

生物质气化与废弃物焚烧联合发电 的技术经济分析

李娜¹, 马晓茜¹, 李海滨², 陈勇²

(1. 华南理工大学 电力学院, 广东 广州 510640; 2 中科院 广州能源研究所, 广东 广州 510070)

摘要: 介绍了生物质气化与废弃物焚烧联合发电技术项目, 确定了该项目经济效益的评价指标, 定量计算了项目的投资回收期、净现值和内部收益率。同时还对燃料费用、上网电价和固定资产变化引起的敏感性进行分析。结果表明, 该联合发电技术的动态投资回收期为 9.05 a, 净现值为 2 770 万元, 内部收益率为 15.82%, 三个经济指标均符合行业标准, 从经济角度看是完全可行的。

关键词: 生物质气化; 废弃物焚烧; 发电; 经济效益

中图分类号: TK6

文献标识码: A

文章编号: 1004-3950(2006)05-0017-06

Economic benefit of biomass gasification and waste incineration combined power generation

LIN a¹, MA Xiao-qian¹, LI Hai-bin², et al

(1. Electric Power College, South China University of Technology, Guangzhou 510640, China

2. Guangzhou Institute of Energy Conversion, Chinese Academy of Sciences, Guangzhou 510070, China)

Abstract The item of the biomass gasification and waste incineration combined power was briefly introduced in the paper. The evaluation index for the economic benefit of this combined power technology was confirmed. The pay back period, net present value and internal rate of return were quantitatively calculated. In addition, sensitivity of evaluation index arose by fuel cost, distribution electricity price and fixed assets was analyzed. The result point out that from the view of economy this combined power technology is feasible because its evaluation index accord with standard of electric industry.

Key words biomass gasification; waste incineration; power generation; economic benefit

0 引言

生物质能源替代化石燃料可减少温室气体的净排放量。目前, 由于生物质的能量转换效率较低, 使得生物质能利用的经济性较差。但由于化石燃料的过度开采和消耗, 引起全球气候异常, 近年来生物质资源利用受到普遍关注^[1]。

生物质气化与废弃物焚烧联合发电技术, 是利用我国丰富的农业废弃物和工业垃圾资源, 将生物质气化和垃圾焚烧有机结合, 实现联合循环发电, 将生物质和工业废弃物转化为高品质的电力。生物质气化发电和垃圾焚烧发电技术在发达

国家已经比较成熟, 在我国还处于起步阶段。近年来, 我国生物质能利用技术和垃圾焚烧技术已取得了很大的进展, 部分技术已实现商业化或接近商业化程度, 技术市场初具规模, 生物质能开发项目的经济性正逐步改善^[2-3]。生物质气化与废弃物焚烧联合发电技术的突破点在于既要解决工业垃圾焚烧设备腐蚀严重、燃烧不稳定、设备投资高与总体发电效率低的问题, 又要弥补生物质供应不足导致停发电的问题。本文将结合粤港关键领域重点突破招标项目“5MW 生物质气化与有机废弃物焚烧联合发电系统”, 确定联合发电技术经济效益的评价指标, 分析计算该联合发电项目

收稿日期: 2006-04-07

基金项目: 广东省自然科学基金研究团队项目(003045)和 2004 年粤港关键领域重点突破项目“5MW 生物质气化与有机废弃物燃烧联合发电系统”资助

作者简介: 李娜(1977-), 女, 河北安国人, 硕士研究生, 研究方向为高效低污染燃烧。

的投资回收期、净现值和内部收益率, 并进行敏感性分析。

1 生物质气化与废弃物焚烧联合发电技术

中国科学院广州能源所提出的“5 MW 生物质气化与有机废弃物焚烧联合发电系统”招标项目, 主要由生物质气化发电技术和垃圾焚烧发电技术组成。生物质以大米加工后的稻壳为主, 有机废弃物主要以废纸、木材边角料、旧塑料等工业垃圾为主。该联合发电系统流程如图 1 所示。生物质气化发电部分主要由循环流化床气化炉、焦油裂解器、过热器、空气预热器和 8 台单机功率为 500 kW 的燃气内燃机组成。生物质在气化炉内气化生成粗燃气后进入裂解器内将焦油催化裂解,

经过热器和空气预热器降温后贮存于贮气柜, 再加压后进入燃气内燃机做功发电。垃圾焚烧发电部分主要由焚烧炉、余热锅炉、一台单机功率为 1.5 MW 的汽轮机组成。垃圾焚烧炉高温烟气产生的饱和蒸汽与内燃机排出高温烟气产生的饱和蒸汽汇合, 利用可燃气的显热过热后进入汽轮机做功发电。该联合发电装机规模为 5.5 MW, 设计系统电站效率为 25%。

该联合发电技术的特点和优势是采用燃气内燃机代替燃气轮机, 既可降低对燃气杂质的要求, 减少技术难度, 又可简化设备, 从而降低固定资产投资成本; 而且能量利用较合理, 利用高温生物质气化的显热来过热饱和蒸汽和预热空气, 减少能量损失, 提高发电效率, 有利于缩短投资回收期。

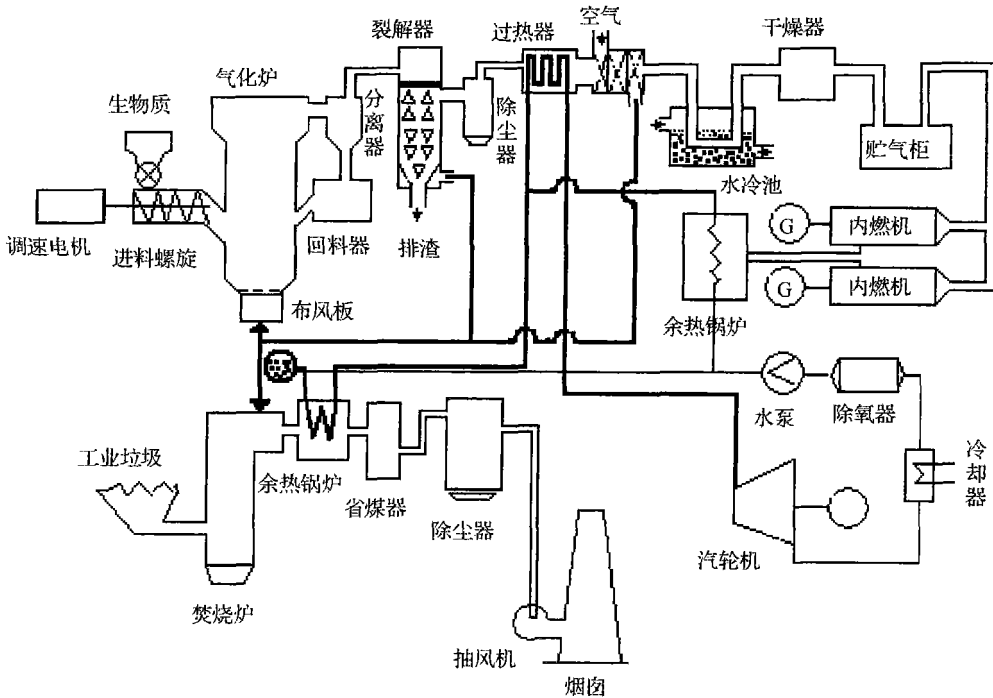


图 1 生物质气化与废弃物焚烧联合发电系统流程图

2 经济效益评价指标

经济效果评价的指标可以是多种多样的, 它们从不同角度来反映项目的经济性。考虑到资金的时间价值, 本文采用动态经济评价指标: 动态投资回收期、净现值和内部收益率。

2.1 动态投资回收期

动态投资回收期 (pay back period) 通常用 P_t 表示, 是指在考虑资金时间价值条件下, 以项目净收益抵偿项目全部投资所需要的时间。其定义式为^[4]:

$$\sum_{t=1}^{P_t'} (C_1 - C_0)_t (1 - i_0)^{-t} = 0 \quad (1)$$

式中: C_1 —各年的现金流入量 (包括销售收入、回收固定资产残值、回收流动资金等);
 C_0 —各年的现金流出量 (包括固定资产投资、流动资金、经营成本、税金等);
 t —项目实施的年份;
 i_0 —行业的基准收益率。

实际计算一般采用净现金流量贴现值累计并结合插值公式求解, 公式为^[4]:

$$P_i' = \left[\frac{\text{净现金流量贴现累计值}}{\text{开始出现正值年份数}} \right] - 1 + \left[\frac{\text{上年净现金流量贴现累计值的绝对值}}{\text{当年净现金流量贴现值}} \right] \quad (2)$$

求出的投资回收期 P_i' 应与基准动态投资回收期 P_b 进行比较, 若 $P_i' \leq P_b$, 该项目可以被接受。

2.2 净现值

净现值 (net present value, 通常用 NPV 表示) 是指项目寿命期内每年发生的现金流量, 按一定的折现率将各年净现金流量折现到同一时点 (通常是初期) 的现值累加值。其表达式为^[4]:

$$NPV = \sum_{t=1}^n (C_t - C_0)_t (1 + i_0)^{-t} \quad (3)$$

式中: n —计算年; i_0 —基准收益率。

净现值法的评价准则是: $NPV(i_0) \geq 0$ 可以考虑接受该项目, 否则予以拒绝。

2.3 内部收益率

内部收益率 (internal rate of return, 通常用 RR 表示) 是指在整个计算期内各年净现金流量现值累计等于零时的折现率, 它反映项目所占用资金的盈利率, 是考察项目盈利能力的主要动态指标^[5]。一个项目的 RR 越高, 则经济性越好。其表达式为^[4]:

$$\sum_{t=1}^n (C_t - C_0)_t (1 + IRR)^{-t} = 0 \quad (4)$$

设基准折现率为 i_0 , 若 $RR \geq i_0$, 则认为该项目在经济上是可以接受的, 否则予以拒绝。

3 联合发电技术的经济效益

3.1 经济效益分析基本参数

财务评价所需的基本参数主要有固定资产、总生产成本和收益^[5]。

(1) 固定资产: 主要为生物质气化炉、焦油裂解炉、垃圾焚烧炉、内燃机和汽轮机等主要设备、系统辅助设备及基础建设等的投资。

(2) 总生产成本: 主要由生产成本和财务费用两部分组成。生产成本包括原料费、资产折旧费、人员工资及福利费、维修及管理费。财务费用主要是偿还贷款所支付的利息。

(3) 收益: 该发电项目的收益主要是售电收入, 售电收入 = 年供电量 × 上网电价。

3.2 经济分析过程

3.2.1 方法与依据

根据《建设项目经济评价参数与方法》(1993年第二版)的有关规定^[4], 工程建设期为 3 a 经济评价分析年限为 20 a (包括 3 年建设期)。

3.2.2 资金筹措

本项目建设总投资约 3 195 万元, 其中自有资金 650 万元, 其余为商业贷款, 年利率 5.89%。固定资产投资为 2 545 万元, 采用商业银行贷款。计划投资额分配: 第一年主要是技术准备, 投资 170 万元, 采用自有资金; 第二年主要是购买设备及基础建设, 投资 2 545 万元, 全部采用商业贷款; 第三年主要是设备安装、调试及初运行, 投资 480 万元, 采用自有资金。

3.2.3 收入及成本

固定资产折旧采用 15 年直线折旧法, 资产残值率为 5%; 原料费用按生物质和工业垃圾的购买价格 250 元 / t 计算。2006 年 1 月, 《可再生能源发电价格和费用分摊管理试行办法》已出台, 国家对可再生能源发电将采取一定的价格优惠政策, 生物质发电项目的上网电价将在 2005 年脱硫燃煤机组标杆上网电价的基础上补贴 0.25 元 / kW h。2005 年, 国家发改委就南方电网实施煤电价格联动发出的有关通知中指出, 广东省新投产的燃煤机组未安装脱硫设备的标杆上网电价为 0.424 元 / kW h, 安装了脱硫设备的在此基础上每千瓦时增加 0.015 元。依据国家对可再生能源发电项目的优惠政策和广东省新投产脱硫燃煤机组标杆上网电价, 本文取上网电价为 0.689 元 / kW h。

3.2.4 税金

城市维护建设税和教育税免征, 企业所得税按 15% 计征。盈余公积金占 10%, 公益金占 5%。

按上述经济分析过程, 计算得该联合发电技术招标项目的成本费用如表 1 所示, 资金使用及流量如表 2 所示。从表 1 可知, 该联合发电技术的临界电价与煤电相差不多, 基本上可与煤电相抗衡。

表 1 成本费用表

序号	项目	数值
1	年生产天数 / d	300
2	生物质处理量 / t · a ⁻¹	30 000
3	工业垃圾处理量 / t · a ⁻¹	6 000
4	发电量 / GW h · a ⁻¹	39.60
5	供电量 / GW h · a ⁻¹	35.64
6	厂用电率 / %	10
7	生产成本 / 万元 · a ⁻¹	1 423
7.1	燃料费 / 万元 · a ⁻¹	900

序号	项目	数值
7.2	水费 /万元·a ⁻¹	10
7.3	工资福利费 /万元·a ⁻¹	150
7.4	折旧费 /万元·a ⁻¹	223
7.5	大修理费 /万元·a ⁻¹	70
7.6	其他费用 /万元·a ⁻¹	70
8	上网电价 /元·kW h ⁻¹	0.689
9	发电单位成本 /元·kW h ⁻¹	0.359
10	供电单位成本 /元·kW h ⁻¹	0.399

3.3 经济效益评价结果

运用上述经济评价的方法,对该生物质气化与废弃物焚烧联合发电技术的基本经济参数进行计算,得出经济效益评价的主要动态指标:动态回收期、净现值和内部收益率(见表3)。

由表3可知,该联合发电项目的动态投资回收期为9.05 a,是可以接受的;内部收益率为15.82%,大于基准收益率(8%),表明该项目具

表2 现金流量表

万元

年份	本年还本	财政费用	现金流入	现金流出	净现金流量	累计净现金流量	净现金流量现值	累计净现金流量现值
第1年	0	0	0	170	-170	-170	-157.4	-157.4
第2年	0	0	0	2695	-2695	-2865	-2310.5	-2467.9
第3年	0	0	0	480	-480	-3345	-381.0	-2849.0
第4年	201.5	178.0	2455.6	1707.6	748.0	-2597.0	549.8	-2299.2
第5年	201.5	166.1	2455.6	1697.5	758.1	-1839.0	515.9	-1783.3
第6年	201.5	154.2	2455.6	1687.4	768.1	-1070.8	484.1	-1299.2
第7年	201.5	142.4	2455.6	1677.4	778.2	-292.6	454.1	-845.1
第8年	201.5	130.5	2455.6	1667.3	788.3	495.7	425.9	-419.2
第9年	201.5	118.7	2455.6	1657.2	798.4	1294.1	399.4	-19.8
第10年	201.5	106.8	2455.6	1647.1	808.5	2102.6	374.5	354.7
第11年	201.5	95.0	2455.6	1637.0	818.6	2921.2	351.1	705.8
第12年	201.5	83.1	2455.6	1626.9	828.7	3749.9	329.1	1034.8
第13年	201.5	71.2	2455.6	1616.9	838.7	4588.6	308.4	1343.2
第14年	201.5	59.3	2455.6	1606.8	848.8	5437.4	289.0	1632.2
第15年	201.5	47.5	2455.6	1596.7	858.9	6296.4	270.8	1903.0
第16年	201.5	35.6	2455.6	1586.6	869.0	7165.4	253.7	2156.6
第17年	201.5	23.7	2455.6	1576.5	879.1	8044.4	237.6	2394.2
第18年	201.5	11.9	2455.6	1566.4	889.2	8933.6	222.5	2616.7
第19年	201.5	0	1564.6	1221.2	343.4	9277.0	79.6	2696.3
第20年	201.5	0	1564.6	1221.2	343.4	9620.3	73.7	2770.0

注: 财政费用 = 本年付息; 现金流出 = 固定资产投资 + 经营成本 + 所得税 + 财政费用; 净现金流量 = 现金流入 - 现金流出

有盈利能力;净现值也远远大于0,所以该联合发电技术项目在经济上是完全可行的。

表3 联合发电项目的经济评价结果

发电规模 /kW	动态投资回收期 /a	净现值 /万元	内部收益率 /%
5500	9.05	2770	15.82

4 敏感性分析

4.1 对经济评价指标变动的影响因素

从以上经济效益分析过程中可以看出,影响

该发电项目经济效益的主要因素有上网电价、生产成本和固定资产。从表4中可知,投资回收期随着上网电价的提高而缩短,净现值和内部收益率却显著增加。燃料成本的变化引起的经济评价指标的变动结果见表5。随着燃料成本的提高,投资回收期延长,净现值和内部收益率逐渐降低。因此,为了增加利润,提高企业效益,加大还贷力度,电厂应努力降低燃料成本。固定资产的投资决定着电厂的偿还能力,其对经济评价指标的影响如表6所示。投资回收期随着固定资产投资额的增加而延长,净现值和内部收益率降低,加重了偿还负担。

表 4 上网电价的变化对经济指标的影响

上网电价变化率 %	-10	-8	-6	-4	-2	2	4	6	8	10
上网电价 /元·(kWh) ⁻¹	0.620	0.634	0.648	0.661	0.675	0.703	0.717	0.730	0.744	0.758
投资回收期 /a	12.0	11.2	10.6	10.0	9.5	8.7	8.4	8.1	7.8	7.6
净现值 /万元	1352	1635	1919	2203	2486	3054	3337	3621	3905	4188
内部收益率 %	11.98	12.81	13.61	14.38	15.11	16.51	17.17	17.81	18.43	19.03

表 5 燃料成本的变化对经济指标的影响

燃料成本变化率 %	-10	-8	-6	-4	-2	2	4	6	8	10
燃料成本 /元·t ⁻¹	225	230	235	240	245	255	260	265	270	275
投资回收期 /a	8.40	8.52	8.65	8.78	8.90	9.21	9.37	9.53	9.71	9.89
净现值 /万元	3324	3213	3102	2992	2881	2659	2548	2438	2327	2216
内部收益率 %	17.09	16.84	16.59	16.34	16.08	15.56	15.29	15.02	14.75	14.47

表 6 固定资产的变化对经济指标的影响

固定资产变化率 %	-10	-8	-6	-4	-2	2	4	6	8	10
固定资产投资额 /万元	2291	2341	2392	2443	2494	2596	2647	2698	2749	2800
投资回收期 /a	8.78	8.83	8.89	8.94	9.00	9.11	9.17	9.23	9.30	9.36
净现值 /万元	2952	2915	2879	2843	2806	2734	2697	2661	2625	2588
内部收益率 %	17.46	17.12	16.79	16.46	16.14	15.51	15.21	14.91	14.62	14.36

4.2 经济评价指标的敏感性分析

采用单参数值的敏感性分析法, 上网电价、燃料成本和固定资产的变化引起的投资回收期、净现值和内部收益率的敏感性分别如图 2 图 3 和图 4 所示。

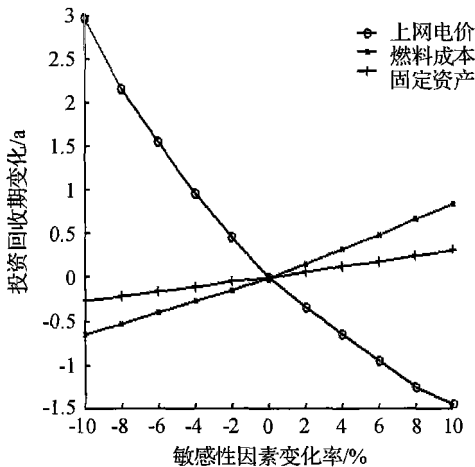


图 2 敏感性因素变化率与投资回收期的关系

由图 2 图 3 图 4 可知: 当敏感性因素变化率均为 +10% 时, 上网电价、燃料成本、固定资产的变化引起的投资回收期的敏感性分别为

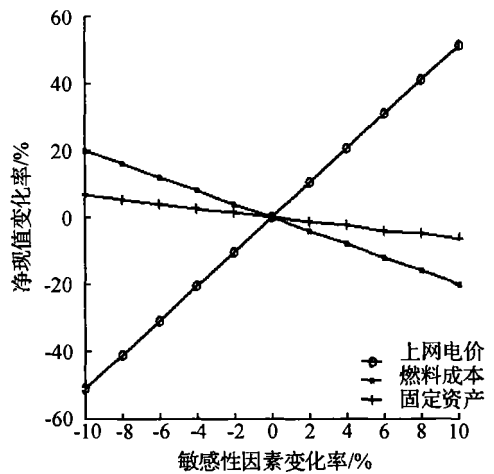


图 3 敏感性因素变化率与净现值变化率的关系

-1.45 a 0.84 a 0.31 a, 净现值的变化率分别为 51%、-20%、-6.6%, 内部收益率的敏感性分别为 20.3%、-8.5%、-9.2%; 上网电价对该项目的投资回收期、净现值和内部收益率三个经济指标的敏感性最强, 燃料成本对投资回收期和净现值的敏感性较强, 而固定资产变化对内部收益率的影响比燃料成本要大。

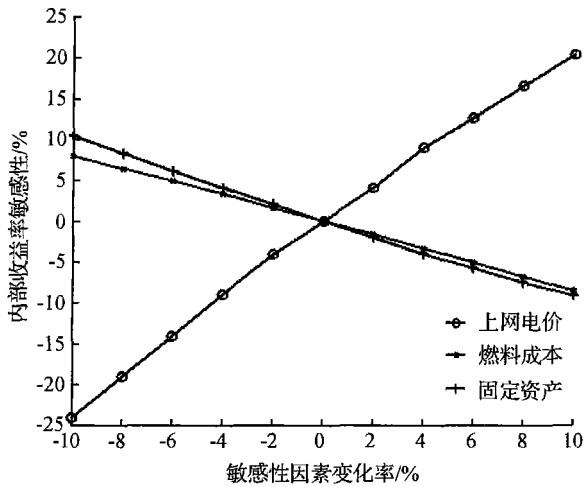


图 4 敏感性因素变化率与内部收益率的关系

5 结论

(1) 生物质气化与废弃物焚烧联合发电项目的动态投资回收期为 9.05 a, 财务净现值为 2 770 万元, 远远大于 0, 意味着除保证该投资项目可实现预定的收益率外, 还可获得较高的收益; 内部收益率为 15.82%, 高于基准折现率。

(2) 通过对该项目经济评价指标的计算, 可以看出本项目具有一定的抗风险能力和偿还贷款能力, 且具有较好的经济效益。因此, 该项目从经

济角度看是完全可行的。

(3) 通过敏感性分析可以看出, 上网电价对该项目的三个经济指标的敏感性最强。为了提高生物质气化与废弃物焚烧联合发电技术在电力行业中的竞争力, 实现商业化运作, 政府已出台的对可再生能源发电上网电价补贴的政策是必要的; 同时, 电厂设备应尽可能国产化, 降低固定资产投资, 减轻还贷负担, 从而缩短投资回收期; 还应努力降低原料收购成本, 提高内部收益率, 以期得到更好的经济效益。

参考文献:

- [1] Antonio C Caputo, Mario Palmbo, Pacifico M Pellegrino. Economics of biomass energy utilization in combustion and gasification plants: effects of logistic variables [J]. Biomass and Bioenergy, 2005, 28: 35-51.
- [2] 樊京春, 王永刚, 秦世平. 生物质能利用技术的经济性分析 [J]. 能源工程, 2003(4): 19-23.
- [3] 张希良, 陈荣, 何建坤. 中国生物质气化发电技术的商业化分析 [J]. 太阳能学报, 2004, 25(4): 557-560.
- [4] 王华, 马媛媛. 城市固体废弃物焚烧处理项目的技术经济评价 [M]. 北京: 冶金工业出版社, 2005: 22-24.
- [5] 樊京春, 王永刚, 高虎. 生物质气化发电的经济效益分析 [J]. 能源工程, 2004(1): 20-23.

报道

三部门联合发布能效标识第二批产品目录

国家发改委、国家质检总局和国家认监委最近联合发布了 2006 年第 65 号公告: 根据《能源效率标识管理办法》(国家发改委和国家质检总局第 17 号令) 规定, 国家发改委、国家质检总局和国家认监委组织制定了《中华人民共和国施行能源效率标识的产品目录(第二批)》、《电动洗衣机能源效率标识实施规则》和《单元式空气调节机能源效率标识实施规则》, 自 2007 年 3 月 1 日起实施。

据了解, 两规则适用于额定洗涤容量为 1 kg 至 13 kg 的家用电动洗衣机 (不适用于搅拌式洗衣机和没有脱水功能的单桶洗衣机); 名义制冷量大于 7 100 W、采用电机驱动压缩机的单元式空气调节机、风管送风式和屋顶式空调机组 (不适用于多联式空调(热泵)机组和变频空调机)。

电动洗衣机和单元式空气调节机能源效率标识实施规则中主要规定了有关产品能源效率标识的样式与规格、信息确定、印制和粘贴、备案等基本内容, 并指导生产者和进口商按照《能源效率标识管理办法》要求正确实施能源效率标识。实施规则中还同时规定授权机构应公告已备案产品的标识信息、标识的核验和监督检查情况, 并接受生产者和消费者等对标识的投诉。

早在 2005 年 3 月 1 日, 我国能效标识第一批产品目录颁布, 包括家用电冰箱、房间空调器两个产品。实践证明, 能效标识在规范节能产品市场、节能降耗、保护环境方面发挥着重要的作用。基于严峻的能源形势和能效标识制度显著的实施成效, 能效标识制度的深入推广势在必行。《国务院关于加强节能工作的决定》(国发[2006]28 号) 明确要求加快实施能效标识制度, 扩大标识产品范围。第二批产品目录的适时推出, 必将把我国的能效标识制度推上一个新的台阶, 推动能效标识制度在我国广泛深入地实施, 引导社会消费行为, 更好地发挥能效标识在自主创新和建设节约型社会中的重要作用。

■ 本刊