

电源过度投资的博弈分析

汪拥军^{1,2}, 文福拴³, 孙东川⁴

(1. 华南理工大学 工商管理学院, 广东 广州 510640;

2. 国家电监会南方监管局, 广东 广州 510180;

3. 华南理工大学 电力学院, 广东 广州 510640;

4. 暨南大学 管理科学与工程研究所, 广东 广州 510180)

摘要: 我国现阶段的发电投资中, 风险在一定程度上被忽略, 从而引发了电源的过度投资。利用博弈论的基本原理, 对发电过度投资行为进行分析。从市场竞争定价和政府定价 2 种上网电价定价模式下, 分析不同投资规模下的发电企业利润, 以获得企业最佳投资规模; 分政府及时核准和不及核准 2 种情况, 进一步给出投资者和政府的静态博弈模型和动态博弈模型。通过对模型的分析, 可以得到在信息不完全的情况下的企业与政府博弈结果: 政府关停违规机组的概率较小, 而发电企业通常会选择违规建设。据此提出, 要从加强电力市场建设和提高政府审批效率 2 个方面抑制电源的过度投资, 保证电力工业的可持续发展。

关键词: 发电公司; 过度投资; 博弈论; 电力市场

中图分类号: TM 73; F 123.9 **文献标识码:** A **文章编号:** 1006-6047(2007)02-0020-04

0 引言

从我国电力发展的历史看, 电力工业呈现“缺电—加大电源建设—电力富余—缺电”的大幅度、周期性震荡的局面(周期一般为 6~7 年), 给电力工业和国民经济造成重大影响^[1-5]。以 2000 年为例, 在国民经济特别是重工业的持续强劲增长的拉动下, 电力需求高速增长, 一改 1997 年出现的电力供大于求的局面, 出现了区域性、季节性缺电情况。2004 年电力供应紧缺局面恶化, 全国有 24 个省级电网拉闸限电, 电力缺口高达 3.5×10^7 kW。对此, 国务院高度重视, 果断调整了电力建设“十五”规划, 计划后 3 年内每年新开工电源建设项目不少于 2.5×10^7 kW。但各发电企业为抢占先机, 未经批准擅自建设了大批发电机组。据不完全统计, 目前在建项目达 2.2×10^8 kW, 占全国总装机容量的 50%, 极大地冲击了电力建设市场, 打击了遵守建设程序的电力投资者的信心, 并驱使他们也投入到资源争夺战中, 形成恶性循环^[6-7]。由于电源建设加快, 电力大量富余的局面逐渐出现。

追求经济利益是投资者热衷于电力建设的根本原因, 但任何一个投资者都明白, 如此多的项目上马将带来巨大的投资风险。现用博弈论^[8-14]的观点, 从新建机组上网电价的定价模式及市场准入审批方式 2 个方面入手, 分析驱使投资者以如此大的热情

违规建设电力项目, 以至造成我国电力建设投资过热的根本原因, 并讨论电源建设投资过热是否存在必然性。

1 不同定价模式及投资规模下投资者的收益分析

设某地区电力供应中存在 F' 的缺口, T 为电厂在运行寿命内的有效运行时间, Q 为时间 T 内的电量缺口, 则 $Q = F'T$; 假设新建发电机组规模为 F , 单位容量装机的投资和建设成本为 x 。设发电机组的单位不变成本为 C , 运行寿命内的总发电量为 Q' , 则 $Q' = F \times T$, 则 $C = xF/Q' = x/T$, 单位电能的平均变动成本为 V , 上网电价为 P (假设其在时间 T 内保持不变), 投资者在时间 T 内的收益为 I 。

新建电厂的上网电价有 2 种核定方式^[15]: 市场竞争及政府定价 (目前我国采用政府定价模式), 设当新建机组容量等于市场需求 (即 $F = F'$) 时, 2 种模式下机组的总运行时间均为 $T' = T$, 对应的投资者收益分别为 I' 、 I'' 。下文将对在不同的上网电价定价模式下, 不同的投资规模对应的投资者收益进行分析。

1.1 市场决定上网电价

在充分竞争的电力市场内, 机组的上网电价等于发电企业的平均社会成本, 即

$$(C+V)Q=(C+V)FT=PQ=PFT \quad (1)$$

机组的利润 π 为

$$\pi=PQ-C-QV=(P-V)Q-C \quad (2)$$

不同投资规模对应的发电企业的利润有所不同。

a. $F=0$ (无新建机组), 则 $I=0$ 。

b. $F=F'$ (新建机组规模等于电力缺口), 则 $I=I'$ 。

收稿日期: 2006-12-12

基金项目: 国家重点基础研究发展计划 (973 计划) 项目资助 (2004CB217905); 教育部“新世纪优秀人才支持计划”资助 (NCET-04-0818)

c. $F > F'$ (新建机组规模大于电力缺口), 由于总电量缺口 Q 不变, 即 $FT = F''T'$, 则 $T < T'$, 即机组利用小时数减少, 意味着单位发电量分摊的固定成本增加, 即

$$C = x / T > x / T'$$

由式(2)可得, 发电机组的利润 $I < I'$, 且随着新建机组规模的扩大而降低。盈亏平衡的临界规模 $F = (P - V)Q^2$, 此时机组利润为 0; 若新建机组规模继续扩大, 机组将亏损。

1.2 政府核定上网电价

设政府确定的新建机组的统一上网电价为 P' 。为实现社会福利最大化, P' 应等于社会平均发电成本, 即充分竞争条件下的市场价格 P 。但由于发电企业的单位发电成本与上网电量有关, 上网电量的波动加大了政府核价的难度, 不可避免与实际成本存在偏差。为吸引投资, 政府核定的电价一般高于平均成本电价。若 $P' > P$, 或由于市场需求超过预期使机组发电利用小时数高于核定基数 (这将导致平均成本降低), 发电企业将获得超额利润。设政府核定电价的情况下, 投资者的利润为 I'' , 则 $I'' > I'$ 。不同投资规模下的企业利润如下:

- a. $F = 0$, 则 $I = 0$;
- b. $F = F'$, 则 $I = I''$;
- c. $F > F'$, 则 $I < I''$, 且利润随着投资规模的扩大而降低, 企业盈亏临界规模 $F = (P' - V)Q^2$, 大于充分竞争下的临界规模, 导致新建机组容量过剩的规模扩大, 临界规模下机组的利润为 0, 若新建机组规模继续扩大, 发电企业将亏损。

2 不同市场准入方式及定价模式下的博弈分析

由以上分析可知, 当投资规模超过盈利的临界规模时, 投资收益为负。在信息完全的市场经济条件下, 理性的投资者将不会选择进入市场。但由于目前我国新建机组的市场准入由政府核定, 存在严重的信息不对称, 结果将导致投资者与政府、投资者与投资者之间就是否投资以及投资规模展开博弈, 下文将分 2 种情况——政府及时核准和不及及时核准对投资者的投资行为进行分析^[7]。

为分析方便, 这里采用包括 2 个发电企业的具体例子进行说明。设在发电厂的运行寿命周期内, 某地区电力供应存在 3×10^5 kW 的缺口, 需要投资 20 亿元建设电源, 并有 A 和 B 2 个企业有投资意愿。在市场决定上网电价的情况下, 若 A、B 仅有 1 家企业进入, 投资者盈利 4 亿元; 若 A、B 同时进入, 收益各为 -1 亿元; 在政府核定上网电价的情况下, 若 A、B 仅有 1 家企业进入, 投资者盈利 5 亿元; 若 A、B 同时进入, 收益各 0.5 亿元。

2.1 政府及时核准报建申请并由市场决定上网电价

核准制意味着政府仅对申请准入者的环境、

安全等状况进行审查, 不限制准入数量。该模式下, 共有 4 种投资组合方式: A、B 同时进入, 收益各为 -1 亿元; A 进入、B 不进入, A 收益 4 亿元, B 收益为 0; B 进入、A 不进入, B 收益 4 亿元, A 收益为 0; A、B 均不进入, 收益均为 0。A、B 2 个企业的博弈模型如表 1 所示。

表 1 市场定价模式下 2 企业静态博弈模型
Tab.1 Gaming model of two enterprises with market-based pricing 亿元

B 企业	A 企业	
	建设	不建设
建设	-1, -1	4, 0
不建设	0, 4	0, 0

这是一个完全信息静态博弈模型。理性状态下, (0, 4)、(4, 0) 为纳什均衡解, 即: 若 A 建设, 则 B 不建设; 若 B 建设, 则 A 不建设。博弈结果是市场供需平衡, 实现了资源的优化配置。

2.2 政府及时核准报建申请并由政府核定上网电价

在这种模式下, A、B 企业有 4 种投资组合方式: A、B 同时进入, 收益各为 0.5 亿元; A 进入、B 不进入, A 收益 5 亿元, B 收益为 0; B 进入、A 不进入, B 收益 5 亿元, A 收益为 0; A、B 均不进入, 收益均为 0。博弈模型如表 2 所示。

表 2 政府定价模式下 2 企业静态博弈模型
Tab.2 Gaming model of two enterprises with the power purchasing price determined by government 亿元

B 企业	A 企业	
	建设	不建设
建设	0.5, 0.5	5, 0
不建设	0, 5	0, 0

这也是一个完全信息静态博弈模型。理性状态下 (0.5, 0.5) 为占优战略均衡, 即 A、B 均投资建设机组。该博弈结果虽然意味着 2 个企业均赢利, 但赢利来源于消费者剩余。因设备发电利用小时数减少, 设备闲置率高, 导致社会福利及消费者剩余减少。

2.3 政府不及时核准企业申请或限制准入

由于市场产生了新的需求, 企业为追求利润最大化, 可能会有兴趣投资建设新机组。如果政府限制准入, 企业将就是否进行违规建设与政府展开博弈。

2.3.1 单个企业与政府的博弈

企业的可选战略为等待审批或违规建设。对于等待审批的战略, 政府的可选战略是继续审核。但由于审批效率太低, 企业无法及时进入市场以满足市场需求并赚取利润, 收益为 0; 同时, 由于电力短缺, 将带来社会福利损失, 设损失额为 π_s^0 。对于违规建设的企业, 政府的可选战略为关停或默许。政府与企业的博弈模型如图 1 所示。

由于发电机组具有很大的沉没成本, 一旦关停, 设备很难作为它用, 将给企业带来巨大的损失, 设损失额为 π_s^1 ; 同时, 当电力供应存在缺口时, 社会福利损失为 π_s^1 。若政府默许, 设企业收益为 π_e^2 ; 同时

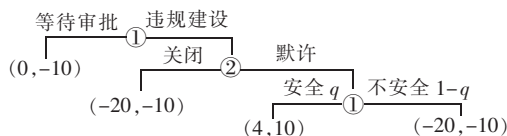


图 1 政府与企业的动态博弈模型

Fig.1 Dynamic gaming model between an enterprise and the government

由于填补了电力缺口,社会福利将增加,设增加额为 π_s^2 。假设发电企业安全生产的概率为 q ,则不安全的概率为 $1-q$ 。对于违规建设的机组,若选择默许,社会期望收益为

$$E(q)=q\pi_e^2+(1-q)\pi_e^1 \quad (3)$$

若政府以概率 α 选择关停,则违规建设企业的期望收益为

$$E(\alpha)=[\alpha\pi_e^2+(1-q)\pi_e^1](1-\alpha)-\alpha\pi_e^1 \quad (4)$$

设 $\pi_s^0=10$ 亿元, $\pi_e^1=20$ 亿元, $\pi_e^2=4$ 亿元, $\pi_s^2=10$ 亿元; $q=0.9$ (因电力安全生产的概率明显大于不安全生产的概率)。代入式(3)可得:

$$E(\alpha)=0.9\times 10+0.1\times (-10)=8$$

由于社会收益大于 0,政府将选择默许。逆推上去,企业在政府不及时核准情况下,将选择违规建设。事实上,政府为杜绝违规建设的情况再次发生,可能会选择非理性模式,即关停。令式(4)中的 $E(\alpha)=0$,得 $\alpha=7.4\%$,即只有当政府关停的概率大于 7.4%时,企业的期望收益才为负,才不会选择违规建设。由于电厂的投资主体多为国有企业,企业的损失意味着社会福利的损失,违规建设项目的关停概率几乎为 0。同时,由于信息不完全,可能同时存在多个违规项目(设为 n 个),关停损失将为单个项目的 n 倍。 n 越大,政府选择关停策略的可能性就越小。

2.3.2 多个企业同时博弈

由于电源建设通常带有群体模仿性的特点,为形成既成事实以减少被关停的概率,企业将尽可能隐瞒违建信息,这造成了企业与企业、企业与政府间信息的不完全^[8],也就是说究竟有多少台机组在建不明确,导致市场份额无法确定。但由于博弈开始时电力供应存在缺口,因此越先建成的企业被关停的可能性越小。为抢占先机,企业将按照市场需求进行投资决策,并与政府博弈,博弈的一个最终可能的结果是:发电项目一哄而上,发电设备闲置率进一步增加,企业及社会福利遭受更加严重的损失。

3 结语

市场准入方式和上网电价定价模式是影响电力合理投资的主要因素。从以上分析可知:

a. 在电力缺乏的情况下,政府定价模式下的电力投资往往比充分竞争的市场模式下能获得更高的回报,然而,如果有过量的非理性资本涌入,将使单个发电企业的利润降低;

b. 在由政府确定上网电价并及时核准企业申请的情况下,若上网电价低于社会平均发电成本,将无法吸引投资,若上网电价高于社会平均发电成本,超额利润将吸引多家企业进入,虽不会造成投资过热,

但无法实现企业及社会福利的最大化;

c. 若政府不及时核准企业申请或人为地限制准入,由于信息不完全,政府与企业、企业与企业博弈的结果将导致企业投资过热。

因此,从根本上而言,政府审批制度低效或人为地限制新机组准入是造成当前电力投资过热的主要原因。从电力工业可持续发展的角度出发,一方面应加大电力市场建设力度,利用市场手段引导电力投资;另一方面要加大政府投融资体制改革力度,简化审批程序、提高审批效率。

参考文献:

- [1] 臧宝锋,胡汉辉,庄伟钢. 我国发电装机波动性及其成因分析[J]. 中国电力,2005,38(9):46-50.
ZANG Bao-feng, HU Han-hui, ZHUANG Wei-gang. Investment cycles and causality analysis in generation capacity in China [J]. Electric Power, 2005, 38(9):46-50.
- [2] 曹燕萍. 电力短缺刺激电力投资出现过剩苗头[J]. 新财经,2004(1):12-13.
CAO Yan-ping. Power shortage engenders emerging surplus in power investment[J]. New Finance, 2004(1):12-13.
- [3] 袁家海,丁伟,胡兆光. 电力消费与中国经济发展的协整与波动分析[J]. 电网技术,2006,30(9):10-15.
YUAN Jia-hai, DING Wei, HU Zhao-guang. Analysis on cointegration and co-movement of electricity consumption and economic growth in China[J]. Power System Technology, 2006, 30(9):10-15.
- [4] 黄超,达庆利. 我国电力工业发展和经济增长的关系[J]. 中国电力,2005,38(3):9-12.
HUANG Chao, DA Qing-li. Study on relationship between development of electric power industry and economic growth in China[J]. Electric Power, 2005, 38(3):9-12.
- [5] 臧宝锋,胡汉辉,王建兴. 电力市场条件下的发电投资均衡[J]. 电力系统自动化,2006,30(2):41-44.
ZANG Bao-feng, HU Han-hui, WANG Jian-xing. Investment equilibrium in power generation of electricity market[J]. Automation of Electric Power Systems, 2006, 30(2):41-44.
- [6] HU Zhao-guang, MOSKOVITZ D. Steps to avoid the historic boom/bust cycle in power sector[J]. Electricity, 2004(2):36-39.
- [7] 中国电力企业联合会统计信息部. 全国电力供需分析预测[J]. 中国电力企业管理,2005(11):20-22.
Statistics Department of China Electric Power Construction Association. Prediction for nationwide power supply and demand [J]. Management of China's Electric Power Enterprises, 2005(11):20-22.
- [8] 张维迎. 博弈论与信息经济学[M]. 上海:上海人民出版社,1996.
- [9] FUDENBERG D, TIROLE J. 博弈论[M]. 黄涛,译. 北京:中国人民大学出版社,2002.
- [10] 韩金山,刘严,谭忠富. 中国电力投资市场羊群效应的博弈模型[J]. 电网技术,2006,30(8):46-49.
HAN Jin-shan, LIU Yan, TAN Zhong-fu. Research on game models of herding in electricity investment market in China [J]. Power System Technology, 2006, 30(8):46-49.
- [11] 王成山,吉兴全. 输电网投资规划的 Nash 均衡分析(一)——纯策略 Nash 均衡的分析[J]. 电力系统自动化,2002,26(19):11-15.
WANG Cheng-shan, JI Xing-quan. Nash equilibrium in the game of transmission expansion part one pure strategy Nash equilibrium[J]. Automation of Electric Power Systems, 2002, 26(19):11-15.
- [12] 杨力俊,谭忠富,刘严,等. 放松管制后进入发电市场的最优厂商规模的研究[J]. 中国电机工程学报,2005,25(10):82-88.

YANG Li - jun,TAN Zhong - fu,LIU Yan,et al. Research on scale of optimal power plants entering electricity generation market being deregulated[J]. Proceedings of the CSEE,2005, 25(10):82-88.

[13] 胡庶,吴耀武,娄素华,等. 用户自备分布式发电与供电商的博弈[J]. 电力系统自动化,2006,30(20):21-25.

HU Shu,WU Yao - wu,LOU Su - hua,et al. Gaming between customer invested DG and DISCO in pool - based electricity markets[J]. Automation of Electric Power Systems,2006,30 (20):21-25.

[14] 王成山,冯丽,吉兴全. 包含 FACTS 设备的输电网投资规划的博弈论分析[J]. 电力系统及其自动化学报,2004,16(5):26-31.

WANG Cheng-shan,FENG Li,JI Xing-quan. Game theory analysis of transmission expansion including FACTS devices [J]. Proceedings of the EPSA,2004,16(5):26-31.

[15] 王三兴. 我国电力价格形成机制及其改革探讨[J]. 价格理论与实践,2006(3):35-36.

WANG San-xing. Analysis of power purchase price system and its reform in our country[J]. Price:Theory and Practice,2006(3): 35-36.

(责任编辑:康鲁豫)

作者简介:

汪拥军(1970-),男,河南许昌人,博士研究生,从事电力发展战略研究和电价管理工作(E-mail:wangyj@serc.gov.cn);

文福拴(1965-),男,河南安阳人,广东省“珠江学者”特聘教授,博士研究生导师,主要从事电力市场方面的研究工作;

孙东川(1944-),男,江苏镇江人,教授,博士研究生导师,主要从事系统工程与管理科学方面的研究工作。

Analysis of over-investment in generation capacity based on game theory

WANG Yong-jun^{1,2},WEN Fu-shuan³,SUN Dong-chuan⁴

- (1. Management School, South China University of Technology, Guangzhou 510640, China;
2. South China Bureau of State Electricity Regulatory Commission of China, Guangzhou 510180, China;
3. Electric Power College, South China University of Technology, Guangzhou 510640, China;
4. Jinan University, Guangzhou 510180, China)

Abstract: For some investment risks have been neglected,the investment in power industry of China becomes overheated at present. Based on the game theory,this problem has been discussed in this paper. From market pricing and government pricing,the economic benefits of different investments are analyzed to get the best investment scale. Furthermore,the static and dynamic game models are given for government timely approve and delayed approve. After analyzing this model,the game result of incomplete information is that,the probability of closing illegal units is rather small for the government and the illegal construction will be usually chosen for generation companies. Finally, promoting the power market and enhancing the approval efficiency are suggested to restrain the over-investment and keep sustainable development of power industry.

This program is supported by the National Basic Research Program(973 Program)(2004CB217905) and the New Centrrry Excellent Talents in University(NCET-04-0818).

Key words: generation companies; over-investment; game theory; power market