

# 电动汽车的无线充电技术

□ 安森美半导体 / Majid Dadafshar

随着动力传动系统从内燃机向电动机发展，汽车行业正在经历史上最大的变化时期之一。虽然现代电动汽车（EV）续航里程方面的技术进展显著，但对于采用的最大障碍之一是消费者担心受困于电池没电，即所谓的“里程焦虑”。



为应对这一挑战，大多数努力都致力于让电池变得更好、车辆能效更高，但其他方法也开始崭露头角。其中最有趣的就是为EV无线充电的能力，这使得电池在车辆运行且无需“硬接线”与电源连接的情况下也能充满电。半导体技

术对于成功的电动汽车无线充电（WEVC）起着重要的作用。

采用新技术涉及一个变化的过程，不同于那些似乎享受“变化”本身的早期采用者，这对于许多主流消费者来说可能很难。鉴于EV处于发展初期，里程焦虑常被认为是

其速度低于预期的一个原因。即使充满电，除了用于本地通勤之外，一般EV的续航里程都远远小于汽油动力车辆。这意味着在家以外的充电似乎会成为一种必要。此外，充电站远没有加油站那样普遍，导致（用户）有可能并担心受困。最后，尽管电源管理技术的进步使得充电时间得以大幅减少，但仍然比传统加油站要长得多。

虽然充电基础设施正在快速扩张，尤其是像大众汽车这样的公司在美国投资20亿美元用于清洁汽车基础设施，这也是其为处理柴油机排放丑闻的努力之一。但许多公司正在寻找其他方式，能够更便利地对车辆进行充电。其中一个正在讨论和评估中的关键技术是无线充电，特别是最终能够动态地为车辆

充电。

虽然许多人视无线充电为新技术，但其实它已有百年历史。早在1894年，在纽约市，Nikolai Tesla为整个实验室的电灯供电，证明了该技术的可行性。但此后就几乎再无进展，直到最近移动设备的增长使这项技术再度崭露头角，主要是因其为用户带来的便利。

### 无线技术工作原理

原则上，无线充电的工作方式与有线充电非常相似。电源电压转换为直流电（DC）并用于为电池充电。在较高的功率水平下，会使用功率因数校正（PFC）级。大多数基于主电源的充电器使用电流隔离变压器，这是有线和无线充电器之间的本质区别。

在有线应用中，变压器是一个带有核心的单元，可确保初级产生的（几乎）所有通量都能耦合到次级。这确保了高水平功率传输，进而助力构建高能效的充电器。

为了打造无线充电器，变压器被分为初级和次级，初级（发射器）保留在充电器中，次级（接收器）位于将要充电的设备中。初级和次级之间的距离将因应用而异，并会对充电器的性能产生重大影响。

通过将核心替换为“空气”，通量传输减少。如果在基于核心的变压器中，耦合系数 $k$ 近似为1，那么在无线应用中， $k$ 值将接近0.25。实际值将与两个线圈之间的距离成反比，且如果初级和次级未对准，则实际值也将减小。

然而，通过在初级和次级引入磁共振可改善这种情况。通过使用

两个调谐电路，功率以特定的频率传输，且与非谐振方法相比，功率传输的能效可近乎翻倍。

这种方法的另一优点是具有更好的电磁干扰（EMI）性能，这对无线充电的大规模推广至关重要。它还允许使用诸如零电压开关（ZVS）或零电流开关（ZCS）等技术，这两种技术对于实现极高能效的功率传输都起着重要作用。

### WEVC的当前状态

即使在可预见的将来，插线式的电源仍然是对深度放电电池进行充电的最佳方法，但WEVC的目标是在车辆行驶时为电池充电。在车辆使用之时为其充电的能力可助力实现更长的续航里程，或可采用更小的电池，进而通过减少电池/整体车重来提高续航里程。

近年来，许多学术机构和公司都参与了开发原型系统以实现WEVC。一些系统的设计目标是静态WEVC，比如Fraunhofer Institute for Integrated Systems and Device Technology (IISB) 开发的系统，该系统将线圈置于靠近车辆前部的位置，从而显著减小了线圈尺寸。

2017年，Regional Transit Authority of Central Maryland展示了静态充电系统的另一项应用。他们沿路安装了一个静电充电站，让巴士在等待乘客上下车时能够充满电。如此一来，电动公交车现在能够完成（交通）网络内的任何路线。

当然，最终目标是让车辆能够在高速公路快速行驶的同时进行充电，并且许多公司在这方面取得了进展。高通公司的动态电动汽车充

电（DEVC）系统已展示出能够在96km/h左右的高速公路行驶速度下提供高达20kW的功率。在其它的重要进展中，日本汽车制造商本田发表了一篇关于大功率动态充电的论文，描述了对一个充电功率为180kW（600V直流电、300A电流条件下）的系统进行的测试，其可在高达155km/h的行驶速度下充电。

虽然每种方法都取得了巨大飞跃，但各种方法的互通性至关重要，为此，美国汽车工程师学会（SAE）最近发布了SAE J2954标准，这是全球首个针对功率水平高达11kW的无线功率传输的规格。

### 结语

无线充电是克服EV发展阻力（例如里程焦虑）的关键，并对该技术在全球范围内的采用起着重要作用。早期的推行（如马里兰州的公共汽车系统）起到了作用，但像高通和本田等公司正在测试的动态充电计划终将实现EV的最终目标，即具有超越汽油动力汽车的无限续航里程和便利性。

这场革命的核心是半导体器件，它们终将提供所需的能效和可靠性，使这些理论性的方案成为大规模生产的现实和成功。安森美半导体是一家在此方面非常活跃的公司，在电源管理和高能效电源转换方面拥有广泛的经验。在其产品范围内，安森美半导体提供全面的产品系列，包括高能效IGBT和MOSFET等分立式开关器件、MOSFET驱动器、电压和电流管理系统、AC-DC控制器和稳压器、智能功率模块和电池管理产品等。

**AUTO1950**