

SHANXI
SULIAD

山西塑料

聚氣乙烯
塑料
工艺学

增刊

1982

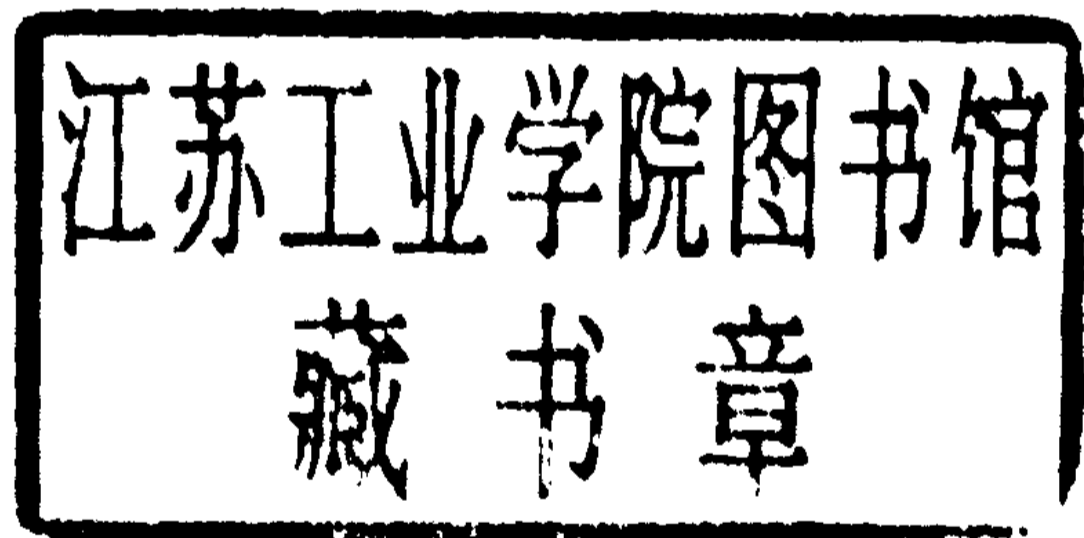
山西省塑料工程学会
山西省塑料工业科技情报站
太原塑料研究所

聚氯乙烯塑料工艺学

[英] W.S.PENN 著

刘广建译

王盛江 许承信等校



山西省塑料工程学会
山西省塑料工业科技情报站
太原塑料研究所

山西省期刊
登记证第56号

编辑：山西省塑料工程学会
山西省塑料工业科技情报站
太原塑料研究所
地址：太原市并州东路一号
电话：25021 电报：1331
印刷：侯马市印刷厂 册数：3000
邮政编码：030012
1982年 增刊

译 序

《聚氯乙烯塑料工艺学》(〔英〕W.S.PENN著)一书,对聚氯乙烯塑料的性能、生产、检验、成型加工和应用,以及在成型加工的基础理论方面,作了系统、全面的论述。对聚氯乙烯塑料的配方(包括改性)和主要成型方法(如挤出、注塑、压延、压制、吹塑、涂布)及二次加工方法(低压成型、机械加工、粘接、焊接等)作了详细的介绍。

本书以截至七十年代初期的新品种、新工艺、新设备、新技术为主,同时也适当反映了历史发展的概貌。以英国塑料工业为主线,兼及世界各主要国家聚氯乙烯塑料工业的发展情况。详细介绍了各种助剂,特别是增塑剂和稳定剂。还介绍了聚氯乙烯树脂、混合料、助剂的商品牌号、性能指标、生产厂商以及有关标准规范目录。

本书根据英文版本《PVC TECHNOLOGY》1971年第三版译出。虽已过去十年,但相信,它对于我国聚氯乙烯塑料工业仍具有一定的现实意义和参考价值。

蒙山西省塑料工程学会,山西省塑料工业科技情报站,太原塑料研究所,太原塑料一厂,山阴县塑料厂,侯马市塑料厂等单位热情支持和赞助,本书得以出版。译文于1976年4月脱稿后,经过王盛江、许承信等十几位同志校订。同事们帮助描图等。译者谨致谢意。

由于水平有限,译文中谬误之处在所难免,敬希读者批评指正。

一九八二年七月

目 录

译 序.....	Ⅰ
第 一 章 绪 论.....	1
第 二 章 聚氯乙烯树脂商品品种.....	16
第 三 章 聚氯乙烯混合料商品品种.....	41
第 四 章 配方设计和物料配制基本原理.....	69
第 五 章 增塑剂概论.....	78
第 六 章 增塑剂的选择.....	105
第 七 章 商品增塑剂.....	119
第 八 章 单体型增塑剂.....	148
第 九 章 聚合物型增塑剂.....	161
第 十 章 填充剂.....	172
第 十 一 章 稳定剂.....	189
第 十 二 章 商品稳定剂.....	214
第 十 三 章 其它助剂.....	241
第 十 四 章 特殊性能的聚氯乙烯物料.....	267
第 十 五 章 聚氯乙烯物料的生产.....	281
第 十 六 章 挤压机和挤压成型.....	297
第 十 七 章 聚氯乙烯塑料的注射成型.....	328
第 十 八 章 聚氯乙烯塑料的吹塑成型.....	335
第 十 九 章 压延和压制.....	343
第 二 十 章 低压成型法.....	357

第二十一章	聚氯乙烯片材及其二次加工.....	371
第二十二章	硬质聚氯乙烯材料的配製和性能.....	393
第二十三章	硬质(无增塑)聚氯乙烯管材的成型.....	409
第二十四章	聚氯乙烯糊: 性能和配方设计.....	418
第二十五章	聚氯乙烯糊的配製; 加工和应用.....	444
第二十六章	聚氯乙烯胶乳.....	460
第二十七章	聚氯乙烯溶液和粘合剂.....	494
第二十八章	微孔聚氯乙烯制品.....	505
第二十九章	聚氯乙烯塑料的应用.....	526
附录 1	聚氯乙烯塑料标准目录.....	532
附录 2	单位换标表, 定义.....	549

101	.....
102	.....
103	.....
104	.....
105	.....
106	.....
107	.....
108	.....
109	.....
110	.....
111	.....
112	.....
113	.....
114	.....
115	.....
116	.....
117	.....
118	.....
119	.....
120	.....
121	.....
122	.....
123	.....
124	.....
125	.....
126	.....
127	.....
128	.....
129	.....
130	.....
131	.....
132	.....
133	.....
134	.....
135	.....
136	.....
137	.....
138	.....
139	.....
140	.....
141	.....
142	.....
143	.....
144	.....
145	.....
146	.....
147	.....
148	.....
149	.....
150	.....
151	.....
152	.....
153	.....
154	.....
155	.....
156	.....
157	.....
158	.....
159	.....
160	.....
161	.....
162	.....
163	.....
164	.....
165	.....
166	.....
167	.....
168	.....
169	.....
170	.....
171	.....
172	.....
173	.....
174	.....
175	.....
176	.....
177	.....
178	.....
179	.....
180	.....
181	.....
182	.....
183	.....
184	.....
185	.....
186	.....
187	.....
188	.....
189	.....
190	.....
191	.....
192	.....
193	.....
194	.....
195	.....
196	.....
197	.....
198	.....
199	.....
200	.....

第一章 绪 论

1.1 开发聚氯乙烯混合料的早期工作

聚氯乙烯成为塑料商品，是近若干年的事。卡尔顿·埃利斯 (Carleton Ellis)¹ 在 1935 年曾指出：“聚氯乙烯树脂在成型温度下有分解的倾向。”当时还不知道使用稳定剂和增塑剂，不过，已经认识到，某些酯类² 具有增塑剂的作用，某些碱土金属皂类具有稳定剂³ 的作用；但是用得还不广泛。

最初，聚氯乙烯树脂是用桐油⁴，醇酸树脂来增塑的。诸如邻苯二甲酸二丁酯 (DBP) 之类的增塑剂，只是或多或少地加入，但不作增塑剂² 使用；虽然有时，在涂料中的用量已到 1:1 份。那时人们看不出，聚氯乙烯对于幼稚的塑料工业有什么实用价值。甚至有人建议⁵，将聚氯乙烯用作在被服上粘贴补丁（与橡胶及纤维衍生物混用）的粘合剂⁷！

稍后发现，氯乙烯和醋酸乙烯的共聚物较易于成型。这是由于内增塑作用所致，但当时是认识不到的。共聚物的最初用途之一，是制造唱片⁸，使用的填充剂是硅石和云母，并加入少量邻苯二甲酸二丁酯⁹。在某些情况下，“硬”质共聚物（不加外增塑剂）也可以进行模塑。考夫曼 (Kaufmann)¹¹ 对聚氯乙烯树脂、混合料及其成型加工的早期历史，作了详细的记载。

第二次世界大战期间，聚氯乙烯塑料才真正被采用。当时已把聚氯乙烯塑料应用在

某些领域，特别是制作绝统电缆和护套，使之成为橡胶的有效代用品。这就改善了橡胶极感不足的局面，同时使它发展成为独立的合成材料。战后虽有某些公司重又使用了橡胶，但许多部门仍继续采用聚氯乙烯塑料，从而使它得到迅速增长；现在它已广泛地应用于许多工业部门和生活领域。

1.2 早期的机器设备

战前及战争初期 聚氯乙烯塑料的成型加工，多半沿用橡胶及宙璐珞的成型加工方法和设备。这些方法包括：混和，压延，压制和挤压（包括电线涂层）。

最初曾采用加纳尔（Gadner）桨叶式予混合机。到1942~1945年间，极广泛地采用开放式辊筒混炼机。后来很快发现，采用密闭式混炼机，能使聚氯乙烯物料更快混和均匀。

开放式辊压机（或密炼机），可在较高温度下操作。但增高蒸汽压力，可能使达到熔点范围的润滑脂自轴承内流出，这样长时间工作，容易损坏设备。电热，特别是挤出机的电热，是必然的发展趋势，但完全实现电热，则是一个缓怗的过程。利用橡胶挤出机成型塑料制品，操作温度高于橡胶加工的正常温度。于是提出了迫切改进挤出机的课题：包括将物料加工成粒状，可靠地提供较高的加工温度（采用电加热系统）等。在德国，曾采用柱塞式挤出机，用聚氯乙烯塑料坯条生产硬质聚氯乙烯管材¹²。考夫曼^{11,12}对于早期聚氯乙烯制品挤出机以及其它成型加工设备的发展，作了详细的描述。

本书拟对现代塑料加工技术和设备进行探讨。

随着聚氯乙烯产量、应用范围和消费量的显著增长，聚氯乙烯塑料现代加工设备和工艺也得到相应发展。

1.3 生产和消费统计概况

按产量来说，聚氯乙烯仅次于聚烯烃而居第二位，占全部塑料总产量的25%，约占热塑性塑料产量的40%。

图1.1表示聚氯乙烯树脂在美国、西欧（不包括英国和西班牙）、日本和美国的消费情况。这些国家和地区是聚氯乙烯树脂的主要生产者和消费者。

表1.1列出聚氯乙烯树脂的主要用途及消费情况，是根据英国情况统计出来的，西

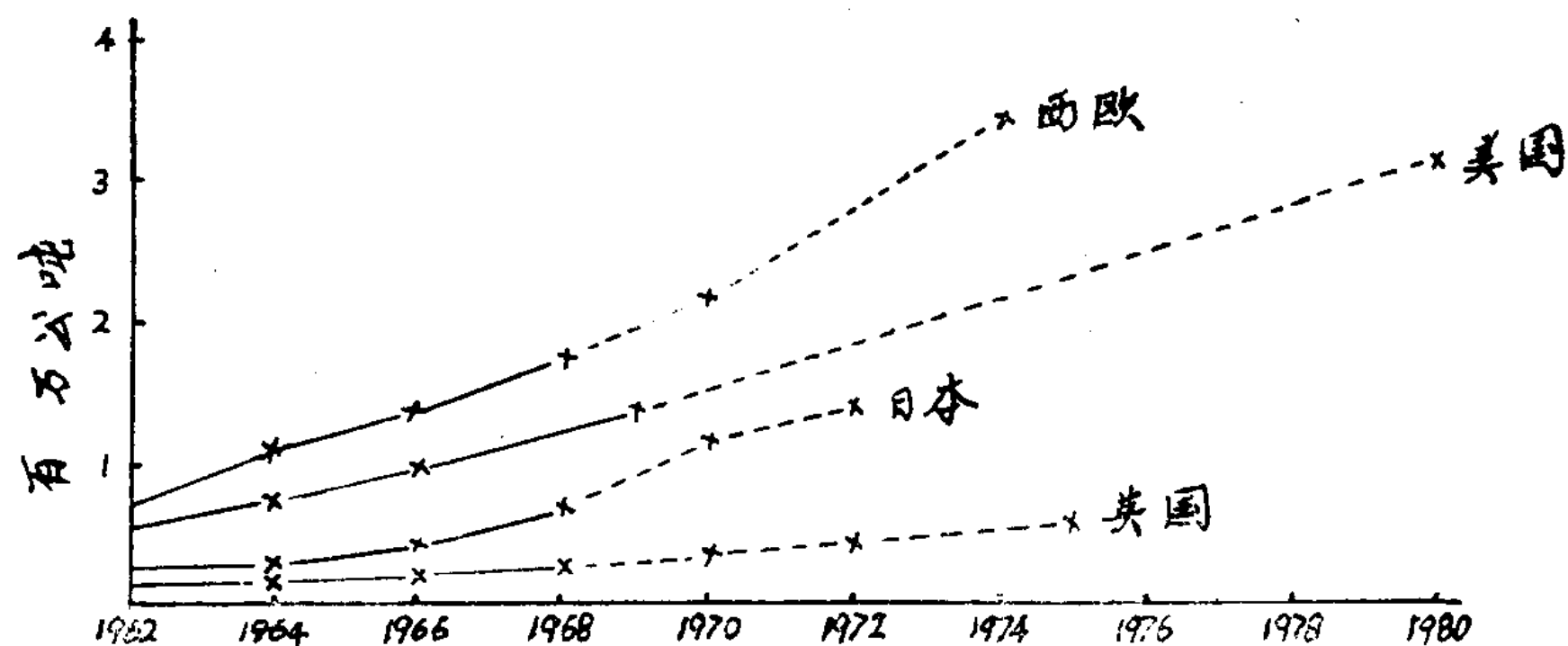


图1.1 聚氯乙烯树脂消费量

方各国情况亦基本类似。

下列杂志经常提供关于聚氯乙烯生产及消费情况统计资料：《英国塑料》(British Plastics) (关于英国塑料生产及消费情况统计，载于每年的一月号)，《现代塑料》(Modern Plastics) (关于美国塑料生产及消费情况的统计)，《聚合物》(Polymeric) (A辑和B辑)，塑料工程师学会出版的年刊《塑料工业便览》(Plastics Industry Profit Guide)。

此外，在《欧洲化学新闻》(European Chemical News)¹³和《欧洲塑料与橡胶邮报》(Courrier d'Europlastique Eurocaoutchouc)¹⁴等杂志上，也载有关于聚氯乙烯生产和消费情况的调查统计资料。

1.4 聚氯乙烯塑料工业概况

聚氯乙烯的工业部门，可以概括地分成下面四类：

- 一、聚合物生产厂，
- 二、混合料生产厂，
- 三、加工厂，
- 四、经售聚氯乙烯制品或含聚氯乙烯制品的公司。

树脂进口商不属于上述范围，因为他们一般不从事技术活动，但是他们和树脂生产厂家均属于广义上的树脂供应厂(商)。

* 是雅斯利研究实验有限公司(Yarsley Research Laboratories Ltd.)出版的月刊，是关于每月世界塑料及工艺情况的汇编。

表 1.1 英国聚氯乙烯树脂主要应用领域及消费情况

聚氯乙烯类型 及主要应用领域	消 费 量				
	1965 千公顿	1968 千公顿	比1965 增长%	1972 千公顿	比1965 增长%
软质 P V C					
压延片材及薄膜	33.3	41.0	23.3	58.0	74.3
电缆及电线	35.4	41.0	15.8	55.0	55.2
涂 层	12.5	21.2	69.5	32.0	156.2
地 板	27.1	32.5	31.0	37.5	33.4
传 动 带	6.2	5.3	-14.5	4.3	-19.2
套 鞋	4.1	9.9	141.5	19.5	376
其它挤压制品	11.9	14.2	19.3	23.5	97.6
蘸塑及搪塑溶液	8.3	11.4	37.4	15.0	80.0
其他, 包括泡沫	4.9	8.5	73.5	11.5	134.6
软质 P V C 用量合计	143.7	185.0	28.9	256.3	78.5
硬质 P V C					
硬管、管件及型材	27.1	51.6	88.3	98.0	262
硬质片材及薄膜	8.0	11.5	43.8	21.0	162.5
瓶 子	1.3	2.3	77	12.0	824
唱 片	8.8	9.9	12.5	13.0	42.7
其他注射制品	3.1	7.5	142	17.0	448
硬质 P V C 用量合计	48.3	82.2	70.3	161.0	233
硬质及软质 P V C 用 量合计	192.0	267.2	39.2	417.3	117
以混合料形式出口 的树脂	15.6	17.0	9.3	22.0	41
销售总量	207.6	284.2	37	439.3	111.7

某些公司兼营两个以上的部门，例如，树脂生产厂兼生产混合料，有的还同时生产半成品。各国树脂生产厂的数量，远比经营其它三个部门的公司的数量为少。这是现阶段构成树脂涨价的一个原因。例如，在英国仅有四家树脂生产厂。树脂生产厂可能包罗许多公司，而其中聚氯乙烯树脂生产只占很小一部分。但这些公司却拥有很大数量的聚氯乙烯树脂，这对于工业（如汽车制造业等）具有重大的意义。

将聚氯乙烯加工成半成品或成品的主要方法是：挤压，压延，注射，涂胶。某些公司同时采用两种以上的方法，但多数公司均采用一种专业化方法。在某些情况下，加工成型的聚氯乙烯制品（如未增塑聚氯乙烯管材）直接由加工者出售；而有的加工者，以半成品的形式转售给别的公司，后者再将其加工成自己的产品，如聚氯乙烯汽车座垫等。

除混合料生产，加工和用户，还有许多公司专门供应聚氯乙烯混合料用的添加剂，如增塑剂，稳定剂，润滑剂，填充剂等。顺便指出，其中某些添加剂的销售总额，还超过了其它许多塑料材料的销售总额。

另外，值得提及的是机械制造厂家，因为没有他们，就没有聚氯乙烯工业。许多公司专门制造聚氯乙烯加工设备，并通过他们对于机械设备的不断发展，为聚氯乙烯塑料的应用开辟了新的途径。

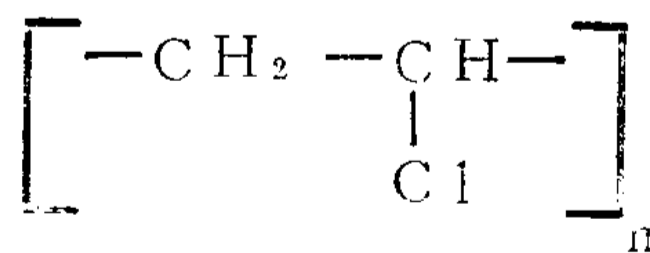
在第1.3节中说明了聚氯乙烯塑料的主要应用领域。还应当指出，建筑业也是它（特别是未增塑聚氯乙烯）的极重要的应用领域。

1.5 聚氯乙烯及氯乙烯共聚物——概述

1.5.1 聚氯乙烯：主要特性

化学结构及形态

聚氯乙烯链的基本单元是：

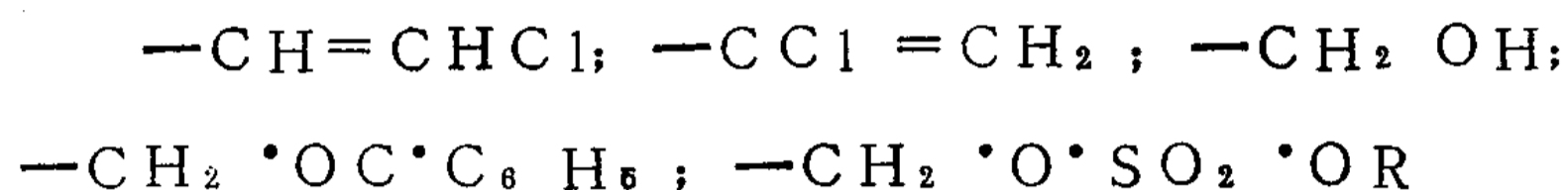


2

工业用树脂 n 值（聚合度）约介于500~2000之间；就是说，其分子量约为

30000~100000°。

聚氯乙烯链端基的性质：随聚合方法（悬浮，乳液，本体和溶液聚合）不同而异（参见第二章）。下列情况均可能存在：



（式中R=烷基）。商品聚氯乙烯具有支链，支化度，估计每1000个碳原子约0.2~2.0。

聚合物商品一般具有散射的X射线衍射，基本上（主要根据这一点以及红外线光谱）是无定形的（‘结晶度’不大于5%）^{16,17}。具有等规结构的结晶聚氯乙烯也已制备成功^{15,18}（用低温下游离基聚合），并用来生产聚氯乙烯纤维和薄膜；结晶聚合物链，较之普通的聚氯乙烯链，具有更大的直线性。两者相比，结晶聚氯乙烯软化点较高，耐溶剂性能较好，强度较高，蠕变较低。模数也较高，但冲击强度较低^{15,18,19}。未增塑聚氯乙烯和增塑聚氯乙烯的典型红外线光谱，附于本章之后。

聚氯乙烯塑料的物理性质在很大程度上取决于增塑剂，以及其它组份（虽然依赖关系较前者弱得多）的性质和类型。下面是聚氯乙烯商品的某些重要性能指标^{16,20}。

	未增塑	增塑
比重	1.4	低至约1.25
吸水率	<0.5%	达0.5%
抗张强度†	约6公斤/毫米 ²	降低4以上
弹性模数	150~300公斤/毫米 ²	降低100以上

† 聚氯乙烯纤维的抗张强度值相当高，因为纤维中聚合物由于拉伸而定向。

* 这些数字与表2.2(a)所载数字略有不同。这是因为在实际测定分子量及聚合度时所用的方法不同。真平均分子量，介于重均分子量与数均分子量值之间。

化学性质也受增塑剂的影响，但依赖关系不像物理性质那样显著。‘纯’（未增塑）聚氯乙烯对大多数酸和碱稳定，但在浓的硫酸、硝酸和铬酸作用下即行分解。溶解于四氢呋喃，异佛尔酮，不同程度地溶胀于酮类，酯类，芳族烃及氯化烃，但耐脂族烃及油类。

表22.8列出某些化学稳定性数据。ICI公司（英国帝国化学工业有限公司或简称卜内门）发表了增塑及未增塑聚氯乙烯耐化学性能指标的综合表²¹。

其它性能

玻璃化温度(T_g)：普通聚氯乙烯——约80°C；结晶聚氯乙烯——约达110°C（随聚合温度不同而异）¹⁵。加增塑剂使玻璃化温度T_g降低（参阅第五章），并从而降低软化点和热变形温度¹⁵。结晶聚氯乙烯的熔点可高达273°C¹⁵。

添加增塑剂对电性能有强烈影响。

这些性能及其它各种性能，将在有关章节论述。

1.5.2 氯乙烯的共聚物

某些氯乙烯共聚物应用已久。较后出现的，也已完成研制阶段，其中一部分已投入工业生产。主要的共聚物列于表1.2,并附有简要说明。

在聚氯乙烯主链上引入其它单体，可降低其热加工温度，从而使加工易于进行，将分解危险（此因素总是伴随着聚氯乙烯）降至最低限度；而不必借助于外增塑剂（参阅第五章）。在某些情况下，可以改进物理性能和使用性能。此外，还能提高其溶解度。

除丙烯酸纤维共聚物和改性丙烯酸纤维共聚物（氯乙烯最高含量分别为15%和65%）外，上述所有共聚物一般均含有80%以上的氯乙烯。

接枝共聚物也已投入生产并获得专利^{15, 26}。接枝反应包括：在聚烯烃侧链上导入氯乙烯链（意大利蒙特卡蒂尼（Montecatini）公司），在乙烯—醋酸乙烯共聚物侧链上导入氯乙烯链（西德拜耳（Bayer）公司和迪纳米特·诺贝尔（Dynamit Nobel）公司），在丁二烯—丙烯酸酯共聚物侧链上导入氯乙烯链（法国Pechiney—Saint—Gobain公司）。用接枝共聚物（虽然成本较高）代替主链共聚物及混合物，可改进加工性能及透明性。接枝共聚物与均聚物共混，也可达到类似效果。

1.5.3 氯化聚氯乙烯

表 1.2 氯乙烯共聚物

共聚物	主要用途	附 注	参考文献
氯乙烯—醋酸乙烯共聚物	用作溶液；无增塑模制品和片材；唱片。也可用来生产纤维 (Vinyon—美国粘胶丝有限公司 (American Viscose Corp.))。	关于商品树脂及用途，参阅第二章第2.4及2.5节，第二十七章，第二十九章。	例如16及20。关于这种共聚物的文献较多。
氯乙烯—偏二氯乙烯共聚物	无增塑压延制品；降低粘度的掺混树脂；溶液；纤维及纤丝 (亩纶 (Saran) — 国家塑料制品公司 (National Plastics Products Co.))。	商品树脂：参阅第2.5节，第二十九章。	16, 20
氯乙烯—丙烯酸共聚物	纤维 (氯乙烯是丙烯酸纤维和改性丙烯酸纤维的共聚单体，如 'Dyneel' — 美国联合碳化物公司 (Union Carbide Chemicals Co.))。	参阅第二十九章。	20
氯乙烯—丙烯共聚物	注射制品，挤压制品，食品包装。	美国 Air Reduction Company Inc. 供应商品材料 ('Air-co' 400)。	22, 23, 29
氯乙烯—乙	与氯乙烯—丙烯共聚物	联合碳化物公	24

烯共聚物	类似。	司供应商品。	
氯乙烯—鲸	压延制品	美国同盟化学	
蜡基乙烯醚		公司 (Allied	
(或其它乙烯		Chemical Co.)	
醚)共聚物		和日本供应商品。	
氯乙烯—丙	薄膜及瓶子 (透明性和热		19, 26
烯酸酯共	焊性良好, 冲击强度高);		
聚物	聚氯乙烯胶乳 (性质及用		
	途见第二十六章)		
氯乙烯—反丁	挤压及注射; 低温塑化糊		19, 24
烯二酸酯共	(普利奥维克 (Pliovic) A O—		
聚物和氯乙	美国古德伊尔 (Goodyear) 公司)		
烯—顺丁烯二			
酸酯共聚物			

• 现在也用来通称含偏二氯乙烯 80% (重量) 以上的偏二氯乙烯共聚物纤维。

是应用已久的树脂。诸如：雷诺佛莱克斯 (Rhenoflex) 和特罗维德 (Troidur) HT (迪纳米特·诺贝尔公司)，吉昂 (Geon) HT (BF古德里奇化学公司 (BF Goodrich Chemical Co.)) 等。氯化聚氯乙烯与聚偏二氯乙烯在化学上并不十分类似。因为氯化主要发生在 CH_2 基上 (即 1, 2-氯化占优势)¹⁹。这种聚合物比聚氯乙烯容易溶于丙酮和氯化烃。它的丙酮溶液可以纺丝*。也是表面涂层和粘合剂 (溶液) 的主体。其化学稳定性较聚氯乙烯为优。

氯化聚氯乙烯的机械强度和耐热性也比聚氯乙烯高，† 因此获得某些特殊应用。例如，在热的条件下工作的板材和注射制件，以及 (有很大潜力) 中央供热系统和热水

* 例如 'PECE' — VEBE film Fabrik AGFA Wolfen (东德)。

† 最高使用温度：聚氯乙烯—约 65°C，氯化聚氯乙烯—100~105°C。

配水管道中用的管材²⁷。氯化聚氯乙烯目前主要用于工业和民用卫生管道工程。还有一点值得注意，由于氯含量提高，氯化聚氯乙烯的耐燃性也比聚氯乙烯高。阿诺德(Arnold)对于氯化聚氯乙烯的性能、用途和加工，作了详细的描述²⁷。

1.6 试验方法和标准

有许多规格和试验方法，可用来对聚氯乙烯材料和制品进行鉴定、评价和研究。其中许多试验方法亦构成规格标准的基础(或一部分)。当然，并不是所有的聚氯乙烯材料和性能指标都包括在这些标准内。但就适用的标准数量和范围来说，完全能够满足某些重要材料和制品(如聚氯乙烯树脂，管材等)的需要。

聚氯乙烯工艺技术人员和用户，可在英国标准(BS)，美国材料试验协会(ASTM)标准及西德标准协会(DIN)标准(DIN)中，查阅有关的标准资料和试验规格。特别指出，国际标准协会制定的推荐标准(ISO规格)已获得世界公认，随着数量的增加，其重要性必将继续增长。上述四个来源中，直接涉及聚氯乙烯材料和制品的标准目录载于附录1。表中所列标准目录，按照标准内容及其与本书各章节的联系，分成若干部分*。

此外，许多‘塑料’标准不是专门(或最初不是)规范聚氯乙烯的，但适用于聚氯乙烯材料、制品或工艺的某些方面，也列于附录1，或在正文中指出。表中(或文中)还搜集了几种关系较密切的非标准试验方法。

旧的标准在不断地修订，新的标准也在不断地制订。英国标准及其修订、增补部分，均在英国标准协会(BSI)的《新闻》(News)月刊上报导。该协会还出版《海外标准目录》(List of Overseas Standards)月刊，报导关于ASTM、DIN等外国标准以及修订、增订内容。英国现行标准，每年在《英国标准年鉴》(British Standards Yearbook)上刊载。

国际标准协会日内瓦秘书处出版《国际标准协会标准目录》年刊(每月出修订刊)，刊载国际标准协会的规格目录。

* 例如，附录第3节列出的有关增塑剂方面的标准，属于第五~九章讨论范围。

艾夫斯 (Ives) 等所著《塑料试验方法手册》²⁸, 收录了英国及其它各国的塑料标准 (包括‘聚氯乙烯’标准) 目录。

鉴于日本是聚氯乙烯的主要生产者和消费者之一, 许多日本有关标准不容忽略。[†] 虽未列入附录 1, 但从工艺角度上看, 日本标准中重要的规格、方法、材料等, 均在附录 1 的标准中包括了。

顺便指出, 日本标准定期地收录于英国标准协会的《海外标准目录》内 而且可以从英国标准协会附设的图书馆内查到 (一般均有英译本)。

1.7 内容及一般论点的编排

聚氯乙烯制品的性能, 首先取决于原始混合料的配方, 亦即各个组份的性质和配比。但配料方法以及其后的加工或二次加工方法, 也有重要影响。探讨配方的基本原理, 有助于掌握聚氯乙烯塑料的各种工艺性能。第四章概述了聚氯乙烯塑料配方设计的一般原理, 其后各章对于聚氯乙烯塑料配方中重要组份的性质, 作用及功能 (如增塑剂—第五~九章, 稳定剂—第十一、十二章, 等等), 作了较详细的论述。

聚氯乙烯塑料配方的主要组份是聚氯乙烯树脂。聚氯乙烯树脂的主要类型, 将于第二章讨论, 并参考大量商品实例加以说明。商品混合料将于第三章讨论。

混合料配方对制品性能的影响, 于第十四章讨论。

固体混合料的配制 (混和) 方法, 于第八章 (实验室配料) 和第十五章 (工厂生产) 论述; 糊料配制方法, 于第二十五章论述。

在加工工艺和设备方面, 对于主要成型方法 (如挤压, 注塑, 吹塑等), 将专章予以论述。

在一般原理中, 有两点值得特别注意。这两个论点将在有关章节中加以阐述。第一, 在研制与评价聚氯乙烯混合料配方时, 将制品与在相同条件下制备的‘标准’进行全面比较, 是一个行之有效的一般规则。第二, 混合料各组份是相互依存, 相互制约的。好的混合料, 组份之间应保持平衡。因此, 不可轻易取代某一个或某几个组份 (即使取代物表面上与原来的组份十分相似), 除非通过实验证明, 这种改变确实是可行的。

[†] 例如: J I S K 6720 (1968), 聚氯乙烯树脂; J I S K 6741 (1968), 无增塑聚氯乙烯。