

水泥厂 设备润滑管理

熊会思 编著

SHUINICHANG
SHEBEI RUNHUA GUANLI

中国建材工业出版社

图书在版编目(CIP)数据

水泥厂设备润滑管理/熊会思编著. —北京:中国建材工业出版社, 2004.5

ISBN 7-80159-614-5

I.水... II.熊... III.水泥-生产-化工设备-润滑剂 IV.TQ172.6

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2004) 第 036089 号

水泥厂设备润滑管理

熊会思 编著

出版发行: **中国建材工业出版社**

地 址: 北京市西城区车公庄大街 6 号

邮 编: 100044

经 销: 全国各地新华书店

印 刷: 北京鑫正大印刷有限公司

开 本: 787mm × 1092mm 1/16

印 张: 14.5

字 数: 371 千字

版 次: 2004 年 5 月第 1 版

印 次: 2004 年 5 月第 1 次

印 数: 1~3000 册

书 号: ISBN 7-80159-614-5/TU·327

定 价: **26.00 元**

本书如出现印装质量问题, 由我社发行部负责调换。联系电话: (010) 68345931

再 版 前 言

本书是作者在伊拉克卡尔巴拉水泥厂（6000t/d 新型干法水泥厂）工作时掌握的欧洲 POLYSIUS 水泥机械制造公司和 HOLDERBANK 水泥公司的先进预维修管理系统和水泥设备润滑管理系统后，结合国内新型干法水泥生产线采用国内开发各种润滑油和润滑脂使用经验编写而成，本书第一版 1994 年出版后，设备润滑工程师普遍反映：这本书对实际工作有很大帮助。

十多年来，我国机械工业研究院以及中国石油化工集团公司为满足我国水泥厂机械的一些特殊要求，开发了多种专用润滑油和润滑剂，本书再版之际，我们已将它们增补进去。

熊然工程师在收集润滑剂资料，在制图和描图以及制表方面做了大量的工作。另外在编写本书过程中，郭爱如及戴光宇同志协助作者作了许多工作，特此鸣谢。

本书编写过程中，还要感谢国内外许多润滑油脂生产厂、石油化工厂、以及润滑设备厂的合作和提供资料。

编著者

2004 年 3 月 15 日

目 录

1 概 论	1
2 水泥厂常用润滑剂特性	3
2.1 润滑油主要理化指标和意义	3
2.1.1 黏度	3
2.1.2 凝固点 (倾点)	6
2.1.3 酸值	6
2.1.4 闪点	6
2.1.5 残碳	7
2.1.6 灰分	7
2.1.7 水分	7
2.1.8 氧化安定性	7
2.1.9 润滑性能	7
2.1.10 机械杂质	8
2.1.11 抗泡性	8
2.1.12 蒸发度 (蒸发损失)	8
2.1.13 腐蚀性	8
2.2 润滑脂组成	9
2.2.1 稠化剂	9
2.2.2 基础油	9
2.3 润滑脂主要理化指标和意义	9
2.3.1 滴点	9
2.3.2 锥入度	9
2.3.3 水分	9
2.3.4 皂分	10
2.3.5 灰分	10
2.3.6 分油量	10
2.3.7 极压性能	10
2.3.8 机械稳定性	10
2.3.9 机械杂质	10
2.3.10 氧化安定性	10
2.3.11 游离碱和游离酸	10
2.3.12 润滑性	11
2.3.13 腐蚀性	11
2.4 润滑剂添加剂	11

2.4.1	添加剂的作用	11
2.4.2	添加剂性能要求	11
2.4.3	添加剂类型与功能	12
3	水泥厂常用润滑剂种类及选择	16
3.1	概述	16
3.2	水泥厂常用润滑油	16
3.2.1	齿轮润滑油的作用	17
3.2.2	齿轮润滑油应具有理化特性	17
3.2.3	工业齿轮油的分类及产品标准	18
3.2.4	液压油	27
3.2.5	压缩机油的作用	30
3.2.6	轴承润滑剂	34
3.3	水泥厂常用润滑脂	36
3.3.1	水泥厂轴承用润滑脂应具有理化特性	37
3.3.2	辊压机用润滑脂	39
3.3.3	水泥厂开式齿轮润滑脂	40
3.3.4	不同润滑脂的混合和兼容性	41
3.3.5	润滑脂稠度测定和分级	42
3.4	水泥厂设备润滑剂选用	43
4	水泥厂设备润滑剂牌号选择	52
4.1	齿轮传动副润滑油牌号选择	52
4.1.1	我国工业齿轮油应用概况	52
4.1.2	渐开线圆柱齿轮和锥齿轮润滑油黏度选择	53
4.1.3	蜗轮传动副润滑油黏度选择	57
4.1.4	齿轮损伤的原因及其预防措施	58
4.2	轴承用润滑剂牌号选择	60
4.2.1	滑动轴承润滑	60
4.2.2	轴承对润滑油的要求	60
4.2.3	滑动轴承润滑剂牌号选择	60
4.2.4	滚动轴承润滑剂牌号选择	62
4.3	联轴器、离合器润滑剂牌号选择	66
4.3.1	联轴器润滑剂牌号选择	66
4.3.2	离合器润滑剂牌号选择	66
4.4	链传动润滑剂牌号选择	67
4.5	平面滑动导向装置润滑剂牌号选择	67
4.6	钢丝绳润滑剂牌号选择	67
4.7	液压机械工作用油选择	67
4.8	压缩机用油牌号选择	68
5	水泥厂设备给油方式选择	69
5.1	润滑油给油方式	70

5.1.1	手工给油 (HO)	72
5.1.2	滴油润滑 (DL)	72
5.1.3	浴油润滑 (OB)	72
5.1.4	循环压力给油润滑 (CL)	74
5.1.5	喷雾式润滑 (SL)	86
5.1.6	喷射式润滑 (AS)	86
5.1.7	链条传动润滑	86
5.1.8	平面滑动导向装置润滑	87
5.1.9	钢丝绳润滑	88
5.2	润滑脂给油方式	88
5.2.1	手涂润滑脂 (GP)	89
5.2.2	装填润滑脂 (GE)	89
5.2.3	油杯 (GC) 和油枪 (GG) 润滑	91
5.2.4	润滑脂块润滑	92
5.2.5	双线集中润滑系统 (CA)	92
5.2.6	递进式集中润滑系统	108
5.2.7	水泥工业开式齿轮润滑	114
5.2.8	回转窑托轮轴承润滑	147
5.2.9	回转窑轮带与筒体垫板间润滑	149
6	润滑剂的更换与补充	151
6.1	润滑油更换周期	151
6.1.1	润滑油的最初换油期	151
6.1.2	润滑油正常换油期	151
6.1.3	不正常换油期	156
6.2	润滑脂补充间隔期	156
6.3	链传动及平面滑动导向装置润滑制度	157
6.3.1	链传动润滑制度	157
6.3.2	平面滑动导向装置润滑制度	158
7	润滑管理	159
7.1	润滑管理与预防性维修	159
7.2	润滑管理的目的	159
7.3	润滑管理制度	160
7.3.1	润滑管理的要点和顺序	160
7.3.2	使用油管理要点及顺序	160
7.4	润滑剂的保管	160
7.4.1	润滑剂贮存	160
7.4.2	润滑剂发放	163
7.4.3	润滑剂分配	164
7.4.4	润滑剂的消耗量	164
7.5	废润滑油再生	164

7.5.1 收集和贮存	164
7.5.2 废润滑油再生	165
附表 典型水泥厂设备润滑一览表	167
主要参考文献	224

1 概 论

我国湿法水泥厂过去多沿用前苏联水泥厂设备润滑油管理规程。在 20 世纪 80 年代改革开放后发展起来的新型干法分解窑生产线,开始时仍然沿用过去润滑油管理规程,一直使用非极压型润滑油,如机械油、汽缸油和普通工业齿轮油,形成不论在什么工况下,一律使用机械油的定规,使机械油变成万能用油。

近 20 年来,润滑技术发生了划时代变化,添加剂得到不断完善,性能不断提高,添加剂的复配技术不断成熟,使润滑机理发生了质的变化。表现在润滑油不再单靠油的黏度,而主要靠化学反应膜;润滑油对啮合表面的附着,不再单靠物理吸附,而主要靠化学吸附,化学吸附的强度比物理吸附的强度高 5~10 倍;润滑油添加剂复配技术的应用,可以在最需要润滑的部位生成反应膜,有效地保护啮合表面。分子设计的理论与实践,使具有不同功能的基团,优势互补,合理组合,使一种添加剂同时能满足几个不同要求,使润滑油品高性能化。

与此同时,我国新型干法水泥生产线得到发展,在 20 世纪 80 年代我国从国外引进了日本、丹麦、德国大型新型干法水泥厂,这些水泥设备制造商,一般都提供设备润滑表,多数采用中高档掺有抗氧化、防锈、极压剂的高性能的润滑剂。开始时国内找不到相应润滑油代用,对于一些重要大型设备,如大型磨机减速机用润滑油,辊压机主轴承用润滑脂,不得不从国外大量进口。这迫使我国加快了润滑油品升级换代的工作。中国石化总公司与机械电子工业部联合组织,先后研制出十几种中高档齿轮润滑油,如 SY1172—80 抗氧化防锈工业齿轮油、GB 5903—86 中负荷工业齿轮油、一坪牌重负荷工业齿轮油、天津汉沽石油化学厂辊压机润滑脂等,从而形成我国比较完整的润滑油品种系列。在润滑剂应用方面,如完成了“六五”重点攻关项目,“工业齿轮油应用技术研究”课题和 ZBJ 1700—89“工业齿轮油选用方法”的编制工作,以及天津汉沽石油化学厂对辊压机轴承润滑脂分析试验工作等。这样不仅能满足国产水泥设备用润滑剂要求,而且也能满足引进水泥设备的使用要求。

我们过去在设计水泥设备中,编写设备说明书时,规定新机器试运转时,必须用说明书中指定油品,实际这种油品不一定适合。其原因是机械设计工程师大部分不具备专门润滑知识,所选用的油品主要是将过去同类机械或相近机器使用过的油品套用过来。另外一台设备使用工况和环境不同要求油品不同,例如金属切削机床设备和水泥设备,使用负荷、环境温度及含尘量均不相同。由于水泥设备负荷中等温度高,处于有水和多尘环境中,因此要选用承载能力中等,抗氧化安定性好,耐腐蚀,抗乳化性能好的油品,如中负荷齿轮油等。

一台新设备开发,从设计、制造到安装使用一般需要 3~5 年。在这期间,可能有新的润滑剂问世,而说明书在设计时已写好,因此说明书上新规定的润滑剂只供参考。

20 年前设计观点和现代设计观点大不相同,如,回转窑开式大齿圈传动,当时负荷不大、转速不高,对润滑油质量要求不高,设计考虑齿厚可磨薄到 $1/2$,到时更换。而现代新型干法窑功率大、转速高、齿面接触应力大,要求设备寿命长、磨损小、减少维护,必须使用高性能的润滑脂(掺 MoS_2 及或石墨的高粘附性润滑脂)。

由于各种水泥设备的各个润滑点用油不同，造成水泥厂设备用油五花八门，而且多选用的通用机械油或汽缸油，油品档次太低，直接影响机械设备正常运行，缩短了设备使用寿命。另外由于选用润滑剂品种较混乱，给水泥厂设备润滑带来很大麻烦，给水泥厂润滑剂管理带来很大困难。

改革开放二十多年来，随着我们承担国外现代化水泥厂的生产管理，以及国内引进 2000 ~ 7000t/d 新型干法水泥厂投产，接触到技术先进国家先进的润滑油管理方法。在我们拓宽设计水泥厂的业务范围，承担新建水泥厂调试任务的过程中，为了管理好设备，提高设备运转率和设备使用寿命，必须提供全厂设备润滑剂表。如在 1987 年为 PD 水泥厂编制了 700t/d 新型干法水泥厂设备润滑剂一览表，一共采用了 10 种润滑油和 5 种润滑脂满足了全厂的设备润滑要求，在表中以采用 GB 5903—86 负荷工业齿轮油和 Q/SH037.102—88 抗磨液压油和 GB 7323—87 极压锂基润滑脂为主，使用效果良好。以后我们在新设计 700t/d、1000t/d、2000t/d、2500t/d、4000t/d、5000t/d 新型干法水泥厂中也编制了类似的全厂设备润滑剂表。

随着润滑剂技术发展，国产润滑剂的添加剂的种类不断增加，性能不断提高，润滑油品实现了高性能化、低黏度化、通用化，为完善水泥厂润滑管理提供了条件。

2 水泥厂常用润滑剂特性

水泥厂常用润滑剂有润滑油和润滑脂，对其理化指标分别叙述如下：

2.1 润滑油主要理化指标和意义

2.1.1 黏度

黏度是润滑油的主要理化指标。它指润滑油的内摩擦阻力，也就是当液体在外力影响下移动时液体分子间所发生的内摩擦力。黏度大小可用动力黏度、运动黏度、条件黏度等单位来表示。

2.1.1.1 动力黏度

若液体中有面积各为 1cm^2 和相距 1cm 的两层液体，当其中一层以 1cm/s 的速度与另一层液体作相对运动时产生 1dyn 阻力，这时动力黏度为 1P （泊）。

$$\eta = \frac{1\text{dyn} \cdot 1\text{cm}}{1\text{cm}^2 \cdot 1\text{cm/s}} = \frac{\text{g}}{\text{cm} \cdot \text{s}} = 100\text{cP} \quad (2-1)$$

2.1.1.2 运动黏度

是液体在同温度下的动力黏度和它的密度之比。

$$\nu = \frac{\eta}{\rho} = \frac{\frac{\text{g}}{\text{cm} \cdot \text{s}}}{\frac{\text{g}}{\text{cm}^3}} = \frac{\text{cm}^2}{\text{s}} = \text{St} = 100\text{cSt} \quad (2-2)$$

运动黏度常用毛细管黏度计来测量。它是以一定容量的润滑油，在规定的温度下流经黏度计两标线所需的时间乘以黏度计的特定常数求得

$$\nu = Kt \quad (2-3)$$

式中 t ——流经毛细管两标线间的时间，s；

K ——黏度计特定常数，出厂时给定。

关于运动黏度和动力黏度的计量单位，国际单位制（SI）单位与过去所用单位的换算关系，请查阅表 2-1。

表 2-1 黏度单位换算关系

		运 动 黏 度 $\nu = \eta/\rho$			
		$1 \frac{\text{m}^2}{\text{s}}$	$1 \frac{\text{mm}^2}{\text{s}}$	$1\text{St} = 1 \frac{\text{cm}^2}{\text{s}}$	1cSt
运 动 黏 度	$1 \frac{\text{m}^2}{\text{s}}$	1	10^6	10^4	10^6
	$1 \frac{\text{mm}^2}{\text{s}}$	10^{-6}	1	10^{-2}	1
	$1\text{St} = 1 \frac{\text{cm}^2}{\text{s}}$	10^{-4}	10^2	1	10^2
	1cSt	10^{-6}	1	10^{-2}	1

续表

		动力黏度 $\eta = \nu\rho$			
运动黏度		$1\text{Pa}\cdot\text{s} = \frac{1\text{N}\cdot\text{s}}{\text{m}^2}$	$1\text{mPa}\cdot\text{s}$	$\text{P} = 1 \frac{\text{dyn}\cdot\text{s}}{\text{cm}^2}$	1cP
	$1 \frac{\text{m}^2}{\text{s}}$	$\frac{1 \text{ Pa}\cdot\text{s}}{\rho \text{ kg/m}^3}$	$\frac{10^3 \text{ mPa}\cdot\text{s}}{\rho \text{ kg/m}^3}$	$\frac{10}{\rho \text{ kg/m}^3} \text{ P}$	$\frac{10^3}{\rho \text{ kg/dm}^3} \text{ cP}$
	$1 \frac{\text{mm}^2}{\text{s}}$	$\frac{10^{-2} \text{ Pa}\cdot\text{s}}{\rho \text{ kg/dm}^3}$	$\frac{1 \text{ mPa}\cdot\text{s}}{\rho \text{ kg/dm}^3}$	$\frac{10^{-2} \text{ P}}{\rho \text{ kg/dm}^3}$	$\frac{1}{\rho \text{ kg/dm}^3} \text{ cP}$
	$1\text{St} = 1 \frac{\text{cm}^2}{\text{s}}$	$\frac{10^{-1} \text{ Pa}\cdot\text{s}}{\rho \text{ kg/dm}^3}$	$\frac{10^2 \text{ mPa}\cdot\text{s}}{\rho \text{ kg/dm}^3}$	$\frac{1}{\rho \text{ kg/dm}^3} \text{ P}$	$\frac{10^2}{\rho \text{ kg/dm}^3} \text{ cP}$
	1cSt	$\frac{10^{-3} \text{ Pa}\cdot\text{s}}{\rho \text{ kg/dm}^3}$	$\frac{1 \text{ mPa}\cdot\text{s}}{\rho \text{ kg/dm}^3}$	$\frac{10^{-2} \text{ P}}{\rho \text{ kg/dm}^3}$	$\frac{1}{\rho \text{ kg/dm}^3} \text{ cP}$

注：基本关系： $\frac{1\text{mm}^2}{\text{s}} = \frac{1}{\rho} \cdot \frac{\text{mPa}\cdot\text{s}}{\text{kg/dm}^3} \rightarrow 1\text{mPa}\cdot\text{s} = 1 \frac{\text{mm}^2}{\text{s}} \cdot \rho \frac{\text{kg}}{\text{dm}^3}$

2.1.1.3 条件黏度

用各种黏度计所测得的黏度。

(1) 恩氏黏度 直径为 2.8mm 的毛细管黏度计，在一定的温度下（通常用 20℃、50℃ 和 100℃）使 200cm³ 的润滑油流经毛细管的时间与 20℃ 时同体积蒸馏水流出毛细管所需时间的比值。记为 °E₂₀、°E₅₀、°E₁₀₀。

(2) 赛氏黏度 一直径为 1.76mm 的毛细管，在给定温度下（100°F、130°F、210°F），使 60cm³ 的黏性流体流经该毛细管所需的时间 t (s)，即为该流体的赛氏黏度。

类似流出式黏度计（让一定量体积的流体流过仪器底部细而短的小孔，通过测定其所需的时间来确定黏度）还有雷氏黏度计等。一般欧洲大陆和我国过去习惯使用恩氏黏度（°E），美国习惯使用赛氏黏度（s），而英国习惯使用雷氏黏度（s）。它们与运动黏度（mm²/s）的换算对照表见表 2-2。

表 2-2 黏 度 换 算

运动黏度 (mm ² /s)	恩氏黏度 (°E)	赛氏黏度 (s)	雷氏黏度 (s)	运动黏度 (mm ² /s)	恩氏黏度 (°E)	赛氏黏度 (s)	雷氏黏度 (s)
2.7	1.18	35	32.2	32.1	4.32	150	132.4
4.3	1.32	40	36.2	34.3	4.59	160	141.1
5.9	1.46	45	40.6	36.5	4.88	170	150.0
7.4	1.60	50	44.9	38.8	5.15	180	158.8
8.9	1.75	55	49.1	41.0	5.44	190	167.5
10.4	1.88	60	53.5	43.2	5.72	200	176.4
11.8	2.02	65	57.9	47.5	6.28	220	194.0
13.4	2.15	70	62.3	51.9	6.85	240	212
14.5	2.31	75	67.6	56.5	7.38	260	227
15.8	2.42	80	71.0	60.5	7.95	280	247
17.0	2.55	85	75.1	64.9	8.51	300	265
18.2	2.68	90	79.6	70.3	9.24	325	287
19.4	2.81	95	84.2	75.8	9.95	350	309
20.6	2.95	100	88.4	81.2	10.7	375	331
23.0	3.21	110	97.1	86.8	11.4	400	353
25.0	3.49	120	105.9	92.0	12.1	425	376
27.5	3.77	130	114.8	97.4	12.6	450	397
29.8	4.04	140	123.6	103	13.5	475	419

续表

运动黏度 (mm ² /s)	恩氏黏度 (°E)	赛氏黏度 (s)	雷氏黏度 (s)	运动黏度 (mm ² /s)	恩氏黏度 (°E)	赛氏黏度 (s)	雷氏黏度 (s)
108	14.2	500	441	542	71	2500	2204
119	15.7	550	485	650	85	3000	2646
130	17.0	600	529	758	99	3500	3087
141	18.5	650	573	867	114	4000	3526
152	19.9	700	617	914	128	4500	3967
163	21.3	750	661	1082	142	5000	4408
173	22.7	800	705	1152	156	5500	4849
184	24.2	850	749	1300	170	6000	5290
195	25.6	900	792	1400	185	6500	5730
206	27.0	950	837	1510	199	7000	6171
217	28.4	1000	882	1630	213	7500	6612
260	34.1	1200	1058	1740	227	8000	7053
302	39.8	1400	1234	1850	242	8500	7494
347	45.5	1600	1411	1960	256	9000	7934
390	51	1800	1587	2070	270	9500	8375
433	57	2000	1763	2200	284	10000	8816

2.1.1.4 黏温性能

润滑油黏性的本质表现在其分子间的引力上,而引力大小与分子间的距离有关。当温度升高时,油液膨胀,分子间距离增大,结果黏度下降。

我国评定黏温性能指标,采用黏度比、黏温系数和黏温指数等。

(1) 黏度比 我国石油产品规格标准中,通常以润滑油在 50℃ 下黏度与在 100℃ 下黏度值之比称为该润滑油的黏度比,即 ν_{50}/ν_{100} 。润滑油的黏度比愈小表示其在规定温度范围内黏度随温度变化愈少,也就是说该润滑油的黏温性能愈好。

黏度比计算虽然很简单,但没有考虑润滑油黏度与化学成分的关系,故只能评定成分相同、牌号相同、在一定温度范围内的黏温性能。而成分、黏度不同的润滑油,其黏度比即使相同,黏温性能也可能差别很大。

(2) 黏温系数 是指同种润滑油在 0℃ 和 100℃ 时运动黏度之差与该油在 50℃ 时运动黏度的比值。

$$\text{黏温系数} = \frac{\nu_0 - \nu_{100}}{\nu_{50}} \quad (2-4)$$

它比黏度比适用温度变化范围大,但也只能用于牌号相同的润滑油之间相互比较。

(3) 黏度指数 表示润滑油黏度-温度性质的重要参数。黏度指数高的油,其黏温特性好,黏度随温度的变化小,见图 2-1。

黏度指数 V_i 按下式计算

$$V_i = \frac{L - U}{L - H} \times 100 \quad (2-5)$$

式中 U ——试验油在 40℃ 时的运动黏度, mm²/s;

L ——黏度指数为零的标准油(环烷基原油)在 40℃ 时的运动黏度, mm²/s;

H ——黏度指数为 100 的标准油(石蜡基原油)在 40℃ 时的运动黏度, mm²/s。

例如某油品在 40℃ 时的运动黏度为 82.5mm²/s, 在 100℃ 时的运动黏度为 9.1mm²/s, 由

资料查得 $L = 138.18 \text{ mm}^2/\text{s}$, $H = 77.74 \text{ mm}^2/\text{s}$, 代入上式求得黏度指数为

$$V_i = \frac{138.18 - 82.5}{138.18 - 77.74} \times 100 = 92$$

2.1.1.5 黏压特性

润滑油的黏度随其所受的压力的增大而增大, 常用下列公式表示压力与黏度的函数关系

$$\eta_p = \eta_0 e^{\alpha p} \quad (2-6)$$

式中 η_p ——压力 p 时的动力黏度;

η_0 ——常压下的动力黏度;

p ——压力;

α ——黏压系数, 决定于油品和温度。—

般矿物油和合成油的黏压系数为 $(5 \sim 30) \times 10^{-3} \text{ mm}^2/\text{N}$, 对于环烷基油 $\alpha = (0.6 + 0.9651 g \eta_0) \times 10^{-2} \text{ mm}^2/\text{N}$, 其中, g 为重力加速度, 9.81 m/s^2 。

例如 $\alpha = 2.3 \times 10^{-2} \text{ mm}^2/\text{N}$ 的润滑油, 当所受压力 $p = 300 \text{ MPa}$ 时, 其 $e^{\alpha p} = 1000$, 也就是说在此压力下的润滑油的黏度为大气压力下黏度的 1000 倍。

润滑油黏度既是区分各种润滑油牌号的标志, 也是主要质量指标和工艺计算的主要参数。油品随馏程增高黏度增加; 精制加深, 黏度降低, 在油品使用中可根据黏度变化判断油品变质情况。对流体润滑来说, 油的黏度越大则摩擦系数越大。油的黏度对于保证良好密封以及冷却作用均有很重要的意义。

2.1.2 凝固点 (倾点)

将润滑油放在试管中冷却, 直到把它倾斜 45° 保持 1min 油面不流动时的最高温度称为该油的凝固点。凝固点的测定按 GB/T 510—83 标准方法进行。

凝固点表示润滑油的耐低温性能, 所以在低温工况下的机械, 应选择低凝固点润滑油。

润滑油中烷烃在低温时形成结晶, 阻碍油流动导致凝固, 若在油中加入降凝剂则能阻止烷烃形成结晶, 从而可以降低凝固点。

2.1.3 酸值

酸值是评定润滑油中有机酸含量的指标, 以中和 1g 润滑油中酸所需氢氧化钾 (KOH) 的毫克数表示。

在润滑油贮存使用中, 可根据酸值指标变化情况来判断润滑油的氧化变质情况。

水溶性酸和碱是指溶于油品中的无机酸和碱, 以及低分子有机酸氧化物。它来自加工精制过程或贮运中的污染或浅度氧化。油中的水溶性酸和碱会腐蚀机器设备, 加速油品变质, 降低油品绝缘性能。

2.1.4 闪点

将油加热蒸发成气体与空气混合后达到一定浓度, 遇火瞬时闪火的最低温度称为润滑油闪点。测定闪点的方法有两种: 开杯闪点 (GB/T 269—88) 和闭杯闪点 (GB/T 261—83)。一般闪点在 150°C 以下的轻质油品用闭杯法测闪点, 重质润滑油和深色石油产品用开杯法测定。同一个油品开杯闪点较闭杯闪点高 $20 \sim 30^\circ\text{C}$ 。

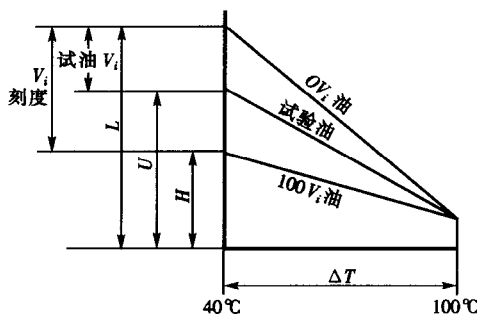


图 2-1 黏度指数

闪点作为润滑油的一个安全指标，也可判断润滑油中是否混入轻质燃料。一般在高温下操作的机器设备，要求油品具有较高的闪点。

2.1.5 残碳

把油品加热蒸发分解最后生成焦炭状残余物的总量称为残碳，用占试验油质量百分数表示。残碳的测定按 GB/T 208—87 标准法（康氏法）或 SH/T 0160—92 标准方法（兰氏法）或 SH/T 0170—92（电炉法）进行。

残碳值标志着油品精制程度。残碳值高的油会加速机器磨损，会形成大量积碳将油路堵塞，如堵塞空压机的排气管道，当温度升高时，甚至会发生爆炸。

2.1.6 灰分

灰分为油品完全燃烧后所剩下的灰白色残留物，以占试验油质量百分数表示。灰分的测定按 GB/T 508—85 标准方法。

灰分也是润滑油精制指标之一。对不含添加剂的润滑油，灰分越低，精制程度越高，润滑油越稳定。一些带有金属盐的添加剂也会形成灰分，故灰分也可作为判断油中添加剂加入量的指标。

灰分大易产生积灰和结焦，会增加机件磨损，一般灰分大的残碳也高。

2.1.7 水分

为油品中含水量多少，以质量百分率表示。水分会使油品质量变坏，容易发生锈蚀。在液压油中，水分会导致气泡，造成气阻使供油中断。含添加剂齿轮油中存在水分会引起添加剂水解，发生分层和乳化。水分测定按 GB/T 260—77 标准方法或用 SH/T 0257—92 定性试验方法进行。

抗乳化度：油和水混合后形成乳化液，经过静置，使之重新分离所需要的时间称为抗乳化度。液压油若抗乳化性好，则能保证油路系统正常工作，反之会影响润滑性能，甚至堵塞油路。抗乳化性试验，按 GB/T 7305—87 标准方法进行。对高黏度润滑油的抗乳化性试验按 GB/T 8022—87 标准方法进行。

2.1.8 氧化安定性

润滑油使用和贮存过程中与空气中氧接触产生氧化，生成羧酸、胶质、沥青等，使油的颜色变暗，黏度增加，酸性增大，产生沉淀。

润滑油氧化深度与它的化学组成、氧化温度、氧化时间以及金属或其他物质的催化作用有关。

氧化安定性因使用条件以及测定方法不同而异。如对变压器油的氧化安定性，按 SH/T 0206—92 标准方法进行。

2.1.9 润滑性能

油品润滑性能系指油性、黏性和摩擦系数等综合性能而言。

油性指油品在金属表面间的湿润性和吸附能力。油性好则摩擦系数低。

黏性指油品在外力作用下，分子间产生移动时出现的一种黏滞现象。

油品的润滑性能可用四球机法 (SH/T 0189—92) 评定润滑油的抗磨损性能。用法莱克斯法 (SH/T 0187—92) 测润滑剂极压性, 用梯姆肯法 (GB/T 11144—89) 测润滑油抗擦伤能力。

2.1.10 机械杂质

机械杂质是指润滑油在加工、贮存和使用过程中从外界混入的一些灰尘、泥沙、铁屑等物质。将油稀释及过滤, 杂质将留在滤纸上。杂质多的润滑油会加速机械磨损。

石油产品和添加剂中机械杂质测定按 GB/T 511—88 标准方法进行。

2.1.11 抗泡性

润滑油在实际使用中, 由于受到振荡, 搅动等作用, 使空气进入润滑油中, 以至形成气泡。因此要求评定油品生成泡沫的倾向及泡沫的稳定性, 润滑油的抗泡性可按 GB/T 12579—90 标准方法进行。

抗泡性是润滑油一项重要使用性能, 如果润滑油抗泡性不好, 在润滑油系统中形成了很多泡沫, 而且不能迅速破灭, 会影响润滑油的润滑性, 加速油氧化速度使油老化, 同时妨碍循环系统油的传达, 有时使供油中断。对液压油来说油中空气影响压力传递。

抗泡沫添加剂作用是降低泡沫稳定性, 使泡沫迅速破灭, 硅油是广泛使用抗泡添加剂, 它必须均匀分散, 其液滴大小要小于 $10\mu\text{m}$ 。聚醚和硫化物也有很好抗泡沫作用。

2.1.12 蒸发度 (蒸发损失)

所有液体在受热时都会蒸发, 液体的蒸发度是在给定压力和温度条件下的蒸发程度和速度, 润滑油在使用过程也会蒸发。润滑剂蒸发度测定按 GB/T 7325—87 标准方法进行。

润滑油蒸发, 造成润滑系统油量减少, 黏度增大, 影响供油, 还会产生气穴现象和效率下降, 给油泵造成损失。

为控制润滑油的蒸发度, 必须提高基础油蒸馏设备的分馏效率, 保证轻馏分不混入润滑油基础油中。

2.1.13 腐蚀性

腐蚀试验是测定油品在一定温度下对金属的腐蚀作用。一般按 GB/T 5096—85 石油产品铜片腐蚀试验法进行。

润滑油的腐蚀试验不合格是不能使用的, 否则将对机械设备造成腐蚀。腐蚀是在氧 (或其他腐蚀性物质) 和水分同时与金属表面产生作用, 防止腐蚀在于防止这些物质侵蚀金属表面, 除了防止外部条件 (海上运输潮湿海水) 引起腐蚀外, 还必须防止来自机械本身的腐蚀, (如酸性氧化物和燃烧产物)。

纯矿物润滑油抗腐蚀能力通常是不足的, 润滑油中除水分外, 氧也会通过油膜扩散到金属表面并起腐蚀作用。

为了提高各种润滑油的抗腐蚀能力, 必须添加腐蚀抑制剂。作为润滑油腐蚀抑制剂的化合物很多, 包括脂肪酸、氮化物、脂肪酸酰胺、磷酸衍生物、磺酸、硫化物, 羧酸衍生物等。

2.2 润滑脂组成

润滑脂由稠化剂、基础油和添加剂组成，其中稠化剂占总量的 10% ~ 20%；基础油占 75% ~ 90%；添加剂占 0.5% ~ 5%。

2.2.1 稠化剂

其基本作用是稠化，在脂内形成三维结构的骨架，润滑油吸附在其中，使润滑脂成为具有一定强度的半流体膏状物。稠化剂还具有一定的抗压作用，它又分为皂基和非皂基两种。

(1) 皂基稠化剂：天然脂肪酸（牛脂、羊脂或豆油、棉子油等）或合成脂肪酸（石蜡氧化分离出第 1、第 2 不皂化物所得的精酸）与碱土金属进行中和（皂化）生成脂肪酸金属盐叫做皂。常用的有钙皂、钠皂、锂皂、钡皂等。用这些皂作为稠化剂制取的润滑脂叫做皂基润滑脂。

(2) 非皂基稠化剂：用非金属（石蜡、地蜡、膨润土、炭黑等）作为稠化剂所制取的润滑脂，叫做非皂基润滑脂。

2.2.2 基础油

润滑脂的润滑性能主要取决于基础油的性质。如用于低温、轻负荷、高转速轴承的润滑脂应选低黏度、低凝固点的润滑油作基础油；对用于高温、高负荷、低转速轴承的润滑脂应选用高黏度的润滑油作基础油；对用于高温、低温、高压、高速、抗辐射条件下则多采用合成润滑油（如硅油、醚类、氧化物等）作基础油。

2.3 润滑脂主要理化指标和意义

2.3.1 滴点

在规定条件下加热，润滑脂在滴点计的脂杯中滴落下第 1 滴油时的温度称为滴点。润滑脂的滴点决定脂的最高工作温度，它应低于滴点 20℃ 以上。润滑脂和固体烃滴点测定法（GB/T 270—80）只能测定 250℃ 以下滴点。而 GB/T 3498—83 滴点测定法可测定高达 340℃ 的滴点。

2.3.2 锥入度

锥入度是鉴定润滑脂的稠度指标，根据锥入度等级定润滑脂牌号。用质量为 150g 的标准圆锥体放在 25℃ 润滑脂试样中，经 5 秒钟的沉入深度（单位为 0.1mm）称为锥入度。测定锥入度用专用仪器—锥入度计，按 GB/T 269—91 规定对润滑脂锥入度进行测定。

2.3.3 水分

水分系指润滑脂含水量百分比。水是钙基润滑脂主要成分，水分消失会引起它分解。而对钠皂、钡皂、铝皂、锂皂润滑脂来说水是有害成分，要严格加以限制。

润滑脂水分测定按 GB/T 51265（90）标准方法进行，该法所用仪器与石油产品水分测定法（GB/T 260）相同。

2.3.4 皂分

皂分系指润滑脂中稠化剂金属皂含量。一般来说，皂分高机械安定性好，但启动力矩大。

2.3.5 灰分

润滑脂中制皂的金属氧化物、基础油中无机物和原料碱里的杂质称为灰分，由它可知润滑脂含皂量及游离碱量。

2.3.6 分油量

在规定温度、压力、时间条件下，从润滑脂中析出油的质量称分油量，它用来评定润滑脂的胶体安定性，可鉴定润滑脂在贮存和使用中皂和油的分离趋势。测定分油量方法有三种：压力分油按 SH/T 0392—92 标准方法测定，漏斗分油按 SH/T 0321—92，钢网分油按 SH/T 0324—92 标准方法测定。

2.3.7 极压性能

重载作用下在金属表面维持完整面膜的能力称极压性能，一般用四球试验机来确定。

2.3.8 机械稳定性

润滑脂承受机械作用时稠度变化的特性称为机械稳定性，用长期进行锥入度试验加以评定。测定法有延长锥入度测定法按 GB/T 269—85 标准程序进行，锂基脂国家标准中有这项指标。或用滚筒安定性的 GB/T 2359—80 标准进行。润滑脂的机械安定性的好坏同使用密切相关，若用机械安定性不好的润滑脂，机械结构将受到严重破坏，剪切负荷不能恢复原有性状，润滑脂就会从这些部位流失，导致摩擦表面磨损。

2.3.9 机械杂质

润滑脂中机械杂质包括金属碱中无机盐类、制脂设备上磨耗金属微粒及外界尘土砂砾等。机械杂质会造成机械的严重磨损和擦伤。润滑脂机械杂质测定方法，有酸分解法 (GB/T 513—88)。

2.3.10 氧化安定性

润滑脂在贮存和使用过程中抵抗氧化的能力称为氧化安定性。氧化安定性是影响润滑脂使用寿命的重要性能之一，尤其对高温下长期使用润滑脂更有重要意义。

测定润滑脂氧化安定性方法有氧弹法 (SH/T 0335—92) 和快速氧化法 (SH/T 2728—80)。

2.3.11 游离碱和游离酸

游离碱是制造润滑脂时加入的过量碱。大部分皂基润滑脂都允许有不大于 0.2% 的游离碱，用以中和润滑脂在贮存和使用中生成的酸，而且还可以抑制皂的水解。游离酸主要是润滑脂在贮存和使用中，由于基础油的氧化和稠化剂的分解而产生。润滑脂中含有游离酸，特