

多米尼克 V. 罗萨托 (Dominick V. Rosato)

[德] 安德鲁 V. 罗萨托 (Andrew V. Rosato) 编著

戴维 P. 迪马蒂亚 (David P. Di Mattia)

卢秀萍 王克俭 等译

吹塑成型手册

【原著第二版】

Blow Molding Handbook



化学工业出版社

吹塑成型手册

(原著第二版)

多米尼克 V. 罗萨托 (Dominick V. Rosato)

[德] 安德鲁 V. 罗萨托 (Andrew V. Rosato) 编著

戴维 P. 迪马蒂亚 (David P. Di Mattia)

卢秀萍 王克俭 等译



化学工业出版社

· 北 京 ·

本书为一本实用手册, 主要介绍了塑料工业中最新的吹塑成型技术, 从产品设计到满足性能要求、降低成本和实现无次品目标的宽广范围内, 通过列举大量吹塑加工实例, 阐述了在不同塑料的吹塑加工中, 塑料材料与临界因素的关系。

本书从塑料原料及其流动特性开始, 全面介绍了吹塑加工中产品设计、性能要求、降低成本和消除次品等诸多因素之间的关系, 详细解释并描述了生产吹塑制品前阶段塑化所用的挤出机和注塑机的操作特性、各种常见故障及其解决方法。是一本集理论与实践为一体、综合性的吹塑成型工具书。

本书适用于塑料加工工程技术人员, 模具制造者、测试及质量控制人员等众多相关人员。

图书在版编目 (CIP) 数据

吹塑成型手册: 第2版/[德] 多米尼克 (Dominick, V. R.), [德] 安德鲁 (Andrew, V. R.), [德] 戴维 (David, P. D.) 编著; 卢秀萍, 王克俭等译. —北京: 化学工业出版社, 2007. 7

书名原文: Blow Molding Handbook

ISBN 978-7-122-00390-4

I. 吹… II. ①多…②安…③戴…④卢…⑤王… III. 吹塑-塑料成型-技术手册 IV. TQ320.66-62

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2007) 第 069993 号

Blow Molding Handbook, 2nd revised edition/by Dominick V. Rosato, Andrew V. Rosato, David P. Di Mattia

ISBN 1-56990-343-3

Copyright©2004 by Carl Hanser Verlag. All rights reserved.

Authorized translation from the English language edition published by Carl Hanser Verlag.

本书中文简体字版由 Carl Hanser Verlag 授权化学工业出版社独家出版发行。未经许可, 不得以任何方式复制或抄袭本书的任何部分, 违者必究。

北京市版权局著作权合同登记号: 01-2004-2887

责任编辑: 白艳云 杜春阳

文字编辑: 李 珏

责任校对: 战河红

装帧设计: 潘 峰

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

720mm×1000mm 1/16 印张 29¼ 字数 575 千字 2007 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: 60.00 元

版权所有 违者必究

单位换算表

$$1\text{oz(盎司)} = \frac{1}{16}\text{lb} \approx 28.35\text{g}$$

$$1\text{US gal(加仑)} = 3.78541\text{dm}^3$$

$$1\text{psi} = 6894.76\text{Pa}$$

$$1\text{ft(呎,英尺)} = 0.3048\text{m}$$

$$1\text{lb(磅)} = 0.45359237\text{kg}$$

$$1\text{hp(马力)} = 746\text{W}$$

$$1\text{in(吋,英寸)} = 0.0254\text{m}$$

$$1\text{bar(巴)} = 10^5\text{Pa}$$

$$1\text{atm(标准大气压)} = 101325\text{Pa}$$

$$1\text{Btu(英热单位)} = 1055.06\text{J}$$

$$1\text{cSt(厘斯)} = 10^{-6}\text{m}^2/\text{s} = 1\text{mm}^2/\text{s}$$

$$1\text{P(泊)} = 10^{-1}\text{Pa} \cdot \text{s}$$

$$1\text{dyn(达因)} = 10^{-5}\text{N}$$

$$1\text{cal(卡)} = 4.1868\text{J}$$

$$1\text{mil(密耳)} = 25.4 \times 10^{-6}\text{m} = 25.4\mu\text{m}$$

$$1\text{cc} = 1\text{mL}$$

$$1\text{\AA(埃)} = 10^{-10}\text{m} = 0.1\text{nm}$$

$$1\text{Perm} = 1\text{g}/(\text{ft}^2 \cdot \text{mmHg} \cdot \text{h})$$

$$1\text{ksi} = 6894760\text{Pa} = 6894.76\text{kPa}$$

$$\text{gpm} = \text{g}/\text{min}$$

$$\text{cpm} = \text{周}/\text{min}$$

$$t/^{\circ}\text{C} = \frac{5}{9}(t/^{\circ}\text{F} - 32)$$

译者前言

吹塑是用来加工中空制品的成型方法，是发展最快、也是塑料加工中最常用的成型方法之一，适合于 PE、PP、PVC、PC 和 PET 等热塑性塑料、热塑性弹性体及其共聚物的成型加工，主要用于日用品容器等行业制件。

吹塑成型自 20 世纪 80 年代广泛应用以来，随着原材料、加工机械与加工技术不断发展，吹塑制品的应用领域及市场份额方面快速扩大。为满足吹塑制品在功能及性能方面更高要求，已开发了吹塑级 PA66、PA6、PPO、ABS、PEN 及长玻璃纤维增强 HDPE 等新材料；吹塑设备已采用闭环自动控制系统。吹塑机械更专业化、更多样化，生产效率和产品质量不断提高，制品形状更加复杂、精密和多样化。随着对吹塑成型机理的理解更加深入，应用 CAE/CAM（3D 成型）技术促进制品质量预测、控制更加精确。

吹塑成型技术是随着塑料工业、机械制造等多种技术的进步而不断发展的，在吹塑产品的设计与生产过程中，不断融入现代设计思想。工程技术人员应充分利用先进的设计理念，结合工程实践经验，使制品设计、制造各个环节的精度和效率不断提高，从而提高吹塑制品的质量及市场竞争能力。

本书从塑料原材料及其流动特性开始，全面介绍了吹塑加工中产品设计、性能要求、降低成本和消除次品等诸多因素之间的关系，详细解释和描述了生产吹塑制品前阶段塑化所用的挤出机和注塑机的操作特性、各种常见故障及其解决方法。该书是一本集理论与实践为一体、综合性的吹塑成型工具书，是适用于塑料加工工程技术人员的一本参考书。

卢秀萍翻译了前言、第 1 章、第 7 章，高雨茁翻译了第 6、8 章，王克俭翻译了第 2、3、10、12 章，何亚东翻译了第 5 章，朱常委翻译了第 4、9 章，梁畅翻译了第 11 章，康凯敏、王珊、孙静、王晓洁参加了部分章节的翻译。全书由卢秀萍和王克俭共同统稿。

由于水平所限，翻译过程中不妥之处在所难免，恳请读者予以批评指正。

译者

2007 年 2 月

前 言

第二版介绍了塑料工业中最新的吹塑成型 (blow molding, BM) 技术, 从产品设计到满足性能要求、降低成本和实现无次品目标的宽广范围内, 通过列举许多吹塑加工实例, 阐述了在不同塑料的吹塑加工中, 塑料材料与临界因素的关系。详细解释并描述了包括成功生产吹塑制品所必需的基本挤出和注射成型机械的操作等各种问题。另外, 成型过程中可能产生的各种故障及其解决方法和相关参考文献的综合信息贯穿整本书。

本书提供了各种吹塑制品 (包括新技术) 成型的重要且详细的信息, 也提供了成功生产吹塑制品所必需的基本挤出机和注塑机的信息及详细操作程序 (包括开机和故障处理)。

如本书所述, 吹塑成型始终面临着如何利用先进技术进行成型加工 (包括了解不同塑料的流动特性, 操作监控系统、测试及质量控制、统计分析等) 的挑战。然而, 这些技术也只有在充分理解和表征成型基本操作的基础上, 才有可能确保消除或减小潜在故障。

本书从加工过程的塑料流动特性开始, 为从事本专业技术或非专业技术的读者提供简明、实用、综合性强的吹塑成型知识。适合生产者、模具制造者、设计师、工程师、维修人员、会计、企业经理、测试及质量控制人员、统计员、成本核算员、销售和经营者、买方、卖方、从事教育/培训人员、车间主任、图书管理员/信息资料员、律师、顾问等不同人群。对不同问题感兴趣的人可能会共同关注和相互联系在有限和不熟悉的主题上。正如本书贯穿始终所述, 充分了解吹塑加工过程是成功设计、原型构造、成型加工各种吹塑制品的必要条件。

本书独特之处在于读者可获得各种有效的参考信息, 这些资料甚至对有丰富经验的制造者、设计师和工程师也很有价值; 同时, 本书也为刚开始从事本行业的人员提供扎实的基础知识。旨在从实践到理论, 由浅入深地对吹塑加工的重要问题进行全面综述。

本书能使不熟悉吹塑成型的人了解如何生产制品, 同时指出生产过程可能导致制品性能很差或失效的原因或故障, 这些故障通常可能发生、代价昂贵且又意想不到。本书还列举了大量故障及解决办法, 这些信息可以提高已从事塑料行业的人员的技能。本书重点提供了大量 BM 制品的成型技术和商业获利指南。

从实用主义观点出发, 任何给出的现成理论都是可以理解和非常有用的。例如, 理论学家深入研究了其它材料 (如钢、木材等) 所存在的局限性, 并对各种

吹塑制品进行了近一个世纪、全球范围内的广泛研究后，现在已经可用吹塑技术成功生产出满足高质量、均一性及获利标准的制品，因此读者可以在明确了解该吹塑成型主题的基础上，运用正确的功效因素。

本书目的非常明确，希望具有简单性和提供基本信息的功能。相信随着作者在吹塑工作中经验的不断丰富和积累以及本书第一版的编写经历并通过参阅其它23本不同塑料方面的图书的基础上，我们有能力提供一本独特有用、实践性强的参考书。

值得注意的是，吹塑工业占有所有塑料约10%，在美国塑料位于第四大工业。由于材料和加工方法不断更新，塑料的用途也始终存在不断优化的可能性，因此塑料发展在很大程度上优于其它材料，本书通过列举吹塑技术发展的一些实例，提供吹塑商务的发展趋势。

为便于比较，本书给出了有限的一些塑料材料的性能信息及数据；读者也可以从材料供应商、工业软件和/或本书参考文献部分获得最新信息。本书集中展示、解释、分析了吹塑技术的基本影响因素与塑料制品加工之间的关系。尽管世界范围约有35000种塑料原料，但选择正确的塑料需考虑诸多因素，如确定制品性能要求、适当设置或控制所用的挤出和注射模塑过程、明智地准备材料购置文件和生产吹塑成型制品的工作指令等。

塑料原料和设备总是不断发展。不同塑料的性能差异很大，有些塑料可满足高性能要求，如长期耐蠕变性、耐疲劳性、韧性等；相反，其它塑料选用则是基于产量大及成本低等因素；不同材料的吹塑成型操作过程不尽相同。

书中列举的专利和商标可能含有很多信息，但并没有授权或暗指可以使用这些专利或商标；这里只是以信息讨论为目的。无论这些专利用哪种名称，如常规描述名称、专利商标名称、商品名称、商务名称或其它类似名称，并不意味着可以免费使用。所列出的专利信息在研究或分析中可以使用，并且认为真实准确，任何作者或出版商无权负责其中的错误、省略及不准确部分或其它问题。

在本书的编写过程中，为确保所综述主题的完整性和正确性，作者充分利用了个人在工业实践和教学方面累计的经验，以及来自工业（个人、材料和设备供应商、会议、书籍、文章等）和商业协会的大量信息。

Dominick V. Rosato

Andrew V. Rosato

David P. Di Mattia

目 录

1 绪论	1
1.1 概论	1
1.2 工业规模	1
1.3 塑料原料	2
1.4 基本吹塑成型过程	7
1.4.1 吹塑成型类型	9
1.4.2 挤出吹塑成型与注射吹塑成型	10
1.5 其它的吹塑工艺	11
1.5.1 浸渍注射吹塑	11
1.5.2 压缩-拉伸吹塑	12
1.5.3 旋转成型	13
1.5.4 其它成型工艺	16
1.6 过程控制	16
1.7 制品设计	17
1.8 成型基础	17
1.9 加工基础	18
1.10 变量	18
1.10.1 原料	19
1.10.2 工艺	19
1.10.3 制品和模具设计	19
1.10.4 塑料与加工的相互作用	19
1.11 制品性能	20
1.12 共挤出/共注射	22
1.13 加工原则	22
1.14 FALLO 方法	22
2 塑化装置的熔融操作	24
2.1 喂料操作	25
2.1.1 料斗	25
2.1.2 喂料速率	26
2.1.3 料斗进料器	26

2.2 机筒	27
2.2.1 机筒长径比	27
2.2.2 机筒加料装置	28
2.2.3 喂料冷却部件操作	28
2.2.4 机筒开槽	28
2.2.5 机筒的检测	29
2.2.6 校准	29
2.2.6.1 塑化装置摇摆	30
2.2.7 用管道镜检查机筒	30
2.2.8 机筒的加热/冷却	30
2.2.8.1 机筒温度的测量	31
2.2.8.2 加热方法	31
2.2.8.3 冷却方法	32
2.2.9 金属检测	32
2.2.10 机筒-机头连接	33
2.2.11 机筒安全	33
2.3 螺杆	33
2.3.1 螺杆分段	35
2.3.1.1 加料段	35
2.3.1.2 渐变段	35
2.3.1.3 计量段	36
2.3.2 螺杆运动	36
2.3.3 螺杆设计	38
2.3.3.1 螺杆混合	38
2.3.3.2 塑料熔融	39
2.3.3.3 压缩比	40
2.3.3.4 螺杆长径比	41
2.3.3.5 螺杆类型	42
2.3.4 螺杆扭矩	45
2.3.5 螺杆冷却	46
2.3.6 静态混合器	46
2.3.7 螺杆/机筒架桥(挂料)	47
2.3.8 螺杆和机筒之间的间隙	47
2.3.9 螺杆直径尺寸	47
2.3.10 螺杆生产量	48
2.3.11 螺杆材料和熔体流动	48
2.3.12 螺杆更换	51

2.4	塑化装置排气	51
2.5	清洗	54
3	挤出吹塑成型	56
3.1	基本过程	56
3.2	加工要求	60
3.2.1	挤出机机头	61
3.2.2	吹塑成型压力	62
3.3	熔体流动	65
3.3.1	型坯成型	66
3.3.2	型坯胀大	68
3.3.3	型坯下垂	70
3.3.3.1	黏弹性	70
3.3.4	褶皱	70
3.3.5	型坯吹胀	71
3.3.6	熔体破碎	71
3.3.7	拉伸流动	72
3.4	牛奶瓶	73
3.5	工业吹塑制品成型	74
3.6	多层制造工艺	75
3.6.1	共挤吹塑	76
3.6.2	共挤制品的应用	77
3.6.2.1	化学品市场	78
3.6.2.2	食品市场	79
3.7	挤出机	80
3.7.1	挤出机基础知识	81
3.7.1.1	单螺杆挤出机	82
3.7.1.2	多螺杆挤出机	83
3.7.1.3	双螺杆挤出机	84
3.7.2	挤出机的操作	85
3.7.2.1	挤出机的检验	86
3.7.2.2	启动	87
3.7.2.3	关机	88
3.7.2.4	其它操作细节	89
4	注射吹塑成型	91
4.1	基本过程	91

4.2 共注射：生产多层制品	94
4.2.1 共注射吹塑	95
4.3 注射成型	96
4.3.1 机械特性	97
4.3.2 成型塑料	97
4.3.3 产品设计概念	98
4.3.4 成型基础	99
4.3.5 塑化	99
4.3.6 模具	100
4.3.7 加工过程	102
4.3.8 过程控制	102
4.3.9 机器类型	103
4.3.10 往复式（一段）螺杆注塑机	103
4.3.11 两段注塑机	105
4.3.12 注射液压蓄能器	107
4.3.13 往复式和两阶注塑机	107
5 拉伸吹塑成型	111
5.1 基本过程	111
5.1.1 吹塑阶段	113
5.2 拉伸吹塑成型的优点	116
5.3 取向行为	116
5.4 取向与结晶	118
5.5 共注射拉伸吹塑成型	118
5.6 PET 瓶成型	119
5.6.1 成型温度	122
5.6.2 型坯温度	123
5.6.3 瓶重	124
5.6.4 瓶颈的设计	124
5.6.5 收缩	125
5.6.6 热罐装 PET 瓶	126
5.6.7 其它特性	127
6 机头与模具	128
6.1 概述	128
6.2 挤出吹塑成型机头	130
6.2.1 塑料熔体行为	131

6.2.2	口模和挤出机	132
6.2.3	歧管机头	132
6.2.3.1	歧管和口模	133
6.2.3.2	储料式机头	136
6.2.4	机头控制	139
6.2.5	口模和芯模设计	140
6.2.5.1	口模和芯模的尺寸计算	141
6.2.6	口模形状	144
6.2.7	口模间隙	146
6.2.8	共挤出口模	148
6.3	挤出吹塑成型	148
6.3.1	吹塑型坯	149
6.3.1.1	压缩空气	149
6.3.1.2	针管式吹塑	152
6.3.2	型坯夹具	153
6.3.3	瓶颈螺纹成型	157
6.3.4	快速切边机	162
6.3.5	负压与双层吹塑模具	165
6.4	注射吹塑成型模具	167
6.4.1	预成型	167
6.4.2	模具类型/布局	169
6.5	多层复合成型	170
6.6	模具设计	171
6.6.1	基本设计	172
6.6.2	排气与模具表面	175
6.6.3	模具冷却	179
6.6.3.1	雷诺数	180
6.6.3.2	压力降	181
6.6.3.3	热量控制	181
6.6.3.4	冷却系数	182
6.6.3.5	内部冷却	183
6.6.4	计算机辅助模具和制品设计	184
6.7	模具制造	184
6.7.1	模具材料	184
6.7.1.1	钢制口模和模具	186
6.7.1.2	铝	190
6.7.1.3	其它材料	191

6.7.2	冷却设计	194
6.7.3	模具表面处理	196
6.7.3.1	喷镀	197
6.7.3.2	涂覆	199
6.7.3.3	抛光	200
6.7.3.4	抛光工艺	202
6.7.4	常规制造方法	204
6.7.5	预加工模具	204
6.7.6	快速换模	204
6.8	模具购买	205
6.9	模具安全	206
6.9.1	电子协会	206
6.9.2	模具交流协会	206
6.9.2.1	通用指南	207
7	塑料品种及加工性能	208
7.1	概述	208
7.2	基本吹塑成型用塑料	209
7.3	从聚合物到塑料	211
7.3.1	密度/相对密度	212
7.3.2	分子量	212
7.3.3	流变学	213
7.3.3.1	牛顿流体和非牛顿流体	213
7.3.4	流变学和力学分析	213
7.3.5	黏弹性	214
7.3.5.1	黏性/弹性基础	214
7.3.5.2	分子量分布	216
7.3.5.3	弹性	216
7.3.5.4	剪切敏感性	217
7.3.5.5	塑料行为	218
7.4	塑料类型	219
7.4.1	热塑性塑料	221
7.4.1.1	结晶和非晶高聚物	221
7.4.2	热固性塑料	222
7.4.3	交联热塑性塑料	223
7.4.4	液晶聚合物	224
7.4.5	纯塑料	224

7.4.6	原料塑料	224
7.4.7	共聚物	225
7.4.8	复合材料和合金	225
7.4.9	通用塑料和工程塑料	225
7.4.10	弹性体	226
7.4.11	发泡塑料	228
7.5	熔体加工基础	229
7.5.1	熔融变形	229
7.5.2	黏度	230
7.5.3	分子量分布	231
7.5.4	熔体缺陷	232
7.6	加工性能的影响	233
7.6.1	熔融温度	234
7.6.2	玻璃化温度	235
7.6.2.1	力学性能和 T_g	235
7.7	阻隔容器材料	236
7.7.1	单层容器	238
7.7.2	涂覆	238
7.7.3	多层材料	239
7.7.4	阻隔材料	240
7.8	取向度和结晶度	241
7.8.1	吹塑过程中的取向	241
7.8.1.1	加工过程	241
7.8.1.2	性能的影响	242
7.8.2	吹塑过程中的结晶	244
7.8.2.1	结晶对性能的影响	246
7.9	分子间结合力	246
7.9.1	伦敦色散力	247
7.9.2	静电力	247
7.10	性能	248
7.10.1	塑料选材	251
7.10.2	性能预检测	252
7.10.3	力学性能	252
7.10.3.1	拉伸性能	255
7.10.3.2	冲击能量	256
7.10.3.3	硬度	256
7.10.3.4	疲劳强度	256

7.10.3.5 长时间应力松弛/蠕变	256
7.10.4 收缩	257
7.10.5 热性能	257
7.10.5.1 热老化	261
7.10.6 塑料的记忆	261
7.10.7 线性热膨胀系数	261
7.10.8 热应力	262
7.10.9 性能和湿度	262
7.10.9.1 水蒸气渗透性	263
7.10.10 降解问题	263
7.10.11 塑料原材料的检验	263
7.10.11.1 制样	264
7.10.11.2 合格者质量水平	264
7.10.11.3 样品尺寸	264
7.10.11.4 测试	264
7.11 塑料加工性能评价	265
7.11.1 塑料选材试验	265
7.11.2 质量控制检测	268
7.11.2.1 熔体指数	268
7.11.2.2 熔体流动测试	270
7.11.2.3 其它熔体流动测试方法	270
7.12 塑料回用	271
7.12.1 粉碎操作	272
7.12.2 粉碎	273
7.13 干燥	273
7.13.1 吸湿塑料的干燥	274
7.13.2 非吸湿塑料的干燥	275
7.13.3 PET 的干燥	275
7.13.4 尼龙干燥	276
8 制品设计基础	278
8.1 概述	278
8.1.1 材料和工艺与制品设计的内在联系	280
8.1.2 设计、形状和刚度	281
8.1.3 残余应力和应力松弛	282
8.1.4 设计参数	284
8.1.4.1 双轴取向	285

8.1.5	设计和树脂加工之间的关系	285
8.1.6	设计方法	287
8.2	设计概要	287
8.2.1	设计基础	291
8.2.2	密封	294
8.2.3	挤出吹塑成型和注射吹塑成型容器的把手	296
8.2.4	铰链设计	298
8.2.5	搭扣	300
8.2.6	模内贴签	300
8.2.7	大型工业容器	302
8.2.8	双层成型	302
8.3	模具制备及其它工作	306
8.3.1	复杂的不规则形状	307
8.3.1.1	移动模块	307
8.3.1.2	一体式 HDPE 把手盖	307
8.3.2	一体式把手, 双层内螺纹 HDPE 盖	309
8.3.3	一体式 HDPE 桶提手环	310
8.4	多分模面吹塑法	311
8.4.1	移动滑块	312
8.4.2	安装移动模块	313
8.4.3	新技术	314
8.4.4	三维吹塑技术	315
8.4.4.1	3D 技术优点	316
8.4.4.2	现有 3D 吹塑系统	318
8.4.4.3	共挤出	320
8.4.4.4	径向壁厚控制	320
8.4.4.5	参考文献	320
8.4.5	其它方法	321
8.4.5.1	可折叠容器	321
8.4.6	热灌装 PET 瓶	322
8.4.7	广口 PET 容器	325
8.5	收缩	326
8.5.1	公差	328
8.6	塑料特性	329
8.6.1	塑料的记忆性	330
8.6.2	黏弹性	331
8.6.3	等时应力-应变关系	332

8.7 制品的修饰	334
9 过程控制	338
9.1 概述	338
9.2 控制流程图	338
9.3 控制系统问题及解决方案	339
9.4 基本控制元件	340
9.4.1 传感器和测量仪表	340
9.4.2 信号转换器	341
9.4.3 压力传感器	341
9.4.4 温度传感器	342
9.5 计算机控制器	343
9.5.1 概述	343
9.5.2 控制选择	344
9.5.3 网络控制系统	345
9.5.4 Fieldbus 通讯控制	345
9.6 预制体/型坯厚度控制	346
9.7 加工控制器	352
9.8 逻辑控制系统	354
9.8.1 模糊逻辑控制	355
9.9 智能加工	355
9.9.1 整体成型概念	356
9.10 启动和关闭程序	359
9.10.1 启动 (HDPE)	359
9.10.2 关闭	360
9.11 质量控制和统计过程控制	360
9.11.1 质量控制	360
9.11.2 统计过程控制和质量控制	361
10 计算机应用	362
10.1 概述	362
10.2 计算机和产品	362
10.2.1 交流的优点	365
10.3 有限元分析	366
10.3.1 方程的求解	366
10.3.2 基本原理	367
10.3.3 操作方法	367
10.4 模型化	368