



高等职业教育规划教材

注射模设计项目化 实例教程

金志刚 胡晓岳 主编



www.cmpedu.com

免费赠送电子课件



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

高等职业教育规划教材

注射模设计项目化 实例教程

主编 金志刚 胡晓岳
参编 王娜 余敏霞 王波群



机械工业出版社

本书以模具设计工程师的典型工作过程为编写主线,采用项目化的编写模式,共设置了6个项目,主要内容为:开关盒面板成型工艺设计、开关盒面板注射模设计、玩具齿轮注射模设计、照相机上盖注射模设计、果蔬箱注射模设计和游戏机手柄注射模设计,每个项目又包括演示项目和拓展项目。通过6个项目、多套模具、5类典型结构注射模的训练和学习,让读者学习设计注射模的方法。书中通过演示项目,以图文并茂的方式向读者展示典型注射模的完整设计思路和设计过程。读者按照书中提供的模具设计思路和方法,在“任务报告”的指引下并参考“任务实施”,可完成拓展项目中的同类型注射模设计任务。

本书在编写时摒弃了繁杂的理论计算公式;模具结构和尺寸参数的设计均依据大型模具企业的模具设计规范;书中绝大多数图例来源于作者多年模具设计的作品和一些大型模具企业的注射模产品。本书的编写思路 and 方式大大简化了注射模学习的难度,同时增强了趣味性、生动性和实用性。

本书为高等职业院校模具专业或机械类专业的教学用书,也可作为塑料模具设计从业人员的自学用书和模具企业有关工程技术人员的设计参考书。

本书配有电子课件,凡选用本书作为教材的教师可登录机械工业出版社教育服务网 www.cmpedu.com,注册后免费下载。咨询邮箱: cmp-gaozhi@sina.com。咨询电话:010-88379375。

图书在版编目(CIP)数据

注射模设计项目化实例教程/金志刚,胡晓岳主编. —北京:机械工业出版社,2014.9

高等职业教育规划教材

ISBN 978-7-111-47571-2

I. ①注… II. ①金…②胡… III. ①注塑-塑料模具-设计-高等职业教育-教材 IV. ①TQ320.66

中国版本图书馆CIP数据核字(2014)第170023号

机械工业出版社(北京市百万庄大街22号 邮政编码100037)

策划编辑:于奇慧 责任编辑:于奇慧 王丹凤

版式设计:霍永明 责任校对:樊钟英 肖琳

封面设计:陈沛 责任印制:李洋

北京宝昌彩色印刷有限公司印刷

2014年11月第1版第1次印刷

184mm×260mm·19.5印张·479千字

0001—2000册

标准书号:ISBN 978-7-111-47571-2

定价:39.80元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

电话服务

网络服务

社服务中心:(010) 88361066 教材网:<http://www.cmpedu.com>

销售一部:(010) 68326294 机工官网:<http://www.cmpbook.com>

销售二部:(010) 88379649 机工官博:<http://weibo.com/cmp1952>

读者购书热线:(010) 88379203 封面无防伪标均为盗版

前言

随着社会的不断发展进步,塑料制品在工业、农业和日常生活等领域的应用越来越广泛,质量要求也越来越高。随之而来的,对塑料模具设计人员的专业素养与能力要求也越来越高。为此,笔者在多年塑料模具设计生产实践、科研和教学的基础上,参考了塑料模具设计行业的技术高地——珠三角和长三角地区多家大型模具企业的技术规范和塑料模具设计最新技术资料,整理编写了本书。

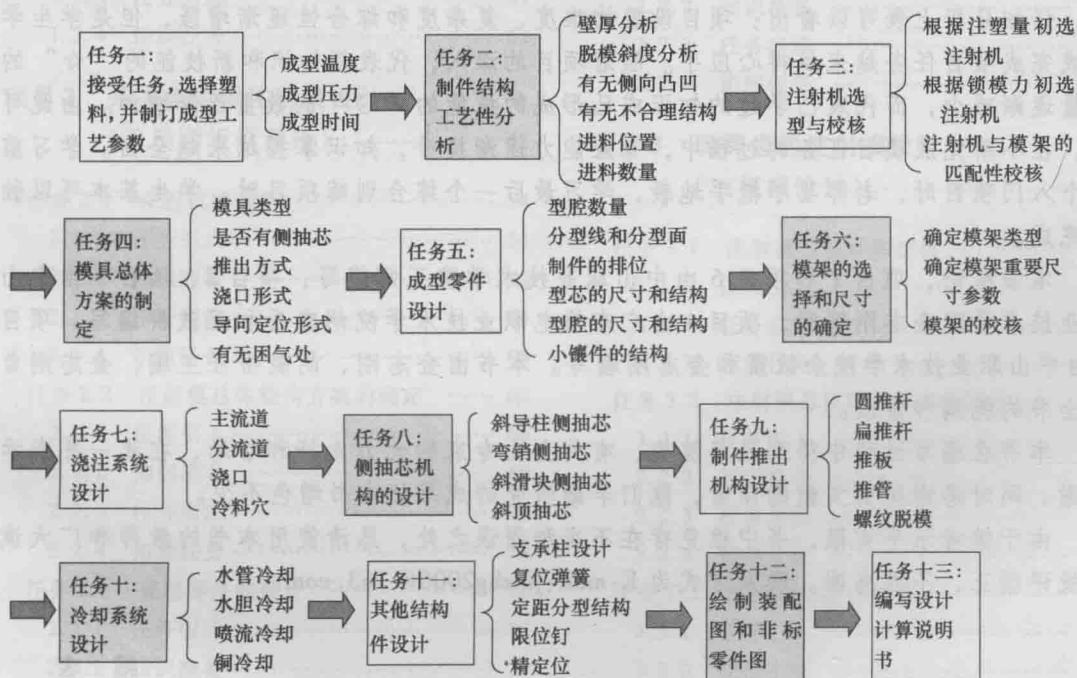
1. 本书的编写特点

本书在编写内容上,以模具设计工程师的典型工作过程为编写主线,采用项目化的编写模式,共设置了6个项目,每个项目又包括演示项目和拓展项目。通过演示项目,以图文并茂的方式向读者生动地展示整套典型注射模的完整设计思路和设计过程。

本书在编写时摒弃了繁杂的理论计算公式。模具结构和尺寸参数的设计依据大多来源于珠三角和长三角地区大型模具企业的模具设计规范;且书中大多数图例来源于作者多年模具设计的作品和一些大型模具企业的产品。这种编写思路和方式大大简化了注射模学习的难度,同时增强了趣味性、生动性和实用性。

2. 本书的内容设置

为了使本书内容更好地贴近工作实际,笔者通过对注射模设计工作流程的仔细分析,归纳出了13个典型工作任务,每个任务又包含若干子任务。这13个任务基本涵盖了注射模设计的典型工作流程。具体如下图所示。



根据注射模设计的13个典型任务，本书设置了6个项目，通过6个项目的反复训练和强化逐渐掌握典型注塑模的设计方法，形成注塑模设计的专业核心能力。项目设置和学时分配的具体情况见下表。

序号	项目名称	项目类型	学时
项目1	开关盒面板成型工艺设计	入门项目	12
项目2	开关盒面板注射模设计(简单两板模设计)	入门项目	24
项目3	玩具齿轮注射模设计(三板模设计)	主导项目	20
项目4	照相机上盖注射模设计(侧抽芯注射模设计)	主导项目	20
项目5	果蔬箱注射模设计(热流道注射模设计)	主导项目	16
项目6	游戏机手柄注射模设计(综合训练项目)	自主项目	28
合 计			120

6个项目和13个学习任务之间的关系可用下表来表示。

	任务1	任务2	任务3	任务4	任务5	任务6	任务7	任务8	任务9	任务10	任务11	任务12	任务13
项目1	☆	☆											
项目2			☆	☆	☆	☆	☆		☆	☆			
项目3		○	○	☆	☆	○	☆	☆	○	○	☆	☆	
项目4		○	○	☆	☆	○	☆		○	○	○	○	
项目5		○	○	☆	☆	○	☆		☆	○	○	○	
项目6	○	○	○	○	○	○	○	☆	○	○	○	○	☆

注：表中“☆”代表新知识和新技能，表中“○”代表已经学过的知识或形成的技能。

仔细分析上表可以看出：项目设置的难度、复杂度和综合性逐渐增强，但是学生学习或完成项目任务越来越得心应手。随着项目的深入，代表新知识和新技能的“☆”的数量逐渐减少，而代表已学过的知识或已形成的技能的“○”的数量逐渐增加。由此可见，在不断完成项目任务的过程中，专业能力逐渐提升，知识掌握越来越全面。学习前两个入门项目时，老师要手把手地教，学习最后一个综合训练项目时，学生基本可以独立完成。

本书绪论、项目1和项目6由中山职业技术学院王娜编写，项目2、项目3由中山职业技术学院金志刚编写，项目4由广东机电职业技术学院胡晓岳和王波群编写，项目5由中山职业技术学院余敏霞和金志刚编写。本书由金志刚、胡晓岳任主编，金志刚负责全书的统稿和修改。

本书在编写过程中得到兄弟院校、有关企业专家的大力支持和帮助，在此一并表示感谢。同时感谢所引文献的作者，他们辛勤研究的成果使本书增色不少。

由于编者水平有限，书中难免存在不当和错误之处，恳请使用本书的教师和广大读者批评指正，不胜感谢。联系方式为 E-mail:jinzgh2000@163.com。

编 者

目 录

前言	
绪论	1
项目 1 开关盒面板成型工艺设计	6
任务 1.1 成型材料的选择及工艺性分析	7
1.1.1 任务引入	8
1.1.2 知识准备	8
1.1.3 任务实施	25
1.1.4 拓展任务	25
任务 1.2 注射成型工艺参数的确定	26
1.2.1 任务引入	26
1.2.2 知识准备	27
1.2.3 任务实施	32
1.2.4 拓展任务	35
任务 1.3 结构工艺性分析	36
1.3.1 任务引入	36
1.3.2 知识准备	37
1.3.3 任务实施	51
1.3.4 拓展任务	52
项目 2 开关盒面板注射模设计 (简单两板模设计)	53
任务 2.1 注射机的选择	54
2.1.1 任务引入	54
2.1.2 知识准备	54
2.1.3 任务实施	64
2.1.4 拓展任务	65
任务 2.2 注射模总体结构方案的确定	65
2.2.1 任务引入	66
2.2.2 知识准备	66
2.2.3 任务实施	76
2.2.4 拓展任务	78
任务 2.3 成型零件的设计	78
2.3.1 任务引入	78
2.3.2 知识准备	79

2.3.3 任务实施	86
2.3.4 拓展任务	87
任务 2.4 模架的选择和校核	88
2.4.1 任务引入	88
2.4.2 知识准备	88
2.4.3 任务实施	103
2.4.4 拓展任务	109
任务 2.5 浇注系统和排气系统的设计	110
2.5.1 任务引入	110
2.5.2 知识准备	110
2.5.3 任务实施	126
2.5.4 拓展任务	127
任务 2.6 推出机构的设计	130
2.6.1 任务引入	130
2.6.2 知识准备	130
2.6.3 任务实施	150
2.6.4 拓展任务	152
任务 2.7 冷却系统的设计	153
2.7.1 任务引入	154
2.7.2 知识准备	154
2.7.3 任务实施	163
2.7.4 拓展任务	168

项目 3 玩具齿轮注射模设计 (三板模设计)	169
任务 3.1 注射机的选择和校核	169
3.1.1 任务引入	169
3.1.2 任务实施	172
3.1.3 拓展任务	172
任务 3.2 注射模总体结构方案的确定	173
3.2.1 任务引入	173
3.2.2 知识准备	173
3.2.3 任务实施	176
3.2.4 拓展任务	177
任务 3.3 成型零件的设计	178
3.3.1 任务引入	178
3.3.2 任务实施	178

3.3.3 拓展任务	178
任务 3.4 模架的选择和校核	180
3.4.1 任务引入	180
3.4.2 任务实施	180
3.4.3 拓展任务	184
任务 3.5 浇注系统的设计	185
3.5.1 任务引入	185
3.5.2 知识准备	185
3.5.3 任务实施	188
3.5.4 拓展任务	191
任务 3.6 推出机构的设计	192
3.6.1 任务引入	192
3.6.2 任务实施	192
3.6.3 拓展任务	193
任务 3.7 冷却系统的设计	194
3.7.1 任务引入	194
3.7.2 任务实施	195
3.7.3 拓展任务	197
任务 3.8 定距分型机构的设计	198
3.8.1 任务引入	198
3.8.2 知识准备	198
3.8.3 任务实施	202
3.8.4 拓展任务	205

项目 4 照相机上盖注射模设计 (侧抽芯注射模设计)

4.1 项目引入	206
4.2 知识准备	207
4.2.1 潜伏浇口的设计	207
4.2.2 侧向分型与抽芯机构的设计	208
4.2.3 其他侧抽芯机构介绍	222
4.3 项目实施	225
4.3.1 注射机的选择和校核	225
4.3.2 注射模总体结构方案的确定	226
4.3.3 成型零件的设计	227
4.3.4 模架的选择和校核	227
4.3.5 浇注系统的设计	231
4.3.6 侧抽芯机构的设计	233
4.3.7 推出机构的设计	234
4.4 拓展项目	234

项目 5 果蔬箱注射模设计 (热流道注射模设计)

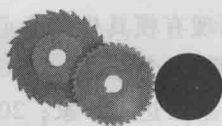
5.1 项目引入	237
5.2 知识准备	238
5.2.1 热流道模简介	238
5.2.2 热流道模的主要优点和缺点	239
5.2.3 热流道模的分类	241
5.2.4 热流道系统的结构与组成	243
5.2.5 热流道系统的设计要点	247
5.3 项目实施	250
5.3.1 注射机的选择	250
5.3.2 注射模总体结构方案的确定	251
5.3.3 成型零件的设计	251
5.3.4 模架的选择	252
5.3.5 热流道浇注系统的设计	252
5.3.6 推出机构的设计	258
5.3.7 冷却系统的设计	260
5.4 拓展项目	261

项目 6 游戏机手柄注射模设计 (综合训练项目)

6.1 项目引入	263
6.2 知识准备	264
6.2.1 注射模装配图和零件图的绘制	264
6.2.2 模具设计计算说明书的编写	280
6.3 项目实施	280
6.3.1 注射机的选择	281
6.3.2 注射模总体结构方案的确定	281
6.3.3 成型零件的设计	283
6.3.4 模架的选择和校核	285
6.3.5 浇注系统和排气系统的设计	289
6.3.6 侧向分型与抽芯机构的设计	291
6.3.7 推出机构的设计	293
6.3.8 冷却系统的设计	296
6.3.9 其他机构的设计	298

参考文献

303



绪 论

1. 塑料及其成型模具概述

塑料以其优异的加工性和品种功能的多样性,已成为当前人类使用的四大材料(木材、水泥、钢铁、塑料)中发展最快的一类。塑料工业包括原料(合成树脂和助剂)生产、塑料成型加工工艺、塑料成型设备及成型模具四部分。用模具生产的塑料制品(以下简称塑件)具有高精度、高复杂程度、高一致性、高生产率和低消耗等特点,因此广泛用于仪器仪表、家用电器和汽车、飞机等行业。2010年中国汽车工业对塑料的需求量已经达100万吨。

塑料模具作为塑件的主要成型设备,其设计制造水平直接影响塑料工业的发展。当塑件及成型设备确定后,影响塑件质量及生产效率的因素中,成型模具约占80%,大型塑料模的设计技术与制造水平,常可标志一个国家工业化的发展程度。我国塑料模具工业起步晚、底子薄,与工业发达国家相比有很大的差距,但改革开放以来,在国家产业政策的支持和引导下,模具技术和模具工业近年来发展迅速,主要表现在以下几方面:

1) 在模具技术的基本理论、模具设计、模具制造、模具材料以及模具加工设备等方面都取得了实用性成果。模具CAD/CAM/CAE等技术已得到较广泛应用,各院校、研究机构正在开展模具智能制造、并行工程、虚拟制造、敏捷制造和快速制造等先进制造技术的研究和推广。

2) 模具标准化工作是模具工业和模具技术发展的重要标志。到目前为止,我国已经制定了冲压模、塑料模、压铸模和模具基础技术等50多项国家标准、近300个标准号,基本满足了国内普通模具生产技术的发展需要。

3) 模具加工设备由过去依靠进口发展到逐步实现自行设计制造。在第13届中国国际模具技术和设备展览会上,展出了不少国内企业研发的数控仿形铣床、加工中心、精密坐标磨床、连续轨迹数控坐标磨床、高精度低损耗数控电火花成型加工机床、慢走丝精密电火花线切割机床、精密电解加工机床、三坐标测量仪、挤压研磨机等模具加工和检测设备。

4) 研究开发了几十种模具新钢种及硬质合金等新材料,并采用了热处理新工艺。模具新材料的应用,以及热处理技术和表面处理技术的开发和应用,使模具寿命得到大幅度提高。

5) 我国模具的品种、制造精度已达较高水平,从过去只能制造简单模具发展到可以制造大型、精密、复杂和长寿命模具。例如在冲压模具方面,我国设计和制造的电动机定转子硅钢片硬质合金多工位自动级进模和电子、电器行业使用的50余工位的硬质合金多工位自动级进模,都达到了国际同类模具产品的技术水平;汽车覆盖件模具已能生产B级车整车模具;凹模镶件重复定位精度 $<0.005\text{mm}$,步距精度 $<0.005\text{mm}$,模具成型表面的表面粗糙度 Ra 值达到 $0.4\sim0.11\mu\text{m}$;精密级进模具可在2000~2500次/min以上的高速冲床上使用;

塑料模精度达到微米级,适应了IT产业发展的需求。在塑料模具方面,能设计和制造汽车保险杠及整体仪表盘大型注射模,大型电视机、洗衣机和电冰箱的多种精密、大型注射模。

6) 我国模具的产业规模有了很大发展。据统计,我国现有模具生产企业3万余家,从业人员达100多万;全国已建成和初具规模的模具园区达到25个左右;2010年上海国际模具展览会后,被授予“中国重点骨干模具企业”称号的厂家已达110家;2009年模具销售额约980亿元人民币,模具出口已近19亿美元,其中塑料模具约占45%。

2. 塑料模具的分类

按照塑件主要成型方法的不同,塑料模具可分为以下几种:

(1) 注射模 通过注射机的螺杆或活塞,使料筒内塑化熔融的塑料经喷嘴和浇注系统注入型腔,并固化成型所用的模具,称为注射模。注射模主要用于热塑性塑料制品成型,近年来也越来越多地用于热固性塑料制品成型。这是一类用途宽、占有比重大、技术较为成熟的塑料模具。根据材料或塑件结构、成型过程不同,又可分为热固性塑料注射模、结构泡沫注射模、反应成型注射模及气辅注射模等。

(2) 压缩模 使直接放入型腔内的塑料熔融,并固化成型所用的模具,称为压缩模。压缩模主要用于热固性塑料制品的成型,也可用于热塑性塑料制品成型。另外,还可用于冷压成型聚四氟乙烯塑件,此种模具称为压锭模。

(3) 压注模 通过柱塞,使加料腔内塑化熔融的塑料经浇注系统注入闭合型腔,并固化成型所用的模具,称为压注模。压注模多用于热固性塑料制品的成型。

(4) 挤出模 用于连续挤出成型塑料型材的模具,通称挤出模,也称为挤出机头。这是一大类用途很宽、品种繁多的塑料模具,主要用于塑料棒材、管材、板材、片材、薄膜、电线电缆包段、网材、单丝、复合型材及异型材等的成型加工,也用于中空塑件的型坯成型,此种模具称为型坯模或型坯机头。

(5) 中空吹塑模 将挤出或注射出来的、尚处于塑化状态的管状型坯,趁热放置于模具型腔内,立即在管状型坯中心通以压缩空气,致使型坯膨胀而紧贴于模腔壁上,经冷却固化后即可得到中空塑件。凡此种塑件成型所用的模具,称为中空吹塑模。中空吹塑模主要用于热固性塑料的中空容器类的塑件成型。

(6) 气压成型模 通常由单一的阴模或阳模形式构成。将预先制备的塑料片材周边紧压于模具周边,并加热使之软化,然后于紧靠模具一侧抽真空,或在其反面充以压缩空气,使塑料片材紧贴于模具上,经冷却定型后即得到热成型塑件。凡此类塑件成型所用的模具,通称为气压成型模。

3. 本课程的教学方法建议

(1) 课程项目设计与设置建议 目前,大多数学校采用“塑料成型工艺与模具设计”、“UG或Pro/E模具设计”和“塑料模具设计实训”这三门课的组合来完成注射模设计相关理论知识和技能的教學,但是教学效果并不理想。经过多年的教学改革和实践,建议将这三门课程整合为一门项目式理论实践一体化课程,课程在机房进行,通过项目的实施可以将注射模设计理论学习和软件操作有机融合。

本书的内容设置正是以注射模设计的工作过程为导向,以项目为载体,通过具体的项目训练来完成既定的教学目标。如书中项目2就是以开关盒面板注射模设计的工作过程为线索,设置了7个任务,通过7个任务的学习完成了一套简单两板模的设计。具体设置示意图

如图 0-1 所示。

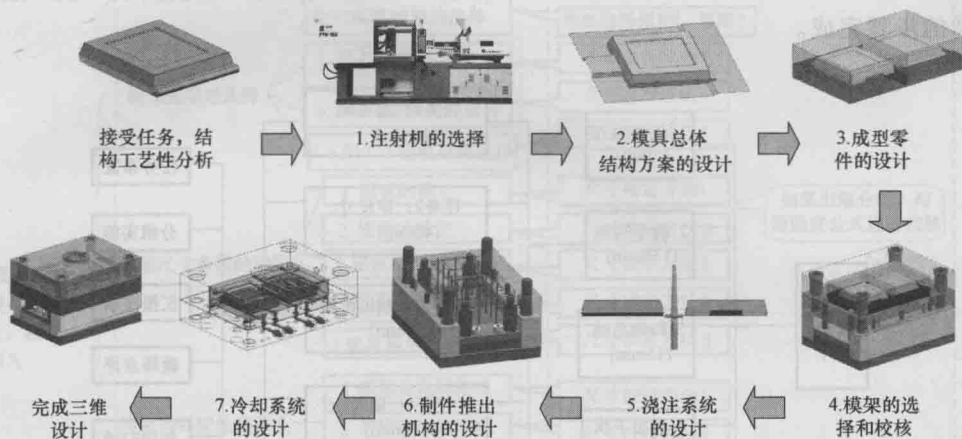


图 0-1 以工作过程为导向任务设置示意图

图 0-2 展示了任务 2.4 在整个课程构架中的位置，并说明了通过情境提出学习任务的思路。

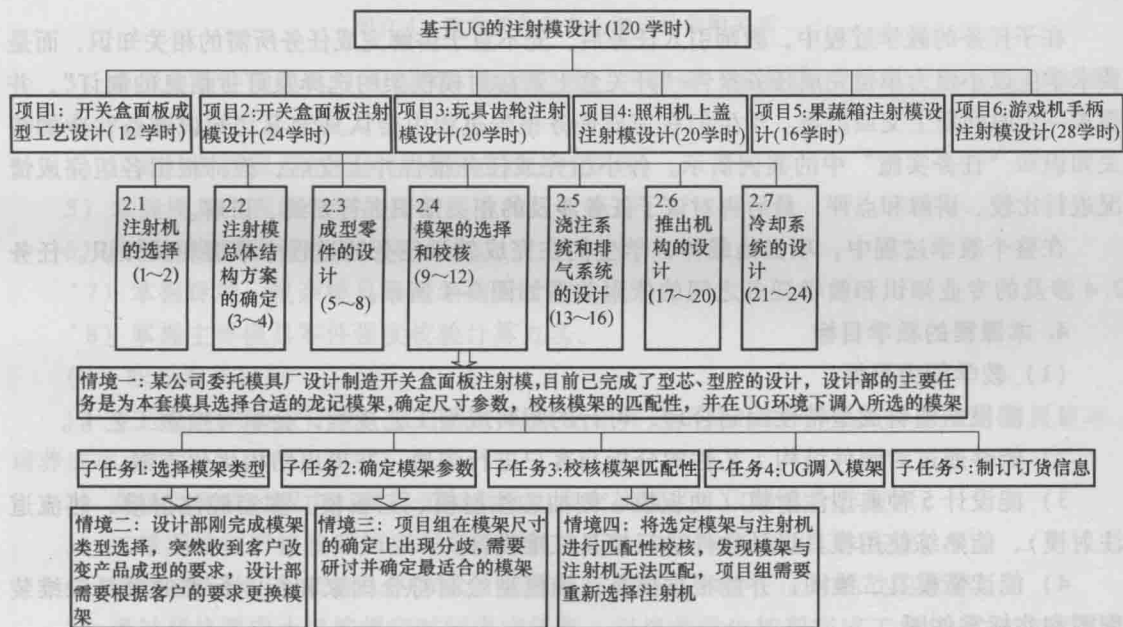


图 0-2 任务 2.4 说明图

(2) 课程学习单元的设计建议 现以任务 2.4 为例，说明本课程一个教学单元（一次课）的教学思路设计和实施过程。通过任务 2.4 的训练和学习，学生应掌握的专业知识包括 5 个原则（用于模架类型的选择）、5 个方法（用于模具参数的确定）、3 个校核办法（用于模架与注射机的匹配性校核）。该教学单元的教学思路和教学过程如图 0-3 所示，该教学

单元共4个课时,分5个环节实施教学,其中“教学实施部分”占3课时,在这个环节学生需完成5个子任务,每个子任务都可以按照任务布置→分组实施→汇报演示→教师点评→知识归纳的步骤完成。



图 0-3 教学单元的教学思路 and 教学过程

在子任务的教学过程中,教师引入任务后,先不急于讲解完成任务所需的相关知识,而是要求学生以小组为单位完成任务报告“开关盒上盖注射模模架的选择及订货信息的制订”,并要求一定时间后上交或汇报。学生们在完成任务报告过程中会认真学习“知识准备”中的相关知识和“任务实施”中的案例演示。各小组完成任务报告并上交后,教师根据各组完成情况进行比较、讲解和点评,最后再对该子任务涉及的相关知识进行归纳、讲解。

在整个教学过程中,项目是载体,学生们在完成教学任务的过程中掌握相关知识。任务2.4涉及的专业知识和教学任务之间的依附关系如图0-4所示。

4. 本课程的教学目标

(1) 教学能力目标

- 1) 能根据塑料成型特性编制合理、可行的塑料成型工艺规程,会填写模塑工艺卡。
- 2) 能够通过对塑件结构工艺性的分析与客户进行沟通,并提出结构优化方案。
- 3) 能设计5种典型注射模(两板模、侧抽芯注射模、三板模、多型腔注射模、热流道注射模),能熟练使用模具设计软件进行模具三维设计。
- 4) 能读懂模具二维图,并能根据模具三维模型绘制符合国家和行业标准的模具二维装配图和非标零件图。
- 5) 能撰写模具设计相关技术文件,能合理控制模具设计制造工期。

*6) 能在教师的指导下设计复杂、疑难注射模(与第二课堂结合)。

*7) 能运用相关力学公式进行注射模零件的选择和强度校核。

(2) 教学知识目标

- 1) 掌握塑料成型的基本原理和成型工艺特点。
- 2) 了解塑料的物理性能、流动特性、成型过程中的物理及化学变化等。

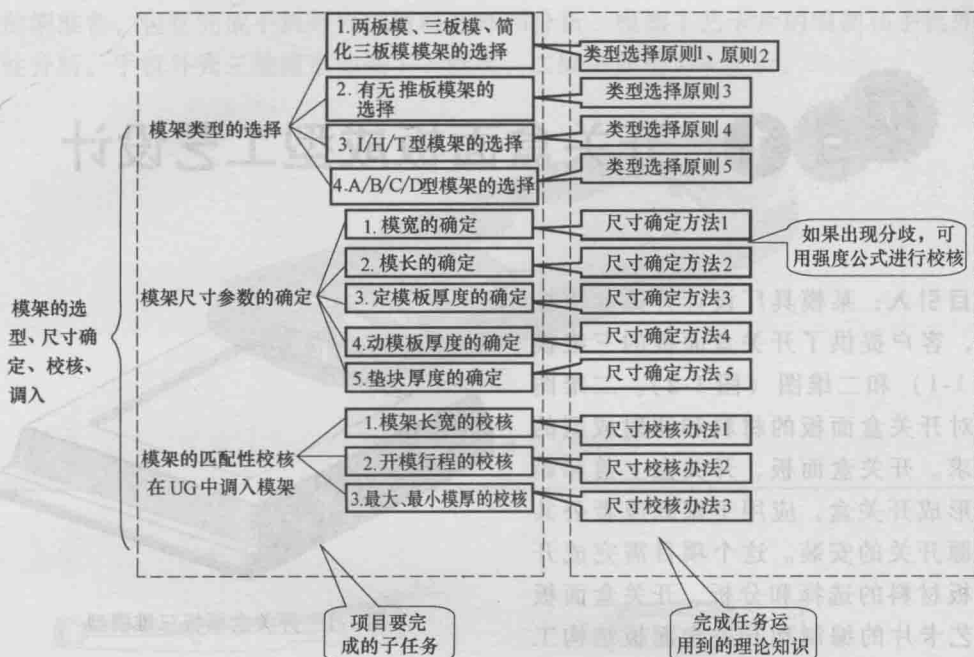


图 0-4 教学任务和专业知识的依附关系

3) 掌握典型注射模具（两板模、侧抽芯模、三板模、多型腔注射模、热流道注射模）的结构特点和结构设计方法。

4) 了解注射模典型机构的结构组成和工作原理。

5) 掌握模具工程图绘制的国家标准和行业标准。

6) 掌握注射模设计相关专业术语。

*7) 掌握疑难、复杂模具典型结构设计方法。

*8) 掌握主要模具零件强度校验计算方法。

(3) 职业素质目标

1) 在进行注射模设计时，通过必要的强度计算选用最小的结构参数，控制模具成本，培养成本意识。

2) 在项目完成过程中，要善于与其他组员交换意见，以培养合作意识。

3) 二维图绘制严格按照国家和行业规范进行，以培养严谨的工作态度。

4) 通过轮流做小组负责人的方式，培养工作责任心和善于应对挑战的意识。

5) 通过严格要求小组按规定时间完成任务，以培养学生如期完成工作任务的时间意识和对客户负责的工作责任感。

注：标有“*”的目标是“分层次目标”，即针对素质较高、领悟力较强、学有余力的学生设置的高层次目标。

项目

1

开关盒面板成型工艺设计

项目引入：某模具厂设计开关盒面板注射模，客户提供了开关盒面板的三维模型（图 1-1）和二维图（图 1-2）。二维图指出了对开关盒面板的材料和注射成型的相关要求。开关盒面板、开关盒上盖和箱体装配形成开关盒，应用于家庭或者公共场所电源开关的安装。这个项目需完成开关盒面板材料的选择和分析、开关盒面板成型工艺卡片的编制和开关盒面板结构工艺性分析，为注射模设计（项目 2）做成型工艺上的准备。

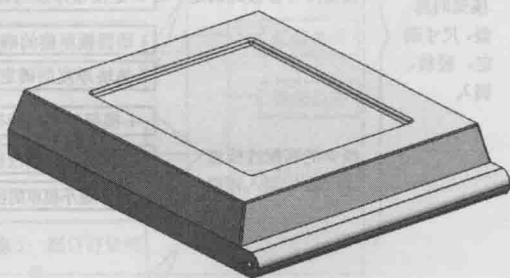
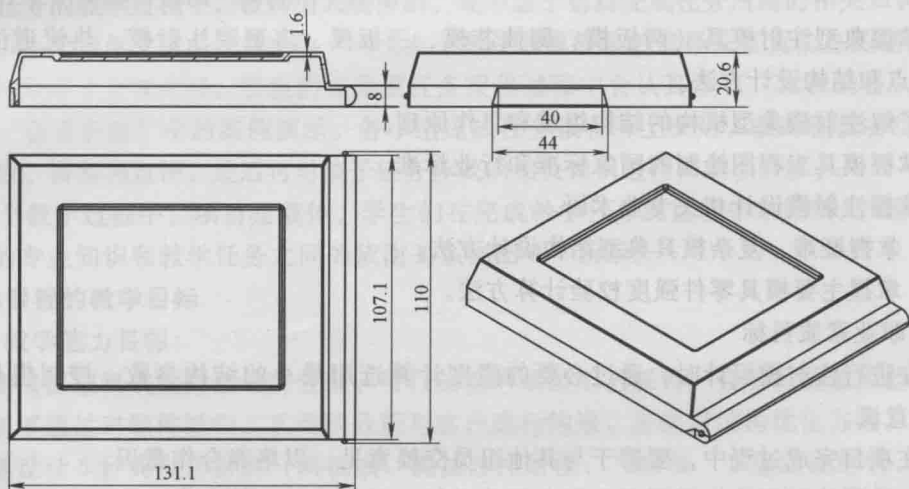


图 1-1 开关盒面板三维模型



技术要求

1. 零件材料为不透明、白色、阻燃、强度较高工程材料，采用一模两穴布局。
2. 采用龙记模架。
3. 进胶方式无特定要求，普通浇口、点浇口均可。
4. 零件不允许有顶白、气孔和结合线等缺陷。

						开关盒面板			×××塑料制品厂
标记	处数	分区	更改文件号	签名	年月日				
设计			标准化			阶段标记	重量	比例	
审核								1:1	
工艺			批准			共 张 第 张			

图 1-2 开关盒面板二维图

拓展项目引入：要求为一款手机外壳制订成型工艺，即为后续该手机外壳注射模设计工作做前期准备，包括完成手机外壳的材料选择和分析、模塑工艺卡片的编制和手机外壳结构工艺性分析。手机外壳三维模型如图 1-3 所示，二维图如图 1-4 所示。

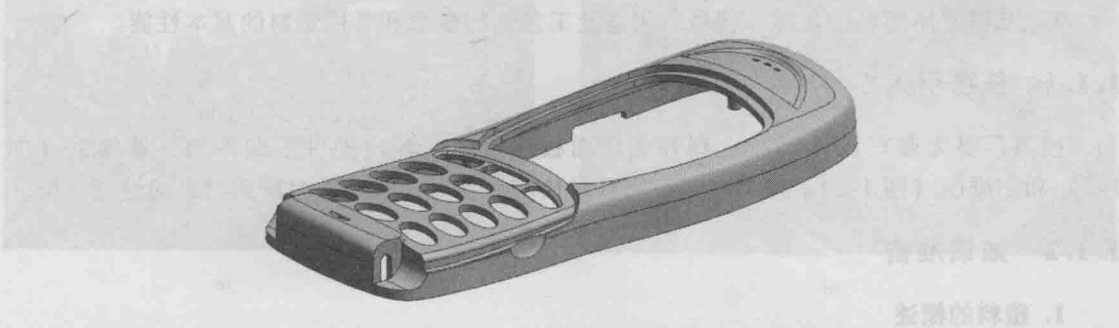


图 1-3 手机外壳三维模型

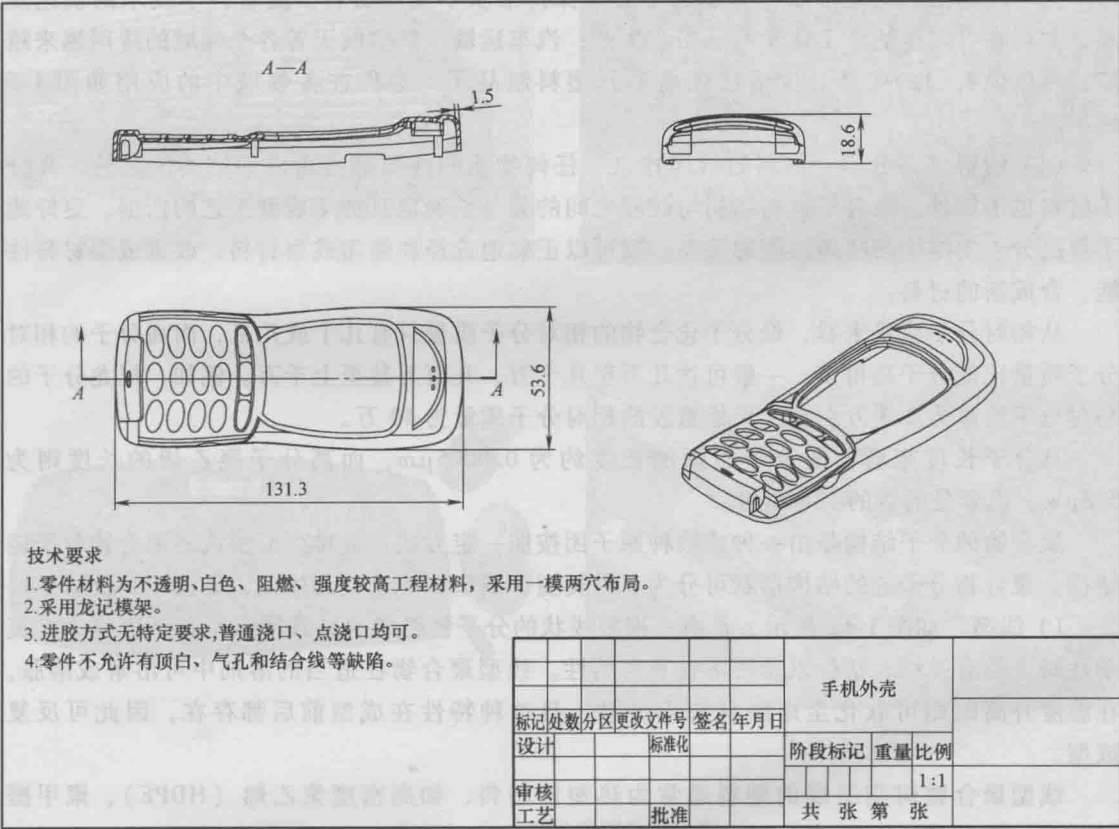


图 1-4 手机外壳二维图

任务 1.1 成型材料的选择及工艺性分析

能力目标：

- 1) 能根据塑料原料的形态，通过观察试验的方法辨别出塑料种类。

2) 能根据所提供的塑料产品,选择合适的塑料品种并分析其工艺性。

知识目标:

- 1) 了解塑料的结构及组成。
- 2) 掌握常用塑料的名称、代号、用途及工艺性的概念和常用塑料的基本性能。

1.1.1 任务引入

模具厂要为客户设计制造一套开关盒面板注射模,客户提供了塑件的三维模型(图1-1)和二维图(图1-2)。通过本任务完成对该塑件材料的选择及对所选材料的性能分析。

1.1.2 知识准备

1. 塑料的概述

塑料是以高分子合成树脂(简称树脂)为基本原料,加入一定量添加剂,在一定温度和压力下可塑制成一定形状,并能在常温下保持形状不变的材料。随着科学技术的快速发展,塑料在日常生活、工作学习、工业生产,汽车运输、航空航天等各个领域的应用越来越广,可以说人们的生产、生活已经离不开塑料制品了。塑件在各领域中的应用如图1-5所示。

(1) 塑料(高分子)材料的结构特点 任何物质的性质都是由内部结构决定的,高分子材料也不例外。高分子材料结构与性能之间的关系是确定其加工成型工艺的依据。更好地了解高分子的结构与物理性能的关系,就可以正确地选择和使用成型材料,改进成型材料性能,合成新的材料。

从相对分子质量来看,低分子化合物的相对分子质量只有几十或几百,而高分子的相对分子质量比低分子高得多,一般可达几万至几十万、几百万甚至上千万。例如,尼龙分子的相对分子质量为2.3万左右,天然橡胶的相对分子质量为40万。

从分子长度来看,低分子乙烯的长度约为 $0.0005\mu\text{m}$,而高分子聚乙烯的长度则为 $6.8\mu\text{m}$,后者是前者的13600倍。

聚合物的分子结构是由一种或数种原子团按照一定方式重复排列而形成的聚合物分子链结构。聚合物分子链的结构形状可分为3种类型:线型、支链型和体型,如图1-6所示。

1) 线型。如图1-6a所示,是由一根根线状的分子链组成的。其特点是分子密度大,流动性好,具有弹性、塑性以及可溶性和可熔性。线型聚合物在适当的溶剂中可溶解或溶胀,在温度升高时则可软化至熔融状态而流动,且这种特性在成型前后都存在,因此可反复成型。

线型聚合物树脂组成的塑料通常为热塑性塑料,如高密度聚乙烯(HDPE)、聚甲醛(POM)、聚酰胺(PA)等。

2) 支链型。如图1-6b所示,它属于线型的一种,只是在线型分子链的主链上,带有一些或长或短的小支链,整个分子链呈支链状,因此称为带有支链的线型聚合物。其特点是分子密度较线型低,结晶度低,其力学性能与成型性能与线型类似。低密度聚乙烯(LDPE)即为该类塑料。

3) 体型。如图1-6c所示。若在大分子链之间还有一些短链把它们相互交联起来,成为立体结构,则称为体型聚合物。其物理特性是脆性大、弹性较高和塑性很低,成型前可溶且



a)



b)



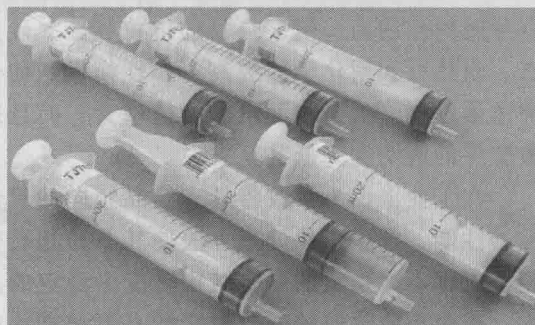
c)



d)



e)



f)

图 1-5 塑件在各领域中的应用

a) 航空航天 b) 汽车零件 c) 工业用材 d) 日常生活 e) 工作与学习 f) 医疗器械

可熔，但一经成型硬化后，就成为既不能溶解也不熔融的固体，所以不能再次成型（即成型是不可逆的）。体型聚合物树脂组成的塑料通常为热固性塑料。如酚醛树脂（PF）、环氧树脂（EP）、脲醛（UF）、三聚氰胺（MF）等。

（2）聚合物分子链的聚集状态 由于聚合物分子特别大，分子间作用力较大，容易聚集为固态或液态，不易形成气态。按分子排列的集合特点，固体聚合物分为无定形和结晶型

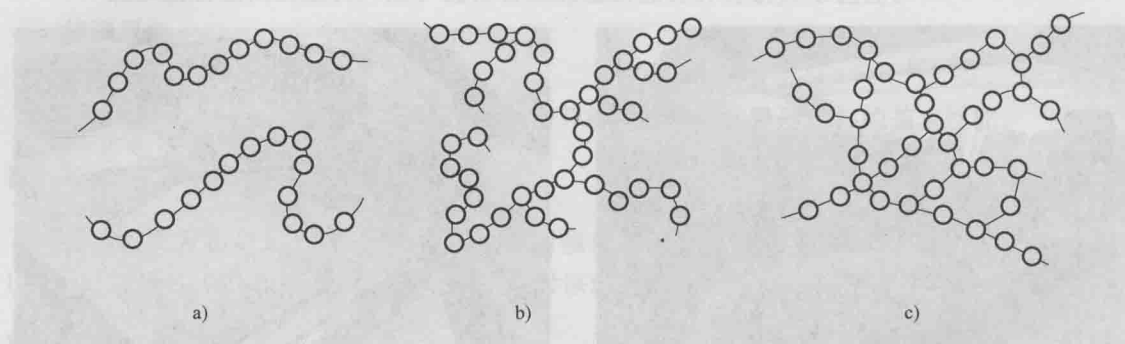


图 1-6 聚合物分子链结构示意图

a) 线型 b) 支链型 c) 体型

两种。

无定形聚合物的分子排列在大距离范围内是杂乱无章、无规则地相互穿插交缠的。体型聚合物的分子链间存在大量交联，分子链难以作有序排列，所以都具有无定形结构。

通常，分子结构简单、对称性高的聚合物以及分子间作用力较大的聚合物等从高温向低温转变时，由无规则排列逐渐转化为有规则紧密排列，这种过程称为结晶。由于聚合物分子结构的复杂性，结晶过程不可能完全进行。结晶态高分子中实际上仍包含着非晶区，如图 1-7 所示，其结晶的程度可用结晶度来衡量。结晶度是指聚合物中的结晶区在聚合物中所占的质量分数。聚合物一旦发生结晶，则其性能也将随之产生相应变化。结晶造成分子的紧密聚集状态，增强了分子间的作用力，使聚合物的抗拉强度、硬度、熔点、耐热性和耐化学性提高；弹性模量、伸长率和冲击强度则降低，表面粗糙度值增大，而且还会导致塑件的透明度降低甚至丧失。

在工业上，为了改善具有结晶倾向的聚合物塑件的性能，常采用热处理方法使其非晶相转变为晶相，或将不太稳定的晶型结构转变为稳定的晶型结构，或微小的晶粒转变为稳定的晶型结构，或微小的晶粒转变为较大的晶粒等。当晶粒过分粗大时，聚合物变脆，性能反而变差。

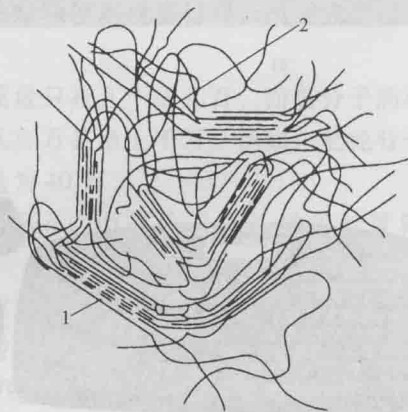


图 1-7 结晶型聚合物结构示意图

1—晶区 2—非晶区

(3) 塑料的组成 塑料(图 1-8)是以合成树脂为主要成分(40%以上)，再加入改善其性能的各种各样的助剂(也称添加剂)制成的。在塑料中，树脂起决定性的作用，但不能忽略添加剂的作用。

1) 树脂。树脂是塑料中最重要的成分，它决定了塑料的类型和基本性能(如热性能、物理性能、化学性能、力学性能等)。在塑料中，它联系或胶黏着其他成分，并使塑料具有可塑性和流动性，从而具有成型性能。树脂包括天然树脂和合成树脂。在塑料生产中一般都采用合成树脂。