

塑料助剂与 配方设计技术

中国塑料加工工业协会塑料助剂专业委员会 组织编写
王兴为 王玮 刘琴 等编著

第4版

The Fourth Edition

SULIAO ZHUJI YU
PEIFANG SHEJI JISHU



化学工业出版社

塑料助剂与 配方设计技术

中国塑料加工工业协会塑料助剂专业委员会 组织编写
王兴为 王玮 刘琴 等编著



第4版

The Fourth Edition



化学工业出版社

· 北京 ·

本书重点介绍了塑料助剂与配方设计相关技术，具体内容包括塑料安全与环保法规，塑料改性技术，塑料增韧改性，增塑剂，阻燃剂，热稳定剂，抗冲改性剂和加工助剂，润滑剂，抗氧剂与光稳定剂，塑料着色剂与功能母料，抗静电剂，抗菌剂，稀土助剂，转矩流变仪，填充与复合，废旧塑料回收利用，应用技术。

本版更新的重点是塑料助剂的安全性和环保性法规；塑料助剂的“绿色、低碳、循环、生态”发展；塑料助剂的导电、导热、耐温、抗菌、防霉、高韧、超强、阻燃等多功能化。

本书是塑料行业业内人员，特别是材料研究、配方设计、制造加工、管理、销售、教学人员的必备之书，也是广大塑料使用人员重要的参考书籍，还可作为自学教材。

塑料助剂与配方设计

图书在版编目 (CIP) 数据

塑料助剂与配方设计技术/王兴为等编著. —4 版. —北京: 化学工业出版社, 2016. 12

ISBN 978-7-122-28377-1

I. ①塑… II. ①王… III. ①塑料助剂-配方-设计 IV. ①TQ320.424

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2016) 第 255935 号

责任编辑: 仇志刚

装帧设计: 刘丽华

责任校对: 吴静

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: 三河市延风印装有限公司

787mm×1092mm 1/16 印张 32 $\frac{3}{4}$ 字数 876 千字 2017 年 3 月北京第 4 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: 98.00 元

版权所有 违者必究

前 言

目前,我国正处于扩展现有技术革命、迎接新技术革命的叠加期,我们要统筹处理好传统产业改造提升、信息技术深度应用和新兴产业培育三者的关系。“十三五”时期是我国全面建成小康社会最后冲刺的关键时期,是我国由中等收入国家迈向高收入国家最低门槛的重要的历史阶段,是深化改革开放、转方式、调结构的攻坚时期,也是塑料加工工业由大变强的重要时期。“十三五”规划要以加快塑料加工业转型升级为重点,以提高塑料加工自主创新能力为核心,以新材料、新技术、新装备和新产品为重点,大力实施赶超战略,努力缩小与发达国家差距,大力实施高端化战略,全面提高产业素质。

我们要认真研究塑料制品行业调结构、转方式的关键点,同时要加快信息化与工业化在技术、产品、业务、产业四个方面进行全方位深度融合的速度,即两化融合。

《塑料助剂与配方设计技术》第四版的出版正赶上“十三五”规划起始之年,正是中国经济进入增速换挡期的时代,也是塑料加工业实现进入世界先进国家行列实现强国梦的重要阶段。因此,本版的重点是塑料助剂的安全性和环保性法规;塑料助剂的“绿色、低碳、循环、生态”发展;塑料助剂的导电、导热、耐温、抗菌、防霉、高韧、超强、阻燃等多功能化。

由于塑料助剂专业委员会自2012年后没有举办“塑料助剂与配方设计技术”研讨会,因而第四版的主要、重点论文来自《塑料助剂》和塑料助剂近几年的论文,以及以北京化工大学段雪院士作为项目负责人、承担中国科学院学部咨询评议项目——“塑料制品中限制使用有毒有害物质的建议”咨询研究项目中的部分论文,它们分别刊登在《塑料》、《塑料助剂》2014年第4期中。此外,在《塑料工业》陈敏剑主编和宁军副编审、《中国塑料》张玉霞主编和《塑料》杨明锦主编们的大力支持下,他们提供了几十篇相关论文。在此基础上编纂成册。

第四版的格式、体例和章节基本上沿袭第三版,只是增加了“塑料安全与环保法规”,并列为一章。此外,考虑到本书的主要读者是塑料加工业界的技术员、技术工人和企业管理人员,因而本书把参考文献省略了,但在书中仍保留了论文的出处,以便研发人员可以查找。

本书内容丰富、翔实,理论阐述简明易懂,深入浅出;实践经验真实可靠,密切结合生产实际。既有前沿性研究成果,又有大量的生产第一线经验总结。因而本书既可作为专业培训教材,也是专业人员扩展知识、增长才干的参考读物。

编 者

2016.8

第三版前言

在过去几年中，全球包括中国的塑料行业经历了一段飞速发展的繁荣期，特别是中国这个“世界工厂”展示出的蓬勃生机吸引着全球包括从原料、机械供应商到塑料加工商们的眼球。对于处在全球经济一体化浪潮中的中国塑料行业来说，如何在与国外同行的竞争中保持高增长率的发展势头，如何面对世界能源危机带来的一系列压力，如何进一步发挥塑料对各行各业以及人们生活的积极作用，如何解决塑料带来的回收、污染等问题，任重而道远！

2008年我国塑料用合成树脂产量约1700万吨/年，进口约1600万吨/年，表观消耗量达5191万吨/年，已步入世界塑料消耗大国，消耗量仅次于美国。塑料助剂的表现需求量也将由1999年的157万吨/年增长到245万吨/年，发展空间很大。特别是一些无毒、无污染的塑料助剂以及功能性助剂的需求量将迅速增长。

近年来国家对基础设施的投入加大，很大程度上为塑料在建材领域的推广应用创造了条件，为塑料行业的不断提升提供了良好的政策基础。

由于对REACH法规等贸易法则缺乏足够认识而没有积极应对，因而将会显示出被动局面，并影响我们的对外贸易。为了应对国外的相关法令、法规，顺应人们对环境保护意识的要求，我国政府部门也制定了一系列相关法令、法规。这些法规、指令的出台给我国的助剂行业带来了极大的挑战，同时也使塑料助剂品种的升级换代成为必然趋势。

塑料助剂新品种的不断开发极大地促进了塑料在增强、增韧、阻燃、耐候、耐腐蚀、抗静电、抗菌和多功能化等方面的作用，提高了塑料的性能和应用范围，从而推动了塑料工业的进一步发展。随着人们对塑料产品质量、性能要求的提高，开发高效、多功能的塑料添加剂产品已经成为国内外企业及大公司的投资重点。近几年来，塑料助剂行业大部分企业根据市场需求，积极开发新产品，革新工艺，提高产品质量，适应经济形势的发展对企业提出的要求。高效、特效、无毒、无公害、复配多功能化是塑料添加剂总的发展趋势。

随着市场对塑料制品需求的扩大，特别是在建筑材料、汽车部件、电子电器等行业中，对塑料制品的要求也越来越高，新的塑料加工工艺不断出现。

为了应对新的国际形势，也为了提高塑料加工业与助剂行业的技术水平，2005~2009年间，以中国塑料加工工业协会塑料助剂专业委员会为主体举办了多次“塑料助剂与配方设计技术”研讨会，本书第三版的内容有70%是选用近五年特别是近两年研讨会的授课内容整理而成。

本书力求内容翔实，理论阐述深入浅出，密切结合生产实际。因而既可作为培训教材，也是专业人员扩展知识增长才干的参考读物。

在编辑过程中倘有遗漏和不足之处，还望读者不吝赐教。

编者

2010年4月

目 录

第 1 章 塑料安全与环保法规	1	要求和标准	39
1.1 概述	1	1.7.3 现状和风险分析及如何应对国际相 关化学要求	51
1.1.1 “十三五”时期塑料行业的任务	1	第 2 章 塑料改性技术	53
1.1.2 塑料制品的安全和环保要求	2	2.1 改性塑料配方功效的技术优化	53
1.2 我国与欧盟塑料助剂法规标准体系的 比较	2	2.1.1 改性塑料配方研发的误区——服药 模式	53
1.2.1 塑料助剂概况	2	2.1.2 基础树脂的正确选择是改性塑料功 效的保障	54
1.2.2 欧盟塑料助剂中有毒有害物质的 管控法规	3	2.1.3 多功能改性塑料配方组分的简 约化	55
1.2.3 我国发布的塑料助剂相关的法律 法规	5	2.1.4 小结	58
1.2.4 我国与欧盟塑料助剂法规体系的 对比	8	2.2 塑料加工助剂与功能塑料的环境友 好化	58
1.3 欧洲食品包装材料法规目前的 动态	9	2.2.1 概述	58
1.3.1 引言	9	2.2.2 有毒、有害元素和化合物的替代 技术是改性塑料的主题之一	59
1.3.2 欧盟的相关法规结构	9	2.2.3 塑料助剂绿色化是实现塑料材料 环境友好化的前提	60
1.3.3 欧洲几个重要立法目前的动态	10	2.2.4 实现塑料功能化的核心是塑料加 工助剂	62
1.4 国内外管理化学品和阻燃剂的法律法规 及阻燃剂的发展方向	12	2.2.5 几种典型的塑料加工助剂的技术 发展方向	63
1.4.1 阻燃剂简介	12	2.2.6 铝体系绿色化工助剂及其功能塑 料产业链	64
1.4.2 化学品风险	13	2.2.7 制订相关行业标准的必要性和可 行性	65
1.4.3 阻燃剂风险来源	13	2.3 塑料助剂与塑料改性	66
1.4.4 世界主要国家或地区或行业管理 化学品的法律法规	14	2.3.1 概述	66
1.4.5 阻燃剂的发展趋势	19	2.3.2 塑料填充改性	67
1.5 阻燃剂的限制法规及发展趋势	20	2.3.3 偶联剂	70
1.5.1 限用或禁用阻燃剂的法律法规	20	2.3.4 塑料增强改性	71
1.5.2 绿色替代产品及阻燃剂的发展 方向	24	2.3.5 聚合物共混改性	76
1.6 塑料制品的安全和环保要求与抗氧剂的 选择和应用	26	2.3.6 不相容聚合物体系的增容	77
1.6.1 塑料制品的安全性和环保性法律、 法规要求与塑料抗氧剂	26	2.3.7 塑料功能助剂的应用现状和发展 趋势	78
1.6.2 《食品容器、包装材料用添加剂 使用卫生标准》允许使用的 抗氧剂	28	2.4 改性塑料绿色化发展的技术研究方向	81
1.7 塑料着色安全性及国内外主要法规 要求	33	2.4.1 改性塑料的发展状况	81
1.7.1 颜料在塑料着色中的安全性	33	2.4.2 技术发展趋势	81
1.7.2 塑料着色国内外的法规以及相应的		2.5 PC/ABS 合金新型高效相容剂	84

2.5.2	实验原料与设备	85			中的应用	125
2.5.3	相容剂对 PC/ABS 合金力学性能影响	85	3.5.3	工艺条件对 PP/硅灰石性能的影响	126	
2.5.4	合金外观性能	86	3.5.4	硅灰石与其他聚合物复合改性 PP	126	
2.5.5	结论	87	3.6	高熔体强度聚丙烯的制备及配方研究	128	
2.6	嵌段及接枝共聚物相容剂的研究与应用	87	3.6.1	实验原料与试样制备	129	
2.6.1	相容剂作用原理	87	3.6.2	结果与讨论	130	
2.6.2	相容剂的研究进展	87	3.6.3	结论	133	
2.6.3	相容剂的应用研究	88	第 4 章 增塑剂		134	
第 3 章 塑料增韧改性		91	4.1	非邻苯二甲酸结构增塑剂的合成及其应用进展	134	
3.1	塑料的增韧增强与增刚	91	4.1.1	概述	134	
3.1.1	概述	91	4.1.2	新型环保非邻苯类增塑剂	134	
3.1.2	增韧机理及影响因素	92	4.1.3	新型环保非邻苯类增塑剂的应用	137	
3.1.3	增韧、增刚体系的研究	93	4.1.4	结论	141	
3.1.4	小结	102	4.2	环保型塑料增塑剂研究进展	141	
3.2	塑料/橡胶共混物的相结构与增韧作用	102	4.2.1	概述	141	
3.2.1	橡胶的相结构与增韧作用的关系	102	4.2.2	环保增塑剂	142	
3.2.2	界面结构与增韧作用的关系	105	4.2.3	结论	146	
3.2.3	塑料基体的性质与增韧机理之间的关系	107	4.3	环境友好型高分子增塑剂增塑聚氯乙烯研究与应用进展	146	
3.2.4	粉末橡胶对塑料的增韧作用	110	4.3.1	常用增塑剂的分类与特点	146	
3.3	PP/EPDM/滑石粉微孔发泡复合材料制备和性能	114	4.3.2	高分子增塑剂在 PVC 中的应用进展	147	
3.3.1	实验原料与设备	114	4.3.3	结论	149	
3.3.2	滑石粉含量对 PP/EPDM/滑石粉微孔发泡制品微观形态的影响	115	4.4	聚酯增塑剂在 PVC 电缆料配方中的应用	149	
3.3.3	滑石粉含量对 PP/EPDM/滑石粉微孔发泡复合材料力学性能的影响	115	4.4.1	实验部分	149	
3.3.4	结论	118	4.4.2	结果与讨论	150	
3.4	EVA/LLDPE/纳米白炭黑的结构与性能研究	118	4.5	食品级增塑剂乙酰化单甘油脂肪酸酯 (ACETEM) 的应用研究	151	
3.4.1	实验原料及试样制备	118	4.5.1	实验部分	152	
3.4.2	改性纳米白炭黑的红外表征	119	4.5.2	结果与讨论	153	
3.4.3	力学性能分析	120	4.5.3	结论	157	
3.4.4	热稳定性分析	121	第 5 章 阻燃剂		159	
3.4.5	复合材料的热氧老化性分析	122	5.1	阻燃剂的功能与重点品种应用技术	159	
3.4.6	改性纳米白炭黑对 EVA/LLDPE 复合体系熔体流动速率的影响	123	5.1.1	阻燃机理及阻燃技术	159	
3.4.7	结论	123	5.1.2	阻燃剂应用技术	161	
3.5	聚丙烯/硅灰石复合材料的改性	124	5.2	有机磷酸酯阻燃剂发展现状与展望	164	
3.5.1	概述	124	5.2.1	概述	164	
3.5.2	硅灰石的表面处理及其在 PP		5.2.2	磷酸酯阻燃剂	165	
			5.2.3	麟酸酯阻燃剂	166	
			5.2.4	氧化麟阻燃剂	167	

5.2.5	次膦酸酯阻燃剂	167	6.2.2	Ca/Zn 复合热稳定剂作用机理	203
5.2.6	有机磷杂环化合物阻燃剂	167	6.2.3	Ca/Zn 类热稳定剂及其增效剂研究 进展	204
5.2.7	结论	168	6.2.4	PVC 环保 Ca/Zn 热稳定剂的应用 前景	207
5.3	含磷高分子阻燃剂的研究进展	169	6.3	新型钙锌复合热稳定剂的研究与 应用	207
5.3.1	双螺环型聚磷酸酯阻燃剂	169	6.3.1	实验部分	208
5.3.2	含 DOPO 的含磷高分子阻燃剂	170	6.3.2	结果与讨论	209
5.3.3	含氮的聚磷酸酯阻燃剂	171	6.3.3	结论	215
5.3.4	醇酚类聚磷酸酯阻燃剂	172	6.4	PVC 用有机化合物基热稳定剂	215
5.4	无卤膨胀型阻燃电缆料的研究进展	173	6.4.1	有机化合物基热稳定剂的定义	216
5.4.1	概述	173	6.4.2	国外研究情况	216
5.4.2	线缆火灾产生的原因及其危害	174	6.4.3	国内研究情况	217
5.4.3	国内外发展现状	175	6.4.4	结语	217
5.4.4	无卤阻燃电缆料基体树脂	176	6.5	PVC 热稳定剂环保问题解析	217
5.4.5	电缆料用无卤阻燃剂	177	6.5.1	双酚 A	218
5.4.6	无卤膨胀型阻燃聚烯烃电缆料	179	6.5.2	壬基酚	220
5.5	家电用含溴阻燃塑料的替代技术	179	6.5.3	苯酚	221
5.5.1	国内外卤系阻燃剂的生产及应用 概况	180	6.5.4	热稳定剂相关问题分析	222
5.5.2	家电用阻燃塑料中溴系阻燃剂的 替代技术	180	6.6	无毒 PVC 塑料配方技术	222
5.5.3	含溴阻燃聚合物材料技术开发 展望	185	6.6.1	环保要求	222
5.6	聚丙烯用阻燃剂的应用研究	185	6.6.2	环保法规及检测方法	225
5.6.1	水合金属化合物阻燃剂	185	6.6.3	对策	228
5.6.2	磷系阻燃剂	186	6.6.4	配方技术	228
5.6.3	硅系阻燃剂	187	6.6.5	生产技术	229
5.6.4	膨胀型阻燃剂	187	6.7	硫醇甲基锡热稳定剂在 PVC 中的 应用	231
5.6.5	纳米阻燃剂	188	6.7.1	硫醇甲基锡生产技术	231
5.7	聚苯乙烯阻燃研究进展	189	6.7.2	硫醇甲基锡在 PVC 硬制品中的 使用	233
5.7.1	概述	189	6.7.3	硫醇甲基锡在 PVC 硬制品中的 配方实例	235
5.7.2	添加型阻燃剂阻燃	189	6.8	稀土及其复合热稳定剂的性能和 应用	236
5.7.3	化学改性聚苯乙烯赋予其阻燃 性能	192	6.8.1	概述	236
5.7.4	发展动向与展望	192	6.8.2	无机类稀土及其复合热稳定剂的 性能和应用	237
5.8	硅系阻燃剂的研究进展	192	6.8.3	有机类稀土及其复合热稳定剂的 性能和应用	241
5.8.1	有机硅系阻燃剂的研究现状	192	6.8.4	稀土稳定剂在聚氯乙烯配方设计 中的应用	249
5.8.2	无机硅系阻燃剂的研究现状	195	6.8.5	稀土及其复合稳定剂的发展 前景	249
5.8.3	结论与展望	196	6.9	环保无毒热稳定剂的组分构成研究及其 在 PVC-U 排水管道中的应用	250
第 6 章 热稳定剂		197			
6.1	聚氯乙烯热稳定剂研究新进展	197			
6.1.1	热稳定剂作用机理	197			
6.1.2	PVC 热稳定剂的种类及应用	198			
6.1.3	发展与展望	201			
6.2	PVC 环保 Ca/Zn 热稳定剂的研究进展 及应用前景	202			
6.2.1	PVC 的降解机理	202			

6.9.1 环保无毒热稳定剂组分介绍	251	8.2.3 外润滑剂	289
6.9.2 实验部分	251	8.3 相容度或表观溶解度与润滑作用	289
6.9.3 小结	253	8.3.1 相容性的缺陷	289
6.10 硬脂酸镧/己二酸钙/己二酸锌复合热 稳定剂对聚氯乙烯性能的影响	253	8.3.2 相容度或表观溶解度	290
6.10.1 概述	253	8.3.3 相容度或表观溶解度的可变性	290
6.10.2 实验部分	254	8.3.4 影响相容度(即润滑作用)的 因素	290
6.10.3 结果与讨论	255	8.4 润滑剂对碳酸钙分散性的改善效果	294
6.10.4 结论	257	8.4.1 实验部分	294
6.11 锌酸钙的合成及其对 PVC 热稳定性能的 影响	257	8.4.2 结果与讨论	295
6.11.1 实验部分	258	8.4.3 结论	299
6.11.2 结果与讨论	259	8.5 润滑剂在 PVC 塑料加工中的应用	299
6.11.3 结论	263	8.5.1 润滑剂的作用机理	299
第 7 章 抗冲改性剂和加工助剂	264	8.5.2 润滑剂的分类及性能	300
7.1 ACR 和 MSB 抗冲改性剂的应用 技术	264	8.5.3 润滑剂的选择与应用研究	300
7.1.1 概述	264	8.5.4 小结	301
7.1.2 ACR 和 MBS 抗冲改性剂的制备 技术	265	8.6 镧系硬脂酸盐及聚乙烯蜡润滑剂对 HDPE6098 流变性能的影响	301
7.1.3 ACR 和 MBS 抗冲改性剂的结构 及其对 PVC 的增韧机理	267	8.6.1 实验部分	302
7.1.4 ACR 抗冲改性剂对 PVC 性能的 影响及选用	269	8.6.2 结果与讨论	302
7.1.5 MBS 抗冲改性剂对 PVC 性能的 影响及选用	271	8.6.3 结论	305
7.1.6 小结	273	8.7 使用硬脂酸指数评价润滑剂对 PVC 熔合行为的影响	305
7.2 PVC 用加工助剂及冲击改性剂	273	8.7.1 PVC 的熔合行为	305
7.2.1 加工改性助剂	273	8.7.2 转矩流变曲线的成因	306
7.2.2 冲击改性剂	274	8.7.3 使用硬脂酸指数评价润滑剂对 PVC 熔合行为的影响	310
7.2.3 小结	275	8.8 润滑剂在改性塑料和功能母料领域的 应用发展趋势	313
7.3 核-壳结构 ACR 增韧改性 PCTFE 体系的 性能与结晶行为	275	8.8.1 概述	313
7.3.1 实验部分	276	8.8.2 润滑剂的品种与分类	314
7.3.2 结果与讨论	277	8.8.3 润滑剂在改性塑料和功能母料领域 的应用与发展	314
7.3.3 结论	280	8.8.4 小结与展望	318
7.4 PMMA/ASA 合金的制备及其性能 研究	280	第 9 章 抗氧化剂与光稳定剂	319
7.4.1 实验部分	280	9.1 塑料抗氧化剂和光稳定剂的作用功能、常 用品种及应用探讨	319
7.4.2 结果与讨论	281	9.1.1 抗氧化剂、光稳定剂的作用、功能 与分类	319
7.4.3 小结	282	9.1.2 抗氧化剂、光稳定剂的选用原则及 常用品种	325
第 8 章 润滑剂	284	9.1.3 抗氧化剂、光稳定剂应用探讨	330
8.1 概述	284	9.1.4 小结	335
8.2 润滑剂的结构与作用机理	285	9.2 抗迁移型聚烯烃抗氧化剂的现状与发展 策略	335
8.2.1 润滑剂的定义	285	9.2.1 抗氧化剂及其迁移性的危害	335
8.2.2 内润滑剂	286		

9.2.2 抗迁移型聚烯烃抗氧剂	336	第 11 章 抗静电剂	379
9.2.3 发展策略	338	11.1 高分子材料抗静电剂的研究进展	379
9.3 提高聚氨酯材料抗紫外光老化性能的研究进展	339	11.1.1 抗静电剂的分类和作用机理	379
9.3.1 聚氨酯材料的老化降解	339	11.1.2 抗静电作用效果的影响因素	380
9.3.2 用于聚氨酯的稳定剂	340	11.1.3 国外抗静电剂的发展情况	380
9.3.3 聚氨酯材料稳定化的研究	340	11.1.4 国内抗静电剂的研究进展	382
9.4 加工型亚磷酸酯类抗氧剂的研究与应用	348	11.1.5 发展建议	383
9.4.1 概述	348	11.2 化学过程(抗静电剂)生产和使用与环境问题	384
9.4.2 亚磷酸酯类抗氧剂的作用机理	348	11.2.1 化工环境污染概况	384
9.4.3 亚磷酸酯类抗氧剂的研究进展	348	11.2.2 化工生产的原料、半成品及产品	385
9.4.4 亚磷酸酯类抗氧剂的应用	350	11.2.3 化工生产过程中排放出的废弃物	385
9.5 光稳定剂	351	11.2.4 安全和环保对塑料助剂(抗静电剂)的发展趋势影响	386
9.5.1 光稳定剂的市场现状	351	11.2.5 塑料助剂(抗静电剂)与环境的关系	386
9.5.2 光稳定剂的分类和作用机理	352	11.2.6 化工污染防治	387
9.5.3 光稳定剂技术进展	355	11.3 新型永久抗静电阻燃 ABS 材料的制备与性能研究	388
9.5.4 光稳定剂的应用探讨	356	11.3.1 概述	388
9.6 聚乙烯老化性能的研究进展	360	11.3.2 实验部分	388
9.6.1 聚乙烯的光氧老化	360	11.3.3 结果与讨论	389
9.6.2 聚乙烯的热氧老化	362	11.3.4 结论	392
9.6.3 聚乙烯的光氧和热氧老化	363	11.4 复配抗静电剂在 LLDPE 塑料中的应用	393
第 10 章 塑料着色剂与功能母料	365	11.4.1 概述	393
10.1 颜料在塑料中的分散	365	11.4.2 实验部分	393
10.2 颜料分散理论	366	11.4.3 结果与讨论	394
10.2.1 颜料分散前的形态	366	11.4.4 结论	395
10.2.2 颜料的分散过程	367	第 12 章 抗菌剂	397
10.3 颜料的(混合)分散与实例	367	12.1 概述	397
10.4 聚氯乙烯着色的几个问题	368	12.2 抗菌剂的作用机理	400
10.4.1 加工稳定性	368	12.2.1 金属离子接触反应机理	400
10.4.2 迁移性	368	12.2.2 催化激化机理	400
10.4.3 耐候性	369	12.2.3 阳离子固定机理	401
10.4.4 影响 PVC 老化的几个问题	370	12.2.4 细胞内容物、酶、蛋白质、核酸损坏机理	401
10.4.5 聚氯乙烯成型工艺对着色剂的要求	370	12.3 抗菌剂的性能	401
10.5 色母粒的安全问题	372	12.3.1 抗菌谱	401
10.5.1 色母粒制品中毒性的来源	372	12.3.2 抗菌剂最低抑菌浓度	402
10.5.2 着色剂的毒性	372	12.3.3 滤纸抑菌环法测定抗菌剂的效力	402
10.5.3 食品接触材料中着色剂的安全问题	373	12.3.4 抗菌塑料的抗菌性	402
10.5.4 食品接触材料用着色剂的相关法规及检测技术	374	12.4 抗菌剂的种类和应用	406
10.6 聚丙烯塑料造粒色差原因和改进	375		
10.6.1 色差的测试	375		
10.6.2 色差产生的原因及改进方法	376		
10.6.3 结论	378		

12.4.1	塑料用抗菌剂的种类	406	应用	440	
12.4.2	无机抗菌剂	406	14.1.1	配方设计	440
12.4.3	有机系抗菌剂	408	14.1.2	实验部分	441
12.4.4	天然抗菌剂	409	14.2	使用转矩流变仪评价 PVC 的熔合度 (凝胶化度)	443
12.4.5	高分子抗菌剂	409	14.2.1	概述	443
12.4.6	抗菌剂的应用	410	14.2.2	关于“熔合”与“凝胶化”	444
12.5	合成革用抗菌防霉剂的研究进展	412	14.2.3	PVC 制品熔合度的评价方法	445
12.5.1	抗菌防霉剂种类、特点及在合 成革上的应用	412	14.2.4	转矩流变仪法评价 PVC 熔 合度	445
12.5.2	合成革用抗菌剂的标准化研究	415	14.2.5	熔合度对制品性能的影响	449
12.5.3	合成革用抗菌剂的发展趋势	416	第 15 章 填充与复合	452	
12.6	聚氨酯制品的抗菌防霉控制	416	15.1	无机粉体复合技术	452
12.6.1	细菌和霉菌	416	15.1.1	高分子/无机粉体复合体系中微观 相界面的设计与调控	452
12.6.2	抗菌防霉剂在聚氨酯制品中的 应用	417	15.1.2	高分子/无机粉体复合技术	452
12.6.3	聚氨酯制品中抗菌防霉剂的 要求	417	15.2	无机粉体材料在聚烯烃塑料中的 应用	456
12.6.4	VINYZENE™ 系列聚氨酯制品用 抗菌防霉添加剂	418	15.2.1	无机粉体材料在塑料中应用 的重要意义	456
12.7	银离子注入与银/铜离子双注入 ABS 树脂抗菌性能研究	419	15.2.2	聚烯烃塑料常用的无机粉体 材料的种类和加工技术	456
12.7.1	概述	419	15.2.3	塑料改性对无机粉体材料的 基本要求	458
12.7.2	实验部分	419	15.2.4	无机粉体材料在聚烯烃塑料 制品中的应用	460
12.7.3	结果与讨论	420	15.2.5	小结	464
12.7.4	结论	421	15.3	常见无机填料表面处理剂及其在聚合 物复合材料中的应用	465
第 13 章 稀土助剂	423		15.3.1	常见无机填料表面处理剂	465
13.1	稀土化合物在塑料工业中的应用	423	15.3.2	用于水镁石的表面处理剂	466
13.1.1	PVC 无毒热稳定剂	423	15.3.3	无机填料表面处理研究的新 进展	468
13.1.2	无机粉体表面改性剂	423	15.3.4	小结	469
13.1.3	聚丙烯 β 成核剂	424	15.4	高性能高分子/无机粉体复合 材料	469
13.1.4	光敏剂	424	15.4.1	高分子/无机粉体复合体系中 微观相界面的设计	470
13.1.5	光转换剂	425	15.4.2	利用界面设计法实现对材料的 增强增韧	470
13.1.6	稀土抗菌剂	426	15.4.3	利用界面设计法实现对材料低 温韧性的改善	471
13.1.7	其他应用	426	15.4.4	利用界面设计法实现对材料阻 燃性能的提高	472
13.1.8	结语	427	15.4.5	利用界面设计法实现对材料导 电性能的提高	473
13.2	稀土表面处理剂的应用	428			
13.2.1	实验部分	428			
13.2.2	WOT 处理对无机粒子表面性能的 影响	429			
13.2.3	结论	435			
13.3	顺丁烯二酸铜接枝聚乙烯型离聚物	435			
13.3.1	实验部分	435			
13.3.2	结果与讨论	436			
13.3.3	结论	439			
第 14 章 转矩流变仪	440				
14.1	哈普转矩流变仪在塑料加工中的				

15.5	PP/EPDM/滑石粉微孔发泡复合		17.1	塑料配方设计要点	489
	材料	474	17.1.1	树脂的选择	489
15.5.1	实验部分	474	17.1.2	助剂的选择	490
15.5.2	结果及讨论	475	17.1.3	助剂的形态	490
15.5.3	结论	477	17.1.4	助剂的加入量	491
15.6	有机硅球形微粉的性质及其功能		17.1.5	助剂与其他组分关系	491
	应用	477	17.2	无毒PVC塑料配方技术	494
15.6.1	有机硅球形微粉的性质	478	17.2.1	环保要求	494
15.6.2	与其他有机、无机球形粉的区别	479	17.2.2	对策	497
15.6.3	在功能塑料母粒中的应用	479	17.2.3	配方技术	497
15.6.4	在塑料制品配方工艺中的应用	479	17.2.4	生产技术	498
15.6.5	在功能塑料薄膜中的应用	479	17.3	小剂量塑料助剂配混方法和技巧	499
第16章	废旧塑料回收利用	481	17.4	不同种类添加剂对聚丙烯加工稳定性的影响	501
16.1	废旧塑料循环利用技术研究进展	481	17.4.1	实验简介	501
16.1.1	废旧塑料对环境的危害	481	17.4.2	实验数据与分析	502
16.1.2	废旧塑料的物理循环利用技术	482	17.4.3	结论	506
16.1.3	废旧塑料的化学循环利用技术	483	17.5	医用消光PVC材料的制备研究	507
16.2	回收尼龙的扩链改性	486	17.5.1	试验部分	507
16.2.1	实验部分	486	17.5.2	结果与讨论	508
16.2.2	结果与讨论	487	17.5.3	结论	509
第17章	应用技术	489			

第 1 章 塑料安全与环保法规

1.1 概述

1.1.1 “十三五”时期塑料行业的任务

有资料介绍,当人均 GDP 达到 11000 国际元(购买力评价指数)时,主要工业品生产峰值将会出现,2013 年我国人均 GDP 已达到 10000 国际元,因而我国已进入这个临界点,这标志中国经济已进入增速换挡期。经济学界认为:从 1978 年到 2002 年是经济飞速发展阶段,2002 年到 2011 年是高速快增长阶段(平均增速 10.6%),2012~2015 年是高速持续增长阶段(增速 7.7%),2016~2030 年则到了增速回归阶段(增速 6.7%以下)。

现在正处于第四次工业革命时代,即德国提出的“工业 4.0”(相对于 18 世纪引入机械制造设备的“工业 1.0”、20 世纪初实现电气化的“工业 2.0”、20 世纪 70 年代融合信息化的“工业 3.0”),强调通过信息网络与物理生产系统的融合,即建设信息物理融合系统来改变当前的工业生产与服务模式。美国 GE 公司则提出“工业互联网”,两者的主要特征都是智能和互联,主旨都在于通过充分利用信息通讯技术,把产品、机器、资源和人有机结合在一起,推动制造业向基于大数据分析与应用基础上的智能化转型。

目前,我国正处于扩展现有技术革命、迎接新技术革命的叠加期,我们要统筹处理好传统产业改造提升、信息技术深度应用和新兴产业培育三者的关系。“十三五”时期是我国全面建成小康社会最后冲刺的关键时期,是我国由中等收入国家迈向高收入国家最低门槛的重要历史阶段,是深化改革开放、转方式、调结构的攻坚时期,也是塑料加工工业由大变强的重要时期。“十三五”规划要以加快塑料加工业转型升级为重点,以提高塑料加工自主创新能力为核心,以新材料、新技术、新装备和新产品为重点,大力实施赶超战略,努力缩小与发达国家差距,大力实施高端化战略,全面提高产业素质。

《2014~2015 年全球竞争力报告》中,瑞士、新加坡、美国分别名列前三位,中国排名第 28 位,名列金砖国家之首。中国经济的显著特征是已经做大,但还没有做强,中国的 GDP 总量为世界第二。2014 年中国塑料制品的产量为 7387.8 万吨,同比增长 7.4%,已连续多年成为全球最大的塑料制品生产国和消费国,这只能说明我国是塑料工业大国,我国出口的合成树脂、塑料助剂和塑料制品是中、低档产品,而进口的是技术含量高的高档产品,因而不是强国。做强的标准是:将一些产业提升到产业链的高端,有品牌,有核心技术,有产业的话语权;能够靠自己的力量解决我国经济、社会发展关键的、瓶颈性的问题;能够摆脱资源依赖;产业结构更为科学合理,在遵循效率原则的前提下,较大幅度地提高现代服务业的比重;实现生态文明、可持续发展,真正实现社会主义生产目的。

“十三五”规划要以加快塑料加工业转型升级为重点,以提高塑料加工自主创新能力为核心,以新材料、新技术、新装备和新产品为重点,大力实施赶超战略,努力缩小与发达国家差距,大力实施高端化战略,全面提高产业素质。

“十三五”需要坚持“资源节约型、环境友好型、技术创新型”的塑料加工业产业方向,大力实施“绿色、低碳、循环、生态”发展战略,推进塑料加工业稳定、健康、可持续发展。

要牢牢把握“功能化、轻量化、生态化、微成型”的高技术发展方向。要重点发展多功能、高性能材料及助剂，要加快导电、导热、耐温、抗菌、防霉、高韧、超强、阻燃等多功能合金材料的开发及应用。

1.1.2 塑料制品的安全和环保要求

随着世界科学技术和工业化的高速发展，人类的生活物质和质量得到极大的提高，与此同时，人们认识到人类的生存环境已经大大恶化了，人们对健康和环境保护的需要促使各国政府加强对有毒化学品生产、使用的批准和监管。为了有效监管各类制品中有毒有害物质，欧盟理事会于1976年通过并施行76/769/EEC指令，即：《关于统一各成员国有关限制销售和使用某些有害物质和制品的法律法规和管理条例的理事会指令》，该指令已历经30次修订，另外还对原指令已限制物质的范畴进行了16次补充，形成了一个较为完善的对有毒有害化学品的监管法规体系。

近年来，为了保护环境和人类健康，我国也在逐步加强对化学品的监管力度。为了减少有毒有害塑料助剂对人体和环境造成的危害，我国发布了一系列标准、法令、指标来限制塑料中有毒有害助剂的使用，相应的法规包括食品安全用塑料国家卫生标准及行业检疫标准，医疗器械用塑料国家技术规范和他用塑料国家安全技术法规等多个方面。这些法规和指标的实行对我国塑料助剂的安全使用带来了积极的指导意义。

中国于2003年颁布了GB 9685—2003《食品容器、包装材料用助剂使用卫生标准》，为了满足日益发展的经济需要2009年颁布了GB 9685—2008新标准代替原GB 9685—2003。新修订的GB 9685—2008《食品容器、包装材料用添加剂使用卫生标准》将于2015年年底实施。

塑料助剂可以有效地提升塑料的性能以满足人们生产生活的需要。然而，大部分塑料助剂往往含有有毒有害物质，给人体健康和环境安全带来诸多威胁和隐患；因此，各国政府和组织纷纷制定相关的法律法规来限制和约束塑料生产过程中助剂的使用与塑料中有毒有害物质的残留量。

塑料在产品中的应用是非常广泛的，由于塑料成型工艺和配方成分复杂，再加上我们经常使用回收塑料作为产品的添加成分，又增加了其复杂性，但是这都是可以控制的。原料选择和配方设计是有害物质控制的基础。了解各种法规要求，以及相对应的材料和物质的情况将直接可以帮助找到合理的配方而使产品符合要求。

1.2 我国与欧盟塑料助剂法规标准体系的比较

(刘学之，许凯，孔秋月，张媛媛，吴大鸣)

1.2.1 塑料助剂概况

塑料助剂是精细化工的重要分支，是塑料工业的伴生产业。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一些化合物。塑料助剂主要包括：增塑剂、阻燃剂、热稳定剂、抗氧剂、光稳定剂、抗冲改性剂、抗静电剂、发泡剂、润滑剂、生物抑制剂、成核剂、偶联剂等，涉及多种常规结构化合物和数以千计的商业品种。它不但在塑料生产和加工过程中有着重要的作用，而且还能赋予塑料制品以特殊的性能，使其质量提高，用途扩大，是塑料工业中一个必不可少的重要组成部分。但是，塑料助剂在满足提升塑料性能需求的同时，这些助剂可能包含着众多有毒、有害的物质，给人类健康和环境安全带来威胁。随着塑料制品日益广泛的应用，由塑料安全卫生引起的不良事件频见报道。为此，各国政府和国际组织颁布实行了一系列的标准、法规、指令来限

制塑料中有毒有害物质的使用和残留量等,如欧盟 REACH 法规、美国 CPSIA 法规等。中国政府在借鉴国际标准的同时,近年来也在不断加强塑料助剂行业的法律法规建设,尤其是对塑料中有毒有害物质的法规和标准进一步细化,可操作性和监管性不断增强。

1.2.2 欧盟塑料助剂中有毒有害物质的管控法规

管理和监控塑料助剂中含有的对人体和环境有毒有害的物质构成了监管塑料助剂的核心,欧盟在这一领域立法最早,形成了以 REACH 法规为总体框架、各领域法规健全的法律体系,值得其他国家借鉴。

1.2.2.1 欧盟 REACH 法规的产生及发展

为了有效监管各类制品中有毒有害物质,欧盟理事会于 1976 年通过并施行 76/769/EEC 指令,即:《关于统一各成员国有关限制销售和使用某些有害物质和制品的法律法规和管理条例的理事会指令》。截至 2008 年 8 月,该指令已历经 30 次修订,另外还对原指令已限制物质的范畴进行了 16 次补充,形成了一个较为完善的对有毒有害化学品的监管法规体系。

REACH 法规及其管理机构。2006 年 12 月 18 日,为了进一步完善有毒有害化学品在欧盟范围内的监管,欧盟议会和欧盟理事会在 76/769/EEC 的基础上出台了 REACH 法规,全称为《化学品的注册、评估、授权和限制》,并于 2007 年 6 月 1 日开始实施。REACH 将原有指令集 76/769/EEC 并入其附录 17 中,并对一系列对人体、环境危害较大的化学品的使用进行了非常严格的限制。

REACH 法规对化学品做出了明确规定,要求任何商品必须有一个列明商品化学成分的登记档案,并要求制造商提供使用这些化学成分的说明以及毒性评估报告,所有信息将会输入到一个数据库中。这个数据库由位于芬兰赫尔辛基的欧洲化学品局(ECHA, European Chemicals Agency)监管,如果发现存在对环境和人体健康存在影响的化学成分,则会采取更为严格的审查措施来限制或禁止。

REACH 要求制造商注册产品中的每一种化学成分,为了严格监管社会和科学界高度关注且危害后果严重的物质,REACH 法规设立了高度关注物质(SVHC, substances of very high concern)清单,要求任何一种年使用量超过 1t 的高度关注物质(SVHC)在商品中的含量不能超过总物品总质量的 0.1%,否则需要履行注册、通报、授权等一系列义务;因此,REACH 的施行影响波及从采矿业到纺织服装、轻工、机电等几乎所有行业的产品及制造工序,其提供了一个完整的化学品管理框架,为未来各项特定指令的确立奠定了基础。

1.2.2.2 欧盟对于各类塑料及塑料助剂中有毒有害物质的监管法规

在 REACH 法规的框架下,针对重要领域中塑料的应用,欧盟出台了专项法规来监管和约束塑料及塑料助剂可能涉及的有毒有害物质的使用。

(1) 与食品接触塑料的相关法律规定 1990 年 2 月 23 日,欧盟出台针对与食品接触的塑料中可能存在的有毒有害物质的法规,即 90/128/EC,《1990 年 2 月 23 日委员会关于与食品接触塑料材料和制品的指令》。由于塑料中的添加剂和助剂种类多样,而且其中部分物质对人体健康和环境存在较大的风险;因此,与食品接触产品用添加剂和助剂是管控重点,在 90/128/EC 颁布施行后的十几年中,先后进行了 7 次修改,逐渐完善了塑料中有毒有害物质的监管范围。

2002 年 8 月 6 日,欧盟取代 90/128/EC 指令,颁布了新的食品接触塑料中有毒有害物质的监管指令 2002/72/EC,《委员会关于与食品接触塑料材料和制品的指令》。截至现在已先后进行了 6 次修订,并形成了授权物质联合清单。

2011 年 1 月 14 日,欧盟出台了迄今为止最新最全面的食品接触塑料法规(EU) No10/

2011,《委员会关于与食品接触塑料材料和制品的规定》。相比于 2002/72/EC 法规,新法规对于塑料和制品提出了更严格的要求。在用于塑料物料和制品的塑料层制造时,使用的物质不得超过特定迁移量(SML)和整体迁移量如表 1-1 所示。对于塑料材料或制品中的部分重要管控物质,新法规也做出了严格规定如表 1-2 所示。

表 1-1 特定迁移量表

接触材料	特定迁移量(SML)	整体迁移量
一般食品接触材料	新法规附件一中已列出,若不是特定物质,则迁移量为 60mg/kg	10mg/dm ²
儿童及婴儿食品接触材料		60mg/kg

表 1-2 部分物质管控要求

物质	钡	钴	铜	铁	锂	锰	锌	初级芳香胺
迁移限量/(mg/kg)	1	0.05	5	48	0.6	0.6	25	0.01

欧盟成员国法规对塑料的安全卫生指标和限量要求都有具体严格的规定。表 1-3 为德国对塑料助剂的使用的相关法规——LFGB 法案的规定部分,其特点是对用作食品包装材料的种类和组成进行了严格规范,包括聚合物的种类和所含物质组成比例。

表 1-3 苯乙烯共聚酯与聚乙烯树脂主要检测指标

苯乙烯共聚酯		
聚合单体种类	共聚单体限量要求	
间苯二甲酸	含量≤25%	
双酚 A	含量≤2.0%	
聚乙二醇	含量≤10%	
聚乙烯树脂原料安全卫生指标		
指标项目	限量要求	检测方法
感官测试	不影响食物的味觉和嗅觉	DIN 10955—2004
熔融指数(2.16kg,190℃)	≤100g/10min	DIN EN ISO 1133
过氧化值	不得呈现阳性反应	Ph. Eur. Method 2.5.5A
催化剂残余	Cr≤10,Zr≤100,V≤200	

(2) 关于电子电气废弃物中有毒有害物质的规定 在现代电子电气工业中,塑料元器件充当着重要角色,为了改良塑料的特性需要向塑料中添加合适的助剂以达到使用要求,因此,对这些物质实施管控也是十分必要的。为此,欧盟在生产和使用阶段分别颁布了 RoHS 和 WEEE 法规来进行监管,形成了对于塑料元器件中有毒有害物质的有效监管体系。

① 欧盟 RoHS 指令 为规范电子电气产品的材料及工艺标准,从而有利于人体健康及环境保护,欧盟在 2003 年 1 月 27 日出台的 RoHS 指令是由欧盟制定并实施的一项强制性标准,中文全称为《关于限制在电子电器设备中使用某些有害成分的指令》,指令编号 2002/95/EC,已于 2006 年 7 月 1 日开始全面实施。该项指令的管制对象主要为电子电气产品中的铅、汞、镉、六价铬、多溴联苯和多溴二苯醚在内的共 6 项物质。

2011 年 6 月 8 日,欧盟颁布了 2011/65/EU 指令,即 RoHS 2.0 指令。RoHS 2.0 指令在原有 RoHS 指令(2002/95/EC)的基础上做出多项重要变动。

RoHS2.0 指令确定了 6 种禁止的物质(铅、汞、镉、六价铬、多溴联苯和多溴二苯醚)在均质材料中能够许可的最高含量(以重量百分比计算),如表 1-4 所示。

表 1-4 均质材料中六项物质最高许可含量

物质	铅	汞	镉	六价铬	多溴联苯	多溴二苯醚
含量/%	0.1	0.1	0.01	0.1	0.1	0.1

② WEEE WEEE 全称为《报废电子电气设备指令》，指令编号 2002/96/EC，该指令于 2005 年 8 月 13 日正式全面生效。该指令定义了废弃物的实施范围，如果被检测产品达到了此定义的范围，那么，即使没有达到使用年限也被视为废弃物。RoHS 在产品的生产阶段对各项有毒有害物质进行了明确规定，作为与 RoHS 指令相互配合的指令，WEEE 则在电子电气设备回收阶段对各项有毒物质的限制和检测进行了严格规定。

(3) 对于儿童玩具中有毒有害物质的相关法规 欧盟对于儿童玩具的化学安全性能较为重视，颁布的法令和标准也比较多，针对玩具的指令主要有 88/378/EEC 和 2009/48/EC 这 2 个法令。在 88/378/EEC 附录二和附录三中规定了玩具需要符合的化学标准，如表 1-5 所示。

表 1-5 玩具中部分重要物质化学标准

元素	锑	砷	钡	镉	铬	铅	汞	硒
限量/ μg	0.2	0.1	25.0	0.6	0.3	0.7	0.5	5.0

根据 2009/48/EC 的规定，对于玩具的化学要求在 2013 年 7 月 20 日之后开始实施。在其附录中规定了玩具需要符合的化学性能，规定了不准使用的 55 种过敏性芳香剂。针对玩具中的重金属迁移量，不得超过 2009/48/EC 附录二第三条中规定的限量。

(4) 涉及日用消费品塑料中有毒有害物质的法规 在日用消费品方面，国内现没有系统全面的法规进行限制，相比之下，欧洲在这一方面更为先进。主要法规是 REACH 中的具体规定条款，该法规在欧盟境内有统一的强制效力，其相关限制措施主要集中于高关注物质清单中，自 2008 年 10 月 28 日公布实施以来，现已发布 8 批、138 种物质。

1.2.3 我国发布的塑料助剂相关的法律法规

为了减少有毒有害塑料助剂对人体和环境造成的危害，我国发布了一系列标准、法令、指标来限制塑料中有毒有害助剂的使用，相应的法规包括食品安全用塑料国家卫生标准及行业检疫标准，医疗器械用塑料国家技术规范和其他塑料国家安全技术法规等多个方面。这些法规和指标的实行对我国塑料助剂的安全使用带来了积极的指导意义。

1.2.3.1 食品容器、包装塑料用添加剂国家卫生标准

2003 年，我国颁布了 GB 9685—2003《食品容器、包装材料用助剂使用卫生标准》，其中塑料包装材料允许使用的添加剂品种 38 种。2008 年，根据《中华人民共和国食品卫生法》，我国颁布了 GB 9685—2008《食品容器、包装材料用添加剂使用卫生标准》。该标准参考了美国联邦法第 21 章第 170~189 部分、美国食品药品监督管理局食品接触通报列表，以及欧盟 2002/72/EC 食品接触塑料等相关规定。

该标准参考国家批准物质名单，列出了允许使用的添加剂名单、CAS 号、使用范围、最大使用量、特定迁移量、最大残留量及其他限制性要求，将允许使用的添加剂品种扩充到 959 种，其中塑料包装材料允许使用的添加剂品种从的 38 种增加到 580 种。例如，邻苯二甲酸酯类是迄今为止产量和消费量最大的助剂种类，其相关规定见表 1-6。

表 1-6 GB 9685—2008 中邻苯二甲酸酯类添加剂相关规定

名 称	在塑料中的最大使用量	特定迁移量/(mg/kg)
邻苯二甲酸二(2-乙基己基)酯(DEHP)	PE、PP、PS、AS、ABS、 PA、PET、PC、 PVC;按生产需要适量使用	SML=1.5 (仅用于接触非脂肪性食品的容器)
邻苯二甲酸二甲酯(DMP)	PP、PE、PS;3.0%	—
邻苯二甲酸二异丁酯(DIBP)	PVC;10%	—