

国家级骨干高职院校建设规划教材

精细化学品 合成与应用技术

■ 李璟 陈瑾 主编
■ 权于 主审

JINGXI HUAXUEPIN
HECHENG YU YINGYONG JISHU



化学工业出版社

国家级骨干高职院校建设规划教材

精细化学品合成与应用技术

李璟 陈瑾 主编

权于 主审



化学工业出版社

· 北京 ·

本书采用项目化设计,将精细合成单元反应与精细化工生产工艺紧密结合,重点涉及磺化反应、硝化反应、氧化反应、还原反应、卤化反应、氨解反应、重氮化及偶合反应、聚合反应等单元反应的基本原理和影响因素,以及各项目中产品的小试及工业生产技术。本书编写力求接近生产实际,适度加强基础理论,注重培养学生综合运用基础知识,提高分析、解决生产实际问题和开发创新的能力。

本书可供高职院校精细化工专业教学使用,也可供中职学校精细化工专业的教师和学生参考,或作为相关企业员工的培训教材。

图书在版编目(CIP)数据

精细化学品合成与应用技术/李璟,陈瑛主编. —北京:
化学工业出版社, 2013. 11

国家级骨干高职院校建设规划教材

ISBN 978-7-122-18666-9

I. ①精… II. ①李…②陈… III. ①精细化工-化
工产品-合成-高等职业教育-教材 IV. ①TQ072

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2013) 第 243743 号

责任编辑:张双进 窦臻
责任校对:陶燕华

文字编辑:孙凤英
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10¼ 字数237千字 2014年2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: 26.00 元

版权所有 违者必究

配合国家骨干高职院校建设,推进教育教学改革,重构教学内容,改进教学方法,在多年课程改革的基础上,河北化工医药职业技术学院组织教师和行业技术人员共同编写了与之配套的校本教材,经过3年的试用与修改,在化学工业出版社的支持下,终于正式编印出版发行,在此,对参与本套教材的编审人员、化学工业出版社及提供帮助的企业表示衷心感谢。

教材是学生学习的一扇窗口,也是教师教学的工具之一。好的教材能够提纲挈领,举一反三,授人以渔,而差的教材则洋洋洒洒,照搬照抄,不知所云。囿于现阶段教材仍然是教师教学和学生学习的不可或缺的载体,教材的优劣对教与学的质量都具有重要影响。

基于上述认识,本套教材尝试打破学科体系,在内容取舍上摒弃求全、求系统的传统,在结构序化上,从分析典型工作任务入手,由易到难创设学习情境,寓知识、能力、情感培养于学生的学习过程中,并注重学生职业能力的生成而非知识的堆砌,力求为教学组织与实施提供一种可以借鉴的模式。

本套教材涉及生化制药技术、精细化学品生产技术、化工设备与机械和工业分析与检验4个专业群共24门课程。其中22门专业核心课程配套教材基于工作过程系统化或CDIO教学模式编写,2门专业基础课程亦从编排模式上做了较大改进,以实验现象或问题引入,力图抓住学生学习兴趣。

教材编写对编者是一种考验。限于专业的类型、课程的性质、教学条件以及编者的经验与能力,本套教材不妥之处在所难免,欢迎各位专家、同仁提出宝贵意见。

河北化工医药职业技术学院 院长 柴锡庆
2013年4月

前 言

本书依据高职人才培养目标，遵循学生的认知规律，采用项目化教学模式编写。本书以典型精细化工产品的生产为载体，设计了9个项目，使学生系统掌握文献调研方法、工艺路线的分析与选择、生产设备的选择、生产操作与控制、异常情况处置等。教学过程中，以学生的活动为主线，强调培养学生的自主学习性，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。

为了便于学习，每个项目设立了项目说明，明确了每个项目所要达到的知识目标 and 能力目标。书中的理论知识围绕项目展开，可作为教学的主要内容，也可作为教学的参考。

本书由河北化工医药职业技术学院李璟和陈瑛担任主编，李璟编写项目1、5、6、7并负责全书统稿，陈瑛编写项目2、8、9，师俊杰编写项目3、4。本书由河北珠峰化工有限公司权于担任主审。

本书的编写是在河北化工医药职业技术学院领导的关心和支持下进行的，编写过程中得到了石家庄有关精细化工企业的大力支持和帮助，在此表示衷心感谢。

由于编者水平有限，书中不妥之处在所难免，恳请广大读者批评指正。

编者

2013年9月

目 录

项目1 精细化工生产过程组织	1
1.1 精细化学品和精细化工概貌	1
1.1.1 精细化工的含义	1
1.1.2 精细化工的范畴和分类	2
1.1.3 精细化工的特点	2
1.1.4 发展精细化工的重要意义	3
1.2 精细化工新产品开发的程序	4
1.2.1 选择研究课题	4
1.2.2 课题的可行性分析和论证	4
1.2.3 小试阶段	4
1.2.4 中试阶段	4
1.2.5 性能、质量检测和鉴定	4
1.3 合成路线的评价标准	4
1.3.1 合成步数和反应总收率	5
1.3.2 原料和试剂的选择	5
1.3.3 中间体的分离与稳定性	6
1.3.4 过程装备条件	6
1.3.5 安全生产	6
1.3.6 环境保护	6
1.4 精细化工生产过程	6
1.4.1 原料预处理	7
1.4.2 化学反应	7
1.4.3 产品分离和精制	7
1.5 工艺条件控制	7
1.5.1 配料比	8
1.5.2 浓度	8
1.5.3 溶剂	8
1.5.4 加料次序	9
1.5.5 温度	10
1.5.6 反应时间与终点控制	11
1.5.7 压力	11
1.5.8 催化剂	12
1.5.9 酸碱度 (pH)	13
1.5.10 搅拌	13
思考与练习	13

项目2 十二烷基苯磺酸钠的制备	14
2.1 学生工作页	14
2.2 十二烷基苯磺酸钠的工业化生产	15
2.2.1 SO_3 气相薄膜磺化法的工艺过程	15
2.2.2 SO_3 气相薄膜磺化反应器	16
2.2.3 SO_3 气相薄膜磺化法工艺条件的确定	16
2.3 知识链接——磺化反应	18
2.3.1 磺化概述	18
2.3.2 芳香族磺化	18
2.4 知识拓展——表面活性剂	27
2.4.1 概述	27
2.4.2 表面活性剂的性质和应用	29
2.4.3 阴离子表面活性剂	34
2.4.4 阳离子表面活性剂	35
2.4.5 两性表面活性剂	36
2.4.6 非离子表面活性剂	38
思考与练习	41
项目3 苯甲酸的制备	42
3.1 学生工作页	42
3.2 苯甲酸的工业生产方法	43
3.3 知识链接——氧化反应	44
3.3.1 氧化反应概述	44
3.3.2 空气催化氧化	45
3.3.3 化学氧化	48
3.4 知识拓展——食品添加剂	50
3.4.1 概述	50
3.4.2 食品防腐剂	50
3.4.3 抗氧化剂	52
3.4.4 食品调味剂	53
思考与练习	56
项目4 聚酯酸乙烯乳液的制备	57
4.1 学生工作页	57
4.2 聚酯酸乙烯乳液胶黏剂的工业生产	58
4.2.1 配方	59
4.2.2 工艺流程	59
4.2.3 产品规格	60
4.2.4 生产工艺技术	60
4.2.5 安全生产注意事项	60

4.3 知识链接——聚合反应实施方法	61
4.3.1 自由基聚合的实施方法	61
4.3.2 逐步聚合的实施方法	63
4.4 知识拓展——黏合剂	64
4.4.1 概述	64
4.4.2 树脂型胶黏剂	66
思考与练习	71
项目5 硝基苯的制备	72
5.1 学生工作页	72
5.2 硝基苯的工业化生产	73
5.2.1 硝化操作方式及反应器	73
5.2.2 硝基苯的生产方法	75
5.2.3 硝基苯安全生产技术	76
5.3 知识链接——硝化反应	78
5.3.1 硝化概述	78
5.3.2 反应机理	79
5.3.3 影响因素	79
5.3.4 混酸硝化	81
5.3.5 硝化异构产物的分离	82
思考与练习	83
项目6 苯胺的制备	84
6.1 学生工作页	84
6.2 苯胺的工业生产方法	85
6.2.1 苯胺的主要工业生产方法	85
6.2.2 苯胺的硝基苯流化床气相催化加氢工艺	86
6.3 知识链接——还原反应	87
6.3.1 概述	87
6.3.2 催化加氢	88
6.3.3 化学还原	91
思考与练习	96
项目7 酸性嫩黄 G 的制备	97
7.1 学生工作页	97
7.2 酸性嫩黄 G 的工业生产	98
7.2.1 产品性能	98
7.2.2 生产方法	99
7.2.3 质量标准 (HG/T 3403—2010)	99
7.2.4 安全生产注意事项	100
7.3 知识链接——重氮化及偶合反应	101

7.3.1 重氮化反应	101
7.3.2 偶合反应	106
7.4 知识拓展——染料	107
7.4.1 概述	107
7.4.2 染料的命名	107
7.4.3 染料索引简介	108
7.4.4 染料的商品化	108
7.4.5 染料的分类	108
7.4.6 发色团理论	115
思考与练习	116
项目8 邻苯二甲酸二丁酯的制备	117
8.1 学生工作页	117
8.2 邻苯二甲酸酯的生产工艺	118
8.2.1 酯化反应的基本原理	118
8.2.2 间歇法通用生产工艺过程	119
8.3 知识链接——酯化反应	120
8.3.1 酯化反应概述	120
8.3.2 以醇(或酚)为原料,与各种酰化剂反应的酯化法	120
8.3.3 以羧酸酯为原料,与醇、酸、酯等反应生成另一种羧酸酯的酯交换法	122
8.3.4 其他成酯方法	123
8.3.5 酯化反应装置	123
8.4 知识拓展——增塑剂	124
8.4.1 增塑剂定义	124
8.4.2 结构对增塑剂性能的影响	125
8.4.3 增塑剂的分类	125
8.4.4 增塑剂的主要产品	126
思考与练习	129
项目9 氨基乙酸的制备	130
9.1 学生工作页	130
9.2 氨基乙酸的工业化生产	133
9.3 知识链接	133
9.3.1 卤化反应	133
9.3.2 氨解反应	139
9.4 知识拓展——循环经济和生态工业	143
9.4.1 循环经济概述	143
9.4.2 生态工业园区	145
思考与练习	146
附录 实训项目操作参考	147

项目 2	十二烷基苯磺酸钠的制备	147
项目 3	苯甲酸的制备	147
项目 4	聚醋酸乙烯乳液的制备	147
项目 5	硝基苯的制备	148
项目 6	苯胺的制备	149
项目 7	酸性嫩黄 G 的制备	149
项目 8	邻苯二甲酸二丁酯的制备	150
项目 9	氨基乙酸的制备	151
参考文献		152

项目1 精细化工生产过程组织

通过本项目的学习，了解精细化工的基本情况，精细化工的生产特点，精细化工在国民经济中的地位、作用和发展，初步认识精细化工；了解精细化工新产品开发的程序，便于根据实际情况制定研究计划；了解合成路线选择的评价标准，便于根据原料的来源、产率的高低、产品的用途、设备条件、生产安全以及环保要求来确定工艺路线；熟悉精细化工生产过程，便于生产的组织和实施；掌握工艺条件的控制对生产影响的一般性规律，便于生产过程的监控和异常情况的处置。

【知识目标】

1. 了解精细化学品的含义、范畴和分类；了解精细化工在国民经济中的地位、作用和发展；理解精细化工生产的特点；
2. 了解精细化工新产品开发的程序；
3. 了解合成路线选择的评价标准；
4. 熟悉精细化工生产过程；
5. 掌握工艺条件的控制对生产影响的一般性规律。

【能力目标】

1. 能够利用专业书籍、网络资源收集所需信息；能够对信息进行加工和整理；能够对精细化工概貌形成初步认识；
2. 能够按照精细化工新产品的开发程序，根据具体情况制定研究计划；
3. 能够根据原料的来源、产率的高低、产品的用途、设备条件、生产安全以及环保要求来选择并确定工艺路线；
4. 能够按照原料的准备、化学反应、后处理、剂型加工等生产岗位来组织和实施生产；
5. 能够对生产过程进行监控，对异常情况进行恰当处置。

【素质目标】

培养爱岗敬业、严谨务实的工作作风；安全生产、清洁生产的工作意识；团结协作、计划组织的工作能力。

1.1 精细化学品和精细化工概貌

1.1.1 精细化工的含义

精细化工是生产精细化学品工业的通称。精细化学品即精细化工产品，是化学工业中与通用化工产品（或称基本化工产品）或大宗化学品（heavy chemicals）相区分的一个专用术语。精细化学品是指由基本化学工业生产的初级或次级化学品进行深加工而制成的具有特定

应用性能、特定用途、产量小、附加价值大的小吨位系列产品，如农药、医药、化妆品、洗涤剂类等。基本化工产品是指由基本原料经初级加工得到的大吨位产品。如硫酸、聚氯乙烯、聚乙烯等。

1.1.2 精细化工的范畴和分类

精细化工的范畴相当广泛，目前各国较统一的分类原则是以精细化工产品的特定功能和行业来分类。我国 1986 年原化工部颁布的《关于精细化工产品分类的暂行规定》将精细化工产品分为 11 大类。具体分类如下：

- ① 农药；
- ② 染料；
- ③ 涂料（包括油漆和油墨）；
- ④ 颜料；
- ⑤ 试剂和高纯物；
- ⑥ 信息用化学品（包括感光材料、磁性材料等能接受电磁波的化学品）；
- ⑦ 食品和饲料添加剂；
- ⑧ 黏合剂；
- ⑨ 催化剂和各种助剂；
- ⑩ 化工系统生产的化学药品（原料药）和日用化学品；
- ⑪ 高分子聚合物中的功能高分子材料（包括功能膜、偏光材料等）。

但该分类并没包含全部的精细化工产品，如精细陶瓷、生物催化剂（酶）等。随着我国精细化工的发展，今后可能会不断地补充和修改。

1.1.3 精细化工的特点

（1）多品种、小批量

每种精细化工产品都有其一定的应用范围，以满足社会的不同需要。从精细化工的范畴和分类可以看到，精细化学品必然具有多品种的特点。由于产品应用面窄，针对性强，特别是专用品和特制配方的产品，往往是一种类型的产品可以有多种牌号，因而使新品种和新剂型不断出现，日新月异，所以，多品种这一点实际上是精细化工的一个重要特征。以表面活性剂为例，众所周知，表面活性剂的基本作用是改变不同两相间的界面张力。根据这一点，就可以利用其所具有的润湿、洗净、浸渗、乳化、分散、增溶、起泡、消泡、凝聚、平滑、柔软、减摩、杀菌、抗静电、防锈和匀染等表面性能，做成多种多样的洗净剂、渗透剂、扩散剂、起泡剂、消泡剂、乳化剂、破乳剂、分散剂、杀菌剂、湿润剂、柔软剂、抗静电剂、抑制剂、防锈剂、防结块剂、防雾剂、脱皮剂、增溶剂、精炼剂等，并将它们用于国民经济各部门中，例如纺织、石油、轻工、印染、造纸、皮革、食品、化纤、化工、冶金、煤炭、建筑、采矿、医药、农业等。这些产品的品种多，但各产品适用面窄，消耗量少，产量少。例如，目前使用的表面活性剂品种高达 5000 多种，不同化学结构的染料品种也有 5000 种以上，法国的发用化妆品就有 2000 多种牌号。

（2）技术密集度高

精细化工是综合性较强的技术密集型工业。一个精细化学品的研究开发，要经市场调

查、产品合成、应用研究、市场开发甚至技术服务等各方面全面考虑和实施。开发周期较长,研发投资高,开发成功率比较低。

技术密集表现为情报密集、信息快。由于精细化工产品是根据具体应用对象而设计的,它们的要求经常会发生变化,一旦有新的要求提出,就必须按新要求来重新设计化合物结构,或对原有的结构进行改进,其结果就会出现新产品。技术密集还反映在精细化工产品的生产中是技术保密性强,专利垄断性强。这是各精细化工企业的共同特点。

(3) 综合生产流程和多功能生产装置

多数精细化工生产流程较长,工序较多,但因产品需求量不大,故往往使用灵活性较大的多功能装置,采用间歇法来进行小批量生产,使设备的潜力得以充分发挥,经济效益大大提高。同时,要求高素质的生产管理和操作人员。

(4) 大量采用复配技术

大量采用复配技术也是精细化工产品的特点之一。为了满足各种专门用途的需要,许多由化学合成得到的产品,要求加工成多种剂型(粉剂、粒剂、可湿剂、乳剂、液剂等)外,常常必须加入多种其他试剂进行复配。

(5) 投资少、附加价值高、利润大

精细化学品一般产量都较少,装置规模也较小,很多是采用间歇生产方式,其装置通用性强。与连续化生产的大装置相比,具有投资小、见效快的特点,也就是说投资效率高。

$$\text{投资效率} = (\text{附加价值} / \text{固定资产}) \times 100\%$$

精细新产品上马,投资主要在研制费用,生产设备改变很小,生产方式的改变及技术难度也不一定很大,因此投资小。

精细化工产品的附加价值与销售额的比率在化学工业的各大部门中是最高的,而从整个精细化工工业的一些部门来看,附加价值最高的是医药。

此外,商品性强、市场适应性强、寿命短更新快、竞争性强、服务性强,也是其特点。由于精细化学品种类繁多,用户对商品选择性高,市场竞争激烈,因而应用技术和技术的应用服务是组织生产的两个重要环节。

1.1.4 发展精细化工的重要意义

精细化工与工农业、国防、人民生活和尖端科学都有着极为密切的关系,是与经济建设和人民生活密切相关的重要工业部门,是化学工业发展的战略重点之一。20 世纪 70 年代两次世界石油危机,迫使各国制定化学工业精细化的战略决策。这说明发展精细化学工业是关系国计民生的战略举措。

$$\text{精细化工产值率(精细化率)} = (\text{精细化工产品总值} / \text{化工产品总值}) \times 100\%$$

我国精细化工起步于 20 世纪五六十年代,在 20 世纪 80 年代后迅速发展起来,但与发达国家相比差距比较大,美国、西欧和日本等精细化工最为发达,代表了当今世界精细化工的发展水平,目前这些国家和地区的精细化率已达到 60%~70%。《石油和化学工业“十二五”发展指南》提出“十二五”期间我国经济将由资源消耗型转为节约型,将高污染型转为清洁型,预计到 2015 年,精细化工产值将达 16000 亿元,比 2008 年增长一倍,精细化工自给率达到 80%以上,进入世界精细化工大国与强国之列。

1.2 精细化工新产品开发的程序

精细化工新产品的开发有一定的程序，通常分以下五步。

1.2.1 选择研究课题

新产品的预测及研究，可根据国家有关产业发展政策、物资流动情况、用户要求信息、国内外科技文献信息、国内外市场动向等来选择有关研究课题。

1.2.2 课题的可行性和论证

对课题的意义、是否重复研究、在科学和技术上的合理性、经济和社会效益等进行分析是必要的。要系统地、全面地收集有关的科技情报资料，加以整理、分析、比较以作为借鉴，少走弯路，降低风险。

1.2.3 小试阶段

在对研究项目进行详细的论证和文献、样品分析后，便可制定研究方法。在实验小试中，通常要进行流程和生产方法的考察（所谓打通流程），测定基础数据，摸索工艺条件等。一般而言，研究方法在研究过程中还必须随着研究进展而修正，甚至放弃原定方案而另辟他径。

另外，还需研究出必要的分析、测试方法，提出保证产品质量和某一定技术经济指标的控制参数。

1.2.4 中试阶段

这一步是从实验室过渡到生产的关键阶段，目的在于检验小试成果的实用性和工艺合理性，并在实际应用过程中不断完善产品性能。中试要取得提供工业生产装置设计足够的工程数据，进行数据处理从而修正为放大设计所需的数学模型。此外，对于新过程的经济评价也是中试阶段的重要组成部分。

1.2.5 性能、质量检测和鉴定

性能和质量检测一般分权威机构检测 and 用户试用两个方面，即对产品进行评判。化工产品在进入市场前，必须通过质量监督检测部门检验批准；必要时，可由主管为产品举行专门的鉴定会。

1.3 合成路线的评价标准

合成一个有机化合物常常可以有多种路线，由不同的原料，通过不同的途径，获得需要的目标分子。这些路线如何选择呢？

一般说来，它与原料的来源、产率的高低、成本的多少、中间体的稳定性及分离、设备条件、安全度及环境保护等都有关系，而且还受着生产条件、产品用途和纯度要求等的制

约, 往往必须根据具体情况、具体场合和具体条件作出合理的选择。通常考虑以下几个方面。

1.3.1 合成步数和反应总收率

合成路线的长短直接关系到合成路线的价值, 所以对合成路线中反应步数和反应总收率的计算是评价合成路线的最直接、最主要的标准。反应的总步数指从所有原料和试剂到达目标分子所需反应步数之和; 总收率是各步收率的连乘积。一般主要从影响收率的三个方面进行考虑。

首先, 在对合成反应的选择上, 要求每个单元反应尽可能具有较高的收率。

其次, 应尽可能减少反应步骤。反应步骤增多, 总收率将大大降低。合成中将消耗大量的原料和人力及生产周期的延长、操作步骤的繁杂, 甚至失去合成的价值。合成步数与总收率的关系见表 1-1。

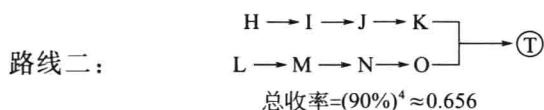
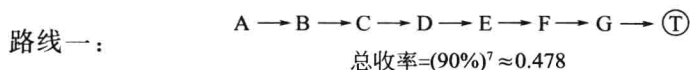
表 1-1 合成步数与总收率的关系

每步平均收率/%	总收率/%		
	5 步	10 步	15 步
50	3.1	0.1	0.003
70	16.3	2.3	0.5
90	59.2	35.4	21.1

可见, 即使每步反应收率较高, 经过 5 步以上的总收率已相当低, 一般说来超过 5 步的反应, 实际应用价值已不大, 需另选其他路线, 除非是特殊需要的产品。

最后, 在合成反应的选择上, 必须尽可能避免和控制副反应的发生, 因为副反应不但降低收率, 而且会造成分离和提纯上的困难。

此外, 应用收敛型的合成路线也可提高合成路线收率。例如, 某化合物①有两条合成路线, 第一条路线是由原料 A 经 7 步反应制得①; 第二条路线分别从原料 H 和 L 出发, 各经 3 步得中间体 K 和 O, 然后相互反应得靶分子①。假定两条路线的各步收率都为 90%, 则从总收率的角度考虑, 显然选择第二条路线较为适宜。



1.3.2 原料和试剂的选择

原料是合成反应的物质基础, 没有稳定的原材料的供应, 就不可能组织正常的生产。选择合成路线时, 首先应考虑每一合成路线所用的原料和试剂的来源、价格及利用率。所谓原料的利用率包括骨架和官能团的利用程度。这主要取决于原料的结构、性质及所进行的反应。即所采用的原料种类尽可能少一些, 结构的利用率尽可能高一些。

原料的价格直接影响到产品的成本。对于准备选用的合成路线, 应根据操作方法初步列出的原料和试剂的名称、规格、单价算出单耗, 进而计算出各种原材料的成本和总成本, 以资比较。

此外, 原料和试剂的供应及储运问题也不容忽视, 特别是合成一些产量较大的品种, 有

些原料一时得不到供应,则应考虑自行生产。

原料及试剂的性质、规格、供应情况和生产厂家,可从各种化工原料和试剂目录及手册中查阅。若化工市场有可供使用的中间体,而且价格适宜,则可以直接选购中间体,以减少合成反应步骤、简化操作。

通常,实验室的合成一般是不太受成本约束的,为了合成一些特殊性能的化合物,很少考虑成本的高低,但也受到一定的限制,过于昂贵的原料和试剂应尽量避免。在实际工业生产上成本核算则是必须考虑的问题。在成本核算上除了原料的选择和收率的高低之外,供应地点、市场的价格变动也是重要制约因素,不能忽视。

1.3.3 中间体的分离与稳定性

任何一个两步以上的合成路线都会有中间体生成,一个理想的中间体应稳定存在且易于纯化。在选择合成路线时,应尽量少用或不用存在对空气、水汽敏感或纯化过程繁杂、纯化损失量大的中间体的合成路线。

1.3.4 过程装备条件

在合成路线设计时,应尽量避免采用复杂、苛刻的过程装备条件,如需在高温、高压、低温、高真空或严重腐蚀等条件下才能进行的反应。因为上述条件下的反应,就需要用特殊材质、特殊设备,大大提高了投资和生产成本,也给设备的管理和维护带来一系列复杂问题。当然对于那些能显著提高收率、缩短反应步骤和时间,或能实现机械化、自动化、连续化,显著提高生产力以及有利于劳动保护和环境保护的反应,即使设备要求高些、复杂些,也应根据情况予以考虑。

1.3.5 安全生产

在许多精细有机合成反应中,经常遇到易燃、易爆和有剧毒的溶剂、基础原料和中间体。为了确保安全生产和操作人员的人身健康及安全,在进行合成路线设计和选择时,应尽量少用或不用易燃、易爆和有剧毒的原料及试剂,同时还要密切关注合成过程中一些中间体的毒性问题。若必须采用易燃、易爆和有剧毒的物质,则必须配套相应的安全措施,防止事故的发生。

1.3.6 环境保护

化工生产中排放的废气、废水和废渣(“三废”)是污染环境、危害生物的重要因素之一,因此在新的合成路线设计和选择时,要优先考虑没有或“三废”排放量少、污染环境不大且容易治理的工艺路线。要做到在进行合成路线设计的同时,对路线过程中存在的“三废”的综合利用和处理方法提出相应的方案,确保不再造成新的环境污染。

1.4 精细化工生产过程

同其他化工产品一样,精细化工产品的生产过程可分为原料预处理、化学反应、产品分离提纯三个阶段,有的精细化工产品还要经过剂型复配。

精细化工生产过程可示意为：

化工原料 $\xrightarrow{\text{预处理}}$ $\xrightarrow{\text{化学加工}}$ $\xrightarrow{\text{后处理}}$ (精细) 化工产品 $\xrightarrow{\text{剂型加工}}$ 精细化学品

1.4.1 原料预处理

主要目的是使初始原料达到反应所需要的状态和规格。例如固体需破碎、过筛；液体需加热或汽化；有些反应物要预先脱除杂质，或配制成一定的浓度。在多数主产过程中，原料预处理本身就很复杂，要用到许多物理的和化学的方法及技术，有些原料预处理成本占总生产成本的大部分。

1.4.2 化学反应

通过该步骤完成由原料到产物的转变，是化工生产过程的核心。反应温度、压力、浓度、催化剂（多数反应需要）或其他物料的性质以及反应设备的技术水平等各种因素对产品的数量和质量有重要影响，是化学工艺学研究的重点内容。

化学反应类型繁多，若按反应特性分，有氧化、还原、加氢、脱氧、歧化、异构化、烷基化、脱基化、分解、水解、水合、偶合、聚合、缩合、酯化、磺化、硝化、卤化、重氮化等众多反应；若按反应体系中物料的相态分，有均相反应和非均相反应（多相反应）；若根据是否使用催化剂来分，有催化反应和非催化反应。

实现化学反应过程的设备称为反应器。工业反应器的类型众多，不同反应过程，所用的反应器形式不同。反应器若按结构特点分，有管式反应器（装填催化剂，也可是空管）、床式反应器（装填催化剂，有固定床、移动床、流化床及沸腾床等）、釜式反应器和塔式反应器等；若按操作方式分，有间歇式、连续式和半连续式三种；若按换热状况分，有等温反应器、绝热反应器和变温反应器，换热方式有间接换热式和直接换热式。

1.4.3 产品分离和精制

目的是获取符合规格的产品；并回收、利用副产物。在多数反应过程中，由于诸多原因，致使反应后产物是包括目的产物在内的许多物质的混合物，有时目的产物的浓度甚至很低，必须对反应后的混合物进行分离、提浓和精制才能得到符合规格的产品。同时要回收剩余反应物，以提高原料利用率。

分离和精制的方法及技术是多种多样的，通常有冷凝、吸收、吸附、冷冻、闪蒸、精馏、萃取、渗透膜分离、结晶、过滤和干燥等，不同生产过程可以有针对性地采用相应的分离和精制方法。分离出来的副产物和“三废”也应加以利用或处理。

1.5 工艺条件控制

精细化学品的生产工艺是各种单元反应与化工单元操作的有机组合和综合应用。精细化工生产的工艺条件控制对于产品的收率、纯度以及生产安全至关重要。工艺条件一般包括配料比、浓度、溶剂、催化剂、pH 值、压力、加料次序、反应时间、反应终点控制、设备状况、生成物的后处理以及质量分析检验等。