



从新能源到高频应用：沃尔夫如何重新定义吸收屏蔽材料的技术天花板

当新能源汽车的电驱系统还在为几十兆赫兹(MHz)的电磁干扰寻找出路时，沃尔夫的研发团队已经把目光投向了更棘手的战场——2-18GHz，甚至77-82GHz的毫米波频段。这个频段，是新一代高频通信、高精度探测与感知技术的核心。而在这个领域，传统磁性材料正面临物理极限，沃尔夫却给出了自己的解答。

高频下的物理困境：磁导率“失速”，阻抗“失配”

要理解沃尔夫的技术突破，首先得看懂高频下发生了什么。

在几十兆赫兹(MHz)以下的低频段，吸收屏蔽主要靠磁性材料的磁滞损耗。但进入GHz频段后，情况急转直下。根据材料物理中著名的Snoek极限，磁性材料的相对磁导率(μ')会随着频率升高而急剧衰减。到了GHz频段， μ' 几乎趋近于1，等同于失去了磁性，磁滞损耗机制基本失效，从而导致波阻抗严重不匹配。这就好比一条高速公路突然收窄成羊肠小道，电磁波根本进不去，在表面就被大量反射回来。吸收效果大幅下降，这也是为什么很多传统吸波材料在低频段表现尚可，到了高频却表现不佳的根本原因。

沃尔夫的答案：从“材料”到“结构”的系统性突破

面对这个物理难题，沃尔夫的思路不是去寻找一种“万能填料”，而是从工程塑料和电磁屏蔽的底层机理出发，设计出一个能在高频下依然高效工作的复合材料体系。

(1) 损耗机制的“接力”

在沃尔夫的体系中，磁性填料的磁滞损耗在低频段承担主力。而当频率升高、磁导率下降时，预先构建的导电颗粒网络会无缝接管。在高频电场下，颗粒间的位移电流和感应涡流急剧增强，通过焦耳热的形式将电磁能转化为热能。这种“涡流损耗”接力的设计，确保了从低频到高频都有高效的损耗机制在工作。

(2) “电容网络”的巧妙构建

在PP树脂基体中，沃尔夫将导电填料以微小颗粒的形

态均匀分散，每个颗粒都被绝缘的基体包裹，形成无数个天然的微型电容。在低频时，这些电容的容抗极大，颗粒间互相绝缘。而在高频下，电容容抗急剧降低，位移电流导通，将原本孤立的填料颗粒瞬间“串联”成一个庞大的三维涡流网络。这个网络极大地增强了材料在高频下的涡流损耗能力，实现了对电磁波的高效吸收。

（3）宽频阻抗匹配的精确调控

沃尔夫通过精确调控填料的复配比例，成功地在2-18GHz乃至77-82GHz的宽频范围内，将材料的等效介电常数和磁导率控制在理想范围，实现了与空气波阻抗(377Ω)的良好匹配。这使得电磁波能顺利进入材料内部，而不是在表面就被反射。

实测数据验证：从理论到性能的跨越

正是基于这套独特的技术体系，沃尔夫的材料在高频段展现出了优异的性能：

在毫米波雷达核心频段(77~82GHz)，沃尔夫吸收屏蔽PPS材料的垂直入射反射率接近-20dB。这意味着99%的入射电磁能量被吸收，只有1%被反射，远远满足行业对吸波性能的严苛要求。

在2~18GHz宽频段，通过配方调整，沃尔夫材料可实现不同等级的宽频吸波能力，为多频段应用提供支持。

除了电磁性能，沃尔夫材料还保持了工程塑料的固有优势：高强度、可注塑成型、耐化学腐蚀、轻量化。这使得它可以被直接做成结构件，实现“结构功能一体化”，这是传统吸波/隐身涂层或贴片方案难以实

现的。

不止于新能源：高频吸波材料的广阔前景

这项技术的应用场景，远不止于新能源汽车。

高频通信与感知系统：无论是新一代通信基站的射频前端，还是高精度探测与感知设备，都需要对内部杂散信号和外部干扰进行高效屏蔽。沃尔夫的吸波材料可直接注塑成精密壳体，在保证结构强度的同时，实现优异的电磁防护。

复杂环境下的特种防护：在一些对电磁环境有苛刻要求的特种设施和高端设备上，沃尔夫的吸波材料可以提供一种轻质、耐用、免维护的电磁防护方案。其结构功能一体化的特性，能解决传统涂层方案在耐久性、维护成本上的诸多痛点。

结语

从电驱系统到高频应用，沃尔夫走了一条少有人走的路：不是去模仿，而是从底层物理机制出发，重新设计材料体系。

当传统磁性材料在高频下遇到瓶颈时，沃尔夫通过“涡流损耗+电容网络”的系统性创新，实现了从2GHz到82GHz的宽频阻抗匹配和高效吸收。这不仅是一次性能上的突破，更是对吸收屏蔽材料设计范式的一次重新定义。

沃尔夫，正在让工程塑料成为更智能的电磁管理者。

摘编自“重庆沃尔夫化工有限公司”

提效400% | 上海发那科RoboLaser赋能汽车轻量化零部件精益智造

车身轻量化持续普及，铝合金车身零部件用量大幅提升。传统CNC加工难以平衡精度、产能与成本，机器人激光切割成为主流升级方案，兼顾加工品质、生产节拍并压降综合成本，是零部件企业亟待攻克

核心课题。

国内某头部汽车轻量化零部件厂商主营铝合金防撞梁、门槛梁等轻量化车身零部件。原有产线采用多台传统CNC设备完成型材切割工序，面对车型快速迭

代需求，存在占地大、换型久、加工成本与生产节拍均有优化空间。

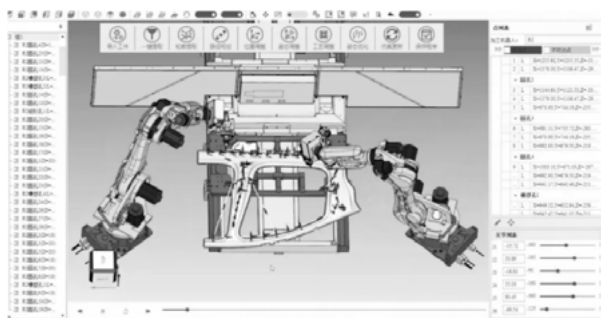
为此，该厂商经过多方案综合对比选型，最终携手上海发那科开展深度自动化柔性改造，聚焦铝合金防撞梁高精度、高柔性加工需求，落地RoboLaser机器人激光切割整体解决方案。单台工作站即可替代3-4台传统CNC加工设备，定位孔切割精度可达 $\pm 0.05\text{mm}$ ，显著提升车间整体产能密度和生产质量，依托低成本、高稳定的系统优势，实现全方位降本增效。

柔性双工位，切割效率最高提升400%

整套RoboLaser搭载高精度发那科机器人、专业激光切割工具与双工位三轴变位机，可兼容多种型号铝合金防撞梁、门槛梁完成高效高精度激光切割作业。对比传统CNC加工模式，双工位设计彻底消除上下料等待空耗，单件切割效率最高可提升400%。

智能工艺软件，零停机调试缩短换型周期

工作站配套智能化工艺软件，能够快速自动生成切割轨迹与标准化工艺参数，支持在线可视化调试，实现零停机现场调试，有效缩短新品换型的生产准备周期，大幅提升现场编程调试效率。



低能耗少维护，加工成本最高节省50%

RoboLaser采用少维护、低能耗的硬件设计，系统性降低设备综合运营成本。在同等产能输出条件下，单件加工成本相比原有CNC加工方案节约30%~50%，耗材及维护成本减少约85%，长期量产运营的经济性

优势突出。

高稳定硬件配置，设备OEE达95%以上

依托发那科机器人本体高可靠特性，搭配精密激光切割头，整套工作站可实现长期不间断连续稳定运行，设备综合效率OEE可达95%以上，大幅降低突发停机风险，稳定保障大批量有序生产。

Smart LINK，实现全站生产透明化

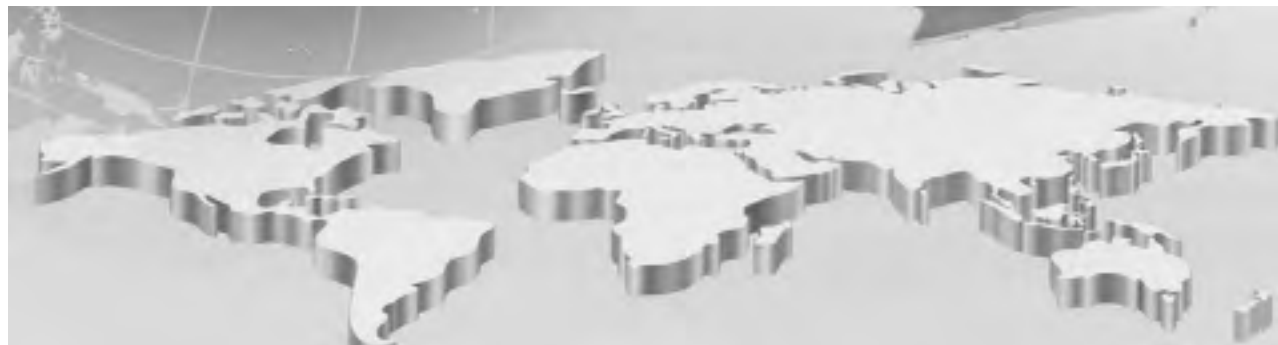
工作站可搭载Smart LINK信息化管理系统，实时采集、回溯设备运行状态、维保计划、生产节拍、加工质量等全维度关键数据，实现全站生产透明化管控，减少人工统计与现场巡检工作量，降低车间管理负担，同步提升生产决策效率。

高效、经济、稳定、柔性是RoboLaser四大核心优势，一站式化解轻量化车身部件量产中效率、成本、柔性多重痛点，推动产线向智能化、精益化转型。



作为领先的工厂自动化解决方案提供商，上海发那科始终以全链路数智化能力为根基，赋能产业高质量升级。在汽车零部件制造领域，上海发那科凭借深厚的行业积淀、丰富的实践经验与核心技术优势，立足客户真实需求，提供从需求调研、方案规划、设计制造到工程交付的全价值链一体化智能制造解决方案，切实为汽车零部件制造企业的自动化、数字化转型之路注入强劲动能，助力企业实现效能跃升。

摘编自“上海发那科”



ENGEL面向汽车应用的高性能解决方案

在汽车供应链中，生产方案的调整必须同时兼顾零部件需求、生产规模和投资框架。ENGEL clearmelt 与 fluidmelt 技术，正是化解这一难题的关键——前者实现集成表面处理，后者赋能轻量化制造，两者协同，让功能扩展、流程简化、成本下降一气呵成。

利用ENGEL clearmelt技术——在注塑过程中直接实现表面处理

在这套具有7000 kN锁模力的全自动3K注塑单元中，乘用车内饰用的B柱外饰板采用ENGEL clearmelt 技术制造。

ENGEL clearmelt技术指在模具内直接对部件进行涂覆。这缩短了工艺流程，并显著降低了投资成本。此外，该涂层可形成具有自愈合效果的高品质、耐刮擦表面。



采用clearmelt技术生产的B柱外饰板展示了将表面处理直接集成到注塑成型工艺中的优势，从而减少了额外的工艺步骤、缩短了生产周期并降低了投资成本。

该部件采用注塑和模内喷涂一体成型技术，总射重为266g，注塑单元配备了一台集成于CC300控制系统的ENGEL easix关节式机器人，用于取出部件。

此外，该生产单元还采用了多种数字化辅助系统。iQ hold control可自动设定合适的保压点及保压时间，从而缩短循环时间并降低原材料消耗。iQ weight control能在粘度波动及同一注塑过程中自动调节注塑量，从而稳定部件质量并减少废品率。iQ process observer持续监控注塑工艺的各个阶段，直观呈现工艺

稳定性，并在废品产生前及早检测异常。

所使用的 duo 两板式注塑机采用宽板设计，这使得该生产方案适用于需要更宽板面但无需更大锁模力的部件。



ENGEL duo 700宽板机型能够以更小的占地面积和高度集成的工艺，经济高效地生产大面积汽车零部件。

ENGEL fluidmelt技术——降低汽车零部件的重量和材料用量

ENGEL fluidmelt 技术通过注入水或气体来制造中空结构。在此过程中，部件的熔融芯部被排入溢流腔或回流至塑化单元，从而在部件内部形成预定的空腔。此类中空结构可减轻部件重量并减少材料用量。

采用fluidmelt工艺生产的进气管道，在保持高部件刚性的同时，显著降低了材料用量和部件重量。

该生产单元配备了一台ENGEL viper 线性机械手，该机械手已与CC300控制系统完全集成。所采用的victory 120无拉杆注塑机专为复杂且大型的模具设计，其模具空间可自由进入，便于自动化设备操作。得益于宽大的模板和无拉杆技术，仅需1200 kN锁模力的机器即可替代传统1800 kN的注塑机。这节省了占地面积和投资成本。

配备集成viper线性机械手的ENGEL victory 120注塑机，通过无拉杆技术实现了模具空间的自由访问，并能节省空间、经济高效地生产复杂部件。

摘编自“ENGEL恩格尔”