

# HEMS柔性负荷调控技术汇报

杭州赫智电子科技有限公司



# 目录

01

技术概述

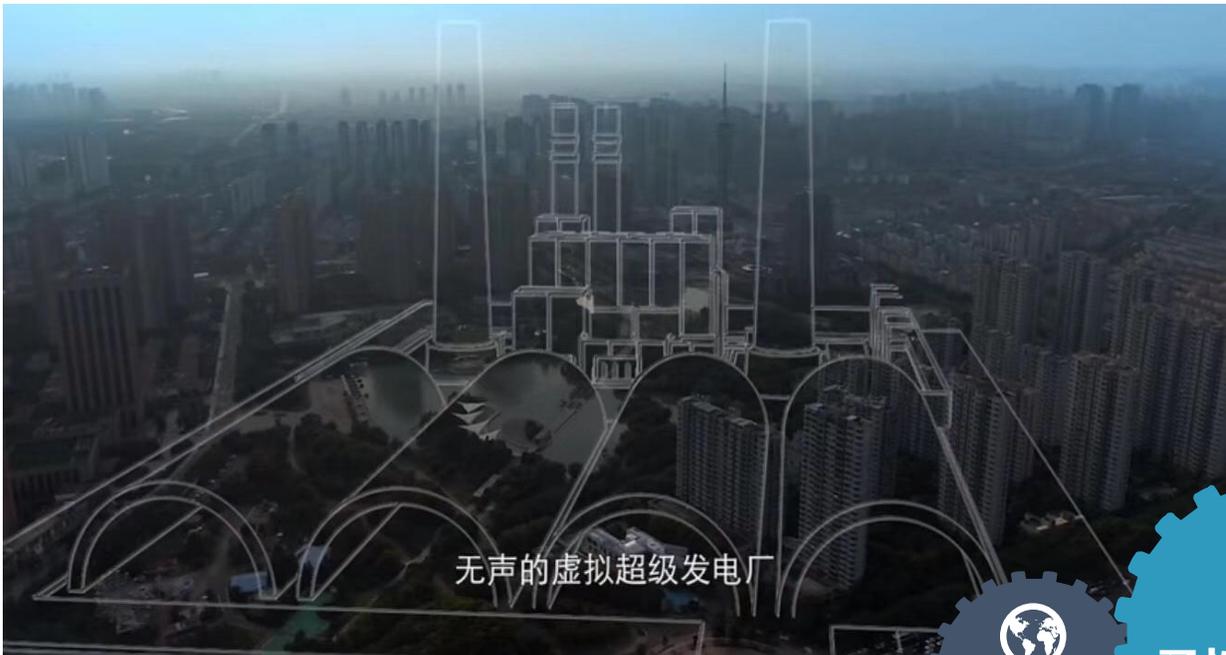
02

技术应用

03

未来展望

# 背景

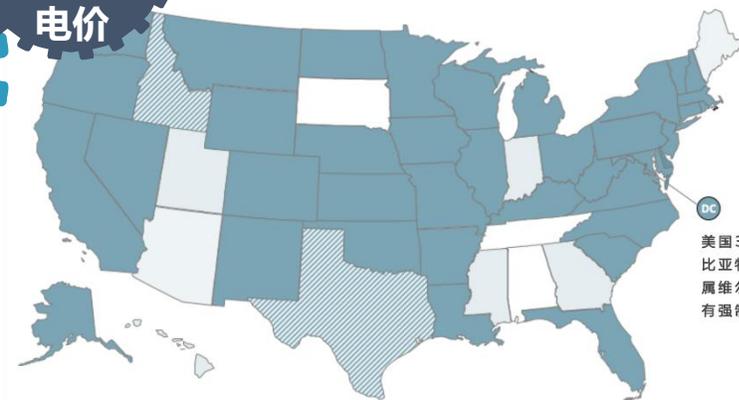


无声的虚拟超级发电厂



虚拟发电厂是多个分布式电源、用户侧负荷以及储能装置的集合，可作为一个特殊的发电厂运行，并提供需求响应服务及电网辅助服务。而虚拟电厂模式的成功运营需要高频的、常态化的灵活调控技术，传统的刚性调控技术是无法实现的。

净电量电价是在用户侧安装净计量电表，用户只需支付净额用电量的电费。用电量超过发电量时，用户向电力公司购买相应电力；发电量超过用电量时，用户则会得到一个基于零售价格的信用额度（可在下期使用）。在该模式下用户侧负荷波动性变大，因此需要柔性负荷调控技术支撑电网进行高频的负荷调控。



美国38个州+华盛顿哥伦比亚特区、东萨摩亚、美属维尔京群岛、波多黎各，有强制的净电量电价法。

美国的海外领地

AS	PR
VI	GU

■ 为某些公用事业制定了强制性规则的州（包括38个州+哥伦比亚特区+3个海外领地）  
 ▨ 不是全州的强制性规则，但是允许采用净电量电价法的州（2个州）  
 □ 没有采用净电量电价法，采用分布式发电补偿规则的州（7个州+1个海外领地）

# 背景

## 挑战



- 政府连续降电价，电网基础设施投资速率放缓；同时用电高峰负荷逐年升高。如何在电网投资减少的情况下，持续保障电网可靠性。
- 李克强总理工作报告中指出，要提高人民群众的获得感、幸福感和安全感，因此传统的有序用电方式不再适用于新的负荷调控环境。

- 随着电力市场改革深入
  - (1) 需求侧资源应用的标准、业务、技术、设备等各个环节日益完善，在电力市场中将具有和发电资源同等地位
  - (2) 需求侧资源与电网互动将趋于常态化，其调控方式将更灵活、调控过程将更精确、调控策略将更智能；
- 随着互联网思维渗透
  - 各领域的用电设备的使用、管理和维护将趋于智能化，用户侧可调控的负荷资源的数量和种类将越来越丰富；

## 机遇

### 抓住机遇 迎接挑战

柔性负荷调控技术可以汇聚用户侧海量负荷资源，适应各类调控场景，是解决未来常态化调控难题的关键技术

# 技术概述

## 柔性负荷调控技术

柔性负荷可定义为在指定区间内变化或在不同时段间转移的负荷，包含具备需求弹性的可调节负荷或可转移负荷，在满足电网调度指令需求的同时还可以尽量减少对用户正常用电的影响。

### 传统的用户负荷管理：

- 通过配网站线上的采集仪表和多级断路器实现；
- 通信采用物理专网或虚拟专网；
- 控制线路开关或线路电压升降；
- 为避免对干扰用户，启动次数少，负荷调节仅仅以满足电网安全为目标。

### 优点：

- 系统可靠性高，响应速度快。

### 缺点：

- 以牺牲用户的便利和舒适程度为代价，对用户的生活经营会有较大影响。

### 柔性负荷控制技术：

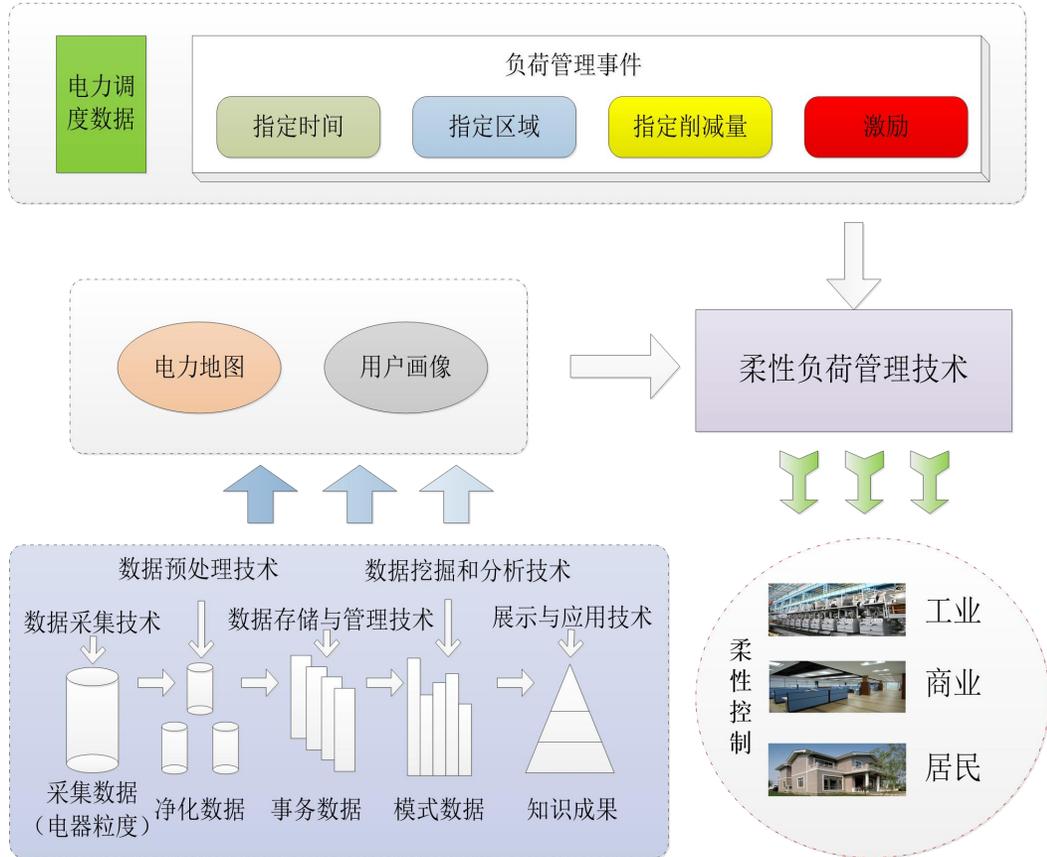
- 海量用电终端；
- 采用互联网加密通讯；
- 分层控制，按用电终端的控制特点和负荷特征，设计相应的控制器和管理策略；
- 用户友好，随时随地调节。

### 优点：

- 负荷管理精细化；
- 对用户的生产生活影响小。

# 技术概述

## 柔性负荷控制技术理念



### ① 柔性理念：

- 深入设备控制逻辑；
- 遵循设备正常调控方式，无扰或微扰调控；
- 适用于常态化调控。

② **资源层面**：针对不同类型的资源特性，实现标准化分解；

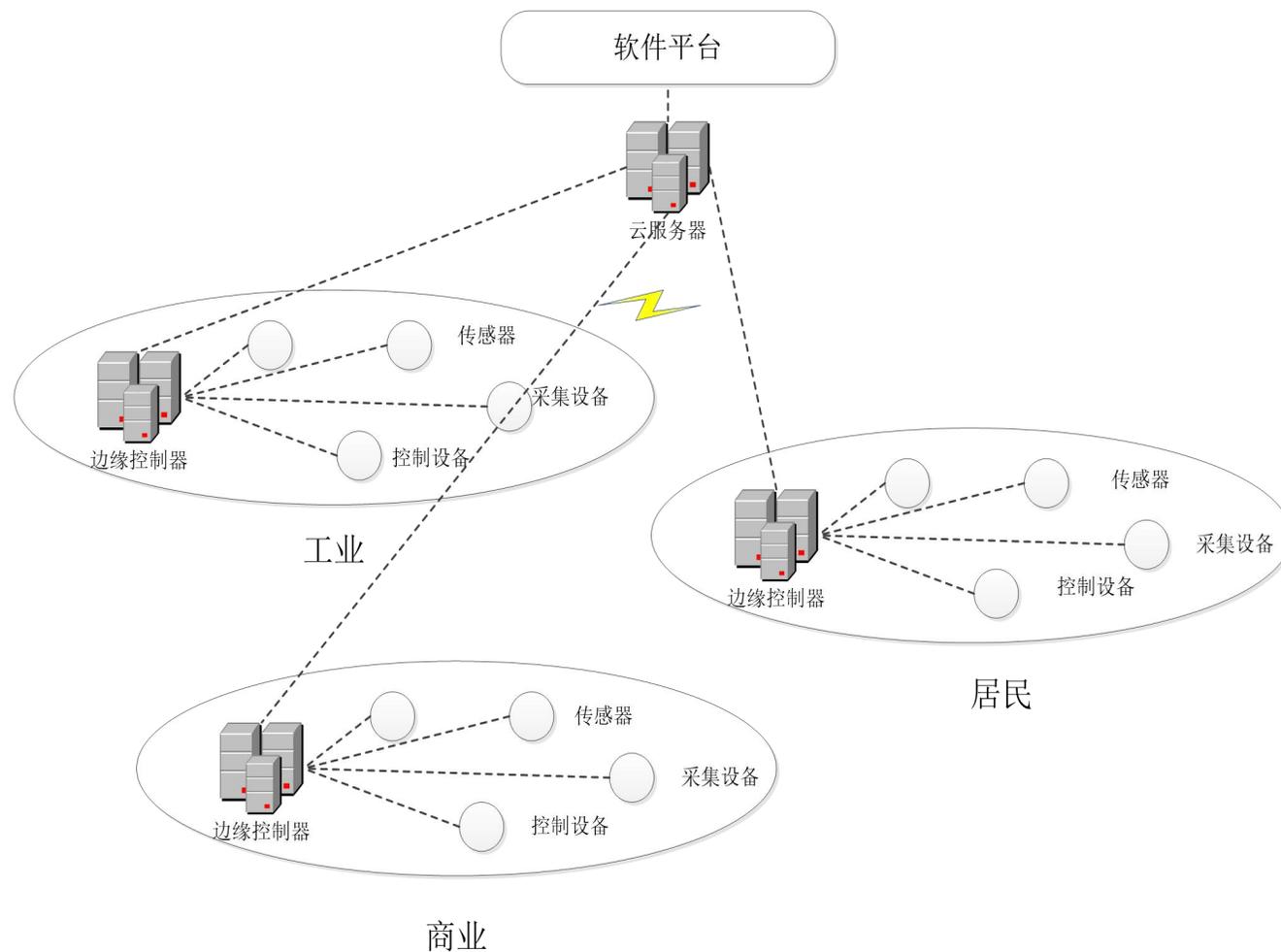
③ **策略层面**：从时间和空间维度整合各标准化资源，实现调控目标最大化。

**与传统刚性调控相比可以将用户损失降低到最小，促使需求侧资源参与市场交易经济可行。**

## 柔性负荷控制系统组成

### 组成

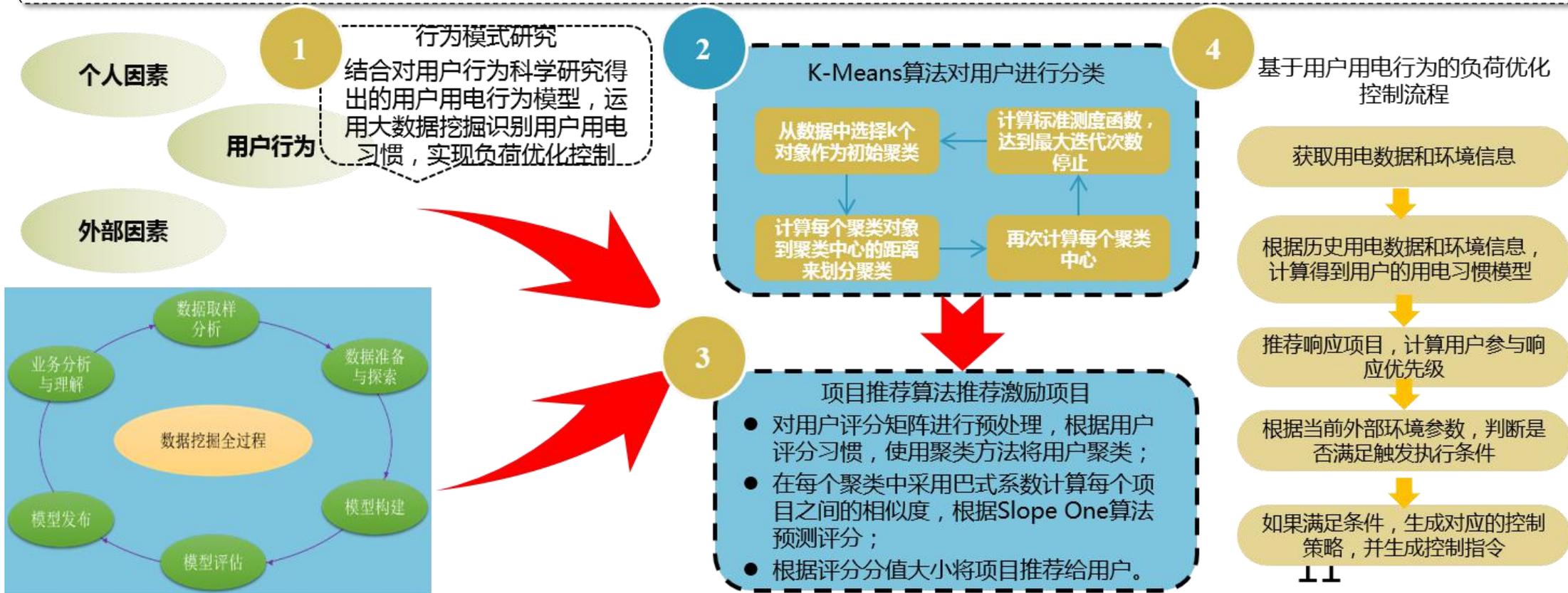
- 物联感知设备；
- 边缘路由器；
- 稳定的互联网网络通信；
- 强大的柔性负荷控制平台；



# 技术应用

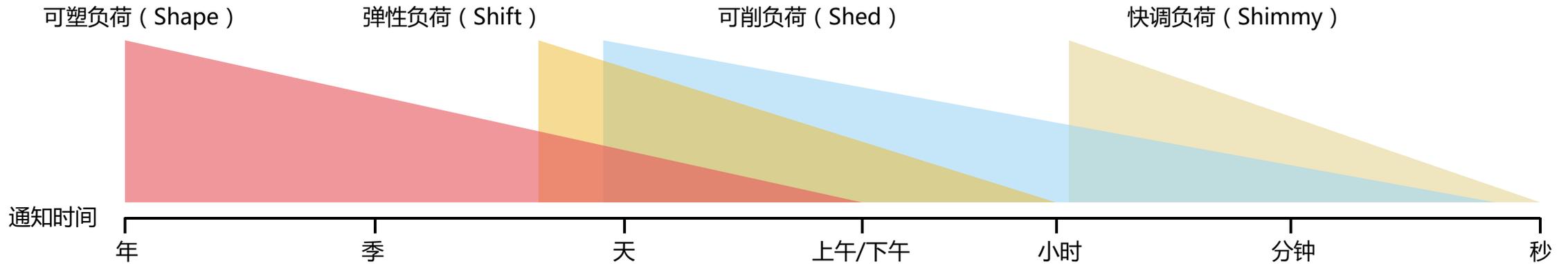
## 基于聚类的用户行为模式研究

基于对用户行为科学研究分析，提炼智能用电场景中用电行为模型，根据行为科学和大数据挖掘识别用电习惯，实现负荷优化控制。考虑用户偏好之间的差异，采用K-Means聚类算法对不同类型用户进行分类，同时运用Slope One项目推荐算法，确定用户参与各类需求响应的评分，并推荐合适的响应项目和激励方式。



# 技术概述

## 柔性负荷控制技术应用领域



### 4S应用介绍

类型	可塑负荷 ( Shape )	弹性负荷 ( Shift )	可削负荷 ( Shed )	快调负荷 ( Shimmy )
定义	受到价格激励后用户用能行为发生长期改变的负荷	可频繁接受电网指令进行短期削峰或填谷响应的负荷	可偶尔接受电网指令进行持续性削峰的负荷	可快速响应 (秒级-分钟级) 电网指令进行二次调频等辅助服务的负荷
举例	1、用户自建储能永久削峰； 2、用户生产计划永久调整。	1、预加热、预制冷设备等； 2、可调主要生产负荷如水泥磨。	1、可调主要生产负荷如电炉； 2、辅助性生产负荷以及非生产负荷如非工空调。	1、电解铝负荷，用户侧储能； 2、自备电厂及余热余压发电。



目录

01

技术概述

---

02

技术应用

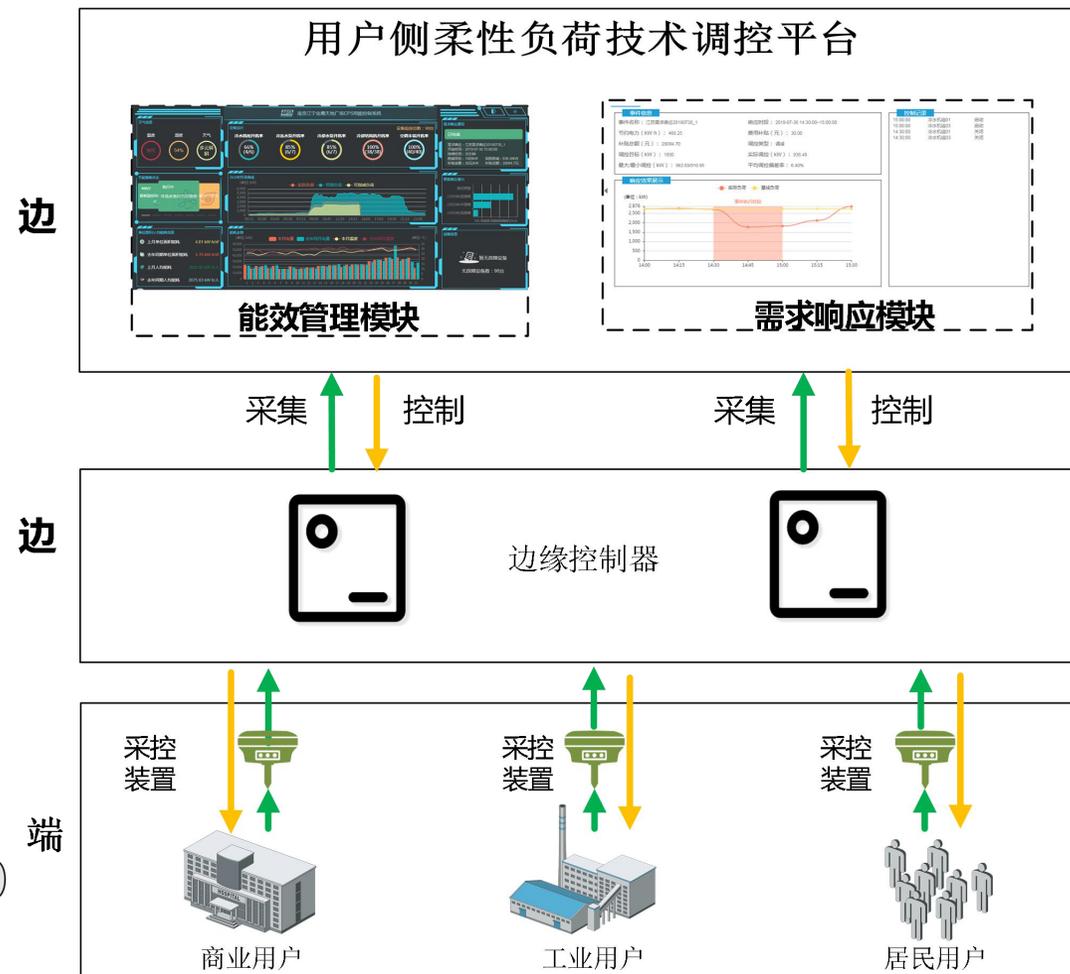
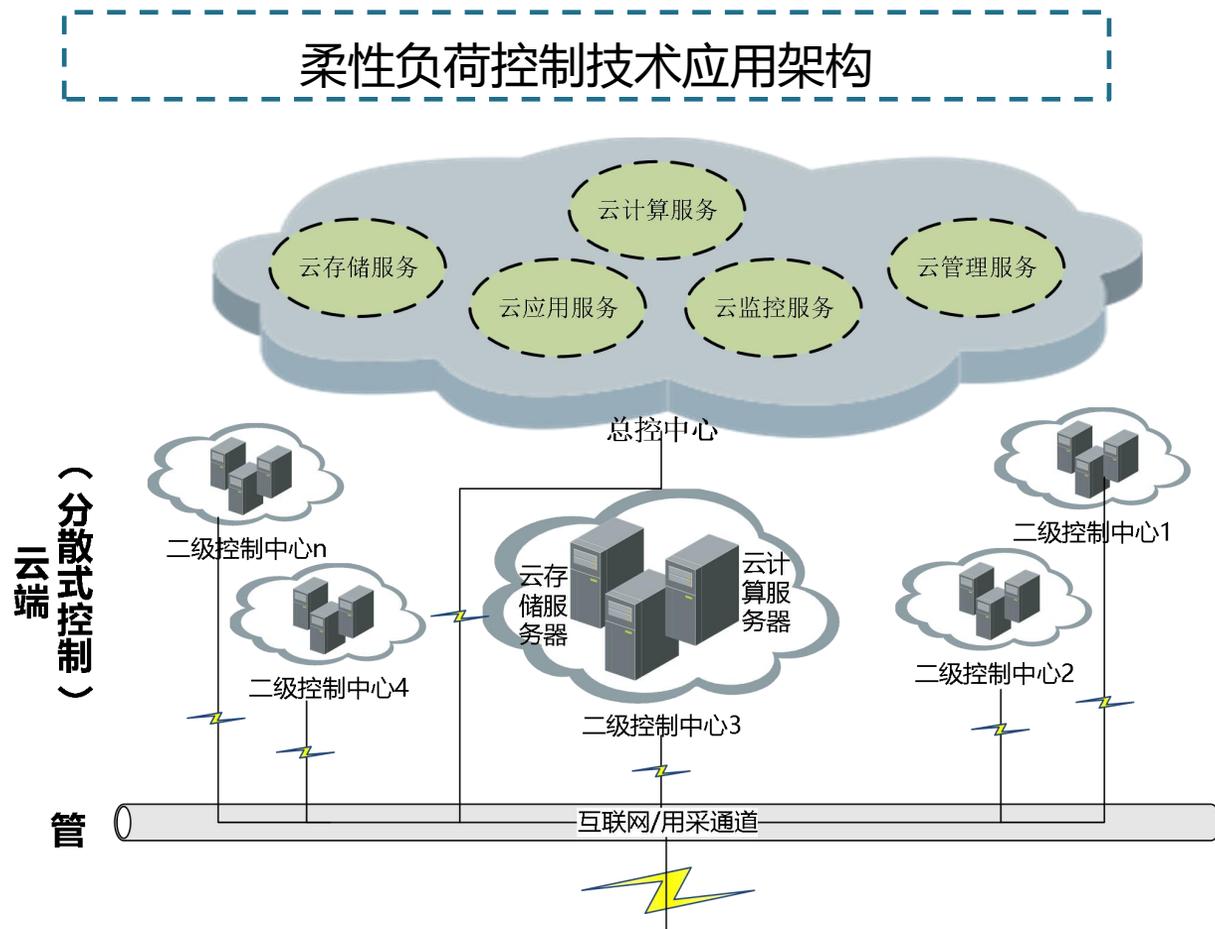
---

03

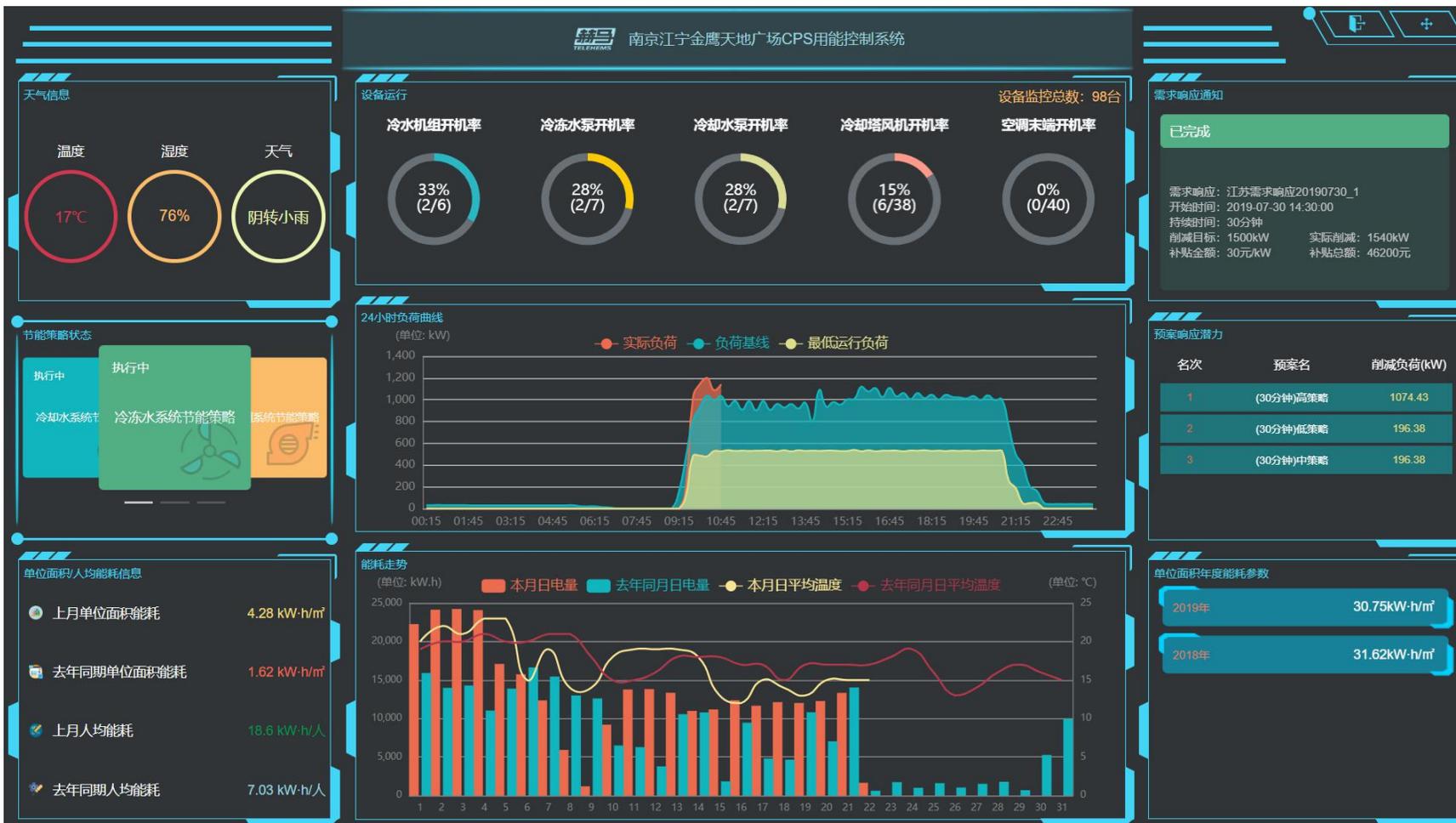
未来展望

---

## 柔性负荷控制技术应用架构介绍



## 云端EMS介绍



## EMS系统介绍

- **部署位置**：云端；
- **主要功能**：连通主站和用户，实现用户侧负荷资源的全景感知和调控；
- **系统优势**：数据存储分析能力强，可对用户各子系统实现全局优化调控。

## 边缘计算柜介绍



### 冷冻水循环子系统PLC控制柜：

**调控方式：**（1）根据冷冻水系统的供回水温差，匹配系统需冷量，调节冷冻水泵频率；（2）匹配冷水机组最佳运行效率曲线，调节冷水机组运行数量。



### 末端空调箱子系统PLC控制柜：

**调控方式：**结合末端空调箱对应区域风口温度，识别末端冷需量，通过控制电磁阀开度来调节不同区域风量，实现区域冷量最优化匹配，从而减少不必要的冷量浪费



### 冷却水循环子系统

### PLC控制柜：

### 调控方式：

根据冷却水系统供水温度、回水温度和室外温湿度等参数变化，匹配系统所需冷量，调节冷却塔风机的运行数量，从而降低冷却系统的能耗。

# 技术应用

## 智能控制器介绍



### 智能控制器（型号：HEMS-F2-16CN）

**说明：**针对小功率用电设备进行设计，具备转换插座功能，即插即用，可以结合赫马云平台对用电设备进行智能控制



### 智能控制器（型号：HEMS-P2-10CN）

**说明：**嵌入墙体式智控器，具备两路插孔同时接入，实时上传采集数据，接收远程指令或按键操作，切换继电器或发射红外指令实现对用电设备的控制



### 智能控制器（型号：HEMS-W2-16CN）

**说明：**针对小功率用电设备进行设计，嵌入墙体使用，具备2.4寸IPS屏以及6个按键，可以结合赫马云平台对用电设备进行智能控制



### 智能控制器（型号：HEMS-T1-CN）

**说明：**智能温控器可作为独立控制单元，本地开关，三速风控，精准控制温度。设备采用WIFI模块进行无线联网，与云平台进行数据交互，实现远程监控和云端编程。

## 端层设备介绍（以金鹰商业楼宇为例）

南京市江宁区金鹰天地广场  
中央空调系统设备介绍

### （1）制冷主机：

- 部署位置：商场负三楼—空调机房
- 设备情况：共计6台离心式冷水机组，包括4台788kW主机用于商场和2台211kW主机用于酒店

### （2）冷冻水泵：

- 部署位置：商场负三楼—空调机房
- 设备情况：共计7台冷冻水泵，包括4台132kW冷冻水泵用于商场和3台37kW冷冻水泵用于酒店

### （3）冷却水泵：

- 部署位置：商场负三楼—空调机房
- 设备情况：共计7台冷却水泵，包括4台160kW冷却水泵用于商场和3台37kW冷却水泵用于酒店

### （4）冷却塔：

- 部署位置：商场五楼天台
- 设备情况：共计6台冷却塔，包括4台28kW冷却塔（8个冷却风机/台）用于商场和2台10.5kW冷却塔（3个冷却风机/台）用于酒店

### （5）末端空调箱：

- 部署位置：商场负二楼
- 设备情况：共计40台5kW末端空调箱

## 柔性负荷技术在商业领域的应用



- 南京金鹰天地广场总建筑面积约15万平方米，位于南京市江宁区双龙大道1688号，地处南京百家湖商圈的核心地段。商场于2015年开业，是一家集酒店、购物、娱乐、餐饮等于一体的综合性商场。目前中央空调系统各设备没有进行单独计量，用电信息统计需要人工抄录，智能控制能力不足，难以满足商场能源精细管理需求。

### 项目成果

- 完成6台空调系统主机、14台水泵用电负荷进行柔性控制改造，完成18个分项计量柜安装；
- 实现6台冷却水泵、80余末端空调箱的启停改造，6台冷冻水泵变频改造；
- 研究并搭建需求响应基线预测模型实时计算各种策略下柔性控制潜力，据初步估计通过柔性可调最高负荷达2800千瓦；
- 研究并搭建热惯量模型预测温度曲线走向、实现冷热源主机、循环管网和末端风机（空调箱）的协调优化控制，据估算能效提升约15-25%。

# 技术应用

## 柔性负荷技术在工业领域的应用



- 需求响应资源标准化、时序化
- 负荷调控过程自动化、柔性化
- 需求响应业务典型化、规模化

项目亮点



南钢项目实现了柔性负荷控制技术在工业领域应用的突破；首创了用户预案管理子系统；攻克了工业侧复杂资源标准化、时序化整合分析的技术难题；项目成果达到国内领先水平。

项目完成了2个中心（管控中心及信息中心）管理系统建设，以及7个分厂柔性控制改造，单次需求响应量最大可达8万千瓦。

# 技术应用

## 柔性负荷技术在居民领域的应用



- 完成国内首个居民需求响应平台建设，目前总共已接入超过1万个居民设备；
- 平台支持基于激励的需求响应，可实现自动需求响应，已将汇龙小区、黄浦区新苑等低碳示范小区居民接入；
- 平台接入各类家用电器，主要电器类型包括空调、储水式热水器、饮水机、机顶盒、电视机、电冰箱等。项目已接入用户162户，接入设备超过250个，在线最高负荷超过30kW，可控负荷占比可达到15%左右。



目录

01

技 术 概 述

---

02

技 术 应 用

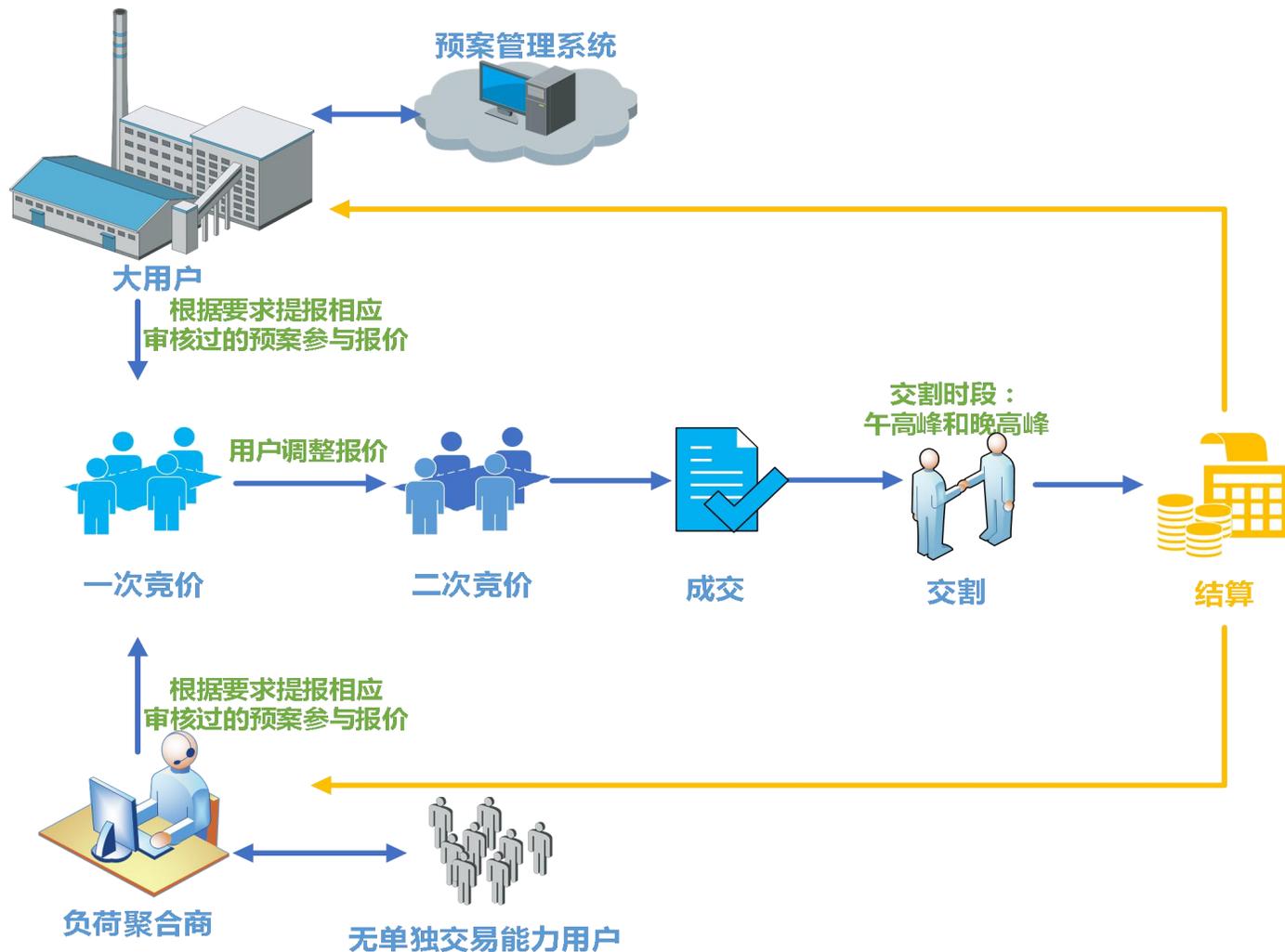
---

03

未 来 展 望

---

# 未来展望



## 市场化推广的前提：

- 采用柔性负荷控制技术
- 高频的交易
- 大量的用户参与。



谢谢！

