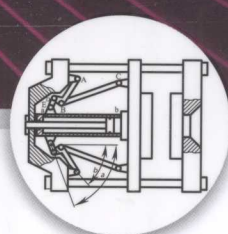
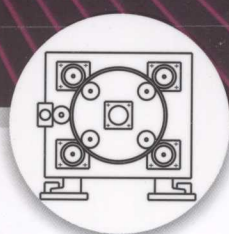
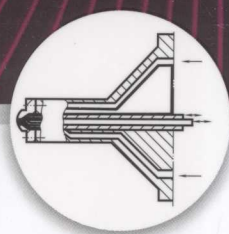
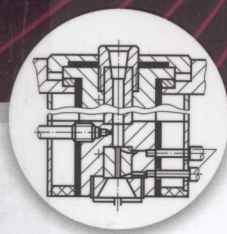


ZHUSU GONGYI YU SHEBEI

# 注塑工艺与设备

王兴天 编著



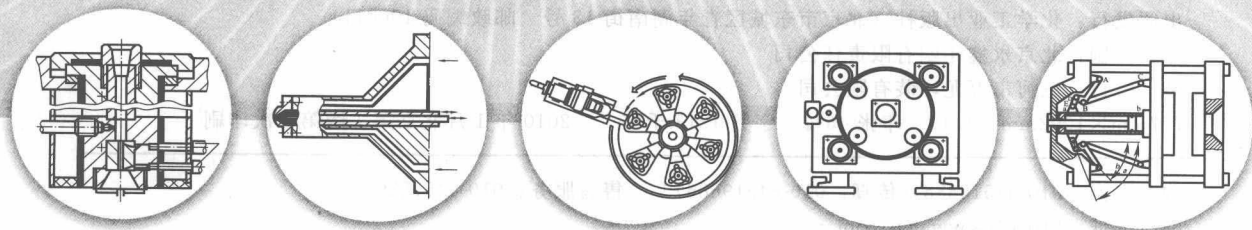
化学工业出版社



# ZHUSU GONGYI YU SHEBEI

# 注塑工艺与设备

王兴天 编著



化学工业出版社

北京香厂路 97 号

· 北京 ·

本书以塑料加工及其设备方面如何节约资源、节省能源、高效生产和降低成本为中心，从材料到工艺，从加工方法到设备，进行了较为全面、系统的论述。

本书内容广泛，系统性强，重点突出，语言精练，图文并茂，既有一定的理论深度，又有较丰富的生产实践，并在较充分地总结前人理论与实践的基础上，加上作者多年在教学、科研、生产实践和技术创新方面的成果，以抛砖引玉的形式为本专业的读者进一步创新提供了一定的理论和技术支持。

本书实用性较强，既可供从事塑料加工及设备制造方面的中等、高等工程技术人员学习，也可供从事与本专业有关的中等、高等学校的学生、研究生、学者参考。

### 图书在版编目 (CIP) 数据

注塑工艺与设备/王兴天编著. —北京: 化学工业出版社, 2009. 11

ISBN 978-7-122-06693-0

I. 注… II. 王… III. ①注塑-生产工艺②注塑机  
IV. TQ320.66 TQ320.5

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2009) 第 170192 号

---

责任编辑: 王苏平  
责任校对: 凌亚男

文字编辑: 冯国庆  
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 刷: 北京永鑫印刷有限责任公司

装 订: 三河市万龙印装有限公司

787mm×1092mm 1/16 印张 46% 字数 1213 千字 2010 年 1 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: 98.00 元

版权所有 违者必究



# 前 言

读者期待已久的《注塑工艺与设备》一书即将与大家见面。

本书原本是对由化学工业出版社于1989年出版的《注塑成型技术》一书再版的修订，但是，由于国内外经济形势的变化，深刻地影响着塑料加工及设备制造业的变革，作为科学书籍理应为促进社会生产力的发展，为促进企业产品的结构调整和技术进步服务，因此在前书的内容和知识结构基础上重新编著。

中国于2001年加入了WTO，意味着中国企业要参加全球的竞争，这种竞争是生产力发展的竞争，也是技术创新的竞争。随后，又提出要建立“创新型社会”、树立“科学发展观”、发展“循环经济”和“节能减排”等方针，这就为本书的编著指明方向。

本书编著者力求创新。与原书相比本书在以下几方面有较大改进。

① 把“注塑工艺”与“设备”合编，主要考虑同时有利于从事塑料加工与设备制造两方面的广大读者，他们同以追求高效、节能的加工方式和生产高品质、高精度的注塑制品为目的。全书的写作纲要都是以追求制品质量和精度为核心，尽可能阐明注塑材料、注塑工艺和注塑设备之间密不可分的内在联系的规律。

② 本书增加许多新的注塑技术，如聚氯乙烯注塑、粉末黏结注塑、微发泡注塑、气辅注塑、水辅注塑、振动注塑以及微注塑等，因为这些技术都是与节省资源，提高产品性价比密切相关的。

③ 本书在机械、液压、电气等方面，都增加了一些新的内容，以利于读者更好地“创新”。

④ 本书在注塑材料分类方面，较传统有所改变，主要考虑有利于塑料加工、模具与设备的选用，按高分子的形态学、流变性能、热物理性能等在加工时的特征进行了分类。如聚氯乙烯塑料、热固性塑料、热塑性塑料、结晶型塑料、无定形塑料、热塑性增强塑料、热塑性弹性体等。

本人在编著本书时，正值担任“海天塑机集团”技术总顾问，承蒙得到“海天塑机集团”高层领导的支持与协助，借此向他们表示感谢！

本书在编著和出版过程中，始终得到化学工业出版社社长俸培宗的高度关注，责任编辑王苏平女士为此书出版付出辛勤的劳动！在此一并致谢！

最后，向长期关心、支持本书的广大读者致敬！在此深表歉意的是，本书虽然撰写达三年之久，但是仍觉时间紧迫没有写好，加之本书学科跨度较大，内容又繁杂，有不当之处，请广大读者批评指正。



**参编人员如下(以姓氏笔画为序):**

丁常楷 王兴天 王克俭 庄 俭 许家裕 李大寅  
杨于光 杨卫民 邱 炜 何亚东 张安震 张洪波  
张建国 林仁友 林 晖 竺诗昌 周君华 顾建华  
高世权 高杰林 钱 斌 郭杨萍 黄桂平 傅南红  
童佰努 谢鹏程

王兴天

2009年6月1日

# 目 录

## 第一篇 绪 论

### 第一章 注塑技术的发展

第一节 注塑技术的发展概况 .....	3
第二节 注塑理论的进展 .....	4
第三节 中国注塑技术与设备发展现状 .....	7
一、发展概况 .....	7
二、新时期中国塑料机械发展方向 .....	9
三、国内高校在推动塑机科技进步方面的作用 .....	10
四、中国塑料加工技术的努力方向 .....	11

### 第二章 注塑过程简介

第一节 注塑机的各部功能 .....	12
第二节 注塑机的工作过程 .....	14
一、工作过程 .....	14
二、注塑周期与工作循环 .....	18

## 第二篇 注塑技术基础

### 第一章 注塑材料性能

第一节 聚合物物理性能 .....	21
一、一般物理性能 .....	21
二、热物理性能 .....	25
三、降解及热稳定性 .....	27
第二节 聚合物表面性能与相容性能 .....	30
一、摩擦性能 .....	30
二、相容性 .....	32
三、表观密度 .....	32
第三节 聚合物力学特性 .....	32
一、形变与应力 .....	32
二、应力与时间 .....	33
三、形变与时间 .....	34

四、形变与温度 .....	35
五、黏弹性 .....	36
第四节 聚物流变性能 .....	37
一、概述 .....	37
二、牛顿型流体流变特性 .....	37
三、非牛顿流体流变特性 .....	41
四、关于流变性能的讨论 .....	44
五、流变数据在注塑中应用 .....	56

## 第二章 注塑原理

第一节 概论 .....	57
第二节 预塑原理 .....	58
一、柱塞式 .....	58
二、螺杆式 .....	62
第三节 充模原理 .....	73
一、充模阶段 .....	73
二、喷嘴流动 .....	74
三、模腔中流动 .....	79
第四节 增密、保压原理 .....	92
一、增密、保压 .....	92
二、保压流动 .....	93
第五节 冷却、定型原理 .....	97
一、熔体倒流 .....	97
二、冷却、定型 .....	98
三、脱模顶出 .....	99

## 第三章 注塑工艺参数

第一节 注塑工艺参数的选择与调整 .....	101
一、注塑参数 .....	101
二、合模参数 .....	110
三、温控参数 .....	112
四、注塑周期 .....	118
五、参数选择实例 .....	119
第二节 多级注塑 .....	122
一、多级注塑原理 .....	122
二、多级注塑典型例 .....	122

## 第四章 聚合物形态与制品质量

第一节 概论 .....	132
第二节 制品成型机理 .....	133
一、结晶效应 .....	133
二、取向效应 .....	136
第三节 制品内部质量 .....	140



一、内应力 .....	140
二、冲击强度 .....	142
三、收缩 .....	145
四、熔合强度 .....	148
第四节 制品外观质量 .....	150
第五节 制品外观质量控制 .....	153

## 第三篇 注塑技术

### 第一章 通用热塑性塑料注塑

第一节 结晶型塑料 .....	161
一、聚乙烯 .....	161
二、聚丙烯 .....	164
三、线形低密度聚乙烯 .....	168
四、聚酰胺 .....	169
五、聚甲醛 .....	175
六、聚对苯二甲酸丁二(醇)酯 .....	182
七、聚对苯二甲酸乙二醇酯 .....	185
八、聚苯硫醚 .....	188
九、聚醚醚酮 .....	193
十、液晶聚合物 .....	195
第二节 无定形塑料 .....	199
一、聚苯乙烯 .....	199
二、ABS .....	203
三、聚甲基丙烯酸甲酯 .....	205
四、聚碳酸酯 .....	208
五、改性聚苯醚 .....	218
六、聚砜 .....	220
第三节 热塑性增强塑料 .....	223
第四节 热塑性弹性体 .....	227
一、苯乙烯类的弹性体 .....	227
二、动态硫化橡塑共混热弹性体 .....	229
三、聚氨酯热塑性弹性体 .....	229

### 第二章 聚氯乙烯注塑

第一节 概述 .....	232
第二节 聚氯乙烯的性能 .....	232
一、聚氯乙烯的物理性能 .....	232
二、聚氯乙烯的流变性能 .....	233
三、聚氯乙烯的加工机理 .....	233
第三节 硬聚氯乙烯 .....	237
一、硬聚氯乙烯的加工过程 .....	237
二、硬聚氯乙烯的加工典例 .....	242

### 第三章 热固性塑料注塑

第一节 热固性塑料 .....	245
一、酚醛模塑料 .....	245
二、氨基模塑料 .....	247
三、三聚氰胺酚醛塑料 .....	249
四、模塑料 .....	250
第二节 注塑原理 .....	251
一、预塑密实度 .....	252
二、塑化时间与温度 .....	255
三、注塑周期 .....	257
第三节 注塑工艺 .....	260
一、注塑工艺过程 .....	260
二、注塑工艺分析 .....	261
三、料筒加热方式 .....	263
四、料筒热分析 .....	264
五、螺杆参数 .....	264
六、制品收缩率的影响因素 .....	267
七、注塑故障及排除方法 .....	267
第四节 注塑设备 .....	270
一、塑化装置 .....	270
二、螺杆头 .....	270
三、螺杆几何参数 .....	271
第五节 热流道注塑 .....	271
一、流道形式 .....	271
二、温控精度 .....	273
三、热流道注塑 .....	274
第六节 注压技术 .....	274
一、注压特点 .....	274
二、注压模结构 .....	275

### 第四章 热固性液态树脂注塑

第一节 热固性液态注塑树脂 .....	277
一、环氧树脂 .....	277
二、不饱和聚酯树脂 .....	281
三、聚氨酯树脂 .....	282
第二节 聚氨酯制备反应 .....	284
一、异氰酸酯与多元醇反应 .....	284
二、异氰酸酯与水反应 .....	284
三、异氰酸酯与胺反应 .....	284
四、异氰酸酯的次级反应 .....	284
五、异氰酸酯的自聚反应 .....	285
第三节 环氧树脂注塑 .....	285

一、注塑特点 .....	285
二、注塑工艺条件 .....	285
三、注塑流程 .....	285
四、注塑参数 .....	285
第四节 聚氨酯弹性体反应注塑 .....	286
一、概述 .....	286
二、反应注塑流程 .....	287
第五节 流动注塑 .....	291
一、概述 .....	291
二、注塑设备 .....	292
三、常用材料及工艺 .....	293

## 第五章 粉末黏结注塑

第一节 黏结永磁体注塑 .....	295
一、概述 .....	295
二、磁粉 .....	295
三、磁粉表面处理 .....	296
四、磁粉黏结剂 .....	297
五、磁粉混合与造粒 .....	297
六、黏结永磁体注塑 .....	298
七、黏结永磁体生产工艺流程 .....	299
八、黏结永磁体应用 .....	300
第二节 黏结陶瓷注塑与烧结 .....	300
一、概述 .....	300
二、精细陶瓷注塑流程 .....	301
三、精细陶瓷注塑与烧结 .....	301

## 第四篇 特殊注塑

### 第一章 精密注塑

第一节 概述 .....	305
第二节 精密注塑材料 .....	306
一、材料选择 .....	306
二、材料收缩 .....	306
第三节 精密注塑模具 .....	309
一、精度 .....	309
二、刚性 .....	309
三、脱模性 .....	309
第四节 精密注塑机 .....	309
一、技术参数 .....	309
二、精密注塑机的要求 .....	312

### 第二章 排气注塑



第一节 概论 .....	315
第二节 注塑原理 .....	316
第三节 注塑螺杆 .....	318
一、螺杆要求 .....	318
二、工作条件 .....	319
三、几何尺寸 .....	320
第四节 排气口 .....	321
第五节 注塑工艺 .....	322

### 第三章 发泡注塑

第一节 结构发泡注塑 .....	324
一、概述 .....	324
二、注塑过程 .....	326
三、注塑方法 .....	327
四、工艺参数控制 .....	343
五、发泡注塑制品缺陷 .....	346
第二节 微发泡注塑 .....	347
一、概述 .....	347
二、微发泡机理 .....	349
三、微发泡方法 .....	354
四、微发泡注塑工艺 .....	364
五、微发泡注塑制品 .....	371
六、微发泡注塑模具 .....	374

### 第四章 复合注塑

第一节 概述 .....	378
第二节 单模复合注塑 .....	378
第三节 双模复合注塑 .....	380
一、双模垂直旋转注塑 .....	380
二、双模水平旋转注塑 .....	381

### 第五章 微注塑

第一节 概述 .....	383
一、发展状况 .....	383
二、研究现状 .....	384
第二节 微注塑工艺 .....	388
一、工艺特点 .....	388
二、注塑材料 .....	389
第三节 微注塑模具 .....	389
一、变温系统 .....	389
二、加工技术 .....	389
第四节 微注塑机 .....	391
一、微注塑机形式 .....	391

二、微注塑机要求 .....	393
三、微注塑机发展 .....	394
四、微注塑机关联设备 .....	394
五、微注塑机选用 .....	394

## 第六章 中空注塑

第一节 概述 .....	397
第二节 注吹过程 .....	397
第三节 注吹形式 .....	398
第四节 注吹工艺 .....	400
一、工艺条件 .....	400
二、型坯、芯棒、模具 .....	402
第五节 注拉吹工艺 .....	402
一、概述 .....	402
二、注拉吹工艺 .....	403
三、PET 注拉吹 .....	404
第六节 双层注吹工艺 .....	409
一、概述 .....	409
二、双层注吹过程 .....	409
三、双层注吹模具 .....	409

## 第七章 振动注塑

第一节 振动注塑理论基础 .....	412
一、振动形式 .....	412
二、聚合物在周期剪切变形中的流变性质 .....	413
三、剪切变形复合流动 .....	414
四、平均流率增大效应 .....	415
五、壁滑移效应 .....	416
六、振动触变效应 .....	417
七、振动加热效应 .....	417
八、振动密实与排气 .....	418
九、振动松弛过程 .....	418
十、振动对高分子形态的影响 .....	419
第二节 振动注塑装置 .....	420
一、柱塞振动加料塑化装置 .....	420
二、螺杆轴向振动塑化装置 .....	420
三、液压振动充模装置 .....	421
四、机械振动充模装置 .....	422
五、电磁振动注塑装置 .....	422
六、双柱塞振动充模装置 .....	422

## 第八章 介质辅助注塑

第一节 气辅注塑 .....	424
----------------	-----

一、概述 .....	424
二、注塑原理 .....	425
三、注塑方法 .....	426
四、进气方式 .....	428
五、注气系统 .....	429
六、工艺要点 .....	433
七、注塑设备 .....	437
第二节 水辅注塑 .....	439
一、概述 .....	439
二、注塑原理 .....	439
三、技术特点 .....	441
四、注塑设备 .....	442
五、发展状况 .....	447
六、关键技术 .....	452
第三节 蒸汽辅助注塑 .....	453
一、概述 .....	453
二、蒸汽辅助注塑系统 .....	453
三、蒸汽辅助注塑周期 .....	453
四、设备技术参数 .....	454

## 第五篇 注 塑 机

### 第一章 概 论

第一节 注塑机分类 .....	459
一、按塑化装置与注射装置配置形式 .....	459
二、按注塑座布置形式 .....	460
三、按注塑装置与合模装置布置形式 .....	460
四、按通用注塑机形式 .....	463
第二节 注塑机技术要求 .....	463
一、基本参数 .....	463
二、整机技术要求 .....	464
三、检测 .....	465
第三节 注塑机评估 .....	471
一、性能评估 .....	471
二、技术性能参数 .....	471
三、型号、规格、参数选择 .....	472

### 第二章 注塑装置

第一节 塑化装置结构形式 .....	475
一、柱塞式 .....	475
二、双阶单螺杆柱塞式 .....	477
三、螺杆式 .....	479
四、圆盘柱塞式 .....	479



第二节 注塑装置传动结构 .....	480
一、单阶单缸式 .....	480
二、单阶双缸式 .....	483
三、双阶双缸式 .....	484
四、双阶单螺杆式 .....	485
五、单阶双螺杆式 .....	487
六、双阶双螺杆式 .....	487
七、伺服电机驱动式 .....	488
八、滚珠丝杠副 .....	492
第三节 注塑装置与合模装置配置形式 .....	494
一、单模位单座 .....	494
二、单模位多座 .....	496
三、多模位单座 .....	497
四、多模位双座 .....	499
五、单模位双阶式 .....	500
第四节 注塑参数 .....	501
一、理论注射容积 .....	501
二、注射量 .....	501
三、注射压力 .....	502
四、注射速率 .....	502
五、注射功率 .....	503
六、预塑能力 .....	503
七、预塑功率 .....	503
八、预塑扭矩 .....	503
九、加热功率 .....	503
第五节 主关零部件 .....	504
一、注射座 .....	504
二、传动座 .....	505
三、分流梭 .....	506
四、螺杆 .....	507
五、料筒 .....	519
六、喷嘴 .....	522

### 第三章 合模装置

第一节 合模装置形式 .....	527
一、三板直压式 .....	527
二、三板程序式 .....	530
三、三板曲肘式 .....	533
四、三板电动式 .....	538
五、两板式 .....	540
六、两板-尾架式 .....	543
七、双模式 .....	546
第二节 典型结构 .....	548

一、机械式 .....	548
二、直压式 .....	548
三、程序式 .....	551
四、三拉杆两板式 .....	557
五、四缸直锁两板式 .....	558
六、液压曲肘连杆式 .....	558
七、电伺服-滚珠丝杠-双曲肘合模式 .....	564
八、伺服电机直接驱动曲肘连杆合模式 .....	564
九、伺服电机直接驱动液压复合式合模结构 .....	564
<b>第三节 合模装置工作原理 .....</b>	<b>565</b>
一、定义 .....	565
二、参数 .....	566
三、要求 .....	567
四、移模条件 .....	567
五、锁模条件 .....	568
六、系统变形 .....	568
<b>第四节 液压合模系统工作原理 .....</b>	<b>570</b>
一、直压式系统 .....	570
二、移模-充液系统 .....	572
三、移模-增压系统 .....	573
四、移模-外循环直压系统 .....	574
五、移模-流量增速系统 .....	575
六、移模差动系统 .....	578
七、移模复合式系统 .....	579
<b>第五节 液压-曲肘式锁模原理 .....</b>	<b>580</b>
一、概述 .....	580
二、运动特性 .....	581
三、机构约束特性 .....	583
四、锁模特性 .....	584
五、油缸推力特性 .....	587
六、调模特性 .....	588
七、自锁性能 .....	588
八、实际锁模力及锁模精度 .....	588
九、机构的优化特性 .....	589
十、销轴直径 .....	590
十一、经验优化数据 .....	591
<b>第六节 电传动曲肘连杆合模装置 .....</b>	<b>592</b>
<b>第七节 液压曲肘连杆合模装置 .....</b>	<b>596</b>
一、概述 .....	596
二、调模装置 .....	597
三、顶出装置 .....	600
四、安全保护装置 .....	600
<b>第八节 合模装置的主关零件 .....</b>	<b>601</b>

一、模板 .....	601
二、拉杆 .....	604

#### 第四章 注塑机液控系统

第一节 概述 .....	608
一、注塑机液控系统特点 .....	608
二、注塑机液控系统组成 .....	611
第二节 回路分析 .....	612
第三节 节能回路 .....	621
第四节 系统理论分析 .....	626
一、泵系统 .....	626
二、溢流阀系统 .....	627
三、流量控制阀压力补偿系统 .....	627
四、容积变量泵压力补偿系统 .....	628
五、油马达系统 .....	629
六、油缸系统 .....	632
七、液压刚度 .....	634
八、液压执行机构固有频率 .....	635
九、油路系统内惯性质量 .....	636
十、爬行现象 .....	637
第五节 液压元件 .....	637
一、泵、油马达 .....	638
二、阀类 .....	642
三、液压附件 .....	655
第六节 执行机构 .....	661
一、油缸的分类 .....	661
二、油缸典型结构 .....	663
三、缸筒的强度与变形 .....	665
四、活塞杆 .....	666
五、活塞及导向套 .....	668
六、油缸性能检验 .....	669
七、注塑机油缸典型结构 .....	670
第七节 注塑机液压系统常见故障及排除 .....	672
一、故障原因及排除方法 .....	672
二、油路防漏措施 .....	674

#### 第五章 注塑机自动控制与调节

第一节 概述 .....	675
一、控制系统分类 .....	675
二、控制信号与指令信号 .....	676
三、控制参数与调节变量 .....	677
第二节 注塑参数控制与调节 .....	679
一、多级注射控制 .....	679



二、注射参数控制 .....	679
三、制品精度控制 .....	681
四、计量精度控制 .....	685
五、预塑参数控制 .....	686
第三节 参数检测 .....	688
一、压力检测 .....	688
二、位移检测 .....	690
三、螺杆扭矩检测 .....	691
第四节 温度控制与调节 .....	692
一、料筒温度 .....	692
二、入料口温度 .....	695
三、喷嘴温度控制 .....	695
四、模具温度控制 .....	696
五、液压系统温度 .....	697
第五节 计算机系统 .....	697
一、概述 .....	697
二、计算机控制原理 .....	697
三、计算机控制框图 .....	698
四、计算机可编程序控制器 .....	700
第六节 注塑机专用控制器 .....	700
一、控制与调节参数功能 .....	700
二、警报及处理功能 .....	704
三、操作画面 .....	707

## 第六章 注塑机辅助设备

一、概述 .....	722
二、供料设备 .....	722
三、干燥设备 .....	723
四、加料混合设备 .....	725
五、机械手 .....	726

## 参考文献