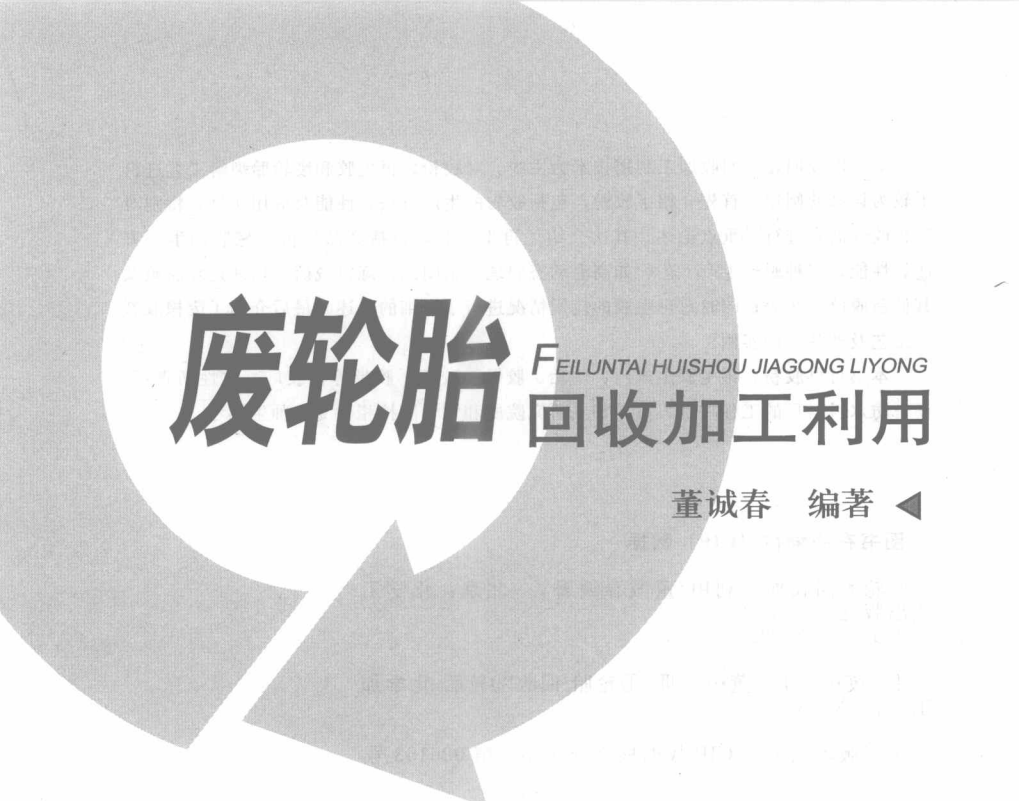


废轮胎 FEILUNTAI HUI SHOU JIAGONG LIYONG 回收加工利用

董诚春 编著 ◀



化学工业出版社



废轮胎

FEILUNTAI HUISSHOU JIAGONG LIYONG

回收加工利用

董诚春 编著 ◀



化学工业出版社

· 北京 ·

本书以废旧轮胎回收加工利用技术为主线,对胶粉、再生胶和废轮胎裂解工艺进行了较为详细的阐述。首先介绍了胶粉,包括胶粉的生产方法、性能及应用实例,特别对胶粉改性沥青进行了重点论述。其次介绍了再生橡胶,包括高品质再生橡胶的生产方法、性能;多种脱硫生产工艺,如高温动态脱硫、密闭式捏炼机脱硫、快速连续脱硫及其他新脱硫方法等;同时对再生胶的应用情况进行了详细的论述。最后介绍了废橡胶裂解工艺及产品应用实例。

本书可供胶粉、再生胶生产厂,轮胎、胶鞋、胶管、胶带等橡胶厂,改性沥青厂、沥青防水材料厂的工程技术人员,相关研究院所和大专院校相关专业师生参考。

图书在版编目(CIP)数据

废轮胎回收加工利用/董诚春编著. —北京:化学工业出版社, 2008.7
ISBN 978-7-122-03107-5

I. 废… II. 董… III. ①轮胎-回收②轮胎-化学加工 IV. X783.3

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2008) 第 086153 号

责任编辑:宋向雁 赵卫娟

装帧设计:刘丽华

责任校对:李 林

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:三河市万龙印装有限公司

850mm×1168mm 1/32 印张17 字数457千字

2008年8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:48.00元

版权所有 违者必究

京化广临字 2008-33 号

前 言

废旧轮胎制品（废轮胎占 80% 以上）属于固体废物中的一大类，是一种资源，是可循环利用的高分子材料。消除废旧轮胎对环境的污染，实现废旧轮胎资源回收利用是世界各国关注的问题之一，编写本书的宗旨是介绍国内外废旧轮胎资源回收利用的技术及最新动态，供读者参考。

目前我国有不少有识之士，欲为环保事业做贡献，愿从事废旧橡胶综合利用的产业，但苦于缺乏这方面的专业知识，不得不四处奔走求知，编者经常接待这类人士，为此编者接受化学工业出版社委托于 2003 年编写了《废橡胶资源综合利用》一书。

《废橡胶资源综合利用》出版后，很多读者反映该书很实用，收获极大，希望增加新资料、新内容！本书就是应读者之要求，在《废橡胶资源综合利用》一书的基础上增加了最近五年来的许多新资料。全书主要内容包括胶粉的生产方法、性能和应用实例；再生橡胶的生产方法、性能及应用情况；再生橡胶的脱硫生产工艺，如高温动态脱硫、密闭式捏炼机脱硫、快速连续脱硫及其他新脱硫方法等；最后介绍了废橡胶裂解工艺及产品应用实例。

虽然编者欲尽可能全面地将当前国内外有关废旧橡胶回收利用的情况、生产工艺、生产配方、最新研发进展及应用技术等收录到本书内。由于时间短、内容多及编者水平有限，故书中不妥之处在所难免，恳请读者惠予赐教，编者将感激不尽。

本书如对读者有所启迪和帮助，编者将感到莫大的欣慰，如有读者欲知某方面的技术详情，可与编者联系，电话：010-80813969，13436870752，13521161425，E-mail: dongchengchun@sohu.com。

编者

2008 年 4 月

有关企业及主要产品信息

1. 淮南市石油化工机械设备厂

产品名称：高温、高压再生胶动态脱硫罐，尾气处理装置，蒸汽发生器。

地址：安徽淮南市大通工业新区九号，邮编：232033

联系人：王长斌总经理

联系电话：0554-2515510 13905544929

电子邮箱：hn2518655@163.com

网址：www.hnshihua.com

2. 莱芜市金源再生助剂有限公司

主要产品：还原剂，清新环保王（无味胶活化剂），精制 420 活化剂

地址：山东省莱芜市开发区

联系人：亓洪菊

联系电话：13963477999 13376340566

网址：www.lwjinyuan.cn

电子邮箱：zxj103016@yahoo.cn

3. 河北省安国华盛科技有限公司

主要产品：800 系列环保型无味高强力再生活化剂；三元乙丙再生胶；丁腈再生胶。

地址：河北省安国市

联系人：曹红卫总经理

联系电话：13012072217，0312-3502027

电子邮箱：591757159@qq.com

目 录

第 1 章 概 论	1
1.1 废轮胎对环境的污染	1
1.2 国家对废轮胎回收、利用的税收优惠政策	3
1.3 废轮胎综合利用的价值	3
1.4 废轮胎回收利用的现状与发展趋势	7
1.4.1 废旧轮胎资源回收情况	7
1.4.2 轮胎翻新行业的现状与发展趋势	7
1.4.3 再生胶、胶粉行业的现状与发展趋势	8
1.4.4 产品结构	10
1.4.5 技术装备	10
1.4.6 存在问题	11
1.4.7 几点建议	12
第 2 章 废轮胎生产胶粉	14
2.1 概述	14
2.2 废轮胎的加工处理	14
2.3 废轮胎粉碎方法	16
2.3.1 常温粉碎法	16
2.3.2 低温粉碎法	17
2.3.3 超微细粉碎法	19
2.3.4 特殊粉碎法	23
2.4 非辊筒式粉碎机械	26
2.5 湿法粉碎法	38
2.5.1 中国湿法粉碎法	38
2.5.2 日本湿法或溶液粉碎法	39
第 3 章 活化胶粉的制法及其性能	41
3.1 概述	41
3.2 胶粉表面活化改性机理	42
3.2.1 胶粉表面降解	42

3.2.2 含胶粉胶料硫化体系的调整	43
3.3 胶粉活化改性的方法	45
3.3.1 化学机械法	47
3.3.2 聚合物涂层法	50
3.3.3 脱硫改性法	53
3.3.4 接枝或互穿聚合物网络改性法	54
3.3.5 气体改性法	56
3.3.6 核-壳改性法	57
3.3.7 物理辐射改性	58
3.3.8 磺化与氯化反应改性	59
3.4 胶粉活化改性设备	59
3.4.1 高速混合机	60
3.4.2 捏合机	61
3.4.3 高速气流冲击式粉体表面处理机	62
3.4.4 其他胶粉改性设备	64
3.5 RD-F 机械化学法制备活化胶粉	65
3.5.1 胶料配方	65
3.5.2 机械剪切作用	66
3.5.3 活化剂的作用	69
3.5.4 RD-F 活化剂体系活化的胶粉同其他胶粉的比较	71
3.6 酚醛活化胶粉的性能	72
3.7 活化胶粉的组分对胶料性能的影响	74
3.7.1 活化胶粉的组分与硫化特性的关系	74
3.7.2 活化胶粉的组分对拉伸性能的影响	76
3.7.3 活化胶粉的组分对动态性能的影响	76
3.7.4 活化胶粉与胎面胶性能的关系	77
第4章 胶粉的分类、性质及标准	79
4.1 胶粉的分类及主要用途	79
4.2 胶粉的基本性质	80
4.2.1 胶粉的形态	80
4.2.2 胶粉的性质	82
4.2.3 胶粉对胶料性能的影响	85

4.2.4 改善胶粉胶料物理机械性能的措施	97
第5章 胶粉应用于橡胶制品及铁道轨枕	100
5.1 配方设计及混炼工艺	100
5.2 胶粉应用于轮胎	100
5.2.1 活化胶粉应用于载重汽车和工程机械轮胎	101
5.2.2 活化胶粉应用于 9.00-20 和 7.00-15 轮胎	109
5.2.3 冷冻法 80 目胶粉在轮胎中的应用	114
5.2.4 常温法 80 目胶粉在斜交轮胎中的应用	117
5.2.5 60 目胶粉在拖拉机轮胎中的应用	119
5.2.6 40 目活化胶粉在拖拉机轮胎中的应用	121
5.2.7 国外胶粉应用于轮胎的配方及性能	123
5.2.8 活化胶粉应用于马车胎、自行车胎和力车胎	125
5.2.9 60 目改性胶粉在自行车胎中的应用	126
5.3 胶粉应用于胶管	129
5.4 胶粉应用于胶带	132
5.4.1 精细胶粉在输送带覆盖胶中的应用	132
5.4.2 40 目活化胶粉在输送带覆盖胶中的应用	133
5.4.3 80 目活化胶粉应用于丁苯橡胶耐热输送带覆盖胶	134
5.4.4 酚醛树脂改性胶粉应用于输送带	135
5.4.5 改性胶粉在输送带中的应用	135
5.4.6 胶粉应用于传动带	136
5.4.7 胶粉应用于三角带	137
5.4.8 60 目胶粉用于汽车 V 带	138
5.4.9 80 目胶粉在 V 带底胶中的应用	138
5.5 胶粉应用于胶鞋	140
5.5.1 活化胶粉应用于微孔鞋底	140
5.5.2 胶粉应用于胶鞋大底	143
5.5.3 胶粉应用于胶鞋中底	145
5.5.4 胶粉应用于防滑靴大底	146
5.5.5 胶粉应用于皮鞋大底	146
5.5.6 加拿大胶粉应用于鞋底的质量比较	147
5.5.7 活化胶粉应用于 PU 鞋底	147
5.6 胶粉应用于减震橡胶制品、铁道轨枕	148
5.6.1 胶粉应用于橡胶空气弹簧	149
5.6.2 胶粉应用于橡胶护舷	150

5.6.3	胶粉应用于铁路轨枕垫	150
5.6.4	胶粉应用于铁道轨枕	155
5.6.5	胶粉应用于橡胶铺面板和轨道床基	159
5.7	胶粉应用于建筑材料	160
5.7.1	胶粉用于铺设弹性运动场	161
5.7.2	胶粉用于地板和地毯	161
5.7.3	胶粉在混凝土中的应用	165
5.7.4	胶粉用于防水片材	166
5.7.5	胶粉用于水乳型防水涂料	167
5.7.6	废纤维和胶粉用于建材	169
5.7.7	胶粒用于胶板	171
5.7.8	胶粉沥青嵌缝油膏	174
5.7.9	胶粉沥青胶黏剂	174
5.8	胶粉应用于翻修轮胎	176
5.9	胶粉应用于浮油回收	177
5.10	胶粉在其他方面的应用	178
第6章	胶粉改性沥青	180
6.1	概述	180
6.1.1	国内外胶粉改性沥青的现状	180
6.1.2	改性沥青的定义	182
6.1.3	改性沥青用材料	182
6.2	胶粉改性沥青的优越性	183
6.3	胶粉改性沥青的制法	186
6.3.1	母体法	186
6.3.2	直接投入法	188
6.3.3	机械搅拌法	190
6.3.4	胶体磨法和高速剪切法	191
6.3.5	胶粉改性沥青的制法	195
6.4	改性沥青的专用设备	196
6.4.1	胶体磨	196
6.4.2	高速剪切混合乳化机	201
6.5	改性沥青的标准	203
6.5.1	国外改性沥青的标准	203
6.5.2	我国聚合物改性沥青的标准	211
6.6	胶粉改性沥青的研究	215

6.7 胶粉改性沥青应用于修建公路	220
6.7.1 沈阳应用胶粉改性沥青铺设公路	220
6.7.2 胶粉和 PE 复合改性沥青应用于修筑公路	223
6.8 胶粉改性沥青应用于防水卷材和彩色沥青瓦	234
6.8.1 胶粉改性沥青防水卷材	234
6.8.2 胶粉改性沥青彩色瓦	235
第 7 章 胶粉改性塑料	237
7.1 胶粉改性聚乙烯 (PE)	237
7.2 胶粉改性聚氯乙烯 (PVC)	240
7.3 胶粉改性聚丙烯 (PP)	242
7.4 胶粉改性聚苯乙烯 (PS)	245
7.5 胶粉改性聚氨酯 (PU)	247
7.6 胶粉改性不饱和聚酯	248
7.7 胶粉在热塑性弹性体中的应用	249
第 8 章 高品质再生橡胶	251
8.1 概述	251
8.2 高温法生产高品质再生橡胶	251
8.3 如何生产高品质再生橡胶	254
8.4 生产复原橡胶专用设备	255
8.4.1 复原橡胶专用脱硫罐	255
8.4.2 复原橡胶专用开 (精) 炼机	256
8.4.3 脱硫后的高温胶粉快速冷却机	260
8.5 高品质再生橡胶应用实例	262
8.5.1 高品质再生橡胶应用于子午轮胎面	262
8.5.2 高强度再生橡胶在内外层帘布胶中的应用	264
第 9 章 废轮胎生产再生橡胶	266
9.1 概述	266
9.1.1 再生橡胶的发展简史	266
9.1.2 硫化橡胶的再生机理	268
9.1.3 国内再生胶生产工艺的发展概况	270
9.1.4 硫化胶脱硫再生方法	271
9.1.5 再生胶生产工艺流程	272
9.2 废轮胎脱硫用配合剂及脱硫配方	272
9.2.1 软化剂	272

9.2.2	活化剂	275
9.2.3	其他再生剂	282
9.2.4	脱硫配方及实例	286
9.3	再生胶的生产工艺	289
9.3.1	再生胶生产工艺	289
9.3.2	废橡胶脱硫方法	295
第 10 章	废橡胶脱硫新工艺	301
10.1	低温塑化脱硫工艺	301
10.1.1	废橡胶低温塑化再生机理	302
10.1.2	塑化配方、反应温度及时间对物理性能的影响	306
10.1.3	低温塑化法与水油法再生工艺的对比	309
10.1.4	废橡胶低温塑化法生产再生胶实例	312
10.2	低温化学法脱硫工艺	314
10.3	国外化学法脱硫工艺	319
10.4	DE-Link 脱硫工艺	324
10.4.1	De-Vulc 的性能	326
10.4.2	De-Vulc 对加工性能的影响	326
10.4.3	De-Link 的生产	327
10.4.4	De-Link 工艺及 De-Vulc 验证试验	328
10.5	微波脱硫工艺	330
10.5.1	概述	330
10.5.2	微波脱硫机理	331
10.5.3	国外微波脱硫生产再生胶的概况	335
10.5.4	我国微波脱硫生产再生胶的情况	336
10.6	远红外线脱硫工艺	342
10.6.1	脱硫工艺	342
10.6.2	物理性能	343
10.6.3	辐照容量对 RNBR 硫化胶性能的影响	344
10.6.4	配合剂用量对 RNBR 硫化胶性能的影响	344
10.6.5	应用实例	345
10.7	高能辐射脱硫工艺	346
10.8	超声波脱硫工艺	347
10.9	脱硫工艺新进展	349
10.9.1	生物脱硫法	349
10.9.2	相转移催化脱硫	356

10.9.3	常温催化脱硫法	357
10.9.4	RRM 脱硫法	357
10.9.5	大蒜汁脱硫	361
第 11 章	动态脱硫工艺	363
11.1	概述	363
11.2	直热式动态脱硫罐	364
11.2.1	直热式脱硫罐的主要优点	365
11.2.2	脱硫罐基本操作程序	366
11.3	动态脱硫参考配方	367
11.3.1	轮胎类 (净胎面)	367
11.3.2	轮胎类 (含有胎面和纤维层, 称为二级轮胎废胶)	368
11.3.3	胶鞋类配方	369
11.3.4	丁腈再生胶	370
11.3.5	丁基再生胶	370
11.4	6m ³ 动态脱硫生产再生胶的实例	370
11.4.1	配方	370
11.4.2	脱硫工艺	370
11.4.3	再生胶的物理性能	371
11.5	精细胎面再生胶的脱硫工艺	371
11.5.1	胶粉的质量控制	372
11.5.2	脱硫温度的控制	372
11.5.3	脱硫后的胶粉冷处理与停放	372
11.5.4	辊温控制	373
11.5.5	精细再生胶的应用情况	373
11.6	二段塑炼法生产精细再生胶	374
11.6.1	工艺流程和配方	374
11.6.2	性能检测	375
11.7	动态脱硫生产过程中的废气治理	376
11.7.1	废气	376
11.7.2	废水	377
11.7.3	脱硫尾气处理	377
11.8	生物法脱硫废气净化治理	378
11.8.1	废气净化工程概况	378
11.8.2	“吸附-生物膜”理论	379
11.8.3	工艺流程	380

11.8.4	工业试验装置的运行结果	382
11.8.5	工程化应用装置的运行结果	384
11.8.6	生物法净化处理脱硫废气先进可行	384
11.9	导热油炉配备蒸汽发生器的水处理	385
11.9.1	蒸汽发生器使用中存在的问题和危害	386
11.9.2	解决方法	386
第12章	密闭式捏炼机脱硫工艺	389
12.1	概述	389
12.2	密闭式脱硫捏炼机	389
12.3	脱硫工艺	390
12.4	炼胶工艺	390
12.5	加压捏炼法脱硫生产丁基再生胶	391
12.6	捏炼机脱硫丁基再生胶的应用	395
第13章	快速脱硫、连续脱硫工艺	397
13.1	快速脱硫工艺	397
13.2	高温连续脱硫工艺	398
13.2.1	国外的实验情况	399
13.2.2	丁基橡胶高温连续再生技术简介	401
13.3	螺杆挤出脱硫工艺	402
13.4	鲁奇-菲克尔脱硫工艺	402
13.5	无油脱硫工艺	408
13.5.1	概述	408
13.5.2	新工艺的技术路线	409
13.5.3	新工艺的理化反应机理	409
13.5.4	新工艺的特点	409
13.5.5	无油再生胶试验报告	410
第14章	特种再生胶生产工艺	413
14.1	彩色再生胶	413
14.2	乳胶再生胶	414
14.3	香味再生胶	415
14.4	精制再生胶	415
14.5	丁基再生胶	416
14.6	乙丙再生胶	418
14.7	丁腈再生胶	418
14.8	液体再生胶	419

14.8.1 液体再生胶的制法	419
14.8.2 液体油性再生胶的用途	420
14.8.3 乳化水溶性再生胶的用途	421
14.8.4 液体再生胶应用于改性沥青	421
14.9 硅橡胶再生胶	422
14.9.1 实验	423
14.9.2 实验结果	423
14.10 氟橡胶再生胶	427
14.10.1 实验	427
14.10.2 实验结果	428
14.10.3 氟橡胶的再生实例	430
第 15 章 再生胶的应用	433
15.1 概述	433
15.2 再生胶用于鞋底	435
15.2.1 再生胶用于皮鞋大底	435
15.2.2 再生胶用于黑色大底	436
15.2.3 再生胶用于 420 棉鞋鞋底	437
15.2.4 再生胶用于布面鞋大底	437
15.2.5 再生胶用于海绵中底	438
15.2.6 全再生胶模压便鞋底	438
15.3 再生胶用于轮胎和轮胎垫带	439
15.3.1 再生胶用于轮胎	439
15.3.2 再生胶用于轮胎垫带	440
15.4 再生胶用于胶板	440
15.5 再生胶用于自行车脚踏套及水箱胶管	441
15.5.1 再生胶用于自行车脚踏套	441
15.5.2 全再生胶水箱胶管	441
15.5.3 再生胶用于敞车篷布防磨护帽	442
15.6 再生胶用于输送带覆盖胶	442
15.7 再生胶用于胶管	442
15.7.1 再生胶用于夹布胶管内胶	442
15.7.2 再生胶用于消防胶管	443
15.8 细粒子再生胶在帘布胶中的应用	443
15.8.1 细粒子再生胶的掺用比例	443
15.8.2 性能对比	444

15.9	丁腈再生胶的应用	444
15.10	丁基再生胶的应用	446
15.10.1	硫化型丁基再生胶防水卷材	446
15.10.2	非硫化型丁基再生胶防水卷材	446
15.10.3	丁基再生胶沥青非硫化型防水卷材	449
15.10.4	丁基再生胶与三元乙丙再生胶并用生产内胎	449
15.11	乙丙再生胶的应用	451
15.11.1	三元乙丙再生胶应用于防水卷材	451
15.11.2	乙丙再生胶应用于地砖	453
15.12	废轮胎纤维的应用	454
15.12.1	废轮胎纤维用于胶板	454
15.12.2	纤维粉	457
15.12.3	短纤维母胶	457
15.12.4	树脂颗粒	457
15.12.5	纤维胶板	459
15.12.6	橡胶制品	460
15.12.7	塑料制品	461
15.12.8	建筑材料	462
15.12.9	分解回收有机化工原料	463
第16章	废轮胎裂解	465
16.1	概述	465
16.1.1	热裂解工艺	465
16.1.2	催化降解工艺	467
16.1.3	废轮胎热裂解制取燃料油的典型过程	468
16.1.4	产品质量及产品用途	469
16.2	废旧橡塑制品密闭热裂解工艺	469
16.2.1	工艺流程	469
16.2.2	工艺设备	469
16.2.3	工艺特点	470
16.3	废轮胎微波裂解工艺	471
16.4	废轮胎裂解新工艺	479
16.5	有关新利用信息	484
附录一	相关的法律法规及标准	486
附录1	《废旧轮胎回收利用管理条例》(征求意见稿)	486

附录 2 国家鼓励发展的资源节约综合利用和环境保护技术	493
附录 3 GB/T 19208—2008 硫化橡胶粉	494
附录 4 GB/T 13460—2008 再生橡胶	505
附录 5 《复原橡胶》行业标准	515
参考文献	522

第1章 概论

废旧橡胶制品尤其是量大面广的废旧汽车轮胎是可回收、经加工处理后可再利用的资源，而且利用价值极大。我国一直倡导节约资源、发展循环经济，因此，废旧橡胶制品特别是废旧轮胎回收加工利用是极其重要的。

废旧橡胶主要来源于废轮胎、废内胎、废胶带、废胶管及废胶鞋等橡胶制品，其次来源于橡胶制品生产过程中产生的废品及边角废料。它属于工业固体废物中的一大类，为保护人类生存环境，减少废旧橡胶对环境的污染，实现废旧橡胶，特别是废旧轮胎回收加工利用是当务之急。

开展废旧轮胎回收加工利用是变废为宝、化害为利、防止废旧橡胶污染环境、保护环境的重要途径；是发展循环经济，使废旧橡胶资源再循环、再利用的手段；是履行国际环境公约、做好环境外交工作的基础。我国是消耗橡胶的大国，但又是橡胶资源十分匮乏的国家，然而再生橡胶和硫化胶粉正是再生橡胶的补充资源，是橡胶工业不可缺少的主要原材料之一。我国现在需要发展再生橡胶和胶粉的生产，而废旧轮胎是生产再生橡胶和胶粉的主要原料。

我国对废轮胎回收加工利用已高度重视，原国家经济贸易委员会根据《再生资源回收利用“十五”规划》的要求，成立了《废旧轮胎回收利用管理办法》起草工作组。通过法律法规，建立健全废旧轮胎回收利用网络及付费机制，建立专项基金，落实财政补贴、减免税收等可操作性举措，逐步走向与国际接轨的模式。

1.1 废轮胎对环境的污染

废旧轮胎属于工业有害固体废物，而且据工业有害固体废物管