



当代石油和石化工业技术普及读本

合成橡胶

(第三版)

中国石油和石化工程研究会 组织编写

程曾越 杨秀霞 执笔



中国石化出版社

[HTTP://WWW.SINOPEC-PRESS.COM](http://www.sinopec-press.com)

责任编辑 王瑾瑜 刘跃文

责任校对 李 伟

封面设计 书鑫文化

当代石油和石化工业技术普及读本

- ◆ 勘探
- ◆ 石油钻井
- ◆ 开采
- ◆ 海洋石油勘探
- ◆ 海洋石油开发
- ◆ 天然气开采
- ◆ 天然气利用
- ◆ 油气集输与储运系统
- ◆ 石油炼制——燃料油品
- ◆ 石油炼制——润滑油和石蜡
- ◆ 石油沥青
- ◆ 炼油催化剂
- ◆ 炼油助剂
- ◆ 加油站
- ◆ 乙烯
- ◆ 合成树脂
- ◆ 合成橡胶
- ◆ 合成纤维
- ◆ 合成氨和尿素
- ◆ 绿色石油化工
- ◆ 煤制油
- ◆ 油页岩和页岩油
- ◆ 乙醇燃料与生物柴油
- ◆ 炼油化工企业污染与防治
- ◆ 石油化工设备
- ◆ 石化仪表与控制系统
- ◆ 石油化工信息化

上架建议：石油工业

ISBN 978-7-5114-1672-8



9 787511 416728 >

定价：12.00元

当代石油和石化工业技术普及读本

合成橡胶

(第三版)

中国石油和石化工程研究会 组织编写

程曾越 杨秀霞 执笔

中國石化出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

合成橡胶 / 中国石油和石化工程研究会组织编写.
—3 版. —北京: 中国石化出版社, 2012. 7
(当代石油和石化工业技术普及读本)
ISBN 978-7-5114-1672-8

I. ①合… II. ①中… III. ①合成橡胶-普及读物
IV. ①TQ333-49

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2012)第 169167 号

未经本社书面授权, 本书任何部分不得被复制、抄袭,
或者以任何形式或任何方式传播。版权所有, 侵权必究。

中国石化出版社出版发行

地址: 北京市东城区安定门外大街 58 号

邮编: 100011 电话: (010) 84271850

读者服务部电话: (010) 84289974

<http://www.sinopec-press.com>

E-mail: press@sinopec.com

北京科信印刷有限公司印刷

全国各地新华书店经销

*

850 × 1168 毫米 32 开本 4.625 印张 86 千字

2012 年 8 月第 3 版 2012 年 8 月第 1 次印刷

定价: 12.00 元

前 言

《当代石油和石化工业技术普及读本》(以下简称《普及读本》)第一版共包括了11个分册,2000年出版发行;2005年起根据石油石化工业的新发展和广大读者的要求,在修订了原有分册的基础上,补充编写了海洋石油开发、天然气开采等8个新的分册,于2007年出版发行了《普及读本》第二版;2009年我们又组织编写了煤制油、乙醇燃料与生物柴油等7个分册。至此,《普及读本》第三版共出版了26个分册,涵盖了陆上石油、海洋石油、开采与储运、天然气开发与利用、石油炼制与化工、石油化工绿色化及信息化、炼化企业污染与防治等石油石化工业相关领域的内容。

《普及读本》以企业经营管理人员和非炼化专业技术人员为读者对象,强调科普性、可阅读性、实用性、知识及技术的先进性,立足于帮助他们在较短的时间内对石油石化工业各个技术领域的概貌有一个基本了解,使其能通过利用阅读掌握的知识更好地参与或负责石油石化业的管理工作。这套丛书作为新闻出版总署“十五”国家科普著作重点出版项目,从开始组织编写到最后出版,我们在题材的选取、大纲的审定、作者的选择、稿件的审查以及技术内容的把关等方面,都坚持了

高标准、严要求，力求做到通俗易懂、深入浅出、由点及面、注重实用。出版后，在社会上，尤其是在石油石化行业和各级管理部门产生了良好影响，受到了广泛好评。为了满足读者的需求，其中部分分册还多次重印。《普及读本》的出版发行，对于普及石油石化科技知识、提高技术人员和管理人员素质起到了积极作用，并荣获2000年度中国石油化工集团公司科技进步三等奖。

近年来，石油石化工业的发展日新月异，先进技术不断涌现；随着时间的推移，原有部分分册中的一些数据已经过时，需要更新。为了进一步完善《普及读本》系列读物，使其内容与我国石油石化工业技术的发展相适应，我们决定邀请国内炼油化工领域的专家对第一版及第二版的19个分册进行修订，组织该书第四版的出版发行，从而使该系列读物与时俱进，更加系统全面。

《普及读本》第四版的组织编写和修订工作得到了中国石油、中国石化、中国海油、中国神华以及中化集团的大力支持。参与丛书编写、修订工作的专家、教授精益求精、甘于奉献，精神令人感动。在此，谨向他们表示诚挚的敬意和衷心的感谢！

中国工程院院士

二〇一一年八月八日

《当代石油和石化工业技术普及读本》

(第四版)

编 委 会

主任：曹湘洪

编委：(按姓氏笔画为序)

王子康	王少春	王丙申	王协琴
王国良	王毓俊	尤德华	亢峻星
刘积文	刘跃文	刘镜远	孙梦兰
孙殿成	孙毓霜	陈宝万	陈宜焜
张广林	张玉贞	李润清	李维英
吴金林	吴明胜	法琪瑛	庞名立
赵 怡	宫 敬	贺 伟	郭其孝
贾映萱	徐嗶东	翁维琬	龚旭辉
黄志华	黄伯琴	梁朝林	董恩环
程曾越	廖谟圣		

目 录

第一章 概 述	(1)
第一节 合成橡胶的基本概念	(1)
第二节 合成橡胶的地位与现状	(13)
第三节 合成橡胶的生产工艺技术	(26)
第二章 通用合成橡胶	(38)
第一节 合成橡胶的主要原料	(38)
第二节 丁苯橡胶	(39)
第三节 丁二烯橡胶	(54)
第四节 丁腈橡胶	(61)
第五节 氯丁橡胶	(68)
第六节 乙丙橡胶	(75)
第七节 丁基橡胶	(84)
第八节 异戊橡胶	(91)
第三章 特种合成橡胶	(98)
第一节 硅橡胶	(99)
第二节 氟橡胶	(101)
第三节 丙烯酸酯橡胶	(103)
第四节 聚硫橡胶	(105)
第五节 聚氨酯橡胶	(108)
第六节 其他特种橡胶	(111)

第一章 概 述

在现代科技领域中，人们将熟知的结构材料划分为金属材料、无机非金属材料、有机高分子材料和复合材料四大类。人工合成的有机高分子材料始于 20 世纪初期，它具有原料资源丰富易得、性能优异、品种众多、易于加工、应用广泛等特点，目前已成为整个科技领域和国民经济各行业发展不可缺少的重要物资和基础材料，与人民的衣、食、住、行、用的物质文化生活水平改善提高密切相关，并对人类社会进步作出了积极贡献。

当前在有机高分子合成材料产业中，从科学技术水平的飞速发展、推广应用范畴的不断扩大、社会需求消费量的日益增长等方面来衡量，名列前茅的应属三大合成材料——合成树脂、合成橡胶和合成纤维。

本书将重点介绍有关合成橡胶的地位、来源、分类、性能用途、制备方法以及生产现状和发展前景等知识，以飨读者。

第一节 合成橡胶的基本概念

橡胶是一种具有弹性和多种特性的有机高分子结构

材料，按其来源可分为天然橡胶和合成橡胶两大类。

天然橡胶(简称 NR)来源于橡胶树。在种植生长的橡胶树干上，用刀割开一道切口，便流出奶白色树汁，这种树汁叫作胶乳，经过收集和凝聚脱水等加工后，便可制得具有弹性的固状橡胶。由于它是由橡胶树天然生成的，所以称天然橡胶。

合成橡胶(简称 SR)是人们采用化学方法人工合成的一种性能类似或超过天然橡胶的新型有机高分子弹性体。它是以石油、天然气、煤炭或农副产品为初始原料，通过多种化学方法先制取合成橡胶的基本原料(也叫单体)，再经过聚合或缩合反应以及凝聚、洗涤、脱水、干燥、成型等工序，制得具有弹性的高分子均聚物或共聚物。

一、合成橡胶与天然橡胶的关系

合成橡胶与天然橡胶虽来源不同，但性能类似，用途同域，各具优势，都是国民经济发展、科学技术进步和人民日常生活中不可缺少的重要物资。

天然橡胶的生产与橡胶树的栽培种植密切相关。橡胶树只能生长在热带、亚热带的一些气候条件适宜的地方，受自然条件影响很大，成长周期长，年产胶量增长速度受到极大限制。据资料记载，从培植橡胶幼树到开始割胶，需要 7~9 年时间，且其生命周期仅 30 年左右。每年要割 3000 株橡胶树，才能收集到 1 吨干橡胶；若年产 1 千吨天然橡胶，就要栽种 300 万株橡胶树，需占地 3 万亩(15 亩 = 1 公顷)、几千个农业劳动力。全

球天然橡胶的产地主要集中在泰国、印度尼西亚、马来西亚、印度、越南和菲律宾等东南亚国家，产量累计占世界总产量的 85% 左右。2000 ~ 2010 年我国天然橡胶与合成橡胶发展情况详见表 1-1。

表 1-1 我国 2000 ~ 2010 年天然橡胶与合成橡胶
产量、进口量及总消费量增长情况

项目/年份		2000	2004	2005	2009	2010	2000 ~ 2005 年均增长率/%	2005 ~ 2010 年均增长率/%
天然橡胶	产量/万吨	48.2	60.0	51.0	54.0	68.7	1.2	6.1
	进口量/万吨	92.5	161.5	169.4	273.4	286.4	12.9	11.1
	出口量/万吨	1.3	1.5	2.5	2.0	4.6	14.2	12.3
	表观消费量/万吨	139.4	220.0	217.9	325.4	350.5	9.3	10.0
合成橡胶	产量/万吨	79.3	123.5	133.3	196.4	241.6	10.9	12.6
	进口量/万吨	46.1	82.7	81.9	134.7	139.0	12.2	11.2
	出口量/万吨	5.1	7.8	8.1	8.8	20.6	9.7	20.5
	表观消费量/万吨	120.3	198.4	207.1	322.2	360.0	11.5	11.7
全国橡胶总消费量/万吨		259.7	418.4	425.0	647.6	710.5	10.4	10.8

我国生产天然橡胶受自然条件限制，最多年产量也只能在 70 ~ 80 万吨之间，满足不了我国橡胶制品生产发展的需求，这个缺量除了靠进口国外天然胶外，主要还应由合成橡胶的增长来弥补。天然橡胶性能单一，其应用性能虽可与合成橡胶优势互补和匹配使用，但在某种特定需求的应用领域里，其性能远不如合成橡胶。为此世界上各工业发达国家，除了能够部分自产或进口天然橡胶外，都在积极发展合成橡胶的生产。我国今后也应继续在有条件地区种植发展天然橡胶的同时，大力发

展合成橡胶，才能满足我国国民经济各行业发展和市场需求。

二、合成橡胶的命名与品种分类

我国合成橡胶的命名与分类是依据中华人民共和国国家标准 GB 5576—1985《合成橡胶命名》规定执行的。该规定参照了国际标准 ISO 1629—1976《橡胶和胶乳命名法》。具体规定如下。

(一) 合成橡胶的命名

按国际标准和我国国家标准，合成橡胶的命名通常以其主链化学组成为基础，进行分类并制订代号。共分为7类，即饱和碳—碳链橡胶(M类)，不饱和碳—碳链橡胶(R类)，聚合物含氮的橡胶(N类)，聚合物含氧的橡胶(O类)，聚合物含硅的橡胶(Q类)，聚合物含硫的橡胶(T类)和聚合物含碳、氧、氮的橡胶(U类)。平常惯用的方法多以聚合物的物理形态、结构组成和用途来命名与分类。

本书基本上按通用橡胶、特种橡胶、热塑性橡胶以及合成胶乳、液体橡胶、粉末橡胶的顺序分别在以后章节中介绍，其中以“M类”及“R类”的胶种居多，现举例如下。

“M类”包括具有聚亚甲基型饱和链的橡胶，如：

CM 氯化聚乙烯(英文名缩写也可写 CPE)

CSM 氯磺化聚乙烯(或 CSPE)

EPM 乙烯—丙烯共聚物(又称二元乙丙胶)

EPDM 乙烯、丙烯和二烯烃的三元共聚物(也称三

元乙丙胶，但在其侧链中仍含有二烯烃的残余不饱和键)

“R 类”中规定 R (Rubber 的首字母) 一词前为一种或几种单体名，如：

BR 丁二烯橡胶[也称顺式聚丁二烯橡胶(PB)或简称顺丁橡胶]

CR 氯丁二烯橡胶(简称氯丁橡胶)

IR 异戊橡胶(也称异戊二烯橡胶，即合成的天然橡胶)

IIR 丁基橡胶(异丁烯 - 异戊二烯共聚物)

NBR 丁腈橡胶(丙烯腈 - 丁二烯共聚物)

NR 天然橡胶(也可称为天然的异戊橡胶)

SBR 丁苯橡胶(苯乙烯 - 丁二烯共聚物)

PSBR 丁苯吡橡胶(吡啶 - 苯乙烯 - 丁二烯三元共聚物)

XSBR 羧基丁苯橡胶(基中“X”代表羧基—COOH)

CIIR 氯化丁基橡胶(其中“C”代表卤素中的氯—Cl)

BIIR 溴化丁基橡胶(其中“B”代表卤素中的溴—Br)

合成胶乳的统一命名是根据中华人民共和国专业标准 ZBG34001—1987《合成胶乳命名及牌号规定》中的编制规则，也是按其化学组成用英文词头字母表示。为了把合成胶乳与合成橡胶区别开，在表示化学组成的英文词头字母后再附缀英文字母。“L”(即 Latex 的首字母)，若前冠字母“X”则表示“羧基”。具体命名如下：

ABRL 丙烯酸 - 丁二烯胶乳

BRL 聚丁二烯胶乳

CRL 氯丁胶乳

EPDML 乙烯 - 丙烯 - 二烯烃三元乙丙胶乳

EPML 二元乙丙胶乳

IIRL 丁基胶乳

IRL 异戊胶乳

NBRL 丁腈胶乳

PBRL 丁吡胶乳

PSBRL 丁苯吡胶乳

SBRL 丁苯胶乳

SCRL 苯乙烯 - 氯丁二烯胶乳

XNBRL 羧基丁腈胶乳

XSBR 羧基丁苯胶乳

XBRL 羧基丁二烯胶乳

XCRL 羧基氯丁胶乳

其他合成橡胶如热塑性橡胶 (TPR)、粉末橡胶 (PR) 和液体橡胶 (LR)，目前我国尚未制定统一命名法，一般也就参照合成橡胶的命名，以其化学组成的英文首字母来表示。

(二) 合成橡胶的分类与品种

合成橡胶的分类除执行国标 GB 5576—1985 的规定外，人们惯用以其化学组成和主要用途来分类。

1. 按合成橡胶分子链结构的化学组成分类

一般分为不饱和碳链橡胶、饱和碳链橡胶、杂链橡胶和元素高分子橡胶等四类。具体的橡胶名称及组成结

构可参考表 1-2。

表 1-2 合成橡胶的化学组成及特性

名 称	分子链结构组成	化学特性
天然橡胶 异戊橡胶	$\left\{ \begin{array}{c} \text{CH}_3 \\ \\ \text{CH}_2 - \text{C} = \text{CH} - \text{CH}_2 \end{array} \right\}_n$	双键处易发生反应, 如氧化、硫化等
顺丁橡胶	$\left[\text{CH}_2 - \text{CH} = \text{CH} - \text{CH}_2 \right]_n$	双键处易发生反应, 如氧化、硫化等
丁苯橡胶	$\left[\text{CH}_2 - \text{CH} = \text{CH} - \text{CH}_2 \right]_x \left[\text{CH}_2 - \underset{\text{C}_6\text{H}_5}{\text{CH}} \right]_y$	比天然橡胶对氧稍稳定, 耐磨耗
丁腈橡胶	$\left[\text{CH}_2 - \text{CH} = \text{CH} - \text{CH}_2 \right]_x \left[\text{CH}_2 - \underset{\text{CN}}{\text{CH}} \right]_y$	比天然橡胶对氧稍稳定, 且耐烃类油
氯丁橡胶	$\left[\text{CH}_2 - \text{CH} = \underset{\text{Cl}}{\text{C}} - \text{CH}_2 \right]_n$	较天然橡胶对氧稳定、耐臭氧、难燃, 可用金属氧化物交联
丁基橡胶	$\left[\underset{\text{CH}_3}{\overset{\text{CH}_3}{\text{C}}} - \text{CH}_2 \right]_x \left[\text{CH}_2 - \underset{\text{CH}_3}{\text{C}} = \text{CH} - \text{CH}_2 \right]_y$	比天然橡胶对氧稳定性好, 气密性好, 耐热老化
二元乙 丙橡胶	$\left[\text{CH}_2 - \text{CH}_2 \right]_x \left[\text{CH}_2 - \underset{\text{CH}_3}{\text{CH}} \right]_y$	相对密度小, 耐臭氧

续表

名 称		分子链结构组成	化学特性
饱和碳链橡胶	三元乙丙橡胶	$\left[\text{CH}_2 - \text{CH}_2 \right]_x \left[\text{CH}_2 - \underset{\text{CH}_3}{\underset{ }{\text{CH}}} \right]_y \left[\text{二烯烃} \right]$	性能同上, 但可用硫磺硫化
	氯化聚乙烯	$\left[\text{CH}_2 - \text{CH}_2 \right]_x \left[\text{CH}_2 - \underset{\text{Cl}}{\underset{ }{\text{CH}}} \right]_y \left[\underset{\text{Cl}}{\underset{ }{\text{CH}}} - \underset{\text{Cl}}{\underset{ }{\text{CH}}} \right]_x$	耐臭氧、耐油、耐热、难燃
	氯磺化聚乙烯	$\left[(\text{CH}_2)_2 - \underset{\text{Cl}}{\underset{ }{\text{CH}}} - (\text{CH}_2)_3 - \underset{\text{SO}_2}{\underset{\text{Cl}}{\underset{ }{\text{CH}}} } \right]_n$	对氧稳定, 可用金属氧化物交联
	丙烯酸酯橡胶	$\left[\text{CH}_2 - \underset{\text{O}=\text{COR}}{\underset{ }{\text{CH}}} \right]_n$ 或 $\left[\text{CH}_2 - \underset{\text{O}=\text{COR}}{\underset{ }{\text{CH}}} \right]_n \left[\text{CH}_2 - \underset{\text{CN}}{\underset{ }{\text{CH}}} \right]_m$	对氧稳定, 耐油, 用胺交联
	六氟丙烯与偏氟乙烯共聚物	$\left[\text{CF}_2 - \text{CH}_2 - \underset{\text{CF}_3}{\underset{ }{\text{CF}}} - \text{CF}_2 \right]_n$	耐热、耐氧、耐油、耐燃、耐腐蚀
	丙烯酸二氢全氟烷酯	$\left[\text{CH}_2 - \underset{\text{O}=\text{CO}-\text{CH}_2-\text{C}_3\text{F}_7}{\underset{ }{\text{CH}}} \right]_n$	
	三氟氯乙烯与偏氟乙烯共聚物	$\left[\underset{\text{Cl}}{\underset{ }{\text{CF}}} - \text{CF}_2 \right]_x \left[\text{CH}_2 - \text{CF}_2 \right]_y$	

续表

名 称	分子链结构组成	化学特性
聚硫橡胶	$\text{[-R-S}_y\text{]}_n$ (R 为 1, 2-亚乙基或其衍生物)	耐油、耐 烃类溶剂, 可利用末端 进行反应, 粘性好
聚酯橡胶	$\text{[-O-R-O-C(=O)-R'-C(=O)-O-R''-O]}_n$	对水反应 活泼,耐氧化
杂 链 橡 胶	聚氨酯橡胶	对氧稳定
	聚酯型 $\text{[-R-COOR'-O-CO-NH-R''-NHCOO]}_n$	
	聚醚型 $\text{[-ROR'-OROCO-NH-R''-NHCOO]}_n$	
	氯醚橡胶	
	均聚物 $\text{[-CH}_2\text{-CH(OCH}_2\text{Cl)}]_n$	对氧稳定,用过 氧化物交联
	共聚物 $\text{[-CH}_2\text{-CH(OCH}_2\text{Cl)}]_x\text{[-CH}_2\text{-CH}_2\text{-O]}_y$	
元 素 高 分 子 橡 胶	硅橡胶 (MQ, 包括 甲基、苯基、 乙烯基硅橡胶, 腈硅橡胶, 氟硅 橡胶) $\text{[-Si(R)}_2\text{-O]}_n$ (R 为 -CH_3 、 $\text{-C}_6\text{H}_5$ 、 $\text{-CH}_2\text{-CH}_3$ 、 -CH=CH-CH_3 或 $\text{-CH}_2\text{CH}_2\text{CF}_3$)	对氧稳定, 用过氧化物 交联, 电性 能优异, 耐 热性好

2. 按合成橡胶的主要用途分类

一般分为通用合成橡胶、特种合成橡胶及其他橡胶