

专题讨论

木材工业自动化技术应用现状及展望

周玉成, 程 放

(中国林业科学研究院木材工业研究所, 北京 100091)

摘要: 概述近年来先进的自动化技术,包括非线性控制、自适应控制、鲁棒跟踪控制、人工智能控制、模糊控制、神经网络控制、数据库,以及基于 Web 的 ASP 等技术,在木材工业领域中的最新应用和成就,并对今后发展作展望分析。

关键词: 木材工业; 自动化技术; 控制技术; 应用

中图分类号: TS6; TP273 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-8654(2006)02-0059-04

Status and Prospect of Advanced Automatic Technology Applied to the Wood Industry

ZHOU Yu-cheng, CHENG Fang

(Research Institute of Wood Industry, Chinese Academy of Forestry, Beijing 100091, China)

Abstract: This paper summarizes the applications and advances of some specific automated control techniques such as: non-linear, self-adapted, Robust tracking, artificial intelligence, fuzzy logic and neuron network control systems. Also reviewed are the database the Web based ASP technologies that have been applied in the wood industry in China during recent years. The authors present their views on further development of those techniques in the wood industry.

Key words: wood industry; automated technology; control technique; application

近年来,我国从事木材工业自动化的人才队伍正在发展壮大中,并在复杂过程分析与控制、建模与优化、计算机辅助设计、计算机辅助制造与计算机集成制造系统等方面取得了可喜的成就。到目前为止,木材工业自动化各个研究方向,如非线性控制、非线性奇异系统、模糊控制、神经网络、自适应跟踪等,已基本形成并初具规模。将近代的单片机、计算机板卡、可编程控制器、网络、程序设计等新技术应用到木材加工工业中,对提升工艺水平和产品质量起到重要推动和保障作用。

1 自动化技术在木材工业中的应用

1.1 复杂非线性系统的鲁棒跟踪控制技术

复杂非线性系统的鲁棒跟踪控制不再是航天、国防等高科技领域所特有,已走进木材工业领域并在生

物质材料质量监控与环境监控方面,发挥着令人惊奇的作用,利用这一技术制造的有害挥发物检测产品已超过了世界领先水平^[1-3]。

国产人造板中甲醛等有害挥发物超标,不但影响人造板出口,而且也给人类健康带来危害。我国已实施强制性标准限制人造板产品中有害挥发物的含量,而检测用人工环境气候箱的温、湿度控制,正是世界各国都在研究的难题。气候箱的控制精度在某种程度上决定了一个国家的检测水平,同时也决定了检测结果的可靠性和准确性。

以往世界上多数气候箱产品是通过试验将某些参数固定,然后调整露点温度来实现箱内的温、湿度控制。德国科学家采用在一定范围内,将环境参数(除露点温度)相对固定,通过大量试验列出近百套复杂表格供参考,不仅控制过程复杂,而且易受气候环境的影响;日本科学家在此基础上研制出了气体喷射法,其原理与德国露点法大致相同。由于气候箱内湿度与露点温度、干球温度、干球湿度、水气压力等参数

收稿日期: 2005-12-21

作者简介: 周玉成(1958—),男,中国林科院木材工业研究所研究员,博士,博士生导师。

专家论坛 万方数据

之间呈显著的非线性关系,这些传统方法未能真正解决温、湿度控制精度的问题。

我国科研人员在消化吸收国外控制方法的基础上,将鲁棒跟踪控制技术引进到人造板产品有害挥发物的检测上来,通过建模、跟踪等理论分析与推导,发明了人工气候箱鲁棒分析装置与仪器,其温、湿度控制精度可分别在 $\pm 0.5\%$ 和 $\pm 3\%$ 范围内(见图 1),处于世界领先水平,标志着先进的跟踪控制技术在木材工业领域的成功应用。

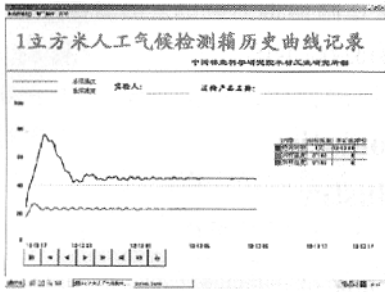


图 1 人工气候箱控制曲线图

Fig. 1 Work graph of manpower climate box

1.2 模糊自适应控制及智能控制

模糊控制、自适应控制及智能控制技术在我国木材工业领域中已得到了广泛应用,并取得了令人满意的结果,同时替代了昂贵的进口设备与仪器。如在试验压机制造方面,采用 PID (Proportional-Integral-Differential, 比例-微分-积分) 控制温度,控制精度在 $\pm 5\%$ 内(图 2)。一些设计先进的压机还可实现过程的智能控制,并具有如下功能:

- 1) 自适应模糊温度控制,使制板过程中的温度基本保持恒定;
- 2) 计算机实时监测温度,实时记录数据并绘制曲线;
- 3) 加压、保压、卸压等程序可自行设定;
- 4) 压力过程自动跟踪控制;
- 5) 计算机实时监测压力控制过程,记录实时曲线,保留历史记录、历史曲线;
- 6) 实时监测板坯内部压力、温度变化;
- 7) 具有自

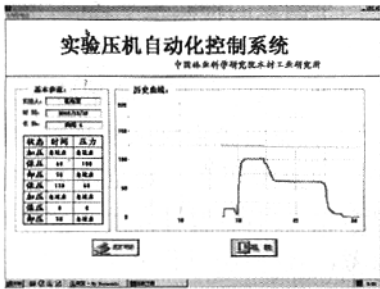


图 2 智能控制实验压机参数曲线图

Fig. 2 A parameter graph of an intelligent-control experimental press

学习功能的产品数据分析数据库,为开发或规模生产提供决策支持。

应用这类先进的压机,可解决现行人造板生产中温度控制误差大,压力过程控制粗放,以及无法感知板坯内部的温度、压力等问题,从根本上改变人造板产品开发、生产过程中在线监测准确度差的现状,为人造板行业的产品开发、规模化生产、缩短生产周期、降低生产成本、改善产品质量起到促进作用。

1.3 神经网络分析与控制技术

在木材工业基础研究方面,神经网络分析方法与技术,在复杂过程分析与控制领域的应用,已使得传统曲线拟合及线性回归的方法相形见绌,并在木材物理力学关系的研究上处于世界领先水平^[4-7]。

如对木材内部结构与物理力学关系的研究,以生长年轮与基本密度为例,传统方法是建立有理式数学模型来表达其间关系。为了获得较高精度,需做出形式相同、参数各异的多段分段函数,虽然可真实反映木材结构与基本密度的二元关系,却因函数描述的局限性和函数式对样本的过度依赖性,使模型难以拓展,不仅样本采集和建模工作量大,而且精度仅为 $80\% \sim 85\%$ 。

事实上,由于木材本身是一个复杂的生命体或生物材料,其内部结构之间,以及结构与物理力学性质之间存在着非常复杂的非线性关系。传统研究只局限于某几个特定微观结构参数与材性的关系,给出某一类木材结构参数到其某种物理性质的映射关系。然而,木材作为一个有机整体,不同参数之间都存在着未知的非线性关系,即每个微观结构参数均会对其品质特性产生不同程度的影响,仅依据一两个参数去判定木材的宏观性,结果显然是片面的。

近年来,国内学者们提出了一类准确、高效的神经网络建模方法。如图 3 所示的木材微观结构参数与其物理力学关系神经网络模型系统,突破了单一的元式传统模式,建立了从整个微观结构到所有物理力学性能指标的高精度映射,输入相应的微观结构参数,模型便可给出木材宏观物理力学特征预测结果,逼近精度可达 96.3% 以上(图 4)^[8];并能从所有输入因子中分析出关键变量组合,给出部分输入因子组合到木材物理力学性质的映射。在总模型基础上建立的子模型,亦能较准确地反映木材从心材到边材的材性变异。可以说,神经网络建模方法将成为木材性质机理、材质改良、树木转基因工程等理论研究的有力工具,为优质树种资源培育、树木转基因工程、定向培育材质改良等实际应用研究提供科学依据。

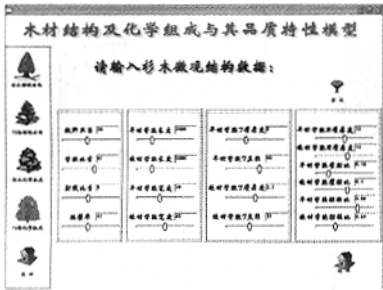


图 3 木材结构及化学组成与其品质特性查询界面

Fig. 3 An inquiry system for wood properties based on micro and chemical compositions

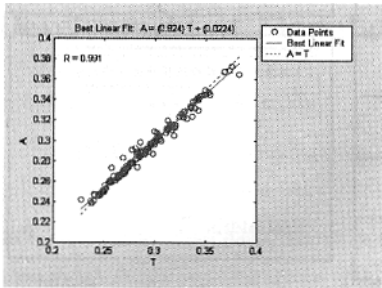


图 4 网络性能评估的线性回归图

Fig. 4 A linear return chart of evaluation on network performance

1. 4 计算机辅助设计(CAD)、辅助制造(CAM)与仿真技术

围绕着提高产品的开发能力,我国木材工业自动化领域的工程技术人员、科研人员利用新的工具及工具软件快速发展的有利时机,采用第三方技术或在第三方技术的基础上,创新开发出具有自主知识产权的应用软件或技术。主要表现在应用计算机辅助设计、辅助制造和仿真技术,解决木材工业领域中以下方面的问题^[9]:

- 1) 在建模、仿真、虚拟现实技术基础上建立的虚拟制造获得快速发展,可减少或取消制造原形机或原型系统;
- 2) 在木材基础科学研究方面,发展与强化从二维到三维图像的重组技术,对活立木及木材进行无损检测;
- 3) 利用 CAM 技术进行木材及其制品构件的最优设计。根据构件的设计强度,弹性模量、花纹及其他材性要求,通过查询木材材种数据库,确定材种使用方案,这是较新并有特色的一个发展方向,使得木材的个性化利用达到了最优化;
- 4) 应用仿真技术等,加速新产品的开发过程,提高生产过程控制水平等。

专家论坛 万方数据

1. 5 基于 Intranet 或 Internet 的信息集成技术

近年来在木材工业自动化控制领域,充分利用现代网络技术、数据库技术,提出了“现代集成制造系统”新理念,拓展了传统 CIMS(Computer Integrated Manufacturing System, 计算机集成制造系统)的要点,细化了现代市场竞争的内容,并提出 CIMS 的现代化特征是数字化、网络化、虚拟化、集成化和绿色化,主要体现在:

1) 强调系统的观点,扩展系统集成优化的内容。包括信息集成、过程集成和企业集成优化,企业活动中三要素(人、经营、技术)和一流(物流、信息流、资金流)的集成优化,以及 CIMS 相关技术和各类人员的集成化,将制造技术、信息技术、管理技术、自动化技术、系统工程技术相结合,构成一个复杂的大系统(如图 5 所示),在此环境下研究提高企业竞争力和综合实力的最优解决方案^[10]。

2) 突出了管理与技术的结合,以及人在系统中的重要作用。CIMS 技术是基于制造技术、信息技术、管理技术、自动化技术、系统工程技术的一门发展中的综合技术,其中信息技术起关键作用,可应用于企业产品全生命周期和各个阶段。通过信息集成、过程优化及资源优化,实现物流、信息流、资金流的集成和优化运行,达到人(组织、管理)、经营和技术三要素的集成,缩短产品开发时间,提升产品质量,降低成本,改善服务,有益于环保,从而提升企业的市场应变能力和竞争能力。

运用现代信息技术改造和提升制造业,将信息化和工业化结合,进一步过渡到现代化,在较短的时间内实现跨越式发展,是符合我国制造业国情的一条发展之路,也为未来木材工业制造业信息化向数字化、集成化、绿色化、智能化、敏捷化与网络化方向发展奠定了坚实的基础。

2 自动化技术在木材工业领域的发展与展望

我国木材工业自动化技术在上述几个研究方向已跨入先进行列,但总体水平与发达国家相比仍有较大的差距,主要表现在大型生产设备或仪器的制造水平上。国际化市场竞争越来越激烈,使我国相当多的制造业遇到了前所未有的挑战。从我国的企业目前的实际情况,企业经营中的瓶颈是产品开发能力,特别是新产品开发能力弱,管理粗放。因此,我国研究、应用和实施 CIMS 的重点应放在加强产品设计和企业管理上,在此基础上利用自动化控制技术,采用 TCP/IP 实现信息集成。

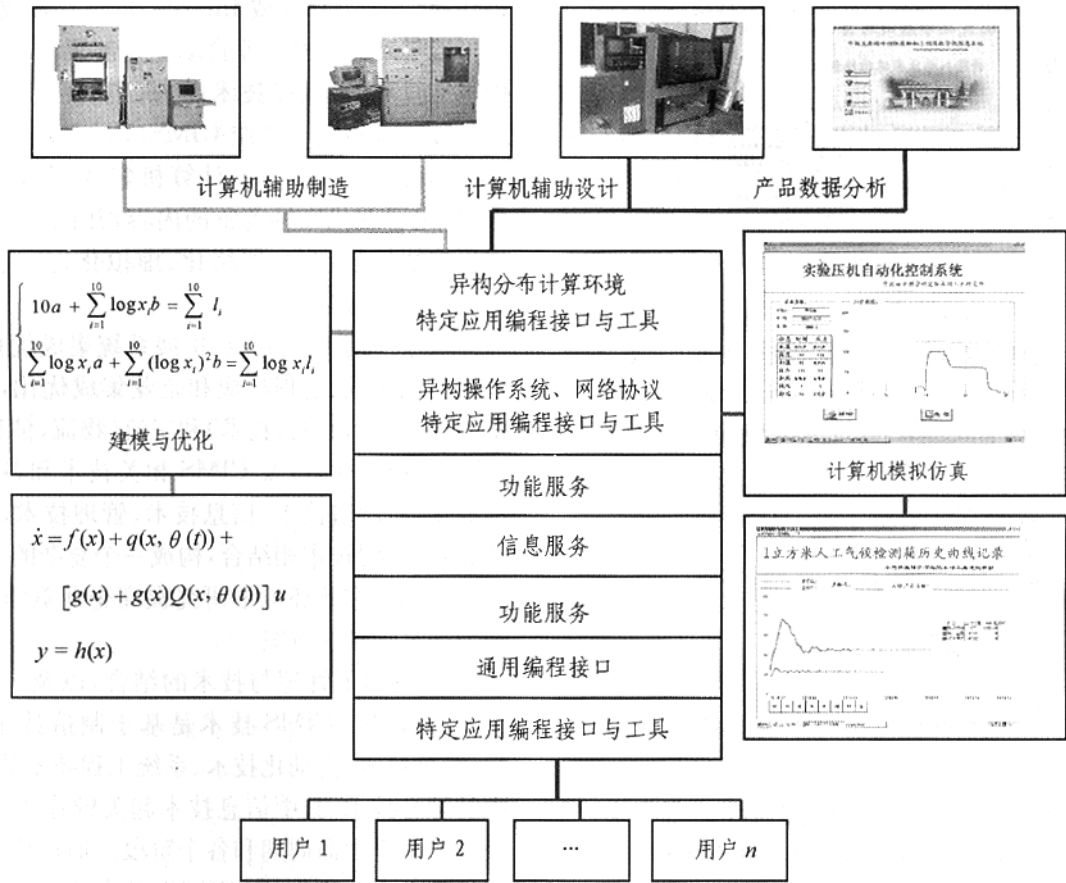


图 5 实木制品现代集成制造系统应用平台

Fig. 5 A solid wood modern integration manufacture system application platform

如何以最短的时间,开发出质量及价格都能被用户接受的新产品,已成为今后木材工业市场竞争的新焦点,即基于企业动态联盟和网络化的敏捷制造,将成为 21 世纪的重要发展方向;网络的协同产品——商务将成为研究应用的一个具体热点。围绕着提高产品开发能力和生产过程控制水平,面向中小企业的、经济实用的低成本综合自动化系统,会得到进一步的重视和发展;更多的企业由于自动化控制技术的不断提高,将大批量定制生产模式。

简言之,未来制造业信息化的发展趋势将是数字化、集成化、绿色化、智能化、敏捷化与网络化的融合,各种新的管理模式和管理思想不断出现,促使全球化敏捷生产体系的形成。

参考文献:

[1] 周玉成,程放,肖天际,等. 一类含不确定因素的非线性系统鲁棒跟踪[J]. 林业科学, 2003,39 (2):130-136.
[2] 周玉成,程放,李晓群. 非线性系统鲁棒渐进跟踪[J]. 木材工业,2003,17(5):11-13.

[3] 程放,周玉成,杨建华,等. 1 m³ 甲醛释放量检测气候箱的行业标准编制[J]. 木材工业,2005,19(5):25-27.
[4] MELO de J E,PELLICANE P J,SOUZA de M R. Goodness-of-fit analysis on wood properties data from six Brazilian tropical hardwoods[J]. Wood Science and Technology, 2000,34(2):83-97.
[5] SLU C L. Microfibril angle and density pattern of fertilized and irrigated Norway Spruce[J]. Silva Fennica, 2004,38 (1):107-117.
[6] 关明山,任洪娥,马岩. 计算机实现原木的三维再现[J]. 木材工业,2004,18(3):23-25.
[7] 张冬妍,胡昆仑,赵真非. 基于动态递归神经网络的木材干燥模型辨识[J]. 森林工程,2003,19 (6):10-12.
[8] 江泽慧,姜笑梅,周玉成,等. 杉木微观结构与其品质特性关系模型的一类神经网络建模方法[J]. 林业科学,2005,41(4):133-139.
[9] 周玉成,程放,詹新生,等. 数控木材加工系统的设计与实现[J]. 木材工业,2004,18(2):15-17.
[10] 周玉成,赵辉,程放. 基于 Lotus Domino/Notes 的办公自动化系统设计与安全性[J]. 木材工业,2005,19(5):34-37.

(责任编辑 向 琴)