

汽车用橡胶配件的进展

陈运熙

(北京橡胶工业研究设计院, 北京 100039)

摘要: 论述了我国汽车用橡胶配件的概况及进展, 指出今后的发展趋势。汽车橡胶配件用弹性体主要有NR、SR和热塑性弹性体(TPE)。SR因性能优异, 使用比例呈上升趋势, 品种逐年增加; 氟橡胶、氟硅橡胶、丙烯酸酯橡胶及氯化丁腈橡胶等特种合成橡胶得到广泛应用; 复合高分子材料作为新材料大量用于制造汽车配件; 热塑性弹性体近年发展也较快。进一步提高汽车橡胶配件的耐高低温、耐老化、耐油和动态疲劳性能是今后的发展方向。

关键词: 汽车; 橡胶配件

中图分类号: TQ336, U464.149 文献标识码: A 文章编号: 1000-890X(2000)06-0361-06

1 汽车用橡胶配件概况

1.1 汽车工业与橡胶制品工业的关系

汽车工业已成为我国国民经济的支柱产业, 其发展影响并带动着相关产业特别是橡胶零配件工业的发展, 橡胶制品工业是其中一个重要组成。同时零配件工业的整体发展水平也制约着汽车工业的发展。

据有关资料统计, 1998年我国汽车产量为162.7万辆; 1999年产量约为170万辆, 汽车保有量约为1460万辆; 预计2000年汽车产量为180万~200万辆, 汽车保有量为1500万~1600万辆。有关专家指出, 汽车工业与相关工业投资比为1:2.7时才能实现同步发展。汽车橡胶配件在汽车工业中占有非常重要的位置, 其产品性能和品质直接影响着整车质量。为适应汽车工业的发展, 国内外均投入了大量的资金和人力对汽车用橡胶配件从材料、产品结构、装备和加工工艺等方面进行大量的工作, 并取得了很大的进展。

据资料统计, 包括轮胎在内的橡胶产业, 年耗胶量的70%用于汽车工业。从橡胶用量看, 60%用于轮胎, 40%用于橡胶制品。汽车用橡胶制品按其使用部位可分为发动机、车身和底

盘。主要产品有胶管、胶带、骨架油封、减震块、皮膜、密封胶条、胶板、雨刷胶条、胶粘剂和密封胶等。其中有些是与汽车行驶安全有关的重要部件, 如制动软管、刹车皮膜、刹车片, 以及功能性部件, 如骨架油封、各种燃油管、减震块及保险杠等。目前国内汽车用非轮胎橡胶配件有约1000多种, 规格达8000多个。每辆汽车平均有100~200种200~300个橡胶配件, 用胶量在20~40kg不等, 常用胶种多达14种。

以我国汽车为例, 每辆汽车橡胶配件及混炼胶用量如表1所示。我国近年汽车橡胶配件耗胶量如表2所示。橡胶在汽车中的单车用量如表3所示(根据中国汽车配件公司资料)。

表1 每辆汽车使用的橡胶配件数量及混炼胶用量

车型	橡胶配件种类/种	橡胶配件数量/件	混炼胶用量/kg	生胶用量/kg
BJ212	146	297	20.7	9.8
BJ130	108	220	12.8	6.1
桑塔纳	146	315	18.4	9.1
夏利	28	38	10.8	5.1
CA141	144	250	28.5	15.5
EQ140	169	221	13.1	6.2
EQ153	200	321	36.8	17.4
标致	61	88	17.8	8.4
标致505	104	154	8.5	8.7

注: 表中数字不包括轮胎、胶管和胶带的用量。

作者简介: 陈运熙(1941-), 女, 湖南益阳人, 北京橡胶工业研究设计院教授级高级工程师, 主要从事橡胶制品、密封胶和胶粘剂的研究工作。

表2 我国汽车橡胶配件的耗胶量

年份	汽车产量/ 万辆	橡胶用量/t			
		混炼胶	生胶	SR	NR
1990	50	11 475	5 420	1 807	3 613
1995	90	20 250	9 570	3 830	5 740
1999	170	38 250	18 082	9 041	9 041

注:表中用量不含轮胎用胶量。

表3 国产汽车与进口汽车中
主要橡胶消耗量

品 种	kg·辆 ⁻¹		
	桑塔纳	标致	斯太尔 (91系列)
NR+SBR	45.31 ¹⁾	45.00 ¹⁾	3.39 ²⁾
CR	3.86	2.76	10.02
NBR	3.23	2.90	3.36
EPDM	13.79	25.53	—
丙烯酸酯橡胶(ACM)	0.02	0.71	0.12
氟橡胶(FKM)	0.25	—	0.25
PU	0.34	—	—
硅橡胶(VMQ)	0.14	—	—
IR	—	0.67	—
氯醚橡胶(CHC)	0.055	—	—

注:1)包括轮胎耗胶量;2)不包括轮胎耗胶量。

1.2 汽车对橡胶配件的要求

汽车橡胶配件在汽车行驶中除受应力-应变作用外,还要接触燃油、润滑油、液压油等各种介质,经受高低温、天候老化及震动的考验。随着汽车工业的发展以及汽车高速化、尾气排放的限制及噪声等问题的提出,对橡胶配件的要求也日益提高。橡胶配件除应具备一定的物理性能外,还要求耐高低温、耐油,保证在-54~135℃空气中及在-40~149℃油中长期使用。此外,还要求配件耐天候老化、抗震,具有较好的动态疲劳性能和耐久性,保证汽车行驶里程不少于10万km。

2 汽车用橡胶配件的进展

2.1 汽车橡胶配件用橡胶及弹性体

近年来汽车橡胶配件用橡胶及弹性体的发展有以下3个特点。

(1)SR在汽车配件中消耗比例呈上升趋势。以我国为例,汽车配件中SR与NR的比例1990年为1:2,1995年为1:1.5,2000年预计达到1:1。主要原因除NR资源有限外,SR的耐高温、耐油及天候老化等性能也比NR好。

(2)汽车用橡胶配件中使用SR的品种逐年增加,并开发出许多性能优异的新品种。FKM、氟硅橡胶、ACM和氢化丁腈橡胶(HNBR)等特种合成橡胶在汽车配件中日益得到广泛应用。

(3)复合高分子材料的应用越来越广泛。橡塑共混,如NBR/PVC胶料和热塑性聚(链)烯橡胶(TPO);不同胶种之间并用及复合,如NR/BR和NBR/CR等作为新材料或改性材料大量用于制造汽车配件,以满足汽车对橡胶配件多方面性能的要求。

汽车橡胶配件用弹性体主要有NR、SR和热塑性弹性体(TPE)三类。

2.1.1 NR

NR具有优良的弹性及物理性能,是汽车橡胶配件的主要胶种。我国NR耗胶量占全部汽车橡胶配件耗胶量的50%以上。NR可用于各种减震制品、刹车皮碗和皮膜等配件。为降低成本,改善性能,NR很少单独使用,一般并用部分SR,如NR/BR,NR/SBR。我国NR产量有限,目前50%靠进口。

2.1.2 SR

SR是汽车配件中发展和更新换代较快的胶种,主要用于制造各种传动带、软管、密封件和膜片等部件。国外SR主要生产厂及生产能力如表4所示。我国近年SR产量如表5所示。目前我国规模较大的SR生产厂有14家,总生产能力为81.7万t·a⁻¹,居世界第4位。

汽车用特种SR近年发展情况如下。

(1)NBR

NBR以耐油著称,耐热、耐老化性能优良,是在中等温度下(-40~120℃)应用最广的一种耐油橡胶,也是汽车配件的主要胶种。主要用于制造各种耐油软管、密封件及膜片。在日本,70%的NBR用于汽车工业。目前我国汽车工业NBR消耗量约占NBR总消耗量的22%~30%。

德国拜耳公司于1980年首先开发出HNBR,使NBR使用温度提高到150~170℃,且具有较好耐低温性能、耐臭氧老化性能及耐硫化氢性能,老化后屈挠性能也较好。HNBR

表 4 国外 SR 主要生产厂及生产能力

品 种	总生产能力/ (万 t·a ⁻¹)	各厂生产能力/(万 t·a ⁻¹)						生产厂家/个
		瑞翁	拜耳	杜邦	JSR	埃尼	固特异	
NBR	46.7	8.5	8.8	—	4.0	3.0	3.9	23
HNBR	5.0	0.3	0.2	—	—	—	—	2
ACM	1.7	0.6	—	—	—	0.2	—	8
氯醚橡胶(ECO, CO)	1.2	0.9	—	—	—	—	—	3
FKM	1.5	—	—	0.6	—	—	—	6
CR	44.8	—	8.7	18.9	—	4.0	—	7
氯磺化聚乙烯(CSM)	6.0	—	—	5.3	—	—	—	2
氯化聚乙烯橡胶(CM)	4.8	—	—	—	—	—	—	3
硅橡胶(VMQ)	2.7	—	—	—	—	—	—	22
TPO	12.7	—	—	—	—	—	—	19
乳聚丁苯橡胶(ESBR)	405.6	20.0	11.0	—	21.5	29.5	30.5	36
BR	210.9	2.0	2.0	—	3.5	1.5	1.0	36
EPDM	105.4	—	5.2	7.7	6.5	8.5	—	16
IIR	75.8	—	—	—	—	10.5	—	8

表 5 我国近年来 SR 产量

万 t

年 份	SBR	BR	CR	NBR	SBS *	其它	合计
1990	17.11	11.91	1.91	0.45	0.08	0.38	31.84
1994	19.00	17.20	1.98	0.70	1.40	2.20	42.48
1995	20.44	21.72	3.90	0.65	2.10	2.51	51.32
1996	21.76	23.71	2.75	0.88	2.27	—	51.37
1997	27.78	25.71	2.73	0.48	3.31	—	60.01

注: * 苯乙烯-丁二烯嵌段共聚物。

首先在汽车工业中取代 CR 用于同步带取得成功,在同样的运转时间内,其使用温度比 CR 带可提高 40 °C;在相同的使用条件下,耐久性比 CR 带高 10 万 km,目前在轿车中广为使用。传动带制造商力图进一步将其用于 V 带、风扇带及交流电机传动带等方面,预计很快会扩展到公共汽车和摩托车等车辆。我国 HNBR 处于试用阶段,目前吉林化学工业公司研究院成功地用钨系催化剂试制出饱和度为 90% 的 HNBR,该产品相当于瑞翁公司 Zetpol 2020L,已用于制造汽车密封件。兰州石油化学公司化工研究院也已成功地开发出 LH-9901 和 LH-9902 两个牌号的 HNBR,并形成百吨级试制规模。

国外 NBR 品种牌号达 370 多种,总生产能力为 52.2 万 t·a⁻¹,我国 NBR 品牌只有 30 多种,仅有兰化和吉化两家公司生产,总生产能力约为 2 万 t·a⁻¹。最近,兰化公司准备进口一套 1.5 万 t·a⁻¹ 生产装置。这样,我国 NBR 生产能力将达到 3 万 ~ 3.5 万 t·a⁻¹。

国外对耐油制品要求标明其耐热及耐油等级。耐油弹性体目前倾向于按 SAE J200 分类体系进行分类;耐热等级是根据在适当温度下热空气老化 70 h 后拉伸强度变化率不大于 30%,扯断伸长率变化不大于 50%,邵尔 A 型硬度变化不超出 -15 ~ +15 度的指标进行分类;耐油等级则是根据在一定温度(一般为 150 °C)下,于 IRM 903 油中浸泡 70 h 的体积膨胀率作为分类指标。

(2) CR

CR 具有优良的耐热、耐天候老化及粘合性能,是汽车配件用橡胶的主要品种之一,主要用于制造软管、同步带、风扇带、雨刷、防尘罩及胶粘剂。目前杜邦公司有 30 多个品牌,电气化学公司有 20 多个品牌,我国有干胶 9 个品牌和胶乳 10 个品牌,生产厂家有长寿化工总厂、青岛化工厂和山西省化工厂,总生产能力为 2.8 万 t·a⁻¹。

(3) ACM

ACM 具有优异的耐油(特别是含极性添加

剂的齿轮油、发动机油及汽车液压油)、耐臭氧和耐热性能。使用温度为 $150\sim 180\text{ }^{\circ}\text{C}$,仅次于氟橡胶和硅橡胶。ACM主要用于发动机驱动系统密封件,如曲轴油封及各种油管,近年需求量逐年增加。我国目前已由北京化工研究院及成都科技大学开发出2~3种ACM,并已投入生产,但产量不大,质量尚不稳定。

据报道,日本合成橡胶公司开发出一种新型JSR-FR橡胶,硫化后对氧化燃料稳定性达到氟橡胶水平,耐热性能优于ECO,耐臭氧性能相当于ACM,耐油密封性能相当于NBR。

(4) 氯醚橡胶

氯醚橡胶具有优良的低温柔顺性、耐候性、耐油性及低的气体透性,主要用于膜片、燃油软管和液压软管。国外有瑞翁公司、Daiso公司和Nipponi Zeon公司生产。我国有武汉有机化工厂和沧州化工厂少量生产,主要品种有均聚型1种,共聚型2种。由于硫化时放出的氯化氢对模具有腐蚀作用,在配方上应予以注意。氯醚橡胶优良的耐气透性使其有望成为轮胎气密层的良好材料。

(5) 乙丙橡胶

乙丙橡胶具有优良的耐天候老化、耐热、耐臭氧及电绝缘性能,主要用于门窗密封胶条、加热器水管、电缆护套、刹车软管、皮膜、传动带等制品,并大量用于制作TPO。世界乙丙橡胶总生产能力约为 $105\text{ 万 t}\cdot\text{a}^{-1}$,我国乙丙橡胶一直处于以进口为主的局面,仅兰化公司及北京化工研究院有过小批量生产,1991年吉化公司引进日本三井石油化学公司技术,形成 $2\text{ 万 t}\cdot\text{a}^{-1}$ 生产能力,有5个EPM和19个EPDM的品牌,燕山石化集团公司也计划建立 $4.0\text{ 万 t}\cdot\text{a}^{-1}$ EPR生产装置。

(6) 硅橡胶及硅氟橡胶

硅橡胶具有优异的耐高低温性能,可在 $-80\sim 250\text{ }^{\circ}\text{C}$ 下使用,但不耐油。氟硅橡胶兼具氟橡胶和硅橡胶二者优点,可用作发动机系统密封件,如曲轴后油封、隔膜及排气管件等。一种硅橡胶与EPDM共混材料称为SEP,其在任何温度下的使用寿命都比单独使用EPDM有大幅度提高。通过加入专门的添加剂,可使

SEP获得最佳综合性能。

(7) FKM

FKM以耐高温、耐介质性能优异驰名,主要用于制造发动机部位密封件、输燃油软管及其它橡胶零配件。日本50%的FKM用于汽车工业,我国上海有机化学研究所及晨光化工研究院生产FKM。为适应汽车燃油结构的变化,不断开发出新品种FKM。如美国3M公司研制成功的耐燃油(包括含20%乙醇和液化气的燃料)用Fluorel 2182和具有同样性能且对高压蒸汽稳定的FKM-542;英国Dowty公司开发高含氟量的Fluorobon 9710,其制品可在 $-15\sim 200\text{ }^{\circ}\text{C}$ 温度下使用,对汽油、脂肪烃及臭氧有很高的稳定性;日本Daikin公司开发的Perfluorogum氟橡胶低温性能明显改进,硫化胶可在 $-25\text{ }^{\circ}\text{C}$ 下使用。

2.1.3 TPE

TPE近年发展很快,因具有橡胶的弹性和塑料的加工性能而受到汽车工业的欢迎。典型的品种是孟山都公司首先开发并工业化生产的TPO(EPDM改性聚烯烃热塑性弹性体),目前广泛用于制造汽车保险杠和仪表盘。国内由北京化工研究院等单位研制的TPO已工业化生产并用于汽车工业。此外,由孟山都公司开发的NBR改性PP的共混胶料,商品称为Geolast的耐油TPE及杜邦公司开发的Hytrel属同类材料,耐热、耐油、耐燃料,使用温度为 $-50\sim 135\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。

2.2 汽车橡胶制品

近年来,汽车用橡胶配件从材料、结构及加工工艺等方面均有很大改进。汽车橡胶制品可分为汽车用橡胶软管、胶带、减震制品、密封制品、胶粘剂和密封胶及其它制品。

2.2.1 汽车用橡胶软管

橡胶软管主要用于输送燃料、油、水、空气及传递动力。主要产品有燃油管、加油管、动力控制管、制动软管、油冷却器管、离合器管、排气管、空气导管和水管等,多为外直径为 $\Phi 5.3\sim 55\text{ mm}$ 的三维弯管。由于汽车行驶时的震动和冲击,不仅要求胶管耐热、耐油、耐老化而且要求柔软。为适应汽车对胶管多种性能的要

求,胶管主体材料由单一胶种发展到由2~3种材料组成。如液压油冷却器管和发动机油管由单一使用NBR发展到内层用NBR,外层用CR,为进一步加强耐热性,目前许多车辆已发展为内层用ECO,FKM或ACM,外层用CSM或ECO;同时NBR/PVC、EPDM及TPO等材料也可用于制造不同的软管。胶管的增强层材料使用芳纶、短纤维、聚酯、尼龙等材料以减轻质量提高强度。此外,包括制动管、燃油管、加热管和冷却水管在内的汽车软管中,树脂管的产量比例已占到将近50%,是新的发展趋势。以短纤维补强的胶料通过特制机头挤出成型弯管的技术由孟山都公司开发并已得到实际应用。我国汽车软管制造也已取得很大进展,并开始使用ACM,FKM和HNBR等新型材料,如蒸汽管开始使用ECO,液压管已开始应用HNBR和CSM,散热器胶管中EPDM将逐步被EPM取代。

2.2.2 胶带

胶带主要用于动力传递,有同步带、V带和多楔带等品种。其中同步带首先由尤尼罗伊尔一家工厂于1946年制造成功,GM公司于20世纪60年代中期开始使用。由于胶管与曲轴及分配轴同步,具有噪声低、磨损小、质量轻、柔性好,行驶时可多轮选择而受到重视,近年发展很快。日本70%轿车、欧洲80%轿车使用同步带。同步带由橡胶和织物模压而成,胶料一般选用CR,现已逐渐被耐热性及性能平衡性更好的HNBR取代,并可在-40~150℃下正常工作。目前,日本90%、欧洲60%的同步带用HNBR制造。HNBR已开始用在V带等其它胶带中使用,并用于客车、摩托车等车辆中。此外,也有用CSM和EPDM制作胶带的。

2.2.3 减震制品

减震制品用于减缓汽车震动和降低噪声,改善汽车操纵稳定性、安全性和舒适性。产品要求具有优良的阻尼、减震、动态性能和耐久性能。减震制品种类繁多,有发动机前后悬置垫、绝缘支撑座、挠性联轴节及各种衬套等,分角柱型、圆柱型、圆筒型及复合型。所用材料仍以NR及其并用胶料为主,为追求更好的耐热、耐

老化性能,已开始使用IIR、EPDM、氧化丙烯橡胶(GPO)等合成橡胶,试图取代NR,但由于动态疲劳性能差,用量只占很小的比例。

2.2.4 密封制品

密封制品包括三部分:①骨架油封、往复密封及各种垫片;②刹车皮碗和皮膜;③门窗密封胶条。密封制品的作用是防止体系流体泄漏及外部杂质进入体系,对保证发动机及各部件正常运转起着极其重要的作用。由于发动机温度的升高及油中添加剂增加,要求密封产品具有优良的耐热性能及耐油性能,如骨架油封以往大量使用NBR,目前已被ACM、FKM、硅橡胶VMQ及HNBR所取代;制动皮膜以往多用NBR及NR/BR并用胶料,目前轿车中多用EPDM,SBR或NBR;尾气排放器阀门膜片则用更耐热的FKM及ECO;防尘套主要采用CR和EPDM;密封胶条多使用EPDM及TPE取代CR。TPE因易加工、耐老化而成为密封胶条的发展方向。

骨架油封是密封制品中要求较高、使用条件苛刻、制作复杂的部件。国内外对胶料、产品结构及密封机理均作了大量研究。局部刻有各种花纹的流体动力学油封,因密封性能好、生热低、使用寿命长已广泛使用,制造技术已经成熟;预成型机、真空平板硫化机、自动切唇机等先进设备也得到了广泛应用。目前,我国已有广州奥力斯油封公司、武汉东森密封件公司等引进国外先进技术,并投入正常生产。我国密封件质量可望有大的改观及提高。

2.2.5 胶粘剂及密封胶

1996年我国汽车用胶粘剂总消耗量是3万 $t \cdot a^{-1}$,其中消耗量最大的是PVC热熔胶、沥青底涂胶和CR胶粘剂,分别为1万,0.8万和0.7万t;预计2000年汽车用胶粘剂密封胶需求量为4.5万t。此外,还有IIR密封胶带、PU、ACM、室温硫化硅橡胶等品种,但用量很小。

2.2.6 其它制品

其它制品包括内饰制品、汽车保险杠和雨刷等。雨刷是质量问题较多、投入人力较大的一个产品,主要是噪声、除水功能和摩擦力问

题,技术人员从产品结构、胶料、工艺等方面进行了大量研究,取得较大进展。如用 EPDM, VMQ 和 NBR 取代 CR,以改进老化性能,减小摩擦力;对材料进行表面处理、改进配方,如对 EPDM 胶条表面涂一层含氟材料或在表面进行氟化处理(涂层厚度约 $5 \sim 10 \mu\text{m}$),胶料中加固体润滑剂等都是比较新的方法。此外,还常采用 TPE 作内饰板、灯座, TPO 用来作保险杠及仪表板。

3 汽车橡胶配件发展趋势

由于汽车市场的激烈竞争和汽车的高速度、舒适、安全、低成本、节能、环保等各种问题都成为各大汽车公司竞争的重点目标。进一步提高汽车橡胶配件耐高低温、耐老化、耐油(包括含醇燃油及含各种添加剂的润滑油)、动态疲劳性能及降低成本乃是今后的发展方向。

(1)SR 在汽车用橡胶制品耗胶量中所占比例仍将加大,品种增多,汽车工业将是 FKM、ACM、VMQ 和 HNBR 等特种合成橡胶的主要市场。针对汽车工业要求耐热、耐混合燃油等性能要求,开发新胶种及对现有胶种的改性也是今后工作的重点。

(2)复合高分子材料及高分子合金材料应用将越来越广泛,如橡塑共混材料,不同胶种并用及表面贴膜、喷涂技术将日益成熟,应用范围不断扩大,以适应汽车工业对橡胶制品多层次、多性能的要求。

(3)进一步降低成本是今后努力的方向之

一。随着私人购车数量的增加,汽车价格将成为竞争的焦点,橡胶制品也应在保证质量的前提下尽可能降低成本。

(4)环保问题是今后汽车工业考虑的重点。如对废气排放、燃料及润滑油的泄漏要求越来越严格,相应对橡胶制品密封性能、耐热性也越来越高,必须对胶料及产品结构进行改进。

(5)新产品的开发仍是一项重要工作。如目前已有开发充气或充液体的橡胶缓冲垫,可使汽车更舒适;类似护弦的橡胶鼻子可使汽车行驶更安全等。

(6)汽车配件系统开发供应,规模化生产已势在必行,这对提高产品质量,取得规模经济效益是非常重要的。

我国汽车橡胶配件市场前景很好。据统计,预计 2000 年汽车配套用非轮胎制品需求量为 3 亿~4 亿件,加上社会维修的需求,总需求量将达到 10 亿~15 亿件。其中骨架油封约为 5 000 万件,橡胶复合密封条 3 万 t,雨刷器胶条 700 万件,减震器 1 亿件,制动皮碗以及皮膜 3 000 万件,各种胶管 3 000 万标米,风扇带和齿形带 4 000 万条,胶粘剂 4.5 万 t。

4 结语

目前我国汽车用橡胶配件和国外差距较大,原材料品种少,生产工艺落后,检测手段不齐全、生产单位分散,严重影响了汽车工业的发展。今后必须共同努力,把橡胶制品工业提高到一个新水平,以适应汽车工业发展的需要。

收稿日期:1999-12-15

蒸汽充氮硫化装置通过国家级鉴定

中图分类号:TQ330.4⁺7 文献标识码:D

北京橡胶工业研究设计院和四川川橡集团有限公司共同承担的“九五”国家重点科技攻关项目——蒸汽充氮硫化装置于 2000 年 3 月 15 日在四川川橡集团有限公司通过国家级鉴定。该装置的研制成功,标志着我国轮胎硫化设备生产技术和生产工艺已经达到了国际先进水平。

蒸汽充氮硫化装置改变了过去轮胎硫化装置内压系统使用过热水作为加热介质的状况。经专家鉴定,该装置提高了轮胎硫化生产效率 30%,延长胶囊使用寿命 20% 以上,节约能源 30% 以上,轮胎产品质量明显提高;同时,该装置操作简单、安全且环境清洁,可节省厂房建设和设备投资 50% 以上,值得在全行业推广。

(四川川橡集团有限公司 樊军
雷德全供稿)