

聚氯乙烯

配方设计与制品加工

杨涛 编著

PVC

PVC

PVC



化学工业出版社

聚氯乙烯

配方设计与制品加工

杨涛 编著



化学工业出版社

· 北京 ·

本书结合作者多年来从事聚氯乙烯制品配方设计和制品加工经验,从实用角度出发,用通俗、简明的语言向读者介绍了聚氯乙烯各种制品的配方设计思路和实例。包括原材料的选择原则、助剂的选择方法、成型设备及工艺等。书中大量介绍了聚氯乙烯制品加工的实用配方,并配有部分加工工艺参数,常见加工问题分析处理等相关内容,把各种聚氯乙烯制品的基本生产方法介绍给读者。

本书可以作为聚氯乙烯制品研制和加工的技术人员的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

聚氯乙烯配方设计与制品加工/杨涛编著. —北京:
化学工业出版社, 2011.5
ISBN 978-7-122-10766-4

I. 聚… II. 杨… III. 聚氯乙烯-化工生产-配方
IV. TQ325.3

中国版本图书馆CIP数据核字(2011)第043421号

责任编辑:王苏平

文字编辑:王琪

责任校对:边涛

装帧设计:史利平

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 装:北京市兴顺印刷厂

850mm×1168mm 1/32 印张13 字数348千字

2011年6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: 38.00 元

版权所有 违者必究

聚氯乙烯是合成树脂中开发最早的一个品种，是产量仅次于聚乙烯的五大通用树脂之一。聚氯乙烯树脂与相关助剂配混后，可以制成各种各样的制品。塑料加工成型的各种方法几乎都适用于聚氯乙烯。聚氯乙烯制品从软到硬，从高填充到高透明，性能范围跨度最大，应用领域极为广泛，人们生产、生活各个领域几乎都能见到它们的身影。同时，聚氯乙烯配方也是成分最多、设计最复杂的塑料配方体系，并被塑料专业人士称为最难搞的配方。

《聚氯乙烯配方设计与制品加工》重点向读者介绍了聚氯乙烯各种制品的配方设计思路和实例、成型设备及工艺、常见加工问题分析处理等相关内容。本书结合作者多年来聚氯乙烯制品配方设计和制品加工经验，从实用角度，用通俗、简明的语言，把各种聚氯乙烯制品的基本生产方法介绍给读者，希望本书能成为聚氯乙烯制品加工业者的一本参考书和工具书。

由于编者编写时间有限，不妥之处在所难免，敬请广大读者批评与指正。

编者

2011年3月

CONTENTS 目 录

第1章 聚氯乙烯制品	1
1.1 聚氯乙烯制品现状	1
1.1.1 聚氯乙烯制品品种和分类	1
1.1.2 聚氯乙烯制品国内外行业状况	4
1.2 聚氯乙烯制品面临的主要问题	7
第2章 聚氯乙烯树脂	9
2.1 概述	9
2.2 聚氯乙烯树脂生产	10
2.2.1 氯乙烯单体制备	10
2.2.2 聚氯乙烯聚合工艺	11
2.3 聚氯乙烯树脂性能指标对制品加工的影响	12
2.3.1 聚氯乙烯结构与性能	12
2.3.2 聚氯乙烯指标的意义和作用	17
2.3.3 制品配方设计时选用聚氯乙烯树脂的一般原则	26
2.4 聚氯乙烯树脂特殊品种	31
2.4.1 高聚合度聚氯乙烯树脂	31
2.4.2 低聚合度聚氯乙烯树脂	32
2.4.3 消光聚氯乙烯树脂	33
2.4.4 聚氯乙烯掺混树脂	34
2.4.5 高表观密度聚氯乙烯树脂	36
2.4.6 氯乙烯共聚树脂	36
2.5 聚氯乙烯树脂标准和主要厂家产品	38
2.5.1 聚氯乙烯树脂标准	38
2.5.2 国内聚氯乙烯树脂主要生产厂家及产品牌号	47

2.5.3 国外聚氯乙烯树脂主要生产厂家及主要牌号	54
参考文献	58

第3章 聚氯乙烯配方中常用助剂 59

3.1 热稳定剂	60
3.1.1 作用机理	60
3.1.2 主要品种	61
3.1.3 选用原则和注意事项	66
3.2 增塑剂	68
3.2.1 作用机理	68
3.2.2 主要品种	69
3.2.3 选用原则和注意事项	71
3.3 润滑剂	72
3.3.1 作用机理	72
3.3.2 主要品种	73
3.3.3 选用原则和注意事项	74
3.4 加工助剂	76
3.4.1 作用机理	76
3.4.2 主要品种	77
3.4.3 选用原则和注意事项	78
3.5 抗冲击改性剂	79
3.5.1 作用机理	79
3.5.2 主要品种和应用	79
3.6 填充剂	81
3.6.1 主要品种	82
3.6.2 选用原则和注意事项	84
3.7 其他助剂	85
3.7.1 光稳定剂	85
3.7.2 抗氧化剂	86
3.7.3 阻燃剂和抑烟剂	88

3.7.4	发泡剂	90
3.7.5	抗静电剂	91
3.7.6	偶联剂	92
3.7.7	着色剂	93
	参考文献	96

第4章 聚氯乙烯制品常用加工工艺 97

4.1	挤出工艺	97
4.2	压延工艺	99
4.3	注塑工艺	100
4.4	中空吹塑工艺	101
4.5	其他成型工艺	102
4.5.1	挤出吹膜	102
4.5.2	发泡成型	103
4.5.3	浇铸成型	103
4.5.4	涂覆制品成型	103
4.5.5	热成型	104
4.5.6	采用射频加热的模压成型	105
	参考文献	105

第5章 聚氯乙烯制品配方设计 106

5.1	聚氯乙烯制品配方设计基本原则	106
5.1.1	聚氯乙烯配方设计基本原则	106
5.1.2	聚氯乙烯制品配方组成	107
5.2	聚氯乙烯制品配方设计步骤和方法	120
5.2.1	聚氯乙烯制品配方表示方法	120
5.2.2	聚氯乙烯制品配方设计步骤	123
5.3	聚氯乙烯配方设计时的注意事项	124
	参考文献	125

第6章 聚氯乙烯制品配方原料混合 126

6.1 原料混合的作用和意义	126
6.2 混合过程	127
6.2.1 混合设备	127
6.2.2 混合工艺和过程	133
6.2.3 混合过程中原料变化	137
6.3 聚氯乙烯配方原料混合注意要点	137
参考文献	139

第7章 硬质聚氯乙烯制品 140

7.1 硬质管材	140
7.1.1 概述	140
7.1.2 原料选取	143
7.1.3 配方设计及实例	151
7.1.4 设备和工艺	156
7.1.5 常见问题分析及处理	175
7.2 异型材	178
7.2.1 概述	178
7.2.2 原料选取	179
7.2.3 配方设计及实例	188
7.2.4 设备和工艺	193
7.2.5 常见问题分析及处理	207
7.3 硬板	214
7.3.1 概述	214
7.3.2 原料选取	215
7.3.3 配方设计及实例	217
7.3.4 设备和工艺	221
7.3.5 常见问题分析及处理	230
7.4 硬片	232

7.4.1	概述	232
7.4.2	原料选取	233
7.4.3	配方设计及实例	235
7.4.4	设备和工艺	236
7.4.5	常见问题分析及处理	248
7.5	硬质薄膜	250
7.5.1	概述	250
7.5.2	原料选取	250
7.5.3	配方设计及实例	252
7.5.4	设备和工艺	253
7.5.5	常见问题分析及处理	255
7.6	管件	257
7.6.1	概述	257
7.6.2	原料选取	258
7.6.3	配方设计及实例	261
7.6.4	设备和工艺	263
7.6.5	常见问题分析及处理	270
7.7	其他硬质聚氯乙烯制品	273
7.7.1	木塑制品	273
7.7.2	焊条	276
7.7.3	单丝	277
7.7.4	中空容器	282
	参考文献	284

第8章 软质和半硬质聚氯乙烯制品 286

8.1	软管	286
8.1.1	概述	286
8.1.2	原料选取	286
8.1.3	配方设计及实例	288
8.1.4	设备和工艺	291

8.1.5	常见问题分析及处理	292
8.2	软质薄膜	294
8.2.1	概述	294
8.2.2	原料选取	295
8.2.3	配方设计及实例	296
8.2.4	设备和工艺	299
8.2.5	常见问题分析及处理	306
8.3	电线电缆	309
8.3.1	概述	309
8.3.2	电缆料	310
8.3.3	电线电缆加工	324
8.4	软片(板)	327
8.4.1	软片(板)配方设计及实例	327
8.4.2	防水卷材	330
8.4.3	地板革(砖)	331
8.4.4	其他	336
8.5	密封制品	337
8.5.1	密封垫	337
8.5.2	密封条	338
8.5.3	密封胶	340
8.6	塑料鞋和鞋底	340
8.6.1	塑料鞋	340
8.6.2	鞋底	348
8.7	人造革和壁纸	350
8.7.1	人造革	350
8.7.2	壁纸	361
8.8	搪塑制品	367
8.8.1	搪塑玩具	367
8.8.2	搪塑仪表板	368
8.9	粒料	370

8.9.1	医用粒料	370
8.9.2	其他粒料	371
8.10	聚氯乙烯热塑性弹性体	373
8.10.1	概述	373
8.10.2	配方设计	374
8.10.3	成型方法	375
8.11	聚氯乙烯纤维	375
8.11.1	概述	375
8.11.2	纺丝成型方法	376
8.11.3	其他纤维品种	377
	参考文献	379

第9章 聚氯乙烯制品回收与利用 381

9.1	概述	381
9.2	聚氯乙烯制品废弃物常用处理办法	383
9.3	回收利用配方实例	385
9.4	回收利用工艺技术	389
	参考文献	391

附录 392

附录一	现行聚氯乙烯制品国家标准目录	392
附录二	聚氯乙烯制品行业标准目录	397

聚氯乙烯制品

1.1 聚氯乙烯制品现状

聚氯乙烯制品是由聚氯乙烯树脂和相关助剂按照一定比例，经过混合、熔融塑化、加工成型及后处理，而获得的民用或工业产品的统称。聚氯乙烯树脂通过不同配方设计，可以加工成各种各样的塑料制品，几乎涵盖了所有应用领域。可以说，品种繁多、应用广泛。

1.1.1 聚氯乙烯制品品种和分类

1.1.1.1 聚氯乙烯制品分类

聚氯乙烯制品的分类没有统一标准，人们习惯上根据制品软硬程度（增塑剂含量多少）不同，将聚氯乙烯制品分为硬质、软质、半硬质制品。硬质制品是指增塑剂含量在 5PHR^① 以下的聚氯乙烯制品，软质制品是指增塑剂含量大于 25PHR 的聚氯乙烯制品，也有人认为软质制品应是增塑剂含量大于 30PHR 的制品。配方中增塑剂含量介于软质、硬质制品之间的聚氯乙烯制品，一般称为半硬质制品。有时还会把这部分制品再进行细分，增塑剂含量接近软质制品的，称为半软质制品，另一部分则被称为半硬质制品。

另外，根据制品加工成型方式，可以把聚氯乙烯制品分为挤出、压延、注塑、吹塑、压制、涂覆、搪塑等不同制品。挤出工艺

① 每百份橡胶或树脂中的份数。

既可以加工硬质制品（如硬管、异型材、硬板等），也可加工软质制品（如电线电缆、软管等）。压延可用于生产硬质或软质的薄膜、片材以及某些铺地材料。注塑主要是加工管件等硬质制品。涂覆以加工人造革、壁纸、输送带等软质制品为主。根据制品的具体形状，还可分为管材、异型材、薄膜、板、片、棒、丝等制品。根据制品消费领域，分为农用材料、建筑材料、电子电气材料、电力电信材料、汽车材料、包装材料等聚氯乙烯制品。根据制品的具体用途，分为排水管、输水管、门窗型材、地膜、盐膜、灯箱布、装饰板、医用片、卡基、管件、电线电缆、人造革、壁纸、凉鞋、鞋底等。

实际工作中，人们更多的是把制品用途、形状和配方中增塑剂含量相结合，共同来定义和区分某一聚氯乙烯制品，比如聚氯乙烯软板、聚氯乙烯硬管、塑钢窗异型材等。

1.1.1.2 聚氯乙烯制品主要品种

聚氯乙烯制品品种众多，应用广泛，如果细分将会有上百个品种，但应用比较广泛的主要是如下一些品种。

(1) 聚氯乙烯管材 聚氯乙烯管材分为硬质和软质制品，主要作为建筑给排水管、市政建设给排水管、各种护套用管、农业灌排用管以及化工防腐及输送其他介质等多种工业用管。特别是在建筑和市政建设方面，分别占到该领域塑料管总用量的 66% 和 48%，主要集中在排水管方面。另外，护套、工业用管等也占到了总用量的 50% 左右。实际应用时，通常以不同符号代表不同性能的聚氯乙烯管材，PVC-U 管材中的字母 U，它的原文是 Unplasticized，是没有添加增塑剂的意思，PVC-U 管等同于 UPVC 管，是硬质 PVC 管材的统称。PVC-P 管材是软质 PVC 的代表符号。PVC-M 管材是各种抗冲击、抗开裂性能好，同时保持高强度的改性聚氯乙烯管道系统，有时也称 PVC-A 或 PVC-HI。PVC-O 管材是通过管材加工过程中的双向拉伸，通过分子取向使管材强度大幅度提高，并具有高韧度的聚氯乙烯管材，也称 BO-PVC。MOPVC 是分子取向 PVC 工业管材的称谓。

(2) 聚氯乙烯异型材 聚氯乙烯异型材主要用于生产塑钢窗，它是继木、钢、铝合金门窗之后的第四代建筑门窗。因聚氯乙烯异型材所生产的门窗具有节能、耐腐蚀性好和性价比高等特点，在西方发达国家已经逐步取代了钢及铝合金材料，成为生产门窗的最主要原料。聚氯乙烯异型材如果按截面形状，有中空和实心之分；如果按所起作用，则有主型材（如窗框等）和辅助型材（如压条等）之分。

(3) 聚氯乙烯板材和片材 通常按照产品厚度不同分为聚氯乙烯片材和板材。一般将厚度小于 0.35mm 的称为片材，厚度大于 0.35mm 的称为板材。聚氯乙烯板材、片材主要用于房地产以及汽车等行业，如用于内装饰的墙面、地板、天花板等。

(4) 薄膜 利用压延机可将聚氯乙烯制成规定厚度的透明或着色薄膜，用这种方法生产的薄膜称为压延薄膜。也可以将聚氯乙烯配方原料利用吹塑成型机吹制成薄膜，用这种方法生产的薄膜称为吹塑薄膜。聚氯乙烯塑料薄膜上可以印花（如印制包装装潢图案和商标等）。薄膜用途很广，可以通过剪裁、热合方法加工成包装袋、雨衣、桌布、窗帘、充气玩具等。宽幅的透明薄膜可以建造温室和塑料大棚，或者用作地膜。由于环保及产品性能等方面的原因，聚氯乙烯薄膜在食品包装和农膜方面的应用受到了一定制约和限制，逐渐被其他塑料薄膜产品所取代。但在非食品包装领域，仍具有很高的市场占有率，广泛应用于床上用品、玩具用品、工业用品的软包装等。

(5) 聚氯乙烯电线电缆 聚氯乙烯由于价格便宜，电性能优良，力学性能好，加工方便，已经成为电线电缆中用量最大的一种塑料原料。聚氯乙烯电线电缆制品主要有低压电力电缆、通信电缆/光缆的电缆护套、电气装备用电线电缆等。

(6) 聚氯乙烯人造革 将聚氯乙烯糊涂覆在布或纸上，然后在 100℃ 以上将它们塑化，就可制成有衬底的人造革。如果将聚氯乙烯软片用压延机直接压延成型具有一定厚度的片状制品，就得到无衬底人造革，并可压出各种花纹。人造革用于制造皮包、皮箱、沙

发和汽车的坐垫、地板革以及书的封面等。但目前面临聚氨酯(PU)革的竞争和替代压力。

(7) 聚氯乙烯发泡制品 软质聚氯乙烯在混炼时加入适量的发泡剂,经发泡加工成型可制成泡沫塑料,用作泡沫拖鞋、凉鞋、鞋垫、坐垫和防振缓冲的包装材料。聚氯乙烯也可以用挤出机制成低发泡硬质板材,代替木材作为建筑材料。

1.1.2 聚氯乙烯制品国内外行业状况

目前,世界聚氯乙烯制品以硬质制品为主,其聚氯乙烯树脂消费量占树脂总消费量的 59.83%,软质制品占 32.88%,其他制品只占 7.29%。北美、西欧地区硬质制品消费比例高于世界总体水平,分别为 75.4%和 65.2%。近年来,聚氯乙烯建筑材料在世界聚氯乙烯应用市场中所占比例最大,且增加速度也最快。据统计,近几年,美国建材制品一直占其塑料制品总量的 60%左右,西欧为 62%,日本为 50%,我国还不到 30%,有很大的上升空间。在建材制品中,又以管材和异型材为主。

2008年,全世界聚氯乙烯树脂产量为 42889kt,各种制品消耗聚氯乙烯树脂的比例见表 1-1。

表 1-1 2008 年全世界聚氯乙烯制品消耗聚氯乙烯树脂的比例

聚氯乙烯制品	消耗树脂所占比例/%	聚氯乙烯制品	消耗树脂所占比例/%
管材	40	电线电缆	7
异型材	20	瓶子	2
片、薄膜	18	其他	14

注:统计数据来源:台湾塑胶工业股份有限公司。

在全球范围内,我国无疑仍是最大的聚氯乙烯消费国,就 2007 年而言,我国的聚氯乙烯消耗量超过了 1000 万吨,占全球总消耗量的 30%左右。而在 2008 年,受到金融风暴影响,导致需求量萎缩了近 10%,仅为 900 多万吨,但仍占到世界总销量的 20%以上。据估计,2005~2010 年我国年均需求增长率维持在 7.5%,

而亚洲其他国家和地区的年均增长率为6%；而相比之下，欧洲和北美的年均增长率则分别在3.5%和2.0%。非洲、拉丁美洲、中东地区的年均需求增长率为3.5%~5%，大洋洲的年均增长率为1.5%。

我国聚氯乙烯树脂的产能主要分布在北方，而主要的需求地域则在南方地区（表1-2、表1-3）。

表 1-2 2008 年我国聚氯乙烯树脂产能及需求的地域分布

地区	产能/%	需求/%	地区	产能/%	需求/%
华北地区	24.9	13	华东地区	31.9	37
东北地区	1.8	3	华南地区	12.6	33
西北地区	11.8	3	西南地区	13.0	5
华中地区	4.1	6	合计	100	100

注：数据来源：易贸资讯（上海）有限公司。

表 1-3 2006~2010 年我国聚氯乙烯树脂需求地域分布

单位：kt

地区	2006年	2008年	2010年	地区	2006年	2008年	2010年
华北地区	960	1159	1300	华东地区	3680	3299	5100
东北地区	260	267	360	华南地区	2670	2943	3550
西北地区	200	267	280	西南地区	420	446	580
华中地区	310	535	430	合计	8500	8916	11600

注：数据来源：易贸资讯（上海）有限公司。

2007年，我国聚氯乙烯制品中硬质制品和软质制品的需求比例为53:47，2010年这一比例达到56:44，这个数字接近发达国家的60:40平均数。2008年我国聚氯乙烯树脂产量为8816kt，表观需求量为8916kt，各种制品消耗聚氯乙烯树脂比例见表1-4。

通过以上数据可以看出，我国聚氯乙烯硬质制品消费聚氯乙烯比例已经上升到50%，但和发达国家或地区如美国的69.2%，西欧的66.8%，日本的55%，以及世界平均水平的60%相比，还有一定差距。因此，聚氯乙烯管材、异型材等制品仍将是今后聚氯乙烯消费的主要增长点。

目前，我国硬质聚氯乙烯管材和管件生产厂有600余家，总生

产能力在 4000kt/a 以上, 生产规模在 10kt/a 以上的厂家有 30 多家, 规模在 5~10kt/a 的厂家有 60 余家, 硬质聚氯乙烯管材和管件的生产设备基本实现了国产化。聚氯乙烯管材对聚氯乙烯树脂的需求情况见表 1-5。据中国塑料管道专业委员会预测, “十一五”期间聚氯乙烯管道年增速在 15% 左右。

表 1-4 2008 年各种制品消耗聚氯乙烯树脂比例

聚氯乙烯制品	消耗树脂所占比例/%	聚氯乙烯制品	消耗树脂所占比例/%
管材和管件	25	人造革	5
异型材	14.5	其他硬质制品	4.8
板材和片材	10.7	其他软质制品	16
薄膜	13.8	合计	100
电线电缆	10.2		

注: 数据来源: 易贸资讯(上海)有限公司。

表 1-5 2004~2008 年聚氯乙烯管材产量及消费聚氯乙烯数量

年 份	2004 年	2005 年	2006 年	2007 年	2008 年
PVC 管材产量/kt	1050	1300	1500	1700	2000
PVC 消费量/kt	950	1170	1350	1550	1800
PVC 消费增长率/%	—	23.2	15.4	14.8	16.1

据不完全统计, 目前我国异型材生产线 4300 余条, 其中引进生产线 1300 多条(生产能力 2300~2500kt/a), 国产挤出生产线约 3000 条, 总加工能力已达 4000kt/a。并已经基本形成了以“渤海湾、长三角、珠三角”为主的三个主集结区, 辅以中西部产能点状分布的异型材产能布局。2000~2010 年聚氯乙烯异型材产能、产量统计情况见表 1-6。据中国塑料协会异型材专委会预测, “十一五”期间聚氯乙烯异型材对聚氯乙烯需求年增幅在 10% 以上。

表 1-6 2000~2010 年聚氯乙烯异型材产能、产量统计

年 份	2000 年	2001 年	2002 年	2003 年	2004 年	2005 年	2006 年	2007 年	2008 年	2009 年	2010 年
产能/kt	1000	1600	2000	2800	3200	3500	3600	4000	4300	4500	4500
产量/kt	600	1000	1200	1400	1500	1800	2000	2300	2500	2800	3000

到 2010 年, 仅化学建材业对聚氯乙烯树脂的需求量达到