

GONGNENG

MULIAO

功能母料

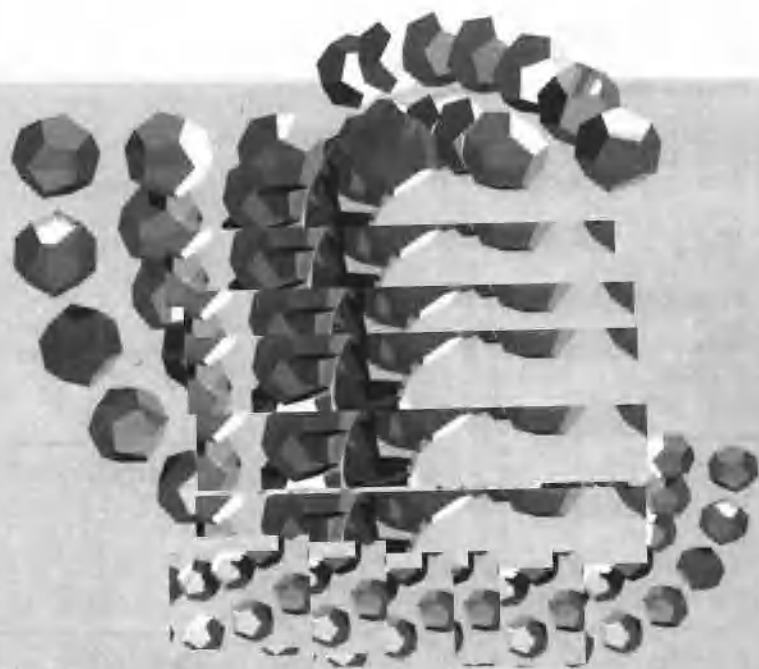
陈志军 方少明 主编



化学工业出版社

GONGNENG MULIAO 功能母料

陈志军 方少明 主编



化学工业出版社

·北京·

本书从功能母料的基本概念入手,重点介绍制备功能母料的原理、功能母料的配合设备、配合加工工艺以及重要的功能母料等。本书内容由浅入深,文字简洁易懂,技术实用可行。可供从事塑料研究和加工的技术人员以及相关专业的专院校师生参考。

图书在版编目(CIP)数据

功能母料/陈志军,方少明主编. 北京:化学工业出版社,2007.7
ISBN 978-7-122-00490-1

I. 功… II. ①陈…②方… III. 高分子材料
IV. TB324

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2007) 第 081718 号

责任编辑:白艳云 李 胤
责任校对:洪雅姝

装帧设计:张 辉

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:大厂聚鑫印刷有限责任公司
装 订:三河市延风装订厂
850mm×1168mm 1/32 印张10 1/4 字数272千字
2007年7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:24.00 元

版权所有 违者必究

前 言

经过一个世纪的发展，高分子科学已经成为一门多学科渗透、多学科交叉的科学，高分子材料已经成为性能多样品种繁多的重要材料之一。

伴随着高分子材料工业的发展，作为高分子材料加工的主要原料之一的助剂也得到了迅速的发展，已经形成品种繁多的规模庞大的产业。高分子材料生产已经形成了包括高分子化学合成、高分子化学改性、高分子助剂及高分子加工等多元化产业结构。同时，社会文明的发展与进步，社会分工更趋细致，在高分子加工产业也更趋专业和细致，一个新的高分子加工产业——功能母料加工与生产便应运而生。

功能母料是指在聚合物树脂中混入超常量的能赋予其某种特殊性能的助剂，经过配合设备加工所得到的具有特殊功能的聚合物助剂浓缩体，它是高分子被最终加工成型为高分子制品的中间体或是高分子成型加工的原料。功能母料包括耐老化母料、防雾滴母料、色母料、耐高温母料、抗静电母料等。

本书注重实用性，先从功能母料的基本概念入手，重点介绍制备功能母料的原理、功能母料配合设备、功能母料配合加工工艺，以及重要的功能母料等内容。本书由浅入深，文字力求简洁易懂，技术实用可行。可供从事塑料研究和加工的技术人员、相关专业的大专院校师生参考。

全书共分八章，第一章由陈志军教授编著，第四章由陈志军教授和方少明教授编著，第二章由刘东亮高级工程师编著，第六章由刘东亮高级工程师和方少明教授编著，第三章由高丽君老师和方少明教授编著，第五章和第七章由张治红博士编著，第八章由周立明博士编著。

编著者

2007年5月

目 录

第一章 功能母料的基本概念	1
第一节 概述	1
第二节 功能母料配方设计	3
一、功能母料配方设计的特点	4
二、功能母料配方设计的基本原则	4
三、功能母料配方的基本组分	6
第三节 载体聚合物	6
一、聚合物的分类	6
二、影响聚合物性能的因素	6
三、聚合物熔体的流变性	9
第四节 聚合物与助剂配合体系	21
一、聚合物加工性能改性体系	21
二、聚合物的无机填充体系	27
三、衡量聚合物配合体系性能的主要指标	29
第二章 功能母料配合设备	34
第一节 分级设备	34
第二节 三辊研磨机	38
第三节 低速塑料混合设备	40
一、转鼓式混合机	40
二、V形混合机	42
三、双锥混合机	43
四、螺带混合机	44
五、犁状转子混合机	48
第四节 塑料高速混合机	49
第五节 混炼设备	52

一、开放式炼塑机	52
二、密闭炼塑机	55
第六节 单螺杆挤出设备	58
一、普通单螺杆挤出机的总体结构	59
二、单螺杆挤出机的螺杆结构	59
第七节 双螺杆挤出设备	67
一、双螺杆挤出机的总体结构	67
二、双螺杆配混料挤出机的螺杆元件	69
三、双螺杆配混料挤出机的混合过程	71
四、双螺杆配混料挤出机的螺杆元件组合	72
五、双螺杆配混料挤出机的料筒结构	73
六、螺杆料筒的材料	74
七、双螺杆挤出造粒机机头	74
八、混配料双螺杆结构组合和机筒配置	75
九、混配料双螺杆挤出用于填充、增强的生产流程	77
十、混配料双螺杆挤出机在加工母料时应注意的问题	79
第八节 其他类型的混炼型挤出机	85
一、双阶挤出机	85
二、磨盘挤出机	90
三、三螺杆挤出机	94
四、端面混炼挤出机	96
五、往复式单螺杆混炼挤出机	97
六、连续混炼机	101

第三章 色母料 106

第一节 配色原理	106
一、颜色的基本概念	106
二、颜色的测定与仪器	106
三、配色的方法	107
第二节 着色剂的主要性能	109
一、着色力	109
二、耐热性能	109
三、耐迁移性能	109

四、耐老化性能	110
五、耐化学试剂性能	110
六、相容性	110
第三节 主要着色剂	111
一、无机颜料	111
二、有机颜料	123
三、塑料着色	134
第四节 色母料生产工艺	141
一、颜料在聚合物中的分散	141
二、色母料的配方及工艺流程	143
第五节 色母料的应用	151
一、薄膜材料用色母料	151
二、吸塑片材	152
三、泡沫塑料成型工艺中的应用	154
四、注塑工艺中的应用	155
第四章 抗静电母料	156
第一节 静电现象	156
一、材料的主要电学性能指标	156
二、静电的产生	159
三、静电现象	161
四、静电的危害	163
五、抗静电的方法	163
第二节 聚合物结构与静电性能	165
一、聚合物的导电机理	165
二、影响聚合物导电性能的因素	166
三、聚合物结构与静电性能	168
第三节 抗静电母料助剂	171
一、高分子抗静电方法概述	171
二、抗静电剂的分类	171
三、导电性填料	179
第四节 抗静电母料生产工艺	191
一、抗静电母料的配方	191

二、抗静电母料性能指标	197
第五章 高效阻燃母料	202
第一节 聚合物的燃烧和阻燃剂的作用机理	204
一、聚合物的燃烧	204
二、阻燃剂的作用机理	208
第二节 主要阻燃剂	215
一、水合金属氧化物	216
二、磷系阻燃剂	221
三、氮系阻燃剂	226
四、氮-磷复合型阻燃剂	228
五、卤素化合物	229
六、膨胀型阻燃剂	233
七、常用聚合物的阻燃	238
第三节 阻燃母料生产工艺	244
第四节 阻燃母料及其发展方向	245
一、微胶囊化技术	246
二、超细化技术	248
三、表面改性技术	249
四、复配协同技术	249
五、消烟技术	250
六、交联技术	250
七、大分子技术	250
第六章 珠光色母料	251
第一节 概述	251
第二节 云母钛珠光颜料的形成机理	252
一、静电吸附-多核钛离子生长机理	252
二、云母-水合二氧化钛的互凝机理	254
第三节 珠光颜料在塑料母料中的主要应用品种	257
一、银白色型珠光颜料	257
二、虹彩型珠光颜料	258
三、过渡金属元素着色型彩色珠光颜料	259

四、稀土金属元素着色型彩色珠光颜料	259
第四节 珠光母料的加工及在塑料中的应用	260
一、珠光母料的着色	261
二、珠光母料的配料及加工	261
三、珠光母料在塑料加工中的用量及用途	262
四、珠光母料参考配方	262
第五节 云母珠光颜料性能测定	263
一、目测法	263
二、制板法	263
三、油浸法	264
四、光反射法	264
五、X射线粉末衍射法	264
六、探针能谱测定	264
第七章 抗菌功能母料	266
第一节 聚合物材料霉变原理	267
一、聚合物的微生物敏感性	267
二、抗菌的原理	269
第二节 抗菌剂	270
一、抗菌剂的性能要求	270
二、抗菌剂的种类、应用及抗菌机理	271
第三节 抗菌母料的生产及评价	278
一、抗菌剂的制备	278
二、抗菌母料的制备	280
三、抗菌母料性能指标	281
第四节 抗菌母料的应用	283
一、抗菌纤维	283
二、抗菌塑料	286
第五节 抗菌剂的发展趋势及建议	287
一、抗菌剂的发展趋势	287
二、存在问题及发展建议	289
第八章 其他功能母料	291
第一节 保鲜母料	291

一、保鲜母料配方设计原则	292
二、保鲜母料配方中常用助剂	293
三、参考配方	295
四、常见母料生产工艺	296
第二节 开口母料	296
一、常用的开口剂	296
二、参考配方	298
三、常见母料生产工艺	299
第三节 荧光增白母料	299
一、增白剂	300
二、荧光增白母料参考配方	301
第四节 转光母料	302
一、转光剂	302
二、转光母料参考配方	304
第五节 硅芯母料	305
一、硅芯层	306
二、硅芯母料参考配方	307
第六节 其他功能母料	307
一、消光母料	307
二、抗铜母料	308
三、除草母料	310
参考文献	311

第一章 功能母料的基本概念

第一节 概 述

高分子材料对刚刚过去的 20 世纪的社会文明产生了深远而重大的影响。高分子合成材料——塑料、橡胶和纤维已经渗透到了世界的每一个角落，对农业、工业、能源、信息、军事、科技、环境及人口控制与卫生健康等领域的进步与发展产生了深远的影响，已经成为最主要的材料之一。

高分子材料的发现和应用经过了从天然高分子材料的直接使用，到天然高分子材料的化学改性再利用，再到化学合成制备高分子材料的过程。高分子材料的直接应用最早可以追溯到 2500 多年前，南美印第安人将天然橡胶树汁涂覆在脚上，依赖空气中的氧连接天然橡胶树汁中的长链分子使其变硬，制成了早期的“靴子”。但是，高分子成为一门科学、成为一种主要的材料却只经历了短短的一个世纪时间。用化学合成的方法得到并被实际应用的第一个合成高分子材料，是 1909 年报道的美国 Baekeland 发明的酚醛树脂。1920 年，德国科学家 Staudinger 提出高分子的长链分子概念后，开始了用化学合成的方法大规模制备合成高分子材料的时代。1935 年，英国帝国化学公司（ICI）开发出高压聚乙烯，因其极低的介电常数而在第二次世界大战期间用作雷达电缆和潜水艇电缆的绝缘材料，此后得到广泛应用。1940 年，美国杜邦公司（Du Pont）推出尼龙纺织品（如尼龙丝袜），因其经久耐用而在当时的美国 and 欧洲风靡一时，而尼龙 66 纤维制造的降落伞更是大大提高了美国军队在第二次世界大战中的作战能力。

20 世纪中叶石油化工的发展虽然得到了许多可供合成高分子

材料工业使用的原料，但其中的许多原料却不能被当时已有的高分子合成反应和技术所接受。1953年，德国科学家 Ziegler 和后来的意大利科学家 Natta 发明了配位聚合催化剂，大幅度地扩大了合成高分子材料的原料来源，使像聚乙烯和聚丙烯这类聚烯烃类以石油化工为原料的高分子材料可以化学合成，得到了一大批新的合成高分子材料，使合成高分子材料走入了千家万户，确立了合成高分子材料作为当代人类社会主要材料之一的地位。

20世纪70年代中期，各种特殊功能的高分子材料被发现。美国科学家 Heeger、MacDiarmid 和日本白川英树等发现导电高分子，改变了高分子只能是绝缘体的观念，在塑料导电研究领域取得突破性的发现，具有光、电、磁活性的导电聚合物成为对物理学家和化学家都具有重要意义的研究领域。导电聚合物在发光二极管、太阳能电池、移动电话和微型电视显示装置等领域不断找到新的用武之地。

20世纪80年代以后，高分子材料的研究重点转向高分子凝聚态理论、功能化、通过加工改变单一聚合物聚集态或通过聚合物共混技术提高聚合物的综合性能等方向。高分子材料成型加工技术得到快速的发展。通过对合成高分子材料采用共聚合、共混、填充、增强等改性技术，不仅使单一的合成高分子的性能得到了极大的提高，而且使得高分子材料性能更加优异、品种更加多样化。

经过一个世纪的发展，高分子科学已经成为一门多学科渗透、多学科交叉的科学，高分子材料已经成为性能多样品种繁多的重要材料之一。

伴随着高分子材料工业的发展，作为高分子材料加工的主要原料之一的助剂也得到了迅速的发展，已经形成品种繁多的规模庞大的产业。高分子材料生产已经形成了包括高分子化学合成、高分子化学改性、高分子助剂及高分子加工等多元化产业结构。同时，由于社会文明的发展与进步，社会分工更趋细致，在高分子加工产业也更趋专业和细致，一个新的高分子加工产业——功能母料加工与生产便应运而生。

功能母料是指在聚合物树脂中混入超常量的能赋予其某种特殊性能的助剂，经过配合设备加工所得到的具有特殊功能的聚合物助剂浓缩体，它是高分子被最终加工成型为高分子制品的中间体或是高分子成型加工的原料。

高分子材料功能母料化生产的优点如下。

① 专业化程度高。它使得塑料加工产业更加专业化，有利于高分子材料成型加工行业简化生产工序，大大减少企业设备投入，提高生产效率。例如，一个生产塑料薄膜的企业过去需要密炼机、三辊研磨机、高速混合机、挤出机等设备，如果采用塑料母料后，只要有挤出机和吹膜辅机等就可以生产。

② 工艺简单、使用便捷。其简化了各种助剂和聚合物树脂复杂的混合加工工序，母料和树脂只需简单混合就可以生产聚合物制品。

③ 污染治理容易。目前，我国三大合成聚合物加工的大小企业有几十万家，如果每个加工企业都从事聚合物与助剂的混合，那么对环境的污染将很大，因为助剂多是小分子液体或固体粉尘，如果采用功能母料化，就可以将聚合物与助剂的混合集中，减少环境污染点，便于污染治理。

④ 利于企业集中有限的资源进行技术更新和改造。

功能母料包括生物降解母料、耐老化母料、珠光母料、防雾滴母料、色母料、阻燃母料、抗静电母料等。近年来功能母料受到越来越多的关注，生物可降解、环境可降解聚乙烯地膜已经列入国家“八五”、“九五”科技攻关计划，完全生物降解母料被列入国家“九五”科技攻关和“863”计划。

第二节 功能母料配方设计

功能母料的配方设计不仅直接影响功能母料的性能，而且会影响后续制品的成型加工、制品的成本、制品的性能、使用寿命以及劳动效率等。功能母料配方设计是指为得到某种特定性能而对聚合

物和助剂或添加剂进行选择、对每一组分进行定量。功能母料是为制得具有某种功能的聚合物制品而在树脂中混入功能助剂和其他添加剂而形成的复合体系。所以，配方本身不仅能够反映功能母料中各种成分的质量和数量，而且应该反映工艺技术要求 and 产品的性能。

功能母料用的助剂是指赋予树脂某种特殊性能的材料。助剂的种类很多，包括增塑剂、稳定剂、增韧剂、加工助剂、着色剂、抗氧剂、填料、功能助剂等。

一、功能母料配方设计的特点

功能母料配方设计既和通常的聚合物制品配方设计有相似之处，又有不同之处。

两者相似之处如下。

① 在进行设计时所选用的聚合物树脂和助剂相似。

② 相容性要求相似。对于功能母料体系，同样要求聚合物树脂和助剂具有较好的相容性，以尽量避免助剂从复合体系中迁移。

两者不同之处如下。

① 功能母料是聚合物加工过程中的原料，而不是聚合物制品。

② 功能母料具有广谱性。作为聚合物加工的原料，它不是为生产单一的聚合物制品而设计，而是可以用于多种聚合物制品的生产。有时它既可以生产容器又可以生产薄膜，而且，这种广谱性越高，功能母料设计就越成功。

③ 功能母料的产品评价体系不同于聚合物制品。这是因为在功能母料中，加入的聚合物助剂或添加剂的量远远超出了聚合物制品中的量。

二、功能母料配方设计的基本原则

配方是为制得某种塑料制品而在树脂中混入其他物质所形成的复合体系。混入的其他物质一般称为助剂或添加剂。配方设计是指选择在树脂中加入助剂，并确定其加入量大小的一个过程。

功能母料配方设计应该遵循下面几方面的原则。

① 功能化原则。功能母料设计时，最重要是突出其功能化特征，例如，抗菌母料的重点是功能母料应该具有抗菌性能；抗静电功能母料应该具有抗静电功能。

② 综合性原则。在设计功能母料配方时，除了要考虑功能化原则，还应该综合考虑功能母料在后续的聚合物成型加工过程中要具有良好的加工性能和热稳定性能、功能母料所生产的制品的力学性能、电性能、光稳定性能等。因此，应该依据功能母料的力学性能、化学稳定性、流动性、成型性能等因素来选择各种成分和用量。如 PVC 加工性能和热稳定性都很差，不加入适当的增塑剂和热稳定剂等添加剂就难于进行常规的加工，因此应该加入这些添加剂。

③ 广谱性原则。即在进行功能母料配方设计时，应该考虑同一功能母料可以用于多种聚合物制品。例如，在设计抗静电功能母料时，应该综合考虑该功能母料在板、薄膜等多种制品中应用的可能性。设计的功能母料配方的广谱性越高，设计效果就越好。功能母料在最终出厂时，应该标明该功能母料可以应用的制品范围和种类。

④ 标准化原则。功能母料作为一种聚合物成型加工的原料，其质量的标准应该制定相应的企业标准，这些标准包括功能母料应用的制品种类、在每一种制品中建议添加的量、成型加工的条件，以及在这些制品和建议的添加量下所生产的制品的最终性能。所生产制品的性能测定应该依据国家相应的标准进行测定。

⑤ 简化性原则。功能母料生产的一个重要目的就是使聚合物加工企业能够减少聚合物加工的过程，因此，成功的功能母料配方应该尽量简化后续的聚合物制品成型加工过程，好的配方应该是让功能母料和聚合物树脂简单混合后就能够生产出合格的聚合物制品。

⑥ 低成本原则。降低成本、物美价廉是每一个配方设计者的首选目标。即是指功能母料在满足制品需求性能时，其价格愈低

愈好。

三、功能母料配方的基本组分

功能母料配方的基本组分包含 5 类：作为母料载体的树脂（聚合物）、功能助剂、加工助剂、增容助剂和填料。

第三节 载体聚合物

一、聚合物的分类

一般将平均分子量超过 10^4 的化合物称为高分子材料，又称高聚物或聚合物。聚合物的种类繁多，性能也多种多样，对聚合物的分类也有多种方法。常用的分类方法包括来源、聚合反应、链结构、热行为、用途和化学结构等。

高分子材料如果按其应用来分，可分为塑料、橡胶、化纤、涂料和黏合剂 5 大类，而塑料又可以细分为通用塑料、工程塑料或热固性塑料和热塑性塑料。高分子材料的分类方法很多，在此不一一介绍。常见聚合物的结构与性能可以在相关聚合物手册中查到，在此也不作介绍。

二、影响聚合物性能的因素

高分子的性能和很多因素有关，决定其性能的主要因素如下。

1. 结构单元的化学结构

高分子材料都是通过单体聚合而成，不同单体聚合所得到的聚合物的化学结构也不同，其性质也就不一样，如聚氯乙烯、聚苯乙烯、聚乙烯、聚丙烯等，它们是由不同的单体聚合而得，它们的化学组成不同，性能自然也不同。

2. 链结构

链结构是反映高分子材料各种特性的最主要因素，即使同样化学组成，如果其链结构不同，其性能也可能不同，例如，结构单元化学

组成相同的高密度聚乙烯 (HDPE)、低密度聚乙烯 (LDPE) 和线型低密度聚乙烯 (LLDPE), 由于分子链结构不同, 即直链与支链, 或支链长短不同, 其性能也就不同。链结构是直接影响聚合物某些性能的主要因素, 例如聚合物的熔点、密度、熔体黏度等。

3. 分子量与分子量分布

分子量是高分子区别于其他化合物的最主要原因, 也是高分子的性能有别于小分子化合物的主要原因。聚合物分子量不仅远远大于小分子, 而且其分子量是不均一的, 即具有多分散性, 其分子量只是统计平均分子量。高分子体系实际上是不同分子量的同系物的混合物, 通常所说的分子量大小是指平均分子量, 高分子的这种现象称为聚合物的分子量多分散性和结构多分散性。高分子的分子量分布一般用多分散系数 (也称为分布指数), 其值为重均分子量和数均分子量的比值, 即 $\overline{M}_w/\overline{M}_n$ 。分子量分布越窄即跨度越小, 高分子材料耐低温脆折性和韧性越好, 而耐长期负荷变形和耐环境应力开裂性下降。

聚合物的分子量还可以用平均聚合度来表示, 聚合度 (degree of polymerization, 用 $\overline{DP}$ 表示) 是指高分子链所包含的结构单元的数目。对于高分子材料来说, 分子量或聚合度的大小将直接影响其力学性能。一般地, 当聚合物的聚合度低于某一临界值时 ($\overline{DP}_c$), 聚合物不具有强度, 达到 $\overline{DP}_c$ 后才初具强度, 聚合度高于 $\overline{DP}_c$ 值的某一聚合度范围, 聚合度越大力学性能越好, 如图 1-1 所示。

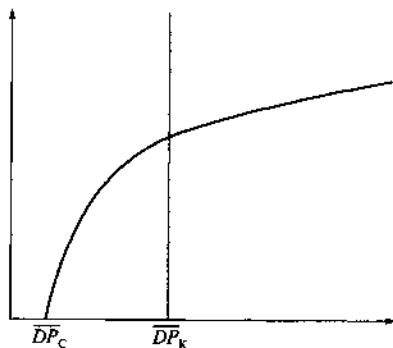


图 1-1 力学性能与分子量的关系