

居住建筑剩余使用寿命技术经济测算方法研究

刘晓君, 孙喜民, 罗 西

(西安建筑科技大学管理学院, 陕西 西安 710055)

摘要: 针对城镇居住建筑剩余使用寿命测算中考虑因素片面、弹性不足、脱离实际的问题, 综合运用结构可靠度方法和招标租金理论, 构建城镇民用建筑剩余使用寿命测算模型, 发现城镇居住建筑剩余使用寿命是结构可靠度、功能满意度、城市规划水平和城市发展速度四个因素共同作用的结果; 当结构可靠度有保证时, 非技术因素成为城市民用建筑剩余寿命的决定因素; 当结构可靠度和功能满意度有保证时, 土地区位级别相对变化成为城市民用建筑剩余寿命的决定因素。研究结果在理论上揭示了城市快速发展期居住建筑剩余寿命与建筑结构之外因素紧密相关的一般机理, 在实践上为新型城镇化下提高民用建筑使用寿命提供了对策。

关键词: 居住建筑; 使用寿命; 技术经济; 测算方法

中图分类号: TU311.2

文献标志码: A

文章编号: 1006-7930(2015)01-0021-05

A study on residual service life techno-economic prediction of urban residential buildings

LIU Xiaojun, SUN Ximin, LUO Xi

(School of Management, Xi'an Univ. of Arch. & Tech., Xi'an 710055, China)

Abstract: To solve the problems of one-sided consideration, inelasticity and unreality in residual service life prediction of urban residential buildings, a model used for residual service life prediction is built by using first order reliability method, bid rent theory and statistical analysis. The result shows residual service life of urban residential buildings is a result that structure reliability, function satisfaction, city planning and development speed act together. When structure reliability is ensured, non-technology factors become determining factors; when structure reliability and function satisfaction are ensured, land location grade becomes the determining factor. The study reveals the close relationship between residual service life of urban residential buildings and factors besides building structure in the period of rapid urbanization of China, and provides solutions to extend the service life of residential buildings.

Key words: residential buildings; service life; technological economy; measurement method

我国建筑能耗达到全社会总能耗的 27.5%^[1]. 对量大面广的既有居住建筑进行节能改造可降低大气污染, 增加居住舒适度, 环境效益和社会效益显著. 既有居住建筑节能改造的投入需要通过被改造建筑剩余寿命周期内使用费的节约来回收. 在资金时间价值、节能技术成熟度和能源稀缺程度等因素确定的条件下, 既有建筑节能改造的投资效益取决于其剩余寿命的长短. 剩余使用寿命越长, 节能改造投资效果越好, 建筑节能技术普及率越高. 因此, 研究量大面广的城镇既有居住建筑剩余使用寿命测算方法, 对住宅产业转型到生态、环保的可持续发展道路上意义重大.

建筑寿命的已有研究多集中于宏观或中观层面上测算一个地区或一个城市建筑的平均寿命^[2], 针对个体建筑剩余寿命的研究多集中在结构可靠度的技术方面^[3], 未针对建筑个体的民用、公共、农村、城市等属性, 综合影响建筑剩余寿命的政策、

技术、经济、社会等因素, 对建筑剩余寿命的测算方法进行研究. 这种建筑剩余寿命与影响因素之间一般机理研究的缺失, 严重影响了新型城镇化过程中既有居住建筑节能改造项目的投资决策. 在此情境下, 立足量大面广的城镇既有居住建筑, 从我国快速城镇化下居住建筑使用寿命的特征出发, 研究既有居住建筑剩余使用寿命的测算方法, 已经成为当前既有建筑节能改造所面临的重大现实命题.

1 影响因素

城镇居住建筑剩余使用寿命是指, 城镇已建成的供人们居住使用的建筑自剩余寿命测算时点起至建筑实体被拆除所经历的时间. 按照我国《民用建筑设计通则》^[4] (GB50352-2005) 第 3.3.1 的规定, 普通建筑的设计使用年限为 50 年, 而这只是一个建议性的合理使用年限, 并不意味着到 50 年时建筑就一定被拆除. 在英国伦敦和法国巴黎, 百

年历史的住宅比比皆是,这些被悉心维护的建筑使人感到历史的气韵和文化的厚重。而笔者在 2014 年 8 月所调研的国内 16 城镇 3 480 个被拆除居住建筑有效样本中,20 世纪 60 年代及以前建成的占 18.18%,70 年代建成的占 15.03%,80 年代建成的占 27.37%,90 年代建成的占 29.88%,2000 年左右建成的占 9.54%,样本平均使用寿命只有 29.84 年。样本居住建筑被拆除的主要原因有:20 世纪 70~80 年代后我国城市化进程加快,城市人口密度增加,迫使城市基础设施扩容引起房屋拆迁;城市规划缺乏远见,弹性不足,频繁更改,造成住宅被拆除;违规建设或新的法规出台使不符合规定的住宅建筑被拆除等。可见,处于快速城镇化历史过程中的城镇居住建筑,其剩余使用寿命受结构可靠度、功能满意度、城市规划水平和城市发展速度四个因素共同影响,其中结构可靠度是基础,功能满意度是保障,城市规划水平是关键,城市发展速度是动力。特别值得注意的是,四个因素是相互影响的共生关系,既只要其中一个因素致使居住建筑被拆除,其余三个因素的效力随即灭失。城镇居住建筑剩余使用寿命的影响因素如图 1 所示。

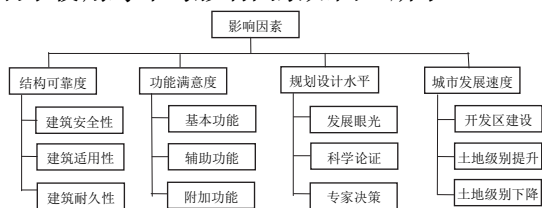


图1 城镇居住建筑剩余使用寿命的影响因素

Fig.1 Influencing factors of residual service life of urban residential buildings

1.1 结构可靠度

结构可靠度是在规定的时间和条件下,建筑结构完成预定功能的概率,是结构满足预期安全性、适用性和耐久性等功能的能力。结构安全性,即主体结构系统在正常施工和正常使用条件下,承受可能出现的各种作用的能力,以及在偶然事件发生时和发生后,仍保持必要的整体稳定性的能力。结构适用性,即在正常使用时,结构具有的良好工作性能,不因变形、裂缝影响建筑正常使用的能力。结构耐久性,即在正常维护条件下,结构在预计使用年限内满足各项功能要求,不致因混凝土老化、腐蚀或钢筋锈蚀等而影响结构使用寿命的能力。我国于 1998 年建立了房屋维修基金制度,2003 年颁布了《物业管理条例》,同时建筑设计标准、施工规程和管理体系日益健全,使得城镇居住建筑的结构可靠度在更高的层次上得到了保障。

1.2 功能满意度

一套住宅应具备六大基本功能,即起居、饮食、洗浴、就寝、储藏、学习。随着生活水平的日益提高,人们的居住需求和居住环境发生了很大变化。人们在住宅基本功能得到满足后,还要考虑节能、节水、环保、防灾、扶老、帮困、助残和社区服务等辅助或附加功能性能^[5]。在 3 480 个统计样本中有 32%是因为私密性不足、节能水平不达标、没有预付费水电气表、老人无电梯上不了楼、停车空间严重不足等功能老化而被拆除的。随着社会经济发展和人们收入水平的提高,同样的业主对同一居住建筑的功能满意度会随着时间推移逐渐降低。因此,对具有 50 年设计使用年限的居住建筑而言,应选择具有前瞻性的设计方案,建设功能有储备、使用时方便维护的好房子,才能实现持续使用的效果。

1.3 规划设计水平

城市规划是一定时期内城市发展的蓝图,是城市建设、城市运行和管理的依据和龙头。城市规划必须以发展眼光、科学论证、专家决策为前提,对城市经济结构、空间结构、社会结构发展进行超前规划,才能避免因规划不到位或反复调整、不断修改导致城市的大拆大建。1978 年改革开放后,我国城镇化快速推进,城市空间快速拓展,程度不同地造成了城市规划的滞后和混乱,在规则空白区域形成了城市规划跟着开发商想法走的格局。同时,受经济利益的驱动,许多规划设计方案对环境过度设计,忽视了生态修复、地域性特征、景观遗产传承、低碳环境、自然美学等理念,产生了人工环境大量建设、自然环境修复失去平衡、生存环境质量下降的新型环境问题,为我国居住建设短命种下了隐患。在 3 480 个统计样本中有 41%是城市规划原因被拆除。

1.4 城市发展速度

城市的快速扩张,在城市边缘会形成新开发区,造成区域内建筑被拆除。新区迅速崛起,造成旧城区的区位土地级别相对下降,从而产生旧城改造或棚户区改造的需求。同时,交通条件、商业服务设施、城市配套设施和城市环境等基础设施的不断改善,尤其是融合绿地景观、商业零售、商务办公、酒店餐饮、综合娱乐等功能为一体的城市新副中心的出现,极大的拉动了土地的区位价值,在土地竞争性需求下,城市土地招标租金函数随之改变,使原来普通居住用地让位于经济租金更高的高

档居住用地或商业、金融用地,如图 2 所示.图 2 中的纵轴表示招标租金,横轴表示距离城市中心的位置, R_1D_1 线表示较早的居住用地招标租金曲线, R_2D_2 表示区位价值升高后的居住用地招标租金曲线, R_3D_3 表示区位价值升高后的商业用地租金曲线.从图 2 中可以看出,区位土地升值后,原先的普通居住用地在距离市中心的 OA' 段将让位于商业用地, $A'B'$ 段让位于高档居住用地,从而引起 OB' 段原有居住建筑的拆除重建.在 3 480 个统计样本中有 24% 是因为城市发展被拆除.例如,原先低矮的楼房被四周耸立的高楼所包围,影响了住宅的通风、采光,虽然这些居住建筑还在设计使用寿命期内,但由于基本功能丧失,最后不得不提前拆除.

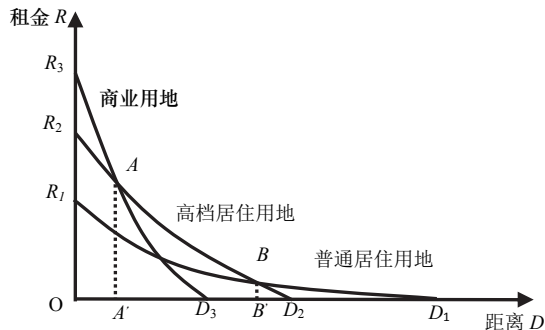


图2 城市区位土地招租曲线

Fig.2 Rent-distance curve for different urban land locations

2 研究方法和数据

2.1 结构可靠度决定的剩余使用寿命测算

按照《民用建筑可靠性鉴定标准》^[6],以相关的居住建筑损伤资料为依据,将即有居住建筑可靠性鉴定等级用损伤参数 Y (见表 1) 来表达,而建筑损伤参数又可参照构件损伤参数 Y_i (见表 2) 确定.

表 1 结构损伤参数与损伤状态间定量关系对照表
Tab.1 Relationship between structural damage parameters and damage condition

评定等级	A	B	C	D
损伤参数 Y	0.1~0.2	0.3~0.4	0.5~0.6	0.7
完损性评价	完好与基本完好间	一般损坏	严重损坏	危险

表 2 构件损伤参数与损伤状态间定量关系对照表
Tab.2 Relationship between component damage parameters and damage condition

评定等级	a	b	c	d	
损伤参数 Y_i	$Y_i \leq 0.2$	$0.2 < Y_i \leq 0.4$	$0.4 < Y_i \leq 0.6$	$0.6 < Y_i \leq 0.8$	$Y_i > 0.8$
完损性 评价	轻度 损伤	小部分 损伤	中度 损伤	重度 损伤	整体或 局部断 裂

可以认为建筑物在一般大气工作环境下的剩

余寿命是根据建筑自然损耗程度确定的.通常认为自然损耗达 0.7~0.75 的房屋常被认为已无使用价值,按稳健原则,取 0.7 作为建筑使用寿命终结自然损耗值.则在不考虑功能满意度、规划设计水平和城市发展速度的前提下,城镇居住建筑由结构可靠度决定的剩余寿命 L_r 的测算公式为:

$$L_r = (1 - Y/0.7) \times \eta_i \times 50 \tag{1}$$

式中: Y 为居住建筑损伤参数; 0.7 为居住建筑使用寿命终结自然损耗值; 50 为城镇居住建筑设计使用年限; η_i 为建筑重要性系数,见表 3.

表 3 建筑重要性系数 η_i 参考值表
Tab.3 Reference values of construction importance coefficient η_i

建筑重要性	一般建筑	保护区建筑	优秀近代建筑	全国重点和文物保护单位
η_i 参考值 i	1.0	1.1	1.2	1.3

2.2 考虑功能满意度的剩余使用寿命测算

设城镇居住建筑功能满意度是住宅设计方案的功能存储程度和住宅功能可更新程度的乘积.功能存储程度 S 可用《绿色建筑评价标准》^[7] (GB/T50378-2014) 的认证等级间接度量,绿色建筑认证等级与功能存储程度的对照关系见表 4.

表 4 功能存储程度 S 与绿色建筑认证等级对照表
Tab.4 Relationship between functional storage degree S and green building certification level

绿色建筑评价等级	无星级	一星级	二星级	三星级
功能存储程度 S	1.0	1.1	1.2	1.3

设功能可更新程度 C 的度量分两种情况,如果住宅建筑是商品房,有房屋维修基金, C 取值 1; 如果住宅不是商品房,也未设房屋维修基金,住宅功能劣化按每年 1/50 考虑,则功能可更新程度 C 取值为 $1 - N/50$, N 为建筑已使用年限.

考虑结构可靠度和功能满意度后的城镇居住建筑剩余使用寿命的测算公式为:

$$L_r = (1 - Y/0.7) \times \eta_i \times 50 \times S \times C \tag{2}$$

2.3 考虑土地级别变化的剩余使用寿命测算

由于城市规划滞后和城市发展速度加快的结果都表现在原有居住用地不适应区位土地级别相对升降后的招标租金水平,因而造成城市上世纪 70、80、90 年代居住建筑大量被拆除.一般而言,在开工建造前按照政策有关规定在规划部门办理《国有土地使用证》、《建设用地规划许可证》、《建设工程规划许可证》等各种手续的居住建筑,其剩余使用寿命更容易得到保障.

按照我国《城镇土地分等定级规程》^[8] (GB/T18507-2014),我国大城市土地级别分为

5-10 级, 中等城市土地级别分为 4-7 级, 小城市土地级别分为 3-5 级. 调查结果显示, 区位土地级别升降的幅度越大, 原有居住建筑被拆除的可能性越大, 剩余使用寿命越短.

设 P 表示规划许可程度, P 值与建设工程符合城市规划要求的对照关系见表 5. 设 G 表示土地级别匹配度, G 与土地级别变化程度的对照关系见表 6.

表 5 规划许可程度与规划证明办理的关系对照表
Tab.5 Relationship between degree of planning permission and permits obtained

规划证明办理	《国有土地使用证》、《建设用地规划许可证》、《建设工程规划许可证》、《建设工程施工许可证》	《国有土地使用证》、《建设用地规划许可证》、《建设工程规划许可证》、《建设工程施工许可证》	《国有土地使用证》、《建设用地规划许可证》、《建设工程规划许可证》、《建设工程施工许可证》	《国有土地使用证》、《建设用地规划许可证》、《建设工程规划许可证》、《建设工程施工许可证》	《国有土地使用证》、《建设用地规划许可证》、《建设工程规划许可证》、《建设工程施工许可证》
规划许可程度 P	1.0	0.9	0.8	0.7	0.6

表 6 土地级别匹配度与土地级别变化程度对照表
Tab.6 Relationship between land grade matching degree and land grade change rate

土地级别变化程度	无变化	上升或下降 1 级	上升或下降 2 级	上升或下降 3 级	上升或下降 4 级
土地级别匹配度 G	1.0	0.9	0.8	0.7	0.6

考虑结构可靠度、功能满意度和土地级别升降后的城镇居住建筑剩余使用寿命的测算公式为:

$$L_r = (1 - Y/0.7) \times \eta_i \times 50 \times S \times C \times P \times G \quad (3)$$

3 实证分析

3.1 棚户区住房

西安市莲湖区某地区建筑大都是 1982 年左右建设的砖混结构住宅, 其中大多是违章建筑, 楼层低矮, 外观陈旧, 未设房屋维修基金, 但结构尚未发现严重质量问题. 楼内卫生间及厨房多为共用, 有的居民在楼外做饭. 该居住区周围的生活配套设施比较齐全, 距离城市副商圈中心只有 500 m, 交通便利, 重新开发的商业价值较大. 2014 年 6 月西安市莲湖区政府对该地区进行棚户区改造决策时需要测算住房的剩余使用寿命.

根据式 3 和相应的参数取值表, 损伤参数 Y 取值 0.4, 建筑重要性系数 η_i 取值 1.0, 功能存储程度 S 取值 1.0, 功能可更新程度 C 取值为 $1 - 32/50 = 0.36$, 规划许可程度 P 取值 0.6, 土地级别匹配度 G 取值 0.7. 该居住建筑的剩余使用寿命测算如下:

$$L_r = (1 - 0.4/0.7) \times 1.0 \times 50 \times 1.0 \times 0.36 \times 0.6 \times 0.7 \approx 3.24 \text{ 年}$$

既该地区住宅的剩余使用寿命已很短, 保留价值不大. 事实上, 目前区政府已决定对该地区进行棚户区改造, 由此验证了测算模型的有效性.

3.2 单位公房

陕西省商洛市某科研单位于 1999 年在内部行政划拨土地上自建了一座五层砖混结构住宅楼, 该楼未设维修基金, 没有进行过维修, 有中小程度的结构损伤; 由于当时为解决青年职工居住困难的燃眉之急, 开工建设前未按规定办理《建设工程规划许可证》和《建筑工程施工许可证》; 未按绿色建筑标准设计. 因单位周边基础设施不断完善, 该区位土地相对等级上升了 2 级. 2014 年该单位进行建筑节能改造决策, 需要测算该住宅楼的剩余使用寿命.

根据式 3 和相应的参数取值表, 损伤参数 Y 取值 0.3, 建筑重要性系数 η_i 取值 1.0, 功能存储程度 S 取值 1.0, 功能可更新程度 C 取值为 $1 - 15/50 = 0.7$, 规划许可程度 P 取值 0.8, 土地级别匹配度 G 取值 0.8. 则该居住建筑的剩余使用寿命测算如下:

$$L_r = (1 - 0.3/0.7) \times 1.0 \times 50 \times 1.0 \times 0.7 \times 0.8 \times 0.8 \approx 13 \text{ 年}$$

即该居住建筑的剩余使用寿命测算值为 13 年, 全生命周期使用寿命测算值为 28 年, 比设计使用年限 50 短了 22 年. 充分说明没有房屋维修基金, 功能可更新程度低, 住宅规划设计方案不够超前, 违规建设是造成居住建筑短命的根本原因.

3.3 商品住宅

西安市碑林区某住宅小区于 1999 年落成, 占地 20 亩, 建有 2 幢 25 层的钢筋混凝土建筑, 小区开发手续“五证”齐全, 房屋维修基金到位, 小区物业管理规范, 维修及时, 结构完好. 住宅小区未按绿色建筑标准设计. 小区开发时已处于城市规划中的商业副中心, 2014 年剩余使用寿命测算时, 该地区土地相对级别基本稳定.

根据式 3 和相应的参数取值表, 损伤参数 Y 取值 0.1, 建筑重要性系数 η_i 取值 1.0, 功能存储程度 S 取值 1.0, 功能可更新程度 C 取值为 1.0, 规划许可程度 P 取值 1.0, 土地级别匹配度 G 取值 1.0. 则该居住建筑剩余使用寿命测算如下:

$$L_r = (1 - 0.1/0.7) \times 1.0 \times 50 \times 1.0 \times 1.0 \times 1.0 \times 1.0 \approx 43 \text{ 年}$$

即该居住建筑的剩余使用寿命测算值为 43 年, 全生命周期使用寿命测算值为 $15 + 43 = 58$ 年. 这个结果充分说明, 并不是所有的中国城镇居住建筑都是短命的, 只要城市规划超前, 遵守基本建设程序, 维修保养到位, 城镇居住建筑的使用寿命完全可以

超过50年的设计使用年限。

4 结论及启示

4.1 结论

本文的研究基本完成了两个主要目的:一是根据大量调查样本的分析结果揭示了城镇居住建筑剩余使用寿命的影响因素及其相互关系;二是建立了各影响因素变动条件下城镇居住建筑剩余使用寿命的测算模型。

(1)城镇快速发展期的居住建筑剩余使用寿命是结构可靠度、功能满意度、城市规划水平和城市发展速度四个因素共同作用的结果,其中结构可靠度是基础,功能满意度是保障,城市规划水平是关键,城市发展速度是动力,前三个因素与剩余使用寿命成正比,第四个因素与剩余使用寿命成反比。

(2)城镇居住建筑剩余使用寿命的四个影响因素是相互作用的共生关系,既只要其中一个因素致使居住建筑被拆除,其余三个因素的效力随即灭失。当结构安全性、适用性和耐久性很差时,结构可靠度成为剩余寿命的决定因素;当结构可靠度有保证时,功能满意度、城市规划水平和城市发展速度等非技术因素成为剩余寿命的决定因素;当结构可靠度和功能满意度有保证时,区位土地级别相对升降成为城市民用建筑剩余寿命的决定因素。

城镇居住建筑存量中有大量的商品住宅,其使用寿命可以通过政府对土地、规划、建设方面一整套完备的监管程序和开发企业的理念创新、技术创新和管理创新得到保障,“建筑短命说”的重点不应该是符合规范和法规的商品住宅。

4.2 启示

(1)提升城镇居住建筑的功能储存量。在结构可靠度有保证的情况下,居住建筑功能劣化是被提前拆除的原因之一。因此,设计功能适度超前、功能有储备的居住建筑是适应经济社会快速发展的重要举措。目前国际上倡导的绿色建筑在设计时充分考虑了节地与室外环境、节能与能源利用、节水与水资源利用、节材与材料资源利用、室内环境质量和运营管理或全生命周期综合性能,充分体现了可持续发展的理念。在经济条件允许的情况下,通过推广绿色建筑认证体系,可以提高城镇居住建筑的功能储存量,延长居住建筑的使用寿命。

(2)从制度上保障住宅的功能品质。许多违规建设的居住建筑没有国家发放的土地使用证、规划建设许可证和预售许可证的约束,开发建设的监

管存在缺位。同时,开发单位没有相应资质,房屋质量和房屋售后保修难以保证,在城市建设中最容易被拆除。所以,为了延长居住建筑的使用寿命,国家应坚决遏制私搭、乱建、违规销售居住建筑的行为。

(3)提高《城乡规划法》的执法力度。快速城镇化过程中,城市规划应提高科学性、前瞻性和预见性,力争规划一步到位,不作大修改与大变动。规划区域内应多留空地,防止需要用地时大拆大建,保证一张蓝图干到底。规划一经制定,非经法定程序不应擅自变量。

参考文献 References

- [1] 中国城镇节能建筑已达 7%[N]. 人民日报:海外版. 2007-1-19(02).
The energy saving building in China urban area has reached 7%[N]. Beijing: People's Daily:Overseas Edition, 2007-1-19(02).
- [2] 欧阳建涛, 刘晓君. 中国住宅寿命周期研究[J]. 工业技术经济, 2007, 26(5): 83-85.
OUYANG Jiantao, LIU Xiaojun. Study on the housing service life of China[J]. Journal of Industrial Technological Economics, 2007, 26(5): 83-85.
- [3] 史波, 赵国藩. 基于可靠度的锈蚀钢筋混凝土结构使用寿命预测[J]. 大连理工大学学报, 2007, (1): 61-67.
SHI Bo, ZHAO Guofan. Reliability-based service life prediction of steel-corroded concrete structures[J]. Journal of Dalian University of Technology, 2007, (1): 61-67.
- [4] GB50352-2005 民用建筑设计通则[S]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2005.
GB50352-2005 Code for design of civil buildings[S]. Beijing: China Architecture Industry Press, 2005.
- [5] 刘晓君, 高志坚. 住宅性价比理论与实践[M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2015.
LIU Xiaojun, GAO Zhijian. Research on theory and practice of housing cost and performance ratio[M]. Beijing: China Architecture Industry Press, 2015.
- [6] GB50292-1999 民用建筑可靠性鉴定标准[S]. 北京: 中国建筑工业出版社, 1999.
GB50292-1999 Standard for appraiser of reliability of civil buildings[S]. Beijing: China Architecture Industry Press, 1999.
- [7] GB/T50378-2014 绿色建筑评价标准[S]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2014.
GB/T50378-2014 Evaluation standard for green building[S]. Beijing: China Architecture Industry Press, 2014.
- [8] GB/T18507-2014 城镇土地分等定级规程[S]. 北京: 中国质检出版社, 中国标准出版社, 2014.
GB/T18507-2014, Regulations for valuation on urban land[S]. Beijing: China Zhijian Publishing House, Standards Press of China, 2014.