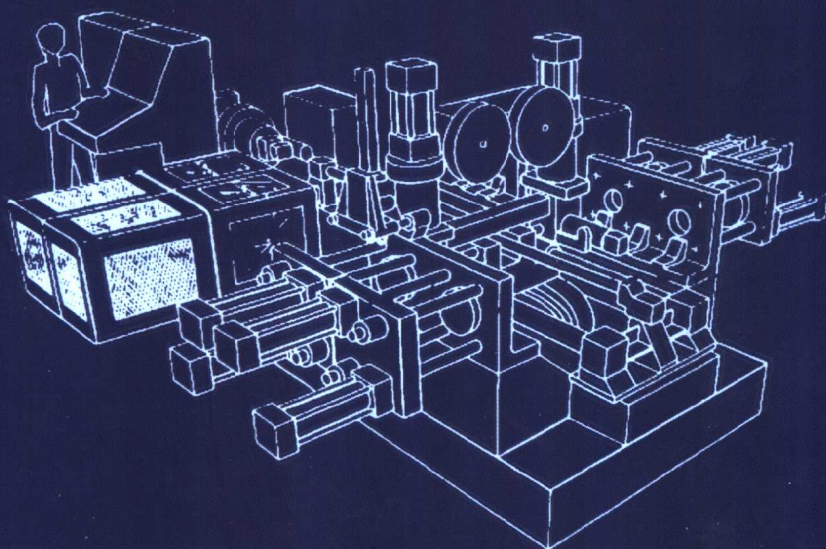


原著第三版

注射成型机 使用指南

[德] F.约翰纳伯 编著
吴宏武 瞿金平 麻向军 等译



化学工业出版社

材料科学与工程出版中心

注射成型机使用指南

原著第三版

[德] F. 约翰纳伯 编著

吴宏武 瞿金平 麻向军 等译



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

注射成型机使用指南/[德] F. 约翰纳伯 (F. Johannaber)
编著; 吴宏武 瞿金平 麻向军等译. 北京: 化学工业
出版社, 2003. 12
ISBN 7-5025-5090-9

I. 注… II. ①约…②吴…③瞿…④麻… III. 注射机
IV. TQ329.5

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2003) 第 127271 号

Injection Molding Machines, 3rd Edition/by F. Johannaber
ISBN 3-446-17733-7

Copyright © 1994 by Carl Hanser Verlag. All Rights Reserved.

Authorized translation from the original German language edition published by Carl Hanser
Verlag, Munich/FRG.

本书中文简体字版由 Carl Hanser 出版公司授权化学工业出版社独家出版发行。
未经出版者许可, 不得以任何方式复制或抄袭本书的任何部分。

北京市版权局著作权合同登记号: 01-2003-3166

注射成型机使用指南

原著第三版

[德] F. 约翰纳伯 编著

吴宏武 瞿金平 麻向军 等译

责任编辑: 白艳云

责任校对: 李 林 马凤英

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

北京市兴顺印刷厂印刷

北京市兴顺印刷厂装订

开本 720 毫米×1000 毫米 1/16 印张 19 3/4 字数 272 千字

2004 年 3 月第 1 版 2004 年 3 月北京第 1 次印刷

ISBN 7-5025-5090-9/TQ · 1889

定 价: 38.00 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

序

=====

现有的大量关于塑料加工，特别是关于注射成型的书籍中，大部分是针对有学术背景的专家，他们往往不关心工厂的实际操作问题，因此非常需要具有两方面素质的专家。

本书第一版出版 11 年后上述情况仍然如此。虽然注射成型技术的基本原理并没有改变，但是某些加工应用方面则已经取得了很大的进展，这些方面的特殊要求必须依靠加工机械，特别是机器的控制系统才能得以实现。所有这些都精选并录入新的第三版中。

在亚琛 (Aachen) 塑料加工学院 (IKV) 接受科学培训后，作者花了数十年的时间设计注射成型机、管理工厂和训练操作人员。

本著作只有具有如此丰富实践经验的人才能写出来。它结合了一些有坚实的教育和实践基础的工业参考书，容易理解而且内容详尽，是一本真正意义的指南。

作者客观、简洁地描述了注射成型工艺，并通过对主要的工艺参数，如压力、温度、速率及这些参数对注射制品性能的影响的介绍，使读者可以清晰地了解注射成型技术。后面关于每个机械零部件以及性能等技术数据的综合介绍很有特色，必将深受许多读者，特别是设备制造者的喜爱。

如前所述，所有这些都代表注射成型技术的最新成果。

该书对于技术学院参加课程的培训人员和学生，以及从事设计和加工的专家来说，都是有用的工具，将会成为注射成型领域中的必读之书。

我肯定读者会爱不释手，直到读完为止。

Dr. -Ing. G. Menges 教授

1994 年 3 月于亚琛市

第三版前言

=====

第三版介绍注射成型的特殊变化，可以称为是这方面的特殊技术。当然，1982年发表的资料大多数仍是正确的，它代表着基本原理。然而，许多补充进来的资料大大地提高了人们对注射成型的注意力。增加了解决艰难任务的新工序和方法，它们来自于高水平工程，并常常已经被证明特别经济。因此，似乎必须先介绍加工要求，然后才是工程解决方案。这样读者才能认识各种技术特例以及每个特例中的经济实用性。

本次出版适逢世界经济动荡不定之际。尽管如此，仍然无需担忧现有的注射成型会有什么危险。它是未来技术之一，对于技术的更进一步发展将会有很大的帮助。注射成型的工程产品将代替用其他材料加工的产品，或者与传统材料相结合，以便获得更经济的解决方法。并且，最重要的是，这些方法对环境有利。注射成型技术、特别是设计注射成型机的技术不但是有趣的领域，而且是前景广阔的领域。当今全球经济几乎不受国界限制，这也将为其提供更多的机会。

本版不但希望将工程现状记录下来，而且也希望有助于解决实际难题、解答如何用最适合的机器来完成特定的任务。

F. Johannaber

1994年5月于Leverkusen

第一版前言



出版本书的目的原是想对所有的塑料加工设备进行比较广泛的介绍。非常高兴接受一些同事和 Carl Hanser 出版公司的建议，扩展关于注射成型机械的有关章节，并翻译成英文并作为独立的书籍出版。

非常感谢匹兹堡的 Ralf J. Kahl，他承担非常困难的任务，翻译并改编原文以满足不同读者的需求；非常感谢 Bayer AG, Lever Kusen，没有他的大力帮助，本书就不可能完成。还要感谢 Axel J. Kaminski 帮助编译英文版。

F. Johannaber
1982 年 11 月于 Leverkusen

致 谢

=====

我非常感谢 Arburg Maschinenfabrik Hehl
Sohne, Bayer AG, Ferromatik Milacron,
Krauss-Maffei AG, Mannesmann Demag Kun-
ststofftechnik, Netstal AG 和 Paul Pleiger
GmbH, 他们自愿提供一些详细的技术信息供
我任意使用; 非常感谢 Battenfeld GmbH,
Robert Bosch GmbH, Engel Kg, Husky
GmbH, Canada, Reiloy GmbH, 他们都向我
提供其他有价值的文件。假如没有他们的帮
助, 这部著作将不可能出现。

我也要感谢 H. Recker, Dipl. -Ing 和 L.
Spix, Dipl. -Ing, 他们允许我采用他们在一本
有关测量与控制系统的书中的主要章节。

特别感谢我的妻子 Monica, 她在本著作
的完成过程中给予我的耐心。



译者前言

=====

本专著是由一位在塑料注射成型设备与加工方面具有丰富的设计开发和培训与管理经验的资深德国专家所撰写的，自从1982年初版后，已是第三次再版，内容不断更新。该书中的内容包括注射成型工艺、注射机的主要组成与结构、液压系统与控制系统等。

目前国内有关塑料注射成型加工工艺及设备方面的书籍不少，但未曾见过如此系统、深入介绍与注射成型加工有关的各方面知识的，特别是理论与实践相结合、详尽地介绍每个机械零部件的性能、控制系统的实施方案，以及各方面的最新进展与相关的技术数据等，内容极其丰富、实用且易理解。正如原书序中 G. Menges 教授所说的，“是一本真正意义的指南”，“必将深受许多读者，特别是设备制造者的喜爱”。译者也相信将其译成中文版，国内从事该方面研究、开发与生产的同行将能从中获得一定的参考与裨益。

本书共分为11章，吴宏武翻译前言、第1章和第3章，麻向军译第2章和第5章部分，刘斌译第4章和第7章部分，瞿金平译第5章和第7章，文生平译第6章，文劲松译第8章~第11章，全书由吴宏武、麻向军统稿，并由瞿金平与吴宏武校阅。研究生郭崇志、罗卫华、蔡永宏、秦吉臣、高长云、石宝山、王中任、段群丰以及2001级与2002级的部分研究生参与了初稿的部分翻译与校对工作。

限于译者水平，译著中存在不妥之处在所难免，敬请读者批评指教。

2003年11月

内 容 提 要

该书全面系统地介绍了注射机主要零部件、液压控制功能,以及压力、温度、速度等注射过程操作工艺技术,同时着重介绍了新型成型技术(包括多组分、多色注射、共注射、脉动熔体注射、可熔模芯技术、气体辅助注射等)和设备、新型控制技术(闭环控制、以 P-V-T 图保压过程控制优化、P-m-T 控制、各种传感技术、网络控制、伺服技术等)。

本书具有较强的实用性和可读性,适合从事塑料机械和塑料加工的技术人员阅读,也可供相关专业高等院校师生参考。

目 录

注射成型技术的经济意义	1
第 1 章 总体设计和功能	4
第 2 章 注射成型加工特性	12
2.1 压力	12
2.1.1 注射液压压力	13
2.1.2 模腔压力	15
2.1.2.1 注射压力-保压压力的切换	18
2.1.3 保压压力	20
2.2 温度	22
2.2.1 液压油的温度	22
2.2.2 熔体温度	22
2.2.3 模具温度	23
2.3 速度	23
2.4 成型工艺对性能的影响	25
2.4.1 尺寸稳定性	25
2.4.2 力学性能和物理性能	27
2.4.2.1 分子取向	27
2.4.2.2 残余应力	32
2.4.3 结晶度和结构	33
第 3 章 注射装置	35
3.1 注射压力	36
3.2 注射装置机架导向	39
3.3 螺杆旋转驱动系统	41
3.3.1 螺杆电动驱动	42
3.3.2 螺杆液压驱动	43
3.3.3 扭矩	45
3.3.4 螺杆转速	46

3.4 螺杆	48
3.4.1 加工热塑性塑料的标准螺杆	49
3.4.2 加工热塑性塑料的特殊螺杆	52
3.4.3 屏障型螺杆	52
3.4.4 加工硬质聚氯乙烯的螺杆	55
3.4.5 排气料筒螺杆	55
3.4.6 加工热固性塑料的螺杆	58
3.4.7 加工弹性体的螺杆	61
3.4.8 加工硅树脂的螺杆	62
3.4.9 其他类型的螺杆	62
3.4.10 磨损和磨损防护	62
3.4.11 螺杆头	68
3.4.12 止逆阀	69
3.5 料筒	70
3.6 喷嘴	74
3.6.1 敞开式喷嘴	74
3.6.2 自锁喷嘴	75
3.6.3 带物料过滤网的喷嘴	78
3.6.4 内加热式喷嘴	80
3.7 注射装置的辅助设备	81
第4章 合模装置	85
4.1 机械合模系统	86
4.1.1 合模顺序	90
4.1.2 肘杆式合模装置的合模力	92
4.1.3 开模力	94
4.2 液压合模系统	95
4.3 组合型合模装置	102
4.4 合模装置的辅助设备	103
第5章 驱动装置	106
5.1 电力驱动装置	106
5.1.1 操作方式与扭矩	106
5.1.2 环境条件	106
5.1.3 电动机	107

5.1.3.1	多相电磁感应电动机	107
5.1.3.2	多相电动机的速度控制	109
5.2	电动机械驱动	110
5.3	电力液压驱动	113
5.3.1	液压马达	113
5.3.2	液压泵	118
5.4	液压系统	124
5.4.1	定量泵	132
5.4.2	变量泵	134
5.4.3	蓄能器	135
5.5	液压控制	137
5.5.1	流量控制阀	140
5.5.2	压力控制阀	144
5.5.3	数字控制元件	144
5.6	液压系统中的监控装置	149
5.7	液压系统中的噪声抑制	150
5.8	效率与能耗	151
5.8.1	液压驱动系统的效率与能耗	151
5.8.2	机电驱动系统的效率和能耗	159
第 6 章	控制系统	162
6.1	过程控制方法	163
6.1.1	开环控制	164
6.1.2	闭环控制	165
6.2	温度控制	166
6.2.1	温度测量	167
6.2.1.1	壁温	167
6.2.1.2	熔体温度	169
6.2.2	温度控制	170
6.2.2.1	概述	170
6.2.2.2	控制算法和参数	172
6.2.2.3	执行元件	174
6.2.2.4	负载	175
6.2.2.5	加热器和控制器的设计和设置	175

6.2.2.6	控制机筒温度的特殊方法	176
6.2.2.7	熔体温度的均化	176
6.3	压力测量	177
6.3.1	螺杆头前面的压力	177
6.3.2	液压压力	178
6.3.3	注射过程中的模腔压力	180
6.4	控制装置	182
6.4.1	过程控制目标	182
6.4.2	控制装置的组成	184
6.4.3	干扰	185
6.4.4	过程控制方法	186
6.4.4.1	使用电子计时器循环控制与压力、流量和方向 阀手动控制	187
6.4.4.2	使用中央控制装置进行控制	187
6.4.4.3	带中央控制装置和数字式流量及压力控制阀的 控制系统	188
6.4.4.4	注射和保压阶段的控制	188
6.4.4.5	利用 P-V-T 曲线图优化保压过程	190
6.4.4.6	P-m-T 控制	193
6.4.4.7	流动系数控制	194
6.4.4.8	注射和保压过程的综合控制	194
6.4.5	微处理器控制单元	194
6.4.5.1	微处理器的结构	195
6.4.6	注射成型过程中的电子数据处理	198
6.4.7	计算机控制的自动化注射成型装置	201
第 7 章	注射机的类型	204
7.1	偏心成型机	204
7.2	多组分注射成型技术	204
7.2.1	水平结构注射机	207
7.2.2	垂直结构注射机	208
7.2.3	共注射成型机	209
7.2.4	顺序注射成型机	213
7.3	气体辅助注射成型	216

7.4 脉动熔体注射成型	224
7.5 熔芯技术	227
7.6 用于注射压制和模内装饰的低压注射成型	227
7.6.1 注射压制	229
7.6.2 模内装饰	229
7.7 挤注成型机	232
7.8 聚酯树脂注射成型	232
7.9 加工液体硅树脂的机器和设备	235
7.10 串联式注射成型机	235
7.11 柱塞式注射成型机	237
7.12 螺杆塑化、柱塞注射的两阶注射成型机	237
7.13 多工位注射成型机	245
7.14 无商业价值的特种类型注射机	248
第8章 机台规格和性能参数	250
8.1 规格	250
8.2 性能参数	251
8.2.1 注射装置的性能参数	252
8.2.2 合模装置的性能参数	263
8.2.3 一般性能参数	270
第9章 安全问题	276
第10章 用于注射成型的塑料	277
第11章 辅助设备	282
11.1 注塑模具	282
11.2 自动化辅助设备	286
11.3 换热器	287
参考文献	289

注射成型技术的经济意义

注射成型技术未来的发展与天然石油密切相关。据估计，目前为止已探明的全球石油储备，如果按现在的消费速度计算，将能再使用40年^[1]。注射成型技术尤其需要考虑如何节省利用这些不可再生的资源。

注射成型技术是所有主要的塑料加工方法中的一种。用这些加工方法可以使从所用材料到最终制品的效率达到最佳。但是，如果有人认为注射成型技术会无限地发展，那么他则把注射成型技术的前景看得过于乐观。由于自由贸易和激烈竞争的存在，注射成型技术也一直受到生产精密物件的传统方法的挑战。然而，在与传统材料的竞争中，塑料的前景也比较乐观，比如，可以代替钢板用做汽车外壳^[2,3]。当然，这种预测也会遇到一些挑战。

可以肯定的是，注射成型制品的应用必须具有较好的经济性，而又不会造成环境污染。最近，大多数应用以“塑料增强钢”为题宣传一种全新的工程思想。利用一些形状简单的小弧形钢板以及增强塑料注射成型肋板，就可以得到强度相当大的制件^[4]。

将来，其他环境兼容性和公众接受性的问题将会变得越来越关键。影响较大的问题甚至将会诉诸法律^[5]。新的规章制度也将会使塑料业面对繁杂的法律体系，从而产生一些新的约束。要应对这些问题，就必须增加员工安全、信息以及管理方面的职能。塑料制品在进入市场之前还必须有官方的许可，安全生产证明，以及可循环利用性得到提高的证据。

注射成型过程是在封闭的系统中进行，经过特殊改造满足了这些要求。这些特点使其未来将会有许多美好的机遇。注射成型固有的特点就是可以合理地利用原料，生产出质量轻、强度高的制品，因此在

很多方面都有助于合理地利用资源^[6]。

在加工过程中产生的废料和次品几乎可以完全循环使用^[9~11]。众所周知，加工中产生的废料，比如浇口、浇道、欠注射的制件等都完全可以再循环利用，而且也不会影响制品的质量，因而对供应商的限制性要求将可以很快地撤消。当然循环利用不仅仅是回收造粒和混合料供应商的事，也是一个从一开始设计就应该考虑的问题。这意味着对那些在设计阶段就考虑回收利用、确定如何实现经济循环利用的工程师来说，将是个巨大的机遇（图1）。

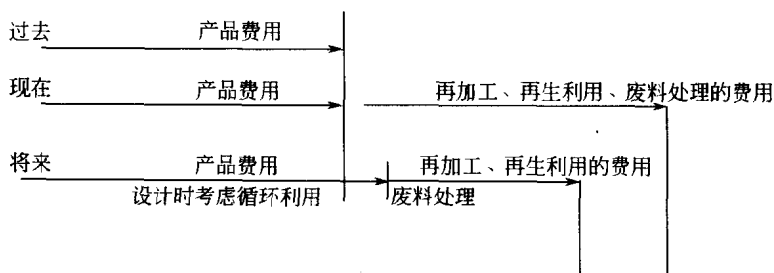


图1 由于在设计阶段考虑到再生利用和废料的处理，
注射成型制品的费用会发生变化

对于用废料作原料生产出来的新制品的使用，也将很快逐渐被人们所接受^[7]。据统计，全球使用废塑料的数量从200万吨增加到800万吨^[8]。即使这样，也将会有一个有着无限商机的广阔的市场。毫无疑问，这些塑料大部分将是用注射成型技术来加工成型的。只要不同类型材料的分离技术问题得到解决，曾经用过的成型技术同样适用于材料的二次利用^[12]。玻璃、金属甚至木材等材料要想节约资源就必须从源头开始，相反，塑料可以作为燃料被再次使用，从而可以节约珍贵的石油，石油是未来最为重要的材料资源。迄今为止，那些积极的环境学家还没有认识到这一点，否则，他们将会坚决反对燃烧石油，并号召人们用废弃的塑料当作燃料。

在欧洲，塑料机械行业的发展在很大程度上并不和塑料原料行业同步。其原因是，欧洲的塑料机械主要是出口，其中最大的出口国是德国^[11]。全球激烈的竞争压力促使生产和应用更加经济性^[14]。本书

的作者试图对本行业的发展作一个论述。旧产品不可避免地会被一些新的产品代替。然而,那些设计上旧款的机器就其应用的驱动和控制技术而言,也是市场上的新产品。这些机器大都来自远东地区和南美。在这些地方,认为应用欧洲产的先进和计算机控制的自动化机器来做大量简单的工作是不经济的,由于它们的成本太高。虽然如此,简单的解决方案,例如,德国产的双螺杆机器,却能在发达国家中保持例外。但这并不意味着,对于收益差的生产,价值分析以及相应的改进并不重要。这种趋势在1992年杜塞尔多夫K'92展览会后更为明显^[13]。在过去的几年里,技术进步给人印象较深的是成型制品取出更容易、占地面积减少、噪声和能耗降低,操作终端则是装在靠近机器定模板的地方而不是一个单独的单元,而标准化界面上则提供有对安排后续工作有帮助的数据。

1980年之后的几年时间里,由于产量(螺杆转速)提高、空置时间减少,机器的效率得到显著的提高。

但是,我们必须相对地看待所谓的效率“爆炸”,因为它在一定程度上造成了熔体质量下降(见4.3节)。由于产量增加与控制等问题,空置时间自然有一个极限。前些年就已经达到了这个极限(见8.2节的性能数据的比较)。

未来,人们将特别关注加工经济性、无污染性以及用机电驱动装置的机器噪声等问题。使用机电驱动,已经开发出新型的节能、低噪声注射成型技术。

重要的是,通过记录和分析加工过程数据和效率、优化加工过程,可以大大地提高产量和产品质量。通过跟踪与质量自动化控制相关的数据,用过程模型可以控制产品质量。因此,利用计算机处理数据大大地提高了注射成型加工的经济性。