

教育部高等学校  
化工类专业教学指导委员会推荐教材

# 助剂化学及 工艺学

(第二版)

冯亚青 陈立功 主编



化学工业出版社



教育部高等学校化工类专业教学指导委员会推荐教材

# 助剂化学及工艺学

(第二版)

冯亚青 陈立功 主编



化学工业出版社

· 北京 ·

本书对塑料、橡胶、涂料、石油化工产品和纺织染整助剂等按其作用功能综合编排分类。全书共分10章,包括绪论、增塑剂、抗氧化剂、热稳定剂、光稳定剂、阻燃剂、交联剂与偶联剂、乳化剂与分散剂、流动性能与流变性能改进剂、其他助剂。着重介绍了各类助剂的基本概念、国内外生产概况、作用原理、结构特征、主要产品合成工艺、应用性能及发展趋势。本书内容丰富,取材新颖、实用性强。

本书可作为高等院校化学、化工及相关专业本科教材,也可供相关专业教师、研究生、各类助剂生产企业及科研单位等人员参考。

#### 图书在版编目(CIP)数据

助剂化学及工艺学/冯亚青,陈立功主编.—2版.—北京:  
化学工业出版社,2015.6  
教育部高等学校化工类专业教学指导委员会推荐教材  
ISBN 978-7-122-22895-6

I. ①助… II. ①冯…②陈… III. ①助剂-高等学校-教材  
IV. ①TQ047.1

中国版本图书馆CIP数据核字(2015)第018743号

---

责任编辑:何丽 徐雅妮

文字编辑:李瑾

责任校对:边涛

装帧设计:关飞

---

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:北京永鑫印刷有限责任公司

装订:三河市宇新装订厂

787mm×1092mm 1/16 印张25 字数651千字 2015年8月北京第2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:49.00元

版权所有 违者必究

# 教育部高等学校化工类专业教学指导委员会 推荐教材编审委员会

主任委员 王静康 冯亚青

副主任委员 张凤宝 高占先 张泽廷 于建国 曲景平 陈建峰

李伯耿 山红红 梁斌 高维平 郝长江

委员 (按姓名笔画排序)

马晓迅 王存文 王光辉 王延吉 王承学 王海彦

王源升 韦一良 乐清华 刘有智 汤吉彦 李小年

李文秀 李文翠 李清彪 李瑞丰 杨亚江 杨运泉

杨祖荣 杨朝合 吴元欣 余立新 沈一丁 宋永吉

张玉苍 张正国 张志炳 张青山 陈 砺 陈大胜

陈卫航 陈丰秋 陈明清 陈波水 武文良 武玉民

赵志平 赵劲松 胡永琪 胡迁林 胡仰栋 钟 宏

钟 秦 姜兆华 费德君 姚克俭 夏淑倩 徐春明

高金森 崔 鹏 梁 红 梁志武 程 原 傅忠君

童张法 谢在库 管国锋

# 序

化学工业是国民经济的基础和支柱性产业，主要包括无机化工、有机化工、精细化工、生物化工、能源化工、化工新材料等，遍及国民经济建设与发展的重要领域。化学工业在世界各国国民经济中占据重要位置，自 2010 年起，我国化学工业经济总量居全球第一。

高等教育是推动社会经济发展的重要力量。当前我国正处在加快转变经济发展方式、推动产业转型升级的关键时期。化学工业要以加快转变发展方式为主线，加快产业转型升级，增强科技创新能力，进一步加大节能减排、联合重组、技术改造、安全生产、两化融合力度，提高资源能源综合利用效率，大力发展循环经济，实现化学工业集约发展、清洁发展、低碳发展、安全发展和可持续发展。化学工业转型迫切需要大批高素质创新人才，培养适应经济社会发展需要的高层次人才正是大学最重要的历史使命和战略任务。

教育部高等学校化工类专业教学指导委员会（简称“化工教指委”）是教育部聘请并领导的专家组织，其主要职责是以人才培养为本，开展高等学校本科化工类专业教学的研究、咨询、指导、评估、服务等工作。高等学校本科化工类专业包括化学工程与工艺、资源循环科学与工程、能源化学工程、化学工程与工业生物工程等，培养化工、能源、信息、材料、环保、生物工程、轻工、制药、食品、冶金和军工等领域从事工程设计、技术开发、生产技术管理和科学研究等方面工作的工程技术人才，对国民经济的发展具有重要的支撑作用。

为了适应新形势下教育观念和教育模式的变革，2008 年“化工教指委”与化学工业出版社组织编写和出版了 10 种适合应用型本科教育、突出工程特色的“教育部高等学校化学工程与工艺专业教学指导分委员会推荐教材”（简称“教指委推荐教材”），部分品种为国家级精品课程、省级精品课程的配套教材。本套“教指委推荐教材”出版后被 100 多所高校选用，并获得中国石油和化学工业优秀教材等奖项，其中《化工工艺学》还被评选为“十二五”普通高等教育本科国家级规划教材。

党的十八大报告明确提出要着力提高教育质量，培养学生社会责任感、创新精神和实践能力。高等教育的改革要以更加适应经济社会发展需要为着力点，以培养多规格、多样化的应用型、复合型人才为重点，积极稳步推进卓越工程师教育培养计划实施。为提高化工类专业本科生的创新能力和工程实践能力，满足化工学科知识与技术不断更新以及人才培养多样化的需求，2014 年 6 月“化工教指委”和化学工业出版社共同在太原召开了“教育部高等学校化工类专业教学指导委员会推荐教材编审会”，在组织修订第一批 10 种推荐教材的同时，增补专业必修课、专业选修课与实验实践课配套教材品种，以期为我国化工类专业人才培养提供更丰富的教学支持。

本套“教指委推荐教材”反映了化工类学科的新理论、新技术、新应用，强化

安全环保意识；以“实例—原理—模型—应用”的方式进行教材内容的组织，便于学生学以致用；加强教育界与产业界的联系，联合行业专家参与教材内容的设计，增加培养学生实践能力的内容；讲述方式更多地采用实景式、案例式、讨论式，激发学生的学习兴趣，培养学生的创新能力；强调现代信息技术在化工中的应用，增加计算机辅助化工计算、模拟、设计与优化等内容；提供配套的数字化教学资源，如电子课件、课程知识要点、习题解答等，方便师生使用。

希望“教育部高等学校化工类专业教学指导委员会推荐教材”的出版能够为培养理论基础扎实、工程意识完备、综合素质高、创新能力强的化工类人才提供系统的、优质的、新颖的教学内容。

**教育部高等学校化工类专业教学指导委员会**

**2015年1月**

# 前言

自 1997 年以来, 所编《助剂化学及工艺学》作为精细化工专业本科生教材业已得到了广泛的应用。但由于近二十年来高分子材料助剂领域又得到了进一步的发展; 1997 年版《助剂化学及工艺学》在得到广大读者喜爱的过程中, 也收集到一些宝贵的建议; 在教学过程中, 也发现一些章节安排上的不妥之处。基于此, 我们对 1997 年版《助剂化学及工艺学》进行了修订。

由于 1997 年版《助剂化学及工艺学》的内容过于繁杂, 此次修订我们进行了大幅精简。由原书的 15 章, 精简合并为 10 章。其中第 1、第 2、第 6、第 8 章由冯亚青、张宝和孟舒献老师修订; 第 3、第 4 章由陈立功老师修订; 第 5、第 9 章由李阳老师修订; 第 7 章由周雪琴老师修订; 第 10 章由闫喜龙老师修订, 其中成核剂部分由宋健教授撰写。本书修订过程中得到了博士生赵旭等的无私帮助, 特此致谢。

本书在第一版基础上修订完成, 在此向为第一版教材编写做出贡献的王利军、刘东志教授表示感谢; 对本书的修订给予帮助的天津大学精细化工系的教师们及对本书的修订提出了许多宝贵建议的热心读者, 在此一并致谢!

由于笔者水平有限, 时间仓促, 且本书涉猎的内容广泛, 书中疏漏之处在所难免, 敬请广大读者批评指正!

编者

2015 年 3 月于天津大学

# 第一版前言

助剂是一类广泛应用于各种材料和产品的精细化学品，在生产加工过程中其用量虽小，但可显著改善制品的性能。近 20 年来，助剂工业得到了极其迅猛的发展，有关各类助剂的研究十分活跃，仅 1990~1994 年有关抗氧剂的文献及专利报道就有 11 万多篇。助剂工业几乎与现在所有行业及人们的衣食住行都密切相关，其涉及领域之广、专用性之强是任何其他行业所无法比拟的。

由于助剂的种类繁多，作用各异。近几年来，按应用对象所用助剂的专著时有出版，如《塑料加工助剂》，《橡胶加工助剂》，《纺织染整助剂》，《高分子材料老化与防老》，《阻燃剂》，《增塑剂》，《偶联剂》，《食品添加剂》，《涂料助剂》，《现代润滑油与燃料添加剂》等，但迄今为止还没有一本可供大专院校使用的助剂教材出版。我们在天津大学自编教材《助剂化学》一书的基础上，对塑料、橡胶、纤维、涂料、石油化工产品及纺织染整助剂等按作用机理重新综合编排分类，着重介绍了各类助剂的概念、特点、应用范围、作用机理、合成工艺及国内外发展概况和趋势。通过本书的学习，可使读者较为全面了解各类助剂的作用机理、制备及应用。

本教材共分 15 章。其中第 1、2、5、6、13 章由冯亚青编写；第 3、4、10 章由陈立功编写；第 8、11、12、15 章由王利军编写；第 7、9、14 章由刘东志编写。在本教材的筹备及编写过程中得到了孙春光同志的帮助，特此致谢。另外对崔现宝、刘志华、宋哲及所有关心与帮助本书出版的同志，在此一并致谢。

由于笔者水平有限，时间仓促，加之该书内容涉及的范围较广，错误和缺点恳请读者批评指正。

编者

1997 年 1 月



# 目录

## 1 绪论 / 1

1.1 助剂的概念 .....	1
1.2 助剂的特点 .....	2
1.3 助剂的分类 .....	2
1.3.1 按应用对象分类 .....	2
1.3.2 按使用范围分类 .....	3
1.3.3 按作用功能分类 .....	4
1.4 如何选用助剂 .....	7
1.4.1 助剂与制品的配伍性 .....	7
1.4.2 助剂的耐久性 .....	7
1.5 助剂工业的国内外状况及发展 动态 .....	8
1.5.1 国内外助剂工业状况 .....	8
1.5.2 助剂的发展趋势 .....	9
1.6 本书讨论范围 .....	11
参考文献 .....	11

## 2 增塑剂 / 13

2.1 增塑剂 .....	13
2.1.1 增塑剂的定义 .....	13
2.1.2 增塑剂的分类 .....	13
2.1.3 增塑剂的性能要求 .....	14
2.1.4 增塑剂的工业概况及国内外生产 现状 .....	18
2.2 增塑机理 .....	21
2.2.1 范德华力 .....	21
2.2.2 氢键 .....	22
2.2.3 结晶 .....	22
2.3 增塑剂的化学及工艺 .....	25
2.3.1 邻苯二甲酸酯 .....	26
2.3.2 脂肪族二元酸酯 .....	32
2.3.3 磷酸酯 .....	34
2.3.4 环氧化物 .....	36
2.3.5 多元醇酯 .....	38
2.3.6 含氯化合物 .....	41
2.3.7 聚酯 .....	43

2.3.8 石油酯 .....	44
2.3.9 苯多酸酯 .....	45
2.3.10 柠檬酸酯 .....	46
2.4 增塑剂的选用 .....	47
2.4.1 在PVC中选用增塑剂的原则 .....	47
2.4.2 在其他热塑性塑料中增塑剂的 选用 .....	49
2.5 增塑剂的发展趋势 .....	50
2.5.1 提高增塑剂的耐久性 .....	50
2.5.2 提高增塑剂的安全性 .....	50
2.5.3 开发功能性增塑剂 .....	51
参考文献 .....	51

## 3 抗氧化剂 / 54

3.1 概述 .....	54
3.2 高分子材料的氧化降解与抗氧化 的作用机理 .....	55
3.2.1 高分子材料的热氧老化 .....	55
3.2.2 抗氧化剂的作用机理 .....	56
3.2.3 抗氧化剂的结构与性能 .....	61
3.3 抗氧化剂的用途、特性及选用 原则 .....	62
3.3.1 抗氧化剂的分类及特性 .....	62
3.3.2 抗氧化剂的选用原则 .....	63
3.4 高分子材料的臭氧化与抗臭 氧化 .....	64
3.5 抗氧化剂各论 .....	65
3.5.1 胺类抗氧化剂(包括抗臭氧剂) .....	65
3.5.2 酚类抗氧化剂 .....	71
3.5.3 硫代酯与亚磷酸酯抗氧化剂 .....	77
3.5.4 其他类型抗氧化剂 .....	78
3.5.5 抗氧化剂生产工艺实例 .....	79
3.6 金属离子钝化剂 .....	80
3.6.1 金属对高分子材料的氧化降解的 作用 .....	80
3.6.2 金属离子钝化剂的作用原理与影 响因素 .....	81

3.6.3 金属离子钝化剂各论 .....	82	5.3 光稳定剂的化学及工艺 .....	139
3.7 抗氧剂的研究进展 .....	83	5.3.1 二苯甲酮类 .....	139
3.7.1 协同效应 .....	83	5.3.2 水杨酸酯类 .....	141
3.7.2 胺类抗氧剂的发展趋势 .....	85	5.3.3 苯并三唑类 .....	142
3.7.3 酚类抗氧化剂的发展趋势 .....	87	5.3.4 三嗪类 .....	143
3.7.4 含磷抗氧剂的发展趋势 .....	89	5.3.5 取代丙烯酸酯和取代丙烯腈类 .....	144
3.7.5 含硫抗氧剂的发展趋势 .....	91	5.3.6 镍络合物类 .....	145
3.7.6 其他类型抗氧剂的发展趋势 .....	91	5.3.7 受阻胺类 .....	147
参考文献 .....	92	5.3.8 炭黑及颜料 .....	157
<b>4 热稳定剂 / 94</b>		5.4 光稳定剂的选用 .....	158
4.1 概述 .....	94	5.4.1 聚合物对紫外线的敏感波长及 紫外线吸收剂的吸收波长 .....	158
4.1.1 热稳定剂的历史沿革 .....	94	5.4.2 与其他助剂的配合使用 .....	158
4.1.2 合成树脂的生产概况 .....	95	5.4.3 光稳定剂的并用 .....	159
4.2 高分子材料的热降解及热稳定 剂的作用机理 .....	95	5.4.4 厚度和用量 .....	159
4.2.1 高分子材料的热降解 .....	95	5.5 光稳定剂在聚合物中的应用 .....	159
4.2.2 非链断裂热降解的反应机理 .....	97	5.5.1 受阻胺类光稳定剂的应用性能 评价 .....	159
4.2.3 非链断裂热降解的影响因素 .....	99	5.5.2 在聚氯乙烯中的应用 .....	161
4.2.4 热稳定剂的作用机理 .....	101	5.5.3 在聚乙烯中的应用 .....	161
4.3 热稳定剂各论 .....	102	5.5.4 在聚丙烯中的应用 .....	161
4.3.1 铅盐类热稳定剂 .....	102	5.5.5 在其他通用塑料中的应用 .....	162
4.3.2 金属皂类热稳定剂 .....	105	5.5.6 在工程塑料中的应用 .....	163
4.3.3 有机锡类热稳定剂 .....	109	5.5.7 在橡胶中的应用 .....	164
4.3.4 液体复合热稳定剂 .....	115	5.5.8 在涂料中的应用 .....	165
4.3.5 有机辅助热稳定剂 .....	117	5.6 光稳定剂的发展趋势 .....	165
4.4 热稳定剂的发展趋势 .....	120	5.6.1 高效紫外线吸收剂 .....	166
4.4.1 低毒、无毒的趋向 .....	120	5.6.2 复合型光稳定剂 .....	166
4.4.2 有机锡类热稳定剂的进展 .....	121	5.6.3 受阻胺类光稳定剂 .....	166
4.4.3 金属盐类热稳定剂 .....	122	5.6.4 反应型光稳定剂 .....	166
4.4.4 有机辅助热稳定剂 .....	122	参考文献 .....	166
参考文献 .....	124	<b>6 阻燃剂 / 169</b>	
<b>5 光稳定剂 / 127</b>		6.1 概述 .....	169
5.1 概述 .....	127	6.1.1 阻燃剂的概念 .....	169
5.1.1 光稳定剂的定义、特性及性能 要求 .....	127	6.1.2 阻燃剂国内外生产状况 .....	170
5.1.2 光稳定剂的国内外生产状况 .....	128	6.2 聚合物的燃烧和阻燃剂的作用 机理 .....	171
5.2 光稳定剂的作用机理 .....	129	6.2.1 燃烧机理 .....	171
5.2.1 光老化机理 .....	129	6.2.2 聚合物燃烧性标准 .....	172
5.2.2 引发光降解的重要因素 .....	132	6.2.3 阻燃机理 .....	172
5.2.3 光稳定剂的作用机理 .....	135	6.3 阻燃的化学及工艺 .....	176
		6.3.1 阻燃剂的分类 .....	176

6.3.2	添加型阻燃剂 .....	177	8.2.1	乳化剂的作用机理 .....	247
6.3.3	反应型阻燃剂 .....	188	8.2.2	乳化液的类型 .....	247
6.4	阻燃剂的应用 .....	190	8.2.3	乳化剂的类别、合成及特性 .....	248
6.4.1	阻燃剂的用量及使用要求 .....	190	8.2.4	乳化液的性质及影响因素 .....	260
6.4.2	阻燃剂在塑料中的应用 .....	191	8.2.5	乳化剂的选择方法 .....	264
6.4.3	阻燃剂在纤维中的应用 .....	194	8.2.6	乳化方法 .....	266
6.4.4	阻燃剂在钢材中的应用 .....	194	8.2.7	乳化剂的应用 .....	267
6.4.5	阻燃剂在电线电缆中的应用 .....	195	8.3	分散剂 .....	270
6.4.6	阻燃剂在木材中的应用 .....	195	8.3.1	分散剂的类别和作用 .....	270
6.4.7	阻燃剂在纸张中的应用 .....	195	8.3.2	染料加工用分散剂 .....	271
6.5	消烟剂 .....	196	8.3.3	涂料工业用分散剂 .....	275
6.5.1	有机聚合物的分子结构以及添 加剂对发烟性的影响 .....	196	8.3.4	制浆造纸工业用分散剂 .....	276
6.5.2	消烟剂的种类和应用 .....	197	8.3.5	化妆品用分散剂 .....	277
6.6	阻燃剂的发展趋势 .....	198	8.3.6	石油工业用分散剂 .....	277
6.6.1	无卤化趋势 .....	198	8.3.7	超分散剂的应用 .....	278
6.6.2	发展多功能阻燃剂 .....	199	8.4	乳化剂、分散剂发展趋势 .....	278
6.6.3	阻燃剂的颗粒超细化和表面 改性 .....	199	参考文献 .....		279
6.6.4	纳米阻燃剂趋势 .....	199			
6.6.5	抑烟化、减少有害气体趋势 .....	199			
6.6.6	现有阻燃剂品种的改进 .....	200			
参考文献 .....		201			
<b>7</b>	<b>交联剂与偶联剂 / 204</b>		<b>9</b>	<b>流动性能与流变性能改进剂 / 281</b>	
7.1	概述 .....	204	9.1	流动性能改进剂 .....	281
7.2	交联剂 .....	205	9.1.1	降凝剂 .....	282
7.2.1	交联剂的发展背景及分类 .....	205	9.1.2	低温流动改进剂 .....	288
7.2.2	有机过氧化物交联剂 .....	206	9.1.3	黏度指数改进剂 .....	293
7.2.3	胺类交联剂 .....	211	9.1.4	流动性能改进剂的发展趋势 .....	299
7.2.4	树脂类交联剂 .....	215	9.2	流变性能改进剂 .....	301
7.3	偶联剂 .....	218	9.2.1	流变剂 .....	301
7.3.1	偶联剂的发展背景及分类 .....	218	9.2.2	增稠剂 .....	312
7.3.2	硅烷偶联剂 .....	218	9.2.3	流平剂 .....	320
7.3.3	钛酸酯偶联剂 .....	235	9.2.4	流变性改进剂的发展趋势 .....	325
7.3.4	其他偶联剂 .....	241	参考文献 .....		327
7.4	交联剂和偶联剂的发展趋势 .....	244			
参考文献 .....		244	<b>10</b>	<b>其他助剂 / 328</b>	
<b>8</b>	<b>乳化剂、分散剂 / 246</b>		10.1	润滑添加剂 .....	328
8.1	概述 .....	246	10.1.1	概述 .....	328
8.2	乳化剂 .....	246	10.1.2	高分子材料加工用润滑剂 种类 .....	329
			10.1.3	载荷添加剂 .....	333
			10.1.4	纺织纤维用油剂 .....	340
			10.1.5	润滑添加剂的发展趋势 .....	348
			10.2	发泡剂与消泡剂 .....	349
			10.2.1	概述 .....	349
			10.2.2	发泡与消泡原理 .....	350
			10.2.3	发泡剂 .....	351

10.2.4	消泡剂 .....	356	10.4.1	概述 .....	378
10.2.5	消泡剂的种类 .....	357	10.4.2	防腐防霉剂的种类及应用 .....	379
10.2.6	发泡剂和消泡剂的发展趋势 .....	360	10.4.3	防锈剂及缓蚀剂 .....	381
10.3	抗静电剂和柔软剂 .....	361	10.4.4	防腐防霉剂及防锈剂的发展 趋势 .....	382
10.3.1	概述 .....	361	10.5	聚丙烯成核剂 .....	383
10.3.2	抗静电剂 .....	363	10.5.1	概述 .....	383
10.3.3	柔软剂 .....	371	10.5.2	成核剂的品种与应用 .....	384
10.3.4	抗静电剂和柔软剂的发展 趋势 .....	376	10.5.3	成核剂的发展趋势 .....	387
10.4	防腐防霉剂及防锈剂 .....	377	参考文献	.....	387

# 绪 论

## 1.1 助剂的概念

助剂又称添加剂。广义上讲，助剂是泛指某些材料和产品在生产和加工过程中为改进生产工艺和产品的性能而加入的辅助物质。狭义地讲，加工助剂是指那些为改善某些材料的加工性能和最终产品的性能而分散在材料中，对材料结构无明显影响的少量化学物质<sup>[1,2]</sup>。

助剂是精细化工行业中的一大类产品。它能赋予制品以特殊性能，延长其使用寿命，扩大其应用范围，改善加工效率，加速反应过程，提高产品收率。因此，助剂广泛应用于化学工业，特别是塑料、纤维、橡胶等三大合成材料的制造加工，以及有机合成、石油炼制、纺织、印染、农药、医药、涂料、造纸、食品、皮革等精细化工各部门<sup>[3,4]</sup>。

近年来，我国石油化工、合成材料和精细化工工业有了较大的发展，它们所需要的配套助剂品种和数量也愈来愈多，助剂的应用已遍及国民经济的各个领域。除上述工业部门外，还广泛用于化妆品、选矿、机械、金属加工、照相、染料、颜料、石油开采、洗涤剂等行业，成为工农业生产、尖端科学技术和人民生活中不可缺少的重要组成部分。

以塑料为例，为了降低聚氯乙烯树脂的成型温度，使制品柔软而需要添加增塑剂；为了制备质量轻、抗震、隔热、隔音的泡沫塑料要添加发泡剂；有些塑料的热分解温度与成型加工温度非常接近，不加入热稳定剂就无法成型；聚乙烯和聚丙烯在室外使用时非常容易老化，不加抗氧剂及光稳定剂，使用寿命会大为缩短，聚丙烯在 150℃ 下，只需 0.5h 左右就会严重老化，无法加工成制品，添加适当稳定剂后聚丙烯在上述温度下的老化寿命可以提高到 2000h 以上，从而使其获得迅速发展；没有阻燃剂、抗静电剂，塑料就无法用于航空航天、电子电器、建筑、交通等部门，没有染料或颜料之类的着色剂，塑料制品就会因色调单一而失去商品竞争价值。由此可见，没有助剂的配合，就没有塑料工业的发展。

其他领域也是如此。如橡胶类：纯的丁苯硫化胶的强度只有 14~21kgf/cm<sup>2</sup><sup>①</sup>，没有实用价值，以炭黑补强后，可以提高到 170~245kgf/cm<sup>2</sup>，成为应用最广的一种合成橡胶。许多合成纤维由于吸湿性小、导电性差、摩擦系数大，不具有可纺性。只有用适当油剂处理后，它们才能顺利地纺纱，得到深受消费者欢迎的各种纺织品。在科学研究和生产技术上遇

① 1kgf/cm<sup>2</sup>=98.0665kPa，全书余同。

到的许多难题，由于助剂的使用，而得到圆满的解决，从而使许多精细化工产品获得更有效地应用。因此，人们又称助剂为“工业味精”。

## 1.2 助剂的特点

助剂在量和质上的基本特点是小批量、多品种、特定功能、复配使用。

(1) **小批量、多品种** 助剂是一个品目繁多的精细化工行业。尽管有的品种如增塑剂中邻苯二甲酸酯类，连续化生产装置最大规模已达 10 万吨/年，但与其他行业相比仍属于小批量。众多的助剂产品都是小批量生产。不同化学结构的助剂品种有成千上万；而同一化学结构的助剂品种，不同厂家赋予了不同的商品名称，故助剂品种繁多，型号各异，难以准确统计<sup>[5]</sup>。

(2) **特定功能** 不同助剂具有特定的功能，如增塑剂能增加高聚物的弹性；抗氧剂可以防止材料氧化老化；热稳定剂防止材料热老化；光稳定剂防止材料光氧老化；阻燃剂增加材料难燃性；交联剂可使线性高分子转变成体型（三维网状结构）高分子；润滑添加剂用于减少摩擦、改善产品应用和加工性能等。

(3) **复配使用** 一种材料往往需加入多种功能助剂，如塑料中既要加增塑剂，又要添加抗氧剂、光稳定剂，有的还需要添加阻燃剂等。大多数助剂都具有专门的功能，有些助剂兼具几种作用，但没有一种是万能的助剂。为了达到良好的效果，各类助剂常常配合使用。如果配合得当，不同助剂之间常常会相互增效，即达到所谓“协同作用”。

## 1.3 助剂的分类

随着化工行业的发展、加工技术的不断进步和产品用途的日益扩大，助剂的类别和品种也日趋增加，成为一个品目十分繁杂的化工行业。因此助剂的分类复杂，大致有以下几种分类方法。

### 1.3.1 按应用对象分类

按应用对象可分为八大类，每一大类中根据具体应用对象又可分成若干小类。

(1) **高分子材料助剂**<sup>[6~11]</sup> 主要指塑料、橡胶助剂。

塑料助剂又叫塑料添加剂，是聚合物（合成树脂）进行成型加工时为改善其加工性能或为改善树脂本身性能而必须添加的物质。主要包括：增塑剂、热稳定剂、光稳定剂、抗氧剂、交联剂和助交联剂、发泡剂、阻燃剂、润滑剂、抗静电剂、防雾剂、固化剂等。橡胶助剂是橡胶加工用的一大类添加剂，包括硫化剂（交联剂）、硫化促进剂、硫化活性剂、防焦剂、防老剂、软化剂、增塑剂、塑解剂和再生活化剂、增黏剂、胶乳专用助剂等主要助剂，还有着色剂、发泡剂、阻燃剂等。

(2) **纺织染整助剂**<sup>[12~15]</sup> 是纺织工业在纺丝、纺纱、织布、印染至成品的各道加工工序中，根据纤维的性能需加入不同的辅助化学药剂，以提高纺织品质量、改善加工效果、提高生产效率、简化工艺过程、降低生产成本并赋予纺织品优异的应用性能。这种辅助化学品通称为纺织染整助剂。包括织物纤维的前处理助剂、印染和染料加工用助剂、织物后整理助剂。织物纤维的前处理助剂主要有：净洗剂、渗透剂、浆料、化学纤维油剂、煮炼剂、漂白

助剂、乳化剂等。印染和染料加工用助剂主要有：消泡剂、匀染剂、黏合剂、交联剂、增稠剂、促染剂、防染剂、拔染剂、还原剂、乳化剂、助溶剂、荧光增白剂、分散剂等。织物后整理助剂主要有：抗静电整理剂、阻燃整理剂、树脂整理剂、柔软整理剂、防水及涂层整理剂、固色剂、紫外线吸收剂等。

(3) **石油工业用助剂**<sup>[16]</sup> 指原油开采和处理添加剂、炼油助剂和石油产品添加剂。原油开采和处理添加剂主要有：钻浆添加剂、强化采油添加剂、原油处理添加剂。石油产品添加剂主要有：燃料和溶剂及其添加剂，润滑油、石蜡、沥青添加剂，油品中的抗氧化剂、清净剂、分散剂、降凝剂、防锈添加剂、黏度添加剂等。

(4) **农药助剂**<sup>[17]</sup> 指在农药剂型的加工和施用中，使用的各种辅助物料的总称。包括有助于农药有效成分的分散剂、乳化剂、溶剂、载体、填料；有助于发挥药效或延长药效的稳定剂、控制释放助剂、增效剂；有助于防治对象接触或吸收农药有效成分的湿润剂、渗透剂、黏着剂等；增加安全性及使用方便的防漂移剂、安全剂、解毒剂、消泡剂、警戒色等。

(5) **涂料助剂**<sup>[18~20]</sup> 又称油漆辅料，系配制涂料的辅助材料，能改进涂料性能，促进涂膜形成。包括催干剂、增韧剂、乳化剂、增稠剂、颜料分散剂、消泡剂、流平剂、抗结皮剂、消光剂、光稳定剂、防霉剂、抗静电剂等。其中用量最大的是催干剂和增韧剂。

(6) **食品工业用添加剂**<sup>[21]</sup> 是为改善食品色、香、味等品质，以及为防腐和加工工艺的需要而加入食品中的物质。常用的食品添加剂包括两类：天然添加剂与人工合成添加剂。天然添加剂来自天然物，主要由植物组织中提取，也包括来自动物和微生物的一些色素。人工合成添加剂是指用人工化学合成方法所制得的有机化合物。包括酸度调节剂、抗结剂、消泡剂、抗氧化剂、漂白剂、膨松剂、着色剂、护色剂、酶制剂、增味剂、营养强化剂、防腐剂、甜味剂、增稠剂、香料等。

(7) **饲料添加剂**<sup>[22]</sup> 是指在饲料生产加工、使用过程中添加的少量或微量物质，在饲料中用量很少但作用显著。饲料添加剂是现代饲料工业必需使用的原料，对强化基础饲料营养价值、提高动物生产性能、保证动物健康、节省饲料成本、改善畜产品品质等方面有明显的效果。类型包括胆汁酸、杜仲叶提取物、促生长物质、微量元素、维生素、氨基酸、抗生素驱虫保健、防腐、中草药、调味剂、酸化剂类等。

(8) **医药助剂**<sup>[23]</sup> 在医学中定义为生产药品和调配处方时所用的赋形剂和附加剂，即除了主要药物活性成分以外一切物料的总称，是药物制剂的重要组成部分。大致分为九大类：防腐剂、抗氧化剂、黏合剂、崩解剂、乳化剂、助悬剂、透皮吸收助渗剂、矫味剂、着色剂等。根据临床需要和药物的性质，一种药物常被制成不同的制剂，制剂时需加入的附加剂也是医药助剂。

按应用对象分类还包括木材助剂<sup>[24]</sup>、金属助剂<sup>[25]</sup>、水泥添加剂<sup>[26]</sup>、燃烧助剂<sup>[27]</sup>等。

### 1.3.2 按使用范围分类

按使用范围一般可分为合成用助剂、加工用助剂和增效性添加剂三大类。

(1) **合成用助剂** 是指在合成反应中所加入的助剂。用量不多，但作用显著，既可以改变反应的速度和方向、提高选择性和转化率，又可以引发、阻聚和终止聚合反应。包括：催化剂、引发剂、溶剂、分散剂、乳化剂、阻聚剂、调节剂、终止剂等。

(2) **加工用助剂** 是指材料在加工过程中所加的添加剂。如由生胶、树脂制造橡胶、塑料制品的加工过程中以及化学纤维纺丝和纺纱过程中所需要的各种辅助化学药品。加工助剂有：增塑剂、稳定剂、阻燃剂、发泡剂、固化剂、硫化剂、促进剂、油剂等。

(3) **增效性添加剂** 是指添加少量或微量物质而显著增效。如饲料添加剂中需给畜、禽



提供各种维生素、微量元素及其他营养成分的各类氨基酸、维生素和微量元素等预先混合配制成的添加剂。

按使用范围分类的方法，一般多用于合成材料助剂的划分<sup>[28]</sup>。

### 1.3.3 按作用功能分类

按作用功能分类可分为九大类，如表 1-1 所示。每一大类中包括若干不同类型助剂，这是概括所有应用对象的一种综合性分类方法。其中最为重要的、具有代表性的、应用面广的助剂类型介绍如下。

表 1-1 助剂按作用功能分类

作用功能	助剂类型
稳定化助剂	抗氧化剂、光稳定剂、热稳定剂、防霉剂、防腐剂、防锈剂
改善机械性能助剂	硫化剂、硫化促进剂、防焦剂、偶联剂、交联剂、补强剂、填充剂、抗冲击剂
改善加工性能助剂	润滑添加剂、脱模剂、塑解剂、软化剂、消泡剂、匀染剂、黏合剂、交联剂、增稠剂、促染剂、防染剂、乳化剂、分散剂、助溶剂
柔软化和轻质化助剂	增塑剂、发泡剂、柔软剂
改进表面性能和外观的助剂	润滑剂、抗静电剂、防雾滴剂、着色剂、固色剂、增白剂、光亮剂、防粘连剂、滑爽剂、净洗剂、渗透剂、漂白助剂、乳化剂、分散剂
难燃性助剂	阻燃剂、不燃剂、填充剂
提高强度、硬度助剂	填充剂、增强剂、补强剂、交联剂、偶联剂
改变味觉助剂	调味剂、酸味剂、鲜味剂、品种改良剂
改进流动和流变性能助剂	降凝剂、黏度指数改进剂、流平剂、增稠剂、流变剂

主要品种有增塑剂、抗氧化剂、热稳定剂、光稳定剂、阻燃剂、交联剂与偶联剂、乳化剂和分散剂、流变性能和流动性能改进剂、柔软剂、润滑添加剂、发泡剂与消泡剂、抗静电剂、抗菌剂和防腐剂及防锈剂、成核剂。

(1) **增塑剂** 能增加高聚物的弹性，使之易于加工的物质。又叫塑化剂，是工业上被广泛使用的高分子材料助剂，在塑料加工中添加这种物质，可以使其柔韧性增强。本品大部分用于聚氯乙烯，是产量和消耗量最大的一类有机助剂。从化学结构分类有脂肪族二元酸酯类、苯二甲酸酯类（包括邻苯二甲酸酯类、对苯二甲酸酯类）、苯多酸酯类、苯甲酸酯类、多元醇酯类、氯化烃类、环氧类、柠檬酸酯类、聚酯类等多种。主要品种为邻苯二甲酸酯类<sup>[29]</sup>。

(2) **抗氧化剂** 防止材料氧化老化的物质。有自由基抑制剂和过氧化物分解剂两大类。它是稳定化助剂的主体，应用最广。在橡胶工业中，抗氧化剂习惯上称作防老剂。包括胺类和酚类两大系列。芳香胺类抗氧化剂，是生产数量最多的一类，价格低廉，抗氧化效果显著，主要有：二苯胺、对苯二胺和二氢喹啉等化合物及其衍生物或聚合物。酚类抗氧化剂主要有受阻酚类抗热氧化。过氧化物分解剂又称辅助抗氧化剂，主要是硫代二羧酸酯和亚磷酸酯，通常与主抗氧化剂并用。

(3) **热稳定剂** 防止材料老化的物质。主要用作聚氯乙烯及氯乙烯共聚物之稳定剂，包括盐基性铅盐、金属皂类和盐类、有机锡化合物等主稳定剂和环氧化合物、亚磷酸酯、多元醇等有机辅助稳定剂。主稳定剂（主要是金属皂类和盐类以及有机锡化合物）与辅助稳定剂、其他稳定化助剂组成的复合稳定剂，在热稳定剂中占据很重要的地位。

(4) **光稳定剂** 防止材料光氧老化的物质，又称紫外线光稳定剂。按照其主要的作用机理，光稳定剂可以分为光屏蔽剂、紫外线吸收剂、猝灭剂和自由基捕获剂四大类。光屏蔽剂包括炭黑、氧化锌和一些无机颜料。紫外线吸收剂有水杨酸酯、二苯甲酮、苯并三唑、取代丙烯腈、三嗪等结构。猝灭剂主要是镍的有机螯合物。自由基捕获剂主要是受阻胺类光稳定



剂，也是发展最快、效果最好的光稳定剂。

(5) **阻燃剂** 增加材料难燃性的物质。难燃包含不燃和阻燃两个概念。阻燃剂广泛用于高分子材料、纺织纤维、纺织制品、造纸等行业。阻燃剂分添加型和反应型两大类。添加型阻燃剂包括磷酸酯、氯化石蜡、有机溴和氯化物、氢氧化铝及氧化锑等；反应型阻燃剂包含有卤代酸酐、卤代双酚 A 和含磷多元醇等类。由于对聚合物材料燃烧时产生大量烟雾所引起的危害日益关切，作为阻燃剂的一个分支，发展了一类新的助剂——烟雾抑制剂<sup>[30]</sup>。

(6) **交联剂** 使线性高分子转变成体型（三维网状结构）高分子的作用谓之“交联”，能引起交联的物质叫交联剂。交联的方法主要有辐射交联和化学交联。化学交联采用交联剂，有机过氧化物是常用的交联剂，其次是酯类；环氧树脂的固化剂也是交联剂，常用的固化剂是胺类和有机酸酐。

能使橡胶起交联的物质称为“硫化剂”，与“硫化剂”配合使用的助剂为硫化促进剂、硫化活化剂、防焦剂。噻唑类及次磺酰胺衍生物是重要的促进剂，还有秋兰姆类、二硫代氨基甲酸盐、胍类、硫脲类、黄原酸盐类、醛胺缩合物及胺类等。硫化活化剂主要有无机类的氧化锌、氧化镁、氧化铝、氧化钙和有机类的硬脂酸和醇胺类。防焦剂主要有亚硝基化合物、有机酸及酸酐、硫代酰亚胺等类。

(7) **偶联剂** 是在无机材料或填料与有机合成材料之间起偶联作用的一种物质，也是应用于黏合材料和复合材料中的一种助剂。它在塑料加工过程中可降低合成树脂熔体的黏度，改善填充剂的分散度以提高加工性能，进而使制品获得良好的表面质量及机械、热和电性能。主要有硅烷衍生物、酞酸酯类、锆酸酯类和铬络合物，又称表面改性剂。偶联剂一般由两部分组成：一部分是亲无机基团，可与无机填充剂或增强材料作用；另一部分是亲有机基团，可与合成树脂作用。

(8) **乳化剂和分散剂** 乳化剂是指能使互不相溶的两种液体中的任何一种液体均匀稳定地分散到另一种液体体系中的物质。而分散剂则指能使固体微粒均匀稳定地分散在液体体系中的物质。它们广泛用于石油开采、纺织染整、农药、化妆品等行业，大多为表面活性剂，两者有时是相同的。乳化剂分为阴离子型、阳离子型、非离子型三大类；而分散剂主要为阴离子型、阳离子型、非离子型和高分子型。

(9) **流变性能改进剂** 指能够改变不同剪切速度下黏度特性的添加剂。包括流变剂、增稠剂和流平剂。应用于涂料、乳液等体系中。流变剂主要有有机膨润土、氢化蓖麻油、聚乙烯蜡、触变性树脂。增稠剂是一类广泛应用于水基乳状体系如乳胶漆涂料印花浆、化妆品和食品等体系中的流变助剂。主要有脂肪醇聚醚醚胺类、甲基纤维素衍生物类、不饱和酸聚合物和有机金属化合物类等。流平剂是一类通过改变涂料与底材之间表面张力而提高润滑性，从而确保涂层表面平整、有光泽的添加剂，主要有溶剂类、醋丁纤维素类、聚丙烯酸酯类、有机硅树脂类和含氟表面活性剂类等。

(10) **流动性能改进剂** 用于原油、润滑油和燃料油中控制流动性能变化的一类助剂。包括降凝剂、黏度指数改进剂和低温流动性能改进剂。降凝剂主要有均聚物如聚甲基丙烯酸酯、聚 $\alpha$ -烯烃等，共聚物如以乙烯为基础的聚合物，以不饱和羧酸酯为基础的聚合物等、N-烷基琥珀酰胺及其衍生物、氢化脂肪仲胺等。黏度指数改进剂包括均聚物如聚甲基丙烯酸酯、聚异丁烯等，共聚物如乙-丙共聚物，聚苯乙烯-不饱和羧酸酰胺共聚物等。低温流动性能改进剂则主要有聚乙烯-醋酸乙烯酯、 $\alpha$ -烯烃-马来酸酐共聚物等。

(11) **柔软剂** 用来降低纤维间的摩擦系数，以获得柔软效果的物质。柔软剂是一类能改变纤维的静、动摩擦系数的化学物质。当改变静摩擦系数时，手感触摸有平滑感，易于在纤维或织物上移动；当改变动摩擦系数时，纤维与纤维之间的微细结构易于相互移动，也就