

基于BOCR的太阳能发电投资项目综合评价研究

沈剑飞, 傅渝洁, 白俊维

(华北电力大学 经济与管理学院, 北京 102206)

摘要:目前,新能源的开发正在不断发展成为世界能源利用的主趋势,太阳能发电项目投资成为重要的能源投资领域。本文根据太阳能发电投资项目的特点,从利益(B)、机会(O)、成本(C)、风险(R)四个方面选取能够充分反映项目的指标,借助AHP法构建了一套太阳能投资项目评价体系,并创新的引入了几种综合评价算子,以提高太阳能发电投资项目评价的综合性与客观性。

关键词:BOCR;太阳能发电;层次分析;综合评价

中图分类号:F124.5 **文献标志码:**A **文章编号:**1671-1807(2012)11-0081-05

根据世界能源权威机构的分析,世界已探明的主要矿物燃料储量和开采量不容乐观。石油剩余可采年限仅有41年,其年占世界能源总消耗量的40.5%;天然气剩余可采年限61.9年,其年占世界能源总消耗量的24.10%;煤炭剩余可采年限230年,其年占世界能源总消耗量的25.2%;另有水力,其年占世界能源总消耗量的2.6%。目前,随着越来越多的国家将发展可再生能源产业确定为战略性目标,以及相关激励政策和措施的持续出台,可再生能源的产业规模和应用范围正在不断扩大。我国自2006年可再生能源法实施以来,可再生能源产业已经进入快速发展时期。2009年,可再生能源在一次性能源消费结构中所占的比例已从2008年的8.4%提升至9.9%^[1]。进入2010年以来,为加速能源结构的优化升级,在各项政策的支持和激励下,我国太阳能等可再生能源产业蓬勃发展。

太阳辐射能具有取之不尽、用之不竭、无污染、廉价的特点,是人类能够自由利用的能源,成为最先纳入人们视野的新能源选择。太阳能每秒钟到达地面的能量高达80万千瓦,如果把地球表面0.1%的太阳能转为电能,转变率为5%,每年发电量可达 5.6×10^{12} 万千瓦时。太阳能具有非枯竭、地域依赖和无污染的特性,在降低燃料成本,保证系统充足性和应对价格波动等方面具有很大潜力。

我国有荒漠面积108万平方公里,主要分布在光

照资源丰富的西北地区。1平方公里面积可安装100兆瓦光伏阵列,每年可发电1.5亿度;如果开发利用1%的荒漠,就可以发出相当于我国2003年全年的耗电量。目前,在我国的北方、沿海等很多地区,每年的日照量都在2000小时以上,海南更是达到了2400小时以上。

太阳能发电项目需要庞大的资金支持,这需要投资方客观、公正地评价项目存在的风险和机遇,科学、合理地选择项目方案配置的经济资源,有效避免项目投资可能发生的不必要损失,实现项目投资价值的最大化。因此,如何全面、科学地评价太阳能发电投资项目的成本、效益、风险与机会成为投资方关注的重点。

目前的发电投资项目评价主要还是以投资回报率、NPV、内部收益率等单一成本指标评价为主,缺乏对项目整体特点的把握。Govinda R. Timilsina等人于2011年从市场、经济和政策三个方面研究太阳能发电的利弊和发展,认为太阳能发电成本过高,但好处是有税收优惠和政策支持,包括税收抵免和豁免、关税、优惠利率等^[2]。Dominic Moran和Chris Sherrington于2007年在考虑外部收益性之后,对苏格兰某电场的经济效益进行了评估,为发电项目经济性评价提供了方法参考^[3]。陈勇吉、张霞认为风险投资项目的投资决策是以对项目的科学评价为基础,通过研究传统风险投资评价模型和指标,基于风险企业的特点、阶段性投资,探讨了复合实物期权定价模型

收稿日期:2012-08-10

作者简介:沈剑飞(1965—),男,浙江杭州人,华北电力大学培训学院院长,华北电力大学经济与管理学院教授,经济学博士,研究方向:企业纳税策划理论与实务、电力市场与产业经济,中国技术经济学会会员登记号:I030100424S;傅渝洁(1988—),女,四川乐山人,华北电力大学会计硕士研究生,研究方向:企业纳税策划理论与实务、财务管理理论与实务。

在风险投资项目评价方面的应用^[4]。李世双认为持续经营的前提是企业的投资决策,正确的决策需要企业对投资项目采取适当的方法进行研究,只有对项目市场可行性及经济可行性进行充分的论证,才能为投资项目提供科学决策,但其主要分析方法依旧是净现值法、获利指数法、投资回收期法等传统方法^[5]。张丰、段玮婧在借鉴国内外风险投资项目评价指标体系方面研究成果的基础上,运用因子分析法对风险投资评价决策程序中初步评价阶段的评价指标进行研究,并在此基础上运用非参数检验的方法对风险投资项目评价指标在高科技行业 and 传统行业项目评估上的差异进行了研究^[6]。沈丹提出了一个由创业者素质、技术、市场和管理等四大要素所构成的风险投资项目评价指标体系和评价标准,设计构建了一个具体的层次分析评价模型^[7]。彭佑元、颜实比较了工业、农业、商业投资项目的核心指标体系选择与辅助指标体系选择,提出了企业投资项目指标体系选择的一般程序^[8]。现行的评价指标多依赖于对未来投资项目现金流量的可靠估计,而太阳能发电项目投资存在一定的不确定性,项目未来现金流量可能不能被可靠估计,阻碍了投资项目科学、合理评价。因此,有必要建立一套能够全面、客观并真实反映太阳能发电投资项目效益、成本、机会与风险的综合评价体系。

1 评价体系的设计

本文评价体系设计的原则遵循了一般的评价体系设计的共同原则即科学性原则、合理性原则、整体性原则、可比性原则、可操作性原则等。

指标是评价体系构成的基本单位,通过一个指标,可以反映出研究项目的某一反面的特征,因此要想综合全面反映项目的整体特征,必须从多个角度选取指标构成一个综合的指标体系。出于全面性的考虑,本文从利益(B)、机会(O)、成本(C)、风险(R)四个方面选取指标,以现金的流入和流出来量度指标的属性,构建了太阳能发电项目投资的综合评价体系。如图1所示。

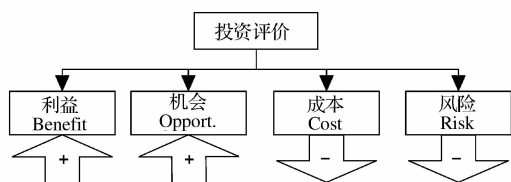


图1 基于BOCR的投资综合评价

1.1 利益(Benefit)

从现金流量角度分析,利益指的是项目正常运行

导致的可靠现金流入。太阳能发电项目的主要利益来源是售电收入和优惠、补偿两个部分。其中售电收入主要与太阳能发电机性能、外部环境有关,本文选取了技术的可操作性、性价比、容量因素指标反映太阳能发电机的性能;选择日照量的地理分布、平均日照量密度、年平均日照量、安装高度选择的影响等四项指标反映外部环境。而优惠、补偿则主要反映在融资、税收政策和补贴项目等方面。其中补贴项目又可分为电价上网补贴、清洁能源项目以及地方政府的补助项目等。

1.2 机会(Opportunity)

机会是可能会给项目带来收益但不能可靠计量的现金流入。太阳能发电投资项目的机会主要包括社会效益、政策支持和先进技术三个方面。其中,社会效益可以从环境、就业、GDP三方面衡量。政策支持主要指的是特许经营和地方政府的其他支持政策。先进技术则是从技术角度考虑环境机会,本文选取了信息化的监督、太阳能光伏发电、太阳热力发电、MH-CST模块四个技术指标。

1.3 成本(Cost)

成本是指为保证太阳能发电项目正常运营所导致的可靠预计的现金流出。本文从太阳能发电机、上网和基建三方面考虑太阳能发电项目的成本,包括太阳能发电机设计、制造、安装即日常维修费用;电气连接和并网成本;基建和配套设施的建造施工成本。

1.4 风险(Risk)

风险是在项目运营后预计可能会导致的不能可靠预计的现金流出。太阳能发电项目主要存在社会、技术和气候三方面的风险,包括企业家与居民的观念冲突、土地的不确定性等导致的社会风险;技术设备的复杂性和困难性等导致的技术风险;气候异常变化等导致的气候风险。

综上所述,本文构建了太阳能发电项目投资的综合评价指标体系。如表1所示。

2 评价模型

2.1 评价层次体系的建立

对上文建立的太阳能发电企业指标体系进行层次划分。最高层:即目标层,本文中太阳能发电项目投资综合评价为最高层;中间层:即准则层,分为利益(B)、机会(O)、成本(C)、风险(R)四个大部分;最底层:即指标层,包括指标体系中的33项评价指标。

对于定性指标,本文通过选取年平均值作为初始系数,定量指标则采用德尔菲法,通过调查问卷的形式请专家对各项指标的重要程度进行打分(打分细则

见表 2),根据各项指标评价数据,分层次确定指标的权重(表 3 所示)。

表 1 太阳能投资项目综合评价指标

类型	一类指标	二类指标
利益 (Benefits)	(a) 电机性能	(a ₁) 技术的可操作性
		(a ₂) 性价比
		(a ₃) 容量因素
	(b) 外部环境	(b ₁) 日照量地理分布
		(b ₂) 日照量密度
		(b ₃) 年平均日照量
		(b ₄) 安装高度选择的影响
	(c) 优惠政策	(c ₁) 税收政策
		(c ₂) 融资优惠政策
	(d) 补偿项目	(d ₁) 上网补贴
		(d ₂) 清洁发展机制项目
		(d ₃) 地方补贴项目
机会 (Opport.)	(e) 社会效益	(e ₁) 环境
		(e ₂) 就业
		(e ₃) GDP
	(f) 政策支持	(f ₁) 太阳能发电特许项目
		(f ₂) 其他的政策支持
	(g) 先进技术	(g ₁) 信息化的监督
		(g ₂) 太阳能光伏发电
		(g ₃) 太阳热力发电
		(g ₄) MH-CST 模块
成本 (Costs)	(h) 太阳能发电机	(h ₁) 设计和发展
		(h ₂) 制造
		(h ₃) 安装、维修
	(i) 连网费用	(i ₁) 电气连接
		(i ₂) 并网
	(j) 基建	(j ₁) 主要工程施工
		(j ₂) 周边建设
风险 (Risks)	(k) 观念冲突	(k ₁) 企业家,政策制定者,居民
	(l) 土地	(l ₁) 诚信或者租赁协议、地质适用性等
	(m) 技术风险	(m ₁) 技术复杂性和困难性
	(n) 气候	(n ₁) 气候环境异常的变化影响

表 2 判断矩阵标度及其含义

重要性等级	标度
i,j 两元素同等重要	1
i 比 j 稍重要	3
i 比 j 明显重要	5
i 比 j 强烈重要	7
i 比 j 极端重要	9
上述两相邻判断的中间值	2,4,6,8
因素 i 与 j 比较的判断标度为 a _{ij} , 则因素 j 与 i 比较的判断 a _{ji} = 1/a _{ij}	倒数

表 3 太阳能投资项目综合评价指标各层次指标权重

层级 0	层级 1	权重	层级 2	权重
利益 (Benefits) (0.374 3)	(a)	0.255 0	(a ₁)	0.540 3
			(a ₂)	0.347 8
			(a ₃)	0.111 9
	(b)	0.425 0	(b ₁)	0.247 3
			(b ₂)	0.381 6
			(b ₃)	0.277 4
			(b ₄)	0.093 8
	(c)	0.170 0	(c ₁)	0.500 0
			(c ₂)	0.500 0
	(d)	0.150 0	(d ₁)	0.244 4
			(d ₂)	0.359 3
			(d ₃)	0.396 3
机会 (Opport.) (0.166 1)	(e)	0.377 6	(e ₁)	0.197 3
			(e ₂)	0.278 5
			(e ₃)	0.524 2
	(f)	0.411 7	(f ₁)	0.536 4
			(f ₂)	0.463 6
	(g)	0.210 7	(g ₁)	0.187 2
			(g ₂)	0.278 1
			(g ₃)	0.104 5
成本 (Costs) (0.307 2)	(h)	0.559 5	(h ₁)	0.333 3
			(h ₂)	0.333 3
			(h ₃)	0.333 3
	(i)	0.319 5	(i ₁)	0.500 0
			(i ₂)	0.500 0
	(j)	0.120 9	(j ₁)	0.500 0
			(j ₂)	0.500 0
风险 (Risks) (0.152 4)	(k)	0.515 0	(k ₁)	0.515 0
	(l)	0.110 3	(l ₁)	0.110 3
	(m)	0.287 9	(m ₁)	0.287 9
	(n)	0.086 8	(n ₁)	0.086 8

由于各指标的单位、量纲及数量级不同,因此必须统一标准,对所有指标数据进行标准化处理,使其成为无量纲、无数量级差别的形式。具体标准化公式和标准化结果如表 6 所示。

$$X_i = \frac{\sqrt{2} | X_i |}{\sqrt{\sum X_i^2}}$$

(1)

2.2 综合评价算子

考虑到利益(B)、机会(O)、成本(C)、风险(R)四个方面的指标复合权重来源于四个相互独立的子网络,其标度单位可能不完全一致,因而会出现权重值之间的不匹配问题,从而使决策者得出错误的评价结论,为此本文引入了以下几种综合评价算子,相互参照,以检验评价结果的可靠性。本文创新性的从加

法、概率、减法、幂和乘法运算角度,对原有线性叠加评价算子进行了调整。通过定性地将评价指标按属性进行非线性调整,减少不同属性指标间的标度差异,进一步提高评价的可靠性。具体调整如下:

1)加法算子

$$P_i = bB_i + oO_i + c(1/C_i)_{Normalized} + r(1/R_i)_{Normalized} \tag{2}$$

2)概率加法算子

$$P_i = bB_i + oO_i + c(1 - C_i) + r(1 - R_i) \tag{3}$$

3)减法算子

$$P_i = bB_i + oO_i - cC_i - rR_i \tag{4}$$

4)幂算子

$$P_i = B_i^b O_i^o [(1/C_i)_{Normalized}]^c [(1/R_i)_{Normalized}]^r \tag{5}$$

5)乘法算子

$$P_i = B_i O_i / C_i R_i \tag{6}$$

表 4 太阳能投资项目评价方案指标值

待评价个指标对应值					
指标	A	B	C	D	E
(a ₁)	63	76	71	74	78
(a ₂)	98	97	98	97	98
(a ₃)	51	57	50	59	53
(b ₁)	63	77	42	73	85
(b ₂)	349	451	337	502	426
(b ₃)	4. 9	5. 7	4. 4	5. 3	5
(b ₄)	85	78	61	77	86
(c ₁)	87	81	76	84	86
(c ₂)	85	80	79	83	82
(d ₁)	82	82	78	75	85
(d ₂)	75	81	68	72	80
(d ₃)	73	80	73	70	88
(e ₁)	74	85	77	83	84
(e ₂)	75	82	83	74	85
(e ₃)	70	89	88	72	80
(f ₁)	67	84	73	81	85
(f ₂)	73	88	70	85	81
(g ₁)	70	83	73	78	81
(g ₂)	74	76	73	80	83
(g ₃)	75	87	73	83	85
(g ₄)	79	86	70	79	82
(h ₁)	140	150	150	155	160
(h ₂)	170	190	180	180	200
(h ₃)	140	150	155	155	160
(i ₁)	35	30	40	65	35
(i ₂)	45	25	55	50	35
(j ₁)	55	35	35	40	35
(j ₂)	35	30	25	30	25
(k ₁)	78	74	80	79	72
(l ₁)	75	70	75	71	70
(m ₁)	78	73	83	75	68
(n ₁)	73	72	78	77	65

2.3 实例评价及结果比较

利用前文所建立的评价体系对以下 5 个待选项目方案选取相应指标值(表 4 所示)进行综合评价,将各方案在利益、机会、成本、风险四个方面的各指标的数值进行标准化的处理(表 5 所示)。并且考虑上述加法算子、概率加法算子、减法算子、幂算子、乘法算子等 5 个算子对四个指标进行综合评价,综合评价结果如表 6 所示。对比表中 5 个算子的评价结果,可得出结论:五个待选项目方案优先级顺序为:B-E-D-A-C,即最佳选择为 B 方案,五种算法结果显示出一致性,表明决策可信度较高。

从表中数据可以看出:

1)政策支持、新技术和金融机制会增加太阳能发展的机会从而增加收益。同时,不同利益主体的分歧、地域、气候的不确定性等因素会给她带来风险,造成成本增加。

2)应用 BOCR 评价体系对企业项目的实际收益进行量化衡量,对太阳能发电投资项目进行综合评价,体现了从成本效益观设计新能源投资项目评价体系的基本原则。

3)从加减幂乘除五种运算逻辑对评价算子进行了算法改进,降低了原有体系项目投资评价指标的差异对投资项目评价结果造成的影响,使结果更加客观准确。

3 结论

太阳能发电将会在不久的将来成为可再生能源发展的主要趋势,太阳能发电项目投资力度将大幅提升,但是电力行业对太阳能发电项目投资的成本效益风险的科学全面的综合评价体系还较为欠缺。随着经济社会环境结构更趋复杂,对资本回报的进一步强化,太阳能发电技术的快速革新,电力企业为了选择最佳太阳能发电项目投资方案,需要综合各种关键因素,采取科学定量方法进行全面分析。

本文借助 AHP 法,创新性地从利益(B)、机会(O)、成本(C)、风险(R)四个方面设计评价指标,对风险—成本进行考量,创新的引入了几种综合评价算子,以提高太阳能发电投资项目评价的综合性与客观性。该方法体现了现代企业全面风险管理思想对投资管理内部控制的要求,为我国企业太阳能发电项目投资评价的合理化决策,丰富风电项目投资评价研究,提供了一条较为新颖科学的应用思路。

表 5 各评价方案的分层次数据标准化值表

层级 方案		利益(B)		(0.3743)			机会(O)		(0.1661)	
		运算值		标准化			运算值		标准化	
A		0.599 7		0.426 9			0.573 1		0.406 4	
B		0.663 6		0.472 4			0.680 3		0.482 4	
C		0.555 5		0.395 4			0.609 4		0.432 1	
D		0.657 3		0.467 9			0.630 6		0.447 2	
E		0.667 9		0.475 5			0.658 8		0.467 2	
层级 方案	成本(C)		(0.307 2)		风险(R)		(0.152 4)			
	运算值	标准化	倒数	标准化	运算值	标准化	倒数	标准化		
A	0.611 4	0.442 2	1.635 6	0.176 7	0.646 6	0.457 4	1.546 6	0.173 4		
B	0.556 0	0.402 2	1.798 4	0.194 3	0.611 9	0.432 9	1.634 1	0.183 2		
C	0.640 5	0.463 3	1.561 4	0.168 7	0.670 9	0.474 6	1.490 6	0.167 1		
D	0.702 9	0.508 4	1.422 7	0.153 7	0.642 7	0.454 6	1.555 9	0.174 4		
E	0.606 6	0.438 7	1.648 7	0.178 1	0.586 1	0.414 6	1.706 1	0.191 2		

表 6 基于不同算子的综合评价结构表

综合评价方法	加法算子		概率加法算子		减法算子		幂算子		乘法算子	
方案	优先权	排名	优先权	排名	优先权	排名	优先权	排名	优先权	排名
A	0.308 0	4	0.481 3	4	0.021 7	4	0.281 5	4	2.262 8	4
B	0.344 6	1	0.527 0	1	0.067 4	1	0.312 3	1	3.093 2	1
C	0.297 1	5	0.464 7	5	0.005 1	5	0.270 9	5	2.207 4	5
D	0.323 2	3	0.483 5	3	0.023 9	3	0.283 8	3	2.359 6	3
E	0.339 4	2	0.517 2	2	0.057 6	2	0.305 2	2	2.647 4	2

参考文献

[1] 能源经济资讯[J]. 能源技术经济,2010(2):68.

[2] GOVINDA R. TIMILSINA,LADO KURDGELASHVILI, PATRICK A NARBEL. A Review of Solar Energy: Markets, Economics and Policies[G]. Policy Research Working Paper,2011.

[3] DOMINIC MORAN,CHRIS SHERRINGTON. An economic assessment of windfarm power generation in Scotland including externalities[J]. Energy Policy, 2007, 35 (5): 2811 — 2825.

[4] 陈勇吉,张霞. 多阶段风险投资项目评价[J]. 财会通讯,2010 (3):14—16.

[5] 李世双. 浅谈企业投资项目评价指标及方法[J]. 商业经济, 2011(4):32—34.

[6] 张丰,段玮婧. 行业因素对风险投资项目评价指标影响的实证研究[J]. 科技进步与对策,2010(3):132—136.

[7] 沈丹. 基于层次分析法进行风险投资项目评价[J]. 广播电视大学学报,2009(1):13—16.

[8] 彭佑元,颜实. 不同行业投资项目评价核心指标体系选择[J]. 工业技术经济,2009(12):144—147.

[9] 许辉,罗晓梅. 风险投资项目评价的基本分析框架和选择空间[J]. 经营与管理,2010 (1):44—45.

[10] 汪波马,海静. 风险投资项目评价研究[J]. 财会通讯,2008 (7): 119—120.

The Evaluation of Solar Energy Investment Projects with BOCR

SHEN Jian-fei, FU Yu-jie, BAI Jun-wei
(North China Electric Power University,Beijing 102206,China)

Abstract: Exploitation and utilization of the new energy is becoming the main trend of the world energy utilization. Solar energy project investment has become the major energy investment field in each country. According to the characteristics of solar energy investment, this paper selected and designed indicators, considering the benefits (B), opportunities (O), costs (C) and risks (R), and build a solar energy Investment Project Evaluation system adopting AHP, and it makes a comprehensive and objective judgments on solar energy Investment projects, effectively measures the relationship between advantages and disadvantages of investment programs.

Key words: BOCR; solar energy projects; AHP; comprehensive evaluation