

高职高专“十二五”规划教材

# 聚氯乙烯 生产工艺

先员华 陈刚 主编



# PVC

JULÜYIXI SHENGCHAN GONGYI



化学工业出版社

高职高专“十二五”规划教材

# 聚氯乙烯生产工艺

先员华 陈 刚 主 编  
沈 红 邓 梅 曾碧涛 副主编



化学工业出版社

· 北京 ·

本教材介绍了聚氯乙烯生产工艺的相关知识，具体内容包括聚氯乙烯概述、乙炔生产、氯化氢生产、氯乙烯合成、氯乙烯聚合、聚氯乙烯生产过程中安全与环境保护。内容基本反映了我国聚氯乙烯工业生产现状和聚氯乙烯行业发展的趋势，力求理论联系实际，具有较强的可读性和可操作性。

本教材可供高职高专院校化工类专业师生使用，也可供聚氯乙烯行业的从业人员参考阅读。

### 图书在版编目 (CIP) 数据

聚氯乙烯生产工艺/先员华, 陈刚主编. —北京:  
化学工业出版社, 2013.1

高职高专“十二五”规划教材

ISBN 978-7-122-16130-7

I. ①聚… II. ①先…②陈… III. ①聚氯乙烯-  
生产工艺-高等职业教育-教材 IV. ①TQ325.3

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2012) 第 304492 号

---

责任编辑: 旷英姿 金 杰

文字编辑: 颜克俭

责任校对: 宋 夏

装帧设计: 王晓宇

---

出版发行: 化学工业出版社 (北京市东城区青年湖南街 13 号 邮编 100011)

印 装: 大厂聚鑫印刷有限责任公司

787mm×1092mm 1/16 印张 11.75 字数 366 千字 2013 年 1 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: 25.00 元

版权所有 违者必究

# 前 言

聚氯乙烯 (PVC) 是世界第二大通用树脂, 年产量仅次于聚乙烯, 主要用于生产人造革、薄膜、电线护套、供水管道、房屋墙板、电子产品包装、商用机器壳体、医疗器械、门窗和阀门等, 在国民经济中占有重要地位。

我国的聚氯乙烯工业起步于 1958 年, 通过几十年的努力, 发展迅速, 特别是近几年来发生了很大变化: 一是企业向规模化、大型化和集约化发展; 二是采用先进生产工艺; 三是产品向专业化、多样化和高附加值方向发展; 四是产量和质量接近或达到国际先进水平。这就对从事聚氯乙烯生产的人员提出了新的要求, 因此加强对从业人员的培训, 全面提高操作技术水平和技能是聚氯乙烯生产企业的重要工作, 也为高职高专应用化工技术专业的人才培养提供了广阔的空间。

本书基本反映了我国聚氯乙烯工业生产现有的技术状况和聚氯乙烯行业发展的趋势。全书共分六章, 主要介绍了聚氯乙烯生产的基础知识、工艺原理、生产设备、操作规程等, 内容包括聚氯乙烯概述、乙炔生产、氯化氢生产、氯乙烯单体生产、氯乙烯的聚合、生产过程中安全与环境保护等。根据聚氯乙烯工艺的发展, 结合我国实际, 氯乙烯单体的生产主要讲述电石乙炔法路线, 氯乙烯的聚合主要讲述氯乙烯的本体聚合、乳液聚合、悬浮聚合。本书内容丰富, 理论结合实际, 具有可读性和可操作性。

本书由宜宾职业技术学院先员华、吉林工业职业技术学院陈刚主编, 宜宾职业技术学院沈红、邓梅、曾碧涛副主编。具体编写分工如下: 第一章由先员华及宜宾职业技术学院辜义洪编写, 第六章由先员华编写, 第二章由曾碧涛编写, 第三章由陈刚及宜宾职业技术学院梁宗余编写, 第四章由邓梅编写, 第五章由沈红编写。全书由先员华、陈刚统稿。

本书得到四川宜宾天原化工股份有限公司李强、宜宾职业技术学院饶祥林等的大力支持, 在此一并表示感谢!

由于编者水平和时间因素, 本书还存在许多不足, 欢迎广大师生及其他读者批评指正。

本书可作为高职高专院校化工类专业教材, 也可以作为聚氯乙烯生产人员的培训教材及从事聚氯乙烯生产的技术人员参考资料。

编 者

2012 年 10 月

# 目 录

<b>第一章 聚氯乙烯概述</b> .....	1
第一节 聚氯乙烯性质与应用 .....	1
一、聚氯乙烯的性质 .....	1
二、聚氯乙烯的应用 .....	2
第二节 聚氯乙烯分类与命名 .....	4
一、聚氯乙烯的分类 .....	4
二、聚氯乙烯的型号与命名 .....	6
第三节 聚氯乙烯的污染与危害 .....	7
一、聚氯乙烯的污染 .....	7
二、聚氯乙烯的危害 .....	7
第四节 聚氯乙烯供需状况 .....	8
一、聚氯乙烯产能 .....	8
二、聚氯乙烯生产分布 .....	9
三、聚氯乙烯需求情况 .....	9
第五节 聚氯乙烯工业的发展 .....	10
一、国外聚氯乙烯工业的发展 .....	10
二、我国聚氯乙烯工业发展 .....	11
三、聚氯乙烯发展展望 .....	11
第六节 聚氯乙烯工业与国民经济发展的关系 .....	12
一、在社会发展中具有重要地位 .....	12
二、聚氯乙烯工业促进建材工业的发展 .....	12
三、聚氯乙烯工业与烧碱行业的关系 .....	12
<b>第二章 乙炔的生产</b> .....	14
第一节 电石 .....	14
一、电石的性质 .....	14
二、电石的用途 .....	16
三、电石的包装与储存 .....	16
四、电石的质量标准 .....	17
五、工业电石的组成 .....	17
六、电石生产与消费概况 .....	17
第二节 乙炔 .....	19

106	一、乙炔的性质	19
108	二、乙炔的用途	20
110	三、乙炔对人体的危害	22
110	四、乙炔的储存与运输	22
122	第三节 乙炔电石法生产工艺	23
126	一、干法乙炔生产工艺原理	23
127	二、干法乙炔生产工艺	24
130	三、装置运行指标	30
131	四、乙炔生产中的主要设备	31
137	第四节 乙炔生产中的“三废”处理	34
137	一、电石生产的“三废”现状	34
139	二、密闭电石炉气的利用	34
140	三、开放式电石炉烟气的利用	35
140	四、电石渣的利用	35
141	五、石灰粉和焦炭粉的利用	36
141	六、上清液的回收	36
142	第五节 天然气制乙炔工艺	36
143	一、天然气制乙炔工业背景	36
143	二、天然气制乙炔的原理	37
145	三、天然气制乙炔的典型工艺	38
147	四、乌克兰改进 BASF 工艺流程介绍	40
	<b>第三章 氯化氢的生产</b>	<b>43</b>
151	第一节 原料与产品的性质及用途	43
151	一、氯气	43
153	二、氢气	46
153	三、氯化氢	47
154	第二节 合成法生产氯化氢工艺流程	48
154	一、氯化氢合成机理	48
156	二、氯化氢合成工艺条件	49
156	三、盐酸生成机理	50
157	四、氯气和氢气的纯度对合成的影响	51
157	五、氯化氢合成工艺	51
158	六、氯化氢制盐酸工艺	54
158	七、氯化氢合成工艺的运行管理	55
158	八、氯化氢合成法生产中的安全技术	56
159	九、合成法安全生产注意事项	59

第三节	盐酸脱析法生产氯化氢工艺	60
一、	氯化氢盐酸脱析法工艺流程	60
二、	盐酸脱析法的特点	61
三、	氯化氢脱析法生产运行中应注意的问题	61
第四节	副产氯化氢生产工艺	62
一、	副产氯化氢气体的精制	62
二、	副产盐酸解吸制氯化氢	62
第五节	氯化氢生产的主要设备	64
一、	钢制合成炉	64
二、	“三合一”炉的设备结构	67
三、	块孔式石墨换热器	67
四、	膜式吸收塔	68
<b>第四章</b>	<b>氯乙烯的合成</b>	<b>69</b>
第一节	氯乙烯的性质与用途	69
一、	氯乙烯的物理性质	69
二、	氯乙烯的化学性质	71
三、	氯乙烯的用途	72
第二节	氯乙烯的生产方法	72
一、	氯乙烯生产的历史沿革	72
二、	氯乙烯生产的方法	73
第三节	乙炔法氯乙烯的合成	76
一、	合成催化剂	77
二、	合成的工艺原理及工艺条件	81
三、	合成工艺流程	86
四、	氯乙烯合成的工艺条件	88
五、	合成主要设备	88
第四节	氯乙烯的压缩	94
一、	压缩的主要设备	94
二、	压缩的工艺流程	95
第五节	氯乙烯的精馏	97
一、	精馏的目的和方法	97
二、	精馏的原理	97
三、	精馏的工艺条件	98
四、	精馏的工艺流程	100
五、	控制指标	101
六、	精馏的主要设备	102

第六节 精馏尾气回收 .....	103
一、吸附的基本原理 .....	104
二、工艺流程 .....	104
第七节 氯乙烯的储存及输送 .....	106
一、氯乙烯的储存 .....	106
二、氯乙烯的输送 .....	106
三、操作管理 .....	106
第八节 乙烯氧氯化法合成氯乙烯 .....	107
一、基本原理 .....	107
二、催化剂 .....	108
三、工艺条件的选择 .....	108
四、工艺流程 .....	110
五、主要设备 .....	112
<b>第五章 氯乙烯的聚合</b> .....	<b>113</b>
第一节 概述 .....	113
一、聚氯乙烯发展状况 .....	113
二、聚合的概念 .....	114
三、聚合的方法 .....	115
四、原材料及辅助材料标准与作用 .....	116
五、聚氯乙烯树脂产品标准 .....	117
第二节 悬浮聚合 .....	118
一、反应机理 .....	118
二、影响聚合反应的各种因素 .....	119
三、氯乙烯聚合工艺流程及主要设备 .....	124
四、氯乙烯聚合的操作控制 .....	131
五、氯乙烯聚合常见故障及处理 .....	133
六、聚合物的脱水和母液带料的回收 .....	134
七、湿物料的干燥 .....	135
八、聚氯乙烯的质量控制 .....	138
第三节 本体聚合 .....	143
一、氯乙烯本体聚合法概况 .....	143
二、本体聚氯乙烯树脂的性能及优势 .....	145
三、聚合体系各组分及其作用 .....	146
四、本体聚合法生产工艺 .....	146
五、本体聚氯乙烯生产主要设备 .....	150
六、尾气的回收利用 .....	151



七、本体聚合与悬浮聚合比较 .....	151
第四节 乳液聚合法 .....	153
一、乳液聚合法生产工艺概况 .....	153
二、氯乙烯乳液聚合方法与乳化剂 .....	154
三、氯乙烯乳液聚合原理 .....	154
四、氯乙烯种子乳液聚合工艺流程 .....	156
五、氯乙烯乳液聚合主要设备——聚合釜 .....	159
六、乳液聚合产生“雪花膏”的原因 .....	159
七、典型氯乙烯乳液聚合生产工艺流程 .....	159
<b>第六章 聚氯乙烯生产过程中安全与环境保护 .....</b>	<b>162</b>
第一节 聚氯乙烯生产过程中的危险及有害因素辨识 .....	162
一、危险及有害因素的辨识 .....	162
二、聚氯乙烯生产过程中的安全因素 .....	163
三、聚氯乙烯生产的主要危险及有害因素辨识 .....	163
四、典型事例 .....	164
第二节 乙炔生产中的危险与安全 .....	165
一、电石 .....	165
二、乙炔 .....	167
第三节 氯乙烯合成中的危险与安全 .....	168
一、氯乙烯 .....	168
二、氯化氢 .....	170
三、氯化氢中游离氯 .....	170
第四节 聚氯乙烯生产工艺中的危险与安全 .....	170
一、氯乙烯单体储存 .....	171
二、聚合釜超压 .....	171
三、聚合部分安全技术 .....	171
第五节 聚氯乙烯生产工艺中的环境保护 .....	172
一、乙炔生产中的环保问题 .....	172
二、氯乙烯合成中的环保问题 .....	175
三、氯乙烯聚合过程中的环保问题 .....	178
<b>参考文献 .....</b>	<b>179</b>

# 第一章

## 聚氯乙烯概述

聚氯乙烯简称 PVC，耐腐蚀，牢固耐用，因而是当今世界上深受喜爱、颇为流行并且也被广泛应用的一种合成材料。由于在制造过程中增加了增塑剂、抗老化剂等一些有毒辅助材料来增强其耐热性、韧性、延展性等，故其产品一般不存放食品和药品。

聚氯乙烯（PVC）是世界第二大通用树脂，其年产量仅次于聚乙烯。早在 1835 年法国化学家勒尼奥就发现，在日光照射下，氯乙烯聚合变成一种白色固体。1914 年德国和美国的化学家发现，有机过氧化物可加速氯乙烯的聚合反应。1931 年德国法本公司采用乳液聚合的方法，使聚氯乙烯生产实现了工业化。乳液聚合是将氯乙烯单体和水，用烷基磺酸钠（表面活性剂）做乳化剂，使氯乙烯均匀地分散在水中以形成乳状液，再以过硫酸钾或过硫酸铵为引发剂，使氯乙烯聚合为聚氯乙烯。

使聚氯乙烯在应用上有真正突破是在 1933 年。美国化学家西蒙在当时用途不广的聚乙烯粉料中加进高沸点的溶剂和磷酸三甲酚酯后加热，在冷却以后，意外地得到了性质柔软、易于加工、并富有弹性的聚氯乙烯。从此，聚氯乙烯广泛应用的大门被打开了。

### 第一节 聚氯乙烯性质与应用

#### 一、聚氯乙烯的性质

##### 1. 物理性质

聚氯乙烯是无定形的线型、非结晶的聚合物，基本无支链，链节排列规整。其分子式为  $(\text{CH}_2-\text{CHCl})_n$ ，聚合度  $n$  的数目一般为 500~20000，聚氯乙烯塑料有较高的机械强度。具体情况如下。

外观：白色粉末。

相对分子质量：40600~111600。

密度：1.35~1.45g/cm<sup>3</sup>。

表观密度：0.40~0.65g/cm<sup>3</sup>。

热导率：0.1626W/(m·K)。

软化点：75~85℃。

成型温度：160~190℃。

熔点：没有明显熔点，在 80~83℃ 时开始软化，加热高于 180℃ 时，开始流动，约在 200℃ 以上完全分解。

溶解性：不溶于水、汽油、氯乙烯、酒精。溶于酮类、氯烃类、酯类等溶剂。

毒性：无嗅、无毒。

## 2. 化学性质

(1) 化学稳定性 聚氯乙烯的化学稳定性很高，具有良好的可塑性，除少数有机溶剂外，常温下可耐任何浓度的盐酸、90% 以下的硫酸、50%~60% 的硝酸及 20% 以下的烧碱，对于盐类亦相当稳定。

(2) 热稳定性 聚氯乙烯的热稳定性较差，在不加热稳定剂的情况下，聚氯乙烯 100℃ 时开始分解，130℃ 以上分解更快，受热分解出氯化氢气体，使其变色，变化为白色→浅黄色→红色→褐色→黑色。

(3) 耐光性 聚氯乙烯的耐光性差，阳光中的紫外线和氧会使聚氯乙烯发生光氧化分解，因而使聚氯乙烯的柔性下降，最后发脆，同时良好的力学和化学性能迅速下降。

(4) 电绝缘性 由于聚氯乙烯分子中含有大量的氯，使其具有较大的极性，因而电绝缘性优良，一般不会燃烧，在火焰上能燃烧并放出 HCl，但离开火焰即自熄，是一种“自熄性”、“难燃性”物质。

(5) 抗冲击性 聚氯乙烯的抗冲击性能差，寒性不理想，硬质聚氯乙烯塑料的使用温度下限为 -15℃，软质聚氯乙烯塑料为 -30℃。

(6) 透水性 聚氯乙烯的透水汽率很低。硬聚氯乙烯长期浸入水中的吸水率小于 0.5%，浸水 24h 为 0.05%，选用适当增塑剂的软聚氯乙烯吸水率不大于 0.5%。

(7) 耐磨性 聚氯乙烯室温下的耐磨性超过普通橡胶。

聚氯乙烯的基本情况见表 1-1。

表 1-1 聚氯乙烯的基本情况

结构式	$(\text{CH}_2-\text{CHCl})_n$
优点	化学稳定性高、电绝缘性强、自熄性强、易调整软硬度、有较高的机械强度
缺点	抗冲击力差、耐温性差、热分解后产生氯化氢
性质	聚氯乙烯是无定形的线型、非结晶的聚合物，基本无支链，链节排列规整
用途	人造革、薄膜、电线护套、供水管道、电子产品包装，医疗器械、生产板材、门窗和阀门

## 二、聚氯乙烯的应用

聚氯乙烯容易加工，可通过模压、层合、注塑、挤塑、压延、吹塑中空等方式进行加工。聚氯乙烯主要用于生产人造革、薄膜、电线护套等塑料软制品，供水管道、快艇护舷、家用管道、房屋墙板、电子产品包装、商用机器壳体、医疗器械，也可生产板材、门窗和阀门等塑料硬制品。

### 1. 聚氯乙烯异型材

塑料型材、异型材是我国聚氯乙烯消费量最大的领域，约占聚氯乙烯总消费量的25%，主要用于制作门窗和节能材料，目前其应用量在全国范围内仍有较大幅度增长。在发达国家，塑料门窗的市场占有率也是高居首位，如德国为50%，法国为56%，美国为45%。

### 2. 聚氯乙烯管材

在众多的聚氯乙烯制品中，聚氯乙烯管道是其第二大消费领域，约占其消费量的20%。在我国，聚氯乙烯管较PE管和PP管开发早、品种多、性能优良、使用范围广，在市场上占有重要位置。

### 3. 聚氯乙烯膜

聚氯乙烯膜领域对聚氯乙烯的消费位居第三，约占10%。聚氯乙烯与添加剂混合、塑化后，利用三辊或四辊压延机制成规定厚度的透明或着色薄膜，用这种方法加工薄膜，成为压延薄膜。聚氯乙烯薄膜也可以通过剪裁，热合加工包装袋、雨衣、桌布、窗帘、充气玩具等。宽幅的透明薄膜可以供温室、塑料大棚及地膜之用。经双向拉伸的薄膜所受热收缩的特性，可用于收缩包装。

### 4. 聚氯乙烯硬材和板材

聚氯乙烯中加入稳定剂、润滑剂和填料，经混炼后，用挤出机可挤出各种口径的硬管、异型管、波纹管，用作下水管、饮水管、电线套管或楼梯扶手。将压延好的薄片重叠热压，可制成各种厚度的硬质板材。板材可以切割成所需的形状，然后利用聚氯乙烯焊条用热空气焊接成各种耐化学腐蚀的储槽、风道及容器等。聚氯乙烯生产的阀门、电缆、管道如图1-1。

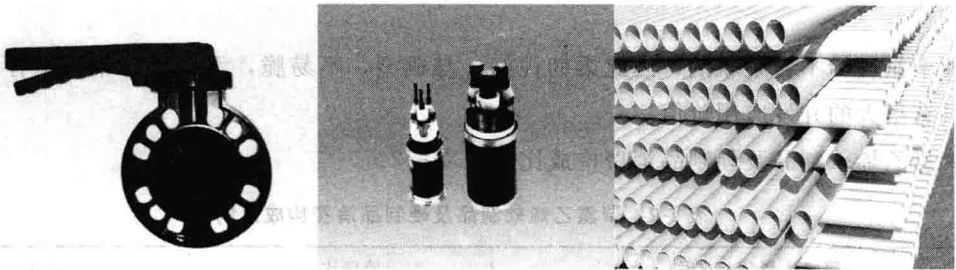


图 1-1 聚氯乙烯生产的阀门、电缆、管道

### 5. 聚氯乙烯一般软质品

利用挤出机可以挤出软管、电缆、电线等；利用注射成型机配合各种模具，可制成塑料凉鞋、鞋底、拖鞋、玩具、汽车配件等。

### 6. 聚氯乙烯包装材料

聚氯乙烯制品用于包装主要为各种容器、薄膜及硬片。聚氯乙烯容器主要生产矿泉水、饮料、化妆品瓶，也有用于精制油的包装。聚氯乙烯膜可用于与其他聚合物一起共挤出生产成本低廉的层压制品，以及具有良好阻隔性的透明制品。聚氯乙烯膜也可用于拉伸或热收缩包装，用于包装床垫、布匹、玩具和工业商品。

7. 聚氯乙烯护墙板和地板

聚氯乙烯护墙板主要用于取代铝制护墙板。聚氯乙烯地板砖中除一部分聚氯乙烯树脂外，其余组分是回收料、胶黏剂、填料及其他组分，主要应用在机场候机楼地面和其他场所的坚硬地面。

8. 聚氯乙烯日用消费品

行李包是聚氯乙烯加工制作而成的传统产品，聚氯乙烯被用来制作各种仿皮革，用于行李包，运动制品，如篮球、足球和橄榄球等。还可用于制作制服和专用保护设备的皮带。服装用聚氯乙烯织物一般是吸附性织物（不需涂布），如雨披、婴儿裤、仿皮夹克和各种雨靴。聚氯乙烯用于许多体育娱乐品，如玩具、唱片和体育运动用品，目前聚氯乙烯玩具增长幅度大，由于聚氯乙烯玩具和体育用品生产成本低、易于成型而占有优势。

## 第二节 聚氯乙烯分类与命名

### 一、聚氯乙烯的分类

1. 按软硬度分类

聚氯乙烯根据软硬度可分为软聚氯乙烯和硬聚氯乙烯。其中硬聚氯乙烯大约占市场的2/3，软聚氯乙烯占1/3。

软聚氯乙烯一般用于地板、天花板以及皮革的表层，但由于软聚氯乙烯中含有柔软剂（这也是软聚氯乙烯与硬聚氯乙烯的区别），容易变脆，不易保存，所以其使用范围受到了局限。

硬聚氯乙烯不含柔软剂，因此柔韧性好，易成型，不易脆，无毒无污染，保存时间长，因此具有很大的开发应用价值。

聚氯乙烯软制品及硬制品消费构成比例见表 1-2。

表 1-2 聚氯乙烯软制品及硬制品消费构成比例

单位：%

聚氯乙烯制品名称		消费比例	合计
软制品	人造革	6.0	40.8
	薄膜	12.0	
	鞋及鞋底材料	5.2	
	地板革、壁纸、发泡材料	2.1	
	电缆材料	7.0	
	其他	8.5	
硬制品	管件	2.3	59.2
	管材	13.3	
	型材、门窗	22.9	
	硬片、板材及其他型材	9.0	
	其他	11.7	

## 2. 按聚合度分类

根据聚合度不同,聚氯乙烯可分为:通用型聚氯乙烯树脂、高聚合度聚氯乙烯树脂、交联聚氯乙烯树脂。

通用型聚氯乙烯树脂是由氯乙烯单体在引发剂的作用下聚合形成的;高聚合度聚氯乙烯树脂是指在氯乙烯单体聚合体系中加入链增长剂聚合而成的树脂;交联聚氯乙烯树脂是在氯乙烯单体聚合体系中加入含有双烯和多烯的交联剂聚合而成的树脂。

通用型聚氯乙烯由于制备方法简单,用途广泛,在现货市场上流通的绝大部分都是通用型的聚氯乙烯树脂,而高聚合度的和交联的聚氯乙烯树脂一般在特殊领域应用较多。

## 3. 按单体来源

根据氯乙烯单体的获得方法来区分,可分为电石法、乙烯法和进口单体法。目前,世界上多为乙烯法聚氯乙烯,而我国则主要以电石法聚氯乙烯为主。

由于中国的资源结构制约,我国聚氯乙烯生产以电石法为主,电石目前最大的用途就是生产聚氯乙烯,因此,聚氯乙烯是电石业的消费主体。据统计,截至2009年底,我国聚氯乙烯生产企业104家,总产能1780万吨,其中电石法产能1363万吨,占总产能的76%。从某种意义上说,聚氯乙烯工业带动了蒸蒸日上的电石行业。

近几年来,国际市场原油价格居高不下,由于成本的原因,乙烯法处境艰难,因而电石法仍然是我国聚氯乙烯生产的主流。国际原油价格上涨使得电石法生产聚氯乙烯成本优势得以表现,国内新增聚氯乙烯产能大部分为电石法,电石法的比例不断上升,成为国内市场的主导。今后国内电石生产将进一步向能源丰富的西部地区集中,“电石-聚氯乙烯”一体化项目将成为主流。在长期的发展过程中,我国已掌握和开发了丰富的电石法生产经验和专有技术,并在工艺设计、设备制造和循环经济方面取得了很大进展。

## 4. 按聚合方法分类

根据氯乙烯单体的聚合方法,聚氯乙烯生产工艺分为4种:悬浮聚合法、乳液聚合法、本体聚合法和溶液聚合法。

(1) 悬浮聚合法 在聚氯乙烯生产过程中,单体以液滴状悬浮于水中的聚合,体系主要由单体、引发剂、水和分散剂四组分组成。悬浮法以其生产过程简单,便于控制及大规模生产,产品适宜性强,是聚氯乙烯的主要生产方式,从世界范围内讲,悬浮法聚氯乙烯的生产量约占总量的80%。

(2) 本体聚合法 在聚氯乙烯生产过程中,以单体氯乙烯本身为主体,加入(或不加)少量引发剂的聚合方法。本体法由于不用水和分散剂,聚合后处理简单,所以产品纯度高,但是存在聚合过程搅拌和传热的难题,生产成本较高,其生产能力不到总量的10%,我国目前只有四川宜宾天原、内蒙古海吉两家企业采用本体法生产聚氯乙烯,该方法产品透明度和绝缘性高于其他方法。

(3) 乳液聚合法 单体在水中以乳液状态进行的聚合,体系主要由单体、引发剂、水及乳化剂等组成。乳液法聚合时以水为分散介质,制得的颗粒较细,热稳定性和电绝缘性不佳,适宜糊树脂的生产,主要用于制造人造革、浸渍手套、纱窗、水田靴、工具把手、壁

纸、地板卷材、蓄电池隔板和玩具等，我国聚氯乙烯糊树脂的产量不到聚氯乙烯总产量的4%。

(4) 溶液聚合法 将单体和引发剂溶于适当溶剂中进行的聚合。溶液聚合只用来生产涂料或特种产品。

在美国，使用各种聚合方法生产的树脂比例是：悬浮法 87.8%、乳液和微悬浮法 6.4%、本体聚合法 4.4%、溶液法 1.4%。在我国，90%以上的聚氯乙烯都是采用悬浮法制备生产的。氯乙烯单体聚合方法的分类见表 1-3。

表 1-3 氯乙烯单体聚合方法的分类

品种	特性
悬浮法	不含金属离子，有良好的电绝缘性及热稳定性
本体法	含杂质极少纯度高，热稳定性和电绝缘性优于悬浮法
乳液法	颗粒较细，含杂质较多，电绝缘性及热稳定性不及悬浮法
溶液法	含杂质极少纯度高、成本高、价格高。聚合物的相对分子质量不高

总之，聚氯乙烯应用广泛，其制品种类繁多，一般分类见表 1-4。

表 1-4 聚氯乙烯常见分类

分类形式	分类情况
生产方法	悬浮法、溶液法、本体法、乳液法
聚合度	低聚合度聚氯乙烯、通用树脂、高聚合度聚氯乙烯、超高聚合度聚氯乙烯
软硬度	软制品、硬制品
单体种类	均聚物、共聚物
树脂特性	通用树脂、特种树脂
原料路线	乙炔法、电石法、天然气法、乙烯氧氯化法

## 二、聚氯乙烯的型号与命名

### 1. 聚氯乙烯的型号

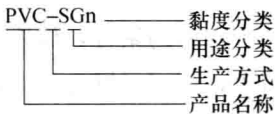


图 1-2 聚氯乙烯型号表示方法

(1) 国内一般采用 SG 加个位数标注来代表聚氯乙烯型号，采用百位数及千位数标注代表聚合度。其中聚氯乙烯代表产品名称，S 代表悬浮法，G 代表通用，n 代表黏度。聚氯乙烯型号表示方法如图 1-2。

聚氯乙烯型号、级别及主要用途见表 1-5。

表 1-5 聚氯乙烯型号、级别及主要用途

型号	级别	主要用途
SG1	一级 A	高级电绝缘材料
SG2	一级 A、一级 B、二级	电绝缘材料、薄膜一般软制品
SG3	一级 A、一级 B、二级	电绝缘材料、农用薄膜、人造革表面膜全塑凉鞋
SG4	一级 A、一级 B、二级	工业和民用、薄膜软管、人造革、高强度管材
SG5	一级 A、一级 B、二级	透明制品、硬管、硬片、单丝、导管、型材
SG6	一级 A、一级 B、二级	唱片、透明片、硬板、焊条、纤维
SG7	一级 A、一级 B、二级	瓶子、透明片、硬质注塑管件、过氯乙烯树脂

(2) 直接用聚合度表示聚氯乙烯型号 如上海氯碱的 WS-1000、WS-800、WS-1300，齐鲁石化的 S700、S1000，日本信越的 TK-800，日本大洋的 TH-800 等，前面的字母有的是厂名代号，如天津 LG 的 TL-800，有的是有其他含义，如上海 WS 和齐鲁 S 的 S 是悬浮法树脂的代号，上海 WS 中 W 是卫生级的意思，就是氯乙烯单体含量在  $1 \times 10^{-6}$  以下。

(3) 用 K 值表示聚氯乙烯型号 如 K60、K55 等，是根据黏数换算出来的一个值，K57 大概是 700 聚合度，K60 是 800 的，K66 大概是 1000。

## 2. 聚氯乙烯的命名

悬浮法聚氯乙烯按绝对黏度分 6 个型号：XS-1、XS-2、……、XS-6；XJ-1、XJ-2、……、XJ-6。型号中各字母的意思：X-悬浮法；S-疏松型；J-紧密型。表 1-6 为国产悬浮法聚氯乙烯的型号。

表 1-6 国产悬浮法聚氯乙烯型号

树脂型号	绝对黏度/ mPa·s	平均聚合度	树脂型号	绝对黏度/ mPa·s	平均聚合度
XS-1 XJ-1	>2.10	$\geq 1340$	XS-4 XJ-4	1.70~1.80	850~980
XS-2 XJ-2	1.90~2.10	1110~1340	XS-5 XJ-5	1.60~1.70	720~850
XS-3 XJ-3	1.80~1.90	980~1110	XS-6 XJ-6	1.50~1.60	590~720

## 第三节 聚氯乙烯的污染与危害

### 一、聚氯乙烯的污染

在制造、使用及废弃处理时，都会产生大量的有害物质，如二噁英、卤氢酸、铅等；聚氯乙烯材料燃烧时会发生很大的浓烟，并产生有害的 HCl 气体；而且大部分聚氯乙烯材料中含有 Pb（铅）、Cd（镉）等多种有害重金属，会对人体健康造成一定的危害；焚烧或掩埋后，会造成对土壤和水源的污染。

一次性医疗器械产品大多采用医用级聚氯乙烯或聚碳酸酯（PC），而聚氯乙烯加工过程中的热分解物对钢材有较强的腐蚀性，PC 则硬度高，黏性大，因而对塑化部分的零部件材质要求必须是能抗腐蚀、抗磨损而且有较高的抛光性能。目前大多数医用注塑机采用机筒螺杆镀硬铬的办法或者采用不锈钢为材料制作机筒螺杆已达到上述特殊要求。

另外，为了防止聚氯乙烯加工过程中热分解产生气体，要求对动定模板表面进行镀铝处理，而且对外围钣金也进行镀铝处理或者采用不锈钢板制作钣金，钣金拼缝采用无毒硅胶进行密封，以防塑料加工过程中产生的气体逸出污染。

### 二、聚氯乙烯的危害

聚氯乙烯是一种经常使用的塑料，由聚氯乙烯树脂、增塑剂和防老剂组成的树脂，本身



并无毒性。但所添加的增塑剂、防老剂等主要辅料有毒性，日用聚氯乙烯塑料中的增塑剂，主要使用对苯二甲酸二丁酯、邻苯二甲酸二辛酯等，这些化学品都有毒性，聚氯乙烯的防老剂硬脂酸铅盐也是有毒的。含铅盐防老剂的聚氯乙烯制品和乙醇、乙醚及其他溶剂接触会析出铅。含铅盐的聚氯乙烯用作食品包装与油条、炸糕、炸鱼、熟肉类制品、蛋糕点心类食品相遇，就会使铅分子扩散到油脂中去，所以不能使用聚氯乙烯塑料袋盛装食品，尤其不能盛装含油类的食品。

另外，聚氯乙烯塑料制品在较高温度下，如 50℃ 左右就会慢慢地分解出氯化氢气体，这种气体对人体有害，因此聚氯乙烯制品不宜作为食品的包装物。电木（酚醛塑料）含有游离苯酚和甲醛，对人体有一定毒性，不适合存放食品和作食品包装。电玉（脲醛塑料）虽然无嗅无味，但在 100℃ 沸水中或用作盛放醋类食品时，会有游离甲醛析出，对人体有害，所以也不适于作为食具或食品包装。废旧塑料（有的可能添加少许新料）的更新品，因其成分复杂，很难保证不带有毒性，故一般也不可用来作为食品盛具和包装物。

## 第四节 聚氯乙烯供需状况

### 一、聚氯乙烯产能

聚氯乙烯的全球使用量在各种合成材料中高居第二。据统计，仅 1995 年一年，聚氯乙烯在欧洲的生产量就有 500 万吨左右，而其消费量则为 530 万吨。在德国，聚氯乙烯的生产量和消费量平均为 140 万吨。近年来，中国聚氯乙烯发展速度惊人，新建、扩建项目纷纷上马，产能迅速扩大，产量大幅提高。1997~2006 年，中国聚氯乙烯产能、产量年均增长率分别达到 22.2% 和 20.0%。2006 年全国聚氯乙烯树脂累计产量为 8238583.86t；2007 年全国聚氯乙烯树脂累计产量达到 9716783.63t；2008 年 1~5 月全国聚氯乙烯树脂累计产量为 4028666.03t。2009 年我国聚氯乙烯生产量为 1015 万吨，2010 年产量达 1130 万吨，2011 年产量为 1295.2 万吨。

2006 年中国聚氯乙烯产量前十名排名情况见表 1-7。

表 1-7 2006 年中国聚氯乙烯产量前十名企业

单位名称	1~12 月累计/t	去年同期累计/t	同比/%
天津大沽化工股份有限公司	582323	410228	41.95%
中国石化齐鲁股份有限公司	575294	586071	-1.84%
上海氯碱化工股份有限公司	327192	326414	0.24%
宜宾天原股份有限公司	318080	251660	26.39%
天津乐金大沽化学有限公司	311660	279151	11.65%
新疆天业股份有限公司	291970	189779	53.85%
四川金路集团股份有限公司	264879	234749	12.83%
台塑工业（宁波）有限公司	258650	209992	23.17%
新疆中泰化学股份有限公司	235219	140575	67.33%
江苏江东化工股份有限公司	229383	180008	27.43%