



教育部 高职高专规划教材

橡胶材料与配方

● 聂恒凯 主编



化学工业出版社
教材出版中心

Chemical Industry Press

教育部高职高专规划教材

橡胶材料与配方

聂恒凯 主编



化学工业出版社
教材出版中心

·北京·

(京)新登字 039 号

图书在版编目(CIP)数据

橡胶材料与配方/聂恒凯主编. —北京: 化学工业出版社, 2004. 6

(教育部高职高专规划教材)

ISBN 7-5025-5714-8

I. 橡… II. 聂… III. ①橡胶加工-原料-高等学校: 技术学校-教材②橡胶制品-配方-高等学校: 技术学校-教材 IV. TQ330

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2004) 第 058245 号

教育部高职高专规划教材

橡胶材料与配方

聂恒凯 主编

责任编辑: 于 卉

文字编辑: 徐雪华

责任校对: 凌亚男

封面设计: 郑小红

*

化学工业出版社 出版发行
教材出版中心

(北京市朝阳区惠新里 3 号 邮政编码 100029)

发行电话: (010) 64982530

<http://www.cip.com.cn>

*

新华书店北京发行所经销

北京永鑫印刷有限责任公司印刷

三河市东柳装订厂装订

开本 787mm×1092mm 1/16 印张 20 字数 482 千字

2004 年 7 月第 1 版 2004 年 7 月北京第 1 次印刷

ISBN 7-5025-5714-8/G·1484

定 价: 32.00 元

版权所有 违者必究

该书如有缺页、倒页、脱页者, 本社发行部负责退换

高职高专高分子材料加工专业规划教材 编审委员会

顾问 陶国良

主任委员 王荣成

副主任委员 陈滨楠 陈炳和 金万祥 冉新成

王慧桂 杨宗伟 周大农

委员 (按姓氏汉语拼音排序)

卜建新	蔡广新	陈健	陈改荣	陈华堂	陈庆文	丛后罗
戴伟民	邸九生	付建伟	高朝祥	郭建民	侯文顺	侯亚合
胡芳	孔萍	李光荣	李建钢	李跃文	刘巨源	刘青山
刘琼琼	刘少波	刘希春	罗成杰	罗承友	麻丽华	聂恒凯
潘文群	潘玉琴	庞思勤	戚亚光	桑永	王颖	王国志
王红春	王加龙	王玫瑰	王艳秋	王玉溪	王祖俊	翁国文
吴清鹤	肖由炜	谢晖	徐应林	薛叙明	严义章	杨印安
杨中文	张芳	张金兴	张晓黎	张岩梅	张裕玲	张治平
赵继永	郑家房	郑式光	周健	周四六	朱雯	朱卫华
朱信明	邹一明					

出版说明

高职高专教材建设工作是整个高职高专教学工作中的重要组成部分。改革开放以来，在各级教育行政部门、有关学校和出版社的共同努力下，各地先后出版了一些高职高专教育教材。但从整体上看，具有高职高专教育特色的教材极其匮乏，不少院校尚在借用本科或中专教材，教材建设落后于高职高专教育的发展需要。为此，1999年教育部组织制定了《高职高专教育专门课课程基本要求》（以下简称《基本要求》）和《高职高专教育专业人才培养目标及规格》（以下简称《培养规格》），通过推荐、招标及遴选，组织了一批学术水平高、教学经验丰富、实践能力强的教师，成立了“教育部高职高专规划教材”编写队伍，并在有关出版社的积极配合下，推出一批“教育部高职高专规划教材”。

“教育部高职高专规划教材”计划出版500种，用5年左右时间完成。这500种教材中，专门课（专业基础课、专业理论与专业能力课）教材将占很高的比例。专门课教材建设在很大程度上影响着高职高专教学质量。专门课教材是按照《培养规格》的要求，在对有关专业的人才培养模式和教学内容体系改革进行充分调查研究和论证的基础上，充分吸取高职、高专和成人高等学校在探索培养技术应用性专门人才方面取得的成功经验和教学成果编写而成的。这套教材充分体现了高等职业教育的应用特性和能力本位，调整了新世纪人才必须具备的文化基础和技术基础，突出了人才的创新素质和创新能力的培养。在有关课程开发委员会组织下，专门课教材建设得到了举办高职高专教育的广大院校的积极支持。我们计划先用2~3年的时间，在继承原有高职高专和成人高等学校教材建设成果的基础上，充分汲取近几年来各类学校在探索培养技术应用性专门人才方面取得的成功经验，解决新形势下高职高专教育教材的有无问题；然后再用2~3年的时间，在《新世纪高职高专教育人才培养模式和教学内容体系改革与建设项目计划》立项研究的基础上，通过研究、改革和建设，推出一大批教育部高职高专规划教材，从而形成优化配套的高职高专教育教材体系。

本套教材适用于各级各类举办高职高专教育的院校使用。希望各用书学校积极选用这批经过系统论证、严格审查、正式出版的规划教材，并组织本校教师以对事业的责任感对教材教学开展研究工作，不断推动规划教材建设工作的发展与提高。

教育部高等教育司

2001年4月3日

前 言

本书是教育部高职高专规划教材，是按照教育部对高职高专人才培养指导思想，在广泛汲取近几年高职高专人才培养经验基础上，根据 2003 年所制订的《橡胶材料与配方》编写大纲编写而成的。

本书共两篇十一章，上篇主要介绍橡胶原材料。下篇主要介绍橡胶配方原理、配方设计的方法以及特种橡胶的配方设计。

根据高职高专高分子材料类橡胶专业的培养目标，本书在编写上力求做到从实际出发，以提高学生动手能力为主，能够反映现代橡胶工业的发展水平和发展方向，内容安排上力求体现高职教育的特色，以实用和够用为目的。章前有学习目的与要求，章后有一定数量的思考题，希望通过本课程的学习，学生既能够掌握橡胶原材料和橡胶的配方设计的基本概念、基本理论，又能够提高分析问题和解决问题的能力。

本书绪论、第一章、第六章、第十一章由徐州工业职业技术学院聂恒凯编写，第三章、第四章、第五章由四川化工职业技术学院罗成杰编写，第七章、第八章、第十章、附录由徐州工业职业技术学院丛后罗编写，第二章、第九章由徐州工业职业技术学院侯亚合编写。全书由聂恒凯主编，徐州工业职业技术学院朱信明主审。

参加审稿的还有四川化工职业技术学院的杨宗伟、徐州工业职业技术学院的翁国文、常州工程职业技术学院的潘文群等，在此致以深深的谢意。

由于编者水平有限，因此本书可能会存在一定的缺点和错误，恳请使用本书的师生和读者给予批评指正。

编 者
2004 年 3 月

内 容 提 要

全书分为两篇共十一章，上篇共七章，主要介绍橡胶制品生产的各种原材料；下篇共四章主要介绍橡胶制品的配方设计。第一章生胶的主要品种、生胶的结构、生胶的物理力学性能及其应用，再生胶的再生机理、生产方法及其应用；第二章硫化体系中硫化剂的主要品种、使用性能和使用方法，促进剂的分类、主要品种、结构、性能特点和使用方法，防焦剂的使用方法及其特点；第三章橡胶的老化、防老剂的主要品种及应用、各种橡胶老化的防护方法。第四章橡胶填充补强剂的结构、性能及其使用方法。第五章橡胶软化增塑剂的分类、性能特点以及它们的使用方法。第六章橡胶制品可能涉及的其他助剂。第七章橡胶制品的骨架材料的基本特点和应用。第八章橡胶配方设计的基本概念。第九章配方设计的基本原理和配方成本核算的方法。第十章橡胶配方设计的试验设计方法。第十一章常用特种橡胶配方设计的方法。

本书理论联系实际，深入浅出、图文并茂，结合了目前橡胶工业的发展趋势，填补了以往教材中特种橡胶材料和加工方面内容较少的不足，有一定的实用价值。

本书可作高职高专学院高分子材料类橡胶制品专业的教材，也可作为中等职业学校高分子类专业的教材，并可供橡胶制品厂工程技术人员和研究人员参考。

目 录

绪论	1
一、橡胶工业在国民经济中的作用	1
二、橡胶工业的发展简史	1
三、橡胶原材料	2
四、本课程的学习方法	2

上篇 橡胶原材料

第一章 生胶	7
第一节 概述	7
一、橡胶的基本特点	7
二、橡胶的分类方法	8
第二节 天然橡胶	9
一、天然橡胶的来源和采集	10
二、天然胶乳的组成	11
三、固体天然橡胶的品种、制法及分级	11
四、天然橡胶的成分	13
五、天然橡胶的结构、性能及应用	14
第三节 异戊橡胶	16
一、概述	16
二、异戊橡胶的结构与性能	16
第四节 丁苯橡胶	17
一、概述	17
二、丁苯橡胶的分类	17
三、丁苯橡胶的结构与性能	18
第五节 顺丁橡胶	20
一、品种类型	20
二、顺丁橡胶的结构特点	21
三、顺丁橡胶的性能	21
四、应用	22
第六节 氯丁橡胶	22
一、氯丁橡胶的结构	22
二、氯丁橡胶的分类	22
三、氯丁橡胶的结构特点	23

四、氯丁橡胶的性质、性能	23
第七节 丁腈橡胶	26
一、丁腈橡胶的分类品种	26
二、丁腈橡胶的结构特点	26
三、丁腈橡胶的性质、性能与应用	27
第八节 丁基橡胶	29
一、概述	29
二、丁基橡胶的分类品种	29
三、丁基橡胶的结构、性能及应用	29
第九节 乙丙橡胶	31
一、概述	31
二、乙丙橡胶的品种与分类	32
三、乙丙橡胶的结构与性能	33
第十节 硅橡胶	34
一、硅橡胶的发展与分类	34
二、热硫化型硅橡胶主要品种	35
三、硅橡胶的性能及应用	37
第十一节 氟橡胶	38
一、氟橡胶的主要品种与结构特点	38
二、氟橡胶的性能	39
第十二节 聚氨酯橡胶	42
一、聚氨酯橡胶的组成	42
二、聚氨酯橡胶的分类	43
三、聚氨酯橡胶的结构	43
四、聚氨酯橡胶的性能	43
第十三节 氯醚橡胶	44
一、氯醚橡胶的结构	44
二、氯醚橡胶的性能	45
第十四节 聚硫橡胶	46
一、聚硫橡胶的结构	46
二、固体聚硫橡胶的性能	47
三、聚硫橡胶的应用	47
第十五节 氯磺化聚乙烯橡胶	47
一、氯磺化聚乙烯的性能	47
二、氯磺化聚乙烯的应用	48
第十六节 丙烯酸酯橡胶	48
一、组成和品种	49
二、丙烯酸酯橡胶的特性	51
三、丙烯酸酯橡胶的应用	52
第十七节 胶粉和再生胶	53

一、胶粉	53
二、再生胶	54
思考题	56
第二章 橡胶的硫化体系	58
第一节 概述	58
一、硫化的基本概念	58
二、橡胶的硫化历程	61
三、硫化胶交联结构与性能的关系	64
第二节 橡胶的硫化剂	66
一、硫、硒、碲	66
二、含硫化合物	71
三、过氧化物	72
四、醌类和马来酰亚胺	73
五、树脂类化合物	73
六、金属氧化物	73
七、有机胺类硫化剂	74
八、异氰酸酯	74
九、甲基丙烯酸酯	75
第三节 硫化促进剂	75
一、硫化促进剂的分类	75
二、各类硫化促进剂的结构、性能特点、典型品种及其应用	76
第四节 硫化活性剂	81
一、无机活性剂	82
二、有机活性剂	84
三、硫黄-促进剂-活性剂硫化机理	84
第五节 防焦剂	85
一、概述	85
二、防焦剂的主要品种	85
思考题	86
第三章 橡胶的防护体系	87
第一节 概述	87
一、橡胶的老化	87
二、橡胶老化的原因	87
三、橡胶老化的防护方法	88
第二节 橡胶的热氧老化及防护	88
一、橡胶的热氧老化	88
二、橡胶热氧老化的防老剂及其防护效能	94
三、热氧防老剂的并用与协同效应	97
第三节 橡胶的臭氧老化及其防护方法	100
一、橡胶的臭氧老化	100

二、影响橡胶臭氧老化的因素	102
三、橡胶臭氧老化的防护	105
第四节 橡胶的疲劳老化及防护	107
一、橡胶的疲劳老化机理	107
二、疲劳老化的防护	108
思考题	110
第四章 橡胶补强填充体系	111
第一节 炭黑的结构、常用品种的性能与应用	111
一、炭黑的发展介绍	111
二、炭黑的分类与命名	112
三、炭黑的结构与性质	112
四、炭黑补强机理	115
五、各种炭黑的性能与应用	117
六、炭黑的选用原则	121
第二节 白炭黑的性能与应用	122
一、白炭黑的分类与命名	122
二、白炭黑的性质	124
三、白炭黑的主要品种及其应用	124
第三节 其他填充剂	127
一、无机填充剂	127
二、有机类及碳素填充剂	131
第四节 结合橡胶	132
一、结合橡胶的概念与测定方法	132
二、影响结合橡胶的因素	132
第五节 填料的性质对橡胶加工性能的影响	135
一、填料的性质对混炼的影响	135
二、填料性质对压延和压出的影响	138
三、填料的性质对硫化的影响	140
第六节 偶联剂	141
一、硅烷类偶联剂	142
二、钛酸酯类偶联剂	143
第七节 填料的使用	143
一、填料的使用原则	143
二、填料的常规质量检测	144
思考题	145
第五章 橡胶的软化增塑体系	146
第一节 橡胶软化增塑剂的分类	146
一、增塑剂的基本概念	146
二、增塑剂的分类方法	146
第二节 橡胶的增塑原理	147

一、橡胶与增塑剂的相容性·····	147
二、增塑剂的增塑机理·····	148
第三节 石油系软化剂·····	149
一、链烷烃油（石蜡油）·····	149
二、芳香烃油·····	150
三、环烷烃油·····	150
四、机械油·····	151
五、变压器油·····	151
六、工业凡士林·····	151
七、三线油·····	152
八、石油沥青·····	152
第四节 煤焦油系列增塑剂·····	152
一、煤焦油·····	152
二、固体古马隆·····	153
三、液体古马隆·····	153
第五节 松油系列增塑剂·····	154
一、松焦油·····	154
二、松香·····	154
三、歧化松香·····	155
四、精制妥尔油（氧化松浆油）·····	155
第六节 脂肪油系列增塑剂·····	155
一、黑油膏·····	155
二、白油膏·····	155
三、甘油·····	156
四、蓖麻油·····	156
第七节 合成酯类增塑剂·····	156
一、邻苯二甲酸二酯类·····	156
二、脂肪二元酸酯类·····	157
三、磷酸酯类·····	158
第八节 橡胶塑解剂·····	158
一、2-萘硫酚·····	159
二、二甲苯基硫酚·····	159
三、五氯硫酚·····	159
思考题·····	159
第六章 其他助剂 ·····	160
第一节 着色剂·····	160
一、概述·····	160
二、无机着色剂·····	162
三、有机着色剂·····	165
第二节 发泡剂和发泡助剂·····	166

一、无机发泡剂·····	167
二、有机发泡剂·····	167
三、发泡助剂·····	169
第三节 抗静电剂·····	170
第四节 阻燃剂·····	171
一、阻燃剂的定义和分类·····	171
二、阻燃剂的作用机理·····	171
三、阻燃剂的主要品种与应用·····	172
思考题·····	173
第七章 橡胶的骨架材料 ·····	174
第一节 纤维材料·····	174
一、纤维的分类、品种及性能·····	174
二、常用纺织材料的种类、规格表示及应用·····	177
第二节 金属材料·····	180
一、钢丝帘线·····	180
二、钢丝与钢丝绳·····	181
思考题·····	182

下篇 橡胶配方设计

第八章 橡胶配方设计的基本概念及配方鉴定方法 ·····	185
第一节 橡胶配方设计的内容和要求·····	186
第二节 橡胶配方设计的原则与程序·····	186
一、配方设计的原则·····	186
二、配方设计的程序·····	187
第三节 橡胶配方的组成及表示方法·····	191
思考题·····	193
第九章 橡胶配方设计原理 ·····	194
第一节 配方设计与硫化橡胶物理性能的关系·····	194
一、拉伸强度·····	194
二、撕裂强度·····	197
三、定伸应力和硬度·····	199
四、耐磨耗性·····	200
五、疲劳与疲劳破坏·····	206
六、弹性·····	211
七、扯断伸长率·····	213
第二节 配方设计与胶料工艺性能的关系·····	213
一、生胶和胶料的黏度·····	213
二、压出·····	215
三、压延·····	217
四、焦烧性·····	218

五、抗返原性	220
六、包辊性	221
七、自黏性	222
八、喷霜	224
九、注压	224
第三节 配方设计与产品成本的关系	226
一、密度与配合单价的计算	226
二、低成本配方设计	227
思考题	229
第十章 橡胶配方设计的试验设计方法	230
第一节 单因素配方设计	230
一、黄金分割法	231
二、平分法(对分法)	232
三、分批试验法	233
第二节 多因素配方设计	236
一、正交表的概念	237
二、正交表的使用	238
思考题	242
第十一章 特种橡胶配方设计和功能橡胶配方设计	244
第一节 耐热橡胶	244
一、橡胶品种的选择	244
二、硫化体系	246
三、防护体系	246
四、填充体系	247
五、软化剂的影响	247
第二节 耐寒橡胶	248
一、橡胶品种的选择	248
二、耐寒橡胶的软化体系	249
三、硫化体系的选择	249
四、填充体系的选择	251
第三节 耐油橡胶	251
一、橡胶品种的选择	252
二、硫化体系的选择	252
三、填充体系和增塑剂	253
四、防护体系的选择	254
第四节 耐腐蚀橡胶	254
一、橡胶品种的选择	254
二、硫化体系	255
三、填充体系	256
四、增塑体系	256

第五节 导电橡胶	256
一、导电原理和导电填料	257
二、橡胶的选择	258
三、导电填料的选择	259
四、硫化体系的影响	259
第六节 电绝缘橡胶	260
一、橡胶的选择	260
二、硫化体系的影响	261
三、填充体系的影响	262
四、软化剂、增塑剂的选择	262
五、防护体系的选择	263
第七节 减震橡胶	263
一、橡胶的选择	264
二、硫化体系的选择	264
三、填充体系的选择	265
四、增塑剂的选择	265
第八节 磁性橡胶	266
一、磁性材料	266
二、磁性橡胶的配方设计	267
第九节 海绵橡胶	267
一、橡胶的选择	268
二、发泡剂、发泡助剂的选择	268
三、硫化体系的选择	269
四、填充体系的选择	269
五、软化剂的选择	270
六、防护体系的选择	270
七、其他配合体系的影响	270
第十节 阻燃橡胶	271
一、主体材料的选择	272
二、阻燃剂及其阻燃作用	272
三、其他配合剂的影响	274
第十一节 吸水膨胀橡胶	275
一、橡胶的选择	275
二、吸水树脂	275
三、硫化体系	276
四、其他配合体系	276
第十二节 透明橡胶	276
一、橡胶的选择	277
二、填料选择	277
三、硫化体系的选择	278

四、防老剂的选择	279
五、其他助剂的选择	279
第十三节 医用橡胶	279
一、橡胶的选择	280
二、其他配合体系	280
第十四节 低透气和真空橡胶	281
一、低透气性橡胶	281
二、真空橡胶	282
思考题	283
附录	284
参考文献	300

绪 论

一、橡胶工业在国民经济中的作用

橡胶工业是国民经济的重要组成部分，据中国橡胶工业协会 325 家会员单位统计，2001 年工业总产值 445.75 亿元，比上年增长 5.74%，销售收入 417.88 亿元，比上年增长 8.58%，利润总额 8.45 亿元。轮胎 2001 年 8377 万套，比上年下降 2.14%，其中子午胎 3007 万套，比上年增长 2.45%；自行车胎 2.1 亿条，比上年增 5.38%；输送带 4219 万平方米，比上年增长 13.97%；三角带 3.64 亿 A 米，比上年增长 4.3%；胶管 2700 万标米，比上年增长 22.7%；胶鞋 3.29 亿双，比上年增长 7.87%；炭黑 48.43 万吨，比上年增长 18.18%。

2002 年橡胶工业总产值 1048.17 亿元，比上年增长 17.54%；产品销售收入 944.9 亿元，比上年增长 15.23%。据中国橡胶工业协会统计，313 家会员企业 2002 年共完成销售收入 487.26 亿元，比上年增长 16.82%；工业增加值 183.74 亿元，比上年增长 16.57%；出口交货值 115.71 亿元，比上年增长 10.86%；实现利润 17.26 亿元。

2003 年中国橡胶工业发展速度创近几年的最高水平，根据国家统计局统计，2003 年规模以上企业完成工业总产值 1275.4 亿元，比上年增长 21.88%；实现销售收入 1208.5 亿元，增长 26.32%；上交利税 111.83 亿元，增长 28.31%。橡胶产品中，子午线轮胎增长最快达到 39.39%；其次是输送带增长 21.14%。

橡胶在交通运输、建筑、电子、航天、石油化工、军事、水利、机械、农业、医药及信息产业等都得到了广泛的应用。随着中国加入世界贸易组织，汽车工业飞速发展，2003 年汽车工业增长速度为 38.49%，预计 2004 年将增长 40% 以上。一辆汽车需要 240kg 橡胶制品，一艘万吨轮船需要 60~70t 橡胶，一架飞机需要 600kg 橡胶，一门高射炮需 86kg 橡胶。

近年来，橡胶工业新技术发展迅速，换代非常快，对橡胶制品要求越来越高，正向功能化方向发展。产品结构方面不断出现新的构思，轮胎朝着扁平化、小型化、无内胎化方向发展，胶管重点发展钢丝编织类，胶鞋要求美观、舒适、卫生。

二、橡胶工业的发展简史

11 世纪，南美人就已经发现和利用橡胶，用天然胶乳做成游戏的球、套鞋、盛水器皿或载人橡皮舟等。直到哥伦布于 1493~1496 年发现美洲大陆，在海地发现当地居民玩橡胶