

电价补偿对生物质发电厂经营发展的影响

刘贞，贺良萍，朱开伟，李佩莹

(1.重庆理工大学低碳能源研究中心，重庆400054；2.美国加州伯克利劳伦斯实验室，美国加州94720；3.西南大学经济管理学院，重庆400715)

摘要：中国生物质资源丰富，经济环境和发展水平使生物质能技术的发展处于比较有利的阶段。虽然生物质发电被认为是优质的发电方式，但由于生物质发电项目的燃料费用过高，生物质发电产业的整体效益不容乐观。用系统动力学的方法构建以单个生物质直燃发电厂为例的经营发展模型，分析生物质发电厂的生存现状，在此基础上建立对生物质发电厂实施电价补偿的经营发展动力学模型，研究电价补偿对生物质发电厂的经营发展的影响。结果表明：目前的常规生物质发电厂难以盈利的情况普遍存在，电价补偿对生物质发电厂发展的激励作用明显，分段电价补偿模式比定值电价补偿模式更有利于生物质发电厂的发展。

一、引言

近年来，中国加大对清洁能源的支持力度，可再生能源产业发展迅速。作为可再生能源的重要组成部分，生物质发电的发展，是构筑稳定、经济、清洁、安全的能源供应体系，突破经济社会发展资源环境制约的重要途径。中国从1978年开始进行生物质能发电研究，生物质发电行业的快速发展，为更好地利用生物质能源奠定了良好基础。但在此过程中，生物质发电行业的发展面临诸多挑战。目前，中国对生物质发电的补偿并没有明确的机制规范，国家统一的生物质发电上网电价是0.75元，但对于绝大多数生物质发电企业来说，这个固定的上网电价并不能有效地补偿企业的高运营成本，仍然有很多企业投资不足，难以实现规模化和产业化。要实现生物质发电产业快而好的发展，改善生物质发电企业的运营现状，并对其进行适当的补偿，具有重要的现实意义和必要性。

目前，研究生物质发电产业发展的文献大致可分为3类：

一是对生物质发电的现状及其发展潜力的分析。蒋冬梅等提出了秸秆资源发电的综合效益模型，分析了我国秸秆发电的一个综合效益，并对未来发电效益进行推论预测。金铭对生物质发电在全球的发展潜力进行研究分析，认为生物质发电对缓解全球能源危机具有重要意义和作用。刘志彬等研究发现中国农业生物质资源储量丰富，生物质发电潜力较大。Singh等、Gómez等利用地理信息系统(GIS)和数学模型对生物质资源的发电潜力进行评估预测，发现生物质发电的潜力巨大。Raman等使用数据包络分析方法研究了目前的生物质资源现状并提出了建立生物质发电厂的商业模式，并详细讨论了生物质发电的贡献。Zhao等用SWOT分析评估了中国生物质发电产业的现状，为中国生物质发电产业的研究提供了基础。

二是对具体生物质发电产业经济效益评价的研究。蔡树文以生物质资源丰富为大前提对中国生物质资源的利用进行预测。魏延军等以具体容量的生物质直燃发电项目为例，分析其经济效益，并得出相应的理论建议。Sun等选取了30个在中国的生物质发电企业，使用数据包络分析方法对生物质发电产业的效率进行评估。

三是对生物质发电企业发展的相关影响因素及其方法机制进行分析、研究，因为生物质发电产业的迅速发展，所关注的不仅是生物质发电产业的巨大潜力，更重要的是生物质产业面临的重重阻碍需要解决。

Qing等提出了生物质发电产业在中国的最大问题是缺乏市场机制，并构建了电价补偿模型对相关因素的相互影响作用进行了分析。赵浩亮等研究发现对生物质电厂发电成本影响最大的因素是燃料费用”。檀勤良等提出了生物质发电秸秆收购经纪人数量的增加有利于降低秸秆成本。王爱军等发现在生物质发电过程中发电效率对燃料成本有较大影响。董畅等提出可再生能源配额制的实施将有利于生物质发电产业规模化和产业化发展，但如果生物质发电电价居高不下，生产成本又过高的话，它将无法在生物质发电企业的市场竞争中得到市场补偿，也无法在其中生存。范道津等通过分析生物质发电电价补偿现状，提出了在电价补贴制度下生物质发电企业的相关发展对策。赵洱崇等构建固定电价与配额交易下的产业发展系统动力学模型，模拟分析结果表明配额交易制度对中国生物质发电产业发展的激励效应比固定电价政策更为直接有效。对生物质发电产业存在问题的研究不多，主要是研究影响生物质发电企业发展的影响因素及其相互之间的关系，又或者在某种政策基础下的生物质发电产业的发展建议研究。

根据已有研究文献，结合生物质产业的发展现状分析可知，目前的生物质发电产业发展潜力巨大，经济效益可观，但发展现状远远未达到预期水平。在前人研究中，多数是根据影响成本因素提出降低成本的相关建议，但就眼下中国生物质发电产业的发展现状，降低成本还存在一定的难度，适当的激励机制对于生物质发电行业来说是有必要的。

国家提出的关于生物质发电的支持政策主要分为保证所有用电量强制入网的政府命令控制型政策和以电价补贴为主的经济刺激型政策。对生物质发电厂进行补偿是对其发展的直接刺激，目前关于电价补偿的研究较少，且大部分属于理论性研究。文章结合已有研究，考虑现实背景，构建了生物质发电厂的发展效益模型，在不考虑电价补偿的情形下用系统动力学方法构建生物质发电企业的发展效益动力学模型，对其结果进行分析再考虑给予电厂补偿，并从装机容量的增长及其利润的变化来研究补偿电价的效用，研究了补偿电价对生物质发电厂经营发展产生的影响。

二、系统动力学模型构建

(一)模型的基本假设

在构建生物质发电企业的经营发展动力学模型时，针对模型研究的主要问题和模型的现实意义，进行基本假设，简化现实条件及其影响因素，使其目的更明确，减少多重因子干扰。在此主要提出以下几点假设：

- (1)生物质发电厂的原材料充足。因为模型只考虑补偿电价的变化对发电厂利润及增容的影响，所以在此不考虑原材料的供给问题，以原料充足为基础背景进行研究。
- (2)忽略技术进步对发电厂带来的影响。因为考虑补偿对电厂发展的影响，主要研究电价补偿对其利润和发展规模的影响，生物质发电厂的技术发展对发展的影响较为复杂，所以本文模型没有考虑技术进步对电厂带来的复杂影响。
- (3)燃料成本在一定范围内随机变动。燃料成本并非一成不变，所以在模型中对于平均单位成本的数值设置了一个高低成本范围内的随机函数来确定。
- (4)简化生物质发电厂成本输出。因为对生物质电厂发电成本影响最大的因素是燃料费用，所以建立模型时主要考虑发电燃料与装机建设成本对利润的影响，模型属于简单系统研究，并未做深层次的多因素影响研究。

(二)经营发展结构图

以某个30MW的生物质直燃秸秆发电厂为例，建立电厂经营发展动力学模型。首先分析生物质发电厂的经营发展结构，主要分为利润和成本两部分。生物质发电厂的收入主要来源于售电收益，由于生物质能源发电的上网电价是标准不变的标杆电价，所以电厂的利润主要由售电收益、发电量和生产成本决定。研究电厂的发展，主要以装机容量为参照，以利润为影响因素。电厂发展的模块构建，设定电厂的利润是刺激其增容的决定性因素，所以电厂的利润决定了电厂的发展规模。以上述关系为基础得出生物质发电厂经营发展系统动力学模型的初始基本结构如图1所示。

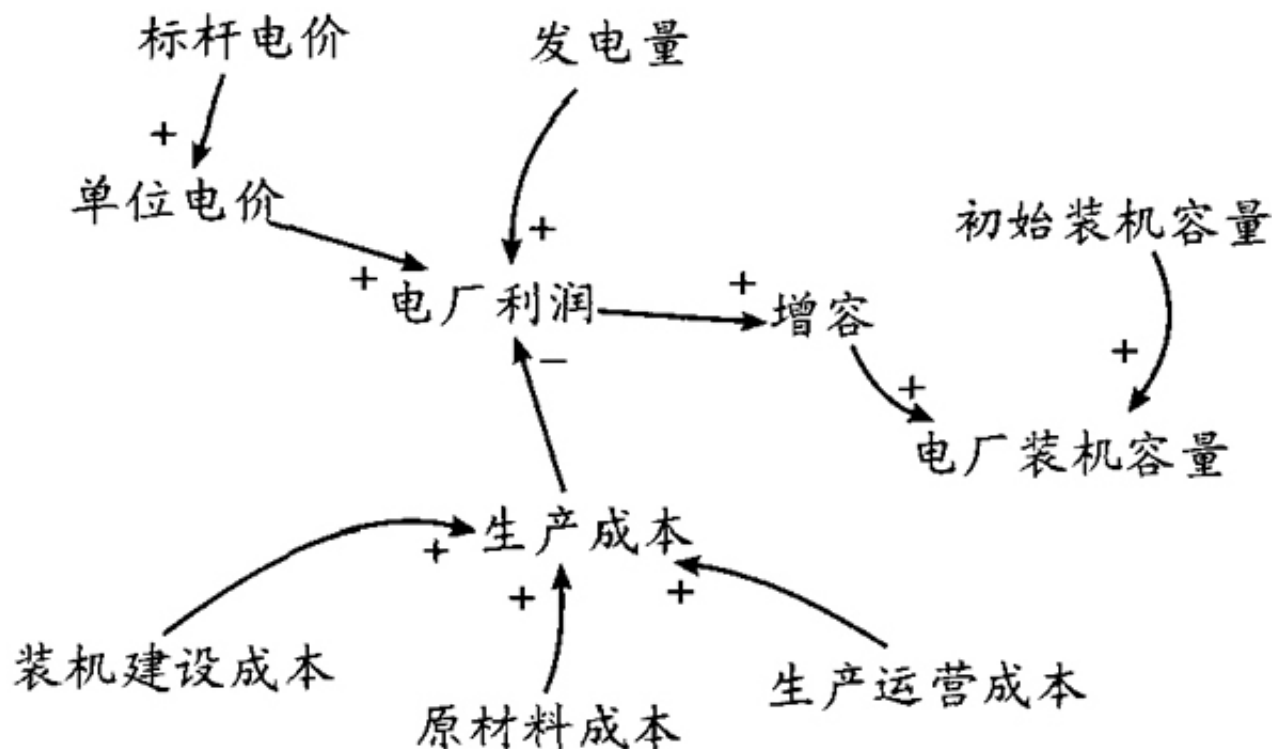


图1 生物质发电厂经营发展基本结构

(三)系统动力学流图构建

1.无补偿的系统动力学流图构建

一个生物质发电厂的成本主要由装机建设成本和原材料的到厂发电成本构成，电厂收入的主要来源为售电收益。模型的构建主要是从成本和收入两方面来展开，电厂利润即等于售电收益减去生产成本。在此模型中生物质发电的燃料主要是以秸秆燃烧为主，所以模型中燃料的低位热值以秸秆为例进行相应的取值。燃料的消耗量由燃料低位热值和电厂的发电效率及其发电量共同决定。模型中的原材料成本是由燃料消耗量和燃料发电的单位成本所决定的，单位成本的取值根据参考生物质发电厂的历史数据做了一个总体的评估，根据评估结果设置了一个关于燃料单位成本的随机函数。一个生物质发电厂的发电总量主要由电厂装机容量、装机容量利用时间和发电效率所决定。随着电厂利润的不断增长，电厂决策者会根据电厂的收益情况对其做出相应的发展决策。在模型中，结合实际电厂的考察结果，设置了电厂利润对电厂增容的影响因子函数。模型设计中，生产成本只考虑燃料的到厂发电成本和如果电厂增容的装机成本，因为每个发电厂的成本因地区不同和其他硬件设施不同生产成本也会相应发生变化，结合背景电厂的实际情况在此仅考虑影响成本的显著性因素。

结合发电厂的实际情况和生物质发电厂经营发展的初始结构图，选择影响因素，确定模型变量，构建无补偿的生物质发电厂经营发展的系统动力学流图(图2)。

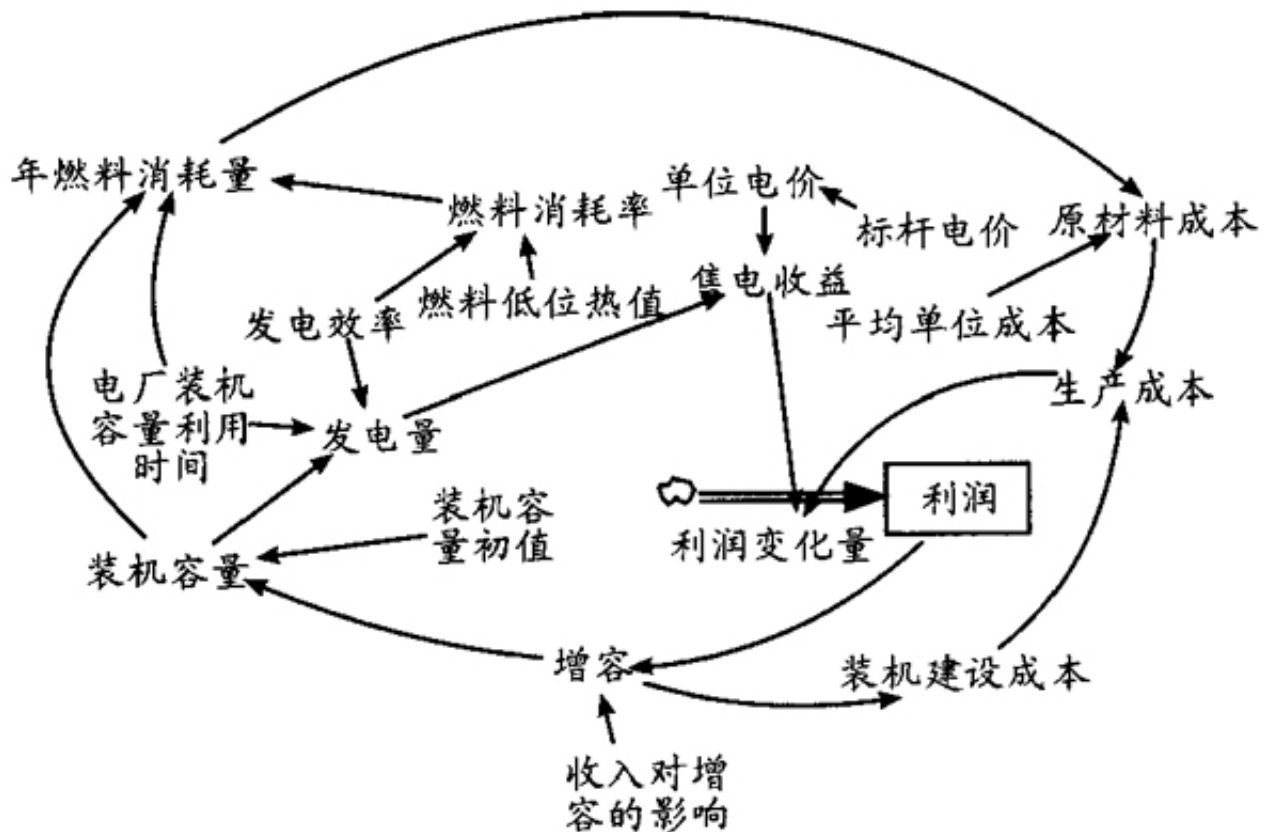


图2 无补偿的生物质发电厂经营发展
系统动力学流图

2.添加补偿模块的系统动力学流图构建为了激励生物质发电厂的发展，清洁发电，提高生物质燃料的利用，对生物质发电厂进行电价补偿。基于上述的动力学模型，增加电价补偿模块。对电价补偿模式的设置，文中主要涉及了两种补偿模式：一种是直接补偿定值电价，即每度电补偿一个定值电价；另一种是以燃料消耗量为基础，根据燃料的利用量来决定电价的补偿，设计了一个关于燃料消耗量对补偿电价的影响因子，实施补偿电价分段递增补偿的激励机制，并在电价补偿变量的设置上，给定一个补偿的上限值以防止出现不合常理的无限增长。在图2基础上添加补偿电价模块，得到添加电价补偿模块的生物质发电厂的经营发展系统动力学流图(图3)。

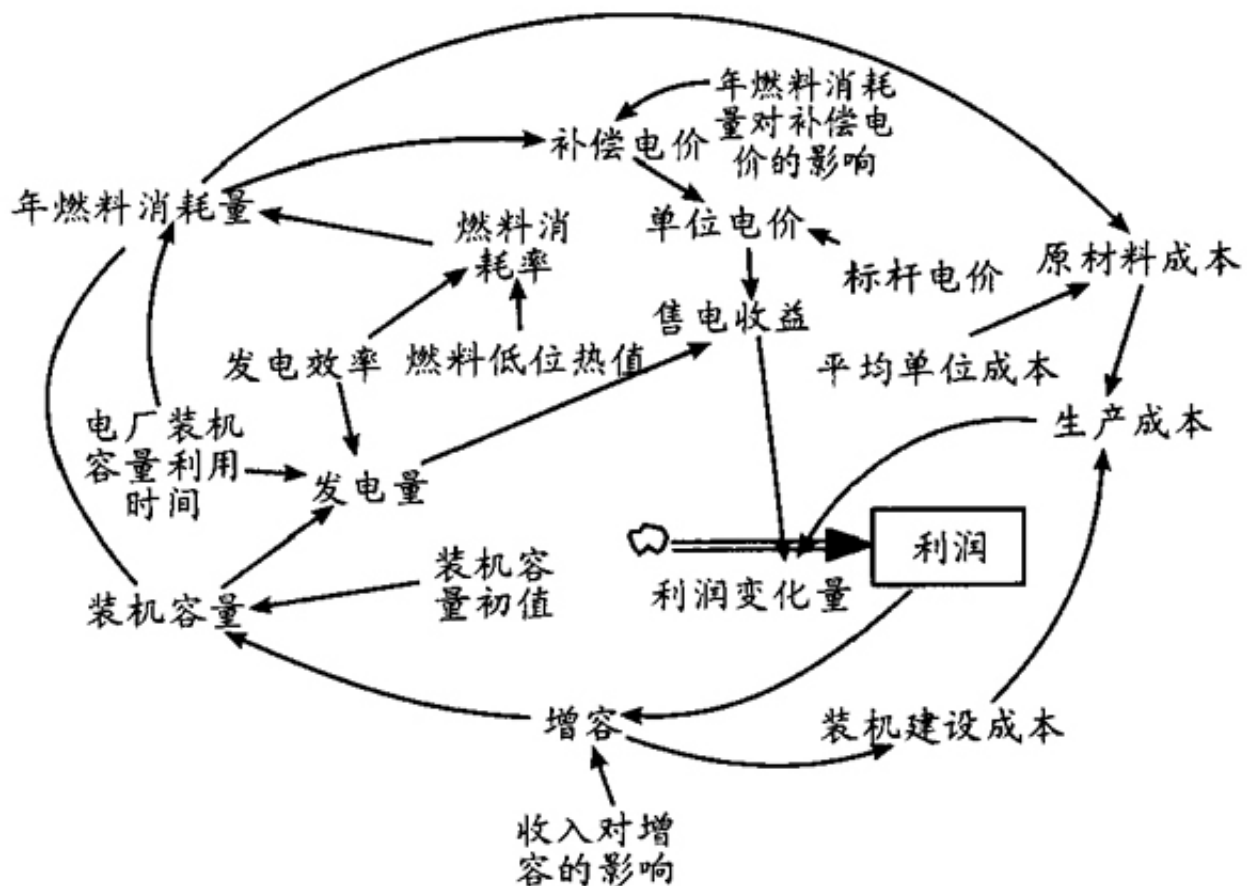


图3 添加电价补偿模块的生物质发电厂
经营发展系统动力学流图

在添加电价补偿模块的模型中，单位电价的值变为标杆电价加上补偿电价。设置补偿变量模式，补偿固定电价模式设置参考国家之前的生物质发电的电价补偿，每度电补偿0.25元。以燃料消耗量设置补偿模式的电价随着生物质能源的利用量增大而阶段性递增，根据定值电价补偿取值，阶段补偿电价的最大值取定值补偿的两倍，即补偿电价的取值为0~0.5元。

三、系统仿真结果分析

(一)无补偿生物质发电厂的经营发展系统仿真结果分析

根据考察电厂所得的基础数据，完善模型方程并进行仿真分析。经过有效性检验和灵敏度分析证明模型的可行性后，得出关于电厂利润变化量的仿真结果(图4)。由仿真结果可看出，在没有外部补偿的情况下，生物质发电厂的盈利基本上是符合“生物质发电厂的收益挣扎在盈亏平衡线上”的说法。由仿真结果可知，在没有补偿的情况下，发电厂的利润基本上是随成本的变化上下波动，在盈亏平衡线上下波动。在此情况下的利润变化量与生产成本的变化基本是一致的，成本降低，收益增长，符合电厂的实际情况。

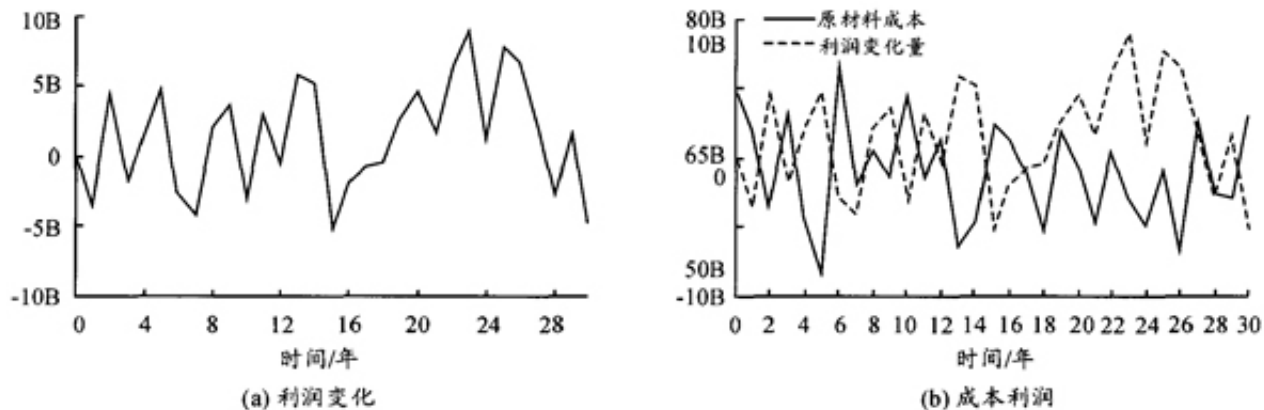


图4 生物质发电厂的利润成本仿真结果

(二)添加电价补偿模块的生物质发电厂的经营发展系统仿真结果分析

在初始的电厂收益发展的基础动力学模型上添加电价补偿模块，仿真模拟并进行结果分析。改变年燃料消耗量对补偿电价的影响函数，得到两种补偿模式下的相关变量数据表(表1、表2)。总体来看，电厂的年利润额还是在不断的增长中，分段补偿的年利润增长较定值补偿的年利润增长在趋势上更为可观。相较于定值补偿，分段补偿的电价补偿激励作用更明显，电价补偿的增速较快，同样的决策条件下电厂的规模扩张速度也比较快。从仿真结果数据总体上看，分段补偿在数据上的结果数值要优于定值补偿的结果。

表1 仿真模拟的成本收益变化结果

年	生产成本/亿元		售电收益/亿元		利润变化量/亿元		年	生产成本/亿元		售电收益/亿元		利润变化量/亿元	
	定值 补偿	分段 补偿	定值 补偿	分段 补偿	定值 补偿	分段 补偿		定值 补偿	分段 补偿	定值 补偿	分段 补偿	定值 补偿	分段 补偿
1	678	678.49	854	641	176	-38.0	16	1 120	1 116.20	1 440	1 730	328	616
2	696	595.97	999	643	304	46.5	17	1 060	1 059.80	1 400	1 680	336	615
3	819	701.96	1 060	820	243	118	18	950	949.82	1 250	1 440	303	491
4	778	680.02	1 070	891	295	211	19	1 130	1 133.80	1 570	1 960	432	823
5	695	607.59	1 010	797	317	189	20	1 070	1 067.50	1 520	1 910	457	838
6	1 130	875.63	1 440	1 180	316	303	21	962	961.60	1 310	1 510	352	549
7	1 030	823.64	1 280	970	247	147	22	1 100	1 100.30	1 600	2 000	502	903
8	1 100	878.50	1 510	1 330	409	449	23	1 000	1 004.20	1 540	1 920	534	918
9	1 050	941.36	1 470	1 530	428	585	24	961	961.32	1 300	1 500	339	534
10	1 200	1 198.70	1 520	1 910	326	707	25	1 070	1 068.90	1 600	2 000	527	926
11	1 040	1 042.70	1 460	1 750	414	705	26	914	913.67	1 370	1 640	452	725
12	1 120	1 123.00	1 480	1 850	358	729	27	1 150	1 154.60	1 580	1 980	430	826
13	920	919.75	1 360	1 630	436	707	28	1 020	1 019.90	1 290	1 480	268	461
14	969	968.92	1 400	1 680	435	716	29	1 010	1 011.50	1 380	1 660	372	649
15	1140	1 144.20	1 410	1 690	261	542	30	1 180	1 177.80	1 450	1 730	267	557

表2 仿真模拟的电价补偿与电厂增容变化结果

年	年燃料消耗量/吨		补偿电价/元		装机容量/千瓦时	
	定值补偿	分段补偿	定值补偿	分段补偿	定值补偿	分段补偿
1	69 500	69 500	0.25	0	0	0
2	81 300	69 700	0.25	0	0	0
3	86 500	74 100	0.25	0.15	0	0
4	87 300	76 400	0.25	0.20	0	5 000
5	82 400	72100	0.25	0.15	0	5 000
6	117 000	91 300	0.25	0.30	0	5 000
7	104 000	83 100	0.25	0.20	0	10 000
8	123 000	98 300	0.25	0.35	0	10 000
9	12 0000	108 000	0.25	0.40	0	15 000
10	124 000	124 000	0.25	0.50	0	20 000
11	119 000	119 000	0.25	0.45	0	20 000
12	121 000	121 000	0.25	0.50	0	20 000
13	110 000	110 000	0.25	0.45	0	20 000
14	114 000	114 000	0.25	0.45	5 000	20 000
15	114 000	114 000	0.25	0.45	5 000	20 000
16	118 000	118 000	0.25	0.45	5 000	20 000
17	114 000	114 000	0.25	0.45	5 000	20 000
18	102 000	102 000	0.25	0.40	5 000	20 000
19	128 000	128 000	0.25	0.50	5 000	20 000
20	124 000	124 000	0.25	0.50	5 000	20 000
21	107 000	107 000	0.25	0.40	5 000	20 000
22	130 000	130 000	0.25	0.50	5 000	20 000
23	125 000	125 000	0.25	0.50	5 000	20 000
24	106 000	106 000	0.25	0.40	5 000	20 000
25	130 000	130 000	0.25	0.50	5 000	20 000
26	111 000	111 000	0.25	0.45	10 000	20 000
27	129 000	129 000	0.25	0.50	10 000	20 000
28	105 000	105 000	0.25	0.40	10 000	20 000
29	113 000	113 000	0.25	0.45	10 000	20 000
30	118 000	118 000	0.25	0.45	10 000	20 000

根据仿真结果(图5)可以观测两种电价补偿模式下系统中各因素之间相互影响的情况,分段补偿模式下电厂的利润增长趋势更为明显,刚开始实施电价补偿机制的几年中两种补偿模式下的利润变化趋势相差较大,在后期基本稳定的时段,两种补偿模式下的利润变化量变化趋势基本吻合。关于电厂利润与电厂增容的变化情况,根据图5可知,在给定值电价补偿的模式下,电厂的增容时间间隔较长,相同情况下,最多也就只能达到增容IOWM;而分段补偿的模式下,电厂的增容时间间隔较短,并且在相对较短的时间内达到了模型中设置的增容最高点。根据模型仿真结果,如果现实情况中电厂决策者不满足现状、期望更大的利益的话,可能会考虑继续扩大电厂规模,保守的决策者也许就满足现状五一扩大规模。对于分段补偿模式下补偿电价的变化,模拟结果显示,大约在电厂进行补偿10年后才会进入一个相对稳定的较高补偿价格,分段补偿中的补偿电价的变化趋势与年燃料消耗的变化趋势也基本一致,经过10年经营两变量的值在一个定值附近波动,基本处于稳定状态。从补偿电价与利润的仿真模拟图可得,补偿电价在前几年的变

速变化较大, 利润的增长却比较缓慢, 因为方开始补偿电价伴随着装机容量的增长从而影响成本, 所以前几年利润的增长并没有以补偿电价增速增长, 到后来补偿电价趋于稳定, 电厂的利润累计增速才有所提高, 基本上实现稳定增长。

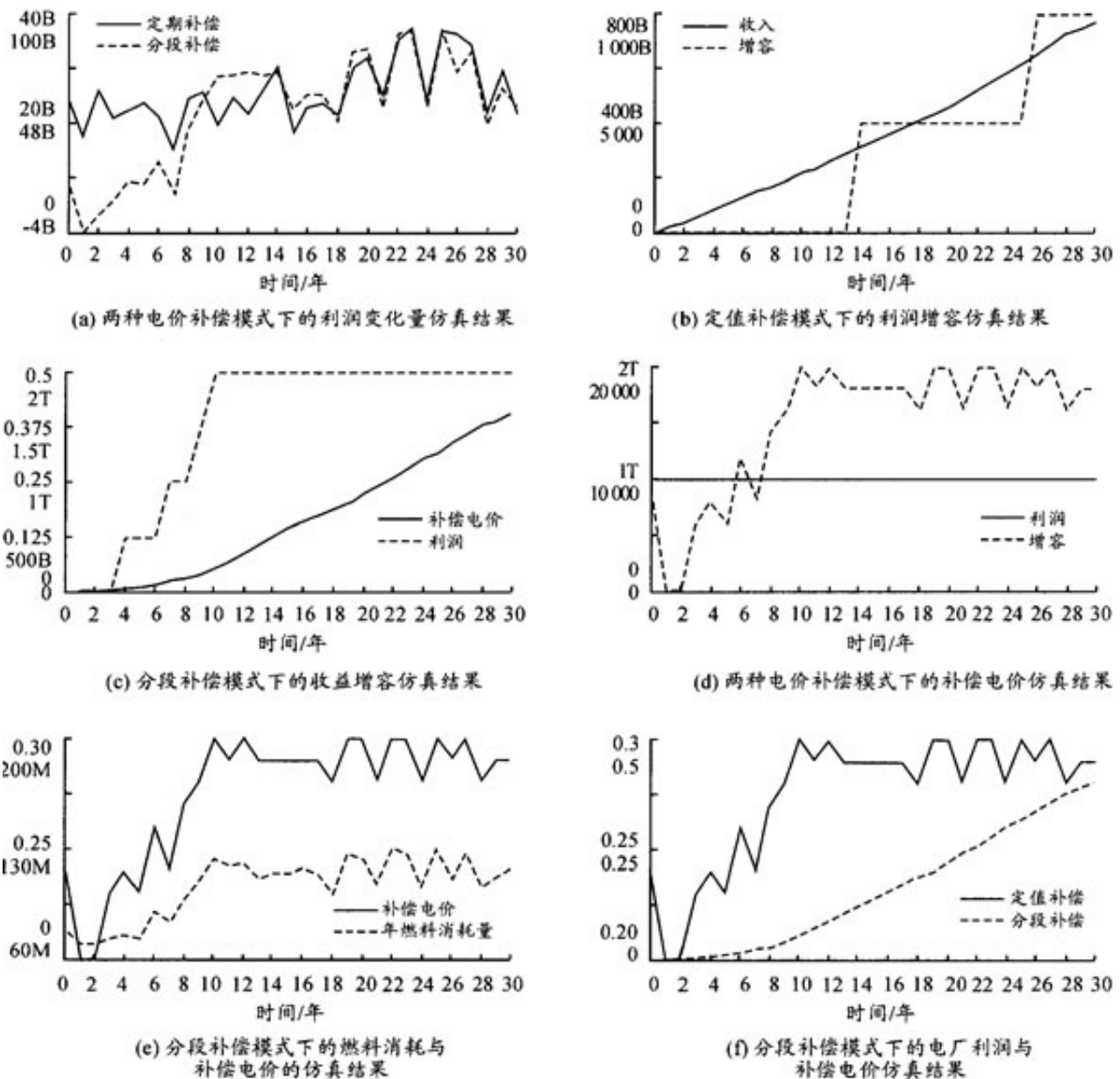


图5 添加电价补偿模块的生物质发电厂经营发展系统仿真结果

从以上仿真结果可知, 一个普通的生物质发电厂在没有补偿的情况下基本是处于难以盈利的状态。国家补偿对生物质发电厂的发展有着直接影响, 文章通过对生物质发电厂给予电价补偿并进行建模研究, 观测补偿电价对其经营发展的影响。结果表明: 对生物质发电进行电价补偿, 使生物质发电厂摆脱的盈亏平衡线上挣扎的境遇是可行的。设计不同的补偿模式并对其进行建模分析, 对生物质发电厂给予分段电价补偿的模式较给予定值电价补偿的模式对生物质发电厂的激励效果更佳。生物质发电厂享受电价补偿达到一定年限后, 会进入一个较为稳定的发展趋势。

四、结语

文章应用系统动力学的方法, 研究了给予电价补偿对生物质发电厂经营发展的影响, 得出根据生物质能源的利用量对电价进行分段补偿的模式较直接补偿定值电价的模式对生物质发电厂的发展激励效果更佳。对于绝大多数生物质发电厂来说, 获得适当补偿不失为一个有助于发展的机制, 分段电价补偿就是相对较好的一种补偿模式。

根据文章研究结论结合生物质发展现状，对生物质发电的电价补偿机制提出以下两点建议：

(1)对生物质发电的电价补偿可以根据不同的企业发展环境制定不同的补偿机制。生物质电价补偿不是生物质发电企业盈利的保障，更多的是对整个行业的发展提供前期不稳定状态下的帮扶政策。在发展初期，作为一种激励机制促进其发展，中期给予其适当的补贴，平衡电厂部分亏损，帮助电厂逐渐走上正轨，后期根据电厂发电规模实行等级奖励制度。分段补贴机制能更好地将补贴用到生物质发电厂的实际运行中，真正推动生物质产业发展。

(2)生物质发电的电价补偿应基于电厂的发电量和生物质利用量设计相应的补偿机制。一些生物质发电企业认为，只要电价上去了，成本和盈利问题就迎刃而解了。多数企业关心的都是补贴和电价的增减趋势，而不是通过自身的发展去争取更大的利益。通过设计可自我调控的生物质发电补偿机制，能更好地促进企业发展，同时也能使国家对生物质发电的补贴政策效应最大化。

目前，关于生物质发电厂的经营发展激励机制还未形成具体的政策制度，本文的补偿模式及其研究也仅是以个体发电厂的基本情况为样本，不能广泛应用于各类型的生物质发电厂。但文中所提出的补偿电价研究为制定生物质发电厂激励机制提供了新的思路，为生物质发电产业发展研究提供了新的方向。未来的研究应更进一步深入模型相关影响因素选取，尽可能全面、统一地模拟更接近于大多数生物质发电厂经营状况，并据此提出更具建设性的建议。

原文地址：<http://www.china-nengyuan.com/tech/111385.html>