

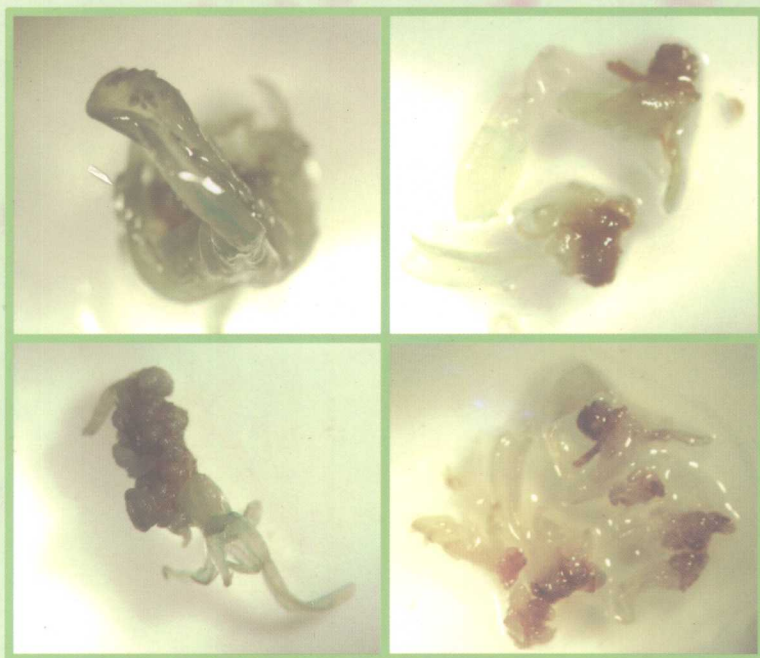
国家自然科学基金资助项目

国家“863”高技术研究发展计划资助项目



新型能源战略植物 ——橡胶草的开发与利用

梁素钰 王述洋 著



东北林业大学出版社

国家自然科学基金资助项目

国家“863”高技术研究发展计划资助项目

新型能源战略植物—— 橡胶草的开发与利用

梁素钰 王述洋 著

东北林业大学出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

新型能源战略植物：橡胶草的开发与利用/梁素钰，王述洋著. —哈尔滨：
东北林业大学出版社，2008. 7

ISBN 978 - 7 - 81131 - 315 - 4

I. 新… II. ①梁…②王 III. 橡胶草—研究 IV. S576

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2008) 第 115335 号

责任编辑：杨秋华

封面设计：彭 宇



NEFUP

新型能源战略植物——橡胶草的开发与利用

Xinxing Nengyuan Zhanlue Zhiwu——Xiangjiaocao De Kaifa Yu Liyong

梁素钰 王述洋 著

东北林业大学出版社出版发行

(哈尔滨市和兴路 26 号)

哈 尔 滨 驿 飞 印 务 有 限 公 司 印 装

开本 787 × 960 1/16 印张 9.125 插页 1 字数 160 千字

2008 年 7 月 第 1 版 2008 年 7 月 第 1 次 印 刷

印数 1—1 000 册

ISBN 978 - 7 - 81131 - 315 - 4

S · 488 定价：22.00 元

前 言

能源消耗的迅速增长、矿物燃料资源的不可再生性和严重的环境污染、天然战略物质资源的有限性等,使得人们越来越重视可再生清洁能源的开发利用,尤其是具有多功能的植物资源更是受到研究者的青睐。

《新型能源战略植物——橡胶草的开发与利用》一书主要包括橡胶草的研究背景、橡胶草的生物技术基因工程和橡胶草开发利用三大部分内容。本书从植物学、植物基因转化的上下游技术、植物化学、生物质能源及工艺设备等多方面来论述开发橡胶草的必要性、可行性和经济性。

本书在参考相关国内外文献的基础上,根据笔者多年的研究经验,结合当今世界能源与战略物资的实际状况,以及橡胶草特殊的植物特性,较详细地阐述了橡胶草作为能源植物、战略植物和功能保健品开发的独特性,以及针对当今研究模式,提出在现行研究中逐步趋向多系统研究方向和趋向循环经济发展理念等。

本书是集生命科学与化学和机械等多学科交叉为一体的综合性研究专著。

在本书编写过程中,参考了国内外有关资料,在此向各位作者表示深深的谢意。由于书中内容涉及面广,加之笔者水平有限,难免存在不足之处,欢迎广大读者批评指正。

梁素钰

2008年5月于哈尔滨

目 录

橡胶草的研发背景及生物学特性

1 橡胶草研究背景	3
1.1 战略物质资源——橡胶	3
1.1.1 天然橡胶的性能与用途	4
1.1.2 世界天然橡胶生产布局及产量	5
1.1.3 我国天然橡胶的发展现状及面临的问题	7
1.1.4 橡胶草作为战略物质资源研发的目的及意义	10
1.2 生物能源——乙醇	12
1.2.1 能源概论	12
1.2.2 生物能源——乙醇	13
1.2.3 橡胶草作为生物能源研发的目的与意义	14
1.3 橡胶草乳管系作为产胶功能基因鉴定平台的意义	14
1.4 橡胶乳管生物反应器——稀有药物蛋白的理想生产工厂	15
1.5 橡胶草其他用途	15
2 橡胶草生物学特性	16
2.1 物质的基本化学成分和结构	16
2.1.1 碳水化合物	17
2.1.2 糖酵解	21
2.2 橡胶草的生长特性	24
2.2.1 橡胶草起源及植物学描述	24
2.2.2 橡胶草生长特性	25
2.3 橡胶草的成分	29
2.3.1 成分分析方法与步骤	29
2.3.2 橡胶草成分	29

橡胶草生物技术及基因工程

3 橡胶草组织培养	33
-----------------	----

3.1	组织培养概述	33
3.1.1	植物组织培养的生理依据	33
3.1.2	植物组织培养的类型	33
3.1.3	植物组织培养的应用	34
3.2	橡胶草组培	36
3.2.1	诱导培养阶段	37
3.2.2	分化培养阶段	39
3.2.3	生根培养阶段	40
3.3	大田移栽种植	42
3.3.1	试管苗的移栽	42
3.3.2	大田移栽及种植	43
4	橡胶草乳管——功能基因鉴定平台的建设	44
4.1	建立橡胶草遗传转化受体系统的目的及意义	44
4.2	植物基因转化受体系统的条件及类型	44
4.3	建立遗传转化受体系统的模式及常见问题	44
4.3.1	高频再生系统的建立	45
4.3.2	抗菌素的敏感性试验	46
4.3.3	农杆菌的敏感性试验及菌种选择	46
4.3.4	植物基因转化受体系统建立时常见问题	48
4.4	橡胶草遗传转化受体系统的建立	53
4.4.1	材料与方法	53
4.4.2	抗性梯度试验	56
4.4.3	转化植株的筛选	56
4.4.4	橡胶草遗传转化体系的建立	57
4.5	胶乳乳管——产胶功能基因鉴定平台建设的模式	58
4.5.1	植物体内萜类物质的代谢	58
4.5.2	产胶相关基因分子生物学研究	60
4.5.3	功能基因鉴定平台	61
5	橡胶草乳管——植物生物反应器的建设	62
5.1	植物生物反应器研究的内容、目的及意义	62
5.2	植物生物反应器的条件与组成	63
5.2.1	转基因植物表达外源基因策略	63
5.2.2	外源基因在植物中的稳定整合和高效表达	64
5.2.3	高效分离纯化的下游加工体系	64

5.3 胶乳乳管的构造及特点	65
5.4 橡胶草乳管反应器的建设模式	65
5.4.1 橡胶草植物生物反应器表达系统的建设	65
5.4.2 橡胶草乳管系作为植物生物反应器的建设	66
橡胶草开发利用	
6 橡胶草胶乳的开发利用	69
6.1 橡胶的分子结构	70
6.2 橡胶颗粒的组成与结构	71
6.3 天然橡胶生物合成机理	72
6.3.1 橡胶分子启动	74
6.3.2 橡胶分子链延伸	75
6.3.3 橡胶分子终止	76
6.3.4 橡胶分子合成调控	77
6.4 橡胶品质及影响因素	77
6.5 橡胶的采集与测定	78
6.5.1 胶乳样品采集	78
6.5.2 橡胶测定	79
6.6 胶乳提取工艺及加工设备	79
6.6.1 产胶植物胶乳的提取	80
6.6.2 天然橡胶的加工工艺	80
6.6.3 天然橡胶的加工设备	83
6.6.4 橡胶草胶乳的开发利用	90
7 燃料乙醇与橡胶草	92
7.1 燃料乙醇的概念及国内外研究概况	92
7.1.1 燃料乙醇的出现	92
7.1.2 国外燃料乙醇的政府政策导向	92
7.1.3 国内燃料乙醇现状	94
7.2 乙醇燃料的特性	94
7.3 乙醇——新型内燃机燃料的替代品	97
7.3.1 乙醇与汽油性能对比	97
7.3.2 乙醇——内燃机的代用燃料	97
7.3.3 乙醇与柴油混合做内燃机燃料的应用	98
7.3.4 乙醇与汽油混合做内燃机燃料的应用	99

7.4	生物质生产乙醇的原理	100
7.4.1	酒精的工业应用和工业生产方法	100
7.4.2	工业生产乙醇的工艺	101
7.5	纤维素原料生产乙醇	105
7.5.1	纤维素的预处理	105
7.5.2	水解基本原理	106
7.5.3	纤维素酸水解工艺	106
7.5.4	纤维素酶水解工艺及乙醇发酵	109
7.5.5	半纤维素水解及乙醇发酵	110
7.6	橡胶草与乙醇	111
8	菊糖与橡胶草	113
8.1	菊糖	113
8.1.1	菊糖的理化性质	113
8.1.2	菊糖的生理特性	114
8.1.3	菊糖在食品工业中的应用	115
8.2	橡胶草内菊糖的利用	116
8.2.1	菊糖提取工艺	116
8.2.2	橡胶草内菊糖的利用	116
9	现代植物资源的开发利用趋势	117
9.1	生物质能研究的特点	117
9.2	系统多单元的操作技术	118
9.2.1	单元操作概念	118
9.2.2	单元操作分类	119
9.2.3	单元操作学科内容与研究方法	119
9.3	循环经济	120
9.3.1	循环经济概念内涵	120
9.3.2	循环经济与其他概念的对比	122
9.3.3	循环经济评价原则	123
9.3.4	数字化循环经济	124
9.4	法规政策	124
9.4.1	国外关于发展生物能源的相关法律条文	124
9.4.2	我国关于发展生物能源的相关法律条文	124
9.5	新标准的研究与制定	126
9.5.1	生物质固体燃料标准化研究	126

9.5.2 生物质气体燃料标准化研究	127
9.5.3 生物质液体燃料标准化研究	128
9.5.4 生物质燃料标准体系构建	130
9.6 橡胶草的开发与利用展望	131
参考文献	132
后 记	135

橡胶草的研发背景 及生物学特性

1 橡胶草研究背景

橡胶草(*Taraxacum kok-saghyz* Rodin,) 属菊科(Compositaceae)蒲公英属(*Taraxacum*)多年生宿根草本植物(图 1-1)。其原产于前苏联哈萨克共和国天山山谷和中国新疆的特克斯河流域。适生于 $79^{\circ}\text{E} \sim 80^{\circ}30'\text{E}$, $40^{\circ}20'\text{N} \sim 43^{\circ}20'\text{N}$, 海拔 1 800 ~ 2 000m 地区。一种名不见经传的小草, 为什么能引起人们对它的好奇并不断地对其进行研究, 这要从橡胶草所具有的独特生物理化特性和现今世界战略物质资源橡胶和化石能源的发展趋势谈起。



图 1-1 橡胶草

1.1 战略物质资源——橡胶

天然橡胶与钢铁、石油、煤炭并称为四大工业原料, 是关系到国计民生的基础产业, 也是具有战略意义的经济资源, 对于一个国家经济安全起着举足轻重的作用。而在新历史条件下, 天然橡胶更具有不可替代性。在世界天然橡胶市场上, 天然橡胶生产国出口量正逐年减少, 而我国对天然橡胶的进口需求稳步上升, 进口依存度不断加大。柔韧而富于弹性的橡胶, 在国民经济中却是一个刚性的要素, 任何一个国家、一个民族要跟上时代的脚步, 过上现代文明的生活, 橡胶绝不能缺少, 更不能没有。面对日益严酷的世界天然橡胶市场形势, 我国能以合适的价格稳定地获取足够数量的天然橡胶, 以满足国内经济的发展和稳定的需要吗?

现在我们所用的天然橡胶 90% 以上是来自巴西橡胶树 (*Hevea brasiliensis* Muell. Arg.) (图 1-2、图 1-3)。20 世纪 50 年代,美国国家安全委员会“68 号 IVSC-G8 决议案”中决定对中国实行经济封锁和全面禁运,这是国外第一次对我国进行的橡胶封锁。根据目前的国际天然橡胶局势,我国还会遭遇到第二次的橡胶封锁吗?在天然橡胶的种植、产量和资源上,我们应该怎样来解决这些将要出现的问题,已经日益紧迫地摆在了我们的面前。



图 1-2 云南巴西橡胶树种植林

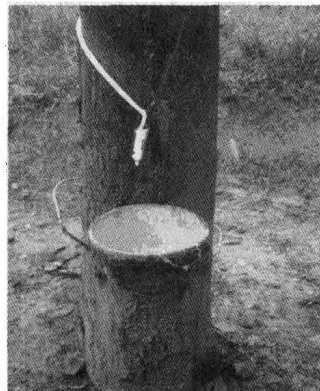


图 1-3 天然橡胶采集

1.1.1 天然橡胶的性能与用途

天然橡胶是来自亚马逊河流域的巴西橡胶树的乳汁凝炼而成的工业原料,已经几乎无处不在地融入了人类的社会生活。在现代战争中,橡胶是最重要的战略物资之一。在军事方面,飞机、大炮、汽车的轮子和密封件,坦克兵的头盔,步兵的雨衣和胶鞋,防毒面具和防化服,都必须用它来制造。在生活用品方面,用橡胶制成的防震圈和防震垫,是铁路和桥梁最理想的防震材料。在经济建设方面,传动带和输送带的应用,使得大工业生产中形成机器生产流水线成为可能;橡胶与金属制成的导电线缆,使电能得以广泛应用;浮沉胶管使巨轮不泊岸就可装卸石油;而现代农业机械拖拉机、排灌机等出现也离不开橡胶。橡胶作为防辐射的特殊性能材料,使原子弹成功制造成为现实,并给第二次世界大战画上了句号。此外航天服和航天器中用橡胶制的特殊零件,使人类登月及太空遨游由梦想变成现实。

天然橡胶具有多种良好的特殊性能,如:高弹性、高强度、高伸长力;耐磨、耐撕裂、耐冲击、耐油、耐酸碱、耐腐蚀;绝缘性、密封性、柔韧性、黏合性好等一系列优点,在某些方面为其他物资不可替代。应用涉及国民经济的所有部门,

渗透到人们生产、生活的各个领域,用途极为广泛。

目前,世界上的橡胶制品已达 7 万多种,天然橡胶的需求量是很大的,如一辆载重汽车需要橡胶 240kg,一架喷气式飞机需要橡胶 600kg,一辆轻型坦克需要橡胶 800kg,一艘 3.5 万 t 的军舰需要橡胶 68 t。

但巴西橡胶树是典型的热带、亚热带作物,对生长地域有严格要求,因而天然橡胶产业是一种资源约束型产业。国际橡胶研究小组认为,从 2000 年起全球天然橡胶即呈整体供不应求之势。

1.1.2 世界天然橡胶生产布局及产量

据资料显示,截至 2003 年全世界有 40 多个国家与地区种植橡胶,世界橡胶的投产面积为 817.56 万 hm^2 。从地区分布来看,亚洲橡胶的投产面积为 738.71 万 hm^2 ,占世界橡胶投产总面积的 90.35%;非洲为 61.42 万 hm^2 ,占 7.51%;拉美和加勒比海国家为 16.59 万 hm^2 ,占 2.03%;大洋洲为 0.84 万 hm^2 ,仅占世界橡胶投产总面积的 0.10%。

世界主要国家天然橡胶的产量、出口量和进口量可以见表 1-1 ~ 表 1-3。

表 1-1 2000 ~ 2003 年世界主要国家天然橡胶产量

万 t

国家或地区	2000 年	2001 年	2002 年	2003 年
泰国	237.80	242.40	245.60	261.51
印度尼西亚	160.95	160.71	163.01	179.20
印度	62.23	63.04	65.00	69.40
马来西亚	61.52	54.59	58.94	58.94
中国	48.16	47.74	52.74	55.00
越南	29.08	31.26	29.82	31.39
科特迪瓦	12.34	12.79	12.30	12.30
尼日利亚	10.70	10.80	11.20	11.20
利比里亚	10.50	10.70	10.80	10.80
巴西	8.78	8.81	9.59	9.60
斯里兰卡	8.76	8.62	9.05	9.20
菲律宾	7.14	8.56	8.69	8.80
危地马拉	4.31	4.75	4.98	4.98
柬埔寨	4.24	3.87	3.24	4.70
喀麦隆	5.80	5.29	5.00	4.59
缅甸	2.66	3.57	3.68	3.60
墨西哥	2.20	2.25	2.25	2.25
合计	677.17	679.75	695.89	737.46

表 1-2 1999 ~ 2002 年世界主要国家天然橡胶出口量

万 t

国家或地区	1999 年	2000 年	2001 年	2002 年
泰国	203.13	254.21	254.91	278.53
印度尼西亚	149.50	138.00	145.37	149.64
马来西亚	98.37	97.80	82.09	88.69
越南	26.34	27.30	30.80	44.86
科特迪瓦	11.84	12.37	13.02	12.62
利比里亚	10.00	10.50	10.70	10.80
菲律宾	2.94	3.07	3.91	4.46
柬埔寨	4.90	1.97	3.71	4.43
印度	0.09	0.40	0.55	4.01
危地马拉	2.78	3.21	3.11	3.63
斯里兰卡	4.26	3.25	3.18	3.57
喀麦隆	4.05	2.66	3.05	3.25
尼日利亚	3.80	3.61	3.01	2.48
缅甸	2.92	2.01	2.50	2.26
巴布亚新几内亚	0.37	0.37	0.41	0.38
中国	0.49	0.03	0.13	0.26
加蓬	0.78	0.20	0.51	0.14
巴西	0.02	0.02	0.01	0.03
合计	526.58	560.98	560.97	614.04

表 1-3 1999 ~ 2002 年世界主要国家天然橡胶进口量

万 t

国家或地区	1999 年	2000 年	2001 年	2002 年
美国	114.41	123.20	100.20	121.33
中国	51.83	91.82	107.74	106.66
日本	75.64	80.49	71.46	77.83
马来西亚	54.83	78.19	65.88	45.90
韩国	33.26	33.22	33.14	32.42
德国	25.09	27.65	26.56	27.94
法国	28.24	30.70	30.87	26.21
西班牙	16.38	17.43	18.60	18.55
意大利	14.14	15.01	16.13	16.10
加拿大	14.18	15.09	13.35	15.98
巴西	9.78	14.02	12.81	14.49
合计	437.78	526.82	496.74	503.41

2002 年世界天然橡胶出口额为 42.42 亿美元。比 2001 年的 34.02 亿美元增加了 8.40 亿美元,增幅达 24.69%。其中亚洲的出口额为 38.09 亿美元,占世界天然橡胶出口总额的 87.79%;非洲 2.38 亿美元,占 5.61%;拉美和加勒比海国家 0.31 亿美元,占 0.73%;大洋洲 0.05 亿美元,仅占 0.12%。

2002 年世界天然橡胶进口总额为 44.21 亿美元。按地区划分,亚洲的进口额最高,为 20.92 亿美元,占世界天然橡胶进口总额的 47.32%。其次是欧洲,进口额为 11.05 亿美元,占 24.99%;北美发达国家的进口额为 8.76 亿美元,占 19.81%;拉美和加勒比海国家为 2.45 亿美元,占 5.54%;非洲 0.76 亿美元,占 1.72%;大洋洲 0.27 亿美元,仅占世界总进口额的 0.61%。2002 年我国已成为天然橡胶进口额最大的国家,达到 7.72 亿美元,占世界天然橡胶进口总额的 17.46%。其中我国进口天然橡胶的 94% 来自于东盟各国。

1.1.3 我国天然橡胶的发展现状及面临的问题

20 世纪 90 年代以来,我国经济快速发展,对天然橡胶的消耗也逐年增加。虽然我国是世界上天然橡胶的第五大生产国,但人均占有的天然橡胶却相当贫乏,随着经济的进一步发展,天然橡胶成为我国经济发展的瓶颈问题,仅靠我国海南、云南、广东三大农垦难以满足对天然橡胶的需求。我国从 20 世纪 60 年代就开始进口天然橡胶,90 年代初进口量开始超过国内产量。2000 年,我国进口超过日本,成为世界第二大天然橡胶进口国,2001 年超过美国成为第一大进口国。表 1-4 反映了我国近年来天然橡胶的进口量与消费量的情况。

表 1-4 我国近几年的天然橡胶情况一览表

项 目	1999 年	2000 年	2001 年	2002 年	2003 年	2004 年
消费量/万 t	105	120	142	155	152	168
进口量/万 t	51.9	91.8	107.2	106.7	120.0	128.0
进口依存度/%	49.4	76.5	75.8	68.8	78.9	76.1

从表 1-4 中可以看出,我国天然橡胶的进口依存度已经超过 70 %。一般认为,当一国资源的对外依存度为 20 % ~ 30 % 时,就面临较高的风险。当一个产业的进口依存度达到 50 %,该国就要运用外交、经济等手段来保证天然橡胶的供应安全。所以有专家判断,我国在未来 5 ~ 10 年将遭遇“天然橡胶安全”问题,10 年后这一问题会变得严重起来。预计 2030 年前后,若没有充分准备,天然橡胶产业安全将成为制约我国经济发展的重要因素。近期世界天然橡胶价格一再飙升,对我国经济发展的不良影响巨大。天然橡胶价格上涨会推动我国相关产品的物价上升,提高经济活动成本和生产成本,引发通

货膨胀,增加我国外汇支出,进而降低我国 GDP 的增长,从而影响我国的经济安全。

据统计,目前我国天然橡胶加工厂有 300 多座。其中海南农垦 70 座,海南民营 73 座,云南农垦 47 座,云南民营 80 座,广东农垦 23 座。浓缩胶乳加工厂约 60 座,主要集中在广东和海南。天然橡胶的主要品种为标准胶和浓缩胶乳。标准胶占 70%,浓缩胶乳占 15%,其他品种占 15%。在标准胶中,SCR5 约占 90%,SCR10 与 SCR20 仅占 10%。海南农垦标准胶和浓缩胶乳占其总产量的 87%,两者分别占 67% 和 20%;云南农垦占其总产量的 80%;广东农垦占 85% 左右。

1.1.3.1 面积与产量

目前,我国天然橡胶种植面积达 63 万 hm^2 ,其中收获面积 42 万 hm^2 。主要分布于海南、云南和广东。其中海南 38.4 万 hm^2 ,占 60%;云南 22 万 hm^2 ,占 35%;广东 3.5 万 hm^2 ,占 5%。我国的橡胶园 60% 为国有农场所有,称国有胶园,40% 为民营胶园。2003 年的产量为 58 万 t (FAO 统计为 55 万 t),其中海南 32 万 t,云南 23 万 t,广东 3 万 t。

1.1.3.2 加工产品及其结构

我国天然橡胶初加工产品以生产标准胶和浓缩胶乳为主,基本上实现标准化生产。国内标准产品是以鲜胶乳生产的标准胶,而国外是以胶园凝块生产标准胶;浓缩胶乳的生产国内外基本上一样,主要为离心法高氨浓缩胶乳。

我国已开发出多种干胶产品,主要有以下 7 类:

- ① 浅色标准胶。这种胶可代替白皱片,适宜制造白色或浅色橡胶制品。
- ② 恒黏橡胶。制胶时在胶乳中加入羟胺,使之与橡胶分子链上的醛基起反应,使醛基钝化而抑制生胶贮存硬化。这种胶在使用时不需要塑炼。
- ③ 子午线轮胎专用胶。在制胶过程中将鲜胶乳用辅助生物凝固技术,控制橡胶的黏度、拉伸强度和一致性,使其质量适合于子午线轮胎制造的严格要求。
- ④ 环氧化天然橡胶。利用过氧酸与天然橡胶反应,在橡胶分子双键处引入环氧化基团,在反应过程中控制工艺条件,可制得环氧化程度不同的环氧化天然橡胶。这种胶具有良好的耐油、耐溶剂和气密性,可代替丁基胶和丁腈胶用于透气和耐油的橡胶制品。

⑤ 接枝橡胶。亦称“天甲橡胶”,抗冲击力强、硬度大、定伸应力高、耐屈挠龟裂和动态疲劳、黏合性能好,主要用来制造具有良好冲击性能的硬橡胶制品,如无内胎轮胎中不透气的内衬层、胶浆和黏合剂,特别适用于黏合合成纤