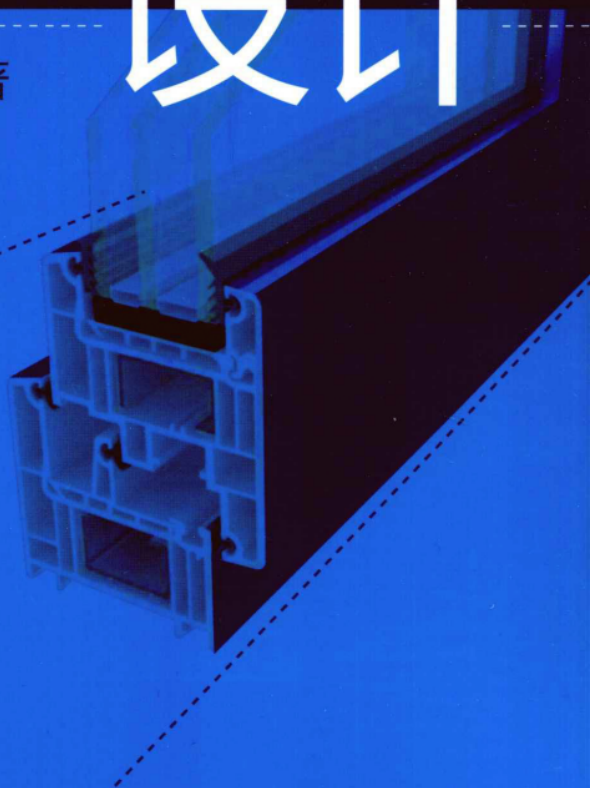


塑料门窗异型材 挤塑模设计

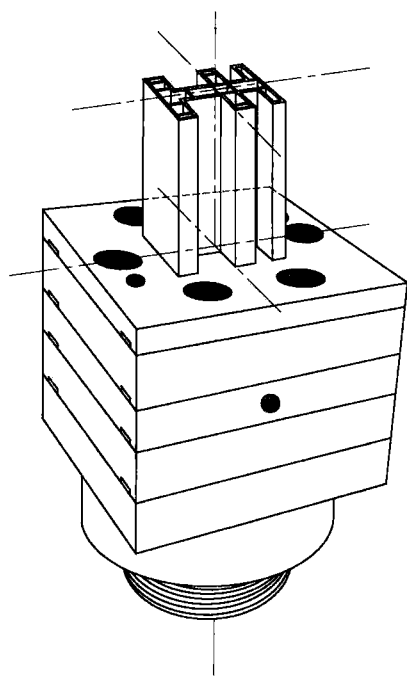
王家庆 编著



中国轻工业出版社

塑料门窗异型材 挤塑模设计

王家庆 编著



 中国轻工业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

塑料门窗异型材挤塑模设计/王家庆编著. —北京: 中国轻工业出版社, 2010. 2

ISBN 978-7-5019-7396-5

I. ①塑… II. ①王… III. ①塑料制品-门-塑料模具-设计②塑料制品-窗-塑料模具-设计 IV. ①TQ320.5

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2009) 第 210135 号

责任编辑: 王 淳 责任终审: 孟寿萱 封面设计: 锋尚设计
版式设计: 王超男 责任校对: 李 靖 责任监印: 张 可

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

印 刷: 河北高碑店市德裕顺印刷有限责任公司

经 销: 各地新华书店

版 次: 2010 年 2 月第 1 版第 1 次印刷

开 本: 787×1092 1/16 印张: 14

字 数: 261 千字

书 号: ISBN 978-7-5019-7396-5 定价: 32.00 元

邮购电话: 010-65241695 传真: 65128352

发行电话: 010-85119835 85119793 传真: 85113293

网 址: <http://www.chlip.com.cn>

Email: club@chlip.com.cn

如发现图书残缺请直接与我社邮购联系调换

90558K4X101ZBW

前言

挤塑成型技术是热塑性塑料成型技术的一个最重要的分支,约占 50%以上的塑料制品均由挤塑成型,可见挤塑成型技术在塑料成型技术中的地位。而挤塑成型技术中,异型材挤出所消耗的塑料树脂占的比重最大,技术难度也最高。异型材主要应用在建筑行业的门窗和装饰壁板上,如果掌握门窗型材挤出技术,基本上意味着掌握了异型材的制造。

我国经过近 20 年塑料门窗的开发,从无到有,发展十分迅速,塑料门窗在我国已基本普及。已掌握了异型材的挤出技术及模具设计与制造技术,虽然与欧美等国家尚有一定差距,但进步是显著的。

目前我国异型材挤出模具设计尚处于经验累积阶段,这给理论探索提供了良好的基础,有的专家在这方面已作出了一定程度的探索。要使挤塑模设计取得更大的进步,单靠经验进行设计会阻碍技术的提高,有必要把经验上升为理论,反过来指导设计,以便不断取得进展。挤塑模设计理论还在不断探索之中,理论尚不完善,能具体指导异型材挤塑模设计的书也少之又少。我曾从事异型材挤塑模设计与制造工作多年,企图对异型材挤塑模的流变学与流道设计理论做较系统的探讨,编出一本能具体指导挤塑模设计的参考书,使异型材挤塑模设计者在理论上有所提高,有所帮助。经过几年努力,停停写写,总算把这本书写完。我深知此书很多地方还是处于理论探讨之中,还不能完全用理论来指导设计计算,就算起一点抛砖引玉的作用。我相信经过大家进一步的努力,理论会不断完善起来的。

为了使读者更好地掌握异型材挤塑模设计知识,本书介绍了塑料门窗异型材及其挤出工艺的各个环节的相关知识,以及适当地介绍模具的制造及试模的必要知识。作为一个模具设计工作者,应参与现场试模,并应具备处理现场发生的实际问题的能力。所以必须了解挤出全过程的工艺知识,只有这样才能成为一个优秀的设计师。

另外,异型材制造厂与模具制造厂在技术上应有共同的沟通语言。挤出高质量和高生产率的型材,不但与模具有关,与原料工艺及设备都密切相关。型材制造厂也应了解挤出工艺及模具设计的相关知识,这样才有共同的沟通语言,才能对模具设计提出合适的切合实际的要求。所以此书中用相当的篇幅介绍了原料配方、技术工艺及设备、试模等相关的内容。这对异型材制造企业也是一本好的参考书。

本书对挤塑模设计的流变学基本理论做了详细的论述，推导了流道的流量及压力损失、剪切速率与剪切应力等参数的相关公式，探索了模头流道设计理论问题。这些理论上的探索对设计水平的提高会有一定帮助。对模头和定型模的结构设计都作了全面的介绍。书中结合实际，提供了大量的实用插图作为实例，使本书更具有实用价值。目前还没有一本对异型材挤塑模设计理论进行系统论述和结构设计做详细介绍的书。本书对异型材挤塑模设计理论的系统论述和对异型材挤塑模具体结构设计的详细介绍，使本书成为一本既有一定理论深度又与实际相结合的实用书。

我相信本书对挤塑模设计理论系统的探索和结构设计的具体介绍，对异型材挤塑模具设计的普及和应用会起推动作用的，在暮年能给大家有所启发和帮助，很感欣慰。

本书在编写过程中得到贾功久、吴金生、赵振英、曾凡、王裴、杨薇等朋友的帮助，在此向他表示衷心的感谢。

王家庆

2009年4月

目 录

1	第一章 绪论
7	第二章 塑料门窗异型材及其挤出
7	第一节 塑料门窗及其异型材
25	第二节 型材的挤出过程
27	第三节 挤出工艺概要
27	一、混料
28	二、挤出
32	三、定型与冷却
33	第四节 异型材的原料与配方简介
34	一、改性剂
34	二、加工助剂
35	三、稳定剂
36	四、螯合剂
36	五、润滑剂
37	六、着色剂
37	七、紫外线吸收剂
37	八、填充剂
39	第三章 挤塑模头流变学理论基础
39	第一节 流体的幂律方程
43	第二节 流体的黏度与稠度
46	第三节 影响黏度的因素
46	一、剪切速率对表观黏度的影响
46	二、温度对表观黏度的影响
47	三、压力对表观黏度的影响
48	第四节 非牛顿流体的流动行为指数 $m(n)$
49	第五节 流体在流道中的流动行为
50	一、流体在流道中的流速分布

53	二、离模膨胀
57	三、熔体破裂
59	第四章 流量与压力损失
59	第一节 圆管中流动的流量与压力损失
59	一、牛顿流体流动的流量与压力损失
62	二、非牛顿流体流动的流量与压力损失
64	三、非牛顿流体流动的剪切应力与剪切速率
67	第二节 圆锥孔中流动的流量与压力损失
67	一、牛顿流体流动的流量与压力损失
69	二、非牛顿流体流动的流量与压力损失
73	第三节 圆环形流道中流动的流量与压力损失
73	一、牛顿流体流动的流量与压力损失
77	二、非牛顿流体流动的流量与压力损失
80	第四节 等截面矩形缝隙流道中流动的流量与压力损失
80	一、牛顿流体流动的流量与压力损失
84	二、非牛顿流体流动的流量与压力损失
87	第五节 楔形缝隙流道中流动的流量与压力损失
88	一、斜楔形缝隙流道中流动的流量与压力损失
94	二、楔形缝隙流道中流动的流量与压力损失
99	第六节 非规则截面流道中流动的流量与压力损失
103	第七节 成型流道的组合和流道的计算讨论
109	第五章 异型材挤塑模头的结构设计
109	第一节 异型材挤塑模头的结构形式
109	一、板式模头
110	二、中央供料渐变流道模头
110	三、分流道中央供料模头
112	第二节 挤塑模头的结构设计
112	一、模头的结构设计要求
113	二、模头的结构设计
131	第六章 模头型腔与流道设计
132	第一节 模头的流量设计
139	第二节 模头流道的流变学设计

143	第三节 压缩比和牵伸比
145	第四节 模头的挤出中心和成型流道断面尺寸的确定
145	一、模头的挤出中心
147	二、口模成型流道的断面尺寸
150	三、口模流道断面形状修正
151	第五节 流道设计
151	一、成型流道长度
160	二、压缩流道
163	三、分流道和稳流腔
170	第七章 定型模设计
170	第一节 定型模结构介绍及设计要求
170	一、定型模的结构介绍
172	二、定型模的设计要求
173	第二节 定型模的结构设计
173	一、型材断面图形安置方位的确定
174	二、型腔尺寸设计
178	三、定型模的长度
180	第三节 定型模的真空系统
180	一、真空气槽
181	二、真空气腔与气道
183	三、真空面积及牵引力
184	第四节 定型模的冷却系统
184	一、直排水孔冷却
185	二、回形错流水孔冷却
185	三、水腔式冷却
187	第五节 冷却水箱
188	第六节 定型模和水箱的安装
191	第八章 挤塑模的制造和质量控制
191	第一节 挤塑模头的加工与装配
191	一、模头的加工质量控制
195	二、模头的装配与验收
196	第二节 定型模的加工与装配
196	一、定型模的加工质量控制

197	二、定型模的装配质量控制
200	第九章 试模
201	第一节 挤出的最基本条件
201	一、物料的良好塑化
204	二、熔体的流量稳定
205	第二节 定型工艺参数以及引起制品缺陷的主要因素
205	一、与定型相关的工艺参数
207	二、挤出的异常现象和制品缺陷的原因及解决办法
208	第三节 试模与修模
209	一、试模
210	二、修模
214	参考文献

第一章 绪论

塑料制品除了吹塑、注塑、压延等成型之外，挤出成型是制造塑料制品的另一类方法。适合于挤出成型的塑料制品，如建筑材料的门窗类异型材、壁板等装饰型材、排水槽、扶梯、百叶窗材；还有各种形状的板材，如塑料板、低发泡保温板、各种瓦楞板等；各种管材，如电缆管、水管、多层管、嵌入纤维布或钢丝的耐压管、波纹管等；汽车、电器行业的框材、封边、密封条；还可以挤出成塑料网、水果包装网、绳索、人工草坪等。塑料挤出成型的产品的品种繁多，应用十分广泛。

异型材主要用于塑料门窗、天花板、装饰壁板等。塑料门窗异型材，在挤出成型的制品中占相当大的比重，所消耗的塑料也最多。可见，塑料门窗异型材在塑料挤出成型的制品中占有极重要的地位。

塑料门窗异型材的品种也很多，除了目前广泛使用的塑料门窗异型材之外，还开发出新的塑料门窗异型材，如低发泡夹心型材、钢或铝为构件腔的聚氯乙烯包覆异型材、外层包覆染色的有机玻璃共挤出异型材、带密封条的软硬共挤异型材、用铝等金属箔包覆的异型材等。并不断开发出新的品种，向高附加值、高质量的方向发展。

挤出成型区别于其它方法成型的最大特点是树脂熔体在运动中成型，是将塑料通过挤出设备的传输、压缩、熔融塑化、挤出定型的过程，整个过程是在压力的作用下和一定的温度条件下进行的。它是一个复杂的物理过程，甚至存在化学过程。在一系列传输过程中，经过一系列不同的温度区域，塑料由玻璃态转变成高弹态和黏流态。对于塑料门窗材料 PVC，加热到 87°C ，开始变为高弹态；加热到 $160\sim 220^{\circ}\text{C}$ 变成黏流态，如图 1-1 中的变形温度曲线。图 1-1 是不同成型方法与塑料熔体的不同状态的关系图。挤塑成型是塑料熔体处于高弹态和黏流态下进行的（基本上处于黏流态）。塑料门窗异型材是 PVC 熔体（聚氯乙烯为基础料的混合料）约在 $T_f=160^{\circ}\text{C}$ 至 $T_d=220^{\circ}\text{C}$ 温度范围内进行挤出成型的，分解温度 T_d 随配方有高低。异型材挤出机头的温度一般控制在 $160\sim 180^{\circ}\text{C}$ ，而模头温度控制在 190°C 左右。成型温度较窄，挤出成型的难度增大，工艺条件、工艺因素更加严格。

图 1-2 是从挤出机挤出的物料经过挤塑模头并通过定型装置的原理图。从挤出机挤出，通过挤塑模头的塑料熔体必须是稳定的，这是挤出成型的先决条件。所谓稳定就是熔体的流量稳定、无波动、重复性好。熔体流动的稳定性取

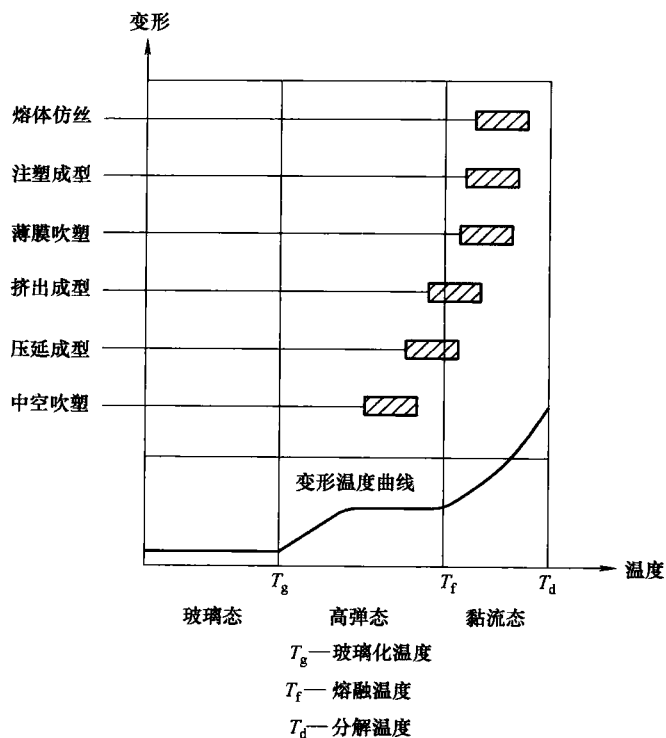


图 1-1 成型方法与塑料熔体不同状态关系图

决于物料本身的特性、挤出机螺杆和模头的结构与尺寸，以及温度、压力等运转条件。

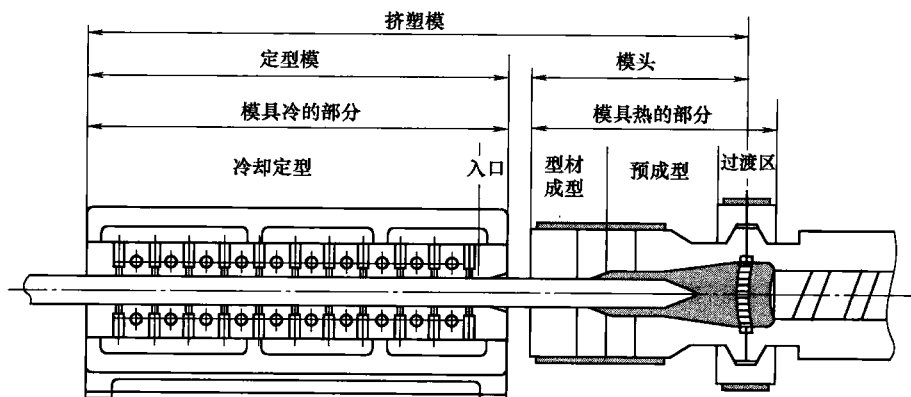


图 1-2 挤出模头和定型装置原理图

挤塑成型技术是若干设备组成的生产线的运转条件、物料特性及模具的特性构成的成型工艺技术。

塑料门窗异型材的结构较为复杂。所谓异型材指多个简单的基本几何体构成的复杂截面形状的造型。因此，模头的流道和定型模的型腔相对复杂。异型材挤塑模通常由模头、定型模和冷却水箱组成。熔体由挤出机挤出，经多孔板及滤网进入模头。如果挤出机挤出的物料是稳定的，那么，挤塑模头成为关键。熔体通过模头时，熔体流动的稳定性取决于流道的结构与尺寸、流道的压力均衡和模头加热的温度的均匀性。

模头的作用是把挤出机挤出的螺旋运动的物料通过多孔板后，进一步变成直线运动，并进一步使其稳定流动；在加热状态下，熔体通过在模头的流道中剪切流动，使塑料进一步塑化均匀，并产生必要的压力；然后形成一定形状和尺寸的组织致密的型坯，从模头挤出。这都要由设计良好的模头结构、适当形状与尺寸的型腔和正确的流道尺寸实现。图 1-3 和图 1-4 是模头的外形和基本结构图。模头的基本构件由模体、支架板、汇流板、口模板、模心、分流锥组成，这些构件的数量和形式视制品的形状有所不同。熔体从挤出机挤出进入模头的人料口，然后进入稳料腔，再通过分流进入支架板压缩流道，最后从口模流道流出。熔体都处于模头外壳上的加热器的加热状态下，在挤出机螺杆的推力下，以一定的压力和流量在模头的型腔和流道中流动。这种流动并不是一种简单的运动。流体在流道中的流动基本处于层流状态，流体层之间，由于与流道壁摩擦产生剪切流动，还存在相对于流道壁的滑

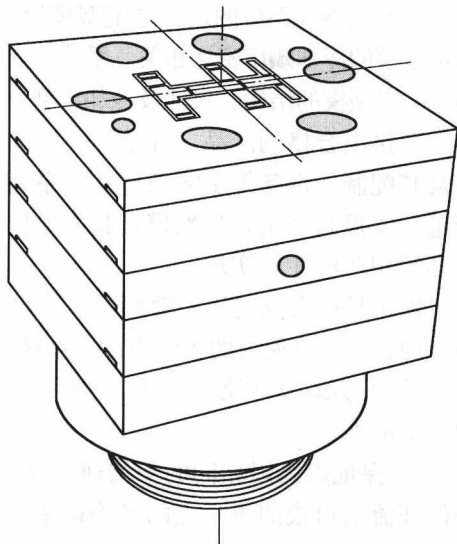


图 1-3 模头外形

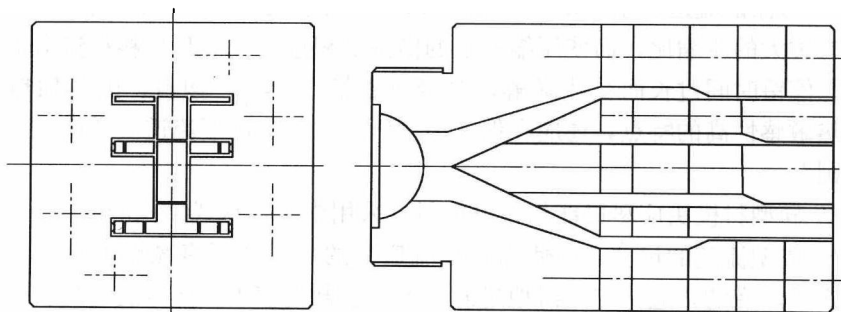


图 1-4 挤出模头结构简图

移,甚至还有拖曳运动;熔体经过不同尺寸的流道时,还存在压缩、扩张、拉伸等变形现象,所以,它是个复杂的物理过程。这种运动都反映出黏性流体的流变学行为和热力学特性,比一般非黏性流体的流动更加复杂。模头的流道设计必须符合黏性流体的流变学行为。

从模头挤出的型坯,必须与制品的形状相同、尺寸相近,然后,经后续的定型模冷却定型。异型材的定型模是一个真空吸附与水冷却系统构成的通道,定型模型腔的尺寸与制品的外形十分相近。通过真空吸附与冷却使型坯定型,达到合格的制品。如果从模头挤出的型坯是合格的,型材的截面形状与尺寸精度将由定型模所决定。

真空与冷却系统的设计是定型模设计的核心内容,因为型材挤出的生产效率与定型模的冷却效率密切相关。系统设计合理,对型材的内在质量和挤出速度影响很大。定型模的结构、尺寸及冷却定型方式无不受冷却系统的创新所改变。

要挤出合格的产品,并达到一定的产量,不仅仅是由模具所决定的,原材料及其配制、设备等工艺条件和一系列工艺控制因素,无不影响产品的质量和产量。要提高产量,虽然模具起主导作用,上述其它相关的工艺因素和工艺条件必须相匹配才能实现。

模头是挤出成型的关键部件。挤出合格的制品和达到一定的产量,与模头的结构、尺寸及流道的正确设计关系极大。模头设计必须遵循下列原则和要求:

① 正确地设计流道尺寸。应保证有合理的压力降,并在一定的压力下达到一定的产量。

② 保证熔体以相同的平均速率从口模的整个流道出口截面上挤出。也就是保证流出口模的每一点的平均速率基本要相等。

③ 挤出的型坯,必须与制品的形状、尺寸相近似。

④ 流道的尺寸设计,应遵循流变学原理,按挤出材料的流变学数值进行设计与计算。

⑤ 流道设计应防止流速高时熔体产生破裂,影响制品的质量。

⑥ 为保证流道产生一定的压力降和使制品组织致密,应设计足够压缩比。不应有过大的压缩比,而使压缩流道的横截面积过大,引起物料在流道中流得过慢、停留时间过长而受热降解。对聚氯乙烯(PVC)塑料,因其加热温度窄、热敏感性高的特点,还应在保证一定压缩比的条件下流道应遵循“最小体积原则”。

⑦ 异型材模头应尽可能从中央供料,采用中央供料式结构的模头。

⑧ 成型流道的尺寸,应使物料在流道中的可逆变形衰减至最小。各内腔流道应是渐变的,应均匀圆滑地过渡,不应急剧地缩小,尽可能避免扩张,以减小挤出型坯的膨胀趋势。流道不应有死角(滞留点),以防止物料在流道中

受热降解。流道拐角处的圆角半径尽可能不小于 3mm。

⑨ 模头的尺寸和形状，应尽量使物料在加热器的加热下温度均匀，以避免挤出的型坯局部膨胀增大、流速不均或模头构件受热不均匀而变形。模头构件的尺寸必须使压力产生的变形在正当的限度内。

⑩ 模头尽可能减少构件的数量，使结构简单、工艺性良好，便于制造、装拆、清料，修理方便。

异型材模头的设计可按图 1-5 的程序进行。

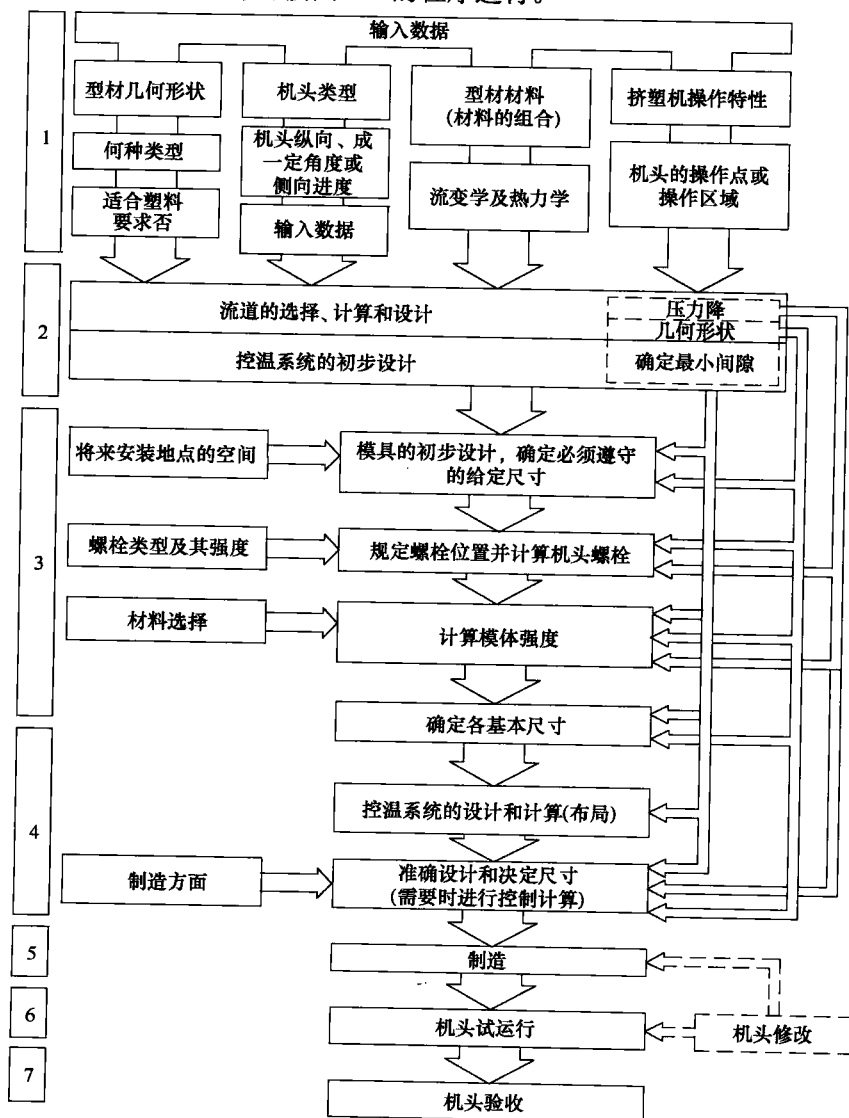


图 1-5 挤塑模设计程序

挤塑模设计和开发是一项系统工程，应有机械设计、流体力学、传热学、塑料工程学等相关知识。因为，影响稳定挤出的主要因素为物料的特性、挤出机螺杆的结构和性能、模具的结构及其流道和型腔的形状与尺寸。所以，设计模具时，应对挤出材料的成型工艺及工艺过程有比较好的了解；能分析各种工艺因素对挤出成型的影响；对现场设备性能应作调查了解；应掌握用户所使用的原料的配方及其流变学特性，以及相关的流变学参数，必要时测定它的流变学数值；应能分析制品的截面结构、形状、尺寸对模具结构设计的要求。只有了解挤出物料的流变学特性和流变学数值，为设计流道提供科学依据，才能对流道进行相关的设计。对现场的挤出设备的调查和了解，如对挤出机的特性曲线和挤出机的产量等的了解，可以对模头的体积流量、最大压力及模头的阻力作出估计，这对模头的流道和型腔的尺寸设计也是十分重要的。如图 1-6 所示，挤出机的压力增加，转速下降。 $n_1 \sim n_4$ 是所使用的挤出机的特性曲线。如果使用年限较长的挤出机，特性曲线也会有变化。模头流道的流量、压力损失与物料的流动行为指数相关， $Q = D \frac{1}{\eta} \Delta p^m$ 。如果挤出机产生的压力 p ，正好被机头的压力损失 Δp 所平衡时，模头特性曲线与挤出机的特性曲线的交点 c 就是最佳操作点，可以得到产量 Q_c ，从而可以求得模头的最大压力损失 Δp 。另外，只有对使用设备的了解，才能设计模具与设备的连接结构与尺寸；只有对工艺因素的了解，才能对模头的流道与型腔作出正确的设计。尤其是对试模有特别重要的意义。否则对挤出过程的不利现象，无法作出正确的分析和判断，就无法正确地修模。

挤出成型过程是十分复杂的。温度、压力、流道中的流体的流动速度分布、熔体的剪切速率和剪切应力、冷却速率等诸多因素，对模具的产量和质量都有很大的影响。所以，凭经验设计挤塑模，难以设计出高质量的模具。尤其是挤出技术的发展很迅速，已向高速高质量挤出的方向发展，并已取得相当的

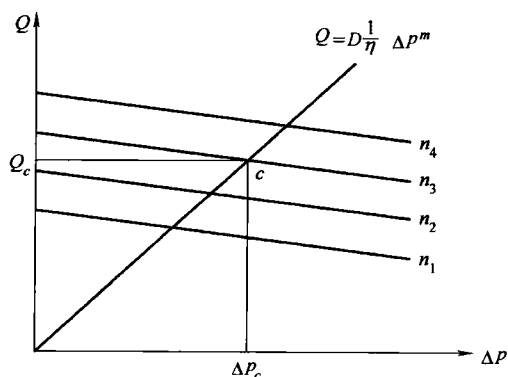


图 1-6 挤出机工作图

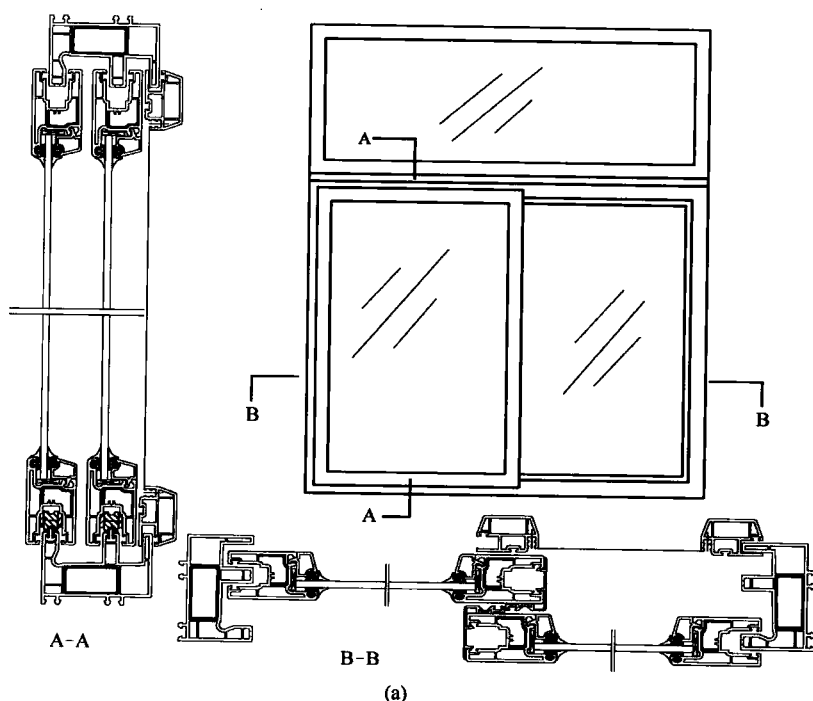
成果，无论是流道设计和流道结构的改进都有相当的创新。设计上，采用计算机 CAD 技术，用计算机绘图、工程计算、几何建模、三维仿真、对流体的流动情况的模拟分析等，对挤出模的创新和发展创造了有利的条件，提高了设计效率和设计可靠性，利用 CAD 和 CAE 技术已成为挤出模设计的现代化的设计方法。

第二章 塑料门窗异型材及其挤出

第一节 塑料门窗及其异型材

塑料门窗与钢门窗、铝合金门窗、木门窗相比，有隔热保温、隔声、密封好、不易变形、使用寿命长、维护简单等优点，尤其有显著的节能效果，已在建筑门窗类产品中占主导地位。塑料门窗的导热系数是铝合金门窗的 $1/1250$ ，是钢门窗的 $1/157$ ；原材料的能耗是钢的 $1/4$ ，是铝的 $1/8$ 。塑料门窗由于经济效益和社会效益巨大而获得广泛应用，将逐渐代替其它材料的门窗产品。

塑料窗的形式有推拉窗、平开窗、悬窗、提拉窗、固定窗等多种。图 2-1 (a) 和图 2-1 (b) 是推拉窗的结构图。推拉窗由窗框、窗扇、玻璃压条、封边、密封条、滚轮、执手等构件组成，装有玻璃的窗扇在窗框的轨道上水平滑动。推拉窗有双轨和三轨的。带有三轨的窗框，第三轨上可以装纱扇。



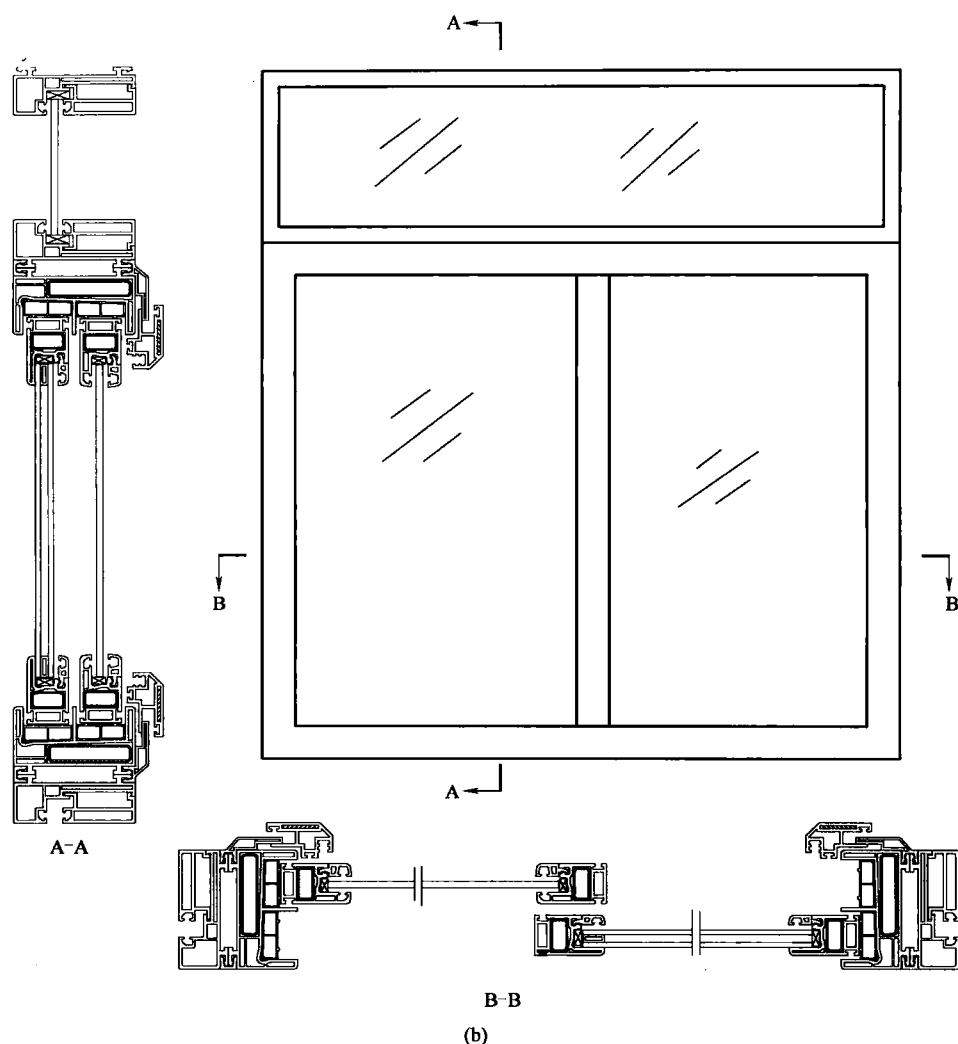


图 2-1 推拉窗结构图

平开窗的结构如图 2-2。窗扇与窗框用铰链相连接，窗扇可以水平打开。也有用四连杆滑撑机构连接，水平打开。但后者五金件较复杂。这种机构承受窗扇重量能力低，它的优点是擦玻璃方便。平开窗有内平开窗、外平开窗、内外都能开的内外平开窗。平开窗的主要件为平开窗框、平开窗扇、密封件等。平开窗也可以配纱窗。平开窗比推拉窗密封性好。

固定窗结构如图 2-3，固定窗不能启开。当洞口尺寸太宽时，避免平开窗或推拉窗尺寸过宽，常增加一扇固定窗。或者当洞口尺寸太高时，常在上部或下部设计一扇固定在平开窗或推拉窗上的固定窗，它又叫上亮窗。上亮窗由上