文章编号：　1008-8857(2011)01-0025-07

# 中密度纤维板热压过程能耗优化系统的研究

徐凯宏，田艳青，谷志新

（东北林业大学 机电工程学院，黑龙江 哈尔滨 150040）

**摘　要：** 利用现有环境试验数据并加以整理，在 Windows 操作系统环境下，采用 SQL Server 数据库管理系统，设计和创建了基于 C/S 结构中密度纤维板热压过程工艺参数数据库系统。该系统主要包括网络数据库管理系统和查询系统两大部分，易于扩展，功能强大，可实现局域网/广域网上的数据共享。并且针对工艺参数数据库采用 BP 神经网络优化算法，优化工艺参数，找到最优的加工参数，降低加工成本和降低能耗。

**关键词：** 工艺数据库; BP 神经网络; 数据库优化; 数据查询; 降低能耗

**中图分类号：** TP392　　**文献标识码：** A

利用数据库技术管理数据，具有数据共享性好，数据与程序的独立性高，便于对数据实行集中统一的控制，如数据的安全性控制、数据的完整性控制以及数据的并发控制等优点[1]，使之在数据管理领域获得了广泛的应用。在中密度纤维板(MDF)热压工艺参数优化管理的研究中，通过试验获得大量热压工艺参数后，为了有效管理和利用这些数据，就要建立一个中密度纤维板热压过程工艺参数的数据库。

在广泛收集和整理中密度纤维板热压工艺各类数据的基础上，对所收集的相关热压参数和成品参数数据库信息经过科学的分析整理，利用数据库技术，建立了一个中密度纤维板热压工艺参数管理系统。该系统运行于 Windows 平台，采用 SQL Server 作为数据库服务器，开发环境使用 Microsoft Visual $C^{++}$6.0(以下简称 VC)，采用 MFC 框架，并使用 MATLAB 作为仿真工具。

中密度纤维板热压工艺参数管理系统为国内外中密度纤维板生产、研究开发提供及时、准确而高效的数据服务。该系统可以管理以前人工无法管理的大量数据，使数据库中的数据更加规范、合理[2]。用户只需在计算机上安装客户端就可以通过服务器方便快捷地实现对该数据库中的数据进行查询和检索，极大地提升中密度纤维板的研究开发与生产应用水平。

该系统充分利用试验资源，建立 BP 神经网络模型对未经试验加工的参数进行成型板材

**收稿日期：** 2010-12-01

**作者简介：** 徐凯宏(1969-)，男(汉)，博士，教授，tianyanqing88@yahoo.com.cn

**基金项目：** 黑龙江省自然科学基金(C200833)、黑龙江省博士后科研启动基金(基于木材/农业剩余物人造板加工工艺建模的研究)和黑龙江省教育厅科学技术研究项目(11533011)

性能预测，并利用多目标优化算法对预测参数进行优化，实现了中密度纤维板热压过程参数数据的动态查询和更新，不但可以缩短研发周期，而且可以减少科研人员的工作量和劳动成本，对中密度纤维板热压技术的发展十分必要。

## 1 数据库系统总体设计

本数据库系统基于 C/S 模式，拥有独立的客户端和服务器端[3]。服务器端支持多个客户端的连接。使用数据库的人员在登录到客户端使用数据库时，首先将信息发送至服务器端，然后由服务器端处理分发至相应的客户端。一对多的 C/S 模式框架如图 1 所示。

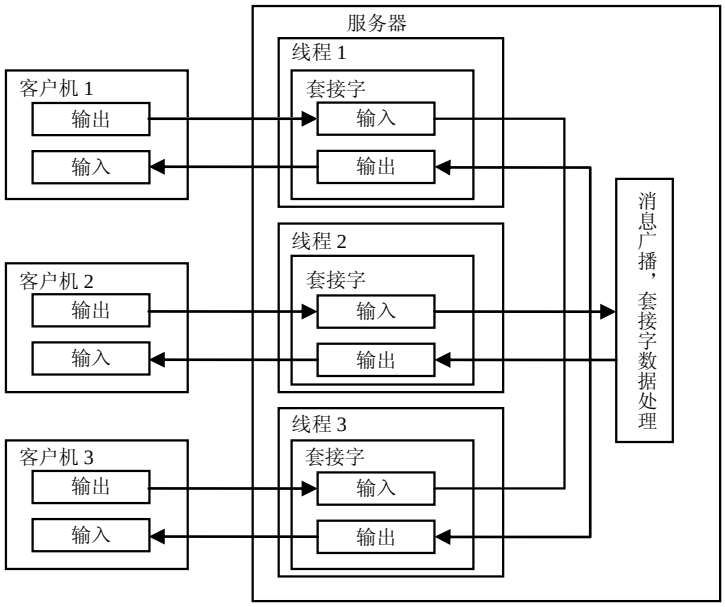


**图 1 C/S 模式**
**Fig. 1** C/S mode

数据库及优化系统流程如图 2 所示。

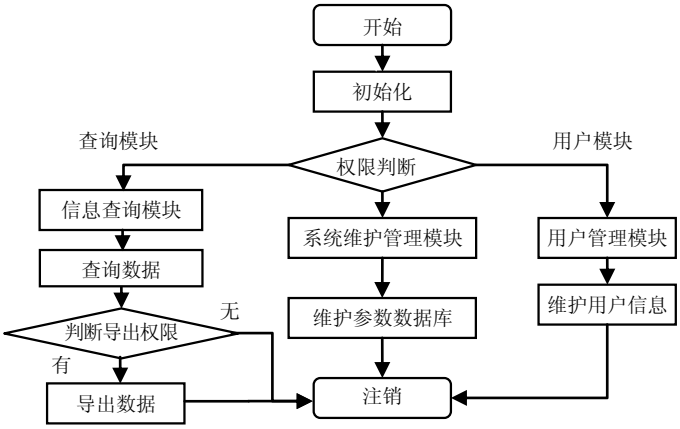


**图 2 数据库及优化系统流程图**
**Fig. 2** Flowchart of the Database and optimization system

## 2　功能模块设计

根据系统功能分析，将系统分为 3 大功能模块：信息查询模块、系统维护管理模块、用户管理模块等。

在信息查询模块中，用户登陆后即可享受相应的查询服务。用户可以在数据信息查询页面输入符合查询语法的查询语句，点击查询按钮，由客户端来处理查询语句，将查询语句在服务器端转化为 SQL 语句，打开查询内容对应的数据源，执行 SQL 语句，并将动态生成的结果返回到客户端上，如查询结果较多则按系统设置的自动分页显示。在返回给用户查询结果后，根据用户身份的检查、IP 地址的控制，确定用户是否能下载打印查询结果。

系统维护管理模块可以进行运行系统的维护包括对数据库中各种数据库的备份、还原，数据导入、导出、更新、删除、添加等操作，以及对管理员操作日志和用户操作日志的查询、清除等操作。

通过用户管理模块，系统管理员可以进行自身即数据管理员的信息的查询、添加、修改等操作，以及对查询模块用户信息的查询、添加、修改、删除等操作，新用户可以注册只具有查询权限的用户账户。

## 3　数据库结构设计

对数据库的功能进行分析后，可以得出数据库所需的数据项和数据结构，即：

(1) 热压过程参数信息：热压材料的编号、施胶比例、热压温度、热压时间、热压压力等。

(2) 热压结束后成品性能信息：弹性模量、吸水膨胀特性、静曲强度、内结合强度等。

(3) 用户信息：用户账号、口令、真实姓名、权限等。

最后设计了 3 个数据表来存储所有信息，分别是：热压过程参数信息表、热压成品性能信息表、系统用户信息表。

## 4　数据库优化算法

### 4.1　中密度纤维板热压过程工艺分析

中密度纤维板热压的原理就是借助压力和热量的作用，使板坯中的水分蒸发，胶粘剂固化，密度增加，板坯中各组分发生不同程度的化学变化和物理变化，纤维间形成各种结合力，最终制成符合要求的纤维板。热压的基本作用是使胶粘剂固化，将板坯压实到要求的厚度。热压过程中，高温压板与板坯表层紧密接触，热压板按照设定的速度合拢，板坯逐渐被压薄，板坯的平均密度逐渐增大，板坯内部的应力也逐渐增大；与此同时，从板坯表层向芯层传递热量，使从表层到芯层板坯温度逐渐升高。随着温度的上升，板坯内的水分变为水蒸气，扩散到纤维之间的空隙中，有一部分排到板坯外部。水分和温度的变化影响着板坯的力学性质。另外，板坯温度的升高促使板坯内的胶粘剂缩聚反应加快，产生固化。

热压过程中的工艺参数的选取主要体现在热压曲线的制定上，影响热压曲线的因素主要是：热压压力、热压温度、热压时间。

本系统的核心算法主要以热压压力、热压温度为工艺参数，通过经验数据和实验数据建立基于 BP 神经网络的热压过程的工艺仿真模型，根据板材的四项基本力学性能—吸水厚度膨

胀率、静曲强度、弹性模量和内结合强度的指标评价板材优劣，验证和完善工艺仿真模型，根据此仿真系统选择合适的热压工艺参数，为中密度纤维板的生产制造提供参考。

### 4.2 热压过程神经网络预测模型的建立

中密度纤维板热压系统的工艺仿真模型采用基于试验数据和实测数据的系统辨识建模方法，相应地在系统建模、仿真与优化过程中，需要使用多种算法，如人工神经网络、逐步回归和遗传算法等。各算法在整个系统各功能模块中的使用如表 1 所示。

表 1 各模块中使用的算法

**Table 1** Use of the algorithm of each module

| 功能模块名称 | 使用的算法 |
|---|---|
| 建模模块 | 神经网络 |
| 优化模块 | 遗传算法 |
| 仿真模块 | 神经网络、逐步回归 |

将中密度纤维板施胶后的参数及相应的热压工艺参数作为网络输入参数，成板的性能指标作为输出参数，根据一定的算法，构建一个网络模型，然后成对输入足够多的实测数据(即热压工艺参数指标)，对网络进行训练，即网络根据算法自身调节神经元间连接权的权重[4]。具体过程为:网络首先根据中密度纤维施胶后的参数及相应的热压工艺参数,通过初始权重值，对成板性能作出预报，并将预测结果与预期输出值进行比较，得出的误差作为下次预报的修正依据，不断反复这个预报—修正的循环，从各对数据中获得有关信息。当网络给出的预报值与预期输出值之间的误差达到所要求的数值时，训练宣告结束。经过训练的网络即可进入询问模式，能根据其它中密度纤维施胶后的参数及相应的热压工艺参数进行新的成板性能预测。询问模式为中密度纤维板热压工艺参数数据库提供了新数据的来源,系统管理员可以根据此询问模式提供的可靠数据维护数据库，供生产人员参考选出最理想的加工参数。

基于误差反传递算法的 BP 神经网络具有很强的映射能力，网络模型的输入为中密度板的施胶比例、热压压力、热压温度、热压时间共四个变量，隐层设定为单隐层，隐层选用双曲正切 Sigmoid 函数，输出为中密度纤维板的静曲强度、吸水膨胀特性、内结合强度、弹性模量，网络结构如图 3 所示。

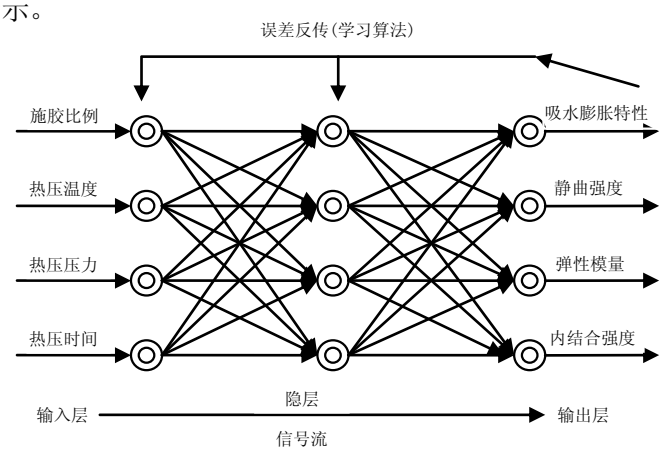


图 3 热压成板的性能预测网络模型

**Fig. 3** Network model for predicting the performance of hot plates

模型中，第 $l$ 层中第 $i$ 个神经元节点所接到的上一层输入总和为

$$y_i^{(l)}(t)=\sum_{j=0}^{N_l} w_{i,l}^{l}(t)x_i^{l-1}(t) \qquad 1\le l\le L,\ 1\le i\le N_l \tag{1}$$

式中，$N_l$ 是第 $l$ 层神经元数目；$L$ 是网络层数；$x_i^{l\text{-}1}(t)$ 是 $l$−1 层中第 $i$ 个神经元节点第 $t$ 个模式输入时的输出；$y_i^{(l)}(t)$ 是第 $l$ 层中第 $i$ 个神经节点第 $t$ 个模式输入时所接受到上一层的信息输入总和，$w_{i,j}^{l}(t)$ 是第 $l$ 层中第 $i$ 个神经元节点第 $t$ 个模式输入时第 $j$ 个连接权矢量。

第 $l$ 层中第 $i$ 个神经元节点的输出为

$$x_i^{(l)}(t)=f[y_i^{(l)}(t)]=\frac{1}{1+\exp[-\sigma y_i^{(l)}(t)]} \qquad 1\le l\le L,\ 1\le i\le N_l \tag{2}$$

式中，$x_i^{(l)}(t)$ 是 $l$ 层中第 $i$ 个神经元节点第 $t$ 个模式输入时的输出；$f[y_i^{(l)}(t)]$ 是神经元节点的转移函数，选择极限值为[0, 1]的 Sigmoid 函数；$\sigma$ 是斜率参数。

将 $M$ 个训练样本分成 $Q$ 个子块，每个子块有 $M_i$ 个训练样本，有

$$\sum_{j=1}^{Q} M_j = M \tag{3}$$

第 $j$ 个模块数据对应输出层误差能量和为

$$E^{(j)}=\sum_{t=1}^{M_J}\sum_{i=1}^{N_L}\varepsilon_i^{L}(t)=\sum_{t=1}^{M_J}\sum_{i=1}^{N_L}[d_i^{L}(t)-x_i^{L}(t)]^2 \tag{4}$$

式中，$\varepsilon_i^{L}(t)$ 是第 $L$ 层中第 $i$ 个神经元节点第 $t$ 个模式输入时的误差信号；$d_i^{L}(t)$ 是第 $L$ 层中第 $i$ 个神经元节点第 $t$ 个模式输入时的期望输出；$M$ 是训练样本。

采用基于 Levenberg-Marquardt（简称 LM）算法作为学习算法，公式如下

$$w_{k+1}=w_k+\Delta w_k \Delta w=-[J^T(w)J(w)+\mu I]^{-1}J^T(w)\varepsilon(w) \tag{5}$$

式中，$w_k$ 是第 $k$ 次迭代的网络权值向量；$w_{k+1}$ 是第 $k$+1 次迭代的网络权值向量；$E(x)$ 是误差向量；$J^T(w)$ 是误差的 Jacobian 矩阵；$I$ 是单位矩阵。当增加$\mu$ 时，它接近于有小的学习速度的最速下降法，当$\mu$下降到 0 时，算法就变成了高斯—牛顿法，因此，基于 LM 算法修正权值的关键是计算网络的 Jacobian 矩阵和调节$\mu$ 值的大小。

如何确定隐单元的数目，目前还没有明确而又广泛适用的结论，但也有学者对此给出了一些经验公式。Mirchadani 认为隐单元数 $J$ 与输入模式数 $P$ 的关系为：$J=\log_2 P$，Kung 与 Hwang 也给出了类似的结论。但是这些结论是否适合于具体的研究对象，还需进一步验证[5]。

Matlab 中的 NNbox 提供了建立神经网络的专用函数 newff()。用 newff 函数来确定网络层数、每层中的神经元数和传递函数，其语法为

$$\text{Net = newff(PR, [}S_1, S_2, \ldots, S_N\text{]，\{TF}_1, \text{TF}_2, \ldots, \text{TF}_N\text{\}，BTF, BLF, PF)} \tag{6}$$

式中，PR 为由每个输入向量的最大最小值构成的 $R$×2 矩阵；$S_i$ 为第 $i$ 层网络的神经元个数；TF 为第 $i$ 层网络的传递函数，缺省为'tansig'，可选用的有：tansig、logsig 和 purelin；BTF 为字符串变量，为网络的训练函数名，缺省为'trainlm'，可选择的有：traingd、traingdm、traingdx、trainbfg、trainlm 等；BLF 表示字符串变量，为网络的学习函数名，缺省为'learngdm'，可选择的有：learngd 和 learngdm；BF 为字符串变量，为网络的性能函数，缺省为'mse'，可选用的有：mse、sse 和 msereg。

newff 在确定网络结构后会自动调用 init 函数用缺省参数来初始化网络中各个权重和阈值，产生一个可训练的前馈网络，即该函数的返回值为 Net。

为确保神经网络能够正确预测中密度纤维板热压后的成板性能指标，需使用大量的训练样本对神经网络进行训练，因此选择满足遍历性和致密性要求的训练样本有利于网络的训练，它使网络在训练过程中能够均匀地训练所有的分类模式[6]。然后用测试样本来验证已训练的网络性能是否满足中密度纤维板热压成板的性能指标的预测精度要求。

此网络模型为数据库提供大量的新的生产数据，在热压参数数据库可以批量导入新的生产数据来丰富和完善热压参数数据库，方便用户的查询和参考。

## 5 数据库及其优化系统的实现

首先是用户登录模块，已经注册的用户输入用户名和密码就能登录。新用户可以在登录界面注册新的用户，如图 4 所示。

登录到主界面后有四个主要功能。用户管理模块主要负责管理用户的基本信息，用户的权限，查询注册的用户，如果是超级用户还可以查询用户的密码，如图 5。热压参数管理模块主要功能是数据检索、批量数据的导出和导入等(如图 6)。导入的批量数据可以是经过神经网络模型训练出来的可靠数据，供其他用户参考；系统查询模块；文件导出模块负责整个文件模块的操作。

图 4 用户注册界面
**Fig. 4** Register Interface

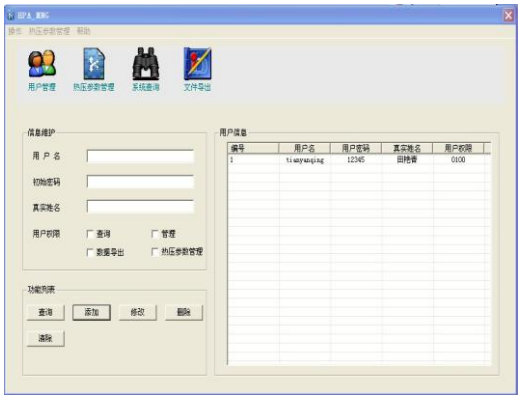


图 5 用户管理信息维护界面
**Fig. 5** Maintenance interface of user management information

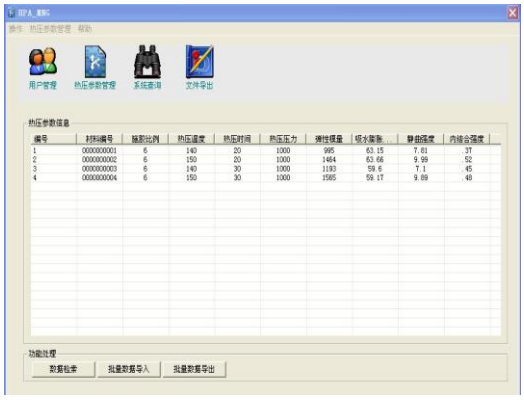


图 6 热压参数信息界面
**Fig. 6** Hot-parameter information interface

## 6 结语

网络数据库对中密度纤维板热压工艺数据可以实现统一管理、数据资源共享，便于提供方便的检索方式和数据的维护，BP 神经网络算法为工艺参数数据库提供了新的数据来源和更新维护信息。同时，数据库系统采用 VC+SQL SEVER 2000+C/S 模式的网络数据库解决方案，

建立了一个结构合理、界面友好、操作简便的网络共享平台，用户可以方便地利用数据库中的数据资源进行中密度纤维板热压工艺设计，根据成品的性能可以选择优化的热压过程工艺参数达到降低生产能耗的作用。

**参考文献**:

[1] 吴 晨, 张 亮, 张 静. **数据库开发与实例**[M]. 北京: 清华大学出版社, 2006.
[2] 盖天宇, 孙明丽, 邹天思. ASP **程序开发范例宝典**[M]. 北京: 人民邮电出版社, 2006.
[3] 张树亮, 李 超. **网络应用系统开发案例精解**[M]. 北京: 清华大学出版社, 2006.
[4] 胡仁平, 杨 洋, 左雪平. 基于遗传神经网络的电火花加工效果的预测[J]. **机械设计与制造**, 2007, **45**(11): 135−137.
[5] 徐小兵, 陈蔚鸿. 基于神经网络的绝缘陶瓷电火花加工工艺效果预测模型[J]. **机械设计与制造**, 2009, **47**(12): 129−130.
[6] YU J B, WANG S J, XI L F. Evolving artificial neural networks using an improved PSO and DPSO[J]. *Neurocomputing*, 2008, **71**(4−6): 1054−1060.

# The optimization system of energy consumption in the MDF pressing process

XU Kai-hong, TIAN Yan-qing, GU Zhi-xin

(College of Electromechanical Engineering, Northeast Forestry University, Harbin 150040, China)

**Abstract:** Using existing data for environmental tests, a database system based on C/S structure for the pressing-process parameters of MDF has been designed and created using SQL Server database management system and the Windows operating system. The database system includes a network database management system and a query system. It is easy to expand, powerful and enables LAN/WAN data sharing. Moreover, the BP neural-network optimization technique has been used for the database. The process parameters can be optimized and the optimum processing parameters can be found. The processing costs can thus be lowered and the energy consumption can be reduced.

**Key Words:** technological database; BP neural network; database optimization; data query; decreasing energy consumption

(接第 12 页)

food-waste producers are lacking in consciousness for the hazard of food waste and its treatment. The management system remains imperfect, and the technical capabilities of circular processing are low. Based on the circular economy logos and the “3R” principle, countermeasures on the food waste industrialization were suggested. A perfect system for the processing and management of food waste should be established and a coordinated-process industry chain for circular processing should be constructed. In addition, the compensation and the technical competence for circular processing should be increased.

**Key Words:** circular economy; “3R” principle; food waste; industrialization