



节能EV技术专辑

第 06 辑



# 电动汽车

[日] 晶体管技术编辑部 编 EV编辑部 译

## EV 动态无线电能传输技术

专题

- 伴随 EV 自动驾驶时代的动态无线电能传输技术
- 磁共振无线电能传输
- 动态无线电能传输的实时最大效率控制
- 无传感器电能传输开关控制系统
- 无人机不能稳定飞行?
- 决胜时速40km

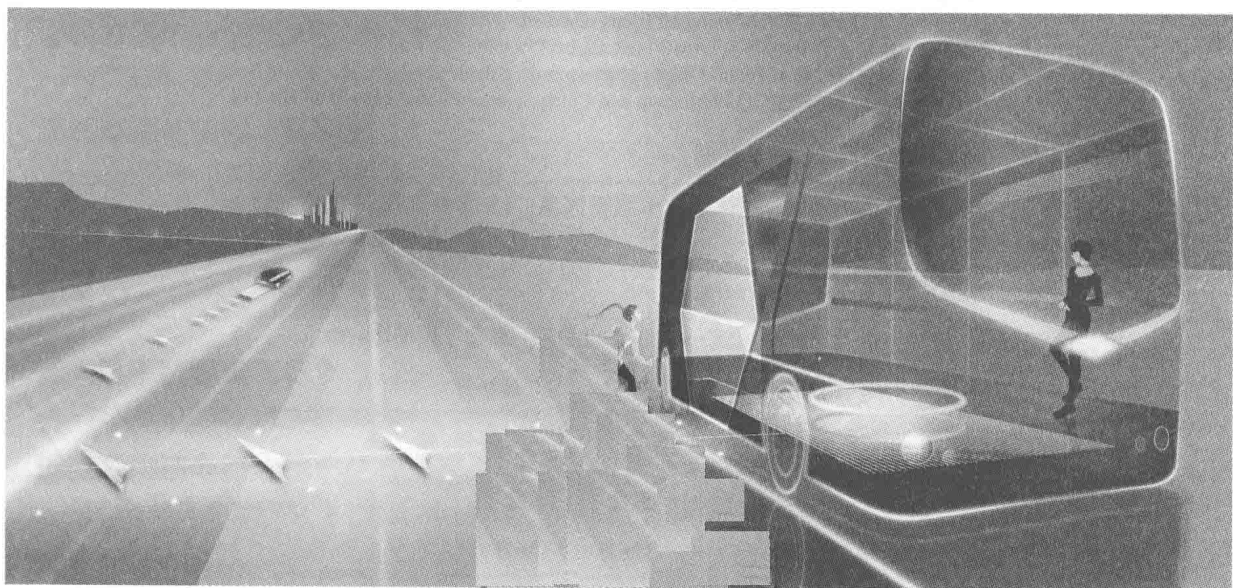


科学出版社

第 06 辑

# 电动汽车

〔日〕晶体管技术编辑部 编  
EV编辑部 译



科学出版社

北京

图字：01-2017-3335号

## 内 容 简 介

本书是《电动汽车》技术专辑的第6辑，主题是EV动态无线电能传输技术，主要内容包括中国、欧洲、日本的EV无线充电现状，欧洲的新型EV动向，动态无线电能传输技术，磁共振无线电能传输，动态电能传输的实时最大效率控制，无传感器电能传输开关控制系统，无线电能传输实用化问题，还介绍了无人机能不能稳定飞行、逆变器倍压电路方面的内容，举例讲解了配备无刷发电机的健身车的充电系统、使用锂离子电池模块驱动滑板车的制作过程，以及连载的EV驱动电机基础和木制EV卡丁车的设计制作。

本书可用于本科、高职高专院校的电机、电子、汽车相关专业的教学，也可用作电动车行业的入职培训，以及创客、创新比赛的参考用书。

MOTOR エレクトロニクス/MOTOR Electronics No.6

Copyright © 2017 by CQ Publishing all rights reserved.

“MOTOR エレクトロニクス”(MOTOR ELECTRONICS)is Registered Trademark of CQ publishing (at Japan Patent Office). Its use in the title of this book is licensed by a special agreement between CQ Publishing and China Science Publishing and Media Ltd.

### 图书在版编目(CIP)数据

电动汽车.第6辑/(日)晶体管技术编辑部编;EV编辑部译.—北京:科学出版社,2018.11

ISBN 978-7-03-058797-8

I.电… II.①晶… ②E… III.电动汽车-研究 IV.U469.72

中国版本图书馆CIP数据核字(2018)第212426号

责任编辑:杨 凯 潘玉卿/责任制作:魏 谨  
责任印制:张克忠/封面设计:MATHRAX 张 凌

北京东方科龙图文有限公司 制作

<http://www.okbook.com.cn>

科学出版社 出版

北京东黄城根北街16号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

天津市新科印刷有限公司 印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

\*

2018年11月第 一 版 开本:787×1092 1/16

2018年11月第一次印刷 印张:8 3/4

字数:280 000

定价:58.00元

(如有印装质量问题,我社负责调换)

# 目 录

## 专题 EV 动态无线电能传输技术

中国、欧洲、日本的EV 无线充电现状 .....	001
——MIT发布磁共振无线电能传输技术后10年	
欧洲的新型EV动向 .....	014
——始于2016年巴黎车展	
伴随EV 自动驾驶时代的动态无线电能传输技术 .....	018
——与静态无线电能传输技术的差别及必要性	
选择磁共振无线电能传输方式 .....	029
——在行驶中实现高效率、大功率、远距离传输	
动态电能传输的实时最大效率控制 .....	037
——基于理论的控制系统设计	
无传感器电能传输开关控制系统 .....	052
——根据发射侧阻抗变化检测车辆接近并进行电能传输控制	
无线电能传输实用化问题 .....	064
——安全措施、法律制度和高性能元件开发	

## 解说

无人机不能稳定飞行? .....	072
——直升机和多旋翼无人机的比较	
逆变器倍压电路让输出功率提高4倍 .....	083
——2016年筑波CQ EV卡丁车比赛经验	
决胜时速40km .....	098
——回顾2016年筑波CQ EV卡丁车比赛结果	

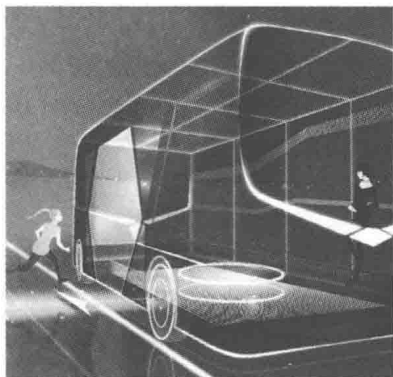
## 制作

配备无刷发电机的健身车充电系统制作 .....	100
使用锂离子电池模块驱动滑板 .....	105

**连载**

---

<b>EV 驱动电机基础</b> .....	109
——在加速模拟中思考电机的规格	
<b>木制EV卡丁车的设计与制作</b> .....	125
——三维CAD建模	



## 中国、欧洲、日本的 EV 无线充电现状

—— MIT 发布磁共振无线电能传输技术后 10 年

[日] 横井行雄 执笔 | 吴慧敏 译

EV (电动汽车) 的短板是续航距离。当然, 可以通过增大电池容量来延长续航距离, 但这会导致能源效率极度低下。而且, 由于电池造价较高, 车辆的制造成本也会较高。在此背景下, 2007 年, 麻省理工学院 (MIT) 发布了磁共振无线电能传输技术。据此, EV 无线电能传输时代可能即将来临。如果无线电能传输成为现实, 那么就算减小车载电池的容量, 也能使 EV 续航距离延长。如今 (2016 年), 距此项技术成果发布已近 10 年。全世界的 EV 充电技术以及无线电能传输技术, 现在发展如何? 笔者曾考察过中国和欧洲, 他们的 EV 无线电能传输实用化领先一步。

(编者按)

传输是 EV 无线电能传输技术研发热潮突然兴起的一大契机。

在此之前, 也有机构进行过无线电能传输实用化的研究。研究主要利用谐振磁场, 以电磁感应的方式传输电能, 但有效距离只有几厘米。而麻省理工学院的磁共振技术, 电能传输距离为 2m 时的充电效率为 40%, 1m 时甚至可达 90%, 效率惊人, 但实现方法极为简单。当时, 这项技术的发表对很多无线电能传输研究人员造成了不小的冲击 (图 1)。

与此同时, 无线电能传输技术的研究引起了全球范围的广泛关注。移动设备等各个领域均开始了无线电能传输实用化的研发, 相关研发人员也如雨后春笋般涌现出来。

汽车产业也是如此。随着 EV 的普及, 民众对无线电能传输实用化的期望也随之高涨。

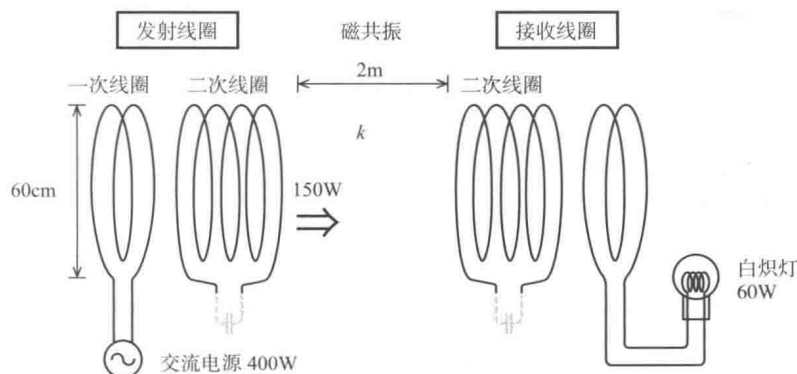
### 汽车无线电能传输即将实用化

#### ● 磁共振无线电能传输技术带来的冲击

2007 年美国麻省理工学院发布的磁共振无线电能

#### ● 低功耗无线电能传输技术

距麻省理工学院发布冲击性的研究成果已有 10 年, 无线电能传输技术也在稳步发展, 实用的标准化



MIT 成员



图 1 麻省理工学院发布概要

工作正在进行中。

功率在 15W 以下的电磁感应无线电能传输技术，国际通用标准为 Qi（读作 qi），已在智能手机非接触式充电设备中普及。有些车型也搭载了该技术，使用的人不在少数。

汽车动力方面，针对 EV 的普及，无线电能传输实用化的研究也在积极推进。技术层面，并非电磁感应式与磁共振式二选一，而是边融合两种技术，边逐步实现标准化和制度化。

### ● 汽车无线电能传输技术的发展

日本是世界领先的正式开始销售 EV 的国家，其 EV 无线电能传输技术的研发也理应处于世界领先地位。事实上并非如此。

在中国，政府对环境和新能源车的政策引导，很大程度促进了 EV 的普及。另外，在欧洲，受德国大众柴油排放门的影响，各欧系车厂接连发布了燃油车转 EV 的计划。在此之前，接触式大功率充电已经开始实现商业化。

接下来谈一谈中国、欧洲、日本的无线电能传输技术应用的新动向，包含乘用车 EV、公共汽车、卡车等公共交通工具。

## EV 的历史

### ● EV 的出现早于燃油车

EV 于 19 世纪末面市，早于燃油车。时速最先突破 100km 的也是 EV。1900 年的巴黎世博会上，保时捷展示了其自主设计的 EV。

之后，电池性能以及尚未完善的充电条件限制了 EV 的发展，EV 的续航不能做到与燃油车旗鼓相当。因此，EV 的发展滞后，而燃油车迎来了全盛时代。

### ● 排放控制

二十世纪末，汽车尾气造成了严重的空气污染，美国加州等地针对环境制定的法规更加严格。此时，没有尾气排放的 EV 变得备受欢迎。

但是，电池成本较高和使用寿命较短等问题，限制了 EV 的普及。HEV（混合动力车）恰好结合了燃油车和 EV 的优点。HEV 搭载的电池容量远小于 EV，虽然造价高于燃油车，但当 HEV 行驶在红绿灯较多的街头时，能够有效降低油耗和用车成本，因而受到欢迎。

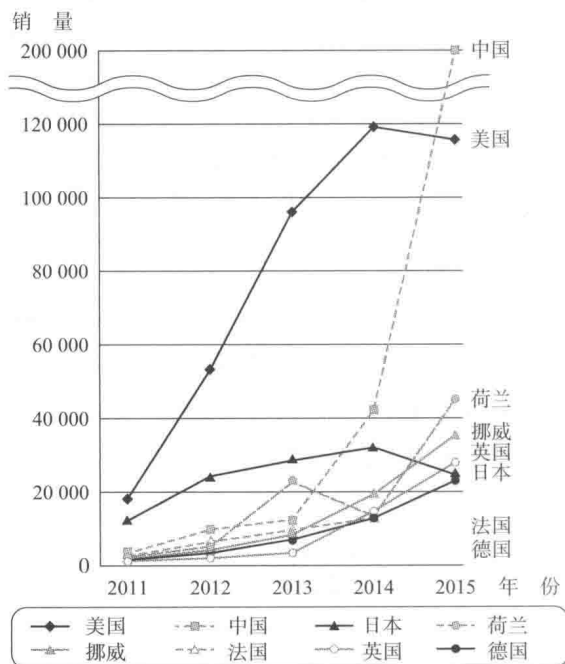
大多数欧美国认定的环保车为 EV 和 PHEV（插电式混合动力车），不包括 HEV。

## EV 市场的当今世界格局

### ● 近五六年 EV/PHEV 需求激增

从日本经济产业省公开的世界 EV/PHEV 销售走势图（图 2）不难看出，2011 ~ 2015 年这两种车型的销量激增。

美国各州制定了不同的环境法规，如加州的 ZEV 法案<sup>①</sup>等，因此 EV/PHEV 销量直线上升也在意料之中。



数据来源：  
荷兰、挪威、法国、英国、德国来自 European Alternative Fuels Observatory (EAFO)，  
中国、美国来自 MarkLines，日本来自日本汽车制造商协会 (JAMA)。

图 2 各国 EV/PHEV 的销量变化  
日本经济产业省 EV/PHEV 产品蓝图讨论委员会报告<sup>[1]</sup>

① ZEV (Zero Emission Vehicle)，指排放量为零的交通工具。ZEV 法案规定汽车厂商销售的 ZEV 销量必须占所有车型销量的一定比例。美国加利福尼亚州于 1990 年启动此法案，并逐渐加强了管控力度。违反该法案将面临巨额罚款，ZEV 法案在世界范围内，也算是非常严格的环境管控规定。从 2018 年开始，此法案更是增加了“ZEV 法案 2018 年问题”，在加利福尼亚州销量超过 2 万的车企均为管控对象（包含欧洲进口的车辆）。新的法案规定，HEV 及 PHEV 不再属于 ZEV 车型，只有纯电动汽车和燃料电池汽车 (FEV) 属于 ZEV；每家车企两种 ZEV 的销量必须占总销量的 2% 以上。而在欧洲，PHEV 仍被认定为环保车。

中国的EV销量也呈现了引人注目的增长。作为新能源车元年的2014年，政策实施带来的影响是巨大的。

### ● 世界EV市场在扩大

那么，在欧美，EV是如何普及的呢？

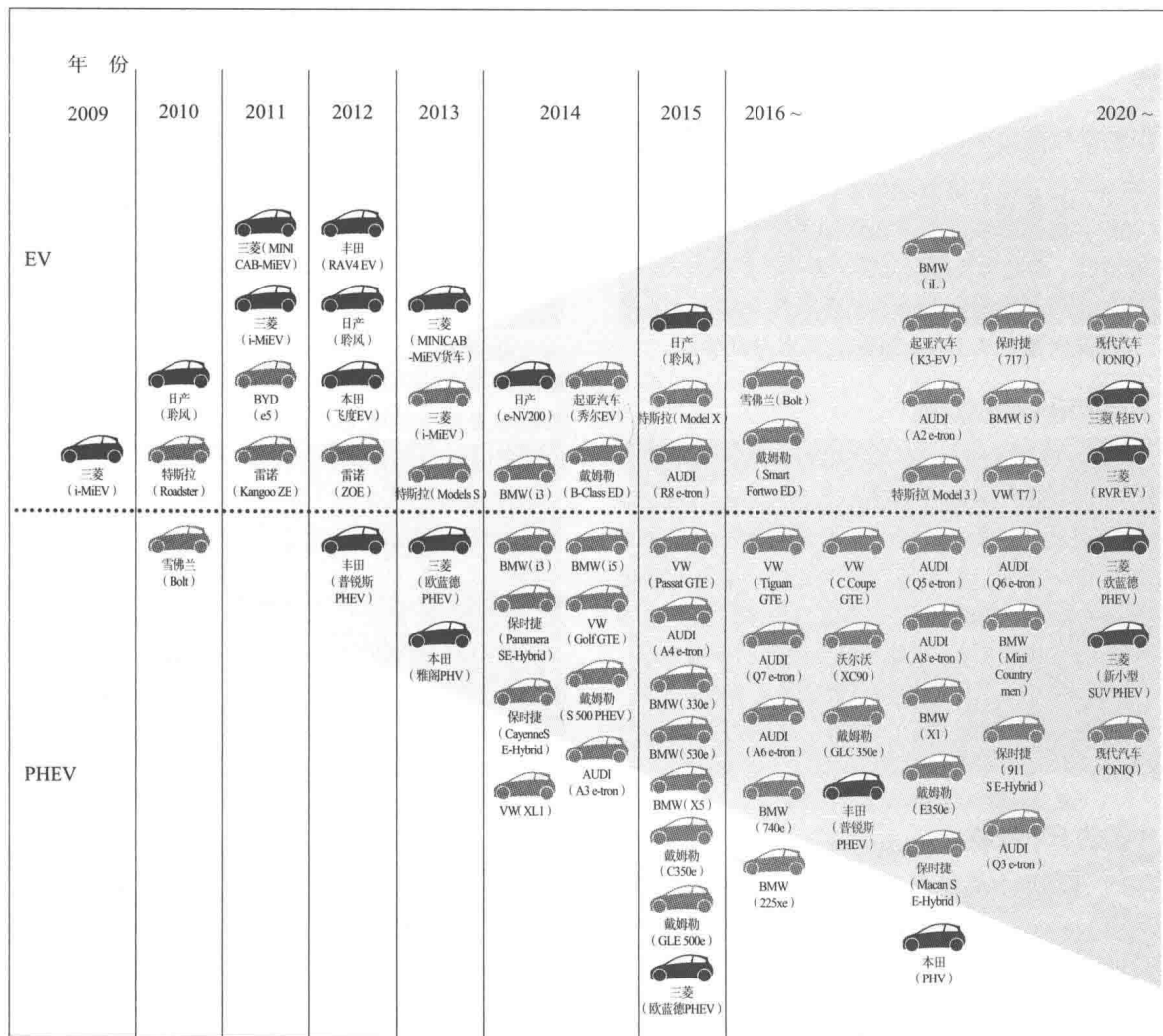
2015年，美国特斯拉公司<sup>①</sup>销售了5万辆轿车型EV“Model S”，德国大众的EV“e-Golf”<sup>②</sup>在挪威销售了1万辆。

日本虽说也是EV和PHEV的主要需求国之一，但HEV占据EV市场份额的一半，2015年的EV与PHEV总销量为2.5万辆左右。

从车型数量的走势也可以明确该趋势。根据日本经济产业省（图3）所整理公布的量产EV/PHEV车型数量走势图可知，日产早在2009年早早推出了聆风，但现在欧美和中国都在大力推进新能源车发展。欧美车企宣称未来7年内将会向市场投放40款EV以及140款PHEV。

在2016年9月举办的巴黎车展上，多个欧系品牌（大众、奔驰、欧宝等）全方位展示的都是EV和PHEV车型，而非HEV车型。另外，有的品牌还发布了柴油车转EV的战略计划。

在欧洲，电动汽车经常被称为“e-mobility”（图4）。



数据来源：欧洲品牌来自AVERE European Alternative Fuels Observatory，亚洲和美国品牌基于新闻报道

图3 2009年起量产的EV/PHEV车型  
日本经济产业省EV/PHEV产品蓝图讨论委员会报告<sup>[1]</sup>

① Tesla Motors, Inc., 一家美国电动汽车公司，总部位于美国加利福尼亚州硅谷，主要销售车型有2008年发布的“Tesla Roadster”跑车，2009年发布的“Model S”轿车，2016年发布的量产版“Model 3”（2017年上市）。

② “e-Golf”是德国大众旗下的电动汽车。德国大众在欧洲还投放了“e-Up!”。

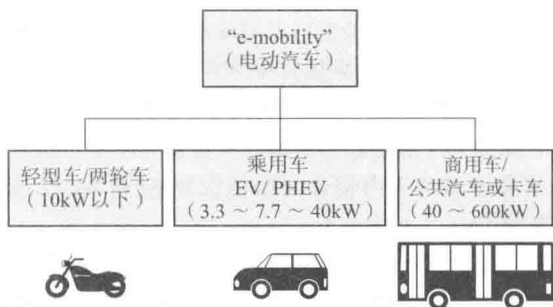


图4 电动汽车 (“e-mobility”) 的种类 (不含 HEV)

## 中国无线电能传输技术的发展

### ● 中国空气污染严重

笔者一直从事无线电能传输技术的开发和普及工作，今年有机会考察了中国和欧洲无线电能传输技术的发展情况，在此对其进行介绍。首先从中国开始。

当代中国工业化和机动化的迅速发展带来了严重的空气污染问题，从 PM<sub>2.5</sub> 数据上可以得到印证。

### ● 上海世博会示范实验

上海世博会 (2010 年) 期间，中国展示了普及 EV 的决心。当时，得益于锂离子电池及双电层电容器等的性能提升，各种电动公共汽车投入使用，承担着整个世博会的交通运输大任。当时采用了多种充换电方式，如在公共汽车站点设立受电弓充电设备 (电容公共汽车用)，换电站 (锂离子电池公共汽车用) 等。

另外，还引入了 1 000 辆新能源车 (300 台 EV，500 辆 HEV，200 辆 FCV)，进行了低碳社会智能电网的实验。

### ● 中国的 EV 战略

为了改善空气污染状况，中国积极推进新能源车的普及，第一阶段是基础研究和商品开发阶段，于 2001 ~ 2009 年实施了《国家高技术研究发展计划》 (“863” 计划)。第二阶段是示范和普及推进阶段，于 2009 ~ 2013 年实施了《新能源汽车示范推广应用工程》 (“十城千辆工程”)，发放新能源车购车补贴。

随着北京等地的空气污染问题愈发严重，中国的新能源车普及工作进入了第三阶段：政府于 2014 年开始实施综合措施，以达到全面普及新能源汽车的目的。到 2015 年，中国的 EV 销量达 24.8 万辆，PHEV 达 8.3

万辆，为日本的 10 倍以上<sup>[2]</sup>。

截至 2014 年 6 月，中国国家工业和信息化部批准的清单里已有 100 家公司约 130 个车型。中国计划到 2020 年实现新能源车占机动车保有量的 30% 以上，EV 和 PHEV 的累计销量达 500 万辆。

### ● 中国采用换电方式取得了成功

中国倾全国之力施行新能源战略，无论是大学、研究机构还是企业，都在尽力推进 EV/PHEV 充电设备的研发工作。

换电方式在欧洲未能普及 (曾经有公司开拓相关业务后退出)，但在中国上海世博会期间，中国的电动公共汽车采用换电方式取得了成功。

### ● 中兴推动了无线电能传输技术的发展

通信设备制造商中兴通讯一直致力于无线电能传输技术的研发。2013 年 10 月，在北京召开的联合国欧洲经济委员会 EVE (Electric Vehicles and the Environment) 第 7 次会议中，中兴通讯针对无线电能传输技术的发展以及公司战略做了报告。

2014 年 9 月，中兴与中国三大汽车制造商之一的东风汽车合作，在湖北省襄阳市开始展开中国首个公共汽车专用无线电能传输系统的配置和服务。而今，无线充电电动公共汽车在中国各地均已投入使用。

在中国，中兴是仅次于华为的第二大通信终端和专业通信服务供应商。

### ● 接触式充电和快速充电设备

中兴研究所除了研究无线充电，还从事有线充电的研发工作 (图 5)。研究所内规划了无线充电和直流快速充电两种停车场，可按照需求选择不同的充电方式 [图 5 (b)]。

这个停车场配备的 2 个 90kW 的直流快速充电设备 [图 5 (c)]，比日本 CHAdeMO 方式的充电功率大。采用的充电口为中国规格，也属于国际标准的一种 [图 5 (d)]。

### ● 无线充电设备的规格

无线充电设备 (电源盘) 安装在直流快速充电设备的旁边 [图 6 (a)]，为 2 个 60kW 充电设备。充电速度为 6kW/min，充电 4min 可以行驶 17km。

无线充电的充电线不是从电源盘直接接出的，而是停车场充电板下面埋设的电线 [图 6 (b)]。无线充电的工作方式是，与埋在地下的 RFID 通信，自动开

始充电 [图 6 (c)]。

实际应用时,像公共汽车这类车体较高的车辆,采用的是放下车体侧受电板的充电方式 [图 6 (d)]。



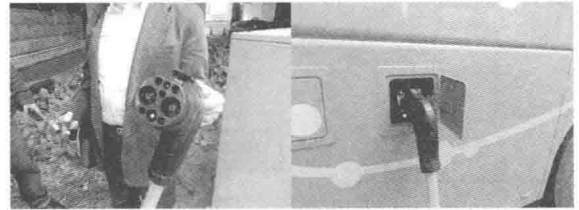
(a) 插电式交流(非直流)充电设备



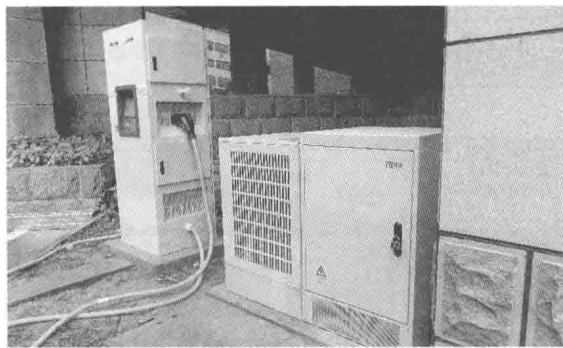
(c) 直流快速充电设备90kW×2个充电口



(b) 停车场同时配有直流快速充电设备和无线电能传输设备  
图 5 中兴研究所的接触式充电设备



(d) 中国规格(国际标准之一)的直流充电线



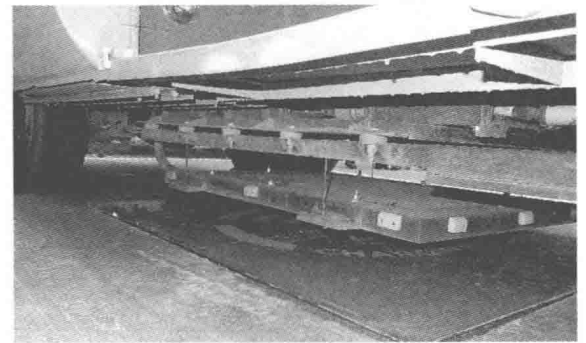
(a) 充电电源(左用于直流快速充电,右用于无线电能传输)



(c) RFID负责检测接收线圈的位置



(b) 充电板



(d) 车体侧受电板正在下降

图 6 中兴研究所内的无线电能传输设备

## ● 中兴的战略

中兴研究所内设立了一个非常大的展区,主要展

## 专栏 A EV无线充电与地域差异

### ◆ EV 的充电方式

EV 的动力之源——电池，必须通过外部电源充电。充电方式多种多样，大致可分为两类（图 A.1）。

#### （1）接触式电能传输

现在主流的充电方式为插线接触式电能传输。因为全球范围内尚未统一 EV 充电器的规格，各国纷纷推出了各自的标准。这也是 EV 普及需要去除的阻碍之一。

频繁拔插充电器非常不方便，不利于 EV 的市场竞争，但像中国这样作为国家战略推广新能源车的情况除外。

#### （2）无线电能传输

无线电能传输可实现自动电能传输，只要解决成本问题，欧洲、日本等地的 EV 一定会蓬勃发展。

### ◆ 无线电能传输的间隙

无线电能传输的间隙是一个重要的技术关键词。这个间隙指的是充电时发射线圈和接收线圈之间的间隙，这个间隙必须大于 10cm。当然，间隙越小，充电效率越高。

2007 年麻省理工学院发布的磁共振无线电能传输技术，解决了磁感应无线电能传输技术的瓶颈——间隙。自此，民众对无线电能传输技术普及的期望更加强烈了。此后经过 10 年的时间，技术、制度以及标准化均取得了较大进展，无线电能传输技术在乘用车 EV 领域的应用也日趋成熟（图 A.2）。

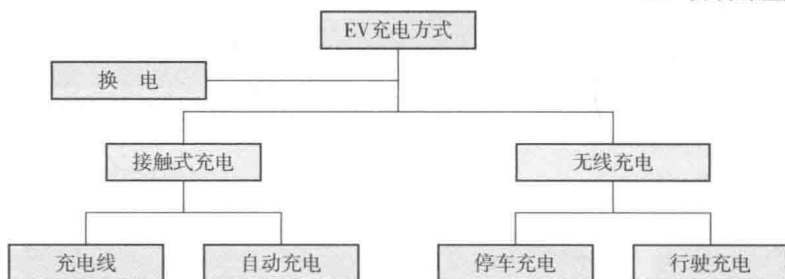


图 A.1 EV 的充电方式

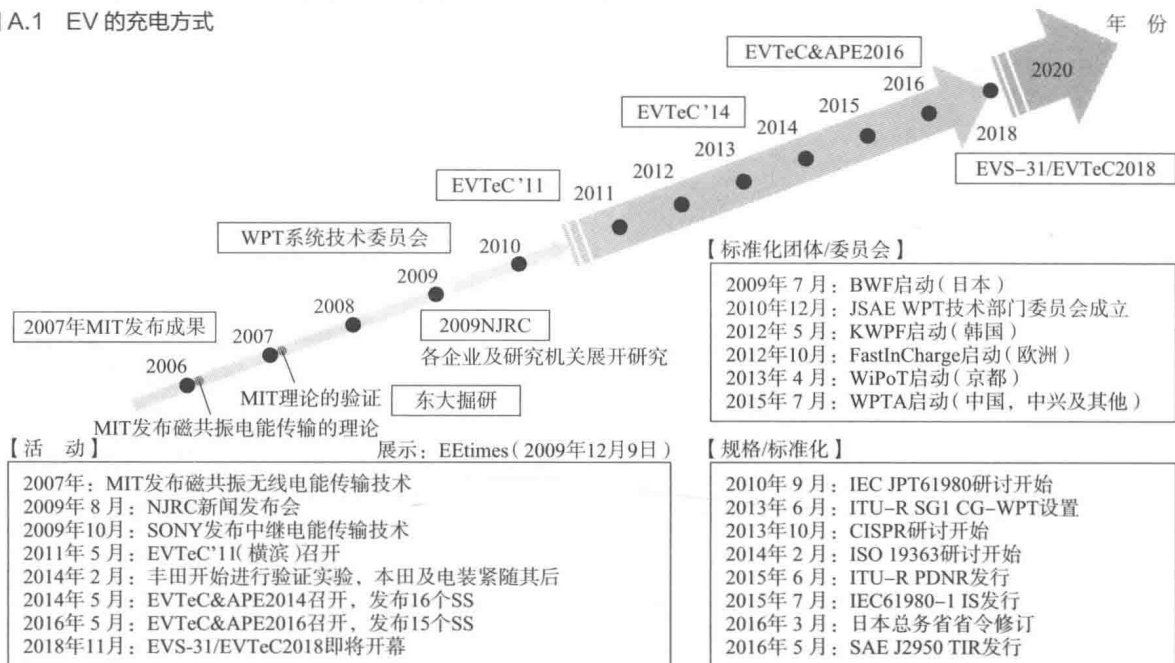


图 A.2 MIT 报告后的 10 年

◆ 磁共振的原理和间隙

EV 无线充电采用的是磁共振电能传输方式，发射侧共振器输送电能，接收侧谐振器接收电能（图 A.3）。无线电能传输的关键是传输效率（做功 = 充电）：

$$\text{传输效率} (\eta) = \text{功} / \text{总消耗电能} = f$$

式中， $f$  为品质因数，取决于耦合系数  $k$  和  $Q$  值。

间隙扩大，则  $k$  值变小，以电路的角度来看，提高  $Q$  值可避免效率低下（图 A.4）

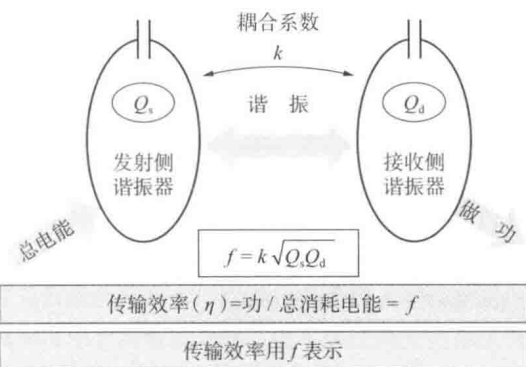


图 A.3 麻省理工学院发布的磁共振原理

在磁感应无线电能传输中，不考虑  $Q$  值，谐振器（线圈）越接近， $k$  值越大，效率越高。

◆ 国际标准的制定非常重要

要想乘用车无线电能传输技术得到广泛应用，各车企必须采用统一的技术，确保其兼容不同车型。有线电能传输技术也必须解决这一问题。IEC（国际电工委员会）也在探讨推进标准化。

乘用车 EV 方面的国际标准已经完备，EV 车体、充电设备、所有与电力设备相关的部分都要实现标准化（图 A.5）。

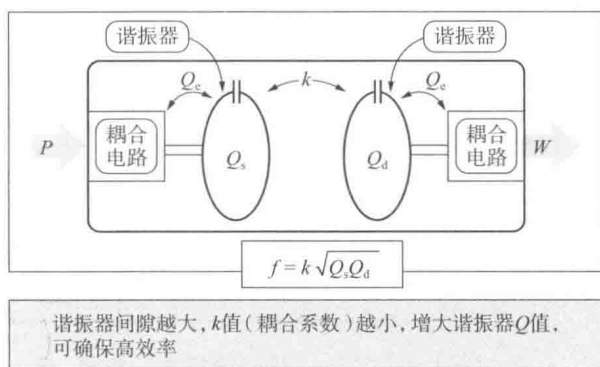


图 A.4 提高  $Q$  值可确保效率

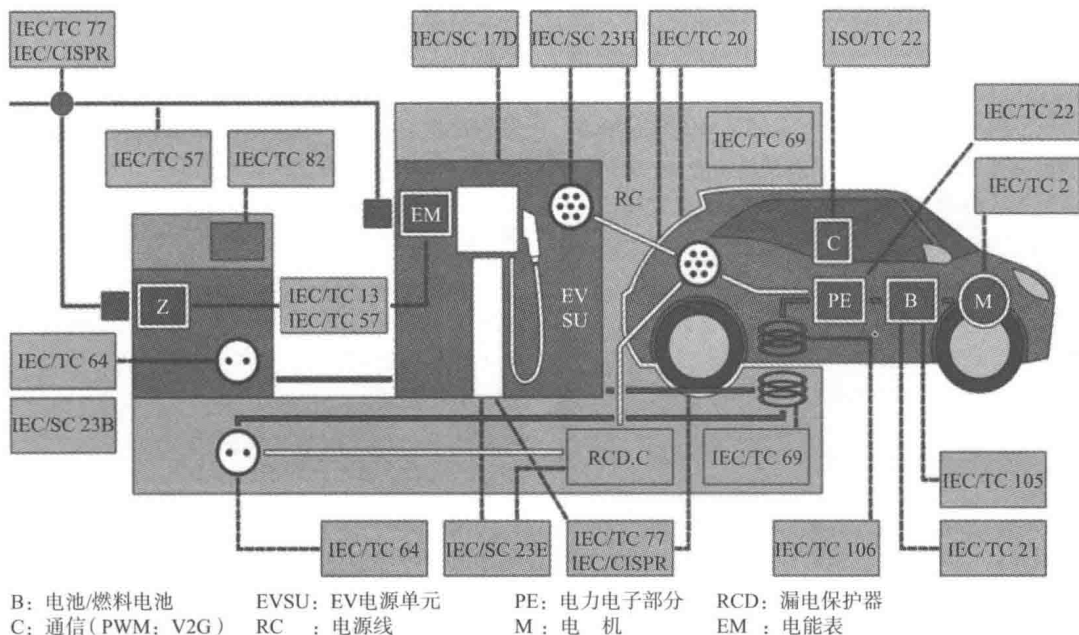


图 A.5 IEC 中 EV 相关国际化的部分

示通信设施、PHS、手机等终端机器，还使用机器人演示无线充电的场景，非常具有说服力，能让人切身感受到无线充电的前景（图7）。

近5年来，中兴不仅致力于在全国范围内推广电动公共汽车，还建立了中型商用车、乘用车EV等的充电技术的全线开发体制，为世界竞争做好了准备。三种车的无线充电规格见表1。

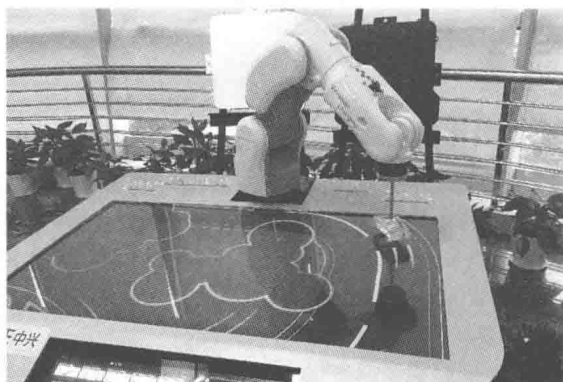


图7 WPT 演示装置

表1 中兴支持的各车型无线电能传输规格

	电动公共汽车	中型EV	普通EV
输出	30/60/120kW	20/40kW	3.3/6.6kW
间隙	16 ~ 25cm	16 ~ 25cm	7 ~ 13cm
位置差	± 15cm		± 15cm
频率	85kHz	85kHz	85kHz
效率	90% 以上	90% 以上	90% 以上
电池电压	DC 380V	DC 220V	DC 220V
输出电压	490 ~ 630V	260 ~ 430V	260 ~ 430V
线圈尺寸	1m <sup>2</sup> 以下		600mm × 600mm × 厚度 (地面线圈 43mm, 车体线圈 30mm)

## 欧洲 EV 充电技术的发展

### ● 欧洲 EV 发展的背景

欧洲没有像美国特斯拉那样典型的专业EV公司，但是欧洲的EV技术十分先进。提到汽车排放规定，大多会想到美国加州的ZEV法案，但其实欧洲对环境的重视程度丝毫不亚于美国。

在德国，EV的普及是官民一体共同推进的国家基础建设工程。与欧洲环保之都，主推风能、太阳能等自然能量的汉堡一样，许多城市都致力于环保车辆的普及。

### ● 从清洁柴油车到EV

一直以来，清洁柴油车在欧洲一直被认为是最环保的汽车能源。以德国大众柴油排放门为转折点，民众开始青睐EV。

2016年6月16日，身陷舆论漩涡的德国大众发布了2025年中期战略“TOGETHER”。该战略提到：

至2025年，EV全球年销售总量要达到300万辆。

排放门东窗事发后，德国大众宣布了加快EV、PHEV转型的战略方针。

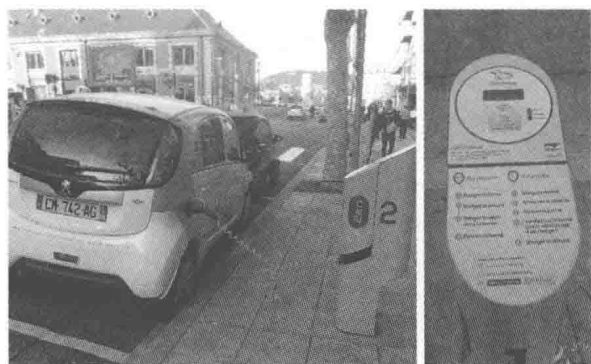
目前，德国大众的明星车型“Golf”“up！”系列提供EV车型，但其销量仅占总销量的1%。而到2025年，大众要将这一比例提高至25%。

### ● 欧洲的交流充电和多功能充电设备

欧洲城市的一般家庭多用交流电源，EV充电设备也一样。其中非常有名的是巴黎的AutoLib，从2011年10月开始，这里安装了约4000台充电设备。火车站及机场附近均安装了充电桩，有许多车辆充电，图8所示为法国尼斯中央车站的附近。交流充电的时间较长，随着EV的普及，提高使用效率成为一大课题。

欧洲提出了一种国际标准：将COMBO式直流快速充电、日本CHAdeMO快速充电、交流充电组合在一起，形成多功能充电桩，投入使用。

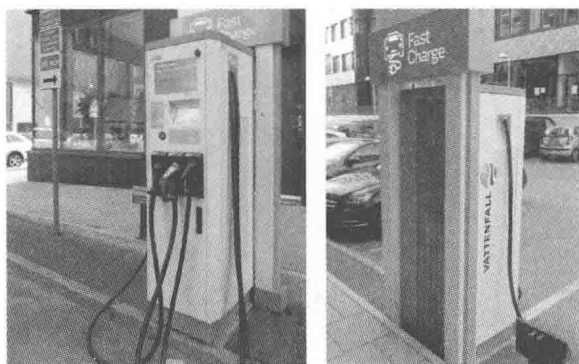
图9所示为安装在北欧斯德哥尔摩的一家电力能源公司Vattenfall办公室旁的多功能充电装置。



(a) 车站前充电的场景

(b) 充电设备控制板

图8 法国尼斯的交流充电设备



(a) 道路侧有

(b) 站在人行道上看到的样子

交流、COMBO、CHAdE-MO  
三种充电模式,满足不同需求

图9 瑞典斯德哥尔摩的多功能充电装置

## ● 欧洲城市街头的试运行电动公共汽车

欧洲首先引进的是使用充电线的接触式充电设备,现在已经开始在公共汽车上进行无线充电路测。

英国米尔顿凯恩斯市有商用的无线充电电动公共汽车。德国使用了庞巴迪运输公司<sup>①</sup>的技术,也在几个城市展开了路测。

另外,欧洲 ZeEUS<sup>②</sup>计划的其中一个项目是推广自动充电、无线充电公共汽车运行系统。图10所示为伦敦双层公共汽车,它在白天使用无线快速充电,夜晚则使用插电慢速充电。仅无线快速充电无法满足需求,所以同时采用接触式充电。

## ● 接触式自动充电公共汽车

接触式自动充电公共汽车在欧洲各地很常见。这种公共汽车架设了专用受电弓,行驶时降下,进站停车时升起,进行快速充电。图11所示为斯德哥尔摩市的公共汽车使用受电弓充电的示例。

采用接触式自动充电方式的案例有很多。瑞典ABB公司和日内瓦签订了合约,将提供日内瓦从机场到市区线路的上升式自动充电EV。

这种方式与上海世博会见到的公共汽车如出一辙。而在上海,传统的无轨电车也在向可充电式发展。

较之无线充电,大型车辆采用接触式自动充电的优点是成本低。接触式自动充电是今后非常具有竞争力的充电方式。

## ● 高通公司与庞巴迪公司的积极行动

2016年3月,日本总务省率先对输出功率在7.7kW以下、使用子频率的无线充电设备,制定了简单的制度,建立了一个型式认证系统。IEC和ISO等组织也一直在研究电动乘车的国际标准,并制定了一些规范。

为此,日本、欧洲、美国等国家和地区的汽车和机械制造商进一步加大了设备开发的力度。



(a) 电动双层公共汽车



(b) 埋在地下的电动双层公共汽车电能传输设备

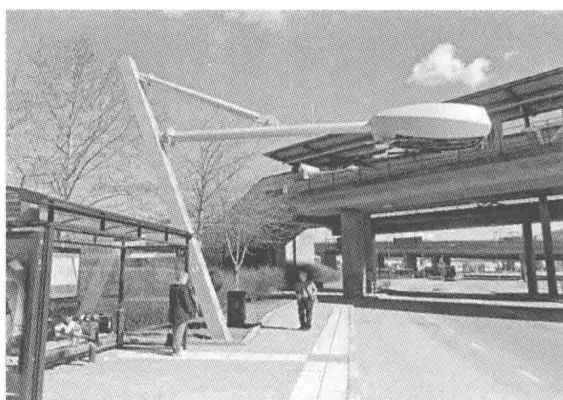
图10 伦敦双层公共汽车专用无线充电设备

① 庞巴迪运输公司(Bombardier Transportation)是庞巴迪集团的铁道部门,总部在德国柏林,主要业务是在加拿大的重工业。

② ZeEUS(the Zero Emission Urban Bus System)意为零排放城市公交系统,是正在欧洲普及的电动公共汽车系统的项目,目的是保证城市交通的环保和可持续性。2014年率先在欧洲8个城市开展了长达42个月的示范性实验,其总部位于比利时的布鲁塞尔。



(a) 正在充电的电动公共汽车



(b) 地上电能传输设备

图 11 斯德哥尔摩市公共汽车站采用受电弓的超高速充电设备

智能手机 IC 巨头高通公司收购了新西兰的 Halo 公司，积极展开 EV 无线电能传输技术的研发工作（图 12）。即使只是一个线圈或电源单元，研究人员都希望自己的研究成果能够成为标准。收购公司的主要目的是获得许可和拓宽销售渠道。

笔者在写这篇文章的时候，高通公司公布：2018 年款奔驰 PHEV “S550e” 可选择安装无线电能传输系统 Halo（图 13）。虽说仅是选装，但也算迈出了无线电能传输实用化的第一步。

前面提到的欧洲从事铁道 / 航空机械研发、制造



(a) 无线电能传输车



(b) 无线电能传输使用的线圈

图 12 高通 Halo 无线电能传输设备



(a) 高通充电系统 Halo 和奔驰



(b) 2017年款奔驰PHEV “S550e”（在售）

图 13 高通为奔驰 S550e 提供的专用无线充电系统  
来源：高通和戴姆勒的公开消息

的庞巴迪公司，也非常热衷于无线充电系统的开发，并向一些大型机械和乘用车制造商积极宣传广推自己的产品（图 14）。

通信设备制造商德国西门子公司也在研发接触式和无线自动充电技术。



图 14 庞巴迪公司开发的 EV 车载无线电能传输系统“PRIMOVE”——该设备用于笔记本电脑，而非 EV

## 日本无线充电的发展

### ● 日本很早涉及无线电能传输技术的研发

2009 年 8 月，长野日本无线电株式会社宣布开发出了磁共振无线电能传输系统。2010 年 12 月，日本汽车工程师学会（JSAE）设立了无线电能传输系统技术委员会。

之后，丰田和本田汽车公司对乘用车 EV 也开展了实验评估。

图 15 所示为三井不动产与 IHI 在柏叶示范住宅共同开展实验评估的情形。这里展示了未来智能家居的场景，可以用智能手机或室内电视对住宅进行管理。

### ● 早稻田大学的无线电能传输公共汽车项目

早稻田大学在 2002 年前后利用公共研究基金，开始进行验证实验。还参与了东芝与全日空合作的羽田机场项目，评估公共汽车（大中型）和乘用车 EV 的通用系统（图 16）。

### ● 北九州的电动公共汽车

日本北九州市交通局在北九州下一代能量公园投放了往返若松站的再生能源公共汽车，这些车辆使用

公园发电设备产生的电能（图 17）。

再生能源公共汽车的电池驱动系统是三菱重工制造的，车体是韩国制造的，采用充分利用地理位置优势的方法。



(a) 无线电能传输样板房



(b) 无线电能传输输电板



(c) 智能手机可以用作显示器和控制器

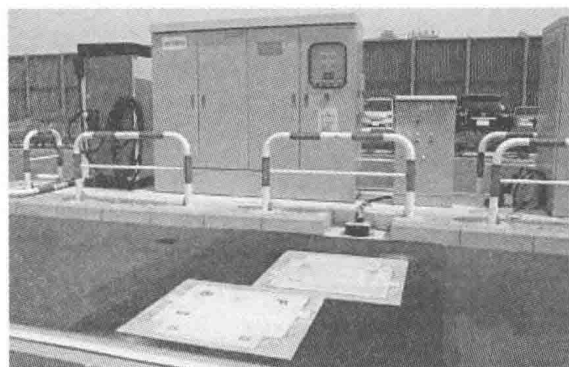
图 15 IHI 和三井不动产共同推出的无线电能传输系统和智能控制系统



(a) 无线电能传输公共汽车



(a) 京都街头的电动公共汽车



(b) 无线电能传输设备和输电板

图 16 早稻田和东芝共同开发的无线电能传输公共汽车



(b) 丰国神社附近的充电车库

图 18 京都快速电动公共汽车



图 17 北九州能量公园的太阳发电板和电动公共汽车

### ● 京都的快速电动公共汽车

从 2016 年开始, 5 辆比亚迪电动公共汽车加入京都快速公交系统, 每天往返于京都站(八条口)、京都女子大学、四条河原町之间(图 18)。

充电采用的是双系统交流充电器。每天晚上在东山丰国神社附近的充电车库为第二天运行的车辆充电。这条线路混编了柴油车, 运气好的话, 或许能搭乘电动公共汽车。

## 无线充电技术今后的发展

本文简单介绍了中国、欧洲和日本的 EV 充电发展现状。提起 EV, 首先想到的应该是乘用车型。而在欧洲, 公共汽车和货车等大型公共交通运输车辆在电动化的普及中扮演着重要的角色。自行车、摩托车等轻型交通工具的电动化浪潮也正席卷而来。

日本修订了总务省省令, 以适应乘用车无线充电的发展, IEC、ISO 也正在制定国际标准。不久的将来, 搭载无线充电系统的量产 EV 一定会面市。另外, 正如在欧洲看到的, 公共汽车和货车等大型商用车会优先采用接触式自动充电技术。

只要中国坚持新能源车的普及战略(从目前中国的环境状况来看应该会持续), EV 的发展壮大就不会停止。