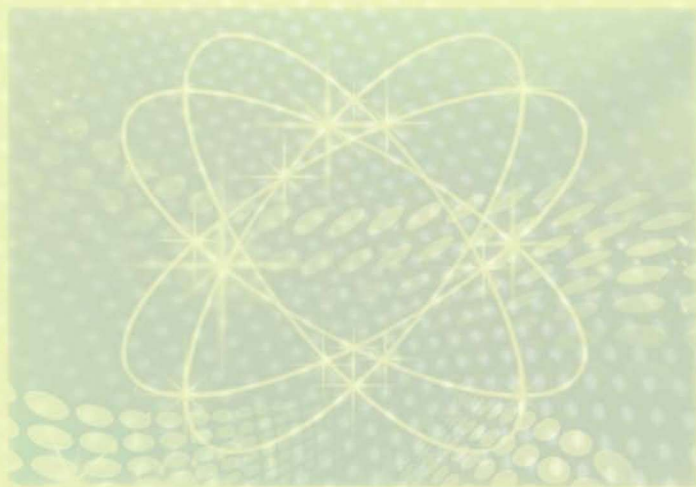


# 计算机服装智能 制造系统中的智能计算与应用

王东云 欧阳玲 王永林著



中国纺织出版社

## 内 容 提 要

在计算机智能服装制造系统中,存在着许多优化、数据挖掘等问题。本书作者采用智能计算技术对计算机智能服装制造系统中的优化调度、优化排料等问题进行了研究,详细阐述了智能计算方法及其在计算机智能制造系统中的应用。全书共分八章,第一章为绪论部分;第二章叙述了制造系统中智能节点和自治体的概念、基于多自治体的服装制造系统的构成等;第三章介绍智能计算技术,如神经网络、模拟退火算法、遗传算法、粒子群算法等;第四章至第八章分别讨论了服装的三维设计到二维衣片的数据转化、优化排料问题、缝制车间的优化调度问题、铺布与裁剪过程的优化调度问题、服装面料的聚类分析等。

本书可作为高等院校服装专业、控制理论与控制工程专业研究生的教材,也可作为自动化专业高年级学生智能计算课程教材,还可作为相关教师和工程技术人员的参考书。

## 图书在版编目(CIP)数据

计算机服装智能制造系统中的智能计算与应用 / 王东云, 欧阳玲, 王永林著. —北京: 中国纺织出版社, 2012. 10  
ISBN 978 - 7 - 5064 - 9070 - 2

I. ①计… II. ①王… ②欧… ③王… III. ①服装—  
智能制造系统—高等学校—教材 IV. ①TS941. 26

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2012)第 197793 号

---

策划编辑: 张晓芳 责任编辑: 韩雪飞 责任校对: 梁 颖  
责任设计: 何 建 责任印制: 储志伟

---

中国纺织出版社出版发行  
地址: 北京东直门南大街 6 号 邮政编码: 100027  
邮购电话: 010—64168110 传真: 010—64168231  
http: //www. c-textilep. com  
E-mail: faxing@ c-textilep. com  
北京鹏润伟业印刷有限公司印刷 各地新华书店经销  
2012 年 10 月第 1 版第 1 次印刷  
开本: 787 × 1092 1/16 印张: 10. 75  
字数: 213 千字 定价: 48. 00 元

---

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社图书营销中心调换

# 前 言

在计算机智能服装制造系统中,存在着许多优化、数据挖掘等问题,如裁剪的优化排料、缝制过程的优化调度、三维设计到二维衣片的数据转化等。解决这些问题对建立计算机智能制造系统具有非常重要的意义。由于这些问题是非结构化的、具有 NP 特性的优化计算和映射问题,常规的计算方法难以合理地解决这些问题。多年来,本书的作者采用智能计算技术对计算机智能服装制造系统中的优化调度、优化排料等问题进行了研究,取得了多项研究成果。本书就是对这些研究成果的总结,详细阐述了智能计算方法及其在计算机智能制造系统中的应用。

全书共分为八章,第一章为绪论部分;第二章叙述了制造系统中智能节点和自治体的概念、基于多自治体的服装制造系统的构成等;第三章介绍智能计算技术,如神经网络、模拟退火算法、遗传算法、粒子群算法等;第四章至第八章分别讨论了服装的三维设计到二维衣片的数据转化、优化排料问题、缝制车间的优化调度问题、铺布与裁剪过程的优化调度问题、服装面料的聚类分析等。

本书的第三章、第四章、第五章由欧阳玲老师编写,第六章、第七章、第八章由王永林老师编写。在编写的过程中得到了服装学院的胡洛燕教授的指导,在此表示感谢! 同时还感谢参与项目的许多合作者和引用的论文的作者,如凌德麟院长、温盛军博士等。同时在这本著作中,还凝结了我的几位研究生同学李玉玲、曾萍的辛勤劳动的成果,在此表示感谢!

本书的绝大部分内容都是作者和合作者近几年的最新研究成果。本书的出版还得到了河南省高校创新人才计划(HASTIT020)、教育部留学基金委回国人员留学基金、河南省基础与前沿技术研究计划(072300410400)的支持。在此表示感谢! 全书可以作为控制理论与控制工程专业研究生的教材和自动化专业高年级学生智能计算课程的教材,还可以作为相关教师和工程技术人员的参考书。

著 者  
2012 年 6 月

# 目 录

第1章 绪论 .....	001
1.1 服装工业生产技术的智能化发展 .....	001
1.1.1 服装 CAD 系统的智能化 .....	001
1.1.2 服装 CAM 系统的智能化 .....	002
1.1.3 服装 CAPP 系统的智能化 .....	004
1.2 智能技术应用于服装工业生产的几点构想 .....	004
1.2.1 智能技术应用于服装工业生产的难点 .....	004
1.2.2 智能化服装 CAD 系统框架 .....	005
参考文献 .....	006
第2章 基于多自治体的服装集成制造系统 .....	007
2.1 引言 .....	007
2.2 基于多自治体的服装集成制造系统的设计思想 .....	007
2.3 自治体的基本结构 .....	008
2.4 基于 Web 的服装生产集成管理 .....	009
2.5 集成管理系统的核心技术 .....	010
2.5.1 中间件服务 .....	010
2.5.2 数据库访问中间件 .....	010
2.5.3 Servlet 的技术实现 .....	011
2.6 基于多自主体的服装集成制造系统 .....	012
2.6.1 系统的网络模型 .....	013
2.6.2 JSP/Servlet 访问方法 .....	016
2.7 系统的总体框架结构 .....	017
2.8 结束语 .....	019
参考文献 .....	019
第3章 智能计算技术 .....	020
3.1 BP 神经网络 .....	020
3.1.1 BP 神经网络概述 .....	020
3.1.2 BP 神经网络的学习 .....	021

3.1.3 BP 神经网络举例 .....	023
<b>3.2 Hopfield 神经网络 .....</b>	<b>029</b>
3.2.1 Hopfield 神经网络的结构 .....	030
3.2.2 Hopfield 网络求解优化问题的思想 .....	030
3.2.3 Hopfield 网络求解 FMS 调度问题 .....	031
3.2.4 旅行商问题(TSP)的 Hopfield 网络求解 .....	033
<b>3.3 模拟退火算法 .....</b>	<b>036</b>
3.3.1 模拟退火算法简介 .....	036
3.3.2 基于 Hopfield 优化模型的模拟退火求解算法 .....	038
<b>3.4 遗传算法 .....</b>	<b>039</b>
3.4.1 遗传算法简介 .....	039
3.4.2 遗传算法举例 .....	041
<b>3.5 粒子群算法 .....</b>	<b>046</b>
3.5.1 引言 .....	046
3.5.2 改进的 PSO 算法优化 .....	046
3.5.3 算法性能准则 .....	047
3.5.4 对于有约束优化问题的求解算法 .....	049
3.5.5 优化问题应用 .....	049
<b>参考文献 .....</b>	<b>050</b>
<b>第4章 上衣纸样设计的神经网络方法 .....</b>	<b>051</b>
<b>4.1 引言 .....</b>	<b>051</b>
<b>4.2 基于神经网络的上衣样板设计方法 .....</b>	<b>052</b>
4.2.1 实验步骤 .....	052
4.2.2 神经网络结构及学习算法 .....	053
4.2.3 基于 MATLAB 的神经网络权值学习 .....	054
<b>4.3 网络的测试与结果分析 .....</b>	<b>059</b>
<b>4.4 结论 .....</b>	<b>061</b>
<b>参考文献 .....</b>	<b>061</b>
<b>第5章 基于人工智能的优化排料系统 .....</b>	<b>062</b>
<b>5.1 研究背景和意义 .....</b>	<b>062</b>
5.1.1 排料问题的研究背景 .....	062
5.1.2 研究排料问题的意义 .....	063
<b>5.2 国内外研究历史及现状 .....</b>	<b>064</b>
5.2.1 国外研究现状 .....	064
5.2.2 国内的研究现状 .....	065

5.2.3 国内外服装排料技术的研究趋势 .....	066
<b>5.3 解决二维排料问题的常用算法 .....</b>	<b>067</b>
5.3.1 针对不规则形状排料问题的局部优化算法 .....	067
5.3.2 启发式方法 .....	068
5.3.3 排样问题的技术难点 .....	069
<b>5.4 遗传粒子群算法在二维不规则排料中的应用 .....</b>	<b>070</b>
5.4.1 实例 .....	070
5.4.2 排料布局的编码方式 .....	071
5.4.3 适应度函数 .....	071
5.4.4 多边形面积的计算 .....	072
5.4.5 数据的存储形式 .....	072
5.4.6 种群及参数的初始化 .....	073
5.4.7 交叉算子 .....	073
5.4.8 选择运算 .....	074
5.4.9 变异算子 .....	077
<b>5.5 基于虚拟力的遗传粒子群算法 .....</b>	<b>077</b>
5.5.1 利用遗传粒子群算法的结果和分析 .....	077
5.5.2 基于虚拟力的遗传粒子群优化算法 .....	078
<b>5.6 总结 .....</b>	<b>082</b>
<b>参考文献 .....</b>	<b>083</b>
<b>第6章 服装缝纫吊挂生产线的遗传调度技术研究 .....</b>	<b>087</b>
<b>6.1 引言 .....</b>	<b>087</b>
6.1.1 问题的提出 .....	087
6.1.2 服装缝纫吊挂生产线调度技术的相关研究 .....	087
6.1.3 存在的问题和解决方案 .....	088
<b>6.2 服装吊挂线及生产工艺的研究内容 .....</b>	<b>089</b>
6.2.1 缝制系统的生产方式 .....	089
6.2.2 服装吊挂生产系统的工艺适应性 .....	090
6.2.3 吊挂生产线的生产结构特点 .....	090
6.2.4 服装吊挂生产系统的工艺设计方法 .....	091
6.2.5 吊挂系统与传统的流水线比较 .....	092
6.2.6 目前国内外服装吊挂生产系统产品介绍 .....	092
<b>6.3 服装缝制生产工艺计算机辅助编排与计划的主要研究内容 .....</b>	<b>094</b>
6.3.1 流水线生产的特点和组织条件 .....	094
6.3.2 服装流水生产线的组织设计 .....	095
<b>6.4 基于遗传算法的服装生产调度优化系统 .....</b>	<b>096</b>

6.4.1 服装缝纫流水线的调度研究 .....	096
6.4.2 流水线调度的目标函数 .....	097
6.4.3 流水线调度目标函数的优化原理 .....	100
6.4.4 遗传算法的求解 .....	102
6.5 计算实例及服装缝制调度优化系统 .....	109
6.5.1 设计系统功能及使用方法介绍 .....	109
6.5.2 系统计算结果部分 .....	118
6.5.3 吊挂生产线动态模拟 .....	120
6.6 优化设计的应用实例——男式衬衫 .....	124
6.7 结论 .....	126
参考文献 .....	126
第7章 铺布与裁剪服装生产过程的遗传优化调度 .....	129
7.1 引言 .....	129
7.2 计算机铺布与裁剪服装生产系统过程 .....	129
7.3 基于遗传算法的铺布与裁剪顺序优化方法 .....	130
7.3.1 问题的表达 .....	130
7.3.2 种群的初始化 .....	131
7.3.3 交叉与变异算子 .....	131
7.4 适应函数与子代的复制方法 .....	132
7.5 实验结果及讨论 .....	132
7.6 结论 .....	134
参考文献 .....	134
第8章 服装面料的智能聚类研究 .....	135
8.1 服装面料变形舒适性的粒子群聚类研究 .....	136
8.1.1 粒子群算法 .....	137
8.1.2 C 均值算法 .....	138
8.1.3 粒子群聚类算法 .....	142
8.1.4 粒子群聚类举例 .....	144
8.2 服装面料性能的模糊聚类研究 .....	146
8.2.1 模糊数学基础 .....	146
8.2.2 基于模糊等价关系的聚类研究 .....	149
8.2.3 遗传模糊 C 均值聚类研究 .....	155
参考文献 .....	162

# 第1章 绪论

20世纪70年代以来,计算机辅助下的服装打板、推板排料、自动裁床、单元吊挂系统等技术得到了发展及应用,极大地提高了服装生产效率。随着网络经济的来临,反应速度成为服装市场竞争的关键因素,计算机辅助下的服装工业生产仍存在一些阻碍反应速度的问题,例如设计和打板系统彼此孤立、对使用者专业水平要求高,自动裁剪工序前后需大量的人工准备工作,工艺设计缺乏动态优化等,极大地影响了服装生产的效率和质量。人工智能(AI)广义地讲就是用计算机模拟和再现人类的某些智能行为。经过40多年的发展,AI技术已在航空航天、机械制造、建筑设计等领域广泛应用,而在服装这一柔性体加工领域的应用相对滞后。如何运用人工智能技术解决服装工业生产中存在的问题是当前相关领域科研人员的研究热点。人工智能离不开计算机技术的支持,这里针对计算机辅助下的服装生产中关键环节进行分析,介绍相关智能技术的应用研究和最新方法。在此基础上,提出了智能化服装CAD系统的构想。

## 1.1 服装工业生产技术的智能化发展

计算机辅助下的服装工业生产包括计算机辅助设计(Computer Aided Design, CAD)、计算机辅助工艺规划(Computer Aided Process Planning, CAPP)和计算机辅助制造(Computer Aided Manufacture, CAM)等传统模块,随着网络技术、智能技术的发展和运用,一个以信息流为核心,从设计制造、生产管理到市场营销数字化、集成化的新型生产模式正在成为服装工业的发展方向。这里将讨论重点放在涉及服装柔性体特征的关键环节,如CAD、CAPP、CAM阶段。针对这些环节的生产现状和智能技术的应用研究分别进行讨论。

### 1.1.1 服装CAD系统的智能化

服装CAD的研究属于计算机在服装工业上应用较为成熟的领域,主要包括打板、放码(推板)、排料系统。部分CAD公司推出了款式设计系统和三维试衣系统。款式设计系统提供各种绘图工具、图像处理和换面料技术,供服装设计师进行服装效果图绘制;绘制好的效果图经评审,不满意的款式被淘汰或修改,满意的款式则由打板师利用打板系统对其进行再创作。打板系统提供各种辅助操作,如省道转移、打褶、放缝、对格对条、圆顺曲线等功能,提高样板生成速度;最新的三维(3D)试衣系统可将打好的二维(2D)样板缝合到3D人体模型上,穿衣模型可以多视角旋转,即时显现2D样板效果;放码系统



根据推板规格，瞬间完成放码功能。排料系统可以快速完成多种排料方案，以便企业成本控制。

总体来讲，现有 CAD 系统主要提供辅助绘图和计算功能，立体可视化和智能化正在成为 CAD 系统的发展趋势。目前针对可视化的研究成果较多，如面料悬垂性、动感模拟、2D 样板与 3D 款式的相互转换、虚拟交互设计等；针对智能化的研究主要取得了一些局部智能功能的实现，如日本 YUKA 公司的打板系统的自动打板功能：先选定某种款式，输入胸围、腰围等关键尺寸，相应的板型就自动生成，即度身定做。其实现原理是将专家对某种板型的打板过程存储在计算机中，然后根据不同的关键部位尺寸重复执行该过程，实现固定款式的自动生成。有些排料系统可将人机交互获得的优化方案存储、添加到自动排料方案中，实现一种“学习”功能。

智能化服装 CAD 是使 CAD 系统能够在某种程度上具有设计师般的智能和思维方法，而不单单是一个重演过程，从而把设计自动化引向深入。服装 CAD 系统要实现智能化，仍有很多问题有待解决：款式设计和打板两系统是以鼠标、计算机屏幕等新工具代替传统画笔、剪刀，实现了设计人员工作过程的再现，使用熟练过程需要一定时间，仍需要专业人员操作，缺乏智能性；两个系统彼此孤立，款式系统负责设计意图的视觉表达，打板系统负责款式图的工艺实现，需要不同专业人员进行二次创作建立联结；排料系统的智能优化学习功能也有待提高。智能化的款式设计系统应该是建立在对设计师思维活动充分研究和把握的基础之上，运用计算机技术对这种形象创作思维进行模拟，使系统能根据设计要求自动生成符合要求的款式。智能化的打板系统可以是建立在模型库基础之上的专家打板系统，将款式系统和打板系统实现功能的合并，通过对款式图的模式识别分类与打板库联结，运用推理机制自动生成 2D 板型。

### 1.1.2 服装 CAM 系统的智能化

20 世纪 60 年代末 ~ 70 年代初，服装机械供应商开始推出计算机辅助裁剪和缝制技术。该项技术可以实现布匹自动拾取，利用自动铺料机进行无张力铺料，用数控（NC）裁刀进行裁剪，然后由人工将裁片层层剥离开，按照缝制顺序挂到 UPS（Unit Production System）的吊架上，UPS 将裁片沿轨道运送至各个车位缝制，车位工人的状态信息由反馈装置送回电脑控制中心，通过人机交互的方式调节 UPS 的运输平衡。自动裁剪和吊挂缝制系统大大提高了服装的裁剪精度和缝制加工效率，但是其中大量的人工辅助操作影响了整个系统高效性的发挥，主要体现在裁剪排序和裁片分离两个瓶颈阶段：第一，自动裁剪设备往往由多台铺料机与一台裁剪机协调工作，彼此的工作顺序需要安排，如果设备之间的工作次序安排不当，就会出现等待延误时间，从而影响生产效率。实际生产中的排序通常由人工进行，工序安排花费时间长且达不到最优。第二，当数控裁床完成裁剪任务以后，成叠的裁片需要人工进行分片，按缝制顺序挂在 UPS 的吊架上。这种人工分离裁片的过程占用了大量的生产时间，降低了生产效率，并且容易出错。针对这些问题，可以考虑运用遗传算

法、智能自主体、神经网络等人工智能技术加以解决。Wong<sup>[1]</sup>等人将遗传算法 (GA) 运用于裁剪排序问题: 他们把每一项待排序的任务看做一个基因, 一种任务排列顺序就是一个染色体, 每个染色体有一个评估值  $E$ :

$$E = \sum_{n=1}^N C(x_n) + \sum_{n=1}^N I(x_n) - \sum_{n=1}^N \sum_{m=1}^M S(x_{nm}) \quad (1-1)$$

式中,  $C(x_n)$  —— 裁剪时间;

$I(x_n)$  —— 等待时间;

$S(x_{nm})$  ——  $x_n$  任务在  $m$  号铺料机上的准备时间。

首先由计算机随机产生不同的排序顺序 (染色体), 构成第一代群体; 为了防止过早收敛, 用线性标准化法将染色体评估值  $E$  转换为适合度  $F_i$ :

$$F_i = C + (i - 1) d \quad i = 1, 2, \dots, S \quad (1-2)$$

式中,  $C$  —— 初始常量;

$S$  —— 群体数量;

$d$  ——  $E$  值线性下降的斜率。

用适应度比例法选择交配个体, 经过交叉、变异产生后代直至迭代过程收敛, 算法结束。最优排序模型是总裁剪时间、等待时间最小, 如果铺料时间  $\sum S(x_{nm})$  小于或等于裁剪时间  $\sum C(x_{n-1})$ , 裁剪机就可以持续不断地工作, 反之, 等待时间  $I(x_n)$  产生。在实际应用过程中, 用 GA 方法可以产生无等待时间的排序任务, 大大优于手工排序。

针对人工分离裁片工作, Czarnecki 研制了一个双功能机器人工作单元<sup>[2]</sup>, 该机器人工作单元由高架移动轨道装置和分片拾取装置集成, 能实现如下功能: ①准确分开拾取成叠裁片的最上面一层, 同时保持下层裁片不动。②将拾取的裁片挂到 UPS 的吊架上。采用离线程序控制机器人工作单元, 控制软件根据任务描述 (CAD 阶段的设计信息和缝制顺序安排) 自动生成机器人行动程序, 使机器人能够准确无误地将自动裁床裁好的衣片按加工顺序分开拾取, 送到 UPS 装置上。由于该机器人控制程序的智能化生成, 特别适合于中小批量、多品种的服装生产。另外, 在服装的整个加工过程中, 对面料的手工操作如搬运、拾取、摆放、层叠等占据了大概 70% 的生产加工时间, 而且按照严格的生产控制标准, 某些环节中面料的摆放误差要控制在 1mm 以内。要提高服装生产效率和精确性, 就要考虑用智能化的操作过程代替人工过程。这些人工过程中面料通常都是与光滑表面接触的, 但 Shenoy<sup>[3]</sup>认为, 如果面料被摆放在粗糙表面上, 会有利于面料摆位的控制。他设计了一个实验装置, 用皮带传动装置拖动一块面料条在普列克斯玻璃上线性滑动, 并用质量块的运动模拟面料的振动, 用弹簧模拟摩擦反馈补偿建立模型。面料的拖动操作作为控制输入, 面料的摆放位置作为控制输出, 摩擦补偿作为前向反馈, 用神经网络自适应控制器进行控制, 通过激光边缘检测装置检验表明, 比传统的 PID 控制器具有更好的面料轨迹跟踪及对面料特性变化的鲁棒性。

### 1.1.3 服装 CAPP 系统的智能化

服装 CAPP 是连接服装 CAD 和 CAM 的桥梁,根据不同设计款式的加工要求,平衡合理地安排设备和人员劳动,使服装的设计信息转换成服装的加工信息。最初在计算机辅助服装工业生产的研究中并没有很明确地分出 CAPP 模块,随着服装工业集成制造、灵敏制造的发展要求,工艺设计作为生产过程技术准备的重要环节,其信息化、智能化发展成为必然。

目前我国的计算机辅助服装工艺设计尚处起步阶段,杭州爱科、北京六合生等少数几家公司推出的商业化 CAPP 模块,可提供在电脑上编制、设计、修改、管理工艺文件和图表,由于我国 CAM 技术的严重滞后,也只能是屏幕上谈兵——实现工艺设计过程的电脑重演。瑞典 ETON、美国 GGT、法国 LECTRA 等公司的工艺设计系统可实现与 CAM 系统的集成,根据不同款式要求进行工序分解,自动计算劳动时间和成本,将设计结果传送给单元生产系统,实现对吊挂运输及缝制生产线的控制。

工艺设计的主要目的是实现流水线的平衡和优化、降低成本、提高效率。信息化服装工业生产要求服装 CAPP 具有:①满足多品种小批量服装生产导致的产品结构和工艺变化大而周期短的设计要求。②除了初始工艺设计优化外,要有始终保持流水线动态平衡的能力。也即要求 CAPP 具有能够根据环境、任务的变化产生实时反应的智能性。目前与 CAM 系统集成的 CAPP 模块多是建立在工艺设计经验基础之上的原型系统,当流水线上出现因人员误工或机器故障等因素造成工序平衡破坏、需要不断重新调整时,这些模块缺乏智能化自调节动态平衡的能力,仍需要人工进行交互设计,极大地影响了生产效率。Czarnecki 等人尝试对服装加工过程进行动态模拟,运用智能代理体控制流水线的平衡,取得了很好的效果。他们首先对流水线知识进行表示:把流水线的一系列操作用  $O$  表示,其特性由操作者  $OP$  和机器  $M$  两个数组描述,流水线的排序问题就可表达为:

$$O1(\{Op1,Op2,\dots,Opn\},\{M1,M2,\dots,Mn\}) \geq O2(\{Op1',Op2',\dots,Opn'\},\{M1',M2',\dots,Mn'\})$$

即不断为操作工序安排操作者和设备,直到满足工艺约束条件:操作  $O1$  必须在操作  $O2$  之前完成。为了维持流水线的动态平衡,在流水线上安排一些机动任务作为缓冲,当各工序的操作时间稍有不平衡时,可通过机动任务维持平衡,但当出现大的波动时,机动任务会很快被消耗,智能代理体监测到这一情况后,立刻根据约束满足算法调整流水线使其重新达到平衡。

另外,对于接受订单加工的服装企业,其生产进度和流水线安排时时处于变动之中,工艺设计安排还可以考虑运用神经网络、遗传算法等人工智能技术加以解决,如:Chen 等将基于模拟退火概念的启发式解决程序用于服装企业生产进度安排问题<sup>[4]</sup>,Chan 等将遗传算法用于缝制流水线的平衡问题<sup>[5]</sup>等。

## 1.2 智能技术应用于服装工业生产的几点构想

### 1.2.1 智能技术应用于服装工业生产的难点

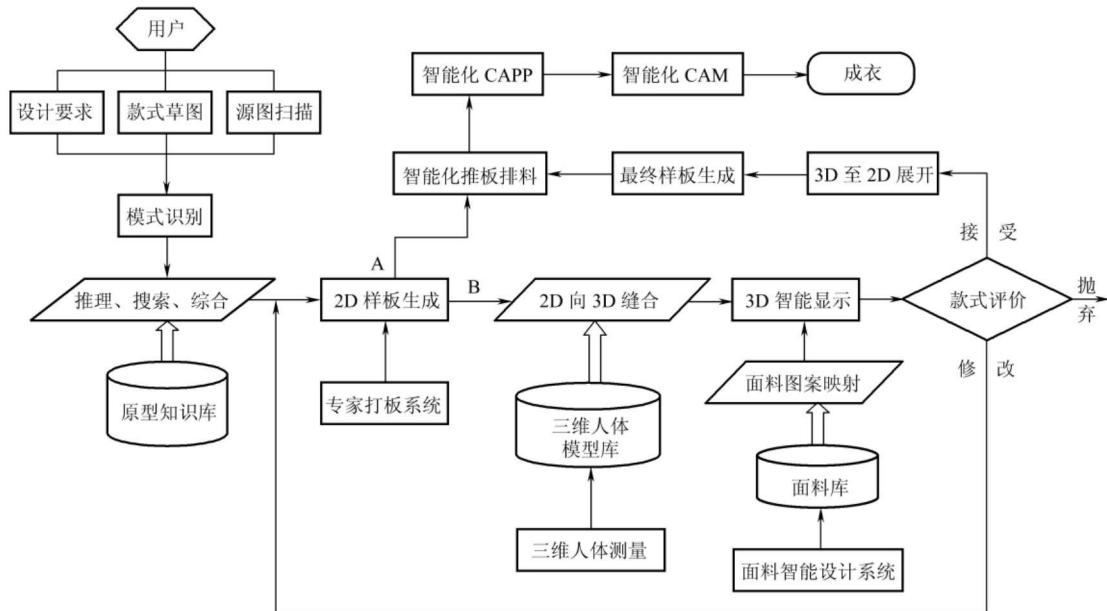
由于服装是集功能性、舒适性、美观性于一体的柔性体,智能技术在服装工业生产中

的应用比在机械制造、建筑等领域的应用具有特殊性和难点。首先分析服装款式设计系统。服装设计在人类智能思维活动中属于形象创造性思维，现有的 AI 技术对人类逻辑抽象思维的模拟取得了一定成果，因为逻辑思维最终可表达为符号推理，相对较容易被计算机模拟；但创造性形象思维是一个极为复杂的过程，具有不可预测性和不可重复性，人类对这种思维本身就有待于研究，计算机的模拟就更为困难。利用计算机实现智能化服装设计系统，还有赖于思维科学、人工智能技术、计算机科学的不断发展，这是一个长期的过程。

对于服装打板系统，难点在于各个国家各个地区都有适合自己的打板方法和技巧，难以用统一的标准规范，即使是开发出了专家打板系统，也只是建立在特定的打板方法基础之上，缺乏通用性。服装加工制造阶段由于衣片的柔软及面料性能的变化，同一规格尺寸的裁片可具有截然不同的物理特性，再加上服装结构和工艺的复杂性，对其建立准确的数学模型较为困难，这些都使得智能化服装加工制造进展缓慢。

### 1.2.2 智能化服装 CAD 系统框架

目前智能技术在服装生产中卓有成效的研究多集中在 CAM 阶段，力求实现智能化生产控制，针对服装 CAD 阶段的智能技术应用研究相对较弱，刘雁<sup>[6]</sup>等由此提出了智能化服装 CAD ( Garment Intelligent Computer Aided Design, GICAD) 构想，见下图。



GICAD 系统结构图

智能化 CAD 系统 ( GICAD) 是建立在智能化人机接口技术、模式识别、设计思维机理的认知表达、服装打板专家系统、知识库、三维人体测量、人体建模、2D 与 3D 转换技术、面料纹理映射、3D 智能化显示等基础之上的。每一个环节都有大量的研究内容。该系统支持设计师传统的工作方式，如款式设计系统草图输入、源图扫描及创作思路的文字

表达,通过支持自然语言、图形交互的多功能人机接口及模式识别,运用推理、搜索、综合等设计方法,根据丰富的2D样板知识库,自动完成二维打板。然后经过途径A直接进行推档排料等过程,直至最终产品;经过途径B,则运用三维人体模型数据库对2D衣片完成3D缝合,利用面料库进行面料纹理映射,采用人机交互的方式完成三维智能化显示,立体显示结果由用户做出评价,对满意的款式进行3D向2D展开,修改后得最终样板,再到智能推板排料,直至形成最终产品。GICAD系统的智能性使其对使用者的专业水平要求不高,只要能大致描述设计思路,系统就可通过智能功能产生2D样板和立体款式效果,通过智能化交互修改,完成最终设计。运用网络技术,将系统与消费者终端连接,就可实现服装消费者网上设计订做自己的款式,实现服装工业的快速反应。

GICAD系统中智能化设计功能主要由模式识别、模糊匹配、推理机制和原型知识库支持实现。运用框架式知识表达方法表示服装款式,框架结构可以表示丰富的款式内容,有过程性知识和陈述性知识,并具有灵活的推理控制结构。原型知识库由参数化原型库、原型变化规则和数据库组成,对应于推理系统的框架结构表示,原型知识库运用框架系统结构,每一种服装款式可以进一步细化成子模型,子模型又可以细化,由此构成分层式结构,对底层的子模型如衣片、裙片、袖子等,根据服装原型法的绘制原理,由胸围、臀围和衣长等参数控制,建立几何约束的服装原型样板;数据库记录不同子原型对应的数据;总结各原型修改的专家知识,建立不同款式的变化规则库。为了增强GICAD系统的适用性、克服原型方法的局限性,可进一步考虑运用神经网络训练系统的学习功能,以适应不同地区的使用。服装CAPP系统宜采用面向对象的方法表达服装工艺设计实例和知识,建立层次式框架描述模型,运用实例搜索方法,提高CAPP系统的适应性和效率。

## 参考文献

- [1] Wong W K, Chan C K, Ip W H. Optimization of spreading and cutting sequencing model in garment manufacturing [J]. Computer in Industry, 2000, 43: 1 - 10.
- [2] Czarnecki C A. Design and off-line programming of a dual robot workcell for garment manufacture [J]. Microprocessors and Microsystems, 1999, 23: 225 - 234.
- [3] Shenoy S M, Rahn C D. Neural adaptive control for positioning fabric on a frictional surface. Journal of Manufacturing Science and Engineering, 1999, 121: 127 - 134.
- [4] Chen C, Racine R, Swift F. A practical approach to the apparel production planning and scheduling problem [J]. International Journal of Clothing Science and Technology, 1998, 4 (3): 9 - 17.
- [5] Chan K C C, Hui P C L, Yeung K W, et al. Handling the assembly line balancing problem in the clothing industry using a genetic algorithm [J]. International Journal of Clothing Science and Technology, 1998, 10 (1): 21 - 37.
- [6] 刘雁, 耿兆丰. 智能技术在服装工业生产中的应用研究 [J]. 东华大学学报 (自然科学版), 2002, 28 (4): 123 - 127.

## 第 2 章 基于多自治体的服装集成制造系统

### 2.1 引言

随着现代制造技术、计算机技术的发展,制造系统的各种单元技术也在不断丰富和完善,出现了许多功能独立的子系统,如服装 CAD 系统、电脑自动裁床、智能吊挂系统等,这些子系统在整个制造过程中起两方面的作用,一方面完成其自身独立的功能,另一方面各子系统相互协作,完成从产品设计到加工的完整过程。由于制造系统的复杂性及建立快速反应系统的需要,各子系统的集成问题成为人们所研究的焦点<sup>[1,2]</sup>。在目前的研究中,人们对制造过程的物流与信息系统的集成方法提出了许多有效的方法<sup>[3,4]</sup>,但这是一种封闭的集中控制方法。这种方法的缺点是系统的容错性差,当某一个环节出现故障时,都会影响到整个系统的运行,另外,系统不具有开放性,系统的功能不能扩充。因此,本章提出了一种服装集成制造系统技术,它克服了传统集成制造系统的缺陷。该系统由多个自治体自下至上逐步分布构成,因此系统具有较好的开放性和容错性。

### 2.2 基于多自治体的服装集成制造系统的设计思想

一个集成制造系统实际上是制造过程各环节共同合作,完成将制造系统资源向产品的转换<sup>[5]</sup>。基于系统的观点,服装制造系统主要分解成服装 CAD 系统、自动裁剪系统以及衣片缝制系统。根据自治体的思想,使各子系统具有较大的自主性,使其形成功能完善的、独立的实体,这些自治体以结点的形式,用通信网络连接,各结点在逻辑上是平等的,在物理上是分散的、独立的。同时结点之间是一种松散耦合的关系,通过共同的制造协议规范,相互协同,相互合作,共同完成制造任务,形成多个网络结点的、分布式、自治的、协同合作的制造系统,系统具有以下特点。

(1) 分布式。知识和数据分布到各网络结点上,调度和控制也是分散的。

(2) 自主性。每个结点在组织上是独立的,但功能是完整的,能自己求解领域的问题,完成本领域的制造任务。

(3) 联合自主性。每个结点有能力决定与外界共享功能和资源,即共享制造系统信息。

显然这种集成方法能给系统带来如下优点:模块性好,易于开发和维护系统功能;柔

性好，自治体即各结点之间通过网络连接，系统扩展和变更很容易；容错性好，即某个子系统出现故障，整个系统依然可以继续运行。

## 2.3 自治体的基本结构

自治体可以定义为在不确定性环境中能自主完成一定任务的实体<sup>[6]</sup>。自主性并不意味着完全独立，必要时，能自动地向其他结点请求提供服务，因此，一般自治体或智能结点具有以下性质。

(1) 拥有处理特定任务的知识，这些知识大多在结点建立时便已具有，以完成各种活动，知识可以是隐含的，如在网络的连接机制和权值中，或在算法、软件和计算硬件中，知识也可以是显式地表示在数据结构中，如事实和框架等方面。

(2) 智能结点具有与外部环境（包括其他智能结点）交互作用的基本手段，智能结点在完成的任务时可能需要向其他智能结点（包括人员）寻求提供服务和支持，同时也要对其他智能结点的服务请求做出反应；另一方面，作为一个更大的智能系统的子系统，智能结点要与其他子系统交流与协商，将所有的局部目标综合成整个系统的总目标。因此智能结点强调具有协作能力，协作是所有智能结点的任务之一，这是智能结点的一个重要特征。

每个自治体的功能可分为两个部分，一部分执行其领域功能，另一部分执行与外界的交互，因此一个自治体的基本结构可由三部分组成，如图 2-1 所示。它包括问题求解层、信息转换层以及网络通讯层。

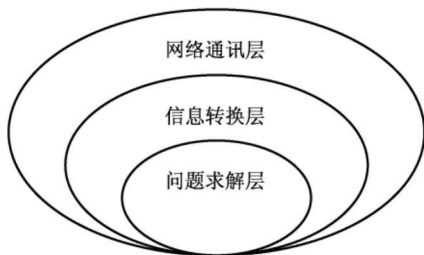


图 2-1 自治体的基本结构图

问题求解层具有运用其领域知识、模型和环境信息独立进行问题求解的功能。

合作层用于处理该结点与外部环境的协同与交互，是一个基于合作的、具有知识处理能力的智能单元，它根据自身能力与状态向外界申请或接受任务，对任务进行动态规划与管理。

规范转换层为一个将不同信息，规范转换成统一的信息规范的部分，主要用来处理异种问题求解，基于这种结构，实现制造系统中任何具有特定问题求解功能的智能单元即自治体的集成，任何自治体只需要通过规范转换与合作层的包装就可以作为一个结点进入系

统,这实际上提供了一种制造领域现有“智能化孤岛”的集成技术。

## 2.4 基于 Web 的服装生产集成管理

计算机技术在服装生产过程中的应用,使得服装设计、裁剪和缝制等服装生产过程逐步实现自动化,即服装 CAD、CAM 和智能吊挂线等性能优良的独立系统出现。然而,这些各自独立的系统不能实现系统之间信息的自动化传递和交换。用 CAD 系统进行服装设计的结果是只能输出图纸和有关的技术文档。这些信息,不能直接为裁剪系统所接收,进行裁剪排板设计时,还须由人工将这些图样、文档等纸面上的文件转换成裁剪系统所需的输入数据,并通过人机交互方式输入裁剪系统进行处理。而当使用智能吊挂系统进行缝制自动化生产时,同样需要人工将 CAD、CAM 系统输出的纸面文件转换成缝制系统所需的输入文件和数据,然后再输入到智能吊挂线系统中。因而如何在不破坏原有的应用程序的基础上实现各个子系统信息共享成为生产集成管理的关键。

WWW 技术的产生和发展极大地推动了 Internet 在全球范围内的发展和普及。利用 Internet 技术,构造一个基于 Web 的服装生产集成管理系统,是各个子系统资源共享、支持跨地区、跨平台的全球服装生产的重要发展方向。传统的 CAD、CAM 和智能吊挂线相互独立的应用系统正逐步发展成为信息共享的集成系统。

(1) 传统的集成管理方案:为了实现异种应用系统的集成,传统的实现方法有两种,①通过中间文件传送数据;②应用中直接访问其他应用系统的局部数据库。

由于大部分商品应用软件均提供某种格式化文本文件的输入、输出接口,采用中间文件方式往往能较容易地实现应用间的松散集成。其缺点是,系统运行中人工介入多,实时性差,较难保证企业数据的一致性,在网络环境下系统的鲁棒性差。

直接访问其他应用系统的数据库也是一种常用的集成方法。例如,一方应用程序(如 CAM)通过专门开发的接口透过网络直接访问另一方应用程序(CAD)所拥有的数据。这种方法能实现应用间的紧密集成,接口自动化程度和鲁棒性高,易于保证企业数据的一致性。然而,其缺点是:第一,应用系统内部数据结构必须确定并对外公开;第二,开发的接口软件不能重用;第三,一方软件的修改或版本升级可能造成全局性问题。

(2) 集成管理的系统框架:传统的集成管理方案有其各自的特点,但存在较大的缺陷,使得各个子系统难以达到真正的无缝集成,随着 WWW 技术的迅速发展和 Servlet 等中间件技术的逐步成熟,系统的集成方法也取得了重大的突破,借鉴前人集成技术的优点,本章提出了一种新的基于 Web 的服装生产集成管理方法。这种方法的基本思想是建立服装生产管理服务中心,中心内放置各种品牌、各种类型的应用软件。在任何一台连入 Internet/Intranet 的计算机上,用户均可通过浏览器(Netscape 或 IE)利用中心服务器提供的服务进行产品设计、产品分析、工艺设计、生产加工、远程监控和上层管理等工作。基于以上思想的集成管理的系统框架如图 2-2 所示。



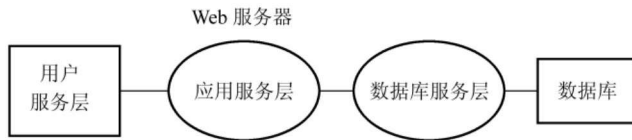


图 2-2 系统框架

这种三层模型把应用程序分为用户服务层、应用服务层和数据库服务层。用户层主要功能是检查用户输入的数据，显示系统输出的数据。它的任务是由用户层的浏览器向网络上的 Web 服务器提出服务请求，Web 服务器对用户身份进行验证后用 HTTP 协议把所需的文件资料传送给客户端，客户机接受传来的文件资料，并把它显示在浏览器上。应用服务层包括了应用中全部的业务处理程序。换句话说，除了输入/输出功能在客户层、数据处理在数据库服务层以外，全部的统计、汇总、分析、打印功能全部存放在应用服务层。它的任务是首先接受用户的请求，然后通过 CGI、ASP、Servlet 等中间件服务执行相应的扩展应用程序与数据库进行连接，通过 SQL 等方式向数据库服务器提出数据处理申请，而后数据库服务器将数据处理的结果提交给 Web 服务器，再由 Web 服务器传送回客户端。数据库服务层是数据库管理系统，负责管理对数据库数据的读写，位于数据库服务器端。它的任务是接受应用服务层对数据库操纵的请求，实现对数据库查询、修改、更新等功能，把运行结果提交给应用服务层。

## 2.5 集成管理系统的核心技术

### 2.5.1 中间件服务

所谓中间件是一个用 API 定义的软件层，是具有强大的通信能力和良好的可扩展性的分布式软件管理框架，它在应用层服务器与数据库服务器之间传递数据。其工作流程是：在客户机里的浏览器应用程序需要驻留在网络上的服务器上的数据或者服务时，浏览器通过服务器搜索此数据需访问中间件系统，由此查找并访问数据源或者服务，并在发送应用程序请求后重新打包响应，将其结果数据或服务送回浏览器应用程序。中间件在整个分布式系统中起数据总线的作用，各种异构系统或应用软件通过中间件有机地结合成一个整体。单从概念上理解，有以下几种中间件：数据库访问中间件、通信中间件、分布式交易处理中间件、面向对象中间件。

数据库访问中间件是应用最广泛、技术最成熟的一种，也是本章需论述到的。它的功能主要是反映和处理事务逻辑，负责管理 Web 服务器与数据库服务器间的通信，并提供应用程序服务，可直接或通过调用外部程序和脚本代码来访问数据库。

### 2.5.2 数据库访问中间件

数据库访问中间件从早期的 CGI 到现在的 Servlet 技术，方法很多。