

中国电动汽车无线充电产业格局

1 中国电动汽车无线充电设备制造商、车企及研究机构

我国在无线充电技术商用探索中一直和世界保持着同步，主要是设备厂商直接与车企合作共同推动产业的发展，国内主流车企如上汽集团、一汽红旗、北汽新能源、长安汽车、东风汽车、广汽集团、吉利汽车、长城汽车等均在无线充电领域进行了装车尝试和技术积累。以中国科学院电工所、中国电力科学研究院、清华大学、重庆大学、东南大学、哈尔滨工业大学为代表的国内科研机构和高校已经在无线充电理论和样机领域有十几年的积累，培养了一批该领域专有人才。以中兴新能源汽车、华为等为代表的国内企业，在产品化研发方面持续投入，为无线充电的产业化发展积累了丰富的实践经验。在上下游产业链共同推动下，电动汽车无线充电规模应用“蓄势待发”。

1.1 中国电动汽车无线充电主要企业

1.1.1 中兴新能源汽车有限责任公司(ZXNE)

ZXNE 是中兴通讯集团旗下的全资子公司，于 2014 年独立研发出自主知识产权的新能源汽车用大功率无线充电系列产品，涵盖大功率无线充电、运营管理系统、停车/充电融合等全系列产品及完整解决方案，产品功率等级覆盖 3.3~60 kW。完成国内最多的无线充电乘用车(7 kW)及商用车(30 kW)商业化运营示范，运营里程超过 70 万 km。2019 年完成第 3 代电动汽车无线充电产品研制，具有互操作性，具备异物检测、生物检测及对齐引导等辅助功能。

ZXNE 拥有专利 150 余项，是国内电动汽车无线充电标准主要起草单位。在 2019 年初建设完成了符合车规 IATF16949 的无线充电生产线。

1.1.2 华为技术有限公司

华为技术有限公司自主研发了四代无线充电系统，出具备异物检测、生物检测和位置检测辅助功能。输入功率等级有 7.7 kW 和 11 kW，输出电压兼容高/低压平台。11 kW 的地面端具备对 9 种不同功率和离地高度等级接收段的兼容能力。拥有无线充电相关专利 70 多个，其中核心技术专利 30 多个，是国内电动汽车无线充电标准主要起草单位。

1.1.3 万安亿创(Vie)

浙江万安亿创电子科技有限公司(以下简称万安亿创)是万安集团旗下万安科技的全资子公司，专注电动汽车无线充电系统的研发与产业化应用，已研发出覆盖 3/7/11 kW 功率段的无线充电系统，集成异物检测、生物检测及自动导引等辅助功能。拥有授权专利 20 余项、受理专利 20 余项，是国内电动汽车无线充电标准主要起草单位。

1.1.4 中惠创智(Zonecharge)

成立于 2015 年 7 月，致力于无线供电技术的研发与产业化运营。拥有 3.7、7.7、11、22、30 kW 等多功率段双模(有线+无线)智能充电桩产品。公司目前已申请 200 余项专利，授权专利 100 余项。是国内电动汽车无线充电标准主要起草单位。

1.1.5 北京有感科技有限责任公司(INVISPOWER)

有感科技(INVISPOWER)已基于自主核心技术开发了全新一代电动汽车无线充电系统，功率等级覆盖 3.3~30 kW，配备了高性价比的主动安全检测装置。公司目前已拥有 150 余项自主知识产权的核心专利技术。公司在江苏南通建设了专业的新能源汽车无线充电制造基地，制造基地已通过 IATF16949 标准体系认证。

1.1.6 厦门新页科技有限公司(NewLeaf)

厦门新页科技有限公司(NewLeaf)于 2014 年 10 月创立，在电动汽车无线充电领域已经申请专利 146 项，获得授权专利 109 项。已研发出 2、3.3、6.6、30 kW 的电动汽车无线充电系统，研制出智能充电桩(有线+无线)并示范运行。牵头起草中电联《纯电动场(厂)内车辆无线充电系统技术条件》团体标准。

1.1.7 安洁无线科技(苏州)有限公司

安洁无线科技(苏州)有限公司于 2018 年 3 月成立，是安洁科技的控股子公司。公司专注于 7~11 kW 无线充电系统的应用化、量产化。公司已经提交专利申请 34 项，获得实用新型授权 6 项。

1.2 国内电动汽车主要研究机构

1.2.1 中国电力科学研究院有限公司

中国电力科学研究院有限公司(以下简称中国电科院)是能源行业电动汽车充电设施标准化技术

委员会无线充电标准化工作组秘书处单位，也是全国电磁兼容标准化技术委员会(IEC/TC77 国内归口)及其 A 分会与 C 分会的秘书处单位。在“十二五”期间先后承担了国家电网公司“中短程无线电力传输技术及安全标准研究”、“在线监测设备共振磁耦合无线供电技术研究及电源研制”等项目的研究工作，设计并构建了六组百瓦级电磁共振式无线充电试验系统，其谐振频率分别为 150 MHz、250 MHz、500 MHz、1 MHz、2 MHz 和 4 MHz，深入研究了不同频率不同距离无线充电的电磁、功率及效率特性。

无线电能传输技术实验室构建了完善的无线充电试验平台，包括磁传输特性分析和实验平台、大功率高频逆变电源研究测试平台、电磁环境测试平台等，拥有矢量网络分析仪、高频和标准电源、信号发生器、瞬态功率分析仪、相放大器、三轴高斯计、电磁辐射分析仪等研究和测试设备。同时，无线电能传输技术实验室是国内首家具备电动汽车无线充电系统 CNAS 检测资质的实验室。实验室配备的六轴可编程测试平台针对无线充电标准要求，能够模拟不同偏移、旋转等场景下的测试环境。



图 1 中国电科院无线充电实验条件

电磁兼容实验室拥有 1 座 10 m 法半电波暗室、1 座 3 m 法全电波暗室和 5 间屏蔽室。其中，10 m 法半电波暗室归一化场地衰减(NSA)达到 ± 2.0 dB 以内，场地电压驻波比(SVSWR)达到 ± 4.0 dB 实验室。



(a) 十米法半电波暗室



(b) 整车测试

图 2 中国电科院无线充电试验环境

1.2.2 中国科学院电工研究所

中国科学院电工研究所车用能源系统与控制技术研究部成立于 2003 年，主要从事电动汽车无线充电技术的理论与工程研发，同时也开展电动汽车智能化技术、动力电池管理技术等方面的研究工作。

研制了输出功率为 3.3 kW、6.6 kW、30 kW 等的系列化电动汽车无线充电系统，应用于北汽 EV150、EV200、EU260 等多款车型。其中研发的 3.3 kW 电动乘用车无线充电系统开展了小规模示范运行，进行 6 个多月的实车跟踪测试，实现了无线充电系统在不同季节、不同环境下的可靠运行。

1.2.3 清华大学

清华大学电机系大容量与新型电力传输研究团队自 2010 年起开始无线电能传输领域的研究，其研究涵盖了基本传输理论、高频电磁场分析、磁耦合机构设计、高频变换器、系统控制等方面，并开展了面向电动汽车等电气化交通领域的无线充电应用研究和产业推广，至今已成功研发从 5 kW 到 30 kW 的多套电动汽车无线充电装置，其中部分已顺利进行装车实验。

清华大学汽车安全与节能国家重点实验室是我国汽车行业国家重点实验室。在电动汽车无线充电方面，围绕无线充电最优构型、磁场设计、补偿电路、相位控制、动态充电、异物检测、互换性等关键技术开展研究工作，申请发明专利 9 项。

1.2.4 重庆大学

重庆大学无线电能传输技术研究所组建于 2002 年，团队一直从事无线电能传输技术的研究，研究方向涵盖了系统建模及优化、电磁热综合、系统控制、动态无线充电等技术领域。拥有“无线电能传输技术国际联合研究中心(国家级)”、“中国—新西兰无线电能传输技术国际联合研究中心”(市级)。“无线电能传输技术重庆市工程研究中心”等科研基地。在国际国内重要刊物上发表高水平论文

200 余篇，受理与授权国家专利近 200 余项，出版“无线电能传输技术与应用”专著 1 部。

1.2.5 东南大学

东南大学无线电能传输技术团队自 2006 年来一直从事电动汽车无线充电领域的研究工作，在电动汽车无线充电技术的传输理论与建模、无线充电系统空间电磁场分析与优化、无线充电系统电磁屏蔽分析、高效磁场聚能分析、电磁兼容能力与可靠性技术、高性能电力电子变换器、高效磁耦合机构优化设计技术、电动汽车无线充电技术的工程应用等方面研究。申请发明专利 80 余项。2012 年研制出磁谐振式无线充电的纯电动汽车，2018 年在苏州同里参与设计、建设了世界首条具备电动汽车动态无线充电功能的“三合一”电子公路。

1.2.6 哈尔滨工业大学

哈尔滨工业大学无线电能传输技术研究所自 2006 年开始无线电能传输技术领域研究，目前重点在电动汽车移动式动态无线供电技术，以及非移动式静态无线充电技术。

1.2.7 天津工业大学

天津工业大学无线电能传输技术中心自 2006 年开始，以无线电能传输系统电磁场建模、计算、设计与优化为特色，重点开展大功率无线充电、高距径比输电、动态充电等技术问题与应用技术研究。

2 中国电动汽车无线充电商业化应用与市场发展情况

我国高度重视电动汽车无线充电技术商业化应用，大部分主流车厂对无线充电系统进行了前瞻研究，并进行了技术应用示范。从 2014 年开始，全国共部署了十几条商用车无线充电示范线。2016 年初建立了首条乘用车移动式无线充电示范道路。

2.1 商用车无线充电应用发展情况

2012 年 6 月，中兴新能源就研制出无线充电第一代样机。2014 年推出“智慧无线充电”，重点应用到城市公交大巴。先后在郑州、成都、襄阳、张家口、大理、丽江、贵阳、长春、惠东等全国 30 多个城市开通了无线充电公交线路。

2014 年 9 月 17 日，中兴与东风合作的国内首条大功率无线充电公交商用示范线在湖北襄阳启动。

2.2 乘用车无线充电应用发展情况

2018 年 4 月 23 日，上汽荣威在北京发布了电动 SUV Marvel X，搭载 AR 导航+无人泊车+无线充电，是世界上第一台搭载无线充电系统的纯电动量产车。



图 3 国内首条商用车无线充电示范线



图 4 上汽荣威 MARVEL X 发布会中无线充电介绍

2019 上海国际车展上，广汽新能源推出的全新 AION S 展车，AION S 可以选配无线充电装置，充电功率达到 11 kW。



图 5 广汽 AION S 无线充电展示车

2019 年上海车展上，北汽展示了一款配置了无线充电的样车，输出功率为 6.6 kW。



图 6 北汽无线充电后装样机

2.3 动态无线充电应用发展情况

广西电力科学研究院于 2012 年开始研究无线充电，与重庆大学合作于 2016 年 5 月建成了一条 33 m 的电动汽车移动式无线充电实验路段。该路段

可以实现一辆移动中的模型电动车辆无线充电。其供电端采用长直导轨结构。



图7 国内首条动态无线充电示范线

2016年1月，中国电力科学研究院建设了电动汽车无线充电示范线。实验路段长度181m，移动式无线充电功率为20kW，转化率达80%，磁场强度远低于国际标准27μT，行驶速度可超过60km/h。



图8 中国电科院动态无线充电示范线

2018年，江苏省电力公司牵头，东南大学、重庆大学等单位参与研发的集光伏公路、无线充电和无人驾驶三项技术融合应用的“三合一”电子公路在苏州市建成。“三合一”电子公路全长约500m，宽3.5m，动态无线充电系统采用了磁耦合谐振式无线电能传输技术，动态充电效率达85%。



图9 苏州同里“三合一”电子公路

3 中国电动汽车无线充电产业现状小结

目前，国内无线充电的基础标准已经建立，初步确定了无线充电系统技术体系，无线充电技术已经在电动汽车上实现产品化，产业化进程已经迈过积累期，正处于市场探索期。无线充电互操作标准和产品性能要求将逐步完善，无线充电系统产品化正在逐渐成熟，将率先在电动汽车中高端车型和私人场所中得到应有，同时，在场(厂)内电动汽车无线充电、立体停车库等领域已经开始推广。

在技术体系方面，国内相对国际有一定的差距。从系统功能细分来看，技术方面差距主要体现在辅助功能的原始技术方案层面，主要原因是在异物检测、活物检测以及引导对齐的技术研究起步相对较晚。而在功率传输、通信及控制等方面，国内外技术基本同步，在技术方案存在较大差异化的情况下，能够在系统关键指标(系统效率、功率因数、满功率充电范围、EMF等)方面保持与国际基本一致。

在标准体系建设方面，国内相对国外有6~9个月的滞后，这是由于关键的互操作性涉及的系统技术方案层面存在较大的差异化，需要在行业内进行大量的测试及验证工作。在中国电力企业联合会以及中国汽车技术研究中心的组织下，国内的设备制造商、车企以及研究机构正在积极推动相关测试验证工作，以支持标准体系的不断完善。

在产业化进程方面，国内也相对滞后一年左右时间。但根据目前国内车企的规划，在2022年以后将有相关车型投入市场，在量产时间点方面与国外基本同步。

作为未来灵活的充电方式，我国针对电动汽车无线充电产业进行前期探索很有必要。随着该技术的不断完善，同时结合中国智能电网的建设，其在电动汽车智能充换电服务网络方面的应用必将大大推动电动汽车的大规模应用。产业化成熟之前，立体车库、专用场站、示范试点等无线充电项目得以发展。实现电动汽车无线充电系统间的互联互通，满足电动汽车无线充电系统互操作性，是电动汽车无线充电技术在公共领域普及应用的关键。