

直流电机降本增效的技术路径与实践研究

王松苗¹ 陈丹虹² 胡洪清³ 邬冠群¹ 徐海锋¹

1.浙江新益智能驱动科技有限公司；2.绍兴市东智电器科技有限公司；
3.麦格纳光能汽车饰件系统（杭州）有限公司

【摘要】本文深入探讨了直流电机降本增效的技术路径与实践应用。首先阐述了直流电机在工业生产和日常生活中的重要地位以及降本增效的必要性。接着详细分析了从优化设计、改进制造工艺、选用新型材料、智能控制策略等多个方面实现降本增效的技术方法，并结合实际案例展示了这些技术路径在实际项目中的应用效果。通过研究发现，综合运用多种技术手段能够显著提升直流电机的性能，降低成本，提高企业的经济效益和市场竞争力。

【关键词】直流电机降本增效；技术路径；实践

Research on technical path and practice of reducing cost and increasing efficiency of DC motor

Wang Songmiao¹ Chen Danhong² Hu Hongqing³ Wu Guanqun¹ Xu Haifeng¹

1.Zhejiang Xinyi Intelligent Drive Technology Co., LTD;

2.Shaoxing Dongzhi Electric Appliance Technology Co., LTD; 3.Magna Opto-Energy Automotive Trim Systems (Hangzhou) Co., LTD

【Abstract】This article delves into the technical approaches and practical applications for reducing costs and enhancing efficiency in DC motors. It begins by highlighting the critical role of DC motors in both industrial production and daily life, emphasizing the importance of cost reduction and efficiency improvement. The article then provides a detailed analysis of various methods to achieve these goals, including optimizing design, improving manufacturing processes, selecting new materials, and implementing intelligent control strategies. Real-world cases are used to demonstrate the effectiveness of these methods in practical projects. The research indicates that the combined use of multiple technical approaches can significantly enhance the performance of DC motors, reduce costs, and boost the economic benefits and market competitiveness of enterprises.

【Key words】DC motor cost reduction and efficiency improvement; technical path; practice

引言

直流电机作为一种将电能转换为机械能的设备，具有调速性能好、启动转矩大等优点，广泛应用于工业自动化、交通运输、航空航天、家电等众多领域。然而，随着市场竞争的日益激烈，降低直流电机的生产成本并提高其运行效率成为企业关注的焦点。实现直流电机的降本增效不仅有助于企业降低运营成本，提高产品质量和可靠性，还能推动整个行业的技术进步和可持续发展。因此，对直流电机降本增效的技术路径进行深入研究和实践具有重要的现实意义。

1 直流电机降本增效的技术路径与实践意义

在当今竞争激烈的市场环境中，成本与效率是企业生存

和发展的关键因素。对于生产直流电机的企业而言，降本增效具有直接且显著的经济效益提升作用。降低成本意味着利润空间的扩大。原材料成本在直流电机生产中占据较大比例，通过选用新型、性价比更高的材料，如前文提到的高性能永磁材料替代部分传统材料，既能保证电机性能，又能降低采购成本。同时，优化制造工艺，减少生产过程中的废料产生和工时消耗，降低了生产成本。这使得企业在相同的销售价格下，能够获得更多的利润，增强了企业的盈利能力和抗风险能力。提高效率则有助于企业增加产量和市场份额。高效的直流电机能够更快地完成生产任务，缩短产品交付周期。企业可以利用这一优势承接更多订单，满足市场对产品数量和交付速度的需求，从而扩大市场占有率。例如，一家电动工具制造商采用了降本增效后的直流电机，生产效率大幅提高，产品供应能力增强，逐渐在市场竞争中脱颖而出，

销售额逐年攀升。

2 直流电机降本增效的特点

2.1 多维度技术融合性

直流电机降本增效并非依赖单一技术,而是多种技术相互交融、协同作用。在设计环节,电磁设计与结构设计紧密配合。电磁设计通过精准的电磁场计算软件,模拟磁场分布,调整绕组匝数、线径和气隙长度等参数,提升电磁转换效率;结构设计则从轻量化、紧凑化角度出发,选用新型材料打造机壳,优化外形尺寸与散热结构。这两者结合,既保证电机性能,又减轻重量、降低成本。制造工艺方面,精密加工技术与绕组制造工艺改进相辅相成。先进的数控加工设备确保零部件高精度加工,如转子和定子铁芯的精密冲压,提高铁芯冲片精度,减少铁芯损耗;同时,自动化绕线设备用于绕组制造,提升绕线精度与效率,搭配新型绕组连接方式,降低电阻损耗。

2.2 显著的效益提升综合性

直流电机降本增效在多个方面带来显著的效益提升。从成本角度看,效果立竿见影。在材料选用上,采用新型材料虽可能前期研发投入较大,但长期来看,高性能永磁材料替代传统励磁绕组,减少了励磁损耗,简化结构,降低了材料与制造的综合成本。制造工艺改进,如自动化生产减少人工成本,提高生产效率,废品率降低也节约了资源成本。在效率提升方面,优化设计使电机电磁转换效率提高,减少能量损失。智能控制策略让电机能根据负载实时调整运行状态,进一步提升能源利用率。例如,在电动汽车应用中,能量回馈技术将制动能量回收再利用,大大提高了能源的综合利用率。产品性能和可靠性也得到增强。改进的制造工艺和优化设计提升了电机的稳定性和耐用性,减少故障发生率和维修成本。这些综合效益相互促进,成本降低使产品价格更具竞争力,效率和性能提升增加了产品吸引力,从而扩大市场份额,为企业带来更多的经济效益,形成良性循环。

2.3 应用领域的广泛适应性

直流电机降本增效技术具有广泛的应用领域适应性。在工业领域,不同生产场景对电机需求各异,但降本增效技术均可发挥作用。在大型制造业中,高功率直流电机经优化设计和工艺改进后,提高了生产设备的运行效率,降低能耗,减少生产成本。在精密加工行业,精密加工技术制造的直流电机,满足了高精度设备对电机稳定性和精度的要求。交通

运输领域,无论是电动汽车还是轨道交通,降本增效技术都至关重要。电动汽车采用高效直流电机及智能控制策略,提高续航里程,降低电池成本,提升整车性能与市场竞争力。轨道交通中,直流电机的轻量化设计和能量回馈技术,减少列车能耗,提高运营效率。日常生活领域同样如此,家电产品中的直流电机通过降本增效,变得更加节能、安静且耐用。例如,高效直流电机应用于空调、风扇等电器,降低了电力消耗,提升了用户体验。这种广泛的适应性,使得直流电机降本增效技术在不同行业和生活场景中都能创造价值,推动各领域的技术进步和发展。

3 直流电机降本增效的技术路径

3.1 优化设计技术路径

优化设计是直流电机降本增效的重要基础,涵盖电磁设计与结构设计两个关键方面。在电磁设计领域,借助先进的电磁场计算软件进行深度模拟分析是核心手段。通过精准模拟电机内部磁场分布,工程师能够详细了解磁场特性,进而对绕组匝数、线径以及气隙长度等关键参数进行科学调整。例如,合理增加绕组匝数可增强磁场强度,但需综合考虑电阻变化对能耗的影响,通过精确计算找到最佳平衡点,以提高电磁转换效率。同时,研究不同磁极结构和绕组形式对电机性能的影响也十分关键。永磁体替代传统励磁绕组是一大趋势,永磁电机不仅减少了励磁损耗,提高了效率,还简化了结构,降低了成本。结构设计方面,轻量化与紧凑化是主要方向。采用新型结构材料,如高强度铝合金替换铸铁机壳,在保证机械性能的同时,大幅减轻电机重量,降低材料成本与加工难度。同时,优化电机外形尺寸,使其更为紧凑,不仅节省安装空间,还有助于集成化设计。此外,散热结构的优化至关重要,良好的散热设计能保证电机在高负荷运行时的稳定性,延长使用寿命。例如,采用高效散热鳍片或液冷系统,可有效降低电机温度,减少因过热导致的性能下降和故障风险。

3.2 改进制造工艺技术路径

制造工艺的改进对于直流电机降本增效起着直接且关键的作用,主要体现在精密加工技术和绕组制造工艺两个维度。精密加工技术是提升电机零部件质量的关键。先进的数控加工设备和高精度加工工艺的应用,极大地提高了加工精度。以电机的转子和定子铁芯为例,高速冲床和精密冲压工艺的运用,使铁芯冲片精度大幅提升,有效减少铁芯损耗。

同时,精密磨削、研磨等工艺用于电机轴、换向器等关键零部件的加工,显著提高其表面光洁度和尺寸精度,降低摩擦损耗,进而提升电机运行效率。绕组制造工艺的改进同样不可忽视。自动化绕线设备的引入,实现了绕线过程的高精度和高效率,减少了人工操作带来的误差和浪费。同时,绝缘处理工艺的优化是保障绕组性能的关键环节。采用高性能绝缘材料和先进的绝缘处理方法,不仅提高了绕组的绝缘性能和可靠性,还降低了因绝缘问题引发的故障概率。此外,新型绕组连接方式的研究与应用,如直接成型绕组技术,有效减少绕组端部长度,降低电阻损耗,进一步提高电机效率。通过这些制造工艺的改进,直流电机的生产质量和效率得到双重提升,成本得以有效控制。

3.3 选用新型材料技术路径

新型材料的选用为直流电机降本增效开辟了新的途径,高性能永磁材料和低损耗电工钢是其中的两大重点。高性能永磁材料,如钕铁硼永磁体,在直流电机领域的应用日益广泛。其具备高剩磁、高矫顽力和高磁能积的卓越特性,能够产生强大磁场,有效提高电机的功率密度和效率。相较于传统励磁电机,永磁电机无需励磁电流,消除了励磁损耗,大大降低了能耗。随着技术发展,科研人员不断探索新型永磁材料,一方面致力于开发低成本的稀土永磁材料替代品,以降低原材料成本;另一方面,通过优化永磁材料制备工艺,提高生产效率,进一步压缩成本。低损耗电工钢作为直流电机铁芯的关键材料,其性能直接影响电机损耗。新型取向电工钢和非晶态合金电工钢的出现,为降低铁芯损耗带来了突破。非晶态合金电工钢具有出色的软磁性能,铁芯损耗仅为传统硅钢片的几分之一,显著提升了电机效率。此外,对电工钢进行表面处理,如涂覆绝缘涂层,可进一步抑制铁芯的涡流损耗,优化电机性能。通过选用这些新型材料,直流电机在提高性能的同时,实现了成本的有效降低,增强了市场竞争力。

3.4 智能控制策略技术路径

智能控制策略是提升直流电机运行效率和实现降本增效的重要技术路径,主要包括调速控制优化和能量回馈与管理两方面。在调速控制优化方面,传统直流电机调速方法存

在一定局限,而现代智能控制技术为其带来了革新。模糊控制算法凭借其独特优势,能够依据电机负载变化实时调整控制参数。当电机负载增加时,模糊控制器迅速调整输出,使电机保持稳定运行,确保调速精度的同时提高效率。神经网络控制同样表现出色,它具有强大的自适应和学习能力,能够快速适应复杂多变的电机运行环境。通过不断学习和优化控制策略,神经网络控制可实现对电机调速的精准优化,满足不同工况下的需求。能量回馈与管理技术在直流电机应用中也具有重要意义。在许多实际场景中,如电动汽车制动或电梯减速过程中,直流电机处于制动状态,会产生大量能量。能量回馈技术通过特定装置将这些能量回收并重新利用,反馈到电网或电池组中,实现能量的循环利用,大大提高了能源利用率。同时,智能能量管理系统实时监测电机运行状态和能量消耗情况,根据负载需求动态分配能量,避免能量浪费,进一步提升电机能效。通过这些智能控制策略,直流电机不仅运行效率大幅提高,还在能源利用方面实现了优化,降低了整体成本。

结语

综上所述,直流电机降本增效是一个系统性的工程,涉及到设计、制造、材料、控制等多个方面。通过优化设计、改进制造工艺、选用新型材料和采用智能控制策略等技术路径,能够有效地提高直流电机的效率,降低成本,提升产品的性能和可靠性。从实践案例可以看出,这些技术路径在实际应用中取得了显著的效果,为企业带来了可观的经济效益。随着科技的不断进步,未来还需要进一步探索和研究新的技术方法,不断推动直流电机向高效、节能、低成本的方向发展,以满足日益增长的市场需求和可持续发展的要求。在未来的研究和实践中,应加强跨学科的合作,整合材料科学、电子技术、控制理论等多方面的知识和技术,为直流电机降本增效提供更多的创新思路和解决方案。同时,企业应积极推广应用这些先进的技术成果,提高整个行业的技术水平和竞争力,实现直流电机产业的高质量发展。

参考文献

- [1]直流无刷电机控制系统的仿真研究.黄智铭;吴辉;吴玉辉;周立求.湖南工业大学学报,2008(05)
- [2]直流无刷电机控制系统.徐志勇;苏文瑾.科技视界,2016(14)