

居住建筑供暖系统节能量测量和验证方法的探讨、

周芳颖 王 晨

中十冶集团有限公司 陕西西安 710000

摘 要: 节能减排是我国的基本国策, 针对居住建筑供暖系统节能改造中的节能量测量及验证方法问题, 基于基期能耗-影响因素模型展开分析, 通过相关的测量及验证方法, 确定基期能耗-影响因素模型的适用性, 为居住建筑供暖系统节能改造工作提供帮助。

关键词: 居住建筑; 供暖系统; 节能测量; 验证方式

Discussion on energy saving measurement and verification method of residential building heating system

Zhou Fangying, Wang Chen

China Tenth Metallurgical Group Co., LTD., Xi 'an 710000, Shaanxi, China

Abstract: energy conservation and emissions reduction is a basic national policy of our country, the heating system for residential building energy-saving renovation in the section of energy measurement and validation methods, based on the energy consumption of the base period - factor analysis model, through the relevant measurement and validation method, to determine the applicability of the base - factors affecting energy consumption model, heating system for residential building energy-saving renovation work to offer help.

Keywords: residential buildings; Heating system; Energy saving measurement; Verify the way

伴随我国城镇化进程加速, 我国北方地区的建筑数量增多, 北方地区居住建筑大于为40亿平方米需要节能改造, 主要是此类建筑已经使用20-30年, 建筑能耗较高, 居民居住的体验感差。在“十一五”建设期间, 我国建设部门关注地方节能改造, 已经完成部分地区的节能改造, 到达节能减排及改善民生的效果。经过改造的建筑暖通工程受到人们喜爱, 并亲切的称之为“暖房工程”或者“暖心工程”, 构建起政府引导及企业同步参与的工作路径。“十二五”建设阶段, 进一步扩大改造规模, 其目标是让700万户城镇居民的居住条件改善。在“十三五”期间, 我国政府将民生工作放在突出位置, 尤其是针对其中的居住建筑供暖系统改造。目前, 我国建筑节能改造工程不断进展, 但节能改造较为复杂, 在工作上依旧存在较多的问题, 主要是国内节能量测量存在不足, 缺乏有效的验证方法。导致项目节能改造成果缺乏统一的结果。针对我国的居住建筑暖通系统改造问题, 应当对节能量进行测量, 掌握相关的验证方法, 为节能改造工程奠定基础。

1. 节能量测量及验证分析

在我国节能测量相关验证准则中, 通过模拟软件法及基期能耗-影响因素模型法以模型的方式进行分析及验证, 进一步提升供暖改造水平。居住建筑供暖系统中不同验证方法适合的场景不同, 比如, 完整基期和统计报告期能耗项目, 使用第一种方法可获得较为理想的验证结果。针对循环水泵节能改造项目, 使用直接比较法获得结果。若基期数据无法获取, 以模拟软件法验证, 在模型分析过程中, 基期能耗作为基期内节能措施使前项目便捷的单位及设备能源耗量, 在统计基期报告过程中, 基于前期损耗量进行计算, 从而获取相关的数据节能量。在项目分析过程中, 对系统及单位的能耗量进行统计分析, 从而鉴别其中的能耗差异, 根据能耗情况进行计算, 在项目边界中通过单位及节能量、基期能耗等进行计算, 并分析其中的各个环节, 通过公式进行计算, 有利于获得节能量的相关因素关系。节能量计算结果是负值的情况下, 代表节能改造的效果比较明显。机器能耗调整为校准能耗进行计算, 有利于对外部条件影

响下的能耗水平进行分析。常见的外部因素是天气及温度、入住率、运行时间等因素。为有效评价节能情况,需要将基期及统计报告能耗在一致的条件下进行对比。基期能耗输出为统计报告后,对其中的数据信息进行分析,在实际测量中可获得信息,其关键便是获得校准能耗,对此,本文通过基期能耗-影响因素模型法完成分析。

2. 基期能耗-影响因素模型分析

群众的生存条件不同,在居住建筑节能改造期间,针对供暖系统运行情况采取相关的节能措施,通过多样化的节能改造技术,达到节能目标,但单独对改造技术进行分析,无法获得节能成果,利用基期能耗-影响因素模型法可对改造项目的节能量数据进行统计。通过该计算方法,建立回归模型对影响因素进行分析,并建立影响因素模型,统计报告影响因素代入模型中,获得校准能耗,相比实际统计报告能耗结果,最终获得节能量。并建立起检验数据关系,保持数据之间的相关性。对建筑供暖系统产生影响的因素包括室内外因素、供暖时间及入住率等。对相关因素进行分析,居住建筑供暖系统能耗的主要影响因素是室内外温度差($T_{di}-T_{wi}$)及供暖天数。基于此建立以下模型:

$$e_{bhj} = A0 + A1 \sum_{i=1}^f (T_{di} - T_{wi}) + \dots + Am (\sum_{i=1}^f (T_{di} - T_{wi}))^m$$

对上述公式进行分析,其中的 e_{bhj} 作为建筑面积与月好热能的比值。煤炭的单位通过 m^3 表示, $A0$ 及 $A1$ 等代表其中的系数变化。而 T_{wi} 是基期室外的温度变化, T_{di} 则是室内温度变化,可通过 $^{\circ}C$ 表示。 j 表示基期样本量,在月度分析中,通过完整的样本基期数据进行统计。在逐日分析中,通过完整的供暖期样本进行分析, f 是取样时间段,系数为1,在月度系数计算中,可计算供暖天数下的温度变化, m 则是模型的幂,根据模型拟合程度进行分析,确定其中的幂,标准值为 $m \leq m$ 。在基期能耗数据中,构建基期能耗-影响因素模型,将统计报告作为参数,获得标准能耗,获得节能量。

3. 回归模型验证

在居住建筑供暖系统节能量计算过程中,需要通过回归模型进行验证,基于方程验证基础上,获得不确定节能量,为节能量计算提供支持。

3.1 方程验证

在方程计算期间,分析整体性检验结果,在拟合分析中,拟合优度 R^2 对回归模型拟合度进行分析,在能耗估计模型中, $R^2 \geq 0.75$ 。回归模型在拟合分析中,并不代表模型中的项目均受到因变量影响,对模型中项目进

行分析,每个项目均使用 t 值检验,对因变量影响因素进行去除,获得因变量模型。对居住建筑供暖建筑进行分析,对能耗模型进行计算,误差值在现代精密仪器经验下,获得精确值,对其中的误差值进行纠正,确定偏差表征,在能耗估计模型中,在净确定偏差值上应当在0.005%以内。

3.2 节能量不确定度分析

节能量计算通过实测统计报告进行计算,减去统计报告同等条件下的基金能耗,在测量及计算中,会引入误差,但完全真实的节能量无法预测,计算的数字为不确定估计值。等待测量过后,对数据进行验证,从而分析数据验证的结果是否准确。在测量数据过程中,对成本进行计算,从而获得节能量评估结果,分析其中的不确定度是否满足标准,对节能量结果的信赖度进行分析,从而确定结果是否值得信赖。对一定置信水平下的节能置信区间进行测算。节能量不确定度与建筑误差及抽样误差、测量误差相关。建模误差主要是数据模拟产生的误差,通过不相关变量进行计算,忽视相关变量误差。抽样误差测量中包括偏差取样的方法,测量误差是传感器精度及数据跟踪误差等。在不确定模型中: $Y_y = t * SE_y$ 。其中, Y_y 代表模型误差, t 代表自由度,在置信度条件下对 t 分布进行计算。 SE_y 代表回归标准偏差。对抽样不确定计算中, $Y_s = t * SE_s$ 。其中, Y_s 代表抽样误差, SE_s 代表估计值误差。

4. 计算实例

在获得节能量方程后,对我国的一个工程的节能项目进行综合分析,以此项目为基础,分析节能效果,并进行验证,分析节能改造后的建筑是否在供暖上达到节能目的。

4.1 项目基本情况

该项目是东北的住宅区,建筑面积在12万 m^2 ,项目节能前供暖期在139d,供热数据及天气参数数据较为全面,节能改造后对统计报告进行分析,整个2020年1月-2021年供暖期,见表1(部分值)。

表1 项目基本情况(2020-2021)

时间	煤炭耗量(t)	室外温度($^{\circ}C$)	室内温度($^{\circ}C$)	开窗程度/%	系统补水量(t)
2020年1月1日	5.385	-26.45	25.24	1	0
2020年2月1日	6.547	-28.45	27.64	1	0
2020年3月1日	5.124	-13.45	24.12	2	0.2
2020年4月1日	2.641	5.12	22.12	3	-
2020年11月1日	3.645	10.154	20.54	4	-
2020年12月1日	3.874	-6.12	24.12	2	0

在表1中,供暖季节煤炭耗量在624.12吨。

4.2 回归模型

建立回归模型期间,对能耗相关的影响因素进行研究,获得各个影响因素组间的关联性。通过回归模型分析,有利于建立每天煤炭能耗与室内外的相关性,但补水量及开窗率等关联性不大。在计算过程中也存在不理想的数据点,需要对不完整的数据进行筛查,获得分析样本n=134,建立样本数据模型。将逐日煤耗作为因变量,将各个样本量室内外温度作为自变量,通过回归拟合方法建立基期能耗-影响因素模型。在案例分析中,样本点时间跨度在24h内,逐日能耗伴随温差变化累及效应不显著,对此,样本数据点较为分散,见表2。

表2 回归模型

来源	离差	自由度	均方离差	R ²	F
回归	1.6505	1	1.6505	0.854	717.45
残差	0.3034	132	0.0024		
总计	1.9542	133			

本回归模型中的拟合优度中, $R^2=0.845$, 数值大于0.75, 回归曲线显示样本数据量拟合点好。 $F=717.45$, 案例样本中, 共计为134个, 自变量 $p=1$, α 为0.2, 处于80%可置信区间, 对F分布情况进行分析, F值满足要求, 模型回归分析效果显著。对此, 回归模型整体样本量满足拟合要求。对其中的数据进行调查, 伴随室外温度增高, 供暖耗煤量增加, 模型意义与客观实际负荷符合, 基期能耗-影响因素模型在应用具有可行性。

在回归系数计算过程中, 对净确定偏差进行计算, 获得回归模型的净确定偏差值, 为 $B_n=3.174 \times 10^{-9}$, 净确定绝对值差在0.005%以内, 对此, 本研究的回归模型满足能耗规定的计算要求。在观察中发现, 案例回归模型是y坐标轴作为对称轴, 随着室外温差增大, 供暖耗煤量随之增大。模型表达意义与实际相符。对此, 在本研究中, 通过基期能耗与影响因素可以对能耗进行计算。在节能量计算中, 需要将每天的室外温差报告代入, 即代入表1, 从而获得每天的校对能耗, 获得整个统计周期的煤炭能耗值, 共计为740.14吨。在统计报告中, 预期耗煤量在626吨, 根据《节能量测量和验证技术通则》获得节能量, 与过往周期的740.14吨相比, 节能量在114.14吨。

对供暖系统改造后的不确定度进行分析, 对本研究中的120个模型数据进行分析, 并构建起134个样本, 对抽样误差及模型误差进行计算, 获得相关的差值。对样本数据进行分析, 总调查的样本数量在134个, 其中的

自变量使用p值表示, p值为1, α 系数为0.2, 在80%的可置信度下, $t=1.28$, 其结果为表3。对此, $U_y=0.0945$ 。对此, 研究结果符合要求, 可抽查不确定度样本。

表3 不确定度

	SE _y	Y _y	Y _i	U _y
回归模型	0.04	0.0512	0.5435	0.0989

5. 结束语

我国的建筑工程发展进入全新阶段, 在建筑过程中, 居民关注建筑暖通工程, 尤其是北方地区的动机比较寒冷, 通过能改造方式, 保证人们日常供暖需求的同时, 提升节能效果。在建筑暖通系统节能改造上, 可利用基期能耗-影响因素模型进行分析, 并结合相关的回归验证方法, 对拟合程度检验进行分析, 获得精确的检验度, 并量化不确定分析方法, 为群众验收能源项目收益情况提供依据。通过回归模型可预测居住建筑供暖系统能耗情况, 为我国居住建筑供暖系统机能改造工作提供帮助。

参考文献:

[1]吴景山,孙起.新时期我国建筑节能与绿色建筑立法需求分析与对策研究[J].建设科技,2021,(19):12-16.

[2]王旭.全寿命周期成本理论在建筑节能经济效益评估中的应用研究[J].环境科学与管理,2021,46(10):20-24.

[3]云洁.基于PLC的既有公共建筑供暖系统节能改造[J].居舍,2019,(28):193.

[4]王莉莉.建筑供暖通风空调工程的节能减排措施分析[J].中华建设,2019,(06):130-131.

[5]姚志清.居住供暖建筑能耗分析及节能措施讨论[J].智能城市,2019,5(07):128-129.

[6]邓琴琴,宋波,陈刚,于跃洋,张圣楠,崔艳梅.《严寒和寒冷地区农村居住建筑节能改造技术规程》解读[J].建筑节能(中英文),2021,49(09):109-113+145.

[7]郭强,马文生,刘兵,杨诗薇,尚雁雯,石博丰.近零能耗居住建筑太阳能蓄热与新风预热耦合供暖系统特性及优化研究[J].建设科技,2020,(23):76-80.

[8]任静,张金花,王永艳,朱剑飞,宋庆亮.浅析《居住建筑节能评价技术规范》编制思路[J].节能与环保,2018,(02):54-57.

[9]任静,张金花,王永艳,朱剑飞,宋庆亮.《居住建筑节能评价技术规范》标准编制思路和要点解读[J].建筑技术,2017,48(12):1236-1239.