



精细化工技术系列



高分子材料助剂

GAOFENZI CAILIAO ZHUJI

李玉龙 主编

薛叙明 主审



化学工业出版社

精细化工技术系列

高分子材料助剂

李玉龙 主 编

薛叙明 主 审



化学工业出版社

· 北 京 ·

本书全面介绍了高分子材料助剂中用量大、影响面较广的增塑剂、抗氧剂、热稳定剂、光稳定剂、阻燃剂、润滑剂、抗静电剂、交联剂、偶联剂等品种,内容包括各类助剂的基本概念、作用机理、生产工艺、应用特性及发展趋势,重点突出各类助剂典型产品的生产与应用。

本书主要作为高职高专精细化工专业的专业教材,亦可作为其他化工类专业的选修教材,还可作为化工行业工程技术人员的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

高分子材料助剂/李玉龙主编. —北京:化学工业出版社,
2008.7
(精细化工技术系列)
ISBN 978-7-122-03288-1

I. 高… II. 李… III. 高分子材料-助剂 IV. TQ314.24

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 097380 号

责任编辑: 窦 臻 张双进
责任校对: 洪雅姝

文字编辑: 徐雪华
装帧设计: 王晓宇

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 装: 化学工业出版社印刷厂

787mm×1092mm 1/16 印张 11 字数 272 千字 2008 年 9 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: 19.80 元

版权所有 违者必究

精细化工技术系列教材编审委员会

主任委员 丁志平

副主任委员 (按姓名笔画排列)

田铁牛 吴英绵 金万祥 赵玉奇
秦建华 薛叙明

委员 (按姓名笔画排列)

丁志平 王世娟 王成琼 王爱军
仓理 田铁牛 刘宏 刘雁
李璟 李玉龙 李平辉 李赞忠
杨晓东 吴红 吴英绵 张小华
张云良 陈亚鹏 金万祥 赵玉奇
胡瑾 秦建华 顾玲 薛叙明

前 言

本教材是在全国化工高职教学指导委员会精细化工专业委员会的指导下,根据教育部有关高职高专教材建设的文件精神,以高职高专精细化工专业学生的培养目标为依据编写的。教材在编写过程中征求了来自企业专家的意见,具有较强的实用性。

精细化工是当今化学工业中最具活力的新兴领域之一,是新材料的重要组成部分。精细化工产品种类多、附加值高、用途广、产业关联度大,直接服务于国民经济的诸多行业和高新技术产业的各个领域。近年来,中国的精细化工发展迅猛,精细化率逐年上升。因此,必须大力培养精细化工专业的高技能应用型人才,以适应精细化工行业发展的需要。

助剂是典型的精细化学品,其种类繁多,作用各异,广泛应用于各种材料和产品。而高分子材料用助剂又是助剂家族中的典型代表,是从事精细化工专业的广大学生必须学习的重要领域。

按照高职高专技术应用型人才培养的要求,本书在编写过程中注重贯彻“理论教学以应用为目的,以必需、够用为度,以掌握概念、强化应用、培养技能为重点”的原则。着重突出能力的培养,注重生产实际,注重理论与实践的紧密结合。

本书共分十章,依次为绪论、增塑剂、抗氧剂、热稳定剂、光稳定剂、阻燃剂、润滑剂、抗静电剂、交联剂和偶联剂。其中,第一章和第三章由李玉龙编写,第二章和第六章由胡虹编写,第四章和第七章由胡瑾编写,第五章和第八章由杨晓东编写,第九章和第十章由陈腊梅编写。全书由李玉龙主编,薛叙明主审。

本教材既可作为精细化工专业的专业教材,亦可作为其他化工类专业的选修教材,还可作为化工行业工程技术人员的参考书;既可作为化工类高职高专教材,也可作为化工类其他层次学生的教材。

由于编者水平有限,编写时间仓促,疏漏与不足之处敬请读者批评指正。

编者
2008年5月

目 录

第一章 绪论	1	三、抗氧剂工业概况	43
第一节 助剂的含义及其重要性	1	第二节 抗氧剂的作用机理	44
第二节 助剂的分类	1	一、聚合物的氧化降解机理	44
第三节 助剂的应用	6	二、抗氧剂的作用机理	44
第四节 助剂工业的发展	8	三、抗氧剂的分子结构对抗氧化能力的 影响	47
一、助剂工业的历史与现状	8	第三节 抗氧剂的主要品种与应用性能	47
二、助剂工业的动态与趋势	10	一、胺类抗氧剂	47
第五节 高分子材料助剂	11	二、酚类抗氧剂	52
思考题	12	三、亚磷酸酯类抗氧剂	55
第二章 增塑剂	13	四、含硫化合物类抗氧剂	56
第一节 概述	13	第四节 典型抗氧剂的生产工艺	57
一、增塑剂的定义及性能要求	13	一、防老剂 A 的生产工艺	57
二、增塑剂的分类	14	二、防老剂 D 的生产工艺	57
三、增塑剂的工业概况	16	三、防老剂 H 的生产工艺	58
第二节 增塑剂的作用机理	18	四、防老剂 DNP 的生产工艺	58
一、增塑理论	18	五、防老剂 4010 的生产工艺	59
二、增塑剂的作用机理	19	六、防老剂 BLE 的生产工艺	60
三、增塑过程	21	七、抗氧剂 264 的生产工艺	60
四、内增塑和反增塑作用	22	八、抗氧剂 DLTDP 的生产工艺	61
第三节 增塑剂的主要品种与应用性能	23	第五节 抗氧剂的发展趋势	61
一、邻苯二甲酸酯	23	思考题	62
二、脂肪族二元酸酯	24	第四章 热稳定剂	63
三、磷酸酯	26	第一节 概述	63
四、环氧化物	26	一、热稳定剂的发展变迁	63
五、多元醇酯	28	二、热稳定剂的分类	65
六、含氯化合物	30	三、国内外热稳定剂现状及发展趋势	66
七、聚酯	31	第二节 热稳定剂的作用机理	69
八、石油酯	31	一、合成材料的热降解	69
九、苯多酸酯	32	二、PVC 的热降解机理	70
十、柠檬酸酯	32	三、影响聚氯乙烯热降解的因素	72
第四节 典型增塑剂的生产工艺	33	四、热降解的抑制	74
一、DOP 的生产原理	33	五、热稳定剂的协同机理	74
二、DOP 的生产工艺	35	第三节 热稳定剂的主要品种与应用性能	75
第五节 增塑剂的发展趋势	39	一、铅稳定剂	75
思考题	41	二、金属皂稳定剂	78
第三章 抗氧剂	42	三、有机锡稳定剂	82
第一节 概述	42	第四节 典型热稳定剂的生产工艺	87
一、抗氧剂的含义及性能要求	42	一、三盐基硫酸铅	87
二、抗氧剂的分类	42		

二、酯基锡热稳定剂 RWS-784	88	一、润滑剂的功能	120
第五节 热稳定剂的发展趋势	89	二、润滑剂的作用机理	121
思考题	90	第三节 润滑剂的主要品种与应用性能	122
第五章 光稳定剂	91	一、润滑剂的分类	122
第一节 概述	91	二、润滑剂主要品种及其性能	123
一、光稳定剂的定义、分类及性能要求	91	第四节 典型润滑剂 1,2-亚乙基双硬脂酰胺	
二、光稳定剂的生产与应用概况	92	(EBS) 的生产工艺	128
第二节 光稳定剂的作用机理	93	第五节 润滑剂的发展趋势	129
第三节 光稳定剂的主要品种与生产工艺	94	思考题	129
第四节 光稳定剂在聚合物中的应用	98	第八章 抗静电剂	131
第五节 光稳定剂的发展趋势	98	第一节 概述	131
思考题	99	第二节 抗静电剂的作用原理	133
第六章 阻燃剂	100	第三节 抗静电剂的品种与应用性能	133
第一节 概述	100	第四节 典型抗静电剂的生产工艺	136
一、阻燃剂的概念	100	第五节 抗静电剂的应用	137
二、阻燃剂国内外生产概况	100	思考题	138
第二节 阻燃剂的作用机理	102	第九章 交联剂	139
一、燃烧的机理	102	第一节 概述	139
二、聚合物燃烧性标准	102	第二节 交联剂作用机理	140
三、阻燃机理	102	一、有机交联剂的作用机理	140
第三节 阻燃剂的主要品种与应用性能	104	二、无机交联剂的作用机理	142
一、溴系阻燃剂	105	第三节 交联剂的主要品种与应用性能	143
二、氯系阻燃剂	108	一、过氧化物交联剂	144
三、磷系阻燃剂	108	二、胺类交联剂	146
四、无机阻燃剂	109	三、有机硫化物交联剂	148
第四节 阻燃剂在工业中的应用	112	四、树脂类交联剂	150
一、阻燃剂在塑料工业中的应用	112	第四节 典型交联剂的生产工艺	153
二、阻燃剂在橡胶工业中的应用	112	第五节 交联剂的发展趋势	154
三、阻燃剂在纺织工业中的应用	113	思考题	154
四、阻燃剂在造纸工业中的应用	113	第十章 偶联剂	155
第五节 典型阻燃剂的生产工艺	113	第一节 概述	155
一、十溴二苯醚的生产工艺	113	第二节 偶联剂的作用机理	156
二、氧化铝的生产工艺	114	第三节 偶联剂的主要品种与应用性能	157
第六节 阻燃剂的发展趋势	115	一、硅烷系偶联剂	158
一、溴系阻燃剂	115	二、钛酸酯系偶联剂	160
二、无卤阻燃剂	116	第四节 典型偶联剂的制备	162
三、我国阻燃剂工业的发展趋势	117	第五节 偶联剂的发展趋势	164
思考题	118	思考题	165
第七章 润滑剂	119	参考文献	166
第一节 概述	119		
第二节 润滑剂的作用及其机理	120		

第一章 绪 论

【学习目标】 了解助剂的含义、分类、应用、发展状况和发展趋势，了解高分子材料助剂在助剂工业中的重要地位，明确本课程的主要内容和学习方法，增强学习兴趣。

第一节 助剂的含义及其重要性

助剂又称“添加剂”或“配合剂”。广义上讲，助剂是指某些材料或产品在生产或加工过程中为改进生产工艺、提高产品性能而添加的各种辅助化学品。

助剂广泛应用于塑料、橡胶、合成纤维、涂料、油墨、造纸、皮革、纺织、印染、食品、化妆品、水泥、石油制品等工业产品的生产和加工过程。它能赋予制品以特殊性能，使其延长使用寿命，扩大应用范围，改善加工效率，加速反应进程，提高产品收率。由于助剂的门类庞杂，品种繁多，涉及面广，目前已经成为精细化工行业的一个重要分支。

关于助剂的重要性，具体以塑料制品为例，如聚氯乙烯的加工温度和分解温度很接近，如果不用热稳定剂，就无法加工，从而丧失实用价值；又如聚氯乙烯是极性聚合物，分子敛集程度高，为一脆硬物，如果不加增塑剂，就不能制成软质聚氯乙烯；聚乙烯和聚丙烯在室外使用时非常容易老化，其中，聚丙烯在 150°C 下，0.5h 左右就严重老化，无法加工成制品，而添加适当的稳定剂后，在同样温度下的老化寿命可以延长到 2000h 以上；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。如橡胶类制品，纯的丁苯硫化胶强度只有 $14\sim 21\text{kgf/cm}^2$ ($1\text{kgf/cm}^2=98.0665\text{kPa}$ ，下同)，没有实用价值，加入炭黑补强剂后，可以提高到 $170\sim 245\text{kgf/cm}^2$ ，成为应用最广的一种合成橡胶。再如，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；只有用适当的油剂处理后，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”。

第二节 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，成为一个品种十分繁杂的化工行业。就化学结构而言，聚合物助剂几乎囊括了从无机到有机、从天然化合物到合成化合物、从单一组成的化合物到由多种组分复合而成的混合物、从低分子量单体化合物到高分子量聚合物等几乎所有的化学物质。因此，助剂的分类是比较复杂的，大致有以下几种分类方法。

1. 按应用对象分类

(1) 高分子材料助剂 包括塑料、橡胶、纤维用助剂。

塑料、纤维用助剂主要包括：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。

橡胶用助剂主要有：硫化剂、硫化促进剂、防老剂、抗臭氧剂、塑解剂、防焦剂、填充剂等。

(2) 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、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 包括原油开采和处理添加剂、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：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) 食品工业用添加剂 包括调味剂、着色剂、抗氧化剂、防腐剂、香味剂、乳化剂、酸味剂、鲜味剂、保鲜剂、增稠剂、品种改良剂等。

按应用对象分类还包括涂料助剂、医药助剂、农药助剂、饲料添加剂、水泥添加剂、燃烧助剂等，其有关专著不断问世。

2. 按使用范围分类

按使用范围一般可分为合成用助剂和加工用助剂两大类。

(1) 合成用助剂 合成用助剂是指在合成反应中所加入的助剂。合成用助剂在反应系统中的用量虽然不多，但它们所起的作用却非常显著，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、阻碍和终止聚合反应。对高分子聚合反应来讲，既能为聚合反应提供相适应的介质条件，使反应顺利地进行，又能调节高聚物分子量大小和分子量的分布，保证其质量，改善产品性能。合成用助剂主要包括：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 加工用助剂是指材料在加工过程中所加入的助剂。如由生胶、树脂制造橡胶、塑料制品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品。加工用助剂有：增塑剂、稳定剂、阻燃剂、发泡剂、固化剂、硫化剂、促进剂、油剂等。

按使用范围分类的方法，一般多用于合成材料助剂的划分。

3. 按作用功能分类

按作用功能分类是概括所有应用对象的一种综合性分类方法。在作用功能相同的类别中，往往还要根据助剂的作用机理或化学结构进一步细分。

(1) 稳定化助剂 通常有抗氧化剂、热稳定剂、光稳定剂、防霉剂、防腐剂、防锈剂等。

① 抗氧化剂 防止材料氧化老化的物质。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”。按作用机理分类，抗氧化剂有自由基抑制剂和过氧化物分解剂两大类。自由基抑制剂又称主抗氧化剂，包括胺类和酚类两大系列。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。

② 热稳定剂 防止材料受热老化的物质。它主要用于聚氯乙烯及氯乙烯共聚物之稳定剂。它包括盐基性铅盐、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。

③ 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。

④ 防霉剂 抑制霉菌等微生物生长，防止聚合物材料被微生物侵蚀而降解的物质。绝大多数聚合物材料对霉菌都不敏感，但由于其制品在加工中添加了增塑剂、润滑剂、脂肪酸皂类热稳定剂等可以滋生霉菌类的物质而具有霉菌感受性。适用于塑料、橡胶的防霉剂化学物质很多，比较常见的品种包括有机金属化合物（如有机汞、有机锡、有机铜、有机砷等）、含氮有机化合物、含硫有机化合物、含卤有机化合物和酚类衍生物（如苯酚、氯代苯酚及衍生物等）等。

⑤ 防腐剂 抑制微生物活动，使食品在生产、运输、贮藏和销售过程中减少因腐烂而造成经济损失的添加剂。常用的防腐剂主要有苯甲酸及其盐类、山梨酸及其盐类、对羟基苯甲酸酯类、丙酸及其盐类等。

防霉剂和防腐剂可统称为抗菌剂。其中，用于聚合物材料的抗菌剂多称为防霉剂；用于食品的抗菌剂多称为防腐剂。

⑥ 防锈剂 用于防止金属腐蚀的一类物质，如防锈水、防锈油和缓蚀剂。常用防锈水有无机类的亚硝酸钠、铬酸盐及重铬酸盐、磷酸盐、硅酸盐及铝酸钠等，有机类的苯甲酸钠、单（三）乙醇胺、巯基苯并噻唑、苯并三氮唑等；防锈油是指用硅油、乳化剂、稳定剂、缓蚀剂（如碱金属的磺酸盐、石油磺酸钡、二壬基萘磺酸钡、十二烷基丁二酸等）、防霉剂、助溶剂等配成的乳剂。缓蚀剂主要有羧酸、金属皂、磺酸、胺、脂及杂环化合物。

（2）加工性能改进剂 通常有润滑剂、脱模剂、分散剂、软化剂、塑解剂、消泡剂、匀染剂、黏合剂、交联剂、增稠剂、促染剂、防染剂、乳化剂、助溶剂等。

① 润滑剂和脱模剂 在聚合物制品加工过程中，润滑剂是降低树脂粒子、聚合物熔体与加工设备之间以及树脂熔体内分子间摩擦、改善其成型时的流动性和脱模性的助剂。润滑剂多用于热塑性聚合物的加工成型过程，包括烃类（如聚乙烯蜡、氧化聚乙烯蜡、石蜡等）、脂肪酸、脂肪醇、脂肪酰胺、脂肪酸酯和脂肪酸皂等物质。

脱模剂是涂敷于模具或成型机械表面，或添加于聚合物中，使模型制品易于脱模并改善其表面光洁性的助剂。前者称为涂敷型脱模剂，是脱模剂的主体；后者为内脱模剂，具有操作简便等特点。硅油类物质是工业上应用最为普遍的脱模剂类型。

② 分散剂 聚合物制品实际上是由树脂或胶料与各种填料、颜料和助剂配合而成的混合物体，填料、颜料和助剂在聚合物中的分散程度对聚合物制品性能的优劣起着至关重要的作用。分散剂是一类促进各种辅助材料在聚合物中均匀分散的助剂。分散剂多用于各种母料、着色制品和高填充制品，包括烃类（聚乙烯蜡、氧化聚乙烯蜡等）、脂肪酸皂类、脂肪酸酯类和脂肪酰胺类等。

③ 软化剂 软化剂主要用于橡胶加工，用来改善胶料的加工性能。石油系软化剂和古马隆树脂是最重要的橡胶软化剂，特别是充油合成橡胶发展后，石油系软化剂的用量逐年递增。充油橡胶不仅加工性能好，而且成本比较低。

④ 塑解剂 塑解剂是一类提高生胶塑性、缩短塑炼时间的橡胶加工用助剂。以化学塑

解剂为主，其作用是切断生胶的分子链、增强生胶的塑炼效果。通常包括硫酚类化合物、烷基酚二硫化物、芳烃二硫化物等。

⑤ 消泡剂 用以破坏泡沫或防止泡沫产生的物质，主要用于发酵、蒸馏、印染、造纸、污水处理等行业中。主要有低级醇类、有机极性化合物类、矿物油类和有机硅树脂类等。

(3) 机械性能改进剂 通常有交联剂、硫化剂、硫化促进剂、硫化活化剂、防焦剂、偶联剂、补强剂、填充剂、抗冲击剂等。

① 交联剂 使线型高分子转变成体型（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；紫外线交联的光敏化剂也归属交联剂。为了提高交联度和交联速度，有机过氧化物常与一些助交联剂和交联促进剂并用。

能使橡胶起交联的物质称为“硫化剂”。也就是说，橡胶的交联剂叫硫化剂。最早使用的硫化剂是硫黄，目前使用最广的硫化剂仍是硫黄。其他硫化剂还有有机过氧化物、有机多硫化物、烷基苯酚甲醛树脂及金属氧化物等。

与“硫化剂”配合使用的助剂还有硫化促进剂、硫化活化剂、防焦剂。

硫化促进剂是指能够降低硫化温度、减少硫化剂用量、缩短硫化时间并能改善硫化胶性能的物质，亦称橡胶促进剂或促进剂。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。

硫化活化剂是指能够增加促进剂的活性，以达到减少促进剂用量或缩短硫化时间为目的的物质。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。

防焦剂是指能防止胶料在操作期间产生早期硫化即“焦烧”，同时又不影响促进剂在硫化温度下正常使用的物质。主要有亚硝基化合物、有机酸及酸酐、硫代酰亚胺等类。

② 偶联剂 是指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。主要有硅烷衍生物、酞酸酯类、锆酸酯类和铬络合物。

(4) 表面性能改进剂 通常有抗静电剂、防粘连剂、防雾滴剂、增光剂、着色剂、润滑剂、固色剂、增白剂、净洗剂、渗透剂等。

① 抗静电剂 是为了防止材料加工和使用时的静电危害而加入的一种物质。主要用于塑料和合成纤维的加工（作为纤维油剂的主要成分）。按作用方式的不同，抗静电剂分内部用抗静电剂和外部用抗静电剂两类。从化学属性看为具有表面活性的物质，分为阴离子型、阳离子型、非离子型和两性型表面活性剂。

② 防粘连剂 防粘连剂又称“爽滑剂”，在膜制品加工中常常称为“开口剂”，它是一类防止聚合物制品堆积时发生表面粘连现象的助剂，一般包括二氧化硅和脂肪酰胺类化合物等。

③ 防雾滴剂 其作用是增大薄膜制品的表面张力，从而使蒸发到薄膜表面的水分形成极薄的水膜顺壁流下，防止形成雾滴给包装物和农用大棚植物带来危害。它多系脂肪酸多元醇酯、脱水山梨醇脂肪酸酯及其环氧乙烷加合物和脂肪胺环氧乙烷加合物等复配物。

④ 增光剂 用来提高聚合物制品的表面光泽，最常见的品种如具有外润滑功能的脂肪双酰胺类化合物、长碳链烃类化合物、褐煤蜡皂等。而对于聚丙烯制品，成核剂具有表面增光作用，目前已成为高光泽聚丙烯制品最重要的增光改性助剂。

⑤ 着色剂 泛指能够用于塑料、橡胶等聚合物着色、赋予制品色彩的物质。着色剂有

很多形态,如色粉原粉、膏状着色剂、液体着色剂、着色母料等。其着色成分包括无机颜料、有机颜料和某些染料。无机颜料以钛白、铁红、铬黄、群青、炭黑等品种最为重要;有机颜料以偶氮类的黄色和红色颜料以及酞菁类的蓝色和绿色颜料最为常用。荧光增白剂可视为一种着色剂。

(5) 流动和流变性能改进剂 通常有流变性能改进剂(如流变剂、增稠剂、流平剂)和流动性能改进剂(如降凝剂、黏度指数改进剂)。

① 流变性能改进剂 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,主要应用于涂料、乳液等体系中。

流变剂是一类能够促进溶剂型涂料体系形成凝胶网络、赋予体系在低剪切速度下的结构黏度,防止湿膜流挂和颜料沉降的物质。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,能够赋予这些体系适当的触变性,主要有脂肪酸烷醇酰胺类、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。

② 流动性能改进剂 用于原油、润滑油和燃料油中的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 α -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, N -烷基琥珀酰胺及衍生物,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-醋酸乙酯、 α -烯烃-马来酸酐共聚物等。

(6) 柔软化和轻质化助剂 通常有增塑剂、发泡剂、柔软剂等。

① 增塑剂 是指能增加高聚物弹性,使之易于加工的物质。增塑剂是目前产耗量最大的一类聚合物助剂,它主要适用于聚氯乙烯,同时在纤维素类树脂等极性聚合物中亦有较为广泛的应用。其涉及的化合物类型大致包括邻苯二甲酸酯、脂肪族二元酸酯、偏苯三酸酯、环氧酯、烷基磺酸苯酯、磷酸酯和氯化石蜡等,尤以邻苯二甲酸酯类最为重要。

② 发泡剂 是指不与高分子材料发生化学反应,并能通过释放无害气体获得具有微孔结构的聚合物制品的物质。发泡剂可分为物理发泡剂和化学发泡剂。发泡剂主要用于泡沫塑料、海绵橡胶。物理发泡是通过压缩气体的膨胀或液体(如氟里昂、戊烷等)的挥发等物理过程而形成的。化学发泡剂则是基于化学分解释放出来的气体进行发泡。化学发泡剂又分为无机发泡剂和有机发泡剂。无机发泡剂有碳酸铵、碳酸氢钠、亚硝酸钠等。有机发泡剂主要是偶氮化合物、磺酰肼类化合物和亚硝基化合物等。

③ 柔软剂 是指用来降低纤维间的摩擦系数,以获得柔软效果的物质。一般很少使用单一化学结构的产物,多数是由几个组分配制而成,除矿物油、石蜡、植物油、脂肪醇等成分外,还使用大量表面活性剂。柔软剂又分为表面活性剂型、反应型和非表面活性柔软剂三类。

(7) 功能赋予剂 通常有阻燃剂、红外线阻隔剂、转光剂、吸氧剂、紫外线过滤剂、降解剂等。

① 阻燃剂 聚合物材料多数具有易燃性，这对其制品的应用安全带来诸多隐患。准确地讲，阻燃剂称作“难燃剂”更为恰当，因为“难燃”包含着阻燃和抑烟两层含义，较阻燃剂的概念更为广泛。然而，长期以来人们已经习惯使用阻燃剂这一概念，所以目前文献中所指的阻燃剂实际上是阻燃作用助剂和抑烟功能助剂的总称。阻燃剂据其使用方式可以分为添加型阻燃剂和反应型阻燃剂两大类。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；反应型阻燃剂包括卤代酸酐、卤代双酚 A 和含磷多元醇等类。

② 红外线阻隔剂 红外线阻隔剂又称保温剂，适用于农用大棚膜，旨在阻隔红外线，提高大棚膜的保温效果，其组成最主要的是无机高岭土和层状水滑石。最近亦有有机保温剂的文献见诸报道。

③ 转光剂 转光剂俗有“光肥”之称，它是一种农膜功能化助剂，其作用是将太阳光中的紫外线等通过光物理过程转化为对大棚植物生长有益的特定波段“蓝光”或“红光”，提高棚内植物的产能和质量。

④ 降解剂 降解剂是一种环保功能助剂，目的在于促进聚合物的降解，尽可能避免塑料废弃物对环境造成的危害。降解剂依其作用分为生物降解剂和光降解剂，生物降解剂以淀粉及其改性物为主，光降解剂则系光敏性物质，能够诱导聚合物发生光降解。降解剂主要适用于农用地膜的可控降解和食品袋、快餐盒等包装制品废弃物的降解。

⑤ 吸氧剂 吸氧剂是一种新功能助剂，主要适用于食品和药物的包装材料，其作用是通过吸收包装容器内部的氧气，减少环境氧对被包装物的危害，进而延长被包装物的贮存期。据报道，这种新功能助剂是具有还原作用的无机物。

⑥ 紫外线过滤剂 紫外线过滤剂亦为包装材料的专用化助剂，具有滤除紫外线的作用，避免太阳光线或其他光源中紫外线对被包装物的侵害，延长被包装物的贮存稳定期，其组成对不同波段紫外线具有吸收作用的紫外线吸收剂的混合物。

助剂按作用功能分类，除上述介绍的七大类型外，当然还有其他类型，如提高强度、硬度的助剂（如填充剂、增强剂、补强剂、交联剂、偶联剂等）。事实上，许多类型的助剂往往并不局限于一种功能，因此，上述分类只是助剂按作用功能进行的大致分类。

第三节 助剂的应用

助剂的应用非常复杂，涉及方方面面的知识，有人甚至将其称之为是一门艺术。这是因为不仅每一类助剂都具有各自的功能，而且这些功能多数是由相应的官能团结构决定的。不同官能团结构之间、官能团与基础聚合物结构之间都可能发生或正或负的相互作用，助剂选择或使用得当，可以显著提高制品的加工性能和应用性能，达到事半功倍的效果；相反，助剂选择或使用不当，不仅其本身的性能难以发挥，甚至导致加工或应用性能上的缺陷。因此，了解和掌握助剂应用的基本知识对制品的配方设计至为重要。以高分子材料助剂为例，助剂应用时应考虑以下几方面的问题。

（1）助剂与制品的匹配性 助剂应与聚合物匹配，这是选用助剂时首先要考虑的问题。助剂与聚合物的匹配性主要包括相容性和稳定性两个方面。

一般来说，助剂必须长期、稳定、均匀地存在于制品中才能发挥其应用的效能，所以通常要求所选择的助剂首先与聚合物要有良好的相容性。如果相容性不好，助剂就容易析出。固体助剂的析出俗称为“喷霜”，液体助剂的析出则称作“渗出”或“出汗”。助剂析出后不仅失去作用，而且影响制品的外观和手感。

助剂与聚合物的相容性主要取决于它们结构的相似性,即符合相似相容的原理。例如,极性较强的助剂一般在极性聚合物树脂或胶料中具有较好的相容性,而在非极性或弱极性聚合物中的相容性则较差。

并非要求所有的助剂都必须与聚合物有良好的相容性,如无机填充剂和无机颜料,它们不溶于聚合物,无相容性可言,它们在聚合物中的分散是非均相的,不全析出。对这类助剂则要求它们细度小、分散性好。也不是所有的助剂与聚合物的相容性愈大愈好。如润滑剂的相容性如果过大,就会起到增塑剂的作用,造成聚合物的软化。

助剂与聚合物的匹配性还涉及另一个重要问题,即稳定性问题。无论哪种助剂,都希望其在聚合物配合体系中能够稳定、持久地发挥作用,也就是说不能与基础聚合物或其他助剂体系发生有害的化学反应。值得注意的是,有些聚合物在加工或应用中不可避免地要发生分解,并可能释放出酸性或碱性组分,容易导致某些助剂的分解或失效,例如,聚氯乙烯的分解产物是酸性的 HCl,会与碱性助剂成盐而使其失效。另一方面,有些助剂也可能会加速聚合物的降解。了解助剂与聚合物的匹配性是聚合物配方设计的重要环节。

(2) 助剂的耐久性 高分子材料在使用条件下,仍可保持原来性能的能力叫耐久性。保持耐久性就是防止助剂的损失。助剂的损失主要通过三条途径:挥发、抽出和迁移。挥发性大小取决于助剂本身的结构,一般来讲,分子量愈小,挥发性愈大。抽出性与助剂在不同介质中的溶解度直接相关,要根据制品的使用环境来选择适当的助剂品种。迁移性是指聚合物中某些助剂组分可以转移到与其接触的材料上的性质。迁移性大小与助剂在不同聚合物中的溶解度有关,同时要求助剂应具有耐水、耐油、耐溶剂的能力。

(3) 助剂对加工条件的适应性 高分子材料制品形态各异,加工方式多样,在设计配方时必须考虑各种助剂对加工条件的适应性。助剂对加工条件的适应性主要是耐热性,即要求助剂在加工温度下不分解、不易挥发和升华,这一点在现代聚合物加工要求高速率、高剪切的形势下显得非常重要。除耐热性外,助剂对加工条件的适应性还表现在对加工设备的保护方面,助剂品种在聚合物加工中不对加工设备或模具表面产生腐蚀,不积垢,易清洗。

(4) 助剂对制品用途的适应性 制品用途往往对助剂的选择有一定的制约。不同用途的制品对所欲采用的助剂的外观、气味、污染性、耐久性、电性能、热性能、耐候性、毒性等都有一定要求。如浅色制品不能用易污染助剂。

助剂的功能最终体现在制品的应用上,但应用领域对制品性能的要求往往是多方面的,因此,制品用途往往对助剂的选择有一定的制约。助剂不仅要满足自身功能的发挥,而且还必须考虑其外观、气味、污染性、耐久性、电性能、热性能、耐候性和毒性(或卫生性)等对制品的影响。例如,对苯二胺类抗氧剂的抗氧性能虽然卓越,但由于具有污染性,仅限于在黑色橡胶制品中应用,不能作为白色和艳色塑料、橡胶制品的抗氧剂使用。MBS 是聚氯乙烯性能优异的抗冲改性剂,由于其耐候性差而不宜在户外制品中使用。另外,助剂的毒性问题已引起人们广泛的重视,有争议的毒性助剂限制了其在食品和药物包装材料、水管、医疗器械、玩具塑料和橡胶制品上及纺织制品上的应用,各国都制定了不同的卫生标准。

(5) 助剂配合中的协同作用与对抗作用 一种高分子材料往往同时使用多种助剂,这些助剂同时处在一个高分子材料体系中,彼此之间有所影响,如产生协同效应、加和效应、对抗效应等。加和效应是指两种或两种以上助剂并用时,它们的总效应等于它们各自单独使用效能的加和。协同效应是指两种或两种以上助剂并用时,它们的总效应超过它们各自单独使用效能的加和。而对抗效应则相反,是指两种或两种以上助剂并用时,它们的总效应小于它们各自单独使用的效能或加和。因此选择助剂配合时一定要考虑选择具有协同作用的不同助

剂,而防止对抗效应产生。

第四节 助剂工业的发展

一、助剂工业的历史与现状

纵观助剂工业发展的历史轨迹,以高分子材料助剂工业的发展为代表,大致可以分为如下几个主要时期。

(1) 萌生期 一般认为,高分子材料助剂工业是从 Goodyear 和 Hancock 首先发现硫黄对天然橡胶的硫化交联作用,并使之成为有用材料而开始起步的。因此,高分子材料助剂工业的萌生期可以上溯到 19 世纪 40 年代,这一时期一直延续到 20 世纪 30 年代,历经近一个世纪。其突出特征是人们以天然橡胶和为数不多的合成树脂或天然树脂的加工应用为对象,在众多的天然化合物或合成化合物中寻找能够改善和提高聚合物的加工性、稳定性和应用性的物质。除硫黄作为天然橡胶的硫化剂外,铅白作为聚氯乙烯的热稳定剂赋予了这种树脂新的生命,樟脑、蓖麻油和简单酯类化合物作为 PVC、纤维素树脂等极性聚合物的增塑剂使其加工性和柔软性得到很好的改善。同时,磷酸酯类化合物的阻燃增塑作用、苯酚类化合物的抗氧功能等也都是这一时期发现并付诸实用的成功范例。

(2) 形成期 经过 20 世纪 30 年代到 50 年代几十年的演变过程,高分子材料助剂工业开始由萌生期进入形成期。一方面,随着各种合成树脂、合成橡胶品种和数量的迅速增加,助剂在高分子材料中的作用和地位逐渐为人们所认识,加之在萌生期发现和积累的经验和知识增多,科学家们开始寻求探讨各种助剂的改性机理和规律,增塑剂、抗氧剂、热稳定剂、阻燃剂、交联剂(包括硫化剂)、硫化促进剂等主要助剂类别的最朴素改性或稳定化理论体系开始建立;另一方面,以 PVC、聚苯乙烯、聚烯烃等热塑性树脂和天然橡胶、丁苯橡胶、氯丁橡胶等弹性体材料为主要应用对象的各种类型助剂的基本品种实现了工业化生产和商品化供应,高分子材料助剂工业的基本雏形逐渐显露。但从助剂的门类、市售产品的数量、市场规模和质量管理、性能评价等多角度观察,高分子材料助剂作为一个行业还处于非常幼稚的时代。

(3) 发展期 大约从 20 世纪 50 年代后期持续到 80 年代初。作为主要标志,高分子材料助剂的门类趋于齐全,改性和稳定化机理研究更加深入,各种理论体系基本完善,品种开发 and 市场规模得到空前的发展。举例来说,这一时期建立和形成的聚合物抗氧稳定机理、PVC 热老化和热稳定机理、聚合物光降解和紫外线稳定化理论、橡胶硫化体系理论、聚合物阻燃和抗静电理论极大地推动了这些体系助剂品种的开发,期间应市的受阻酚类抗氧剂 1010、抗氧剂 1076、亚磷酸酯类辅助抗氧剂 168、对苯二胺类、酮胺类橡胶防老剂、苯并三唑类紫外线吸收剂、受阻胺光稳定剂、次磺酰胺类橡胶促进剂、有机锡热稳定剂、卤系阻燃剂、丙烯酸酯类加工和抗冲改性剂等迄今仍不失为高分子材料助剂市场的主导产品。与此同时,一些通用型品种的生产技术得到进一步的改进,邻苯二甲酸酯类增塑剂的非酸催化和连续化生产成为现实。助剂的性能评价和质量保证体系也初步形成。可以说,这一时期塑料助剂和橡胶助剂(亦称橡胶化学品)已经成为一个独立的精细化工行业门类。从应用对象来看,其品种开发的对象已不仅仅局限于软质聚氯乙烯、天然橡胶等制品,而适用于聚烯烃、工程热塑件树脂、硬质 PVC、特种橡胶制品的高性能、多功能助剂品种不断涌现。

(4) 成熟期 自 20 世纪 80 年代开始,21 世纪仍将延续相当一段时间,最突出的特征表现在如下几个方面:其一,理论研究更加深入,功能化、专用化、复合化品种层出

不穷，助剂在高分子材料加工和改性中的作用愈加突出；其二，全球性卫生与安全、环境与生态保护的法规日趋严格和广泛，助剂的清洁生产技术和无毒、无公害品种的开发备受重视。

迄今为止，高分子材料助剂（包括塑料助剂和橡胶助剂）已发展成为精细化工的一个重要分支。据统计，2000 年全球塑料助剂的总消耗量达 855 万吨（不包括填充剂），销售额约 16 亿美元，其中增塑剂的消耗量最大，占塑料助剂总消耗量的 59%，其次分别为阻燃剂 12%，加工和抗冲改性剂 8%，热稳定剂 6%，润滑剂和脱模剂 6%，抗氧剂 3%。有机过氧化物交联剂 2%，光稳定剂 1%，其余助剂 3%。从应用领域来看，聚氯乙烯仍然是塑料助剂最主要的消费对象，其消耗量约占整个塑料助剂市场的 85% 左右。橡胶助剂的消耗量一般为生胶耗量的 4%，2000 年世界生胶耗量为 7700 万吨，橡胶助剂的消费量约 70 万吨。按功能统计，防老剂占 50%，促进剂占 40%，其余为其他类型助剂。从用途分析，轮胎对助剂的消耗量最大，占 65%，其次分别为工业橡胶制品 18.5%，鞋类 6%，乳胶制品 3.5%，电线电缆 1%。

相比之下，我国的高分子材料助剂工业起步较世界发达国家至少晚了 30 年。20 世纪 50 年代，国家百废待兴，伴随轮胎工业和聚氯乙烯工业的发展，与之相配套的萘胺类防老剂、邻苯二甲酸酯类增塑剂、盐基性铅盐和硬脂酸皂类热稳定剂开始试制和生产，这些都无疑标志着我国高分子材料助剂工业的诞生和起步。直到 1965 年，国内 PVC 树脂的产耗量首次突破 10 万吨大关，轮胎和橡胶制品的生产亦初具规模，以 PVC 助剂（尤其是软质制品配套的增塑剂、热稳定剂等）为核心的塑料助剂和以硫化体系、防老体系助剂为主要内容的橡胶助剂引起了化工主管部门的关注，随后进行的全国性调研和组织起草的第一个“塑料橡胶助剂品种赶超规划（建议）”表明我国聚合物助剂行业开始步入形成期。这一时期大概经过了 15 年，延续到十一届三中全会前后。期间，增塑剂发展最快，数百套千吨级邻苯二甲酸二辛酯（DOP）、邻苯二甲酸二丁酯（DBP）装置雨后春笋般地出现在祖国各地。同时，橡胶促进剂、防老剂等形成了包括南京化工厂、沈阳东北助剂厂、兰化有机厂和黄岩助剂厂在内的四大基地。需要指出的是，受农业大棚、乙烯工程建设等因素的影响，抗氧剂、光稳定剂、阻燃剂、抗静电剂、发泡剂、防焦剂、塑解剂等助剂类别的基本品种得到开发和应用。塑料、橡胶助剂的信息、科研、规划、生产、标准化和质量检测体系基本建立。至此，我国高分子材料助剂的行业框架已经形成。但总体来看，全国助剂工业的基础还比较薄弱，品种配套性不强，生产技术落后，长期依赖进口的局面还没有得到根本的改观。20 世纪 80 年代至 90 年代中叶是我国高分子材料工业的高速发展时期，一方面，硬质 PVC 建材制品、包装塑料、农用塑料、工程和改性塑料、子午线轮胎生产线的建设为塑料、橡胶助剂提供了广阔的市场机遇，产耗量以前所未有的速度迅速增长，各种助剂的消费结构也趋于合理；另一方面，市场经济的调节作用大大激发了国有企业、集体和民营企业投资聚合物助剂产业的积极性，助剂开发和研究的力度明显加大，门类继续扩大，品种进一步增多，产量也大幅度地提高。增塑剂、热稳定剂的引进技术和装置得到很好的消化和吸收，实现了规模化生产，我国自行设计的年产 5 万吨增塑剂生产线还首次走出国门，完成了从技术输入到技术输出的过程。据统计，2000~2005 年我国塑料助剂产量年均增长率高达 16.1%，消费量年均增长率约为 12% 左右，远远高于世界塑料助剂消费量 4% 左右的年均增长率；2005 年我国塑料助剂生产能力约为 180 万吨，产量约为 120 万吨，生产厂家的产品价值约为 25 亿美元。橡胶助剂总生产能力超过 40 万吨，产量由 2000 年的 10.7 万吨上升至 2005 年的 30 万吨左右，从业单位上百。目前，我国助剂工业正步入成熟期。

二、助剂工业的动态与趋势

(1) 新功能助剂不断涌现 适应聚合物改进要求的功能性助剂成为世界助剂开发的一大趋势。就目前来说,比较活跃的研究领域包括:旨在改善聚烯烃加工操作性能的含氟聚合物加工助剂;提高聚丙烯(PP)、聚对苯二甲酸丁二酯(PBT)、聚对苯二甲酸乙二酯(PET)等不完全结晶树脂的透明性、光泽度及机械物理性能成核剂;减少环境公害、促进树脂降解的光降解剂和生物降解剂;赋予农膜保温性能的红外吸收剂;改善薄膜表面性能的防雾滴剂;可降低洗涤温度的漂白活化剂;对铝制品适用的低pH值的无腐蚀酸性清洗剂、洗白清洗剂、无硅清洗剂等。

(2) 助剂多功能化趋势明显 利用多种官能团的功能化作用,追求一剂多能是多年来助剂研究者们目标。20世纪80年代以来,随着机理研究和应用技术的进步,多功能化助剂品种开发取得了很大的进展,抗静电增塑剂、阻燃增塑剂、多功能稳定剂都有产品问世。又如酸化缓蚀剂主攻方向之一是开发喹啉、吡啶类改性产品,如含有疏水基的N-(芳香基)吡啶就兼有缓蚀剂、破乳剂、阳离子表面活性剂的功能。这类多功能高效缓蚀剂是今后开发的重点。

(3) 助剂分子结构日臻完善 完善助剂分子的官能团结构无疑是提高助剂应用性能的积极举措。例如,N-取代烷氧基化受阻胺和受阻呱嗪酮类HALS结构的光稳定剂,大大降低了传统受阻胺类光稳定剂的碱性,一定程度上解决了长期困扰受阻胺光稳定剂应用中的对抗性问题;半受阻酚结构的出现,提高了传统完全受阻酚抗氧剂的应用效果,改善了与硫醚类辅助抗氧剂的协同效应和耐氧化氮的着色性;双酚单丙烯酸酯类耐热稳定剂的应用拉开了聚烯烃热老化降解研究的序幕。

(4) 高分子量化性能突出 迁移和抽提损失是影响助剂使用卫生性和效能持久性的致命因素。高分子量化一方面提高了助剂的耐热稳定性,有效抑制其在高温加工条件下的挥发损失;另一方面,耐迁移性和低抽出性还保证了制品的表面卫生和效能持久。目前,稳定化助剂、增塑剂、阻燃剂等品种开发进展都反映了这一趋势。在稳定化助剂方面,高分子受阻胺类光稳定剂同时显示了抗热氧化效果;高分子量的增塑剂具有耐抽出性;而高分子量的阻燃剂,其耐热性和与树脂的相容性都得到相应的提高。当然,高分子量只是相对而言,对于特定的助剂来说,必然存在着一个最佳分子量范围,确定适宜的分子量范围对助剂的分子设计大有裨益。

(5) 复合化技术日趋成熟 受法规、成本、效能种种因素的制约,全新结构助剂产品的开发愈加困难,而且事实上也不可能使同一结构的化合物满足产品加工所有性能的要求。因此,根据各种助剂之间的协同作用原理,复配或集装于一体,不失为提高助剂效能的有效措施。如应用于受阻酚的抗氧剂与亚磷酸酯辅助抗氧剂应用体系的复配型产品,应用于聚氯乙烯加工领域的集装化助剂,无疑对方便塑料加工和满足自动化操作确实有着事半功倍的效果。

(6) 反应型助剂稳步发展 反应型助剂分子内含有反应性基团,它们在制品加工中可以与基体反应并形成键合官能团。一般地说,反应型助剂具有添加量小、不迁移和持久性好等优点,但高的价格和应用技术性强又限制了它们的推广和应用。国外从20世纪70年代初就开始了这一领域的研究,但真正工业化品种的出现是80年代后期的事。如Sandoz公司最近报道的新型反应型光稳定剂HAIS,兼顾了添加型的迁移性和反应型的持久性之特点,迁移性使稳定性分子迅速迁移到树脂表面,光反应性将稳定化官能团固定域在最易发生光氧化降解的表面聚合物主链上。可以说,该技术的开发成功将标志着反应型助剂研究方面的重大