

基于全寿命周期的住宅建筑绿色度成本分析

李辉山, 李娟

(兰州理工大学, 兰州 730050)

摘要: 提高住宅建筑的绿色度能够节约能源、保护环境,但是对其产生的增量成本的认识和控制不足是影响绿色度提高的关键因素。明确住宅建筑绿色度增量成本的内涵和构成,从全寿命周期的角度出发,通过对全寿命周期内住宅建筑的增量成本进行重要度排序,然后根据排序的大小对其主要的增量成本因素进行分析,提出控制住宅建筑绿色度增量成本的措施。

关键词: 全寿命周期; 住宅建筑; 绿色度; 增量成本

中图分类号: TU20 **文献标志码:** A **文章编号:** 1673-7237(2016)02-0115-06

Cost analysis of Residential Building Green Degree Based on Full Life Cycle

LI Hui-shan, LI Juan

(Lanzhou University of Technology, Lanzhou 730050, China)

Abstract: It can save energy and protect environment to improve the green degree of residential buildings, but the insufficient understanding and controlling of the produced incremental cost is the key factor affecting its implementation. The incremental cost of residential building green degree is clarified, starting from the viewpoint of whole life cycle, and ranked by importance. According to the size of the order, the main incremental cost is analyzed, with further measures for controlling the incremental cost of residential building green degree.

Keywords: whole life cycle; residential building; green degree; incremental cost

0 引言

随着社会发展、人类文明的不断提高,能源危机和环境污染已经成为全世界范围内的共性问题,人们对于节约能源和环境保护的意识也在不断地加强。建筑物是一项集中了大量资源和能源的实物化成品,在整个寿命周期内,需要消耗大量的自然资源,也会对环境造成较大的影响。住宅建筑作为建筑物中主要的建筑类型,对资源、环境的影响极其重要。将住宅建筑在全寿命周期内对环境的友好程度定义为“住宅建筑绿色度”,引入这一概念的目的是为了量化绿色住宅对环境的影响程度,其中包括对资源、能源的输入量,对环境的输出量。所以要减轻能源消耗和环境污染,可以通过提高住宅建筑绿色度这一途径来实现,但是提高住宅建筑的绿色度就会产生相应的增量成本,目前对增量成本的认识和控制的不足是影响其绿色度提高的关键因素。

收稿日期 2015-07-25; 修回日期 2015-09-05

1 全寿命周期内住宅建筑绿色度增量成本的构成

1.1 全寿命周期成本

全寿命周期成本最早是由美国国防部提出的,由于仅仅考虑美国武器系统的初始成本不能完全反映真实的费用消耗,因此,提出要从原材料到生产、包装、销售、使用及回收的整个寿命周期内考虑所产生的所有费用^[1]。随着后期不断的研究和应用,全寿命周期成本理论开始引入到其他领域,对于项目来说,它的全寿命周期成本是指项目从决策设计、施工建造、运营维护一直到报废拆除的整个过程所消耗的总费用。包括广义的全寿命周期成本和狭义的全寿命周期成本。广义的全寿命周期成本,是指在项目的各个阶段从企业、用户、社会的角度来确定成本的构成。如在设计阶段包括市场调研、市场开发等企业成本;在施工建造阶段包括材料、能源、设备等企业成本以及垃圾、污染、健康损害等的社会成本;在运营维护阶段不仅包括企业成本和社会成本,还包括了用户成本;而在报废拆

除阶段只有用户成本和社会成本。狭义的全寿命周期成本,它由建设期一次性投资和长期的经营费用构成。建设期一次性投资包括土地成本、前期规费、工程成本和间接费用;长期的经营费用由日常运营费用、维护保养费用、更新重置费用等组成。

1.2 增量成本

住宅建筑绿色度的增量成本是指为实现住宅建筑的绿色目标,采取不同于一般住宅建筑的绿色技术而产生的增量成本,也就是相对于基准成本的额外成本投入。所谓的基准成本是指在当前的市场条件下,满足各项法定标准的住宅建筑的总成本,包括土地征用(出让)及拆迁补偿费、前期工程费、房屋建筑安装工程费以及管理费用等。

1.3 全寿命周期内住宅建筑绿色度增量成本构成

将住宅建筑的全寿命周期划分为决策设计阶段、施工建造阶段、运营维护阶段和报废拆除阶段,因此,根据广义的全寿命周期成本的定义,从企业、社会、用户的角度对各个阶段产生的增量成本进行分析。

1.3.1 决策设计阶段

在决策设计阶段,绿色度提高的住宅建筑的决策设计部分需要付出比普通住宅建筑更多的努力,因此,必然会产生增量成本。但是这一阶段所产生的成本费用并不是很高,有美国学者统计了通过 LEED 认证的绿色建筑这一阶段的成本,其中包括绿色建筑设计费、调试费、申报材料整理费、模拟分析费等,一般只占到建造成本的 3%~5%^[2]。

1.3.2 施工建造阶段

施工建造阶段的增量成本主要是绿色建筑技术产生的增量成本,这一阶段的增量成本也是项目全寿命期增量成本最主要的来源。本文对这一阶段的增量成本,具体从节能、节地、节水、节材、室内环境以及施工管理 6 个方面的分析。

1.3.3 运营维护阶段

运营维护阶段是建筑全生命周期中能耗最高的时期,占整个生命周期总能耗的 60%~80%^[3]。但是住宅建筑绿色度的价值也主要是在这个阶段中体现,它的增量成本主要包括管理制度、技术管理和环境管理等产生的费用。

1.3.4 报废拆除阶段

报废拆除阶段作为住宅建筑全寿命周期的最后一个阶段,在这一阶段,绿色度提高的住宅建筑和普通住宅建筑相比,由于使用环保可循环材料,在拆除报废之后能够回收再利用部分材料,因此,这部分的费用与普通住宅建筑拆除费用差异不大,增量成本很少,主要包括绿色技术设备拆除费用、废旧物循环利用

用费用。

全寿命周期内住宅建筑绿色度增量成本构成如图 1 所示。

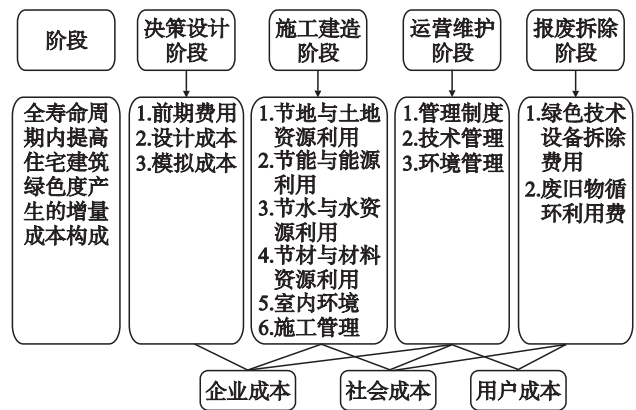


图 1 全寿命周期内提高住宅建筑绿色度产生的增量成本构成

Fig.1 The incremental cost of residential construction gree degree in the whole life cycle

2 确定住宅建筑绿色度增量成本重要度排序

层次分析法是通过把复杂的问题分解成各个组成因素,并将这些因素按支配关系分组形成递阶层次结构,对诸因素进行两两比较的方式确定其相对重要性,最后得出备选方案相对重要性的总排序^[4]。运用层次分析法建模解决问题时,分为以下 4 个步骤。

2.1 建立递阶层次结构模型

运用层次分析法时,首先要将问题条理化、层次化,构造一个有层次的结构模型;其次,建立层次结构模型时应在充分认识需要解决的问题的基础上掌握问题包含的范围以及因素,弄清楚这些因素的相互关系。本文中建立的递阶层次结构模型是将全寿命周期内住宅建筑绿色度增量成本构成作为目标层,以全寿命周期内的 4 个阶段为准则层,再将各个阶段增量成本因素作为方案层和子方案层(见图 2)。

2.2 确定判断矩阵

总结近年来有关绿色住宅建筑的增量成本的研究,借鉴郑晓云^[5]、叶祖达^[6]、孙大明^[7]、李静^[8]、柴径阳^[9]、马素贞^[10]等人的研究,同时结合 GB/T 50378—2014《绿色建筑评价标准》,对构成全寿命周期内提高住宅建筑绿色度产生的增量成本各指标的重要性进行打分,与此同时,对所得出的分值进行归一化处理,进一步的构造判断矩阵。对于判断矩阵标度的定义如表 1。

2.3 计算重要度和检验一致性

第一步,计算各要素相对于上一层中某要素的归一化相对重要度向量 $W^0=(W_i^0)$,可以用方根法求,即:

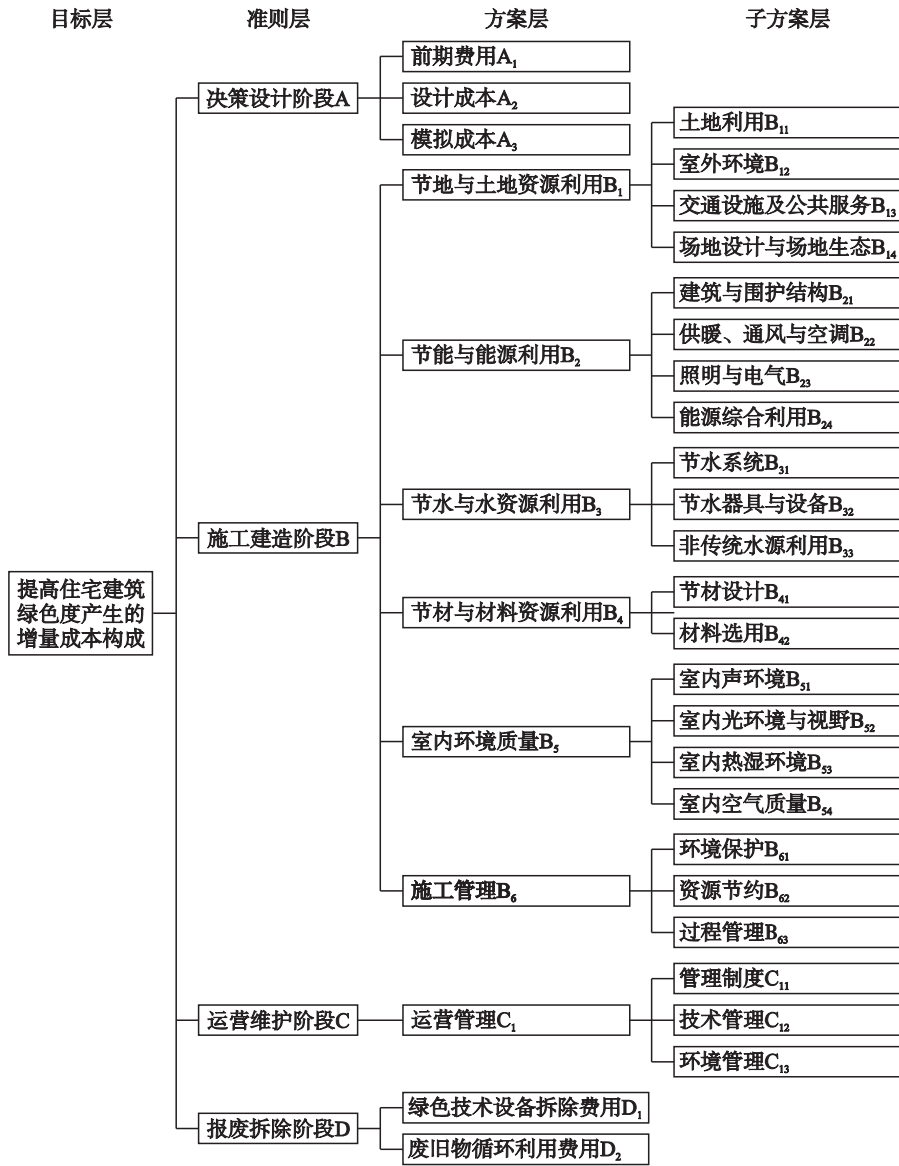


图2 增量成本递阶层次结构模型

Fig.2 Hierarchical structure model of incremental cost

表1 判断矩阵标度定义

Table 1 The definition of judgment matrix

标度	含义
1	2个要素相比,具有同样重要性
3	2个要素相比,前者比后者稍重要
5	2个要素相比,前者比后者明显重要
7	2个要素相比,前者比后者强烈重要
9	2个要素相比,前者比后者极端重要
2, 4, 6, 8	上述相邻判断的中间值
倒数	2个要素相比,后者比前者的重要性标度

$$W_i = \left(\prod_{j=1}^n a_{ij} \right)^{\frac{1}{n}} \quad (1)$$

$$W_i^0 = \frac{W_i}{\sum_i W_i} \quad (2)$$

第二步,计算一致性指标 C.I.:

$$C.I. = \frac{\lambda_{\max} - n}{n - 1} \quad (3)$$

$$\lambda_{\max} \approx \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{(AW)_i}{W_i} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{\sum_{j=1}^n a_{ij} W_j}{W_i} \quad (4)$$

第三步,查找相应的平均随机一致性指标 R.I., 见表2。

表2 平均随机一致性指标

Table 2 The comment random of coincidence indicator

n	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
R.I.	0	0	0.52	0.89	1.12	1.26	1.36	1.41	1.46	1.49	1.52	1.54	1.56	1.58

第四步,计算一致性比例 C.R.:

$$C.R. = \frac{C.I.}{R.I.} \quad (5)$$

当 $C.R. < 0.1$ 时,说明判断矩阵的一致性是可以接受的,否则应对判断矩阵作适当修正,直至 $C.R. < 0.1$ 时,得出的一致性才可接受。

全寿命周期内住宅建筑绿色度增量成本总重要

度计算过程如表 3。

$$\lambda_{\max} = 1/12 \times (11.397 + 11.397 + 13.110 + 12.407 + 14.045 + 13.645 + 13.792 + 13.083 + 14.391 + 13.034 + 13.110 + 13.110) = 7.515$$

$$C.I. = 0.095$$

$$C.R. = 0.095/1.54 = 0.06 < 0.1$$

故以上判断矩阵的一致性是可以接受的。

表 3 目标 $\sim R_i$ 判断矩阵

Table 3 Target $\sim R_i$ judgment matrix

目标	A ₁	A ₂	A ₃	B ₁	B ₂	B ₃	B ₄	B ₅	B ₆	C ₁	D ₁	D ₂	W _i	W _i ⁰	λ _{mi}
A ₁	1	1	3	1/5	1/8	1/7	1/3	1/6	1/2	1/4	3	3	0.544	0.028	11.397
A ₂	1	1	3	1/5	1/8	1/7	1/3	1/6	1/2	1/4	3	3	0.544	0.028	11.397
A ₃	1/3	1/3	1	1/6	1/9	1/8	1/5	1/7	1/4	1/5	1	1	0.291	0.015	13.110
B ₁	5	5	6	1	1/5	1/3	5	1/2	6	2	6	6	2.376	0.120	12.407
B ₂	8	8	9	5	1	3	7	4	8	6	9	9	5.595	0.283	14.045
B ₃	7	7	8	3	1/3	1	6	3	7	5	8	8	3.980	0.201	13.645
B ₄	4	4	5	1/5	1/7	1/6	1	1/4	2	1/3	5	5	1.039	0.053	13.792
B ₅	6	6	7	2	1/4	1/3	4	1	5	2	7	7	2.568	0.130	13.083
B ₆	3	3	4	1/6	1/8	1/7	1/2	1/5	1	1/3	4	4	0.744	0.038	14.391
C ₁	4	4	5	1/2	1/6	1/5	3	1/2	3	1	5	5	1.518	0.077	13.034
D ₁	1/3	1/3	1	1/6	1/9	1/8	1/5	1/7	1/4	1/5	1	1	0.291	0.015	13.110
D ₂	1/3	1/3	1	1/6	1/9	1/8	1/5	1/7	1/5	1/5	1	1	0.291	0.015	13.110

2.4 排序重要度

根据计算结果绘制重要度排序如图 3。

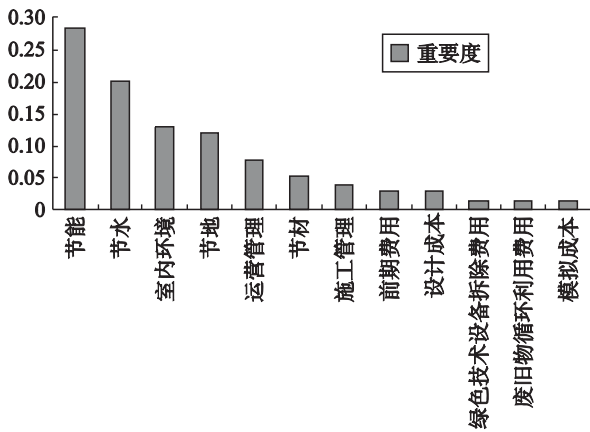


图 3 增量成本重要度排序

Fig.3 The importance ranking of incremental cost

通过对上表分析可以得出,全寿命周期内住宅建筑绿色度的增量成本中,重要度排序前 4 位分别是节能与能源利用、节水与水资源利用、室内环境、节地与土地资源利用,也是最重要的影响因素。其中,节能与能源利用的影响最大,它对整个增量成本的影响度达到 0.283;其次是节水与水资源利用,影响度是 0.201;第三是室内环境质量,影响度为 0.130;第四是节地与

室外环境,影响度为 0.120。

通过对方案层进一步细分,经过判断矩阵的构造、重要度计算和一致性检验,可得出重要度排序前四位的子方案层的重要度排列。如图 4~7。

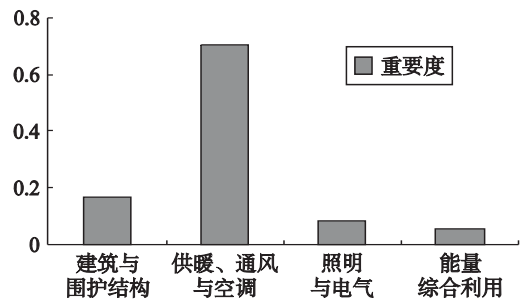


图 4 节能与能源利用

Fig.4 Energy conservation and utilization

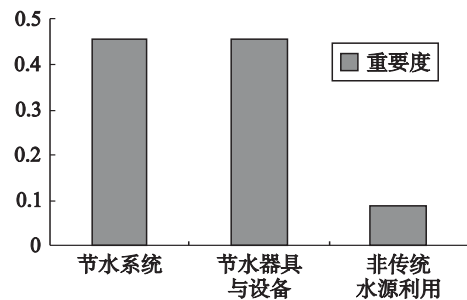


图 5 节水与水资源利用

Fig.5 Water saving and utilization

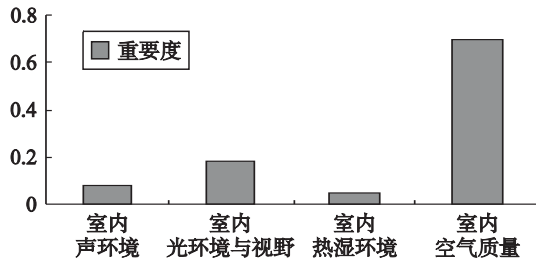


图6 室内环境

Fig.6 Indoor enviroment

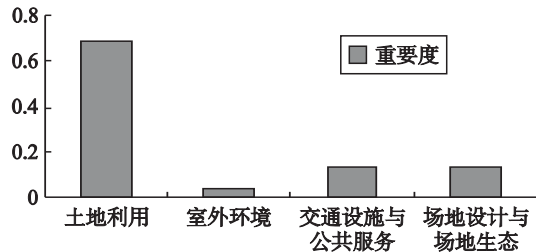


图7 节地与土地资源利用

Fig.7 Land saving and using

通过对以上4个图进行分析可以得出,在节能与能源利用方面产生的增量成本中,供暖、通风与空调产生的影响度达0.701,是最重要的影响因素;节水与水资源利用产生的增量成本,节水系统和节水器具与设备是其主要的影响因素,重要度均为0.455;室内环境质量产生的增量成本中,室内空气质量是主要的影响因素,其影响度为0.696;对于节地与土地资源利用产生的增量成本,土地利用的影响是其最主要的,重要度是0.686。

因此,对住宅建筑绿色度的增量成本的控制应主要应集中在节能与能源利用、节水与水资源利用、节地与室外环境及室内环境质量这4个方面。对于节能与能源利用的增量成本,主要产生于供暖、通风与空调方面,因此,对这一增量成本的控制,首先要合理选择和优化供暖、通风与空调系统,降低空调等取暖设备的能源消耗水平;其次,要对节能目标和技术措施进行重点管理。节水与水资源利用的增量成本控制中,关键在于做好节水系统和节水器具与设备的增量成本控制,合理采用节水系统,积极采用太阳能热水器等利用天然资源的设备的使用,降低水资源消耗的成本;对于室内环境质量,关键控制点在于室内空气质量产生的增量成本,需要不断地对水泥、涂料等室内装修的原材料的性能和应用进行改善;节地与土地资

源利用的增量成本,主要控制应集中在土地利用产生的增量成本。

除了对以上4个主要的增量成本进行控制之外,还应特别关注决策设计阶段产生的增量成本,由于该阶段对项目全寿命周期成本的整体影响很大,即使它产生的增量成本的比例不大,也应该特别重视加强这一阶段的成本控制。

3 结论

提高住宅建筑绿色度作为节能环保的一种方式,在全球资源、能源紧张,环境污染严重的当今社会中,具有非常重要的现实意义。当前阻碍住宅建筑绿色度提高的最大因素是其产生的增量成本较高,对住宅建筑绿色度产生的增量成本进行分析,应站在全寿命周期的角度,尤其关注运用绿色技术产生的费用。科学地选择绿色建筑技术,控制施工建造阶段产生的增量成本,对以尽可能降低增量成本的情况下提高住宅建筑绿色度的目标实现具有积极的推动作用。然而如何更有效的制定具体的住宅建筑绿色度增量成本的控制措施,还有待继续研究。

参考文献:

- [1]周童.基于全寿命周期的绿色建筑经济评价研究[D].大连:大连理工大学,2014.
- [2]Northbridge Environmental Management Consultant.Analyzing the Cost of Obtaining LEED Certification[EB/OL].<http://www.docin.com/p-2494873-51.html>,2011/08/26.
- [3]周梦.绿色建筑全生命周期的费用效益分析研究[D].四川:西南交通大学,2014.
- [4]汪应洛.系统工程[M].北京:机械工业出版社,2008:120-128.
- [5]郑晓云,杨婷.绿色建筑增量成本全过程控制研究[J].工程管理学报,2014,(10):12-16.
- [6]叶祖达.中国绿色住宅建筑成本效益与效率分析[J].住宅产业,2014,(1):10-14.
- [7]孙大明,邵文晞.当前中国绿色建筑增量成本统计研究[J].动感(生态城市与绿色建筑),2011,(11):43-49.
- [8]李静,田哲.绿色建筑全生命周期增量成本与效益研究[J].工程管理学报,2011,(10):487-492.
- [9]柴径阳,黄蓓佳.绿色建筑增量成本构成及其影响因素研究[J].建筑经济,2015,(5):91-94.
- [10]马素贞,孙大明,邵文晞.绿色建筑技术增量成本分析[J].建筑科学,2010,(6):91-100.

作者简介:李辉山(1968),男,甘肃兰州人,兰州理工大学硕士,高级工程师,主要从事工程项目管理研究(121609125@qq.com)。