

现代注塑模结构设计

实用技术

文根保○等编著

讲解注塑模结构设计方案分析和缺陷预测及整治
涵盖注塑模结构最佳优化方案的设计技巧和方法



 机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

现代注塑模结构设计实用技术

文根保 陈小兵 文莉 史文 编著



机械工业出版社

58888010

本书从实际运用的角度出发,深入浅出地剖析和解决了复杂注塑模结构最佳优化方案的制订和注塑件缺陷综合整治过程中的各种问题。本书主要内容包括:注塑件形体分析的“六要素”、注塑模结构方案可行性分析法、注塑模的结构设计与论证、注塑模结构设计可行性分析实例、注塑件模具结构成型痕迹技术与仿制及复制技术、注塑件成型加工痕迹与缺陷的整治、注塑件缺陷的综合整治辩证方法论、注塑模型腔和型芯及装配总图的设计。本书是作者 40 多年从事注塑模设计的经验总结,具有独创性、实用性、技术先进性、使用可靠性和简单易学的特点。

本书可供从事注塑件与注塑模设计和生产的工程技术人员使用,也可供相关专业在校师生参考。

图书在版编目 (CIP) 数据

现代注塑模结构设计实用技术/文根保等编著. —北京:机械工业出版社, 2014. 3

ISBN 978-7-111-45548-6

I. ①现… II. ①文… III. ①注塑-塑料模具-设计 IV. ①TQ320.5

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2014) 第 015229 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:陈保华 责任编辑:陈保华 雷云辉 版式设计:霍永明

责任校对:陈越 封面设计:陈沛 责任印制:李洋

中国农业出版社印刷厂印刷

2014 年 5 月第 1 版第 1 次印刷

184mm×260mm·21 印张·510 千字

0001—3000 册

标准书号: ISBN 978-7-111-45548-6

定价: 56.00 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

策划编辑电话: (010) 88379734

销售一部: (010) 68326294

教材网: <http://www.cmpedu.com>

销售二部: (010) 88379649

机工官网: <http://www.cmpbook.com>

读者购书热线: (010) 88379203

机工官博: <http://weibo.com/cmp1952>

封面无防伪标均为盗版

前 言

目前,在参加工作不久的模具技术人员中普遍存在对模具基本知识掌握得不错,但缺乏实际经验的情况。主要表现在当拿到注塑件图样或三维造型后,他们不知该如何去设计注塑模,也无法制订出注塑模的结构方案,甚至不知如何进行注塑件的形体分析,更不可能进行注塑模最佳结构方案的可行性分析和论证;即使他们设计出了注塑模,也判断不出模具设计的对错。通常要经过3~5年的磨炼,他们才能够基本胜任注塑模的设计工作,才会有一套自己的工作方法。因此,从事模具行业的很多人都认为,注塑模的设计很难,无规律可循、无法则可依、无技巧可寻。

一直在思考这样一个问题,为什么刚毕业的学生对注塑模基础知识的交流能头头是道,而对具体的注塑模的设计却无能为力呢?这是因为他们在学校里学习的有关注塑模设计的理论都是基础性入门的知识,还未涉及深层次的理论。这样他们既缺乏实际的锻炼和又缺失深层次的注塑模设计知识,自然表现得无从适应。

众所周知,从高分子材料变为塑料件,中间是要依靠模具来成型的。任何注塑模都是根据注塑件图样的要求来进行设计的,注塑零件图或造型应该是注塑模设计的重要依据。注塑模是注塑件成型加工的母体,而注塑件又是注塑模成型加工的结果。如何处置好这两者的关系,需要有相适应的理论指导。本书提出的注塑模设计辩证方法论就能很好地解决这个问题。在这里不得不提及行业中有关注塑模设计“倒扣”的概念,它在解决注塑模难以设计的问题上起到了关键性的作用。但是,由于“倒扣”概念存在着局限性和随意性,许多模具结构无法用“倒扣”来解释。因此,在对“倒扣”概念进行总结和拓展的过程中,我们运用了“障碍体”的概念来代替“倒扣”的概念。

在注塑件缺陷的整治方面,同样也存在着很多问题。目前,模具设计与制造是模具设计人员的职责,而成型加工和缺陷处治是工艺人员的工作。这就使得有时从事注塑模设计与制造二三十年的老技术人员,对注塑件成型加工中出现的缺陷也束手无策。究其原因,一是注塑模设计人员认为注塑件缺陷问题的产生,责任在于注塑件设计和成型加工的工艺人员;二是注塑模设计人员缺乏现场处置注塑件成型加工缺陷的经验;三是注塑件设计人员和注塑模设计人员在工作中未进行过注塑件成型加工缺陷的辩证论治。虽然在注塑模设计之前会应用CAE分析软件进行注塑件缺陷的预期分析,但是,目前的CAE分析软件还只能运用在注塑件翘曲变形、熔接痕、气泡和应力集中位置等的分析中。而注塑件成型加工的缺陷多达几十种,其中超出CAE软件分析范围的内容一般是无法进行缺陷预测的。但缺陷又是影响注塑模浇注系统和模具结构不可避免的因素,因此难免出现反复试模和修模的情况。有时试模时间可长达几个月之久,有时甚至会出现模具推倒重新设计和制造的情况。这些都是注塑模设计和制造过程中普遍存在的现象。

同样,对于注塑件缺陷整治的理论,在注塑模设计以及注塑件成型工艺书籍和手册中均是被简单地提及,而没有形成专门的缺陷处治理论。在对注塑件缺陷研究的过程中,我们发现了注塑件缺陷产生的原因及规律。缺陷是以痕迹的形式表现出来的,因此,注塑件的缺陷

痕迹是辨别缺陷特征的主要依据,而缺陷要采用痕迹技术来进行整治。如何以预防缺陷为主,整治缺陷为辅的策略来提高试模合格率呢?应用本书提出的注塑件缺陷综合整治辩证方法论可以达到这一目的。

评价一副模具的优与劣,其准则是模具既要能保证注塑件的几何精度、尺寸精度和使用性能又要确保注塑件不产生任何的缺陷。注塑模结构设计的辩证方法论、注塑件痕迹与痕迹技术以及注塑件缺陷综合整治辩证方法论,就是注塑模结构设计的重要指导理论,也是注塑模设计的有力工具。

注塑模结构设计辩证方法论的内容,包括注塑件形体“六要素”的分析,注塑模结构方案的可行性分析与论证,注塑模结构最佳优化方案的可行性分析与论证,以及注塑件缺陷痕迹的超前分析理论。

注塑件上的痕迹与痕迹技术的作用:注塑件上模具结构的成型痕迹,可用于注塑模结构方案的制订,注塑模的仿制与复制及修复;注塑件上的成型加工痕迹,可用于注塑件缺陷的预测和整治;注塑件上模具结构的成型痕迹和成型加工痕迹,还可用于网络技术服务。

注塑件缺陷综合辩证论治的作用:注塑件缺陷的 CAE 和图解预测分析法,可用于注塑模结构方案制订时注塑件缺陷的预测分析;注塑件缺陷排查整治法和痕迹技术整治法,可用于注塑件试模和加工时的缺陷整治。两者结合起来应用便可提高试模的合格率。

注塑模结构的设计过程:先对注塑件进行形体“六要素”的分析,之后根据“六要素”的内容,应用“三种分析方法”进行注塑模结构方案的可行性分析与论证,制订出最初的模具结构方案。再根据注塑模结构最佳优化方案的分析与论证及注塑模强度和刚度校核的结论,从多种方案中制订出注塑模结构的最佳优化方案。然后应用注塑件缺陷综合整治辩证方法论,根据注塑件缺陷 CAE 或图解预测分析法的结论确定注塑模的最终方案,最后是注塑模二维和三维造型的设计及其制造。对缺陷进行预期分析时,由于主观意识与客观现实之间存在着差距及其他客观原因,试模时,注塑件上还会出现少量的缺陷。此时,再运用缺陷排查法和痕迹技术整治法即可将其根治。注塑模设计辩证方法论和注塑件缺陷综合整治方法论是一个完整的、连续的、循环的、系统的辩证方法论。它为注塑模结构最佳优化方案的制订提供了理论和技术支撑;也为注塑模的设计提供了程序、路径和验证方法;还为解释许多模具的结构和成型现象提供了理论依据。这样,注塑模的设计就成为了一种逻辑性极强而且有趣味的工作。

由于塑料在冷却的过程中具有收缩性及收缩各向异性,加之注塑件壁厚不均,要同时加工出具有多个孔且尺寸误差不超过 0.01mm 和圆柱度误差不超过 0.002mm 的两件注塑件,并要求两件注塑件上的孔距完全一致,一直是注塑件加工的世界性难题。注塑件超级精度孔的加工,采用了注塑件的二次限制性收缩的加工工艺方法,能够成功地化解这道难题。

这些理论不仅适用于注塑模,对压铸模、裱糊模、发泡模和吹塑模的设计与制造以及其他类型的型腔模,如压铸模、橡胶模、成型模、冷挤模、粉末冶金模、金属铸模和锻模等也都有着重要的意义。此外,对成型件的设计也有着很大的影响。

在本书撰写的过程中,我曾于 2012 年年初受深圳市模具学会谭超武会长的邀请,前往深圳市举办过两次“复杂型腔模设计辩证方法论”公益性讲座。在和与会的 310 多位广东模具界的朋友进行互动时,他们向我咨询过多个普遍性的问题,我将其作为疑难问题探讨实例发表在了《模具制造》杂志上,同时也收录在了本书中。在此对他们表示衷心的感谢!

目 录

前言

第 1 章 概论	1
1.1 注塑模结构设计辩证方法论	3
1.1.1 注塑模设计辩证方法论理论的产生	3
1.1.2 注塑模结构方案可行性分析与论证的过程	4
1.1.3 注塑模设计辩证方法论的内容	4
1.2 注塑件上的痕迹及其痕迹技术	6
1.2.1 注塑件上痕迹的类型	7
1.2.2 技术规范文本和注塑件成型加工缺陷分析图	7
1.2.3 注塑件上模具结构成型痕迹的确认与应用	8
1.2.4 注塑件上成型加工痕迹的识别与应用	9
1.3 注塑件上缺陷的综合整治辩证方法论	10
1.3.1 注塑件缺陷综合辩证整治方法的分类	10
1.3.2 缺陷综合辩证整治法的作用和性能	11
1.3.3 缺陷综合辩证整治法的使用和技巧	12
1.4 超级精度注塑件的成型加工方法与网络技术服务	12
1.4.1 注塑件超级精度孔的加工方法	12
1.4.2 注塑件缺陷痕迹医院（诊所）	13
1.4.3 痕迹学	13
1.4.4 模具的远景加工方法	13
1.5 本书的主要内容和意义	14
1.5.1 本书的主要内容	14
1.5.2 “注塑模设计辩证方法论”理论的意义	15
1.5.3 “注塑模设计辩证方法论”理论的培训与教育	16
1.5.4 注塑件缺陷综合整治方法论的	

意义	16
----	----

1.5.5 注塑件上的痕迹与痕迹技术	16
1.5.6 各种分析图中所用的符号	17

第 2 章 注塑件形体分析的

“六要素”	18
-------	----

2.1 注塑件形体分析的“形状与障碍体”要素	18
2.1.1 注塑件形体分析的“形状”要素	19
2.1.2 注塑件形体分析的“障碍体”要素	19
2.1.3 “障碍体”的种类	21
2.1.4 “障碍体”的判断和检查方法	24
2.1.5 获取“障碍体”的方法	25
2.1.6 用模具的抽芯运动来避开注塑件上的“障碍体”	25
2.2 注塑件形体分析的“型孔与型槽”要素	26
2.2.1 注塑件“型孔与型槽”要素的分析	26
2.2.2 注塑件“型孔与型槽”要素分析的关注要点	27
2.2.3 成型注塑件周侧面水平侧向螺孔或斜向螺孔的加工方案	28
2.2.4 注塑件“型孔与型槽”要素分析实例	28
2.3 注塑件形体分析的“变形与错位”要素	32
2.3.1 注塑件“变形与错位”要素的内涵	32
2.3.2 决定注塑件“变形与错位”的因素	33
2.3.3 注塑件“变形与错位”要素的分析	33
2.3.4 注塑件“变形与错位”要素分析实例	33
2.4 注塑件形体分析的“运动与干涉”	

要素	36	3.1 注塑模结构方案可行性分析法简介	60
2.4.1 注塑件形体分析的“运动”要素	36	3.1.1 注塑模结构方案的可行性分析和注塑模浇注系统设置的分析	60
2.4.2 注塑件形体分析的“干涉”要素	37	3.1.2 注塑模结构方案可行性分析的内容	61
2.4.3 注塑件的“运动与干涉”要素的分析	37	3.1.3 塑料模结构方案可行性分析和论证的流程图	62
2.4.4 注塑件“运动与干涉”要素分析实例	38	3.2 注塑件“形状与障碍物”要素的模具结构方案可行性分析法	63
2.5 注塑件形体分析的“外观与缺陷”要素	41	3.2.1 注塑件“形状”要素的模具结构方案可行性分析法	64
2.5.1 注塑件形体分析的“外观”要素	42	3.2.2 活块避让法	67
2.5.2 注塑件形体分析“外观”要素的提取方法	42	3.2.3 形体避让法	67
2.5.3 注塑件“外观”要素分析实例	43	3.2.4 镶嵌件避让法	68
2.5.4 注塑件“外观”为透明或皮纹的情况	46	3.2.5 模具的拼装或对接结构避让法	70
2.5.5 注塑件“外观”为有颜色的情况	46	3.2.6 注塑件的旋转避让法	70
2.6 注塑件形体分析的“塑料与批量”要素	46	3.2.7 脱模运动避让法	71
2.6.1 注塑件形体分析的“塑料”要素	46	3.2.8 抽芯运动避让法	71
2.6.2 注塑件“塑料”要素分析实例	50	3.3 注塑件“型孔与型槽”要素的模具结构方案可行性分析法	73
2.6.3 注塑件形体分析的“批量”要素	51	3.3.1 注塑件正、背面“型孔与型槽”的成型方法	74
2.7 注塑件形体分析方法	54	3.3.2 注塑件周侧面“型孔与型槽”的成型方法	75
2.7.1 注塑件“障碍物”要素的分析	54	3.3.3 注塑件“型孔与型槽”间的“运动干涉”	78
2.7.2 注塑件“型孔与型槽”要素的分析方法	55	3.3.4 注塑模抽芯机构的种类	78
2.7.3 注塑件“变形与错位”要素的分析方法	55	3.4 注塑件“变形与错位”要素的模具结构方案可行性分析法	79
2.7.4 注塑件“运动与干涉”要素的分析方法	55	3.4.1 注塑件“变形”要素的模具结构方案可行性分析法	79
2.7.5 注塑件“塑料与批量”要素的分析方法	56	3.4.2 注塑件“错位”要素的模具结构方案可行性分析法	82
2.7.6 注塑件“外观与缺陷”要素的分析方法	56	3.4.3 注塑件“变形与错位”要素对模具结构方案的影响举例	85
2.7.7 注塑件的形体分析图	56	3.5 注塑件“运动与干涉”要素的模具结构方案可行性分析法	89
2.7.8 注塑件形体分析图实例	56	3.5.1 模具各机构间的“运动与干涉”要素	89
第3章 注塑模结构方案可行性分析法	60	3.5.2 注塑模的“运动”形式举例	91
		3.5.3 模具各机构间的运动“干涉”要素	94
		3.5.4 注塑件各类运动“干涉”要素的	

分析	96	第4章 注塑模的结构设计与论证	143
3.6 注塑件“外观与缺陷”要素的模具 结构方案可行性分析法	98	4.1 注塑模的结构设计与论证概述	143
3.6.1 注塑件“外观”要素的内容	99	4.1.1 注塑模的设计	143
3.6.2 注塑件“缺陷”要素	104	4.1.2 注塑模的造型	143
3.6.3 整治注塑件“外观”要素注塑模 结构的实例	104	4.1.3 注塑模的论证	144
3.7 注塑件“塑料与批量”要素的模具 结构方案可行性分析法	106	4.2 成型头盔外壳（裱糊）模的结构设计 与论证	146
3.7.1 注塑件的“塑料”要素	107	4.2.1 袋压成型的原理	146
3.7.2 模具温控系统的设置举例	113	4.2.2 头盔外壳的形体分析	146
3.7.3 注塑件的“批量”要素	113	4.2.3 头盔外壳成型（裱糊）模结构 方案的可行性分析	147
3.8 注塑模结构方案的常规分析法	117	4.2.4 头盔外壳成型模的整体结构 设计	150
3.8.1 “障碍体”要素与模具结构 方案	117	4.2.5 头盔外壳成型模结构方案的 论证	151
3.8.2 “型孔与型槽”要素与模具结构 方案	118	4.2.6 头盔外壳成型模凸模七块模块的 加工工艺分析	152
3.8.3 “变形与错位”要素与模具结构 方案	118	4.3 注塑模的结构设计与论证之一	154
3.8.4 “运动与干涉”要素与模具结构 方案	120	4.3.1 手柄主体的形体分析	154
3.8.5 “外观与缺陷”要素与模具结构 方案	121	4.3.2 手柄主体表面痕迹的识读与 分析	156
3.8.6 “塑料与批量”要素与模具结构 方案	121	4.3.3 手柄主体注塑模结构方案的 可行性分析	158
3.9 注塑模结构方案的痕迹分析法	124	4.3.4 注塑模的结构设计	160
3.9.1 注塑件上模具结构成型的痕迹	125	4.3.5 注塑模的结构论证	161
3.9.2 注塑模结构方案的痕迹分析法	125	4.4 注塑模的结构设计与论证之二	161
3.9.3 注塑模结构方案的成型痕迹与 要素相结合的综合分析法	127	4.4.1 行李箱锁主体部件的资料和形体 分析	162
3.9.4 注塑样件上模具结构成型痕迹的 论证	128	4.4.2 行李箱锁主体部件浇注系统的 分析和设计	164
3.10 注塑模结构方案的综合分析法	129	4.4.3 行李箱锁主体部件注塑模结构 方案的分析和注塑模结构设计	164
3.10.1 综合要素分析法	129	4.4.4 注塑模的结构论证和强度与刚度 的校核	167
3.10.2 多重要素综合分析法	130	4.5 注塑模的结构设计与论证之三	169
3.10.3 多种要素综合分析法	131	4.5.1 分流管的资料和形体分析	169
3.10.4 混合要素综合分析法	133	4.5.2 分流管注塑模的结构方案论证	170
3.10.5 要素痕迹综合分析法	136	4.5.3 注塑模浇注系统的分析和设计	173
3.11 注塑模浇注系统的分析与 分析图	136	4.5.4 “障碍体”与注塑模的结构设计 分析	173
3.11.1 浇口的设计原则	137	4.5.5 “障碍体”与抽芯机构的设计	175
3.11.2 浇注系统的缺陷分析图	137	4.5.6 “障碍体”与脱模机构的设计	175
3.11.3 浇注系统缺陷分析的实例	137	4.5.7 分流管注塑模的结构设计	175

4.5.8 注塑模强度和刚度的校核	176
第5章 注塑模结构设计可行性分析	
实例	177
5.1 仿制转换开关超级精度孔的成型加工技术	177
5.1.1 转换开关的成型要求	177
5.1.2 塑料制品的收缩	178
5.1.3 自由收缩和限制收缩的定义	179
5.1.4 注塑件成型收缩的表现形式	180
5.1.5 收缩率	180
5.1.6 影响注塑件收缩率的因素	181
5.1.7 注塑件精度的选用	181
5.1.8 注塑件注射成型加工的成型收缩	182
5.1.9 塑料制件二次限制成型收缩的应用	184
5.2 变位斜齿轮和变位蜗轮注塑模的仿制设计	186
5.2.1 变位大斜齿圆柱齿轮注塑模的仿制设计	187
5.2.2 左、右变位小斜齿圆柱齿轮（左、右变位蜗轮）注塑模的设计	190
5.2.3 齿轮箱和齿轮盖注塑模的设计	191
5.3 带灯行李箱锁主体部件注塑模结构方案的可行性分析与论证	192
5.3.1 对象零件的资料和形体分析	193
5.3.2 注塑件浇注系统的分析和设计	195
5.3.3 “障碍体”“型孔与型槽”和“运动干涉”要素与注塑模结构方案的分析	195
5.3.4 注塑件侧面抽芯机构的设计	195
5.3.5 分型面的设计	198
5.3.6 注塑件正面及背面镶件的设计	198
5.3.7 注塑件斜向脱模与注塑模垂直抽芯机构及活块抽芯构件的分析和设计	198
5.3.8 注塑模结构的设计	199
5.3.9 注塑模结构方案的论证与薄弱构件强度和刚度的校核	201
5.3.10 注塑模主要构件加工工艺过程介绍	201

第6章 注塑件模具结构成型痕迹技术与仿制及复制技术	204
6.1 注塑件模具结构的成型痕迹	204
6.1.1 注塑件上成型痕迹的解读	205
6.1.2 注塑件上模具结构成型痕迹的识别	209
6.2 注塑件上痕迹技术的应用	212
6.2.1 注塑件上模具结构成型痕迹的应用	212
6.2.2 模具结构缺陷的分析与整治	215
6.2.3 注塑样件上的模具结构成型痕迹与模具结构方案	215
6.2.4 注塑件上注塑模结构成型痕迹的校核作用	216
6.2.5 注塑件上的注塑模结构成型痕迹与缺陷痕迹的整治	216
6.3 注塑模的仿制技术和复制技术	216
6.3.1 注塑模的仿制技术	217
6.3.2 注塑模的复制技术	219
6.3.3 注塑模的修复技术	221
6.3.4 成型加工痕迹技术的内容	222
6.3.5 成型加工痕迹技术的应用	222
6.4 注塑件上的模具结构成型痕迹技术与成型痕迹学	223
6.4.1 注塑件上模具结构的成型痕迹技术	224
6.4.2 注塑模缺陷的预期分析	227
6.4.3 注塑件缺陷痕迹医院（诊所）	229
6.4.4 痕迹学	230
第7章 注塑件成型加工痕迹与缺陷的整治	231
7.1 注塑件上部分常见成型加工痕迹的特征及其原因分析	231
7.1.1 缩痕	232
7.1.2 流痕	234
7.1.3 填充不足	235
7.1.4 熔接痕	236
7.1.5 银纹	237
7.1.6 喷射痕	238
7.1.7 变色	238
7.1.8 气泡	239
7.1.9 成型痕迹的分类	240

7.2 注塑件上缺陷的分析与整治	241
7.2.1 注塑件上成型加工痕迹的分析与判断	242
7.2.2 注塑件上缺陷痕迹的图解分析法	243
7.2.3 注塑件缺陷整治实例	243
7.3 注塑件成型加工痕迹的整治技术	245
7.3.1 与模具浇注系统相关的成型加工痕迹技术	245
7.3.2 与模具结构相关的成型加工痕迹技术	250
7.3.3 与塑料品种和成型加工参数相关的成型加工痕迹技术	252
7.3.4 与成型设备相关的成型加工痕迹技术	258
7.4 注塑件缺陷与注塑模浇注系统的设计	259
7.4.1 浇口形式的选择原则	259
7.4.2 确定浇口的因素	260
7.4.3 多型腔模的浇口	261
7.4.4 浇注系统产生的缺陷分析图	263
7.4.5 浇注系统产生的缺陷分析实例	264
第8章 注塑件缺陷的综合整治辩证方法论	268
8.1 注塑件缺陷的综合论治	268
8.1.1 注塑件缺陷综合整治方法的分类	268
8.1.2 注塑件缺陷综合整治的方法	269
8.2 注塑件缺陷的 CAE 预测法	271
8.2.1 注塑模计算机辅助工程 (CAE) 分析	271
8.2.2 注塑模计算机辅助工程 (CAE) 分析的内容和功能	272
8.2.3 注塑模计算机辅助工程 (CAE) 分析实例	273
8.3 注塑件缺陷的图解预测法	275
8.3.1 注塑件缺陷图解预测法的原理	275
8.3.2 注塑件缺陷图解预测法的分析图	275
8.3.3 注塑件缺陷图解预测法实例分析	275

8.4 注塑件缺陷原因排查法	280
8.4.1 注塑件缺陷原因排查顺序	281
8.4.2 注塑件缺陷原因排查表	281
8.4.3 注塑件缺陷原因排查实例	281
8.5 注塑件缺陷痕迹法	283
8.5.1 注塑件缺陷痕迹的识别	283
8.5.2 注塑件的缺陷痕迹技术	283
8.5.3 注塑件缺陷痕迹技术分析实例	284
8.6 注塑件缺陷的综合辩证论治	285
8.6.1 注塑件缺陷综合辩证论治的应用	285
8.6.2 缺陷综合辩证论治的作用	285
8.6.3 缺陷综合整治辩证法的应用和相互验证	286
8.6.4 注塑件缺陷综合辩证论治实例	288
第9章 注塑模型腔和型芯及装配总图的设计	293
9.1 注塑模装配总图的设计	293
9.1.1 注塑模装配总图设计之前的准备资料	293
9.1.2 注塑模装配总图的绘制	295
9.1.3 注塑模装配总图绘制举例	296
9.2 注塑模装配总图的三维造型及向二维图样的转换	302
9.2.1 溢流管的三维造型	302
9.2.2 溢流管注塑模的三维造型	303
9.2.3 溢流管注塑模三维造型向二维图的转换	304
9.2.4 溢流管注塑模的二维总图	304
9.3 注塑模主要零部件的三维造型和零件图的绘制及其加工	306
9.3.1 行李箱锁主体部件注塑模主要零部件零件图的绘制及其加工	306
9.3.2 标准模架的补充加工	308
9.3.3 溢流管注塑模动、定模型芯与长型芯的三维造型和二维零件图	308
附录	314
附录 A 本书各种分析图中所用符号	314
附录 B 注塑件成型时常见缺陷及分析	318
参考文献	323

第1章

概论

“我们的时代将是聚合物的时代”，保罗·约翰·弗洛里在获得诺贝尔化学奖时这样说道。塑料已经在很长的一段时间内改变了人类的生活方式。可以设想一下，一个人或一个家庭，甚至是一个企业或一个国家，倘若现在没有塑料的产品，将会是一种什么样的情况。塑料是一种新型的工业材料，塑料工业也是一门新兴的工业。模具是塑料成型生产中的重要工艺装备，模具工业水平的高低已成为衡量一个国家工艺技术水平的重要标志。美国工业界认为“模具工业是美国工业的基石”；日本经济界则称“模具是促进社会繁荣富裕的动力”；我国模具界认为“模具是改变落后工业状况的实用技术之一”。

在世界经济飞速发展的今天，制造业基地已经转移到了我国，因此我国被称为“世界的加工厂”。模具是制造业中不可缺少的基础装备，现在我国的模具生产总量仅次于美国已居世界第二位，超过了德国和日本，成为名副其实的模具制造大国。我国的模具生产企业已达3万余家，从业人员近百万人之多。进入新世纪后，我国的模具销售额以平均每年20%左右的速度递增，2011年模具销售额已达1240亿元，而塑料模在模具总量中的比例已达到45%左右。但是，至今我国仍不能算是世界模具强国，我国模具工业就总体水平而言要比工业发达的国家落后15年左右。我们要想从模具制造大国跨入到模具制造强国的行列，就必须首先要在模具制造理论和模具制造技术上达到世界强国的水平。

任何事物都具有一定的特性和规律，例如火、水和空气，它们都具有许多的特性，对于我们来说都存在着利和弊的两重性。注塑件成型与模具之间存在着对立与统一的辩证关系，也存在着一定的规律和法则，还存在着内在有机的联系。不管注塑件如何千变万化，注塑模的结构设计都要依据注塑件的材料、形状、尺寸、精度和技术要求等条件的原则不会变。那么，注塑件上总是会存在着影响模具结构方案的因素，我们只要将这些因素提取出来，再寻找出模具结构上能适应这些因素的措施及机构，这样模具的结构方案就可以制订出来。模具结构方案可能存在着多种形式，那就必须找出最佳优化方案。与此同时，还必须对模具结构方案中可能会产生的注塑件成型加工缺陷作出分析，从而在制订模具结构方案时，就应该预先考虑到如何避免产生注塑件的成型加工缺陷。只有如此一环扣一环地进行周密的分析与论证，才能正确而有效地确定模具的结构方案。如此，注塑件上影响模具结构方案的因素就是注塑件的内在条件，而模具结构上适应这些因素的措施及机构就是注塑件与注塑模之间的纽带和桥梁。除此之外，模具结构方案的论证，是检验模具结构方案的标尺和手段。只有严格地遵守这些注塑模设计的程序，才可以确保注塑模设计的正确性。模具的试模是最后检查模具设计、制造，成型设备的选用，成型工艺的制订，注塑件用材的选取及注塑件设计的总标杆。

本书内容主要包括注塑模设计辩证方法论、注塑件上的痕迹与痕迹技术以及注塑件上缺

陷综合整治辩证方法论。由这三部分便组成了一个完整的、科学的注塑模结构方案分析与论证体系，并且它们之间是整体不可分割的，缺少哪一部分都会给模具结构方案的制订带来不足，甚至是不可弥补的损失。注塑件零件图与注塑模及注塑件成型的辩证法关系图，如图 1-1 所示。

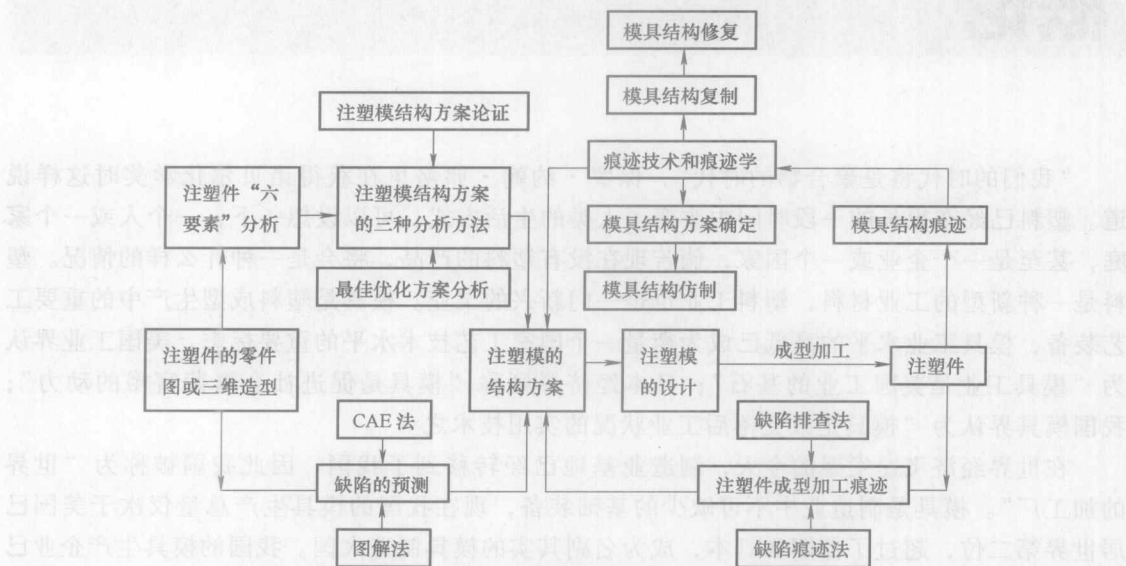


图 1-1 注塑件零件图与注塑模及注塑件成型的辩证法关系图

(1) 注塑模设计辩证方法论 其内容包括注塑件形体分析的“六要素”，注塑模结构方案“三种分析方法”和论证，注塑模最佳优化方案的分析与论证，注塑模薄弱构件的强度和刚性校核，以及对注塑件产生的缺陷进行预期分析。

(2) 注塑件上的痕迹与痕迹技术 注塑件上存在着两种痕迹：一是注塑模结构成型痕迹，它可用于确定注塑模的结构和进行模具的论证，注塑模与注塑件的仿制和复制，还可以用于注塑模的修复。二是注塑件成型加工的痕迹，主要是通过注塑件上痕迹的识别，并应用注塑件成型痕迹技术来达到整治注塑件缺陷的目的。

(3) 注塑件缺陷综合整治辩证方法论 其要点是以预防缺陷为主，整治缺陷为辅的策略。辩证综合整治方法包含有两种缺陷预测的方法，两种缺陷整治的方法。一是 CAE 缺陷预测法，该法现在应用很普遍，但其目前只能应用在熔接痕、缩痕、填充不足和内应力分布位置的分析上。而注塑件缺陷多达几十种，CAE 缺陷预测法便无法进行分析，并且对其他成型加工方法也无法进行分析。二是缺陷预测图解法，该方法可以应用于所有的缺陷和成型加工的预期分析。通过预期分析可以将大部分或全部的缺陷解决在成型件设计或成型模结构方案分析阶段。三是缺陷排查法或排除法，这是对注塑模试模时所发现注塑件上存在着的缺陷进行整治的一种方法。这种方法通过找出影响注塑件上缺陷的所有因素，用排查或排除法找出其产生的原因后再加以整治。四是缺陷痕迹技术法，通过对注塑件上缺陷痕迹的识别，运用注塑成型的痕迹技术，找出缺陷产生的原因和整治缺陷的措施。

(4) 超级精度注塑件的成型加工工艺方法 这是一种加工制造公差不超过 0.01mm、圆柱度误差为 0.002mm，并且要求两件多孔位注塑件孔距完全一致的加工工艺方法。

1.1 注塑模结构设计辩证方法论

目前,国内外模具设计的理论还只是停留在基础理论和专用理论的层次上,或者说是停留在初级理论和入门的水平上。它们只能够解决一些简单的注塑模设计问题。现在缺乏一种深层次的技术理论,一种具有逻辑性的、整体的辩证方法论来指导注塑模的设计和制造工作。这就使得在注塑模设计的复杂性和困难性面前,许多注塑模设计人员无所适从。

1.1.1 注塑模设计辩证方法论理论的产生

众所周知,从高分子材料过渡到塑料件,中间是靠模具来成型的。模具设计的基础和入门理论,显然已经不能满足现在对复杂和精密注塑模设计的需求,这样就需要有一种能够满足现在日益迫切需求的理论来指导注塑模的设计,而国内外所出版的相关技术资料绝大多数只是论述了成型注塑件具体模具结构的个案。要解决注塑模设计中的高难度技术问题,则需要深层次的理论。现在比较缺乏适用于包括塑料模在内的型腔模的通用性和深层次的指导性理论,这就造成了注塑模设计和制造工作的困难。现在急需解决的是高精度和复杂注塑模设计中所存在的越来越突出的理论缺失问题。

1. “注塑模设计”的现状与存在的问题

我们注意到我国模具行业中存在着如下的现状:在与许多模具专业的本科生或研究生进行交流时,会发现他们的基础知识掌握得很扎实,在谈及模具设计的基本知识时可以对答如流。但当给他们一个注塑件的造型或二维图,让他们提出具体的模具结构方案或进行注塑模设计时,他们就会感到力不从心,有的甚至根本不知道该如何下手。许多已经从事模具设计很多年的人员,对注塑模的设计该从何处下手也都十分茫然,甚至对如何进行注塑件的形体分析都搞不清楚。就是从事模具设计十几年,甚至二十多年的人员,对注塑件出现的缺陷顽症也常显得束手无策,总觉得注塑模设计很难,无规律可循、无法则可依、无技巧可寻。他们不知道注塑模设计的程序,甚至是模具图样设计出来了也不知道模具设计的对错。他们不懂得如何进行注塑模结构方案的可行性分析与论证,更不懂得如何进行注塑模结构最佳优化方案的可行性分析与论证。这些都是模具行业中普遍存在的问题。而现在复杂和精密注塑模动辄几十万元甚至是上百万元,如果不对模具的设计进行可行性分析与论证,其风险将会大大增加。再者,在注塑件设计和确定注塑模结构方案时,设计人员除了使用 CAE 法之外,很少再用其他方法进行注塑件缺陷的预测。实际工作中一般是采用边试模边排查边修模的方法来整治注塑件的缺陷,这样便造成了试模合格率较低的后果。

2. 注塑模设计辩证方法论的程序

任何注塑模具的设计都是要根据注塑件图样的要求来进行的,注塑零件图或造型应该是注塑模设计的唯一依据。那么注塑件上一定存在着影响注塑模结构的因素,这些因素归纳起来就是注塑件形体分析的“六要素”。换句话说,提取注塑零件图或造型中的“六要素”,就已经是在对注塑件进行形体分析了,而应用“六要素”进行分析,是量化了,并且更加具体化和条理化了而已。在注塑件形体分析“六要素”的基础上,又提出了解决模具结构方案可行性的“三种分析方法”。注塑模结构方案的确定,就是进行注塑件形体“六要素”的分析和注塑模结构方案可行性“三种分析方法”分析的结果,之后才是模具结构最佳优

化方案的确定。

注塑模设计的程序如下：注塑件形体“六要素”分析→注塑模结构方案可行性分析→注塑模结构最佳优化方案的分析→注塑模机构的选用→注塑件缺陷的预期分析→注塑模结构方案的确定→注塑模的设计和造型。

注塑模结构方案论证的过程是上述过程的逆过程，其作用是检验模具结构方案分析的正确性和完善性。可见注塑模结构方案可行性分析与论证的程序是一环扣一环，严密而紧凑，并具有逻辑性和趣味性的。只有遵守了注塑模设计的程序，注塑模的设计才不会出现失误，并且可以极大地提高试模合格率。

3. 注塑模设计辩证方法论的特点

“注塑模设计辩证方法论”的理论，是建立在长期的注塑模设计基础之上的。该理论运用了逻辑性推理分析、论证及验证的方法，全面而系统地阐述了注塑模设计的技巧。其中，有一些是曾经使用过的技术和方法，一些是现有注塑模设计经验的总结，当然，还有一些是创新的技术。因此，一些内容看上去很熟悉，一些又很陌生，这就不足为奇了。“注塑模设计辩证方法论”将许多实用的技术汇集在了一起并对其加以提升。如在行业中传播和应用已久的“内扣”“倒扣”和“暗角”的概念，在解决型腔模设计上起到了很大作用。但这几个概念存在着局限性和随意性，许多的模具结构无法用它们来解释。因此我们用“障碍体”代替了“内扣”“倒扣”和“暗角”的概念，“障碍体”有显性、隐性、凸台式、凹坑式和内外弓形高“障碍体”之分，也有“内扣”和“暗角”形式的障碍体，这样任何型腔模的结构就都能够解释得通了。

1.1.2 注塑模结构方案可行性分析与论证的过程

注塑模设计的主要过程：先是要进行注塑模结构最佳优化方案的可行性分析和论证，其内容是注塑件形体“六要素”的分析，注塑模结构方案的可行性分析和论证，注塑模结构最佳优化方案的可行性分析和论证，以及注塑件上缺陷的预期分析。在注塑模结构最佳优化方案和机构确定之后，具体的模具设计和造型就相对简单了。因为注塑件上缺陷整治和预期分析的技术，要使用到注塑件的痕迹与痕迹技术。注塑模结构方案分析与论证及注塑件痕迹技术内容，如图1-2所示。

1.1.3 注塑模设计辩证方法论的内容

注塑模结构最佳优化方案的可行性分析与论证：从注塑件图样或造型上影响注塑模结构的形体“六要素”分析开始，即要将注塑件图样或造型上的“形状与障碍体”“型孔与型槽”“变形与错位”“运动与干涉”“外观与缺陷”及“塑料与批量”等要素找对和找全。然后运用确定模具结构方案的“三种分析法”，即“痕迹分析法”、“常规分析法”和“综合分析法”，就能够很快地初步确定模具的结构方案。但此时模具存在着多种结构方案，有简单可行的，有复杂可行的，还有不可行的错误方案。通过论证找到模具结构的最佳优化方案之后，还需要对模具的薄弱构件进行强度与刚度的校核。注塑模方案还要对注塑件成型加工过程中可能会产生的缺陷进行预期分析，再根据预期分析的结论调整模具的结构方案。这样才能最终确定注塑模的结构方案，最后才可以着手模具的设计或造型工作。

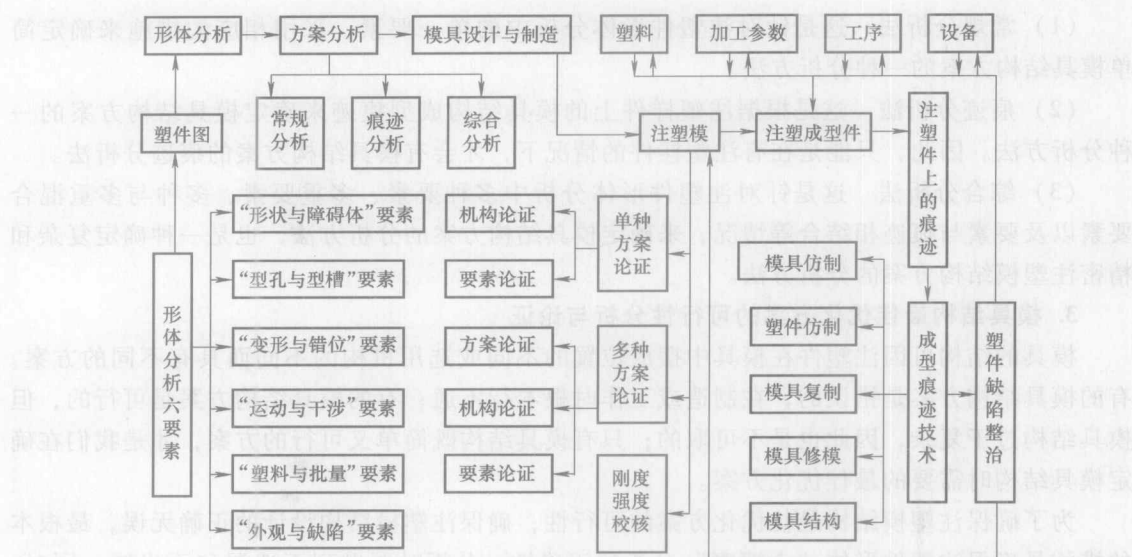


图 1-2 注塑模结构方案分析与论证及注塑件痕迹技术内容

1. 注塑件形体分析“六要素”简介

在注塑件形状、尺寸、精度和技术要求众多的情况之下，如何去繁就简、由表及里地提取注塑件上影响模具结构的要素是我们必须要面对的首要课题。

(1) “形状与障碍体”要素 “形状”是注塑件上决定模具型腔与型芯的形状、数量和模架的形式、大小，以及浇注系统形式的形体要素。“障碍体”是注塑件上妨碍模具各机构运动以及型腔与型芯加工的形体要素，也是影响模具分型面的选取、模具抽芯与脱模机构的设计以及型腔与型芯加工的主要因素。

(2) “型孔与型槽”要素 “型孔与型槽”是注塑件上存在着的各种孔与槽要素，是影响模具型芯、活块、镶嵌件、嵌件杆和抽芯机构设计的主要因素。

(3) “变形与错位”要素 “变形与错位”是注塑件上影响注塑件变形与错位的形体要素，是影响模具分型面选取，模具抽芯和脱模机构的精确定位以及导向机构设计的因素，也是影响模具采用何种机构来避免注塑件因内应力和外力的作用而产生变形的因素。

(4) “运动与干涉”要素 “运动”是注塑件上影响模具各运动机构设计的因素。“干涉”是注塑件上影响模具各运动构件间以及运动构件与静止构件之间产生运动碰撞的形体要素，是使模具产生运动碰撞的主要因素。

(5) “外观与缺陷”要素 “外观与缺陷”是注塑件上影响其外观的形体要素，是注塑件上影响注塑模方案的选择、模具分型面选取、模具抽芯、脱模机构、浇注系统设计和注塑件在模具中的摆放位置及精确定位结构设计的主要因素。

(6) “塑料与批量”要素 “塑料与批量”是注塑件上影响模具用钢和热处理方式的选择，模具寿命，模具简易机构，以及自动机构设计的主要因素。

2. 模具结构方案的可行性分析与论证

从注塑件形体分析中找出影响模具结构方案的“六要素”，只能说是完成了制订模具结构方案的基础工作。此时，还应该运用模具结构方案的“三种分析方法”来确定模具结构

的具体方案。

(1) 常规分析法 这是针对注塑件形体分析中的单一要素,采用相应的措施来确定简单模具结构方案的一种分析方法。

(2) 痕迹分析法 这是根据注塑样件上的模具结构成型痕迹来确定模具结构方案的一种分析方法。因此,只能是在有注塑样件的情况下,才会有模具结构方案的痕迹分析法。

(3) 综合分析法 这是针对注塑件形体分析中多种要素、多重要素、多种与多重混合要素以及要素与痕迹相结合等情况,来确定模具结构方案的分析方法,也是一种确定复杂和精密注塑模结构方案的分析方法。

3. 模具结构最佳优化方案的可行性分析与论证

模具的结构可因注塑件在模具中摆放位置的不同或选用机构的不同而具有不同的方案。有的模具结构方案是错误的,在制造或工作时根本行不通;有的模具结构方案是可行的,但模具结构过于复杂,因此也是不可取的;只有模具结构既简单又可行的方案,才是我们在确定模具结构时需要的最佳优化方案。

为了确保注塑模结构最佳优化方案的可行性,确保注塑模结构设计正确无误,最根本的措施是确保注塑件形体“六要素”分析的正确性。分析时要做到不遗漏和不出错,同时,要有到位的措施来解决形体分析中出现的各种问题。此外还应当保证模具结构方案是最佳优化方案,采用的模具机构恰到好处,模具薄弱构件的强度和刚度的校核正确,这样,模具的最终结构方案才会正确无误。注塑模结构最佳优化方案的论证,是确保注塑模结构方案正确性的重要保证。模具,特别是复杂和造价高的模具,一定要对其结构的最佳优化方案进行论证以及强度与刚度的校核。

4. 注塑件的缺陷痕迹超前分析

在产生了缺陷之后,注塑件就是次品,甚至是废品。因此,对这些缺陷是要进行根治的。这种产生了缺陷再整治的方法,是劳民伤财的被动办法。若能在模具结构方案确定之前就对可能产生的注塑件缺陷进行预期的分析,找出模具结构方面对注塑件缺陷产生影响的原因,这样就能赢得主动。也就是说在模具结构方案制定之时,就应该充分考虑可能会产生的注塑件成型缺陷。注塑件缺陷的超前分析,是模具结构方案制定的重要内容之一,但也是现在模具设计人员常常忽视的一点。

1.2 注塑件上的痕迹及其痕迹技术

在成型加工时,往往会在注塑件上留下一些缺陷(或称为弊病),这已是不争的事实。注塑件上哪怕只存在一种缺陷,该注塑件也会被认定为不合格的产品。因此,如何整治注塑件上的缺陷,一直是注塑件成型加工中十分重要的内容和课题。通过观察会发现,大多数缺陷都会以各种形式的痕迹表现出来,许多的缺陷可以直接通过注塑件表面上的痕迹观察到,并作出相应的判断;而有些缺陷则隐藏在注塑件的内部,是无法直接观察到的。又如内应力,只有随时间的延续,通过注塑件的变形或出现的裂纹才能间接地观察到。因此,对注塑件上痕迹的研究就为整治注塑件上的缺陷提供了一条新的途径。以注塑件上的痕迹为线索来整治其缺陷的技术就被称为成型痕迹技术。