

石油产品应用知识丛书

废润滑油再生

(修订本)

石油化工科学研究院综合研究所情报室编



E626.3

石油工业出版社

石油产品应用知识丛书

废 润 滑 油 再 生

(修 订 本)

石油化工科学研究院综合研究所情报室 编

石 油 工 业 出 版 社

内 容 提 要

本书在1974年第一版的基础上进行了修改和补充。

本书通俗易懂地介绍了国内外废润滑油再生的工艺流程和单元操作。书中对硫酸精制、吸附精制、蒸馏、凝聚、碱洗、水洗、离心、沉降、过滤，以及产品调配等单元操作的原理及影响因素，作了理论联系实际的阐述。同时对几类主要油品的再生工艺流程包括一些最新的工艺流程也作了比较详细的介绍。此外还对再生润滑油常用的分析方法的意义及用途作了介绍。

本书读者对象主要是从事废润滑油再生的工作人员，对油品使用人员，炼油厂工人、技术人员也有一定的参考价值。

石油产品应用知识丛书

废润滑油再生

(修订本)

石油化工科学研究院综合研究所情报室 编

石油工业出版社出版

(北京和平里七区十六号楼)

化学工业出版社印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行

开本787×1092¹/₃₂印张4 字数87千字印数1-13,250
1978年11月北京第1版 1978年11月北京第1次印刷
书号15037·2012 定价0.34元

出 版 说 明

在党的十一大路线指引下，在华主席为首的党中央抓纲治国战略决策的推动下，我国社会主义革命和社会主义建设已经进入新的发展时期。随着国民经济新跃进局面的出现，各行各业都在大干快上，使用石油产品的单位越来越多，对石油产品的品种、数量和质量的要求也越来越高。为了帮助油品使用、供销人员学习石油产品应用知识以达到合理用油、节约用油，普及用油知识的目的，我们组织有关单位主要按品种编写了一套《石油产品应用知识丛书》，将分册陆续出版。

由于本丛书涉及面较广，我们的水平又有限，书中定会出现错误及不足之处，希望读者提出宝贵意见，以便再版时修改和补充。

目 录

第一章	概 述.....	1
第二章	物理方法再生.....	6
第三章	硫酸精制.....	21
第四章	物理化学方法再生.....	31
第五章	废内燃机油的再生.....	45
第六章	废变压器油和汽轮机油的再生.....	74
第七章	废机械油、废压缩机油、 废冷冻机油及废液压油的再生.....	93
第八章	再生润滑油的质量控制.....	104

第一章 概 述

一、废润滑油再生的意义

当人们对废润滑油缺乏正确认识的时候，废润滑油一般被认为是讨厌的废物。常常被丢弃或烧掉，这是很大的浪费。

石油是重要的战略资源，从石油中生产润滑油产品产率很低。特别是高粘度重质润滑油产品产率就更低，只占加工原油的百分之几。从原油中提炼润滑油产品，通常要经过电脱盐脱水、常减压蒸馏、丙烷脱沥青、溶剂脱蜡、溶剂精制或加氢精制、白土补充精制或加氢补充精制、调和添加剂等许多套工艺装置的加工，才能生产出润滑油成品来。由于生产工序多，加工过程复杂，设备繁多，建设投资费很大，所以不容易迅速增加产量。润滑油既然来之不易，原料又十分宝贵，因此应该充分重视润滑油再生工作。

废润滑油再生工艺简单，设备简易，可洋可土，既可以搞机械化生产，也可以搞铁锅、瓦缸的土办法。企业可以搞，公社大队也可以搞，上马快，产率又高，生产灵活，经济上很有价值。农村还可以在农忙时不开工，农闲时开工，湖北潜江原燃料化学工业部干校的小炼厂就是这样。

废润滑油的再生，不仅是为了增产节约，同时也可以防止环境污染，因为未被收集的废润滑油，不论是洒、漏、扔、埋，最后都会有相当多的一部分进入江河湖海。据估计，一

桶废油如流入湖海，就能污染近3.5平方公里的广大水面，在污染的水域将影响水生动植物的生长和造成大量死亡。国外还将废油用于城市道路油化防尘。其对环境污染的效果实际上也和丢撒一样。还有一种处理方法是将废油当作燃料使用，但烧废油所产生的烟中含有金属氧化物及燃烧不完全的多环芳烃，后者是一种致癌物质。所以近来从环境污染的角度出发认为废油再生还是比较好的废油处理办法。

我国解放后不久，就已开始注意废油再生，并已积累了一定的经验。但工艺还不够先进，产品质量不够高，还需要通过研究和实践，进一步改进再生工艺和提高再生油的质量、产率，并降低成本。

二、废 油 不 废

废油是我国的习惯叫法，国外一般叫做“用过的油”。从废润滑油的组成上来看，它并不完全是废物，因为润滑油在使用过程中，由于氧化等原因，有一部分成分变质，同时又从外界混入各种杂质。当变质成分和杂质多到一定程度时，润滑油就不能继续使用，于是就成为废油。但变质物和杂质在废油中只占很小一部分，如能将这部分变质物和杂质用简单的工艺除去，废油就可再生，成为好油。再生油的产率一般都很高，因此，废油可说是生产润滑油的宝贵资源。从这个意义上来看，废油不但不是废物，而且是个宝物。

废油中的变质物和杂质一般有以下几类：

1. 灰尘、泥砂、纤维、金属粉末等机械杂质。
2. 轻质油（汽油、煤油、柴油）。
3. 水分。
4. 炭粒。

5. 碳青质、油焦质。
6. 氧化产生的胶质及沥青质。
7. 酸类。主要是油溶性有机酸，有时也含有水溶性酸（包括无机酸和低分子量有机酸）。
8. 过氧化物和氢过氧化物。
9. 中性含氧化合物。包括酯类、醚类和某些羰基化合物。
10. 皂类。
11. 添加剂消耗后产生的化合物。

前四类主要来自外界环境，以及发动机汽缸中的燃烧混合物，后面的七类，除无机酸是燃气带来之外，主要来自润滑油某些组分的变质。

由于润滑油的使用条件不同，废油所含杂质的种类和数量也很不一样，并不是所有的废油都含有上述十一类杂质。例如：只有废汽油机油和废航空润滑油中才会含有汽油；只有废柴油机油中才会含有柴油；而一般的工业润滑油废油中就不会含有。碳青质与油焦质是热解产物，只出现在接触高温的废油中；在接触燃烧混合气的内燃机油中才会含有炭粒；在野外工作的机器中放出的废油才含有较大量的泥砂。废油中杂质（包括变质物在内）的总量通常在1~25%的范围内，其余的75~99%都是好成分。这比原油中润滑油组分的含量高得多，而且再生时不需要昂贵的脱蜡工艺，只要采取简单而合理的工艺，除去变质物及杂质，必要时加入合适的添加剂，就能把废油变成质量良好的再生油。

一般人常常觉得再生产品不如新产品的质量。实际上只要采用合适的工艺流程和正确的操作，再生润滑油的质量完全可以同新油相媲美。

再生油的化学组成，一般接近于新润滑油基础油的化学组成。这是用有效的物理化学过程精制后的情况。再生油基础油对添加剂的感受性一般也和新油基础油差不多。如果原来的新油不是深度精制，或者再生时精制得较深，则再生油基础油实际上相当于精制得更深的新油，会对添加剂有更好的感受性。所以调入添加剂以后的再生润滑油，在质量上有可能比原来加添加剂的新油还好。

如果再生时采用的是简易再生工艺，而不是硫酸精制、白土精制、丙烷精制、糠醛精制和加氢精制等工艺，则由于变质成分没有完全被除去而使再生油的质量赶不上新油。或者虽然采用了精制作用较强的再生工艺，但由于掌握得不适当，没有将变质组分除尽，甚至留下了精制反应产生的新的杂质，则再生油的质量也会赶不上新油。

三、合 理 再 生

不同品种的废润滑油需要用不同的再生方法。不同的杂质需要用不同的方法来除去。同一种废油也会由于使用部门和地区的不同而具有不同的特点。所以就有一个合理再生的问题。所谓合理再生，并不是设备越复杂越好，而是根据废油所含杂质情况及再生油的质量要求，选用既保证产品质量又经济合理的工艺流程及设备来进行再生。

有些废油变质程度浅，杂质污物含量并不大，如许多机械厂的机械油，仅含一般的固体杂质，通过常温沉降及简易过滤，就可以得到再生。

有些废油除了含较多的机械杂质之外，油本身也因氧化而变色，酸值也提高了，这时除了沉降之外，还应考虑碱中和或白土处理。

如果废润滑油中混入了汽、煤、柴油，在加工流程中就应该增加蒸馏或蒸发的过程。

如果废润滑油变质程度很深，颜色暗黑，酸值很高，经过一般的沉降、碱洗、白土处理，仍不能恢复其原有质量时，就必须采取硫酸精制，继之以碱中和或白土处理。

沉降、碱洗、白土处理、过滤，所需设备简单，适合于用油单位自行再生。而包括蒸馏及硫酸精制等步骤在内的再生工艺，由于设备比较复杂，技术要求较高，而且还要进行酸渣处理，所以适合于专业再生厂采用。但这也不是绝对的，用油量大的单位和对再生油质量要求高的单位，有条件时也可以采用复杂的再生工艺及设备。

如果当地能找到天然白土，即使活性不高，用量较大，也是经济的，在硫酸供应短缺的地方，就可以考虑增加白土用量和采取高温白土处理来代替硫酸精制。这样也能生产出质量良好的再生油基础油。

在设备上就更需要利用本单位本地区的有利条件，因陋就简，因地制宜，少花钱，多办事，不花钱，也办事，这方面广大群众通过多年的丰富实践，已有许多经验。

第二章 物理方法再生

废润滑油再生的工艺流程，是由一些单元操作组成的。本章介绍一些物理方法的单元操作。

一、沉 降

沉降是从油中除去水分和机械杂质（以下简称水杂）的常用方法，即利用水杂与油的比重差进行分离。当油中悬浮的机械杂质（以下简称机杂）颗粒大小在0.05~10微米时，其沉降速度服从斯托克斯定律，可用下式表示：

$$W = \frac{D^2}{18} (d_1 - d_2) \frac{1}{\eta}$$

式中 W ——颗粒沉降速度，米/秒；

D ——颗粒直径，米；

d_1 ——颗粒密度，公斤/米³；

d_2 ——油密度，公斤/米³；

η ——油在沉降温度下的绝对粘度，公斤·秒/米²。

由式中可见，机杂的比重愈大、颗粒愈大，就愈易沉降，油的粘度愈大，沉降就愈困难。所以对于粘度较大的油要适当加温，以降低油的粘度，从而加快沉降速度。但即使对于粘度较大的油，也不宜把温度加到80~90℃以上。这是因为油的粘度在80℃以下时，随温度变化较快，在80℃以上则随温度变化较慢；而油的自动氧化速度，一般是温度每升高10~15℃就增加一倍。所以加温到比90℃更高的温度，从

加快沉降上获得的好处有限，而在油的氧化变质上蒙受的损失很大，得不偿失。

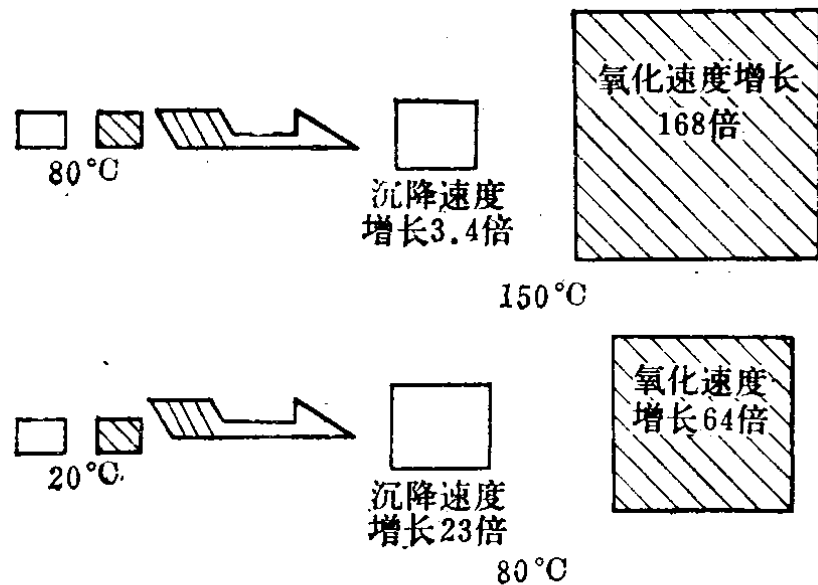


图 1 粘度指数为70的50号机械油加温对沉降速度及氧化速度的影响

图 1 举了一种粘度指数为70的50号机械油作例子。当将这种油由20℃加温至80℃时，沉降速度可提高23倍，氧化速度则提高得更快，达64倍。虽然如此，但由于在20℃时氧化速度很小，所以几天的时间内还没有明显的氧化变质。若将这种油由80℃再加温至150℃，则沉降速度只比80℃提高了3.4倍，而氧化速度则比80℃提高了168倍。此时在一天内的变质等于20℃下10750天（二十多年）的变质。这显然是不合理的。

当油中含有水分时，加热至100℃以上，就会因水的汽化而使油激烈翻花。这时机杂根本不能沉降，甚至原来已沉下去的机杂还会被翻起来。有人为了脱水，将废油加热至140~150℃蒸发十多小时，但油因氧化而明显变色，这是不

合适的。还是应该采取80℃左右沉降的办法脱水。

150℃的氧化速度要比20℃时快一万倍左右，而沉降速度只快80倍左右。如果有充足的沉降时间，还是以常温沉降脱水杂的方法最有利，设备既简单，又没有不良的作用。对于低粘度的润滑油，应该坚决采用常温沉降脱水杂的办法。

沉降可用卧式罐或立式罐来进行，见图2。罐底设蒸汽盘管，卧式罐安放时宜略倾斜，有排污阀的一端在下。立式罐应有锥底，锥尖设排污阀。沉降罐必须有盖而且应以保温材料包裹起来，否则在热沉降的过程中，由于罐壁散热及油面被空气冷却而产生的环流，会破坏沉降的效果。油在热至沉降温度后开始沉降，在沉降中即使温度下降也不宜再加温，因为中途加温产生的热对流将破坏已取得的沉降效果。

设计或选取沉降罐时，要注意沉降距离。沉降距离越长，沉降所需要的时间也越长，这可由表1中柴油机油沉降的结果看出。从距离罐底不同高度采样分析机杂含量的结果表明，对粘度较高的油不宜采用很高的罐。设计立式沉降罐时，应从占地面积、耗钢材等问题综合考虑。立式沉降罐的直径与高度的比应为2~1.5:1。实际上采用1:1的较多。为了减少沉

表 1 柴油机油不同沉降距离的机械杂质含量

机械杂质含量,% 距罐底垂直距离,毫米	沉降时间 小时			
		6	12	18
240		0.03	0	0
180		0.07	0	0
12		0.11	0.03	0
60		0.23	0.19	0
0		0.50	0.73	0.92

降距离，另一个办法是采用卧式罐。

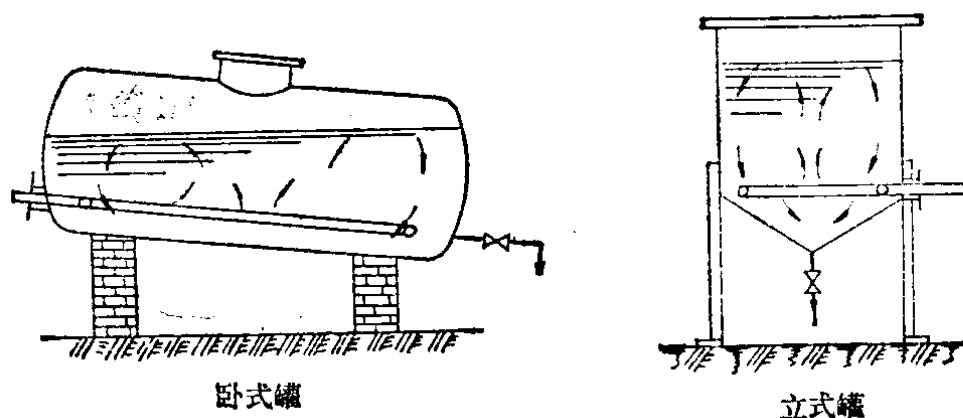


图 2 废油脱水杂用的沉降罐

二、离 心

在轮船上和某些厂矿企业中常采用离心机(也叫分离机)来脱除水杂。沉降是靠重力进行分离，离心则是靠高速旋转产生的离心力进行分离。在离心机旋转时，离心力的大小可按下式计算：

$$P = \frac{Grn^2}{900}$$

式中 P ——离心力，公斤；

G ——旋转物体的重量，公斤；

r ——旋转半径（离心机半径），米；

n ——转速，转数/分。

由式中可看到，离心力与转速的平方成正比。例如 1 公斤重的物体，在旋转半径为 0.1 米，每分钟 1000 转时离心力为 111 公斤；每分钟 4000 转时为 1778 公斤，每分钟 7000 转时为 5450 公斤；每分钟 20000 转时为 44000 公斤。水杂的分离速度则又与离心力成正比。可见高速离心能很迅速地分离水杂。

在实际应用中，转速从3000到40000转/分都有人采用。

离心机旋转鼓的截面图如图3。

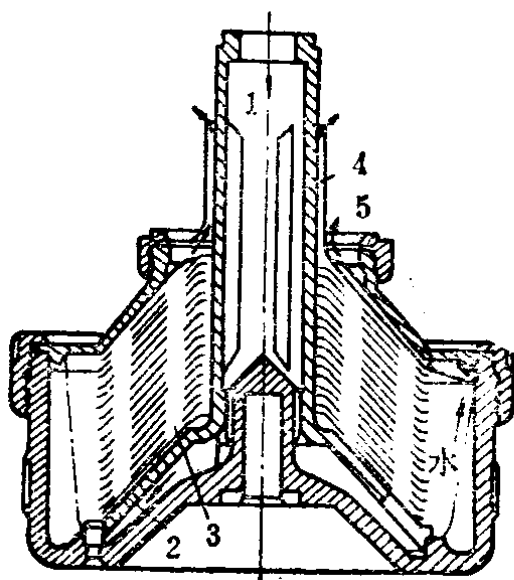


图3 分离机旋转鼓截面图

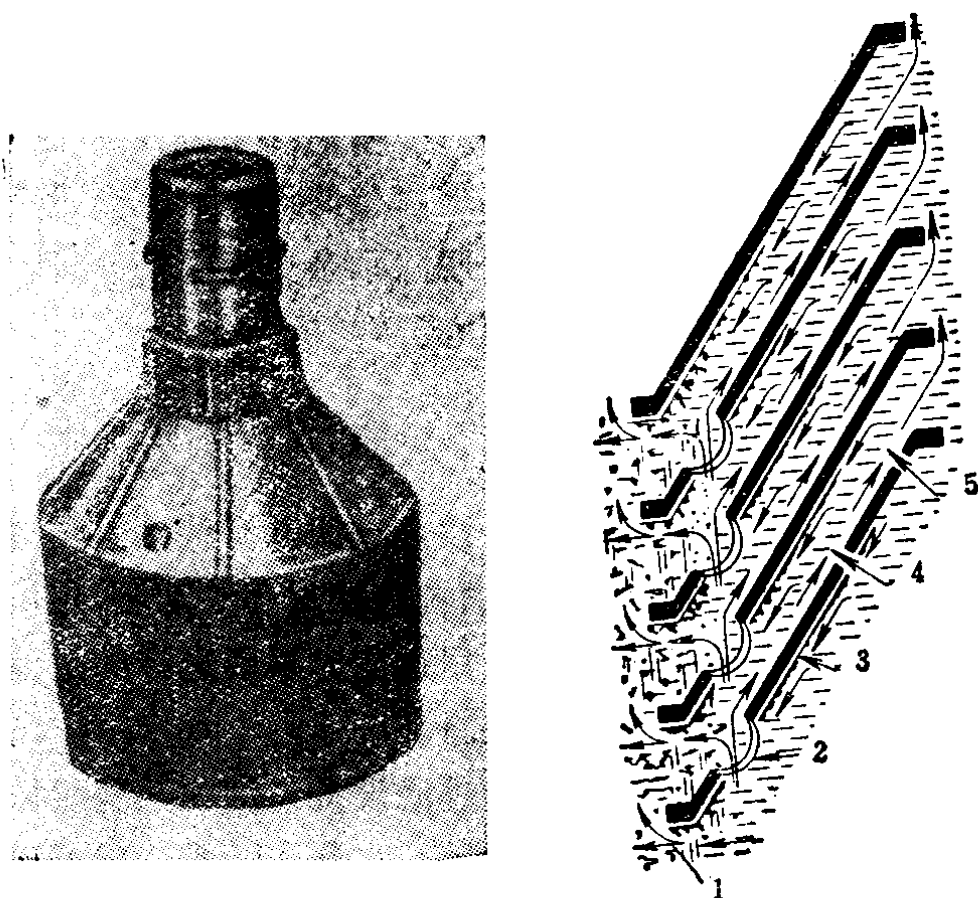
1—转鼓中心管；2—转鼓底；3—油孔道；
4—环状油道；5—环状水道

含水杂的油从转鼓中心管1进入，通过集合锥形盘上的孔眼进入集合锥形盘，油沿盘间的距隙走到转鼓内腔，经环状油道4离开转鼓。水杂在离心力的作用下沿盘间距隙走到转鼓外壁处，经环状水道5离开转鼓。

在图4中，A图是分离机转鼓的外形，B图是转鼓的几个锥形盘。B图显示了油及水杂在锥形盘间运动及分离的情况。

根据油中杂质的特点，离心机有两种操作方法，一种叫澄清法，一种叫清洗法。

澄清法适用于从油中分离固体杂质、油泥、炭粒以及少量的水，这时不需要连续引出杂质。分离出来的水杂逐渐聚集于转鼓的贮污器中，定期予以清除。



A. 分离机转鼓外形

B. 锥形盘

图 4 混合物在离心机锥形盘间的分离

1—水与杂质；2—进盘通道及油水分离的区域；3—杂质与水的流层；
4—清洁油层；5—离盘的清洁油

清洗法适用于分离含大量水的污油。污油在离心机中分离成为两个比重不同的液体，连续地离开离心机。

绝缘油一般都用澄清法。含机杂及少量水分（0.1～0.3%）的汽轮机油，也用澄清法。含水多的汽轮机油则使用清洗法。当按澄清法操作时，转鼓的生产率要比按清洗法操作高20～30%。

离心分离可看作是离心力作用下的沉降，其它因素例如温度的影响可以参考沉降过程。

离心分离所能解决的问题也只是脱除水杂。这点与沉降没有什么不同。但它比沉降法费用高，因为要消耗大量的动力。但优点是设备小，占地少，效率高，所以在船上等场地狭小的地方宜于采用。但在场地富裕的地方，完全没有必要采用离心机，而宜采用沉降法脱除水杂更为经济合理。一般也没有必要同时使用沉降与离心。

三、过 滤

脱除固体杂质最有效的手段是过滤，有些比重与废油差不多的杂质（如纤维），或者颗粒直径很小的杂质，用沉降或离心是很难完全除去的，而采用过滤时只要选择的过滤材料合适，完全可以将固体杂质除净。

应根据废油的情况来选择过滤设备。例如某些机械厂的废油中，杂质主要是铁屑、泥砂、水分和纤维，就可以采用常温静置，使铁屑、泥砂、水分沉底。上层油只含有一些纤维，通过密铜网漏斗过滤就可除去。对于白土处理后的油，为了滤去白土，就必须采用板框过滤机或真空过滤机。

过滤就是利用过滤介质两边的压力差，使油通过过滤介质，而将固体阻留下来。在实际的过滤过程中，过滤介质不仅包括作为过滤材料的滤纸和滤布，也包括阻留在过滤材料上的沉淀层。过滤速度公式如下（波塞立公式）：

$$Q = \frac{\pi r^4 P F}{8 l \eta}$$

式中 Q ——过滤速度；

P ——过滤压力差；

F ——过滤面积；

η ——油在过滤温度下的绝对粘度；