

文章编号:1000-582X(2002)08-0082-04

# 建筑能耗分析用气象数据的构成研究<sup>\*</sup>

苏芬仙<sup>1</sup>, 苏 华<sup>1</sup>, 田胜元<sup>1</sup>, 赵素红<sup>2</sup>

(1.重庆大学 城市建设与环境工程学院,重庆 400045; 2.重庆电机厂,重庆 400052)

**摘 要:**建筑能耗分析需要首先构成有代表性的全年气象数据,气象数据可以根据一定规则从以往数据中选取,也可以用以往数据建立气象数学模型,生成可以代表未来的气象数据。对 F 检验法与 AIC 准则建模进行了比较,表明 F 检验法建模是合理的。用 F 检验逐步回归法建立了 13 维疏系数混合回归气象数学模型。对模型残差进行了残差独立性、正态性及零均值检验,结果表明模型是成功的,并且维数增高可以为模型提供更多的信息。用所得模型构成了建筑能耗计算用气象数据。

**关键词:**建筑能耗;气象数模;F 检验;代表年

**中图分类号:**TU833

**文献标识码:**A

近年来,建筑能耗在整个国民总能耗中所占比例越来越大,暖通空调系统的能耗更是与日俱增,已日益引起强烈关注。为节约能量,制定合理的建筑能耗法规,需要对系统进行能耗分析。

国内外已有各种比较成熟的能耗计算方法,主要的有 BIN 方法、度日数法、当量峰值小时数法、当量运行小时数法、日本的 HASP、美国的 DOE 能耗算法等。无论哪种方法计算能耗,都需要有当地全年气象参数才得以实现。气象参数的构成方法分为 2 种,一种方法是从过去某一段时间的实测资料中找出或模拟出具有代表性的一年作为能耗计算的基础。另一种方法是从收集到的气象数据中找出未来气象参数的变化规律,从而预报未来。

气象过程是无重复性的变化过程,从以往的气象记录中找出或模拟出的代表年难以代表未来的气象变化状况。文献[1]建立了 6 维疏系数混合回归模型,但没有预报产生代表年。笔者借助 SPSS 和 EXCEL 的统计功能将维数增大到 13 维,改横向回归为纵向回归,并产生了具体的代表年。

## 1 回归模型的建立

横向回归是利用连续的不同天之间的相关性,纵向回归是利用不同周期的对应天上的相关性。太阳是地球的能量来源,由于太阳的存在,地球上的生物才得以生存。

太阳以 365 天为一个周期运转,必然会形成不同年的同一天之间有着参数的关联性<sup>[2]</sup>。传统的 24 节气则找到了二者有效的联系,更说明不同年的同一天气象的规律性。纵向回归就是利用这一规律性进行回归。

利用所收集到的成都气象参数中的逐日值,共 13 个参量进行纵向回归<sup>[3]</sup>。其中日均温度、温度日振幅、日均水汽压、水汽压日振幅、日均风向、日均风速、日均能见度收集到了 1991~2000 年的数据,日均大气压、日总云量、日低云量、日照时数为 1991~1999 年,总辐射、直射为 1991~1998 年。每一参量每年为一变量序列,共 122 个序列。通过线性回归最后得到各个参数最后一年序列随这一年之前各个序列的变化关系。

### 1.1 缺失值处理

由于气象站观测或记录的疏漏,收集到的气象数据中有少量缺失值。利用 SPSS,取附近几点均值作为缺失值<sup>[4]</sup>。因为缺失值较少,对统计结果不会有影响。

### 1.2 数据标准化

为了使数据在同等的条件下进行回归,同时使数据的平稳性较好,先将数据进行标准化处理。方法是某日值减去对应 10 年均值,除以对应的标准差。

### 1.3 建模方法

文献[1]采用 AIC 准则确定近似最佳模型,对 AIC 准则建模与 F 检验确定模型作了比较,见表 1。

\* 收稿日期:2002-04-08

作者简介:苏芬仙(1969-),女,河北新乐人,讲师,重庆大学博士研究生。主要从事建筑能耗分析及其气象数据构成研究。

表 1 AIC 准则与 F 检验确定模型的比较

比较因素	AIC 准则确定模型	F 检验确定模型
实质	$AIC = \log(\sigma_n)^2 + 2n/N$ , 由残差和阶数综合最小确定近似最佳模型。	$F = (Q_{回}/f_{回}) / (Q_{剩}/f_{剩})$ , $F > F_{临界}$ 则显著, 否则不显著。一定情况下, $F$ 越大, $Q$ 回越大。
参量进入回归模型条件。	一定阶数下, 通过消去变换, 偏回归平方和最大的变量进入模型。	一定阶数时, 对偏相关系数最大的参量进行 F 检验, 决定其是否进入回归方程。
变量进入后, 是否可能有再次被剔除的必要。	自变量之间有复杂的相关关系, 首先进入的变量可能会因其它变量的进入变得不再重要, 这种变量应该被剔除。	自变量之间有复杂的相关关系, 首先进入的变量可能会因其它变量的进入变得不再重要, 这种变量应该被剔除。
能否实现再次剔除。	没能实现。	对偏 F 值最小的变量进行 F 检验 <sup>[4]</sup> , 决定其是否留在回归模型中。
确定模型的准则。	使 AIC 准则最小的阶数为最佳阶数, 对应模型为最佳模型。	通过一定置信水平下的 F 检验, 再没有变量进入, 也没有变量被剔除时, 模型就确定下来。

两种方法进入回归方程参量的条件是不同的, 所以顺序不完全相同, 采用偏回归平方和最大者进入回归方程较合理。但这种差别会随着变量的增多而消除一些, 因为一旦变量进入回归方程, 各变量地位是均等的。F 检验法有再次剔除变量的优势, 剔除的是偏回归平方和最小的变量。

由以上比较和分析可知, 符合一定要求的模型不是唯一的。所建模型是否合理, 由模型残差是否能通过残差检验来确定。文中采用 F 检验建立模型。

F 检验临界值  $F_\alpha(n_1, n_2)$  查 F 分布表确定, 其中  $n_1 = f_{回}$ , 此处  $f_{回} = 1, n_2 = f_{总} - f_{回} - 1$ 。查 F 分布表可

知,  $n_2$  增大,  $F_\alpha$  减小; 置信水平增大,  $F_\alpha$  增大。所以可以说取这样的  $F_\alpha$  值,  $n_2$  较大时它对应的置信水平较小,  $n_2$  较小时置信水平较大。即  $n_2$  为不同值时置信水平不同, 可认为置信水平为一个区间。

回归过程中还可以通过调整 F 值在 SPSS 中观察回归模型的指标来确定模型。

### 1.4 回归结果

最终所得模型为疏系数型的。其中 F 检验逐步回归的实在 SPSS10.0 上完成。表 2~表 4 为作为气象三要素的温度、水气压、辐射的回归结果。其余参量的回归结果不一列出。

表 2 日均温度回归结果

参量	系数	参量	系数	参量	系数
(Constant)	5.497E-02	日均温度 95	0.421	日总云量 95	4.319E-02
总云量 96	4.533E-02	日均大气压 99	-0.241	日均温度 96	0.152
日均温度 97	0.136	日均温度 98	0.135	日均能见度 99	5.185E-02
日总直射 92	-4.342E-02	日均水气压 95	-0.233	日均大气压 96	8.421E-02
温度日振幅 92	-4.276E-02	日低云量 95	-0.137	日低云量 96	5.675E-02
日均水气压 99	0.133	温度日振幅 96	-4.890E-02	日均大气压 94	-6.462E-02
日均风速 92	-3.409E-02	日均能见度 95	-4.202E-02	日总直射 98	3.455E-02
日均水气压 97	4.500E-02	日均温度 92	0.196		

表 3 日平均水气压回归结果

参量	系数	参量	系数	参量	系数
(Constant)	-1.570E-02	日均水气压 95	0.118	日总云量 91	-4.153E-02
日均大气压 91	9.619E-02	日均大气压 99	-0.201	日低云量 96	5.909E-02
日总直射 93	3.910E-02	日均水气压 96	0.122	日总直射 97	3.949E-02
日总辐射 95	4.003E-02	日均水气压 97	0.260	日照时间 95	-4.007E-02
日均能见度 92	5.240E-02	日均水气压 93	0.324	温度日振幅 96	-3.789E-02
日均大气压 96	8.134E-02	日低云量 91	0.101	日均能见度 98	4.377E-02
日均能见度 97	5.624E-02	日均大气压 91	0.260	水气压日振幅 98	-3.555E-02
总辐射 92	-4.460E-02	日均温度 93	-0.198	日总直射 96	3.381E-02

表 4 日总辐射回归结果

参量	系数	参量	系数	参量	系数
(Constant)	-0.108	日均大气压 96	0.215	日均风速 95	0.104
日均温度 95	0.505	日均风向 93	-0.103	温度日振幅 94	-0.148
日总直射 96	0.150	日均大气压 97	0.165	温度日振幅 95	-9.364E-02
日均温度 94	0.250	水气压日振幅 93	0.145	日均风向 94	8.493E-02

从回归结果可以看出,总云量、低云量、日照时间、风向、风速、大气压、能见度在回归中都起了作用,即这些参量中包含有用的信息。这说明有必要采用多参量进行拟和。

## 2 模型检验

模型建立以后,还要对模型残差进行检验,包括残差正态性检验、独立性检验、零均值检验。

### 2.1 残差序列正态性检验

线性模型的基础是建立在残差是正态分布或近似正态分布的假设之上的<sup>[5]</sup>。

残差的正态性可用直方图检验,用 SPSS 回归的同时可以增加选项输出回归模型的残差序列直方图,同时显示该范围内正态分布曲线,可以比较数据序列的正态性。或者输出  $P-P$  概率图检验,如果数据序列是正态分布的,则绘制的概率分布图将呈现一条从纵轴零点指向右上角的直线。可以从绘制的图形判断残差是否为正态分布。

检验结果为,基本上正态性都较好,符合假设条件。

### 2.2 残差序列独立性检验

如果残差是独立的,说明残差中不存在有用信息,模型提取了所有可用的信息。

以下用文献[6]的方法对残差序列进行检验。由于  $r > 1$  时独立样本序列的自相关分布渐近正态,即  $\{N^{0.5}\rho(1), N^{0.5}\rho(2), \dots, N^{0.5}\rho(k)\}$  当  $N$  较大时,这  $k$  个量近似为相互独立的正态随机变量。因而它们的平方和服从  $K^2$  分布。构造统计量

$$Q = N \sum \rho^2(r)$$

则检验原序列是否独立的问题,转化为检验统计量  $Q$  是否是自由度为  $k$  的  $K^2$  分布的问题。

以  $\{a_i\}$  为独立序列做原假设,以  $\alpha$  为显著性水平,根据  $\alpha$  和自由度  $k$  由  $K^2$  分布表查出相应的  $K_\alpha^2(k)$  值,并与计算出的  $Q$  值比较。当  $Q < K_\alpha^2(k)$  时肯定原假设,否则否定原假设。

由于数据量较大,在此不给出检验过程。

检验结果为,大部分参量残差满足独立性条件,日平均水气压和能见度 2 个参量的残差的  $Q$  值略有超出。考虑到气象参数预报主要用于能耗分析,对适时精度要求不高,故认为通过独立性检验。回归结果可以用于预报产生能耗分析用气象数据。

### 2.3 零均值检验

对所得模型残差进行了零均值检验,残差全部满足零均值条件。

## 3 代表年的产生

文献[2]指出,对 AR(m)模型递推可以获得最小方差预报。

当预报步数充分大以后,初值误差的影响可以忽略,预报值就可以用了。这样得到的预报值可以在未来的一段时间内使用。

本文用这种方法产生了用于能耗分析的气象数据,并通过了合理性分析检验。

由于原始数据经过了标准化变换,所以需进行反变换才能得到参数的真实值。

值得指出的是,随着时间的变迁,原有的预报值会逐渐失去意义,需要产生新的预报值。这时应该重新采用最新的真实记录进行回归,产生新的回归系数,同样的方法获得新的预报值。

### 参考文献:

- [1] 林文胜. 建筑能耗分析用气象数学模型综述[D]. 重庆: 重庆建筑工程学院城建系, 1991.
- [2] 安鸿志, 陈兆国, 杜金观, 等. 时间序列的分析与应用[M]. 北京: 科学出版社, 1983.
- [3] 杨维权, 刘兰亭, 林鸿洲. 多元统计分析[M]. 北京: 高等教育出版社, 1989.
- [4] 苏金明, 傅荣华, 周建斌, 等. 统计软件 SPSS 10.0 for Windows 实用指南[M]. 北京: 电子工业出版社, 2000.
- [5] 黄海, 罗友丰, 陈志英. SPSS 10.0 for Windows 统计分析[M]. 北京: 人民邮电出版社, 2001.
- [6] 杨位钦, 顾岚. 时间序列分析与动态数据建模[M]. 北京: 北京工业学院出版社, 1987.

(下转第 87 页)

- [5] 何天祺. 现代空调及其发展动向剖析[A]. 建筑·展望[C]. 重庆: 西南师范大学出版社, 1996.
- [6] 龙惟定. 试论我国暖通空调业的可持续发展[J]. 暖通空调, 1999, 29(3): 25 - 30.
- [7] 范存养. 以人居健康舒适、环境保护和能源有效利用为中心的空调技术进展[J]. 暖通空调, 1999, 29(2): 26 - 31.
- [8] 范存养. 以人居健康舒适、环境保护和能源有效利用为中心的空调技术进展[J]. 暖通空调, 1999, 29(3): 31 - 35.

## On Environment Control and HVAC in the Building

*HE Tian - qi*

(Faculty of Urban Construction and Environmental Engineering, Chongqing University, 400045)

**Abstract:** On the basis of revealing the relation of the unity of opposites, the fundamentals, assignments and methods of environment control in the building were expounded, all development courses of the science and technology of HVAC as a core of the environment control were looked back on, the development backgrounds and trends of modern HVAC with good prospects were mainly analyzed.

**Key words:** building; environment; control; HVAC

(责任编辑 陈移峰)

(上接第 84 页)

## Constitute of Meteorological Data in Building Energy Analysis

*SU Fen - xian<sup>1</sup>, SU Hua<sup>1</sup>, TIAN Sheng - yuan<sup>1</sup>, ZHAO Su - hong<sup>2</sup>*

(1. College of Urban Construction and Environment, Chongqing University, Chongqing 400045, China;

2. Chongqing Electrical Machinery Plant, Chongqing 400052, China)

**Abstract:** Building energy analysis needs representative yearly meteorological data, the data could be selected from the past years' data according to specific regulation, it can also be produced from the meteorological math model which was built with the past data. A comparison is made between F testing method and AIC criterion method, which leads a result that the F testing method is reasonable. Mixed regression model of thirteen dimensions is established using F testing stepwise method. Test is conducted on independence and distribution of model residuals, and the result shows that the model is successful and more information can be provided for establishing model with dimension number increased. Using the above established model future meteorological data of building energy analysis can be predicted.

**Key words:** building energy analysis; meteorological math model; F testing method; representative meteorological year

(责任编辑 陈移峰)