LEC 能效评价及认证——建筑物能效优化与评价体系探索

张慧^{①*}, Hans-Peter LEIMER^②

① 东南大学建筑学院, 南京 210018;

② 希尔德斯海姆应用科学和艺术大学, 德国

* E-mail: h.zhang.architect@gmail.com

收稿日期: 2010-09-09; 接受日期: 2011-01-13

摘要 建筑节能是绿色建筑必须首先解决的问题, 节能设计与评价应平行交互进行. 本文简要介绍了建筑围护结构能源优化与认证软件——LEC(Low Energy Certificate)的评价标准以及评价依据、方法和流程, 并以低能耗展厅 EXPA 的能效评价为例, 分析 LEC 的特点及其参考实用价值.

关键词

节能设计与评价
建筑围护结构能效
绿色建筑

1 建筑节能设计与评测认证现状

目前国际上对绿色建筑尚无统一定义, 绿色评价体系也各有侧重. 我国《绿色建筑评价标准》(GB/T 50378)将绿色建筑定义为“在建筑的全寿命周期内, 最大限度地节约资源(节能、节地、节水、节材)、保护环境和减少污染, 为人们提供健康、适用和高效的使用空间, 与自然和谐共生的建筑”¹⁾, 其重点是突出“四节”与环保要求. 国际上较成熟的绿色建筑认证体系主要有: LEED(美国)、BREEAM(英国)、CASBEE(日本)、Blue Angel(德国、北欧)等. 我国《绿色建筑评价标准》和美国绿色建筑委员会(USGBC)颁发的 LEED 同属于绿色建筑性能的综合评价体系, 评估的重点在于环境影响^[1].

在现阶段, 中国绿色建筑发展的基本政策是积极推进建筑节能^[2]. 绿色建筑必须首先解决建筑节能

问题, 建筑节能设计与评价应平行交互进行. 建筑的节能设计与评价是密不可分的, 节能评价是实现建筑节能设计的必要手段. 建筑的节能设计要求建筑设计人员在设计阶段即进行建筑能耗分析, 评价、检验建筑方案的节能性, 以便及时对设计方案进行调整、优化建筑能效, 从而实现节能目标.

然而, 在绿色综合性评价体系中, 建筑节能多以分项形式出现, 建筑物的能耗性能并不能得到直观体现, 建筑节能设计与评测的交互性也相对较弱. 此外, LEED 等国外体系在评价过程中不能根据区域条件差异进行相应调整, 相对缺乏灵活性和通用性.

在全球范围内唯一针对建筑能耗评定的专项评价是德国能源署(DENA)颁发的“能源证书”(ENERGIEAUSWEIS), 它以简洁明了的方式明确了建筑物的节能目标、量化建筑能耗标准, 并直观地展示建筑物的节能效果^[3]. 目前我国仅有上海浦江智

1) 中华人民共和国建设部. 绿色建筑评价标准 GB/T 50378. 2006:2

谷商务楼和南京城开御园住宅楼项目获得了德国能效证书。“能源证书”评价的建筑综合能耗包含了采暖、热水制备、内装照明、通风和制冷的能源需求量,并此基础上考虑各种载体(如燃油、气、电、可再生能源等)的“能源链前段”(能源勘探、获取、分配、转换),即考虑资源和环境保护因素,以“一次能源消耗”来反映。“能源证书”这一欧洲评价体系的建筑能耗评测综合、全面、直观,但其所设定的区域性气候条件和政策性评价参数并不适合中国的实际要求和现实条件,无法直接适用于中国。“能源证书”评价计算也相当复杂,只有掌握建筑物理和暖通技术方面的专业知识并受过专门培训的审核员才可能进行能效评测。节能设计与评价难以交互进行。

对建筑设计人员而言,最理想的情况是在设计阶段即可从基本的初始参数中迅速准确地判断出改善建筑物能效的关键部位。对建筑能效的计算与评价进行合理简化有助于实现节能设计与评价的交互进行。

LEC(Low Energy Certificate)建筑能效评价及认证软件为此做了有益尝试。LEC 是一种包含认证制度在内的建筑能效优化设计和控制工具,它可以提供一套简单、便于操作,同时不失准确性和有效性的评价系统,使建筑师和有关部门能够在拥有一般性专业知识的基础上获取和评价建筑物的能效状况。LEC 在不考虑设备和能源类型前提下,充分考虑气候条件差异对建筑能耗的影响,去除政策性因素,仅借助建筑物理数据即可快速而有效地对建筑外围护结构进行能效分析和评价,并可以根据实际情况给出建筑物外围护结构能效的改进优化建议。

2 LEC——建筑围护结构能效优化和评价软件

LEC(Low Energy Certificate)——建筑低能耗证书

表 1 LEC 低能耗建筑冬季能效标准

Standard for winter periods		Referring to the reference building
1 ☆	Chinese building standard of the 1980s	annual heating energy demand $\geq 71\%$
2 ☆☆		annual heating energy demand 70%~51%
3 ☆☆☆		annual heating energy demand 50%~31%
4 ☆☆☆☆	2007 European standard	annual heating energy demand 30%~21%
5 ☆☆☆☆☆	2009 European building standard for low energy consumption	annual heating energy demand $\leq 20\%$

是一个包含认证程序、针对建筑外围护结构能效的评价和优化设计交互软件。该软件可以对建筑物外围护结构及建筑构件在采暖期、制冷期以及整年的能耗情况分别进行评价,利用交互式软件程序对建筑外围护结构的能效进行评估和认证,其认证模块嵌入了目前中国强制规定实施的《公共建筑节能设计标准》(GB 50189-2005)。LEC 能耗评价结果以简化的星级体系标示。星数越多,表明建筑物的能效标准越高、节能效果越好。

2.1 LEC 建筑能效评价依据和方法

建筑物能效质量的评价计算以建筑热工平衡公式为基础而进行的。LEC 根据我国国标《公共建筑节能设计标准》(GB 50189)和德国 DIN4108 标准第 2 和第 6 部分以及 DIN V18599-2: 2007-02 标准的有关规定,采用标准化假设,在计算过程中考虑建筑几何形状、外围护结构组成、建筑物朝向、材料特性以及建筑物使用方式和所处气候区的特殊气候条件等因素,不考虑暖通设备以及用户使用行为对能耗需求的影响。

2.1.1 采暖期能效评价方法和标准

首先定义采暖期参照建筑物。参照建筑物的几何外形、所处气候带、建筑朝向、方位角和表面法线以及使用方式与待评估建筑物相似,建筑结构和构件应符合中国 20 世纪 80 年代建筑标准的有关规定,即中国在开始实施保温节能条例之前的建筑物标准。

在评估和认证时,针对采暖期热损失(建筑物外围护结构的传热损失与通风损失)和得热量(太阳辐射得热量与设备人员散热量)进行平衡分析,计算出待评估建筑物的年采暖需求量,将之与参照建筑物年采暖需求量进行比对,参照比对值对建筑物围护结构的夏季能效进行评级(参见表 1)。采暖能耗需求量之间的差额即为待评测建筑物的预计采暖节能量。

2.1.2 制冷期能效评价方法和标准

建筑物的夏季隔热应能满足无制冷设备、有人员逗留的房间在夏季尽可能达到适宜温度的要求, 或使安装空调的房间的制冷能耗尽可能保持在较低水平. 未安装空调的房间应确保其室内温度不能超出对人体生理有益的界限值. 德国 DIN4108-2 标准中有关建筑物夏季舒适度的规定较为合理, 很好地反映了人体在夏季所能承受的室内气候.

LEC 对建筑物在制冷期的能效评价即采用一种根据德国标准 DIN4108-2 得出的方法. 这种方法对建筑物外立面定义了一个“无制冷能耗”标准. 在确定界限值时, 这个标准不会由于玻璃面积太小或因采用透射率低的特殊防辐射玻璃而使室内光照不足. 符合“无制冷能耗”标准的建筑外墙立面构造综合考虑了窗户面积、玻璃特性以及遮阳和防眩装置等方面的影响因素, 可保证一年中超出某个特定最高室温的时间限定在较小数值、能效最优. 简单的说, 符合无制冷能耗标准的建筑物外立面能够保证在无人使用的状态下, 室内温度不会过热、无须制冷. “无制冷能耗”不考虑因设备或人体散热增加的室内热负荷, 或是通过提高通风次数降低室温的可能性, 因为此类动态热交换与建筑物自身的能效无关.

评价标准首先借助美国威斯康星大学麦迪逊分校太阳能实验室所研发的 TRNSYS 软件进行动态气候模拟计算, 分别计算出在中国各气候带中建筑物 4

个朝向的“无制冷能耗”外墙的特性值——“太阳辐射得热量”(太阳辐射得热量 $S = A_G g F_C$, A_G , 玻璃窗面积, g , 玻璃窗总能量传导率, F_C , 遮阳系统的减低系数), 以此作为能效评价的基础. LEC 对建筑物在制冷期的能效评价以“无制冷能耗”标准定义的最优化外墙的特性值为参照, 将待评价建筑物的“太阳辐射得热量”与之进行比对, 从中得出单位面积的制冷能耗和单位面积的制冷负荷, 进而对建筑物围护结构的夏季能效做出相应评价(参见表 2).

2.1.3 综合评价标准

LEC 在确定综合评估结果和出具证书时, 以冬季能效评价和夏季能效评价为基础, 考虑建筑物所处气候区的气候特征, 特别是采暖期和制冷期实际持续时间, 对建筑物外围护结构的能效进行综合评价(参见表 3).

2.2 LEC 评价流程

用户根据菜单要求完成相关信息和数据的输入, 内容包括项目基本信息、参照气候、建筑分区及其使用方式和建筑方式、建筑构件的面积、 U 值和朝向等. LEC 根据用户输入的数据求出采暖期及制冷期建筑物单位面积能耗值并对建筑分区、构件和窗户分别进行夏季能效、冬季能效和综合能效的评价, 形成相应的评价报告.

表 2 LEC 低能耗建筑夏季能效标准

Standard for summer periods		Referring to the reference building
1 ☆	2007/2009 European standard	cooling energy demand $\geq 170\%$
2 ☆☆		cooling energy demand 150%~169%
3 ☆☆☆		cooling energy demand 130%~149%
4 ☆☆☆☆		cooling energy demand 115%~129%
5 ☆☆☆☆☆		cooling energy demand 100%~114%

表 3 LEC 综合评价的星级体系说明

LEC-standard	Explanation
1 ★★★★★	The building does not correlate with any permit standard.
2 ★★★★★	It corresponds to the minimum requirements according to GB 50189.
3 ★★★★★	It corresponds to the increased requirements according to GB/T 50378.
4 ★★★★★	It is comparable to the European building standard.
5 ★★★★★	It is comparable to an increased European building standard.

参照气候: LEC 软件在世界地图上用不同颜色标示不同气候区。其中,中国气候区的划分以国标 GB50189-2005 的规定为依据,香港、澳门和台湾作为单独气候区考虑。选择气候区后,软件可自动生成气候区图表,提供采暖期和制冷期期长等气候信息。

建筑物分区: LEC 可以以单个房间、单个楼层或整个建筑物为单位进行分区评价。建筑分区越详细,后期评价越准确。

使用方式: 主要分为居住、办公和商用以及其他 3 种类型。在对建筑物进行能效评价时,不同使用方式有不同的制冷能耗计算条件设定。若界定夏季室内温度高于其极限温度的时间不允许超过人员在室内停留时间的 10%,使用方式为居住的区域每天的使用时间按 24 h 计,办公或商用类则按 10 h 计。此外,不同使用方式的通风情况也有所区别,办公商用类公共区域比居住类更需要频繁通风。再者,在内外热负荷方面,技术设备和使用人群都被视为内部热负荷,办公类区域的内部热负荷在特定时间内比居住类区域要高。

建筑方式: 分为轻型建筑(采用吊顶、轻质隔墙和空心楼板的建筑物,墙壁、天花、地板等 6 个内墙表面中至少有四面通过饰面层与承重构件分离)和重型建筑(采用实心混凝土楼板、重质隔墙和实心地板的建筑物,承重构件直接接触室内空气)两大类。重型建筑比轻型建筑具有更高的热存储量,而热存储量是影响后期能效评测的特征量。

建筑分区的体积、使用面积将由软件根据建筑物几何信息自动计算生成。

建筑构件的 U 值可直接输入,也可输入材料和层厚等数据信息由软件计算获得 U 值。

2.3 LEC 能效评价实例——世博会低能耗展厅 EXPA

EXPA 是德国下萨克森州和中国安徽省为 2010 年上海世博会共同筹建的一个独立展厅,用于展示新型低能耗建筑的节能技术、相关设备和产品。展厅本身是低能耗示范试验建筑。世博会结束后,展厅将继续用于研究及检测,预计运营使用期在三年以上。

EXPA 由混凝土体块、玻璃连接通道以及膜结构顶棚组成(图 1)。单层体块为技术设备展示室,双层体块为信息咨询室,两者通过一条玻璃廊相连。玻璃通道和单层技术间以及室外开放空间上方设有一个镰刀形顶棚,顶棚起遮阳的作用并可收集雨水、净化后再利用。

LEC 为 EXPA 方案做了综合评价,EXPA 展厅达到 LEC 低能耗四星级标准(表 4)。在综合评价的同时,LEC 评估报告还分别对信息咨询室、玻璃廊和技术设备展示室 3 个分区各自在采暖期、制冷期和整年内的综合能效做出评级和标示,如表 4 所示,各区的能效高低一目了然。

LEC 评价软件也可以对区域再进行细化的能效分析、计算出相应窗户技术参数和建筑构件能效评价。以 EXPA 平面呈梯形、两层高的信息咨询室为例,其平面尺寸为 8.2 m × 5.5 m,建筑高约 7.5 m,室内设有一个单跑楼梯。外墙中有两面墙体在顶部外倾,垂直倾角约 10°。墙体采用预制构件,楼板为半预制和现浇。信息咨询室的区域能效、构件能效以及材料和开窗技术参数如表 5~7 所示^[4]。

2.4 评价与设计交互

LEC 的分析功能帮助设计人员找到建筑物围护

表 4 LEC 评价报告——EXPA 综合能效的评价

Building evaluation		☆☆☆☆★		
Building area	Utilization	Construction type	Volume (m ³)	Effective area (m ²)
Information consulting area	office/business	lightweight construction	355.10	142.04
Glass corridor	office/business	lightweight construction	52.27	20.91
Showroom	office/business	lightweight construction	176.90	70.76
Building area	Heating period	Cooling period	Annual balance	
Information consulting area	☆☆☆☆★	☆☆☆☆★	☆☆☆☆★	
Glass corridor	☆☆☆☆★	☆☆☆☆★	☆☆☆☆★	
Showroom	☆☆☆☆★	☆☆☆☆★	☆☆☆☆★

图 1 EXPA 外观图和首层平面图

结构能耗弱项, 对建筑物进行调整改良. 用户可首先设定预期达到的节能标准, 并顺序输入软件所需数据, 在计算结束后, LEC 会根据具体情况, 从建筑分区、构件、窗、墙、屋面、平面面积等方面对建筑构件的调整和优化进行建议; 用户也可以通过改变开窗面积和窗体类型、遮阳形式、材料构造等数据, 借助 LEC 计算能效, 迅速进行多方案能效比较, 优化

节能设计. 即使建筑物围护结构的综合能效达到了既定要求, LEC 仍能帮助用户进一步对局部设计进行优化. 例如, LEC 评测出某建筑物围护结构的综合能效达到了四星标准, 但其南向外墙在制冷期的能效并不理想. LEC 随即指出能效弱项, 并给出改用隔热性能较好的玻璃、采取遮阳措施或是减小玻璃面积等改进建议(如图 2 所示)^[4].

3 建筑物能效优化与评价体系的探索

除了外围护结构的保温隔热性能外, 建筑的实际能耗还会受到设施配置、设备能效、能源类型和效率、施工质量、使用者行为习惯等诸多因素的影响, 而保温隔热性能优异的围护结构是实现建筑节能、优化能效的基石. 针对建筑物围护结构的能效进行评测, 可以客观地反映建筑物自身的能效性能, 有助于设计者在设计初期阶段确定合理的围护结构方案, 为优化建筑能效打下坚实基础.

LEC 是针对建筑物围护结构能效评测的探索和尝试. 在不考虑设备和能源类型前提下, LEC 充分考虑气候条件差异对建筑能耗的影响, 对建筑物的节能评价进行合理简化, 具有一定普适性. 其气候数据库包含了中国各气候区的气候信息, 评价标准和认证模块中也嵌入相关的中国国家标准, 是对我国建筑节能评价和认证工具的积极探索, 具有参考和实用价值.

LEC 同时也是针对建筑物围护结构的能效优化设计软件, 可对节能设计方案进行能效预测评价, 评价流程简单、易于操作, 软件的分析功能和交互程序有助于设计人员及时验证和调整节能方案, 在一定范围内实现建筑节能设计与节能的交互进行, 有助于推动建筑节能在设计初期阶段的介入.

表 5 LEC 评价报告——EXPA 信息咨询室的能效评价

Building elements		Building area	Information/consulting area		☆☆☆☆★	LEC standard
		Orientation	Inclination	Area (m²)	K	
External	wall 1	north	$60^{\circ}<\alpha<90^{\circ}$	40.79	0.33	☆☆☆☆★
External	wall 2	west	$60^{\circ}<\alpha<90^{\circ}$	72.80	0.27	☆☆☆☆☆
External	wall 3	north	$60^{\circ}<\alpha<90^{\circ}$	25.66	0.27	☆☆☆☆★
External	wall 4	east	$60^{\circ}<\alpha<90^{\circ}$	38.69	0.27	☆☆☆☆★
Ceiling 1		horizontal	$0^{\circ}<\alpha<30^{\circ}$	69.13	0.18	☆☆☆☆☆
Raised ground floor		horizontal	$0^{\circ}<\alpha<30^{\circ}$	51.65	0.36	☆☆☆☆☆

表 6 LEC 评价报告——信息咨询室某外墙构件能效评价

Building element		External wall 1	☆☆☆☆★
Orientation	north	standard for winter period	☆☆☆☆★
Inclination	60°< α <90°	standard for summer period	☆☆☆☆★
Total area	48.10 m²		
Net area	40.79 m²		
Material	Density (g/cm³)	K (W/mK)	Thickness (m)
Nanoporputz	1.8	0.700	0.002
Lightweight concrete	1000	0.490	0.250
Timber fiber isolation	110~450	0.035	0.080
Plasterboard	800	0.250	0.010

表 7 LEC 评价报告——信息咨询室窗户技术参数列表

	Building area	Information/consulting area	☆☆☆☆★	
Elements	Glazing	Area (m ²)	U-value (W/m ² K)	g-value
External wall 1	window 1	7.31	1.60	0.59
External wall 2	window 2	0.75	1.60	0.60
External wall 2	window 3	0.75	1.60	0.60
External wall 3	window 4	5.74	1.60	0.75
External wall 3	window 5	8.61	1.60	0.75
External wall 3	window 6	5.74	1.60	0.33
External wall 4	window 7	3.13	1.60	0.59
External wall 4	window 8	4.19	1.60	0.01

图 2 LEC 的分析功能帮助设计人员找到建筑物能耗弱项

参考文献

- 1 施骞, 徐莉燕. 绿色建筑评价体系分析. 上海: 同济大学学报, 2007, 4: 18
- 2 吴志强, 邓雪. 中国绿色建筑发展战略规划研究. 建筑科技, 2008, 6: 20-22
- 3 德国技术合作公司. 中德技术合作“中国既有建筑节能改造”项目成果汇编. 2007. 7
- 4 BBS INTERNATIONAL. Evaluation Report EXPA. 2009. 1