

弹力波触觉传感器在汽车智能化领域的应用研究报告

随着汽车智能化进程的加速，触觉传感技术作为人机交互与安全感知的关键环节，正受到业界的广泛关注。在众多触觉感知方案中，基于弹力波原理的触觉传感器因其独特的技术优势和应用潜力，成为当前研究热点。本报告将系统探讨弹力波触觉传感器在汽车智能化领域的应用现状和发展趋势，为相关领域的研究者和产业实践者提供参考。

弹力波触觉传感技术基本原理

技术原理与工作机制

弹力波触觉传感技术是通过检测物体表面接触事件所产生的弹性机械波来感知各类触摸事件的技术方案。弹力波感知系统主要由传感器和控制器构成，当用户触摸、敲击或施压于物体表面时，接触点会产生弹性波并在材料中传播。安装在表面的传感器捕获这些波动信号，控制器通过信号处理算法分析波形特征，从而确定触摸的位置、力度以及接触物体的材质特性^[1]。

弹力波触觉传感与传统电容式触摸技术相比具有显著差异和优势。电容式触摸需要导电介质与物体接触才能工作，而弹力波技术依靠的是物理接触产生的机械波，因此它能够在恶劣环境条件下保持稳定工作。正如搜索结果中提到的："弹力波触觉感知技术可以在电容式触摸无法工作的环境中发挥作用，比如在潮湿条件下或当人戴着手套时"^[1]。这一特性使其特别适合汽车环境中的应用。

系统架构与技术特点

弹力波触觉感知系统的架构与电容触摸系统相似，主要包括传感器和与之接口的控制器。然而，最大的区别在于弹力波技术是被动的，传感器主要是检测由接触产生的压力波，控制器则负责根据传感器输入确定接触的位置和力度^[1]。

据搜索结果显示，弹力波触觉感知技术具有四大主要特点：一是感知灵敏，能够探测到最低1公里/小时速度下的碰撞；二是不易误触发，只对实际接触类信号敏感，对颠簸、加减速等非接触信号不敏感；三是能够判断接触物材质，通过复杂算法计算，可以区分撞击物是行人、其他车辆还是护栏等物体；四是能够准确定位碰撞发生在车身的具体部位^[2]。这些特性使弹力波技术在汽车安全和人机交互领域具有广阔的应用前景。

弹力波技术在智能座舱中的应用

触觉界面的优势与必要性

随着汽车智能化发展，车内实体按钮和表盘逐渐减少，触控屏幕数量不断增加。然而，触控屏幕操作需要驾驶员将视线从道路转移到屏幕上，存在安全隐患。汽车交互研究人员已开始探索其他直观且不分心注意力的方法，而触觉界面正是一个理想的解决方案^[3]。

触觉界面在汽车座舱中具有多项优势：首先是安全性，可以在驾驶员不需要将视线从道路移开的情况下传递信息；其次是自然控制，基于触摸的控制对人类更直观，需要更少的认知负荷；第三是隐私性，允许人车之间进行离散通信；第四是高敏感度，人类触觉可以区分高达13纳米的表面纹理差异；最后是反应时间快，触觉反馈比视觉反馈更迅速^[3]。这些特性使触觉界面特别适合驾驶环境中的交互任务。

智能表面与交互创新

基于弹力波技术的智能表面是智能座舱中的重要创新。智能交互表面将控制元素集成到装饰表面中，例如将装饰照明元件、电容开关技术和触觉驱动器结合，集成在纺织材料下的力传感器，用于功能化的门部件^[3]。这种设计使得控制功能在不需要时"隐形"，只有在需要时才显示，保持了内饰的美观性。

搜索结果还提到，一些汽车制造商如BMW展示了用于内部和外部表面的智能表面，称为"Shy Tech"。这些智能表面包含摄像头、雷达和多种传感器，具有数字功能，甚至拥有自愈效果^[3]。此外，探索智能纺织品作为传感元件也是当前的研究方向，因为纺织品广泛用于汽车座椅套、安全带、车顶、门板和仪表板部件等^[3]。

弹力波技术在智能驾驶安全中的应用

碰撞感知与自动驾驶安全保障

弹力波技术在智能驾驶安全领域的应用主要体现在碰撞感知和安全保障方面。传统的基于加速度的碰撞感知技术面临微碰撞识别和非碰撞场景误触发的瓶颈。而弹力波碰撞感知技术攻克了汽车轻度碰撞感知高灵敏度和误触发难以共存的技术痛点^[2]。

搜索结果显示，弹力波碰撞感知技术可应用于多个场景，覆盖车辆使用的全部速域范围。在低速自动驾驶场景中，它可以作为自动驾驶汽车的最后一道安全防线。当APA自动泊车、AVP代客泊车等低速自动驾驶车辆搭载弹力波智能触觉感知技术后，任何碰撞事件都会触发紧急制动，避免发生二次碾压，在很大程度上解决了自动驾驶车辆发生意外事故造成重大伤害的问题^[2]。目前，这一技术已经在部分车厂新车型上正式搭载应用。

电池安全监测

随着新能源汽车的普及，动力电池安全问题备受关注。当电池受到外力碰撞或剐蹭时，可能导致机械变形、隔膜破裂，进而引发内部短路和热失控^[2]。弹力波触觉传感技术在电池安全监测方面具有独特优势。

汽车智能皮肤域控系统(TAIPS)可实现电池底盘碰撞监控，不仅能提供电池底盘碰撞感知及电池损伤提前预警功能，还具备器件体积小、结构简单、易于安装、无盲区实时监控等特点，填补了电池底盘碰撞感知领域的空白，实现了电池底盘的全天候、全范围监控^[2]。这对于保障新能源汽车的安全运行具有重要意义。

弹力波技术在人车交互中的创新应用

全天候人机交互方案

弹力波触觉感知技术为汽车提供了全新的人机交互方式。钛方汽车智能皮肤域控系统(TAIPS)通过手指按压、手指手掌滑动、指关节敲击时产生的微形变进行功能实现，成为人车智能交互发展过程中的关键技术^[2]。

搜索结果表明，这种基于弹力波传感器的交互技术具有全天候工作能力，已通过主机厂全面验证，包括研发阶段强降雨严格测试、整车流水线淋雨测试，以及在戴手套或水渍条件下的正常使用。这种技术既不受雨水、天气等干扰，能识别滤除下雨、洗车等干扰避免误触，也不需要精准定位，让交互更随意更智能^[2]。这解决了传统触控技术在恶劣环境中失效的行业短板。

多样化交互功能

弹力波触觉技术支持多种交互手势和功能。用户可以通过Knock-Knock手势打开或关闭电动车门、电动尾门、电动充电口盖；还可以通过滑动门把手，打开或关闭车门或滑移门^[2]。这种自然直观的交互方式降低了操作的认知负担，提升了用户体验。

将弹力波传感器布局于智能汽车中可实现全车智能感知功能。未来还有望推广至中控台、显示屏、方向盘、按键、门把手、尾板、充电口盖、座椅、扶手屏等，提供更精准、更真实的智能感知触控体验^[2]。这种技术的广泛应用将大大丰富汽车的人机交互方式。

弹力波触觉传感在汽车安全监控中的应用

全速域碰撞感知

弹力波触觉传感器能够实现全车速域范围内的碰撞感知。在车辆停泊期间，它可以提供哨兵功能，准确感知车辆是否受到划蹭、碰撞等损坏；在解锁未启动场景下，可提供人车交互功能；在车辆低速起步阶段，能感知盲区碰撞并紧急制动；在高速行驶过程中，实时感知车辆碰撞并记录相关数据^[2]。

这种全速域覆盖的碰撞感知能力，为车辆提供了全方位的安全保障，填补了传统技术在微碰撞识别方面的空白，特别是在低速碰撞和停车场刮蹭等场景中具有明显优势。

智能皮肤感知系统

钛方科技开发的汽车智能皮肤域控系统(TAIPS)是弹力波触觉传感技术在汽车领域的典型应用。该系统在汽车外蒙皮内表面布置8-24颗传感器，让车辆表面拥有类似人类皮肤的触觉感知能力，为汽车带来一系列智能化和安全功能^[2]。

汽车智能皮肤感知系统"传感器+芯片"的硬件方案具有器件体积小、结构简单、易于安装等优势，既能满足自动驾驶新场景的碰撞防碾压、停车安全和人车交互需求，又能弥补现有各类传感器的感知盲区^[2]。据报道，该系统的人车交互功能已在比亚迪、长安、极氪、智己等主机厂应用或即将应用。

产业发展现状与技术突破

国内技术突破与应用现状

我国在弹力波触觉传感技术方面已取得重要突破。钛方科技作为国家级专精特新"小巨人"企业，其开发的基于弹性波技术的汽车智能皮肤域控系统成功打破了国外厂商的垄断地位，填补了汽车微碰撞感知领域的空白^[2]。这标志着我国在该领域已具备自主创新能力。

搜索结果显示，钛方科技已与多家主机厂开展合作，其弹力波触觉技术已在多款量产车型上应用。这表明该技术已经从实验室研究进入商业化应用阶段，为未来更广泛的推广提供了成功案例。

应用领域拓展

弹力波触觉传感技术在汽车领域的应用正在从单一功能向多场景、多功能方向拓展。除了碰撞感知和人机交互外，它还在电池安全监测、自动驾驶保障等方面发挥重要作用。随着技术的成熟和产品的丰富，未来弹力波触觉传感有望成为汽车标准配置之一，全面提升汽车的智能化水平和安全性能。

发展趋势与前景展望

技术发展趋势

弹力波触觉传感技术未来的发展趋势主要体现在三个方面：一是传感器小型化、集成化，提高集成度和可靠性；二是算法智能化，通过机器学习等技术提升信号处理和识别精度；三是应用场景多元化，从单一功能向多功能集成方向发展。这些趋势将推动弹力波触觉技术在汽车领域的深入应用。

市场前景与挑战

随着汽车智能化、电动化的快速发展，弹力波触觉传感技术的市场前景广阔。特别是在新能源汽车安全和智能座舱领域，对触觉传感技术的需求将持续增长。然而，该技术在推广过程中仍面临成本控制、系统集成、标准化等挑战，需要产业链各环节共同努力，推动技术成熟和产业化发展。

结论

弹力波触觉传感技术凭借其独特的技术优势，在汽车智能化领域展现出广阔的应用前景。它不仅能够提供全天候的人机交互体验，还能实现全速域的碰撞感知和电池安全监测，为智能驾驶提供额外的安全保障。国内企业在该领域已取得突破性进展，打破了国外技术垄断，并实现了商业化应用。

未来，随着技术的不断成熟和应用场景的拓展，弹力波触觉传感技术有望成为汽车智能化的关键使能技术之一，推动汽车产业向更智能、更安全、更人性化的方向发展。产业各方需要加强合作，共同推动技术创新和标准化建设，促进弹力波触觉传感技术的广泛应用。

✻

1. <https://www.youtube.com/watch?v=Ylv5dxW1TPQ>

2. <https://www.cinn.cn/p/273498.html>

3. <https://www.smartautoclub.com/p/25413/>