

基于层次分析法的生土建筑综合效益评价

张 荫¹, 王 波¹, 张 建²

(1. 西安建筑科技大学土木工程学院, 陕西 西安 710055;

2. 西安建筑科技大学人事处, 陕西 西安 710055)

摘 要: 房屋建筑的综合效益是房屋从建造过程、运营使用和维护一直到回收循环再利用的全过程的效益。目前对生土建筑的综合效益评价尚未形成一个评价体系。本文从生土建筑本身的具体特点入手, 从技术安全性、成本、环境及社会效益等多方面进行分析。将定性与定量的方法相结合, 利用层次分析法确定各评价指标及其权重, 建立生土建筑综合效益简易评价模型, 为生土建筑提供一种科学的评价效益的方法。其基本评价步骤为首先构建生土建筑综合评价模型及判断矩阵, 然后进行层次排序, 并对判断矩阵进行一致性检验, 在定性、定量指标转换的基础上形成评价方法。

关键词: 生土建筑; 综合效益; 层次分析法; 权重

中图分类号: TU241.5

文献标志码: A

文章编号: 1006-7930(2011)03-0330-05

房屋建筑的综合效益是其满足人们生产生活各方面需要的能力, 它是一种综合能力, 包括保护人民生命财产安全, 节约生产生活成本, 为居住和办公等活动提供便利以及满足环境保护、绿色生态需要的能力。它反映了一个建筑的综合效益, 也是建筑的核心价值的重要体现, 对建筑物的综合效益进行科学的评价, 可以发现建筑在经济、技术、安全、环保等各方面的优势和不足, 及时的把握建筑的功能质量, 有助于提高建筑物居住和使用的总体效益和水平, 促进建筑物的设计和建造朝着更高的层次发展。

分析实际情况, 对于建筑的综合效益评价在实际操作的过程中会遇到很多困难, 主要是难以进行量化的评价, 同时, 建筑物的综合效益有其特殊性, 为此, 笔者尝试运用工程经济学、现代项目管理和决策分析等多学科的知识理论与方法, 采用定性与定量方法相结合, 运用层次分析法, 具体对生土建筑的综合效益进行评价, 以期构建出一种较为合理的综合效益评价方法, 为生土建筑的综合效益分析提供参考依据。

1 生土建筑简介

生土建筑是一种最古老的且迄今还一直广泛使用着的建筑类型, 从人类社会形成以来, “生土”一直是我国最主要的建筑材料, 世界上有 1/3 的人口居住在生土建筑之中^[1]。目前的生土建筑形式很多种, 比如:

(1) 窑洞建筑, 现存大部分分布在黄土高原及其周围的大片土地上。按形式可以分为靠崖窑和地坑窑两种; 我国的窑洞民居节约耕地、节省能源, 被成为“原生的生态建筑”。^[2]

(2) 版筑建筑, 又称夯土建筑, 民间俗称“干打垒”, 是通过在模板之间填加粘土夯筑而成的生土建筑。其在我国有悠久的历史^[3]。分布在黄河以北的半干旱地区以及河北、东北、内蒙等地。

(3) 土坯建筑, 采用天然或人工制作干燥的土砖, 用粘土草泥胶合施工砌筑, 大多用手工在木模中制

收稿日期: 2010-06-19 修改稿日期: 2011-04-12

基金项目: 国家“十一五”科技支撑项目(2008BAJ08B011-03)

作者简介: 张 荫(1955-), 女, 陕西富平人, 教授, 硕士生导师, 主要从事土木工程建造与管理、岩土工程方面的研究。

造, 可分湿制坯、干制坯、机制坯, 各地的作法不同. 在我国土坯建造技术分布最为广泛.

生土建筑有许多优点, 比如工艺简单、建造方便、材料易得、就地取材、可回收反复使用、物理性能良好、节约能源, 在我国广大农村分布非常广泛. 目前针对生土建筑建造技结构类型术的研究正在加速进行, 以改善其结构及功能等方面的一些不足. 比如将生土做成砌块填充在特定材料框格中做成生土复合墙结构. 因此, 做好生土建筑的综合效益评价, 突出生土建筑各方面的优势和性能, 对于设计和建造者来说, 对以后选择生土建筑类型、提高设计水平、改进建造工艺以及完善使用功能等都有着十分重要的意义.

2 生土建筑综合效益评价

2.1 构建层次结构模型

结合生土建筑的具体特点, 人们对于建筑的技术安全、经济成本、居住使用环境以及社会效益等方面都有着一定的要求, 为了更好的满足人们的要求, 本文提出生土建筑综合效益评价体系的四个主要指标: 技术安全效益、成本效益、社会效益、环境效益^[4].

递阶层次包括三个层次(如图 1 所示): 第一层为目标层, 即生土建筑综合效益. 第二层为准则层, 即反映生土建筑综合效益的四个要素指标技术安全效益、成本效益、社会效益、环境效益. 第三层为指标层, 反映各个要素所包含的主要评价指标, 共包括 12 个指标^[5], 分别为可靠性能(适用性、耐久性、安全性) C_1 , 施工性能 C_2 , 物理性能(防水、保温、隔热) C_3 , 建造成本 C_4 , 维护成本 C_5 , 能耗成本 C_6 , 改善居住环境 C_7 , 符合规划和发展 C_8 , 传统风格文化 C_9 , 节约资源效益 C_{10} , 减少环境污染 C_{11} , 易于回收和循环 C_{12} .

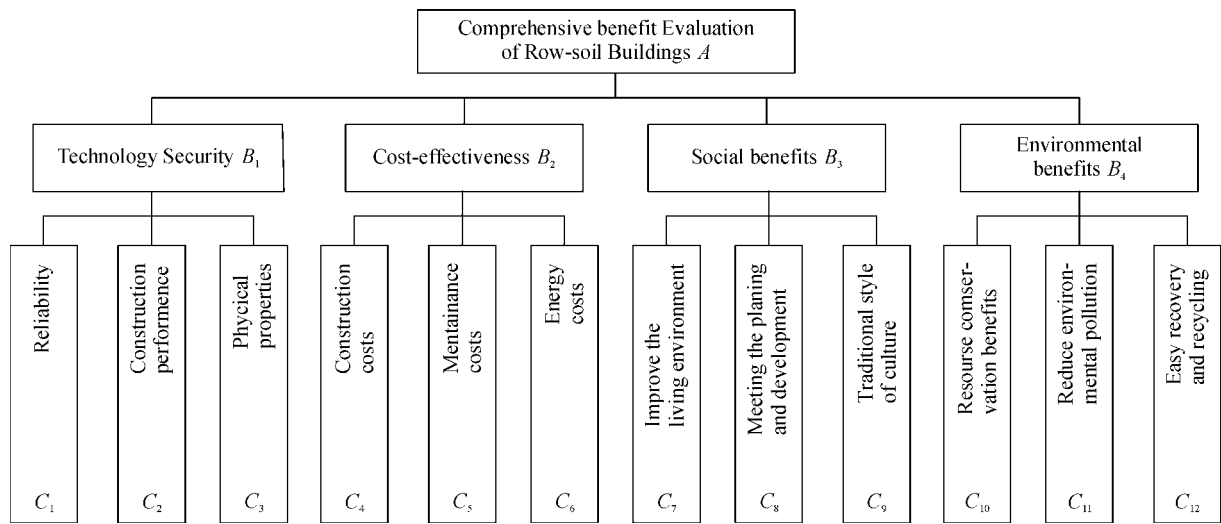


图 1 层次结构分析模型

Fig. 1 Model for AHP structure analysis

2.2 构造判断矩阵

从第二层开始, 对上一层某个要素与下一层相关指标, 进行两两比较, 根据 1~9 比较尺度法, 按重要程度进行评价. 尺度的含义见表 1

通过专家打分法对各层指标两两比较后便可得到下一层对上一层的判断矩阵, 见表 2、表 3、表 4、表 5、表 6.

表 1 1~9 比较尺度

Tab.1 Comparison scale

Comparison scale a_{ij}	Meaning
1	i and j are equally important
3	i is slightly important than j
5	i is important than j
7	i is strong important than j
9	i is highly important than j
2, 4, 6, 8	the importance between the two adjacent
1, 1/2 ..., 1/9	Contrary to the above

表 2 准则层对目标层 A 的判断矩阵

Tab.2 Judging matrix of criterion layer for goal layer A

Target layer A	B_1	B_2	B_3	B_4
Technology Security B_1	1	2	7	5
Cost-effectiveness B_2	1/2	1	6	4
Social benefits B_3	1/7	1/6	1	1/2
Environmental benefits B_4	1/5	1/4	2	1

表 3 指标层对准则层 B_1 的判断矩阵

Tab.3 Index level on the criteria layer
of the comparison matrix B_1

Technology Security B_1	C_1	C_2	C_3
Reliability C_1	1	3	5
Construction C_2	1/3	1	2
Physical properties C_3	1/5	1/2	1

表 4 指标层对准则层 B_2 的判断矩阵

Tab.4 Tab. 4 Index level on the criteria layer
of the comparison matrix B_2

Cost-effective B_2	C_4	C_5	C_6
Construction costs C_4	1	7	5
Maintenance costs C_5	1/7	1	1/2
Energy costs C_6	1/5	2	1

表 5 指标层对准则层 B_3 的判断矩阵

Tab.5 Judging matrix of index layer
for Criterion layer B_3

Social benefits B_3	C_7	C_8	C_9
Improve the living environment C_7	1	3	2
The planning and development C_8	1/3	1	2
Traditional style of culture C_9	1/2	1/2	1

表 6 指标层对准则层 B_4 的判断矩阵

Tab.6 Index level on the criteria layer
of the comparison matrix B_4

Environmental benefits B_4	C_{10}	C_{11}	C_{12}
Resource conservation C_{10}	1	4	3
Reduce environmental pollution C_{11}	1/4	1	1/2
Easy recovery and recycling C_{12}	1/3	2	1

2.3 判断矩阵的一致性检验

由于影响生土建筑综合效益的因素有很多,并且这些因素的指标之间往往相互关联,难以分隔开进行比较.而人们的判断往往受到主观因素的影响,构造的矩阵不一定都是一致性矩阵.因此要进行矩阵的一致性检验.检验步骤如下^[9]:

(1)计算一致性指标:

$$CI=\frac{(\lambda_{\max}-n)}{(n-1)}$$

其中: λ_{\max} 是矩阵的最大特征根; n 是矩阵的阶数.

(2)查找相应的评价随机一致性指标 RI 的数.表 7 中绘出了 10 阶的成对比较矩阵的平均随机一致性指标值.

表 7 平均随机一致性指标值

Tab.7 Average random consistency index

Matrix order n	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
RI	0	0	0.58	0.90	1.12	1.24	1.36	1.41	1.45	1.49

(3)计算一致性比率: $CR=\frac{CI}{RI}$,当 $CR<0.1$ 时,认为判断矩阵满足一致性要求,否则需要重新进行比较.

根据以上计算检验步骤,我们可以得到个判断矩阵的一致性比率 CR 均小于 0.1,满足判断矩阵一致性的要求.表示本文所建立的各判断矩阵中相应各指标之间逻辑关系明确,权重计算结果合理.表 8 中列出了各判断矩阵一致性检验结果.

表 8 各判断矩阵一致性检验结果				
Tab. 8 The results of judgment matrix consistency test				
Judgment level	λ_{\max}	CI	RI	CR
target layer A	4. 045 3	0. 015 1	0. 9	0. 016 8
Technology Security B_1	3. 003 7	0. 001 9	0. 58	0. 003 2
Cost effectiveness B_2	3. 014 2	0. 007 1	0. 58	0. 012 2
Social benefits B_3	3. 009 2	0. 004 6	0. 58	0. 007 9
Environmental benefits B_4	3. 018 3	0. 009 2	0. 58	0. 015 8

2.4 确定生土建筑综合效益评价

根据以上各表的计算结果, 可以确定生土建筑综合效益评价体系中各指标和评价维度的权重. 见表 9^[7].

表 9 综合效益各指标权重				
Tab. 9 Evaluation index and its right weight of comprehensive benefit				
Target layer	Rule layer	Weight W_{BA}	Index level	Weight W_{CB}
Comprehensive benefit Evaluation of Row- soil Buildings A	Technology Security B_1	0. 472 3	Reliability C_1	0. 614 3
			Construction C_2	0. 237 5
			Physical properties C_3	0. 121 1
	Cost-effective B_2	0. 362 1	Construction costs C_4	0. 728 6
			Maintenance costs C_5	0. 092 1
			Energy costs C_6	0. 179 3
	Social benefits B_3	0. 057 0	Improve the living environment C_7	0. 529 4
			The planning and development C_8	0. 161 8
			Traditional style of culture C_9	0. 308 8
	Environmental benefits B_4	0. 108 6	Resource conservation C_{10}	0. 611 5
			Reduce environmental pollution C_{11}	0. 137 8
			Easy recovery and recycling C_{12}	0. 254 8

表中 W_{BA} 是准则层的权重, W_{CB} 是指标层各项指标的最终权重. 具体的综合评分则需要对定性指标进行量化处理, 计算各评价对象的单指标评价得分. 进而得到生土建筑综合效益的计算公式如下: $CB = \sum W_i \times S_{ij}$.

式中 CB (comprehensive benefit) 为生土建筑的综合效益值, W_i 为第 i 个指标的最终权重, S_{ij} 则为第 i 项指标相对价值得分 ($S_{ij} \leq 1$). 本文所构建的生土建筑综合效益评价模型中, 指标体系分为定性指标和定量指标两种, 其中, 定量指标为建造成本 C_4 、维护成本 C_5 和能耗成本 C_6 , 其余指标为定性指标.

定性指标的相对值 $S_{ij} = \frac{S_{ij}}{\max S_{ij}}$, 其中 S_{ij} 为第 j 个对象第 i 个指标的模糊标度. 取值见表 10.

表 10 模糊标度					
Tab. 10 Fuzzy scale					
Level	Excellent	Good	General	Poor	Very Poor
Fuzzy scale	1. 00	0. 80	0. 60	0. 40	0. 20

定量指标的相对值 $S_{ij} = \frac{\min v_{ij}}{v_{ij}}$, 其中 v_{ij} 为对象 j 对应指标 i 的定量值, $i = 1, 2, \dots, 12, j = 1, 2, \dots, m, m$ 为对象数. 通过带入计算可得到 CB 的值, CB 值越大, 说明该种生土建筑的综合效益越好.

3 结 语

本文所构建的生土建筑综合评价体系能比较全面地反映各种生土建筑的效益优劣, 将定性和定量

的方法相结合,具有一定的优越性.但层次分析法本身对评价人主观的认识有依赖性.因此,结果的正确与否主要取决于判断矩阵的构造和各指标的选择与评分.如果从这几个方面加以控制,则会大大提高评价的科学性和准确性.

参考文献 References

- [1] 荆其敏. 生土建筑[J]. 建筑学报, 1994(5): 43-47.
JING Qi-min. Row-soil building[J]. Architectural Journal, 1994(5): 43-47.
- [2] 周卓燕. 生土建筑发展趋势探讨[D]. 天津: 天津大学, 2005.
ZHOU Zhuo-yan. the discussion for the development trends of row-soil building. Master thesis, Tianjin University, 2005.
- [3] 张 方, 杨 青. 浅析中国生土建筑[J]. 山西建筑, 2007, 33(34): 30-31.
ZHANG Fang, YANG Qing. Analysis on Chinese earth architecture[J]. Shanxi Architecture, 2007, 33(34): 30-31.
- [4] 刘伯权, 吴大川, 王经建. 基于层次分析法的工程材料优选综合评价[J]. 长安大学学报: 自然科学版, 2006, 26(2): 57-60.
LIU Bo-quan, WU Da-chuan, WANG Jing-jian. Comprehensive Evaluation for Optimummly Choosing Engineering Material with Analytic Hierarchy Process (AHP) [J]. Journal of Chang'an University: Natural Science Edition, 2006, 26(2): 57-60.
- [5] 元成方, 牛荻涛. 基于 AHP 法和模糊综合评价的钢筋混凝土桥梁耐久性评估[J]. 西安建筑科技大学学报: 自然科学版, 2010, 42(6): 831-832.
YUAN Cheng-fang, NIU Di-tao. Durability assessment of RFC bridges based on the analytic hierarchy process and fuzzy synthetic evaluation[J]. J. Xi'an Univ. of Arch. & Tech.: Natural Science Edition, 42(6): 831-832.
- [6] 梁国业, 廖健平. 数学建模[M]. 北京: 冶金工业出版社, 2004: 299-300.
LIANG Guo-ye, LIAO Jian-ping. Mathematical modeling [M]. Beijing: Metallurgical Industry Press, 2004: 299-300.
- [7] 王云娣. 基于层次分析法的图书馆信息服务能力综合评价[J]. 浙江高校图书情报工作, 2007(6): 1-6.
WANG Yun-di. Comprehensive Evaluation for The Information Service Ability of library with Analytic Hierarchy Process (AHP) [J]. The intelligence of university library in Zhejiang, 2007(6): 1-6.

Comprehensive benefit evaluation of row-soil buildings with analytic hierarchy process (AHP)

ZHANG Y in¹, WANG Bo¹, ZHANG J ian²

(1. School of Civil Eng., Xi'an Univ. of Arch. & Tech., Xi'an 710055, China;

2. Personnel Department Xi'an Univ. of Arch. & Tech., Xi'an 710055, China)

Abstract Comprehensive benefit of buildings is the benefit of process from construction, operation, maintenance, recycle and recyclings based on the characteristics of row-soil buildings. Up to now, the evaluation system of comprehensive benefit for row-soil buildings has not been formed. This paper attempts to define every evaluation index and its right weight by using AHP, analyzes its benefit from technical security, cost, environmental and social benefits etc by combining the qualitative and quantitative methods. It also establishes a simple evaluation model of comprehensive benefit for raw-soil building and provides it a scientific method of benefit evaluation. The basic steps are: firstly building the structure model and judge matrix about comprehensive benefit of Row-soil Buildings, then carrying on an order and consistency inspection of judging matrix, and finally forming the evaluation method on the basis of index changing on the quantity and quality.

Key words raw-soil buildings; Comprehensive benefit; AHP; right weight

Biography: ZHANG Yin, Professor, Xi'an 710055, P. R. China. Tel: 0086-29-82201306, E-mail: zhangyyt@xauat.edu.cn; yaoqf808

@163.com

©1994-2015 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. <http://www.cnki.net>