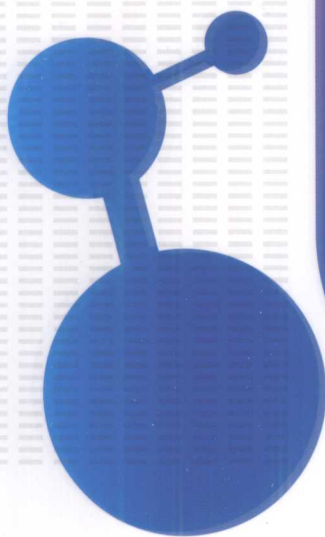




中国石油和化学工业行业规划教材

高职高专化工技术类



# 化工生产技术

HUAGONG SHENGCHAN JISHU

陈群 主编 秦建华 主审



化学工业出版社



中国石油和化学工业行业规划教材

高职高专化工技术类



# 化工生产技术

陈群 主编 秦建华 主审



化学工业出版社

北京 100011

元 00.25 : 售 宝

· 北京 ·

本书是中国石油和化学工业行业规划教材,由全国化工高等职业教育教学指导委员会化工技术类专业委员会组织编写。本书通过对化工生产过程组织以及甲醇、醋酸、苯乙烯、氯乙烯、邻苯二甲酸二辛酯、合成氨、醋酸乙烯酯、氯碱的生产9个项目的学习,使学生系统掌握信息和文献资料的检索方法、工艺路线的分析与选择、工艺参数确定、催化剂的选择与使用、生产设备的选择、生产工艺流程组织、生产操作与控制、生产异常现象及故障排除方法,培养学生解决实际问题的方法和能力,并注重培养学生的规范操作、团结合作、安全生产、节能环保等职业素质。

本书为化工及相关专业的高职、高专教材,又可作为相关专业技术人员的参考书。

#### 图书在版编目(CIP)数据

化工生产技术/陈群主编. —北京:化学工业出版社,2009.10  
中国石油和化学工业行业规划教材. 高职高专化工技术类  
ISBN 978-7-122-06662-6

I. 化… II. 陈… III. 化工过程-高等学校:技术学院-教材  
IV. TQ02

中国版本图书馆CIP数据核字(2009)第161669号

责任编辑:窦臻 提岩  
责任校对:蒋宇

文字编辑:向东  
装帧设计:尹琳琳

出版发行:化学工业出版社(北京市东城区青年湖南街13号 邮政编码100011)  
印 刷:北京市振南印刷有限责任公司  
装 订:三河市宇新装订厂  
787mm×1092mm 1/16 印张14 $\frac{3}{4}$  字数369千字 2010年1月北京第1版第1次印刷

购书咨询:010-64518888(传真:010-64519686) 售后服务:010-64518899

网 址: <http://www.cip.com.cn>

凡购买本书,如有缺损质量问题,本社销售中心负责调换。

定 价:25.00元

版权所有 违者必究

## 中国石油和化学工业行业规划教材 \* 高职高专化工技术类 编审委员会名单

主 任：陈炳和 常州工程职业技术学院

委 员：（按姓氏笔画排列）

丁志平 南京化工职业技术学院

于兰平 天津渤海职业技术学院

王绍良 湖南化工职业技术学院

吉 飞 常州工程职业技术学院

朱东方 河南工业大学化学工业职业学院

任耀生 中国化工教育协会

杨永杰 天津渤海职业技术学院

杨宗伟 四川化工职业技术学院

陈炳和 常州工程职业技术学院

金万祥 徐州工业职业技术学院

洪 霄 常州工业职业技术学院

秦建华 扬州工业职业技术学院

袁红兰 贵州工业职业技术学院

曹克广 承德石油高等专科学校

程桂花 河北化工医药职业技术学院

潘正安 化学工业出版社

# 序

2006年11月教育部颁布了《关于全面提高高等职业教育教学质量的若干意见》(教高[2006]16号)文件,文件中明确了课程建设与改革是提高教学质量的核心,也是教学改革的重点和难点。文件要求各高等职业院校应积极与行业企业合作开发课程,根据技术领域和职业岗位(群)的任职要求,参照相关的职业资格标准,改革课程体系和教学内容;要建立突出职业能力培养的课程标准,规范课程教学的基本要求,提高课程教学质量;要改革教学方法和手段,融“教、学、做”为一体,强化学生能力的培养;要加强教材建设,与行业企业共同开发紧密结合生产实际的实训教材,并确保优质教材进课堂。

自文件颁布以来,在我国掀起了新一轮高职高专教育教学改革热潮,以工作过程系统化重构高职高专课程体系,以项目化课程教学法改革传统学科传授教学法,取得了丰硕的成果。学生学习的兴趣、学习动力、自觉性、主动性、自信心、主体性和专业能力、自学能力、创新能力、团队合作能力、与人交流能力、计划策划能力、信息获取与加工能力等都得到明显提高,学生对复杂专业知识的把握情况也显著改善。项目化课程教学改革完全符合教育部的十六号文件精神。项目化课程教学改革遵循的八大原则更是体现了当今先进的高等职业教育观念。这八大原则是:①课程教学应进行整体教学设计;②课程内容是职业活动导向、工作过程导向,而不是学科知识的逻辑推演导向;③课程教学突出能力目标,而不仅仅是突出知识目标;④课程内容的载体主要是项目和任务,而不是语言、文字、图形、公式;⑤能力的训练过程必须精心设计,反复训练,而不是在讲完系统的知识之后,举几个知识的应用例子;⑥学生是课程教学过程中的主体;⑦课程的内容和教学过程应当“做、学、教”一体化,“实践、知识、理论”一体化;⑧注意在课程教学中渗透八大职业核心能力(外语应用能力、与人合作能力、与人交流能力、信息处理能力、数字应用能力、解决问题能力、自我学习和创新革新能力)的培养。

全国化工高等职业教育教学指导委员会(简称全国化工高职教指委)化工技术类专业委员会于2002年组织全国石油与化工各职业院校教师编写了第一套高职高专化工技术类专业规划教材,解决了当时高职院校化工技术类专业无教材的困难。然而,随着科学技术的进步,产业结构的调整,劳动效率的提高,信息技术的应用,劳动密集型生产已向资本密集型和技术密集型转变。特别是近年来的项目化课程教学改革的开展,原来的教材已不适应高等职业教育教学改革的需要。为此,全国化工高职教指委化工技术类专业委员会于2008年9月在常州工程职业技术学院启动了第二轮规划教材编写工作。教指委根据教育部教高[2006]16号文件的精神,吸收了先进的高职高专教育教学改革理念,进行了企业调研、座谈,针对岗位(群),聘请企业职业专家进行工

作任务分析,进而确定典型工作任务,组织课程专家按照职业成长规律和认知规律,用工作过程系统化的开发方法,重构化工技术类专业课程体系,制定课程标准,进行了教学情境设计,聘请企业一线技术专家作为教材编写的顾问和副主审,在全国石油和化工高职高专院校公开征集编写思路,组织高职教育领域的课程专家对对应的编写方案进行答辩,最终在全国范围内选拔出从事石油与化工职业教育的优秀骨干教师编写本套教材。

本套新教材的特点:

1. 体现工学结合的内涵要求;
2. 基本体现化工生产的工作过程;
3. 突出能力目标,重在培养学生的做事能力,强调知识的应用;
4. 便于项目化和任务驱动教学法的实施;
5. 注意培养学生的八大职业核心能力;
6. 反映当今的新技术、新材料、新设备和新工艺。

本轮建设的全套教材能满足化工技术类专业主干课程教学需求,能满足各个化工技术类专业方向课程教学需要,也能满足全国石油与化工高职院校根据地方经济发展和支柱产业需求设置的化工技术类专业选修课程教学要求。

本轮化工技术类专业的教材编写工作得到了许多化工生产一线企业行业专家、高等职业院校的领导和教育教学专家的指导,在此向所有对高等职业教育改革给予热情支持的人士表示衷心的感谢!

我们所做的工作仅是探索和创新的开始,还有许多的课题有待进一步研究,我们期待各界专家和读者提出宝贵意见!

全国化工高等职业教育教学指导委员会

化工技术类专业委员会

2009年6月

本教材依据高职高专人才培养目标,遵循学生的认知规律,采用项目化的教学模式编写。参照化学工业的生产过程特点来设计项目教学活动,采用任务驱动的形式,从而达到培养学生知识、能力和职业素质的目标。

在项目设计中,以具体的典型化工产品的生产为载体,以学生的活动为主线,强调培养学生的自主学习性。本教材通过对9个项目的学习,使学生系统掌握信息和文献资料的检索方法、工艺路线的分析与选择、工艺参数确定、催化剂的选择与使用、生产设备的选择、生产工艺流程组织、生产操作与控制、生产异常现象及故障排除方法,培养学生解决实际问题的方法和能力。并注重培养学生的规范操作、团结合作、安全生产、节能环保等职业素质。

为了便于教学和学生的学习,在每个项目前设立了项目说明,明确了每个项目所要达到的知识目标、能力目标和素质目标。在每个活动中也明确了要具体达到的知识目标和能力目标。并在每个项目后列出了一定数量的思考题。为了巩固项目学习的效果,专门安排了课后的项目任务。

活动的设计依赖于需要学生学习的内容,活动的形式没有统一的标准,书中设计的活动仅作为教师在实际教学时的参考。书中的理论知识围绕活动任务展开,既可作为教学的主要内容,也可作为教学的参考。

本教材由常州工程职业技术学院陈群担任主编,陈群编写项目一、项目二、项目三(任务一、任务二、任务六)、项目四中任务七、项目五、项目七中任务六和项目六中的拓展阅读并负责全书统稿,由童国通编写项目三(任务三、任务四、任务五)、项目八,陈思顺编写项目四(任务一~任务六)、项目六、项目七(任务一~任务五),伍士国编写项目九。本书由扬州工业职业技术学院的秦建华副院长主审。常州工程职业技术学院陈炳和副院长在本书的编写过程中提出了许多宝贵意见,在此表示衷心的感谢。本书在编写过程中,得到了上海东方天祥检验服务有限公司杨建华、常州山峰化工有限公司颜国平的大力支持,在此一并表示感谢!

由于我们在项目化教材建设方面的经验尚有欠缺,在内容的选择和任务的设计上可能存在不足之处,欢迎广大专家和同行批评指正。

编 者

2009年6月

# 目 录

## 项目一 化工生产过程组织

1

|                        |    |
|------------------------|----|
| 任务一 化学工业概貌检索 .....     | 2  |
| 任务二 化工产品及其原料资源检索 ..... | 6  |
| 知识链接 大力发展煤化工的意义 .....  | 15 |
| 任务三 化工生产过程组成 .....     | 16 |
| 任务四 化工生产操作与控制 .....    | 20 |
| 任务五 三废产生与治理 .....      | 23 |
| 思考题 .....              | 26 |
| 课后项目 .....             | 26 |
| 拓展阅读 清洁生产与绿色化学 .....   | 26 |
| 煤基醇醚燃料 .....           | 27 |
| 参考文献 .....             | 28 |

## 项目二 甲醇生产

29

|                         |    |
|-------------------------|----|
| 任务一 甲醇工业概貌检索 .....      | 30 |
| 任务二 甲醇生产工艺路线分析与选择 ..... | 33 |
| 任务三 甲醇生产工艺参数确定 .....    | 35 |
| 任务四 催化剂的选择与使用 .....     | 38 |
| 知识链接 催化剂 .....          | 41 |
| 任务五 典型设备选择 .....        | 44 |
| 任务六 甲醇生产工艺流程的组织 .....   | 47 |
| 任务七 甲醇生产操作与控制 .....     | 52 |
| 任务八 甲醇生产异常现象及故障排除 ..... | 57 |
| 知识链接 安全生产总则 .....       | 59 |
| 事故处理基本原则 .....          | 60 |
| 思考题 .....               | 60 |
| 课后项目 .....              | 60 |
| 拓展阅读 甲醇汽油 .....         | 61 |
| 参考文献 .....              | 61 |

## 项目三 醋酸生产

62

|                         |    |
|-------------------------|----|
| 任务一 醋酸工业概貌检索 .....      | 63 |
| 任务二 醋酸生产工艺路线分析与选择 ..... | 67 |
| 任务三 醋酸生产工艺参数确定 .....    | 69 |

|                         |    |
|-------------------------|----|
| 知识链接 自由基反应 .....        | 71 |
| 任务四 典型设备选择 .....        | 71 |
| 任务五 醋酸生产工艺流程组织 .....    | 73 |
| 任务六 醋酸生产异常现象及故障排除 ..... | 77 |
| 思考题 .....               | 79 |
| 课后项目 .....              | 79 |
| 拓展阅读 食用醋 .....          | 80 |
| 参考文献 .....              | 80 |

## 项目四 苯乙烯生产

81

|                          |     |
|--------------------------|-----|
| 任务一 苯乙烯工业概貌检索 .....      | 82  |
| 任务二 苯乙烯生产工艺路线分析与选择 ..... | 85  |
| 任务三 苯乙烯生产工艺参数确定 .....    | 88  |
| 任务四 催化剂的选择与使用 .....      | 92  |
| 任务五 典型设备选择 .....         | 93  |
| 任务六 苯乙烯生产工艺流程的组织 .....   | 95  |
| 任务七 苯乙烯生产异常现象及故障排除 ..... | 102 |
| 思考题 .....                | 105 |
| 课后项目 .....               | 106 |
| 拓展阅读 聚苯乙烯 .....          | 106 |
| 参考文献 .....               | 107 |

## 项目五 氯乙烯生产

108

|                                      |     |
|--------------------------------------|-----|
| 任务一 氯乙烯工业概貌检索 .....                  | 109 |
| 任务二 氯乙烯生产工艺路线分析与选择 .....             | 110 |
| 任务三 氯乙烯生产工艺参数确定 .....                | 112 |
| 任务四 典型设备选择 .....                     | 117 |
| 知识链接 反应釜的操作与日常养护 .....               | 119 |
| 任务五 氯乙烯生产工艺流程的组织 .....               | 120 |
| 任务六 氯乙烯生产操作与控制 .....                 | 124 |
| 任务七 氯乙烯生产异常现象及故障排除 .....             | 127 |
| 知识链接 氯乙烯安全技术规程 (GB 14544—2008) ..... | 130 |
| 思考题 .....                            | 131 |
| 课后项目 .....                           | 132 |
| 拓展阅读 聚氯乙烯 .....                      | 132 |
| 参考文献 .....                           | 133 |

## 项目六 邻苯二甲酸二辛酯的生产

134

|                               |     |
|-------------------------------|-----|
| 任务一 邻苯二甲酸二辛酯工业概貌检索 .....      | 135 |
| 知识链接 增塑剂 .....                | 137 |
| 任务二 邻苯二甲酸二辛酯生产工艺路线分析与选择 ..... | 139 |
| 任务三 邻苯二甲酸二辛酯生产工艺参数确定 .....    | 140 |
| 任务四 酯化反应装置选择 .....            | 141 |

|                             |     |
|-----------------------------|-----|
| 任务五 邻苯二甲酸二辛酯生产工艺流程的组织 ..... | 143 |
| 思考题 .....                   | 145 |
| 课后项目 .....                  | 145 |
| 拓展阅读 工程塑料 .....             | 145 |
| 参考文献 .....                  | 146 |

## 项目七 合成氨生产

147

|                          |     |
|--------------------------|-----|
| 任务一 合成氨工业概貌检索 .....      | 148 |
| 任务二 合成氨生产工艺路线分析与选择 ..... | 150 |
| 任务三 合成氨生产工艺参数确定 .....    | 155 |
| 任务四 典型设备选择 .....         | 157 |
| 任务五 合成氨生产工艺流程的组织 .....   | 161 |
| 任务六 合成氨生产异常现象及故障排除 ..... | 165 |
| 思考题 .....                | 171 |
| 课后项目 .....               | 172 |
| 拓展阅读 “一碳化学”工业 .....      | 172 |
| 参考文献 .....               | 173 |

## 项目八 醋酸乙烯酯生产

174

|                            |     |
|----------------------------|-----|
| 任务一 醋酸乙烯酯工业概貌检索 .....      | 175 |
| 任务二 醋酸乙烯酯生产工艺路线分析与选择 ..... | 178 |
| 任务三 醋酸乙烯酯生产工艺参数确定 .....    | 181 |
| 任务四 催化剂的选择与使用 .....        | 185 |
| 任务五 醋酸乙烯酯生产工艺流程的组织 .....   | 186 |
| 任务六 醋酸乙烯酯生产异常现象及故障排除 ..... | 191 |
| 思考题 .....                  | 193 |
| 课后项目 .....                 | 193 |
| 拓展阅读 乙烯-醋酸乙烯酯树脂 .....      | 193 |
| 参考文献 .....                 | 194 |

## 项目九 氯碱生产

195

|                         |     |
|-------------------------|-----|
| 任务一 氯碱工业概貌检索 .....      | 196 |
| 任务二 氯碱生产工艺参数确定 .....    | 199 |
| 任务三 氯碱生产工艺流程组织 .....    | 205 |
| 任务四 氯碱生产岗位的操作与控制 .....  | 211 |
| 任务五 氯碱生产异常现象及故障排除 ..... | 216 |
| 思考题 .....               | 221 |
| 课后项目 .....              | 221 |
| 拓展阅读 腐蚀与防护 .....        | 221 |
| 参考文献 .....              | 225 |

# 项目一

## 化工生产过程组织

### 项目说明

通过本项目的学习，了解化学工业的基本情况、化学工业原料来源及化工生产特点等相关知识。

主要内容有：化学工业在国民经济中的地位、化学工业的发展和作用，化学工业原料来源，化学加工及其产品的知识。

### 总体目标

#### 知识目标

1. 了解化学工业的相关知识；
2. 了解化工生产的相关知识；
3. 了解化学工业原料及其产品知识。

#### 能力目标

1. 能够运用专业工具书、期刊、专业书籍和网络资源等；
2. 能对收集的知识进行合理的分类和归纳；
3. 能较熟练地运用外语进行信息收集和处理。

#### 素质目标

1. 培养良好的团队协作意识；
2. 培养语言表达和文字表达能力；
3. 具有一定沟通交流能力；
4. 具有安全生产、清洁生产的意识。

## 任务一

## 化学工业概貌检索

## 教学目标

## 知识目标

- (1) 了解化学工业在国民经济中的地位;
- (2) 了解化学工业的概况与发展;
- (3) 理解化工生产的生产特点。

## 能力目标

- (1) 能够利用专业书籍查找所需信息;
- (2) 能对信息进行加工和处理。

## 教学任务

【活动】查找化学工业地位、发展概况和发展方向的相关信息和文献资料。

【活动程序】在本活动中,通过分组查找相关期刊、书籍、网络资源或进行市场调研,获得化学工业分类、工业地位和发展等的相关信息和知识,然后进行相互交流。

## 一、化学工业在国民经济中的重要地位

化学工业(chemistry industry)是国民经济中的支柱产业之一,它是人类利用自然资源通过化学反应生产人类所需产品的工业。化学工业既是原材料工业,又是加工工业,它不仅为农业、轻工业、重工业和国防工业等提供生产原料,也为人类提供衣、食、住、行各方面必不可少的化工产品。化学工业是一个多行业、多品种,为国民经济各部门和人民生活各方面服务的工业部门。它通常分为无机化工、基本有机化工、高分子化工及精细化工等。

化学工业的产品种类繁多、数量大、用途广,与国民经济各部门存在密切的关系,据报道,化工产品中有60%用于重工业和运输业,30%用于农业和轻工业。

## 1. 为农业现代化提供了物质条件

化学工业为农业现代化提供了大量的化肥、农药、农用塑料薄膜等。据估算,每年使用化学农药防治病虫害,可增收粮食1.5亿吨,合成化学品可直接替代由农产品经加工而制得的产品,例如,合成酒精(alcohol)替代由粮食酿造的酒精,这就大大地节省了粮食,减少了食用物资的工业消耗。据估算,每生产1t 95%的合成酒精,可节省4t玉米或10t左右的红薯。此外,发展合成橡胶(synthetic rubber)和合成纤维(synthetic fibre)工业及其所需的原料,既可使人类摆脱单纯地依赖农业来解决穿衣、工业用织物和多类橡胶用品的问

题,又可扩大农田面积,为农业增产提供了保证。例如,生产 1t 合成纤维,相当于增产 7000m 棉布,节省  $16.75\text{ m}^2$  的耕地生产的棉花。

## 2. 为其他工业的发展提供大量配套的原材料

化学工业的产品种类多、数量大,其中某些产品有其独立用途,如萃取剂、增塑剂、溶剂(solvent)、胶黏剂(adhesive)、涂料等,可直接地用于其他行业和部门。此外,迅速发展的新型合成材料不仅代替了钢材、有色金属、传统的建筑材料、天然橡胶、棉、麻等天然材料,而且在某些性能方面比天然材料更为优越。如 1t 聚甲醛(formaldehyde)可代替 7t 铜,一辆汽车的部分零件,平均需用 45kg 的塑料(plastic),可代替约 100kg 的金属材料,大大降低了车身的重量;一架喷气式飞机需特种性能橡胶 600kg 以上。在当今矿产资源开始贫乏的时代,用合成材料所制成的管、板、棒、设备、容器等广泛应用于冶金、交通、能源、机电、建筑、电信、国防等各部门,大大节约了矿产资料的耗用量,同时也增加了原料的多样性和广泛性。

## 3. 为人类提供大量的生活用品

化学工业与人类生活息息相关,从衣、食、住、行、医疗等物质生活到文化艺术等精神生活都离不开化工产品。如各种食品添加剂、蔬菜保鲜剂、新型包装材料使人们的饮食起居更加方便快捷。化学工业的发展,可以使人们的生活变得更加丰富多彩。

## 4. 为科学技术的发展提供新型化工材料和产品

科学技术的进步推动了化学工业的发展,同时,化学工业的发展又促进了科学技术的进步。随着高新技术产业产品的发展,化学工业为国防军事、航空和信息等技术领域提供了特种溶剂、高能燃料、结构及功能材料,保证并促进了这些部门的发展和技术进步。例如航天工业中的运载火箭和卫星,需要化学工业配套的就有化学推进剂、特种胶片、橡胶制品、涂料及高性能复合材料等多种产品。

# 二、化学工业的发展概况

化学工业的发展与其他相关工业的发展有很大的关系。酿造、染色、冶炼等化学工艺过程在 18 世纪前就已被人们掌握。从 18 世纪末到 19 世纪中叶,随着纺织工业漂白与染色技术改造的需要,欧洲主要发展了无机化工产品——酸、碱、盐,其中 18 世纪初建成了以硫矿石和硝石为原料的铅式法硫酸厂,1791 年诞生了路布兰法制碱工艺。1861 年,比利时索尔维实现了氨碱法制碱的工业化,使制碱生产实现了连续化。由于氨碱法产品纯度高,价格便宜,因而取代了路布兰法成为纯碱的主要生产方法。中国著名化学家侯德榜于 1938 年开始致力于联合制碱法研究,创造了侯氏制碱法。

为了适应农业生产发展的需要,1841 年开始了磷肥的生产。1870 年后开始兴起了钾肥工业。1754 年普里斯特利加热氯化铵和大理石石灰石时发现了氨,在多年理论研究的基础上,于 1913 年实现了氨合成的工业化。合成氨工业的出现,标志着化学工业进入一个新的阶段,它为有机合成工业提供了良好的技术条件。在此基础上,1916 年又实现了氨氧化制取硝酸的过程。

19 世纪中叶,随着炼铁工业的发展和城市对煤气及工业燃料的要求,促进了炼焦工业和煤气工业的发展。其后又从炼焦副产物煤焦油中分离出苯、甲苯、二甲苯、萘、蒽、苯酚等化合物。这些物质是有机合成特别是染料合成的重要原料。19 世纪下半叶,形成了以煤焦油化学为主体的有机合成工业,焦炭、煤焦油的利用逐渐形成了煤化学工业体系。

20 世纪 40 年代, 继瑞士 P. H. 米勒发明第一个有机氯农药滴滴涕后, 又开发了一系列有机氯、有机磷杀虫剂, 20 世纪 50 年代又制成了氨基甲酸酯类农药。随着对环境要求的越来越高, 又相继出现了高效、低毒、低污染的有机杀虫剂。

20 世纪 20 年代开始兴起了石油化学工业, 并在 60 年代得到了大发展, 由此形成了第二次工业革命。许多石油化学品取代了人类日常生活的传统材料, 提供了价廉物美的各种物品。20 世纪 40 年代, 催化裂化生产汽油及乳液聚合技术制取丁苯橡胶技术研制成功, 推动了石油化工的发展。20 世纪 50 年代, 许多由煤化工制取的产品, 相继转化成由石油和天然气进行生产。目前, 已有 90% 以上的有机化工产品来源于石油、天然气, 石油化学工业已成为非常重要的基础工业部门。

20 世纪 30 年代, 建立了高分子化学体系, 高分子材料的化学工业得到迅速发展。1872 年, 制得了酚醛树脂, 1938 年, 尼龙 66 实现了工业化生产, 其后又相继发明了尼龙 6、聚酯纤维、聚丙烯腈纤维。至今, 涤纶和腈纶是合成纤维中发展最快、产量最大的品种。20 世纪 30 年代, 在美国实现了氯丁橡胶的生产, 不久又生产出丁苯橡胶、丁腈橡胶。与此同时, 聚氯乙烯、聚苯乙烯、高压聚乙烯、聚四氟乙烯又相继实现了工业化生产, 塑料工业得到了迅速发展。至此, 形成了以三大合成材料为主的高分子化学工业体系。

近年来, 高新技术和新技术材料的发展迅速, 给化学工业提供了更宽广的发展前景。化学工业的产品已深入到我们生活的各个方面, 占有极为重要的地位。化学工业是国民经济的支柱产业之一, 中国的化学工业发展迅速, 将会为人们提供更多的新产品。从化学工业的发展来看, 现代化学工业的发展方向可以概括为以下几个方面。

(1) 企业大型化 在化工过程的经济分析中, 生产规模是一个影响较大的因素, 也就是说, 对大部分化工生产过程, 单位年生产能力的投资及生产成本, 随着生产规模的增加而减小(在某一极限的规模范围内)。因此, 从 20 世纪 50 年代起, 生产规模明显增大, 如乙烯单系列规模, 从 50 年代年产 50kt 发展到 80 年代年产 680kt, 21 世纪初在上海新建的乙烯装置最大生产能力达到年产 900kt。生产规模的大型化, 使生产装置也大型化, 设备形式也发生了变化。

(2) 高度机械化、自动化连续生产 大型化工厂的机械化和自动化程度高, 通常采用计算机控制进行操作, 一般投入的体力劳动人员较少。因此, 要求参加操作的工人具有较高的技术水平。

(3) 综合利用化工原料 石油本身可作为燃料, 经炼油厂加工后又可得到各种用途的油品, 进一步深加工后可得到石油化工的基本原料——乙烯、丙烯、芳烃等。除此以外, 在生产过程中也要做到综合利用, 充分回收由于副反应所生成的副产物, 这是化学工业中的一个重要课题, 也是一个发展方向。

(4) 加大“三废”治理力度 在化工生产中产生大量的废气、废水和废渣, 这些物质不少是有害的, 不仅污染环境, 影响人民健康, 也危害了生态平衡。为了保护环境, 造福人类, 应严格控制“三废”的排放量。我国已制定的环境保护法, 规定凡新建的工厂都必须达到“三废”治理标准。

(5) 节能 世界上由于工业发展, 资源及能源的需求日益增长, 自 1973 年原油价格猛涨后, 各国都致力于节能方法和节能技术的研究, 如提高产品收率, 改变工艺路线, 采用新的高效催化剂体系, 改换原料以及副产品的充分利用等方面, 尽可能节省能源, 提高经济效益。此外, 在产品的规格、输送和包装的合理性等方面也进行了努力。节能和节省资源日益成为社会的需要, 所以在工艺的设计和应用方面, 谋求能量的有效利用就成为重要课题。

### 三、化学工业的特点

化学工业的行业范围很广,与其他工业相比,有自身特有的特点,归纳起来大体有如下特征。

(1) 化工产品的发展和更新速度快 化工产品产值的发展速度历来快于整个工业的发展速度,而且化工生产技术进步快,产品更新快,新产品、新工艺不断涌现,创新是化工发展的源泉。

(2) 设备特殊、设备投资高、设备更新快 化学工业可称为装置工业,设备可分为通用设备和专用设备,标准设备和非标设备。由于化工产品多种多样,生产工艺流程不尽相同,往往专用设备多于通用设备,非标设备多于标准设备,因此建厂投资中,设备投资较大,而且设备使用寿命较短,设备技术进步快。

(3) 知识技术密集,投资和资金密集 产品的更新、技术的进步,需要先进的测试仪表和高科技含量的技术,许多开发的技术具有知识产权,而研究开发的经费投资较高,往往一个开发研究要投入较多的技术人员协作攻关,经过较长时间才能有突破。当市场上有某种化工产品时,就同时必须研究第二代更新换代产品和第三代技术储备,才能应对不断更新的市场。

(4) 能量消耗密集和物质消耗密集 化工生产,尤其是基本原料化工的生产,消耗较多的自然原料或经过初加工的原材料,许多化工产品消耗较多的能量,因此研究节能、降耗是创造更大效益的重要环节。

(5) 有一定的规模效益 化工产品的设备和原材料在成本中占的比例大,而劳动力费用一般不到10%,装置能力增加的倍数小于投资增加的倍数,存在规模效益。许多基本化工均朝大型化方向发展。

(6) 环境保护和防治要求及自动控制条件比较严格 化工生产中往往存在有毒、有害、易燃、易爆或有不愉快气味或各种刺激性的原材料、辅助材料、产品、副产品和中间体等,要求连续化生产不排放或少排放有害环境的物质。在治理环境、处理“三废”时,化工生产又可以变废物为有用的副产物,充分利用资源。所以化工企业是环境保护和治理的重点企业。

### 四、化学工业的可持续发展

长期以来,中国经济发展一直沿用以大量消耗资源、粗放经营为特征的传统发展模式,通过高投入、高消耗、高污染,来实现较高的经济增长。化学工业是中国国民经济的技术产业之一,也是重要的基础工业,其生产的化工产品已达45000多种,对中国工农业生产的发展和国防现代化具有重要作用。由于化工产品品种繁多,而且中小型化工企业占绝大多数,加之长期以来采用高消耗、低效益、粗放型的生产模式,使中国化学工业在不断发展的同时,也对环境造成了严重的污染,化工生产造成的严重环境污染,已成为化学工业可持续发展的关键因素之一。化学工业必须满足国民经济各部门、国防和科研及人民生活对它提出的越来越多的要求,满足各方面对产品数量和质量越来越高的要求,同时必须解决制约化学工业发展的三个问题,就是化工工业的物质基础消耗、能量消耗和环境污染。

人类生活的地球,石油、煤炭、金属矿物等资源是有限的,而且有些资源是不能再生

的, 化工生产要实现可持续发展, 一方面要提高生产工艺技术、降低物质和资源的消耗, 努力实现“反应原料的原子全部变成目标产物的原子”这一目标。还必须开发新技术、新工艺, 提高原料转化率、提高目标产物的收率, 减少副产物的生成, 在工艺、设备和加工处理上环环相扣, 降低物质消耗。另一方面要大力开发新的资源, 发展生物煤化工、 $\text{CO}_2$  转化加工等。同时, 要提高化工废弃物和其他废弃物的回收利用率。

能源是化工要发展的基础, 目前化工能源主要靠燃料。因此, 化工生产要实现可持续发展, 一方面化工产业要大力开发节能 (energy conservation) 新技术, 如开发新的生产工艺、缩短工艺流程、降低生产过程的复杂性、减少设备和耗能装置的台 (套) 数, 开发高活性的催化剂、降低反应温度, 开发高效的分离流程和设备, 减少加热、冷却、压缩和输送的过程, 改善装置的传热效率, 提高能源的利用率; 降低设备和管道的阻力, 减少动力消耗, 充分利用化学能 (chemical energy) 和反应热, 将废热综合利用。另一方面要不断开发和利用新能源, 例如太阳能、风能等, 这些资源的开发利用又得靠化学工业的进步、化工新材料的技术开发, 要优先发展为能源建设、新能源开发提供研究和实施的新材料、新装备。

化工污染必须标本兼治, 抓好源头污染的防治, 同时也要做好化工污染的处理。应在技术改造的同时研究生物技术, 改变传统的加工方法, 改变原有化工材料使用形态, 例如在原来的工艺中使用有机溶剂的通过改造改为无溶剂或水性溶液。化学工业在自身发展的同时, 应大力开拓对治理污染和保护环境有利的精细化学品。

## 任务二

### 化工产品及其原料资源检索

#### 教学目标

##### 知识目标

- (1) 了解煤的化工利用;
- (2) 了解石油的化工利用;
- (3) 了解天然气的化工利用;
- (4) 了解生物质的化工利用;
- (5) 了解再生资源的化工利用。

##### 能力目标

- (1) 能够利用专业书籍查找所需信息;
- (2) 能对产品的原料路线进行选择 and 比较。

#### 教学任务

【活动】查找化学工业常用的原料及化工原料来源的相关信息和文献资料。

【活动程序】在本活动中，通过分组查找期刊、书籍、网络资源等或进行实地调研，获取化工原料种类及煤、石油、天然气、生物质等化工利用途径的相关知识，然后进行相互交流。

## 一、化工原料及化工产品

化工原料是指化工生产中能全部或部分转化为化工产品的物质。原料的部分或全部原子必须转移到化工产品中去，一种原料经过不同的化学反应可以得到不同的产品，不同的原料经过不同的化学反应也可以得到同一种产品。

当应用两种以上化工原料时，能构成产品主体的原料称为主要原料。就生产程序来说，可分为起始原料（也称为化工基础原料）、化工基本原料和中间原料。

起始原料是人类通过开采、种植、收集等得到的原料，起始原料主要有以下几类。

(1) 空气 空气是工业用氮气、氧气及惰性气体的来源。

(2) 水 水广泛应用于洗涤、冷却介质及锅炉给水中，也是制取氢气的原料。

(3) 矿物资源 矿物包括煤、石油、天然气及无机化学矿。煤是氨、染料、煤化学产品和有机合成的原料，随着石油化工的发展，石油和天然气已成为化学工业的主要原料。无机化学矿是无机化工生产的主要原料。

(4) 生物原料 粮食、农产废料及林业中木材加工副产物，可用于生产有机产品，如粮食发酵生产乙醇、丙酮等。随着石油化工的发展，生物原料已逐步被石油原料代替了。

化工基本原料是指自然界不存在的、需经一定加工得到的原料，通常是指低碳原子的烷烃、烯烃、炔烃、芳香烃和合成气。这些原料都是通过石油、天然气、煤等天然原料经过一定的途径生产而来的。

中间原料则是从基本原料加工得到的原料。当然这种区分方法不是绝对的。在化工企业中，除必须消耗原料来生产产品外，还要消耗一些辅助材料，通常我们将这些材料与原料一起称为原材料。辅助材料是相对于原料而言的，它是反应过程中辅助原料的成分，可能在反应过程中进入产品，也有可能不进入产品。辅助材料通常包括助剂、添加剂、溶剂和催化剂等。

化工企业使化工原料经过单元过程和单元操作而制得的可作为生产资料和生活资料的成品，都是化工产品。但是习惯上往往把不再供生产其他化学品的成品，如化学肥料、农药、塑料、合成纤维等称为化工产品。而把再生产其他化学品的成品，如酸、碱、盐等无机产品和烃类、中间体等有机成品称为化工原料。因此，根据使用的目的，称为化工原料或化工产品。由于化工产品是原料经化学反应转化而来的，因此化学反应的多样性就决定了化工产品的多样性。化工产品就其类属可以分为以下几类。

(1) 无机化工产品 无机化工产品主要包括“三酸”（硫酸、硝酸、盐酸）、“两碱”（纯碱、烧碱）与化学肥料（氮肥、磷肥、钾肥和复合肥）、无机盐、工业气体、单质（硅、铝、铁、溴、氯等）和元素化合物（卤化物、过氧化物、硫化物、氧化物等）。

(2) 基本有机化工产品 这些产品是以石油、煤、天然气等为原料，经过初步化学加工制造的化工产品，是以碳氢化合物及其衍生物为主的化工产品，如“三烯”（乙烯、丙烯、丁二烯）、“三苯”（苯、甲苯、二甲苯）、乙炔、萘、合成气等。

(3) 高分子化工产品 高分子化工产品是一类发展迅速、产量较大、应用广泛的新型材料，是通过聚合反应获得的相对分子质量在  $10^4 \sim 10^6$  的化合物。