中国电机工程学会
CHINESE SOCIETY FOR ELECTRICAL ENGINEERING

# 电动汽车发展与城市电网适应性研究

城市供电与可靠性专业委员会

北京电力经济技术研究院有限公司

## 课题背景

- 电动汽车发展对城市电网的影响
- 电动汽车与城市电网适应性研究

中国电机工程学会
CHINESE SOCIETY FOR ELECTRICAL ENGINEERING

# 一、课题背景

**碳排放：**联合国《2019年碳排放差距报告》指出：在2009-2018年间，温室气体排放每年增长1.5%，2018年温室气体排放创下335.1亿吨“二氧化碳当量”的新高。

**大气污染防治：**我国《打赢蓝天保卫战三年行动计划》指出，到2020年二氧化硫、氮氧化物排放总量分别比2015年降低15%以上。

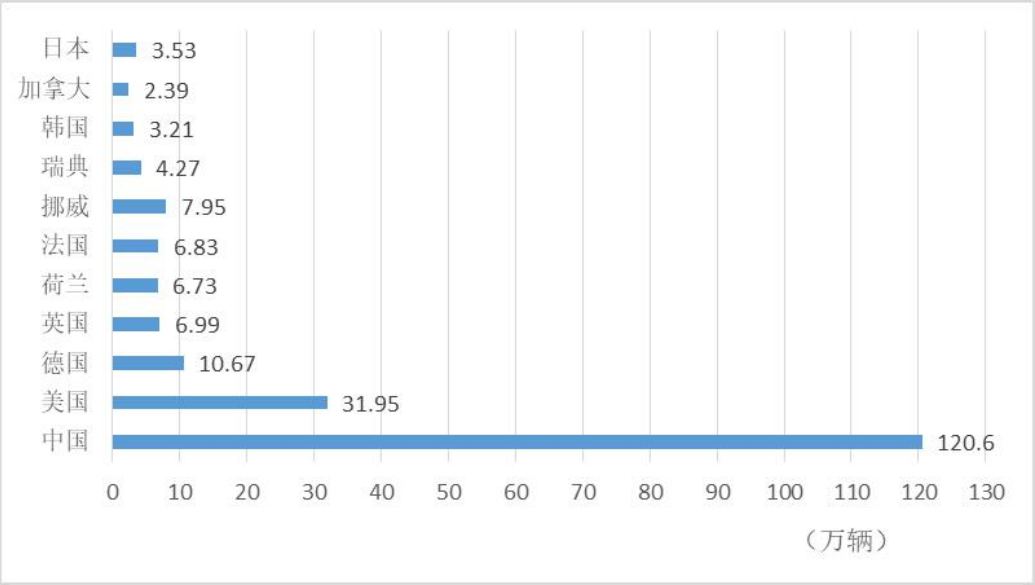
在交通领域，**利用电动汽车替代传统燃油汽车**，降低污染物和温室气体排放，成为各国的共识。

中国电机工程学会
CHINESE SOCIETY FOR ELECTRICAL ENGINEERING

# 一、课题背景

## 全球电动汽车发展情况

- **2019**年全球电动汽车约**720**万辆，我国占比超过**50%**。全球电动汽车销量达到创纪录的**221**万辆，同比增长**10%**，全球电动汽车的市场份额为**2.5%**，相当于全球每卖出**40**台汽车，其中就有**1**台电动汽车。
- 根据IEA预测，**2020**年全球电动汽车销量同比下降**5%**，约**210**万辆，保有量接近**1000**万辆。




2019年各国新能源汽车销量

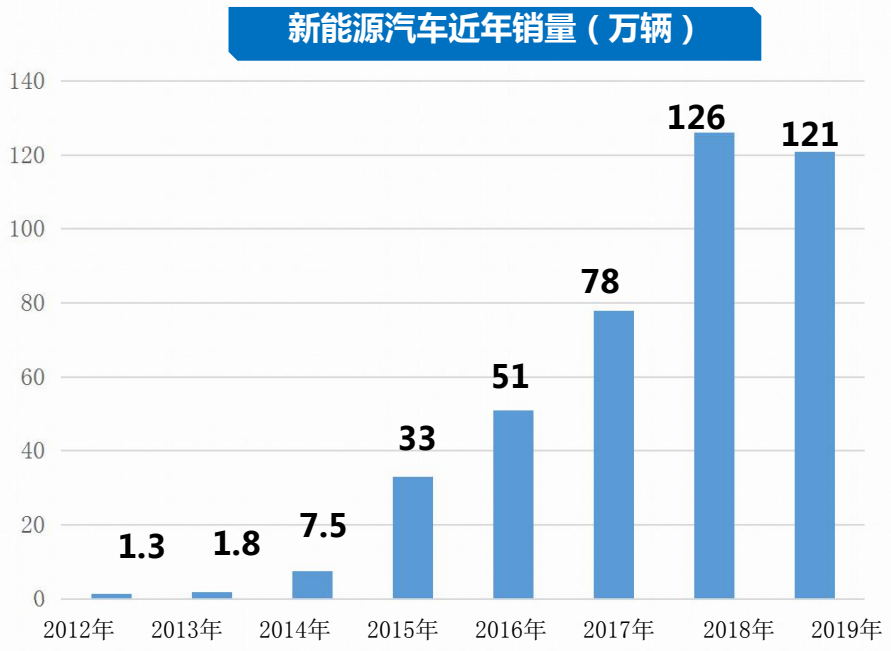
中国电机工程学会
CHINESE SOCIETY FOR ELECTRICAL ENGINEERING

# 一、课题背景

## 国内政策环境

我国始终坚持**“纯电驱动”**的新能源汽车产业发展战略，制定了一系列政策，积极推进电动汽车及其充电设施的发展。

- 2012年04月 明确了“纯电驱动”汽车的发展方向及产业化目标
- 2014年07月 进一步完善政策体系促进新能源汽车产业快速发展
- 2016年12月 原则上不再核准新建燃油汽车生产企业
- 2019年03月 免除新能源汽车车辆购置税并提供购置补贴
- 2020年04月 新能源汽车推广应用财政补贴延长至2022年底，鼓励车电分离
- 2020年05月 政府工作报告提出加强新型基础设施建设，推广新能源汽车
- 2020年10月 提出2025年新能源汽车销售量占比20%




- 截至**2020年9月**底，我国新能源汽车保有量**481万**辆，约占全球一半，产销量连续5年位居全球第一。
- 从类型来看，纯电动汽车占比约为**82%**，插电式混合动力约为**18%**。
- 从应用领域来看，公交、出租网约等公共领域占比约为**40%**，单位内部、私人领域占比分别为**11%**和**49%**。
- 我国充电桩保有量**142万**个，全球规模最大，相比2015年增长**26倍**，整体车桩比为**3.1:1**。
- 北京现状共有公交车2.3万辆（电动1.25万辆）、环卫及邮政0.63万辆（电动0.44万辆），出租车6.7万辆（电动0.91万辆），根据政府规划，未来3-5年内出租、公交及轻型货运（4.5t以下）将全部实现电动化。

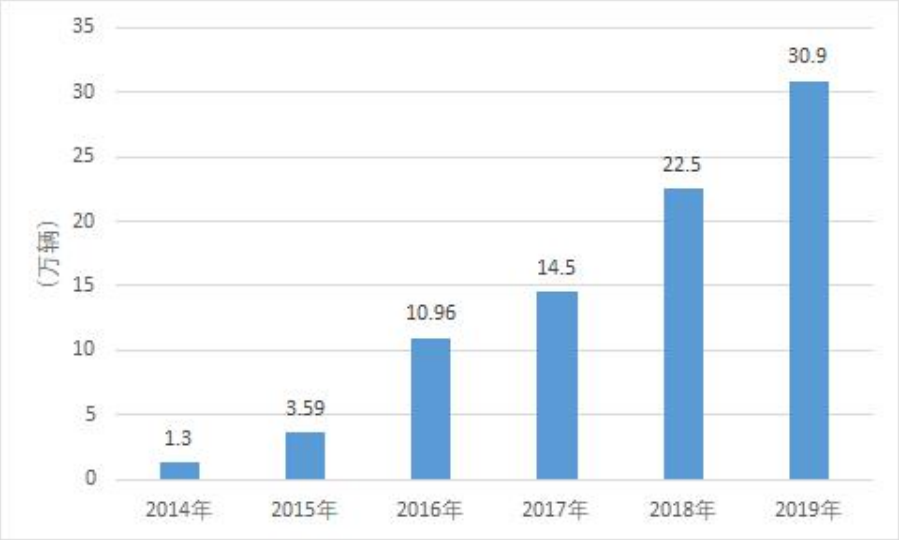
# 一、课题背景

## 北京政策环境

2018年开始每年发放新能源小客车指标6万个

- **电动汽车类：**实行纯电动汽车**不限行**政策，对纳入工业和信息化部《新能源汽车推广应用推荐车型目录》的国产纯电动、燃料电池汽车给予**一次性购置补贴（政策有效期至2020年底）**。
- **充电设施建设补贴类：**北京市发改委对于公共充电设施建设按实际决算金额给予30%补贴（政策有效期至2020年底）；
- 北京市城管委对于单位内部公用充电设施建设给予7千瓦及以下0.4元/瓦，7千瓦以上0.5元/瓦的建设补贴。
- **充电设施运营补贴类：**北京市城管委对于社会公用充电设施以充电量为基准，结合考核评价结果给予充电设施企业运营补贴，分为日常奖励和年度奖励，日常奖励标准为0.1元/千瓦时、上限为1500千瓦时/千瓦·年，年度奖励根据考核评价结果分为四个等级，最高奖励106元/千瓦·年，上限为20万元/站·年。
- 2020年07月，**一次性增发2万个新能源指标，**全部派发至无车家庭。

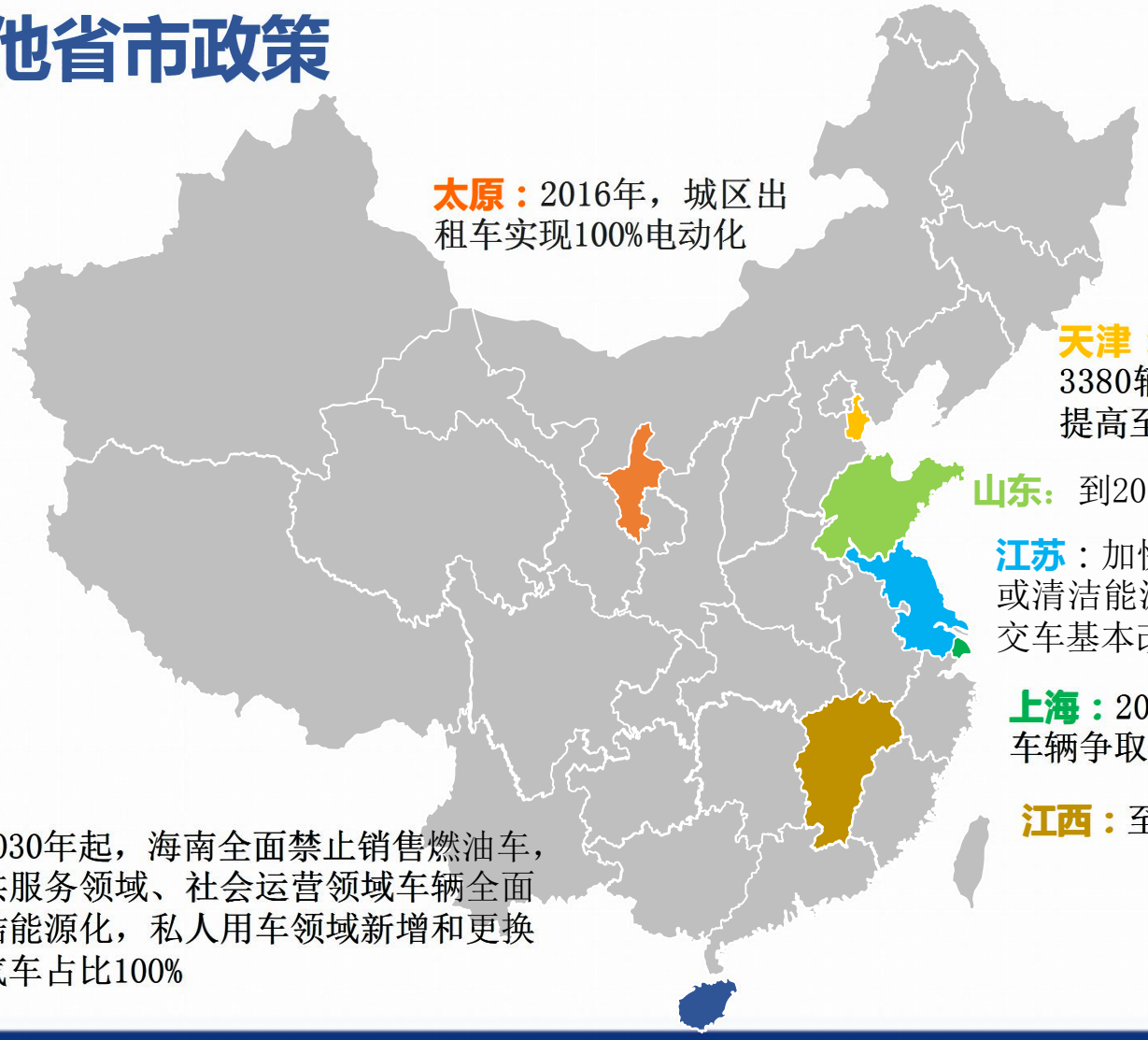
**北京市新能源汽车保有量（万辆）**




中国电机工程学会
CHINESE SOCIETY FOR ELECTRICAL ENGINEERING

# 一、课题背景

## 其他省市政策



**太原**：2016年，城区出租车实现100%电动化

**天津**：专项补贴1.69亿元在邮政快递领域推广应用3380辆新能源汽车；电动汽车占全市汽车保有量比例提高至4.5%

**山东**：到2022年，将新能源汽车保有量提升至50万辆

**江苏**：加快推进城市建成区各领域新增和更新车辆使用新能源或清洁能源汽车，2020年底前使用比例达到80%，其中全省公交车基本改用新能源或清洁能源汽车

**上海**：2022年公交、出租、环卫、市内货运等行业新增车辆争取全电动化

**江西**：至2020年，推广超过10万辆电动汽车

**海南**：2030年起，海南全面禁止销售燃油车，全省公共服务领域、社会运营领域车辆全面实现清洁能源化，私人用车领域新增和更换新能源汽车占比100%

中国电机工程学会 CHINESE SOCIETY FOR ELECTRICAL ENGINEERING

# 一、课题背景

## 面临的挑战

随着电动汽车使用数量的不断增加，未来电动汽车将广泛连接到电网，其充电行为将对城市电网产生不可忽视的影响。

一方面，必须关注电动汽车接入城市电网可能带来的不利影响，包括增大负荷峰值、增大运行控制和配电网规划的难度、影响电能质量、降低电网可靠性和经济性等；

另一方面，深入挖掘电动汽车的充电出行习惯，研究电动汽车充电负荷，分析电动汽车广泛接入电网后充电行为对城市电网的影响，制定电动汽车充电的优化调控策略，使电动汽车与电网协同发展。

课题背景

**电动汽车发展对城市电网的影响**

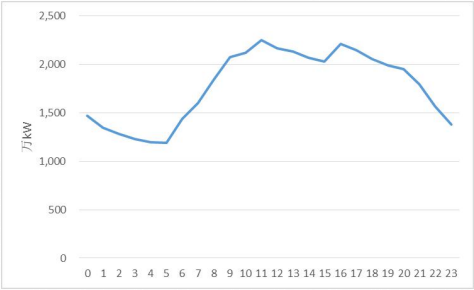
电动汽车与城市电网适应性研究

中国电机工程学会
CHINESE SOCIETY FOR ELECTRICAL ENGINEERING

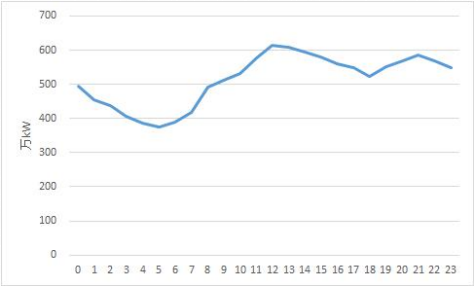
# 二、电动汽车发展对城市电网的影响

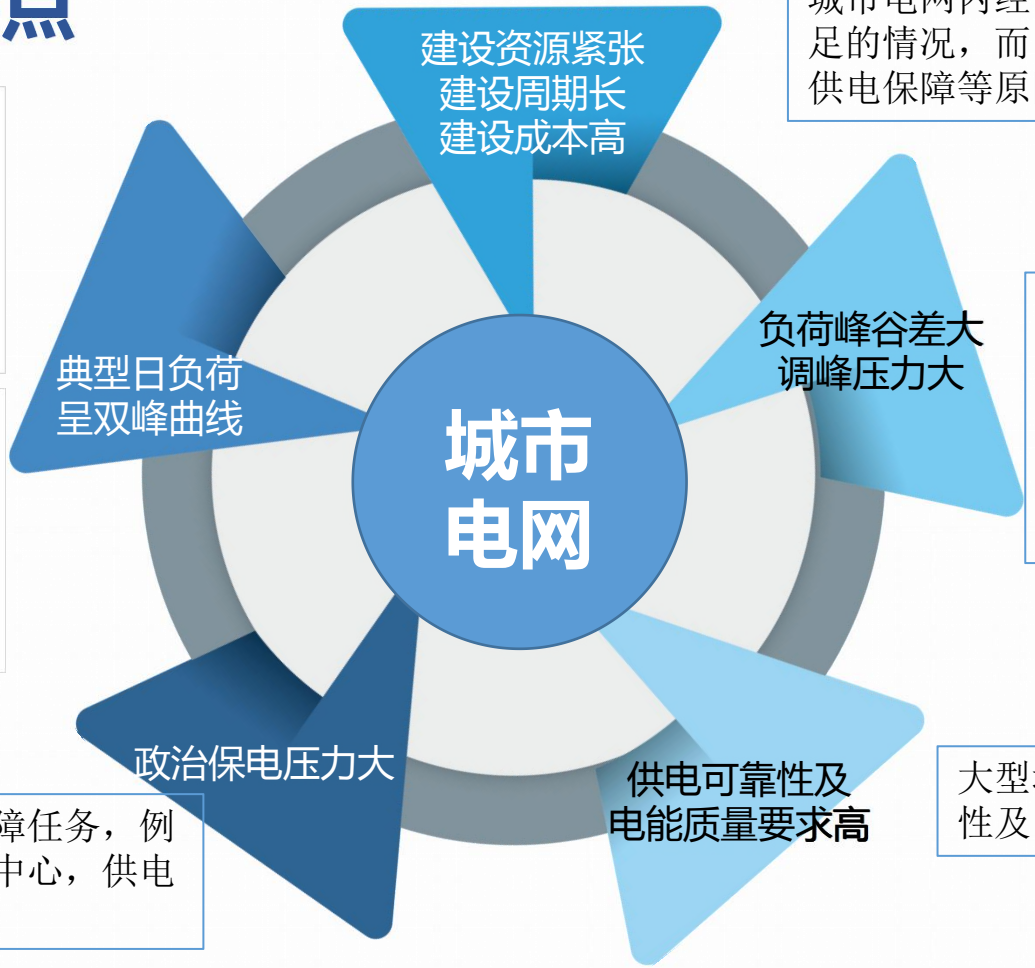
## 城市电网的特点

北京




长沙




城市电网内经常存在部分区域变电站主变容量不足的情况，而由于工程前期、资金、政策、施工、供电保障等原因，导致电网增容扩建难。

在典型的城市电网中，居民负荷、商务办公类负荷、第三产业服务类负荷往往占比较高，此类客户用电的峰谷差大，尤其在夏季高峰时段，日峰谷差往往达到50%以上，尖峰负荷具有时间短、幅度高的特点，在一定程度上使得设备利用率受到很大影响。

大型城市电网内重要客户数量多，对供电可靠性及电能质量要求高。

大型城市电网经常面临重大活动供电保障任务，例如北京作为我国的政治中心和国际交流中心，供电保障任务众多。

中国电机工程学会
CHINESE SOCIETY FOR ELECTRICAL ENGINEERING

# 二、电动汽车发展对城市电网的影响

## 无序充电对城市电网的影响

### ◆ 对电网承载能力造成巨大冲击

- 在现有条件下，至2035年北京电动汽车保有量达到**142**万辆，电动化率**19%**，无序充电负荷约占规划年全社会最大负荷的**10%；**
- 若在强激励强约束政策背景下爆发式增长，2035年将达到**440**万辆，电动化率**58%**，无序充电负荷约占规划年全社会最大负荷的**30%。**

注：北京交通发展研究院研究课题“北京市机动车全部电动化电力资源需求定量评测与保障策略研究”（二期）

- 无序充电情况下，电动汽车充电负荷会与电力晚高峰负荷叠加，造成**“峰上加峰”**。

2025年北京市典型日电力负荷图

2025年北京市充电负荷曲线

中国电机工程学会
CHINESE SOCIETY FOR ELECTRICAL ENGINEERING

# 二、电动汽车发展对城市电网的影响

## 无序充电对城市电网的影响

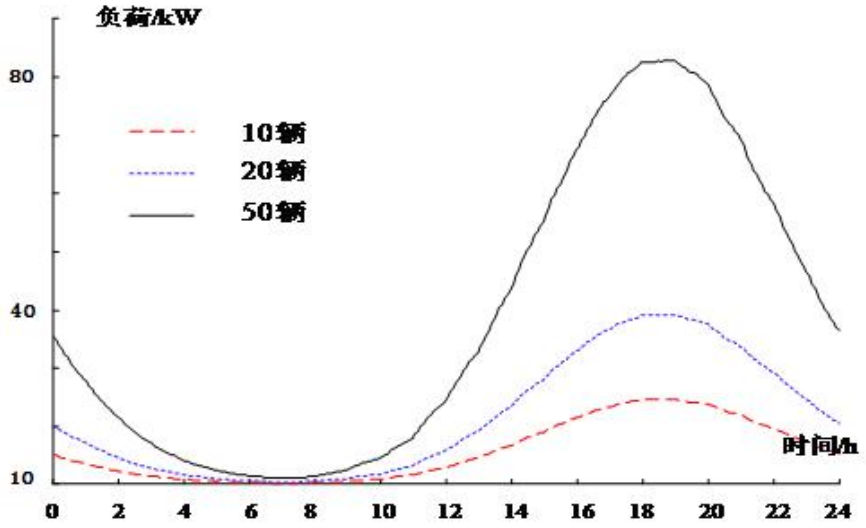
### ◆ 居民小区充电负荷叠加夜间大负荷

以北京城区、朝阳、海淀和丰台区安装私人充电桩较多的社区为例，分别选取8月和1月数据集测算居民小区夏季和冬季充电同时率，测算日间（14:00）和夜间（19:00）充电负荷同时率。由于冬季电动汽车百公里耗电量更高，**冬季充电同时率高于夏季。**

| 季节 | 时期 | 电动汽车用户户数 | 日间同时率 | 夜间同时率 |
|---|---|---|---|---|
| 夏季 | 2017年8月 | 58 | 0.08 | 0.13 |
| | 2018年8月 | 130 | 0.07 | 0.24 |
| | 2019年8月 | 153 | 0.07 | 0.26 |
| 冬季 | 2018年1月 | 105 | 0.12 | 0.23 |
| | 2019年1月 | 155 | 0.08 | 0.30 |
| | 2020年1月 | 135 | 0.12 | 0.30 |
| 夏季同时率 | | | 0.1 | 0.2 |
| 冬季同时率 | | | 0.1 | 0.3 |

充电负荷大规模发展将引起配电网全电压等级建设，投资巨大。但目前普遍存在已建成小区用地紧张、物业协调难度大等问题，造成配电设施扩建难。

居民小区不同规模电动汽车充电负荷曲线




多数人在下班回家后立即进行充电，充电时间集中在18点至凌晨1点，高峰时段在20点至22点，**充电负荷高峰与居民生活用电负荷高峰重合率高达85%。**

中国电机工程学会
CHINESE SOCIETY FOR ELECTRICAL ENGINEERING

课题背景

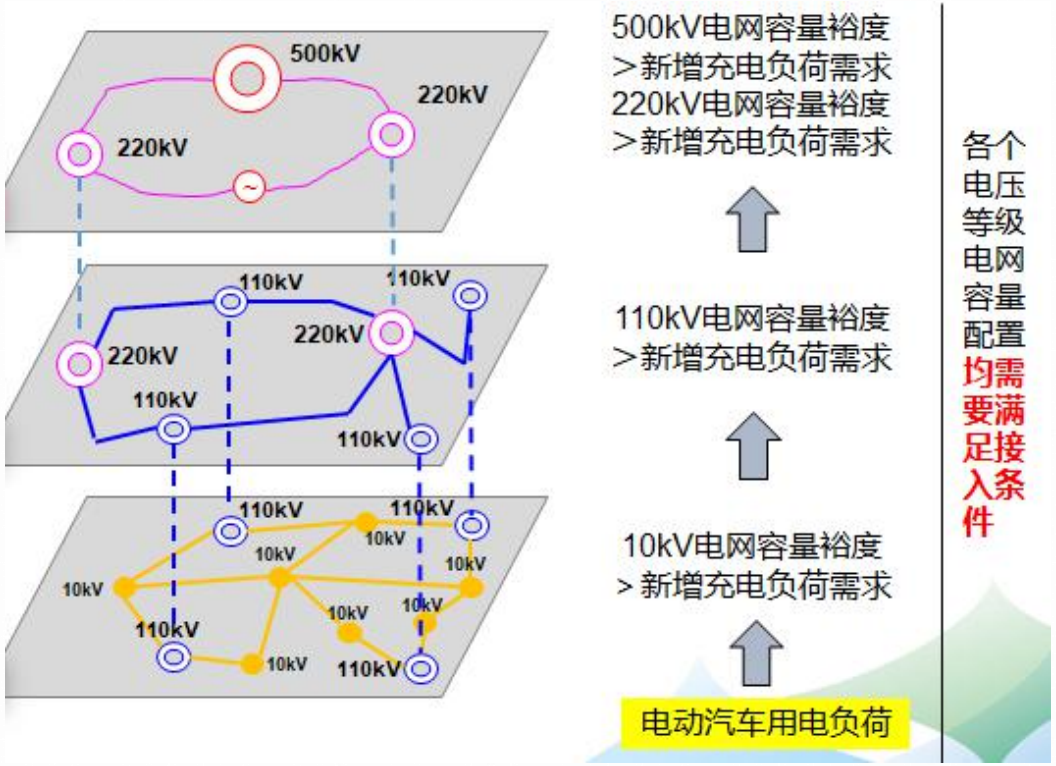
电动汽车发展对城市电网的影响

**电动汽车与城市电网适应性研究**

中国电机工程学会
CHINESE SOCIETY FOR ELECTRICAL ENGINEERING

# 三、电动汽车与城市电网适应性研究

## 第一阶段：电网适应电动汽车发展




电动汽车负荷接入电网，各级电网均需满足充电负荷需求

现阶段，为满足电动汽车大规模接入，各级电网均需要满足电动汽车接入条件。

**主网层面：**由于电动汽车充电负荷占全网最大负荷比例较低，且发生于晚间，与城市电网最大负荷发生于夏季日间存在一定错峰，但随着电动汽车规模逐年增大，将造成夜间大负荷的情况，影响大电网安全及经济性。

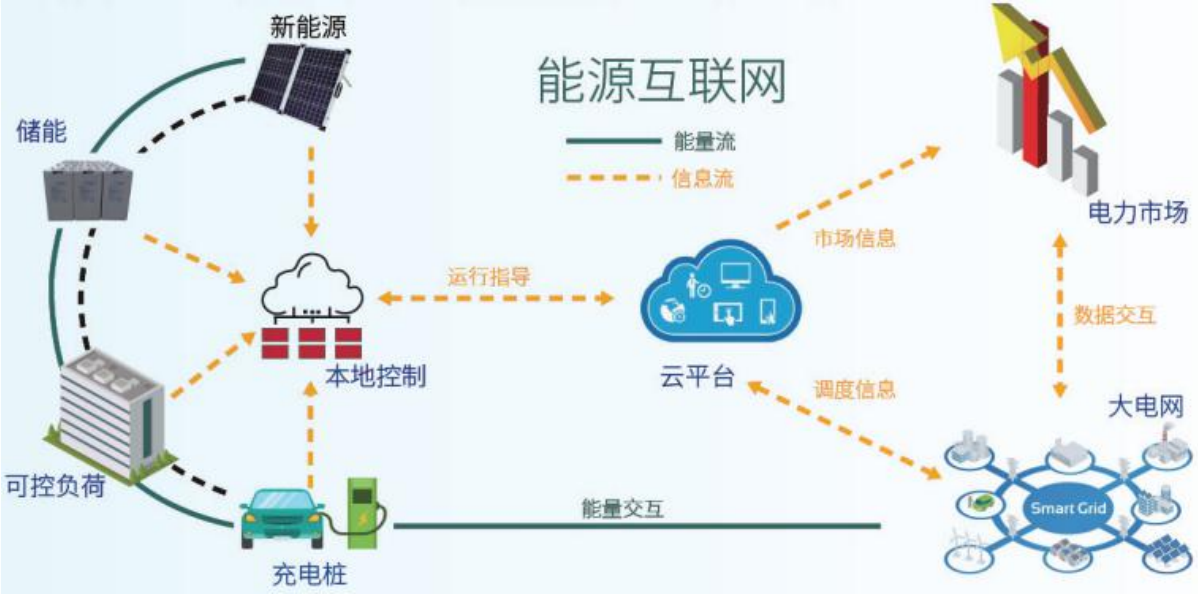
**配网层面：**居民充电负荷与居民基础负荷高峰重合率高达85%，即使是建设7kW的慢充桩，在接入数量较大的情况下，集中充电时也会对配电网容量造成冲击。大部分小区配变增容扩建难、成本高，制约电动汽车充电桩建设。

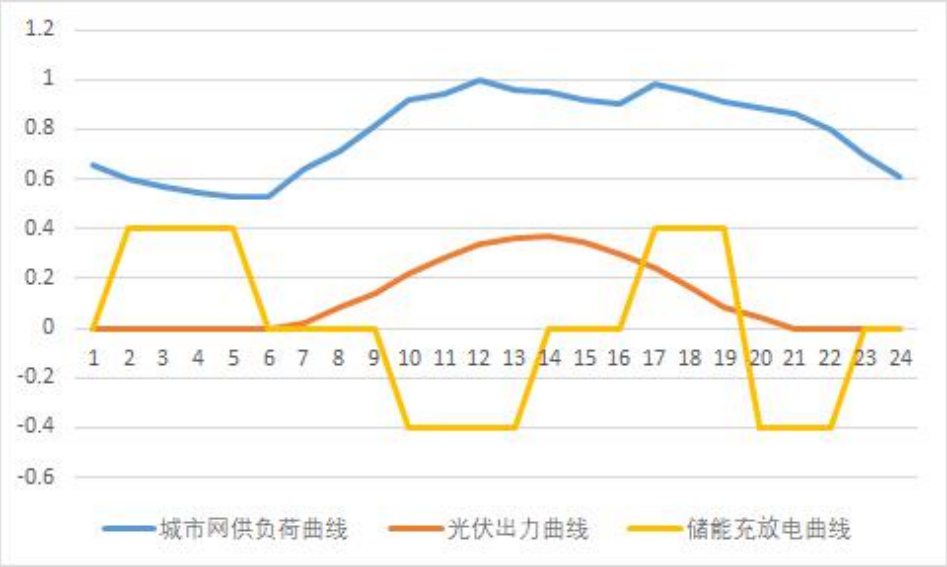
中国电机工程学会
CHINESE SOCIETY FOR ELECTRICAL ENGINEERING

# 三、电动汽车与城市电网适应性研究

## 第二阶段：电网与电动汽车互动

**城市电网发展新特点。**城市电网未来发展的一个趋势将是分布式电源、分布式储能以及电动汽车大规模接入下的状态，三者互相影响、互相叠加，深刻影响城市电网的负荷特性。




电网负荷、光伏及储能典型负荷叠加曲线

中国电机工程学会
CHINESE SOCIETY FOR ELECTRICAL ENGINEERING

# 三、电动汽车与城市电网适应性研究

## 第二阶段：电网与电动汽车互动

**分布式电源发展迅猛。**城市电网分布式光伏近年来发展迅速，截至**2019年底**，全国分布式光伏装机达到**62.81GW**。其中，北京电网分布式光伏总装机突破**60万千瓦**，占总装机的**4%。**未来高比例新能源城市电力系统中，新能源长时间、高波动性出力给城市电网安全稳定运行将带来巨大挑战。

为引导能源转型、优化能源结构，北京、上海、国内大中城市出台相关促进光伏产业发展、推广光伏建筑一体化等举措。以北京为例，预计“十四五”末北京电网分布式光伏装机将达到**100万千瓦**。

光伏系统的出力峰值与公共充电站、物流充电站的负荷峰值在时间上有一定的同时性，与城市电网典型日负荷基本一致。

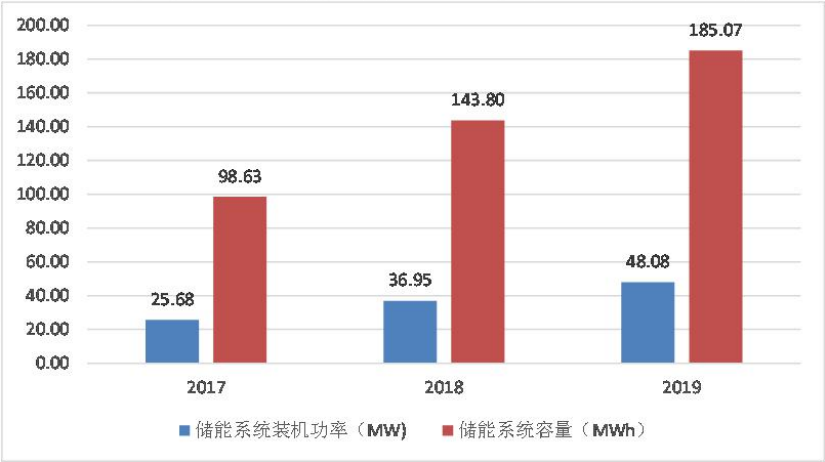
中国电机工程学会
CHINESE SOCIETY FOR ELECTRICAL ENGINEERING

# 三、电动汽车与城市电网适应性研究

## 第二阶段：电网与电动汽车互动

**分布式储能潜力巨大。**随着技术的发展、政策驱动和成本的降低，城市电网分布式储能规模将进一步增大。截至2019年底，北京市用户侧电化学储能系统装机容量为48.08MW/185.07MWh。

**典型场景：从宏观角度上看，**分布式储能自主充放电模式可以平抑电动汽车充电对电网的冲击，间接减少电动汽车并网对电网带来的不利影响。**从微观角度来看，**“光伏-储能-充换电站-配电网”可实现局部负荷互补，一方面可解决集中充电所带来的配电增容问题，另一方面用户削峰节费需求明显，转移高峰电力负荷需求可减少配电网初投资成本并减少日常用电成本。




北京市用户侧电化学储能系统累计装机容量

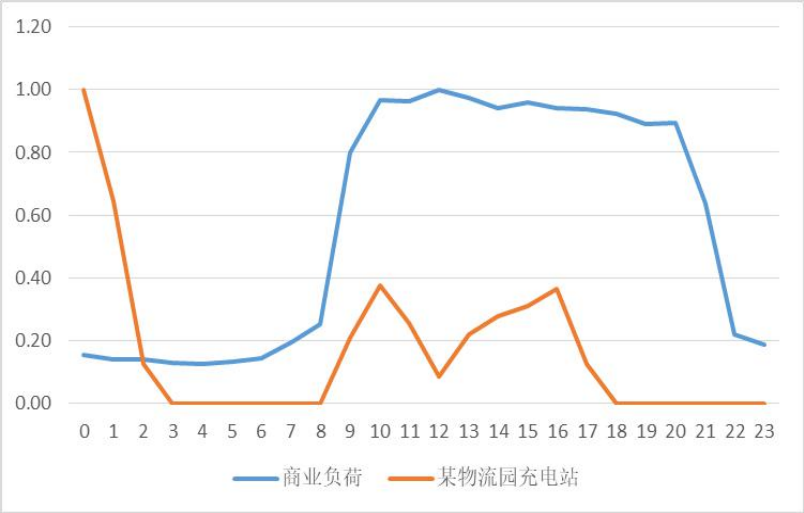
福建东郊鹤林充光储一体化充电站

中国电机工程学会
CHINESE SOCIETY FOR ELECTRICAL ENGINEERING

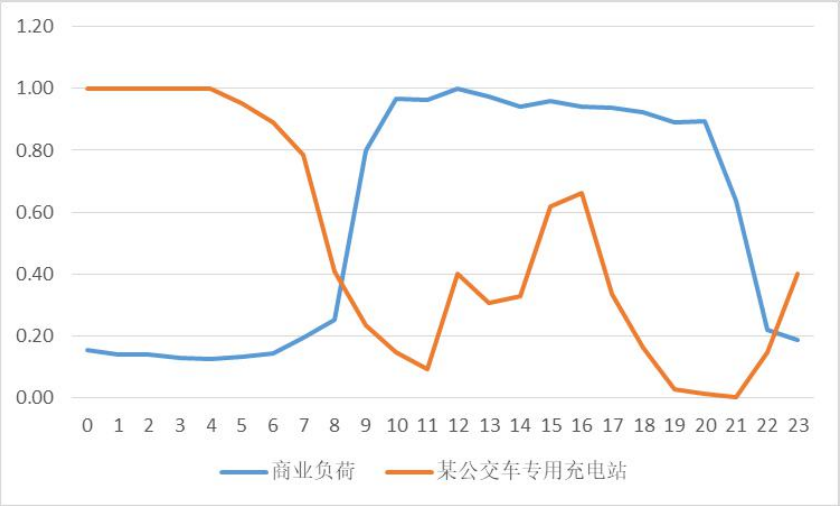
# 三、电动汽车与城市电网适应性研究

## 第二阶段：电网与电动汽车互动

**配电网精益化规划水平不断提升。**充电站负荷与其他负荷在时间上具有一定互补性，可在电网规划阶段综合考虑用户接入系统方案，提高电网设备利用率。未来可逐步考虑将储能、各类电动汽车充换电站统筹考虑，实现不同具备负荷互补特性的用户协同发展。




物流充电站+商业负荷




公交充电站+商业负荷

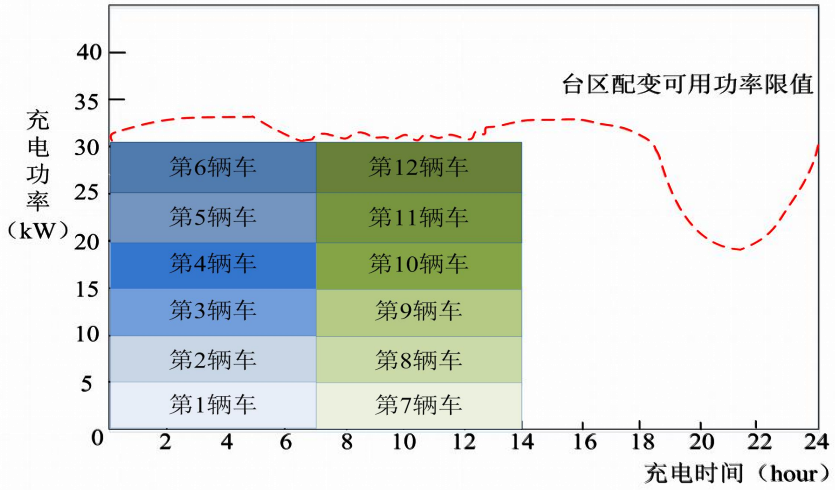
中国电机工程学会
CHINESE SOCIETY FOR ELECTRICAL ENGINEERING

# 三、电动汽车与城市电网适应性研究

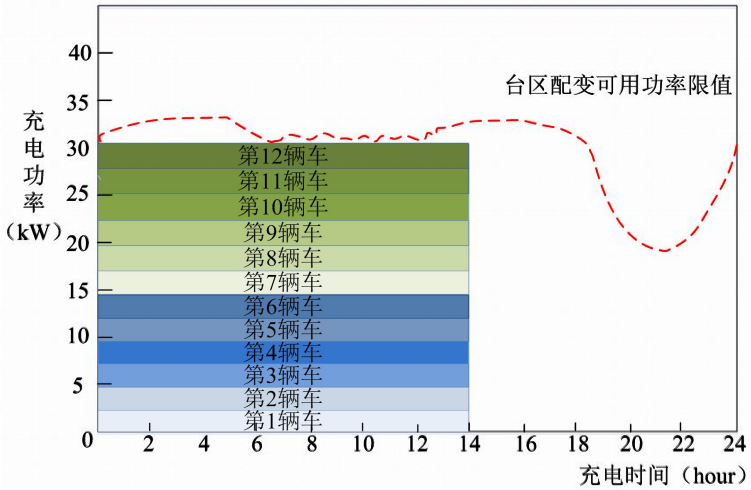
## 第二阶段：电网与电动汽车互动

**有序充电技术**

**定义：**在满足充电需求的前提下，通过有效的技术经济手段引导电动汽车充电，避开电网负荷的高峰时段，并合理分配电动汽车的充电功率。




“调时段充电”调度方式




“降功率充电”调度方式

**有序优势：**

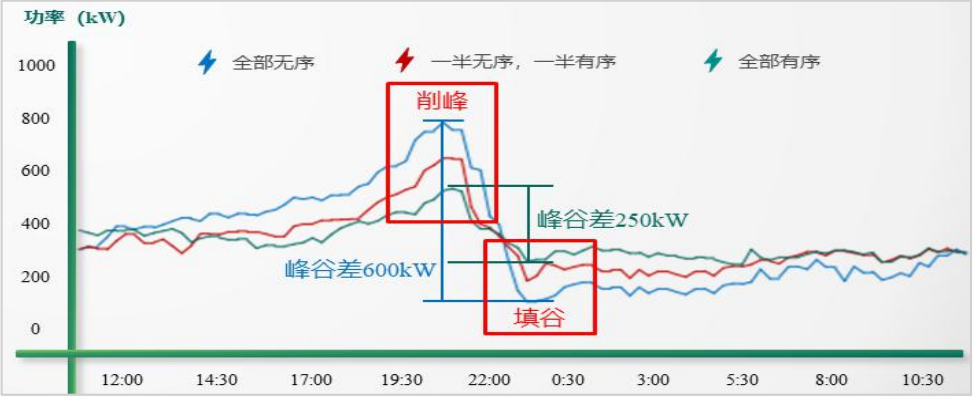
- 用户侧削峰填谷
- 调频、备用
- 延缓本地配网增容
- 参与现货电力平衡
- 需求响应
- 分布式光伏充电

中国电机工程学会 CHINESE SOCIETY FOR ELECTRICAL ENGINEERING

# 三、电动汽车发展对城市电网的影响

## 第二阶段：电网与电动汽车互动

**有序充电案例分析。**根据对城市居民私人充电桩运行数据分析发现，多数电动汽车车主下班后立即充电，充电高峰时段集中于**19:00—22:00**，充电负荷与生活用电负荷高峰时段严重重叠，形成3小时左右的尖峰负荷，而居民生活用电在夜间有**8小时**左右的低谷期，负荷率仅为**20%**，若充分利用**80%**的低谷容量空间，现有大量配电网设备无需改造，即可实现社区全部车辆充电。




2019年，在北京海淀西八里庄小区、上庄三嘉信苑等小区进行有序充电试点，共建设有序桩**73台**，通过起始充电时间优化和功率调节，实施有序充电，可使配变接纳充电桩能力提高**4倍**，示范小区负荷峰谷差降低超过**50%**。

2018年在郑州龙源世纪家园商住一体化小区开展有序充电试点，建设**50台**有序充电桩。通过有序充电技术配合经济措施可合理引导用户低谷充电，提升电网设备利用率，示范小区负荷峰谷差降低超过**29%**。

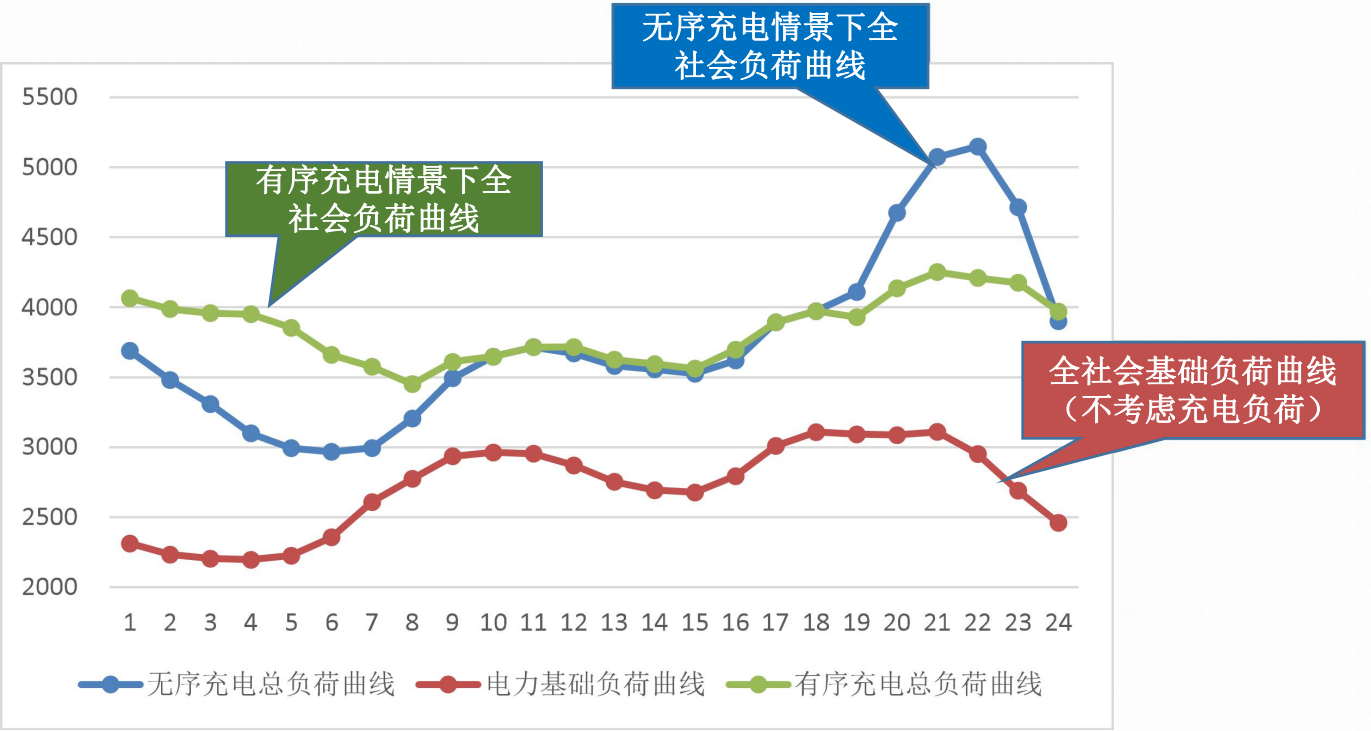
# 三、电动汽车与城市电网适应性研究

## 第二阶段：电网与电动汽车互动

**有序充电规模化应用效果。**

以某大型一线城市为例，在无序充电情境下，大规模充电设施接入将增加城市电网的峰值负荷，加剧峰谷差，增加电网建设投资。

有序充电情景下，通过合理引导充电时间或控制充电功率，实现城市总负荷的削峰填谷作用，可有效提高电网设备利用率。

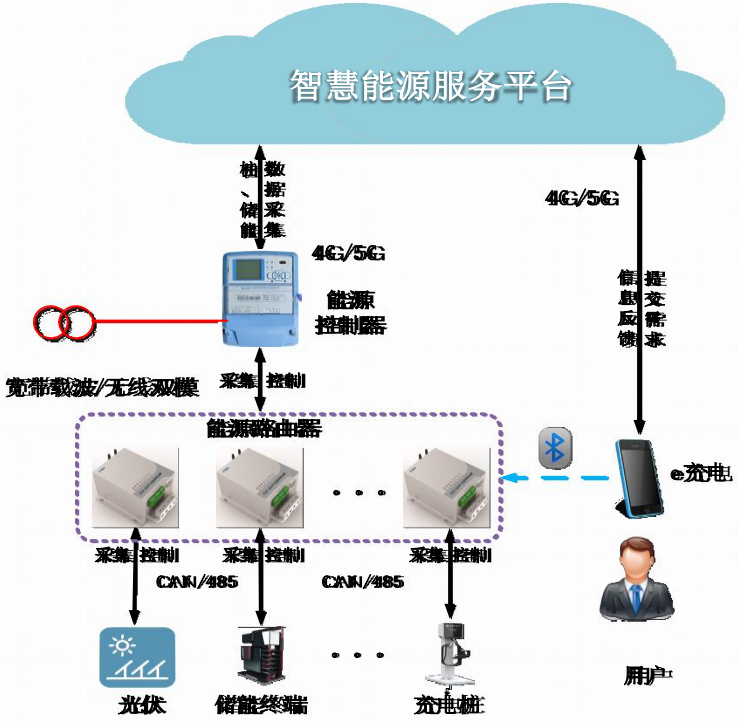



中国电机工程学会
CHINESE SOCIETY FOR ELECTRICAL ENGINEERING

# 三、电动汽车与城市电网适应性研究

## 第二阶段：电网与电动汽车互动

**有序充电推广技术路线。**有序充电技术本身不存在难点，但实现有序充电的推广需要对现有电动汽车、充电桩、配电网进行软硬件升级改造。其中，一些改造可通过低成本的软件升级方式实现，而一些改造（如配电网和充电桩的改造）涉及加装硬件设备和通信线路，需要进行硬件改造。



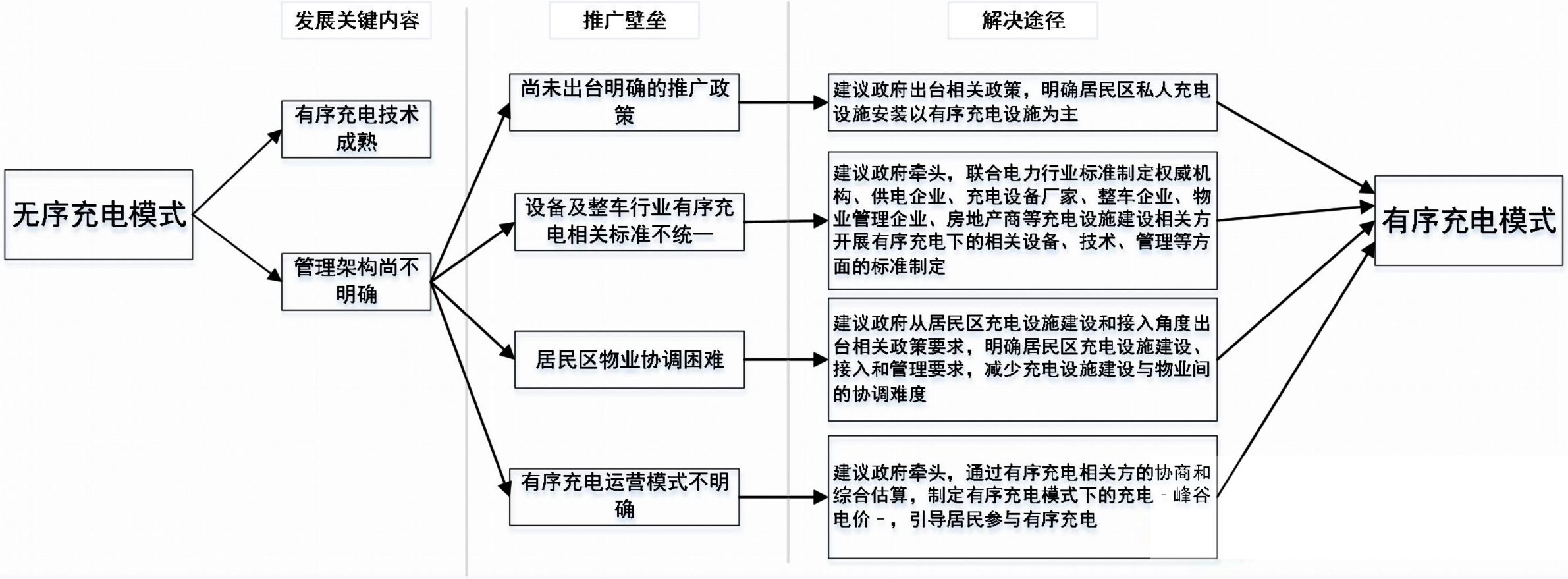

有序充电推广设备升级改造需求

| 车辆侧 | 充电桩侧 | 配电网侧 | 平台侧 |
|---|---|---|---|
| （1）充电协议的支持；<br>（2）优化车辆的充电安全保护措施；<br>（3）具备充电启停、降功率运行等条件。 | （1）加装设备或更新充电设施；<br>（2）具备信号接收及控制能力。 | （1）配电网侧加装能源路由器等设备；<br>（2）负荷集成商开发“车-桩-网”智能软件、通信线路和设备。 | 建设客户侧智慧能源控制系统。 |

中国电机工程学会
CHINESE SOCIETY FOR ELECTRICAL ENGINEERING

## 第二阶段：电网与电动汽车互动

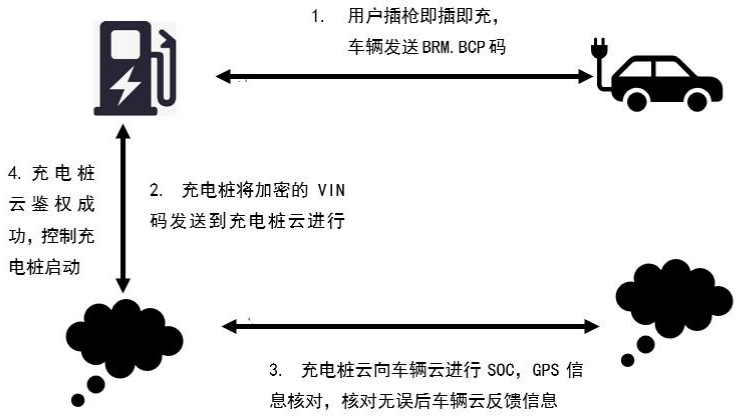
### 有序充电技术推广政策与市场化需求



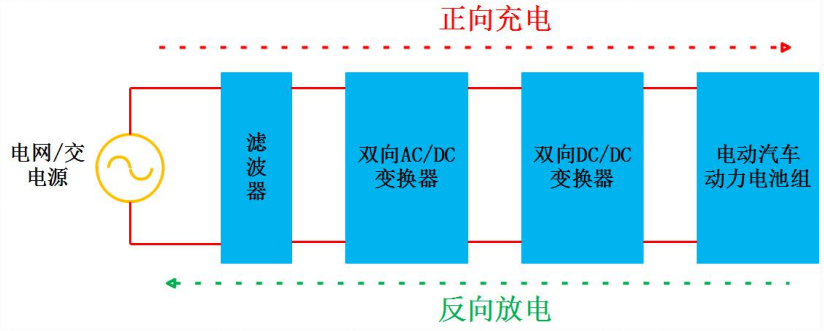
# 三、电动汽车与城市电网适应性研究

## 第三阶段：电网与电动共同发展

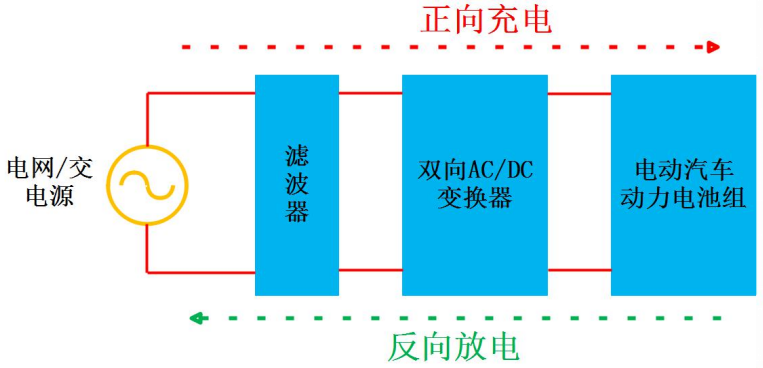
随着电动汽车V2G、快速换电装备、大功率充电技术、电池技术和即插即充技术的进一步发展，以及政策、辅助服务机制和技术标准等政策环境逐渐完善，将深刻改变电网原有的运营模式。在满足电动汽车并网充电的基础上，更好的促进新能源大规模消纳，提升城市电网运行灵活性及安全裕度，形成发、输、配、用多方互利互惠的共赢局面。




即插即充原理流程图




多级式




单级式

V2G拓扑结构

中国电机工程学会
CHINESE SOCIETY FOR ELECTRICAL ENGINEERING

# 电动汽车与电网适应路径

## 第一阶段 电网适应电动汽车发展

现 状　无序充电

**特 征**

- 政策：缺少有序充电推广支持政策；缺少峰谷价差政策；缺少改造费用补贴政策
- 标准：标准不支持（车一桩、桩一网）
- 技术：部分车辆不支持启停控制
- 用户：用户接受度低
- 电网：分享充放电上限等非敏感信息破解矛盾

**发展趋势**

**政府：**
制定专用峰谷电价，补贴有序改造费用

**标准制定：**
制定各类标准

**车企/充电设施制造商：**
预留有序充电的硬件条件，具备硬件可扩展，软件可升级功能

**特点**

1. 充电负荷与电网基础负晚高峰叠加
2. 老旧小区报装难，电网改造升级难
3. 电网资源浪费，增加社会成本

## 第二阶段 电网与电动汽车互动

2020年–2030年　有序充电

**特 征**

1. 电力市场完善程度与准入门槛高
2. 车桩网通信协议不支持
3. 电池衰减

**发展趋势**

1. 完善相应的政策，降低准人门槛
2. 修改标准协议
3. 加大科研攻克力度
4. 并网监督机制完善

**特点**

1. 削峰填谷，缓解局部配变扩容
2. 参与需求侧响应，促进新能源消纳
3. “光伏—储能—充电站—配电室”互动

## 第三阶段 电网与电动汽车共同发展

2030年– ……　V2G、电池技术

- 虚拟电厂
- 现货电力市场
- 促进新能源大规模消纳
  提升城市电网安全裕度

# 汇报结束 感谢聆听

ELECTRIC VEHICLE

中国电机工程学会
CHINESE SOCIETY FOR ELECTRICAL ENGINEERING