



# 油脂化学品生产环境、健康与安全指南

## 前言

《环境、健康与安全指南》（简称《EHS指南》）是技术参考文件，其中包括优质国际工业实践（GIIP）所采用的一般及具体行业的范例。<sup>1</sup>。如果一个项目有世界银行集团的一个或多个成员国参与，则按照成员国政策和标准的要求，适用《EHS指南》。本《EHS指南》是针对具体行业，应与《通用EHS指南》共同使用，后者提供的指南针对所有行业都可能存在的EHS问题。如果遇到复杂的项目，可能需要使用针对多个行业的指南。在以下网站可以找到针对各行业的指南：<http://www.ifc.org/ifcext/sustainability.nsf/Content/EnvironmentalGuidelines>

《EHS指南》所规定的指标和措施是通常认为在新设施中采用成本合理的现有技术就能实现的指标和措施。在对现有设施应用《EHS指南》时，可能需要制定具体针对该场所的指标，并需规定适当的达标时间表。

在应用《EHS指南》时，应根据每个项目确定的危险和风险灵活处理，其依据应当是环境评估的结果，并应考虑到该场所的具体变量（例如东道国具体情况、环境的吸收能力）以及项目的其他因素。具体技术建议是否适用应根据有资格和经验的人员提出的专业意见来决定。

如果东道国的规则不同于《EHS指南》所规定的指标和措施，我们要求项目要达到两者中要求较高的指标和措施。如果根据项目的具体情况认为适于采用与本《EHS指南》所含规定相比要求较低的指标和措施，则在针对该场所进行的环境评估中需要对提出的替代方案作出详尽的论证。该论证应表明修改后的指标能够保护人类健康和环境。

## 适用性

《油脂化学品制造业 EHS 指南》包含了利用动植物油脂生产脂肪酸、甘油和生物柴油以及生产设备的相关信息。附录 A 介绍了油脂化学品制造工业的行业生产活动。

本文件包含下列章节：

- 1 具体行业的影响与管理
- 2 指标与监测
- 3 参考文献和其他资料来源

<sup>1</sup> 定义是：熟练而有经验的专业人员在全球相似情况下进行同类活动时，按常理可预期其采用的专业技能、努力程度、谨慎程度、预见性。熟练而有经验的专业人员在评估项目可采用的污染防控技术时可能遇到的情况包括（但不限于）：不同程度的环境退化、不同程度的环境吸收能力、不同程度的财务和技术可行性。



## 附件 A 行业活动的一般说明

# 1 具体行业的影响与管理

本章概述油脂化学品制造业在操作阶段发生的 EHS 问题，并提出如何对其进行管理的建议。关于如何管理大多数大型工业活动建造阶段和报废阶段各种常见 EHS 问题的建议包含于《通用 EHS 指南》。

## 1.1 环境指南

与油脂生产相关的常见环境问题如下：

- 大气排放物
- 废水
- 危险物质
- 废弃物和副产品
- 噪声

优化工艺条件（与选择优质的原材料、装置进料有关）可以限制废弃物、废水及废气排放物的产生，从而显著降低这类生产装置的环境影响。

### 大气排放物

油脂化学品生产设备是典型的高耗能设备，消耗大量能量用于加热水并生产蒸汽以满足各种生产工艺的需要（如裂解、精炼及蒸馏工艺）。能量消耗量还与冷冻系统及空气压缩系统有关。各生产设备可以自备发电装置来供应能量。

与热能消耗不高于 50 兆瓦的热电生产相关的燃烧源排放物管理指南，请参见《通用 EHS 指南》。能耗更高的燃烧源排放物管理指南，请参见火电行业 EHS 指南。详细的节能建议请参见《通用 EHS 指南》。

#### 脂肪酸生产

脂肪酸生产过程产生的气体排放物主要包括：无组织排放的挥发性有机化合物（VOC）（包括溶剂分提工艺中挥发的己烷）、氢化装置中无组织排放的氢气、低分子量脂肪酸的异味排放物，以及贮罐、预处理装置、裂解装置及蒸馏装置排放的酮类和醛类等降解产物。

废气排放的防控措施推荐如下：

- 通过蒸馏及冷凝工艺回收溶剂；
- 对溶剂消耗进行监控、记录，并执行维修计划以监测、监控、减少溶剂回收装置及管道、排气孔泄漏造成的己烷排放；
- 收集并处理贮罐、预处理装置、裂解装置及蒸馏装置产生的 VOC 无组织排放物。应安装活性炭过滤器及以油或碱性水溶液为吸收剂的清洗系统，以减少溶液及异味排放物。同时考虑以焚烧溶液蒸汽和/或异味物质作为替代方案。



### 甘油生产

低品质甘油溶液的预处理及真空发生设备均可能产生挥发性有机化合物。由于低分子量分解产物的存在，挥发性有机化合物可能会产生异味排放物。

废气排放的防控措施推荐如下：

- 在使用生物柴油生产过程产生的甘油溶液时，进行不间断的监控，以判断甲醇是否存在；
- 将预处理温度控制在可行低温范围，并安装高效冷凝器，以尽量减少挥发性有机化合物的排放；
- 在采用低品级原材料的装置中使用洗涤器以减少气体排放物。

### 生物柴油生产

生物柴油生产过程产生的气体排放物包括：挥发性有机化合物，主要是在酯交换反应工艺末端对过量甲醇进行蒸馏和冷凝所产生的甲醇；反应器、甲醇贮罐、或管道泄漏产生的 VOC 无组织排放物；对酯化工艺生产的甲醇溶液进行重整所产生的甲醇；及蒸馏工艺中真空发生设备形成的挥发性有机化合物和异味排放物。

废气排放的防控措施推荐如下：

- 可行的情况下，在水洗步骤之前，清除酯交换反应中使用的过量甲醇，从而防止排放的废水中含有甲醇，并避免对甲醇溶液进行进一步重整以及将甲醇排入大气；
- 安装活性炭过滤器、湿法洗涤器、或蒸汽焚烧设施，减少形成于不同的生产装置（包括贮罐）的挥发性有机化合物和异味排放物。

## 废水

### 行业工艺废水

#### 脂肪酸生产

脂肪酸生产装置产生大量含有悬浮脂肪酸和悬浮脂肪的废水，其生化需氧量（BOD）和化学需氧量（COD）高。废水排放源包括由于喷水而冷凝的脂肪酸蒸汽、裂解塔出口泄漏的高压脂肪酸蒸汽、脱臭操作中的冷凝蒸汽、使用蒸汽的真空发生器。

污染控制及减排措施推荐如下：

- 考虑安装间接冷凝器及干式真空泵，这样水不与脂肪酸工艺液流直接接触，从而减少工艺废水的产生；
- 最大程度地进行水回用，并在需要时安装冷却塔；
- 设计安装气浮/沉降装置来处理常规操作（包括清洁工序）和非常规情况（脂肪或油料事故性泄漏）下的工艺液流。依据进水浓度和适用排放标准，在废水排放前，应进行进一步生物处理；
- 可行的条件下，对生产工艺处理装置中产生的污泥进行回收和再处理。

#### 甘油生产

甘油生产中的典型废水包括甘油溶液蒸发和蒸馏产生的冷凝水，以及真空发生装置产生的水。蒸馏工艺产生的冷凝水中，甘油和残余脂肪酯、脂肪酸的含量可高达 30%。多级蒸发工艺



产生的冷凝水中可能含有少量甘油，且化学需氧量及生化需氧量高。真空发生系统产生的废水中可能含有微量甘油。

污染防控措施推荐如下：

- 采用石灰、酸处理、过滤及蒸发等工艺，将蒸馏工艺产生的冷凝水回用于生产工艺；
- 在甘油生产装置与脂肪酸生产装置整合在一起的情况下，将蒸发工艺产生的冷凝水用作油脂裂解工艺的进水；
- 作为生化处理和排放的替代方案，可考虑将冷凝水回用为冲洗水，用于从废活性炭板回收甘油；
- 甘油溶液处理过程中使用离子交换工艺，该工艺的树脂再生过程产生酸性及碱性溶液，将这些废液予以收集并进行中和，再进行废液处理；
- 采用干式真空泵作为真空发生装置，并采用间接冷凝器，这样水不与蒸汽直接接触，有利于减少废水量；
- 需要时，将真空发生系统产生的水回用为工艺水。

生物柴油生产

洗酯废水是生物柴油生产装置产生的主要废液。该废液中含有有机残余物（包括酯、脂肪酸、皂类、甘油和微量的甲醇）及无机酸和无机盐（通常为盐酸及氯化钠），这些无机酸和无机盐产生于对残余催化剂进行酸中和的过程。虽然在废水处理时使用磷酸可以生成可回用为肥料的磷酸盐，但由于出水中的磷酸盐浓度较高，使用磷酸进行废水处理依然是一种具有挑战性的工艺。洗涤器及精馏工艺产生的废水中含有有机杂质及微量甲醇。聚合工艺废水的特征在于有机负荷高、稀释酸负荷高，进而导致化学需氧量及生化需氧量高。

污染防控措施推荐如下：

- 可行的情况下，在水洗步骤前，清除酯交换反应中使用的过量甲醇，或从排出废液中回收甲醇；
- 不含甲醇的废水首先用沉降/气浮装置去除其中的悬浮杂质，再经中和、生物处理后排放；
- 使用磷酸时，监控废水中的磷酸盐浓度，必要时调整或改进废水处理系统以满足排放标准的要求。

工艺废水处理

适用于该工业部门的行业工艺废水处理技术包括：用于去除油类和可上浮固体的油脂捕集器、撇除装置、溶气气浮工艺或油水分离器；去除可过滤固体的过滤工艺；流量及负荷均一化工艺；利用沉降池减少悬浮固体的沉降工艺；生物处理工艺，通常采用厌氧（废水生化需氧量高时采用）加好氧处理来去除溶解性有机物（构成生化需氧量）；化学去除或生物去除营养物质，以减少氮和磷的含量；需要消毒时对排水进行氯化；在指定的危险废弃物填埋场对残余物进行脱水处理并填埋处置。可能需要进行额外工程控制的工艺包括：（1）废水处理系统各单元操作过程分离出的挥发性有机物的控制和处理；（2）利用活性炭或高级化学氧化技术去除难降解有机物；（3）采用适当的技术（如反渗透、离子交换、活性炭等）降低出水的毒性；（4）恶臭异味的控制与去除。



工业废水管理及处理方法的实例，请参见《通用 EHS 指南》。通过采用上述废水处理技术和先进的废水管理技术，设备应当满足本工业部门文件第 2 章节中相关表格指明的废水排放指导值。

#### 其他废水流及水消耗

通用操作产生的未污染废水、未污染雨水、生活污水的管理指南，请参见《通用 EHS 指南》。污染的废水应并入工业废水处理系统。节水措施，尤其是在水资源紧张地区的节水措施，请参见《通用 EHS 指南》。

### 危险物质

油脂化学品生产装置需使用大量危险物质，包括原材料和中间产品/最终产品。应对这些物质的处置、存贮及运输等环节进行适当的管理，以避免或尽量减少这些物质对环境的潜在危害。危险物质管理的推荐措施请参见《通用 EHS 指南》。

### 废弃物及副产品

#### 脂肪酸生产

脂肪酸生产过程中产生的主要废弃物为废弃白土、沥青、废弃催化剂滤饼。废弃白土是最主要的固体废弃物，约占被处理油脂的 0.5%~2%（重量比）。废弃白土中含有高达 40% 的脂肪类物质，并含有着色颜料、黏性物料、纤维、蛋白质降解产品、灰分和皂类物质等杂质。沥青是脂肪酸蒸馏工艺生成的残渣。废弃催化剂滤饼产生于脂肪氢化工艺。废弃白土和废弃催化剂滤饼均具有自燃性。

废弃物管理方法推荐如下：

- 采用高效过滤技术，可相对减少废弃滤板中的脂肪类物质，从而尽量减少固体废弃物的生成和脂肪的损失；
- 废弃白土等富含脂肪类物质的废弃物，应考虑以燃烧的方式循环使用并回收能量。其他回用方案包括将这类废弃物作为建筑业或肥料的原材料，或用于铺地。回用前应先明确其污染级别；
- 采用连续蒸馏工艺时，应在第二级分批蒸馏工艺中对沥青进行再水解和再蒸馏，以减少固体废弃物的生成；
- 开发沥青的再利用措施，包括利用其防水性作为道路建筑材料，及在锅炉中燃烧以回收其能量；
- 废弃的镍催化剂滤饼具有自燃性，在存贮或处置前应首先用氮气进行干燥处理。适用的废弃催化剂原位管理措施包括：短期存贮时或将其运输到最终处置地点前，将自燃性废弃催化剂浸没于水下以避免不可控制的放热反应；
- 废弃催化剂应返给制造商用于重新制造催化剂或运送给专业承包商进行金属回收。指定的公司对废弃催化剂的外部管理措施包括：在可行的情况下，通过回收或循环再利用工艺对重金属或贵金属进行回收；或根据《通用 EHS 指南》中推荐的危险品固体废弃物及非危险固体废弃物的管理措施进行处理、处置。含铂或钯的催化剂应送入贵金属回收



装置进行处理；

- 考虑在新建装置中使用对环境影响较小的钯基催化剂来取代镍催化剂。

#### 甘油生产

甘油生产过程中产生的废弃物和副产品包括：蒸馏工艺产生的重组分、过滤和/或漂白工艺产生的残余物，这些残余物包括废弃的活性炭、活化粘土、过滤助剂及着色颜料，其中，过滤助剂中含有脂肪类物质、皂类物质、石灰、凝固剂用盐类（如硫酸铝或氯化铁）。

废弃物管理方法推荐如下：

- 未受重金属及溶剂污染的废弃滤板应考虑再利用，用作动物饲料或肥料，尤其是当这些滤板含有磷酸和氢氧化钾中和过程生成的盐类时，更应考虑再利用；
- 对被污染的滤板应根据《通用 EHS 指南》中的废弃物管理办法进行隔离管理；
- 将蒸馏工艺中的重组分用做低品级甘油，或在浓缩后用作生产能量的燃料；

#### 生物柴油生产

生物柴油生产工艺中生成的行业性固体废弃物和副产品包括：甘油相中和过程沉积出的废弃催化剂盐类、脂肪酸及脂肪皂类物质、废弃白土或低品级原料净化过程形成的助滤滤板、蒸馏工艺中产生的重馏分酯类和轻馏分酯类。

废弃物管理方法推荐如下：

- 如果用氢氧化钾作催化剂，用磷酸作中和剂，则应考虑将废弃催化剂盐类作为肥料再利用；
- 按照对脂肪酸生产过程产生的这类物质的管理方法，对废弃白土和滤板进行处理和处置；
- 对于脂肪皂类物质应进行中和处理，生成的脂肪酸应回收并通过酸催化酯化反应将其酯化为甲基酯类；
- 将重馏分酯类和轻馏分酯类回用于质量要求较低的各种油脂化学品生产行业；
- 考虑将品质极低的沥青用作生产能量的燃料。

## 噪声

典型的噪声源包括压缩机、涡轮机、泵、电机、空气冷却器、转鼓、喷浆器、传送带、起重机械、火力加热器，另外应急卸压过程也会产生噪声。噪声控制和最小化指南，请参见《通用 EHS 指南》。

## 1.2 职业健康与安全

特定设备相关的职业健康和安全问题，应采用危害标志研究[HAZID]、危害和可操作性研究[HAZOP]或定量风险评估[QRA]等既定方法，根据工作安全分析或者综合的危害或风险评估进行识别。通常，制定健康与安全计划应采用《通用 EHS 指南》所述的防止和控制物理、化学、生物学及放射性等健康及安全危害的系统化、结构化的方法。

油脂生产装置中应具体考虑的职业健康与安全问题包括：

- 工艺安全



- 化学危险品
- 火灾及爆炸
- 其他职业危险

## 工艺安全

由于其行业特性，如复杂的化学反应、危险物料的使用（如有毒、易反应、易燃、易爆化合物）、多步骤有机合成反应等，应执行工艺安全生产计划。

工艺安全管理措施如下所述：

- 对物料和反应进行物理危害测试；
- 从热力学和动力学角度对工艺化学和工程实践进行风险分析；
- 检查工艺设备、装置的防护性维护措施和机械完整性；
- 工人培训；
- 建立操作规程和应急预案。

## 化学危害

油脂化学品生产活动中存在接触危险化学品的风险，如己烷、甲醇或其他用于抽提的溶剂的吸入，包括酸碱在内的有毒化学品的吸入或皮肤接触，原材料运输产生的灰尘的吸入，及白土、助滤剂、催化剂产生的灰尘的吸入。厂区化学危险品管理指南，请参见《通用 EHS 指南》。

行业性相关建议补充如下：

- 对员工进行化学品处置培训，如正确解释物料安全数据表单、国际化学品安全卡、急救步骤等（季节性或其他临时员工在从事与化学品相关的工作前应当进行充分的培训）；
- 当个人防护服和防护设备被确定为工作安全分析和安全数据的组成部分时，应为员工提供必要的个人防护服和防护设备；
- 确保足够的通风能力，以降低油品抽提区空气中的溶剂浓度；
- 确保通风强度达到要求，尤其是涉及原材料处理、研磨、白土处理和溶剂使用的工作场所；
- 确保在溶剂抽提后进行适当的油品蒸馏操作，以有效去除溶剂；
- 进行防护性维修，以降低所有蒸汽管线和散热表面着火的风险；
- 可行的情况下，用热水代替溶剂进行清洗。

## 火灾与爆炸

油脂化学品生产存在火灾和爆炸的风险，溶剂（如己烷）挥发可能导致爆炸，含有高碘值油品的废弃白土、废弃催化剂及环境高温可能造成火灾。

火灾和爆炸危险的防控建议如下：



- 将空气中挥发性有机化合物的浓度控制在爆炸下限的 10%以下<sup>1</sup>；
- 防止抽提装置的油品泄漏和溢流；
- 控制进入装置的抽提油的闪点温度，并对各种接受溶剂抽提油的装置进行温度控制；
- 在废弃催化剂和废弃白土的存放和处理场所执行火灾和自燃防控措施；
- 用氮气对可自燃的废弃催化剂滤板进行干燥处理，并将其存放于密封容器中，防止接触空气；
- 在甲醇或氢气处理设备中采用不可燃材料；
- 氢气存贮区与其他生产装置间应保持安全距离；
- 对贮罐、管线及其他使用氢气的设备进行设计，防止任何可能的氢气积聚；
- 在风险分析选定的区域安装氢气泄漏检测仪；
- 在氢气处理系统中采用自动阀切断装置；
- 防止厂区任何位置的甲醇和挥发性有机化合物积聚。例如，设计反应器时，应确保甲醇在低压条件下仍然处于液态；
- 安装足够的冷却系统，来冷却贮罐、管线和反应器，以防在非正常生产条件下或设备故障期间可能发生的甲醇自燃。

## 其他职业风险

油脂化学品生产中存在的物理风险与其他工业部门相似，包括如下潜在风险：由于地面、步行梯湿滑可能引起的跌落；内部运输（如卡车）可能造成的碰撞；与输送机械或与某些系统的意外接触，这些系统包括用于压碎装置的系统、用于清除废弃白土的系统等。操作者也可能受到某些噪声的危害，如内部运输机械、传输带、锅炉、泵、风扇产生的噪声，以及各种蒸汽和空气泄漏造成的噪声等。有关厂区工作条件的指南，请参见《通用 EHS 指南》。

## 1.3 社区健康与安全

与油脂化学品生产相关的最典型的社区健康与安全风险发生在生产期，包括与潜在火灾和爆炸相关的各种主要事故所形成的威胁，或者在加工设备外运时因原材料或最终产品的事态性泄漏而形成的威胁。上述问题的管理指南在下文有所论述，并在《通用 EHS 指南》相关章节中有介绍，具体包括：交通安全、危险物料的运输、事故应急准备与响应。

其他适用于海路运输、铁路运输及在岸设施的指南，请参见有关海运、铁路、港口、原油和石油产品终端应用等的 EHS 指南。

<sup>1</sup> 比如，己烷的爆炸下限是 1.1%（容积比率[v/v]），爆炸上限是 7.5%（v/v）；





## 2 指标与监测

### 2.1 环境

#### 废气与废水管理指南

表 1 和表 2 介绍了该行业的污水排放和废气排放指南。该行业的污水排放和废气排放指导值是各国的相关标准在公认的法规框架内所体现的国际行业惯例。

表 1 油脂化学品生产装置的废气排放物标准

污染物	单位	指导值
挥发性有机化合物	mg/Nm <sup>3</sup>	100 <sup>a</sup>

a. 温度为 273K (即 0°C), 压力 101.3kPa (即 1 标准大气压)。

表 2 油脂化学品生产装置的废液排放标准

污染物	单位	指导值
酸碱度	S.U.	6-9
BOD <sub>5</sub>	mg/L	40
COD	mg/L	150
总含氮量	mg/L	30
总含磷量	mg/L	5
油脂量	mg/L	10
悬浊物总量	mg/L	50

按照本文前几节介绍的污染防控技术，这些标准是符合设备的运行环境的。

废气排放指南适用于处理废气排放物。与热能消耗不高于 50 兆瓦的热电生产相关的燃烧源排放物管理指南，请参见《通用 EHS 指南》。能耗更高的燃烧源排放物管理指南，请参见火电行业 EHS 指南。《通用 EHS 指南》还包含基于总排放量的环境研究指南。

废液处理指南适用于将已处理的废液直接排放到作为常规用途的地表水中。特定场地的排放水平可以按照公共经营的污水回收和处理系统的可行性及特定条件设定；或者，如果废液直接排放到地表水中，排放水平可依据《通用 EHS 指南》中规定的受水区的用途分类设定。这些废液必须在工厂设备或生产机器年运行时间的至少 95% 的时间内，在不经稀释的情况下达到以上排放水平。实际排放与规定排放水平的偏差可以通过特定的、本地的项目运行环境进行调解。

#### 资源利用、能源消耗、排放和废弃物生成

表 3 列举了这一行业能源的资源消耗/资源生成的基准，表 4 列举了废气排放和废物生成的基准。行业基准值仅用于比较，单个项目应以不断改进为目标。



表 3 资源及能源消耗

单位产品资源或能源消耗	单位	行业基准
耗水量		
脂肪酸/甘油产量	m <sup>3</sup> /t 产量	0.6 – 0.8
生物柴油产量	m <sup>3</sup> /t 产量	1.6 – 2.0
能耗		
脂肪酸/甘油产量	每吨产量	550kg (蒸汽压力为 30 巴) + 200kg (蒸汽压力为 10 巴) + 45kWh
生物柴油产量	每吨产量	600kg (蒸汽压力为 5 巴) + 1.2*106kJ + 40kWh

表 4 废水及废弃物生成

单位产品排放量	单位	行业基准
工艺废水 (1)		
脂肪酸/甘油产量	m <sup>3</sup> /t 原材料	<0.1 <sup>(2)</sup>
生物柴油产量	m <sup>3</sup> /t 原材料	0.9 – 1.3
固体水		
脂肪酸/甘油产量	kg/t 原材料	5 (废弃催化剂) 10 (蒸馏残余物)
生物柴油产量	kg/t 产量	50 (磷酸钾)

注：1. 此表不包含冷却用水。90% – 95%的冷却用水应循环再利用

2. 基于每吨原材料含 900kg 脂肪酸和 100kg 甘油

## 环境监测

无论是在正常操作还是在异常条件下，该行业的环境监测项目的执行都应当面向可能对环境产生重大潜在影响的所有生产活动。环境监测活动应当以适用于特定项目的废气、废水和资源利用的直接或间接指标为基础。

环境监测的频率应当足以为监测参数提供具有代表性的数据。环境监测应由受过系统训练的人员使用经正确校准的、维护良好的设备按照检测和记录程序进行。监测得出的数据应进行定期分析和检查，并与操作标准进行对比，以便采取合适的矫正行动。《通用 EHS 指南》中介绍了对废气废水监测的抽样和分析方法。

## 2.2 职业健康与安全指南

### 职业健康与安全指南

职业健康与安全性能应按国际公认的暴露风险指南进行评估，包括美国政府工业卫生学家会议 (ACGIH)<sup>1</sup>发布的阈值 (TLV®) 职业性接触指南和生物接触限值 (BEI®)、美国职业

<sup>1</sup> 可登录 <http://www.acgih.org/TLV/and> <http://www.acgih.org/store/> 获取相关信息



安全健康研究所（NIOSH）<sup>1</sup>发布的危险化学品的袖珍指南、美国职业安全健康局（OSHA）<sup>2</sup>发布的允许接触极限（PEL）、欧盟成员国<sup>3</sup>发布的指示性职业接触限值以及其他类似资源。

## 事故率和死亡率

各种项目均应尽全力保证项目工人（不管是直接雇佣或是间接雇佣的工人）的生产事故为零，尤其是那些会导致误工、不同等级残疾或甚至死亡的事故。设备生产率可以参考相关机构（如美国劳工部劳动统计局和英国健康与安全执行局）<sup>4</sup>发布的信息，按照发达国家的设备性能设定基准。

## 职业健康与安全监测

相关部门应当对工作环境进行监测，以发现特定项目的职业危险物。作为职业健康与安全监测项目的一部分，监测操作应当委派专业人员<sup>1</sup>制定并执行。管理者还应记录事故、疾病和危险事件。《通用EHS指南》中介绍了职业健康与安全监测项目的其他指南信息。

## 3 参考文献和其他资料来源

- [1] American Oil Chemists' Society (AOCS). 2006. Inform. April 2006. Volume 17 (4) pg. 216-217. Champaign, IL: American Oil Chemists' Society Press.
- [2] American Oil Chemists' Society (AOCS). 2006. Inform. May 2006. Volume 17 (5) pg. 324-326. Champaign, IL: American Oil Chemists' Society Press.
- [3] American Oil Chemists' Society (AOCS). 2006. Inform. May 2006. Volume 17 (5) pg. 285. Champaign, IL: American Oil Chemists' Society Press.
- [4] American Oil Chemists' Society (AOCS). 2006. Biorenewable Sources. August 2006, Volume 2. Champaign, IL: American Oil Chemists' Society Press.
- [5] Dieckelmann, G., and H.J. Heinz. 1989. The Basics of Industrial Oleochemistry. Essen, Germany: Peter Pomp Publication GmbH.
- [6] European Commission. 2003. European Integrated Pollution Prevention and Control Bureau (EIPPCB). Reference Document on Best Available Techniques (BAT) in the Large Volume Organic Chemical (LVOC) Industry. Seville: EIPPCB. Available at <http://eippcb.jrc.es/pages/FActivities.htm>.
- [7] European Union Council Directive 1999/13/EC of 11 March 1999 on the Limitation of Emissions of Volatile Organic Compounds due to the Use of Organic Solvents in Certain Activities and Installations. Brussels, Belgium.
- [8] German Federal Ministry for the Environment, Nature Conservation and Nuclear Safety. 2004.

<sup>1</sup> 可登录 <http://www.cdc.gov/niosh/npg/>获取相关信息

<sup>2</sup> 可登录 [http://www.osha.gov/pls/oshaweb/owadisp.show\\_document?p\\_table=STANDARDS&p\\_id=9992](http://www.osha.gov/pls/oshaweb/owadisp.show_document?p_table=STANDARDS&p_id=9992) 获取相关信息

<sup>3</sup> 可登录 [http://europe.osha.eu.int/good\\_practice/risks/ds/oel/](http://europe.osha.eu.int/good_practice/risks/ds/oel/)获取相关信息

<sup>4</sup> 可登录 <http://www.bls.gov/iif/>and <http://www.hse.gov.uk/statistics/index.htm> 获取相关信息



- Promulgation of the New Version of the Ordinance on Requirements for the Discharge of Waste Water into Waters (Waste Water Ordinance-AbwV) of 17. June 2004. Berlin, Germany.
- [9] Gunstone, F.D., and R.J. Hamilton (Ed.). 2001. Oleochemicals Manufacture and Applications. Sheffield, UK/Boca Raton, FL: Sheffield Academic Press/CRC Press.
- [10] Johnson, R.W., and E. Fritz. 1989. Fatty Acids in Industry: Processes, Properties, Derivatives, Applications. New York, NY: Marcel Dekker Inc.
- [11] Italian Republic. 2006. Decreto Legislativo 3 Aprile 2006, No. 152. Norme in Materia Ambientale. Gazzetta Ufficiale della Repubblica Italiana, No. 96/L. 14 April 2006. Rome: Repubblica Italiana.
- [12] National Renewable Energy Laboratory (NREL). Biodiesel Production Technology. Doc. No. NREL/SR-510-36244. Golden, Colorado, USA. Available at [www.nrel.gov](http://www.nrel.gov).
- [13] Swern D. 1985. Bailey's Industrial Oil and Fat Products. Vol. 2 Fourth ed. New York, NY: John Wiley & Sons Inc.
- [14] US EPA. 40 CFR Part 417. Subpart B—Fatty Acid Manufacturing by Fat Splitting Subcategory. Washington, DC. Available at <http://www.gpoaccess.gov/cfr/index.html>.
- [15] US EPA. 40 CFR Part 417. Subpart C—Soap Manufacturing by Fatty Acid Neutralization Subcategory. Washington, DC. Available at <http://www.gpoaccess.gov/cfr/index.html>.
- [16] US EPA. 40 CFR Part 417. Subpart D—Glycerin Concentration Subcategory. Washington, DC. Available at <http://www.gpoaccess.gov/cfr/index.html>.
- [17] US EPA. 40 CFR Part 417. Subpart E—Glycerin Distillation Subcategory.

## 附录 A：行业活动的一般说明

油脂化学品生产工业生产多种由天然油类及脂肪类进行物理和化学改性的产品，包括：

- 脂肪酸，将甘油三酸脂分子裂解为其构成成分（即脂肪酸和甘油）而制得；
- 甘油，通过处理从酯交换反应和裂解反应得到的甘油溶液制得；
- 生物柴油，主要是用甲醇取代（即酯交换反应）甘油三酸脂分子中的甘油而制得。

### 脂肪酸生产

脂肪酸，从天然油类或脂肪类物质裂解制得，并通过蒸馏、分提及氢化作用（参见图 A1）进一步提纯与改性。脂肪酸可以直接应用于一些工业领域中，也可作为多种油脂化学品（如酯类、酰胺类和金属皂类）的生产原料。

<sup>1</sup> 专业人员包括有执照的工业卫生学家、注册执业卫生学家或有执照的安全专家及相关人员。

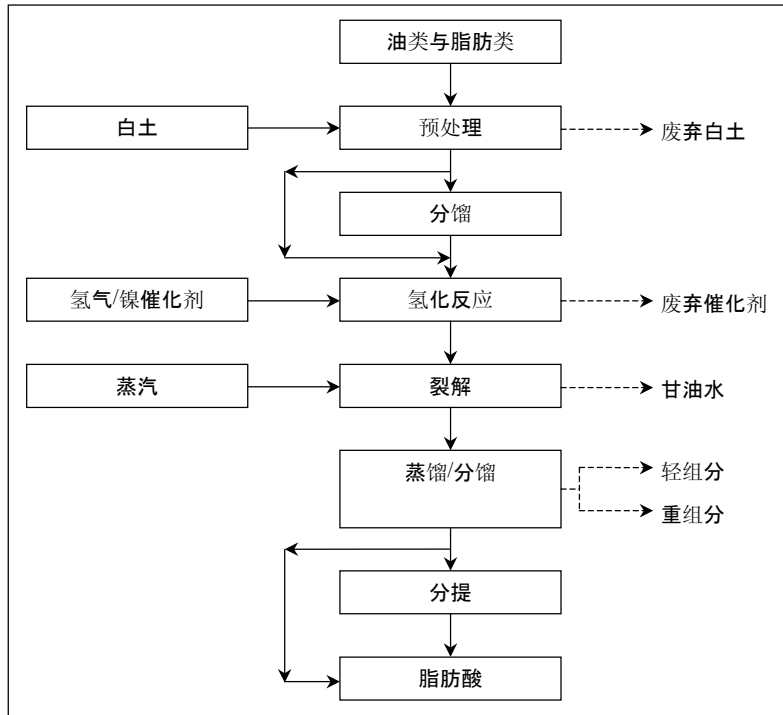


图 A1 脂肪酸生产流程

## 原料

脂肪酸生产的原料包括植物油类（主要是豆油、棕榈油、菜籽油、葵花籽油、棉籽油、及橄榄油）和动物脂肪类（如牛脂、猪脂、黄油、家禽脂肪及鱼油<sup>1</sup>），其中植物油占世界脂肪类产品总量的 85%，其他 15%来自动物脂肪。

尽管由高品质脂肪类生产的涂料越来越多，但目前涂料的生产原料仍然包含一些低品质原料，如半精炼油类或回用油类、以及脂肪精炼残余物。

## 工艺操作

### （1）油脂预处理。

进行油脂预处理时，去除装置进料中的杂质是必要的工艺步骤，这些杂质包括蛋白质降解产物、灰分、皂类、黏性物质及着色颜料等。为了制取高品质涂料，通常需要对原料进行预处理，即在原料中加入一定量（0.1%~2.0%）的活性白土（硅藻土）进行过滤。废弃滤土含有高达 40%的脂肪类物质，是脂肪酸生产过程产生的主要固体废弃物。

### （2）油脂分提。

分提工艺可应用于油脂处理（广泛应用于棕榈油处理），同时也应用于裂解工艺后的脂肪酸处理（在下文论述）。分提工艺可以把原料分成两个馏分：一个液体成分更多的馏分（不饱

<sup>1</sup> 信息 · 2006 年 4 月 · 第 17 (4) 卷



和脂肪或不饱和脂肪酸含量较高，且商业价值较高），一个固体成分更多的馏分（饱和脂肪或饱和脂肪酸含量比原料更高）。

控制冷却条件，可以使脂肪部分结晶，这是分提的基础。常用的分提技术有三种：干法分提（也称冬化）、湿法分提及溶剂分提。

干法分提中，采用过滤法从液相中分离出结晶物；在湿法分提中，以表面活性剂溶液作为离心法分离出来的结晶物的润湿剂。溶剂（典型的是己烷或丙醇）在溶剂分提中用作结晶和固体组分分离的介质。工艺生产中，对润湿剂及溶剂均进行回收再利用。所得组分的纯度、资本成本、生产成本，按干法分提、湿法分提、溶剂分提<sup>1</sup>的顺序递增。

### （3）裂解。

油脂在裂解工艺中被水解并生成游离脂肪酸和甘油。温度控制在 210~250℃、蒸汽压力控制在 20~40 巴，不需要催化剂<sup>2</sup>，典型的裂解装置既可连续操作，亦可间歇操作。为了获得高裂解率（高于 97%），要不断地把甘油水（甜水）从脂肪相中分离出去。粗脂肪酸减压至常压，生成的蒸汽用喷水冷却。生成的水在分离出浮脂后排放。然后，粗脂肪酸经脱水后送入蒸馏装置。从残余脂肪中沉降出的甜水中含有高达 20% 的甘油，可以用轻度石灰处理法和过滤法进行提纯，然后进行进一步处理并用于生产甘油产品。

### （4）氢化。

氢化工艺可在裂解工艺前或后进行。氢化反应就是在催化条件下使氢与不饱和脂肪中的烯族双键进行反应。制得的饱和脂肪（氢化脂肪）具有更稳定、熔点更高的特点。典型的氢化工艺使用磨碎的镍催化剂，并使用硅胶或硅藻土<sup>3</sup>为催化剂载体，工艺的操作温度控制在 180~250℃，氢分压控制在 10~25 巴。

该反应为放热反应，释放的热量用于脂肪预热。生成的氢化脂肪需要过滤，收集废弃催化剂滤饼（由于有自燃性需以氢气进行干燥处理）后送入催化剂工业装置进行再活化。为了去除微量镍（镍皂类），可能需要进一步的提纯操作（后精制），即加入活性白土后进行过滤。

### （5）脂肪酸蒸馏与分馏。

裂解装置生产的粗脂肪酸含有 2%~5% 的偏甘油酯、齐聚物、不皂合物和氧化产物。蒸馏装置通常在 160~250℃、2~20 毫巴的条件下运行，生产浅色脂肪酸、轻馏分，并有残余物伴生。轻组分冷凝后收集，然后进一步处理。连续工艺的残余物中仍然含有一定百分比的脂肪酸，并可用于低品级产品的生产或批量再水解、再蒸馏。生成的沥青收集后再利用或/和处置。基于不同组分的蒸气压力不同的原理，脂肪酸蒸馏塔可生产数个脂肪酸馏分。脂肪酸也可通过低温部分结晶进行分提。

## 甘油生产

动物或植物级甘油是通过裂解、酯交换反应或皂化反应等步骤将动植物脂肪中的甘油三酸酯进行裂解生成的。甘油水溶液经提纯、浓缩和蒸馏（图 A2），以便达到不同的产品规格，它

<sup>1</sup> G. Dieckelmann 和 H.J. Heinz. 1989. AOCs. 信息. 2006 年 5 月. 第 17 (5) 卷

<sup>2</sup> G. Dieckelmann 和 H.J. Heinz, 1989

<sup>3</sup> 贝雷油脂化学与工艺学. 1985



也可用于生产其他油脂类化学品，如甘油一酯和甘油二酯。

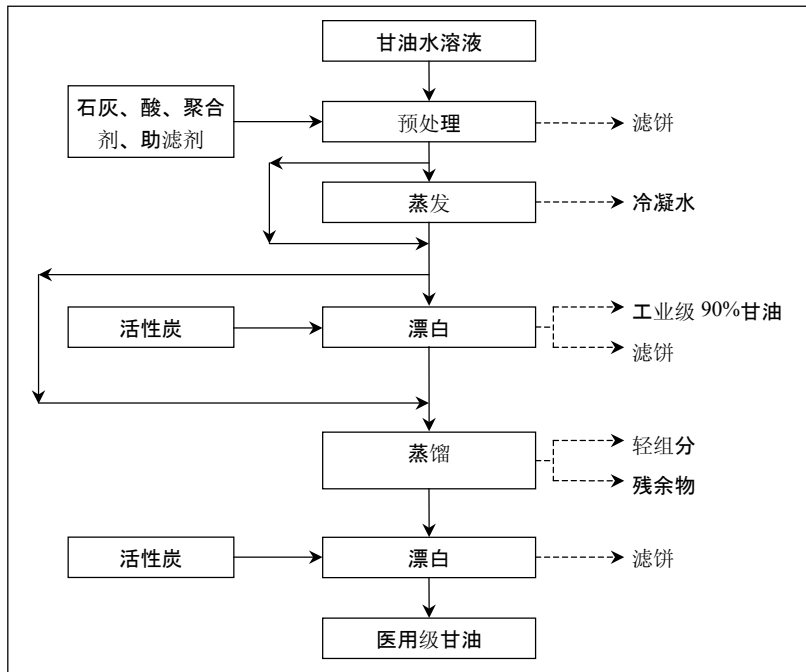


图 A2 甘油生产流程

### 原料

现代甘油裂解装置生产的甘油溶液中含有高达 20%的甘油（甜水）。酯交换工艺产物中，甘油浓度高达 85%~90%，盐含量则高达 5%；从甘油溶液回收过量的甲醇，并将其回用于工艺中，是生物柴油工业中的常规操作。皂化工艺产生的废弃甘油碱液中，甘油含量较低（5%~8%），盐浓度较高（10%~15%），杂质含量亦较高。

### 工艺操作

#### (1) 甘油溶液预处理。

低品级或回用脂肪的裂解或酯交换反应产生的废弃皂化碱液和甘油溶液，采用混凝剂（如硫酸铝或氯化铁）、酸、石灰处理，从而去除杂质（如皂类、蛋白质降解产物、脂肪酸或酯、灰分和纤维）。之后，用活性粘土或活性炭过滤。通常，甜水和酯交换反应液中的杂质含量较低，只需经轻度石灰处理，后续 pH 值调节和过滤操作即可。

甘油溶液也可采用离子交换工艺进行提纯。该工艺主要用于盐含量和皂类物质含量低的溶液，经蒸发工艺提纯后，甘油含量可高达 99.5%，提纯过程中应避免使用蒸馏工艺。树脂由酸液和碱液再生，处理再生液前必须先将其中和。

#### (2) 蒸发。

废弃皂化碱液和甜水经减压处理和高温多级蒸发处理后，甘油浓度可高达 90%。蒸馏水经冷凝后排放。经活性炭漂白后，浓度为 90%的甘油可作为工业级甘油出售，也可进行进一步蒸



馏。

### (3) 蒸馏。

酯交换反应生成的甘油溶液和蒸发得到的甘油溶液的甘油含量高达 90%，将其在填料柱中蒸馏，可分离去除重馏分和轻馏分杂质，制得纯甘油（浓度高于 99.5%）。盐含量高的甘油（如废弃皂化碱液或生物柴油甘油），除盐装置可减少溶液中重组分含量，其去除程度取决于甘油含量，并可进一步提纯后，另作它用（如肥料）或处置。轻组分，即含有一定量甘油（10%~30%）和微量脂肪酸、脂肪酯的水溶液，可经石灰、酸处理、过滤及蒸发后再循环进入生产工艺。蒸馏得到的微黄色甘油通常需要用活性炭漂白以达到医用标准。

## 生物柴油生产

生物柴油定义为一种长链脂肪酸的单烷基酯。<sup>1</sup>尽管可以使用其他醇类（如乙醇、异丙醇）为原料，生物柴油仍然主要利用动植物源的油脂与化石源的甲醇（图A3）直接反应（酯交换反应）制取。该反应产品为脂肪酸甲基酯（FAME）和甘油。脂肪酸甲基酯也是其他重要涂料（如用于表面活性剂行业的脂肪醇）的基础原料。

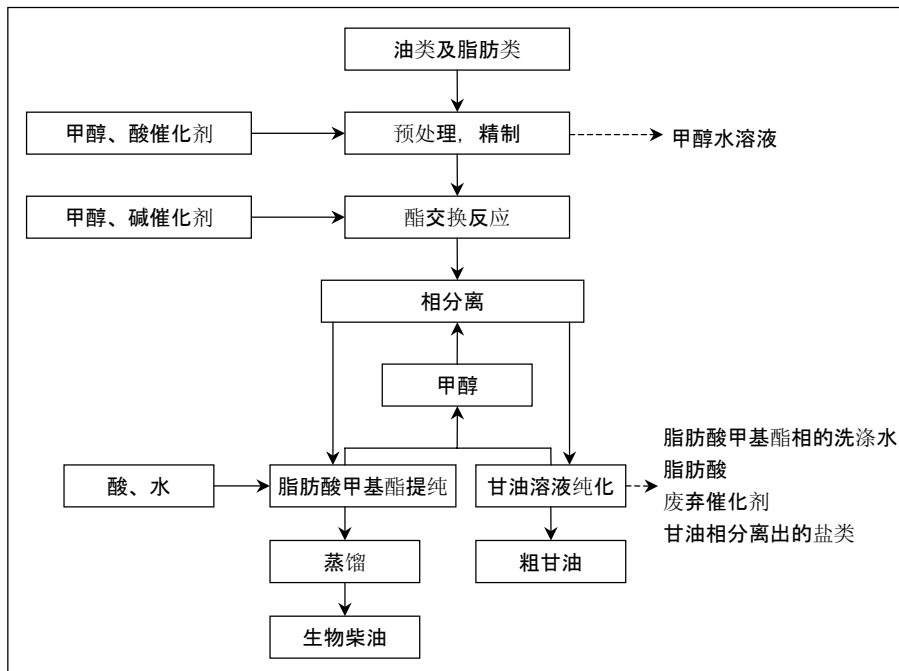


图 A3 生物柴油生产流程

### 原料

植物源天然油类、脂肪类被广泛用作原料。其中，菜籽油、豆油、棕榈油、葵花籽油、

<sup>1</sup> 请参见 EU EN 14214、EN 14213 和 ASTM 6751-06。





棉籽油最为常用。也可使用动物源的脂肪，如牛油和猪油。大多数生产装置使用多种原料，也可接受低品级油类，如用过的煎炸油或粗油。动植物源的脂肪酸也用于酯化工艺。

对甲醇的主要要求是去除影响酯化反应的水分。乙醇可替代甲醇用于酯交换反应，但它与水形成共沸混合物，使得其回收回用更为复杂。

### 工艺操作

#### (1) 预处理。

酯交换反应通常要求进料中的游离脂肪酸含量极低。油类和脂肪类通过化学或物理精制、或酯化反应进行中和。煎炸油、动物脂肪和高酸油通常在酸催化的条件下与甲醇发生酯化反应；在酯交换反应前，去除反应水，并用氢氧化钾或氢氧化钠中和酸催化剂。物理精炼过程形成的脂肪酸也可以被酯化。

#### (2) 利用酯交换反应合成甲基酯。

虽然可以采用更高的温度和压力，但是油类或脂肪类与甲醇的酯交换反应通常还是在碱催化剂（如氢氧化钠、氢氧化钾、甲醇钠）的催化作用下以及温度为 60~70℃、常压状态的环境中进行。过量甲醇以及甘油相在反应器底的沉积可以推动反应平衡向生成酯类产品的一侧转移。反应完成后，即可采用沉降或离心分离法处理混合产物。

#### (3) 甲基酯和甘油的提纯。

过量的醇类通过蒸发从两个反应相去除，然后经冷凝后再循环利用。在对酯类产品进行干燥处理前，用酸化水洗涤酯产品以去除微量催化剂、皂类、残余的甲醇和甘油。洗涤水可汇入甘油排放液中。甘油相用无机酸中和，通常采用盐酸；如果采用氢氧化钾和磷酸，生成的盐类有作为肥料的价值。皂类<sup>1</sup>中和得到的脂肪酸可以回收并进行酯化反应；之后的粗甘油送入甘油精炼装置。

#### (4) 利用酯化反应合成甲基酯。

脂肪酸可在酸催化作用下，与甲醇发生酯化反应，从而转化为脂肪酸甲基酯。工艺水在排放前，需进行纯化，以去除反应中使用的过量甲醇。连续逆流装置生产的甲基酯产品的浓度达 99%以上。

#### (5) 蒸馏。

粗甲基酯，尤其是用品级极低的原料生产的甲基酯，可以采用蒸馏的方式去除重馏分杂质和轻馏分杂质，以达到规定的标准。

<sup>1</sup> 可再生生物资源，2006 年 8 月，第 2 卷