

# 基于 ARMA 模型的公共建筑空调系统优化技术研究

吴思明<sup>1</sup> 陈伟利<sup>1</sup> 邢晓柯<sup>1</sup> 李可<sup>2</sup>

(1. 吉林建筑大学电气与计算机学院 2. 长春建筑学院城建学院)

**摘要:** 随着智能建筑的兴起和迅猛发展,建筑设备在使用过程中,难免会发生各种故障。对于中大型建筑物,公共建筑空调系统中的传感器具有分布广、数量大、安装位置比较特殊等特点,仅靠传统方法很难及时、准确、有效地发现这些故障。以空调系统为例,从节能角度来讲,温度传感器的漂移故障造成的能量损耗非常大,同时又难以被发现。本文以研究公共建筑空调系统温度传感器的漂移故障为基础,采用 ARMA 模型对空调温度传感器温度漂移数据进行建模分析,结合自动控制系统,研究改善传感器漂移故障的数学模型,以达到节能减排的目的。

**关键词:** 公共建筑空调; ARMA 模型; 漂移故障

2025.03.pptx  
82

## 0 引言

中央空调是目前最常用的空气处理设备,在各个关系国家经济与人民日常生活的领域都有广泛应用。在公共建筑空调系统中,温度传感器是最常用的元件<sup>[1]</sup>,其安装位置隐蔽不易发现。

一旦发生故障,则会带来巨大的安全事故和经济损失。温度传感器是测量温度的重要工具,但长时间使用后可能会因为环境、材料、电路设计等因素出现漂移现象,影响温度测量的准确性,从而增加能耗。传感器是信息采集系统的首要器件,如果传感器的输出结果并不是真实的测量值,那么造成的能量损耗是不可估量的。因此,本研究基于 ARMA 模型对公共建筑空调系统温度传感器漂移故障进行优化,通过收集和分析历史数据,建立公共建筑空调系统温度传感

器故障的预测模型,为空调系统的运行提供科学、有效的依据。在响应国家提出的“双碳”计划以及节能减排大政方针方面,本项目有着深远的意义和影响。

## 1 ARMA 模型理论基础

自回归滑动平均模型(Autoregressive Moving Average Model, ARMA)由美国统计学家博克斯(George E.P.Box)和英国统计学家詹金斯(Box-Jenkins)在 20 世纪 70 年代提出<sup>[2]</sup>,也称 B-J 方法,ARMA 模型是时间序列模型中应用最为广泛的模型<sup>[3]</sup>。优势是可以通过利用过去值、当期值以及滞后随机扰动项的加权建模,进而解释并且预测时间序列的变化发展规律<sup>[4]</sup>,ARMA( $p, q$ )模型的形式可以表示为:

$$x_t = \phi_0 + \phi_1 x_{t-1} + \phi_2 x_{t-2} + \dots + \phi_p x_{t-p} + \varepsilon_t - \theta_1 \varepsilon_{t-1} - \dots - \theta_q \varepsilon_{t-q} \quad (1)$$

式中,  $\{\varepsilon_t\}$  为白噪声序列;  $\phi_i$  和  $\theta_i$  为模型计算系数;  $p$  和  $q$  为阶数。ARMA 模型同时具有 AR 模型和 MA 模型的性质, AR 模型为自回归模型, 它旨在捕获和量化变量的过去对其现在和未来的影响; MA 模型为移动平均模型, 它描述的是当前时间点的数据与过去噪声的关系。

## 2 传感器漂移故障

受传感器自身特征及工作环境的扰动, 传感器故障可以将其划分为偏差故障、漂移故障、精度等级下降故障和完全失效故障。前三种故障又称为软故障, 由于数值很小, 很难被检测出来, 但长时间积累对传感器本身危害较大, 并且由于测量值不准确也会造成大量能源浪费<sup>[5]</sup>。其中传感器的漂移故障是指输入量不变的情况下, 输出量由于传感器内部老化、外部环境温度变化、传感器本身制造工艺等因素随时间发生线性变化等, 输出量随着时间逐渐变大, 导致测量结果不准确, 并且还会将错误的信号反馈给控制器<sup>[6]</sup>。传感器是信息采集系统的首要器件, 如果传感器的输出结果并不是真实的测量值, 会使系统变得不稳定, 或者不能正常运作, 不能达到舒适的要求, 并且造成的能量损耗是不可估量的<sup>[7]</sup>。温度年漂移量允许值为  $\pm 2^\circ\text{C}$ , 生产商会标明标定有效时间, 到期需要重新标定, 然而这  $2^\circ\text{C}$  的偏差是在一个听之任之的状态。

## 3 ARMA 模型在公共建筑空调系统中的应用

利用 ARMA 模型对公共建筑空调系统温度传感器漂移故障测量数据进行预测。

### (1) 数据来源

针对某项具体已投入使用一段时间的工程, 对其送新风系统的温度测量值进行数据测试, 采集的数据为正常工况下的 300 组运行数据以引入漂移故障后的 200 组数据, 如图 1 所示。

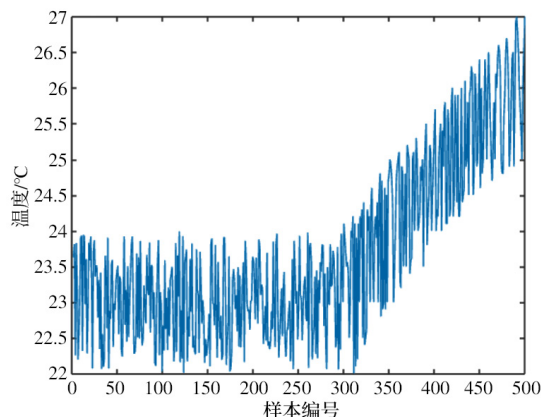


图 1 运行数据

### (2) 数据平稳化处理

将样本编号 300~500 的数据定义为  $X_t$ , 对  $X_t$  进行单位根 (ADF) 检验,  $P$  值大于 0.05, 并且从图 1 中可以看到引入漂移故障后数据有明显的上升趋势。因此, 序列是不平稳的, 需要进行差分处理将不平稳序列转化为平稳序列。对序列进行一次差分,  $P$  值显著为零, 通过单位根检验, 并且 ACF (自相关函数) 以及 PACF (偏相关函数) 的  $P$  值也显著为零, 所以一阶差分后的序列为平稳序列。单位根检验结果如图 2 所示。

	t-Statistic	Prob.*
Augmented Dickey-Fuller test statistic	-10.44982	0.0000
Test critical values:		
1% level	-3.465014	
5% level	-2.876677	
10% level	-2.574917	

图 2 单位根检验结果

### (3) 设定模型形式和滞后阶数

绘制序列的自相关 (ACF) 和偏自相关 (PACF) 函数图, 如图 3 所示。自相关性 (ACF) 指在某一时刻的值与另一时刻之间的关系, 偏自相关 (PACF) 用于描述时间序列数据内部的相关性结构。

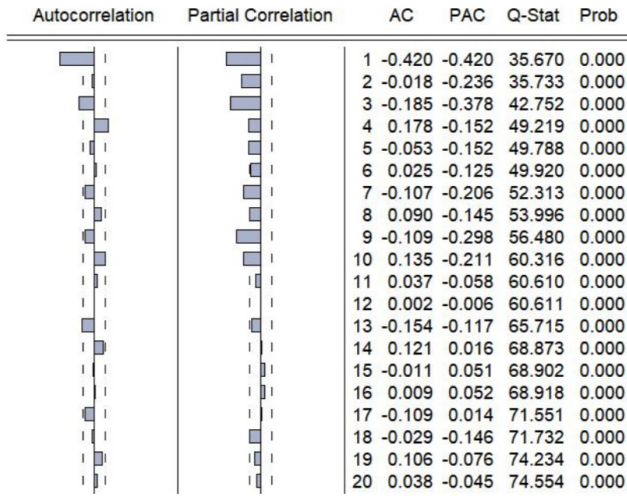


图3 自相关及偏自相关函数图

从图3中可以看出，两个函数均有拖尾的性质，故建立ARMA模型。对原序列进行一阶差分后为平稳序列，所以分析一阶差分下的ARMA的p、q值。建立不同阶数下的ARMA模型，如表1所示。

表1 各阶数检验结果

(p, q)	(1, 1)	(1, 2)	(2, 1)	(2, 2)
AIC	2.295860	2.588951	2.541279	3.048048
SC	2.361826	2.654917	2.607245	3.114015
HQ	2.322556	2.615646	2.567975	3.074744

通过反复比较表1中数据，发现ARMA(1, 1)下的AIC、SC、HQ信息准则最小，并且ARMA(1, 1)的回归系数R<sup>2</sup>最大，P值显著为0，模型的所有系数显著不为0，所以选择ARMA(1, 1)对序列进行建模。该模型的检验结果如图4所示。

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	24.77449	1.692205	14.64036	0.0000
AR(1)	0.998052	0.004382	227.7862	0.0000
MA(1)	-0.900916	0.036251	-24.85224	0.0000
SIGMASQ	0.551471	0.108226	5.095547	0.0000
R-squared	0.534839	Mean dependent var	24.76480	
Adjusted R-squared	0.527719	S.D. dependent var	1.091561	
S.E. of regression	0.750150	Akaike info criterion	2.295860	
Sum squared resid	110.2942	Schwarz criterion	2.361826	
Log likelihood	-225.5860	Hannan-Quinn criter.	2.322556	
F-statistic	75.11989	Durbin-Watson stat	1.861455	
Prob(F-statistic)	0.000000			

图4 模型校验结果

(4) 残差校验及预测

在模型阶数确定后，还需要对残差进行校验，残差是指模型预测值与观测值之间的差异。绘制残差序列进行自相关和偏自相关图进行分析，由图5可知最终校验结果为P值大于0.05，通过校验，因此建立的ARMA(1, 1)模型是适用的。残差校验结果如图5所示。

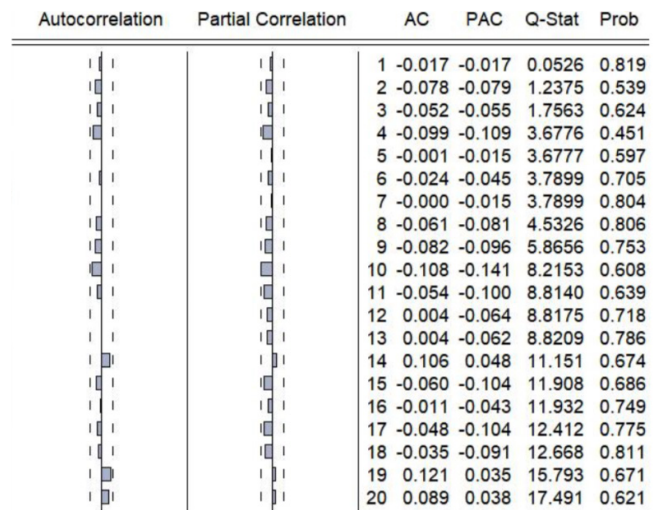


图5 残差校验结果

通过建立的ARMA(1, 1)模型对501~510组温度传感器漂移故障数据进行预测，发现预测结果与实际数据取得了良好的拟合效果，误差相对较小，说明可以使用ARMA模型进行预测。预测结果如表2所示。

表2 预测结果

编号	501	502	503	504	505	506	507	508	509	510
预测值	27.1	27.2	27.1	26.3	26.5	26.0	26.7	26.9	27.0	27.3

4 基于ARMA模型的空调系统优化策略

利用ARMA模型对发生漂移故障后的温度传感器输出数据进行建模与预测，通过软件补偿的线性化处理，得出温度传感器的线性输出，通过与自动控制

原理的结合, 研究出空调系统温度采集过程的最优控制算法, 对温度传感器漂移故障进行实时补偿, 以保证测量精度, 减小误差, 从而达到节能减排的目的, 为公共建筑节能减排提供新的思路和方法。

## 5 结束语

本研究通过 ARMA 模型对漂移故障数据进行短期预测, 首先将序列由非平稳序列通过一阶差分转化为平稳序列, 然后对其进行单位根校验, 通过单位根检验后根据自相关图与偏自相关图以及 AIC、SC、HQ 信息准则确定 ARMA 模型的阶数, 最终确定为 ARMA (1, 1) 模型; 然后对模型残差进行校验, 证明模型是合适的。基于 ARMA 模型对公共建筑空调系统进行优化, 对发生漂移故障后的温度传感器进行实时补偿, 通过实验与分析, 将 ARMA 模型运用到空调系统温度传感器漂移故障中, 达到了节能减排的目的, 取得了显著的研究成果。

通过本文的研究对相关空调、传感器优化作为指导依据。

## 参考文献

- [1] 张琳峰. 基于 WNN 的中央空调系统传感器故障诊断方法研究 [D]. 北京: 北京工业大学, 2022.
- [2] 张哲, 杨会杰. 原油差价合约波动性实证分析 [J]. 数学理论与应用, 2015, 35 (3): 114-121.
- [3] 蔡倒录, 王伯礼. 基于 ARMA 模型的新疆铁路客运量预测 [J]. 经济研究导刊, 2022 (33): 51-53.
- [4] 鲍燕妮, 沈丹祎, 石振明, 等. ARMA 模型在锚碇基坑变形预测中的应用 [J]. 工程地质学报, 2021, 29 (5): 1621-1631.
- [5] 李玉云. 建筑智能化系统现场控制设备的常见故障 [J]. 智能建筑, 2006 (6): 25-28.
- [6] 马金强, 王雅南, 郝学信. MEMS 压力传感器压力漂移故障研究与改进 [J]. 内燃机与配件, 2023 (19): 46-48.
- [7] 何慎之. 一种压力传感器温度漂移补偿修正算法研究 [J]. 中国仪器仪表, 2024 (6): 53-56.

(收稿日期: 2024-07-14)