

文章编号: 1671-6612 (2022) 06-963-06

某宾馆能源审计及节能潜力分析

张敏¹ 郑敏¹ 马红芳²

(1. 四川省建筑科学研究院有限公司 成都 610036;

2. 成都金发科技新材料有限公司 成都 610200)

【摘要】 建筑能源审计目的在于摸清建筑基本信息和能源使用状况, 分析用能规律, 发现存在的问题, 挖掘节能潜力, 提高建筑能效水平, 降低能源消耗。对某宾馆建筑进行了能源审计, 审计中对建筑能耗进行了全面的调研, 并对实测数据进行分析, 找到该建筑系统中用能薄弱环节, 分析其节能潜力, 为这类建筑后期节能改造提供理论参考依据。

【关键词】 能源审计; 酒店类建筑; 节能潜力; 建筑能耗; 实测

中图分类号 TK018 文献标识码 A

Energy Audit and Energy Saving Potential Analysis of a Hotel

Zhang Min¹ Zheng Min¹ Ma Hongfang²

(1. Sichuan Institute of Building Research, Chengdu, 610036;

2. Chengdu Kingfa SCI.&Tech. Advanced Materials Co., Chengdu, 610200)

【Abstract】 The purpose of building energy audit is to find out the basic building information and energy use status, analyze the energy use law, find out the existing problems, tap the energy saving potential, improve the building energy efficiency level and reduce energy consumption. In this paper, a hotel building energy audit, the audit of building energy consumption for a comprehensive investigation, and analysis of the measured data, find the weak link in the building system, analysis of its energy saving potential, for this kind of building later energy saving transformation to provide theoretical reference.

【Keywords】 Energy audit; Hotel Buildings; Energy saving potential; Building energy consumption; Actual measurement

0 引言

随着我国经济地位的提升, 能耗也越来越高, 目前我国已是全球能源第一消耗大国。如今酒店类建筑不断增加, 使得酒店类建筑的能耗迅速增加, 节能潜力巨大。为了提高酒店的能源管理质量, 促进酒店行业不断向前发展, 有必要对其进行能源审计, 找到建筑系统中用能薄弱环节, 挖掘其节能潜力, 实现能源可持续发展。

能源危机的爆发使得全球各国逐渐意识到能源的重要意义, 并开始重视建筑节能, 国内外学者们对各自国内大型公共建筑进行了能源审计、能耗分析并进行相应的节能改造。

Thomas P C 等^[1-3]对办公楼进行了能源审计, 评估了建筑的节能潜力。研究显示: 有效地操作和使用楼宇系统, 通过自动化系统特别是 HVAC 优化系统, 适当地保养窗户式空调机组, 辐射采暖转为对流采暖, 可大大节省能源, 使办公楼建筑节能可达 30%。

Al-Saadi S N J^[4]等对阿曼炎热气候地区的某图书馆进行了能源审计。通过能源审计确定了能源改造策略, 包括用 LED 灯取代目前的荧光灯, 根据使用时间切换空调系统, 增加恒温器的设定值, 并减少空气的渗透。Alajmi A^[5]对科威特某教学楼进行了一级和二级能源审计, 并做了节能改造分

析。经过能源审计发现该建筑围护结构不符合节能标准,且用电设备等系统也都处于低效率运行状态。进行建筑节能改造后,用软件模拟其能耗,发现节能率达到 49.3%。Calderaro V^[6]等对罗马市某一图书馆的外围护结构进行了节能改造并利用了太阳能被动式系统,从而提高建筑围护结构的性能,降低能耗,促进太阳能的使用。

Kolokotsa D^[7,8]对某知名医院进行了能源审计,发现医院能耗比商业建筑更多,提出了节能措施,如使用变速驱动器在经济上可行且具有较大的节能量,以及采用简单的节能技术可节省高达 10% 的一次能源消耗。

Santamouris M^[9]对希腊 158 家酒店进行了能源审计,在能源审计中分析了制冷、供暖、照明的能耗,并讨论了能源特性对能耗和系统性能的影响。通过能源审计分析,发现建筑具有较大的节能潜力,根据多次模拟结果,得出结论:采用实用的改造技术、材料和新节能系统,有可能达到整体节能 20%。

Florides G A^[10]等基于 TRNSYS 软件,用一个典型气象年和一个典型房屋模型对现代住宅的能量流进行建模和仿真,研究自然通风和控制通风、遮阳、各种类型的玻璃、朝向、建筑形状和热质量对热负荷的影响。研究结果表明,建筑节能效果随建筑保温性能的提升而提升。Cheung C K^[11]等介绍了一种综合被动式设计方法,通过改进建筑围护结构来降低湿热气候高密度城市中的高层住宅的制冷需求。结果表明,该方法可使基础住宅的年需冷量和峰值冷负荷分别节约 31.4%和 36.8%。

Martini I 等^[12-16]在建筑节能和能源审计的其他方面进行了研究,建立了一个建筑能源模块数据库,用来评价建筑物理空间、围护结构、基础结构和设备使用对能耗的影响;基于人工神经网络计算方法,对设备改造前后的能耗数据建立模型,结果表明,节能改造后设备降低了能耗;将数显技术用于显示建筑能源数据;将电动遮阳的综合自动控制方式与可控制的电力照明系统结合使用,根据气候条件和朝向,可使周边空间大幅度降低制冷和照明的能耗。

综上所述,国外学者对办公、学校、医院、酒店以及住宅类建筑进行了大量的能源审计分析,现有研究成果中对办公、学校、医院类建筑研究得较

多,而酒店类建筑节能分析得偏少。从过去多年来酒店类建筑的发展来看,我国酒店的数量和规模都在扩大,这必然导致酒店类建筑能耗的急剧攀升,消耗大量的能源资源。因此,能源审计作为一种节能管理的方法,对于酒店类建筑的节能管理具有很重要的意义,有效的能源审计将成为酒店类建筑降低能源消耗、提高能源利用率必不可少的一部分。

本文通过对某宾馆进行全面的能源审计,对用能系统进行梳理分析,对能源年总能耗及各类能源占比进行计算分析,从而提出具有针对性且切实可行的节能措施,进而为酒店节能管理工作提供理论依据。

1 建筑能源审计内容

建筑能源审计是通过对建筑进行文件审查以及实测调研,对用能单位的能源利用情况进行定量研究分析,对建筑围护结构、动力系统、暖通空调系统、可再生能源系统、水资源利用、建筑室内环境质量等进行监测、诊断和评价,从而发现建筑的节能潜力,提出节能运行和改造的建议。

建筑能源审计根据审计的深度不同将能源审计分为一级、二级、三级,一级旨在掌握建筑和用能系统的基本信息,了解建筑用能总体现状,并通过与国家或地方相关标准对比,判断建筑总体用能水平。二级旨在掌握建筑各分项用能规律和运营管理水平,发现问题,提出节能改造方向。三级旨在通过建筑围护结构、用能设备及系统检测,对建筑性能及用能系统进行详细诊断,分析问题,明确改造方案,并进行节能量和经济性分析。

2 建筑能源审计实例分析

2.1 建筑概况

该宾馆位于四川成都,建筑主要包含 1#楼(含东楼、南楼和西楼)、2#楼、3#楼以及部分辅助用房,总建筑面积约为 132094m²,其中 1#+3#楼 65038m²,2#楼 67056.69m²。

对该宾馆按照《公共建筑能源审计导则》2016 版三级能源审计标准进行审计,不含节能改造措施及其节能量分析,及改造费用和回收期概算。本次能源审计的建筑主要是 1#楼、2#楼和 3#楼。审计周期为三年,从 2016 年 1 月 1 日至 2018 年 12 月 30 日。

2.2 用能系统概况

通过现场检查发现, 该宾馆的能源种类主要分为四类, 燃气、电、水、燃油。该宾馆的用能设备可以分为暖通空调设备、动力设备、餐厨设备、照明插座设备, 其他设备。其中比较特殊的洗衣机房动力设备归入其他设备。

2.3 建筑能耗分析

2.3.1 逐月能耗分析

该宾馆的逐月用电能耗变化图如图 1 所示。

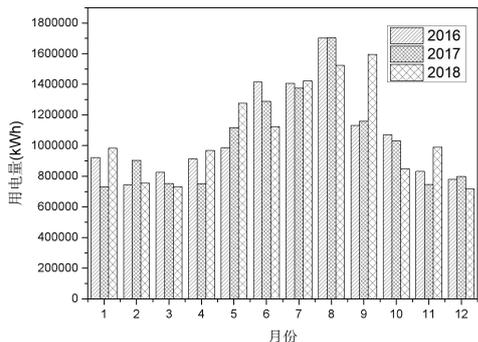


图 1 该宾馆逐月用电能耗变化图

Fig.1 Monthly change of power consumption of the hotel

由图 1 可见 2016 至 2018 年间用电能耗夏季能耗基本高于冬季, 主要是由于夏季采用集中空凋制冷耗电量较大。2017 年的逐月能耗基本表现为低于 2016 和 2018 年。空凋时间基本开始于 5 月, 到 9 月基本结束。

逐月用水变化图如图 2 所示。

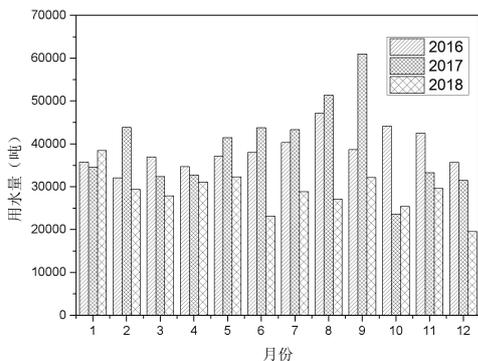


图 2 该宾馆逐月用水变化图

Fig.2 Monthly water consumption change of the hotel

由图 2 可知, 该宾馆 2016 年-2018 年逐月用水量 2018 年明显低于 2016 年和 2017 年, 尤其是 6 月之后, 原因是空凋水路和锅炉水路均存在渗漏现象, 业主发现问题后进行了整改。

逐月用气能耗变化图如图 3 所示。

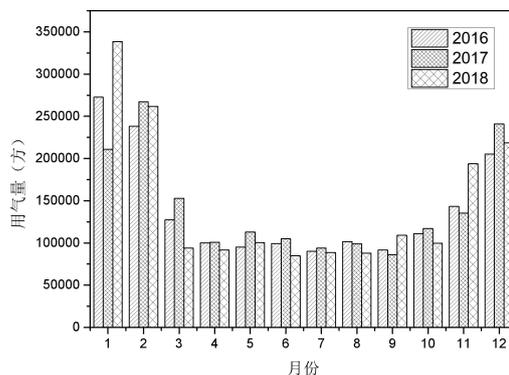


图 3 该宾馆逐月用气能耗变化图

Fig.3 Monthly gas consumption change of the hotel

由图 3 可知, 该宾馆 2016 年-2018 年逐月用气量呈现冬季偏高, 主要是由于冬季供暖是由燃气供给, 其余时间主要是用于生活热水。冬季供热供给时间基本上从 11 月份开始到第二年的 2 月份结束。

逐月用油变化图如图 4 所示。

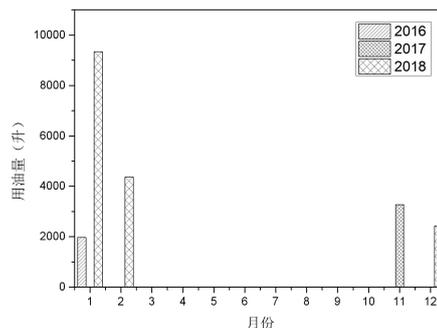


图 4 该宾馆逐月用油变化图

Fig.4 Monthly oil consumption change of the hotel

由图 4 可知, 该宾馆 2016 年-2018 年用油主要集中在冬季, 而且数据体现不稳定性。2018 年 1 月、2 月及 12 月都有使用, 但是 2016 年只有 1 月使用, 2017 年只有 11 月使用。主要原因是锅炉会在天然气供气压力不足的情况下, 使用柴油作为燃料, 2018 年两次停气也使用了柴油作为燃料。

2.3.2 建筑能耗指标及对标分析

宾馆总建筑面积为 132094m², 宾馆工作人员约为 1000 人左右, 每天入住客人为 1000 人左右进行计算。

该宾馆的电、气、油的年平均消耗总量为 3856.1tce, 换算成年平均总消耗电能为 3856.1*1000/0.1229=31376223.3kWh/a, 单位建筑

面积平均能耗为 237.5kWh/m²，按照《民用建筑能耗标准》GB/T51161-2016 版标准要求对标如表 1 所示。

表 1 能源消耗指标对标表（旅馆建筑非供暖能耗指标五星级宾馆）

Table 1 Comparison table of energy consumption indicators (non-heating energy consumption indicators of hotel buildings, five-star hotels)

指标类别	实际值 kWh/（m ² ·a）	约束值 kWh/（m ² ·a）	引导值 kWh/（m ² ·a）
能耗值	237.5	240	180

2.3.3 能源种类占比分析 折算成标煤，水资源不参与折算，计算结果如表 2 所示。将该宾馆的电力、天然气和柴油三年平均能耗

表 2 该宾馆三年平均能耗折算标煤占比（水资源不参与折算）

Table 2 Proportion of converted standard coal in average energy consumption of the hotel in three years (water resources do not participate in conversion)

能源种类	2016-2018 年能源消耗平均值		
	实物量	折标煤量 (tce)	占比 (%)
电力 (kWh)	12672246	1557.4	40.4%
天然气 (Nm ³)	1721646	2289.8	59.4%
柴油 (L)	7126	8.9	0.2%
能源消耗总量 (tce)	—	3856.1	100%
自来水 (m ³)	426745	—	—

注：电力消费 (tce) = 电力实际消耗量 (万千瓦时) * 1.229；天然气消费 (tce) = 天然气实际消耗量 (万立方米) * 13.3；柴油消费 (tce) = 柴油实际消耗量 (万升) * 12.53106。

对表 2 中的数据进行整理，可以得到这三种能源的占比，如图 5 所示。

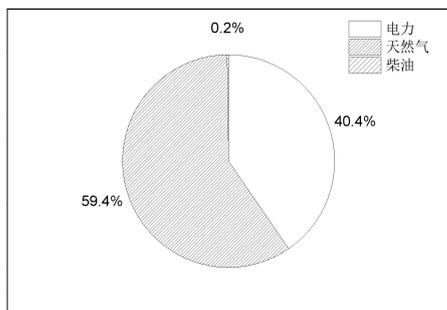


图 5 2016-2018 年电、天然气、柴油平均占比

Fig.5 Average proportion of electricity, natural gas and diesel in 2016-2018

从表 2 和图 5 均可看出天然气和电力是该宾馆的主要能源消耗方式，且天然气对应的年标煤量高于电所对应的年标煤量。因此在节能改造中首先考虑的对象是天然气和电力这两部分能源。

2.3.4 建筑分项能耗结构

通过能耗监测平台和拆分算法可以算出空调、动力、餐厨、照明插座及其他能耗各分项年平均总用电量值。该宾馆的能耗监测平台上的 2016

和 2019 年的数据不全，而 2017 到 2018 年的数据完整，因此主要采用这两年的数据进行分析计算。通过统计分析可得各分项能耗的占比如图 6 所示。

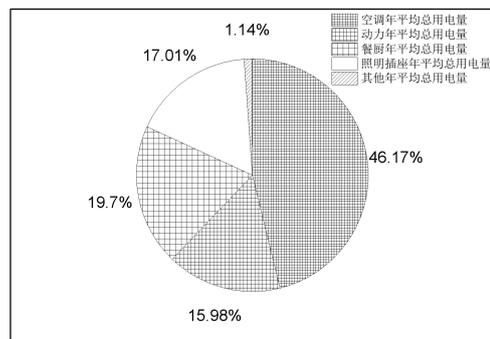


图 6 该宾馆分项能耗占比

Fig.6 Proportion of itemized energy consumption of the hotel

从图 6 可以看出，暖通空调能耗占总能耗的 46.17%，占比最高，其次是餐厨和照明插座，占比分别为 19.7%和 17.01%，动力占比第四。由于该宾馆位于四川成都，属于夏热冬冷地区，在夏季和冬季长时间开启空调，造成空调能耗比较高。其次，由于本次能源审计的建筑是宾馆，该类建筑比较特

殊,宾馆内有餐厅厨房,餐饮区有大量的冷柜、烤箱及其他食品存储、加工等设备,使得餐厨及照明插座的能耗也较高。因此,节能改造中应首先考虑暖通空调分项,其次就是厨房和照明插座分项。

3 节能潜力分析

该宾馆在管理上设置有节能办,宾馆每年都会编制节能报告,对当年的能耗进行分析,并制定次年的节能计划;并制定了节约能源奖惩办法、设备巡视自检制度、操作规程、节能措施、公共区域灯光控制制度等文件。但缺乏能源计量统计制度,能源计量仪器管理制度。现场调研发现,宾馆对正在使用的部分设备种类规格型号和各种配置参数文档记录不全,维护保养信息不全,很多信息都在运行维护人员的脑子里。

而且宾馆近年来实施了多次节能改造,涉及水、电、气多方面,取得了良好的效果。但是巡查中也发现一些问题,如机房冷冻水保温层内存在较多冷凝水,破坏了系统保温性能;新风设备和管道堵塞和漏风较为严重,室外部分新风设备老化严重,管道保温风化严重,新风机全年开启而且定频运行;空调水路和锅炉水路均存在渗漏现象。

结合该宾馆建筑的能耗结构特点和现场调研发现的问题,主要对建筑能源管理、空调系统、厨房以及照明插座系统,提出几点节能改进建议。

(1)有必要对主机、风机、水泵、办公设备等设备信息进行清查和记录,并建立科学档案,以便后期科学化运行和管理。

(2)对空调系统的风系统和水系统的各管道进行清查,更换保温系统,并对有渗漏的管道进行更换。将老化的定频新风设备更换为变频机组,并且在过渡季尽量使用室外新风,其他季节将新风设置为间断开启,即空调开启时则新风开启。客人退房后,服务员应马上关闭房内的空调电源。对缺乏空调系统能耗监控平台的机组,增设能耗监控平台,这样空调机组的运行方式可以更科学,更节能。

(3)对使用时间较长,性能衰减、容量不足,出现故障的锅炉进行更换,提高锅炉能效;在厨房不工作期间,关闭不必要的电源;厨房和餐厅采用节能灯具,且无人备餐或用餐时,做到人走灯灭;使用节能型灶具。以此来降低厨房所带来电力和天然气能耗。

(4)整个宾馆杜绝白昼灯,大明灯,尽量利用自然采光;更换老旧的、发光率低能耗高的照明设施,从而提高照明效率,降低照明能耗;制定照明设施清洗计划表,定期对各设施进行清洗,因为照明设施长时间不清洗的话,会使灯具的照明效果降低,这样为达到一定的照明环境要求,增加照明能耗。

4 结论

通过对某宾馆进行建筑能源审计,其结果表明:

(1)该宾馆能源消耗指标(含电、气、油)按照建筑面积平均为 $237.5\text{kWh}/\text{m}^2$,按照民用建筑能耗标准 GB/T 51161-2016 版标准要求对标发现,没有超过限值 $240\text{kWh}/\text{m}^2$,但是距离指标引导值 $180\text{kWh}/\text{m}^2$ 尚有一定距离,因此还有较大节能空间。

(2)该宾馆建筑中使用较多的能源是电力和天然气,分别占到总能耗的40.4%和59.4%。

(3)通过分析宾馆的年耗电量发现空调占比最高,高达为46.17%,其次是餐厨和照明插座用电,其原因是宾馆类建筑较其他公共建筑有一定的特殊性,首先宾馆内人流量大,对空调的需求大,再有通常宾馆内含有大型的厨房餐厅,用电设备复杂且多。

(4)该宾馆在能源资源管理方面,有相对完善的制度,有自己的一个节能办,每年会制定节能计划,编制节能报告。但缺乏能源计量统计制度,能源计量仪器管理制度,在这方面还有待完善。

本次建筑能源审计只对一个宾馆进行了调研实测,并不能完全代表这类建筑的能耗特点,但通过对该宾馆建筑进行能源审计,可以大概了解该类建筑的能耗特点,为今后这类建筑的节能改造提供理论参考。

参考文献:

- [1] Thomas P C, Natarajan B, Anand S. Energy conservation guidelines for government office buildings in New Delhi[J]. Energy and Buildings, 1991,16(1-2):617-623.
- [2] Iqbal I, Al-Homoud M S. Parametric analysis of alternative energy conservation measures in an office building in hot and humid climate[J]. Building &

- Environment, 2007,42(5):2166-2177.
- [3] Colmenar-Santos A, Lober L N T D, D Borge-Diez, et al. Solutions to reduce energy consumption in the management of large buildings[J]. Energy & Buildings, 2013,56(JAN.):66-77.
- [4] Al-Saadi S N J, Ramaswamy M, Al-Rashdi H, et al. Energy management strategies for a governmental building in Oman[J]. Energy Procedia, 2017,141:206-210.
- [5] Alajmi A. Energy audit of an educational building in a hot summer climate[J]. Energy and Buildings, 2012,47: 122-130.
- [6] Calderaro V, Agnoli S. Passive heating and cooling strategies in an approaches of retrofit in Rome[J]. Energy and Buildings, 2007,39(8):875-885.
- [7] Kolokotsa D, Tsoutsos T, Papantoniou S. Energy conservation techniques for hospital buildings[J]. Advances in Building Energy Research, 2012,6(1): 159-172.
- [8] Saidur R, Hasanuzzaman M, Yogeswaran S, et al. An end-use energy analysis in a Malaysian public hospital[J]. Energy, 2010,35(12):4780-4785.
- [9] Santamouris M, Balaras C A, Dascalaki E, et al. Energy conservation and retrofitting potential in Hellenic hotels[J]. Energy and Buildings, 1996,24(1):65-75.
- [10] Florides G A, Tassou S A, Kalogirou S A, et al. Measures used to lower building energy consumption and their cost effectiveness[J]. Applied Energy, 2002,73(3-4):299-328.
- [11] Cheung C K, Fuller R J, Luther M B. Energy-efficient envelope design for high-rise apartments[J]. Energy and buildings, 2005,37(1):37-48.
- [12] Martini I, Discoli C, Rosenfeld E. Methodology developed for the energy-productive diagnosis and evaluation in health buildings[J]. Energy and buildings, 2007,39(6):727-735.
- [13] Song Y, Akashi Y, Yee J J. A development of easy-to-use tool for fault detection and diagnosis in building air-conditioning systems[J]. Energy and Buildings, 2008,40(2):71-82.
- [14] Yalcintas M. Energy-savings predictions for building-equipment retrofits[J]. Energy and Buildings, 2008, 40(12):2111-2120.
- [15] Haberl J, Sparks R, Culp C. Exploring new techniques for displaying complex building energy consumption data[J]. Energy and buildings, 1996,24(1):27-38.
- [16] Tzempelikos A, Athienitis A K. The impact of shading design and control on building cooling and lighting demand[J]. Solar energy, 2007,81(3):369-382.