

橡胶知识读本

XIANGJIAO

ZHISHI DUBEN

赵光贤 主编

本书按照主体材料、助剂与骨架材料、橡胶改性、橡胶基本性能、配方设计、橡胶制品、工艺过程与加工方法、测试方法、新技术应用等主题收入了152篇作者自编的知识性文章，均系橡胶行业读者关心的问题。可供新入行的技术人员和技术工人参考。



化学工业出版社



橡胶知识读本

赵光贤 主编



化学工业出版社

· 北 京 ·

本书按照主体材料、助剂与骨架材料、橡胶改性、橡胶基本性能、配方设计、橡胶制品、工艺过程与加工方法、测试方法、新技术应用等主题收入了 152 篇作者自编的知识性文章,均系橡胶行业读者关心的问题。可供新入行的技术人员和技术工人参考。

图书在版编目(CIP)数据

橡胶知识读本/赵光贤主编. —北京:化学工业出版社, 2012. 5
ISBN 978-7-122-13718-0

I. 橡… II. 赵… III. 橡胶工业-基本知识 IV. TQ33

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2012)第 038181 号

责任编辑:路金辉

装帧设计:关 飞

责任校对:陈 静

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:大厂聚鑫印刷有限责任公司

850mm×1168mm 1/32 印张 9½ 字数 258 千字

2012 年 7 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: 36.00 元

版权所有 违者必究

序

从 2004 年到 2011 年，历经 8 载的春夏秋冬，“橡胶小知识”栏目在《世界橡胶工业》的历史使命即将完成。很高兴地看到，化学工业出版社将这一读者喜闻乐见的栏目结集出版，用另一种方式扩大和散播她的影响力。这不仅是对作者的肯定，也是对我们《世界橡胶工业》杂志的肯定。

在橡胶业界享有盛誉的赵光贤老师是《世界橡胶工业》杂志首届编委会成员之一。记得 9 年前我们在商讨刊物的发展构思时，第一个想到的就是请赵老师出山，为我们供稿。于是就有了“橡胶小知识”。这是赵老师根据自己在行业内多年摸爬滚打的经验，根据《世界橡胶工业》读者对象的特点定下的方向。事实证明，这是一个很成功的案例。我们曾进行过调查，读者普遍认为这个栏目办得通俗易懂，极有针对性，对生产实践帮助很大。今天，当这 152 篇稿件被结集出版，以更直观的效果、更严谨的编排摆在读者面前，相信会带给读者新的启示。无论您以前是否在《世界橡胶工业》上读过这些文章，无论您现在是觉得眼前一亮还是温故知新，这本《橡胶知识读本》都是不可多得的好书——身边可以随时请教的老师、随手可以翻阅的知识库。

愿这本《橡胶知识读本》同《世界橡胶工业》杂志一样，成为您在探索橡胶科技知识道路上的良师益友。

《世界橡胶工业》杂志编辑部
2012 年 2 月，于上海橡胶制品研究所内

前 言

本书在各方的支持、关心下，终于付梓出版，和读者见面了。要感谢化学工业出版社和《世界橡胶工业》杂志的一贯支持和关心。首先有必要就本书的来龙去脉向橡胶界同行和广大读者作个介绍。从2004年起，我受《世界橡胶工业》杂志编辑部的委托，为该刊的“橡胶小知识”新栏目供稿。经过几期试登后，编辑部发现该栏目的内容比较受读者们的欢迎和好评。此后，我就固定为刊物提供这方面的稿件，而“橡胶小知识”也成为每期必登的内容。从2004—2011年，前后经历8年，先后共登载了152篇（均已载入本书）。每篇篇幅500~2500字不等（视内容而定），总共约20余万言。从内容来看，遍及与橡胶有关的各个领域。包括主体材料、助剂与骨架材料、橡胶改性、橡胶的基本性能、配方设计、橡胶制品、工艺过程与加工方法、测试手段与方法、新技术应用等共计十类。

从读者对象来看，对“橡胶小知识”最关心、最支持的有两类人群：第一类是刚踏上与橡胶技术、生产和应用有关岗位的年轻人。他们的文化水平一般比较高，求知心切，接受能力强。但和橡胶接触的时间短，难免会在研究、生产中遇到一些与技术有关的问题而感到不理解或无法解释，也不知道该如何处理。如果他们遇到的问题与“橡胶小知识”能对上号、挂上钩，则有可能帮他们打开思路，找出问题所在。第二类一般是工龄较长的老员工，有时他们会对遇到的问题提出有效对策，但较多凭经验，属于“知其然而不知其所以然”。所以“橡胶小知识”可以当他们的参谋，为他们提供有说服力的理论依据。

通过问卷、口头调查。曾对读者们为什么欢迎和爱读“橡胶小知识”的问题作过调查，结果可归纳如下：

(1) “橡胶小知识”内容涉及范围比较广，针对性比较强，符

合当前行业的实际情况和今后发展趋势。对从事这方面工作的读者来说，具有一定参考价值。

(2) 文字表达上精简扼要（长话短说），突出重点，不绕圈子，不拘泥于空洞的讨论。

(3) 取材重点放在国内外橡胶工业的方向性发展上，而对于读者们一般已掌握的内容则不再列入。以胶种为例，不列普通天然橡胶而列特种天然橡胶；同样对大家都熟悉的合成橡胶而言，顺式1,4-聚丁二烯也没有列入，却把目前使用量不大，使用面不广但今后发展前途看好的低顺式聚丁二烯和稀土顺丁橡胶分别予以列入。在加工工艺、设备装置、检测手段与方法等条目的取舍上也遵循同样的原则。

(4) 根据切合实用的原则，倾听部分读者提出的正确意见。根据原条目中只介绍某些原材料性能或加工方法，而对存在问题不提改进措施的情况作了改进，增添了“改进措施或方向”的内容。这样虽使条目的字数有所增加，但却更具实用意义。另外，为了加强文字部分的说服力和直观效果，在部分条目中增添了表格、曲线图和实物图。

本书之所以能迅速出版，除了化学工业出版社的大力支持外，上海橡胶制品研究所主办的《世界橡胶工业》刊物的编辑部工作人员同样功不可没。因为各条目在《世界橡胶工业》刊登前都经过编辑的技术把关，纠正文字、图表上的差错。这样做大大简化、加速了出版社的审稿过程。所以在这里向他们深深致谢。

限于作者水平，内容恐仍难免有不足和疏漏之处，如有发现，还希广大读者不吝指正。

编者

2012年2月

目 录

1 主体材料 / 001

1.1	弹性体和橡胶	2
1.2	标准天然橡胶	3
1.3	反式异戊橡胶	5
1.4	银菊橡胶与古塔波橡胶	7
1.5	环化橡胶	9
1.6	充油橡胶	10
1.7	集成橡胶	11
1.8	合成橡胶的智能化设计	13
1.9	低顺式聚丁二烯	14
1.10	稀土顺丁橡胶	16
1.11	中乙烯基聚丁二烯橡胶	17
1.12	气相聚合三元乙丙橡胶	18
1.13	氢化丁腈橡胶	19
1.14	氯化丁基橡胶	21
1.15	凝胶	22
1.16	液体橡胶	24
1.17	合成橡胶的溶液聚合和乳液聚合	25
1.18	特种天然胶乳	28
1.19	动态脱硫再生胶	30
1.20	再生胶生产新技术	31

2 助剂与骨架材料 / 035

2.1	不溶性硫黄	36
2.2	促进剂湿法造粒	37
2.3	碳酸锌：“透明氧化锌”	39
2.4	新型硫化活性剂——有机锌	40
2.5	苯胺点	42
2.6	炭黑结构	44
2.7	炭黑改性	45
2.8	新品种炭黑	47
2.9	炭黑生产技术的改进	49
2.10	新工艺炭黑	50
2.11	返原和抗返原剂	51
2.12	结合防老剂	56
2.13	石油树脂	57
2.14	古马隆树脂	59
2.15	多功能助剂	60
2.16	新型橡胶加工助剂	61
2.17	均匀剂	63
2.18	分散剂	64
2.19	白炭黑分散剂	66
2.20	偶联剂	68
2.21	断链剂	69
2.22	橡胶着色剂	71
2.23	着色剂母胶	74
2.24	脱模剂	75
2.25	橡胶阻燃剂	76
2.26	硅橡胶的结构化和结构控制剂	78

2.27	发泡剂和发泡助剂	79
2.28	芳纶纤维	82
2.29	短纤维补强	86
2.30	橡胶补强填充剂的发展方向	88

3 橡胶改性 / 094

3.1	结合橡胶	95
3.2	动态硫化	96
3.3	互穿网络共混	98
3.4	纳米橡胶	99
3.5	橡胶与纳米材料的插层复合	100
3.6	增容和增容技术	102
3.7	相容性和不同胶种的共混	104

4 橡胶的基本性能 / 106

4.1	橡胶的溶解和溶胀	107
4.2	橡胶的电性能	108
4.3	橡胶的摩擦	110
4.4	焦烧	113
4.5	橡胶的热传递和热滞后	114
4.6	热历史	116
4.7	橡胶的收缩和收缩率	117
4.8	滚动阻力	118
4.9	喷霜	120
4.10	永久变形	121
4.11	自粘和自粘性	122
4.12	橡胶的流动性	124

4.13	滞后损失	125
4.14	溶解度参数	126
4.15	橡胶的黏合原理	127
4.16	橡胶的集聚态	130
4.17	橡胶的物理状态	131
4.18	橡胶收缩率的实用意义	133
4.19	橡胶的光老化	134
4.20	橡胶与其他材料黏合破坏的类型	137
4.21	橡胶的蠕变	139
4.22	应力松弛	140
4.23	橡胶的分子量和分子量分布	141
4.24	包辊性	144

5 配方设计 / 146

5.1	耐热橡胶	147
5.2	透明橡胶	149
5.3	防老剂的并用	150
5.4	有效硫化	152
5.5	橡胶工业中的并用	154
5.6	臭氧和橡胶的抗臭氧防护	155

6 橡胶制品 / 158

6.1	轮胎结构的发展方向	159
6.2	绿色轮胎	160
6.3	带束斜交轮胎	161
6.4	力车胎家族的新成员——电动力车胎	162
6.5	两件式组装轮胎	163

6.6	多楔带	165
6.7	几种与胶鞋设计有关的新概念	167
6.8	磁性橡胶	170
6.9	形状记忆橡胶	171
6.10	V 带的断面形状分类	173
6.11	同步齿形带	175
6.12	水声橡胶	177
6.13	抗静电橡胶	179
6.14	耐真空橡胶	182
6.15	无芯胶管	185
6.16	硬质橡胶	187
6.17	抗震橡胶	189
6.18	橡胶桥梁支座	192
6.19	胶乳水泥和胶乳沥青	195
6.20	遇水膨胀橡胶	197
6.21	阻尼橡胶	198
6.22	功能橡胶	199

7 工艺过程与加工方法 / 202

7.1	密炼机混炼过程的控制	203
7.2	逆混炼	205
7.3	热炼	206
7.4	混炼胶停放	207
7.5	薄通	209
7.6	母胶和膏剂	210
7.7	橡塑共混	212
7.8	浸浆	214
7.9	直接黏合体系	215

7.10	反应性注射成型	217
7.11	橡胶注压	219
7.12	胶粉的粉末成型	221
7.13	硫化状态	222
7.14	轮胎氮气硫化	223
7.15	辐射硫化	224
7.16	热定型和后充气	226
7.17	开模缩裂	227
7.18	模具的原位清洗	228

8 橡胶设备 / 231

8.1	翻斗式密炼机	232
8.2	橡胶挤出机的发展趋势	233
8.3	橡胶挤出机的销钉式螺杆	236
8.4	鼓式硫化机	238
8.5	用于橡胶硫化的热载体	240
8.6	功率积分仪	242
8.7	抽真空平板硫化机	244

9 测试手段与方法 / 246

9.1	非破坏性试验	247
9.2	玻璃化温度和脆性温度	248
9.3	比表面积	250
9.4	橡胶老化试验	251
9.5	硫化仪	253
9.6	门尼“家族”	255
9.7	轮胎试验场	258

9.8	胶料快速检验	260
9.9	未硫化胶料的加工性能试验	262
9.10	威廉氏可塑度	264

10 新技术应用 / 266

10.1	红外和远红外技术在橡胶中的应用	267
10.2	橡胶工业中的超声波应用	273
10.3	微波硫化	277
10.4	激光在橡胶工业中的应用	279
10.5	纳米材料在橡胶工业中的应用	281
10.6	提高纳米材料在橡胶中的分散	284
10.7	橡胶纳米复合材料的制备	285
10.8	电脑群控硫化罐	287

1

主体材料

一、主体材料是构成作品的主要部分，是作者思想感情的集中体现。在写作过程中，主体材料的选择和运用，直接关系到作品的成败。主体材料的选择，应遵循以下原则：第一，真实性。主体材料必须是客观存在的，不能虚构。第二，典型性。主体材料应具有代表性，能反映事物的本质。第三，新颖性。主体材料应具有新意，能吸引读者的注意力。第四，相关性。主体材料应与主题紧密相关，不能偏离主题。主体材料的运用，应注意以下几点：第一，详略得当。主体材料应根据主题的需要，合理安排详略。第二，层次分明。主体材料应按照一定的逻辑顺序，层层递进。第三，语言生动。主体材料的描述应生动形象，富有感染力。第四，情感真挚。主体材料的表达应真挚感人，能打动读者的心灵。

1.1 弹性体和橡胶

弹性体作为技术专用术语，在橡胶合成和加工领域的使用十分频繁。但人们在理解或使用它时，往往会质疑它和橡胶是否属于同一概念，两者之间是否存在差别，是否可以互换代用。为此，让我们看一下在一些权威性的经典著作中，对它们是如何定义的。

(1) 弹性体

定义一 “凡是室温下受到变形力作用时在外形和尺寸两个方面都会产生较大变化，而当外力去除后，能在很大程度上（明显）恢复原样的大分子材料”（摘自“ASTM 1972 年橡胶名词术语”）；

定义二 “在常温下呈现橡胶状弹性的高分子材料（包括橡胶和类橡胶物质）的总称，包括各种天然橡胶和合成橡胶”（摘自“橡胶工业词典”，化工出版社 1989 年出版）。

从以上两项定义来理解，虽然它们的出处不同，阐述的具体用词也不同，但总的含义是相同的。第一，弹性体都属于高分子材料；第二，在外力作用下都会出现变形，而且变形量很大；第三，一旦外力去除，绝大部分的变形随之消失，仅有小部分甚至极小部分的变形被永久保留下来，即所谓的永久变形。所以，弹性体的变形和复原特性和其他材料有很大区别：首先，当受到外力作用时，能立即产生形变，似乎无须花多少力，即能听任摆布；一旦外力去除，有强烈的复原倾向。弹性体的这种特性正是其他材料望尘莫及的。

(2) 橡胶

“是有机高分子材料，分子量达到几十万。它区别于其他工业材料之处分为 4 个方面：一是能在很大的温度范围内（ $-50\sim 150^{\circ}\text{C}$ ）保持高弹性；二是弹性模量低，比普通材料低 3 个数量级；三是形变大，伸长率最大可达 1000%（一般材料小于 1%）；四是拉

伸时放热，而一般材料吸热；五是弹性随温度升高而增大，也与一般材料相反”（出处同定义二）。

由上可知，弹性体和橡胶的性能基本上都是重叠的，概括地说，就是“低模量、高延伸”。但两者也并非完全等同，至少表现在以下两个方面：

① 橡胶的优越特性往往需要通过交联（硫化）后才能充分发挥，而某些弹性体则不然；

② 某些弹性体材料可以不经过配合、炼胶、硫化等传统的橡胶工艺而直接用塑料加工手段来制造产品。

所以，弹性体的涵盖面比橡胶更广，如热塑性弹性体 SBS 就是典型例子。

1.2 标准天然橡胶

1964 年以前，国际间通行的天然橡胶等级分类以外观评估为主。当时天然橡胶共分 8 个品种，共 35 个等级。到了 60 年代初，世界合成橡胶迅速发展，在年产量上开始超过天然橡胶。为了应对来自合成橡胶的激烈竞争，天然胶种植业在开发新品种的同时，也制订出了新的技术分级原则，提出了“标准天然橡胶”的概念，除了保留原来个别外观评价指标外，重点转向技术分级，并制订出相应的考核指标。马来西亚作为主要的天然橡胶生产国对此相当重视，在天然胶生产研究院（NRPRI）的支持下，从事这方面的筹备工作，并向国际标准化协会提出制订相关方案。1964 年起，ISO 同意将此作为今后国际标准的基础。此后经过十余年的修改、补充，终于在 1979 年通过了“天然橡胶品质及包装标准”，成为全球认可的统一 ISO 标准化文件。此后，越来越多的天然橡胶生产国和消费国生产和采用标准天然橡胶。其中的生产国包括马来西亚、印度尼西亚、斯里兰卡、印度、越南、新加坡、泰国等。

我国从上世纪的七八十年代起开始生产标准天然橡胶，主要产

地是云南省的西双版纳，具体品种以 5 号、10 号胶为主。

(1) 标准胶的优点

标准天然橡胶推出以来已半个世纪，产品逐步推广，深受橡胶行业欢迎，分析其原因有以下几方面：

① 与传统的天然橡胶相比，制造过程大为缩短，原因是标准胶外表均呈颗粒状。相同质量的标准胶，其比表面积比传统天然胶的片状胶大得多，可明显缩短制胶过程中的干燥过程。干燥周期可从 6~20 天缩短到 1/4 天。

② 对质量控制的重点由外观转向技术，使分级更加符合科学原理，每个检测项目都设定了指标及统一的测试方法。这些做法都获得用户的普遍好评。

③ 制胶设备的适应性强，既能加工胶凝块，又能加工杂胶（等外品）。

④ 外包装统一采用聚乙烯薄膜，使产品不易发霉，而且薄膜可以连同胶一起投入炼胶机，并不影响产品质量，省却了剥膜工序。

(2) 标准胶的生产

标准胶的生产过程中，造粒是关键工序。造粒方法分碎磨、剪切、压挤和锤磨等几种。实践表明，锤磨法具有效率高、适应面广等多种优点，因此成为主流工艺。整个工艺的流程如下：胶乳离心去杂-加水混合-稀释-凝固-挤压脱水-压皱-造粒-分级-颗粒胶。

(3) 性能指标

标准胶的最大优点是废除了光凭外观分级的方法，这些方法往往通过手感或目测来决定胶的等级，因此缺乏客观、严格的依据。1979 年通过和公布的 SMR（马来西亚标准天然橡胶的英文缩写）品种规格具有等级少但对质量要求一致的特点。它对干胶共分 5 个等级，即 SMR-L、SMR-5、SMR-10、SMR-20、SMR-50。对每个等级都明确规定了控制范围，例如杂质含量对 SMR-5 为 0.05%，而对 SMR-50 则为 0.5%：