 (r) \right]^{-0.7} [4 S_r / (Z \%_i)]^{0.13} \}^{1/0.7} \quad (7-2-2)$$

根据式 7-2-2 求得的润滑油动力粘度, 可由下式求运动粘度:

$$\eta^* = (\eta_0 / \rho) 10^{-6} \quad (7-2-3)$$

式中 η^* ——润滑油的运动粘度, mm^2/s ;

ρ ——润滑油密度, kg/m^3 。

根据求得的运动粘度 η^* , 再由图 7-2-2 左图找到对应的粘度点, 画水平线与右图对应工作温度垂线交点, 其交点接近的粘度等级即为所需润滑油粘度牌号(40°C)。

②对点接触轴承(球轴承)的润滑油粘度选择。

点接触条件下润滑粘度选择计算如下:

$$\frac{3.63 + 0.49 \sqrt{\sigma} \#^{-0.68}}{\sigma} \geq \lambda = 1.5 \quad (7-2-4)$$

式中除了载荷参数 $\#$ 及滚子改为球外, 其他参数意义同式 7-2-1。其中载荷参数 $\# = \#(r) \sigma^{-0.2}$, 式中 $\#$ 为承载最大的滚珠所受的垂直载荷, 可由下式计算:

$$\# = 4 S_r / \& \quad (7-2-5)$$

将各参数代入式 (7-2-4) 后, 可得:

$$\eta_0 \geq \left\{ 0.517 \sqrt{r_{a1}^2 + r_{a2}^2 / r} (n_1 r)^{-0.49} \left[\frac{r^2 + 2! r_1}{(r_1 + !)} \times 60 \pi n_1 (r) \right]^{-0.68} \left[\frac{4 S_r}{(\& \sigma^{-0.2})} \right]^{0.073} \right\}^{1/0.7} \quad (7-2-6)$$

同样可由式 7-2-3 求得润滑油的运动粘度, 再由图 7-2-2 查得所需牌号的润滑油。

但是,如果由式 $\lambda = \frac{v}{\eta}$ 、式 $\lambda = \frac{v}{\eta}$ 计算的粘度值过高时,将使搅油阻力加大,发热量增加,所以此时在选用润滑油时,应设法降低润滑油的粘度。而降低润滑油的粘度,会使油膜形成产生困难,使 $\lambda \leq \lambda_c$, 故此时应优先选用加有极压添加剂的润滑油。

常用润滑油添加剂的种类和选择:

为了提高润滑油的防锈、抗氧化、抗磨、抗乳化及极压性能,降低凝固点,往往在纯矿物油或基础油中加入少量不同种类的添加剂,以改善润滑油的品质,在特殊条件下使用。

目前在生产的各种润滑油中都不同程度地加入了不同种类的添加剂。一般选择时,可根据使用工况选择带有所需添加剂种类的油品。国内滚动轴承常用润滑油品种见表!

常用减速器用润滑油品种见表!和表!。

表! 常用滚动轴承用润滑油

润滑油名称	牌号	使用温度 ()	运动粘度(v_{40}^t)		使用场合
			v_{40}^t /	v_{100}^t /	
高速机械油	O1 -	"	32 -'		适用于各种高速($v_{40}^t \geq 45 \times 67$ 以上) 低载荷($v_{40}^t < 45 \times 67$ 以下)的场合,如车 床、磨床的主轴等部件。转速 8 (v_{40}^t $\times 67$ 时用 O1 - ,转速住 -... 2 (v_{40}^t $\times 67$: 才 1% O1 !
	O1 !		\$ 2 (
机械油	%.	"	! 2 %&		用于机床及各种机械中的滚动轴承 润滑,各种高速低负荷或中小负荷循环 式或箱式集中润滑系统。粘度越高适 应的负荷及工作温度越高
	#.		%! 2 #&		
	&.		#! 2 &&		
	3.		&! 2 3&		
	-.		3& 2 -&		
	\$.		-- 2 \$-		
	!.		\$- 2 !-		
	(.		!- 2 (-		
精密机床 主轴油	%.	"	(2 %&		适用于高速,中等负荷的机床主轴
	特 3	"\$	% 2 %3		可用在低温下工作的仪表的润滑。 特%3、特%\$ 比特 3 允许的负荷能力和 转速高,但特 3 油的粘温特性较好
特 %3	##' - 2 #(' -				
特 %\$	%; 2 #-				
高级仪表油	3%%#	"\$	(粘温性、热安定性、热氧化性好,可用 于高温下工作的仪表的润滑。其中 3%%\$ 的粘温性、热安定性、热氧化性最 优,3%%# 的负荷能力低,但允许的转速 高
	3%%&		% 2 %-		
	3%%3		%(2 #&		
	3%%-		#& 2 # (
	3%%\$		&\$		

润滑油名称	牌号	使用温度 (°C)	运动粘度(mm ² /s)		使用场合
			<i>v</i> ₅₀ C	<i>v</i> ₁₀₀ C	
车轴油	ZH-23	冬季	20~25		用于铁路机车和客、货车的车轴,冬季用23号油,夏季用44号油
	ZH-24	夏季	36~52		
冬夏通用车轴油		-46.8~100	30~60		具有良好的低温性能、粘温性能、润滑性能,挥发失重小,可取代冬用油 ZH-23 和夏季油 ZH-44
专用定子油			12~14		具有很低的凝点、良好的润滑性能及防腐性
汽轮机油	20	-20~100	18~22		蒸汽涡轮机、水力涡轮机及发电机,大中型鼓风机等高速高负荷设备的轴承润滑
	30		28~32		
	40		37~43		
汽油机润滑油	6D	-25°C寒区		6~8.5	用于汽车、拖拉机的汽油发动机或其它机械动力设备的润滑。6D 址用于 -25°C 的寒区,6 号是用于北方冬季,10 号是用于北方夏季及南方四季,15 号用于夏季及磨损严重的重载汽车
	6	冬季		6~8.5	
	10	夏季		10~13	
	15	夏季		14~16	
QB 级、QC 级、QD 级、QE 级、汽油机润滑油	30	四季		9.3~<12.5	该油是一种抗氧、抗腐蚀、抗泡沫,低温分散性、清净性、低温起动性及润滑性能良好的新油种,广泛用于冬夏通用的汽车发动机润滑。根据发动机要求使用不同级的油。

表 7-2-7 根据最大接触应力选择油品

齿面负荷	推荐使用齿轮油	性能	齿轮状况	使用工况
齿面应力 $\sigma_H < 350\text{N/mm}^2$	抗氧防锈工业齿轮油或低极压工业齿轮油(普通工业齿轮油)	抗氧、防锈、低极压性		一般齿轮
低负荷齿轮齿面应力 $\sigma_H = 350 \sim 500\text{N/mm}^2$	抗氧防锈工业齿轮油或低极压工业齿轮油(普通工业齿轮油)	抗氧、防锈、低极压性	调质处理,啮合精度 ≥ 8 级,每级迷 $u < 8$,最大滑动速度与速度比 < 0.3 ,变位齿轮 $x_1 = x_2$ 。	运转较平稳,少冲击的一般齿轮
	中极压工业齿轮油(中负荷工业齿轮油)	抗泡、抗氧、防锈、防乳化的、极压性	其他	有冲击齿轮
中负荷齿轮	中极压工业齿轮油(中负荷工业齿轮油)	抗泡、抗氧、防乳化的、防锈、极压性	调质处理,啮合精度 ≥ 8 级,最大滑动速度与速度比 > 0.3	矿井提升机,露天采掘机械,水力电力、冶金矿山等机械的齿轮
			渗碳淬火,表面淬火及热处理硬度 HRC58~62	

齿面负荷	推荐使用齿轮油	性能	齿轮状况	使用工况
高负荷齿轮齿面应力 $\sigma_H > 1\ 100\text{N}/\text{mm}^2$	高压工业齿轮油(重负荷工业齿轮油)	更高性能的极压性(硫-磷型)及抗泡、抗氧、抗乳化、防锈性		冶金、轧钢、井下采掘机械具有高温、冲击的齿轮

表 7-2-8 各品种润滑油的 FZG 载荷级及胶合临界温度

润滑油品种	牌号	运动粘度(mm^2/s)			FZG 载荷级	胶合临界温度 Q_{sin} ($^{\circ}\text{C}$)	生产厂家	使用工况
		$v_{40^{\circ}\text{C}}$	$v_{50^{\circ}\text{C}}$	$v_{100^{\circ}\text{C}}$				
机械油	30		30		4	113.6	低负荷齿轮传动	
	50		50		5	129.7		
	90		90		6	150.7		
汽缸油	24			24	7.8	176.9 ~ 211.5		
轧钢机油	28			28	7	176.9		
普通齿轮油	20			20	7	176.9		
	30			30				
普通工业齿轮油(抗氧防锈工业齿轮油)	各粘度等级				8	209.6		
航空齿轮油	20			20	8 ~ 10	209.6 ~ 297.9		
中负荷合成工业齿轮油(中负荷极压齿轮油)	各粘度等级				9	249.0		中负荷齿轮传动
汽车齿轮油	各粘度等级				10	297.9		
硫-磷型中极压工业齿轮油	N 220	220			11	346.8	兰州炼油厂锦西炼油厂	
	N 320	320						
	N 460	460						
重负荷工业齿轮油(高压工业齿轮油)	各粘度等级				11.12	346.8 ~ 408.6	重负荷齿轮传动	
	N 320	320			11	346.8		锦西炼油厂
	N 460	460			11	346.8		兰州炼油厂

润滑油品种	牌号	运动粘度(mm ² /s)			FZG 载荷级	胶合临界 温度 Q_{sim} (°C)	生产厂家	使用工况
		$v_{40℃}$	$v_{50℃}$	$v_{100℃}$				
重负荷工业齿轮 油(高级压工业 齿轮油)	N 150	150			12	408.6	长城高级 润滑油公 司	重负荷 齿轮传动
	N 220	220						
	N 320	320						
准双曲线齿轮油	各粘度 等级				≥ 12	≥ 408.6		
普通车辆齿轮油	SAE 85 W/90			15 ~ 19	≥ 12	≥ 408.6	新疆克拉 马依炼油 厂, 上海 高桥石油 化工公司 炼油厂	双曲线齿 轮及螺旋 齿 轮 传 动, 车辆 齿 轮 用 油

添加剂按其功能可分为三大类,即保护金属表面的添加剂,改善润滑油性能的添加剂及保护润滑油本身的添加剂。

①保护金属表面的添加剂。

a. 油性剂。油性剂是一种极性较强的物质,在低压、低温下能与金属表面起物理吸附作用;在稍高温度下,可与金属表面起化学吸附作用,在金属表面形成牢固的吸附膜,从而减少摩擦。在低速、中等以上负荷时,由于一般纯矿物油不易形成动压油膜,而是处于边界润滑状况,这种边界油膜不够牢固,容易出现干摩擦,故通常采用油性添加剂。油性添加剂有 棉子油、菜子油、蓖麻油、豆油、猪油等动植物油;硫化鲸鱼油、硫化棉子油、硫化油酸等硫化油;及“以矿代植”的各种有机磷酸酯及亚磷酸酯,油酸铅、硬脂酸铅等。除纯矿物油和各类极压油外,一般油品均加入了这种添加剂。

b. 极压添加剂。极压添加剂是含硫、磷、氯等元素的有机极性化合物。该种添加剂在温度和压力很高时,能放出活性元素,与金属表面起化学反应并形成低熔点、塑性高的薄膜,它使金属表面凸起部分变软,减少碰撞时的阻力;同时由于塑性变形而填平了金属运动表面的凹坑,降低了接触负荷,并减少摩擦阻力。化学反应膜有较高的强度,故能承受较重的载荷,减少磨损,防止胶合。当实际选用的润滑油很难建立起油膜时,即 $\lambda \leq 1$ 时,应优先选用加有极压添加剂的润滑油。但是,由于硫、磷、氯等活性物质有腐蚀金属的作用,故在非极压的情况下不宜采用。

目前常用的极压添加剂多为硫化物、磷化物、氯化物及锌、铅、钠等金属元素复合而成,主要有由环烷酸铅与硫系极压剂复合使用构成的硫—铅型极压添加剂,及由硫化物与磷化物复合而成的硫—磷型极压添加剂。常用的极压润滑油参见 7-2-7、表 7-2-8。

c. 防锈剂。防锈剂是属于极性型的表面活性剂。它能优先吸附于金属表面,形成保

护膜,起到隔水的作用而防锈。

用作防锈剂的典型化合物是烷基琥珀酸以及它的衍生物,烷基硫化酸衍生物取代的咪唑啉,胺的磷酸盐或金属及铵的碘酸盐。

d. 防腐剂。该类添加剂可以防止工作表面间的腐蚀。抗氧化剂可以作为防腐剂,防止或至少推迟氧化产物——腐蚀性物质的形成。

目前用于防腐剂主要类型有:二烷基二硫代金属盐,二硫代氨基甲酸酯,硫化萘烯,硫磷化萘烯,杂环化合物(如苯并三唑等)。

②改善润滑油性能的添加剂。

a. 破乳剂。润滑油的乳化是我们不希望发生的问题,为了提高润滑油的破乳能力需要在润滑油中添加破乳剂。破乳是使油水分离,将不稳定的体系变成稳定体系。

典型的破乳剂是季胺盐、咪唑啉等阳离子表面活性剂,磺化钠、石油磺酸盐等阴离子表面活性剂,环氧乙烷化蓖麻油、磷酸酯等非离子表面活性剂。

b. 降凝剂。降凝剂可以吸附于润滑油中的石蜡结晶上,阻止其形成网状结构。因此,润滑油分子不再被晶体所吸附,出现稠化情况,这样可以降低润滑油的凝固点,以提高其低温流动性。

常用的降凝剂有:烷基萘、醋酸乙烯酯和反丁烯二酸酯共聚物等。

c. 粘附剂。粘附剂是增加油的粘附性,防止油品滴落,或因离心力的作用而被甩掉。常用的粘附剂有:聚异丁烯、聚甲基丙烯酸酯、天然乳胶等。

d. 粘度指数改进剂。基础油的粘度指数可以达到 90~95。但在某些场合,使用高粘度指数的润滑油是必要的,如高温时提高润滑油的粘度,或低温时降低润滑油的粘度等,这时可以使用粘度指数改进剂。

③保护润滑油本身的添加剂。

a. 抗氧化剂。为了提高润滑油在贮存和使用条件下的抗氧化稳定性,而加入阻止氧化的抗氧化添加剂。

抗氧化剂包括:自由基连锁反应终止剂,它能阻止氧化的连锁反应,常用的有酚类化合物,如 2,6-二叔丁基对甲酚,过氧化物分解剂,它的作用是使过氧化物分解,常用的有二烷基二硫化磷酸锌;金属钝化物,它与金属形成络合物,从而抑制金属对油品的催化作用,常用的有胺类化合物,如 N-苯基-N-仲丁基对苯二胺、苯三唑等。

b. 抗泡剂。抗泡剂的作用是降低泡沫吸附膜的稳定性,缩短泡沫存在的时间。主要使用的抗泡剂有:二甲基硅油与煤油配成 10% 的溶液,硅油类抗泡剂,及非硅油类抗泡剂。

各种润滑油中都程度不同地掺入了不同种类的添加剂,可根据需要选用。

(二) 闭式齿轮传动用润滑油的选择

滚动轴承在闭式齿轮传动中应用极广。由于闭式齿轮传动装置的润滑设计主要涉及齿轮的润滑和滚动轴承的润滑,而齿轮轮齿啮合运动带有较大的滑动摩擦,建立动压油膜能力较滚动轴承差,因此,对用于闭式齿轮传动装置的滚动轴承的润滑设计,实质上将变为齿轮啮合传动的润滑设计,根据齿轮啮合传动的润滑设计结果,作为对滚动轴承的润滑。

由于齿轮传动用润滑油的正确选择,影响到齿轮啮合两个方面强度的提高,一个是抗点蚀能力(接触强度),另一个就是抗胶合能力,因此,需要按照齿面接触应力及齿面温度来选择齿轮润滑油品种。而齿轮油的粘度选择是根据齿轮的受力,以及齿轮的节圆线速度来综合考虑。最后根据油的品种和粘度选定润滑用油的名称和牌号。

1. 润滑油的粘度选择:

齿轮传动用润滑油的粘度是根据力—速度因子计算选择。力—速度因子计算如下:

$$\begin{cases} \xi = K_s V \\ K_s = \frac{F_1}{bd_1} \left(\frac{u \pm 1}{u} \right) Z_H^2 Z_E^2 \\ V = \pi d_1 n_1 / 6000 \end{cases} \quad (7-2-7)$$

式中 K_1 ——齿轮传动圆周力, N;

d_1 ——主动齿轮分度圆直径, mm;

b ——有效工作齿宽, mm;

u ——齿数比, $u = Z_2 / Z_1$;

n_1 ——主动齿轮转速, r/min;

V ——分度圆线速度, m/s;

$Z_H^2 Z_E^2$ ——节点区域因数和弹性因数的平方积, N/mm^2 , 一般情况 $Z_H^2 Z_E^2 = 3$ 。

润滑油粘度计算近似为:

$$v_{40^\circ\text{C}} = f \left(\frac{K_s}{V} \right)$$

$$\Rightarrow \begin{cases} \xi = 0.01 \sim 0.1 \text{ 时} & v_{40^\circ\text{C}} = (324\xi + 45.67) K_1 K_2 \\ \xi = 0.1 \sim 1 \text{ 时} & v_{40^\circ\text{C}} = (121\xi + 74) K_1 K_2 \\ \xi = 1 \sim 10 \text{ 时} & v_{40^\circ\text{C}} = (40\xi + 191) K_1 K_2 \end{cases} \quad (7-2-8)$$

式中 K_1 ——工作温度对粘度的修正系数, 见表 7-2-9;

K_2 ——载荷性质对粘度的修正系数, 见表 7-2-10;

$v_{40^\circ\text{C}}$ ——40°C 时的运动粘度, mm^2/s 。

表 1-1-1 \$ K_{\%}\$ 系数

工作温度(&)	%' ()')' ('*	*' ((%)'
$K_{\%}$	%	%+,)	#+%#

表 1-1-2 \$ K_{\#}\$ 系数

齿面硬度	载 荷 性 质			
	载荷平稳	轻微冲击	中等冲击	严重冲击
- . ≤ /)'	%	%+%)	%+ / #	%+))
- . 0 /)'	%	%+%#	%+ #)	%+ , '

根据式 1-1-3 的计算 ,可由表 1-1-2) 查到与其接近的标准粘度 ,即为所选润滑油的粘度及牌号 ,

#+ 润滑油品种的选择 :

①按齿面接触应力选择油品。齿面的接触应力近似可用式 1-1-4 计算 :

$$\sigma_{-1} \frac{* /)' (u 2 \%)}{au} \sqrt{\frac{M_{\#} K (u 2 \%)}{b}} \quad (! " \# " \$)$$

式中 σ_{-1} ——接触应力 ,3455 # ;

a ——中心距 ,5 ;

$M_{\#}$ ——从动齿轮扭矩 ,35 ;

K ——载荷情况附加系数 ,见表 1-1-3 %。

表 1-1-3 % 载荷情况附加系数 K

负荷情况	单级中心距	齿面硬度	K
连续运转或有较小冲击负荷	≤ % ' ' 55		# (# + #
	0 % ' ' 55		# + 6 (# + *
运转不平稳或有较大冲击负荷		$HB \leq /)'$	# + * (/
		$HB 0 /)'$	/ (/ +)

对多级齿轮减速机在计算齿面应力时 ,应按负荷最大的一对齿轮副进行计算。

计算出接触应力后 ,可从表 1-1-1 ! 查出推荐的润滑油的品种。

按齿面积分温度选择油品。齿轮传动润滑的好坏 ,对齿轮的胶合承载能力影响极大 ,故目前国内外各种齿轮润滑油在出厂时都在 789 齿轮试验机上进行了润滑油抗胶合承载能力试验 ,并确定了 789 载荷级 ,以作为油品的抗胶合指标 ,如表 1-1-4 * 所示。由于不同的 789 载荷级对应不同的齿面胶合临界温度 ,因此 ,可以利用齿轮工作中的齿面积分温度计算值 $\theta_{\% , <}$,与胶合临界温度 $\theta_{\% , <}$ 比较 来选择合适的润滑油 ,即要求 :

$$\theta_{1''\#} \leq \theta_{31''\#} \quad (\% \& ' \& ())$$

不同润滑油的胶合临界温度见表 % & ' & *。齿轮工作时的齿面积分温度可由式 % & ' & ((计算：

$$\theta_{1''\#} + \theta_{1,1} \cdot () / \% X_0 \cdot (/ 1) \theta_{2,31''\#} \quad (\% \& ' \& (())$$

式中 $\theta_{1,1}$ ——工作时的油温 ,4 ;

X_0 ——润滑方式系数 ,油浴润滑 $X_0 + (/)$,喷油润滑 $X_0 + (/ ' ;$

$\theta_{2,31''\#}$ ——沿啮合线上的平均闪温 ,4 ;

$$\theta_{2,31''\#} + 1) \mu_5 (X_6)_7 \frac{W_{\#}^{89} \cdot V^{(9)} \cdot X_{\epsilon}}{a^{(9)} \cdot X_7 \cdot X_{\epsilon 3}} \quad (\% \& ' \& (')$$

μ_5 ——沿啮合线的平均摩擦系数 ;

$$\mu_5 +) / (' \left(\frac{R_3 W_{\#} () \& 8}{\eta = V_{\Sigma >} \rho >} \right)^{1/1} \quad (\% \& ' \& (8)$$

$W_{\#}$ ——单位齿宽载荷 ,? @5 5 ;

$$W_{\#} + A F_{\#} @ b$$

$\eta =$ ——润滑油在工作温度时的动力粘度 ,? \$ @5 ' ;

$V_{\Sigma >}$ ——节点处切向速度之和 ,5 @ ;

$$V_{\Sigma >} + (' \cdot \Gamma_7 \& \Gamma_7 9 u) V \$! " a_{\#} ' + ' V \$! " a_{\#} ' \quad (\% \& ' \& (:)$$

V ——分度圆线速度 ,5 @ ;

$a_{\#} '$ ——节圆端面压力角 (B) ;

$\rho_>$ ——节点处当量曲率半径 ,5 5 ;

$$\rho_> + \frac{u a \$! " a_{\#} ' }{ (u \cdot () < , \$ \beta_c } \quad (\% \& ' \& (1)$$

β_c ——基圆螺旋角 (B) ;

$R_{..}$ ——齿面粗造度 , μ 5 ;

$(X_6)_7$ ——主动齿轮齿顶几何系数 ;

$$(X_6)_7 +) / 1 \sqrt{ (\cdot u)$$

$$\frac{D \sqrt{ (\cdot \Gamma_7 \& \sqrt{ (\& \Gamma_7 9 u D } } } }{ [(\cdot \Gamma_7 (u \& \Gamma_7)]^{1/1} } \quad (\% \& ' \& (E)$$

Γ_7 ——啮合点在啮合线上 E 点的位置参数 :

$$\Gamma_7 + \frac{\sqrt{ (d_{3(9) d_{c() } \& (} } }{\# F a_{\#} } \& (\quad (\% \& ' \& (\%)$$

$d_{3(}$ ——主动齿轮齿顶圆直径 ,5 5 ;

d_{bl} ——主动齿轮基圆直径, mm;

X_Q ——齿顶冲击系数;

小齿轮驱动大齿轮

$$\begin{cases} 1.5\epsilon_1 \leq \epsilon_2 \text{ 时 } X_Q = 0.6 \\ 1.5\epsilon_1 > \epsilon_2 \text{ 时 } X_Q = 1.0 \end{cases}$$

大齿轮驱动小齿轮

$$\begin{cases} 1.5\epsilon_2 > \epsilon_1 \text{ 时 } X_Q = 1.0 \\ 1.5\epsilon_2 \leq \epsilon_1 \text{ 时 } X_Q = 0.6 \end{cases}$$

ϵ_1 ——小齿轮齿顶部分重合度;

$$\epsilon_1 = \frac{Z_1}{2\pi} \left[\sqrt{\left(\frac{d_{a1}}{d_{bl}}\right)^2 - 1} - \operatorname{tg}\alpha_1 \right] \quad (7-2-18)$$

ϵ_2 ——大齿轮齿顶部分重合度;

$$\epsilon_2 = \frac{Z_2}{2\pi} \left[\sqrt{\left(\frac{d_{a2}}{d_{b2}}\right)^2 - 1} - \operatorname{tg}\alpha_1 \right] \quad (7-2-19)$$

X_{ca} ——齿顶修缘系数;

$$\begin{cases} X_{ca} = 1 + 1.55 \times 10^{-2} \epsilon_{\max}^4 C_a \\ \epsilon_{\max} = \max\{\epsilon_1, \epsilon_2\} \end{cases} \quad (7-2-20)$$

C_a ——齿顶修缘量, μm ;

X_l ——重合度系数;

ϵ_1, ϵ_2 均小于 1.0 时(节点在单对齿啮合区)

$$X_\epsilon = \frac{1}{2\epsilon_a \epsilon_1} [0.7(\epsilon_2^1 + \epsilon_2^2) - 0.22\epsilon_a + 0.52 - 0.6\epsilon_1 \epsilon_2] \quad (7-2-21)$$

ϵ_1 或 ϵ_2 大于 1.0 时(节点在双对齿啮合区)

$$X_\epsilon = \frac{1}{2\epsilon_a \epsilon_1} [0.18\epsilon_{1,2}^2 + 0.7\epsilon_{1,2}^2 + 0.8\epsilon_{1,2} - 0.52\epsilon_{1,2} - 0.3\epsilon_1 \epsilon_2] \quad (7-2-22)$$

(对于 $\epsilon_1 > 1$ 取第一个下标, 对于 $\epsilon_2 > 1$ 取第二个下标)

ϵ_a ——齿轮啮合端面重合度;

在得到按齿面接触应力选择的油品及按齿面积分温度选择的油品后,便可以确定能同时满足齿面接触要求和齿面温度的润滑油。如果选定的油品为极压油时,由于实际上接触应力很大,动压油膜很难形成,而是靠存在的极压化学膜保护金属表面,因此,此时润滑油粘度的高低对润滑性能影响不大,考虑减小搅油损耗问题,在润滑油选择时可适

当降低油的粘度。

二、润滑脂的选择

润滑脂是由基油、稠化剂和添加剂所组成的半固体状的润滑剂。基中基油约占 70 ~ 95% ,稠化剂占 30 ~ 5% ,添加剂仅占微量。

润滑脂的选择原则和润滑油选择原则类同。主要根据滚动轴承的类型和工作条件 ,诸如环境潮度、工作温度、速度参数 $d_m n$ 值及负荷大小和脂润滑方法来选择润滑脂的种类、基油粘度及锥入度等。同时 ,还应注意以下几点 :

(1)所选润滑脂的滴点必须高过工作温度 20 ~ 30℃ ,以保证润滑效果。

(2)由于润滑脂的流动性差 ,摩擦阻力大 ,机械效率较低 ,导热系数也较小 ,故不宜作循环润滑剂。用于干油集中润滑时 ,脂的锥入度一般应在 300(1/10mm)以上。

(3)因润滑脂对一般温度影响不敏感 ,对载荷性质、运动速度的变化等有较大的适应性 ,故宜用于温度、速度变化较大或有反转、间歇运动的机械 ,以及农业、建筑、矿山等机械中。

(4)因润滑脂不易流失或被挤出 ,又不需经常更换 ,故所需密封简单 ,且其本身也有一定的密封作用 ,特别适用于不易经常加油、不易安装复杂密封 ,不许润滑剂污染的产品 ,以及灰尘屑末很多的地方。

(一) 润滑脂的种类选择

润滑脂的各项性能主要由所用稠化剂种类和所加添加剂来决定。添加剂主要用于增加润滑脂的抗氧化、防锈、极压等性能 ,而稠化剂的种类直接影响到润滑脂的滴点及耐水性 ,而滴点又直接影响到滚动轴承的工作温度范围。稠化剂包括锂基(ZL) 钙基(ZG) 钠基(ZN) 铝基、钡基和铅基多种。一般可根据工作条件来选择一定皂基和含有不同种类添加剂的润滑脂。常用润滑脂性能见表 7-2-12 和表 7-2-13。国产新润滑脂性能见表 7-2-14。

表 7-2-12 常用润滑脂的性能

名称 性能 基础	锂基润滑脂		复合锂基 润滑脂	钙基 润滑脂	复合钙基 润滑脂	钠基 润滑脂	钙钠基 润滑脂	复合铝 基润滑脂
	矿物油	汽缸油	矿物油	矿物油	矿物油	矿物油	矿物油	矿物油
滴点(℃)	170 ~ 185	200 ~ 250	170 ~ 185	75 ~ 95	180 ~ 240	140 ~ 150	120 ~ 135	180 ~ 210
使用温度范围(℃)	- 20 ~ 120	- 50 ~ 160	- 20 ~ 120	- 20 ~ 65	- 20 ~ 150	- 20 ~ 120	- 10 ~ 100	- 20 ~ 120
容许转速修正系数	0.7	0.7	0.7	0.4	0.7	0.7	0.7	0.7
机械安定性	良	良	良	中—差	良	良	良	良
耐压性	中	中—弱	中	弱	高—中	中	中—弱	高—中

性能 名称 基础	锂基润滑脂		复合锂基 润滑脂	钙基 润滑脂	复合钙基 润滑脂	钠基 润滑脂	钙钠基 润滑脂	复合铝 基润滑脂
	矿物油	汽缸油	矿物油	矿物油	矿物油	矿物油	矿物油	矿物油
抗水性	良	良	良	良	差	差	中	良
防锈性	良	差	良	良	良	良—差	良—差	良—中
泵送性	差	差	差	良	差	差	差	良
基油粘度	中	中	中	低	高一低	低	低	高一中
用途 说明	广泛用于寿命长的中、小型滚动轴承	主要用于高温场合,不宜用于高速、高负荷条件,寿命较长	用于高、低温长寿命轴承	适用于温度较低、潮湿条件下各种机械设备中的轴承润滑,可增加极压添加剂,提高耐压性	具有极压性,可用于重负荷场合的滚动轴承	不宜用于含水或高潮度场合,长纤维结构钠基脂可用于温度较高、振动较大,低速、高负荷场合的轴承,短纤维结构钠基脂用于中速、中负荷场合	不宜在低温下工作,用于机车、小电机、发电机滚动轴承润滑	用于高温、高负荷、潮湿条件下工作的滚动轴承

表 7-2-13 二硫化钼类润滑脂

名称	代号	滴点(C)	锥入度 25℃($\frac{1}{10}$ mm)	特点及应用
二硫化钼润滑脂	1	230	260 ~ 300	适用于圆周速度 15m/s 温度 140℃ 以下的高温高速滚动轴承
	2	240	180 ~ 220	耐湿,耐温,适于工作温度在 80 ~ 180℃ 范围内的滚动轴承
	3	220	240 ~ 280	适用于工作温度在 40 ~ 140℃,转速为 15 000r/min 以下的滚动轴承
	4	210	290 ~ 330	适用于工作温度在 20 ~ 80℃ 转速为 3 000r/min 常见中、小型机电设备轴承
二硫化钼复合钙基润滑脂		180 ~ 240		耐高温、耐潮湿、极压性能强、适用于高温、高负荷滚动轴承
二硫化钼复合铝基润滑脂		180 ~ 240		耐高温、耐潮湿、极压性能强、适用于高温、高负荷滚动轴承
备注	二硫化钼润滑脂使用时,应定期(如半月或 1 月)检查,防止变干或沉淀			

表 1 " # " % 滚动轴承用润滑脂新产品

名称	牌号	锥入度 #&' \$ \$(\$))	特性	使用温度 范围(')	用途说明	生产厂家
中小型电机轴承 润滑脂	# 号	#*& + #, &	良好的抗氧、防锈、 减振、抗水、抗盐雾 性,不用油,不干 涸,环境适应性好	" # ( + \$# (	用于中、小型电机 轴承	天津汉沽石化 学
	- 号	## (+ #& (
通用锂基润滑脂	\$ 号	-\$ ( + -% (	良好的抗氧、防锈、 耐温、抗水性及机 械安定性,胶体安 定性	" # ( + \$# (	是一种长寿命多用 途润滑脂。适于用 一般工业轴承、电 机轴承、汽车轮毂 轴承	天津汉沽石化 学
	# 号	#*& + #, &				
	- 号	## (+ #& (
汽车通用锂基润 滑脂		#*& + #, &	良好低温在、机械 安定性、胶体安定 性、抗水性、防锈 性、氧化安定性及 润滑性	" - ( + \$# (	适用汽车轮毂轴 承 坦克支重轮等	北京油脂化工, 无锡炼油厂
极压锂基润滑脂	\$ 号	-\$ ( + -% (	优良的耐压,防锈, 抗水,抗氧化性能, 及较好的机械安定 性和集中供脂泵送 性能	" # ( + \$# (	矿山,冶金工业的 高温,潮湿,重负荷 条件下滚动轴承润 滑	天津汉沽石油 化学厂
	# 号	#*& + #, &				
极压锂基润滑脂 系列	(号	- * -	具有良好的高低温 性能,氧化安定性, 机械安定性,防锈 性,极压—抗磨性, 以及无有害杂质	" # ( + \$# (	适用于矿山 冶金, 迎筑等重负荷机械 设备中的滚动轴承 润滑	长沙石油厂
	\$ 号	-# (
	- 号	#, (
. /0 _# 极压锂基 润滑脂	(号	- * -	具有良好的高低温 性能,氧化安定性, 机械安定性,防锈 性,防磨性,极压— 抗磨性以及无有害 杂质	" # ( + \$# (	适用有冲击负荷的 重载设备中滚动轴 承的润滑。并可防 止摩擦面的擦伤和 烧结。	长沙石油厂
	\$ 号	-# (
	# 号					
矿用托辊锂基润 滑脂	I 号	#*& + #, &	良好的机械安定 性,抗水性,防锈性 和耐高低温性	" \$& + \$# (	适用于矿山带式输 送机托辊轴承的润 滑和密封,及矿山, 电机车等设备中的 轴承的润滑	无锡炼油厂
	II 号	#*& + #, &		" - (+ \$# (
锂钙基润滑脂		#% ( + #! (	具有良好的胶体安 定性,抗氧化安定 性,机械安定性及 良好的防腐蚀性	" # ( + \$# (	适用于 " # (+ \$# (' 范围内各种 机械设备(汽车,农 机,电机,工程机 械)滚动轴承的润 滑	上海炼油厂

名称	牌号	锥入度 $25^{\circ}\text{C} \frac{1}{10}\text{mm}$	特性	使用温度 范围($^{\circ}\text{C}$)	用途说明	生产厂家
1号铁路滚动轴承锂基脂	1号	235~265	优良的机械安定性、防锈性、抗氧化、防腐性、胶体安定性及良好的低温性	-20~125	铁路车辆滚动轴承润滑及汽车轮毂轴承、中小型电机轴承润滑	上海炼油厂
耐热润滑脂		265~295	具有良好的耐高温性能、抗挤压性能、抗水性能及机械安定性、泵送性、胶体安定性	-20~200	各种高、低温与轻、重负荷及高、低转速的各种机械设备上的滚动轴承润滑	营口石油化工厂
7019号高温润滑脂	7019号	微锥入度 62~75	具有高滴点、良好的胶体安定性和润滑性,以及耐高温,长期加注不滴脂、不结集的优点	-20~150	高温性能、润滑性能高于普通工业锂基脂,广泛用于-20~150 $^{\circ}\text{C}$ 范围内长期工作的各种滚动轴承的润滑	一坪化工厂
7025号高温润滑脂	7025号	微锥入度 65~80	良好的高温性能、润滑性能、耐压性能、具有高滴点,对金属无腐蚀	! 300	300 $^{\circ}\text{C}$ 以下工业装置和设备的中等转速滚动轴承润滑	一坪化工厂
7016号高低温润滑脂	7016号	微锥入度 60~75	优良的高低温性能、胶体安定性、机械安定性、抗水性能	-60~200	适用于各种型号航空电机和工业高温装置及设备的滚动轴承润滑	一坪化工厂
7017—1号高低温润滑脂	7017—1号	微锥入度 65~80	具有良好的高低温性能、氧化安定性、胶体安定性、抗水性和较长的高温轴承寿命	-60~250	适用于高温球下工作的滚珠、滚柱轴承润滑	一坪化工厂
7018号高速轴承润滑脂	7018号	微锥入度 64~78	具有高的滴点,良好的胶体安定性、高低温性能,良好的抗氧化性、抗水性、机械安定性,润滑性及粘附性	-45~140	适于高速轻载和长寿命轻系列轴承的润滑,是目前国内最好的高速轴承润滑脂	一坪化工厂

名称	牌号	锥入度 ! "# \$ % &&	特性	使用温度 范围(#)	用途说明	生产厂家
严寒区汽车用无 水钙基润滑脂	' 型	!(\$	优异的机械安定性和抗水性,比复合钙基润滑脂的抗吸湿性和抗热硬化性好	* " + \$ \$ %	严寒地区汽车鞅、水泵、电机、风机的滚动轴承润滑	北京油脂化工厂
	) 型	!(%		* , " + \$ \$ %		
复合钙铅基润滑 脂	\$ 号	! \$ % + . , %	具有良好的耐热性、抗水性、极压—抗磨性,集中润滑泵送性	! % + ! % %	冶金工业、化学工业及其他部门的高温、高负荷机械设备滚动轴承润滑	上海高桥石化公司炼油厂
	\$ 号 -					

较精确地选择润滑脂种类的方法是根据滚动轴承的工作速度参数 $d \cdot n$ 来判定选用耐低压、耐中压、或耐高压高速等种类的润滑脂,其选择方法见 / * ! * \$ "。

表 / * ! * \$ " 润滑脂的选用

润滑脂的特性	$K_0 d \cdot n$ (&& \cdot 12 \& 34)	径向负荷 $\frac{F_1}{5}$	轴向负荷比 $\frac{F_0}{5}$
低压	6 \$ % % % %	6 % 7 " "	6 % 7 .
中压	6 . % % % %	6 % 7 \$ " "	6 % 7 \$ %
高压(极压)	! . % % % %	! % 7 \$ " "	! % 7 \$ %

其中, K_0 为特性参数,使用球轴承,角接触球轴承、四点接触向心推力球轴承、球面球轴承及向心短圆柱滚子轴承时, $K_0 \cdot 8$;使用球面滚子轴承、圆锥滚子及滚针轴承时, $K_0 \cdot 8$! ;使用推力短圆柱滚子轴承及无保持架满短圆柱滚子轴承时 $K_0 \cdot 8$.。

(二) 润滑脂基油粘度的确定

润滑脂的基油粘度对润滑脂的润滑性能有较大的影响。基础油的粘度决定了润滑油膜的形成。因此,在中、低压工况条件下的润滑脂选择同润滑油选择原则类同,希望有足够的基油粘度,以确保足够的润滑油膜的形成,可以根据润滑油粘度的选择方法来确定润滑脂基油的粘度。通常,低温或高速时,选用低粘度基油的润滑脂,而高温或高负荷时,选用高粘度基油的润滑脂。各种润滑脂所用基础油粘度可从有关炼油厂查询到。但一般润滑脂基油粘度为 . % + / % && ^ 2 9 (, % #) ,如钙基脂用基础油;中等粘度基油的运动粘度约为 (% + \$. % && ^ 2 9 ,如各种锂基脂基础油;而再高一点的基油粘度达到 \$ " % + ! ! % && ^ 2 9 。可根据需要采用。

由于润滑脂基油粘度一般不高,故在重载条件下很难建立起油膜,故润滑脂多用于中、低载条件。但是,随着极压润滑脂的出现,提高了润滑脂的润滑性能,从而可以在高压条件下使用。

(三) 润滑脂的锥入度

润滑脂的锥入度也是润滑脂的一项重要指标,用以表示润滑脂的“软度”,以反映润滑脂使用中的流动性的好坏。锥入度的规定通常是指重量 100g 圆锥体在 10s 钟内沉入温度 25°C 的润滑脂内的深度,以 0.1mm 为单位,数值大表示润滑脂软、流动性好。不同锥入度及其使用场合可参考表 2-11。

表 2-11 锥入度与使用条件

锥入度代号	0	1	2	3	4
锥入度值 U_{100} ($\frac{1}{100}$)	$260-280$	$280-300$	$300-320$	$320-340$	$340-360$
使用条例	用于易微动磨损及集中供脂低温、高速场合	低温、高速场合及集中供脂场合	一般滚动轴承用	一般高温、低速用滚动轴承	高温、低速场合及脂密封场合

第三节 润滑剂用量的确定

润滑剂用量要合适。如果用量过多,将会产生过大的搅拌热量,直接影响到滚动轴承的温升、润滑剂的老化和系统的能量消耗,对油润滑来讲还会引起油池中的沉淀物带入轴承内部,对脂润滑讲会造成泄漏加重。因此,应正确确定润滑剂用量。

一、油润滑用油量的确定

油润滑用油量根据润滑方式的不同而不同。

(一) 油浴润滑用油量

一般油浴润滑时的油位高度应在滚动轴承最下部滚动体的中部,即一半滚子高度(见图 2-11)。对于轴承的实际工作转速和轴承的油润滑极限容许转速之比小于 0.2 时,油位可以略高一点。

(二) 飞溅润滑用油量

飞溅润滑是利用旋转部件如齿轮将润滑油溅起,以润滑轴承,无论采用何种形式的甩油装置,飞溅润滑时的油面高度均可以按以齿轮做为甩油装置时所推荐的油面高度确定,推荐值参见表 2-12。

表 7-2-17 油面高度推荐值

齿轮的种类		油面高度
二级减速器(直、斜齿)		大齿轮浸在油面内,最深为齿高的3倍,最浅为1/2齿高
三级减速器(直、斜齿)		中间大齿轮浸在油面内,最深为齿高3倍,最浅为1/2齿高
多级减速器(直、斜齿)		选一基准在齿轮,浸在油面内最深为齿高的3倍,最浅为1/2齿高
锥齿轮传动		浸油深度在全齿宽以上
蜗杆 传动	蜗杆在下边	最高浸油深度达到蜗杆的中心,最低浸到蜗杆齿高
	蜗杆在上边	最高浸油深度达到蜗轮直径的1/6,最低浸到蜗轮的齿高

(三)油循环润滑油量

各种工作条件下,滚动轴承油循环润滑时的给油量可按公式 7-2-23、式 7-2-24。

$$\text{一般循环给油量} : Q = \left(\frac{1.5 \times 10^{-5}}{\Delta_t} \right) \mu dn F_r \quad (7-2-23)$$

$$\text{强制循环给油量} : Q = \left(\frac{1.89 \times 10^{-5}}{\Delta_t} \right) \mu dn F_r \quad (7-2-24)$$

式中 Q ——给油量, l/min ;

μ ——滚动轴承的摩擦系数,见表 7-2-18。

d ——轴承内径, mm ;

n ——轴承转速, r/min ;

F_r ——轴承的径向负荷, N ;

Δ_t ——排油口油温和进油口油温之差, $^{\circ}C$,一般可取 $\Delta_t = 15^{\circ}C$ 。

表 7-2-18 滚动轴承的摩擦系数

轴承类型	摩擦系数 μ	轴承类型	摩擦系数 μ
单列深沟球轴	0.0010 ~ 0.0015	推力球轴承	0.0010 ~ 0.0015
双列向心球面球轴承	0.0008 ~ 0.0012	推力球面滚子轴承	0.0020 ~ 0.0025
单列向心短圆柱滚子轴承	0.0010 ~ 0.0015	有保持架滚针轴承	0.0010 ~ 0.0030
双列向心球面滚子轴承	0.0020 ~ 0.0025	无保持架满滚针轴承	0.0030 ~ 0.0050
单列角接触球轴承	0.0012 ~ 0.0020	推力滚针轴承	0.0030 ~ 0.0050
单列圆锥滚子轴承	0.0018 ~ 0.0025	推力短圆柱滚子轴承	0.0030 ~ 0.0040

对于圆柱滚子轴承,当轴向负荷增大时,轴承内部摩擦力也相应增大,其供油量可根据轴向负荷和径向负荷之比确定:

$$Q' = K_Q Q \quad (7-2-25)$$

式中 Q ——由式(2-1)确定的给油量 l/min ；
 K_+ ——油量增加系数,见表(2-1)。

表(2-1) 油量增加系数 K_+

$F_1 F_2 \leq 10$	$K_+ = 1.2$
$10 < F_1 F_2 \leq 30$	$K_+ = 1.4$
$30 < F_1 F_2 \leq 100$	$K_+ = 1.6$
$100 < F_1 F_2 \leq 300$	$K_+ = 1.8$

推力滚子轴承的工作条件较差,运转过程中轴承内部的摩擦阻力远比一般轴承大,故用油量应按下式计算:

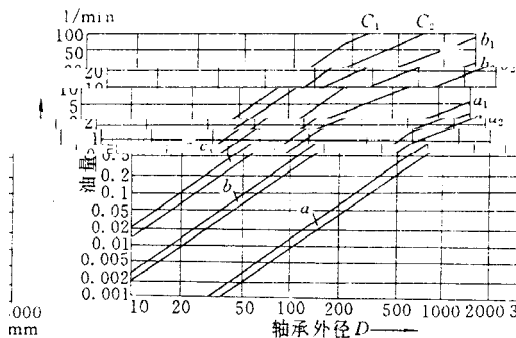
$$Q = 1.05 \frac{6 \times 10^{-5}}{\Delta_1} \mu d n P \quad (2-8)$$

式中 P ——轴承所受当量动负荷, N ;

也可由图(2-2)查取所需供油量。其中 a_1, b_1, c_1 三条线适用 D/d 大于 0.4 , a_2, b_2, c_2 三条线适用 D/d 小于或等于 0.4 ; D 表示轴承的外径尺寸(mm), d 表示轴承的内径尺寸(mm)。 a, b, c 三个区域内润滑油的作用如下:

- a 区——润滑油不起冷却作用,仅是润滑所需要的最低油量;
- b 区——润滑油有润滑及冷却作用,适用于润滑油流动阻力较小的对称型轴承;
- c 区——润滑油有润滑及冷却作用,适用于润滑油流动阻力较大的滚子轴承。

若排油口和进油口的润滑油温度 $\Delta_1 \neq 40^\circ C$ 时,则应将图(2-2)中查得的给油量再乘以油温升系数 K_T ,见表(2-3)。



图(2-2) 油循环润滑时的给油量

表 7-2-20 油温升系数 K_t

排油温度—进油温度(Δ_t) (°C)	K_t
10	1.5
15	1.0
20	0.75
25	0.60

(四) 喷油润滑用量

喷油润滑时的用量可根据平均直径 d_m 速度参数 $d_m n$ 从图 7-2-5 中选择。

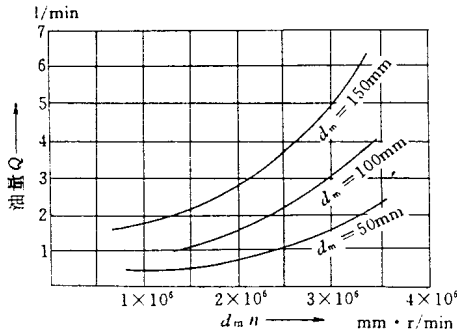


图 7-2-5 喷油润滑时的用量选择

在喷油润滑中,为了使滚动轴承能得到比较均匀的润滑,可按轴承的大小在圆周方向均匀安置几个喷嘴。喷嘴的直径及个数可由图 7-2-6 决定。

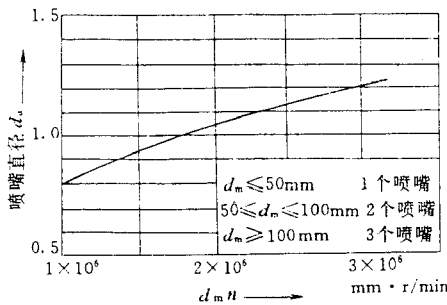


图 7-2-6 喷油润滑时喷嘴直径和个数的选择

(五) 油雾润滑用量

油雾润滑用量可由下式确定：

$$Q = \sum_{j=1}^n (6 \times 10^{-4} d f_i) \quad (1/\text{min}) \quad (7-2-27)$$

式中 i ——轴承滚动体列数；

n ——系统中所用轴承个数；

f ——轴承负荷系数,见表 7-2-21。

表 7-2-21 轴承负荷系数 f

轴承类型	无预负荷	有预负荷
球轴承	1	2
空心滚子轴承	3	3
滚针轴承	1	3
普通短柱滚子轴承	1	3
球面滚子轴承	2	2
圆锥滚子轴承	1	3

油雾润滑的空气消耗量 Q_k 可由式 7-2-28 确定：

$$Q_k = \sum_{j=1}^n 6df_j \times 10^{-4} \quad (1/\text{min}) \quad (7-2-28)$$

可按图 7-2-7、图 7-2-8 选择相应的油管直径及油嘴直径。

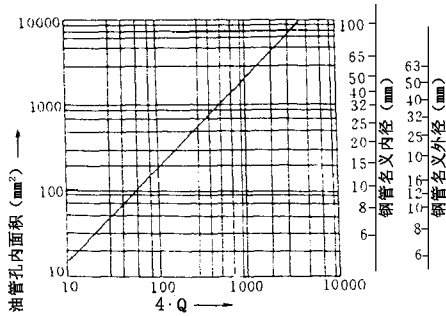


图 7-2-7 油雾润滑用油量和油管内径关系

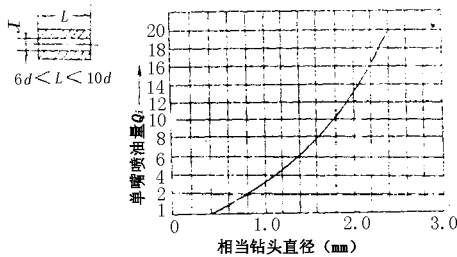


图 7-2-8 油雾润滑用油量和喷嘴钻孔尺寸

二、润滑脂充填量的确定

润滑脂的充填量要合适,过多的充填量不仅运转后在轴承中保持不住,而且会使轴承温升加快,旋转阻力矩增大和泄漏严重,最终会导致脂的润滑功能下降和老化。低速旋转时,润滑脂即使填装得稍多一些也不会引起故障,但转速接近极限转速 n_j 时,润滑脂充填量应认真加以控制。

一般润滑脂的充填量可根据轴承脂润滑时的容许极限转速 n_j 和轴承实际工作转速 n 的比值来确定,见表 7-2-22。

表 7-2-22 润滑脂充填量的确定

$\frac{n_j}{n} \leq 1.25$	轴承内润滑脂充填量应占轴承内部自由空间的 1/3
$1.25 < \frac{n_j}{n} \leq 5$	轴承内润滑脂充填量应占轴承内部自由空间的 1/3 ~ 2/3
$\frac{n_j}{n} > 1.5$	轴承内润滑脂充填量应占轴承内部自由空间的 2/3 以上

滚动轴承内部自由空间 V 的计算公式如下:

$$V = GK_V 10^{-6} \quad (7-2-29)$$

式中 V ——滚动轴承内部自由空间, m^3 ;

K_V ——滚动轴承空间系数,见表 7-2-23;

G ——滚动轴承自重, kg 。

表 7-2-23 滚动轴承空间系数 K_V

轴承类型	保持架形式	K_V
外圈双挡边、内圈无挡边的单列短圆柱滚子轴承	冲压保持架	50
	实体保持架	36
内圈双挡边、外圈无挡边的单列短圆柱滚子轴承	冲压保持架	55
	实体保持架	37
圆锥滚子轴承	冲压保持架	46
球面滚子轴承	冲压保持架	50
	实体保持架	28
深沟球轴承	冲压保持架	61

以上只是讨论了向轴承内部自由空间填充润滑脂量的确定方法。但是,由于轴承往往位于轴承座(箱)中,除轴承内部外,轴承座内的自由空间也应充填一定的润滑脂,以保证轴承的内部有适宜的润滑脂量。根据经验,以填满轴承和轴承座内自由空间的 1/3 ~ 1/2 为宜。高速(接近极限转速)时,应仅充填到 1/3 或更少些;转速很低,而且对密封要求

严格的情况下,可以充满整个空间。由于轴承座的设计结构不同,润滑脂的填充量也不一致。一般用途的轴承座,其内部宽度一般设计为轴承宽度的1.5~2倍,这时润滑脂在轴承及座内的填充量可按下式计算:

$$\begin{cases} \text{单列球轴承: } Q_1 = d^{2.5}/900 \\ \text{单列滚子轴承: } Q_1 = d^{2.5}/350 \end{cases} \quad (7-2-30)$$

式中 Q_1 ——每套单列轴承的润滑脂填充量, g; 双列时按计算值的1.3~1.5倍填充。

d ——轴承内径, mm。

在使用脂润滑的过程中,由于润滑脂的老化、基油的蒸发、脂的流失等原因,有必要在润滑过程中对轴承部位补充新的润滑脂,同时由于补充的新脂可以把旧润滑脂从密封间隙中剂出,有利于防止外界污物的入浸。因此,润滑脂的补给量及补给周期的确定不但要考虑滚动轴承的润滑因素,而且还需要考虑轴承支承部位的密封作用。

一般润滑脂补充周期为其寿命的1/3,每次补充量可按下式计算:

$$Q_2 = 0.005 DB \quad (7-2-31)$$

式中 Q_2 ——润滑脂补充量, g;

D ——轴承外径, mm;

B ——轴承宽度, mm。

如果润滑脂补充周期为一周至一年时,润滑脂的补充量可按式7-2-32计算:

$$Q_2 = K_1 DB \quad (7-2-32)$$

式中 K_1 ——时间系数,润滑补给周期是周时, $K_1 = 0.002$; 润滑补给周期是月时,

$K_1 = 0.003$; 润滑补给周期是年时, $K_1 = 0.004$ 。

对于需要连续补充新脂的润滑方式,其润滑脂的补充量可由下式确定:

$$Q_3 = (0.2 \sim 2.0) V \quad (7-2-33)$$

式中 Q_3 ——润滑脂单位时间的补充量, kg/h;

V ——轴承空间, m^3 ;

$$V = \frac{\pi}{4} B (D^2 - d^2) \times 10^{-9} - G/7800$$

第四节 更换润滑剂周期的确定

润滑剂使用一定期间后,由于油的氧化、蒸发、脂的网状结构的破坏及硬化,添加剂

的损耗,磨损的金属颗粒及外来杂质等混入,都会使润滑剂逐渐变质。当它的性质变到不能满足润滑要求时,就应极时更换润滑剂。

一、润滑油的换油周期

一般采用油浴润滑和飞溅润滑时的油池换油周期可根据油池贮油量的多少和轴承内径,参考图 1-1-1 确定。由于润滑油在工作停歇期间同样会发生老化和变质,所以由图 1-1-1 所查得的换油周期为装入新油到换油之间的时间。但对于贮油量较大的油池,应根据定期检查润滑油的理化性能和机械杂质含量来决定更换周期。对于采用油循环润滑时的用油,则均应根据定期检查润滑油的理化性能和机械杂质含量来决定更换周期。

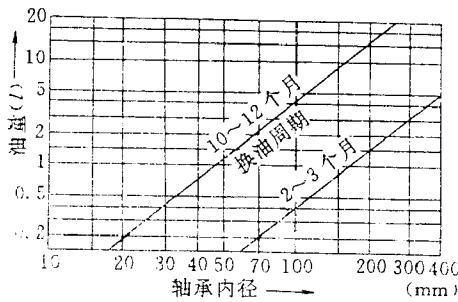


图 1-1-1 油浴润滑时的油量和换油周期

各种润滑油的理化性能参数和机械杂质含量可根据实际工况和工作要求的不同加以调整。但应注意,润滑油中过多的水分和杂质等将会严重影响滚动轴承的疲劳寿命。所以,具体指标应综合考虑。表 1-1-2 列出了润滑油在一般使用条件下理化性能和机械杂质含量的允许范围,可供设计时参考。

表 1-1-2 润滑油理化性能和机械杂质含量允许范围

项 目	精密机械	一般机械
粘 度	变化范围控制在 δ' (%)	变化范围控制在 δ'' (%)
酸 值	不得增加 δ' (%)	不得增加 δ'' (%)
闪 点	变化小于油品闪点的 δ' (%)	变化小于油品闪点的 δ'' (%)
凝固点	允许升高 δ' (%)	允许升高 δ'' (%)
含水量	油中含量低于 δ' (%)	油中含量低于 δ'' (%)
机械杂质	油中含量不超过 δ' (%)	油中含量不超过 δ'' (%)
抗乳化度	允许升高 δ' (%)	允许升高 δ'' (%)

在未采用理化性能分析的场所,各种润滑方式的换油周期一般可近似采用与油浴润

滑和飞溅润滑相同的换油周期。

二、润滑脂的更换周期

润滑脂也不能无限期地长久使用,经过一定时期后,由于基油的氧化和蒸发,脂的网状结构的破坏和硬化,使其润滑性能降低,特别是高温条件下,润滑性能下降更快。因此,应在润滑脂丧失润滑性能前及时更换新润滑脂。一般润滑脂的更换周期可以通过润滑脂的使用寿命确定。

(一) 润滑脂的使用寿命

如果润滑温度保持在润滑脂滴点的 1/2 以下(80℃以下),同时也未遭到严重污染时,润滑脂的寿命一般可按式计算:

$$L = \frac{\text{极限速度参数}(dn)_j \text{ 值}}{\text{使用速度参数 } dn \text{ 值}} \times 1000 \quad (7-2-34)$$

式中 L ——润滑脂寿命, h;

d ——滚动轴承内径, mm;

n ——滚动轴承转速, r/min;

$(dn)_j$ ——极限转速值, mm·r/min, 见表 7-2-25。

表 7-2-25 极限速度参数 $(dn)_j$ 值

轴承类型	深沟球轴承	角接触球轴承	球面球轴承	圆柱滚子轴承	带保持架滚针轴承	圆锥滚子轴承	球面滚子轴承	推力球轴承
$(dn)_j$	180 000	180 000	140 000	150 000	120 000	100 000	80 000	40 000

如果选用优质润滑脂,又注意滚动轴承的清洁度时,寿命可达式 7-2-34 所得数值的几倍;相反情况,温度每上升 10℃时,寿命即减少 2/3 ~ 1/2。

综合考虑滚动轴承的温度和转速对润滑脂使用寿命的影响,根据试验结果和现场实际制订的润滑脂使用寿命的计算式为:

$$\log L = 6.54 - 2.6 \frac{n}{n_j} - (0.025 - 0.012) \frac{n}{n_j} T \quad (7-2-35)$$

$$\log L = 6.12 - 1.4 \frac{n}{n_j} - (0.018 - 0.006) \frac{n}{n_j} T \quad (7-2-36)$$

式中 n_j ——滚动轴承用脂润滑时的允许极限转速, r/min;

其值可查阅有关轴承样本或手册。当 $n/n_j \leq 0.25$ 时,取 $n/n_j = 0.25$ 。

T ——滚动轴承的工作温度,℃。当 $T \leq 40^\circ\text{C}$ 时,取 $T = 40^\circ\text{C}$ 。

其中(7-2-35)适于矿油系的通用润滑脂,适应温度范围 $40^\circ\text{C} \leq T \leq 120^\circ\text{C}$,适应速

度范围 $0.25 \leq \dots \leq 1$ 。(式 7-2-36)适于酯油系、宽温度范围的润滑脂,适应温度范围 $40^\circ\text{C} \leq \dots \leq 40^\circ\text{C}$,适应速度范围 $0.25 \leq \dots \leq 1$ 。

由于影响润滑脂使用寿命的因素很多,精确的润滑脂使用寿命应根据理化性能分析判定。判定润滑脂失效的技术指标见表 7-2-26。

表 7-2-26 润滑脂失效判定指标

稠密变化	$> \pm 50\%$	分子量分布		$> 10\%$
滴点变化	$> \pm 20\%$	油分离率		$> 40\%$
酸 值	$> 3\text{mg 氢氧化钾/g}$	机械杂质含量	铁	$> 0.1\%$
润滑脂泄漏量	$> 50\%$		铜	$> 0.3\%$

(二) 润滑脂的更换周期

润滑脂的更换周期应根据润滑脂的使用寿命确定。由式 7-2-34 至式 7-2-36 计算的寿命,可以作为润滑脂的极限使用寿命,在此之前,必须更换新的润滑脂。但是,由于影响润滑脂使用寿命的因素很多,在实际使用中,润滑脂的失效还受到工作环境善的直接影响,因此,润滑脂的更换周期应低于由式 7-2-34 至 7-2-36 计算的使用寿命理论值。

图 7-2-10 是根据试验和实践经验 综合考

式中 t ——润滑脂的更换周期, h;

t_f ——润滑脂更换周期理论值, h;可由图 7-2-10 查取;

f_1 ——污染及潮湿条件系数,一般条件时, $f_1 = 0.7 \sim 0.9$,条件中等偏重时 $f_1 = 0.4 \sim 0.7$,条件严重时, $f_1 = 0.1 \sim 0.4$;

f_2 ——负荷的振动程度系数;一般可取 $f_2 = 0.7 \sim 0.9$;中等振动时, $f_2 = 0.4 \sim 0.7$;剧烈振动时, $f_2 = 0.1 \sim 0.4$;

f_3 ——温度系数,当 t_f 取图 7-2-10 中值时, $T \leq 75^\circ\text{C}$, $f_3 = 0.7 \sim 0.9$; $75^\circ\text{C} < T \leq 85^\circ\text{C}$, $f_3 = 0.4 \sim 0.7$; $85^\circ\text{C} < T \leq 125^\circ\text{C}$, $f_3 = 0.1 \sim 0.4$;

f_4 ——负荷大小系数, $P/C = 0.1 \sim 0.15$ 时, $f_4 = 0.7 \sim 0.9$; $P/C = 0.15 \sim 0.25$ 时, $f_4 = 0.4 \sim 0.7$; $P/C = 0.25 \sim 0.35$ 时, $f_4 = 0.1 \sim 0.4$;

f_5 ——通过轴承的空气流量系数;小量时, $f_5 = 0.5 \sim 0.7$;大量时, $f_5 = 0.1 \sim 0.5$

表 7-2-27 滚动轴承结构类型系数 K_f

轴承类型	K_f	轴承类型	K_f
单列深沟球轴承	0.9 ~ 1.1	四点接触向心推力球轴承	1.6
双列深沟球轴承	1.5	推力球轴承	5.0 ~ 6.0
单列角接触球轴承	1.6	双列推力球轴承	14.0
双列角接触球轴承	2.0	无保持架满滚子轴承	25.0
单列短圆柱滚子轴承	1.8 ~ 2.3	推力短圆柱滚子轴承	90.0
双列短圆柱滚子轴承	2.0	无档边球面滚子轴承	7.0 ~ 8.0
圆锥滚子轴承	4.0	有中档边球面滚子轴承	9.0 ~ 12.0
球面球轴承	1.3 ~ 1.6	滚针轴承	3.5
球面滚子轴承	10.0		

在使用脂润滑的过程中,由于脂的老化,基油的蒸发,脂的流失等原因,有必要在润滑过程中对轴承部位补充新的润滑脂。同时,由于补充新脂还可以把旧润滑脂从密封间隙中挤出,故有利于防止外界污物的入侵。润滑脂的补充周期应根据工况条件确定,但一般润滑脂的补充周期的为其寿命的 1/3。

第三章 滑动轴承润滑技术

第一节 润滑剂及其选择

润滑剂主要有固体润滑剂、润滑脂、液体润滑剂和气体润滑剂四类,其中润滑脂和液体润滑剂常用。润滑剂选择可参考表 7-3-1。轴承速度和轴承载荷对润滑剂选择的影响趋势见图 7-3-1。

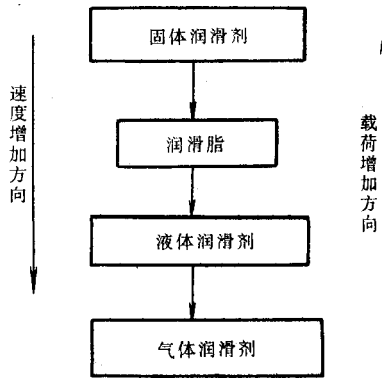


图 7-3-1 轴承速度及载荷对润滑剂选择的影响趋势

一、润滑油的选择

润滑油粘度是选择润滑油的重要指标之一。工业用润滑油粘度牌号见图 7-3-2, 润滑油粘度与温度的关系曲线图见 7-3-3。

表 7-3-1 润滑剂的选择及应用

润 滑 剂		应 用 范 围	备 注
固体润滑剂		低速,环境温度超过液体润滑剂工作范围,对冷却作用无要求的场合	磨损不可避免,轴承寿命有限,摩擦损失较高
润滑脂		速度不超过 1~2m/s,环境不清洁,对冷却作用无要求的场合	速度高而环境不清洁时宜用带过滤器的循环供油润滑
液体 润滑 剂	矿物油	各种载荷和速度,但环境温度有限制	粘度范围广,某些添加剂有腐蚀作用
	合成油	种种载荷和速度,适宜较高或较低的环境温度和防火要求之场合	现有合成油的粘度范围有限,有的价格较高
	水或经处理的液体	要求防止油污染,如食品、防织、药品等机械	要特别注意轴承材料的选用和设计
气体润滑剂		速度特别高、载荷较小,或者环境温度又极高(或极低的场合)	加工精度要求较高、无油污染

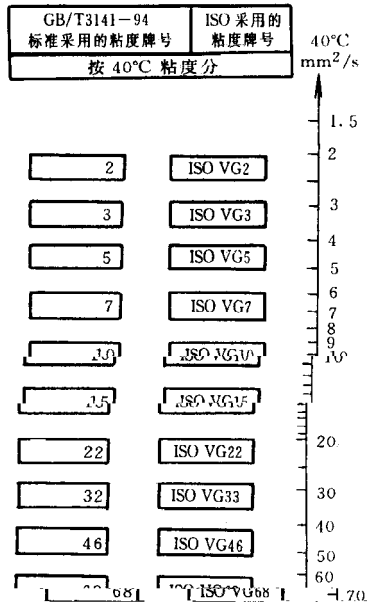


图 7-3-2 工业用润滑油粘度牌号

对于完全油膜动力润滑轴承,润滑油粘度应通过动力润滑计算确定;对于不完全油膜润滑轴承,可由表 7-3-2 选择合适的粘度。

表 7-3-2 不完全油膜润滑轴承润滑油选择

轴颈线速度 (m/s)	工作温度 /°C	轴承压强 /MPa	适用油粘度 (mm^2/s) (40°C)	适用油名称及牌号
> 9	10 ~ 60	< 3	5 ~ 22	7、10、15、22 号轴承油
9 ~ 5			15 ~ 46	15、22、32、46 号轴承油 32、46 号汽轮机油
5 ~ 2.5			40 ~ 60	32、46 号轴承油、46 号汽轮油
2.5 ~ 1.0			40 ~ 75	46、68 号轴承油 46 号液压油
1.0 ~ 0.3			46 ~ 75	46、68 号轴承油 68 号液压油
0.3 ~ 0.1			65 ~ 120	68、100 号轴承油 ,100 号齿轮油
< 0.1			85 ~ 180	100、150 号全损耗系统用油、100、150 号齿轮油
2.0 ~ 1.2	10 ~ 60	3.0 ~ 7.5	65 ~ 90	68、100 号轴承油
1.2 ~ 0.6			65 ~ 120	68、100、150 号轴承油、68、100 号齿轮油
0.6 ~ 0.3			110 ~ 120	100、150 号轴承油、100 号齿轮油
0.3 ~ 0.1			115 ~ 180	150 号轴承油、100、150 号齿轮油
< 0.1			130 ~ 220	150 号全损耗系统用油、150、220 号齿轮油
1.2 ~ 0.6			20 ~ 80	7.5 ~ 30	90 ~ 230	100、150 号轴承油、100、150、220 号齿轮油
0.6 ~ 0.3	160 ~ 380	150 号全损耗系统用油、15 号汽油机油、680 蒸汽汽缸油		
0.3 ~ 0.1	270 ~ 600	220、320 号齿轮油、460 号全损耗系统用油、1000 号蒸汽汽缸油		
< 0.1	480 ~ 1100	460 号全损耗系统用油、1000、1500 号蒸汽汽缸油		

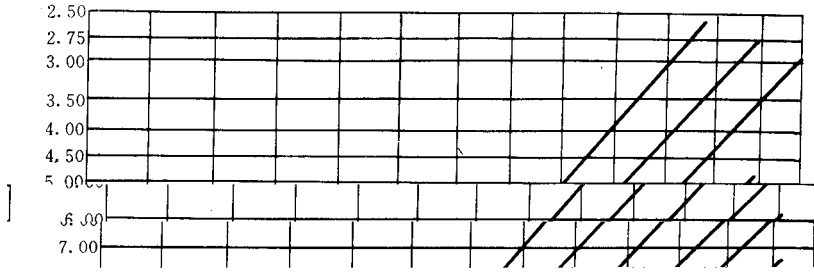


图 1-1-1 润滑油粘度——温度曲线

此曲线非试验值,仅供参考

二、润滑脂的选择

根据轴承压强、速度和工作温度由表 1-1-1 选取润滑脂。加脂周期见表 1-1-2。

表 1-1-1 滑动轴承润滑脂选择

压强 p / () *	* +, -.					/, -.	
速度 (O%)	+ *	2-. +.	+ 2-.	2-. +.	+ 2-.	+ *	2-.
最高工作温度 t_3	!	..	!	*42	**2	.2 + *22	, 2

压强/MPa	< 1	1 ~ 6.5					> 6.5
适用脂的牌号	钙基脂			2号 钠基脂	1号钙 钠基脂	2号 锂基脂	2号压 延机脂
	3号	2号	3号				

表 7-3-4 滑动轴承加脂周期

工作条件	偶尔工作 不重要的 轴 承		间断工作		连续工作			
					工作温度			
					< 40℃	40 ~ 100℃		
	转 度(r/min)							
	< 200	> 200	< 200	> 200	< 200	> 200	< 200	> 200

第二节 润滑方式的选择

滑动轴承的润滑方式常根据系数 K 选定,系数 K 按下式计算。

$$K = v \sqrt{10 p_m v}$$

式中 v ——轴颈圆周速度, m/s;

p_m ——轴承的平均压强, MPa。

由 K 值查表 7-3-5 即可确定润滑剂及润滑方式。

润滑脂不同针入度适用的加脂方法见表 7-3-6。

表 7-3-5 润滑剂及润滑方式与 K 的关系

K 值	润滑剂	润滑方式	K 值	润滑剂	润滑方式
≤ 6 > 6 ~ 50	润滑脂 润滑油	压注油杯润滑 针阀油杯润滑	> 50 ~ 100 > 100	润滑油 润滑油	油杯、飞溅或油环润滑 压力润滑

表 7-3-6 润滑脂不同针入度适用的加脂方法

润滑脂牌号	0 ~ 2	~ 3	~ 5	~ 2	~ 1	~ 3	~ 6
针入度	> 265	> 220	> 130	> 265	> 310	> 220 >	> 85
加脂方法	空气压送	脂枪	压注油杯	集中润滑			油池润滑
				阀分配系统	间接供指系统	分支系统	

第四章 润滑管理与维护

第一节 设备润滑管理

一、设备润滑管理的组织

(一) 润滑管理的基本任务

设备润滑管理是设备管理的一个重要组成部分。加强设备润滑管理工作,并把它建立在科学管理的基础上,对促进企业生产的发展,提高企业经济效益和社会经济效益有着极其重要的意义。

设备润滑管理是用科学管理的手段,按照技术规范的要求,实现设备的及时、正确、合理地润滑和节约用油,达到设备安全正常的运行。

设备润滑管理是全员参与的管理工作。企业如忽视设备润滑管理工作,就会使设备故障与事故频繁,就会加速设备技术状态劣化,使产品质量和产量都受到很大影响,造成企业经济效益的降低。因此,企业领导、设备管理部门、设备使用部门、工程技术人员、操作工人和维修人员等都应该重视设备润滑管理工作。

设备润滑管理的基本任务概括起来是:保证设备润滑系统正常,提高设备生产效率和加工精度,减少摩擦阻力和机件磨损,延长设备使用寿命,降能节油,防止设备事故发生。具体包括:

1. 建立健全设备润滑管理组织机构,配备必要人员,制定并完善各项润滑管理规章制度。如润滑工作人员的职责和工作细则;日常润滑管理工作的分工;入厂油品的质量检验及油库管理;设备清洗换油计划的编制与实施;油料消耗定额的管理;废油回收与再

生利用 润滑工具、器具和装置的供应与使用管理 治理设备漏油等等制度。

2. 组织编制润滑管理所需要的各种基础技术资料。如 :各种型号设备的润滑图表和卡片 油箱储油量定额 润滑材料消耗定额 ;设备换油周期 ;根据检测设备润滑油各项指标确定换油标准 ;清洗换油的操作工艺 ;切削液等工艺用油液管理制度 油品代用与掺配的技术资料等 ,以指导操作工人 润滑工人和维修工人等做好设备润滑工作。

3. 指导有关人员按润滑“ 五定”(定员、定质、定量、定期、定人)和“ 三级过滤”(领油、转桶、加油时进行过滤)要求 ,搞好在用设备的润滑工作。

4. 实行定额用油管理 ,按期向供应部门提出年、季度润滑油品需用量的申请计划 ,并按月把用油指标分解落实到车间、班组及单台设备。

5. 实施进厂油品的质量检验 ,禁止发放不合格油品。

6. 组织编制年、季、月设备清洗换油计划 ,实施确定按质换油的工作制度。

7. 做好设备润滑的状态监测 ,及时采取措施 ,配备和更换损坏的润滑零件、装置和工具 ,改进和完善润滑装置 ,治理设备漏油 ,在治漏工作中抓好“ 查、治、管 ”三个环节 ,消除设备润滑中的油品浪费现象。

8. 协助设计部门搞好设备的润滑设计。要使新设备的润滑系统设计更加合理 ,设备润滑管理部门有义务协助设计部门搞好润滑设计工作。

9. 组织设备润滑事故的分析。对于已经发生的设备润滑事故必须组织有关部门领导和有关人员到现场进行认真仔细地分析研究 ,做到“ 三不放过 ”,即 :事故原因查不清不放过 ,责任不落实不放过 ;今后改进措施不落实不放过。

10. 做好油品和清洗材料的安全技术工作。

11. 收集新油品信息 ,逐步做到引进设备用品国产化 ,做好短缺油品的代用和掺配工作。

12. 组织废油的回收、再生和利用。

13. 组织润滑工作人员的技术培训 ,学习国内外润滑管理先进经验 ,推广应用润滑新技术、新材料和新装置 ,不断提高企业润滑管理工作的水平。

(二)组织机构与人员配备

1. 组织机构

为了实施润滑管理工作的任务 ,工矿企业应设置润滑管理机构 ,并根据企业规模和设备润滑工作量、合理地设置各级润滑组织 ,配备具有专业知识和工作能力的润滑技术人员和工人 ,这是搞好设备润滑工作的重要环节和组织保证。

目前 ,润滑管理的组织形式主要有三种 :一级润滑管理形式、二级润滑管理形式和三级润滑管理形式。

(1)一级润滑管理形式 一级润滑管理多采用图 7-4-1 组织形式。设备动力部门

设有专、兼职润滑技术人员,并配备维修工和润滑工负责全厂润滑工作,供应部门负责全厂润滑油的储存、收发、再生和润滑冷却液配制。

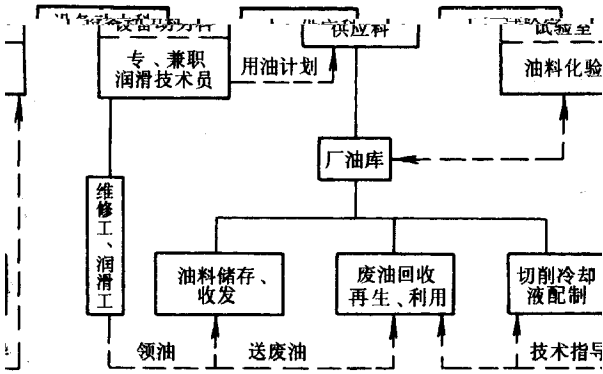


图 7-4-1 一级润滑管理组织形式及工作关系图

——表示行政领导关系 - - - -表示业务联系关系

小型企业多采用一级润滑管理形式。它有利于提高润滑专业人员的工作效率和工作质量,但要经常协调设备动力部门与供应部门之间的相互协作关系。

(2)二级润滑管理形式 二级润滑管理多采用图 7-4-2 组织形式。设备动力部门由润滑工程师全面负责全厂润滑管理工作,下设润滑站,负责油料收发、废油回收与再生利用和切削冷却液配制。车间机动师领导车间润滑工负责车间的润滑管理工作。供应部门只设油库,负责向润滑站供应油品。

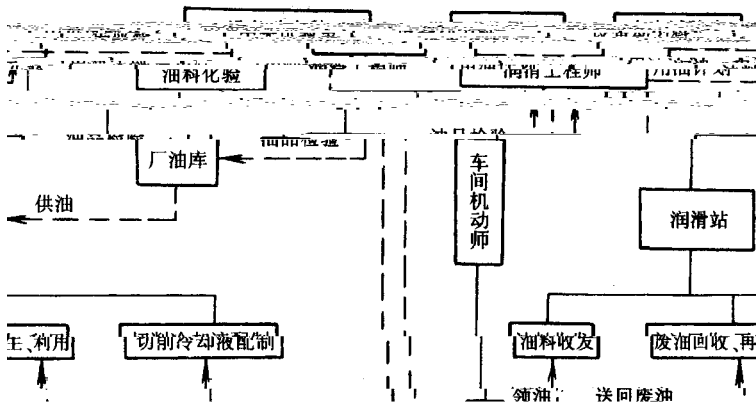


图 7-4-2 二级润滑管理组织形式及工作关系图

——表示行政领导关系 - - - -表示业务联系关系

这种润滑管理形式适应一般大中型企业。它的优点是有助于提高润滑人员的专业化程度和工作质量,缺点是与生产配合较差。

(3)三级润滑管理形式 三级润滑管理的组织形式见图7-4-3和图7-4-4。图7-4-4是三级润滑管理的常用形式。设备动力处下设润滑管理科(室),通过在用油品鉴定站来抓全厂润滑油的动态监测。各分厂机动科设置润滑站负责各分厂的油料收发、废油回收利用与切削冷却液配制。供应部门设油库,负责向各分厂润滑站供应油料及废油再生工作。有些企业采用图7-4-3所示的三级润滑管理形式,它与图7-4-3组织形式的主要区别是总厂设润滑总站,负责全厂油料收发、切削冷却液配制和废油回收再生利用工作,分厂设润滑分站,只负责油料领发与回收。

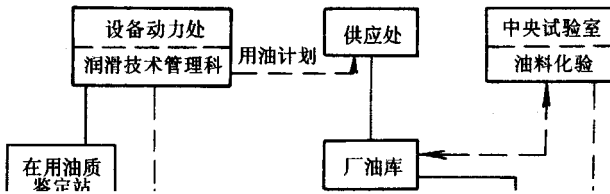


图 7-4-3 三级润滑管理组织形式及工作关系图(一)

——表示行政领导关系 - - - -表示业务联系关系

三级润滑管理形式的优点是能充分调动分厂积极性,有利于配合生产,缺点是技术力量分散,容易忽视润滑工作。这种形式多用于大型企业的润滑管理工作。

润滑管理形式也可以分为集中管理形式和分散管理形式。所谓集中管理形式是适用于中小型企业。因为中小型企业的车间与厂房一般比较集中,厂区也不大,润滑管理工作由设备动力部门一管到底,即是一、二级润滑管理形式。大型企业和车间分散的中

型企业可实行分散管理形式,即三级管理形式。

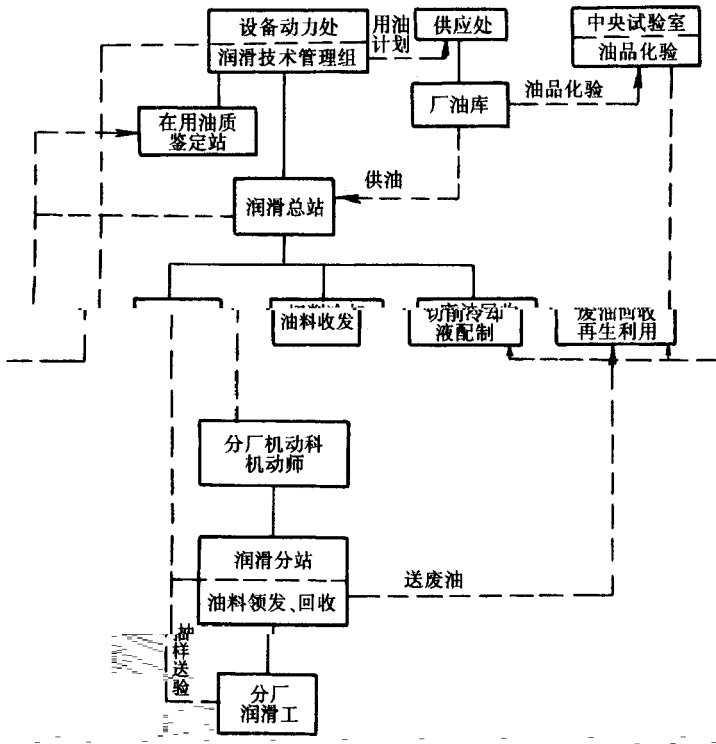


图 7-4-4 三级润滑管理组织形式及工作关系图(二)
——表示行政领导关系 - - - -表示业务联系关系

润滑管理的组织形式没有确定形式。厂矿企业根据自身的规模、厂区面积、设备拥有量、润滑工作量、润滑技术人员和润滑工人素质等具体情况,参考三种润滑管理的组织形式,提出本企业的组织机构形式。

2. 人员配备

大中型企业,在设备动力部门内要设置主管润滑工作的工程技术人员;小型企业,在设备动力部门内设专(兼)职润滑技术人员。润滑工人的数量可根据企业设备复杂系数总额来确定。表 7-4-1 是按修理复杂系数确定人员配备的比例参考数。

表 7-4-1 润滑工人配备比例

设备类别	机械修理复杂系数(F)	应配人数
金属切削设备、木工设备	800 ~ 1 000	1
铸锻设备	600 ~ 800	1

设备类别	机械修复复杂系数(F)	应配人数
冲剪设备	700 ~ 900	1
起重运输设备	500 ~ 700	1
化工设备、其他	800 ~ 1200	1

根据开展润滑油工况检测和废油再生利用的需要,大中型企业应配备油料化验室和化验员。所设废油处理站应有专人管理。

润滑技术人员应受过中专以上机械或摩擦学、润滑工程专业的教育,能够正确选用润滑材料,掌握有关润滑新材料的信息,并具备操作一般油的分析和监测仪器,鉴别油品的优劣程度的能力,不断改进润滑管理工作。

润滑工人是技术工种,除掌握润滑工应有的技术知识外,还应具有二级以上维修钳工的技能。能完成清洗、换油、添油工作,要经常检查设备润滑状态,做好各种润滑工具的管理,并应协助搞好各项润滑管理业务,定期抽样送检等。

(三) 润滑管理的主要制度

管理制度是根据组织机构形式而制订的,不同的管理模式,有与其相适应的管理制度。以下所列制度是按大型企业中三级管理模式制订的,可供参考。

1. 润滑材料供应管理制度

(1) 供应部门根据设备管理部门提出的润滑材料计划,采购合格的润滑材料进厂后,由质量检验部门对其主要质量指标进行化验,提出化验报告单,提交供应部门。合格的润滑材料才能入库发放,不合格的润滑材料要求生产厂家退换或采取技术处理。

(2) 润滑材料入库上帐后,应妥善保管,以防变质。所有润滑材料不得在露天存放,库内也不得敞口存放。

(3) 润滑材料入库一年后,必须经质量检验部门抽样化验,合格后才能继续发放;不合格,则严禁发放使用,但可经润滑工程师(技术员)研究商定使用范围。

表 7-4-2 是润滑材料供应管理的工作程序及内容要求。

2. 润滑装置及器具管理制度

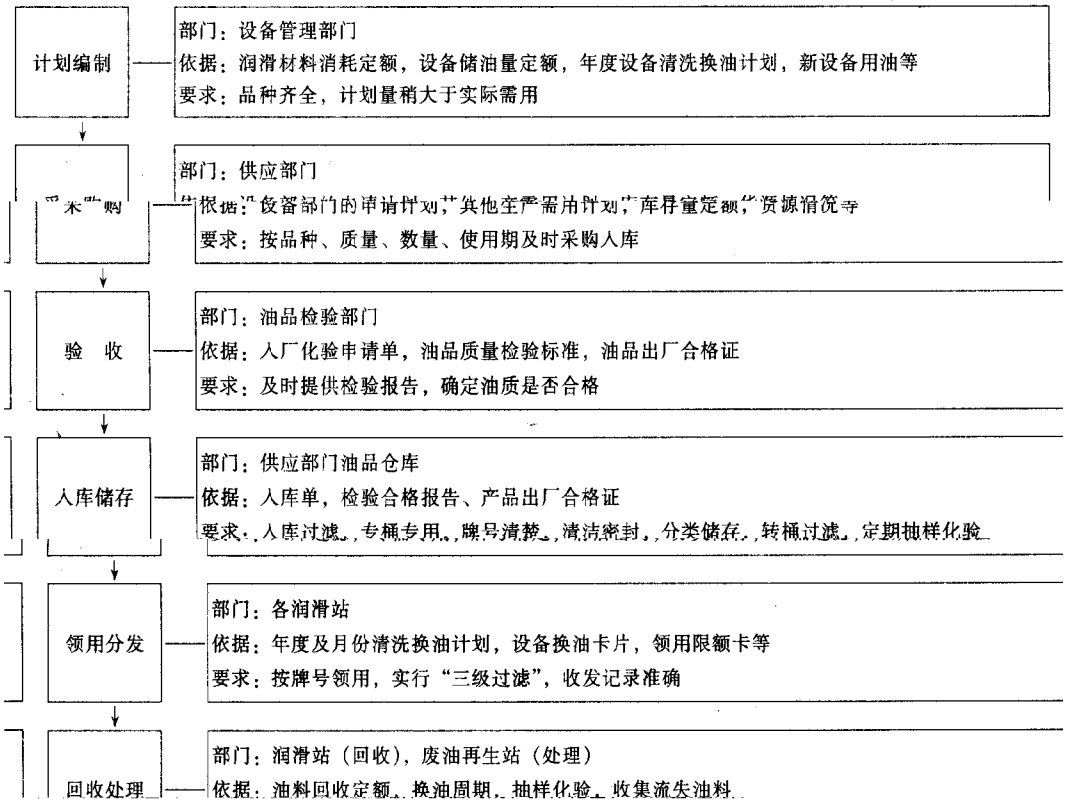
润滑装置及器具在日常使用中消耗大,品种多,容易损坏,为保证设备经常处于良好的润滑状态,必须统一归口管理。

(1) 设备管理部门应对各种规格型号的润滑装置及器具的数量进行统计,建立润滑装置大卡和润滑器具卡片。

(2) 对标准的润滑装置做出计划进行外购,定量储备;特殊装置应组织测绘自制。易

损器具按计划定量采购储备。

表 7-4-2 润滑材料供应管理的工作程序及内容要求



(3) 润滑器具破损时，以旧换新。对维护不当，责任心不强造成的损坏与丢失的润滑装置和器具应酌情赔偿处理。

(4) 设备管理部门应使全厂使用的润滑装置和器具逐步标准化、系列化，并建立图册。

3. 润滑工安全技术操作规程

(1) 每日巡回中要注意安全，穿戴工作服，安全帽，要在按规定的通道上行走，不准跨越传动装置及运输带。设备停车以前，不要用手及其他物品伸入油箱检查。

(2) 清洗换油前，需由电工配合将电路开关拉开，挂上“禁止合闸”标牌，并接好抽油泵的临时线。

(3) 如要检查润滑系统供油情况，需由操作工或维修工开动设备，不得擅自启动设备。

(4) 注意油桶、油车的运输和行走安全，保持现场卫生。离开现场前要及时擦净溅落

在地面上的润滑油。

(5)刮五级以上大风时,禁止对室外设备进行润滑和清洗作业。

(6)遵守防火规则,工作后不准用汽油擦洗用具和洗手。

4. 工艺用油液管理制度

(1)切削液等工艺用油液的选用及消耗定额由工艺技术部门确定,配方、配制工艺质量检验标准及定期的检查鉴定,由中心试验室负责,并从技术管理上对润滑站作技术指导。

(

4)做好工艺用油液的回收处理工作,防止浪费和污染环境。

5. 润滑油库防火制度

(

自觉遵守执行。

(1) 润滑卡片形式的选择 工厂常用的润滑卡片一般有三种主要形式:图式润滑卡片、框式润滑卡片和表格式润滑卡片。每种设备应选用哪种形式的润滑卡片应视设备外观几何形状、润滑点在设备上的分布面及集中分散情况而定。如果能用设备视图清晰地表示出全部润滑点的位置时,尽量采用图式润滑卡片。图 7-4-5

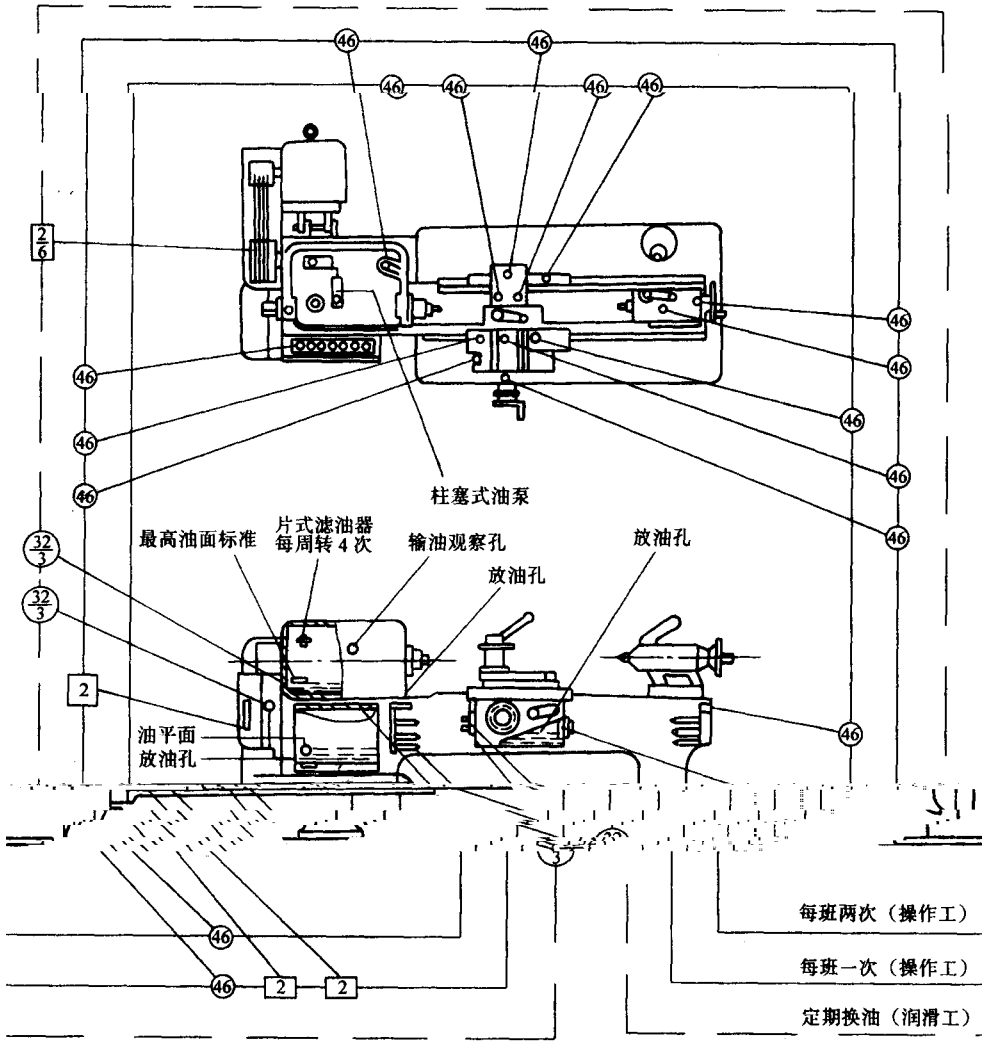


图 7-4-6 图 C620-1 卧式车床框式润滑卡片

④6—表示 L-AN46 全损耗系统用油

2—表示 2 号锂基润滑脂

$\frac{32}{3}$ $\frac{2}{6}$ —分子表示油类, 分母表示换油期限(月)(两班制)

(2) 编制润滑卡片的要求 为了使润滑卡片能正确、清晰地反映设备润滑的要求, 编制时应做到以下几点:

- 1) 统一格式。制图应符合国际《机械制图》的有关规定。图幅采用 A₃ 或 A₄ 两种。
- 2) 标准化、规范化。参照设备使用说明书中对润滑的要求, 核对设备在用的润滑剂是否与说明书要求相符, 要对照设备实物校核每一个润滑部位和润滑点, 做到

无一遗漏。

3)内容完整,标注明确。按设备润滑要求,逐项落实润滑“五定”内容,项目清楚,分工明确。达到图面清晰,引线有序,观看明显,便于记忆。

4)以表达清楚、正确为准,视图应尽可能减少。


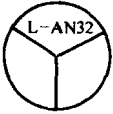
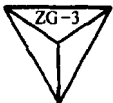
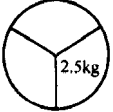

(3)编制润滑卡片的注意事项

1)根据设备使用说明书要求及实物核对情况,把设备的润滑部位、油质、加油周期、油量和责任人核实无误。

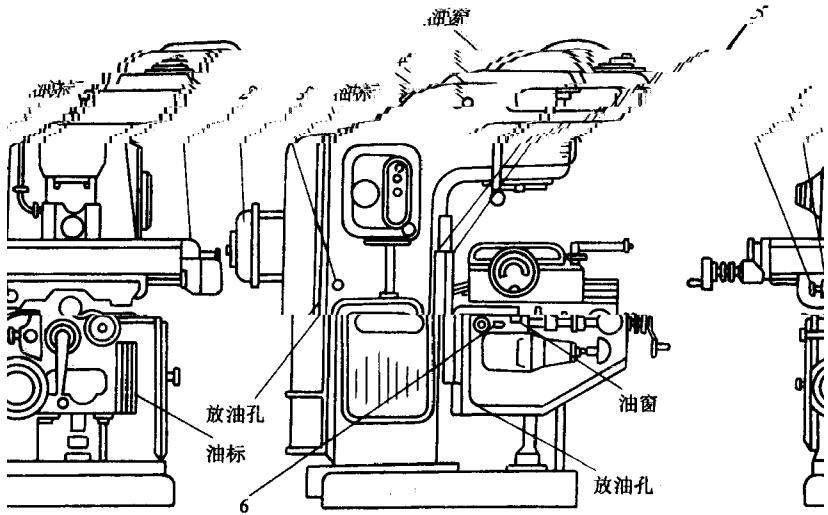
2)合理选择卡片形式。把润滑部位标注在设备外观的主视图、俯视图或左视图上,根据编制润滑卡片的要求,对照润滑卡片的三种表示形式,择优选用其中视图少、表达明显的一种。

3)图式润滑卡片所使用符号的意义见表7-4-3所示。

表7-4-3 图式润滑卡片符号意义

项 目	名 称	图 例
定点	标线指处	
定质	油牌号	
	脂牌号	
定量	油的重量	
定期	加油时间	

项 目	名 称	图 例
定人	操作工	(红色) 
	润滑工	(黄色) 
	电工	(绿色) 



!	进给变速箱	油壶	" # \$ % & ! 全损耗系统用油	'	半年更换一次	润滑工
'	升降台导轨	油枪	" # \$ % & ! 全损耗系统用油	数滴	每班一次	操作工
&	主轴变速箱	油壶	" # \$ % & ! 全损耗系统用油	(&	半年更换一次	润滑工
)	电动机轴承	填入	(号锂基脂	(')	半年更换一次	电修工
(	工作台丝杠轴承	油枪	" # \$ % & ! 全损耗系统用油	数滴	每班一次	操作工
+	手拉泵	油壶	" # \$ % & ! 全损耗系统用油	, -(	每班二次	操作工
序号	润滑部位	润滑方式	润滑剂	油量(./)	周期	润滑分工
五定	定 点		定 质	定 量	定 期	定 人

图 0 # & # 0 1' (2 立式铣床表格式润滑卡片

(二)设备换油卡片

设备换油卡片由润滑技术人员编制,润滑工记录。供检查设备储油部位的正常油耗与非正常泄漏情况,以及换油周期的执行情况用,见表 7-4-4 所示。

表 7-4-4 设备换油卡片

设备编号、名称	型号、规格		所在车间							
储油部位										
油(脂)牌号										
代用油牌号										
储油量/kg										
换油周期/月										
换油及添油记录 (换油标记为△)	日期	油量/kg	日期	油量/kg	日期	油量/kg	日期	油量/kg	日期	油量/kg

(三)年度设备清洗换油计划表

年度设备清洗换油计划表,见表 7-4-5,是润滑技术人员根据设备换油卡片的记录资料,以最后一次换油时间为准,参照换油周期的规定、设备开动班次和油质化验,确定各台设备清洗换油具体时间。当计划换油月份与计划检修月份相差不多时,应先进行油质化验,以确定可否将计划换抽时间调整到计划检修月份来安排清洗换油计划,同时将调整时间记录在清洗换油计划表备注栏内。

表 7-4-5 年度设备清洗换油计划表

序号	设备编号	设备名称	型号规格	储油部位	用油(脂)牌号	储油量/kg	开动班制	换油周期/月	最后一次换油时间	计划换油月份												备注
										1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	

(四) 月份清洗换油实施计划表

月份清洗换油实施计划表,见表 7-4-6,是润滑工执行清洗换油的工作依据,由润滑技术人员或计划员参照年度换油计划,月检修计划编制,下达维修部门和润滑工实施。

表 7-4-6 月份清洗换油实施计划表

单位:

年 月

序号	设备编号	设备名称	型号规格	储油部位	用油牌号	代用油品	换油量 /kg	清洗材料		工时/h		执行人	验收 签字	备注
								名称	数量 /kg	计划	实际			

(五) 年、月用油量统计表

年、月用油量统计表包括换油台次、换油量、添油量、维护用油量的统计与年度计划对比。表 7-4-7 是按车间、厂汇总统计对比,它为编制年、月用油量计划提供了总需用量,并为平衡月换油量提供了参考数据,也可运用此表对计划与实际用油量进行分析对比。

表 7-4-7 年、月用油量统计表

月份	换油台次		换油量 /kg		添油量 /kg		维护用油量 /kg		用油量合计 /kg		备注
	年计划	实际	年计划	实际	年计划	实际	年计划	实际	年计划	实际	
1											
2											
12											
全年											

(六) 油质化验计划表

为了加强对设备润滑油质的动态监控,润滑技术人员每月必须编制油质化验计划表,见表 7-4-8。

表 7-4-8 油质化验计划表

序号	设备编号	设备名称	型号规格	采油样部	采油样日期	化验日期	化验结果	备注

- (2)日常维护消耗润滑剂数量。
- (3)上年度实耗润滑材料数量。
- (4)预计新增设备用量。

设备管理部门应按期将此表报送供应部门采购供应。

(九) 润滑材料年、季使用量和回收量统计表

润滑材料年、季使用量和回收量统计表,见表 7-4-11 是按材料名称(润滑油、脂、清洗材料和擦拭材料等)进行季度用量和年度总用量的综合统计表。此表应用时还应把润滑油进一步划分为机床适用润滑油、HL 液压油,全损耗系统用油、主轴油、精密机床用油等等进行综合统计。此表既可与计划作比较分析,也可为编制下年度需用量计划作参考。

表 7-4-11 润滑材料年、季使用量和回收量统计表 (kg)

润滑材料		全 年		一 季 度		二 季 度		三 季 度		四 季 度		备注
		使用	回收	使用	回收	使用	回收	使用	回收	使用	回收	
名称	牌号											

三、润滑管理的“五定”和消耗定额

(一) 润滑管理的“五定”

我国润滑管理工作经过较长时间的实践,从实际工作中总结出润滑管理“五定”工作法,它是搞好润滑管理工作的基本措施。润滑“五定”是对润滑管理工作从体制机构(定人)、工作方法(定点、定期)到技术要求(定质、定量)的综合反映和综合保证,具有明显地管理效果,它能使润滑管理工作做到经常化、规格化和制度化。坚持执行“五定”管理,就能促进润滑管理对设备维护保养的保障功能。“五定”的主要内容是:

(1) 定点 根据润滑卡片上指定的润滑部位、润滑点和检查点(油标、窥视孔等),实施定点加油、添油、换油,并检查液面高度及供油情况。

(2) 定质 各润滑部位使用的润滑剂的质量和品种牌号必须符合润滑卡片上的要求。采用代用材料和掺配代用材料要有科学依据。润滑装置、器具要清洁,以防污染油料。

(3)定量 按润滑卡片上规定的油、脂数量对各润滑部位进行日常润滑。搞好添油、加油和油箱清洗换油时的数量控制和废油回收,做好设备治漏工作。

(4)定期 按润滑卡片上规定的间隔时间进行添油、加油和换油。按规定时间进行抽样化验,视其结果确定清洗换油或循环过滤,确定下次抽样化验日期。

(5)定人 按润滑卡片上分工规定,明确由操作工、润滑工或维修工等工种负责加油、添油、清洗换油和抽验化验的工作职责。

每台设备的“五定”内容是不相同的,应根据设备使用说明书,由润滑管理人员制定。表 7-4-12 是设备润滑规范简表,可供参考。

表 7-4-12 设备润滑五定规范简表

定 点	定 质	定 期	定 量	定 人
设备的油杯,油盅,油眼,手泵,手按油阀,可换齿轮表面,轴套及锁,传动连条,活塞接头,吊车制动器,轴锁油孔等	L-AN46 全损耗系统用油	每班加油 1~2 次		设备操作工
机床水平滑动导轨表面,机床垂直滑动导轨表面	LAN-46 或 L-AN68 全损耗系统用油	连续运动每班加油 2 次,间歇运动每班加油 1 次或使用前抹净加油		
传动丝杠,光杠,花键轴等	L-AN46 全损耗系统用油			
重型机床升降丝杆	L-AN68 全损耗系统用油			
黄油杯,黄油孔,车床溜板箱,挂轮架中间轴,导轮和平行轮轴承等	3 号钙基脂	每星期加脂一次或每班拧进 1~2 转	加油量由公式 $Q_J = bP_y F_J R$ $\frac{1}{1000}$ 计算得出	
吊车走轮,滑轮轴承,天车传动轴承座等	3 号钙基酯			
精密滚齿机,落地镗,龙门刨等导轨面	N68 导轨油	每班 1 次		
7000N 以上锻锤、汽缸、冲压设备的齿轮和导轨	11 号汽缸油			
其他汽锤的气缸、导轨和外露齿轮	L-AN68 全损耗系统用油或 11 号汽缸油			
某些导轨磨的床身、滑动导轨(如 WFS)	N150 导轨油、20 号航空润滑油			

第七篇 轴承润滑技术

定 点	定 质	定 期	定 量	定 人	
精密磨床的砂轮主轴箱	! " 或 ! # 主轴油	所有油箱每月检查加油 " 次, 保持油面在油标线上, 按规定 + 7, 0 个月换油, 次, 或定期化验按质换油	添油量由公式 $Q_8 \cdot 9 \cdot " K$ $\sum_{i=9}^n M_i$ 计算得出	润滑工主要负责, 设备操作工配合	
一般磨床砂轮主轴箱和工具箱	! \$ 主轴油				
精密机床液压系统及镗床主轴箱	% & ' % (" 机床液压				
普通机床液压系统及台式机床	% &) ! (" 全损耗系统用油				
中、小型车、铣、插、刨、锯、钻、磨及齿轮机床的主传动变速箱、主轴箱、走刀箱	% &) ! * + 全损耗系统用油				
龙门铣、刨床及立车的润滑箱	% &) ! * + 全损耗系统用油				
齿轮加工机床分度蜗轮副	! , -- 导轨油				
重型机床蜗轮箱、拱梁升降减速箱	! , # - 导轨油				
钢球无级变速器	. / & , 钢球减速器				
钢球主轴静压轴承	! \$ 主轴油或 % & ' % (" 液压油				
吊车、卷扬机的齿轮减速箱	% &) ! + 0 全损耗系统用油或 1 2 3- 油脂	换油量由公式 $Q \cdot 9 \sum_{i=9}^n C_i M_i$ 计算得出	车间维修工为主, 润滑工配合		
* 1 45 以下空气压缩机气缸曲轴系统	% & 6)) , -- 压缩机油				
磨床滚动导轨	" 号钙基脂				
龙门刨及吊车的主传动轴内齿轮联轴器	沥青石墨脂				
龙门铣头、钻杆、车床带轮等滚动轴承	" 号轴承脂				
平板车、吊车走轮	(号轴承脂				
电机轴承及其他变电绝缘油箱	按保养规程加油脂			+ 7, " 日一次	电工
机床溜板、各种保持清洁毡垫刮板和滤油器、油线、电毡等	拆洗			每周一次	操作工

(二) 润滑材料的消耗定额

润滑材料消耗定额包括设备各油箱和油池的换油量定额, 正常添油量定额及设备日

· , < 0 " ·

常维护加油量定额等。通过这些定额计算可以汇总出全年耗油量及厂、车间的年、月设备用油计划,以此作为编制润滑材料需用量申请表的主要依据,这一工作也是对润滑材料进和定额管理的基础工作。

(!) 油箱换油量定额 根据设备说明书和实际测定编制出各种型号设备的各部位储油箱的标准储油量,以此作为换油量的依据,计算机台全年油箱换油量(Q_n)

$$Q_n = \sum_{i=1}^n C_i M_i$$

式中 Q_n ——机台全年油箱换油量(%&);

n ——储油箱数;

C_i ——第 i 个储油箱当年换油次数;

M_i ——第 i 个储油箱标准储油量(%&)

(') 油箱正常添油量定额 油箱正常添油量是指油箱中油料由于正常消耗而需定期添补的油料数量。某机台油箱全年正常添油量 Q_c 为

$$Q_c = K \sum_{i=1}^n M_i$$

式中 Q_c ——机台全年正常添油量(%&);

K ——每月正常添油系数,由表) * + * !, 查得;

n ——储油箱数。

M_i ——第 i 个储油箱标准储油量(%&)

表) * + * !, 设备油箱每月正常添油系数

月添油系数	开动班制	箱内封闭润滑	箱外泵送循环润滑
K	一班制 两班制	-.-' / -.-, -.-, / -.-0	-.-, / -.-+ -.-0 / -.-)

对润滑油只输出不返回油箱的耗油装置,其添油量可按实耗另计。

凡超过正常添油量定额的设备,必须查明原因,消除泄漏。

(,) 机台日常维护加油量定额 机台日常维护加油量定额是按设备类别,分别制订每个机械复杂系数(F_1)每班的平均消耗量,作为定额范围。确定具体机台的消耗定额时,还应通过实践或测定,使之更符合实际。表) * + * !+ 为推荐设备日常维护时的加油量定额。

表 1 " # " \$# 设备日常维护加油定额($P_{\%}$)

设备类别	每个修复杂系数每班消耗定额 t'
拉床、立钻、摇臂钻、液压刨、外圆磨、万能磨、各类工具磨、台式机床	$\$() \*
卧式车床、转塔车床、立车、端车、铲齿车床、深孔钻、锯、圆锯、各类铣床、平磨、无心磨、螺旋磨、花键磨、曲线磨、单臂刨、龙门刨	$\$^*) + ($
卧镗、落地镗、牛头刨、插床、各类齿轮加工机床、自动和半自动车床	$\$^*) +^*$
木工机床类	$,) \$ ($
传送机械类、卷扬机、天车、材料试验机类	$*) \$ ($
鼓风机、排送机、电动泵	$*) \$ ($
造型机、抛砂机、混砂机、落砂机、清砂机、球磨机、滚动烘窑	$\$() \*
摩擦压力机等各种机械冲压设备、剪断机	$\$^*) +^*$
空气锤	$- () \# ($
蒸汽锤	$\# () * ($
空气压缩机(压力在 $+ . / 0$ 以下)	$1 () ! ($
各种电机轴承	$(2^*) \$ 2 ($

用定额计算机台全年日常维护加油量(Q_3)的公式为

$$Q_3 = 4 b P_{\%} F_3 R \frac{\$}{\$ (((($$

式中 Q_3 ——全年机台日常维护加油量($5'$);

b ——该机台年平均每天开动班次;

$P_{\%}$ ——日常维护加油定额($'$);

F_3 ——机台的机械复杂系数;

R ——全年平均工作日。

(#)单台设备润滑材料年定额用量的计算单台设备润滑材料年定额用量(Q)包括三部分:一是油箱换油量(Q_6);二是油箱正常添油量(Q_7);三是日常维护加油量(Q_3),所以

$$Q = Q_6 + Q_7 + Q_3$$

式中 Q_1 、 Q_2 、 Q_3 均可按前述计算式求得。

(三) 设备清洗油消耗定额

设备清洗换油时应推广应用水质金属清洗剂代替油质清洗剂,以节约能源和减少污染。设备清洗消耗煤油定额可参考表 4-10。(清洗油用过后要回收,经沉淀过滤后可重复使用,不得任意抛洒,以求节约和减少环境污染。

表 4-10 (设备清洗每个 $F_{\#}$ 消耗煤油定额表) (*)

项目	定期维护	清洗换油	小修、项修	中修、安装调试	大修	备注
煤油	+, ' (+, - (+, - (+, . (+, (

(四) 废油的回收定额

换下来的润滑油(脂)应全部回收,然后送往再生站处理后加以利用。不得随意丢弃或烧掉。回收废油不但减少环境污染、节约能源,而且还充分利用了资源。为此必须作好废油定额回收工作。机械制造业的废油回收率一般按总耗油量的 $\frac{\text{回收量}}{\text{总耗油量}} \times 100\%$ 计算。

回收的废油主要是油箱换下来的油和收集的泄漏油。油箱添加油和日常维护加油作为正常消耗回收很少,可不计。洗涤用油要求沉淀过滤后再用,回收量一般不加控制。为此,废油回收量可按下列式估算:

$$Q_1 = Q_2 + Q_3 + Q_4 + Q_5 + Q_6$$

式中 Q_1 ——机台全年废油回收量(*);

Q_2 ——机台全年换油量(*);

Q_3 ——机台全年正常添油量(*);

第二节 润滑剂的储运、使用、回收与再生

一、润滑剂的储运与入库检验

润滑剂的储运与入库检验均应严格按照要求进行,以确保润滑剂质量合格,并要注意防火安全,未经化验合格的油品,采购人员不应采购,验收人员也应拒绝验收及入库。目前我国石油化工行业已有标准 GB 190—1990《石油产品包装、储运及交货验收规则》,现将其中油品的保管和运输、交货验收及计量简介如下:

(一)油品的保管和运输

(1)保管及运输石油产品时,必须依其名称、性质、牌号加以区别。

(2)盛装石油产品所用的容器,必须完整、清洁、不漏、经检查符合要求后,方能使用。

(3)为了防止阳光辐射及雨雪的直接接触而影响产品质量,在保管石油产品时,可按下列顺序入库:

- ①特种润滑油及润滑脂;
- ②透明石油产品;
- ③石蜡及地蜡;
- ④包装易于损坏者等。

如露天放置,应用防雨布或其他材料搭棚遮盖,实在不得已而储存量甚大且无防雨布时,则须将桶倾斜立置并与地面成 75° 角,桶上大小盖口应在同一水平线上,只有一个盖口的桶,则应使盖口远离桶面上容易积存雨水的低处,以防雨水渗入。

(4)装有石油产品的油桶,可以按其种类分组堆积存放,水泥地面尽可能垫上木板,土地面最好垫较厚的垫木,每组堆积的体积不得超过 50m^3 ,堆积高度视油桶质量而定,一般大桶可堆2~3层,小桶可堆5~6层,两层之间应用木板隔开。每一堆要挂上标签,注明所存油品的名称、牌号及时间,组与组或行列之间应保持1m以上距离,还应执行有关防火规定。

(5)在气温高时(30°C 以上),汽油等轻质油品易挥发损失,影响质量,且不安全,因此需采用适当冷却方法。

(6)易燃的石油产品,在保管与运输中,须执行有关防火安全规定。必须严禁烟火,并应设置完善的消防设备。在抽注油或倒罐时,油罐及活管必须用导电的金属线接地,以防止静电聚积起火。

(7)运输易凝的石油产品,可用蒸汽加热盘管或具有加热设备的保温车进行接卸,重柴油、重油及半软沥青等可用直接水蒸气加热,禁止使用明火。

(8)在开关容器盖子时,必须使用特制扳手,不得用凿子及锤子,以免产生火花,引起火灾。开启前要擦净,封闭时要加垫片,以免将油弄脏。

(9)较大容器(如油罐)要定期对油品检查、化验和清扫容器底部聚沉的残渣及污物。化验和清扫期限随储存情况和产品质量要求自行作出具体规定。

(10)用油罐车、油船等运输时,一定要保护好注油口或排油口的铅封,车站交接时,须遵守铁道部规定的货车施封及拆封规则,并认真检查铅封状况,以免在运输途中发生意外。

(11)凡接卸油罐车装运的各种油品的收货人,在卸车后,须及时对每一油罐车填写

一份记录前次所装油品名称、牌号的油罐车回送单 随车带走或送交车站 ,以便往各地配车时记录前次所装油品名称、牌号 ,以减少洗油罐车次数 ,发挥油罐车效率 ,并避免因混装而引起的油品变质。

(二)油品的交货验收及计量

1. 油品的交货和验收

(1)交货验收石油产品时 ,其质量按国家、部颁标准或企业标准。尚无标准的产品(如代加工及特种石油产品)则以协议规格为准。

(2)收、发货单位或运输部门应保证供给清洁的并适合储存该种产品的容器 ,并由收、发货及运输三方共同对容器按本规则进行检查 ,如认为不合要求时 ,提供容器单位必须负责清洗或调换合格的容器。在遇有对容器清洁程度的判定有争执时 ,一律不装。但在一方坚持要求装运时 ,如发生质量问题 ,则由要求的一方负责。

(3)发货单位根据从所发出产品的油罐或管线中采的油样化验的结果判定质量 ,如合格则发出产品 ,并给予产品质量合格证。

(4)收货单位有权抽查所发出的产品质量 ,如发现该批产品不符合所订质量标准时 ,可提出复验保留样品的意见 ,以保留样品的分析结果为仲裁根据。

(5)接收散装成批的产品时 ,收货单位在到货地点检查容器及签封是否完整 ,如发现签封损坏等情况 ,应由运输部门查清原因。

(6)以管道输送直接交货时 ,从发货单位的油罐(发油罐)中取样进行质量检验 ,但发货单位不得将水或杂质送进收货单位的容器 ,否则收货单位容器内油料变质 ,应由发货单位负责 ;如因收货单位的容器不清洁或原存油品而影响新装入油品质量时 ,则由收货单位自行负责。

(7)交、接双方在产品质量化验上发生争议时 ,双方可共同化验或委托双方同意的单位或商请仲裁单位决定(仲裁单位为中国石化总公司石油化工科学研究院)。

2. 油品的计量

(1)石油产品交货验收时使用的量具(流量计、密度计、温度计、卷尺、秤等)均应经国家计量机关鉴定 ,认为合格并附有校正表 ,方可使用。在不具备上述条件时 ,应采用交、接双方同意的计量量具。

(2)储运石油产品容器(如油罐车、油船、油罐等)的容积的计算应按照国家计量机关的规定或交、接双方所同意的方法进行标定与换算。

(3)发运石油产品的计量 ,交

(4)按有关标准的规定进行取样及测定密度,密度应换算至油罐车、油船、油驳或其他容器中油品的实际温度的密度。

(5)交接的石油产品的水含量,在特殊情况下超过标准规定而双方认为对质量又无影响时,则应由交货数量中扣除油中所含全部水分。

二、润滑剂的变质、更换与设备净化

(一) 润滑剂的变质与更换

1. 润滑剂变质的原因

润滑剂在使用与储运过程中,由于受到机械剪切、搅动、金属催化、高温等等的作用以及外界条件如机械杂质、灰尘、氧化物、水气等的影响而氧化、变质、解聚和老化等,生成羧酸、胶质、沥青等产物,油、脂的颜色变暗,粘度或稠度变化,酸值增大、腐蚀性增加,使用性能变坏,寿命缩短,因而需要增补或更换,图7-4-8为润滑油变质原因的树枝图。通常我们把同台设备两次换油的间隔时间称为换油周期。合理地安排换油周期既能保证设备的正常运转,又节约润滑剂。

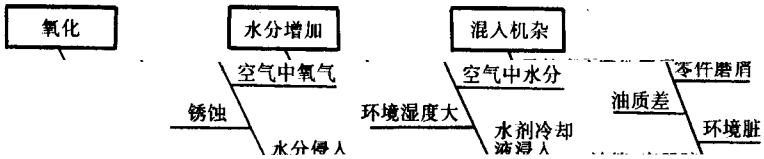


图7-4-8 润滑油变质原因

2. 建立合理的换油制度

当润滑油不能达到设备特定的润滑技术指标而给设备带来损害时,应立即更换同品种同牌号的新润滑油。为了保证设备的正常运行必须建立合理的换油制度。

合理的换油制度应该是在保证设备润滑正常的前提下,最大限度地延长润滑油的使用寿命。

换油制度有经验换油制、固定周期换油制、确定油质换油制、自动监测换油制四种。工矿企业应根据企业的设备数量、工作负荷、工作环境和润滑管理水平采用一种或两种换油制度。实践证明,确定油质换油制比较符合我国国情,它既准确、可靠又比较经济。

(1)经验换油制 经验换油制是用在用润滑油样与同品种同牌号新油由鉴定者进行色泽、气味、手感等外观检查比较,凭经验来鉴别是否需要换油的方法。

在用油的色泽、气味及机械杂质到什么程度还可以继续使用、达到什么程度就要报废换油,全靠鉴定者的实践经验来判断。此种换油制度一般不易掌握,科学性差。多用于小型企业或不重要设备上,也可作为巡回检查时鉴定油质的辅助手段。

(2)固定周期换油制度 固定周期换油制就是设备在用润滑油到了规定的换油时间,不考虑在用油质的好坏,一律换成同品种同牌号新润滑油。

每台设备的换油周期由润滑管理人员按设备使用说明书要求制定。设备使用说明书没有规定换油周期的,可根据设备工作特点,油质劣化速度和劣化后对设备性能、加工精度的影响程度等因素,参照同类设备换油周期来制定设备各部位的换油周期。固定周期换油制主要用于用量小,开动率高和高精尖设备。这种换油制计划性强,若换油周期制订的合理,就能保证在用油质量,但换油工作量大,且易造成油品的浪费。

(3)确定油质换油制度 确定油质换油制度就是抽取在用油样进行定性或定量分析,对照有关标准确定是否需要换油。它对使用中的润滑系统进行动态的监测。

确定油质换油制度的工作程序是:设备主管单位首先根据各类设备的实际使用情况并参考原换油周期制定设备用油的抽油样分析周期,按期从设备中取油样进行定性或定量分析,分析结果如已达到这种油品的换油标准或指标时,应立即换油。反之,则继续使用,并记入设备润滑档案,加强油质监控。图7-4-9是确定油质换油制的工作程序框图。

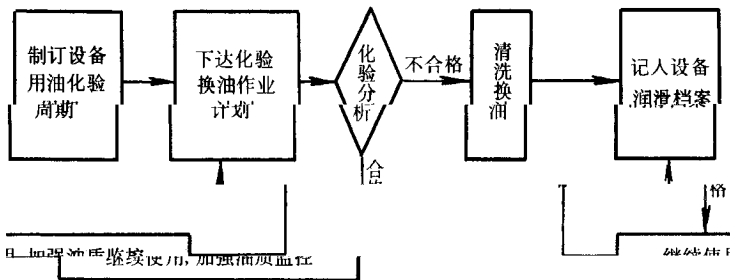


图7-4-9 确定油质换油制度工作程序框图

确定油质换油制度主要用下述三种方法对油质进行分析:

1)理化分析换油法 理化分析换油法是按规定要求抽取在用油样品检测其粘度、闪点、机械杂质、水分、酸值和腐蚀等理化指标,对照油品报废标准来判断润滑油是否需要

换油的方法。

油样应按国家标准规定的测定方法进行检测和化验。各类设备用的润滑油因要求的润滑性能指标不同,故其测定的项目很不一致,换油指标也不一样。

2)目测诊断换油法 目测诊断换油法是确定油质换油制的第二种换油方法。它是用三个试管,分别盛装在用油样,同品种同牌号的标准新油和报废油,通过目视测定是否需要换油的方法。

目测诊断换油法具体做法是:

①按理化分析换油法中规定的取油样方法,取在用油样注入 $\phi 20 \times 120\text{mm}$ 试管约 100mm 高,静置 1~3d,在用油粘度高,则静置时间长,粘度低,则静置时间短。

②制备同品种同牌号标准新油及报废油样分别注入 $\phi 20\text{mm} \times 120\text{mm}$ 试管中约 100mm 高,静止 3~5d。

③用在油样与标准新油和报废油样进行目测对比,参照表 7-4-16 确定换油日期。

表 7-4-16 目测诊断评定油质标准

类别	代号	在用油与标准新油和报废油比较	目测诊断结论
一	A	与标准新油基本相同。油质透明、无混浊现象,有蓝色或绿色荧光,手摸有滑腻感,无杂质、无水分	延期 3~4 个月换油
二	B	比标准新油色略暗稍深,近似米黄或铁黄色,有杂质,杂质在试管底高度小于 1mm	延期 2~3 个月换油
三	C	比标准新油色较明显地发暗,试管底部有水分,杂质在试管底高度 1~1.5mm	现场循环过滤,下月复查
四	D	与报废油基本相同。油质混浊,油色很暗,近似铁红或黑灰色,乳化变质明显,试管底部杂质高度大于 2mm	彻底清洗,立即换油

目前国家只制订了少数油品的换油标准,见表 7-4-17。

3)专用仪器监测法 应用专用仪器测量在用油的综合介电常数的变化程度来确定是否需要换油。此法投资较大,但速度快、准确性较高。

确定油质换油制是一项刚刚起步的新型换油制,与固定周期换油制比较,确定油质换油制科学性强,既保证了设备润滑系统的可靠运行,又最大限度的延长了润滑油使用寿命,并能节约大量的润滑油及降低因频繁换油所消耗的工时和清洗油。由于它需要购置一些仪器并增加分析工作量,限于人力和物力等原因,目前多用于用油量大的设备上。

(4)自动监测换油制 将自动油质监测仪安装在润滑系统中,仪表自动显示在用润滑油动态质量。绿灯指示润滑油正常;黄灯告诫人们准备换油,润滑系统中专用循环过滤系统自动启动;红灯指示设备自动停车(或开不起来),必须清洗换油。

自动监测换油制安全、可靠、自动化程度高,但投资大。

3. 润滑油的“三级过滤”和添加油的一般原则

(1)润滑油的“三级过滤”进厂合格的润滑油在应用到设备润滑部位前,一般都要经过几次容器的倒换存储和位置移动,每倒换一次容器或移动位置都应进行一次过滤,以杜绝杂质的二次污染。润滑油的“三级过滤”是指:合格油品进润滑站固定油罐(桶)时要进行一级过滤;润滑站固定油罐(桶)的油进加油工具时要进行二级过滤;加油工具里的油进入设备润滑点时要进行三级过滤。图 7-4-10 是润滑油“三级过滤”示意图。“三级过滤”不是指润滑油在同一个地方连续过滤三次,而是要求从领油大桶-润滑站固定油罐-加油工具-设备润滑点之间的三级过滤。

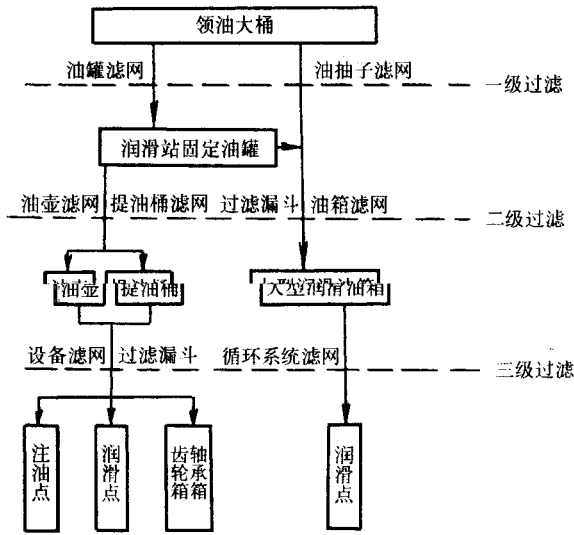


图 7-4-10 润滑油“三级过滤”示意图

“三级过滤”所用滤网可参考下列规定选用：

汽轮机油、冷冻机油、压缩机油、全损耗系统用油等所用滤网是：一级过滤为 0.28mm；二级过滤为 0.18mm；三级过滤为 0.154mm。

汽缸油和齿轮油等所用滤网是：一级过滤为 0.45mm；二级过滤为 0.28mm；三级过滤 0.18mm。

一些专用润滑油对滤网如有特殊要求,按特殊规定执行。

(2)添加油的一般原则

- 1) 储油部位每隔 5~7 天检查加油一次, 保证油量到规定的位置。
- 2) 人工加油的主要部位每班加油 2~3 次。
- 3) 立式导轨每班加油 3 次。
- 4) 传动丝杠及轴承每班加油 2 次, 用润滑脂杯时, 每日旋进 2 扣。
- 5) 开式齿轮用人工加油时每班加油 2 次, 用润滑脂时每班加脂 3 次。
- 6) 精密设备要严格按润滑卡片和说明进行加油。

(二) 设备净化

设备净化是指生产设备按其使用情况和产品要求必须保持一定净度, 这是文明生产对润滑管理的基本要求。除须经常做好设备净化工作、保持生产环境的清洁、尽量减少对设备的污染外, 还应周期地采取必要的净化措施, 以清除在设备内外积集的污垢。

1. 设备内外积垢的分类和净化方法

(1) 设备积垢的分类 设备积垢可分为防锈剂、切削油、抛光化合物、涂漆和固体物等几类, 可按其清除的难易和污垢的来源探索排除的方法。

(2) 设备净化的方法 从表面排除污垢的方法有机械法和化学法两种。机械法包括喷砂、刷擦、铲刮等。这些方法因有伤害设备的危险性, 只有少数几种用于维护净化工作。在积垢很厚或积垢贴附不牢, 又有时呈现干而脆的情况下, 采用上述机械方法净化速度快、节约人力, 经济上也合算。

化学法包括使用液体、乳化剂、有机溶剂(酯或油)等将污垢溶化或与污垢产生化学反应后除去积垢的方法。产生化学反应的方法可分为两种类型, 一种是用酸或碱除去氧化物和水垢, 另一种则是将脂肪油皂化, 在氯化时排出油。

选择设备净化用材料时必须考虑下列诸因素: 积垢的类型; 需要净化的程度; 所需的设备; 净化和辅助装置的经济性; 潜在危害健康及引起火灾的危险性; 蒸发率、氯化物溶剂的闪点和气化百分率、控制限制值。

2. 润滑系统的清洗和净化

润滑系统的清洗和净化是设备维修工作的关键环节。新设备的润滑系统中不免残留有加工屑末和外界杂质, 需彻底清除。已经运行的设备, 其润滑油逐渐老化变质, 生成沉淀, 此外还会因加油和空气污染带来的尘埃和屑末而沾污系统, 故仍需定期清洗。清洗和净化的程度和周期须按设备的大小及其重要程度以及环境情况而根据检查和试验室分析结果加以规定。清洗净化的步骤和所用材料亦应随系统的装置和其不同的条件而具体进行选择。下面以常用金属切削机床润滑系统为例, 扼要介绍有关润滑系统清洗净化的过程。

(1) 安装后试车的清洗 在开始清洗前应对润滑系统作全面的检查以判明其情况,

在设备说明书上如有提示应严格遵守。首先要人工清除系统各环节所涂的防锈油和残留的焊渣、屑末、砂尘等,然后加入清洗用油液。所采用的擦布必须是不脱毛的,以免堵塞油路。

1)系统的清洗 为了不让清洗油液将系统中的油污带入轴承,一般在轴承进油孔上装一固定凸缘(即挡铁)加以隔离,而后再清洗轴承。加入系统中循环的清洗油液数量须按系统的类型、规格及所用泵的容量加以规定,而接装管道配件的规格则按循环油液量而进行选取。清洗用油液的粘度应与规定润滑油的粘度相同或较低。粘度较低时,能保证有较好的溶解作用,有利于净化。而粘度较高时则有较好的润滑保护效果。选用时可根据具体情况而作出适当的选择。油箱中应保持足够的清洗油量,并通过辅助泵进行连续的循环。为了加强清洗的效果,最好将循环的清洗油加热。加热的温度应达到设备润滑系统的最高工作温度或更高一些,这样才能使管道膨胀大于在工作中的膨胀,而更有效地使水垢和其他粘附物质得以松散脱落。

在清洗过程中应连续采用过滤器和离心机,以净化清洗油液。如原润滑系统缺少这种装置,则需另行加装。热清洗油液的循环应按需要继续一段时间,小型装置可以是1~4h,而大型装置则需要更长的时间。当清洗过程完成后,可即从系统中放净清洗油液,特别要注意放净管道和变速器等中的所有低凹位置。要人工清除落入油箱中的沾污杂质,检查轴承及其壳体和顶盖,拆开变速器的液压机构,清除外界杂质。

小型和未涂防锈材料的润滑系统可以简化手续,利用和规定润滑油同样的油品进行清洗工作。其清洗的方法和上述方法相同。需要注意的是:仍要防止任何可能的沾污,并不让外界杂质进入轴承和变速器中。

2)清洗油的排出 清洗油不符合润滑的要求,而且包含杂质太多(包括溶解和不溶解的),必须彻底排除。特别大型重要的润滑系统,在清洗净化并放出清洗油之后,还需利用和规定润滑油同样的油品加入系统中,加热至55~65℃,让其循环约2h,然后放出。因油的粘度高于清洗油的粘度,故能将一些更重的杂质悬浮起来而冲洗除掉。

经过上述办法清洗净化的润滑系统,在加入规定润滑油运行几个星期后经实验室分析判定油的粘度和清洁度均无意外情况时,就可认为跑合终了,需要换一次油,然后作长期正常的运行。

(2)清洗换油 设备润滑系统在运行一定时间后,润滑系统中不免累积有水分、尘埃、锈皮、漆皮、纤维及不溶于油的变质产物等所形成的沉淀物,这些有沉淀物的润滑油都应按计划进行更换。设备清洗换油工艺一般分为三个阶段:

1)准备检查阶段 对已到换油周期的设备进行换油时,先将回收废油的专用桶、清洗油、清洗工具和新油一并准备就绪,然后清理设备周围场地,不得有明火存在,换油设

备必须切断电源。

2)清洗换油阶段 根据润滑卡片或润滑图表所规定的部位,拆卸必要的罩壳、盖板,在放油口上接上油盘,拧开放油孔,放尽废油。接着,拆卸各级过滤器,认真清洗,拆卸油窗、油标、油毡、油线,并清洗干净。然后,再把清洗用油倒入油箱或换油部位,用油拖把、油勺和纱布进行油箱体内的清洗,规格较大的油箱也可用油泵冲刷清洗。要求把箱内油垢、油泥、垃圾杂物清洗干净,油漆面显露本色。同时检查润滑系统中各元件是否完好,对损坏或失落的机件进行修配。

最后,擦干油箱,装好过滤器、油窗、油标,旋上放油螺钉,按规定的油品牌号加油至规定油量。

3)收尾调整阶段 加油后进行试车运转,认真检查润滑系统中各油路是否畅通,油量是否符合要求,及时加以调整。

设备运行后的清洗也可参照“安装后试车的清洗”方法进行。

3. 各种油料及净化材料的安全技术

油料等燃烧引起的火灾和爆炸是工业生产甚至人身安全的最大威胁。只有遵循国家防火防爆的法规才能防止这种灾难的发生和发展。

在工厂中储存、发放和使用的各种油料和净化材料中都蕴藏着一定的危险因素。用过的废旧润滑油常较新油具有更低的闪点,其挥发性比新油更高。如让这种烃油散发大量蒸气或油雾与热空气密切接触混合,就有着火和爆炸的潜在危险。净化材料如汽油等常是很好的溶剂,但闪点低、挥发性高,故着火和爆炸的危险性很大。即使水基的工业液体如乳化液等本不易着火,但在工作中由于水大量的挥发未及加以补充,而最后余下的油仍有着火甚至爆炸的危险。特别在管道破裂有一定压力的油喷射出来时更危险。

为了避免油料及净化材料可能出现的火险、爆炸,保证安全,防患于未然。以下简介防火防爆的重要措施。

(1) 预防措施

1)控制或避免火源。

2)控制蒸汽 净化工序不应在通风不良的地方上进行。控制火灾和危害健康环境都采用同样的通风方法,即所谓稀释通风和局部通风两种。通风量可以用下面的公式加以计算:

$$Q = \frac{38700 KW}{M_w LEL}$$

式中 Q ——需要的空气量(m^3/min);

K ——安全系数(4~10);

W ——溶剂的蒸发速率(kg/min);

M_w ——溶剂蒸气的相对分子质量；

LEL ——溶剂的低爆炸限(在混合温度时,溶剂的体积分数)。

在应用稀释通风时,空气的通风量 Q 应设计在 25% 爆炸限的基础上。这种较大的通风容量防止超过潜在不利健康的危害浓度,即其控制限值数值。因此,在上式中最小的安全系数 K 应为 4。

3) 盛装净化溶剂的可移动容器应采用类似于安全矿灯的“安全桶”式样。这种桶内装有防阻火焰器和有效的封闭阀栓塞,可以防止火焰的发生及其扩散。

4) 可燃净化剂的所有容器应贴有合格标签,包括闪点及燃烧速率的危险警告。

5) 可燃净化剂应放在通风较好的地方,并应和生产区域分离,而所用的电气设备均应是防爆型的。

6) 应准备适当的灭火装置,以防万一。

7) 利用不易燃的净化剂代替可燃的净化剂。必须考虑其对健康危害程度。

8) 妥善地安排可燃性液体。包括仔细认真的存、发放、搬运和使用并保持工作场所的整洁。

9) 加强培训工作。负责处理可燃液体的工作人员均应受到安全技术知识的充分训练。

(2) 实际操作时的注意事项

1) 采用在完好状态下经过检查合格的安全容器,并在不用时保持其封闭。

2) 除准备完好并打上标记以外的任何液体容器绝不许加以采用。

3) 仅将一个工作班需要的液量保持在工作场地内。在交班时应退回剩余液体到指定的储藏地方。

4) 立刻擦净溅散或溢出的液体,并把擦拭用破布归入安全容器中,绝不许用锯末吸收残余的可燃液体。

5) 绝不允许在可燃的液体旁吸烟、使用开放火焰或打火花。

6) 在有可疑现象时,应检查电线接头和接地线的导电情况。

三、废旧润滑油的回收和再生技术

把废旧润滑油回笼收集起来即是废旧油的回收。对废旧润滑油进行一系列简单的工艺处理后,除掉其中的杂质及变质物,使润滑油达到国家规定的技术标准,恢复了原有的性能,又能重新用于生产的过程叫做废油再生。

(一) 废旧油的回收和保管

1. 废旧油的回收

废旧油的来源如下：

!)设备更换润滑油时的废旧油。无论是定期换油或按质换油时,设备更换出来的废旧油是废旧油回收的主要来源。

")设备的漏油。有些设备存在漏油、渗油现象,对此可采用各种回收措施,随时收集废油。比如:设油盘、增加挡油板,在漏油部位修水泥坑,用抹布及时收集撒漏的油等。注意千万不能往废油中倒锯末。

#)从擦抹机床设备的破布中回收废油。把含油破布集中起来,放入适当容器中,加碱水、通蒸汽蒸煮,可将废油回收,抹布洗净。

\$)从切屑中回收废油。使用油质切削液及设备导轨面的润滑油都能使切屑中含有废旧油。虽然机床设备已经有第一次回收装置,但是设备推出的切屑中仍含有可回收的废旧油。根据切屑量的多少采用离心机及静置方法回收废油。

%)从装油器具中回收废旧油。从润滑站的装油桶、储油罐及油壶的底部都可以回收到废旧油。

总之,废油回收工作必须经常坚持、点滴回收、积少成多。

"& 废旧油的保管

!)将各种不同种类和牌号的废油,仔细地分别收集存放。如果容器不够用时,也不能将不同类型或牌号的油放在一起。更不允许将废润滑脂、清洗油等混入废润滑油中。

")对于废旧情况和老化程度相差很大的废油最好也分别收集存放,便于合理处理。如机械杂质特多的废油应先经过深度沉淀。胶质沥青严重的废油,应先经白土接触和沉淀,不然会使过滤器的负担过重。又如用于润滑炽热摩擦面(超过!!'()或用于热处理经受深度氧化的工业油,应单独收集处理,不应与一般废油相混。

应根据废油再生的方法、规模和对再生油质量的要求,需要适当合并一些废油品种,以减少容器的数量和再生的手续。

#)装废油用的桶必须专用并在各个桶上标明废油品种牌号。废油应尽量密封,防止日光曝晒和大量灰尘、水分杂质进入桶内,加深变质的程度。还要注意防火安全。

\$)利用小桶收集的废油,应并入沉降池进行初步的沉降和去水。

(二)废油的再生技术

不同品种和牌号的废油再生方法不同,即便是同品种的废油,由于机械设备的工作条件、使用时间和环境不同,废油的杂质含量不同,变质深浅的程度不一样,再生的方法也不同。因而废油的再生工艺必须根据具体的情况合理选择。

废油的再生大致可分为“再净化”及“再精制”两类。“再净化”包括过滤、离心、真空脱水、沉降等过程,以除去废油中的水分及固体杂质为目标,包括细分散的杂质。为了破乳及凝聚细分散杂质,经常使用适当的破乳剂和助凝剂。“再精制”是指能除去溶解在油中的杂

质的工艺,包括硫酸精制、吸附精制、蒸馏、加氢精制、溶剂精制等过程(单元操作)。

1. 废油再生工艺

通常选用的工艺有沉降过滤工艺、白土吸附工艺、碱中和、白土吸附工艺、硫酸精制、碱中和、白土吸附工艺四种,其流程见图 7-4-11 所示。

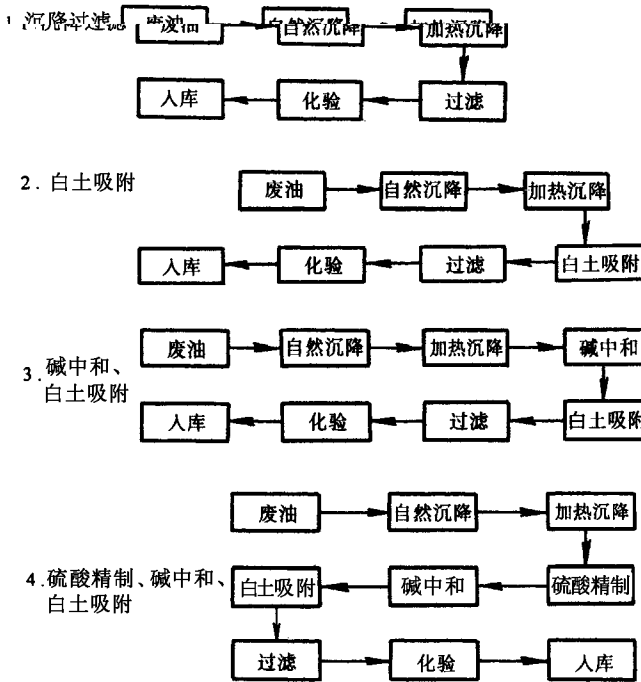


图 7-4-11 废油再生工艺流程方框图

废油再生除上述四种目前国内主要采用的工艺外,还有空气干燥、真空干燥和真空过滤等。这些工艺主要是进一步排除气体、水分和燃油的沾污,以达到更高的再生油质量要求。国外也有采用丙烷沉降法及糠醛抽提-加氢法等新的精制工艺来代替硫酸及白土精制,但工艺流程比较复杂,目前应用的还不太普及。

(1) 沉降过滤工艺 这种工艺适用于润滑油使用时间不长,变质程度不严重,杂质污物含量不大的废油。其工艺特点是,利用水分和机械杂质的密度比油大的原理,使水分和机械杂质沉降到下部。沉降一般采用两种办法,即常温沉降和加温沉降。常温沉降就是在室内常温下让其沉降,时间较长,夏季需 24~48h,冬季气温低,时间需要更长一些。为了加快沉降的速度,可在容器内加装蒸汽盘管,提高油温,一般加热油温到 50~80℃之间比较合适。如超过 100℃会使油沸腾而把下部的杂质和水分搅起,并使油加速氧化,降低了再生油的质量。加温沉降法可把沉降时间缩短到 12~14h。废油经沉降后,提取上部好油进行过滤,底部的废油和其他废油再次进行沉降。沉降后的油必须进行过滤,这

样才能将其中细小杂质过滤掉。

过滤可采用两种办法 :自然压力过滤法和加压过滤法。

!)自然压力过滤法 自然压力过滤法是利用图 " # \$ # !% 装置。废油从废油入口 ! 进入大过滤罐 % 内 ,透过一次过滤层 & 后 ,进入大过滤罐 % 下部 ,借废油自然压力又透过二次过滤层 \$ 向上返到大过滤罐 % 的上部圆柱部分。经过两次过滤后的油经管线进入小过滤罐 ' 底部。同样借助于自然压力 ,油又透过三次过滤层 (向上返流到小过滤罐 ' 的上部圆柱部分。油经过三次过滤后由出油口进入净油桶 " 内。这时可将油进行化验 ,如果合格即可用于生产 ;不合格可根据化验数据进行再处理。这种利用润滑油自身重力 (自然压力)通过纱网、毛毡和白土过滤的过滤方法 ,简单易行。使用时一定要注意大、小油罐高位差。它适用于粘度小 ,不含白土的润滑油的过滤。

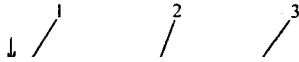


图 " # \$ # !% 自然压力过滤法示意图

!—废油入口 %—大过滤罐 &—一次过滤层、上层铜丝网,中层毛毡、
 下层多孔垫板 \$—二次过滤层、上、下层铜丝网,中间类白土 ,
 底层多孔垫板 '—小过滤罐 (—三次过滤层、上层铜丝
 网、中层毡,下层多孔垫板 "—净油桶

2) 加压过滤法 加压过滤法是利用油泵、滤油机或空压机强迫润滑油通过滤网进行过滤的方法。这种方法生产效率高,过滤质量好,适用于各种粘度的润滑油的过滤,缺点是成本高。图 7-4-13 是废润滑油沉降及加压过滤流程示意图。



图 7-4-13 废润滑油沉降及加压过滤流程示意图

- 1—废油池(箱) 2—粗滤器 3—液压泵 4—搅拦装置
5—沉淀槽 6—蒸汽加热管 7—过滤槽 8—毛毡过滤层
9—压滤机 10—储油槽 11—再生油出油管

(2) 白土吸附工艺 天然白土对吸附过滤废油中的氧化杂质有很好的效果,而且价格便宜,可以大量应用。在有条件时也可以考虑采用较高温度的白土处理来代替硫酸精制,以简化处理的手续,便于解决深度废油的再生问题。

白土吸附再生的规模可大可小,其作用比较全面而设备又不太复杂,故广泛应用在精制工序中,特别适合于再生规模较小,而质量要求较高的场合。

(3) 硫酸精制、碱中和、白土吸附工艺

1) 硫酸精制

① 原理及优缺点 硫酸精制的目的就是要除去润滑油中由于氧化变质而产生的不饱和烃、氧化胶质、沥青质、树脂等有害组分。硫酸在油中的主要作用是:

a. 对油的含氧、含硫、含氮化合物起氧化、磺化、脂化和溶解等作用,将这些有害物质从油中除去。

b. 对油中产生的胶质、沥青质起溶解作用或氧化和磺化作用。

c. 对油中悬浮的各种固体杂质起凝聚作用,使其沉降。

硫酸精制的优点是使用设备简易,操作简单方便,并可以获得高质量的再生油。但在硫酸精制过程中,部分有用的润滑油组分也受到破坏,而且酸洗后生成的酸渣不易处理。

② 硫酸精制的设备及操作要点

a. 硫酸精制所需要的设备是耐腐蚀的酸洗罐,如图 7-4-14 中序号 3 所示。酸洗罐内设有蒸汽加热盘管,以备酸洗时加热。罐上还装有齿轮减速器带动的搅拌器和压缩空气管道,供酸洗搅拌时应用。酸洗罐应有盖和排风管,以便排除加酸和加白土时产生的气体。酸洗罐一般径高比为 1:1,下部锥度底装阀门,作为沉淀排渣用,罐上还应装温度计、进油管 and 出油管。

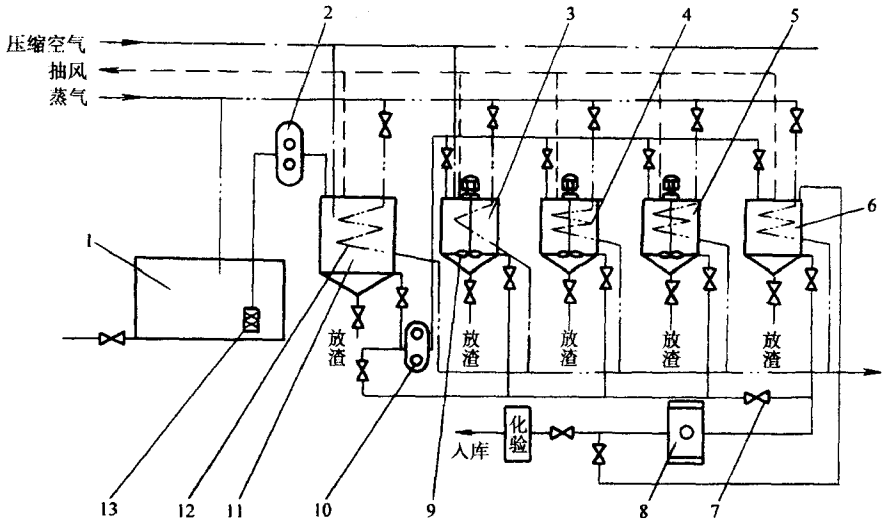


图 7-4-14 废油再生工艺流程总图

- 1—自然沉降槽 2—废油泵 3—酸洗罐 4—碱-白土处理罐 5—过滤罐
6—暂存罐 7—截止阀 8—板框过滤机 9—搅拌器 10—循环泵
11—加热沉降槽 12—蒸汽加热管 13—过滤器

b. 硫酸精制时操作要点

a) 酸洗温度 根据废油的粘度确定,一般采用的酸洗温度是:变压器油、高速机油为常温(20~30℃)混合回收的全损耗系统用油为 35~40℃ 淬火用过的废油为 50℃ 左右。

b) 硫酸浓度和用量 使用工业浓硫酸。硫酸用量应根据废油杂质的含量及种类决定,废油再生前的小型试验提供可靠的用量根据。废油老化太严重的,用量多一点,精制时硫酸用量占废油质量的 2%~6% 左右;不含有抗氧化剂的,硫酸用量与油的抗氧化安定性是一个二次曲线,加入的酸量合适才能得到抗氧化安定性好的油。一般酸洗 1t 废油,酸用量为 20~30kg 并用 2~3min 时间缓缓加入槽内。

c) 搅拌 采用机械和压缩空气相结合的搅拌方式。先开动搅拌机、排风设备,然后缓缓加入硫酸,再激烈搅拌 5~10min 后,停止压缩空气搅拌。机械搅拌继续搅拌 10~15min,待酸渣与油明显分开时停止搅拌。

!)酸洗次数 一般为"#\$次。一般是酸洗一次即保证再生质量。

%)助凝剂 为了使很难沉降的酸渣微粒凝聚或较大颗粒,加速酸渣的沉降,酸洗时要加入助凝剂。以白土做助凝剂可防止加水过多,酸渣水解。白土用量是处理量的&'(#")。废白土渣加入量为处理量的"'(#)\$'(#)。硫酸加入槽内后,应立即加入助凝剂,继续搅拌,待酸渣凝聚到最大颗粒时,停止搅拌。这个最佳时间一般为"&#\$&*+,。

-)沉降分渣 废油酸洗后必须沉降,使酸渣颗粒沉到槽底。排渣一般进行两次,第一次是酸洗后静置(#./,排渣后再静置"&#"/,然后进行第二次排渣。放完酸渣后,含有酸渣微粒的油层进入酸洗槽的锥体部位,这时就可以打开排油阀将酸性油用泵送出,进行下道工序处理。

\$)碱中和、白土吸附

经过硫酸清洗后的酸性油中仍残留一些溶解状或弥散状的硫酸反应物,以及残余的微量酸,需进行碱处理或白土处理,或者碱中和—白土处理。

碱中和主要采用碱中和油中的环烷酸、低分子有机酸、硫酸等,使之生成盐和皂。白土吸附以除去其中未被酸碱洗掉的沥青、胶质、环烷酸、多环芳香烃等有害物质,并起到脱水、脱色的作用。

碱中和既可独立用于再生,又可与硫酸精制联合使用,也可把碱中和—白土吸附同时进行。

中和剂一般使用苛性钠水溶液或无水碳酸钠。苛性钠水溶液易乳化,而无水碳酸钠不乳化,且操作简便。

处理时将槽内酸性油加热至.&O,开动搅拌,同时加入质量分数为")#)\$无水碳酸钠,随即缓慢加入质量分数为1)预先过筛并干燥过的白土。加完白土后继续搅拌升温至"\$&#"2&O时,停止搅拌,静置3/后放渣。放渣后将中性油用泵送到过滤槽内准备过滤。

2)过滤、化验及入库

①过滤 废油的过滤是利用可以让油通过而不能让固体通过的多孔介质,将废油固体颗粒(油中的杂质及白土处理后油中含有的白土)分离出去的单元操作。这道工序主要注意过滤介质和过滤的温度。

过滤介质是过滤时用的滤纸、滤布和滞留在滤纸滤布上的沉淀层。对过滤介质的要求是

4' 多孔性。油通过时阻力要小,并能很好的截留固体颗粒。

5' 要有相应的耐腐蚀、耐热性。

6' 要能承受一定的压力,操作时应有足够的机械强度。

因过滤速度与油的粘度有关,粘度越低,过滤速度越快。而油的粘度与温度有直接关系。因此要合理选择过滤温度。温度选择在 70 ~ 100℃ 之间时,过滤所用的时间很短,这样不但可以提高过滤速度,同时也减少油的氧化。过滤温度达到 140℃ 以上时,过滤介质的老化速度和油的氧化速度都会提高。但有些高粘度的油,如压缩机油等,只有加热到 140 ~ 160℃ 才能过滤。

过滤设备可采用最普通的板框式压滤机、间歇式压滤机,也可使用滤油机。

经过碱中和 - 白土吸附处理后的中性油,用泵泵送到过滤槽(结构与碱中和 - 白土处理槽相似)中,随即升温到 100℃,开动搅拌机并再加入质量分数为 0.5% 的白土,当温度升至 120℃ 时把槽中的油泵送入过滤机,进行带土过滤(柴油机油须加温至 150 ~ 160℃),过滤出的油转至暂存槽。然后更换滤纸,将暂存槽中的油循环过滤,经过 2 ~ 3 次过滤后即可取样化验。

合格油品可泵送至储油槽中。废油再生工作即告结束。

图 7-4-14 为废油再生工艺流程图。

② 化验和入库

a. 再生油按国家有关标准进行化验,全部符合国家标准的再生油,可作为新油入库。

b. 经过化验的再生油有部分指标达不到国家标准,但符合表 7-4-18 和表 7-4-19 指标时,可降级使用,两表均摘自《陕 DB3576—86》

表 7-4-18 再生全损耗系统用油测试指标与国际 GB443—89 比较

测试项目 全损耗系统用油牌号		粘度	闪点/℃	酸 值	水分	机械杂质	腐蚀	水溶性酸碱
		(40℃)	(开口)	[mg(KOH)/g]	%	%		
与 GB443—89 比较	L-AN5 ~ L-AN10	± 10%	- 10	+ 0.04	+ 0.10	+ 0.08	合格	无
与 GB443—89 比较	L-AN5 ~ L-AN150	± 15%	- 15	+ 0.1	+ 0.15	+ 0.1	合格	无

注:各成分含量百分数皆指质量分数。

表 7-4-19 再生主轴油、液压油测试标准

测试项目 用油牌号		粘度	闪点	水分	机械杂质	腐蚀	水溶性酸碱
		(40℃)	/℃	%	%		
与部标 SH0017—90 比较	主轴油	± 5%	(闭口)- 10	+ 0.01	+ 0.01	合格	无
与部标 GB11118.1—94 比较	液压油	± 8%	(开口)- 10	+ 0.08	+ 0.03	合格	无

注:各成分含量百分数皆指质量分数。

c. 测试指标达不到再生油要求的,按废油入库,重新处理。

2. 废油再生工艺的选择

废油再生并不是设备越复杂,工艺流程越繁琐,再生油的质量就好,而是在保证再生油质量的前提下,尽量采用简单的设备,较低的成本及合理的工艺流程进行再生。例如,沉降过滤工艺用于废油变质程度浅,仅含一般的机械杂质,使用时间又很短的废润滑油。如新设备试运转用过的油或换油后不久因故停用的设备用过的油等。这类油经过常温沉降过滤即可到达规定的质量指标。

白土吸附工艺及碱中和、白土吸附工艺用于含有较多水分和杂质,因氧化变质酸值增高,用沉降过滤工艺保证不了质量的废油。如设备定期更换的废油,采用这种方法就能得到满意的结果。

硫酸精制、碱中和、白土吸附工艺,用于废油杂质、水分高,氧化变质程度很深,酸值很高,颜色暗黑,经沉降、碱中和、白土吸附后不能达到润滑油各项质量指标的油,就要采取这种再生工艺流程。

3. 废油再生前的生产准备

为了正确地选用再生工艺以达到良好的再生效果,再生油生产开始以前要对废油进行分析检验及小型再生试验,给成批再生油的生产确定工艺流程和工艺条件。

(1) 分析化验 全损耗系统用油再生前需对下列主要指标进行分析检验:

- 1) 粘度
- 2) 酸值
- 3) 水溶性酸碱
- 4) 机械杂质
- 5) 水分
- 6) 外观颜色

(2) 小型试验 采用硫酸精制、碱中和及白土吸附工艺流程再生废油前,要进行小型试验以确定硫酸的使用量。

- 1) 所需试剂及原料 硫酸、活性白土、粉状无水碳酸钠、试验用废油。
- 2) 操作步骤

用三个 200mL 烧杯分别做好标记 1、2、3 号,各盛 100g 从沉降槽上取出经过沉降的废油(试验用油),加温 35~40℃后停止加热,在不断搅拌下向 1、2、3 号烧杯中分别加 1g、2g、2.5g 硫酸,然后再分别加入白土 1g 即可。可以看到酸渣开始形成,并挂在烧杯壁上或迅速沉到烧杯底部。停止搅拌并静置 1h 后,将三个烧杯的油分别倒入另外三个清洁的烧杯中,并标明杯号。将三个烧杯内的酸性油同时加温升至 80℃,在不断搅拌下分别

加入 1g 无水碳酸钠和 7g 白土 ,搅拌温升至 120℃ ,立即用过滤纸过滤到干净滤杯里。用三个试管分别取出油样进行颜色比较 ,颜色透明 ,不发红 ,不发黑接近新油颜色的试样 ,表明酸用量合适 ,也可做酸值 ,水溶性酸碱等化验分析 ,作为大批酸油再生的依据。

4. 再生油的使用

(1)直接使用 再生后的润滑油其质量指标与外观颜色如果完全符合新润滑油规定的指标 ,就完全可以像新油一样直接使用。但由于再生油的抗氧化性能较新油差 ,因此最好加入抗氧化剂 2、6-二叔丁基对甲酚。

使用时间不长的润滑油经沉降过滤再生后化验合格可直接使用。

(2)调配使用 以再生油作为基础油 ,调配成适合于冬夏季设备用的普通润滑油 ;也可以根据生产需要调配成特种油品。

(3)其他用途 再生油的质量如达不到规定的指标时 ,可重新处理。对于那些批量小 ,调配又没有意义的不合格再生油 ,可用于不重要的润滑部位或降低使用。