

高等职业教育机械系列精品教材
校企“双元”合作开发新形态教材

走进模具

主 编 吴梦陵 王 鑫 张 振
副主编 陈金山 庄卫国



北京邮电大学出版社
www.buptpress.com

内 容 简 介

全书共 10 章,主要介绍塑料成型相关工艺与模具,冲压成形、冲裁成形相关工艺与模具以及弯曲、拉深工艺与模具等。

本书强调实用性、实践性和可读性,并具有一定的创新性。本书既可作为高等职业院校智能制造类及相关专业的教学用书,也可作为工程技术人员的参考用书。

图书在版编目 (CIP) 数据

走进模具 / 吴梦陵, 王鑫, 张振主编. -- 北京: 北京邮电大学出版社, 2024. 3(2025. 2 重印)

ISBN 978-7-5635-7199-4

I. ①走… II. ①吴… ②王… ③张… III. ①模具—高等职业教育—教材 IV. ①TG76

中国国家版本馆 CIP 数据核字(2024)第 067032 号

策划编辑: 朱婉茜 责任编辑: 高 宇 封面设计: 黄燕美

出版发行: 北京邮电大学出版社

社 址: 北京市海淀区西土城路 10 号

邮政编码: 100876

发 行 部: 电话: 010-62282185 传真: 010-62283578

E-mail: publish@bupt.edu.cn

经 销: 各地新华书店

印 刷: 三河市龙大印装有限公司

开 本: 787 mm×1 092 mm 1/16

印 张: 17

字 数: 352 千字

版 次: 2024 年 3 月第 1 版

印 次: 2025 年 2 月第 2 次印刷

ISBN 978-7-5635-7199-4

定 价: 55.00 元

· 如有印装质量问题,请与北京邮电大学出版社发行部联系 ·

服务电话: 400-615-1233



模具是生产工业产品的重要工艺装备,采用模具生产零件具有效率高、质量好、节能降耗、生产成本低等一系列优点。模具工业既是现代工业的基础,也是制造业的重要支柱。模具工业的发展创新对国民经济和社会发展有着巨大的推动作用。高水平的模具技术,特别是制造精密、复杂、大型、长寿命模具的技术,已成为衡量一个国家具有较高机械制造水平的重要标志。

模具技术在汽车、能源、机械等领域被广泛应用。党的二十大报告指出,要“推进新型工业化,加快建设制造强国”。模具工业也正从“制造”向“智造”转型发展。以创新为第一动力,以智能制造为主攻方向,模具制造业的数字化转型、智能化升级正向前大步迈进。

本书根据强化产教融合、校企合作,着重满足区域主导产业需求,紧密对接高端装备和汽车及零部件集群的要求编写而成。编者将行业企业标准、专业技能、职业素养融入教材,能有效解决理论知识与企业前沿技术、生产标准、技术创新对接不良的问题。

本书主要特色如下。

(1) 知识新颖实用,内容深入浅出,语言通俗易懂。全书既阐述基础知识,又介绍模具有关方面的最新成果,着力反映先进技术,注重实用性,并尽可能地减少烦琐的计算。

(2) 充分体现产教融合特色。把企业的优势资源转化为有效的学习资源,将企业真实研发成果转化为案例,保证教学内容紧贴人才培养的需求。

(3) 配套数字资源丰富。将一些重要的、复杂的成型工艺与模具结构以三维动画或真实工作视频的形式来呈现,学生扫描书中二维码即可获取。

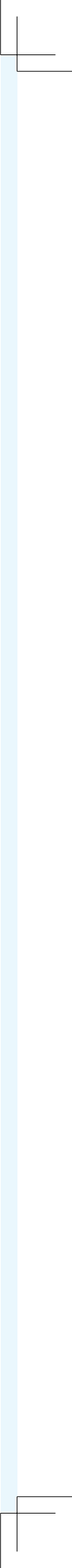
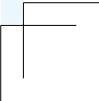
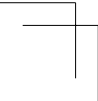
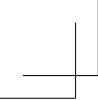
(4) 注重立德树人。通过中国模具技术发展的辉煌历史、家国情怀案例、解决关键技术“卡脖子”问题案例等阅读材料,向学生传递社会主义核心价值观、工匠精神、职业道德及工程伦理。

本书由南京工程学院吴梦陵、王鑫、张振担任主编,南京工程学院陈金山、庄卫国担任副主编。淮安市高级职业技术学校韩玉娟、南京工程学院张珑参与了本书的编写。全书由吴梦陵负责统稿。

本书在编写过程中得到了南京工程学院及其他兄弟院校,以及淮安金利达包装有限公司等企业的大力支持和帮助,在此表示衷心的感谢。此外,本书还参考了一些优秀的教材、文献,在此也对相关作者表示衷心感谢!

由于编者水平有限,书中难免存在疏漏或不足之处,恳请广大读者批评指正。

编者





第 1 章 模具概述	1
1.1 模具的概念及产业概况	1
1.2 模具的种类及其制造特点	2
1.3 模具技术的应用及发展趋势	4
第 2 章 塑料与塑料制品工艺性	7
2.1 塑料的组成、分类及成型工艺性	7
2.2 塑料制品的结构工艺性	14
第 3 章 注射成型工艺及设备	31
3.1 注射成型工艺	31
3.2 注射成型设备	37
第 4 章 注射成型模具	41
4.1 注射成型模具概述	41
4.2 注射模的浇注系统	49
4.3 注射模的成型零部件	61
4.4 注射模的支承零部件和导向机构	66
4.5 注射模的推出机构	72
4.6 注射模的侧向分型与抽芯机构	85
4.7 注射模的温度调节系统	100
4.8 注射模的排气系统	104
4.9 注射模的模架	105
第 5 章 其他塑料成型工艺与模具	109
5.1 挤出成型工艺与模具	109
5.2 中空吹塑成型工艺与模具	119
5.3 抽真空成型工艺与模具	126
5.4 压缩和压注成型工艺与模具	130
第 6 章 冲压工艺基础知识	137
6.1 冲压的概念、工艺特点及应用	137
6.2 冲压工艺的分类	138



6.3 冲压材料	142
6.4 冲压设备	145
6.5 冲模分类	150
第7章 冲裁工艺与模具	153
7.1 冲裁工艺简介	153
7.2 冲裁模的典型结构与类型选择	153
7.3 冲裁模主要零件介绍	168
第8章 弯曲工艺与模具	199
8.1 弯曲工艺方案确定	200
8.2 弯曲模设计	202
第9章 拉深工艺与模具	223
9.1 拉深工艺类型	224
9.2 拉深模具	225
第10章 其他冲压成形工艺	235
10.1 胀形	235
10.2 翻边	240
10.3 缩口与扩口	249
10.4 旋压	254
10.5 校形	256
10.6 起伏成形	260
参考文献	265

第1章

模具概述

1.1 模具的概念及产业概况

模具是对原材料进行加工，赋予原材料以完整构型和精确尺寸的加工工具，被称为“工业之母”。模具也是工业产品生产用的重要工艺装备，作为现代工业的基础，模具技术已在汽车、能源、机械等领域得到广泛应用。模具工业已成为工业发展的基础，也是制造业的重要支柱。汽车、仪表、仪器、家电和通信设备等产品中 60% ~ 80% 的零件，是依靠模具成型的。模具生产所具备的高精度、高复杂度、高一一致性、高生产率和低耗能等特点，是其他加工制造方法所无法比拟的。模具产业也是制造业的效益放大器，用模具生产的最终产品，其价值往往是模具自身价值的几十倍、上百倍。模具产业水平已成为衡量一个国家制造业水平的重要指标，高水平的模具产业是一个国家国际竞争力的重要保障。

模具工业在世界主要工业国的国民经济中占有重要地位。美国工业界认为“模具工业是美国工业的基石”，日本把模具工业誉为“进入富裕社会的原动力”，德国则将其冠之为“加工工业中的帝王”，欧美其他一些发达国家将模具工业称为“磁力工业”。中国模具产业近年来以超过年均 10% 的速度增长。目前，我国模具产业已建立起包括模具技术研发、模具生产和供应体系在内的完整产业链，产业规模和技术水平有了长足发展。我国模具产业主要集中在汽车行业、电子行业、半导体行业、IT 行业、医疗器械行业、家电行业以及自动化行业。例如，随着新能源汽车行业的发展，我国汽车模具市场需求快速释放，规模不断壮大。由于医疗器械零部件生产配套的精密要求，医疗器械模具在医疗器械生产中占据着重要地位，医疗器械模具几乎应用于所有医疗器械的制件生产中，大到高压氧舱，小到助听器、心脏起搏器等均非常依赖医疗器械模具。

智能化是模具工业高质量发展的重要特征和必要途径，我国模具工业正从“制造”向“智造”转型发展。



1.2 模具的种类及其制造特点

按照模具成型材料不同，可以将模具分为金属材料成型模具、有机高分子材料成型模具和无机非金属材料成型模具，各类模具又可具体细分，如图 1-1 所示。其中，冲压模具、塑料模具、铸造模具、锻造模具和橡胶模具是最主要的五类模具。

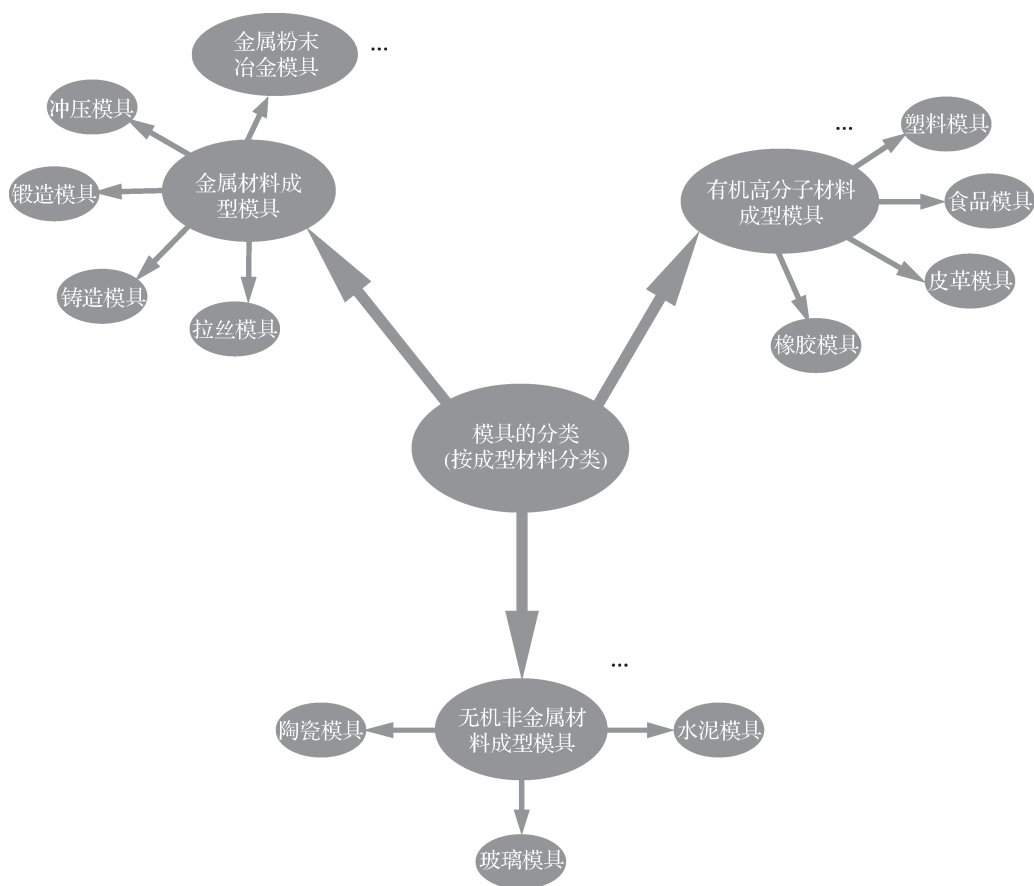


图 1-1 模具的分类

例如，塑料模具又可以分为注塑模具（见图 1-2）、挤出模具、吹塑模具、压缩模具和滚塑模具等；冲压模具按照工序组合程度不同又可分为单工序模具、复合模具和多工位级进模具（见图 1-3）等。

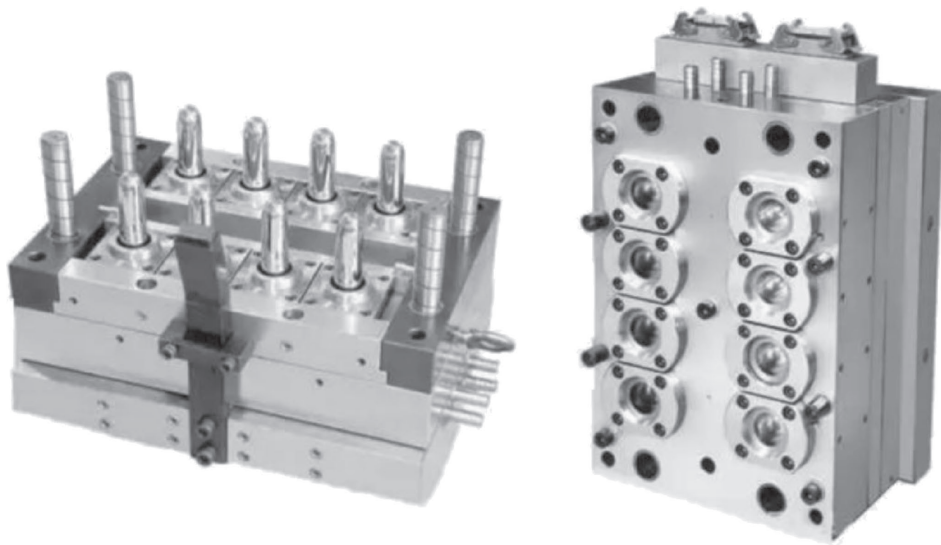


图 1-2 注塑模具（热流道瓶坯模具）

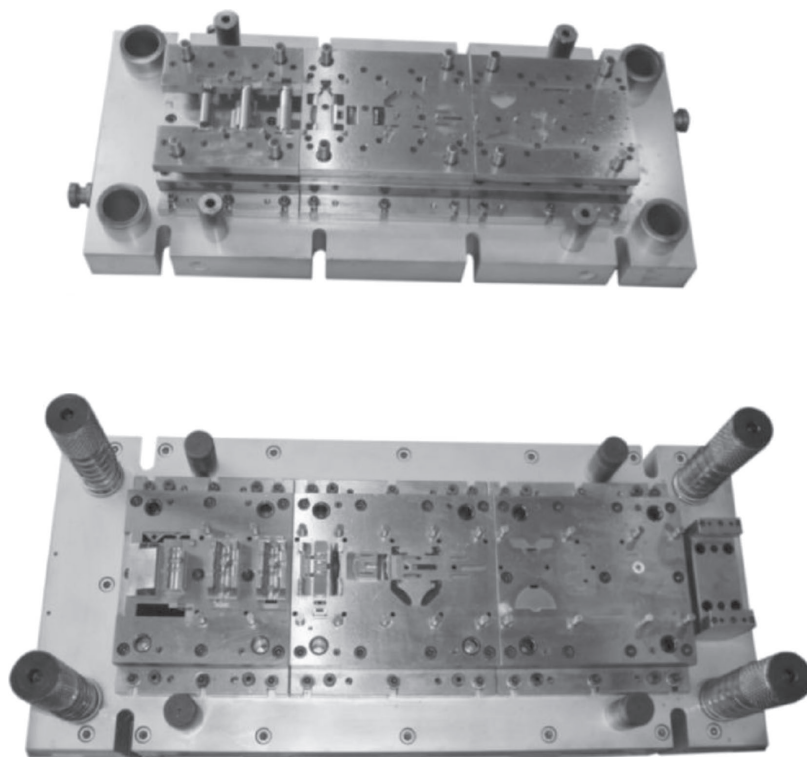


图 1-3 多工位级进模具



1.3 模具技术的应用及发展趋势

模具技术发展迅速，已成为现代制造技术的重要组成部分。如模具的计算机辅助设计（computer aided design, CAD）/ 计算机辅助制造（computer aided manufacturing, CAM）技术、模具激光快速成型技术、模具精密成型技术、模具超精密加工技术、模具设计动态模拟技术、模具计算机集成制造技术以及模具数控技术等，几乎涵盖了所有现代制造技术门类。

随着我国高新科技应用的增加，模具产业加速朝着智能化、网络化方向发展。随着 CAD/CAM 技术、三维设计技术等信息与数字技术和物联网技术在机械制造业的深度运用及工业智能化制造发展趋势推动，模具智能化、网络化发展程度的市场关注度不断提升。智能模具将成为模具行业技术发展新方向，未来模具行业将在生产及设计过程中提升新技术融合能力和软硬件一体化能力，提高模具加工效率和制造精度。同时，各种配合模具生产的自动化设备（主要是机械手、机器人）的普及，以及模具相关标准件智能化程度的提升，将不断促进我国模具行业产品结构调整及发展方式转变，推动国内制造业节材、绿色、自动化生产发展。

精密模具研制成为关键。按加工精度划分，机械加工可分为一般加工、精密加工及超精密加工。对于模具而言，其尺寸的精度是制造高精密、高质量、高科技含量产品最重要的因素。目前，随着消费与制造业的双重升级，以及各行各业的产品对模具的要求不断提高，模具行业发展面临着新的机遇和挑战，模具精密化将成为国内模具制造厂商产品研发、生产的重点。

模具技术的一些关键应用如下。

（1）在汽车制造领域。

①模具用于制造汽车零部件，如仪表板、车灯、内饰件等，可确保精度和质量。

②模具在车身制造中用于精确切割和焊接，可优化车身结构和实现轻量化。

③模具帮助实现个性化和差异化产品需求，可提高市场竞争力。

（2）在消费电子领域。

①精密塑胶模具用于生产手机、电视、计算机等的外壳、连接器和其他关键部件。

②冲压模具用于生产手机、电视、计算机等的内部金属部件，模具的灵活性和可重复使用性，使得新产品能够快速上市并降低生产成本。

（3）在医疗器械制造领域。精密塑胶模具用于生产注射器、输液器、听诊器等医疗器

械，可确保使用性和可靠性。

(4) 在日用品制造领域。塑胶模具用于生产塑料包装盒、瓶子、餐具等日常用品。

(5) 其他技术领域。

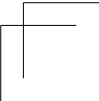
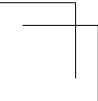
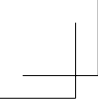
① 机器人塑胶模具技术可提高生产效率，确保产品质量。

② 网格模具技术可降低冲压件表面品质不良率，提高生产效率。

课程思政阅读



中国古代辉煌的模
具制造技术



第 2 章

塑料与塑料制件工艺性

塑料有很多优良性能，其应用范围非常广泛，几乎各行各业都少不了塑料。塑料已成了人们生产和生活不可缺少的一部分。

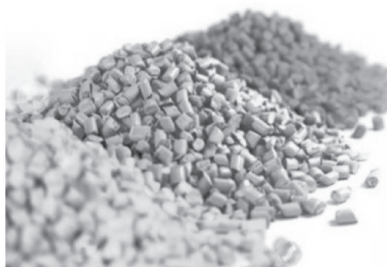
2.1 塑料的组成、分类及成型工艺性

2.1.1 塑料的组成

有机高分子材料又称聚合物或高聚物，是一类由一种或几种分子或分子团以共价键结合而成的具有多个重复单体单元的大分子。它们可以是天然产物如纤维、蛋白质和天然橡胶等，也可以是用合成方法制得的非生物高聚物，如合成纤维、合成树脂、合成橡胶等，如图 2-1 所示。



(a) 合成纤维



(b) 合成树脂



(c) 合成橡胶

图 2-1 合成纤维、合成树脂、合成橡胶



塑料是一种以合成树脂为主要成分的高分子有机材料。塑料除了以合成树脂为基体外，还有某些特定用途的添加剂，如增塑剂、填料、稳定剂、润滑剂、着色剂等。合成树脂是塑料最基本、最重要的组成部分，所以它决定着塑料的基本性能。

1. 合成树脂

合成树脂实质上是高分子物质或其预聚体，它是塑料的基材，对塑料的物理、化学性能起着决定性的作用。

2. 塑料添加剂

典型的塑料添加剂有以下几种。

(1) 增塑剂。添加到聚合物中使聚合物体系的塑性增加的物质，就是增塑剂。

(2) 填料。填料有两种功能：一是增加体积，降低塑料成本；二是改善塑料性能，即用于塑料改性。

(3) 稳定剂。工业上为了提高合成树脂在热、光和霉菌等外界因素作用下的稳定性，常在合成树脂中加入一些添加剂，这些阻碍塑料变质的物质称为稳定剂。

(4) 润滑剂。为了改进高聚物的流动性、减少摩擦、降低界面黏附而添加的一些物质称为润滑剂。

(5) 着色剂。着色剂就是能使塑料制件具有各种颜色的物质。

除了以上几种典型的添加剂外，随着塑料的应用领域越来越广泛，还出现了其他的塑料添加剂，如抗静电剂、阻燃剂、耐冲击改质剂和抗菌剂等。

2.1.2 塑料的分类

通常从应用角度来说，塑料可分为普通塑料（如聚乙烯、聚丙烯、聚苯乙烯、聚氯乙烯、ABS等）和工程塑料（如聚碳酸酯、聚酰胺、聚甲醛、聚砜、聚苯醚等），其中工程塑料又可分为通用工程塑料和特种工程塑料。近年来，人们对用于特种环境的塑料进行研究，又开发了功能塑料，如医用塑料、光敏塑料等。

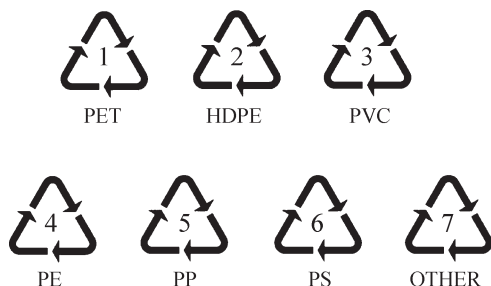
按照制造树脂的方法可将塑料分为缩聚型塑料和加聚型塑料。

按照塑料树脂的大分子类型和特性将塑料分为热塑性塑料和热固性塑料两大类。热塑性塑料主要由合成树脂（分子为线型结构或者带有支链的线型结构）制成，其成型过程是物理变化。热塑性塑料受热可软化或熔融，成型加工后冷却固化，再加热仍可软化，该塑料可回收利用。热固性塑料是以缩聚树脂（分子为立体网状结构）为主，结合各种助剂制成的，它的成型过程不仅是物理变化，更主要的是化学变化。热固性塑料最初成型加工时也可受热软化或熔融，但一旦成型固化后便不能软化，也不可回收利用。

为便于消费者辨识塑料或塑料包装材料的性质，使塑料废品回收处理更为简便快速，



规定塑料或塑料包装材料上应标示材料名称及塑料品可循环使用标识,如图 2-2 所示,共有 7 种。



视频 2-1
聚乙烯热塑性

图 2-2 材料名称及塑料品可循环使用标识

2.1.3 塑料的成型工艺性

1. 塑料的成型收缩性

塑料制件从模具中取出冷却后一般会出现收缩现象,这种塑料成型冷却后发生体积收缩的特性称为塑料的成型收缩性。一般塑料的成型收缩性常用实际收缩率 S_s 和计算收缩率 S_j 来表征。

$$S_s = (a-b)/b \times 100\% \quad (2-1)$$

$$S_j = (c-b)/b \times 100\% \quad (2-2)$$

式中, a 为模具型腔在成型温度时的尺寸; b 为塑料制品在常温时的尺寸; c 为塑料模具型腔在常温时的尺寸。

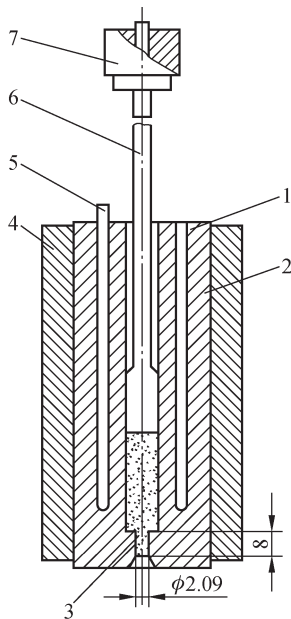
实际收缩率 S_s 常用于大型及精密模具成型塑件的尺寸计算,计算收缩率 S_j 则常用于小型模具及普通模具成型塑件的尺寸计算。

2. 塑料的流动性

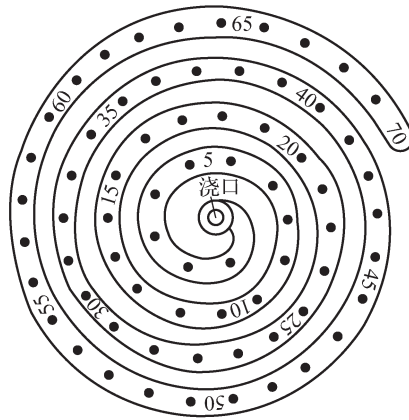
塑料的流动实质上是指树脂聚合物所处的温度大于其黏流温度 θ_f 时发生的大分子之间相对滑移的现象。塑料的流动性表现在成型过程中,指在一定温度和一定压力下塑料熔体充填模具型腔的能力。

热塑性塑料用熔融指数的大小来表示流动性的好坏。熔融指数则采用熔融指数测定仪 [见图 2-3 (a)] 进行测定——将被测定的定量热塑性塑料原材料加入测定仪中,上面放入压柱,在一定压力和一定温度下以 10 min 内从测定仪下面的小孔中挤出的塑料的多少来表示熔融指数的大小。挤出的塑料越多,表示流动性越好;反之则越差。

若仅需对比几种塑料的相对流动性,也可以采用螺旋线长度法进行测定,即在一定温度下,将定量的塑料以一定的压力注入阿基米德螺旋线模腔 [见图 2-3 (b)] 中,测其流动的长度,即可判断它们流动性的强弱。



(a) 熔融指数测定仪测定法



(b) 螺旋线长度法

1—热电偶；2—料筒；3—出料孔；4—保温层；5—加热棒；6—柱塞；7—重锤。

图 2-3 热塑性塑料流动性的测定



视频 2-2-1
熔融指数测定

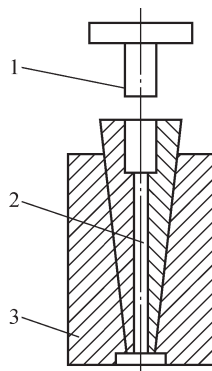


视频 2-2-2
阿基米德螺旋线



螺旋线流道截面形式

热固性塑料的流动性通常采用图 2-4 所示的拉西格测定模来测定，将定量的热固性塑料原材料放入拉西格测定模中，在一定压力和一定温度下，测定从拉西格测定模下面小孔中挤出的塑料的长度（mm）值，以此值的大小来表示热固性塑料流动性的强弱。挤出的塑料越长，表示流动性越好。



1—压柱；2—模腔；3—模套。

图 2-4 热固性塑料流动性拉西格测定模



视频 2-3
拉西格测定模

3. 塑料的相容性

塑料的相容性又称塑料的共混性。不同的塑料进行共混以后，可以得到单一塑料所无法拥有的性质。这种塑料的共混材料通常称为塑料合金。相容性就是指两种或两种以上的塑料共混后得到的塑料合金，在熔融状态下，各种参与共混的塑料组分之间不产生分离现



象的能力。

利用塑料的相容性可制备多种改性塑料，如聚芳硫醚砜（PASS），作为高分子聚合材料中的一种，它是特种工程塑料聚苯硫醚（PPS）的结构改性产物，有着良好的强度、耐热性、耐蚀性、绝缘性和耐辐射性能，广泛应用于军工、航空航天、核潜艇、家电和汽车制造等领域。

PASS 具有较高的军事价值，以前仅有美国、日本等少数国家具备 PASS 产业化生产能力，美、日等国一直对我国实行技术封锁和原材料禁运，我国某技术团队通过十多年的技术研发，攻克了技术难关，并通过国内企业实现了 PASS 工业化生产，投产的 PASS 一号生产线年产量为 1 000 t，解决了“卡脖子”技术瓶颈。

4. 塑料的热敏性和吸湿性

热敏性是指塑料在受热、受压时的敏感程度，也可称为塑料的热稳定性。塑料在高温或高剪切力等条件下，分子链断裂，聚合物分子微观结构发生一系列的化学、物理变化，宏观上表现为塑料的降解、变色等缺陷，具有这种特性的塑料称为热敏性塑料。生产中为了防止热敏性塑料在成型过程中受热分解等，通常会在塑料中添加一些抗热敏的热稳定剂，并且控制成型生产的温度。

吸湿性是指塑料对水的亲疏程度。有的塑料很容易吸附水分，有的塑料吸附水分的倾向不大。例如，聚酰胺、聚碳酸酯等塑料对水的吸附性较强，而聚乙烯几乎不吸水。塑料的吸湿性对塑料的成型加工影响很大，会导致塑料制品表面产生银纹、气泡等缺陷，严重影响塑料制品的质量。图 2-5 所示为水汽浮在塑料表面而形成的银纹。因此，在塑料成型加工前，通常都要对那些易吸湿的塑料进行烘干处理。

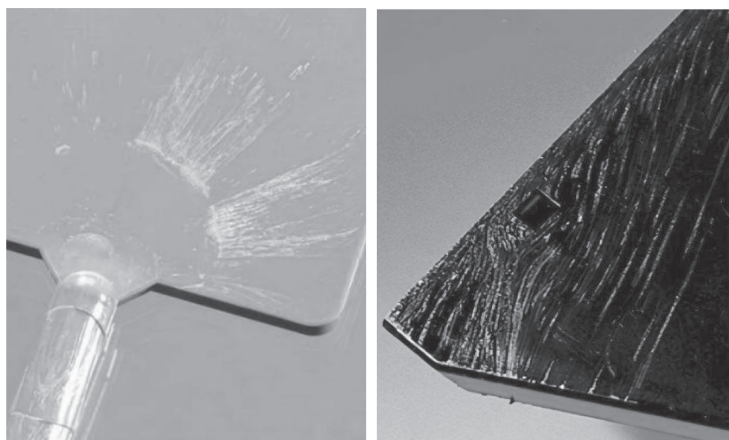


图 2-5 水汽浮在塑料表面而形成的银纹

5. 塑料的降解性

降解是指聚合物在某些特定条件下发生的大分子链断裂、侧基改变、分子链结构改变

及相对分子质量降低等高聚物微观分子结构的化学变化。导致这些变化的条件有高聚物受热、受力、受到氧化作用或遇水、光及核辐射等。按照聚合物产生降解的条件不同，可把降解分为很多种，主要有热降解、水降解、氧化降解、应力降解等。

在塑料成型过程中，要注意避免热降解，一般加热温度不得高于热降解温度，否则易导致聚合物的热降解。成型温度和时间控制不好，可能导致氧化降解。通常在注射成型前，一般都要对成型物料采取烘干等干燥措施，如图 2-6 所示。对一些吸湿性较强的聚合物来说，采取干燥措施尤为必要，因为这是避免水降解发生的关键措施。在注射成型过程中，还要尽力避免压力降解。



图 2-6 成型前烘干物料

几乎大多数降解都对成型件的质量有负面影响，但是合理利用聚合物的降解可有效解决白色污染问题。图 2-7 所示为生物降解地膜的降解过程。

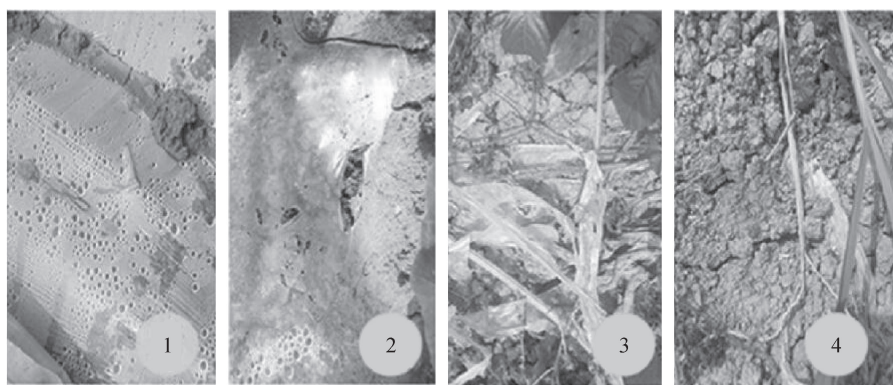


图 2-7 生物降解地膜的降解过程

可降解塑料主要有生物降解塑料、光降解塑料和化学降解塑料三大类。如聚乳酸



(PLA) 是以淀粉为原料, 经结构改造后合成的生物降解塑料, 它不但能生物降解, 还具有良好的机械性能, 被业界认定为最具发展前途的绿色新型“生态材料”。图 2-8 所示为利用聚乳酸制作的餐具及日用品。聚乳酸在医疗领域如手术缝合、骨科固定等方面的应用也十分广泛, 图 2-9 所示为医用聚乳酸手术缝合线。



图 2-8 利用聚乳酸制作的餐具及日用品

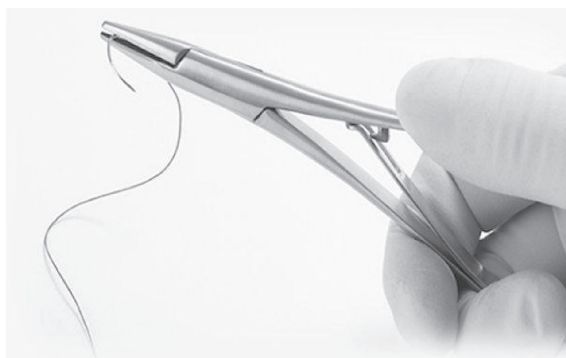


图 2-9 医用聚乳酸手术缝合线

还有基于可再生原料聚乳酸的可堆肥塑料, 用它生产的农用地膜在工业堆肥设施条件下只需几周时间就可完成降解, 如图 2-10 所示, 它的广泛应用可以从源头遏制地膜残留污染。



图 2-10 农用聚乳酸可降解地膜



6. 塑料的交联性

交联性通常是针对热固性塑料而言的。热固性塑料在进行成型加工后，其内部的聚合物分子结构会发生化学变化，聚合物的大分子与交联剂作用后，其线型分子结构能够向三维体型结构发展，并逐渐形成巨型网状的三维体型结构，这种化学变化称为交联反应。

7. 塑料的取向性

当塑料线型高分子受到外力而充分伸展时，其长度远远超过其宽度，这种结构上的不对称性，使它们在某些情况下很容易沿某特定方向做占优势的平行排列，这种特性称为塑料的取向性。图 2-11 所示为高分子链在扇形制品中的取向过程。

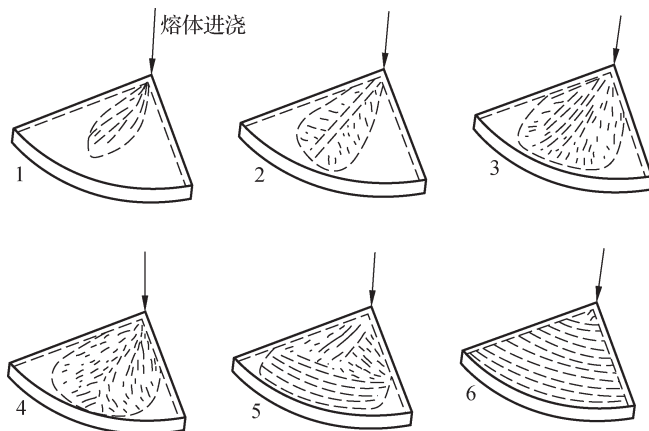


图 2-11 高分子链在扇形制品中的取向过程

塑料取向的结果是高分子材料的力学性质、光学性质以及热性能等方面发生了显著变化。力学性能中，抗张强度和挠曲疲劳强度在取向方向上显著增加，而与取向方向相垂直的方向上则显著降低。塑料的光学性质也呈现各向异性。

塑料的取向性已被广泛应用于工业生产中，如合成纤维中使用的牵伸工艺就利用了取向机理来达到大幅度地提高纤维强度的目的。也常利用取向性来提高制件的强度，如塑料制件的吹塑成型工艺中就常利用取向机理来提高塑件的强度。



视频 2-4
酚醛树脂的
交联反应



视频 2-5
塑料的取向

2.2 塑料制件的结构工艺性

塑料制件结构工艺性设计需要考虑的主要内容有尺寸和精度、表面粗糙度、塑件形状、斜度、壁厚、加强肋、支承面、圆角、孔、螺纹、齿轮、嵌件、铰链及标记等。



2.2.1 尺寸和精度

塑料制件的尺寸是指制品的总体尺寸，而不是壁厚、孔径等结构尺寸。塑料制件的尺寸的大小取决于塑料的流动性。对于流动性差的塑料或薄壁制品，进行注射成型时，制品尺寸不宜过大，以免熔体不能充满型腔或形成熔接痕，进而影响制品的外观和强度。

塑料制件的精度不仅与模具制造精度及其使用后的磨损有关，还与塑料收缩率的波动、成型工艺条件的变化、塑件或模具的形状等有关。可见，塑件的精度一般不高，因此，应当在保证使用要求的前提下尽可能选用低精度等级。

我国颁布的《塑料模塑件尺寸公差》(GB/T 14486—2008)这一国家标准中规定，塑料模塑件尺寸公差的代号为MT，公差等级分为7级，每一级又可分为A、B两部分，其中A为不受模具活动部分影响尺寸的公差，B为受模具活动部分影响尺寸的公差。

塑件精度等级的选用与塑料品种有关，如表2-1所示。

表2-1 塑件精度等级的选用

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
CA	乙酸纤维素		MT3	MT4	MT6
EP	环氧树脂		MT2	MT3	MT5
PA	聚酰胺	无填料填充	MT3	MT4	MT6
		30% 玻璃纤维填充	MT2	MT3	MT5
PBT	聚对苯二甲酸丁二酯	无填料填充	MT3	MT4	MT6
		30% 玻璃纤维填充	MT2	MT3	MT5
PC	聚碳酸酯		MT2	MT3	MT5
PDAP	聚邻苯二甲酸二烯丙酯		MT2	MT3	MT5
PEEK	聚醚醚酮		MT2	MT3	MT5
PE-HD	高密度聚乙烯		MT4	MT5	MT7
PE-LD	低密度聚乙烯		MT5	MT6	MT7
PESU	聚醚砜		MT2	MT3	MT5
PET	聚对苯二甲酸乙二酯	无填料填充	MT3	MT4	MT6
		30% 玻璃纤维填充	MT2	MT3	MT5
PF	苯酚-甲醛树脂	无机填料填充	MT2	MT3	MT5
		有机填料填充	MT3	MT4	MT6
PMMA	聚甲基丙烯酸甲酯		MT2	MT3	MT5

续表

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	
POM	聚甲醛	≤ 150 mm	MT3	MT4	MT6
		>150 mm	MT4	MT5	MT7
PP	聚丙烯	无填料填充	MT4	MT5	MT7
		30% 无机填料填充	MT2	MT3	MT5
PPE	聚苯醚；聚亚苯醚		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
PUR-P	热塑性聚氨酯		MT4	MT5	MT7
PVC-P	软质聚氯乙烯		MT5	MT6	MT7
PVC-U	未增塑聚氯乙烯		MT2	MT3	MT5
SAN	(丙烯腈 - 苯乙烯) 共聚物		MT2	MT3	MT5
UF	脲 - 甲醛树脂	无机填料填充	MT2	MT3	MT5
		有机填料填充	MT3	MT4	MT6
UP	不饱和聚酯	30% 玻璃纤维填充	MT2	MT3	MT5

2.2.2 表面粗糙度

塑料制件的表面粗糙度是决定其表面质量的主要因素。塑料制件的表面粗糙度主要与模具型腔的表面粗糙度有关。模具型腔的表面粗糙度要比塑件低 1 ~ 2 级。注射成型塑件的表面粗糙度 Ra 值通常为 0.02 ~ 1.25 μm ，模具型腔的表面粗糙度 Ra 值为 0.01 ~ 0.63 μm 。透明塑件要求型腔和型芯的表面粗糙度相同。透明塑件及其模具如图 2-12 所示。

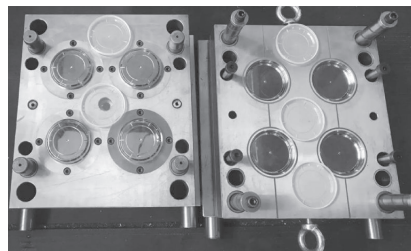


图 2-12 透明塑件及其模具

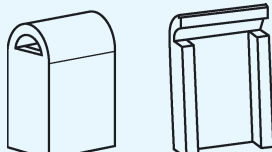
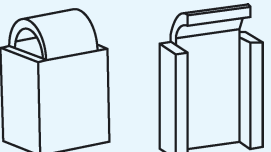
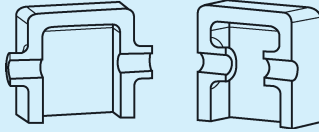
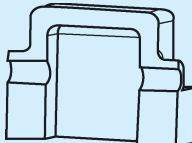
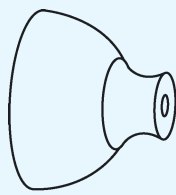
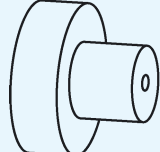
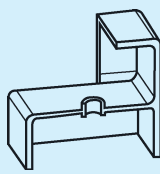
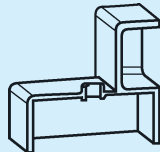
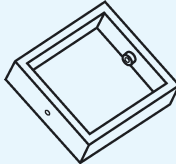
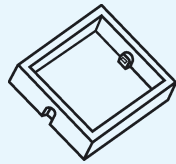
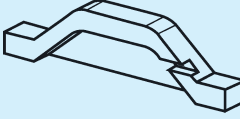
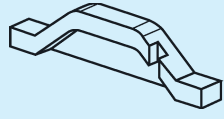
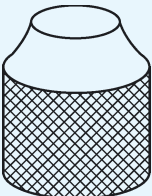
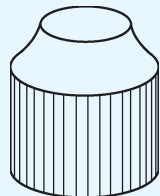
2.2.3 形状

塑件的内、外表面形状应尽可能有利于成型，如尽可能避免侧向凹凸。如果有侧向凹



凸，在模具设计时就应在保证塑件使用要求的前提下适当改变塑件的结构，以简化模具的结构。表 2-2 所示为改变塑件形状以利于塑件成型的典型实例。

表 2-2 改变塑件形状以利于塑件成型的典型实例

序号	不合理	合理	说明
1			改变形状后，无须采用侧向分型与抽芯机构，使模具结构简单
2			应避免塑件表面有横向凸台，以便于脱模
3			当塑件有外侧凹时，需要采用瓣合凹模，会面临模具结构复杂或塑件外表面产生熔接痕等问题，因此应尽量避免
4			将内凹侧孔改为外凹侧孔，有利于抽芯
5			改变塑件形状，可避免轴向抽芯
6			将横向孔改为纵向孔，可避免轴向抽芯
7			将制件表面的菱形花纹改为直条花纹，既方便塑件从型腔中顺利脱模，又避免了瓣合模具结构



当塑件内侧凹陷或凸起较浅并允许有圆角时，成型可以采用整体式凸模结合强制脱模的方法。这种方法要求塑件在脱模温度下具有足够的弹性，以保证塑件在强制脱模时不会变形。例如，聚甲醛、聚乙烯、聚丙烯等塑料允许模具型芯有 5% 的凹陷或凸起时采取强制脱模：图 2-13 (a) 所示为塑件内侧有凹陷或凸起 $[(A - B) / B \leq 5\%]$ ；图 2-13 (b) 所示为塑件外侧有凹陷或凸起 $[(A - B) / C \leq 5\%]$ 。大多数塑件侧凹的情况下不能强制脱模，而应采用侧向分型抽芯机构的模具。



视频 2-6
强制脱模方式

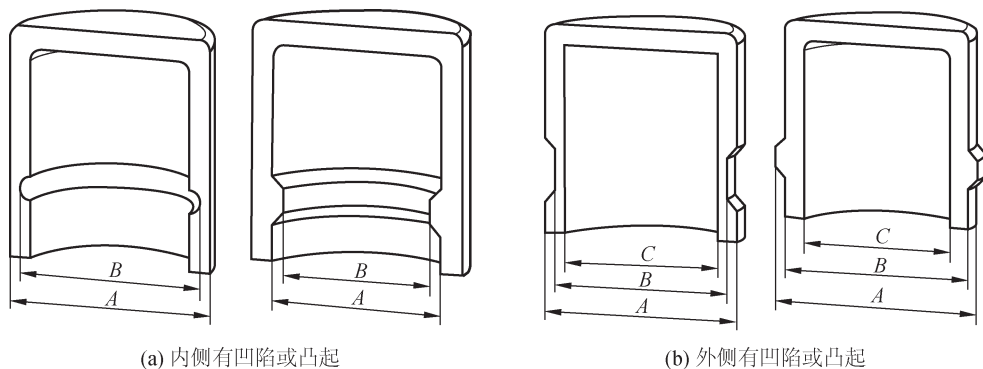


图 2-13 可强制脱模的侧向凸、凹形状的塑件

2.2.4 斜度

塑件冷却时的收缩会使它紧紧包住模具型芯或型腔中的凸起部分，因此，为了便于从塑件中抽出型芯或从型腔中脱出塑件，防止脱模时拉伤塑件，在设计时必须使塑件内、外表面沿脱模方向留有足够的斜度 α ，在模具上称为脱模斜度，如图 2-14 所示。

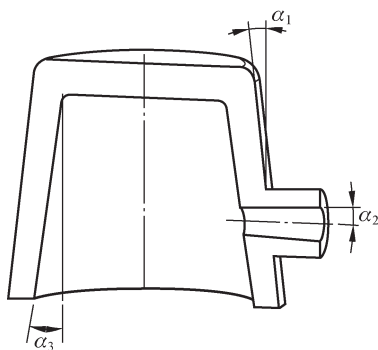


图 2-14 脱模斜度



视频 2-7
脱模斜度概念

2.2.5 壁厚

塑件应有一定的壁厚，是为了保证塑料在成型时能保持良好的流动状态，脱模时能经受脱模机构的冲击，装配时能承受紧固力，使用时有足够的强度和刚度。若壁厚过大，则浪费材料，还易产生气泡、缩孔等缺陷；若壁厚过小，则成型时流动阻力大，难以充型。



因此，应合理选择塑件的壁厚。

塑件壁厚设计的另一基本原则是同一塑件的壁厚应尽可能均匀一致，否则会因冷却和固化速度不均产生附加内应力，引起翘曲变形，热塑性塑料会在壁厚处产生缩孔，热固性塑料会因未充分固化而鼓包或因交联度不一致而造成性能差异。为了尽量消除壁厚不均匀的负面影响，设计时可考虑将较厚部分局部挖空，或在壁面交界处采用适当的半径过渡以减缓厚薄的突然变化，如表 2-3 所示。

表 2-3 改变塑件壁厚以利于成型的示例

序号	不合理	合理	说明
1			为尽量消除壁厚不均匀的负面影响，设计时可考虑将较厚部分局部挖空
2			为尽量消除壁厚不均匀的负面影响，设计时可以在壁面交界处采用适当的半径过渡，以减缓厚薄的突然变化
3			
4			壁厚不均匀，易产生气泡、缩孔、凹陷等缺陷，通过使同一件塑件的壁厚尽可能均匀一致，可改善塑件质量
5			

2.2.6 加强肋及其他增强防变形结构

多数塑料的弹性模量和强度较低，受力后容易变形甚至破坏，单纯采用增加塑件壁厚的方法来提其刚度和强度是不合理的，也是不经济的。所以，设计塑件时可在塑件相应



位置设置加强肋，如图 2-15 所示，从而在不增加壁厚的情况下提高塑件的刚度和强度，避免翘曲变形。沿着料流方向的加强肋还能改善成型时塑料熔体的流动性，避免气泡、缩孔和凹陷等缺陷的形成。



图 2-15 设置加强肋的塑件

图 2-16 (a) 所示塑件因壁厚不均可能产生缩孔，若改为图 2-16 (b) 所示带有加强肋的结构，既可利用加强肋来降低该方向上熔体的充模阻力，也能避免可能产生的翘曲变形、缩孔等；图 2-17 (a) 中塑件过高过厚，需要减薄塑件壁厚，并应设置加强肋以提高强度和刚度，如图 2-17 (b) 所示；图 2-18 (a) 中塑件加强肋过高，应设计得矮些，与支承面的间隙应大于 0.5 mm，如图 2-18 (b) 所示。

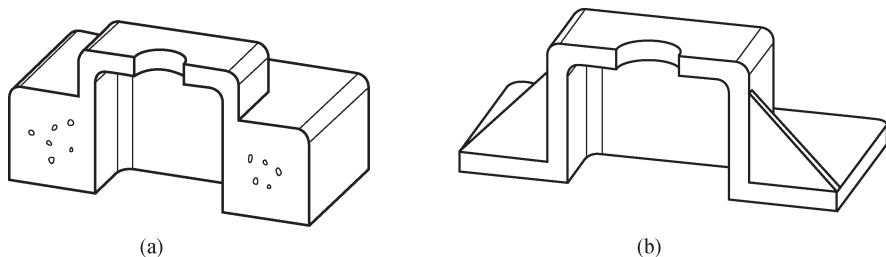


图 2-16 加强肋应用实例一

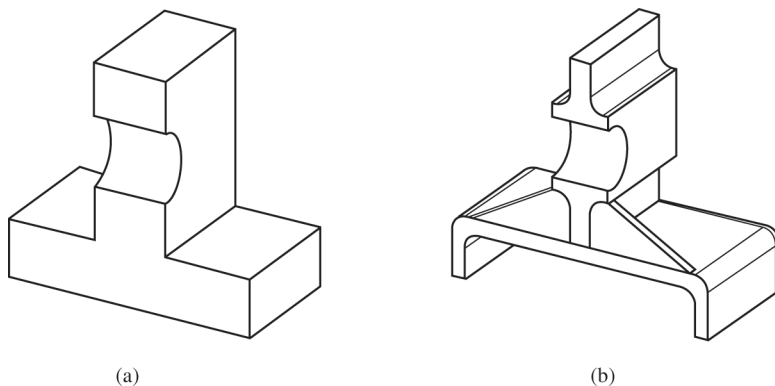


图 2-17 加强肋应用实例二

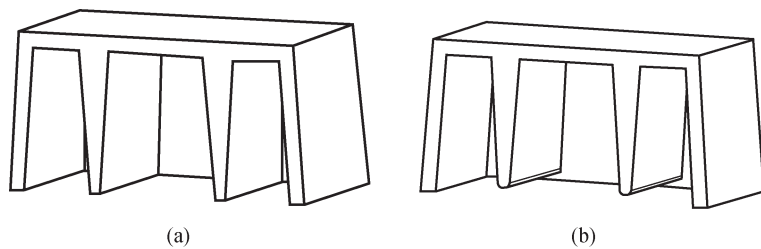


图 2-18 加强肋应用实例三

除了采用加强肋外，对于薄壁容器或壳类件可以通过适当改变其结构或形状来达到提高刚度、强度和防止变形的目的。图 2-19 所示为容器盖与底的加强结构，图 2-20 所示为容器边缘的加强结构。

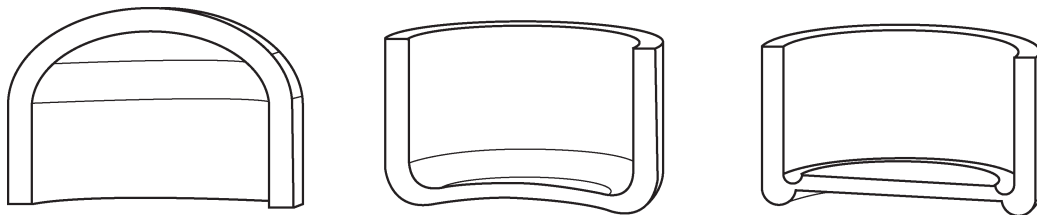


图 2-19 容器盖与底的加强结构

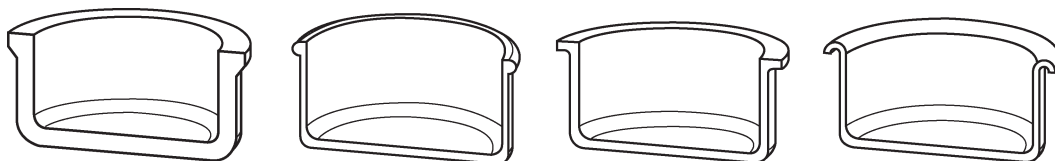


图 2-20 容器边缘的加强结构

2.2.7 支承面

支承面是用于放置物体的平面，要求物体放置后平稳。图 2-21 (a) 所示的塑件以整个底面作为支承面是不合理的，因为塑件稍有翘曲变形就会使底面不平。通常采用的是以凸出的边框或底脚（三点或四点）作为支承，如图 2-21 (b)(c)(d)(e) 所示。

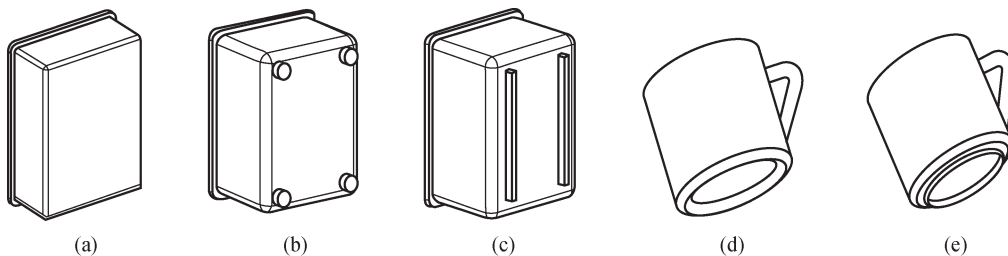


图 2-21 支承面结构

2.2.8 圆角

带有尖角的塑件，往往会在尖角处产生应力集中，影响塑件强度，同时还会出现凹痕或气泡，影响塑件外观质量。为此，除了使用上要求必须采用尖角的塑件外，其余所有转角处应尽可能采用圆弧过渡。圆角结构不仅能避免应力集中，提高强度，而且能增加塑件的美观度，有利于熔体充模时的流动，使模具在淬火或使用不致因应力集中而开裂。但是，采用圆角会使凹模型腔加工复杂化，使钳工劳动量增大。一般圆角半径不应小于 0.5 mm，理想的内圆角半径应为壁厚的 1/3 以上，如图 2-22 所示。

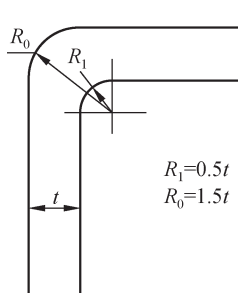


图 2-22 塑件上的圆角

2.2.9 孔结构

塑件上的孔是用模具的型芯成型的，如图 2-23 所示。形状复杂的孔，模具制造困难，成本高，因此用模具成型的孔应是工艺上易于加工的孔。塑件上常见的孔有通孔、盲孔和异形孔。

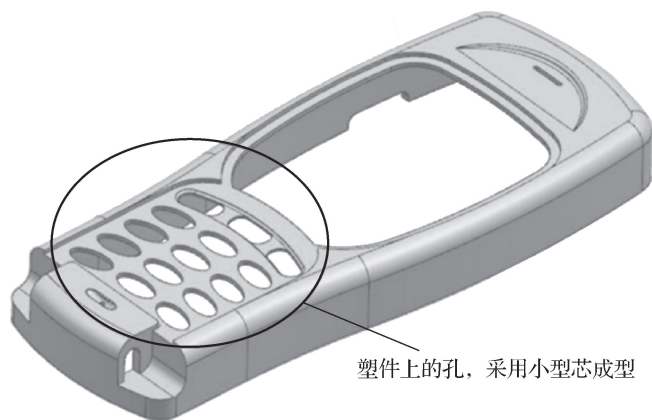


图 2-23 塑件上的孔

(1) 通孔。进行通孔设计时孔深不能太大。成型通孔用的型芯一般有 3 种安装方法，如图 2-24 所示。

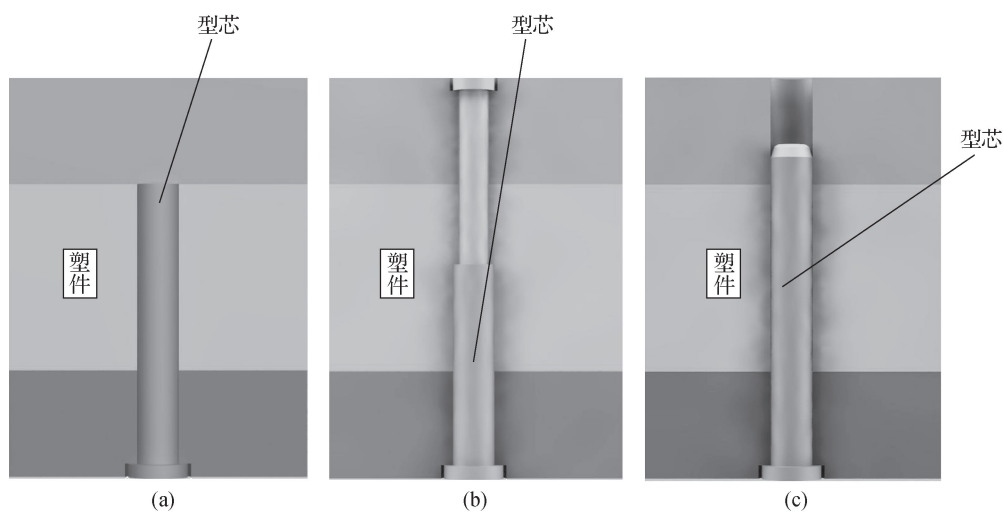


图 2-24 成型通孔时型芯的安装方法

(2) 盲孔。盲孔只能用一端固定的型芯来成型，因此其深度应浅于通孔。

(3) 异形孔。当塑件孔为异形孔（斜度孔或复杂形状孔）时，常常采用拼合的方法来成型，这样可以避免侧向抽芯。图 2-25 所示为用拼合型芯成型异形孔的典型例子。

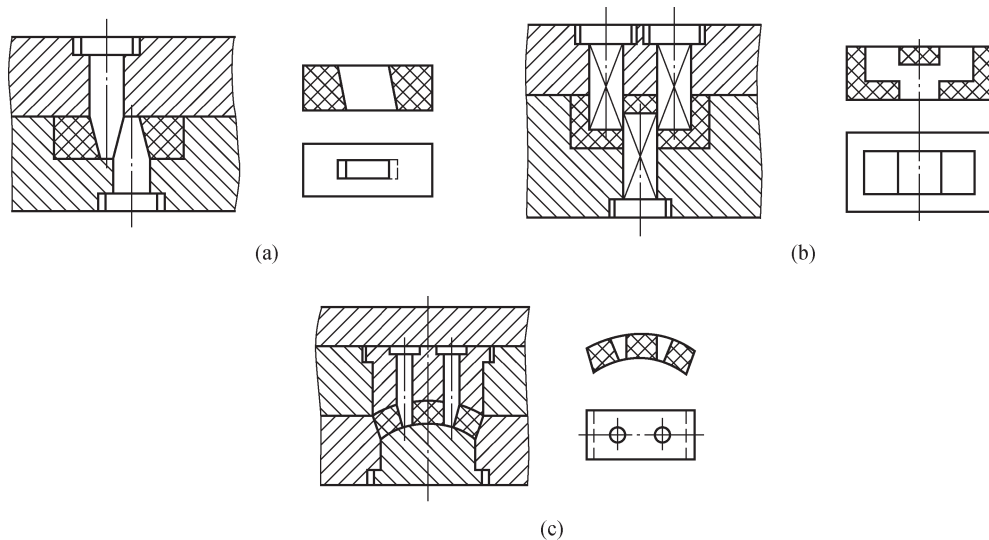


图 2-25 用拼合型芯成型异形孔的典型例子

孔应设置在不易削弱塑件强度的地方，孔之间和孔与边缘之间应留有距离，一般孔与孔的边缘或孔边缘与制件外壁的距离应不小于孔径。塑件上固定用孔和其他受力孔的周围可设计一个凸台来加强，如图 2-26 所示。

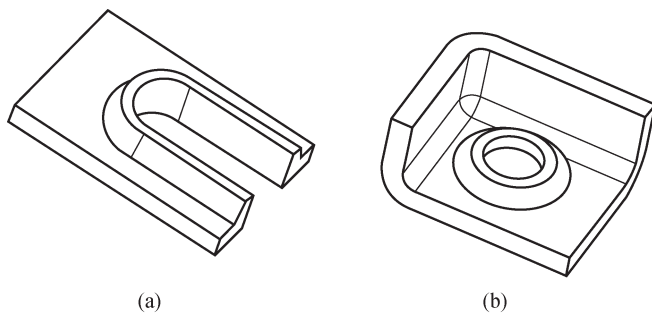


图 2-26 孔的加强设计

2.2.10 螺纹结构

塑件上的螺纹 [见图 2-27 (a)] 既可以直接用模具成型，也可以在成型后用机械加工的方法制作。对于塑件上需要经常拆装和受力较大的螺纹，应采用金属螺纹嵌件，如图 2-27 (b) 所示。塑件上的螺纹一般应选用较大的螺牙尺寸，直径较小时也不宜选用细牙螺纹，否则会影响其使用强度。

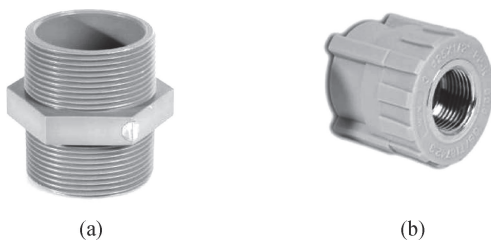


图 2-27 塑件上的螺纹及金属螺纹嵌件

螺纹直接成型的方法如下。

- (1) 采用螺纹型芯 (见图 2-28) 或螺纹型环在成型之后将塑件旋下。图 2-29 所示为一副模具脱螺纹机构。图 2-30 所示为一副油缸带动齿条脱螺纹模具。
- (2) 外螺纹采用瓣合模方法，该方法成型效率高，但精度较差，且有飞边。
- (3) 要求不高的软塑件成型内螺纹时，可强制脱模，这种螺纹浅，断面呈椭圆形。



图 2-28 瓶盖模螺纹型芯

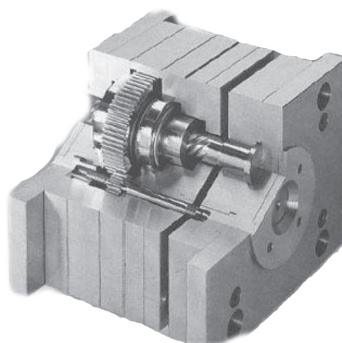


图 2-29 模具脱螺纹机构

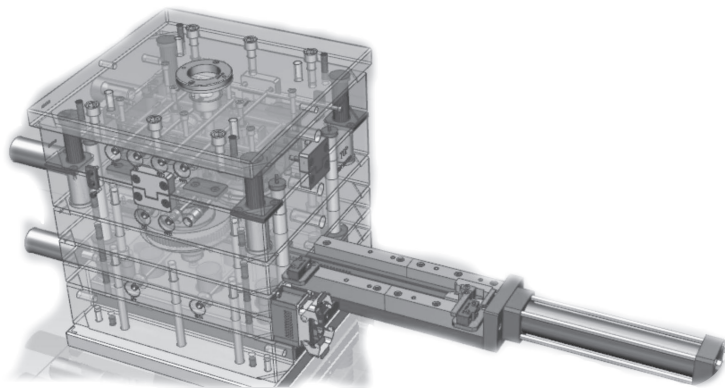


图 2-30 油缸带动齿条脱螺纹模具

2.2.11 齿轮结构

塑料齿轮（见图 2-31）目前主要用于精度和强度需求不太高的传动机构，其主要特点是质量轻、传动噪声小。可制作齿轮的塑料有尼龙、聚碳酸酯、聚甲醛、聚砒等。



图 2-31 塑料齿轮

为了使塑料齿轮的生产适应注射成型工艺，所设计齿轮的轮缘、辐板和轮毂均应有一定的厚度，如图 2-32 所示。

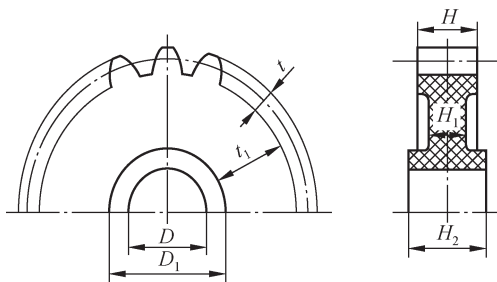


图 2-32 齿轮各部分尺寸



为了避免装配时产生内应力，塑料齿轮孔与轴的配合应尽可能不采用过盈配合，而采用过渡配合。图 2-33 所示为塑料齿轮孔与轴采用过渡配合的两种形式，其中，用月牙形孔配合 [见图 2-33 (a)] 比用销孔固定 [见图 2-33 (b)] 要好。

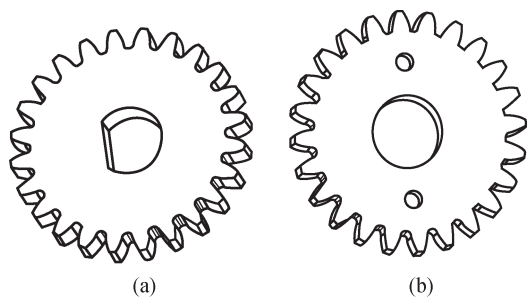


图 2-33 塑料齿轮的固定形式

对于薄型齿轮，若厚度不均匀，则会引起齿型歪斜，用无轮毂无轮缘的齿轮可以很好地解决这种问题。当辐板上有较大的孔时 [见图 2-34 (a)]，因孔在成型时很少向中心收缩，所以也会使齿轮歪斜；若轮毂和轮缘之间采用薄肋 [见图 2-34 (b)]，则能确保轮缘向中心收缩。

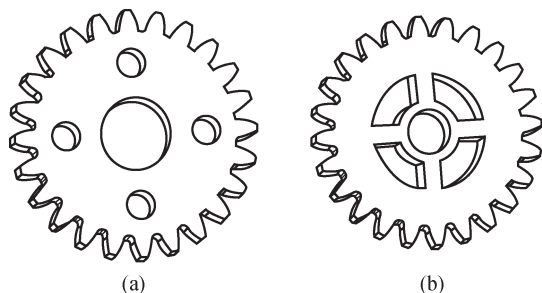


图 2-34 塑料齿轮辐板和轮辐结构

2.2.12 嵌件

在塑件中嵌入其他零件形成不可拆卸的连接，所嵌入的零件称为嵌件。在塑件中嵌入嵌件的目的是提高塑件的强度、硬度、耐磨性、导电性、导磁性等，或者增加塑件尺寸和形状的稳定性的，或者降低塑料的消耗。嵌件可以是金属材料的，也可以是玻璃、木材或已成型的塑件等非金属材料的，其中金属嵌件的使用最为广泛。常见的嵌件形式有：圆筒形嵌件，如图 2-35 (a) 所示；带螺纹孔的嵌件，如图 2-35 (b) 所示，它常用于经常拆卸或受力较大的场合以及导电部位的螺纹连接；带台阶圆柱形嵌件，如图 2-35 (c) 所示；片状嵌件，如图 2-35 (d) 所示；细杆状贯穿嵌件，如图 2-35 (e) 所示。图 2-36 所示为常见嵌件实物图。

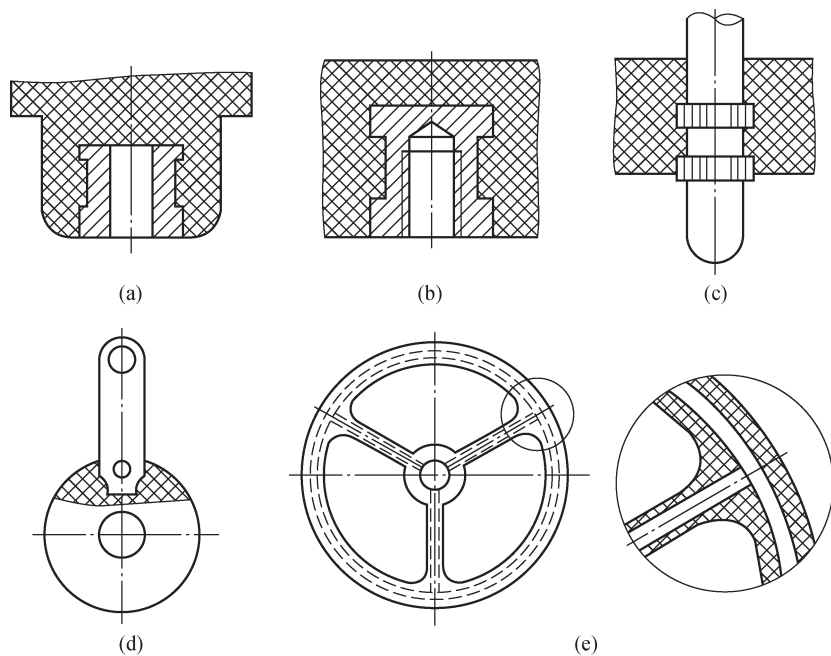


图 2-35 常见的嵌件形式



图 2-36 常见嵌件实物图

2.2.13 铰链

某些塑料可以直接成型为铰链结构。常用的塑料如聚丙烯、某些品种的 ABS 等，均可直接制成铰链。

常用的铰链截面形式如图 2-37 所示。铰链部分厚度应减薄，一般为 $0.25 \sim 0.4 \text{ mm}$ ，而且熔体流向必须是通过铰链部分，使线性分子能沿其主链方向折弯。如果流向不对，则铰链部位容易折断。铰链部分的截面长度不可过长，否则弯折线不能集中在一处，导致闭合效果不佳。壁厚的减薄处应以圆弧过渡，在制模时应使壁厚变化均匀。图 2-38 所示为常见塑料铰链

实物图。

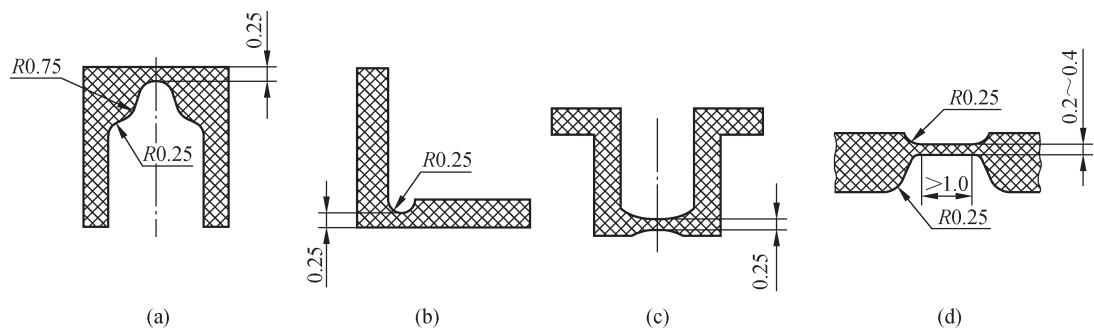


图 2-37 常用的铰链截面形式



图 2-38 常见塑料铰链实物图

2.2.14 标记

出于广告、装潢等目的或某些特殊要求，塑件上有时需要有文字、符号或图案等标记，如图 2-39 所示。

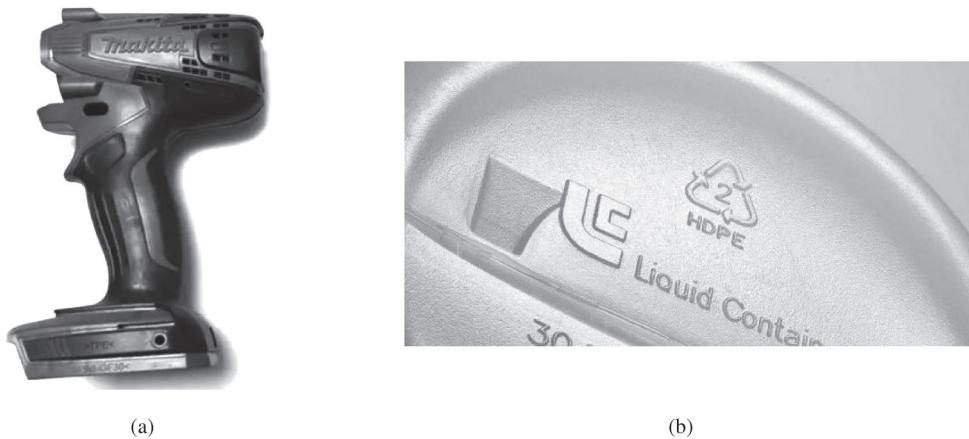


图 2-39 塑料制件上的标记实物图



标记应放在分型面的垂直方向上，并有适当的斜度以便脱模。

当塑件上的标记为凸形时，模具上就相应地为凹形，如图 2-40 (a) 所示。凸形标记制模比较方便，可直接在成型零件上用机械或手工雕刻或电加工等方法制模。

当塑件上的标记为凹形时，模具上就相应地为凸形，如图 2-40 (b) 所示。凹形标记制模时要把标记符号周围的金属去掉，是很不经济的，模具制造也比较困难。

当标记为凸形时，为方便成型零件表面的抛光及避免标记损坏，一般尽量在有标记、符号的地方于模具上镶嵌相应的镶块，为避免产生镶嵌痕迹，可将镶块周围的结合线作为边框，如图 2-40 (c) 所示。

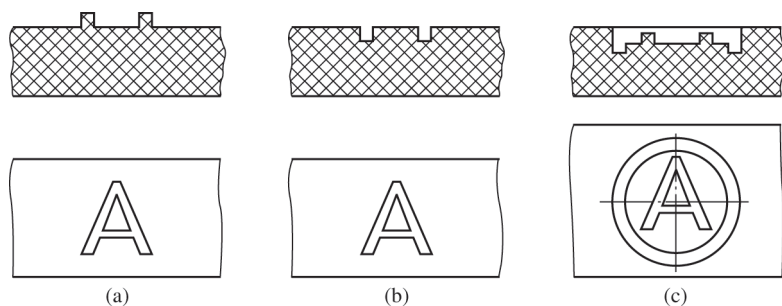


图 2-40 塑料制品上的标记符号



课程思政阅读



中国塑料之父——
徐僊