

翁国文 编著

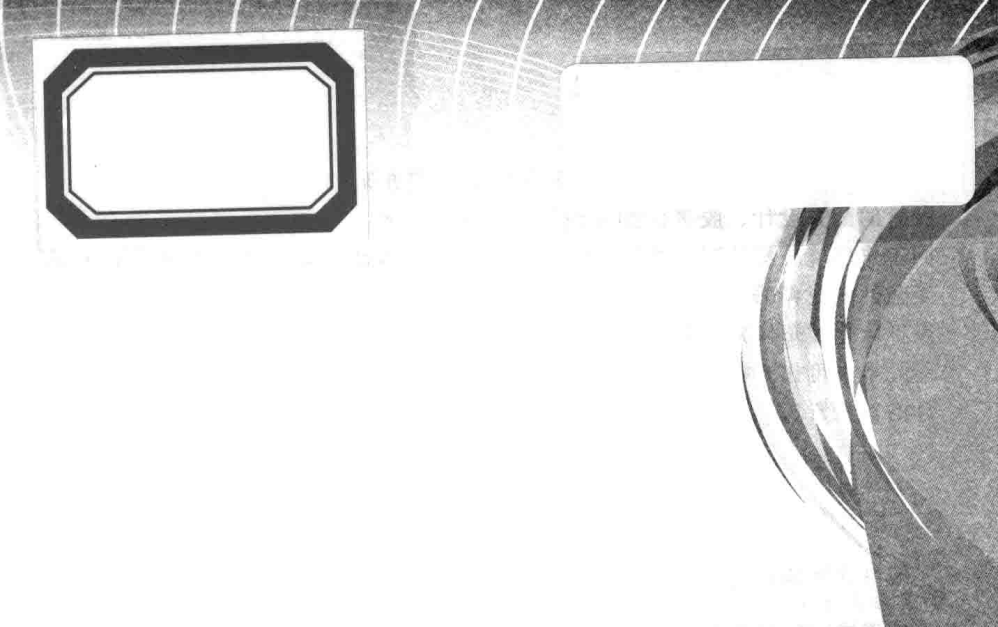
第二版

实用橡胶 配方技术

SHIYONG XIANGJIAO
PEIFANG JISHU



化学工业出版社



翁国文 编著

第二版

实用橡胶 配方技术

SHIYONG XIANGJIAO
PEIFANG JISHU



化学工业出版社

· 北京 ·

本书对橡胶配方设计基础、常用橡胶的配方设计要点、胶鞋的配方设计、胶管的配方设计、胶带的配方设计、不同力学性能要求胶料的配方设计、不同工作环境胶料的配方设计、特殊性能（专用性能）胶料的配方设计和不同工艺性能胶料的配方设计等进行了介绍。主要包括生胶、硫化体系、填料体系、软化增塑体系、防护体系等的选择。

本书可作为橡胶专业大中专学生、橡胶行业科技人员学习或进行配方设计的参考资料。

图书在版编目 (CIP) 数据

实用橡胶配方技术/翁国文编著. —2版. —北京: 化学工业出版社, 2014.6

ISBN 978-7-122-20458-5

I. ①实… II. ①翁… III. ①橡胶制品-配方
IV. ①TQ330.6

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2014) 第 078773 号

责任编辑: 赵卫娟

装帧设计: 韩 飞

责任校对: 吴 静

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: 北京永鑫印刷有限责任公司

装 订: 三河市宇新装订厂

850mm×1168mm 1/32 印张 15 字数 430 千字

2014 年 8 月北京第 2 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: 48.00 元

版权所有 违者必究

第二版前言

天然橡胶或合成橡胶，如不添加适当的配合剂，很难用来加工制造某种橡胶制品。绝大多数橡胶制品需经硫化工艺，除采用辐射硫化外胶料中必须加入硫化配合体系；对像丁苯橡胶（SBR）、乙丙橡胶（EPR）等非结晶型橡胶，如不配合补强性填料（补强剂），硫化胶的强度很低，使用价值很低，另外添加补强性填料（补强剂）还能降低胶料成本；橡胶为高分子有机聚合物，多数橡胶的抗老化性能较低，需配以适当量的防老剂，以迟缓老化过程，从而延长橡胶的使用寿命等。因此橡胶中或多或少要配合一定量的配合剂，来提高橡胶使用性能、改善加工工艺性能或降低胶料成本等。这就存在一个向橡胶中加何种配合剂及加入多少量的问题，即橡胶的配方设计。

这里应该强调指出，配方设计过程并不仅仅是各种原材料简单的经验搭配，还需要在充分掌握各种配合原理的基础上，充分发挥整个配方体系的系统效果，从而确定各种原材料品种、规格和最佳的用量、配比关系。配方设计过程应该是高分子材料各种基本理论的综合应用过程，是高分子材料结构与性能关系在实际应用中的体现。因此配方设计人员应该具有一定的基础理论和专业基础，特别是在高新技术不断涌现的今天，更应注意运用各相关学科的先进技术和理论，只有把它们和配方设计有机地结合起来，才能设计出技术含量较高的新产品。此外，配方设计人员在工作中应注意积累、收集、汇总有关的基础数据，并注意拟合一切可能的经验方程，从大量的统计数据中，找出某些内在的规律性。这对今后的配方设计和研究工作都会有借鉴和指导意义。

橡胶配方设计人员须作一些必要的准备，主要包括：橡胶基本理论知识，如高分子结构、结晶、性能、硫化、老化、补强等；橡胶原材料基本知识，如品种、性能、应用，特别是各厂家原材料品种差别和新品种；橡胶基本工艺知识，如混炼、塑炼、压延、压出、硫化、成型及有关生产设备等；橡胶性能测定方面知识和操作（如强伸性能、弹性、老化性能测定等）。

《实用橡胶配方技术》自 2008 年出版以来，受到业界的欢迎，是橡胶行业

的热销书之一。随着新技术、新材料、新配合剂的涌现，已有内容已不能更好地满足广大配方设计人员的需求，故对该书内容进行了更新，并对结构进行了调整。

本次修订得到了许多橡胶界前辈、专家、老师、同行的鼓励和帮助，特别是杨清芝和张殿荣教授的指导，在此表示衷心的感谢！

由于本人水平有限，书中如有不当之处，敬请读者批评、指正，不胜感谢！

翁国文
2014年3月

第一版前言

橡胶同塑料、纤维被称为三大合成高分子材料，它具有高弹性，较好的透气性、耐各种化学介质性以及电绝缘性能等。橡胶的这些基本特性使它成为较好的减震、密封、屈挠、耐磨、防腐、绝缘以及粘接材料。由此而扩展的各类橡胶复合制品迄今已达 8 万~10 万种之多。橡胶的耗用量每年达到 2000 万吨以上，其中有 80% 是橡胶工业使用，其余 20% 用于非橡胶工业。

无论是天然橡胶还是合成橡胶，如不添加适当的配合剂，很难用来加工制造橡胶制品。因此橡胶中或多或少要配合一定量的配合剂，来提高橡胶使用性能、改善加工工艺性能或降低胶料成本等。这就存在一个向橡胶中加入何种配合剂及加入多少量的问题，即橡胶的配方设计。

所谓配方设计，就是根据产品的性能要求和工艺条件，通过试验、优化、鉴定，合理地选用原材料品种和规格，并确定各种原材料的用量配比关系的过程。配方设计不仅直接影响产品的质量和材料成本，而且也影响产品的生产工艺。

配方设计过程应该是高分子材料各种基本理论的综合应用过程，是高分子材料结构与性能关系在实际应用中的体现。因此配方设计人员应该具有一定的基础理论和专业基础，特别是在高新技术不断涌现的今天，更应注意运用各相关学科的先进技术和理论，只有把它们和配方设计有机地结合起来，才能设计出技术含量较高的新产品。此外，配方设计人员在工作中应注意积累、收集、汇总有关的基础数据，并注意拟合一切可能的经验方程，从大量的统计数据中，找出某些内在的规律性。这对今后的配方设计和研究工作都会有借鉴和指导意义。

橡胶配方设计过程中主要面临几个方面的问题：一是材料的变化，因为新材料不断涌现出来（包括进口材料、复合材料）；各厂家同种材料差别、同一厂家不同批次差别；二是价格与性能之间的关系（即性价比），配方需在保证使用可行的前提下，尽可能降低材料成本；三是新工艺、新设备，还有操作人员变化。配方设计主要目标是不但要达到所需性能，而且工艺性要好。但在

实际中一味追求某项要求，过分强调某一方面，如物理机械性能高、工艺性好，很难设计出合理配方，这要求配方设计人员进行平衡，掌握一个度的问题。

本书主要介绍了橡胶配方设计基础、常用橡胶的配方设计要点和橡胶配方设计实例。在橡胶配方设计实例中对典型胶鞋、胶管及胶带配方设计、不同力学性能要求胶料配方设计、不同工作环境胶料配方设计、特殊性能（专用性能）胶料配方设计、不同工艺性能胶料配方设计等进行了较为详细的介绍。

在本书编写过程中得到了许多橡胶界前辈、专家、老师、同行的鼓励和帮助，特别是杨清芝和张殿荣教授的指导，在此表示衷心的感谢！

由于本人水平有限，书中如有不当之处，敬请读者批评、指正，不胜感谢！

编著者

2008 年 1 月

目 录

第 1 章 橡胶配方设计基础	1
1.1 配方表示形式	1
1.2 配方换算	2
1.2.1 基本配方转化为生产配方	2
1.2.2 基本配方转化为质量分数配方	5
1.2.3 基本配方转化为体积分数配方	6
1.2.4 生产配方转化为基本配方	7
1.3 配方设计的种类、原则	7
1.3.1 配方设计的种类	8
1.3.2 配方设计的原则	9
1.4 配方设计的程序	11
1.5 单因素配方设计方法	18
1.5.1 黄金分割法	18
1.5.2 平分法（对分法）	21
1.5.3 分批试验法	22
1.6 正交试验法	27
1.6.1 正交表的概念	27
1.6.2 正交表的使用	29
1.7 橡胶配方与胶料成本关系	38
1.7.1 含胶率的计算	39
1.7.2 密度的计算	39
1.7.3 单位胶料材料成本计算	41
1.8 低成本配方设计	48
1.8.1 生胶（主体材料）的选择	48
1.8.2 合理利用再生资源	49
1.8.3 增加填料和油的用量	50

第 2 章 常用橡胶的配方设计要点	51
2.1 天然橡胶 (NR) 的配方设计	51
2.1.1 生胶型号	51
2.1.2 硫化体系	52
2.1.3 填料体系	54
2.1.4 防护体系	55
2.1.5 软化增塑体系	55
2.2 丁苯橡胶 (SBR) 的配方设计	56
2.2.1 生胶型号	56
2.2.2 硫化体系	57
2.2.3 填料体系	59
2.2.4 防护体系	59
2.2.5 软化增塑体系	59
2.3 丁二烯橡胶 (BR) 的配方设计	60
2.3.1 生胶型号	60
2.3.2 硫化体系	61
2.3.3 填料体系	62
2.3.4 防护体系	62
2.3.5 软化增塑体系	62
2.4 丁腈橡胶 (NBR) 的配方设计	62
2.4.1 生胶型号	62
2.4.2 硫化体系	65
2.4.3 填料体系	68
2.4.4 防护体系	68
2.4.5 软化增塑体系	69
2.5 氯丁橡胶 (CR) 的配方设计	69
2.5.1 生胶型号	69
2.5.2 硫化体系	70
2.5.3 填料体系	73
2.5.4 防护体系	74
2.5.5 软化增塑体系	74
2.6 丁基橡胶 (IIR) 的配方设计	74
2.6.1 生胶型号	74
2.6.2 硫化体系	75
2.6.3 填料体系	79

2.6.4	防护体系	80
2.6.5	软化增塑体系	80
2.7	乙丙橡胶 (EPR) 的配方设计	81
2.7.1	生胶型号	81
2.7.2	硫化体系	82
2.7.3	填料体系	86
2.7.4	防护体系	86
2.7.5	软化增塑体系	86
2.8	硅橡胶 (Q) 的配方设计	86
2.8.1	生胶型号	86
2.8.2	硫化体系	89
2.8.3	填料体系	90
2.8.4	其它配合体系	92
2.9	氟橡胶 (FPM) 的配方设计	94
2.9.1	生胶型号	94
2.9.2	硫化体系	95
2.9.3	填料体系	97
2.9.4	增塑体系	98
2.9.5	其它配合体系	98
2.10	氯醚橡胶 (表氯醇橡胶、氯醇橡胶) (CO、ECO) 的配方设计	98
2.10.1	生胶型号	98
2.10.2	硫化体系	99
2.10.3	填料体系	101
2.10.4	防护体系	102
2.10.5	软化增塑体系	102
2.11	丙烯酸酯橡胶 (ACM) 的配方设计	103
2.11.1	生胶型号	103
2.11.2	硫化体系	103
2.11.3	填料体系	108
2.11.4	防护体系	109
2.11.5	软化增塑体系	110
2.11.6	其它配合体系	110
2.12	氯磺化聚乙烯橡胶 (海泊隆) (CSM) 的配方设计	112
2.12.1	生胶型号	112
2.12.2	硫化体系	113
2.12.3	填料体系	116

2.12.4	增塑体系	118
2.12.5	防护体系	119
2.12.6	其它配合体系	119
2.13	氯化聚乙烯橡胶 (CM) 的配方设计	120
2.13.1	生胶型号	121
2.13.2	硫化体系	122
2.13.3	填料体系	125
2.13.4	软化增塑体系	125
2.13.5	防护体系	126
2.14	卤化丁基橡胶 (XIIR) 的配方设计	126
2.15	氢化丁腈橡胶 (HNBR) 的配方设计	133
2.15.1	生胶型号	133
2.15.2	硫化体系	136
2.15.3	填料体系	138
2.15.4	增塑体系	140
2.15.5	防护体系	142
2.16	羧基丁腈橡胶 (XNBR) 的配方设计	142
2.16.1	生胶型号	143
2.16.2	硫化体系	144
2.16.3	填料体系	148
2.17	乙烯-乙酸乙烯酯橡胶 (EVM) 的配方设计	149
2.17.1	生胶型号	149
2.17.2	硫化体系	150
2.17.3	填料体系	151
2.17.4	软化增塑体系	151
2.17.5	防护体系	151
2.17.6	其它配合体系	152

第3章 胶鞋的配方设计

3.1	胶鞋配方的整体设计	153
3.1.1	各胶料部件硫化速率 (及发泡速度) 的配合	154
3.1.2	各胶料部件含胶率的配合	156
3.1.3	各胶料部件与非胶件之间的配色	156
3.2	胶鞋各部件性能要求	157
3.2.1	物理机械性能要求	157
3.2.2	工艺操作方面应考虑的因素	158

3.3 主要胶件的配方设计	159
3.3.1 大底的配方设计	159
3.3.2 鞋面的配方设计	165
3.3.3 围条及外包头的配方设计	167
3.3.4 中底的配方设计	169
3.3.5 其它胶部件的配方设计	171
第4章 胶管的配方设计	173
4.1 普通胶管的配方设计	174
4.1.1 内层胶的配方设计	174
4.1.2 擦布胶的配方设计	175
4.1.3 填充胶的配方设计	176
4.1.4 外层胶的配方设计	177
4.2 特种胶管的配方设计	177
4.2.1 耐油胶管的配方设计	178
4.2.2 耐酸(碱)胶管的配方设计	178
4.2.3 耐热胶管的配方设计	179
第5章 胶带的配方设计	180
5.1 输送带的配方设计	180
5.1.1 普通输送带的配方设计	180
5.1.2 特种性能输送带的配方设计	182
5.2 传动带的配方设计	183
5.2.1 普通V带的配方设计	183
5.2.2 汽车V带(风扇带)的配方设计	186
5.2.3 同步带的配方设计	187
5.2.4 平型传动带的配方设计	188
第6章 不同力学性能要求胶料的配方设计	190
6.1 高拉伸强度胶料的配方设计	190
6.1.1 生胶体系	190
6.1.2 硫化体系	191
6.1.3 填料体系	192
6.1.4 软化增塑体系	194
6.1.5 提高硫化胶拉伸强度的其它方法	195
6.2 高撕裂强度胶料的配方设计	195
6.2.1 生胶体系	196
6.2.2 硫化体系	196
6.2.3 填料体系	197

6.2.4	软化增塑体系	198
6.3	不同定伸应力和硬度胶料的配方设计	199
6.3.1	生胶体系	199
6.3.2	硫化体系	200
6.3.3	填料体系	202
6.3.4	软化增塑体系	203
6.3.5	硬度估计	204
6.3.6	提高硫化胶定伸应力和硬度的其它方法	205
6.4	高耐磨胶料的配方设计	207
6.4.1	生胶体系	209
6.4.2	硫化体系	211
6.4.3	填料体系	212
6.4.4	软化增塑体系	213
6.4.5	防护体系	213
6.4.6	提高硫化胶耐磨耗性的其它方法	214
6.5	抗疲劳胶料的配方设计	215
6.5.1	生胶体系	217
6.5.2	硫化体系	219
6.5.3	填料体系	220
6.5.4	软化增塑体系	221
6.5.5	防护体系	222
6.6	高弹性胶料的配方设计	223
6.6.1	生胶体系	223
6.6.2	硫化体系	225
6.6.3	填料体系	226
6.6.4	软化增塑体系	227
6.7	高拉断伸长率胶料的配方设计	228
6.7.1	生胶体系	228
6.7.2	硫化体系	229
6.7.3	填料体系	229
6.7.4	软化增塑体系	230
6.8	低压缩永久变形胶料的配方设计	230
6.8.1	生胶体系	230
6.8.2	硫化体系	230
6.8.3	填料体系	235
6.8.4	防护体系	236

6.8.5 软化增塑体系	237
6.8.6 加工工艺	237
第7章 不同工作环境胶料的配方设计	238
7.1 耐热橡胶的配方设计	239
7.1.1 生胶体系	241
7.1.2 硫化体系	251
7.1.3 防护体系	259
7.1.4 填料体系	261
7.1.5 软化增塑体系	262
7.2 耐油橡胶的配方设计	263
7.2.1 生胶体系	264
7.2.2 硫化体系	274
7.2.3 填料体系	275
7.2.4 软化增塑体系	275
7.2.5 防护体系	276
7.2.6 耐有机溶剂胶料的配方设计	276
7.3 耐寒橡胶的配方设计	280
7.3.1 生胶体系	281
7.3.2 硫化体系	286
7.3.3 填料体系	288
7.3.4 软化增塑体系	289
7.4 耐腐蚀性介质橡胶的配方设计	292
7.4.1 生胶体系	293
7.4.2 硫化体系	301
7.4.3 填料体系	303
7.4.4 软化增塑体系	304
7.4.5 其它配合体系	304
7.5 减震橡胶的配方设计	304
7.5.1 生胶体系	305
7.5.2 硫化体系	307
7.5.3 填料体系	308
7.5.4 增塑体系	310
7.6 低透气性(气密性)橡胶的配方设计	311
7.6.1 生胶体系	311
7.6.2 其它配合体系	312
7.7 真空橡胶的配方设计	313

7.7.1	生胶体系	313
7.7.2	其它配合体系	316
第8章 特殊性能（专用性能）胶料的配方设计		317
8.1	海绵橡胶的配方设计	317
8.1.1	生胶体系	318
8.1.2	发泡体系	321
8.1.3	硫化体系	334
8.1.4	填料体系	343
8.1.5	软化增塑体系	345
8.1.6	防护体系	346
8.1.7	其它配合体系	346
8.2	电绝缘橡胶的配方设计	347
8.2.1	生胶体系	347
8.2.2	硫化体系	349
8.2.3	填料体系	350
8.2.4	软化增塑体系	354
8.2.5	防护体系	354
8.2.6	其它配合体系	354
8.3	导电橡胶的配方设计	355
8.3.1	生胶体系	356
8.3.2	导电填料	357
8.3.3	硫化体系	362
8.3.4	软化增塑体系	363
8.3.5	防护体系	363
8.4	磁性橡胶的配方设计	364
8.4.1	生胶体系	364
8.4.2	磁粉	365
8.4.3	其它配合体系	369
8.5	阻燃橡胶的配方设计	369
8.5.1	生胶体系	371
8.5.2	阻燃剂	374
8.5.3	其它配合体系	386
8.6	吸水膨胀橡胶的配方设计	387
8.6.1	生胶体系	388
8.6.2	亲水性组分	388
8.6.3	增容剂	390

8.6.4	硫化体系	391
8.6.5	其它配合体系	391
8.7	透明橡胶的配方设计	391
8.7.1	生胶体系	393
8.7.2	填料体系	395
8.7.3	硫化体系	397
8.7.4	防护体系	399
8.7.5	其它配合体系	400
8.8	医用橡胶的配方设计	400
8.8.1	生胶体系	401
8.8.2	硫化体系	402
8.8.3	填料体系	403
8.8.4	防护体系	403
8.8.5	软化增塑体系	403
8.9	环保橡胶的配方设计	403
8.9.1	生胶体系	405
8.9.2	软化增塑体系	406
8.9.3	硫化体系	407
8.9.4	防护体系	409
8.9.5	填料体系	409
8.9.6	其它配合体系	410
第9章	不同工艺性能胶料的配方设计	411
9.1	易流动胶料的配方设计	411
9.1.1	生胶体系	412
9.1.2	填料体系	412
9.1.3	软化增塑体系	413
9.2	易压延胶料的配方设计	413
9.2.1	生胶体系	414
9.2.2	填料体系	415
9.2.3	软化增塑体系	415
9.2.4	硫化体系	415
9.3	抗焦烧胶料的配方设计	416
9.3.1	生胶体系	416
9.3.2	硫化体系	416
9.3.3	防焦剂	418
9.3.4	填料体系	419

9.3.5	软化增塑体系和防护体系	420
9.3.6	水分	420
9.3.7	塑炼胶可塑度	420
9.3.8	焦烧预防和处理	421
9.4	抗返原胶料的配方设计	421
9.4.1	生胶体系	422
9.4.2	硫化体系	423
9.4.3	抗返原剂	427
9.5	易包辊胶料的配方设计	428
9.6	易混炼胶料的配方设计	430
9.7	黏性胶料的配方设计	433
9.7.1	生胶体系	435
9.7.2	填料体系	437
9.7.3	软化增塑体系	437
9.7.4	增黏剂	437
9.7.5	外部条件	440
9.7.6	改善弹性体自黏性的方法	440
9.8	抗喷霜胶料的配方设计	441
9.8.1	喷霜原因	442
9.8.2	橡胶喷霜的危害	446
9.8.3	限制配合剂的用量	447
9.8.4	改进橡胶品种	451
9.8.5	调整配合剂的配合	451
9.8.6	改进加工工艺	452
9.8.7	喷霜的鉴别和处理方法	452
9.9	注射成型胶料的配方设计	453
9.9.1	生胶体系	455
9.9.2	硫化体系	455
9.9.3	填料体系	456
9.9.4	软化增塑体系	457
9.9.5	防护体系	457
9.10	高温快速硫化胶料的配方设计	458
9.10.1	生胶体系	460
9.10.2	硫化体系	460
9.10.3	防护体系	462
参考文献		463