

无线电能传输技术发展 with 标准化工作现状

陈耀

(无锡市产品质量监督检验院, 江苏 无锡 214101)

摘要: 无线电能传输技术作为一门新兴、热点技术, 受到了日渐广泛的应用和关注。本文讲述了无线电能传输技术的发展和主要几种传输方式, 分析了无线电能传输技术相关的标准化工作现状。

关键词: 无线供电; 传输技术; 电磁感应; 磁共振; 无线充电; 电动汽车; 标准化

中图分类号: TM 912.9

文献标识码: B

文章编号: 1006-0847(2021)04-192-05

DOI:10.16679/j.cnki.21-1121.2021.04.011

Development and standardization of wireless power transmission technology

CHEN Yao

(Wuxi Institute of Supervision & Testing on Product Quality, Wuxi Jiangsu 214101, China)

Abstract: As a new and hot technology, wireless power transmission technology has been widely applied and concerned. This paper describes the development of wireless power transmission technology and the main transmission methods, and analyzes the status of its standardization work.

Keywords: wireless power; transmission technology; electromagnetic induction; magnetic resonance (NMR); wireless charging; electric car; standardization

0 引言

无线电能传输 (WPT), 是指无需导线或其他物理接触, 直接将电能转换成电磁波、光波、声波等形式, 通过空间将能量从电源传递到负载的电能传输技术^[1]。该技术实现了电源与负载之间的完全电气隔离, 相较于传统电能传输方式, 具有更加安全、可靠、灵活等优点, 尤其适用于一些特殊的应用场合, 因此无线电能传输技术受到了日渐广泛的应用和关注。

1 无线电能传输技术的发展

无线电能传输技术的起源可以追溯到电磁波的

发现。1865 年, 麦克斯韦提出麦克斯韦方程组, 理论上预见电磁波的存在。1888 年, 赫兹通过实验成功地“捕获”了电磁波, 从而为电信号的无线传输奠定了坚实的基础, 也为电能的无线传输提供了发展的可能。最早进行无线电能传输实验的是美国科学家特斯拉, 1899 年他利用 50 kHz 的交流电, 在没有导线物理连接的情况下, 成功点亮了一个远处的白炽灯^[2]。此后, 无线电能传输技术在科研人员的努力研究下不断发展、日趋成熟。

进入 21 世纪, 无线电能传输技术开始走向产品化, 发展迅猛。2005 年, 英国 SplashPower 公司研制的无线充电“SplashPad”上市, 可以实现 1 mm 内的无线充电。2007 年, 微软亚洲研究院设计和实现了一种通用型“无线供电桌面”, 将笔记本、手机等移动设备放在桌面上即可自动开始充电或供电。2010 年, 海尔公司推出采用无线电能传输技术的“无尾电视”。2012 年 6 月, 三星公司

收稿日期: 2021-06-25

发布了无线充电手机 Galaxy S III。2015 年苹果公司发布首款支持无线充电的设备 AppleWatch。2018 年 7 月，宝马向市场投放了其电动汽车无线充电系统。电动汽车只需停放于充电底座正上方，按下启

动按钮，即可开始充电。此系统支持安装在私人车库，其功率为 3.2 kW，3.5 h 内可充满 BMW 530e iPerformance 的电池。无线电能传输技术的部分应用场景见图 1。



图 1 无线电能传输技术的部分应用场景

目前，无线电能传输技术中，受到较多关注的主要有磁感应耦合式（电磁感应式）、磁耦合谐振式（磁共振式）、微波辐射式和激光方式技术^[3]。这四种技术的发展历史不同，各有优势，而日常生活中较为常见的应用，如手机无线充电和电动汽车无线充电，多数采用磁感应耦合式、磁耦合谐振式技术。

磁感应耦合式 WPT 系统主要包括整流滤波、高频逆变、原边补偿、可分离变压器、副边补偿和电流调理等^[3]。磁感应耦合式 WPT 技术通过高频电磁场的感应耦合作用实现可分离变压器两边的电能

传输。该技术原理简单，传输功率大，近距离传输效率高，但传输效率随传输距离的增大迅速减小，所以更适合短距离传输。

磁耦合谐振式 WPT 系统主要由高频电源、阻抗匹配网络、发射天线、接收天线和负载驱动电路等组成，其中发射、接收天线均由感应线圈和谐振线圈组成^[4]。磁耦合谐振式 WPT 技术通过磁耦合谐振作用下接收天线与发射天线发生耦合谐振，实现电能从发射端到接收端的高效无线传输（参见图 2）。该技术适合中等距离传输，电磁辐射小，但传输易出现误差，可传输功率仍不高。

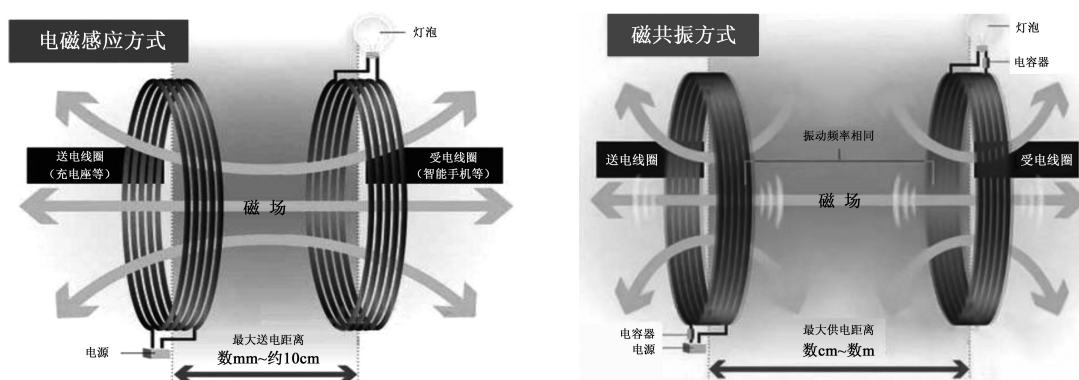


图 2 磁感应耦合式、磁耦合谐振式基本结构原理图

微波辐射式 WPT 系统主要包括微波功率源、发射天线和整流天线^[3]。微波辐射式 WPT 技术通过将电能转换成微波能量，经由发射天线聚焦后向

整流天线高效发射，实现电能在自由空间的传输。该技术可实现高精度定向能量传输，传输过程中损耗小，可传输距离较远，但对传输系统要求高，传

输效率不高, 能量利用效率较低。

激光方式 WPT 系统主要包括激光发射部分、激光传输部分和激光-电能转换部分^[3]。激光方式 WPT 技术通过将电能转换成特定波长的激光, 经由光学发射天线到光学接收天线, 实现电能自由空间的传输。该技术传输定向性好, 能量密度更高, 但传输损耗相对较大, 传输距离相对较短, 对传输系统要求高, 尚不够成熟, 有待进一步发展。

2 无线电能传输技术标准化现状

随着无线电能传输技术的不断发展, 与其相关

的标准化工作也随之启动, 日渐深入。当前, 国外除了有 IEC/TC100/TA 15 专业无线电能传输技术标准化组织, 还有无线充电联盟 (WPC)、AirFuel 等企业自发形成的团体组织在开展工作。这些标准包含了无线电能传输技术专业和应用领域, 同时国外团体组织制定的一些标准规范也被吸收升级为 IEC 标准。目前, 国内尚无专门的无线电能传输技术标委会, 而主要由无线电能传输应用领域的相关标委会在开展标准化工作。从标准数量和覆盖面上来看, 相较于国外, 国内的无线电能传输技术标准化工作力度需要进一步加强。现阶段, 无线电能传输技术相关的部分标准见表 1、表 2。

表 1 无线电能传输技术相关的部分国家标准

标准号	标准名称	归口单位
GB/T 34439—2017	家用电器 无线电能发射器	全国家用电器标准化技术委员会 (TC46)
GB/T 37132—2018	无线充电设备的电磁兼容性通用要求和测试方法	全国无线电干扰标准化技术委员 (TC79)
GB/T 37687—2019	信息技术 电子信息产品用低功率无线充电器通用规范	全国信息技术标准化技术委员会 (TC28)
GB/T 38775.1—2020	电动汽车无线充电系统 第 1 部分: 通用要求	全国汽车标准化技术委员会 (TC114)
GB/T 38775.2—2020	电动汽车无线充电系统 第 2 部分: 车载充电机和无线充电设备之间的通信协议	中国电力企业联合会
GB/T 38775.3—2020	电动汽车无线充电系统 第 3 部分: 特殊要求	中国电力企业联合会
GB/T 38775.4—2020	电动汽车无线充电系统 第 4 部分: 电磁环境限值与测试方法	中国电力企业联合会

表 2 无线电能传输技术相关的部分国际标准

标准号	标准名称	归口单位
ISO 19363: 2020	Electrically propelled road vehicles - Magnetic field wireless power transfer - Safety and interoperability requirements	ISO/TC 22/SC 37
IEC 61980-1 ed1.0	Electric vehicle wireless power transfer (WPT) systems - Part 1: General requirements	IEC/TC 69
IEC 61980-1 ed2.0	Electric vehicle wireless power transfer (WPT) systems - Part 1: General requirements	IEC/TC 69
IEC/TS 61980-2 ed1.0	Electric vehicle wireless power transfer (WPT) systems - Part 2: Specific requirements for communication between electric road vehicle (EV) and infrastructure	IEC/TC 69
IEC/TS 61980-3 ed1.0	Electric vehicle wireless power transfer (WPT) systems - Part 3: Specific requirements for the magnetic field wireless power transfer systems	IEC/TC 69
IEC/PAS 63095-1 ed1.0	The Qi wireless power transfer system power class 0 specification - Parts 1 and 2: Interface definitions	IEC/TC 100
IEC/PAS 63095-2 ed1.0	The Qi wireless power transfer system - Power class 0 specification - Part 2: Reference Designs Version.1.1.2	IEC/TC 100
IEC 62827-1 ed1.0	Wireless power transfer - Management - Part 1: Common components	IEC/TC 100
IEC 62827-3 ed1.0	Wireless power transfer - Management - Part 3: Multiple source control management	IEC/TC 100
IEC 63006 ed1.0	Wireless power transfer (WPT) - Glossary of terms	IEC/TC 100

续表

标准号	标准名称	归口单位
IEC 63028 ed1.0	Wireless power transfer - Airfuel alliance resonant baseline system specification (BSS)	IEC/TC 100
IEC/TR 63231 ed1.0	Consideration of energy efficiency in wireless power transfer technology	IEC/TC 100/TA 15
IEC/TR 63239 ed1.0	Radio frequency beam wireless power transfer (WPT) for mobile devices	IEC/TC 100/TA 15
IEC/TR 62905 ed1.0	Exposure assessment methods for wireless power transfer systems	TC 106

2.1 国内相关的主要标准化组织

全国无线电干扰标准化技术委员会 (TC79)，由国家标准化管理委员会筹建及进行业务指导。负责专业范围为负责全国无线电干扰等专业领域标准化工作。秘书处所在单位，上海电器科学研究院。

全国汽车标准化技术委员会 (TC114)，由工业和信息化部筹建及进行业务指导。负责专业范围为负责全国载货汽车、越野汽车、自卸汽车、牵引汽车、专用汽车、客车、轿车及汽车列车 (包括半挂车和全挂车)、摩托车和电动汽车和名词术语、产品分类、技术要求、试验方法等专业领域标准化工作。秘书处所在单位，中国汽车技术研究中心。

国家家用电器标准化技术委员会 (TC46)，由中国轻工业联合会筹建及进行业务指导。负责专业范围为负责全国家用和类似用途电器安全、性能、安装和维修等专业领域标准化工作。秘书处所在单位，中国家用电器研究院。

全国信息技术标准化技术委员会 (TC28)，由国家标准化管理委员会筹建，国家标准化管理委员会、工业和信息化部进行业务指导。负责专业范围为负责全国信息采集、表示、处理、传输、交换、表述、管理、组织、存储和检索的系统和工具的规范、设计和研制等专业领域标准化工作。秘书处所在单位，中国电子技术标准化研究院。

中国电力企业联合会是经国务院批准成立的全国电力行业企事业单位的联合组织，非盈利的社会经济团体。业务主管部门是国家能源局。国家电网公司为理事长单位，多个大型电力企业集团和华北电力大学为副理事长单位。

2.2 国外相关的主要标准化组织

IEC/TC 100/TA 15 Wireless Power Transfer (无线电能传输标准化技术委员会)，秘书处所在地为韩国。负责专业范围为：开发有关多媒体系统和

设备的无线功率传输 (WPT)，以及 WPT 发射和 WPT 接收功能之间的互操作性的国际出版物；协调 WPT 共同要素和 WPT 技术特定要素的标准框架；编写 WPT 系统规范、要求、功能体系结构、接口和相应的服务，用于设备级和系统级操作的管理和电源控制协议，以及 WPT 设备和系统的功耗和能效的测量方法。

ISO/TC 22/SC 37 Electrically propelled vehicles (电力驱动车标准化技术委员会)，秘书处为 DIN (德国标准化协会)，负责专业范围为电动道路车辆、电力推进系统、相关部件及其车辆集成的特定方面。

IEC/TC 100 Audio, video and multimedia systems and equipment (音频、视频和多媒体系统和设备标准化技术委员会)，秘书处所在地为日本，负责编写音频、视频和多媒体系统和设备领域的国际出版物，包括性能规范，消费类和专业设备的测量方法及其在系统中的应用，以及其与其他系统或设备的互操作性。

IEC/TC 106 Methods for the assessment of electric, magnetic and electromagnetic fields associated with human exposure (评估与人类暴露有关的电场、磁场和电磁场的方法标准化技术委员会)，秘书处所在地为德国。负责专业范围为制定有关测量和计算方法的国际标准，以评估人体在电场、磁场和电磁场中的暴露。任务包括表征人类暴露的电磁环境、测量方法，仪器和程序、计算方法、特定来源产生的暴露的评估方法 (只要特定产品委员会未执行此任务)、其他来源的基本标准、不确定性评估。

IEC/TC 69 Electrical power/energy transfer systems for electrically propelled road vehicles and industrial trucks (电动道路车辆和工业卡车的电力/能量传输系统标准化技术委员会)，秘书处所在地为比利时。负责专业范围为准备有关电动道路车辆和工业卡车 (以下称 EV) 的电力/能量传输系统的

出版物。该技术从可充电储能系统 (RESS) 汲取电流。传输功率/能量的可能性包括导电功率/能量传输, 无线电力/能量传输和电池交换。

无线充电联盟 (Wireless Power Consortium, WPC), 成立于 2008 年, 是首个以感应无线电能传输技术为基础的无线充电技术标准化组织。2010 年, WPC 发布了 Qi 标准, 同年 9 月 Qi 标准被引入中国。至 2020 年, WPC 有来自国内外行业各个细分市场的 464 个成员, 包括苹果、三星、微软、LG 电子、飞利浦、诺基亚、索尼、华为、中兴、小米、海尔等。

AirFuel 由无线电力联盟 (Alliance for Wireless Power, A4WP) 与电源事业联盟 (Power Matters Alliance, PMA) 在 2015 年合并而成, 致力于整合磁共振与磁感应技术, 推动统一的无线充电标准。支持该联盟的成员超过 200 个, 包括 Google、高通、三星、华为等。

3 结束语

无线电能传输技术作为一门新兴、热点技术,

(上接第 191 页)

参考文献:

- [1] 2020-2026年中国备用电源铅酸蓄电池市场全景调研与投资方向研究报告[R].[2021-02-18]. <http://www.ibaogao.com/baogao/04243301022020.html>.
- [2] 李现红. 双极性铅酸蓄电池发展概述[J]. 蓄电池, 2012, 49(6): 269-272.
- [3] 曲伟捷, 陈志雪, 郑树国. 双极性铅酸蓄电池基板技术概述[J]. 蓄电池, 2018, 55(5): 206-210.
- [4] 吴寿松. 水平铅蓄电池[J]. 电池, 1997(3): 136-138.
- [5] 王瑜, 魏杰, 童一波. 水平电池国内外相关技术发展状况[J]. 蓄电池, 2002(1): 33-35.
- [6] 刘宝生, 顾大明, 王振波. 水平铅酸蓄电池[J]. 蓄电池, 2012, 49(4): 184-187.
- [7] 曲学基. 新型的双极性铅酸蓄电池[J]. UPS 应用, 2014(8):17-21.

在研究和应用上还处于持续发展时期, 所以在技术研发、产品应用和标准化方面会有很多工作要做。相信在科技人员的不懈努力下, 无线电能传输技术将在移动设备、电动汽车、植入式医疗设备、家用电器等方面拥有广阔的应用前景。

参考文献:

- [1] 张波, 疏许健, 黄润鸿. 感应和谐振无线电能传输技术的发展[J]. 电工技术学报, 2017, 32(18): 3-16.
- [2] MARINICIC A, BUDIMIR D. Tesla's Contribution to Radio wave Propagation: TELSIKS 5th International Conference on Telecommunications in Modern Satellite, Cable and Broadcasting Service[C]. Nis, Serbia: IEEE Computer Society, 2001: 327-331.
- [3] 范兴明, 莫小勇, 张鑫. 无线电能传输技术的现状与应用[J]. 中国电机工程学报, 2015, 35(10): 2584-2600.
- [4] 郭爽. 磁耦合谐振无线能量传输线圈系统特性分析与优化研究[D]. 武汉: 武汉理工大学, 2016.
- [8] 石沫, 朱溢慧, 章小琴, 等. 双极性铅酸蓄电池的研究及进展概述[J]. 蓄电池, 2016, 53(3): 146-150.
- [9] 迟钝, 章晖. 铅布电池在国内的发展历程及工艺研究[J]. 电池工业, 2002(Z1): 165-168.
- [10] 汤序锋, 侯国友, 高根芳, 等. 连铸连轧拉网板栅电池制作及验证分析[J]. 蓄电池, 2017, 54(3): 125-129.
- [11] 内罗·帕斯奎尼. 聚丙烯手册: 第 2 版[M]. 胡友良, 等, 译. 北京: 化学工业出版社, 2008.
- [12] 付平, 常德功. 密封设计手册: Handbook of seal design[M]. 化学工业出版社, 2009.
- [13] 杨春园, 周新红. 塑料卡扣连接设计研究[J]. 汽车实用技术, 2018(12): 81-84.
- [14] 王荣伟, 杨为民, 辛敏琦, 等. ABS 树脂及其应用[M]. 北京: 化学工业出版社, 2011.
- [15] RAND D A J, MOSELEY P T, GARCHE J, 等. 阀控式铅酸蓄电池[M]. 郭永榔, 胡俊梅, 王丽, 等, 译. 北京: 机械工业出版社, 2007.