

CREO ELEMENTS/PRO & AUTOCAD

工业设计
系列丛书



模具设计技能培训—— Creo Elements/Pro 与AutoCAD 中文版

工大学广州汽车学院 组编
东省生产力促进中心

吴柳机 宋小春 黄丽梅 梁洪彬 主编
张喜生 主审

本书光盘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

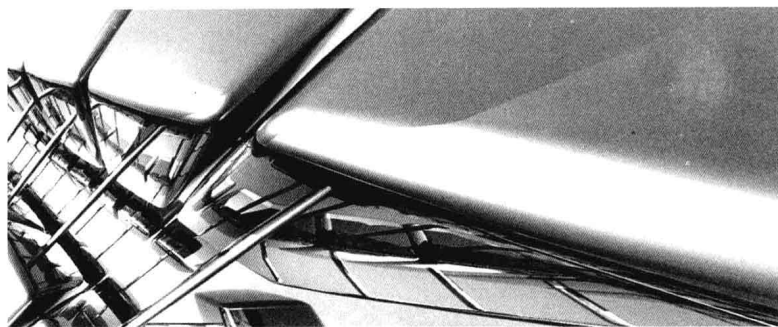


DVD-ROM



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—— Creo Elements/Pro 与AutoCAD 中文版

华南理工大学广州汽车学院

广东省生产力促进中心

组编

吴柳机 宋小春 黄丽梅 梁洪彬 主编

张喜生 主审

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 : Creo

Elements/Pro与AutoCAD中文版 / 华南理工大学广州汽车学院, 广东省生产力促进中心组编; 吴柳机等主编. -- 北京: 人民邮电出版社, 2011. 10

(工业设计系列丛书)

ISBN 978-7-115-25916-5

I. ①模… II. ①华… ②广… ③吴… III. ①模具—计算机辅助设计—应用软件, Creo Elements/Pro—技术培训—教材②模具—计算机辅助设计—AutoCAD软件—技术培训—教材 IV. ①TG76-39

中国版本图书馆CIP数据核字(2011)第127676号

内 容 提 要

本书以企业一线生产模具为实例, 全面地介绍了应用 Creo Elements/Pro 5.0、AutoCAD 2010 和 LTools 2008 进行模具设计的全过程。书中首先介绍了模具设计的理论知识, 然后具体介绍了单分型面侧浇口注塑模具——接收器上盖模具设计、单分型面潜伏式浇口注塑模具——灯盖模具设计、双分型面点浇口推板脱模注塑模具——须泡瓶盖模具设计和斜滑块(斜顶)内侧抽芯机构注塑模具——玩具盖模具设计这几个典型的模具设计实例, 有助于读者迅速掌握使用 Creo Elements/Pro 5.0、AutoCAD 2010 和 LTools 2008 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, 也可作为各类学校相关专业的教材及考证培训指导用书。

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——Creo Elements/Pro 与 AutoCAD 中文版

- ◆ 组 编 华南理工大学广州汽车学院
广东省生产力促进中心
- 主 编 吴柳机 宋小春 黄丽梅 梁洪彬
- 主 审 张喜生
- 责任编辑 刘 朋

- ◆ 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 电子邮件 315@ptpress.com.cn
网址 <http://www.ptpress.com.cn>
北京隆昌伟业印刷有限公司印刷

- ◆ 开本: 787×1092 1/16
印张: 26
字数: 653 千字 2011 年 10 月第 1 版
印数: 1—3 500 册 2011 年 10 月北京第 1 次印刷

ISBN 978-7-115-25916-5

定价: 65.00 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

广告经营许可证: 京崇工商广字第 0021 号



丛书编委会

主 任：丘弘扬 梁 茹

副主任：张喜生 李杞仪 刘宏滨 宋小春

委 员：姜 慧 陈茂清 张运刚 梁永福 敖 纳 王 赞

黄丽梅 张宋文 伍福军 吴柳机 彭智晶 梁 柱

本书编审人员

主 编：吴柳机 宋小春 黄丽梅 梁洪彬

主 审：张喜生

委 员：王 赞 王利光 邓军华 杨润成 伍福军 梁 柱 陈永涛

彭智晶 许超明 徐 静 罗 丽 罗 敏 刘 婷 杨其泽

韦安台 施国秀 陈汉威 赖金强 黄广力 林亚宗 罗增良

黄国明

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体现，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、集成化方向发展；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 3”，即产品设计为 3 星期，产品试制为 3 个月，产品生命周期为 3 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，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

Creo 是美国 PTC 公司最新推出的 CAD 设计软件包。Creo 是整合了 PTC 公司的 3 个软件——Pro/Engineer 的参数化技术、CoCreate 的直接建模技术和 ProductView 的三维 (3D) 可视化技术的新型 CAD 设计软件包，是 PTC 公司“闪电计划”所推出的第一个产品。针对不同的任务应用将采用更为简单化的子应用方式，所有子应用采用统一的文件格式。Creo 的目的在于解决目前 CAD 系统难用及多 CAD 系统数据共用等问题。Creo Elements/Pro (以前称为 Pro/Engineer) 是 3D 产品设计领域的标准。它包含了最先进的高生产效率工具，可以促使用户采用最佳设计做法，同时确保遵守业界和公司的标准。集成的参数化 3D CAD/CAM/CAE

解决方案可使设计速度比以前都要快,同时最大限度地增强创新力度并提高质量,最终创造出不同凡响的产品。

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,使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。因强大而完美的功能,AutoCAD 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 在实际生产中的应用日益广泛,使其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 Creo Elements/Pro、AutoCAD 和 LTools 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 Creo Elements/Pro、AutoCAD 和 LTools 软件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 Creo Elements/Pro、AutoCAD 和 LTools 软件的基本功能,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,操作性很强。
- 内容丰富,突出技巧。涉及 Creo Elements/Pro、AutoCAD 和 LTools 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 Creo Elements/Pro、AutoCAD 和 LTools 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,使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,力求使初学者通过自学就能掌握 Creo Elements/Pro、AutoCAD 和 LTools 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 Creo Elements/Pro、AutoCAD 和 LTools 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,使初学者能直观、准确地进行操作,提高学习的效率。

全书共分6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,通过学习使读者掌握模具设计的专业理论知识。
- 第2章: 主要介绍 Creo Elements/Pro、AutoCAD 和 LTools 软件的常用基本功能,通过学习使读者初步掌握 Creo Elements/Pro、AutoCAD 和 LTools 软件的应用方法。
- 第3章: 主要介绍单分型面侧浇口注塑模具——接收器上盖模具设计,通过学习使读者全面掌握单分型面侧浇口注塑模具的设计思路 and 技巧,并初步了解 Creo Elements/Pro、AutoCAD 和 LTools 软件功能的应用和操作方法。
- 第4章: 主要介绍单分型面潜伏式浇口注塑模具——灯盖模具设计,通过学习使读者全面掌握单分型面潜伏式浇口注塑模具的设计思路 and 技巧,并进一步掌握 Creo Elements/Pro、AutoCAD 和 LTools 软件功能的综合应用和操作方法。
- 第5章: 主要介绍双分型面点浇口推板脱模注塑模具——须泡瓶盖模具设计,通过学习使读者全面掌握双分型面点浇口推板脱模机构注塑模具的设计思路 and 技巧,并进一步掌握 Creo Elements/Pro、AutoCAD 和 LTools 软件功能的综合应用和操作技巧。
- 第6章: 主要介绍斜滑块(斜顶)内侧抽芯机构注塑模具——玩具盖模具设计,通过学习让读者全面掌握斜滑块(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 Creo Elements/Pro、AutoCAD 和 LTools 软件功能的综合能力和技巧。

读者对象

本书适合从事产品模具生产制造的工程设计人员阅读,也可作为各类学校相关专业的教材及考证培训指导用书。

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。通过设计任务的练习,读者能快速、全面地掌握使用 Creo Elements/Pro、AutoCAD 和 LTools 软件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。
- 本书光盘分为四大部分,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。
- 读者在学习本书时，计算机上需安装 Creo Elements/Pro 5.0 或以上版本、AutoCAD 2010 或以上版本和 LTools 2008 或以上版本的软件。

本书在写作过程中作者得到了华南理工大学广州汽车学院、广东省生产力促进中心和广东省岭南工商第一高级技工学校的大力支持和帮助，在此表示诚挚的谢意！

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模具设计类图书中选择了本书，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..... 19
 - 1.3.3 模具价格的计算..... 22
- 1.4 注塑模具的基本类型..... 24
 - 1.4.1 模具的分类..... 24
 - 1.4.2 塑料制品胶件排位..... 31
 - 1.4.3 分模面的确定..... 32
 - 1.4.4 模具强度..... 35
 - 1.4.5 成型零件设计..... 37
 - 1.4.6 抽芯行位机构设计..... 39
 - 1.4.7 顶出（脱模）机构设计..... 46
 - 1.4.8 浇注系统..... 51
 - 1.4.9 冷却机构设计..... 61
 - 1.4.10 排气系统设计..... 65
 - 1.4.11 模具图纸规范..... 66
- 1.5 模具设计的总体要求..... 68
- 1.6 注塑模的设计流程..... 69
- 1.7 综合练习..... 73

第 2 章 Creo、AutoCAD 和 LTools 基础..... 80

- 2.1 Creo 简介..... 81

- 2.1.1 Creo 主要功能特色及新特点..... 81
- 2.1.2 Creo 主要应用模块..... 83
- 2.1.3 Creo Elements/Pro 模具设计工作界面..... 84
- 2.1.4 快捷键的使用..... 86
- 2.1.5 三键鼠标的的应用..... 86
- 2.1.6 文件菜单的使用介绍..... 86
- 2.1.7 小结..... 90
- 2.2 AutoCAD 简介..... 90
 - 2.2.1 AutoCAD 系统介绍..... 90
 - 2.2.2 AutoCAD 发展平台..... 91
 - 2.2.3 模具零件的表达方法..... 93
 - 2.2.4 模具零件图的绘制..... 105
 - 2.2.5 图形输出..... 112
 - 2.2.6 小结..... 115
- 2.3 LTools 简介..... 115
 - 2.3.1 LTools 2008 的安装..... 115
 - 2.3.2 LTools 2008 入门..... 117
 - 2.3.3 LTools 2008 菜单..... 120
 - 2.3.4 LTools 2008 常用工具..... 120
 - 2.3.5 小结..... 126
- 2.4 综合练习..... 126

第 3 章 单分型面侧浇口注塑模具——接收器上盖模具设计..... 127

- 3.1 设计任务..... 128
- 3.2 设计要点..... 128
- 3.3 设计思路剖析..... 128
- 3.4 模具成型结构设计过程..... 131
 - 3.4.1 转换文件类型..... 132
 - 3.4.2 设置工作目录和创建模具文件..... 133
 - 3.4.3 调入参照模型..... 134
 - 3.4.4 设置收缩率与创建工件..... 136

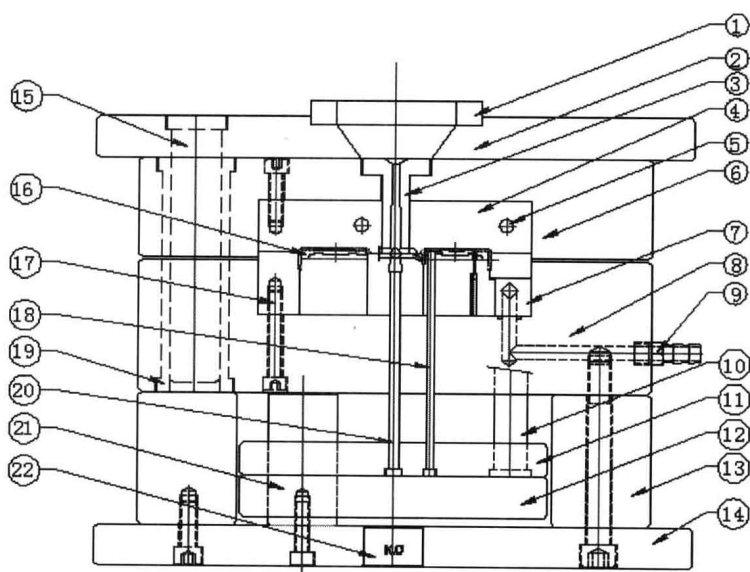
3.4.5	型腔型芯分型面设计	137	4.4	模具成型结构设计过程	194
3.4.6	分割型腔和型芯体 积块	139	4.4.1	设置工作目录和创建模具 文件	195
3.4.7	型腔镶件体积块 1 设计	141	4.4.2	调入参照模型	195
3.4.8	分割型腔镶件体积 块 2	142	4.4.3	设置收缩率与创建 工件	197
3.4.9	型芯镶件体积块 1 设计	143	4.4.4	型腔型芯分型面设计	199
3.4.10	分割型芯镶件体积 块 2	144	4.4.5	分割型腔体积块	204
3.4.11	创建模具元件和制模	144	4.4.6	创建模具元件和铸模	205
3.4.12	模具开模	145	4.4.7	模具开模	206
3.4.13	工程图的设置和转换	146	4.4.8	工程图的设置和转换	207
3.4.14	设计小结	150	4.4.9	设计小结	211
3.5	模具装配图设计过程	151	4.5	模具装配图设计过程	211
3.5.1	模具成型结构设计	151	4.5.1	模具成型结构设计	211
3.5.2	调入标准模架	152	4.5.2	调入标准模架	213
3.5.3	装配成型零件	154	4.5.3	装配成型零件	215
3.5.4	浇注系统设计	157	4.5.4	浇注系统设计	218
3.5.5	顶出系统设计	161	4.5.5	顶出系统设计	223
3.5.6	冷却系统设计	163	4.5.6	冷却系统设计	224
3.5.7	装配元件	167	4.5.7	装配元件	229
3.5.8	总装配图尺寸标注	174	4.5.8	总装配图尺寸标注	237
3.5.9	调用图框及标题栏	176	4.5.9	调用图框及标题栏	240
3.5.10	模具零部件明细表 设计	179	4.5.10	模具零部件明细表 设计	242
3.5.11	设计小结	184	4.5.11	设计小结	245
3.6	模具成型零件图设计过程	184	4.6	模具成型零件图设计过程	246
3.6.1	拆画型芯零件图	184	4.6.1	拆画型芯零件图	246
3.6.2	型芯零件图尺寸标注	185	4.6.2	型芯零件图尺寸标注	246
3.6.3	调用图框及标题栏	186	4.6.3	调用图框及标题栏	247
3.6.4	设计小结	187	4.6.4	设计小结	248
3.7	设计总结	187	4.7	设计总结	248
3.8	综合练习	188	4.8	综合练习	249
第 4 章 单分型面潜伏式浇口注塑 模具——灯盖模具设计			第 5 章 双分型面点浇口推板脱模 注塑模具——须泡瓶盖模 具设计		
4.1	设计任务	191	5.1	设计任务	252
4.2	设计要点	191	5.2	设计要点	252
4.3	设计思路剖析	191	5.3	设计思路剖析	252
			5.4	模具成型结构设计过程	255

5.4.1	设置工作目录和创建模具文件	257	6.1	设计任务	314
5.4.2	调入参照模型	257	6.2	设计要点	314
5.4.3	设置收缩率与创建工作件	259	6.3	设计思路剖析	314
5.4.4	型腔型芯分型面设计	260	6.4	模具成型结构设计过程	317
5.4.5	分割型腔体积块	269	6.4.1	转换文件类型	318
5.4.6	分割型芯镶件体积块 A	270	6.4.2	设置工作目录和创建模具文件	319
5.4.7	分割型芯镶件体积块 B	272	6.4.3	调入参照模型	319
5.4.8	分割型芯镶件体积块 C	272	6.4.4	设置收缩率与创建工作件	321
5.4.9	分割型芯镶件体积块 D	273	6.4.5	分型面设计	322
5.4.10	分割型芯镶件固定板与推板体积块	273	6.4.6	分割型腔和型芯体积块	323
5.4.11	创建模具元件和铸模	275	6.4.7	型芯镶针体积块 1 设计	324
5.4.12	模具开模	275	6.4.8	分割型芯镶件体积块 2	326
5.4.13	工程图的设置和转换	276	6.4.9	型芯斜顶体积块 1 设计	327
5.4.14	设计小结	280	6.4.10	分割型芯斜顶体积块 2	329
5.5	模具装配图设计过程	280	6.4.11	创建模具元件和制模	330
5.5.1	模具成型结构设计	280	6.4.12	模具开模	330
5.5.2	调入标准模架	282	6.4.13	工程图的设置和转换	331
5.5.3	装配成型零件	284	6.4.14	设计小结	337
5.5.4	浇注系统设计	285	6.5	模具装配图设计过程	337
5.5.5	顶出系统设计	288	6.5.1	模具成型结构设计	337
5.5.6	冷却系统设计	289	6.5.2	调入标准模架	339
5.5.7	装配元件	294	6.5.3	装配成型零件	341
5.5.8	总装配图尺寸标注	302	6.5.4	浇注系统设计	343
5.5.9	调用图框及标题栏	304	6.5.5	顶出系统设计	348
5.5.10	模具零部件明细表设计	305	6.5.6	冷却系统设计	351
5.5.11	设计小结	308	6.5.7	装配元件	356
5.6	模具成型零件图设计过程	308	6.5.8	总装配图尺寸标注	364
5.6.1	拆画型腔零件图	308	6.5.9	调用图框及标题栏	366
5.6.2	型腔零件图尺寸标注	309	6.5.10	模具零部件明细表设计	368
5.6.3	调用图框及标题栏	309	6.5.11	设计小结	372
5.6.4	设计小结	311	6.6	模具成型零件图设计过程	373
5.7	设计总结	311	6.6.1	拆画型芯零件图	373
5.8	综合练习	311			
第 6 章	斜滑块(斜顶)内侧抽芯机构 注塑模具——玩具盖模具 设计	313			

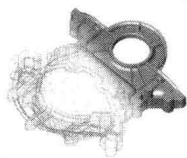
6.6.2 型芯零件图尺寸标注	374	照表（模具术语表）	382
6.6.3 调用图框及标题栏	375	附录 4 模具试模常见问题及解决方法	384
6.6.4 设计小结	376	附录 5 《模具设计师》职业标准	388
6.7 设计总结	376	附录 6 助理模具设计师（注塑）理论试卷及答案	395
6.8 综合练习	377	附录 7 助理模具设计师（注塑）实操试卷	402
附录 1 AutoCAD 快捷指令	379		
附录 2 模具书面术语与珠三角地区术语对照表	381		
附录 3 常用塑料模具零件名称中英文对			

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-A板
7-型芯 8-B板 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。按用途塑料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较好,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4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是用热塑性塑料注射成型制成的,为满足制件的尺寸精度,通常会涉及收缩率的问题。

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的可压缩性,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”。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,产生的弹性回复也越大,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,对于分子取向性强的塑料,成型收缩料流方向大于共垂方向。

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3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、成型工艺条件和模具4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, 批次不同也有收缩率的差异; 同一制件, 部位不同收缩率也会不同。一般说来:

- 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, 其收缩率比通用塑料小, 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 有嵌件的部位收缩率比没有嵌件的部位大;
- ⑤ 大部分情况下厚壁部位比薄壁部位收缩率大。

(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率都应该是一致的; 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内限制的状态下测定的。应适当选取较小的收缩率, 这主要取决于在模内的冷却时间。

(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, 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, 成型收缩率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率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率产生影响。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,结晶型树脂与非结晶树脂相比,模具温度对成型收缩率的影响要大得多,这是因为模具温度高,充模树脂的冷却速度变慢,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,模具温度与它的成型收缩率的变化规律较特殊。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,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。由于聚乙烯的主链为 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的味道,火焰上端为黄色、下端为蓝色,熔融滴落,离火后能继续燃烧。

目前大量使用的聚乙烯主要有两种,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,密度 $0.94\sim 0.965\text{g}/\text{cm}^3$,结晶度 $80\%\sim 90\%$ 。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 $0.910\sim 0.925\text{g}/\text{cm}^3$,结晶度 $55\%\sim 65\%$ 。它易于透气透湿,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 由于聚乙烯是结晶型聚合物,它的结晶均匀程度直接影响到制品密度的分布。所以,要求模具的冷却水分布尽可能均匀,使密度均匀,保证制品尺寸和形状精度。