

基于SEM的旧工业建筑绿色改造影响因素分析

——以开发阶段为例

张 扬, 李慧民

(西安建筑科技大学土木工程学院, 陕西 西安 710055)

摘要: 为保证旧工业建筑合理优化利用, 提高再生建筑的绿色性, 根据既有标准、规范及相关文献, 总结出影响旧工业建筑绿色再生的主要因素, 结合对国内106个项目的调研获得的数据, 以开发决策阶段为例, 采用结构方程模型分析各控制因素对再生建筑绿色性的影响程度及其相互作用, 指出为达到绿色的改造效果, 在开发阶段应重点考虑的工作内容。为建立绿色再生旧工业建筑评价标准体系提供理论依据, 促进旧工业建筑绿色改造工作的推广。

关键词: 旧工业建筑; 再生利用; 绿色建筑; 开发决策; 结构方程模型

中图分类号: TU 201.1

文献标志码: A

文章编号: 1006-7930(2015)05-0689-05

Analysis of the influencing factors on the green transformation of old industrial buildings based on the SEM

ZHANG Yang, LI Huimin

(Civil Engineering College, Xi'an Univ. of Arch. & Tech., Xi'an 710055, China)

Abstract: To ensure reasonable and optimizing utilization of old industrial building and improve the green regeneration, according to established standards, specifications and relevant literature, this article sums up the main factors which affect old industrial buildings' green regeneration. Combined with the data obtained during the investigation of 106 projects in China by taking development decision-making stage for example, SME is used to analyze the degree of every factor on the impact of green regeneration and its interaction, and points out the main work contents during the development decision-making stage in order to reach the effect of green regeneration. The result provides a theoretical basis for the evaluation standard system of the green regeneration of old industrial buildings, and accelerates the generalization of the relevant works.

Key words: rural infrastructure; evaluation system; sustainable development; coordination degree; coordinated development degree

随着我国产业结构调整, 在国内各大城市涌现大量闲置的工业建筑。面对其中在建筑使用、历史社会等层面仍具有一定价值的群体, 改造再利用成为处理旧工业建筑的主要手段之一。为了优化旧工业建筑再生手段, 课题组在国内22个典型城市106个项目展开实地调研, 发现我国旧工业再生利用在安全性、环保性、经济性等方面均存在突出问题, 可采用绿色建筑的理念对旧工业建筑再生手段进行优化。

在绿色建筑评价和工业建筑再生利用评价体系上, 已有学者分别展开了研究。天津大学胡云亮(2008)采用AHP法建立了大型公共建筑的绿色度综合模糊评价模型^[1], 长安大学戴德新(2010)建立基于BREEAM的西安地区绿色公共建筑综合评价指标^[2]。当前研究针对绿色建筑评价和旧工业建筑改造评价分别展开的, 并不能很好的解决前文提及的问题。本文为解决上述问题, 通过研究分析现有各类关于绿色建筑、旧工业建筑评价标准、相关文献中建立的评价体系及调研时获得的数据信息, 提取相关指标, 结合旧工业建筑改造全生命周期中各阶段

的工作内容和特点, 利用结构方程模型分析筛选影响旧工业建筑改造项目全生命周期绿色性的主要因素^[3-4]。因篇幅限制, 本文以开发决策阶段为例进行分析。

1 调研现状与问题分析

从20世纪90年代开始, 企业将有区位优势工业建筑以经济自救为目的进行了转租改造; 同时受发达国家旧工业建筑再生利用成功案例的影响; 以及对有历史文物价值的工业建筑遗产的保护意识的加强, 我国逐步展开了旧工业建筑保护与利用的理论研究及实践工作。旧工业建筑的再生利用从实践角度体现了可持续发展的思想, 从资源利用、文物保护等多个角度体现了其再生价值。但在实际操作中仍主要存在一下几方面的问题: ①安全性不足。我国的闲置工业建筑多建于1979年以前^[5], 存在当时标准规范和技术规程不健全、不能与现在标准要求相匹配, 建筑在使用损耗、动荷载和混凝土徐变作用下抗震性能不佳, 以及线路老化等问题, 不经检测

收稿日期: 2015-04-24

修改稿日期: 2015-10-09

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(51178386); 住房和城乡建设部科学技术项目(2014-R1-009); 西安市建设科技项目(SJW201320)

作者简介: 张扬(1987-), 女, 博士研究生, 主要研究土木工程造价与管理。E-mail: 729922346@qq.com

加固直接使用存在一定安全隐患;②建筑能耗较高.由于工业建筑功能特性,厂房体量大、层高、窗墙比较大,保温材料的使用不符合民用建筑要求,保温隔热性能不佳;③使用舒适度不足.部分改造项目受原建筑结构和投资限制,存在配套不齐全(包括停车场、电梯、卫生间等配套设施),建筑空间布局不合理,采光、通风、建筑环境较差;④改造造价偏高.除早期自上而下式的改造项目,国内部分成功的改造项目一味追求工业建筑的噱头,不能很好控制“去”与“留”的平衡,经历结构修复到重新装修,造价往往高于新建建筑^[6].结合绿色建筑的打造节约能源资源、回归自然的建筑的概念,为解决上述问题,在合理解决旧工业建筑的处置问题的同时,提高再生建筑的健康舒适性、降低建筑能耗,打造亲近自然的使用环境,建立一套绿色再生旧工业建筑评价标准是十分必要的.

2 初始理论模型的建立

2.1 阶段分析

绿色改造旧工业建筑全生命周期可分为绿色开发、绿色设计、绿色施工、绿色运营四个阶段.以绿色开发阶段为例进行分析.项目开发决策阶段主要包括项目构思分析、投资机会研究、预期总体目标、项目定义、总体方案策划、项目建议书、可行性研究8个基本程序,需要对项目进行初步构思并分析投资机会,由此针对上层系统组织的情况、战略要求,以及社会和经济环境条件,提出项目要达到的各项指标,进一步明确项目目标系统的构成、范围,并对目标说明.根据所提出的目标情况,对项目的实施的总体方案进行策划,包括功能定位、产品种类、占地位置、规划思路、融资方案、建设方案等.对工程项目的所涉及的各个方面进行科学合理的分析论证,从经济效益、社会影响、环境影响等多个角度进行决策^[7].

2.2 提取影响因素并提出假设

根据国内外现行的绿色建筑评价标准、书籍文献中的绿色建筑评价及旧工业建筑再生利用评价指标体系、以及对我国22个城市的实地调研分析出的影响改造项目开发决策过程的主要因素,将影响旧工业建筑绿色再生开发决策阶段的影响因素分为:经济因素、社会因素及环境因素三个部分(见表1第1、2列),并结合绿色再生工业建筑的特征提出如下假设:

H_1 : 经济因素对旧工业建筑绿色再生具有显著正向影响; H_2 : 社会因素对旧工业建筑绿色再生具有显著正向影响; H_3 : 环境因素对旧工业建筑绿色再生具有显著正向影响.

根据以上假设建立初始模型如图1所示.

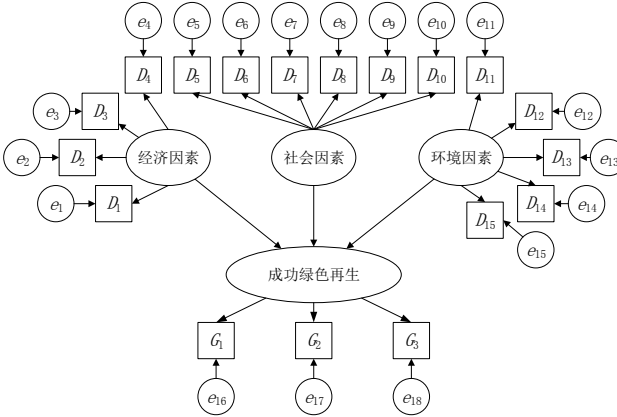


图1 初始理论模型
Fig.1 The initial model

3 量表设计及调研分析

3.1 建立初始量表

量表中各题目采用李克特5级量表,根据测量变量的取值范围,结合既有绿色建筑评价标准进行分级打分,从1到5分别表示“极其不符合”到“极其符合”.表中列出了绿色开发阶段的四个潜变量和18个测量变量.

表1 测量变量及其信度分析

Tab.1 Weight value of environmental protection, energy conservation and economy

| 潜变量 | 测量变量 | α 系数 | S.E. | T值 | P值 | 标准化因子载荷 |
|------|------------------------|-------------|-------|-------|-----|---------|
| 经济因素 | 项目总投资 D_1 | 0.752 | -- | -- | -- | 0.612 |
| | 项目投资计划 D_2 | | 0.219 | 6.575 | *** | 0.758 |
| | 项目技术方法优势 D_3 | | 0.154 | 6.11 | *** | 0.649 |
| | 绿色技术投资增量 D_4 | | 0.183 | 5.971 | *** | 0.626 |
| 社会因素 | 对区域内其他活动提供配套设施能力 D_5 | 0.841 | -- | -- | -- | 0.667 |
| | 交通规划合理性 D_6 | | 0.164 | 7.602 | *** | 0.699 |
| | 提供就业机会的能力 D_7 | | 0.136 | 7.277 | *** | 0.663 |
| | 改造模式合理性 D_8 | | 0.17 | 8.1 | *** | 0.757 |
| | 对自然、历史、文化遗产保护程度 D_9 | | 0.148 | 7.116 | *** | 0.646 |
| | 对区域形象提升能力 D_{10} | | 0.179 | 7.507 | *** | 0.688 |

续表

| | | | | | | |
|-----------|---------------------|-------|-------|-------|-----|-------|
| 环境因素 | 总体规划环境影响评价 D_{11} | | -- | -- | -- | 0.654 |
| | 能源规划绿色性 D_{12} | | 0.127 | 6.3 | *** | 0.596 |
| | 残留污染处理效果 D_{13} | 0.793 | 0.134 | 7.006 | *** | 0.683 |
| | 资源利用程度 D_{14} | | 0.135 | 7.364 | *** | 0.733 |
| | 绿化设计效果 D_{15} | | 0.127 | 6.465 | *** | 0.615 |
| 旧工业建筑绿色再生 | 建筑设计总能耗 G_1 | | -- | -- | -- | 0.726 |
| | 健康舒适度 G_2 | 0.781 | 0.132 | 8.293 | *** | 0.733 |
| | 绿化效果 G_3 | | 0.141 | 8.493 | *** | 0.755 |

注: ***表示 $p<0.001$

3.2 样本分析

在课题组进行的两次大规模调研中,以实地调研的百余个实体项目为载体,针对从事旧工业建筑改造及绿色建筑开发等相关工作人员,采用“一人考评多个项目、一个项目多人考评”的方式发放调研问卷500份,针对每个项目开发阶段的操作手段和使用阶段的实现效果进行评分.截止2015年3月1日回收有效问卷164份.回收问卷中,施工单位12人(7%),监理公司14人(9%),房地产公司36人(22%),设计院28人(17%),政府机构24人(15%),科研机构6人(4%),高校44人(27%);其中,76%以上具备从事相关工作3年以上工作经验.符合利用结构方程模型的基本要求.利用SPSS20.0、AMOS21.0统计分析软件对数据进行分析.

3.3 量表的效度与信度分析

(1) 效度分析

本问卷基于既有标准和相关文献建立,又经过相关专家多轮修改;在调研过程中结合被调研者的意见建议又进行了仅有一步改进,可以认为具有较好的内容效度.

利用SPSS20.0对18个题项进行因子分析来检验量表的建构效度.对数据进行因子分析前应先进行KMO(检测采集样本的充足性,检验变量间的偏相关性的)和Bartlett球体检验(对变量之间是否相互独立进行检验),检验结果见表2.其中,KMO值应介于0到1之间,越接近1,越适合于因子分析(Kaiser(1974)).进行因子分析的普通准则是其KMO值在0.6以上,当KMO值小于0.5时则不适合做因子分析.当其 p 值达到显著性水平时($p<0.05$),适合进行因子分析.

表2 KMO值和 Bartlett 的检验
Tab.2 KMO and Bartlett's test

| | |
|----------------------------|----------------|
| 取样足够度的Kaiser-Meyer-Olkin度量 | 0.851 |
| | 近似卡方 1 095.662 |
| Bartlett的球形度检验 | df 153 |
| | Sig. 0.000 |

如表2所示,影响因素量表的KMO值为0.851,

均高于0.7,且Bartlett的球形度检验 p 值接近于0,达到了0.05显著水平,可见量表适合做因子分析.

通过KMO及Bartlett球体检验后,运用主成分分析发进行因子分析,以特征值大于1为抽取原则,结合Kaiser标准化的最大方差法进行正交旋转后的共得到4个特征值大于1的公因子.4个因子的方差贡献率分别为19.651%、14.491%、13.386%、12.6619%,累计方差贡献率为60.188%,表示4个因子共解释了量表60.188%的信息,达到60%的最低标准,而且每个题项在各自维度上的因子载荷都大于0.5,说明所提取的因子可以被接受.

通过以上的因子分析可知,本研究的量表具有较好的建构效度.

(2) 信度分析

利用目前广泛采用的Cronbach α 系数进行信度测量,分析检验量表的可靠性.Nunnally (1978)提出0.7为其下限,也有学者指出分量表的Cronbach α 值最好高于0.60.

通过因子分析删除部分指标后,运用SPSS 20.0对回收的164份有效问卷数据进行内部一致性分析,各分量表和总量表的Cronbach α 值见表1第三列.其中,总量表的Cronbach α 值为0.873,4个分量表的Cronbach α 系数最低为0.752,最高为0.841,都高于0.7,表示分量表部分题项的量表内部一致性信度较高,而总量表18个题项的Cronbach α 系数为0.873,高于0.8,表示本研究的量表具有较好的信度.

综合以上分析可知,本研究的量表信度、效度都较佳.

4 结构方程模型分析

4.1 测量模型

结构方程模型一般由测量模型和结构模型两个部分组成.测量模型,主要处理观测指标与潜变量之间的关系,也称为验证性因子分析(CFA).通过验证性因子分析,可以对量表内部质量和拟合度等进行检验,通过对结构模型的检验则可以进行路

径分析, 检验研究假设。

本研究的测量模型中共包含4个潜变量, 18个观测变量, 运用AMOS21.0软件进行验证性因子分析, 模型图如图2所示。

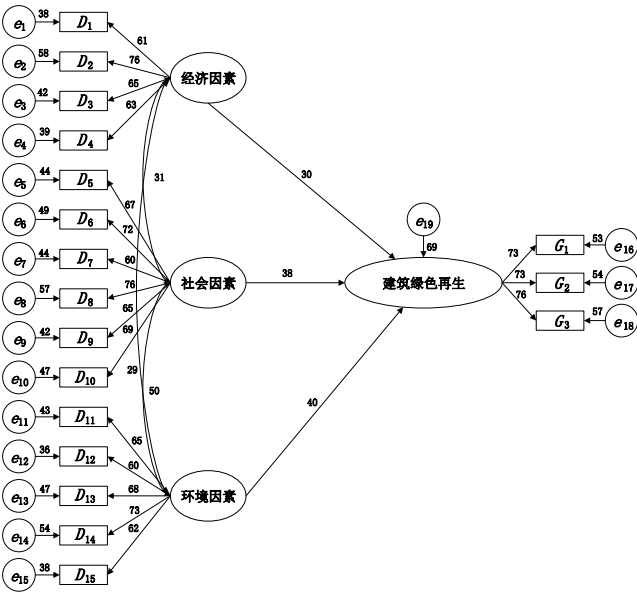


图2 测量模型
Fig.2 Measurement model

在AMOS21.0程序里运行以上模型, 得到的验证性因子分析的各指标的CR值(T值)、P值等标准化因子载荷, 见表1第4~7列。

通过检测测量模型中潜变量中各指标的标准化因子载荷大小、T值、p值即可判断模型的内在质量是否理想。其中, 各指标的标准化因子载荷应都大于0.5, 且p值小于0.05。

由表1可看出, 各测量指标的标准化因子载荷最低为0.596, 都高于0.5, 符合最低标准, 且都在0.001的水平上达到了显著水平, 指标都符合标准, 可见本研究的测量模型质量较好。

模型拟合指数也是判定模型质量的重要标准, 测量模型的主要拟合指标如表3所示。

表3 模型拟合指数

Tab.3 Model fitting index

| | χ^2/df | GFI | RMR | RMSEA | CFI | TLI | IFI |
|------|-------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 标准 | 1-3间 | >0.9 | <0.05 | <0.08 | >0.9 | >0.9 | >0.9 |
| 拟合值 | 1.368 | 0.901 | 0.033 | 0.048 | 0.952 | 0.943 | 0.953 |
| 是否达标 | 是 | 是 | 是 | 是 | 是 | 是 | 是 |

由表3可知, $\chi^2/df=1.368$, 在1和3之间, $GFI=0.901$, $CFI=0.950$, $TLI=0.938$, $IFI=0.953$, 都大于0.9, $RMSEA=0.048$, $RMR=0.033$, 可见本研究的测量模型模型的主要拟合指数都达到标准, 说明该模型拟合优度良好。

4.2 路径分析和假设检验

对测量模型检验过后, 需要对结构模型进行路

径分析, 并根据研究的假设构造的结构模型图如图3所示。

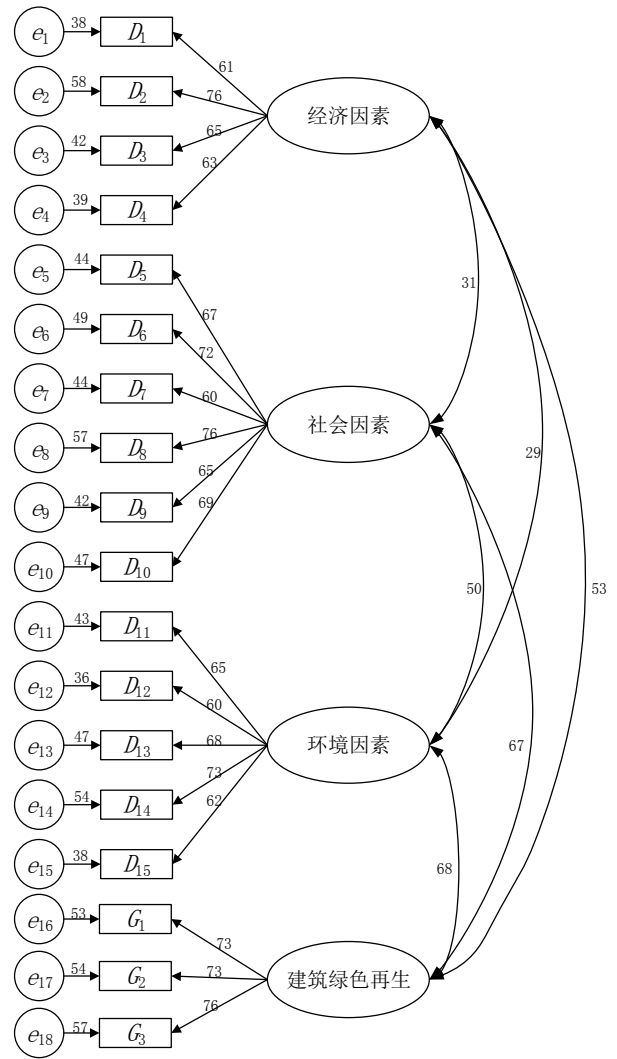


图3 最终结构模型

Fig.3 The final structure model

研究假设可以通过各个潜在变量之间的路径系数进行验证。基于统计显著性 ($p<0.05$) 为前提对各假设的路径进行评价。在AMOS中运行以上的结构模型, 得到的结构模型的研究假设、路径参数以及假设结果见表4。

表4 假设结果分析

Tab.4 Analysis of the assuming results

| 假设 | 路径 | 标准化 路径系数 | P值 | 结论 |
|----------------|----------------|-------------|-----|----|
| H ₁ | 经济因素→旧工业建筑绿色再生 | 0.301 | *** | 支持 |
| H ₂ | 环境因素→旧工业建筑绿色再生 | 0.398 | *** | 支持 |
| H ₃ | 社会因素→旧工业建筑绿色再生 | 0.379 | *** | 支持 |

注: ***表示 $p<0.001$ 达到显著

4.3 假设模型的结果分析

如表4所示, 本研究的3个假设中, 路径“经济因素→建筑绿色再生”的标准路径系数为0.301, $p<0.001$, 达到显著, 说明经济因素对建筑绿色再生

存在显著正向影响,假设 H_1 得到支持;路径“环境因素→建筑绿色再生”的路径系数为0.398, $p < 0.001$, 达到显著水平,说明环境因素对建筑绿色再生存在显著的正向影响,假设 H_2 得到支持;路径“社会因素→建筑绿色再生”的路径系数为0.379, $p < 0.001$, 在0.001水平上达到水平,说明社会因素对建筑绿色再生存在显著的正向影响,假设 H_3 得到支持. 可以得出假设模型成立的结论. 三个标准化路径系数均大于0.30且数值相对接近,说明经济因素、环境因素以及社会因素对旧工业建筑的绿色再生均有显著影响,且其影响力大致相同,开发决策时,应兼顾这三方面才能保证旧工业建筑成功绿色再生.

5 结论

依托国内百余个改造项目的实地调研,通过对旧工业建筑再生利用项目开发决策阶段各影响因素的提取和分析并建立结构方程模型,可得出以下结论:

(1) 为保证改造后的旧工业建筑的优化使用状态,可参考绿色建筑的基本要求指导改造工作,通过成功的进行旧工业建筑的绿色再生来保证改造后项目的环保舒适的使用需求,有效提高建筑品质;

(2) 旧工业建筑的绿色再生受到经济、环境、社会三大因素的显著影响,开发决策时,应兼顾这三方面才能保证旧工业建筑成功绿色再生;

(3) 结合表1中各测量变量的因子荷载可知,项目投资计划 D_2 、改造模式合理性 D_8 、资源利用程度 D_{14} 对旧工业建筑的绿色再生影响作用显著. 改造时,应重点保证项目投资计划是否考虑全面、合理可行,选择符合规划、适合市场需求的改造模式及改造规模,采取适宜的改造再生模式进行处理;选择合理的容积率、建筑密度、人均使用面积,充分利用土地资源及原有建筑材料,制定合理的固体废弃物处置方案;项目总投资 D_1 (单方项目投资总成本高于本地其他项目)、绿色技术投资增量 D_4 (拟使用的绿色节能技术措施费用占投资总成本比例高)、能源规划绿色性 D_{12} (能源供给方案中能源转换效率高,对城市能源系统冲击小;充分利用可再生能源和新能源;建筑能耗导致的环境影响小)等因素对旧工业建筑绿色再生的影响程度并不突出,改造时应避免一味以增大投资成本、求新求异的使用绿色技

术为噱头来提高改造建筑的绿色性.

由于篇幅限制只考虑了开发决策阶段各因素对旧工业建筑绿色改造的影响,值得注意的是,旧工业建筑绿色改造的成功取决于项目全寿命周期中各阶段中各因素的作用. 旧工业建筑改造设计、施工、运营阶段影响因素的提取及其作用机理需要进行进一步挖掘分析,为建立绿色再生旧工业建筑评价标准体系建立基础.

参考文献 References

- [1] 胡云亮. 大型公共建筑绿色度评价研究[D]. 天津: 天津大学, 2008.
HU Yunling. The large-scale public sector green degree appraisal research[D]. Tianjin: Tianjin University, 2008.
- [2] 戴德新. 西安地区绿色公共建筑综合评价研究[D]. 西安: 长安大学, 2010.
DAI Dexin. The research on comprehensive evaluation of green public building in Xi'an[D]. Xian: Chang'an University, 2010.
- [3] 秦旋, 莫懿懿, 王景慧. 绿色建筑项目风险测度与评价假设模型研究[J]. 西安建筑科技大学学报: 自然科学版, 2014, 46(5): 706-715.
QIN Xuan, MO Yiyi, WANG Jinghui. Research on hypotheses model of assessing and measuring risk factors on green buildings' projects[J]. Journal of Xi'an University of Architecture & Technology: Natural Science Edition, 2014, 46(5): 706-715.
- [4] 吴明隆. 结构方程模型: AMOS的操作与应用[M]. 重庆: 重庆大学出版社, 2010.
WU Minglong. Structural equation model: the operation and application of AMOS[M]. Chongqing: Chongqing university press, 2010.
- [5] 李慧民. 旧工业建筑的保护与利用[M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2015.
LI Huimin. The protection and reuse of old industrial buildings[M]. Beijing: China Architecture & Building Press, 2015.
- [6] 张扬, 樊胜军, 李慧民. 旧工业建筑绿色再生评价指标体系研究[J]. 工业建筑, 2014, 44(7): 56-59.
ZHANG Yang, Fan Shengjun, Li Huimin. Research on assessment index system for the green regeneration of old industrial buildings[J]. Industrial Construction, 2014, 44(7): 56-59.
- [7] TSAUR Ruey-Chyn. Decision risk analysis for an interval TOPSIS method[J]. Applied Mathematics and Computation, 2011, 218(8): 4295-4304.

(编辑 桂智刚)