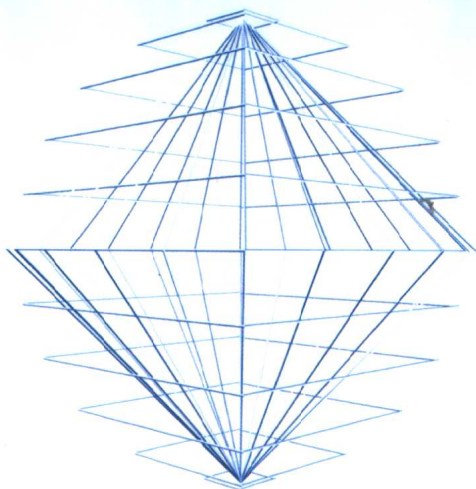


塑料旋转模塑 制造技术

王政 杨荆泉 陈世谦 主编



化学工业出版社

材料科学与工程出版中心

塑料旋转模塑制造技术

王 政 杨荆泉 陈世谦 主编

化 学 工 业 出 版 社

材料科学与工程出版中心

· 北 京 ·

(京)新登字 039 号

图书在版编目 (CIP) 数据

塑料旋转模塑制造技术/王政, 杨荆泉, 陈世谦主编.
北京: 化学工业出版社, 2003. 8
ISBN 7-5025-4709-6

I. 塑… II. ①王…②杨…③陈… III. 塑料成型-
旋转模型 IV. TQ320.66

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2003) 第 067660 号

塑料旋转模塑制造技术

王 政 杨荆泉 陈世谦 主编

责任编辑: 白艳云

责任校对: 顾淑云

封面设计: 潘 峰

*

化 学 工 业 出 版 社 出版发行
材料科学与工程出版中心

(北京市朝阳区惠新里 3 号 邮政编码 100029)

发行电话: (010) 64982530

<http://www.cip.com.cn>

*

新华书店北京发行所经销

北京云浩印刷有限责任公司印刷

三河市宇新装订厂装订

开本 850 毫米×1168 毫米 1/32 印张 9 字数 233 千字

2003 年 9 月第 1 版 2003 年 9 月北京第 1 次印刷

ISBN 7-5025-4709-6/TQ·1792

定 价: 24.00 元

版权所有 违者必究

该书如有缺页、倒页、脱页者, 本社发行部负责退换

《塑料旋转模塑制造技术》编写人员

主 编 王 政 杨荆泉 陈世谦
编写人员 刘圣军 高万玉 田 丰
 杜振杰 孙晓军

序

随着我国国民经济的高速增长，塑料工业也有了很大的发展。目前我国塑料制品的年产量已达 2000 万吨左右，居世界第二位，但在加工技术、装备、塑料制品应用范围和人均拥有量等方面，与世界发达国家相比仍有明显差距。

塑料制品的成型加工技术有很多种，常用的方法主要有注塑、挤出和吹塑等。作为塑料成型加工方法之一的旋转模塑技术，由于其适合于中空塑料制品特别是大中型和形状复杂的中空塑料制品的生产，并具有设备和模具投资少，制品无接缝和内应力等优点，因而受到塑料加工行业的普遍重视。在国外发达国家，至 20 世纪 70 年代中期，旋转模塑技术已获得了广泛的应用，并形成了较大的产业。在国内，近几年来，随着中空塑料制品的市场需求日益增多，旋转模塑技术和产业也有了一定的发展。但存在着适合的专用料有限、生产规模小、产品品种少、技术相对落后和缺乏有关旋转模塑技术方面的专业书籍等不足，因而发展比较缓慢。但今后我国迅速发展的经济建设必将对旋转模塑提出更多更高的要求。

本书作者根据多年来从事旋转模塑制造技术的研究和生产实践经验，广泛收集了国内外有关这方面的最新资料，并力求把理论与实践相结合，撰写了这本专著。内容从旋转模塑的原料、设备、模具、制品设计，到工艺过程、质量控制及产品实例等作了全面的介绍。对国外旋转模塑实时控制技术进行了较深入的论述，对液体聚合物和多层复合材料的旋转模塑也作了简单的介绍。本书的问世有助于人们对旋转模塑的全面认识，对我国旋转模塑技术的推广應用和旋转模塑产业的发展都有积极促进作用。

周其庠

2003 年 8 月于清华园

前 言

旋转模塑是一种成型中空塑料制品的工艺方法，也称旋转成型或滚塑。旋转模塑工艺相对于塑料成型所常用的挤出、注塑和吹塑等工艺具有设备和模具投资少，适合于大中型和形状复杂塑料制品的生产，产品几乎无内应力等优点。从几克小的洗耳器到几十立方米的超大型储罐，从最简单的球体到异常复杂的艺术品，都可以采用旋转模塑工艺生产。旋转模塑在国外发达国家的应用相当广泛，20 世纪 70 年代，它就已经成为主要的塑料加工手段之一，近年来更是以 10%~12% 的年增长率持续地发展。

但旋转模塑工艺在我国的发展却十分缓慢。近 10 年来，通过引进国外先进设备与技术，国内旋转模塑工业有了较大的改观，但就整个塑料行业而言，旋转模塑产业还是十分弱小的。我国与国外旋转模塑发展水平的差距主要体现在规模小，产品品种少，技术落后。而对旋转模塑工艺认识不足，重视不够是导致这种差距的一个主要原因。国内塑料加工专业书籍中介绍旋转模塑工艺的很少，大多数塑料加工行业的技术人员对旋转模塑工艺还比较陌生。

因工作需要，我们于 1998 年开始涉足旋转模塑领域，1999 年赴美国对旋转模塑企业进行考查，2000 年又对国内的一些旋转模塑企业进行了实地调研。在此基础上建立了旋转模塑试验基地，设计制造了旋转模塑设备、模具，研制了专用原料，探索了工艺条件。2001 年用旋转模塑工艺生产某新型制品获得成功。我们还支持、合作建立了两个大型旋转模塑企业。为了将我们在旋转模塑研究过程中积累的经验与国内的同行分享与交流，我们决定编写本书，同时我们认为书写过程也是一个深入学习的过程。

为此，编者特地从美国购进了塑料旋转模塑方面的原版专著，并检索、收集了旋转模塑方面的国外期刊论文和国内文献，也从互联网上下载了许多资料和图片，结合自身在旋转模塑研究中的经验

和认识编著该书。本书对旋转模塑制造技术的诸多方面，如原料、设备、模具、制品设计、工艺过程、质量控制、产品实例和国内外发展现状都进行了全面的介绍，而且在某些方面作了较为深入的论述。本书中包括了许多数据图表，学术性较高。另外，本书中还包括了大量的国内外旋转模塑设备、模具和产品的图片，具有较强的参考性。编者认为该书比较适合国内旋转模塑行业的技术人员。编者希望本书能使塑料加工界人士对旋转模塑工艺有一个比较全面的认识，同时使已经从事旋转模塑工业的同行得到一些实际的帮助，为旋转模塑工艺在我国的进一步推广和发展起到一定的促进作用。

鉴于学识和经验有限，本书中可能存在着错误或不妥之处，恳请读者和专家批评指正。

编 者

内 容 提 要

本书根据从事塑料旋转模塑制造技术研究的实际经验并参考国内外最新文献，对塑料旋转模塑制造技术中的原料、设备、模具、制品设计、工艺过程、质量控制、产品实例和国内外发展现状进行了全面的介绍。书中包括了许多数据图表和大量的旋转模塑设备、模具和产品的图片，具有较强的学术性和参考性。

本书可供塑料加工行业的工程技术人员和相关专业研究人员和爱好者参考。

目 录

第一章 旋转模塑简介	1
一、旋转模塑的发展概况	1
二、旋转模塑的特点	4
三、旋转模塑原料	7
四、旋转模塑设备	10
五、旋转模塑模具	12
六、国内旋转模塑工业现状	14
参考文献	16
第二章 旋转模塑用主要原料	18
第一节 聚乙烯	18
一、聚乙烯性能概述	18
二、线性低密度聚乙烯	19
三、共混改性聚乙烯	24
四、交联聚乙烯	29
第二节 聚氯乙烯	32
一、聚氯乙烯性能概述	32
二、聚氯乙烯增塑糊	33
第三节 尼龙	36
一、尼龙性能概述	36
二、旋转模塑用尼龙	37
参考文献	40
第三章 旋转模塑设备	41
第一节 旋转模塑设备简介与分类	41
第二节 旋转与加热	42
第三节 摇摆式旋转模塑设备	47

第四节	盒式旋转模塑设备	48
第五节	穿梭式旋转模塑设备	50
第六节	蛤壳式旋转模塑设备	52
第七节	垂直式旋转模塑设备	53
第八节	固定转臂式旋转模塑设备	55
第九节	独立转臂式旋转模塑设备	58
第十节	国内外旋转模塑设备的发展状况	61
	参考文献	62
第四章	钢板模具	63
第一节	旋转模塑模具简介	63
第二节	模具制作	67
	一、分型面	67
	二、成型方法	69
	三、夹具	71
	四、嵌件	72
第三节	表面处理	80
第四节	特殊结构	81
	一、热引入	81
	二、热移出	85
	三、“吻式”结构	86
	四、卸料斗	86
第五节	通气	89
第六节	装配	90
第七节	维护	92
	参考文献	93
第五章	铸铝模具	94
第一节	铸铝模具简介	94
第二节	母模	94
第三节	模具设计	95
	一、分型面	95

二、可移动嵌件	96
三、筋或“吻式”结构	96
四、埋入式嵌件	97
五、表面处理	98
六、模具块数	99
第四节 模具的功能和操作	100
一、框架	100
二、蜘蛛架	102
三、夹具	103
四、热传递	103
第五节 维护	104
一、分型面	105
二、夹具	105
三、清模	105
参考文献	106
第六章 旋转模塑制品设计	107
第一节 旋转模塑制品设计简介	107
第二节 制品设计	110
一、壁厚	110
二、壁厚均匀性	111
三、近距平行壁	112
四、变形	114
五、加强筋	115
六、“吻式”筋	117
七、脱模斜度	119
八、表面处理	121
九、凹切	122
十、孔洞	124
十一、圆角半径	127
十二、公差	128

参考文献	131
第七章 旋转模塑工艺过程	132
第一节 旋转模塑工艺原理	132
第二节 树脂原料	135
一、树脂品种	136
二、形状与大小	137
三、树脂添加剂	143
第三节 工艺条件	149
一、脱模剂	149
二、旋转速度	150
三、加热	151
四、冷却	153
五、定型	154
六、工艺条件优化	155
参考文献	159
第八章 旋转模塑实时控制技术	160
第一节 旋转模塑控制简介	160
第二节 过程控制的原则	160
一、模具材料的影响	164
二、制品厚度的影响	165
三、原料的影响	166
第三节 制品性能的控制	168
一、冲击强度	169
二、熔体流动速率	171
三、气泡	171
第四节 实时控制的优点	172
一、模具平衡	172
二、添加剂	174
三、多层旋转模塑	175
四、液体物料	176

第五节 设备改进	178
第六节 质量控制	180
参考文献	181
第九章 旋转模塑制品质量控制	183
第一节 常见质量问题及解决办法	183
第二节 气泡和孔眼	187
一、气泡的形成	188
二、原料对气泡的影响	190
三、工艺条件对气泡的影响	194
四、模具对气泡的影响	197
五、加压除泡	199
第三节 冲击强度	211
一、加热温度和时间	211
二、熔体流动速率	213
三、最高模内空气温度	214
第四节 收缩与变形	216
参考文献	219
第十章 液体聚合物的旋转模塑	222
第一节 液体聚合物旋转模塑简介	222
第二节 液体聚合物	223
第三节 旋转模塑中液体聚合物的流动行为	224
一、流动行为概述	224
二、初始黏度和最小黏度对流动行为的影响	224
三、黏度增加速率对液体流动行为的影响	225
第四节 操作条件对壁厚均匀性和气泡含量的影响	229
一、旋转速度和速比	229
二、投料量	230
三、初始模具温度	230
第五节 成型设备	231
一、原料处理	231

二、模具	232
第六节 液体聚合物旋转模塑的一些建议	233
参考文献	234
第十一章 多层复合材料的旋转模塑	235
第一节 多层旋转模塑简介	235
第二节 尼龙多层复合材料的旋转模塑	237
第三节 两步法多层旋转模塑	238
第四节 一步法多层旋转模塑	239
参考文献	240
第十二章 旋转模塑产品实例	241
一、国外旋转模塑产品	241
二、港台旋转模塑产品	257
三、国内旋转模塑产品	261

第一章 旋转模塑简介

一、旋转模塑的发展概况

旋转模塑是一种成型中空塑料制品的工艺方法，也称旋转成型或滚塑。旋转模塑过程如图 1-1 所示^[1~2]。将塑料粉末加入模具中，然后加热模具并使之沿两相互垂直的轴连续旋转，模具内树脂在重力和热量的作用下逐渐均匀地涂布、熔融黏附于模具内表面上，形成所需要的形状。然后冷却模具，脱模得到制品。旋转模塑工艺相对于塑料成型经常采用的挤出、注塑和吹塑等工艺而言，具有设备和模具投资少、适合于大中型或形状复杂塑料制品的生产、产品几乎无内应力等优点^[3]。

旋转模塑起源于英国。第一个有记载的通过加热并双轴旋转来生产中空制品的方法是 1885 年发表的一篇英国专利，它描述了大炮空心金属弹丸的制造。1935 年，在英国专利上首次出现了与当今旋转模塑成型设备相类似的机器，用于生产中空乳胶制品。当时还没有适合旋转模塑成型的塑料原料。直到 1946 年，美国联碳公司于推出了聚氯乙烯塑料溶胶，给旋转模塑工业提供了第一种非常合适的大宗塑料原料。当时聚氯乙烯塑料溶胶主要用来制造玩具、塑料球等小制品。这之后由于原料单一，旋转模塑工业发展缓慢。直到 20 世纪 60 年代初期，美国 USI 公司开发出了用于旋转模塑的聚乙烯粉末，旋转模塑工业局面才发生了巨大的改变^[4]。后来，又开发出交联聚乙烯、线型低密度聚乙烯、尼龙、ABS、聚碳酸酯、聚苯乙烯、聚甲醛等作为旋转模塑原料。随着原料树脂的开发、旋转模塑设备的发展和过程控制的改进，该工艺越来越受到工

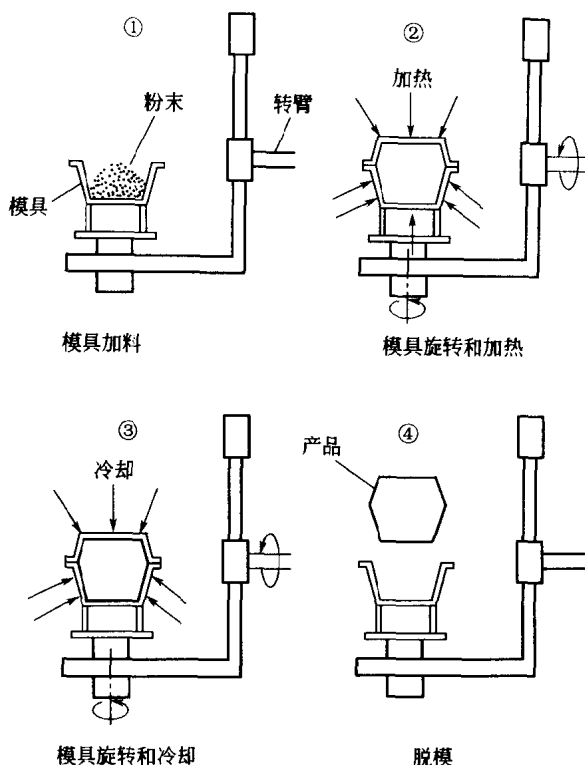


图 1-1 旋转模塑的工艺过程

业界的重视。至 20 世纪 70 年代中期，旋转模塑已成为主要的塑料加工技术之一^[4~5]。1976 年，国际旋转模塑工作者协会，简称 ARM (Association of Rotational Molders) 成立，总部设在美国。目前已有 60 多个国家约 500 家公司和研究机构成为该组织的会员，其中约半数会员来自美国^[6]。20 多年来，国际旋转模塑工作者协会为促进旋转模塑工业的发展起到了重要的作用。

20 世纪 70 年代中期以后，旋转模塑工业的平均增速要高于其他塑料加工行业^[4~5]。近年来，更是以 10%~12% 的年增长率持

续地发展^[7]，如图 1-2 所示。目前，世界上大约有 1000 家旋转模塑企业，这个数字还在不断增加。这些企业分布如下：北美洲 400 家，欧洲 255 家，中东地区 18 家，亚洲 87 家，澳大利亚 61 家，南美洲 34 家，非洲 59 家，其中美国的企业最多。1995 年世界主要旋转模塑工业国家的旋转模塑用聚乙烯量为 480kt。各地区或国家具体用量见图 1-3^[8]。目前，全世界旋转模塑用树脂消耗量已占到树脂总产量的 8%~9%^[9]。

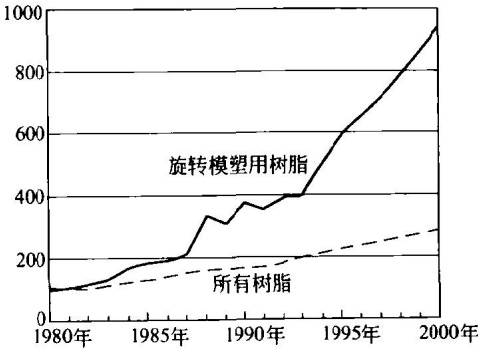


图 1-2 北美旋转模塑用塑料的增长（1980 年为 100）

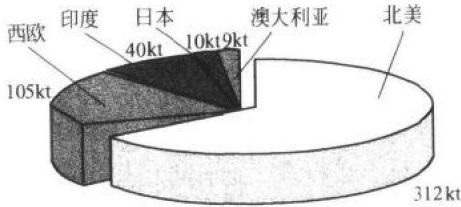


图 1-3 1995 年旋转模塑用聚乙烯消耗量

旋转模塑制品的品种范围随着旋转模塑工业的发展而不断扩大，目前采用旋转模塑生产的塑料制品种类繁多，应用广泛。下面