

全国中等农业学校教材

天然橡胶的性质与加工工艺

华南热带作物学院 编

热带作物产品加工专业用

农 业 出 版 社

前 言

本书是根据农牧渔业部农垦局(85)农垦教字514号文件“关于编写农垦中专热带作物类专业教材有关问题的通知”编写的,除用作农垦中等专业学校热带作物产品加工专业的教材外,也可供从事天然橡胶加工的有关人员参考。

全书共分为三篇:第一篇(第1—3章)介绍天然胶乳的性质和各种商品胶乳的生产工艺;第二篇(第4—8章)介绍各种固体生胶,包括颗粒胶、烟胶片、烘干胶片、白皱胶片、褐皱胶片等的生产工艺,并简要介绍了各种改性橡胶的制备和性能特点;第三篇(第9、10章)简要介绍干胶和胶乳制品生产的基本工艺过程及固体生胶的工艺性质。

本书初稿经袁子成、梅同现、孟庆岩、邓平阳等审阅并提出了宝贵的修改意见。修改后全书由袁子成校阅。在编写过程中还得到华南热带作物学院教务处、加工系及工艺教研室的领导及有关教师的支持和帮助,谨致谢意!

由于编者水平所限,加上编写时间仓促,书中错误或不妥之处在所难免,敬请读者批评指正。

编 者

1986年12月

目 录

绪论	1
----------	---

第一篇 天然胶乳的性质与商品胶乳的生产

第一章 鲜胶乳的性质和早期保存	5
第一节 鲜胶乳的基本成分	5
一、橡胶烃	5
二、水	7
三、非橡胶物质	7
第二节 胶乳的物理性质	9
一、浓度	9
二、相对密度	10
三、粘度	11
四、表面张力	13
五、pH值	13
第三节 胶乳的胶体化学性质	13
一、胶乳的一般胶体性质	14
二、橡胶粒子和非橡胶粒子	14
三、胶乳的稳定性	16
第四节 鲜胶乳的保存和运输	18
一、胶乳的腐败变质	18
二、胶乳早期保存的意义	19
三、常用的保存剂及其使用方法	20
四、做好胶园的“六清洁”	25
五、收胶站的建设和管理	26
六、鲜胶乳的运输	27
第二章 离心浓缩胶乳的生产	29
第一节 胶乳离心浓缩的原理和胶乳离心机	29
一、胶乳离心浓缩的原理	29
二、胶乳离心机的基本结构	31
三、胶乳离心分离的过程	33
第二节 离心浓缩胶乳的生产工艺	34
一、鲜胶乳的处理	35
二、离心机的操作和保养	39
三、浓缩胶乳的积聚	41

四、浓缩胶乳的质量检验、分级和包装	42
第三节 离心浓缩胶乳生产的控制	45
一、主要技术经济指标及其控制	45
二、浓缩胶乳的质量控制	47
三、氨保存胶乳在贮存过程中的性能变化	54
第四节 低氨浓缩胶乳的生产	55
一、磷酸低氨胶乳	55
二、ZDC低氨胶乳	56
三、五氯酚钠低氨胶乳	56
四、TZ低氨胶乳	57
第五节 胶清橡胶的回收	57
一、胶清的特点	57
二、胶清橡胶的回收	58
三、酸凝胶清胶的特点	61
第三章 膏化、蒸发浓缩胶乳的生产和特种胶乳	64
第一节 膏化浓缩胶乳的生产	64
一、生产原理	64
二、生产工艺和操作要点	67
第二节 蒸发浓缩胶乳的生产	68
一、生产工艺流程	68
二、蒸发浓缩机的结构和作用	69
三、生产操作要点	69
四、蒸发浓缩胶乳的特点	69
第三节 特种胶乳	69
一、两次离心胶乳	70
二、高浓度胶乳	70
三、羧胺改性胶乳	70
四、硫化胶乳	70
五、天甲胶乳	71
六、耐寒胶乳	71
七、胍-甲醛胶乳	71
八、阳电荷胶乳	71

第二篇 固体生胶的生产工艺

第四章 固体生胶生产的基本工艺过程	73
第一节 鲜胶乳的处理	73
一、胶乳的净化	73
二、胶乳的混合	73
三、胶乳的稀释	74
第二节 胶乳的凝固	76
一、胶乳的凝固机理	76
二、影响胶乳凝固的因素	80

三、凝固方法.....	81
第三节 凝块的机械脱水.....	89
一、压片机.....	89
二、皱片机.....	90
第四节 橡胶的干燥.....	93
一、橡胶干燥的基本原理.....	93
二、干燥方法和热源.....	95
第五节 分级和包装.....	96
一、固体生胶的分级方法.....	96
二、橡胶的包装和贮存.....	97
第六节 固体生胶生产的技术经济指标及其计算方法.....	98
一、技术经济指标.....	98
二、技术经济指标的计算方法.....	98
第五章 胶乳颗粒胶的生产.....	104
第一节 概述.....	104
第二节 造粒的工艺与设备.....	105
一、胶乳的凝固条件和凝固方法.....	105
二、凝块的压薄.....	105
三、凝块的脱水和压皱.....	105
四、皱片机-锤磨机造粒.....	106
五、输送设备.....	108
六、造粒作业线主要设备间的配合.....	108
七、YZH-500型皱片机、锤磨机组造粒设备.....	108
第三节 颗粒胶的干燥.....	109
一、重油的性质和燃烧.....	109
二、干燥设备.....	114
三、颗粒胶热风干燥的特征及影响干燥的因素.....	126
四、燃油技术操作要点.....	128
五、电热风干燥.....	129
第四节 标准橡胶的规格和质量检验.....	131
一、标准橡胶的规格.....	131
二、检验取样.....	131
三、各项指标的意义.....	132
第五节 浅色、恒粘和低粘标准胶的制造.....	134
一、浅色标准胶.....	134
二、恒粘和低粘标准胶.....	136
第六章 片状胶的生产.....	139
第一节 烟胶片的生产.....	139
一、鲜胶乳的处理.....	139
二、凝固方法和凝固条件.....	140
三、压片和挂片.....	140
四、胶片的干燥.....	142

五、烟胶片的外观缺点.....	151
六、烟胶片的分级和质量检验.....	153
七、烟胶片的包装.....	155
第二节 风干胶片的生产.....	156
一、氯化亚锡的作用和使用方法.....	156
二、胶乳的凝固条件.....	158
三、风干胶片的干燥.....	158
四、风干胶片的质量.....	159
第三节 白皱胶片的生产.....	159
一、全乳凝固法.....	159
二、分级凝固法.....	161
三、白皱胶片的分级和质量检验.....	162
四、白皱胶片的包装.....	163
第七章 杂胶的加工.....	164
第一节 杂胶的分类和收集.....	164
一、杂胶的分类.....	164
二、杂胶的收集、贮存和分级.....	165
第二节 杂胶的浸泡和洗涤.....	166
一、杂胶的浸泡.....	166
二、杂胶的洗涤.....	168
第三节 褐皱胶片的生产.....	169
一、压皱.....	169
二、浸片防霉.....	170
三、褐皱胶片的干燥.....	171
四、褐皱胶片的分级.....	171
第四节 杂胶颗粒胶的生产.....	172
一、杂胶的处理.....	172
二、压皱和造粒.....	173
三、干燥.....	173
四、提高产品质量的措施.....	173
第八章 改性天然胶简介.....	175
第一节 散粒橡胶.....	175
一、制造方法.....	175
二、使用散粒橡胶的优点.....	177
第二节 液体橡胶.....	177
一、制造方法.....	178
二、液体橡胶的应用.....	178
第三节 热塑天然胶.....	179
一、共混法制备热塑天然胶.....	179
二、天然橡胶的梳形接枝.....	181
第四节 环氧化天然胶.....	182
一、制造原理.....	182

二、制造方法	182
三、环氧化天然胶的性能特点	183
第五节 油充天然橡胶	184
一、制造原理	184
二、制造方法	184
三、性能特点	184
第六节 易操作橡胶	185
一、制造原理	185
二、造制方法	185
三、性能特点	185
第七节 接枝橡胶	185
一、接枝原理	185
二、制造方法	186
三、性能特点	186
第八节 环化天然胶	186
一、制造原理	186
二、制造方法	187
三、性能特点	187
第九节 耐电生胶	187
一、制造原理	187
二、制造方法	188

第三篇 天然橡胶的应用

第九章 固体生胶的应用	189
第一节 橡胶配合剂	189
一、硫化剂	189
二、促进剂	190
三、活性剂	194
四、补强填充剂	194
五、增塑剂	195
六、防老剂	196
第二节 胶料配方和橡胶的物理机械性能	197
一、胶料的配方	198
二、橡胶的主要物理机械性能	199
第三节 干胶制品的基本生产工艺过程及设备	201
一、配料	201
二、塑炼	202
三、混炼	206
四、压延	208
五、涂胶	212
六、压出	214
七、裁剪	216

八、成型	217
九、硫化	217
第四节 天然橡胶的工艺性	223
一、天然橡胶的塑炼特性	223
二、天然橡胶的硫化特性	229
第十章 胶乳的直接利用	232
第一节 胶乳制品生产的基本工艺过程	232
一、配合剂的选择和加工	232
二、胶乳的配合与硫化	235
三、胶乳的胶凝与成膜	237
四、胶乳制品的干燥和硫化	238
第二节 几种典型胶乳制品的制造	239
一、浸渍制品	239
二、海绵制品	241
三、压出制品	242
四、模铸制品	243
第三节 胶乳在非纯胶制品中的应用	245
一、胶乳纸	245
二、胶乳石棉	245
三、胶乳水泥	245
四、胶乳沥青	246
五、胶乳涂料	246
六、胶乳胶粘剂	246
七、人造革	246
八、纺织物的浸胶和刮胶	247
九、毛鬃垫	247
十、不织布	247
十一、胶乳微孔隔板	247

绪 论

一、橡胶的概念及来源 橡胶是一种重要工业原料,其通俗概念是:在施加外力下发生形变,而除去外力时又能可逆变形,直至回复原状的弹性材料。按照美国材料试验协会(ASTM)的规定,橡胶的定义是:在使用时具有1—10MPa的杨氏模量,或在20—27℃下用1min时间拉长两倍的试样,当除去外力后,可在1min内至少弹回到原尺寸的1.5倍以下。

以来源划分,橡胶可分为合成橡胶和天然橡胶两大类。合成橡胶是以酒精、电石、石油副产品为原料,用化学方法制成的橡胶。这类橡胶根据结构和性质的不同,又可分为许多种类;天然橡胶是从含胶植物中提取出来的橡胶。已经发现的含胶植物有400多种,其中主要的有木薯橡胶、美洲橡胶、印度榕、非洲藤胶属和巴西三叶橡胶等。巴西橡胶树原产南美洲亚马孙河地区,1876年英国人以种子的形式传到东南亚,以后逐步在马来西亚、印度尼西亚、斯里兰卡等国家建立了胶园。19世纪初,我国开始引种这种橡胶树。巴西橡胶树由于具有橡胶产量高、质量优良、经济寿命长、采胶费用低、胶乳加工方便等优点,仍是目前栽培的最主要产胶作物,其橡胶产量在天然胶总产量中占99%以上。因此,通常所说的天然胶就是指巴西橡胶。

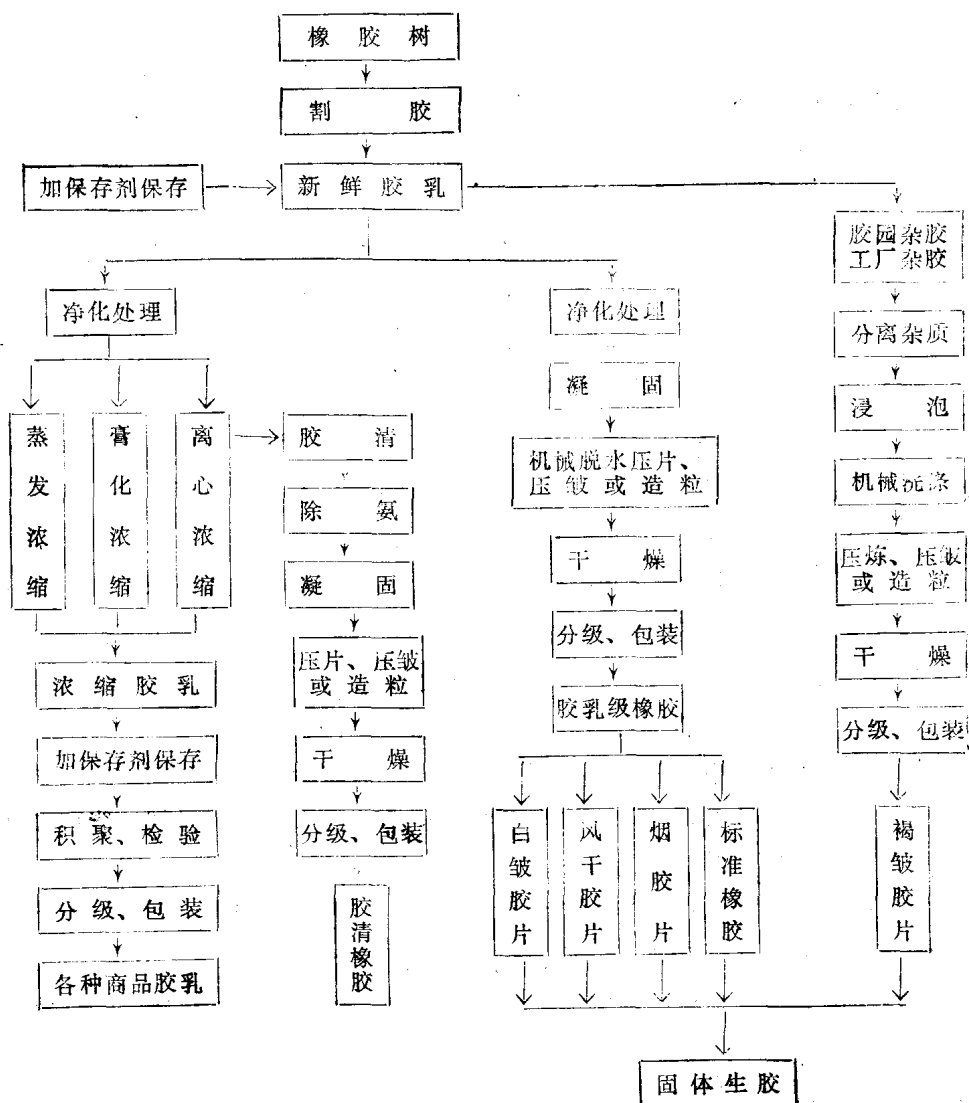
二、橡胶在国民经济中的地位 橡胶与钢铁、石油和煤炭号称四大工业原料。橡胶由于具有其他材料所没有的特殊性能,即高弹性,还具有良好的物理机械性能和电绝缘性等,因而用途极为广泛,无论在国防工业、交通运输、机械制造方面,还是在农业、医药卫生、日常生活方面都或多或少地使用橡胶。目前,用橡胶生产的橡胶制品已达50000种以上。如日常生活中所用的胶鞋、雨衣、暖水袋、松紧带;医疗卫生上用的医用手套、输血胶管;交通运输上用的各种轮胎;工业上用的运输带、传动带、各种密封圈;农业上用的排灌胶管、氨水袋等都是以橡胶为主要原料制造的。国防上使用的飞机、大炮、坦克,甚至尖端科学技术领域里的火箭、人造卫星、宇宙飞船、航天飞机等都需要大量的橡胶零部件。

橡胶不仅用途广泛,而且消耗量也甚大。例如一辆载重4t的汽车需用橡胶378kg,一台轧钢机需用橡胶1800kg,一架喷气式战斗机中的橡胶部件约重600kg,而一辆坦克需耗用生胶约800kg,一艘万吨轮船则需要橡胶达10000kg。因此,一个国家橡胶消费量的多少,在一定程度上可反映其工业化水平的高低。据1978年统计,发达的资本主义国家平均每人每年天然橡胶和合成橡胶的消费量,美国为3.4kg和11.2kg,日本为3.1kg和6.5kg,而我国仅有0.21kg和0.09kg。可以预料,在四化建设中,随着国民经济的大发展,我国的橡胶工业也将迅速发展。

三、制胶工业产品的分类及生产过程 制胶工业是以来自橡胶树的新鲜胶乳和采胶、

加工过程产生的杂胶(即胶园杂胶和工厂杂胶)为原料生产各种固体生胶和商品胶乳的工业。而橡胶制品工业则是以固体生胶或商品胶乳为主要原料生产各种橡胶制品(如轮胎、胶鞋、胶管、手套等)的工业。两个工业部门既有区别又相互联系。

我国制胶工业产品的分类及生产过程可大致图示如下:



目前,世界上天然橡胶的初制品中,固体生胶的产量约占天然橡胶总产量的90%。固体生胶产量比重大的原因主要是由于耗胶量最大的轮胎工业是以固体生胶作为主要原料,其耗胶量约占生胶总消耗量的60%。其次是由于橡胶为重要的战略贮备物资,因固体生胶经过充分干燥并压成胶块,其产品形式比商品胶乳更适合于贮存和运输。

四、我国制胶工业的发展概况 我国的制胶生产开始于1915年。但在解放前一直停留在手工生产的极端落后状态,产品也只有烟胶片一种,最高年产量从未超过200t。

解放后,党和政府十分重视天然橡胶事业。从1952年开始在我国的 tropical 和亚热带地区

大规模种植橡胶。1954年便开始了制胶工艺及设备的研究。1955年在主要植胶区海南岛开始出现工厂规模生产的烟胶片和膏化浓缩胶乳。此后十年间，随着橡胶产量的不断增加，制胶工业也相应发展。在商品胶乳生产方面，离心浓缩胶乳逐步代替了膏化浓缩胶乳。原因是前者生产周期短，产品质量好，浓度易控制。在固体生胶生产方面，烟胶片生产的工艺和设备不断改进，工厂规模也日益扩大。还发展了风干胶片和皱胶片的生 产，增加了产品品种。但在70年代以前，我国固体生胶的生产一直沿用传统的片状胶生产工艺。这种生产工艺不但机械化程度低，生产周期长，而且需消耗大量的木柴用于干燥胶片。随着我国天然胶产量的大幅度增加，旧的工艺已越来越不适应生产发展的需要，烟胶用木柴短缺的现象也日趋严重。为此，在70年代初，我国开始了固体生胶生产新工艺的研究。先后成功地研制出具有我国独特风格的锤磨法、挤压法和剪切法三种颗粒胶生产的造粒和干燥设备。与传统工艺相比，新工艺具有许多显著的优点，主要是：（1）设备生产能力大，适应性强，工厂规模可由原来日产几吨干胶扩大到日产十几吨甚至几十吨，而且工厂设备既能加工胶乳凝块也能加工杂胶。这就有利于加工的相对集中和提高设备的利用率。（2）机械化程度高，从而免除了旧工艺的许多繁重的体力劳动，提高劳动生产率。（3）采用以重油为主要燃料的热风干燥橡胶，可以从根本上解决干燥热源问题，也有利于保护森林资源。

采用颗粒胶生产新工艺以后，产品的最后形式由原来的片状胶改变为坚实的胶块，因而，习用的以外观质量为基础的片状胶分级方法已不能适用于颗粒胶的分级。1964年由马来西亚橡胶研究院首先提出了“标准橡胶”的概念并公布了“标准马来西亚橡胶方案”，以后经过多次修订，于1979年颁布了新的修正方案。标准胶方案确定了以橡胶的杂质含量、灰分含量、氮含量、挥发物含量、塑性保持指数、塑性初值等主要指标作为分级标准，将除胶清橡胶以外的固体生胶统一分为九个等级，即恒粘胶、低粘胶、浅色胶、全胶乳胶、5号胶、10号胶、20号胶、50号胶和通用胶。凡按该标准分级的橡胶统称为“标准马来西亚橡胶”（SMR）。这种分级制度的主要优点是产品根据其工艺性能分级，而且这些工艺性能都可以用科学的检验方法测定，产品质量较有保证。标准胶方案的实施得到橡胶用户的普遍接受。目前已发展为橡胶国际贸易的标准，各主要产胶国都参照其标准制订出本国的标准胶方案。我国也于1976年制订出部颁“国产标准胶暂行标准”，经过修订，1987年上升为国家标准“天然生胶——标准橡胶规格”。

长期以来，天然胶的改性一直被认为是产生具有特殊性能的新型橡胶的可行方法。天然胶经过改性，或者同其他具有弹性、纤维性或塑性的聚合物共混，所产生的新聚合物或共混物往往具有某些特殊性能。由于改性反应或共混过程可以调控，所以不仅能改善天然橡胶在传统应用中的性能，如提高耐老化性、粘合性、耐磨性、降低结晶性等，而且还能使天然橡胶具有良好气密性、耐溶剂性或热塑性等特殊性能。过去由于天然橡胶改性在工艺和经济效益等方面还存在某些问题，使发展受到一定阻碍。近年来，由于以石油化学为基础的聚合物的生产成本不断增加，对天然胶改性的研究 和应用又重新引起重视，热塑橡胶、环氧化橡胶、环化橡胶和接枝橡胶等的研究和生产都有相应的发展。

能源紧缺也促使橡胶工业探求节约能源的途径，以便促进本行业的继续发展。就制胶工业而言，不仅应尽量减少制胶生产过程的能源消耗，更重要的是应向制品工业提供节能的生胶产品；另一方面，为适应制品工业实现生产自动化和连续化的需要，必须研究比标准胶更好的天然橡胶新产品，以简化制品生产过程。粘度固定橡胶、散粒橡胶、液体橡胶和热塑橡胶等的生产和研究便是为了满足这两方面的需要。此外，目前仍在致力于发展天然橡胶的新用途，如用于频震城市建筑物的防震结构，桥梁建设中的橡胶基垫，铺设路面用的含胶沥青和胶乳水泥等。

第一篇 天然胶乳的性质与商品胶乳的生产

第一章 鲜胶乳的性质和早期保存

第一节 鲜胶乳的基本成分

从巴西橡胶树采集到的胶乳是一种乳白色液体，其外观与牛奶相似。它是橡胶树生物合成的产物，其成分十分复杂，除含橡胶烃和水之外，还含有少量的其他物质，这些物质通称为非橡胶物质。一部分非橡胶物质溶于水构成乳清；一部分被吸附于橡胶粒子表面构成粒子的保护层；还有一部分则构成非橡胶粒子而悬浮于胶乳中。将鲜胶乳用转速为20000 r/min以上的超速离心机离心后，可看到具有鲜明界限的四层：最上层为白色酪状，是橡胶粒子层；第二层为橙黄色，是弗莱-威斯林（FW）粒子层；第三层为透明的浆液，是乳清层；最下层为黄灰色明胶状物质，是黄色体。

胶乳的成分和性质除直接与橡胶树的品系有关外，还受到胶树生长的环境条件，如土壤、气候、季节、施肥、采胶条件等各种因素的影响。随着这些因素的改变，胶乳的成分和性质都会有很大的差异。表1-1是鲜胶乳主要成分含量的大致范围。

胶乳的成分，特别是其中的非橡胶物质对胶乳性质、制胶工艺以及制得橡胶的性质都有重要影响。因此，必须认真加以研究。

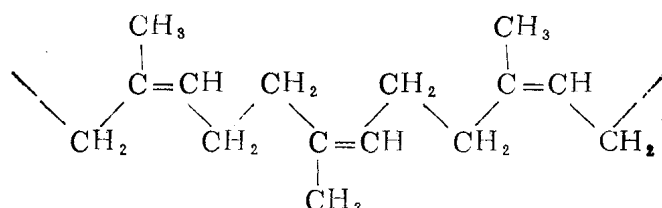
一、橡胶烃

（一）橡胶的分子结构 橡胶烃是指纯的橡胶，是异戊二烯的1,4结构顺式聚合物，分子式为 $(C_5H_8)_n$ ，式中n为聚合度，表示分子中异戊二烯单元的数目。

表1-1 鲜胶乳的主要成分及含量

成 分		含 量, 重 量 %
橡 胶 烃		20—40
		52—75
非 橡 胶 物 质	蛋 白 质	1—2
	类 脂 物	1 左 右
	水 溶 物	1—2
	丙 酮 溶 物	1—2
	无 机 盐	0.3—0.7

天然橡胶分子的结构式可表示为：



橡胶的分子量很大，重量平均分子量（Mw）的范围是 $3.4 \times 10^5 - 10.17 \times 10^5$ ，分子量的分布范围很宽，从20万到100多万。天然胶的分子是一种长链结构的大分子，橡胶的许多特殊性能，如高弹性、强度等都可以认为与这种长链的大分子结构密切相关。

（二）橡胶分子中的次要基团和微凝胶 对天然橡胶分子结构的充分研究证明，分子中顺式1,4聚异戊二烯的含量占99%以上。分子中还存在着某些次要基团。由于橡胶分子量的数量级为 10^5 ，不难看出，分子链中的次要基团尽管含量很少，但在每个分子链中有可能出现多次，如果这些基团是比较活泼的，例如能提供交联位置，或者成为分子链上非常薄弱而且容易断裂的点，那么其影响将会远远超过其存在量所占的份量。

至目前为止，在天然胶分子中至少已鉴定出一种含羰基（ $-\text{C}-$ ）的官能团，Sekhar认



为是醛基。发现这种基团对胶乳中微凝胶的形成和制得橡胶在贮藏过程中的硬化起重要作用。

刚从胶树采集的鲜胶乳，其许多橡胶粒子含有很大比例的微凝胶，这种凝胶是一种粒子内的分子交联聚合物。巴西橡胶树在第一次割胶时，微凝胶含量可能高达总橡胶烃含量的70%。但经过十四年采割后将下降到约10%。同时每个橡胶分子内羰基的数目约从5个增加到35个。此后，微凝胶和羰基的数目都保持稳定（图1-1）。Sekhar认为这些微凝胶的形成是由于存在于胶树乳管的胶乳中橡胶分子上的羰基与某种能起“醛缩合剂”作用的官能团发生反应的结果。如果胶树经有规律地采割，则产生这种交联作用的时间减少，采割到的胶乳中凝胶含量较低，而羰基含量则较高。将这种胶乳在厌氧条件下贮存，则羰基含量降低，而凝胶含量升高。将胶乳制成干胶后，橡胶分子中的羰基和醛缩合基之间的交联作用还会继续进行下去，从而产生大凝胶，这就是生胶贮存期间门尼粘度升高，即所谓贮存硬化现象产生的原因。抑制贮存硬化的有效方法是使橡胶中的羰基与添加的醛缩合剂反应。

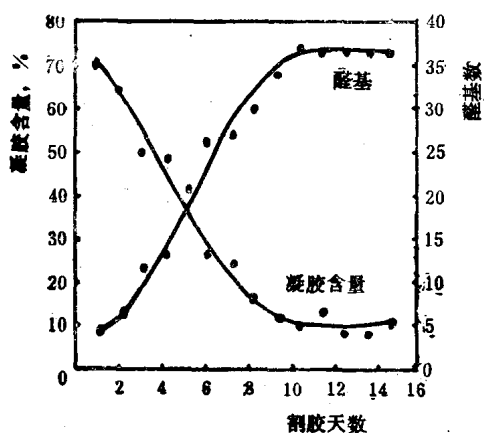


图1-1 一组新开割胶树连续采胶对橡胶中醛基数和凝胶含量的影响(Sekhar, 1962)

不言而喻，所添加的醛缩合剂的反应性应超过，最少不低于橡胶中的醛缩合官能团的反应

性。目前生产粘度固定橡胶即是利用这一原理，在胶乳中加入对橡胶重0.15%的盐酸羟胺($\text{NH}_2\text{OH} \cdot \text{HCl}$)或硫酸羟胺 $[(\text{NH}_2\text{OH})_2 \cdot \text{H}_2\text{SO}_4]$ 。

二、水 鲜胶乳中含水量一般占胶乳重量的52—75%。一部分水在橡胶粒子的界面上形成一层水化膜，使胶粒不易聚结，起着保护胶粒的作用。另一部分水则与非橡胶粒子结合，构成它们(特别是黄色体)内含物的主要成分。而大部分的水则成为非橡胶物质的分散介质，构成乳清。

胶乳含水量的多少，对胶乳性质，特别是稳定性有一定的影响。在其他条件相同的情况下，胶乳含水愈多，则粒子间的距离愈大，碰撞频率愈低，因而稳定性愈高。

鲜胶乳本身的含水量对制胶生产也有较大影响，例如用浓度低，即含水多的鲜胶乳生产浓缩胶乳时，制成率和劳动生产率都较低；生产固体生胶的主要过程，如胶乳凝固、凝块机械脱水、干燥，可以说都是围绕脱水这个中心来开展的。而且产品只有充分干燥才能贮存和使用。

三、非橡胶物质 胶乳中的非橡胶物质约占胶乳重的5%，这些物质尽管所占的份量不多，但它们种类繁多，而且对胶乳和制得橡胶的性质都有不同程度的影响。通常将胶乳或橡胶中的非橡胶物质划分为如下几大类：蛋白质，类脂物，丙酮溶物，水溶物 and 无机盐。此外，胶乳中还存在着多种细菌和酶。

(一) 蛋白质 鲜胶乳中蛋白质的含量占胶乳重的1—2%，其中约20%被橡胶粒子所吸附，是构成粒子保护层的重要物质，约20%存在于胶乳底层部分的液体中，其余部分则溶解于乳清。

现已从鲜胶乳中分离出两种含量相当高的蛋白质，一种称为 α 球蛋白，是由17种氨基酸所组成，其中硫和磷元素的含量极低。这种蛋白质不溶于纯水，但易溶于中性盐溶液、碱性溶液及pH低于3的酸性溶液。 α 球蛋白的等电点为4.55，与橡胶粒子的等电点相近，是构成鲜胶乳粒子保护层的蛋白质之一，并且是决定橡胶粒子胶体稳定性的主要因素；另一种称为橡胶蛋白，是由14种氨基酸所组成，这是一种含硫量高的特殊蛋白质，其分子量很低，一般仅 10000 ± 500 。橡胶蛋白在任何pH下都能溶解，煮沸时也不会从溶液中沉淀出来。由于这种蛋白质的表面活性极低，似乎对鲜胶乳的胶体性质不会发生显著的影响。

在制胶过程中，一部分蛋白质随乳清排走，只有一部分仍留在初制品里，这部分蛋白质对橡胶的性能有较大的影响。一方面是蛋白质的分解产物有促进橡胶硫化和延缓橡胶老化的作用，粒子状态的蛋白质还具有补强作用，可提高橡胶的强度；而另一方面，由于蛋白质具有较强的吸水性，因而使橡胶及其制品易吸潮发霉并降低电绝缘性能。此外，蛋白质还有增高橡胶生热性的不良影响。装入铁桶的浓缩胶乳有时会产生灰颜色，这是由于胶乳中含硫蛋白质的分解产物与铁反应，生成灰色甚至黑色的胶状硫化铁分散在胶乳中所造成。

(二) 类脂物 鲜胶乳中的类脂物主要由脂肪、蜡类、甾醇、甾醇脂和磷脂组成。这些化合物都不溶于水，除磷脂外几乎都溶于丙酮，也是丙酮溶物。类脂物主要分布在橡胶相，少量存在于底层部分和黄色体中。类脂物的含量约占胶乳重的0.9%，其中大部分是磷

脂，而磷脂中约79%是卵磷脂，4.5%是脑磷脂，还有16.6%的金属磷脂酸盐。胶乳加氨后，类脂物分解产生硬脂酸、花生酸、油酸和亚油酸的混合物。

磷脂的表面活性度很高，在胶乳中磷脂与蛋白质形成了包围橡胶粒子的混合膜，使鲜胶乳保持胶体稳定性。氨保存胶乳在贮存过程中机械稳定性升高，是由于上述类脂物分解出来的脂肪酸与氨生成了铵皂，在胶粒表面上起了保护胶体的作用。

已经知道，胆碱化合物都有加速橡胶硫化和防止生胶老化的作用。研究结果表明，胶乳中磷脂的降解程度与所制得橡胶的硫化速度有关，未分解的磷脂含量愈高，则橡胶的硫化速率愈快。

(三) 丙酮溶物 胶乳中能溶于丙酮的物质统称为丙酮溶物。上述类脂物除磷脂外几乎都是丙酮溶物的组成部分。除此之外还有油酸、亚油酸和硬脂酸等。丙酮溶物的含量约占鲜胶乳重的1—2%，其主要成分及所占的比例大致如下：

油酸和亚油酸	42%
硬脂酸	5.5%
植物甾醇	8.3%
甾醇脂	2.9%
其他脂肪酸	42%

丙酮溶物中含有大量的脂肪酸，当塑炼橡胶时这些脂肪酸起着物理软化作用，使橡胶容易获得可塑性。另外，甾醇具有防止老化的作用，是橡胶的天然防老剂。

(四) 水溶物 水溶物是指胶乳中能够溶于水的一类物质，主要是白坚木皮醇（甲基环己六醇），还有少量的蔗糖、葡萄糖、果糖和包括两种戊糖在内的其他糖类，以及可溶性蛋白质和无机盐等。水溶物的含量占胶乳重的1—2%，主要分布在乳清中。

糖类在细菌作用下容易分解产生挥发性脂肪酸，主要是乙酸和少量的甲酸和丙酸。挥发脂肪酸的含量升高，则胶乳的稳定性降低，严重时会产生自然凝固。生产干胶产品时，水溶物大部分在凝固及凝块压炼过程中随乳清排走，只有少量残留在产品中。这些残留的水溶物因具有较强的吸水性，容易使生胶及其制品吸潮发霉，并降低电绝缘性能。因此，一般要求干胶中的水溶物含量不能过高。

(五) 无机盐 鲜胶乳中的无机盐占胶乳重的0.3—0.7%，主要成分及其在胶乳中的含量大致如下：

无机盐	含量，对胶乳重的%
钾	0.12—0.25
镁	0.01—0.12
铁	0.001—0.012
钠	0.001—0.10
钙	0.001—0.03
铜	0.0002—0.0005
磷酸根	0.25

鲜胶乳所含的无机离子大部分分布在乳清中,少量的铜、钙可能还有铁与橡胶粒子相连,大量的镁则存在于底层部分。将胶乳在高温下灼烧,则水和有机物变成气态物质而挥发掉,残留下来的灰分大部分是无机盐。因此,通过测定胶乳的灰分含量就可以大致了解胶乳中无机盐的含量。

无机盐对胶乳的稳定性和制得橡胶的性能都有一定的影响。已知钙、镁离子会降低胶乳的稳定性。镁含量和磷酸根含量的比值特别高的胶乳,稳定性往往较低,而且由此制得的浓缩胶乳的稳定性也低。出现这种情况时,补救的办法是鲜胶乳除加氨外,还应加入一定量的可溶性磷酸盐,使过量的镁离子形成溶解度极小的磷酸镁铵 $[\text{Mg}(\text{NH}_4)\text{PO}_4]$ 沉淀而除去,这种鲜胶乳及其制得浓缩胶乳的稳定性便可获得显著改善。无机盐中的铜、锰和铁是橡胶的氧化强化剂,若胶乳中这些金属离子的含量过高,或制胶过程中橡胶被这些有害金属所污染,则制得橡胶的耐老化性能会显著降低。

(六)酶 酶是一种具有特殊催化作用的蛋白质。胶乳中的酶有凝固酶、氧化酶、过氧化酶、多酚氧化酶、还原酶、蛋白酶、尿素酶等多种。凝固酶能促使胶乳凝固,氧化酶能促使胡萝卜素氧化,蛋白酶能促使蛋白质分解。有些凝块表面变黑就是由于胶乳中的某些物质(如酪氨酸等)受氧化酶的作用而生成黑色素的结果。胶乳中的酶能被钙、镁等金属离子活化,而增强活动能力。有些胶树,特别是在开花或抽叶季节,胶乳从割线流到胶杯后,很快就凝固了,这主要是酶的作用造成的。因为这个时期胶乳中钙和镁等金属离子的含量较高,酶的活性特别强。

(七)细菌 从鲜胶乳分离出来的细菌有65种,这些细菌并不是胶乳本身所固有的,而是在胶乳与胶树树皮、胶舌、胶杯、胶桶等接触时所污染的。胶树开割后,由于胶刀的污染,使胶树乳管中也会有细菌。

细菌对胶乳的稳定性影响很大。一方面会分解破坏橡胶粒子保护层的蛋白质,另一方面会吸收利用胶乳中的糖类,转化成各种酸,使胶乳产生自然凝固。胶乳腐败时往往会发出一股臭鸡蛋味,就是由于细菌分解了含硫的蛋白质,散发出硫化氢气体的结果。

第二节 胶乳的物理性质

胶乳的物理性质,如浓度、相对密度、粘度、pH值、表面张力等无论在理论上和实际应用上都具有重要意义。

一、浓度 胶乳的浓度通常用干胶含量和总固体含量表示。干胶含量是指胶乳中能被酸凝固出来的物质的干重占胶乳重的百分率。总固体含量是指胶乳直接加热后所得的干物质重量占胶乳重的百分率。测定干胶含量时,胶乳需经凝固,因而有部分可溶性的非橡胶物质会随乳清排走,而测定总固体含量时,只是加热除去水分和某些挥发性物质,因此,同一胶乳的干胶含量在数值上总是低于总固体含量。干胶含量和总固体含量的比值称为干总比。干总比不是一个固定值,而是随胶树品系及外界条件的改变而改变,通常变动于0.90—0.94之间。胶乳的浓度愈高,非胶物质含量愈少,则干总比也愈大。同一胶乳的总