

常用合成树脂的 性能和应用手册

● 陈乐怡 张从容 雷燕湘 等编著



化学工业出版社

材料科学与工程出版中心

常用合成树脂的性能和应用手册

陈乐怡 张从容 雷燕湘 等编著

化学工业出版社

材料科学与工程出版中心

·北京·

(京) 新登字 039 号

图书在版编目 (CIP) 数据

常用合成树脂的性能和应用手册/陈乐怡, 张从容,
雷燕湘等编著. —北京: 化学工业出版社, 2002.3
ISBN 7-5025-3718-X

I. 常… II. ①陈… ②张…③雷… III. 合成树
脂-手册 IV. TQ322-62

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2002) 第 013482 号

常用合成树脂的性能和应用手册
陈乐怡 张从容 雷燕湘 等编著
责任编辑: 龚浏澄 李晓文
责任校对: 李 林
封面设计: 于 兵

*

化学工业出版社 出版发行
材料科学与工程出版中心
(北京市朝阳区惠新里 3 号 邮政编码 100029)
发行电话: (010) 64982530
<http://www.cip.com.cn>

*

新华书店北京发行所经销
北京市燕山印刷厂印刷
北京市燕山印刷厂装订
开本 850×1168 毫米 1/32 印张 17½ 字数 475 千字
2002 年 4 月第 1 版 2002 年 4 月北京第 1 次印刷
ISBN 7-5025-3718-X/TQ·1498
定 价: 38.00 元

版权所有 违者必究

该书如有缺页、倒页、脱页者, 本社发行部负责退换

前 言

强化应用开发研究是提高国产合成树脂市场竞争力的重要途径。《常用合成树脂的性能和应用手册》一书主要介绍聚乙烯、聚丙烯、聚氯乙烯、聚苯乙烯、ABS等通用树脂，聚氨酯、不饱和聚酯树脂等主要热固性树脂和聚酰胺、聚碳酸酯、聚甲醛、热塑性聚酯及改性聚苯醚等通用工程塑料的性能与最新的应用状况。本书中概述了世界和我国合成树脂的生产、应用和回收处理状况，对不同品种树脂的性能、应用和加工方法作了较宏观的定量比较。与其他合成树脂手册比较，本书更为强调的是树脂在各行业的应用现状和应用发展趋势。作者参阅了国内外大量的市场调研报告和咨询报告，总结了不同品牌、不同应用领域所要求的不同品种通用树脂的性能指标，阐述了树脂性能与生产工艺条件与催化剂的关系，以及不同加工方法对树脂性能的要求。不仅介绍合成树脂各品种当前应用状况，而且定量地总结了各种应用领域的发展趋势和材料之间相互替代的趋势。对于每一树脂品种本书介绍了国内外生产能力、产量、需求、主要生产工艺及进展。由于作者参考的许多市场调研报告和咨询报告并未公开发行，相对于一般的手册，本书对于从事科研、开发、计划、规划和销售的技术人员有更高的参考价值。

参加本书编写工作的有中国石化集团经济技术研究院的陈乐怡、张从容、雷燕湘、关肇基、周良大和曹勇。

编 者

2001年7月

目 录

第一章 合成树脂性能和应用概述	1
1.1 合成树脂发展概况	1
1.2 合成树脂的组成、结构和性能	6
1.2.1 物理状态和分子形态	7
1.2.2 性能	10
1.3 合成树脂的应用	13
1.3.1 应用概述	13
1.3.2 包装行业用量增长最快的树脂是聚乙烯、PET 和聚丙烯	15
1.3.3 农用塑料比例高是我国合成树脂应用的特色	15
1.3.4 聚氯乙烯约占建筑用塑料的半壁江山	16
1.3.5 家电行业用量最大的树脂是苯乙烯系树脂和聚丙烯	18
1.3.6 汽车用树脂增长最快的是聚丙烯	19
1.4 合成树脂的加工	20
1.4.1 加工方法概述	20
1.4.2 几种主要的加工方法	21
1.4.3 常用的添加剂	27
1.4.4 共混物和合金	28
1.5 合成树脂与环境的协调发展	30
1.5.1 开发清洁工艺	30
1.5.2 减少废弃塑料对环境的影响	30
1.5.3 发展可降解塑料和生物塑料	33
主要参考文献	33
第二章 聚乙烯	35
2.1 概述	35
2.1.1 生产能力与市场需求	35
2.1.2 生产公司	38
2.1.3 生产工艺简述	41

2.2 结构与性能	45
2.2.1 性能概述	45
2.2.2 几种重要用途的聚乙烯树脂性能	49
2.2.3 低密度聚乙烯的结构与性能	63
2.2.4 高密度聚乙烯的结构与性能	66
2.2.5 线型低密度聚乙烯的结构与性能	74
2.3 应用	81
2.3.1 低密度聚乙烯	81
2.3.2 线型低密度聚乙烯	97
2.3.3 高密度聚乙烯	115
主要参考文献	135
第三章 聚丙烯	137
3.1 概述	137
3.1.1 生产能力与市场需求	137
3.1.2 生产公司	138
3.1.3 生产工艺简述	141
3.2 结构与性能	144
3.2.1 性能概述	144
3.2.2 主要品种	149
3.3 加工	160
3.4 应用	164
3.4.1 注塑制品	168
3.4.2 吹塑制品	174
3.4.3 热成型和挤出制品	175
3.4.4 纤维	176
3.4.5 薄膜制品	178
3.4.6 其他	181
主要参考文献	181
第四章 聚氯乙烯	182
4.1 概述	182
4.1.1 生产能力及市场需求	182
4.1.2 主要生产公司	184
4.2 生产工艺简述	190

4.2.1	工艺概述	190
4.2.2	聚合物颗粒形成及凝聚的过程	201
4.2.3	聚合原料及添加剂	203
4.2.4	共聚	206
4.2.5	复配	207
4.3	结构与性能	213
4.3.1	聚氯乙烯的微观结构	213
4.3.2	聚氯乙烯的结晶	214
4.3.3	聚氯乙烯的颗粒形态	215
4.3.4	聚氯乙烯的一般性能及物理性能	219
4.4	加工及应用	221
4.4.1	聚氯乙烯的加工方法	222
4.4.2	聚氯乙烯的应用	226
4.5	我国聚氯乙烯工业的发展	236
4.5.1	概况	236
4.5.2	聚氯乙烯树脂的应用及供需状况分析	245
4.5.3	聚氯乙烯应用前景预测	252
	主要参考文献	256
第五章	聚苯乙烯	257
5.1	概述	257
5.1.1	生产能力与市场需求	257
5.1.2	技术发展状况	260
5.2	结构与性能	266
5.2.1	主要聚苯乙烯产品和牌号	266
5.2.2	主要产品的结构与性能	267
5.2.3	新产品发展	270
5.3	主要应用	273
5.3.1	主要加工方法	273
5.3.2	主要应用市场	275
	主要参考文献	281
第六章	ABS树脂	283
6.1	概述	283
6.1.1	生产能力与市场需求	283

6.1.2 技术发展状况	286
6.2 结构与性能	291
6.2.1 物理性能	292
6.2.2 化学性能	294
6.3 应用	295
6.3.1 汽车	296
6.3.2 器具	297
6.3.3 电子电器	298
6.3.4 建筑建材	300
6.3.5 其他领域	300
6.3.6 ABS 合金/共混物	300
主要参考文献	302
第七章 聚对苯二甲酸乙二醇酯	303
7.1 概述	303
7.1.1 简介	303
7.1.2 世界聚酯生产能力及其分布	304
7.1.3 主要生产技术	306
7.1.4 世界市场变化及预测	311
7.2 结构与性能	312
7.2.1 原料性能指标	312
7.2.2 PET 树脂的主要性能表征	314
7.2.3 聚酯瓶	318
7.2.4 聚酯薄膜	322
7.2.5 PET 工程塑料	326
7.3 主要应用	327
7.3.1 聚酯瓶	328
7.3.2 聚酯膜	333
7.3.3 PET 工程塑料	343
7.3.4 PET 片材	345
7.3.5 其他应用	348
主要参考文献	350
第八章 聚氨酯	351
8.1 概述	351

8.1.1	聚氨酯原料	352
8.1.2	产量与市场需求	354
8.2	性能和应用	356
8.2.1	泡沫塑料	356
8.2.2	聚氨酯弹性体	372
8.2.3	聚氨酯涂料	391
8.2.4	聚氨酯粘合剂	397
8.2.5	聚氨酯密封剂	399
8.2.6	聚氨酯纤维	400
	主要参考文献	400
第九章	不饱和聚酯树脂	402
9.1	概述	402
9.1.1	原料	402
9.1.2	产量与市场需求	405
9.2	生产方法	406
9.2.1	生产方法概述	406
9.2.2	引发剂	407
9.2.3	固化	408
9.2.4	不饱和聚酯树脂类型	410
9.3	结构与性能的关系	412
9.3.1	醇的影响	412
9.3.2	酸的影响	412
9.3.3	链长度	413
9.3.4	异构化	413
9.3.5	乙烯基单体	413
9.3.6	玻璃化温度	414
9.3.7	耐化学品性	415
9.3.8	填料、添加剂和改性剂	415
9.3.9	阻燃剂的作用	416
9.4	应用	416
9.4.1	应用方法	416
9.4.2	消费状况和应用领域	421
9.4.3	国内消费应用状况	428

主要参考文献	430
第十章 聚酰胺工程塑料	431
10.1 概述	431
10.1.1 生产情况	431
10.1.2 工艺概述	434
10.2 结构与性能	437
10.2.1 综合性能	437
10.2.2 基本性能	438
10.2.3 性能特点	441
10.2.4 聚酰胺改性	442
10.3 应用	445
10.3.1 消费结构	445
10.3.2 主要应用	450
主要参考文献	455
第十一章 聚碳酸酯	456
11.1 概述	456
11.1.1 生产能力与市场需求	456
11.1.2 生产工艺和进展	458
11.2 结构与性能	462
11.2.1 相对分子质量及其分布	463
11.2.2 结构表征	464
11.2.3 松弛效应的表征	464
11.2.4 机械性能	464
11.2.5 韧性	466
11.2.6 光学性能	467
11.2.7 热性能	467
11.2.8 稳定性	467
11.2.9 流变学特点	468
11.3 聚碳酸酯的改性	468
11.3.1 提高抗冲击性	468
11.3.2 填料	469
11.3.3 提高阻燃性	470
11.3.4 聚碳酸酯的加工	470

11.4 应用	471
11.4.1 光学应用	471
11.4.2 汽车	473
11.4.3 建筑	477
11.4.4 办公设施	479
11.4.5 家用品、器具和动力工具	480
11.4.6 医疗保健设备	481
11.4.7 休闲和安全防护用品	482
11.4.8 包装	482
11.4.9 电器和电子	483
11.4.10 薄膜	483
11.5 合金和共混物	484
主要参考文献	488
第十二章 聚甲醛	490
12.1 概述	490
12.1.1 生产能力与市场需求	490
12.1.2 主要生产公司	491
12.1.3 生产工艺简述	491
12.2 结构与性能	494
12.3 应用	498
主要参考文献	501
第十三章 聚对苯二甲酸丁二醇酯	503
13.1 概述	503
13.1.1 生产能力与市场需求	503
13.1.2 生产工艺概述	506
13.2 结构与性能	507
13.2.1 形态、结晶度和温度对性能的影响	508
13.2.2 性能的改进	509
13.2.3 机械性能	511
13.2.4 稳定性	515
13.2.5 阻燃性	518
13.2.6 电性能	519
13.2.7 流变学性能	519

13.3 应用状况	520
13.3.1 主要的工业化树脂牌号和应用	520
13.3.2 主要应用领域	521
13.3.3 我国 PBT 树脂的市场开发	525
主要参考文献	525
第十四章 聚苯醚及其合金	526
14.1 概述	526
14.1.1 生产能力	526
14.1.2 市场需求	531
14.1.3 生产工艺简介	536
14.2 结构与性能	537
14.2.1 PPO/HIPS 合金	537
14.2.2 PPO/PA 合金	539
14.2.3 其他	540
14.3 应用状况	541
主要参考文献	546

第一章 合成树脂性能和应用概述

合成树脂是产量最高、需求量最大的合成材料，是乙烯装置最重要的下游产品，需求量增长速度一直超过国民生产总值（以下简称 GDP）增长速度。包装、农业、建筑、家电、电子和汽车仍是合成树脂的重要市场。利用先进的催化剂和工艺技术，合成树脂的产品成本不断降低，质量不断提高、应用领域不断拓宽。对环保的关注将是 21 世纪合成树脂工业发展的重要特点。

1.1 合成树脂发展概况

1999 年世界合成树脂的产量为 1.567 亿 t，比上一年增长 5.1%，1991～1999 年世界合成树脂需求量的年均增长率为 5.05%，约为同期 GDP 年均增长率（1.73%）的 2.91 倍。亚洲、北美洲和欧洲共占世界总产量的 94%（图 1-1）。聚烯烃约占世界合成树脂总产量的 51.7% [其中低密度聚乙烯（LDPE）+ 线型低密度聚乙烯（LLDPE）占 21.8%，高密度聚乙烯（HDPE）占 12.3%，聚丙烯（PP）占 17.6%]，聚氯乙烯（PVC）占 16%，聚苯乙烯（PS）占 6%，丙烯腈-丁二烯-苯乙烯共聚物（ABS）占 2%。上述通用树脂占合成树脂总产量的 75.7%，热固性树脂、聚

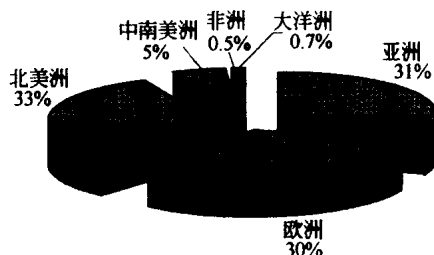


图 1-1 世界各大洲合成树脂产量比例

对苯二甲酸乙二醇酯（PET）、工程塑料等占其余的份额（图 2-2）。世界主要国家和地区合成树脂产量列于表 1-1，世界上一些国家的合成树脂产量和消费量分别列于表 1-2 和表 1-3。

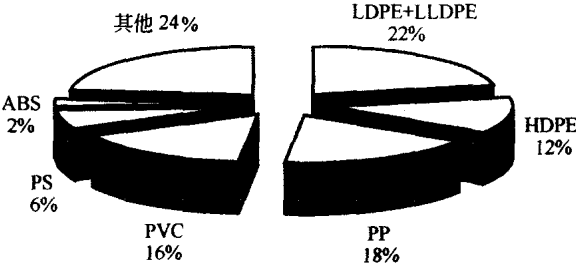


图 1-2 1999 年世界各种合成树脂产量比例

表 1-1 世界主要国家和地区合成树脂的产量

国家或地区	1997 年			1998 年			1999 年 ^①		
	产量 / 万 t	对上年增长率 / %	构成比	产量 / 万 t	对上年增长率 / %	构成比	产量 / 万 t	对上年增长率 / %	构成比
美国	4211.9	5.4	29.4	4334.7	2.9	29.1	4620.0	6.6	29.5
日本	1539.0	3.8	10.7	1407.9	-8.5	9.4	1456.9	3.5	9.3
德国	1185.8	9.2	8.3	1285.8	8.4	8.6	1386.0	7.8	8.8
韩国	819.8	12.9	5.7	845.6	3.1	5.7	908.3	7.4	5.8
中国	647.4		4.5	702.8	8.6	4.7	851.0	21	5.4
中国台湾省	465.8	1.7	3.2	463.1	-0.6	3.1	499.0	7.8	3.2
法国	580.0	9.2	4.0	600	3.4	4.0	625.0	4.2	4.0
比利时	440.0	2.3	3.1	443.1	0.7	3.0	440.0	-0.7	2.8
荷兰	400.0	-4.8	2.8	410	2.5	2.7	410.0	0	2.6
意大利	374.0	4.3	2.6	396.0	5.9	2.7	397.5	0.4	2.5
其他	3671.5	9.0	25.6	4022.5	9.6	27.0	4169	3.6	26.6
总 计	14335.2	8.4	100	14911.5	4.0	100	15671.7	5.1	100

① 1999 年中国的数据根据国内统计材料，其他资料根据参考文献 [1]。

1999 年我国合成树脂总产量已达 851 万 t，其中通用树脂产量 804 万 t，占国内合成树脂总产量的 94.5%，其中聚烯烃占树脂总产量的 63%（图 1-3）。我国合成树脂产量列美国、日本、德国和韩国之后，居世界第五位。我国 1983~1999 年合成树脂消费量的增长率是 GDP 增长率的 1.7 倍。1983~1999 年各种树脂消费量的

表 1-2 世界上一些国家各种树脂的产量 (1998 年) /万 t

品 种	美国	日本	德国	法国	比利时
PVC	658	245.7	131	118	32.5
GPPS/HIPS	283	116.2	124.2	36	59
EPS	#	19.4	@	19.7	#
ABS、AS	70.5	61.9	@		10
LDPE	671.7	197.5	260.8	104.9	78
HDPE	586.4	116.8	#	53.5	77
PP	627.3	252	129.1	133.5	149
PET	200.7	64.2	@	5	3
丙烯酸系树脂	@	20.5	@	19.5	
聚酰胺	58.3	22.4	92.1		12.9
氨基树脂	130.3	38.9	@	19	8.5
酚醛树脂	178.8	26	@	7.5	2.6
不饱和聚酯(UP)	77.7	21.5	@	12.2	0
聚氨酯(PU)	204.3	27.2	76.6		60
环氧树脂(EP)	29	20.4	@		0
其他	558.7	140.3	526	71.2	28.8
总 计	4334.7	1390.9	1285.8	600	521.3

注: @包括在其他中, # 包括在上一行。

表 1-3 世界上一些国家不同品种合成树脂的消费量/万 t

品 种	美国	日本	法国	比利时	意大利	英国	西班牙	瑞典	挪威	芬兰
PVC	617.5	165.4	73.5	21.5	95	73.6	49.5	10.2	5	5.9
GPPS/HIPS	289.6	91.2	28.6	11.6	57	25.5	26.8	4.3	0.8	3.1
EPS	#	17.7	10.1	2.8	#	5.4	#		1.9	#
ABS、AS	73.8	39.6		2.4	11	9.8	8.2	1.4	0.2	1.7
LDPE	659.0	163.4	81.8	39.3	126	89.6	44.8	24	5.5	18.5
HDPE	584.3	97.5	55	18.3	67.5	51.3	51	7.1	5.7	8.3
PP	590.2	223.6	81.5	22.2	138.5	73.5	49.6	10.3	2.9	7.8
PET	192.2	68.6	28.9	14.4	40	20.2	16		0.3	0.6
PMMA	@	14.9	84	1.8	@	3.7	1.9			0.3
PA	49.6	19.4		0.4	12	4.7	4.7	1.0	0.1	1.7
氨基树脂	130.6	39	32.7	3.1	3.5	16.4	17			0.1
酚醛树脂	181.4	25.1	6.7	2.1	#	7.9	4.9			0.2
UP	77.7	21.7	7.8	2	7.5	8.2	7.9	11.3	0.9	0.7
聚氨酯	204.3	26.7	18.2	4.8	39.5	16.6	15		1.8	0.5
环氧树脂	20.1	14.8		0.7	@	3.1	3.4			0.6
其他	543.1	66.2	70.1	0.7	27.5	44.6	55.2	0.3		0.7
总 计	4213.4	1094.8	503.3	148.1	625	454	355.8	69.9	25.1	50.7

注: @包括在其他中, # 包括在上一行。

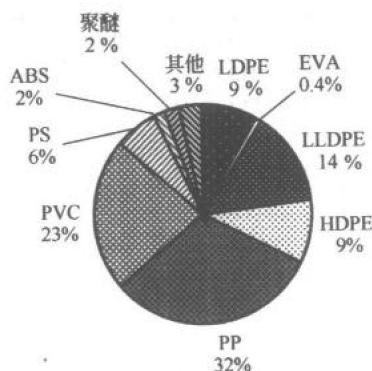


图 1-3 1999 年我国合成树脂产量比例

(LLDPE 产量中包括在全密度聚乙烯装置中生产的 HDPE 产量)

年均增长率为：聚乙烯 (PE) 15.1%，聚丙烯 21.3%，聚氯乙烯 11.8%，聚苯乙烯 36.4%，ABS 36.9%，五种通用树脂的整体增长率为 16.2%。我国合成树脂消费量已逾 1866 万 t，居世界第二位，仅次于美国。按 12.9 亿人口计算，1999 年我国人均表观合成树脂消费量约 14.4kg (人均产量 6.6kg)，远低于发达国家人均 100kg 左右的水平，也低于世界 27kg 的平均水平。1998 年我国乙烯消费量的 81.3% 用于生产合成树脂；丙烯消费量的 65% 也是用于生产合成树脂。

1999 年我国合成树脂消费的大致比例是：聚乙烯 30%、聚丙烯 23%、聚氯乙烯 20%、聚苯乙烯 11%、ABS 8%、其他树脂 8% (图 1-4)。对比图 1-2~图 1-4，可看出，我国合成树脂的产量比例与世界平均水平及我国消费比例相比，聚乙烯、聚氯乙烯相近，聚丙烯高，苯乙烯系树脂和其他树脂低。

预计今后我国合成树脂需求增长速度仍会超过 GDP 的增长速度。根据历史上我国合成树脂需求的增长情况和国家有关部门对 GDP 的预测，2000~2010 年我国合成树脂需求量可大致用下述公式表示： $y = 6.1941x^2 + 113.55x + 1383.5$ ，式中 y 为以万 t 表示的合成树脂需求量， x 代表年，1998 年为 1，1999 年为 2，以后依此类推。

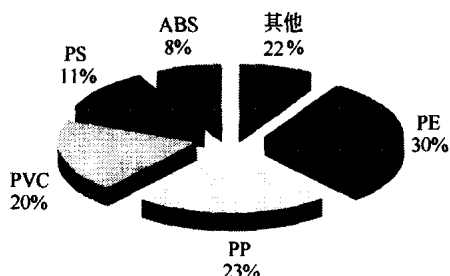


图 1-4 1999 年我国合成树脂的消费比例

预计到 2005 年我国合成树脂需求量将达到 2680 万 t;2010 年达到 3900 万 t。2000 年到 2010 年我国几种主要通用树脂的预测的需求量列于表 1-4。

表 1-4 我国通用树脂需求预测^①/万 t

年 份	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
PE													
表观需求	471	524	577	636	701	774	856	948	1034	1130	1235	1351	1479
需求	398	440	484	532	586	646	714	789	859	937	1023	1117	1222
PP													
表观需求	359	379	422	471	525	586	654	730	802	882	970	1068	1176
需求	301	320	357	399	446	498	556	622	684	753	829	913	1006
PVC													
表观需求	317	325	360	399	443	493	548	611	670	736	809	889	978
需求	248	258	283	310	340	373	410	451	490	533	580	631	688
PS													
表观需求	189	208	229	251	275	301	330	361	390	421	455	491	530
需求	125	136	149	164	181	199	219	240	260	282	306	331	359
ABS													
表观需求	114	130	143	156	169	184	200	217	236	257	279	303	329
需求	68	75	83	91	99	108	117	128	139	151	164	179	195
通用树脂总计													
表观需求	1450	1566	1731	1913	2113	2338	2588	2867	3132	3426	3747	4102	4492
需求	1139	1229	1356	1496	1652	1824	2016	2231	2433	2656	2901	3172	3470

① 表观需求指产量 + 净进口量; 需求指产量 + 净进口量中的国内消费部分 (即不包括进口树脂制成制品复出口部分)。