



职业教育课程改革规划新教材
机电类专业教学与考工用书

塑料模具设计

SULIAO MUJU SHEJI



吴光明 ◎ 主编



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS



赠电子教案

职业教育课程改革规划新教材
机电类专业教学与考工用书

塑料模具设计

主 编 吴光明
副主编 刘惠强 缪遇春
参 编 陈 巨 谭卫锋 马 广
黎习双 孔 君 邓承志
杨 书
主 审 胡松涛

常州大学图书馆
藏书章



机械工业出版社

本书共分十章,前三章介绍了常用塑料制品的相关知识。第四章、第五章分别介绍了注射模具的标准零部件和成型零件的设计。第六章详细讲述了塑料注射模的设计核心内容。第七章以两个塑料制品为实例,系统地讲述了注射模设计的过程。第八章则为读者综合列举了实际生产中各种不同注射模具的实例。第九章概要地介绍了塑件及塑料注射模 CAD/CAE/CAM 的体系和内容。最后一章讲述了塑料制品的常见问题及解决方法。在书后的附录中收集整理了部分与模具设计相关的资料。

本书作为一本理论与实际相结合的塑料模具设计入门的书籍,特别适合中高职、技校及大中专院校的学生作为教材,也可供工厂企业、科研院所等从事塑料成型工艺及模具设计、制造的工程技术人员使用。

图书在版编目 (CIP) 数据

塑料模具设计/吴光明主编. —北京:机械工业出版社, 2011. 7

职业教育课程改革规划新教材

ISBN 978-7-111-34789-7

I. ①塑… II. ①吴… III. ①塑料模具—设计—职业教育—教材
IV. ①TQ320.5

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2011) 第 151707 号

机械工业出版社 (北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

策划编辑:汪光灿 责任编辑:汪光灿 白 刚

版式设计:霍永明 责任校对:刘怡丹

封面设计:王伟光 责任印制:杨 曦

北京双青印刷厂印刷

2011 年 10 月第 1 版第 1 次印刷

184mm × 260mm · 20.5 印张 · 504 千字

0 001 — 3 000 册

标准书号: ISBN 978-7-111-34789-7

定价: 39.00 元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

电话服务

网络服务

社服务中心: (010) 88361066

门户网: <http://www.cmpbook.com>

销售一部: (010) 68326294

教材网: <http://www.cmpedu.com>

销售二部: (010) 88379649

读者购书热线: (010) 88379203 封面无防伪标均为盗版

前 言

现代生活中,随着各种性能优越的塑料不断开发,注射工艺越来越多地用于制造领域成形各种性能要求的制品。塑料注射成型工艺的最大特点是复制,能够复制出所需的任意数量的直接使用或者稍作处理即可使用的制品,是一种适宜大批量生产的工艺。虽然在设备和模具上投入较大,但是可以生产制品的数量非常之大,因而得到广泛的应用和快速的发展。

模具工业已成为现代加工制造业的重要组成部分,是“工业之母”。采用模具生产零件具有效率高、质量好、节能降耗、生产成本低等优点,已成为当代工业生产的重要手段和工艺发展方向。现代工业品的发展和技术水平的提高,在很大程度上取决于模具工业的发展水平。

目前,我国模具技术人员短缺,模具设计与制造专业技术人才已经成为“紧缺人才”。企业对模具人才的需求越来越大,培养高技能的模具专业人才已迫在眉睫。

本书是为了满足国家对模具、数控人才的迫切需要,根据教育部、国防科工委、中国机械工业联合会联合制定的职业教育模具设计与制造专业技能型紧缺人才培养的要求,邀请具有丰富教学和工厂实践经验的专家,并结合作者多年在塑料模具设计方面的教学与工作经验编写的。

本书共分十章,第一、二、三章分析了生产中常用塑料的组成及特性、成型原理、制品的工艺性、几何形状及设计中必须涉及的塑料的收缩、脱模斜度等问题。

第四章、第五章分别介绍了注塑模具的标准零部件和成型零件的设计,包括标准模架、注塑模具导向机构、结构零部件的设计、分型面的选择、成型零件的结构设计及工作尺寸的确定。

第六章详细讲述了塑料注射模的设计,包括浇注系统、排引气系统、侧向分型与抽芯机构、推出和复位机构及加热和冷却装置的设计等核心内容。

第七章以两个塑料制品为实例,系统地运用了前面章节的知识,介绍了注射模设计的过程。第八章则为读者综合列举了实际生产中各种不同注射模具的实例。

第九章概要地介绍了塑件及塑料注射模 CAD/CAE/CAM 的体系和内容。最后一章讲述了塑料制品的常见问题及解决方法。在书后的附录中收集整理了部分与模具设计相关的资料。

本书的主编有着多年的外资企业模具设计与制造的工作经验,从事模具相关领域职业教育与培训数年。作者把自己多年从事注射模具设计和制造的经验,以及潜心研究注射模具的体会融入书中,向读者介绍了一些比较实用的设计思路和方法。

本书以塑料模具设计原理为纲,对传统模具设计教学内容整合,从生产实际出发,除对主要零件明细和结构说明外,还在一些实例中针对性地对某些特点、技巧以及应注意的问题进行了点评,力求直观、通俗、实用。内容安排上,基本理论叙述以够用为度,突出实用性和可操作性。注重了工艺原理的实际应用,充实了大量现代模具设计与制造方面的先进技术,增加了与模具生产技术紧密结合的实例,采用文图配合的形式,将模具设计方法及经验融合到一个个实例中,让学生在 学习过程中,潜移默化地掌握塑料模具的结构和 设计方法。

本书避开了繁多的理论篇幅,以自身经验为主,以生产实践和日常遇到的制品为实例,取材精炼,深入浅出,教材内容与相关实践性环节配合默契、联系紧密。最大特点是实用性和系统化,可使读者对注射工艺和模具设计有较全面的认识。

本书由东莞市职业技能鉴定指导中心组织编写,吴光明任主编,刘惠强、缪遇春任副主编,胡松涛主审该书。陈巨、谭卫锋、马广、黎习双、孔君、邓承志、杨书等同志参与了编写工作,或提供了大量的帮助,东莞市技能鉴定指导中心提出了很多修改意见。在编写过程中,东莞市职业技能鉴定中心、东莞理工学校、东莞市高级技工学校、联合高级技工学校、长安职业高级中学、常平黄水职业中学、石碣职业中学、育才职业技术学校、智通职业技术学校、华粤职业技术学校、南华职业技术学校、南博职业技术学院、理工学院及东莞模具制造相关企业也给予了大力支持,在此一并表示衷心的感谢!

本书作为一本理论与实际相结合的塑料模具设计入门的书籍,特别适合中高职、技校及大中专院校的学生作为教材,也可供工厂企业、科研院所等从事塑料成型工艺及模具设计、制造的工程技术人员使用。

由于作者水平有限,时间仓促,书中难免有错误和欠妥之处,恳请读者和同仁批评指正。

作者的电子邮箱为 wgm2170@126.com。

作者

目 录

前言	
第一章 绪论	1
第二章 塑料及模塑工艺	6
第一节 塑料的组成及其特性	6
第二节 塑料的分类	8
第三节 热固性塑料	9
第四节 热塑性塑料	12
第五节 塑料的成型原理	19
习题	27
第三章 塑料制品的工艺性	29
第一节 塑料制品的精度	29
第二节 塑料的收缩	32
第三节 塑料制品的脱模斜度	36
第四节 塑料制品的结构工艺性设计	38
第五节 塑料制品的其他工艺设计	58
习题	61
第四章 注射模具标准零部件的设计	62
第一节 模具标准化	62
第二节 注射模的标准模架	63
第三节 注射模导向机构的设计	70
第四节 注射模结构零部件的设计	76
第五节 注射模的其他标准件	81
习题	87
第五章 分型面的选择与成型零件的设计	88
第一节 分型面的选择	88
第二节 成型零件的结构设计	94
第三节 成型零件工作尺寸的确定	106
习题	109
第六章 塑料注射模的设计	111
第一节 注射模的基本结构与类型	111
第二节 注射模与注射机的关系	121
第三节 浇注系统的设计	129
第四节 排气系统及引气系统的设计	147
第五节 热流道注射模	150
第六节 侧向分型与抽芯机构的设计	161
第七节 推出及复位机构的设计	187
第八节 加热和冷却装置的设计	214
习题	223
第七章 注射模设计实例	225
第一节 塑料模具设计的基本过程	225
第二节 注射模设计实例	229
第三节 模具的安装、试模与修整	237
第四节 模具的使用与维修	244
习题	250
第八章 塑料注射模实例	251
第九章 塑件及模具计算机辅助设计简介	270
第一节 概述	270
第二节 塑件 CAD	273
第三节 注射模 CAD	277
第四节 注射模具 CAE	284
习题	286
第十章 塑料制品常见问题及解决方法	288
习题	297
附录	298
附录 A 注射模常用术语中英文对照表	298
附录 B 中国大陆与中国香港、台湾地区模具术语对照表	302
附录 C 塑料代号及中文对照表	303
附录 D 部分注射机主要技术参数	304
附录 E 部分标准模架图例	305
附录 F 常用塑料的成型推荐值及应考虑的问题	317
参考文献	320

第一章

绪 论

一、塑料及塑料工业的发展概况

塑料工业是发展历史短但发展速度惊人的新兴工业之一。据统计,全世界的塑料年产量1910年为2万t,1930年为10万t,1950年为150万t,1970年为3000万t,1990年为1亿t。现今,塑料已成为四大工业基础材料(钢铁、木材、水泥和塑料)之一,21世纪将跨入塑料工业迅猛发展的时代。

塑料工业包括原料(合成树脂和助剂)生产、塑料成型加工工艺、塑料成型设备及成型模具四部分。随着塑料的生产及应用的扩大,塑料成型工艺得到逐步发展,相继产生了注塑成型、压铸成型、压缩成型、粉末成型、压注成型、挤出成型、压延成型、吹塑成型、发泡成型、热成型、气辅成型等成型加工方法,塑料成型工艺正向着高速、高效、自动化方向发展。塑料产量的提高和应用领域的扩大,也促进了成型设备和模具的不断发展。塑料成型设备向着大型化、微型化、高速化、自动化、精密化方向发展。同时在成型设备和模具设计及制造上引进了CAD/CAM/CAE等先进技术。

由于塑料具有质量轻、强度高、耐腐蚀、绝缘性好、易着色、制件可加工成任意形状,且生产率高、价格低廉等特点,所以应用日趋广泛,年增长居四大工业材料之首,已经深入到国民经济的各个部门。塑料的应用已涉及国民经济和生活中的各个方面,如仪表、汽车、家用电器、化工、建材、医疗卫生、农业、军事、航天和原子能工业中,塑料已经成为金属的良好代用材料,出现了金属零件塑料化的趋势。例如ABS塑料有1/4用于汽车、1/3用于家用电器和视听设备中。在建材应用上,各种塑料门窗、管道、地板革、异型材等应用日趋广泛。到2010年,塑料门窗和塑料排水管的普及率达到30%~50%。由于塑料材料具有不能被其他材料所替代的特性,使得塑料工业在促进现代科技发展、加速国防现代化建设、推进农业现代化、改善和提高人们生活方面,发挥着越来越重要的作用。

二、模具工业在国民经济中的重要性

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,因此广泛用于仪器、仪表、家用电器、汽车等行业。模具又是“效益放大器”,用模具生产的最终产品的价值,往往是模具价值的几十倍、上百倍。模具技术已成为衡量一个国家产品制造水平高低的重要标志,决定着产品质量、效益和新产品的开发能力,是“工业之

母”。美国工业界认为“模具工业是美国工业的基石”，日本则称“模具是促进社会繁荣富裕的动力”。

模具工业在我国国民经济中的重要性，表现在国民经济的五大支柱产业——机械、电子、汽车、石油化工和建筑，都要求模具工业的发展与之相适应，以满足五大支柱产业发展的需要。以汽车、摩托车行业模具市场为例，在工业发达国家，汽车、摩托车行业是模具的最大市场，其占整个模具市场的一半左右。汽车工业是我国国民经济五大支柱产业之一，汽车模具作为发展重点，已在汽车工业产业政策中得到明确。到2005年，我国汽车年总需求量约300万辆，汽车基本车型达到170种，更新车型和改装车型达430种；而且汽车换型时间不断缩短，轿车一般为3~4年，轻型车为4~5年，其他车型为6~8年。汽车换型时约有80%的模具需要更换，一个型号的汽车所需模具达几千副，价值上亿元。据介绍，到2005年，我国生产的各类汽车模具只能满足规划需要量的50%左右。1997年我国摩托车产量超过1000万辆，居世界第一。这其中共有4种排量，80多个车型，1000多个型号，到2000年生产能力达到2000万辆，每辆摩托车需模具近1000副，价值1000多万元。

目前，全世界的模具年产值有600~650亿美元。发达国家，如美国、日本、法国及瑞士等国家，模具出口约占本国模具年产值的1/3。

当前，由于产品品种增多，更新加快，市场竞争激烈，因此对模具的要求是交货期短、精度高及成本低，塑料成型模具正朝着高效率、高精度及高寿命的方向发展。随着现代产品对形状、尺寸、精度及零件整体性要求的提高，以及许多新材料、新工艺的广泛应用，对现代模具的结构形式和型腔形状的要求也日益复杂。许多精密塑料成型模具结构的复杂程度近似于一台精密机床，不仅型腔表面形状复杂，而且模具中零件的配套性要求极高，加工中必须保证多个模具之间几何形状的协调一致。

例如，塑料注射模具的设计具有三维几何形状复杂及运动配合精度要求高等特点，同时涉及模具强度计算、模具寿命计算及熔融塑料在模具中流动预测等复杂的工程运算问题，是一项综合性的复杂技术工作。只有在成型设备和模具设计及制造方面引入CAD/CAM/CAE先进技术，才能迅速地完模具各类尺寸的计算以及平衡浇注系统、模拟注射过程的计算和分析，通过反复交互，完成查询表格数据、零件目录，绘制模具图样和明细表等工作，使设计的模具达到尽可能的完美，让模具设计人员从繁重的重复劳动中解脱出来，有较多的时间从事创造性工作，以提高模具的设计质量。

模具标准化是发展模具生产技术的关键，包括模具设计、制造、材料、验收和使用等方面，是开展模具计算机CAD/CAM/CAE的前提。国外塑料模标准化程度很高，从材料、品种、规格、结构、精度及验收等都实现了标准化，而且还建立了模具标准结构典型组合。标准化是专业化生产的重要前提，也是提高劳动生产率，提高技术水平，提高产品质量，降低产品成本及改善劳动组织的最重要条件之一。模具的标准化程度越高，专业化生产越强，因而模具的生产周期越短，生产成本越低，模具质量越高；同时模具设计简化，交货期限缩短，产品更新换代迅速。我国结合实际情况，已制定出了塑料模国家标准，塑料模专业化生产工厂可提供标准件和标准模架。这些为简化设计，缩短制模周期，提高产品质量，提供了保证。

长期以来，我国对模具重视不够，没有认识到模具的重要性，各部门都用模具，但都不

管模具, 20 世纪 90 年代以前大专院校很少有模具专业。改革开放后, 国家开始重视模具工业的发展, 1984 年全国模具工业协会成立; 1989 年 3 月国家把模具列为机械工业技术改造序列的第一位, 生产和基本建设序列的第二位; 1997 年以后, 又把模具及模具加工技术和成型设备列入国家重点发展产业, 同时对 80 多家国有专业模具厂实行增值税返还 70% 的优惠政策, 扶植模具工业的发展。所有这些, 都充分体现了国务院和国家有关部门对发展模具工业的重视和支持, 也体现了模具工业在国民经济中的重要性。

三、塑料成型模具及其在塑料成型加工工业中的地位

模具是利用其本身的特定形状去成型具有一定形状和尺寸的制品的工具, 是工业生产中的重要基础装备之一。模具种类繁多, 用得最广泛的有: 冷冲压模、塑料模、压铸模、锻模、精密铸造模、橡胶模、玻璃模、陶瓷模等。其中尤以冷冲压模、塑料模和压铸模用量最大, 结构也最为复杂。成型塑料制品的模具叫塑料模具。

塑料制品的生产一般由塑料成型、机械加工、修饰和装配四个基本工序所组成。在这四个基本工序中, 成型是塑料制品生产过程中最重要的必不可少的工序。而塑料的成型如压缩模塑、挤出、注射模塑、泡沫塑料的成型、热成型等都需借助塑料模来完成的。塑料加工工业若离开了塑料模具, 其作用将一落千丈。

塑料模质量的好坏直接影响塑料制品的质量及成本。模具设计的合理与否, 直接关系到塑件能否成型、塑件质量能否满足要求、是否经济, 模具型腔的形状、尺寸、表面粗糙度、浇口的形式、大小、位置、分型面的位置、排气槽的设置、脱模机构的形式、顶出位置、模具温度的控制等对塑件的尺寸精度、形位精度、表面粗糙度, 以及塑件的物理性能、力学性能、电性能、内应力大小、各向同性、外观质量、气泡、凹痕、焦斑、银纹、变形等都产生着直接的十分重大的影响。

在塑料的成型加工过程中, 模具对生产率和操作的难易程度、工人的劳动强度也有较大的影响。大批量生产时, 应尽量减少开合模和取件过程中的手工操作, 多采用自动开合模和自动脱模机构。全自动生产时, 应能保证塑件从模具中自动脱落。当塑件生产批量不大时, 为减少模具费用在塑件成本中所占的比例, 应尽量采用结构合理而简单的模具。

在现代塑料成型加工工业中, 正确的加工工艺、高效的设备、先进的模具是影响塑件生产的三大因素, 而塑料模对塑料成型加工工艺的实现、保证塑件的质量起着极为重要的作用。高效自动化设备只有配备能适应自动化生产的模具才能充分发挥其效能, 产品的开发更新都以模具的更新为前提。随着塑料工业的不断发展, 对塑料制品的品种、数量、质量的要求将越来越高, 对塑料模的要求也将随之提高, 从而促进塑料模工业的不断发展。

对塑料模具的要求是:

- 1) 能生产出形状、尺寸、外观、物理性能、力学性能等各方面都能达到所要求的合格塑件。
- 2) 自动高效, 操作方便。
- 3) 结构合理, 制造方便, 制模成本低。
- 4) 塑件的修整及二次加工的工作量尽量减少。
- 5) 模具的结构和材料的选择应能满足寿命的要求。

四、塑料模具的分类

塑料模具的分类方法很多,不同的塑料成型方法需使用原理和结构各不相同的塑料模具。按成型方法,可将塑料模具分为以下几类。

1. 注射成型模具

注射成型模具又称注射模、注塑模。

注射成型是将塑料原料经注射机的料斗加到加热的料筒中,在注射机螺杆或柱塞的推动下,熔融的塑料经过注射机喷嘴,通过模具的浇注系统进入闭合的模具型腔,将模腔充满,经保压、冷却而硬化定型,然后打开模具取出塑件。注射成型所用的模具叫做注射成型模具。注射成型不但能成型形状复杂、精度高的塑件,而且生产效率高,自动化程度高,主要用于热塑性塑料的成型,是热塑性塑料成型的一种主要方法,也可用于热固性塑料的成型。注射模在塑料模中占有很大的比例。

2. 压制成型模具

压制成型模具又称压缩模或压模。

压制成型主要用于成型热固性塑料,也可用于成型热塑性塑料。成型热固性塑料时,将计量好的塑料直接加到加热的模具的加料室和(或)型腔中,然后合模,塑料在热和压力的共同作用下熔融流动,充满型腔。在热的进一步作用下,塑料分子发生交联反应,逐渐固化定型,然后打开模具,取出塑件。压制成型所用的模具叫压制成型模具。

3. 传递成型模具

传递成型模具又称压注模。

传递成型多用于热固性塑料的成型。将塑料原料加入预热的加料室中,然后通过柱塞施加压力,塑料在高温高压的作用下熔融并通过模具的浇注系统进入闭合的型腔,在模具型腔中继续受热受压而固化定型,打开模具,取出塑件。传递成型所用的模具叫传递成型模具。

4. 挤出成型模具

挤出成型模具又称机头。

挤出成型可成型几乎所有的热塑性塑料和部分热固性塑料。成型热塑性塑料时,将塑料原料经挤出机的料斗加到加热的料筒中,通过螺杆的转动使塑料熔融,并在一定压力的作用下通过具有特定断面形状的机头挤出,然后在较低温度下冷却定型,以得到具有所需断面形状连续型材。挤出成型所用的模具叫挤出成型模具。

5. 中空吹塑成型模具

由挤出或注射得到塑化状态的管状坯料,趁热置于模具型腔内,向管状坯料中通入压缩空气,使管坯膨胀贴紧模腔壁,经冷却定型得到中空塑件。中空吹塑成型所用的模具叫中空吹塑成型模具。

6. 真空、压缩空气成型模具

真空、压缩空气成型又叫热成型。成型时,将塑料板、片材加热软化,周边和模具周边贴紧,采用抽真空或通入压缩空气的方法,使塑料板、片材贴紧模具的凸模或凹模,经冷却定型得到塑件。真空、压缩空气成型所用的模具叫真空、压缩空气成型模具。

除了上述几种塑料模具外,还有铸塑模、泡沫塑料成型模具等。

五、本课程的性质、任务及要求

“塑料模具设计”这门课程是塑料成型加工专业、模具专业的一门重要专业课。近年来,一些机械类专业、数控技术专业也增设了模具设计课程,以适应国民经济发展对模具技术人才的需求。

通过本课程的学习,使学生达到以下几个方面的要求:

- 1) 了解注射成型、压制成型、传递成型对塑件的设计要求,能根据不同的塑料,不同的成型方法,分析塑件设计的优劣,对不合理处提出改进方案,能进行一般塑件的设计。
- 2) 掌握注射模常用结构的原理、特点及设计计算方法,能独立进行一般结构的注射模设计。
- 3) 熟悉热塑性、热固性塑料注射成型模具、压制成型模具、传递成型模具、挤出成型模具的常用结构类型及特点。
- 4) 了解试模的过程,能分析引起塑件各种缺陷的原因并提出合理的解决方法。
- 5) 了解塑料成型模具的试模、验收、使用和维修方面的知识,能提出由于模具设计或制造不当而造成各种塑件的缺陷、操作困难的原因及其解决的方法。
- 6) 了解其他模具的有关知识及模具 CAD/CAM。

由于本课程是实践性很强的专业课,其主要内容都是从生产实践中逐步积累而丰富起来的。除了要求学生掌握塑料模具设计的共性外,还要求学生善于对各种类型的成型模具结构进行分析,并能根据塑料制品的具体情况进行分析,选用合理的模具结构。为此,学生需通过现场见习或实验了解生产全过程,以提高课堂教学效果。同学们还需课外多阅读“塑料模具图册”,以丰富有关模具结构方面的知识,扩大思路。

随着塑料成型加工工业的不断发展,塑料模设计的理论和塑料模的结构等也在不断地创新提高、不断地发展,我们在学习塑料模基本知识的同时,还应注意学习国内外的新技术、新经验,发挥我们的聪明才智,为我国模具工业的发展做出贡献。

第二章

塑料及模塑工艺

第一节 塑料的组成及其特性

一、塑料的组成

塑料是一种可塑成型材料，它是以高分子聚合物为主要成分的混合物，在加热、加压等条件下具有可塑性，在常温下为柔韧的固体。所谓高分子聚合物，是指由许许多多结构相同的普通分子组成的大分子。它既存在于大自然中（称之为天然树脂），又能够用化学方法人工制取（称之为合成树脂）。

合成树脂是塑料的主体。为获得一定性能的塑料，通常在合成树脂中加入某些添加剂，如填充剂、增塑剂、着色剂等。由于添加剂所占比例较小，塑料的性能主要取决于合成树脂的性能。

塑料具有优良的成型和加工性能。在加热和加压下，利用不同的成型方法几乎可将塑料制成任何形状的制品。高分子聚合物常用来制造合成树脂、合成橡胶和合成纤维，这三大合成材料成为了材料工业的一个重要支柱。其中，合成树脂的产量最大，应用也最广。

塑料的主要成分包括以下部分：

1. 树脂

树脂是塑料中主要的必不可少的成分。它决定了塑料的类型，影响着塑料的基本性能。在自然界中存在着一些来自植物或动物分泌的有机物质，如松香、虫胶和琥珀等，称之为天然树脂。它们在受热后没有明显的熔点，能够逐渐变软，并具有可塑性。这些高分子有机物质产量低，性能也不理想。为了寻找天然树脂的代用品，人们模仿它们的成分，用化学方法人工地制取各种树脂。这种以人工方法制取的树脂称为合成树脂。最初制造合成树脂的原料为农副产品，以后改用煤，20 世纪 60 年代以后则主要来自于石油。

2. 填充剂

为了降低塑料成本，同时改进塑料的性能，有时在合成树脂中掺入一些廉价的填料（填充剂）。塑料的硬度、刚度、冲击强度、电绝缘性、耐热性、成型收缩率等皆可通过添加相应的填充剂而得到改善。

例如在酚醛树脂中加入木屑等填料，可以获得机械强度高的胶木，加入云母、石英和石

棉可提高塑料的耐热性和绝缘性。常用填充剂的形态有粉状、纤维状和片状三种。粉状填充剂如木粉、石棉粉、滑石粉、陶土、云母粉、石墨粉等；纤维状填充剂有石棉、玻璃纤维等；片状填充剂有纸、棉布、玻璃布等。填充剂的用量通常占塑料组成的 40%（质量分数）以下。填充剂与其他成分机械混合，它们之间不起化学作用，但具有与树脂牢固胶结的能力。

3. 增塑剂

增塑剂用来提高塑料的可塑性和柔软性，改善成型性能，降低刚性和脆性。常用的增塑剂是一些高沸点的液态有机化合物或低熔点的固态有机化合物。

增塑剂有使塑料的工艺性能和使用性能得到改善的一面，又有使树脂的某些性能如硬度、抗拉强度等降低的一面。塑料制品的老化现象就是由增塑剂中的某些挥发物质逐渐从制品中逸出而产生的。因此在塑料中应尽可能地减少增塑剂的含量。

4. 着色剂

合成树脂的本色大都是白色半透明或无色透明的。在工业生产中常利用着色剂来增加塑料制品的色彩。着色剂主要是起装饰美观作用，同时还能提高塑料的光稳定性、热稳定性和耐候性。一般要求着色剂的着色力强、色泽鲜艳、耐热、耐光。

常用的着色剂有有机颜料和矿物颜料两类。有机颜料如颜色钠猩红、黄光硫靛红棕、颜料蓝、炭黑等；矿物颜料如铬黄、绛红镉、氧化铬、铝粉末等。要使塑料具有特殊的光学性能，可在塑料中加入珠光色料、磷光色料和荧光色料等。

5. 润滑剂

润滑剂对塑料的表面起润滑作用，防止熔融的塑料在成型过程中粘附在成型设备或模具上。添加润滑剂还可改进塑料熔体的流动性能，同时也可以提高制品表面的光亮度。常用的润滑剂有硬脂酸、石蜡和金属皂类（硬脂酸钙、硬脂酸锌）等。常用的热塑性塑料聚乙烯、聚丙烯、聚氯乙烯和 ABS 等往往都要加入润滑剂。

6. 稳定剂

塑料在受热及紫外线、氧气的作用下会逐渐老化。因此，在大多数塑料中都要添加稳定剂，用以减缓或阻止塑料在加工和使用过程中的分解变质。根据稳定剂作用的不同，又分为热稳定剂、抗氧化剂及紫外线吸收剂等。有机锡化合物常用作聚氯乙烯的热稳定剂，酚类及胺类有机物常用作抗氧化剂，羟基类衍生物、苯甲酸酯类及炭黑等常用作紫外线吸收剂。

塑料除了上述几种主要成分外，还有阻燃剂、发泡剂、抗静电剂等。

二、塑料特性及用途

塑料有许多优良特性，应用十分广泛。

(1) 重量轻 一般塑料的密度与水相近，是钢的 $1/8 \sim 1/4$ ，铝的 $1/2$ 。虽然塑料的密度小，但它的机械强度比木材、玻璃、陶瓷等要高得多。有些塑料在强度上甚至可与钢铁媲美。这对于需要减轻自重的车辆、船舶和飞机有着特别重要的意义。例如，目前出现的塑料为车身的小轿车，车身重只有 186kg。

(2) 比强度高 按单位重量来计算材料的抗拉强度（比强度），塑料并不逊于金属。有些塑料，如工程塑料、碳纤维增强塑料等，还远远超过金属。所以一般塑料除制造日常用品外，还可用于工程机械中。纤维增强塑料可用作负载较大的结构零件。随着科技的进步，塑

料零件在运输工具中所占的比例越来越大。例如碳纤维和硼纤维增强塑料可用于制造人造卫星、火箭、导弹上的高强度、刚度好的结构零件。

(3) 化学稳定性好 塑料对酸、碱、盐等化学物质均有耐蚀能力。其中,聚四氟乙烯是化学性能最稳定的塑料,它的化学稳定性超过了所有的已知材料(包括金与铂)。它可以耐浓度达90%的浓硫酸、各种浓度的盐酸及碱液,被广泛用来制造管道、容器和化工设备中的零部件。

(4) 电绝缘、绝热、隔声性能好 塑料对电、热、声都有良好的绝缘性能,被广泛地用来制造电绝缘材料、绝热保温材料以及隔声吸声材料。塑料优越的电气绝缘性能和极低的介电损耗性能,可以与陶瓷和橡胶媲美。从一般的零件(如旋钮、接线板、插座等)到大型壳体(如电视机外壳等)都可以用塑料来制造,许多塑料已经成为不可缺少的高频材料。

(5) 粘结性能好 塑料一般都具有一定的粘结性能,可以与其他非金属或金属材料牢固粘结而制成复合材料和结构零件。例如,环氧树脂不但可以粘结木材、橡胶、玻璃、陶瓷等非金属材料,而且还可以粘结钢、铝、铜等金属材料,在模具制造中可以用于粘结固定凸模和导柱、导套等,因而被称为万能胶。

(6) 成型性能好 由于塑料在一定条件下具有良好的塑性,因而可以用各种高生产率的成型方法制造制品。

(7) 多种防护性能 上述塑料的耐蚀性、绝缘性等,皆体现出塑料对其他物质的防护性,塑料还具有防水、防潮、防辐射、防振等多种防护性能,被广泛地用来制造食品、化工、航天、原子能工业的包装材料和防护材料。

(8) 着色和光学性能 塑料着色范围广,可以染成各种颜色。塑料光学性能较好,具有良好的光泽。许多不加填料的塑料可以制成透明性良好的制品,如有机玻璃、聚苯乙烯、聚碳酸酯等都可制成品莹透明的制品。

塑料也存在着一些缺点。一般塑料的刚性差,如尼龙的弹性模量约为钢铁的 $1/100$;塑料的耐热性差,在长时间工作的条件下塑料的一般使用温度在 100°C 以下,在低温中易开裂。塑料的热导率只有金属的 $1/200 \sim 1/600$,这对散热而言是一个缺点;吸水性大,易老化,膨胀和收缩性较大等。这些缺点使塑料的应用受到一定的限制。但由于塑料有上述优越性,且针对其不足之处进行了改进,新型、耐热、高强度塑料的不断发展,因而塑料的应用越来越广泛,出现了金属零件塑料化的趋向。

第二节 塑料的分类

塑料的品种已达300多种,常见的约30多种,塑料的分类方法也很多。

一、按成型性能分类

根据成型工艺性能,塑料可分为热塑性塑料和热固性塑料。

1. 热塑性塑料

热塑性塑料主要由聚合树脂制成,加热时软化并熔融,成为可流动的粘稠液体,可成型为一定形状,冷却后保持已成型的形状。如果再次加热,又可以软化并熔融,可再次成型为

一定形状的制品,如此可反复多次。

由于热塑性塑料具有上述特性,因此,在塑料加工过程中产生的边角料及废品可以回收掺入原料中使用。

属于热塑性塑料的有聚乙烯、聚丙烯、聚氯乙烯、聚苯乙烯、丙烯腈-丁二烯-苯乙烯共聚物 (ABS 塑料)、聚甲基丙烯酸甲酯 (有机玻璃)、聚酰胺 (尼龙)、聚甲醛等。

热塑性塑料常采用注射、挤出或吹塑等方法成型。

2. 热固性塑料

热固性塑料在受热之初,具有可塑性和可溶性,可成型为一定形状。继续加热,当温度达到一定值后,塑件的形状固定下来不再变化,称为固化。如果再加热,不再软化,不再具有可塑性。在上述成型过程中,既有物理变化又有化学变化。

由于热固性塑料具有上述特性,因此制品一旦损坏便不能回收再用。

属于热固性塑料的有酚醛塑料、氨基塑料、环氧塑料、聚邻苯二甲酸二烯丙酯等。

热固性塑料常采用压缩或压注等方法成型,也可采用注射方法成型。

二、按塑料的性能及用途分类

按照用途塑料又可分为通用塑料、工程塑料以及特殊用途的塑料等。

1. 通用塑料

通用塑料是指用途最广泛、产量最大、价格最低廉的塑料。现在世界上公认的通用塑料有聚乙烯 (PE)、聚丙烯 (PP)、聚苯乙烯 (PS)、聚氯乙烯 (PVC)、酚醛 (PP) 和氨基塑料六大类,它们的产量约占世界塑料总产量的 80%。

2. 工程塑料

工程塑料是指在工程技术中作为结构材料的塑料,这类塑料的力学性能、耐磨性、耐蚀性、尺寸稳定性等均较高。由于它既有一定的金属特性,又有塑料的优良性能,所以在机器制造、轻工、电子、日用、宇航、导弹、原子能等工程技术部门得到广泛应用。

目前在工程上使用较多的塑料有聚酰胺、聚碳酸酯、丁二烯-苯乙烯共聚物 (ABS)、聚酰胺 (PA)、聚甲醛 (POM)、聚碳酸酯 (PC)、聚砜 (PSF) 及各种增强塑料。

3. 增强塑料

在塑料中加入玻璃纤维等填料作为增强材料,以进一步改善塑料的力学性能、电气性能,这种新型的复合材料通常称为增强塑料。增强塑料具有优良的力学性能,比强度和比刚度高。增强塑料分为热固性增强塑料和热塑性增强塑料。热固性增强塑料又称为玻璃钢。

随着塑料应用范围的不断扩大,工程塑料和通用塑料之间的界线越来越难划分。例如,聚氯乙烯 (PVC) 作为耐蚀材料已大量用于化工机械中,按用途分类,它又属于工程塑料。

第三节 热固性塑料

一、常用的热固性塑料

1. 酚醛塑料

酚醛塑料是以酚醛树脂为基加入各种添加剂所得的各种塑料。

(1) 酚醛树脂 (PF) 酚醛树脂是酚类 (通常用苯酚) 与醛类 (通常用甲醛) 经过缩聚反应而得到的高聚物。硬化后的酚醛树脂呈琥珀色, 耐矿物油、硫酸、盐酸的作用, 但不耐强酸、强碱及硝酸。酚醛树脂质脆, 表面硬度高, 刚度大, 尺寸稳定, 耐热性好, 在 250℃ 以下长期加热只会稍微焦化, 所以即使在高温下使用也不软化变形, 仅在表面发生烧焦现象; 它在水润滑条件下具有很小的摩擦因数 (0.01 ~ 0.03)。

酚醛树脂具有很高的粘结能力, 有利于制成多种酚醛塑料, 在商业上也是一种重要的粘结剂。

(2) 酚醛塑料的种类及用途 根据酚醛塑料的添加剂和用途不同, 可分为以下几种:

1) 酚醛塑料粉 (又称电木粉或胶木粉)。这种塑料是以木粉等为填料加上固化剂、促进剂、润滑剂、着色剂等制成。酚醛塑料粉广泛用于压制各种工作条件下的电器、高频无线电的绝缘结构零件。其制品的主要缺点是耐冲击性差, 不能用于制造承受较大冲击载荷的机械或仪器中的重要零件。

2) 纤维状酚醛塑料。它是在酚醛树脂中加入纤维状填料, 使之成为具有很高冲击强度的塑料。根据加入纤维状填料的种类不同又分为棉纤维酚醛塑料、石棉纤维酚醛塑料、玻璃纤维酚醛塑料等。这些塑料广泛用于制造耐磨零件 (如齿轮、凸轮、轴承、滚轮等)、制动零件 (如离合器和制动器中的摩擦片或制动块等), 以及电子、电器装备中的线圈骨架、开关、支架、绝缘柱等零件。

3) 层状酚醛塑料。这种塑料是各种片状填料经过浸渍酚醛树脂溶液制成的。根据填料不同又可分为纸层酚醛塑料、布层酚醛塑料、石棉布层酚醛塑料和玻璃布层酚醛塑料等。玻璃布层酚醛塑料又称为“玻璃钢”。这些塑料可以层压或卷绕成板、管、棒材及其他塑料制品。

2. 氨基塑料

氨基塑料是一种通用塑料, 它是以具有氨基 ($-NH_2$) 的有机化合物与甲醛缩聚反应而得到的树脂为基础, 加入各种添加剂的塑料。

(1) 脲甲醛塑料 以脲甲醛树脂为基础可以制成脲甲醛压塑粉、层压塑料、泡沫塑料和粘结剂。

脲甲醛压塑粉俗名电玉粉。这种塑料价格便宜, 具有优良的电绝缘性和耐电弧性, 表面硬度高, 耐油、耐磨、耐弱碱和有机溶剂, 但不耐酸; 着色性好, 塑料制品外观好, 颜色鲜艳, 半透明如玉, 故称电玉。但耐火性差, 吸水性大。脲甲醛压塑粉可制造一般的电绝缘件和机械零件, 如插头、插座、开关、旋钮、仪表壳等; 可制造日用品, 如碗、钮扣、钟壳等; 还可作为木材胶合剂, 制造胶合板和层压塑料。

(2) 三聚氰胺-甲醛塑料 以三聚氰胺-甲醛树脂为基础制成的塑料。其耐水性好, 耐热性比脲甲醛塑料高, 采用矿物填料时可在 150 ~ 200℃ 长期使用; 电性能优良, 耐电弧性好; 表面硬度高于酚醛塑料, 不易污染, 不易燃烧。但三聚氰胺-甲醛树脂成本高, 在氨基塑料中占的比例较小。

三聚氰胺-甲醛压塑粉主要用于压制耐热的电子元件、照明零件及电话机零件等; 以石棉纤维为填料的三聚氰胺-甲醛塑料, 常用于制造开关、防爆电器设备配件和电动工具绝缘件。三聚氰胺-甲醛树脂多作为装饰板的粘结剂。

3. 环氧树脂 (EP)

环氧树脂是含有环氧基的高分子化合物。环氧树脂的品种很多, 其中产量最大、应用最

广的是双酚 A 型环氧树脂。

未硬化的双酚 A 型环氧树脂是线型热塑性树脂，是糖浆色或青铜色的黏稠液体或固体。它能溶解于苯、二甲苯、丙酮等有机溶剂；可长期存放而不变质；粘结性能很高，能够粘合金属和非金属，是“万能胶”的主要成分；加入胺类或酸酐类等固化剂，可产生交联而固化。固化后的双酚 A 型环氧树脂化学稳定性好，能耐酸、有机溶剂，介电性能好，耐热性较高（约 204℃），尺寸稳定，力学强度比酚醛树脂和不饱和的聚酯树脂更高。但质脆，耐冲击差，使用时可根据需要加入适当的填料、稀释剂、增韧剂等，成为环氧树脂塑料，以克服其缺点提高其性能。

环氧树脂主要用做粘结剂、浇铸塑料、层压塑料、涂料、压制塑料等，广泛用于机械、电气等工业部门。它可以黏结各种材料；灌封与固定电子、电气元件及线圈，浇铸固定模具中的凸模或导柱、导套；经过环氧树脂浸渍的玻璃纤维可以层压或卷绕成型各种制品，如电绝缘体、氧气瓶、飞机及火箭上的一些零件，环氧树脂制成板几乎垄断了印制电路板；加入增强剂的环氧树脂塑料，可压制成结构零件；还可以作为防腐涂料。

二、常用热固性塑料的成型特性（见表 2-1）。

表 2-1 常用热固性塑料的成型特性

塑料名称	成型特性
酚醛塑料 (PF)	1) 成型性较好，适用于压缩成型，部分适用于传递成型，个别适用于注射成型 2) 含水分、挥发物，应预热、排气 3) 模温对流动性影响较大，一般超过 160℃时流动性迅速下降 4) 收缩及方向性较大 5) 硬化速度慢，硬化时放出热量大，厚壁大型塑料制品内部温度易过高，故易发生硬化不均及过热
氨基塑料	1) 常用于压缩成型和传递成型 2) 含水分及挥发物多，易吸潮而结块，使用时要预热干燥，要注意排气 3) 成型温度对塑料制品质量影响较大。温度过高易发生分解、变色、气泡、开裂、变形、色泽不匀，温度过低则流动性差、欠压、不光泽，故应严格控制温度 4) 流动性好，硬化速度快，因此装料、合模和加压速度要快 5) 性脆、嵌件周围易应力集中，尺寸稳定性差
有机硅塑料	1) 互流动性好，硬化速度慢，适用于压缩成型 2) 压制温度较高 3) 压缩成型后塑料制品要经高温固化处理
硅酮塑料	1) 主要用于低压传递成型，封装电子元件等 2) 流动性较好，易溢料，收缩小 3) 硬化速度慢，成型后需高温固化，要发生后收缩 4) 一般成型温度为 160 ~ 180℃，成型压力为 4 ~ 10MPa
环氧树脂 (EP)	1) 常用于浇注成型、低压传递成型，封装电子元件等 2) 流动性好，收缩小 3) 硬化速度快，装料后应立即加压，硬化时一般不需排气 4) 一般预热温度为 140 ~ 170℃，成型压力为 10 ~ 20MPa，保压时间为 36s/mm