

张殿荣 辛振祥 编著

现代橡胶 配方设计

第二版



化学工业出版社
材料科学与工程出版中心

现代橡胶配方设计

第二版

张殿荣 辛振祥 编著

化学工业出版社

材料科学与工程出版中心

·北京·

(京)新登字 039 号

图书在版编目 (CIP) 数据

现代橡胶配方设计/张殿荣, 辛振祥编著. —2 版.
北京: 化学工业出版社, 2001.9
ISBN 7-5025-3425-3

I. 现… II. ①张…②辛… III. 橡胶制品-配方-设计 IV. TQ330.6

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2001) 第 058149 号

现代橡胶配方设计

第二版

张殿荣 辛振祥 编著

责任编辑: 孟 嘉 张文虎

责任校对: 凌亚男

封面设计: 田彦文

*

化学工业出版社 出版发行
材料科学与工程出版中心

(北京市朝阳区惠新里 3 号 邮政编码 100029)

发行电话: (010)-64918013

http: //www.cip.com.cn

*

新华书店北京发行所经销

北京市云浩印刷厂印刷

三河市前程装订厂装订

开本 850×1168 毫米 1/32 印张 18 字数 485 千字
2001 年 10 月第 2 版 2001 年 10 月北京第 1 次印刷

ISBN 7-5025-3425-3/TQ·1415

定 价: 40.00 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

第一版前言

与塑料相比,橡胶材料中可以大量添加各种配合剂,可与各种材料相复合,从而制得性能各异的各种橡胶制品。橡胶用的配合剂多达上万种,其配合的种类可以说是无限的,像这种多样性、复杂性的技术,完全是通过橡胶配方设计来实现的,因此,有人将橡胶配方设计说成是一种艺术,这样的评价是有一定道理的。大概也正是由于橡胶配方设计的多样性和复杂性,致使配方技术尚未达到成熟的阶段,关于橡胶配方设计的专著也为数很少。

本书的编写目的,在于总结近年来人们在橡胶配方设计技术方面的丰富经验,试图通过各相关学科的先进技术和理论,使橡胶配方设计工作彻底从凭经验工作的落后状态中摆脱出来,向科学化的目标迈进一步。

编写本书时,着重考虑了如下两个问题:第一,尽力将聚合物的结构理论与橡胶配方性能有机地联系起来,建立结构与性能之间的关系,以此来指导橡胶配方设计,满足各种实际要求;第二,应用科学的试验设计方法和电子计算机辅助设计进行橡胶配方设计,为橡胶配方设计科学化的普及和推广做点基础工作。

本书如能对大家进行橡胶配方设计有所帮助和借鉴,将甚感欣慰。

全书由纪奎江教授、李俊山高级工程师和田继理副教授审校。

由于编者水平所限,内容不当甚或错误之处敬请读者批评指正。

编者

1994年5月

第二版前言

橡胶配方设计是橡胶工业中涉及面广、影响大、可变因素多、保密性强的专业技术。《现代橡胶配方设计》自 1994 年问世以来,已重印 3 次,为橡胶配方设计科学化的普及和推广发挥了一定的作用。但是随着科学技术的迅速发展,原书部分内容已不能适应我国橡胶工业进一步发展的需要,为此于 2000 年对原书进行了全面的修订。

在本书修订中,删除了某些不合时宜的内容,补充了国内外近年来一些新的研究成果,并尽力将聚合物及配合材料的结构理论与配方性能联系起来,以此作为指导橡胶配方设计的理论基础;增补了计算机辅助设计(CAD)在橡胶配方设计中的应用,以进一步推动橡胶配方设计的科学化。此外还新增了 12 类有代表性的橡胶制品近 200 种胶料的主要性能要求、配方设计要点和配方示例,以增强其实用性。

全书除第四章计算机 CAD 技术的应用由辛振祥执笔外,其余章节由张殿荣执笔,全书由杨清芝教授审校。

由于本书修订中新增内容和修改内容占 60% 以上,工作量较大,加之编者水平有限,缺点、错误之处敬请读者批评指正。

编者

2001 年 3 月于青岛

内 容 提 要

本书是橡胶配方设计方面的专著。全书共分五章，主要介绍了橡胶配方设计的若干基本概念，详细地阐述了配方设计与硫化胶物理性能、胶料加工工艺性能、产品成本的相关性，特种性能橡胶的配合原理和配合体系，以及橡胶配方设计的数学方法和计算机辅助设计（CAD）的应用，并列举了部分橡胶制品胶料配方设计要点和实用配方示例。

本书可作高分子材料加工专业本科生教材，并可供从事橡胶工业的工程技术人员、科研人员和高校有关专业的师生参考。

目 录

第一章 橡胶配方设计的基本概念及配方鉴定方法	1
第一节 橡胶配方设计的演变和发展	2
第二节 橡胶配方设计的内容和要求	4
第三节 橡胶配方设计的特点	5
第四节 橡胶配方设计的原则与程序	8
一、配方设计的原则	8
二、配方设计的程序	8
(一) 基础配方	8
(二) 性能配方	14
(三) 实用配方	14
第五节 橡胶配方的组成及表示方法	15
第六节 橡胶配方的鉴定及测试	18
一、未硫化橡胶加工性能的试验	20
(一) 配合剂在混炼胶中分散度的检测	20
(二) 生胶、混炼胶的流变性	21
二、硫化橡胶性能的测试	24
(一) 硫化橡胶力学性能测试	24
(二) 硫化橡胶老化性能测试	30
(三) 硫化橡胶低温性能测试	31
(四) 硫化橡胶粘弹性能试验	32
(五) 硫化橡胶热性能试验	33
(六) 硫化橡胶电性能试验	34
(七) 硫化橡胶的扩散和渗透性能试验	35
(八) 硫化橡胶耐介质性能试验	35
(九) 硫化橡胶粘接性能试验	36
三、橡胶测试的一般要求	37
(一) 试样制备	37

(二) 试样调节和试验条件	39
(三) 试验数据的处理	40
主要参考文献	41
第二章 橡胶配方设计原理	43
第一节 配方设计与硫化橡胶物理性能的关系	43
一、拉伸强度	44
(一) 橡胶的拉伸破坏理论	44
(二) 拉伸强度与橡胶结构的关系	45
(三) 拉伸强度与硫化体系的关系	48
(四) 拉伸强度与填充体系的关系	49
(五) 拉伸强度与软化体系的关系	50
(六) 提高硫化胶拉伸强度的其他方法	51
二、撕裂强度	52
(一) 撕裂强度与橡胶分子结构的关系	53
(二) 撕裂强度与硫化体系的关系	54
(三) 撕裂强度与填充体系的关系	55
(四) 软化体系对撕裂强度的影响	56
三、定伸应力和硬度	57
(一) 定伸应力与橡胶分子结构的关系	57
(二) 定伸应力与硫化体系的关系	59
(三) 定伸应力与填充体系的关系	63
(四) 提高硫化胶定伸应力和硬度的其他方法	66
四、耐磨耗性	67
(一) 磨损的形式	67
(二) 胶种的影响	71
(三) 硫化体系与耐磨耗性的关系	74
(四) 填充体系与耐磨耗性的关系	75
(五) 软化剂对硫化胶耐磨耗性的影响	77
(六) 耐磨耗性与防护体系的关系	77
(七) 提高硫化胶耐磨耗性的其他方法	78
五、疲劳与疲劳破坏	80
(一) 硫化胶的耐疲劳性	80
(二) 耐疲劳硫化胶配方设计	84

(三) 硫化胶的耐疲劳破坏性	87
(四) 耐疲劳破坏的配方设计	89
六、弹性	94
(一) 弹性与橡胶分子结构的关系	95
(二) 弹性与硫化体系的关系	96
(三) 弹性与填充体系的关系	97
(四) 软化剂(或增塑剂)对硫化胶弹性的影响	98
七、扯断伸长率	98
第二节 配方设计与胶料工艺性能的关系	99
一、生胶和胶料的粘度(可塑性)	99
(一) 塑解剂对生胶粘度的影响	101
(二) 填充剂对胶料粘度的影响	102
(三) 软化剂对胶料粘度的影响	104
二、压出	105
(一) 橡胶分子结构的影响	106
(二) 填充体系的影响	107
(三) 软化剂的影响	108
三、压延	109
(一) 生胶的选择	109
(二) 填充剂的影响	110
(三) 软化剂的影响	110
(四) 硫化体系的影响	111
四、焦烧性	111
(一) 橡胶结构的影响	111
(二) 硫化体系的影响	111
(三) 防焦剂的影响	114
(四) 填充体系的影响	115
(五) 软化剂和防老剂的影响	116
五、抗返原性	117
(一) 胶种的选择	117
(二) 硫化体系的影响	118
六、包辊性	122
(一) 橡胶分子结构的影响	124

(二) 补强剂的影响	125
(三) 软化剂和其他助剂的影响	125
七、自粘性	126
(一) 橡胶分子结构的影响	127
(二) 填充体系的影响	129
(三) 增塑剂的影响	130
(四) 增粘剂的影响	130
八、喷霜	131
(一) 胶种对喷霜的影响	133
(二) 配合剂的影响	133
九、注压	135
(一) 橡胶的选择	136
(二) 硫化体系的选择	139
(三) 填充体系的影响	141
(四) 软化剂的影响	142
第三节 配方设计与产品成本的关系	142
一、密度与配合单价的计算	142
(一) 胶料密度的计算方法	142
(二) 硫化胶的密度	143
(三) 海绵胶密度的测算	145
(四) 体积成本和质量成本的计算	145
二、低成本配方设计	145
(一) 生胶(主体材料)的选择	145
(二) 合理利用再生资源	146
(三) 增加填充剂和油的用量	150
(四) 使用廉价的填充剂增容	151
三、应用价值工程降低配方成本	158
(一) 价值工程的原理	158
(二) 价值工程的应用实例	160
主要参考文献	163
第三章 特种性能和功能性橡胶的配方设计	165
第一节 特种性能橡胶的配方设计	165
一、耐热橡胶	165

(一) 橡胶的选择	166
(二) 硫化体系选择	181
(三) 防护体系的选择	187
(四) 填充体系的影响	189
(五) 软化剂的影响	189
二、耐寒橡胶	190
(一) 橡胶的选择	191
(二) 增塑剂的影响	195
(三) 硫化体系的影响	199
(四) 填充体系的影响	201
三、耐油橡胶	202
(一) 橡胶的选择	203
(二) 耐油橡胶的配合体系	225
四、耐腐蚀橡胶	228
(一) 硫化胶的耐水性	228
(二) 耐化学腐蚀性的配合体系	233
五、减震橡胶	241
(一) 橡胶的选择	244
(二) 硫化体系的影响	245
(三) 填充体系的影响	246
(四) 增塑剂的影响	249
(五) 工艺因素的影响	250
六、电绝缘橡胶	250
(一) 橡胶的选择	251
(二) 硫化体系的影响	252
(三) 填充体系的影响	254
(四) 软化剂、增塑剂的选择	256
(五) 防护体系的选择	256
七、耐辐射橡胶	257
(一) 橡胶的选择	258
(二) 硫化体系的影响	261
(三) 填充体系的影响	262
(四) 软化剂的影响	263

(五) 防护体系的选择	264
八、低透气性和真空橡胶	265
(一) 低透气性橡胶	265
(二) 真空橡胶	269
九、海绵橡胶	272
(一) 橡胶的选择	273
(二) 发泡剂的选择	273
(三) 发泡助剂的选择	277
(四) 硫化体系的选择	281
(五) 填充体系的选择	282
(六) 软化剂的选择	283
(七) 防护体系的选择	284
(八) 其他配合体系的影响	284
十、透明橡胶	285
(一) 橡胶的选择	285
(二) 填料的选择	287
(三) 硫化体系的选择	288
(四) 防老剂的选择	290
(五) 其他助剂的选择	290
第二节 功能性橡胶的配方设计	290
一、导电橡胶	290
(一) 导电原理和导电填料	291
(二) 导电橡胶的配方设计	294
二、磁性橡胶	299
(一) 磁性橡胶的磁性与磁粉的特性	300
(二) 磁性橡胶的配方设计	302
三、阻燃橡胶	305
(一) 主体材料的选择	307
(二) 阻燃剂及其阻燃机理	309
(三) 其他配合剂的影响	316
四、遇水膨胀橡胶	318
(一) 橡胶的选择	319
(二) 吸水树脂	324

(三) 硫化体系	326
(四) 其他配合剂	326
五、水声橡胶	327
(一) 水声透声橡胶	328
(二) 水声吸声橡胶	330
(三) 水声反声橡胶	335
六、医用橡胶	335
(一) 橡胶的选择	337
(二) 其他配合体系	342
主要参考文献	347
第四章 橡胶配方试验设计方法和计算机 CAD 技术的应用	349
第一节 概述	349
第二节 单因素配方设计	352
一、试验配方的确定	353
二、试验设计方法	353
(一) 黄金分割法 (0.618 法)	354
(二) 平分法 (对分法)	357
(三) 分数法 (斐波那契法)	359
(四) 分批试验法	361
(五) 爬山法 (逐步提高法)	365
(六) 抛物线法	366
第三节 多因素配方设计	368
一、正交试验设计法	369
(一) 正交表的概念	369
(二) 正交表的使用	370
(三) 计算机在正交试验设计中的应用	386
二、回归试验设计法	389
(一) 回归试验设计方法介绍	390
(二) 简化的两变量配方试验设计和计算方法	397
(三) 简化的三变量配方试验设计和计算方法	404
(四) 标准的中心复合试验设计和计算方法	419
(五) 计算机在回归试验设计法中的应用	426
主要参考文献	461

第五章 橡胶制品配方设计要点和实用配方示例	462
第一节 普通斜交轮胎	462
一、外胎配方整体设计	462
(一) 轮胎整体结构各部位定伸应力的配置	462
(二) 轮胎整体结构各部位硫化速度的匹配	463
二、胎面胶	464
(一) 胎冠胶	464
(二) 胎面基部胶	464
(三) 胎侧胶	465
(四) 载重汽车轮胎胎面胶配方示例	465
三、胎体胶	466
(一) 缓冲层胶	466
(二) 帘布层胶	467
(三) 油皮胶	467
(四) 胎体胶配方示例	468
四、胎圈胶	468
五、内胎	470
第二节 子午线轮胎	471
一、胎面胶	471
二、胎侧胶	472
三、带束层胶	473
(一) 带束层钢丝帘布胶	474
(二) 胎肩垫胶	475
(三) 带束层端部夹胶	475
(四) 带束层胶料配方示例	475
四、胎体胶	476
(一) 胎体帘布层胶	476
(二) 油皮胶、气密层胶	476
(三) 胎体胶胶料配方示例	477
五、胎圈各部件的胶料	478
(一) 三角填充胶	478
(二) 子口护胶	478
(三) 钢丝圈胶	479

(四) 钢丝圈各部件胶料配方示例	479
第三节 胶管	480
一、普通胶管	480
(一) 内层胶	480
(二) 擦布胶	480
(三) 填充胶	481
(四) 外层胶	481
(五) 普通胶管各部件胶料配方示例	481
二、特种胶管	481
(一) 耐油胶管	482
(二) 耐酸、碱胶管	483
(三) 耐热胶管	483
(四) 特种胶管胶料配方示例	484
第四节 胶带	487
一、输送带	487
(一) 普通输送带	487
(二) 普通输送带各部件胶料配方示例	489
(三) 特种性能输送带	490
二、传动带	491
(一) 普通 V 带	491
(二) 汽车 V 带	494
(三) 同步带	496
第五节 胶布制品	497
一、胶布胶料的性能要求	497
(一) 防水胶布	497
(二) 特殊性能胶布	497
二、配方设计要点及配方示例	498
(一) 配方设计要点	498
(二) 配方示例	499
第六节 密封制品	500
一、O 形密封圈胶料配方设计	500
(一) 主要性能要求	500
(二) 配方设计要点	500

(三) 配方示例	502
二、油封	502
(一) 主要性能要求	502
(二) 配方设计要点	503
(三) 配方示例	504
三、制动皮碗	505
(一) 主要性能要求	505
(二) 配方设计要点	505
(三) 配方示例	505
四、橡胶密封条	506
(一) 主要性能要求	506
(二) 配方设计要点	506
(三) 配方示例	507
第七节 减震橡胶制品	508
一、橡胶减震器	508
(一) 主要性能要求	508
(二) 配方设计要点及配方示例	508
二、橡胶空气弹簧	509
第八节 胶板及防水卷材	510
一、普通胶板	510
二、特种胶板	510
三、防水卷材	511
(一) 主要性能要求	511
(二) 配方设计要点	511
(三) 配方示例	512
第九节 防腐橡胶衬里	513
一、主要性能要求	513
(一) 内层软质胶	513
(二) 硬质胶层	514
(三) 外层软质胶	514
二、配方设计要点	514
三、配方示例	515
第十节 胶辊	517

一、造纸胶辊	517
(一) 主要性能要求	517
(二) 配方设计要点	517
二、印染胶辊	519
三、印刷胶辊	520
四、磨谷胶辊	521
五、各种胶辊胶料配方示例	521
第十一节 纺织橡胶制品	521
一、纺纱橡胶皮圈	521
(一) 主要性能要求	521
(二) 配方设计要点	522
(三) 配方示例	523
二、纺织皮辊	524
(一) 主要性能要求	524
(二) 配方设计要点	524
(三) 配方示例	525
第十二节 食品用橡胶制品	526
一、总的性能要求	526
二、配方设计要点	526
(一) 胶种的选择	526
(二) 硫化体系	526
(三) 防护体系	527
(四) 填充体系	527
(五) 软化增塑体系	527
三、配方示例	528
主要参考文献	528
附录	530
一、正交表	530
二、F 分布表	548
三、常用橡胶、配合剂代号与中文名称对照表	551
(一) 橡胶、热塑性弹性体	551
(二) 硫化剂	552
(三) 硫化促进剂	552