

热泵技术改造项目节能量化方法研究

罗景辉, 王侃宏, 崔志强, 杨震, 刘梦男

(河北工程大学 城市建设学院, 河北 邯郸 056038)

摘要: 以节能量化标准的热泵技术改造项目作为研究对象, 在研究《节能量测量和验证技术》GB/T28750-2012的基础上, 结合热泵技术改造项目自身的特征, 给出热泵技术改造项目的节能量化方法。并通过实例验证了本方法的可行性, 同时也验证了在对本类项目节能量化时将能耗影响因素调至同等条件下, 才能对节能量进行科学合理的评价, 本文为热泵技术改造项目开展第三方节能量审核和合同能源管理项目节能量的验证提供科学的方法。

关键词: 热泵; 改造; 节能; 测量和验证

中图分类号: TU111.19+5

文献标识码: A

The research on energy saving quantitative method to heat pump technology renovation project

LUO Jing-hui, WANG Kan-hong, CUI Zhi-qiang, YANG Zhen, LIU Meng-nan

(Institute of Urban Construction, Hebei University of Engineering, Hebei Handan 056038, China)

Abstract: The text aims at the heat pump technology renovation project, combining with the characteristic of heat pump technology renovation project, heat pump technology renovation project of energy quantization method is proposed based on studying "section, energy measurement and verification technology" (GB/T28750-2012). And the feasibility of this method is verified by examples. This kind of project is verified when the energy quantization factors affecting energy consumption will be dispatched to the same conditions, in order to make scientific and reasonable evaluation on the energy saving, this paper will promote third party classes for the heat pump technology renovation project section energy audit and energy saving energy contract management project validation provides the scientific method.

Key words: heat pump; renovate; energy saving; measurement and verification

目前节能量化方法主要是参照《国际性能测量和验证协议》、《节能量测量和验证程序》对项目的节能效果进行量化。其中,《国际性能测量和验证协议》只是笼统给出了: 隔离改造部分测量关键数据; 隔离改造部分测量全部数据; 整体耗能设施; 经校准的模拟这四种测量方法^[1]。《节能量测量和验证技术定则》只是简单说明了节能量测量程序、测量方案和核证方法^[2]。它们均未对不同类型的项目给出相应的量化方法。本文对热泵改造项目进行研究, 提出针对本类项目的节能量化方法, 具有重要的应用意义。

1 项目节能量化

节能量不能通过测量直接获得, 它需要对比改造前的能耗与改造后的能耗得出。整个节能量的得出主要是围绕改造前能耗和改造后能耗的获得展开^[3]。对项目节能量化主要包括确定项目边界、在项目边界范围内确定基期和统计报告期、根据项目在基期和统计报告期内的能耗状况计算出基期能耗和统计报告期能耗, 经调整后得出项目的节能量。

收稿日期: 2014-10-11

作者简介: 罗景辉 (1987-) 男, 河北衡水人, 硕士, 助教, 从事新能源及可再生能源的开发及利用。

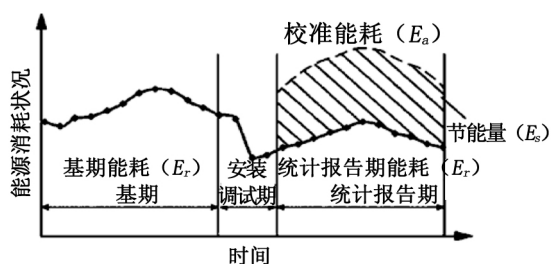


图1 节能量化相关参数示意图

Fig.1 Relevant parameters of section schematic of energy quantization

1.1 确定项目边界

任何工序或设备的能源利用效率和节能量的分析,都需要确定一个明确的研究对象,称之为系统边界,只有明确了系统边界才能进一步明确节能量监测所需要的计量仪表,才有可能最终对节能量进行计算和分析。项目边界的确定需根据节能量计算的目的、项目实施的内容、用能流程等确定。若选择的边界较大,分析监测成本较大,且抓不住主要矛盾。若选择的边界范围过小,则有可能造成分析监测漏项,节能量计算不准确^[4]。

热泵技术改造类项目根据改造的内容、节能量计算的目的,边界的选择主要有以下两种:

1) 若节能量测量与核证的目的包括以下一种或多种情形时,项目应以空调与采暖系统的冷热源系统作为边界(仅评价热泵技术改造对冷热源节能效果的影响;仅对空调与采暖系统进行热泵技术改造,其它条件不发生变化)。

2) 若进行节能量测量与核证的目的包括以下一种或多种情形时,项目的边界应包括整个空调与采暖系统(评价热泵技术改造对整个空调与采暖系统节能效果的影响;对空调与采暖系统进行热泵技术改造的同时也进行了其它技术改造,且这些技术改造部分不容易隔离出来;对空调与采暖系统进行热泵技术改造的同时也实施了节能管理措施)。

1.2 项目基期和统计报告期的确定

项目基期的确定。基期是空调与采暖系统热泵技术改造项目节能量测量与核证时选取能够代表空调与采暖系统运行规律的,节能改造实施前的时间段,一般情况为一个完整的制冷季和采暖季时间。假如改造前一年未能正常供冷或采暖,取前三年作为基期。

统计报告期的确定。统计报告期是空调与采

暖系统热泵技术改造项目节能量测量与核证时选取的能够代表空调与采暖系统运行规律的,节能量改造实施后的时间段,原则上覆盖空调与采暖系统完整制冷季和采暖季的运行时间。

1.3 基期与统计报告期能耗的确定

基期能耗的确定。基期能耗即基期内项目边界范围内所有用能设备的总能耗,若业主对空调与采暖系统的用能设备进行了单独而又完整的计量,可以通过查询企业能源统计台账、购能发票、付款记录、企业生产台账(财务帐为准)获得。若业主没有对空调系统的能耗进行单独而又完整的计量,可以通过设备的功率、负载系数、运行时间、运行状况经过理论计算获得。将不同能源的能耗折算成标准煤,得到项目基期能耗。

但是当遇到以下种类的项目在确定其基期能耗时需要确定项目的校准能耗。校准能耗是指根据基期能源消耗状况及统计报告期条件推算得到的,项目边界内用能单位、设备、系统不采用该节能措施时的能源消耗总量^[5]。

在仅研究冷热源改造生产的节能量时,改造前后建筑的维护结构、输配管网发生了变化;改造后项目实施了节能管理措施。

统计报告期能耗的确定。项目建成正常运行后,项目业主应该配备完整的计量器具。建立完善的能源统计与上报制度,对边界范围内的重点用能工艺设备运行进行监测^[6]。统计出整个采暖期和制冷期的能源消耗量,最后将能源消耗量折成标准煤。

1.4 节能量确定方法

对采用热泵系统作为冷热源进行制冷和热源进行采暖项目进行节能量量化时,需要将制冷季和采暖季的节能量区别开来计算,制冷季节能量与采暖季节能量之和为项目的节能量。

夏季制冷季的节能量

基本方法 $\Delta E = E_b - E_a \pm \Delta E_{tz}$ 。

式中 E_b —制冷季基期能耗 t_{ce} ; E_a —制冷季统计报告期能耗 t_{ce} ; E_{tz} —校准能耗调整值 t_{ce} 。

以报告期工况为标准工况 $\Delta E = E_{b,r} - E_a$

式中 $E_{b,r}$ —校准能耗 t_{ce} 。

数学模型法。确定自变量:确定影响项目边界内空调系统设备制冷季用能量的因素作为自变量。考虑测量与核证成本,本方法仅考虑制冷量、制冷面积、运行时间、室内外温差等影响空调系统

设备用能量的主要因素。

建立数学模型。利用最小二乘法进行回归分析建立项目边界内空调系统设备基期制冷季用能量与自变量之间的函数关系。

$$E = f(X_1, X_2, X_3 \cdots X_n)$$

其中 $X_i (i=1, 2, 3 \cdots n)$ 为与空调系统用能量相关的自变量。当模型的决定系数 R^2 大于 0.75 时表明该模型能够准确反映用能量与此自变量之间的关系。当 R^2 小于 0.75 时,表明此模型缺少相关变量,此时应该考虑追加自变量或选择不同的函数次方^[7]。将自变量在统计报告期制冷季数值代入上述模型中从而得到校准后基期制冷季用能量 $E_{b,r}$ 。

冬季采暖季节能量的计算方法与夏季制冷季的节能量计算方法相同。项目节能量为夏季制冷季的节能量与冬季采暖季的节能量之和。

2 案例分析

2.1 项目概况

本项目位于河北省,建筑面积 72 000 m²,项目由 4 栋办公楼组成,于 2013 年 4 月对项目实施节能改造,2013 年 7 月投入使用。改造的内容包括采用地埋管地源热泵替代冬季采暖的燃煤锅炉,夏季供冷为分体式空调。改造前夏季室内温度维持在 22~24℃ 之间,冬季室内温度普遍较低为 16~18℃。改造后夏季室内温度维持在 22~24℃,冬季室内温度为 20~22℃。

2.2 节能量测量与核证过程

选择整个空调、采暖系统作为边界。基期:2012.07~2013.04 统计报告期:2013.07~2014.04。

基期制冷季的能耗。改造前,业主并未对分

体式空调的能耗进行单独计量。空调的用电量只能根据改造前空调设备的功率、负载系数、数量、运行时间,理论计算得出空调系统的用电量。

4 栋办公楼共有分体式空调 3 600 台,每台空调的额定功率为 1 kW,负载率系数为 0.6,夏季供冷期为 90 d。按正常每天运行时间段为 8:00~18:00,供冷期的电耗为

$$3\,600 \times 1\text{ kW} \times 10\text{ h/T} \times 90\text{ T} \times 0.6 = 1\,944\,000\text{ kWh}$$

电折合标准煤的系数为 0.335 kgce/kWh

$$1\,944\,000 \times 0.335 = 651\,240\text{ kgce} = 651.24\text{ tce}$$

统计报告期制冷季的能耗。改造后项目业主对空调系统的用能量进行了单独计量,在统计报告期项目边界范围内用能设备的用电量为 1 574 640 kWh 折合 527.504 吨标准煤。

$$\text{供冷季节能量计量 } 651.24 - 527.504 = 123.736\text{ tce}$$

采暖季基期能耗。改造前业主每天对室内外温度、用煤量做了精确统计如表 1 所示。

采暖季统计报告期能耗。改造后项目业主对空调系统的用能量进行了单独计量,如表 2 所示。

校准能耗。由于改造后室内温度明显高于改造前的室内温度,室内外温差的影响值发生了明显变化,需要确定项目的校准能耗。

通过表 3 可知曲线的拟合优度达到 0.977,大于 0.75,满足要求。

将统计报告期的室内外温差统计值代入回归模型,得到统计报告期的校准能耗。如表 4 所示。

$$\text{采暖季节能量计量为 } 2.48 \times 72\,000 = 178.56\text{ tce}$$

通过以上计算可知,改造前单位面积的采暖能耗为 10.84 kg 标准煤/m²,改造后单位面积的采暖能耗为 11.45 kg 标准煤/m²。如果不考虑室内

表 1 节能改造前能耗数据(2012~2013 年)

Tab. 1 Energy consumption data before energy saving renovation (2012~2013)

| 时间 | 室内外温差累计值/℃ | 能耗量/kg·m ⁻² |
|-----------------------------------|------------|------------------------|
| 2012 年 11 月 15 日~2012 年 11 月 30 日 | 157.6 | 0.91 |
| 2012 年 11 月 30 日~2012 年 12 月 15 日 | 236.4 | 1.33 |
| 2012 年 12 月 15 日~2012 年 12 月 30 日 | 237.6 | 1.53 |
| 2012 年 12 月 30 日~2013 年 01 月 15 日 | 356.4 | 2.09 |
| 2013 年 01 月 15 日~2013 年 01 月 30 日 | 376.8 | 2.15 |
| 2013 年 01 月 30 日~2013 年 02 月 15 日 | 251.2 | 1.46 |
| 2013 年 02 月 15 日~2013 年 02 月 28 日 | 250.8 | 1.37 |
| 2013 年 02 月 28 日~2013 年 03 月 15 日 | 167.2 | 0.95 |
| 合计 | 1 866.8 | 10.84 |

表 2 节能改造后能耗数据(2013 – 2014 年)

Tab. 2 Energy consumption data after energy saving renovation (2013 – 2014)

| 时间 | 室内外温差累计值/℃ | 能耗量/kg · m ⁻² |
|-------------------------------------|------------|--------------------------|
| 2013 年 11 月 15 日 – 2013 年 11 月 30 日 | 188.4 | 0.95 |
| 2013 年 11 月 30 日 – 2013 年 12 月 15 日 | 282.6 | 1.37 |
| 2013 年 12 月 15 日 – 2013 年 12 月 30 日 | 286.4 | 1.59 |
| 2013 年 12 月 30 日 – 2014 年 01 月 15 日 | 429.6 | 2.19 |
| 2014 年 01 月 15 日 – 2014 年 01 月 30 日 | 508.8 | 2.37 |
| 2014 年 01 月 30 日 – 2014 年 02 月 15 日 | 463.2 | 1.54 |
| 2014 年 02 月 15 日 – 2014 年 02 月 28 日 | 303.6 | 1.44 |
| 2014 年 02 月 28 日 – 2014 年 03 月 15 日 | 202.4 | 1.01 |
| 合计 | 2 462.6 | 11.45 |

表 3 回归模型显著性检验

Tab. 3 Regression model test of significance

| 方程 | 回归模型评估参数 | |
|----|----------------|-----|
| 幂次 | R ² | F |
| 2 | 0.977 | 252 |

表 4 统计报告期校准能耗及节能量(2013 – 2014 年)

Tab. 4 Statistical calibration of energy consumption and energy saving during the reporting period (2013 – 2014)

| 时间 | 校准能耗/kg · m ⁻² | 节能量/kg · m ⁻² |
|-------------------------------------|---------------------------|--------------------------|
| 2013 年 11 月 15 日 – 2013 年 11 月 30 日 | 0.972 | 0.02 |
| 2013 年 11 月 30 日 – 2013 年 12 月 15 日 | 1.458 | 0.09 |
| 2013 年 12 月 15 日 – 2013 年 12 月 30 日 | 1.680 | 0.09 |
| 2013 年 12 月 30 日 – 2014 年 01 月 15 日 | 2.520 | 0.33 |
| 2014 年 01 月 15 日 – 2014 年 01 月 30 日 | 1.864 | 0.51 |
| 2014 年 01 月 30 日 – 2014 年 02 月 15 日 | 2.796 | 1.26 |
| 2014 年 02 月 15 日 – 2014 年 02 月 28 日 | 1.584 | 0.14 |
| 2014 年 02 月 28 日 – 2014 年 03 月 15 日 | 1.056 | 0.05 |
| 合计 | 13.930 | 2.48 |

外温差值的修正 ,改造后的采暖能耗大于改造前的采暖能耗 ,节能率为 – 5.63%。若考虑室内外温差值的修正 ,校准能耗为 13.93 kg 标准煤/m²。明显高于改造后的实际采暖能耗 ,节能率为 17.80%。热泵技术改造项目在开展第三方节能量审核和合同能源管理时将采暖水平调整到相同的平台下推算出校准能耗是非常必要的。

3 结语

通过实例可知“是否考虑校准能耗”使得项目的节能量相差 23.43% ,在确定项目节能量时将外部条件(影响因素)调至同等条件下非常必要 ,并给出了校准能耗确定方法。本文为开展第三方节能量审核和合同能源管理项目节能量的验证提供了科学的方法。

参考文献:

[1]马素贞,龙惟定. 节能效果的测量与评价[J]. 暖通空调 2009(08) : 85 – 91.

[2]GB/T 28750 – 2012 ,节能量测量和验证技术通则[S].

[3]GB/T 2589 – 2008 ,综合能耗计算通则[S].

[4]EVO 10000 – 1 2010 International performance measurement and verification protocol – concept and options for determining energy and water savings [S].

[5]王若男 ,龙亚会 ,高 轲. 高浓度有机废水处理领域温室气体减排计算[J]. 河北工程大学学报: 自然科学版 , 2014 31(1) : 51 – 53.

[6]冯晓梅 ,邹瑜 ,魏 峥 ,等. 居住建筑采暖系统节能量测量和验证方法的探讨[J]. 建筑科学 ,2014(08) : 68 – 74.

[7]王荣鑫. 数理统计[M]. 西安: 西安交通大学出版社 2001.

(责任编辑 刘存英)