



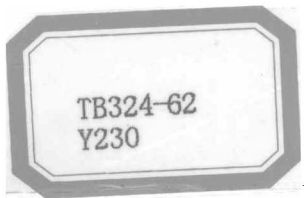
GAOFENZI
CAILIAO
SHOUCE

高分子 材料手册 下

杨鸣波 唐志玉 主编



化学工业出版社



||



高分子材料手册

[下]

杨鸣波 唐志玉 主编



化学工业出版社

· 北 京 ·

《高分子材料手册》是反映当代高分子科学和高分子材料发展水平的大型专业工具书。内容包括：高分子材料概论、塑料工程、有机纤维、橡胶工程、高分子胶粘剂、功能高分子和皮革材料。本书的取材和编写以“系统、全面、新颖、实用、方便”为特点，整体结构上既立足全局，又突出重点。以高分子材料品种为基础，以加工成形和改性为线索，以获得优质产品或某些特定性能为目标，给予了全面系统的总结。本书完整地反映了高分子材料工程领域的现状和所取得的成就，具有很好的科学性、先进性和实用性。

本书主要供从事高分子材料科学研究和高分子工程（塑料工业、橡胶工业、涂料工业、胶粘剂工业、皮革制造业等）技术人员查阅使用，也可供高等院校材料专业师生参考之用。

图书在版编目 (CIP) 数据

高分子材料手册. 下/杨鸣波, 唐志玉主编. —北京: 化学工业出版社, 2009. 6
ISBN 978-7-122-05336-7

I. 高… II. ①杨…②唐… III. 高分子材料-技术手册
IV. TB324-62

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2009) 第 057707 号

责任编辑: 王清颖 周国庆
责任校对: 蒋 宇

装帧设计: 尹琳琳

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 刷: 北京蓝海印刷有限公司
装 订: 三河市前程装订厂
880mm×1230mm 1/16 印张 56¼ 字数 2648 千字 2009 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: 170.00 元

版权所有 违者必究

前 言

高分子材料是现代工业和高新技术的重要基石，已经成为国民经济基础产业以及国家安全不可或缺的重要保证。由于高分子材料具有许多优良性能，适合现代化生产，经济效益显著，且不受地域、气候的限制。因而高分子材料工业取得了突飞猛进的发展。如今高分子材料已经不再是传统材料的代用品，而是与金属、水泥、木材并列，在国民经济和国防建设中扮演着重要作用的四大材料。

我国已是高分子材料的生产大国，年消费量超过 3000 万吨。但还不是强国，不仅产品竞争力有待提高，产量也不能满足国内需求。因而尽快从高分子材料的消费大国向生产强国转变，须要高分子科学界与工程界的通力合作，开展多方位的创新研究，从而提高高分子材料工业的竞争能力，实现高分子材料工程领域的持续发展，尽快缩短与先进国家的差距。这就是编写此书的目的。

本书取材和编写以“系统、新颖、实用、方便”为特点，整体结构上既立足全局，又突出重点。以高分子材料品种为基础，以加工成形和改性为线索，以获得优质产品或某些特定性能为目标，给予了较为全面系统的总结。因此，本书较完整地反映了高分子材料工程领域的现状和所取得的成就，具有较好的科学性、先进性和实用性。

本书内容包括：高分子材料概论、塑料工程、有机纤维、橡胶工程、高分子胶粘剂、功能高分子和皮革材料，共 7 篇 90 章近 600 万字。由全国相关专业的专家教授 60 余人参加编写，最后由杨鸣波和唐志玉统稿。参加编写的主要单位有：四川大学、天津科学技术大学、东华大学、大连轻工业学院、华北工学院和四川广汉星辉塑胶股份有限公司等，历时 3 年完稿。各篇主编如下。

第 1 篇	概论	杨鸣波教授	唐志玉教授
第 2 篇	塑料工程	吴智华教授	
第 3 篇	有机纤维	叶光斗教授	徐建军教授
第 4 篇	橡胶工程	谢邦互教授	
第 5 篇	高分子胶粘剂	朱如瑾教授	
第 6 篇	功能高分子	罗祥林教授	
第 7 篇	皮革材料	张扬教授	

本书主要供从事高分子材料工程的科学技术人员查阅使用，也可供科研人员、管理人员和高等院校师生参考。借本书出版之机会，衷心感谢有关单位和个人的支持和帮助，更要感谢各位作者的精心尽责和刻苦努力！

最后，由于编撰者水平所限，书中不当，甚至疏漏之处，诚请读者不吝指出，深表谢忱！

杨鸣波 唐志玉

编辑委员会^①

顾问：师昌绪 严东生 李恒德 何光远 陆燕荪 徐匡迪 李学勇 栾恩杰

王淀佐 朱道本 颜鸣皋 黄培云 周 廉 左铁镛

主任：路甬祥

副主任：李成功（常务） 钟群鹏 干 勇 黄伯云 江东亮 徐滨士 王占国

潘健生 杜善义 胡正寰 柳百成 徐祖耀 陈立泉

总策划：宋天虎 黄远东

总编辑：李骏带

秘书长：黄远东（兼）

委员（按姓氏笔画排列）：

丁 辛	丁传贤	干 勇	于月光	才鸿年	马世宁	马冲先	马济民	马眷荣
马福康	王占国	王务同	王尔德	王永岩	王亚军	王至尧	王克光	王克俭
王高潮	王淀佐	王琦安	王新林	王德志	方禹之	尹志民	邓 炬	左铁钊
左铁镛	石力开	石春山	卢世刚	叶小玲	叶光斗	田志凌	田荣璋	史耀武
冯 涤	冯 稷	冯春祥	宁远涛	邢建东	师昌绪	吕 炎	吕反修	同继锋
曲文生	朱万森	朱如瑾	朱绍华	朱道本	仲维卓	任家烈	华 林	刘 明
刘正才	刘世参	刘占阳	刘邦津	刘作信	刘其贤	刘郁丽	刘治国	刘建章
刘晋春	刘清友	刘献明	齐从谦	闫 洪	江东亮	许祖泽	许祖彦	阳明书
孙 坚	孙加林	杜善义	杨 合	杨 武	杨乃宾	杨才福	杨鸣波	杨忠民
杨晓华	杨海波	杨焕文	杨德仁	李 强	李 晋	李 楠	李长久	李龙土
李成功	李光福	李志刚	李明哲	李明辉	李学勇	李虹霞	李恒德	李贺军
李海军	李骏带	李鹤林	严东生	连克仁	肖亚庆	吴 行	吴 昆	吴 诚
吴永声	吴伟仁	吴性良	吴科如	吴恩熙	吴谊群	吴智华	吴德馨	何光远
何季麟	佟晓辉	邱 勇	邱冠周	邱德仁	余金中	邹广田	汪明朴	沈 真
沈万慈	沈德忠	宋天虎	张 力	张 扬	张 华	张 杰	张 金	张 峥
张子龙	张用宾	张立同	张永俐	张吉龙	张旭初	张佐光	张晋远	张康侯
张道中	张新民	陆燕荪	陈 琦	陈文哲	陈世朴	陈立泉	陈运远	陈志良
陈国钧	陈治明	陈南宁	陈祝年	陈晓慈	陈涌海	陈祥宝	陈超志	林慧国
欧阳世翥	卓尚军	易建宏	罗祥林	罗豪甦	果世驹	周 廉	周伟斌	周国庆
郑有焯	柳玉起	柳百成	胡玉亭	胡正寰	南策文	赵万生	赵有文	赵国群
赵金榜	赵梓森	赵慕岳	钟群鹏	施东成	施剑林	姜不居	姜晓霞	祖荣祥
姚 燕	贺守华	耿 林	聂大钧	贾成厂	顾冬红	夏巨湛	夏志华	俸培宗
徐匡迪	徐廷献	徐建军	徐祖耀	徐家文	徐跃明	徐滨士	殷树言	翁宇庆
郭会光	郭景杰	高瑞萍	栾恩杰	唐仁政	唐汝钧	唐志玉	唐昌世	益小苏
涂善东	黄 勇	黄天佑	黄玉东	黄本立	黄远东	黄伯云	黄校先	黄培云
曹勇家	曹湘洪	龚七一	崔 健	康喜范	梁 齐	梁 军	梁志杰	屠海令
隋同波	韩凤麟	彭艳萍	葛子干	董 瀚	董汉山	董首山	董祖珏	董湘怀
蒋力培	蒋建平	傅绍云	储君浩	谢邦互	谢里阳	谢建新	鄢国强	雷天民
路甬祥	解应龙	解思深	雍歧龙	蔡中义	漆 玄	谭 抚	熊守美	靳常青
樊东黎	黎文献	颜永年	颜鸣皋	潘正安	潘叶金	潘振甦	潘健生	燕 瑛
戴国强								

① 本书是原《中国材料工程大典》其中的一卷。《中国材料工程大典》由中国机械工程学会、中国材料研究学会组织编写，中国金属学会、中国化工学会、中国硅酸盐学会、中国有色金属学会及中国复合材料学会参加组织编写。本编辑委员会即为《中国材料工程大典》编委会。

目 录

第4篇 橡胶工程	1	5.3 用途	118
第1章 天然橡胶	3	5.4 改性	119
1 生物合成、结构与组成	3	5.5 配方	122
1.1 生物合成	3	5.6 牌号	124
1.2 分子结构	3	6 丁腈橡胶 (NBR)	124
1.3 胶乳的组分	3	6.1 合成	124
1.4 天然胶乳的指标	4	6.2 结构与性能	125
2 天然橡胶的性能	4	6.3 用途	131
2.1 物理力学性能	4	6.4 改性	133
2.2 化学反应性	5	6.5 配方	136
3 生胶种类与生产	6	6.6 牌号	144
3.1 分类	6	7 乙丙橡胶 (EDR)	146
3.2 分级	6	7.1 合成	146
3.3 生产	7	7.2 结构与性能	147
4 产品制造	7	7.3 用途	150
4.1 配合体系	7	7.4 改性	151
4.2 制品生产工艺	8	7.5 配方	152
4.3 常见生产配方	12	7.6 牌号	156
5 化学改性与特制品	33	8 氯磺化聚乙烯 (CSM)	157
5.1 化学改性	33	8.1 合成与种类	157
5.2 特种天然橡胶	37	8.2 结构与性能	158
第2章 合成橡胶	41	8.3 用途	159
1 丁苯橡胶 (SBR)	41	8.4 改性	160
1.1 合成	41	8.5 配方	160
1.2 结构与性能	41	8.6 牌号	164
1.3 用途	46	9 氯化聚乙烯橡胶 (CPE)	166
1.4 改性	49	9.1 合成与分类	166
1.5 配方	50	9.2 结构与性能	167
1.6 牌号	57	9.3 用途	169
2 顺丁橡胶 (BR)	58	9.4 改性	170
2.1 合成	58	9.5 配方	175
2.2 结构与性能	60	9.6 牌号	183
2.3 用途	62	10 聚氨酯橡胶 (PUR)	185
2.4 其他品种	62	10.1 合成	185
2.5 配合	65	10.2 结构和性能	188
2.6 牌号	70	10.3 用途	192
3 异戊橡胶 (IR)	71	10.4 配方	192
3.1 合成与种类	71	10.5 牌号	195
3.2 结构与性能	72	第3章 特种合成橡胶	196
3.3 用途	78	1 硅橡胶 (SI)	196
3.4 改性	79	1.1 性能	196
3.5 配方	82	1.2 用途	197
3.6 牌号	88	1.3 改性	197
4 氯丁橡胶 (CR)	89	1.4 助剂与制品配方	201
4.1 合成与种类	89	1.5 牌号和产品	202
4.2 结构与性能	91	2 氟橡胶 (FPM)	205
4.3 用途	94	2.1 性能	205
4.4 改性	95	2.2 用途	207
4.5 配方	97	2.3 改性	208
4.6 牌号	107	2.4 助剂与制品配方	209
5 丁基橡胶 (IIR)	110	2.5 牌号	216
5.1 合成与种类	110	3 聚硫橡胶 (T)	216
5.2 结构与性能	112	3.1 性能	216
		3.2 用途	217

3.3 改性	218	1.1 硫化剂	288
3.4 助剂与制品配方	219	1.2 硫化促进剂	289
3.5 牌号	221	1.3 硫化活性剂	295
4 丙烯酸酯橡胶	222	1.4 防焦剂	296
4.1 性能	222	2 防护助剂	296
4.2 用途	223	2.1 抗氧化剂	296
4.3 改性	224	2.2 紫外线吸收剂	299
4.4 助剂与制品配方	227	2.3 物理防护剂	300
4.5 牌号	229	3 增塑剂	300
5 氯醚橡胶 (CO)	229	3.1 石油加工产品	300
5.1 性能	230	3.2 植物系产物	301
5.2 用途	232	3.3 脂肪酸	301
5.3 改性	233	3.4 合成增塑剂	301
5.4 配方	238	4 填充剂	302
5.5 牌号	241	4.1 无机填充剂	302
第4章 胶乳	242	4.2 有机填充剂	303
1 特点和种类	242	5 着色剂	304
1.1 特点	242	5.1 无机着色剂	304
1.2 种类	242	5.2 有机着色剂	305
2 胶乳制品生产过程	248	6 胶乳用配合剂	306
2.1 原料选择	248	6.1 稳定剂	306
2.2 配合剂加工	249	6.2 分散剂	306
2.3 胶乳的配合	251	6.3 乳化剂	307
2.4 凝固剂配制	252	6.4 湿润剂	307
2.5 硫化	253	6.5 凝固剂	307
2.6 胶凝与成膜	255	6.6 增稠剂	308
3 胶乳制品与配方	258	6.7 发(起)泡剂	308
3.1 浸渍制品	258	6.8 消泡剂和抗蹙剂	308
3.2 海绵制品	264	6.9 附型剂	309
3.3 压出制品	267	6.10 表面处理剂	309
3.4 铸模制品	268	6.11 芳香剂	309
3.5 胶乳纸张	269	6.12 其他配合剂	309
3.6 胶黏剂	270	第7章 骨架材料	310
3.7 其他类型产品	270	1 材质种类	310
第5章 其他橡胶	275	1.1 天然纤维	310
1 液体橡胶	275	1.2 化学纤维	310
1.1 特点	275	1.3 玻璃纤维	313
1.2 分类	275	1.4 钢丝	314
1.3 结构	276	2 织物结构	314
1.4 品种	276	2.1 帘线和帘布	314
1.5 配合	278	2.2 帆布	314
1.6 交联	278	2.3 直经直纬织物	315
1.7 加工	278	2.4 网眼式织物	315
1.8 应用	278	2.5 整体带芯	315
2 热塑性橡胶	280	3 应用范围	315
2.1 特点	280	3.1 轮胎	315
2.2 种类及应用	280	3.2 输送带	315
3 粉末橡胶	283	3.3 传动带	316
3.1 制备方法	283	3.4 胶管	317
3.2 防粘剂和隔离剂	284	3.5 涂覆制品	318
3.3 加工	284	3.6 密封制品	318
3.4 主要品种及应用	284	3.7 其他橡胶制品	319
4 再生橡胶	285	第8章 性能与测试	320
4.1 再生剂	285	1 未硫化胶的加工性能与测试	320
4.2 再生方法	286	1.1 配合剂在混炼胶中的分散度	320
4.3 再生胶的特点	287	1.2 生胶、混炼胶的加工性能	320
4.4 再生胶的应用	287	2 硫化橡胶的性能与测试	321
第6章 橡胶助剂	288	2.1 力学性能	321
1 硫化助剂	288	2.2 低温性能	323

2.3 老化性能	324	4.2 压延效应	364
2.4 黏弹性能	324	4.3 气泡及其消除方法	364
2.5 热性能	325	4.4 表面不光和痕纹	365
2.6 电性能	325	4.5 成形缺陷及对策	365
2.7 扩散渗透性能	325	第 13 章 挤出成形	366
2.8 耐介质性能	325	1 挤出工艺过程	366
2.9 粘接性能	325	1.1 热炼和供胶	366
3 测试的一般要求	326	1.2 滤胶	366
3.1 试样制备	326	1.3 挤出	367
3.2 测试条件	326	1.4 冷却	368
3.3 试验数据处理	327	1.5 卷取及停放	368
第 9 章 橡胶配方设计	328	1.6 压型续胶	368
1 内容要求与配方设计形式	328	1.7 裁断	368
1.1 设计内容和要求	328	1.8 胎面胶的压出工艺	369
1.2 配方设计形式	328	1.9 冷喂料压出工艺	369
2 配方设计原则	328	2 压出过程中的质量问题及解决措施	370
3 配方设计程序	329	3 应用实例	370
4 配方的表示方法	329	3.1 热塑性弹性体的挤出成形	370
5 常用配方设计	330	3.2 热塑性弹性体的中空吹塑成形	371
5.1 天然橡胶	330	第 14 章 压铸成形	373
5.2 丁苯橡胶	332	1 操作规程	373
5.3 顺丁橡胶	333	2 工艺条件控制	373
5.4 氯丁橡胶	335	第 15 章 模压成形	375
5.5 丁腈橡胶	336	1 操作过程	375
5.6 丁基橡胶	336	2 工艺条件控制	375
5.7 三元乙丙橡胶	338	2.1 压缩模塑工艺条件的设定	375
第 10 章 生胶塑炼	340	2.2 压缩模塑工艺条件控制	375
1 塑炼方法	340	第 16 章 注压成形	376
2 塑炼原理	341	1 成形工艺	376
2.1 机械力作用	341	1.1 基本工艺	376
2.2 氧化裂解作用	342	1.2 问题及解决方法	378
2.3 温度的影响	342	2 应用实例	380
2.4 化学塑解剂的作用	343	2.1 橡胶油封的注射成形	380
2.5 静电与臭氧的作用	343	2.2 液体有机硅橡胶注压成形	382
2.6 生胶塑炼的反应机理	344	2.3 热塑性弹性体的注压成形	384
3 塑炼工艺	344	2.4 热塑性弹性体的注压吹塑成形	384
3.1 准备	344	第 17 章 硫化	386
3.2 开炼机塑炼	344	1 硫化工艺	386
3.3 密炼机塑炼	346	1.1 橡胶的硫化特性	386
3.4 螺杆塑炼机塑炼	347	1.2 正硫化及其测定方法	387
4 塑炼后的补充加工	348	1.3 硫化条件的确定及调整	390
5 合成橡胶的机械塑炼特性	348	2 常见硫化缺陷及解决措施	395
第 11 章 胶料混炼	349	2.1 硫化工艺中的几个问题	395
1 混炼工艺	349	2.2 常见质量缺陷与改进方法	396
1.1 开炼机混炼	349	第 18 章 胶粉的制造与应用	398
1.2 密炼机混炼	350	1 制造方法	398
2 橡胶混炼特性	351	1.1 常温粉碎法	398
3 混炼胶质量检查	352	1.2 低温粉碎法	398
第 12 章 压延成形	354	1.3 超细胶粉粉碎法	398
1 胶料的配合	354	2 胶粉的直接应用	399
2 橡胶的压延特性	354	2.1 轮胎等橡胶制品	399
2.1 天然橡胶	354	2.2 路面铺装材料	399
2.2 合成橡胶	354	2.3 塑料制品	400
3 操作工艺条件	355	2.4 直接成形制品	400
3.1 工艺要求	355	3 胶粉的活化应用	400
3.2 工艺准备	356	3.1 活化改性方法	401
3.3 压延过程	358	3.2 活化胶粉的应用	402
4 制品的质量控制	363	4 胶粉的再生应用	404
4.1 压延后的收缩	363	4.1 脱硫再生	404

4.2 生产活性炭	404	2.2 防剥离接头类型	431
4.3 生产燃料油、气和化学品	404	2.3 片材辅强接头类型	432
参考文献	405	2.4 棒材与管材粘接接头	432
第5篇 高分子胶黏剂	407	2.5 直角和弯角粘接接头	432
第1章 概述	409	2.6 塑料和弹性体粘接接头	433
1 粘接工艺评价	409	2.7 木材粘接接头	433
2 胶黏剂组成	411	3 接头设计基本原则	433
2.1 基料(黏料)	411	第4章 胶黏剂的选择	435
2.2 固化剂与固化促进剂	411	1 胶黏剂性能	435
2.3 稀释剂	411	1.1 分子量及其分布	435
2.4 填料	413	1.2 交联度	435
2.5 增韧剂	413	1.3 玻璃化温度	435
2.6 稳定剂	414	2 被粘材料特性	435
2.7 防腐剂	414	3 粘接件所受应力	443
2.8 偶联剂	414	4 粘接接头使用环境	443
3 胶黏剂分类	416	4.1 温度环境	443
3.1 按主要成分(基料)分	416	4.2 潮湿和水浸泡环境	444
3.2 按物理形态分	416	4.3 化学介质环境	444
3.3 按接头受力情况分	416	4.4 辐照环境	445
3.4 按用途分	416	4.5 户外老化环境	445
3.5 按固化温度和工艺分	417	4.6 真空环境	445
4 粘接强度	417	4.7 霉菌环境	445
4.1 粘接力与粘接强度	417	5 粘接工艺	445
4.2 粘接强度破坏类型	417	6 功能用途	446
5 选用粘接因素	417	7 使用寿命与贮运条件	446
第2章 粘接形成	419	8 环境保护与成本	446
1 固体表面特性	419	第5章 胶黏剂性能及配方	447
1.1 表面组成的多样性	419	1 天然胶黏剂	447
1.2 表面的不平滑性	419	1.1 植物胶黏剂	447
1.3 表面的多孔性	419	1.2 动物胶黏剂	450
1.4 表面的吸附性	419	1.3 无机胶黏剂	452
1.5 表面的缺陷	419	2 橡胶胶黏剂	453
2 固体表面的润湿与铺展	419	2.1 氯丁橡胶胶黏剂	453
2.1 润湿与接触角	419	2.2 丁腈橡胶胶黏剂	455
2.2 润湿与铺展	420	2.3 丁苯橡胶胶黏剂	456
2.3 接触角的测定方法	420	2.4 聚异丁烯橡胶胶黏剂	457
2.4 影响接触角值的因素	420	2.5 丁基橡胶胶黏剂	457
3 固体表面张力	420	2.6 聚硫橡胶胶黏剂	458
3.1 表面张力	420	2.7 氯磺化聚乙烯胶黏剂	458
3.2 固体表面张力的测定与计算	421	3 环氧树脂胶黏剂	459
3.3 聚合物表面张力影响因素	423	3.1 组成与结构	459
4 聚合物间的界面张力	423	3.2 性能与改性	462
4.1 界面张力与黏合功	423	3.3 应用和配方	463
4.2 界面张力计算	424	4 酚醛胶黏剂	465
4.3 界面张力的影响因素	424	4.1 组成与结构	465
5 界面粘接	425	4.2 性能和改性	465
5.1 胶黏剂的作用	425	4.3 应用和配方	466
5.2 界面粘接作用力	425	5 氨基胶黏剂	468
5.3 界面粘接的最佳原则	426	5.1 脲醛树脂胶黏剂	468
第3章 粘接接头设计	428	5.2 三聚氰胺甲醛树脂胶黏剂	469
1 粘接接头所受应力	428	6 聚氨酯胶黏剂	470
1.1 应力类型	428	6.1 组成与结构	470
1.2 应力分布	428	6.2 性能与改性	471
1.3 应力集中系数	428	6.3 用途	471
1.4 接头因子	429	6.4 主要种类及配方	472
1.5 安全系数	429	7 有机硅胶黏剂	474
2 接头类型及评价	430	7.1 有机硅树脂胶黏剂	474
2.1 平板粘接接头类型	430	7.2 室温硫化硅橡胶胶黏剂	475
		8 丙烯酸酯类胶黏剂	476

8.1 非反应性丙烯酸酯类胶黏剂	476	1.10 钛及其合金	525
8.2 反应性丙烯酸酯类胶黏剂	478	1.11 钨及其合金	525
9 乙烯基类胶黏剂	482	1.12 锌及其合金	525
9.1 聚醋酸乙烯及其共聚物类胶黏剂	482	1.13 铀	525
9.2 聚乙烯醇类胶黏剂	485	2 塑料粘接	525
9.3 其他乙烯基胶黏剂	486	2.1 热塑性塑料的粘接	525
10 杂环高分子胶黏剂	487	2.2 热固性塑料的粘接	529
10.1 聚酰亚胺胶黏剂	487	2.3 增强塑料及复合材料的粘接	530
10.2 聚苯并咪唑胶黏剂	489	2.4 泡沫塑料的粘接	530
第6章 表面处理	491	3 橡胶(弹性体)粘接	530
1 表面处理方法	491	4 木材的粘接	530
1.1 机械处理	491	5 玻璃和陶瓷粘接	531
1.2 清洗剂处理	492	第9章 粘接质量与测试	532
1.3 酸洗处理	493	1 破坏性检测方法	532
1.4 化学转变处理法	496	1.1 拉伸抗剪强度的测定	532
1.5 热空气与火焰处理	501	1.2 抗拉强度的测定方法	533
1.6 等离子体处理	501	1.3 劈裂强度的测定方法	534
1.7 射线辐照处理	502	1.4 剥离强度的测定方法	534
1.8 偶联剂表面处理	503	1.5 胶黏剂剪切冲击强度的测定	538
2 处理方法对表面性能影响	503	2 无损检测方法	539
2.1 对金属材料的影响	503	2.1 超声波技术	539
2.2 对聚合物性能的影响	504	2.2 声技术	540
3 水洗后处理对表面性能的影响	506	2.3 应力波	540
3.1 水质对表面影响	506	2.4 便携式全息干涉测试系统	540
3.2 水洗温度的影响	506	2.5 热成像技术	540
4 不同材料的表面处理	506	2.6 涡流法	540
4.1 金属材料的表面处理	506	参考文献	541
4.2 高分子材料的表面处理	512	第6篇 功能高分子	543
4.3 无机材料的表面处理	514	第1章 概述	545
第7章 粘接工艺	517	1 功能高分子分类	545
1 粘接方法	517	2 影响“功能性”的因素	546
1.1 湿粘接	517	3 设计、制备与加工	547
1.2 固化粘接	517	第2章 离子交换树脂	550
1.3 压敏粘接	517	1 概述	550
1.4 活化粘接	517	1.1 分类	550
1.5 组合粘接	517	1.2 名称及命名方法	551
1.6 粘接失误	517	1.3 性能	551
2 胶黏剂配制	517	1.4 功能	555
3 涂胶与晾置	518	1.5 选用	555
3.1 涂胶	518	1.6 应用	556
3.2 晾置	520	2 强酸性阳离子交换树脂	559
4 贴合与定位装配	520	2.1 聚苯乙烯型	559
5 固化反应	520	2.2 缩聚型	560
5.1 固化压力	520	3 弱酸性阳离子交换树脂	560
5.2 固化温度与时间	521	3.1 聚丙烯酸型	560
6 整修与后加工	523	3.2 缩聚型	560
7 检验	523	4 强碱性阴离子交换树脂	561
8 安全措施	523	4.1 聚苯乙烯型	561
第8章 不同材料的粘接	524	4.2 其他类型	561
1 金属的粘接	524	5 弱碱性阴离子交换树脂	562
1.1 铝及其合金	524	5.1 聚苯乙烯型	562
1.2 铍	524	5.2 其他类型	562
1.3 铜及其合金	524	6 螯合树脂	563
1.4 镉	524	7 其他特种树脂	564
1.5 金与银	524	7.1 两性树脂	564
1.6 铅与锡	524	7.2 热再生树脂	564
1.7 镁及其合金	525	7.3 氧化还原树脂	564
1.8 镍及其合金	525	7.4 离子交换膜	564
1.9 钢铁及不锈钢	525		

第3章 导电高分子	565	5.1 紫外光固化黏合剂	627
1 概述	565	5.2 UV 固化黏合剂	628
1.1 复合型导电高分子材料	565	6 光致抗蚀剂	631
1.2 结构型导电高分子材料	567	6.1 类型	631
2 导电塑料	568	6.2 主要性能	631
2.1 复合型导电塑料	569	6.3 紫外光光致抗蚀剂	632
2.2 结构型导电塑料	570	6.4 光致抗蚀剂的新进展	636
2.3 导电塑料的应用	571	第5章 高分子功能膜	639
3 导电薄膜	571	1 概述	639
3.1 导电膜	571	1.1 分类	639
3.2 透明导电膜	572	1.2 膜材料	639
4 导电纤维	575	1.3 膜的制备	640
4.1 分类及制造	575	1.4 膜的表征	640
4.2 主要用途及性能	576	2 纤维素及其衍生物膜材料	641
5 导电涂料	577	2.1 再生纤维素 (RCE)	641
5.1 分类	577	2.2 醋酸纤维素 (CA) 和三醋酸 纤维素 (CTA)	642
5.2 应用	579	2.3 硝酸纤维素 (CN)	645
6 导电胶黏剂	579	2.4 其他纤维素衍生物	645
6.1 组成	580	3 聚砜类膜	645
6.2 种类及固化条件	580	3.1 双酚 A 型聚砜 (PSF)	645
6.3 应用	580	3.2 聚醚砜 (PES)	646
6.4 使用	580	3.3 非双酚 A 型聚芳砜 (PAS)	647
7 压电高分子	582	4 聚酰胺类膜	647
7.1 概述	582	4.1 脂肪族聚酰胺	647
7.2 分类	582	4.2 聚砜酰胺 (PSA)	648
7.3 制备工艺与实施方法	583	4.3 芳香族聚酰胺	648
7.4 压电高聚物的应用	583	5 聚烯烃类膜	648
8 高分子屏蔽材料	584	5.1 聚乙烯 (PE)	648
8.1 导电塑料	585	5.2 聚丙烯 (PP)	649
8.2 导电涂料	585	6 乙烯类聚合物膜	649
8.3 导电胶黏剂	586	6.1 聚丙烯腈 (PAN)	649
9 高分子阻尼材料	586	6.2 聚乙烯醇 (PVA)	650
9.1 阻尼性能的测定方法	586	6.3 聚氯乙烯 (PVC)	650
9.2 宽温域高性能阻尼材料	586	7 其他高分子功能膜材料	650
9.3 聚合物基阻尼复合材料	587	7.1 聚酰亚胺 (PI)	650
9.4 智能型阻尼材料	588	7.2 聚碳酸酯	651
9.5 阻尼材料的用途	589	7.3 聚二甲基硅氧烷 (PDMS)	652
第4章 感光高分子	590	7.4 聚苯并咪唑 (PBI)	653
1 概述	590	7.5 聚苯醚 (PPO)	653
1.1 光交联 (光聚合) 反应	590	7.6 氟化物类	654
1.2 光降解反应	590	第6章 医用高分子	656
2 光固化材料	591	1 概述	656
2.1 光引发剂	591	1.1 分类	656
2.2 活性稀释剂	597	1.2 条件	656
2.3 低聚物	600	1.3 应用	659
3 光固化涂料	606	2 生物惰性高分子材料	659
3.1 基本组分及其选择	606	2.1 聚硅氧烷	659
3.2 紫外光固化木器涂料	607	2.2 聚氨酯	661
3.3 纸张上光油	609	2.3 聚乙烯	663
3.4 塑料涂料	610	2.4 聚丙烯	663
3.5 金属涂料	612	2.5 聚氯乙烯	664
3.6 光固化水性涂料	613	2.6 聚苯乙烯	665
3.7 光固化粉末涂料	614	2.7 聚四氟乙烯	665
3.8 其他 UV 涂料	616	2.8 聚丙烯酰胺	666
4 光固化油墨	618	2.9 聚丙烯腈	666
4.1 基本组成和选择	618	2.10 聚乙烯醇	667
4.2 油墨的应用	621	2.11 聚乙烯吡咯烷酮	667
4.3 UV 丝印油墨	625	2.12 聚酯	668
5 UV 固化黏合剂	627		

2.13 聚丙烯酸酯	669	6.9 芳香族聚酰胺 (Kevlar 和 Nomex)	706
2.14 聚醚	671	6.10 Kapont 聚酰亚胺	706
3 合成生物降解高分子材料	673	6.11 聚苯硫醚	706
3.1 聚乙醇酸	674	6.12 增强树脂基复合材料	707
3.2 聚乳酸	674	第 8 章 高分子吸附剂和吸水性聚合物	708
3.3 聚己内酯	676	1 概述	708
3.4 聚 β -羟基丁酸酯	677	1.1 吸附剂分类	708
3.5 聚对二氧六环酮	677	1.2 形态结构与吸附性能之间的关系	709
3.6 聚碳酸酯	678	1.3 影响高分子吸附剂的外界因素	709
3.7 聚原酸酯	678	1.4 高分子吸附剂的吸附选择性	710
3.8 聚磷酸酯	679	2 吸附分离高分子材料的合成技术	710
3.9 聚磷腈	679	2.1 成球技术	710
3.10 聚酸酐	680	2.2 致孔技术	711
3.11 聚氨基酸	681	2.3 中性高分子吸附剂的合成	712
3.12 脂肪族双组分聚酯	682	2.4 极性高分子吸附剂的合成	713
3.13 聚醋酸乙烯酯	682	3 离子型吸附树脂	713
4 天然生物降解高分子	683	4 高分子螯合剂	713
4.1 胶原	683	4.1 分类	713
4.2 明胶	684	4.2 用途	714
4.3 纤维蛋白原和纤维蛋白	685	5 免疫吸附剂	715
4.4 甲壳质和壳聚糖	686	5.1 免疫吸附剂	715
4.5 透明质酸	687	5.2 仿生吸附剂	715
4.6 纤维素	689	6 高吸水性高分子	715
4.7 海藻酸盐	692	6.1 分类	716
4.8 淀粉	693	6.2 制备方法	716
4.9 白蛋白	693	第 9 章 含能高分子	718
第 7 章 声功能高分子	694	1 高分子发射药	718
1 概述	694	1.1 发射药分类	718
1.1 吸声高分子	694	1.2 制造工艺	718
1.2 隔声高分子	696	1.3 发射药配方	718
1.3 声纳高分子	697	1.4 单基发射药	719
1.4 抗声纳高分子	697	1.5 双基发射药	720
1.5 声学器材用高分子	698	1.6 三基 (多基) 发射药	721
2 吸声高分子	698	2 高分子炸药	722
2.1 聚氨酯	698	2.1 炸药分类	722
2.2 聚氯乙烯泡沫塑料	700	2.2 炸药生产工艺	722
2.3 脲醛泡沫	701	2.3 高分子炸药配方	726
2.4 酚醛泡沫	701	3 高分子固体推进剂	726
2.5 聚苯乙烯泡沫	702	3.1 推进剂分类	726
2.6 其他橡胶	702	3.2 推进剂组成	726
3 隔声高分子	702	第 10 章 环境敏感高分子	728
3.1 空心玻璃微珠填充的泡沫 复合材料	702	1 概述	728
3.2 实心填料填充的聚合物复合材料	703	2 智能凝胶	728
4 声纳高分子	703	2.1 分类	728
4.1 透声高分子	703	2.2 特性	728
4.2 反声高分子	704	2.3 种类	729
5 抗声纳高分子	705	3 其他环境敏感高分子材料	731
5.1 橡胶	705	3.1 温度响应高分子	731
5.2 聚氨酯	705	3.2 刺激响应高分子水溶液	731
6 声学器材用高分子	705	3.3 载体表面的刺激响应高分子	731
6.1 聚丙烯	705	3.4 刺激响应高聚物膜	732
6.2 聚氯乙烯	706	4 应用	732
6.3 聚苯乙烯	706	4.1 药物释放系统	732
6.4 聚丙烯酸酯	706	4.2 化学分离和化学阀	732
6.5 聚酯	706	参考文献	734
6.6 聚芳酯	706	第 7 篇 皮革材料	735
6.7 液晶聚合物	706	第 1 章 制革基础	737
6.8 聚碳酸酯	706	1 概述	737

2 原料皮	737	2.6 美化猪皮革	795
2.1 皮层组织结构	737	2.7 底革	796
2.2 化学组成	740	3 工艺举例	796
2.3 常用原料皮	746	3.1 湿加工工艺	796
2.4 防腐和保存	747	3.2 整饰工艺	817
2.5 原料皮缺陷	748	4 工艺材料	823
3 鞣前准备	748	第4章 羊皮革	826
3.1 组批浸水	748	1 原料皮	826
3.2 脱脂	750	1.1 山羊板皮	826
3.3 脱毛浸灰	750	1.2 绵羊板皮	826
3.4 脱灰、酶软化	752	2 羊皮革工艺	826
3.5 浸酸和去酸	752	2.1 制革技术	826
3.6 鞣前机械处理	753	2.2 山羊服装革	827
4 鞣制	753	2.3 山羊鞋面革	830
4.1 铬鞣	753	2.4 绵羊服装革	833
4.2 植物鞣	755	2.5 涂饰新技术	833
5 鞣后湿操作	756	3 工艺举例	833
5.1 湿操作的准备	756	3.1 湿加工工艺	833
5.2 复鞣	756	3.2 整饰工艺	852
5.3 染色	758	3.3 效应涂饰	857
5.4 乳液加油	759	3.4 工艺材料	861
6 干燥与涂饰	760	第5章 毛革皮	864
6.1 燥前准备	760	1 概述	864
6.2 干燥	760	1.1 毛革分类	864
6.3 涂饰方法	760	1.2 毛革产品基本要求	864
6.4 成膜剂特性	761	1.3 毛革特点	864
6.5 影响涂饰的因素	762	2 原料皮	864
6.6 松面革干填充	762	2.1 绵羊皮	864
第2章 牛皮革	764	2.2 羔皮、猾皮	865
1 原料皮	764	2.3 兔皮	865
1.1 黄牛皮	764	2.4 狗皮	865
1.2 水牛皮	764	2.5 猫皮	865
1.3 牦牛皮	765	2.6 水貂皮	865
2 牛鞋面革	765	2.7 其他皮	865
2.1 黄牛鞋面革	765	3 毛革生产技术	865
2.2 牦牛鞋面革	774	3.1 毛被与皮板的差异	865
3 家具用牛革	777	3.2 原料皮的选择	865
3.1 全粒面沙发革	777	3.3 准备工段	866
3.2 修面沙发革	781	3.4 鞣制及复鞣工段	867
4 牛二层贴膜革(移膜革)	783	3.5 染色工段	868
4.1 皮坯加工	783	3.6 涂饰工段	869
4.2 干法PU贴膜革	785	4 毛革工艺实例	871
4.3 湿法贴膜革	786	4.1 绵羊毛革工艺(科莱恩公司)	871
第3章 猪皮革	787	4.2 服装绒面毛革工艺[德国波美 (Böhme)公司]	872
1 原料皮	787	4.3 绵羊服装毛革工艺[以德瑞(TFL) 公司的皮化材料为主]	873
1.1 观感质量	787	4.4 细毛绵羊毛革工艺(美国劳恩斯坦公司)	874
1.2 组织结构特征	787	4.5 绵羊毛革工艺(德国BASF公司)	875
2 猪皮革工艺	787	4.6 家兔皮毛革工艺	875
2.1 技术关键	787	4.7 狗皮光面毛革工艺	876
2.2 正面服装革	789	参考文献	877
2.3 绒面服装革	791		
2.4 软面革	793		
2.5 二层革	794		

第 4 篇

橡 胶 工 程

■ 主 编 谢邦互

■ 编 写 谢邦互 龚 关 钟杰平 余和平
李思东 李忠明 许向彬 权 慧
尹 波 廖永霞 于润泽 杨 伟
单桂芳 张卫勤 杨 其

第1章 天然橡胶

1 生物合成、结构与组成

1.1 生物合成

天然橡胶是在天然橡胶树体内通过生物合成得到的。科研人员已经阐明了巴西橡胶、银菊胶等的生物合成机制，并能在试验室合成少量的天然橡胶。天然橡胶的生物合成以糖为原料，糖的代谢产物乙酸、乙醛、丙酮酸等在生物酶的作用下，生成甲羟戊酸，进一步转变为活性异戊二烯焦磷酸。

巴西橡胶树的干、根、叶、果中都有乳管，在树干皮层中最多，所以割胶就从树干上割。在距地面约 80 cm 的树干上用锋利的割胶刀按一定倾角割破皮层，将乳管切断，靠乳管的内膨压使胶乳从乳管中流出，排胶 1~2 h 后，内膨压下降，胶乳流量变小并逐渐滞留在割口上，因水分蒸发及凝固酶的作用，胶乳自动凝固在割口上形成一条胶线封住割口。一般在日出时分割胶，隔日或隔两日割一次。目前普遍采用化学刺激剂乙烯利提高橡胶的产量和效率，一般隔三日割一次。

1.2 分子结构

1826 年法国科学家 Farady 首次提出了天然橡胶的经验式为 C_5H_8 。天然橡胶烃为聚异戊二烯，是由异戊二烯链节按顺式-1, 4-加成方式连接起来的线型结构。天然橡胶的顺、反结构如图 4.1-1 所示。

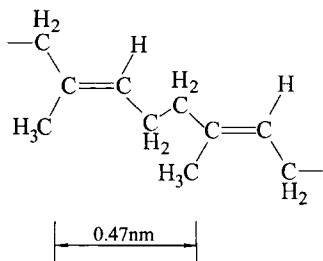
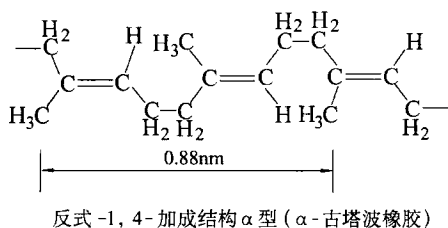
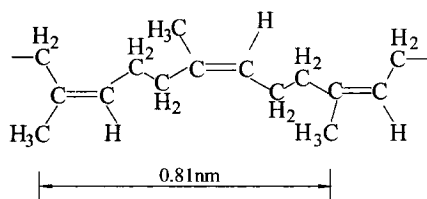


图 4.1-1 天然橡胶顺、反-1, 4-加成结构

天然橡胶在常温下是无定形的高弹性体，但在较低的温度下或应变条件下可以产生结晶。正因为如此，天然橡胶是一种自补强橡胶，也就是说不需加补强剂自身就有较高的强度。巴西橡胶烃中 97% 以上为顺式-1, 4-结构，没有 1, 2-加成结构。顺式-1, 4-加成结构的结晶温度为 -28°C ，结晶天然橡胶的密度为 1.00 g/cm^3 。

杜仲胶是反式聚异戊二烯，在常温下就有较高的结晶度，例如 40°C 下有 40% 的结晶度，所以室温下是硬的非弹性体。按现在的观点应该称它为树脂，但传统上称它为橡胶。这种反式的结晶有两种，一种是 α 型，另一种为 β 型，反式-1, 4-加成结构的 α 和 β 的熔融结晶温度分别为 56°C 和 65°C 。

天然橡胶的分子式可表示为 $(C_5H_8)_n$ ， n 值约 10 000 左右。天然橡胶的相对分子质量分布很宽，介于 3 万~3 000 万之间，相对分子质量分布指数 ($\frac{\overline{M}_w}{\overline{M}_n}$) 在 2.8~10 之间。

国产实生树所产橡胶的 $\overline{M}_w$ 为 183 万， $\overline{M}_n$ 为 26.7 万，相对分子质量分布指数 7；国产无性系橡胶的 $\overline{M}_w$ 为 164 万， $\overline{M}_n$ 为 21.6 万，相对分子质量分布指数 7.59。天然橡胶的相对分子质量分布呈双峰状。低相对分子质量的橡胶具有良好的操作性能，而高相对分子质量的橡胶具有优异的物理性能，因此对于双峰分布并且两峰高度几乎相等的橡胶，兼有良好的操作性能和应用性能。

天然橡胶中有 10%~70% 的凝胶不能被溶剂溶解，凝胶是由于交联引起的，凝胶中含有松散凝胶及紧密凝胶。凝胶含量受树种、产地、季节、溶剂等因素的影响。橡胶溶解达到平衡的时间大约需半个月。凝胶中含氮比较多，其中可溶部分的含氮量为 0.05%，不溶的凝胶部分含氮为 2.57%。塑炼后松散凝胶被破坏，变成可以溶解的，但仍有约 120 nm 的紧密凝胶粒子不能溶解，而能分散在可溶性橡胶相中。

天然橡胶分子链上有醛基。Sekhar 等认为每条大分子链上平均有 9~35 个醛基，Subramanian 则计算出每一个橡胶分子链上只有一个醛基。天然橡胶在制胶过程和储存期间，由于醛基发生缩合或与蛋白质分解产物发生反应形成支化、交联结构，使天然橡胶黏度增加，在高温和低湿的条件下更为显著。也有人推断天然橡胶大分子链上还有环氧基团，环氧基也比较活泼，可以引起交联反应。天然橡胶这种特有的现象叫做储存硬化。天然橡胶的储存硬化严重影响其使用性能和质量。根据醛基理论，在制胶生产中向胶乳中加入胺类化合物，可以控制巴西橡胶的黏度，从而制成恒黏 (CV) 橡胶和低黏 (LV) 橡胶。一些胺类化合物对巴西橡胶储存硬化的影响见表 4.1-1。

1.3 胶乳的组分

在天然橡胶的胶乳中，除去占绝大部分的水和橡胶烃外，还有许多的无机物和有机物，称之为非橡胶组分，主要为蛋白质、类酯物、无机盐、白坚木皮醇等。新鲜胶乳和氨水保存胶乳中非橡胶组分见表 4.1-2 和表 4.1-3。考虑到浓缩胶乳中的非橡胶成分对其工艺性能、化学改性，以及制品的生物安全性、耐老化性能等有很大影响，因此，表中列出了非橡胶成分的较详细组成。

表 4.1-1 一些胺类化合物对巴西橡胶储存硬化的影响

处理 (用量是胶乳质量的 0.5%)	门尼黏度 (小转子)	
	储存前	加速储存后
对照	38	83
二元胺		
对苯二胺	72	88
联苯胺	70	85
己二胺	50	84
一元胺		
乙醇胺	40	44
环己胺	40	45
羟胺	38	39
氨基脲	38	40

表 4.1-2 新鲜天然胶乳组成 %

组分	含量
水分	52.3 ~ 60.0
总固体形物	36.0
橡胶烃	33.9 ~ 37.3
蛋白质	2.0 ~ 2.7
树脂	1.65 ~ 3.4
糖类	1.5 ~ 4.2
灰分	0.2 ~ 0.7

表 4.1-3 氨水保存浓缩天然胶乳的非橡胶组分 %

项目	组分及含量
橡胶相	蛋白质 0.36
	类酯物 (蜡和脂肪 0.17、磷脂、固醇和固醇酯)
	高级脂肪酸 0.36
	含氮碱
	金属
	类胡萝卜素
乳清	胆碱 0.06
	白坚木皮醇
	游离磷酸盐 0.01
	甘油磷酸盐 0.4
	脂肪酸 (高级脂肪酸和挥发性脂肪酸) 0.4
	含氮碱 0.04
	其他有机酸 (柠檬酸、苹果酸、丙二酸、琥珀酸、丁烯二酸等)
	蛋白质 (碱性蛋白质、球蛋白等) 0.25
	游离氨基酸 0.14 (如丙氨酸、精氨酸、组氨酸、酪氨酸、胱氨酸等)
	多肽金属
淤渣	磷酸镁铵
	固醇苷

注：普通氨水保存天然胶乳（氨含量 0.7%）。

1.4 天然胶乳的指标

1) 颜色 从天然橡胶树上流出的胶乳一般呈乳白色，

也有呈灰、黄、紫色的，甚至呈红色的。

2) 相对密度 胶乳的相对密度取决于橡胶烃含量的多少，由于纯橡胶的相对密度为 0.91，因此，胶乳中橡胶含量越高，其相对密度越低。通常胶乳的相对密度范围在 0.92 ~ 0.98 之间。

3) pH 值 新鲜胶乳呈微酸性，pH 值介于 6.1 ~ 6.3 之间。

4) 黏度 胶乳的黏度随橡胶烃含量的增加而增大，当橡胶烃含量较低时对黏度的影响不大。一般橡胶烃含量为 35% 时，黏度为 4 ~ 15 mPa·s；当橡胶烃含量升高到 60% 时，黏度升高至 30 ~ 120 mPa·s。

2 天然橡胶的性能

天然橡胶的性能包括物理性能、化学性能和力学性能等。

2.1 物理力学性能

1) 天然橡胶的物理常数

密度	0.913 g/cm ³
折射率 (20℃)	1.52
内聚能密度	266.2 MJ/m ³
燃烧热	44.8 kJ/kg
体积膨胀系数	6.6 × 10 ⁻⁴ /K
热导率	0.134 W/ (m·K)
相对介电常数	2.37
体积电阻率	10 ¹⁵ ~ 10 ¹⁷ Ω·cm
介电强度	20 ~ 40 MV/m
比热容	1.88 ~ 2.09 kJ/ (kg·K)

2) 天然橡胶的热行为 天然橡胶生胶没有一定的熔点，在常温下稍带塑性，温度降低则逐渐变硬，弹性下降，冷冻的天然橡胶，经过加热到常温后可以恢复原状；生胶的玻璃化温度 (T_g) 为 -72℃，黏流温度 130℃；在空气中超过 130℃ 时天然橡胶容易发生氧化，开始分解温度 200℃，到 270℃ 时急剧分解。当天然橡胶被硫化使线型大分子变成立体网状大分子时，不再会发生黏流，随硫化程度的增加其 T_g 上升。

3) 天然橡胶的弹性 天然橡胶生胶及交联密度不太高的硫化胶具有很好的弹性，天然橡胶的弹性在通用胶中仅次于顺丁橡胶。天然橡胶良好的弹性是由于天然橡胶大分子本身有较高的柔性。例如在 0 ~ 100℃ 范围内回弹性在 50% ~ 85% 之间，弹性模量为 2 ~ 4 MPa，扯断伸长率最大可达到 1 000%；在 350% 范围内伸缩时，其永久伸长变化见表 4.1-4。

表 4.1-4 天然橡胶生胶的伸长率与变形的关系

原始伸长/%	室温伸长后 放松 10 天测 定变形/%	再加热至 100℃ 经 1 h 冷却后测定 的回缩率/%	永久伸长变形/%
50	7.5	0	7.5
100	20.0	2.5	17.5
150	27.5	7.5	20.0
200	40.0	12.5	27.5
250	55.0	25.0	30.0
350	125.0	72.5	52.5

4) 天然橡胶的强度 在弹性材料中，天然橡胶的生胶、混炼胶、硫化胶的强度都比较高。未硫化橡胶的抗拉强度称为格林强度。适当的格林强度对于橡胶加工成形是必要的。