

HANDBOOK OF PLASTIC FORMULATION

李乔钧 丁浩 杨明 钟道仙 编著

塑料

配方

HANDBOOK

手册

PLASTIC FORMULATION

江苏科学技术出版社

# 塑料配方手册

李乔钧 丁浩 编著  
杨明 钟道仙

江苏科学技术出版社

## 图书在版编目(CIP)数据

塑料配方手册 / 李乔钧等编著. —南京: 江苏科学技术出版社, 2000. 3

ISBN 7-5345-3017-2

I. 塑... I. 李... III. 塑料制品-配方-技术手册 IV. TQ320.4-62

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2000)第 14213 号

塑料配方手册

NA562/01

---

编 著 李乔钧 丁浩 杨明 钟道仙  
责任编辑 赵所生  
助理编辑 龚福亚

---

出版发行 江苏科学技术出版社  
(南京市湖南路 47 号, 邮编: 210009)  
经 销 江苏省新华书店  
照 排 南京展望照排印刷有限公司  
印 刷 扬中市印刷厂

---

开 本 850mm × 1168mm 1/32  
印 张 25  
字 数 625 000  
版 次 2000 年 3 月第 1 版  
印 次 2001 年 3 月第 3 次印刷  
印 数 7001 - 10000 册

---

标准书号 ISBN 7-5345-3017-2/TQ·24  
定 价 43.00 元

---

图书如有印装质量问题, 可随时向我社出版科调换。

# 目 录

<b>第一章 绪言</b> .....	1
第一节 塑料的特征.....	1
第二节 近年世界塑料工业进展概况.....	6
第三节 我国塑料工业的发展概况 .....	17
<b>第二章 塑料材料各论</b> .....	20
第一节 聚乙烯 .....	20
第二节 聚丙烯 .....	29
第三节 聚苯乙烯 .....	36
第四节 聚氯乙烯 .....	41
第五节 ABS树脂 .....	48
第六节 聚酰胺 .....	53
第七节 聚甲醛 .....	60
第八节 聚碳酸酯 .....	66
第九节 聚苯醚 .....	73
第十节 聚砜 .....	78
第十一节 氟塑料 .....	81
第十二节 酚醛树脂 .....	90
第十三节 不饱和聚酯 .....	98
第十四节 环氧树脂.....	104
第十五节 聚氨酯.....	111
第十六节 聚对苯二甲酸丁二酯.....	121
第十七节 聚对苯二甲酸乙二酯.....	127



第五节	汽车塑料应具备的性能	415
第六节	家具塑料应具备的性能	417
<b>第五章</b>	<b>塑料成型加工对配方的要求</b>	421
第一节	概述	421
第二节	温度、压力和剪切速率对塑料性能的影响	425
<b>第六章</b>	<b>塑料配方设计</b>	435
第一节	概述	435
第二节	塑料的特性	436
第三节	热稳定配方设计	468
第四节	塑料管道选材与配方设计	478
<b>第七章</b>	<b>聚氯乙烯塑料配方</b>	486
第一节	聚氯乙烯塑料配方的设计	486
第二节	聚氯乙烯硬管、硬管件、硬质异型材及硬质 吹塑中空制品的配方	500
第三节	聚氯乙烯软管、软质吹塑中空制品配方	517
第四节	聚氯乙烯硬质板片、波纹板、唱片、地板配方	519
第五节	聚氯乙烯薄膜配方	531
第六节	聚氯乙烯人造革配方	550
第七节	各种 PVC 电线、电缆及电气绝缘零件配方	555
第八节	PVC 塑料凉鞋配方	567
第九节	其它 PVC 塑料制品配方	572
<b>第八章</b>	<b>聚烯烃塑料配方</b>	579
第一节	聚烯烃塑料配方特点	579
第二节	聚乙烯塑料配方	580
第三节	聚丙烯塑料配方	593
<b>第九章</b>	<b>苯乙烯系塑料配方</b>	611
第一节	苯乙烯系塑料配方设计	611
第二节	苯乙烯系塑料配方实例	612

<b>第十章 工程塑料配方</b> .....	624
第一节 聚酰胺(尼龙)配方.....	624
第二节 聚甲醛配方.....	641
第三节 聚碳酸酯配方.....	656
第四节 聚砒配方.....	672
第五节 聚酯工程塑料配方.....	679
<b>第十一章 泡沫塑料配方</b> .....	690
第一节 泡沫塑料概述.....	690
第二节 聚氯乙烯(PVC)泡沫塑料配方 .....	690
第三节 聚乙烯泡沫塑料配方.....	706
第四节 聚丙烯泡沫塑料配方.....	713
第五节 聚苯乙烯泡沫塑料配方.....	715
第六节 聚氨酯泡沫塑料配方.....	718
<b>第十二章 环氧树脂配方</b> .....	756
第一节 环氧树脂.....	756
第二节 环氧树脂配方中的固化剂及其它添加剂.....	764
第三节 环氧树脂配方实例.....	769
<b>附录</b> .....	783
I 塑料缩写代号及英汉名称.....	783
II 常用塑料的收缩留量和收缩率.....	787
III 某些塑料的燃烧特性.....	789
IV PVC 常用增塑剂缩写代号及英汉名称 .....	791
V PVC 常用稳定剂缩写代号及英汉名称 .....	793

# 第一章 绪 言

塑料是众所周知的三大合成材料(塑料、橡胶、纤维)之一,且是三大合成材料中产量最高的一种常见材料。塑料是由合成树脂(高分子化合物或聚合物)为基础原料,多数需加塑料添加剂等辅助原料,通过一定的机械混合与一定的成型方法制备而成。塑料中聚合物决定了塑料的基本性能,故一般按聚合物种类来划分塑料的类别,如聚氯乙烯塑料与聚烯烃塑料等。也有按塑料材料应用领域来分,如通用塑料与工程塑料等。采用这种划分并不严格,当前塑料科技人员正力图将通用塑料工程化,与工程塑料高性能化。这就需要在合成高质量与新品种树脂方面下功夫的同时,合理与科学地设计塑料配方与材料结构。要通过共混改性、增韧、增强、塑料合金化、塑料功能化以及用化学与物理方法来提高多组分、多相聚合物基复合材料界面粘接力,并利用多种改性方法、增容技术来提高塑料性能与开发新品种。不断扩大应用领域与改善市场基础。

## 第一节 塑料的特征

### (一) 质量轻

塑料的相对密度一般为 0.9~2.3 之间,对于要求减轻自身质量来达到节能的汽车、船舶、飞机、建筑与包装材料来说,是具有特

殊意义的材料。

## (二) 化学稳定性好

塑料与金属相比,具有耐化学腐蚀与不生锈的特点,不同品种的塑料具有不同的耐腐蚀能力。由于塑料的优良的耐化学腐蚀性能,故在化学工业中得到重视与广泛应用。在选择防腐材料时,要注意到各种塑料耐化学药品的特性。

## (三) 塑料的机械力学性能范围宽

各种塑料因大分子结构、组成与加工工艺各不相同,故其性能在较宽的范围内变化,例如,PVC 塑料就有硬质 PVC(RPVC)与软质 PVC(SPVC)之分,其性能、用途各不相同。

某些塑料具耐磨、埋设异物与低噪音等摩擦特性,例如具有低摩擦系数和高耐磨性的聚酰胺(尼龙)、聚甲醛与填充聚四氟乙烯常用作轴承材料。而石棉酚醛塑料具有较大的摩擦系数、耐磨与耐热性,故可用作车辆刹车块;低发泡与高发泡塑料的力学性能差别很大,故低发泡用作建筑、结构材料,而高发泡塑料用于隔热、减震消音;一般聚丙烯与玻璃纤维增强聚丙烯的力学性能有一定的差距;在力学性能方面,塑料与金属相比,还具有减震与消音的阻尼作用,因而采用工程塑料聚碳酸酯、尼龙与 F4 填充聚甲醛等塑料用作齿轮,明显地改善了金属齿轮在传动中产生的噪音。各种塑料力学性能差别明显,详见表 2-50。

## (四) 塑料是电绝缘体与隔热体

以一般塑料而论,均具有良好的绝缘性能。当往塑料中添加具导电性组分时,才会成为抗静电或导电塑料。

用塑料作为绝缘材料,需根据塑料的电性能(体积电阻率、耐电压强度与耐电弧等)。对应用环境的条件,还需考虑到绝缘材料的机械强度、耐化学药品性、耐水、耐油、耐热等级与阻燃性等要求,以保证绝缘材料的质量与使用寿命。例如,酚醛塑料(电木)与氨基塑料(电玉)常用作低压电器的绝缘材料;在高湿热环境下,通

常采用聚苯醚、聚酰亚胺、氟塑料、环氧塑料与聚邻苯二甲酸二(烯丙)酯(DAP)等。

众所周知,一般可作为电绝缘的材料也是绝热材料,因塑料具有低导热率。将塑料制成泡沫塑料,可作保温与制冷隔热材料。

#### (五) 塑料具有耐热与低温特性

塑料与钢铁相比,其耐热性是不理想的。然而,只要人们根据不同塑料各自的热性能特点来选择其适当的用武之地,塑料耐热性差的短处就可以避开。如聚苯乙烯塑料能胜任制茶杯、饭盒等日用品。若需要塑料能耐沸水的蒸煮,那就需要采用聚丙烯等耐热性较高的塑料,在聚丙烯的耐热性已不能胜任的条件下,应选耐热性更高的塑料。塑料的耐热性由下列三个指标来考察,即热变形温度、热分解温度与耐热氧化性能。因此要根据塑料的耐热性,合理与慎重地选择塑料材料,才能扬长避短与发挥其作用。

由于各种塑料中主要成分聚合物的大分子结构与分子链柔性不同,同时,其结晶性也不相同,因此,各种塑料耐低温性也有很大的差异。例如未改性的聚丙烯具有低温脆性的特点,而聚碳酸酯、聚苯醚与聚四氟乙烯等塑料具有较低的脆化温度,具备耐低温特性,常作为要求耐寒的工程塑料。

#### (六) 塑料具透明性与易着色性

塑料具半透明至透明性,但往往有塑料呈现不透明,这与塑料中添加剂等因素有关,即塑料的透明性与塑料品种、配方、结晶性、结晶速率、晶粒尺寸及材料厚度等有关,均直接影响到塑料的透光率与折射率等。此外,还与影响塑料老化的贮存与使用条件等有关。例如聚丙烯酸酯中的有机玻璃与聚碳酸酯均具有较高的透明性;按照透明聚氯乙烯的配方,可制成透明聚氯乙烯瓶与板等透明制品。很多塑料因制成很薄的膜而呈良好的透明性,如聚酯、聚烯烃等薄膜。

近年来,人们利用塑料对光的透过性、折射性与反射性等,开

发了光功能塑料、光纤电缆、光弹性塑料等新材料。

塑料具有易于着色的特征,塑料经着色后,由于染料(或颜料)的成分和性能的缘故,影响到塑料制品的外观与性能。甚至在选择着色剂不当的情况下,也会促进塑料材料的老化。因此,选择着色剂需根据塑料的品种、加工成型条件及制品使用环境等来合理选择。

### (七) 塑料老化与燃烧性

一般说来,塑料在阳光、紫外线、热与氧的作用下,会产生热氧老化与光氧老化,致使大分子链产生降解与断裂,伴随着塑料老化而出现塑料表面失去光泽、变色、机械性能下降、耐化学性与电绝缘等性能均降低,制品出现发粘或脆裂等现象,因而使塑料失去其使用价值。故需根据塑料的应用需求来制定塑料的防老化配方,例如在塑料配方中添加抗氧剂、抗紫外线吸收剂与热稳定剂等,来减缓塑料的老化与延长塑料的使用寿命。

根据塑料中的组分与其树脂的分子结构不同,其燃烧性质也不相同,例如聚苯醚、聚氯乙烯均具有自熄性,而聚烯烃具易燃性,衡量塑料的燃烧性能,大多采用美国保险商试验室于70年代制订的UL94塑料燃烧试验法,与氧指数(OI)法。

塑料工作者往往设计阻燃塑料配方来解决某些塑料易燃性,例如在塑料中添加不燃的填充剂、含有卤素氯与磷原子等各种阻燃剂,及用特殊的阻燃体系来阻止塑料燃烧,使塑料更广泛用于建筑材料、电器设备,以及易燃、易爆流体的输送管道等场合。

### (八) 塑料的渗透特性

塑料被制成薄膜后,对气体与水具有渗透性(即塑料的透气与透湿性),同时这种渗透性具有选择性透过的特点,不同的塑料膜对同一渗透物的透过率不同。影响塑料渗透性的因素方面,如在大分子中有无极性基团、分子间作用力的大小、结晶度与晶格尺寸,大分子交联度、取向度及添加剂等影响因素。例如非极性聚乙烯薄

膜对非极性气体氮、氧与二氧化碳的透过率大于具有极性的聚氯乙烯薄膜,但对具有极性水蒸气的透过率则相反。聚乙烯与聚苯乙烯相比,虽均是非极性化合物,但前者属结晶型、后者属无定型,故聚苯乙烯对氧、二氧化碳与氮的透过率高于聚乙烯。气体的渗透率不仅与塑料膜种类有关,同时也与渗透物本身的分子尺寸、温度、薄膜厚度与面积等有关。

由两种不同的气体组成渗透物对同一薄膜的透过率是不相同,两种物质透过率差距愈大则分离系数也愈大,对于一种优良的选择性透过膜,不仅要渗透率大,而且要分离系数也大。目前比较重要而有实用价值的选择性透过膜有富氧膜、氢分离膜、二氧化碳分离膜、二氧化硫分离膜以及保鲜气调膜等,可应用于医疗、化工、肉类与果蔬保鲜等方面。因此,塑料膜不仅在农业、包装、民用方面有广阔用途,而且正用于方兴未艾的“膜分离技术”方面,如水处理、海水淡化、分离生物制品、富氧制备、氢分离、人工脏器、制备无水溶剂与废能利用等。

由于塑料膜对各种气体透过率不同,故在塑料包装中有作为防潮防湿的聚烯烃与涤纶薄膜,以及作为防氧化和保香的聚偏氯乙烯与聚乙烯醇膜。若一种膜达不到包装的要求时,可采用复合薄膜,已广泛用于食品与化妆品等包装方面。

#### (九) 易于加工成型

塑料成型工艺与金属加工制造相比,工序少、时间短、耗能低与材料利用率高。它可在时间极短的成型周期中成型汽车保险杠、座椅等;可成型小至钟表零件、大至洗衣机缸、船舶、汽车大型部件等各种产品,其劳动效率极高。

常用的塑料成型方法有压缩模塑、挤出、注射模塑、压延与涂层、热成型、泡沫塑料成型、吹塑成型、中空吹塑、层压与增强塑料成型等。可成型塑料种类繁多、各类品种不一,广泛应用于工业、农业、交通、国防与生活日用。

### (十) 塑料及其制品具有节省能源的特性

一般说来,单位体积的塑料能耗是铜与铝的  $1/10\sim 1/5$ ,是钢铁的  $1/4\sim 1/3$ ,是玻璃或纸的  $1\sim 2$  倍。材料能耗按质量计:铝和铜>钢铁>塑料>玻璃、纸>水泥。一般情况,单位质量的塑料能耗是铜铝有色金属的  $1/2\sim 1/3$ ,是钢铁的  $1\sim 2$  倍,是玻璃或纸的  $3\sim 4$  倍。美国塑料协会早在 70 年代已统计了某些塑料制品的节能实例。例如,1978 年在电冰箱方面用了 14.7 万吨塑料代替 38.22 万吨的金属与玻璃,节省了能耗 7596 MJ,相当于节约 120 万桶原油;在塑料管代金属管方面,1977 年美国塑料管产量 90 万吨,若用金属制造这些管子,总质量达到 790 万吨,以塑料代金属生产管材,节能相当于 5600 万桶原油。再说,随着汽车工业不断发展与人类逐步走向电气化,汽车的塑料化可大大地降低汽油消耗量;电动设备的轻量化,也会可观地减少电力消耗。

## 第二节 近年世界塑料工业进展概况

近年来,金属、木材、硅酸盐、水泥与塑料五大材料,以塑料产量年增长率最高,在三大合成材料(塑料、橡胶、纤维)中塑料的产量与用量最大。塑料在材料结构中的比例不断提高,世界范围的塑料与钢材产量的质量比(塑钢比)不断上升。美国 1960 年塑钢比为 3.1%,1970 年为 7.4%,1980 年为 15.5%,至 1988 年塑钢比已高达 29%。美国根据能源与资源的状况,采取稳定钢的产量与增加塑料产量,以达到塑料按体积比接近或超过钢的产量,以便合理地使用资源、减少钢材与有色金属的消耗。

当前塑料材料的世界年产量已超过 1 亿吨,各地域塑料产量及构成如表 1-1 所示。

表 1-1 世界各地塑料材料产量及构成

	1992 年				1993 年				1994 年			
	产 量 (万 t)	增长率 (%)	构成比 (%)	产 量 (万 t)	增长率 (%)	构成比 (%)	产 量 (万 t)	增长率 (%)	构成比 (%)	产 量 (万 t)	增长率 (%)	构成比 (%)
	亚 洲	2 913.7	9.3	27.5	3 024.4	3.8	28.0	3 255.3	7.6	28.7		
西 欧	3 226.9	1.7	30.5	3 226.5	0	29.9	3 397.5	5.3	29.9			
东 欧	629.6	-14.1	5.9	574.4	-8.8	5.3	564.0	-1.8	5.0			
北 美	3 268.0	6.1	30.9	3 383.2	3.5	31.4	3 555.0	5.1	31.3			
中南美	412.9	-0.6	3.9	443.9	7.5	4.1	447.0	0.7	3.9			
非 洲	66.2	1.8	0.6	67.9	2.6	0.6	68.0	0.1	0.6			
大洋洲	70.3	-0.4	0.7	71.0	1.0	0.7	72.0	1.4	0.6			
合 计	10 587.6	3.8	100	10 791.3	1.9	100	11 358.8	5.3	100			

1995年主要生产国各种塑料树脂生产量见表1-2,1992~1993年主要生产国塑料树脂产量及增长率见表1-3。

表1-2 1995年主要生产国各种塑料树脂生产量(万t)

树脂	美国	日本	德国	法国	英国	意大利
PVC	557.8	227.4	123.5	108.8	37.0	89.0
PS(GP,Hi)	220.4	127.7	}107.0	33.1	22.4	}47.0
PS(FS)	36.2	20.4		17.8	4.0	
ABS,AS	72.1	66.9	—	—	5.0	11.5
LDPE	584.7	195.5	194.9	100.7	32.2	102.0
HDPE	508.7	123.8	—	38.8	22.5	52.0
PP	494.1	250.2	80.5	109.0	44.3	107.5
PET	171.7	61.5	—	1.0	15.1	27.0
丙烯酸系	73.8 <sup>[注]</sup>	20.4	—	17.8	—	—
PA	46.2	20.1	61.1	—	—	12.0
脲-三聚氰胺	95.6	49.1	—	16.8	18.8	—
酚醛	145.4	32.8	—	6.6	7.8	3.5
不饱和聚酯	71.6	26.4	—	9.0	6.8	8.5
聚氨酯	172.6	27.6	79.9	—	9.1	28.5
环氧	28.7	19.4	—	—	1.8	—
其它	364.2	133.6	463.1	50.6	39.7	25.5
合计	3570.1	1402.7	1110.0	510.0	266.5	514.0

[注] 美国的丙烯酸系产量是1994年的统计数据。

表 1-3 1992~1993 年主要生产国和地区各种树脂产量及增长率

	美国		日本		德国		法国		意大利	
	1992年 (万吨)	1993年 增长率 (%)	1992年 (万吨)	1993年 增长率 (%)	1992年 (万吨)	1993年 增长率 (%)	1992年 (万吨)	1993年 增长率 (%)	1992年 (万吨)	1993年 增长率 (%)
PVC	453.1	2.7	198.3	198.0	112.8	121.0	109.2	115.0	89.0	85.0
PS (GP,HI)	202.3	244.2	115.6	115.2		56.4	35.5	33.5	42.0	42.0
EPS	33.6	35.6	21.9	20.5				14.6		
ABS,AS	65.3	71.1	63.0	60.9		35.7		5.0		7.5
LDPE	540.6	549.3	187.7	173.8	70.8	93.0	98.4	96.5	93.5	91.5
HDPE	444.9	451.0	110.4	102.4	68.7	71.4	33.6	34.5	46.5	47.5
PP	382.0	391.5	203.8	203.1	55.7	62.9	90.3	96.0	84.0	88.0
PET	109.5	115.7	46.6	49.9		6.7		2.5	18.5	21.0
丙烯酸系	74.3	74.5	18.7	18.8			2.2	11.5	422.7	
聚酯胶	30.3	34.8	16.9	17.1		23.6	9.2	6.0	-34.8	8.0
脲-三聚 氰胺	80.7	91.4	55.5	52.4			17.3	15.0	-13.3	5.0
酚醛	132.6	139.7	35.6	32.8		23.3	5.7	5.0	-12.3	9.0
UP	53.3	57.4	25.9	25.0		14.8	7.9	7.5	-5.1	10.5
聚氨酯	139.6	147.3	29.4	26.7		90.7		2.5	23.9	27.3
环氧	20.7	23.2	17.3	17.0		13.7				
其它	247.8	231.1	111.4	111.2	502.4	385.8	50.7	35.5	28.1	30.7
合计	3 010.6	3 123.2	1 258.0	1 224.8	916.5	994.8	474.6	480.0	451.5	454.0

五大通用塑料聚氯乙烯、聚乙烯、聚丙烯、聚苯乙烯与ABS,其世界产量逐年增长。1994年美国低密度聚乙烯消费量354.7万吨,比1993年增长5.4%,线型低密度聚乙烯1994年产283.3万吨,比1993年增长9.3%,1994年生产高密度聚乙烯526.90万吨,比1993年增长9.5%。

1991年Exxon公司首先采用茂金属催化剂生产线型聚乙烯,采用乙烯或己烯共聚单体生产二元共聚物或三元共聚物,其产品称Exact聚烯烃塑性体。茂金属催化剂在线型低密度生产中的应用,改进了树脂强度、透明性和加工性能。日本三井油化公司采用茂金属催化剂制备乙烯和环己二烯、乙烯和环庚二烯及乙烯和二环戊二烯共聚物成功。这些共聚物具优秀的光学性能、高热稳定性、耐热老化和耐化学溶剂性,介电、机械性能优良。Hoechst公司用茂催化剂由乙烯和降冰片烯或四环十二碳烯制备了两种共聚物,一种是半透明结晶材料,另一种是无定型材料,目标是替代聚碳酸酯用于光盘和光学透镜。在高密度方面,Hoechst开发了产品Hostalen CRP100与BP公司开发了Rigidex管级高密度聚乙烯材料,其特点是具有双峰分子量分布,耐应力开裂性好,机械性能满足PE100管子规范。

1994年美国聚丙烯消费量442.3万吨,比1993年增长9.1%。近两年在科技开发方面,意大利Montell聚烯烃公司推出Hivalloy工程塑料合金,它是聚丙烯和聚苯乙烯及某种无定型树脂的合金,该产品综合了半结晶聚丙烯和无定型树脂的性能,在性能/价格比可与ABS、聚碳酸酯、尼龙、聚对苯二甲酸丁二醇酯和聚苯醚/聚苯乙烯合金竞争。Exxon公司采用Exxpol茂金属催化剂使高级 $\alpha$ -烯烃(HAO)如己烯-1、4-甲基戊烯-1、辛烯-1和其它二烯共聚单体与丙烯共聚,推出性能优异的PP/HAO共聚物,是传统的Ziegler-Natta催化剂难以合成的。PP/HAO共聚物主要用于汽车仪表板外层,其注塑件用于汽车保险杠。