

工业废油的净化再生

重庆大学 何大钧 编



工业废油的净化再生

重庆大学 何大钧 编



机械工业出版社

此书共分十章,内容包括:概述、工业废油的回收与储存、物理方法再生、物理化学方法再生、静电净油法再生、再生油的污染分析、质量控制及安全管理等。

本书可供厂矿从事废油再生的工人、工程技术人员及一般技术人员学习和参考。

图书在版编目(CIP)数据

工业废油的净化再生/何大钧编. —北京:机械工业出版社,2001.10

ISBN 7-111-08910-3

I. 工… II. 何… III. ①工业废物:废油-净化
②工业废物:废油-再生 N. X7

中国版本图书馆CIP数据核字(2001)第20750号

机械工业出版社(北京市百万庄大街22号 邮政编码100037)

责任编辑:杨燕 版式设计:张世琴 责任校对:吴美英
常燕宾

封面设计:方芬 责任印制:郭景龙

北京京丰印刷厂印刷·新华书店北京发行所发行

2001年7月第1版·第1次印刷

787mm×1092mm¹/₃₂·6.375印张·139千字

0 001—2 000册

定价:12.00元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换
本社购书热线电话(010)68993821、68326677-2527

前 言

这里所指的工业废油是指润滑油、液压油以及其它工业用油等的废油,工业用油大都是从石油里提炼出来的矿物油,用途极为广泛。为了确保机械设备的正常工作和使用寿命,凡是有机械运转的地方,就一刻也不能缺少润滑油。对液压设备来说,大多以矿物油为工作介质,用来传递动力或进行控制。此外,在交通运输行业中对油料的需求量也相当可观。油液在使用一段时间后,由于污染杂质的浸入和部分成分的氧化变质,不能再继续使用,必须更换新油,换下来的油统称为“废油”。

废油中有害杂质(包括变质物)的总含量通常在1%~25%(质量分数下同)范围内,其余99%~75%都是好成分,只要采取适当的工艺方法,将其进行净化再生处理,质量是能够接近或达到新油标准的。

随着我国工农业和交通运输业的发展,对工业用油的数量和质量的需求不断提高,生产油品的数量和品种也在不断增加,但仍然不能满足要求。因此,在努力加快生产工业用油的同时,还必须狠抓废油的再生,因为废油再生的工艺简单,投资少,见效快,是节约和利用石油资源的一个重要环节。

废油的回收再生,不仅是为了节约宝贵的石油资源,同时还为了防止对环境的污染。因为未被收集和再生利用的废油无论是洒、漏、扔、埋,最后都会流入江、河、湖、海和地下水中污染水源。即使将废油作为燃料烧掉,所产生的废气、黑烟等

也会污染大气。因此,对废油的回收处理,成为人们所关注的问题。

本书叙述了废油再生的基本知识,着重介绍了废油再生的方法、设备的构造和它的操作过程,以及再生油的污染物分析和质量控制,在回收、储存和安全管理等方面应注意的问题。本书可供各厂矿从事废油再生的工人、工程技术人员及一般机械工作人员学习和参考。

由于编者水平有限,书中难免存在缺点和错误,恳请读者批评指正。全书由重庆大学教授王孝培主审。

编者

2000年5月于重庆大学

目 录

前言

第一章 概述	1
一、工业废油净化再生的重要意义及现状	1
二、工业用油废旧的原因	3
三、工业用油废旧的防止方法	7
四、废油不废	8
五、合理再生	10
第二章 工业废油的回收与储存	11
一、液压油的更换	11
二、废油的回收	16
三、废油的储存	19
四、取样	20
第三章 物理方法再生	25
一、沉降	25
二、离心分离	32
三、过滤	38
四、蒸馏	46
五、水洗	49
六、脱水	51
第四章 物理化学方法再生	52
一、凝聚	52
二、吸附	53
三、硫酸洗涤	70
四、碱中和	78

五、废油再生中酸碱精制对油品水溶性酸及碱的影响	82
六、调合粘度	83
七、调合添加剂	84
第五章 静电净油法再生	88
一、高压静电过滤原理	89
二、静电净油机结构	94
三、影响净油效果的主要因素	97
四、净油效果与经济效益	108
五、静电净油法应用中的几个问题	116
第六章 废油联合再生工艺及设备	119
一、废油联合再生工艺	119
二、废油联合再生设备	122
三、净化效果	140
第七章 除去油中水分和空气的方法	143
一、除去水分	143
二、除去空气	152
第八章 再生油的污染物分析	155
一、含水量分析	155
二、空气污染分析	157
三、光测法	159
四、电测法	161
五、超声测法	162
六、淤积法	163
七、分析比较法	164
八、显微镜颗粒计数法	165
九、扫描电子显微镜检查法	166
十、重量法	166
十一、化学物和微生物分析	166
十二、简易识别	167

第九章 再生油质量控制	170
一、再生油的物理化学性能	170
二、质量控制	181
第十章 工业废油再生的安全管理	185
一、石油产品的燃烧危险性与爆炸危险性	185
二、防火与灭火	186
三、防毒	188
四、废油再生站的安全技术	189
参考文献	192

第一章 概 述

一、工业废油净化再生的重要意义及现状

无论是液压油还是润滑油,大都是从石油里提炼出来的矿物油,它们的用途极为广泛。凡是有机械运转的地方就一刻也不能缺少润滑油,液压设备只要进行工作,就一刻也不能缺少工作介质、油或水。我们使用的液压设备中,绝大多数的工作介质采用的是矿物油。我国液压传动用油 80% 以上仍是普通的机械油。

在使用过程中,积聚在油中的氧化产物、灰尘、杂质和水分等,大大地降低了油品的质量,使油品不能全部符合使用要求,从而使设备发生故障,因此必须对油加以更换,换下来的油,我们习惯称为“废油”。

随着现代社会的不断进步,对工业用油的需求量迅猛增长,全世界目前润滑油的生产量为 2300 万 t,而亚太地区 1994~1995 年的需求量即为 870 万 t,到 2000 年以后,该地区将达到 1100 万 t。

中国经济发展刺激了汽车工业的发展。车辆数目的增长将使汽油机油和柴油机油的需求显著增加。同时随着交通运输业的发展也相应增加了铁路机车用油和轮船用油的用量,加上其它各种工业用油(齿轮油、液压油和金属加工油等)以及电力用油的同时增长,无论是在数量还是在品种质量上,要求都在不断的提高。

工业用油需求的增长促进了炼油工业的发展,而伴随全

球能源的日益短缺,原油价格的不断上扬,工业用油的价格也一涨再涨。为满足工农业及交通运输业等的需要,在努力生产工业用油的同时,还必须狠抓废油的净化再生工作。因为废油的净化再生工艺简单,投资少,收效快,是节约和充分利用石油资源的一个重要环节。

此外,废油的回收再生不仅仅是为了节约,同时还为了防止环境污染,因为没有回收的废油,无论是洒、漏、扔、埋,最后都将流入江、河、湖、海或地下水中,污染水源。即使把废油作为燃料烧掉,所产生的烟雾对大气污染也很严重。为了防止环境受到污染,许多国家都颁布了废油处理法规。原德意志联邦共和国在1968年就颁布了废油法,1969年和1970年又颁布了补充规定。由于这些法规的实施,以及采取了一些保护环境的措施,则在原德意志联邦共和国内收集废油的数量明显增加,大约相当于可收集废油量的90%。但在润滑油总消耗量中,有一定数量的废油是无法收集和无法循环使用的,例如工艺用油混进橡胶、塑料、化妆品与粘结剂中,就无法回收。此外,还有在出口物资中添加的油料,蒸发损失和泄漏损失跑掉的油料,以及在报废汽车的内燃机、齿轮和车轴中所带走的油料都不能回收。原德意志联邦共和国在六、七十年代中废油再生能力的发展情况见表1-1,其中各用户厂家自己再生的再生油产量尚未包括在内。

废油净化再生带来的经济效益是可观的。以我国为例,市场上汽油机油和柴油机油的价格为1~1.2万元/t,最便宜的润滑油也约为5~6千元/t,以我国目前润滑油的使用量计算,若使用后,其中有1%(3万t)用来净化再生,再生回收率为75%,则每年可有2.25万t变废为宝的润滑油,若以每吨4500元计算,共有1.0125万元的财富被回收再用。可见废油

再生大有可为。基于上述原因,废油的处理已成为一个重要的课题。

表 1-2 是部分国家对于废油的处理情况统计。

表 1-1 原德意志联邦共和国 1960~1979 年废油再生能力发展状况

年 份	润滑油消耗量 /10 ³ t	再生油产量 /10 ³ t	在润滑油消耗量中 所占百分比 (%)
1960	650	63	9.6
1965	836	119	14.2
1970	1087	150	13.8
1975	1026	186	18.1
1979	1183	227	19.2

表 1-2 废油处理情况 (10⁶L)

处 理 方 法 \ 国 家	日 本	美 国	加 拿 大	欧 共 体
做 燃 料	61% (8056)	58% (3070)	18% (76)	37% (906)
再 生	8% (100)	2% (113)	23% (98)	共 34% (845)
再 利 用	—	8% (420)	—	
废 弃	31% (399)	32% (1700)	59% (250)	29% (725)
合 计	100% (1305)	100% (5303)	100% (424)	100% (2476)

二、工业用油废旧的原因

机械和设备工作时,油由于长期与金属接触,受到四周空气、温度、压力、电场、光线及其它因素的影响,在油中逐渐增

加了外来的杂质,其结果在油中会有水分、灰尘、砂粒、金属屑末,并在长期使用中逐渐氧化,使得化学成分发生了变化,产生变质物和有害杂质,一般有几类:

1. 被外来杂质污损

油在系统使用过程中,最容易被各种机械杂质弄脏。这些杂质有金属屑末、灰尘、砂粒、纤维物质等。这是由于摩擦机件上磨掉下来的金属粉末落入油中,或者由于系统和机器外壳封闭不严,使灰尘、砂粒浸入油中。例如,当拖拉机在田地里工作时,汽车在道路上行驶时,会有很多细小的灰尘、砂粒随空气一起经空气滤清器带入发动机的润滑油中。矿山机械常常会被矿石粉弄脏。加工机床使用的润滑油和液压设备使用的液压油,常常被加工件的切屑末及其它金属粉末所污损。这些杂质对于系统油的质量有很坏的作用,它会像磨料一样使机械发热,使机件过早磨损。

2. 被水分混浊

油在机械设备中工作时,常有水分渗入,这是由于各种机械设备的润滑系统、液压传动系统,或水冷却装置不够严密,使水分流入油中。此外,空气中含有水分也能被油吸收,因为油有吸水性,其吸水性的能力由环境温度所决定。例如变压器油溶解水分与变压器油的温度就有很大的关系。从表 1-3 中可以看出上述二者之间的关系。

3. 热分解

有很多种油,当它和机械设备的高温部件接触时,例如,处在发动机燃料的燃烧区域时,当在淬火中与赤热的金属直接接触时,以及在油开关

表 1-3 变压器油含水量与温度的关系

油的温度/°C	含水量(质量分数)
5	0.011%
25	0.042%
50	0.054%
75	0.105%

中与高压电弧直接接触时,便会遭受极大的局部过热,直至发生部分燃烧的现象,且能使油热到相当高的温度。这时油便发生热分解(裂化),其结果会生成胶质和坚硬的焦炭,这叫做积炭。积炭对汽车发动机有很大的危害,因为积炭是热的不良导体,燃烧室壁和活塞顶覆盖了积炭,引起散热不良,从而发生机件的过热和毁坏等事故。

4. 氧化

系统油在使用过程中,发生化学变化的主要原因是空气中氧气的作用。油在设备中工作时,随着油温的增加,接触时间的增长,接触面积的加大,与空气接触压力的增大等因素的作用,都会使油的氧化程度加快和加深。氧化的结果使油生成了一些有害物质,如酸类、胶质、沥青等。由于油中氧化物的不断增加,引起油的颜色变暗,粘度增加,酸值增大。油中出现沉淀状的泥渣,因此油中杂质含量就又增加了。油的氧化常常会给系统工作造成故障。

5. 被燃料油稀释

汽车拖拉机的润滑油及触空润滑油,在各种内燃机工作的过程中,由于部分燃料油(柴油、汽油)没有完全燃烧而渗流到润滑油中,逐渐稀释润滑油。

润滑油被燃料油稀释的程度,与发动机的结构和工作状况以及燃料油的种类有关。在废航空润滑油中,平均含有2%~3%的航空汽油,在废车用润滑油中,平均含有10%~15%的车用汽油,在拖拉机润滑油中平均含有30%~50%的拖拉机煤油。由此可见,如果发动机使用的燃料油闪点愈高,在润滑油中被渗入的燃料油量也就愈多,而润滑油也就变得更加稀释。这样会使润滑油的闪点和粘度都随之降低,而失去应有的润滑性能。

表 1-4 中,列举了油品性能变化的原因和产生的结果,以供参考。

表 1-4 油品在使用过程中发生性能变化的原因和结果

变化的原因	变化的结果
氧气等气体的影响	使油品氧化变质,粘度、酸值、腐蚀性物质、油泥增加,颜色变深,还会产生气泡,导致产生空穴、气蚀作用
进水的影响	油品乳化,浑浊,粘度增加,锈蚀增强,润滑性能降低,添加剂水解,电绝缘性能下降,油品氧化加快
增粘剂发生裂解,抗泡剂发生沉降,其他添加剂逐渐被消耗掉而产生的影响	使添加剂所改进的各种性能下降或消失
粉尘、磨损金属粒子、油品不完全燃烧时生成的炭渣,油品氧化、缩聚生成的胶质、沥青质等固体杂质的影响	加速油品氧化,粘度、酸值、机械杂质增加,颜色加深,乃至变黑,润滑性能降低,磨损增加,过滤器和油路堵塞,抗泡性、抗乳化性、电绝缘性下降
温度高的影响	油品氧化加速,粘度、酸值、闪点上升,油中轻质成分蒸发加快,油和添加剂热分解加速,使用性能降低
剪切、搅动等机械作用的影响	增粘剂发生裂解,粘度和粘度指数下降,油品氧化加速
光线, γ -射线及其他射线的影响	促进油品氧化、缩聚,粘度、酸值增加,颜色变深

油品在系统工作中所产生的废旧杂质数量是不允许无限度增加的,当达到一定程度以后,就不能满足系统对油品的要求了,于是这种油就成为废油,需要加以更换。若不更换,继续使用,便会加快运动零件的磨损,并使系统产生故障,而降低设备的使用寿命。

如何判定油品是否是废油,这是个较为复杂的问题,因为使用条件的不同,各种机械设备对油的要求的不同,需要结合实际使用情况而定。这里仅列出一般的指标作为判定成为废油的标准(表 1-5),供参考。

表 1-5 油品判定为废油的指标

1. 机械杂质含量	超过 2% 以上
2. 含水量	超过 2.5% 以上
3. 酸值(mgKOH/g)	超过 1.5% 以上
4. 粘度增大	超过规定 25% 时
5. 炭渣值	超过 2% 以上
6. 灰分	超过 0.2% 以上
7. 含燃料油量	超过 10% 以上

注:表中百分数均指质量分数。

三、工业用油废旧的防止方法

工业用油废旧的原因除了主要是在工作过程中产生的以外,还由于工作人员的管理不当,也会使油遭到污损。因此,设法防止系统油液过早的废旧,延长使用寿命,节省油液是十分必要的。下面就防止油液的废旧和损失的一些注意事项归纳如下:

1) 各种油必须按照规定的用途使用,因为给机器加入种类不同或质量不标准的油,都能引起各种不良的后果。

2) 在油的搬运过程中或发油时,应使用规定密封的容器和工具,不要把油装入污垢的容器里,以防把油弄脏。

3) 在给机器加油时,注意不能让“尘土、污物和水分落入油中,因为机器的寿命在很大程度上取决于油的洁净程度。

4) 油虽然不容易挥发,但由于向机器或容器中加油时,常由于漫溢和漏失造成油很大的损耗。因此,在运行中和向机器上添油时,一定要仔细,不要使油受到损失。

5) 向油箱和油桶中装油时,不要超出它们容量的限度。在容器中必须留出油受热膨胀的空间,以免油受热膨胀后,造成溢流的漏失。

6) 要经常检查机器外壳和系统贮油器的盖以及管连接处的严密,扭紧机件连接处或更换密封衬垫,以防油的渗漏。

7) 在放出废油后,灌入新油前,应彻底清洗和擦净系统。

8) 应定期地或连续地清除油箱中沉积的水分和油泥。

9) 保持机器的润滑良好,不使机件受到较大的磨损,因为机件磨损后使间隙加大,油会污损得更加厉害。

10) 油的温度一般不超过 $50\sim 60^{\circ}\text{C}$,当放出的热量很多时,应保证油的冷却条件。

11) 在空气压缩机中,出口处的温度不允许超过 $160\sim 170^{\circ}\text{C}$ 。

12) 在汽车和拖拉机中应装有润滑油滤清器,使润滑油在工作中不断的进行箱滤,以防止发动机中的润滑油由于机械杂质及氧化产物的积累而变成废油。

四、废油不废

废油是习惯叫法,事实上应叫做“用过的油”比较合适。从废油的组成来看,它并不完全是废物,事实上变质物和杂质在废油中只占很少一部分,如能将这部分变质物和杂质用简单的工艺方法除去,废油就可再生成为好油,成为工业用油的资源。

废油中杂质(包括变质物在内)的总量通常在 $1\%\sim 25\%$ 范围内,其余 $99\%\sim 75\%$ 都是好成分。只要经过很好的处理,质量完全可以达到新油标准。表 1-6 和表 1-7 列出了再生油与新油的质量对比,从表中数据可看出,再生油是能够达到质量要求的。

表 1-6 新液压油与再生液压油质量对比

项 目	新 油	再 生 油
比密度, 15/4°C	0.8881	0.8874
外观	透明	透明
颜色	1 ¹ / ₂	1 ¹ / ₂
闪点(闭口)/°C	220	228
粘度/($\times 10^{-6} \text{m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$) 37.8°C	47.99	49.80
98.9°C	6.721	6.865
粘度指数	101	101
倾点/°C	-15.0	-20.0
铜片腐蚀(100°C×3h)	1a	1a
酸值, mgKOH/g	1.56	1.54
蒸汽乳化度	250	105
抗乳化度	40-30-10(60)	40-40-0(15)
火分(蒸馏)	痕迹	痕迹
水分(卡尔费歇法)/ $\times 10^{-4}\%$ (质量分数)	80	63
残炭, (w)	0.040	0.042
灰分, (w)	0.002	0.003
防锈试验	通过	通过
抗氧化安定性酸值增加, mgKOH/g	0.5	0.3
NAS 规格(粒子量)	10	10

表 1-7 溶剂精制的新润滑油料与 IFP 再生的
润滑油料的质量比较

项 目	150 中 性 油		350 中 性 油	
	新 油	再生油	新 油	再生油
密度/($\text{g} \cdot \text{mL}^{-1}$)	0.875	0.874	0.835	0.882
颜色(ASTM D1500-64)	<2	<1.5	<3	<2
粘度(50°C)/($\text{mm}^2/\text{s}^{-1}$)	19~21	18~20	40~46	37~41
粘度指数	97	95	95	95
倾点/°C	-15	-9	-9	-12
闪点, (开杯)/°C	200	215	215	245
中和值/($\text{mgKOH} \cdot \text{g}^{-1}$)	0.05	0.03	0.03	0.05
残炭值(康氏)(%) (质量分数)	0.03	0.01	0.1	0.02
灰分(%) (质量分数)	0	0	0	0