

塑料制品配方

与制备手册

张玉龙 任滨 主编



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

塑料制品配方与制备手册

主 编 张玉龙 任 滨
副主编 周燕萍 李增翼 杨兴娟
孔令美 徐秋红

机械工业出版社

本书重点介绍了塑料管材、塑料板(片)材、塑料型材与异型材、塑料薄膜、塑料电子电气制品、塑料汽车制品与塑料密封制品、塑料建材与革制品、塑料日用品与中空制品、阻燃塑料与制品、泡沫塑料与制品的经典配方与制备实例,还介绍了塑料的基础知识和塑料制品配方设计的原则、方法、内容与程序等。

本书是从事塑料材料研究、配方设计、产品设计、制造加工、管理销售和教学人员必读必备之书,也可作为培训教材使用。

图书在版编目(CIP)数据

塑料制品配方与制备手册/张玉龙,任滨主编. —北京:机械工业出版社,2014.11

ISBN 978-7-111-48014-3

I. ①塑… II. ①张…②任… III. ①塑料制品-配方-手册②塑料制品-制备-手册 IV. ①TQ320-62

中国版本图书馆CIP数据核字(2014)第216547号

机械工业出版社(北京市百万庄大街22号 邮政编码100037)

策划编辑:张秀恩 责任编辑:张秀恩 张元生 版式设计:霍永明

责任校对:樊钟英 封面设计:路恩中 责任印制:李洋

北京宝昌彩色印刷有限公司印刷

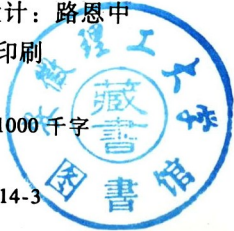
2015年1月第1版第1次印刷

184mm×260mm·36.75印张·1000千字

0001—2500册

标准书号:ISBN 978-7-111-48014-3

定价:99.00元



凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

电话服务

网络服务

社服务中心:(010) 88361066 教材网:<http://www.cmpedu.com>

销售一部:(010) 68326294 机工官网:<http://www.cmpbook.com>

销售二部:(010) 88379649 机工官博:<http://weibo.com/cmp1952>

读者购书热线:(010) 88379203 封面无防伪标均为盗版

前 言

塑料制品配方设计是一种实用性和技术性很强的技术，在塑料制品的开发与成型加工中具有极为重要的地位。塑料制品配方设计过程也是高新技术与新材料的应用与实践过程，是对塑料材料改性的过程。一个成功的塑料配方包含了广大塑料科技人员辛勤劳动的汗水，是智慧与技术的结晶，是塑料制品更新换代、提高档次与质量的金钥匙。塑料制品技术创新主要集中在塑料制品配方设计的技术创新上，故而受到国内外业内人士的高度重视。

为了普及塑料制品配方设计的基础知识，宣传并推广近年来取得的研究与应用成果，中国国防信息学会军用材料信息专业委员会和北方（济南）胶粘剂与涂料协会在收集国内外相关资料的基础上，编写了《塑料制品配方与制备手册》一书，全书共 11 章 47 节。书中较为详细地介绍了塑料管材、塑料板（片）材、塑料型材与异型材、塑料薄膜、塑料电子电气制品、塑料汽车制品与密封制品、塑料建材与革制品、塑料日用品与中空制品、阻燃塑料与制品及泡沫塑料与制品的经典配方与制备实例，共 2000 余例。与此同时，本书还扼要介绍了塑料的基础知识和塑料配方设计的原则、方法、内容与程序等，是从事塑料材料研究、配方设计、产品设计、制造加工、管理销售和教学人员必读必备之书，也可作为培训教材使用。

本书突出实用性、先进性、可操作性，理论叙述从简，侧重于用实例和实用数据说明。全书结构严谨，语言简明流畅，数据真实可靠，信息量大，可读可查阅性强。若本书的出版能对我国的塑料制品更新换代和提高档次与质量有一定的促进作用，作者将感到十分欣慰。

本书由张玉龙、任滨主编。副主编有：周燕萍、李增翼、杨兴娟、孔令美、徐秋红。参加编写的人员还有：李桂变、韩军慧、贾洪旭、付兴中、冯雪艳、李燕、修志锋、李萍、石磊、董卫国、李荣强、郑锡坤、贾秋颖、卜进晓、王飞、孙亚妮、孙伟、牟鹏程。

由于编者水平有限，书中不妥之处在所难免，敬请批评指正。

编 者

目 录

前言	
第一章 概述	1
第一节 简介	1
一、基本概念	1
二、塑料的主要品种与分类	1
三、塑料材料的组成	1
四、塑料的基本特性与用途	2
第二节 塑料配方设计	4
一、简介	4
二、塑料配方设计的基本原则	5
三、塑料配方设计的内容与要点	6
四、塑料配方设计的基本程序	8
五、塑料配方设计方法	11
第三节 塑料主要成型工艺与应用	17
一、模压成型	17
二、层压成型	17
三、冷压模塑	17
四、传递模塑	17
五、低压成型	18
六、挤出成型	18
七、挤拉成型	18
八、注射成型	18
九、吹塑成型	19
十、浇注成型	20
十一、手糊成型	21
十二、纤维缠绕成型	21
十三、压延成型	21
十四、涂布成型	21
十五、树脂传递模塑	22
十六、发泡成型	22
十七、二次成型	22
十八、应用	23
第二章 塑料管材	25
第一节 聚氯乙烯管材	25
一、配方设计要点	25
二、经典配方	25
三、制备实例	40
第二节 聚乙烯管材	62
一、经典配方	62
二、制备实例	65
第三节 聚丙烯管材	75
一、经典配方	75
二、制备实例	77
第四节 其他塑料管材	82
一、经典配方	82
二、制备实例	84
第三章 塑料板(片)材	86
第一节 聚氯乙烯板(片)材	86
一、经典配方	86
二、制备实例	89
第二节 聚乙烯板(片)材	103
一、经典配方	103
二、制备实例	104
第三节 聚丙烯板(片)材	105
一、经典配方	105
二、制备实例	106
第四节 其他塑料板(片)材	110
一、聚苯乙烯板(片)材	110
二、聚甲基丙烯酸甲酯(PMMA)板(片)材	112
三、其他塑料板(片)材	113
第四章 塑料型材与异型材	116
第一节 聚氯乙烯型材	116
一、配方设计	116
二、经典配方	116
三、制备实例	124
第二节 PVC异型材	134
一、经典配方	134
二、制备实例	136
第三节 聚烯烃型材配方与制备实例	148
第五章 塑料薄膜类制品	151
第一节 聚氯乙烯薄膜类制品	151
一、配方设计	151
二、经典配方	157
三、制备实例	167
第二节 聚乙烯薄膜类制品	178

一、经典配方	178	三、聚氨酯革制品	343
二、制备实例	188	第九章 塑料日用品与中空制品	346
第三节 聚丙烯薄膜类制品配方与制备		第一节 塑料日用品	346
实例	203	一、常用制品	346
第四节 其他薄膜类制品	206	二、塑料鞋制品	351
第五节 磁带基膜制品	211	三、塑料单丝类制品	356
第六章 塑料电子电气制品与部件	212	四、塑料打包带类制品	358
第一节 通用塑料电子电气制品与部件	212	五、塑料绳、膜类制品配方	360
第二节 工程塑料电子电气制品与部件	227	六、塑料编织袋类制品	361
第三节 热固性塑料电子电气制品与		第二节 塑料中空类制品	362
部件	232	一、聚氯乙烯瓶类制品	362
第四节 聚氯乙烯类电缆	236	二、聚烯烃中空制品	372
一、配方设计	236	第十章 阻燃塑料与制品	378
二、经典配方	239	第一节 聚氯乙烯阻燃塑料与制品	378
三、制备实例	242	一、经典配方	378
第五节 聚乙烯类电缆	256	二、制备实例	380
一、经典配方	256	第二节 乙烯类阻燃塑料与制品	396
二、制备实例	261	一、经典配方	396
第六节 其他塑料电缆	267	二、制备实例	400
第七章 塑料汽车制品与塑料密封		第三节 聚丙烯阻燃塑料与制品	413
制品	271	一、经典配方	413
第一节 聚丙烯汽车制品	271	二、制备实例	416
一、经典配方	271	第四节 聚苯乙烯阻燃塑料与制品	428
二、制备实例	274	一、经典配方	428
第二节 聚氯乙烯汽车制品	292	二、制备实例	430
第三节 其他塑料汽车制品	294	第五节 ABS 阻燃塑料与制品	434
一、经典配方	294	一、经典配方	434
二、制备实例	296	二、制备实例	438
第四节 塑料密封制品	303	第六节 工程塑料阻燃材料与制品	458
一、塑料密封条制品	303	一、聚酰胺阻燃塑料与制品	458
二、塑料密封垫制品	305	二、聚碳酸酯阻燃塑料与制品	468
三、塑料密封材料	308	三、聚甲醛阻燃塑料与制品	473
第八章 塑料建材与革制品	310	四、PBT、PET 阻燃塑料与制品	476
第一节 塑料建材制品	310	五、改性聚苯醚阻燃塑料与制品	480
一、塑料地板(砖)	310	第七节 热固性塑料阻燃材料与制品	482
二、塑料壁纸	312	一、酚醛阻燃塑料与制品	482
三、塑料大理石/花岗岩与制品	316	二、环氧阻燃塑料与制品	486
四、塑料玛瑙与制品	320	三、不饱和聚酯(UP)阻燃塑料与	
五、塑料防水材料 with 制品	324	制品	488
六、塑料仿木建材 with 制品	327	四、其他热固性阻燃塑料 with 制品	490
第二节 塑料革制品	330	第十一章 泡沫塑料与制品	492
一、聚氯乙烯革制品	330	第一节 聚氯乙烯泡沫塑料与制品	492
二、聚乙烯革制品	341	一、经典配方	492

二、制备实例	496	第五节 酚醛泡沫塑料与制品	526
第二节 聚乙烯泡沫塑料与制品	507	一、经典配方	526
一、经典配方	507	二、制备实例	529
二、制备实例	511	第六节 聚氨酯泡沫塑料与制品	540
第三节 聚丙烯泡沫塑料与制品	515	一、经典配方	540
一、经典配方	515	二、制备实例	555
二、制备实例	517	第七节 其他泡沫塑料与制品	568
第四节 聚苯乙烯泡沫塑料与制品	519	参考文献	574
一、经典配方	519		
二、制备实例	521		

第一章 概 述

第一节 简 介

一、基本概念

树脂主要是指在常温下为固态、半固态或假固态，而受热后一般具有软化或熔融范围，在软化时受外力作用通常具有流动倾向的有机聚合物。而从广义上讲，凡可作为塑料基体的聚合物均称为树脂。

塑料是指以树脂为主要成分，添加某些添加剂或助剂（如填充剂、增塑剂、稳定剂、色母料等），经成型加工制成的有机聚合物材料。

二、塑料的主要品种与分类

塑料品种繁多，分类方法多样且不尽统一，本书仅介绍常用的几种分类方法（见表 1-1）。为叙述方便，本书将按塑料功能与用途分类法加以介绍。

表 1-1 塑料的品种与分类

分类方法	类 型	品 种
按功能与用途分类	通用塑料	聚乙烯(PE)、聚氯乙烯(PVC)、聚苯乙烯(PS)、聚甲基丙烯酸甲酯(PMMA)、聚丙烯(PP)
	通用工程塑料	聚酰胺(PA)、聚碳酸酯(PC)、聚甲醛(POM)、聚对苯二甲酸乙二醇酯(PET)、聚对苯二甲酸丁二醇酯(PBT)、聚苯醚或改性聚苯醚等
	特种工程塑料	聚四氟乙烯(PTFE)、聚苯硫醚(PPS)、聚酰亚胺(PI)、聚砜、聚酮与液晶聚合物
	功能塑料	导电塑料、压电塑料、磁性塑料、塑料光纤与光学塑料等
	通用热固性塑料	酚醛树脂、环氧树脂、不饱和聚酯、聚氨酯、有机硅与氨基塑料等
按受热后性能变化特征分类	热塑性塑料	通用塑料、通用工程塑料、特种工程塑料
	热固性塑料	酚醛树脂、环氧树脂、不饱和聚酯、聚氨酯、有机硅与氨基塑料等
按化学成分分类	聚烯烃类、聚酰胺类、聚酯类、聚醚类和含氟类聚合物等	
按结晶程度分类	结晶聚合物和无定形聚合物	

三、塑料材料的组成

塑料是由树脂与助剂（添加剂）两部分经成型加工制备而成。塑料的组成及各组分作用见表 1-2。

表 1-2 塑料的组成及各组分作用

组分名称	功能作用	常用化合物	
树脂	塑料的主要成分,对塑料及其制品性能优劣起主导作用	合成树脂为主体	
特性助剂 (添加剂)	填充剂	又称填料,主要用来改进塑料强度、提高耐久性、降低成本等	碳酸钙、云母、滑石粉、木粉等
	增强剂	主要用来提高塑料及其制品的强度与刚性	玻璃纤维、碳纤维、芳纶等
	冲击改性剂	主要用来改善结晶塑料的韧性和耐冲击性能	橡胶和弹性体

(续)

组分名称	功能作用	常用化合物	
特性助剂 (添加剂)	增塑剂	主要用来改进塑料的脆性,提高柔韧性等	邻苯二甲酸酯类、磷酸三苯酯等
	偶联剂	主要用来提高聚合物与填料界面结合力	硅烷和钛酸酯等
	阻燃剂	主要用于阻止或延缓塑料的燃烧	四溴邻苯二甲酸酐、三氧化二锑、氢氧化铝、金属氧化物、磷酸酯类等
	抗静电剂	主要用于减少塑料制品表面所带静电电荷	炭黑、碳纤维、金属纤维或粉末、阴离子型(季铵盐)和非离子型聚乙二醇酯或醚等
	着色剂	主要用于赋予塑料及其制品颜色	无机颜料、有机颜料和色母料等
加工助剂 (添加剂)	发泡剂	能成为气体,可使塑料成为泡沫结构	氮气、氟氯烃、偶氮二甲酰胺(AC)等
	润滑剂	主要用于降低熔体黏度,阻止熔体与设备黏着,改善加工性能	硬脂酸类、金属皂类物质等
	脱模剂	主要用于防止塑料熔体与模具黏附,便于制品脱模	石蜡、聚乙烯蜡、有机硅、硬脂酸金属盐、脂肪酸酰胺等
稳定助剂	热稳定剂	主要用于防止聚合物在热作用下受破坏和发生降解	金属皂、有机锡、硫醇锡和铅盐等
	光屏蔽剂	主要用来吸收或反射紫外光,使光不能直接射入聚合物内部,抑制光降解	炭黑和二氧化钛等
	紫外线吸收剂	主要用来吸收紫外线,并将其转变成无害热能而放出	二苯甲酮(UV-531)、苯并三唑(UV-327)和水杨酸酯(BAO)等
	抗氧化剂	主要用来防止聚合物氧化	受阻酚、芳香胺、亚磷酸酯、有机硫化物等
	抗老化剂	可吸收聚合物中发色团能量并将其消耗掉,从而抑制聚合物发生光降解	二价镍络合物等
	自由基捕获剂	可将聚合物中自由氧化的活性自由基捕获,防止聚合物氧化降解	哌啉衍生物(受阻胺)等
反应控制剂	催化剂	可改变化学反应速度,自身不消耗	NaOH、乙酰基己内酰胺、有机锡、金属盐与氧化锌等
	引发剂	在聚合物反应中能引起单分子活化产生自由基,常与催化剂并用	偶氮化合物和过氧化物
	阻聚剂	可阻止单体聚合的物质	酚类、醌类及硫化物等
	交联剂	可将线型热塑性树脂转化为三维网状聚合物	有机过氧化物、胺类、酸酐、咪唑类等

四、塑料的基本特性与用途

主要塑料品种的特性与用途见表 1-3。

表 1-3 主要塑料品种的特性与用途

名称	特性	用途
聚乙烯	柔韧性好,介电性能和耐化学腐蚀性能优良,成型工艺性好,但刚性差	化工耐腐蚀材料和制品,小负荷齿轮、轴承等,电线电缆包皮,日常生活用品
聚丙烯	耐腐蚀性优良,力学性能和刚性超过聚乙烯,耐疲劳和耐应力开裂性好,但收缩率较大,低温脆性大	医疗器具,家用厨房用品,家电零部件,化工耐腐蚀零件,中、小型容器和设备
聚氯乙烯	耐化学腐蚀性和电绝缘性能优良,力学性能较好,难燃但耐热性差,温度升高时易发生降解	软硬质难燃耐腐蚀管、板、型材、薄膜等,电线电缆绝缘制品等
聚苯乙烯	树脂透明,有一定的机械强度,电绝缘性能好,耐辐射,成型工艺性好,但脆性大,抗冲击性和耐热性差	不受冲击的透明仪器、仪表外壳、罩体,生活日用品(如瓶、牙刷柄等)

(续)

名 称	特 性	用 途
丙烯腈-丁二烯-苯乙烯共聚物(ABS)	具有韧、硬、刚相均衡的优良力学特性,电绝缘性能、耐化学腐蚀性、尺寸稳定性好,表面光泽性好,易涂装和着色,但耐热性不太好,耐候性较差	汽车、电器仪表、机械结构零部件(如齿轮、叶片、把手、仪表盘等)
丙烯酸类树脂	具有极好的透光性,耐候性优良,成型性和尺寸稳定性好,但表面硬度低	光学仪器,要求透明和具有一定强度的零部件(如窗、罩、盖、管等)
聚酰胺	力学性能优异,冲击韧性好,耐磨性和自润滑性能优良,但易吸水,尺寸稳定性差	机械、仪器仪表、汽车等耐磨受力零部件
聚碳酸酯	有优良的综合性能,特别是力学性能优异,耐冲击性优于一般热塑性塑料,其他如耐热、耐低温、耐化学腐蚀性、电绝缘性能等良好,制品精度高,树脂具有透明性,但易产生应力开裂	强度高、抗冲击结构件,电器零部件,小负荷传动零件等
聚甲醛	力学性能优异,刚性好,抗冲击性能好,有突出的自润滑性、耐磨性和耐化学腐蚀性,但耐热性和耐候性差	代替铜、锌等有色金属和合金作耐摩擦部件(如轴承、齿轮、凸轮等)及耐蚀制品
热塑性聚酯	热变形温度高,力学性能优良,刚性大,电绝缘性能和耐应力开裂性好,但注射成型各向异性突出	高强度电绝缘零件,一般耐摩擦制品,电子仪表耐焊接零件,电绝缘强韧薄膜
聚苯醚	有优良的力学性能,热变形温度高,使用温度范围宽,耐化学腐蚀性、抗蠕变性和电绝缘性能好,有自熄性,尺寸稳定性好	代替有色金属作精密齿轮、轴承等零件,耐高温、耐腐蚀电器部件等
含氟塑料	有突出的耐腐蚀、耐高温性能,摩擦因数低,自润滑性能优良,但力学性能不高,刚性差,成型加工性不好	高温环境中的化工设备及零件,耐摩擦零部件,密封材料等
聚砜类	耐热性优良,力学性能、电绝缘性能、尺寸稳定性、耐辐射性好,成型工艺性差	高温、高强度结构零部件,耐腐蚀、电绝缘零部件
聚醚醚酮	耐热性好(220℃以上),力学性能、耐化学腐蚀性能、电绝缘性能、耐辐射性能良好,成型加工性好	飞机、宇航高强度耐热零部件、电器零部件
聚芳酯	一种透明的耐温等级较高的工程塑料,有良好的电绝缘性能和耐化学腐蚀性能,有自熄性,成型加工性好	耐温、绝缘电器制品等

常用塑料的成型加工性能见表 1-4 和表 1-5。

表 1-4 常用热塑性塑料的成型加工性能

指标名称	聚乙烯	聚丙烯	聚氯乙烯	聚苯乙烯	丙烯腈-丁二烯-苯乙烯共聚物
颜色	白色及银灰色	白色	深色	各种颜色	浅黄色
密度/(g/cm ³)	0.92~0.95	0.902~0.906	1.38	1.05~1.65	1.01~1.07
比体积/(cm ³ /g)	1.9~3.9	2.2~2.7	2.0~2.5	2.5~3.0	1.02~1.2
压缩率(%)	1.8~3.6	2.0~2.4	2.8~3.5	2.6~5.0	1.1~1.2
水分及挥发物含量(%)	—	—	—	0.6~1.0	—
流动性/mm	—	—	—	75	—
收缩率(%)	2.0~2.5	1.0~2.5	0.4~0.6	0.3~0.5	0.5~0.8
成型温度/℃	160~180	205~285	165~190	150~260	195~275
成型压力/MPa	20~100	70~140	16~150	20~100	56~175
需要成型时间/s	—	—	1~2	1~2	—
指标名称	聚甲基丙烯酸甲酯	聚酰胺 66	聚碳酸酯	聚甲醛(均聚)	聚砜
颜色	透明	乳白色	透明	白色	黄色透明
密度/(g/cm ³)	1.20	1.13~1.15	1.2	1.42	1.24

(续)

指标名称	聚甲基丙烯酸甲酯	聚酰胺 66	聚碳酸酯	聚甲醛(均聚)	聚砜
比体积/(cm^3/g)	2.0~3.0	1.8~1.9	1.45~4.6	—	1.5~1.8
压缩率(%)	2.4~3.6	2.0~2.2	1.74~5.5	—	1.8~2.2
水分及挥发物含量(%)	<30	—	<0.03	—	<0.05
流动性/mm	3~15	—	—	—	—
收缩率(%)	—	1.5	0.5~0.7	2.0~2.5	0.7
成型温度/ $^{\circ}\text{C}$	160~230	270~380	250~345	195~245	345~400
成型压力/MPa	80~200	70~175	70~140	70~140	100~140
需要成型时间/s	2	—	—	—	—

表 1-5 常用热固性塑料的成型加工性能

指标名称	酚醛塑料			氨基塑料
	一级工业电工用(1)	高压电绝缘耐高频电		
		工业用(2)	电工用(3)	
颜色	红、绿、棕、黑	棕、黑	红、棕、黑	各种颜色
密度/(g/cm^3)	1.4~1.5	1.4	≤ 1.9	1.3~1.45
比体积/(cm^3/g)	≤ 2	≤ 2	1.4~1.7	2.5~3.0
压缩率(%)	≥ 2.8	≥ 2.8	2.5~3.2	3.2~4.4
水分及挥发物含量(%)	<4.5	<4.5	<3.5	3.5~4.0
流动性/mm	80~180	80~180	50~180	50~180
收缩率(%)	0.6~1.0	0.6~1.0	0.4~0.9	0.8~1.0
成型温度/ $^{\circ}\text{C}$	150~165	160 \pm 10	185 \pm 5	140~155
成型压力/MPa	30 \pm 5	30 \pm 5	>30	30 \pm 5
制品厚度/mm	1 \pm 0.2	1.5~2.5	2.5	0.7~1.0

第二节 塑料配方设计

一、简介

目前,已实现工业化规模生产的树脂多达几百种,而且随着合成和改性技术的不断进步,每年还有大量的新型树脂品种和改性树脂品种面世。大量树脂品种的存在给选材带来极大方便,增大了产品设计的自由度。然而,在实际产品生产中,尽管树脂品种不少,但还没有一种树脂不经过改性或配制就能制备出满足使用性能要求的制品。这是因为塑料材料与传统的金属、陶瓷等在性能上有所不同。传统材料已实现标准化,其选材、设计与加工可分开进行,而树脂材料与其相比则迥然不同,其不确定因素较多,可调节性和可配制性较强。树脂的选材、产品设计和制造工艺与加工性能密不可分。鉴于这种情况,对塑料制品进行配方设计显得格外重要,它也是塑料制品制备过程中极为重要的工作环节。

塑料配方设计是以改善或提高树脂的性能特性,使之满足欲加工制品或特定应用的使用性能和耐久性要求为目的,在吸收前人经验与教训的基础上,运用先进而有效的技术或方法,确定在所选用树脂中要添加其他物质或组分的量的过程。

塑料配方设计的基本内容:首先应充分了解树脂的性能特点,尤其是已选定树脂的优缺点,并根据应用或制品对材料的使用性能要求,找出树脂的不足或缺陷;然后将要解决的问题按照主次加以排序;最后再选择改性技术或方法。目前常用的改性技术被称为 ABCDFN 技术,这是按英文单词第一个字母缩写而成的:A (Alloy)——合金化, B (Blend)——掺混化, C (Composite)——复合化; D (Dope)——掺杂, F (Fill)——填充, N (Nano)——纳米改性。采用 AB 技

术可对材料进行增韧改性,提高材料的冲击性能和成型加工性能,常用于结晶树脂、热固性树脂和难加工的特种工程树脂等;C为增强改性技术,主要提高材料的强度与刚性,适用于各种树脂;D技术来源于半导体材料的改性,主要用于赋予或提高材料的功能特性,适用于功能树脂的改性;F技术为用途最广泛的技术,适用于各种塑料助剂的添加,也适用于各种树脂的改性;N技术为近年来的新兴改性技术,树脂改性用的各种助剂特别是填料为纳米级形态,利用特殊的添加方式添加,改性效果十分显著。最后是选定添加组分(又称为添加剂或助剂)并确定其用量。目前常用的添加组分(助剂)较多,既有无机物质,又有有机物质,既可是大分子材料,也可以是小分子物质,具体有增强剂、填充剂、增韧剂、增塑剂、稳定剂、固化剂、着色剂、阻燃剂、抗氧剂、发泡剂等。针对树脂存在的缺陷,选用添加组分并确定其用量是配方设计的核心工作。通常要借鉴前人的配方设计和制品加工经验,选定添加组分并确定其用量,必要时还要进行试制,以求配方设计合理,在确保最终制品使用性能的前提下,尽量降低成本。可以说,塑料配方设计工作就是对添加组分的选用和用量确定的工作。以最少的组分,最合理的用量,设计出最佳配方,制备出性能优异的制品是配方设计的最终目标。

二、塑料配方设计的基本原则

塑料配方设计是充分运用添加组分(添加剂或助剂)的性能改善和提高树脂缺陷或不足的过程,是一项艰苦细微的工作过程,必须进行精心的分析研究和反复试验,才能设计出满足使用性能要求的配方,为此在配方设计时应坚持如下原则。

1. 满足最终产品使用性能与耐久性的原则

塑料制品制备过程中的选材、配方设计、产品设计、配制和成型加工及制品的后处理等工序,最终目的就是制备出质量优良,满足应用要求的制品。配方设计时的主要任务是弄清使用环境条件和使用性能要求,以选择合适的树脂。

2. 抓主要矛盾的原则

选定树脂后,通过对树脂性能的了解和分析,明确制品可能存在的缺陷或不足,然后根据所需制品的性能要求,找出主次矛盾并加以解决。一般情况下,解决了主要矛盾,其他矛盾也就可以迎刃而解了。

3. 充分发挥添加组分(添加剂或助剂)功能的原则

这是配方设计的中心任务,对添加组分的选择力求准确,用量适当。要做到这一点,除具有丰富的实践经验外,还要吸取前人的经验教训,弄清各添加组分的功能,结合应用性能要求与树脂本身特性,制订几套方案,再进行试验加以确定。一般添加组分个数越少越好。

4. 降低成本的原则

配方设计时,除考虑性能外,还必须认真考虑原材料的来源与成本。在同等性能条件下,要选择原材料来源广、产地近、价格低廉的品种。

5. 依据添加组分性能的设计原则

配方设计时,首先要充分考虑添加组分(添加剂或助剂)与树脂的相容性。只有添加组分与树脂具有良好的相容性,才会均匀地分散于树脂体系中,才能与树脂形成良好的整体结构,从而发挥其应有的功能与作用。其次,要考虑添加组分的耐加工性,这是因为添加组分(添加剂或助剂)多为小分子物质,其热分解温度不高,特别是小分子的有机物质,更易分解。应确保小分子溶液添加组分在加工中不蒸发,固体添加组分不分解(发泡剂除外),液体添加组分不逸出。再就是应考虑添加组分的毒性,添加组分一般都有毒性或低毒性,选择时应在不影响制品性能的情况下,尽量选择低毒物质,以免影响工作环境,特别是与食品和药物接触的塑料制品,更要选择无毒或低毒添加物质。另外,对某些特殊功能的塑料制品,如透明制品,所选用添加组分

不能影响其透明性，要选用折光指数与树脂相近的物质，对制品透明性的影响越小越好。

三、塑料配方设计的内容与要点

配方设计的关键为选材、搭配、用量、混合四大要素，要想设计出一个高性能、易加工、低价格的配方需要考虑的因素很多，以下为塑料配方设计的一些要点。

1. 树脂的选择

树脂的选择包括树脂品种、牌号及其流动性的选择。要选择与改性目的最接近的树脂品种，以节省助剂的使用量。如耐磨改性，首先考虑选择三大耐磨树脂：聚酰胺、聚甲醛、超高相对分子质量的聚乙烯；透明改性，树脂要首先考虑选择三大透明树脂：聚苯乙烯、聚甲基丙烯酸甲酯、聚碳酸酯；耐热改性，首先考虑选择聚苯硫醚、聚酰亚胺、聚苯并咪唑和聚芳砜；耐低温改性，首先考虑选择低相对分子质量聚乙烯、聚碳酸酯和热塑性弹性体类（聚酯类热塑性弹性体、聚烯类热塑性弹性体、聚氨酯类弹性体）；隔热改性，首先考虑选择聚氨酯硬质泡沫塑料、酚醛或脲醛泡沫塑料和聚苯乙烯泡沫塑料。

一般要求树脂成本低、性能高，同时还要考虑外观及耐久性，所以很难选择出一种能满足所有性能要求的合适树脂。例如，用注射成型方法生产透明容器时，在一般情况下可选择聚苯乙烯或聚甲基丙烯酸甲酯两种树脂，但如果要求廉价为首要条件，则选用聚苯乙烯；反之，如果强调耐候性能好时，就要选用聚甲基丙烯酸甲酯；如果还要再加上耐冲击性能好，则就要选择聚碳酸酯，当然其成本也要提高。

在选择时还应考虑以下内容：所选择的树脂能否承受使用环境中最高和最低的温度，在这个温度范围内树脂是否变形、发生龟裂，耐冲击性能如何等。若不符合要求，就要改变现有的树脂品种，另选新的品种或进行改性处理。

另外，选择的树脂还需要考虑在使用环境中的其他影响因素。如在要求制品尺寸稳定性好时，还要考虑到树脂的热膨胀系数、成型初期及成型后期的收缩率变化、吸湿性等因素。

一般情况下，一种树脂不可能满足所有的条件，但应尽可能地满足主要条件。关于质量标准的掌握，一般按下述条件而定。

- 1) 能否承受使用环境温度的变化、阳光的影响及使用负荷的变化。
- 2) 制品是否符合卫生标准及安全性。
- 3) 弯曲强度、拉伸强度、冲击强度、电绝缘性、阻燃性、耐水性、耐油性、电学性能是否符合产品标准。
- 4) 尺寸稳定性，光学性能，抗毒、抗湿、抗菌性能如何。
- 5) 外观、经济成本、特殊要求是否能达到要求。

对于长期使用的树脂及制品，必须考虑其维修及保养费用。若能大幅度削减维修费用，即使初期投资较大，但从塑料整体使用寿命看，还是有利的。另外还要考虑成型加工性能及二次加工的难易程度，考虑树脂在模具中的变化情况。在设计制作轴承、齿轮等重要部件时，还应该进行物理力学性能检验分析；做透明树脂时，还应进行光学试验及修正。

2. 助剂的选择

虽然塑料的种类很多，有各种不同的性能，但要满足产品的具体要求，还要对塑料进行改性，这就要在树脂中加入适合的助剂。以 PE 瓶为例，其中加入的色母粒就是助剂的一种，又叫着色剂。又如 PVC 配方中，助剂的选用一定要有针对性，针对耐低温冲击性能，需选用合适的抗冲击改性剂；针对耐候性要求，要有适当分量的光屏蔽剂和紫外线吸收剂；针对硬度的要求，要有适当的填料。

助剂的种类很多，大致可分为增塑剂、稳定剂、着色剂、阻燃剂、增韧剂、润滑剂、抗氧化

剂、发泡剂、填充剂和抗老化体系等。配方设计的目的,就是要选择出合适的助剂,以改善树脂的内在性能、加工性能和降低成本。可用于配方设计的助剂有上百种,可共混的树脂也有上百种,必须依据一定的原则进行适当的选择。

(1) 助剂品种 选用助剂要按所达到的目的选择,所加入的助剂应能充分发挥其预计功效,并达到规定指标。规定指标一般为产品的国家标准、国际标准,或客户提出的性能要求。如为了提高 PS 的冲击强度,常选用橡胶对其进行抗冲击改性,如丁苯橡胶、乙丙橡胶、SBS 及 ABS 等。

(2) 助剂形态 同一种成分的助剂,其形态不同,改性作用差别很大。助剂形状可分为球状、粒状、片状、纤维状、柱状、中空管状和中空微球状。除了球状和中空微球状两种助剂为各向同性外,其他形状的助剂都为各向异性。对于各向异性类助剂,其纵横比越大,补强作用越强,越有利于制品力学性能的提高,但对成型加工不利。而对于各向同性且纵横比接近 1 的助剂,对复合材料的成型加工有利,但对力学性能提高不利。

(3) 助剂粒度 助剂的粒度对塑料性能有很大的影响。粒度越小,对填充材料的拉伸强度和冲击强度越有益。阻燃剂的粒度越小,阻燃效果就越好。例如水合金属氧化物和三氧化二锑的粒度越小,达到同等阻燃效果的加入量就越少。着色剂的粒度越小,着色力越高、遮盖力越强、色泽越均匀,但着色剂的粒度也不是越小越好,存在一个极限值,而且不同着色剂的极限值不同。助剂粒度对导电性能也有影响,以炭黑为例,其粒度越小,越易形成网状导电通路,达到同样导电效果加入的炭黑量就减少,但同着色剂一样,其粒度也有一个极限值,因为粒度太小易于聚集而难于分散,效果反倒不好。

(4) 助剂用量 有的助剂在允许的范围内加入量越多越好,如阻燃剂、增韧剂、磁粉、阻隔剂等;有的助剂加入量有最佳值,如导电助剂,形成导电通路后即可;又如偶联剂,表面包覆即可;再如抗静电剂,在制品表面形成泄电荷层即可。

(5) 助剂间的相互作用 在一个配方中,为达到不同的目的可以加入多种助剂,这些助剂之间的相互关系很复杂,会有协同作用、对抗作用和加合作用。协同作用是指塑料配方中两种或两种以上的添加剂一起加入时的效果高于其各自单独加入的总效果。对抗作用则指塑料配方中两种或两种以上的添加剂一起加入时的效果低于其单独加入的平均值。加合作用指塑料配方中两种或两种以上不同添加剂一起加入的效果等于其各自单独加入的总效果,一般又称为叠加作用和搭配作用。配方中所选用的助剂在发挥自身作用的同时,应不劣化或最小限度地影响其他助剂功效的发挥,最好与其他助剂有协同作用。

助剂的具体选择范围见表 1-6。

表 1-6 助剂的具体选择范围

目的	助剂名称
增韧	弹性体、热塑性弹性体和刚性增韧材料
增强	玻璃纤维、碳纤维、晶须和有机纤维
阻燃	溴类(普通溴系和环保溴系)、磷类、氮类、氮/磷复合类膨胀型阻燃剂、三氧化二锑、水合金属氢氧化物
抗静电	抗静电剂
导电	碳类(炭黑、石墨、碳纤维、碳纳米管)、金属纤维和粉、金属氧化物
磁性	铁氧体磁粉、稀土磁粉(包括钕钴类、钕铁硼类、钕铁氮类、铝镍钴类磁粉)
导热	金属纤维和粉末、金属氧化物、氮化物和碳化物、碳类材料(如炭黑、碳纤维、石墨和碳纳米管)、半导体材料(如硅、硼)
耐热	玻璃纤维、无机填料、耐热剂
透明	成核剂

(续)

目的	助剂名称
耐磨	石墨、二硫化钼、铜粉
绝缘	煅烧高岭土
阻隔	云母、蒙脱土、石英
抗氧	受阻酚类、受阻胺类、亚磷酸酯、硫代酯
光稳定	炭黑、氧化锌、水杨酸类、三嗪类、含镍的有机络合物
增塑	苯二甲酸酯类、磷酸酯类、脂肪族二元酸酯类、环氧类
提高介电性	滑石粉、二氧化钛、 Ta_2O_3 、 $BaTiO_3$ 、 $SrTiO_3$
抗菌	桉醇、银、铜、锌等金属离子及其氧化物、酚醚类、聚吡啶
防辐射	酚酞聚芳醚酮、PI、PPS 等含芳环和杂环的聚合物
防雾	甘油脂肪酸酯类、山梨糖醇酐脂肪酸酯类、聚硅氧烷

四、塑料配方设计的基本程序

现仅以硬质聚氯乙烯 (UPVC) 管材为例, 详细加以说明。

1. 各组分的调整与组合

UPVC 配方中 PVC 树脂是主要原料, 其成型加工温度通常不低于 170°C , 所以纯 PVC 树脂是无法直接加工成制品的。因而稳定剂是配方中必不可少的组分, 加入相关的一种或几种稳定剂, 就可组成稳定的配方体系。

由于在挤出过程中物料在双螺杆或螺杆与机筒的间隙中因剪切力、挤压力、摩擦力的作用, 使其分子之间的摩擦增加, 过度的内部摩擦会使物料在加工过程中熔体黏度变差, 制品变黄, 脆性增加。因此, 必须在配方中加入内润滑剂, 以减少分子间的摩擦作用, 避免因摩擦产生的物料分解, 改善熔体黏度。另外, 在加工过程中, 物料所接触的机筒内壁, 以及成型机头中各个部件都会产生一定的摩擦作用并可能使其黏附。为了减少这类摩擦作用, 配方中应加入外润滑剂。为了使 PVC 材料在整个加工过程中产生的摩擦热较合理, 必须同时使用内、外两种不同的润滑剂。配方中的内、外润滑剂的组合称为润滑体系。润滑体系中内、外润滑剂的平衡在配方设计中最难掌握, 内润滑剂加入过量会使制品塑化质量较差, 而外润滑剂过量除在定径套及口模处析出外, 严重时还会影响产品的品质和产量。因此, 内、外润滑剂的比例很重要, 要求合理、平衡, 使用量过多或过少均会直接影响 PVC 材料的加工及其产品的性能, 而合适的内、外润滑剂配比可改善制品的外观和内在品质。

UPVC 塑料管在加工成型时因挤出设备性能较差或挤出机螺杆和机筒磨损较大、模具压力不够、配方中填充料过多或改性剂过多等因素, 都会产生物料的熔融塑化时间延长、塑化质量下降现象, 使产品的品质变差。为了能有效地促进物料在挤出时的凝胶塑化, 有必要在配方中加入高聚物加工助剂, 它不但能降低加工温度, 也能放宽工艺温度的可调范围, 从而提高产品质量的稳定性。这种在配方中能促进或改善塑化条件的添加剂组分, 称为加工助剂。

为了进一步拓宽使用领域, 改善加工和应用条件, 对 PVC 材料进行改性非常重要。改性的目的和要求是在保持 PVC 原有优良性能的基础上, 克服一些性能上的缺陷, 以达到某些稳定场合和条件下的使用要求。目前, 对 PVC 材料的改性主要有如下几个目的。

- 1) 使 PVC 材料具有一定韧性。
- 2) 克服低温脆性。
- 3) 提高使用温度, 使之具有一定的耐热性。
- 4) 降低表面电阻率或体积电阻率, 使之具有抗静电性。
- 5) 使材料发泡或微发泡, 减轻制品的质量, 降低材料的消耗从而降低成本。
- 6) 使材料透明, 制成透明制品, 扩大其应用范围。

7) 提高阻燃性能, 使之适应消防等特殊场合使用。

8) 赋予材料磁性、导热性、耐磨性等特殊性能, 使之适合具有特殊性能要求的领域使用。

为了达到上述目的, 在配方中需加入符合这些要求的添加剂, 这种改变材料性能的添加剂称为改性剂。

选择合适的着色剂, 使 PVC 管材具有各种色彩, 以适合不同领域的使用要求, 这在配方中也是必不可少的。

PVC 树脂的疏松性, 决定了它是所有已知塑料中最适合添加填充剂的材料。合理地添加填充剂, 不但可以有效地降低生产成本, 还可以提高产品在加工时的尺寸稳定性, 但填充剂必须经过选择, 添加量也必须合理, 否则将影响产品质量。

通常在配方设计中, 将这些相关材料的配比组合用下面的通式来表示:

PVC 树脂 + 稳定体系 + 润滑体系 + 加工助剂 + 改性剂 + 填充剂 + 着色剂

2. 配方中各组分配比的形式

配方中各组分的配合比例是以份数形式来表示的, 通常 PVC 树脂质量为 100 份, 则其他组分用相应的份数来配比。

生产企业在具体实施时, 可根据混料机容量的大小来确定每一份的质量。例如, 使用 200L 混合机拌料时, 最佳的每份质量为 0.5kg, 则配方应按下列方法折算成质量, 以便对原材料进行称量。

原材料	质量
PVC 树脂	100 份 \times 0.5kg = 50kg
稳定剂	$\times \times$ 份 \times 0.5kg = $\times \times$ kg
润滑剂	$\times \times$ 份 \times 0.5kg = $\times \times$ kg
加工助剂	$\times \times$ 份 \times 0.5kg = $\times \times$ kg
改性剂	$\times \times$ 份 \times 0.5kg = $\times \times$ kg
填充剂	$\times \times$ 份 \times 0.5kg = $\times \times$ kg
着色剂	$\times \times$ g

配方设计是一项复杂的技术工作, 它涉及原辅料的性能、各生产厂产品的规格型号及质量、挤出设备、模具及各辅机的性能、PVC 加工工艺及工艺控制等环节。因此, 配方设计人员应该是具备对原辅料、设备、模具、加工工艺等有较为全面和系统知识的技术骨干。对 PVC 生产各个环节的了解既要有理论知识, 也要有实际经验, 这样才能根据不同的原辅料及生产条件设计出合适的配方。

3. 成熟配方的确定过程

(1) 根据产品性能的要求确定试验配方单 在确定配方单时, 必须分析所用材料各方面的性能, 特别要注意其用量的限定范围, 分析其加工过程中的不利因素, 从而确定合理的用量。另外, 还必须指定和了解使用该配方所涉及的一切加工设备及模具的状况, 同时制订加工工艺单。此外, 还应调整或挑选技术素质相对较好的操作人员进行配方试验, 配方设计人员必须到生产现场亲自指导并了解试验的全过程, 发现问题及时调整配方及工艺, 以达到最佳效果。

(2) 通过小试后的总结转入批量生产 一旦小试成功, 必须总结试验过程, 根据测试室对产品性能的检测, 对配方中各种材料组分的配比作进一步的调整 (微调), 同时写出总结报告。小试与批量投产有着量的变化, 外部干扰因素也会扩大, 同时设备、模具、控制仪表的性能等均有差别, 操作人员的技术水平也会参差不齐, 因此在转为批量生产时, 要充分考虑可能出现的情况, 做好各种准备工作, 确保批量生产的成功。

(3) 配方的验证 配方的验证除了对产品各项性能的多次检测外,还应征集产品投放市场后客户对产品品质的反馈意见,更重要的是令使用该配方生产的产品质量稳定,生产也较规范。

(4) 配方的成熟 配方定型后,在生产中不能随意改动,经过两三年的生产及应用考核,相对较合理的配方称为成熟配方。

一个成熟的配方通常只适用于某一企业,这是因为各企业的生产和技术条件并不完全一样,同一配方在不同的生产企业会产生不同的结果。

4. 用于生产的配方单的基本格式

不管生产何种 PVC 管材;其大致的生产工艺流程都可用下面的形式来表示:

配方→高速混合→低速冷拌→过筛→双螺杆挤出机挤出→冷却定型→定长切断→扩口(或不扩口)→检验→包装入库。

生产配方单的基本格式如下:

生产配方单					
					编号: _____
1. 配方类型: _____					
2. 各组分分配比称量要点: _____					
3. 高混、低拌工艺控制要点: _____					
4. 其他注意点: _____					
5. 制单日期: _____		执行日期: _____			
6. 配方内容:					
以 PVC 树脂为基准					单位: kg
序号	组分内容	质量份	序号	组分内容	质量份
1.	_____		8.	_____	
2.	_____		9.	_____	
3.	_____		10.	_____	
4.	_____		11.	_____	
5.	_____		12.	_____	
6.	_____		13.	_____	
7.	_____		14.	_____	
制单: _____			审核: _____		
批准: _____			日期: _____		

对于混料,有一定的工艺要求,且必须加以重视。如配方中有液体添加剂,则必须先加入液体添加剂,不可将原辅料一次性投入到拌缸中。由于 PVC 树脂的体积(表面积)随着温度的上升而增大,液体添加剂容易渗透到物料中。如果将主辅料一次性投入,液体添加剂除渗透到 PVC 树脂中,还会渗透到填充剂、改性剂等添加剂中,其结果是降低了液体添加剂的使用效果,特别是硫酸丁基锡这类高效稳定剂,其添加量极少,很可能因部分渗透到其他添加剂中而降低了它的稳定效果。

当 PVC 树脂的温度达到 80~90℃ 时,体积(表面积)明显增大,这时加入固体粉状或颗粒