

Review on Energy Consumption Evaluation Index and Energy Saving of University Campus

Jing Cui

College of Civil and Architectural Engineering, Hebei United University, Tangshan
Email: 1045417653@qq.com

Received: Jun. 1st, 2014; revised: Jun. 28th, 2014; accepted: Jul. 8th, 2014

Copyright © 2014 by author and Hans Publishers Inc.
This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).
<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

Abstract

Building energy efficiency is the primary task of energy conservation of the present stage, and campus building energy consumption accounts for an increasing proportion of total energy consumption, which has become a top priority in building energy efficiency. This paper summarizes the energy evaluation indexes that can be used in several campus building at home and abroad and research methods. At the same time with the famous university as an example, it enumerates its energy saving measures made in the campus, and puts forward some prospects for building a green campus in the future.

Keywords

Campus, Energy Consumption Evaluation Index, Energy Efficiency

高校校园能耗评价指标与节能综述

崔 晶

河北联合大学建工学院, 唐山
Email: 1045417653@qq.com

收稿日期: 2014年6月1日; 修回日期: 2014年6月28日; 录用日期: 2014年7月8日

摘要

建筑节能是我国现阶段节能减排的首要任务，而校园建筑能耗占建筑总能耗的比重日益增大，成为了建筑节能中的重中之重。本文首先对国内高校的能耗进行分析，进而归纳总结了几种国内外可用于校园建筑的能耗评价指标及研究方法；同时以各知名大学为例列举了其在校园节能方面所做的措施，并对未来构建绿色校园提出了一些展望。

关键词

校园，能耗评价指标体系，节能

1. 引言

近几年来，随着我国经济和科技的快速发展，人们的生活水平逐步提高，导致了人们对能源的过度消耗，特别是作为人流量大、系统复杂的大学校园，在能源消耗中占有很大比重。对校园能耗进行研究，能为校园的节能工作提供大量的基础数据和资料。但是，目前我国在校园节能方面还存在着一些不足。为此，我们从校园节能入手，通过评价指标的计算，建立有效的能耗评价指标体系，一方面可以方便了解建筑能耗的总体情况，找出建筑用能中存在的问题，进而提出节能方案；另一方面可以检测建筑能耗问题不同方面的动向，以利于今后校园建筑节能工作的进一步开展。

2. 高校校园建筑能耗概况

高校作为教育和科研基地，在我们的学习和生活中扮演着重要的角色，但是高校校园作为能源消耗大户，也面临着许多挑战。据不完全统计，到 2012 年，全国高校达到 2700 多所，在校师生 3000 多万人，校园建筑总面积达到 78,000 多平方米，比上一年增长 4.7% 左右。校园能耗主要集中在电耗、水耗、气耗上，电耗在学校的能耗中占很大比重，主要包括照明用电、混合设备用电、空调制冷和供暖用电及风机、水泵用电等。自高校扩招以来，校园的能源消耗费用大幅度增长，其中用水、用电能耗达到学校总耗电量的 40% 以上[1]。

高校是能源消耗大户，不同地区、不同功能类型的建筑能耗各部相同，校园能耗的特点主要有：

- 高校建筑类型多，能耗种类也多。校园不仅有教学楼、科研楼、行政办公楼等公共建筑，而且有宿舍楼等居住建和食堂、浴室等生活辅助建筑，建筑类型的多样化必然能导致能耗种类的多样化。
- 校园能耗具有明显的季节性。由于高校在 1 月下旬到 2 月中旬和 7 月上旬到 8 月下旬放寒、暑假，校园能耗会明显下降，而 1 月是一年中的最冷月，7、8 月是一年中的最热月，能耗量会明显上升。
- 高校耗能设施较单一，使用时间相对集中。高校中大部分的建筑耗能设施比较陈旧、简单，而且学生的学习和生活作息具有规律性，能耗会比较集中。
- 高校节约潜力巨大。高校绝大部分都是文化素质较高的广大师生，素质高，节能意识较强。同时，高校作为教育和科研基地，可以研究更多的节能技术，为节约型校园的建设做出积极贡献。

3. 研究现状

3.1. 能耗评价指标的研究现状

3.1.1. 国内能耗评价指标的研究现状

在国外对建筑节能评价指标研究的带动下，以及我国持续、稳定、快速发展的要求下，国内对建筑

节能评价指标的研究也不断的发展和壮大起来。

薛志峰, 江亿[2]在建筑能耗调查统计数据的基础上, 结合国外的商业建筑能耗指标的研究方法, 提出了建立我国的商业建筑能耗评价指标体系。文中对空调系统能耗系数(CEC)、全年空调区单位面积电耗系数(AEC)、用能强度指标(EUI)、设计建筑物的年能耗费用(DEC)、标准建筑物的年能耗费用(SEC)等建筑能耗评价指标进行了总结。

丁力行[3]等以夏热冬冷地区为例, 建立了建筑节能综合评价指标体系, 该体系中的重点是环境和建筑围护结构的参数, 并将暖通空调系统的性能指标包含在能耗分析中, 而没有作为单独的指标。

周辉[4]探讨了办公建筑的空调能耗指标, 他从节能设计角度出发, 提出了外窗综合评价指标及计算方法, 并建立了一套在我国气象条件下办公建筑冷水机组综合部分负荷系数的计算方法, 为我国公建标准的编制做出了有益的工作。

3.1.2. 国外能耗评价指标的研究现状

目前, 国外的能耗评价指标有很多, 应用这些指标可对新建建筑和既有建筑的某些特定能耗进行定性与定量的评价。

用能强度指标(EUI)是指建筑单位面积的总能耗, 简单的建筑面积用能强度指标可以用来衡量商业建筑的能耗性能。Filippm[5]利用阿根廷中部的学校能耗数据及建筑面积来计算其用能强度指标, 并将计算出的用能强度指标整理成了基准表。Shi-Ming Deng、John Burnett[6]对香港 16 座宾馆建筑的能耗进行了调查, 并用 EUI 作为用能指标。

冷水机组或单元式机组的综合部分负荷值(IPLV)是用一个单一数值表示空气调节用冷水机组的部分负荷效率指标。该指标由美国研发, 1988 年被美国空调制冷协会采用, 后来经过两次修改。目前, 全美国的冷水机组都要经过 IPLV 验证[7]。

Monts 与 Blissett[8]论述了对于商业建筑, 采用单一规格化的用能强度指标的局限性, 某些因素可能会造成特殊建筑的能耗比一般类型建筑的能耗高。虽然用能强度指标可作为能耗评价的一个指标, 但很难由此数值单一的判断能耗的使用情况和节能潜力。

3.1.3. 能耗评价指标的不足

随着建筑节能的不断深入, 国内外对能耗评价指标的研究越来越多, 但这些指标存在着许多不足之处:

- 能耗评价指标大部分都包含在节能设计规范和绿色建筑评估标准中, 且主要是从设计角度对建筑用能进行评价, 针对实际运行建筑或既有建筑的能耗评价指标较少。
- 有些指标如 CEC、DEC、SEC 等, 需要构造理想建筑物, 对建筑的能耗计算过程相对复杂。
- 运用 DEC、SEC 指标需要使用计算机软件模拟, 而我国缺少一些相应的气象资料, 模拟结果与实际有很多偏差。

3.2. 校园节能研究现状

3.2.1. 国内校园节能研究现状

近年来, 随着教育事业迅速发展, 校园能耗增长迅速, 为此全国校园纷纷展开了节能减排的行动。

北京大学从节能减排的角度出发, 在技术上实现了全校自备井的自动化控制; 校园绿地采用节水喷灌技术; 在宿舍区建设中水系统; 对校园内单层钢窗进行改造, 降低了室内热能的耗散; 注重节能宣传, 树立学校广大师生员工的节能观念等。

同济大学在校园节能方面综合考虑了学校建筑大空间的特征以及它的使用条件和自然条件, 探索出

了自然通风技术、空调新风预冷预热技术、地面送风技术、被动式和主动式建筑节能技术，经过节能改造，综合节能率超过 65%。2010 年 6 月同济大学建造了绿色低碳的“太阳能竹屋”，竹屋集成了多项建筑节能技术和节能系统。

复旦大学通过对个人行为对能耗的影响以及符合复旦校园特点的个人节能减排措施来分析探讨低碳校园的建设。通过相关的调查问卷及分析得出，校园建筑的功能性能耗管理水平较低，在此基础上学校提出了低碳校园建设管理系统，在整个校园有效地实施节能减排，并建立低碳校园。

3.2.2. 国外校园节能研究现状

早在 1972 年斯德哥尔摩人类环境会议最先提出了“绿色学校”的理念。高校作为科研和社会活动的场所，世界著名大学在节能减排的研究和行动方面都做出了表率。

美国麻省理工学院从 2005~2009 年，每年拨出 300 万美元用于节能措施的开发，重点放在节能灯翻新、蒸汽系统更新、制热和通风空调系统的优化上。加州大学伯克利分校将重点放在提高能源效率和发展可再生能源上：建立综合信息管理系统和教室照明系统；根据温度来调控建筑物内部的供暖和制冷。

日本东京大学为了达到减排的目标，制订了建设低碳校园的最优原则[9]——将校园 CO₂ 排放量降到最低，减少其整个生命周期的维护成本。具体措施：1) 安装可视化功率表以控制 CO₂ 排放增加；2) 支持节能设备的更新和替代；3) 导入节能发展模式。

英国诺丁汉大学朱比丽分校的校内建筑充分利用自然光减少人工照明，来达到节约电能的作用。

4. 评价指标体系的研究方法

4.1. 研究方法简介

建立评价指标体系的方法有多种，本文主要介绍以下两种比较常用的方法。

4.1.1. 德尔菲法

德尔菲法作为一种主观、定性的方法，可以广泛应用于各种评价指标体系的建立和具体指标的确定过程。它的实质是集中各方的智慧，经过不断的协商，最终使大家的意见趋于一致。具体是采取匿名的方式，通过多轮次调查专家对问卷所提问题的看法，经过反复征询、归纳、修改，最后汇总成专家基本一致的看法作为预测的结果。

德尔菲法的优点是有效率地归纳结论的一种方式，并且确保了个人的独立思考、自主性、以及无压力式的评鉴模式。缺点是理论基础十分薄弱，无法深入讨论脑力激荡和样本流失的问题，可能出现统计处理的弊病和不同专家小组意见整合的困难。

4.1.2. 层次分析法

层次分析法(AHP)是一种多目标、多准则的决策方法。此法必须将评估目标分解成一个多级指标，每一层与上一层次和下一层次有着一定的联系，并且对于每一层中各因素的相对重要性给出判定，通过两两对比，按重要性等级赋值，进而建立判断矩阵。然后利用数学方法计算每个层次的判断矩阵中各指标的相对重要性权数。最后通过各层次相对重要性权数的组合，得到全部指标相对于总目标的重要程度权数。

AHP 法是通过系统分析把复杂问题分解成有序的递阶层次，基本思想与人们对一个多层次、多因素、复杂的决策问题的思维过程基本一致。它的优点是分层比较、综合优化。缺点是由于受到基础数据的影响，这种方法不可避免带有浓重的主观性色彩。

4.2. 研究方法的应用

我国对节约型校园评价体系构建及应用方法的研究具有一定的理论与现实意义，目前，应用上述两种方法构建校园能耗评级指标体系的越来越多。例如，陈哲[10]以全国的三所高校为例，根据校园的实际情况，从组织及制度建设、资源消耗、节能技术和节能监管体系建设等四个方面出发，选取了相应的能耗指标，利用德尔菲法构建了节约型校园评价指标体系，并运用层次分析法合理地确定了各个指标的权重，在收集三所高校指标数据的基础上，对该高校的节约型水平进行分析。程勇[11]通过对建立校园能耗评价指标体系的重要性出发，运用层次分析法，从“四节一环保”入手，对校园建设情况打分，通过计算各指标权重来客观的反映校园的实际建设情况。郑保[12]以可持续发展理念为指导，主要选取校园在规划、设计、施工和管理等方面的指标，运用德尔菲法，对问卷进行设计、调查及结果分析，并与层次分析法和模糊综合评价法相结合，研究了生态校园评价指标体系，最后以河北工程大学为例，验证了该评价方法的实用性。

5. 结论

虽然目前我国的校园能耗评价指标体系和方法越来越多，同时也得到了广泛的应用，但仍然需要我們进行大量的研究来不断完善，建立更加完整和科学的评价指标体系，对此进一步发展提出了一些展望。

- 加大新能源的利用力度，采用节能技术。学校可以充分利用太阳能对热水加热系统进行改造，积极对废气进行余热回收，在改善室内温度方面多采取地源热泵工程，同时对建筑物外层要进行保温等节能措施，提高节能效率。

- 加大宣传力度，提高全体师生节能意识。高校的宣传教育应该将节能的理念贯穿于师生的学习、工作和生活中，同时还要联合学校学生会等组织，积极组织开展以节能为主要内容的实践活动，通过这种方式让大家逐渐学会节能。

- 建立校园建筑管理考评体系和校园节能监管系统。借鉴国外成功的建筑评估体系，建立符合我国国情的有效的管理机制和量化的考评体系。同时利用校园节能监管系统对各栋大楼内水、电、等各类能耗数据指标实时进行采集、监测，针对发现的不合理的能源使用情况，提出相应的整改意见。

致 谢

时光飞逝，两年的研究生生活就这样过去了，本次论文的写作是在韩莹老师的悉心指导下完成的。韩老师严谨的教学态度给了我极大的动力，在此感谢韩老师对我的关心和指导。除此之外，我还要感谢父母在我求学历程中给予我无微不至的照顾，是他们无私的付出，使我取得了现有的成绩。祝愿你们身体健康，工作顺利。

从这次论文写作中，我学到了很多知识，丰富了自己。在未来的学习和生活中我会更加努力，绝不辜负大家对我的期望。

参考文献 (References)

- [1] 清华大学建筑节能研究中心 (2012) 中国建筑节能年度发展研究报告 2012. 中国建筑工业出版社, 北京.
- [2] 薛志峰, 江亿 (2005) 商业建筑的空调系统能耗指标分析. *暖通空调*, **1**, 37-41.
- [3] 丁力行, 李越铭, 包劲松 (2000) 建筑节能综合评价指标体系的建立——以夏热冬冷地区为例. *建筑*, **1**, 19-22.
- [4] 周辉 (2005) 办公建筑空调能耗指标的研究. 博士学位论文, 同济大学, 上海.
- [5] Filippin, C. (2000) Benchmarking the energy efficiency and greenhouse-gases emissions of school buildings in central Argentina. *Build Environment*, **35**, 407-414.
- [6] Deng, S.-M. and Burnett, J. (2000) A study of performance of hotel buildings in Hong Kong. *Energy and Buildings*, **31**,

7-12.

- [7] 郎四维 (2005) 公共建筑建筑节能设计标准宣贯辅导教材. 中国建筑工业出版社, 北京.
- [8] Monts, J.K. and Blissett, M. (1982) Assessing energy efficiency and energy-conservation potential among commercial buildings: A statistical approach. *Energy*, **10**, 861-869.
- [9] 孙丽霞 (2011) 谈高校低碳校园建设的内涵及其路径. *商业经济*, **11**, 15-17.
- [10] 陈哲 (2010) 节约型校园评价体系构建及应用方法研究. 硕士学位论文, 天津, 天津大学.
- [11] 程勇 (2012) 浅析高等院校节约型生态校园评价指标体系建设. *福建教育学院学报*, **3**, 29-32.
- [12] 郑保 (2011) 生态校园评价体系的研究. 硕士学位论文, 河北工程大学, 邯郸.