

工程材料应用技术丛书

工程塑料 及其应用

樊新民 车剑飞 编



工程材料应用技术丛书

工程塑料及其应用

樊新民 车剑飞 编



机械工业出版社

本书在介绍工程塑料种类、性能的基础上,通过应用实例,介绍了工程塑料在机械、电子、汽车、化工、建筑等领域的应用。本书叙述简明、层次清晰、内容丰富翔实,是一本应用性强、标准新、技术新的工程塑料应用技术图书。

本书可供机械、电子、石油、化工、建筑等领域的工程技术人员、管理人员及购销人员使用,也可供相关专业的在校师生和研究人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

工程塑料及其应用/樊新民,车剑飞编. —北京:机械工业出版社, 2006.3

(工程材料应用技术丛书)

ISBN 7-111-18545-5

I. 工... II. ①樊...②车... III. 工程塑料 IV. TQ322.3

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2006)第 011250 号

机械工业出版社(北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

责任编辑:陈保华 版式设计:张世琴 责任校对:王欣

封面设计:马精明 责任印制:洪汉军

北京瑞德印刷有限公司印刷

2006 年 4 月第 1 版第 1 次印刷

1000mm×1400mm B5·9.125 印张·354 千字

0 001—4 000 册

定价:26.00 元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

本社购书热线电话(010) 68326294

编辑热线(010) 68351729

封面无防伪标均为盗版

前 言

工程塑料具有一系列优异的性能和很高的使用价值，是当今世界发展最为迅速的工程结构材料之一。工程塑料作为重要的结构材料，能在较宽的温度范围内承受机械应力和在较苛刻的物理化学环境中使用，在机械、汽车、电器、建筑、化工等许多工业领域得到愈来愈广泛的应用。

工程塑料易成型加工，可调节性和可配制性强，品种繁多。目前工程塑料正朝着高性能化、高功能化、多用途和低成本方向发展。工程塑料系塑料合金和以工程塑料作为基体的复合材料的发展，以及各种满足专门用途的工程塑料专用料的发展，更增加了工程塑料的品种和类型。工程塑料是一类具有独特性能的材料。选用工程塑料时，不能仅仅将工程塑料作为金属材料的代用品，而是要针对不同的具体要求，选择综合性能最佳、成本较低及产品质量最好的加工方法，根据工程塑料的特性合理选用，扬长避短，充分发挥工程塑料的优良特性。这就要求从事设计工作的工程技术人员对工程塑料的性能有较全面的了解。编写本书的目的是为从事设计与选材的工程技术人员、有关的管理人员及购销人员提供应用性强、标准新、技术新的工程塑料应用图书，促进工程塑料应用技术的发展。本书在介绍工程塑料性能的基础上，通过应用实例，介绍了工程塑料在机械、电子、汽车、化工、建筑等领域的应用。

本书由樊新民、车剑飞编写，樊新民编写第1、5、6、7章，车剑飞编写第2、3、4、8、9章，全书由樊新民统稿。在编写过程中，参考了大量的文献资料，书中仅列出了主要参考文献，编者在此向文献的作者致以诚挚的谢意。本书的编写与出版，得到机械工业出版社的大力支持，编者深表谢意。限于作者水平，书中定有错误与不妥之处，恳请读者批评指正。

编 者

目 录

前言

第1章 工程塑料的性能特点	1
1.1 工程塑料的类型与性能特点	1
1.1.1 工程塑料的类型	1
1.1.2 工程塑料的性能特点	2
1.2 工程塑料的物理性能	3
1.2.1 热性能	3
1.2.2 电性能	6
1.2.3 光学性能	8
1.3 工程塑料的力学性能	8
1.3.1 拉伸应力应变特点	8
1.3.2 强度与模量	9
1.3.3 冲击强度	10
1.3.4 硬度	11
1.3.5 蠕变与疲劳	11
1.3.6 摩擦和磨损	13
1.3.7 不同温度时聚合物的力学聚集状态	14
1.4 耐化学药品性和吸水性	16
第2章 通用工程塑料	18
2.1 聚酰胺	18
2.1.1 聚酰胺的性能	18
2.1.2 聚酰胺的成型加工	24
2.1.3 聚酰胺主要商品的性能	30
2.2 热塑性聚酯	33
2.2.1 聚对苯二甲酸乙二醇酯	33
2.2.2 聚对苯二甲酸丁二醇酯	37
2.3 聚碳酸酯	43
2.3.1 聚碳酸酯的性能	43
2.3.2 聚碳酸酯的成型加工	45
2.3.3 聚碳酸酯主要商品的性能	48
2.4 聚甲醛	53
2.4.1 聚甲醛的性能	53

2.4.2 聚甲醛的成型加工	56
2.4.3 聚甲醛主要商品的性能	60
2.5 聚苯醚	62
2.5.1 聚苯醚的性能	62
2.5.2 聚苯醚的成型加工	66
2.5.3 聚苯醚主要商品的性能	68
2.6 超高相对分子质量聚乙烯	70
2.6.1 超高相对分子质量聚乙烯的性能	70
2.6.2 超高相对分子质量聚乙烯的成型加工	73
2.6.3 超高相对分子质量聚乙烯主要商品的性能	77
2.7 ABS 树脂	78
2.7.1 ABS 的性能	78
2.7.2 改性 ABS 塑料	81
2.7.3 ABS 塑料的成型加工	84
第3章 特种工程塑料	87
3.1 聚苯硫醚	87
3.1.1 聚苯硫醚的性能	87
3.1.2 聚苯硫醚的成型加工	90
3.1.3 聚苯硫醚的改性与应用	91
3.2 聚砜类树脂	92
3.2.1 聚砜的性能	92
3.2.2 聚砜的成型加工	95
3.2.3 聚砜类树脂的改性与应用	95
3.3 聚酰亚胺	96
3.3.1 聚酰亚胺的性能	96
3.3.2 聚酰亚胺的改性与应用	99
3.4 聚芳醚酮	100
3.5 聚芳酯	104
3.5.1 聚芳酯的性能	104
3.5.2 聚芳酯的成型加工	106
3.5.3 聚芳酯的改性与应用	107
3.6 氟塑料	107
3.6.1 聚四氟乙烯	108
3.6.2 其他氟塑料	110
第4章 改性工程塑料	112
4.1 工程塑料合金	113
4.1.1 概述	113

4.1.2 聚酰胺 (PA) 系合金	114
4.1.3 热塑性聚酯系合金	117
4.1.4 聚碳酸酯系合金	119
4.1.5 其他系合金	121
4.2 工程塑料复合材料	123
4.2.1 聚酰胺复合材料	123
4.2.2 聚碳酸酯复合材料	124
4.2.3 聚甲醛复合材料	124
4.3 纳米工程塑料	125
4.3.1 纳米工程塑料的特点	125
4.3.2 纳米工程塑料的制备技术	126
4.3.3 纳米工程塑料的常见品种及性能	129
第5章 工程塑料在机械工程中的应用	133
5.1 工程塑料齿轮	133
5.1.1 工程塑料齿轮的特点与选材	133
5.1.2 工程塑料齿轮的应用	136
5.2 工程塑料轴承	139
5.2.1 工程塑料轴承的选材	139
5.2.2 几种常用工程塑料轴承	140
5.3 工程塑料轴承保持架	143
5.3.1 工程塑料轴承保持架的特点	143
5.3.2 工程塑料轴承保持架材料	144
5.3.3 工程塑料保持架的成型	149
5.4 MC 尼龙的应用	151
5.4.1 MC 尼龙的性能特点	151
5.4.2 MC 尼龙轴套的应用	154
5.4.3 MC 尼龙螺旋桨	157
5.4.4 MC 尼龙滑轮	158
5.4.5 MC 尼龙在圆锥破碎机上的应用	159
5.5 超高相对分子质量聚乙烯在轴承、轴套及其他结构件上的应用	160
5.5.1 超高相对分子质量聚乙烯轴承设计	160
5.5.2 超高相对分子质量聚乙烯在矿山机械上的应用	163
5.5.3 超高相对分子质量聚乙烯在其他方面的应用	165
5.5.4 超高相对分子质量聚乙烯陶瓷机械滤板	167
5.6 工程塑料结构件	169
5.6.1 纤维增强 PA66 内齿套	169
5.6.2 阻燃抗静电增强 PA6 风机叶片	170

5.6.3 多层复合增强阻燃抗静电高强度尼龙叶片	171
5.6.4 聚四氟乙烯基机床导轨	173
5.6.5 聚醚醚酮阀片	177
5.6.6 聚四氟乙烯在 ZL 型立式多级泵中的应用	180
第 6 章 工程塑料在汽车中的应用	182
6.1 汽车塑料件	182
6.1.1 塑料件应用概况	182
6.1.2 内饰件	184
6.1.3 外饰件	185
6.1.4 结构件	186
6.2 工程塑料汽车配件	186
6.2.1 ABS	188
6.2.2 聚酰胺	188
6.2.3 聚甲醛	192
6.2.4 聚碳酸酯	193
6.2.5 改性聚苯醚	194
6.2.6 热塑性聚酯及其合金	194
6.3 汽车内饰件	195
6.3.1 汽车仪表板	195
6.3.2 门内板	196
6.3.3 侧窗防霜器	197
6.3.4 座椅	197
6.3.5 门锁	197
6.4 汽车外饰件	198
6.4.1 汽车保险杠	198
6.4.2 车身部件	199
6.4.3 车灯罩与车灯框	201
6.4.4 散热器格栅	201
6.4.5 刮水器片组件	202
6.4.6 后导流板	202
6.4.7 其他零件	202
6.5 汽车结构件	202
6.5.1 发动机及周边零部件	202
6.5.2 汽车底盘件	207
6.5.3 汽车转向盘	207
6.5.4 汽车燃油箱	208
6.5.5 油路阀门系统用塑料制品	209
6.5.6 冷却系统	209

第7章 工程塑料在电气电子工程中的应用	210
7.1 电气电子用绝缘工程塑料	210
7.1.1 电气电子用绝缘工程塑料的性能要求	210
7.1.2 电气电子用绝缘工程塑料类型	211
7.2 工程塑料绝缘薄膜的应用	216
7.3 工程塑料在电器设备结构件上的应用	218
7.3.1 电器结构件	218
7.3.2 模压与注射成型工程塑料结构件	219
7.4 工程塑料在家用电器上的应用	221
第8章 工程塑料在建筑中的应用	224
8.1 工程塑料门窗	224
8.1.1 ASA/ABS 门窗性能	225
8.1.2 ASA/ABS 生产工艺	227
8.2 透明件	229
8.2.1 聚碳酸酯板材的性能	229
8.2.2 聚碳酸酯板的生产工艺	232
8.2.3 应用实例	233
8.3 管材	235
8.3.1 ABS 管	235
8.3.2 超高相对分子质量聚乙烯管	239
8.3.3 其他管材	241
8.3.4 应用实例	242
8.4 板材	243
8.4.1 ACS 工程塑料板	243
8.4.2 ASA 泡沫板材	244
8.4.3 高阻燃性聚偏氟乙烯乳胶泡沫材料	245
8.4.4 ABS 板材	245
8.5 建筑膜材	246
8.5.1 聚氟乙烯薄膜	246
8.5.2 聚四氟乙烯涂层玻璃布膜材	247
8.5.3 应用实例	248
8.6 其他	249
8.6.1 结构材料	249
8.6.2 屋顶材料	250
第9章 工程塑料在化工中的应用	252
9.1 工程塑料的耐腐蚀性	252
9.2 工程塑料在化工设备上的应用	258

9.2.1 换热器.....	258
9.2.2 化工设备衬里.....	263
9.3 工程塑料在化工管路系统的应用	268
9.3.1 管材及管配件.....	269
9.3.2 阀门.....	275
9.3.3 泵.....	277
9.4 工程塑料在化工中的其他应用	279
9.4.1 化工机械.....	279
9.4.2 防腐涂层.....	279
9.4.3 聚苯硫醚/碳钢耐蚀复合塔	280
9.4.4 密封配套产品.....	280
参考文献	282

第 1 章 工程塑料的性能特点

1.1 工程塑料的类型与性能特点

1.1.1 工程塑料的类型

塑料是以合成树脂为基本成分，在一定条件下可塑制成型，而产品最后能够保持形状不变的材料。大多数塑料除基本成分合成树脂外，还含有辅助物料如填料、增塑剂、稳定剂等。

按用途塑料分为通用塑料和工程塑料两大类。通用塑料产量大，价格低，应用面广，成型加工容易；但耐热性、力学强度和刚性比较低，一般只作为非结构材料使用，如聚乙烯、聚丙烯、聚氯乙烯、聚苯乙烯等。

工程塑料主要是指能够用作结构材料的热塑性塑料。工程塑料具有良好的综合性能，刚性大，蠕变小，力学强度高，耐热性好，电绝缘性好，能够在较苛刻的化学、物理环境中长期使用，可作为结构材料使用；但价格较贵，产量较小。

工程塑料又分为通用工程塑料和特种工程塑料。通用工程塑料使用温度一般在 150℃ 以下，主要品种有聚酰胺（俗称尼龙）（PA）、聚甲醛（POM）、聚碳酸酯（PC）、聚苯醚（PPO 或 PPE）、热塑性聚酯（PBT、PET）、丙烯腈-丁二烯-苯乙烯共聚物（ABS）、超高相对分子量聚乙烯（UHMWPE）等。特种工程塑料的使用温度一般在 150℃ 以上，主要品种有聚砜（PSF）、聚醚砜（PES）、聚苯硫醚（PPS）、聚芳酯（PAR）、聚酰胺-酰亚胺（PAI）、聚醚酰亚胺（PEI）、聚醚醚酮（PEEK）、聚酰亚胺（PI）、液晶聚合物（LCP）、氟塑料等。表 1-1 列出了工程塑料的中英文名称及缩写。

表 1-1 工程塑料的中英文名称及缩写

中文名称及缩写	英文名称
丙烯腈-丁二烯-苯乙烯共聚物（ABS）	acrylonitrile-butadiene-styrene copolymer
聚酰胺（俗称尼龙）（PA）	polyamide (nylon)
聚甲醛（POM）	polyformaldehyde or polyoxymethylene
聚碳酸酯（PC）	polycarbonate
聚苯醚（PPO 或 PPE）	polyphenylene oxide or polyphenylene ether

(续)

中文名称及缩写	英文名称
聚对苯二甲酸丁二醇酯 (PBT)	polybutylene terephthalate
聚对苯二甲酸乙二醇酯 (PET)	polyethylene terephthalate
聚萘二甲酸乙二醇酯 (PEN)	polyethylene naphthalate
超高相对分子质量聚乙烯 (UHMWPE)	ultra high-molecular weight polyethylene
聚砜 (PSU)	polysulfone
聚醚砜 (PES)	polyethersulfone
聚苯硫醚 (PPS)	polyphenylene sulfide
聚芳酯 (PAR)	polyarylate
聚酰胺-酰亚胺 (PAI)	polyamide-imide
聚醚酰亚胺 (PEI)	polyetherimide
聚醚醚酮 (PEEK)	polyetheretherketone
聚醚酮 (PEK)	polyetherketone
聚酰亚胺 (PI)	polyimide
液晶聚合物 (LCP)	liquid crystalline polymer
聚四氟乙烯 (PTFE)	polytetrafluoroethylene
聚三氟氯乙烯 (PCTFE)	polychlorotrifluoroethylene
聚偏氟乙烯 (PVDF)	polyvinylidene fluoride
聚氟乙烯 (PVF)	polyvinylfluoride

1.1.2 工程塑料的性能特点

工程塑料的性能主要取决于高分子化合物的化学组成、相对分子质量、分子结构和物理状态。工程塑料具有下列优良的特性:

1) 突出的优点之一是密度低, 工程塑料的密度通常在 $1.02 \sim 2.40 \text{ g/cm}^3$, 只有钢铁材料的 $1/8 \sim 1/4$ 。表 1-2 给出了工程塑料与某些金属材料的密度。

表 1-2 工程塑料与某些金属材料的密度

名 称	密度/ (g/cm^3)	名 称	密度/ (g/cm^3)	名 称	密度/ (g/cm^3)
铸铁	8.0	ABS	$1.02 \sim 1.06$	均聚甲醛	1.42
合金钢	8.0	PA6	1.14	共聚甲醛	1.41
铜合金	8.7	PA66	1.14	聚苯醚	1.06
铝	2.8	PA12	1.02	聚砜	1.24
钛	4.6	PA1010	1.05	聚苯硫醚	1.3
玻璃	$2.2 \sim 3.0$	聚碳酸酯	1.20	聚四氟乙烯	$2.14 \sim 2.20$

- 2) 较高的比强度(强度对重量的比), 现在聚芳酯的比强度已经超过钢铁。
- 3) 良好的电绝缘性, 许多电子电器产品都离不开它。
- 4) 化学稳定性好, 有良好的抗化学腐蚀性, 如有“塑料王”之称的聚四氟乙烯, 任何介质都难以腐蚀。
- 5) 优良的耐磨、减磨和自润滑性, 如聚酰胺、聚碳酸酯及聚四氟乙烯等工程塑料制的耐摩擦零件, 可以在各种液体、边界和干的摩擦条件下工作。
- 6) 良好的异物埋没性和就范性, 在有磨粒或杂质存在的恶劣条件下工作的零件, 如齿轮, 偶遇坚硬杂质时, 会因塑料的异物埋没性和就范性而将杂质埋在齿轮内或发生适当形变而继续运转, 不会像钢齿轮那样发生咬死或刮伤现象。
- 7) 优良的吸振性、抗冲击性、抗疲劳强度以及消声性, 对于运动中的机械零件, 可使其达到平稳无声运转。

但工程塑料的力学强度、硬度和耐热性不如金属, 力学强度低, 拉伸强度约为钢的 $1/10$; 一般只能在 100°C 左右工作, 少数可达 200°C , 热导率只有钢铁的 $1/(200 \sim 300)$, 尺寸稳定性差, 膨胀收缩变形较金属大, 线膨胀系数约为钢的 5 倍; 耐久性差, 长期受重力作用易产生疲劳, 在室外长期受紫外线作用, 易降低性能。

工程塑料大都具有可塑性和熔融流动特性, 可以采用热压、挤出、注射、吹塑、压延等成型方法成批生产, 比金属加工的工艺简单、工时少、能耗低、成本低。

工程塑料的性能主要有力学性能、物理性能、化学性能和加工性能, 所包含的具体项目如下:

工程塑料的性能	物理性能——热性能、电性能、光学性能
	力学性能——拉伸强度、压缩强度、弯曲强度、伸长率、冲击强度、疲劳强度、蠕变、摩擦、磨耗、硬度、弹性模量
	化学稳定性——耐腐蚀性能、耐老化性能
	加工性能

1.2 工程塑料的物理性能

1.2.1 热性能

工程塑料的热性能包括与热传导有关的物理量, 如热导率、比热容、线膨胀系数; 与相态变化有关的性能, 如玻璃化转变温度、熔点; 与耐热性有关的性质, 如热变形温度、维卡软化点; 与燃烧有关的性质, 如阻燃性、燃烧速率。

1. 热导率、比热容、线膨胀系数

工程塑料的热导率低、导热性较差。热导率一般约为 $0.22\text{W}/(\text{m}\cdot\text{K})$, 是铜

的万分之六，不到钢铁材料的百分之一，是优良的绝热、保温材料。热导率随温度升高变化不大，结晶型塑料的热导率随温度升高有所下降。

工程塑料的比热容比金属及无机材料大，一般为 $1 \sim 2 \text{ kJ}/(\text{kg} \cdot \text{K})$ ，是钢铁材料的 $2 \sim 4$ 倍。

工程塑料的线膨胀系数比金属和陶瓷大，是金属材料的 $3 \sim 10$ 倍，因此，工程塑料制品容易因温度变化而影响尺寸的稳定性。线膨胀系数随温度的升高而增大，但不是线性关系。表 1-3 列出了工程塑料的热性能。表 1-4 列出了一些工程塑料的线膨胀系数。

表 1-3 塑料的热性能

名 称	密度 $/(\text{g}/\text{cm}^3)$	比热容 $/[\text{kJ}/(\text{kg} \cdot \text{K})]$	热导率 $/[\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})]$	线膨胀系数 $/(\times 10^{-5}/\text{K})$	热扩散率 $/(\times 10^{-7} \text{ m}^2/\text{s})$	最高使用温度 $/^\circ\text{C}$
ABS	1.04	1.47	0.3	9	1.7	70
PA66	1.14	1.67	0.24	9	1.01	90
PA66 + 30%玻纤	1.38	1.26	0.52	3	1.33	100
PC	1.15	1.26	0.2	6.5	1.47	125
POM (均聚)	1.42	1.47	0.2	8	0.7	85
POM (共聚)	1.41	1.47	0.2	9.5	0.72	90
MPPO	1.06	—	0.22	6	1.47	120
PET	1.37	1.05	0.24	9	—	110
PET + 30%玻纤	1.63	—	—	4	—	150
PTFE	2.10	1.00	0.25	14	0.7	260

表 1-4 工程塑料的线膨胀系数

名 称	线膨胀系数/ $(\times 10^{-5}/^\circ\text{C})$	名 称	线膨胀系数/ $(\times 10^{-5}/^\circ\text{C})$
PA6	8.0	PC	6.0
GFPA66	2.5	GFPC	3.2 ~ 4.8
PA610	10.0	PSF	5.6
PA1010	14.0	GFPSF	2.8
PA11	11.0	PES	5.5
PA12	11.0	MPPO	6.7
ABS	7.0	PCTFE	10.0
GFPE	2.5	PVDF	7.9 ~ 14.2

2. 耐热性

耐热性是评价工程塑料性能的主要标准之一。工程塑料在实际使用中，不仅

要求在室温下具有较高的力学性能,而且要求在高于室温和较高温度下也具有好的力学性能。工程塑料的性能随着温度的升高会有不同形式和程度的变化。表征工程塑料的性能随着温度变化的性能参数有热变形温度、玻璃化转变温度、UL 温度指数(长期连续使用温度)、熔点等。

热变形温度是指将试样浸在一种等速升温的适宜传热介质中,在简支梁式的静弯曲载荷作用下,测出试样弯曲变形达到规定值时的温度。热变形温度是衡量工程塑料耐热性能的重要技术指标之一,是材料研究和工程设计中控制质量的主要性能参数。维卡软化点是指在等速升温条件下,用一根带有规定载荷、截面积为 1mm^2 的平顶针放在试样上,当平顶针刺入试样 1mm 时的温度,单位以 $^{\circ}\text{C}$ 表示。马丁耐热温度是指试样在一定弯曲力矩作用下,在一定等速升温环境中发生弯曲变形,试样达到规定变形量时的温度。

表 1-5 给出了一些工程塑料的热变形温度及长期使用温度,表 1-6 列出了一些工程塑料的玻璃化转变温度和熔点,表 1-7 列出了工程塑料的耐热等级。

表 1-5 工程塑料的热变形温度及长期使用温度 (单位: $^{\circ}\text{C}$)

材料名称	热变形温度 (1.82MPa)	维卡软化点	长期连续使用温度
PA6	63		65 ~ 130
PA12	49 ~ 55	162 ~ 165	
PA612	60	180	
玻纤增强 PA6	206		65 ~ 130
聚对苯二甲酸丁二醇酯 (PBT)	78	214	120 ~ 140
玻纤增强 PBT	212		120 ~ 140
聚甲醛	122		85 ~ 105
聚碳酸酯	135	150 ~ 155	100 ~ 130
改性聚苯醚 (MPPO)	110		90 ~ 140
聚砜	175 ~ 200	222	140 ~ 150
聚醚砜	203		170 ~ 180
聚苯硫醚	260		180 ~ 220
聚芳酯	174		150 ~ 160
聚酰胺酰亚胺	274		230 ~ 250
聚酰亚胺	357		260 ~ 316
液晶聚合物 (Xydar)	310		210 ~ 260
聚四氟乙烯	55		240 ~ 260

表 1-6 一些工程塑料的玻璃化转变温度 (T_g) 和熔点 (T_m) (单位: $^{\circ}\text{C}$)

名 称	T_g	T_m	名 称	T_g	T_m
UHMWPE	-120	136	PPO	-56	175
PA6	50	215 ~ 225	PPO 共聚物	-60	165
PA11	37	187	PET	69	263
PA12	37	178	PBT	20	224
PA66	50	253 ~ 263	PPS	90	285
PA1010		200 ~ 210	PEEK	143	334
PA46	78	290	PTFE	-33	327
PA610	50	213	PVF	-35	198 ~ 200
PA612		210	PVDF		165 ~ 185
PC		200 ~ 230	PCTFE	45	220

表 1-7 工程塑料的耐热等级

耐 热 等 级	温 度/ $^{\circ}\text{C}$	工 程 塑 料
Y 级	90	聚甲醛、PA1010
A 级	105	氯化聚醚、MCPA
E 级	120	玻纤增强 PA、聚碳酸酯、改性聚苯醚、聚三氟氯乙烯
B 级	130	玻纤增强聚碳酸酯、玻纤增强 PBT
F 级	155	聚砒、聚芳酯
H 级	180	聚醚砒、玻纤增强 PET
C 级	> 180	聚四氟乙烯、聚酰亚胺、聚芳砒、聚苯酯、聚醚醚酮、液晶聚合物

1.2.2 电性能

电气材料根据使用电场的高低分为弱电材料和强电材料。用于通信设备、各种民用电子设备、家电、高频绝缘、印制电路等的电子材料属弱电材料；用于变压器、电动机、发电机等电器及电力输送线路的材料为强电材料。弱电材料的主要电性能指标是介电常数和介质损耗角因数；强电材料主要应满足绝缘性、耐电压和长期使用性能。

1. 介电常数、介质损耗角因数

介电常数 ϵ 是表征绝缘材料在交流电场下介质极化程度的参数，它是充满此绝缘材料的电容器的电容量，与以真空为电介质时同样电极尺寸电容器的电容量的比值。介质损耗角因数表征绝缘材料在交流电场下的能量损耗，是外施正弦电压与通过试样的电流之间的相角的余角正切，又称为介质损耗角正切值。表 1-8

列出了几种工程塑料在不同频率时的介电常数和介质损耗角因数。

表 1-8 几种工程塑料在不同频率时的介电常数和介质损耗因数

材料名称	介电常数			介质损耗因数 ($\times 10^{-4}$)		
	60Hz	10^3 Hz	10^6 Hz	60Hz	10^3 Hz	10^6 Hz
ABS	2.4~4.5	2.4~4.5	2.4~3.8	30~80	40~70	70~150
POM		3.7	3.7		40	40
PA66	4.0~4.6	3.9~4.5	3.4~3.6	140~400	200~400	400
PA6	3.9~5.5	4.0~4.9	3.5~4.7	400~600	110~600	300~400

2. 绝缘电阻、表面电阻率、体积电阻率

施加在试样上的直流电压与流过电极间的传导电流之比,称为绝缘电阻,单位为 Ω 。试样体积电流方向的直流电场强度与该处电流密度之比,称为体积电阻率,单位为 $\Omega\cdot\text{cm}$ 。试样表面电流方向的直流电场强度与单位长度的表面传导电流之比,称为表面电阻率,单位为 Ω 。表 1-9 列出了一些工程塑料的体积电阻率。

表 1-9 一些工程塑料的体积电阻率

名称	体积电阻率/ $\Omega\cdot\text{cm}$	名称	体积电阻率/ $\Omega\cdot\text{cm}$
PA6	$> 10^{15}$	PBT	$> 10^{16}$
PA66	$> 10^{15}$	超高相对分子质量聚乙烯	$10^{16} \sim 10^{18}$
ABS	$10^{15} \sim 10^{16}$	聚砜	$> 10^{16}$
聚碳酸酯	$> 10^{16}$	聚醚砜	$> 10^{16}$
聚甲醛	$10^{14} \sim 10^{15}$	聚四氟乙烯	$> 10^{17}$
改性聚苯醚	$10^{16} \sim 10^{17}$	聚三氟氯乙烯	$> 10^{17}$

3. 介电强度

介电强度又称为击穿强度,是指在规定的试验条件下,击穿电压与施加电压的两导电部分之间距离的商,单位为 kV/mm 。表 1-10 列出了一些工程塑料的介电强度和耐电弧性。

表 1-10 一些工程塑料的介电强度和耐电弧性

名称	介电强度 / (kV/mm)	耐电弧性 /s	名称	介电强度 / (kV/mm)	耐电弧性 /s
ABS	14~15	66~82	PBT	18.0	80~130
PA6	18.0	130~140	改性聚苯醚	16~22	70~80
PA66	15.0	120~135	玻纤增强改性聚苯醚	20~24	80~100
PA12	> 15.0	120~125	聚四氟乙烯	> 60	> 300
聚碳酸酯	20~22	100~120	聚三氟氯乙烯	> 15.0	> 360
聚甲醛	20.0	220~240			