汽车刹车片研究进展

□ 中国船舶重工集团公司第七二五研究所/张文毓

汽车刹车片一般由钢板、粘接隔热层和摩擦块构成，钢板要经过涂装来防锈，涂装过程用SMT－4炉温跟踪仪来检测涂装过程的温度分布来保证质量。其中隔热层是由不传热的材料组成，目的是隔热。摩擦块由摩擦材料、粘合剂组成，刹车时被挤压在刹车盘或刹车鼓上产生摩擦，从而达到车辆减速和制动的目的。

自从1897年Herbert Frood发明了第一块以棉线为增强纤维的树脂基刹车片至今，刹车材料得到了长足发展，其种类大致包括石棉材料、纤维增强树脂基材料、熔铸金属材料、粉末冶金材料、C/C复合材料和纤维增强陶瓷基复合材料，其中纤维增强陶瓷基复合材料又主要包括C/C－Sic陶瓷材料和C/BN陶瓷材料等。

刹车片的分类

按制动方式的不同，刹车片可分为：鼓式制动刹车片和盘式制动刹车片两种。

按材料的不同，刹车片一般可分为石棉型、半金属型、NAO型（即无石棉有机物型）刹车片、陶瓷片等。

从刹车类型上来分可以分为：用于盘式制动器的刹车片、用于鼓式制动器的刹车蹄及用于载货车的来令片。

从材质上来分又可以分为：树脂基刹车材料、粉末冶金刹车材料、碳/碳复合刹车材料和陶瓷基刹车材料。

汽车刹车片材料种类按制造材料不同，可分为石棉片、半金属片或低金属片、NAO(无石棉有机物)片、陶瓷片等。

1.石棉型刹车片

从最初开始石棉就已经被用作刹车片的加固材料，由于石棉纤维具有高强度和耐高温的特性，因此可以满足刹车片及离合器盘和衬垫的要求。这种纤维具有较强的抗张能力，甚至可以同高级钢材相匹配，并且可以承受316℃的高温。更重要的是石棉相对廉价，它是从闪石矿石中提炼出来的，而此种矿石在很多国家已被大量发现。

2.“半金属”混合物型刹车片

“半金属”混合物型刹车片（Semi-met）主要是采用粗糙的钢丝绒作为加固纤维和重要的混合物。从外观上（细的纤维和微粒）可以很方便地将石棉型和无石棉有机物型刹车片（NAO）区分开来，另外它们还具有一定的磁性。

钢丝绒具有较高的强度和导热性，这使得“半金属”混合物型刹车片同传统的石棉型刹车片有着不同的制动特性。“半金属”混合物型刹车片（Semi-met）的主要优点在于它的温控能力及较高的制动温度，同石棉型的传热性能差与制动盘、制动鼓的冷却能力差相比，它们在刹车时帮助制动盘和制动鼓

半金属刹车片

将热量从其表面上散发出去，热量被传递到制动钳及其组件上。当然如果这些热量处理不当也会产生问题，刹车液受热后温度会上升，如果温度达到一定程度，将导致制动萎缩和刹车液沸腾。这种热量同时对制动钳、活塞密封圈及回位弹簧也有一定的影响，会加快这些组件老化，这也是在制动维修时要重新装配制动钳及更换金属件的原因。

3.无石棉有机物型刹车材料（NAO）

无石棉有机物型刹车材料主要使用玻璃纤维、芳香族聚酰纤维或其他纤维（碳、陶瓷等）来作为加固材料，其性能主要取决于纤维的类型及其他添加混合物。

无石棉有机物刹车材料主要是作为石棉的替代品而研制的，用于制动鼓或制动蹄，但是近期它们也正在开始被尝试用作前盘式刹车片的替代品。就性能而言，NAO型刹车片更接近石棉刹车片，而不是半金属刹车片。它不像半金属刹车片那样具有良好的导热性和良好的高温可控性。NAO型刹车片的材料已经历了几次变革，现在的NAO材料在诸多方面已经有效地超过了石棉刹车片的性能，这主要是在抗摩性能及噪声等方面。

4.陶瓷刹车片

作为摩擦材料中的新品，陶瓷刹车片具有无噪声、无落灰、不腐蚀轮毂、使用寿命长、环保等优点。陶瓷刹车片最初由日本刹车片企业于20世纪90年代研制成功，逐渐成为刹车片市场的新宠，目前占据了北美、日本大部分汽车厂商原装配套的市场份额。

日本和北美汽车市场现在使用非常广泛，欧洲新车型也开始装配陶瓷刹车片。国际市场对陶瓷摩擦材料的认可，加速了我国对陶瓷刹车片的研发。目前，国内主流刹车片企业已经具备了中高端陶瓷刹车片的自主研发与生产能力，并已为国外一些大汽车制造商配套，逐步进入国外中高端市场。但是，国内市场尚未得到很好的开发。原因在于首先陶瓷摩擦材料价格高，主机厂很难接受。其次国外对噪声、环保要求较高，陶瓷摩擦材料因其无噪声、耐用、环保等优点在国外备受青睐，而国内没有这方面的要求，消费者这方面的意识也比较欠缺。国内汽车刹车片的发展还停留在注重制动效果与安全性的阶段，没有发展到注重舒适性、环保性的阶段。陶瓷刹车片虽然短期内不太可能替代传统刹车片，但现代汽车正朝着高性能、高速度、安全舒适等方向发展，这就要求作为汽车重要组成部分的制动系统必须安全可靠，同时必须不断开发新的刹车材料以满足更严格的要求，陶瓷刹车片必然成为今后的一个发展趋势。

陶瓷刹车片

汽车刹车片应用现状

国外发达国家刹车片行业目前在技术工艺、质量管理等方面均处于领先地位，刹车片生产企业和整车生产企业的开发是同步的，从刹车片的选定到出样品，要经过噪声监测、台架试验、匹配实验以及冬夏季路试等反复测试，直到其性能均达到要求并且稳定，才能批量生产。

从目前世界范围的刹车片的技术工艺发展来看，对半金属配方的研究和应用最成功的当属北美；对少金属配方研究和应用最成功的应属欧洲；对NAO（无石棉有机物）配方的研究和应用最成功的应属日本。但是纵观整个世界刹车片产品的发展趋势，虽然各种配方体系都有其应用的市场，但是少金属配方和NAO配方成为引导摩擦材料发展的主要趋势，现在NAO配方摩擦材料已经占据了北美市场的60%以上，虽然少金属摩擦材料还在占据着刹车片材料市场的主体，但已经有相当多的汽车和售后市场对NAO

配方材料有了一定需求。

日本是NAO摩擦材料配方研制和应用最成功的国家，日本刹车片的出口品种也以无石棉化类型为主，欧美等国家目前对刹车片的消耗主要以此类型为主，NAO配方刹车片的使用占据欧美市场60%以上的比例，因此，欧美市场成为日本刹车片出口的最大消耗市场，日本的出口额在全球排名第一。

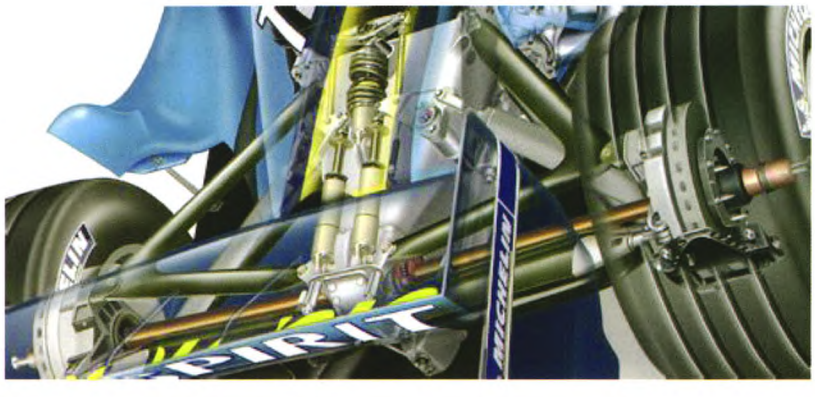
刹车片产品的市场需求增长与汽车工业的发展息息相关（汽车产量和保有量决定了刹车片的产量，它与刹车片产销量之间存在很强的正相关关系），中国汽车工业的快速发展直接带动了刹车片生产企业的同步发展。中国目前年产汽车约2 300万辆，刹车片市场需求量很大，全国每年需求刹车片5亿套左右。

改性酚醛在汽车刹车片中的应用。国外进口汽车刹车片采用改性酚醛铸造成型。该种改性酚醛在300～400℃时不焦化。其采用萘改性和有机硅改性，目前国产改性酚醛使用寿命很短。因而迫切需要研究开发新一代耐热磨擦的改性酚醛树脂。

碳纤维刹车片在汽车上应用。碳纤维作为一种具有高强度、高模量、耐高温、耐腐蚀等优异性能的新型非金属材料，其复合材料的产品都格外贵，过去主要用于军工部门。民用方面，碳纤维制动盘起初仅用于竞赛用汽车上，例如F1赛车上。它能够在50m的距离内将汽车的速度从300km/h降低到50km/h，此时制动盘的温度会升高到900℃以上，制动盘会因为吸收大量的热能而变红。碳纤维制动盘能够承受2 500℃的高温，而且具有非常优秀的制动稳定性。随着汽车产业的发展，碳纤维复合材料刹车片开始进入高档轿车和世界名车领域，摩擦因数稳定。摩擦率低，冲击强度好，硬度值好，刹车时无噪声，利于环境保护。

我国自行研制开发的GD－1碳纤维复合材料轿车盘式刹车片，于2003年10月在吉林省广达摩擦制品有限公司成功问世。该产品在国内首次采用了高科技含量的碳纤维复合材料。我国已有30年研究碳纤维的历史，但在汽车制动方面的应用一直难以实现产业化。GD－1碳纤维复合材料刹车片的研制成功可称为是摩擦材料产业的一次飞跃。同时，该产品也将极大地改善汽车的安全性能。

国内首个环保型刹车片联盟标准出台，该项标准的实施将有效引导企业提高技术水平，推动科技成果向生产力的转化，促进产业结构优化升级，提升企业市场竞争力，从而带动整个产业的发展。



汽车刹车片技术趋势

低铜刹车片材料将大量投入使用。20世纪70年代摩擦材料开始向无石棉化发展，出现了各种石棉纤维的替代品， 主要有陶瓷纤维、芳纶纤维、碳纤维、钢纤维、铜纤维、铝纤维、玻璃纤维、矿物纤维、纤维素纤维、钛酸钾晶须和海泡石纤维等。目前国内外高性能制动材料中常常较多的使用铜材料，而磨屑中铜对环境的污染特别在国内尚未得到应有的关注。

Italian Brakes and Trenitalia 合资公司已开始研制一款用于欧洲货运车辆的可更换轻型复合刹车片（LL型）。LL 型刹车片是为取代传统的铸铁刹车片而设计的，但是其更轻的质量使得它更具安全性，并且其平均寿命在25 000 km，大约是原来的5倍多。刹车片使用Italian Brakes Ecobrake 公司的材料制造，这种材料用钢纤维代替了石棉以使其对环境的影响最小化，同时噪声较低并且降低了火灾的风险。

“环保型剑麻纤维增强汽车刹车片”在西安交通大学研制成功。经过权威部门性能测试，刹车片的摩擦系数、磨损率、硬度、冲击韧性等各项性能均达到国家标准。专家认为，这种以剑麻作为增强纤维的环保型汽车刹车片产品属国内首创。具有摩擦系数平稳、热恢复性能好、刹车噪声小、使用寿命长、低成本等优点。同时在生产和使用

过程中消除了对人体的危害及对环境的污染，开创了我国汽车刹车片的新时代，并为我国传统剑麻产业开辟了新的应用方向。

在863计划的支持下。中南大学粉末冶金国家重点实验室采用纤维材料复合替代、多组元润滑等一系列新技术，自行研发成功具有自主产权的高性能半金属刹车片，经过中试和用户使用试验证明，刹车灵敏、制动平稳、无制动尖叫声、抗高温热衰退、使用寿命比石棉产品提高2～3倍以上。

博世公司宣布将开始在其QuietCast及其他制动系统产品中提供不含铜材料的刹车片，以降低生产过程中铜流失造成的水污染，满足环保要求。博世公司表示，该公司已经开发出无铜的陶瓷摩擦方案并进行了耐力测试，配合可再生材料可使产品更加环保，并且该公司已经在北美和其他主要市场为此项技术申请了专利。此外，博世称，向无铜刹车片转变只是其目前计划之一，后续还将继续推出无铜产品。该公司希望未来全部制动系统都能够在2025 年前达到相关标准。

未来高性能刹车材料的研究将主要集中在以下几个方向。

（1）提升性能。进一步提高现有各种高性能刹车片材料的摩擦稳定性和耐磨性，并改善和克服各自的性能缺陷，这是刹车片材料研究和应用领域面对的首要问题。

（2）降低成本。现有的几种高性能刹车材料，由于制造工艺复杂、周期长及原材料获取困难等，导致生产成本高，应用面受限。因此，改进和优化制造工艺，开拓原料来源，以降低高性能摩擦材料的制造成本，也是亟待解决的重要问题。

（3）新型高性能摩擦材料的工程应用化研究。通过进一步提高材料性能和降低制造成本，推动新型高性能摩擦材料的产业化并拓展其应用领域，是开展高性能摩擦材料研究与应用的终极目标。C/C－SiC、C/BN、C/C－BN等材料的工程应用化研究也是目前和未来新型高性能摩擦材料领域的研究重点之一。

结语

随着汽车工业发展及人们环保意识的增强，必然会对刹车摩擦材料提出更为严格的要求，这无疑将极大地促进刹车片的更新换代。作为实用性和针对性很强的摩擦复合材料，刹车片很有研究价值。随着对摩擦机理和各种材料性能认识的不断深化以及加工工艺的改进，特别是纳米技术及各种表面处理技术的应用，必然会涌现出各种新型刹车片。新型汽车陶瓷刹车片，特别是随着耐高温、低噪声、无金属、无纤维刹车片研究的进一步深入，可望会改变我国现有刹车片的应用状况，使其具有非常重要的社会意义、经济意义和良好的发展前景，同时其深入的理论研究将具有重大的科学意义和理论价值。AME