

合同能源管理在 LED 路灯推广中的风险分析

李文杰¹, 梁凤鸣², 张国军¹, 施松新¹

(1. 华中科技大学 数字制造装备与技术国家重点实验室, 湖北 武汉 430074; 2. 东莞市科学技术局, 广东 东莞 523888)

摘要: 根据合同能源管理在 LED 路灯推广中的应用情况, 建立了一套合同能源管理项目风险评估体系, 并提出用层次分析法等数学方法对项目进行风险分析, 确定各风险因素的风险系数。以东莞地区的实例, 验证了此方法的有效性。

关键词: 合同能源管理; 半导体照明; 层次分析法; 风险评估

中图分类号: F204 **文献标志码:** A **文章编号:** 1007-7375(2011)03-0115-04

Risk Analysis for Energy Management Contract in the Promotion of LED Lamp Application to Street Lighting

Li Wen-jie¹, Liang Feng-ming², Zhang Guo-jun¹, Shi Song-xin¹

(1. State Key Laboratory of Digital Manufacturing Equipment & Technology, Huazhong University of Science & Technology, Wuhan 430074, China; 2. Science and Technology Bureau, Dongguan 523888, China)

Abstract: Energy management contract is an important means of energy saving. Aiming at the promotion of LED lamp application to street lighting, a risk assessment system of energy management contract in the promotion of LED to street lighting is developed. Based on this system, analytic hierarchy process (AHP) is used to assess the risk. By this method, it can determine the risk coefficient for each risk factor, and risk analysis can be done for a region where energy management contract is used to promote the application of LED lamps to street lighting.

Key words: energy management contract; light emitting diode (LED); analytic hierarchy process (AHP); risk assessment

全球气候变化和节能减排已成为当前国际政治、经济和环境领域的热点问题。2009 年底, 我国政府承诺到 2020 年, 单位 GDP 二氧化碳排放比 2005 年下降 40% ~ 45%。在不久前召开的全国“两会”上, “低碳经济”成为重点谈论的内容之一。在这种背景下, 基于发光二极管 (Light Emitting Diode, LED) 技术的半导体照明, 具有高效、节能、环保、长寿命、易维护等显著特点, 与白炽灯相比节能达 60% 以上, 对促进节能减排有极大的意义^[1]。

20 世纪 70 年代中期世界能源危机期间, 为减少能源费用, 合同能源管理 (Energy Management Contract, EMC) 模式在西方发达国家中逐步发展起来, 其实质是一种以减少的能源费用来支付节能项目全

部成本的节能投资方式, 这是一种基于市场的、全新的节能项目投资机制^[2]。

为减少一次性投入, 同时促进节能减排工作的开展, 目前有些地区正在将合同能源管理模式应用于 LED 路灯推广中。笔者建立了一套合同能源管理项目风险评估体系, 提出用层次分析法等方法对项目进行风险分析, 并以东莞地区为例, 验证了这种分析方法。

1 合同能源管理在 LED 路灯推广中的应用

1.1 LED 路灯推广现状

LED 作为新型高效固态光源, 是人类照明史上

收稿日期: 2010-05-12

基金项目: 国家自然科学基金资助项目 (50905065); 教育部博士点基金资助项目 (20090142120036)

作者简介: 李文杰 (1985-), 男, 河南省人, 硕士研究生, 主要研究方向为项目管理、企业信息化。

继白炽灯、荧光灯之后的又一次革命,具有非常重要的经济效益和社会效益。目前世界各地都在大规模推广,预计未来5~10 a,全球将形成5万亿美元产业规模^[3]。2009年4月,国家科技部确定包括上海、东莞等在内的21个城市为“十城万盏”半导体照明应用工程试点城市,鼓励这些地区加大LED路灯应用推广力度。

目前,由于LED芯片制备、封装应用技术还不是特别成熟,因此LED路灯价格还比较高。根据调查统计,目前每盏LED路灯约3 000~5 000元。根据《CJJ45-2006城市道路照明设计标准》,若路面的有效宽度为20 m,路灯采用双侧对称布置,则设置间距应不超过30 m,那么100 km的路灯安装就需要约2 500万元。若按照正常的市场买卖机制,需要巨大的一次性投入资金^[4]。

1.2 合同能源管理的应用

为解决一次性投入资金过大的问题,根据合同能源管理的思想^[5],有些地区正在按照如下模式来推广LED路灯:用户、银行和工程实施单位签订服务合同,用户向银行贷款,将工程款一次性付清给工程实施单位,实施单位根据用户的要求安装LED路灯,然后用户将工程完成后每年节省的电费偿还给银行,合同期满后所节省的电费和已有的设备全部归用户。

按照上述模式,可以解决一次性投入资金压力问题,但是一些风险因素也随之而产生。比如安装

后的LED路灯能否达到并保持预定的节能效果等,因此有必要对这种模式进行一次全方位的风险评估分析,找出关键风险因素。

2 风险评估体系的建立

2.1 风险分析的意义及内容

项目风险管理是项目执行过程中识别和评估风险、管理和解决风险的一种重要管理手段,其主要目的就是识别与项目有关的风险,围绕项目的成本、质量和工期这3个目标,评价和管理改善项目的执行效果,从而使潜在风险最小化,使潜在回报最大化^[6]。风险管理分为5大过程,包括风险辨识、风险分析、风险计划、风险跟踪和风险控制,其中尤其以风险分析为关键^[7]。对采用EMC模式实施的项目进行风险分析是保障项目顺利运作的关键环节。要进行风险分析,首先必须找出存在的风险因素,建立风险评估体系。

2.2 风险评估体系的内容

建立风险评估指标体系就是要将项目中各种难以量化的指标进行系统分析和归纳整合^[8]。通过分析合同能源管理项目在实施过程中存在的风险,结合LED路灯推广的具体特点,可以构建以环境风险、市场风险、技术风险和运营风险为主体的4个一级指标,每个一级指标对应与之相关的多个二级指标,具体如表1所示。

表1 合同能源管理项目风险评估指标体系

风险因素	风险子因素	内 容
环境风险 U_1	政治风险 u_{11}	国家的财政、税收等制度的变化对项目造成的风险
	经济风险 u_{12}	宏观经济发展情况、银行信贷利率等经济状况对项目造成的风险
技术风险 U_2	技术更新风险 u_{21}	LED技术更新速度快,在项目建设期结束后,是否能保持先进技术水平,
	技术效果风险 u_{22}	工程能否达到并保持预定的节能技术效果
市场风险 U_3	市场需求风险 u_{31}	市场是否有足够多的需求,而且诸多客户对合同能源管理机制不熟悉,
	市场竞争风险 u_{32}	价格也较高,面临着高压钠灯等其他产品的竞争
运营风险 U_4	项目管理风险 u_{41}	在组织实施工程过程中的人力、物力、财力等相关因素所产生的风险
	工程质量风险 u_{42}	工程质量能否达到预定效果
	运行与维护风险 u_{43}	工程完工后,日常运行与维护工作所产生的风险

3 风险分析方法

3.1 用层次分析法向各风险因素分配权重

根据表1,评估体系中有{环境风险,市场风险,技术风险,运营风险}4个一级指标,将其记为 $U = \{U_1, U_2, U_3, U_4\}$ 。为了更科学地给各因素赋值,以反映出各因素对风险的影响程度,在此采用T. L. Saaty^[9]提出的层次分析法,它把复杂问题分解成组

成因素,并按支配关系形成层次结构,然后用两两比较的方法确定决策方案的相对重要性。

首先要构造两两比较判断矩阵。因为对于大多数的社会经济问题,特别是对于人的判断起重要作用的问题,直接得到这些元素的权重并不容易,往往需要通过适当方法来导出它们的权重。确定各个风险因素的权重也是如此,所以在此采取模糊数学中

的二元对比法来确定。在确定两两因素的比较值时, 可以采用1-9标度法。每次取两个指标 U_i 与 U_j 比较, 用 a_{ij} 表示 U_i 和 U_j 的比较值, 比较的结果就构成两两比较判断矩阵 A , 矩阵 A 具有如下特点: $a_{ij} > 0, a_{ij} = 1/a_{ji}$, 也就是说 A 是一个正的互反矩阵。

构成两两比较判断矩阵之后, 可用 MATLAB 软件直接计算出矩阵的最大特征根和特征向量, 之后必须进行一致性检验。因为在构造两两比较判断矩阵时, 要求判断大体上的一致。出现甲比乙极端重要, 乙比丙极端重要, 而丙又比甲极端重要的判断, 一般是违反常识的。一个混乱的经不起推敲的判断矩阵有可能导致决策的失误, 而且当判断矩阵过于偏离一致性时, 用上述各种方法计算的排序权重作为决策依据, 其可靠程度也值得怀疑, 因此必须对判断矩阵的一致性进行检验^[10]。

若随机一致性指标 $C_R = C_I/R_I < 0.1$ 时, 认为矩阵 A 的一致性程度在容许范围之内。其中 $C_I = (\lambda_{\max} - n)(n - 1), R_I$ 可查表2得出。

表2 随机一致性检验 R_I 值

n	1	2	3	4	5	6	7	8
R_I	0	0	0.58	0.9	1.12	1.24	1.32	1.41

3.2 用模糊数学法确定各因素风险系数

首先制定一个评判集。采用模糊数学中的隶属度赋值方法, 将风险设“低”、“较低”、“中等”、“较高”、“高”5个级别, 即将评判集 V 设低风险、较低风险、中等风险、较高风险、高风险5个元素, 并赋予相应各元素的向量值 $V = \{0.1, 0.3, 0.5, 0.7, 0.9\}$, 表示评判集各元素与项目风险数值大小的对应关系。

确定评判集后, 采用专家评定法, 邀请 n 个专家对各风险指标 U_i 按照评判集 V 进行投票, 最后根据专家们在该项指标上的投票比例, 可得到风险因素 U_i 的评判矩阵 B_i 。根据可计算出来的因素 U_i 各子因素的权重系数 W_i , 则可得 $T_i = W_i^T \cdot B_i$, T_i 就是专家对风险因素 U_i 在评判集 V 上的评判结果, 因此可得出风险因素 U_i 的风险系数 $R_i = T_i \cdot V^T$ 。

4 实例分析

4.1 确定各风险因素的权重系数

根据表1所建立的合同能源管理项目风险评估指标体系, 结合东莞LED路灯推广实际情况, 并根据1-9标度法, 将体系中的两两因素进行比较, 可得到如下两两比较判断矩阵:

$$A = \begin{bmatrix} 1.00 & 0.11 & 0.20 & 0.33 \\ 9.00 & 1.00 & 2.00 & 3.00 \\ 5.00 & 0.50 & 1.00 & 2.00 \\ 3.00 & 0.33 & 0.50 & 1.00 \end{bmatrix}$$

利用 MATLAB 求得该判断矩阵 A 的最大特征根为 4.003, 相应特征向量

$$W_{\max} = (0.0905, 0.8415, 0.4646, 0.2604)^T$$

进行一致性检验, $C_I = (\lambda_{\max} - n)(n - 1) = 0.0001$, $C_R = C_I/R_I = 0.00011 < 0.1$, 因此可知判断矩阵 A 的比较是基本一致的。对特征向量进行归一化处理, 得该项目一级指标权重系数 $W = (0.0546, 0.5078, 0.2804, 0.1572)^T$, 各系数也就分别代表相对应因素的权重系数, 即环境风险系数 $w_1 = 0.0546$, 技术风险系数 $w_2 = 0.5078$, 市场风险系数 $w_3 = 0.2804$, 运营风险系数 $w_4 = 0.1572$ 。

同样可得出二级各因素的对比矩阵

$$A_1 = \begin{bmatrix} 1.00 & 0.20 \\ 5.00 & 1.00 \end{bmatrix}$$

$$A_2 = \begin{bmatrix} 1.00 & 3.00 \\ 0.33 & 1.00 \end{bmatrix}$$

$$A_3 = \begin{bmatrix} 1.00 & 3.00 \\ 0.33 & 1.00 \end{bmatrix}$$

$$A_4 = \begin{bmatrix} 1.00 & 0.20 & 3.00 \\ 5.00 & 1.00 & 9.00 \\ 0.33 & 0.11 & 1.00 \end{bmatrix}$$

运用同样的方法, 可求得二级指标各因素的权重系数

$$W_1 = (0.1667, 0.8333)^T$$

$$W_2 = (0.7509, 0.2491)^T$$

$$W_3 = (0.7509, 0.2491)^T$$

$$W_4 = (0.1781, 0.7519, 0.0700)^T$$

4.2 计算各因素风险系数

邀请4名用户、2名银行人员和4名工程实施单位人员共10个专家, 采用专家评分法, 可得到风险因素评判矩阵, 如组织管理风险因素评判矩阵:

$$B_4 = \begin{bmatrix} 0.2 & 0.5 & 0.1 & 0.2 & 0.0 \\ 0.1 & 0.2 & 0.5 & 0.0 & 0.2 \\ 0.2 & 0.4 & 0.0 & 0.2 & 0.2 \end{bmatrix}$$

可计算运营风险指标 $T_4 = W_4 B_4$, 则合同能源管理项目的运营风险 $R_4 = T_4 V^T = T_4 \cdot (0.1, 0.3, 0.5, 0.7, 0.9)^T = 0.4723$, 同理可求得环境风险 $R_1 = 0.3600$, 技术风险 $R_2 = 0.4749$, 市场风险 $R_3 = 0.5902$ 。由此可得到项目的整体风险系数

$$R = (R_1, R_2, R_3, R_4)(w_1, w_2, w_3, w_4) = (0.3600,$$

0.474 9, 0.590 2, 0.472 3) (0.054 6, 0.507 8, 0.280 4, 0.157 2) = 0.500 5。

4.3 对计算结果的分析

根据上述结果可知,采用 EMC 模式在东莞推广 LED 路灯的风险属于中等风险(0.500 5),在各因素中,风险较大的是市场风险(0.590 2)和技术风险(0.474 9)。因此恰当地解决好这两个风险就成为采用 EMC 模式推广 LED 路灯的关键。近两年,东莞市政府积极出台政策,加大财政补贴,LED 路灯推广工作也取得了卓有成效的成绩。一方面是大力开拓市场,东莞市政府鼓励采用 EMC 模式推广 LED 路灯,计划到 2015 年累计推广 8 万盏,同时按照 LED 灯具价格的 10% ~ 30% 给予财政补贴,单项工程最高补贴可达 1 000 万元;另一方面是加强技术创新,近两年,东莞市已经累计投入 2 亿元,鼓励各相关企业和研究机构进行科技创新,抢占行业技术制高点。

5 结论

合同能源管理是新兴的节能投资机制,能充分调动社会上的人力、物力、财力投入到节能工作中,对我国节能减排工作的开展具有重要的推动作用。由于这种节能投资机制在我国还处于推广阶段,目前对这种模式的风险还没有一种可靠的、合理的、定量的评估方法。本文以 EMC 模式在 LED 路灯推广中的应用为例,结合层次分析法、专家打分法等数学

方法,对项目进行风险分析,并根据东莞地区实际情况,找到了较大的风险因素,从而验证了这种方法的有效性。

参考文献:

- [1]朱正萱,周彩霞,王银萍. LED 工程类企业的市场开拓管理[J]. 科技进步与对策, 2002(10):106-107.
- [2]尚天成,潘珍妮. 合同能源管理项目评价方法[J]. 中国人口·资源与环境, 2008, 18(3):135-137.
- [3]李秋红. LED 光源在道路照明中应用的能效分析[J]. 中国市政工程, 2009, 4(2):52-53.
- [4]中华人民共和国建设部. 城市道路照明设计标准(CJJ45-2006)[M]. 北京:中国建筑工业出版社, 2007.
- [5]张春雷. 我国合同能源管理机制实施的难点分析与对策研究[J]. 能源技术与管理, 2008(1):113-115.
- [6]高峰,陈英武. 工业研发项目的一体化持续风险管理方法[J]. 工业工程, 2006, 9(1):5-8.
- [7]Ilmari O. Nikander, Eero Eloranta. Project management by early[J]. International Journal of Project Management, 2001, 19(7):315-323.
- [8]刘德军,吕林. 合同能源管理项目的风险与效益评价[J]. 电力需求侧管理, 2009, 11(1):21-23.
- [9]谢季坚,刘承平. 模糊数学方法及其应用[M]. 武汉:华中科技大学出版社, 2005.
- [10]丁香乾,石硕. 层次分析法在项目风险管理中的应用[J]. 中国海洋大学学报, 2004, 34(1):97-102.

(上接第 109 页)

本设计方案充分考虑了钢铁企业的内外部物流因素,但非物流因素涉及不够全面,可作为钢铁厂及其他类似的内外物流量大的厂区总体布局设计的重要参考,当本设计方案被采用时除了应重新核准物流量以外,还应更准确地考虑具体的内外部条件,非物流因素、自然地理因素、地区发展状况和环境污染等。

参考文献:

- [1]廖祖裔. 工业建筑总平面设计[M]. 北京:中国建筑工业出版社, 1982:1-45.
- [2]编写组. 钢铁厂总图运输设计参考资料[M]. 北京:冶金工业出版社, 1978:12-228.
- [3]孙学琴. 系统布置设计在物流中心设计中的应用[J]. 科技进步理论与管理, 2005, 3(10):117-119.

- [4]刘光富,陈晓莉. 系统布置设计在生产系统优化中的应用[J]. 工业工程与管理, 2008, 12(3):125-128.
- [5]张绪柱. 工业工程实验与实习教程[M]. 北京:机械工业出版社, 2006:89-148.
- [6]万新. 炼铁设备及车间设计[M]. 北京:冶金工业出版社, 2007:44-45.
- [7]蔡启明. 轧钢车间设计基础[M]. 北京:科学工业出版社, 2005:77-78.
- [8]陈呈频,毕娜,施祺芳,等. 车间设施优化布置方案[J]. 工业工程与管理, 2007, 11(1):55-57.
- [9]杨晓英,贾晓燕,魏先亮. 基于 Flexsim 的设施布置方法的改进研究[J]. 物流科技, 2009, 12(7):21-24.
- [10]侯建晨,刘树林. 基于物流关系的 BZGF 厂厂区布局改进[J]. 工业工程与管理, 2009, 9(3):17-21.