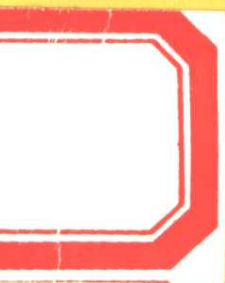


# 精细化工的开发与设计

孙履厚 主编



中国石化出版社

# 精细化工的开发与设计

孙履厚 主 编

中国石化出版社

## 内 容 提 要

本书在讨论了精细化工的发展历史、生产技术特点和经营管理特点的基础上,首先介绍了精细化工产品的市场调研与预测,然后介绍了精细化工的技术开发与管理,最后介绍了精细化工生产过程的设计及其优化。该书有两个新颖独到之处,一是首次将市场学的原理运用到精细化工产品的开发与经营中;二是首次将优化原理应用于精细化工生产过程设计,故具有一定的参考价值。

本书可供从事精细化工开发、生产、经营、管理的科技人员及管理人员参考,也可供高等院校相关专业师生参考。

## 图书在版编目 (CIP) 数据

精细化工的开发与设计/孙履厚主编. —北京: 中国石化出版社, 1996

ISBN7-80043-624-1

I. 精… II. 孙… III. ①精细化工-技术开发②精细化工-化工过程: 生产过程-设计, 最佳化 IV. TQ064

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (96) 第 07113 号

中国石化出版社出版发行

地址: 北京市东城区安定门外小营 12 号

邮编: 100013 电话: (010) 64241850

社长: 周瑞荣

海丰印刷厂排版印刷

新华书店北京发行所经销

787×1092 毫米 32 开本 6.5 印张 148 千字 印 1—4000

1996 年 11 月 北京第 1 版 1996 年 11 月 北京第 1 次印刷

定价: 9.50 元

## 前 言

属于精细化工门类之一的火药是我国四大发明之一，但是在新中国成立之前，我国的精细化工一直没有得到很好的发展，全国只有涂料、医药、肥皂、化妆品、颜料、鞣剂、银盐感光材料、试剂、味精、火药等少数门类，而且生产经营方式落后。新中国成立之后，我国沿海城市于 50~60 年代陆续发展起染料、农药、香料、油墨、塑料添加剂、橡胶添加剂、合成洗涤剂、表面活性剂、胶粘剂、电子工业用化学品等，但一般地说，质次价高品种少，不能与国外产品相竞争，而且当时也还没有意识到这些就是精细化工产品。直到改革开放以后，精细化工才提上了议事日程，受到了各方面的重视，于是许多精细化工老门类进一步发展，新门类不断涌现，就连古老的中药也开始向精加工迈进。为适应精细化工对专业技术人员的需要，不少大专院校成立了精细化工专业。这一切都预示着我国的精细化工将跨入一个新的发展阶段。

为了了解我国精细化工发展情况，我们曾在 80 年代对一些精细化工企业进行了调查，结果发现我国精细化工面临着国际和国内的双重竞争，大家都想发展，可是又困难重重，当时归纳有 3 大弱点：一是原料基础薄弱；二是技术基础薄弱；三是经营管理基础薄弱。其中最主要的是对精细化工的本质特点缺乏足够的认识，即经营管理思想不符合精细化工的发展规律，所以始终是在低水平中兜圈子，登不上新

台阶。近年来随着石油化工的发展，原料问题开始有些缓解，有的院校也提供了一些有水平的成果，有的企业则由国外引进了一些先进技术和经营管理经验，但是最终毕竟还得自己消化吸收，改进创新，精心培植自己的国际竞争实力，可以说今后依然是任重而道远。为此我们撰写了本书供正在从事和准备从事精细化工的科技、生产、规划、销售、经营管理工作者和学员们参考，但愿能对我国精细化工的发展以及提高企业效益和社会效益起到一些促进作用。

本书第一、三章由中国石化总公司精细石油化工科技信息中心站孙履厚高级工程师编写，第二章由民建天津市建华工贸进修学院院长刘子华教授编写，第四章由天津大学化工系主任许锡恩教授、郑国文讲师、南开大学元素有机化学研究所王一平工程师合作编写，全书由孙履厚统一审订。

《精细化工新材料与技术》一书与本书是姊妹篇，最好请一并参阅，以便了解精细化工的全貌。由于水平所限，书中难免有错误之处，恳请专家和读者们多加指正。

孙履厚  
1995年9月

# 目 录

|                            |     |
|----------------------------|-----|
| 第一章 概论                     | 1   |
| 第一节 精细化工的发展历史              | 1   |
| 第二节 精细化工的定义及产品分类           | 5   |
| 一、精细化工定义                   | 5   |
| 二、精细化工产品的分类                | 5   |
| 第三节 精细化工与基础化工的关系           | 21  |
| 第四节 精细化工的技术特点              | 25  |
| 第五节 精细化工的经营管理特点            | 29  |
| 第六节 精细化工的发展模式              | 34  |
| 第二章 市场调研与预测                | 57  |
| 第一节 精细化工产品的市场调研方向<br>与营销策略 | 57  |
| 一、市场调研方向                   | 57  |
| 二、营销策略                     | 62  |
| 第二节 精细化工产品的市场预测            | 66  |
| 一、定性分析方法                   | 67  |
| 二、定量分析方法                   | 72  |
| 三、综合分析方法                   | 80  |
| 第三章 技术开发                   | 95  |
| 第一节 选题                     | 95  |
| 一、信息调研                     | 96  |
| 二、选题方案的拟定和优化               | 97  |
| 第二节 开发管理                   | 102 |
| 一、开发计划的编制                  | 103 |

|                          |     |
|--------------------------|-----|
| 二、合理使用技术人员·····          | 106 |
| 三、正确处理三个关系·····          | 109 |
| 第三节  实验的设计与注意事项·····     | 114 |
| 一、小试·····                | 114 |
| 二、中试·····                | 128 |
| 三、生产性试验·····             | 132 |
| 第四章  精细化工生产过程的设计与优化····· | 136 |
| 第一节  间歇化工过程和间歇问题·····    | 136 |
| 一、间歇和连续加工·····           | 136 |
| 二、间歇化工过程及其操作特点·····      | 139 |
| 三、间歇问题·····              | 148 |
| 第二节  间歇化工过程设计·····       | 149 |
| 一、混合问题·····              | 149 |
| 二、搅拌槽的放大·····            | 154 |
| 三、间歇单元操作过程的模拟·····       | 158 |
| 四、手算过程设计·····            | 161 |
| 五、计算机辅助过程设计·····         | 172 |
| 第三节  间歇化工过程的时间安排问题·····  | 176 |
| 一、多产品厂时间安排问题·····        | 177 |
| 二、多目的厂时间安排问题·····        | 186 |
| 第四节  间歇过程的安全性·····       | 189 |
| 一、化学反应危险性·····           | 189 |
| 二、操作的危险性·····            | 195 |
| 第五节  间歇过程自动化·····        | 198 |
| 一、主要的传感器·····            | 198 |
| 二、分析仪器·····              | 200 |
| 三、间歇控制基础·····            | 201 |

# 第一章 概 论

## 第一节 精细化工的发展历史

化学工业属于材料工业，而精细化工则既是材料工业，又是制品工业，它既为国民经济各部门提供原材料，又为人民生活提供直接消费品。起初，并没有精细化工这个名称。但是，随着工业技术的发展，对作为原材料的化工产品的要求越来越高，如高纯度、多品种、多规格、功能化，于是人们就把化工产品分为一般规格产品和特种规格产品 2 类。一般规格产品指的是适合于多种用途的通用材料，相对而言，这类材料的品种不算太多，对它的要求是能大量而廉价地连续生产和供应，并且便于加工，在质量上只要符合一般的通用规格即可，并不强调具有特殊功能。特种规格产品则指的是适合于专门用途的专用材料，对这类材料要求的品种越来越多，但对每一品种的需求量并不很大，在质量上则要求必须具有特定的功能，而且有的可在化工厂中就地加工成终端产品（直接消费品）。如果说一般规格产品或通用产品是以产量大和设备大型化为特点的话，那么特种规格产品或专用产品就是以产品精细化和功能化为主。由于要求质量和性能特殊，需要进行深入细致的加工，于是后来日本就把这些以功能为主的化工产品称之为精细化学品，而欧美则称之为专用化学品。我国则参照日本的说法，也称之为精细化工产品。



化学工业的发展过程是人类利用自然资源逐步深入的过程，即由初级加工逐步向深度加工发展，由一般加工逐步向精细加工发展，由主要生产大批量通用的基础材料逐步向既生产基础材料又生产小批量多品种的专用产品发展的过程。就这种意义来讲，应该说精细化工是化学工业发展到一定程度以后的必然产物。当人们尚处于直接利用自然资源或只能对自然资源进行简单加工的时代，不可能出现精细化工。只有当化学工业发展到能对自然资源进行精细加工，并能用合成或复配的方法制得可以代替甚至超过天然物质的功能性产品时，精细化工才开始出现。例如，在人们只会利用除虫菊粉末和烟叶水来防治农业病虫害的时代，并不能说有机农药工业已经开始，只有到 20 世纪 40 年代初人们合成了滴滴涕，并证实它能用于杀灭卫生害虫和农业害虫时，有机农药工业才算成立。又如，很早以前人们就直接利用茜草、蓼蓝叶和黄土等来染布，但只有到 19 世纪中叶合成了品红和苯胺紫以后，合成染料才宣告诞生。再如，自古以来，在很长时期内人们主要是利用压榨、萃取、水蒸气蒸馏等手段，从动植物中直接提取化妆品香料和食品香料，但直到 19 世纪才从天然香料中分离出一些单离香料，随着分析技术、合成技术以及调香技术的发展，不仅合成了一些天然香料的主体成分，而且还配制出与天然香料相同的香精，这时香料工业才成为了精细化工（尽管当时还没有出现精细化工这个名称）的一个分支。

上述“深度加工”、“精细加工”以及“专用产品”等都是相对的概念，随着科学技术的进步，其内涵在不断发展。例如，当初的涂料功能是以防腐蚀和装饰功能为主，专用性并不很强，而现在则开发出防辐射、防远红外线、船底防污

和航天用等多种高级专用涂料。又如，肥皂的生产技术本来并不精细，现在则不仅开发出用酶来水解脂肪制取脂肪酸和用强化逆流混合法制皂的新技术，而且还开发出多种金属皂用作催干剂、光泽剂、稳定剂、分散剂、润滑剂、燃料添加剂等；进而又根据肥皂分子的一端是亲油基（疏水基），另一端是亲水基的结构原理，开发出多种表面活性剂；并能通过复配来调节其亲水亲油平衡值（HLB），生产出许多专用品种，应用范围扩展到除人民生活以外的多种工业领域。高分子材料的合成与加工，其技术要求应该说是比较精细的，但是由于通用的合成树脂、合成纤维、合成橡胶都属于基础材料，因而不算作精细化工，只有将高分子材料进一步加工成胶粘剂、特种纤维、功能高分子等时才算精细化工。

近年来 Langmuir 和 Blodgett 等人把表面活性剂能够形成单分子膜（简称 LB 膜）以及不饱和单体能够聚合的特性巧妙地结合起来，正在积极开发有机光电子材料（见图 1-1 和 1-2）。这是高新技术在精细化工中应用的一个突出例子。

图 1-1 是 LB 膜的形成过程示意图。将分子的一端为亲水基，另一端为疏水基（亲油基）的表面活性剂往水面上滴一滴时，分子即在水面上扩散，亲水基接触水面，疏水基露出在空气中。这时沿水面适当加压，分子即在水面上排列整齐，形成单分子层，用玻璃板或金属板水平地将单分子层一层层地粘附起来，即得到 X 型 LB 膜，如果用玻璃板或金属板垂直于水面先向上，再向下，最后又向上移动，即得 Y 型 LB 膜。若如图 1-2 所示，事先使分子链上带有不饱和的双键或三键，则成膜后用电子束， $\gamma$  射线或紫外线照射之，分子之间即相互交联而成为高分子膜。这种镶嵌分子膜

可用于制太阳能电池、光致变色元件、光刻胶和光集成电路等，一旦工业化，将会进一步促进电子设备的微型化和高功能化。

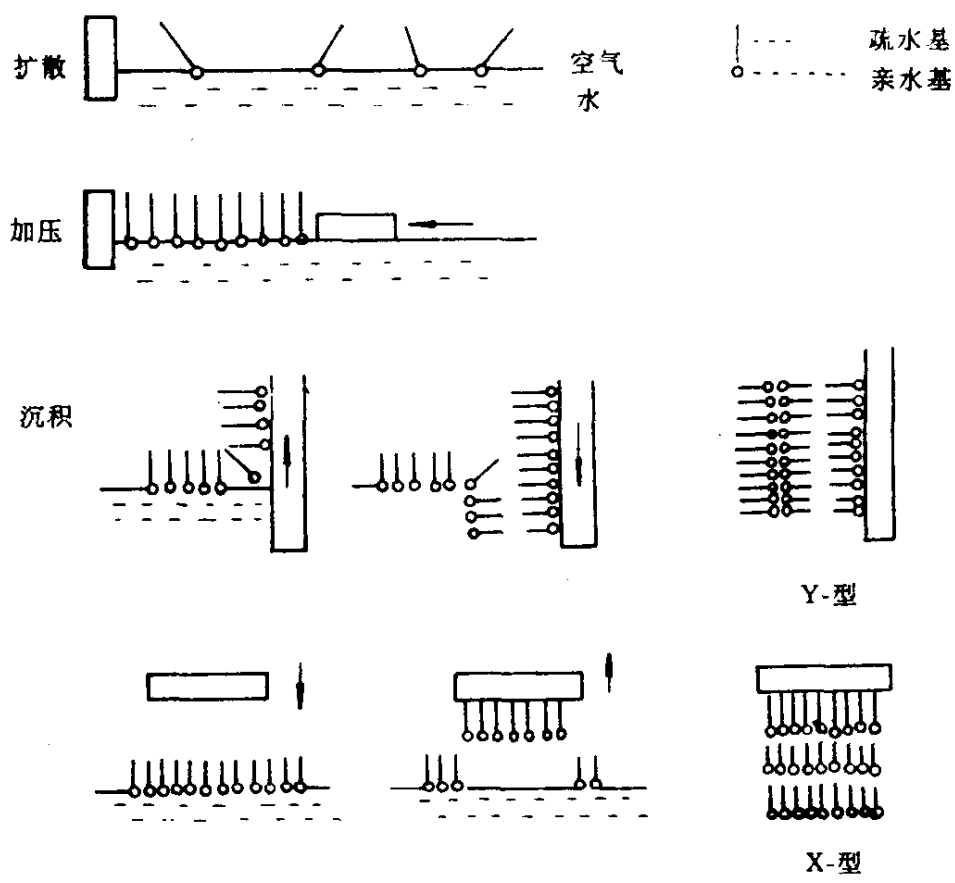


图 1-1 LB 膜形成过程

精细陶瓷是由于研究了组成、微细结构与物性的关系以及微量添加剂的作用，采用了高纯度的原料，解决了超微粒粉碎、多种原料的均匀混合、精细成型以及控制微细结构的烧结等技术难题，才突破了多年来氧化物陶瓷的局限性脱颖而出的。

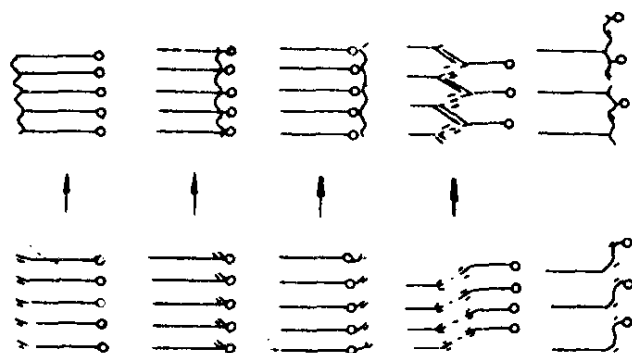


图 1-2 LB 膜聚合反应

由上可见，精细化工产品和一般规格化工产品之间，并没有绝对的界限。但总的看来，许多化工产品在向“精、深、专”的方向发展。

## 第二节 精细化工的定义及产品分类

### 一、精细化工的定义

关于精细化工，现在还没有一个统一的定义。人们一般常用精细化工产品的特点来定义精细化工，例如小批量、多品种、技术密集、具有特定功能、附加价值高等，笔者认为如此定义不够全面，应该说：“精细化工是以高新技术为基础，以市场需求为导向，以产品具有特定功能、附加价值高、小批量、多品种、系列化为特点的化学工业。”

### 二、精细化工产品的分类

关于精细化工产品的分类，目前世界上也没有统一的标准。1965 年日本列入精细化工的产品仅有 17 类，1981 年增加到 34 类。笔者根据日本的分类方法及我国生产和发展情况，试作分类如表 1-1 所示。由于篇幅所限，本书不可能对各类产品逐一进行详细介绍，仅就应用较广的一些门类，

简单介绍其发展趋势及大致的分类方法。

### (一) 溶剂与通用中间体

溶剂是进行化学反应和物理加工所用的介质；中间体是制造精细化工产品所用的中间原料，它介于基础原料和终端产品之间，是基础原料向终端产品过渡的阶梯。近年来，溶剂的品种基本没有增加，而中间体随着精细化工的发展日益增多，今后对中间体的需要仍将继续增长。

按化学结构分类，溶剂主要有烃类、氯代烃类、醇类、酯类、醚类、酮类、酰胺和腈类、亚砷和砷类等，此外还有作为热载体和制冷剂的联苯-联苯醚类、烷基萘类等溶剂；通用中间体可分为脂肪族、芳香族、杂环、氰氨基、有机过氧化物、有机磷、有机氟、有机金属化合物等。

表 1-1 精细化工产品分类

|                                      |             |              |
|--------------------------------------|-------------|--------------|
| 以<br>有<br>机<br>产<br>品<br>为<br>主<br>的 | 1. 溶剂与通用中间体 | 2. 医 药       |
|                                      | 3. 农 药      | 4. 染料及其中间体   |
|                                      | 5. 香料与香精    | 6. 化妆品       |
|                                      | 7. 芳香除臭剂    | 8. 食品添加剂     |
|                                      | 9. 饲料添加剂    | 10. 保健食品     |
|                                      | 11. 高分子絮凝剂  | 12. 涂 料      |
|                                      | 13. 油 墨     | 14. 胶粘剂      |
|                                      | 15. 脂肪酸     | 16. 肥 皂      |
|                                      | 17. 表面活性剂   | 18. 合成洗涤剂    |
|                                      | 19. 塑料添加剂   | 20. 橡胶添加剂    |
|                                      | 21. 燃料油添加剂  | 22. 润滑油及其添加剂 |
|                                      | 23. 油田用化学品  | 24. 纤维用化学品   |
|                                      | 25. 皮革用化学品  | 26. 造纸用化学品   |
|                                      | 27. 汽车用化学品  | 28. 功能高分子    |
|                                      | 29. 生物工程    | 30. 酶制剂      |
|                                      | 31. 成像材料    |              |

续表

|                      |             |              |
|----------------------|-------------|--------------|
| 以品<br>无为<br>机主<br>产的 | 32. 催化剂     | 33. 合成沸石分子筛  |
|                      | 34. 稀有气体    | 35. 稀有金属     |
|                      | 36. 储氢合金    | 37. 非晶态合金    |
|                      | 38. 精细陶瓷    | 39. 无机纤维     |
| 二者<br>各半<br>的        | 40. 颜 料     | 41. 试 剂      |
|                      | 42. 火药与推进剂  | 43. 金属表面处理剂  |
|                      | 44. 工业杀菌防霉剂 | 45. 混凝土外加剂   |
|                      | 46. 水处理剂    | 47. 电子工业用化学品 |

## (二) 医药

初期的医药工业是先分离提纯天然药物的有效成分，鉴定其化学结构，然后进行合成，即以模仿自然为主；而现代的医药工业则正在向着重研究人的发病机制，寻求病情的抑制和消除因素，从而合成出既具有特效又很少有副作用药物的高科技方向发展。医药工业的发展是与分子生物学、分离技术、诊断学、药理学、有机化学、生物工程的发展分不开的。

医药的品种很多，更新换代很快，一般可分为原料药与制剂 2 大类。按照功能分类，原料药可分为中枢神经用药、末梢神经用药、抗过敏药、循环器官用药、呼吸器官用药、消化器官用药、血液用药、抗恶性肿瘤药、化学疗法用药、以及激素、维生素、抗菌素、血液制剂等。

## (三) 农药

农药是防治农林作物病、虫害以及调节植物生长所用的药剂。一般按功能可分为杀虫剂、杀菌剂、除草剂、植物生长调节剂、杀鼠剂等；按加工顺序可分为原药和制剂；按来源可分为化学农药和生物农药。

化学农药大多是含有氧、氮、卤、磷、硫的有机化合物，目前人们还不能按照所要求的性能，设计其分子结构，仍须对大量的化合物进行筛选，来开发农药新品种，所以每开发一个新品种都要花费大量的人力、物力和财力，而且要花费较长的时间。高效、低毒、低残留量是农药发展的主方向，同时为了合理地、有效地用好现有的农药，人们还在不断地进行改进剂型的研究。此外，生物农药正在日益受到重视。

#### （四）染料、颜料

合成染料已经有 140 年的历史，曾经获得过“芳香族精细化工”的称号，但现在由于纤维工业已经饱和，所以染料工业也随之进入了饱和期，其领先地位已被农药和医药工业取代。染料工业为了自身的生存与发展，一方面不断改进合成与染色工艺，降低能耗，减少污染，同时努力使产品高档化；另一方面大力开发染料的非纤维用途，如食品色素、生物学研究用色素、墨水染料、压敏染料、激光染料、彩色液晶等，并努力发展套色、转移印花和差别化纤维用染料。按化学结构分类，染料可分为偶氮染料、蒽醌染料、靛染料、酞菁染料等。

颜料分无机颜料和有机颜料 2 类。无机颜料的优点是稳定性好，价格低，但色泽不鲜艳，着色力差，有的是重金属化合物；有机颜料和色淀的优点是品种多，色泽鲜艳，着色力强，但遮盖力低，稳定性差，价格高。颜料的性能不仅取决于化学结构，而且取决于晶体结构、颗粒状态，分散性和表面状态等。无机颜料有白色的氧化锌（锌白）、钛白、锌钡白（立德粉）等；黄色的铅铬黄、钛黄、镉黄等；红色的铁氧红、钼红、镉红等；蓝色的群青、铁蓝等；黑色的如炭

黑。有机颜料可分为偶氮颜料、稠环颜料、碱性染料色淀、有机荧光颜料等。

### (五) 香料与化妆品

香料是具有香气或香味的物质。按用途，可分为化妆品香料与食用香料 2 大类。前者以挥发香气为主，后者以产生香味为主。按来源，又可分为天然香料与合成香料 2 大类。习惯上常把单一品种的香料称为香料，而把由多品种复配而成的香料称为香精。

香料工业有如下 3 个特点：

①它是最典型的小批量、多品种工业；

②它一直是以模仿自然为主，合成香料始终是与天然香料相竞争而发展的；

③香精的配制（调香），关键在于一些微量成分，目前有些微量成分的检测与分离方法尚未得到解决，所以有人把调香比作音乐的组合，视为一种艺术。

化妆品是涂擦或喷撒在人体上对皮肤和头发等起清洁、美化与保护作用的物质。化妆品应是作用温和而长期无害的产品，而且要根据不同人的生理和心理需要来选定配方，设计商品，讲求销售艺术。化妆品必须在色、香、有效、风度、使用方便等各方面都能引人入胜，使人乐于使用，所以近年来不仅加强了生理学方面的研究，同时也从心理学方面加大了研究力度。

香料分为天然香料和合成香料 2 大类。天然香料又分为动物香料如麝香、灵猫香、龙涎香、海狸香等，植物香料如薄荷油、熏衣草油、香茅油、柠檬草油、丁子香油、檀香油等。合成香料主要包括萜烯族合成香料、芳香族合成香料、脂肪族合成香料、合成麝香等。



化妆品主要分为护肤、美容、美发、特殊用途几大类。

#### (六) 芳香除臭剂

芳香除臭剂是由香料与载体组合而成的，主要用于室内、厕所、厨房、冰箱、鞋和汽车内，消除异味。随着人们生活水平的提高，近年来，芳香除臭剂发展较快。按载体的不同，芳香除臭剂一般可分为气溶胶型、凝胶型、香锭型、升华型、浸渍型、微胶囊型等几类。

#### (七) 食品添加剂

在食品制造、加工和保存过程中，为了稳定质量、强化营养、增加香味、保持色泽、防止发霉、延长保存期、防止油脂氧化，以及提高生产效率而加入的辅助材料，统称为食品添加剂。

食品添加剂可分为天然的与合成的2大类。天然的食品添加剂主要有食用香料、着色剂、浆料、酶、覆膜剂、甜味剂等，均要根据多年实践经验证明无害而选取。

对合成的食品添加剂，各国都制定有食品卫生法，指定许可使用的品种、质量标准和使用规范，以保证人民健康。凡未经许可使用的品种，一律不准制造、加工、贩卖、使用和贮存。凡新开发的品种必须提出申请，经检验审定合格并公布后方可使用。另外，许可使用的品种也不是一成不变的，必须采用最新的科学技术不断地进行检查，如果对其安全无毒害问题产生疑义时，或因饮食习惯发生变化而逐渐不用时，则应及时从许可表中将其删除。

#### (八) 饲料添加剂

饲料添加剂是为防止饲料变质、补充动物营养以及促进动物对营养成分的有效利用而往饲料中添加的物质。由于饲料的质量关系着肉、蛋、奶、鱼等的质量，从而也关系着人