

世界轮胎生产技术现状与发展趋势

吴桂忠

(北京橡胶工业研究设计院, 北京 100039)

摘要:介绍世界轮胎生产技术现状与发展趋势。目前,国外具有代表性的全自动轮胎生产技术有米其林的 C3M、固特异的 IMPACT、大陆的 MMP、普利司通的 BIRD 和 ACTAS、倍耐力的 MIRS 及三海的 CCC 等技术;我国作为第二大轮胎生产国,拥有较先进的全钢载重子午线轮胎和工程机械子午线轮胎生产技术。世界轮胎工业的发展趋势是以安全、环保和节能为中心,开发轮胎产品及低温连续混炼胶料、多机头复合挤出半成品部件、胎体和带束层帘布压延时半硫化、多鼓成型、高温充氮硫化工艺等生产技术。

关键词:子午线轮胎;生产技术;产品开发

中图分类号:TQ336.1;U463.341

文献标识码:B

文章编号:1006-8171(2006)08-0451-06

环保、节能和安全已成为各领域关注的焦点。为满足这三大要求,国外汽车工业在代用燃料方面进行了大量的研究,已开发出了双燃料汽车、太阳能汽车和氢燃料汽车,并提高了燃油汽车的排放标准水平;加强了汽车自动控制方面的研究,在防止汽车侧滑和侧翻等方面取得了较大的进展,尤其是 GPS 全球定位系统及前后左右导航系统的应用,极大地提高了汽车的安全性能。

经过“十五”期间的飞速发展,我国汽车工业已成为国民经济的支柱产业。根据汽车工业中长期发展战略及“十一五”发展规划,在未来 10 年间,我国汽车工业仍将以较快的速度发展,节能技术、排放控制技术、新能源技术及电子技术的应用和产业化将是发展重点。

汽车工业的发展极大地推动了轮胎工业的技术进步。国外轮胎新产品不断涌现,基本满足了汽车工业的需求;国内轮胎工业经过近 10 年的技术改造,在新产品开发方面有了长足的进步,自主开发的全钢载重子午线轮胎、全钢工程机械子午线轮胎和高性能轿车子午线轮胎除供应国内市场外,还远销国外市场,为我国轮胎工业赢得了较好的声誉。

本文介绍世界轮胎生产技术现状与发展趋势。

作者简介:吴桂忠(1962-),男,山东诸城人,北京橡胶工业研究设计院教授级高级工程师,学士,主要从事轮胎设计及技术管理工作。

1 现状

1.1 国外

子午线轮胎具有安全性和节油性好、使用寿命长、乘坐舒适等特点。自 1948 年米其林发明子午线轮胎以来,经过近 60 年,尤其是 20 世纪 80 年代后的发展,目前世界子午线轮胎的产量已占轮胎总产量的 90% 以上。近年来,世界各大轮胎公司为了占领市场,均投入巨资研发子午线轮胎新技术,以使子午线轮胎的设计和生产工艺更加合理和完善,同时加快产品升级换代进程。

1.1.1 生产技术

从 20 世纪 90 年代起,全球轮胎市场竞争越来越激烈,国外大轮胎公司为了提高生产效率,降低生产成本,以轮胎生产过程中的成型工艺为核心,开发了全自动生产技术,从而大大提高了企业的核心竞争力。其中最具有代表性的全自动轮胎生产技术有以下几种。

(1) 米其林的 C3M 技术

C3M 取自指挥(Command)、控制(Control)、通信(Communication)和制造(Manufacture)的英文首字母,C3M 技术是指挥+控制+通讯和制造一体化系统技术。由于从内容到形式的创新性,C3M 技术具有惊人优势,具体表现为:基本建设投资减少 50%,占地面积减小 50%~90%,操作人员减少 50%~90%,生产过程中原材料损耗量减小 90%。

(2) 固特异的 IMPACT 技术

IMPACT 是集成加工精密成型单元技术(Integrated Manufacturing Precision Assembly Cellular Technology)的英文缩写。与传统工艺技术相比,IMPACT 技术的最大特点是加工精度提高 43%,生产出的产品均匀性和重现性好,一致性达到 100%,即采用 IMPACT 技术生产的轮胎外观和内在质量完全相同。此外,IMPACT 技术还有如下优点:提高生产效率 70%,减少操作人员 42%(按单位时间所需操作人员计算),降低成本 20%,减少库存 50%,节约原材料 15%,缩短硫化时间 20%。

(3) 大陆的 MMP 技术

MMP 是积木式成型法(Modular Manufacturing Process)的英文缩写。从本质上讲,MMP 技术是基本构件生产厂(平台)+总装厂(卫星厂)的新生产模式。其平台设在劳动力成本低的地区,以降低生产成本;卫星厂设在技术发达的地区或具有市场战略意义的地区,一来保障产品质量,二来达到就地供货的目的。MMP 技术的轮胎基本构件(平台产品)实行标准化,也就是说同一规格、不同品牌、不同系列的轮胎,除胎面、带束层不同外,其余基本构件完全相同。另外,从平台下线的胎体已经过局部硫化或预硫化;如果产品技术要求允许,可在平台贴合带束层。与传统工艺技术相比,MMP 技术的最大特点是贴近市场,可降低生产成本 60%。

(4) 普利司通的 BIRD 和 ACTAS 技术

普利司通从 20 世纪中叶起就致力于开发成品轮胎外观检测全自动化技术,到 20 世纪末终于开发成功。普利司通把这项技术命名为 BIRD 技术,BIRD 是普利司通创新性合理改进(Bridgestone Innovated Rational Development)的英文缩写。BIRD 技术是从部件制造到成品外观检测的全自动化检测轮胎生产技术。BIRD 技术的精髓体现在:首创成品轮胎外观在线全自动化检测,采用计算机识别判断,淘汰传统目测、手摸检测方式,不但提高了生产精度和工作效率,而且降低了劳动力成本。BIRD 技术的优势在于:生产线结构紧凑,占地面积减小 25%~30%;生产规模小型化,盈亏平衡点下移 10 个百分点;适合小批量

生产,工厂节能 40%,有利于环保。

ACTAS 是自动连续轮胎成型系统(Automated Continuous Tire Assembly System)的英文缩写,该系统代表公司欲在其全球工厂实现效率突破。采用 ACTAS 技术的工厂在满负荷生产的条件下,可人均日产轮胎 31 条。普利司通采用 ACTAS 技术的工厂生产的大部分(75%~85%)轮胎用作原配胎。

(5) 倍耐力的 MIRS 技术

MIRS 技术于 1998 年开发成功。MIRS 是积木式集成自动化系统(Modular Integrated Robotized System)的英文缩写。与传统工艺技术相比,MIRS 技术的优点是:工厂占地面积减小 80%,基本建设投资减少 15%;生产工序由 4 道变为 3 道,成本降低 25%,生产效率提高 80%;盈亏平衡点由 3 200 条轮胎下降到 375 条,相当于下移了 88 个百分点。

(6) 三海的 CCC 技术

CCC 是低温连续混炼成型技术(Continuous Cold Compounding)的英文缩写。与传统技术相比,CCC 技术具有如下优势:连续低温工艺为提高成品轮胎性能打下良好基础;生产能耗低,工艺简单,生产线结构紧凑。

(7) 其它

全自动轮胎生产技术还有横滨/东洋与不二精工联合开发的轮胎新工法和成型机制造商 VMI 公司开发的 MTM 系统等。

1.1.2 产品

自 20 世纪 80 年代以来,以日本几家大轮胎公司为代表的轮胎企业在利用大型计算机和有限元分析技术充分分析轮胎在动态条件下的受力与变形情况后,推出了新的轮胎设计理论,使轮胎轮廓设计发生了重大变化,从以前传统的充气平衡轮廓设计变成了动态平衡轮廓设计,有效提高了轮胎的节油和耐磨性能。如普利司通推出的最佳滚动轮廓理论(RCOT 理论,以轿车子午线轮胎为设计对象)运用三维非线性有限元技术,以滚动轮胎轮廓为设计基准,通过改变轮胎的形状,改善了轮胎的行驶性能。RCOT 理论具有如下优点:

- 减小轮胎弯曲变形,改善其转动性能和制动性能;

- 减少胎侧的无效运动,降低燃油消耗;
- 提高轮胎对路面的适应能力,改善其乘坐舒适性。

20 世纪 90 年代,以米其林为代表的轮胎公司相继推出了节能轮胎和绿色环保轮胎,如 1992 年米其林投放市场的节能轮胎滚动阻力比普通子午线轮胎降低了 20%。据报道,美国采用这种轮胎每年可节油 81 亿 L,减小二氧化碳等废气排放量 2 100 万 t,可大大减轻汽车尾气造成的环境污染。固特异 1991 年推出的防水滑安全轮胎投放市场后迅速推广应用,深受用户欢迎。

近年来,随着人们安全意识的加强,跑气保用轮胎的研究和应用越来越受重视。在 20 世纪 90 年代跑气保用轮胎技术的基础上,世界各大轮胎公司推出了自己的更新换代产品,这些新型跑气保用轮胎在损坏跑气后仍能以 $90 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$ 的速度行驶 200 km。据有关部门统计,2004 年全球跑气保用轮胎销售量约为 400 万条,2005 年约为 600 万条。目前安全轮胎(主要指跑气保用轮胎)主要有 6 大类。

- 自体支撑式轮胎:普利司通的 Expedia 和 Hawk 轮胎、米其林的 MXV4 轮胎、倍耐力的 e 轮胎和 Eufori 轮胎、住友的 CTT 轮胎(如图 1 所示)及大陆的 CSR 轮胎。

- 加物支撑式轮胎:米其林的 PAX 轮胎(如图 2 所示)、大陆的 CWS 轮胎和倍耐力的 EMI 轮胎。

- 自体支撑加加物支撑式轮胎:固特异的 Engle EMT 轮胎。

- 多腔充气式轮胎:普利司通推出的带有 3 个气室[1 个主气室(胎面气室)和 2 个副气室(胎侧气室)],均单独充气的轮胎(如图 3 所示)。



图 1 CTT 轮胎



图 2 PAX 轮胎

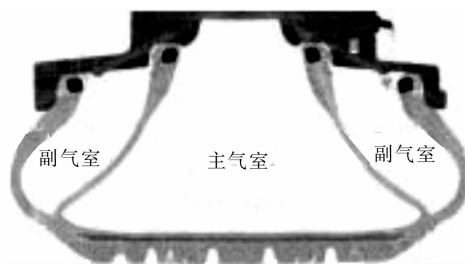


图 3 多腔充气式轮胎结构

- 自封式轮胎:大陆的 GenSeal 轮胎和米其林的 Tiger Paw Nailgard 轮胎。
- 活节式轮胎。

1.2 国内

1.2.1 生产技术

经过几十年的发展,我国轮胎工业已形成了较完整的工业体系,尤其是 20 世纪 90 年代后期,随着众多外资企业的涌入和引进技术的日趋成熟,我国轮胎工业迅速发展,子午线轮胎生产有了很大进步。近几年,随着汽车工业的飞跃发展,我国轮胎产量的增长更是令世人瞩目,2000~2004 年,我国轮胎总产量年增长率都在 10% 以上,而子午线轮胎年均增长率更是达到 30% 以上。目前,我国汽车轮胎年产量已超过 2 亿条,我国已成为仅次于美国的第二大轮胎生产国。

尽管我国轮胎产量增长较快,但产品品种的发展却不平衡,产品仍以锦纶斜交轮胎为主,子午化率仅接近 50%,高性能子午线轮胎产品非常少,主要原因是我国轮胎生产技术相对落后。

目前,我国子午线轮胎生产技术主要来源于 3 个方面。

(1) 国产化技术

我国全钢载重子午线轮胎生产技术的研究始于 20 世纪 60 年代初,近年来在消化吸收引进技术的基础上,我国全钢载重子午线轮胎的生产技

术已迈上了新的台阶,形成了较完整的体系;国产载重轮胎产量以年均30%的速率提高,无内胎低断面全钢载重子午线轮胎比例逐年增大;国产全钢载重子午线轮胎市场占有率不断扩大。现在,我国新建的全钢载重子午线轮胎项目均采用国产技术。

(2)引进技术

20世纪80年代至90年代中期,我国有11家轮胎企业先后从国外引进了11条子午线轮胎生产线,其中6家企业引进倍耐力、费尔斯通或登普的全钢载重子午线轮胎技术;5家企业引进倍耐力、费尔斯通或米其林-尤尼罗伊尔的轿车子午线轮胎和轻载子午线轮胎生产技术。其中,广州市华南橡胶轮胎有限公司和上海轮胎橡胶(集团)股份有限公司等一些企业在引进技术的基础上对生产线不断进行改进,更多地采用国际先进设备逐步提高了生产技术和产品档次;其余大部分企业仍采用原有引进技术,生产技术仍处于80年代水平,与国外先进技术相比存在较大差距。

(3)境外企业建厂带来的技术

在我国建厂的境外企业主要有米其林、固特异、普利司通、锦湖、韩泰、东洋、横滨和住友等。这些企业拥有国际先进的轮胎生产技术,其在我国所建的工厂虽未采用其最先进技术,但仍然给我国轮胎工业带来了值得借鉴的经验。

总的说来,我国轮胎生产技术的发展趋势与国外一致,但就整体水平而言,与国外先进技术仍有一定的差距,而且还没有开发出先进的自动化生产技术。

1.2.2 产品

通过对引进技术的消化吸收和创新,我国轮胎生产技术已较成熟,产品规格已较完善。上海轮胎橡胶(集团)股份有限公司已能生产轮辋直径小至228.6 mm的全钢子午线轮胎;一些企业已能生产55系列低断面全钢载重子午线轮胎;数家企业可以生产全钢工程机械子午线轮胎,而目前国外也仅有少数几家轮胎公司能生产;在广州市华南橡胶轮胎有限公司的引领下,许多企业的轿车子午线轮胎生产已转向高性能型,断面发展到35系列,轮辋直径扩大到558.8 mm,速度级别达

到W级;以北京橡胶工业研究设计院为代表的单位已开发出冬用轮胎和跑气保用轮胎,上海天衣轮胎有限公司开发出扎破不漏气的安全轮胎,其防漏气效果达到国际先进水平,提高了国产安全轮胎的档次。

经检测 and 实际使用表明,采用国产化技术(包括引进消化吸收再创新的技术)生产的子午线轮胎性能已经达到甚至超过了国际先进水平,尤其是全钢载重子午线轮胎在高速和高载等方面满足了国内外市场的使用要求(在我国路况和使用条件下,国产全钢载重子午线轮胎比国外同类轮胎更为适用)。因此,近几年来国产子午线轮胎在国内外的销量越来越大。

2 发展趋势

轮胎是汽车行驶性能具体实现的主要配件,未来轮胎生产技术和产品开发都将围绕安全、节能和环保进行,即SEE[由安全(Safe)、节能(Economy)和环保(Environment)的英文首字母组成]轮胎是21世纪轮胎产品的发展趋势。

2.1 新材料应用

随着对轿车轮胎性能要求的提高,SSBR(包括充环保油的SSBR)的需求将有所增大;我国已开发成功的集成橡胶将有较好的应用前景;BR有可能从镍系BR过渡为稀土钕系BR。

在绿色轮胎的推动下,白炭黑在胎面胶中应用的优势已充分显现。在一些高性能轿车轮胎胎面胶中,白炭黑用量已超过50份,甚至达到70份以上。但高用量白炭黑胎面胶的生产还存在许多工艺问题,有待进一步研究。此外,一些新品种炭黑,如双相炭黑、多相炭黑和低滞后炭黑等的应用可极大地促进SEE轮胎的发展。

纤维材料的发展重点将转向芳纶和芳纶复合帘线,芳纶和芳纶复合帘线将主要用于带束层。新结构钢丝帘线具有强度高、结构简单、渗胶性能和耐疲劳性好的特点,将得到迅速发展。

各种新型环保助剂将广泛应用,尤其是造粒、复配及多功能环保助剂将更受重视。

2.2 设计方法改进

有限元分析在现代制造业中的作用非常突出,方法也很成熟。通过多年对有限元分析法在

轮胎设计中应用的研究,推出了一系列轮胎设计理论,将轮胎结构设计从经验和半经验设计推向数字化设计。计算机的模拟和仿真大大提高了设计速度,缩短了开发周期。可以确信,今后有限元分析方法还将进一步发展,但前期的试验数据验证和计算机模拟仿真还存在一些需要进一步探讨的问题。

2.3 生产工艺改进

21 世纪的轮胎生产更注重人性化。由于轮胎生产会对环境造成一定的污染,且能耗相对较高,因此,安全、高效、节能和环保成为轮胎生产过程中努力实现的目标,可采取的具体措施如下。

(1) 低温连续混炼胶料

在传统的轮胎生产技术中,胶料混炼都是在较高温度下分段进行的。由于高温混炼时胶料中众多的组分易发生化学反应而生成有害气体,且分段混炼能耗高,而低温连续混炼技术可以减少胶料混炼时生成的有害气体,提高生产效率和降低能耗。

(2) 多机头复合挤出半成品部件

半成品部件的挤出会由目前的两复合或三复合挤出变成四复合甚至五复合挤出,从而提高生产效率和半成品质量,降低生产成本,保证设计精度。

(3) 胎体和带束层帘布压延时半硫化

胎体和带束层半成品质量对轮胎性能有较大影响。在胎体和带束层压延时进行半硫化,既可保证生产过程中帘线不变形,又可减小轮胎质量、适当缩短整体硫化时间,有效降低轮胎制造成本。

(4) 多鼓成型

三鼓甚至四鼓、五鼓成型机将在轿车子午线轮胎成型中推广应用,全钢载重子午线轮胎的成型将主要采用四鼓成型机。

(5) 高温充氮硫化工艺

无论是轿车子午线轮胎还是全钢载重子午线轮胎和工程机械子午线轮胎,其硫化工艺都将逐步采用高温充氮硫化工艺,从而提高生产效率和降低能耗。

2.4 新产品开发

随着人们安全意识的进一步加强,安全轮胎将成为重点开发的轮胎产品之一。安全轮胎的设

计原理和制造方法与传统轮胎截然不同,其开发往往还涉及特殊轮辋以及配套使用的充气压力监测装置的设计,需要跨行业、跨学科密切合作才能完成。

米其林称,将于 2015 年或 2020 年实现实心轮胎和 Tweel 轮胎的工业化并将其推向市场,使轮胎的越野行驶更加安全可靠。同时,米其林将进一步改进和完善 PAX 轮胎,新一代 PAX 轮胎还具有自支撑式轮胎的特点(如图 4 所示)。



图 4 新一代 PAX 轮胎

智能轮胎将作为保证汽车安全行驶的主要部件在未来几年内大发展。米其林公司已与电气公司合作研发智能轮胎,即在轮胎上安装电子元件,最大程度地利用电子元件改善轮胎的操纵性和安全性。

由于国际市场石油价格持续攀升,进一步降低轮胎滚动阻力成为汽车降耗的主要手段,因此低滚动阻力轮胎会越来越受青睐。有的国外轮胎公司计划将轮胎的滚动阻力降低 21%~29%。

2.5 产品检测体系完善

产品检测既是保证产品质量的重要手段,又是新产品开发的关键环节。目前国外除了对轮胎外观尺寸及强度、磨损性能、耐久性能和高速性能等常规性能进行检测外,还对噪声、滚动阻力和均匀性等进行测试,并利用道路试验场对轮胎进行更全面和更深入的研究,如米其林公司将道路水膜厚度增大到 7 mm 研究湿路面上轮胎的操纵性能,将车辆速度提高到 $100 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$ 研究轮胎室外噪声和乘坐舒适性。要注意的是,自 2001 年 9 月起,美国对进口轮胎实施了新的检测标准,更加重视高速下轮胎的耐久性能和动平衡性能等各种性能的检测,同时还增加了各种道路试验项目。因此,我国轮胎企业必须尽快完善产品的检测体系,为进一步提高产品的竞争力打下基础。

3 结语

未来一段时间,世界轮胎工业将进入一个新的发展时期,轮胎产品和生产技术的研发中心是安全、环保和节能。我国轮胎工业与发达国家相

比虽然还存在较大差距,但只要我们不断努力,紧跟世界轮胎工业的发展步伐,我们就一定会在竞争中强大。

收稿日期:2006-06-07

固特异的首批航天轮胎

中图分类号:TQ336.1 文献标识码:D

美国《橡胶与塑料新闻》2006年3月20日18页报道:

首批航天用橡胶充气轮胎安装到月球车上,宇航员利用该月球车采集月球岩石标本。

1971年2月5日美国国家航空航天局(NASA)在发射阿波罗14宇宙飞船时将月球车带到了月球上。与汽车或飞机轮胎不同,固特异制造的月球车轮胎不含炭黑,因此不会干扰科学家用于研究月球岩石的年代炭测定。

固特异使用了白炭黑,但是NASA希望轮胎是黑色的,因此又添加了少量氧化铁黑(四氧化三铁)。

固特异还必须克服其它制造月球车轮胎的障碍。这种轮胎不得有任何含硫碎片以及帘线与胶料粘合用的典型粘合体系,而且也不能使用油或会释放出气体的材料。

除取消了挥发性材料外,固特异还必须使轮胎保持适当的气压。与地球上的漏气情况不同,固特异的工程师必须提防气体漏入轮胎结构材料中,因为月球的环境气压比地球低。他们通过开发一种塞入胎里的内胎,解决了这一问题,宇航员可用注射器为轮胎充气。

在地球上内胎是瘪塌的,进入太空后其因失去了环境压力而胀大,相当于充入了10.34 kPa气压。

固特异在月球车轮胎中使用了高纯度的聚异戊二烯橡胶,它相当于NR,是为了耐月球上苛刻的温度条件而特制的。

月球车轮胎必须经受 $-157\sim+121\text{ }^{\circ}\text{C}$ 的温度,范围宽达 $278\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。早晨轮胎以 45° 角立在月球上的时候会经受这种极端温度。

固特异发现,如果胶料在 $-74\text{ }^{\circ}\text{C}$ 下仍然保持柔韧,轮胎在行驶时温升就足以保证其不会变脆。

轮胎规格为 400×8 ,每条轮胎配1条内胎和1个轮辋,质量为1.86 kg。月球车和轮胎都留在了月球上。

固特异还为阿波罗14以后的3次探月发射所用的月球巡回车制造了非橡胶轮胎。

(涂学忠摘译)

长期存放的轮胎性能差

中图分类号:TQ336.1 文献标识码:D

英国《欧洲橡胶杂志》2006年188卷2期37页报道:

美国安全研究和战略公司凯恩说,有大量证据表明,存放时间较长的轮胎性能比新胎差。虽然耐老化性能是胶料配方设计和轮胎设计中要重点考虑的因素之一,但是毋庸置疑,随着存放时间延长,特别是在热、湿条件下长期存放后,轮胎性能下降,而且还常有轮胎超期存放后才用到汽车上的情况。

他援引的一家德国试验机构(DEKRA)研究结果表明,存放时间超过6年的轮胎损坏几率大大增加,因而呼吁每条轮胎上都打印公众可读懂的DOT数据标识。目前轮胎上的标识公众不易看懂,因而在购买轮胎时无法辨认该胎是否已存放太久。

凯恩说,美国公路车辆上轮胎的平均使用年限为3.58年,但有多重原因造成轮胎超期服役。

- 部分磨损轮胎;
- 低里程车辆,如运动车;
- 钢轮辋上的备胎,而车辆用的是合金轮辋;
- 消防车和救护车,里程低,但行驶速度快,

负荷高。

加油站储存少量轮胎,但需要存放很长时间才能售出。这些轮胎常常存放在大金属库房内,对太阳热辐射没有任何防护。运动车后部的备胎往往也长期直接暴露在阳光下。

(涂学忠摘译)