

新型磁性材料在高效电机设计中的应用及其性能改进效果评估

郭 福

中广核新能源德令哈有限公司 青海德令哈

【摘要】当今电机产业聚焦高效节能，新型磁性材料应运而生。它涵盖稀土永磁、软磁复合材料等，特性卓越。应用于高效电机设计，能依材料特性重塑磁路，精准优化磁极与铁芯构造，降低损耗。经严谨实验与模拟，显著提升电机效率、功率因数，有效控制温升。不仅为电机产业技术革新注入动力，更契合绿色能源发展大势，助力全球节能减耗。

【关键词】新型磁性材料；高效电机；性能改进；磁路优化；节能

【收稿日期】2025 年 1 月 20 日 **【出刊日期】**2025 年 2 月 18 日 **【DOI】**10.12208/j.jeea.20250047

Application of new magnetic materials in the design of high efficiency motors and evaluation of their performance improvement

Fu Guo

CGN New Energy Delingha Co., Ltd., Delingha, Qinghai

【Abstract】 Today's motor industry focuses on high efficiency and energy savings, leading to the emergence of new magnetic materials. These include rare earth permanent magnets and soft magnetic composite materials, which boast excellent properties. When applied in efficient motor design, they can reshape the magnetic circuit according to material characteristics, precisely optimize the structure of poles and cores, and reduce losses. Rigorous experiments and simulations have shown significant improvements in motor efficiency and power factor, effectively controlling temperature rise. Not only do these materials inject momentum into technological innovation in the motor industry, but they also align with the trend of green energy development, contributing to global energy conservation and emission reduction.

【Keywords】 New magnetic materials; High efficiency motor; Performance improvement; Magnetic circuit optimization; Energy saving

引言

全球能源危机日益严峻，环保要求持续攀升，电机作为耗电大户，提高能效迫在眉睫。传统电机受限于磁性材料性能，能效提升艰难。新型磁性材料带着突破困境的希望登场。其独特磁性能可打破传统局限，重新构建电机磁路，减少能量损失。深入探究这类材料在高效电机中的应用，精确评估对电机性能的提升效果，对推动电机产业升级、实现节能减排意义重大，是当下电机领域亟待探索的关键路径。

1 新型磁性材料特性剖析

新型磁性材料家族呈现出极为丰富的多样性，在众多材料之中，稀土永磁材料与软磁复合材料堪称其中的佼佼者。以稀土永磁材料里的钕铁硼永磁体来说，其拥有极为引人注目的高磁能积特性。在电机的狭小空间内，仅需极小体积的钕铁硼永磁体，便能激发出强大的磁通^[1]。这一卓越表现，为电机实现轻量化、小型化设计提供了切实可行的路径。其背后的原理在于，钕铁硼永磁体具有独特的原子排列方式，在微观层面构建起强力的磁场源，源源不断地向外输出强大的磁力。软磁复合材料同样凭借自身独特的优势吸引着广泛关注。它具备出色的磁

导率,能够高效地传导磁通,并且其磁滞损耗极低。从微观结构来看,软磁复合材料呈现出颗粒状,这种特殊结构大幅削减了磁滞损耗,尤其在高频工作环境下,其优势更是展露无遗。当电流快速交变时,软磁复合材料能够迅速响应磁场变化,同时保持较低的能量损耗,确保电机在高频运转时依然能维持高效性能。若深入探究稀土永磁材料的内部奥秘,其具有的内禀矫顽力发挥着关键作用。内禀矫顽力如同一块坚固的盾牌,能够有效抵御外界反向磁场的侵袭。在电机运行过程中,即便遭遇复杂多变的电磁环境,稀土永磁材料凭借强大的内禀矫顽力,也能确保自身磁性能稳如泰山,从而显著提升电机运行的可靠性。

软磁复合材料的成型工艺具有极高的灵活性,能够根据电机复杂的结构需求进行定制化生产。当将其制成定子铁芯时,软磁复合材料能够紧密贴合磁路走向,巧妙地减少漏磁现象的发生。通过这种精准适配,磁路效率得到显著提高,为电机性能的提升奠定了坚实基础,从根本上为电机的高效运行提供了有力支撑。与传统硅钢片相比,新型磁性材料的优势十分突出^[2]。传统硅钢片在磁导率提升方面进展缓慢,而新型材料则一马当先,能够赋予电机更为充沛的磁通量,使电机在相同条件下能够产生更强的磁场,为电机的高效运转提供了充足的“动力源泉”。在饱和磁通密度方面,新型材料展现出更强的承载能力,能够有效规避磁饱和和隐患,确保电机在高负载、大电流等极端工况下依然能够稳定运行,全方位为电机的高效运转赋能。

2 材料优化电机磁路设计

当新型磁性材料融入电机系统后,电机的磁路架构迎来了革命性的重塑。在永磁同步电机领域,稀土永磁体凭借其强大的磁性优势,大显身手。设计人员依据精准的磁场分布规律,对磁极的形状和布局进行精心雕琢。瓦片形磁极便是这一过程中的智慧结晶,它紧密贴合转子圆周,极大地降低了气隙磁阻。气隙磁阻的降低,使得磁通能够在电机内部更加均匀地铺展,进而有效减弱转矩脉动。电机运转时,转矩脉动的减弱如同为高速行驶的汽车换上了优质轮胎,能够显著减少运行过程中的颠簸感,使电机运转更加平稳,输出动力更加稳定。

当定子铁芯选用软磁复合材料时,各种创新设

计层出不穷。其中,分层叠片结构就像一张细密的滤网,能够有效抑制涡流的产生^[3]。在电机运行过程中,电流变化会在铁芯中产生涡流,而涡流会导致能量损耗和发热。分层叠片结构通过将铁芯分割成多个薄层,增加了涡流的路径电阻,从而大幅降低涡流损耗。磁桥的巧妙规划也发挥着重要作用,它如同精准导航,能够引导磁通顺畅通行,有效杜绝局部磁饱和现象的发生。通过这些优化设计,磁阻损耗显著降低,磁能利用率大幅跃升。在相同电能输入的情况下,电机能够将更多的电能转化为机械能,电机的能效曲线因此得以显著提升,就像腾飞的巨龙一般,跃升至全新高度。

从整体磁路协同作战的视角来看,不同的新型磁性材料在电机的各个部位各司其职、默契配合。转子部分由强磁稀土永磁材料承担起营造主磁场的重任,其强大的磁性能够为电机提供稳定而强大的磁场源^[4]。而定子则依靠低损软磁复合材料履行高效导磁的重要职责,确保磁通能够在电机内部顺畅传导。各环节紧密协同,整个磁路就如同一条畅行无阻的高速公路,电能在其中“奔行”时的损耗微乎其微,为电机性能的大幅提升筑牢了坚实的架构基础。

3 性能提升效果量化评估

聚焦于效率提升这一关键维度,大量的实验数据充分证明了新型磁性材料所带来的显著成效。装配了新型磁性材料的电机,在满载运行状态下,其效率相较于传统电机普遍提升了 5%-10%。这一飞跃性的提升,得益于新型材料自身的低损耗特质以及优化后的磁路设计所带来的双重红利。在电机运行过程中,铜损和铁损大幅削减,使得电能损耗直线下降^[5]。以常见的工业用 100kW 电机为例,假设其年运行时长为 5000 小时,当效率提升 8% 时,通过简单的计算便可得知,每年能够节约电量 40000 千瓦时,节能成果可谓硕果累累。这不仅为企业降低了生产成本,还对节能减排、实现可持续发展目标做出了积极贡献。

在功率因数改善方面,新型磁性材料同样取得了斐然成绩。经过新型磁性材料优化磁路后,电机的无功电流需求显著降低,功率因数稳步向 1 靠拢。以某风机配套电机为例,在改造前后对比鲜明。改造前,该电机的功率因数仅为 0.8,而在采用新型磁

性材料对磁路进行优化改造后,功率因数飙升至0.92。这一变化具有重大意义,从电网侧来看,无功补偿压力大幅骤减,能够有效提高电网的输电效率,降低电网损耗。对于企业而言,无功电费支出随之降低,直接带来了经济效益的提升。也为社会整体的电力资源优化配置和节能减排做出了贡献,如同为负重前行的电网卸下了沉重的负担。

温升控制是保障电机稳定运行的关键防线。新型材料凭借其低损耗特性,从源头上减少了电机运行过程中的发热现象。再配合精心优化的散热结构,能够进一步降低绕组与铁芯的温度^[6]。在长期运行的情境下,电机绝缘老化速度因温度降低而显著放缓,电机的寿命得以延长20% - 30%。电机寿命的延长,意味着维护周期大幅拉长,能够有效保障生产的连续性,减少因电机故障停机所带来的损失。这为企业的生产运营夯实了设备根基,宛如为电机注入了“长寿基因”,使其能够在长期稳定运行中持续为企业创造价值。

4 新型磁性材料应用挑战与应对策略

新型磁性材料在助力高效电机蓬勃发展的也面临着诸多严峻的难题。其中,成本难题首当其冲。稀土永磁材料由于所含稀土元素具有稀缺性,其开采提炼工序极为繁杂,涉及多个复杂的工艺流程和高昂的设备投入。这一系列因素导致稀土永磁材料的生产成本居高不下,进而使得采用稀土永磁材料的电机制造成本如火箭般蹿升。高昂的成本成为了新型磁性材料在大规模推广应用过程中的巨大阻碍,限制了其在更广泛领域的普及和应用^[7]。与此新型材料的稳定性也遭遇了严峻挑战。在高温、高湿度等极端工况下,部分新型磁性材料的磁性能会出现衰退现象。这就如同士兵在恶劣的战场环境中体力不支,无法保持最佳战斗状态。磁性能的衰退会直接影响电机的长期可靠运行,降低电机的性能和使用寿命,给电机的实际应用带来了诸多不确定性。

面对成本困境,科研人员在多个方面展开了攻关。一方面,研发新型制备工艺成为了突破成本瓶颈的关键突破口。科研团队全力探索稀土元素的替代物,通过深入研究材料的物理化学性质,借助掺杂改性等先进手段,深度挖掘常见元素的潜力。他们尝试将不同的常见元素进行合理组合,经过大量的实验和数据分析,努力研发出具有高性能的磁性

材料,逐步降低对稀土元素的依赖程度,从而有效控制材料成本。另一方面,生产流程的优化升级也势在必行^[8]。引入智能制造技术成为了提升生产效率、降低成本的重要手段。通过在生产环节中应用自动化设备、传感器和智能控制系统,能够实现对生产过程的精准管控。从原材料的采购、加工到成品的产出,每个环节都能够进行精确控制,从而提高材料的成材率,减少生产过程中的浪费和损耗,从源头上削减成本,为新型磁性材料产业的发展减轻负担。

针对稳定性问题,科研人员采取了双管齐下的策略。强化材料表面防护涂层的研发。经过大量的实验和筛选,纳米陶瓷涂层脱颖而出。这种涂层具有极高的硬度和化学稳定性,如同为新型磁性材料穿上了一层坚固的铠甲,能够有效隔绝外界恶劣环境的侵蚀,防止高温、高湿度等因素对材料磁性能的影响。

5 结语

展望未来,新型磁性材料在电机领域前景广阔。随着材料科学持续奋进,性能卓越、成本亲民的材料必将涌现。电机将朝着超高效率、智能化、集成化大步迈进,在新能源汽车、智能工厂等前沿阵地大显身手。适配的高效电机将成为绿色出行、智能制造的核心动力,为全球可持续发展添砖加瓦,开启节能新纪元,引领科技潮流奔涌向前。

参考文献

- [1] 马启航,李海燕,李佳妮,等.磁性粉体在新型功能材料领域的应用进展[J].辽宁化工,2024,53(10):1556-1559
- [2] 王天煜,杨璐铭,白斌,等.高速永磁电机新型磁性复合材料弹性模量预测[J].电工技术学报,2024,39(20):6305-6315.
- [3] 刘牛,迈克尔·格列什科.在工程材料中发现了一种新型磁性[J].世界科学,2024,(03):11-12.
- [4] 冯巨龙.新型磁性材料在微型电流互感器中的应用[J].集成电路应用,2023,40(12):136-137.
- [5] 沈唐文,张毅,严恒,等.基于新型磁性固相萃取材料结合高效液相色谱法检测食品中碱性橙II和柠檬黄[J].食品安全质量检测学报,2023,14(20):192-199.
- [6] 付华,陈慧媛,宋维君,等.一种新型的用于萃取铷的冠醚

- 功能化磁性固相纳米材料[J].材料导报,2024,38(17): 282-287.
- [7] 邵燕,郭明,孙雨婷,等.新型磁性异质结材料的制备及其光降解染料废水的性能[J].高校化学工程学报,2023,37(04): 679-688.
- [8] 卿晓梅,镇思琦,翟志淳.新型二维材料单层 Cr OCl 的磁

性和光学性质研究[J].中国新技术新产品,2022,(20):4-7.

版权声明: ©2025 作者与开放获取期刊研究中心(OAJRC)所有。本文章按照知识共享署名许可条款发表。

<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



OPEN ACCESS