

AO ZHU SHE MO JU

SU I

JU

SU LIAO ZHU SHE M

塑料注射模具设计

——入门到精通

张中元等 编著

AO ZHU SHE MO JU

SU I

JU

SU LIAO ZHU SHE M

SU LIAO ZHU SHE MO JU

AO ZHU SHE MO JU

SU I

U

SU LIAO ZHU SHE M

航空工业出版社

SU LIAO ZHU SHE MO JU

塑料注射模具设计

——入门到精通

张中元 张益华 李靖谊 编著

航空工业出版社

1999

内 容 提 要

本书共分 11 章,较全面地讲述了塑料注射成型模具设计以及相关的基础知识,注射模具的各组成部分的设计、注射生产质量问题和对策,以及计算机技术在注射塑料模具设计方面的应用。全书将塑料性能、组成、注射成型工艺、注射塑料制品设计等有机地融于一体。本书概念清晰易懂,理论深入浅出,并配有大量实用的模具结构图例和设计示范。在内容上注重实践,并有效地引用基本理论作指导。最后还介绍了注塑模具 CAD/CAE/CAM 新技术。

本书可作为高等工科院校及大中专学校的机械制造、机械工程、压力加工、塑料加工、模具设计与制造等专业的教科书或教学参考书,也可作为从事注塑成型、塑料加工、模具设计与制造的工程技术人员、业务人员以及自学者系统学习注射塑料模具设计及相关技术的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

塑料注射模具设计:入门到精通/张中元等编著. —北京:航空工业出版社, 1999. 1

ISBN 7-80134-324-7

I. 塑… II. 张… III. 塑料模具-设计 IV. TQ320.5

中国版本图书馆 CIP 数据核字(98)第 07733 号

航空工业出版社出版发行

(北京市安定门外小关东里 14 号 100029)

北京地质印刷厂印刷

全国各地新华书店经售

1999 年 1 月第 1 版

1999 年 1 月第 1 次印刷

开本:787×1092 1/16

印张:21.75

字数:540 千字

印数:1—3000

定价:38.00 元

前 言

塑料是继陶瓷和金属之后的第三大材料——高分子材料,它的崛起深刻地影响着人类的生活和进步。塑料具有许多陶瓷和金属无法比拟的优越性能,因此广泛地应用于现代工业和日常生活之中。

塑料原材料变成注射塑料制品必须经过加工成型过程,此过程由物料准备、设备选用、注射模具设计和制造,以及注射成型工艺组成。模具设计是其中一重要的部分,起着举足轻重的作用。为便于读者全面、系统地掌握注射塑料模具的设计知识,我们将塑料材料性能基本知识、注射成型工艺基础理论和注射塑料模具结构设计三者有机地结合起来编写此书。

本书全面地叙述了高分子材料的特性、注射成型工艺的理论基础、注射塑料制品的设计和结构工艺性,以及注射塑料模具设计知识。着重讨论了注射塑料模具各部分的设计要领,并给出了大量的结构实例图。同时,介绍了CAD/CAE/CAM技术在注射塑料模具中的广泛应用。

全书共分11章,其中第1~3章由张中元、童国权、王卫瑛编写,第4~10章由张益华编写,第11章由李靖谊编写。并由张中元和张益华统编全书。全书由李士嘉教授和倪振中高级工程师主审,由张春宁、沈惠如、韩瑛和于敏负责全书的描图工作,在此表示深切的谢意。

塑料模具技术涉及知识面广,综合性和实践性强,编写难度较大,如有错误和不妥之处,恳请读者批评指正。

目 录

绪论	(1)
0.1 塑料和塑料工业的发展	(1)
0.2 塑料制品的生产工业系统	(3)
0.3 塑料成型工艺的发展	(4)
第1章 高分子材料和塑料成型理论基础	(6)
1.1 高分子材料的概念	(6)
1.1.1 高分子化合物	(6)
1.1.2 高分子化合物的合成	(9)
1.1.3 高分子材料的分类	(11)
1.2 聚合物的分子结构及其特性	(12)
1.2.1 高分子内和高分子间相互作用	(12)
1.2.2 高分子链结构	(13)
1.2.3 高分子链的构象及柔顺性	(15)
1.2.4 高分子的聚集态结构	(17)
1.3 高聚物的物理和力学性能	(21)
1.3.1 线型无定形高聚物的三种力学状态	(22)
1.3.2 晶态高聚物的力学状态	(24)
1.3.3 体型高聚物的力学状态	(24)
1.3.4 高聚物的基本特性	(25)
1.4 高聚物在注射成型过程中的特性	(30)
1.4.1 聚合物的加热和冷却	(30)
1.4.2 聚合物的取向	(32)
1.4.3 聚合物熔体的流动和流变行为	(34)
1.4.4 成型过程中聚合物的化学变化	(48)
1.5 常用塑料材料及其性能	(51)
1.5.1 塑料的组成	(51)
1.5.2 塑料的分类和性能	(52)
1.5.3 常用塑料及其性能	(58)
1.5.4 增强塑料、塑料合金及其性能	(75)
1.5.5 塑料材料的填料与助剂	(79)
第2章 注塑工艺及注射塑料制品设计	(89)
2.1 注射模塑成型工艺概述	(89)
2.1.1 注射成型工艺过程	(89)
2.1.2 注射成型的前后处理	(91)
2.2 注塑机的基本结构及技术参数	(92)

2.2.1	注塑机的基本类型	(92)
2.2.2	注塑机的基本结构及作用	(94)
2.2.3	注塑机的技术参数	(98)
2.3	注射成型工艺参数及控制	(101)
2.3.1	温度	(101)
2.3.2	压力	(102)
2.3.3	时间(成型周期)	(103)
2.4	其他注射成型	(106)
2.4.1	热固性塑料的注射模塑	(106)
2.4.2	注射吹塑	(108)
2.4.3	拉伸吹塑	(109)
2.4.4	注射模塑新工艺	(109)
2.5	注塑成型制品缺陷及解决办法	(111)
2.6	注塑成型制品的选材	(113)
2.6.1	选材要求	(113)
2.6.2	选材方法	(118)
2.7	注塑成型制品的设计及结构工艺性	(118)
2.7.1	注塑制品的尺寸和精度	(119)
2.7.2	塑料制品的表面质量	(122)
2.7.3	塑料制品的结构设计及工艺性	(123)
第3章	注射模具的分类和基本结构	(136)
3.1	注射模具的典型结构	(136)
3.1.1	注射模具的组成	(136)
3.1.2	注射模具的典型结构	(137)
3.1.3	模具零件的名称和作用	(138)
3.2	注射模具的分类	(138)
3.2.1	分类准则	(138)
3.2.2	注射模具的基本种类	(140)
3.3	注射模的基本结构	(141)
3.3.1	两板式模具(标准模具)	(141)
3.3.2	三板式模具	(141)
3.3.3	绝热和热流道系统模具	(142)
3.3.4	堆垛模具	(142)
3.3.5	家族模(一模多腔不同塑件)	(143)
3.3.6	带侧凹成型的模具	(143)
3.3.7	嵌件模具	(145)
3.4	注射模具的工作条件和失效形式	(146)
3.4.1	注射模具的工作条件	(146)
3.4.2	常见的失效形式	(146)

3.5	模具材料及选用	(147)
3.5.1	注射模具对材料的要求	(147)
3.5.2	常用模具材料及选用	(149)
3.5.3	注射模具新材料简介	(151)
3.6	注射模具设计的基本程序	(152)
第4章	浇注系统设计	(154)
4.1	普通浇注系统	(154)
4.1.1	浇道及流道	(154)
4.1.2	浇口	(159)
4.2	无冷凝回料的浇注系统	(169)
4.2.1	多腔模具绝热流道	(169)
4.2.2	多腔模具热流道	(171)
4.2.3	单腔模具的绝热流道	(175)
4.2.4	延伸喷嘴	(176)
第5章	脱模机构设计	(178)
5.1	简单脱模和复位机构	(178)
5.1.1	简单脱模机构	(178)
5.1.2	复位机构	(185)
5.2	定模侧简单脱模机构和双脱模机构	(186)
5.2.1	定模顶出机构	(187)
5.2.2	双脱模机构	(187)
5.2.3	定模侧脱模动力源	(187)
5.3	二次脱模机构	(189)
5.3.1	单推顶板二次脱模机构	(189)
5.3.2	双推顶板二次脱模机构	(192)
5.3.3	液压和气动二次顶出	(195)
5.4	多分型面的定距分型机构	(196)
5.4.1	弹簧定距分型机构	(196)
5.4.2	摩擦型定距分型机构	(197)
5.4.3	导柱制动销定距分型机构	(197)
5.4.4	滑块式定距分型机构	(198)
5.4.5	拉钩式定距分型机构	(198)
5.5	侧抽芯机构和先复位机构	(199)
5.5.1	侧抽芯机构	(199)
5.5.2	先复位机构	(223)
5.6	螺纹脱模	(226)
5.6.1	拼合型模具脱螺纹	(227)
5.6.2	自动开合型芯脱螺纹	(227)
5.6.3	旋转机构自动脱螺纹	(228)

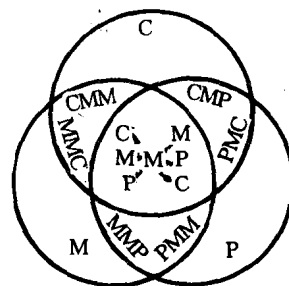
5.7	浇注系统的脱模	(231)
第6章	成型零件的设计	(235)
6.1	模具分型面	(235)
6.2	凹模(动模)的结构设计	(239)
6.3	型芯的结构设计	(242)
6.4	排气槽的设计	(243)
6.5	成型零部件的工作尺寸计算	(244)
6.5.1	工作尺寸分类及有关约定	(244)
6.5.2	影响塑料制品尺寸精度的因素	(245)
6.5.3	成型零部件工作尺寸计算方法	(248)
6.6	型腔的强度和刚度计算	(260)
6.6.1	圆形型腔尺寸计算	(261)
6.6.2	矩形型腔尺寸计算	(264)
第7章	模具的温度控制	(274)
7.1	模具的冷却	(274)
7.1.1	模具的冷却时间	(274)
7.1.2	模具中冷却通道设计原理	(276)
7.1.3	冷却的实例	(277)
7.1.4	冷却控制系统	(281)
7.2	模具的加热系统	(282)
第8章	合模导向机构	(286)
8.1	导柱导向机构设计	(286)
8.1.1	导柱典型结构及要求	(286)
8.1.2	导向孔、导套的典型结构及要求	(287)
8.1.3	导柱与导套配合实例	(289)
8.1.4	导柱布置	(289)
8.2	锥面定位机构设计	(289)
第9章	设计实例	(291)
9.1	分析塑件构思方案	(291)
9.2	总装草图设计	(291)
9.3	完成总装图和零件图	(294)
第10章	模塑及模具质量	(297)
10.1	概述	(297)
10.2	模塑产品设计中的问题	(297)
10.2.1	难纠正的产品设计问题	(297)
10.2.2	其他和产品设计不良有关的成型缺陷	(299)
10.2.3	产品设计的工艺性校核	(300)
10.3	模具设计审核	(300)
10.3.1	模具设计检验	(300)

10.3.2	模具设计对模塑质量的影响	(301)
10.4	模具制造检验	(302)
10.4.1	模具外观检验	(302)
10.4.2	模具动作检验	(302)
10.5	试模生产	(302)
10.5.1	热塑性塑料注射模试模	(303)
10.5.2	试模问题及对策	(304)
第 11 章	注塑模具 CAD/CAE/CAM	(309)
11.1	注塑模具 CAD	(309)
11.1.1	注塑模具结构 CAD	(309)
11.1.2	注塑模具流道系统 CAD	(311)
11.1.3	模具优化设计和成本估算	(313)
11.2	注塑模具 CAE	(313)
11.2.1	注塑成型流动模拟	(314)
11.2.2	注塑模具冷却系统模拟	(317)
11.3	注塑模具 CAM 简介	(321)
11.4	注塑模具 CAD/CAE/CAM 的发展	(322)
11.4.1	专用软件举例	(322)
11.4.2	CAD/CAE/CAM 集成软件举例	(323)
11.4.3	结束语	(327)
附录		(328)
附录 I	塑料及树脂缩写代号	(328)
附录 II	塑料专业常用法定计量单位与其他单位的换算表	(330)
附录 III	常用热塑性塑料的成型性能	(333)
参考文献		(337)

绪 论

金属、塑料和陶瓷是当今世界使用最广的材料。随着科学的发展和人类进步的需要,产生了花样繁多的复合材料和功能材料。在图 0-1 中,两个或三个圆覆盖处出现了各种复合材料。

两种有密切联系的材料橡胶和塑料,对人类现代生活产生了巨大的影响,并改变了人类的生活方式。特别是塑料,已渗透到我们日常生活的每个角落。



0.1 塑料和塑料工业的发展

塑料是什么?定义很多。英语谓“Plastic”,即可捏成形状的物质。实际上,塑料是一种经加热加压能用模具制成某种特定形状,并使其硬化定型的物质。这类物质是以合成的或天然的高分子化合物为基本成分的材料。

图 0-1 金属—塑料—陶瓷及其复合材料
C—陶瓷;M—金属;P—塑料

1820 年英国人 Thomas Hancock 发现,橡胶经塑炼会变得有可塑性,并能流动,这才出现了塑性一词 Plastic。1839 年美国入 Charlas Goodyear 发现,与硫磺一起加热的橡胶比生橡胶更富有弹性,并能定型,这又出现了硫化一词 Vulcanization。1851 年出现了有弹性的硬质橡胶,并产生了橡胶工业。这不仅是橡胶工业的里程碑,同时也是塑料史上的重要一页。1856 年英国人 Alexander Parkes 发现在感光的火棉中,熔剂蒸发后留下的固体残渣是一种硬而有弹性的角质物质,并能防水;他于 1862 年展出了硝化纤维素塑料(Parkesine),并为此被授勋。1865 年美国入 John Wesley Hyatt 用此制成了代替象牙的桌球。1872 年正式命名为“赛璐珞”(Celluloid)。这是通过有机物聚合反应生成的第一种塑料材料,也可以说是现代塑料工业的里程碑。1872 年 Adolf Bayer 用甲醛反应得到树脂状物质,1899 年 Aithur Smith 获得了关于酚醛树脂的第一个英国专利(16874 号)。10 年后, Lee Hendrik Baekeland 控制和改进反应,使酚醛树脂进入工业生产,成了第一个进入工业生产的合成树脂。

本世纪新型塑料相继出现,如聚苯乙烯、聚氯乙烯、聚烯烃和聚甲基丙烯酸甲酯。至今,几乎每年以产生上千种合成物的速度在发展。

第二次世界大战以前,塑料原料主要从植物和天然橡胶中提取,战后从煤中提取。石油工业是从第一次世界大战后发展起来的,最初只能裂解出低分子量的产物,而后逐步生产出二氯乙烷、氯乙烯和乙二醇等。从此,各种塑料原料不断涌现,其制品源源不断出现、改进和发展。全塑料的船艇、飞机壳体和汽车壳体,全塑料房屋和家具、家用电器上的塑料零件比比皆是,在航天飞机、人造卫星和空间站上也许多塑料制品。塑料原料主要依靠石油工业和煤炭工业,由于能源紧缺,又重新采用植物原料,并开辟新的原料——海洋生物。

塑料的发展极快,40 年代到 70 年代增长率最快,绝对产量逐年增加。表 0-1 列出近几年主要塑料材料的产量。

表 0-1 1993~1995 年世界上主要塑料材料的产量及构成

(单位:万吨)

年份 数字 项目 国家或地区	1993			1994			1995		
	产量	增长率(%)	构成比(%)	产量	增长率(%)	构成比(%)	产量	增长率(%)	构成比(%)
美国	3123.2	3.7	29.3	3414.2	9.3	29.6	3580.0	4.9	29.9
日本	1224.8	-2.6	11.5	1330.4	6.4	11.3	1402.7	7.6	11.7
德国	994.8	-0.3	9.3	1113.0	11.9	9.7	1110.0	-0.3	9.3
韩国	577.7	11.8	5.4	622.2	7.7	5.4	680.0	9.3	5.7
法国	480.0	1.1	4.5	505.0	5.2	4.4	520.0	3.0	4.3
荷兰	390.0	-0.4	3.7	400.0	2.6	3.5	410.0	2.5	3.4
中国台湾省	346.5	-1.5	3.3	385.2	11.2	3.3	397.6	3.2	3.3
比利时	335.5	0.7	3.1	442.7	32.0	3.8	450.0	1.6	3.8
意大利	310.0	-0.5	2.9	330.0	6.5	2.9	330.3	0.0	2.8
中国	297.0	2.8	2.8	320.0	7.7	2.8	350.0	9.4	2.9
其他	2572.1	3.3	24.1	2694.9	4.8	23.4	2729.0	1.3	22.8
合计	10651.0	2.2	100.0	11530.6	8.3	100.0	11959.3	3.7	100.0

我国发展塑料工业从 50 年代末开始,60 年代石油工业发展,促进了塑料工业的飞速发展,70 年代引进成套设备,使聚乙烯、聚丙烯和聚氯乙烯的生产不仅产量增加而且品种和质量上了新台阶。80 年代建立了几个大型乙烯工程,使塑料工业成为轻工业的支柱产业。90 年代又建立了几个大型工程,并扩建了几个大型乙烯工程,使产量达到近 500 万吨。预计到 2000 年,塑料产量能达到 800 万吨,表 0-2 表示我国解放后的产量增长情况,增长幅度很大,但人均消费量远远落后于发达国家,1994 年我国人均消费量为 6 千克。表 0-3 列出一些国家 1993~1994 年的人均消费量。

表 0-2 我国塑料产量的增长

(单位:万吨)

年份	1952	1965	1979	1986	1993	1997	2000
产量	0.2	30	78	180	300	500*	800*

* 预计数。

表 0-3 一些国家 1993~1994 年塑料人均消费量 (单位:万吨,人均年消费量:千克)

年份 数字 项目 国家	进口		出口		国内消费量		人均年消费量		备注
	1994	1993	1994	1993	1994	1993	1994	1993	
美国	183.9	147.8	345.1	3153.0	3253.0	2918.0	124.3	111.5	
日本	58.5	51.8	277.9	228.0	1084.0	1048.3	86.7	84.0	
德国	529.0	446.7	643.0	510.5	999.0	904.2	124.9	113.1	
法国	—	245.0	—	375.0	—	350.0	—	60.3	
比利时	—	225.7	—	444.6	—	116.1	—	117.0	
意大利	275.0	249.5	114.0	105.5	491.0	454.0	86.1	80.9	
西班牙	117.1	90.8	123.4	94.1	242.4	209.0	60.9	53.2	
奥地利	101.0	70.7	109.2	76.1	91.8	89.9	114.8	112.8	
英国	—	273.5	—	117.6	—	363.5	—	62.9	
澳大利亚	33.4	31.6	15.2	16.1	126.0	107.0	60.2	61.5	
巴西	—	16.2	—	64.3	—	178.8	—	11.2	
智利	239.0	217.0	32.0	36.0	252.0	226.0	18.7	16.7	
墨西哥	65.0	57.0	32.0	36.0	200.0	181.0	26.0	24.0	
南非	125.0	110.0	98.0	149.0	716.0	640.0	17.5	16.4	

塑料已成为继陶瓷和金属之后的第三大原材料。它们的结合形成了更新颖、更高效、更特殊材料,以满足不同的需求。

表 0-4 我国和日本塑料用于各部门的比例 (%)

	包装	日用	农业	机械	建筑	电器电子	运输	玩具	其他	统计年份
中国	26	11	16	14	7	8	5	2	11	1992
日本	26.2	9.5	7	11.1	11.5	12.6	9.6	3	9.3	1987

0.2 塑料制品的生产工业系统

从塑料原材料到塑料制品,它所经过的生产流程,见图 0-2 所示。它由三个既相关又独立的部门组成:Ⅰ为塑料原料生产;Ⅱ为塑料生产;Ⅲ是塑料制品生产。这三个生产部门组成了塑料制品生产的工业系统。经常是Ⅰ和Ⅱ或Ⅱ和Ⅲ组合在一起。

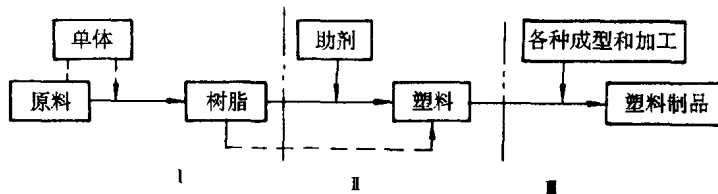


图 0-2 塑料制品的生产工业系统

塑料经过各种成型和加工成制品,一般需要四个过程,见图 0-3。在成型前后为了保证塑料制品的质量和满足特定的要求需要进行前、后处理。前处理有预压、预热、干燥等,又称预处理;后处理有去应力处理等。各种塑料有各自比较适应的成型工艺方法,表 0-5 列举了各种塑料适用的工艺方法。

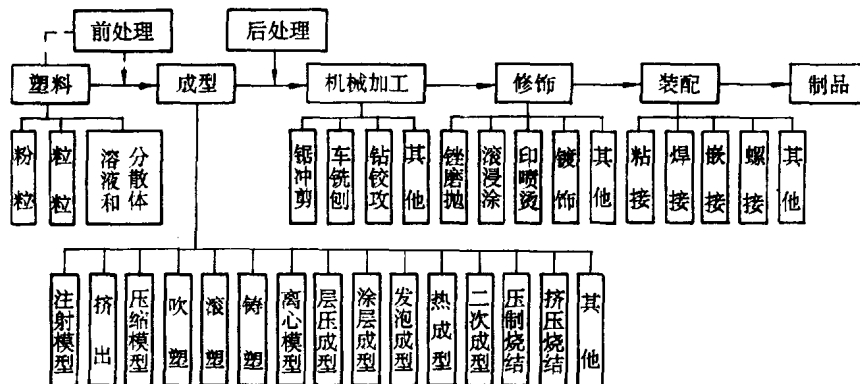


图 0-3 塑料材料→塑料制品的生产过程

表 0-5 各种塑料及其成型工艺

塑料品种	适应性	成型方法	注射	挤出	压缩	压注	吹塑	层压		浇铸	滚塑	压延	发泡	板材成型	
								高压	低压					热成型	冷成型
聚乙烯	○	○	△				○						○	△	
聚丙烯	○	○					○				△		△	△	△
聚氯乙烯	△	○	△				○			△	○		○	○	△
聚苯乙烯	○	○					○					△	○	○	△
ABC	○	○					△					△	○	○	△
AS	○	△					△								
聚酰胺	○	○	△				△	△							
聚甲基丙烯酸甲酯	○	○	△				△		△	△			○		
聚碳酸酯	○	○	△				△		△	△			△		△
聚甲醛	○	○					△								△
聚苯醚	○	○					△								
聚偏二氯乙烯		○	△												
聚四氟乙烯		△	○								△				
醋酸纤维素塑料	○	○					△				△			△	
硝酸纤维素塑料		△	△										○		△
酚醛	○		○		○		○		△				△		
环氧树脂	△		○		○		△	○	○						
三聚氰胺-甲醛塑料	△		○		○		○						△		
脲甲醛	△		○		○		○		△				△		
不饱和聚酯	△		○		△			○	△						
聚氨酯	○	△	△		△		△		○				○	○	
聚邻苯二甲酸二烯丙酯	△		○		△		△		○						△

注：○—最适用的方法；△—可采用的方法。

0.3 塑料成型工艺的发展

塑料成型工艺有三个要素：原材料、成型设备及工艺条件成型模具，见图 0-4。

塑料成型加工成制品，首要的问题是塑料物料可成型性，即成型加工的难易程度。这不仅与塑料本身物理、化学和力学特性有关，而且与物料塑化、流动、充模的工艺条件有关。解决这个问题过去主要靠人的经验，但无法圆满解决这类问题。学者们进行了大量的理论和实验研究工作，用计算机模拟成型过程已经进入实用阶段。

随着塑料品种和制品的日益增加，成型工艺不断创新，以注射成型和挤出成型创新最多，板材热成型技术也迅速发展。随着制品要求精密化（尺寸公差在 0.05~0.01mm）、微型化（注射量值 0.1~0.05g）、超大型化（15~20×10⁴g），设备和模具随之精密化、微型化和超

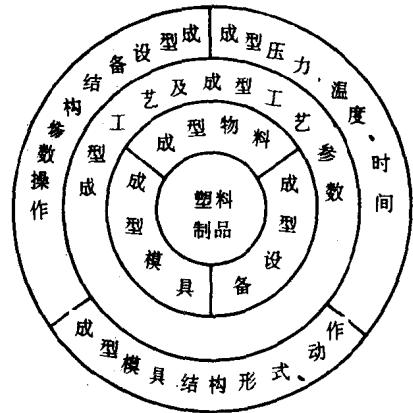


图 0-4 塑料成型工艺三要素之间关系

大型化。电脑全自动控制已在挤出、注射、热成型中实现。但是，模具设计与制造落后于设备和工艺方法的发展，表现在模具设计与制造水平低、生产周期长，使用寿命短。最近两个五年计划

内引进了高精度的加工设备,使我国的模具制造技术上上了一个台阶。例如,全自动双缸洗衣机成套注塑模、25 英寸以上的电视机成套注塑模、小轿车上的成套注塑模,以及精密仪表中微型齿轮和轴等,不仅满足设计精度要求,而且周期大大缩短,为产品更新创造了有利条件。模具的技术进步直接影响到新产品开发和投产。因此,模具 CAD/CAM 技术的应用就显得十分重要。我国一些大型集团公司都引进了模具 CAD/CAM 系统,已在发挥作用;中小企业也积极研制适合本单位的小型模具 CAD/CAM 系统,起了一定作用,但局限性很大。

模具的标准化和专业化是长期困扰我国模具发展的问题。目前先进国家标准化达 70%,专业化达 80%,而我国仅为 20%和 5%。模具标准化和专业化是缩短模具制造周期,降低模具成本的重要手段,只有加速我国模具的标准化和专业化,才能使模具制造产生质的变化。

第1章 高分子材料和塑料成型理论基础

塑料是以合成的或天然的树脂为基本成分,附加填料和各种助剂,在一定条件下塑化成型,最终能保持形状不变的材料。通常,按加热时的性能变化可分为两大类:热塑性塑料和热固性塑料。按应用范围又可分为仅能作为一般用途的通用塑料和工程塑料。前者量大、价廉,主要有聚乙烯、聚丙烯、聚氯乙烯、聚苯乙烯和酚醛塑料、环氧塑料等。后者是一类适合于广泛的温度、压力和化学物理环境下使用的材料,例如聚酰胺、聚碳酸酯、聚甲醛、聚苯醚、聚酯和聚氨酯、有机硅树脂等;这类塑料量小、价高,但性能好,可取代许多有色金属和少数黑色金属。近十年来,为了提高塑料的性能和提供特殊需要,又出现了塑料合金,它的综合性能优于一般单组分塑料。

塑料成型是将塑料转变为有用的制品的一种工程技术。在所有的成型过程中,首先应对塑料在该过程中所表现的各种物理和化学行为有足够的认识,才能进行合理的原料配方,制定合适的工艺,并进而对所用的工艺装备提出合理的要求。本章首先介绍聚合物的基本概念,并简要叙述塑料在成型过程中所表现出的一些共同的物理和化学行为;而后介绍塑料的分类、特征和应用,以及常用塑料、填料和助剂的性能。

1.1 高分子材料的概念

1.1.1 高分子化合物

高分子化合物是分子量特别大的一类化合物。一个高分子中可能包含成千上万个原子,原子之间以共价键连接起来。高分子的分子量可高达几万、几十万甚至上百万。自然界中存在的纤维素、淀粉、蛋白质和天然橡胶等都是由高分子组成的,人工合成的各种塑料(如聚乙烯、聚氯乙烯、酚醛等)、橡胶(如顺丁橡胶、丁腈橡胶等)和纤维(如锦纶、涤纶、腈纶等)也是由高分子组成的。表1-1中列举了一些物质的分子量。

表 1-1 几种物质的分子量

化 合 物			分 子 量
低分子	无机	铁	55.8(原子量)
		水	18
		石英	60
	有机	甲烷	16
		苯	78
		三硬脂酸甘油酯	890
高分子	天然	天然纤维素	≈570000
		丝蛋白	≈150000
		天然橡胶	200000~500000
	合成	聚氯乙烯	12000~160000
		聚甲基丙烯酸甲酯	50000~140000
		尼龙 66	20000~25000

高分子材料的分子量虽然很大,但其化学组成一般都比较简单。表现在两个方面:组成高

分子的元素主要是碳、氢、氧、氮和硅等几种元素；整个高分子只不过是许多简单的结构单元重复连接起来的长链而已。以聚乙烯为例，它是由许多个乙烯小分子聚合起来的，其中只包含碳和氢两种元素。它的分子链结构模型如图 1-1 所示。

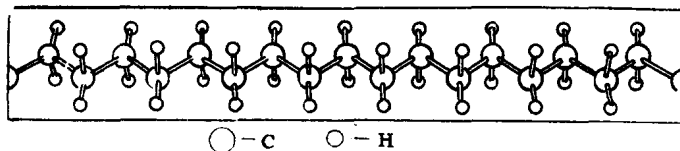
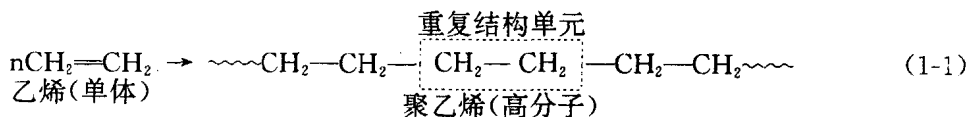
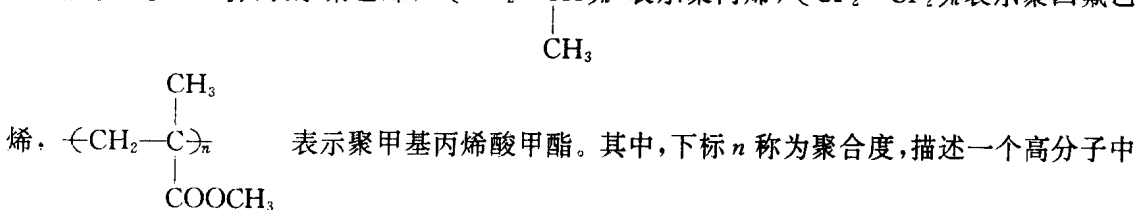


图 1-1 聚乙烯分子链结构示意图

合成高分子所用的小分子原料称为单体，在分子中称为重复结构单元，又叫做链节。在很多情况下，单体和重复结构单元的组成基本相同。高分子由 n 个重复结构单元连接起来，用 $(-\text{CH}_2-\text{CH}_2)_n$ 表示聚乙烯， $(-\text{CH}_2-\text{CH})_n$ 表示聚丙烯， $(-\text{CF}_2-\text{CF}_2)_n$ 表示聚四氟乙



包含重复结构单元的数目。显然，高分子的分子量(M)应该是重复结构单元分子量(m)和聚合度(n)的乘积，即

$$M = m \times n \quad (1-2)$$

高分子化合物由大量高分子链组成，各个高分子链的链节数不相同，长短不一样，分子量不相等。高分子化合物中各个分子的分子量不相等的现象叫做分子量的多分散性。多分散性在低分子化合物中是不存在的，它是高分子化合物的一大特点。高分子化合物的多分散性，决定了它的物理-机械性能的大分散度。由于多分散性，高分子化合物的分子量用平均分子量 \bar{M}_w 表示。即，按高分子重量分布求出的统计平均分子量，其表达式为

$$\bar{M}_w = \sum W_P M_P = \frac{\sum n_P M_P^2}{\sum n_P M_P} \quad (1-3)$$

其中， W_P 是分子量为 M_P 的分子所占的重量份数； n_P 是分子量为 M_P 的分子数； M_P 是聚合度为 P 的高分子的分子量。

以上列举的几个高分子化合物中，主链全都是碳原子。高分子化合物品种很多，有些高分子化合物的主链上不仅仅是碳原子，还有环状结构。根据主链结构可将高分子分为下列四类：(1)碳链高分子——主链上仅含有碳原子；(2)杂链高分子——主链上除碳原子之外，还有氧、氮或硅等原子；(3)元素有机高分子——主链上没有碳原子，只有硅、硼、磷、氧、氮等原子；(4)芳杂环高分子——主链上有芳环或杂环。

由许多单体聚合而成的高分子化合物又称聚合物，对聚合度很高的又称高聚物。表 1-2 给出了一些常见高聚物的名称和分子中的重复结构单元。

表 1-2 几种常见高聚物的名称及其分子中的重复结构单元

高聚物名称	重复结构单元
聚乙烯	$-\text{CH}_2-\text{CH}_2-$
聚丙烯	$-\text{CH}_2-\underset{\text{CH}_2}{\text{CH}}-$
聚苯乙烯	$-\text{CH}_2-\underset{\text{C}_6\text{H}_5}{\text{CH}}-$
聚氯乙烯	$-\text{CH}_2-\underset{\text{Cl}}{\text{CH}}-$
聚丙烯腈	$-\text{CH}_2-\underset{\text{CN}}{\text{CH}}-$
聚甲基丙烯酸甲酯	$-\text{CH}_2-\underset{\text{COOCH}_3}{\overset{\text{CH}_3}{\text{C}}}-$
聚四氟乙烯	$-\text{CF}_2-\text{CF}_2-$
聚甲醛	$-\text{CH}_2-\text{O}-$
聚苯醚	$-\text{C}_6\text{H}_4(\text{CH}_3)_2-\text{O}-$
聚丁二烯(1,4)	$-\text{CH}_2-\text{CH}=\text{CH}-\text{CH}_2-$
聚异戊二烯(1,4)	$-\text{CH}_2-\underset{\text{CH}_3}{\text{C}}=\text{CH}-\text{CH}_2-$
聚氯丁二烯(1,4)	$-\text{CH}_2-\underset{\text{Cl}}{\text{C}}=\text{CH}-\text{CH}_2-$
聚二甲基硅氧烷	$-\underset{\text{CH}_3}{\overset{\text{CH}_3}{\text{Si}}}-\text{O}-$
聚酰胺(尼龙)6	$-\text{NH}-(\text{CH}_2)_5-\overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}}-$
聚酰胺(尼龙)66	$-\overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}}-(\text{CH}_2)_4-\overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}}-\text{NH}-(\text{CH}_2)_6-\text{NH}-$
聚对苯二甲酰对苯二胺(芳纶 49)	$-\overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}}-\text{C}_6\text{H}_4-\overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}}-\text{NH}-\text{C}_6\text{H}_4-\text{NH}-$