

SHIYOUHUAGONG ZHIYEJINENG PEIXUN JIAOCAI

石油化工职业技能培训教材



# 润滑脂装置操作工

中国石油化工集团公司人事部 编  
中国石油天然气集团公司人事服务中心

中国石化出版社

[HTTP://WWW.SINOPEC-PRESS.COM](http://www.sinopec-press.com)

石油化工职业技能培训教材

# 润滑脂装置操作工

中国石油化工集团公司人事部  
中国石油天然气集团公司人事服务中心 编

中国石化出版社

## 内 容 提 要

《润滑脂装置操作工》为《石油化工职业技能培训教材》系列之一,涵盖石油化工生产人员《国家职业标准》中对该工种初级工、中级工、高级工、技师、高级技师五个级别的专业理论知识和操作技能的要求。主要包括:润滑脂原材料、生产设备、反应原理、生产工艺、工艺计算、关键操作及注意事项、检(化)验知识、产品应用等。

本书是润滑脂装置操作工进行职业技能培训的教材,也可供润滑脂管理人员、专业技术人员参考学习。

## 图书在版编目(CIP)数据

润滑脂装置操作工 / 中国石油化工集团公司人事部,  
中国石油天然气集团人事服务中心编. —北京: 中国石化出版社, 2009  
石油化工职业技能培训教材  
ISBN 978-7-5114-0094-9

I. 润… II. ①中… ②中… III. 润滑脂-化工设备-操作-技术培训-教材 IV. TE626.4

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2009) 第 169565 号

未经本社书面授权, 本书任何部分不得被复制、抄袭, 或者以任何形式或任何方式传播。版权所有, 侵权必究。

### 中国石化出版社出版发行

地址: 北京市东城区安定门外大街 58 号

邮编: 100011 电话: (010) 84271850

读者服务部电话: (010) 84289974

<http://www.sinopec-press.com>

E-mail: [press@sinopec.com.cn](mailto:press@sinopec.com.cn)

北京科信印刷厂印刷

全国各地新华书店经销

\*

787 × 1092 毫米 16 开本 17 印张 419 千字

2009 年 10 月第 1 版 2009 年 10 月第 1 次印刷

定价: 40.00 元



# 《石油化工职业技能培训教材》

## 开发工作领导小组

组 长：周 原

副组长：王天普

成 员：（按姓氏笔画顺序）

|     |     |     |     |     |     |
|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 于洪涛 | 王子康 | 王玉霖 | 王妙云 | 王者顺 | 王 彪 |
| 付 建 | 向守源 | 孙伟君 | 何敏君 | 余小余 | 冷胜军 |
| 吴 耘 | 张 凯 | 张继田 | 李 刚 | 杨继钢 | 邹建华 |
| 陆伟群 | 周赢冠 | 苟连杰 | 赵日峰 | 唐成建 | 钱衡格 |
| 蒋 凡 |     |     |     |     |     |

## 编审专家组

（按姓氏笔画顺序）

|     |     |     |     |     |     |
|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 王 强 | 史瑞生 | 孙宝慈 | 李兆斌 | 李志英 | 岑奇顺 |
| 杨 徐 | 郑世桂 | 李本高 | 唐 杰 | 黎宗坚 |     |

## 编审委员会

主 任：王者顺

副主任：向守源 周志明

成 员：（按姓氏笔画顺序）

|     |     |     |     |     |     |
|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 王力健 | 王凤维 | 叶方军 | 任 伟 | 刘文玉 | 刘忠华 |
| 刘保书 | 刘瑞善 | 朱长根 | 朱家成 | 江毅平 | 许 坚 |
| 余立辉 | 吴 云 | 张云燕 | 张月娥 | 张全胜 | 肖铁岩 |
| 陆正伟 | 罗锡庆 | 倪春志 | 贾铁成 | 高 原 | 崔 昶 |
| 曹宗祥 | 职丽枫 | 黄义贤 | 彭干明 | 谢 东 | 谢学民 |
| 韩 伟 | 雷建忠 | 谭忠阁 | 潘 慧 | 穆晓秋 |     |

## 前言

为了进一步加强石油化工行业技能人才培养队伍建设,满足职业技能培训和鉴定的需要,中国石油化工集团公司人事部、中国石油天然气集团公司人事服务中心联合组织编写了《石油化工职业技能培训教材》。本套教材的编写依照劳动和社会保障部制定的石油化工生产人员《国家职业标准》及中国石油化工集团公司人事部编制的《石油化工职业技能培训考核大纲》,坚持以职业活动为导向,以职业技能为核心,以“实用、管用、够用”为编写原则,结合石油化工行业生产实际,以适应技术进步、技术创新、新工艺、新设备、新材料、新方法等要求,突出实用性、先进性、通用性,力求为石油化工行业生产人员职业技能培训提供一套高质量的教材。

根据国家职业分类和石油化工行业各工种的特点,本套教材采用共性知识集中编写、各工种特有知识单独分册编写的模式。全套教材共分为三个层次,涵盖石油化工生产人员《国家职业标准》各职业(工种)对初级、中级、高级、技师和高级技师各级别的要求。

第一层次《石油化工通用知识》为石油化工行业通用基础知识,涵盖石油化工生产人员《国家职业标准》对各职业(工种)共性知识的要求。主要内容包括:职业道德,相关法律法规知识,安全生产与环境保护,生产管理,质量管理,生产记录、公文和技术文件,制图与识图,计算机基础,职业培训与职业技能鉴定等方面的基本知识。

第二层次为专业基础知识,分为《炼油基础知识》和《化工化纤基础知识》两册。其中《炼油基础知识》涵盖燃料油生产工、润滑油(脂)生产工等职业(工种)的专业基础及相关知识,《化工化纤基础知识》涵盖脂肪烃生产工、烃类衍生物生产工等职业(工种)的专业基础及相关知识。

第三层次为各工种专业理论知识和操作技能,涵盖石油化工生产人员《国家职业标准》对各工种操作技能和相关知识的要求,包括工艺原理、工艺操作、设备使用与维护、事故判断与处理等内容。

《润滑脂装置操作工》为第三层次教材,为了加强教材的系统性,不分级

别，编写内容力求贴近润滑脂生产实际，以使教材具有指导性、实用性，同时在此基础上增加部分润滑脂理论知识，目的是能够促进润滑脂生产操作技术水平的提高。本教材供润滑脂生产工等职业(工种)操作人员学习，也可供相关管理人员、技术人员参考。

《润滑脂装置操作工》教材由中国石化润滑油分公司负责组织编写，主编冯玉保(中国石化润滑油天津分公司)，参加编写的人员有刘晓波(中国石化润滑油重庆分公司)、阮学礼(中国石化润滑油茂名分公司)、宫继波(中国石化润滑油天津分公司)、陈秀建(中国石化润滑油天津分公司)、赵伟(中国石化润滑油天津分公司)；本教材已经中国石油化工集团公司人事部、中国石油天然气集团公司人事服务中心组织的职业技能培训教材审定委员会审定通过，主审蒋蕴德，参加审定的人员有叶元凯、刘庆廉、刘金池、孙洪伟、区志军、何万忠，审定工作得到了中国石化石油化工科学研究院、中国石油兰州石化分公司的大力支持；中国石化出版社对教材的编写和出版工作给予了通力协作和配合，在此一并表示感谢。

由于石油化工职业技能培训教材涵盖的职业(工种)较多，同工种不同企业的生产装置之间也存在着差别，编写难度较大，加之编写时间紧迫，不足之处在所难免，敬请各使用单位及个人对教材提出宝贵意见和建议，以便教材修订时补充更正。

# 目 录

## 第1章 概述

|                            |       |
|----------------------------|-------|
| 1.1 润滑脂发展 .....            | ( 1 ) |
| 1.1.1 润滑脂发展历史 .....        | ( 1 ) |
| 1.1.2 当今世界润滑脂发展概况 .....    | ( 2 ) |
| 1.1.3 我国润滑脂发展现状与前景展望 ..... | ( 2 ) |
| 1.2 润滑脂分类与特性 .....         | ( 4 ) |
| 1.2.1 润滑脂分类 .....          | ( 5 ) |
| 1.2.2 润滑脂特性 .....          | ( 9 ) |

## 第2章 润滑脂原材料

|                    |        |
|--------------------|--------|
| 2.1 基础油 .....      | ( 10 ) |
| 2.1.1 矿物基础油 .....  | ( 10 ) |
| 2.1.2 合成基础油 .....  | ( 13 ) |
| 2.2 稠化材料 .....     | ( 24 ) |
| 2.2.1 脂肪和脂肪酸 ..... | ( 24 ) |
| 2.2.2 其他有机酸 .....  | ( 31 ) |
| 2.2.3 无机酸 .....    | ( 34 ) |
| 2.2.4 碱类 .....     | ( 35 ) |
| 2.2.5 胺类 .....     | ( 38 ) |
| 2.2.6 其他稠化材料 ..... | ( 42 ) |
| 2.3 添加剂 .....      | ( 49 ) |
| 2.3.1 抗氧化剂 .....   | ( 50 ) |
| 2.3.2 抗磨和极压剂 ..... | ( 54 ) |
| 2.3.3 防锈剂 .....    | ( 59 ) |
| 2.3.4 结构改善剂 .....  | ( 64 ) |
| 2.3.5 填充剂 .....    | ( 66 ) |
| 2.3.6 黏附剂 .....    | ( 69 ) |
| 2.3.7 着色剂 .....    | ( 71 ) |
| 2.3.8 其他添加剂 .....  | ( 72 ) |

## 第3章 润滑脂生产设备

|                   |        |
|-------------------|--------|
| 3.1 炼制设备 .....    | ( 74 ) |
| 3.1.1 常压炼制釜 ..... | ( 77 ) |
| 3.1.2 管式反应器 ..... | ( 78 ) |

|             |                            |                |
|-------------|----------------------------|----------------|
| 3.1.3       | 接触器 .....                  | ( 79 )         |
| 3.1.4       | 压力釜 .....                  | ( 81 )         |
| <b>3.2</b>  | <b>输送设备 .....</b>          | <b>( 82 )</b>  |
| 3.2.1       | 齿轮泵 .....                  | ( 82 )         |
| 3.2.2       | 内齿轮泵 .....                 | ( 83 )         |
| 3.2.3       | 螺杆泵 .....                  | ( 84 )         |
| 3.2.4       | 往复泵 .....                  | ( 85 )         |
| 3.2.5       | 比例泵 .....                  | ( 85 )         |
| <b>3.3</b>  | <b>冷却及混合设备 .....</b>       | <b>( 86 )</b>  |
| 3.3.1       | 混合釜 .....                  | ( 86 )         |
| 3.3.2       | 急冷混合器 .....                | ( 86 )         |
| 3.3.3       | 高速混合器 .....                | ( 87 )         |
| <b>3.4</b>  | <b>过滤设备 .....</b>          | <b>( 87 )</b>  |
| 3.4.1       | 管道过滤器 .....                | ( 88 )         |
| 3.4.2       | 自清式过滤器 .....               | ( 88 )         |
| 3.4.3       | 袋式过滤器 .....                | ( 89 )         |
| 3.4.4       | 板框过滤机 .....                | ( 89 )         |
| <b>3.5</b>  | <b>研磨及均化设备 .....</b>       | <b>( 90 )</b>  |
| 3.5.1       | 均化器 .....                  | ( 90 )         |
| 3.5.2       | 胶体磨 .....                  | ( 91 )         |
| 3.5.3       | 三轴辊 .....                  | ( 92 )         |
| 3.5.4       | 静态剪切器 .....                | ( 93 )         |
| 3.5.5       | 孔板剪切器 .....                | ( 93 )         |
| <b>3.6</b>  | <b>脱气设备 .....</b>          | <b>( 94 )</b>  |
| 3.6.1       | 泵 .....                    | ( 94 )         |
| 3.6.2       | 真空脱气机 .....                | ( 94 )         |
| 3.6.3       | 真空脱气罐 .....                | ( 94 )         |
| <b>3.7</b>  | <b>加热设备 .....</b>          | <b>( 94 )</b>  |
| 3.7.1       | 有机热载体炉 .....               | ( 94 )         |
| <b>3.8</b>  | <b>其他设备 .....</b>          | <b>( 102 )</b> |
| 3.8.1       | 空气压缩机 .....                | ( 102 )        |
| 3.8.2       | 列管式换热器 .....               | ( 104 )        |
| 3.8.3       | 尾气回收装置 .....               | ( 104 )        |
| 3.8.4       | 阀门 .....                   | ( 105 )        |
| 3.8.5       | 流量计 .....                  | ( 110 )        |
| <b>3.9</b>  | <b>设备管理 .....</b>          | <b>( 111 )</b> |
| 3.9.1       | 设备日常保养 .....               | ( 111 )        |
| 3.9.2       | 设备检修后验收与清理 .....           | ( 112 )        |
| <b>3.10</b> | <b>润滑脂产品切换时设备的清洗 .....</b> | <b>( 112 )</b> |
| 3.10.1      | 第 I 类清洗方式 .....            | ( 113 )        |



|        |               |       |
|--------|---------------|-------|
| 3.10.2 | 第Ⅱ类清洗方式 ..... | (113) |
| 3.10.3 | 第Ⅲ类清洗方式 ..... | (114) |
| 3.10.4 | 第Ⅳ类清洗方式 ..... | (114) |
| 3.10.5 | 第Ⅴ类清洗方式 ..... | (114) |
| 3.10.6 | 清洗油的处置 .....  | (115) |

## 第4章 润滑脂生产工艺

|       |                                 |       |
|-------|---------------------------------|-------|
| 4.1   | 工艺概述 .....                      | (116) |
| 4.1.1 | 润滑脂生产工艺 .....                   | (116) |
| 4.1.2 | 润滑脂生产工艺分类 .....                 | (117) |
| 4.1.3 | 常见润滑脂五种生产工艺比较 .....             | (118) |
| 4.1.4 | 润滑脂生产工艺特点 .....                 | (119) |
| 4.2   | 润滑脂生产前准备与生产过程中注意事项 .....        | (120) |
| 4.2.1 | 润滑脂生产过程中人员安全与防护 .....           | (120) |
| 4.2.2 | 润滑脂防杂措施 .....                   | (121) |
| 4.2.3 | 润滑脂生产的除杂 .....                  | (122) |
| 4.2.4 | 扫线、顶线 .....                     | (123) |
| 4.2.5 | 工艺计算说明 .....                    | (124) |
| 4.2.6 | 润滑脂生产中常见共性问题及处理措施 .....         | (126) |
| 4.3   | 钙基润滑脂 .....                     | (129) |
| 4.3.1 | 钙基润滑脂反应原理 .....                 | (129) |
| 4.3.2 | 钙基润滑脂生产工艺 .....                 | (129) |
| 4.3.3 | 工艺计算 .....                      | (131) |
| 4.3.4 | 钙基润滑脂生产中关键操作、注意事项及异常情况处理 .....  | (134) |
| 4.4   | 钠基润滑脂 .....                     | (137) |
| 4.4.1 | 钠基润滑脂反应原理 .....                 | (137) |
| 4.4.2 | 钠基润滑脂生产工艺 .....                 | (137) |
| 4.4.3 | 工艺计算 .....                      | (138) |
| 4.4.4 | 钠基润滑脂生产中关键操作、注意事项及异常情况处理 .....  | (140) |
| 4.5   | 锂基润滑脂 .....                     | (141) |
| 4.5.1 | 锂基润滑脂反应原理 .....                 | (141) |
| 4.5.2 | 锂基润滑脂生产工艺 .....                 | (141) |
| 4.5.3 | 工艺计算 .....                      | (143) |
| 4.5.4 | 锂基润滑脂生产中关键操作、注意事项及异常情况处理 .....  | (147) |
| 4.6   | 锂钙基润滑脂 .....                    | (150) |
| 4.6.1 | 锂钙基润滑脂反应原理 .....                | (150) |
| 4.6.2 | 锂钙基润滑脂生产工艺 .....                | (150) |
| 4.6.3 | 工艺计算 .....                      | (153) |
| 4.6.4 | 锂钙基润滑脂生产中关键操作、注意事项及异常情况处理 ..... | (155) |
| 4.7   | 复合钙基润滑脂 .....                   | (156) |

|             |                                    |              |
|-------------|------------------------------------|--------------|
| 4.7.1       | 复合钙基润滑脂反应原理 .....                  | (156)        |
| 4.7.2       | 复合钙基润滑脂生产工艺 .....                  | (156)        |
| 4.7.3       | 工艺计算 .....                         | (158)        |
| 4.7.4       | 复合钙基润滑脂生产中关键操作、注意事项及异常情况处理 .....   | (160)        |
| <b>4.8</b>  | <b>复合铝基润滑脂 .....</b>               | <b>(162)</b> |
| 4.8.1       | 复合铝基润滑脂反应原理 .....                  | (162)        |
| 4.8.2       | 复合铝基润滑脂生产工艺 .....                  | (164)        |
| 4.8.3       | 工艺计算 .....                         | (165)        |
| 4.8.4       | 复合铝基润滑脂生产中关键操作、注意事项及异常情况处理 .....   | (168)        |
| <b>4.9</b>  | <b>复合锂基润滑脂 .....</b>               | <b>(170)</b> |
| 4.9.1       | 复合锂基润滑脂反应原理 .....                  | (170)        |
| 4.9.2       | 复合锂基润滑脂生产工艺 .....                  | (172)        |
| 4.9.3       | 工艺计算 .....                         | (174)        |
| 4.9.4       | 复合锂基润滑脂生产中关键操作、注意事项及异常情况处理 .....   | (178)        |
| <b>4.10</b> | <b>复合磷酸钙基润滑脂 .....</b>             | <b>(180)</b> |
| 4.10.1      | 复合磷酸钙基润滑脂的反应原理 .....               | (180)        |
| 4.10.2      | 工艺计算 .....                         | (182)        |
| 4.10.3      | 复合磷酸钙基润滑脂生产中关键操作、注意事项及异常情况处理 ..... | (182)        |
| <b>4.11</b> | <b>聚脲润滑脂 .....</b>                 | <b>(183)</b> |
| 4.11.1      | 聚脲润滑脂反应原理 .....                    | (183)        |
| 4.11.2      | 聚脲润滑脂生产工艺 .....                    | (183)        |
| 4.11.3      | 工艺计算 .....                         | (184)        |
| 4.11.4      | 聚脲润滑脂生产中关键操作、注意事项及异常情况处理 .....     | (186)        |
| <b>4.12</b> | <b>其他润滑脂 .....</b>                 | <b>(187)</b> |
| 4.12.1      | 铝基润滑脂 .....                        | (188)        |
| 4.12.2      | 膨润土润滑脂 .....                       | (191)        |
| 4.12.3      | 硅胶润滑脂 .....                        | (192)        |
| 4.12.4      | 烃基润滑脂 .....                        | (193)        |
| <b>4.13</b> | <b>相关控制管理系统 .....</b>              | <b>(194)</b> |
| 4.13.1      | DCS 系统基本知识 .....                   | (194)        |
| 4.13.2      | PLC 系统基本知识 .....                   | (195)        |
| 4.13.3      | ERP 管理系统基本知识 .....                 | (196)        |
| 4.13.4      | LIMS 系统基本知识 .....                  | (196)        |
| <b>4.14</b> | <b>不合格品处置 .....</b>                | <b>(197)</b> |

## 第5章 润滑脂成品包装

|            |                      |              |
|------------|----------------------|--------------|
| <b>5.1</b> | <b>包装概述 .....</b>    | <b>(200)</b> |
| <b>5.2</b> | <b>润滑脂包装概述 .....</b> | <b>(200)</b> |
| <b>5.3</b> | <b>润滑脂成品灌装 .....</b> | <b>(201)</b> |
| 5.3.1      | 灌装设备 .....           | (201)        |

|       |               |       |
|-------|---------------|-------|
| 5.3.2 | 包装物检验 .....   | (204) |
| 5.3.3 | 灌装操作 .....    | (204) |
| 5.4   | 润滑脂成品分装 ..... | (205) |
| 5.4.1 | 分装设备 .....    | (205) |
| 5.4.2 | 包装物检验 .....   | (207) |
| 5.4.3 | 分装操作 .....    | (207) |

**第6章 检(化)验知识**

|       |                  |       |
|-------|------------------|-------|
| 6.1   | 原材料主要检验项目 .....  | (209) |
| 6.1.1 | 运动黏度 .....       | (209) |
| 6.1.2 | 色度 .....         | (211) |
| 6.1.3 | 闪点 .....         | (211) |
| 6.1.4 | 凝点和倾点 .....      | (213) |
| 6.1.5 | 酸值 .....         | (216) |
| 6.1.6 | 皂化值(工业硬脂酸) ..... | (219) |
| 6.2   | 润滑脂主要检验项目 .....  | (220) |
| 6.2.1 | 外观 .....         | (220) |
| 6.2.2 | 游离碱和游离有机酸 .....  | (221) |
| 6.2.3 | 锥入度 .....        | (222) |
| 6.2.4 | 滴点 .....         | (225) |
| 6.2.5 | 显微镜杂质 .....      | (228) |
| 6.2.6 | 红外光谱 .....       | (229) |
| 6.2.7 | 分油 .....         | (232) |
| 6.2.8 | 腐蚀 .....         | (234) |
| 6.2.9 | 其他检验项目 .....     | (235) |

**第7章 润滑脂储存及应用**

|       |                      |       |
|-------|----------------------|-------|
| 7.1   | 润滑脂的储存与防护 .....      | (239) |
| 7.2   | 主要润滑脂产品性能及应用介绍 ..... | (240) |
| 7.2.1 | 单皂基润滑脂 .....         | (242) |
| 7.2.2 | 复合皂基润滑脂 .....        | (246) |
| 7.2.3 | 聚脲润滑脂 .....          | (249) |
| 7.2.4 | 膨润土润滑脂 .....         | (249) |
| 7.2.5 | 硅胶润滑脂 .....          | (250) |
| 7.2.6 | 含氟油润滑脂 .....         | (252) |
| 7.2.7 | 酰胺润滑脂 .....          | (252) |
| 附录一   | 名词解释 .....           | (254) |
| 附录二   | 涉及的常用计量单位 .....      | (256) |
| 附录三   | 常用化学元素 .....         | (258) |
| 参考文献  | .....                | (259) |

# 第 1 章 概 述

润滑脂是一门新兴的边缘学科，其发展经历了从实践摸索、经验总结、上升至理论，理论再指导实践的循环往复提高的过程，通过不断学习、借鉴、吸收其他学科的先进成果，润滑脂理论体系不断完善、创新、提升，从而加快了润滑脂产业的发展与壮大。

在人类生活的各个方面，凡是有运转的部位都有摩擦、磨损，都应使用润滑剂(含润滑脂)进行润滑，以减少材料间磨损，提高设备使用性能，延长其使用寿命等，所以润滑剂有着独特的不可替代的作用。由于各行各业飞速发展，市场竞争日益加剧，机械设备设计标新立异，因此设备的摩擦部位结构、工况千差万别，形成了对润滑脂需求的多样化，因而润滑脂行业具有多品种小批量的特点。

## 1.1 润滑脂发展

润滑脂发展历史悠久，回顾历史可以看出，在润滑脂发展进程中无一不是市场需求推动了其进步，并且在应用中加以改进、完善，当然其发展也受当时资源的影响和制约。

### 1.1.1 润滑脂发展历史

据文献记载和文物考证：在中国商朝以前，车辆的车轴、轴套间为材料间的干摩擦。发展至中国周朝以及同时期的古埃及时代开始使用动植物油脂作为原始润滑剂对车辆进行润滑，这是人类进步的一大飞跃。其后先人们向动植物油脂中加入氢氧化钙(俗称白灰)进行冷混，制成简易润滑剂，在其使用过程中通过搅拌、摩擦生热，一部分动植物油脂与氢氧化钙经过皂化生成了稠化剂，其他的动植物油脂则作为分散介质，形成了最原始的“钙基润滑脂”。这种最原始的润滑脂弥补了原来纯动植物油脂遇热流失的缺陷，是润滑脂制造的萌芽。

随着工业革命的兴起和蓬勃发展，生产力水平大幅度提高，新技术、新材料不断涌现，为保证新机器、设备的正常运转，对润滑脂提出了诸如耐高温、耐重负荷等较高的要求，于是人们正式研究、生产润滑脂来满足这些设备的需求。由于当时纺织业的普及，出现了适用于该领域初期的脂肪酸钠基润滑脂，同时诞生了润滑脂这一新兴的产业。

19 世纪 60 年代随着煤加工业的兴起，人们开始用煤焦油、页岩油部分替代植物油脂。随后由于石油的发现以及石油工业的崛起，石油润滑油作为润滑脂中的分散介质被广泛应用，从而极大地促进了润滑脂生产的发展。

在此之后，润滑脂事业步入了更加广阔的发展空间，具有现代水平的新品种不断被开发并被规模生产。19 世纪 70 年代出现了钙基润滑脂；20 世纪初期制造出钠基润滑脂；20 世纪 20 年代诞生了铝基润滑脂；20 世纪 30 年代开发出钡基润滑脂、复合钙基润滑脂；20 世纪 40 年代则具有划时代的意义，德国开发出合成脂肪酸钠基润滑脂、硅胶润滑脂；美国研制生产出锂基润滑脂、膨润土润滑脂；20 世纪 50 年代后陆续出现了复合铝基润滑脂、聚脲润滑脂、复合锂基润滑脂、复合磺酸钙基润滑脂以及用各种无机稠化剂制备的无机润滑脂、有机稠化剂生产的有机润滑脂。为了开发同时满足高低温以及特殊工况要求的润滑脂，采用

合成润滑油代替矿物润滑油生产合成油润滑脂以及采用合成材料制成的合成润滑脂。

目前润滑脂发展方兴未艾，复合钛基润滑脂等新品种、纳米等新材料层出不穷，润滑脂已成为设备不可缺少的组成部分。

1.1.2 当今世界润滑脂发展概况

20 世纪 90 年代以来，世界经济的飞速发展极大地拉动了对润滑脂的需求，并促进了润滑脂品种结构的优化，但由于各国具体情况不同，润滑脂品种比例亦存在较大差异，然而锂基润滑脂仍为目前主导品种，见表 1-1-1。

表 1-1-1 2006 年世界主要国家和地区品种比例

| 项 目         | 全世界      | 北美      | 欧洲      | 中国      | 日本     | 印度和印<br>度次大陆 | 太平洋和<br>东南亚 | 加勒比和<br>中南美洲 | 非洲和中东  |
|-------------|----------|---------|---------|---------|--------|--------------|-------------|--------------|--------|
| 年产量/万 t     | 100.7901 | 24.7178 | 18.7789 | 27.4264 | 8.3519 | 8.2352       | 5.1010      | 4.4965       | 3.2122 |
| 铝基润滑脂/%     | 0.10     | 0.02    | 0.20    | 0.02    | 0.30   | —            | —           | 0.59         | —      |
| 钙基润滑脂/%     | 6.39     | 1.06    | 6.25    | 8.79    | 7.67   | 3.77         | 25.02       | 15.56        | 3.48   |
| 钠基润滑脂/%     | 1.04     | 0.29    | 0.73    | 0.29    | 0.04   | 7.18         | —           | 2.29         | 2.28   |
| 锂基润滑脂/%     | 58.95    | 32.09   | 56.17   | 73.22   | 59.81  | 81.75        | 55.93       | 70.90        | 78.91  |
| 复合钙基润滑脂/%   | 1.17     | 0.08    | 4.79    | 0.53    | 0.24   | —            | —           | —            | 1.62   |
| 复合铝基润滑脂/%   | 4.07     | 9.30    | 4.78    | 1.57    | 1.43   | 0.25         | 3.56        | 0.25         | 0.47   |
| 复合锂基润滑脂/%   | 15.36    | 36.25   | 11.78   | 9.20    | 1.89   | 3.28         | 11.66       | 5.37         | 5.56   |
| 复合磺酸钙基润滑脂/% | 1.98     | 4.92    | 2.53    | 0.56    | 0.01   | 0.81         | —           | —            | —      |
| 聚脲润滑脂/%     | 4.58     | 5.70    | 2.65    | 3.32    | 22.91  | —            | 0.03        | 0.01         | —      |
| 膨润土润滑脂/%    | 2.22     | 4.90    | 2.43    | 0.29    | 0.87   | 1.07         | 1.77        | 1.11         | 3.54   |
| 其他皂基润滑脂/%   | 2.61     | 3.71    | 5.77    | 0.36    | 0.34   | 0.46         | 2.00        | 2.85         | 3.70   |
| 其他非皂基润滑脂/%  | 1.52     | 1.68    | 1.92    | 1.85    | 4.49   | 1.43         | 0.04        | 1.08         | 0.05   |

从表 1-1-1 和实际情况可以看出：在北美，锂基润滑脂仅占 32.09%，而复合锂基润滑脂、复合磺酸钙基润滑脂分别高达 36.25%、4.92%，居国际领先水平；在欧洲，由于特别重视环境保护，因此加大生物降解润滑脂的开发力度，而且由于该地区地理纬度较高，低温润滑脂所占比例较大；由于日本物产资源匮乏，其聚脲润滑脂发展迅猛，占其润滑脂总量的 22.91%；由于印度拥有丰富的钛矿资源，因而其率先开发出复合钛基润滑脂系列产品；在经济欠发达地区，钙基润滑脂仍占较高比例，而高滴点润滑脂的比例较低，尤其令人深思的是太平洋和东南亚地区高滴点润滑脂所占比例由原来大于 20% 降至 20% 以下。而且近些年来，德国、日本等国家在高洁净度轴承润滑脂研发方面处于领先地位；Exxon - Mobil（埃克森 - 美孚）、Shell（壳牌）等国际化公司相继在世界各地建立生产基地，以贴近市场满足区域客户的需求，因而世界各地的润滑脂生产皆呈现出国际化趋势。

1.1.3 我国润滑脂发展现状与前景展望

我国润滑脂的研究和规模生产起步于新中国的诞生。起初以大锅熬制钙基润滑脂、钠基润滑脂，其后逐步采用常压釜、管式反应器生产，后相继研制并生产出复合钙基润滑脂、锂基润滑脂等产品。20 世纪 80 年代我国润滑脂进入了新的发展时期，先后从国外引进三重搅拌常压釜、接触器、压力釜等生产设备以及各种评价检测仪器；在国内科研、生产、设备制造单位通力合作下，联合设计开发了 2m<sup>3</sup>、4m<sup>3</sup>、5m<sup>3</sup> 接触器，从而极大地提高了润滑脂的生

产效率；将均化器、内齿轮泵等引入润滑脂行业，不仅缩短了生产周期还改善了润滑脂的外观。原来占主导地位的钙基润滑脂逐步被性能优良的锂基润滑脂取代，使产品结构趋于合理并与国际接轨。进入 21 世纪后我国润滑脂步入快速增长期，自行研制出三重搅拌压力釜，高滴点润滑脂产量大幅度提高。润滑脂年产量逐年递增，产品结构更加优化，部分润滑脂产品已出口至国外。

在润滑脂产品标准、试验方法方面，我国除采用国家标准(GB)、国家军用标准(GJB)、石油化工行业标准(SH)、铁路运输行业标准(TB)、建筑行业标准(JG)等行业标准外，还借鉴和引用国际标准，如 ASTM(American Society for Testing and Materials, 美国试验与材料协会)标准、MIL(Federal and Military Specifications and Standards, 美国军用标准)标准、DIN(Deutsches Institut fur Normung, 德国标准化学会)标准、JIS(Japanese Industrial Standards, 日本工业标准)标准、IP(Institute of Petroleum, U. K., 英国石油学会)标准等。与国际同行间的技术交往更加频繁，高端润滑脂的开发已经达到或接近国际先进水平。近年来我国润滑脂产量与品种构成见表 1-1-2。

表 1-1-2 中国润滑脂产量与品种构成

| 年 份         | 1982   | 1985   | 1990   | 1995   | 1999   | 2000   | 2001   | 2002   | 2003    | 2004    | 2005    | 2006    |
|-------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|---------|---------|---------|
| 年产量/万 t     | 7.4932 | 7.8223 | 7.3155 | 6.5363 | 6.5415 | 6.8978 | 7.8502 | 8.8574 | 10.3428 | 12.0530 | 14.8452 | 27.4264 |
| 钙基润滑脂/%     | 63.80  | 55.80  | 59.72  | 39.55  | 23.45  | 21.18  | 19.13  | 16.30  | 19.75   | 11.54   | 12.09   | 8.79    |
| 钠基润滑脂/%     | 4.30   | 4.90   | 6.71   | 5.45   | 3.41   | 2.18   | 1.33   | 0.99   | 0.74    | 0.40    | 0.27    | 0.29    |
| 锂基润滑脂/%     | 8.10   | 13.30  | 20.65  | 40.04  | 57.14  | 62.02  | 67.50  | 71.31  | 68.44   | 73.23   | 72.87   | 73.22   |
| 复合钙基润滑脂/%   | 4.10   | 5.50   | 5.91   | 4.23   | 5.02   | 3.34   | 1.75   | 1.86   | 1.37    | 1.62    | 1.23    | 0.53    |
| 复合锂基润滑脂/%   | —      | 0.30   | 0.81   | 1.67   | 3.14   | 3.44   | 2.83   | 3.26   | 4.02    | 5.47    | 7.54    | 9.20    |
| 复合铝基润滑脂/%   | 2.50   | 3.20   | 3.04   | 3.99   | 3.66   | 3.37   | 2.89   | 2.17   | 2.77    | 3.47    | 2.12    | 1.57    |
| 聚脲润滑脂/%     | —      | —      | —      | —      | 0.38   | 0.86   | 0.76   | 1.18   | 1.53    | 2.56    | 2.83    | 3.32    |
| 复合磺酸钙基润滑脂/% | —      | —      | —      | —      | —      | —      | —      | 0.08   | 0.12    | 0.06    | 0.14    | 0.56    |

从表 1-1-2 看出，我国润滑脂品种结构已实现由技术和质量水平较高的锂基润滑脂占主导地位取代技术和质量水平较低的钙基润滑脂占主导地位的转化，高滴点润滑脂产品相继问世并投入生产，所占比例逐年递增。

目前衡量一个国家或地区、企业的润滑脂技术水平的标志为：①锂基润滑脂产量占润滑脂总产量的比例高低；②高滴点润滑脂产量占润滑脂总产量的比例大小。据美国润滑脂协会(National Lubricating Grease Institute, NLGI)调查统计结果显示：2006 年世界润滑脂产量为 100.7901 万 t，我国润滑脂产量为 27.4264 万 t，占世界总产量的 27.21%。从 2006 年统计数据看：尽管我国锂基润滑脂产量已占润滑脂总产量的 73.22%，但高滴点润滑脂的产量仍较低，仅占润滑脂总产量的 15.47%，与其他发达国家相比偏低，所以我国的高滴点润滑脂与世界平均水平仍然存在较大差距，发展以复合锂基润滑脂、聚脲润滑脂为代表的高滴点润滑脂是当今世界润滑脂品种发展的主要方向。

随着改革开放的深入，国内市场国际化，市场竞争激烈。目前我国润滑脂生产企业既有国有制企业，又有股份制企业，还有民营企业，多元化并存。2006 年 69 家润滑脂生产企业中仅有 5 家年产量超过万吨，不同档次的原料、不同的生产装置及后处理工艺决定了产品质量的差别。各企业按照不同层次的消费群体要求，分享不同的市场份额。

改革开放以来,一批高素质的人才投身到我国润滑脂事业,他们在润滑脂科研开发、技术管理等各方面共同推动着润滑脂事业的前进。但是总体而言我国润滑脂学科的研究力量相对比较薄弱,特别是基础研究亟待深化,理论体系还很不完善;润滑脂的评价技术和手段与实际应用工况的结合程度相差甚远;产品标准制订相对滞后,国家标准、行业标准通用性太强,而企业标准水平参差不齐,这正是造成国内客户对企业标准认同差、与发达国家观念相悖的原因所在。

在润滑脂领域同样存在着亟待解决的难题,如复合钙基润滑脂和聚脲润滑脂的硬化问题。同时市场需求也提出了尖锐的课题,需开发高洁净度润滑脂、长寿命润滑脂、环境友好润滑脂和能耐 250℃ 以上的高温润滑脂等。建立模拟工况条件的试验台架;制定综合评定润滑脂性能的试验方法并纳入产品标准中;将纳米新材料真正应用到润滑脂中以发挥其独特的优势;研发复合钛基润滑脂等新稠化材料产品;另外我国合成油工业化发展水平的落后在一定程度上也制约着高性能润滑脂的发展。这些都是润滑脂领域攻克的难题及发展方向,同时也为有志之士提供了施展才华的舞台。

## 1.2 润滑脂分类与特性

凡是有运转的部位都有摩擦、磨损。摩擦是指两个相互接触的物体,在外力作用下发生相对运动或具有相对运动趋势时,在接触面上发生阻碍相对运动的现象。磨损是指摩擦副(即发生摩擦的一组材料)的对偶表面(即接触表面)相对运动时工作表面物质不断损失或产生残余变形的现象。例如在实际工作中,我们要将一个添加剂桶从一处推至另一处,所用的力必须大于桶底与地面之间的摩擦力才能推动该桶,桶底与地面之间便产生摩擦,同时桶底、地面皆不同程度地发生了磨损,因此机械设备运转时就必须使用润滑剂进行润滑,以降低摩擦阻力和能源消耗,减少表面磨损,保证设备正常运转。

润滑剂是加到两相对运动表面间能减小摩擦、降低磨损的物质,按物理状态润滑剂分为四大类,见图 1-2-1。

润滑剂的作用是:

(1) 控制摩擦。润滑剂在摩擦面之间形成润滑膜,减少摩擦面之间的直接接触,从而降低摩擦系数,减小摩擦阻力和功率消耗。

(2) 减少磨损。由于润滑剂在摩擦面之间形成的润滑膜具有一定的强度,能够承载负荷,避免或减少金属表面的直接接触,从而减轻接触表面的塑性变形、熔化焊接等各种程度的黏着磨损,同时液体润滑剂在不断流动的润滑过程中,可将摩擦面上的磨屑及污染物冲走,有利于防止或减轻磨粒磨损和腐蚀磨损。

(3) 冷却降温。润滑剂能够降低摩擦系数,减少摩擦热产生。在有些系统中,当摩擦热或工艺过程产生的热量必须除去,而又不可能使用其他冷却介质时,冷却即成为润滑剂不可缺少的功能,如金属切削过程等。要完成这种功能,要求润滑剂具有尽可能小的黏度、尽可能大的比热容和热导率。

(4) 密封隔离。润滑剂特别是润滑脂覆盖于摩擦表面或其他金属表面,可隔离蒸汽、湿气和其他有害介质与金属的接触,从而减轻腐蚀磨损,防止生锈,保护金属表面。

(5) 阻尼振动。润滑剂能将冲击振动的机械能转化为液压能,起到减缓冲击、吸收噪声的作用。

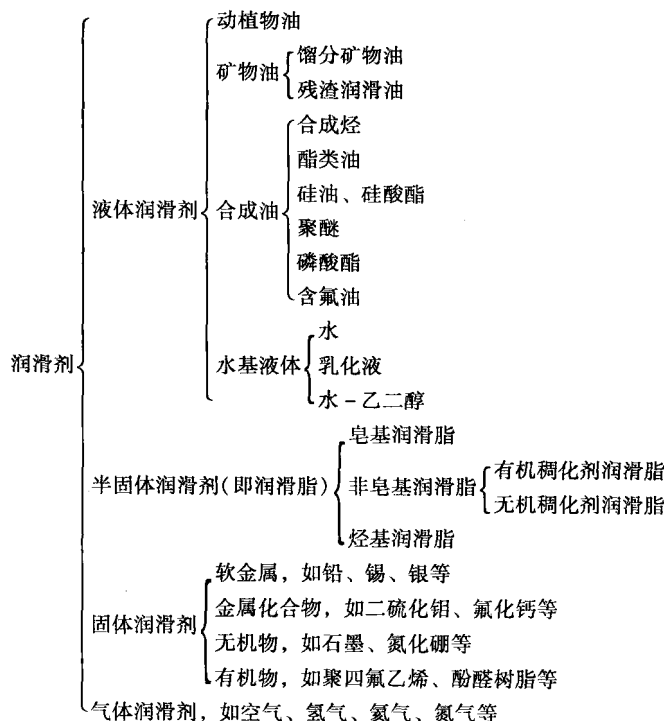


图 1-2-1 润滑剂分类

四类润滑剂的性能各有特长，各自有其适用范围。目前最常用的润滑剂是液体润滑剂中的润滑油、半固体润滑剂(即润滑脂)和固体润滑剂。其中润滑脂与润滑油作用比较，见表 1-2-1。

表 1-2-1 润滑脂与润滑油作用比较

| 项 目  | 润 滑 脂   | 润 滑 油   |
|------|---------|---------|
| 运转速度 | 不适用于超高速 | 任何速度都适用 |
| 运转阻力 | 比润滑油大   | 小       |
| 冷却效果 | 差       | 好       |
| 密封装置 | 简单      | 复杂      |
| 泄漏   | 少       | 多       |
| 循环给油 | 不能      | 容易      |
| 灰尘进入 | 困难      | 容易      |
| 换油   | 比润滑油困难  | 容易      |

润滑脂是将稠化剂分散于液体润滑剂中所组成的一种稳定的固体或半固体产品，这种产品可以加入旨在改善某种特性的添加剂和填料，所以润滑脂包括稠化剂、基础油、添加剂三大组分，它们是决定和影响润滑脂性能的主要因素。

### 1.2.1 润滑脂分类

润滑脂产品品种繁多，为了规范其命名、便于用户选择及应用，通常按以下三种形式分类。

#### 1.2.1.1 按润滑脂稠化剂分类

按润滑脂所含稠化剂分类命名是最通用、方便的方法，见图 1-2-2。



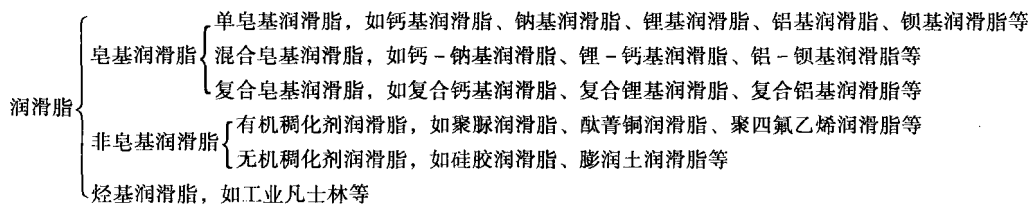


图 1-2-2 润滑脂按稠化剂分类

皂基润滑脂是以脂肪酸皂为稠化剂制得的润滑脂。非皂基润滑脂是使用皂以外的其他稠化剂制得的润滑脂。烃基润滑脂是以地蜡或石蜡为稠化剂制得的润滑脂。

由于同一种稠化剂的润滑脂中可以加入不同添加剂，其性能和所应用的工况亦有较大差别，因此按稠化剂对润滑脂分类，对使用者而言不能起到很好的指导作用。

### 1.2.1.2 按润滑脂使用用途分类

按润滑脂使用用途分类，可以让使用者一目了然，避免造成误用，见图 1-2-3。

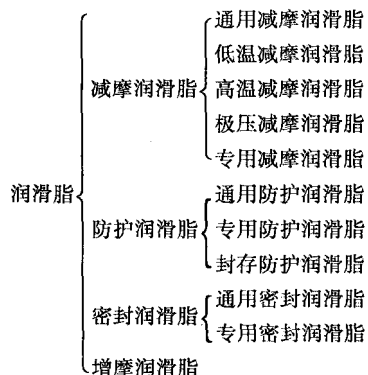


图 1-2-3 润滑脂按使用用途分类

还有另一种更为细致的按润滑脂用途分类方法，其将润滑脂分为七类，并对各类再进行细分，见表 1-2-2。

表 1-2-2 润滑脂按用途分类

| 类 别     | 种类 | 使用温度/℃    | 适用 举 例                     |
|---------|----|-----------|----------------------------|
| 一般用润滑脂  | A  | -10 ~ 60  | 一般机械低负荷的各种轴承和滑动部件的润滑，抗水    |
|         | B  | -10 ~ 80  | 一般机械中等负荷的各种轴承和滑动部件的润滑，中等抗水 |
|         | C  | -10 ~ 100 | 一般机械中等负荷的各种轴承和滑动部件的润滑，不抗水  |
| 滚动轴承润滑脂 | A  | -55 ~ 90  | 低温用，轻负荷的仪表机械轴承             |
|         | B  | -20 ~ 120 | 工业通用                       |
|         | C  | -40 ~ 150 | 宽温度范围，工业通用                 |
|         | D  | -40 ~ 180 | 冶金、机械等高温轴承                 |
| 汽车用润滑脂  | A  | -10 ~ 60  | 汽车轮毂轴承、底盘、水泵               |
|         | B  | -45 ~ 100 | 寒区汽车通用                     |
|         | C  | -30 ~ 120 | 汽车通用                       |
|         | D  | -10 ~ 150 | 盘式刹车汽车通用                   |
| 集中润滑脂   | A  | -20 ~ 100 | 集中润滑，低、中负荷                 |
|         | B  | -10 ~ 120 | 集中润滑，高负荷                   |
|         | C  | -10 ~ 150 | 集中润滑，中负荷                   |
|         | D  | -10 ~ 150 | 集中润滑，高负荷                   |