

高等学校专业教材

塑料成型模具

(第二版)

申开智 主编



A0973013

 中国轻工业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

塑料成型模具/申开智主编. —2 版. —北京: 中国轻工业出版社, 2002.9

高等学校专业教材

ISBN 7-5019-3752-4

I. 塑… II. 申… III. 塑料模具-高等学校-教材 IV. TQ320.5

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2002) 第 052494 号

责任编辑: 王 淳

策划编辑: 王 淳 责任终审: 滕炎福 封面设计: 赵小云

版式设计: 丁 夕 责任校对: 李 靖 责任监印: 吴京一

*

出版发行: 中国轻工业出版社(北京东长安街 6 号, 邮编: 100740)

网 址: <http://www.chlip.com.cn>

联系电话: 010—65241695

印 刷: 北京公大印刷厂

经 销: 各地新华书店

版 次: 2002 年 9 月第 2 版 2002 年 9 月第 1 次印刷

开 本: 787×1092 1/16 印张: 29.25

字 数: 702 千字 印数: 1—4000

书 号: ISBN 7-5019-3752-4/TQ·269

定 价: 45.00 元

• 如发现图书残缺请直接与我社发行部联系调换 •

前 言

本教材初版至今已近 20 年，其间经过 14 次重印，发行数已近 20 万册。

模具作为现代工业基础之一，发展日新月异，原书内容早已不能满足教学的要求，更不能适应近代工业发展的需要，虽曾多次计划改编，终因教学、科研工作繁忙而搁浅。这次编者在收集了大量资料的基础上，带着急迫的心情，对原书作了全面的改写，希望本书能以崭新的面貌奉献给社会，并希望过去一贯支持本书的读者和选用本书作教材的老师能继续给予本书极其可贵的支持，并提出宝贵的意见，以便作者及时进行修正。

本书的内容广泛，除根据近 20 年的教学经验和教学需要而增加了新的内容外，还汲取了国内外有关著作和论文的一些精华，并加以总结提炼，融会贯通，为本教材增添了实用性。本教材具有以下特点：

- 本书内容涵盖了各种类型的塑料成型模具，甚至扩展到橡胶压模和化纤喷丝装置，它是一本内容十分广泛的高分子材料成型模具教材。教学中可选择一些主要模具进行讲授，其余章节供学生自学、参考。

- 尽可能地反映了塑料模具发展的最新动态，增写了“气体辅助注射成型制品设计和模具设计”、“热固性塑料注塑模具”等章节。

- 当今塑料模具设计和制造已离不开计算机辅助设计、辅助工程、辅助制造 (CAD/CAE/CAM)，多年来经过众多学者辛勤努力使塑料模具 CAD/CAE/CAM 成为了传统工业与计算机技术相结合的范例，本书着重介绍了它的原理和功能，为学生进一步深入学习相关知识和应用有关软件打下基础。

- 本书以模具的理论计算为主线，其中许多内容，特别是注塑模的设计计算部分是作者多年潜心研究的成果，一些曾以论文的形式在国内外学术刊物上发表过，得到了广泛的认同，现将它编入教材，希望这部分内容能作为与模具计算机辅助设计相连接的一个台阶。

参加本书编写工作的还有王鹏驹教授、刘廷华教授、古大治教授、叶光斗研究员、张杰副教授、吴世见副教授、严正副教授、林琴玉高级工程师。我的几位博士、硕士研究生郭建明、欧阳初、廖永衡、喻国平、高雪芹、袁毅等都参与了本书的编绘工作。原轻工教材编委会黄锐教授，还有我校方八军高级工程师、雷军老师、徐小惠老师对再版教材的编写给予了大力支持和帮助，在此一并表示感谢。

四川大学高分子科学与工程学院

申开智

2002 年 6 月于成都

目 录

第一章 概论	1
一、塑料成型模具及其在塑料成型加工中的作用	1
二、塑料成型模具发展趋势	1
三、塑料成型模具的分类	3
第二章 塑料制件设计	5
第一节 塑件的精度和表面粗糙度	5
一、尺寸精度	5
二、表面粗糙度和光亮度	8
第二节 塑料件的形状和结构设计	8
一、易于模塑, 避免侧向分型抽芯	8
二、斜度设计	11
三、壁厚	12
四、增加刚性减小变形的结构设计	14
五、圆角设计	16
六、孔的设计	17
七、螺纹设计	19
八、嵌件设计和自攻螺纹	21
第三节 塑料结构件的力学设计	25
一、短期负载下的力学计算	25
二、长期负载下的力学计算	25
第四节 塑料件的计算机辅助设计	31
一、整体结构与几何造型设计	31
二、设计信息库的编制和调用	32
三、设计分析计算及优化	32
四、绘图	33
第三章 注塑成型模具	34
第一节 概述	34
一、注塑模具设计中的主要问题	34
二、注塑模具典型结构	35
三、注塑模具分类	36
第二节 模具与注塑机的关系	38
一、注塑机有关工艺参数的校核	39
二、注塑机锁模部位主要技术规范	44
第三节 注塑模普通浇注系统设计	48
一、概述	48
二、塑料熔体在浇注系统和型腔内的流动分析	49
三、主流道和冷料井的设计	53

四、分流道系统设计	56
五、浇口设计	60
第四节 注塑模无流道浇注系统设计	74
一、概述	74
二、绝热流道注塑模具	75
三、热流道注塑模具	78
第五节 注塑模成型零部件设计	90
一、概述	90
二、型腔分型面位置和形状的设计	90
三、成型零件的结构设计	93
四、排气方式及排气槽的设计	99
五、型腔成型尺寸计算	102
六、塑料模具的力学设计	114
第六节 合模导向和定位机构	123
一、概述	123
二、导柱导向机构设计	124
三、锥面定位机构设计	129
第七节 塑件脱模机构设计	131
一、概述	131
二、脱模力的计算	132
三、简单脱模机构	136
四、定模脱模机构	146
五、双脱模机构	147
六、二级脱模机构	151
七、浇注系统凝料脱出	155
八、螺纹塑件脱模机构	160
第八节 侧向分型与抽芯机构	170
一、概述	170
二、手动分型抽芯机构	172
三、机动式分型抽芯机构	175
四、液压抽芯或气压抽芯机构	201
五、联合作用抽芯机构	202
第九节 注塑模温度调节系统	203
一、概述	203
二、模具冷却系统设计计算	208
三、常见冷却水路结构形式	213
四、模具冷却新技术	217
第十节 气体辅助注塑成型制品设计和模具设计	218
一、概述	218
二、气辅成型制品和模具设计原则	224
三、气辅模具设计计算机辅助工程	230
第十一节 注塑模 CAD/CAE/CAM 技术	231
一、注塑模 CAD 技术	231

二、注塑模 CAE 技术	240
三、注塑模 CAM 技术	244
第四章 塑料挤塑成型模具	246
第一节 概述	246
一、挤塑模功能与设计要求	246
二、挤塑成型模与挤塑机的关系	247
三、挤塑模设计的理论基础	252
第二节 圆形棒材挤塑成型机头设计	261
一、棒材挤塑成型机头结构设计	261
二、水冷定径套结构设计	262
第三节 管材挤塑成型机头	263
一、概述	263
二、管材模结构设计	264
三、挤管机头结构参数的计算与确定	266
四、定径套设计	268
第四节 吹塑薄膜机头设计	271
一、吹膜机头的分类及设计	271
二、吹膜机头的结构设计	271
三、吹塑薄膜的冷却定径装置	279
第五节 吹塑型坯机头	280
一、熔接痕和物料均布问题	280
二、型坯垂涎(垂伸)和温度分布不均问题	280
三、制品沿轴向各点吹胀比不同引起厚薄悬殊的问题	281
四、制品径向各部位吹胀比不同引起厚薄悬殊的问题	282
第六节 板材与片材模设计	284
一、具有平缝形口模的机头分类	284
二、平缝式机头的设计要点	284
第七节 线缆包覆挤塑模设计	291
一、挤压式包覆挤塑模	291
二、导管式包覆挤塑模	292
第八节 异型材挤塑模设计	293
一、概述	293
二、各类异型材挤塑模结构设计	294
三、定型模设计	299
第九节 其它挤塑成型模具	303
一、单丝挤塑成型模具	303
二、塑料造粒用机头	304
三、波纹管材挤塑机头和定型模	305
四、塑料网挤塑模	306
第十节 纺丝计量泵和喷丝板	308
一、纺丝计量泵	308
二、喷丝板与喷丝帽	310
第五章 塑料压塑成型模具	316
第一节 概述	316

一、压塑成型及压模结构特点	316
二、压塑模典型结构	317
三、压塑模具分类	318
第二节 压模与压机的关系	321
一、压机及常用压机的技术规范	321
二、压模与压机相关技术参数的校核	325
第三节 压模成型零件设计	328
一、型腔总体设计	328
二、压模型腔配合结构和尺寸	330
三、成型零件设计	334
四、加料室的设计及其计算	337
第四节 压模结构零部件	339
一、导向零件	339
二、塑件脱模机构(推出系统)	340
三、压模侧向分型抽芯机构	348
四、压模加热与冷却	354
第五节 聚四氟乙烯预压锭模具	357
一、概述	357
二、预压锭模设计要点	358
三、聚四氟乙烯预压锭模结构形式	359
四、液压法预压锭模	361
第六节 泡沫塑料压模设计	362
一、概述	362
二、预压成型用压模及二次发泡模	362
三、聚苯乙烯泡沫塑料件压模	364
第七节 橡胶压模设计	369
一、概述	369
二、橡胶压模设计	370
第六章 热固性塑料的传递和注塑成型模具	380
第一节 概述	380
一、两种成型工艺及其模具的特点	380
二、热固性塑料充模流动及固化特性	381
第二节 传递成型模具	382
一、概述	382
二、传递模分类	383
三、传递模零部件设计	386
四、浇注系统的设计要点	390
五、排气槽	392
第三节 热固性塑料注塑模具	393
一、概述	393
二、热固性塑料注塑模设计要点	394
三、热固性塑料注塑模进展	399
第七章 塑料吹塑制品成型模具	401
第一节 概述	401

一、挤出吹塑成型模具	401
二、注塑吹塑成型模具	401
三、拉伸吹塑成型模具	402
四、共挤出吹塑和共注塑吹塑模具	403
第二节 吹塑制品设计	404
一、几何形状设计	404
二、瓶底设计	405
三、近底部、肩部、侧壁设计	405
四、瓶颈设计	406
五、整体铰链设计	407
第三节 吹塑模具设计要点	407
一、对挤吹模具的主要设计要求	407
二、吹胀比和拉伸比	407
三、吹塑模具材料	408
四、模具型腔设计	409
五、夹坯口和余料槽设计	409
六、瓶颈嵌块设计	410
七、模具排气设计	411
八、吹塑模的冷却	412
九、其它吹塑模具简介	413
第八章 塑料热成型模具设计	415
第一节 概述	415
一、热成型概念及其特点	415
二、热成型方法的分类	415
第二节 热成型制品的工艺性设计	419
一、几何形状设计	419
二、脱模斜度和转角	420
三、引伸比和展开倍率	420
四、产品尺寸精度和形位精度	421
第三节 热成型机及模具设计	422
一、热成型机	422
二、热成型模具	423
第九章 模具加工新工艺及常用模具钢材	428
第一节 快速经济模具和特种制模技术	428
一、锌基合金塑料模具	428
二、精密铸造	431
三、低压铸造	434
四、冷挤压成型	438
五、化学腐蚀(照相腐蚀)技术	442
六、激光立体造型制模技术	443
第二节 模具抛光技术	443
一、模具抛光的重要性	443
二、塑料模型腔表面粗糙度标准	444

三、抛研方法及工艺	445
四、抛光工作的机械化和自动化	447
第三节 试模及模具维修	447
一、模具安装	447
二、试模	448
三、模具的维修	449
第四节 塑料模的常用钢材及其热处理	449
一、我国钢材的分类、编号及常用钢材	450
二、塑料模的钢材选用	456
主要参考文献	458

第一章 概 论

一、塑料成型模具及其在塑料成型加工中的作用

材料只有通过成型才能成为具有使用价值的各种制品，75%以上的金属制品（含半成品），95%以上的塑料制品是通过模具（包括压延辊筒）来成型的。

模具是工业生产的重要工艺装备，它被用来成型具有一定形状和尺寸的各种制品。在各种材料加工工业中广泛地使用着各种模具，如金属制品成型的压铸模、锻压模、浇铸模，非金属制品成型的玻璃模、陶瓷模、塑料模等。每种材料成型模具按成型方法不同又分为若干种类型。

采用模具生产制件具有生产效率高，质量好，切削少，节约能源和原材料，成本低等一系列优点，模具成型已成为当代工业生产的重要手段，成为多种成型工艺中最具潜力的发展方向。模具是机械、电子等行业的基础工业，它对国民经济和社会的发展起着越来越大的作用。

一个国家模具生产能力的强弱、水平的高低，直接影响着许多工业部门的新产品开发和老产品更新换代，影响着产品质量和经济效益的提高。我国为了优先发展模具工业，制订了一系列优惠政策，并把它放在国民经济发展十分重要的战略地位。

对塑料模具的全面要求是：能高效地生产出外观和性能均符合使用要求的制品。

模具使用时要求高效率、自动化、操作简便，因而当塑件的批量较大时，应尽量减少合模和取制件过程中的手工操作，为此常采用自动脱模、自动侧抽芯等高效率自动化的模具，在全自动生产时还要保证制品脱出时能自动坠落或能用机械手取出。

模具制造要求模具零件的加工工艺性能好，选材合理，制造容易，成本低廉。除简易模具外一般来说制模费用是十分昂贵的，一副优良的注塑模具可生产百万件以上的制品，压制模具一般也能生产制品约25万件。因此当塑件批量不大时，分摊在每一个塑件上的模具费会很高，这时应尽可能地采用简单、合理、价廉的模具。

应特别强调塑料制品质量与模具之间的关系，模具的形状、尺寸精度、表面粗糙度、分型面位置、脱模方式对塑件的尺寸精度、形位精度、外观质量影响很大。模具的控温方式、进浇点、排气槽位置等对塑件的结晶、取向等凝聚态结构及由它们决定的物理力学性能、残余内应力、光学、电学性能，以及气泡、凹陷、烧焦、冷疤、银纹等各种制品缺陷有重要关系。

塑料制品生产中先进合理的成型工艺、高效的设备、先进的模具是必不可少的重要因素。塑料模具对实现塑料成型工艺要求和塑件使用要求起着十分重要的作用。任何塑件的生产 and 更新换代都是以模具的制造和更新为前提的，由于目前工业和民用塑件的产量猛增，质量要求越来越高，因而导致了塑料模具研究、设计和制造技术的迅猛发展。

二、塑料成型模具发展趋势

近年来塑料成型模具的产量和水平发展十分迅速，高效率、自动化、大型、精密、长寿

命模具在模具总产量中所占比例越来越大,从模具设计和制造两方面来看,模具发展趋势可归纳为以下几点。

1. 理论研究不断发展,设计计算日趋成熟

由于对塑料成型加工原理的研究越来越深入,作为成型加工重要装备的模具其设计已经由经验设计逐步向理论计算发展,这些理论为塑料模具的计算机辅助设计和辅助工程奠定了基础。其中重要的有对塑料熔体在模具内的流动、传热、取向、结晶的研究,模具的受力状态的研究等,其理论计算已达到了实用化阶段。

2. 塑料模的高效率自动化

大力地发展和采用各种高效率自动化的模具结构,如多层多型腔注射模结构,各种能自动脱出产品和流道凝料的脱模机构,自动分型抽芯机构,热流道浇注系统以及产品的高效冷却结构,它能大大缩短成型周期。高效自动化的模具与高速自动化的成型设备相配合对提高生产效率,提高产品质量,降低生产成本起着至关重要的作用。

3. 大型塑料模具

随着塑料应用领域日益扩大,在建筑、机械、汽车、仪器、家用电器上采用了许多大型塑料制品,如汽车壳体、保险杠、洗衣桶、大周转箱等,这就相应地需要大型模具特别是大型注塑模具。大型模具设计要求作详细准确的理论计算,由于模具自重大,物料流程长,型腔易变形,因此在结构设计上需作更为周密的考虑。

4. 高精度塑料模具

普通模塑塑料制件的精度比机械切削能达到的制件精度低得多。但是在某些特殊的情况下需要高精度的塑件,例如作为机械零件使用的传动齿轮、轴承等,这种模具的配合精度和运动精度要求都很高,耐磨损、模温控制精确,在高压下成型,收缩变形小。

5. 模具计算机辅助设计(CAD)辅助工程(CAE)

这是20世纪70年代迅速发展起来的,到80年代已进入实用化。不同的软件可分别用于挤塑、注塑、压制、压铸、中空等模具的设计和对模具结构、产品质量进行分析,它由计算机硬件和专用软件组成。CAD软件的主要功能是几何造型技术,它将制品图形立体地精确地显示在屏幕上,完成制件设计的绘图工作,对制品或模具进行力学分析。而过程软件(CAE软件)中流动软件可模拟熔体在模内的流动过程。冷却分析软件可模拟熔体的凝固过程和模内温度的变化,预测可能出现的问题,如制品缺陷、翘曲、变形、内应力等,使设计结果优化。计算机能大量储存和方便地查找各种设计数据(数据库)和标准件的图形(图形库),并能绘出模具的零件和装配图,使设计质量提高,设计速度加快许多倍。

6. 模具制造新工艺的进展

塑料模具制造中最困难的部分莫过于型腔,特别是异形复杂型腔的切削加工,若按传统方式进行机械加工,十分费时费工,且难以保证质量。为缩短制模周期,提高模具精度,减少钳工等手工操作工作量,采用了各种坐标机床、仿形机床、光控机床和数控机床等。特别是近年来发展起来的计算机辅助制造(CAM)使模具制造技术取得了突破性进展,它采用计算机程序,控制数字机床的刀具和工件运动轨迹和加工程序,来完成模具型腔的加工过程。采用注射模CAM后,模具的质量大大提高,而且成本降低10%~30%,加工周期缩短20%~50%。

电加工技术的进步给塑料模型腔加工带来了巨大方便,特别是用高硬度、高强度材料制造的型腔可在淬火后直接加工。最常见的电加工技术有电火花、线切割、电强化、电抛光

等。用计算机程序控制电火花加工是一项正在发展的高效率、高精度型腔加工新技术，估计它将取代很大一部分型腔的机械切削加工工作量。

将模具的计算机辅助设计、辅助工程和辅助制造连成一体的设计与制造系统（即 CAD/CAE/CAM 一体化）是在模具型腔结构和尺寸经 CAE 软件优化后，将用 CAD 系统建造的型腔几何模型直接生成型腔加工的数控程序单，并指挥相关机床完成型腔的数控加工，模具计算机辅助设计的一些商品化的软件层出不穷，在不断开发过程中。采用 CAD/CAE/CAM 技术可以使塑模型腔达到 $\pm 0.0001\%$ 的重复加工精度和 $\pm 0.002\%$ 的准确性。

7. 简易制模工艺的研究

为了及时地更新产品的花色品种，降低成本和适应小批量产品生产的要求，开展了简易制模工艺的研究。其所用的材料有木材、石膏、陶瓷、塑料等非金属，也有铸钢、铜合金、铝合金、锌合金、易熔合金。制模方法有浇铸、喷涂、交联固化等；例如采用锌合金浇铸制模，以铝粉、细钢丝等填充增强的环氧树脂制模，聚氨酯弹性体制模，这些模具虽然精度较差，寿命不长，但制模周期特别短，成本低，有一定的适用范围。

8. 模具标准化

目前发达国家模具标准化程度达到 30% 以上，并有完善的标准系列，包括零件标准和模架标准，国际标准化组织已制订了国际模具系列标准，标准件品种多，规格全，质量高，而且全部均已商品化。

近年来我国模具标准化工作有了很大的进展，基本上配齐了主要模具类别的零件标准。在塑料模具方面有塑料注塑模零件标准、塑料注塑模零件技术条件、塑料注塑模模架标准、塑料注塑模技术条件等，其中零件标准包括模板、垫块、推杆、导柱、导套等十余种零件，现已有不少专业厂成套生产标准模架，成批生产各种模具零件，作为商品出售。

模具标准化为塑料模具设计和制造都带来极大的方便，由于标准件可直接购买，因此模具设计制造者只需精心设计和加工型腔，这使得塑料模具的设计和制造周期大为缩短，成本降低，质量得到保证。当前我国模具标准化程度还不高，尚需大力推广、充实完善，扩大模具标准件新系列。

9. 特种塑料成型模具的研制

如随着成型新工艺而出现的气体辅助注塑成型模具、低发泡制品注塑模具、反应注塑成型模具、多层多腔注塑模具、多色注塑模具以及低发泡挤出机头、多层复合机头等。

此外在模具制造上采用特殊的模具钢材，采用特殊的表面处理技术如离子注入、物理沉积、喷镀、刷镀等提高模具的使用寿命。表面花纹加工新技术可提高塑件外观质量等。

三、塑料成型模具的分类

不同的塑料成型方法采用原理和结构特点各不相同的成型模具，按照成型加工方法的不同，可将塑料成型模具分为以下几类。

1. 压塑成型模具

压塑成型模具简称压模。将塑料原料直接加在敞开的模具型腔内，再将模具闭合，塑料在热和压力作用下成为流动状态并充满型腔，然后由于化学或物理变化使塑料硬化成型，这种成型方法叫压塑成型，这种成型方法所用的模具叫压塑成型模具。压塑模具多用于成型热固性塑料的压模，也有用来成型热塑性塑料的热挤冷压模具。另外还有一类不加热的冷压成型模具，用于成型聚四氟乙烯坯件。

2. 注塑成型模具

塑料先加在注塑机的加热料筒内，塑料受热熔融后，在注塑机的螺杆或活塞推动下，经喷嘴和模具的浇注系统进入模具型腔，塑料在模具型腔内固化定型，这就是注塑成型的简单过程。注塑成型所用的模具叫注塑模具。注塑模具主要用于热塑性塑料制品的成型，但近年来也越来越多地用于热固性塑料成型。注塑成型在塑料制件成型中占有很大比重，世界塑料成型模具产量中的约半数以上为注塑模具。

近年来发展了一种在注塑成型时在注入塑料熔体后，立即向制件内部充入惰性气体进行保压的气体辅助注塑成型方法及其模具，它能生产厚壁的和壁厚相差悬殊的注塑制品，能获得更加优良的制品的外观和性能，同时还能减轻制品的重量，节约原材料。

3. 传递成型模具

传递成型模具是将塑料原料加入预热的加料室，然后通过压柱向塑料施加压力，塑料在高温高压下熔融并通过模具的浇注系统，进入型腔，逐渐硬化成型，这种塑料成型方法叫做传递成型，这种成型方法所用的模具叫传递模具。传递模具多用于热固性塑料的成型。

4. 挤塑成型模具

挤塑成型模具包括挤出机头和定型模两部分。在挤塑机螺杆的推动下，使粘流状态的塑料在高温高压下通过具有特定断面形状的机头口模，然后连续进入温度较低的定型模，塑料在定型模中固化，生产出具有所需断面形状连续型材，该成型方法叫挤塑成型。用于塑料挤塑成型的模具叫挤塑成型模具。

5. 中空制品吹塑成型模具

将挤塑或注塑成型的处于塑化状态的管状坯料，趁热放到模具成型腔内，立即在管状坯料的中心通以压缩空气，使管坯膨胀而紧贴于模具型腔上，冷硬后即可得到一中空制品。此种制品成型方法所用的模具叫中空制品吹塑模具。用挤塑的方法生产管坯的叫挤吹模具，用注塑方法生产管坯的叫注吹模具，注吹中，在吹胀前的瞬间先进行轴向拉伸的叫注拉吹模具，产品的性能和尺寸精度因上述方法不同而有很大差异。

6. 热成型模具

热成型模具又名真空或压缩空气成型模具，它是一单独的阴模或阳模。将预先制成的塑料片，加热软化后，将其周边紧压在模具周边上，然后在紧靠模具的一面抽真空，或在其反面充以压缩空气，使塑料片发生塑性变形，而紧贴到模具上，冷却定型后即得制品。此种成型方法，模具受力较小，强度要求不高，甚至可用非金属材料制作，但为了取得较高的生产效率，模具的导热性是很重要的，铝合金模具得到了广泛应用。

除了上面所列举的几种塑料模具外，尚有搪塑成型模具、反应注塑成型模具、泡沫塑料成型模具、玻璃纤维增强塑料低压成型模具等，在此不再一一叙述。

我国模具发展的战略目标是通过上述努力在十多年时间内使模具的精度水平平均提高一至二级，寿命提高一至二倍，制造周期缩短一至二倍。努力提高精密、复杂、大型、长寿命模具的设计制造技术，使这些模具的国产化比例大幅度提高。

第二章 塑料制件设计

一个完美的塑料制件，应根据制品的使用要求和外观要求从塑料的力学性能、美术造型和成型工艺、塑料模设计和制造等多方面进行全面考虑。对于光学制品、高温环境中使用的制品、电气元件、接触化学物质的制品，还要分别考虑其光学性能、热学性能、电性能、耐腐蚀性能等，由此可见塑件设计涉及的内容甚广，本章篇幅有限，仅着重从塑料的力学性能和成型工艺性能及简化模具结构方面讨论塑件设计中的一些问题，其设计考虑要点如下：

① 塑件的物理力学性能，如强度、刚度、韧性、弹性、吸水性以及对应力的敏感性，不同塑料品种其性能各有所长，在设计塑件时应充分发挥其性能上的优点，避免或补偿其缺点。

② 塑料的成型工艺性，如流动性、成型收缩率及收缩率的各向差异等。塑件形状应有利于成型时充模、排气、补缩，同时能使热塑性塑料制品达到高效、均匀冷却或使热固性塑料制品快速均匀地固化。

③ 塑件结构应能使模具总体结构尽可能简化，特别是避免侧向分型抽芯机构和简化脱模机构。使模具零件符合制造工艺的要求。

塑件成型方法很多，成型方法不同制件设计原则亦应有不同，本章着重讨论塑料制件中产量最大的压塑、注塑、传递模塑成型的塑件设计，对于压缩空气成型、真空成型及挤出制品的设计将在相应的章节中分别介绍。

第一节 塑件的精度和表面粗糙度

一、尺寸精度

影响模塑件尺寸精度的因素十分复杂，主要有模具制造的精度、模制时由于工艺条件的变化引起成型收缩率的波动，同时由于磨损等因素会造成模具尺寸不断变化，活动配合间隙的变化以及模制件脱模斜度都会影响塑料制件的精度。塑件精度的确定应该合理，在满足使用要求前提下尽可能选用低精度等级。

有资料认为在总误差中，模具制造公差和成型工艺条件波动引起的误差各占 $1/3$ 。实际对小尺寸的制品来说，制造误差对制品尺寸精度影响较大，而大尺寸的制品，收缩率波动则是影响塑件尺寸精度的主要因素。

我国于 1993 年 6 月颁布了工程塑料模塑件尺寸公差国家标准 (GB/T 14486—1993)，该标准是根据我国目前一般模塑水平，在做了大量测试、调查研究的基础上提出来的，它将塑件尺寸公差分成 7 个精度等级，根据塑料收缩特性不同，对每种塑料建议选取其中的三个等级，即标注尺寸公差的高精度等级、一般精度等级和未注公差尺寸的低精度等级，按表 2-1-1 选取。其中高精度和一般精度只差一个精度等级，而一般精度和低精度相差两个精度等级。表中高精度要求较高，一般不予选用。先按常用材料模塑件公差等级选用表和塑件使用要求决定塑件公差等级(见表 2-1-2)。当公差等级决定后即可按公差表(表 2-1-1)查公差

表 2-1-1

模塑件尺寸公差表

单位: mm

公差等级	公差种类 ¹⁾	基 本 尺 寸																									
		大于0	到3	3 6	6 10	10 14	14 18	18 24	24 30	30 40	40 50	50 65	65 80	80 100	100 120	120 140	140 160	160 180	180 200	200 225	225 250	250 280	280 315	315 355	355 400	400 450	450 500
标注公差的尺寸公差值																											
MT1	A		0.07	0.08	0.09	0.10	0.11	0.12	0.14	0.16	0.18	0.20	0.23	0.26	0.29	0.32	0.36	0.40	0.44	0.48	0.52	0.56	0.60	0.64	0.70	0.78	0.86
	B		0.14	0.16	0.18	0.20	0.21	0.21	0.24	0.26	0.28	0.30	0.33	0.36	0.39	0.42	0.46	0.50	0.54	0.58	0.62	0.66	0.70	0.74	0.80	0.88	0.96
MT2	A		0.10	0.12	0.14	0.16	0.18	0.20	0.22	0.24	0.26	0.30	0.34	0.38	0.42	0.46	0.50	0.54	0.60	0.66	0.72	0.76	0.84	0.92	1.00	1.10	1.20
	B		0.20	0.22	0.24	0.26	0.28	0.30	0.32	0.34	0.36	0.40	0.44	0.48	0.52	0.56	0.60	0.64	0.70	0.76	0.82	0.86	0.92	1.00	1.10	1.20	1.30
MT3	A		0.12	0.14	0.16	0.18	0.20	0.24	0.28	0.32	0.36	0.40	0.46	0.52	0.58	0.64	0.70	0.78	0.86	0.92	1.00	1.14	1.20	1.30	1.44	1.60	1.74
	B		0.32	0.34	0.36	0.38	0.40	0.44	0.48	0.52	0.56	0.60	0.66	0.72	0.78	0.84	0.90	0.98	1.60	1.12	1.20	1.30	1.40	1.50	1.64	1.80	1.94
MT4	A		0.16	0.18	0.20	0.24	0.28	0.32	0.36	0.42	0.48	0.56	0.64	0.72	0.82	0.92	1.02	1.12	1.24	1.36	1.48	1.62	1.80	2.00	2.20	2.40	2.60
	B		0.36	0.38	0.40	0.44	0.48	0.52	0.56	0.62	0.68	0.76	0.84	0.92	1.02	1.12	1.22	1.32	1.44	1.56	1.68	1.82	2.00	2.20	2.40	2.60	2.80
MT5	A		0.20	0.24	0.28	0.32	0.38	0.44	0.50	0.56	0.64	0.74	0.86	1.00	1.14	1.28	1.44	1.60	1.76	1.92	2.10	2.30	2.50	2.80	3.10	3.50	3.90
	B		0.40	0.44	0.48	0.52	0.58	0.64	0.70	0.76	0.84	0.94	1.06	1.20	1.34	1.48	1.64	1.80	1.96	2.12	2.30	2.50	2.70	3.00	3.30	3.70	4.10
MT6	A		0.26	0.32	0.38	0.46	0.54	0.62	0.70	0.80	0.94	1.10	1.28	1.48	1.72	2.00	2.20	2.40	2.60	2.90	3.20	3.50	3.80	4.30	4.70	5.30	6.00
	B		0.46	0.52	0.58	0.68	0.74	0.82	0.90	1.00	1.14	1.36	1.48	1.68	1.92	2.20	2.40	2.60	2.80	3.10	3.40	3.70	4.00	4.50	4.90	5.50	6.20
MT7	A		0.38	0.48	0.58	0.68	0.78	0.88	1.00	1.14	1.32	1.54	1.80	2.10	2.40	2.70	3.00	3.30	3.70	4.10	4.50	4.90	5.40	6.00	6.70	7.40	8.20
	B		0.58	0.68	0.78	0.88	0.98		1.20	1.34	1.52	1.74	2.00	2.30	2.60	3.10	3.20	3.90	4.30	4.70	5.10	5.60	6.20	6.90	7.60	8.40	
未注公差的尺寸允许偏差																											
MT5	A		±0.10	±0.12	±0.14	±0.16	±0.19	±0.22	±0.25	±0.28	±0.32	±0.37	±0.43	±0.50	±0.57	±0.64	±0.72	±0.80	±0.88	±0.96	±1.05	±1.15	±1.25	±1.40	±1.55	±1.75	±1.95
	B		±0.20	±0.22	±0.24	±0.26	±0.29	±0.32	±0.35	±0.38	±0.42	±0.47	±0.53	±0.60	±0.67	±0.74	±0.82	±0.90	±0.98	±1.06	±1.15	±1.25	±1.35	±1.50	±1.65	±1.85	±2.05
MT6	A		±0.13	±0.16	±0.19	±0.23	±0.27	±0.31	±0.35	±0.40	±0.47	±0.55	±0.64	±0.74	±0.86	±1.00	±1.10	±1.20	±1.30	±1.45	±1.60	±1.75	±1.90	±2.15	±2.35	±2.65	±3.00
	B		±0.23	±0.26	±0.29	±0.33	±0.37	±0.41	±0.45	±0.50	±0.57	±0.65	±0.74	±0.84	±0.96	±1.10	±1.20	±1.30	±1.40	±1.55	±1.70	±1.85	±2.00	±2.25	±2.45	±2.75	±3.10
MT7	A		±0.19	±0.24	±0.29	±0.34	±0.39	±0.44	±0.50	±0.57	±0.66	±0.77	±0.90	±1.05	±1.20	±1.35	±1.50	±1.65	±1.85	±2.05	±2.25	±2.45	±2.70	±3.00	±3.35	±3.70	±4.10
	B		±0.29	±0.34	±0.39	±0.44	±0.49	±0.54	±0.60	±0.67	±0.76	±0.87	±1.00	±1.15	±1.30	±1.45	±1.60	±1.75	±1.95	±2.15	±2.35	±2.55	±2.80	±3.10	±3.45	±3.80	±4.20

注: 1) A 为不受模具活动部分影响的尺寸公差值, B 为受模具活动部分影响的尺寸公差值。

值，该表仅列有各种精度不同尺寸的公差数值，而无配合关系，其上下偏差应根据使用要求进行分配，例如基孔制的孔可取表中数值冠以（+）号，基轴制的轴取表中数值冠以（-）号，中心距尺寸取公差数值之半冠以（±）号，其余情况的上下偏差可根据材料特性和配合性质对公差值进行分配，表 2-1-1A 行是由一个成型零件成型的尺寸，即不受模具活动部分影响的尺寸，见图 2-1-1a，表 2-1-1B 行是由两个或更多零件组合成型的尺寸，即受模具活动部分影响的尺寸，见图 2-1-1b，由于组合会造成附加的误差，其公差值较大。

表 2-1-2 常用材料模塑件公差等级的选用

材料代号	模 塑 材 料		公 差 等 级		
			标 注 公 差 尺 寸		未注公差尺寸
			高精度	一般精度	
ABS	丙烯腈-丁二烯-苯乙烯共聚物		MT2	MT3	MT5
AS	丙烯腈-苯乙烯共聚物		MT2	MT3	MT5
CA	醋酸纤维素塑料		MT3	MT4	MT6
EP	环氧树脂		MT2	MT3	MT5
PA	尼龙类塑料	无填料填充	MT3	MT4	MT6
		玻璃纤维填充	MT2	MT3	MT5
PBTP	聚对苯二甲酸丁二醇酯	无填料填充	MT3	MT4	MT6
		玻璃纤维填充	MT2	MT3	MT5
PC	聚碳酸酯		MT2	MT3	MT5
PDAP	聚邻苯二甲酸二丙烯酯		MT2	MT3	MT5
PE	聚乙烯		MT5	MT6	MT7
PESU	聚醚砜		MT2	MT3	MT5
PETP	聚对苯二甲酸乙二醇酯	无填料填充	MT3	MT4	MT6
		玻璃纤维填充	MT2	MT3	MT5
PF	酚醛塑料	无机填料填充	MT2	MT3	MT5
		有机纤维填充	MT3	MT4	MT6
PMMA	聚甲基丙烯酸甲酯		MT2	MT3	MT5
POM	聚甲醛	≤150mm	MT3	MT4	MT6
		>150mm	MT4	MT5	MT7
PP	聚丙烯	无填料填充	MT3	MT4	MT6
		无机填料填充	MT2	MT3	MT5
PPO	聚苯醚		MT2	MT3	MT5
PPS	聚苯硫醚		MT2	MT3	MT5
PS	聚苯乙烯		MT2	MT3	MT5
PSU	聚砜		MT2	MT3	MT5
RPVC	硬质聚氯乙烯（无增塑剂）		MT2	MT3	MT5
SPVC	软质聚氯乙烯		MT5	MT6	MT7
VF/MF	氨基塑料和氨基酚醛塑料	无机填料填充	MT2	MT3	MT5
		有机填料填充	MT3	MT4	MT6

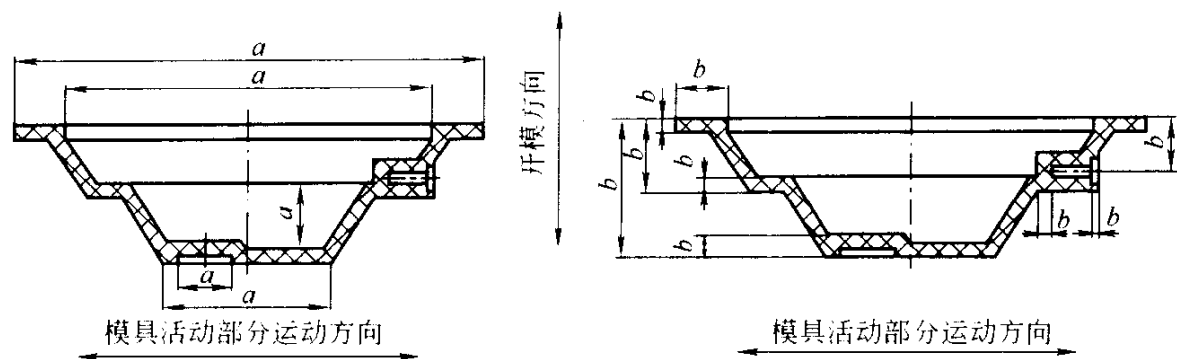


图 2-1-1 不受模具活动部分及受模具活动部分影响的尺寸
 a —不受影响的尺寸； b —受影响的尺寸

对于常用材料表中未列入的塑料，如新出现的塑料品种，可根据其收缩特性值来确定其公差等级。所谓收缩特性是指该塑料在成型时流动方向收缩率加上流动方向和垂直流向收缩率之差。该值愈大则应选用较低的等级，按表 2-1-3 选定。

表 2-1-3 收缩特性值和选用的公差等级

收缩特性值 $\bar{\epsilon}_s/\%$	公差等级		
	标注公差尺寸		未注公差尺寸
	高精度	一般精度	
>0~1	MT2	MT3	MT5
>1~2	MT3	MT4	MT6
>2~3	MT4	MT5	MT7
>3	MT5	MT6	MT7

二、表面粗糙度和光亮度

塑料制品的表面状态的改善除了成型工艺上尽可能避免冷疤、云纹等缺陷外，模具型腔的粗糙度起着决定性的作用。有的制品表面要求很高，型腔表面粗糙度要求达 $Ra0.02 \sim 0.4\mu m$ 。模具使用中由于型腔磨损而使表面变粗糙，应随时予以维护。透明制品要求型腔和型芯的粗糙度相同，不透明制品则应根据情况分别考虑，非配合表面和隐蔽的面可取较大的表面粗糙度。还可利用表面粗糙度的差异来使塑件在开模时留在表面粗糙度较大的型芯上或留在凹模中。应指出制件的光亮程度并不完全取决于型腔的表面粗糙度，而和塑料品种有关，有时可在原料中加入光亮剂来提高光亮度。与此相反有的制品设计时有意增大塑件表面粗糙度，达到闷光的效果，或在型腔表面通过放电腐蚀或化学腐蚀生成均匀的麻纹，更能增加塑件高雅的质感。

第二节 塑料件的形状和结构设计

一、易于模塑，避免侧向分型抽芯

塑件的形状应便于模塑，用注塑或传递模塑成型的制品在充模阶段能顺畅地充满型腔，为此塑件沿料流方向应设计成流线型或具有大的曲率半径，避免流动死角。如图 2-2-1(a)，在死角处会形成气泡、缩孔，(b)是改进后的设计。

塑件应便于脱出。为简化模具结构应尽可能地不采用复杂的瓣合模与侧抽芯结构，为此