

兆瓦超充需求下磁性元件的创新实录

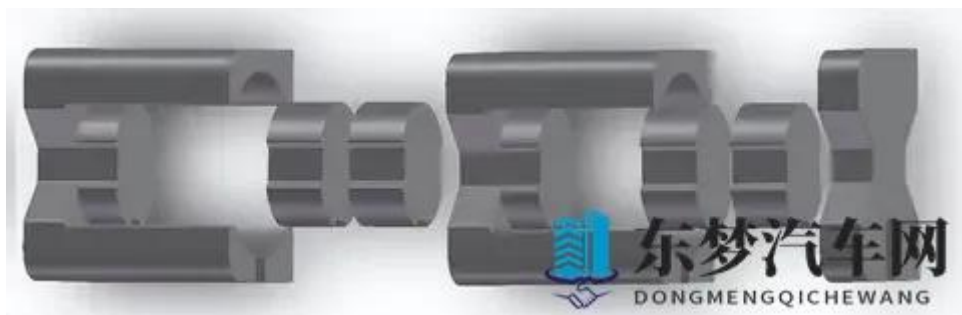
来源：吴雅羽 发布时间：2025-11-24 13:56:57

编者按：当新能源汽车补能进入“10 分钟快充”新阶段，兆瓦级超充技术的落地速度持续加快，60kW 及以上超充电源模块成为行业竞争的核心赛道。这一变革不仅要求超充电源模块在功率密度、转换效率上实现突破，更将磁性元件(电感、变压器)推向技术攻坚的前沿——材料选型、损耗控制、液冷适配、磁集成落地等问题，成为产业链共同关注的焦点。

本期《对话》栏目，我们邀请英飞源、特来电、永联科技、京泉华、可立克、凯通电子六家企业，围绕“超充升级下的磁性元件需求与创新”展开深度对话，为行业提供实战参考。

一、超充电源模块布局——磁性元件的设计基础

Q1：当前超充电源模块的主流功率与频率规格是什么？未来将向哪些方向升级？



英飞源：公司在超充电源模块研发上，后续将重点推进 60kW规格产品的技术落地与市场推广；从当前市场应用来看，主推超充电源模块产品仍以 40kW规格为主，60 kW规格暂未形成市场主流配置。

京泉华：在超充电源模块领域，公司当前主推 30kW-40kW 液冷超充电源模块，该功率区间产品是超充业务的核心主流；模块采用第三代半导体碳化硅(SiC)技术，效率可达 96%以上，当前工作频率约 100kHz，后续规划提升至 200kHz。

Q2：兆瓦级超充主要通过何种技术路径实现？对磁性元件选型逻辑有何影响？



可立克：国内目前没有一体式兆瓦级超充电源模块产品，主流方案是“模块化堆叠”——比如要实现 320kW 超充功率，用 8 个 40kW 超充电源模块堆叠即可。从磁性元件角度看，单个模块内的选型标准没有本质变化，但兆瓦级系统会通过“高压化”（从 400V 升级到 800V）降低电流损耗，这就要求磁性元件产品的绝缘等级同步提升。

永联科技：兆瓦级与传统小功率充电的磁性元件设计逻辑基本一致，核心是“模块颗粒度调整”——比如把 30kW、40kW 模块升级到 50kW、60kW，磁性元件产品功率只需提升 1.5 倍左右，具体做法就是电流增加后，相应增加磁芯片数量，无需重构磁性元件产品的核心设计。

二、功率与频率双升：磁性元件的损耗控制与材料革新



Q1: 超充电源模块高频化(如 100kHz 及以上)趋势下, 磁性元件的铁损、铜损如何控制? 是否有明确的量化指标?

英飞源: 磁性元件损耗控制的具体要求需结合实际应用的拓扑电路方案来确定, 目前核心管控指标聚焦于主变磁芯的密度参数, 明确要求磁芯体积密度需达到 $4.9\text{g}/\text{cm}^3$ 以上。

磁性元件的磁损、铜损受 “原材料性能” 和 “生产工艺” 影响各占 50%: 原材料决定性能上限, 工艺则优化实际表现, 比如我们会在磁芯中心开孔、用网状骨架绕线, 预留通风道降低温升, 间接减少损耗。

直流充电桩模块 图 / 英飞源官网

京泉华: 磁性元件的铁损和铜损是系统总损耗的主要来源。超充电源模块为提升功率密度而走向高频化, 特别是采用第三代半导体材料后, 开关频率可达100kHz, 传统铁氧体材料的损耗会急剧增加, 变得难以接受。

与此同时, 为对抗高频下的趋肤效应和邻近效应, 传统绕组被利兹线或扁平线立绕绕组所取代, 通过优化电流分布来显著降低铜损。

为了匹配超充电源模块 96% 的效率目标, 泉华形成了两种方案: 一是 “铁氧体开气隙 + 膜包线绕制”, 通过磁芯结构和线材优化降低损耗; 二是混合磁路磁集成技术, 把主变压器和谐振电感(或 PFC 电感)集成, 磁芯用 “铁氧体 + 低损耗磁粉芯”, 绕线用 30-40 宽厚比的扁铜线立绕。实测显示, 30kW 模块用扁铜线立绕后, 高频损耗比传统方案降低 30%。

Q2: 60kW 模块及高功率密度(如 $100\text{W}/\text{in}^3$)需求下, 材料方面需突破哪些瓶颈?

京泉华：当前超充电源模块功率密度已达 $60\text{W}/\text{in}^3$ ，正向 $100\text{W}/\text{in}^3$ 迈进，磁芯必须用高饱和磁通密度的材料，比如 GPV、GPC、NPX 新型合金，这些材料能在小体积内承受强磁化力而不饱和；同时绕组绝缘材料要能抗高热、抗高应力，避免击穿。

特来电：不同磁性元件产品的材料需求有差异：共模电感要高频抗饱和，我们主要用纳米晶材质；PFC 电感看重直流偏置和防盐雾性能；LLC 电路的磁性元件则需要高温损耗稳定、参数一致性高，避免影响整体效率。

英飞源：一是磁芯的磁损需持续降低，二是磁芯的功率密度需不断提升，以匹配公司超充电源模块 97% 以上的输出效率标准。从技术原理来看，磁芯的磁损主要由原材料配料配方决定，而磁芯密度则依赖于生产过程中的工艺控制，例如在磁芯烧结环节，氮气的含量比例与转换效率会对磁芯的磁损、密度产生显著影响，因此需与磁芯厂商深度协同，共同把控工艺参数。

凯通电子：从磁性材料角度看，主要有三个突破方向：一是高频低损耗 —— 模块高频化后，传统材料磁损耗激增，需要能抑制 100kHz 以上损耗的材料；二是高饱和磁感强度 (BS 值) —— 更高的 BS 值才能承载大功率传输；三是宽温稳定性 —— 超充过程中发热量大，材料要在宽温度范围内保持性能稳定，不能出现大幅波动。

超充电源模块用磁性材料 图 / 凯通电子

三、液冷散热普及 —— 磁性元件的结构与工艺适配

Q1：液冷散热已成为兆瓦超充电源模块的核心技术方向之一，液冷方案对磁性元件产品的安全性、可靠性等性能方面有何新要求？

英飞源：我们五六年前就推出了液冷电源模块，现在技术比较成熟，对磁性元件产品主要有三个要求：一是散热适配，要能和液冷系统高效配合，快速传导热量；二是结构稳定，灌胶后不能变形，否则会导致电性参数漂移；三是抗干扰能力强，液冷模块灌胶后，外部环境对磁性元件影响更直接，要能承受灌胶压力和温度变化。

京泉华：液冷最大的变化是磁性元件产品设计要从 “电设计” 转向 “电 - 热协同设计”：磁性元件产品底部要优化，和冷板接触好、热阻低；还要用高导热的环氧树脂或硅胶全灌封，既能把内部热点热量导到外壳，又能增强机械强度、绝缘性和防护能力，同时要考虑材料兼容性和长期稳定性。

充放电一体控制板 图 / 京泉华

可立克：除了散热，绝缘等级也要升级 —— 充电电压从 380V 升到 800V，磁性元件产品绝缘标准比传统电源高很多；结构上还要加专门的导热设计，比如灌胶、用导热管，或者优化和水冷底板的适配，这 and 传统风冷的自然散热逻辑完全不同。

Q2: 磁性元件适配液冷的技术成熟度如何?成本和生产难度是否可控?

永联科技: 液冷不是新技术, 早就在光伏风电变流器上用了, 磁性元件产品适配不需要改核心标准, 比如灌胶增强导热、增大冷板接触面积, 现有生产线小幅调整就能满足需求, 难度不大。

英飞源: 经过五六年迭代, 液冷磁性元件已经能稳定量产, 成本比风冷产品有一定增幅, 但在可接受范围内, 随着规模化应用, 成本还会进一步下降。

可立克: 从技术成熟度来看, 可立克早期便已与海外客户合作开发液冷模块, 经过多年技术迭代, 当前相关技术方案已相对成熟。

四、磁集成技术在超充电源模块的应用现状与挑战

Q1: 贵公司在充电电源模块设计中, 是否已尝试将电感与变压器进行磁集成设计?未来会在何种场景下考虑采用磁集成方案?

英飞源: 目前公司暂未在电源模块中采用磁集成设计, 主要受限于两方面因素: 一是现有 30 千瓦、40 千瓦等主流规格的电源模块, 其外形尺寸与结构已形成行业标准化体系, 磁集成设计需对电源模块电路尺寸进行大幅调整;二是磁集成方案需重构线路拓扑结构, 技术改造成本较高。

未来若考虑采用磁集成方案, 需优先攻克三大核心挑战: 一是重新定义电源模块的尺寸标准, 适配磁集成元件的安装需求;二是完成线路拓扑的优化升级, 确保电路性能稳定;三是有效抑制多绕组之间的磁干扰, 避免干扰信号外溢至线路板, 对 EMI(电磁干扰)、EMC(电磁兼容)性能造成冲击。尽管磁集成技术在减小产品体积、提升功率密度、降低成本方面具备显著优势, 但干扰控制难题仍是行业内所有电源企业面临的共性痛点, 需优先突破。

特来电: 最新一代产品-特来劲2代采用了漏感集成式磁集成技术;采用磁集成技术后, 可进一步降低产品成本、提升功率密度、提高产品效率。

液冷超充 图 / 特来电

永联科技: 磁集成在技术层面具有积极意义, 但设计主导权属于电源模块企业而非磁性元件企业。磁集成的方案设计(如变压器与电感的集成方式)需结合电源模块拓扑结构确定。

磁性元件企业的参与主要集中在前期沟通阶段, 重点评估方案的生产可行性, 如开模难度、良率控制、生产过程中的损耗风险等, 以避免设计与生产脱节。目前, 采用磁集成方案的超充模块占比极低, 核心原因在于该技术并非全新突破, 且需平衡散热效果与成本优势——若无法解决集成后的散热问题及成本控制难题, 便难以实现大规模推广。

京泉华: 当前公司服务的充电模块客户中, 磁集成方案占比约 40%, 技术聚焦 “主变压器 + 谐振电感” 集成, 已通过规模化验证, 成熟度较高, 成本与可靠性均满足批量供货

需求。

五、供应链与EMC——磁性元件量产的保障

Q1：电源模块设计中，磁性元件厂商与上下游的协同重点是什么？如何解决定制化与标准化的矛盾？

英飞源：我们在模块设计初期就会和磁性元件厂商沟通，明确磁性元件产品尺寸、材质、性能等参数，确保适配；对于主变这类核心部件，会自主开模定制，进一步保障性能。

京泉华：上游材料供货比较稳定，核心矛盾是磁集成磁性元件产品的定制化——不同客户的拓扑和尺寸需求不一样，导致产品难以标准化。我们计划联合电源企业，针对 30kW、40kW 主流模块，推进磁芯尺寸、绕线参数的标准化，既满足大部分需求，又能提升生产效率。

特来电：从运营商角度，我们希望产业链能在热管理上加强协同，比如共同探索新型流道技术，在噪声控制和散热效率之间找到平衡，这对磁性元件产品的长期可靠性也很重要。

Q2：适配碳化硅(SiC)器件时，磁性元件如何助力降低模块 EMC 干扰？

京泉华：我们从三个层面入手：材料端，和磁材厂商联合开发低损耗、高磁导率的材料，从源头减少干扰；技术端，推进磁集成和混合磁路技术，比如交错式 PFC 电感的磁集成拓扑，优化 EMC 性能；工艺端，研发新型扁铜线和自动化绕制、灌封工艺，减少生产偏差带来的干扰。

可立克：其实 EMC 不是大问题，SiC 模块的工作频率虽然提升了，但仍在 1-300kHz 区间，远低于很多高频器件；而且当前电路领域的 EMC 抑制技术很成熟，通过磁路设计、屏蔽工艺等就能解决，不需要过度担忧。

60kW水冷变压器

六、超充电源模块发展趋势与磁性元件企业布局

Q1：超充电源模块未来的技术发展趋势是什么？企业针对这一趋势有何布局？

英飞源：未来电源模块会向“小体积、大功率、低成本”发展，磁集成是关键路径。我们会联合磁性元件和材料厂商，重点突破三个方向：一是重构电源模块尺寸标准，适配磁集成；二是优化电源模块拓扑结构，降低改造成本；三是研发高效的磁干扰抑制技术，保障电源模块 EMC 性能。

永联科技：不管是超充还是其他领域，磁性元件产品的发展方向都是“低损耗、高功率密度、低成本”：中高频场景下要降低单位体积磁材的损耗，通过结构优化实现小型化，同时控制生产和材料成本。

京泉华：液冷将成为超充电源模块、AI 服务器等高功率场景主流散热方案，对磁性元件产品影响显著：磁性元件产品需适配液冷导热路径，同时满足更高功率密度、绝缘等级与防护等级，且超充与 AI 服务器液冷磁性元件需求存在共通性(低损耗、高可靠性)，技术可复用。

未来趋势：电源模块功率将升至 50kW，效率进一步提升，全灌封、全真空灌胶工艺普及；需开发更高功率密度的磁性元件产品，同时优化电流承载与散热设计，以应对 $7\text{A}/\text{mm}^2 - 10\text{A}/\text{mm}^2$ 的高电流密度(当前已稳定适配该区间)。

兆瓦超充技术的核心变革驱动力是 “高电流密度提升” —— 液冷与碳化硅应用均为适配该指标，高电流密度是实现高功率输出的关键。

可立克：公司已制定明确的磁性元件技术发展路线图，核心方向是持续提升磁性元件的功率密度、加大功率输出能力，研发端已对此进行长期规划。未来 1-2 年，公司的研发重点将集中在以下三方面：

磁性材料协同优化：与磁性材料厂商深度合作，共同提升材料性能，重点攻克磁性损耗降低难题，同时探索更宽温域的材料方案；当前磁性材料的工作频率已能满足需求，损耗控制是后续优化的核心目标；

液冷结构升级：若电源模块功率继续提升，仍将以液冷作为主要散热方向，当前主流的液冷平板贴板方案将进一步优化，同时探索新型液冷结构以强化散热效率；

高导热材料与灌胶工艺突破：研发高导热材料在磁性元件产品中的应用技术，重点解决 “高导热” 与 “绝缘安全” 的平衡问题 —— 普通灌胶材料的导热系数较低，而高导热灌胶材料存在流动性差、灌胶工艺适配性不佳等问题，需通过结构设计优化与材料性能改进，提升整体导热效率，最终实现 “功率密度提升而温升不升高” 的目标。

由于充电桩电源模块的体积存在限制，在同等体积下，唯有提升导热能力，才能进一步提高功率密度，这是后续研发的核心方向之一，公司目前已启动相关技术研究工作。

凯通电子：电源模块技术永恒的发展方向是更高的饱和磁感强度、更低的损耗、更高的使用频率和更宽的使用温度。材料的性能和尺寸一致性也非常关键，不是说单一产品能达到多好的性能，而是整体的 CPK 水平，也就是最差的产品也能满足需求，这才是重点。

作为磁性材料企业，我们非常注重材料配方与掺杂的技术革新，也会采用低温烧解等特殊处理手段，开发高性能材料，提升产品的性能和可靠性，以此应对市场挑战。

七、结语：协同创新，共筑超充磁性元件技术生态

当兆瓦级超充从 “技术概念” 走向 “规模化落地”，磁性元件已不再是电源模块产业链中的 “配套部件”，而是决定超充电源模块技术上限的 “核心变量” —— 其材料突

破直接影响功率密度的提升空间，结构创新决定液冷散热的适配效率，磁集成技术更是实现“小体积、大功率”的关键钥匙。

从本次对话可见，超充磁性元件的创新已进入“系统级协同”阶段：既需要磁性材料厂商突破高频低损耗、宽温稳定的技术瓶颈，也依赖磁性元件企业与电源模块厂商的深度联动，更需要产业链上下游共建标准化体系，破解定制化与量产效率的矛盾。

这种协同不仅是技术层面的互补，更是产业生态的重构——它将推动超充从“单点技术突破”转向“全链条效率提升”，最终实现“10 分钟快充”的用户体验目标，为新能源汽车产业的高质量发展注入核心动力。

《磁性元件与电源》将持续追踪超充磁性元件产品的技术变革，搭建产业链交流平台，见证并记录中国超充电源模块产业从“跟跑”到“领跑”的关键进程。

本文为哔哥哔特资讯原创文章，未经允许和授权，不得转载

HTML版本：[兆瓦超充需求下磁性元件的创新实录](#)