

DOI: 10.3724/SP.J.1224.2012.00270

超高层建筑全寿命周期环境影响评价体系研究

廖奇云, 王道宪

(重庆大学建设管理与房地产学院, 重庆 400045)

摘要: 建筑业的快速发展以及我国土地资源日益减少, 使得超高层建筑在中心城市发展迅猛, 当前超高层建筑对环境造成的影响已不容忽视。本文根据超高层建筑在施工、运营管理阶段对环境的影响, 结合超高层建筑的发展趋势以及减轻环境影响的途径, 基于超高层建筑的全寿命周期, 综合分析了国内外绿色建筑评价体系与评价标准, 尝试按照前期阶段(项目构思与可行性研究、勘察)、设计阶段、施工阶段、运营维护阶段、拆除阶段建立超高层建筑的环境影响评价体系。通过运用该评价体系和多层次模糊综合评价模型, 可对超高层建筑全寿命周期环境友好程度进行综合评价, 试图为超高层建筑寿命周期的环境管理提供理论依据和实践指导。

关键词: 超高层建筑; 全寿命周期; 环境影响; 模糊综合评价

中图分类号: TU97

文献标识码: A

文章编号: 1674-4969(2012)03-0270-07

1972年8月, 在美国宾夕法尼亚州的伯利恒市召开了国际高层建筑会议, 会上讨论并提出了高层建筑的分类和定义, 其中, 超高层建筑是指40层以上(高度100 m以上)的建筑。超高层建筑因节约土地及标志性作用在各中心城市逐渐盛行。超高层建筑是城市横向发展的结果, 它所带来的环境问题越来越多。

当前, 关于超高层建筑环境影响及能源消耗研究的成果主要有: 超高层民用住宅全生命周期能量消耗的评价, 建筑材料在建筑生命周期内对环境的影响以及改进对环境影响的潜在措施, 运用模糊综合评价模型对绿色建筑设计进行评价, 建筑施工阶段环境影响的综合评估, 高层民用建筑运营后的光环境评估, 生态建筑评价标准对建筑的综合评价, 以及运用多标准进行建筑的评价等^[1-3]。国外建筑评估体系有很多种, 国内还没有相对完善的评估体系, 特别是关于超高层建筑全寿命周期的环境影响评价体系, 国内外对其研究

还不完善。本文在超高层建筑全寿命周期环境影响相关研究成果的基础上, 通过对超高层建筑全寿命周期中各个阶段的环境影响进行分析, 尝试建立超高层建筑全寿命周期的环境影响评价体系, 试图为超高层建筑评估中的环境影响评价提供理论支撑, 为设计阶段、施工阶段、运营阶段、拆除阶段环境管理提供依据, 针对这些因素采取措施以减少超高层建筑对环境的不利影响。此外, 试图为超高层建筑拆除后的后评价提供理论依据。

1 超高层建筑的环境影响及未来发展趋势

据统计, 截至2009年年底, 我国大陆地区已建成的超过150 m的超高层建筑有250多栋。超高层建筑为城市形象增添了繁荣景象, 但也造成了能源浪费和热岛效应。超高层建筑寿命周期长, 对环境的影响面广且持续时间长。国内学者分别对其设计、施工、运营维护阶段进行了研究, 并提出了有

收稿日期: 2012-06-20; 修回日期: 2012-07-22

基金项目: 重庆市建设科技计划项目“重庆超高层建筑的项目管理研究”(城科字 2011 第 1-8 号)

作者简介: 廖奇云(1966-), 副教授, 研究方向为建筑工程管理、土木工程施工、技术经济; E-mail: liaoqi Yun@cqu.edu.cn

王道宪(1986-), 硕士研究生, 研究方向为建设工程项目管理、建设项目与可持续发展, E-mail: wdxjxy@163.com

效解决超高层建筑所带来诸多问题的措施与建议。

生态建筑设计以最和谐的方式把人造建筑与自然、生物圈结合起来^[4]。高层建筑的高空环境和一般多层建筑所处的环境差异较大,因此,在其设计阶段就应采取措施来减少这些差异,以满足高空环境下使用者对舒适度的要求。在高层建筑的设计中实现生态设计,能最大限度地节能。从城市设计的角度看,实现高层建筑与城市空间的衔接与融合,是超高层建筑未来的发展方向^[5]。

施工阶段是建设项目全寿命周期中非常重要且最复杂的阶段,也是资源和能源大量消耗、危害环境严重的阶段。施工阶段产生的噪声占城市噪声的 1/3,制造的建筑垃圾占城市垃圾的 30%~40%,并产生大量的有害气体、扬尘、污水等。因此,必须重视超高层建筑在施工阶段对环境的影响,进行环境影响评价,以期有效地指导环境管理^[6]。

超高层建筑是一个资源消耗黑洞,能耗及维护费用巨大,而能源浪费和热岛现象又导致了生存环境恶化。超高层建筑在运营阶段产生的不利影响包括:比同等建筑面积的多层住宅消耗更多的资源、人力和财力。正常的运作,如电梯、空调、供水、供暖及管理等方面,要多消耗大量的能源。在遇到地震、火灾等灾害时,易造成更大的伤害和损失。体量较大,对城市空气、日照、电磁辐射、风环境和景观等方面产生不利影响。使人远离自然环境,形成对人类健康不利的室内环境,诱发高层综合征^[7]。

因此,应在超高层建筑的前期阶段(项目构思与可行性研究、勘察)、设计阶段、施工阶段、运营维护阶段、拆除阶段合理利用资源、采取环保措施,实现建筑节能、绿色建筑,最终形成超高层建筑与环境的良性生态关系,实现超高层建筑与环境的融合。

虽然超高层建筑对环境产生了很多不利影响,但是超高层建筑的发展仍然迅猛。自 1894 年美国纽约曼哈顿建成生命保险大厦至今的世界最高建筑迪拜哈利法塔,从东京的“天空树”到巴

黎的“修道院广场”双子塔,各种具有地方标志的超高层建筑相继修建,无不印证着时代的进步和城市的发展。城市化进程的加快,迫使建筑向更高空间发展,以节约土地资源;设计技术的创新为设计超高层建筑时进行多方案比较和优选提供了方便;轻质材料、轻质隔墙和轻型围护墙的应用以及多种性能的新型结构体系出现为超高层建筑的实现提供了可能。这些因素推动了世界各地超高层建筑的发展,同时也预示着超高层建筑在未来仍具有广阔的发展前景。

2 超高层建筑全寿命周期评价体系

2.1 全生命周期评价^[8]

“从摇篮到坟墓”的生命周期评价方法(Life Circle Assessment, LCA)是评价某一过程、产品或事件从原料投入、加工制作、使用到废弃的整个生态循环过程中环境负荷的定量方法。根据这一表述,本文提出了超高层建筑全寿命周期环境影响评价的定义,即从超高层建筑的前期阶段(项目构思与可行性研究、勘察)、设计阶段、施工阶段、运营维护阶段、拆除阶段对其环境影响进行的综合评价。建设项目的环境评价包括两方面的评价:一方面是环境对工程建设的适宜性评价,即环境质量评价;另一方面是建设项目对环境的影响评价,即环境影响评价^{[9]101-115}。本文所研究的超高层建筑环境影响评价,是环境质量评价和环境影响评价的综合,评价过程包括超高层建筑生命周期的所有阶段或全过程,即全寿命周期的所有阶段。

2.2 我国绿色建筑评价体系与美国 LEED 的对比分析

我国建筑业的迅速发展引发了一系列的问题,其中最为突出的是建筑业的发展影响了环境。2006 年,我国颁布了《绿色建筑评价标准(GB/T 50378-2006)》(以下简称标准)^[10],用于住宅建筑、办公建筑、商场、宾馆等公共建筑的评价。该标准由节地与室外环境、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

量和运营管理六部分组成。

我国绿色建筑评价体系包括适用于建筑全过程的一般性指标,也包含了部分仅仅适用于设计、施工或者使用等某一阶段的特殊性指标。但这一评估体系却未面向规划设计、绿色施工、居住使用部分或者全部阶段^[11],没有采取定性定量、评测与实测相结合的方式,无法通过权重系统得出总分。

在环境问题日益突出、全球资源日趋紧张的大背景下,绿色建筑评价体系在世界各国应运而生。目前,世界上已建立的绿色建筑评价体系的国家有英国、美国、日本、德国、澳大利亚、挪威、法国、加拿大^[12]。其中,美国的 LEED (Leadership in Energy and Environmental Design) 在影响最大,评价内容既包括工程项目的设计过程,也包括建造过程和使用过程。LEED 将生态建筑所覆盖的技术方向分为 5 个方面,即建筑场地、水资源、建筑与环境、材料与资源、室内环境质量,逐项细化为可以得分的标准,以判定生态建筑的合格级别^[13]。

相比其他的绿色建筑评价体系,LEED 评价体系具有如下优势:(1)采用第三方认证机制,增加了该体系的信誉度和权威性;(2)评定标准专业化,评定范围已扩展形成完善的链条;(3)体系设计简洁,便于理解把握和实施评估;(4)已成为世界各国建立绿色建筑及可持续性评估标准及评价体系的范本^[14]。但是,该体系也具有局限性,如未对建筑全寿命周期的环境影响做出全面的考察,评定对环境性能采用打分而不是定性定量结合再通过权重系统得出总分,等等。

鉴于 LEED 认证评价体系的局限,以及我国现有绿色建筑评价体系的不足,本文在探讨超高层建筑全寿命周期环境影响评价体系时,将时间维向前推到前期阶段、向后推到拆除阶段,并采用定性定量结合再通过权重系统得出总分,其中,定性方法运用于各指标因素的分析,定量方

法运用于各指标权重的确定。超高层建筑全寿命周期环境影响评价是基于定性和定量的评价,是运用综合评价模型进行的评价。

2.3 评价体系建立的原则

(1) 科学性:要全面地反映环境友好型超高层建筑这一复杂系统的各个方面,符合其内涵与目标,紧密结合超高层建筑的有效建设途径,反映环境友好型超高层建筑建设的真实情况。

(2) 可操作性:内容应简单明了、容易理解,具有较强的可比性;应简洁明晰,便于应用。

(3) 动态性:影响因素的选择要充分考虑动态变化特点,能描述、刻画与量度未来的发展趋势。

(4) 全面性和概括性:要有足够的涵盖面,尽可能全面概括地反映超高层建筑的各方面。

(5) 代表性和简明性:因素的选取需强调典型性、代表性,避免选入意义相近、重复或可由其他因素组合导出的因素。

2.4 建立超高层建筑全寿命周期环境影响评价体系

建设项目与环境之间是相互作用的,既有有利因素又有不利因素,基于这些因素,建设项目会产生对环境的正面和负面影响。在建设项目的可行性研究阶段和评估决策过程中进行环境影响评价,可以优化选址、制定防治措施,为设计和决策服务;可以摸清现状,为规划与整治服务。对建设项目的环境规划、环境设计、环境评价与评估进行研究,具有重大的现实意义^{[9][104-105]}。设计阶段,根据我国环境立法中的“三同时”制度以及建设项目在运营阶段对环境的不利影响,需要在设计阶段进行环保设计、实体设计和宏观设计。施工阶段,根据《建设项目环境影响评价报告表》中施工阶段环境管理的内容,应从施工

“三同时”制度是我国对建设项目进行环境管理的一项基本制度,指建设项目中防治污染的措施,必须与主体工程同时设计、同时施工、同时投产使用。《中华人民共和国环境保护法》第 26 条中对此作了规定。

《建设项目环境影响评价报告表》为建设项目的环境影响评价文件,由国务院环境保护行政主管部门制定。

噪音、施工现场扬尘、施工污水排放、固体废弃物、道路遗撒等方面进行建设项目的环境管理。运营阶段, 依照我国标准和运营阶段产生的不利影响, 应从室内、室外、能源与垃圾方面进行环境影响评价。建筑物拆除阶段, 因该阶段产生大量的粉尘和建筑垃圾, 故应将这两方面因素纳入环境评价体系。

综上, 超高层建筑环境影响评价的阶段应分为前期阶段(项目构思与可行性研究、勘察)设计阶段、施工阶段、运营维护阶段及拆除阶段。各阶段对环境的影响是不相同的。建设项目的环境保护管理的目的是防止废水、废气、废渣、粉尘、烟雾、恶臭、热污染、放射性物质、电磁辐射、噪音、振动等引起环境污染, 防止这些污染对人体健康、周围环境和自然资源造成危害或者不良影响。本文根据这些阶段的特性, 再结合超高层建筑的特点, 分别对评价体系中的各因素进行了细化, 前期阶段、设计阶段^[15]、施工阶段^[16-17]、运营阶段^[10,15]、拆除阶段的详细因素列于表 1。表中的各因素, 是在参考文献[4-7]、[10]、[15-17]的基础上, 结合超高层建筑的特点得出的。

3 多层次模糊综合评价模型构建^[18-19]

3.1 各因素权重集的确定

权重是反映指标重要程度的量化系数。确定权重时, 可采用(0,1,2)三标度法(两个因素同等重要时, 标度均为 1; 两个因素比较, 一个比另一个重要, 重要的标度为 2, 不重要的标度为 0)来对每一因素进行两两比较, 然后建立一个比较矩阵并计算出各因素的排序指数, 将比较矩阵转化为判断矩阵, 并判断其一致性。

(1) 用极差法构造判断矩阵。

$$C=[c_{ij}]_{n \times n}=[c_b^{(r_i-r_j)/R}]_{n \times n}$$

其中, r_i 表示 i 因素经过两两比较后的标度量加和, r_j 表示 j 因素经过两两比较后的标度量加和; c_b 为一常量, 通常取 $c_b=9$; $R=r_{\max}-r_{\min}$, 为极差; $r_{\max}=\max\{r_1, r_2, \dots, r_n\}$, $r_{\min}=\min\{r_1, r_2, \dots, r_n\}$ 。

(2) 进行一致性检验。

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

其中, λ_{\max} 为判断矩阵的最大特征值。查找随机一致性检验指标 RI, 计算 $CR=CI/RI$ 。当 $CR<0.10$ 时, 表明判断矩阵的一致性符合要求, 否则重新构建判断矩阵。

(3) 判断矩阵 C 每行求和, 再规范化权重向量。

表 1 超高层建筑环境影响评价体系

| 阶段 | 因素 | 阶段 | 因素 | 阶段 | 因素 |
|-----------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|-------------------------|
| 前期阶段 A | 规划选址 A ₁ | 设计阶段 B | 资源循环 B ₅ | 施工阶段 C | 固体废弃物 C ₉ |
| | 环保理念 A ₂ | | 地域环境 B ₆ | | 道路遗撒 C ₁₀ |
| | 环保措施构思 A ₃ | | 室内环境(预估)B ₇ | 运营阶段 D | 室内空气品质 D ₁ |
| | 环境影响分析 A ₄ | | 空间融合 B ₈ | | 室内声环境 D ₂ |
| | 环保设施投资 A ₅ | 施工阶段 C | 施工用材 C ₁ | | 室内光环境 D ₃ |
| | 地理条件 A ₆ | | 土地利用 C ₂ | | 室内温热环境 D ₄ |
| | 水文条件 A ₇ | | 水资源利用 C ₃ | 室外绿化功能 D ₅ | |
| | 气候条件 A ₈ | | 能源利用 C ₄ | 室外风、光环境 D ₆ | |
| 设计阶段 B | 环保设计审核 B ₁ | 场地及周围环境 C ₅ | 能源消耗 D ₇ | 拆除阶段 E | 粉尘污染 E ₁ |
| | 环保设计实施 B ₂ | 施工噪音 C ₆ | 生活垃圾量 D ₈ | | CDW 回收利用 E ₂ |
| | 环保设计跟踪 B ₃ | 施工现场扬尘 C ₇ | | | |
| | 能源消耗(预估)B ₄ | 施工污水排放 C ₈ | | | |

$$w_i = \sum_{j=1}^n c_{ij} / \sum_{k=1}^n \sum_{j=1}^n c_{kj} \quad (i=1, 2, \dots, n)$$

该式表示某一专家对第 i 个因素评价得出的权重。

(4) 判断矩阵的相似系数计算及相似矩阵构建。

$$W = [w_{ij}]_{m \times n}$$

w_{ij} 指第 i 位专家对第 j 个因素判断后计算得到的权重, m 表示专家数, n 表示因素个数。相似系数与相似矩阵如下:

$$r_{ij} = 1 - \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{k=1}^n (w_{ik} - w_{jk})^2}$$

$$R = [r_{ij}]_{m \times n}$$

(5) 剔除离异点。

$$p_i = \sum_{k=1}^n r_{ik}$$

$$P = (p_1, p_2, \dots, p_n)^T$$

$$d_i = \frac{p_{\max} - p_i}{p_{\max}} \times 100\%$$

p_i 表示相似系数矩阵中每一行之和, p_{\max} 表示矩阵 P 中的最大值。用 d_i 表示第 i 个专家的相似系数与最大相似系数的偏离程度。计算结果 $d_i < D$, 满足偏差要求; 计算结果 $d_i > D$, 不满足偏差要求, 将第 i 个因素评判结果剔除。查阅资料 D 取 0.05。

最后采用算术平均法得各因素的权重。

3.2 各因素隶属度集的确定

不同专家对同一个评价因素做出的评定不同, 采用算术平均法可得出各因素的模糊评价隶属度。第 i 个因素做出第 j 评价尺度的可能程度的大小用 q_{ij} 来表示, 得到模糊评价隶属度矩阵, $Q = [q_{ij}]_{m \times n}$ 。其中 m 表示专家数, n 表示因素个数。

3.3 多层次模糊综合评价决策

超高层建筑全寿命周期环境影响评价是一个复杂的系统, 将因素集 U 分成 k 个互不相交的子集, $U = \{U_1, U_2, \dots, U_k\}$; 每一个子集 $U_i (i=1, 2, \dots, k)$ 即看做 U 的约束因素, 按照各约束因素在 U 中所起的作用大小, 确定其权重分配, U_i 模糊综合评价结果 $H_i = W_i \times Q_i = \{h_{i1}, h_{i2}, \dots, h_{in}\} (i=1, 2, \dots,$

$k)$, H_i 组成总的评判矩阵 $H = (H_1, H_2, \dots, H_k)^T$ 。多层次模糊综合评判矩阵 $B = W \times H = (B_1, B_2, \dots, B_k)$ 。

本文对超高层建筑环境友好的定义如下: 超高层建筑环境友好是指在前期阶段、设计阶段、施工阶段、运营维护阶段、拆除阶段合理利用资源、采取环保措施, 形成超高层建筑与环境的良性生态关系, 实现超高层建筑与环境的融合。超高层建筑环境影响评价决策标准: 非常环境友好 (9~10), 环境友好 (8~9), 环境友好一般 (7~8), 环境友好合格 (6~7), 环境友好差 (0~5)。取 $V = (10, 9, 8, 7, 5)$, 环境友好的程度 $F = B \times V^T$, 将计算的结果与设定的等级对照。

3.4 实证分析

某工程是重庆市重点工程项目之一, 位于重庆市渝中区化龙桥片区, 南邻化龙桥路, 西侧为重庆天地高档住宅区, 北临嘉陵江畔。该工程建成后的具体功能和用途为地库、商业、办公、酒店。工程总用地面积 19 105 m², 总建筑面积 501 149.6 m², 其中地上建筑面积 387 606.0 m², 地下建筑面积 113 543.7 m², 建筑高度 468 m。工程落成后将成为西南地区第一高楼, 该楼地上九十九层, 地下四层, 为带腰桁架的外框架+核心筒 (钢支撑) + 伸臂桁架结构。

选择 10 名资深环境影响评价工程师, 对该超高层建筑项目在实施前期运用超高层建筑全寿命周期环境影响评价体系进行综合评价。前期阶段各因素的权重与隶属度分别为 $W_1 = (0.059 5, 0.078 5, 0.075 5, 0.362 0, 0.235 5, 0.026 0, 0.076 5, 0.086 5)$, $Q_1 = \{0.254, 0.495, 0.119, 0.072, 0.060;$

0.151, 0.471, 0.173, 0.153, 0.052;

0.171, 0.529, 0.126, 0.115, 0.059;

0.217, 0.532, 0.121, 0.081, 0.049;

0.235, 0.514, 0.163, 0.053, 0.035;

0.193, 0.546, 0.135, 0.084, 0.054;

0.182, 0.540, 0.129, 0.113, 0.056;

0.208, 0.551, 0.123, 0.071, 0.047}

根据 $H_1=W_1 \times Q_1$ 可得到前期阶段的评判矩阵 $H_1=(0.209\ 9, 0.523\ 2, 0.136\ 4, 0.083\ 8, 0.046\ 7)$ 。

同理可得到设计阶段、施工阶段、运营阶段、拆除阶段的评判矩阵:

$$H_2=(0.219\ 5, 0.513\ 6, 0.128\ 1, 0.090\ 6, 0.048\ 2),$$

$$H_3=(0.217\ 1, 0.530\ 4, 0.141\ 3, 0.081\ 7, 0.043\ 9),$$

$$H_4=(0.206\ 1, 0.529\ 2, 0.134\ 2, 0.079\ 8, 0.050\ 7),$$

$$H_5=(0.215\ 3, 0.518\ 7, 0.138\ 6, 0.089\ 1, 0.038\ 3),$$

各阶段的权重为: $W=\{0.121, 0.127, 0.532, 0.151, 0.069\}$ 。根据 $B=W \times H$, 可得: $B=(0.214\ 7, 0.526\ 4, 0.137\ 8, 0.083\ 3, 0.037\ 8)$ 。再经 $F=B \times V^T$ 计算, 可得该工程的综合评价的分为 8.79, 因此依据判定准则可判定该工程为环境友好级。同时根据各阶段的权重可知在该全寿命周期应重点对施工阶段加强环境管理。

4 结论

(1) 超高层建筑环境影响评价体系的建立, 能够推动我国环境评价相关规定和绿色建筑评价标准的实施, 完善超高层建设项目环境影响评价的理论。

(2) 运用建立的超高层建筑环境影响评价体系和多层次模糊评价方法, 能够对超高层建筑全寿命周期的环境影响进行综合评价。

(3) 超高层建筑环境影响评价促使超高层建筑实现与人类生活环境的最佳融合, 有助于顺应环境友好型社会的建设, 有助于促进建筑业的良性发展。

(4) 超高层建筑环境影响评价体系综合评价可用于超高层建筑项目设计阶段之前(不包括设计阶段), 评价结果可为超高层建筑全寿命周期中设计阶段、施工阶段、运营阶段以及拆除阶段的环境管理提供依据, 以达到预控的效果。同时, 该评价体系也可用于竣工验收之后或拆除后。本研究只是超高层建筑环境评价的初步探索, 期望通过实际运用, 持续地改进该评价体系, 以便为超高层建筑的环境评价提供理论工具。

参考文献

- [1] Agya Utama, Shabbir H. Gheewala. Indonesian residential high rise buildings: A life cycle energy assessment [J]. Energy and Buildings, 2009, 41(11): 1263-1268.
- [2] Ignacio Zabalza Bribian, Antonio Valero Capilla, Alfonso Aranda Uson. Life cycle assessment of building materials: Comparative analysis of energy and environmental impacts and evaluation of the eco-efficiency improvement potential [J]. Building and Environment, 2011, 46 (5): 1133-1140.
- [3] Hisashi Kotani, Masaya Narasaki, Ryuji Sato, et al. Environmental assessment of light well in high-rise apartment building [J]. Building and Environment, 2003, 38 (2): 283-289.
- [4] 涂君辉. 高层建筑的生态设计手法: 解读杨经文生态摩天楼的建筑实践 [J]. 华中建筑, 2006, 23(3): 91-94.
- [5] 田野, 刘经彦, 刘理钧. 高层建筑与城市空间的融合 [J]. 武汉水利电力大学学报, 2000, 33(4): 68-72.
- [6] 张智慧, 邓超宏. 建设项目施工阶段环境影响评价研究 [J]. 土木工程学报, 2003, 36(9): 12-8.
- [7] 高峰. 可持续原则指导下的高层商住楼建筑设计初探 [J]. 西安建筑科技大学学报: 自然科学版, 2003, 35(2): 192-195.
- [8] 顾道金, 朱颖心, 谷立静. 中国建筑环境影响的生命周期评价 [J]. 清华大学学报: 自然科学版, 2006, 42(12): 1953-1956.
- [9] 闫军印. 建设项目评估 [M]. 北京: 机械工业出版社, 2010.
- [10] 中华人民共和国建设部. 绿色建筑评价标准 [S]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2006: 5-13.
- [11] 周建亮, 孙碧襄. 我国绿色建筑评价体系的不足与改进 [J]. 建设科技, 2007, 14: 62-63.
- [12] 李涛, 刘丛红. LEED 与《绿色建筑评价标准》结构体系对比研究 [J]. 建筑学报, 2011, 3: 75-78.
- [13] 张伟, 何韶瑶. 绿色建筑评估体系中的室内环境评估项分析 [J]. 建筑与环境, 2010, 6: 75-78.
- [14] 王祎, 王随林, 王清勤, 等. 国外绿色建筑评价体系分析 [J]. 建筑节能, 2010, 38(228): 64-67.
- [15] 日本建筑学会. 建筑环境管理 [M]. 余晓潮, 译. 北京: 中国电力出版社, 2009: 44-60.
- [16] 刘庭联. 铁路绿色施工现状与评价指标体系研究 [J]. 价值工程, 2010(10): 233-234.
- [17] 泛华建设集团. 建筑工程施工项目管理指南 [M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2009: 197-228.
- [18] 金菊良, 魏一鸣, 丁晶. 基于改进层次分析法的模糊综合评价模型 [J]. 水利学报, 2004, 3: 65-70.
- [19] 苏小东. 管理学院模糊评估法在项目管理成熟度评价体系中的应用 [J]. 管理论坛, 2010, 2: 15-17.

Research on the Life Cycle Environmental Impact Assessment System of Super High-Rise Building

Liao Qiyun, Wang Daoxian

(Faculty of Construction Management and Real Estate, Chongqing University, Chongqing, 400045, China)

Abstract: With the rapid development of the construction industry and the decrease of land resources in China, super high-rise buildings are developing rapidly in central cities. Currently, the impacts of super high-rise buildings upon the environment are becoming unnegligible. According to the impacts during stages of construction and operation management, the paper comprehensively analyzes both domestic and international green building evaluation systems and evaluation standards in consideration of the super high-rise building development trends and the approaches to tackle super-tall building's environmental impacts and on the base of super high-rise building life cycle. The paper establishes a system of environmental impact assessment of high-rise building in accordance with the preliminary stage (project conception and feasibility study, survey), design stage, construction stage, operation and maintenance stage, and the demolition stage. By means of multi level fuzzy evaluation model, the system can evaluate comprehensively the environmental friendliness of super high rise buildings in their whole life-cycles, and thus can provide theoretical basis and practical guidance for environmental management on super high-rise buildings.

Key words: super high-rise building; life-cycle; environmental impact; fuzzy comprehensive evaluation