

图解橡胶成型技术

TUJIE XIANGJIAO CHENGXING JISHU



吴生绪 主编



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS



图解橡胶成型技术

主 编 吴生绪

参 编 邹英平 张 鹰

机械工业出版社

本书以图解形式介绍了橡胶技术基础、橡胶成型工艺和橡胶成型工艺应用。书中以简明扼要的文字并配以 700 余幅图片,系统地介绍了各类橡胶原材料和添加剂,橡胶的塑炼、混炼、压制和硫化设备及工艺,部分橡胶制品的生产设备和模具结构设计等内容。

本书既可以作为橡胶工程技术工人、生产现场管理人员的培训教材,也可以作为大专院校橡胶成型专业师生的参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

图解橡胶成型技术/吴生绪主编. —北京:机械工业出版社, 2011. 10
ISBN 978-7-111-35849-7

I. ①图… II. ①吴… III. ①橡胶制品—成型—图解 IV. ①TQ330.6-64

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2011)第 186185 号

机械工业出版社(北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

策划编辑:王晓洁 责任编辑:崔世荣

版式设计:霍永明 责任校对:陈延翔

封面设计:陈 沛 责任印制:李 妍

北京振兴源印务有限公司印刷

2012 年 1 月第 1 版第 1 次印刷

184mm×260mm·15.5 印张·1 插页·392 千字

0001—4000 册

标准书号:ISBN 978-7-111-35849-7

定价:38.00 元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换
电话服务 网络服务

社服务中心:(010) 88361066

销售一部:(010) 68326294

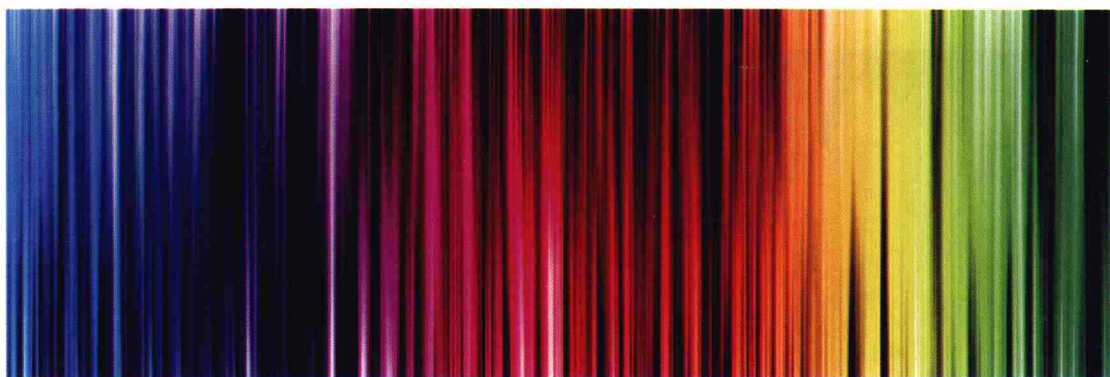
销售二部:(010) 88379649

读者购书热线:(010) 88379203

门户网:<http://www.cmpbook.com>

教材网:<http://www.cmpedu.com>

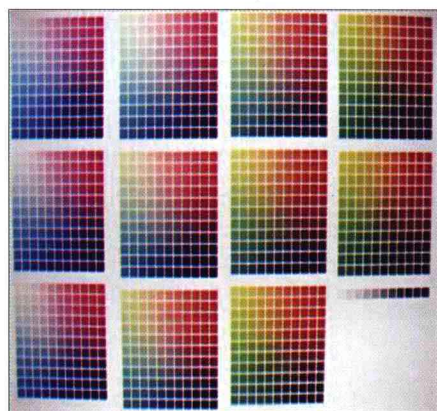
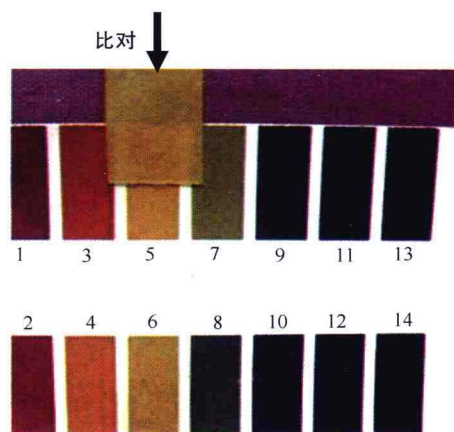
封面防伪标均为盗版



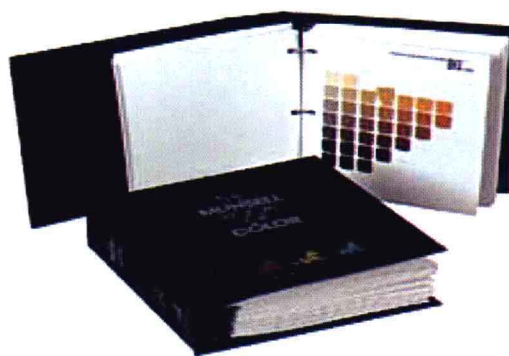
色彩的过渡与选择



标准色卡



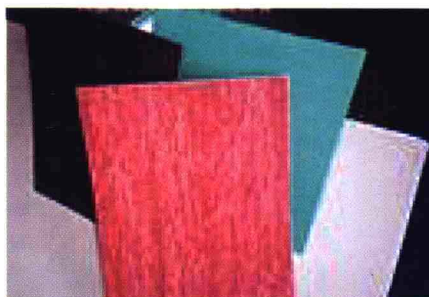
标准色卡



标准色标



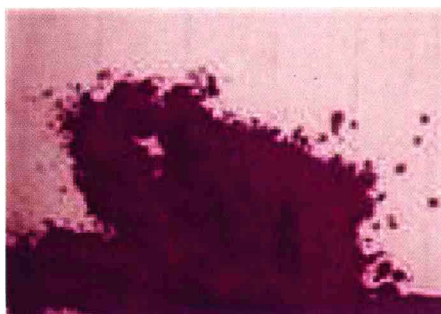
制品上不同的颜色



色板



锌钡白



甲苯胺紫红



孔雀蓝



孔雀绿



柠檬黄



镉橙



孔雀蓝



孔雀绿

前言

《图解橡胶成型技术》是一本通俗易懂的读物。本书图文并茂，既有基础知识，又有常用技术数据，特别是大量来自生产现场的图片能够给读者以直观的视觉印象，可加深读者对知识点的理解与掌握。

本书第1章为橡胶技术基础，第2章为橡胶成型工艺（即橡胶的塑炼、混炼、压出、压延和硫化），第3章为橡胶成型工艺应用。本书可以给读者以直接的技术借鉴，正可谓是‘他山之石，可以攻玉’，既可以将相关的工艺技术应用在自己的工作中（包括生产现场的工艺管理、技术管理、生产管理、安全管理以及质量管理等）；又可以使橡胶成型专业的在校大专院校学生扩大知识视野，了解更多关于橡胶方面的技术知识，补充教材篇幅有限的学习内容。

本书在写作过程中，得到了孔文、郭中荣、黄家红、孙士强、曹明等同志的帮助和支持，他们分别提供了大量的图片和资料，在此一并表示感谢。

本书的这种写作形式是首次尝试，其中一定会有欠缺之处，也因为条件有限，有的图片尚不够清晰，文字叙述还不够精练等。凡此种种，请读者在给予见谅的同时，也请提出宝贵意见，本人将深表感谢。

吴生绪

目 录

前言

第1章 橡胶技术基础

1.1 橡胶的由来	1
橡胶的发现	1
橡胶树	1
橡胶工业的发展简史	2
合成橡胶的出现	4
我国的橡胶工业发展简史	6
我国的合成橡胶工业的概况	7
思考题	7
1.2 橡胶概述	8
天然橡胶	9
合成橡胶	13
思考题	18
1.3 生橡胶、塑炼橡胶、混炼橡胶和硫化橡胶	19
生橡胶	19
塑炼橡胶	19
混炼橡胶	19
硫化橡胶	20
思考题	20
1.4 再生橡胶和橡胶代用品	21
再生橡胶	21
再生橡胶油法生产工艺	22
再生橡胶的性能	22
橡胶代用品	24
思考题	25
1.5 橡胶的分子结构、硫化反应和硫化体系	26
橡胶的分子结构	26
硫化反应	26
硫化体系	27
硫黄-促进剂-活性剂硫化体系	27
硫化活性剂	28

促进剂的并用	29
防焦烧剂	30
有效、半有效硫化体系	31
硫化体系设计技巧	32
非硫化体系分类	32
思考题	33
1.6 橡胶的填充与补强、填充剂与补强剂	34
弹性能	34
补强因子	34
炭黑	35
炭黑的分类	36
炭黑性能对橡胶性能的影响	36
常用炭黑的性能	37
炭黑的选用	38
白炭黑	39
陶土	40
滑石粉	41
云母粉	41
木质纤维	41
硅藻土	42
硫酸钙	42
思考题	42
1.7 橡胶加工的软化(增塑)	43
软化剂和增塑剂的区别	43
橡胶软化(增塑)的原理	43
橡胶软化剂、增塑剂的分类	45
软化剂、增塑剂的选择	46
思考题	47
1.8 橡胶的防老剂	48
橡胶的老化	48
防老剂的分类和基本功能	48
化学防老剂常用品种及性能	48
反应性防老剂	50
橡胶的氧老化及其防治	51

橡胶的臭氧老化及其防治	54	胶料混炼的工艺方法	121
橡胶的疲劳老化及其防护	55	上辅机系统	121
防老剂的选用	55	开炼机混炼	123
防老剂的并用	56	密炼机混炼	127
思考题	57	混炼实例	128
1.9 其他配合剂	58	思考题	132
橡胶着色剂	58	2.3 橡胶的压出	134
橡胶发泡剂	61	橡胶压出机的结构	134
阻燃剂	63	压出机的压出流率	138
抗静电剂	63	压出机机头的特征	139
防霉剂	64	滤胶	142
防白蚁剂	64	复合压出机	143
增稠剂、膏化剂	65	橡胶压出前的热炼	143
增粘剂	65	压出机机头与口型模	144
思考题	66	思考题	147
1.10 橡胶的配方	67	2.4 橡胶的压延	148
橡胶配方的类型与功能	67	压延设备	148
橡胶配方的设计原则	68	压延机的联动装置	149
橡胶配方的设计程序	68	压延机的基本结构	151
橡胶配方的表示方法	69	压延机的干燥装置	152
橡胶配方的计算	70	纺织物扩布装置	152
根据制品的性能进行配方设计	71	β 射线测厚装置	152
根据生产工艺进行配方设计	74	压延的机理	153
思考题	79	压片	154
1.11 基础实验	81	压型	155
常用的橡胶实验设备与仪器	81	压延中纺织物的涂胶	156
实验一：胶料的可塑度实验	91	贴合	156
实验二：胶料的硫化性能实验	93	挂胶	157
实验三：促进剂的性能对比实验	94	钢丝帘布的压延	159
实验四：炭黑的性能对比实验	97	思考题	161
实验五：防老剂的性能对比实验	99	2.5 橡胶的硫化	162
思考题	101	橡胶的硫化历程	162
第2章 橡胶成型工艺	103	硫化曲线	163
2.1 橡胶的塑炼	103	硫化工艺三要素	165
橡胶的可塑性和可塑度	103	硫化方法及常用设备	166
可塑度的测试方法	104	橡胶硫化介质	172
生橡胶的塑炼	106	思考题	173
开炼机塑炼	108	第3章 橡胶成型工艺应用	174
密炼机塑炼	111	3.1 嵌件及其处理	174
密炼机塑炼的影响因素	112	嵌件的作用和材料要求	174
塑炼实例	113	橡胶制品嵌件材料的种类	174
思考题	119	嵌件的抛丸处理	176
2.2 橡胶的混炼	120	嵌件的磷化处理	177
对混炼胶的工艺要求	120	思考题	179

3.2 嵌件的涂胶作业	180	机器辅助开模、手工取件	203
嵌件的涂胶	180	3.5 侧拉式脱模和下顶式脱模	205
常用的粘接剂及涂胶作业	180	侧拉式脱模	205
嵌件的管理	184	下顶式脱模	210
思考题	185	3.6 自动模具的生产应用	214
3.3 橡胶制品的硫化成型	186	3.7 德国德仕玛硫化机的生产	
橡胶脱模剂	186	应用	220
硫化温度的测量	186	3.8 抽真空轨道式自动开模硫化	
设置硫化温度、时间和压力	187	机的生产应用	223
测量模具温度	188	3.9 抽真空前顶翻板式自动开模	
胶料的领取和准备	188	硫化机的生产应用	228
橡胶杂件的生产装料	193	3.10 橡胶制品修边工具和设备的	
抽真空平板硫化机的喂料	193	生产应用	235
注压机的喂料	194	常用的修边工具	235
注射机的喂料	195	常用的修边设备	235
思考题	196	油封修边机	236
3.4 脱模取件	197	修边操作	236
常见的脱模取件方法	197	无飞边模具	237
气动工具脱模取件 (一)	199	带嵌件橡胶制品的生产工艺流程	238
气动工具脱膜取件 (二)	201		

第1章 橡胶技术基础

1.1 橡胶的由来

橡胶的发现

人类对橡胶的利用已有千年历史。早在 11 世纪, 南美洲的先民们就发现和应用了橡胶。当时, 人们将天然橡胶的胶乳制作成球来娱乐游戏; 将胶乳涂在鞋上, 待其凝结成一层胶膜后, 便制成了一双能够防水的鞋套; 还制作了盛水用的橡胶瓶等器皿, 甚至制作了能够载人的橡皮船等。

航海家哥伦布于 1493~1496 年第二次航海探险发现美洲大陆时, 在海地看到了当地土著人在玩能从地上弹起来的橡胶球, 非常好奇并将其带回了欧洲 (西班牙历史文献中详细地记载了这一发现)。

从那时起, 欧洲人便知道了橡胶 (天然橡胶)。起初, 欧洲人也不知道橡胶的名字, 只知道当地人把橡胶树叫做流泪的树, 即卡乌一丘克 (Cahuchu)。后来, 人们发现橡胶能够擦去铅笔的字迹, 便取英文名字为 rubber (橡胶)。



哥伦布画像

1735 年, 法国科学家 康达明 (Condamine) 参加巴黎科学院赴南美子午线考察队, 他详细地记录了当地人们从橡胶树上割取胶乳、制作胶鞋、器皿等橡胶制品的生动情景, 并将其样品寄回巴黎。

橡胶树

橡胶树原产于巴西, 为多年生乔木, 开花结子, 以种子来繁殖, 生长在热带、亚热带。

巴西橡胶树是一种热带地区生长的高大乔木, 树干直径可达几十厘米, 高达 10~20m, 树叶是三片为一支, 也称为三叶橡胶树。这种树原产于亚马逊河流域, 1876 年英国人成功地把它移植在东南亚地区。

1904 年我国开始引植。新中国成立后在两广、海南、云南等地都有种植。

从橡胶树采集的胶乳 (又称田园胶乳), 经过稀释后加酸凝固、洗涤、压片、干燥、打包而制成市售的天然橡胶。



巴西三叶橡胶树



橡胶花儿开



橡胶园

橡胶工业的发展简史

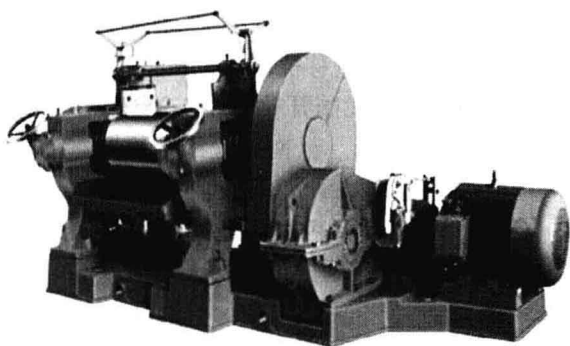
1761年，英国人马凯尔和赫立桑发现了橡胶可以溶于松节油和乙醚之中，这是橡胶步入工业化加工工艺的开端。

1823年，英国人托希创建了世界上第一个橡胶厂，开始制造防水雨布，这是橡胶工业的开始。

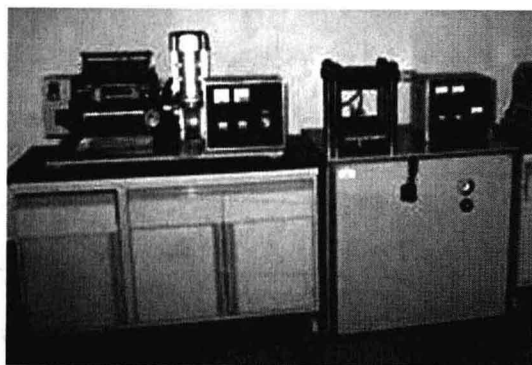
1826年，汉考克（Hancock）发明了双辊炼胶机（即开式炼胶机）。

1839年，美国科学家固特异（Goodgear）发现了硫黄与橡胶共热后可以消除橡胶变硬发粘的弊端，同时显著地增大了橡胶的弹性和强度，这一工艺称为硫化。

硫化的发明开辟了橡胶制品广泛应用的前景，是橡胶发展史上最为重要的里程碑，“硫化”一词，从那时起就一直延续至今。现在，尽管硫化剂不仅仅是硫黄一种，但是，人们仍然将这一工艺过程称为硫化工序。



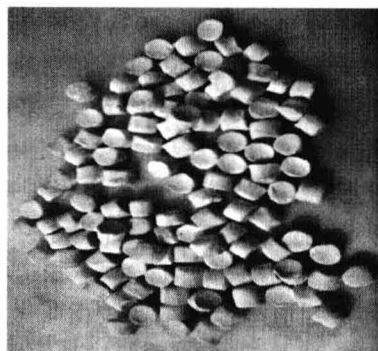
生产用双辊开式炼胶机



实验用双辊开式炼胶机



粉状硫黄



颗粒硫黄



块状硫黄

各种不同品种的硫黄

1888 年，英国人邓录普（J.Dunlop）发明了充气轮胎。次年，建立了充气轮胎工厂，从那时起，大部分橡胶便用于轮胎的制造，这标志着橡胶工业的起飞。



橡胶工业的起飞

1904 年，人们发现了一些金属氧化物（如氧化锌、氧化铝、氧化镁等）具有能够促进橡胶硫化的作用。

1906 年，科学家们发现了苯胺也有促进橡胶硫化的作用，而且比无机促进剂的技术效果更好。从此，橡胶工业就进入了使用有机促进剂的时代。

有机促进剂的应用进一步提高了生产效率并改善了硫化橡胶的性能。

1919 年，科学家发明了促进剂 D 和噻唑类促进剂 M，并大量应用于橡胶的硫化。当时，肯定了氧化锌对大多数促进剂有活化的作用，这是橡胶工业中的又一重大发现。

20 世纪初，人们发现氧化锌、陶土等具有提高橡胶强度的作用并用炭黑作为着色剂。接着，S.C.Mote 发现了炭黑可以明显

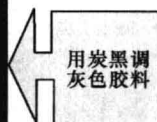
地提高橡胶的强度。从此，人们找到了对橡胶进行补强的有效途径。

1943 年，出现了油炉法炭黑。从此，炉黑扮演了橡胶补强的主角。20 世纪 70 年代，性能更好的新工艺炭黑问世，称为第三代炭黑。

炭黑作为橡胶的补强剂而被大量使用，这使橡胶的性能得到了全面提高，制品的使用寿命大为延长，橡胶工业得到了进一步发展。

炭黑用于橡胶之后，在混炼工艺上遇到了问题。于是，人们在橡胶混炼时使用蜡、沥青等作为软化剂，以便于混炼加工的操作。

后来，人们又使用了松焦油、锭子油和机油等作为软化剂。



调色



胶体炭黑粉剂

合成橡胶的出现

随着橡胶工业的飞速发展，天然橡胶已无法满足人类的需要。于是，人类又进一步探索橡胶的人工合成途径。

1914年，德国以高分子链状结构学说和橡胶弹性分子动力学理论为基础，开始研究橡胶的人工合成，于1918年完成理论及工艺研究，并生产出了人类第一个合成橡胶品种——甲基橡胶。从此，开创了人工合成橡胶的新纪元。

1932年，前苏联对丁钠橡胶的合成进行了大规模的开发和生产。

20世纪30年代，德国发明了乳液聚合方法，合成了丁苯橡胶和丁腈橡胶；美国也研制成功了聚硫橡胶、氯丁橡胶和丁基橡胶的合成。

在第二次世界大战中，由于天然橡胶的来源被德国切断，于是，英国、美国和加拿大等国便大力开发和生产丁苯橡胶。

20世纪50年代中期，齐格勒（Ziegler）和纳塔（Natta）创立了定向聚合，从而研制成功并生产了一类新的合成橡胶，如结构极为规整的顺丁橡胶，以及结构和性能与天然橡胶一致的异戊橡胶等。

20世纪60年代，合成橡胶的产量超过了天然橡胶的产量。

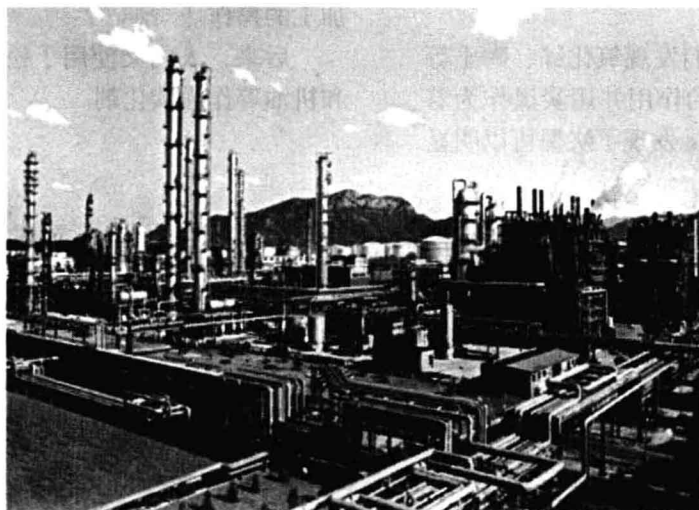
现在，合成橡胶的品种已达40种之多，产量已远远超过了天然橡胶，1976年，全世界合成橡胶的总产量已经突破了1000万t。

20世纪70年代开始，合成技术进入对橡胶分子进行设计的时代。

随着高分子科学和工业技术的发展，为使材料适其所用，在首先了解构成材料分子结构与性能之间关系的基础上，再依据使用要求来合成所需要特定性能而具有特定化学结构的高分子材料，这就是设计高分子的基本概念。

1, 2-聚丁二烯橡胶（也叫做中乙烯基聚丁二烯橡胶），就是按照所需要而设计合成的新型橡胶。该橡胶保留了顺丁橡胶优异的耐磨性，又克服顺丁橡胶抗湿滑性能不佳的缺点。

1965~1973年，人们研究开发出了热塑性弹性体。这种橡胶不必进行硫化，就像热塑性塑料一样，直接加热塑化注射成型。



合成橡胶装置

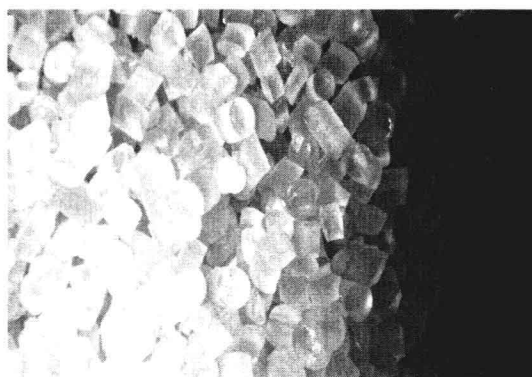
其后，又出现了液体橡胶、颗粒橡胶和粉末橡胶。液体橡胶可以直接进行浇注成型或注射成型；粉末橡胶对于简化加工工艺过程、实现自动化生产有着非常重要的意义。



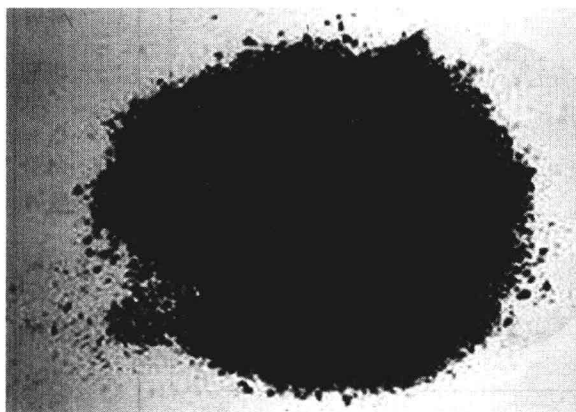
丁二烯丙烯腈液体橡胶



丁二烯苯乙烯液体橡胶



颗粒橡胶



粉末橡胶

我国的橡胶工业发展简史



我国的橡胶工业应该说是从 1904 年在雷州半岛种植巴西三叶橡胶树开始的，虽然是试种和以提供胶乳原料为目的的。

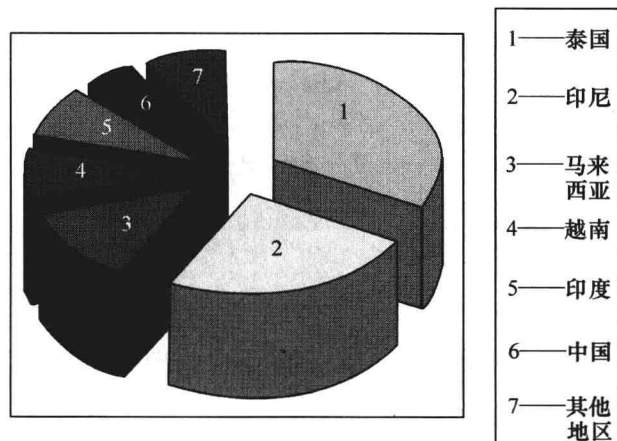
1917 年在广州，我国诞生了第一家橡胶企业，这就是广州兄弟创制橡胶公司——胶鞋工厂。1919 年，上海建立了上海清和橡胶厂；1927 年上海建立了正泰橡胶厂；1928 年上海建立了大中华橡胶厂。随后在上海、天津、青岛等地又相继建立了一些橡胶工厂。

我国橡胶工业的真正发展是在新中国成立之后。

1950~1951 年，我国先后在海南岛、云南和两广地区开辟了天然橡胶树种植园，农垦工作者通过不断地摸索和实践，打破了百年以来国外所谓的北纬 15° 以北是巴西橡胶树种植禁区的定论，成功地在北纬 18°~24° 之间的广阔地区大规模地种植了巴西橡胶树，并获得了较高的产量。

1982 年，全国植胶面积为世界植胶面积的 6%。2007 年我国天然橡胶产量约为 60 万 t。

我国天然橡胶在世界上所占比例如右图所示。



主要产胶国产量比例

我国的合成橡胶工业的概况

据国家石油和化工网讯：2009 年 1~10 月合成橡胶产量达 223.6 万 t，而 2008 年同期产量为 212.3 万 t，同比增长 5.4%。2009 年 1~10 月累计进口量达 188.0 万 t。而 2008 年同期累计进口 139.2 万 t，同比增长 35.0%。2009 年出口量达 8.1 万 t，2008 年同期累计出口量为 7.5 万 t，同比增长 8%。

受汽车、高速铁路、航空航天等领域快速发展的强劲拉动，我国合成橡胶产业发展步入快行道。目前，合成橡胶已形成相对完备的产业体系，2008 年产量达到 238.3 万 t，产品自给率达到近 56%。2009 年产量超过 250 万 t。到 2010 年，我国合成橡胶重要原料丁二烯的供应紧缺矛盾已彻底解决，届时我国的合成橡胶产业将进入更快的发展时期。

中国化工学会化工新材料专业委员会主任于希椿在接受记者采访时说：“前些年，由于国外对我国技术封锁，加上我国乙烯产能小，原料产量不能满足需求，合成橡胶发展受到制约。近几年，我国掌握了一定的合成橡胶生产技术，同时乙烯产能快速增加，合成橡胶生产环节均已打通，加上汽车、高速铁路、大飞机、航空航天等产业高速发展对合成橡胶需求增加，大大促进了合成橡胶产业的发展。然而，目前我国合成橡胶产业与国外相比，在生产技术水平、生产规模、产品牌号、产品性能等方面都还有一定的差距。这在相当程度上限制和影响了下游制品向高性能方向发展。”

据了解，国产合成橡胶品种、质量还不能满足国内市场需求，几大合成橡胶品种 2008 年的进口量均为两位数。我国目前生产丁二烯的原料几乎全部来自于乙烯装置的联产裂解 C4，随着乙烯年产能的快速增长，丁二烯以及合成橡胶用其他原料的供给量也在快速增加。

思考题

1. 天然橡胶的原料是什么？
2. 硫黄在橡胶工业中曾起到什么作用？
3. 谁发明了充气轮胎？这一发明对橡胶工业产生了什么影响？
4. 橡胶的人工合成成功对橡胶工业有什么意义？
5. 橡胶的形态有哪些？各有什么优缺点？
6. 简述我国橡胶工业发展概况。

1.2 橡胶概述

橡胶是具有高弹性的高分子聚合物和化合物的总称。

橡胶的高弹性是在橡胶硫化之后得以充分地体现，在室温上下很宽的温度范围内，它都具有极好的弹性、良好的柔软性、优异的抗疲劳强度和抗撕裂性能及耐磨耗性能；具有良好的气密性和不透水性；具有耐腐蚀、耐溶剂及耐高低温。此

外，橡胶还具有良好的电绝缘等性能。

作为三大合成材料（合成树脂、合成纤维、合成橡胶）之一的橡胶，已经成为我国工业体系中的一个重要支柱和重要的战略物资。橡胶广泛地应用在汽车、拖拉机、航空、航天、航海、机械、仪器仪表、化工、矿山、交通运输等工业部门以及农业、文体教育、医疗卫生和人民日常生活的各个方面。

橡胶的种类很多，其分类的方法也很多，如下所述：

