

橡胶加工技术读本

# 橡胶材料基础

王艳秋 编著

RUBBER



化学工业出版社  
材料科学与工程出版中心

橡胶加工技术读本

# 橡胶材料基础

王艳秋 编著



化学工业出版社  
材料科学与工程出版中心

· 北京 ·

(京) 新登字 039 号

**图书在版编目 (CIP) 数据**

橡胶材料基础/王艳秋编著. —北京: 化学  
工业出版社, 2006. 1

(橡胶加工技术读本)

ISBN 7-5025-7809-9

I. 橡… II. 王… III. 橡胶加工-原料  
IV. TQ330. 3

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2005) 第 127580 号

---

橡胶加工技术读本

橡胶材料基础

王艳秋 编著

责任编辑: 赵媛媛 李晓文 宋向雁

责任校对: 战河红

封面设计: 潘 峰

\*

化学工业出版社 出版发行  
材料科学与工程出版中心

(北京市朝阳区惠新里 3 号 邮政编码 100029)

购书咨询: (010)64982530

(010)64918013

购书传真: (010)64982630

<http://www.cip.com.cn>

\*

新华书店北京发行所经销

北京云浩印刷有限责任公司印装

开本 850mm×1168mm 1/32 印张 9 字数 236 千字

2006 年 1 月第 1 版 2006 年 1 月北京第 1 次印刷

ISBN 7-5025-7809-9

定 价: 19.00 元

---

**版权所有 违者必究**

该书如有缺页、倒页、脱页者, 本社发行部负责退换

# 出版说明

我国橡胶工业近几年发展迅速，橡胶制品的品种和规格明显增加，产品质量有较大的提高。橡胶工业的发展离不开先进的生产技术和设备，更离不开具有一定橡胶加工知识和熟练操作技能的生产人员。因此，提高从业人员专业技术水平和实际操作技能是我国橡胶工业一项重要的工作。

为了适应我国橡胶工业技术发展的需要，提高橡胶企业工程技术人员和技术工人的专业知识水平与生产操作技能，化学工业出版社在广泛调研的基础上，在徐州工业职业技术学院等单位的大力支持和协助下，组织有关专家编写了《橡胶加工技术读本》。

按照橡胶产品的生产工艺和制品种类，读本共分为九本：

《橡胶材料基础》

《橡胶塑炼与混炼》

《橡胶压延成型》

《橡胶挤出成型》

《橡胶硫化》

《轮胎加工技术》

《胶管胶带加工技术》

《胶鞋加工技术》

《橡胶工业制品加工技术》

读本以橡胶制品生产工艺的单元操作和产品种类为主线，深入浅出地讲解各种橡胶制品的主产工序和几类主要制品的基本知识、简要生产原理、生产设备和工艺操作。特别是结合了橡胶企业生产一线的需要，突出实用性，将设备操作和维护、生产工艺操作要点和规程、常见质量问题分析和解决作为重点内容介绍给读者，并附有思考题，从而有利于橡胶技术人员和操作工人在较短时间内有针

对性地学习专业知识和提高操作技能。同时这套读本也特别适用于橡胶加工生产企业对技术人员和操作工人进行业务培训。

参与编写的各位作者都是具有丰富生产实践和教学经验的专业人士，他们在时间紧、任务重的情况下，为编写工作付出了辛勤的劳动。徐州工业职业技术学院的翁国文老师作为主要策划者和主审参与了编写大纲的审定，并对所有书稿进行了认真严格的审阅、修改。席远东老师在策划和组稿阶段作了大量组织协调工作，保证了编写工作的顺利完成。徐州工业职业技术学院领导以及相关单位专家对读本的组织编写给予了大力支持和帮助，在此向他们表示诚挚的感谢。

由于编者水平所限，部分内容在一致性、深浅度把握等方面仍存在问题，读者在阅读使用时如发现书中存在错误，请及时与我社联系，也可以直接告知各位编者，以便及时更正。

**化学工业出版社**

**2005年9月**

# 前 言

橡胶是高弹性高分子化合物的总称。由于橡胶在室温上下很宽的温度范围内具有优越的弹性、很好的柔顺性，并且具有优异的疲劳强度，很高的耐磨性、电绝缘性、不透气性、不透水性以及耐腐蚀、耐溶剂、耐高温、耐低温等特殊性能，因此成为重要的工业材料，广泛用于轮胎，胶管，胶带，胶鞋，工业制品（如减震制品、密封制品、化工防腐材料、绝缘材料、胶辊、胶布及其制品等）以及胶黏剂，胶乳制品中。橡胶虽然具有优良的特性，但是单用生胶并不能制得符合各种使用要求的橡胶制品。要制得符合实际使用要求的橡胶制品、改善橡胶加工工艺以及降低产品成本等，还必须在橡胶中加入各种化学物质，这些化学物质统称为橡胶配合剂。

随着我国经济的高速发展，我国橡胶工业的技术水平和生产工艺得到很大程度的提高。为了适应橡胶加工企业技术人员和技术工人提高专业知识和操作技能需要，满足橡胶工业生产技术的发展 and 现代化企业生产工人的培训要求，本人将有关技术资料和工作中的经验体会加以归纳汇总，编写成《橡胶材料基础》一书。

在编写过程中笔者立足生产实际，侧重实用技术和操作技能，内容力求深浅适度，通俗易懂，主要供橡胶生产企业一线技术人员和技术工人及相关人员学习参考，也可作为职业培训教材。

本书主要包括生胶及骨架材料，硫化体系（包括硫化剂、促进剂、活性剂、防焦剂），填充补强体系（包括炭黑、矿物填料、短纤维），防老体系（包括化学防老剂、物理防老剂），增塑软化体系（包括操作油系列、松焦油、煤焦油、合成酯等），其他配合剂（包括发泡剂、阻燃剂、着色剂等）及橡胶配方基本知识共 7 部分。分别讨论各类橡胶配合剂的基本概念、在橡胶中所起的主要作用以及常用配合剂的主要特性。

本书在编写过程中得到徐州工业职业技术学院和徐工轮胎有限公司等有关橡胶专家和工程技术人员的帮助，提出了许多宝贵的意见，谨此一并致谢。

由于编者水平有限，编写时间仓促和编写经验不足，书中的不妥之处在所难免，恳请广大读者批评和指正。

**王艳秋**

**2005年8月于徐州工业职业技术学院**

## 内 容 提 要

本书为《橡胶加工技术读本》系列丛书之一。书中系统介绍了橡胶工业生产用各种原材料的基础知识，内容包括生胶与骨架材料、硫化体系、补强填充体系、防护体系、软化增塑体系和其他配合剂的概念、性能、选择与使用特点等，书中还针对不同原材料和不同用途的产品专门介绍了橡胶配方的基本知识。

本书理论联系实际，深入浅出，结合目前橡胶工业的发展趋势以及生产实际，对各种传统和新型橡胶工业用材料进行了简要介绍，对于了解和掌握橡胶材料选用和配合技能具有指导作用。为方便学习参考，各章后附有思考题。

本书适于橡胶企业技术人员和工人学习参考，可作为企业培训教材使用，同时也可适用于高职高专和中职相关专业的教学参考书。



# 目 录

第 1 章 生胶及骨架材料 .....	1
1.1 天然橡胶 (NR) .....	2
1.1.1 天然胶乳的组成 .....	3
1.1.2 固体天然橡胶的品种及分级 .....	3
1.1.3 天然橡胶的成分 .....	7
1.1.4 天然橡胶的性能及应用 .....	9
1.2 合成橡胶 .....	10
1.2.1 丁苯橡胶 (SBR) .....	11
1.2.2 顺丁橡胶 (BR) .....	14
1.2.3 氯丁橡胶 (CR) .....	16
1.2.4 丁腈橡胶 (NBR) .....	21
1.2.5 丁基橡胶 (IIR) .....	24
1.2.6 乙丙橡胶 (EPR) .....	27
1.2.7 硅橡胶 (Q) .....	29
1.2.8 氟橡胶 (FPM) .....	33
1.2.9 聚氨酯橡胶 (PUR) .....	37
1.2.10 氯醚橡胶 (CO, ECO) .....	40
1.2.11 聚硫橡胶 (T) .....	43
1.2.12 氯磺化聚乙烯橡胶 (CSM) .....	45
1.2.13 丙烯酸酯橡胶 (ACM) .....	46
1.3 其他橡胶及代用品 .....	51
1.3.1 胶粉和再生胶 .....	51
1.3.2 粉末橡胶、液体橡胶和热塑性橡胶 .....	55
1.3.3 橡胶代用品 .....	62
1.4 骨架材料 .....	67
1.4.1 纤维材料 .....	68

1.4.2 金属材料 .....	73
思考题 .....	76
<b>第2章 橡胶的硫化体系 .....</b>	<b>79</b>
2.1 橡胶硫化概念 .....	79
2.1.1 硫化的基本概念 .....	79
2.1.2 橡胶的硫化历程 .....	82
2.2 橡胶硫化剂 .....	88
2.2.1 硫、硒、碲 .....	88
2.2.2 含硫化合物 .....	93
2.2.3 过氧化物 .....	94
2.2.4 醌类和马来酰亚胺 .....	94
2.2.5 树脂类化合物 .....	95
2.2.6 金属氧化物 .....	95
2.2.7 有机胺类硫化剂 .....	96
2.3 硫化促进剂 .....	96
2.3.1 硫化促进剂的分类 .....	97
2.3.2 硫化促进剂 .....	98
2.4 硫化活性剂 .....	108
2.4.1 无机活性剂 .....	108
2.4.2 有机活性剂 .....	111
2.5 防焦剂 .....	112
2.5.1 防焦剂的基本概念 .....	112
2.5.2 防焦剂的主要品种 .....	113
思考题 .....	114
<b>第3章 橡胶的补强填充体系 .....</b>	<b>115</b>
3.1 填充与补强的基本概念 .....	115
3.2 炭黑 .....	115
3.2.1 炭黑的分类与命名 .....	116
3.2.2 炭黑的结构与性质 .....	118
3.2.3 常用炭黑品种 .....	120
3.3 白炭黑 .....	129

3.3.1	白炭黑的分类与命名 .....	129
3.3.2	白炭黑的性质与应用 .....	131
3.3.3	白炭黑的主要品种及其应用 .....	133
3.4	其他填料 .....	138
3.4.1	无机填充剂 .....	138
3.4.2	有机类及碳素填充剂 .....	144
3.5	填料的性质对橡胶加工性能的影响 .....	145
3.5.1	填料的性质对混炼的影响 .....	145
3.5.2	填料的性质对压延和压出的影响 .....	150
3.5.3	填料的性质对硫化的影响 .....	153
3.6	偶联剂 .....	157
3.6.1	硅烷类偶联剂 .....	157
3.6.2	钛酸酯类偶联剂 .....	159
	思考题 .....	160
<b>第4章</b>	<b>橡胶的防护体系 .....</b>	<b>161</b>
4.1	橡胶的老化 .....	161
4.2	化学防老剂 .....	162
4.2.1	橡胶热氧老化的防老剂 .....	162
4.2.2	热氧防老剂的并用与协同效应 .....	165
4.3	橡胶的臭氧老化及其防护 .....	170
4.3.1	橡胶臭氧老化的概念 .....	170
4.3.2	化学抗臭氧剂 .....	171
4.4	橡胶的疲劳老化及其防护 .....	173
4.5	物理防老剂 .....	173
	思考题 .....	174
<b>第5章</b>	<b>橡胶的软化增塑体系 .....</b>	<b>175</b>
5.1	橡胶的增塑软化 .....	175
5.2	石油系软化剂 .....	176
5.2.1	链烷烃油(石蜡油) .....	177
5.2.2	芳香烃油 .....	177
5.2.3	环烷烃油 .....	178

5.2.4	机械油	179
5.2.5	变压器油	179
5.2.6	工业凡士林	180
5.3	煤焦油系列增塑剂	180
5.3.1	煤焦油	180
5.3.2	固体古马隆	181
5.3.3	液体古马隆	181
5.4	松油系列增塑剂	183
5.4.1	松焦油	183
5.4.2	松香	184
5.4.3	歧化松香	184
5.4.4	精制妥尔油(氧化松浆油)	184
5.5	脂肪油系列增塑剂	185
5.5.1	黑油膏	185
5.5.2	白油膏	186
5.5.3	甘油	186
5.5.4	蓖麻油	186
5.6	合成酯类增塑剂	187
5.6.1	邻苯二甲酸二酯类	187
5.6.2	脂肪二元酸酯类	189
5.6.3	磷酸酯类	190
5.7	塑解剂	190
5.7.1	2-萘硫酚	190
5.7.2	二甲苯基硫酚	191
5.7.3	五氯硫酚	191
	思考题	191
<b>第6章</b>	<b>其他配合剂</b>	<b>193</b>
6.1	着色剂	193
6.1.1	概述	193
6.1.2	无机着色剂	194
6.1.3	有机着色剂	199

6.2	发泡剂和发泡助剂 .....	202
6.2.1	无机发泡剂 .....	202
6.2.2	有机发泡剂 .....	204
6.2.3	发泡助剂 .....	207
6.3	抗静电剂 .....	208
6.4	阻燃剂 .....	210
6.4.1	阻燃剂的定义和分类 .....	210
6.4.2	阻燃剂的主要品种与应用 .....	210
	思考题 .....	212
<b>第7章</b>	<b>橡胶配方 .....</b>	<b>213</b>
7.1	配方的表示形式 .....	214
7.2	橡胶配方设计的原则与程序 .....	216
7.2.1	配方设计的原则 .....	217
7.2.2	配方设计的程序 .....	218
7.3	根据工艺性能和硫化胶物理机械性能设计配方的 原理简介 .....	224
7.3.1	根据硫化胶物理机械性能设计配方的原理 .....	224
7.3.2	根据工艺性能设计配方的原理 .....	231
7.4	常用橡胶的配方设计简介 .....	240
7.4.1	天然橡胶的配方设计 .....	240
7.4.2	丁苯橡胶的配方设计 .....	243
7.4.3	顺丁橡胶配方设计 (高顺式丁二烯橡胶) .....	245
7.4.4	丁腈橡胶配方设计 .....	246
7.4.5	氯丁橡胶的配方设计 .....	248
7.4.6	丁基橡胶配方设计 .....	251
7.4.7	乙丙橡胶配方设计 .....	253
7.5	功能橡胶配方设计 .....	255
7.5.1	耐热橡胶 .....	255
7.5.2	耐油橡胶 .....	260
7.5.3	海绵橡胶 .....	263
7.6	成本计算 .....	268

7.6.1 含胶率的计算 .....	268
7.6.2 密度与配合单价的计算 .....	269
7.6.3 低成本配方设计 .....	270
思考题 .....	272
<b>主要参考文献</b> .....	<b>273</b>

# 第 1 章 生胶及骨架材料

橡胶是具有高弹性的高分子化合物。由于橡胶在室温上下很宽的温度范围内具有优越的弹性、很好的柔软性，并且具有优异的疲劳强度，很高的耐磨性、电绝缘性、致密性以及耐腐蚀、耐溶剂、耐高温、耐低温等特殊性能，因此成为重要的工业材料，广泛用于轮胎、胶管、胶带、胶鞋、工业制品（如减震制品、密封制品、化工防腐材料、绝缘材料、胶辊、胶布及其制品等），以及电线、电缆的制造。这些产品无论在交通运输、工业、农业、能源建设、医疗卫生、文化体育、日常生活等方面都有着极其广泛的用途。同时，橡胶又是重要的战略物资，在国防军工、航天、航海、宇宙开发等现代科学技术的发展中，都离不开各种耐高低温、耐辐射、耐腐蚀、耐真空、高强度、高绝缘性、减震性和密封性优异的各种特殊性能的橡胶材料和制品。

橡胶制品加工企业购入的未经加工的生胶称为生胶，单用生胶多数时不能制得符合各种使用要求的橡胶制品。要制得符合实际使用要求的橡胶制品、改善橡胶加工工艺以及降低产品成本等，还必须在生胶中加入各种化学物质，这些化学物质统称为橡胶配合剂。

生胶为相对分子质量由 10 万~100 万以上的黏弹性物质。生胶在室温和自然状态下有一定的弹性，而在 50~100℃ 之间开始软化，此时进行机械加工能产生很大的塑性变形，易于将配合剂均匀地混入橡胶中制成各种胶料（称为混炼胶），并能进一步加工成各种半成品。这种胶料或半成品在一定的温度下，经过一定时间的化学反应，这种反应称为硫化，橡胶分子由线型转化为体型结构，从而丧失塑性，成为有使用价值的既有韧性又很柔软的弹性体。

生胶是一种高弹性高聚物材料，是制造橡胶制品的基础材料，一般情况下不含有配合剂，但有时也含有某些配合剂。生胶一般情

况下多呈块状、片状，也有颗粒状和黏稠液体状及粉末状。世界上生胶（包括塑料改性的弹性体）的种类已不下 100 种之多。如果按牌号估算，实际上已超过 1000 种。其分类大致如下。

(1) 按制取来源与方法 分为天然橡胶与合成橡胶两大类。其中天然橡胶的消耗量占 1/3，合成橡胶的消耗量占 2/3。

(2) 按橡胶的外观表征 分为固态橡胶（又称干胶）、乳状橡胶（简称胶乳）、液体橡胶和粉末橡胶四大类。其中固态橡胶的产量约占 85%~90%。

(3) 按应用范围及用途 分为通用橡胶和特种橡胶。

另外还有按化学结构、橡胶中填充材料的种类、单体组分、聚合方法、橡胶的工艺加工特点等方法分类。

## 1.1 天然橡胶（NR）

天然橡胶是从天然植物中获取的以异戊二烯为主要成分的天然高分子化合物。在工业上，也包括以天然橡胶为基础，用各种化学药剂处理的改性天然橡胶。

目前，天然橡胶的消耗量在世界上已超过 500 万吨，从品种上说，约 90% 以上为固态橡胶。其余 10% 左右为胶乳和液体天然橡胶。固态橡胶中，主要以天然橡胶为主，反式天然橡胶中的古塔波胶以及化学改性的专用特种天然橡胶，尽管品种繁多，但用量却很有限。

在合成橡胶大量出现之前，天然橡胶曾是橡胶工业及其制品的万能原料，有“褐色黄金”之称。如今，合成橡胶产量已超过天然橡胶一倍，达到年产 1000 多万吨，但天然橡胶仍被公认为是综合性能最好的通用橡胶，在轮胎、医疗卫生用品等领域仍然是主导的原料橡胶。

在世界上，含橡胶的植物（包括乔木、灌木、藤木及草本等科在内）多达 800 余种。而品质好、有经济价值、现今大量种植发展的只有赫薇亚系的三叶橡胶树一种。近年来，野生的银色橡胶菊经



过品系的不断改良，也开始步入使用阶段。

橡胶树是生长在热带地区的含胶植物。原产于南美洲的巴西，曾作为野生植物采伐利用。1876年开始人工种植，经英国伦敦移植到斯里兰卡和新加坡。一个世纪以来，天然橡胶一直集中在东南亚和中非一带地区的国家生产。其中，马来西亚、印度尼西亚和泰国三地的生产量均分别超过100万吨，这三个生产国合计占全世界的77%，其中80%~90%的产量供应给世界各大工业发达国家。这种产销形式使天然橡胶成为世界性的战略物资。

### 1.1.1 天然胶乳的组成

天然胶乳是一种黏稠的乳白色液体，外观像牛奶，它是橡胶粒子在近中性介质中的乳状水分散体。在空气中由于氧和微生物的作用，胶乳酸度增加，2~12h即能自然凝固。为防止自然凝固，需加入一定量的氨溶液作为保护剂。

天然胶乳的主要成分如表1-1所示。

表 1-1 天然胶乳的主要成分

成 分	含 量/%	成 分	含 量/%
水分	52~70	树脂	1.0~1.7
橡胶烃	27~40	酯类	0.5~1.5
蛋白质	1.5~1.8	无机盐类	0.2~0.9

从表1-1的数据可知，胶乳除橡胶烃和水之外，大约有10%左右的非橡胶成分，这些物质对胶乳及固体橡胶的性能均有很重要的影响。

### 1.1.2 固体天然橡胶的品种及分级

#### 1.1.2.1 固体天然橡胶的品种

固体天然橡胶（常称天然生胶）是指胶乳经加工制成的干胶。用于橡胶工业生产的天然生胶品种很多，最主要的品种有烟胶片和绉胶片以及近年来发展起来的标准马来西亚橡胶。