

ZHUSU ZHIPIN ZHILIANG JI CHENGBEN KONGZHI JISHU

注塑制品质量 及成本控制技术

——系统成型及型腔压力控制

张甲琛 编



化学工业出版社

注塑制品质量 及成本控制技术

——系统成型及型腔压力控制

张甲琛 编



化学工业出版社

· 北京 ·

本书以塑料制品质量控制技术为主线, 主要介绍了塑料成型成本控制、塑料制品设计及塑料原料选择、塑料模具设计、注塑机结构及控制、系统成型工艺、型腔压力技术、系统成型策略及常见缺陷分析等内容。本书突出的特点是系统阐述了塑料制品生产中节约成本、降低消耗以及提高生产厂家利润的方法。

本书适合从事塑料加工的技术人员和管理人员阅读参考。

图书在版编目 (CIP) 数据

注塑制品质量及成本控制技术/张甲琛编. —北京:
化学工业出版社, 2010.7

ISBN 978-7-122-08267-1

I. 注… II. 张… III. ①注塑-塑料制品-质量控制②注塑-塑料制品-成本管理 IV. TQ320

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2010) 第 068890 号

责任编辑: 王苏平

文字编辑: 冯国庆

责任校对: 周梦华

装帧设计: 张 辉

出版发行: 化学工业出版社 (北京市东城区青年湖南街 13 号
邮政编码 100011)

印 装: 北京市兴顺印刷厂

850mm×1168mm 1/32 印张 7 $\frac{3}{4}$ 字数 145 千字

2010 年 7 月北京第 1 版第 1 次印刷

购书咨询: 010-64518888 (传真: 010-64519686) 售后服务: 010-64518899

网 址: <http://www.cip.com.cn>

凡购买本书, 如有缺损质量问题, 本社销售中心负责调换。

定 价: 26.00 元

版权所有 违者必究

自从学习了美国 RJG 公司的注射成型技术（RJG 公司注册为 Decoupled MoldingSM，后文简称 RJG 成型技术），开始在中国、马来西亚等亚洲地区用中文讲授 RJG 成型技术以来；发现这些地区的大多数注塑从业人员基本上还停留在传统工艺阶段，对系统成型技术（或称作科学成型技术）的认识还很不够，尤其是本土企业。外资企业（尤其是欧美投资的企业）对科学成型技术的认识相对深刻一点。

系统成型，是关于建立和维护稳固与可重复工艺的策略。常缩写为 Six-Sigma 注射成型，包括对注射成型系统的透彻认识，对所有工艺设置原因的明确掌握，全面的工艺文档记录，以及出现问题时的系统的问题解决方法。

经过几年的注塑课程讲授和与客户的交流中，发现很多企业目前的注塑生产管理和技术方法与国际先进水平有一定差距。近些年来，随着社会的发展，人们生活水平的提高，人们对所消费产品的品质要求也越来越高。生产塑料制品的注塑企业面临着巨大的挑战。塑料制品的品质控制问题显得越来越突出。以前传统的塑料制品品质控制方法已经不能满

足客户的需求。由于竞争环境的变化，很多企业也认识到了这方面不足，开始寻找新的方向。我也接到越来越多的咨询电话。也许是系统成型的方法和传统成型的差异，经常碰到很难在短短几句话内给客户解释清楚什么是系统成型的情况。因此，我也在思考如何能帮助更多的注塑企业更快地了解并掌握系统成型技术，对注塑生产进行科学管理。由于经济成本、时间安排方面的因素，能够通过上课方式学习到系统成型方法的企业少之又少。我考虑了很久，最后还是决定，把我在美国所学的知识 and 这几年帮助一些企业成功推行系统成型技术的经验整理出来，供更多的人参考。科学的塑料制品品质控制方法必将对注塑企业带来新的希望。我也衷心希望能够帮助正在探索科学成型技术的同仁。同时，也希望有不同见解的同仁不惜赐教，相互探讨，为我们国家注塑行业的技术进步共同努力。由于编者水平有限，书中不足之处在所难免，不当之处恳请广大读者批评指正。

作者 Email: chero_szb@21cn.net。

张甲琛 于深圳
2010 年 6 月

目 录

第一章 注射成型概述及成型经济学	1
第一节 注射成型概述及四变量	3
一、注射成型概述.....	3
二、塑料四变量.....	4
第二节 注射成型经济学概述	5
一、注塑加工企业的销售概况	5
二、生产周期对盈利能力的影响.....	7
三、不良率对盈利能力的影响.....	8
四、型腔数对盈利能力的影响.....	9
五、可盈利成型工艺的四要素	11
第二章 塑料制品设计及塑料原料	13
第一节 塑料制品设计	15
一、成功的注射成型开始于良好的塑料制品设计 ...	15
二、塑料制品设计有两个基本的要求：功能性和工 艺性	16
第二节 塑料原料	25

一、塑料的来源	25
二、聚合物分子链与塑料的工艺性	26
三、聚合物降解	29
四、塑料的添加剂	31
五、加工过程中回收料的进一步利用	32
六、塑料的分类	34
 第三章 注塑模具设计	39
第一节 型芯和型腔	42
一、模具按型腔数的分类及流动平衡	42
二、模分形面和脱模方向的选择	48
三、模塑料制品的飞边	50
第二节 浇注系统设计	51
一、主流道及其脱模	51
二、浇注系统分流道的设计	54
三、流道的关键尺寸	60
四、浇口设计	62
第三节 排气系统的设计	65
第四节 冷却系统设计	67
第五节 顶出系统设计	70
 第四章 注塑机结构及控制	75
第一节 注射成型系统	77
一、模具	77

二、注射单元	78
三、锁模单元	78
四、辅助设备	79
第二节 注射单元的结构及部件	80
一、螺杆的结构	82
二、螺杆头的结构及作用	85
三、止逆环泄漏	87
四、料筒的结构	88
五、进料口温度控制	90
六、载荷敏感度	91
七、速度线性度	93
第三节 锁模单元	94
一、锁模机构的类型	95
二、开合模分段设置	97
三、锁模力的计算	102
四、注塑机模板变形和模具变形	104
第四节 液压传动基础	107
一、液压系统	108
二、帕斯卡定律	108
三、注塑机液压系统的三个法则	109
四、注塑机的强化率	110
五、注射成型工艺综合计算范例	112
第五节 注塑机控制	115
一、熔化塑料过程的关键就是温度控制	116

二、注射阶段	117
三、保压阶段	119
四、其他控制	119
第六节 注塑机安全	120
第五章 系统成型工艺	123
第一节 注射成型的工艺方法	125
一、工艺过程的定义	125
二、传统注射成型的工艺方法	127
三、系统成型工艺	128
第二节 温度控制	128
一、注塑机料筒温度控制器的温度设置	129
二、塑料温度的测量	133
第三节 填充控制	135
一、有效黏度曲线	136
二、标准的两阶段工艺	139
三、喷射	141
四、喷泉流动	142
五、分子取向	144
六、填充阶段的工艺监控	145
七、填充阶段的工艺数据记录	146
第四节 补缩及保压过程控制	147
一、补缩时间	148
二、保压时间	148

三、保压压力·····	152
四、其他相关控制·····	153
第五节 冷却控制·····	155
一、冷却时间的确定·····	156
二、塑料冷却过程·····	157
三、传热学基础·····	157
四、冷却效率相关的其他因素·····	159
五、冷却速率对塑料制品品质的影响·····	163
六、总结·····	163
 第六章 型腔压力技术·····	 167
第一节 成型工艺变量监控及曲线解读·····	169
一、关键位置工艺变量的监控·····	169
二、型腔压力设备及工艺曲线的介绍·····	171
三、工艺曲线解读·····	178
四、实例练习·····	186
第二节 三阶段成型工艺及 100% 的品质保证 ·····	194
一、三阶段成型工艺·····	195
二、利用型腔压力技术进行品质监控·····	199
第三节 型腔压力技术与热流道系统的组合应用·····	201
一、热流道模具相对于冷流道模具的优点 ·····	202
二、热流道模具相对于冷流道模具的缺点 ·····	202
三、型腔压力技术与针阀式热流道系统结合 应用·····	 203

第七章 系统成型策略及常见缺陷分析	209
第一节 标准两阶段/三阶段成型工艺开发流程	211
第二节 塑料制品常见缺陷的分析	221
一、飞边.....	221
二、飞边和短射同时发生.....	223
三、表面凹陷.....	223
四、气泡.....	224
五、冲花.....	225
六、尺寸变化.....	225
七、熔结线.....	226
八、短射.....	226
九、翘曲.....	227
十、烧焦.....	229
十一、黑斑.....	229
十二、喷射	230
十三、变脆	230
十四、断裂和裂纹	230
十五、波纹和流痕	231
参考文献	232



第一章

注射成型概述及成型经济学

第一节 注射成型概述及四变量

一、注射成型概述

简单地从塑料的变化过程来说，注射成型过程如图 1-1 所示。

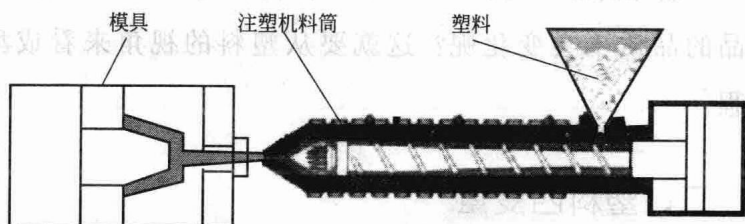


图 1-1 注射成型过程示意图

第一步：塑料进入料筒在料筒里加热熔化。

第二步：螺杆把塑料注射进模具型腔里。

第三步：塑料在模具里冷却凝固成型。

第四步：出模。

这个过程看起来很简单，但是，对于大多数塑料制品来说，由于塑料的特性和加工设备的复杂性，因此注射成型是相当复杂的。几乎每一个注塑厂都会存在注射过程不稳定、制品缺陷不可避免等问题。曾经在一个客户的工厂里讲课

时，生产一线的技术人员反映，在生产过程中要不停地“调机”（调整工艺参数），甚至每天多达十几次，几乎每小时都要调整。对此，每个人的看法也不同，有人说注塑机不稳定，有人说模具不好等。这里就反映了成型过程的复杂性，为什么会这样？由于成型过程中加热/注射/冷却的设备控制过程中有很多变量存在，尤其是注射过程。比如：料筒温度、液压系统流动速率、液压压力、液压油温度、锁模力、环境温度、湿度、设备磨损等。表面上看，确实很复杂；所以，生产过程中，注塑机的工艺参数没变，但是，生产出来的塑料制品的品质会变化。那么，如何做到生产出来的塑料制品的品质不会变化呢？这就要从塑料的视角来看成型过程。

二、塑料四变量

如果换个思路来看会如何？抛开设备变量，从“塑料的视角”来看成型过程中的工艺变量。因为整个成型过程中，决定塑料制品品质的根本因素是塑料在“熔化、流动、压缩、冷却、凝固”过程中其本身的变化。这个过程中只包含塑料的四个关键工艺变量。这四个变量就如下：

第一，塑料温度，是指塑料在注射过程中的温度分布；

第二，塑料流动，是指塑料在注射过程中型腔内的剪切速率分布；

第三，塑料压力，是指塑料在注射过程中型腔内的压力

分布；

第四，塑料冷却，是指塑料在注射结束后型腔内的冷却速率分布和冷却过程持续的时间。

如果这四个关键工艺变量在每个成型周期中都保持不变，那么，每个周期生产出来的制品品质就不会变化。后面的章节将会围绕着塑料的四个关键工艺变量详细讨论科学的成型方法。

关键点：

一致的注塑机工艺参数并不能保证生产出品质一致的塑料制品；

一致的塑料四变量才能够确保生产出品质一致的塑料制品。

第二节 注射成型经济学概述

所谓注射成型经济学，就是指研究什么因素影响注塑企业的盈利能力的学科。以下将会从注塑生产工艺技术的角度简单地阐述一下影响注塑企业盈利能力的关键因素。注塑企业尤其是目前中国的很多单纯靠注塑加工生存的企业，更需要了解影响注塑企业盈利能力的关键因素。

一、注塑加工企业的销售概况

注塑加工企业到底在卖什么？在我以往的课堂上，大部

分的学员都会回答：“塑料件”、“合格的制品”等。从某种角度讲，这种答案也对。我再问，你们给客户报价是根据什么来报？有些职位较高的管理人员就很明确了，是根据注塑机加工的时间。这就对了，我们卖的不是塑料件，而是时间，严格来讲是注塑机的加工时间。对于专业的注塑生产企业来讲，就相当于在出租注塑生产设备和人员。

所以，一定要理解，我们在卖什么，才可以考虑更多的利润从哪里来。我在讲课过程中，讲到这里时，很多学员有争议。因为前些年处于发展初期，对于很多注塑企业来说，注塑加工毛利润很高，品质要求很低；做生意不用精打细算，总之，有生意做就有钱赚。但是，近几年就不同了，有活干，但不一定有钱赚。在珠江三角洲地区，有不少这样的注塑厂。注塑生产很忙，但没钱赚。还有很多老板跟我讲，忙到头来不但没钱赚，还亏钱。我深入了解过不少这样的注塑厂。概括来讲，有以下几个方面导致有活干而没钱赚。

第一，生产周期太长，而且不受控制；外资企业 10s 生产一件的，他们要 20s 或更长。

第二，品质不稳定，不合格品太多；没有科学的工艺方法，生产不稳定，每天不停地调整注塑机参数。

第三，品质检查成本高，花费很多人力财力进行检查和挑选不合格品，处理不合格品。

第四，生产前的调机打样花费太多时间、人力、物料等；我就碰到过这样的情况，模具装好到注塑机上了，客户等着要货，两三天后还生产不出合格品来。