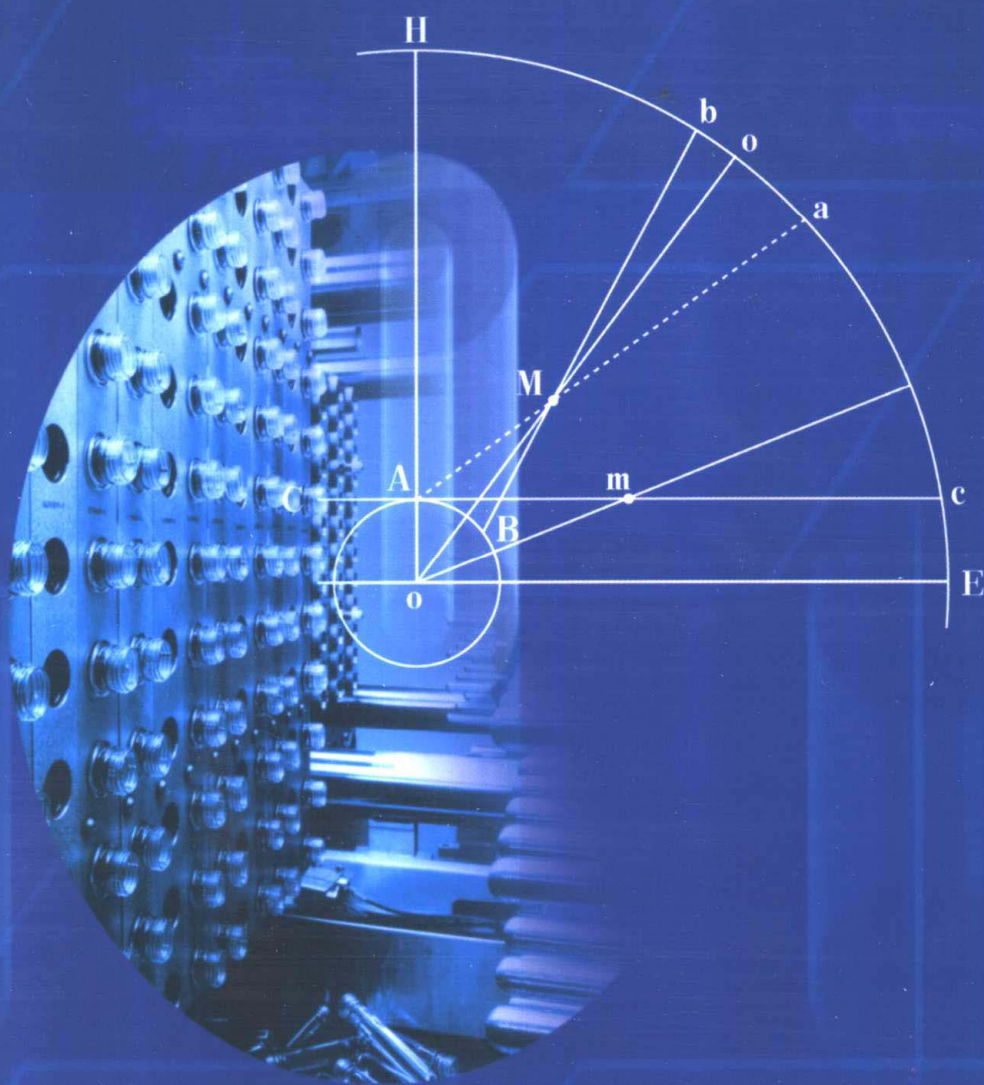


付宏生 刘京华 编著

注塑制品与注塑模具设计



化学工业出版社
材料科学与工程出版中心

注塑制品与注塑模具设计

付宏生 刘京华 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

注塑制品与注塑模具设计/付宏生, 刘京华编著.
北京: 化学工业出版社, 2003.6
ISBN 7-5025-4460-7

I. 注… II. ①付…②刘… III. ①注塑-塑料制
品-设计②注塑-塑料模具-设计 IV. TQ320.66

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2003) 第 040487 号

注塑制品与注塑模具设计

付宏生 刘京华 编著

责任编辑: 王苏平

责任校对: 陶燕华

封面设计: 潘峰

*

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
北京市管庄永胜印刷厂印刷
三河市延风装订厂装订

开本 787 毫米×1092 毫米 1/16 印张 14½ 字数 357 千字

2003 年 7 月第 1 版 2003 年 7 月北京第 1 次印刷

ISBN 7-5025-4460-7/TQ·1723

定价: 30.00 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



内 容 提 要

本书系统简明的介绍了注塑制品与注塑模具的设计原理与设计方法。书中首先介绍了塑料原材料的性能，书的第二章到第四章分别介绍了注塑制品的外观设计、注塑制品的结构设计和注塑制品的组合设计的原理和方法，书的第五章到第十二章分别介绍了注塑模具的结构分类、模具的浇注系统、成形零件、结构零件、推出机构、侧向分型机构及加热和冷却系统的设计原理与方法，书的最后一章简述了注塑模具的设计步骤与注塑模具的 CAD、CAE 技术。本书有两个突出的特点：一是将注塑制品的设计与注塑模具的设计结合在一起；二是简洁明了，并配以大量图示。本书适合有初中以上文化水平的从事塑料制品设计、塑料模具设计与模具加工技术人员快速了解和掌握注塑制品与注塑模具设计的基本知识。

前 言

塑料作为现代四大工业基础材料之一，越来越广泛地在各行各业应用。其中注塑成型在塑料的各种成型工艺中所占的比例也越来越大。随着社会的经济技术不断地向前发展，对注塑成型的制品质量和精度要求都有不同程度的提高。塑料制品的造型和精度直接与模具设计和制造有关系，对注塑制品的要求就是对模具的要求。有人说，模具是现代工业之母。新的世纪已经来到了，世界各国对模具生产技术非常重视，出现许多新工艺、新技术。从而促进模具制造技术的不断提高和发展。

本书在编写过程中，编者以提高模具行业的岗位技能为目的，注重理论与实际的结合，并将一些新知识、新技术、新经验和新方法编入本书，体现了本书的新颖性和时代性特点。由于注塑成型制品在整个塑料制品中所占的数量最多，模具结构也多样、复杂，另外，注塑成型模具又是学习塑料成型模具的基础，具有代表性的重要意义，所以本书只强调注塑成型制品和注塑成型模具设计与制造方法。

本书共十三章，其中第一、二、三、四章由北京二轻工业学校刘京华编写，第五、六、七、八、九、十、十一、十二、十三章由北京二轻工业学校付宏生编写。

由于编者的水平有限，书中难免存在错误和不足之处，敬请读者指出。

编 者

2003年5月7日

目 录

第一章 注塑制品设计概论	1	第三节 塑料制品表面整饰	31
第一节 塑料制品工业发展趋势	1	一、涂料涂饰	31
一、塑料制品的加工技术进步	1	二、染色	34
二、塑料成型模具加工技术的发展	1	三、印刷	35
三、塑料制品加工设备	2	四、表面金属化	35
第二节 塑料制品应用	3	五、表面热压印	37
一、塑料制品在包装领域的应用及发展	3	六、表面热转印	38
二、塑料制品在建筑领域的应用及发展	4	七、复合整饰	39
三、塑料制品在电子领域的应用及发展	4	八、凹凸型字体	39
四、塑料制品在汽车领域的应用及发展	4	九、双色注射模塑	39
五、塑料制品在医疗卫生领域的应用及 发展	4	十、嵌件模塑装饰	41
六、塑料制品在农业领域的应用及发展	4	第三章 塑件的结构设计	42
第三节 塑料制品材料选择	5	第一节 塑件孔和凹凸设计	42
一、塑料的一般特性	5	一、塑件孔的设计	42
二、塑料的分类	6	二、塑件凸凹设计	43
三、热塑性塑料的性能与应用	6	第二节 塑件螺纹的设计	45
四、热固性塑料的性能及应用	14	一、塑件获得螺纹的方法	45
第二章 塑料制品的外观设计	16	二、塑件螺纹的结构形式及其应用	45
第一节 塑料制品设计原则和方法	16	三、塑件成型螺纹的方法	46
一、拟定设计方案	16	四、塑件成型螺纹的设计	46
二、塑件的结构设计	16	五、螺纹塑件脱模方法	47
三、生产准备和定型	17	六、塑件的攻丝螺纹设计	47
四、热塑性塑料的加工	17	第三节 嵌件模塑制品	48
五、热固性塑料的加工	18	一、金属嵌件的形式	48
六、塑料件的失效分析	18	二、金属嵌件模塑制品设计注意事项	49
第二节 注塑制品的细部设计	20	三、嵌件与塑件的设计	49
一、分模线位置的确定	20	四、塑件中嵌件的位置	51
二、塑件的尺寸精度	21	五、嵌件周围塑料裂纹	51
三、塑件的壁厚	23	六、热插嵌件	52
四、塑件的圆角和圆角半径	27	七、板状和杆件金属嵌件	53
五、塑件的加强筋和凸台	28	八、塑料嵌件	53
六、塑件的角撑	30	九、塑封	54
七、塑件的脱模斜度	30	十、复合塑料模塑制品	55
		第四章 塑件组合设计	56

第一节 塑件的可拆联接	56	二、引气系统的设计	110
一、弹性联接	56	第六节 无流道凝料的浇注系统	111
二、螺纹联接	59	一、无流道凝料模具的特点	112
第二节 塑件焊接和粘接	63	二、无流道凝料模具对塑料的要求	112
一、焊接	63	三、无流道凝料注射模的类型及结构	112
二、粘接	65	第七章 成型零件的结构设计	119
第三节 塑件不可拆联接	68	第一节 注射成型模具分型面的选择	119
一、活动铰链	68	一、模具分型面及类型	119
二、压力装配	70	二、分型面的选择	119
第五章 塑料注射成型模具的分类与结构	72	第二节 成型零件的结构形式及设计	122
.....	72	一、凹模(型腔)的结构设计	123
第一节 塑料成型模具的分类	72	二、型芯的结构设计	125
第二节 塑料注射成型模具的分类与结构	73	三、螺纹型芯和螺纹型环的结构设计	128
一、单分型面塑料注射模具	74	四、成型零件工作尺寸的计算	131
二、多分型面注射模	75	五、成型零件工作尺寸计算实例	136
三、带有活动镶块的注射模	75	第八章 注射成型模具结构零件的设计	138
四、自动卸螺纹的注射模	76	138
五、侧向分型抽芯的注射模	76	第一节 导向零件的设计	138
六、定模设置推出机构的注射模	76	一、导向零件的作用	138
七、无流道注射模	77	二、导向零件设计原则	138
第三节 塑料注射成型模具与塑料注射		三、导柱的结构、特点及用途	139
成型机关系	77	四、导套和导向孔的结构、特点及用途	
一、几种常用塑料注射成型机的技术规范		141
.....	78	五、锥面定位结构	143
二、注射机有关工艺参数的校核	80	第二节 支承零件的设计	143
第六章 浇注系统设计	88	一、动模座板和定模座板	143
第一节 浇注系统设计的基本要点	88	二、动模板、定模板	143
第二节 浇注系统的组成与流道设计	89	三、支承板	144
一、浇注系统的组成	89	四、垫块	144
二、浇注系统的设计	89	第九章 推出机构的设计	146
第三节 浇口的设计	94	第一节 推出机构的分类及设计原则	147
一、浇口的作用	94	一、推出机构的分类	147
二、浇口类型	94	二、推出机构的设计原则	147
三、浇口截面形状及尺寸	99	第二节 推杆推出机构	147
四、浇口位置选择原则	100	一、推杆的形状及尺寸	148
五、浇口位置选择实例	105	二、推杆的固定形式	148
第四节 冷料穴和拉料杆的设计	106	三、推杆设计时注意事项	148
一、冷料穴	106	第三节 推管与推板推出机构	149
二、拉料杆	107	一、推管推出机构	149
第五节 排气与引气系统的设计	109	二、推板推出机构	150
一、排气系统的设计	109	三、联合推出机构	151

第四节 推出机构的导向与复位	151	第十二章 热固性塑料注射成型模具与	
一、复位零件	151	塑料注射成型模具实例	194
二、导向零件	152	第一节 热固性塑料注射成型模具设计	194
第五节 其他推出机构设计	153	一、概述	194
一、二级推出机构	153	二、热固性塑料注射模塑对注射机的要求	195
二、双推出机构	157	195
三、浇注系统凝料的取出	157	三、热固性塑料注射模设计要点	195
四、带螺纹塑件的脱模机构	159	第二节 典型塑料注射成型模具设计实例	198
第十章 侧向分型与抽芯机构的设计 ..	164	198
第一节 概述	164	一、一般结构的注射成型模具	198
一、侧向分型与抽芯机构示例	164	二、结构较为复杂的注射成型模具	205
二、侧向分型与抽芯机构的分类	164	第十三章 塑料注射成型模具设计	
三、抽芯距与抽芯力的计算	164	程序与 CAD	214
第二节 斜导柱分型与抽芯机构	167	第一节 设计塑料注射成型模具应注意的	
一、斜导柱分型抽芯原理	167	问题	214
二、斜导柱、滑块、锁紧块的设计	167	第二节 塑料模具设计程序	214
三、斜导柱分型与抽芯机构的结构形式	173	一、接受设计任务	214
.....	173	二、原始资料的分析	214
第三节 斜滑块分型与抽芯机构	176	三、塑件基本参数的计算及注射机选用	214
一、滑块导滑的斜滑块分型抽芯机构	176	214
二、斜杆导滑的斜滑块分型抽芯机构	177	四、模具结构的确定	215
三、其他形式的侧向分型与抽芯机构	180	五、模具设计的有关计算	215
第十一章 加热和冷却装置的设计	183	六、绘制模具结构草图	215
第一节 模具的加热与冷却装置概述	183	七、模具与成型机械关系的校核	215
一、模具温度及其调节的重要性	183	八、绘制模具装配图	215
二、对模具温度控制系统设计的基本要求	183	九、绘制模具零件工作图	215
.....	183	十、全面审核后投产制造	216
第二节 模具加热装置的设计	184	十一、塑料模设计的标准化	216
一、电阻加热的形式	184	第三节 塑料注射成型模具 CAD	216
二、电阻加热的计算	185	一、塑料注射成型模具 CAD 的内容与	
三、对模具电加热的要求	187	特点	216
四、模具加热的几种方法	187	二、塑料注射成型模具 CAD 中的几何	
第三节 模具冷却装置的设计	187	造型	218
一、塑料注射成型模具的冷却	187	三、塑料注射成型模具设计与结构图的	
二、冷却装置设计原则	188	绘制	219
三、塑料注射成型模具冷却装置实例	190	参考文献	223
四、冷却装置的计算	191		

第一章 注塑制品设计概论

第一节 塑料制品工业发展趋势

一、塑料制品的加工技术进展

塑料是以树脂为主要成分，添加一定数量和一定类型的助剂，在加工过程中能够形成流动的成型材料。塑料经过成型加工，可以制成具有特定形状又具有一定使用价值的塑料制品。

塑料制品工业发展历史短，但发展速度惊人，2002年全世界的塑料年产量已为1.65亿吨。现在塑料已成为在钢铁、木材、水泥之后的第四大工业基础材料。21世纪将成为塑料制品工业迅猛发展的时代。

随着新世纪的到来，我国塑料的应用不断地扩大，塑料成型工艺得到逐步发展，正向着高速、高效、自动化、精密化方向发展。相继产生了浇注成型、压缩成型、粉末成型、层压成型、压注成型、挤出成型、注射成型、压延成型、吹塑成型、发泡成型、热成型、气体辅助成型等成型加工方法。与此相配套成型设备和模具也得到高速发展，塑料成型设备生产能力和质量都有较大程度提高，如万克以上的大型注射机、小型精密注射机、数控热固性塑料注射机、地膜机组、计算机群控注射机等。在模具设计及制造上引进CAD/CAM/CAE等先进技术。

目前，工程塑料原料的生产技术发展很快，通过采用填充、增强、共混、合金化等技术手段进行通用塑料改性，这样实现了通用塑料工程化，工程塑料高性能化，大大提高了塑料制品的使用性能和产品的附加值。

塑料改性技术被大量地用来开发高性能和特殊功能性塑料。研究人员通过共聚、共混、合金化、填充、增强、复合等改性技术，克服掉塑料的某些缺点，赋予其高、新特性或某种特殊功能，使得一些通用塑料能够兼具工程塑料的某些特性，也有的利用改性技术使一些通用塑料具有优良的抗冲击性、高耐热性、阻隔性，或在光、电、磁等方面具有某种特殊性能。

二、塑料成型模具加工技术的发展

大多数塑料制品的制造是靠模塑成型的。用模具生产的塑料制品具有高精度、高复杂程度、高一致性、高生产率和低消耗等特点。塑料模具的设计和制作水平，对塑料制品的成型质量具有至关重要的影响。从某种意义上来说，塑料市场的开拓、塑料制品的优劣主要取决于模具质量。由于塑料模具的研制工作一直受到各方面的重视，故其设计和制作水平提高很快，特别是计算机辅助设计和辅助制造技术发展很快。开发了一些新的塑料成型方法，如热流道成型、高精密塑料成型和超塑成型塑料等。

我国国民经济的五大支柱产业机械、电子、汽车、石油化工和建筑均离不开模具，都与模具发展相关。所以，人们称“模具是工业生产之母”。从世界发达国家的生产情况来看，模具产值已经大于机械产值，而且他们只生产高附加值的模具，低附加值的模具则转到其他发展中国家生产。我国1998年模具生产工业产值就超过当年机床工业产值。据国际生产技

术协会预测 21 世纪，机械零部件中 60% 的粗加工，80% 的精加工要由模具来完成。所以模具工业对今后国民经济和社会的发展将起到越来越重要的作用。模具的制造技术和成型技术未来有如下发展的趋势。

- (1) 在模具设计制造中将全面推广 CAD/CAM/CAE 技术。
- (2) 快速原型制造及相关技术将得到更好地发展。
- (3) 高速铣削加工将得到更广泛地应用。
- (4) 模具高速扫描及数字化系统将在逆向工程中发挥更大作用。
- (5) 电火花加工技术将得到发展。
- (6) 热流道技术将得到推广。
- (7) 超精加工和复合加工将得到发展。
- (8) 气体辅助注射技术和高压注射成型等工艺将进一步发展。
- (9) 模具液压成型技术将进一步开发应用。
- (10) 模具标准化程度将不断提高。
- (11) 模具优质材料及先进表面处理技术将进一步受到重视。
- (12) 模具研磨抛光将向自动化、智能化方向发展。
- (13) 模具自动加工系统的研制和发展。
- (14) 虚拟技术将得到发展。

三、塑料制品加工设备

很久以来，所有的塑料机械生产厂家都在为提高塑料成型设备的生产效率、成型精度和使用功能而努力着。提高成型设备的工艺稳定性和生产精度、提高成套机组的组套性和自动化水平、开发信息数据软件和控制系統、推广应用微电子技术、研制柔性系统等方面，得到了大的进展并在广泛的应用。

为了适应不同物料和制品的成型需要，对挤出和注射螺杆的几何结构和长径比作了较大的改进，使成型设备的工艺稳定性有了进一步的提高。

采用了新一代比例伺服式液压系统和伺服电机，提高了成型设备的加工效率，使成型设备的动作速度、精度和重复准确性都有了很大的提高。

计算机的广泛应用，使注射机实现了全生产过程的自动化控制，挤出、中空成型、热成型等设备的自动化水平都有了不同程度的提高。

扩大微电子技术在塑料加工各个领域的应用。为了降低加工成本，有利于产品的销售，计算机控制和管理系统的发展愈来愈趋于简化和专门化，并向更高水平的质量控制和管理功能发展。

小批量生产、多品种的柔性系统、机械手和温控系统得到了迅速发展。

1. 塑料注射成型设备

到目前为止，塑料注射成型仍是塑料加工的最主要方法之一。目前，世界各国的注射机制造公司间的竞争主要是围绕改善注射机的技术参数和开发功能性注射，尤其在采用或开发更先进的液压技术、微机控制技术和检测技术方面作了大量的工作，使注射机达到高效、高速、精密、节能、低噪音和高自动化水平。

2. 中空吹塑成型设备

随着中空塑料制品在工业领域的应用愈来愈广泛，中空吹塑成型设备的要求也就越高。出现许多新的技术和新的工艺如：多层成型、多种材料组合成型、三维形状复杂制品成型等

新技术相继开发成功并已投入批量生产；计算机控制技术在中空成型设备中得到了广泛的应用，可以采用计算机软件测定制品壁厚，用计算机控制多种原料共挤出或先后挤出过程，这些控制技术的应用，提高了中空成型工艺水平；中空成型设备的更新换代，在大型制品成型方面具有较强的竞争力。

3. 塑料挤出成型设备

目前，塑料挤出成型机研究工作的重点，已经从提高加工性能、改善生产经济性，转移到增加混炼功能等方面，并以此作为再生塑料的增值手段。

各个生产塑料挤出成型设备厂家未来主要研制设备方向是：加大挤出机的功率；增加反应性共混功能；研制高效双螺杆挤出机；开发节能、省料型挤出装置；提高挤出机控制系统的自动化水平。

4. 热成型设备

热成型是将塑料片材加工成各种制品的成型方法。因这种成型工艺的能耗和加工费用相对较低，材料适用面较宽，产品用途较为广泛。故热成型制品的应用领域发展到汽车、家电、建筑等领域的大型制件。

目前，热成型设备的生产水平不断提高，如成型工艺方法有了很大的改进；原料的选择范围越来越大；设备自动化程度显著提高；已经生产了节能型热成型机。

5. 滚塑成型设备

滚塑成型工艺是一种最古老且应用较少的成型工艺方法。滚塑工艺的优点主要在于固定资产投资生产成本相对较低，而且特别适用于生产那些高技术、高附加值的小型复杂制品。最近，滚塑工艺已成为欧洲塑料加工业中发展最快的一种工艺，预计今后年增长率将保持在9%以上。日本的一家公司，应用滚塑机和特殊的工艺开发多层的大型油罐，这是滚塑制品生产领域中的一项技术突破。

第二节 塑料制品应用

塑料材料应用以包装和建筑业消费为主，目前在发达国家中消费比例可以达到40%以上。现在塑料在电子、电气工业中的应用量迅速增加，日本已超过了建筑业占第二位。德国汽车运输业的应用量已超过建筑业居第二位。由于功能性塑料的开发，更多的塑料制品进入了医疗卫生领域。现在，塑料作为一种新型材料，正在迅速进入办公室自动化、海洋开发、信息产业等技术领域，并逐渐向其他领域拓宽。

一、塑料制品在包装领域的应用及发展

塑料最大的消费市场是包装。在发达国家塑料制品的消费总量中，包装材料占1/4以上。近年来，由于环保方面的要求，对塑料包装材料提出了不少新的性能要求，导致对塑料包装材料的发展有一些不利的影响。但其发展大大超出了其他包装材料。

为了满足包装市场新的要求，塑料包装材料正在进行新的发展，主要体现在：迅速开发新的塑料包装材料；不断研究新的包装性能；尽量适应新的环保要求。现在国内外塑料制品生产厂家开发出许多新型塑料包装材料，如适应食品、饮料包装的高阻渗包装材料和无菌包装材料，可以增加食品保鲜期，延长其存放寿命。开发了可适应微波炉、电磁灶加热和耐蒸煮的耐热包装材料；具有空气调节功能、适宜水果和蔬菜储存的保鲜包装材料等具有特殊性能和用途的功能性塑料包装材料。

由于环境保护问题日益得到人们的关注，世界各国塑料加工业对改进塑料包装材料的配

方设计和产品结构的设计十分重视，很多塑料制品生产厂家致力于开发薄型包装容器成型技术，使包装容器在确保使用要求的前提下尽量薄型化。同时，各生产厂家都十分重视适量包装，避免过剩包装，注意提高产品质量、延长使用寿命和增加包装容器的附加功能等，以此减少塑料包装材料废弃物的数量、缓解城市固体废弃物的处理问题。

二、塑料制品在建筑领域的应用及发展

由于塑料材料的综合性能和节能效果较好，塑料在建筑领域中仍具有巨大的市场潜力。如塑料门窗的大力发展；塑料内外墙装饰材料发展迅速；高性能采光塑料建材具有很大的发展潜力；利用塑料废弃物生产新型建筑材料引人关注。利用废弃塑料，不仅可以降低塑料制品的生产成本，而且可以解决废弃物污染环境的问题。国外已有采用回收的 PS 和 PU 废弃料与新料一起生产出防噪声建筑砌块；采用 PE 废弃物作为优质仿木复合材料的基材，生产出了高质量的仿木塑料建材；还利用回收的废弃 PS 泡沫板，再加工成新的隔热材料。

三、塑料制品在电子领域的应用及发展

随着计算机、光学复印机、打印机、传真机和其他商用办公自动化设备及电子产品的设计迅速向短、小、轻、薄的方向发展，塑料在电子电气工业领域的应用量也越来越大。

塑料在电子电气领域中应用和发展的趋势是：提高电子电气塑料件的耐热性能；研究新的混配工艺；开发小型精密制件；大力研制开发光纤塑料制品。

通信业的发展，带来了电缆市场的大发展，已开发出可改善阻燃性、减少毒性烟雾排放等性能的新型塑料制品。塑料光导纤维因其光学及力学性能良好，又具有足够的热性能，生产成本仅为玻璃光导纤维的三分之一，故其在短距离的通讯系统上占有很大优势。

四、塑料制品在汽车领域的应用及发展

由于汽车生产厂家对减轻汽车车体重量的要求更为迫切，促进了塑料在汽车领域中的应用。目前，高强度、质量轻的塑料产品正越来越广泛应用在交通运输领域中。

塑料在汽车领域应用的未来发展趋势是：原料品种选用方面竞争加剧；产品结构从外饰件向结构件发展。经过多年的开发和研究，汽车用塑料不再局限于生产外饰件，SMC 和 PP 复合材料已用于生产结构性内饰件，包括塑料发动机零部件，如油箱、进气歧管、阀门盖、电气元件等，这些制品的性能要求很高，使用条件相当苛刻，如耐高温、耐腐蚀、电绝缘性都要求十分优良。轿车底盘骨架结构已采用多彩复合塑料制成，这项技术被认为是当今世界汽车工业发展中最有前途的一项突破。

五、塑料制品在医疗卫生领域的应用及发展

医用塑料制品作为医用材料的重要组成部分，已成为塑料材料向高技术、高附加值发展的一个主要方向，并在生物和医学工程研究领域发展成为一门相当重要的边缘科学。

医用塑料可分为医用体外塑料制品和医用体内塑料制品两类。

在美国有 2/3 的玻璃医疗用具已被透明塑料所替代。在日本，除了 100ml 的注射器之外，其他全部使用一次性塑料注射器。医用体内塑料制品是指在人体内使用的各种医用塑料制品，如各种人体组织替代品、脏器以及药剂型的医用高分子材料，如人造心脏和心脏瓣膜、人造肺、人工肾、人造关节、人造骨、人造食管、整形材料、手术用缝合线、外科用胶黏剂等。其理化和力学性能必须满足医学装置和人工器官功能和设计的要求，如人造肾用的过滤膜和人造肺用的气体交换膜，要求具有特殊的透析与分离功能。

六、塑料制品在农业领域的应用及发展

塑料是农业生产中的一种重要生产资料，近年来虽然农用塑料消费量的增长速度减缓，

但在提高产品质量、开发新产品、拓宽应用领域和减少农田污染方面有了较大的进展。新型地膜、功能性农膜、可降解薄膜成为当今的应用和发展趋势。多色地膜、光选择性地膜、防虫除草地膜和针孔地膜是近年新开发的地膜。为了减少农田污染，保护土壤的生态平衡，研究人员正在积极开发可控降解薄膜，有的采用光控降解法，有的采用生物降解法，有的采用两者结合的方法，这项研究工作已成为当前塑料加工领域的热点课题。

第三节 塑料制品材料选择

一、塑料的一般特性

塑料的品种很多，不同品种的塑料具有不同的特性。尽管塑料品种较多，性能差别大，然而，塑料材料与其他材料相比仍具有共同的特性，主要表现为如下几个方面。

1. 质轻

塑料一般都比较轻，各种泡沫塑料的相对密度在 0.01~0.05 之间，普通塑料的相对密度一般在 0.9~2.3 之间。在要求减轻自重的用途中，塑料材料有着特殊重要的意义。

2. 优异的电绝缘性能

在电性能方面，塑料包含着极其宽广的指标范围。塑料的介电常数常常小到 2 左右，体积电阻率高达 $10^{16} \sim 10^{20} \Omega \cdot \text{cm}$ ，介电损耗低到 10^{-4} 。总之，大多数塑料具有良好的电绝缘性，一些塑料在高频、高压条件下也能作为电气绝缘材料和电容器介质材料。

3. 耐化学腐蚀性好

塑料的特点之一是耐化学腐蚀性优于金属和木材，它们一般有较好的化学稳定性，对酸、碱、盐溶液、蒸汽、水、有机溶剂等具有不同程度的稳定性。因此，塑料广泛地用作防腐材料。其中，聚四氟乙烯耐腐蚀性最好，被称为“塑料王”，能耐“王水”等极强的腐蚀性介质的腐蚀。

4. 减震、消音作用强

许多塑料由于柔软而富于黏弹性，当它受到外界的机械冲击震动或频繁的机振、声振等机械波作用时，塑料内部产生黏弹内耗，将机械能转变为热能而散发。如泡沫塑料可用来做隔音材料和减振材料。

5. 隔热性能好

塑料的热导率极小，比金属小上百倍甚至上千倍，是热的不良导体或绝热体，因而常被用作绝热保温材料。泡沫塑料的热导率与静止的空气相当。因此，聚苯乙烯、聚氨酯等许多泡沫塑料广泛应用于冷藏、建筑、节能装置和其他绝热工程。

6. 力学强度范围宽

塑料的力学强度范围宽广，从柔顺到坚韧甚至到刚、脆都有。大多数塑料模塑制品的刚度与木材相近。塑料的比强度接近或超过传统的金属材料的比强度。因此，普通塑料特别适用于受力不大的结构件。

7. 耐磨性能好

大多数塑料摩擦系数很小，有些塑料还具有优良的减摩、耐磨和自润滑特性。许多工程塑料制品的摩擦零件可以在各种条件下有效地工作。有些塑料的耐磨性为许多金属材料所不及。如，各种氟以及用氟塑料增强的聚甲醛、聚酰胺塑料就是良好的耐磨材料。

8. 透光性及其防护性能良好

许多塑料制品可以做成透明或半透明材料。像聚苯乙烯和丙烯酸类塑料和玻璃一样透

明，常被用做玻璃的替代品。大量用于既保暖又透光的农用薄膜利用的是聚丙烯、聚乙烯等材料。

综上所述，塑料的优点是许多天然材料所不能比拟的，故在工农业生产、日常生活、国防以及科技领域中获得相当广泛的应用。在建筑工程上的应用包括管材、沟槽、导线管、防潮层、地板、绝缘材料、外墙装饰以及门窗框架等。据统计，在国外塑料材料在建筑领域中用量约占其总产量的 20%；目前汽车制造业已成为塑料市场的主要用户，每辆汽车现在平均使用 100kg 以上塑料，而且这个量还在逐年增长；人造卫星和宇宙飞船中，塑料材料占其总体积的一半。塑料作为包装材料其消耗量占到塑料总产量的 20% 左右；在医学工程领域中的人体器官、医疗器械等也大多用塑料材料制成。

尽管塑料材料在各领域得到了广泛的应用，但它也存在许多缺陷。如，耐热性差，温度升高后强度很快下降，有些还会在温度升高和燃烧时释放出有毒性、刺激性或腐蚀性的气体；导热性较差，受热时膨胀系数较大，容易变形，热塑性塑料在载荷作用下发生蠕变；在日光、大气、热等的作用下会发生老化；有的塑料机械强度低等。然而，我们可以通过各种手段对塑料的这种缺陷加以改善，以满足各种需要。

二、塑料的分类

塑料的分类方法通常有以下几种。

1. 按塑料材料受热后的性能表现不同，塑料分为热塑性塑料和热固性塑料。

(1) 热塑性塑料 热塑性塑料为能反复加热软化和反复冷却硬化的塑料，如聚乙烯、聚丙烯、聚苯乙烯、聚氯乙烯等。

(2) 热固性塑料 热固性塑料则为经加热或其他方法固化时，能变成基本不溶、不熔产物的塑料，如酚醛塑料、脲醛塑料等。

2. 按用途分，有通用塑料、工程塑料和特种塑料。

(1) 通用塑料 一般指产量大、用途广、易成型、价廉的塑料，如聚乙烯、聚丙烯、聚氯乙烯、酚醛等塑料。

(2) 工程塑料 一般说来，工程塑料指可以作为工程材料的塑料或者说可以作为结构材料的塑料，有良好力学性能和尺寸稳定性能，且在高、低温下仍具有优良性能的塑料，如聚酰胺、聚砜、聚碳酸酯等。

(3) 特种塑料 一般指具有特种功能（如耐热、自润滑），可应用于特殊要求的塑料，如氟塑料、有机硅塑料等。

三、热塑性塑料的性能与应用

热塑性塑料一般为线型聚合物，可反复受热软化、熔融和冷却硬化，在软化、熔融状态下可进行各种成型加工。由于热塑性塑料在成型加工过程中几乎没有化学反应，因而能反复成型加工。

1. 聚乙烯

纯净的聚乙烯外观是乳白色蜡状固体粉末，微显角质状，无味无臭无毒。除薄膜外，其他制品皆不透明，这是由于制品具有较高的结晶度之故。

聚乙烯可以分为低密度聚乙烯（LDPE），密度范围 $0.91 \sim 0.925 \text{ g/cm}^3$ ，中密度聚乙烯（MDPE），密度范围 $0.926 \sim 0.94 \text{ g/cm}^3$ ，高密度聚（HDPE），密度范围 $0.941 \sim 0.97 \text{ g/cm}^3$ 。用高压法制得的一般是低密度聚乙烯，少数情况下可得到中密度聚乙烯。由低压法和中压法制得的是高密度聚乙烯。

聚乙烯的力学性能各项指标中，除冲击强度较高外，其他力学性能绝对值在塑料材料中都是较低的。一般而论，LDPE性能柔韧耐冲击，而HDPE的拉伸强度、刚度和硬度则优于LDPE，有利于制品的薄壁化和轻量化。

常温下，HDPE的断裂伸长率小，延展性差，但在适当的温度条件下，具有较大的拉伸倍数，利用这一点可获得高度取向的制品。

聚乙烯的力学性能随温度升高呈下降趋势，在受力情况下，即使很小的载荷其变形温度也很低。

聚乙烯的耐蠕变性较差，在负荷作用下，随着时间的延长而连续变形，产生蠕变，并随着负载增大，温度升高，密度降低而加剧。

聚乙烯受热后，随着温度的升高，结晶部分逐渐减少而无定形部分逐渐增多。结晶部分完全消失时，聚乙烯即熔化。结晶完全消失时的温度称为“熔点”。聚乙烯的相对分子质量超过1500后，分子量变化对其熔点就不再发生影响。不同密度的聚乙烯熔点不同。低密度聚乙烯的熔点为110~115℃，高密度聚乙烯的熔点为125~131℃范围。

随着温度的升高，聚乙烯的密度显著降低。相反，当聚乙烯熔融后，再进行冷却并降低其温度，它的密度显著增加。如聚乙烯自熔点温度降至25℃时，其密度增加约15%。所以熔融聚乙烯进行冷却时，容易产生内应力，处理不当会使其耐环境应力开裂性能下降。

聚乙烯本身无极性，决定了它有优异的介电及电绝缘性。它的吸湿性很小，小于0.01%，使得它的电性能不受环境湿度改变的影响。聚乙烯介电常数小，约在2.25~2.35之间；（介电损耗角正切 $\text{tg}\delta$ ）也很小，约为 $(2\sim5)\times 10^{-4}$ ；体积电阻率高，大于 $10^{14}\sim 10^{15}\Omega\cdot\text{m}$ ；低密度聚乙烯介电强度约为18.1~27.6kV/mm，高密度聚乙烯可达35kV/mm。由于是非极性材料，其介电性能不受电场频率的影响。

聚乙烯对各种介质的透气性与其在聚乙烯中的溶解度关系很大。通常，非极性介质的透过率大于极性介质的透过率。

聚乙烯是非极性结晶聚合物，因而具有优良的化学稳定性。室温下它能耐酸、碱和盐类的水溶液，如盐酸、氢氟酸、磷酸、甲酸、醋酸、氨、氢氧化钠、氢氧化钾以及各类盐溶液，即使在较高的浓度下对聚乙烯也无显著作用。但浓硫酸和浓硝酸及其他氧化剂会缓慢侵蚀聚乙烯。温度升高后，氧化作用更为显著。

聚乙烯内聚能密度在塑料材料中属于较低者，它的溶解度参数（ δ 值）约为 $16.5(\text{J}/\text{cm}^3)^{1/2}$ 。由于它的结晶结构和非极性，在室温下没有任何溶剂可使它溶解，仅可以在 δ 值与之接近的溶剂中溶胀；随着温度的升高，可以在 δ 值与之接近的溶剂中溶解。

聚乙烯在大气、阳光和氧的作用下也发生老化，具体表现为伸长率和耐寒性降低，力学性能和电性能下降，并逐渐变脆、产生裂纹，最终丧失其使用性能。

为了防止聚乙烯的氧化降解，便于贮存、加工和应用，一般使用的聚乙烯原料在合成过程中已加入了稳定化助剂，可满足一般的使用要求。在聚乙烯中添加抗氧剂和光稳定剂等助剂，可提高耐热老化性。

聚乙烯是通用塑料之中产量最大，并且应用最广的塑料品种。聚乙烯专用于高频绝缘，还可注塑成各种工业用品及日常用品，如生活用品中的水桶、各种大小的盆、碗、灯罩、瓶盖、茶盘、梳子、淘米箩、玩具、文具、娱乐用品等，也可制备自行车、汽车、拖拉机、仪器仪表中的某些零件。

2. 聚丙烯

聚丙烯 (PP) 在常温下为白色蜡状固体, 外观与高密度聚乙烯相似, 但比高密度聚乙烯轻和透明, 无臭无味无毒, 密度为 $0.90\text{g}\sim 0.91\text{g}/\text{cm}^3$, 是现有塑料中最轻的一种。

聚丙烯在室温以上有较好的冲击性能, 但由于它本身分子结构的规整度很高, 其低温冲击强度较聚乙烯低。除环境温度外, 聚丙烯的冲击强度还与等规度、分子量、成型加工条件有关。

聚丙烯的刚度和硬度比聚乙烯高, 二者均随等规度和熔体指数的增加而增大, 在同一等规度时, 熔体指数大的聚丙烯表现出高的刚性和硬度。显然, 这是由于分子量降低、结晶度增加的结果。

优良的耐弯曲疲劳性是聚丙烯的一个特殊力学性能, 把聚丙烯包片直接弯曲成铰链或注射成型的铰链, 能经受几十万次的折叠弯曲而不损坏。

聚丙烯有良好的耐环境应力开裂性, 它的分子量越大, 耐环境应力开裂性越好。

聚丙烯摩擦因数小于聚乙烯, 自身对磨时摩擦因数为 0.12, 对钢的摩擦因数是 0.33。

聚丙烯力学方面的缺点是韧性不够好, 特别是温度较低时脆性明显。

聚丙烯的熔融温度比聚乙烯约高 $40\sim 50^\circ\text{C}$, 一般约在 $164\sim 170^\circ\text{C}$, 100% 等规度聚丙烯熔点为 176°C 。

聚丙烯的耐热性稍高于聚乙烯, 无载下最高连续使用温度可超过 120°C , 轻载下可达 120°C , 低载下可达 110°C , 较重载荷下可达 100°C 。聚丙烯耐沸水、耐蒸汽性良好, 在 135°C 的高压锅内可蒸煮 1000h 不破坏, 特别适宜于制备医用高压消毒用品。聚丙烯的分子量对耐热性也有影响, 分子量提高, 热变形温度都会下降, 但耐寒性改善。

聚丙烯是属于非极性聚合物, 具有优良的电绝缘性, 并因其吸水率小于 0.01%, 它的电绝缘性不受环境湿度的影响。它的介电常数和介电损耗角正切值很小, 几乎不受温度和频率的影响, 因此, 可在较高温度和频率下使用。

聚丙烯易受空气中氧气的氧化。尽管它们在氮气等惰性气体环境中具有较高的热稳定性, 但当暴露在大气中, 特别是受到光和热的作用时, 它们的性质就逐渐变坏。

聚丙烯具有优良的化学稳定性, 除强氧化剂、浓硫酸、浓硝酸、硫酸与铬酸混酸等对它有侵蚀作用外, 其他试剂对聚丙烯无作用。

聚丙烯的注射制品表面光洁, 具有高的表面硬度和刚性、耐应力开裂、耐热, 聚丙烯可制备下列用途的制品: 如医疗器械具中的注射器、盒、输液袋、输血工具、病人用具; 一般用途机械零件中的轻载结构件, 如壳、罩、手柄、手轮、特别适用于制备反复受力的铰链、活页、法兰、接头、阀门、泵叶轮、风扇轮等; 汽车零部件如汽车方向盘、蓄电池壳、空气过滤壳、启动脚踏板、发动机等。

3. 聚氯乙烯

聚氯乙烯树脂 (PVC) 是白色或淡黄色的坚硬粉末, 密度约 $1.40\text{g}/\text{cm}^3$, 纯聚合物吸湿性不大于 0.05%, 增塑后吸湿性增大, 可达到 0.5%, 纯聚合物的透气性和透湿率都较低。

聚氯乙烯一般都加有多种助剂。不含增塑剂或含增塑剂不超过 5% 的聚氯乙烯称为硬聚氯乙烯, 含增塑剂的聚氯乙烯中增塑剂的加入量一般都很大, 使材料变软, 故称为软聚氯乙烯。助剂的品种和用量对材料物理力学性能影响很大。

由于聚氯乙烯是极性聚合物, 其固体表现出良好的力学性能, 但它力学性能的数值主要取决于分子量的大小和所添加塑料助剂的种类及数量, 尤其是增塑剂的加入, 它不但能提高聚氯乙烯的流动性, 降低塑化温度, 而且使其变软。通常, 在 100 份聚氯乙烯中增塑剂量大

于 25 份即变成软质塑料，伸长率增加，而拉伸强度、刚度、硬度等力学性能均降低；增塑剂加入量小于 25 份时为硬质或半硬质塑料，且有较高的力学强度。

聚氯乙烯是无定形聚合物，它的玻璃化转变温度一般为 80°C ， $80\sim 85^{\circ}\text{C}$ 开始软化，完全流动时的温度约是 140°C ，这时的聚合物开始明显分解。在现有的塑料材料中，聚氯乙烯是热稳定性特别差的材料之一，在适宜的熔融加工温度 $170\sim 180^{\circ}\text{C}$ 下会加速分解出氯化氢，在富氧气氛中会加剧分解。工业上生产的各品级和牌号的聚氯乙烯都加有热稳定剂。聚氯乙烯的最高连续使用温度在 $65\sim 80^{\circ}\text{C}$ 之间。

聚氯乙烯具有较好的电性能，是体积电阻和击穿电压较高、介电损耗较小的电绝缘材料之一，其电绝缘性可与硬橡胶媲美。随着环境温度的升高，其电绝缘性能降低；随着频率的增大，电性能变坏，特别是体积电阻率下降，介电损耗增大。聚氯乙烯的电性能还与配方中加入的增塑剂、稳定剂等品种和数量有关，与树脂的受热情况也有关。当聚氯乙烯了生热分解时，产生的氯离子会使其电绝缘性降低，如果大量的氯离子不能被稳定剂所中和，会使电绝缘性能明显下降。另外，树脂的电性能还与聚合时留在树脂中的残留物的数量有关。一般悬浮法树脂较乳液法树脂的电性能好。

聚氯乙烯的耐化学腐蚀性比较优异，除浓硫酸、浓硝酸对它有损害外，其他大多数为无机酸、碱类、无机盐类、过氧化物等对聚氯乙烯无侵蚀作用，可以作为防腐材料。

增塑后的聚氯乙烯耐化学腐蚀性有所降低，降低程度与增塑剂品种与用量有关。

聚氯乙烯可用来生产凉鞋、壳体、管件、阀门、泵等制品。聚氯乙烯注塑时必须使用螺杆注塑机，改变不同的模具，即可生产不同制品。在注塑硬质聚氯乙烯时，应选用聚合度较低的树脂、设计较好的热稳定体系和润滑体系，成型温度范围在 $160\sim 190^{\circ}\text{C}$ ，喷嘴温度一般比料筒最高温度低 $10\sim 20^{\circ}\text{C}$ 。

因其熔体黏度大，流动性差，宜采用较高的注塑压力，通常在 90MPa 以上，保压压力在 $60\sim 80\text{MPa}$ ，模具温度一般在 40°C 以下，螺杆转速一般控制在 $20\sim 50\text{r}/\text{min}$ ，成型周期除大型制品或超厚制品外，一般在 $40\sim 80\text{s}$ 。

4. 聚苯乙烯

聚苯乙烯是无色无臭无味的透明性刚硬固体，制品掷地时有金属般响声。聚苯乙烯的透光率不低于 88% ，雾度约 3% ，折射率较大，在 $1.59\sim 1.60$ 之间，具有特殊的光亮度，在储存时易泛黄。泛黄的原因之一在于单体纯度不够，特别是含有微量硫元素时；其二是聚合物在空气中缓慢老化引起发黄。聚苯乙烯较轻，相对密度在 $1.04\sim 1.065$ 之间。

聚苯乙烯属于硬而脆的材料，拉伸、弯曲等常规力学性能皆高于聚烯烃，但韧性却明显低于聚烯烃，拉伸时无屈服现象。

聚苯乙烯的力学性能还与温度有关。聚苯乙烯在常温下质硬且脆，无延伸性，其拉伸性能表现出拉伸至屈服点附近即断裂。但温度升高使分子热运动加剧，分子间距离增大，强度下降。聚苯乙烯的弯曲强度、压缩强度和冲击强度也都是随着温度的升高而降低。

聚苯乙烯属于弱极性聚合物，分子间作用力较小，耐热性较差，其负荷变形温度为 $70\sim 90^{\circ}\text{C}$ ，制品的最高连续使用温度承载的大小和时间有关，一般为 $60\sim 80^{\circ}\text{C}$ ，聚苯乙烯的脆化温度 -30°C 。

聚苯乙烯的耐热性受分子量大小的影响较小，但受苯乙烯单体含量的影响较大。若使残留单体含量从 0 升到 5% 时，流动性明显提高。但以这种方式改进材料的流动性是不可取的，因为在加工时，单体将会挥发，致使产品产生银纹等缺陷。