

永磁材料

很好的节能材料

在工业领域中，永磁电动机的用量不断提高，因为它是一种有着更高效率、更高动态性能和更加紧凑结构的驱动装置。在生产制造它的高性能磁铁时，却需要使用稀土元素——非常稀缺的关键材料，但目前已经有了解决办法。

文 | Stefanie Michel

在工业领域中，尤其是在电气工业领域中，高性能的永磁电动机和发电机有着非常重要的意义。在许许多多的情况下，它们是不可或缺的电气产

品。在使用了永磁材料之后，永磁电动机比三相异步电动机的效率有了提高，同时它的结构也更加紧凑、体积更小。因此，在工业领域中，它逐步成为三相

异步电动机理想的替代品，因为它满足了欧盟 EU 640/2009 规范最低效率等级的规定和要求。基于这一原因，人们预计，到第二代（2105）和第三代（2017）

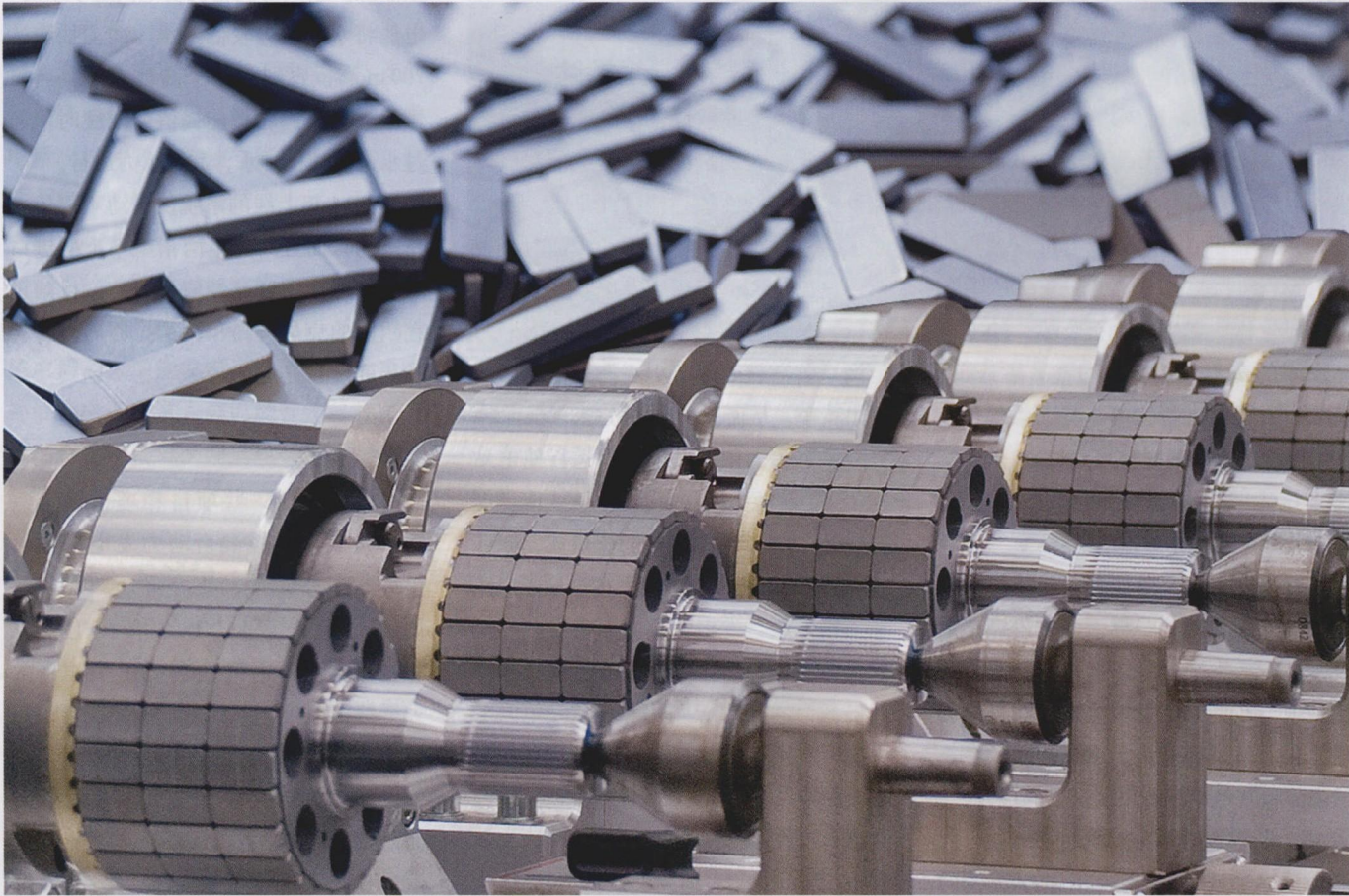


图1 科研人员正在开发废旧电动机回收再利用技术，以便从报废的电动机中回收高价值的稀土元素

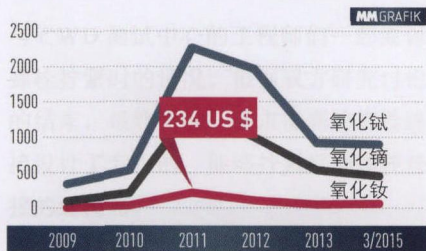


图2 中国每千克稀土出口价格的变化, 单位: 美元

欧盟节能指令失效之日起, 永磁同步电动机的市场份额将会进一步提高。

高性能的永磁材料为电动汽车提供了功率性能更加强大、结构体积更加紧凑的动力。在风力发电设备中, 永磁材料充分地体现了它的优点, 使用永磁材料制造的风力发电机减轻了很多重量。在产生的磁场强度相同这一前提下, 永磁材料的重量只是铜线绕组的 1/10。

在永磁电动机中, 大多数的永磁材料是钕磁铁, 一般来讲所需的稀土元素为钕、镨和铽。随着电动汽车时代的到来、随着人们有关工业企业高效节能的大讨论, 今后几年里对永磁电机的需求将会大大提高。

这些金属元素并不是非常罕见的, 但它们的价格, 近几年来上涨得非常厉害。其原因是, 尽管中国的稀土元素蕴藏量仅占全球的 38% 左右, 但中国向全球市场提供的稀土却超过了 97%。生态研究院的一份资料指出, 中国是唯一一个具有全部磁铁生产链的国家。当中国明显感到近几年稀土元素出口的重要性之后, 从 2010 年起开始了出口限制, 这就推动了市场价格的上涨, 直到这一限制松动并于 2015 年初解除为止。

为什么稀土元素对于永久磁铁的生产有着非常重要的意义呢? 钕元素能够提供很高的磁性, 利用钕元素生产的 NeFeB 钕铁硼磁铁, 在温度不超过 120℃ 的环境中有着很好的抗退磁性能。当加入稀土元素镨之后, 可以在温度高达 200℃ 的环境中仍然有着很好的抗退磁性能, 因此非常适合于在电动机技术

领域中制造伺服驱动装置, 或者在风力发电设备中生产风力发电机, 在 NeFeB 钕铁硼磁铁中加入稀土元素铽后可提高其功率性能。

摆脱对稀土材料的依赖

动力驱动设备对永磁材料的需求量不断增加, 电动汽车也是全球市场中的一个重要增长点, 而风力发电设备的发展趋势则是无变速器的直接驱动。这都意味着, 工业领域对稀土元素的需求量会进一步增加。然而, 不管是中国的政策还是近几年来不断提高的稀土元素需求量, 都迫切要求企业和科研机构寻找新的、摆脱对稀土元素依赖的出路。要摆脱对稀土元素的依赖, 原则上有三种可能的方法: 寻找和开发有着相同性质的替代材料; 开发从废旧电器中回收稀土元素的工艺技术; 节约永磁材料, 优化永磁材料零部件的结构设计和加工工艺。

但在现实生活中, 迄今为止几乎没有找到所谓的替代材料。例如, 霍伦霍夫研究所进行的稀土研究项目就是一个从废旧电机中回收原材料的研究项目。正如生态研究院在一份工作报告中指出, 从废旧电器中回收稀土元素还是很有潜力的, 因为永久磁铁中含有的稀土元素占 30% 左右。

这里的问题是, 使用过的设备或者驱动系统常常不是报废处理, 相反是出口到非欧盟国家去了, 目前还没有形成回收和再利用的机构

和体系。IFAM 霍伦霍夫生产技术和先进处理技术研究所已经开发出了实验室规模的稀土火法和湿法冶金技术方案, 但是真正的实施这些技术方案却又缺少像“可回收设计”的新型永磁电动机, 从 2014 年 More (电机回收) 项目中获得的许多成果将无法应用。

稀土替代材料起不了关键作用

到今天为止, 稀土元素替代材料几乎还没有任何成效, 许许多多的研发项目还都处在基础研究阶段。只有 Brose 公司 2011 年推出了一种不使用镨和铽的 NeFeB 钕铁硼磁铁电动机。它的问世改变了电动机的分类方法, 也改善了稀土磁铁的永磁性能。利用硬磁铁氧体进行的一系列试验证明, 这种新型电动机达到了迄今为止只有利用稀土元素才能达到的性能。

还有一些电动机生产厂家在不多的选择性中研究着可行的替代方案, 他们采用了其他的电动机工作原理, 或者使用尽可能少的永磁材料。例如 ABB 公司于 2011 年推出了带变频器的同步磁阻电动机, 以便在不使用稀土元素的情况下实现最高的节能效率。

电动汽车领域中也有类似“替代驱动方案”的研发成果。例如, Inverto 公司就在测试磁阻电机; ZF 公司则集

中精力从事永磁异步电动机的研究。SEW 公司走的路子则不同, 他们开发的 LSPM 异步起动永磁同步电机走的是一条中间道路, 这种电动机是在三相鼠笼式异步电动机的结构基础上设计而成的, 但在转子中辅助增加了永久磁铁。这种电动机满足了 IE4 的节能要求, 体积小、结构紧凑, 和那些具有可比性的电动机相比较它所使用的永磁材料明显要少。MM

图3 这种磁阻电动机是一种无需使用稀土元素的电动机, ABB 公司的 SynRM 2 型电动机就是这种类型的电动机

