

蒲公英橡胶——一种亟需大力研究的 NR

焉妮¹, 萨日娜¹, 孙树泉¹, 张江威¹, 李海明², 张晓琼², 张立群^{1*}, 刘实忠^{2*}

(1. 北京化工大学 先进弹性体研究中心, 北京 100029; 2. 中国热带农业科学院 橡胶研究所, 海南 儋州 571737)

摘要:介绍蒲公英橡胶草的特点和培育方法、蒲公英橡胶草橡胶的结构与性能、提取方法以及蒲公英橡胶草的研究进展等。蒲公英橡胶草是一种当年产胶的草本橡胶植物, 根部橡胶质量分数(以干草根计)为 0.2 以上, 且品质优良。由于传统 NR 来源的限制以及石油资源的紧缺, 蒲公英橡胶草橡胶有着巨大的应用前景。蒲公英橡胶草生长周期短, 产胶量较大, 橡胶质地轻、抗过敏, 目前在培育上也有一定进展。蒲公英橡胶草中胶乳提取的方法有混合法和流动法, 胶乳、固体胶混合提取的方法有湿磨法、干磨法和溶剂法。提高蒲公英橡胶草的含胶量、改进其橡胶提取方法是今后的主要研究方向。

关键词:蒲公英橡胶草; NR; 提取

中图分类号: TQ332.9 **文献标志码:** B **文章编号:** 1000-890X(2011)10-0632-06

国际橡胶研究组织(IRSG)公布的数据显示, 目前世界每年橡胶消耗量为2 000万 t, 与此同时, 由于石油资源的大量消耗, 用于生产 SR 的原料也将受到限制, 原油价格在 2007 年就已上升到每桶 98 美元, 从 1997 年至今橡胶价格已经增长了 7 倍^[1], 因此 NR 的需求量将逐步上升。而 NR 主产区东南亚国家由于橡胶树树龄偏高^[2]和土地资源的限制使得 NR 增产能力受到限制, 此外, 导致南美橡胶树产胶量大幅下降的一种真菌也有可能传播到亚洲^[3], 因此, 预测在未来几十年内, 世界 NR 将面临严重短缺, 而到 2015 年中国的 NR 自给率将不足 1/3。为了应对 NR 资源严重匮乏但需求量却节节攀升的问题, 寻找 NR 替代资源已经列入各国政府和跨国公司的战略计划之中。

关于产橡胶的植物, 目前已经探明有2 500多种^[4], 除了蒲公英橡胶草(*Taraxacum Koksaghyz*, 也称 TKS)和巴西橡胶树以外, 还有银色橡胶菊、木菠萝、猩猩木、无花果树、杜仲树等, 但是由于大部分植物的产胶量不高或者橡胶的相对分子质量不高而未得到广泛研究。除蒲公英橡胶草和银色橡胶菊产橡胶的相对分子质量较大^[5]外, 其他产胶植物所产橡胶的相对分子质量最大

只有 100 万, 而工业上广泛应用的传统三叶橡胶的相对分子质量在 200 万左右。我国生长的温带橡胶植物比较重要的是蒲公英橡胶草、银色橡胶菊以及西南一带的杜仲树。

蒲公英橡胶草又称青胶蒲公英, 菊科莴苣族蒲公英属, 外形与普通蒲公英非常相似, 但是蒲公英橡胶草草根中的橡胶成分质量分数达 0.2 以上(多年生的干重), 且橡胶品质优良, 在工业上的利用价值不次于巴西橡胶树橡胶^[6]。蒲公英橡胶草的价值不仅仅在于其胶管中含有较强抗过敏性的胶乳, 更重要的是其植物组织中含有固体胶丝。

目前, 欧美以及加拿大等均开始了蒲公英橡胶草的种植和研究。欧盟拨款资助与美国 Yulex 公司有商业合作的几个橡胶草研究组织^[3]; 美国杜邦公司获得了橡胶草顺式异戊烯基转移酶同源克隆专利^[7]; 加拿大的角科技有限公司的橡胶草绿色干磨法正逐步商业化。

1 蒲公英橡胶草概况

1931—1932 年, 前苏联考察团在我国新疆维吾尔自治区的哈萨克斯坦天山山谷首次发现橡胶草, 并将其作为一种重要的自给自足战略资源进行了系统的研究^[3], 发现其所含橡胶质量分数(以干草根计)为 0.06~0.278 9^[4]。到 1941 年, 蒲公英橡胶草橡胶已经占前苏联国内橡胶消耗的 30%, 1944 年因技术等原因终止该研究。二战期

基金项目:国家自然科学基金重点课题(50933001)

作者简介:焉妮(1988—), 女, 山东乳山人, 现为德克萨斯大学奥斯汀分校化学工程在读硕士研究生。

* 通讯联系人

间,因东南亚橡胶供应切断,美国、英国、德国、西班牙和瑞典等国家均开始种植蒲公英橡胶草^[7]。1950 年,我国西北橡胶草调查团在新疆伊犁区昭苏县南、特克斯河的南岸采集到同种蒲公英橡胶草,测定其所含橡胶质量分数(以干草根计)平均为 0.223 9^[8],后因橡胶树在海南的广泛种植而停止了相关研究。

2 蒲公英橡胶草特点

理想的橡胶植物应该具备一年生、生长迅速、橡胶产量大的特征,以应对市场需求。蒲公英橡胶草可以满足要求,前苏联当时蒲公英橡胶草每公顷橡胶最大产量为 200 kg,美国为 110 kg,中国为 100 kg。蒲公英橡胶草还具有较强的生长能力,能够生长在寒冷的地区,如西北、华北和东北地区^[9],可以产生良好的种子,容易种植,并且具有较强的抵抗病菌和害虫的能力。

与橡胶树相比,蒲公英橡胶草是当年即可收获提胶的植物,产胶周期短,且橡胶质地较轻^[10];橡胶树必须人工割取胶乳,而蒲公英橡胶草不仅可以密集种植,收割也可实现自动化,使其能在短期内获得较大产量;另外,由传统橡胶树橡胶制成的手套等产品会引起一些人身体的过敏反应,而蒲公英橡胶草橡胶的生物相容性较强,是一种抗过敏性橡胶。

此外,L. G. Polhamus^[11]指出蒲公英橡胶草中含有质量分数(以干草根计)为 0.25~0.4 的菊粉,不仅可以使传统方法将其转化为乙醇,也可以用于生产保健食品;A. U. Buranov^[12]认为蒲公英橡胶草中含有大量菊粉、蛋白质以及少量脂肪酸和树脂,其中菊粉质量分数为 0.26,乙醇产率为 33%,蛋白质质量分数为 0.15。目前,根据美国德尔塔公司的报告,每年每平方千米蒲公英橡胶草可产 2.15×10^5 L 乙醇,剩下的成分可以作为生物沼气^[13],不仅能够减少工业污染,还能利用副产品降低提取成本。

3 蒲公英橡胶草培育

1951 年,罗士苇^[14]对橡胶草的栽培、优选、根的处理及橡胶的提取等内容进行了较为全面的归纳总结,收录于《橡胶草》一书中,并在《橡胶草栽

培法》一书中对橡胶草的栽培方法做了更为详细的介绍。对于橡胶草的栽培,前苏联科学家指出,富含矿质以及有机质(尤其是氮、磷)的土壤适于栽培橡胶草,而在酸性的灰质土中加入石灰能增大橡胶草草根的产量以及草根中橡胶的质量分数。在进行橡胶草栽培行距、株距的研究中,采用行距 0.267~0.667 m 不等、株距 0.067~0.200 m 不等的方式栽培,对比试验结果发现,单位面积根的产量与行距或者株距的减小成正比,但是与植株密度的增大不恒成正比,因为植株体积会因密度增大而减小,相应地,种子产量也会减小,但是橡胶含量没有明显变化;根据美国栽培经验,实际中,行距的设定应与耕种机械相配合。橡胶草的播种时间可在早春,为保证根部含胶量,宜在第 1 年秋天(秋雨之前)或次年春天(开花最盛和根套尚未脱落之前)收获;若用种子繁殖橡胶草,可让其在田间生长 2 年,即可结较多种子。种子的供应是推广橡胶草栽培的重要因素,前苏联科学家提出种子的收获最好在种苞刚刚开始膨胀成球形而白色的冠毛刚开始在苞片上出现的时候进行,试验结果表明此时种子的成熟情况最好,发芽率最高。

Jan B van Beilen 等^[7]认为,二战之后,各国纷纷停止了橡胶草的种植,其中一个原因就是橡胶草是一种不能自花传粉的植物(不能结实),虽然可以通过人工授粉解决这个问题,但仍然会影响产量,因此指出可以通过与西洋蒲公英杂交使橡胶草获得高繁殖力和大根系,并且可以通过多系杂交来提高橡胶草的含胶量以及根的尺寸,如果以上两项同时实现,则橡胶的理论产量可以达到 $0.12 \sim 0.18 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-2}$ 。值得一提的是,前苏联和美国已经成功试验了用秋水仙素处理橡胶草种子或幼苗,产生四倍体,四倍体的橡胶草虽然开花结实时间推迟,但是个体较大,乳汁管较粗,种子较重,试栽结果优良,并且增加了橡胶草与普通蒲公英(四倍体)成功杂交的可能性。

此外,橡胶草无性繁殖也有了一定的进展。前苏联以及美国的研究均表明,橡胶草的无性繁殖(如扦插)可以增加橡胶草与杂草的竞争能力;在扦插栽培试验中,使用春季橡胶草的叶冠扦插栽培效果最好,开花早、种子多且根部较大^[14]。

在基因工程方面,孙怀娟^[15]已经研究并建立了橡胶草植株再生体系以及农杆菌介导遗传转化体系,以叶片叶柄、根为外植体诱导出愈伤组织,并分化芽和根;为提高橡胶草遗传转化效率,采用硝酸银、乙酰丁香酮和脯氨酸对外植体进行浸染处理,初步筛选出了具有抗性的植株,这为深入开展橡胶草遗传转化研究奠定了基础。

4 蒲公英橡胶草橡胶的结构与性能

蒲公英橡胶草橡胶的结构与巴西橡胶树橡胶相似,同为顺式聚异戊二烯,但存在形式有很大差别。巴西橡胶树橡胶主要为储存于胶管之中的胶乳,而蒲公英橡胶草的胶管中只含50%以上的胶乳,其他为储存在植物组织中的固体胶丝,胶乳与固体胶丝的比例随季节、气候、种植条件以及生长时间不同而有所差异。D. L. Hallahan等^[16]的研究表明,蒲公英橡胶草部分橡胶的基因与巴西橡胶树橡胶相同,同为顺式聚异戊二烯,橡胶草橡胶的重均相对分子质量可达218万,数均相对分子质量达121万,相对分子质量分布指数为1.8。A. U. Buranov等^[6]提取并表征了产于哈萨克斯坦和乌兹别克斯坦的橡胶草橡胶,其重均相对分子质量均为180万,数均相对分子质量均为120万,相对分子质量分布指数为1.6,凝胶质量分数为0.306~0.374,树脂质量分数为0.038~0.042。

在性能方面,蒲公英橡胶草橡胶制成的轮胎能够达到三叶橡胶轮胎同等水平。将蒲公英橡胶草橡胶制成成品瓶塞、商标、鞋跟以及橡皮圈,发现其生胶因含树脂以及油脂较多,质地柔软,需要多加硫黄和氧化锌以增加硬度;其次其生胶提取时虽为金黄色,但由于双键被氧化,置于空气中时又呈黑色^[17]。此外,有实验室报告称橡胶草橡胶制成的轮胎弹性比银胶菊橡胶轮胎好,与巴西橡胶树橡胶轮胎相同^[5]。

5 蒲公英橡胶草橡胶的提取

5.1 胶乳提取

5.1.1 混合法

A. U. Buranov等^[5]采用Cornish等提取银色橡胶菊胶乳的混合法进行蒲公英橡胶草胶乳的

提取,将-4℃冷藏2d的新鲜草根切成0.5mm的小块,3min之内放入装有缓冲液(亚硫酸钠体积分数为0.001,氨体积分数为0.002)的韦林氏搅拌器中搅拌30s,然后用孔径为1mm、不带滤纸的布氏漏斗进行慢速过滤,离心分离后,收集表层胶乳。结果表明,混合法提取率较高,但由于提取过程中根渣较小,容易污染生胶,因此需要过滤纯化等后续处理。

5.1.2 流动法

A. U. Buranov等^[5]还采用了前苏联科学家提出的橡胶草胶乳提取流动法进行提取,将-4℃冷藏2d的新鲜草根切成直径为0.5cm的圆块状,3min之内放入低温缓冲溶液(亚硫酸钠体积分数为0.001,氨体积分数为0.002,酪蛋白体积分数为0.001)中,室温下震荡30min,离心分离后,即可抽取表层油脂状胶乳。流动法会存留10%的胶乳于根中,提取时间相比混合法较长(60min),但是因提取过程中根层厚为0.5cm,提取的胶乳不含组织残渣,不需要进一步过滤,且所提取的胶乳因为没有原纤维的污染而十分纯净,也省去了纯化一步,因此认为流动法更适于工业生产。

5.2 固体胶提取

A. U. Buranov等^[5]根据银色橡胶菊固体胶的溶剂循序提取法进行橡胶草固体胶的提取,将经流动法或混合法提取胶乳后的根渣干燥后,置于丙酮溶剂中,室温下磁力搅拌连续提取3d,进行脱脂处理,提取结束后,将丙酮提取物用1mm孔径的布氏漏斗进行过滤,随后将脱脂根置于氯仿或其他非极性溶剂中在室温下周期性震荡,最后经组织沉淀过滤、有机溶剂蒸发干燥等处理后即可得到固体胶。结果表明,氯仿是最有效、最经济的提取试剂,需要时也可以使用环己烷。用上述方法可以从一棵橡胶草根渣中提取出0.5kg的固体胶。此外,该方法在银胶菊固体橡胶的提取研究中被广泛使用,但因有机溶剂的易挥发特点,并没有用于大规模工业生产中,仅在普利司通/费尔斯通加工厂有比较成功的试验结果。

5.3 胶乳、固体胶混合提取

5.3.1 湿磨法

P. Stramberger等^[18-19]提出了使用砾磨机从

蒲公英橡胶草中提取橡胶的湿磨法: 首先将草根浸入热水中以除去碳水化合物, 然后加水研磨, 碾碎植物组织后形成匀浆; 随后稀释的匀浆使用振动筛分离其胶凝块与杂质。由于此时仍然含有质量分数为 0.1~0.15 的残留植物残渣, 因此还需要经过氢氧化钠碱洗以及最后的硬脂酸中和, 才能达到较高提取率。

罗士苇^[8]在《橡胶草》一书中介绍了工业上可采用的提取橡胶的方法: 首先使用石子磨将橡胶草根研磨 20 min, 加入 20 倍于固体的水以防止太粘, 此法可将橡胶的细丝卷在一起, 而将软化的体素分离出去; 将研磨后所得的浆汁用 5 倍于其量的水稀释, 粗筛过滤去除植物体素, 最后使用漂浮法洗涤以除去橡胶中残留的组织碎渣; 最后采用离心机法去水, 加入抗氧化剂后, 在空气流的干燥箱中烘干, 即可得到生胶。

5.3.2 干磨法

A. U. Buranov^[20]认为湿磨法有很多不利因素, 例如水煮、水洗及酸碱处理等工序不仅耗费人力, 延长提取时间, 而且缺乏经济性, 浪费了大量的水, 因此提出了绿色干磨法: 首先将干草根进行机械研磨, 磨碎了植物组织的同时产生胶丝凝块, 随后通过干燥的振动筛将胶丝与植物组织分离, 最后用鼓气法将胶丝与根表皮分离。粗胶的纯化过程主要包括: 在热水中搅拌胶丝, 静置, 最后提取水表面上漂浮的纯胶。

5.3.3 溶剂法

杜春晏等^[17]对从新疆采集的蒲公英橡胶草进行初步研究, 首先采用 12 h 热水浸渍以分开木质部和韧皮部, 随后用热压机压成粗胶片, 然后置于苯中浸渍。用此法得到的橡胶草中的生胶质量分数平均为 0.274 8, 并发现草根质量越小, 胶含量越高。

罗士苇等^[21]使用改进的提取法对新疆产蒲公英橡胶草的主要化学成分进行了提取并分析, 首先将干燥的碎根放入体积分数为 0.01 的硫酸中压力回流蒸煮 3 h, 取滤渣, 经丙酮回流蒸煮 12 h 后, 用氢氧化钾的酒精溶液皂化并过滤; 最后用苯蒸煮 16 h, 80 ℃ 下干燥 24 h 至恒质量, 以得到橡胶。此法所得橡胶很纯净, 不含氮和石灰等, 且所含碳和氢的质量分数为 0.871 和 0.125 4, 与理

论值(碳和氢的质量分数为 0.866 6 和 0.133 3)极为相近; 蒲公英橡胶草野生品种品质差异较大, 样品中橡胶质量分数最低为 0.161, 最高可达 0.354 3。

6 蒲公英橡胶草研究进展

6.1 欧盟资助哈萨克斯坦橡胶草研究

欧盟表示将向哈萨克斯坦提供 800 万欧元的科技援助资金, 支持从蒲公英橡胶草中提取 NR 的科研工作。欧盟与哈萨克斯坦科技合作计划协调人卡米拉认为, 由于哈萨克斯坦生长着大面积的野生蒲公英, 且今后准备人工种植蒲公英, 因此哈萨克斯坦有望成为橡胶草橡胶生产大国。今后哈萨克斯坦不仅要向科技发达国家出口橡胶草根茎, 而且还将出口从中提取出的 NR 及其橡胶制品^[22]。

6.2 固铂拟用橡胶草生产橡胶制品

固铂轮胎橡胶公司近期参与了“天然橡胶替代品优势计划(PENRA)”, 旨在从国内寻求 NR 新资源^[23]。在未来 4 年内, PENRA 项目组将小规模地用蒲公英橡胶草橡胶制造轮胎, 并与橡胶树橡胶轮胎进行包括轮胎牵引力、耐久性能、滚动阻力和胎面磨耗等多方面的对比测试。PENRA 项目组称, 橡胶草橡胶可用于轮胎胎侧、胎体和胎面等部位, 具有替代橡胶树橡胶的市场潜力, 有可能满足 30% 的市场需求。

6.3 德尔塔探寻 NR 资源新途径

2006 年美国德尔塔公司提出的蒲公英橡胶草项目包括: ①改良橡胶草的种性, 提高其含胶率; ②探索大面积种植的经验; ③建立加工厂, 从收获的橡胶草的根部提取橡胶^[13]。另一方面, 橡胶草为草本植物, 生长周期短, 可以尝试建立橡胶草的遗传转化体系, 以橡胶草为载体对巴西橡胶树的功能基因进行研究。美国德尔塔公司从 2008 年开始有少量草本 NR 投放市场, 然后逐年扩大市场供应量。副产品乙醇所带来的价值能够完全抵消草本 NR 的加工成本, 从而拉低草本 NR 的价格, 使之能够与目前常见的三叶橡胶树橡胶竞争。如同许多新型材料投入市场一样, 将草本 NR 用于轮胎还需要一个适应过程。

6.4 明斯特大学培育橡胶草

为了寻找新的橡胶植物原料,德国明斯特大学植物生物化学及生物技术研究室的科研小组正在培育橡胶草,欧盟的“EU-PEARLS”(EU-based Production and Exploitation of Alternative Rubber and Latex Sources)项目也为这个科研项目提供了约 560 万欧元的资助。他们认为橡胶草的自身特性决定了其比传统的植物原料更加适合于橡胶生产。该科研小组已经“屏蔽”了产生阻碍橡胶草橡胶流出物质的基因,这种消除了“止流”现象的植物最适于橡胶生产。不过目前这种蒲公英只能在实验室中获得,还无法在自然环境中生存。如今该科研小组的研究目的在于找到一种通过传统的种植方式得到的同样能够避免“止流”的品种。据估计,这样一种种植方式的产生以至发展到“市场成熟”的过程大约需要 5 年时间,届时蒲公英橡胶草将成为生产轮胎的原料。

6.5 俄亥俄州立大学设计建厂

美国俄亥俄州立大学的农业研究和发展中心与俄亥俄州生物基创新中心于 2008 年获得了俄亥俄州“第三边缘项目”300 万美元的资助,用于选择并建立中试规模的橡胶草橡胶加工厂,进行橡胶草橡胶提取以及优化工作。研究人员预计,几年内俄亥俄州加工厂可以生产约 20 万 t 橡胶,2015 年能达到这一数额的 3 倍,超过 60 万 t。

7 结论

由于全球工业化进程的不断发展,橡胶的需求量与日俱增,在亚洲,中国逐渐成为橡胶产品的消耗大国,而由于石油资源的紧缺和三叶橡胶树在国内的生产面积的限制,NR 作为一种重要的战略资源亟待进一步的开发与利用。蒲公英橡胶草不仅是一种适宜在我国北方大面积种植的当年产胶植物,而且容易繁殖,含胶量占根干质量的 20% 以上,生长期每年可增加 10% 的橡胶含量,产胶为顺式聚异戊二烯,相对分子质量与传统巴西橡胶树橡胶相近,提取方法相对简单,因此具有非常好的发展前景。但草本橡胶植物因品种不同,含胶量也会有很大差异,这需要采用遗传学方法进行优选改进;而且不同于橡胶树的割胶工序,草本橡胶提取过程中易引入有机杂质或残留的植

物残渣,影响最终橡胶质量。由此可见,提高蒲公英橡胶草的含胶量,改善其提胶工艺仍是今后研究的主要方向。

参考文献:

- [1] International Rubber Study Group. The Rubber Statistical Bulletin[R]. Singapore: International Rubber Study Group, May/June, 2008.
- [2] 魏小弟. 21 世纪天然橡胶产业化几个问题的思考[A]. 中国热带作物学会六届二次理事会暨学术研讨会论文集[C]. 2000: 67-70.
- [3] Jan B van Beilen, Yves Poirier. Establishment of New Crops for the Production of Natural Rubber[J]. Trends in Biotechnology, 2007, 25(11): 521-529.
- [4] 罗士苇. 橡胶草——橡胶植物介绍之一[J]. 科学通报, 1950, 1(8): 559-564.
- [5] Buranov A U, Elmuradov B J. Extraction and Characterization of Latex and Natural Rubber from Rubber-bearing Plants [J]. J. Agric. Food Chem., 2010(58): 734-743.
- [6] Buranov A U, Elmuradov B J, Shakhidoyatov K M, et al. Rubber-bearing Plants of Central Asia[A]. Proceedings of 2005 Annual Meeting of American Association for the Advancement of Industrial Crops; International Conference on Industrial Crops and Rural Development[C]. Murcia, Spain: American Association for the Advancement of Industrial Crops, 2005: 639-647.
- [7] Jan B van Beilen, Yves Poirier. Guayule and Russian Dandelion as Alternative Sources of Natural Rubber[J]. Critical Reviews in Biotechnology, 2007(27): 217-231.
- [8] 罗士苇. 橡胶草[J]. 科学大众, 1952(5): 121-122.
- [9] 冯午. 橡胶树与橡胶草[J]. 生物学通报, 1953(6): 174-176.
- [10] Whaley G W, Bowen J S. Russian Dandelion (Kok-saghyz). An Emergency Source of Natural Rubber[M]. Washington, D C: Government Printing Office, 1947: 210.
- [11] Polhamus L G. Rubber: Botany, Production and Utilization [M]. New York: Interscience Publishers, 1962: 137-413.
- [12] Buranov A U. Russian Dandelion Seeds and Extraction Processes[A]. 2010 Meeting of EU-based Production and Exploitation of Alternative Rubber and Latex Sources; International Seminar on the Future of Natural Rubber Plants. Montpellier, France: 2010-10-14.
- [13] 邓海燕. 德尔塔探寻天然胶资源新途径[N]. 中国化工报, 2006-04-17(008).
- [14] 罗士苇. 橡胶草[M]. 北京: 中国科学院出版社, 1951: 1-147.
- [15] 孙怀娟. 橡胶草遗传转化体系的建立及 HMGR1 的转化研究[D]. 海南: 海南大学, 2008.
- [16] Hallahan D L, Keiper-Hrynko N M. Cis-prenyltransferases from the Rubber-producing Plants Russian Dandelion (Ta-

- raxacum Kok-saghyz) and Sunflower (Helianthus Annus) [P]. USA:USP 0 199 099, 2007-08-23.
- [17] 杜春晏, 陈建候, 王静宜, 等. 新疆橡胶草工业利用的初步研究[J]. 科学通报, 1951, 2(3): 260-265.
- [18] Stramberger P, Eskew R K, Hanslick R S. Treatment of Rubber[P]. USA:USP 2 399 156. 1946-04-23.
- [19] Eskew R K, Edwards P W. Process for Recovering Rubber from Fleshy Plants[P]. USA:USP 2 393 035. 1946-01-15.
- [20] Buranov A U. Process for Natural Rubber Recovery from Rubber Bearing Plants with a Gristmill [P]. USA: USP 7 540 438, 2009-06-02.
- [21] 罗士苇, 吴相珏, 冯午. 橡胶草的研究. II. 新疆产橡胶草的化学分析及其橡胶含量之测定[J]. 中国科学, 1951, 2(3): 381-387.
- [22] 佚名. 欧盟资助哈萨克从蒲公英中提取橡胶[J]. 中国橡胶, 2009, 25(3): 43.
- [23] 佚名. 新工艺, 新产品[J]. 中国橡胶, 2009, 25(9): 30.

收稿日期: 2011-04-26

轮胎胎面缠绕仿真过程控制

中图分类号: TQ330.4⁺3 文献标志码: B

胎面缠绕技术广泛应用于工程机械轮胎、巨型工程机械轮胎、农业轮胎等小产量轮胎领域, 因其具有废品率低、节省劳动力的优点而在轮胎行业备受青睐。随着轮胎产业的蓬勃发展, 轮胎行业的竞争也越来越激烈, 轮胎的利润空间正逐渐被压缩, 轮胎生产企业为应对越来越激烈的行业竞争, 对成本控制提出了新的要求, 缠绕技术也受到这种要求的冲击, 主要表现在两个方面: ①要求提高缠绕半成品的稳定性, 主要指标是质量以及胶料分布的稳定性, 只有同时满足这两项指标要求才能在降低废品率的同时压缩原料成本; ②要求缩短开发新产品、新规格的试验时间, 降低试验产品研发成本, 只有这样才能在市场上占据优势。

1 传统缠绕方法

现有的轮胎缠绕控制方法大致可分为两类: 固定螺距法和测厚反馈控制法。固定螺距法就是控制螺距, 同一种规格的轮胎, 螺距分布是固定的, 输入圈数、螺距和转速参数, 计算机根据参数生产出相应半成品。测厚反馈控制法就是实时地检测缠绕厚度, 并根据厚度决定缠绕速度, 缠绕厚度达到预定标准就移动, 否则就滞留。在实际生产中, 固定螺距法的优点是控制和设备维护简单, 缺点是对胶条缠绕波动带来的质量波动没有任何抵抗力, 另外, 由于对螺距分布对缠绕效果的影响规律不易掌握, 必须对螺距分布参数做多次试验, 因此研发成本高, 研发时间较长。测厚反馈控制法的优点是缠绕厚度与缠绕效果的相关性很高, 因此在轮胎研发时, 主要是设定厚度参数, 比固定螺距缠绕容易, 因此研发时间相对短, 研发成本相

对较低, 并对胶条质量波动带来的影响有一定抑制作用, 缺点是控制系统相对较复杂, 对设备要求高, 维护困难。这种控制方法还有两个缺点: ①对胎坯的形状变化影响很敏感; ②厚度缠绕的平滑性不够, 容易在半成品表面出现沟或突起, 影响硫化质量。

2 新的缠绕方法

现有的轮胎缠绕控制方法和技术本身都存在缺点, 近期出现了一种产生包含胶片激光测宽反馈控制和缠绕效果仿真模拟两项技术的缠绕控制方法, 本文对其做简单介绍。

2.1 激光测宽反馈控制技术

根据对传统轮胎缠绕方法的分析, 对缠绕半成品质量的稳定性影响最直接的因素就是胶片质量的稳定性, 胶片质量波动必然给半成品质量的稳定性带来负面影响, 能直接提供质量稳定的胶片无疑是一种最直接的解决办法, 但问题是如何控制胶片挤出系统。由于胶片挤出质量波动原因太复杂, 不是控制几个关键因素就能达到目的的, 因此通过自动化控制理论中开环控制法难以得到满意的控制效果。若采用闭环控制, 也就是实时检测胶片的波动情况, 利用负反馈抑制胶片的波动, 则实时检测胶片的波动数据是关键因素。近几年来激光测量设备性能越来越强大, 稳定性越来越好, 价格也越来大众化, 研究发现经由胶片压型设备压制的胶片, 其截面宽度与截面面积有很强的相关性, 且相当敏感, 也就是说当胶片截面有轻微变动, 在宽度上就有很强烈的反应。基于这一规律, 通过不断地摸索试验, 研究人员最终研制成功激光测宽反馈控制技术。该技术采用一台具有激光检测功能和转速调节功能的压型机设备,