

# 基于利益相关者视角的旧工业建筑再生设计指标研究

李勤<sup>1</sup>, 张扬<sup>2</sup>, 樊胜军<sup>2</sup>

(1. 北京建筑大学建筑与城市规划学院, 北京 100044; 2. 西安建筑科技大学土木工程学院, 陕西 西安 710055)

**摘要:** 为改善旧工业建筑再生利用项目的建筑安全、使用功能和使用舒适度, 基于利益相关者视角进行国内22城市的调研。根据对国内百余个项目的调研和相关参与主体的走访, 提取了影响旧工业建筑绿色设计的11个指标, 利用结构方程模型(SEM)进行分析, 得出在设计阶段影响旧工业建筑绿色再生的主要设计指标及其相互关系, 研究指出旧工业建筑再生在设计阶段其绿色性主要受经济、性能、环境三大指标影响。

**关键词:** 旧工业建筑; 再生利用; 建筑设计; 结构方程模型

中图分类号: TU 984.114

文献标志码: A

文章编号: 1006-7930(2016)03-0412-05

## Research on the influence index of green regeneration of old industrial buildings from stakeholder's perspective

LI Qin<sup>1</sup>, ZHANG Yang<sup>2</sup>, FAN Shengjun<sup>2</sup>

(1. School of Architecture and Urban Planning, Beijing University of Civil Engineering and Architecture, Beijing 100044, China;

2. School of Civil Engineering, Xi'an Univ. of Arch. & Tech., Xi'an 710055, China)

**Abstract:** In order to ensure the safety, function and comfort of recycling old industrial buildings, 22 domestic cities are investigated from the stakeholder perspective. According to the research of hundreds of projects and the main participant, 11 indexes affecting the green regeneration of old industrial buildings during the design phase were extracted. The structural equation model (SEM) was used to analyze the main indexes influencing the green regeneration of old industrial buildings during the design phase and their mutual relation. The study points out that the regeneration of the old industrial buildings in the design phase were mainly affected by the economy, performance, environment three indicators.

**Key words:** old industrial buildings; regeneration; design phase; SEM

伴随国内城市飞速发展, 在产业结构调整、动拆迁难度提升等背景下, 大量闲置工业建筑出现在中心城区; 出于资源节约、历史保护、经济效益等多方利益的考虑, 旧工业建筑再生利用成为处理此类闲置建筑的一个优选项。在针对旧工业建筑再生利用项目展开全国22个城市百余个项目的大规模调研后<sup>[1]</sup>, 发现既有旧工业建筑再生效果不甚理想, 在节约资源、健康舒适、功能适用等方面亟待提高。结合绿色建筑“节约能源、资源, 安全、健康、舒适, 亲和自然”的基本内涵可知, 采用绿色建筑的设计标准作为改造要求, 可以有效改善旧工业改造项目存在的各种弊病, 推动我国旧工业建筑再生利用项目的低成本高收益的开展。

目前相关的研究主要从旧工业建筑再生评价和绿色建筑评价两方面展开<sup>[2-8]</sup>, 在旧工业建筑绿色再生项目开发管理角度的宏观控制层面上亟待进一步的研究。

## 1 建立结构方程模型

### 1.1 问题分析

针对国内106个旧工业建筑再生利用项目进行走访, 在取得基础资料同时对利益受再生项目影响的各参与方展开深入调研, 结合对相关政府机构, 建设、设计、施工及监理单位, 咨询公司, 建筑使用者等, 发现我国旧工业建筑再生利用项目存在以下几个主要问题, 如表1所示。

针对表1所述问题, 从设计之初就按照绿色建筑的标准来进行建筑再生, 明确影响旧工业建筑绿色再生的主要指标, 可以有效避免上述问题, 提高建筑的综合质量。

### 1.2 指标提取与提出假设

旧工业建筑再生利用项目的展开, 主要分为开发决策、设计、施工、运营四大阶段<sup>[9]</sup>。在设计阶段, 需要组建管理体系、完成方案的初步设计、技术设计、施工图设计、图纸审查, 并进行工程的合

理计划、前期招标、手续审批以及施工现场准备。设计阶段作为改造方案的最终确定阶段，对改造效果有着直接而显著的影响。

根据既有成熟的绿色节能规范标准、文献书籍及调研中利益相关者的调研走访，结合表1中出现的主要问题，提取影响旧工业建筑再生利用项目绿

色设计的主要影响指标，如表2所示。针对旧工业建筑再生项目绿色设计的特点提出假设： $H_1$ ——经济指标对旧工业建筑项目绿色改造有显著正向影响； $H_2$ ——性能指标对旧工业建筑项目绿色改造有显著正向影响； $H_3$ ——环境指标对旧工业建筑项目绿色改造有显著正向影响。

表1 我国旧工业建筑再生利用项目存在问题分析  
Tab.1 The problems in the regeneration of old industrial buildings in China

主要问题	原因	比例
安全问题	建筑年久失修，结构老化，检测检测加固工作不到位；近年来规范的变化和建筑功能的改变，在防火、抗震等方面，既有工业建筑的结构构造、建筑布局并不能满足现行规范要求；原工业产业存在污染未得到有效治理；部分自发改造项目改造时违规加层加盖，未进行正规的结构承载力计算	4%
建筑价值保护与利用不足	对建筑历史价值认识不足造成对历史工业遗迹的损毁；部分结构完好的建筑由于规划不当被拆除；使用不当造成建筑外观及结构的破坏	30%
改造成本偏高	改造中未能充分利用既有建筑结构和材料；设计不合理、过度装修	45%
配套设施不齐全	原建筑配套设施的缺乏在改造过程中未得到充分考虑，或原建筑结构构造限制，导致在卫生间设置、停车位、道路路灯等配套设施设置不齐	67%
使用舒适度不佳	由于原工业建筑功能对保温隔热、通风照明要求特殊，往往不能满足改造后功能要求；建筑构造特殊，空间层高较高，保温效果差；周边环境差，绿化率低；交通不便	46%
建筑美观度不足	只是简单进行建筑功能改造，未进行合理装饰装修，建筑老化、工业污染遗迹等影响建筑美观；改造时装饰未能充分利用原建筑特点，采用大量装饰构件遮蔽既有建筑，改造风格怪异	31%
建筑能耗高	建筑再生过程中，保温隔热层及室内构造改造不当，同时多数单层厂房属于大体量建筑，室内散热较快，冬季需更多能耗保证室内温度	16%

表2 测量变量及其信度分析  
Tab.2 Weight value of environmental defense, energy conservation and economy

潜变量	测量变量	$\alpha$ 系数	S.E.	T 值	P 值	标准化因子载荷
经济指标	绿色投资增量 $S_1$	0.627	—	—	—	0.612
	项目投资计划 $S_2$		0.244	4.136	***	0.758
	污染治理与防治 $S_3$	0.820	—	—	—	0.649
	建筑外观新颖美观 $S_4$		0.107	7.494	***	0.626
性能指标	物理环境舒适 $S_5$		0.133	8.259	—	0.667
	建筑功能适用 $S_6$		0.117	7.122	***	0.699
	建筑历史合理保护 $S_7$		0.141	7.786	***	0.663
环境指标	充分利用各类能源资源 $S_8$	0.766	—	—	—	0.757
	室内环境质量水平较好 $S_9$		0.130	6.102	***	0.646
	与区域地理环境的结合程度高 $S_{10}$		0.138	6.726	***	0.688
	对土地资源的合理利用程度高 $S_{11}$		0.142	7.190	***	0.654
旧工业建筑绿色再生	建筑设计总能耗低 $G_1$	0.781	—	—	—	0.726
	健康舒适 $G_2$		0.134	8.237	***	0.733
	绿化效果佳 $G_3$		0.143	8.390	***	0.755

注：\*\*\*表示 $p<0.001$

1.3 建立模型

根据1.2中的基本假设建立模型如图1所示。

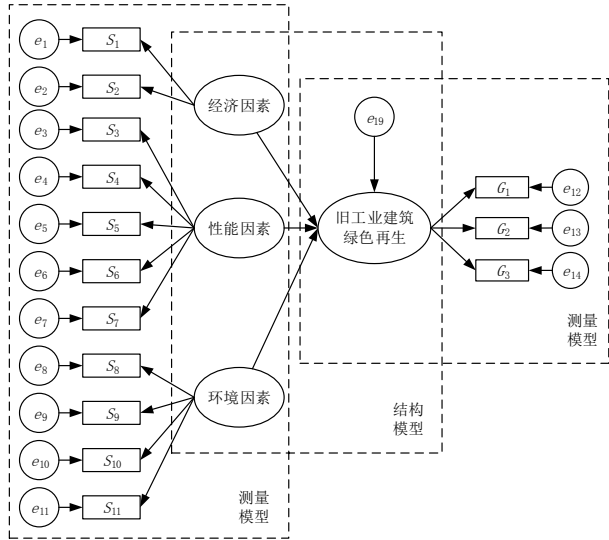


图1 初始理论模型  
Fig.1 The initial model

SEM利用结构模型和测量模型分析出各潜变量及各个指标间的关系。其中，结构模型为：

$$\eta = \beta\eta + \Gamma\zeta + \zeta \tag{1}$$

式中： $\eta$ 和 $\xi$ 分别表示内生潜变量和外源潜变量； $\beta$ 表示内生潜变量之间的关系； $\Gamma$ 表示外源变量对内生变量的影响； $\zeta$ 表示结构方程的残差项，即 $\eta$ 在方程中未能解释的部分。

测量模型表示为：

$$X = A_x\zeta + \delta \tag{2}$$

$$Y = A_y\zeta + \varepsilon \tag{3}$$

式中： $X$ 、 $Y$ 用来表示外源和内生测量变量； $\delta$ 、 $\varepsilon$ 表示 $X$ 、 $Y$ 的测量误差； $A_x$ 表示 $X$ 和 $\xi$ 的关系； $A_y$ 表示 $Y$ 和 $\eta$ 的关系<sup>[10-12]</sup>。

2 量表设计及数据分析

2.1 样本分析

通过对国内22个城市106个项目的调研，采用实地访问、电话及网络调研的方式对提取的影响指标的重要性进行评价，采用李克特5级量表，1分至5分表示“极其不符合”至“极其符合”，对表2中4个潜变量和14个测量变量进行评分。

调研围绕旧工业建筑再生项目利益相关者展开，回收政府部门17人（10%），建设单位32人（20%），施工单位24人（15%），监理公司21人（13%），房地产咨询机构28人（17%），设计单位42人（26%）有效问卷共164份。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。

2.2 效度与信度

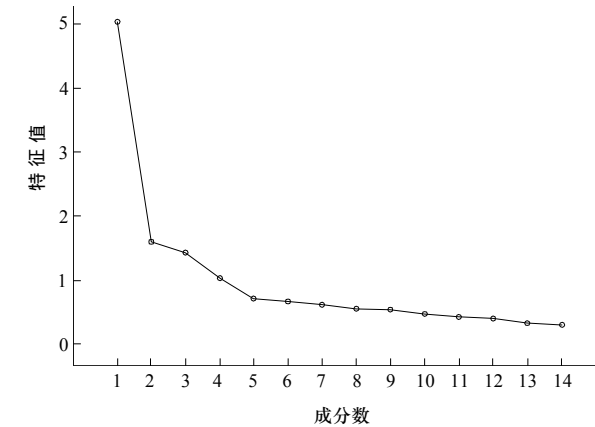


图2 碎石图  
Fig.2 Gravel figure

利用SPSS20.0对14个题项进行信度及效度的分析，得到影响指标量表的KMO值为0.842，满足大于0.6的普遍准则；Bartlett球形度检验P值接近0，达到0.05的显著水平，符合因子分析的条件。利用主成分分析法进行因子分析，以特征值大于1为抽取原则，利用Kaiser标准化的最大方差法对特征值大于1的题项进行正交旋转，得到4个特征值大于1的公因子，得到碎石图如图2所示，其方差贡献率分别为20.952%、17.207%、15.886%、10.882%，累计方差贡献率为64.982%，达到60%的最低标准。同时各题项在各自维度上的因子载荷均大于0.5，说明所提取的因子可以被接受。该量表具有较好的效度。

利用Cronbach  $\alpha$ 系数分析量表的内部一致性，得总量表和分量表的Cronbach  $\alpha$ 系数如表2第3列所示。各Cronbach  $\alpha$ 系数均大于0.7，量表信度较高。

3 结构方程模型检验

3.1 测量模型

利用AMOS21.0对结构方程模型进行验证性因子分析，得到各指标的T值、P值及标准化因子荷载如表2第4-7列所示。各指标标准化因子荷载均大于0.5，达到标准。同时在0.001水平上达到显著水平，符合标准。模型拟合指数见表3，其主要拟合指数都达到标准，该模型拟合优度良好。

表3 模型拟合指数  
Tab.3 Model fitting index

	$\chi^2/df$	GFI	RMR	RMSEA	CFI	TLI	IFI
标准	(1,3)	>0.9	<0.05	<0.08	>0.9	>0.9	>0.9
拟合指数	1.401	0.924	0.032	0.050	0.961	0.950	0.954

3.2 路径分析及假设检验

通过研究假设得到结构方程模型如图3所示。

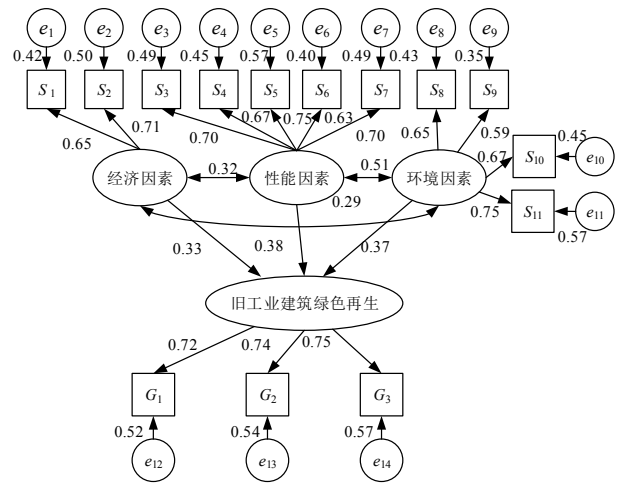


图3 最终结构模型

Fig.3 The final structure model

根据各潜变量见的路径系数进行假设检验, 见表4。可以得到, 前文三个假设的标准化路径系数均大于0.30且相互接近,  $P$ 小于0.001, 达到显著水平, 各假设得到支持, 假设模型成立。经济、性能、环境三大因素对旧工业建筑再生利用项目绿色设计效果有着显著影响, 且其影响力大致相同, 设计时应统筹兼顾这三个方面的各影响因素以保证旧工业建筑的成功绿色再生。

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	0.335	***	支持
$H_2$	性能因素→ 旧工业建筑绿色再生	0.380	***	支持
$H_3$	环境因素→ 旧工业建筑绿色再生	0.366	***	支持

注: \*\*\*表示 $P<0.001$ 达到显著。

3.3 结果分析

依据表2中第7列的标准化因子荷载可以得出, 旧工业建筑再生过程中, 相对其他指标, 其绿色投资增量 $S_1$ 对改造后的绿色效果影响较小。单纯的采用高成本的新异绿色技术, 对其成本的增高, 其绿色收益并不显著; 建筑外观新颖美观 $S_4$ 的标准化因子荷载值也偏低, 说明旧工业建筑的绿色再生一般是以既有建筑为设计依据, 过分强调外观装饰并不能很好的提高再生项目的绿色性; 充分利用各类资源能源 $S_8$ , 即充分利用既有的结构材料等各类资源,

可以有效提高改造建筑的绿色性能, 在改造过程中应充分利用既有的建筑结构和建材、保护利用既有植株及可再生能源, 可以大幅提高建筑的绿色性能。

4 结论

根据针对旧工业建筑再生利用项目利益相关者展开的深入调研, 结合国内百余个实地项目的考察结果提取影响旧工业建筑再生利用项目绿色设计阶段的主要影响指标, 利用结构方程模型分析其相互关系, 得出以下结论:

- (1) 旧工业建筑再生利用项目在实际操作中在安全性、舒适度等方面存在一定的问题, 需结合绿色建筑的理念进行改造, 改善建筑的再生效果。
- (2) 旧工业建筑再生利用在设计阶段主要受经济、性能、环境三大指标影响其绿色性, 设计阶段应从这三个方面统筹控制, 综合改善。特别应注意充分利用既有资源, 避免淡单纯的技术叠加和过度装饰, 以优化绿色再生效果。
- (3) 旧工业建筑的绿色再生作为指导旧工业建筑改造工作的有效手段亟待进一步的研究, 挖掘贯穿改造工作全寿命周期的影响指标, 以保证旧工业建筑再生利用工作可以的到更高品质的推广。

参考文献 References

[1] 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.

[2] 严静, 龙惟定. 关于绿色建筑评估体系中权重系统的研究[J]. 建筑科学, 2009, 25(2): 16-19.  
YAN Jing, LONG Weiding. Study on weight in assessment system for green buildings[J]. Building science, 2009, 25(2): 16-19.

[3] 丁建华. 公共建筑绿色改造方案设计评价研究[D]. 哈尔滨: 哈尔滨工业大学, 2013.  
DING Jianhua. Green evaluation system of renovation scheme design of public buildings[D]. Harbin: Harbin institute of technology, 2013.

[4] 李婧. 旧工业建筑再利用价值评价因子体系研究[D]. 成都: 西南交通大学, 2011.  
LI Jing. Research on the old industrial building, reuse value evaluation factor[D]. Chengdu: Southwest jiaotong university, 2011.

[5] 闫瑞琦. 旧工业建筑(群)再生利用项目评价体系研究[D]. 西安: 西安建筑科技大学, 2012.  
YAN Ruiqi. The research on the evaluation system of old industrial buildings(group)regeneration utilization project[D]. Xi'an: Xi'an Univ. of Arch. & Tech., 2012.

[6] 余亚奎. 深圳旧工业建筑绿色改造设计研究[D]. 哈尔滨: 哈尔滨工业大学, 2013.

- YU Yakui. Research on green reconstruction of old industrial buildings in Shenzhen[D]. Harbin: Harbin Institute of Technology, 2013.
- [7] GDANIEC C. Cultural industries, information technology and the regeneration of post-industrial urban land-scapes. Poblenu in Barcelona—a virtual city?[J]. GeoJournal, 2000, 50(4): 379-387.
- [8] ADRIENN Lepel. Changing the function of industrial buildings[J]. Architecture and Civil Engineering, 2006, 4(2): 71-84.
- [9] 张杨, 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(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(7): 56-59.
- [10] 秦荣生. AMOS与研究方法[M]. 重庆: 重庆大学出版社, 2010.  
TAI Rongsheng. AMOS and research methods[M]. Chongqing: Chongqing university press, 2010.
- [11] 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 Jinhui. Research on hy-potheses model of assessing and measuring risk factors on green buildings, projects[J]. J. Xi'an Univ. of Arch. & Tech.(Natural Science Edition), 2014, 46(5): 706-715.
- [12] CHEN F F. Sensitivity of goodness of fit indexes to lack of measurement invariance[J]. Structural Equation Modeling, 2007, 14(3): 464-504.

(编辑 桂智刚)

(上接第387页)

- LÜ Qingfeng, LIU Pengfei, SHEN Bei, et al. Laboratory study on peculiarity of loess solidified with temperature-modified sodium silicate under freeze-thaw cycles[J]. Journal of Engineering Geology, 2015(1): 59-64.
- [9] 李喜安, 黄润秋, 彭建兵. 黄土崩解性试验研究[J]. 岩石力学与工程学报, 2009, 28(S1): 3207-3213.  
LI Xi'an, HUANG Runqiu, PENG Jianbing. Experimental research on disintegration of loess[J]. Rock Mechanics and Engineering, 2009, 28(S1): 3207-3213.
- [10] 王红肖, 王银梅, 高立成, 等. 固化剂改良黄土的水稳定特性[J]. 低温建筑技术, 2014, 36(2): 115-118.  
WANG Hongxiao, WANG Yinmei, GAO licheng, et al. Water stability properties of loess improved by solidified agents[J]. Low Temperature Architecture Technology, 2014, 36(2): 115-118.
- [11] 王雪浪, 朱彦鹏. 灰土挤密桩处理湿陷性黄土地基理论分析及试验[J]. 西安建筑科技大学学报(自然科学版), 2010, 42(2): 288-293.  
WANG Xuelang, ZHU Yanpeng. Theoretical analysis and test of the foundation of collapsible loess reinforced by lime piles[J]. J. Xi'an Univ. of Arch. & Tech.(Natural Science Edition), 2010, 42(2): 288-293.
- [12] 程佳明, 王银梅, 苗世超, 等. 固化黄土的干湿循环特性研究[J]. 工程地质学报, 2014(2): 226-232.  
CHENG Jiaming, WANG Yinmei, MIAO Shichao, et al. Property study of solidified loess under wet-dry cycles[J]. Journal of Engineering Geology, 2014(2): 226-232.
- [13] 宋春霞, 齐吉琳, 刘奉银, 等. 冻融作用对兰州黄土力学性质的影响[J]. 岩土力学, 2008, 29(4): 1077-1080, 1086.  
SUN Chunxia, QI Jilin, LIU Fengyin, et al. Influence of freeze-thaw on mechanical properties of Lanzhou loess[J]. Rock and Soil Mechanics, 2008, 29(4): 1077-1080, 1086.
- [14] 董晓宏, 张爱军, 连江波, 等. 反复冻融下黄土抗剪强度劣化的试验研究[J]. 冰川冻土, 2010, 32(4): 767-772.  
DONG Xiaohong, ZHANG Aijun, LIAN Jiangbo, et al. Study of shear strength deterioration of loess under repeated freezing-thawing cycles[J]. Journal of Glaciology and Geocryology, 2010, 32(4): 767-772.

(编辑 沈波)