

第 1 章 国内外废矿物油的环境管理现状

1.1 矿物油使用行业的分布及特征

依据习惯，把通过物理蒸馏方法从石油中提炼出的基础油称为矿物油，矿物油的加工流程如图 1-1 所示。由图可知，在原油提炼过程中，分馏出有用的轻物质后，残留的塔底油再经提炼而成（该过程俗称老三套，包括溶剂精制、酮苯脱蜡、白土补充精制等）。其中，两个主要步骤是溶剂精制去除芳香烃等非理想组分和溶剂脱蜡以保证基础油的低温流动性。生产过程基本以物理过程为主，不改变烃类结构，且所产基础油的性质取决于原料中理想组分的含量与性质。同时，矿物油在提炼过程中因无法将所含的杂质清除干净，因此流动点较高，对于寒冷、极压等作业条件的适应性较差，进而在应用上受到一定程度的限制。

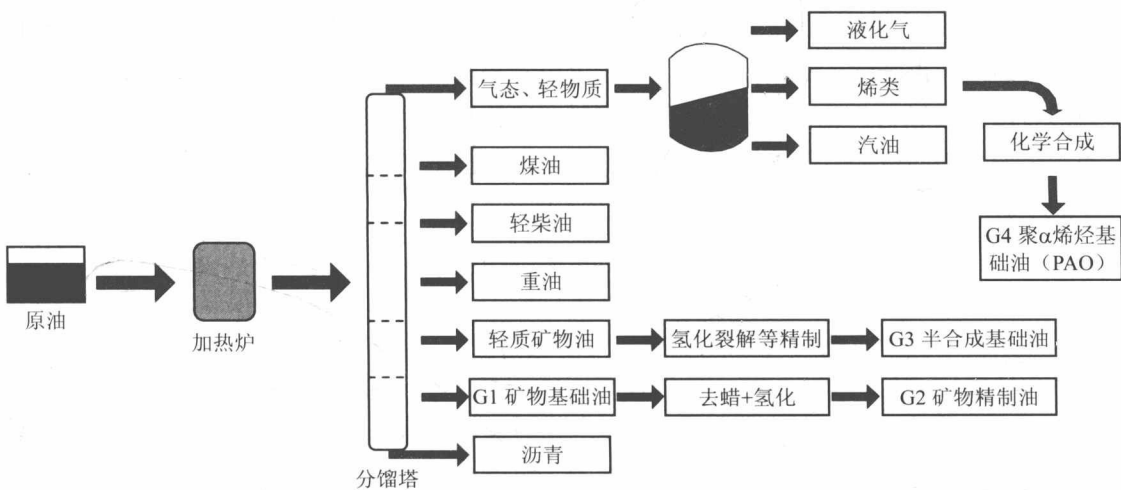


图 1-1 矿物油生产流程

1.1.1 矿物油

矿物油主要是含有碳原子数较少的烃类物质，多的有几十个碳原子，且多数是不饱和烃，即含有碳碳双键或是叁键的烃。矿物油是取原油中 250~400℃ 的轻质润滑油馏分，经

酸碱精制、水洗、干燥、白土吸附、加抗氧剂等工序制得。此外，当原油为石蜡基原油时，提炼工序还应包括脱蜡等步骤。在脱蜡过程中，为降低绝缘油的凝固点，可加入适量的降凝剂。同时，取原油中不同馏分油，并控制精制中硫酸的浓度、用量、作用时间及其他有关工艺，可得到用途不同的变压器油、电容器油、电缆油、开关油等。此外，也可用溶剂精制或溶剂精制结合加氢精制代替酸碱精制。与此同时，矿物油加工也应控制适当的精制深度，精制不足不能除去油中有害杂质；而过度精制则会过多地除去油中所含天然抗氧剂及芳香烃成分，降低其稳定性和吸气性，这对电缆油和电容器油的影响尤为明显。针对开关油，为了提高其灭弧能力，应尽量减少油中芳香烃含量。

矿物油在某些领域又称白矿油或白油，常用的有工业级白油、化妆品级白油、医用级白油、食品级白油等。不同类别的白油在用途上也有所不同。

工业级白油是以加氢裂化生产的基础油为原料，经深度脱蜡、化学精制等工艺处理后得到的，可用于化学、纺织、化纤、石油化工、电力、农业等行业和领域，也可用于聚乙烯（PE）、聚苯乙烯（PS）、聚氨酯（PU）等化工原料的生产。

食品级白油是以矿物油为基础油，经深度化学精制、食用酒精抽提等工艺处理后得到，适用于粮油加工、水果蔬果加工、乳制品加工、面包切制机等食品工业的加工设备的润滑，应用于食品上光、防粘、消泡、刨光、密封，可作通心面、面包、饼干、巧克力等食品的脱模剂，能够延长酒、醋、水果、蔬菜、罐头的贮存、保鲜期。

医用级白油适用于制药工业，可作为生产轻泻用的内服剂及生产青霉素的消泡剂等。

化妆级白油是采用加氢原料经过深度精制后得到，适用于化妆工业，可作发乳、发油、唇膏、面油、护肤油、防晒油、婴儿油、雪花膏等软膏和软化剂的基础油。同时，化妆级白油可用作抗静电剂、柔润剂、溶媒、溶剂。尽管碳氢化合物可增加湿润感，但无法直接改善干燥受损的皮肤。化妆级白油由于在色泽及特性上的优势，常用于白色膏状药物或保养品中。

此外，矿物油还广泛应用于农药行业中，可用于防治柑橘树蚜虫、锈壁虱、介壳虫，枇杷树和杨梅树的介壳虫等害虫。矿物油经过适当的加工处理后，是很好的杀虫剂，其作用机理是通过封闭成虫或幼虫的气孔，产生窒息作用，特别适用于蚜、螨、粉虱、介壳虫以及其他躯体较小的害虫，效果很好且价格低廉。此外，矿物油类农药还具有以下诸多优点：①可以加工为乳油，实现即配即用；②物理杀虫原理，长期使用无抗性；③不伤害害虫天敌，保护有益生物的同时降低用药成本；④可自然分解，长期使用无残留。

1.1.2 合成油

合成油是通过化学合成或精炼加工的方法获得的，虽然炼制工艺复杂，成本高昂，但拥有矿物油不可比拟的优势：合成油的黏度指数更高，所以黏温特性更好，高温时润滑更充足，低温下流动性好（室温条件下外观感觉比同级别矿物油稀）。同时，用合成油调配的机油抗氧化性更强，大大地延长了换油周期，虽然在机油上增加了投入，但减少了更换

机油和滤清器的次数。合成油因其蒸发损失小,所以机油消耗低,减少了添加机油的烦琐,并且能更好地保护三元催化器等昂贵的废气控制系统部件。此外,合成油适用于更高负荷的发动机,拥有更强的抗高温抗剪切能力,在发动机高速运转下,机油也不会损失黏度,对发动机的保护更全面。其中,合成型基础油来源于原油中的瓦斯气或天然气所分馏出来的乙烯、丙烯,经聚合、催化等复杂的化学反应炼制成大分子组成的基础油。本质上来讲,合成油炼制使用的是原油中较好的成分,通过人为控制化学反应达到预期的分子形态,所得分子排列整齐,抵抗外来变化的能力很强。因此,合成油品质较好,其对热稳定、抗氧化反应、抗黏度变化的能力自然要比矿物油强得多。

矿物油纯粹从石油中提炼,合成油则是用聚 α 烯类(poly- α -olefine, PAO)或酯类的化合物人工合成的基础油,这种基础油最大的特征是抗氧化能力强,并具有天然的清淨剂作用,因此它能确保润滑油在长期使用过程中性能不易衰退且不易产生油泥。同时,合成油的超凡的抗磨损性能有效延长了发动机使用寿命。此外,合成机油的另一个优点是更清洁和更环保。与传统机油相比,合成机油有助于减少发动机排放物。相比较而言,传统机油含有更多杂质,易反应生成不稳定的碳氢化合物,还含有通过传统的原油精炼无法完全去除的其他污染物质。因此,从诸多角度来讲,合成机油优于传统矿物油。

基础油通常可以大致分为矿物油、半合成基础油、全合成油3类。其中,矿物油是从原油中直接提炼获得的;半合成基础油则是从原油中提炼出中间产品后,经过加氢、精制等处理工艺后形成的基础油,如XHVI、VHVI、HVI等半合成基础油;全合成油则是通过化学反应合成的,以聚 α 烯烃(PAO)、酯类、乙醚、硅酮等形式为代表的基础油。然而,由于上述3类基础油的生产原料根本上都是通过原油、煤炭等基础原料加工制取,因此,通常习惯将矿物油、半合成基础油、全合成油等3类基础油统称为矿物油。此外,使用过程中矿物油的最主要作用是进行机械润滑,因此在相关行业中将矿物油统称为润滑油。

1.2 废矿物油的定义及范围

1.2.1 废矿物油的定义

矿物油是指从石油、煤炭、油页岩中提取和精炼,在开采、加工和使用过程中由于外在因素作用导致原有的物理和化学性能改变,不能继续被使用的矿物油。矿物油是目前人类使用最为广泛的化石能源,使用过程中由于被外来杂质污染、吸水、热分解、氧化、被燃料油稀释等作用而形成废矿物油。

1) 被外来杂质污染:矿物油在使用过程中,由于系统和机器外壳封闭不严,灰尘、沙砾浸入油中,或者被各种机械杂质污染,如金属屑末、灰尘、沙砾、纤维物质等。

2) 吸水: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,使水分流入矿物油中,形成油水混合物。此外,矿物油也会吸收空机中的水分,且吸水性随油温升高

而增大。

3) 热分解：当矿物油和机械设备在高温下接触时，矿物油会发生热分解，产生胶质和焦炭，导致原有矿物油失去其使用价值。

4) 氧化：空气的氧化作用是矿物油在使用过程中发生化学变化的主要原因，具体包括高温氧化、薄层氧化和催化氧化等氧化作用。矿物油的氧化作用会生成一些有害物质，如酸类、胶质、沥青等，使油颜色变暗、黏度增加、酸值增大，进一步会出现沉淀状的污泥。

5) 被燃料油稀释：该类废油主要指内燃机润滑油，由于部分燃料油没有完全燃烧而渗入润滑油中，使润滑油失去原有的润滑特性。

1.2.2 废矿物油的来源

按照目前的《国家危险废物名录》（2016），废矿物油主要来源于以下行业：①原油和天然气开采；②精炼石油产品制造；③涂料、油墨、颜料及相关产品制造；④专用化学品制造；⑤船舶及浮动装置制造；⑥非特定行业。上述各行业产生的废矿物油类型见表 1-1。

表 1-1 不同行业产生的废矿物油类型（国家危险废物名录，2016）

行业	产生的废矿物油类别
天然原油和天然气开采	石油开采和炼制产生的油泥和油脚； 废弃钻井液处理产生的污泥
精炼石油产品制造	清洗油罐（池）或油件过程中产生的油/水和烃/水混合物； 石油初炼过程中产生的废水处理污泥，以及贮存设施、油—水—固态物质分离器、积水槽、沟渠及其他输送管道、污水池、雨水收集管道产生的污泥； 石油炼制过程中 API 分离器产生的污泥，以及汽油提炼工艺废水和冷却废水处理污泥； 石油炼制过程中溶气浮选法产生的浮渣； 石油炼制过程中的溢出废油或乳剂； 石油炼制过程中的换热器管束清洗污泥； 石油炼制过程中隔油设施的污泥； 石油炼制过程中贮存设施底部的沉渣； 石油炼制过程中原油贮存设施的沉积物； 石油炼制过程中澄清油浆槽底的沉积物； 石油炼制过程中进油管路过滤或分离装置产生的残渣； 石油炼制过程中产生的废弃过滤黏土
涂料、油墨、颜料及相关产品制造	油墨的生产、配制产生的废分散油

行业	产生的废矿物油类别
专用化学产品制造	粘合剂和密封剂生产、配制过程产生的废弃松香油
船舶及浮动装置制造	拆船过程中产生的废油和油泥
非特定行业	珩磨、研磨、打磨过程产生的废矿物油及其含油污泥； 使用煤油、柴油清洗金属零件或引擎产生的废矿物油； 使用切削油和切削液进行机械加工过程中产生的废矿物油； 使用淬火油进行表面硬化产生的废矿物油； 使用轧制油、冷却剂及酸进行金属轧制产生的废矿物油； 使用镀锡油进行焊锡产生的废矿物油； 锡及焊锡回收过程中产生的废矿物油； 使用镀锡油进行蒸汽除油产生的废矿物油； 使用镀锡油（防氧化）进行热风整平（喷锡）产生的废矿物油； 废弃的石蜡和油脂； 油/水分离设施产生的废油、污泥； 其他生产、销售、使用过程中产生的废矿物油

其中，原油和天然气开采行业产生的废矿物油数量最大，主要包括：含油污泥、油泥、油脚、钻井污泥、含油岩屑等。精炼石油产品制造行业产生的主要为含油浮渣、含油污泥、油渣及其他含油沉积物等。机械加工行业则主要产生废工业润滑油、废铸造用油、废淬火油、废防锈油、废液压油等废矿物油。车辆销售与维修行业产生的废矿物油形式主要包括：废发动机油、废制动器油、废自动变速器油、废齿轮油、废润滑脂、废清洗油等等。

1.2.3 废矿物油的二级分类

废矿物油的二级分类主要依据其可燃性、形态和来源 3 个因子（表 1-2）。

表 1-2 分类依据

代码	分类依据：可燃性	代码	分类依据：来源	代码	分类依据：形态
1	易燃	1	矿物油生产企业	1	液态
2	可燃	2	矿物油使用企业	2	半固态
3	难燃	3	开采企业	3	固态
4	混合	4	其他企业		

矿物油在贮存、运输和使用过程中发生火灾的危险性是首先要考虑的，因此本研究将废油的可燃性作为分类依据之一。依据其发生火灾的难易程度分为易燃品（多数国家规定闪点低于 60℃的废物均归于易燃性废物）、可燃品（闪点在 60℃以上的称为可燃品）和难燃品。

本分类系统与危险废物名录对照关系见表 1-3。

表 1-3 废矿物油二级分类系统与危险废物名录对照关系

行业来源	废物代码	危险废物	二级分类代码
天然原油和天然气开采	071-001-08	石油开采和炼制产生的油泥和油脚	223
	071-002-08	废弃钻井液处理产生的污泥	333
精炼石油产品制造	251-001-08	清洗油罐（池）或油件过程中产生的油/水和烃/水混合物	311
	251-002-08	石油初炼过程中产生的废水处理污泥，以及贮存设施、油—水—固态物质分离器、积水槽、沟渠及其他输送管道、污水池、雨水收集管道产生的污泥	331
	251-003-08	石油炼制过程中 API 分离器产生的污泥，以及汽油提炼工艺废水和冷却废水处理污泥	331
	251-004-08	石油炼制过程中溶气浮选法产生的浮渣	231
	251-005-08	石油炼制过程中的溢出废油或乳剂	211 221
	251-006-08	石油炼制过程中的换热器管束清洗污泥	321
	251-007-08	石油炼制过程中隔油设施的污泥	331
	251-008-08	石油炼制过程中贮存设施底部的沉渣	231
	251-009-08	石油炼制过程中原油贮存设施的沉积物	221
	251-010-08	石油炼制过程中澄清油浆槽底的沉积物	221
	251-011-08	石油炼制过程中进油管路过滤或分离装置产生的残渣	231
	251-012-08	石油炼制过程中产生的废弃过滤黏土	331
涂料、油墨、颜料及相关产品制造	264-001-08	油墨的生产、配制产生的废分散油	312
专用化学产品制造 船舶及浮动装置制造	266-004-08	粘合剂和密封剂生产、配制过程产生的废弃松香油	312
	375-001-08	拆船过程中产生的废油和油泥	214 224
非特定行业	900-200-08	珩磨、研磨、打磨过程产生的废矿物油及其含油污泥	310 330
	900-201-08	使用煤油、柴油清洗金属零件或引擎产生的废矿物油	112/212
	900-202-08	使用切削油和切削液进行机械加工过程中产生的废矿物油	312
	900-203-08	使用淬火油进行表面硬化产生的废矿物油	312
	900-204-08	使用轧制油、冷却剂及酸进行金属轧制产生的废矿物油	312
	900-205-08	使用镀锡油进行焊锡产生的废矿物油	312
	900-206-08	锡及焊锡回收过程中产生的废矿物油	312
	900-207-08	使用镀锡油进行蒸汽除油产生的废矿物油	312
	900-208-08	使用镀锡油（防氧化）进行热风整平（喷锡）产生的废矿物油	312
	900-209-08	废弃的石蜡和油脂	230
	900-210-08	油/水分离设施产生的废油、污泥	210 220
	900-249-08	其他生产、销售、使用过程中产生的废矿物油	000

注：0 或 00 表示该类废物的分类尚不确定。

1.3 国内外废矿物油的环境管理现状

1.3.1 国外废矿物油管理现状

1.3.1.1 美国

美国是世界上废油再生起步最早的国家,也曾是生产再生润滑油最多、再生比率最高的国家。尽管美国有丰富的石油资源,但仍然把废润滑油看作宝贵的资源加以再生利用。美国对于废油的管理主要表现在以下几个方面:

1) 对废润滑油的丢弃者及收集者进行严格管理,对废润滑油的产生、收集及处理作准确的记录。对废润滑油的贮存、丢弃进行细致严格的规定,这些规定增加了丢弃废润滑油的费用成本,也使烧废油的费用大大上升,从而降低了烧废油在经济上的竞争能力。

2) 免去再生润滑油每加仑 6 美分的税,同时增加对再生润滑油厂的信贷,在经济上增加了再生润滑油的竞争能力。

3) 联邦机构(包括国防部)带头使用再生润滑油,即使在再生价格略高的情况下也要优先选用。美军在进行试验评定的基础上修改了他们的后勤及战术车辆用油规格,取消了原有的禁止使用再生润滑油的条款,并添加允许使用再生润滑油的规定。

4) 联邦商品委员会对已证明实际使用性能相当于新油的再生润滑油,取消其包装上的再生标志,使其不因心理因素而影响其销售。

5) 联邦能源部、标准局以及民间的研究机构,开展了大量的研究工作,开发能为环境保护方面接受的再生新工艺,提出了再生油的分析测试方法及其规格标准。

以加利福尼亚州为例,目前加州废油回收率约为 70%,州内设有 5 000 个废油收集中心、14 个废油中转站以及 3 个回收再利用企业。同时,州政府主要开展了以下 3 方面的工作:①制定法规和政策。对废油回收、存储、运输、处置制定严格规定;对回收中心实行认证制度,确保废油得到有效的集中回收、合理的处置及循环再利用;政府立法鼓励废油的循环再炼制;政府对收集中心提供回收奖励资金:16 美分/加仑^{*}(公司奖励)或 40 美分/加仑(公众奖励),这是当前刺激加州油品回收的主要方式。②教育与宣传。废油回收的关键是提高公众认识,将回收理念推广到整个社会群体。③政府成立油品基金会。该基金会负责废油回收的推广服务工作,该基金会基金的来源很大一部分是来自成品油生产厂家,即成品油生产商需要支付 26 美分/加仑的资金给油品基金会。对于加州的废油再炼制企业,如 Evergreen Oil 公司,他们与废油收集中心订立协议,确保废油炼制的原料来源。

^{*} 1 加仑(美)≈3.785 4 L,全书同。

根据废油的品质,有时候该公司会支付收集中心费用,有时候是免费获取废油,也有时候收集中心需要支付公司费用让他们来获取废油。另外,具有代表性的美国安洁集团(Safety-Kleen)拥有世界上最大的废油再生工厂,年处理废机油能力超过 30 万 t,2008 年总产值为 12 亿美元。目前,这些废油企业采用的再提炼技术基本上是基于短程真空蒸馏(用刮膜蒸发器)和加氢精制等工艺技术,通过这些技术可以将废油精制成符合美国石油协会 API 标准 II 类基础油的质量规格。

1.3.1.2 德国

德国针对废油的回收与再生采取的具体措施包括:

1) 当地政府对废油回收、存储、运输和处置过程具有严格规定,对回收中心实行认证制度,确保废油得到有效的集中回收、合理的处置及循环再利用。政府鼓励废油的循环再炼制,而不是仅仅简单地用作燃料油。他们认为,这是对环境最好的方法。

2) 德国政府对收集中心提供回收奖励资金。通过教育与宣传,提高公众在废油回收利用方面的认识,将回收理念推广到整个社会群体。另外,政府成立油品基金会,负责废油回收的推广服务工作,其中基金会资金很大一部分是来自油品生产厂家。废油再炼制企业与废油收集中心订立协议,确保废油炼制的原料来源,企业有时会支付收集中心费用,有时则是免费获取废油。

3) 具有一套相当完善的法律和税收体系。欧洲的废油再生也享受到了一定的优惠政策,比如德国政府于 1994 年颁布了相关法律,强制要求产生单位必须将废油交由专业的回收公司;2002 年,德国制定了“废油管理”(Altölverordnung)特别法律。

4) 由废油炼制企业成立回收公司,按市场原则进行废油回收。目前,德国的废油回收率在 70%左右。例如,德国 Puralube 公司废油原料主要由其全资子公司 Baufeld 公司供应。该公司于德国境内设置 50 个废油回收点,其资源组成一半为德国,另一半为周边国家,主要包括英国、捷克、奥地利、瑞士等,年回收总量达 15 万 t;其中 50%为车用废机油,平均回收单价约 200 欧元/t。此外,德国 AVISTA OIL AG 公司是欧洲废油循环利用企业的领头羊,拥有 5 家收集废油的子公司和两家炼油厂。AVISTA 集团在德国、丹麦、比利时、卢森堡和波兰拥有 400 名员工,是欧洲废油循环利用领域中的市场领导者,AVISTA 采用溶剂精制工艺,每年将 29.5 万 t 的废油加工为高质量的基础油。

1.3.1.3 意大利

意大利早在 1940 年就制定了管理废油的收集及再生的法律,使得废油的收集成为强制性要求,而且优先用于再生润滑油。1962 年又免去了废油再生产品税金的 75%,促使废油再生业迅速发展,再生公司增加至 13 家,总产量达 21 万 t/a,其中 3 家已采用无污染再生工艺。目前,意大利的废油回收率约为 53%。

目前,意大利的废矿物油主要由意大利废润滑油回收协会负责废油回收。该协会由私

人创办,受意大利政府部门监管。同时,该协会在意大利共设80个废油回收点,由500~700名回收人员组成(包含运输人员)。由废油产生企业电话通知区域内回收点工作人员,上门进行收集和运输,产生单位不收取任何费用。废油加工企业需向意大利废润滑油回收协会支付150欧元/t的费用获取废油。此回收费用作为协会运营成本,包含运输成本、包装及宣传费用等。协会实际运营成本为200~220欧元/t,其每年亏损部分由润滑油生产企业加至成品润滑油价格中,由消费者承担。

1.3.1.4 加拿大

加拿大在“环保及增强法”中推出了“润滑油再生和管理法”(Alberta Regulation 227/2002),规定建立废润滑油回收管理基金。同时,加拿大联邦政府法令规定,任何单位和个人购买新机油时,应上交废弃的机油,并需要向废油回收点交纳0.4加元/加仑的处理费,否则就无法购买到新机油。

加拿大还成立了废油管理协会,全国5个省有废油回收协会,其成员主要由润滑油批发商和一级销售商构成。“废油管理协会计划”最初由加拿大石油学会联同那些没有隶属关系的润滑油生产商共同提出,并推进计划的实施。该计划中,生产者对其产生的废油可以免除财政负担,这部分费用可直接由用户通过“生态费”机制负担。以阿尔伯达省为例,成立了省级废车用润滑油管理协会,该协会依据废油回收管理法制定了实施细则。其计划的主要内容是“第一售货员”责任计划,即在汽车润滑油的销售过程中收取环境管理费,用于废油的处理。现行的费率为小滤器每个50加分,大滤器每个1加元,每公升油5加分,20L以内的盛油容器每公升5加分,体现了使用者付费的原则。该计划已被加拿大政府视为全国的样板,很多国家纷纷前往学习该计划的经验。由加拿大政府制订的“废油管理和回收计划”中,用量小的用户可以把可回收的废油交到最近的公共回收中心——生态中心(Eco-Centers),它位于加拿大西部,设有1000多个经注册的废油回收仓库,且大多为私营。

加拿大西部是废油回收做得比较好的地区,其新油销售量约3.07亿L/a,收集量为1.44亿L/a,约占润滑油销量的一半,达47%。加拿大目前有两个再生润滑油基础油公司,即安大略省的Safety-Kleen Canada公司和不列颠哥伦比亚省的Newalta公司。

1.3.1.5 英国

英国在1975年也发布了“废油指令”,并在1987年进行了修订,该指令要求再生者优先考虑将废油再生为燃料。英国没有官方管理的废油回收计划,其废油的回收和处理完全受市场活动的影响,并依靠废油产生者与受许可的废油处理者之间的契约完成。2005年年底,英国的废油主要用作燃料及道路用途,但鉴于目前形势,2005年12月28日英国政府要求执行“废弃物焚烧法令”,提议取消已发布的“废油指令”。由于发电厂停止使用由废油再生而来的炉用油,促进发展了废油的其他利用方式,一部分作为钢厂的还原剂,

一部分作为混凝土黏结剂，也有部分被欧盟回收，使在英国建立废油再生装置成为可能。

1.3.1.6 法国

1979 年法国出台废油管理办法，鼓励废油的回收和热处理；1992 年立法要求建立地区性危险性危害物管理办法。目前，法国有 52 家已获官方许可的废油回收公司，2002 年这些回收公司可以从“法国环保和节能机构”获得每吨 74 欧元的处理费，这些费用来自于征得的污染税，目前每吨润滑油的废油税为 38 欧元/t。

1.3.1.7 中国周边国家

日本，1971 年发布了“废弃物处理法”，把废油视为其中的一种废弃物进行管理。20 世纪 90 年代，面对资源快速耗竭和废物管理问题日益突出的形势，日本环境政策开始由前一阶段的污染治理转向建设可持续发展的经济，环保部门也开始制定和实施严格的废物管理和回收政策，于 2000 年 6 月颁布了《建设循环型社会基本法》，由国家、地方政府、企业和公众共同而合理地承担责任。《建设循环型社会基本法》之下，出台了一系列重要的循环型社会综合法和专项法，其中包括由 1991 年制定的《再生资源利用促进法》大幅度修改而来的《资源有效利用促进法》。但是，该法没有提及废润滑油处置的有关情况，也未见关于日本废油再生厂的报道。

韩国，1992 年便意识到减少废弃物和废弃物的再利用对经济发展的重大意义。先立法制定了“废弃物预付金制度”，后改为“废弃物再利用责任制”。这一制度规定，废润滑油必须由生产单位负责回收和循环利用。回收和循环利用废旧物品都有一定的比率，如达不到确定的比率，政府将处以罚款。为确保废旧物品的回收，韩国成立了 11 家回收和处理废弃物的合作社。生产厂家把回收和处理废弃物的责任交给合作社，依据废弃物的品种和重量缴纳分担金。目前，在首尔的 Dukeun 公司与 Interline 公司合作建有一套 2.7 万 t 的废油再生装置。

泰国，目前在废油收集、处理方面还没有专门的法规，只有两个相关法规《危险物质法》和《燃油贮存法》，前者规定工业设施中贮存的废润滑油不允许超过 20 kg 或 20 L，后者规定了润滑油服务站必须按照不小于 400 L 的地下储罐来贮存废发动机油。

曼谷，通常有独立经营的回收商回收废车用油，同时有大量的回收商直接回收工业废油，回收到的废油通过中间商卖给再生厂。其中，有 7%~10% 的中间商从独立回收商中购买废油。独立回收商回收的废油价格为每 200 L 100~200 泰铢，中间商以每升 1.8~2.0 泰铢买进废油，进行预处理后，并以每升 5.0~8.0 泰铢的价格卖给基础油再生厂。目前，泰国只有小规模 的酸—白土精制的再生基础油厂。

新加坡，环保服务商凯发（Hyflux）公司近期宣称，他们将分别和越南、菲律宾达成合作协议，在当地建立油品循环应用工厂。菲律宾的工厂位于卡拉卡（Calaca）附近，越南的工厂建于河内，上述两个工厂都将利用凯发（Hyflux）公司的薄膜回收废油技术，预

计每年通过回收利用 1.2 万 t 废油来生产润滑油基础油。

1.3.2 国内废矿物油管理现状

废矿物油作为危险废物,2015 年最新修订的《中华人民共和国固体废物污染环境防治法》中对其产生、收集、运输、处置、利用等过程均作出了明确规定。即“产生危险废物的单位,必须按照国家有关规定制定危险废物管理计划,并向所在地县级以上地方人民政府环境保护行政主管部门申报危险废物的种类、产生量、流向、贮存、处置等有关资料”,“产生危险废物的单位,必须按照国家有关规定处置危险废物,不得擅自倾倒、堆放”,“从事收集、贮存、处置危险废物经营活动的单位,必须向县级以上人民政府环境保护行政主管部门申请领取经营许可证;从事利用危险废物经营活动的单位,必须向国务院环境保护行政主管部门或者省、自治区、直辖市人民政府环境保护行政主管部门申请领取经营许可证”,“转移危险废物的,必须按照国家有关规定填写危险废物转移联单”,“运输危险废物,必须采取防止污染环境的措施,并遵守国家有关危险废物运输管理的规定”。

2004 年国务院令第 408 号发布的《危险废物经营许可证管理办法》,更是对废矿物油的收集活动做出了明确规定。即“危险废物经营许可证按照经营方式,分为危险废物收集、贮存、处置综合经营许可证和危险废物收集经营许可证”,“领取危险废物收集经营许可证的单位,只能从事机动车维修活动中产生的废矿物油和居民日常生活中产生的废镉镍电池的危险废物收集经营活动”,“领取危险废物收集经营许可证的单位,应当与处置单位签订接收合同,并将收集的废矿物油和废镉镍电池在 90 个工作日内提供或者委托给处置单位进行处置”。

于 1998 年 7 月 1 日发布并实施的,由国家环保总局、国家经贸委、外经贸委和公安部联合制定的《国家危险废物名录》,已将废矿物油收录其中。2016 年 8 月 1 日起施行的新修订的《国家危险废物名录》规定,废矿物油(HW08)包括:废机油、原油、液压油、真空泵油、柴油、汽油、重油、煤油、热处理油、樟脑油、润滑油(脂)、冷却油等。在我国,废矿物油被认定是一种危险废物。废矿物油在生产、分类、贮存、运输、处置等各环节都必须符合有关法规和规定。但与此同时,一些法律和法规也明确指出,废矿物油是可再生和综合利用的资源,研究开发废矿物油和其他废物综合利用的新技术、新工艺等,都将受到国家的鼓励和支持。

1998 年开始实施的《中华人民共和国节约能源法》(2016 年 7 月修订),从国家层次对废油的再生工作提供了法律保障。具体如“国家鼓励开发、利用新能源和可再生能源”,“本法所称能源,是指煤炭、原油、天然气、电力、焦炭、煤气、热力、成品油、液化石油气、生物质能和其他直接或者通过加工、转换而取得有用能的各种资源”。

对废弃物进行回收和综合利用是我国一项重大的技术经济政策,国家发改委、财政部、税务总局于 2004 年联合颁布了《资源综合利用目录》(以下简称《目录》),明确指出废油是可再生和综合利用资源,研究开发废油和其他废弃物综合利用的新技术、新工艺将受到

国家的鼓励和支持。《目录》第 20 条规定：“从含有色金属的线路板蚀刻废液、废电镀液、废感光乳剂、废定影液、废矿物油、含砷含镉废渣提取各种金属和盐，以及达到工业纯度的有机溶剂”。然而，该条例虽然规定将废矿物油作为可再生资源列入其中，却没有明确指出废矿物油的再生方向，一定程度上将影响废矿物油的再生利用合法企业享受政策规定的财政税收优惠。另外，该《目录》中将废矿物油作为“废水（废液）”分类，而在我国此前颁布的《国家危险废物名录》，已经明确了废矿物油是一种危险废物。

《废润滑油回收与再生利用技术导则》（GB/T 17145—1997）由国家技术监督局于 1997 年批准，并于 1998 年实施。该《导则》针对废润滑油进行了分类和分级，并对企业废油的回收与管理给出了指导性意见，尤其是“严禁各单位及个人私自处理和烧、倒或掩埋废油”。关于废润滑油的再生和利用，针对废油再生厂在环保方面，仅简单提出了“具有符合要求的‘三废’治理设施和安全消防设施。对生产过程中排放的废气、废水、废渣的处理要符合 GB 16297—1996、GB 8978—2002 及其他相应环保要求，严禁对环境的二次污染”，“废油再生厂在生产过程中所产生的废渣、废液等，应进行综合利用，不能综合利用的应按环保部门规定妥善处理，达标排放”等要求。

2013 年 12 月 12 日由财政部和国家税务总局发布的《关于对废矿物油再生油品免征消费税的通知》（财税[2013]105 号）规定，“纳税人利用废矿物油生产的润滑油基础油、汽油、柴油等工业油料免征消费税”，但纳税人应符合“纳税人必须取得省级以上（含省级）环境保护部门颁发的《危险废物（综合）经营许可证》，且该证件上核准生产经营范围应包括‘利用’或‘综合经营’字样”，“生产原料中废矿物油重量必须占到 90% 以上，产成品中必须包括润滑油基础油，且每吨废矿物油生产的润滑油基础油应不少于 0.65 t”，“利用废矿物油生产的产品与利用其他原料生产的产品应分别核算”等条件。

在地方层面，部分地方针对废矿物油的收集和利用都出台了一些相关规定。如北京市固体废物处理中心于 2003 年下发了《关于加强对废矿物油处置管理的通知》（京环保固字[2003]79 号），要求各产生废矿物油单位必须依据《中华人民共和国固体废物污染环境防治法》，将产生的废矿物油送交有危险废物经营许可证的单位集中处置，且转移前需到市环保局申报危险废物转移计划，待计划批复后再行处理。如违反规定，产废单位将废矿物油随意买卖、作燃料使用甚至随废水排放等，都将依照《中华人民共和国固体废物污染环境防治法》给予一定处罚。

自 20 世纪 80 年代起，国家已经开始支持和发展一些无污染、回收率高、再生油质量达到新油标准的再生新工艺。对符合国情的无二次污染再生工艺，在充分审查其技术经济可行性和环境效益后，将获得国家大力支持，并计划尽早建立具有一定处理规模的示范厂。对于已经不能适应国家技术标准和环境保护标准，仍沿用土法老工艺进行废矿物油再生的企业，强制性进行技术改造，拒不改造或经改造后仍达不到国家标准的，按照环境保护部门发布的技术标准予以取缔，使废矿物油再生工作既能保护环境，又能为经济可持续发展做出新的贡献。

1.4 国内典型废矿物油环境污染案例

废矿物油属于危险废物,在我国由于管理不当或非法处置引起的废矿物油环境污染事件层出不穷。

2005年3月至9月,重庆市由于废油不当处理造成嘉陵江主城流域发生4起重大油污污染事故,使数十平方千米水面受到严重污染,直接给群众生活带来巨大风险,危害长江三峡水生动植物的生存(图1-2)。

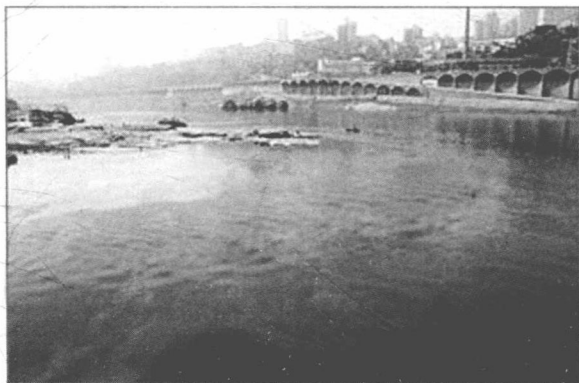


图1-2 重庆市嘉陵江主城流域废矿物油污染事故

(图片源自2005年4月7日《重庆晚报》)

2010年4月11日上海市青浦区某工厂将收购来的废油中不可再用的残液用水稀释后抽到油罐车中,随后把油罐车里的废油残液全部倾倒在自己工厂的空地上,并用水不断冲洗。废油残液通过工厂的下水道源源不断地排入靠近工厂边的淀浦河内,造成了重大环境污染事故。

江西省广丰县马家桥村一土炼油点,严重污染当地生态环境:在炼油厂附近,树木被熏得奄奄一息;炼油厂施放出来的烟尘、废气几百米外依然臭不可闻;由于长期非法生产,这家炼油厂附近的土地已经板结,周边农作物上裹着一层厚厚的油渍。2010年7月23日晚上,该非法炼油小作坊发生爆炸,造成4人死亡、1人重伤。

2010年10月29日,山东省日照市一非法炼油点,油气熏天,油污通过墙根的排污口流入一条小河,河面漂着厚厚的油污,河边的水草沾满了黑油。

2011年1月四川绵阳黄土镇一非法炼油点,用废机油提炼劣质柴油。其方法是直接将收购来的废机油装进铁罐内加热,蒸出水分并打捞出渣子后,生成劣质柴油出售。

2011年山西省文水县东石侯村与横沟村相邻,该区域聚集了50多家非法的废矿物油加工点,对周边的土壤、水体和大气造成了严重的污染。同时,该区域内这两个村是文水县土炼油最集中地方,文水县其他地方也有类似的非法加工点。

2011 年 11 月北京市昌平区清查取缔了位于小汤山镇赖马庄村的“最大废机油黑市”(图 1-3)，该黑市长期非法收集废油，并将收来的废油经过简单的翻新处理，以次充新，当作名牌机油卖出，这种油不仅不符合相关的产品标准，对使用汽车的寿命会造成不良影响，而且由于其再生工艺简单，缺乏环境保护措施，对周边的大气、土壤和水体都会产生一些不良影响，危害人体健康。



图 1-3 北京市昌平区小汤山镇赖马庄村的“废机油黑市”

(图片源自 2011 年 11 月 22 日《国际在线》)

2014 年 6 月 6 日广东省茂名市一汽车维修厂将 21.96 t 废油中的废水排放到白沙河，时间持续 40 min。当晚至次日凌晨，位于该汽车维修厂下风位置的茂名市第五中学、公馆镇第一中学共 96 名学生嗅触到污染的空气后出现头晕、头痛、呕吐等急性混合性化学毒物接触反应，被紧急送往医院治疗。

2014 年 6 月 17 日，延安市志丹县金丁镇刘老庄山沟的一采油厂将采油过程中产生的废油排入采油井附近的土池里，使得附近空气中弥漫着原油的怪味，而且经过风吹日晒，土池里的隔膜已经支离破碎，废油污染周围的土壤，影响周边的生态环境(图 1-4)。

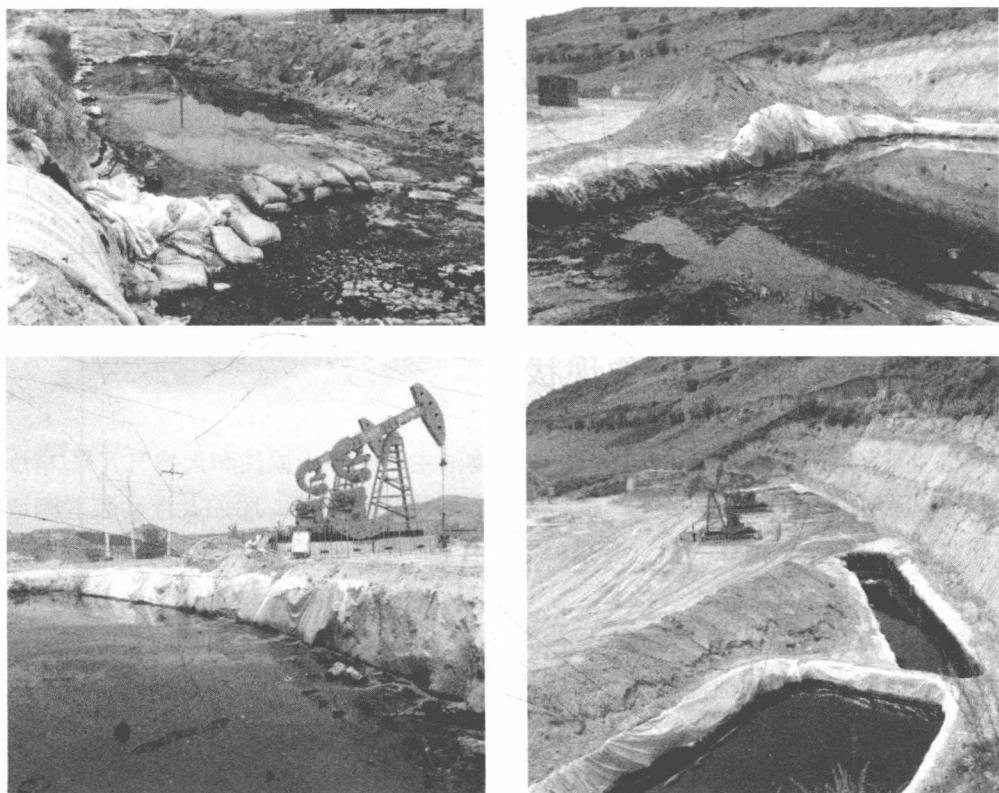


图 1-4 延安市志丹县金丁镇刘老庄山沟废油泄漏事件

(图片源自 2014 年 6 月 17 日《各界新闻网》)

1.5 小结

矿物油是目前人类最为广泛使用的化石能源,使用过程中由于被外来杂质污染、吸水、热分解、氧化、被燃料油稀释等作用而形成废矿物油。在我国,废矿物油的产生主要来源于生产企业产生的废物和使用企业使用过程中产生的废物。由于其具有毒性和易燃性的特点,废矿物油应严格按照危险废物进行管理。世界各国均制定了严格的法律法规,以促进废矿物油的环境管理和资源化利用。虽然我国也针对废矿物油制定了相关的政策法规,但是目前我国废矿物油的资源化利用水平还相对较低,存在大量废润滑油在黑市流通交易的现象,与此同时,也发生了大量与废矿物油相关的环境污染事件,因此需要在进一步明确各个类型废矿物油产生污染特征的基础上,加强废矿物油的环境污染风险控制与环境管理。

第2章 我国废矿物油的产生特性研究

2.1 我国废矿物油的产生现状

按照《国家危险废物名录(2016)》,废矿物油主要来源于原油和天然气开采/精炼石油产品制造、涂料/油墨/颜料及相关产品制造、专用化学品制造、船舶及浮动装置制造、非特定行业等。其中,原油和天然气开采、精炼石油产品制造等行业产生的废矿物油数量最大,主要包括含油污泥、油泥、油脚、钻井污泥、含油岩屑、含油浮渣、油渣及其他含油沉积物等。目前,这部分废矿物油产生量的准确统计存在较大困难,同时实际实施过程中也很难将上述所有废矿物油都纳入危险废物的管理体系。总体上,废矿物油又可以概括为两大类:一类为生产企业产生的废物,另一类为使用企业使用过程中产生的废物。通过调研发现,在实际的危险废物环境管理过程中,实际上只针对使用企业使用过程中产生的废矿物油进行了有效的环境管理。这一类废矿物油主要来源于机械加工制造行业和车辆销售维修行业。其中,机械加工制造行业主要产生:废工业润滑油、废铸造用油、废淬火油、废防锈油、废液压油、废冷冻机油、含油污泥等类型的废矿物油;车辆销售与维修行业则主要产生:废发动机油、废制动器油、废自动变速器油、废齿轮油、废润滑脂、废清洗油等类型的废矿物油。

2001—2014年,我国润滑油消费量年均增长率约4.4%,显著高于全球同期润滑油消费量年均增长率(1.4%)。同时,我国润滑油市场占世界润滑油市场的比重逐年提高,我国润滑油消费量将稳居世界第一。其中,汽车行业的快速发展成为我国润滑油消费持续增长的主要驱动力。世界及我国历年的润滑油消费情况如图2-1所示。由图可知,2001—2014年世界润滑油的消费量基本维持在3500万~4000万t,而我国的润滑油消费量则从2001年的398万t显著增加到2014年的760万t。2014年,世界及我国的润滑油消费量分别为4061万t和760万t,我国约占世界总量的18.7%。针对使用企业使用过程中产生的废矿物油,一部分以液态或者半固态的废油或含油污泥等形式存在,另一部分则进入废水处理系统或环境。

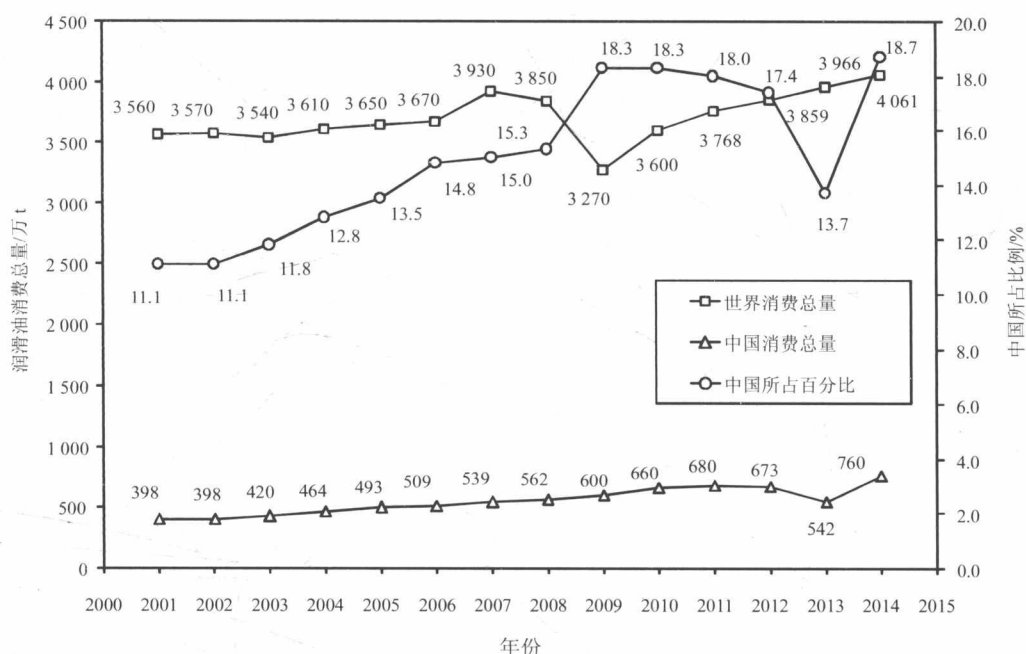


图 2-1 世界及我国历年的润滑油消费情况

同时，根据数据来源的不同，我国的废润滑油产生量还可以进行以下估算：

1) 按润滑油品种构成计算。2010年，我国润滑油市场的实际消费量约为680万t，其中内燃机油年消费量272万t，占润滑油总量的40%；液压油年消费量204万t，占总量的30%；齿轮油年消费量47.6万t，占总量的7%；专用油消费量156.4万t，占总量的23%。润滑油在使用过程中不可避免地发生泄漏、溢出或不适当排放流失到废水处理系统或者环境中。通过现场调查及统计分析，内燃机油实际产废系数仅为0.35，齿轮油为0.5，液压油约为0.8，专用油为0.9。由此，可以计算得出全国废润滑油产生总量为423万t，综合产废系数约为0.62。

2) 国外研究数据。根据2009年美国安洁集团的数据显示，中国消耗润滑油约600万t/a，其中90%以上都可以回收。据此估算，我国的废矿物油产生量约为540万t/a。

3) 有关研究机构的数据。北京正略均策企业管理咨询公司的研究表明，2010年废润滑油市场容量为483.84万t，其中机动车废润滑油市场容量为251.92万t，工业生产领域废润滑油市场容量为231.92万t。

4) 行业协会数据。根据中国物资再生协会再生油专业委员会行业的数据显示，我国废润滑油产生量应当占实际消费量的55%~65%，由此估算2010年我国废润滑油的产生量为363万~429万t。其中，产生的废润滑油适合再生为润滑油基础油的约占60%，为218万~257万t/a；不能用于直接生产基础油（即提炼为燃料油或者直接能量再生利用）的约占40%，为145万~172万t/a。