



第二版

性能手册

张玉龙 孙敏◎主编



化学工业出版社

第二版

SULIAO PINZHONG YU
XINGNENG SHOUCHE

塑料品种与 性能手册

张玉龙 孙敏◎主编



化学工业出版社

·北京·

本书较为全面地介绍了通用塑料（PE、PP、PVC、PS、ABS 和 PMMA 等）、通用工程塑料（PA、PC、POM、PET、PBT、PPO 或 MPPO 等）、特种工程塑料（PTFE、PPS、PI、PSU、PEEK、PAR、LCP 等）、热固性塑料（酚醛、环氧、不饱和聚酯、聚氨酯、有机硅和氨基塑料等）的品种、牌号、性能与应用等内容。为便于读者查询，全书基本数据以表格形式表述为主，文字叙述为辅，较为直观易查，是塑料行业从事材料研究、产品设计、制造生产、管理销售和教学人员必读必备之书，也可作为教材使用。

图书在版编目（CIP）数据

塑料品种与性能手册/张玉龙，孙敏主编．—2 版．
北京：化学工业出版社，2012.2
ISBN 978-7-122-13152-2

I. 塑… II. ①张…②孙… III. ①塑料-品种-
手册②塑料-性能-手册 IV. TQ32-62

中国版本图书馆 CIP 数据核字（2012）第 005995 号

责任编辑：白艳云
责任校对：周梦华

装帧设计：韩 飞

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：北京云浩印刷有限责任公司
850mm×1168mm 1/32 印张 17¼ 字数 468 千字
2012 年 4 月北京第 2 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：58.00 元

版权所有 违者必究

编写人员名单

主 编	张玉龙	孙 敏					
副主编	陈以蔚	路香兰	石 磊	李 萍	封昌丽		
编 委	马 源	王建江	王四清	王国义	王敏芳	王 超	
	石 磊	厉 宁	刘向平	刘志成	刘宝玉	刘朝辉	
	许毅达	许劲松	齐 昕	孙英富	孙 敏	孙德强	
	闫惠兰	汪业福	杜仕国	李旭东	李迎春	李宏伟	
	李 丽	李树虎	李桂变	李 萍	杨 耘	杨振强	
	杨晓冬	张文栓	张玉龙	张用兵	张冬梅	张宝东	
	张 蕾	张德琪	邵颖惠	陈以蔚	周 力	周敏华	
	官周国	段金栋	郝英华	姚春臣	郭 毅	姜 萍	
	唐 华	盖敏慧	高 岩	陶文斌	窦 鹏	黄晓霞	
	黄 晖	曹根顺	普朝光	路香兰	潘士兵	穆卫军	
	薛维宝	戴均平					

前 言

塑料是最早工业化生产的合成材料之一，其品种繁多、产品多样，广泛地应用于国民经济建设的各种领域以及国防建设和人们的日常生活中，在国计民生中发挥了重要作用。近年来随着高新技术在塑料行业中的应用，特别是塑料改性技术和配方设计技术的深入发展，使得塑料各品种中新品级、新牌号不断问世，极大地丰富了塑料品种，拓宽了产品设计的选材范围，使得新型塑料产品开发自由度日趋增大。然而由于品级与牌号的繁多也会给选材带来众多不便，有必要再版《塑料品种与性能手册》，将特种工程塑料各品种的品级与牌号补充其中，以供读者使用。

为此，中国兵工学会科技出版委员会、山东兵工学会非金属专业委员会在检索相关资料的基础上，再版了《塑料品种与性能手册》一书。全书共5章，较为全面地介绍了通用塑料（PE、PP、PVC、PS、ABS和PMMA等）、通用工程塑料（PA、PC、POM、PET、PBT、PPO或MPPO等）、特种工程塑料（PTFE、PPS、PI、PSU、PEEK、PAR、LCP等）、热固性塑料（酚醛、环氧、不饱和聚酯、聚氨酯、有机硅和氨基塑料等）的品种、牌号、性能与应用等内容。为便于读者查询，全书基本数据以表格形式表述为主，文字叙述为辅，较为直观易查，是塑料行业从事材料研究、产品设计、制造生产、管理销售和教学人员必读必备之书，也可作为教材使用。

本书突出实用性、先进性和可操作性，理论叙述从简，着重用实用数据说明问题，且结构清晰严谨，语言简练流畅，数据翔实，信息量大，实用性强。

由于水平有限，文中不妥之处在所难免，敬请批评指正。

作者

2012年1月

目 录

第一章 概述	1
第一节 基础知识	1
一、基本概念	1
二、主要品种与分类	1
三、聚合方法	3
四、改性方法	5
五、塑料成型工艺与加工方法	8
第二节 塑料的基本特性	18
一、基本特点	18
二、塑料的性能	51
第二章 通用塑料	52
第一节 聚乙烯	52
一、简介	52
二、高密度聚乙烯	58
三、低密度聚乙烯	69
四、线型低密度聚乙烯	86
五、超高分子量聚乙烯	99
六、改性聚乙烯	104
第二节 聚丙烯	110
一、简介	110
二、聚丙烯的牌号、性能与应用	115
第三节 聚氯乙烯	151
一、简介	151

二、聚氯乙烯的牌号、性能与应用	158
三、改性聚氯乙烯	158
第四节 聚苯乙烯	173
一、简介	173
二、通用级聚苯乙烯	174
三、高抗冲聚苯乙烯	182
四、发泡聚苯乙烯	189
第五节 丙烯腈-丁二烯-苯乙烯共聚物 (ABS)	193
一、简介	193
二、ABS 的牌号、性能与应用	197
第六节 聚甲基丙烯酸甲酯	213
一、主要品种	213
二、主要性能	214
三、应用	217
四、聚甲基丙烯酸甲酯的牌号、性能与应用	217
第三章 通用工程塑料	223
第一节 聚酰胺	223
一、简介	223
二、尼龙 6	224
三、尼龙 66	236
四、尼龙 610	244
五、尼龙 11	249
六、尼龙 1010	257
七、MC 尼龙	261
八、尼龙 612	262
九、尼龙 12	271
十、尼龙 46	281
十一、粉末尼龙	286
十二、透明尼龙	288
十三、共聚尼龙	291

十四、改性尼龙·····	293
第二节 聚碳酸酯·····	299
一、简介·····	299
二、聚碳酸酯的牌号、性能与应用·····	301
第三节 聚甲醛·····	311
一、简介·····	311
二、聚甲醛的牌号、性能与应用·····	313
三、改性聚甲醛·····	324
第四节 聚对苯二甲酸乙二醇酯·····	327
一、简介·····	327
二、PET 的牌号、性能与应用·····	329
第五节 聚对苯二甲酸丁二醇酯·····	334
一、简介·····	334
二、聚对苯二甲酸丁二酸酯与改性 PBT 的牌号、性能 与应用·····	337
第六节 聚苯醚·····	344
一、简介·····	344
二、聚苯醚和改性聚苯醚的牌号、性能与应用·····	346
第四章 特种工程塑料·····	358
第一节 聚四氟乙烯·····	358
一、简介·····	358
二、聚四氟乙烯的牌号、性能与应用·····	359
第二节 聚苯硫醚·····	366
一、简介·····	366
二、聚苯硫醚的牌号、性能与应用·····	369
第三节 聚酰亚胺·····	376
一、简介·····	376
二、聚酰亚胺的牌号、性能与应用·····	378
第四节 聚砒类塑料·····	385
一、主要品种·····	385

二、双酚 A 聚砜	385
三、聚醚砜	392
四、聚芳砜	396
第五节 聚醚醚酮	400
一、简介	400
二、聚醚醚酮的牌号、性能与应用	401
第六节 聚芳酯	403
一、聚芳酯树脂	403
二、增强聚芳酯塑料	405
第七节 液晶聚合物	408
一、简介	408
二、液晶聚合物的牌号、性能与应用	410
第五章 热固性塑料	412
第一节 酚醛树脂	412
一、简介	412
二、酚醛模塑料	423
三、纤维增强酚醛模塑料	434
第二节 环氧树脂	447
一、简介	447
二、双酚 A 型环氧树脂	450
三、酚醛环氧树脂	453
四、双酚 F 型环氧树脂	455
五、双酚 S 型环氧树脂	457
六、甘油环氧树脂	457
七、缩水甘油酯型环氧树脂	458
八、缩水甘油胺型环氧树脂	460
九、脂环族环氧树脂	462
十、脂肪族环氧树脂	462
十一、溴代双酚 A 型环氧树脂	463
十二、有机磷环氧树脂	464

十三、有机硅改性环氧树脂及其模塑料·····	466
第三节 不饱和聚酯·····	467
一、简介·····	467
二、通用型不饱和聚酯·····	468
三、韧性不饱和聚酯·····	471
四、柔性不饱和聚酯树脂·····	472
五、耐腐蚀不饱和聚酯树脂·····	474
六、耐腐蚀阻燃不饱和聚酯树脂·····	478
七、透明不饱和聚酯树脂·····	479
八、阻燃自熄性不饱和聚酯树脂·····	481
九、耐高温不饱和聚酯树脂·····	483
十、低收缩不饱和聚酯树脂·····	485
十一、辐射固化型不饱和聚酯树脂·····	485
十二、不饱和聚酯模塑料·····	486
十三、不饱和聚酯专用料·····	489
第四节 聚氨酯·····	495
一、简介·····	495
二、聚氨酯泡沫塑料·····	497
三、聚氨酯弹性体·····	513
第五节 有机硅树脂·····	523
一、简介·····	523
二、有机硅树脂·····	523
三、有机硅模塑料·····	527
第六节 氨基塑料·····	529
一、简介·····	529
二、脲甲醛塑料·····	530
三、三聚氰胺甲醛塑料·····	534
参考文献·····	538

第一章 概 述

第一节 基础知识

一、基本概念

树脂 (resin), 受热时通常有软化或熔融范围, 软化时, 在外力作用下有流动倾向, 常温下是固态、半固态或假固态等的有机聚合物。有时也可以是液态聚合物。在塑料工业中, 广义地讲, 作为塑料基材的任何聚合物都可称为树脂。

自然界存在一些来自植物或动物分泌而得的无定形有机物质, 如松香、琥珀、虫胶等, 这类物质统称为天然树脂。

简单有机化合物经化学合成或某些天然产物经化学反应后所得到的树脂类产物, 称为合成树脂。

塑料 (plastics), 以树脂 (有时用单体在加工过程中直接聚合) 为主要成分 (如聚乙烯、有机玻璃、聚四氟乙烯等), 大部分含有添加剂 (增塑剂、填充剂、润滑剂、颜料等), 而且在加工过程中能流动成型的材料。一般不包括弹性体、纤维、涂料、胶黏剂。

二、主要品种与分类

塑料分类方法较多, 可按其化学组成、结晶程度、耐热性、受热后性能变化特点和功能或用途等方法加以分类, 但不管哪一种方法, 都难以全面概括, 只是根据需要或便于形成一种明确概念, 从某一侧面加以归纳分类表述的一种方式。

1. 按用途或功能分类

(1) 通用塑料 聚乙烯 (PE)、聚丙烯 (PP)、聚氯乙烯 (PVC)、聚苯乙烯 (PS)、丙烯酸类塑料和 ABS 等。

(2) 通用工程塑料 聚酰胺 (PA) (俗称尼龙)、聚碳酸酯

(PC)、聚甲醛 (POM)、热塑性聚酯 [聚对苯二甲酸乙二醇酯 (PET) 和聚对苯二甲酸丁二醇酯 (PBT)] 和改性聚苯醚。

(3) 特种工程塑料 氟塑料、聚酰亚胺 (PI)、聚苯硫醚 (PPS)、聚砜类 (PSU)、聚酮类 (如聚醚醚酮 PEEK)、聚芳酯 (PAR)、聚苯酯 (PHB)、液晶聚合物 (LCP) 和发展中的特种工程塑料。

(4) 热固性工程塑料 酚醛、环氧、不饱和聚酯、有机硅、聚氨酯、氨基塑料、氰酸酯、烯丙基塑料和呋喃塑料等。

(5) 高性能增强塑料 碳纤维增强塑料、芳纶纤维增强塑料、超拉伸聚乙烯纤维增强塑料、陶瓷纤维增强塑料、金属纤维增强塑料及超混杂纤维增强塑料、PBO 纤维增强塑料和填充塑料。

(6) 功能塑料 导电塑料、压电塑料、磁性塑料、塑料光纤、隐身塑料、光学塑料等。

(7) 纳米改性塑料 纳米改性通用塑料、纳米改性工程塑料、纳米改性热固性塑料、纳米改性功能塑料等。

(8) 工程泡沫塑料 通用结构泡沫塑料、通用工程泡沫塑料、耐高温泡沫塑料、热固性工程泡沫塑料等。

2. 按化学组成分类

可分为聚酰胺类、聚酯类、聚醚类、聚烯烃类、芳杂环类和含氟类聚合物。

3. 按结晶程度分类

按照聚合物的物理状态，可分为结晶型和无定型两类。聚合物的结晶能力与分子结构规整性、分子间力、分子链柔顺性能等因素相关，结晶程度还会受拉力、温度等外界因素的影响。利用聚合物的物理状态也可部分地表征聚合物的结构和共同特性，是常用的一种分类方法。

4. 按耐热性分类

通常以长期连续使用温度划分，可分为两类：使用温度在 100~150℃ 的塑料（如通用工程塑料和改性工程塑料等）；使用温度在 150℃ 以上的塑料（特种工程塑料等）。

5. 按受热后的性能变化特征分类

可分为热塑性塑料和热固性塑料两种。

三、聚合方法

1. 连锁聚合反应

连锁聚合反应的特征是整个反应过程可以划分成相继的三基元反应，即链引发、链增长、链终止。各步的反应速率和活化能差别很大。根据链增长活性中心的不同，可将连锁聚合反应分成自由基聚合、离子聚合和配位聚合。含有不饱和键的单体，如单烯类、共轭双烯类、炔烃、羰基化合物，容易按连锁反应的机理进行反应。

(1) 自由基聚合反应 在适当条件下，化合物的价键有两种断裂形式，其中一种是构成共价键的一对电子拆成两个带一个电子的基团，这种带独电子的基团称做自由基或游离基，自由基的活性足够高，就有可能打开烯类单体的 π 键，使链引发、链增长，成为自由基聚合。

在聚合物生产方法中，自由基聚合占了很大的比例，如高压聚乙烯、聚氯乙烯、聚苯乙烯、聚四氟乙烯、聚乙酸乙烯、聚甲基丙烯酸甲酯、聚丙烯腈、丁苯橡胶、丁腈橡胶、氯丁橡胶、ABS 树脂等聚合物都通过自由基聚合来生产。

目前工业上自由基聚合多用引发剂来引发。引发剂是容易分解成自由基的化合物，可分为热分解型引发剂（过氧化物和偶氮双腈类）、氧化还原型引发剂（如过硫酸钾+硫酸亚铁）和低温游离基型引发剂（由有机过氧化物与烷基金属化合物组成）。

苯乙烯、甲基丙烯酸甲酯等单体，在除净阻聚剂等杂质后，在热的作用下，也能引发聚合，叫做热引发聚合，其中，苯乙烯的热聚合已实现工业化。

许多烯类单体在光的激发下，能够形成自由基而聚合，这称为光引发聚合，如高相对分子质量聚丙烯酰胺的带式连续辐照聚合。光引发聚合在感光树脂方面应用广泛。

目前辐射、电子束引发的聚合主要应用于乳液聚合产品、部分光学玻璃及水凝胶接触镜等产品。预计辐射聚合在植被塑料光纤、

生物医用材料、固定化酶以及高分子纳米材料等方面将有较好的发展前景。

此外，微波聚合、等离子聚合、电化学聚合也正在成为研究热点。

(2) 离子聚合反应 在适当条件下，化合物的价键的另一种断裂形式为异裂，一对电子全部归属于某一基团，成为阴离子或负离子，另一基团缺电子，就成为阳离子或正离子，由阴离子或阳离子引发的连锁聚合反应称为离子聚合反应。

阴离子聚合的高聚物品种主要有等规以及间规聚甲基丙烯酸甲酯、低顺式聚丁二烯橡胶、聚丁苯橡胶、乙烯基聚丁二烯橡胶、丁苯嵌段共聚物等。

阳离子聚合的高聚物品种主要有聚异丁烯、丁基橡胶、氯化聚醚和聚甲醛等。

(3) 配位聚合反应 配位聚合反应的活性中心是催化剂中含有烷基的过渡元素的空的 d 轨道。单体能在空的 d 轨道上配位而被活化，随后烷基及双键上的 π 电子对发生移位，得以实现链增长。

采用配位聚合法生产的聚合物主要包括低压聚乙烯、聚丙烯、(高)顺式 1,4-聚丁二烯，合成天然橡胶等。

2. 逐步聚合反应

逐步聚合反应的特征是在低分子转变成高分子的过程中，反应是逐步进行的，即每一步的反应速率和活化能大致相同。与连锁聚合相比，这类反应没有特定的反应活性中心，每个单体分子的官能团都有相同的反应能力。逐步聚合反应包括逐步缩聚反应和逐步加聚反应。

(1) 逐步缩聚反应 单体分子间经多次重复的缩合反应，脱掉水或其他简单分子键合成聚合物的化学反应，称为逐步缩聚反应。

缩聚反应在高分子合成工业中占有重要地位，如酚醛树脂、不饱和聚酯树脂、氨基树脂、尼龙、涤纶、聚碳酸酯、聚砜、聚苯硫醚、聚酰亚胺、聚苯并咪唑等均可利用该反应合成。

(2) 逐步加聚反应 在逐步加聚反应中，大分子链的增长是一

个逐步的过程，但无小分子生成。单体分子通过反复加成，使分子间形成共价键以生成聚合物的反应称为逐步加聚反应，如聚氨酯和环氧树脂的合成。

3. 聚合物化学反应

聚合物化学反应是聚合物分子链上或分子链间官能团相互转化的化学反应。如硝化纤维素、*N*-氯代聚酰胺、氯化聚乙烯、聚乙烯醇等，均是利用聚合物化学反应方法合成的。近年来，关于聚合物化学反应的研究得到迅速发展，特别是具有特殊功能的聚合物相继出现，如高分子催化剂、感光性高分子、导电性高分子、伸缩性高分子等，其中有些已获得工业生产。

4. 超分子组装

超分子高分子是依靠分子自组装形成的类似于经典高分子长链结构的超分子。单体间并不发生化学反应，而是靠强大的分子间相互作用或分子识别连接在一起。如“自聚合”的4-(4'-乙基吡啶)苯甲酸超分子、聚苯代喹啉-聚苯乙烯两亲性嵌段聚合物、静电层状组装而成的聚乙烯胺-聚苯乙烯磺酸钠等。可以预言，超分子高分子化学的发展将会提供一系列新型材料。

四、改性方法

塑料的改性方法分为掺混改性法、填充改性法、增强改性法和纳米改性法等。

1. 掺混改性法

(1) 机械共混改性法。将两种或两种以上的聚合物，以粉末状、溶液状、乳液状或熔体状，在通用塑料混合设备中加以混合，形成各组分均匀分散的聚合物合金的方法称为机械共混法。

(2) 接枝共聚法。接枝共聚是将聚合物单体 B 与聚合物 A 分子主链发生聚合反应的过程，通常生成的典型结构为

$$\begin{array}{c} \sim\sim\sim\sim\text{AAAA}\sim\sim\sim\sim \\ | \\ \text{BBB}\sim\sim\sim\sim \end{array}$$

溶于聚合物单体 B 中，形成均匀溶液后，再利用引发剂或热能引发，使聚合物单体 B 向聚合物 A 主链上发生转移，便制得接枝共

聚合物。

(3) 嵌段共聚法。聚合物 A 与聚合物 B 在黏弹状态或熔融状态下，受强力剪切力、超声波或高压电场作用，而发生解聚，破裂产生端基活性大分子自由基，这种不同类型的大分子自由基相互结合而形成嵌段共聚物的过程，或者先制备一具有端基活性的聚合物，再用另一单体引发聚合而生成嵌段共聚物的过程称之为嵌段共聚法。

(4) 多层乳液共聚法。先用一种聚合物单体进行乳液聚合，以生成的粒子为核，并在其表面聚合形成另一种聚合物单体，使之形成内层与外层组成不同的多层粒子结构的方法称为多层乳液共聚法。

(5) 反应增容共混法。在两种聚合物热力学相容性不好或不相容的情况下，加入某种相容剂以降低两相之间界面能，促进共混过程中相的分散，阻止分散相的凝聚，强化相间黏结或使共混聚合物组分官能化，通过相互反应增容的一种改性方法。

(6) 互穿网络改性法。先制备一适度交联的聚合物网络（聚合物 A），并将其在含有活化剂和交联剂的第二种聚合物（聚合物 B）单体中溶胀，然后引发聚合就生成交联聚合物网络与第一种聚合物网络相互贯穿的聚合物合金结构，将这一反应过程称之为互穿网络改性法。

(7) 反应挤出改性法。利用双螺杆挤出机（又称反应挤出机），使相掺混的物料在增容反应或化学反应的同时完成共混的过程。

(8) 动态硫化改性法。在硫化剂或交联剂存在的情况下，在熔融混炼过程使物料均匀分散的同时进行交联反应生成聚合物合金的过程。

(9) 分子复合改性法。以刚性棒状聚合物为分散相，柔性聚合物为连续相，采用熔融共混或原位聚合技术，使少量的分散相均匀地分散于连续相中生成聚合物合金的过程。

(10) 综合改性法。这是在聚合物改性过程采用了共聚、多重