

PVC Handbook

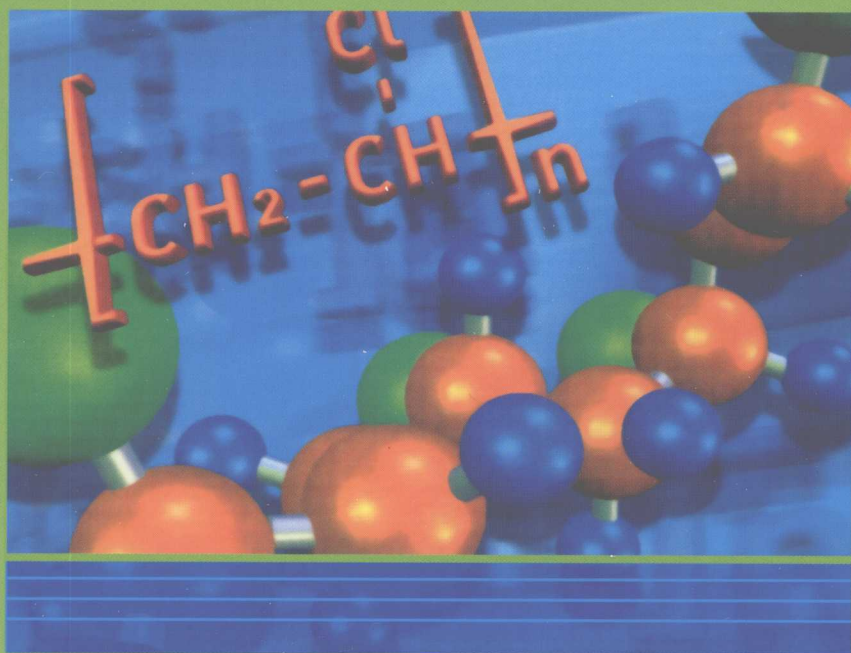
聚氯乙烯手册

查尔斯 E. 威尔克斯 (Charles E. Wilkes)

[美] 詹姆斯 W. 萨默斯 (James W. Summers) 编著

查尔斯 A. 丹尼尔斯 (Charles A. Daniels)

乔辉 丁筠 盛平厚 等译



化学工业出版社

PVC Handbook

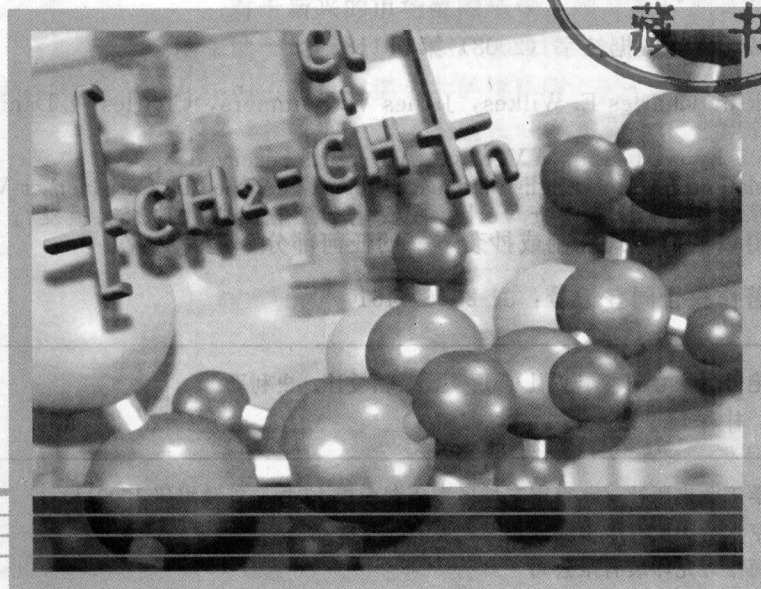
聚氯乙烯手册

查尔斯 E. 威尔克斯 (Charles E. Wilkes)

[美] 詹姆斯 W. 萨默斯 (James W. Summers) 编著

查尔斯 A. 丹尼尔斯 (Charles A. Daniels)

乔辉 丁筠 盛平厚 等译



化学工业出版社

· 北京 ·

本书详细介绍了聚氯乙烯的各个方面,从单体制备到聚合,从各种添加剂到共混物和合金,从加工工艺到制品用途,从生产到销售,从环境到安全,从聚氯乙烯的行业结构到发展动态,一应俱全。同时,作者将聚氯乙烯近年来的研究成果囊括于本书,介绍了很多聚氯乙烯行业的新技术、新工艺、新理论。

本书内容丰富、全面、新颖,既通俗易懂又极具专业价值,不仅可作为聚氯乙烯行业的专职科研人员、高等院校相关专业师生的参考书,还可作为普通生产与销售人员的专业读物。

图书在版编目(CIP)数据

聚氯乙烯手册/[美]威尔克斯(Wilkes, C. E.),
[美]萨默斯(Summers, J. W.), [美]丹尼尔
(Daniels, C. A.) 编著;乔辉等译.—北京:化学
工业出版社,2008.7

书名原文:PVC Handbook

ISBN 978-7-122-03171-6

I. 聚… II. ①威…②萨…③丹…④乔… III. 聚
氯乙烯-手册 IV. TQ325.3-62

中国版本图书馆CIP数据核字(2008)第091136号

PVC Handbook by Charles E. Wilkes, James W. Summers, Charles A. Daniels
ISBN 3-446-22714-8

Copyright©2005 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:01-2006-6461

责任编辑:白艳云 杜春阳 李胤

装帧设计:史利平

责任校对:李林

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35 $\frac{3}{4}$ 字数753千字 2008年9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:75.00元

版权所有 违者必究

译者前言

首先感谢化学工业出版社引进了这本《聚氯乙烯手册》，我和我的同事、同仁及研究生们用一年的业余时间完成了这本书的翻译工作。他们是北京化工大学丁筠、中国纺织科学研究院研发中心盛平厚、阿科马公司罗磊、北京化工大学材料科学与工程学院研究生孔凡涛、徐莹、黄瑶、陈逢刚、张莉、罗璐。感谢我的同事及前辈吴立峰教授对全书进行了审校。翻译工作使我们这个团队收益颇多。

对这本书的认识是随着翻译工作的不断进行逐渐加深的。这本书对于从事PVC研究和生产的人们是一本不可多得的工具书。它有三个突出的特点：全、新、深。

作为一本工具书，全面是本书最突出的特点。正如本书序所说，作者试图对PVC进行详尽的阐述：从单体制备到聚合；从各种添加剂到共混物和合金；从加工工艺到制品用途；从生产到销售；从环境到安全；从PVC行业结构到发展动态的论述，一应俱全，应有尽有。同时，作者将PVC近年来的研究成果囊括于本书，介绍了不少PVC行业的新技术、新工艺、新理论。另外，本书不仅注重实际应用，在理论方面也颇具深度。

纵观全书，内容丰富、全面、新颖，既通俗易懂又极具专业价值。因此本书不仅可以作为从事PVC行业的专职科研人员、高等学校相关专业教师与学生的参考书，也可作为普通生产与销售人员的专业读物。甚至对于PVC行业的决策者与管理者本书也有一定的借鉴作用。

尽管本人曾从事PVC相关的理论及应用研究二十余年，但由于涉及PVC的知识体系过于庞大，没有人能穷尽其内容，因此翻译中我们的团队遇到了不少困难，一些专业术语的翻译可能过于外行，译本中欠妥及疏漏之处在所难免，敬请专家和读者予以指正。

乔 辉
2008年6月

献 辞

谨以此书献给 Waldo Lonsbury Semon 博士 (1898 年 9 月 10 日至 1999 年 5 月 26 日) 以及在他的感召下从事聚氯乙烯技术工作的所有人。

这本聚氯乙烯手册的编辑和一些作者与从事聚氯乙烯研发和商业运营的 BFGoodrich 公司密切相关。其他作者来自于氯乙烯添加剂工业。

Waldo Semon 博士的理念开创了氯乙烯工业。从华盛顿大学获得博士学位后, Semon 博士于 1926 年来到 Arkon, 进入 BFGoodrich 公司。当时他的工作是要找到一种好的胶黏剂, 来固定橡胶衬垫与金属罐及罐车。在一项实验中他合成了 PVC, 并试图将其溶解在高沸点溶剂中。他发现此产品具有一定的弹性。同时他还发现联合碳化学公司用于涂料的共聚物弹性不够好。



Semon 博士还发现高分子量增塑 PVC 可进行加工, 而这是其他尝试加工 PVC 的人未能做到的。他通过加热和模塑制造出一系列弹性产品, 如鞋跟、高尔夫球、五金工具手柄护套、电缆涂层、防水帘布。他开创了软质 PVC 制品和增塑糊工艺。

在这位杰出的发明家指出聚氯乙烯大有用途的前景之后, BFGoodrich 公司就生产了单体和均聚物并开发了新的市场。随即在添加剂领域, 各种所需的增塑剂、稳定剂、加工助剂、抗冲击改性剂、润滑剂和填料等应运而生, 得以创新和发展。这些工艺技术的进展将在这本书的诸多章节中描述。

序

在这本专著中，作者致力于给各类读者一个关于 PVC 各个方面的详尽的阐述：从单体制备到聚合；用作稳定剂、润滑剂、增塑剂、抗冲击改性剂、填料和增强剂的各种添加剂；共混物和合金；混合料和加工；材料特性；阻燃和耐候性；产品工程设计；产品用途；环境与安全；以及 PVC 行业动态。Jim Summers 先生的献辞对 PVC 的历史作了很好的回顾，此外在本书的几个独立章节中对 PVC 工艺技术进行了历史性的展望。这本手册既含有实际的配方信息，也有关于 PVC 为何表现出如此行为的机理阐述。本书作者来自工业界和学术界。有些工业界的作者来自于 BFGoodrich 实验室，这是不足为奇的，因为许多工业技术的开发起源于这个实验室。然而从总体上说，来自工业界的作者代表了大约十个 PVC 制造和供应公司。

当我于 20 世纪 60 年代中期从学校毕业加入到 BFGoodrich 实验室时，PVC 的研究在那里是一个挑战性的课题。那时我有很好的便利条件，可以与 Waldo Semon 博士进行多次交谈，他那时仍在我们的实验室里工作。我一直记着他说过的一句话“Chuck，你将会发现 PVC 可能会是已存在的最惰性的含氯化合物。”他关于含氯材料健康和安全性言论超前了数十年，但今天看来仍然是正确的。只要正确地使用和处置，PVC 是一种非常安全的材料。

如果没有我的合作者 Jim Summers 和 Chuck Daniels 的巨大贡献，我可能不愿来承担这项艰巨的任务。再加上 PVC 专家们广泛的工作联系网络，我们才能够组成如此优秀的作者团队。并且，他们对多个章节从技术角度进行了具体的充实。还要感谢 Christine Strohm 和他在 Carl Hanser 出版社的同事们，他们广泛地征求了外界对于该手册结构的意见，并对许多章节的可读性进行了改进。

许多 PVC 基本技术的发现大多发生在 20 世纪 30 年代至 50 年代。从那时开始，持续不断的改进，拓宽应用领域和为降低成本改进加工工艺以及安全问题都是 PVC 研究的主要内容。直到今天数十亿磅的 PVC 仍然采用 30 年代开发的自由基催化剂来进行生产。关于创新前沿方面，大家熟悉于 1998~2005 年开展工作的 PVC 技术协会，该协会由 Edison 聚合物发明公司组织。我被授权指导这个来自 14 个国家 21 个发起公司的协会，他们资助了 6 个大学的 12 个研究项目。在此，我很高兴地向大家介绍此协会的几项研究成果。Rich Jordan (Chicago 大学)、Bill Brittain (Akron 大学) 和 Tony Rappe (Colorado 大学) 以及一些合作者在茂金属聚合氯乙烯研究方向上取得了杰出成就。尽管尚未成功，但他们的工作已经发布，并

有希望能激励其他实验室取得进一步的成功。另一方面, Virgil Percec (Pennsylvania 大学) 和他的同事在氯乙烯的活性自由基聚合方面取得了成功。这一技术已经用来生产窄分子量分布的均聚物以及一系列嵌段共聚物(高 T_g 和低 T_g 的)。一些专利和出版物均基于这一里程碑似的工作。Bill Starnes (William & Mary 大学) 和他的同事们发现了一类新的非金属 PVC 稳定剂。本书的第 4 章和一些出版物以及专利对这一结果进行了阐述。Jim White 和他的同事们 (Akron 大学) 研究了新的高性能合金技术, 包括新的嵌段共聚物相容剂, 已经公开发表并取得专利。Joe Kennedy 和他的同事们 (Akron 大学) 研究通过阴离子聚生成 PVC 的一些新的改性方法, 已经公开发表并取得专利。Kyonsuku Min (Akron 大学) 和他的同事们公布了他们通过双螺杆挤出机的反应成型来制备 PVC-聚氨酯合金的成果。Eric Baer 和 Anne Hiltner (Case Western Reserve 大学) 出版发表了关于 PVC 的韧性、蠕变和耐疲劳性的很好的基础性研究。Jerry Lando 和 Morty Litt (Case Western Reserve 大学) 尝试通过聚合添加剂来改善 PVC 的立体结构。此外, Miko Cakmak (Akron 大学) 发表了关于在线检测挤出过程中 PVC 混合物的化学和形态变化特性的研究成果。我本人希望这些已发表的和形成专利的研究成果会带来 PVC 的繁荣——形成许多新的应用并继续保持良好的增长。

Charles E. Wilkes
Akron, Ohio
2005 年 4 月



Charles Daniels

Charles Wilkes

James Summers

目 录

第1章 绪论	1
1.1 化学和物理结构	1
1.1.1 原材料	1
1.1.2 含氯量和阻燃性	1
1.1.3 聚合形态	2
1.1.4 聚氯乙烯独特的熔融加工性	3
1.1.5 取决于配方和加工过程的性能	3
1.1.6 热塑性弹性体型聚氯乙烯	3
1.1.7 聚氯乙烯的溶解度参数和易混合性	3
1.2 聚氯乙烯历史回顾	5
1.2.1 聚氯乙烯满足社会需求	5
1.2.2 社会责任	6
1.2.3 历史事件	6
1.3 商业意义	10
1.3.1 聚氯乙烯工业的发展	10
1.3.2 热塑性聚氯乙烯	11
1.3.3 热塑性弹性体型聚氯乙烯	12
1.3.4 热塑性工程塑料型聚氯乙烯	12
参考文献	13
第2章 氯乙烯单体	16
2.1 概论	16
2.2 简介	16
2.3 物理性能	17
2.4 反应	18
2.4.1 聚合反应	18
2.4.2 碳-氯键的取代反应	18
2.4.3 氧化反应	19
2.4.4 加成反应	20
2.4.5 光化学反应	21

2.4.6 热裂解	21
2.5 制造	22
2.5.1 乙烯直接氯化法	24
2.5.2 乙烯的氧氯化反应	25
2.6 二氯化乙烯热裂解净化	27
2.7 1,2-二氯乙烷热裂解生成氯乙烯	28
2.8 副产物的处理	30
2.9 经济问题	30
2.10 研究对环境的影响	32
2.11 技术趋势	33
2.12 说明书(规格)	36
2.13 健康和安​​全因素	36
2.14 用途	37
参考文献	37
第3章 聚合	45
3.1 概述	45
3.2 悬浮聚合工艺概论	48
3.2.1 聚合	48
3.2.2 汽提	51
3.2.3 过滤	52
3.2.4 干燥和筛选	52
3.3 本体聚合工艺概论	52
3.4 特殊考虑因素	55
3.4.1 聚合动力学	55
3.4.2 树脂粒子结构和形态	56
3.4.3 搅拌和分散剂	57
3.4.4 氯乙烯回收	58
3.4.5 增加反应器产率	59
3.4.6 链段缺陷和热稳定性	61
3.4.7 分子量相关问题	62
3.4.8 共聚合	63
3.5 总结	63
3.6 微悬浮和乳液聚合	64
3.6.1 氯乙烯微悬浮聚合与乳液聚合和悬浮聚合的比较	65
3.6.2 加料程序和变量	65
3.6.3 氯乙烯乳液聚合与聚氯乙烯微悬浮和悬浮聚合的比较	66
3.7 间歇聚合的程序	66
3.8 聚氯乙烯微悬浮和乳液聚合的其他影响因素	67

3.8.1	表面活性剂体系	67
3.8.2	引发剂	67
3.8.3	水	67
3.8.4	共聚物	67
3.9	微悬浮聚合的初级粒径	68
3.9.1	乳液聚合的初级粒径	68
3.10	分子量	69
3.11	聚合设备的操作	69
3.11.1	高速搅拌器	69
3.11.2	反应容器	69
3.11.3	搅拌	70
3.11.4	除热	70
3.12	下游设备	71
3.12.1	残留氯乙烯的除去(汽提)	71
3.12.2	干燥	72
3.12.3	研磨	73
3.12.4	包装	73
3.13	产品质量	73
3.14	安全和环境	74
	参考文献	74
第4章	聚氯乙烯稳定剂和润滑剂	76
4.1	简介	76
4.2	全世界聚氯乙烯的稳定剂和润滑剂	77
4.3	聚氯乙烯的结构和降解	78
4.4	聚氯乙烯树脂的一般稳定方法	80
4.5	聚氯乙烯树脂的通常润滑方法	81
4.6	铅盐稳定剂	82
4.6.1	铅盐稳定剂机理	82
4.6.2	铅盐稳定剂的制备	84
4.6.3	铅盐稳定剂的作用机理	84
4.6.4	铅盐稳定剂的商业重要性	85
4.6.5	铅盐稳定剂的优点和缺点	85
4.6.6	铅盐稳定剂/润滑剂用量	86
4.7	有机锡稳定剂	87
4.7.1	有机锡稳定剂作用机理	87
4.7.2	有机锡稳定剂的制备	89
4.7.3	有机锡稳定剂的作用机理	90
4.7.4	有机锡稳定剂的商业重要性	91

4.7.5	有机锡稳定剂的增效剂	92
4.7.6	有机锡稳定剂的润滑性	93
4.7.7	有机锡稳定剂的优点和缺点	93
4.7.8	有机锡稳定剂/润滑剂用量	94
4.8	混合金属盐稳定剂	94
4.8.1	混合金属盐热稳定剂编年表	94
4.8.2	混合金属盐稳定剂的制备	96
4.8.3	混合金属盐稳定剂的作用机理	97
4.8.4	混合金属盐稳定剂增效剂	98
4.8.5	混合金属盐稳定剂的优点及缺点	102
4.8.6	混合金属盐稳定剂/润滑剂用量	102
4.9	PVC 润滑剂	102
4.9.1	内部和外部润滑剂	103
4.9.2	三类润滑剂的划分	105
4.9.3	润滑剂-润滑剂的相互作用	106
4.9.4	稳定剂与润滑剂的相互作用	108
4.9.5	润滑的稳定剂	109
4.9.6	稳定剂润滑剂一包装	109
4.9.7	润滑剂原料	110
4.10	稳定剂和润滑剂的测试	112
4.10.1	烘箱热稳定性测试	113
4.10.2	压力透明和颜色	114
4.10.3	动态研磨测试	114
4.10.4	转矩流变仪测试	114
4.10.5	压析性测试	115
4.10.6	挥发性测试	115
4.10.7	相容性测试	116
4.10.8	稳定剂与稳定剂间的不相容性	116
4.11	聚氯乙烯稳定剂和润滑剂的供应商	117
4.12	聚氯乙烯稳定剂的环境问题	117
4.12.1	一般的环境问题	118
4.12.2	铅的环境问题	118
4.12.3	镉的环境问题	119
4.12.4	钡的环境问题	120
4.12.5	有机锡的环境问题	120
4.12.6	食品添加剂级稳定剂	121
4.13	化学降解和稳定性	123
4.14	受热脱除氯化氢的机理	123
4.14.1	热不稳定的结构缺陷	123

4.14.2	猜想的不稳定结构	125
4.14.3	多烯结构增长	125
4.15	热稳定性	128
4.15.1	一般机理	128
4.15.2	含有金属的稳定剂	128
4.15.3	有机稳定剂	129
4.16	致谢	132
	参考文献	132
第5章	增塑剂	137
5.1	概述	137
5.2	发展阶段	137
5.3	增塑机理	138
5.4	增塑剂的种类	139
5.5	增塑剂性能	144
5.6	增塑剂的效率	147
5.7	低温性能	148
5.8	增塑剂的耐久性(时效性)	150
5.9	溶解性、可混合性或相容性	151
5.10	加工性能	152
5.11	增塑剂市场分析	152
5.12	增塑剂的健康问题	155
5.13	增塑剂的前景	156
	参考文献	157
第6章	加工助剂和冲击改性剂	159
6.1	加工助剂	159
6.1.1	概述	159
6.1.2	发展	159
6.1.3	加工助剂在PVC中的作用	160
6.1.4	聚氯乙烯加工助剂的优点	163
6.1.5	加工助剂的商业供应商	166
6.2	抗冲击改性剂	167
6.2.1	概述	167
6.2.2	发展	167
6.2.3	冲击和韧性测试	169
6.2.4	抗冲击改性理论	173
6.2.5	抗冲击改性剂——功能、特性和类型	177
6.2.6	抗冲击改性剂的选择	180
6.2.7	商业供应商	181

参考文献	182
第7章 填料和增强剂	185
7.1 聚氯乙烯基体中的矿物填料	185
7.1.1 简介	185
7.1.2 矿物的性能	185
7.1.3 颗粒性质	186
7.1.4 工业矿物填料和增强剂	189
7.1.5 填料和增强剂在聚氯乙烯混合物中的应用和发展	192
7.1.6 表面处理和偶联剂技术	193
7.2 聚氯乙烯基体中的天然填料	195
7.2.1 概述	195
7.2.2 天然纤维的特点	196
7.2.3 聚氯乙烯/天然纤维复合材料	198
参考文献	213
第8章 聚氯乙烯的共混物与合金	217
8.1 简介	217
8.2 高热变形温度的聚氯乙烯共混物	218
8.2.1 戊二酰亚胺共聚物	218
8.2.2 ABS 共混物	219
8.2.3 Suprel	220
8.2.4 苯乙烯/马来酸酐共聚物的共混物	220
8.3 软质聚氯乙烯共混物	220
8.3.1 丁二烯丙烯腈共聚物的共混物	221
8.3.2 聚酮共混物	223
8.4 相容剂	223
8.5 总结	224
参考文献	224
第9章 混合加工	226
9.1 简介	226
9.2 聚合和混合的关系	226
9.3 聚氯乙烯的粉体混合	229
9.3.1 高速混合作用	229
9.3.2 高速混合中的聚集问题	229
9.3.3 高速混合中聚集问题的解决方法	230
9.3.4 粉末的流动和堆积	230
9.3.5 氯乙烯单体的去除	231
9.3.6 增塑剂的加入	231

9.4	组分的分布和分散	232
9.4.1	有效分散	233
9.4.2	温度要求	235
9.4.3	避免剪切生热	236
9.5	通过双螺杆挤出加工粉料	237
9.6	在密闭式间歇混炼机 (Banbury) 和开炼机中混合粉料	238
9.7	在密闭式连续混炼机和开炼机中混合粉料	238
9.8	通过单螺杆混炼机混合粉料	239
9.9	通过往复式单螺杆混炼机混合粉料	240
9.10	通过双螺杆混炼机混合粉料	241
9.11	总结	242
	参考文献	243
第 10 章	软质聚氯乙烯	244
10.1	发展历史	244
10.2	软质聚氯乙烯应用中的树脂类型	245
10.3	软制产品中聚氯乙烯树脂的颗粒结构	247
10.4	软质聚氯乙烯最常用的加工方法	249
10.5	设计软质聚氯乙烯混合料	251
10.5.1	配方的开发	251
10.5.2	配方开发中常见的问题	251
10.5.3	半硬质和软质聚氯乙烯产品通常规定的性能	254
10.6	用于软质聚氯乙烯混合料中的添加剂	256
10.6.1	液体增塑剂和固体增韧剂	256
10.6.2	铅基稳定剂	259
10.6.3	混合金属盐稳定剂	260
10.6.4	填料	261
10.6.5	润滑剂	264
10.6.6	光稳定剂	264
10.6.7	阻燃剂和抑烟剂	266
10.6.8	其他添加剂	267
10.7	软质和半硬质聚氯乙烯的市场	267
10.8	软质聚氯乙烯产品的规格和质量控制测试	282
10.8.1	烘箱老化后的拉伸性能	282
10.8.2	通过转矩流变仪测试热稳定性	283
10.8.3	熔体黏度	284
10.8.4	硬度	284
10.8.5	低温脆性	285
10.8.6	增塑剂的相容性	285

10.8.7	湿气	286
10.8.8	不良分散, 污染和树脂凝胶	286
10.8.9	小范围的缺陷和表面现象	286
10.9	法规问题	286
10.10	未来的进展	286
	参考文献	287
第 11 章	专用级聚氯乙烯树脂	290
11.1	分散型和掺混型树脂	291
11.2	粉末加工型树脂	295
11.2.1	用于粉末涂层和粉末成型体系的聚氯乙烯	295
11.3	专用悬浮法聚氯乙烯树脂	296
11.3.1	超高分子量树脂	297
11.3.2	超高吸收性树脂	297
11.3.3	消光树脂	299
11.3.4	专用乳液聚合树脂	300
11.4	共聚树脂	301
11.4.1	常见氯乙烯-醋酸乙烯共聚物	301
11.4.2	溶液聚合聚合物	301
11.4.3	弹性树脂	302
11.5	氯化聚氯乙烯材料、产品及应用综述	303
11.5.1	简介	303
11.5.2	氯化工艺	304
11.5.3	氯化聚氯乙烯混合料	305
11.5.4	氯化聚氯乙烯预混料的最终应用	306
11.5.5	总结	311
	参考文献	312
第 12 章	聚氯乙烯的物理性能和表征	313
12.1	简介	313
12.2	分子水平的表征	313
12.3	颗粒水平的表征	316
12.4	聚氯乙烯混合物的表征	318
12.5	实验室中的典型表征要求	325
12.6	聚氯乙烯的其他多种性能	326
12.7	总结	327
	参考文献	327
第 13 章	可燃性和燃烧性能	330
13.1	简介	330

13.2	热降解和热分解	330
13.3	热分解和燃烧性质	333
13.4	燃烧性能概述	334
13.5	单一的燃烧性质和相关测试方法	335
13.5.1	点燃性	335
13.5.2	易熄灭性	345
13.5.3	易燃性(可燃性)	347
13.5.4	火焰的传播(蔓延)	348
13.5.5	热量释放	351
13.5.6	烟尘灰暗度	358
13.6	阻燃性和抑烟性	363
13.6.1	烟雾毒性	365
13.6.2	火灾模型和火灾灾害性评估	367
	参考文献	367
	附录1 消防安全定义	373
	附录2 锥形量热仪测定的重要火灾特性意义	375
第14章	聚氯乙烯混合物的老化	377
14.1	简介	377
14.2	老化机理	377
14.3	聚氯乙烯和其他聚合物的老化性能对比	380
14.4	老化测试方法	381
14.4.1	户外暴露	381
14.4.2	实验室加速老化	382
14.4.3	户外暴露标准	382
14.5	聚氯乙烯室外性能的影响因素	383
14.5.1	色泽稳定性	383
14.5.2	冲击性能保有性	388
14.5.3	尺寸稳定性	391
14.6	工业发展趋势和建议	394
14.7	美国工业标准	395
14.8	结论	396
	参考文献	396
第15章	制造工艺	398
15.1	简介	398
15.2	硬质聚氯乙烯加工工艺	399
15.2.1	挤出	399
15.2.2	压延	414
15.2.3	注射成型	417

15.2.4	吹塑成型	424
15.2.5	热成型	429
15.2.6	采用射频加热的模压成型	441
15.3	复合材料加工	443
15.3.1	填料	443
15.3.2	泡沫塑料	445
15.3.3	填料和补强剂对黏度的影响	448
15.3.4	共混物中溶解的气体对黏度产生的影响	450
15.3.5	填充和增强泡沫塑料—A 注解	450
15.3.6	添加剂的作用	451
15.4	含聚氯乙烯聚合物的加工	452
15.4.1	氯化聚氯乙烯的加工	452
15.4.2	PVC-ABS	452
15.4.3	PVC-PMMA	453
15.5	增塑聚氯乙烯的加工	454
15.5.1	液体的加工	454
15.5.2	柔软物料的加工	459
15.5.3	低硬度或半硬质聚氯乙烯的加工	460
15.6	接合和组装	464
15.6.1	介电(高频)焊接	464
15.6.2	溶剂焊接	465
15.6.3	热焊接	465
15.6.4	热熔	465
15.6.5	机械连接	466
15.6.6	电磁焊接	466
	参考文献	467
第 16 章	产品工程设计	472
16.1	简介	472
16.2	生产优质制品	472
16.3	设计优良的注射成型产品	473
16.4	加工过程对聚氯乙烯制品的影响	474
16.5	聚氯乙烯模塑制品的材料性能	477
16.6	最终用途对聚氯乙烯模塑制品的影响	480
16.7	结束语	481
	参考文献	482
第 17 章	聚氯乙烯应用的标准、规定和配方设计	483
17.1	简介	483
17.1.1	应用方面的信息来源	484