电解铜箔助力 AI 产业

佟　硕
九江德福科技股份有限公司

作者不在？ 请扫这里

引言

电解铜箔是高端电子电路、人工智能算力硬件的核心基础材料，其表面形貌、厚度均匀性、晶粒结构等核心品质指标，直接决定高端电子器件的导电性能、散热效率与服役稳定性，是支撑高速数据流通的核心载体。行业传统研发模式多依赖实验试错，存在参数调控盲目性强、研发周期长、生产成本高、良品率难以精准把控等痛点，无法适配AI产业高速发展对高性能电解铜箔精细化、定制化、高端化的量产需求。本研究立足电解铜箔生产的核心本质：电场分布是电解铜箔制备的第一性原理。铜箔电解沉积过程中的离子迁移、晶粒生长、缺陷生成、厚度偏差等核心行为，均由电解体系电场分布的均匀性、稳定性及动态变化规律主导，是决定铜箔最终品质的核心底层逻辑。

产品研发设计

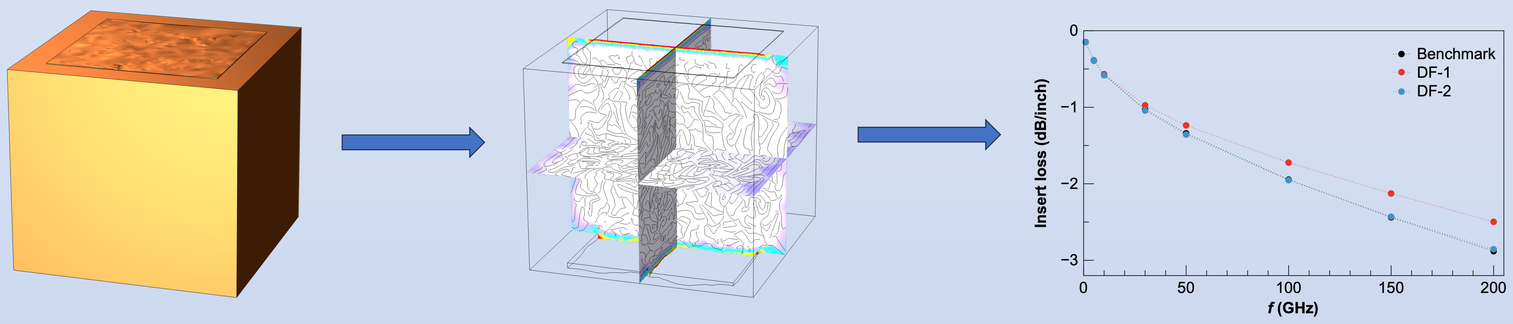
产品研发设计依托高精度多物理场精细化仿真模型，突破传统实物试制测试的局限，可精准量化计算不同微观结构铜箔在高频工况下的信号插入损耗指标与板材层间抗剥离力学强度，实现产品性能数据的前置预判与精准标定。同时，深度剖析电解铜箔微观形貌、表面肌理与结构缺陷，探究其与产品长期服役可靠性、高频高速信号完整性的内在耦合关联及影响机理，厘清微观结构缺陷引发的信号衰减、传输失真、层间剥离失效等核心问题的底层成因。

信号完整性

$$IL_{total} = IL_{pp} + K \cdot IL_{smooth\ copper}$$

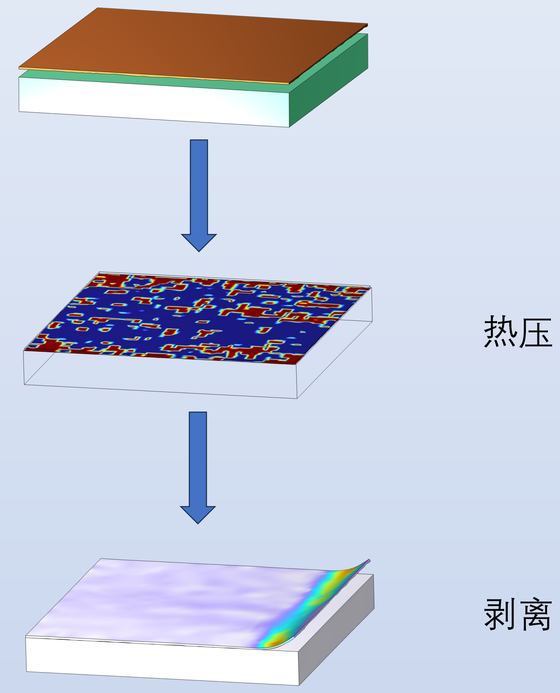
$$IL_{pp} = 27.3\times \sqrt{\frac{D_k + 1}{2} + \frac{D_k - 1}{2} \cdot \frac{1}{\sqrt{1 + 12\times \frac{H}{W}}}} \cdot D_f \cdot f \Big/ c$$

$$IL_{smooth\ copper} = 8.686\times \sqrt{\frac{\pi \cdot f \cdot \mu}{\sigma}} \cdot \frac{1}{2 \cdot W \cdot Z_0}$$



可靠性

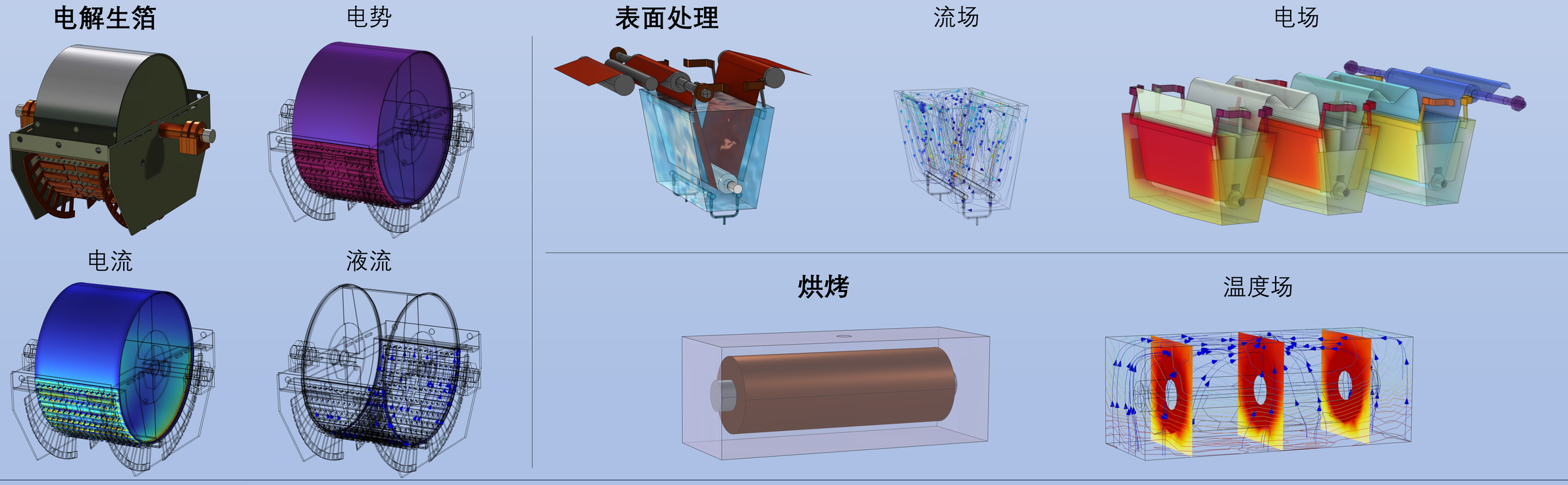
$$\frac{d\alpha}{dt} = \left[A_1 \exp\left(-\frac{E_1}{RT}\right) + A_2 \exp\left(-\frac{E_2}{RT}\right) \cdot \alpha^m\right] \cdot (1 - \alpha)^n$$



生产设备改良

针对电解铜箔生产过程中的极距、电流密度、电解液流速、温度等关键工艺参数，本研究开展系统化仿真建模与数值分析，精准揭示各参数对电场分布、电沉积动力学过程的影响机制，建立参数-电场-铜箔品质关联模型，实现关键工艺参数的可视化调控、精准优化与极限工况预判，突破传统制造业的技术局限，有效解决高端铜箔生产过程中厚薄不均、针孔、褶皱等行业共性难题。

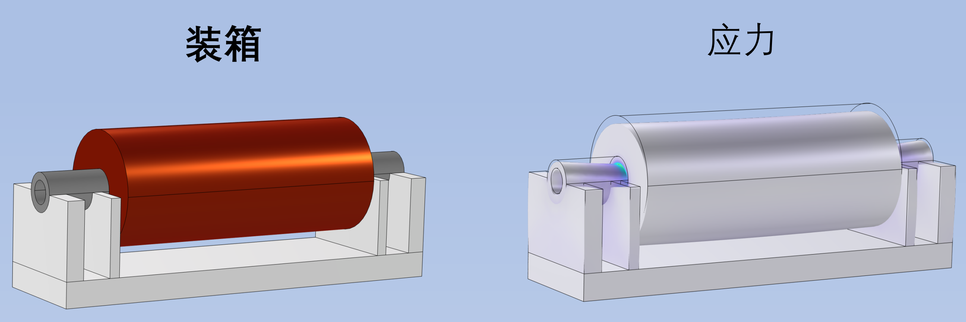
本研究将第一性原理底层逻辑与仿真调控技术深度融合，显著提升电解铜箔的产品精度与性能一致性，为超均匀、超稳定高端电解铜箔的规模化量产提供核心技术支撑，可精准适配AI服务器、算力芯片、智能终端等高端硬件的材料迭代需求，为AI产业高质量发展筑牢核心材料基础。



存储与运输保障

研究同步开展全场景环境建模，针对电解铜箔储运过程中面临的温湿度波动、水汽侵蚀、堆叠应力形变等复杂环境变量与工况风险，开展系统化仿真分析。通过构建温度场、湿度场、应力场多场耦合仿真模型，模拟不同储运环境参数、包装方式、堆叠方案下铜箔的品质演化规律，提前预判铜箔板面形变等各类品质损耗问题。

基于仿真分析结果，可反向优化储运管控标准与包装防护方案，规避传统储运模式依赖经验管控、风险预判滞后的弊端，从后端环节精准把控成品一致性与完好率，实现生产、储运全流程品质闭环管控。



九江德福科技股份有限公司依托模拟仿真技术完成电解铜箔表面形貌优化设计，精准测算产品插损与抗剥离强度，从设计端到生产端搭建全链路参数-电场-铜箔性能品质关联模型，以第一性原理结合仿真调控技术，全面提升电解铜箔产品精度与性能一致性，为高端电解铜箔规模化量产提供坚实技术保障。