

金属与材料

电磁悬挂：汽车悬架智能化的重要发展方向

电磁悬挂性能优势明显，成为汽车悬架智能化的重要发展方向

电磁悬架为主动悬架的一类，通过控制电磁绕组中的电流改变磁流变液状态，进而调节悬架刚度与阻尼实现更加精细化的悬架调节效果。磁流变液为电磁悬架核心组成部分，是实现精细化调节的关键，技术壁垒高筑。性能方面，电磁悬架优势明显，反应速度高达 1000 Hz，比传统减震器快 5 倍，同时调控精准，能够适应不同路况调节阻尼，兼顾舒适性、操控性与稳定性，但由于成本因素目前多用于较高端车型。

凯迪拉克开电磁悬挂应用先河，多家主机厂密集跟进

产业化进展来看，电磁悬挂一直是凯迪拉克御用主动悬挂类型，同时多家主机厂 SUV 中高端车型密集跟进。2002 年凯迪拉克 STS 作为首款搭载 MRC 电磁悬挂的豪华商务轿车上市；2008 年 CTS-V 横空出世；近年 CT5 配备的 MRC 电磁悬挂已经是该技术的第四代衍生产品。相比之前的系列，第四代 MRC 由四轮高精度加速度传感器、惯导测量单元和改进的减震液组成，阻尼响应速度较上一代提升了 45%，具有更舒适、更平顺和更精细的调节能力。此外，多家主机厂紧跟潮流，陆续推出多款配备电磁悬架的 SUV 中高端车型，如沃尔沃 XC90、奥迪 Q7、宝马 X5、大众途锐、特斯拉 Model X 等。

悬架系统智能化为必然趋势，电磁悬挂中长期渗透空间广阔

据 QYResearch 预测，2025 年国内乘用车包括空气悬架、CDC 悬架、电磁 MRC 在内的智能电控悬架市场规模有望达 288 亿元。我们认为汽车智能化转型升级驱动悬架系统智能化发展成为必然趋势，电磁悬挂凭借阻尼可变和调控精准的显著优势成为汽车悬架智能化的重要发展方向，认为伴随行业研究深入、技术不断成熟和磁流变材料迭代升级，有望实现持续降本增效，电磁悬挂中长期渗透空间广阔。建议关注电磁悬挂&磁流变材料行业及公司相关进展。

风险提示：技术发展不及预期风险；下游需求不及预期风险；产业政策推进不及预期风险。

证券研究报告

2024 年 01 月 21 日

投资评级

行业评级

强于大市(维持评级)

上次评级

强于大市

作者

刘奕町

分析师

SAC 执业证书编号：S1110523050001

liuyiting@tfzq.com

项祈瑞

联系人

xiangqirui@tfzq.com

行业走势图



资料来源：聚源数据

相关报告

- 《金属与材料-行业研究周报:避险情绪升温，金价有所上涨》 2024-01-13
- 《金属与材料-行业研究周报:电机系列之四：碳纤维转子匹配电机高速化需求，产业密集推进》 2024-01-07
- 《金属与材料-行业研究周报:氧化铝价格高位回调，驱动铝价回落》 2024-01-07

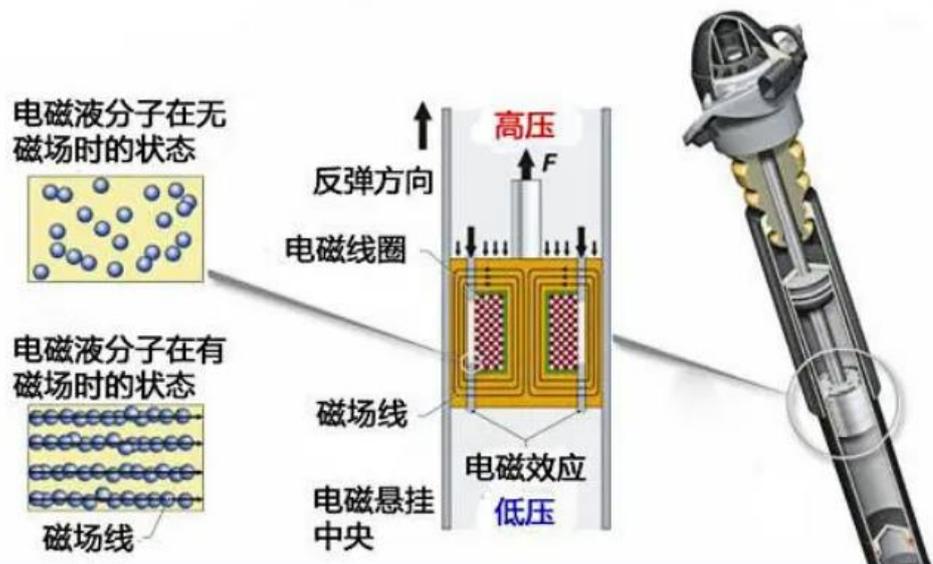
1. 电磁悬挂：汽车悬架智能化的重要发展方向

汽车智能化驱动主动悬架成为发展趋势。汽车底盘主要由行驶系、传动系、转向系和制动系四部分组成，其中行驶系又由车架、车桥、车轮和悬架等系统组成。悬架是汽车的重要组成部分，关乎汽车在行驶过程中的质感，影响汽车的操控性能和舒适性能。与传统被动悬架不同，在汽车智能化的背景下，线控系统多采用主动或半主动悬架。根据车辆行驶过程中的路况，主动悬架通过 ECU 控制相应的执行单元，提前主动调节系统刚度和阻尼系数，从而达到提供更高的行驶安全性与舒适性要求，成为悬架系统发展趋势。

电磁悬架通过控制电磁绕组中的电流改变磁流变液状态，进而调节悬架刚度与阻尼。目前市场上主流的主动悬架分为三类：空气悬架、CDC 液力悬架和 MRC 电磁悬架。其中，空气悬架通过调节空气压力来改变悬架的高度和刚度，CDC 和 MRC 通过控制减震器的阻尼来改变悬架刚度以适应不同的路况变化。具体来看，CDC 和 MRC 调节方式截然不同：CDC 通过控制减震器中阀门的开度，改变减震器油流动的速度，从而实现对减震器刚度的控制；MRC 则通过控制电磁绕组中的电流来改变电磁力的大小和方向，从而改变磁流变材料状态，进而调节悬架系统的刚度和阻尼，实现更加精细化的悬架调节效果。

磁流变液为电磁悬架核心组成部分，是实现精细化调节的关键，技术壁垒高筑。磁流变液主要由载液（矿物油、硅油等）、可磁化分散悬浮颗粒（单质 Fe、Fe₃O₄ 粉体）、分散剂三部分组成。从原理来看，在无磁场作用时，悬浮相粒子悬浮于母液中呈随机分布，表现为线黏性牛顿流体，与普通液压悬挂没有区别；当通过电流施加外磁场作用后，粒子表面出现极化现象，形成磁偶极子结成链状结构，磁流变液呈类固体特性，阻尼大幅增加，随电流改变。配合车身传感器，行车电脑可随时判断路况和改变阻尼，实现精细化调节，例如突遇颠簸减小阻尼，增加舒适度；高速转向时增大阻尼，减小车辆侧倾。

图 1：电磁悬挂系统工作原理示意图



资料来源：希迈汽车底盘公众号，天风证券研究所

电磁悬架优势明显，但由于成本因素目前多用于较高端车型。电磁悬架主要优势为阻尼可变和调控精准：MRC 的反应速度高达 1000 Hz，比传统减震器快 5 倍，同时调控精准，能够适应不同路况调节阻尼，兼顾舒适性、操控性与稳定性。局限性方面，一是成本高昂，结构较传统固定阻尼的悬架更复杂，且磁流变液造价昂贵，目前多用于较高端车型；二是耐久性较差，磁流变液具有较强的磨蚀性，可能对悬架系统产生负面影响。

表 1：电磁悬挂主要优势与局限性

	特性	概况
优势	阻尼可变	能够兼顾舒适性与操控性，既能在行驶中改善颠簸，又能在刹车和转弯时提供更好的支撑
	反应极快、调控精准	反应速度高达 1000 Hz，比传统减震器快 5 倍，能够适应不同路况，稳定性高
局限性	成本高昂	结构较传统固定阻尼的悬架更复杂，磁流变液造价昂贵
	耐久较差	磁流变液具有较强的磨蚀性，会对悬架系统产生负面影响

资料来源：希迈汽车底盘公众号，盖世汽车社区公众号，Arnott Air Suspension 公众号，天风证券研究所

2. 凯迪拉克开应用先河，电磁悬挂渗透空间广阔

产业化进展来看，电磁悬挂一直是凯迪拉克御用主动悬挂类型，同时多家主机厂 SUV 中高端车型密集跟进。2002 年凯迪拉克 STS 作为首款搭载 MRC 电磁悬挂的豪华商务轿车上市；2008 年 CTS-V 横空出世；近年 CT5 配备的 MRC 电磁悬挂已经是该技术的第四代衍生产品。相比之前的系列，第四代 MRC 由四轮高精度加速度传感器、惯导测量单元和改进的减震液组成，阻尼响应速度较上一代提升了 45%，具有更舒适、更平顺和更精细的调节能力。此外，多家主机厂紧跟潮流，陆续推出多款配备电磁悬架的 SUV 中高端车型，如沃尔沃 XC90、奥迪 Q7、宝马 X5、大众途锐、特斯拉 Model X 等。

图 2：凯迪拉克搭载的电磁主动悬挂实物图



资料来源：车讯网，天风证券研究所

悬架系统智能化发展为必然趋势，电磁悬挂中长期渗透空间广阔。据 QYResearch 预测，2025 年国内乘用车包括空气悬架、CDC 悬架、电磁 MRC 在内的智能电控悬架市场规模有望达 288 亿元。我们认为汽车智能化转型升级驱动悬架系统智能化发展成为必然趋势，电磁悬挂凭借阻尼可变和调控精准的显著优势成为汽车悬架智能化的重要发展方向，认为伴随行业研究深入、技术不断成熟和磁流变材料迭代升级，有望实现持续降本增效，电磁悬挂中长期渗透空间广阔。**建议关注电磁悬挂&磁流变材料行业及公司相关进展。**

3. 风险提示

技术发展不及预期风险；下游需求不及预期风险；产业政策推进不及预期风险。

分析师声明

本报告署名分析师在此声明：我们具有中国证券业协会授予的证券投资咨询执业资格或相当的专业胜任能力，本报告所表述的所有观点均准确地反映了我们对标的证券和发行人的个人看法。我们所得报酬的任何部分不曾与，不与，也将不会与本报告中的具体投资建议或观点有直接或间接联系。

一般声明

除非另有规定，本报告中的所有材料版权均属天风证券股份有限公司（已获中国证监会许可的证券投资咨询业务资格）及其附属机构（以下统称“天风证券”）。未经天风证券事先书面授权，不得以任何方式修改、发送或者复制本报告及其所包含的材料、内容。所有本报告中使用的商标、服务标识及标记均为天风证券的商标、服务标识及标记。

本报告是机密的，仅供我们的客户使用，天风证券不因收件人收到本报告而视其为天风证券的客户。本报告中的信息均来源于我们认为可靠的已公开资料，但天风证券对这些信息的准确性及完整性不作任何保证。本报告中的信息、意见等均仅供客户参考，不构成所述证券买卖的出价或征价邀请或要约。该等信息、意见并未考虑到获取本报告人员的具体投资目的、财务状况以及特定需求，在任何时候均不构成对任何人的个人推荐。客户应当对本报告中的信息和意见进行独立评估，并应同时考量各自的投资目的、财务状况和特定需求，必要时就法律、商业、财务、税收等方面咨询专家的意见。对依据或者使用本报告所造成的一切后果，天风证券及/或其关联人员均不承担任何法律责任。

本报告所载的意见、评估及预测仅为本报告出具日的观点和判断。该等意见、评估及预测无需通知即可随时更改。过往的表现亦不应作为日后表现的预示和担保。在不同时期，天风证券可能会发出与本报告所载意见、评估及预测不一致的研究报告。天风证券的销售人员、交易人员以及其他专业人士可能会依据不同假设和标准、采用不同的分析方法而口头或书面发表与本报告意见及建议不一致的市场评论和/或交易观点。天风证券没有将此意见及建议向报告所有接收者进行更新的义务。天风证券的资产管理部门、自营部门以及其他投资业务部门可能独立做出与本报告中的意见或建议不一致的投资决策。

特别声明

在法律许可的情况下，天风证券可能会持有本报告中提及公司所发行的证券并进行交易，也可能为这些公司提供或争取提供投资银行、财务顾问和金融产品等各种金融服务。因此，投资者应当考虑到天风证券及/或其相关人员可能存在影响本报告观点客观性的潜在利益冲突，投资者请勿将本报告视为投资或其他决定的唯一参考依据。

投资评级声明

类别	说明	评级	体系
股票投资评级	自报告日后的 6 个月内，相对同期沪深 300 指数的涨跌幅	买入	预期股价相对收益 20%以上
		增持	预期股价相对收益 10%-20%
		持有	预期股价相对收益 -10%-10%
		卖出	预期股价相对收益 -10%以下
行业投资评级	自报告日后的 6 个月内，相对同期沪深 300 指数的涨跌幅	强于大市	预期行业指数涨幅 5%以上
		中性	预期行业指数涨幅 -5%-5%
		弱于大市	预期行业指数涨幅 -5%以下

天风证券研究

北京	海口	上海	深圳
北京市西城区德胜国际中心 B 座 11 层	海南省海口市美兰区国兴大道 3 号互联网金融大厦 A 栋 23 层 2301 房	上海市虹口区北外滩国际客运中心 6 号楼 4 层	深圳市福田区益田路 5033 号平安金融中心 71 楼
邮编：100088	邮编：570102	邮编：200086	邮编：518000
邮箱：research@tfzq.com	电话：(0898)-65365390	电话：(8621)-65055515	电话：(86755)-23915663
	邮箱：research@tfzq.com	传真：(8621)-61069806	传真：(86755)-82571995
		邮箱：research@tfzq.com	邮箱：research@tfzq.com