

基于时间序列分析的建筑能耗预测方法

重庆赛迪冶炼装备系统集成工程技术研究中心有限公司 周芮锦[☆]

同济大学 潘毅群 黄治钟

摘要 将时间序列分析方法应用到商业建筑能耗的分析和预测中,介绍了建筑能耗预测模型的建模方法,将逐月积温值、逐月相对湿度平均值、逐月工作日天数及逐月非工作日天数 4 个建筑逐月能耗的主要影响因子引入建筑能耗预测模型,根据逐月建筑能耗数据,建立基于时间序列分析并加入物理原理化处理的数据驱动模型,并进行检验与修正。应用该方法对 3 个商业建筑进行了实例分析,结果显示,对于逐月出租率基本不变的商业建筑,能耗预测结果较理想。

关键词 时间序列 能耗预测 商业建筑 逐月积温值 逐月相对湿度平均值 逐月工作日天数 逐月非工作日天数

Building energy consumption prediction method based on time series analysis

By Zhou Ruijin[★], Pan Yiqun and Huang Zhizhong

Abstract Applies the time series analysis method to analyses and prediction of energy consumption of commercial buildings, and presents the modeling method of the building energy consumption prediction model. Introduces the four main factors of influencing monthly energy consumption, i. e. monthly cumulative temperature value, monthly mean relative humidity value, monthly work days and monthly non-work days into the building energy consumption prediction model. According to monthly building energy consumption data, establishes a data-driven model based on time series analysis and physical principle, and the model is modified and verified. Applies the method to three commercial buildings and the results show that for the commercial building with almost constant monthly occupancy rate, the energy consumption prediction result is better agreed with the actual data.

Keywords time series, energy consumption prediction, commercial building, monthly cumulative temperature value, monthly mean relative humidity value, monthly work days, monthly non-work days

★ CISDI R&D Co., Ltd., Chongqing, China

①

0 引言

在建筑节能工作中需要科学分析建筑能耗,对建筑能耗作出合理预测,才能开展好建筑节能工作。近些年来,国内外的专业人士在这一领域进行了不懈的探索,取得了许多研究成果^[1-2]。建筑能耗预测方法主要分为正演模型(forward modeling)方法与数据驱动模型(data-driven modeling)方法两大类。前者为用于支持建筑与空调系统设计与设计优化的建筑物能耗模拟计算软件,例如 eQuest, EnergyPlus, DeST 等;后者用于模拟预测既有建筑的能耗,基于既有建筑的能耗记录数据和账单得出数据驱动模型,以建立能耗基

准,计算分析节能改造措施的节能效果^[3],例如回归拟合、人工神经网络等。目前,在国内外暖通专业领域所采用的数据驱动模型应用大多集中在采用多元线性回归分析方法和人工神经网络方法对建筑能耗进行预测分析,而采用时间序列分析方法对建筑能耗的预测分析涉及很少^[4-6]。

①[☆] 周芮锦,女,1987年5月生,硕士研究生,助理工程师
401122 重庆市北部新区汇金路11号
(0) 18680866211
E-mail: RuiJin.Zhou@cisdi.com.cn

收稿日期:2012-05-21
一次修回:2012-07-14
二次修回:2013-07-10

时间序列分析方法属于数据驱动模型方法。由于建筑系统的强大惯性,建筑能耗在短时间内常常表现为在过去能耗基础上的一种随机起伏。基于这样的分析,采用时间序列分析方法来预测建筑能耗,是一种有效而准确的方法。本文借助时间序列分析方法对商业建筑能耗进行分析与预测研究,为建筑节能和能源管理提供数据支持。

1 基于时间序列分析方法的建筑能耗预测模型的建立

对各个变量的时间序列数据进行统计研究,基于时间序列分析方法并加入回归拟合方法,研究得出一种适用于商业建筑的能耗数据预测方法,根据某建筑前 3 年的逐月能耗数据,预测出第 4 年的全年总能耗量。本方法有 4 个步骤:1) 原序列的建立与季节调整;2) 趋势循环序列的预处理、建模与预测;3) SI_t 序列的物理原理化拟合处理与预测;4) 建筑能耗的预测与修正。本文采用专业的统计分析软件 Eviews 与 SPSS 进行数据处理。

1.1 原序列的建立与季节调整

建立构成建筑能耗值的时间序列 $\{X_t\}$, 月度观测值的季节性变动会将时间序列数据的一部分客观规律掩盖,采用 CensusX12 方法加法模型^[7]对原时间序列进行季节调整,将原始时间序列 X_t 分解为趋势循环项 TC_t 、季节因子 S_t 和不规则因子 I_t , 即

$$X_t = TC_t + S_t + I_t \quad (1)$$

分解其构成因素是一个复杂的迭代运算过程,应用 Eviews 软件完成对原序列的季节调整。原序列 X_t 经过季节调整并剔除季节因子 S_t 与不规则因子 I_t 后得到趋势循环序列 TC_t , 即

$$TC_t = X_t - S_t - I_t \quad (2)$$

将原序列 X_t 提取趋势循环序列 TC_t 后,所得序列为季节因子 S_t 与不规则因子 I_t 之和,令其为序列 SI_t , 即

$$SI_t = S_t + I_t \quad (3)$$

则由式(1)可得:

$$X_t = TC_t + SI_t \quad (4)$$

1.2 对 TC_t 序列进行模型的建立与预测

对 TC_t 序列建模之前需对序列数据进行平稳性检验,根据平稳性检验的结果采取不同的时序模型建模方法:若序列通过平稳性检验,则直接建立

时间序列模型;若未通过平稳性检验,则需采用组合模型的方法进行建模。

通过平稳性检验的时间序列,还需采用 Q 统计量检验法^[8]。通过上述两个检验的 TC_t 序列,即可通过模型的识别、模型的定阶、模型参数的估计及模型适应性的检验,建立适合该时间序列的时序模型。采用 Box-Jenkins 方法初步判断时间序列所适合的模型类型^[6];模型的定阶采用准则函数定阶法,根据 AIC 准则与 BIC 准则确定最佳模型阶数;采用最小二乘估计方法对模型的参数 φ_i, θ_i 进行估计,并对模型进行适应性检验;若模型未通过适应性检验,则需对模型进行修改或重新识别,直至通过检验确定预测模型。

非平稳性 TC_t 序列包含趋势性部分与随机部分,采用组合模型进行建模主要分为 3 个步骤^[9]: 1) 根据序列特征拟合序列中确定性变化部分即趋势性部分,且使剩余序列 Y_t 平稳;2) 对通过平稳性检验与纯随机性检验的 Y_t 序列建立最优的时序模型;3) 完成确定性模型与剩余序列模型的建立后,将其组合得到最终的 TC_t 组合模型,利用其对未来值进行预测。

1.3 对 SI_t 序列进行物理原理化拟合处理与预测

对建筑物能耗量(包括耗电量、耗油量、耗气量)分别进行分析预测,不仅使建立时间序列模型的方法更为简易,也方便实际建筑能源管理与建筑节能措施实施。考虑引入 5 个影响因子的输入量:逐月积温值、逐月相对湿度平均值、逐月工作日天数、逐月非工作日天数、商业建筑逐月出租率。但由于商业建筑的逐月出租率涉及到各建筑运行的商业机密,较难获得准确的逐月数据,从而不能得到准确的数学预测模型。因此本文将对出租率基本不变的建筑物的能耗预测方法进行研究,提出适用性方法。对于出租率基本不变的建筑物,可以将第 5 个影响因子,即商业建筑逐月出租率去掉,只考虑前 4 个影响因子的输入量。对于出租率变化较大的建筑物,本文所提出的建筑能耗模拟方法有所局限,将在下文进行说明。

采用拟合的方法研究影响建筑物能耗的季节因素与不规则因素,并用上述 4 个物理量来表示序列 SI_t , 即 $SI_t = f(t_t, R_t, W_t, NW_t)$, 更具有物理意义与实际效应。对于耗电量的预测,采用以下回归模型来表示 SI_t 序列:

$$SI_{\tau} = c_1 + a_1 t_{\tau}^2 + a_2 R_{\tau}^2 + a_3 W_{\tau}^2 + a_4 NW_{\tau}^2 + a_5 t_{\tau} W_{\tau} + a_6 t_{\tau} NW_{\tau} + a_7 R_{\tau} W_{\tau} + a_8 R_{\tau} NW_{\tau} + a_9 t_{\tau} + a_{10} R_{\tau} + a_{11} W_{\tau} + a_{12} NW_{\tau} \quad (5)$$

式中 $a_1 \sim a_{12}$ 为系数, c_1 为常数; t_{τ} 为逐月积温值, $^{\circ}\text{C}$; R_{τ} 为逐月相对湿度平均值, $\%$; W_{τ} 为逐月工作日天数, d ; NW_{τ} 为逐月非工作日天数, d 。

$$SI_{\tau} = c_2 + b_1 t_{\tau}^2 + b_2 W_{\tau}^2 + b_3 NW_{\tau}^2 + b_4 t_{\tau} W_{\tau} + b_5 t_{\tau} NW_{\tau} + b_6 t_{\tau} + b_7 W_{\tau} + b_8 NW_{\tau} \quad (6)$$

式中 $b_1 \sim b_8$ 为系数, c_2 为常数。

采集 4 个自变量与因变量的历史时间序列样本,根据模型方程进行拟合,建立预测模型。采用 Eviews 软件进行模型拟合,得到 SI_{τ} 序列的物理原理化模型后,再分别采用 4 个自变量的 2010 年预测

$$t_{2010,i} = d_1 t_{2009,i} + d_2 t_{2008,i} + d_3 t_{2007,i} \quad (i = 1, 2, \dots, 12) \quad (7)$$

式中 d_1, d_2, d_3 为系数,分别为 2009, 2008, 2007 年所占的权重值, $d_1 + d_2 + d_3 = 1$ 。因为时间越靠近对相同月份积温值的影响越大,经过选取 20 组不同的权重值进行预测比较后,选取 $d_1 = 0.5$, $d_2 = 0.35$, $d_3 = 0.15$, 则

$$t_{2010,i} = 0.5t_{2009,i} + 0.35t_{2008,i} + 0.15t_{2007,i} \quad (i = 1, 2, \dots, 12) \quad (8)$$

$$SI_{2010,i} = f(t_{2010,i}, R_{2010,i}, W_{2010,i}, NW_{2010,i}) = f(0.5t_{2009,i} + 0.35t_{2008,i} + 0.15t_{2007,i}, 0.5R_{2009,i} + 0.35R_{2008,i} + 0.15R_{2007,i}, W_{2010,i}, NW_{2010,i}) \quad (10)$$

1.4 对建筑物的逐月耗气量与逐月耗油量预测值进行修正

由于在不需要制热的月份,建筑物的耗气量或耗油量很少或者为零,在预测时有可能出现负值或者未归零的情况,因此修正工作分为两步: 1) 将能耗值出现负值的月份调整为零; 2) 根据所预测建筑往年的能耗实际情况,将不需要使用天然气、柴油或煤油的月份(例如 4—10 月)调整为零。完成修正工作后,即得到建筑物能耗的最终预测结果。

2 建筑能耗预测实例

将上述建筑能耗预测的理论与方法应用于实际建筑进行实例分析,选取 3 个实际建筑进行实例分析。实例建筑 1 的冷热源为冷水机组加燃气锅炉,出租率基本不变;实例建筑 2 的冷热源为冷水机组加燃油锅炉,出租率基本不变;实例建筑 3 的冷热源为冷水机组加燃油锅炉,出租率有一定变化。

2.1 实例建筑 1——上海市 A 办公建筑

该办公建筑总建筑面积 77 000 m^2 , 空调面积

由于冬天的潜热负荷所占比例很小,对于建筑物耗气量或耗油量的预测,不将逐月相对湿度平均值引入拟合公式,即 $SI_{\tau} = f(t_{\tau}, W_{\tau}, NW_{\tau})$, 采用以下回归模型来表示 SI_{τ} 序列:

值为自变量,对 SI_{τ} 序列 2010 年的值进行预测。

对于逐月积温值的预测,因为每年相同月份的积温值的波动不太大,且受到近几年相同月份积温值的一定影响,采用不同权重值的方法预测 2010 年 12 个月的积温值,可以用下式表示:

同样,对于逐月相对湿度平均值的预测,采用与逐月积温值相同的预测方法,即

$$R_{2010,i} = 0.5R_{2009,i} + 0.35R_{2008,i} + 0.15R_{2007,i} \quad (i = 1, 2, \dots, 12) \quad (9)$$

对于每月的工作日天数与非工作日天数的预测,可根据中国年历查询计算获取,得到下式并对 SI_{τ} 序列的未来值进行预测:

约占 80%。分别采集 2007 年 1 月至 2009 年 12 月共 36 个月的建筑耗电量与耗气量数据,预测 2010 年的建筑能耗值。

2.1.1 建筑物耗电量预测

1) 记录 2007 年 1 月至 2009 年 12 月每个月的耗电量

如图 1 所示,耗电量呈现明显的季节特征,采用 X12 加法模型进行季节调整,季节调整的结果如图 2 所示。

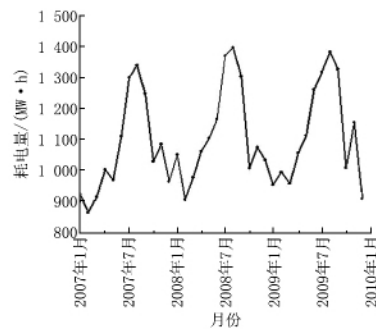


图 1 上海市 A 办公建筑 2007—2009 年逐月耗电量时序图

2) 对 $E_{TC_{\tau}}$ 序列进行平稳性检验

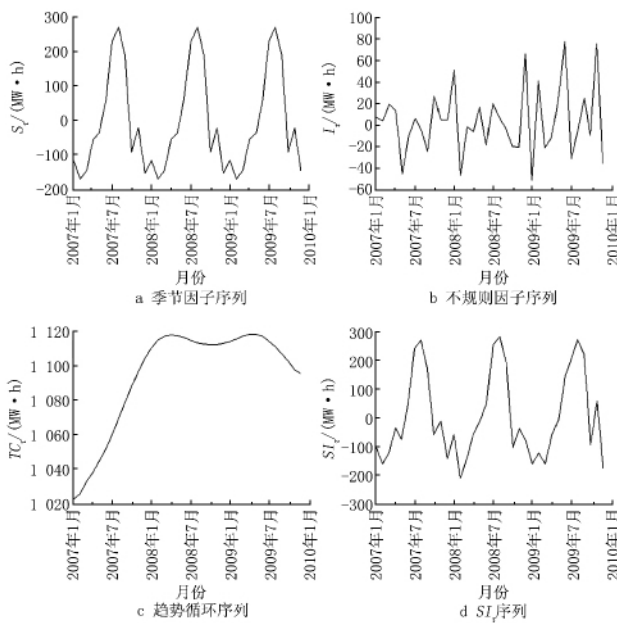


图2 上海市A办公建筑2007—2009年逐月耗电量的季节调整结构(加法模型)

$$f(\tau) = 3.095\tau^3 - 373.572\tau^2 + 12170.963\tau + 999718.5 \quad (12)$$

对得到的剩余序列 $EY_\tau = ETC_\tau - f(\tau)$ 进行平稳性检验与纯随机性检验,结果显示检验通过,可以建立时间序列模型。

然后,对剩余序列 EY_τ 建立 ARMA 模型。通过模型识别初步判断模型类型为 ARMA(n, m) 模型,且 n, m 均在 3 附近。选取 6 个模型进行拟合,根据定阶方法选择模型 ARMA(2, 3) 为最优时

$$EY_\tau = 1.654EY_{\tau-1} - 0.835EY_{\tau-2} + a_\tau + 1.223a_{\tau-1} + 0.549a_{\tau-2} - 0.293a_{\tau-3} \quad (13)$$

式中 $EY_{\tau-1}$ 为变量 EY_τ 的一期滞后, $EY_{\tau-2}$ 为二期滞后; a_τ 为随机扰动项; $a_{\tau-1}$ 为变量 a_τ 的一期滞后, $a_{\tau-2}$ 为变量 a_τ 的二期滞后。

$$ETC_\tau = f(\tau) + EY_\tau = 3.095\tau^3 - 373.572\tau^2 + 12170.963\tau + 999718.5 + 1.654EY_{\tau-1} - 0.835EY_{\tau-2} + a_\tau + 1.223a_{\tau-1} + 0.549a_{\tau-2} - 0.293a_{\tau-3} \quad (14)$$

3) 对 ESI_τ 序列进行物理原理化拟合处理并预测

分别采集 4 组时间序列数据作为拟合公式自变量:上海市 2007—2009 年逐月积温值和逐月相对湿度平均值、上海市 A 办公建筑 2007—2009 年逐月工作日天数和逐月非工作日天数。根据式(5)将序列 ESI_τ 作为因变量进行回归拟合,回归的统计量结果 R^2 为 0.902, P 值为 0.000 0,表明序列 ESI_τ 可以用上述 4 个自变量充分表示。图 3 显示了拟合结果,可以看出,拟合结果理想,则 ESI_τ 可以用下式表示:

表 1 ETC_τ 序列单位根检验结果

	t 检验统计量	P 值
ADF 检验统计量	-2.434 437	0.140 5
1%显著性水平下的置信区间	-3.646 342	
5%显著性水平下的置信区间	-2.954 021	
10%显著性水平下的置信区间	-2.615 817	

结果见表 1, P 值远大于 0.05,表示序列存在单位根,即 ETC_τ 序列不平稳,应采用组合模型进行建模与预测。模型形式为

$$ETC_\tau = f(\tau) + EY_\tau \quad (11)$$

式中 $f(\tau)$ 为序列确定性变化部分拟合函数。

首先采用 SPSS 软件对 ETC_τ 序列以时间 τ 为自变量,采用不同的数学函数进行回归拟合,根据回归结果的统计量判断选定三次幂函数方程为最优确定性模型 $f(\tau)$, R^2 为 0.967, F 检验值为 309.564。则 ETC_τ 序列的确定性模型 $f(\tau)$ 表达为

间序列模型,其参数估计的结果显示,参数显著性检验的 P 值远小于 0.05,都通过统计检验;对残差序列进行纯随机性检验, Q 统计量的 P 值都大于显著性检验水平 0.05,各阶相关系数都在 95% 的置信区间内,该残差序列为白噪声序列,序列中的有用信息已被提取完毕,通过模型的适应性检验。时间序列 EY_τ 可以由下式表示:

将分别拟合的确定性模型 $f(\tau)$ 与剩余序列 EY_τ 的时序模型组合起来,得到最终组合模型如下式,对 ETC_τ 序列未来值进行预测。

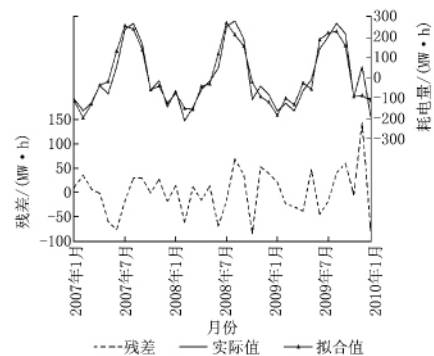


图3 上海市A办公建筑逐月 ESI_τ 序列回归拟合结果

$$E_SI_t = 9\ 974\ 635.86 + 1.097t_t^2 + 184.424R_t^2 - 5003.733W_t^2 + 4\ 525.221NW_t^2 - 107.911t_tW_t - 96.039t_tNW_t + 4\ 679.497R_tW_t + 5\ 673.145R_tNW_t + 2\ 501.733t_t - 177\ 168.824R_t - 121\ 996.436W_t - 502\ 899.569NW_t \quad (15)$$

根据式(8)与式(9)得到上海市 2010 年逐月积温预测值与逐月相对湿度平均值预测值,根据 2010 年的年历以及国务院公布的节假日安排得到上海市 A 办公建筑 2010 年的逐月工作日天数与逐月非工作日天数的预测值,代入式(15)进行预测,得到序列 E_SI_t 的预测值。

4) 对建筑物逐月耗电量进行预测

由式(14)得到 2010 年逐月耗电量趋势项 E_TC_t 预测值,由式(15)得到 2010 年逐月耗电量 E_SI_t 序列预测值,最后根据式(4)即得到建筑耗电量的预测量 E_t :

$$E_t = E_TC_t + E_SI_t \quad (16)$$

预测结果如图 4 所示,可以看出预测耗电量和实测值吻合得较好,年度耗电量误差为 -6.326%,结果比较理想。

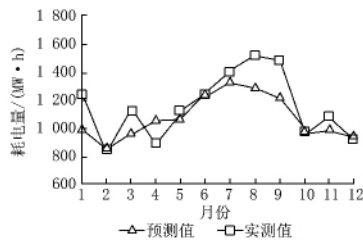


图 4 上海市 A 办公建筑逐月耗电量预测值与实测值的比较

2.1.2 建筑物耗气量预测

对建筑物的耗气量采用同样的方法进行建模预测,与耗电量序列的建模步骤不同在第二步,对 G_TC_t 序列的建模。对 G_TC_t 序列的平稳性检验结果显示序列平稳,应直接建立时序模型并预测。

其他步骤均与耗电量序列的建模过程一致,得到最终耗气量预测结果,如图 5 所示。对比前 3 年的耗气量数据,预测序列存在负值,对其进行修正,将负值调整为 0,得到上海市 A 办公建筑逐月耗气

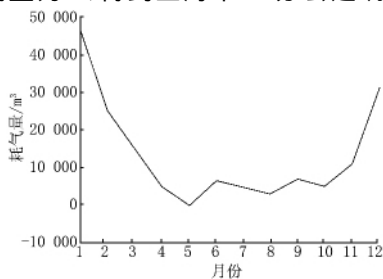


图 5 上海市 A 办公建筑 2010 年度逐月耗气量序列预测值

量序列预测修正值,结果如图 6 所示。由图 6 可以看出,预测耗气量和实测值吻合得较好,年度耗气量误差为 -1.753%,预测结果理想。

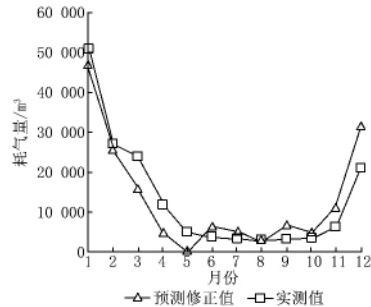


图 6 上海市 A 办公建筑逐月耗气量预测修正值与实测值的比较

2.2 实例建筑 2——上海市 B 商业建筑

上海市 B 商业建筑总建筑面积 67 000 m²,空调面积约占 91%。分别采集 2007 年 1 月至 2009 年 12 月共 36 个月的建筑耗电量与耗油量数据,预测 2010 年的建筑能耗值。对上海市 B 商业建筑的耗电量采用同上海市 A 办公建筑一样的方法步骤进行建模预测,得到的预测结果如图 7 所示,可以看出预测值与实测值吻合得较好,年度耗电量误差为 1.0221%,结果理想。

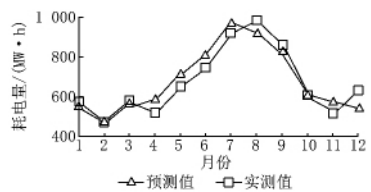


图 7 上海市 B 商业建筑逐月耗电量预测值与实测值的比较

对上海市 B 商业建筑的耗油量采用同上海市 A 办公建筑一样的方法步骤进行建模预测,得到的预测结果如图 8 所示,对比前 3 年的耗油量数据,

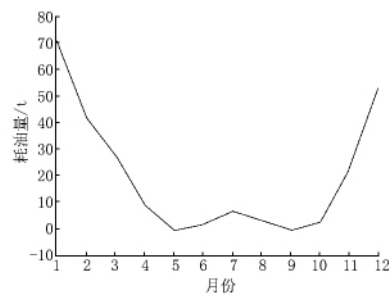


图 8 上海市 B 商业建筑 2010 年度逐月耗油量序列预测值

非供暖月份(5—10月)的耗油量均为零,因此对5—10月的预测值进行修正,将其调整为0,得到上海市B商业建筑逐月耗油量序列预测修正值,结果如图9所示,可以看出预测值和实测值吻合得较好,年度耗油量误差为1.0221%,结果理想。

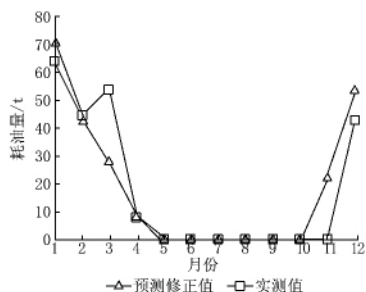


图9 上海市B商业建筑逐月耗油量预测修正值与实测值的比较

2.3 实例建筑3——上海市C商业建筑

上海市C商业建筑的总建筑面积为91800 m²,空调面积约占80%,办公面积占73.3%,商业面积占26.7%,分别采集2007年1月至2009年12月共36个月的建筑耗电量与耗油量数据,预测2010年的建筑能耗值。

对上海市C商业建筑的耗电量采用同上海市A办公建筑一样的方法步骤进行建模预测,与上海市A办公建筑耗电量序列的建模步骤不同在第二步对 E_TC_t 序列的建模。对 E_TC_t 序列的平稳性检验结果显示 E_TC_t 序列平稳,应直接建立时序模型并预测。

得到的预测结果如图10所示,可以看出耗电

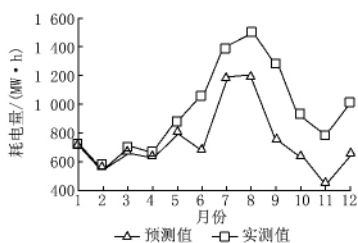


图10 上海市C商业建筑逐月耗电量预测值与实测值的比较

量的预测结果不理想,每个月均有一个负误差,年度耗电量误差为-21.817%。笔者对C商业楼2007—2010年的实测耗电量情况进行了调研分析,分析结果如下:2007年的出租率接近租户全满的情况,实测建筑年度总耗电量为11631575 kW·h;2008年全球金融危机的出现,导致C商业楼的出租率约下降20%,实测建筑年度总耗电量为9980145 kW·h,下降约14%;2009年出租率

依然在接近2008年的较低水平,实测建筑年度总耗电量为8747140 kW·h,下降约12%;2010年经济开始复苏,出租率逐渐恢复到租户全满的水平,实测建筑年度总耗电量为11458753 kW·h,上升约31%,这样的建筑实际耗电量急剧上升导致了预测模型结果不准确。然而本文并没有将出租率作为自变量因子放进建筑能耗预测模型中,是因为涉及到该公司的商业机密,所调研的建筑并不愿意将出租率公开,得不到出租率的准确数值,就不能得到准确的数学预测模型。因此对于出租率变化较大的建筑,本文的建筑能耗模拟方法有局限。

对上海市C商业建筑的耗油量采用同上海市A办公建筑一样的方法步骤进行建模预测,得到的预测结果如图11所示,对比前3年的耗油量数据,非供暖月份(5—10月)的耗油量均为零,因此对5—10月的预测值进行修正,将其调整为0,得到上海市C商业建筑逐月耗油量序列预测修正值,结果如图12所示。

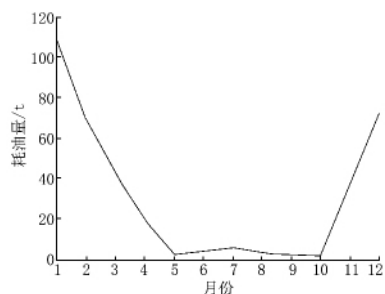


图11 上海市C商业建筑2010年度逐月耗油量序列预测值

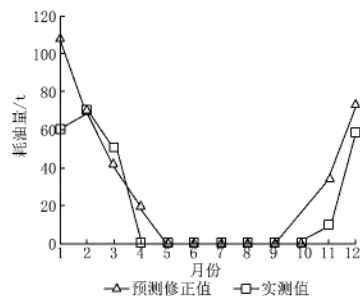


图12 上海市C商业建筑逐月耗油量预测修正值与实测值的比较

由图12可以看出,耗油量的预测情况不理想,年度耗油量误差为-28.175%。笔者对C商业建筑2007—2010年的实测耗油量情况进行了调研分析,发现出现较大误差的原因如下:C商业建筑的逐月耗油量数据并不是采用流量计等计

量仪器进行读表实测,而是记录逐月煤油的采购量,但逐月采购量并不是逐月实际耗油量,而且在年末的时候常常会采购较多的煤油储存,还存在某月资金充足购买数量较多或某月资金紧缺购买数量较少的情况。对于这样的耗油量记录方式,打乱了建筑能耗时间序列数据自身的时间相关性,所采集的时间序列数据并不准确,导致了建筑能耗预测不准确。因此,对于逐月能耗数据为逐月能源采购量,而非实际能耗量的情况,不适合采用时间序列分析方法建立建筑能耗预测模型以预测能耗。

3 结论

3.1 基于时间序列分析的方法来预测建筑能耗,是一种有效而准确的方法。由于建筑系统的惯性,建筑能耗时间数据彼此相关,在考虑一定随机性变化的基础上,下一个时刻的能耗基本上取决于过去能耗的情况。

3.2 根据专业领域的物理原理,采用回归拟合的方法对模型进行物理原理化处理,更具有物理意义与实际效应。将建筑逐月能耗的4个主要影响因子——逐月积温值、逐月相对湿度平均值、逐月工作日天数及逐月非工作日天数引入建筑能耗预测模型。

3.3 分别对3栋商业建筑能耗的逐月数据进行实例分析,建立基于时间序列分析并加入物理原理化处理的数据驱动模型,并进行检验与修正,对于逐月出租率变化不大的建筑物,取得了较好的建筑能耗预测结果,验证了基于时间序列分析的建筑能耗预测方法在实际中的可行性。

===== (上接第7页)

7 今后需要进行的主要工作

由于《标准》为首次编写,存在不完善的地方。如:有一种对接式传递窗,主要用于动物饲养柜或生物安全柜之间的连接及物品传递,目前由于国内没有成熟的产品,其性能参数和试验方法都存在不确定性,此次编写未将其列入。只能在条件成熟后下次修订时再将其纳入。

参考文献:

[1] 中国建筑科学研究院. JG/T 382—2012 传递窗 [S]. 北京:中国标准出版社,2012

[2] ISO. ISO 14644-1 Cleanroom and associated

3.4 基于时间序列分析的建筑能耗预测方法主要针对逐月出租率基本不变的商业建筑,逐月出租率有一定变化的建筑物不适用。且该方法的预测能耗为全年建筑总能耗,不能预测建筑物的分项能耗。

参考文献:

[1] 于涛,方修睦,于晓明,等. 多层建筑能耗分析软件的开发与应用[J]. 暖通空调,2003,33(3):87-89

[2] 陈华,涂光备,陈红兵. 建筑能耗模拟的研究和进展[J]. 洁净与空调技术,2003(3):5-9

[3] ASHRAE. 2005 ASHRAE handbook—fundamentals [S]. ASHRAE,2005

[4] 焦文玲,金佳宾,廉乐明,等. 时间序列分析在城市天然气短期负荷预测中的应用[J]. 哈尔滨建筑大学学报,2001,34(4):79-82

[5] 周恩泽,方修睦. 供暖热水锅炉房的热负荷预测[J]. 哈尔滨建筑大学学报,2000,33(3):56-60

[6] Pappas S S, Ekonomou L, Karampelas P, et al. Electricity demand load forecasting of the Hellenic power system using an ARMA model[J]. Electric Power Systems Research, 2010,28(3):256-264

[7] 高铁梅. 计量经济分析方法与建模[M]. 北京:清华大学出版社,2009

[8] 张凌翔,张晓峒. ADF 单位根检验中联合检验 LM 统计量研究[J]. 统计研究,2010,27(9):84-90

[9] 王振龙. 应用时间序列分析[M]. 北京:中国统计出版社,2010

[10] 王燕. 应用时间序列分析[M]. 北京:人民出版社,2008

controlled environments—part 1: classification of air cleanliness [S], 1999

[3] 中国合格评定国家认可中心. GB 19489—2008 实验室生物安全通用要求[S]. 北京:中国标准出版社,2008

[4] 中国建筑科学研究院. GB/T 13554—2008 高效空气过滤器[S]. 北京:中国标准出版社,2008

[5] 中国建筑科学研究院. JG/T 296—2010 空气吹淋室[S]. 北京:中国标准出版社,2010

[6] 中国电子工程设计院. GB 50073—2001 洁净厂房设计规范[S]. 北京:中国计划出版社,2001