

液态胶与白炭黑共混物对轮胎能效提升的作用分析

刘云良

韩泰轮胎有限公司

DOI: 10.12238/jpm.v6i5.8021

[摘要] 全球节能减排之风劲吹，轮胎身为汽车要害部件，其能效状况左右车辆整体能耗。液态胶和白炭黑所成共混物，属新型轮胎材料，借独特理化特性，在提升轮胎能效上潜力尽显。文中探究液态胶与白炭黑共混物特性、共混原理，剖析其对轮胎滚动阻力、湿地抓地力、耐磨性这些关键性能的作用，继而研究其提升轮胎能效的功效，目的是为轮胎行业可持续发展提供理论依据与实践参照。

[关键词] 液态胶；白炭黑；共混物；轮胎能效；滚动阻力

Analysis of the effect of liquid rubber and silica blend on tire energy efficiency

Liu Yunliang

Hankook Tire Co., LTD.

[Abstract] The global trend towards energy conservation and emission reduction is strong. As a critical component of vehicles, the efficiency of tires significantly impacts overall vehicle energy consumption. A new type of tire material, made from a blend of liquid rubber and silica, demonstrates great potential in enhancing tire efficiency due to its unique physical and chemical properties. This paper explores the characteristics and blending principles of the liquid rubber and silica blend, analyzes its effects on key performance indicators such as rolling resistance, wet grip, and wear resistance, and further investigates its effectiveness in improving tire efficiency. The aim is to provide theoretical support and practical references for the sustainable development of the tire industry.

[Key words] liquid glue; silica; blend; tire energy efficiency; rolling resistance

引言

汽车保有量不断攀升，汽车能耗和尾气排放对环境的影响愈发受关注。轮胎作为汽车与地面直接接触部分，其性能关乎车辆燃油经济性与安全性。传统轮胎材料在能效上有局限，难以契合日益严苛的节能减排要求。液态胶与白炭黑共混物这种创新材料，为提升轮胎能效带来新途径。液态胶流动性和加工性能佳，白炭黑具备高比表面积、高补强性，二者共混能产生协同效果，改进轮胎各项性能，进而提升轮胎能效。探究液态胶与白炭黑共混物提升轮胎能效的作用，对推动轮胎行业技术进步和可持续发展意义重大。

一、液态胶与白炭黑共混物概述

(一) 液态胶的特性

液态胶是一种相对分子质量偏低且具有流动性的橡胶材质。相较传统固态橡胶，液态胶分子链短，分子间作用力微弱，

因此流动性良好，在加工时更易均匀散布并与其他添加剂混合。此特性让液态胶在轮胎制造工艺里，能更高效地和其他材料融合，降低生产能耗与时间成本。液态胶品类丰富，像液态丁腈橡胶、液态硅橡胶较为常见。液态丁腈橡胶，耐油性、耐化学腐蚀性出色，低温性能优良。于轮胎制造而言，它可提升轮胎抗老化与耐磨损能力，特别适用于恶劣环境下使用的轮胎。工业车辆轮胎常接触油污，液态丁腈橡胶能有效抵抗油污侵蚀，延长轮胎使用时长。液态硅橡胶则拥有极佳的耐高温、耐低温性能，电绝缘性良好，在特殊用途轮胎中作用关键。航空轮胎领域，液态硅橡胶于极端高低温环境仍能维持良好性能，保障飞行安全。

(二) 白炭黑的特性

白炭黑，也就是水合二氧化硅，呈现无定形的白色粉末状。它极为突出之处在于拥有超高比表面积，一般在 100 - 400m²

/g, 这赋予其强大吸附力与补强性能。往轮胎里添加白炭黑, 能明显提升轮胎强度、硬度和耐磨性。因吸附能力强, 白炭黑可有效吸附橡胶里自由基, 延缓橡胶老化, 让轮胎更耐用。白炭黑表面分布着大量羟基, 这些羟基会和橡胶分子产生物理或化学作用, 增强白炭黑与橡胶间界面结合力。白炭黑分散性佳, 能在橡胶基体中均匀分布, 更好发挥补强效果。实际生产时, 良好分散性保证轮胎各部位性能一致, 防止因局部性能有别引发轮胎故障, 提升轮胎整体质量与可靠性。

(三) 共混机理

液态胶与白炭黑共混进程涵盖多种物理和化学作用。物理层面, 液态胶因流动性得以充分浸润白炭黑颗粒, 减少白炭黑团聚, 助力其于橡胶基体均匀分散。均匀分布的白炭黑能更有效施展补强功效, 规避因团聚致使的局部性能短板^[1]。从化学角度看, 液态胶分子链上活性基团会和白炭黑表面羟基起化学反应, 生成化学键连接, 强化二者界面结合力。像液态丁腈橡胶分子链上腈基可与白炭黑表面羟基反应, 形成稳固化学键, 提升共混物整体性能。此化学键连接既增强共混物稳定性, 又促使液态胶柔韧性与白炭黑补强性协同发力。这般的物理和化学作用协同, 让液态胶与白炭黑共混物形成独特微观结构, 兼具液态胶柔韧性与白炭黑补强性, 为提升轮胎性能筑牢根基。实际应用中, 该独特微观结构使轮胎在保障强度之际, 具备更佳柔韧性, 增强了轮胎综合性能。

二、共混物对轮胎关键性能的影响

(一) 对滚动阻力的影响

滚动阻力是衡量轮胎能效的关键指标, 对车辆燃油消耗影响直接。液态胶与白炭黑共混物可有效降低轮胎滚动阻力。白炭黑高比表面积和良好分散性, 在橡胶基体中构建均匀网络结构, 约束橡胶分子链运动, 减少橡胶滞后损失, 以此降低滚动阻力。轮胎滚动时, 传统橡胶分子链自由运动, 内摩擦大, 造成能量损耗, 白炭黑形成的网络如同“约束网”, 限制分子链过度活动, 降低此类能量损失。液态胶加入, 改善共混物加工性能, 助力白炭黑更均匀分散于橡胶, 优化共混物微观结构, 进一步降低滚动阻力。研究显示, 相较于传统轮胎材料, 采用液态胶与白炭黑共混物的轮胎, 滚动阻力能降低 10% - 20%。这意味着车辆行驶时燃油消耗减少, 提升燃油经济性。一辆年行驶里程 20000 公里的普通家用车, 使用这种共混物轮胎, 每年可节省燃油约 200 - 400 升, 既减少燃油开支, 又降低碳排放。

(二) 对湿地抓地力的影响

湿地抓地力关乎轮胎在湿滑路面的行驶安全, 极为重要。

液态胶与白炭黑共混物可提升轮胎湿地抓地力。白炭黑有亲水性, 能在轮胎和地面间造就更多接触点, 增大轮胎与地面摩擦力。轮胎碰上湿滑路面, 白炭黑仿若微小“吸盘”, 凭借亲水性牢牢吸附路面水分, 加大轮胎与地面有效接触面积和摩擦力。液态胶柔韧性佳, 能让轮胎在湿滑路面更贴合地面, 进一步提升湿地抓地力。共混物微观结构得到优化, 利于增强轮胎排水性能, 减少水滑现象。经实际测试, 使用液态胶与白炭黑共混物的轮胎, 在湿地路面制动距离比传统轮胎能缩短 10% - 15%, 极大提升车辆在湿滑路面行驶安全性。雨天高速行驶时, 制动距离缩短或许就能避免潜在交通事故, 保障驾乘人员生命安全。

(三) 对耐磨性的影响

耐磨性是衡量轮胎使用寿命的关键指标, 液态胶与白炭黑共混物可显著提升轮胎耐磨性。白炭黑发挥补强功效, 增强橡胶强度与硬度, 让其更能抵御磨损。日常行车时, 轮胎持续与地面摩擦, 普通橡胶易磨损、变形, 而添加白炭黑后, 橡胶强度和硬度提升, 好似给轮胎披上一层“防护铠甲”, 极大降低磨损程度。液态胶与白炭黑通过化学键相连, 进一步增强共混物稳定性, 减少摩擦时橡胶分子链的断裂与脱落^[2]。实际使用中, 采用该共混物的轮胎行驶里程较传统轮胎可增加 15% - 20%, 降低轮胎更换频次, 减少资源浪费与环境污染。以一个拥有 100 辆货车的物流车队为例, 每辆车每年行驶 10 万公里, 使用共混物轮胎后, 每年可减少轮胎更换量约 150 - 200 条, 既大量节省橡胶资源和轮胎生产能耗, 又降低废旧轮胎对环境的污染。

三、共混物提升轮胎能效的作用机制

(一) 对滚动阻力的影响

滚动阻力于轮胎能效衡量中地位关键, 直接关系车辆燃油消耗情况。液态胶和白炭黑所成共混物在降低滚动阻力方面效果突出。白炭黑因高比表面积与良好分散性, 在橡胶基体里搭建起均匀的网络架构。就拿轮胎滚动的情况来说, 传统橡胶分子链肆意运动, 致使较大内摩擦和能量损耗产生, 而白炭黑所形成的网络则对其过度运动加以限制。液态胶使得加工性能得以改善, 让白炭黑分散得更加均匀, 进而优化微观结构。有研究表明, 与传统的轮胎材料相比, 使用这种共混物的轮胎滚动阻力能降低 10% - 20%。以一辆每年行驶里程为 20000 公里的家用汽车为例, 每年大概能够节省燃油 200 - 400 升。节省燃油不仅能削减燃油成本, 还由于燃油燃烧量减少, 使得碳排放量降低, 这对于缓解全球变暖的状况有着一定积极意义, 和当下所倡导的绿色出行这一环保理念相契合。

(二) 对湿地抓地力的影响

白炭黑具有亲水性，在轮胎和地面之间增加了接触点，增大摩擦力。当轮胎与湿滑路面相接触时，白炭黑就如同微小的“吸盘”一般，将路面的水分吸附住，增大有效接触面积。液态胶所具备的柔韧性可助力轮胎更好地贴合地面，共混物微观结构优化了排水性能，减少水滑现象的发生^[3]。实际测试显示，采用该共混物的轮胎在湿地的制动距离相比传统轮胎缩短了10% - 15%。雨天路况复杂的城市道路或者高速公路上，较短的制动距离能够为驾驶员争取到更多的反应时间，降低事故发生的风险，保障驾乘人员的生命以及车辆的财产安全，为出行安全筑牢坚实根基。在暴雨突然来袭的早晚高峰时段，车辆频繁地启停、变道，此时配备了共混物轮胎的汽车能够更加稳健地应对，使驾驶员即便处于慌乱的路况中也能充满信心，极大程度上提升出行的安全感，守护着每一次的雨中出行之旅。

(三) 对耐磨性的影响

白炭黑靠补强提升橡胶强度硬度，增强耐磨性。日常行车，轮胎与地面频繁摩擦，普通橡胶易磨损变形，加白炭黑后情况改善。液态胶和白炭黑经化学键连接，提升共混物稳定性，减少分子链断裂脱落。实际中，该共混物轮胎行驶里程比传统轮胎多15% - 20%。如100辆货车的物流车队，每车年行驶10万公里，用此轮胎后每年少换150 - 200条。这节省橡胶资源、降低轮胎生产能耗，减少废旧轮胎占地及对土壤、水源污染，资源利用与环保成效好。

四、共混物应用面临的挑战与发展前景

(一) 应用面临的挑战

液态胶与白炭黑共混物提升轮胎能效优势明显，然而实际应用存在挑战。共混物制备工艺繁杂，液态胶和白炭黑比例、混合温度、时间等参数需精准把控，才能保证性能稳定，现有工艺有待优化完善，以此提升生产效率与产品质量。白炭黑表面极性高，在非极性橡胶基体里分散棘手，易团聚，进而影响共混物性能，所以要研发更有效的分散剂和技术来解决这一分散难题^[4]。液态胶与白炭黑共混物成本偏高，在一定程度上制约其大规模应用，降低成本、提升性价比，是实现推广应用的关键所在。

(二) 发展前景

科技持续进步，液态胶与白炭黑共混物在轮胎领域的广阔发展前景愈发凸显。就制备工艺而言，像双螺杆挤出机、密炼机这类混合技术与设备不断推陈出新，通过优化其内部结构与运行参数，能极大提升共混物制备的效率与质量。分散技术方面，新型分散剂的深入研发以及表面改性技术的巧妙运用，在

攻克白炭黑分散难题上成效显著。随着市场对节能环保轮胎的需求呈迅猛增长态势，加之原材料生产技术不断取得突破，液态胶与白炭黑共混物成本有望稳步逐步下降。未来在传统轮胎领域，液态胶和白炭黑共混物的应用范围会不断拓宽，在高性能轮胎、绿色轮胎等新兴领域，它们也将凭借独特性能发挥极为关键的作用，有力促使轮胎行业朝着更为环保、高效的方向大步迈进。

(三) 未来研究方向

往后对液态胶和白炭黑共混物的探究，可从这些方向着手。要钻研共混物微观结构跟宏观性能联系，把理论计算与实验研究结合，构建更精准模型，给共混物设计及优化提供理论支撑^[5]。还得开发新型液态胶和白炭黑材料，以此提升共混物性能。像研发带特殊功能基团的液态胶，强化其与白炭黑相互作用；研制高性能白炭黑，比如纳米白炭黑，增强它的补强效果和分散性。另外得探寻共混物在不同轮胎里的最优应用方案，依据轮胎使用环境与性能需求，优化共混物配方和工艺，实现轮胎性能最大程度提升。

结语

液态胶与白炭黑共混物，堪称颇具潜力的轮胎材料，在提升轮胎能效方面作用关键。它能降低滚动阻力、增强湿地抓地力以及提升耐磨性，以此有效削减轮胎行驶时的能量损耗，优化轮胎结构与性能的匹配度，进而延长轮胎的使用时长。虽说当下应用存在一些难题，不过随着技术不断发展、研究持续深入，这些问题会逐步得到化解。将来，液态胶与白炭黑共混物有望于轮胎行业获得更广泛应用，推动轮胎技术朝着节能环保方向稳步前行，为达成全球节能减排目标贡献力量。

参考文献

- [1]徐征,何文鑫,崔镭杰,等.微量高黏液态胶的挤压成膜研究[J].光学精密工程,2023,31(20):2986-2992.
- [2]陈炳宏,周慧勤,王治安,等.白炭黑反应生产工艺设计浅析[J].流程工业,2025,(01):54-57.
- [3]本刊编辑部.一种含白炭黑的胶料、制备方法及其制备系统和橡胶组合物[J].橡胶科技,2025,23(02):117.
- [4]白洁.负载型促进剂对橡胶共混物交联动力学及性能的研究[D].华南理工大学,2020.DOI:10.27151/d.cnki.ghnlu.2020.002253.
- [5]徐云慧,徐亚婷,臧亚南,等.硫化体系对农业轮胎用乳聚丁苯橡胶/轮胎再生胶共混物性能的影响[J].橡胶科技,2022,20(11):530-535.