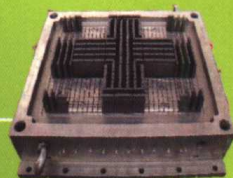


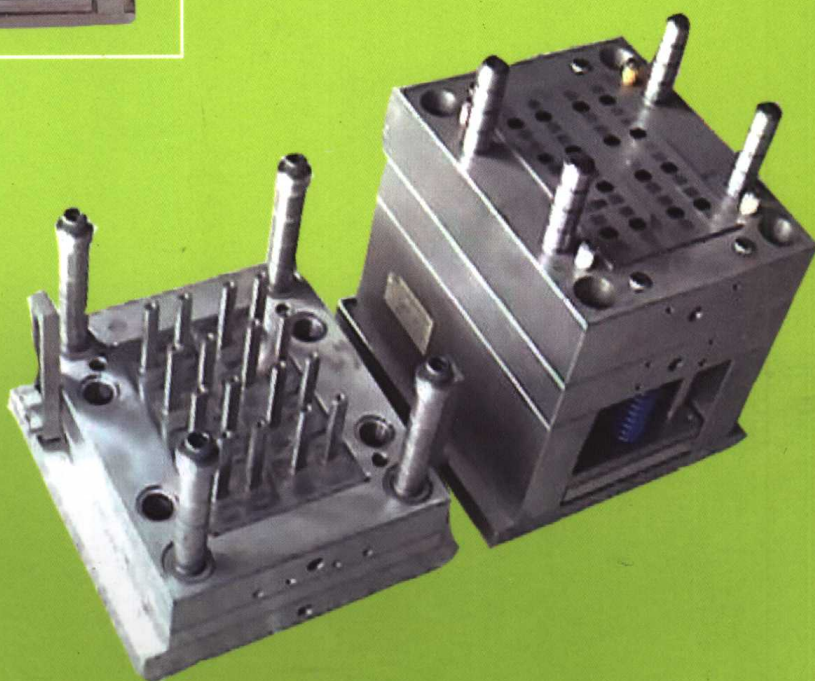
■ 张维合 编著

ZHUSU MUJU SHEJI

SHIYONG JIAOCHENG

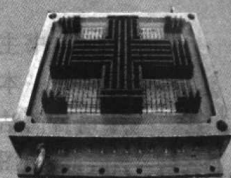


注塑模具设计 实用教程



化学工业出版社

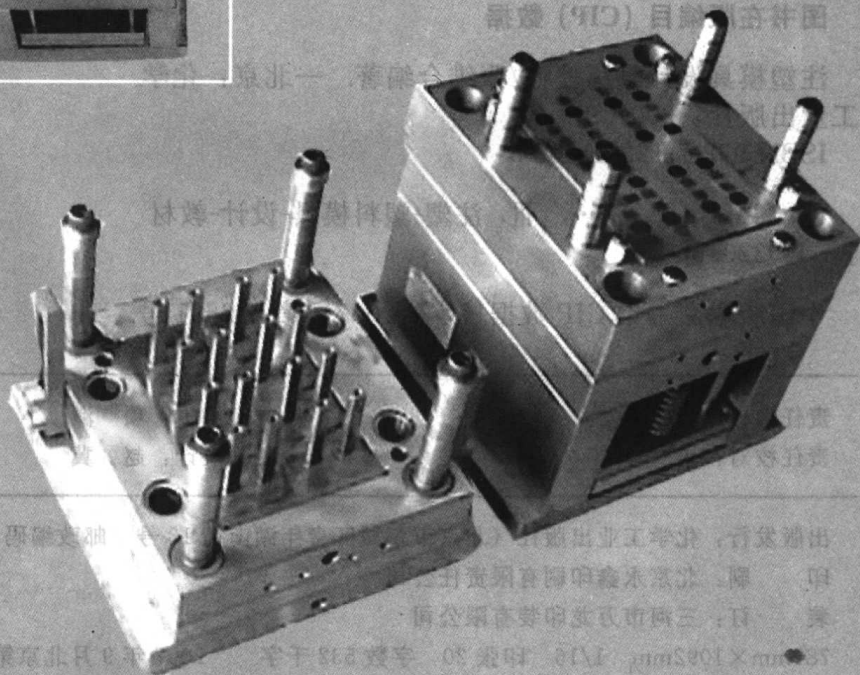
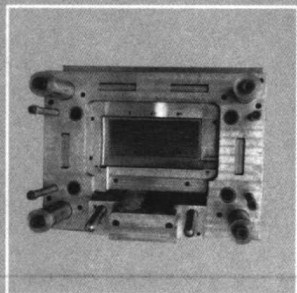
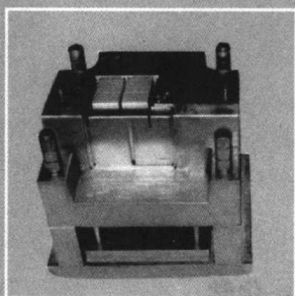
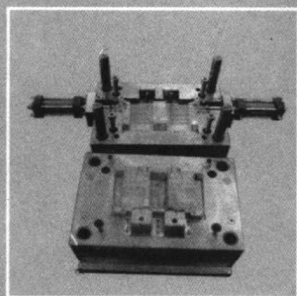
张维合 编著



ZHUSU MUJU SHEJI

SHIYONG JIAOCHENG

注塑模具设计 实用教程



化学工业出版社

·北京·

本书主要特点是所选模具结构先进齐全,内容丰富,实用性强,配有大量的模具结构实例,是一本能较真实反映中国模具发展最快的珠江三角洲地区注塑模具发展水平的教材。书中语言简洁,表格和公式等技术资料翔实,并附有很多实用性强的模具设计经验数据和资料。书中图例丰富,尤其是配有大量立体图,使模具结构更加形象具体,简明易懂。

本书分上、中、下三篇。其中上篇为基础篇,详细介绍了与注塑模设计相关的塑料知识、塑料制品结构知识和注塑成型与注射机知识。中篇为模具结构篇,详细介绍了注塑模八大组成部分的设计内容、设计要点,以及快速发展的热流道模设计。下篇为实战篇,主要介绍注塑模的设计步骤、设计内容、设计实例,模具钢材选用,塑料制品次品分析与对策,注塑模精密成型技术等。

本书的内容是根据实际工作中模具设计的步骤依次展开的,其目的—是为了使学生能更容易接受,二是希望学生学完后能做到零距离就业。

本书适合于大、中专院校模具专业的学生学习参考,也适合欲从事模具设计工作的工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

注塑模具设计实用教程/张维合编著. —北京:化学工业出版社, 2007.9

ISBN 978-7-122-01002-5

I. 注… II. 张… III. 注塑-塑料模具-设计-教材
IV. TQ320.66

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2007)第 128631 号

责任编辑:王苏平

文字编辑:项 激

责任校对:宋 玮

装帧设计:赵 冀

出版发行:化学工业出版社(北京市东城区青年湖南街 13 号 邮政编码 100011)

印 刷:北京永鑫印刷有限责任公司

装 订:三河市万龙印装有限公司

787mm×1092mm 1/16 印张 20 字数 532 千字 2007 年 9 月北京第 1 版第 1 次印刷

购书咨询:010-64518888(传真:010-64519686) 售后服务:010-64518899

网 址: <http://www.cip.com.cn>

凡购买本书,如有缺损质量问题,本社销售中心负责调换。

定 价:38.00 元

版权所有 违者必究

前 言

塑料是 20 世纪人类的重大发明，它的发明和广泛使用，为人类的物质文明谱写了新的篇章，大大推动了人类社会的进步和繁荣。在科学技术高度发达的美国，塑料的体积使用量已超过钢铁，以塑代木，以塑代钢，已是大势所趋。

中国是制造业大国，产品是制造业的主体，模具是制造业的灵魂，模具的发展水平决定了制造业的发展水平。塑料的广泛使用直接带动了注塑模的飞速进步和发展，这一方面导致企业对模具设计人才的大量需求，另一方面也对模具设计人才的培养提出了更高的要求。肩负着模具设计培养人才重任的大、中专学校和职业技术学校（院），目前的形势既是一种机遇，又是一种挑战，为了不断地向企业提供更多更好的模具设计人才，我们必须与时俱进。

珠江三角洲地区是中国制造业中心，最早沐浴了改革开放的春风，在注塑模设计与制造方面由于吸收了港、台地区及日、美等企业先进的理念，早已一马当先，与内地比较领先 5~10 年（广东省模具协会秘书长李立赐先生语）。编者 1987 年毕业于，曾在大型兵工企业 5318 厂（浙江嘉兴市）和大型合资企业正大集团（上海市）从事注塑模具设计工作。1993 年南下广东东莞，曾在龙昌国际集团等多家大型外资企业从事注塑模设计，对珠江三角洲地区的注塑模发展有切身体会，对复杂先进的模具结构和设计理念更是了然于胸。2005 年初从事模具教学工作后，便将传授注塑模设计的先进理念作为使命。受学校浓厚的模具学术氛围影响，编者开始着手编写一本符合珠江三角洲地区注塑模发展现状的教材。两年来，编者走访了珠江三角洲十几家大型模具制造公司，广泛收集了他们的模具设计资料，凭着 18 年的模具设计经验和两年多的模具教学经验，编写出《注塑模设计实用教程》一书，希望借此为中国的模具设计人才培养贡献绵薄之力。

本书分上、中、下三篇，共 18 章。上篇为基础篇，共 4 章，详细介绍了与注塑模设计相关的塑料知识、塑料制品结构知识和注塑工艺与注射机知识。中篇为模具结构篇，共 10 章，详细介绍了注塑模八大组成部分的设计内容、设计要点，以及快速发展的热流道模设计。下篇为实战篇，共 4 章，主要介绍注塑模的设计步骤、设计内容、设计实例，模具钢材选用，塑料制品次品分析与对策，注塑模精密成型技术等。

本书主要特点是所选模具结构先进齐全，内容丰富，实用性强，配有大量的模具结构实例，是一本能较真实反映中国模具发展最快的珠江三角洲地区注塑模具发展水平的教材。书中语言简洁，表格和公式等技术资料翔实，并附有很多实用性强的模具设计经验数据和资料。书中图例丰富，尤其是配有大量立体图，使模具结构更加形象具体，简明易懂。本书的内容是根据实际工作中模具设计的步骤依次展开的，其目的一是为了使学生能更容易接受，二是希望学生学完后能做到零距离就业。

本书在编写过程中得到了东莞智通职业技术学校、广东省模具协会和东莞市南博职业技术学院的大力支持，东莞市智通人才连锁有限公司总经理苏琳女士、广东省模具协会秘书长李立赐先生、东莞市智通职业技术学校校长李纲领先生、副校长王慧丽女士、副校长张本昌先生以及东莞市南博职业技术学院继续教育学院院长刘志扬先生和实训中心主任熊根水先生都对本书进行了详细的策划和审阅，并提供了一些先进的模具结构资料。在此一并表示感谢！同时，对他们在模具教育方面所做的探索和贡献深表敬意！另外，本书在编写过程中，还参考了多家大型模具制造企业的设计资料，这些企业包括：伟易达集团，精英制模有限公司，富士康科技有

限公司，誉名实业有限公司，忠信制模（东莞）有限公司，龙记集团，富达金五金塑胶有限公司，联盛塑料五金模具有限公司，美的模具有限公司，模仁科技股份有限公司，东莞英济模具有限公司，龙昌集团和力图玩具有限公司等。

本书可作为大、中专院校模具设计专业以及模具培训学校的教材，也可作为工厂模具工程技术人员的培训教材。对目前正从事注塑模设计与制造的工程技术人员来说，本书也是一本极具实用价值的参考书。

由于时间仓促，加之水平有限，书中难免存在一些不足，敬请读者批评指正。有任何问题或意见请致电：0769-22543132。或发邮件到：allenzhang0628@126.com。

谨以此书献给有志于从事注塑模设计的莘莘学子，
和正从事于注塑模设计的工程技术人员！

编者

2007年8月

目 录

上篇 基础篇

第 1 章 塑料及其性能	1	2.1.8 聚氯乙烯	19
1.1 塑料的概念	1	2.1.9 聚碳酸酯	20
1.1.1 塑料的成分	1	2.1.10 聚甲醛	21
1.1.2 塑料的来源	1	2.1.11 聚甲基丙烯酸酯	22
1.1.3 塑料的分类	2	2.1.12 乙烯-醋酸乙烯酯共聚物	23
1.2 塑料的特性	2	2.1.13 丙烯腈-苯乙烯共聚物	23
1.2.1 塑料的优点	2	2.1.14 丁二烯-苯乙烯共聚物	23
1.2.2 塑料的缺点	3	2.2 热塑性增强塑料	23
1.3 塑料的成型方法	3	2.2.1 成型工艺特点	24
1.3.1 热塑性塑料的成型方法	3	2.2.2 成型注意事项	24
1.3.2 热固性塑料的成型方法	4	2.2.3 对模具设计的要求	24
1.4 热塑性塑料的性能	4	2.3 透明塑料	25
1.4.1 收缩性	4	2.4 常用塑料的鉴别	26
1.4.2 流动性	7	2.4.1 外观鉴别方法	26
1.4.3 结晶性	7	2.4.2 密度鉴别法	26
1.4.4 热敏性	8	2.4.3 燃烧特性鉴别法	27
1.4.5 水敏性	8	2.4.4 几点说明	27
1.4.6 水分及挥发物含量	8	复习与思考	28
1.4.7 应力开裂	9	第 3 章 塑料制品设计	29
1.4.8 吸湿性	9	3.1 塑料制品结构设计的一般原则	29
1.4.9 降解	9	3.1.1 力求使制品结构简单, 易于成型	29
1.4.10 玻璃化温度	9	3.1.2 壁厚均匀	31
1.4.11 流长比和型腔压力	10	3.1.3 保证强度和刚度	33
1.5 热塑性塑料的高性能化	10	3.1.4 装配间隙合理	34
1.5.1 共聚合	10	3.1.5 其他原则	35
1.5.2 合金化	11	3.2 制品的尺寸与精度	35
1.5.3 复合化	11	3.2.1 制品的尺寸	35
复习与思考	12	3.2.2 制品的精度	35
第 2 章 常用塑料特性与应用	13	3.2.3 制品的表面质量	35
2.1 常用塑料特性、成型条件、对模具 要求及用途	13	3.3 塑料制品的常见结构设计	37
2.1.1 聚苯乙烯	13	3.3.1 脱模斜度	37
2.1.2 改性聚苯乙烯	14	3.3.2 塑料制品外形及壁厚	38
2.1.3 ABS	14	3.3.3 圆角	39
2.1.4 MBS	15	3.3.4 加强筋	40
2.1.5 PE	15	3.3.5 凸起	41
2.1.6 聚丙烯	16	3.3.6 孔的设计	41
2.1.7 聚酰胺	18	3.3.7 成型螺纹设计	43
		3.3.8 螺丝柱的设计	43

3.3.9 嵌件设计	46	4.2.5 塑料制品的后处理	54
3.3.10 塑料制品上的标记符号	46	4.3 模具在注射机上的安装形式	54
3.3.11 搭扣的设计	48	4.4 注射机的选用	55
复习与思考	50	4.4.1 根据最大注射量选用	55
第4章 注射机与模具	51	4.4.2 根据最大锁模力选用	55
4.1 注射机的基本结构及规格	51	4.4.3 根据注射机安装部分的相关尺寸 选用	55
4.1.1 注射机分类	51	4.4.4 根据开模行程来选用	56
4.1.2 注射机的基本结构	52	4.5 注塑工艺条件	57
4.1.3 注射机的规格和技术参数	52	4.5.1 温度	57
4.2 注塑工艺过程	52	4.5.2 压力	57
4.2.1 成型前的准备	53	4.5.3 成型周期	58
4.2.2 注塑前需了解的塑料性能	53	复习与思考	58
4.2.3 注塑过程	53		
4.2.4 注射机安全操作注意事项	54		

中篇 结 构 篇

第5章 注塑模概述	59	6.3.3 分型面的设计要点	71
5.1 注塑模的概念	59	6.3.4 分型面设计的一般原则	73
5.2 注塑模的分类	59	6.4 内模镶件外形尺寸的设计	76
5.2.1 三板模	60	6.4.1 制品排位的一般原则	77
5.2.2 三板模	60	6.4.2 确定内模镶件外形尺寸	79
5.2.3 热流道模	60	6.4.3 内模镶件配合尺寸与公差	81
5.2.4 三板模和三板模的主要区别	61	6.4.4 内模镶件型芯、型腔尺寸的计算	82
5.3 注塑模的基本组成	62	6.4.5 脱模斜度	83
5.3.1 成型零件	62	6.4.6 内模镶件的型腔表面粗糙度	83
5.3.2 排气系统	63	6.5 凹模的设计	84
5.3.3 结构件	63	6.5.1 基本结构	84
5.3.4 侧向抽芯机构	63	6.5.2 几种典型的镶拼结构	84
5.3.5 浇注系统	64	6.6 凸模的设计	85
5.3.6 温度调节系统	64	6.6.1 基本结构	85
5.3.7 脱模系统	65	6.6.2 几种典型结构镶拼方式	86
5.3.8 导向定位系统	65	6.7 镶件的紧固和防转	90
5.4 注塑模设计思路	65	6.7.1 镶件的紧固	90
复习与思考	66	6.7.2 镶件的防转	92
第6章 注塑模成型零件设计	67	复习与思考	93
6.1 概述	67	第7章 注塑模排气系统设计	94
6.1.1 成型零件的概念	67	7.1 概述	94
6.1.2 成型零件设计的基本要求	68	7.1.1 排气系统的概念及重要性	94
6.1.3 成型零件设计的一般步骤	68	7.1.2 模具中气体的来源	94
6.2 型腔数量的确定	68	7.2 注塑模困气的位置及不良后果	94
6.2.1 确定型腔数量的方法	68	7.2.1 模具中容易困气的位置	94
6.2.2 确定型腔数量时必须考虑的因素	69	7.2.2 型腔气体不能及时排出的后果	94
6.3 确定制品分型线和模具分型面	69	7.3 注塑模的排气方式	95
6.3.1 制品分型线和模具分型面关系	69	7.3.1 流道排气	95
6.3.2 模具分型面的进一步定义	71	7.3.2 分型面排气	96

7.3.3	镶件配合面及侧向抽芯结构排气	96	8.7.4	顶棍孔	123
7.3.4	加排气杆	97	8.7.5	限位钉	123
7.3.5	推杆(或推管)与动模镶件的配合面	97	8.7.6	紧固螺钉	123
7.3.6	在困气处加冷料井	98	复习与思考		125
7.3.7	增加圆形凸起	98	第9章 注塑模侧向分型机构与抽芯机构设计		126
7.3.8	透气钢排气	98	9.1 概述		126
7.4	型腔排气系统设计要点	99	9.1.1 什么是侧向抽芯机构?		126
7.4.1	排气槽的位置和方向	99	9.1.2 什么情况下要用侧向分型与抽芯机构?		127
7.4.2	排气槽深度 C	99	9.2 侧向分型机构与抽芯机构的分类		127
7.4.3	排气槽长度 A 和宽度 B	100	9.3 滑块+斜导柱的侧向抽芯机构		128
7.4.4	排气槽数量	100	9.3.1 斜导柱外侧抽芯机构		128
7.4.5	排气槽的清理	100	9.3.2 斜导柱+滑块内侧抽芯机构		139
7.5	排气槽设计实例	100	9.3.3 侧抽芯(滑块)上加推杆		139
7.6	型腔的进气装置设计	101	9.4 滑块+弯销侧抽芯机构		139
复习与思考		101	9.4.1 基本结构		139
第8章 注塑模结构件的设计		102	9.4.2 设计要点		140
8.1	概述	102	9.4.3 使用场合		140
8.2	模架的设计	102	9.5 滑块+T形块侧抽芯机构		141
8.2.1	模架分类	102	9.5.1 基本结构		141
8.2.2	模架规格	104	9.5.2 工作原理		141
8.2.3	模架的选用	104	9.5.3 设计要点		141
8.2.4	定模板和动模板开框尺寸的设计	107	9.5.4 应用实例		141
8.2.5	定模板和动模板大小的设计	108	9.6 滑块+液(气)压缸的侧向抽芯机构		142
8.2.6	方铁的设计	111	9.6.1 基本结构		142
8.2.7	无框模具	112	9.6.2 设计要点		143
8.3	提高模具强度的措施	112	9.6.3 应用实例		143
8.3.1	加强模架的整体强度	112	9.7 斜推杆抽芯机构		143
8.3.2	增加镶件强度	113	9.7.1 概念		143
8.4	三板模定距分型机构的设计	114	9.7.2 斜推杆分类		144
8.4.1	三板模的开模顺序	114	9.7.3 斜推杆倾斜角的确定		145
8.4.2	三板模的开模距离	115	9.7.4 斜推杆的设计要点		145
8.4.3	定距分型机构的种类	115	9.7.5 定模斜推杆结构		147
8.4.4	动定模 A、B 板的开闭器	117	9.7.6 摆杆式侧抽芯机构		147
8.5	弹簧	117	9.7.7 斜推杆上加推杆的结构		147
8.5.1	弹簧的作用和类型	117	9.8 斜滑块抽芯机构		148
8.5.2	黑色圆弹簧	118	9.8.1 斜滑块抽芯机构的概念		148
8.5.3	矩形弹簧	118	9.8.2 斜滑块抽芯机构设计要点		149
8.6	浇口套的设计	120	9.8.3 斜滑块抽芯机构设计实例		151
8.6.1	浇口套的作用	120	复习与思考		151
8.6.2	浇口套分类	120	第10章 注塑模浇注系统设计		152
8.7	模架中其他结构件的设计	121	10.1 概述		152
8.7.1	撑柱的设计	121	10.1.1 浇注系统概念及分类		152
8.7.2	模架板吊环螺丝孔的规定	122	10.1.2 浇注系统的设计原则		152
8.7.3	定位圈	122			

10.1.3 浇注系统设计的内容和步骤	153	12.2.1 不同的塑料对模具温度要求不同	190
10.2 主流道设计	153	12.2.2 模具温度对制品精度的影响	191
10.2.1 主流道的概念	153	12.2.3 模具温度对注塑周期的影响	191
10.2.2 主流道的设计原则	154	12.3 注塑模冷却的一般概念	191
10.2.3 倾斜式主流道设计	154	12.3.1 对模具温度的要求有很矛盾的 一面	191
10.3 分流道设计	155	12.3.2 影响模具冷却的因素	192
10.3.1 设计分流道必须考虑的因素	155	12.3.3 冷却时间的确定	193
10.3.2 分流道的布置	155	12.3.4 提高模温调节能力的途径	193
10.3.3 型腔的排列方式及分流道布置 原则	157	12.4 注塑模冷却的形式	194
10.3.4 分流道的截面形状	158	12.4.1 冷却水管冷却	194
10.3.5 分流道的截面大小	160	12.4.2 水井冷却	200
10.3.6 分流道的设计要点	161	12.4.3 爆花片螺旋式冷却	200
10.3.7 辅助流道的设计	161	12.4.4 喷流式冷却通道	200
10.4 拉料杆与冷料穴	162	12.4.5 传热棒(片)	200
10.4.1 拉料杆的设计	162	12.5 注塑模冷却水路设计要点	201
10.4.2 冷料穴的设计	164	12.5.1 是优先考虑冷却还是优先考虑 推出?	201
10.5 浇口的设计	164	12.5.2 冷却系统设计原则	201
10.5.1 浇口的作用	165	12.5.3 冷却水路的串联和并联设计	201
10.5.2 浇口的分类	165	12.5.4 其他设计要求	202
10.5.3 浇口设计要点	172	12.6 冷却系统设计实例	203
复习与思考	173	12.6.1 浅型腔模具的冷却	203
第11章 热流道模具的设计	175	12.6.2 深型腔模具的冷却	203
11.1 热流道模具的概念	175	12.6.3 型芯的冷却	203
11.2 热流道模具的分类和组成	175	12.6.4 侧向抽芯机构的冷却	204
11.3 热流道模具的基本形式	176	12.6.5 热射嘴的冷却	205
11.3.1 单点式热流道模具	176	12.7 模具加热系统	206
11.3.2 多点式热流道模具	176	12.7.1 概述	206
11.4 热流道系统的优、缺点	177	12.7.2 电阻丝加热装置	206
11.4.1 热流道系统的优点	177	12.7.3 电热棒加热	206
11.4.2 热流道系统应用的不足之处	179	12.7.4 模具加热实例	207
11.4.3 热流道模具与三板模结构的 比较	179	复习与思考	208
11.5 热流道浇注系统设计要点	180	第13章 注塑模脱模系统设计	210
11.5.1 热流道浇注系统的隔热结构 设计	180	13.1 概述	210
11.5.2 热射嘴的设计	182	13.2 脱模系统分类	210
11.5.3 热流道板设计	185	13.3 对脱模系统的要求	210
11.6 热流道模具结构设计示例	187	13.4 脱模力的计算	211
11.6.1 单点式热流道模具结构示例	187	13.4.1 脱模力的分类	212
11.6.2 多点式热流道模具结构示例	187	13.4.2 脱模力的定性分析	212
11.6.3 热流道模具设计中的关键技术	188	13.4.3 脱模力计算	212
复习与思考	189	13.5 推杆推出	213
第12章 注塑模温度控制系统设计	190	13.5.1 圆推杆	213
12.1 概述	190	13.5.2 扁推杆	216
12.2 注塑模温度控制的重要性	190	13.6 推管推出	217

13.6.1	基本结构	217	13.12.2	推杆大小设计的一般原则	233
13.6.2	推管大小的设计	217	13.12.3	推杆数量设计的一般原则	233
13.6.3	推管的优缺点	218	13.12.4	推杆设计的其他原则	233
13.6.4	推管的使用场合	218	13.13	推杆固定板的先复位机构	234
13.6.5	推管设计注意事项	218	13.13.1	概述	234
13.7	推板类脱模系统	218	13.13.2	推杆固定板先复位机构的 使用场合	234
13.7.1	推板类脱模系统适用场合	218	13.13.3	推杆固定板先复位机构的 分类	235
13.7.2	推板类脱模系统分类	219	复习与思考		238
13.7.3	模板脱模系统	219	第14章 注塑模导向定位系统设计		239
13.7.4	埋入推板式脱模系统	220	14.1	概述	239
13.7.5	推块脱模系统	220	14.1.1	导向定位系统的定义	239
13.8	自动内螺纹脱模系统	220	14.1.2	导向定位系统的重要性	239
13.8.1	自动脱螺纹机构的分类	221	14.1.3	注塑模导向定位机构的分类	240
13.8.2	自动脱螺纹机构设计要点	221	14.1.4	注塑模导向定位机构的作用	240
13.9	气动脱模系统	224	14.2	导向系统的设计	241
13.9.1	锥面阀门式气吹模	224	14.2.1	一般常识	241
13.9.2	推杆阀门式气吹模	224	14.2.2	导柱结构的技术要求	241
13.10	二次推出	225	14.2.3	导套结构及技术要求	241
13.10.1	概念	225	14.2.4	A、B板之间的导柱导套	241
13.10.2	适用场合	225	14.2.5	流道推板及A板的导柱导套	242
13.10.3	多次脱模系统的分类	226	14.2.6	推杆板导柱的设计	243
13.10.4	复合推出	226	14.3	定位系统设计	245
13.10.5	强行推出	227	14.3.1	定位系统的作用	245
13.10.6	强行推出的模具结构	228	14.3.2	使用场合	245
13.11	定模推出	230	14.3.3	定位结构的分类	245
13.11.1	概述	230	复习与思考		248
13.11.2	定模推出实例	230			
13.12	脱模系统的设计原则	232			
13.12.1	推杆位置设计的一般原则	232			

下篇 实·战·篇

第15章 注塑模具设计步骤及实例	249	15.7	模具设计图的审核程序与内容	264	
15.1	注塑模具设计的基本要求	249	15.8	模具图的管理	265
15.2	模具设计的一般步骤与内容	250	15.9	注塑模设计实例	266
15.3	注塑模设计之前的准备工作	250	15.10	提高模具设计水平的途径	271
15.3.1	模具设计前必须了解的事项	250	复习与思考		272
15.3.2	制品结构分析要点	252	第16章 注塑模具常用钢材及其性能		274
15.3.3	模具结构分析要点	253	16.1	注塑模模具钢必备之性能	274
15.4	注塑模设计图的基本形式及要求	257	16.2	塑料模具常用钢材	275
15.5	模具装配图的画法	258	16.3	钢材中合金元素的功能	277
15.6	模具装配图上的尺寸标注、明细 表及技术要求	260	16.4	模具钢材的选用	278
15.6.1	装配图上的尺寸标注	260	16.4.1	选用模具钢材的依据	278
15.6.2	模具图中的技术要求	262	16.4.2	模具各零件常用钢材	279
15.6.3	模具图中的明细表	263	16.5	模具钢材的热处理及硬度	281
			16.5.1	模具钢材的热处理	281

16.5.2 模具钢材硬度	283	17.2.9 开裂	291
复习与思考	284	17.2.10 透明制品缺陷	291
第 17 章 热塑性塑料制品常见缺陷分		17.2.11 塑料变色	292
析及解决办法	285	17.2.12 制品中产生气泡	293
17.1 概述	285	17.3 制品推出常见问题分析	293
17.1.1 评价塑料制品质量的指标	285	17.3.1 顶白变形	293
17.1.2 造成制品缺陷的原因	285	17.3.2 粘凹模或凸模	293
17.1.3 解决问题的一般方法	285	17.3.3 断推杆	293
17.2 制品常见缺陷分析及解决办法	286	17.3.4 推杆与镶件配合处有飞边	294
17.2.1 流痕	286	复习与思考	294
17.2.2 填充不足	286	第 18 章 注塑模精密成型技术	295
17.2.3 飞边	286	18.1 概述	295
17.2.4 收缩凹陷	288	18.2 如何做到精密成型	295
17.2.5 熔接痕	289	18.3 精密模具的设计与制造	296
17.2.6 银纹	289	18.4 精密注塑工艺	297
17.2.7 震纹	290	复习与思考	299
17.2.8 翘曲变形	290		

附 录

附录 1 内地与港台地区模具术语对		度对照表	303
照表	300	附录 5 注射机技术参数	304
附录 2 塑料代号及中文对照表	301	附录 6 优化数值在模具设计中的选用	305
附录 3 塑料制品尺寸公差表		附录 7 模具的价格估算与结算方式	306
(GB/T 14486—1993)	302	附录 8 注塑模常见加工方法与加工	
附录 4 产品外侧蚀纹深度与脱模斜		工艺一览表	308

参考文献	309
-------------------	------------

上篇 基础篇

第1章 塑料及其性能

塑料行业是 20 世纪发展最快的行业，也是 21 世纪最有前途的行业之一。塑料的发展直接导致了塑料模具的发展。塑料模具是用来生产塑料制品的工具，在设计模具之前，必须对塑料的成型工艺性能有充分了解和掌握，只有充分熟悉成型工艺条件之间的内在关系，才能精确控制模具尺寸与塑料制品尺寸，才能设计出优良的模具。因此作为一名塑料模具设计工程师，熟悉所用塑料的成型工艺特性，不但是有益的，而且是必须的。

1.1 塑料的概念

1.1.1 塑料的成分

塑料是以合成树脂为主要成分，加入或不加入其他添加剂而组成的一种人工材料，这种材料在一定条件下（如温度、压力等）可模塑制成一定形状，在常温下这种形状保持不变。

合成树脂即聚合物，添加剂包括填充剂、增塑剂、着色料、稳定剂和润滑剂等。

(1) 合成树脂：决定塑料的类型（热塑性或热固性）和主要性能，如机械性能、物理性能、电性能、化学性能等。合成树脂在塑料中的比例一般不低于 40%。

(2) 填充剂：又称填料，正确地选择填充剂，不但可以降低成本，还可以改善塑料的硬度、刚度、冲击韧性、电绝缘性、耐热性、成型收缩率等性能和扩大它的使用范围。

(3) 增塑剂：有些树脂的可塑性很小，柔软性也很差，为了降低树脂的熔融黏度和熔融温度，改善其成型加工性能，改进塑料的柔韧性，弹性以及其他各种必要的性能，通常加入能与树脂相容的黏稠液体或低熔点的固体有机化合物，这类物质称增塑剂。增塑剂一般要求无色、无臭、无毒，互溶性好，挥发性小，不燃和化学稳定性大。

(4) 着色剂：又称色料，色粉，主要是起美观和装饰作用。

(5) 稳定剂：凡能减缓塑料因各种环境条件引起的劣化的物质称稳定剂，分光稳定剂、热稳定剂、抗氧剂。

(6) 润滑剂：改善塑料熔体的流动性，减少或避免对设备或模具的摩擦和粘附，以及改善塑件的表面光洁度。

(7) 抗静电剂：塑料是卓越的绝缘体，所以很容易带静电，而抗静电剂可赋予塑料以轻度至中等的电导性，从而可防止制品上静电荷的积聚。

不同品种牌号的塑料，由于选用树脂及添加剂的性能、成分、配比及塑料生产工艺不同，其使用及工艺特性也各不相同。

1.1.2 塑料的来源

塑料的主要成分是合成的或天然的高分子化合物。即聚合物。聚合物是由低分子有机化合物（如：乙烯、丙烯、苯乙烯、氯乙烯、乙醇等）在一定条件下聚合而成（图 1-1）。一般塑料分子中都含有碳（C）原子和氢（H）原子，有的塑料分子结构中含有少量氧（O）、硫

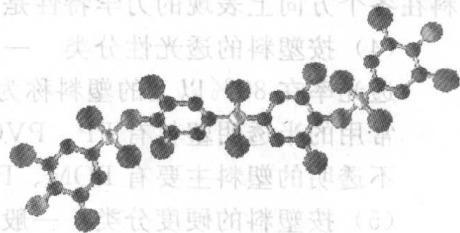


图 1-1 低分子有机化合物首尾相连形成高分子化合物（高聚物）

(S) 原子。塑料的基本原料是低分子碳、氢化合物，它是从石油、天然气或煤裂解物中提炼和合成出来的人造树脂。

1.1.3 塑料的分类

(1) 按其受热时所呈现的基本行为分类 可分为热塑性塑料与热固性塑料。

热塑性塑料的特点为受热后发生物理变化，由固体软化或熔化成黏流体状态，但冷却后又可变硬而成固体，且过程可多次反复，塑料本身的分子结构则不发生变化。热塑性塑料成型容易，应用相当广泛，常用热塑性塑料有聚氯乙烯 (PVC)、聚苯乙烯 (PS)、聚乙烯 (PE)、聚丙烯 (PP)、尼龙 (PA)、聚甲醛 (POM)、聚碳酸酯 (PC)、ABS 塑料、聚苯醚 (PPO)、聚砜 (PSF)、氟塑料、聚酯和有机玻璃 (PMMA) 等。

热固性塑料的特点是在一定温度下，经一定时间加热、加压或加入硬化剂后，发生化学反应而硬化。硬化后的塑料化学结构发生变化、质地坚硬、不溶于溶剂、加热也不再软化，如果温度过高则会分解。常用热固性塑料有酚醛、氨基（三聚氰胺、脲醛）树脂、聚酯、聚邻苯二甲酸二丙烯酯和环氧树脂等。热固性塑料主要用于压缩、挤出、压注成型。聚硅氧烷、环氧树脂等塑料，目前主要作为低压挤塑封装电子元件及浇注成型等用。

本书只讨论热塑性塑料成型工艺特点。

(2) 按塑料的应用领域分类 一般分为通用塑料和工程塑料。

通用塑料只可作为一般非结构性材料使用，其产量大、价格相对低廉、性能一般，多用于制作日用品，如：PE、PP、PVC、PS、PMMA、EVA 等。

工程塑料具有较高力学性能及耐高温、耐腐蚀，可以作为结构性材料，具有优异的综合性能，包括：力学性能、电性能、耐热性能、耐化学性能等。可在较宽阔的温度范围内和较长的时间内良好地保持这种性能，并能在承受机械应力和较为苛刻的化学、物理环境中长期使用。被公认的七大工程塑料为：ABS、PC、POM、PA、PET、PBT、PPO 等，工程塑料的产量相对较少，价格较贵。

(3) 按塑料的结晶形态分类 一般分为结晶性塑料和非结晶性塑料。

结晶性塑料是指在适当的条件下，原子呈有序空间排布力微结晶塑料。如：PE、PP、PA、POM、PET、PBT 等，大多数的属于部分结晶态。非结晶性塑料是指分子形状和分子相互排列呈无序状态的塑料，如：ABS、PC、PVC、PS、PMMA、EVA、AS 等，非结晶性塑料在各个方向上表现的力学特性是相同的（各向同性）。

(4) 按塑料的透光性分类 一般分为透明塑料、半透明塑料和不透明塑料。

透光率在 88% 以上的塑料称为透明塑料，如：PMMA、PS、PC、Z-聚酯等。

常用的半透明塑料有 PP、PVC、PE、AS、PET、MBS、PSF 等。

不透明的塑料主要有 POM、PA、ABS、HIPS、PPO 等。

(5) 按塑料的硬度分类 一般分为硬质塑料、半硬质塑料和软质塑料。

常见硬质塑料有：ABS、POM、PS、PMMA、PC、PET、PBT、PPO 等；

半硬质塑料有：PP、PE、PA、PVC 等；

软质塑料有：软 PVC、苯乙烯-丁二烯共聚物、TPE、TPR、EVA、TPU 等。

1.2 塑料的特性

1.2.1 塑料的优点

塑料和钢铁等工程材料比较，有很明显的特性。

(1) 密度小质量轻 塑料密度一般在 $0.8 \sim 2.2 \text{ g/cm}^3$ 之间，大多数塑料的密度都在 1 g/cm^3

左右。泡沫塑料的密度更小，只有 $0.1\text{g}/\text{cm}^3$ 。塑料的这一特性，使其在车辆、船舶、飞机和宇宙飞船等领域得到广泛使用。

(2) 比强度、比刚度高 塑料的强度和刚度虽然不如金属高，但因其密度比金属小很多，所以它的比强度和比刚度就比金属高很多。在空间技术领域，塑料的这一特性具有非常重要的意义。

(3) 化学稳定性好 在一般条件下不与其他物质发生化学反应。因此，塑料在化工设备及其防腐设备中广泛应用。最常见的硬质聚氯乙烯管道与容器被广泛用于防腐领域及建筑给水、排水工程中。

(4) 电绝缘性能好 几乎所有的塑料都具有优越的电气绝缘性能和极低的介质损耗性能，可与陶瓷和橡胶媲美。因此被广泛地用于电力、电机和电子工业中做绝缘材料和结构零件，如电线电缆、旋钮插座、电器外壳等。

(5) 减摩、耐磨和自润滑性好 大多数塑料的摩擦系数都很小、耐磨性好且有良好的自润滑性能，加上比强度高，传动噪声小，所以可以制成齿轮、凸轮和滑轮等机器零件。例如纺织机中的许多铸铁齿轮已被塑料齿轮取代。

(6) 成型及着色性能好 塑料在一定的条件下具有良好的可塑性，这为其成型加工创造了有利的条件。塑料的着色比较容易，而且着色范围广，可根据需要染成各种颜色。此外，有些塑料如有机玻璃、聚苯乙烯、聚碳酸酯等有良好的光学透明性。

(7) 多种防护性能 除防腐外，塑料还具有防水、防潮、防透气、防振、防辐射等多种防护性能。尤其经改性后，优点更多，应用更为广泛。

(8) 不易传热、保温性能好 由于塑料比热大，热导率小，不易传热，故其保温及隔热效果良好。

(9) 产品制造成本低 塑料原料本身虽然不那么便宜，但由于塑料易于加工，能够大批量生产，设备费用比较低廉，所以能降低产品成本。

1.2.2 塑料的缺点

塑料虽然优点多，但与金属材料相比，还有一些不足之处。

(1) 不耐热 塑料的耐热性比金属等材料差，一般塑料仅能在 100°C 以下使用，只有少数工程塑料可在 200°C 左右使用。

(2) 热稳定性差 塑料的热膨胀系数要比金属大 $3\sim 10$ 倍，容易受温度变化而影响尺寸的稳定性。

(3) 刚性差，不耐压 在载荷作用下，塑料会缓慢地产生黏性流动或变形，即蠕变现象。

(4) 易老化 塑料在大气、阳光、长期压力或某些介质作用下会发生老化，使性能变坏等。

(5) 制品精度较低 塑料的成型性能虽好，但因受成型工艺的影响，收缩率难以控制，制品的尺寸精度较低，这是塑料制品设计者应该考虑的。

(6) 易受损伤、也容易沾染灰尘及污物 塑料的表面硬度都比较低，容易受损伤。另外，由于是绝缘体，故带有静电，因此容易沾染灰尘。

塑料的这些不足使塑料在某些领域的应用受到限制。但是随着新品种塑料的问世以及各种塑料复合材料的不断出现，必将克服上述的不足。

1.3 塑料的成型方法

1.3.1 热塑性塑料的成型方法

热塑性塑料的成型方法包括注射成型，挤出成型，吹塑成型，吸塑成型等。

注射成型是热塑性塑料产品生产中最为普遍的一种成型方法，所用模具为塑料注射模，简

称注塑模。注塑模对应的加工设备是塑料注射机（又称注塑机），塑料首先在注射机的加热料筒内受热熔融变成流体，然后在注射机的螺杆或柱塞推动下，经注射机喷嘴和模具的浇注系统进入模具型腔，在型腔内成型、冷却、固化，脱模后得到制品。注射成型加工方式通常只适用于热塑性塑料制品。用注射成型工艺生产的塑料制品十分广泛，从生活日用品到各类复杂的机械、电器、交通工具零件等都可以用注塑模具成型，它是塑料制品生产中应用最广泛的一种加工方法。注塑模是所有模具中最复杂，应用最普遍的一种模具，只要掌握这种模具的结构，再学其他塑料模就易如反掌。

塑料挤出成型是用来生产连续形状的塑料产品，所用模具为塑料挤出模具，又叫挤出成型机头，广泛用于管材、棒材、单丝、板材、薄膜、电线电缆包覆层、异型材等的加工。与其对应的生产设备是塑料挤出机，其原理是固态塑料在加热和挤出机的螺杆旋转加压条件下熔融、塑化，通过特定形状的口模而制成截面与口模形状相同的连续塑料制品。挤出加工工艺通常只适用于热塑性塑料品种制品的生产，其在结构上与注射模具和压缩模具有明显区别。

塑料吹塑成型常用来生产塑料容器类中空制品，如饮料瓶、日化用品等各种包装容器。吹塑成型所用模具为塑料吹塑模具，吹塑成型的形式按工艺原理主要有挤出吹塑中空成型、注射吹塑中空成型、注射拉伸吹塑中空成型（俗称“注拉吹”）、多层吹塑中空成型、片材吹塑中空成型等。中空制品吹塑成型所对应的设备通常称为塑料吹塑成型机，吹塑成型只适用于热塑性塑料制品的生产。吹塑模具结构较为简单，所用材料多以碳素钢制造。

吸塑成型是以塑料板、片材为原料生产某些较简单塑料制品，吸塑成型所用模具为吸塑模具，其原理是利用抽真空成型方法或压缩空气成型方法使固定在凹模或凸模上的塑料板、片，在加热软化的情况下变形而贴在模具的型腔上得到所需的制品，主要用于一些日用品、食品、玩具类包装制品生产方面。吸塑模具因成型时压力较低，所以模具材料多选用铸铝或非金属材料制造，结构较为简单。

1.3.2 热固性塑料的成型方法

热固性塑料的成型方法包括压缩成型和压注成型两种，其所使用的设备是压力成型机。压缩成型方法是根据塑料特性，将模具加热至成型温度（一般在 $103\sim 180^{\circ}\text{C}$ ），然后将计量好的塑料粉放入模具型腔和加料室，闭合模具，塑料在高温、高压作用下呈软化黏流，经一定时间后固化定型，成为所需制品形状。压注成型与压缩成型不同的是设有单独的加料室，成型前模具先闭合，塑料在加料室内完成预热呈黏流态，在压力作用下高速挤入模具型腔，硬化成型。压缩模具也用来成型某些特殊的热塑性塑料如难以熔融的热塑性塑料（如聚四氟乙烯）毛坯（冷压成型）、光学性能很高的树脂镜片、轻微发泡的硝酸纤维素汽车方向盘等。压缩模具主要由型腔、加料腔、导向机构、推出部件、加热系统等组成。压注模具广泛用于封装电器元件方面。

1.4 热塑性塑料的性能

热塑性塑料品种极多，即使同一品种也由于树脂分子及附加物配比不同而使其使用及工艺特性有所不同。另外，为了改变原有品种的特性，常用共聚、交联等各种化学聚合方法在原有的树脂结构中导入一定比例的异种单体或高分子，以改变原有树脂的结构，成为具有新的使用及工艺特性的改性品种。例如，ABS即为在聚苯乙烯分子中导入了丙烯腈、丁二烯等异种单体后成为改性共聚物，具有比聚苯乙烯优越的使用及工艺特性。

1.4.1 收缩性

塑件自模具中取出冷却到室温后，发生尺寸收缩的性能称为收缩性。由于收缩不仅是树脂本身的热胀冷缩，而且还与各成型因素有关，所以成型后塑件的收缩应称为成型收缩。

(1) 成型收缩的形式 成型收缩主要表现在下列几方面。

① 塑件的线性尺寸收缩 由于热胀冷缩, 塑件脱模时的弹性恢复、塑性变形等原因导致塑件脱模冷却到室温后其尺寸缩小, 为此型腔设计时必须考虑予以补偿。

② 收缩方向性 成型时分子按方向排列, 使塑件呈现各向异性, 沿料流方向(即平行方向)则收缩大、强度高, 与料流垂直方向则收缩小、强度低。另外, 成型时由于塑件各部位密度及填料分布不匀, 会导致收缩不匀。产生收缩不匀使塑件易发生翘曲、变形、裂纹, 尤其在挤塑及注射成型时则方向性更为明显。因此, 模具设计时应考虑收缩方向性, 按塑件形状、料流方向选取收缩率为宜。

③ 后收缩 塑件成型时, 由于受成型压力、剪切应力、各向异性、密度不匀、填料分布不匀、模温不匀、硬化不匀、塑性变形等因素的影响, 引起一系列应力的作用, 在黏流态时不能全部消失, 故塑件在应力状态下成型时存在残余应力。当脱模后由于应力趋向平衡及贮存条件的影响, 使残余应力发生变化而使塑件发生再收缩称为后收缩。一般塑件在脱模后 10 小时内变化最大, 48 小时后基本定型, 但最后稳定要经 30~60 天。通常热塑性塑料的后收缩比热固性塑料大, 挤塑及注射成型的比压塑成型的大。

④ 后处理收缩 有时塑件按性能及工艺要求, 成型后需进行热处理, 处理后也会导致塑件尺寸发生变化。故模具设计时对高精度塑件则应考虑后收缩及后处理收缩的误差并予以补偿。

(2) 收缩率计算

塑件成型收缩可用收缩率来表示, 如公式 (1-1) 及公式 (1-2) 所示。

$$Q_{\text{实}} = (a-b)/b \quad (1-1)$$

$$Q_{\text{计}} = (c-b)/b \quad (1-2)$$

式中 $Q_{\text{实}}$ ——实际收缩率, %;

$Q_{\text{计}}$ ——计算收缩率, %;

a ——塑件在成型温度时单向尺寸, mm;

b ——塑件在室温下单向尺寸, mm;

c ——模具在室温下单向尺寸, mm。

实际收缩率为表示塑件实际所发生的收缩, 因其值与计算收缩相差很小, 且塑件在成型温度时单向尺寸难以测量, 所以模具设计时都以计算收缩率为设计参数来计算型腔及型芯尺寸。

(3) 影响收缩率变化的因素

在实际成型时不仅不同品种塑料其收缩率各不相同, 而且不同批次的同品种塑料或同一塑件的不同部位其收缩值也经常不同, 影响收缩率变化的主要因素有如下几个方面。

① 塑料品种 各种塑料都有其各自的收缩范围, 同种类塑料由于添加剂、分子量及配比等不同, 则其收缩率及各向异性也不同。热塑性塑料成型过程中由于还存在结晶化引起的体积变化, 内应力强, 冻结在塑件内的残余应力大, 分子取向性强等因素, 因此与热固性塑料相比则收缩率较大, 收缩率范围宽、方向性明显, 另外成型后的收缩、退火或调湿处理后的收缩一般也都比热固性塑料大。

② 塑料制品的结构 成型时熔融料与型腔表面接触外层立即冷却形成低密度的固态外壳。由于塑料的导热性差, 使塑件内层缓慢冷却而形成收缩大的高密度固态层。所以壁厚、冷却慢、高密度层厚的结构收缩大。另外, 有无嵌件及嵌件布局、数量都直接影响料流方向, 密度分布及收缩阻力大小等, 所以塑件的特性对收缩大小, 方向性影响较大。

③ 模具结构 模具的分型面及浇注系统的形式, 布局及尺寸对收缩率及方向性影响也较大。进料口形式、尺寸、分布, 这些因素直接影响料流方向、密度分布、保压补缩作用及成型时间。直接进料口、进料口截面大(尤其截面较厚的)则收缩小, 但方向性大, 进料口宽及长

度短的则方向性小。距进料口近的或与料流方向平行的则收缩大。

④ 成型工艺 成型工艺包括温度、压力和周期。模具温度高，熔融料冷却慢、密度高、收缩大，尤其对结晶料，因结晶度高，体积变化大，故收缩更大。模温分布与塑件内外冷却及密度均匀性也有关，直接影响到各部分收缩量大小及方向性。另外，保持压力及时间对收缩也影响较大，压力大、时间长的则收缩小但方向性大。注射压力高，熔融料黏度差小，层间剪切应力小，脱模后弹性回跳大，故收缩也可适量的减小，料温高、收缩大，但方向性小。因此在成型时调整模温、压力、注射速度及冷却时间等诸因素也可适当改变塑件收缩情况。

如上所述，模具设计时，应根据各种塑料的说明书中所提供的收缩率范围，并按塑件形状、尺寸、壁厚、有无嵌件情况、分型面及加压成型方向、模具结构及进料口形式尺寸和位置、成型工艺等诸因素综合地来考虑选取收缩率值。在注射成型时，则常需按塑件各部位的形状、尺寸、壁厚等特点选取不同的收缩率。

另外，成型收缩还受到各成型因素的影响，注射成型时调整各项成型条件也能够适当地改变塑件的收缩情况。

常用塑料计算收缩率详见表 1-1，括号内的数为常用收缩率。

表 1-1 常用塑料计算收缩率及其他性能

缩写	塑料或树脂全称	相对密度	模温/℃	料筒温度/℃	收缩率/%	注射压力/MPa
GPPS	通用级聚苯乙烯	1.04~1.09	40~60	180~280	0.2~0.8 (0.5)	35~140
HIPS	耐冲击聚苯乙烯 (GPPS+丁二烯)	1.14~1.10	40~60	190~260	0.2~0.8 (0.5)	70~140
ABS	丙烯腈-丁二 烯-苯乙烯共聚物	1.01~1.08	50~80	180~260	0.4~0.9 (0.5)	56~176
AS(SAN)	丙烯腈-苯乙烯共聚物	1.06~1.10	40~70	180~250	0.2~0.7 (0.6)	35~140
LDPE	低密度聚乙烯	0.89~0.93	10~40	160~210	1.5~5.0 (2.0)	35~105
HDPE	高密度聚乙烯	0.94~0.98	5~30	170~240	1.5~4.0 (3.0)	84~105
PP	聚丙烯	0.85~0.92	20~50	160~230	1.0~2.5 (2.0)	70~140
PVC	聚氯乙烯 (约加 40%增塑剂)	1.19~1.35	20~40	150~180	1.0~5.0 (2.0)	70~176
PVC	聚氯乙烯	1.38~1.41	20~60	150~200	0.2~0.6 (0.4)	70~280
PA6	聚酰胺 6	1.12~1.15	20~120	200~320	0.3~1.5 (1.0)	70~140
PA66	聚酰胺 66	1.13~1.16	20~120	200~320	0.7~1.8 (1.0)	70~176
PMMA	聚甲基丙烯酸甲酯	1.16~1.20	50~90	180~250	0.2~0.8 (0.5)	35~140
PC	聚碳酸酯	1.20~1.22	80~120	275~320	0.5~0.8 (0.5)	56~140
POM	聚甲醛	1.41~1.43	80~120	190~220	1.5~3.5 (2.0)	56~140
PET	聚对苯二甲酸 乙二醇酯	1.29~1.41	80~120	250~310	2.0~2.5	14~49
PBT	聚对苯二甲酸 丁二醇酯	1.30~1.38	40~70	220~270	0.9~2.2 (1.6)	28~70
PPO	聚苯醚	1.04~1.10	70~100	240~280	0.5~0.8	84~140
PPS	聚苯硫醚	1.28~1.32	120~150	300~340	0.6~0.8	35~105

注：括号内的收缩率为常用收缩率。