



国家职业资格培训教程 用于国家职业技能鉴定

模具设计师(注塑模)

中国就业培训技术指导中心组织编写

(国家职业资格二级)



中国劳动社会保障出版社



用于国家职业技能鉴定
国家职业资格培训教程

YONGYU GUOJIA ZHIYE JINENG JIANDING

GUOJIA ZHIYE ZIGE PEIXUN JIAOCHENG

图章(CIP)目録編資并圖

模具设计师 (注塑模)

(国家职业资格二级)

编 审 委 员 会

主 任 刘 康
副主任 原淑炜
委 员 洪如瑾 崔纬强 魏 峰 张重华
陈 蕾 张 伟

编 审 人 员

主 编 李 维
副主编 郑志安 孙文学
编 者 李颖晴 黄志强 陈杏妹 王俊峰
邓 兵
主 审 唐海翔
审 稿 洪如瑾



中国劳动社会保障出版社

图书在版编目(CIP)数据

模具设计师. 注塑模: 国家职业资格二级/中国就业培训技术指导中心组织编写. —北京:
中国劳动社会保障出版社, 2009

国家职业资格培训教程

ISBN 978-7-5045-7976-8

I. 模… II. 中… III. ①模具-设计-技术培训-教材 ②注塑-塑料模具-设计-技术培训-教材 IV. TG762 TQ320.66

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 162695 号

中国劳动社会保障出版社出版发行

(北京市惠新东街 1 号 邮政编码: 100029)

出版人: 张梦欣

*

新华书店经销

北京地质印刷厂印刷 三河市华东印刷装订厂装订

787 毫米×1092 毫米 16 开本 26.25 印张 454 千字

2009 年 9 月第 1 版 2009 年 9 月第 1 次印刷

定价: 42.00 元

读者服务部电话: 010-64929211

发行部电话: 010-64927085

出版社网址: <http://www.class.com.cn>

版权专有 侵权必究

举报电话: 010-64954652

前 言

为推动模具设计师职业培训和职业技能鉴定工作的开展,在模具设计师从业人员中推行国家职业资格证书制度,中国就业培训技术指导中心在完成《国家职业标准·模具设计师》(试行)(以下简称《标准》)制定工作的基础上,组织参加《标准》编写和审定的专家及其他有关专家,编写了模具设计师国家职业资格培训系列教程。

模具设计师国家职业资格培训系列教程紧贴《标准》要求,内容上体现“以职业活动为导向、以职业能力为核心”的指导思想,突出职业资格培训特色;结构上针对模具设计师职业活动领域,按照职业功能模块分级别编写。

模具设计师国家职业资格培训系列教程共包括《模具设计师(基础知识)》《模具设计师(注塑模)(国家职业资格三级)》《模具设计师(注塑模)(国家职业资格二级)》《模具设计师(注塑模)(国家职业资格一级)》《模具设计师(冷冲模)(国家职业资格三级)》《模具设计师(冷冲模)(国家职业资格二级)》《模具设计师(冷冲模)(国家职业资格一级)》7本。《模具设计师(基础知识)》内容涵盖《标准》的“基本要求”,是各级别模具设计师均需掌握的基础知识;其他各级别教程的章对应于《标准》的“职业功能”,节对应于《标准》的“工作内容”,节中阐述的内容对应于《标准》的“能力要求”和“相关知识”。

本书是模具设计师国家职业资格培训系列教程中的一本,适用于对二级模具设计师(注塑模)的职业资格培训,是国家职业技能鉴定推荐辅导用书,也是二级模具设计师(注塑模)职业技能鉴定国家题库命题的直接依据。

本书是在广州市今明科技有限公司相关技术团队的大量工作和积极支持下完成的。与此同时,在编写过程中得到了 Siemens PLM Software(中国)、上海坤德科技有限公司、上海联合数字集团公司、南京志翔科技有限公司等单位的大力支持与协助,在此一并表示衷心的感谢。

本书中涉及的 UGNX 文件可在 <http://www.class.com.cn/datas/mjsjszsm2.rar> 下载。

中国就业培训技术指导中心

目 录

CONTENTS 国家职业资格培训教程

第1章 注塑模具设计准备	(1)
第1节 技术资料的收集与分析	(1)
学习单元1 注塑模制件需求分析	(1)
学习单元2 注塑成型设备	(17)
第2节 工艺方案的确定	(28)
学习单元1 复杂注塑件的成型方法	(28)
学习单元2 注塑模具的结构方案	(36)
思考题	(66)
第2章 注塑模具初步设计	(67)
第1节 工艺计算	(67)
第2节 结构布局设计	(81)
学习单元1 分型面的设计	(81)
学习单元2 浇注系统的设计	(97)
学习单元3 冷却系统的设计	(119)
学习单元4 脱模机构的设计	(147)
思考题	(168)
第3章 注塑模具零部件设计	(169)
第1节 注塑模具标准件三维库的建立与选用	(169)

第2节 注塑模具非标准件的建立	(191)
学习单元1 设计注塑模具非标准件	(191)
学习单元2 注塑模具非标准件的结构分析	(206)
思考题	(222)
第4章 注塑模具总体设计	(223)
第1节 注塑模标准模架的选用与建库	(223)
学习单元1 核定注塑模标准模架的选用	(223)
学习单元2 建立企业标准的注塑模模架库	(231)
第2节 创建注塑模具总装配三维模型	(255)
学习单元1 复杂制件注塑模具总装配三维建模	(255)
学习单元2 复杂制件注塑模具的干涉分析	(281)
第3节 生成注塑模具总装配二维图	(292)
第4节 产品成型过程仿真	(310)
思考题	(342)
第5章 注塑模具调试与验收	(343)
第1节 试模前准备	(343)
第2节 试模与调整	(353)
学习单元1 模具调试方案	(353)
学习单元2 试模调整	(364)
第3节 模具验收与修整	(375)
思考题	(388)
第6章 培训与管理	(389)
第1节 培训	(389)
学习单元1 现场设计指导	(389)
学习单元2 撰写培训方案	(397)

第2节 管理	(399)
学习单元1 模具设计流程	(399)
学习单元2 注塑模具制作的核价过程	(405)
思考题	(409)

第1章

注塑模具设计准备

第1节 技术资料的收集与分析

学习单元1 注塑模制件需求分析

学习目标

- 了解塑料成型的工艺特性
- 掌握塑件各种结构的工艺性设计

知识要求

1. 塑料性能

塑料的主要成分是聚合物材料,其最大的优点是具有优异的可塑性,可用模具成批地成型经济、实用、美观的各种塑件。塑料除具有收缩性、流动性、相容性、热敏性与吸湿性外,还具有结晶性、取向性和硬化特性的成型性能。

(1) 结晶性

塑料形成具有稳定、规整排列分子链的过程就是结晶。一种塑料能否结晶取决于分子链结构的规整性,只有具有充分规整结构的塑料才能形成结晶结构。热固性塑料由于具有三维网状结构,根本不可能结晶。在热塑性塑料中,如果分子链上含有以不规则方式排列的侧基,或者分子链上含有大量支链,或者分子链是由两种以随机方式排列的单体共聚生成的,都会大大减小结晶的可能性,甚至使塑料根本不可能结晶。

塑料内结晶组织的质量占总质量的百分比称为结晶度,它表示塑料的结晶程度。塑料在成型塑件的过程中产生的结晶度与成型条件,尤其是与冷却速度密切相关。塑料的结晶速度随温度的变化而变化,在熔点附近,结晶速度为零;随着温度的下降,结晶速度开始逐渐增大并达到最大值;再随着温度下降而逐渐减小,直至达到玻璃化温度时,结晶速度又重新变为零。冷却速度快,结晶度就低,晶粒小,此时,塑件硬度低,韧性好,收缩率也较小;冷却速度慢,则正好相反。结晶引起塑料的体积收缩,从而会使成型后的塑件发生翘曲,严重影响塑件的质量。另外,结晶还会使塑件表面致密,从而使表面粗糙度值降低。

在常用塑料中,聚乙烯、聚丙烯、聚甲醛、各种尼龙等都是比较典型的结晶型塑料,可以达到很大的结晶度;PBTP, PETP 和氯化聚醚、聚醚醚酮等是具有一定结晶度的塑料;通用聚苯乙烯、苯乙烯系共聚物、丙烯酸类塑料都是典型的无定形塑料。

(2) 取向性

塑料大分子及其链段在应力作用下形成的有序排列过程称为取向。若受到一个方向上的外力作用,则会产生单轴取向,所有分子都沿一个方向排列。若受互相垂直的两个方向的外力作用,则会产生双轴取向,所有取向的分子链沿着两个力所组成的平面平行排列。

分子链的取向单元包括链段取向和整链取向。无论是链段取向还是整链取向,都是热力学上的非平衡状态,当外力解除后,都会由于分子的热运动使链段或整链重新处于随机状态,称为解取向。只有当取向后的链段或整链被迅速冷却到玻璃化温度时,取向才能被保留下来。但这种保留下来的取向只有相对的稳定性,会缓慢地解取向,若材料温度升高,解取向会迅速进行。

塑料在注塑过程中都会产生分子链的取向。塑料的取向将使材质性能表现为明显的各向异性,取向方向的强度、模量等明显增大。另外,取向还会造成塑件两个方向收缩率、折射率等的不同。在塑件注塑时,常会利用取向改善塑件在某个方向的力学性能。但是,由于取向的不稳定性,会慢慢地因解取向而引起尺寸的改变。

因此,在塑件成型后应对其进行解取向,以避免塑件在使用过程中产生不良后果。

(3) 硬化特性

通过加热和外力的作用,让塑料从室温的玻璃态(或高弹态),经高弹态转变为黏流态,注射入具有一定形状的闭合型腔,然后在型腔中逐渐冷却,从黏流态返回常态的玻璃态或高弹态,最后取出与型腔形状一致的塑料制品,这就是塑料的成型过程。塑料制品的成型过程称为硬化。

不同的塑料,其硬化特性也不尽相同。对于热塑性塑料,当比热容较小时,则冷却变硬的速度就快,分子链松弛的时间就少。如果分子链的刚度较大,分子链解取向的速度就会很慢,很容易在塑件内部产生内应力。反之,当比热容较大时,则冷却速度较慢,如果分子链柔性大,分子链解取向的速度快,就可消除或减小内应力。对于热固性塑料,其固化特性也有很大的差别,主要表现为固化速度的不同。既能加大流动性,又能加快固化速度,是用热固性塑料成型获得高质量塑件的关键,这可以通过适当调节模温和塑料受热时间来加以保证。如果模温过低,则熔体流动性差,充模速度慢,如遇复杂的型腔则难以充满;如果模温过高,则可能提前固化而不能顺利充模。

2. 塑件结构的工艺性

要想将塑料加工成具有一定功能和用途的塑件,除选用合适的塑料材料外,还必须考虑塑件的加工工艺性。塑件结构的工艺性与模具设计具有直接关系,只有塑件的结构设计满足成型工艺要求,才能设计出合理的模具结构,从而避免成型时产生缩孔、凹陷或开裂等缺陷,达到提高生产效率和降低成本的目的。

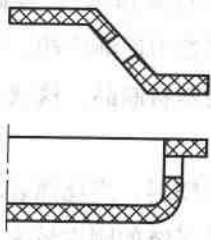
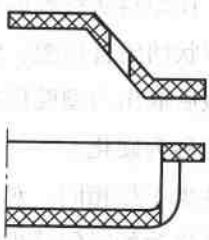
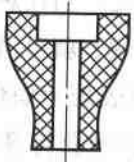
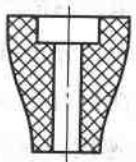
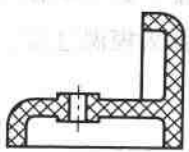
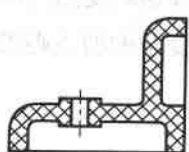
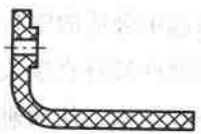
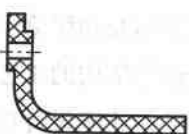
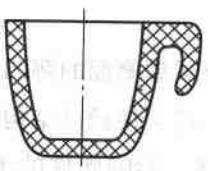
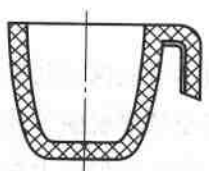
(1) 内、外侧面形状

塑件的内、外表面形状应尽可能保证利于成型。要成型侧面的侧凹、凸起或侧孔时,须采用侧向分型抽芯甚至顺序脱模等复杂机构,这会使模具结构复杂,生产成本高,制造周期长,而且还会在分型面上留下接缝线,影响塑件的美观。因此,在满足塑件使用要求的前提下,塑件的结构应尽量避免侧面凹凸形状。几种常见的塑件侧面有凹凸形状的设计示例见表1—1,可供设计塑件工艺结构时参考。

(2) 脱模斜度

塑件成型后由于冷却而产生收缩,会紧紧地包住模具型芯或型腔中凸出的部分,为确保顺利取出塑件,在平行于脱模方向(或侧向抽芯的抽出方向),塑件的内、外侧壁应设计出一定的脱模斜度。目前,脱模斜度仍无确切的计算公式,仅根据经验和制品所允许的斜度确定,确定脱模斜度的原则如下:

表 1—1 几种常见的塑件侧面有凹凸形状的设计示例

序号	不良设计	合理设计	说明
1			原设计的侧孔需采用侧向抽芯分型机构, 导致模具结构复杂, 加工困难, 模具成本高
2			原设计的外侧面内凹需采用瓣合凹模, 使模具结构复杂, 同时塑件表面会出现接缝线
3			原设计因受凸台位置的限制, 使得侧向抽芯困难, 模具结构复杂
4			原设计的塑件结构使模具须采用拼块和滑块形式才能成型, 结构复杂, 加工困难, 成本高
5			原设计的手柄形状须采用侧向抽芯或瓣合模结构, 结构复杂

1) 脱模斜度与塑料品种有关。热固性塑件因在高温下脱模, 故其脱模斜度应比热塑性塑件的脱模斜度小; 若成型收缩率大的塑料, 则其塑件应取较大的脱模斜度; 若成型增强型塑料, 则其塑件也应取较大的脱模斜度。

2) 脱模斜度与塑件形状有关。塑件壁厚较大时, 成型时收缩大, 则应选取较大的脱模斜度; 对于外形尺寸较大或较高的塑件, 则应选取较小的脱模斜度。

3) 脱模斜度与模具结构有关。为确保在开模时塑件留在脱模机构一侧, 在

脱模机构一侧的侧壁脱模斜度可比外侧的脱模斜度小些；即使塑件结构不需要斜度，也应在模具上留有相应的工艺斜度，但其所取斜度值必须在塑件制造公差范围内。

4) 脱模斜度的基准如图 1—1 所示，当塑件的外形为轴时，应以大端为基准取脱模斜度的方向，确保大端尺寸；当外形为孔时，则应以小端为基准取脱模斜度的方向，从而确保小端尺寸。

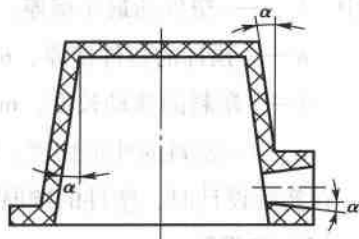


图 1—1 脱模斜度的基准

(3) 塑件壁厚

合理的塑件壁厚既保证了塑料在成型时具有良好的流动性，也确保了塑件在使用时具有足够的强度。另外，适当的壁厚也使塑件在脱模时能承受一定的顶出力。

塑件各部分壁厚应尽可能均匀一致，这是设计塑件的基本原则。均匀一致的壁厚有利于消除或减小制品内应力，既可防止塑件翘曲变形和开裂，也可节省原料并缩短成型时间。塑件相邻两壁厚应尽可能相等，但如需不同时，相邻两壁厚的比值 δ 应在适当范围内。对于热塑性塑件， $\delta \leq 2$ ；对于热固性塑件， $\delta \leq 3$ 。如图 1—2 所示为塑件壁厚设计的两个示例，图 1—2a 所示的壁厚设计不合理，可改用图 1—2b 所示的设计。

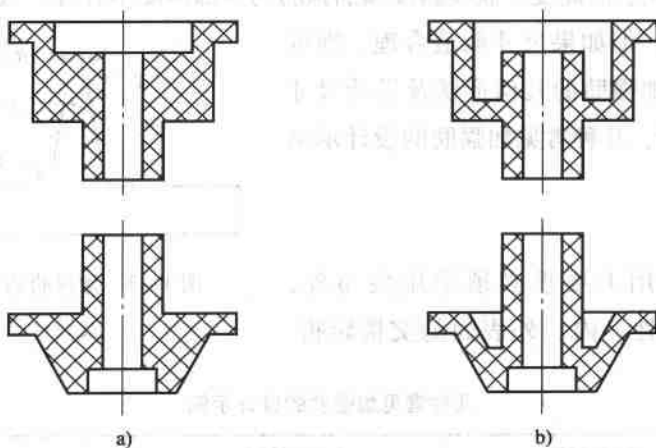


图 1—2 塑件壁厚设计示例

a) 不合理 b) 合理

塑件壁厚必须满足成型和使用要求。可根据塑件的受力情况，通过计算强度和刚度来确定塑件的最小壁厚。对于热塑性塑件，其最小壁厚可由下式计算求得：

$$t_{\min} = 0.3 (\sqrt[3]{h} - 2.1)$$

对于热固性塑件，其最小壁厚可由下式计算求得：

$$t_{\min} = \frac{2h}{l-20} + \frac{1}{\lg \alpha_K}$$

式中 $t_{\min}$ ——塑件的最小壁厚，mm；

h ——预计的塑件壁厚，mm；

l ——塑料的流动长度，mm；

α_K ——塑料的冲击韧度，kJ/m²。

在实际设计时，塑件的壁厚值也可通过查阅塑料制件设计手册得到。

（4）加强肋

在塑件的壁面上或在壁与壁之间所设计的一些条形突起形状称为肋，俗称加强肋，在某些场合又称为装饰肋，它是塑件结构设计不可忽略的重要部分。加强肋的作用包括：在不增加塑件壁厚的前提下，提高塑件的强度和刚度；适当使用加强肋，可有效地克服塑件的翘曲与变形现象；通过设置加强肋减小塑件壁厚，可避免因壁厚过大而产生缩孔、凹陷和气泡等缺陷，同时也减轻了塑件的质量；在某些场合，加强肋还起到辅助流道的作用，改善了熔体流动和充模状态，有利于塑件成型。

加强肋因塑件形状不同，以及在塑件中的位置不同，其几何形状与尺寸会有所差别。如果加强肋的高度、脱模斜度和加强肋的根部厚度不合理，很容易使其背面出现凹陷缺陷；但如果尺寸取值合理，则可有效避免。加强肋的几何形状及设计尺寸如图 1—3 所示，几种常见加强肋的设计示例见表 1—2。

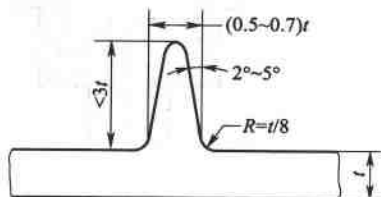


图 1—3 加强肋的几何形状及设计尺寸

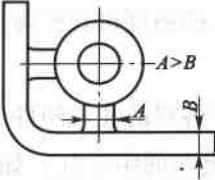
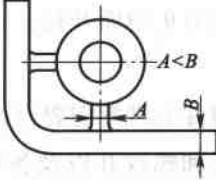
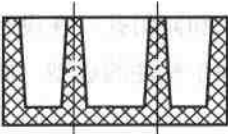
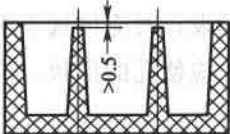
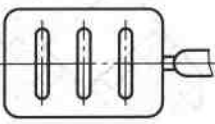
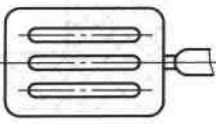
（5）圆角

除了在使用上要求必须采用尖角外，在塑件的转角处，内、外表面的交接转折

表 1—2 几种常见加强肋的设计示例

序号	不良设计	合理设计	说明
1			原设计的加强肋根部太厚，并且加强肋背面的“偷料”槽呈不对称布局

续表

序号	不良设计	合理设计	说明
2			原设计的加强肋壁厚大于塑件正常工作部位的壁厚
3			加强肋的高度应低于塑件周边端平面的高度
4			加强肋的长度方向应与熔体充填方向保持一致

处,加强肋的顶端及根部,以及其他凡能设计出圆角的部位,都应尽可能采用圆角过渡,并且圆角的半径应不小于0.5 mm。在塑件的尖角处,由于会产生应力集中,当受到外力或冲击振动时就会发生破裂,有时甚至在脱模过程中由于成型内应力而开裂。塑件受应力作用时应力集中系数与圆角半径的关系如图1—4所示,从图中可以看出,理想的圆角半径 R 应为壁厚 t 的1/3以上。

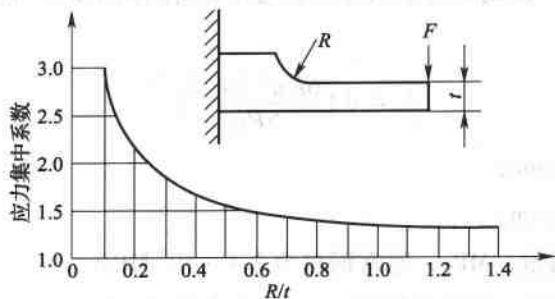


图1—4 应力集中系数与圆角半径的关系

在塑件转角处采用圆角过渡,不仅避免了应力集中,提高了强度,延长使用寿命,而且可减小流动阻力,有利于改善熔体的充模流动性,可防止因收缩而导致的塑件变形,使塑件显得更加美观。此外,设计出圆角后,与塑件圆角对应部位的成型零件在热处理时不至于因应力集中而开裂,因而模具的强度得到提高。

(6) 孔

基于使用功能的要求,塑件上常常需要设计出各种各样的孔。塑件上的孔包括盲孔、通孔、台阶孔、沉头孔和螺纹孔以及各种形状复杂的组合孔。如图 1—5 所示,根据孔的轴线(或深度方向)与脱模方向的位置关系不同,孔可分为平行孔、垂直孔和倾斜孔三种类型。由于成型垂直孔和倾斜孔时需用侧向抽芯机构,其模具结构复杂,成本高,故在实际设计时应尽量不用垂直孔和倾斜孔。在设计孔时,在满足塑件使用要求的前提下,应使孔的形状、位置有利于塑件的成型,同时还要确保塑件具有足够的强度。

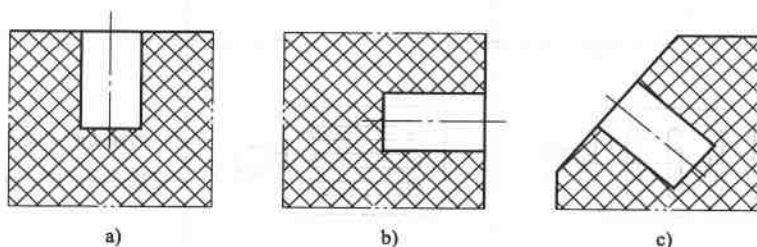


图 1—5 孔轴线与脱模方向的位置关系

a) 平行孔 b) 垂直孔 c) 倾斜孔

塑件上孔的深度和型芯的强度与塑件的使用要求有关。对于圆形盲孔,其成型型芯被视为受均布载荷的悬臂梁,则其孔深可由下式计算求得:

$$h = d \left(\frac{E\pi^2 [\delta] d}{8P_M} \right)^{1/4}$$

对于圆形通孔,其成型型芯被视为受均布载荷的简支梁,则其孔深可由下式计算求得:

$$h = d \left(\frac{6E\pi^2 [\delta] d}{5P_M} \right)^{1/4}$$

式中 h ——孔深, mm;

d ——孔径, mm;

E ——弹性模量, MPa, 通常钢材为 2.1×10^5 MPa;

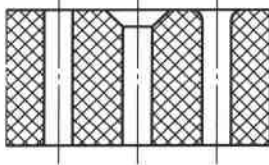
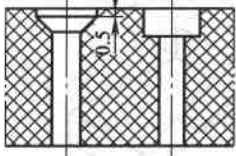
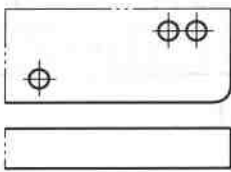
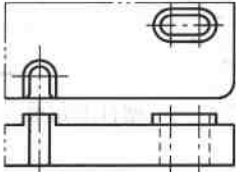
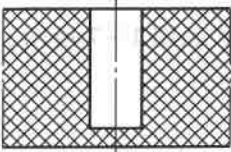
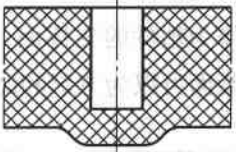
$[\delta]$ ——型芯允许的变形量, mm, 当 d 为 4 ~ 50 mm 时, $[\delta]$ 取 0.04 ~ 0.06 mm;

P_M ——型腔压力, MPa, 通常取 40 MPa。

为确保塑件具有足够的强度, 应使两孔之间、孔与边缘之间、孔深底部与塑件表面之间具有适当的距离。对于不同塑料, 其成型孔的最小直径、最大深度和最小孔边距也不同, 设计时可通过查阅手册获得。对于盲孔, 一般取孔深为直径的 4 ~ 5 倍; 对于通孔, 一般取孔深为直径的 10 倍。几种常见孔的设计示例见表 1—3, 可在设计塑件时借鉴。

表 1—3

几种常见孔的设计示例

序号	不良设计	合理设计	说明
1			螺纹孔应采用埋头孔或者沉头孔
2			孔间距或孔边距过小时, 应采用凸边增厚的方法提高强度
3			孔底部壁厚过小时, 成型后底部壁厚部位容易出现鼓胀缺陷

(7) 凸台和角撑

1) 凸台。塑件上突出的柱状台阶称为凸台。凸台是用来增强孔或提供零件装配固定座的, 通常设置在塑件的边缘及加强肋部位。凸台的外形包括方形、圆形和圆弧形等形状。凸台的设计应遵循以下原则:

①凸台应尽可能布置在拐角和靠近侧壁处, 以利于改善型腔中熔体的流动状态, 提高凸台的密实度和强度。

②凸台应设计足够的脱模斜度, 以确保塑件顺利脱模。凸台根部与基面连接处应采用圆弧过渡。在设计凸台时应同时考虑加强肋的布置。

③凸台直径至少应为孔径的两倍；凸台的高度一般不应大于凸台外径的两倍；凸台的壁厚不应大于基面壁厚的 $3/4$ ，一般取基面壁厚的 $1/2$ 。

然而，由于凸台增加了局部的壁厚，在凸台的背面可能会形成收缩凹痕现象，此时，可在相应部位设计装饰花纹予以掩饰。

2) 角撑。在塑件上用于边角、凸台或壁面的支撑形状称为角撑。实际上，角撑是一种特定场合下的加强肋，因此，加强肋的设计原则也可适用于角撑。为增强角撑的支撑作用，通常不是增大角撑的高度和宽度，而是通过增加角撑的数量来实现的。塑件上角撑的设计尺寸通常按塑件壁厚来确定，如图 1—6 所示。

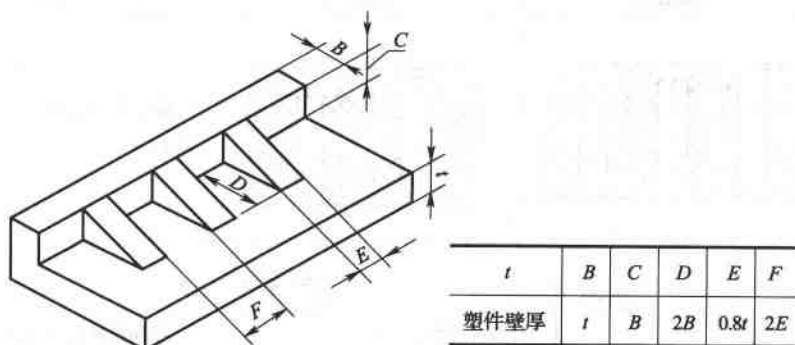


图 1—6 塑件上角撑的设计尺寸

(8) 支撑面与边缘

当塑件的某个面需要作为支撑面时，由于实际上很难达到绝对的平面，所以一般情况下采用地脚、凸边来作为塑件的支撑面，其形式如图 1—7 所示。地脚的数量一般为 3 个或 4 个，凸边截面可以为方形和圆形。

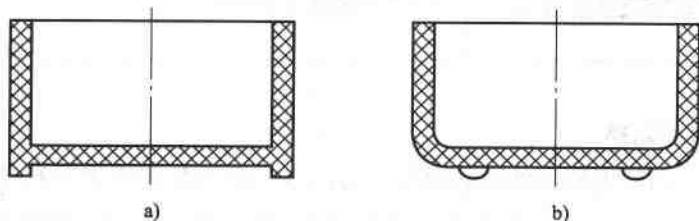


图 1—7 塑件的支撑面形式

a) 凸边支撑 b) 加强肋支撑

塑件的开口边缘很容易发生翘曲变形，尤其是高度尺寸较大的箱体，为此，塑件的边缘可设计为卷曲状，这样可有效提高其抗变形的能力，如图 1—8 所示为塑件边缘的设计示例。