



塑料工业手册

HANDBOOK OF PLASTIC INDUSTRY

聚氯乙烯

潘祖仁 邱文豹 王贵恒 主编

化学工业出版社

塑料工业手册

聚氯乙烯

潘祖仁 邱文豹 王贵恒 主编

化学工业出版社

·北京·

41609

(京)新登字 039 号

ISBN 7-5025-2366-9



图书在版编目 (CIP) 数据

塑料工业手册 聚氯乙烯/潘祖仁等主编. —北京: 化学工业出版社, 1999. 8

ISBN 7-5025-2366-9

I. 塑… II. 潘… III. ①塑料工业-手册②聚氯乙烯-手册 IV. TQ32-62

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (98) 第 30683 号

塑 料 工 业 手 册

聚 氯 乙 烯

潘祖仁 邱文豹 王贵恒 主编

责任编辑: 龚浏澄 虞 旻

责任校对: 凌亚男

封面设计: 郑小红

*

化学工业出版社出版发行

(北京市朝阳区惠新里 3 号 邮政编码 100029)

新华书店北京发行所经销

北京市昌平振南印刷厂印刷

三河市前程装订厂装订

*

开本 787×1092 毫米 1/16 印张 64½ 字数 1530 千字

1999 年 8 月第 1 版 1999 年 8 月北京第 1 次印刷

印 数: 1—5000

ISBN 7-5025-2366-9/TQ · 1105

定 价: 118.00 元

版权所有 违者必究

该书如有缺页、倒页、脱页者, 本社发行部负责调换

《塑料工业手册》编委会

主 编	徐 僖	四川联合大学教授，中国科学院院士
副主编	袁晴棠	中国石油化工集团公司教授级高级工程师，中国工程院院士
	李俊贤	黎明化工研究院教授级高级工程师，中国工程院院士
	杨元一	国家石油和化学工业局规划发展司教授级高级工程师
	顾觉生	国家石油和化学工业局法规司教授级高级工程师
顾 问	陶 涛	原化学工业部副部长
	胡亚东	中国科学院化学所研究员
	陈文瑛	原轻工业部塑料局教授级高级工程师

编委会成员（按姓氏笔画）

- 王贵恒 四川联合大学高分子材料系教授
申长雨 郑州工业大学教授
申开智 四川联合大学塑料工程系教授
李滨耀 中国科学院长春应用化学研究所研究员
朱复华 北京化工大学教授
吴培熙 河北工业大学化工学院教授
吴舜英 华南理工大学工业装备与控制工程系教授
吴持生 中国五矿公司复合材料集团公司高级工程师
杜强国 复旦大学高分子科学系教授
宋焕成 北京航空航天大学教授
邱文豹 锦西化工研究院教授级高级工程师
陈大俊 中国纺织大学高分子材料学院教授
林兆安 山西省化工研究所教授级高级工程师
陈忠信 上海交通大学应用化学系教授
陈祥宝 北京航空材料研究院研究员
贺飞峰 上海合成树脂研究所教授级高级工程师
张传贤 兰州化学工业公司合成橡胶厂教授级高级工程师
施祖培 岳阳石油化工公司研究院高级工程师
姚康德 天津大学应用化学系教授
洪定一 中国石油化工集团公司技术开发中心教授级高级工程师
徐传骧 西安交通大学教授
益小苏 浙江大学高分子材料系教授，北京航空材料研究院研究员
黄 锐 四川联合大学塑料工程系教授
傅 旭 晨光化工研究院教授级高级工程师
焦扬声 华东理工大学高分子材料系教授
潘祖仁 浙江大学高分子材料系教授
瞿金平 华南理工大学工业装备与控制工程系教授

本分册编写人员

- 第一章 邱文豹
第二章 蓝凤祥 赵劲松
第三章 黄志明 司业光 单国荣 赵劲松
第四章 华幼卿 凌 绳
第五章 包永忠 孟宪德 翁志学
第六章 蔡绪福 王贵恒
第七章 毛临渊 陈 弦
第八章 王国全
第九章 包永忠 翁志学
第十章 李 盈
第十一章 曾繁涤
第十二章 黄云祥
第十三章 邱文豹
第十四章 司业光 邱文豹

审阅：潘祖仁、王国全、邱文豹、韩光信等。

序

材料是现代科学技术和社会发展的支柱，高分子材料在尖端技术、国防建设和国民经济各个领域已成为不可缺少的重要材料。合成树脂及塑料的世界年产量目前已高达 1.2 亿 t 以上，占三大合成材料产量 80% 以上，在建筑工程方面已成为继钢铁、木材、水泥之后第四大类建筑材料，在包装、交通、电子电器、工业部件、农业、轻工、纺织、航空航天、国防军工和日用品等领域的需求亦日益增多，发挥越来越突出的作用。

科技进步日新月异，合成树脂及塑料的性能不断得到提高，新的品种不断出现，市场竞争十分激烈。以占合成树脂和塑料世界年产量 35% 的聚烯烃为例，继 Ziegler-Natta 催化剂和高效负载型催化剂之后的茂金属聚合催化剂（由一种茂金属与助催化剂甲基铝氧烷或硼系化合物组成）将逐步部分取代传统催化剂。茂金属催化剂体系具有催化活性高、单一活性中心、聚合物结构可精确调控等特点。具有特殊优异性能的茂金属线性低密度聚乙烯（LLDPE）和聚乙烯塑性体（Polyolefine Plastmer, POP）、茂金属长链支化聚乙烯（LCBPE）和聚乙烯弹性体（Polyolefine Elastomer, POE）、茂金属等规聚丙烯（iPP）和环烯烃共聚物（COC）以及茂金属间规聚丙烯（sPP）等已开始进入市场，有关茂金属及其聚烯烃的专利已达数百项，其重要性在国际上已得到普遍共识，对合成树脂工业将产生巨大影响。

随国民经济和石油化工的发展，1997 年我国合成树脂年总产量已超过 600 万 t，居世界第五位，塑料制品的总产量高达 1600 万 t 以上，居世界第二位。我国是世界人口大国，与先进国家对比，在产品品种、质量、技术水平、生产成本、人均消费量等方面还有较大差距，国产树脂的满足率有待提高，每年还需要从国外进口大量高档次树脂，大量废旧塑料制品的回收处理和再生利用等问题亦有待解决。

本手册各章执笔人皆是在科研、生产、信息或高教战线有多年工作经验的知名专家学者。本手册对塑料的制备、加工工艺、成型机械、制品与模具设计、质量控制和使用的基本知识、世界合成树脂的发展概况等作了比较详尽的介绍和综合评述：对合成树脂的聚合机理和结构与性能作了充分地论述，并重点阐述塑料的改性、成型加工工艺。目的在于使从事合成树脂及塑料科技的工作者、高校师生、销售人员和使用部门对这一学科和行业领域的现状、水平、存在问题以及发展趋势有所了解，在运用这一领域的成就的同时，共同努力，开发新产品、新技术，使我国合成树脂和塑料工业，跃上一个新台阶，迎接世界性的挑战。

徐倬

1999 年 1 月 20 日，成都

前 言

聚氯乙烯 (PVC), 是由氯乙烯单体 (VCM) 均聚合或与其他多种单体共聚合而制得的合成树脂, 再配合以增塑剂、稳定剂、高分子改性剂、填料、偶联剂和颜料等加工助剂, 经过混炼、塑化、成型加工而成的合成材料。按所选用树脂和加工助剂的种类及数量不同, 可以制造出软质热塑性塑料、硬质热塑性塑料、泡沫塑料、工程材料、热塑性弹性体、合成纤维、涂料、胶粘剂、密封剂以及特种功能材料等一系列性能迥然不同的制品。在四大 (或五大) 通用合成树脂 (聚乙烯、聚氯乙烯、聚丙烯、聚苯乙烯及 ABS 树脂) 中, PVC 的原料来源最丰富多样, 生产成本最低廉, 生命周期分析 (LCA) 极优越 (社会总能耗少, 资源利用合理, 环境负荷小, 性能价格比高, 经济性好等), 应用范围最广泛。这些都是极富商业价值的宝贵特点。

聚氯乙烯的发展也经历了一段漫长而曲折的过程, 聚氯乙烯从被发现到实际应用, 先后花费了一百年时间, 在工业化的近 70 年以来又经受了多次劫难和冲击。但是它经久不衰, 品种越来越多, 应用越来越广, 消费量越来越大。究其原因, 一方面是社会的需求、市场的牵动: PVC 树脂自身具备的优良特性, 巨大的商业价值, 以及它与上下游相关行业的高度关联性, 在国计民生中具有不可缺少的重要作用。随着全球社会经济的发展和市场总需求量的增长, 必然驱动 PVC 的发展。另一方面是 PVC 工业的不断进步, “适者生存” 的规律证明了它的存在价值: PVC 工业在遭受多次原料危机和世界性经济萧条、市场萎缩的冲击下, 在 VCM 致癌性等环保问题制约下, 在聚烯烃等潜在替代品的激烈竞争下, 它都不失时机地推出新技术、新产品, 及时地进行生产技术改造和产品结构调整, 使它既逾越了难关, 又拓展了新市场, 市场的新需求牵动它向更高阶段发展。纵观 PVC 的 160 多年发展历史, 虽然近二十多年来几乎每隔 5~10 年就有一次生产或增或降的波折, 但始终沿着良性循环的道路保持稳定高速发展。

当前, PVC 仍然面临着严重挑战, 诸如: 生态环境的保护, 潜在替代品的市场竞争, 资源的进一步优化配置, 能量的合理充分利用, 生产过程的优化和高效化, 生产和使用效益的提高, 应用技术和市场开拓等, 都在不同程度上影响着 PVC 的进一步发展。PVC 在其基本合成技术、加工技术以及传统领域中的应用技术方面已经相当成熟, 但是在上述问题上仍有大量工作要做。特别是开发更加廉价的原料, 更加精细化、高性能化的产品, 对生态环境安全的配套助剂, 环境保护 (包括 PVC 废弃物的回收、再利用和处理) 技术, 把 PVC “吃好用好” 的应用技术, 更需要花大力气加以研究。唯有依靠不断的技术进步, 老产品才会继续焕发新面貌。这就需要依靠 PVC 生产、使用、管理以及相关助剂、机械设备部门的共同努力, 从原料、生产到应用等各个环节上加以研究、改进、提高, 共同推动 PVC 工业的技术进步, 促进 PVC 的文明生产和科学利用。

本书的编写目的就是想通过全面、系统地介绍当今国内外 PVC 树脂及其塑料制品的生产、加工、应用、分析测试、环境保护等方方面面的技术现状及发展动态, 从 PVC 原料生产到加工应用、乃至废弃物处理等各个环节, 向 PVC 全行业及相关行业的科技工作者提供一部较为完整的实用技术图书。鉴于目前图书市场上不乏各类 PVC 书籍, 本书在内容的筛选上有所侧重。既区别于一般的科普读物或培训教材, 不介绍具体的生产操作过程, 力求有一定深

度；又区别于科学丛书，避免过于深奥的理论阐述；既具有实用性、可查性，又具有先进性、新颖性；既能够反映当代世界 PVC 的先进技术，又能显示其一定的超前性和科学性。但是由于编者知识水平和篇幅等限制，实际产生的效果恐难达到上述意图。敬请读者提供宝贵意见建议，修改补正，以臻完善提高。

本书作为《塑料工业手册》的一个组成部分，在内容安排上有一定分工。例如：PVC 作为合成纤维、涂料、粘接密封剂等用途本书未作深入探讨。日益成为社会关注热点的环境保护、塑料成型模具机械、塑料常用性能测试方法等内容，将另有专册介绍。本书每章均附有一定数量的参考文献，可供读者进一步引伸研究。

本书邀请国内长期从事 PVC 技术工作的高校、科研、生产、信息部门的专家学者承担各章节的编写，并请潘祖仁、王国全、邱文豹、韩光信等教授审核。

内 容 提 要

本书为一部大型专业性实用手册，主要阐述了聚氯乙烯的单体生产，氯乙烯聚合反应机理及工艺，聚氯乙烯树脂的结构与性能、改性及其应用，聚氯乙烯塑料的配制与加工原理，硬、软质 PVC 制品的加工应用，PVC 热塑性弹性体、糊树脂以及 PVC 其他材料的加工及应用，PVC 测试与标准，以及 PVC 废塑料处理等方面的内容。

本书适用于从事高分子材料的制造、加工与应用领域的科技人员，以及相关专业的高校师生。

目 录

第一章 聚氯乙烯工业概述	1	2.3.4 天然气乙炔法	34
1.1 聚氯乙烯的特性与用途	1	2.3.4.1 概述	34
1.2 聚氯乙烯工业的重要性	5	2.3.4.2 天然气氧化裂解制乙炔的工艺过程	35
1.2.1 性能价格比优越的大宗塑料品种	5	2.3.4.3 各种氯乙烯生产方法的综合经济比较	39
1.2.2 氯碱工业的支柱产品	7	2.3.5 其他有希望工业化的新工艺	40
1.2.3 现代经济中优化资源配置的节能新材料	8	2.3.5.1 直接氯化/氯化氢氧化法生产氯乙烯的新工艺	40
1.3 国外的聚氯乙烯工业	9	2.3.5.2 乙烷直接氧氯化生产氯乙烯单体的新工艺	41
1.3.1 工业化萌芽阶段	9	2.3.5.3 二氯乙烷/纯碱工艺生产氯乙烯单体的新技术	42
1.3.2 量的增长阶段	10	参考文献	43
1.3.3 技术进步阶段	12	第三章 氯乙烯聚合	45
1.3.4 高性能化和高效化发展阶段	13	3.1 概述	45
1.4 中国的聚氯乙烯工业	15	3.1.1 氯乙烯聚合发展过程	45
1.4.1 发展简况	15	3.1.2 氯乙烯聚合方式及树脂用途	46
1.4.2 面临的问题与任务	17	3.1.3 氯乙烯聚合现状和发展趋势	48
参考文献	19	3.2 悬浮聚合	49
第二章 氯乙烯	21	3.2.1 悬浮聚合反应特征	50
2.1 概述	21	3.2.2 氯乙烯单体悬浮聚合方法及生产工艺过程	51
2.2 氯乙烯性质、用途、规格指标与贮运管理	22	3.2.2.1 氯乙烯单体悬浮聚合方法	51
2.2.1 氯乙烯的物理化学性质	22	3.2.2.2 生产工艺过程	52
2.2.2 氯乙烯的质量指标	23	3.2.3 氯乙烯单体悬浮聚合反应机理	53
2.2.3 氯乙烯的用途	23	3.2.3.1 链引发	53
2.2.4 氯乙烯的毒性与防护	23	3.2.3.2 链增长	55
2.2.5 氯乙烯的贮运和管理	24	3.2.3.3 链终止	56
2.3 氯乙烯工业生产方法及其技术发展趋势	24	3.2.3.4 链转移及链转移常数	57
2.3.1 氯乙烯生产技术发展简况	24	3.2.4 悬浮聚合反应动力学	58
2.3.2 平衡氧氯化法	25	3.2.4.1 聚合反应动力学的影响因素	58
2.3.2.1 平衡氧氯化法制氯乙烯的反应原理	25	3.2.4.2 聚合反应动力学的检测方法	59
2.3.2.2 工业生产方法	26	3.2.4.3 聚合速率及数模	61
2.3.2.3 平衡氧氯化法生产氯乙烯的设备投资和经济效益分析	30	3.2.5 分子量及分布	65
2.3.3 电石乙炔法	31	3.2.5.1 分子量及分布表示方法	65
2.3.3.1 电石生产(第一步)	31	3.2.5.2 分子量测定方法及表示方法之间的换算关系	66
2.3.3.2 乙炔生产(第二步)	31		
2.3.3.3 氯乙烯合成(第三步)	32		

3.2.5.3 分子量及分布的影响因素及控制	66	的影响	163
3.2.6 化学结构	68	3.3.4.3 次级粒子大小与结构	164
3.2.6.1 化学缺陷结构	68	3.3.5 氯乙烯乳液聚合物的分子结构	164
3.2.6.2 化学结构预测和控制	70	3.3.6 种子乳液生产方法及工艺流程	167
3.2.7 悬浮聚合成粒过程及影响因素	71	3.3.6.1 种子乳液生产方法	167
3.2.7.1 液-液分散、合并和液滴形成的理论基础	72	3.3.6.2 工艺流程和操作方法	168
3.2.7.2 聚氯乙烯树脂颗粒结构与形态	77	3.3.7 种子乳液聚合基本配方及助剂品种	170
3.2.7.3 悬浮聚氯乙烯成粒过程	78	3.3.7.1 基本配方	171
3.2.7.4 聚氯乙烯树脂的颗粒特性	82	3.3.7.2 无离子水作用及特性参数	171
3.2.7.5 颗粒特性的影响因素	89	3.3.7.3 氯乙烯杂质的影响	172
3.2.7.6 宏观成粒过程形成的树脂品种、性能和用途	95	3.3.7.4 乳化剂的特性、作用与选择	174
3.2.8 悬浮聚氯乙烯树脂品种、基本配方及助剂	104	3.3.7.5 引发剂的特性、作用与影响	180
3.2.8.1 悬浮聚氯乙烯树脂的品种和分类	104	3.3.7.6 其他助剂(种类与作用)	186
3.2.8.2 基本聚合配方	106	3.3.7.7 破乳现象及原因	187
3.2.8.3 水	109	3.3.7.8 种子乳液聚合树脂品种及主要用途	188
3.2.8.4 氯乙烯单体	109	3.3.8 种子乳液聚合设备	189
3.2.8.5 引发剂	113	3.3.8.1 聚合釜	189
3.2.8.6 分散剂	121	3.3.8.2 乳胶浆料脱氯乙烯单体的装置	190
3.2.8.7 链转移剂	141	3.3.9 胶乳干燥工艺及设备	193
3.2.8.8 链终止剂	143	3.3.9.1 胶乳干燥工艺	193
3.2.8.9 防粘釜剂	144	3.3.9.2 胶乳干燥操作	195
3.2.8.10 其他助剂	146	3.3.9.3 胶乳干燥生产过程的主要设备	195
3.3 氯乙烯乳液聚合	147	3.3.9.4 喷雾干燥粉尘危害	199
3.3.1 氯乙烯乳液聚合的特征	148	3.3.9.5 糊树脂干湿料粉碎工艺	199
3.3.1.1 氯乙烯乳液聚合的特点	148	3.3.10 微乳液聚合	200
3.3.1.2 氯乙烯乳液聚合方法的类型及其产品用途	149	3.3.11 氯乙烯乳液聚合方法发展动态	202
3.3.2 氯乙烯乳液聚合机理	149	3.4 微悬浮聚合	203
3.3.2.1 乳胶粒生成阶段	150	3.4.1 微悬浮聚合特征	203
3.3.2.2 乳胶粒增长阶段	152	3.4.1.1 用乳化剂稳定单体液滴	203
3.3.2.3 聚合完成阶段	153	(1) 没有胶束形成	203
3.3.2.4 氯乙烯乳液聚合的特殊性	154	(2) 微液滴是聚合场所	204
3.3.3 氯乙烯乳液聚合动力学	155	(3) 乳化剂的作用与选择	204
3.3.3.1 氯乙烯乳液聚合动力学	155	3.4.1.2 采用油溶性引发剂	205
3.3.3.2 乳液种子聚合机理与动力学	158	3.4.1.3 糊树脂热稳定性好	206
3.3.4 乳胶粒径大小及分布	160	3.4.1.4 糊性能好	206
3.3.4.1 乳液粒大小及分布对糊性能的影响	160	3.4.2 微悬浮聚合原理	206
3.3.4.2 乳胶粒径单、双峰分布对糊粘度		3.4.2.1 形成微小液滴的方法	206
		3.4.2.2 在微液滴内的聚合反应	209
		3.4.2.3 不存在乳液聚合	209
		3.4.2.4 多种体系的组合工艺	209
		3.4.3 微悬浮颗粒形成过程及影响	210
		3.4.3.1 宏观成粒过程	210

3.4.3.2	乳胶粒径计算	210
3.4.4	微悬浮生产方法及工艺流程	211
3.4.4.1	微悬浮生产过程	211
3.4.4.2	微悬浮工艺流程	212
3.4.5	微悬浮基本配方、助剂及树脂品种	213
3.4.5.1	基本配方	213
3.4.5.2	乳化剂特性参数及作用	213
3.4.5.3	引发剂的特性参数及其作用	214
3.4.5.4	其他助剂特性参数及其作用	215
3.4.5.5	微悬浮树脂品种与用途	216
3.4.6	聚合设备及胶乳后处理	220
3.4.6.1	聚合设备	220
3.4.6.2	胶乳后处理	221
3.4.7	其他微悬浮聚合方法	221
3.4.7.1	混合微悬浮法	222
3.4.7.2	混合微悬浮法的特点	222
3.4.7.3	生产方法及工艺流程	222
3.4.7.4	基本配方及助剂和树脂品种	224
3.4.7.5	氯乙烯微悬浮法发展动态	224
3.5	本体聚合	225
3.5.1	概述	225
3.5.1.1	一步法工艺	225
3.5.1.2	两步法工艺	226
3.5.2	本体聚合机理	226
3.5.3	本体聚氯乙烯颗粒形态	227
3.5.4	本体聚合工艺	231
3.5.4.1	氯乙烯及其化学品	231
3.5.4.2	工艺流程	234
3.5.5	M-PVC 树脂性能及应用	239
3.5.5.1	M-PVC 树脂性能	239
3.5.5.2	质量标准	240
3.5.5.3	M-PVC 树脂的应用	240
3.5.6	本体聚合经济效益	241
3.5.6.1	本体聚合与悬浮聚合工艺对比	241
3.5.6.2	消耗定额及树脂成本估算	242
3.5.7	本体法聚氯乙烯的现状和展望	243
3.5.7.1	现状	243
3.5.7.2	发展和展望	244
3.6	其他聚合方法	246
3.6.1	溶液聚合	246
3.6.2	气相聚合	246
3.6.3	定向聚合	249
参考文献		250

第四章	聚氯乙烯树脂结构与性能	254
4.1	聚氯乙烯树脂结构特征	254
4.1.1	链结构	254
4.1.2	聚集态结构	256
4.2	聚氯乙烯树脂颗粒特征	257
4.2.1	悬浮树脂	258
4.2.1.1	紧密型与疏松型悬浮PVC树脂	258
4.2.1.2	球形聚氯乙烯树脂	264
4.2.2	糊树脂	268
4.2.2.1	乳液法聚氯乙烯糊树脂的颗粒形态	268
4.2.2.2	微悬浮法聚氯乙烯糊树脂的颗粒形态	270
4.2.2.3	聚氯乙烯糊树脂颗粒形态分类	270
4.2.3	本体树脂	270
4.3	聚氯乙烯树脂的性能	271
4.3.1	物理性能	271
4.3.2	力学性能	271
4.3.2.1	拉伸性能	271
4.3.2.2	冲击性能	275
4.3.2.3	弯曲性能	279
4.3.2.4	硬度	279
4.3.3	热性能	279
4.3.3.1	热转变温度	279
4.3.3.2	耐热性	281
4.3.4	加工流变性能	282
4.3.4.1	流体行为分类	282
4.3.4.2	剪切粘度的测量方法	283
4.3.4.3	影响剪切粘度和流动曲线的因素	286
4.3.4.4	熔体的弹性效应	291
4.3.5	稳定性能	291
4.3.5.1	化学结构、立体化学结构、分子量、支化与稳定性关系	291
4.3.5.2	热、光、机械应力降解	293
4.3.5.3	稳定技术和稳定机理	295
4.3.5.4	稳定剂的分类	297
4.3.5.5	稳定性试验	307
参考文献		310
第五章	聚氯乙烯改性及其应用	312
5.1	概述	312
5.1.1	聚氯乙烯改性目的	312
5.1.2	聚氯乙烯改性方法	313

5.1.2.1	化学改性	313	5.2.5.3	氯化聚氯乙烯的结构和性能	379
5.1.2.2	物理改性	313	5.2.5.4	氯化聚氯乙烯的加工及应用	382
5.2	聚氯乙烯化学改性	314	5.2.6	聚氯乙烯交联改性	383
5.2.1	氯乙烯共聚合原理	314	5.2.6.1	概述	383
5.2.1.1	无规共聚	315	5.2.6.2	交联聚氯乙烯的制备	384
5.2.1.2	接枝共聚	322	5.2.6.3	交联聚氯乙烯结构与性能	394
5.2.2	氯乙烯无规共聚	324	5.2.6.4	交联聚氯乙烯加工和应用	397
5.2.2.1	氯乙烯-乙酸乙烯酯共聚	325	5.3	物理改性	397
5.2.2.2	氯乙烯-烯烃共聚	331	5.3.1	聚氯乙烯共混改性原理	397
5.2.2.3	氯乙烯-丙烯酸酯共聚	335	5.3.1.1	PVC 共混物的相容性	397
5.2.2.4	氯乙烯-马来酸酯类共聚	336	5.3.1.2	聚氯乙烯共混物的结构形态	400
5.2.2.5	氯乙烯-烷基乙烯基醚类共聚	337	5.3.1.3	聚氯乙烯共混改性的目的及其 原理	401
5.2.2.6	氯乙烯-偏氯乙烯共聚	338	5.3.2	聚氯乙烯增韧改性	410
5.2.2.7	氯乙烯-丙烯腈共聚	342	5.3.2.1	增韧剂的种类	410
5.2.2.8	氯乙烯- <i>N</i> -取代马来酰亚胺共聚	343	5.3.3	聚氯乙烯填充改性	418
5.2.2.9	其他氯乙烯无规共聚	345	5.3.3.1	常用填料品种	418
5.2.3	氯乙烯接枝共聚	346	5.3.3.2	绢英粉	421
5.2.3.1	乙烯-乙酸乙烯酯共聚物与氯乙烯 接枝共聚	347	5.3.3.3	透闪石	421
5.2.3.2	氯化聚乙烯与氯乙烯接枝共聚	353	5.3.3.4	盐泥	422
5.2.3.3	聚丙烯酸酯类与氯乙烯接枝共聚	356	5.3.3.5	氧化铝空心微珠和硅灰石	422
5.2.3.4	乙丙橡胶与氯乙烯接枝共聚	358	5.3.3.6	金属填料和压电填料	422
5.2.3.5	热塑性聚氨酯与氯乙烯接枝共聚	359	5.3.3.7	多组分填料	423
5.2.3.6	聚丙烯与氯乙烯接枝共聚	363	5.3.4	聚氯乙烯玻璃纤维增强改性	424
5.2.3.7	其他聚合物与氯乙烯接枝共聚	364	5.3.4.1	玻璃纤维的性质	424
5.2.4	聚氯乙烯接枝共聚	366	5.3.4.2	影响玻璃纤维增强聚氯乙烯塑料 性能的因素	425
5.2.4.1	聚氯乙烯与乙酸乙烯酯接枝共聚	367	5.3.5	其他物理改性方法	426
5.2.4.2	聚氯乙烯与丁二烯接枝共聚	368	5.3.5.1	添加剂改性	426
5.2.4.3	聚氯乙烯与丙烯酸丁酯接枝共聚	370	5.3.5.2	明胶改性	428
5.2.4.4	聚氯乙烯与甲基丙烯酸甲酯接枝 共聚	372	5.3.5.3	木粉改性	429
5.2.4.5	聚氯乙烯与甲基丙烯酸-2-羟乙酯 接枝共聚	374	参考文献		430
5.2.4.6	聚氯乙烯与苯乙烯接枝共聚	374	第六章 聚氯乙烯塑料的配制及加工		
5.2.4.7	聚氯乙烯与(甲基)丙烯酸接枝 共聚	376	基本原理		433
5.2.5	聚氯乙烯氯化改性	377	6.1	概述	433
5.2.5.1	概述	377	6.1.1	聚氯乙烯加工应用发展简史	433
5.2.5.2	聚氯乙烯氯化技术	377	6.1.2	聚氯乙烯制品的应用领域、消费 结构及发展趋势	434
			6.1.3	聚氯乙烯加工成型技术及发展 动态	436
			6.2	聚氯乙烯塑料的物料组成及添加 剂的作用	439
			6.2.1	聚氯乙烯树脂特性及聚氯乙烯塑 料物料的组成	439

6.2.1.1	聚氯乙烯树脂的分子结构与聚集态特征	439	6.4.1	物料的混合与分散原理	484
6.2.1.2	聚氯乙烯树脂分子量及分布对加工和制品性能的影响	440	6.4.1.1	混合的基本原理	484
6.2.1.3	聚氯乙烯树脂的颗粒形态及其加工特性	441	6.4.1.2	混合效果的评定	484
6.2.1.4	聚氯乙烯塑料物料的组成	443	6.4.2	主要混合设备	485
6.2.2	聚氯乙烯的稳定机理及稳定剂的特性	443	6.4.2.1	预混设备	485
6.2.2.1	聚氯乙烯的热应力降解理论	444	6.4.2.2	混炼设备	486
6.2.2.2	热稳定剂的作用机理	446	6.4.3	聚氯乙烯物料的配混工艺与过程	491
6.2.2.3	稳定剂的性能和选用	448	6.4.3.1	原料准备	491
6.2.3	聚氯乙烯的增塑原理及增塑剂的特性	452	6.4.3.2	预混	493
6.2.3.1	增塑机理	452	6.4.3.3	混炼过程	496
6.2.3.2	增塑剂的分类与选用	455	6.4.3.4	造粒	497
6.2.3.3	增塑剂对制品性能的影响	459	6.5	聚氯乙烯及其配混物的流变性质及加工行为	498
6.2.4	其他添加剂及其作用与特性	463	6.5.1	聚氯乙烯及其配混物的流变性质	498
6.2.4.1	填充剂	463	6.5.1.1	聚氯乙烯及其配混料的流变行为	499
6.2.4.2	着色剂	466	6.5.1.2	聚氯乙烯及其配混物流变性质的测定	502
6.2.4.3	润滑剂	467	6.5.1.3	影响聚氯乙烯塑料物料粒流变行为的因素	503
6.2.4.4	发泡剂	470	6.5.2	聚氯乙烯及其配混物在加工设备中的流动行为	516
6.2.4.5	阻燃剂	471	6.5.2.1	聚氯乙烯物料在加工设备中的流动分析	516
6.2.4.6	抗静电剂	472	6.5.2.2	聚氯乙烯塑料熔体加工过程的粘弹行为	523
6.2.4.7	防霉剂	472	6.6	聚氯乙烯塑料成型加工基础	529
6.2.4.8	聚合物型加工助剂	472	6.6.1	聚氯乙烯的热性质与加工成型的关系	529
6.3	聚氯乙烯塑料物料的配方原理及配方设计方法	474	6.6.1.1	聚氯乙烯的主要热物理性质及温度的影响	529
6.3.1	聚氯乙烯塑料物料的配方原理	474	6.6.1.2	聚氯乙烯的热稳定性与加工成型的关系	532
6.3.1.1	聚氯乙烯塑料配方的依据	474	6.6.2	聚氯乙烯的熔融性质与行为	536
6.3.1.2	聚氯乙烯塑料制品的分类及特点	475	6.6.2.1	聚氯乙烯粒子的熔融过程	537
6.3.2	聚氯乙烯塑料物料的配方设计方法	476	6.6.2.2	硬质聚氯乙烯的熔融特性和影响因素	538
6.3.2.1	硬质聚氯乙烯的配方设计	476	6.6.2.3	增塑聚氯乙烯的熔融特性和影响因素	544
6.3.2.2	软质聚氯乙烯塑料的配方设计	479	6.6.2.4	聚氯乙烯熔融程度的测定	550
6.3.2.3	聚氯乙烯塑料糊的配方设计	479	6.6.3	加工过程聚氯乙烯配混物的形态变化及对性能的影响	553
6.3.3	聚氯乙烯塑料配方的表示方法及实例	480			
6.3.3.1	聚氯乙烯塑料物料配方表示方法	480			
6.3.3.2	聚氯乙烯塑料物料配方实例	480			
6.4	聚氯乙烯塑料物料的配混原理与配制过程	483			

6.6.3.1	加工过程聚氯乙烯微晶区域的 变化及添加剂的分散情况	554	7.3.2	挤出制品和加工成型方法分类	622
6.6.3.2	加工过程聚氯乙烯配混物的形态 变化及形成机制	558	7.3.3	硬质聚氯乙烯挤出成型设备	624
6.6.3.3	加工中聚氯乙烯的取向和取向 结构	562	7.3.3.1	单螺杆挤出机	625
6.7	聚氯乙烯加工原理	566	7.3.3.2	双螺杆挤出机	633
6.7.1	聚氯乙烯挤出成型原理	570	7.3.3.3	挤出机加入料的脱气	638
6.7.1.1	聚氯乙烯的挤出成型过程及螺杆 的基本结构	570	7.3.4	硬质聚氯乙烯管材的挤出成型	639
6.7.1.2	挤出成型原理	571	7.3.4.1	概述	639
6.7.1.3	挤出过程分析及加工条件对性能 的影响	577	7.3.4.2	硬质聚氯乙烯实壁管	640
参考文献		587	7.3.4.3	硬质聚氯乙烯波纹管	648
第七章 硬质聚氯乙烯制品加工成型 与应用		594	7.3.4.4	硬质聚氯乙烯芯层发泡管	653
7.1	硬质聚氯乙烯制品生产概述	594	7.3.4.5	硬质聚氯乙烯新型管材成型技术	662
7.1.1	硬质聚氯乙烯加工应用发展概况	594	7.3.5	硬质聚氯乙烯异型材的挤出成型	664
7.1.2	硬质聚氯乙烯制品种类及其成型 方法	595	7.3.5.1	概述	664
7.1.3	硬质聚氯乙烯塑料的基本组成及 组分选择	596	7.3.5.2	硬质聚氯乙烯异型材的配方特点	665
7.1.3.1	树脂	596	7.3.5.3	异型材的设计原则	668
7.1.3.2	稳定剂	598	7.3.5.4	异型材口模成型特点及模具	673
7.1.3.3	润滑剂	600	7.3.5.5	异型材的冷却定型和牵引	680
7.1.3.4	高聚物型加工助剂	603	7.3.5.6	挤出成型工艺	683
7.1.3.5	改性剂	605	7.3.6	硬质聚氯乙烯板材和片材的挤出 成型	686
7.1.3.6	填充剂	607	7.3.6.1	板材和片材成型工艺	687
7.1.3.7	着色剂及其他添加剂	608	7.3.6.2	板(片)材成型设备及装置	689
7.1.4	配方的设计原则	611	7.3.6.3	波纹板的成型	692
7.1.5	加工过程	611	7.3.6.4	不正常现象、产生原因及解决 办法	692
7.1.5.1	加工流程	611	7.4	硬质聚氯乙烯的挤出吹塑成型	693
7.1.5.2	配混料类型及其物理特性	612	7.4.1	吹塑硬质聚氯乙烯性能	693
7.1.5.3	干混料的制备	613	7.4.2	吹塑用挤出机	694
7.2	硬聚氯乙烯的加工特性	617	7.4.3	吹塑机头	695
7.2.1	剪切熔化特性	617	7.4.4	硬质聚氯乙烯的吹塑加工	697
7.2.2	热稳定性	618	7.4.4.1	硬质聚氯乙烯吹塑料的配方特点	697
7.2.3	熔体粘度-温度特性	618	7.4.4.2	中空容器的拉伸吹塑成型	698
7.2.4	熔体粘度-剪切特性	619	7.4.4.3	透明膜的吹塑加工	699
7.2.5	熔体强度	620	7.5	硬质聚氯乙烯的压延制品成型	700
7.3	硬质聚氯乙烯的挤出加工和制品 成型	621	7.5.1	引言	700
7.3.1	引言	621	7.5.2	压延生产设备	700
			7.5.2.1	混炼机械	701
			7.5.2.2	压延机械	703
			7.5.2.3	辅助机械	704
			7.5.3	硬质聚氯乙烯压延制品及加工	705
			7.5.3.1	硬质聚氯乙烯压延透明片材	705
			7.5.3.2	半硬质聚氯乙烯压延制品	706

7.5.3.3	硬质聚氯乙烯夹层塑料装饰板	706	7.6.10	硬质聚氯乙烯注塑制品生产的经济 性分析	777
7.5.3.4	塑料地板	707	7.6.10.1	影响产品总成本的主要因素	777
7.6	硬质聚氯乙烯的注塑	708	7.6.10.2	生产管理	778
7.6.1	硬质聚氯乙烯注塑制品和成型方 法分类	708	7.6.10.3	硬质聚氯乙烯注塑制品的经济性 问题	781
7.6.1.1	硬质聚氯乙烯注塑制品分类	709	7.7	其他硬质聚氯乙烯制品的成型 加工	783
7.6.1.2	注塑方法的类型	709	7.7.1	硬质聚氯乙烯板材的层压成型	783
7.6.2	硬质聚氯乙烯注塑料的类别及 性质	709	7.7.1.1	片材制备	783
7.6.2.1	硬质聚氯乙烯注塑料的类型	709	7.7.1.2	聚氯乙烯硬板层压成型工艺	786
7.6.2.2	硬质聚氯乙烯注塑料的性质	711	7.7.2	硬质聚氯乙烯泡沫板材的压制 成型	788
7.6.3	注塑设备及辅助系统	713	7.7.3	硬质聚氯乙烯填充制品层压成型	788
7.6.3.1	往复螺杆式通用注塑机的基本 结构	713	7.7.4	硬质聚氯乙烯泡沫制品的模压 成型	790
7.6.3.2	注塑机的型号与主要技术参数	721	7.7.5	聚氯乙烯粉料的模塑成型和涂层 加工	791
7.6.3.3	注塑机专用装置和辅助系统	722	参考文献	793	
7.6.3.4	聚氯乙烯用注塑机的技术要求	723	第八章 软质聚氯乙烯制品加工与 应用	801	
7.6.4	普通制品的注塑	725	8.1	概述	801
7.6.4.1	硬质聚氯乙烯注塑料的基本配方 原则和加工性质	725	8.2	原料选用及配方设计原理	801
7.6.4.2	注塑工艺条件	731	8.2.1	用于软制品的聚氯乙烯树脂	801
7.6.4.3	硬质聚氯乙烯干混(粉)料的注 塑问题	734	8.2.2	用于聚氯乙烯软制品的添加剂	801
7.6.4.4	硬质聚氯乙烯注塑中的热分解问 题及其处理方法	735	8.2.2.1	增塑剂的品种	801
7.6.5	发泡制品的注塑	736	8.2.2.2	增塑剂在聚氯乙烯中的性能	802
7.6.5.1	注射发泡成型方法原理及设备	737	8.2.2.3	其他添加剂	803
7.6.5.2	注塑发泡料配方原则	741	8.2.3	软质聚氯乙烯制品配方设计原理	803
7.6.5.3	注塑发泡成型工艺	742	8.2.3.1	发泡配方设计	803
7.6.6	复合结构制品的注塑	745	8.2.3.2	交联配方的设计	804
7.6.6.1	夹芯注塑	746	8.2.3.3	根据产品性能要求设计配方	804
7.6.6.2	层合制品注塑	748	8.3	聚氯乙烯软制品的基本理论与研 究方法	805
7.6.6.3	复合结构制品的材料选择	751	8.3.1	增塑理论与塑化性能研究方法	805
7.6.7	其他注塑技术	752	8.3.1.1	润滑理论与凝胶理论	805
7.6.7.1	动力熔融注塑	752	8.3.1.2	四步增塑理论	805
7.6.7.2	气体辅助注塑	754	8.3.1.3	塑化性能的研究方法	805
7.6.7.3	中空注塑成型	758	8.3.2	软制品共混的基本理论与研究 方法	806
7.6.8	硬质聚氯乙烯注塑制品造型与模 具设计要点	767	8.3.2.1	共混组分的相容性	806
7.6.8.1	制品造型	767	8.3.2.2	第三组分在两相间的分配	806
7.6.8.2	模具设计	769			
7.6.9	注塑工艺和产品质量控制	771			
7.6.9.1	工艺条件对产品质量的影响	771			
7.6.9.2	质量控制及问题处理	775			