

无线充电技术的原理及其在智能家居中的应用前景

田义娜

河北科防治金安全评价有限公司, 河北 石家庄 050000

[摘要]伴随着智能家居行业的快速发展,各类智能设备对于供电方式在安全性与便捷性层提出了更为严格的要求。无线充电技术具有独特的便捷性、安全性等特点在智能家居领域中得到了广泛的应用。基于此,文章研究首先对无线充电技术的概念进行了阐述,对于当前主流的无线充电技术工作原理以及运行机制进行了深入剖析,同时基于智能家居的发展需求全面探讨了充电技术在智能家居场景中的发展方向,为无线充电相关技术的推广和应用提供了参考。

[关键词]无线充电; 工作原理; 智能家居; 应用前景

DOI: 10.33142/sca.v8i11.18684 中图分类号: TM724 文献标识码: A

The Principle of Wireless Charging Technology and Its Application Prospects in Smart Homes

TIAN Yina

Hebei Kefang Metallurgy Safety Evaluation Co., Ltd., Shijiazhuang, Hebei, 050000, China

Abstract: With the rapid development of the smart home industry, various smart devices have put forward stricter requirements for power supply methods in terms of safety and convenience. Wireless charging technology has been widely used in the field of smart homes due to its unique convenience, safety, and other characteristics. Based on this, the article first elaborates on the concept of wireless charging technology, deeply analyzes the working principles and operating mechanisms of the current mainstream wireless charging technology, and comprehensively explores the development direction of charging technology in the smart home scene based on the development needs of smart homes, providing reference for the promotion and application of wireless charging related technologies.

Keywords: wireless charging; working principle; smart home; application prospects

引言

伴随着科技的快速进步与发展,智能家居也逐渐融入人们的日常生活中^[1],通过借鉴先进的智能化与互联化技术,实现了设备之间信息交互以及协同工作,提高了人们生活的便捷性程度,进一步提高人们的舒适体验感与生活质量^[2]。然而,多数智能家居设备主要采用的是有线充电方法,需要配备大量的充电线缆,供电线缆长度有限以及冗余缠绕给用户的使用带来很大的不便,同时杂乱的线缆对家居环境的整洁性造成严重影响,极大的降低设备灵活性和美观性。而且在长期使用后线缆容易出现磨损、老化等情况,增加安全隐患^[3]。电池供电方式由于智能化设备越来越小型化,电池容量很小,需要频繁充电,使用起来维护难,体验差^[4]。而无线充电技术无需设备之间的物理接触,便可实现能量的高效传输,可以确保家居环境的整体美观性,有效规避有线充电所带来的各种问题。这些年来,随着对无线充电技术的深入研究,其功率范围、传输效率均得到持续提高。基于此,本文研究分析和探讨了无线充电技术的原理及其在智能家居中的应用前景,对于推动智能家居行业的高质量发展具有重要意义。

1 无线充电技术的核心概念与分类

1.1 核心概念

无线充电技术即无接触感应充电技术,主要是通过电

池共振,电磁感应、无线电波等原理,从而实现设备供电与用电设备间无需物理导线连接即可达到能量传输的一种前沿技术。无线充电技术核心思想是将电能转换为可无线传播的能量形式,随后在接收端将该能量形态重新转换回电能,从而为用电设备提供持续稳定的电力供应或充电。无线充电技术展现出诸多优势,如便捷性好、使用寿命长,安全性高,为用户的用电安全以及便利性提供了更为可靠的保障^[5]。

1.2 技术分类

无线充电技术根据能量传输原理的不同可分为多种类型,目前,在民用领域应用较为广泛且技术相对成熟的主要有三类,具体见表 1。

表 1 三类无线充电技术

技术类型	传输距离	传输效率	功率范围	核心优势	适用场景
电磁感应式	较短(几厘米内)	较高	中低功率	技术成熟、成本低、稳定性好	小型便携式智能设备(手机、手表等)
电磁共振式	中等(几十厘米至数米)	中高	中功率	传输距离远、对齐要求低、能量损耗小	中型家居设备(智能音箱、台灯等)
无线电波式	较远(理论无距离限制)	较低	低功率	不受设备位置限制、可远距离补电	低功耗传感设备(温度传感器、门窗传感器等)

2 无线充电技术的工作原理

2.1 电磁感应式无线充电技术

电磁感应式无线充电技术是基于电磁感应定律发展而来的,主要由发射端和接收端两部分组成。在运行的过程中,市电通过发射端进行高频逆变处理,转为高频交流电,当接收线圈进入该交变磁场的有效作用范围时会在发射线圈周围产生相应的交变磁场^[6]。随后,该感应电动势经接收端根据电磁感应定律,最终转化为稳定的直流电,进而为用电设备供电或为电池充电。电磁感应式无线充电技术的核心是借助线圈间的电磁耦合作用实现能量传输,其传输效率与接收线圈和发射线圈的耦合系数呈现出显著的正相关性。然而,该技术对发射线圈与接收线圈的对齐精度要求较高,通常需要将接收设备近距离放置在发射设备上才能实现有效的能量传输,通常其有效传输距离仅限于几厘米的范围内^[7]。

2.2 电磁共振式无线充电技术

电磁共振式无线充电技术主要基于电池共振原理实现能量的传输,由发射端(含高频驱动电路、发射谐振线圈)和接收端(含接收谐振线圈、整流滤波及稳压电路)组成,共同完成对接能量的转换与调控。在电磁共振式无线充电系统中发射端的高频驱动电路会生成特定信号,依据电磁感应原理驱动发射线圈,使其向外部辐射出特定频率的电磁波。接收端的线圈具有与发射线圈相同的谐振频率,发射端高频驱动电路产生信号,驱动发射线圈辐射电磁波^[8];接收端线圈谐振频率与之相同,进入辐射范围后便会与发射线圈产生电磁共振现象,先经过接收端的整流滤波电路,滤除其中的杂波干扰,将交流电转变为较为平滑的直流电,再经稳压电路的精确调控,为设备提供电力支持。电磁共振式技术比电磁感应式技术的传输距离更长,同时,该技术对于发射线圈与接收线圈之间对齐精度的要求降低。在能量传输进程中不会对周围非谐性物体产生干扰,可以降低传输过程中的能量损耗,技术尤其适用于适用于中等功率、中等距离的无线充电场景。

2.3 无线电波式无线充电技术

无线电波式无线充电技术以无线电波为能量载体,通过天线转换传输电能。发射端含高频振荡器、功率放大器和发射天线,接收端有接收天线、整流和稳压电路^[9]。发射端产生并放大高频电信号,功率放大器对该信号进行功率提升,经天线辐射向空间辐射能量;接收端捕获无线电波后转换为直流电,为低功率设备提供电能供应。该技术的传输距离远,且不受设备位置的限制,但是该技术也存在一定的局限性,无线电波在传播过程中能量衰减快、传输效率低,无线电波式无线充电技术多用于小型低功率设备、低功耗补电场景中。

3 无线充电技术在智能家居中的应用方向

3.1 小型便携式智能设备充电

在智能居家环境中,如智能手表、智能手机、无线耳

机等小型便携式智能设备因其体积小,功耗也相对较低,并且用户的使用率较为频繁,因此,对于充电的便捷性有着极高的要求,非常适合采用无线充电技术。基于电磁感应式无线充电技术打造的充电底座,充电面板够巧妙地嵌入到各类家居家具之中,用户在使用时也极为方便,只需要将智能手机、智能手表等小型便捷式智能设备放置在指定的充电区域,即可实现自动充电,各种便捷式的操作不需要频繁插拔充电线。可以在卧室的床头柜上安装无线充电模块,在手机没电后,只需将手机放在床头柜上就可以快速完成充电,大大简化了充电流程,无需需要寻找充电线,用户节省了时间与精力,提供了便利。

3.2 中型家居智能设备供电

对于智能台灯、智能音箱等设备建议采用无线充电技术供电,中型家居智能设备通常会放在一个固定的位置,然而,有线供电方式存在明显的局限性,其供电效果会受到电源插座位置的制约,并且线缆杂乱会对居家的整体美观性造成严重影响。电磁共振式无线充电技术凭借其中等功率的传输能力,以及具有一定的传输距离可以满足此类中型设备的供电需求。通过在房间的特定区域,如书房的书桌下、客厅茶几的隐蔽下方设置无线充电发射装置,各类智能设备内部置接收线圈,智能设备被妥善放置于发射装置所界定的有效传输范围之内时即可实现无线供电。基于先进的电磁感应或磁共振原理摆脱了电源插座的限制,无需再因电源插座的位置而受限于设备的摆放,无杂乱的线缆交织同时也有助于提高居家环境的整体美观性,提高用户的整体居住体验感。

3.3 低功耗智能传感设备补电

智能家居系统有大量低功耗智能传感设备(如温湿度、光照等传感器),多靠电池供电,电量耗尽需更换或拆卸充电,维护成本高,且部分传感器更换电池不便。无线电波式无线充电技术可解决此问题,在室内设发射基站辐射低功率电波,设备内置接收天线和能量转换模块能实时接收并转换电能为设备补电,实现长期稳定运行,提高系统的可靠性与稳定性,降低维护成本,保障智能化管理。

3.4 移动智能家居设备续航

智能家居移动设备增多,传统有线充电需返回固定基座,充电时无法工作,影响效率。无线充电技术(电磁感应式或电磁共振式)提供更灵活续航方案:可设多个无线充电站点,设备低电量时自主前往充电后继续工作;或采用动态无线充电,铺设无线充电轨道让智能扫地机器人、智能拖地机器人等设备在移动中可以实时充电,实现不间断工作,拓展应用场景。

4 无线充电技术在智能家居中的应用前景

4.1 技术融合趋势明显,提升用户体验

通过将智能家居控制系统与无线充电设备进行融合,用户仅通过智能语音助手,借助手机app等多样化的途径,就可实现远程操作无线充电设备的开启与关闭,并且可以

调节充电功率，同时能够对充电状态进行实时监测^[10]。除此之外，无线充电技术同时也展现出比较强大的融合潜力，通过与人工智能、物联网等前沿技术的高度融合，可以高效实现设备之间的智能协同与联动，进而推动智能家居向更高层次、更加智能化层次的发展，从而为用户提供更加智能、高效、便捷的家居生活体验。

4.2 标准化进程加快，推动产业发展

当前无线充电技术领域呈现出多种标准，不同品牌、不同类型设备所遵循的技术标准存在差异。在一定程度上导致它们之间的兼容性表现欠佳，限制了无线充电技术在智能家居领域的广泛推广与深度应用。伴随着智能家居市场的持续攀升，以及产业的发展，无线充电技术的标准化进程正加速推进。行业内将逐步构建一套统一、完善的技术标准和接口规范体系实现不同品牌、不同类型智能设备与无线充电设备之间的互联互通。统一技术标准和接口规范的建立将降低企业的研发成本，同时也大幅度提高产品的通用性与兼容性，从而推进无线充电技术在智能家居领域中的大规模运用与快速发展。

4.3 性能持续提升，拓展应用场景

伴随着技术的快速发展与创新，无线充电技术的性能也逐渐持续提高，未来无线充电的传输效率也会随之提高，逐渐接近有线充电的效率，在一定程度上可以有效降低能量在传输过程中的损耗。另外，在传输功率范围方面，无线充电技术将展现出强大的扩展性与适用性，随着传输功率范围的逐渐扩大，可以有效满足大型家居设备的高功率无线充电需求。传输距离也会不断的增加，打破传统无线充电近距离传输的限制，进而提高传输效率。性能的提升将为无线充电技术在智能家居领域的应用开辟更为广阔的空间，如深入到大型家居设备的供电环节，为智能冰箱、智能洗衣机等大型家居设备提供无线供电，实现全屋无线供电的愿景。

4.4 成本逐步降低，普及程度提高

当前因无线充电设备成本相对较高，而对其的广泛普及与推广应用有了一些限制，今后随着技术的逐渐完善与成熟，生产规模的进一步扩大，以及产业链的完善，无线充电设备的研发成本也会随之下降。在今后无线充电板块可以更加广泛的嵌入类各家居家具之中，实现无线充电功能的全屋覆盖。通过成本的降低可以进一步推动该技术在智能家居领域中的广泛普及与应用，以便为更多用户提供更加便捷的体验感。

5 结论与展望

5.1 结论

无线充电技术凭借其具有灵活性、安全性、便捷性等

特点在智能家居领域中得到了广泛的应用场景。本文研究首先对当前三种主流无线充电技术的原理进行了深入的剖析。从小型便携式设备充电到中型设备供电，从低功耗传感设备补电到移动智能设备续航，无线充电技术能够有效解决传统有线供电方式在智能家居应用中的诸多问题，为用户提供了较大的便利性，同时也有助于提升家居环境的整洁性。

5.2 展望

在无线智能时代大踏步向我们走来的今天，智能家居已经走进百姓千万家，物联网、智能化已经深入人心。未来无线充电技术与智能家居的融合进程将迈向更深层，通过在全屋范围内构建无线充电网络，能够为各类智能家居设备提供无盲区、全方位的无线供电服务，这一变革将彻底消除有线的束缚，融入人们的日常生活中，推动智能家居进入全新的发展阶段。同时，将绿色能源技术融入到无线充电技术领域中，如借助太阳能、风能等丰富且可再生的清洁能源为无线充电系统供电，以高效的能量转换与存储装置实现能源的清洁与利用，减少了对传统化石能源的依赖，降低碳排放，为智能家居的可持续发展提供支撑。

【参考文献】

- [1]周建民.应用于移动电子设备的无线充电技术[J].集成电路应用,2014,1(4):34-36.
- [2]红刚,朱晓峰.智能家居供电系统研究[J].湖北农机化,2019,1(5):191-192.
- [3]范松海,李均龙,申世军,等.家用小功率电器的微波无线供电研究[J].电视技术,2015,39(9):48-52.
- [4]张柯炜,薛宇飞,强浩,等.多接收无线桌面充电系统设计[J].科技与创新,2022,12(23):171-173.
- [5]刘婵媛.基于物联网的智能家居系统研究与实现[D].中国北京:北京邮电大学,2012.
- [6]甘泉,胡桐逢.蓝牙技术与无线供电技术在智能家居中的应用[J].自动化与仪器仪表,2015,1(3):214-216.
- [7]薛明,杨庆新,章鹏程,等.无线电能传输技术应用研究现状与关键问题[J].电工技术学报,2021,36(8):1547-1568.
- [8]杨涛,刘兴,李健,等.无线射频能量收集系统设计[J].江西电力,2021,45(4):16-20.
- [9]刘洋,孙跃,王智慧,等.ICPT 系统中信号反向传输技术机理研究[C].重庆:重庆大学,2013.
- [10]吴枫.物联网传感节点的无线供电技术研究[J].单片机与嵌入式系统应用,2012,12(3):26-28.

作者简介：田义娜，毕业院校：河北科技大学，所学专业：电气工程及其自动化。