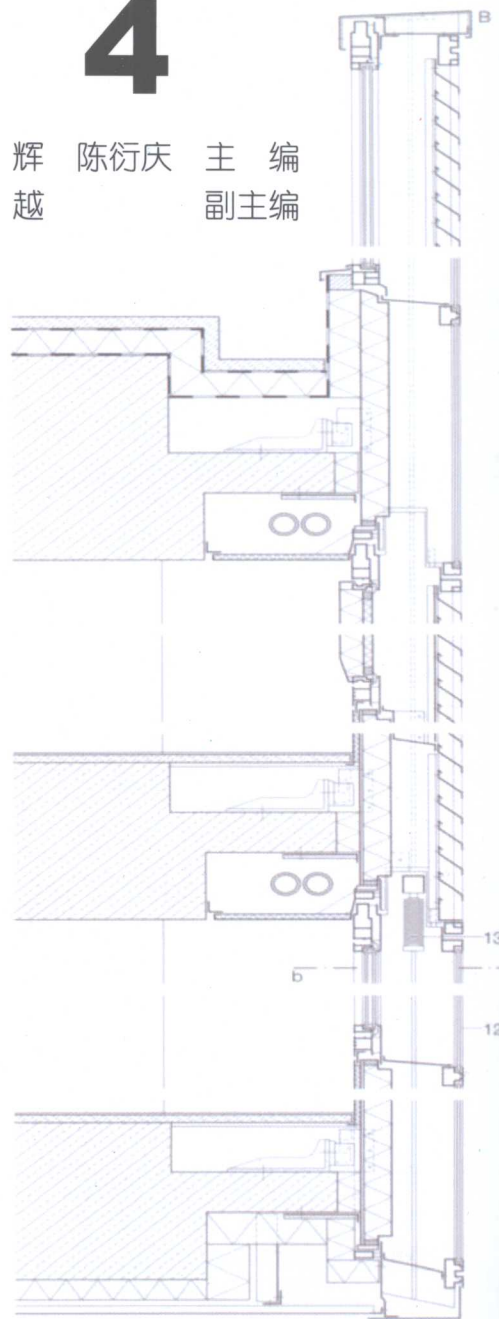


建筑新技术

4

高 辉 陈衍庆 主 编
邹 越 副主编



建筑新技术

4

高 辉 陈衍庆 主 编
邹 越 副主编

中国建筑工业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

建筑新技术. 4/高辉, 陈衍庆主编. —北京: 中国建筑工业出版社, 2008

ISBN 978-7-112-10316-4

I. 建… II. ①高…②陈… III. 建筑工程-新技术
IV. TU-39

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2008) 第 133522 号

本书共分 9 个栏目 36 篇文章, 内容主要介绍了: 绿色建筑技术、建筑艺术与技术、建筑节能、建筑技术教育、建筑光环境、建筑防火、计算机辅助建筑与环境设计、古建筑修复及建筑用太阳能热水、大模内置施工质量通病防治、海域或高盐碱地区混凝土服役寿命的探讨等等。

本书可供建筑设计、研究、施工、材料、构配件与设备的专业技术人员、管理人员、政府部门有关官员、生产厂家以及广大中高等院校相关专业师生阅读或参考。

* * *

责任编辑: 王玉容

责任设计: 董建平

责任校对: 孟楠 王爽

建筑新技术

4

高辉 陈衍庆 主编

邹越 副主编

*

中国建筑工业出版社出版、发行 (北京西郊百万庄)

各地新华书店、建筑书店经销

霸州市顺浩图文科技发展有限公司制版

世界知识印刷厂印刷

*

开本: 787×1092 毫米 1/16 印张: 15 字数: 365 千字

2008 年 10 月第一版 2008 年 10 月第一次印刷

印数: 1—2500 册 定价: 32.00 元

ISBN 978-7-112-10316-4

(17119)

版权所有 翻印必究

如有印装质量问题, 可寄本社退换

(邮政编码 100037)

《建筑新技术》编委会成员

- | | | |
|---------|-----|---------------------|
| 名誉主任委员: | 傅信祁 | 同济大学建筑系教授 |
| 主任委员: | 姚自君 | 东南大学建筑系教授 |
| 副主任委员: | 郑忱 | 哈尔滨工业大学建筑学院教授 |
| | 徐淑常 | 北京建筑工程学院建筑系副教授 |
| | 刘建荣 | 重庆大学建筑城规学院教授 |
| | 陈衍庆 | 清华大学建筑学院教授 |
| | 高辉 | 天津大学建筑学院教授 |
| | 唐国安 | 湖南大学设计研究院院长、教授 |
| | 王崇杰 | 山东建筑工程学院副院长、教授 |
| 委 | 员: | (以姓氏笔画排序) |
| | 马震聪 | 广州市设计院副总建筑师、高级建筑师 |
| | 邓洪武 | 南昌大学建筑学院院长、副教授 |
| | 王玉容 | 中国建筑工业出版社副编审 |
| | 王丽娜 | 清华大学建筑学院副教授 |
| | 王伯扬 | 中国建筑工业出版社编审 |
| | 陈文琪 | 湖南大学建筑系教授 |
| | 李必瑜 | 重庆大学建筑城规学院教授 |
| | 李保峰 | 华中科技大学建筑与城规学院副院长、教授 |
| | 李莉萍 | 昆明理工大学建筑系副教授 |
| | 陆可人 | 东南大学土木学院副院长、副教授 |
| | 张苗 | 佛山市房屋建筑设计院院长、高级工程师 |
| | 张一弘 | 宿迁学院副教授 |
| | 张庆余 | 厦门理工学院建工系副教授 |
| | 张荷芬 | 昆明理工大学建筑系副教授 |
| | 宋德萱 | 同济大学建筑系教授 |
| | 汪岩 | 海军工程设计研究院高级工程师 |
| | 邱颖 | 徐州第二建筑设计院副院长、高级建筑师 |
| | 沈杰 | 浙江大学建筑系副教授 |
| | 沈粤 | 广州大学建规学院院长、教授 |
| | 邹越 | 北京建筑工程学院建筑系副教授 |
| | 杨维菊 | 东南大学建筑系教授 |
| | 林秉公 | 徐州第二建筑设计院高级建筑师 |
| | 金虹 | 哈尔滨工业大学建筑学院教授 |

周铁军	重庆大学建筑城规学院副教授
饶永	合肥工业大学建筑设计与艺术学院副教授
赵西平	西安建筑科技大学建筑系副教授
夏云	西安建筑科技大学建筑系教授
夏葵	北京工业大学建筑与城规学院副教授
唐厚炽	东南大学建筑系教授
柴广益	吉林建筑工程学院建筑系副教授
贾爱琴	华南理工大学建筑系副教授
韩建新	同济大学建筑系副教授
景政治	浙江省建筑设计研究院院长、高级工程师
舒秋华	武汉理工大学建筑系教授
熊振	中国矿业大学建筑系教授
樊振和	北京建筑工程学院建筑系副教授
薛明	中国建筑科学研究院建筑设计院副总建筑师、高级建筑师
霍小平	长安大学建筑系主任、副教授
顾问：齐康	东南大学建筑研究所所长、教授、中国科学院院士
戴复东	同济大学建筑系教授、中国工程院院士
李道增	清华大学建筑学院教授、中国工程院院士
马国馨	北京市建筑设计研究院总建筑师、中国工程院院士
主编：陈衍庆	高辉
副主编：邹越	
赞助单位：	天津大学建筑学院

目 录

绿色建筑技术

基于生态经济性分析的绿色建筑设计方法研究	王朝红 高 辉 王建军 (1)
建材对环境影响的定量评估方法	
——BRE 的环境概貌评估方法	杨倩苗 高 辉 张 磊 (6)
高层建筑双层玻璃幕墙自然通风设计	杨倩苗 高 辉 张 磊 (12)
生态建筑设计中的被动式通风冷却技术	杨 冬 王 乐 高 辉 (20)
传统窑洞住宅的绿色再生——延安市东馨家园设计实践	鲁海波 赵西平 (26)
节能环保的草砖建筑	吴 洋 赵西平 (32)
地下水水源热泵空调系统在天津美术学院美术馆工程中的 应用	张 颀 郑 宁 (38)
墙体垂直绿化在既有建筑改造中的应用	张 颀 王 峙 黄 琮 (44)
住宅室内空气质量全过程控制方法研究	王 强 刘 辉 (52)
试析“希望镇”的可持续发展	尚改珍 黄 涛 戴 路 (58)
适当技术在生态建筑中的应用	白 岚 戴 路 (64)
中国建筑存量可持续发展的关键问题分析	杨 威 Niklaus Kohler 杨向群 (68)

建筑艺术与技术

师法生命,融合共生——仿生技术在建筑表现中的应用	刘寅辉 严建伟 (76)
摩天大楼——高空中的芭蕾舞者	何 欢 赵西平 (82)

建筑节能

既有建筑外围护结构节能改造优化设计	肖 伟 高 辉 (89)
建筑物绿化与节能探讨	祖 宁 赵西平 (96)
传统建筑形式下的节能设计研究	
——以天津鼓楼商业街西北地块建设项目为例	张 颀 王 岩 (102)
既有住宅建筑节能改造实践研究——天津市塘沽区工农村迎春里 1~5 号 楼节能改造实录	张 颀 王 峙 黄 琮 (109)
华北地区村镇住宅采暖能耗调查分析与研究	张 威 高 辉 王立雄 (119)

建筑技术教育

建筑技术教育探讨	戴 路	陈 健 (125)
----------------	-----	-----------

建筑光环境

KTV 歌城绿色照明设计探索	牛盛楠	王立雄 (129)
颐和园长廊景观照明评价实验研究	孙立晔 马 剑 王嘉亮 张明宇	(135)
光色的视知觉特性与建筑照明设计	肖俊宏 马 剑	(142)
博物馆室内光环境设计	王 强	(147)
关于稀土长余辉发光材料的研究进展及应用	刘 鸣	(155)

建筑防水

教学楼的防火疏散调查研究——以某教学楼调查分析为例 ..	贾江美 张树平	(161)
古建筑火灾问题研究	张树平 吴 媛	(168)
浅析以性能化设计为基础的自动喷水灭火系统设计	孟 川 周军猛	(174)

计算机辅助建筑与环境设计

室内电风扇数量及其环境舒适度分析 ——以同济大学某学生宿舍为例	胡 杨 胡 英	(179)
CFD 在建筑室外风环境评价中的应用	牛盛楠 王立雄 黄 成	(185)
自然通风作用下建筑通风换气次数的数值 模拟	郭春梅 张于峰 张 伟 吕祥翠 张志刚	(191)
复杂曲面形建筑设计实物模型的数字化建模方法	苏 毅 曾 坚	(196)

古建筑修复

基于数值分析和测试的广东会馆戏楼小干预修缮加固 方案	刘 刚 马 剑 马 惠 张 龙	(204)
-------------------------------------	-----------------	-------

综 合

让所有建筑都用上太阳能热水	李穆然	(211)
---------------------	-----	-------

附 件

太阳能在高层住宅上工程化应用之案例介绍	李穆然 (218)
大模内置施工质量通病及防治	林国海 (221)
海域和高盐碱地区混凝土服役寿命的探讨	李亚铃 (230)

绿色建筑技术

基于生态经济性分析的绿色建筑 建筑设计方法研究^①

王朝红 高 辉 王建军

【摘 要】 绿色建筑在受到广泛的关注和认可的情况下却迟迟得不到推广,本文通过分析其主要受阻原因——经济问题,提出在绿色建筑设计中应采取的设计方法:全生命周期费用分析的方法及借助一些可便捷、直观地评估生态技术手段效果的计算机辅助设计的方法。

【关键词】 绿色建筑 全生命周期费用分析 RET Screen 清洁能源项目分析软件

在世界性的环境污染和能源衰竭的背景下,“绿色”这一词语越来越多地出现在我们的视线中,“绿色食品”、“绿色交通”、“绿色材料”等等越来越多。而对于建筑师而言,近些年所兴起的节能建筑也逐渐被绿色建筑这一新概念所替代。所谓绿色建筑,即是从生态环境角度出发,涵盖原材料开采、建材加工、构配件制造、规划设计、建筑施工、运行使用、维护保养、拆除报废和回收利用的整个过程,寻求建筑功能、资源利用、能源消耗和环境污染之间的合理平衡。通过大量的国内外专业文献可以看出,绿色建筑这一概念在大多数建筑专业人士中已非常明晰,同时实现绿色建筑的技术也已足够成熟。这一点在近建成的清华大学超低能耗示范楼中所应用的众多新技术中可见一斑。但绿色建筑却迟迟不能得到大范围的推广,造价昂贵的示范楼也只能充当实验楼的角色。在建筑设计以至建造的各个环节中仔细研究不难发现,在绿色建筑进入实际操作的过程中,我们所遇到的最大的阻力往往不是来自技术问题本身,而更多是经济问题。

由于建筑物的建造费用是短时间内集中支出,并且这些支出又会体现在售价或租金之中,因此,建造费用很容易引起人们的重视。而使用过程中的能耗、维护、运行管理等的支出虽然是建造费用的数倍,但由于它是分散支出,所以人们往往会忽视。以经济性问题较为突出的商品住宅为例,对于房地产开发商来说,最终目标是通过住宅建筑的投资获

^① 国家自然科学基金资助项目:50078035。教育部博士点基金资助项目:20050056059。

得最大利益。但是相对于一般建筑而言,绿色住宅由于遵循生态建设标准,采用新的技术策略,与传统做法相比,项目前期的投资普遍加大,初期生态投资所换来的资源节约效益往往要在若干年后才逐步显现,并且相当一部分以间接的社会效益和生态效益的形式表现出来,而项目后期的使用、维护费用则由住户承担。对于房地产开发商而言,很难形成短期商业利润。因此如果没有相应的引导,不能自然形成绿色技术产品研究、生产、使用的良性循环,绿色建筑的发展就很难借助商业的力量进行推动。

因而在对绿色建筑做出评价时,无论是政府还是专业机构,全生命周期的建筑费用应是首要的评价原则。对建筑产品而言,英国建筑经济专家 John Kelly 对全寿命周期费用做了如下定义:建筑产品全寿命周期费用是指投资者在项目整个寿命周期内,在考虑资金时间价值的情况下,用来做经济评估时所考虑的所有相关费用,包括投资费用、能源费用、非能源的其他运营费用、维护费用和处理或拆卸费用等。即绿色建筑不仅要关注建设阶段能耗,还要关注建筑全生命过程的能耗,尤其是使用阶段能耗。

然而在实际的设计中对于绿色建筑所可能带来的环境效益以及全生命周期的费用,缺乏较为成熟的综合定量分析工具。各专业严格分工作为设计行业的主要工作模式,又使得我们的技术经济分析常常缺乏内在的整合性,存在于生态、经济两方面的缺陷,综合决定了在现实操作中,建筑师很难对技术策略的生态经济综合性能做出准确评估。虽然近年来出台的一些生态住区、绿色建筑评估标准,对明确绿色建筑概念起到了积极的作用,但这些标准往往更适于对结果——建筑落成后的状况——进行评估,对于设计决策的帮助则比较有限(这是因为根据现行的生态评估标准,每项措施的分值是一个抽象的数字,既无法确知它所代表的生态意义,也无法知道相应的经济成本)。在这种情况下,无论是建筑师或是开发商、政府都由于无法对为实现建筑的“绿色”化所付出的短期代价和长期效益做出准确的评估,从而很难形成有利于绿色建筑最终决策。

有专家提出,设计作为一种为实现一定目标而寻求和选择满意的备选方案的活动,反映出设计对象的状态,因此建筑节能设计可看成一种语法信息。节能设计的过程就是信息的运动过程,信息运动规律可应用于设计过程中。信息科学研究的信息运动规律包括信息产生、信息提取、信息再生、信息施效等四类。其一般模型如图 1 所示。

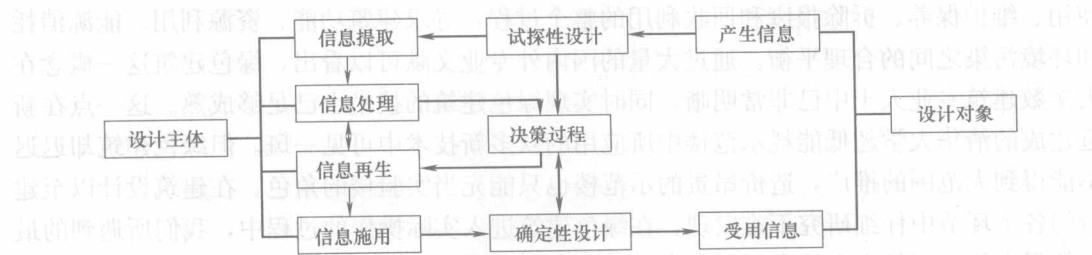


图 1 建筑设计信息运动规律

在建筑设计中,设计对象是指建筑设计的对象,即建筑平台;设计主体为设计人员和计算机软、硬件系统;设计对象本身所包含的设计信息即为产生信息;信息提取过程是指设计主体从设计对象提取试探性设计所需信息的过程;信息处理过程是设计主体根据试探性设计信息进行绿色评价的过程;设计主体根据设计目标和信息处理结果产生决策信息,即为信息再生过程;设计主体根据决策信息进行确定性设计的过程就是信息的施用过程;

作用于设计对象的确定性设计信息即为受用信息，这一设计过程周而复始可一直循环直到达到满意的结果为止。从这一分析过程可以看出，在建筑设计过程中，设计师与所设计的对象之间的信息反馈极为重要，直接影响了设计决策的产生。而目前我们的设计过程中由于缺少了这一程序，作用于设计对象的信息得不到及时明确的反馈，即设计过程中不能对设计对象产生的信息精确掌握，比如我们前面提到的对绿色建筑推广至关重要的全生命周期的费用分析。这就使得我们在实践中常常面临着这样的困境：一方面在“言”的层面，人们开始逐渐接受可持续发展思想，各种技术手段也在逐步走向成熟；另一方面在具体的实施与操作中——“行”的层面，生态意识则往往只能停留在“纸面”，绿色建筑蓝图的实现总是举步维艰。如何使绿色建筑在实现环境目标的同时展现切实的经济可行性，以指导我们的设计决策，成为其是否具有现实可操作性的直接制约因素。

此时，作为设计主体的设计师急需一种可以用来辅助设计过程，以及时得到设计对象信息反馈的工具来优化设计。RET Screen International 清洁能源项目分析软件可在全球范围内用于评估各种节能和可再生能源技术方案的各项指标，如能源产出、使用期间的成本和温室气体减排量等。该软件内的所有清洁能源技术模型都包括完整的一套产品、成本和气象数据库及详尽的用户在线使用手册，是一个加拿大官方提供的免费软件。这个软件的基本用途是分析光伏系统、太阳能热水系统、空气加热系统、热泵系统等可再生能源系统的使用效果，并进行效益分析（包括经济效益和非经济效益），以支持决策设计的产生。软件除了对系统进行能效及经济效益分析外，还可以反过来，已知要达到的能效要求和经济指标，来进行建筑系统设计。这个软件包括如下几个主要模块：

1. 气象条件模块，输入系统所在地的气象数据。
2. 系统技术参数模块，输入相关系统的具体技术参数和经济参数。
3. 有效能量输出的计算模块。
4. 经济分析模块。
5. 二氧化碳减排分析模块，也就是非经济效益分析。
6. 帮助模块，能够对所有的参数、术语、软件用法提供帮助。

这个工具的核心由已标准化和集成化的清洁能源分析软件构成，以便可以在世界范围内都能应用。这些标准化模块的应用使得建筑师可以通过简单的项目选择或者数据输入来辅助绿色建筑初期的方案设计，进行决策分析。但同时由于地域、经济发展的不同，使得中国用户在选用既有的气候以及产品数据时有很多局限性，如其中的气候数据仅直接包括了我国大概十个左右的的城市数据（图2），其他城市数据需要输入经纬度，在它外挂的卫

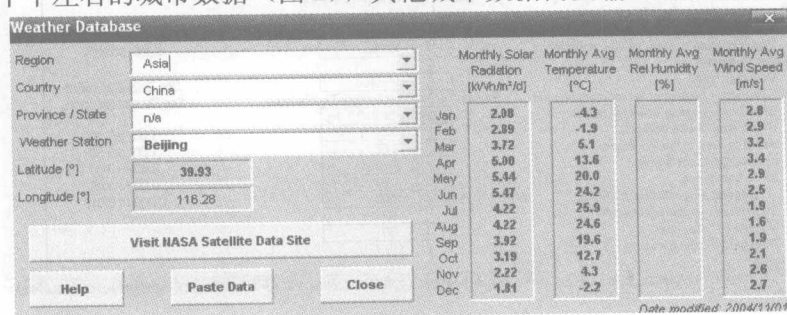


图2 气候数据选择界面

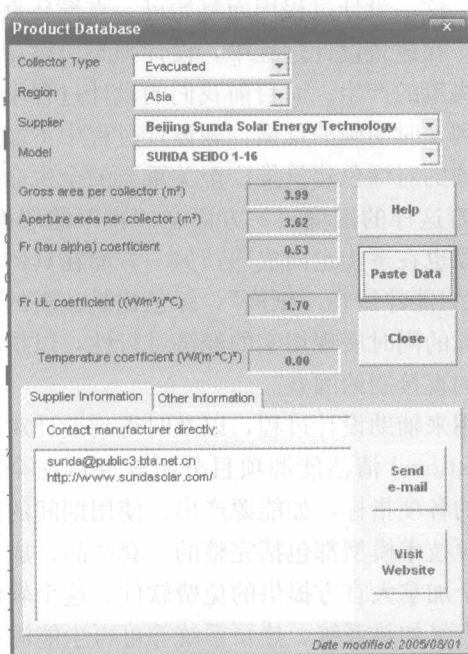


图3 产品数据选择界面

和数据库来完成能量模型、太阳能资源和系统综合计算，或者可根据现有数据逐一填写。一般来讲，根据实际市场情况填写表格更具真实性。但如果只是进行可行性分析的话，完全可以采用其自带的数据库。用户依次完成能源模型、太阳能资源与系统负荷分析、成本分析三个表格（图4），软件会自动计算生成温室气体减排分析（非经济效益分析）、资金回收年限、资金回报率（经济效益分析）等图表（图5）。从表格中可以看出，项目中采

星气象数据库中查询。其自带的产品数据库也不包含国内的太阳能厂家数据（图3），但如果仅作为项目的初期可行性分析的话，完全可以采用其自带的数据库作为参考。

以目前绿色建筑中采用比较多的太阳能系统为例，太阳能系统的投资必须从全寿命周期的角度来考察，从终端用户的角度来说，应包括初始投资、维护费用和更换费用。RETScreen 清洁能源项目分析软件太阳能热水项目模型包括6个工作表（能量模型、太阳能资源和系统负荷计算、成本分析、温室气体排放降低分析、财务概要和敏感性与风险分析）。

用户应当首先完成能量模型，太阳能资源和系统负荷计算，然后进行成本分析和财务分析。温室气体减排分析和敏感性与风险分析是可选项。敏感性分析可以帮助用户评估主要经济、技术参数变化时项目主要经济指标的变化敏感性。首先，我们可以通过使用现有的气象

RETScreen® Energy Model - Solar Water Heating Project				Training & Support
Site Conditions		Estimate	Notes/Range	
Project name		Service hot water	See Online Manual	
Project location		Beijing	Complete SR&HL sheet	
Nearest location for weather data		Beijing		
Annual solar radiation (tilted surface)	MWh/m²	1.52		
Annual average temperature	°C	11.8	-20.0 to 30.0	
Annual average wind speed	m/s	2.5		
Desired load temperature	°C	60		
Hot water use	L/d	12,000		
Number of months analysed	month	3.50		
Energy demand for months analysed	MWh	66.60		
System Characteristics		Estimate	Notes/Range	
Application type		Service hot water (with storage)		
Base Case Water Heating System		Electricity		
Heating fuel type		100%	50% to 190%	
Water heating system seasonal efficiency	%			
Solar Collector		Evacuated	See Technical Note 1	
Collector type		Beijing Sunda Solar Energy Technology	See Product Database	
Solar water heating collector manufacturer		SUNDA SEIDO 1-16		
Solar water heating collector model				
Gross area of one collector	m²	3.99	1.00 to 5.00	
Aperture area of one collector	m²	3.62	1.00 to 5.00	
Fr (tau alpha) coefficient		0.53	0.40 to 0.80	
Fr UL coefficient	(W/m²)/°C	1.70	0.30 to 3.00	
Temperature coefficient for Fr UL	(W/(m²·°C))	0.00	0.000 to 0.010	
Suggested number of collectors		69		
Number of collectors		30		
Total gross collector area	m²	119.7		
Storage				
Intro / Energy Model / Solar Resource & Heating Load / Cost Analysis / GHG Analysis / Financial Summary / Sensi...				

图4 某太阳能热水项目能源模型界面

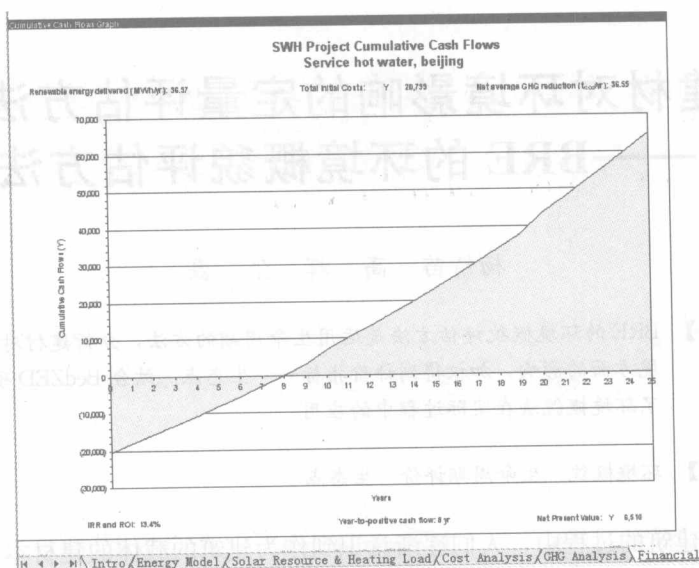


图5 某太阳能热水项目年现金流图表

用的太阳能热水项目可在8年的时间内收回初始投资,有实施的可行性,这就非常直观快捷地帮助设计者了解设计对象的经济情况。这个过程可循环重复,以达到最佳的能源应用与成本合理化的搭配。

经济合理性是全寿命周期的绿色建筑设计中必须考虑的因素之一。即以最低的寿命周期成本实现必要的功能,获得丰厚的寿命周期经济效益。面向全寿命周期的节能建筑设计方法可使建筑师运用严密推理和定量化评判的现代思维方法制定、修正与改进设计方案。这克服了传统设计方法的片面性、不确定性,使其趋向于科学化、系统化。由此形成的节能建筑方案具有较大的客观性和可靠性。从而可指导节能建筑系统优化设计,提升节能设计的整体水平,实现“全系统”、“全寿命”的绿色,以达到“可持续的环境、可持续的建筑”的绿色生态要求。

参 考 文 献

- [1] 涂逢祥,我国建筑节能应该实现跨越式发展. 中华建设,2005,5
- [2] 王恩茂、刘晓君、刘振奎,节能住宅全寿命周期费用研究. 建筑经济,2006,6
- [3] 韩洪云、左进,我国建筑业全生命周期价值链管理现状及改进. 建筑经济,2004,7
- [4] <http://www.xdln.com.cn/infoshow.asp?productSort=365&id=330>
- [5] <http://www.topenergy.org/>
- [6] <http://www.retscreen.net/>

作者:王朝红 天津大学建筑学院博士生

通信地址:天津市南开区卫津路92号天津大学博士生信箱,300072

E-mail: wwjjhh@126.com

高 辉 天津大学建筑学院教授

王建军 河北工业大学建筑设计研究院,工程师

建材对环境影响的定量评估方法^①

——BRE 的环境概貌评估方法

杨倩苗 高 辉 张 磊

【摘 要】 BRE 的环境概貌评估方法是运用生命周期的方法, 分析建材对 12 个环境方面的影响, 加权得到评价指标——生态点。结合 BedZED 项目诠释了环境概貌法在实际过程中的应用。

【关键词】 环境概貌 生命周期评价 生态点

在研究生态建筑的过程中, 人们逐渐意识到作为建筑的载体的建材本身是否绿色, 直接影响建筑的生态表现。绿色材料应运而生, 1988 年第一届国际材料科学研究会提出了“绿色材料 (Green Materials)”的概念。1990 年国际学术界明确提出: 绿色材料是指在原料采取、产品制造、使用或者再循环以及废料处理等环节中对地球环境负荷最小和有利于人类健康的材料。同年, 日本山本良一提出“环境材料 (Eco-Materials)”的概念。环境材料具有先进性、环境协调性、舒适性三大特点, 与传统材料相比, 环境材料除追求材料优异的使用性能外, 还强调从材料的制造、使用、再循环直到废弃的整个生命周期 (Life Cycle) 中必须具备与生态环境的协调性以及舒适性。

从绿色材料和环境材料的定义不难看出, 绿色建材生态性能的评估包括建材对室内环境影响的评估和对环境影响的评估两部分。目前, 国内绿色建材的定量测试指标有两类: 单项理化评价指标和复合评价指标。前者包括放射性强度、甲醛含量、氯氟烃含量、芳烃含量等; 后者包括有机物总挥发量、人类感觉试验、耐燃等级及氧指数、废物利用率、木材取代率、节能效果等。这两类测试指标大部分是针对室内环境的影响确定的, 而没有进行建材对环境影响的综合、定量、全生命周期的研究。英国建筑研究所 (Building Research Establishment, BRE) 在建材对环境影响的定量评估方面作了大量研究工作, 提出了环境概貌 (Environmental Profiles) 的建材评估方法。

评估内容

环境概貌法遵守 ISO14040 系列国际标准生命周期评价方法, 是“从摇篮到坟墓”的建材对环境影响的定量评估方法, 包括从建材的制造、使用、维修直到拆毁的全过程, 涉及环境影响的 12 个方面: 气候变化、石化能源消耗、臭氧层破坏、空气的人体毒性、水体的人体毒性、生态毒性、废弃物处理、水资源开采、酸沉降、水体富营养化、光化学烟雾、矿石资源开采。下面介绍一下 11 个环境影响方面的评估内容:

1. 气候变化 (tonnes CO₂ eq)

全球气候变暖日益严重, 因此在评价建材对气候变化影响时主要关注温室气体的排

^① 国家自然科学基金资助项目: 50078035。教育部博士点基金资助项目: 20050056059。

放，如氯氟烃、氟氯烃、氢氟氯碳化合物、甲烷和二氧化碳。由于不同温室气体对全球气候变暖的影响程度不同，评价过程中以二氧化碳作为标准，将其他温室气体转换成等价的二氧化碳。BRE 给出了其他温室气体与二氧化碳的转换系数，称之为全球气候变暖潜力 (Global Warming Potential, 简称 GWP)，定义为温室气体排放 100 年后对气候的影响与同时排放的等量二氧化碳对气候的影响的比值。

2. 石化能源消耗 (toe)

评估建材全生命周期能源消耗引起石油、煤炭、天然气等石化能源的枯竭。评价过程中以石油作为标准，其他石化能耗转换成等价的石油。单位 tonnes of oil equivalents。

3. 臭氧层破坏 (Kg CFC11 eq)

破坏臭氧层的气体主要有氯氟烃 (CFC)、哈龙 (Halons) 和氟氯烃 (CFCs)。评估过程中将这些气体转换成等价的标准物——三氯一氟甲烷 (CFC-11)。

4. 空气的人体毒性、水体的人体毒性 (Kg tox)

评估建材全生命周期排放废弃物对人体的影响，采用 1992 年由 R·Heijungs 等领导的环境科学研究中心 (Centre of Environmental Science) 研究开发的 CML1992 量化方法，评估大气中的排放废物对人体的毒性值和水中的排放废物对人体的毒性值。

5. 生态毒性 (m^3 tox)

评估建材全生命周期排放废弃物对非人类生命系统的影响，主要是对水生生物和陆生生物的影响。由于陆生影响的参数数据有限，因此 CML1992 量化方法主要考虑水生毒性影响，评估排放水体中的有害化合物重金属、碳水化合物等对水生生物的潜在影响。

6. 废弃物处理 (tonnes)

评估土地掩埋废弃物能力的降低；在废弃物掩埋过程中，对掩埋场地周围噪声、灰尘、气味的污染；废弃物掩埋和焚烧过程中，污染气体的排放和沥出液的污染；地下掩埋垃圾自燃的危险等。评估过程中假设处理任何种类的一吨废弃物对环境的危害相同，因此单位用 tonnes。

7. 水资源开采 (litres)

评估由于过分开采而引发的蓄水层枯竭、污染和地表河流干涸、污染和生态破坏。评估过程中假设开采不同的水资源对环境的破坏是一样的，因此单位是 litres。

8. 酸沉降 (Kg SO_2 eq)

酸沉降主要是指排放到空气中的二氧化硫与空气中水分发生反应形成酸雨，对景观生态系统造成一定程度的破坏。另外能引起酸沉降的气体还包括氨气、氯化氢、氟化氢、氧化氮和氧化硫。在评估过程中，将这些气体转换成等价的标准物二氧化硫。

9. 水体富营养 (Kg PO_4)

水体富营养化是指排放到水体中的氨水、硝酸盐、氧化氮和磷化物，会引起水体中的硝酸盐和磷酸盐浓度过高，刺激藻类生长，从而造成水中的动植物因缺氧大量死亡。评估过程中，将引起水体富营养的物质转换成等价的标准物四氧化磷。

10. 光化学烟雾 (kg ethene eq)

光化学烟雾又称为“低水平面臭氧生成 (Low level ozone creation)”。在太阳光的作用下，大气中的氧化氮、挥发性有机化合物 (VOCs) 发生光化学反应，在离地面较近的水平面上生成臭氧。这些臭氧对农作物有潜在的危害，并且会增加哮喘及呼吸道疾病的发

病率。不同的氧化氮、挥发性有机化合物形成臭氧的比率不同。评估中以乙烯化合物为标准，将氧化氮、其他的挥发性有机化合物转换成等价的乙烯化合物。

11. 矿石资源开采 (tonnes)

评估建材消耗的全部矿石资源，包括英国本土的矿石和进口矿石。仅评估矿石开采过程中对环境的影响，而不考虑矿石资源本身的枯竭。评估过程中，假设开采任一吨矿石的环境影响相同，因此单位是 tonnes。

评估指标

为了直观地显示建材对环境的影响程度，BRE 将建材对 12 个环境方面的影响分值进行加权，得到单一的环境评估指标生态点 (Ecopoints)。生态点是无因次参数，100 生态点代表每年一个典型英国公民对环境的影响。低于 100 生态点，表示建材对环境的影响较小；高于 100 生态点，表示建材对环境的影响较大。

BRE 首先收集建材全生命周期的相关数据，统计出建材对每个环境方面的影响，作为建材的“特征影响 (Characterized Impact)”，每年一个典型英国公民对每个环境方面的影响作为一个典型英国公民的“特征影响”；然后将上述两“特征影响”相比较，得出建材在每个环境方面的“标准影响 (Normalized Impacts)”；最后“标准影响”乘以反映不同环境方面重要程度的主观加权系数，得出每个环境方面的生态点，求和，得到建材的生态点。下表给出建材在不同环境影响方面的加权系数和一个典型英国公民的“特征影响”。

加权系数和一个典型英国公民的“特征影响”		
影 响 方 面	加权系数	典型英国公民的特征影响
气候变化	37.8	12300 kg CO ₂ eq. (100yr)
石化能源损耗	12.0	4.09 tonnes 石油 eq.
臭氧层破坏	8.2	0.286 kg CFC-11 eq.
空气的人体毒性	7.0	90.7 kg 毒性
废弃物处理	6.1	7.19 tonnes
水资源开采	5.4	418000 liters
酸沉降	5.1	58.9 kg SO ₂ eq.
生态毒性	4.3	178000 m ³ 毒性
水体富营养	4.3	8.01 kg PO ₄ eq.
光化学烟雾	3.8	32.2 kg 乙烯 eq.
矿石资源开采	3.5	5.04 tonnes
水体的人体毒性	2.6	0.0275 kg 毒性

下面以开采 1t 矿石为例说明生态点的计算。

特征影响=1t 矿石

典型英国公民的特征影响=5.04t 矿石

标准影响=1/5.04=0.198

加权指数=3.5

矿石资源开采方面的生态点=0.198×3.5=0.693

BRE 的环境概貌法是目前较先进的全生命周期的建材对环境影响的定量评估方法。

环境概貌法同样也可以评估建筑构件对环境的影响，如楼板、门、窗等。为确保其可靠性，每种建材的环境概貌每一年检验一次，每三年重新计算一次。但 BRE 的环境概貌法有三方面的不足，一是加权系数是 BRE、各行业协会和政府部门对各环境影响方面重要程度的感知认识，主观性强；二是环境概貌法没有给定生态建材的生态点标准；三是由于测量的难度较大，评估内容没有涉及建材对野生动植物及其群落的影响。

实践应用

英国“贝丁顿零能耗发展”社区（Beddington Zero Energy Development，简称 BedZED）是世界第一座零能耗住宅社区和第一个大规模的“碳中性”社区。为了最小化社区对环境的影响，BedZED 选择建筑材料时，除考虑建材的性能和经济性外，还使用 BRE 的环境概貌法评估每种可用建材的生态点，选择对环境影响最小的建材。以建筑护墙板、钢材、楼板为例，简要介绍一下环境概貌法在 BedZED 项目的应用。

满足建筑外墙外保温层的保护功能的护墙板建材有四种：当地橡木、经过防腐处理的软木、砖块和 PVC-u 材料。从图 1 可以看出木材对环境的影响较小，当地未干燥的橡木，富含丹宁酸能够有效的抵御风化和虫害的侵袭，不需要进行防腐处理，相对于防腐软木，不排放挥发性有机化合物，在光化学烟雾方面的生态点为零；砖块、PVC-u 材料的生态点较大，其中 PVC-u 材料的生态点最大，在气候变化、石化能源损耗两方面的影响尤其严重。综合考虑 BedZED 社区建筑立面和经济因素，选用当地橡木和砖块作为护墙板的建筑材料，见图 2。

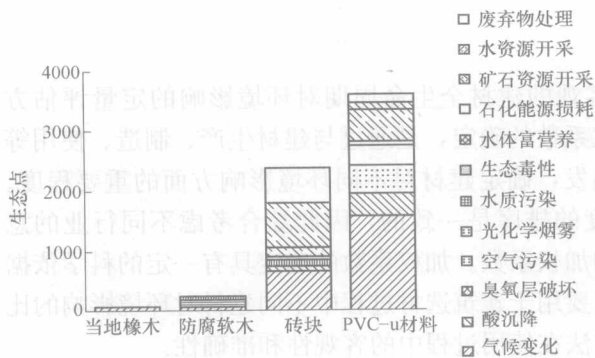


图 1 护墙板建材的生态点比较
(数据来源: 根据 BedZED 项目报告《Beddington Zero (Fossil) Energy Development》绘制)

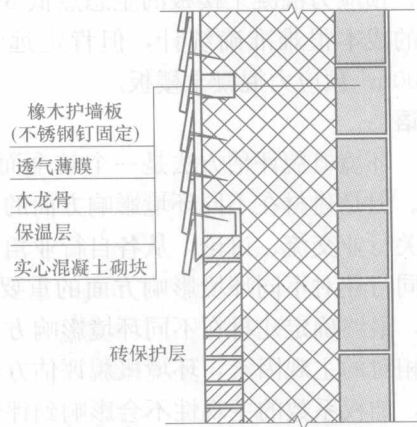


图 2 BedZED 社区外墙构造图
(数据来源: 根据 BedZED 项目报告《Beddington Zero (Fossil) Energy Development》绘制)

钢材是高能耗、高污染的资源性产品，在建筑行业是不可缺少的主要材料。BedZED 项目计划用钢 103 吨，工程技术人员论证了回收钢材再利用的可行性，并且制定了再利用的技术细则。对回收钢材进行的喷砂、装配、上漆的过程会对环境产生影响，BedZED 项目使用环境概貌法评估，比较回收钢材和新钢材的生态点。从图 3 可以看出，回收钢材的生态点比新钢材的低 1000，因此项目 95% 的结构用钢材都是回收钢材，是从周围 35 英里范围内的拆毁建筑回收的，主要用于社区工作空间的钢框架。