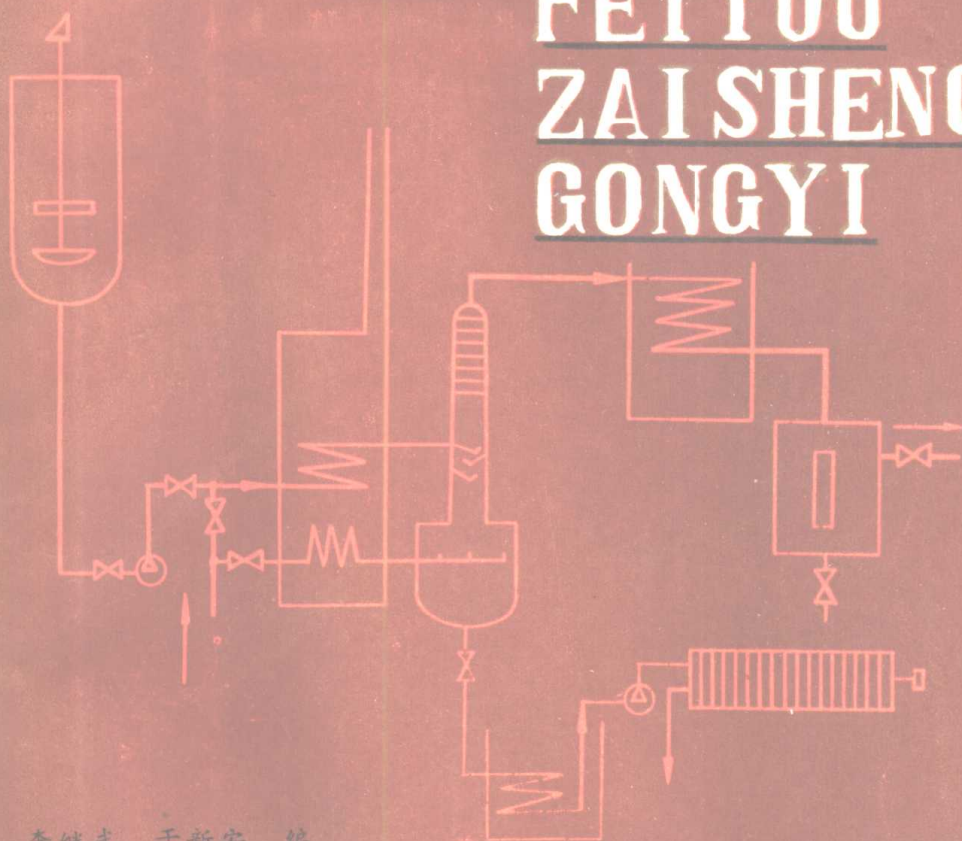


FEIYOU ZAI SHENG GONGYI



李继武 于新安 编

煤油再生工艺

中国铁道出版社

废 油 再 生 工 艺

李继武 于新安 编

王善彰 校

中 国 铁 道 出 版 社

1 9 8 4 年 • 北 京

废油再生工艺

责任编辑 赵世涵 封面设计 翟 达

中国铁道出版社出版

新华书店北京发行所发行

各地新华书店经售

中国铁道出版社印刷厂印

开本：787×1092 $\frac{1}{32}$ 印张：7.5 字数：162千

1984年2月第1版第1次印刷

印数：0001—5,000册 定价：0.80元

内 容 提 要

本书通俗地叙述废润滑油再生的工艺流程、原理和单元操作，国内外柴油机油再生的工艺、质量评定和废气废渣废水的治理途径，以及近年国外研究无污染再生油的概况，探讨了再生油工艺的发展。

书中提供了近几年内燃机车柴油机油再生研究试验的数据，有力地证明再生油的质量水平。再生装置及单元操作多是科研、生产实践的总结。

本书可供废油加工厂或从事再生工作的技术人员和工人学习，对油品生产、使用、管理及教育工作者也有一定参考价值。

前 言

润滑油在使用过程中，总有一些成分因氧化、分解、裂化、缩合等原因而变质，同时混入一部分外来杂质。废油再生就是将变质物与外来杂质除去，再调入合适的添加剂，使其成为良好的润滑油的过程。

废油再生的工艺、设备简单，收率可高达60~90%，开展废润滑油再生对于节约能源和减少环境污染都具有重要意义。

人们对再生油的质量常常信不过，认为凡是再生的东西总不如新的好，这是一种误解。实际上只要对废油采用合理的再生工艺、正确地执行工艺操作，严格要求质量，再生油就完全能够达到新油的质量水准，某些指标甚至比新油还好。

本书编者多年从事内燃机车废柴油机油再生工艺的研究，书中对柴油机油再生部分的论述，很多是实践中的感受，具有一定的实用性。书中收集了最近几年国内外废油再生工艺概况，并概述了对再生工艺的展望、再生油质量评定方法、再生油生产过程中废水废汽废渣的治理等。书中较全面叙述了常用润滑油的再生工艺，着重论述了柴油机油的再生工艺，及其再生装置和单元操作工艺，可供从事废油再生工作者借鉴。

编 者

目 录

第一章 概论.....	1
第一节 润滑油的分类和性质.....	1
第二节 润滑油的老化和再生原理.....	3
第二章 润滑油的再生方法.....	6
第一节 物理的再生方法.....	6
第二节 化学的再生方法.....	20
第三节 物理、化学综合的再生方法.....	27
第四节 润滑油再生的基本工艺.....	31
第五节 废油再生的展望.....	41
第三章 柴油机油的再生.....	53
第一节 废柴油机油.....	60
第二节 柴油机油再生工艺的选定.....	65
第三节 再生柴油机油的质量.....	95
第四节 柴油机油再生装置及其操作	102
第四章 机械油、变压器油、液力传动油和车 轴油的再生	138
第一节 机械油的再生	138
第二节 变压器油的净化与再生	148
第三节 液力传动油的再生	159
第四节 车轴油的再生	166
第五章 再生油的质量评定及污染的治理	173
第一节 再生油的质量指标及评定方法	173
第二节 润滑油再生过程中污染的治理	208

附 录

附录 1	粘度指数计算表	224
附录 2	粘度换算表	229
附录 3	部分柴油机油、透平油、变压器油、 机械油、车轴油的规格标准	230

第一章 概 论

第一节 润滑油的分类和性质

一、润滑油的分类

润滑油的种类很多，不同品种规格的润滑油有不同的用途。由于工农业与交通运输业中使用着各种各样的机械设备，它们使用情况和操作条件不同，因而要求不同品种的润滑油。目前我国润滑油的品种多达100种以上。按用途和使用条件，大体上分为下述十类。

（一）发动机润滑油 这种润滑油主要用于各种类型的内燃机，包括汽油机油、柴油机油、活塞式航空发动机油、船用机油、内燃机车柴油机油等。我国发动机润滑油约占润滑油总用量的40%。

（二）机械油 这类润滑油主要用来润滑各类机床和机械，使用时一般温度不高，又不与水蒸汽、热空气和其他带压力的气体相接触，对这类油的性能要求不高，主要是粘度、润滑性能与一定的氧化安定性（延长换油期）等。

（三）齿轮油 用于润滑传动齿轮或蜗轮蜗杆传动装置。如汽车、拖拉机、内燃机车的传动齿轮箱和转向机构以及工业上其他齿轮传动装置等。传动装置的工作特点是单位压力很大，对油的润滑性能与极压性能要求较高。具体分类又有一般汽车齿轮油、双曲线齿轮油、工业齿轮油等。

（四）液压油及液力传动油 这种油适用于以油为介质实现能量的转换和传递的液压机械装置。要求液压油具有传

递功率和润滑的双重作用。如航空液压油、液力传动油等。

(五) 电气用油 实际上这类油不是起润滑作用而是把它做为绝缘和冷却介质使用。主要有变压器油、电容器油以及电缆油等。

(六) 汽缸油 主要用于蒸汽机上。它是同蒸汽直接接触的。分为饱和汽缸油和过热汽缸油、合成过热汽缸油等。

(七) 压缩机油 用来润滑往复式或旋转式压缩机。该油工作过程中直接与高温的压缩气体接触，要求有较高的抗氧化安定性，挥发性要小。

(八) 汽轮机油 用于蒸汽透平的油循环系统和调速装置，起润滑和冷却作用。要求有良好的抗氧化安定性和抗乳化性能。

(九) 车轴油与三通阀油 这类油专供铁路车辆轴承及三通阀润滑用。要求有较好的低温性能、粘度指数及润滑性能。

(十) 专用润滑油 这一类中的各种润滑油均有一些特殊的要求，如真空泵油、仪表油等。

为了满足各种机器的要求，上述每一类油又含有若干种及若干牌号。例如柴油机油中按使用性能分为普通柴油机油、低增压柴油机油、中增压柴油机油、内燃机车增压柴油机油等。按照100°C粘度要求的牌号又有8号、11号、14号、20号柴油机油等。

二、润滑油的组成与性质

矿物润滑油同所有石油产品一样，主要是由不同的烃类组成。因为不同的烃类具有不同的特性，所以润滑油的化学组成就决定了它所具有的不同性质。

组成润滑油的烃类中，主要有烷烃、环烷烃、芳香烃和

混合结构的烃，还有非烃类化合物，指含硫、含氧、含氮的化合物以及胶质、沥青状物质。

分析各种烃类结构对润滑油粘度的影响，发现在同一馏分中，烷烃粘度最低，环烷、芳香烃的粘度较大。各种烃类对润滑油粘温性质影响的规律是：以烷烃的粘温性质最好，环烷烃和芳香烃不如烷烃，尤其当环数增加时，粘温性质显著变坏，但其侧链长度增加，其粘温性能变好。

非烃类的胶质和沥青质粘度较大，粘温性能极坏。多侧链、多环的环烷烃和分枝多的烷烃容易被氧化。虽然润滑油中含有少量的多环短侧链的芳香烃和胶质具有一定的抗氧能力，但含量过多，则降低油品的安定性。

润滑油低温流动性可以用凝固点反映，凝固点高的油品低温时的流动性不好。从化学组成看，正构烷烃（也有一些异构烷烃、环烷烃和芳香烃）凝固点高，在室温时是固态。这些固态烃在温度高时，在油中处于溶解状态，温度降低到一定程度便有结晶析出。烷烃粘温性能最好，是润滑油的理想组分，但对于要求低温性能较好的润滑油，固态石蜡会增高凝固点需要将其除去，改善低温性能。

第二节 润滑油的老化和再生原理

润滑油经过使用之后，逐渐污染劣化变质，劣化了的油不能继续使用时一般习惯上称为“废油”。实际上，劣化的油并不是废物，还可再生使用。

一、润滑油的老化

润滑油在使用过程中，处于高温、高压或电场等条件下工作，与空气接触氧化变质。在某些金属的催化作用下，使氧化加剧。因此氧化是润滑油变质的主要原因。外界杂质对

油的污染，使润滑油失去原有的某些性能，也是油变质的重要原因之一。污染劣化了的油，不能继续发挥润滑油的作用，就必须更换新油。

分析润滑油劣化变质的原因如下：

（一）外界污染 灰尘、杂质、纤维、机件磨损产生的金属粉末等侵入润滑油，造成润滑油机械杂质增大、灰份增加，使理化指标不合格。

（二）受到燃料（汽、煤、柴油）的污染和稀释或被水污染 造成润滑油粘度、闪点下降或含水量超过规定甚至产生乳化。

（三）润滑油在高温、高压下发生物理、化学变化 经氧化、叠合生成了胶质、沥青状物质，使油变得粘稠，色度变黑产生油泥。经过氧化，形成氧化物和酸性化合物，使油呈现酸性，导致油的酸值、残碳值增大。

（四）润滑油中添加剂分解、破坏 因为添加剂多为含氧、硫、磷、氮以及钙、钡、锌盐等，分解后产生相应的化合物，失去添加剂的原有作用。

（五）对于接触燃气的发动机润滑油，由于燃料不完全燃烧或燃烧后产生酸性化合物，使润滑油中混入烟粒子与无机酸。

基于上述原因，润滑油中一部分组份遭到破坏（变质物），同时增加了一些有害物质（外来杂质）。润滑油中变质污染劣化的成分只占全部组分的1~25%，其余的75~99%仍都是润滑油的有效组分。因此，将用过的润滑油再生使用是可以的。

二、润滑油再生原理

润滑油的再生，就是以用过的润滑油（废油）为原料，

进行处理精制，重新生产润滑油的过程。

润滑油再生和用原油提炼为润滑油的过程并不相同。从原油提炼润滑油，先要从原油中提取润滑油馏分，还要脱蜡、然后进行精制。精制过程主要是除掉原料中的胶质、沥青状物质，非理想烃类等，因此工艺过程复杂。废油再生，仅通过简单合理的处理，除去润滑油在使用中所产生的变质物及外来杂质，必要时再调合添加剂，就能够获得相当于新油质量的再生润滑油。从一定意义上讲，润滑油再生的过程，是对原有润滑油补充精制的过程。再生基础油有时比新油基础油的精制深度还深，所以它对添加剂的感受性往往比新油还要好（特别是目前一些新油的精制程度较差），这正是再生油某些性能指标优于新润滑油的原因。

目前内燃机油广泛采用的硫酸—白土再生工艺，就是利用硫酸能够对废油中有害组份起强烈化学及物理作用的原理，将有害组份从油中除去，并经白土补充精制，获得精制基础油。此外，采用过滤用以除去油品中的机械杂质，用蒸馏法除去混入润滑油中的轻质燃料油馏分（或将混合废油按馏分进行切割分离）。针对废油的不同特点，采用不同的再生工艺，再生油的质量就能够达到新油的要求。

第二章 润滑油的再生方法

润滑油的再生方法一般有物理再生方法、化学再生方法以及物理、化学综合的再生方法，本章介绍这些再生方法的原理及单元操作。至于针对某一种具体的废油，如何合理地选用这些再生方法，这要针对废油的具体情况具体分析，通过科学试验才能获得解答。在进行废油再生时，应当遵循能用简单方法达到目的的就不要用复杂的方法，这样不仅原材料消耗低、再生成本低，而且油品收率高，能取得最佳经济效益。如能用物理再生方法时就不要用酸洗，一般机械润滑油废旧程度不深时均选用物理再生方法。但是对于绝大多数润滑油来说，用本章介绍的单一的再生方法均难以达到要求，需要根据油料性能与油的变质深度采用合适的再生方法，就可以对所有油品都能有效的进行再生。所以说掌握再生方法的基本原理是合理地选用再生工艺流程的基础。

第一节 物理的再生方法

一、沉 降

沉降是废油再生中普遍采用的预处理方法。沉降的效果好坏，直接影响下一步的蒸馏、硫酸精制的操作。因为沉降过程，是利用机械杂质、水分与油具有不同比重而沉降分离的原理，沉降是物理过程，所以称其为物理再生方法。

沉降的目的，主要是除去废油中的水分和机械杂质。这样在沉降之后蒸馏时，能够减轻蒸馏釜的负担，改善釜板结

垢情况。沉降之后进行硫酸精制时，因沉降脱水能降低硫酸的消耗量，或在等量硫酸精制的前提下，提高硫酸精制的效果。

沉降过程是借助机械杂质比油重而自然沉降分离。当机械杂质颗粒直径在0.05~10微米范围时，其沉降速度应服从斯托克斯定律：

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

式中 W ——颗粒沉降速度（米/秒）；

D ——颗粒直径（米）；

d_1 ——机械杂质密度（公斤/米³）；

d_2 ——油品密度（公斤/米³）；

η ——油品在沉降温度下的绝对粘度（公斤·秒/米²）。

由公式可以看出，沉降速度与颗粒的直径及机械杂质的密度成正比，与油品的粘度成反比。 W 与 η 成反比的关系在设计沉降装置中获得了广泛的应用。对于一定粘度的润滑油来讲，降低粘度的唯一办法，就是提高沉降时的温度。

目前沉降的方式大体上有两种，即加温沉降和常温自然沉降，常温自然沉降又有油池和油罐两种型式。

一般情况，自然沉降法只适用于低粘度的润滑油或气温在15°C以上的地区、季节。沉降时间的长短主要取决于油品粘度和温度，并与沉降罐的高度有关。自然沉降的时间一般为3~15天。

对于高粘度润滑油，宜使用加温沉降，以缩短沉降时间。加温沉降一般在沉降罐内进行。罐内设加热用盘管或蒸汽夹层，利用蒸汽将油品加热到60~80°C，最高不能超过95°C。这是因为，油品在80°C以下时，其粘度随温度变化

的幅度较大，若超过80°C，随温度的增长，粘度的变化幅度减小，而氧化的速度却明显增加。一般认为，油温每增加10~15°C时氧化速度约增加一倍，150°C时油氧化的速度为20°C氧化速度的一万倍，而150°C时沉降速度仅比20°C时提高80倍。由此可见，若将油加热到95°C以上时，因为氧化造成的损失与降低粘度而提高了的沉降速度比较，所得好处有限而氧化损失巨大，所以温度提得过高是得不偿失的。从另一方面看，油中水分汽化的速度也随着温度升高而加剧，接近100°C时水即开始沸腾汽化。由于水分汽化产生热对流破坏沉降过程的正常进行，所以将沉降温度提得过高也是不妥的。

加热沉降的设备，无论是立式或卧式的沉降罐，罐体外壁均应设保温层，应尽可能保证在整个沉降期内，油品均处于理想的温度下沉降。设保温层还可以避免由于环境和油的温差引起沉降油的环流，以取得较好的沉降效果。在整个沉降过程中，沉降罐只应在开始时一次加热，待转入静置沉降后，不得中途再加热，中途加热产生热对流也会破坏沉降的顺利进行。

加热沉降的时间长短，根据油的品种及加热温度和设备条件而异。通常应掌握在24~48小时。

离心分离是沉降的另一种型式。其原理是利用离心机高速旋转时产生的离心力，来达到分离油、水和机械杂质的目的。离心分离也是建立在油、水和机械杂质比重不同基础上的物理的再生方法。

理论上，离心力的大小可按式2-2进行计算：

$$P = \frac{G \cdot r \cdot n^2}{900} \quad (2-2)$$

式中 P ——离心力（公斤）；

G ——旋转物体重量（公斤）；

r ——旋转半径（米）；

n ——转速（转/分）。

离心力大小与转速平方成正比。因此当离心机以7000~8000转/分高速旋转时，可以很快地将油中水及机械杂质分离出去。离心分离机的旋转鼓及油、水、杂质在锥形盘中运动和分离的情况见图2—1和图2—2。含水分的废油，从转鼓中心管1进入分离机转鼓，通过集合锥形盘上的孔眼，进入集合锥形盘，油沿盘的间隙进入转鼓内腔，经环状油道4离开转鼓。水在离心力作用下，沿盘间隙到转鼓外壁处，经环形水道5离开转鼓。

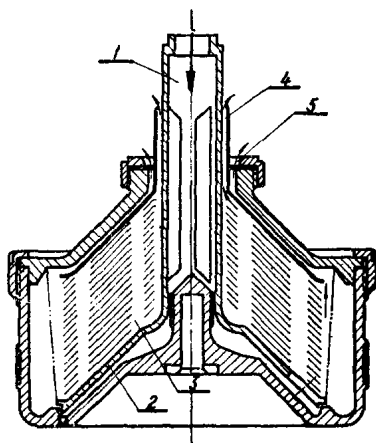


图2—1 离心分离机旋转鼓截面图

1——转鼓中心管；2——转鼓底；3——油孔道；4——环状油道；5——环状水道。

离心分离法与沉降法一样，能够使水分、机械杂质从油中分离出去，且具有：占地少、效率高和设备紧凑等优点。采用离心分离法，能够实现连续沉降，这是一般沉降装置所不具备的优点。

但是离心分离设备较复杂，造价高，还要消耗动力，所以使用受到限制。

二、过 滤

过滤一般是再生油生产过程中获得基础油的最后一道工序

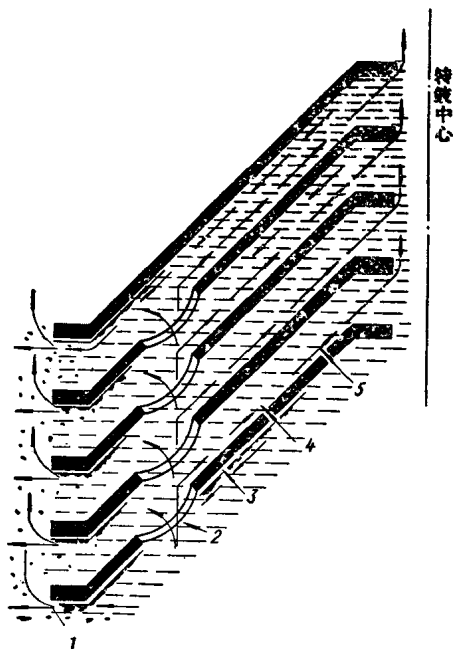


图 2—2 锥形盘分离示意图

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

开始过滤时过滤介质单纯是滤纸和滤布，在过滤进程中，被阻留在滤纸、滤布上的沉积层逐渐加厚，成为过滤介质的组成部分。

计算过滤速度，见波塞立公式：

$$Q = \frac{\pi \cdot r^4 \cdot P \cdot F}{8L\eta} \quad (2-3)$$

式中 Q ——过滤速度；

序。过滤能除去油品中的固体杂质，尤其是混入油中的一些与油本身比重接近的颗粒、纤维状物质，利用沉降甚至离心办法很难除去，但只要选用适当规格的过滤介质，能很容易地将其除去。

过滤的原理，系利用过滤介质两边的压力差，使油品通过过滤介质而将不合格的杂质阻留下来。随着过滤进程，过滤介质的性质不断地变化：