

文章编号: 1005—0329(2007)12—0080—04

基于人工神经网络的敞开立式冷藏陈列柜 负荷预测研究

吕彦力¹,袁培²,薛牡丹²,丁瑞华²,陶文铨¹

(1. 西安交通大学,陕西西安 710049; 2. 郑州轻工业学院,河南郑州 450002)

摘要: 以陈列柜为研究对象,利用陈列柜进出口风幕参数计算确定出陈列柜的负荷。通过人工神经网络对敞开立式冷藏陈列柜负荷进行预测,结果显示预测值与计算值比较吻合。在运用中发现预测精度较高,具有实际的可行性和应用价值。

关键词: 人工神经网络;陈列柜;冷负荷;预测

中图分类号: TB6 **文献标识码:** A

Study on Artificial Neural Network in Vertical Open Refrigerated Display Cabinet Cooling Load Prediction

LV Yan-li¹, YUAN Pei², XUE Mu-dan², DING Rui-hua², TAO Wen-quan¹

(Xi'an Jiaotong University, Xi'an 710049, China; 2. Zhengzhou Institute of Light Industry, Zhengzhou 450002, China)

Abstract: Artificial neural network is used to predict the load of the cabinet. The result of the prediction corresponds to the actual calculating. The actual calculation results indicate the predicting accuracy are satisfactory, it shows that use this way to predict the load of the cabinet has the actual feasibility and application value.

Key words: neural network; refrigerated display cabinet; cooling load; prediction

1 前言

神经网络是由大量的神经元广泛互联而成的网络。由此提供了与现有的数值计算和符号计算不同的计算方法。神经元计算具有自学习、自适应、自组织和大规模并行处理的特点,提供快速的优化过程、超强鲁棒性的优点。神经网络方法不必作任何假设,也不需要建立一组规则或方程,而是直接使用样本数据实现输入层与输出层之间的非线性映射。已经证明,选用适当的拓扑结构,人工神经网络可以逼近任一连续函数。利用人工神经网络技术在制冷空调方面的研究性文章大量出现,如制冷用毛细管长度计算选择、空调负荷预测及优化等。而将人工神经网络技术应用于冷藏陈列柜负荷预测是否可行,还未见相关文献报道。

陈列柜负荷与柜体类型、风幕层数、送风参数、环境温湿度、照度等有关,其负荷变化是一个典型的具有动态性、时变性、多扰量性、不确定性等随机特性的非线性过程。由于神经网络具有较强的非线性映射等特性,它可以完成这一复杂的输入/输出映射。Ramon Faramarzi对中温立式敞开式冷藏柜进行了多次试验研究^[1],得出了各种热负荷所占的大致比例,这种计算方法需要较多的已知参数,且有些参数的获得还比较困难,所以实用性不是很强。邓咏梅等利用风幕进出口的焓差来确定冷藏陈列柜热负荷^[2],该方法接近纯理论计算,需要参数较少,且可以不通过试验就可以获取已知参数,具有较好的可行性和实用价值。

本文通过人工神经网络对陈列柜的负荷进行预测,给出的人工神经网络模型能够较好地预测

收稿日期: 2007—08—02

基金项目: 河南省自然科学基金(0411050300)和河南省科技攻关重点项目(0423022100)

冷藏柜负荷,该模型通过对样本的学习和训练,可以从众多复杂的样本集中提炼出基本的函数特性和关系,从而给出合理的欲知负荷结果。

2 RBF网络简介

径向基函数 (Radial Basis Function)神经网络是由 J. Moody和 C. Darken在 20世纪 80年代末提出的一种神经网络,它具有单隐层的三层前馈网络,结构如图 1所示。

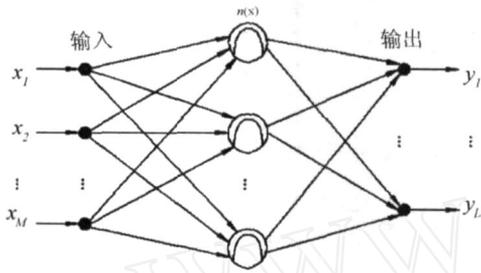


图 1 径向基函数神经网络结构

输入层节点只传递输入信号到隐层,隐层节点由像高斯函数那样的辐射状作用函数构成,作用相当于对输入模式进行一次变换,将低维(或高维)的模式输入数据变换到高维(或低维)空间内,以利于输出层进行分类识别。设输入层节点、隐层节点和输出层节点数分别为 M,N,L,隐含层作用函数为高斯函数,即:

$$r_i(x) = \exp\left[-\frac{x - c_i}{b_i^2}\right] \quad (1)$$

式中 i ——隐层神经元的个数, $i = 1, 2, \dots, n$

x —— m 维输入向量

c_i ——第 i 个径向基函数的中心,与 x 同维

b_i ——决定了第 i 个隐层神经元对输入向量的灵敏程度

由式 (1)可以看出, $r_i(x)$ 在 c_i 处取得唯一的最大值,具有唯一最佳逼近特性,且无局部最小值。径向基函数的这个特点,使得只有当输入信号落在一个很小的区域时,网络才能作出非零响应,保证了 RBF网络对输入信号优良的检测能力、局部逼近能力和泛化能力。

3 RBF网络模型的建立与预测

3.1 模型的建立

神经元模型采用包括输入层、隐含层、输出层 3层三组成的 RBF网络。首先通过系统自学习,确定输入层与隐含层的权值及隐含层节点 RBF中心向量;第二步通过监督学习方式训练由隐含层至输出层之间的权值。通过两步训练求取两层的最终权值和阈值。隐含层神经元的确定是一个关键问题,本次预测选用从零个神经元开始训练,通过检查输出误差使网络自动增加神经元。每次循环使用,使网络产生的最大误差所对应的输入向量作为权值向量,产生一个新的隐含层神经元,然后检查新网络的误差,重复训练直到满足误差要求精度。

根据对立式敞开食品冷藏陈列柜负荷的影响因素,本文确定如下输入、目标信息:

(1)输入层信息(输入节点),影响陈列柜负荷的外界因素主要有以下几个方面:工作环境空气的温度、湿度、灯光照度。

(2)目标信息(输出节点):陈列柜负荷。

隐含层节点变换函数采用高斯函数,输出层的输入为各隐含层神经元输出的加权求和。在网络设计中,利用了 RBF网络结构自适应确定、输出与初始权值无关等特点,能够很方便的预测出陈列柜的负荷。

3.2 样本的选取

训练样本的采集直接关系到网络的预测水平,使用尽量少的样本同时又包含尽量丰富的信息是样本选取的原则,样本采集后要要进行归一化处理,将其处理为 $[0, 1]$ 之间的数据。本采集样本用如下公式计算:

$$\hat{x} = \frac{x - x_{min}}{x_{max} - x_{min}} \quad (2)$$

样本的采集有实测数据和理论计算数据。其中输入层信息为实测数据,目标信息为理论计算数据。训练样本共 96个用于网络训练,另选用 10个样本测试网络的预测水平。

3.3 网络的学习与预测

在 MATLAB环境下,利用上述建立的 RBF模型及所选用的样本进行陈列柜的负荷网络学习和预测。先将样本数据进行归一化处理,RBF网络的建立过程同时伴随着样本的训练过程,训练输出如图 2所示;然后将要预报样本提交给学习好的网络进行预测。

从图 2中 RBF网络训练输出曲线来看,输出值和实测计算值较吻合。

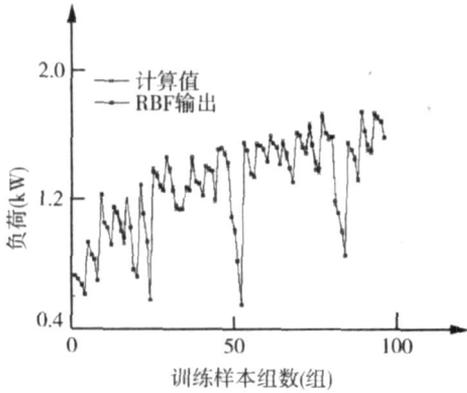


图 2 训练后网络输出值与实测计算值曲线

4 预测结果分析

图 3是对网络进行仿真,验证其预测性能。从测试的 10组样本中,网络预测结果与实测计算结果的比值平均值为 0.986:1,网络学习样本的预测结果和实际测算结果吻合较好,可见采用建立的 RBF模型,其精度能满足陈列柜负荷误差要求。

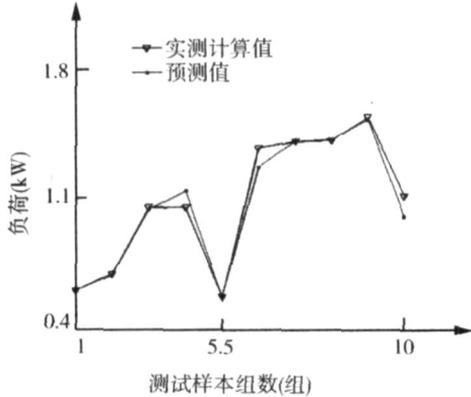
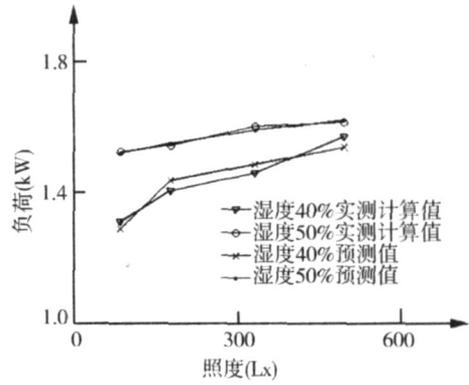


图 3 预测值与计算值比较曲线

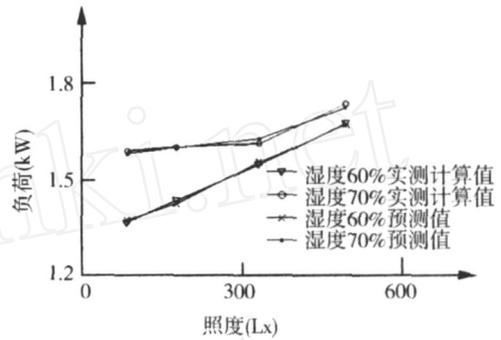
5 柜外环境对陈列柜负荷影响的预测

为了分析各类因素对陈列柜负荷的影响,可以假定不同的影响因素参数,用上述已经训练好的网络进行预测。假定在其它因素不变的情况下,其相对湿度、温度、照度对陈列柜负荷的影响情况,如图 4~6所示。

图 4为运行环境的照度对陈列柜负荷的影响情况,采用温度为 28℃,相对湿度分别采用 40%、50%、60%、70%。从图 4(a)和 4(b)可以看出,随着环境照度的增加,陈列柜的负荷增大。



(a) 湿度 40% ,50%照度与负荷关系



(b) 湿度 60% ,70%照度与负荷关系

图 4 照度与负荷关系

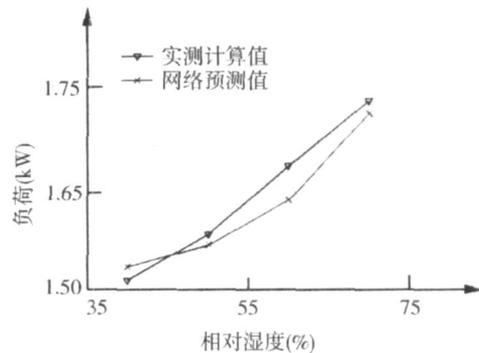


图 5 相对湿度与负荷关系

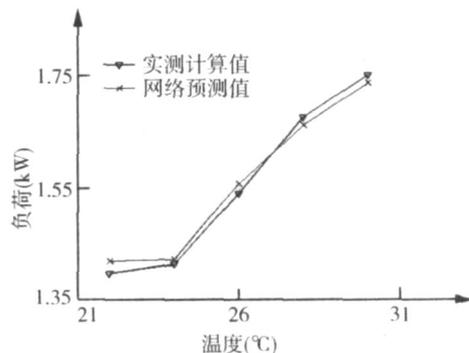


图 6 温度与负荷关系

图 5为相对湿度对负荷的影响情况,环境温度 为 28 ,照度 495Lx。从曲线的变化趋势看,随着相对湿度的增加,陈列柜负荷增加逐渐加快且一直呈上升趋势。

图 6为环境温度对负荷的影响情况,环境相对湿度为 60%,照度 495Lx,环境温度从 22 上升到 30 ,从曲线变化图上可以看出,环境温度升高,陈列柜负荷增大。

6 结语

探讨了采用人工神经网络技术预测陈列柜负荷的方法,建立了 RBF神经网络模型,利用理论计算的方法,当给定陈列柜的运行环境后,考虑多种影响因素对模型进行训练,并将预测值与计算值进行比较,二者吻合较好。分析结果表明通过人工神经网络的方法,可以将对陈列柜负荷复杂的影响因素模拟为非线性关系。对于其它情况,如果样本足够丰富,人工神经网络可以更加广泛的对陈列柜性能等进行预测,该方法具有一定的拓展性。

参考文献

- [1] FARAMARZI R. Efficient display case refrigeration [J]. ASHRAE Journal, 1999, (11): 46-54.
- [2] 邓咏梅,徐正本,陈蕴光,等. 确定陈列柜热负荷新方法的研究 [J]. 制冷空调与电力机械, 2003, (5): 10-12, 16.
- [3] Martin T Hagan, Howard B Demuth, Mark Beale. Neural Network Design [M]. New York: PWS Publishing Company, 2002.
- [4] 飞思科技产品研发中心. 神经网络理论与 MATLAB7实现 [M]. 北京:电子工业出版社, 2005.
- [5] 李国勇. 智能控制及其 MATLAB实现 [M]. 北京:科学出版社, 2005. 5.
- [6] 石磊,赵蕾,王军,等. 应用人工神经网络预测建筑物空调负荷 [J]. 暖通空调, 2003, 33(1): 103-104.
- [7] 陈永春. MATLAB M语言高级编程 [M]. 北京:清华大学出版社, 2004. 1.

作者简介:吕彦力(1955-),男,博士,教授,通讯地址:450002 河南郑州市东风路 5#郑州轻工业学院。

(上接第 24页)

(4)采用平行四边形凹槽,密封效果最好,凹槽宽度和深度分别为 0.9mm 和 0.3mm 时,相对于普通无凹槽锯齿结构,密封效率为 18.9%;

(5)在保证齿尖留有开口槽位置的前提下,在齿腔范围内改变环形槽的轴向位置对锯齿密封特性影响不大。

参考文献

- [1] 塔鲁达纳夫斯基. 非接触密封 [M]. 北京:机械工业出版社, 1986.
- [2] Vermees A. Fluid Mechanics Approach to the Labyrinth Seal Leakage Problem [J]. Journal of Engineering for Power, 1961. 161-169.
- [3] Rhode D L. Prediction of Incompressible Flow in labyrinth Seals [J]. Journal of Fluids Engineering, 1986, 108: 19-25.
- [4] Rhode D L. Simulation of subsonic Flow Through a Generic Labyrinth Seal [J]. Journal of Engineering for Gas Turbines and Power, 1986, 108: 674-680.
- [5] Morrison G L. 3-D Laser Anemometer Measurements in a Labyrinth Seal [J]. Journal of Engineering for Gas

- Turbines and Power, 1991, 113: 119-125.
- [6] 吴丁毅. 直通式锯齿密封特性的实验研究 [J]. 推进技术, 1997, 18(3): 24-27.
- [7] Stargess G J. Application of CFD to Gas Turbine Engine Secondary Flow System [J]. The Labyrinth Seal, AIAA-SS-3203, 1988.
- [8] 2002 NASA Seal/Secondary Air System Workshop [R]. NASA/CP-2003-212458.
- [9] Rhode D L. Measurement and Visualization of Leakage Effects of Rounded Teeth Tips and Rub-Grooves on Stepped Labyrinths [J]. Transaction of the ASME, 2001, 123: 604-611.
- [10] David C J. Abradable Stator Gas Turbine Labyrinth Seals: Part 2 Numerical Modelling of Differing Seal Geometries and the Construction of a Second Generation Design Tool [R]. 38th AIAA Joint Propulsion Conference & Exhibit, 2002-3937.

作者简介:纪国剑(1980-),男,博士生,主要从事流体机械和传热传质方面的研究,通讯地址:210016江苏南京市南京航空航天大学 294信箱。