

高等学校教材

橡胶加工机械

► 巫静安 李木松 主编



化学工业出版社

教材出版中心

高等学校教材

橡胶加工机械

巫静安 李木松 主编



化学工业出版社
教材出版中心

·北京·

图书在版编目 (CIP) 数据

橡胶加工机械/巫静安, 李木松主编. —北京: 化学工业出版社, 2005.9
高等学校教材
ISBN 7-5025-7652-5

I. 橡… II. ①巫…②李… III. 橡胶机械-高等学校-教材 IV. TQ330.4

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2005) 第 106670 号

高等学校教材

橡胶加工机械

巫静安 李木松 主编

责任编辑: 武志怡

文字编辑: 余德华

责任校对: 凌业男

封面设计: 于兵

*

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)

购书咨询: (010) 64982530

(010) 64918613

购书传真: (010) 61982630

http: www.cip.com.cn

y

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

天津市东柳装订厂装订

开本 787mm×1092mm 1/16 印张 23 3/4 字数 638 千字

2006 年 1 月第 1 版 2006 年 1 月北京第 1 次印刷

ISBN 7-5025-7652-5

定 价: 39.00 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

内 容 提 要

本书主要是为了满足“高分子科学与工程”专业的教师与本、专科学生在“教”与“学”的过程中所需要的通用专业教材而编写的。着重介绍了具有明显典型性、广泛通用性的橡胶加工机械的基本类型与用途、基本结构形式、基本工作原理、基本性能参数、主要零部件及发展动态与趋势等内容,力求使该专业的学生对橡胶加工机械与设备有较全面和深入地了解与掌握。

本书也可供同类专业中等技术教育、同类行业工程技术人员和管理人员参考使用。

前 言

改革开放 20 多年来,我国整个社会有了天翻地覆的变化,人民思想观念的更新、科学技术的进步、国民经济的大发展等,绝非昔日可比。其中作为传统基础产业的橡胶加工业“旧貌换新颜”,各种新材料、新工艺、新产品、新设备层出不穷。另外,近些年来高分子材料学科的基础理论知识也日益完善、坚实,高分子材料已成为材料领域的后起之秀,从某种意义上来说,人类已步入高分子合成材料的时代。但是所有这些变化在本教材出版之前却几乎没有体现,因为它们的编写与出版日期是 20 世纪 80 年代,已滞后于当今时代 20 年之久,其老化的知识、落后的技术与陈旧的观念已远远适应不了当今新型高科技与开放意识的发展,教师以如此“古董”式的教材已无颜面对 21 世纪的青年学子。“教材必须更新改进”已成为橡胶行业及全体师生的共同呼声与迫切心愿。

20 年中,高等教育在教学体制、理念、培养目标等方面也有了很大的更新与变化,已经变过去“因行业”设专业为现今的“因学科”设专业;变过去的对“专一人才”的培养为现今的对“复合型人才”的培养。因此,根据教育部专业设置的规定,现在的高校已将过去的“橡胶专业”扩展统归为“高分子科学与工程专业”。与此相对应,原来的“橡胶工厂设备”教材因其专业的拓宽而必须做出变更也在情理之中。

“橡胶加工机械”教材就是欲顺应当今时代的发展与变革潮流而编写的。

在编写的过程中,编著者查阅了大量国内外相关的文献,收集了橡胶及橡胶机械专业近年来的最新研究成果及技术动态,听取了橡胶界工程技术人员、科研人员及大专院校师生的中肯建议,并结合多年来在有关方面所从事的某些研究、汇集、整理、筛选编写而成。编写时力求使本教材体现出如下特点。

- 完整统一性:注重“橡胶工艺学”与“橡胶加工机械”两类学科之间、橡胶加工主机与其附属装置之间、各单元橡胶加工机械之间的密切关联与统一,形成广泛学科知识的理论概念。
- 相对独立性:研究不同橡胶加工机械之间的差异及其特性,加深对橡胶机械基础理论实质的了解。
- 典型与广泛性:以较强理论基础为指导,侧重于介绍使用广泛并具有高技术性能的典型橡胶机械(即轮胎机械)。
- 复合性:将机械与电子、液压、信息、工艺、流变、传热等各种学科交叉与复合,形成完整的机电一体化的橡胶加工机械体系。
- 学术研究性:融入最新橡胶加工机械科研成果,以较新领域的前沿知识热点及理论指导并充实橡胶加工机械的基础理论。
- 先进性:引入国内外最新橡胶加工机械及相关先进技术;分析、介绍该类机械的发展动态。
- 简明扼要性:在系统、完整、连贯地表达教材内容的基础上,突出“高分子科学与工程”专业相关人士所应掌握的“机械”方面相关知识。
- 理论联系实践学用结合:基础理论与工程实践紧密相连,体现千变万化的工程技术中所蕴涵的丰富经验与高超技能。

本书分为两篇,共计 13 章。1~3 章、13 章由巫静安编写;李木松编写了 4~5 章、7~12 章;何月梅编写了第 6 章。

本教材在编写的过程中得到了大连冰山橡塑股份有限公司、大连第二橡塑机械厂、荷兰 VIM Co 烟台子公司、中国台湾精元机械股份有限公司上海分厂、福建建阳龙翔机械电器有

限公司、天津赛象科技股份有限公司、桂林橡胶设计研究院、湖南益阳橡胶机械厂、青岛双星橡塑机械有限公司等企业的大力支持与实质性的帮助；青岛科技大学教务处、机电工程学院也给予了鼓励与支持，作者在此谨表衷心感谢。

因作者的水平所限，书中不妥之处在所难免，恳请读者予以批评指正。

巫静安

2005, 2

目 录

绪论	1	2.3.2 密炼室	48
第 1 篇 橡胶加工通用机械		2.3.3 加料及压料装置	53
第 1 章 开放式炼胶机及其附属装置	5	2.3.4 卸料装置	54
1.1 概 论	5	2.3.5 密封装置	57
1.1.1 用途与分类	5	2.4 传动系统与机台配置	59
1.1.2 基本结构	5	2.4.1 传动系统	59
1.1.3 工作原理	6	2.4.2 密炼机的布置	60
1.1.4 型号规格表示与基本技术参数	8	2.5 其他类型混炼机	62
1.2 主要性能参数	9	2.5.1 圆筒形转子密炼机	62
1.2.1 辊筒直径与辊筒长度	9	2.5.2 三棱形转子密炼机	64
1.2.2 辊距	10	2.5.3 连续混炼机	64
1.2.3 辊筒工作速度与速比	10	2.6 密炼机上下辅机系统	67
1.2.4 辊筒横压力	11	2.6.1 密炼机上辅机系统	67
1.2.5 传动功率	14	2.6.2 密炼机下辅机系统	70
1.2.6 生产能力	15	第 3 章 橡胶压延机及其联动装置	73
1.3 主要零部件	16	3.1 概 论	73
1.3.1 辊筒	16	3.1.1 用途及其工艺过程	73
1.3.2 辊筒轴承	19	3.1.2 分类	74
1.3.3 调距装置	20	3.1.3 工作原理	77
1.3.4 安全装置	22	3.1.4 基本结构	78
1.3.5 辊温调节装置	24	3.1.5 压延制品精度的影响因素	82
1.4 传动系统	25	3.1.6 型号规格表示与基本技术参数	83
1.4.1 传动形式	26	3.2 主要性能参数	84
1.4.2 传动制动装置	28	3.2.1 辊筒数目	84
1.5 附属装置	30	3.2.2 辊筒工作部分长度与直径	81
1.5.1 翻胶装置	30	3.2.3 辊筒线速度与速比	88
1.5.2 胶片切割装置	31	3.2.4 辊筒横压力	89
1.5.3 挡胶板	31	3.2.5 生产能力	90
1.5.4 胶片冷却装置	32	3.3 主要零部件	90
第 2 章 密闭式炼胶机及其辅机系统	34	3.3.1 辊筒	90
2.1 概 论	34	3.3.2 辊筒轴承	97
2.1.1 用途与分类	35	3.3.3 机架	101
2.1.2 基本结构	35	3.3.4 调距装置	102
2.1.3 工作原理	36	3.3.5 辊筒轴交叉装置	108
2.1.4 型号规格表示与基本技术参数	40	3.3.6 预负荷装置	112
2.2 主要性能参数	41	3.3.7 辊筒反弯曲装置	115
2.2.1 混炼室容量与填充系数	41	3.4 传动系统	116
2.2.2 转子转速与速比	41	3.4.1 压延传动系统性能要求	116
2.2.3 转子棱顶与混炼室内壁间隙	43	3.4.2 压延传动系统结构形式	116
2.2.4 上顶栓压力	43	3.5 辊温调节装置	117
2.2.5 传动功率	43	3.5.1 辊筒加热-冷却方式及其结构 类型	118
2.2.6 生产能力	45	3.5.2 辊筒端部接头及其密封装置	120
2.3 主要零部件	45	3.6 附属装置	122
2.3.1 转子	45	3.6.1 挡胶板与刮胶边装置	122

3.6.2	切胶边装置	123	6.2.3	基本结构	181
3.6.3	划气泡装置	124	6.2.4	主要零部件	196
3.6.4	扩布与扩边装置	124	6.2.5	主要技术参数	223
3.6.5	递布与揭布头装置	126	6.3	子午线轮胎成型机	225
3.6.6	测厚装置	126	6.3.1	概述	225
3.6.7	供胶系统	129	6.3.2	基本结构	226
3.7	压延联动装置	131	6.3.3	主要部件	254
3.7.1	用途及分类	131	6.3.4	21世纪初国内外轮胎成型工艺 设备的发展趋向	263
3.7.2	组成形式	132			
第4章	橡胶螺杆挤出机及其附属装置	139	第7章	轮胎定型机	264
4.1	概论	139	7.1	轮胎空气定型机	264
4.1.1	用途、分类与型号编制	139	7.2	轮胎胶囊定型机	265
4.1.2	基本结构	140	第8章	立式硫化罐	268
4.1.3	挤出理论	140	8.1	基本结构	268
4.2	主要性能参数	144	8.2	主要零部件	268
4.2.1	螺杆直径与长径比	144	8.2.1	罐体	268
4.2.2	螺杆转速	114	8.2.2	罐盖	268
4.2.3	机头压力	145	8.2.3	立柱	269
4.2.4	传动功率	146	8.2.4	液压缸	269
4.2.5	生产能力	147	8.2.5	柱塞	269
4.3	主要零部件	148	8.2.6	上横梁与底座	269
4.3.1	螺杆	148	8.2.7	罐盖和罐盖锁紧装置	269
4.3.2	机筒	151	8.3	管路系统	270
4.3.3	喂料装置	153	8.4	工作过程	270
4.3.4	机头	153	8.5	硫化作业线	270
4.4	传动系统	156	8.5.1	运输滚道	271
4.5	挤出联动装置	158	8.5.2	揭模水缸	271
4.5.1	胎面挤出联动装置	158	8.5.3	取胎器	271
4.5.2	复合胎面挤出联动装置	159	8.5.4	合模机	271
			8.5.5	链板运模机	273
			第9章	轮胎定型硫化机	274
第2篇	橡胶加工专用机械		9.1	分类	274
第5章	胶布裁断机	163	9.2	型号编制与技术特征	274
5.1	立式裁断机	163	9.3	基本结构	275
5.1.1	基本结构	163	9.3.1	A型轮胎定型硫化机	275
5.1.2	主要零部件结构	163	9.3.2	B型轮胎定型硫化机	276
5.2	卧式裁断机	167	9.3.3	AB型轮胎定型硫化机	280
5.2.1	基本结构	167	9.3.4	RIB型轮胎定型硫化机	280
5.2.2	主要部件	167	9.3.5	各种轮胎定型硫化机的比较	282
5.3	钢丝帘布裁断机	172	9.4	主要零部件的结构	282
5.3.1	侧刀式钢丝帘布裁断机	172	9.4.1	传动装置与升降机构	282
5.3.2	圆盘刀-矩形刀钢丝裁断装置	172	9.4.2	蒸汽室	284
5.3.3	圆盘刀-圆盘刀钢丝裁断装置	171	9.4.3	胶囊操纵机构	287
第6章	轮胎成型机	175	9.4.4	装胎机构	290
6.1	概述	175	9.4.5	卸胎机构	294
6.1.1	轮胎的类型及规格	175	9.4.6	后充气装置	295
6.1.2	轮胎成型机的类型	176	9.4.7	活络模	300
6.2	斜交轮胎成型机	177	第10章	橡胶胶管成型机	302
6.2.1	斜交轮胎成型机工艺过程与操作 程序	177	10.1	夹布胶管成型机	302
6.2.2	技术性能参数	180	10.1.1	生产工艺流程简介	302

10.1.2	基本结构	302			
10.2	编织胶管编织机	305			
10.2.1	用途与分类	305			
10.2.2	基本结构	305			
10.2.3	主要部件	306			
10.2.4	编织机生产联动装置	312			
10.3	缠绕胶管成型机	313			
10.3.1	用途与分类	313			
10.3.2	纱线缠绕胶管成型机及其联动装置	314			
10.3.3	钢丝缠绕胶管成型机	316			
第11章	橡胶模型制品平板硫化机	317			
11.1	分类	317			
11.2	模型制品平板硫化机	317			
11.2.1	立柱式模型制品平板硫化机	317			
11.2.2	框式模型平板硫化机	319			
11.2.3	侧板式模型制品平板硫化机	319			
11.3	平带平板硫化机	319			
11.3.1	柱式平带平板硫化机	320			
11.3.2	桁板式平带平板硫化机	320			
11.4	V带平板硫化机	322			
11.5	主要零部件	323			
11.5.1	柱塞和液压缸	323			
11.5.2	热板	324			
11.5.3	夹持拉伸装置	326			
11.6	压力的计算	327			
11.7	其他类型模型制品平板硫化机	327			
11.7.1	多工位回转式模型制品平板硫化机	327			
11.7.2	同步开合模平板硫化机	328			
11.7.3	自开模模型制品平板硫化机	329			
11.7.4	抽真空模型制品平板硫化机	330			
11.7.5	传递模压模型制品平板硫化机	330			
第12章	鼓式硫化机	333			
12.1	平带鼓式硫化机	333			
12.1.1	基本结构与技术参数	333			
12.1.2	平带鼓式硫化机的主要零				
	部件				334
12.1.3	典型平带鼓式硫化机生产线简介				337
12.1.4	生产线的主要装置				338
12.2	V带鼓式硫化机	340			
12.2.1	基本结构	340			
12.2.2	主要技术参数	341			
12.2.3	主要零部件	342			
12.3	生产能力计算	346			
12.3.1	平带鼓式硫化机生产能力计算				346
12.3.2	V带鼓式硫化机生产能力计算				347
第13章	橡胶注压成型机	348			
13.1	概述	348			
13.1.1	注射机分类	348			
13.1.2	基本结构	349			
13.1.3	注射成型工艺过程	350			
13.1.4	型号规格与技术特征	351			
13.2	主要性能参数	352			
13.2.1	注射容积	352			
13.2.2	注射压力	352			
13.2.3	注射速率	353			
13.2.4	塑化能力	354			
13.2.5	锁模力	354			
13.2.6	模板行程	355			
13.2.7	合模装置的基本尺寸	356			
13.2.8	移模速度	357			
13.2.9	机器循环次数	357			
13.3	注射装置	357			
13.3.1	用途与性能要求	357			
13.3.2	分类及其结构	358			
13.3.3	塑化部件	360			
13.4	合模装置	365			
13.4.1	性能要求	365			
13.4.2	分类及其结构	365			
13.4.3	合模装置主要零部件	368			
	参考文献				371

绪 论

1. 橡胶机械在橡胶工业中的地位与作用

橡胶是以许多其他材料所不可比拟的突出性能而较早地受到人们的重视并被广泛使用的高分子材料之一。橡胶最宝贵的高弹性是其最具有使用价值并明显区别于其他原材料的重要特性之一。另外，橡胶还具有高度的电气绝缘性、低导热性、优良的气（水）密性，某些特种橡胶还具有耐化学腐蚀、耐高（低）温、耐油等特殊性能。所以以橡胶为主要原材料而制成的几万余种橡胶制品广泛地应用于现代工业、农业、交通运输、国防军工、尖端科学技术及人们生活所需的用品等各个方面。仅以汽车为例，在一辆普通轿车上的耗胶量超过100kg，其中轮胎近40kg；其他诸如安全气囊、风扇带、刹车管、空调管、散热管、密封条、油封垫片、减振器等许多橡胶工件用于汽车防尘、空调、安全、缓冲各系统，装在汽车上的所有橡胶制品的价值已占到汽车总成本价值的1/10之多。19世纪末，英国医生Dunlop就是巧妙地利用了橡胶的高弹性和气密性，制造了充气管状自行车轮胎，减缓了车体的振动，就此而开始了橡胶轮胎工业的形成，为汽车工业的发展铺平了道路。可以说没有橡胶就没有今天的汽车工业，就没有今天人们对高度物质文明的享受。正如斯大林对橡胶的高度评价，“橡胶是植物排泄出来的液体黄金，它对发展各项现代工业，尤其是对军事工业，具有极为重要的、不可取代的作用。”

所谓橡胶工业，是“以橡胶等弹性体为主要原材料，混入炭黑一类的补强剂，并且添加多种功能性助剂，同时结合以纤维及金属等材料作为支撑骨架，经过成型加工和硫化制成橡胶制品的工业”。世界橡胶工业经历了180余年的发展，如今已成为各发达国家重要的传统产业，其销售额占整个经济的1.5%，橡胶工业在第二产业群中的地位和作用日益为世人所重视与注目。橡胶工业平时是与国计民生紧密相连为社会增加积累的基础性产业，战时是准军事工业。橡胶工业是包容性大的多门类产业，在世界橡胶消费量中，橡胶制品消耗了80%以上的橡胶，用其加工生产的橡胶材料与产品总量达3500万吨以上，概括起来可分为轮胎、胶管、胶带、胶板以及型材、胶件、胶液、胶鞋、胶布等十余类。2000年，世界橡胶消费量达1830万吨，并以年增长2%~3%的速度发展。

橡胶工业的迅速发展一方面由于橡胶加工工艺的不断更新与进步，另一方面还得益于橡胶加工机械（rubber processing machinery，简称“橡胶机械”）的发展与推动。所谓橡胶机械，一般是指对橡胶进行原材料加工、成型与硫化的机械及设备，其中主要包括：开炼机、密炼机、压延机、挤出机、裁断机、缠绕机及多种定型、成型设备与硫化设备等。因此橡胶机械是橡胶工业重要的组成部分，是完成橡胶制品生产的器械机具与物质基础，也是表征与权衡橡胶工业发展水平的重要指标之一。橡胶机械装备状况的优劣程度对提高橡胶制品的质量和产量、降低生产成本和能耗、改善工作条件和环境、保障安全生产等皆起到相当重要的作用。

尤为令人瞩目的是，新世纪的前10年，创新开发成为新千年世界橡胶工业发展的重要主题及内容。新技术发展态势具体体现如下。

(1) 新型原材料的开发 为进一步缓解橡胶工业在使用橡胶方面对天然橡胶的依赖，依托近20年高分子设计技术的突破性进展，在原有系列合成橡胶的基础上，出现了可调分子量的溶聚丁苯胶。另外同时兼具橡胶的物理力学性能与塑料加工工艺双重性能的热塑性弹性体（TPE）是完全改性的新一代合成橡胶，许多工业制品及胶鞋制作已有大量使用，其明显的节能与良好的环保效应将使橡胶工业所用的原材料发生根本性的变化。以聚氨酯弹性体为代表的液体橡胶近年来在成功地用于管、带、辊胶制品的基础上，也更多地应用于某些轮胎

的制造，液体橡胶的使用将实质性地革新橡胶工业加工工艺。橡胶并用、橡塑共混使橡胶进入到“杂交”阶段，天然橡胶也同样在进行一系列化学改性和共混技术的研究。

除加强胶源种类开发与利用之外，橡胶用填料正以补强、增韧、耐磨为主，开始使用新发展起来的纳米级粉体材料和各种功能性填料。绿色环保、多功能的新助剂逐步取代了目前使用的高毒、低效等促进剂及防老剂。橡胶制品用骨架材料继续向高模量、高强度的方向发展。

(2) 新型加工工艺的开发 橡胶工业新型工艺的开发研究主要集中于成型-硫化两方面。成型工艺着重于解决减少工序与精密加工的问题。硫化方面的研究方向是设法与成型联动结合，实施成型-硫化工序一体化、连续化。另外在混炼方面，基于液体橡胶、粉末橡胶的使用，采用液、粉态混炼法；在胶源生产基地，将乳胶湿法制成母炼胶，然后再经混炼而实现连续混炼工艺。目前低温连续混炼以及以轮胎成型为核心的子午线轮胎全自动化生产线已开发成功。

总之，工艺改革的目的是追求生产过程的低成本化（提高生产效率、使用廉价原材料），使产品结构简单化、工艺直流化、高性能化，即提质、降耗、高能、低成本。

(3) 新产品开发 21世纪橡胶类新产品开发的特点是换代范围迅速地扩大，更新速度日趋加快，技术含量不断地提高，功能特性日臻完善。如环保型产品、安全型产品、节能型产品、高性能产品、多功能产品、高附加值产品及新领域的橡胶产品等层出不穷，产品结构呈现全面调整改革的局面。仅以轮胎为例，在子午线轮胎日益推广普及的基础上，航空轮胎“子午化+芳纶化”成为新的技术发展方向，轮胎已发展到“全新概念技术”时期，许多新型轮胎如：减少废气排放的低燃料轮胎、乘坐舒适的低噪声轮胎、保护生态环境的绿色轮胎、跑气保用轮胎、高速抗湿滑兼行驶低阻力与无噪声振动的三位一体的高性能轮胎，以及具有电脑传感器控制的智能轮胎等也相继开发问世。

还有，近年来各种功能性橡胶材料及制品不断地涌现，其开发应用正方兴未艾。超高强度和超低硬度橡胶材料及制品、自润滑性橡胶及制品、电磁波屏蔽和吸收橡胶及制品、压敏导电橡胶及制品、光敏性橡胶及制品、蓄电性橡胶及制品、热变色橡胶、形状记忆橡胶及制品、生物医用橡胶及制品等，功能性橡胶材料及制品的制备过程和用途日渐广泛，在各行各业中的作用也越来越大。

“工欲善其事，必先利其器”。诸如上述种类繁多、形态各异的各项新技术如欲顺利实施，必定应有结构新异、性能优越的橡胶机械装备与之相适应，否则新技术将难以实施。所以说，橡胶工艺与橡胶机械两大技术门类构筑成为橡胶工业的基本框架，橡胶工艺的革新与改进对橡胶机械装备提出了更高的要求，而高新橡胶机械装备将橡胶工业推向更高新的层次，两者密切关联、相互适应、相互制约及相互促进。

2. 橡胶机械发展

经考古发现，远在11世纪南美人就已经使用橡胶球，直到15世纪末哥伦布二次环球航行探险将橡胶球带到了欧洲，欧洲人才开始以天然橡胶制造橡胶制品。1830年英国人开始把橡胶树的种子幼苗带到印度尼西亚、马来西亚等东南亚地域进行栽培并得到了很好的发展，由此为世界橡胶工业的开拓奠定了广泛的原料基础。

1496年前，南美人使用橡胶球时，尚无任何橡胶加工的器械设备。

1768年，人们已懂得将橡胶溶于松节油中制造防水布，用蜡模来制造最简单的橡胶制品；

1820年，英国建立了世界上第一个橡胶工厂，使用的是人力单辊槽式炼胶机。

1839年，发现了硫化方法，出现了最早的容器式硫化设备。

1843年，橡胶压延机用于生产。

1856年，柱塞式胶管挤出机、1862年，双辊开炼机、1879年，螺杆挤出机、1921年，密闭式炼胶机……相继出现，使得橡胶制品生产过程中所使用的主要加工机械已逐步地

完善。

近 50 年来，石油化工发展迅猛，应运而生的塑料工业以相当的速度飞速发展。同属高分子材料的塑料与橡胶，在加工工艺的过程中有许多类同与共性，并且工艺加工性更趋精密及高效。凭借了橡胶机械而得以成长壮大的塑料机械反之促使橡胶机械的更新，使橡胶机械得到了更迅速地发展。加之现代汽车工业与交通运输工业的大发展对轮胎工业的极大激励，各种新型的橡胶加工机械与设备如：各种新型的高速高效设备（精密高速压延机、快速密炼机）、自动连续生产设备（注压成型硫化机、双螺杆连续混炼挤出机、子午线轮胎成型机、定型硫化机）及高性能设备（三负荷共挤挤出机）等不断涌现，以及为提高机械化、自动化、连续化生产而设置的种种系列配套附属装置的出现，使橡胶机械的性能更臻完善。特别是近 10 年，随着电子技术迅速地发展，许多高性能、高水平的控制技术用于各种橡胶机械设备中，使橡胶智能化加工技术上升至新水平，某些橡胶制品的生产几乎达到无人操作的程度。

目前随着橡胶新技术的不断涌现与进步，橡胶工业的装备也出现了新的突破。橡胶机械继续向着：单机大型化、快速化、自动化、智能化；机组联动化、生产线连续化；高效能；精密化；一机多能、综合能力强；安全、节能、长寿命方向发展。例如炼胶系统日趋大型化和智能化，压出技术多功能化和普遍化，轮胎制造技术实现了自动化和精密化。计算机在生产控制、产品结构和配方设计等方面的应用正大大地推动橡胶工业技术的发展。

我国橡胶工业创建于 20 世纪初期，在由南向北、由东至西、由沿海到内地、由城市到农村全面深入的发展过程中，各类国营、民营、外资橡胶企业遍布全国各地，特别在改革开放后更是取得了举世瞩目的辉煌业绩。2003 年，我国橡胶消费量超过 310 万吨，连续两年居世界第一；轮胎产量 1.88 亿条居世界第二，其中子午化率近 50%，轮胎出口 4500 万条，已超过美国；胶鞋自行车胎产量世界第一，其中胶鞋产量约 80 亿双，占世界产量的 50%，出口至世界百余国家和地区。目前我国橡胶工业的产值已占化学工业总产值的 1/5，利税的 1/4。我国橡胶机械制造业也取得了前所未有的长足发展，各类重、大、精的关键性橡胶加工设备皆可自行制造。橡胶工业已成为国民经济中举足轻重的重要产业。中国已成为世界橡胶工业大国，但非世界橡胶强国。如我国人均年耗胶量低于世界平均水平；与世界先进国家相比，我国在橡胶产品中低档次产品多，产品附加值偏低，在产品结构、质量水平、制造技术、企业结构、品牌等方面仍有差距，如低档产品的机械制造能力过剩，企业效益下降，技术整体开发能力不强，新技术知识产权难以保障，某些产品特别是超精大型的高档产品的生产仍需依赖于进口等。

中国加入世界经贸组织（WTO）后，国外的各类制造业风起云涌般地加速对中国的转移，世界若干知名的轮胎及橡胶机械制造企业先后“进驻”中国，有的还进一步设立了技术中心，这一切给中国橡胶行业带来了发展的活力与机遇，但压力与挑战也同时并存。从制造大国走向创造强国，是中国广大业内外人士及同仁们的强烈愿望和宏大目标。相信有日益强盛国力的支撑与持续快速发展汽车工业的强劲推动，我国橡胶工业必将保持着稳定的发展态势，达到更新更高更强的水平，世界橡胶强国之冠指日可待。

3. 橡胶机械的特点

橡胶机械隶属加工机械，考虑到其加工对象——橡胶在加工过程中对温度、压力、时间特定的要求与限定，橡胶机械归属为化工机械类。但因学科基础理论的差异，又使其自成体系，使之具有明显地有别于其他类机械的独特性能。

(1) 品种繁多规格多样 橡胶制品概括地分为轮胎、胶管、胶带、胶板以及型材、胶件、胶液、胶鞋、胶布及再生胶制造等十余类之多。在加工上述橡胶制品所使用的橡胶机械设备中，其原材料加工机械及半成品压型机械具有共性而可实现通用，而其余众多的成型及硫化设备因制品结构不同而有所差异。所以橡胶机械在整体上划分为通用类橡胶加工机械、专用类橡胶加工机械两大类别，前者主要是指对橡胶与其他原材料进行前期捏炼加工的机械

(以开炼机、橡胶密炼机为主)及橡胶半成品压型设备(橡胶压延机、橡胶挤出机为主);后者即为不同橡胶制品所对应专用的各种成型机械及硫化设备,而且这些成型机械及硫化设备在结构外形、性能参数、工作原理等诸方面各具千秋,差异颇大,故此橡胶机械品种繁多。为满足不同形式的生产所需,每一种橡胶机械又自成系列,具有许多大小不同规格的机台。据统计,橡胶加工机械品种类别多达千余种,而且随着橡胶新技术的发展,新型类别的橡胶机械还将继续地扩容增加。

(2) 机台能量消耗及质量差异悬殊 通用类橡胶机械在处置胶料时,因橡胶剧烈的机械变形而消耗极大的能量,如快速高压大容量密炼机电机功率达4000kW以上,为保障机器足够的机械强度与刚度,巨大的作用力驱使机器的结构尺寸庞大粗壮,一台大型橡胶机械质量可达几百吨;而某些专用类橡胶机械因无须促使胶料变形,故能量消耗相对少得多(最少不足1kW),机器质量仅几十公斤。不仅如此,橡胶机械主要零件的加工精度要求也差别甚大,如密炼机转子机加工的表面要求仅为清除铸焊表皮的粗加工,而压延机辊筒在机加工时的表面要求几近为镜面的精加工。

(3) 操作参数多变 橡胶机械中的许多设备在工作时根据工艺操作的需要,往往需要调整某些操作参数,如速度、辊距、压力、温度、张力、速比等诸多参数皆需调节,不但主机需要调整其操作参数,而且其附属装置或联动装置的工作状态也即随之相应进行调整。如开炼机在每一个工作周期,应进行辊筒间距的调节并注重温度控制;密炼机在混炼时要进行温度与压力的控制与调整;压延机及其联动生产线在达到稳定而不间断的连续压延的过程中,须进行速度、辊距、温度、张力、速比的调整;轮胎成型机制作胎坯过程中其成型鼓的旋转速度也是不同的等。因此相应地设置了调整机构与装置;增加了机器结构的复杂程度。

(4) 操作介质与动力形式多样 因橡胶加工过程的特异性,橡胶机械与设备在工作时所应用操作介质与动力形式具有多样化的特点。目前在规模化的工业生产中,其所使用的动力源除电能(交流电、直流电)之外,还普遍使用压能(气压、水压、油压)与热能(水热、蒸气热、油热);常用的操作介质为压缩空气、蒸气、水(冷水、热水、过热水、高压水、低压水)及油(高压油、低压油、冷油、热油)。以轮胎定型硫化机为例:胎模的开启、闭合、锁紧消耗的是电能;胶囊定型时使用蒸气;硫化时以一定压力的过热水传热;开模前以冷却水降温;以压缩空气清理胎模;润滑油润滑机器的各摩擦副,总计3种方式的能源和4种操作介质。

(5) 仍保留某些手工操作 就总体及宏观而言,当今的橡胶机械已基本实现了机械化、自动化操作,某些方面还呈现着智能性控制与操作,体现出了较高水平的机电一体化的工作模式。但是某些局部的工序仍不同程度地保留着一些手工操作,如开炼机在塑炼橡胶时还难以避免以手工切割翻动胶料;胶帘布裁断后的接取及接头、轮胎成型时帘布筒的贴合、混炼时块状胶料的称量等仍保留着手工进行操作的工作方式。

第 1 篇 橡胶加工通用机械

第 1 章 开放式炼胶机及其附属装置

1.1 概论

开放式炼胶机 (mill for rubber) 简称开炼机, 又称双辊捏炼机。它是通过两个水平设置并以不同的线速度相对回转的辊筒, 将以橡胶或树脂为主要成分的原材料经过剪切、挤压作用而使其塑化、混合, 制成符合生产加工要求的坯形材料。

开炼机是橡、塑制品加工应用最早、最广泛的基本设备之一。随着社会的进步及技术的不断更新, 历经了百余年的发展历史, 开炼机在结构及控制上不断地改进、完善, 已由最初的人力、单辊、槽式简陋型炼胶机, 发展成为目前门类齐全、综合适应性强、配套设施逐步完备、技术性能不断提高的新型橡塑原材料加工设备。新型开炼机具有大辊径、高辊速、大驱动功率、高度机械自动化操作的特点。使用开炼机捏炼物料, 其工作温度低、加工材料性能易于保证, 工艺操作过程的可视性强、便于清理, 且结构简单、价格低廉, 尤其适合于材料种类多变、工作温度控制严格及一些特种物料的加工。但是, 开炼机生产一般说来自动控制程度低、劳动强度大、安全性差、工作效率低, 尚难以适应连续性大规模地生产。

1.1.1 用途与分类

开炼机主要用于胶料的塑炼、混炼、热炼、压片、破碎; 再生胶的粉碎、混炼与精炼; 还可用于塑料树脂的混合及油漆压片等。

橡胶用开炼机按其用途分为: 混(塑)炼机、热炼机、压片机、破胶机、粉碎机、精炼机、再生胶捏炼机及实验用开炼机等, 如表 1-1 所示。

表 1-1 开炼机的分类

名称	辊面形状		用途	名称	辊面形状		用途
	前辊	后辊			前辊	后辊	
混(塑)炼机	光滑	光滑	胶料混炼、塑炼、树脂混合	粉碎机	光滑	沟纹	废旧胶块的破碎
				精炼机	光滑呈腰鼓形	光滑呈腰鼓形	除去再生胶中的硬杂质
热炼机	光滑	沟纹	胶料预热、供料	再生胶捏炼机	光滑	光滑	再生胶粉的捏炼
压片机	光滑	光滑	胶料压片、供料, 油漆压片				
破胶机	光滑	沟纹	生胶及废胶的破碎	实验用开炼机	光滑	光滑	胶料实验

1.1.2 基本结构

开炼机主要由辊筒、辊筒轴承、调距装置、机架及横梁、传动装置、调温装置、安全及制动装置与机座等组成, 通用型开炼机的基本结构如图 1-1 所示。

两个中空形的前、后辊筒 1、2 平行放置并相对回转, 辊筒两端由轴承支撑在机架 3 上, 横梁 4 与其固接。机架上设有调距装置 6, 用以调节两个辊筒之间的距离。调温装置可将介质导入辊筒内部, 以对辊筒的工作温度进行调控。

电动机 9 经减速器 8、驱动齿轮 7 及速比齿轮 12 驱动两个辊筒回转。安全及制动装置 10 和紧急制动装置拉杆 11 可使开炼机在意外情况时, 紧急停车以保障操作人员与机台的安全。

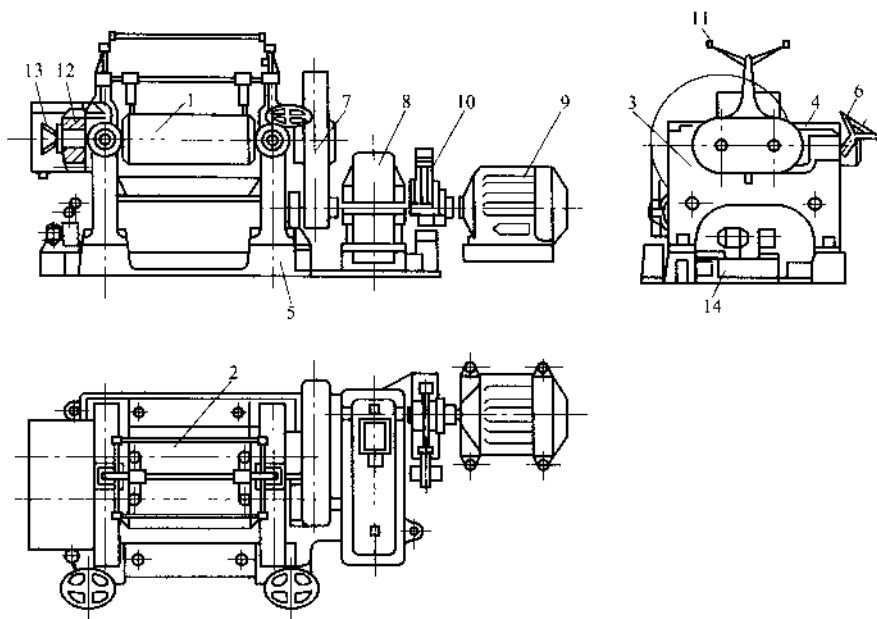


图 1-1 通用型开炼机的基本结构

- 1 前辊筒；2—后辊筒；3—机架；4—横梁；5—机座；6—测距装置；7—驱动齿轮；8—减速器；9—电动机；
10— 制动装置；11 紧急制动装置拉杆；12 速比齿轮；13—辊温调节装置；14—润滑装置

另外，在辊筒两端还设有挡料板以防物料外溢。

开炼机由机座 5 固定于地基上。

1.1.3 工作原理

开炼机工作时，两个辊筒以不同的线速度相向回转。集中投放于辊筒上方的堆积物料由于辊筒表面的摩擦和黏附作用而被带入辊隙 (roll gap) 之内，逐渐形成楔形断面的料条，在辊隙内物料受到强烈的挤压、剪切。因极大的机械撕裂作用，同时伴随着高分子材料分子链的氧化裂解，物料得以塑化；剪切使物料产生的形变，增加了各组分之间的界面，从而使其分布混合；足够大的剪切应力也使 (固相) 物料分散开来。经辊隙而后排出的物料，由于两个辊筒的线速度和表面温度的差异而包覆于前辊筒上并重新返回两辊筒间隙之中，周而复始。一定时间后，经多次的机械作用并因巨大的剪切形变所释放出的热量，物料便逐渐趋于塑化并均匀混合，最终达到预期的捏炼效果，切割物料、下片，批料加工结束。

开炼机多属间歇性操纵，加工过程重复轮回。其工作过程如图 1-2 所示。

辊筒速差、辊筒间距、物料容量、操作方式、加工温度、捏炼时间等多种因素影响开炼机塑化与混合均化物料的效果。

为使物料承受较大的机械剪切作用，开炼机的两个辊筒之间须保持一定程度的速度差异

(为了便于操作，一般将其前辊速度设置得较后辊为慢些)。辊距一定时，较大的辊筒速度差，可以提高开炼机对物料的剪切速率。另外，辊筒间距的大小也明显地影响着开炼机剪切、挤压物料的效果。在辊筒速度差值不变的条件下，辊筒间距愈小，其机械塑化与混合物料的作用就愈大。

对每一个加工过程来说，当投放的批量物料包覆于一个辊筒表面之后，在两个辊间的上方仍然存有一定数量的堆积料 (bank)，这些积料随着转动的辊筒

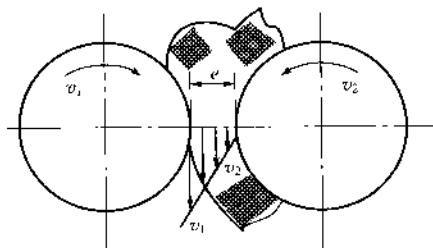


图 1-2 开炼机的工作过程

不断地被带入辊隙中去，而新的积料又逐渐形成。积料的存在对于提高捏炼物料的质量（特别有益于配合剂的混入并使物料产生径向混合作用）与效率来说影响很大。但是这部分积料的容量必须适当。若堆积的物料过多，则会使部分物料只是在原处轻微抖动而不能顺利地进入辊隙去承受应有的机械作用，因此影响了批量整体物料捏炼的均匀性，并使加工周期延长、物料散热困难而升温；若堆积的物料偏少，则又会导致操作过程的不稳定。

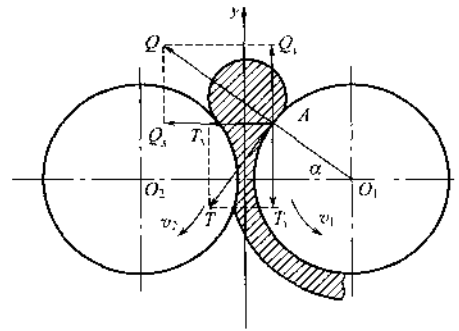


图 1-3 物料在辊隙内的受力分析

可以通过对物料的受力分析来确定其恰当的堆积量。为此需要引入一个称之为接触角的概念。如图 1-3 所示。所谓接触角，即物料与辊筒表面上的某一接触点 A 与辊筒断面圆心 O_1 连线 AO_1 和两个辊筒断面圆心连线 O_1O_2 间的夹角 $\angle AO_1O_2$ ，并以 α 表示。在接触点 A 处，物料受到辊筒的（径向）正压力 Q 与（切向）摩擦力 T 的作用。将正压力 Q 分解为水平和垂直两个方向的分量 Q_x 、 Q_y ；摩擦力 T 分解为水平和垂直两个方向的分量 T_x 、 T_y 。可见，水平分量 Q_x 、 T_x 是挤压物料之力；而垂直方向的分量 Q_y 是阻止物料进入辊隙的，但垂直分量 T_y 却总是要将物料拉入到辊隙中去。显然 $T_y > Q_y$ 是保证物料被辊筒带入辊隙的前提保障，否则即产生物料只是在辊筒上抖动却不能通过辊距的现象。可以得到

$$\begin{aligned} T &= Qf = Q \tan \rho \\ T_y &= T \cos \alpha = Q \tan \rho \cos \alpha \\ Q_y &= Q \sin \alpha \end{aligned} \quad (1-1)$$

- 式中 T —— 辊筒对物料的摩擦力；
 Q —— 辊筒对物料的正压力；
 T_y —— 辊筒对物料摩擦力的垂直分力；
 Q_y —— 辊筒对物料正压力的垂直分力；
 f —— 物料与辊筒的摩擦因数；
 ρ —— 摩擦角；
 α —— 接触角。

为使 $T_y > Q_y$ 这一基本操作条件得以实现，则必然应是

$$Q \tan \rho \cos \alpha > Q \sin \alpha$$

亦即 $\rho > \alpha$

由此可见，开炼机在捏炼物料过程中，只有当其接触角 α 小于摩擦角 ρ 时，物料方可被转动的辊筒带入到辊隙中去，这是开炼机加工物料的先决条件。摩擦角 ρ 的大小与物料的品种、组分、可塑性、加工温度及辊筒表面状态等因素有关。一般条件下，橡胶与金属辊筒的摩擦角 ρ 为 $38^\circ \sim 42^\circ$ ，生胶与金属辊筒的摩擦角 ρ 为 $38^\circ 41'$ 。物料接触角 α 的取值在不超出摩擦角 ρ 并确保正常操作的情况下因物料而异。

另外，开炼机在工作过程中还应注意对物料进行切割与翻动的操作。根据流体动力学理论的分析，物料在被捏炼时其流线分布如图 1-4 所示。无论两辊筒的速度是相等或是相异，在辊筒上方的积料处皆存有一回流区域，该回流区域虽有利于粉剂的卷入并向包辊物料的厚度方向分散，但仍不能使配合剂达到在包辊物料整体厚度范围内扩散，也就是说堆积料所起到的径向混合均匀作用是有限的；而且沿辊筒轴线方向无剪切也无物料运动。因此，开炼机辊筒单一的周向剪切作用对物料在大范围内的混合是不利的。为弥补开炼机工作性能的不足，增加其混合效果，在开炼机工作到一定的时候应进行多种形式的切割翻动物料的操作（见图 1-5、图 1-6），使物料经受交叉叠合辊压，改变物料定向并相对稳定的流动状态，改

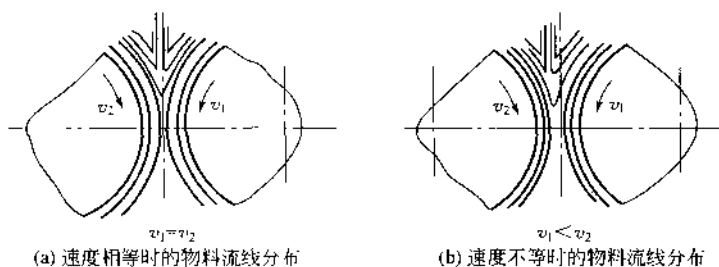


图 1-4 辊隙间物料流线分布

变受剪切的方向，重新分布以实现界面的无规则分布，从而使沿每条流线上各组分的分布状态与整个系统的分布状态相一致，以确保实现批料整体均匀捏炼。

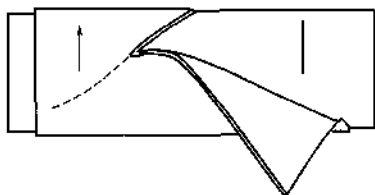


图 1-5 切割料片操作示意

工作温度对开炼机的加工性能有很大的影响。开炼机的加工温度即指辊筒表面的温度，应根据物料的种类、配方特点及工艺要求合理确定。对橡胶塑炼加工而言，较低的辊温可获得较好的塑炼效果。考虑到机台负荷不至于过大并便于包辊操作，天然胶通常将前辊温度控制在 $45\sim 55^{\circ}\text{C}$ 、后辊温度控制在 $40\sim 50^{\circ}\text{C}$ 为宜。开炼机在混

炼胶料时，为既利于胶料对粉剂配料的湿润作用，又欲提高机械剪切和混合分散效果，应将辊温控制在包辊性最好的范围之内进行混炼。天然橡胶容易包热辊，因此混炼时前辊温度控制在 $55\sim 60^{\circ}\text{C}$ ，后辊温度控制在 $50\sim 55^{\circ}\text{C}$ 。因多数合成胶在捏炼时生热量较大，故两辊温度均应比天然橡胶低 $5\sim 10^{\circ}\text{C}$ ；而多数合成胶容易包冷辊，所以前辊温度要低于后辊温度。

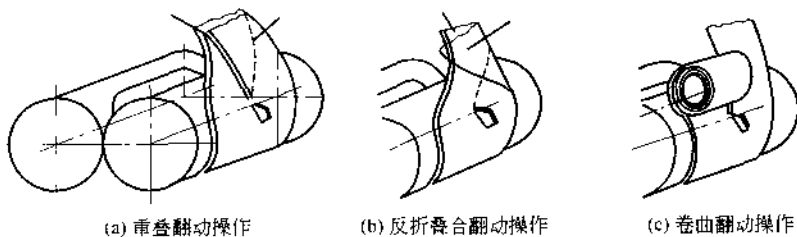


图 1-6 物料切割翻动操作方式示意

受辊速（差）、物料容量、加料顺序、操作方法、加工温度、物料种类和配方等因素的影响，开炼机的工作时间多根据实验而定，在保证捏炼质量的前提下应尽可能缩短时间，如在采用分段塑炼法对橡胶进行塑炼时，每次塑炼的时间在 20min 之内。

1.1.4 型号规格表示与基本技术参数

根据我国颁布的国家标准中有关规定的表示方法，橡胶及塑料加工用开炼机的型号以 X(S)K 表示之，并在其后以辊筒工作部分直径 (mm) 表示机台的规格。如 X(S)K-450，表示辊筒工作部分直径为 450mm 的橡胶（塑料）加工用开炼机。另外对一些专用机台，还可附加一字母予以说明，如 XKP 表示为破胶机、XKR 表示为热炼机等。

国外还有以辊筒工作部分直径 (mm) \times 辊筒工作部分长度 (mm) 来表示机台的规格，单位亦可为英寸 (in)，如 $18\text{in} \times 48\text{in}$ 。

国家标准中开炼机的系列与基本技术参数见表 1-2、表 1-3。

另外，大连橡塑机械厂还生产有更大规格的开炼机 XK710 \times 2540，工作速度为 30.12m/min；速比 1 : 1.09；电机功率 280kW。