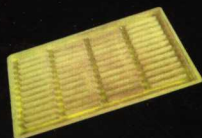


材料成形技术手册

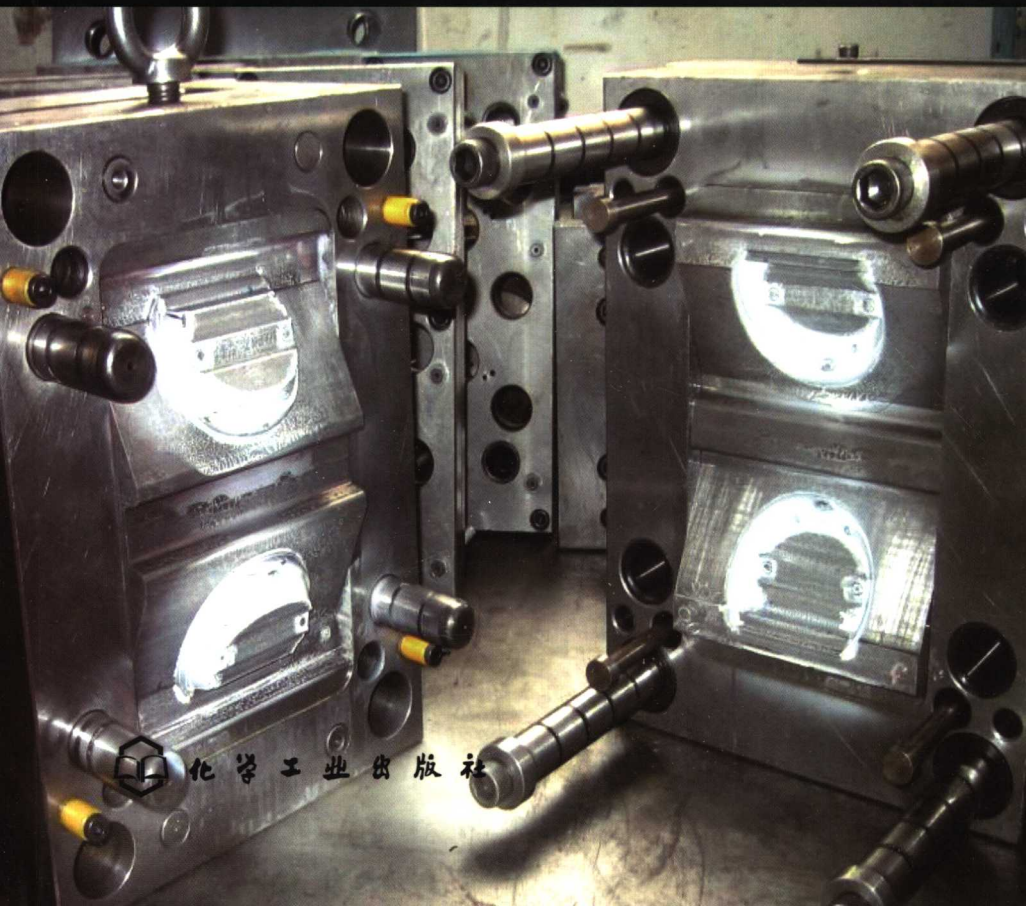


SULIAO ZHUSHE

CHENGXING GONGYI JI MUJU

塑料注射成型工艺及模具

许洪斌 樊泽兴 等编著



化学工业出版社

材料成型技术手册

塑料注射成型工艺及模具

许洪斌 樊泽兴 等编著



化学工业出版社

· 北 京 ·

本书以注塑制品生产流程的相关环节为线索,在尽量保持资料的系统性、完整性的基础上,合理组织内容,力求以简明的文字、翔实的公式及图表数据、典型的结构图例,介绍了塑料材料的性能及合理化选材,阐明了注塑制品设计、注射成型工艺及模具设计的技术要点,列出了注塑模的标准模架及常用的标准件,收集了部分国内注射机的相关性能参数,讲述了注塑模的试模、使用与维护,并对塑料制品常见成型缺陷及质量控制进行了探讨。

本书内容涉及到注塑制品生产的各个环节,实用性强,适合作为高等学校材料成型及控制工程专业的教材,为大学生课程设计、毕业设计提供较为全面的资料,也可供从事注塑生产及注塑模具设计的工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

塑料注射成型工艺及模具/许洪斌,樊泽兴等编著.

北京:化学工业出版社,2006.11

(材料成形技术手册)

ISBN 978-7-5025-9680-4

I. 塑… II. ①许…②樊… III. ①塑料成型-生产
工艺-技术手册②塑料模具-塑料成型-技术手册
IV. TQ320.66-62

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2006) 第 133365 号

材料成形技术手册
塑料注射成型工艺及模具
许洪斌 樊泽兴 等编著

责任编辑:王苏平

文字编辑:颜克俭

责任校对:陈静

封面设计:张辉

*

化学工业出版社出版发行

(北京市东城区青年湖南街13号 邮政编码100011)

购书咨询:(010)64518888

购书传真:(010)64519686

售后服务:(010)64518899

<http://www.cip.com.cn>

*

新华书店北京发行所经销

北京市彩桥印刷有限责任公司印装

开本 850mm×1168mm 1/32 印张 11¼ 字数 304 千字

2007年1月第1版 2007年1月北京第1次印刷

ISBN 978-7-5025-9680-4

定 价:28.00 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

丛书前言

材料、能源、信息和生物技术是 21 世纪中国国民经济的支柱产业，其中，后三个方面的发展，在一定程度上依赖于材料科学的进步。目前，材料成形（加工）领域成为了全世界工业领域发展的热门领域，各种新的材料成形技术不断涌现，经过技术革新和改造，各种传统的材料成形技术焕发了新的活力。《材料成形技术手册》丛书正是在这种背景下与读者见面了。该丛书由许洪斌教授担任主编，邓明教授担任副主编，分《冲压成形工艺及模具》、《塑料注射成型工艺及模具》、《金属体积成形工艺及模具》、《压铸成形工艺及模具》和《模具制造技术》5 部，以各种材料成形工艺设计、模具设计、设备应用及制件质量控制等为主线，分别介绍了各种材料的成形工艺及模具技术。在总结以往各种成形模具手册的基础上，本丛书增加了作者及同行多年来的研究成果和生产实践经验，在每一种工艺中均增加了该工艺生产中常见问题、产品质量控制及解决措施等内容，并且增加了一些有特色的、新的模具结构图。突出了“实用、简明、方便”和“新工艺、新技术、工程化”的特色。为汽车、摩托车、轻工产品、电器、家电、兵器制造等行业的工程技术人员和专业学生提供了一套好的技术参考资料。但愿这套丛书能为我国的材料加工的现代化和发展起到积极的推动作用。

编著者

2006 年 10 月

前 言

注射成型在塑料成型中占据举足轻重的地位，注塑制品广泛应用于计算机、仪器仪表、通信、家用电器、汽车、摩托车、航空航天及日常生产、生活的各个方面。注塑制品的生产涉及到注塑原料的性能与配方、注塑制品结构的优化设计、注塑工艺的优化分析与制订、注塑模具的优化设计与制造、注塑设备的选用与调试、注塑制品的质量分析与控制等各个环节。本书针对上述各个环节，分8个章节以简明的文字与图形、表格数据，系统地介绍注塑生产流程各相关知识要点与技术要点。编写本书的目的就是为大、中专学生以及其他从事注塑生产与模具设计的工程技术人员提供较为全面的、系统的、实用与实时的设计资料。

本书的部分编写内容，来源于笔者的生产、科研实践，在相关内容的知识更新上，取材于国内部分专业的注塑生产企业、知名的模具标准零部件生产厂家，同时也参考注塑优化分析软件 Mold-flow 对某些设计项目的相关分析数据与结论。

本书由原重庆模具工程中心主任许洪斌博士、重庆科技学院樊泽兴老师共同编著，重庆科技学院周小鹏老师编写了第7章“注射成型设备与注塑模的安装调试”。另外，在本书的资料收集过程中，曾得到邓明教授、余卫东博士、肖大志教授等老师的大力支持与指导，在此特表敬意。

鉴于作者水平有限，书中难免有不当之处，敬请读者批评指正。

作者

2006.10

目 录

第 1 章 塑料及其性能	1
1.1 塑料概述	1
1.1.1 塑料的组成	1
1.1.2 塑料的性能特点	1
1.1.3 塑料的类型	2
1.1.4 塑料的名称与代号	3
1.1.5 常用塑料的基本性能和使用性能	10
1.2 热塑性塑料的模塑特性	12
1.2.1 流动性	12
1.2.2 成型收缩性	13
1.2.3 结晶性	16
1.2.4 降解倾向性	18
1.2.5 吸湿性	18
1.2.6 取向作用	19
1.2.7 熔体破碎	20
1.3 热固性塑料的模塑特性	20
1.3.1 热固性塑料的流动性	20
1.3.2 热固性塑料的成型收缩性	21
1.3.3 热固性塑料的交联固化特性	21
第 2 章 塑料注塑制品的选材与造型	22
2.1 树脂选择	22
2.1.1 树脂选择的一般原则	22
2.1.2 树脂选用的参考	22
2.2 塑料助剂及其配方	25
2.2.1 填料及填充配方实例	25

2.2.2	增塑剂及 PVC 注塑件的增塑配方设计	29
2.2.3	热稳定剂及其配方	31
2.2.4	抗氧化剂及其配方	32
2.2.5	光稳定剂	34
2.2.6	阻燃剂及阻燃配方设计	35
2.2.7	偶联剂	42
2.2.8	润滑剂	44
2.2.9	增强剂及增强配方设计	45
2.2.10	增韧剂及塑料的增韧配方设计	46
2.2.11	相容剂	48
2.2.12	塑料耐热配方设计	51
2.3	塑件造型设计	54
2.3.1	塑件造型设计的基本要求、内容	54
2.3.2	塑件的几何尺寸及精度	54
2.3.3	塑料制品的塑件的表面质量	59
2.3.4	塑件的整体形状结构	59
2.3.5	塑件的结构要素设计	59
2.3.6	塑料螺纹	68
2.3.7	塑料制品上的金属嵌件	70
2.3.8	塑料齿轮设计	71
2.3.9	塑料铰链设计	73
2.3.10	塑料搭扣设计	73
第 3 章	塑料注射成型工艺	74
3.1	热塑性塑料的注射成型工艺过程	74
3.1.1	热塑性塑料注射成型前的准备	74
3.1.2	热塑性塑料注射成型过程中的塑化	77
3.1.3	热塑性塑料从注射到定型的四个阶段	77
3.1.4	热塑性注塑制品的后处理	78
3.2	热塑性塑料注射成型的工艺控制	80
3.2.1	温度控制	80
3.2.2	压力控制	83

3.2.3	过程时间控制	85
3.2.4	常用热塑性塑料的注射成型工艺参数	86
第4章	注塑模的结构组成与标准模架	88
4.1	注塑模的结构组成与零部件	88
4.1.1	注塑模的功能结构组成	88
4.1.2	注塑模常用零件名称及作用	88
4.2	注塑模的标准模架	90
4.2.1	中小型注塑模模架	92
4.2.2	大型注塑模模架	130
4.3	注塑模标准模架上的常用零件及配合	145
4.3.1	导套	145
4.3.2	导柱	147
4.3.3	推板导柱	151
4.3.4	推板导套	152
4.3.5	复位杆	153
4.3.6	限位钉与限位块	154
4.3.7	垫块	154
4.3.8	模板	156
4.3.9	推板与推杆固定板	158
4.3.10	支承柱	159
第5章	热塑性塑料注塑模设计	160
5.1	注塑模设计的基本要求与设计流程	160
5.1.1	注塑模设计的基本要求	160
5.1.2	注塑模(课程及毕业)设计的一般流程	160
5.2	型腔布局与分型面设计	161
5.2.1	型腔数目的确定	161
5.2.2	型腔的布局	162
5.2.3	分型面的设计	163
5.3	普通浇注系统设计	165
5.3.1	主流道设计	166
5.3.2	分流道设计	169

5.3.3	浇口设计	171
5.3.4	通道截面尺寸与体积流率及剪切速率之间的 关系	179
5.3.5	浇注系统的平衡计算及流动距离比较核	180
5.3.6	冷料穴与凝料推(拉)料杆的设计	182
5.4	排气方案设计	184
5.4.1	注射成型排气不良的后果	184
5.4.2	排气措施	185
5.5	成型零部件设计	186
5.5.1	成型零部件的结构设计	187
5.5.2	成型零件工作尺寸的计算	190
5.5.3	型腔侧壁与底板(或支承板)厚度计算	191
5.6	合模导向与精定位机构设计	197
5.6.1	导柱导向机构及其设计要点	197
5.6.2	合模精定位机构设计	199
5.7	脱模机构设计	209
5.7.1	脱模机构设计的总体原则与脱模力的计算	209
5.7.2	简单(一次)脱模机构	213
5.7.3	二级(次)脱模机构	226
5.7.4	双向脱模机构	230
5.7.5	顺序分型脱模机构	231
5.7.6	浇注系统凝料脱模机构	241
5.7.7	带螺纹塑件的脱模机构	247
5.8	侧向分型抽芯机构设计	252
5.8.1	抽拔距与抽拔力的计算	253
5.8.2	斜导柱侧向分型抽芯机构	254
5.8.3	弯销侧向分型抽芯机构	271
5.8.4	斜导槽侧向分型抽芯机构	273
5.8.5	斜滑块侧向分型抽芯机构	273
5.8.6	其他形式的侧向分型与抽芯机构	274
5.9	模具温度调节系统设计	276

5.9.1	冷却介质通道参数的设计步骤	276
5.9.2	注射模冷却系统设计的原则	279
5.9.3	冷却系统的常见结构	279
第6章	其他注射成型工艺及模具设计简介	282
6.1	热流道注塑模	282
6.1.1	热流道注塑模的特点	282
6.1.2	热流道注塑模对塑料品种的要求	282
6.1.3	热流道注塑模的结构类型	283
6.2	气体辅助注射成型	287
6.2.1	气体辅助注射成型过程	287
6.2.2	气体辅助注射成型的特点	288
6.2.3	气体辅助注射成型的应用	289
6.2.4	气体辅助注射成型工艺(与技术)要点	290
第7章	注射成型设备与注塑模的安装调试	295
7.1	注射机的规格与技术参数	295
7.1.1	注射机的结构类型与表示方法	295
7.1.2	注射机的基本技术参数及选用校核	295
7.1.3	部分国产注射机的基本技术参数	300
7.2	注射机的使用与维护	317
7.2.1	螺杆头的形式及选用	317
7.2.2	喷嘴的形式及选用	320
7.2.3	注射机合模装置的结构类型与特点	321
7.2.4	注射机正确的操作程序	321
7.2.5	注射机料筒清理	323
7.2.6	注塑模的安装与调试	325
第8章	注塑制品的质量控制	330
8.1	注塑制品的质量检验	330
8.1.1	注塑制品外观表面质量检验	330
8.1.2	注塑制品的外形尺寸及精度检验	330
8.1.3	注塑制品的性能检验	331
8.2	影响注塑制品的缺陷分析及处理	331

8.2.1	欠注	331
8.2.2	熔接痕	333
8.2.3	缩痕、凹陷与缩孔	334
8.2.4	流痕	336
8.2.5	银纹	337
8.2.6	气穴与气泡	338
8.2.7	溢料、飞边	339
8.2.8	光泽不好	341
8.2.9	色差	341
8.2.10	糊斑	342
8.2.11	黑斑或黑条纹	342
8.2.12	主流道凝料粘模	343
8.2.13	注塑件脱模困难	343
8.2.14	顶白	344
8.2.15	制品变形	345
参考文献		348

第 1 章 塑料及其性能

1.1 塑料概述

塑料是指以树脂为主要成分，添加有利于制品成型与使用的若干助剂，按一定比例配制而成的、在一定工艺及工装条件下可模塑成型的有机高分子材料。

1.1.1 塑料的组成

(1) 树脂

树脂分天然树脂（如松香、纤维、虫胶、沥青等）和合成树脂，塑料中的树脂一般都是合成树脂。绝大多数树脂需按一定比例（ $\geq 40\%$ ）与助剂混炼配制后，以利于成型和使用。树脂的作用就是将塑料各组分加以粘合，赋予塑料可模塑性，并决定塑料的类型和性能。

(2) 助剂

为改良塑料的使用性能与成型性能而在塑料中添加各种助剂。就助剂而言，要求其树脂及其他助剂的相容性好、自身稳定性高、能充分满足制品的成型与使用要求。

塑料中常添加的助剂种类如填料、增塑剂、增强剂、润滑剂、热稳定剂、光稳定剂、抗氧化剂、着色剂、阻燃剂等。

1.1.2 塑料的性能特点

塑料的品种多，其性能特点主要体现在以下方面。

优良的成型加工性、良好的化学稳定性、密度低及其同比强度高、电气绝缘性能好、减摩与耐磨性好、自润滑、减振隔音性好、气液阻隔性能好、塑料的价格便宜、着色性好、色泽鲜艳、绝热性能好、可电镀、可焊接与粘接、光学性能好、改性能力强。

塑料的主要缺点是机械强度、刚度和耐热性较低，尤其是高温热强性低，能在 200℃ 以上连续工作的塑料品种少。散热性差、热成型收缩大、制品尺寸不稳定、尺寸精度不高、大多易燃、易老化、不易自行降解等。

1.1.3 塑料的类型

(1) 按树脂在成型过程中分子结构的变化分

① 热塑性塑料 热塑性塑料中的树脂分子在塑化成型前后均呈纯线型或带支链的线型链状结构 [见图 1-1(a)、(b)]，其可反复加热塑化熔融与凝固固化成型。

② 热固性塑料 热固性塑料中树脂分子在塑化成型前为线型链状结构，在固化成型后便已交联成体型网状结构 [见图 1-1(c)]；因体型网状结构的聚合物分子不具备熔融塑化的能力，故热固性塑料在模塑成型后将不再具备可模塑性。

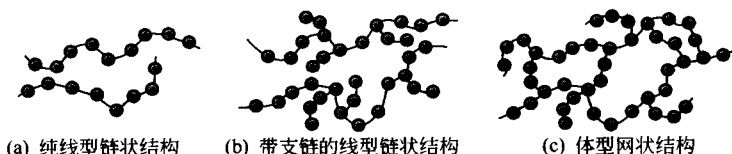


图 1-1 树脂的分子结构

(2) 按树脂分子冷凝过程中的排列状态分

① 结晶性塑料 如 PE、PP、PET、POM、PA 等。

② 非结晶性塑料 如 PS、PC、PSU、PMMA、PVC 等。

(3) 按塑料的用途分

① 通用塑料 指产量大、成型性好、价格低、用途广的一类塑料，其常用来制作受力不大的制品。主要包括聚乙烯、聚丙烯、聚氯乙烯、聚苯乙烯、酚醛塑料与氨基塑料等六大品种在内的塑料，其产量约占塑料总产量的 75% 以上。

② 工程塑料 指在较宽温度范围内仍能保持优良的力学性能和良好的尺寸稳定性，能在一定程度上替代金属作为工程结构材料使用的一类塑料。其包括通用型工程塑料一般指产量大、价格相对便宜的工程塑料：PA、PC、POM、ABS、PPO、PBT 及其改性品种；

特种工程塑料一般指产量小、价格高、耐高温的工程材料：PSU、PI、PPS、PES、PTFE、PAR、PEEK、PEI 和耐热环氧树脂等。

③ 功能塑料 是指具有特种功能而应用于特殊领域的一类塑料。如生物塑料、光敏塑料、导磁塑料、高耐热塑料、高频绝缘塑料、压电塑料、光学聚焦塑料等。

1.1.4 塑料的名称与代号

常用热塑性塑料或树脂的缩写代号与中英文全称如表 1-1 所示。

表 1-1 常用热塑性塑料或树脂的缩写代号

缩写代号	塑料或树脂名称	缩写代号	塑料或树脂名称
ABS	丙烯腈-丁二烯-苯乙烯共聚物	PEI	聚醚酰亚胺
		PES	聚醚砜
AS	丙烯腈-苯乙烯共聚物	PET	聚对苯二甲酸乙二(醇)酯
AMMA	丙烯腈-甲基丙烯酸甲酯共聚物	PI	聚酰亚胺
		PMMA	聚甲基丙烯酸甲酯
ASA	丙烯腈-苯乙烯-丙烯酸酯共聚物	POM	聚甲醛
		PP	聚丙烯
CA	乙酸纤维素(醋酸纤维素)	PPC	氯化聚丙烯
CN	硝酸纤维素	PPO	聚苯醚(聚 2,6-二甲苯醚), 聚亚苯基氧
EC	乙基纤维素		
E/P	乙烯-丙烯共聚物	PPS	聚苯硫醚
FEP	全氟(乙烯-丙烯)共聚物	PPSU	聚苯砜
GPS	通用聚苯乙烯	PS	聚苯乙烯
GRP	玻璃纤维增强塑料	PSF	聚砜
HDPE	高密度聚乙烯	PTFE	聚四氟乙烯
HIPS	高抗冲聚苯乙烯	PVC	聚氯乙烯
LDPE	低密度聚乙烯	CPVC	氯化聚氯乙烯
MDPE	中密度聚乙烯	PVDC	聚偏二氯乙烯
PA	聚酰胺(尼龙)	PVDF	聚偏二氟乙烯
PAA	聚丙烯酸	RP	增强塑料
PAN	聚丙烯腈	SAN	苯乙烯-丙烯腈共聚物
PBT	聚对苯二甲酸丁二(醇)酯	SPVC	软质聚氯乙烯
PC	聚碳酸酯	HPVC	高分子量聚氯乙烯
PCTFE	聚三氟氯乙烯	UHMWPE	超高分子量聚乙烯
PE	聚乙烯	ULDPE	超低密度聚乙烯
PEC	氯化聚乙烯	VC/E	氯乙烯-乙烯共聚物
PEEK	聚醚醚酮		

表 1-2 常用热塑性

塑 料 性 能		聚 乙 烯		聚 丙 烯	
		LDPE	HDPE	PP	GFR-PP
基本物理性能	密度/(g/cm ³)	0.91~0.93	0.92~0.97	0.89~0.91	1.1~1.13
	吸水率(24h)/%	<0.01	<0.01	0.01~0.03	0.05
	熔点或黏流温度/℃	105~125	105~135	170~176	170~180
	热变形温度(0.45MPa)/℃	40~50	72~82	100~110	127
	收缩率/%	1.5~5.0	2.0~5.0	1.0~3.0	0.4~0.8
	线膨胀系数/(10 ⁻⁵ /℃)	16~18	11~13	9.8	4.9
	比热容/[J/(kg·K)]	2310	2310	1930	—
	热导率/[W/(m·K)]	0.335	0.490	0.118	—
力学性能	拉伸强度/MPa	7~16	22~36	37	78~90
	压缩强度/MPa	—	22	56	70
	弯曲强度/MPa	25	27~40	67	132
	拉伸弹性模量/GPa	0.10~0.24	0.84~0.95	1.1~1.6	—
	弯曲弹性模量/GPa	0.06~0.24	1.1~1.4	1.45	4.5
	断裂伸长率/%	90~650	15~100	>200	—
	缺口冲击强度/(kJ/m ²)	48	65.5	3.5~4.8	14.1
	布氏硬度(HBS)	邵 D41~46	2.07	8.65	9.1
电气性能	体积电阻率/Ω·m	>10 ¹⁴	10 ¹³ ~10 ¹⁴	>10 ¹⁶	—
	介电常数(10 ⁶ Hz)	2.25~2.35	2.30~2.35	2.0~2.6	—
	击穿电压/(kV/mm)	18.1~27.5	17.7~19.7	30	—
外观色泽		半透明柔软颗粒	比 LDPE 硬、不透明	比 LDPE 更透明、更硬	不透明
光化学稳定性能		会被紫外线破坏,添加光稳定剂能改善抗大气老化的能力;不耐氧化性酸、耐碱;对油呈现溶胀现象,随温度升高更甚		表面易变色发脆,添抗氧化剂能改善抗大气老化能力;不耐强酸、高浓度氧化剂及 60℃ 以上的中等浓度酸,对水、无机盐溶液及碱稳定;对多数油稳定,能极少吸收矿物油、植物油	

塑料的基本性能

聚 氯 乙 烯		聚 苯 乙 烯		
HPVC	SPVC	PS	HIPS	GFR-PS
1.35~1.45	—	1.04~1.06	0.98~1.10	1.20~1.33
0.07~0.4	0.15~0.75	0.03~0.05	0.1~0.3	0.05~0.07
160~212	110~160	131~165	—	—
67~82	—	70~96	70~93	82~112
0.6~1.0	1.5~2.5	0.6~0.8	0.3~0.6	0.3~0.5
5.0~18.5	7.0~25	6~8	3.4~21	3.4~6.8
1260	1680	1340	1400	1000
0.210	0.147	0.120	0.084	0.163
35~55	10~24	35~63	14~48	77~106
68~80	6.2~11.5	80~112	28~112	90~130
≥90	—	61~98	35~70	70~119
2.4≥4.2	—	2.8~3.5	1.4~3.1	3.23
0.05~0.09	0.006~0.012	—	—	—
20~40	300	1.0	5.0	0.75
58	—	0.54~0.86	1.1~23.6	0.75~13
16.2	—	M65~80	M20~90	M65~90
6.71×10^{11}	6.71×10^{11}	$10^{15} \sim 10^{17}$	$>10^{14}$	$10^{11} \sim 10^{15}$
[60Hz]3.2~4.0	[60Hz]5.0~9.0	2.4~2.65	2.4~3.8	2.4~3.1
26.5	26.5	19.7~27.5	25	—
透明颗粒或 白色粉末	白色粉末	无色透明		不透明
对紫外线敏感;对大多数无机酸、盐和弱碱稳定;对强酸、强碱有侵蚀;对各类油稳定		受杂质影响,受日光照射有变黄程度倾向;能耐有机酸、盐水溶液,对碱类化合物稳定;某些油类将影响制品表面及颜色		

塑 料 性 能		丙烯腈-丁二烯-苯乙烯共聚物/ABS		
		ABS	HIABS	耐热-ABS
基本物理性能	密度/(g/cm ³)	1.02~1.05	1.05~1.08	1.06~1.08
	吸水率(24h)/%	0.2~0.4	—	0.18~0.4
	熔点或黏流温度/℃	130~160	128~155	160~190
	热变形温度(0.45MPa)/℃	90~108	72~95	116~124
	收缩率/%	0.4~0.7	—	—
	线膨胀系数/(10 ⁻⁵ /℃)	7.0	—	2.8
	比热容/[J/(kg·K)]	1470	—	—
	热导率/[W/(m·K)]	0.263	—	—
力学性能	拉伸强度/MPa	35~49	33~45	53~56
	压缩强度/MPa	<53	—	<70
	弯曲强度/MPa	<80	<90	<78
	拉伸弹性模量/GPa	1.8	1.8~2.3	2.0~2.6
	弯曲弹性模量/GPa	1.4	1.8	2.4
	断裂伸长率/%	35	—	—
	缺口冲击强度/(kJ/m ²)	11~18	29~33	10~16
	布氏硬度(HBS)	R62~86	R121	R108~116
电气性能	体积电阻率/Ω·m	10 ¹¹	10 ¹⁴	10 ¹¹
	介电常数(10 ⁶ Hz)	[60Hz]3.7	[60Hz]2.4~5.0	[60Hz]2.7~3.5
	击穿电压/(kV/mm)	15	—	14.2~15.7
外观色泽		白色或浅象牙色、不透明		
光化学稳定性能		耐候性比PS好;耐酸、碱、无机盐及水溶液性能优良,但在冰醋酸中会引起应力开裂;在某些植物油中会引起应力开裂		