



炼油工人
技术丛书

(修订本)

润滑油溶剂脱蜡

江泽政 编著

中国石化出版社

TE626.3 / 013 (2)

080446

炼油工人技术丛书

润滑油溶剂脱蜡

(修 订 本)

江泽政 编著

中国石化出版社

(京)新登字048号

内 容 提 要

本书为“炼油工人技术丛书”之一。主要介绍了润滑油的基本知识；酮苯脱蜡的目的、原理、工艺过程、主要设备、操作技术和操作经验。此次修订对丁酮脱蜡、溶剂脱水、多点稀释、冷点稀释、新型过滤器、冷冻机、套管结晶器以及生产操作方面的内容进行了补充，并增加了“工艺核算”一章。

本书可供酮苯脱蜡装置生产工人阅读，也可供技术人员、管理干部和有关院校的师生参考。

048/15

炼油工人技术丛书

润滑油溶剂脱蜡

(修 订 本)

江泽政 编著

*

中国石化出版社出版发行

(北京朝阳区太阳宫路甲1号 邮政编码：100029)

海丰印刷厂排版印刷

新华书店北京发行所经销

*

787×1092毫米 32开本 9⁵/₈印张 214千字 印1—2000

1994年6月北京第1版 1994年6月北京第1次印刷

ISBN 7-80043-436-2/TE·055 定价：8.70元

出 版 说 明

本书第一版在1976年出版，到现在已相隔16年。其间，溶剂脱蜡生产装置和生产技术都有了新的发展，职工队伍不断壮大，新工人不断增多，为了适应形势发展的需要，对本书第一版进行修订。在先后两次编写本书过程中，曾得到陈洪章、王厚瀚等同志的帮助和编辑的指导，在此深表感谢！

由于本人水平所限，不妥之处在所难免，敬请广大读者指正。

作 者

1992年8月

目 录

第一章 润滑油基本知识I	
第一节 摩擦与润滑	1
第二节 润滑油的质量指标及其意义	5
第三节 润滑油的组成和对其使用性能的影响	14
第四节 润滑油的分类与质量要求	20
第五节 润滑油的生产	24
第二章 润滑油脱蜡概述32	
第一节 润滑油脱蜡的目的	32
第二节 润滑油脱蜡方法	34
第三节 润滑油脱蜡后油品性质的变化	35
第四节 溶剂脱蜡发展概况	36
第三章 酮苯脱蜡基本知识40	
第一节 溶液的性质	40
第二节 脱蜡原料的组成	46
第三节 脱蜡溶剂	47
第四节 蜡的种类、组成和晶形	64
第五节 蜡的结晶过程	72
第四章 酮苯脱蜡原理74	
第一节 脱蜡原理	74
第二节 过滤原理	74
第三节 溶剂回收原理	75

第四节	冷冻原理	90
第五节	安全气密闭原理	97
第五章	影响酮苯脱蜡的因素	100
第一节	原料油性质的影响	101
第二节	溶剂组成的影响	106
第三节	冷却速度的影响	107
第四节	溶剂稀释方式的影响	111
第五节	溶剂稀释比的影响	118
第六节	助滤剂的影响	122
第六章	酮苯脱蜡工艺流程与设备	125
第一节	结晶系统	125
第二节	真空过滤与安全气系统	134
第三节	冷冻系统	144
第四节	回收系统	164
第五节	机泵和换热器	181
第六节	酮苯脱蜡脱油工艺流程与设备	188
第七节	酮苯脱蜡新工艺和新设备	192
第七章	装置的开工与停工	200
第一节	装置的开工	200
第二节	装置的停工	204
第八章	装置的正常操作	208
第一节	操作原理	208
第二节	操作经验	220
第三节	操作指标	221
第四节	产品质量的控制方法	226
第五节	降低溶剂消耗	228
第六节	降低能耗	230

第九章 异常现象的原因与处理	235
第一节 结晶系统.....	235
第二节 过滤系统.....	240
第三节 回收系统.....	243
第四节 冷冻系统.....	247
第五节 安全气系统.....	253
第六节 装置突然停水、停汽、停电.....	254
第十章 装置的安全操作	256
第一节 一般安全常识.....	256
第二节 装置的防冻防凝.....	257
第三节 生产操作中的安全事项.....	259
第四节 事故教训.....	262
第十一章 工艺核算	269
第一节 物料平衡计算.....	269
第二节 结晶系统核算.....	271
第三节 过滤系统核算.....	276
第四节 回收系统核算.....	277
第五节 安全气系统核算.....	282
第六节 冷冻系统核算.....	284
参考文献.....	293
附表.....	294

第一章 润滑油基本知识

第一节 摩擦与润滑

一、干摩擦及其危害

众所周知，任何物体的表面都不是绝对光滑的，即使看起来很光滑的物体表面在放大镜下观察也凹凸不平。比如，滑动轴承表面粗糙度通常已达到 $\sqrt{1.6-0.8}$ 级，看起来光滑如镜，但其表面上的突起平均高度也有 $6.3\mu\text{m}$ 。因此，两个固体表面紧密接触时，突起和下陷的部分会犬牙交错地嵌在一起。当一个物体在另一个物体表面上运动时，表面上的突起部分就会互相碰撞，阻碍运动的发生。同时，两个表面紧密接触后，嵌合在一起的表面密切接触，处于分子引力的作用范围，这种分子引力同样也阻碍运动的发生，见图 1-1。这种现象叫摩擦。摩擦所产生的阻力叫摩擦力，两个接触表面叫摩擦面。

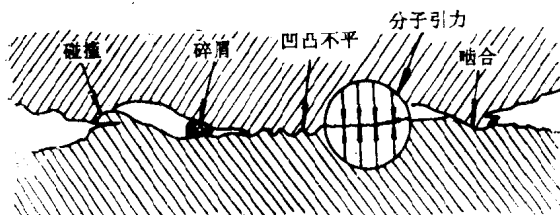


图 1-1 摩擦面互相作用示意图

两个表面直接接触的摩擦叫干摩擦。干摩擦时，要消耗大量的机械能，并引起摩擦面的磨损。机械能在摩擦过程中转变成热能，使摩擦面的温度升高，温度升高后将降低金属表面的强度，从而加速摩擦面的磨损。这样不断恶性循环，在很短的时间内，就会造成局部瞬间高温，甚至使金属熔化而烧结在一起。

为了避免干摩擦的发生，节省动力消耗，减少机器摩擦面的磨损，延长机器寿命，人们经过长期的生产实践，找到了将摩擦表面隔开的多种材料，使之不直接接触。这样既可避免突起部分的相互碰撞，又可避免支撑点上的分子吸引力，这种方法称为润滑。所用的材料叫润滑剂。润滑剂可分为3类：

1. 从石油中提炼出来的各种润滑油，是最常用的液体润滑剂。
2. 各种润滑脂是最常用的半液体润滑剂。
3. 固体石墨、二硫化钼等是最常用的固体润滑剂。

由于润滑油使用得极为广泛，约占润滑材料的97%，因此下面只对润滑油加以详细叙述。

二、润滑油的作用

1. 润滑作用

润滑油之所以能起润滑作用，是因为它在摩擦表面间形成了油膜，使其不相互接触。

摩擦面间的一个完整的油膜，是由边界油膜和流动油膜组成的（见图1-2）。边界油膜是依靠润滑油分子和金属摩擦表面分子的吸引力，使润滑油牢固地吸附在摩擦表面上而形成的薄薄的一层油层。通常只有 $0.1 \sim 0.4 \mu\text{m}$ 。

在两个边界油膜之间的油膜叫做流动油膜。流动油膜内

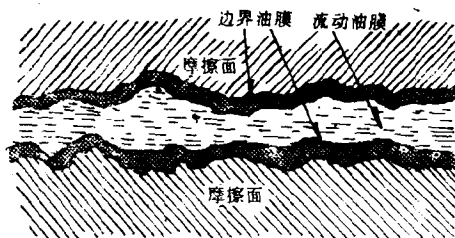


图 1-2 油膜示意图

(在液体润滑状态下)

部的润滑油分子，不吸附在金属的表面，可以自由流动。两摩擦面间的边界油膜和流动油膜构成了液体润滑。例如，离心泵起动运转正常后，轴与轴承之间便形成了一层流动油膜，如图 1-3 所示。它的形成是靠油压获得的。现说明如下：

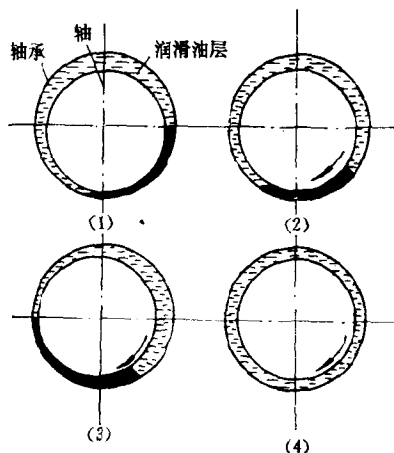


图 1-3 滑动轴承中润滑油层的形成过程

图1-3中的 (1) 为轴不转动时，轴和轴承的位置。由于承受着负荷，轴停在轴承的最低处，轴与轴承的接触面上的

润滑油完全被挤出来。当轴开始转动时，由于轴表面与油之间有吸附力，而油层内部又存在内摩擦力，轴就会带着轴承下方的整个楔形油层向前移动，楔形油层得到了动力（压力），象一根木楔一样打入轴承下方，迫使轴向上抬起并略向左偏，如图1-3中的（2）所示。当转速进一步提高时，油层获得了更大的动力，将轴的位置抬的更高，开始形成流动油膜，如图1-3中的（3）所示。转速接近极限时，轴与轴承的中心重合在一起，形成了更厚的流动油膜如图1-3中的（4）。

当摩擦面间仅能保持边界油膜而不能形成流动油膜时，这种润滑状态叫做边界润滑。蒸汽往复泵活塞环和缸套之间的润滑、齿轮的润滑均属于边界油膜润滑。

如果在摩擦面间形成的流动油膜的厚度不能把两摩擦表面凹凸不平的沟纹完全填平，在摩擦面的部分凸出的部位就保持不住流动油膜而互相接触。这种润滑状态叫做半液体润滑，如图1-4所示。

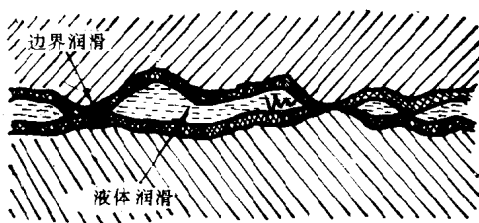


图 1-4 半液体润滑示意图

液体润滑、半液体润滑、边界润滑的摩擦系数 f 与摩擦面负荷的大小 P 、摩擦面的相对运动速度 v 、摩擦面间油膜的粘度 η 之间的关系如图1-5所示（司垂帕克曲线图）。

由图可知，边界润滑的摩擦系数最大，刚刚形成液体润

滑时的摩擦系数最小。在液体润滑区内, G 值 $\left(G = \frac{\eta \cdot v}{P}\right)$

增大, f 值略有增长。这是由于在相同负荷下, G 值增大意味着油品粘度或运动速度增大,

二者都将使内摩擦力增大。

在半液体润滑区内, 随着 G 值减小, 液层减薄, 摩擦表面更加接近, 摩擦面上发生边界润滑的部位增多, 摩擦系数则急剧增大。

2. 其它作用

润滑油除润滑作用外, 在一定场合下, 还具有密封、冷却、冲洗、防锈等作用。例如, 往复泵的汽缸套和活塞环之间、活塞环和活塞槽之间, 无论加工精度多高, 也会存在间隙。

当润滑油填满这些间隙后, 便形成了油封, 使蒸汽无法漏出, 从而提高了泵的效率。再如, 大型冷冻机所用的循环油, 将摩擦面上的热量带出, 循环油经冷却后再返回到摩擦面上, 如此不断循环, 取走摩擦面上的热量。

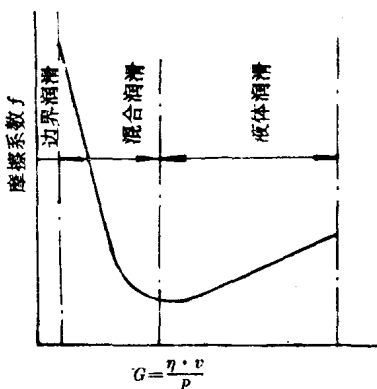


图 1-5 因数 G 和摩擦系数的关系

第二节 润滑油的质量指标及其意义

润滑油的质量指标主要有粘度、粘度指数(或粘度比), 其次是凝点、残炭、酸值、水分、闪点等。

一、粘度

粘度是用来评定油品流动性的指标，它表示润滑油发生相对运动时，液体分子“内摩擦力”的大小。内摩擦力大，液体粘度大，流动性能差；反之粘度小，流动性能就好。

粘度的表示方法分为绝对粘度和相对粘度两大类。

1. 绝对粘度

绝对粘度有两种：动力粘度和运动粘度。

(1) 动力粘度

假设在液体中取两个平行液层，面积为 1m^2 、距离 1m 、相对运动速度为 1m/s 时所需力为 1N ，则液体的粘度叫做 $1\text{Pa}\cdot\text{s}$ （工程上常用的动力粘度单位是 cP ）。

$$1\text{Pa}\cdot\text{s}=1\text{cP}$$

动力粘度常用符号 μ 表示。 μ_{10} 表示 10°C 的动力粘度。

(2) 运动粘度

在相同温度下，液体的动力粘度与它的密度之比，称为液体在该温度下的运动粘度。用公式表示为：

$$\nu = \frac{\mu}{\rho}$$

式中 ν ——液体的运动粘度， m^2/s ；

μ ——液体的动力粘度， $\text{Pa}\cdot\text{s}$ ；

ρ ——与动力粘度同温下的液体的密度， kg/m^3 。

运动粘度常用符号 ν 表示。 ν_{50} 表示液体 50°C 时的运动粘度。

运动粘度可以通过动力粘度进行换算。

（工程上常用的运动粘度的单位是 cSt ）。

$$1\text{mm}^2/\text{s}=1\text{cSt}$$

2. 相对粘度

相对粘度有恩氏、赛氏、雷氏粘度等数种，我国常用的是恩氏粘度。相对粘度又叫条件粘度。

各种粘度在数值上的对应关系，可以通过图表进行换算，这里不作介绍。

粘度是润滑油的一项最主要的指标，它是分割润滑油馏分的依据，也是选用润滑油的主要依据。润滑油的品种一般按用途命名，而牌号则是根据 40°C （或 100°C ）的运动粘度来划分。

一般来说，为了保证良好的润滑状态，减少动力消耗和降低摩擦面间的温度，高负荷、低转速的润滑部位用高粘度的润滑油；低负荷、高转速的润滑部位用低粘度的润滑油。

二、粘温特性

当温度升高时，润滑油的粘度减小；温度降低时，润滑油的粘度增大。温度变化相同时，不同油品的粘度变化数值不同。润滑油粘度随温度变化而变化的性质称为润滑油的粘温特性。

粘温特性是润滑油的重要指标，因为油品需要在不同的温度条件下工作。例如内燃机用润滑油，在停车时，内燃机的机件没有相对运动，润滑油就会从润滑点流失。开车时，就需要用油泵把润滑油及时送到润滑点，才能最大限度地减少机件的磨损。但此时油温与环境温度相同。粘度如果太大，就会使泵送困难。而在机器发动后，润滑油的工作温度升高，有时达到 $200\sim 300^{\circ}\text{C}$ （如增压柴油机第一环槽的温度为 300°C ）。温度升高后，润滑油粘度降低。为了保证润滑点形成一定厚度的油膜，则要求粘度不要过低。所以要求油品在低温时粘度不要太大，在高温时粘度又不要太低。也就是说，油品应具有良好的“粘温特性”。另外，内燃机润滑

油是用来同时润滑汽缸-活塞系统和曲轴-连杆系统的，两者的工作温度大不相同。要保证同一油品在不同温度部位上能很好地起润滑作用，也要求油品具有良好的粘温特性。

衡量润滑油粘温特性的指标是粘度比或粘度指数。

在两个特定温度下，油品运动粘度之比，称为粘度比。在较高温度下使用的油品用其 50°C 和 100°C 运动粘度之比 (ν_{50}/ν_{100})，如车用机油和柴油机油。对较低温度下的油品，用其 20°C 和 50°C 下运动粘度之比 (ν_{20}/ν_{50})，如变压器油。粘度比小，说明油品粘度随温度变化小，粘温特性好。

粘度指数是另一种广泛用来表示油品粘温特性的指标，它是同标准油比较而得到的相对数值。最初选定的标准油，一个是美国宾夕法尼亚石蜡基原油，将它制得的润滑油的粘度指数定为 100；另一个是美国的环烷基原油；将它制得的润滑油的粘度指数定为 0。用试油与以上两种油比较，即可得出试油的粘度指数。

润滑油粘度指数要求在 95 以上。粘度指数和粘度比可用图表换算。

三、氧化安定性

润滑油在使用和贮存的过程中，不可避免地会和空气中的氧分子接触。在一定条件下，润滑油就会和空气中的氧起化学反应，使润滑油的质量变坏，这种反应叫做润滑油的氧化。

润滑油的氧化深度与其化学组成，氧化温度、氧化时间，金属和其它物质的催化作用有关。其中，温度的影响最大。在常温下，润滑油可以保持 5 年之久，其性质也不起什么变化。但当处在 100°C 以上时，则氧化速度很快。比如温度由 110°C 升高到 150°C 时，其氧化速度可以增大到原来的 16

倍。再如，1g 润滑油同5mg氧化合所需时间，在 150℃时为 5h，在 250℃时只需25min。

润滑油氧化后，会发生粘度增大、酸值增高，颜色变深，表面张力下降等现象。在氧化过程中还会生成沉淀、胶状物质和酸性物质。润滑油发生这些变化后，对金属表面的腐蚀增大，抗泡性和抗乳性也会降低。沉淀物和胶状物沉积在摩擦面上会造成严重磨损或机件粘结。沉淀物对于变压器油则会堵塞线圈冷却循环，造成局部过热，烧坏线圈。

为了评价润滑油氧化的难易程度，人们把润滑油在一定外界条件下，抵抗氧化作用的能力，称为润滑的抗氧化安定性。该试验是在一定温度并有金属催化剂的作用下，油品经过强烈氧化后质量的变化，以氧化后酸值和沉淀物的多少来表示。氧化后酸值大，或沉淀物多，表明油品的抗氧化安定性差，使用寿命不长。这个指标对长期循环使用的汽轮机油、变压器油，以及与大量压缩空气接触的压缩机油，更具有重要意义。

四、油性

油性是指润滑油不能形成液体润滑时的抗磨能力，即处于边界润滑或半液体润滑时的润滑能力。油性的大小取决于润滑油本身的润滑性（滑动性）、形成油膜的强度（粘附性）以及工作环境的温度。如果润滑油的滑动性好、工作温度低、粘附能力强，则润滑油的油性好。

构成润滑油油性的机理是：润滑油中的极性分子（如脂肪酸），在静电吸引力的作用下，分子中的极性端吸附在金属表面并按照垂直方向定向排列，分子的另一端构成滑动面，形成了油膜。油膜有薄有厚，构成了边界油膜或半液体润滑。其润滑能力，就是所谓油性。

齿轮油的润滑属于边界润滑或半液体润滑，要求润滑油具有良好的油性。因此，不能使用劣质齿轮油，也不可用别的油替代，否则将造成齿轮金属熔化焊为一体。

五、凝点和倾点

油品在低温下失去流动性的原因之一是由于其中含有固体蜡。当温度适当时，油品中的固体蜡可溶解于油中，但当油品的温度低于固体蜡的熔点时，它们就可以从油中析出。由于油品是个复杂的混合物，大分子石蜡首先析出，生成少量的细微结晶，使原来透明的油品产生了云雾状的混浊现象，（这时的温度为浊点）此后，结晶逐渐长大，到结晶明显可辨时，此温度即称为结晶点（或冰点）。再进一步降温，则油品中形成的大量结晶连接成网，构成了结晶骨架，此骨架把当时处在液体状态的油包在其中，以致使全部油品失去流动性，此时的温度则称凝点。润滑油的凝点只能在一定程度上反映出润滑油所能正常工作的最低温度界限。在某些场合下，润滑油所能正常工作的最低温度应比凝点高若干度。

倾点也是用来表示油品低温流动性的指标，是油品保持流动的最低温度，它比凝点高出 2.5°C 或 3°C 。这项指标，国外广泛采用，近年来国内也开始使用。

六、残炭

油品在试验条件下加热蒸发和燃烧后形成的焦黑色残留物，称为残炭。其大小用残留物所占试油的重量百分数来表示。

内燃机工作时，部分润滑油会从内燃机的汽缸进入燃烧室。在燃烧室中燃烧气体的温度很高，足够使进入燃烧室的润滑油完全燃烧。但是，由于氧化时间过于短促，也由于氧