

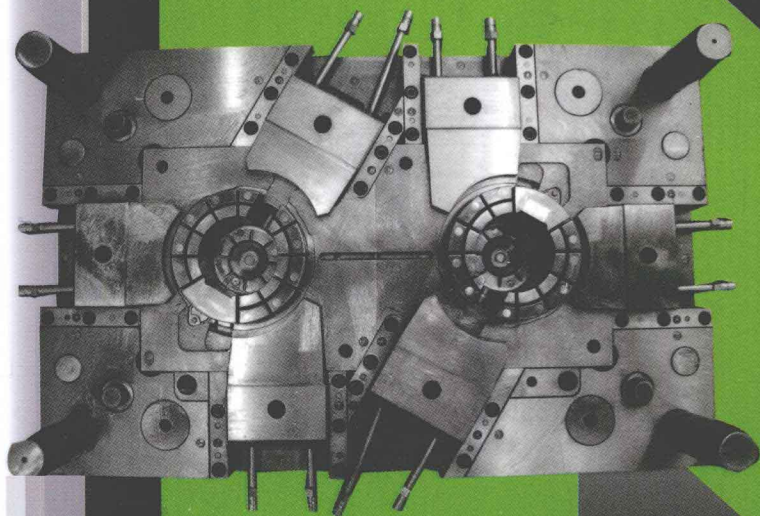
The Second Edition

第二版

ZHUSU MUJU SHEJI SHIYONG JIAOCHENG

注塑模具设计 实用教程

张维合 编著



化学工业出版社

ZHUSU MUJU SHEJI SHIYONG JIAOCHENG

The Second Edition

第二版

注塑模具设计 实用教程



www.cip.com.cn
读科技图书 上化工社网

销售分类建议: 机械 / 模具

ISBN 978-7-122-12259-9



9 787122 122599 >

定价: 45.00元



注塑模具设计 实用教程

张维合 编著

ZHUSU MUJU SHEJI SHIYONG JIAOCHENG



化学工业出版社

· 北京 ·

本书为第二版，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注塑模设计，双色注塑模设计、气体辅助注塑模设计和叠层注塑模设计。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. —2 版. —北京: 化学工业出版社, 2011.10

ISBN 978-7-122-12259-9

I. 注… II. 张… III. 注塑-塑料模具-设计-教材
IV. TQ320.5

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2011) 第 182678 号

责任编辑: 王苏平

装帧设计: 王晓宇

责任校对: 郑捷

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 22½ 字数 596 千字 2011 年 11 月北京第 2 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: 45.00 元

版权所有 违者必究

第二版前言

《注塑模具设计实用教程》自2007年9月出版以来，因内容新颖实用，结构先进齐全，深受读者好评，至2010年8月已先后印刷五次。为了适应注塑模具发展的新形势、新要求，现对该书进行了修订。

本次修订的内容主要包括以下几个方面。

1. 校正了第一版中的某些印刷错误，对某些术语进行了更正，对某些太口语化的语言进行了修改和润色，对某些表格数据进行了重新核对。

2. 在“第14章注塑模具热流道设计”之后增加了第15章“特殊浇注系统注塑模具设计”。该章内容包括代表现代注塑模具核心技术、具有革新意义的双色注塑模具设计、气体辅助注塑模具设计和叠层注塑模具设计。如果说热流道注塑模具设计是在校学生必须掌握的知识的话，那么特殊浇注系统注塑模具设计则可作为在校学生的选修内容，如果掌握了这些模具结构，面对纷繁复杂的注塑模具结构，就会有一种“会当临绝顶，一览众山小”的胸襟和气度。

3. 在“第2章常用塑料特性与应用”中，充实了一些常用塑料的特性，并增加了聚苯醚（PPO）、聚对苯二甲酸丁二醇酯（PBT）和醋酸丁酸纤维素（CAB）三种常用塑料的特性与应用的介绍。

4. 在“第3章塑料制品设计”中增加了“塑料齿轮的设计”和“超声波焊接线的设计”。

5. 在“第7章注塑模排气系统设计”中增加了“排气栓排气”。

6. 在“第9章注塑模侧向分型与抽芯机构设计”的最后增加了“侧向分型与抽芯机构设计实例”，在“第11章注塑模热流道设计”的最后增加了“热流道注塑模具设计实例”。这些模具都是近年来模具企业的成功实例，结构较为复杂，很有代表性和参考价值。

7. 更新了书中引用的一些旧国家标准，如将“第3章塑料制品设计”中的“表3-3 常用材料模塑件公差等级和使用”由GB/T 14486—1993更新为GB/T 14486—2008，将附录3“塑件尺寸公差表（GB/T 14486—1993）”更新为“模塑件尺寸公差表（GB/T 14486—2008）”等。

本书在修订过程中得到了广东科技学院的大力支持，在此我要特别感谢我院的王国健院长、梁端雄书记、黄骏副院长和周二勇院长助理。

本书在修订过程中还得到了很多兄弟院校老师的支持和帮助，他们是：

黄洪生	西安工业大学
贾培刚	西安工业大学
贾志欣	浙江大学宁波理工学院
毕凤阳	黑龙江工程学院
刘大勇	东莞职业技术学院
李 姝	大连工业大学
彭 超	襄樊职业技术学院
李志宇	东莞智通模具培训学校
陈国华	东莞优胜模具培训学校
保 俊	山东德州职业技术学院
刘萍华	宁夏北方民族大学

在此谨向他们表示诚挚的谢意！

由于编者水平有限，书中不足之处在所难免，希望广大读者批评指正。

编者

2011年9月

第一版前言

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 年毕业于西安工业大学，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。几年来，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—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广东科技学院、东莞智通职业技术学院和广东省模具协会的大力支持。在此我要特别感谢广东科技学院的黄骏和刘志杨副院长，东莞职业技术学院的王慧丽校长以及广东省模协秘书长李立赐。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，东莞基达制模有限公司、龙昌集团和欧

磊科技股份有限公司。

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
2010年7月

目 录

上篇 基础篇

第 1 章 塑料及其性能	1	2.1.9 聚碳酸酯	19
1.1 塑料的概念	1	2.1.10 聚甲醛	21
1.1.1 塑料的成分	1	2.1.11 聚甲基丙烯酸酯	21
1.1.2 塑料的来源	1	2.1.12 乙烯-醋酸乙烯酯共聚物	22
1.1.3 塑料的分类	2	2.1.13 丙烯腈-苯乙烯共聚物	23
1.2 塑料的特性	2	2.1.14 苯乙烯-丁二烯共聚物	23
1.2.1 塑料的优点	2	2.1.15 聚苯醚	23
1.2.2 塑料的缺点	3	2.1.16 聚对苯二甲酸丁二醇酯	24
1.3 塑料的成型方法	3	2.1.17 醋酸丁酸纤维素	24
1.3.1 热塑性塑料的成型方法	3	2.2 热塑性增强塑料	25
1.3.2 热固性塑料的成型方法	4	2.2.1 成型工艺特点	25
1.4 热塑性塑料的性能	4	2.2.2 成型注意事项	25
1.4.1 收缩性	4	2.2.3 对模具设计的要求	26
1.4.2 流动性	7	2.3 透明塑料	26
1.4.3 结晶性	7	2.4 常用塑料的鉴别	27
1.4.4 热敏性	8	2.4.1 外观鉴别方法	27
1.4.5 水敏性	8	2.4.2 密度鉴别法	28
1.4.6 水分及挥发物含量	8	2.4.3 燃烧特性鉴别法	28
1.4.7 应力开裂	9	2.4.4 几点说明	29
1.4.8 吸湿性	9	复习与思考	29
1.4.9 降解	9	第 3 章 塑料制品设计	30
1.4.10 玻璃化温度	9	3.1 塑料制品结构设计的一般原则	30
1.4.11 流长比和型腔压力	10	3.1.1 力求使制品结构简单, 易于成型	30
1.5 热塑性塑料的高性能化	10	3.1.2 壁厚均匀	32
1.5.1 共聚化	10	3.1.3 保证强度和刚度	34
1.5.2 合金化	11	3.1.4 装配间隙合理	35
1.5.3 复合化	11	3.1.5 其他原则	36
复习与思考	12	3.2 制品的尺寸与精度	36
第 2 章 常用塑料特性与应用	13	3.2.1 制品的尺寸	36
2.1 常用塑料特性、成型条件、对模具		3.2.2 制品的精度	36
要求及用途	13	3.2.3 制品的表面质量	36
2.1.1 聚苯乙烯	13	3.3 塑料制品的常见结构设计	38
2.1.2 改性聚苯乙烯	13	3.3.1 脱模斜度	38
2.1.3 ABS	14	3.3.2 塑料制品外形及壁厚	39
2.1.4 MBS	15	3.3.3 圆角	40
2.1.5 聚乙烯	15	3.3.4 加强筋	41
2.1.6 聚丙烯	16	3.3.5 凸起	42
2.1.7 聚酰胺	17	3.3.6 孔的设计	42
2.1.8 聚氯乙烯	18	3.3.7 成型螺纹设计	44

3.3.8 螺丝柱的设计	44	4.2.3 注塑过程	59
3.3.9 嵌件设计	47	4.2.4 注射机安全操作注意事项	60
3.3.10 塑料制品上的标记符号	47	4.2.5 塑料制品的后处理	60
3.3.11 搭扣的设计	49	4.3 模具在注射机上的安装形式	60
3.3.12 塑料齿轮的设计	51	4.4 注射机的选用	61
3.3.13 超声波焊接线的设计	53	4.4.1 根据最大注射量选用	61
复习与思考	55	4.4.2 根据最大锁模力选用	61
第4章 注射机与模具	57	4.4.3 根据注射机安装部分的相关尺寸 选用	61
4.1 注射机的基本结构及规格	57	4.4.4 根据开模行程来选用	62
4.1.1 注射机分类	57	4.5 注塑工艺条件	63
4.1.2 注射机的基本结构	58	4.5.1 温度	63
4.1.3 注射机的规格和技术参数	58	4.5.2 压力	63
4.2 注塑工艺过程	58	4.5.3 成型周期	64
4.2.1 成型前的准备	59	复习与思考	64
4.2.2 注塑前需了解的塑料性能	59		

中篇 结 构 篇

第5章 注塑模概述	65	6.3.2 模具分型面的进一步定义	77
5.1 注塑模的概念	65	6.3.3 分型面的设计要点	77
5.2 注塑模的分类	65	6.3.4 分型面设计的一般原则	79
5.2.1 二板模	66	6.4 内模镶件外形尺寸的设计	82
5.2.2 三板模	66	6.4.1 制品排位的一般原则	83
5.2.3 热流道模	66	6.4.2 确定内模镶件外形尺寸	85
5.2.4 二板模和三板模的主要区别	67	6.4.3 内模镶件配合尺寸与公差	87
5.3 注塑模的基本组成	68	6.4.4 内模镶件型芯、型腔尺寸的计算	88
5.3.1 成型零件	68	6.4.5 脱模斜度	89
5.3.2 排气系统	69	6.4.6 内模镶件的型腔表面粗糙度	89
5.3.3 结构件	69	6.5 凹模的设计	90
5.3.4 侧向抽芯机构	69	6.5.1 基本结构	90
5.3.5 浇注系统	70	6.5.2 几种典型的镶拼结构	90
5.3.6 温度调节系统	70	6.6 凸模的设计	91
5.3.7 脱模系统	71	6.6.1 基本结构	91
5.3.8 导向定位系统	71	6.6.2 几种典型结构镶拼方式	92
5.4 注塑模设计思路	71	6.7 镶件的紧固和防转	96
复习与思考	72	6.7.1 镶件的紧固	96
第6章 注塑模成型零件设计	73	6.7.2 镶件的防转	98
6.1 概述	73	复习与思考	99
6.1.1 成型零件的概念	73	第7章 注塑模排气系统设计	100
6.1.2 成型零件设计的基本要求	74	7.1 概述	100
6.1.3 成型零件设计的一般步骤	74	7.1.1 排气系统的概念及重要性	100
6.2 型腔数量的确定	74	7.1.2 模具中气体的来源	100
6.2.1 确定型腔数量的方法	75	7.2 注塑模困气的位置及不良后果	100
6.2.2 确定型腔数量时必须考虑的因素	75	7.2.1 模具中容易困气的位置	100
6.3 确定制品分型线和模具分型面	75	7.2.2 型腔气体不能及时排出的后果	100
6.3.1 制品分型线和模具分型面关系	75	7.3 注塑模的排气方式	101

7.3.1	流动排气	101	8.7.2	模架板吊环螺丝孔的规定	129
7.3.2	分型面排气	102	8.7.3	定位圈	129
7.3.3	镶件配合面及侧向抽芯结构 排气	102	8.7.4	顶棍孔	130
7.3.4	加排气杆	103	8.7.5	限位钉	130
7.3.5	推杆(或推管)与动模镶件的 配合面	103	8.7.6	紧固螺钉	131
7.3.6	在困气处加冷料井	104	复习与思考		132
7.3.7	增加圆形凸起	104	第9章 注塑模侧向分型与抽芯机构 设计		133
7.3.8	透气钢排气	104	9.1	概述	133
7.3.9	排气栓排气	105	9.1.1	什么是侧向抽芯机构?	133
7.4	型腔排气系统设计要点	105	9.1.2	什么情况下要用侧向分型与 抽芯机构?	134
7.4.1	排气槽的位置和方向	105	9.2	侧向分型机构与抽芯机构的分类	134
7.4.2	排气槽深度 C	106	9.3	滑块+斜导柱的侧向抽芯机构	135
7.4.3	排气槽长度 A 和宽度 B	107	9.3.1	斜导柱外侧抽芯机构	135
7.4.4	排气槽数量	107	9.3.2	斜导柱+滑块内侧抽芯机构	146
7.4.5	排气槽的清理	107	9.3.3	侧抽芯(滑块)上加推杆	146
7.5	排气槽设计实例	107	9.4	滑块+弯销侧抽芯机构	146
7.6	型腔的进气装置设计	107	9.4.1	基本结构	146
复习与思考		108	9.4.2	设计要点	147
第8章 注塑模结构件的设计		109	9.4.3	使用场合	147
8.1	概述	109	9.5	滑块+T形块侧抽芯机构	148
8.2	模架的设计	109	9.5.1	基本结构	148
8.2.1	模架分类	109	9.5.2	工作原理	148
8.2.2	模架规格	111	9.5.3	设计要点	148
8.2.3	模架的选用	111	9.5.4	应用实例	148
8.2.4	定模板和动模板开框尺寸的设计	114	9.6	滑块+液(气)压缸的侧向抽芯 机构	149
8.2.5	定模板和动模板大小的设计	115	9.6.1	基本结构	149
8.2.6	方铁的设计	118	9.6.2	设计要点	150
8.2.7	无框模具	119	9.6.3	应用实例	150
8.3	提高模具强度的措施	119	9.7	斜推杆抽芯机构	150
8.3.1	加强模架的整体强度	119	9.7.1	概念	150
8.3.2	增加镶件强度	120	9.7.2	斜推杆分类	151
8.4	三板模定距分型机构的设计	121	9.7.3	斜推杆倾角角的确定	152
8.4.1	三板模的开模顺序	121	9.7.4	斜推杆的设计要点	152
8.4.2	三板模的开模距离	122	9.7.5	定模斜推杆结构	154
8.4.3	定距分型机构的种类	122	9.7.6	摆杆式侧抽芯机构	154
8.4.4	动定模 A、B 板的开闭器	124	9.7.7	斜推杆上加推杆的结构	154
8.5	弹簧	124	9.8	斜滑块抽芯机构	155
8.5.1	弹簧的作用和类型	124	9.8.1	斜滑块抽芯机构的概念	155
8.5.2	黑色圆弹簧	125	9.8.2	斜滑块抽芯机构设计要点	156
8.5.3	矩形弹簧	125	9.9	侧向分型与抽芯机构设计实例	157
8.6	浇口套的设计	127	复习与思考		161
8.6.1	浇口套的作用	127	第10章 注塑模浇注系统设计		162
8.6.2	浇口套分类	127	10.1	概述	162
8.7	模架中其他结构件的设计	128			
8.7.1	撑柱的设计	128			

10.1.1	浇注系统概念及分类	162	第 12 章 注塑模温度控制系统设计	204	
10.1.2	浇注系统的设计原则	162	12.1	概述	204
10.1.3	浇注系统设计的内容和步骤	163	12.2	注塑模温度控制的重要性	204
10.2	主流道设计	163	12.2.1	不同的塑料对模具温度要求不同	204
10.2.1	主流道的概念	163	12.2.2	模具温度对制品精度的影响	205
10.2.2	主流道的设计原则	164	12.2.3	模具温度对注塑周期的影响	205
10.2.3	倾斜式主流道设计	164	12.3	注塑模冷却的一般概念	205
10.3	分流道设计	165	12.3.1	对模具温度的要求有很矛盾的一面	205
10.3.1	设计分流道必须考虑的因素	165	12.3.2	影响模具冷却的因素	206
10.3.2	分流道的布置	165	12.3.3	冷却时间的确定	207
10.3.3	型腔的排列方式及分流道布置原则	167	12.3.4	提高模温调节能力的途径	207
10.3.4	分流道的截面形状	168	12.4	注塑模冷却的形式	208
10.3.5	分流道的截面大小	170	12.4.1	冷却水管冷却	208
10.3.6	分流道的设计要点	171	12.4.2	水冷冷却	214
10.3.7	辅助流道的设计	171	12.4.3	爆花片螺旋式冷却	214
10.4	拉料杆与冷料穴	172	12.4.4	喷流式冷却通道	214
10.4.1	拉料杆的设计	172	12.4.5	传热棒(片)	214
10.4.2	冷料穴的设计	174	12.5	注塑模冷却水路设计要点	215
10.5	浇口的设计	174	12.5.1	是优先考虑冷却还是优先考虑推出?	215
10.5.1	浇口的作用	175	12.5.2	冷却系统设计原则	215
10.5.2	浇口的分类	175	12.5.3	冷却水路的串联和并联设计	215
10.5.3	浇口设计要点	182	12.5.4	其他设计要求	216
复习与思考		183	12.6	冷却系统设计实例	217
第 11 章 热流道模具的设计		185	12.6.1	浅型腔模具的冷却	217
11.1	热流道模具的概念	185	12.6.2	深型腔模具的冷却	217
11.2	热流道模具的分类和组成	185	12.6.3	型芯的冷却	217
11.3	热流道模具的基本形式	186	12.6.4	侧向抽芯机构的冷却	218
11.3.1	单点式热流道模具	186	12.6.5	热射嘴的冷却	219
11.3.2	多点式热流道模具	186	12.7	模具加热系统	220
11.4	热流道系统的优、缺点	187	12.7.1	概述	220
11.4.1	热流道系统的优点	187	12.7.2	电阻丝加热装置	220
11.4.2	热流道系统应用的不足之处	189	12.7.3	电热棒加热	220
11.4.3	热流道模具与三板模结构的比较	189	12.7.4	模具加热实例	221
11.5	热流道浇注系统设计要点	190	复习与思考		222
11.5.1	热流道浇注系统的隔热结构设计	190	第 13 章 注塑模脱模系统设计	224	
11.5.2	热射嘴的设计	192	13.1	概述	224
11.5.3	热流道板设计	195	13.2	脱模系统分类	224
11.6	热流道模具结构分析	197	13.3	对脱模系统的要求	224
11.6.1	单点式热流道模具结构分析	197	13.4	脱模力的计算	225
11.6.2	多点式热流道模具结构分析	197	13.4.1	脱模力的分类	226
11.6.3	热流道模具设计中的关键技术	198	13.4.2	脱模力的定性分析	226
11.6.4	热流道模具设计实例	199	13.4.3	脱模力计算	226
复习与思考		203	13.5	推杆推出	227

13.5.1	圆推杆	227	14.1.4	注塑模导向定位机构的作用	254
13.5.2	扁推杆	230	14.2	导向系统的设计	255
13.6	推管推出	231	14.2.1	一般常识	255
13.6.1	基本结构	231	14.2.2	导柱结构的技术要求	255
13.6.2	推管大小的设计	231	14.2.3	导套结构及技术要求	255
13.6.3	推管的优缺点	232	14.2.4	A、B板之间的导柱导套	255
13.6.4	推管的使用场合	232	14.2.5	流道推板及A板的导柱导套	256
13.6.5	推管设计注意事项	232	14.2.6	推杆板导柱的设计	257
13.7	推板类脱模系统	232	14.3	定位系统设计	259
13.7.1	推板类脱模系统适用场合	232	14.3.1	定位系统的作用	259
13.7.2	推板类脱模系统分类	233	14.3.2	使用场合	259
13.7.3	模板脱模系统	233	14.3.3	定位结构的分类	259
13.7.4	埋入式推板脱模系统	234	复习与思考		262
13.7.5	推块脱模系统	234	第15章 特种注塑模具设计		263
13.8	螺纹自动脱模系统	234	15.1	双色注塑模具设计	263
13.8.1	螺纹自动脱模机构的分类	235	15.1.1	概述	263
13.8.2	螺纹自动脱模机构设计要点	235	15.1.2	双色注射成型的优点	263
13.9	气动脱模系统	237	15.1.3	双色成型产品的特点	263
13.9.1	锥面阀门式气吹模	238	15.1.4	双色注塑模具应用场合	263
13.9.2	推杆阀门式气吹模	238	15.1.5	双色注塑模具设计	264
13.10	二次推出	239	15.1.6	双色注塑模具设计技巧	266
13.10.1	概念	239	15.1.7	双色注塑模具设计注意事项	268
13.10.2	适用场合	239	15.1.8	双色注塑模具设计实例	268
13.10.3	多次脱模系统的分类	240	15.2	气体辅助注塑模具设计	270
13.10.4	复合推出	240	15.2.1	概述	270
13.10.5	强行推出	241	15.2.2	气体辅助注射模具成型的优点	270
13.10.6	强行推出的模具结构	242	15.2.3	气体辅助注射成型原理	271
13.11	定模推出	244	15.2.4	气体进入型腔的方式	271
13.11.1	概述	244	15.2.5	气体注入前的两种状态	271
13.11.2	定模推出实例	244	15.2.6	气辅成型工艺条件	272
13.12	脱模系统的设计原则	246	15.2.7	气辅制品和模具设计基本原则	273
13.12.1	推杆位置设计的一般原则	246	15.2.8	气体辅助注塑模具设计的基本要点	274
13.12.2	推杆大小设计的一般原则	247	15.2.9	气体辅助注塑模具实例分析	274
13.12.3	推杆数量设计的一般原则	247	(一)		274
13.12.4	推杆设计的其他原则	247	15.2.10	气体辅助注塑模具实例分析	275
13.13	推杆固定板的先复位机构	248	(二)		275
13.13.1	概述	248	15.2.11	气体辅助注塑模具实例分析	277
13.13.2	推杆固定板先复位机构的使用场合	248	(三)		277
13.13.3	推杆固定板先复位机构的分类	249	15.2.12	气体辅助注塑模具设计思路	277
复习与思考		252	15.3	叠层注塑模具设计	278
第14章 注塑模导向定位系统设计		253	15.3.1	概述	278
14.1	概述	253	15.3.2	叠层注塑模具的优点和缺点	278
14.1.1	导向定位系统的定义	253	15.3.3	叠层注塑模具相关理论	279
14.1.2	导向定位系统的重要性	253	15.3.4	叠层注塑模具设计内容	281
14.1.3	注塑模导向定位机构的分类	254	15.3.5	叠层注塑模具设计注意事项	285
			复习与思考		286

下篇 实战篇

第 16 章 注塑模具设计步骤及实例	287
16.1 注塑模具设计的基本要求	287
16.2 模具设计的一般步骤与内容	288
16.3 注塑模设计之前的准备工作	288
16.3.1 模具设计前必须了解的事项	288
16.3.2 制品结构分析要点	290
16.3.3 模具结构分析要点	291
16.4 注塑模设计图的基本形式及要求	294
16.5 模具装配图的画法	296
16.6 模具装配图上的尺寸标注、明细表及技术要求	298
16.6.1 装配图上的尺寸标注	298
16.6.2 模具图中的技术要求	300
16.6.3 模具图中的明细表	301
16.7 模具设计图的审核程序与内容	301
16.8 模具图的管理	303
16.9 注塑模设计实例	304
16.10 提高模具设计水平的途径	309
复习与思考	310
第 17 章 注塑模具常用钢材及其性能	312
17.1 注塑模模具钢必备之性能	312
17.2 塑料模具常用钢材	313
17.3 钢材中合金元素的功能	315
17.4 模具钢材的选用	316
17.4.1 选用模具钢材的依据	316
17.4.2 模具各零件常用钢材	316
17.5 模具钢材的热处理及硬度	318
17.5.1 模具钢材的热处理	318
17.5.2 模具钢材硬度	320
复习与思考	321
第 18 章 热塑性塑料制品常见缺陷分析及解决办法	322
18.1 概述	322
18.1.1 评价塑料制品质量的指标	322
18.1.2 造成制品缺陷的原因	322
18.1.3 解决问题的一般方法	322
18.2 制品常见缺陷分析及解决办法	323
18.2.1 流痕	323
18.2.2 填充不足	323
18.2.3 飞边	323
18.2.4 收缩凹陷	325
18.2.5 熔接痕	326
18.2.6 银纹	326
18.2.7 震纹	327
18.2.8 翘曲变形	327
18.2.9 开裂	328
18.2.10 透明制品缺陷	328
18.2.11 塑料变色	329
18.2.12 制品中产生气泡	330
18.3 制品推出常见问题分析	330
18.3.1 顶白变形	330
18.3.2 粘凹模或凸模	330
18.3.3 断推杆	330
18.3.4 推杆与镶件配合处有飞边	331
复习与思考	331
第 19 章 注塑模精密成型技术	332
19.1 概述	332
19.2 如何做到精密成型	332
19.3 精密模具的设计与制造	333
19.4 精密注塑工艺	334
复习与思考	336

附录

附录 1 内地与港台地区模具术语对照表	337
附录 2 塑料代号及中文对照表	338
附录 3 模塑件尺寸公差表 (GB/T 14486—2008)	339
附录 4 产品外侧蚀纹深度与脱模斜度对照表	340
附录 5 注射机技术参数	341
附录 6 优化数值在模具设计中的选用	342
附录 7 模具的价格估算与结算方式	343
附录 8 注塑模常见加工方法与加工工艺一览表	345

参考文献	346
-------------------	-----

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制成的一种人工材料，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，包括光稳定剂、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

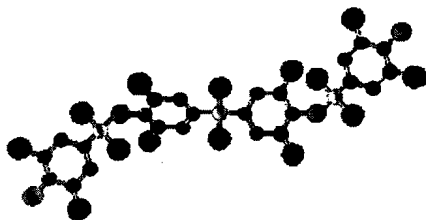


图 1-1 低分子有机化合物首尾相连形成高分子化合物（高聚物）

(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。

因为热固性塑料较少使用注塑，本书主要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。

晶态聚合物通常由许多晶粒组成，晶粒中呈周期性排列的质点是大分子链中的结构单元链节。如：PE、PP、PA、POM、PET、PBT 等，大多数的塑料属于部分结晶态。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 1g/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。