

文章编号:1006-7329(2004)01-0119-04

未来不确定条件下电源规划投资模型*

李开海

(西南交通大学 经济管理学院, 成都 610031)

摘要:传统的电源规划投资模型的优化目标是投资费用的最小化,在现代电力企业的决策中有其局限性。本文改进了传统的电源规划投资模型,建立了在未来不确定风险下,基于期望净现值最大化的电力投资模型,并在此基础上讨论了等待价值的计算方法。

关键词:电力投资模型;净现值;不确定;等待价值

中图分类号:F280

文献标识码:A

Investment Model for Expansion Planning of Electric Generating Systems under Uncertainty

LI Kai - hai

(School of Economics and Management, Southwest Jiaotong University, Chengdu 610031, P. R. China)

Abstract: In this paper, traditional investment model for expansion planning of electric generating system is modified, the investment model for expansion planning of electric generating system under uncertainty is modeled and the method of calculating option value of waiting is discussed.

Keywords: investment model; NPV; uncertainty; option value of waiting

电力是最重要、使用最广泛的二次能源。电力对国民经济发展产生重要的影响,其需求和消费与国民经济发展密切相关。电力发展受到一次能源的生产、运输、分配及科学技术、电源建设资金等的约束,受到国民经济发展状况的严格制约,所以经济合理地发展电力工业,对保证国民经济的健康发展有重要意义。正因为这样,电力工业发展决策问题在全世界受到普遍的重视,寻求合理的电源规划投资决策方法就显得尤为重要。Screen Curve法是一种最简单、最直观的电力扩展规划方法。这种方法由于不能对系统中发电设备间的复杂的技术经济关系进行详细的描述,也难以用于对电力扩展方案进行动态经济比较,因此在进行实际电力规划计算时,已经被其他方法所取代。后来就应用数学模型来研究电力规划投资决策,也开始得比较早,在实际应用中也很广泛。但是随着世界电力体制改革的深入,在电力行业的某些环节已经引入了竞争,中国电力改革也将实行“厂网分开,竞价上网”,首先在发电公司间引入竞争,所以在未来的电力投资决策中,公司不仅要考虑投资费用最小化,还必须考虑企业的收益和可持续发展问题。在传统电力规划投资模型中,却忽视了投资回报和未来的不确定性。电源建设投资也是一种投资行为,传统的建设项目通常认为建设项目的投资收益、成本等是确定的,评价方法是基于评价时点的净现值(NPV)法则。项目未来具有不确定风险分布时,用期望净现值代替确定条件下的净现值。本文建立了在未来不确定风险下,基于期望净现值最大化的电源规划投资模型。即使如此,在一些建设项目的投资决策评价时,如果考虑了延期选择权的价值问题,期望净现值也还不能圆满地解决,在一些

* 收稿日期:2003-09-30

作者简介:李开海(1968-),男,重庆人,博士生,主要从事经济与管理研究。

条件下,可能导致错误的决策。进而作者在此基础上,讨论了投资时机选择权的价值(等待价值)问题。就可以更好地解释按传统投资项目评价不能解释的现象,为什么企业在决策时有时会在一段时间内并不是立即上马 NPV 大于零的建设项目。

1 电源建设投资的特点

电源建设不同于一般建设,有其自身的特点。为了更好地说明电力投资模型,我们先分析电源建设投资的特点。

电源建设项目投资大,流动性差,建设投资不可逆。电源建设项目,小则几百万,几千万,多则几十亿,甚至几千亿,这些项目一旦实施,将形成沉淀资本,无法收回,建设成的项目不能随意改变,所以在电源建设项目投资上必须谨慎。

电源建设完成后的产品电力在目前技术条件下储存基本不可能。使得电力生产必须随负荷变化而调整,这不仅要求电力部门必须安装足够容量的机组以满足系统最高负荷要求,而且还必须有足够的能力随时调整每台发电机组的出力以达到供需平衡。

电源建设投资项目具有不确定性。电力会受到国家宏观经济政策、电价、技术、市场竞争条件、消费者对能源消费偏好等的影响,尤其是中国正处在电力体制改革时期,对一些小型投资者来说,这种不确定性风险会更大。比如,目前学术界关于中国电力体制改革后电价会上升还是下降的意见也不一致。所以更需要掌握对电力投资未来不确定性的分析方法。

对电源建设投资,投资者有选择的权利。投资者可以选择投资,也可以选择不投资,还可以选择在什么时候投资,这种选择的权利,被传统的电力投资模型所忽视。本文将就此做深入分析。

2 电力系统电源规划投资的数学模型

以现值费用最小化方法的电力系统电源规划的数学模型一般形式如下^[1]:

$$\begin{cases} \min & f(x, y) \\ \text{s.t.} & G(x) \leq A \\ & H(y) \leq B \\ & K(x, y) \leq D \end{cases} \quad (1)$$

式中: x 表示发电机的装机容量变量; y 表示发电机的发电量变量; $G(x)$ 表示对发电机装机容量的技术经济关系约束; $H(y)$ 表示对机组发电容量相关的机组约束; $K(x, y)$ 表示对机组容量有关的机组发电约束; A 、 B 、 D 是常数; $f(x, y)$ 表示全系统各机组逐年固定成本和可变成本的贴现值之和。

电力生产的总费用可以分为与容量有关的固定成本和与发电量有关的可变成本两部分,这样 $f(x, y)$ 就可以表示为:

$$f(x, y) = f_1(x) + f_2(y) \quad (2)$$

如果投资年限比较长,这里 $f_1(x)$ 还可以理解为投资在项目开始时的折现。通常把

$$\begin{cases} \min & f_1(x) \\ \text{s.t.} & G(x) \leq A \end{cases} \quad (3)$$

叫做电源规划的投资子问题。把

$$\begin{cases} \min & f_2(y) \\ \text{s.t.} & H(y) \leq B \\ & K(x, y) \leq D \\ & x \text{ 已经确定} \end{cases} \quad (4)$$

叫做电源规划的生产模拟子问题。

这个模型最早始于 20 世纪 40 年代,经过几十年的研究和发展,已经演化出很多不同形式的模型。各种模型在优化技术上,生产模拟子问题的研究差别比较大,但是在投资子问题的研究上基本没有什么变化。投资子问题的约束条件 $G(x) \leq A$ 主要包括:系统装机容量约束;系统电量需求约束;系统调峰能力约束;电厂装机进度约束;最终规模约束;年投资能力约束;其它约束等。由于这些约束条件函数表达式比较复杂,[1]中有详细的讨论,在这里不再重复,也不是本文要讨论的重点。在本文后面的研究中,对其约束条件也不做改变。

3 未来收益不确定的电源规划投资模型

在电力投资模型(3)中,只考虑电源规划投资成本的最小化。笔者认为,在模型(3)中,还必须考虑到以下三个方面的问题:一是投资回报的问题;二是未来收益的不确定性问题;三是投资时间的选择问题。这样才能比较全面地反映现代电力企业投资行为,为合理决策提供依据。假设电厂 a 年建成,有效使用年限 N 年,期末无残值,市场收益率是 i ,未来收益的现金流量和对应的概率分别是: U_1, U_2, \dots, U_k 和 p_1, p_2, \dots, p_k ,建立基于期望收益最大化的电源投资模型(5)如下:

$$\begin{cases} \max \text{ NPV} = \sum_{m=1}^k p_m \sum_{t=1}^N \frac{U_m}{(1+i)^{a+t}} - f_1(x) \\ \text{s.t. } G(x) \leq A \end{cases} \quad (5)$$

净现值的计算是以投资开始为时点。模型(5)在不改变模型(3)约束条件的情况下,考虑了投资的回报问题和未来收益的不确定性问题,更为准确地反映的现代电力企业的电源投资行为。即使如此,按照传统的投资理论,在模型(5)中,如果 $\text{NPV} > 0$,则应选择投资该项目,否则就该放弃该项目。这种分析方法也没有错误,但它却忽视了投资者对投资时机的选择权。也就是企业选择“等等看”的权利。模型(5)中,概率分布 p_1, p_2, \dots, p_k 和 U_1, U_2, \dots, U_k 对应收益的取值直接影响着决策结果,如果一段时间后,投资机会变得更加明朗,比如电价下降,投资机会变差,这时将选择放弃投资,避免损失。投资者拥有的这种选择权相当于实物期权,期权当然是有价值的。如果投资者选择立即投资,则执行了这一期权,期权价值也会立即消失。因此投资者在决定是否立即投资时,必须考虑上述期权的价值。这一点也被传统的电源投资模型所忽视。下面来分析这种实物期权的价值。

4 电力投资等待价值分析

为了简单地说明问题,避免将问题复杂化,先看一个例子:

例:某企业准备投资建设一座电站,满足电源规划投资模型(5)中的各种约束条件。假设市场收益率为 10%,无论是今年投资还是以后投资,投资折现都是 10 000 万,建设期一年,第二年投产发电,假设该电站的使用寿命是 50 年,项目最后无残值,企业目前已经知道一年后电价可能发生变化,达产后,有 50%的可能电价将上升,此时的年现金流量为 1 600 万元,有 50%的可能电价将下降,此时的现金流量为 800 万元,以后市场将稳定不变。根据传统的投资理论,在不确定条件下,期望净现值:

$$\begin{aligned} \text{NPV}_0 &= -10\,000 + 0.5 \left(\sum_{t=2}^{51} \frac{1\,600}{(1+0.1)^t} \right) + 0.5 \left(\sum_{t=2}^{51} \frac{800}{(1+0.1)^t} \right) \\ &= -10\,000 + 800 \times 9.013\,47 + 400 \times 9.013\,47 \\ &= 816.164 \end{aligned}$$

假如企业有可以等待 1 年的权利,当市场明朗后再进行投资,若电价上升,未来现金流量为 1 600 万,则进行投资,价格下降就放弃投资。则这种机会选择权可能会改变我们在模型(5)中的决策行为。为了说明该问题,下面计算推迟 1 年投资对应的当前期望净现值。假设此时我们有 50%的可能会进行投资。

$$\begin{aligned} NPV_1 &= 0.5 \times \left(-10\,000 + \sum_{t=3}^{52} \frac{1\,600}{(1+0.1)^t} \right) \\ &= 0.5 \times (-10\,000 + 1\,600 \times 8.194\,06) \\ &= 1\,555.248 \end{aligned}$$

可以看出,对于同一基准年,推迟一年后的投资决策比立即投资建设具有更高的期望净现值。如果选择立即投资,期望净收益 816.164,当然就放弃了未来选择的权利,就失去了可获得净收益 1 555.248 的机会,这应看成是目前立即投资的机会成本。所以从经济上来说,选择立即投资是不合适的,应保留选择权。

下面讨论这种期权的计算方法。在股票期权理论中,Black - Scholes 应用比较广泛,但是这个股票期权计算模型不能用于项目投资。主要原因是股票是一种交易资产,可以在市场上及时的进行买卖,而电源投资一般是非交易资产,不能在市场上及时分割买卖,更不能做空。因而投资项目时机选择的价值需要专门的计算方法。

不妨假设电源建设期限为 1 年,市场收益率是 i ,投产后有效使用年限 N 年,期末无残值。在 $t=0$ 时刻,市场面临着 k 种情况,对应的概率和现金流量分别是: $p_{0,1}, p_{0,2}, \dots, p_{0,k}$ 和 $U_{0,1}, U_{0,2}, \dots, U_{0,k}$, 投资为 U_0 , 则此时的净现值为:

$$NPV_0 = -U_0 + p_{0,1} \left(\sum_{t=2}^{N+1} \frac{U_{0,1}}{(1+i)^t} \right) + p_{0,2} \left(\sum_{t=2}^{N+1} \frac{U_{0,2}}{(1+i)^t} \right) + \dots + p_{0,k} \left(\sum_{t=2}^{N+1} \frac{U_{0,k}}{(1+i)^t} \right) \quad (6)$$

此时的投资决策收益为:

$$V_0 = \text{MAX}(NPV_0, 0) \quad (7)$$

假设到了 $t=1$ 时刻,市场情况变为 S 种,对应的概率和现金流量分别是: $p_{1,1}, p_{1,2}, \dots, p_{1,S}$ 和 $U_{1,1}, U_{1,2}, \dots, U_{1,S}$, 此时的投资额为 I_1 。

在市场情况 ($s=m$) 时,若进行项目投资,则

$$NPV_{1,m} = \sum_{t=2}^{N+1} \frac{U_{1,m}}{(1+i)^t} - I_1, \quad m = 1, 2, \dots, S \quad (8)$$

此时的投资决策收益为:

$$V_{1,m} = \text{MAX}(NPV_{1,m}, 0) \quad m = 1, 2, \dots, S \quad (9)$$

记等待一年的收益与 V_0 在同一时点的折现为 V_1 , 则

$$V_1 = \sum_{m=1}^S \frac{p_{1,m} V_{1,m}}{1+i} \quad (10)$$

设 F 为等待 1 年投资的损益,则 F 就是投资时机选择权的价值,计算公式如下:

$$F = V_1 - V_0 = \sum_{m=1}^S \frac{p_{1,m} V_{1,m}}{1+i} - \text{MAX}(NPV_0, 0) \quad (11)$$

若 $F > 0$, 则等待一年投资更有利;反之,则应选择立即投资。

投资者选择推迟投资往往会使投资费用加大,一般有 $I_1 > U_0$, 下面讨论在其他因素不变的情况下,第二年投资费用 I_1 在什么范围内,延期投资比立即投资更有利。只需要满足 $V_1 - V_0$ 即可,代入(11)式很容易就能求得 I_1 的最大值。如果等待后的投资费用不超过 I_1 , 就选择等待;否则,就立即投资。

5 结语

传统的电源规划投资模型对投资回报和未来不确定性缺少分析,更没有考虑投资时机选择权的价值,在一定条件下,会导致错误的决策。本文在电源规划投资模型中引入了未来收益的不确定性问题,

(下转第 128 页)

参考文献:

- [1] Pawlak Z. Rough Sets[J]. International Journal of Computer and Information Sciences, 1982, (11): 341 - 356.
- [2] Francis E. H. Tay, Lixiang Shen. Economical and financial prediction using rough sets model[J]. European Journal of Operational Research, 2002, (4): 641 - 659.
- [3] Shusaku Tsumoto, Hiroshi Tanaka. Extraction of Domain Knowledge from Databases based on Rough Set Theory[A]. Proceedings of Fifth IEEE International Conference on Fuzzy System[C], 2: 748 - 754.
- [4] Poel, D. Rough sets for database marketing[M]. Wurzburg. 1998.
- [5] Dimitras A I, Slowinski R, Susmaga R, Zopounidis C. Business failure Prediction Using Rough Sets[J]. European Journal of Operational Research, 1999, 114: 263 - 280.
- [6] J. A. Starzyk, D. E. Nelson, K. Sturtz. Reduct Generation in Information Systems[J]. Bulletin of the International Rough Set Society, 1998, 3(5): 19 - 22.
- [7] Pawlak Z, Theoretical Aspects of Reasoning about Data[M]. Kluwer Academic Publishers, Boston, 1991.
- [8] 张文修. 粗糙集理论与方法[M]. 北京: 科学出版社, 2001.

(上接第 122 页)

建立了基于期望净现值最大化的电源规划投资模型,并在分析电源投资特点的基础上,给出了计算投资时机选择权价值的计算方法。这样更适合电力项目建设投资决策实际的情况。如果等待一段时间后,市场情况会变得明朗,等待投资选择权的价值大于零,可以选择“等等看”,保留这种选择权更有价值。当然,如果等待的价值小于或等于零,就应选择立即投资。得到即使投资净收益大于零的项目也不一定该立即上马的结论,丰富和完善了电源规划投资理论。

参考文献:

- [1] 邱大维. 能源规划与系统优化[M]. 北京: 清华大学出版社, 1995.
- [2] 周春生, 长青, 郭良勤. 等待的价值 - 未来不确定性条件下的建设项目投资决策分析[J]. 经济研究, 2001, (8): 79 - 85.
- [3] 张奔, 何大愚. 电源规划与数学模型[M]. 北京: 能源出版社, 1989.
- [4] IAEA. Expansion Planning for Electrical Generating Systems[R]. Technical Reports Series No. 241, IAEA, Vienna, 1984.
- [5] Deners, Michel. Investment Under Uncertainty, Irreversibility and the Arrival of Information Over time[M]. Review of Economic Studies 58(April): 333 - 350.
- [6] Huisman, K., P. Kort. Effects of Strategic Interactions on the Option Value of Waiting. Discussion Paper 9992[Z]. Discussion Paper Center.