

绿色建筑的全生命周期成本估算

何向彤

浙江建设职业技术学院, 浙江 杭州 311231

摘要: 绿色建筑是目前流行的一种注重建筑、环境、社会和谐统一的建筑风格。首先, 分析绿色建筑的建筑成本、社会自然成本和消费者成本构成, 然后, 采用主成分分析法对影响绿色建筑的各个因子进行分析。最后, 利用模糊识别方法以及蒙特罗卡法整理出绿色建筑全周期成本估算的模型, 为绿色建筑的投资者做决策提供了依据。

关键词: 绿色建筑; 全生命周期; 成本估算

中图分类号: [TU-9];F224.5

文献标识码: A

文章编号: 1000-2324(2016)03-0456-04

The Cost Estimation for Eco-friendly Buildings in Life Cycle

HE Xiang-tong

Zhejiang College of Construction, Hangzhou 311231, China

Abstract: An eco-friendly building is a popular construction style to pay attention to the combination with building, environment and society, therefore it is important to estimate the cost of building. This paper firstly analyzed the components of eco-friendly building and their function with the principal component analysis and then established the cost estimation model of eco-friendly building in life cycle with the methods of fuzzy recognition and Monte Roca Law in order to provide a basis for investors when they were making decision of eco-friendly building.

Keywords: Eco-friendly building; life cycle; cost estimation

建筑业是经济社会中不可或缺的重要组成部分, 作为国家经济的基础及固定资产, 建筑业为大量的劳动力提供了就业机会。传统的建筑行业发展模式对资源的消耗量非常大, 低碳节能化发展以成为全球建筑行业的发展趋势, 我国开始推行绿色建筑发展模式。所谓的绿色建筑, 就是在建筑的过程, 尽量减少能源的损耗, 保护环境, 降低污染, 构建人和环境和谐相处的建筑。我国绿色建筑的目标是^[1]: 到 2015 年, 所有的建筑物中 5%是绿色建筑, 生态城的数量达到 100 个。而目前我国的绿色建筑推广还不尽如人意, 究其原因, 还是因为绿色建筑的成本比较高^[2]。文中主要运用主成分分析法来找到跟成本相关的因素, 接着对全生命周期成本进行估算, 进而从各个方面来对成本进行分析。

1 绿色建筑全生命周期成本构成

绿色建筑全生命周期的阶段划分不同, 内容构成也就不同, 而为了便于更深入的理解绿色建筑成本理论, 考虑到我国绿色建筑的特征以及目前所存在的绿色建筑全生命周期的阶段划分情况, 绿色建筑全生命周期在本文中主要被划分成五个阶段: 决定阶段, 规划阶段, 施工调整阶段, 经营阶段, 拆除阶段。

本文将绿色建筑全生命周期成本分为五个阶段, 每个阶段的内容整理图 1 所示。

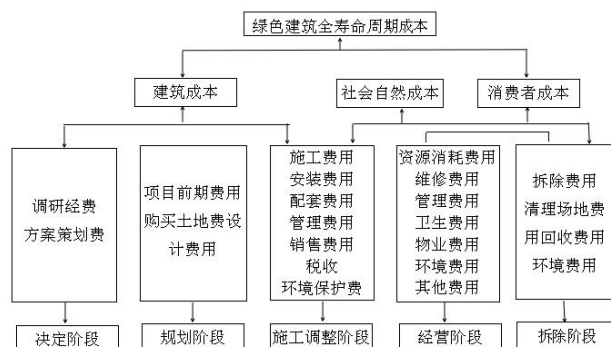


图 1 绿色建筑全生命周期成本阶段
Fig.1 The stage of eco-friendly building in life cycle

收稿日期: 2015-02-20

修回日期: 2015-04-02

作者简介: 何向彤(1964-),女,硕士,实训部主任、副教授,研究方向为建筑经济管理、教育教学管理. E-mail:zjyhxt@126.com

数字优先出版:2016-04-08 http://www.cnki.net

2 绿色建筑全寿命周期成本影响因素

2.1 绿色建筑成本影响因素分析

在对绿色建筑成本的影响因素进行分析的时候,应当注意它与传统建筑成本分析之间的区别。传统的建筑成本的主体是投资方,通常考虑的是项目规划以及项目施工两个阶段对成本的影响。而绿色建筑成本的主体是企业,客户以及社会。绿色建筑成本贯穿整个全寿命周期,所以在研究绿色建筑成本影响因素的时候,应当考虑更多种类,更大范围内的因素。除此之外,由于绿色建筑的特殊性,维修方式和建材价格也应当考虑到绿色建筑成本影响因素中。

在选择影响因素的时候,应当尽量选择那些灵敏度高的因素。我们将选择因素时应当遵循的原则整理如下:统筹宏观微观、操作性强、定量定性、竞争原则、普遍性、针对性。

综上所述,结合绿色建筑的特点,可得到对绿色建筑成本产生影响的 24 个因素如表 1:

表 1 影响绿色建筑成本的因素

Table 1 Influence factors on the cost of eco-friendly building

序号	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8
影响因子	规章制度	客户的环保意识	绿色设计	绿色施工理论	投资者的绿色想法	绿色建筑品级指标	施工方案绿色化	绿色建筑标准
序号	S9	S10	S11	S12	S13	S14	S15	S16
影响因子	绿色建筑种类	绿色建筑耗能估算	当地的人文环境	绿色建材成本	绿色节水技术	绿色节材技术	绿色节地技术	绿色节能技术
序号	S17	S18	S19	S20	S21	S22	S23	S24
影响因子	绿色施工监管	废料绿色回收	废料再利用	绿色管理技术	当地政府的态度的度	设计变动	绿色建筑研究程度	绿色建筑验收制度

2.2 分析成本影响因素的关键性

本文中对绿色建筑全寿命周期成本的影响因素,使用主成分分析法进行关键性分析。对相关的建筑企业的 80 位管理人员进行问卷调查,然后,用 Spss 软件处理调查数据,进行主成分分析法,可以得到如下表 2 结果。

表 2 各因素的总方差

Table 2 The total variance of all factors

因子 Factor	初始特征值 Initial feature value			平方和的提取 Extraction of quadratic sum		
	合计 Total	方差的比例 (%) Proportion of variance	总计 (%) Percentage	合计 Total	方差的比例 (%) Proportion of variance	总计 (%) Percentage
S1	0.682	2.902	82.333			
S2	1.498	6.301	53.231	1.498	6.301	53.231
S3	0.816	3.398	79.116			
S4	2.913	12.122	29.593	2.913	12.122	29.593
S5	4.225	17.549	17.549	4.225	17.549	17.549
S6	2.208	9.218	39.076	2.208	9.218	39.076
S7	1.293	5.509	58.655	1.293	5.509	58.655
S8	0.939	4.116	72.211			
S9	0.602	2.500	87.104			
S10	0.647	2.732	84.359			
S11	0.242	1.106	97.700			
S12	0.421	1.741	92.741			
S13	1.940	8.110	47.007	1.940	8.110	47.007
S14	0.863	3.601	75.382			
S15	1.100	4.385	68.394	1.100	4.385	68.394
S16	1.138	4.749	63.399	1.138	4.749	63.399
S17	0.523	2.156	89.008			
S18	0.479	1.998	91.120			
S19	0.295	1.219	96.721			
S20	0.221	1.001	98.736			
S21	0.185	0.769	99.276			
S22	0.152	0.638	99.986			
S23	0.342	1.426	94.214			
S24	0.309	1.287	93.890			

从上表中可以看出，其中 S2,S4,S5,S6,S7,S13,S15,S16 这八个因子的特征值在 1 之上。因为本文中选取的因素比较多，所以我们选择特征值较大的前六个 S2,S4,S5,S6,S7,S13 作为主成分来进行分析，用方差极大的时候，正交旋转这六个主成分，可得到因素矩阵，如下表 3。

表 3 因子载荷矩阵

Table 3 Factor loading matrix

	成分 Components					
	2	4	5	6	7	13
S1	.060	.641	-.025	-.116	.223	-.038
S2	.308	-.236	-.596	.042	-.075	.019
S3	-.203	-.179	-.666	-.083	-.112	.317
S4	.140	-.415	.063	.352	.135	.640
S5	-.495	.285	-.204	-.127	.075	.394
S6	.001	.040	.179	.780	-.095	-.032
S7	.003	.210	-.106	.135	-.413	.683
S8	.086	.030	-.049	-.116	.001	-.080
S9	.132	-.067	.031	.799	-.017	-.032
S10	.108	-.584	.236	.192	.094	-.242
S11	-.026	.230	.043	-.052	.768	.060
S12	-.734	-.134	-.041	-.027	.064	-.362
S13	.414	-.087	.654	.149	-.058	-.156
S14	.132	-.201	.465	.115	.244	-.202
S15	.025	-.398	.114	.581	.141	.408
S16	-.094	-.292	.737	.102	.285	.104
S17	.089	.164	-.132	-.267	.139	.718
S18	.256	.710	-.025	.021	.067	.119
S19	.432	.240	-.008	-.176	.225	-.320
S20	.065	-.064	-.740	-.223	.362	-.146
S21	.360	.097	-.052	-.440	.299	-.040
S22	-.242	-.218	.248	.541	.431	-.077
S23	.047	.097	.050	.037	-.133	-.079
S24	-.121	.738	.140	-.042	-.031	-.021

分析这些影响因素对主成分的影响程度，可得到主成分与各个因子的关系如下：

$$P5=0.0653S13+0.741S16-0.667S3-0.737S20 ; P4=0.642S6+0.739S9 ; P6=0.779S13+0.801S9 ; P13=0.638S4+0.678S7+0.720S17; P2=-0.746S16; P7=0.767S11$$

综上所述，我们可以得到六种关键的影响因素，分别为政策法规，项目目标，材料成本，施工水准，该地人文环境，绿色建筑技术。

3 绿色建筑全寿命周期成本估算方法

成本估算是绿色建筑全寿命周期成本研究的主要组成部分。本文中所采用的方法是，先使用模糊识别方法进行项目成本的初始化，之后，用蒙特卡罗法来对建筑项目未来的经营维护成本进行估算模拟，以此建立绿色建筑全寿命周期成本模型。

3.1 模糊识别方法介绍

模糊估算的过程如下：

3.1.1 确定项目特征指标及其隶属度 绿色建筑项目的特征可以用 n 个指标来表示，常用的指标有楼层数量，楼层高度，墙体，墙面，楼梯，地面，装饰，门窗结构，建筑结构，基础种类等，我们将这些指标表示为 $H=\{H_1, H_2, H_3, H_4, \dots, H_n\}$ 。特征指标的隶属度则是由专家打分和工程造价统计来决定的，隶属度大的，表示该项目的施工过程很困难，周期长，原料耗费大，隶属度小的则相反^[3]。

3.1.2 模糊贴近度 常用的计算模糊贴近度的方法有：最大最小法^[4]，汪氏贴近度^[5]以及海明贴近度。

1) 最大最小法

$$t_{ij} = \frac{\sum_{k=1}^n (w_{ik} \wedge w_{jk})}{\sum_{k=1}^n (w_{ik} \vee w_{jk})} \tag{1}$$

其中特征指标 T_i 和 T_j 的相似系数表示为 t_{ij} , 而其相对应的隶属度值分别表示为 w_{ik} , w_{jk} 。

2) 海明贴近度

$$r_H(M, N) = 1 - \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |M(u_i) - N(u_i)| \quad (2)$$

3) 汪氏贴近度

$$t_{ij}(M, N) = 1 - \frac{1}{2} \times [(1 - M \oplus N) + M \cdot N] \quad (3)$$

其中 $M \oplus N$ 是项目 M 与项目 N 的外积, 表示两者之间的隶属度取大后取小。 $M \cdot N$ 表示项目 M 与 N 之间的内积, 与外积相反, 内积是先取小后取大。

4 估算项目初始化成本

第二步中的模糊贴近度值越大, 代表拟定的项目与典型的项目模型越接近。将拟定项目中模糊贴近度值最大的三个表示为 Q_1, Q_2, Q_3 , 而这三个隶属度值最大的项目 1, 2, 3 的单方造价则表示为 R_1, R_2, R_3 , 利用指数平滑方法来计算项目 W 的初始化成本, 拟估项目 W 是项目 1, 2, 3 中拟估项目。我们引入系数 β 来进行调整误差。与 β 相关的经验计算公式如下:

$$\beta = 1 + \frac{1}{\delta} \left[0.4 \left(\frac{H_{bg}}{H_{R3}} - 1 \right) + 0.8 \left(\frac{H_{bg}}{H_{R2}} - 1 \right) + 1.8 \left(\frac{H_{bg}}{H_{R1}} - 1 \right) \right] \quad (4)$$

在公式 4 中, 拟估项目的工程特征描述系数为 H_{bg} , 而项目 1, 2, 3 所对应的项目的特征描述系数为 H_{R1}, H_{R2}, H_{R3} 。把 $H_{bg}, H_{R1}, H_{R2}, H_{R3}$ 放在一起, 假设四个值中最大的值为 1, 那么, 与 1 相比所占的比例可以表示其他项目的模糊关系系数。综上所述, 拟估项目 W 初始化建设成本计算公式为:

$$R_w = \beta \{ Q_1 * R_1 + Q_2 * (1 - Q_1) * R_2 + Q_3 * (1 - Q_1) * (1 - Q_2) * R_3 + \frac{1}{3} * (1 - R_1) * (1 - R_2) * (1 - R_3) * (R_1 + R_2 + R_3) \} \quad (5)$$

4.1 蒙特卡罗法

蒙特卡罗法又被人称作统计模拟法, 随机试验法。在绿色建筑中, 未来成本非常不固定, 所以使用蒙特卡罗方法来估算未来成本。未来成本包括运营、维护以及残值等三个方面, 计算公式如下:

$$\begin{aligned} PV &= \frac{1}{t(\eta + 1)} \\ PV_{sum} &= \frac{t(1 + \eta) - 1}{t\eta(\eta + 1)} \\ LCC &= \sum_{t=0}^T M \times PV_{sum} + \sum_{t=0}^T UPV_{sum} - S \times PV + D_0 \end{aligned} \quad (6)$$

式中, PV 代表折现系数; t, η 代表时间变量和折现率; PV_{sum} 代表现值的总和; S 代表建筑的残值; M 代表维护成本, 包括每年成本, 修葺, 更换的成本; U 表示经营成本, 包括卫生成本, 耗能成本等; D_0 表示最初的工程投资成本, 包含地皮成本, 设计成本, 施工成本等。

4.2 全寿命周期估算模型

根据上述的模糊识别方法和蒙特罗卡方法, 绿色建筑全寿命周期成本的估算模型为:

$$\begin{aligned} R_w &= \beta \{ Q_1 * R_1 + Q_2 * (1 - Q_1) * R_2 + Q_3 * (1 - Q_1) * (1 - Q_2) * R_3 + \frac{1}{3} * (1 - R_1) * \\ &(1 - R_2) * (1 - R_3) * (R_1 + R_2 + R_3) \} + \sum_{t=0}^T M \times PV_{sum} + \sum_{t=0}^T UPV_{sum} - S \times PV + D_0 \end{aligned} \quad (7)$$

参考文献

- [1] 仇保兴. 中国绿色建筑行动纲要[J]. 绿色建筑, 2011(3): 4-5
- [2] 张巍, 吕鹏, 王英. 影响绿色建筑推广的因素: 来自建筑业的实证研究[J]. 建筑经济, 2008(2): 26-30
- [3] 洪江, 高鹏. 模糊识别在工程造价估算中的运用[J]. 价值工程, 2008, 27(9): 126-129
- [4] 孙慧香, 韩晓晖, 杨文星. 谈模糊聚类分析在工程造价估算中的运用[J]. 建筑经济, 2008(S2): 41-43
- [5] 汪培庄. 模糊集合论及其应用[M]. 上海: 上海科学技术出版社, 1984