

国内外建筑能耗基准评价工具的研究与应用

同济大学 郑晓卫 潘毅群 黄治钟

上海市节能监察中心 楼振飞

华东建筑设计研究院有限公司 吴刚

摘要:介绍了建筑能耗基准评价方法和国外建筑能耗数据库的发展动态以及两个著名的建筑能耗基准评价工具。简要叙述上海市商用建筑信息数据库和商用建筑能耗预测工具的研究情况。

关键词:基准评价; 数据库; 能耗指标; 节能措施

Research and Application of Building Energy Benchmarking Tools in the World

Zheng Xiaowei Pan Yiqun Huang Zhizhong

Lou Zhenfei Wu Gang

Abstract: The paper introduces building energy benchmarking method and the development of building energy databases in the world. Two famous building energy benchmarking tools are presented. The research on Shanghai commercial building information database and the prediction model of the energy consumption of commercial buildings is elaborated briefly.

Keywords: benchmarking; database; EUI (Energy Use Intensity); ECM (Energy Conservation Measure)

引言

当今能源紧缺,而且中国建筑能耗已占社会总能耗的20%以上^[1],并有继续上升的趋势。因此建筑节能的重要性显而易见。近年来,国内外专业人士致力于建筑节能领域的工作,取得了一系列成果,其中包括开发建筑能耗模拟软件,建立建筑能耗数据库等。国内学者进行了许多建筑能耗的

调查统计,并编制了建筑能耗统计软件。但是,目前我国建筑能耗统计属于能源统计,还没有较完善的建筑能耗数据库,数据也没有得到充分利用。本文对建筑能耗基准评价理论以及国外两个基于建筑能耗数据库的建筑能耗基准评价工具作介绍,并简要阐述目前我们建立上海市商用建筑信息数据库^[2]和开发商用建筑能耗预测工具所进行

【作者简介】 郑晓卫(1980-),男,湖北黄冈人,同济大学在读硕士研究生,研究方向:建筑节能

的初步研究工作。

1 基于建筑能耗数据库的建筑能耗基准评价

1.1 建筑能耗基准评价的含义

商业过程中的基准评价(benchmarking)是全面质量管理(Total Quality Management)的组成部分^[3]。同时基准评价也是学习过程(Learning Process)的一部分。学习过程是指为分析某机构与其它机构商业过程的差异提供指导性框架。建筑能耗基准评价,同商业过程中的基准评价类似,其过程可通过图1表示。首先评估确认核心问题,其次收集内部数据,与外部数据分析比较,得到分析结果,最后提出改进措施并加以执行。

建筑能耗基准评价是通过比较某栋建筑与相同类型、相同功能的建筑的能耗特性来对其耗能状况进行评价。通过基准评价,建筑业主或管理者可以了解自己建筑运行情况,对比该建筑与其它类似建筑的能源消耗差异,确立提高能耗特性目标,促进资产评估,并通过此评价获得行业声誉。在建筑设计和建筑改造阶段过程中,建筑能耗基准评价同样可以评价建筑设计是否合理。在对目标建筑进行单独能源审计或多重能源审计时,建筑能耗基准评价是用来评估拟采取的节能措施的重要方法。

1.2 建筑能耗数据库

建筑能耗数据库是开发建筑能耗基准评价工具的基础。利用数据库中的建筑能源消耗数据和影响建筑能耗的各种因素的数据(如建筑面积,建筑使用情况,建筑冷热源形式等)之间的内在联系可尝试建立建筑能耗基准评价模型。同时通过建筑能耗数据库有利于了解国家或地区的建筑能耗的基本状况,为政府提出节能目标和制定节能措施提供有力的数据支持。因此建立建筑能耗数据库是有非

常必要的。

目前数据库的数据收集方法有问卷调查、电话采访和在线调查。数据范围包括建筑基本信息,建筑使用情况,空调系统信息,建筑能耗状况等等。在这些数据中,对于建筑能耗基准评价的两个最关键的数据是建筑面积和全年能耗。其中,全年能耗包括电、燃气、油、煤等各种能源的消耗量。根据这两个数据可以计算出能耗指标(EUI)——单位面积全年能耗。

美国在建筑能耗数据库的建设方面已经取得了丰硕的成果。目前使用较广的数据库有美国能源部(DOE)的CBECS和加利福尼亚州的CEUS。这两个数据库数据量较大,其数据被用来开发建筑能耗基准评价工具,例如Energy Star就是在CBECS的基础上建立的。还有一些其它的数据库,如HRG和EPRI,分别收集的是旅馆和医院的数据,它们收集的数据有较强的针对性,比如数据集里还包括房间和床位等属性数据。

1.3 建筑能耗基准评价方法

Sartor等学者^[4]把建筑能耗基准评价方法分为4类。

1) 统计分析

美国劳伦斯·伯克利国家实验室(LBNL)运用统计分析方法开发了prototype research工具^{[3][4]}。该工具分析某栋建筑与相同类型尺寸的类似建筑的能耗指标差异,并对其能耗情况进行评价。这个工具以直方图的形式表现出来,X轴表示能耗指标(EUI)——单位面积能耗,Y轴表示类似建筑在各能耗指标下所占的百分比。图中可以显示该建筑的能耗指标及在这些类似建筑中所处的位置。用户在输入基本的建筑数据如建筑类型、面积和全年能耗之后,就可找到其在图2所示的直方图中所处的位



图1 评价步骤

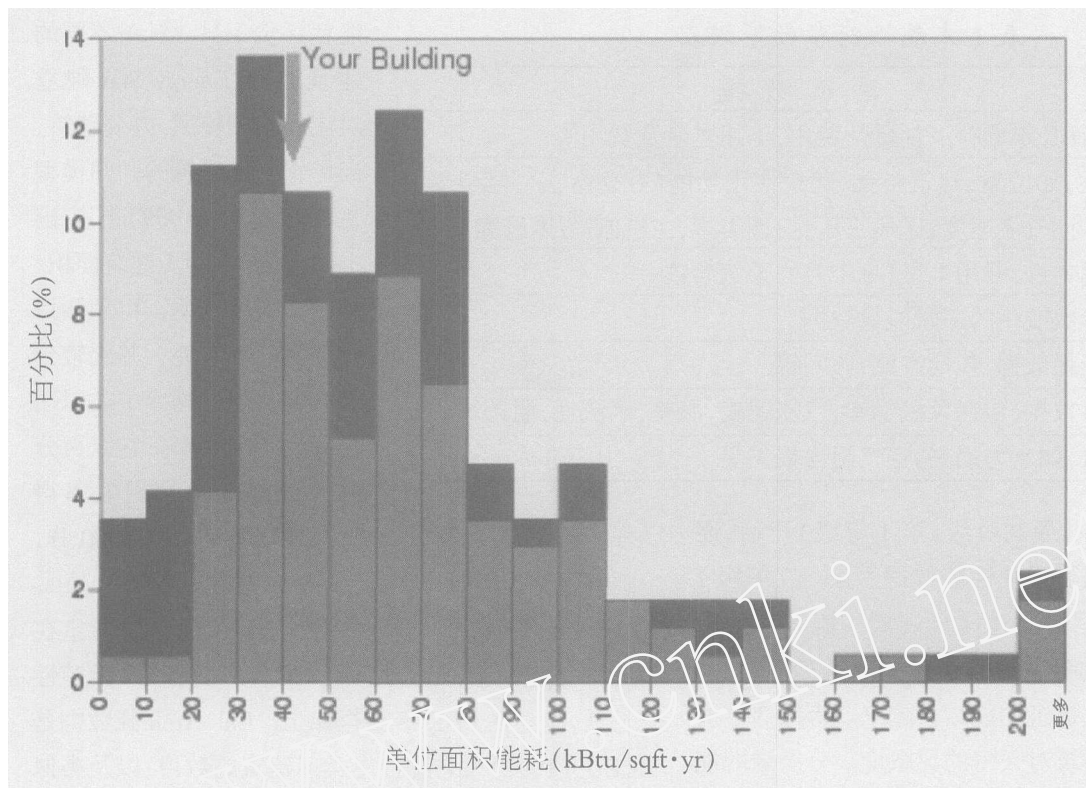


图2 某能耗指标下的建筑基准评价直方图

置。该直方图是建立在 CBECS(1995)的基础上的,当时 CBECS 收集了美国大约 6000 栋建筑数据^[5]。

统计分析方法只有建立在大型数据集上才能产生相对合理的结果。该方法对学校等类型建筑的基准评价可能不是很有效,因为这些建筑功能各异,建筑数据差别较大。建筑能耗基准评价工具 Energy Star 和 Cal-Arch 都使用了统计分析方法,但在表现形式和结果表达方式上有所不同。两种工具的特点将在下文中描述。

2) 基于分值的评估体系

美国 LEED (Leadership in Energy and Environmental Design) 评估体系是按基于分值的方法建立的^[6]。LEED 强调一幢建筑整个生命周期的可持续性。LEED 主要从以下五个方面着手:项目选址的可持续性、改善与提高用水效率、材料与资源的利用、能耗减少与大气污染控制、室内空气质量。该评估体系不是建筑之间相互比较,而是将建筑与最佳标准比较并打分,各项所得分数相加得到 LEED 总分。LEED 将绿色建筑分为 4 个级别,根据分数不

同,设铂金、金、银、铜四个奖项。LEED 满分为 69 分,获得 26-32 分则为铜奖,33-38 分为银奖,39-51 分为金奖,52-69 分为铂金奖。为鼓励整体设计与创新思想,LEED 对于在环保和节能方面有突出贡献的设计给予特别奖励。LEED 评估体系包含一系列评估工具,

它针对新建筑和现有建筑分别开发了评估工具,如 LEED-NC, LEED-EB 等。

3) 基于模型的模拟评价

此方法是运用 DOE-2 等建筑能耗分析软件建立标准建筑模型,计算该模型得到建筑能耗,通过比较分析模拟所得的建筑能耗与目标建筑的实际能耗来评价目标建筑。在建模过程中,输入的数据为实际建筑的数据,包括:建筑地址、建筑材料(墙体、玻璃等)、换气量、温湿度、照明、空调设备、冷热水机组、租用率、设备运行时间等。这种方法可以分析一些引起能耗变化的因素,并能在设计阶段分析可能出现的问题。但这种方法的缺点是模型的校验(用建筑的实际能耗数据)工作难度比较大。目前,这种评价方法使用广泛,本文不加赘述。

4) 分级末端能耗性能指标

该方法是对末端能耗性能指标分级,逐级评价建筑。一般情况下,一栋建筑物性能参数分级如表 1 所示。

表 1 末端性能参数等级表

| 等级 | 建筑数据 |
|----|--|
| 1 | 总建筑面积,年燃料消耗量及费用,年用电量及费用等。 |
| 2 | 建筑属性,如位置,建筑类型,建筑使用功能(办公室,公共区域等比例);设计气流速度,送风正压;空调类型,主机制冷/热量等。 |
| 3 | 月燃料消耗量,月用电量,每个月的天气参数 |
| 4 | 随天气参数变化的逐时能耗数据 |
| 5 | 末端月能耗数据,包括空调,照明等 |
| 6 | 末端逐时数据(包括风机功率,气流速度,温差,水流速,温升等) |
| 7 | 其它参数,如水力损失,空气阻力损失等 |

首先,此方法从最高等级(第 1 等级)开始,逐级深入,直到收集到系统性能数据为止。在等级 1 中,建筑性能数据可通过建筑规划和能源费用获得。而等级 2 中的参数建立起来的度量指标,能把建筑能耗与气候及建筑功能结合起来。等级 3 中的参数是用来衡量建筑对天气的灵敏度。分级末端能耗性能指标方法在鉴定某设备的节能潜力方面是必要的。

虽然这些性能参数很重要,但也需要其它数据来解释。这些数据包括运行时间、设备类型、设备制造时间、设备负荷等。如果仅仅使用前四个等级参数,可能会判断错误,因为能耗指标低并不意味着该建筑节能。因此等级 5 和 6 中的性能参数也很重要,对于智能建筑尤其于此。

2 建筑能耗基准评价工具

2.1 国外建筑能耗基准评价工具

建筑能耗基准评价工具是一种新型的能耗评估工具。目前世界上很多国家已经开展了建筑能耗基准评价工具的开发工作。据不完全统计,截至 2004 年,世界上建筑能耗基准评价工具将近有 30 种^[7]。这些工具大多数是在线工具,用户填写自己的建筑物信息后,工具自行分析,得到该建筑物的能耗状况,以及与其它类似建筑间的能耗状况比较。

2.2 Energy Star 与 Cal-Arch

Energy Star 是美国环保局(EPA)推出的建筑

能耗评价工具。针对不同的建筑类型,Energy Star 建立对应的回归模型。办公建筑,商场,医疗建筑的回归模型是在 CBECS(1999)的基础上建立的^[9]。输入建筑面积、运行时间等数据,可预测目标建筑的年能耗,并比较分析该建筑与数据库中类似建筑物的能源效率。它以百分制来计算能源利用效率得

分。例如,在美国,如果一座建筑物初的得分为 60 分,则表明其能源效率要高于 50% 的类似建筑物。

Cal-Arch 是美国劳伦斯·伯克利国家实验室在 Arch 工具的基础上进行开发的。Arch 是一个示范性工具,建立在 CBECS 数据库上。Cal-Arch 源数据是 CEUS(1992)^[8],它统计出类似建筑的数目,以及类似建筑的能耗指标分布情况,并用直方图表示。直方图指出目标建筑的能耗指标和比类似建筑能源效率高的比例图示。

Energy Star 和 Cal-Arch 的特点如表 2 所示。

3 上海市商用建筑信息数据库和商用建筑能耗预测模型的研究

由于国家地理位置、建筑材料、设备管理水平等差异,在借鉴国外相关研究成果和实践的基础上,我们尝试建立自己的商用建筑信息数据库并在此基础上开发建筑能耗基准评价工具。目前,上海市商用建筑信息数据库^[9]已经初步建立,收集了大约有 90 多栋建筑物的详细信息。该数据库中,数据包括建筑信息和能耗数据两部分。建筑信息主要包括基本信息、空调系统信息和建筑使用情况。其中,基本信息包括竣工年份、建筑面积、层高、围护结构、玻璃材料、建筑功能分区等信息;空调系统信息包括空调冷热源、空调系统形式、新风系统、冷却塔容量等信息;建筑使用情况包括空调运行时间、建筑使用时间等信息。能耗数据部分则包括了该建筑近几年全年各月的用电、用气、用油等能源的使用情况。同时,建筑能耗预

表2 Energy Star 和 Cal-Arch 工具比较

| | Energy Star | Cal-Arch |
|---------|--|--|
| 数据来源 | CBECS, HRG, EPRI | CEUS |
| 数据收集范围 | 美国 | 美国加利福尼亚州 |
| 数据调查手段 | 电话调查, 计算机辅助 | 在线调查 |
| 需标准化的数据 | 能耗数据用平均气象年(30年)标准化; 单位面积年能耗标准化。 | 单位面积年能耗标准化; 能耗数据不需要标准化; 同一气象区域下类似建筑能耗指标比较需标准化。 |
| 统计模型及特点 | 线性回归模型, 不同建筑类型回归模型不同; 可预测建筑能耗指标; 目标建筑能耗指标与平均气象年(30年)下得出的能耗指标相比较; 能耗指标计算时应考虑计算机中心, 车库, 游泳池等引起的能耗变化。 | 能耗分布评价模型; 目标建筑与在同一气候区域下的相同类型和尺寸的建筑比较; 建筑实际能耗指标不随着天气和其它因素变化而变化。 |
| 输入内容 | 地区位置, 建筑类型, 建筑特点(面积, 租用率, 运行时间等), 能耗数据。 | 建筑类型, 地区位置, 建筑面积, 能耗(电, 燃气等)。 |
| 输出内容 | 得分制, 按百分制计算; 分数大于或等于75分的建筑可获得"能源之星"标签。 | 直方图, 它表示目标建筑及类似建筑的能耗指标; 能耗基准评价分析结果; 以及建筑概况。 |

测工具的研究也在进行之中。

4 结论

建筑能耗基准评价为我们迅速分析建筑物的大致能耗状况提供了便捷的途径。它有助于建筑业主了解自己建筑能耗情况和采取节能措施。它促进建筑节能工作的开展, 为政府节能方针的制定起到一定指导作用。但是, 当前我国有关建筑能耗基准评价的工作处于起步阶段, 还没有建立比较完善的国家或地区建筑能耗数据库, 建筑能耗基准评价工具的研究更是远远落后于国外先进水平。

目前我们的工作中存在着数据库中建筑数量有限, 缺失数据较多等问题。因此我们将继续增加数据库中数据量, 探索解决缺失数据的方法, 找出建筑能耗的影响因子, 研究和开发商用建筑能耗预测工具。

参考文献

[1] 胡平放, 向才旺, 丁学俊, 江章宁, 中国建筑能

耗现状特征. 武汉城市建设学院学报, 1998, Jun. 15(2)

[2] <http://www.3e-energy.com.cn/Energy/>

[3] Nance E. Matson, Mary Ann Piette. Review of California and National Benchmarking Methods. April 1, 2005

[4] Satkartar Kinney, Mary Ann Piette. Development of a California Commercial Building Benchmarking Database. May 2002

[5] Dale Sartor, Mary Ann Piette, William Tschudi. Strategies for Energy Benchmarking In Cleanrooms and Laboratory-Type Facilities. June 2000

[6] <http://www.usgbc.org/>

[7] <http://poet.lbl.gov/cal-arch/links.html>

[8] Satkartar Kinney, Mary Ann Piette. California Commercial Building Energy Benchmarking Final Project Report. Lawrence Berkeley National Laboratory. May 2003