

# 1 绪 论

电动汽车主要包括纯电动汽车、混合动力汽车和燃料电池电动汽车三种。不同的电动汽车具有不同的出行特性，这取决于它们的运营特性和电池特性。电动汽车接入电网充放电会对电网造成影响，这种影响有利有弊，对电网来说既是机遇也是挑战。因此，出现了电动汽车与电网互动技术，如 V2G 技术能实现电网与车辆的双向互动，合理地进行充放电统一部署控制策略，使新能源大规模并网成为可能。充电站能够为大量电动汽车提供集中快速充电服务，为延长电动汽车的行驶里程打下基础，其广泛布局对于电动汽车的推广和普及具有决定性的作用。

## 1.1 电动汽车发展背景

(1) 能源危机。

\* 电动汽车接入电网对电能质量的影响

目前世界上使用的能源主要包括石油、天然气和煤炭等。传统汽车使用的燃料主要包括从石油中提炼出来的汽油和柴油等，近些年也有不少汽车使用天然气。但这些能源资源都是有限的，根据 2017 年最新发布的《BP 世界能源统计》中提供的统计数据，石油仍然是世界的主要燃料，占有所有能源的近 1/3。2016 年，全球已探明的石油储量为 17 070 亿桶，按照目前的消耗速度，只够满足 50.6 年全球的生产需要，能源危机迫在眉睫。

作为世界上最大的发展中国家，我国的资源和环境问题尤为突出，我国的石油储量和开采非常有限。截至 2016 年年底，我国已探明的石油储量为 257 亿桶，仅为全球石油总储量的 1.5%。但同时我国又是能源消耗大国，近十年来我国石油消耗量逐年增加，目前已成为仅次于美国，位居世界第二的石油消耗大国，其中 2016 年较十年前的消耗量增加了接近一倍。这样的发展趋势导致我国原油对外依存度将越来越高，表 1.1 为国家统计局关于近 10 年中国原油对外依存度的统计数据。我国石油对外依存度的持续偏高使得国家能源安全的压力不断增加，制约着经济社

会的和谐健康发展，由表 1.1 可知 2016 年我国石油对外依存度高达 65.9%，创历史新高。

表 1.1 近 10 年我国原油对外依存度

年份	原油生产量/万吨	原油进口量/万吨	原油出口量/万吨	原油对外依存度
2016	19 969	38 101	294	65.9%
2015	21 455	33 549	287	61.3%
2014	21 143	30 837	60	59.4%
2013	20 992	28 174	162	57.5%
2012	20 748	27 103	243	56.9%
2011	20 288	25 378	252	55.9%
2010	20 301	23 768	303	54.3%
2009	18 949	20 365	507	52.5%
2008	19 044	17 888	424	49.0%
2007	18 632	16 316	389	47.2%

我国原油对外依存度增幅如此迅速的原因主要因为近些年汽车消费的快速增长。根据公安部统计，截至 2017 年底，我国汽车保有量达 2.17 亿辆，2008—2017 年汽车保有量增长趋势如图 1.1 所示。汽车保有量迅速增长导致了石油消耗量的急速攀升，我国汽车交通运输行业消耗的石油占全社会石油总消费量 60% 的份额，而交通运输行业消耗的全部能源

\* 电动汽车接入电网对电能质量的影响

中，石油所占的比重更是高达 93%。随着汽车保有量的上升，未来汽车燃油消耗在我国石油消耗中的比例将会继续提高，传统的能源体系将难以应对这种飞速发展的情形。面对如此严峻的能源形势，用新能源替代传统燃油，大力发展新能源汽车成为一个趋势。

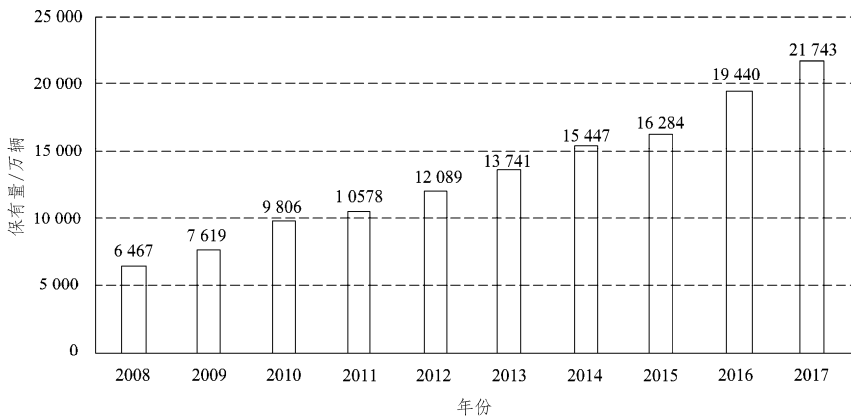


图 1.1 近 10 年我国的汽车保有量

## ( 2 ) 环境问题。

传统汽车在行驶过程中会向大气中排放大量污染物，不仅污染环境还对人体健康造成严重威胁。这些污染物还会与大气产生化学反应生成造成二次污染的有害物质，直接对居民身体和生活环境造成危害。

雾霾是一种大气污染形式，是特定气候条件与人类活动相互作用的

结果。高密度的经济及社会活动必然会排放大量细颗粒物 ( PM 2.5 ), 一旦排放量超过大气循环能力和承载度, 细颗粒物浓度将持续积聚, 此时如果受静稳天气等影响, 极易出现大范围的雾霾。雾霾的源头有很多种, 如汽车尾气、工业排放、建筑扬尘、垃圾焚烧, 甚至火山喷发等。雾霾天气通常是多种污染源混合作用形成的。但各地区的雾霾天气中, 不同污染源的作用程度各有差异。

2013 年, “雾霾”成为年度关键词。这一年的 1 月, 4 次雾霾过程席卷 30 个省 ( 区、市 ), 在北京, 仅有 5 天不是雾霾天。有报告显示, 中国排名前 500 的城市中, 只有不到 1% 的城市达到世界卫生组织推荐的空气质量标准, 与此同时, 世界上污染最严重的 10 个城市有 7 个在中国。2014 年 1 月 4 日, 国家减灾办、民政部首次将危害健康的雾霾天气纳入 2013 年自然灾害进行通报。

相关研究表明, 雾霾天气形成的各项成因中, 汽车尾气占首要位置, 占比达 22.2%, 因此加大汽车的节能减排力度, 有效降低尾气排放是城市雾霾治理的重点, 这也为新能源汽车的推广和使用奠定了基础。

\* 电动汽车接入电网对电能质量的影响

汽车行驶过程中同时还会排放大量的二氧化碳，而二氧化碳是最主要的温室气体，是造成全球变暖的主要原因。为减小汽车尾气对全球气候变暖的影响，世界各国纷纷出台标准和法规，要求将二氧化碳排放量降低至标准数值，这些标准和法规的出台也鼓励和推动了电动汽车等新能源汽车的研发和产业化。

## 1.2 电动汽车分类

电动汽车作为新能源汽车的代表，经过几十年的发展，越来越受到社会的重视，已经成为一种绿色环保的交通出行方式。全球性的能源问题不断涌现，环境污染问题日益突出，为电动汽车提供了适宜的外部发展环境和难得的机遇。电动汽车按照车辆的驱动原理和技术现状可分为混合动力电动汽车 ( hybrid electric vehicle , HEV )、纯电动汽车 ( battery electric vehicle , BEV ) 和燃料电池电动汽车 ( fuel cell electric vehicle , FCEV ) 三种类型。

( 1 ) 纯电动汽车。

纯电动汽车是指以车载动力电池为动力，用电机驱动车轮行驶的一种新能源汽车。纯电动汽车噪声小、零排放、零污染的优点使得它成为交通运输领域实现清洁能源替代的最理想选择。但是其缺点也比较明显，目前蓄电池的能量密度不高，续航里程较短，电池造价昂贵。

## (2) 混合动力汽车。

混合动力汽车是指使用两种或两种以上不同类型的能量源及与之对应的驱动系统为车辆提供动力，各驱动系统可以单独或联合工作的车辆。混合动力汽车是在找到理想的车载电源之前，纯电动汽车发展暂时受到阻挠而发展起来的新车型。

混合动力汽车根据动力系统结构和驱动原理可分为串联式混合动力汽车、并联式混合动力汽车和混联式混合动力汽车三种。

① 串联式混合动力电动汽车。串联式混合动力汽车的驱动力只来源于电动机的动力，电能通过电动机控制器输出给电动机，由电动机驱动汽车行驶。另外，动力电池也可以单独向电动机提供电能，驱动汽车行驶。

② 并联式混合动力电动汽车。并联式混合动力电动汽车的驱动力由

\* 电动汽车接入电网对电能质量的影响

电动机及发动机同时或单独供给，其结构特点为既可以单独使用发动机或电动机作为动力源，也可以同时使用电动机和发动机作为动力源驱动汽车行驶。

③ 混联式混合动力电动汽车。混联式混合动力汽车同时具有串联式、并联式驱动方式，其结构特点是既可以在串联混合模式下工作，也可以在并联混合模式下工作，同时兼顾了串联式和并联式的特点。

根据电池电能的补给方式的不同，混合动力汽车又可以分为非插电式混合动力汽车和插电式混合动力电动汽车。

① 非插电式混合动力汽车。非插电式混合动力汽车即为传统的混合动力电动汽车，其充电主要依靠发动机带动发电机产生电能和通过回馈制动的能量为电池充电。

② 插电式混合动力汽车。插电式混合动力汽车是在传统的混合动力汽车的基础上派生而来的一种可外接充电的新型混合动力汽车，兼有传统混合动力电动汽车的基本功能。

插电式混合动力汽车与非插电式混合动力汽车的区别：普通混合动



力车的电池容量很小，仅在启停、加减速的时候供应或回收能量，不能外部充电，不能用纯电模式较长距离行驶；插电式混合动力车的电池相对较大，可以外部充电，可以用纯电模式行驶，电池电量耗尽后再以混合动力模式行驶，并适时向电池充电。

### (3) 燃料电池电动汽车。

燃料电池电动汽车是以燃料电池装置产生的电能作为动力电源的汽车。燃料电池是直接以化学反应将燃料电池的化学能转化为电能，反应过程中不会产生有害产物，且发电效率很高，因此也是一种无污染的清洁能源汽车。近些年，燃料电池技术已经得到了迅速发展，世界各大汽车制造厂都开展了燃料电池汽车的样车试验。我国在燃料电池汽车的整车集成技术、动力平台成熟性和整车可靠性等方面都取得了突破性进展，研究水平与发达国家已十分接近。

燃料电池技术虽然已取得了快速发展，但是还有一系列问题有待突破与解决，比如氢的制取、储存及携带成本高，基础设施建设规模大等，离真正投入市场使用还有很长一段距离。

\* 电动汽车接入电网对电能质量的影响

### 1.3 电动汽车的发展现状

#### (1) 美国电动汽车的发展。

20 世纪五六十年代，美国一些大城市相继出现因汽车尾气排放对大气环境造成严重污染的事件，产生了恶劣的影响。1976 年 7 月，美国国会通过《电动汽车和复合汽车的研究开发和样车试用法令》，用立法的形式通过财政补贴和政府资助等手段加速发展电动汽车，以此来作为一种改善环境的手段。1991 年，美国通用汽车公司、福特汽车公司和克莱斯勒汽车公司共同协商，成立了“先进电池联盟 (USABC)”，共同研究开发新一代电动汽车所需要的高能电池，并与美国能源部签订协议，在 1991—1995 年投资 2.26 亿美元资助电动汽车高能电池的研究。1991 年 10 月，美国电力研究院也参与了高能电池与电动汽车的开发，将镍氢、锂聚合物和锂离子电池等高能电池投入商业化生产。

美国电动汽车的发展得到了政府的支持，从 20 世纪 80 年代开始，美国政府分阶段推出新能源汽车发展规划：① 克林顿政府时期以提高燃油经济性为目标，主要发展混合动力汽车；② 布什政府为降低污染气体