

# 简述轮胎行业发展的关键技术和趋势

肖军，肖永清

俗话说得好“好马还需配好鞍”，轮胎是汽车的重要组成部分，它支撑着车辆的全部重量，确保着车辆在路上的正常行驶。轮胎的百年历史已经给人们的生活带来了许多好处，但也对地球环境造成负面影响。轮胎技术已经随着汽车技术的发展而发展，轮胎制造厂家已经开发出能满足“安全”、“环境”和“舒适性”这三个主要要求的创新技术。欧美等发达国家和地区出台的轮胎标签法，对轮胎的滚动阻力、抗湿滑性能、燃油效率和滚动噪声等级提出限值要求。随着相关轮胎法规的相继实施，轮胎产业升级迫在眉睫。

## 1 轮胎制造的新材料

众所周知，经济的高速增长，社会的可持续发展，人与环境的和谐，没有一项可以离开技术创新，轮胎企业也不例外。近年来，随着拥有技术、资金优势的跨国轮胎企业纷纷进入我国，技术创新已经成为轮胎企业生存和发展的必然选择。企业只有不断开发出技术含量高、质量好的轮胎，才能在激烈的市场竞争中立于不败之地，技术创新成为提高企业核心竞争力的关键。随着经济与科技的全球化，企业间国际竞争不断加剧，技术创新成为当今世界的主题。

世界轮胎的发展方向主要体现在如下方面：操控性更好（追求车人合一，即随心所欲的境界）；环境友好（轮胎生产、使用、报废均不污染环境）；跑气保用（或非充气）+智能化。与此同时，世界轮胎新技术在设计方法、生产工艺和测试方法三个方面也获得了许多突破性进展。在过去的几十年里，轮胎的制作技术经历了一系列变化，如今，轮胎已经变成了一种高技术的产品，为了满足互相矛盾的需要，基于各自的技术能力，不同的公司采用的制作技术有所不同，尤其材料要求方面迎来新的挑战。性能要求、环

境问题和性价比将决定未来的材料要求。为了面对巨大的轮胎损耗带来的环境危害问题，未来橡胶材料的发展将一方面集中在热塑性聚合物的开发上，也就是使这些聚合物可以回收，利用热处理、分离、和通过辐射或加入添加剂到橡胶化合物（这种橡胶化合物可被辐射激活）等手段使之生物降解。另一方面集中在有机聚合物的发展上。目前开发成功有望作为理想胎面胶的胶种如下：

环氧化天然橡胶(ENR)是由天然胶乳与过氧化氢/乙酸反应制得的一种聚合物，它在保留天然橡胶(NR)多种优异性能的基础上，其气密性、耐油性、粘着性均有很大提高，同时还具有良好的抗湿滑性和较低的滚动阻力，有着广泛应用前景。与白炭黑/炭黑填充剂混合可获得优良的耐磨性、低的滚动阻力和高的湿路面抓着力，是适用于轮胎胎面的新型高性能天然橡胶。环氧化天然橡胶(ENR)是天然橡胶(NR)经化学改性制得的特种天然橡胶。与NR相比，ENR具有完全不同的黏弹性和热力学性能，如具有优良的气密性、黏合性、耐湿滑性和良好的耐油性。ENR可与极性填充剂(如白炭黑)强烈结合，在无填充剂时，ENR硫化胶仍能保持NR所具有的高模量和拉伸强度。ENR50具有良好的耐油性和阻尼性，在轮胎胎面胶中应用时，在没有偶联剂的情况下，ENR与白炭黑强的相互作用是提高滚动阻力和湿抓着力综合性能的重要因素，ENR25与白炭黑/炭黑填充剂混合可获得最佳的耐磨性。

溶液聚合丁苯橡胶(SSBR)与乳聚丁苯橡胶相比有不含凝胶、耐磨、耐低温，生热低、滚动阻力小的优点；与顺丁橡胶相比有不冷流、拉伸强力高、耐撕裂、抗湿滑性好的优点；在工艺上有混炼胶收缩率小、压出表面光滑、流动性好的优点。它是国外近

十多年来发展较快的优秀胶种，适用于高性能轮胎胎面。溶聚丁苯橡胶被广泛用于绿色轮胎胎面，可根据要求生产不同宏观结构、微观结构以及链节终端改性的专用品种。在聚合物生产过程中，添加一定的化学品能够改变聚合物链节终端，显著增强聚合物与炭黑之间的相互作用，减小填料与填料之间的相互作用，从而可降低轮胎的滚动阻力。

集成橡胶（SIBR）由丁二烯，苯乙烯和异戊二烯通过分子设计和链结构优化组合聚合制得的新型高性能橡胶。它集低滚动阻力、高湿抓着力和高耐磨性于一体，集中其他橡胶的优点弥补其不足。其动态力学性能和物理机械性能皆优。目前国外有线型无规型、线型嵌段型、星型无规型和星型嵌段型四种产品，最有希望成为理想的高性能轮胎胎面胶，高性能橡胶配合技术进展以低的成本获得具有实用性能的要求。

在增韧材料中，制作商感兴趣的进展有：为改进轮胎耐久性的使用的双二倍体聚酯，为改进轮胎中接合性而开发的等离子处理人造丝，更多使用芳香尼龙纤维作为传带，还有开始使用聚乙烯基萘。其他受关注的开发领域有：为改进橡胶与金属的粘合性而新引入的钢丝尺寸和为改进橡胶与金属的连接性而引入的新的钢丝涂层配方。在增韧材料里面一个最大的突破就是纳米纤维的开发，纳米纤维能够排列在聚合物网络中，这样聚合物强度大大增加。这可以降低资金设备的要求还可以解决回收利用的问题。像在高分子结构中加入结晶部分这样的分子构筑，可以增韧柔性的无定性相，这样的轮胎中可以不需要加入纤维增韧剂。

固体聚氨酯轮胎能够做到与气胎和内胎重量相等甚至是更轻，强度和耐久度更优，抗磨损性能比气胎橡胶轮胎要高，是后者的300%，使用寿命是普通橡胶轮胎的4倍。与橡胶气胎轮胎相比，聚氨酯轮胎能够在压力达30~175psi的宽范围内显示出正常的乘坐平稳质量和稳固度，能够完全模铸塑造，自身表皮就可以做胎面，能够满足轮辋的标准，而不需要很昂贵的安装工具。与普通橡胶轮胎和气胎轮胎相比，聚氨酯轮胎的具有竞争性的价格也是可以负担得起的。在独立实验室的性能测试中，聚氨酯轮胎的性能与气胎轮胎相当，甚至是优于后者。微孔聚氨酯轮胎是可回收，加入旧的材料可以应用于擦鞋垫，卡车内胎，跑道和非气胎轮胎。微孔轮胎将是轮胎技术领域里面最大的革

新。聚氨酯轮胎由微孔聚氨酯泡沫制成，里面含有成百上千个微孔，既有闭合的也有开放的，限制在致密而又粗糙的聚氨酯橡胶网络中。这种材料的结果就是得到防穿孔的轮胎。聚氨酯橡胶的性质可以从刚性很容易地改变到韧性；与传统的气胎轮胎相比它成为一种更合适的选择。在聚氨酯轮胎中，每一个微孔都是独立的减震器，如果有一个小孔的话整个轮胎也不会失压。另外，如果瞬时的压力移走后，这些微气孔就会恢复到原来的尺寸，形状和形貌，在旅行中乘坐者依然能够感受到原来的舒适。

## 2 轮胎设计的新方法

轮胎作为汽车滚动时力的承受者，其基本功能包括如下几点：承受车体的全部负荷并进行传递；具有吸震和缓冲性能；操纵稳定性好；具有抗湿滑性能；安全性好。轮胎本身必要的使用性能包括如下几点：胎面胶耐磨耗和抗刺扎性能好；滚动阻力小，油耗低；温升低，行驶寿命长；噪声低；安全性高。配方设计者首先要针对轮胎的基本功能和使用性能进行设计，以满足其综合要求。总之，配方设计要适应汽车对轮胎使用性能日益苛刻的要求。

轮胎设计技术包含了产品结构设计和配方设计、材料设计、工艺(含设备)设计和试验/检测设计五大技术。轮胎产品的升级、换代就依赖这些技术的发展和进步。与此同时，这五大技术之间也是相互依存、相互促进的关系。绿色轮胎通过优化胎体设计，以绝佳的弹性胎面改进汽车在光滑路面的抓地性能，使驾驶更平稳、制动距离更短，大大提高了驾驶安全性。研究证明，绿色轮胎产生的摩擦力可以减少汽车在湿滑或结冰路面上15%的刹车距离，使汽车的冬季驾驶性能提高10~15%。这对减少事故率和人员伤亡有着重大的意义。

从理论上讲，降低汽车油耗的途径有轻量化、减小轮胎滚动阻力及采用稀混合气发动机等。实际上，只有减小轮胎滚动阻力才是最切实可行的绿色轮胎设计途径，研究结果表明，轮胎的模具、花纹设计和轮胎结构和材料均对轮胎滚动阻力有影响。克服轮胎滚动阻力消耗的燃油占汽车总油耗的14.4%，而仅由胎面产生的滚动阻力就占轮胎滚动阻力的49%，其他部件的影响比例分别为：胎侧14%、胎体11%、胎圈11%、带束层8%、其余部件7%。由胎面直接造成

的油耗约占7.1%。降低胎面的滚动阻力并保证抗湿滑性能良好将是绿色轮胎最基本的要求。绿色轮胎技术主要从选择合适的胶种和配合剂,改进胎面胶料配方入手,再辅以减薄胎体、优化轮胎轮廓等结构设计手段,来达到降低轮胎滚动阻力的目的。可以预料,计算机辅助设计技术的介入和聚合物分子定向设计成果的推出,无疑将加速绿色轮胎开发进程。子午化、无内胎化和扁平化是轮胎结构设计发展的方向,也是绿色轮胎的首选。

从设计上讲,斜交轮胎有很多局限性,由于斜交轮胎交叉排列的帘线强烈摩擦,使胎体容易生热,而且加速胎面花纹磨耗,其帘线布局也不能很好地提供优良的操纵性能和乘坐舒适性;而子午线轮胎的钢丝束层则有较好的柔韧性以适应路面的不规则冲击,且经久耐用。它的帘布层结构还意味着在行驶中有小得多的摩擦,从而获得较长的胎面寿命和较好的燃油经济性。子午线轮胎本身的优点使轮胎无内胎化成为可能。无内胎轮胎有一个公认优点,当轮胎被扎破后,不是像有内胎的轮胎(普通的斜交胎是有内胎的)那样爆裂,而是在一段时间内保持气压,从而提高了安全性。由于子午线轮胎胎体的特殊结构,使得在行驶中轮胎的路面抓力大、效果好,装有子午线轮胎的汽车与装有斜交轮胎的汽车相比,其耐磨性可提高50~100%,滚动阻力降低20~30%,可节约油耗约6~8%。也正因为这样,同样车型选用子午线轮胎比选用斜交轮胎操纵性好,有较好的驾驶舒适性。轮胎断面宽度增大时,滚动阻力呈下降趋势。这是因为轮胎断面宽增加而使胎侧部刚性减小,而对滚动阻力影响较小的侧部的变形增加,对滚动阻力影响较大的胎面部的变形减小所致。另外,随着轮胎断面宽度的加宽,胎面、带束层等主要部位的能量损失减小。因此加大轮胎断面宽度对降低滚动阻力有利。

在国外,以产品结构技术为例,对于速度级别(N级以上即时速达到140km以上)较高的轮胎,一般都采用以动态平衡轮廓设计理论为基础的设计软件来设计轮胎的内、外轮廓曲线。而以降噪设计和抗湿滑设计等理论为基础的设计软件被用来支撑轮胎的花纹设计。整体轮胎的力学特性又借助于有限元力学分析软件和各种模拟试验软件加以验证、改良。

绿色轮胎胎面一般由胎面胶和胎面基部胶两部分组成,胎面胶的动态模量大于胎面基部胶,胎面基部

胶厚度与胎面胶厚度之比为0.25~0.70。通过用有限元法分析轮胎的水滑现象,可设计出能够明显改善水滑现象的胎面花纹。轮胎结构大体可分为两种,即子午线结构和斜交结构。子午线结构与斜交结构的根本区别在于胎体。胎体是轮胎的基础,它是由帘线组成的层状结构。胎体层上部有帘线为周向排列的带束层,这种结构使帘线强度能够得到充分利用,故子午胎的帘布层数比斜交轮胎少40~50%。从设计上讲,斜交轮胎有很多局限性,由于斜交轮胎交叉排列的帘线强烈摩擦,使胎体容易生热,而且加速胎面花纹磨耗,其帘线布局也不能很好地提供优良的操纵性能和乘坐舒适性;而子午线轮胎的钢丝束层则有较好的柔韧性以适应路面的不规则冲击,且经久耐用。它的帘布层结构还意味着在行驶中有小得多的摩擦,从而获得较长的胎面寿命和较好的燃油经济性。

由于轮胎是集多种类型、多种特性骨架材料以及多种形状、多种性状胶料部件构成的极其复杂的复合体,且在胎面又辅以形状不规则的花纹。所以,各类辅助设计软件目前还要依赖大量先进的检测手段和试验设备加以验证和修正。只有通过大量、长期、专业的反复验证,这些辅助设计软件才能不断升级,最终真正实现轮胎仿真设计的理想目标,即只要借助各种先进的仿真设计软件就能定性、定量地设计和制造出预先所需要的、具有适应特定使用环境和寿命的理想轮胎。这一目标的实现会大大提升产品的开发效能,提高产品的使用性能,降低产品的开发成本。目前世界轮胎设计软件趋向于使用虚拟模拟设计软件,在轮胎进入实质制造阶段前,对轮胎的各项性能要求进行计算机模拟实验,以改进轮胎设计。

轮胎断面宽度增大时,滚动阻力呈下降趋势,这是因为轮胎断面宽增加而使胎侧部刚性减小,而对滚动阻力影响较小的侧部的变形增加,对滚动阻力影响较大的胎面部的变形减小所致。另外,随着轮胎断面宽度的加宽,胎面、带束层等主要部位的能量损失减小。因此加大轮胎断面宽度对降低滚动阻力有利。如果胎圈部的填充胶条高度增高,则滚动阻力亦增加。因为随着填充胶条高度增高,产生滞后损失的物质体积增加,胎侧下部的能量损失亦增加。另外,填充胶条高度增加会因胎侧的刚性增加而使胎侧部变形减小,而对滚动阻力影响较大的胎面部的变形相对增大,这会导致滚动阻力增加。目前,胎体结构设计是

向低断面方向发展。胎面半径增大时,可降低轮胎的滚动阻力,这是因为胎面半径增大时轮胎产生平面接地屈挠变形,使因轮胎断面方向的屈挠变形所产生的应变能变小的缘故。也就是说,滚动阻力随着胎面半径的增大而减小,这主要得益于胎冠部和带束层能量损失减小。

IT技术的发展与普及应用,促进了轮胎设计方法的研发,如今轮胎设计已进入了基于计算机平台的新时代。在上世纪中叶,研发一种新的设计方法,从理念(亦即创新概念)到实用工具一般需要8年时间,而现在只需平均2年时间甚至更短。现代轮胎设计引进了许多新技术元素,包括大型计算机、有限元分析、仿真模拟,从而改变了轮胎研发过程。传统的研发过程中的前五个阶段(设计、样胎、试验、分析、确定)都与实物制造有关,而优化的研发过程中的前五个阶段(设计、工程建模、分析、确定)只需在计算机平台上进行,结果是节省了时间、成本,提高了工作效率,同时提高了结果可控度。

子午线轮胎本身的优点使轮胎无内胎化成为可能。无内胎轮胎有一个公认优点,当轮胎被扎破后,不是像有内胎的轮胎(普通的斜交胎是有内胎的)那样爆裂,而是在一段时间内保持气压,从而提高了安全性。由于子午线轮胎胎体的特殊结构,使得在行驶中轮胎的路面抓力大、效果好,装有子午线轮胎的汽车与装有斜交轮胎的汽车相比,其耐磨性可提高50~100%,滚动阻力降低20~30%,可以节约油耗约6~8%。也正因为这样,同样车型选用子午线轮胎比选用斜交轮胎操纵性好,有较好的驾驶舒适性。

### 3 轮胎生产的新工艺

节能轮胎是由天然橡胶、合成橡胶、骨架材料及各种配合剂等加工制成。在汽车行驶温度升高的情况下,其结构和性能都发生改变,同时轮胎滚动阻力也在增加。绿色轮胎与普通轮胎相比,减轻了轮胎重量,降低了复合材料能耗(滞后损失)。因此,绿色轮胎与同规格的普通轮胎相比,滚动阻力可降低20%以上,并减少汽车燃料消耗5%以上,使汽车尾气的排放量有所下降,其他性能如耐磨耗、低噪音、干湿路面抓着力等均保持良好水平。

近年来,我国轮胎行业发展的重点已经由过去的“规模、数量、速度”转移到以“结构、质量、品牌、效

益”为特点的理性发展轨道上来。顺利实现产业的转方式、调结构,把节能减排、提高能源使用效率放在行业发展的重要位置上。目前,节能降耗活动已经在轮胎行业深入开展。其中,一批新技术新工艺的推广应用,使得轮胎行业万元工业加值能耗大大降低。

比如,炼胶工序是轮胎生产能耗的一道工序,约占整个轮胎生产流程能耗的40%。目前,多家企业针对炼胶工艺成功开发了低温一次法炼胶工艺。该技术将传统的多段混炼改为一次混炼,即胶料通过密炼机高温炼后,直接得到终炼胶,整个过程强化了下辅机的混炼作用,且全过程实现自动控制。新工艺减少了胶料中间传递环节,从而减少了大量的周转胶料占用场地,节约占地1/2以上;使原材料转化成混炼胶的时间由12小时缩短为30min,大大节约了原材料成本;实现吨胶耗电降代20%左右,提高生产效率2倍以上。又如,氮气硫化工艺的推广也是轮胎行业节能减排的重大亮点之一。以前,轮胎在硫化的过程中需要使用过热水进行加热,实际上循环的过热水的热量被轮胎所吸收的只是一小部分,大量的热水进行了无效的循环。用氮气代替热水作为硫化内压介质,无论是生产效率、产品质量、生产成本还是能源消耗方面都比原有的过热水硫化工艺。

轮胎制造装备技术的发展得益于当代自动化技术的进步及轮胎工艺技术的创新发展。目前,轮胎工艺技术发展总的趋势表现为:向机电一体化的方面发展,微电子应用日趋普遍,取代了轮胎生产靠劳动者的技术经验这一传统模式。已广泛运用PLC、PID、平板电脑及网络控制、CC-LINK、伺服及运动中心等当代先进的控制技术,提高控制的准确性及自动化水平,实现自动化、智能化、群控化;设备向机组化、装置化的方向发展,联动化、系统化的程度不断提高,使之在生产线上充分发挥单机的潜在效能,将多工序、多次重复加工优化成流水线式的一次加工,省人省力,降低能耗,提高生产效率;轮胎生产线向多功能、多用途和机动灵活的方向发展,开发适应小批量、多品种的柔性工艺和小型装置;轮胎设备向安全化、节能化、环保化发展,在发展低碳经济的大背景下,设备的节能减排功能日臻完善,轮胎设备向模块一体化发展,提高设备的自动化水平。世界轮胎生产新工艺正朝着低能耗、高效率、高精度、全自动化的方向发展,在近年间涌现出来八大新技术:米其

林的C3M技术；固特异的IMPACT技术；大陆MMP技术；倍耐力MIRS技术；英国三海CCC技术；普利司通ACTAS技术；普利司通BIRD技术；横滨/东洋、不二精工轮胎新工艺。目前上述新工艺技术已在全球20个国家得到应用，共有30条生产线建成并投入使用。

法国米其林集团公司研发的C3M技术以独特的方式，颠覆了传统的工艺方法，给业界展示了一种全新轮胎制造模式。米其林C3M技术的内涵是“3C+M”，即指挥+控制+信息+制造一体化系统。该技术有五大创新点：连续低温混炼（90℃以下）；直接挤出各种型胶；成型鼓上编织/缠绕骨架层；预硫化环状胎面；轮胎电热硫化。C3M工艺特点是：型胶不经过冷却/停放，也不需要再加工或预装配，直接送到成型鼓上一次完成轮胎成型；在成型过程中，成型鼓一直处于加热状态，胎胚在成型的同时被预硫化从而达到定型。米其林通过应用C3M技术取得了非常好的经济效益。C3M技术通过以成型鼓为核心配置特种编织机组和挤出机组，实现节能、高效、高精度的生产模式。

美国固特异轮胎橡胶公司推出的IMPACT（集成加工精密成型单元）技术由四大技术要素构成：热成型生产线；改进控制技术，提高生产效率；自动化材料输送；单元式制造。IMPACT不会像其他新一代轮胎制造系统那样与现有系统不兼容。四大要素既可单独使用，也可组合使用。无论是某个要素还是整个系统与现有的轮胎工艺流程都能够紧密结合成一体。固特异IMPACT技术的关键设备是热成型生产线。它由微型异形压延机+冷喂料挤出机+钢质运输带（轨床）构成。其工艺特点是：连续生产；热贴合/不用胶浆。目前固特异已经研制出两种热成型生产线：热成型生产线贴合不用胶浆，不但降低原材料成本，而且减少环境污染。

德国大陆公司推出了MMP(积木式成型法)技术。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。平台(基本构件生产厂)设在劳动力成本低的地区，降低生产成本；卫星厂(总装厂)设在技术发达的地区或处于市场战略位置的地区，一来保障产品质量，二来达到成品市场就地供货的目的。MIRS技术的核心是：以成型鼓为中心，组织生产；多组挤出机配合遥控机械手，实现胶料挤出到成型鼓直接成型；用胎坯气密层代替胶囊进行硫化，亦即

无胶囊硫化。传统的轮胎生产工艺由四大工序组成：塑/混炼；压延和压出；成型；硫化。现有的轮胎厂，除部分通过购入成品混炼胶而省缺第一道工序外，大多数是上述四道工序全部齐备。与传统工艺技术相比，MMP技术的最大特点是创造出一种贴近市场的新型生产模式，把传统生产工艺的四大工序整合成两大块，因此具有降低生产成本60%的优势。

#### 4 轮胎检验/测试的新技术

轮胎行业及其供应商一直致力于降低来自道路交通的二氧化碳排放。研究显示，轮胎的滚动阻力造成的油耗要占到乘用车总油耗的20~25%，即1/4的油箱容量，在城市交通和卡车中，这一数字甚至高达30%。上述事实促使欧盟委员提出了强制汽车行业采用低滚动阻力轮胎的法规。作为结果，轮胎制造商的研发部门已开始努力最大程度降低其产品的滚动阻力，以逐步达到欧盟规定的乘用车每公里二氧化碳排放水平。欧盟委员会的提案预计，仅通过降低滚动阻力，乘用车每公里的二氧化碳排放就能降低7g。这些法规将强制汽车安装胎压监控系统。低滚动阻力轮胎在滚动时能够产生更小的变形，因此可降低油耗。滚动阻力在很大程度上取决于轮胎的材料，通过在胎面材料中添加二氧化硅可降低滚动阻力。在降低滚动阻力的同时不影响其他重要性能。当轮胎发生变形以尽可能多的与路面接触时，就产生了轮胎的滚动阻力，并最终影响牵引力。每当轮胎在路面上滚动和缓冲时会吸收能量，吸收的能量转化为热量，并释放到大气中。摩擦和变形损耗的能量越大，轮胎胎面抓着地面就会越紧，轮胎中的空气也就越少。对于轮胎制造商及其供应商而言，这意味着他们必须找到适当的方法，在降低摩擦的同时不牺牲安全性能和湿地面条件下的抓地力。

随着社会各界对安全、环保越来越重视，一些以前没有明确要求的轮胎测试项目逐渐上升为必检项目。为了满足这种需求，近年来一些新的检验/测试技术应运而生。成品轮胎试验是改进、提高轮胎产品质量和开发新产品新设备的重要依据。为了提高轮胎的安全性、操控性、舒适性，需要通过高速/耐久性试验机、X光检验机、平衡试验机和均匀性试验机、激光干涉仪等试验检测设备做强度试验、里程考核试验、动平衡和均匀性检测试验。

随着高速公路的发展，对轮胎、汽车的高速性能提出了新的要求，降低噪音就是其要求之一。大量研究表明，当车速高于50km/h，轮胎噪音将是轿车、轻型车的主要噪音源。为此，许多国家都十分重视轮胎噪音的机理及控制的研究，如美国研制了由计算机控制的轮胎噪声模拟测试系统（TNS），原西德研究了低噪声路面结构和一些低噪声轮胎花纹。

为了提高轮胎的研发试验开发水平，国外米其林、固特异、普利司通等轮胎生产巨头利用先进的轮胎试验场，对轮胎的路面抓着性能、噪声、振动、功率损失、滚动助理、干/湿滑性能、操控性能等多种性能进行试验分析。轮胎动平衡/不圆度试验机、轮胎均匀性试验机、轮胎X光检测机和轮胎激光散斑检验机等子午线轮胎数字化在线检测系列装备的研发，对于稳定产品合格率，提高产品质量有重要的作用。

轮胎滚动阻力测试就是一个典型的例子，目前应用较多的有室外拖车法和室内转鼓法。欧盟法规出台后，全球各标准化组织已着手制定多种不同的噪声测试方法，但目前尚无国际统一标准。噪声测试场地标准目前执行ISO10844，有室内法和室外法两种方式可供选择。欧盟出台上述法规的目的是确保终端用户在购买轮胎时能够拥有更全面的知情选择权，同时引导厂家生产更加安全、环保的轮胎供应市场。该指令的实施将进一步促进节能减排，保护环境，但同时势必提高轮胎进入欧盟市场的技术性门槛，增大轮胎厂商的运营成本。国内轮胎企业很多都把出口作为主要目标市场，出口欧盟的也不少。这就要求我们必须充分认识和理解新法规，及早应对和适应新法规，顺应市场需求和商业环境变化。

提高产品质量、注重品牌建设是企业发展的重要前提。而在轮胎产品测试这一环节，专业的试验场测试已成为轮胎开发过程中非常重要的试验手段，道路试验是新产品开发中必须的试验过程。室内试验与户外专业的轮胎试验场试验的紧密结合将是我国轮胎试验技术发展的大方向。注重轮胎研发试验的研究和产品开发试验设施的建设，建设具有先进水平、能满足轮胎研究、开发和法规试验需要的综合性轮胎试验场及开发相应的试验软件及技术将是我国面对各国技术壁垒的必经途径。轮胎试验厂是轮胎新技术、新产品开发的重要手段，也是体现一个国家生产和开发轮胎

水平的重要标志之一。建设一个具有世界先进水平的轮胎试验场对于我国轮胎行业是十分有利和必要的。国家橡胶轮胎质量监督检验中心将成为国内首家检验范围从轮胎原材料、半成品到轮胎成品，从室内到室外，覆盖整个轮胎生产过程的综合性国家级实验室，将为我国轮胎行业自主创新，提质增效提供专业、可靠的检测服务，助推我国从轮胎大国迈向轮胎强国。

## 5 轮胎制造的新装备

有媒体报道：双星智能装备是双星利用建立双星轮胎工业4.0智能化工厂的经验发展起来的一个高端智能装备产业。双星智能装备在积极创新具有细分价值主张的产品的同时，不断地淘汰落后产品。与德国西门子共同成立轮胎行业唯一的工业4.0创新中心，打造轮胎行业符合工业4.0标准的智能化生产方案；与瑞典ABB在轮胎领域联合成立机器人应用研发技术中心，研发、制造、销售工业机器人相关的应用技术。通过与全球最优秀的公司合作，整合全球资源，研发轮胎智能制造装备，助力轮胎行业转型升级。

目前，双星智能装备逐步形成了以智能成型装备、智能硫化装备、智能压延装备、智能热解装备为代表的高端+高差异化+高附加值产品，极大地满足了用户的不同诉求。其中，双星智能装备自主研发的智能化全钢液压智能硫化机，专门针对高端用户研发，具有智能化程度高、定位精准等特点。自主研发的智能化全钢一次法成型机，生产全过程仅需一人操作，且机型紧凑，占地空间小。自主研发的智能化全钢二次法成型机，是国家发明专利机型，是专门针对轮胎子口爆裂开发的产品，且生产轮胎附加值高，退赔率低。此外，双星智能装备还以自主开发出了全球领先的零排放、全利用的橡塑裂解智能装备，可将废旧橡塑如轮胎、塑料制品等，裂解成油、炭黑、色母料等产品，填补全球空白，引领全球行业趋势。目前，双星智能装备已创造双星独有的核心技术凭借引领用户差异化需求的产品，双星智能装备的市场重心快由中端市场向高端市场转移，由国内市场向国际市场转移，产品赢得了欧洲、中东以及东南亚等地区用户的认可和信赖。国内外大轮胎公司已开发成功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生产线。轮胎生产正向低能耗、高效率、高精度、全自动

化的方向发展。

自动化会成为轮胎制造的一种必然的趋势和潮流。轮胎装备设计开发也应该走向少人化和自动化。实现快节奏、高效率的生产需要向强制性节拍转变，要求人或设备必须在规定的时间内完成符合质量要求的工序加工。实现这一生产方式的，只能依靠具有强制性节拍的生产流水线。轮胎制造联手装备从工序分解入手，需制造企业和装备业联合起来进行系统的思考，并且在精细化上下功夫。装备企业要在认真分析当前的轮胎产品结构、生产工艺和质量标准的基础上进行研发。装备研发的依据是产品和工艺，在对产品的工艺进行全面优化和掌握产品质量检验的标准之后，就要根据工艺进行工序的分解。每道工序所需要的专机研发是整个自动化生产线的基础。如果只是局部采用强制性节拍的自动化流水线，仍然不能完全达到少人化和自动化的目的。此外，还要把精益化生产的理念注入到生产线的设计中去。

轮胎制造装备工业的发展为子午线轮胎制造工艺的创新、变革提供了条件。表现为实现多种集数字化、智能化、集约化、模块化、自动化于一身的轮胎制造系统。实现信息化、数字化、可视化、智能化于一体的控制技术，轮胎从密炼→压出→成型→硫化→检测→入库出库→用户使用，实现对制造系统全过程的质量和成本在线适时控制，以及信息收集、跟踪追溯生产过程中设备工艺和能源消耗情况。轮胎数字化制造管控系统，实现轮胎企业的全面信息化；开发RFID芯片轮胎植入与应用关键技术，为我国智能轮胎和车联网发展提供了重要技术支撑；攻克密炼先进建模与排胶控制关键技术，实现炼胶工序生产的自动化和管理的信息化，提高了混炼胶质量，有效降低企业总体能耗；突破激光与X光轮胎检测与成像关键技术，并成功应用于轮胎成品检测，实现该类设备的国产化；自主研发数字化密炼系统、数字化内衬层挤出压延和裁断线、乘用车半钢子午胎数字化成型机、群控液压硫化系统和网络化轮胎检测线等数字化轮胎生产成套关键装备，均达到了国际先进水平，形成具有完全自主知识产权的数字化轮胎生产成套解决方案，提升国内轮胎企业数字化生产管理水平和提高产品品质，为我国轮胎产业发展提供强有力的科技支撑，加快我国由轮胎制造大国向轮胎制造强国的转变进程。

采用电子辐射仪硫化技术，应用于子午胎胎体帘布、带束层和内衬层等，可节省大量橡胶资源，也保证了轮胎部件的尺寸精度，提高产品质量。

炼胶硫化过程产生的废气，存在复合恶臭类的有机物异味气体，一般经布袋除尘后直接排入空气，给环境带来较大的影响；部分炭黑无法彻底收集，也随之排入空气中造成污染。目前暂无专用设备进行处理，大部分企业只是做到收集后高空排放，部分企业已采用活性炭吸附、RTO催化燃烧等等离子、光催化等方法治理，建设及维护成本都较大。因此，热胶废气中复合恶臭类有机物异味气体的治理技术和综合利用技术需要进行深入研究，寻求更佳解决方案，是目前行业紧迫的技术需求。全自动化生产一直是轮胎制造业追求的目标，也是全球轮胎工业发展的潮流。近些年来，轮胎生产工艺自动化已朝着两个方向发展：现有传统工艺的不断完善和全新概念技术的开发应用。从广义上说，全新概念技术也就是反传统的、革命性的技术。与传统的轮胎制造工艺技术相比，全新概念工艺技术普遍具有节省投资、设备占地面积少、用人少、生产效率高等特点。

随着轮胎材料、结构和制造技术的进步出现了新型轮胎，开发了新的轮胎市场。轮胎制造技术和结构工艺的共同改进，使得当前轮胎的设计不仅要满足特殊使用目的的需要，而且还要能改进其加工性，如生产更高效、成本更低廉，而且产品更均匀。汽车制造商的要求及其用户期望值的不断促进了新产品技术的创新，产品仍将继续发展提高，以适应安全、健康和环保的新要求，利用新型材料的优点，并跟随计算机仿真技术的发展，最终开发可控轮胎或智能轮胎。

## 6 结束语

总之，节能、环保、安全是未来汽车的发展方向，其中滚动阻力小、油耗低、耐磨以及抗湿滑更好的高性能轮胎已成为当前轮胎产业发展的趋势。随着汽车的高性能化和高速化要求，轮胎具有良好的路面抓着性、操纵稳定性和乘坐舒适性，而且要求轮胎式样新颖，因此轮胎新技术的发展迅速。随着科技的发展，技术的升级改造以及能耗的降低，绿色低碳成为全球经济发展的大趋势，橡胶行业带来的和谐的用车环境，为普通百姓开启了一个崭新的“零时代”。