

中等专业学校試用教科书

# 基本有机合成工艺学

上册

兰州化工学校基本有机合成专业教研组編



中国工业出版社



中等专业学校试用教科书



# 基本有机合成工艺学

上册

兰州化工学校基本有机合成专业教研组编

中国工业出版社

本书是經兰州、北京、陝西、青海、新乡等化工学校的教师集体討論之后选編而成的。

本书分上下两册出版。上册包括：緒論，原料来源和利用途徑，气体原料的淨制和干燥，烴类气体的分离，烯烴，二烯烴， $C_4$  馏份分离，炔烴，脂肪-芳香烴，含卤素有机化合物，以及一元醇等十章。书中闡述了主要基本有机合成产品的性能、用途、生产原理、工艺影响因素、工艺流程和設備結構、安全技术、工艺計算的基本知識和某些典型产品的工艺計算和設備主要尺寸的決定等問題。

本书也可作为合成橡膠、塑料、合成纖維专业的学生学习单体生产部分时的参考。也可供有关技术人员参考之用。

本书主要由莫錫榮、吳章枋二位同志編写。

## 基本有机合成工艺学

### 上册

兰州化工学校基本有机合成专业教研組編

\*

中国工业出版社出版(北京佟麟閣路丙10号)

(北京市书刊出版事业許可証出字第110号)

化工印刷厂印刷

新华书店科技发行所发行·各地新华书店經售

\*

开本 $787 \times 1092^{1/16}$ ·印张 $24^{3/4}$ ·插頁2·字數593,000

1961年9月北京第一版，1961年9月北京第一次印刷

印数0001—5,037·定价(9-4)2.35元

統一书号：15165·243(化工15)

## 序 言

1961年4月初在兰州化工学校召开了有北京、陕西、新乡、青海等化工学校参加的教材选编会议，会上对1960年所编教材初稿作了进一步的修改。

在编写这本教材时，我们着重注意了下面几个问题：

1. 按照化学工业部1959年9月修订的全日制中等专业学校指导性教育计划所规定的要求编写。它的目的在“使学生了解基本有机合成产品的性能、用途、生产原理、工艺过程、生产控制条件、工艺计算（包括物料衡算、热量衡算、设备计算）、设备结构、技术经济指标，为从事专业生产打下基础。课程时数规定为210学时。

2. 结合了我国当前的生产实际和近年来的发展情况。由于基本有机合成产品的品种很多，要对每一种产品都加以详细讨论，势必要占很大篇幅。因此，我们着重介绍了当前我国工厂使用的和暂时尚未使用但很有发展前途的生产方法，其余的只作一般评述，或省略不讲。即使这样选择，看来分量仍然很重，各校可在根据具体情况再选重点讲述，使重点更加突出。对某些不足的部分可编写补充教材。

3. 避免工艺学课程与工厂装备课程相互割裂孤立的现象。在一般的工艺学教科书里，不详细讨论工艺计算，工艺设备结构原则等问题，因此学生对工艺流程的组织，工艺设备的选择和比较，工艺操作条件的选择及其对生产的具体影响等就理解得不深。根据教学改革的经验，我们在教材中适当的地方安排了工艺计算和工厂装备的内容，必要时还增添了许多基本概念的描述。教学实践证明这样安排可使学生对工艺学学得较为深入，理解得也比较透彻。但由于目前搜集到这方面的资料还不多，同时也由于篇幅的限制，不可能把所有的工艺计算资料都安排到这本书中。

4. 在讲授体系上，对于应该以官能团为体系，以原料系统为体系，还是以基本有机合成的反应过程（如裂化、脱氢、脱水、水合、卤化等）为体系，曾进行过不少争论。根据一切经过试验的原则，同时又考虑到目前中等专业学校中这一专业的教师在学习这门课程时大多是以苏联专家B. O. 烈赫斯费尔特所著“基本有机合成工艺学”为主要参考书的，因此为了照顾到目前大家所熟悉的形式，在编写时仍基本上采用官能团系统讲述。此外，还适当给同学们以基本有机合成反应的概念，使学生明确用同一工艺原理、流程和设备，只要稍改操作条件即可生产不同产品。同时也可在很大程度上缩短讲授时数，节省叙述篇幅。在本书中也加强了原料综合利用的概念。

5. 随着高分子化学工业在我国的迅速发展，对于这方面的主要单体，我们作了较详细的叙述。因此本书还可作为中等专业学校“合成橡胶工艺”、“塑料工艺”以及“合成纤维工艺”专业的原料和单体部分的教材。

最后，我们诚恳地希望得到各方面对本书的批评和指正。

编者 1961年4月于兰州

# 目 次

<p><b>序言</b> ..... 5</p> <p><b>緒論</b> ..... 7</p> <p>    第一节 基本有机合成工业的内容 ..... 7</p> <p>    第二节 基本有机合成工业在国民经济中的意义 ..... 7</p> <p>    第三节 基本有机合成工业的发生和发展 ..... 9</p> <p>    第四节 基本有机合成工业生产的特点 ..... 10</p> <p><b>第一章 基本有机合成生产的原料来源及其利用途径</b> ..... 12</p> <p>    第一节 基本有机合成的原料来源 ..... 12</p> <p>    第二节 天然气 ..... 12</p> <p>    第三节 石油产品及其在基本有机合成中的利用途径 ..... 14</p> <p>    第四节 煤及其综合利用 ..... 16</p> <p>    第五节 农林副产品及其利用途径 ..... 18</p> <p>    第六节 原料来源和基本有机合成技术路线选择的关系 ..... 19</p> <p><b>第二章 烃类气体原料的淨化和干燥</b> ..... 20</p> <p>    第一节 烃类气体的預处理 ..... 20</p> <p>    第二节 气体性质的基本計算 ..... 20</p> <p>    第三节 气体脫硫的意义和要求 ..... 27</p> <p>    第四节 脫硫的方法 ..... 28</p> <p>    第五节 沼鉄矿法脫硫 ..... 29</p> <p>    第六节 乙醇胺法脫硫 ..... 34</p> <p>    第七节 活性炭法脫硫 ..... 44</p> <p>    第八节 脫硫方法的选择 ..... 49</p> <p>    第九节 有机硫的脫除 ..... 50</p> <p>    第十节 气体中二氧化碳的脫除 ..... 51</p> <p>    第十一节 气体的干燥 ..... 53</p> <p>    第十二节 气体干燥的基本計算 ..... 54</p> <p>    第十三节 气体的干燥方法 ..... 55</p> <p>    第十四节 乙炔的除去 ..... 62</p> <p><b>第三章 烃类气体混合物的分离</b> ..... 65</p> <p>    第一节 分离气体的吸收-精餾法 ..... 65</p> <p>    第二节 吸收法分离烃类气体的計算 ..... 68</p> <p>    第三节 分离气体的冷凝-精餾法 ..... 70</p> <p>    第四节 冷凝-蒸发塔的計算 ..... 74</p> <p>    第五节 用吸附法分离气体混合物 ..... 78</p> <p>    第六节 吸附的工艺計算 ..... 83</p> <p>    第七节 烃类气体和爆炸性物质生产中的安全技术 ..... 88</p>	<p><b>第四章 烯烴</b> ..... 91</p> <p>    第一节 乙烴 ..... 91</p> <p>    第二节 乙烷和丙烷热解生产乙烴过程的反应 ..... 92</p> <p>    第三节 烴类气体热解制乙烴的影响因素 ..... 94</p> <p>    第四节 乙烷和丙烷的热解工艺过程 ..... 97</p> <p>    第五节 乙醇脫水制乙烴 ..... 104</p> <p>    第六节 丙烯及正丁烴的生产 ..... 104</p> <p>    第七节 丙烷脫氫制丙烯的物料衡算 ..... 106</p> <p>    第八节 异丁烴 ..... 110</p> <p><b>第五章 二烯烴</b> ..... 117</p> <p>    第一节 丁二烴 ..... 117</p> <p>    第二节 C. B. 列別捷夫法生产丁二烴 ..... 123</p> <p>    第三节 乙醇合成丁二烴的反应历程 ..... 124</p> <p>    第四节 乙醇生产丁二烴的催化剂 ..... 128</p> <p>    第五节 乙醇生产丁二烴的影响因素 ..... 133</p> <p>    第六节 乙醇生产丁二烴的反应装置 ..... 137</p> <p>    第七节 乙醇生产丁二烴的工艺流程 ..... 141</p> <p>    第八节 正丁烷及正丁烴制备丁二烴 ..... 152</p> <p>    第九节 正丁烷脫氫制取丁二烴的工艺原理 ..... 154</p> <p>    第十节 丁烷脫氫的反应装置及工艺流程 ..... 167</p> <p>    第十一节 正丁烴脫氫制取丁二烴的工艺原理 ..... 167</p> <p>    第十二节 丁烴脫氫的工艺流程 ..... 172</p> <p>    第十三节 丁烷一步法脫氫生产丁二烴 ..... 176</p> <p>    第十四节 异戊二烴 ..... 179</p> <p><b>第六章 O<sub>2</sub> 烴类的分离</b> ..... 186</p> <p>    第一节 共沸蒸餾 ..... 186</p> <p>    第二节 萃取蒸餾 ..... 190</p> <p>    第三节 化学吸收 ..... 198</p> <p><b>第七章 炔烴</b> ..... 208</p> <p>    第一节 乙炔 ..... 208</p> <p>    第二节 电石生产乙炔的工艺原理 ..... 210</p> <p>    第三节 电石生产乙炔的反应装置及工艺流程 ..... 212</p> <p>    第四节 由碳化鈣制得乙炔的淨化 ..... 224</p> <p>    第五节 由碳氫化合物制取乙炔的工艺原理 ..... 226</p> <p>    第六节 烴类高温裂化制取乙炔的反应装置及工艺流程 ..... 228</p> <p>    第七节 由烴类化合物裂化制得乙炔气体</p>
--	---

05291

的分离 .....	239	第九节 其他的乙烷氯衍生物 .....	321
第八节 各种生产乙炔方法的比较 .....	243	第十节 氯乙烯 .....	322
第九节 乙烯基乙炔 .....	244	第十一节 乙炔与氯化氢气相加成的工艺原理 .....	327
第十节 乙烯基乙炔生产的工艺原理 .....	244	第十二节 氯丁二烯 .....	331
第十一节 乙炔二聚反应装置及工艺流程 .....	250	第十三节 氯丁二烯生产的工艺原理 .....	332
<b>第八章 脂肪-芳香烃</b> .....	256	第十四节 氯丁二烯生产的工艺流程 .....	333
第一节 $\sqrt$ 乙苯 .....	257	第十五节 其他的不饱和烃氯衍生物 .....	336
第二节 $\sqrt$ 苯与乙烯烷基化的工艺原理 .....	257	三氯乙烯 .....	336
第三节 $\sqrt$ 乙苯生产的反应装置及工艺流程 .....	261	氯乙烯 .....	337
第四节 异丙苯 .....	267	氯丙烯 .....	338
第五节 $\sqrt$ 苯乙烯 .....	270	第十六节 含有其他官能基团的卤素化合物 .....	341
第六节 $\sqrt$ 乙苯脱氢生产苯乙烯的工艺原理 .....	273	氯乙醇 .....	341
第七节 $\sqrt$ 乙苯脱氢的反应装置和工艺流程 .....	276	三氯乙醛 .....	345
第八节 $\alpha$ -甲基苯乙烯 .....	287	一氯醋酸 .....	350
<b>第九章 含卤素有机化合物</b> .....	292	<b>第十章 一元醇</b> .....	355
第一节 烃类氯衍生物生产的基本原理 .....	292	第一节 甲醇 .....	355
第二节 氟氯烷烃 .....	295	第二节 一氧化碳和氢合成甲醇 .....	357
第三节 氟代丁二烯 .....	298	第三节 甲烷氧化合成甲醇 .....	364
第四节 全氟代烃 .....	299	第四节 $\sqrt$ 乙醇 .....	365
第五节 四氟乙烯 .....	301	第五节 $\sqrt$ 乙烯硫酸水合制乙醇 .....	368
第六节 烃类氯衍生物生产的基本原理 .....	302	第六节 $\sqrt$ 乙烯直接水合制乙醇 .....	380
第七节 甲烷的氯衍生物 .....	306	第七节 高级醇 .....	389
第八节 二氯乙烷 .....	315	第八节 以CO和H <sub>2</sub> 为基础生产高级醇 .....	396

81.14  
1-57  
-1

中等专业学校试用教科书



# 基本有机合成工艺学

上册

兰州化工学校基本有机合成专业教研组编

中国工业出版社

本书是經兰州、北京、陝西、青海、新乡等化工学校的教师集体討論之后选編而成的。

本书分上下两册出版。上册包括：緒論，原料来源和利用途徑，气体原料的淨制和干燥，烴类气体的分离，烯烴，二烯烴， $C_4$  馏份分离，炔烴，脂肪-芳香烴，含卤素有机化合物，以及一元醇等十章。书中闡述了主要基本有机合成产品的性能、用途、生产原理、工艺影响因素、工艺流程和設備結構、安全技术、工艺計算的基本知識和某些典型产品的工艺計算和設備主要尺寸的決定等問題。

本书也可作为合成橡膠、塑料、合成纖維专业的学生学习单体生产部分时的参考。也可供有关技术人员参考之用。

本书主要由莫錫榮、吳章枋二位同志編写。

## 基本有机合成工艺学

### 上册

兰州化工学校基本有机合成专业教研組編

中国工业出版社出版(北京佟麟閣路丙10号)

(北京市书刊出版事业許可証出字第110号)

化工印刷厂印刷

新华书店科技发行所发行·各地新华书店經售

开本 $787 \times 1092^{1/16}$ ·印张 $24^{3/4}$ ·插頁2·字數593,000

1961年9月北京第一版，1961年9月北京第一次印刷

印数0001—5,037·定价(9-4)2.35元

統一书号：15165·243(4.7.15)



# 目 次

<p><b>序言</b> ..... 5</p> <p><b>緒論</b> ..... 7</p> <p>    第一节 基本有机合成工业的内容 ..... 7</p> <p>    第二节 基本有机合成工业在国民经济中的意义 ..... 7</p> <p>    第三节 基本有机合成工业的发生和发展 ..... 9</p> <p>    第四节 基本有机合成工业生产的特点 ..... 10</p> <p><b>第一章 基本有机合成生产的原料来源及其利用途径</b> ..... 12</p> <p>    第一节 基本有机合成的原料来源 ..... 12</p> <p>    第二节 天然气 ..... 12</p> <p>    第三节 石油产品及其在基本有机合成中的利用途径 ..... 14</p> <p>    第四节 煤及其综合利用 ..... 16</p> <p>    第五节 农林副产品及其利用途径 ..... 18</p> <p>    第六节 原料来源和基本有机合成技术路线选择的关系 ..... 19</p> <p><b>第二章 烃类气体原料的淨化和干燥</b> ..... 20</p> <p>    第一节 烃类气体的預处理 ..... 20</p> <p>    第二节 气体性质的基本計算 ..... 20</p> <p>    第三节 气体脫硫的意义和要求 ..... 27</p> <p>    第四节 脫硫的方法 ..... 28</p> <p>    第五节 沼鉄矿法脫硫 ..... 29</p> <p>    第六节 乙醇胺法脫硫 ..... 34</p> <p>    第七节 活性炭法脫硫 ..... 44</p> <p>    第八节 脫硫方法的选择 ..... 49</p> <p>    第九节 有机硫的脫除 ..... 50</p> <p>    第十节 气体中二氧化碳的脫除 ..... 51</p> <p>    第十一节 气体的干燥 ..... 53</p> <p>    第十二节 气体干燥的基本計算 ..... 54</p> <p>    第十三节 气体的干燥方法 ..... 55</p> <p>    第十四节 乙炔的除去 ..... 62</p> <p><b>第三章 烃类气体混合物的分离</b> ..... 65</p> <p>    第一节 分离气体的吸收-精餾法 ..... 65</p> <p>    第二节 吸收法分离烃类气体的計算 ..... 68</p> <p>    第三节 分离气体的冷凝-精餾法 ..... 70</p> <p>    第四节 冷凝-蒸发塔的計算 ..... 74</p> <p>    第五节 用吸附法分离气体混合物 ..... 78</p> <p>    第六节 吸附的工艺計算 ..... 83</p> <p>    第七节 烃类气体和爆炸性物质生产中的安全技术 ..... 88</p>	<p><b>第四章 烯 烴</b> ..... 91</p> <p>    第一节 乙 烯 ..... 91</p> <p>    第二节 乙烷和丙烷热解生产乙烯过程的反应 ..... 92</p> <p>    第三节 烃类气体热解制乙烯的影响因素 ..... 94</p> <p>    第四节 乙烷和丙烷的热解工艺过程 ..... 97</p> <p>    第五节 乙醇脫水制乙烯 ..... 104</p> <p>    第六节 丙烯及正丁烯的生产 ..... 104</p> <p>    第七节 丙烷脫氫制丙烯的物料衡算 ..... 106</p> <p>    第八节 异丁烯 ..... 110</p> <p><b>第五章 二 烯 烴</b> ..... 117</p> <p>    第一节 丁二烯 ..... 117</p> <p>    第二节 C. B. 列別捷夫法生产丁二烯 ..... 123</p> <p>    第三节 乙醇合成丁二烯的反应历程 ..... 124</p> <p>    第四节 乙醇生产丁二烯的催化剂 ..... 128</p> <p>    第五节 乙醇生产丁二烯的影响因素 ..... 133</p> <p>    第六节 乙醇生产丁二烯的反应装置 ..... 137</p> <p>    第七节 乙醇生产丁二烯的工艺流程 ..... 141</p> <p>    第八节 正丁烷及正丁烯制备丁二烯 ..... 152</p> <p>    第九节 正丁烷脫氫制取丁烯的工艺原理 ..... 154</p> <p>    第十节 丁烷脫氫的反应装置及工艺流程 ..... 167</p> <p>    第十一节 正丁烯脫氫制取丁二烯的工艺原理 ..... 167</p> <p>    第十二节 丁烯脫氫的工艺流程 ..... 172</p> <p>    第十三节 丁烷一步法脫氫生产丁二烯 ..... 176</p> <p>    第十四节 异戊二烯 ..... 179</p> <p><b>第六章 O<sub>2</sub> 烃类的分离</b> ..... 186</p> <p>    第一节 共沸蒸餾 ..... 186</p> <p>    第二节 萃取蒸餾 ..... 190</p> <p>    第三节 化学吸收 ..... 198</p> <p><b>第七章 炔 烴</b> ..... 208</p> <p>    第一节 乙 炔 ..... 208</p> <p>    第二节 电石生产乙炔的工艺原理 ..... 210</p> <p>    第三节 电石生产乙炔的反应装置及工艺流程 ..... 212</p> <p>    第四节 由碳化鈣制得乙炔的淨化 ..... 224</p> <p>    第五节 由碳氫化合物制取乙炔的工艺原理 ..... 226</p> <p>    第六节 烃类高温裂化制取乙炔的反应装置及工艺流程 ..... 228</p> <p>    第七节 由烃类化合物裂化制得乙炔气体</p>
--	--

的分离 .....	239	第九节 其他的乙烷氯衍生物 .....	321
第八节 各种生产乙炔方法的比较 .....	243	第十节 氯乙烯 .....	322
第九节 乙烯基乙炔 .....	244	第十一节 乙炔与氯化氢气相加成的工艺原理 .....	327
第十节 乙烯基乙炔生产的工艺原理 .....	244	第十二节 氯丁二烯 .....	331
第十一节 乙炔二聚反应装置及工艺流程 .....	250	第十三节 氯丁二烯生产的工艺原理 .....	332
<b>第八章 脂肪-芳香烃</b> .....	256	第十四节 氯丁二烯生产的工艺流程 .....	333
第一节 $\checkmark$ 乙苯 .....	257	第十五节 其他的不饱和烃氯衍生物 .....	336
第二节 $\checkmark$ 苯与乙烯烷基化的工艺原理 .....	257	三氯乙烯 .....	336
第三节 $\checkmark$ 乙苯生产的反应装置及工艺流程 .....	261	氯乙烯 .....	337
第四节 异丙苯 .....	267	氯丙烯 .....	338
第五节 $\checkmark$ 苯乙烯 .....	270	第十六节 含有其他官能基团的卤素化合物 .....	341
第六节 $\checkmark$ 乙苯脱氢生产苯乙烯的工艺原理 .....	273	氯乙醇 .....	341
第七节 $\checkmark$ 乙苯脱氢的反应装置和工艺流程 .....	276	三氯乙醛 .....	345
第八节 $\alpha$ -甲基苯乙烯 .....	287	一氯醋酸 .....	350
<b>第九章 含卤素有机化合物</b> .....	292	<b>第十章 一元醇</b> .....	355
第一节 烃类氯衍生物生产的基本原理 .....	292	第一节 甲醇 .....	355
第二节 氟氯烷烃 .....	295	第二节 一氧化碳和氢合成甲醇 .....	357
第三节 氟代丁二烯 .....	298	第三节 甲烷氧化合成甲醇 .....	364
第四节 全氟代烃 .....	299	第四节 $\checkmark$ 乙醇 .....	365
第五节 四氟乙烯 .....	301	第五节 $\checkmark$ 乙烯硫酸水合制乙醇 .....	368
第六节 烃类氯衍生物生产的基本原理 .....	302	第六节 $\checkmark$ 乙烯直接水合制乙醇 .....	380
第七节 甲烷的氯衍生物 .....	306	第七节 高级醇 .....	389
第八节 二氯乙烷 .....	315	第八节 以 CO 和 $H_2$ 为基础生产高级醇 .....	396

## 序 言

1961年4月初在兰州化工学校召开了有北京、陕西、新乡、青海等化工学校参加的教材选编会议，会上对1960年所编教材初稿作了进一步的修改。

在编写这本教材时，我们着重注意了下面几个问题：

1. 按照化学工业部1959年9月修订的全日制中等专业学校指导性教育计划所规定的要求编写。它的目的在“使学生了解基本有机合成产品的性能、用途、生产原理、工艺过程、生产控制条件、工艺计算(包括物料衡算、热量衡算、设备计算)、设备结构、技术经济指标，为从事专业生产打下基础。课程时数规定为210学时。

2. 结合了我国当前的生产实际和近年来的发展情况。由于基本有机合成产品的品种很多，要对每一种产品都加以详细讨论，势必要占很大篇幅。因此，我们着重介绍了当前我国工厂使用的和暂时尚未使用但很有发展前途的生产方法，其余的只作一般评述，或省略不讲。即使这样选择，看来分量仍然很重，各校可在根据具体情况再选重点讲述，使重点更加突出。对某些不足的部分可编写补充教材。

3. 避免工艺学课程与工厂装备课程相互割裂孤立的现象。在一般的工艺学教科书里，不详细讨论工艺计算，工艺设备结构原则等问题，因此学生对工艺流程的组织，工艺设备的选择和比较，工艺操作条件的选择及其对生产的具体影响等就理解得不深。根据教学改革的经验，我们在教材中适当的地方安排了工艺计算和工厂装备的内容，必要时还增添了许多基本概念的描述。教学实践证明这样安排可使学生对工艺学学得较为深入，理解得也比较透彻。但由于目前搜集到这方面的资料还不多，同时也由于篇幅的限制，不可能把所有的工艺计算资料都安排到这本书中。

4. 在讲授体系上，对于应该以官能团为体系，以原料系统为体系，还是以基本有机合成的反应过程(如裂化、脱氢、脱水、水合、卤化等)为体系，曾进行过不少争论。根据一切经过试验的原则，同时又考虑到目前中等专业学校中这一专业的教师在学习这门课程时大多是以苏联专家B. O. 烈赫斯费尔特所著“基本有机合成工艺学”为主要参考书的，因此为了照顾到目前大家所熟悉的形式，在编写时仍基本上采用官能团系统讲述。此外，还适当给同学们以基本有机合成反应的概念，使学生明确用同一工艺原理、流程和设备，只要稍改操作条件即可生产不同产品。同时也可在很大程度上缩短讲授时数，节省叙述篇幅。在本书中也加强了原料综合利用的概念。

5. 随着高分子化学工业在我国的迅速发展，对于这方面的主要单体，我们作了较详细的叙述。因此本书还可作为中等专业学校“合成橡胶工艺”、“塑料工艺”以及“合成纤维工艺”专业的原料和单体部分的教材。

最后，我们诚恳地希望得到各方面对本书的批评和指正。

编者 1961年4月于兰州





# 緒 論

## 第一节 基本有机合成工业的内容

有机合成工业是一門用合成方法生产有机化学产品的工业。随着有机化学的理論和技术的发展,有机合成产品的种类越来越多;而各項事业的发展,对这些产品的需要量也越来越大。因此,有机合成工业就不得不分出許多专业部門。今后,随着各項事业的不断发展,有机合成产品的品种数目还会大大增加。

目前,有机合成工业主要包括下列部門:

1. 提供生产其它有机合成产品原料的基本有机合成工业;
2. 合成橡胶工业;
3. 合成树脂及塑料工业;
4. 合成纖維工业;
5. 合成成膜物质工业;
6. 合成洗滌剂工业;
7. 合成药物工业;
8. 合成染料工业;
9. 合成香料工业。

当然,要仔細划分一下,还可以把它們分得更細。这些工业所生产的有机合成产品,归根到底主要都是利用煤、石油和天然气等矿物資源以合成方法制造出来的。在这些工业中,基本有机合成工业的产品,主要供应其他工业作为工业原料,而且产品数量又非常之大,因此又称为重有机合成工业。合成药物、染料和香料等有机合成工业,通常生产数量不大,合成过程中的手續比較繁瑣,质量要求也比較高,通常又統称为精細的有机合成工业。合成橡胶、合成树脂及塑料、合成纖維和合成成膜物质等工业的产品,都是由分子量很大(达100至数百万)的有机化合物所构成的,所以它們又称为高分子化学工业。

在这些工业中,基本有机合成工业是其它一切有机合成工业的基础,它所生产的产品包括各种烴类(烯烴、炔烴、二烯烴和脂肪芳香烴)、卤素衍生物、醇类、酮类、有机酸类,酯类,以及含硫和含氮的脂肪族有机化合物等,为其它工业,特别是有机化学工业提供主要的生产原料。它的产品也有很多具有独立的用途,例如可做为各种溶剂、增塑剂、抗震剂、抗冻剂以及冷冻剂等。

在这門課程中,主要讲述基本有机合成产品的性能、用途、生产原理、生产的控制因素、生产的工艺流程、主要设备的結構和操作、生产中的安全技术和防火技术要点,以及某些典型产品生产的工艺計算等問題。

## 第二节 基本有机合成工业在国民經济中的意义

基本有机合成工业是化学工业中最重要的部門之一。它所生产的产品种类很多,其中有些生产历史較久,有些只是在最近才发展起来的,并且品种还在不断增加。

从它的具有直接使用意义的产品来说,对农业、工业和人民生活都起着重要的作用。例如它生产的某些产品象二氯乙烷、二硫化碳和六氯乙烷等,在支援农业方面,可用作农药或除莠剂。它所生产的醇类和酯类,可作为溶剂和增塑剂,是油漆中的很重要的组份;而在机器制造业,汽车制造业,造船工业和建筑工业中,为了保护产品不受侵蚀和增加美观,油漆是不可缺少的。汽车运输业和航空事业中,需用大量的抗震剂(如四乙基铅、异丙苯等)掺入发动机燃料中,以减少其爆震倾向,提高热机效率,延长机器寿命;在严寒地带还需要在冷却散热器中加入含有抗冻剂(如乙二醇)的不冻液体,以保证在零下 $40^{\circ}\text{C}$ 的严寒下,机器可以随时开车运转。大量的溶剂被用来从植物和动物产品中提取脂肪。近年来,越来越占有重要地位的原子能工业,也需要大量的有机溶剂,以使用萃取的方法来提纯稀有元素和放射性元素。在合成纤维工业中也需要大量的溶剂。在电子管的制造中,优良的溶剂被广泛的用来清洗零件。在冷冻技术中,烃类的氟衍生物已经作为无毒不燃的和无腐蚀的优良冷冻剂来代替二氧化硫、氨和二氧化碳。

谈到基本有机合成工业的意义,我们不得不提到离开了基本有机合成工业就不可能得到发展的其它有机合成工业,通过它们的用途,可以使我们更加清楚地看到基本有机合成工业的重要性。

大家都知道,橡胶在国民经济和国防工业中都是不可缺少的物质。由于天然橡胶的生产受着一定条件的限制,因此我们必须重视合成橡胶工业的发展。合成橡胶占地少,既节省时间又节约人力,而且合成橡胶的生产可以充分利用矿产资源或农林副产品,不受地理条件的限制,在成本方面合成橡胶与天然橡胶的差别也不很大,此外用合成方法生产的橡胶还可以满足国民经济各部门所提出的各种特殊性能的要求。但要发展合成橡胶工业,首先就得建立和发展基本有机合成工业。

塑料的用途是非常广泛的。例如:在农业上用聚氯乙烯薄膜作温室、防虫、防雾的帐幕,不但比玻璃耐用,而且能透过大量的紫外线,有利于植物的生长。在矿山中,用聚氯乙烯制造的运输带,不但耐磨性比橡胶好,而且无燃烧性,可以防止燃烧和引起爆炸事故。在机械制造业中,用酚醛层压塑料可以代替青铜来制做轴瓦;用这种塑料还可以做成摩擦系数低、节省电力、使用寿命长、可以用水来代替高价的润滑剂、工作起来无嘈杂声音的无声齿轮;用酚醛树脂还可以进行薄壳铸造,从而大大提高铸造质量,甚至省去某些机械加工工序,因而大大提高机械制造业的劳动生产率和设备利用率;用不饱和的聚酯塑料作出的汽车、游艇外壳、质量轻、强度高、耐腐蚀性强;有机玻璃轻便耐用、透光性好,性能大大超过普通玻璃。电器工业中的各种开关、仪表外壳、线盘、继电器等零件,都需要塑料来保证耐高压、耐高频电流以获得良好的绝缘效果;最近,苏联用聚丙烯腈制成了有机半导体,给无线电事业的发展又开辟了新的途径。化学工业中,腐蚀是一个非常严重的问题,使用了聚氯乙烯,含氟塑料或石棉酚醛塑料之后,就能节约很贵重的合金钢,因为这些塑料在一般的温度下可耐各种有机酸、无机酸和碱的腐蚀。在建筑工业中可用塑料制出美观而隔音隔热的地板、墙壁;用酚醛树脂可以使废的碎木变为成材使用。在生活上,漂亮的雨衣、台布、窗帘、皮箱、皮鞋、克夹等,用塑料做成的不但坚固耐用,而且易于清洗;用聚氯乙烯制成的人造革可以代替牛皮。等还可以举出很多塑料制品对人类有益的用途。想要发展象塑料这样重要的工业,也必须首先发展基本有机合成工业。

合成纤维工业也在很快发展。用合成纤维做成的东西结实美观。有的合成纤维强度很

大,有耐酸、耐化学药品的能力,因此它不但可供民用而且还有其特殊的用途,如做强度很高的航空轮胎的帘子线、降落伞、渔网、滤布等。特别应该指出的是,发展合成纤维的生产可以解决粮棉争地的矛盾,摆脱人类依赖自然解决穿衣问题的现象。但要想发展合成纤维工业,也还得有基本有机合成工业供给原料。

总之,基本有机合成工业对发展国民经济,发展尖端技术和提高人民物质文化生活,都占有很重要的位置。解放后十多年来,我们在党和政府的正确领导下,从无到有,从小到大,迅速建立和发展了基本有机合成工业。今后,随着国民经济和各种尖端技术的日益发展,以及人民物质文化生活的不断提高,基本有机合成工业必将会有更大、更迅速的发展。

### 第三节 基本有机合成工业的发生和发展

远在上一世纪的重70~78年代里,就已经知道了最重要的有机产品的合成方法。1873年布特列洛夫和葛里亚诺夫已经指出了乙烯水合可以制得乙醇。1881年M. P. 库切洛夫就发现了乙炔水合可以制得乙醛等等。但是,当时的原料来源很困难,而且对这些产品的需要量也不太大,因此,在当时没有得到发展。

原料基地的出现是推动基本有机合成工业发展的要条件之一。由于汽车和航空运输业的发展,推动了石油加工工业的发展。而在石油加工工业中,产生了大量当时得不到有效利用的气体,这些由低级碳氢化合物组成的气体,都是合成脂肪族有机化合物极好的原料。因此,基本有机合成工业的发展,是与石油加工工业密切相关的。

在这段期间内,焦炭的生产以及煤的其它加工产品的生产也得到了进一步的发展。同时已经知道,煤不仅是生产芳香族化合物的廉价原料,而且也是生产脂肪族化合物的原料,因为在所得到的用来做燃料的炼焦煤气中,含有许多低分子的碳氢化合物。以后,随着电热法和电化学法的发展,出现了由煤和石灰制备碳化钙,以及制备氯气和氢气的经济方法。制出价廉的乙炔是具有特殊重要意义的。因为用它可以制出我们需要的很多东西。

但是单有原料基地还不能保证基本有机合成工业的建立。要建立这一工业部门还需要对有关产品有所需求,而且还要具有一定的技术水平,以便能用廉价的方法来生产这些产品。

在20世纪初叶,这种条件就开始具备了。出现了一些需要大量有机产品的新的工业部门。如塑料工业,需要大量的苯酚、甲醛、酯类、氯乙烯、溶剂、增塑剂、丙烯酸及其衍生物等;油漆颜料工业需要大量的合成树脂、溶剂和增塑剂;应用溶剂从动物体和植物体中分离脂肪和油类的工业需要大量的不燃性溶剂,如二氯乙烷、三氯乙烷等;汽车和航空运输业需要抗震剂和抗冻剂;橡胶工业需要促进剂和防老剂;合成橡胶工业则需要消耗大量的乙醇、炔类(乙烯、乙炔、苯乙烯)、丙烯腈等。

为了扩大廉价的原料来源和满足对基本有机合成产品的需求,要求加强在化学方面以及工艺方面的科学研究工作。这些工作的成就,又反过来促进了基本有机合成工业的发展。例如:研究了在高温作用下碳氢化合物的变化,从而促进了石油裂化和热解的发展;研究了有机化学中的催化作用,就可以用直接和连续的方法合成许多产品,用以代替间歇的在经济上不合算的生产方法;发展理论,改进复杂的有机混合物的分离的工艺过程(冷凝、吸收、精馏、萃取和吸附等),就有可能从混合物中分离出很纯净的单一产品,使复杂的炔类气体混合物成为基本有机合成工业的原料;研究成功了高压合成的方法以及掌握了高压合成的生产



技术与有关设备,使得许多用普通方法不易制得的产品易于生产。最后研究出了很多性能优越的新产品,更加扩大了基本有机合成工业的生产。

所有这些条件,都促进了基本有机合成工业的发展,因此仅仅在最近二、三十年中,这个部门就已发展成为化学工业中一个生产规模庞大的(有些产品世界年产量达百万吨以上)、技术水平先进的部门。

#### 第四节 基本有机合成工业生产的特点

基本有机合成工业所牵涉的是一系列常在有催化剂存在下,在气相或液相中进行的有机化学反应,如加氢和脱氢、水合与脱水、聚合和异构化、卤化与卤化氢加成、氧化、硝化、酯化、缩合等反应。由于反应过程是多种多样的,因此反应设备也是多种多样的,而且在每一具体情况下每个设备都有自己的特点。

在生产过程中遇到的许多反应气体或液体通常是由很多种,有时甚至是数十种化合物所组成的复杂混合物。例如在用列别捷夫法生产丁二烯时,在接触分解乙醇的产品中包含有六十种以上的物质。反应混合物的组分是一些同类或不同类的化合物,它们的性质可能很不相同,也可能很相近。因此,为了分离与精制基本有机合成生产中所需要的原料、产品以及有价值的副产品时,必须应用不同的物理化学过程以及它们的总和。除了一些平常的方法,如冷凝、吸收、萃取、精馏以外,常常还利用一些更复杂与更细致的方法,如化学吸收、吸附、萃取蒸馏与恒沸蒸馏、多组份混合物的精馏、带有蒸发的冷凝与吸收以及热扩散分离法等。

在生产烃类时,碰到更大的困难,往往不仅只是各产品在性质上很相近,而且原始物质与最终产品的性质也很近似。譬如在从丁烷制丁烯时,从丁烯制丁二烯时,从戊烯制异戊二烯时,反应混合物中所包含的烃类沸点很相近,以至完全不可能用精馏法将它们加以分离。只有应用特殊的方法,如恒沸蒸馏、萃取蒸馏或用铜盐溶液的化学吸收,才可能达到分离的目的。饱和烃与烯炔氯化时,同样得到非常复杂的混合物,分离它们是非常困难的,需要了解多组份混合物精馏的规律与方法。

在很多情况下,得到的是很稀的反应气体,例如在用乙烯直接氧化法合成氧化乙烯时即如此。为了从这些气体中分出有用的产品,普通的方法,如冷凝、吸收经常是不适用的。在这里化学吸收与吸附的方法具有很大的意义,而且在用吸附法时,必须运用连续操作的吸附器。

基本有机合成生产还有一些特点,这些特点对车间与工厂装备有所影响。属于这些特点的有:

第一,大部分被加工的液体与气体是可燃的而且是易于燃烧的物质。例如二硫化碳由于与中压的蒸汽管接触就能着火。就是一些很小的火源,如穿着带钉的皮鞋行走而形成的火星也能引起燃烧。

所有这些都要求设计能避免燃烧危险的设备和确定相应的操作条件。

因而,设备和管道连接处的严格密闭,在焊缝与铆接处避免产生渗漏,设备制造的质量以及设备材料本身的质量(如不应有气泡与缝隙等)都具有特别重大的意义。对中压和高压的设备来说,这就更为重要。

第二,大部分基本有机合成产品的原料、半成品与最终产品都能与空气形成有爆炸危险



的混合物。此外还有一些物质，它们本身就能随分解而爆炸，是不稳定的，属于这些物质的有过氧化物和过氧化氢物（如做为引发剂的过氧化氢异丙苯）、在高温高压下干燥的乙炔以及在炔醇合成反应时做为催化剂的乙炔铜等。

最后，也可能由于过程的不正常或操作不正确而引起爆炸化合物的生成。例如，一些不饱和烃类能生成爆炸性的金属炔烃化合物。

因而，在处理这类物料时，在设计设备、选择材料、设备配置以及车间之间的相应布置等方面，须很好注意。

第三，基本有机合成生产常用到一些有毒的物质，例如卤素或卤化氢（特别是氟化氢）、氢氰酸、二硫化碳、金属的羟基化合物、金属有机化合物、丙烯腈等。很多酸、醛及一系列烃类，特别是脂肪、芳香烃的卤素衍生物，都对生理有害。很明显，生产设备应该避免即便是一点点有毒物质有逸出到厂房空气中去的可能。除了对设备与运输线有一般要求外，这里很重要的一点是保证过程连续进行与避免手工操作。

最后还必须指出，在某些情况下还应用许多具有腐蚀性的介质，其中包括，氟化氢、氯化氢、有机酸与无机酸、碱、盐类的溶液、福尔马林以及高压的氢气等。这些侵蚀性物质可能是气态或液态，也可能处在高温或低温、常压或高压下。所有这些在设备的构造与制造设备的材料选择上都要注意。

不能不提到，常常在生产条件下，由于反应过程中形成树脂状的沉淀物，使传质与传热的条件恶化，减少了设备的通过能力，妨碍过程的检查与控制。因此在特别重要的情况下，应预先考虑有备用的设备，而设计时应考虑到便于很快的拆卸与清理。

综上所述，在基本有机合成工业生产中，必须注意慎重地选择、设计、制造与安装设备，正确选择设备材料，注意维持正确的操作条件等等。以避免意外事故的发生，保证生产的正常进行。