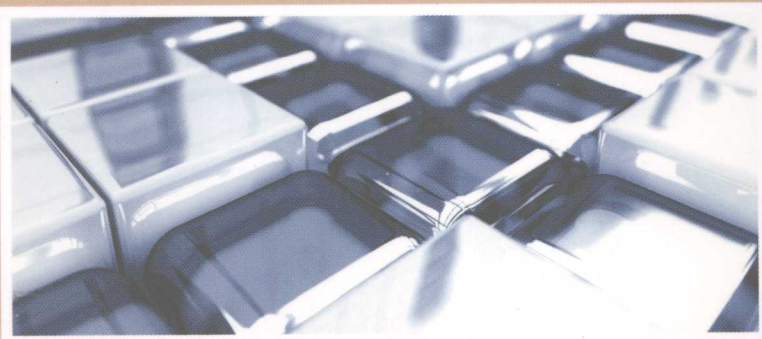


工业设计
系列丛书



模具设计技能培训—— AutoCAD 中文版

华南理工大学工程训练中心 组编

吴柳机 张木青 彭智晶 黄广力 主编

张喜生 审

本书光盘中包括书中所有的设计任务文件、
设计结果文件及设计任务的动画教学文件

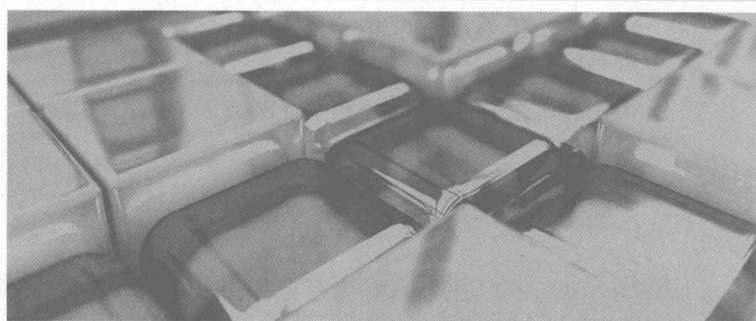


DVD-ROM



人民邮电出版社
POSTS & TELECOM PRESS

工业设计
系列丛书



模具设计技能培训—— **AutoCAD** 中文版

华南理工大学工程训练中心 组编

吴柳机 张木青 彭智晶 黄广力 主编

张喜生 审

人民邮电出版社
北京

图书在版编目 (CIP) 数据

模具设计技能培训: AutoCAD中文版 / 吴柳机等主编;
华南理工大学工程训练中心组编. —北京: 人民邮电出版
社, 2009.8

(工业设计系列丛书)

ISBN 978-7-115-20847-7

I. 模… II. ①吴…②华… III. 模具—计算机辅助设计—
应用软件, AutoCAD—技术培训—教材 IV. TG76-39

中国版本图书馆CIP数据核字 (2009) 第064311号

内 容 提 要

本书以企业一线生产模具为实例, 全面介绍应用 AutoCAD 2008 和燕秀工具箱 2.2 进行模具设计的全过程。书中首先介绍了模具设计的基础知识, 然后通过单分型面侧浇口注塑模具——过滤网模具设计、单分型面潜伏式浇口注塑模具——接收器上盖模具设计、双分型面注塑模具——接收器下盖模具设计、推板顶出机构注塑模具——烟灰缸模具设计、斜滑块 (斜顶) 内侧抽芯机构注塑模具——电池盖模具设计和外侧抽芯机构注塑模具——U 盘盖模具设计这几个典型的模具实例, 使读者迅速掌握使用 AutoCAD 2008 和燕秀工具箱 2.2 进行模具设计的基本方法和设计技巧。

本书以企业从接受设计任务到一线工程师设计模具的设计流程为编写思路, 由浅入深, 选例典型, 针对性强, 适合从事产品模具生产制造的工程设计人员阅读, 也可作为各类培训学校的教材。

随书附赠的光盘中包括书中所有的设计任务文件、设计结果文件及设计任务的动画教学文件。

工业设计系列丛书

模具设计技能培训——AutoCAD 中文版

- ◆ 组 编 华南理工大学工程训练中心
- 主 编 吴柳机 张木青 彭智晶 黄广力
- 审 张喜生
- 责任编辑 张 伟
- ◆ 人民邮电出版社出版发行 北京市崇文区夕照寺街 14 号
邮编 100061 电子函件 315@ptpress.com.cn
网址 <http://www.ptpress.com.cn>
北京顺义振华印刷厂印刷
- ◆ 开本: 787×1092 1/16
印张: 25.75
字数: 646 千字 2009 年 8 月第 1 版
印数: 1—4 000 册 2009 年 8 月北京第 1 次印刷

ISBN 978-7-115-20847-7/TN

定价: 59.00 元 (附光盘)

读者服务热线: (010) 67129264 印装质量热线: (010) 67129223

反盗版热线: (010) 67171154

本书编写人员

主 编：吴柳机 张木青 彭智晶 黄广力

编 委：宋小春 胡青春 许超明 徐 静 王利光 邓军华 杨润成

伍福军 罗增良 梁 柱 梁洪彬 林亚宗 黄丽梅 罗 丽

刘 婷 程 聪 罗 敏 聂永增 谭新辉 杨其泽 黄国明

韦安台 陈汉威 赖金强

前言

制造业背景

制造业是国民经济的物质基础和产业主体，是国家科技水平和综合实力的重要标志，是以信息化带动和加速工业化的主导产业。中国正在成为一个全新的制造业中心。中国是制造业大国，但还不是强国。中国的技术及管理水平和发达国家相比还有较大差距：1. 在设计方面，CAD 在发达国家已经覆盖了制造业的 60%，而我国 CAD 的覆盖率仅为 5%。在自动化技术方面，发达国家普遍采用数控机床、加工中心，实现了柔性自动化，并向智能化、集成化发展；而我国处于单机自动化、刚性自动化阶段，柔性制造单元和系统仅在个别企业采用。2. 产品档次低，技术结构落后。3. 市场快速反应能力差。产品生命周期长，其主导产品平均周期为 10 年，而美国相当一部分企业实现了“三个三”，即产品设计为三星期，产品试制为三个月，产品生命周期为三年。4. 主导产品的技术来源大多依赖外国。一半以上的大型企业还没有自己的技术开发中心，我国制造装备绝大部分依赖进口，如石油化工装备的 80%，轿车工业装备、纺织机械、胶印设备、数控机床的 70%，光纤制造设备的 100%，集成电路芯片制造设备的 85% 都依赖进口。没有形成研究开发能力，处于产业价值链的低端，由此导致产业发展受制于人。5. 多面手、学习能力和适应能力强的高级技工严重不足。因此，国家确定了通过信息化带动工业化的国策，推动制造企业实施制造业信息化。

制造业信息化发展其中一项内容就是 CAD/CAM 技术的发展，而高素质的人才推动 CAD/CAM 技术发展的关键环节。

就业形势

现今社会竞争激烈加上就业形势严峻，劳动力市场已出现“失业逼近高学历，企业争抢技术工”的局面，大量毕业生因种种原因找不到工作，另有大量农村富余劳动力需要转移就业，还有大量的下岗工人需要再就业，我国劳动力市场在总量上已经供大于求，但是大量高技能岗位却招不到合适的人才，随着结构调整和产业升级的推进，高技能人才总量严重不足的矛盾将日益突出。

本书简介

AutoCAD 是由美国 Autodesk 公司于 1982 年开发的绘图程序软件包，它具有良好的用户界面，通过交互菜单或命令行方式便可以进行各种操作。它的多文档设计环境，让非计算机专业人员也能很快地学会使用。读者在不断实践的过程中可以更好地掌握它的各种应用和开发技巧，从而提高工作效率。因其强大而完美的功能，被广泛应用于机械、汽车、航天、电子、家用电器和工程机械行业中，是当今世界上应用最为广泛的设计软件。AutoCAD 在实际生产的应用日益广泛，成为各大院校学生学习工程技术的必修专业课程，在企业中也成为设

计工程师必备的设计工具。

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。这一方面导致企业对模具设计人才的需求增加，另一方面也对模具设计人才的培训提出了更高的要求。

分析目前市场上介绍使用 AutoCAD 软件进行模具设计的书籍，可以发现其中大部分书籍的内容只停留在介绍软件功能应用的阶段，对软件在实际生产中的应用技巧和应用要点没有明确提出，这就使得读者的学习思维容易只停留在书本上，难以将所学的知识应用到实际生产当中。为了帮助读者迅速掌握使用软件进行模具设计的方法，本书根据作者多年使用 AutoCAD 进行模具开发的工作经验和心得体会，采用实际工厂中典型的模具结构作为应用实例，全面介绍了使用该软件进行模具设计的全过程。让读者在阅读书籍的过程中不但能够快速掌握 AutoCAD 的基本功能，而且能够熟练掌握模具设计的思路及技巧，更为重要的是能够结合工厂中的产品及图纸进行模具设计。

本书特色

- 本书最大的一个特点就是以“任务驱动”的方式进行编写，也就是模拟实际工厂的做事方式，先下达设计任务，接着进行设计分析，然后将整个设计流程叙述出来，在设计过程中掌握常用的软件功能和设计理论知识。最后，对本次设计任务进行深入总结，将一些应用技巧和注意事项提取出来，实操性很强。
- 内容丰富，突出技巧，涉及 AutoCAD 2008 软件的众多功能和命令，对功能和命令的运用技巧有详细讲解，图书的实用价值比较高。
- 实例丰富，结合实际，对 AutoCAD 2008 软件的主要功能和命令，先结合简单的实例进行讲解，然后通过较复杂的实例综合讲解，让读者通过循序渐进的学习方法理解模具设计的过程，书中还给出了实际模具设计中的经验技巧和应注意的问题。
- 条理清晰，讲解详细，务求让初学者通过自学就能独立学习 AutoCAD 2008 软件的功能和命令，并能在学习和工作中加以灵活运用。
- 写法独特，直观清楚，本书采用 AutoCAD 2008 软件中真实的菜单、操控板、按钮、对话框、菜单管理器等进行配合讲解，使初学的读者能直观、准确地进行操作，提高读者学习的效率。

全书共分 8 章，各章具体内容如下。

- 第 1 章：主要介绍注塑模具设计相关的一些基础知识，通过学习让读者掌握模具设计的专业理论知识。
- 第 2 章：主要介绍 AutoCAD 2008 和燕秀工具箱 2.2 常用到的基本功能，通过学习让读者初步掌握 AutoCAD 2008 和燕秀工具箱 2.2 的应用方法。
- 第 3 章：主要介绍单分型面侧浇口注塑模具——过滤网模具设计，通过学习让读者全面理解单分型面侧浇口注塑模具的设计思路和技巧。
- 第 4 章：主要介绍单分型面潜伏式浇口注塑模具——接收器上盖模具设计，通过学习让读者全面理解单分型面潜伏式浇口注塑模具的设计思路和技巧，并进一步掌握 AutoCAD 2008 和燕秀工具箱 2.2 功能的综合应用和方法。

- 第 5 章：主要介绍双分型面注塑模具——接收器下盖模具设计，通过学习让读者全面理解双分型面注塑模具的设计思路 and 技巧，并进一步掌握 AutoCAD 2008 和燕秀工具箱 2.2 功能的综合应用和方法。

- 第 6 章：主要介绍推板顶出机构注塑模具——烟灰缸模具设计，通过学习让读者全面理解推板顶出机构注塑模具的设计思路 and 技巧，并进一步掌握 AutoCAD 2008 和燕秀工具箱 2.2 功能的综合应用和技巧。

- 第 7 章：主要介绍斜滑块（斜顶）内侧抽芯机构注塑模具——电池盖模具设计，通过学习让读者全面理解斜滑块（斜顶）内侧抽芯机构注塑模具的设计思路 and 技巧，并进一步提升读者应用 AutoCAD 2008 和燕秀工具箱 2.2 功能的综合能力和技巧。

- 第 8 章：主要介绍外侧抽芯机构注塑模具——U 盘盖模具设计，通过学习让读者全面理解外侧抽芯机构注塑模具的设计思路 and 技巧，并进一步提升读者应用 AutoCAD 2008 和燕秀工具箱 2.2 功能的综合能力和技巧。

读者对象

本书适合从事模具生产制造的工程设计人员阅读，也可作为各类培训学校的教材。

光盘使用说明

为了让读者全面掌握本书的内容，本书附带一张光盘，给出了书中的所有设计任务，并为每个设计任务都配备有动画教学文件，读者可以根据相关章节的设计任务打开光盘中的设计任务文件或动画教学文件进行对应练习。通过设计任务练习，读者能快速、全面地掌握使用 AutoCAD 2008 进行模具设计的技巧和技术要领。

光盘的主要内容和使用方法如下。

- 将随书附带的光盘放入光驱，系统会自动进入光盘内容，或在“我的电脑”中将光标指向光驱图标并单击鼠标右键，在弹出的快捷菜单中选择“打开”选项，便可进入光盘内容。

- 本书光盘分为 4 大部分，分别为客户资料、设计结果、综合练习和设计演示。建议读者先将光盘内容复制到硬盘上，然后再进行相关操作。

- “客户资料”文件夹下包含本书涉及的所有设计任务文件，读者可以打开这些文件，然后对应书中的内容进行操作。

- “设计结果”文件夹下包含本书的所有设计结果文件，读者可以打开这些文件，然后浏览相关设计任务的设计结果。

- “综合练习”文件夹下包含本书的所有综合练习的工程图和结果文件，读者可以打开这些工程图，然后进行操作。

- “设计演示”文件夹下包含本书所有设计任务的设计演示文件（*.avi 格式），设计演示文件名称和书中提及的文件名称相对应。读者可以用 Windows 系统自带的播放工具播放这些设计演示文件，也可以使用其他适于播放 *.avi 格式文件的工具进行播放。

- 光盘中附带了本书涉及的部分图形文档。当书本中的图形看不太清楚时，可以参考

这些图形文档进行学习,也可以参考设计演示文件进行学习。

- 读者在学习本书时,计算机上需安装 AutoCAD 2008 或以上版本、燕秀工具箱 2.2 或以上版本和 Word 软件。

本书在编写过程中得到了广东省岭南工商第一高级技工学校、广东省技师学院、广东省高级技工学校和湖南易成专业模具培训中心众多老师的技术支持和指导,在此表示衷心的感谢!

由于本书写作时间仓促,虽经再三校对,仍难免有疏漏之处,望广大读者予以指正。我们感谢您在众多的 AutoCAD 图书中选择了本书,同时也请您把对本书的意见和建议告诉我们。作者 E-mail: cadcamcaemold@163.com。

编 者

目 录

第 1 章 注塑模具设计基础..... 1	
1.1 常用塑料的性能..... 2	
1.1.1 塑料的成型收缩..... 2	
1.1.2 常用塑料材料..... 4	
1.2 塑料制品(胶件)的结构工艺性..... 9	
1.2.1 注塑工艺对胶件结构的要求..... 9	
1.2.2 模具对胶件结构的要求..... 11	
1.2.3 产品装配对胶件结构的要求..... 17	
1.2.4 表面要求..... 18	
1.3 模具报价..... 19	
1.3.1 模具类型..... 19	
1.3.2 报价图的绘制及订料..... 20	
1.3.3 模具价格的计算..... 23	
1.4 注塑模具的基本类型..... 25	
1.4.1 模具的分类..... 25	
1.4.2 胶件排位..... 32	
1.4.3 分模面的确定..... 34	
1.4.4 模具强度..... 37	
1.4.5 成型零件设计..... 39	
1.4.6 抽芯行位机构设计..... 41	
1.4.7 顶出(脱模)机构设计..... 49	
1.4.8 浇注系统..... 55	
1.4.9 冷却机构设计..... 66	
1.4.10 排气系统设计..... 70	
1.4.11 模具图纸规范..... 71	
1.5 模具设计的总体要求..... 73	
1.6 注塑模的设计流程..... 74	
1.7 综合练习..... 78	
第 2 章 AutoCAD 和模具库基础..... 86	
2.1 AutoCAD 简介..... 87	
2.1.1 AutoCAD 系统介绍..... 87	
2.1.2 AutoCAD 发展平台..... 87	
2.2 AutoCAD 中常用的工具..... 89	
2.2.1 模具零件的表达方法..... 89	
2.2.2 模具零件图的绘制..... 106	
2.2.3 图形输出..... 114	
2.2.4 小结..... 116	
2.3 模具库简介..... 117	
2.3.1 AutoCAD 外挂模具库简介..... 117	
2.3.2 燕秀工具箱 2.2 安装..... 117	
2.3.3 燕秀工具箱 2.2 入门..... 119	
2.3.4 燕秀工具箱 2.2 菜单..... 122	
2.3.5 燕秀工具箱 2.2 常用功能..... 122	
2.3.6 模具零部件明细表(BOM)表制作..... 131	
2.3.7 小结..... 132	
2.4 综合练习..... 132	
第 3 章 单分型面侧浇口注塑模具——过滤网模具设计..... 134	
3.1 设计任务..... 135	
3.2 设计要点..... 136	
3.3 设计思路剖析..... 136	
3.4 模具成型结构设计过程..... 140	
3.4.1 打开文档..... 140	
3.4.2 产品收缩率(缩水)设置..... 141	
3.4.3 型腔布局及型腔数目..... 142	
3.4.4 分型面设计..... 142	
3.4.5 成型零件设计..... 143	
3.4.6 设计总结..... 143	
3.5 模具装配图设计过程..... 143	
3.5.1 调入标准模架..... 143	
3.5.2 装配成型零件..... 146	

3.5.3	浇注系统设计	146
3.5.4	顶出系统设计	148
3.5.5	冷却系统设计	149
3.5.6	定位系统设计	151
3.5.7	其他结构设计	151
3.5.8	总装配图尺寸标注	156
3.5.9	模具零部件明细表设计	157
3.5.10	设计总结	158
3.6	模具成型零件图设计过程	159
3.6.1	拆画模具成型零件图	159
3.6.2	尺寸标注及编写技术要求	164
3.6.3	调用图框及标题栏	172
3.6.4	设计总结	174
3.7	综合练习	175

第4章 单分型面潜伏式浇口注塑模具——接收器上盖模具设计

4.1	设计任务	178
4.2	设计要点	179
4.3	设计思路剖析	179
4.4	模具成型结构设计过程	183
4.4.1	打开文档	183
4.4.2	产品收缩率(缩水)设置	183
4.4.3	型腔布局及型腔数目	183
4.4.4	分型面设计	184
4.4.5	成型零件设计	185
4.4.6	设计总结	185
4.5	模具装配图设计过程	186
4.5.1	调入标准模架	186
4.5.2	装配成型零件	187
4.5.3	浇注系统设计	189
4.5.4	顶出系统设计	192
4.5.5	冷却系统设计	193
4.5.6	定位系统的设计	195
4.5.7	其他结构设计	198
4.5.8	总装配图尺寸标注	201

4.5.9	模具零部件明细表设计	202
4.5.10	设计总结	203
4.6	模具成型零件图设计过程	203
4.6.1	拆画模具成型零件图	204
4.6.2	尺寸标注及编写技术要求	208
4.6.3	调用图框及标题栏	215
4.6.4	设计总结	215
4.7	综合练习	216

第5章 双分型面注塑模具——接收器下盖模具设计

5.1	设计任务	218
5.2	设计要点	219
5.3	设计思路剖析	219
5.4	模具成型结构设计过程	223
5.4.1	产品收缩率(缩水)设置	223
5.4.2	型腔布局及型腔数目	224
5.4.3	分型面设计	225
5.4.4	成型零件设计	225
5.4.5	设计总结	226
5.5	模具装配图设计过程	227
5.5.1	调入标准模架	227
5.5.2	装配成型零件	228
5.5.3	浇注系统设计	229
5.5.4	顶出系统设计	230
5.5.5	冷却系统设计	231
5.5.6	排气系统设计	232
5.5.7	其他结构设计	233
5.5.8	总装配图尺寸标注	236
5.5.9	模具零部件明细表设计	236
5.5.10	设计总结	238
5.6	模具成型零件图设计过程	238
5.6.1	拆画模具成型零件图	239
5.6.2	尺寸标注及编写技术要求	244
5.6.3	调用图框及标题栏	250
5.6.4	设计总结	253

5.7 综合练习	253
第6章 推板顶出机构注塑 模具——烟灰缸模具 设计	255
6.1 设计任务	256
6.2 设计要点	257
6.3 设计思路剖析	257
6.4 模具成型结构设计过程	260
6.4.1 打开文档	260
6.4.2 产品收缩率(缩水) 设置	260
6.4.3 型腔布局及型腔数目	261
6.4.4 分型面设计	261
6.4.5 成型零件设计	261
6.4.6 设计总结	264
6.5 模具装配图设计过程	265
6.5.1 调入标准模架	265
6.5.2 装配成型零件	266
6.5.3 浇注系统设计	266
6.5.4 顶出系统设计	268
6.5.5 冷却系统设计	271
6.5.6 定位系统设计	273
6.5.7 其他结构设计	273
6.5.8 总装配图尺寸标注	276
6.5.9 模具零部件明细表 设计	277
6.5.10 设计总结	278
6.6 模具成型零件图设计过程	279
6.6.1 拆画模具成型零件图	279
6.6.2 尺寸标注及编写技术 要求	283
6.6.3 设计总结	289
6.7 综合练习	289

第7章 斜滑块(斜顶)内侧抽芯 机构注塑模具——电池盖 模具设计

7.1 设计任务	292
7.2 设计要点	293

7.3 设计思路剖析	293
7.4 模具成型结构设计过程	298
7.4.1 打开文档并设置产品 收缩率(缩水)	298
7.4.2 型腔布局及型腔数目	299
7.4.3 分型面设计	300
7.4.4 成型零件设计	301
7.4.5 设计总结	302
7.5 模具装配图设计过程	303
7.5.1 调入标准模架	303
7.5.2 装配成型零件	304
7.5.3 浇注系统设计	306
7.5.4 斜顶机构设计	307
7.5.5 顶出系统设计	309
7.5.6 冷却系统设计	310
7.5.7 排气系统设计	312
7.5.8 其他结构设计	313
7.5.9 总装配图尺寸标注	315
7.5.10 模具零部件明细表 设计	316
7.5.11 设计总结	317
7.6 模具成型零件图设计过程	317
7.6.1 拆画模具成型零件图	318
7.6.2 尺寸标注及编写技术 要求	324
7.6.3 调用图框及标题栏	331
7.6.4 设计总结	332
7.7 综合练习	333

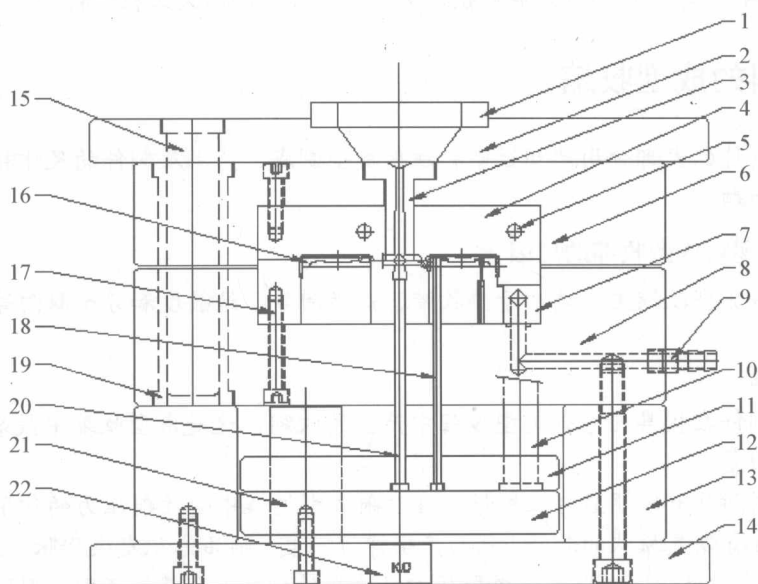
第8章 外侧抽芯机构注塑 模具——U盘盖模具 设计

8.1 设计任务	335
8.2 设计要点	336
8.3 设计思路剖析	336
8.4 模具成型结构设计过程	341
8.4.1 产品收缩率(缩水) 设置	341
8.4.2 型腔布局及型腔数目	342
8.4.3 分型面设计	343

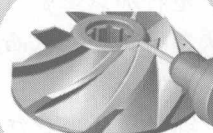
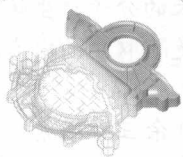
8.4.4	成型零件设计	343	8.6.3	调用图框及标题栏	373
8.4.5	设计总结	344	8.6.4	设计总结	374
8.5	模具装配图设计过程	344	8.7	综合练习	375
8.5.1	调入标准模架	344	附录 1	AutoCAD 快捷指令	376
8.5.2	装配成型零件	346	附录 2	模具书面术语与珠三角地区 术语对照表	378
8.5.3	浇注系统设计	346	附录 3	常用塑料模具零件名称中英文 对照表 (模具术语表)	379
8.5.4	顶出系统设计	348	附录 4	模具试模常见问题及解决 方法	381
8.5.5	冷却系统设计	350	附录 5	《模具设计师》职业标准	385
8.5.6	排气系统设计	352	附录 6	助理模具设计师 (注塑) 理论试卷及答案	392
8.5.7	滑块结构设计	352	附录 7	助理模具设计师 (注塑) 实操试卷	398
8.5.8	其他结构设计	353			
8.5.9	总装配图尺寸标注	356			
8.5.10	模具零部件明细表 设计	357			
8.5.11	设计总结	358			
8.6	模具成型零件图设计过程	359			
8.6.1	拆画模具成型零件图	359			
8.6.2	尺寸标注及编写技术 要求	366			

第 1 章

注塑模具设计基础



- 1—定位环 2—面板 3—唧嘴 4—型腔 5—运水孔 6—定模
7—型芯 8—动模 9—快速接头 10—复位杆 11—顶针面板
12—顶针底板 13—方铁 14—底板 15—导柱 16—产品
17—内六角螺丝 18—顶针 19—导套 20—拉料杆
21—撑头 22—顶棍孔



1.1 常用塑料的性能

人们常说的塑料,是对所有塑料品种的统称,它的应用很广泛,因此,分类方法也各有不同。按用途大体可以分为通用塑料和工程塑料两大类。通用塑料如聚乙烯(PE)、聚丙烯(PP)、聚苯乙烯(PS)、改性聚苯乙烯(如 SAN、HIPS)、聚氯乙烯(PVC)等,这些是日常使用最广泛的材料,性能要求不高,成本低。工程塑料指一些具有机械零件或工程结构材料等工业品质的塑料。其机械性能、电气性能,对化学环境的耐受性,对高温、低温的耐受性等方面都具有较优越的特点,在工程技术上甚至能取代某些金属或其他材料。常见的工程塑料有 ABS、聚酰胺(简称 PA,俗称尼龙)、聚碳酸酯(PC)、聚甲醛(POM)、有机玻璃(PMMA)、聚酯树脂(如 PET、PBT)等,前四种发展最快,为国际上公认的四大工程塑料。

1.1.1 塑料的成型收缩

工程塑料制件的大部分用热塑性塑料注射成型制成,为满足制件的尺寸精度,通常会涉及到收缩率的问题。

1. 热塑性塑料成型收缩的成因

热塑性塑料成型收缩主要是由于热收缩、弹性回复、结晶度和分子取向等方面因素综合作用而形成的。

(1) 热收缩

热收缩是制件在模具内冷却定型过程中产生的收缩,这是成型收缩中最基本的收缩。

(2) 弹性回复

由于熔融树脂具有较明显可压缩性,在注射成型过程中受注射压力的作用而受压缩,当压力消除后就会有恢复原状的趋势,从而产生弹性回复,制品体积发生膨胀,也就是一种“负收缩”。当塑料的种类、熔体温度、成型压力、填料的种类、含量等不同,则所显示的可压缩性也不同。树脂的可压缩性越大、产生的弹性恢复也越大,利用这个特点,在成型过程中,往往用适当提高注射压力的方法来调节制件收缩率,提高尺寸精度和减少表面缩痕、缩孔等。

(3) 结晶度

对于结晶性树脂(如 PA、PE、PP、POM 等),在成型中会出现结晶过程,并伴随体积缩小,这就表现为成型收缩,结晶度越高,体积收缩越大。另外,不同的树脂其结晶速度也不同。

(4) 分子取向

塑料加热熔融,注入模腔,顺流动方向拉长,在冷却过程中,被拉长的分子产生恢复原来状态的趋势,从而产生收缩,这被称为因分子取向的收缩。这种收缩是随取向的内容增大而增大的。

综上所述,在注射成型塑料制件时,由弹性回复引起的膨胀,小于其余三种因素所引起的收缩,因此形成成型收缩。

2. 影响成型收缩的主要因素

影响成型收缩的因素非常多,而且很复杂,下面从塑料品种、制件的形状与结构、模具和成型工艺条件四个方面对成型收缩的影响作一些简单的分析和介绍。



(1) 塑料品种的影响

各种塑料, 由于性能和分子结构的差异, 其收缩率各不相同, 同种塑料批次不同其收缩率也不尽相同, 同一制件由于部位不同其收缩率也会不同。一般说来, 塑料品种对成型收缩的影响。

- ① 热塑性塑料由于结晶和分子取向等原因, 其收缩率比热固性塑料大。
- ② 热塑性含玻璃纤维或矿物填料的塑料收缩率, 比通用塑料小。其含量越大, 收缩率越小。
- ③ 无定型塑料的收缩率比结晶性塑料小。
- ④ 结晶度大的塑料, 收缩率也大。
- ⑤ 易吸水、挥发物多的塑料, 相应的收缩率也大。

(2) 制件的形状与结构的影响

在注射成型过程中, 制件的形状和结构不同, 会引起各流道部位流动速度和冷却情况的不同, 于是导致收缩率的变化。一般情况下:

- ① 进料口的截面积越大, 则收缩率越小, 对于厚壁制品尤为突出, 这是因为浇口截面积大, 浇口不会过早凝固, 模腔内可以保持充分的压力。
- ② 包紧型芯的直径方向的收缩率小, 而与型芯平行方向的收缩率大。
- ③ 形状复杂的收缩率小, 形状简单的大。
- ④ 有嵌件的部位比没有嵌件的部位的收缩率大。
- ⑤ 大部分情况下厚壁部位比薄壁部位的收缩率大。

(3) 模具的影响

模具主要受其浇注系统和形状等的影响。

① 模具的浇口位置对收缩率有明显的影响, 如一个叶轮, 浇口在中心, 则制件沿圆周任意方向的收缩都应该是一致的; 如果制件是一根拉伸试样, 浇口在一端, 则长度方向的收缩率会明显大于宽度方向的收缩率。

② 一般情况下薄膜浇口的收缩率比直接浇口制件的收缩率要大。

③ 对于多型腔模具, 浇道设计如果排列不对称、尺寸不一致, 也会引起各模腔制件收缩率的差异。

④ 在模具的形状中有限制收缩的情况时, 不能按原料供应商提供的收缩率数据来设计模具, 因为供应商提供的数据是在没有模具内限制的状态下测定的。应适当选取较小的收缩率, 主要取决于在模具内的冷却时间。

(4) 成型工艺条件的影响

所用的设备、模具、原料都不变, 仅改变成型工艺条件, 这时会发现所得到的制件收缩率也会改变, 成型工艺条件对收缩率影响的情况较为复杂, 其主要因素有注射压力、保压压力、熔体温度、模具温度、成型时间、模具内冷却时间等, 下面分别作一简单的分析介绍:

① 注射压力与保压压力增高, 可使制件密实, 同时弹性回复增大, 因此引起收缩率减小, 几乎所有塑料都有这种倾向; 另外, 对于同一个制件, 模腔内树脂的压力在各部分并不一致, 因此各部位的收缩率也不尽相同。

② 塑料的熔体温度对收缩率的影响是复杂的, 熔体温度与熔体在模腔内的充注状态和冷却方式等有密切关系, 成型收缩是这些因素的综合体现。另外, 随物料的种类、成型压力、浇口尺寸和制品壁厚等不同, 熔体温度对成型收缩的影响有很大的差异。实验还证明对于 30% 下玻纤增强的 PA6 成型时熔体温度增高, 收缩率反而随之略有增大。



③ 模具温度的高低直接影响高温的熔体在模具内固化的冷却速度,因此也必然对成型收缩产生影响,如果模具温度高,制品脱模后的热收缩量大,所以成型收缩率也大,可是模具温度高熔体充模冷却缓慢,注射压力能充分作用在熔体上,使制件脱模时弹性回复增大,冲抵了成型收缩,对于一般塑料来说热收缩的影响大于弹性回复,所以在一般情况下,模具温度越高,成型收缩率就越大,但对于聚碳酸酯和玻纤增强聚碳酸酯等部分品种却是模具温度增高成型收缩率稍有降低。

总体上来说,结晶性树脂与非结晶性树脂相比,模具温度对成型收缩的影响要大得多,这是因为模具温度高,使充模树脂的冷却速度慢,有助于充分结晶,因此使收缩加大,这种热收缩是影响收缩率大小的主要因素。

这里还需要提一下,应用较广的 ABS 树脂,模具温度对它的成型收缩的规律较特殊。当模温低于 50°C 时成型收缩率随模温升高而减小;当模温高于 50°C 时,成型收缩率却随模温升高而迅速增大,这一现象成因有不同的解释在这里不作详述,仅提供在操作或设计中注意。

1.1.2 常用塑料材料

1. 聚乙烯

聚乙烯(Polyethylene,简称 PE)是塑料中产量最大、日常生活中使用最普遍的一种,特点是质软、无毒、价廉、加工方便。注射用料为乳白色颗粒。由于主链为 C-C 键结构,无侧基,柔顺性好,分子呈规整的对称性排列,所以是一种典型的结晶高聚物。

聚乙烯比较容易燃烧,燃烧时散发出石蜡燃烧味道,火焰上端黄色、下端蓝色,熔融滴落,离火后能继续燃烧。

目前大量使用的 PE 主要有两种,即 HDPE 和 LDPE。

(1) HDPE 和 LDPE 的性能

HDPE(低压高密度聚乙烯,俗称硬性软胶)分子结构中支链较少,相对密度为 $0.94\text{g}/\text{cm}^3 \sim 0.965\text{g}/\text{cm}^3$,结晶度为 $80\% \sim 90\%$ 。其最突出的性能是电绝缘性优良,耐磨性、不透水性、抗化学药品性都较好,在 60°C 下几乎不溶于任何溶剂;耐低温性良好,在 -70°C 时仍有柔软性。缺点主要有:耐骤冷骤热性较差,机械强度不高,热变形温度低。

HDPE 主要用来制作吹塑瓶子等中空制品,其次用作注塑成型,制作周转箱、旋塞、小载荷齿轮、轴承、电气元件支架等。

LDPE(高压低密度聚乙烯,俗称软胶)分子结构之间有更多的支链,密度 $0.910\text{g}/\text{cm}^3 \sim 0.925\text{g}/\text{cm}^3$,结晶度为 $55\% \sim 65\%$ 。易于透气透湿,有优良的电绝缘性能和耐化学性能,柔软性、伸长率、耐冲击性、透光率比 HDPE 好,机械强度稍差,耐热性能较差,不耐光和热老化。

LDPE 大量用作挤塑包装薄膜、薄片、包装容器、电线电缆包皮和软性注塑、挤塑件。

(2) HDPE、LDPE 在性能上的相同点

- ① 吸水率较低,成型加工前可以不进行干燥处理。
- ② 聚乙烯为剪敏性材料,黏度受剪切速率的影响更明显。
- ③ 收缩率较大且方向性明显,制品容易翘曲变形。
- ④ 由于聚乙烯是结晶性聚合物,它的结晶均匀程度直接影响到制品密度的分布。所以,要求模具的冷却水布置尽可能均匀,使密度均匀,保证制品尺寸和形状精度。

(3) 模具设计时应注意的问题



① 聚乙烯分子有取向现象,这将导致取向方向的收缩率大于垂直方向的收缩率而引起的翘曲、扭曲变形以及对制品性能产生的影响。为了避免这种现象,模具设计时应注意浇口位置的确定和收缩率的选择。

② 聚乙烯质地柔软光滑,易脱模,对于侧壁带浅凹槽的制品,可采取强行脱模的方式进行脱模。

③ 由于聚乙烯流动性较好,排气槽的深度应控制在 0.03mm 以下。

2. 聚丙烯

聚丙烯 (Polypropylene, 简称 PP, 俗称百折软胶) 属于结晶性高聚物,有质轻、无毒、无味的特点,而且还具有耐腐蚀、耐高温、机械强度高的特点。注射用的聚丙烯树脂为白色、有蜡状感的颗粒。

聚丙烯容易燃烧,火焰上端呈黄色,下端呈蓝色,冒少量黑烟并熔融滴落,离火后能继续燃烧,散发出石油味。

聚丙烯大致分为单一的聚丙烯均聚体和改进冲击性能的乙烯—丙烯共聚体两种。共聚的聚丙烯制品其耐冲击性比均聚聚丙烯有所改善。

(1) PP 性能上的主要优点

① 由于在熔融温度下流动性好,成型工艺较宽,且各向异性比 PE 小,故特别适于制作各种形状简单的制品,制品的表面光泽、染色效果、外伤痕留等方面优于 PE。

② 通用塑料中,PP 的耐热性最好。其制品可在 100℃ 下煮沸消毒,适于制成餐具、水壶等及需要进行高温灭菌处理的医疗器械。热变形温度为 100℃~105℃,可在 100℃ 以上长期使用。

③ 屈服强度高,有很高的弯曲疲劳寿命。用 PP 制作的活动铰链,在厚度适当的情况下(如 0.25~0.5mm),能承受 7 000 万次的折叠弯曲而未有大的损坏。

④ 密度较小,为目前已知的塑料中密度最小的品种之一。常见塑料的密度范围如表 1-1 所示。

表 1-1 常见塑料密度范围

塑料名称	密度范围	塑料名称	密度范围
HDPE	0.941~0.965	POM	1.41~1.43
LDPE	0.91~0.925	PA6	1.12~1.15
PP	0.90~0.91	PA66	1.15
GPPS	1.04~1.06	SPVC	1.16~1.35
HIPS	1.04~1.05	TPU	1.2
ABS	1.04~1.06	PMMA	1.17~1.20
PC	1.2	PBT	1.26~1.30

(2) PP 性能的主要缺点

① 由于是结晶性聚合物,成型收缩率比无定型聚合物如 PS、ABS、PC 等大。成型时尺寸又易受温度、压力、冷却速度的影响,会出现不同程度的翘曲、变形,厚薄转折处易产生凸陷,因而不适于制造尺寸精度要求高或易出现变形缺陷的产品。

② 刚性不足,不宜作受力机械构件。特别是制品上的缺口对应力十分敏感,因而设计时要避免尖角缺口的存在。