

## 家用燃料电池热电联供产品经济性的初步分析

申能集团，朱信

2019年，中央政府支持氢能产业的发展方向逐渐明确。我国2019年的《政府工作报告》提出推动加氢站等设施建设；4月，国家发改委发布《产业结构调整指导目录2019征求意见稿》提出“鼓励高效制氢、运氢及高密度储氢技术应用及设备制造”。国内主要能源企业也开始加速布局氢能产业。

除氢燃料电池汽车外，发达国家和地区还在推广燃料电池固定式应用。美国BloomEnergy生产固体氧化物燃料电池（SOFC）发电系统主要用于数据中心和办公楼宇等商业用户，2017年销售量达到62MW。日本通产省制定并推动了ENE-FARM计划，由松下、东芝、爱信精机等生产商负责开发700W~750W家用燃料电池热电联供（CHP）系统。从2009年至今，共销售30万套产品。韩国可再生能源组合标准（RPS）要求，到2023年所有拥有500MW以上发电容量的国有和独立电力生产商需将可再生能源和绿色技术的发电份额增至10%。截至2018年，韩国已经部署了近300MW燃料电池电站，技术路线包括SOFC、PEMFC和熔融碳酸盐燃料电池（MCFC）。

本文分析日本家用燃料电池热电联供产品的基本经济性情况和在国内尤其是在上海商业化使用的前景。

### 1日本“ENE-FARM”项目

#### 1.1技术特点

“ENE-FARM”译为能源农场，该“农场”的原料是天然气，“产品”是电和热，设备利用天然气重整产生氢气，作为PEMFC的燃料，发电效率可达39%，热利用效率为56%，能源综合利用率达到95%，寿命为90000h以上，不需要特殊维护，在日本属于家用电器。

#### 1.2项目概况

“ENE-FARM”计划由政府主导推动，燃气公司、制造企业、地产商和金融企业共同执行，是日本氢能社会战略的重要组成部分。自2009年，由松下、东芝、爱信等厂商研发生产，由东京燃气和大阪燃气等燃气公司向用户销售家用燃料电池热电联供产品。

如图1所示，十年来各品牌产品累计销售300000套，政府每套补贴由最初的8.9万元逐年下降，直至2019年取消，产品寿命达10年。利用城市燃气重整产生氢气进行热电联供，具备灾备电源功能，在居民家中断电的情况下可供电8天。根据日本松下公司的测算，安装ENE-FARM设备后，家庭平均每年可节约3600元左右电费和燃气费，产品售价在100万日元（约人民币6.4万元）以内时，居民购买该产品具有经济性。

日本ENE-FARM销售量和补贴

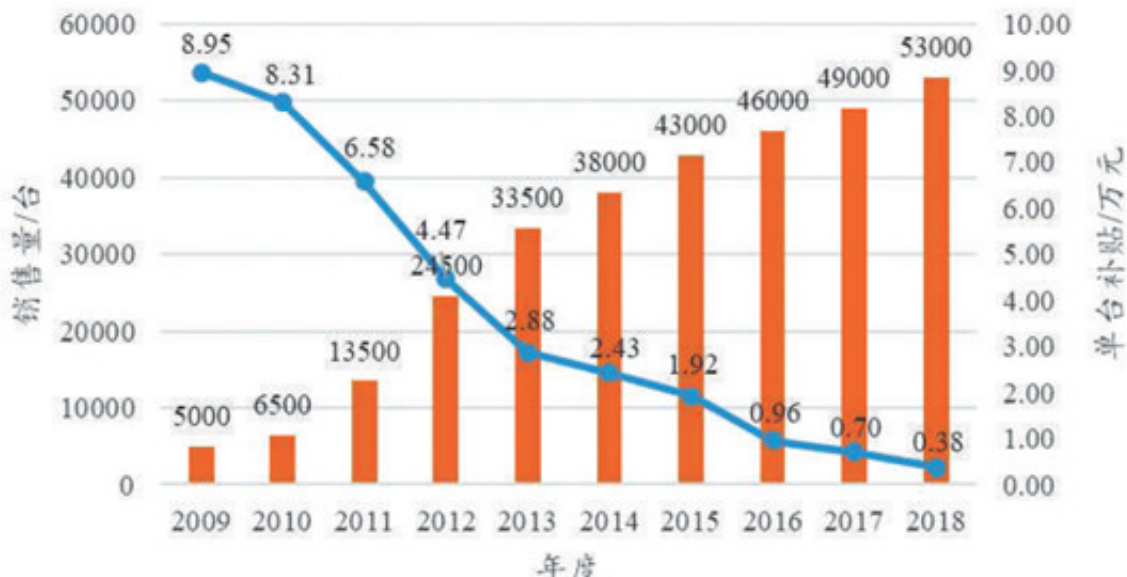


图1日本ENE-FARM销售量和补贴情况（日元汇率按15.63计算）

## 2 ENE-FARM产品在东京的经济性

### 2.1 东京气价与电价

东京民用天然气价格见表1。例如：一户家庭某月使用100m<sup>3</sup>天然气，则该月燃气费计算公式为76.15+100×7.93=869.15（元）。

表1东京民用燃气价格表

月用气量(m <sup>3</sup> )	基础费(元/月)	气量费(元/m <sup>3</sup> )
0-20	46.91	8.98
20-80	65.27	8.06
80-200	76.15	7.93
200-500	116.94	7.72
500-800	288.89	7.18
800-	769.61	6.7

东京民用电力价格见表2。每月电费由基础费+电量费+合同费构成。例如，一户家庭安装50A限流器，某月使用200 kWh电，则电费计算公式为88.38+200×1.64+14.58=430.96（元）。

表2东京民用电力价格表

基础费		电量费		合同费
限流器 (A)	费率 (元/月)	电量 (kWh)	费率 (元/kWh)	费用 (元/月)
10	17.68			
15	25.52	0-120	1.23	
20	35.35			
30	53.03	120-300	1.64	14.58
40	70.71			
50	88.38	300-	1.89	
60	106.06			

## 2.2 安装ENE-FARM产品前后燃气价格变化

东京燃气公司针对购买ENE-FARM产品的用户推出专项套餐，套餐费如表3所示。

表3东京ENE-FARM用户燃气价格表

季节	月用气量(m <sup>3</sup> )	基础费(元/月)	气量费(元/m <sup>3</sup> )
冬季	0-20	46.91	9.38
	20-80	91.78	7.13
	80<	118.98	6.79
其他季节	0-20	46.91	9.26
	20<	91.78	7.01

如表4、图2所示，普通居民和ENE-FARM用户的燃气价格均呈现用量越大、单价越低的特点，其中，月燃气用量大于30m<sup>3</sup>时，ENE-FARM用户每立方燃气价格更低。

表4东京居民加入ENE-FARM计划前后每标立方燃气费

月燃气 消耗量/Nm <sup>3</sup>	普通居民		ENE-FARM用户	
	月燃气 费/元	折燃气价格 /元·Nm <sup>-3</sup>	月燃气 费/元	折燃气价格/ 元·Nm <sup>-3</sup>
10	136.71	13.67	140.71	14.07
30	307.07	10.24	305.68	10.19
50	468.27	9.37	448.28	8.97
70	629.47	8.99	590.88	8.44
90	789.85	8.78	730.08	8.11
110	948.45	8.62	865.88	7.87

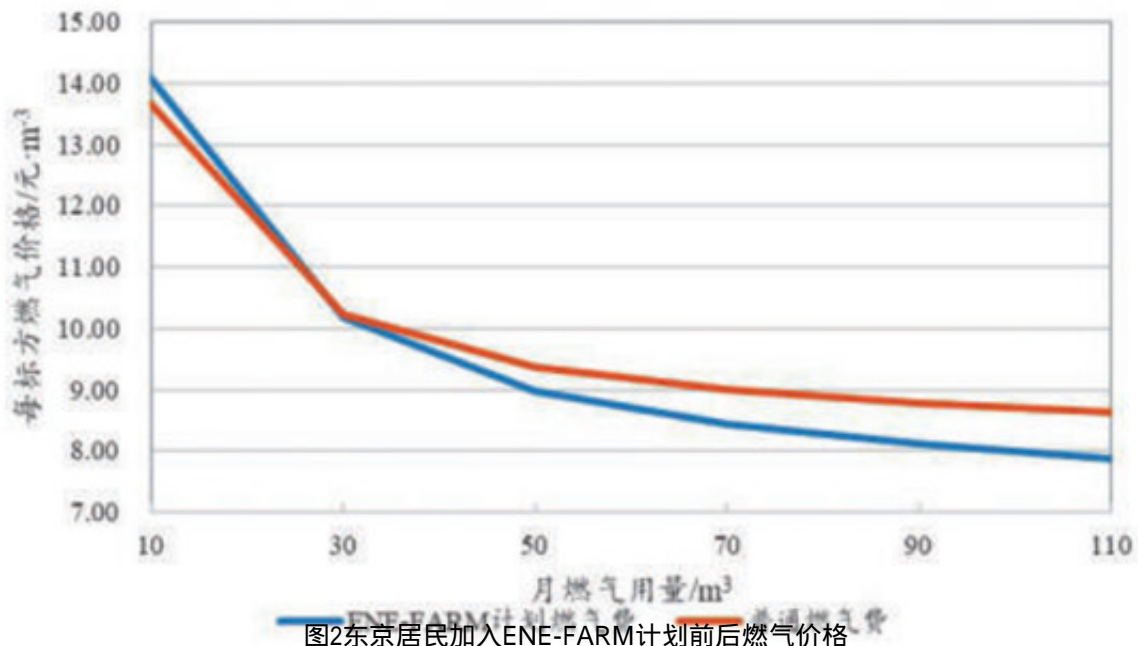


图2东京居民加入ENE-FARM计划前后燃气价格

### 2.3居民使用ENE-FARM产品的经济性

ENE-FARM用户每月需承担设备折旧费和燃气费，产生电和热。假设普通居民需要分别购买电和燃气。据计算，月均燃气使用量超过77m<sup>3</sup>左右的家庭安装ENE-

FARM产品有经济性，燃气用量越大，经济效果越明显，如表5和图3所示。

表5东京居民安装ENE-FARM设备的经济性测算

普通居民			安装ENE-FARM的居民			
燃气费/元	电费/元	合计/元	月用气量/Nm <sup>3</sup>	月折旧费/元	燃气费/元	合计/元
97.2	153.6	250.8	10	419	140.71	559.71
197.77	305.5	503.27	30	419	305.68	724.68
290.95	440.53	731.48	50	419	448.28	867.28
381.22	575.55	956.77	70	419	590.88	1 009.88
471.49	803.21	1 274.7	90	419	730.08	1 149.08
561.77	958.82	1 520.59	110	419	865.88	1 284.88

注：在一定的月用气量条件下，普通居民燃气费由ENE-FARM设备的供热量倒推燃气量计算、电费由ENE-FARM设备的发电量计算。

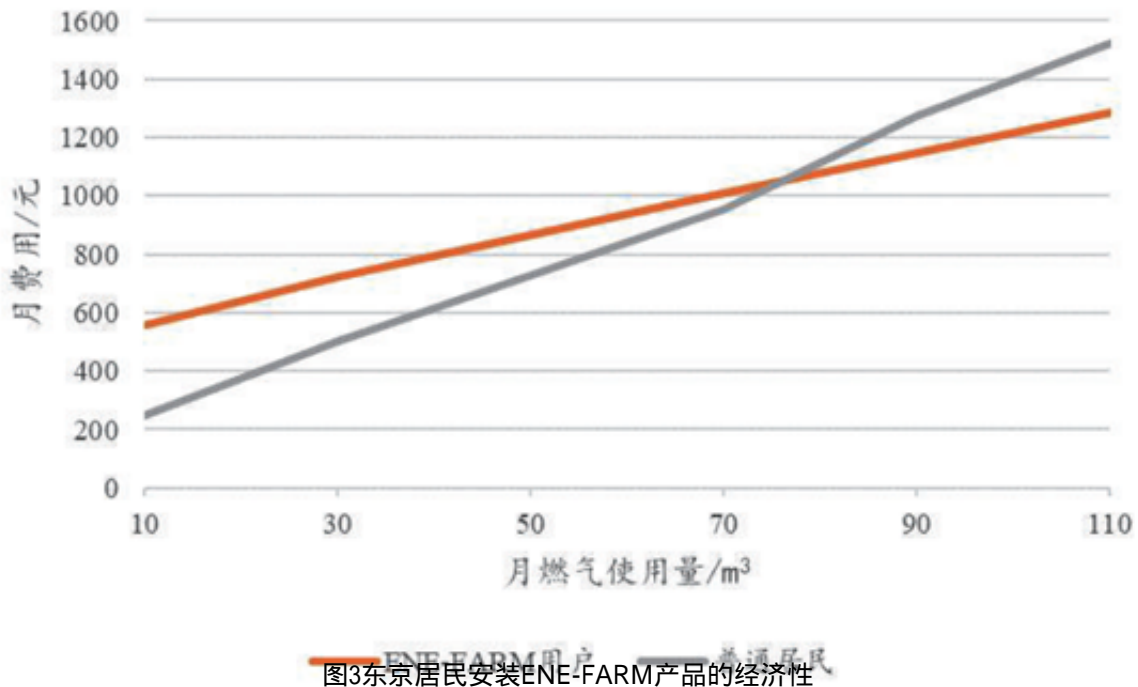


图3东京居民安装ENE-FARM产品的经济性

具有经济性的原因包括：（1）燃气与电力存在一定价差。即如果把热电联供的燃气费用全部计入发电成本，则度电燃气费和单独购电的费用相当，余热价值相当于收益。在用气量较大时，余热的价值高于设备折旧成本，具备经济性。（2）存在燃气优惠价格。购买ENE-FARM产品后，无论燃气是否由燃料电池使用，该户居民使用的所有燃气均享受ENE-FARM套餐的价格。因此，有冬季采暖需求的家庭，可以另外安装燃气炉，或者购买装备外置燃气炉的ENE-FARM产品，燃气消耗量大时更具经济性。

### 3上海地区使用ENE-FARM产品的经济性

#### 3.1上海气价、电价情况

上海居民阶梯燃气价格和电力价格如表6、表7所示。

表6上海居民用户阶梯气价

阶梯(m <sup>3</sup> )	燃气价格(元/Nm <sup>3</sup> )
第一阶梯, 每年0-310 (含)	3
第二阶梯, 每年310-520 (含)	3.3
第三阶梯, 每年520以上	4.2

表7上海居民用户阶梯电价

阶梯(kWh)	电价(元/kWh)	
第一阶梯, 每年0-3 120 (含)	峰(6:00-22:00)	0.617
	谷(22:00-6:00)	0.307
第二阶梯, 每年3 120-4 800 (含)	峰(6:00-22:00)	0.677
	谷(22:00-6:00)	0.337
第三阶梯, 每年48 00以上	峰(6:00-22:00)	0.977
	谷(22:00-6:00)	0.487

### 3.2上海与东京单位热值的气价、电价对比

假设上海、东京每户居民一年用气550m<sup>3</sup>、用电4000kWh，燃气热值36MJ/m<sup>3</sup>，东京居民安装30A限流器，燃气用量按月平均，上海居民用电峰谷电各占一半。

如表8、表9所示，上海居民单位热值燃气和电力的价格比约为0.68，东京为0.43。

表8上海民用单位热值电价与气价关系

燃气费(元)	电费(元)	单位热值燃气价(元/MJ)	单位热值电价(元/MJ)	单位热值气与电价之比
1 752.00	1 887.60	0.09	0.13	0.68

表9东京民用单位热值电价与气价关系

燃气费/元	电费/元	单位热值燃气价(元/MJ)	单位热值电价(元/MJ)	单位热值气、电价之比
4 984.36	8 371.32	0.25	0.58	0.43

### 3.3在上海推广家用燃料电池CHP系统的经济性

如表10所示，即使计算热利用的价值，将燃气费由发电和热利用分摊，度电成本依然高于电价。

表10上海家用燃料电池CHP系统的经济性

燃气价格/(元/Nm <sup>3</sup> )	度电成本/(元/MWh)	
	不计热利用价值	计热利用价值
3	1.57	1.15
3.3	1.64	1.18
4.2	1.87	1.28

#### 4 敏感性分析

##### 4.1 设备价格

计算热利用价值时，PEMFC价格每下降10%，度电成本下降7.14%。见图4。

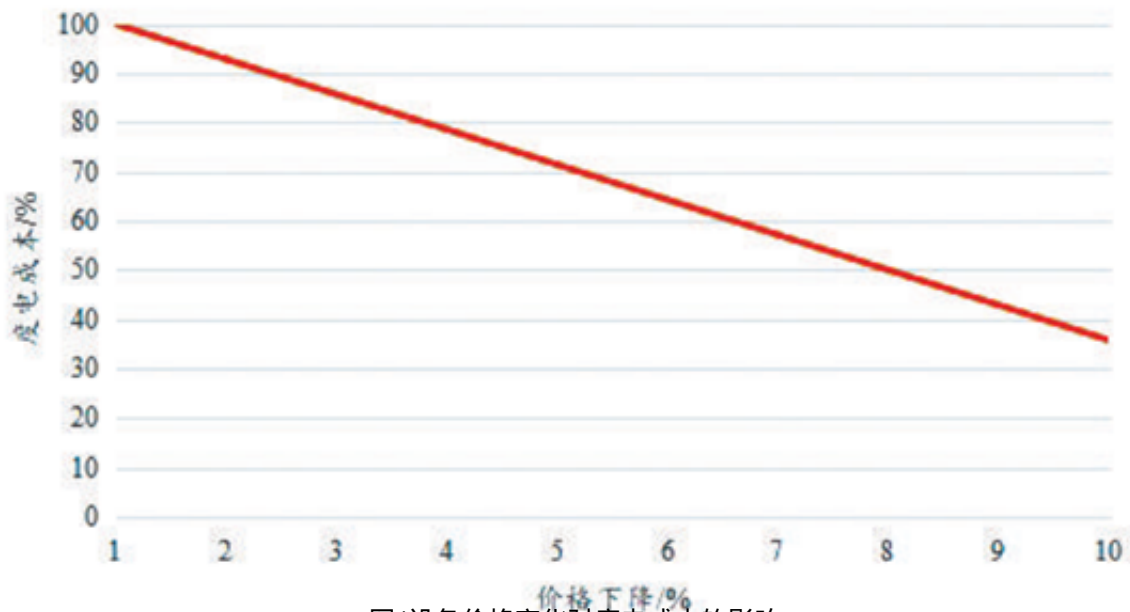


图4设备价格变化对度电成本的影响

##### 4.2 燃气价格

燃气价格每变化10%，度电成本同向变化2.86%。见图5。

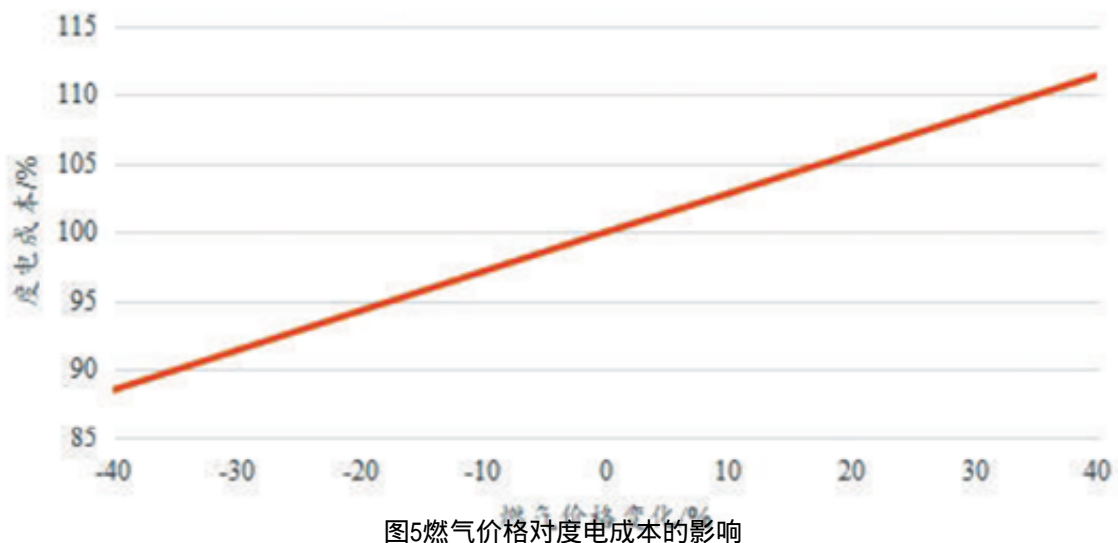


图5燃气价格对度电成本的影响

综合考虑设备价格下降以及燃气价格变化时，热电联供的度电成本如表11所示。居民第一阶梯峰电电价为0.617元/kWh，第二阶梯峰电电价为0.677元/kWh，第三阶梯峰电电价为0.977元/kWh。如果设备价格大幅度下降，则即使燃气价格不变，度电成本较居民电价也会出现一定竞争力。

表11 PEMFC度电成本与设备和燃气价格变化的关系/(元/kWh)

PEMFC 度电成本	燃气价格变化%								
	-40	-30	-20	-10	0	10	20	30	40
0	1.02	1.05	1.08	1.12	1.15	1.18	1.22	1.25	1.28
-10	0.94	0.97	1.00	1.04	1.07	1.10	1.13	1.17	1.20
-20	0.85	0.89	0.92	0.95	0.99	1.02	1.05	1.09	1.12
设备 价格 变化/%	0.77	0.81	0.84	0.87	0.90	0.94	0.97	1.00	1.04
-40	0.69	0.72	0.76	0.79	0.82	0.86	0.89	0.92	0.95
-50	0.61	0.64	0.67	0.71	0.74	0.77	0.81	0.84	0.87
-60	0.53	0.56	0.59	0.63	0.66	0.69	0.72	0.76	0.79
-70	0.44	0.48	0.51	0.54	0.58	0.61	0.64	0.68	0.71
-80	0.36	0.40	0.43	0.46	0.49	0.53	0.56	0.59	0.63
-90	0.28	0.31	0.35	0.38	0.41	0.45	0.48	0.51	0.54

## 5结论及启示

我国目前在燃料电池相关技术与国外还存在差距，用于供能领域的产品多处于研发阶段，尚未实现标准化、系列化，产量较小、价格较高。受资源禀赋、体制等因素影响，我国民用气价、电价不仅低于工商业，甚至低于实际成本。随着整个产业的快速发展，技术持续进步，产品成本预计会出现大幅度下降，在某些特定区域或特定场景将率先出现市场需求。

原文地址：<http://www.china-nengyuan.com/tech/152554.html>