

Abstract

With increasing global market competition and rapidly developing information technologies, how to meet the rapidly changing market has become the crucial issue for the survival and development of the garment manufacture industry. The characteristics of the market are smaller batch, more varieties and shorter cycle.

The purpose of this research is to optimize and standardize process planning, shorten production cycle, and enhance the quality of process documentation. At the same time, it can reduce the dependence on operators' technological level and experience, and adapt to the development needs of multi-type, small batch, short periods and high quality. With virtual simulation, some problems that may come along in production will be found and adjusted in advance. In this respect, factorise can improve production efficiency and reduce unnecessary waste.

By analyzing on the actual process data in workshop, the database was built with Delphi. Then this article studied on the design of garment production line and the optimization of personnel arranging under the FMS condition, and explored practical applied software on the basis of the Genetic Algorithms model. It was easy to use the optimization system to manage process data by linking the database and GA program. At last, the optimization result could be demonstrated by Flash MX. Based on the demo, we can adjust the arrangement.

By using the VC, the study compiles program and realizes the balancing design of the dress hanger streamline. Compared with blouse, skirt and trousers, it confirmed that this balancing system is correct and advanced. Through further perfected, the optimization system could contribute for garment manufactures to meet the requirement of modern market.

Key words: Dress Optimization Design; Streamline; Smoothness Index; Genetic Algorithm; Virtual Simulation

学位论文独创性声明

本人声明，所呈交的学位论文系本人在导师指导下独立完成的研究成果。文中依法引用他人的成果，均已做出明确标注或得到许可。论文内容未包含法律意义上已属于他人的任何形式的研究成果，也不包含本人已用于其他学位申请的论文或成果。

本人如违反上述声明，愿意承担由此引发的一切责任和后果。

论文作者签名：



日期：2009年6月12日

学位论文知识产权权属声明

本人在导师指导下所完成的学位论文及相关的职务作品，知识产权归属学校。学校享有以任何方式发表、复制、公开阅览、借阅以及申请专利等权利。本人离校后发表或使用学位论文或与该论文直接相关的学术论文或成果时，署名单位仍然为青岛大学。

本学位论文属于：

保密 ☐，在 年解密后适用于本声明。

不保密 ☒。

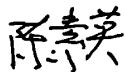
（请在以上方框内打“√”）

论文作者签名：



日期：2009年6月12日

导师签名：



日期：2009年6月12日

（本声明的版权归青岛大学所有，未经许可，任何单位及任何个人不得擅自使用）

引言

关于计算机辅助进行服装生产流水线的设计和仿真的研究和开发,二十世纪六十年代末期最早出现在欧洲。国外一些发达国家的服装业由于一度受发展中国家的激烈竞争和国内工资费用的提高,就业人数减少的影响,较早的将目光转向高技术领域,计算机技术的应用已走向众多服装企业。从美国90年代初的“无人缝纫2000”的服装工业改造计划,到法日联合的BL-100系统,国外在这个领域已经具有了较高的水平。

在我国,为解决服装生产缝制流水线动态平衡的编排设计问题,服装界也已有许多相关研究。《计算机辅助服装工艺计划(CAPP)研究》^[1]一文对服装工艺标准的判定、服装工艺信息的描述、服装工艺过程的决策推理、工序负荷平衡理论等方面进行了探讨和研究,并提出了优化管理服装流水线的思想;《服装生产缝制流水线虚拟仿真技术研究》^[2]一文提供了开放、交互式的流水线编排仿真系统,提出了三步式流水线设计优化算法,五种评价指标和流水线的虚拟仿真动态演示手段;《计算机辅助服装缝制流水线的负荷优化调度》^[3]一文提出了先由工序分析表简化生成有向网络图,进而确定出优先权区域的种服装缝制流水线的新优化的编排方法。

论文主要研究了符合企业实际所需的服装生产缝制流水线虚拟仿真系统,它是服装计算机辅助工艺设计系统(CAPP)的一个子系统。通过分析服装生产流水线的工序流程,动作组成,生产节拍等指数,结合优化设计的算法和原理,研究国外成功服装生产流水线的智能化设计和仿真的经验,建立适合我国服装企业特点的服装生产流水线的智能化设计、平衡和仿真系统,不断提升我国服装业的生产效率、市场适应能力和国际竞争力。

通过调研、分析、归纳,总结服装生产工艺及其经验知识,以遗传算法为基础,建立服装缝制流水线优化设计的数学模型,提出评价服装生产缝制流水线设计方案的主要方法和指标,论证流水线虚拟仿真系统的可行性及有效性,从而得出规范、合理的流水线设计方案。在此基础上,研究运用虚拟仿真技术以达到在投产前直观、有效地模拟流水线的实际运行情况,预见设计方案中的薄弱环节,使之得以纠正。

课题解决的主要问题如下:

(1) 服装流水线生产的基本工序、设备资料的整理,典型工艺库、工序库和工艺设备库的建立,以及工艺设计的标准化。

(2) 研究服装生产流水线优化设计的原理、智能化平衡及仿真算法。

(3) 采用 ACCESS 作为后台数据库,使用 Visual C++开发面向对象的生产流水线设计与仿真系统,实现工序的平衡和最优化,提高生产效率,减少资源浪费。

第一章 绪论

1.1 论文研究背景

1.1.1 服装生产方式的演变

二十世纪以前，人类一直采用手工作业方式来生产整件服装，这种作业方式有一定的分工和协作，但应用范围很窄，因而限制了服装生产规模的扩大和生产效率的提高。

二十世纪二十年代，人类开始从手工作业生产方式转变为机械化工业生产，从此开始了大批量生产时代。这个时期的生产特点是生产效率和产品质量得到很大提高，成本有所降低。这种生产方式适合物质产品还不很丰富的状况，在当时颇受欢迎^[4]。

二十世纪六十年代以后，随着科学技术的不断发展，各行业的加工机械越来越高速化、自动化和专门化。同时，电子计算机技术也开始广泛应用于服装工业中，如各种电脑辅助设计系统（CAD）、计算机辅助工艺设计系统（CAPP）、计算机辅助制造系统（CAM）等。

时至今日，服装制造业已经步入新的阶段。服装企业必须具备对市场需求的快速反应能力，实现多品种、小批量、高质量、低成本、快交货和优质服务的综合目标。

1.1.2 我国服装生产的现状

我国的现代服装工业起步较晚，经营方式以粗放经营为主。这类企业具有全套的从设计、生产，到营销部门的设置；生产品种可能包括各类服装，如西装、衬衫、裙装、裤子和夹克等。有资料显示，我国生产出口的服装在美国市场和欧洲市场已经占有了 10% 以上的份额，其中我国 90% 以上的出口服装使用国外进口商指定的商标^[2]。然而加入 WTO 以后，国际间的竞争愈加激烈，各种贸易壁垒不断推出，我国的纺织服装业的传统优势逐渐丧失，面临着新的挑战：

(1) 研发能力较弱，缺乏品牌意识，原有的低成本优势在激烈的国际竞争中逐渐消失，不适应现代市场的快速反应要求；

(2) 服装行业的整体设备较为陈旧、落后，部分产品的质量得不到保证，更无法适应高附加值生产的要求；

(3) 工艺技术与生产管理水平落后，生产效率较低，缺乏相应的、具有综合能力的高素质人才。

现代服装市场已向小批量、多品种、短周期方向发展，新产品层出不穷。我国的服装企业必须加大服装行业中先进技术的应用程度，广泛应用以计算机为主的现

代化生产方式与管理手段，这样才能从根本上改变我国服装行业的落后状况，在日益激烈的竞争中占有一席之地。

1.2 服装生产过程中的计算机辅助系统

随着整个服装行业技术的不断进步，服装生产过程中计算机辅助系统的应用已开始步入新的阶段。产品从分析市场需求开始，经过设计过程和制造过程，使之从抽象的概念变成具体的最终产品。如图 1.1^[2]。这一过程具体包括产品设计、工艺设计、过程设计、制作加工、检测、包装等阶段。相应地，根据设计制造的几大板块，服装行业开发研制出了三大辅助系统运用于实际生产，即服装 CAD（计算机辅助设计：Computer Aided Design）、服装 CAPP（计算机辅助工艺设计：Computer Aided Process Planning）以及 CAM（计算机辅助制造：Computer Aided Manufacturing）。

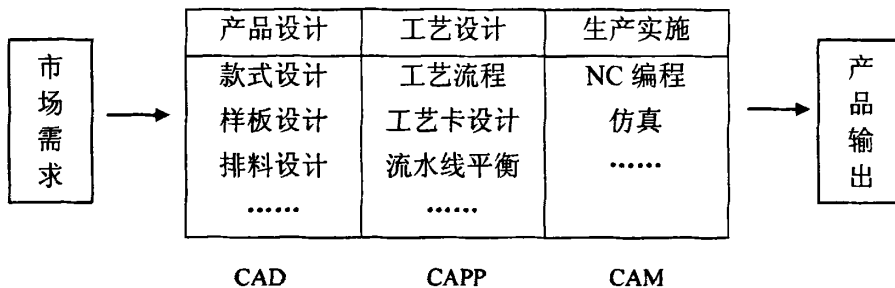


图 1.1 工艺过程中的计算机辅助系统

1.2.1 服装计算机辅助工艺设计的概念

服装计算机辅助工艺设计，即服装 CAPP，是计算机辅助服装工艺人员的一种技术，它以系统化方法来确定服装从材料到成衣的制造过程。服装 CAPP 在实现服装 CIMS（计算机一体化制造系统：Computer Integrated Manufacturing System）中起着举足轻重的作用。从工程角度看，CAPP 是向上连接 CAD 的桥梁。来自 CAD 的几何图形数据和技术要求数据在 CAPP 系统中完成加工处理，成为指导生产加工的制造数据。从生产管理角度看，CAPP 是连结 MRP II（制造资源计划：Manufacturing Resources Planning）的纽带，MRP II 系统所需的工艺路线、工序工时、制造成本等信息均来自 CAPP。CAPP 与 CIMS 系统的关系如图 1.2 所示^[5]：

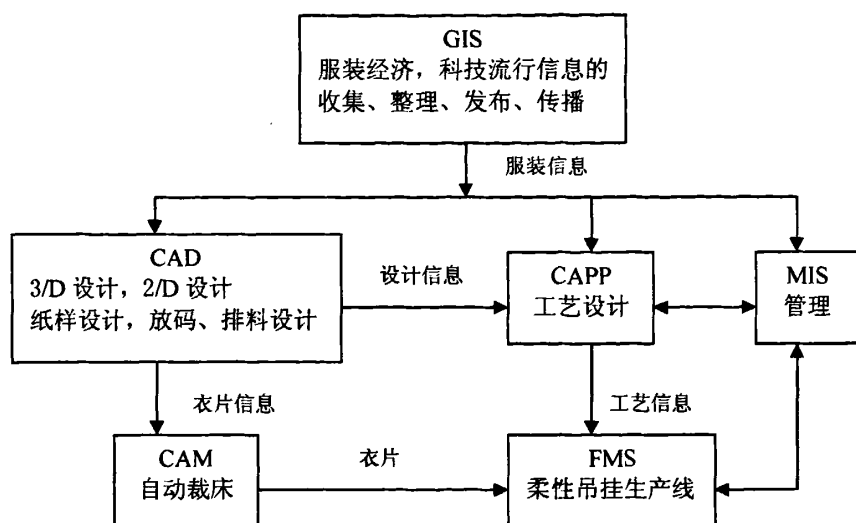


图 1.2 CAPP 与 CIMS 系统的关系

1.2.2 服装计算机辅助工艺设计的发展概况

CAPP 起源于二十世纪 60 年代末, 人们首先在机械工业领域开始了 CAPP 的研究。二十世纪 80 年代以来, CAPP 的发展开始进入高潮时期, 作为制造业的服装行业也开始了 CAPP 的应用。一方面, 服装 CAPP 通过计算机输入服装款式、结构和工艺信息等相关内容之后, 计算机自动对信息进行搜索、分析、加工, 自动生成生产的工艺方案; 另一方面, 将实际生产的情况反馈给计算机, 以帮助工艺技术人员随时掌握生产情况和控制产品质量, 并根据反馈信息及时调整不合理的工艺方法, 实现对市场快速反应的目标^[5]。

1.2.2.1 国外服装计算机辅助工艺设计的发展^[5]

关于计算机辅助进行服装生产流水线的设计和仿真的研究和开发, 二十世纪六十年代末期最早出现在欧洲。当时, 由于受到发展中国家劳动力低成本的影响, 一些发达国家开始采用先进的技术来提高产品的生产效率、增加附加值, 降低成本, 开始在服装领域推广 CAPP 技术。

① 日本的“三维立体缝纫系统”

80 年代初期, 日本研发出“三维立体缝纫系统”。该系统由计算机实现了从最初原材料的测试到成品后整理的全过程控制, 生成了不同品种服装产品的工艺方法。

② 美国 GGT 公司推出的 IMPACT-900 系统

该系统一方面可以通过对输入的产品款式进行分析, 对照系统提供的标准工时库与加工费表, 计算该产品的总加工时间, 从而得出该产品的工资成本。同时, 可

根据面辅料的价格与用量,计算出该产品的原材料成本;另一方面,该系统可将结果用以指导吊挂生产系统,完成 CAD——CAPP——FMS 的对接。

③ 西班牙艾维公司的 Investronica

该系统功能强大、性能优异,专业性强。系列软件包括纸样设计、放码、排料、生产计划管理等。硬件部分包括 Printer 大型专用系列绘图机、CUT 系列裁床,和 Move 系列吊挂生产系统。

⑤ 德国艾斯特系统 assyst

该系统适应面广,性能独特,其软件功能包括 Graph.assyst 系列设计软件、CAD.assyst 系列打板和放码软件、MTM.assyst 量身定做系统、FORM.assyst 工艺单系统、COST.assyst 成本管理系统和 Summit600 系列绘图机、bullmer 系列自动拉布机和裁床等硬件设备。

1.2.2.2 国内服装计算机辅助工艺设计的发展

我国在服装 CAPP 领域的研究和应用相比国外发达国家起步较晚,在功能上还不够完善和强大,但也取得了一定的成绩。

① “服装设计加工新技术”攻关计划

该计划分为 GIS, CAD, CAM, CAPP, FMS 五个部分。1993 年底,初步建立了我国第一条西装 CIMS 系统,填补了我国在这一领域的空白。

②六合科技发展有限公司的服装 MIS 工艺管理系统

该系统使用数据接口技术将 CAD 纸样与工艺文件进行了对接,操作人员可以直接调用不同款式的结构图和工艺资料,减少了重复的手工劳动,方便了技术资料的管理。另外,可以利用其中的服装工序工位设计系统,设计不同的工序加工流程,减少对少数工艺人员的经验依赖和人工编排的不准确性。

③北京日升天辰有限责任公司的 Nac-700/2000

90 年代初期,北京日升天辰有限责任公司在日本服装 CAD 技术的基础上开发了 Nac-700/2000,很好地适应了国内服装业的实际需求,并较早地开发了生产管理功能。系统功能包括:原型制作/数字化仪输入/纸样设计/纸样放缩/排料设计/生产管理/绘图输出等。

④汇成服装 CAPP 系统

汇成 CAPP 系统采用 SQL-Server 作为后台数据库,绘图平台采用 AutoCAD,前台开发工具采用 PB7.0。系统面向产品,采用产品——样片——工艺——工序的数据组织方式,用产品结构树状管理,简洁、方便。根据服装企业的实践经验,汇成服装 CAPP 采用“工序流程图”、“缝口示意图”与“重点工序说明”相结合的方

法编制工艺规程。实现了服装工艺单的编制、服装生产流水线的平衡、生产成本核算等功能。

但是应该看到,到目前为止,我国计算机辅助进行服装生产流水线的设计和仿真的研究还远远落后于西方国家,只是一些专业服装 CAD 公司开发了仅仅局限于工艺单的系统。除汇成服装 CAPP 系统功能相对较强之外,其它总的来说功能有限,应用也不普及,更加高级的功能,如流水线平衡与仿真等则更无从谈起。

从服装厂近年来应用 CAPP 系统的实际情况来看,随着计算机技术的不断发展,服装 CAPP 系统将向智能化、多功能、集成化(与 CAD/ERP/PDM/FMS 等系统的集成,以实现数据共享)的方向发展,我国应该开发出更加适合我国企业实际需要的服装 CAPP 系统。

1.3 计算机辅助生产流水线优化设计与仿真系统研究的目的和意义

我国的服装业起步较早,是传统意义上的服装大国,但是服装工业的现代化水平却远远落后于西方发达国家。为了适应现阶段我们所面临的小批量、多品种、短周期的市场特点,通过计算机辅助服装生产,建立快速反应机制成为新形势下重振我国服装工业雄风,追赶服装工业发达国家的一个最佳手段。

服装生产流水线的设计与编排是一项非常繁琐的工作。目前,我国服装企业中,流水线的工序编制和工作设备与人员的配置等主要还是靠人工经验进行估算。一方面,这种方法既费时间又不精确,往往会导致流水线生产不均衡,生产设备和劳动力得不到充分的利用;另一方面,这种方法对少数人员的经验依赖过大,很难适应现代化生产模式的要求。服装生产流水线的优化与仿真系统的研究是服装计算机辅助工艺设计的子项目,它主要解决服装生产过程中流水线的优化编排工作,使服装产品在生产过程中,工艺流程最短,加工时间最短,人力、物力和财力能得到充分地利用,实现经济效益最佳。

1.3.1 计算机辅助生产流水线优化设计与仿真系统研究的目的

计算机辅助生产流水线优化设计与仿真系统的研究通过计算机辅助进行女装生产流水线的设计和仿真来实现工序编排的标准化和最优化,缩短生产准备周期,改善工艺文件的质量,使大批工艺技术人员从繁琐、重复的劳动中解放出来,减少对操作人员技术水平和经验的依赖,提高企业内部信息的集成度,适应小批量、多品种、短周期与高质量的生产能力。并且在投入生产之前,通过流水线的模拟预先检验生产过程中可能出现的问题,提前进行调整,实现工序的平衡,使企业实现缩短生产准备周期,提高产品制造质量和减少不必要的浪费。

1.3.2 计算机辅助生产流水线优化设计与仿真系统研究的意义

服装产业作为“永不衰落的产业”，拥有十分诱人的前景。早在两汉时期，我们的祖先就通过丝绸之路，将精美的丝绸服装送去世界各地。一直以来，我国的服装产量和出口量逐年上升，位居世界前列。根据统计资料表明：2003年，我国的服装出口金额达520.61亿美元；2008年我国规模以上服装企业完成服装产量超过194亿件，纺织品服装出口总额已超过一千亿美元，占全球纺织品服装出口总额的30%左右^[6]。

从以上数据可以看出，我国服装业劳动力丰富且低廉，相应的配套产业较为完备。在乐观的形势背后，还存在来自的各方面的挑战。一方面，加入WTO后，各种贸易壁垒时刻影响着我国的服装出口；另一方面，一些国家在新产品研发、提高产品附加值方面增加投入，在某些方面的竞争优势方面已超过我国。因此，我国的服装制造业必须转变观念，减少对劳动力优势的依赖，要深刻意识到产业升级对劳动力资源优势的削弱作用，尽快改变经营方式，优化资源配置，提高对市场的快速反应能力。

另外，由于我国的服装工业的物流优化水平较低，时间严重浪费在在制品等待、传递，成品运输、入库等阶段，无形中增加了生产成本^[7]。服装企业引入吊挂系统后，可以高效的运行整个生产过程，减少不必要的时间浪费，降低成本，提高企业的市场快速反应能力。

随着我国整个服装行业技术的不断改进，在服装生产过程中计算机辅助系统的应用已开始步入新的阶段。通过对流水线的仿真，可以对各种流水线编排方案进行评估，可以分析与评价不同方案中所确定的硬件配置(如平缝机、工序工位数、运输系统路径等)及生产线人员配备情况，预测产品生产周期，分析与预测生产线的生产能力，在模拟中展现各种可能出现的故障和系统瓶颈等。针对可能出现的问题与系统瓶颈，可以预先提出解决办法。同时，对比不同方案的优劣，可以选择合理高效的作业计划，提高生产线的运行效率，减少库存，缩短生产周期。

1.4 论文研究的内容和方法

(1) 论文的研究的内容

主要研究内容是进行符合企业实际所需的女装吊挂生产流水线优化与仿真系统的研究，它是服装计算机辅助工艺设计系统(CAPP)的一个子系统。通过分析服装生产流水线的工序流程，动作组成，生产节拍等指数，结合优化设计的算法和原理，以及CAPP技术在服装行业的应用，给出了女装吊挂生产流水线平衡设计的具体要求和内容，研究国外成功服装生产流水线的智能化设计和仿真的经验，建立适合我国服装企业特点的服装生产流水线的智能化设计、平衡和仿真系统，不断提升我国服

装业的生产效率、市场适应能力和国际竞争力。

(2) 论文的研究的方法

论文采用Access2003作为后台数据库，对女装吊挂生产流水线优化中用到的工艺数据进行归纳总结，使之标准化；基于遗传算法，提出以最小化均衡指数为目标的数学模型，使用VC++进行编程，搜索得出最优解，并使用Flash MX2004对优化结果进行动画演示，预先发现生产过程中可能出现的问题，提出解决办法。

第二章 服装工艺资料的获取与数据库的建立

众所周知,生产流水线的编排需要很多的经验和专业知识。而这些知识通常由工艺专家和工厂的工艺技术员掌握,没有形成十分完备的体系,对人有很大的依赖性,书面的资料也不完整,缺乏继承性。而且工艺知识因不同工厂的设备、产品、环境及技术而异,难于统一处理。然而,工艺专家和工艺技术员的经验知识和专业知识又是计算机辅助生产流水线优化与仿真研究的基础,因此,如何收集、总结、分析工艺专家和工艺技术员的经验知识及专业知识,是研究的首要任务。

2.1 调研

通过工厂实地调研的方法来获取相关工艺资料和宝贵的经验知识。这是收集工艺设计专家所具有的工艺知识和经验的第一步。因此,工艺调研的地点选择、以及调研对象的选择,都直接影响所收集工艺知识的正确性、全面性及代表性。

2.1.1 调研地点的选择

在进行工艺调研的地点选择时,应从先进性、全面性、代表性几个方面考虑^[2]。即要选择具有先进的管理技术及工艺技术,具有完整的历史工艺资料,常年接受国内外各种款式的订单,产品质量好且档次高,且能够代表本地工艺技术水平,其先进的管理技术及较高的产品品质得到了国内同行的认可,在同行内具有一定的代表性的工厂。

2.1.2 调研的对象的选择

根据掌握工艺技术的能力,将调研对象定为:工艺师、班组长、操作员。其中,工艺师对调研产品有较丰富的理论知识和经验知识,对工厂的生产品种与工艺水平了如指掌,并掌握有大量的历史工艺资料,能够为工艺调研工作提供全面的工艺资料;班组长对调研产品有较丰富的经验知识,在产品生产工时、工序调配、流水线编排方面经验尤为突出;操作员通晓调研产品的局部工序的工艺要求和操作方法,因此,可为调研人员提供详细的解说和演示,便于调研人员掌握较先进(或较特殊)的工艺。

2.1.3 调研的内容

调研内容包括工艺资料的搜集,缝制流水车间的设备情况,以及流水线编排的经验知识。

通过询问调研对象,实地观测等方法搜集不同品种款式的工艺单、工艺卡、工艺流程、作业时间、设备的品种与排放、工艺要求、不同品种款式的操作人员配备、

影响缝制流水线编排的因素、如何确定流水线的流量、如何协调流水线的平衡等信息资料。

青岛是传统的纺织服装生产基地，服装生产企业众多，生产的服装产品种类涉及了西装、衬衫、制服、夹克、休闲装、童装，以及针织T恤衫、睡衣等几乎所有种类。产品的加工类型有小批量、大批量，小流水、大流水。通过走访青岛市十余家不同规模、不同经营模式的服装制造企业，对主要几个品种的服装生产工艺资料进行了调研。结果发现，服装企业工艺文件很少以书面的形式留存，且格式、术语不规范，不标准，企业之间差别很大。通过调研得知，在服装企业中，工序的组织 and 平衡、流水线的编排和协调一般是由少数经验丰富的技术人员人工完成。流水线平衡方面的技术文件几乎没有，通常仅依赖于生产组长的经验与感觉，进行手工估算和编排。

2.2 数据库的建立

随着网络电子商务的日益普及，计算机信息广泛、资源共享的特点显得十分突出，服装行业要充分利用这一特点，才能有更大的发展空间。

2.2.1 建立数据库的必要性

调研发现，大多服装企业的工艺资料杂乱，格式、术语不统一，很难准确地用其指导生产和进行管理。且工艺知识大多由少数技术人员所掌握，个人经验所占比重重大，对人的依赖性大。当企业发生人员变动时，这种依赖性就会使企业很难保证正常的生产和运营，无法在快速反应时代站稳脚跟，甚至会造成很大的损失。

服装工艺资料数据库的建立有如下优点：

(1) 工艺资料的标准化。调研发现，不同企业的服装工艺标准和用语很不统一，甚至同一企业中不同工艺技术员所使用的工艺标准和工艺用语也各不相同。这就给生产管理带来了困难，且在生产任务的执行过程中会发生不一致而引起理解错误造成返工、浪费生产资料的现象。服装工艺资料数据库的建立规范了工艺资料的标准和用语，减少了不必要的损失。

(2) 便于计算机进行缝制生产流水线的编排与优化。采用相应的数据接口使数据库与流水线编排优化软件相联接，将数据直接导入流水线编排优化软件进行计算得出最优的工艺编排。这样既节约了时间，降低了成本，又解决了对少数相关人员经验的依赖。

(3) 指导管理生产作业。数据库的建立使得生产作业的管理有据可依。

(4) 资源共享。服装工艺资料数据库在销售、设计、样板、工艺、生产、管理等部门之间资源共享，这使得销售人员明确不同款式、不同面料的工艺要求，在给客户介绍推销时有的放矢，容易让客户产生信赖；设计和打样人员也会依据工艺数

数据库设计出适合本企业生产的款式；生产部门可以依据数据库的资料，应用工序编排软件计算出的工序编排进行生产；管理部门可以依据工艺标准进行生产管理和计算成本。

(5) 企业可以对不同的使用者设置不同的使用权限。开放式的数据库使得企业还可以依据自身特点扩充数据库，加入新的款式工艺数据。

鉴于优化系统的设计需求，对收集到的工艺资料中的工序、工时、设备等数据建立数据库系统，以便于计算机进行缝制生产流水线的编排与优化，同时对生产中的作业人员的管理也有一定的指导作用。数据库为一个开放系统，用户可以根据自身的需要选取适合自己需求的工艺资料，建立数据库。

2.2.2 数据库的选择

通常使用的数据库有 Access, Microsoft SQLSevrer, Excel 等，采用 Access2003 来建立数据库。

Access 是微软公司推出的基于 Windows 的桌面关系数据库管理系统，是 Office 系列应用软件之一。它提供了表、查询、窗体、报表、页、宏、模块 7 种对象来建立数据库，提供了多种向导、生成器、模板，把数据存储、数据查询、报表生成等操作规范化和简易化，使得普通用户不用编写代码就可以建立完善的数据库管理系统，完成大部分数据管理任务。Access 可以存取 Access/Jet、Microsoft SQLSevrer、Oracle，或者任何 ODBC 兼容数据库内的资料，且多种编程语言都可以引用进行数据操作。Access 是面向对象的、可视化开发工具，可以通过对对象的方法、属性进行设置来完成数据库的操作和管理，简化了用户的开发工作。服装工艺信息内容形式多样，使用 Access2003 建立数据库管理系统可以用各种格式来存储工艺数据，例如，表、报表、窗体，网页等。鉴于以上优点，选取 Access2003 来开发女装流水线数据库系统符合计算机辅助服装作业编排系统的技术要求，也可以满足同建立网络化企业技术管理的需要。

2.2.3 数据库的建立

数据库与优化系统用编程进行了对接，实现了从工艺数据管理与数据优化的统一管理。数据库采用 Delphi 平台进行开发，之后的遗传算法优化采用 VC++ 进行编程，建立了“女装生产流水线优化系统”。

由 Borland 公司推出的 Delphi 是全新的可视化编程环境，为人们提供了一种方便、快捷的 Windows 应用程序开发工具。它使用了 Microsoft Windows 图形用户界面的许多先进特性和设计思想，采用了弹性可重复利用的完整的面向对象程序语言 (Object-Oriented Language)、当今世界上最快的编辑器、最为领先的数据库技术。Delphi 具有强大的数据存取功能。它的数据处理工具 BDE(Borland Database Engine)

是一个标准的中介软件层，可以用来处理当前流行的数据格式，如 xBase、Paradox 等，也可以通过 BDE 的 SQLLink 直接与 Access、SQLServer、Informix、Oracle 等大型数据库连接。在 Delphi 众多的优势当中，它在数据库方面的特长显得尤为突出：适应于多种数据库结构，从客户机/服务机模式到多层数据结构模式；高效率的数据库管理系统和新一代更先进的数据库引擎；最新的数据分析手段和提供大量的企业组件。

系统依据不同的使用适用对象设立了管理员和普通用户两种使用权限。数据库为开放式的数据库，管理人员通过输入密码登陆后，可以更改和扩充数据库的内容，使得数据库更适合不同企业的具体需要。如图 2.1 所示。

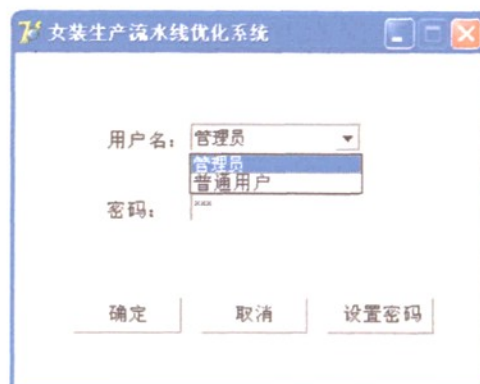


图 2.1 数据库登陆窗口

进入数据库之后，可以根据款式查看已有工艺资料或录入新工艺资料，建立工序表。由于研究内容为生产流水线的优化，因此主要录入了缝制工序方面的相关资料，如工序号、工序名称、加工时间、加工设备、作业类别等。工厂还可以根据需要，录入譬如每道工序对应的工序管理标准，操作人员信息，成本核算等其它资料。图 2.2 为衬衫的部分工序表。同时可以利用 Access2003 的报表功能，建立衬衫相应的明细报表以方便进行相关数据的汇总，如图 2.3 所示。

第二章 服装工艺资料的获取与数据库的建立

Microsoft Access - [女衬衫工序表 : 表]

文件(F) 编辑(E) 视图(V) 插入(I) 格式(O) 记录(R) 工具(T) 窗口(W) 帮助(H) Adobe PDF

工序号	工序名	加工时间(s)	加工设备	作业类别	前道工序号	产后工序号
1	手洗前门襟	24	蒸汽熨斗(JYB-500B)	手工烫、手工作业	0	2
2	手洗前门襟	18	蒸汽熨斗(JYB-500B)	手工烫、手工作业	1	3
3	前门襟烫边	18	(MO-2504-DB4/T016/MC-5)	特种缝纫机作业	2	4
4	缝脚褶	16	(DDL-506-300)	平缝作业	3	5
5	侧门襟角及下摆平缝	30	(DDL-506-300)	平缝作业	4	6
6	侧门襟角, 侧下摆加烫	30	蒸汽熨斗(JYB-500B)	手工烫、手工作业	5	8
7	缝肩省	15	(DDL-506-300)	平缝作业	0	8
8	合肩烫边	17	(MO-2504-DB4/T016/MC-5)	特种缝纫机作业	6, 7	9
9	合侧边烫边	21	(MO-2504-DB4/T016/MC-5)	特种缝纫机作业	8	19
10	缝袖衩贴片	30	(DDL-506-300/卷喇叭)	平缝作业	0	11
11	袖下摆压褶	32	(MO-2504-DB4/T016/MC-5)	特种缝纫机作业	10	18
12	手洗袖口口	20	蒸汽熨斗(JYB-500B)	手工烫、手工作业	0	13
13	缝袖口布	28	(DDL-506-300/旋转定规)	平缝作业	12	14
14	修剪袖口布	10	手工	手工烫、手工作业	13	15
15	翻袖口	10	手工	手工烫、手工作业	14	16

图 2.2 衬衫工序表

女衬衫工序表
时间明细报表

作业类别	工序号	工序名	加工时间(s)	加工设备
平缝作业	4	缝脚褶	16	(DDL-506-300)
	5	侧门襟角及下摆平缝	30	(DDL-506-300)
	7	缝肩省	15	(DDL-506-300)
	10	缝袖衩贴片	30	(DDL-506-300/卷喇叭)
	13	缝袖口布	28	(DDL-506-300/旋转定规)
	17	袖口压明线	18	(DDL-506-300/旋转定规)
	18	缝上袖口	28	(DDL-506-300)
	20	袖下止缝	18	(DDL-506-300)
	22	平缝领片	21	(DDL-506-300/旋转定规)
	26	领地缝	17	(DDL-506-300/旋转定规)
	28	上领平缝	25	(DDL-506-300)
	29	领压缝	19	(DDL-506-300)
	30	缝商标	16	(DDL-506-300)
	31	下摆三卷缝	32	(DDL-506-300)
总计			311	

手工 平缝作业

图 2.3 衬衫工序报表(a)

作业类别	工序号	工序名	加工时间(s)	加工设备
	35	检查		手工
总计			227	
特种缝纫机作业				
	3	前门襟拷边	18	[MO-2504-DD4/T016/MC-5]
	8	合肩拷边	17	[MO-2504-DD4/T016/MC-5]
	9	合袖边拷边	21	[MO-2504-DD4/T016/MC-5]
	11	袖下保险缝	32	[MO-2504-DD4/T016/MC-5]
	19	侧袖保险缝	42	[MO-2504-DD4/T016/MC-5]
	32	前门襟锁眼	60	[LBH-781/AQ-17/间隔器]
	33	前门襟钉钮	50	[MB-373-10/间隔器]
总计			240	
整烫作业				
	36	整烫	50	蒸汽熨斗(JVB-500N)
总计			50	
总计			828	

图 2.3 衬衫工序报表(b)

从“女衬衫工序表时间明细报表”中可以看出女衬衫不同作业类别各自的加工时间总和。Access 中“报表”、“窗体”等功能的实现是很容易的，可以根据自己的需要生成不同的报表、窗体，如“设备使用报表”等，以供生产管理过程中查询使用。

第三章 生产流水线的平衡原理

3.1 服装生产的一般组织形式

3.1.1 流水线生产的特点和要求

流水生产方式的特点包括工作场地专业化程度高,工作地按工艺流程顺序排列,加工对象在工作地间按顺序流动,生产具有节奏性。

流水生产方式要求产品的工艺过程能够被拆分成若干小的、独立的工序,产品结构和工艺要求相对稳定,具有一定的加工量。这些条件保证了流水生产方式具有较高的效率。

3.1.2 常用的服装生产线形式

(1)按工序配置生产线。这种形式是以服装工艺流程顺序配置工作地及缝纫设备。大部分服装产品采用这一方法进行流水生产。

(2)按部件配置生产线。这种生产线形式是以服装产品部件配置工作地及缝纫设备。在服装工序较多时,按部件大小配置主流、支流生产线,有利于生产线负荷平衡以及提高工作效率。大衣、长裤常采用这种方法进行生产。

(3)按机种配置生产线。这是将同一机种的缝纫设备配置在同一工作地的方法。简单品种、大量生产时采用这一方法,如针织内衣裤、T恤衫等。

(4)吊挂传输缝纫生产线。如图 3.1 所示,这种生产线形式是按工艺流程,在各工作地之间用吊架沿轨道传递在制品,缝纫机平行或垂直支配置于环形轨道两侧的缝纫作业方式。更换加工品种时,只需根据工艺流程改变工作地之间在制品的传递路线,不需改变机器配置。

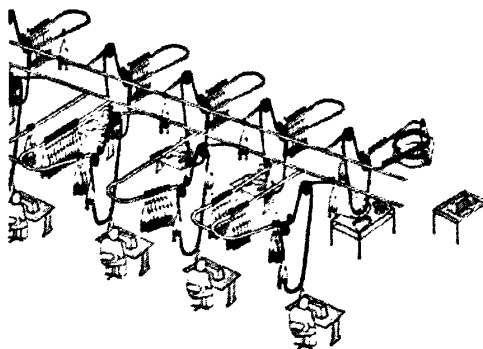


图 3.1 吊挂传输缝纫生产线

(5)捆扎缝纫作业。将若干衣片或半制品捆扎后,按产品加工顺序移动,进行缝

制。如图 3.2 所示，其机器排列时一般把相同的机种放在一起。按照制品的传输方式，可分为传统捆扎式缝纫生产流水线和传送带捆扎式缝纫生产流水线。

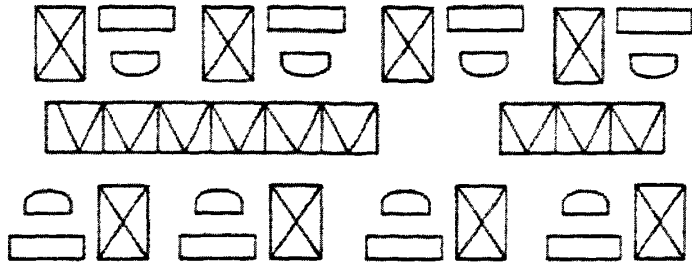


图 3.2 捆扎生产流水线

(6) 同步缝纫作业。按缝制加工工艺流程依次完成同一件产品的作业方式。缝纫设备依照工艺流程和各工序的工作量大小配置。特点是生产周期短，在制品数量可减少至最低限度，但节拍平衡困难。如图 3.3 所示，其机器排列完全按照工艺顺序和各工序工作量的大小进行配置。这种流水线又分直线式和支流式两种。

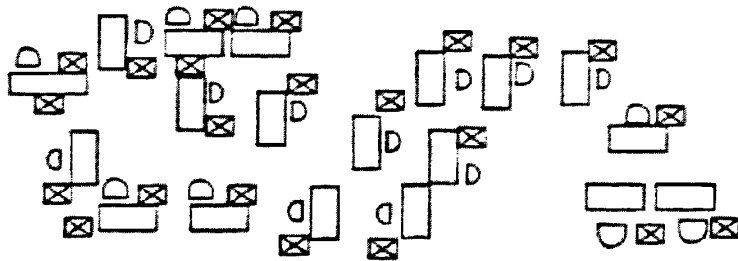


图 3.3 同步生产流水线

(7) 轨道缝纫作业。缝纫在制品借助于运输箱（框）、推车，按加工顺序制定的运送路线，在工作地之间传递加工对象的作业方式。缝纫设备按机种、作业内容的难易程度，分区纵向平行配置，改变品种时，只需改变缝纫在制品的传送路线，而不需改变机台位置。

(8) 分组缝纫作业。这种生产形式亦称为模块缝纫作业。按产品部件分组进行加工的作业方式。每组分配相应的设备和人员，各组的产品均为组件，最后由总装部将各部位部件装配缝制成成品。

(9) 互助生产线。生产线作业人员采用前帮后、后帮前的互助方式共同完成生产线目标产量的生产组织形式。多品种小批量生产时，采用互助生产方式可使生产线平衡达到满负荷工作状态。但因为一人多机台或多人多机台作业，需要增加

较多的机器设备。一般单件流程服装生产线编制效率达到 85%即可投入生产，而互助生产线生产效率可达到 95%以上。

服装企业应该根据自身的加工能力和人员技术水平选择合适的流水线类型。对青岛地区的一些外贸加工型服装企业进行调查发现，这类企业的生产规模通常不大，很少使用 CAD、CAPP、FMS 等计算机辅助系统，以贴牌加工为主，利润主要来自于工人的劳动价值。另外，手工作业在流水线上仍占有一定的比例，半制品采用人工搬运、塑料箱等形式，手工捆扎传递。这种方式设备投入少，使用自由。但在市场需求多变的工业时代，多变的潮流使得生产订单变化多而批量小。吊挂生产流水线实时管理和高效的特点恰好满足了现代社会生产加工的要求。自动吊挂流水生产系统可随时更改流水线编排，适合任何款式品种。使用该系统，面、辅料等在制品悬挂传输，一方面节约了人工传递的时间，提高了生产效率；另一方面避免了人工传递过程中在制品的折皱、沾污等现象，确保了产品质量，能够满足现代化快速反应的生产要求。

3.1.3 女装吊挂生产流水线

3.1.3.1 女装吊挂生产流水线的概况

服装吊挂生产系统(FMS)也称柔性生产系统，它通过一个循环运输轨道把多个服装生产工作站结合起来，具有减少辅助时间的功能，即减少捆包时间、摆放衣片时间和传递半成品的时间；另外它具有计算机生产管理功能，可以确保流水线的平衡和产品质量，占地面积小等优点^[9]。

服装吊挂生产系统通过电脑控制带有不同编码的吊架在不同工作地之间，按照预先设定的时间间隔和传递顺序传输衣片等半成品。吊挂系统能减少衣片等半成品的传递时间，从而提高生产效率，降低成本。

服装吊挂生产系统可以不受产品品种、流水线长短等限制，系统的长短、高低可随意调节，技术人员可根据工厂的实际需要对吊挂线进行组合。图 3.4 为吊挂系统的工作流程：

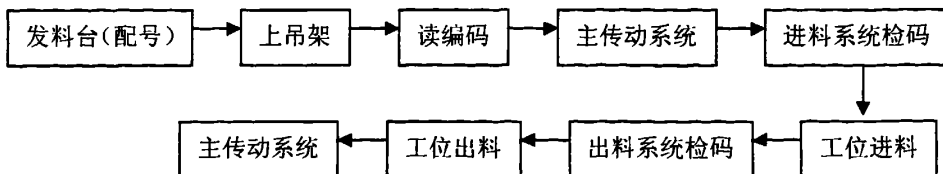


图 3.4 吊挂系统的工作流程

吊挂系统的硬件部分是若干工作站通过悬空的吊挂轨道，按照加工顺序连接组

成。软件部分是由中央主控机以局域网的形式对每一个工作站内的智能终端机进行控制管理,可及时了解当前的流水线运行情况,以实现实时管理,及时调节不合理的部分。

3.1.3.2 女装吊挂生产流水线的特点

与传统生产管理系统相比,该系统最显著的特点就是它能够满足现今服装生产行业对市场需求快速反应的生产要求。具体表现在:

(1)生产工艺可灵活组合,在新的产品品种投入生产时,更换品种容易方便,且可以同时生产几种不同款式的服装。吊挂传输自由、省时,工序平衡性好,流水线编制效率高。

(2)吊挂生产管理系统的长短、高低可任意调节。

(3)管理工作通过中央主控机来操作实现。通过观察各个工作地的计数器,随时掌握各工作地正在加工的在制品数量、待加工的衣片数量。一方面,可以根据这些实时信息及时调节流水线的负荷,使之平衡畅通;另一方面,管理人员可以根据生产信息进行工资结算。

3.1.3.3 女装吊挂生产流水线的工艺设计方法

我国现代化服装工业起步较晚,落后的技术和设备相对先进的吊挂系统很难进行整合。因此,企业必须根据自身的实际情况,结合工人的技术水平、设备条件对服装吊挂生产系统进行合理地编排、组合。在吊挂线投入正式生产之前,对整个流水线进行反复测试,细致划分,对比每道工序在吊挂线上生产与不在吊挂线上生产的差异,把不适宜在吊挂线上加工的工序以传统方法与现代化生产相结合的方式重新设计。

3.2 女装吊挂生产流水线设计的主要研究内容

工艺编排是否合理决定了流水线的均衡程度,较为优化的工艺编排可以确保产品的质量、产量目标的如期完成。一件服装产品从裁片到成衣需经过几十、甚至几百道工序。因此,为了均衡流水线生产,减少不必要的时间浪费,在产品投入生产之前,需要对产品进行工序分析。工序分析的内容包括工序划分、动作与时间研究,工艺流程图的绘制和工序合并与平衡。

3.2.1 工序分析

在生产活动中,工序分析是指各种服装面辅料从仓库取出,根据对各工序条件和组合过程的分析、控制,施行各种加工使之成为产品,提高工序作业流程的效率。在实际生产中,从投料到制成服装产品可分为加工、检验、搬运、停滞等四个过程,

通过科学的工序流程分析研究，能够制定合理的工序改进方案。

3.2.2 动作研究^[8]

现阶段我国的服装企业，一般还是由人工操作设备来完成服装的缝制，因此，操作人员动作的合理程度决定了生产效率的高低、产品质量的优劣。动作研究就是通过对动作要素进行分析，制定省时省力、安全便捷的操作方法。

动作分析可采用事前调查法、直接观测法、摄影或录像观测记录法和沙普列克法。进行分析时应按照经济动作原则，研究操作中的各种动作是否经济。一般是靠人眼观察并测定动作时间来进行分析比较。

另外，为了减少不必要的动作也应注意有关工作场地布置的原则：

- (1) 所有的工具和面辅料均应放在固定的位置；
- (2) 材料、工具、控制部分等，应尽量放在正常作业范围内并处于作业员的正面；
- (3) 运送面辅料尽量利用滑槽，并且终点应尽量靠近使用的地方，由此避免面辅料不到位，花费时间拿取或换向等；
- (4) 尽量利用各种传送机械；
- (5) 工具及面辅料应按照最佳动作顺序予以安排；
- (6) 灯光照明要保持正确的方向和强度；
- (7) 要选择合适的座椅，使作业员易于操作。同时作业台与椅子的高度应调节至双肘能在作业台上自然动作，且坐立容易；
- (8) 工作地的色彩必须采用能帮助恢复视觉，而不会使眼睛疲劳的颜色；
- (9) 温度、湿度、通风都要保持适当的数值。

3.2.3 时间研究

时间研究是将作业分解为细致的作业要素，使用适当的时间测定方法记录作业耗用的时间，并根据归纳的数据资料制定标准工时定额或规划作业改进的方法。

通过时间研究可以规划适当的生产目标值、适当的分工范围以及生产计划，评定各作业员的技能，对动作研究的作业要素赋以时间数值，以此作为改进或标准化的根据，进行成本核算，制定单价或工资。

3.2.3.1 标准加工时间的构成

工序的标准加工时间包括纯加工时间和浮余时间，如图 3.5 所示为标准加工时间的构成：

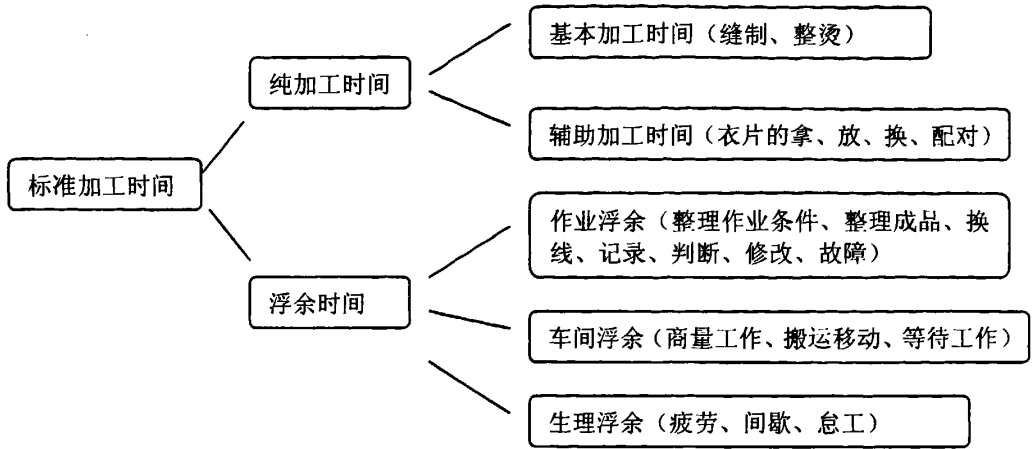


图 3.5 标准加工时间构成

3.2.3.2 标准加工时间的计算^[8]

确定标准加工时间通常有预定时间标准法，经验估工法，统计分析法，类推比较法，技术测定法（采用现场测定或技术计算而确定工时的方法）。

一般初次应用时采用技术测定法。

同一工序，各种不同技能水准的工人会有不同的数值表现，在计算时也必须考虑不同因素的影响，这就引出了水平系数的概念。在制定标准工时定额时，将个人因素的差异整合成同一水平的数值，以便对实测工时进行修正，这种同一水平的数值就称为水平(Leveling)系数。

通过实测时间数值参考作业员个性因素而换算成为企业标准时间数值的方法是由美国西屋(Westing house)公司发明的。这种方法认为作业速度是由技能、努力、作业条件及一致性四个因素决定的。其中，技能是指作业的技术熟练程度；努力是指力争有效工作的精神表现；作业条件包括温度、湿度、震动、照明度等。表 3.1 为水平系数四项因素评定标准，可利用此表把观测数值换算为水平系数值。

表 3.1 水平系数 I

熟练程度	级别	努力程度		熟练程度	级别	努力程度
+0.15	最优 A	+0.13		0	普通 D	+0
+0.11	优 B	+0.10		-0.05	可 E	-0.04
+0.06	良 C	+0.05		-0.16	差 F	-0.12

表 3.2 水平系数Ⅱ

等级\内容	技能熟练程度		努力工作态度		作业条件温度、湿度、照明		作业一致性适应性	
最优	A1	+0.15	A1	+0.13	A	+0.06	A	+0.04
	A2	+0.13	A2	+0.12				
优	B1	+0.11	B1	+0.10	B	+0.04	B	+0.03
	B2	+0.08	B2	+0.08				
良	C1	+0.06	C1	+0.05	C	+0.02	C	+0.01
	C2	+0.03	C2	+0.01				
普通	D	0	D	0	D	0	D	0
可	E1	-0.05	E1	-0.04	E	-0.03	E	-0.02
	E2	-0.10	E2	-0.08				
差	F1	-0.16	F1	-0.12	F	-0.07	F	-0.04
	F2	-0.22	F2	-0.17				

表 3.3 熟练程度判定

等级\项目	差 (F)	可(E)	普通(D)	良(C)	优(B)	最优(A)
工作顺序	没有按照	大概知道	顺序合理	熟悉合理	熟悉合理	熟悉合理
作业速度	经常停止	有时停止	看上去停止，但速度慢	没有停止	速度快	速度相当快
作业动作	动作不协调	有的动作不协调	动作协调	完全协调	迅速正确	相当正确
作业失误	失误多	有时失误	没有失误	完成普通	正确完成	完成的很出色
作业自信	没自信	有时心神不定	有点自信	有自信	有自信能够指导别人	信心十足

表 3.4 努力判断

等级\项目	差 (F)	可(E)	普通(D)	良(C)	优(B)	最优(A)
关于作业速度	缓慢	状态一般	正常状态作业	几乎没有时间浪费	速度快，只能短时间内维持	速度快，维持时间较长
关于作业意识	对工作没兴趣	工作注意力不集中	对工作少有兴趣	对工作有兴趣	对工作非常有兴趣	具有知识与行为相配

关于作业 态度	没意欲	勉强作业	用心作业	愉快节奏流 利畅通	没有动作 失误	动作快,很 难分清楚
------------	-----	------	------	--------------	------------	---------------

根据水平系数利用公式 3-(1) 就可以计算出标准纯加工时间。

$$\text{测定时间} \times (1 + \text{水平系数}) = \text{标准纯加工时间} \quad \text{公式 3-(1)}$$

根据各工序纯加工时间和浮余率的统计值指标, 就可以计算各工序的标准加工时间。

服装企业加工服装时, 既有稳定的批量, 也有多品种小批量的订单。对于品种变换, 作业所需的熟练程度可称为批量熟练率, 或者批量大小而引起的生产效率变化可称为批量(lot)系数等。以外乘法测定的浮余率指标计算:

$$\text{标准纯加工时间} \times (1 + \text{浮余率}) = \text{标准工时定额(标准批量或大批量)} \quad \text{公式 3-(2)}$$

$$\text{标准工时定额} \times \text{批量系数} = \text{修正的标准工时定额(多品种小批量)} \quad \text{公式 3-(3)}$$

由于工序加工时间与企业实际的人员技术水平、设备条件、环境等诸多因素有关, 因此各企业在具体操作时, 应根据实际的加工能力来决定。

3.2.4 工序分析的表达

通常用工序分析表和工序明细表的形式表示工序分析的结果, 通过工序分析表可以清楚地看出工序作业顺序、设备使用情况、消耗的时间, 方便生产指导和管理。

如图 3.6 为一款女式衬衫的款式图, 图 3.7 流程图为该款式女衬衫的工序流程图, 清楚地显示出各加工工序的作业性质、先后顺序、所用设备、以及消耗的时间等内容。



图 3.6 女衬衫款式图

工序分析表如图 3.7 所示：

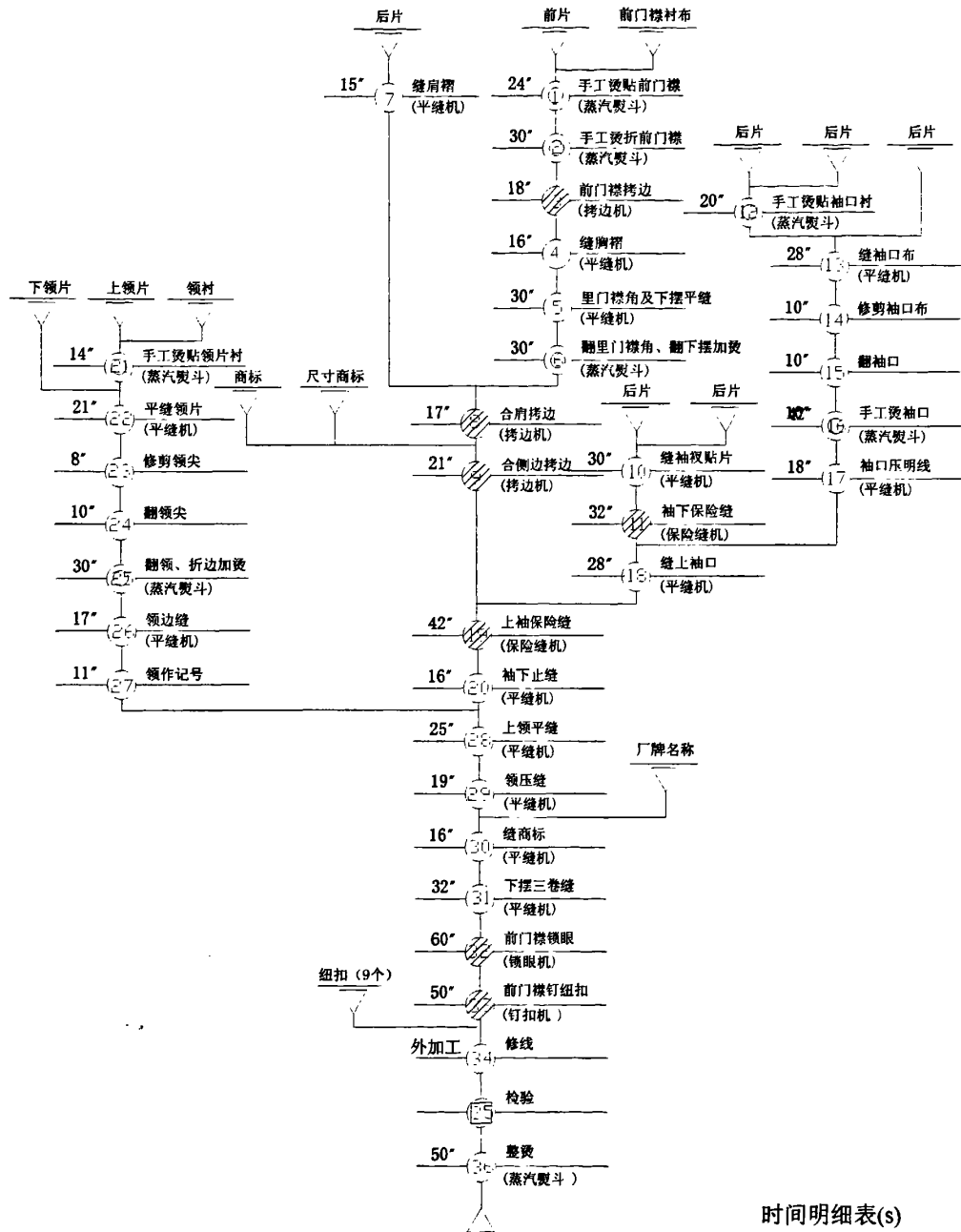


图 3.7 女衬衫工序分析表

3.3 流水线相关工艺参数

1. 流水节拍

通常，平均节拍用 S.P.T(Standard Pitch Time) 来表示，计算公式如下：

$$S.P.T = \sum_{i=1}^k t_i / N = T / Q \quad \text{公式 3-(4)}$$

或者：

$$\begin{aligned} S.P.T &= \text{标准总加工时间} / \text{作业人员数} \\ &= \text{一天的作业时间} / \text{目标日产量} \end{aligned}$$

进行流水线作业编排时，通常将 S.P.T 作为一个约束条件，用来引导各工作地的加工时间尽量接近 S.P.T。时间负荷最大的工序称为瓶颈工序，实际生产中真正影响流水线均衡程度的是瓶颈节拍。瓶颈节拍与其它工作地的工序时间差别越大，流水线均衡度越差。需要通过工序分析来调整流水线各工序的加工时间，均衡化流水线。

2. 节拍界限

编排工序时，虽然以平均节拍为指导，但一般不可能与节拍恰好相等或成整数倍关系，因此要设定节拍界限——节拍上限 (U.L.T)、节拍下限 (L.L.T)。一般取节拍界限为 ($\pm 5\%$)。

3. 最小工作地数

当产品工序划分后，各工序所耗费的时间实际上是不等的，流水线的编排一般都要进行合并与平衡处理。在进行工序合并与平衡之前首先要确定其最小工作地数量：

$$N_{\min} = [T / S.P.T] + 1 \quad \text{公式3-(5)}$$

$$T = \sum_{i=1}^k t_i$$

4. 编制效率

流水线编制效率的计算公式为：

$$E = S.P.T / P_{\max} = T / (N \times P_{\max}) \quad \text{公式 3-(6)}$$

通常，服装企业要求工序编制效率达到 85% 以上。

5. 均衡指数 SI(Smoothness Index)

在一定数量的工作地条件下，服装缝纫流水线的优化调度，其流水线的负荷平衡可以使用均衡指数 SI 作为评价指标，均衡指数越小，表明负荷平衡越好。如果 SI(Smoothness Index) 为 0，则意味着负荷达到完全绝对的平衡。

$$SI = \sqrt{\sum_{k \in N} (\max(T(S_k)) - T(S_k))^2} \quad \text{公式3-(7)}$$

$$\sum_{k=1}^N T(S_k) = T$$

流水线的负荷平衡就是最小化均衡指数 SI。

这里假定服装缝纫流水线的工作地数 N 已知, 流水线总的标准加工时间 T 已知。其中, S_k 为流水线上第 k 个工作地 ($k \in N$), $T(S_k)$ 为第 k 个工作站的总加工时间, 且 $\sum_{k=1}^N T(S_k) = T$ 。

3.4 缝制流水线的工序合并与平衡

3.4.1 工序合并与平衡的含义和目的

服装生产流水线的平衡是指在整个服装生产过程中, 通过合理分配工序以保持各工作地之间的进度统一、均衡。其主要目的是保证工作流量的稳定, 减少物料处理和运送时间以及降低成本, 充分利用空间, 改善工作环境, 提高对服装生产进度表的掌握, 有利于实行员工奖励计划, 减少劳工流失。

3.4.2 服装流水线平衡问题探索

服装生产流水线平衡问题希望各工作地的作业时间尽可能接近平均节拍, 从而避免个别工作地的作业堆积, 而其它工作地作业闲置的现象。通常需要在平均节拍和工序间先后顺序的约束下, 分配所有的工序到各工作地, 使其作业时间尽可能相等, 并接近平均节拍。此过程需要考虑的因素很多, 构成了一个非常难解的组合优化问题, 即 NP 完全问题^[10]。

流水线平衡问题的目标包括经济指标与技术指标。在服装生产流水线平衡领域, 文献[11]分别以不同的目标, 建立了三种缝纫生产流水线平衡的方法; 文献[3]由简化工序分析表出发, 生成有向网络图, 利用优先关系以及组合范围进行编组, 以编制效率为目标对流水线进行优化, 还考虑了具体的限定设备和相容关系; 而文献[12]采用遗传算法, 结合设备使用率、员工加班与理想交货期等方面, 以最小化总加工时间为目标, 设计出了一种切实可行的优化调度方法。

之前的平衡方法都是以单一目标来对流水线进行优化, 这样往往会忽视问题的复杂性, 简化问题使之失去了实际可操作性。现在, 人们已经认识到这种单一目标的流水线平衡已经不能满足实际生产的需要。因此, 今后的研究应该综合考虑各相关方面的约束条件。

3.4.3 服装生产流水线的平衡设计

要达到服装生产流水线的平衡, 通常可以通过将两个不同的工序合并、调动工作量、挑选适当水平的工人、运用方法研究等方法来实现。由于工序的合并与平衡对生产流水线的优化有决定性作用, 因此主要研究工序的合并与平衡。

3.4.3.1 工序合并与平衡的基本原则

通常合并工序时，必须遵循以下七个基本原则：

- (1) 工序合并应尽量符合工序的先后加工顺序；
- (2) 工序合并应尽量在同类和具相容性的工序间进行；
- (3) 每个工作地的实际作业时间(t)尽量接近流水线节拍或流水节拍的倍数，且不能超过上、下限，以保证流水线生产的均衡性；
- (4) 合并时，应尽量将连续的工序分配在同一个工作地；
- (5) 机工与案工组合时，应以机工为主来提高加工设备的利用率；
- (6) 难度极高的工序(工时超过流水线节拍三倍以上)应设法改进工艺或单独安排；
- (7) 工作地数的安排要考虑到产品的复杂程度，工艺过于复杂时可根据企业的设备、场地、人员等实际情况进行调整。

3.4.3.2 缝制系统工序负荷平衡的方法

服装流水线平衡问题中研究最多的是两类问题：

- I) 给定流水线的节拍，求最小工作地数。这类问题主要是为了完成产量任务，以较少投资和提高生产效率为目标。但是，生产流水线布局一旦确定，可调性差。
- II) 给定流水线的最小工作地数，使流水线的节拍最小。这类问题是在流水线系统安装后，优化生产节拍，对流水线作进一步调整。

下面介绍最小工作地数和最小节拍的求法^[8]。

1. 决定工作地个数的最佳值

工作地之间的顺序必须满足工序之间的顺序关系。通常希望各工作地的时间与生产节拍的差值 Δ 越小越好。

$$\text{设: } \delta_k = \tau - \sum_{i \in S_k} t_i$$

则：

$$\Delta = \sum_{k=1}^N |\delta_k| \quad \text{公式 3-(8)}$$

δ_k 代表无效时间，它和节拍 τ 之间的关系如图 3.8 所示。

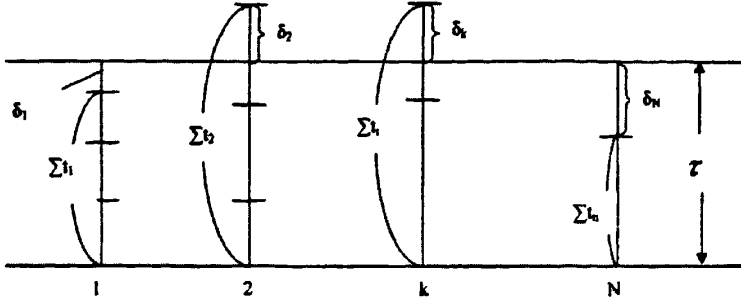


图 3.8 δ_k 与节拍 τ 的关系

工作地个数的理论最小值由式 3-(7) 求得:

$$N_{\min} = \min \left\{ \text{integer } N / N \geq \sum_{i=1}^k t_i / \tau \right\} = [T / \tau] + 1$$

2. 决定最小节拍

最小化生产节拍, 可以最大化流水线的产出。由工艺单可知, 工序加工顺序、作业时间、预定生产时间 $H(h)$ 、计划产量 $Q(\text{条})$ 等信息。

由下式求出大致节拍:

$$\tau_{\text{theo}} = H / Q \quad \text{公式 3-(9)}$$

再由最小的工作地个数 $N_{\min}$ 来确定有效节拍:

$$\tau_m = T / N_{\min} \quad \text{公式 3-(10)}$$

在实际生产中, 人们慢慢发现单一的平衡指标并不能保证流水线均衡生产, 还应该提出流水线的负荷均衡指标来保证流水线的连续性和均衡性。

Ⅲ) 在流水线的工作站数和节拍得到优化的条件下, 平衡流水线上工作站的负荷, 这就引出了最小化均衡指数的目标。

$$\min SI = \sqrt{\sum_{k \in N} (\max(T(S_k)) - T(S_k))^2}$$

由于流水线的工序分配、组合是一种工作量极大, 影响因素很多的一个过程, 很难得到一个完美解使得各个工作地间均衡、流畅。而不均衡的流水线不仅生产效率低, 而且产品质量得不到保证^[18]。

论文主要研究求出最小工作站数和最小节拍后, 用遗传算法的设计方法来最小化均衡指数。

第四章 女装生产流水线的优化算法研究

近年来,许多国内外专家一直致力于研究运用包括遗传算法(GA)在内的诸多优化算法来解决生产流水线的平衡问题。其它优化算法包括禁忌搜索(TS),模拟退火(SA),模糊系统理论,人工神经网络等^[19]。各种优化算法中,TS算法通过引入一个储存结构和相应的禁忌准则来避免迂回搜索,并通过藐视准则来赦免一些被禁忌的优良状态,进而保证多样化的有效搜索以实现全局优化;神经网络解决动态调度问题效果较好,但是在寻优过程中往往局部极限或收敛速度慢^[20];SA算法由初始解和控制参数初值开始,反复迭代并逐步衰减控制参数值,最终趋于全局最优,具有灵活、描述简单、运行效率高等优点,但它也存在收敛速度慢、解质量不稳定等缺陷;GA作为一种并行群体优化算法,基于优胜劣汰的思想,通过选择、交叉,变异等操作来实现优化。

由于遗传算法的整体搜索策略和优化搜索方法在计算时不依赖于梯度信息或其它辅助知识,只需要选择目标函数和相适应的适应度函数,所以广泛应用于生产调度、机器人学、自动控制、图像处理、人工生命、优化控制、组合优化等领域。

4.1 遗传算法简介

遗传算法(Genetic Algorithm)是模拟达尔文生物进化论的自然选择和遗传学机理的生物进化过程的计算模型,是一种通过模拟自然进化过程搜索最优解的方法。它最初于由美国Michigan大学的J. Holland教授于1975年首先提出,并出版了颇有影响的专著《Adaptation in Natural and Artifical Systems》,GA这个名称才逐渐为人所熟知。J. Holland教授所提出的GA通常称为简单遗传算法(SGA)。

4.1.1 遗传算法的运行机制

遗传算法是模仿生物群的进化机制进行运算的,生物群的进化机制可以分为三种基本形式:自然选择、杂交和突变。其中自然选择从初始群体中选择一定数量的个体作为父代个体,按照达尔文的适者生存、优胜劣汰的进化理论,适应度大的个体作为父代的概率亦大;杂交过程先从自然选择得到的个体中随机选取参与杂交的个体作为父代个体,然后随机选取杂交位,最后对父代个体进行杂交产生后代个体;突变随机改变父代个体的染色体的基因结构,产生具有新染色体的子代个体。

4.1.2 遗传算法的特点

同其它优化算法相比,遗传算法不仅包含了其它算法的优点,同时还具备以下独特的性能^[22]:

(1) 遗传算法仅仅利用个体的适应度进行群体的进化，能解决各种优化问题，不论其实际变量连续与否，目标函数和约束函数是否连续、可导，表现出更强的鲁棒性；

(2) 遗传算法具有很高的并行性，使遗传算法在解决大型、复杂优化设计问题方面能发挥其优越性；

(3) 遗传算法利用设计变量编码在设计变量空间进行多点搜索，因而在搜索的空间上比现有的其它优化算法要大；

(4) 遗传算法经过简单修改就能应用于同类的其它问题，具有普遍适用性。

4.1.3 遗传算法的基本流程

遗传算法中父代群体经过选择、交叉、变异后生成新一代子群体，对子群体施行同样的操作，又生成下一代子群体，如此重复，直到找到最优解或满意解，或进化到指定的代数^[22]。基本流程如图 4.1 所示^[23]：

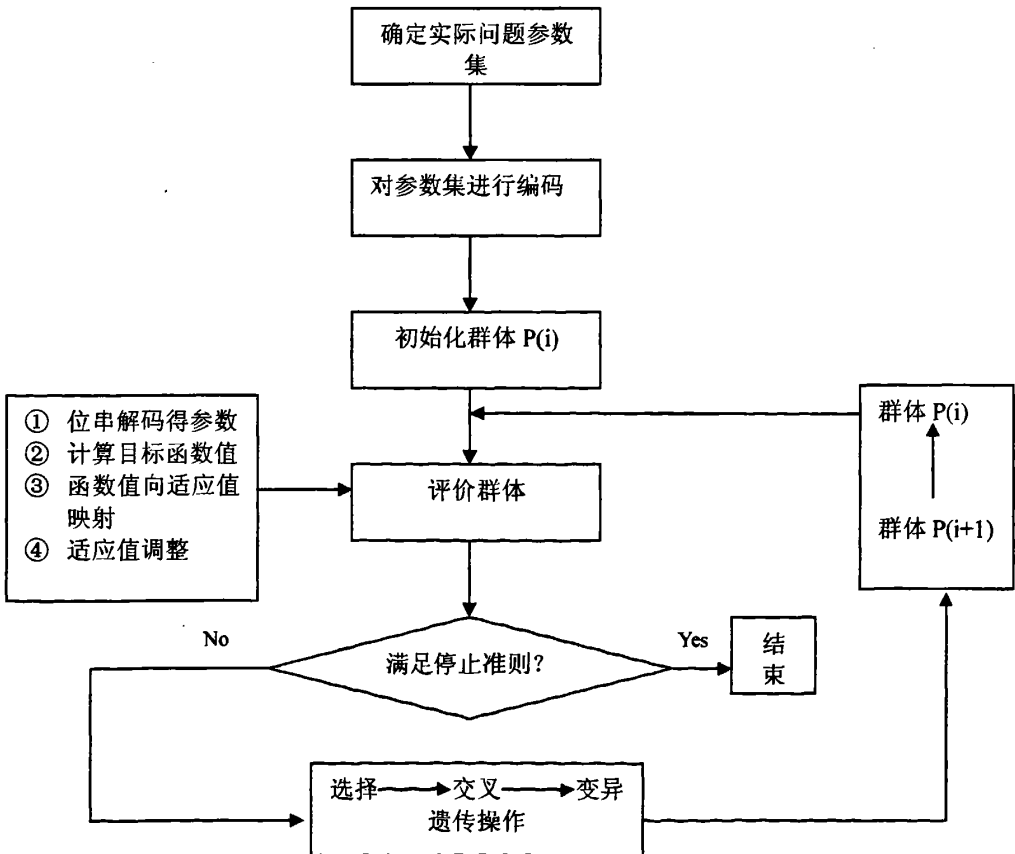


图 4.1 遗传算法基本流程

4.2 女装生产流水线数学模型的建立

4.2.1 模型的定义

女装作业工序的流程图可以用带有优先关系的任务图来表示，其中括号中的数字分别表示工序的作业时间和所在分支的高度。同一分支上的高度 1 必须在高度 2 之前完成^[24]。

图 4.2 所示为女长裤部分工序流程图，而图 4.3 为相应的简单任务图。女装流水线平衡问题就是求工序的一个最优划分，使之满足目标函数的约束条件。

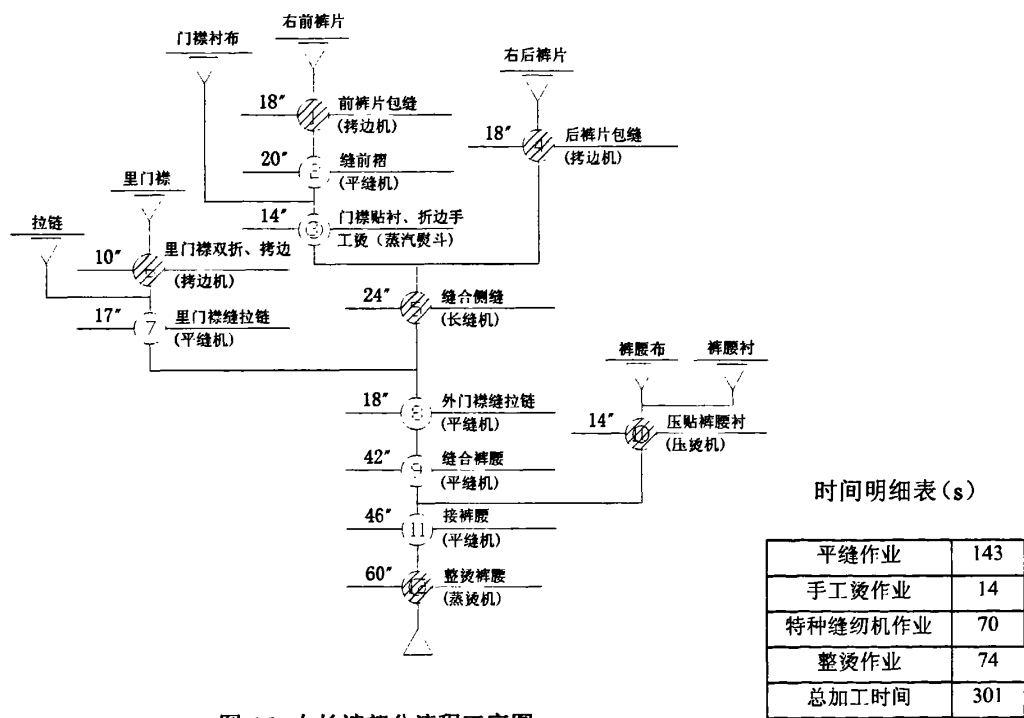


图 4.2 女长裤部分流程工序图

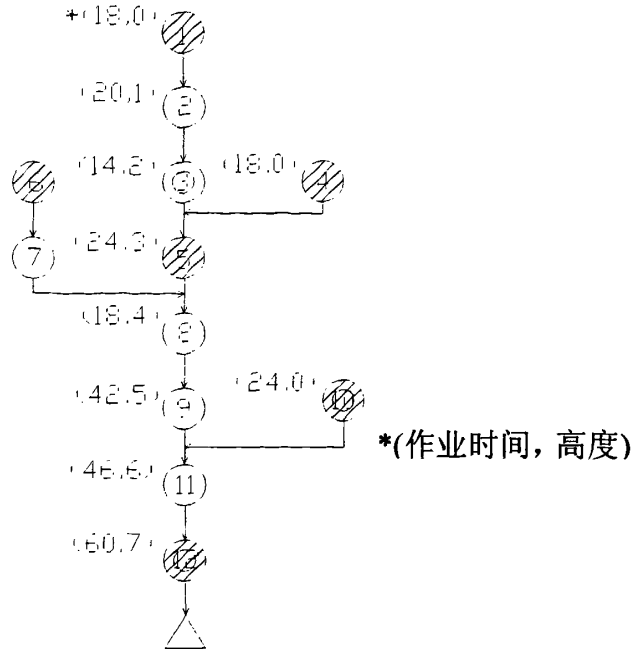


图 4.3 女长裤部分任务图 (V, U)

女装流水线的平衡问题，就是在保证每个作业任务先后顺序的前提下，将作业任务均衡的分配到各个工作地上，以达到优化目标。

4.2.2 模型的建立

论文主要研究衣片等面辅料进入吊挂系统后，求出最小工作地数和最小节拍，用遗传算法的设计方法来最小化均衡指数。模型已知：

- (1) 已知工作地个数 m ，流水线平均节拍 τ ，确定作业工序集 $V=\{1, 2, \dots, n\}$ 的一个划分 $\{S_k \mid k=1, 2, \dots, m\}$ ，要求：
- (2) 已知总加工量；
- (3) 已知各工序的加工时间和加工顺序；
- (4) 各加工工序所用设备已知，且设备数量满足加工需要；
- (5) 一名工人只使用一种设备，但允许几个工人可操作多种设备；
- (6) 每个工人同时只能加工一个工序，而且只有当前工序完工之后才能开始下一工序的加工；
- (7) 工人对各工序的操作熟练度已知，且略有不同；
- (8) 个别工序可以拆分。

目标函数：

$$\min SI = \sqrt{\sum_{k \in N} (\max(T(S_k)) - T(S_k))^2}$$

这里选用最小化均衡指数作为目标函数是因为 SI 是评价服装生产流水线的均衡程度的重要指标。SI 值越小，意味着流水线的均衡度越高。

约束条件：

- ①各工作地中作业工序的时间总和等于整件服装的作业工序的时间总和；
- ②对作业工序进行分配时，每个工作地中的工序总时间应限制在 $[\tau(1-5\%), \tau(1+5\%)]$ 范围内；
- ③一个工作地内的作业工序之间、各个工作地之间要满足工序流程图所示的先后加工顺序关系。

4.2.3 均衡指数^[18]

关于均衡指数 SI，首先，在给定工作地数的条件下，为使均衡指数 SI 最小，流水线的节拍要最小化。另外，在给定工作地数，不违反优先关系的约束，可以将一个时间较多的工作地中的元素和一个时间较少的工作地作业元素互换，或将作业元素从一个时间较多的工作地移至一个时间较少的工作地，可以优化均衡指数 SI(SI 值变小)。

由于流水线的实际节拍为工作地时间最大的一个，即 $\tau = \max(S(T_k))$ ， $k=1, 2, \dots, m$ ，因此，上述转移工作地中作业元素的两种方法相类似。

4.3 基于遗传算法的女装生产流水线的优化设计

4.3.1 遗传算法进行女装流水线优化的思路

女装生产流水线的优化设计首先计算出最小工作地数，利用最小工作地数求出最小节拍；然后在最小节拍前提下，最小化均衡指数。在初始化群体后，通过交换各个工作地中的工序或通过将一个工作地的作业工序移植到另一个工作地，使各个流水线达到平衡（均衡指数的相关结论）。

4.3.2 遗传算法求解

4.3.2.1 准备工作

先求出最小工作地数。

女装工作地个数的理论最小值 $N_{\min}$ 可由公式 3-(7) 求得：

$$N_{\min} = \min \left\{ \text{integer } N / N \geq \sum_{i=1}^k t_i / \tau \right\} = [T / \tau] + 1$$

式中 $[T/\tau]$ 表示与 T/τ 相等或者小于 T/τ 的最大整数。

接下来进入第二阶段，即在得到最小工作地数和节拍后，通过交换各个工作地中的作业元素或通过将一个工作地的作业元素移植到另一个工作地，来平衡各个工作地的负荷。

4.3.2.2 编码与产生初始群体

依照遗传算法的步骤，应首先在目标问题与染色体位串之间建立联系，即进行编码和解码操作。由于编码形式决定了交叉算子的操作方式，因此，作为遗传算法流程中第一步的编码是遗传算法中需要认真研究的问题。编码一般要求具备完备性、健全性、非冗余性。

编码时，根据女装生产流水线平衡问题本身的特殊性，采用自然数符号编码法。自然数符号编码法中每个自然数代表一个工序编号，按照工序加工的高度顺序则依次进行。如此产生初始种群。

将图 4.2 中工序数目最多的作为主干，则其它支流为分支，从而转换为有向网络任务图 4.4。图 4.4 为长裤的部分有向网络图。下面以部分长裤的工序为例，说明遗传算法的应用。

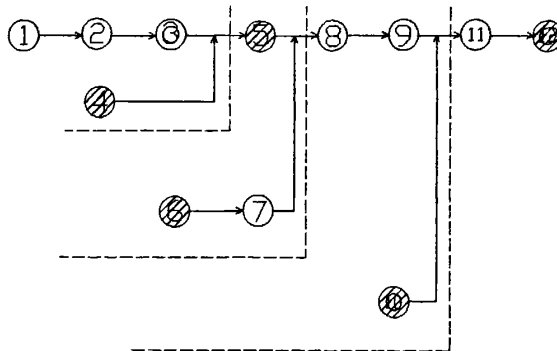


图 4.4 部分长裤有向网络图

然后用红色虚线划分优先关系区域，此虚线范围内的各工序属于同一个优先权区域，在分配工序时，只要各工序符合高度顺序即可，如分支 4 必须在主干工序 5 之前完成。

依照图 4.4，将这 12 个工序的代号按照高度关系排列起来，形成带有基因特性的染色体，这样就构成了一个表示作业流水线编排的个体，如图 4.5。

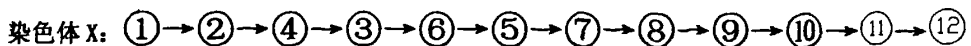


图 4.5 染色体个体的图解

初始群体中的个体一般随机产生的,为了保证最后能得到最优解,初始种群必须在有限数量内最大限度地表征所有个体的信息,且群体规模的设置要适当以改善遗传散发的收敛性。当编码完成后,由计算机随机搜索符合要求的染色体组合,就完成了初始化群体的步骤。大规模的群体保证了遗传算法中个体的多样性,算法早熟的危险也小。但群体规模越大,计算量也越大,收敛速度也相应降低。一般采用的取值范围是 20~200。

4.3.2.3 解码

把经过编码的染色体的基因型转换到染色体的表现型的对应关系或转换方法叫做解码方法。以下介绍所采用的解码方法^[24]。

首先由编码之前的准备工作计算出最小工作地数和理论最小节拍 ($\tau = T/N_{\min}$)。然后按照第 3.4.3.2 节所介绍的过量限制方法,以 τ 为节拍,将染色体按先后顺序从左到右分配到工作地中,即每个工作地的作业时间之和 $T(S_k)$ 应满足:

$$\tau(1-5\%) \leq T(S_k) \leq \tau(1+5\%)$$

其中,每个工序的作业时间记为 $t(i)$, $i=1, 2, \dots, n$, 每个工作地的作业时间记为 $T(S_1), T(S_2), \dots, T(S_k), \dots, T(S_m)$;

分配过程如下:

(1) 若第 i 个工序的作业时间在节拍界限范围内,则此工作地的作业分配已完成,开始将第 $i+1$ 个作业工序分配到下一个工作地,否则进行第(2)步;

(2) 若第 i 个工序的作业时间小于节拍下限,则在此工作地中加入第 $i+1$ 个工序,然后判断:

①若加入第 $i+1$ 个工序后,此工作地的总时间在节拍界限范围内,则将 $t(i)$ 与 $t(i+1)$ 其合并为一个工作地,然后转到步骤(1)进行操作;

②若加入第 $i+1$ 个工序后,此工作地的总时间小于节拍下限,则再给此工作地加入第 $i+2$ 个工序,然后转到步骤(1)进行操作;

③若加入第 $i+1$ 个工序后此工作地的总时间大于节拍上限,则加入第 $i+1$ 个工序作业时间的 $2/3$ 进行试算,并转到步骤(1)进行判断;若仍不满足过量限制的范围,则加入第 $i+1$ 个工序作业时间的 $1/3$ 进行试算(因为,若第 $i+1$ 个工序作业时间的 $2/3$ 满足,则第 $i+1$ 个工序作业时间的 $1/3$ 必然满足。为了提高算法效率,故先试加第 $i+1$ 个工序作业时间的 $2/3$);

(3) 若第 i 个工序的作业时间超过节拍上限,则检验 $2t(i)/3$ 、或 $t(i)/3$ 的范围, $\tau + \Delta$ (Δ 为 $t(i)/3$ 或 $2t(i)/3$) 作为新的 τ , 并转到步骤(1)。

重复以上的分配过程,直至将染色体中所有的工序分配完毕。

4.3.2.4 计算适应度函数

在编码、解码结束后，需要评价个体的适应性，然后根据个体适应值的大小，来决定其生存能力。通常规定适应值为非负，并且其值越大越好。通常将目标函数变换产生适应度函数。

一般优化问题的目标函数随实际情况的不同而不同，因此必须对优化问题的目标函数进行适当的转化，才能与优化问题的目标函数遗传算法中的适应度建立关系。将目标函数转换成适应度函数，要求优化过程中目标函数变化方向应与群体进化过程适应度函数变化方向一致。

目标函数到适应度函数的转化通常有线性变换法、幂函数变换法，指数变化法三种。由于线性变化保持了种群的多样性，计算简单易操作，因而采取线性变化的方法。

文中的目标函数为最小化均衡指数。对于求目标函数最小值的优化问题，用下式 4-(1)，将目标函数值进行相应的转换：

$$\text{Fit}(f(x)) = \begin{cases} c_{\max} - f(x), & \text{当 } f(x) < c_{\max} \text{ 时;} \\ 0, & \text{当 } f(x) \geq c_{\max} \text{ 时。} \end{cases} \quad \text{公式 4-(1)}$$

其中， $f(x)$ 即为目标函数 $\min SI$ ， $c_{\max}$ 为预先指定的常数，可选择一个较大的数或是理论上的最大值，或是选择进化到当前代为止的最大目标函数值。由于预先指定一个较大的数或是理论上的最大值，是需要有一定经验或者预先进行一定的实验才能确定，所以算法采取第二种取值方法，即当前代为止的最大目标函数值。

得到适应度函数后可以计算出个体的适应度值，然后就可以根据适应度值的大小来进行遗传操作了。

4.3.2.5 遗传操作^[23]

遗传算法是通过选择、交叉和变异这三种算子来对个体进行操作。

1. 选择

根据自然界优胜劣汰的原则，对生存环境适应程度高的个体将有更多的机会遗传到下一代中，反之就有可能被淘汰掉。

目前主要有 Boltzmanm 选择、比例选择、排序选择等形式。论文的选择操作采用比例选择法。比例选择通常采用 J.holland 教授提出的轮盘赌方式实现^[23]。

比例选择算子的具体执行过程是：

首先，计算出群体中所有个体的适应度的总和；

其次, 计算出每个个体的相对适应度的大小, 它即为各个个体被遗传到下一代群体中的概率;

最后, 再使用模拟赌盘操作 (即 0 到 1 之间的随机数) 来确定各个个体被选中的次数。

2. 交叉

交叉操作是遗传算法中产生新个体的主要手段。交叉操作首先从交配池中随机取出要交配的一对个体, 选取其中的一个或多个的位置进行交叉, 然后根据交叉概率实施交叉操作, 形成新的一对个体。

形成新的个体后, 还需要对产生的子代的合法性进行判别, 检验其基因排列顺序是否符合作业工序之间的先后顺序关系。

交叉概率决定了交叉算子的使用速度, 交叉概率越高, 新个体产生速度越快; 而交叉概率越低, 则新个体产生速度越慢, 甚至停滞。一般取值范围是 0.6~0.99。

3. 变异

染色体进行交叉操作之后, 若新个体的适应度值不再优于它们的前代, 但又未达到全局最优解时, 就会发生早熟收敛。为例避免早熟现象, 新个体应以很小的概率或步长产生转变, 转变的概率或步长与维数 (即变量的个数) 成反比, 与种群的大小无关。

变异是一种局部随机搜索, 能够保证遗传算法的有效性, 种群的多样性。通常, 变异应在两个高度相同作业工序来实现, 产生新的个体后, 还需判别是否为合法子代。一般取值范围是 0.01~0.2。

4. 终止规则

遗传规划并行计算的本质在于它永远不停地进化。然而在实际应用时需要设定终止规则来使进化过程停止。通常可以通过设定最大遗传代数、给定下界等方法对计算进行终止。

在查阅的资料中, 这些参数的取值大多由作者在范围内随意选取, 无具体理论依据。其实, 在遗传算法的实际应用中, 往往需要经过多次试算后才能确定出这些参数合理的取值大小或取值范围。以长裤为例, 带入不同遗传参数进行尝试、比较。对比不同遗传参数的不同结果如下:

(1) 当群体的规模为 100, 最大遗传代数为 100, 交叉概率 p_c 为 0.9, 变异概率 p_m 为 0.1 时, 经过遗传算法得到最优解如表 4.1 所示:

表 4.1 女长裤优化结果(a)

均衡指数 SI	11.1873	工作地时间 (s)
流水线适应度值为:	11.7473	
第 1 号工作地的工序为:	5, 1, 27, 14, 2, 3, 11, 4, 12	145
第 2 号工作地的工序为:	6, 15, 7, 8, 16, 17, 9, 10(14)	146
第 3 号工作地的工序为:	10(28), 28, 29, 13, 18, 30, 31, 19, 32(9)	147
第 4 号工作地的工序为:	32(18), 20, 33, 21, 23(28)	147
第 5 号工作地的工序为:	23(14), 24, 25, 26, 34, 35(30)	148
第 6 号工作地的工序为:	35(16), 36, 37, 38(23)	151
第 7 号工作地的工序为:	38(12), 39, 40, 41, 42	145

(2) 当群体的规模为 100, 最大遗传代数为 100, 交叉概率 p_c 为 0.8, 变异概率 p_m 为 0.15 时, 经过遗传算法得到最优解如表 4.2 所示:

表 4.2 女长裤优化结果(b)

均衡指数 SI	13.1373	工作地时间 (s)
流水线适应度值为:	11.6619	
第 1 号工作地的工序为:	27, 29, 17, 28, 11, 14, 15, 12, 1, 2	148
第 2 号工作地的工序为:	3, 4, 5, 6, 7, 16, 30, 8	146
第 3 号工作地的工序为:	9, 10, 31, 13, 18, 32	147
第 4 号工作地的工序为:	19, 20, 33, 34, 21, 22	146
第 5 号工作地的工序为:	23, 24, 25, 26, 35(30)	146
第 6 号工作地的工序为:	35(16), 36, 37, 38(23)	151
第 7 号工作地的工序为:	38(12), 39, 40, 41, 42	145

输入不同参数组合时, 大致呈现以上两种结果。对比以上两种结果, 可以看出第二种参数组合时, 流水线均衡指数更小, 故选择第二种参数组合更为合理, 结果更为满意。

第五章 女装生产流水线的优化设计与仿真演示系统

5.1 女装生产流水线优化设计系统介绍

优化系统本着简单、实用、可操作性强的原则，运用遗传算法思想，从工序分析表出发，获取数据库中的相关信息，从而得到计算的结果，实现了数据库与流水线优化系统的对接。优化系统可以用来求解一些经典的女装生产流水线平衡问题。

优化系统的工作流程如图 5.1 所示。

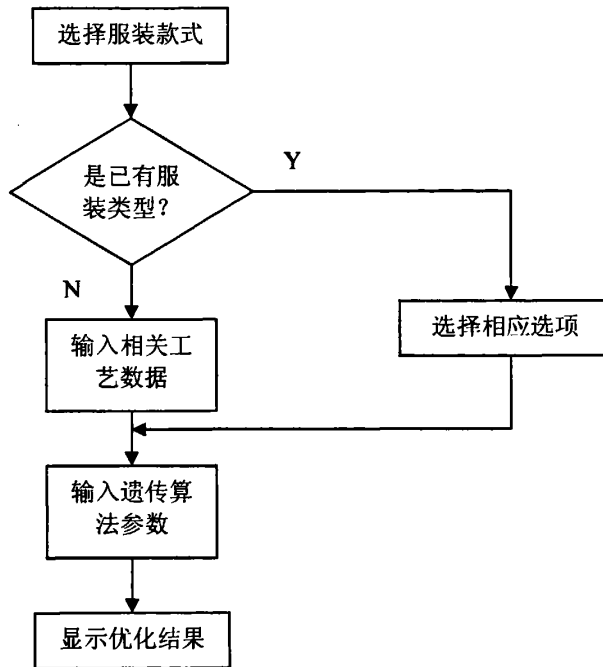


图 5.1 女装生产流水线优化系统流程图

系统的登陆界面如图 5.2 所示，主界面如图 5.3 所示主要包括“款式信息管理模块”、“工序流程图模块”和“流水线编排模块”三部分。以下分别介绍各模块的功能。

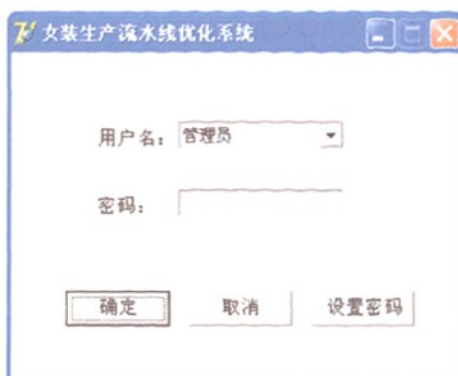


图 5.2 系统登陆界面



图 5.3 系统主界面

5.1.1. 款式信息管理模块

系统登陆成功后，首先进入“款式信息管理模块”，如图 5.4 所示。在此界面可以实现对已有款式的信息查看、删除，以及录入新款的相关工艺资料的功能。

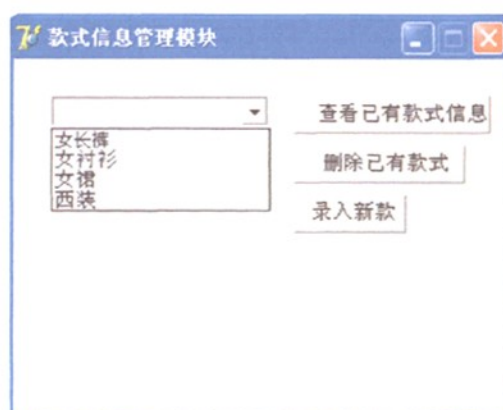


图 5.4 款式信息管理模块

选中相应款式，单击“查看已有款式信息”可以查看相关的工艺信息，如图 5.5 所示，左边显示了该款式的款式图，右边显示了该款式相关的工艺信息。

同时，选中已有款式，单击“删除已有款式”可实现删除相关信息的功能。

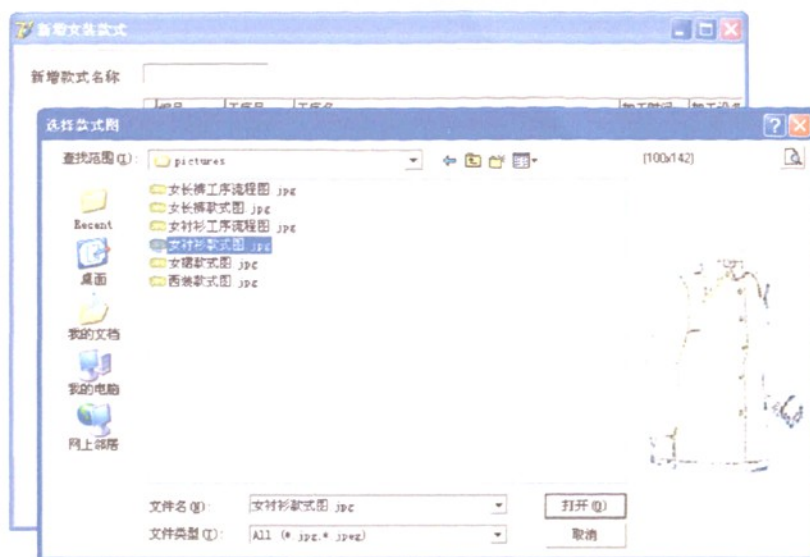


图 5.6 (b) 新增女装款式

5.1.2 工序流程图模块

在系统主界面单击“工序流程图模块”可进入对相应款式的工序流程图进行查看、删除和录入新款的操作。如图 5.7 所示。

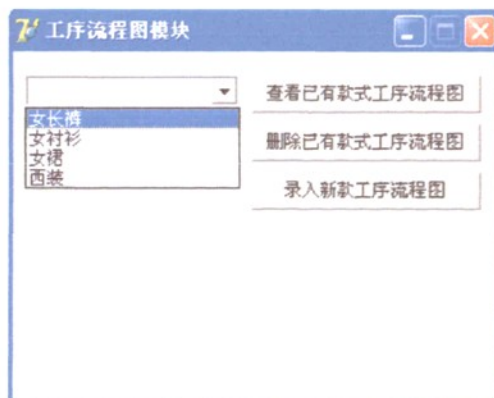


图 5.7 工序流程图模块

选中款式后，单击“查看已有款式工序流程图”，可以进行查看，如图 5.8 所示。系统还提供了“打印”功能，以供生产管理时使用。

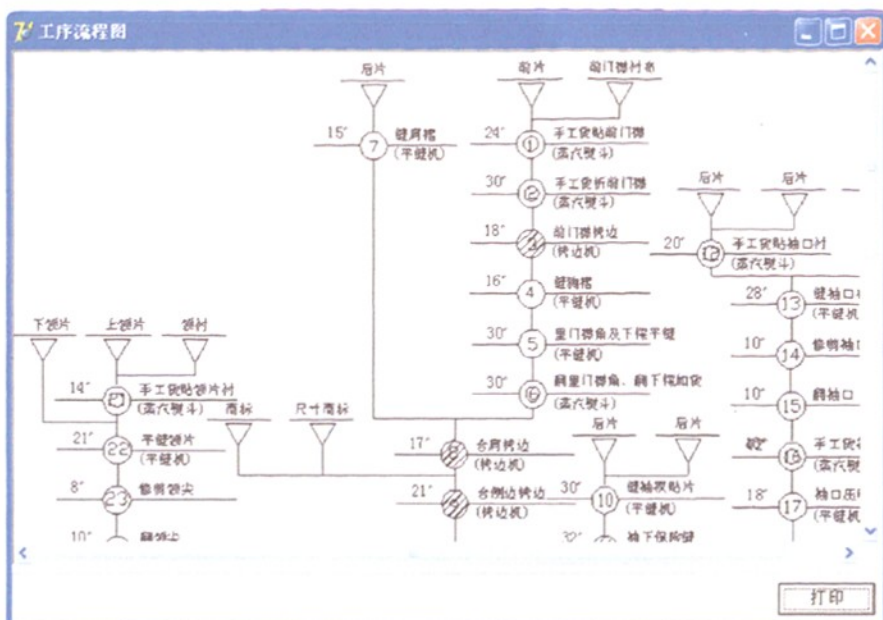


图 5.8 女衬衫工序流程图

同时,选中已有款式名称,单击“删除已有款式工序流程图”可以实现删除。

单击“录入新款工序流程图”,进入如图 5.9(a)所示界面。输入款式名称后,在下面空白处单击,弹出插入图片的对话框,选中要插入的工序流程图,确定,保存,即可实现录入新款工序流程图。如图 5.9(b)。



图 5.9 (a) 新增工序流程图

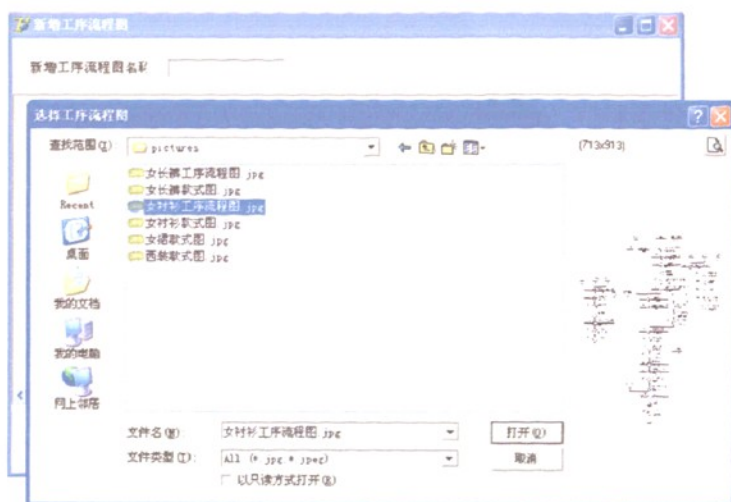


图 5.9 (b) 新增工序流程图

5.1.3 流水线优化模块

此模块使用 VC 实现了女装生产流水线优化设计的遗传算法编程,开发了求解女装生产流水线优化均衡的专门系统,从服装工序流程图开始,获取其中相关信息,从而得到令人满意的平衡结果。可用此系统来求解一些经典的女装生产流水线平衡问题。如图 5.10 所示界面,若是已有款式,可以直接选取,输入相关参数,然后单击“计算”,即可进入遗传算法程序,得出优化结果。若为新款,可以单击“录入新款数据”,进入输入界面。保存后,进入遗传算法程序,得出优化结果。

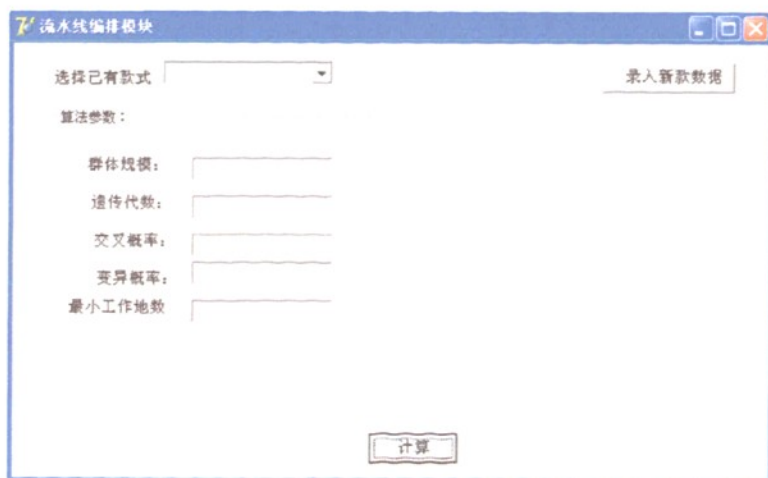


图 5.10 流水线编排模块

以女衬衫、女裙和女长裤为例，介绍优化系统的使用方法和功能，并分析运用得到的平衡结果来动画模拟生产流水线。

5.2 女衬衫生产实例分析

5.2.1 准备工作

衬衫实例采用第三章图 3.6（款式图）和图 3.7（工序流程图）所示款式。假设该女衬衫生产流水线的目标日产量 Q 为 220 件/天，除工作浮余率以外，一天的有效作业时间 T_d 为 7.5 小时，根据公式 3-(6)，大致节拍 τ_{tkeo} 计算如下：

$$\tau_{tkeo} = T_d / Q = 75 \times 60 \times 60 / 220 = 122.7s$$

由公式 3-(11)，则最小工作地数为：

$$N_{\min} = \min \left\{ \text{integer } N / N \geq \sum_{i=1}^k t_i / \tau \right\} = [T / \tau] + 1 = [840 / 122.7] + 1 = 7$$

由图 3.7 可清晰看出：女衬衫流水线包含 36 道作业工序，其中每道工序的作业性质、作业时间、使用设备及先后顺序关系都标注在图上，可以算出总的标准加工时间 T 为 840s。下图 5.11 为图 3.7 的任务图。从图 5.11 可得到各作业工序的高度及各自的前驱工序和紧后工序。

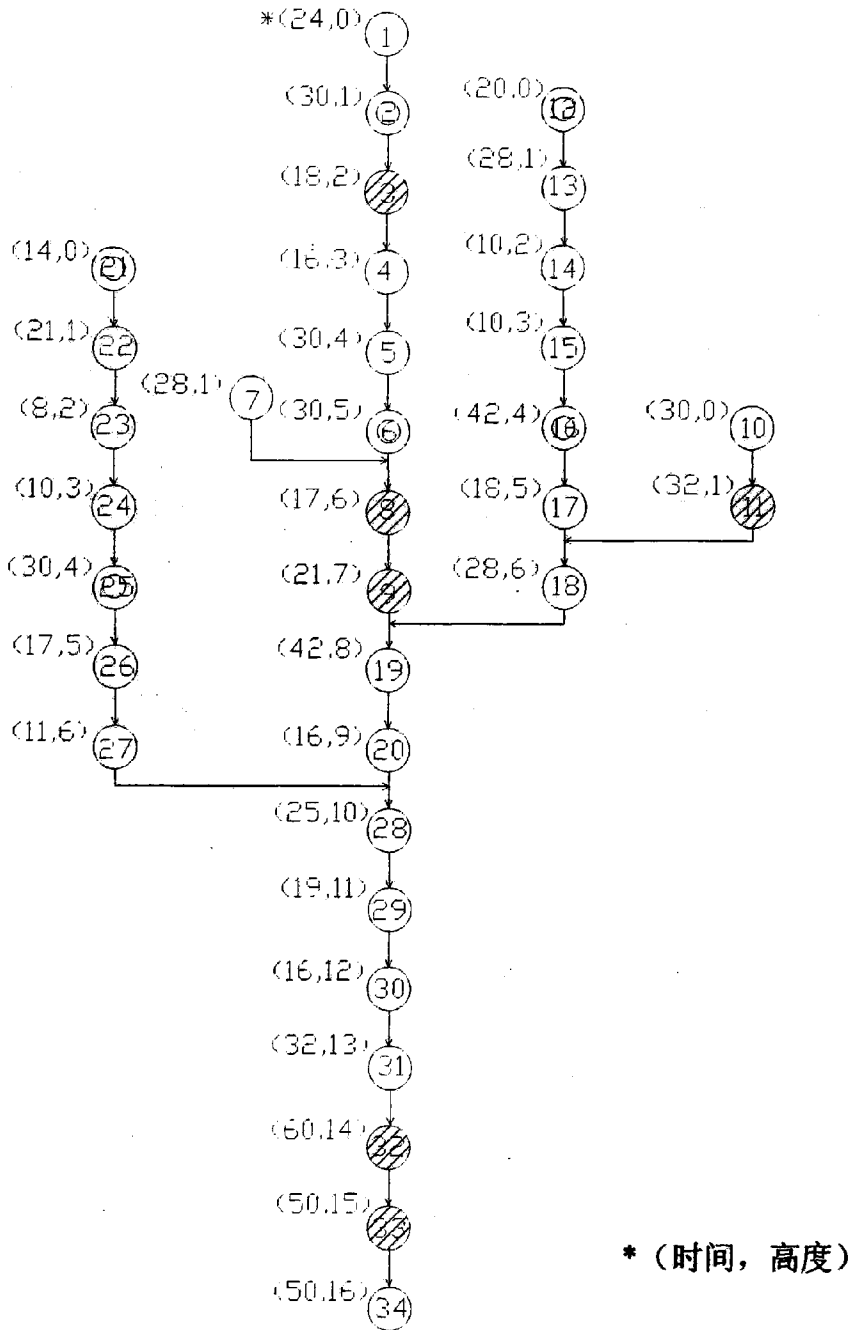


图 5.11 女衬衣任务图

注：由于图 3.4 中作业工序 34 和作业工序 35 均属外加工，不占用生产时间，所以直接在建立模型时，将这两个工序去除，同时将原作业工序 36 更改为作业工序 34。

各工序的作业先后顺序可从图 5.12 中更清晰的表现出来，如各虚线框内的工序

同属于一个优先权区域。

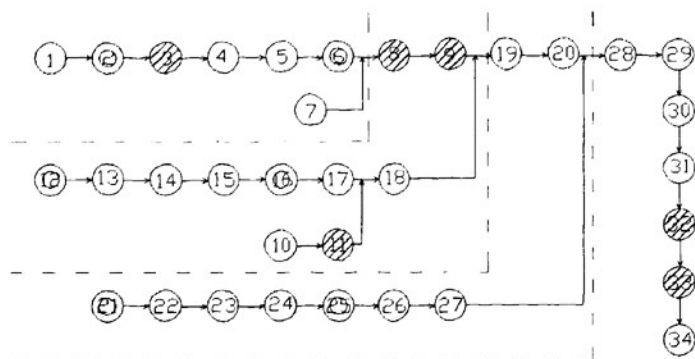


图 5.12 女衬衫有向网络任务图

5.2.2 优化部分

系统可以在“流水线优化模块”中“选择已有款式”来选中此款衬衫的工艺数据，也可以采用手工输入的方式。若“选择已有款式”，在下拉框中选中“女衬衫”，点击“确定”即可进入遗传算法程序部分。输入相应的算法参数，如“群体规模”、“遗传代数”、“交叉概率”、“变异概率”，“最小工作地数”等，回车，即出现计算结果。如图 5.13 所示为输入相关遗传算法参数部分。

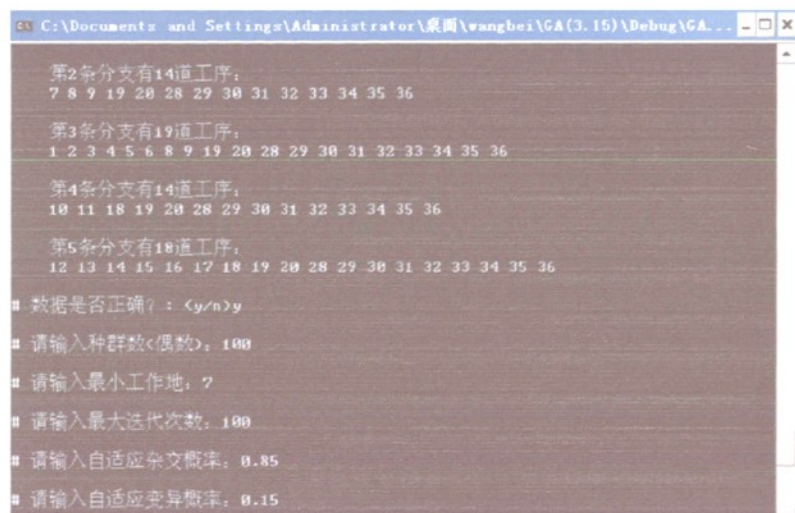


图 5.13 输入算法参数

若采用手工输入数据，则打开一个后缀为.ini 的文件，按照如下格式进行输入：

“总工序数，

工序 1，工序 1 名称（任意，但不要超过 10 个汉字或 20 个字符），工序 1 作业时间，工序 1 类型，工序 1 前道工序数量，工序 1 前道工序工序号，工序 1 后道工序工序号，

工序 2 ……，

……，

5555（这个数是一个检查错误的数，没有什么意义，但不能删除，可以看作是上面的数据和下面数据的分隔线），

工序分支数，

分支 1 的工序数，分支 1 中包含的工序（若干个），

分支 2 的工序数，……，

……；”

例如女衬衫的数据如图 5.14(a)和图 5.14(b)所示：

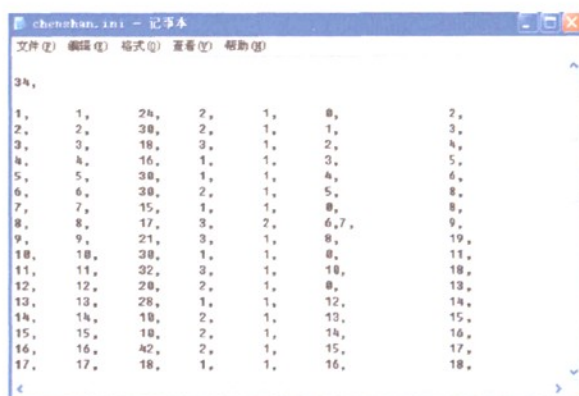


图 5.14(a) 女衬衫数据

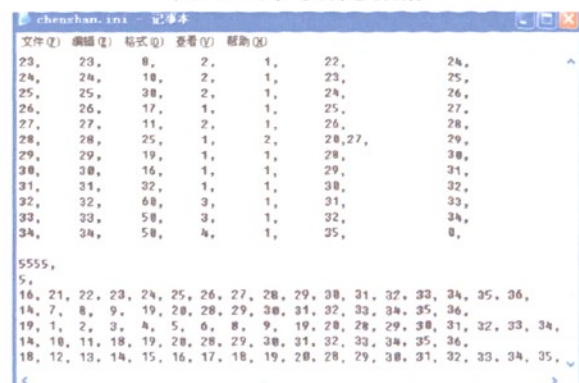


图 5.14(b) 女衬衫数据

其中每项之后必须紧跟逗号，逗号之后允许有空格和回车键。程序中加入了一些检查数据正确与否的判断，如果数据文件有错，可以选择程序提前退出。

然后将此数据文件保存在遗传算法程序所在的目录下，运行遗传算法程序，输入文件名，回车即可。如图 5.15 所示：



图 5.15 输入文件名

优化计算结果如图 5.16 所示：

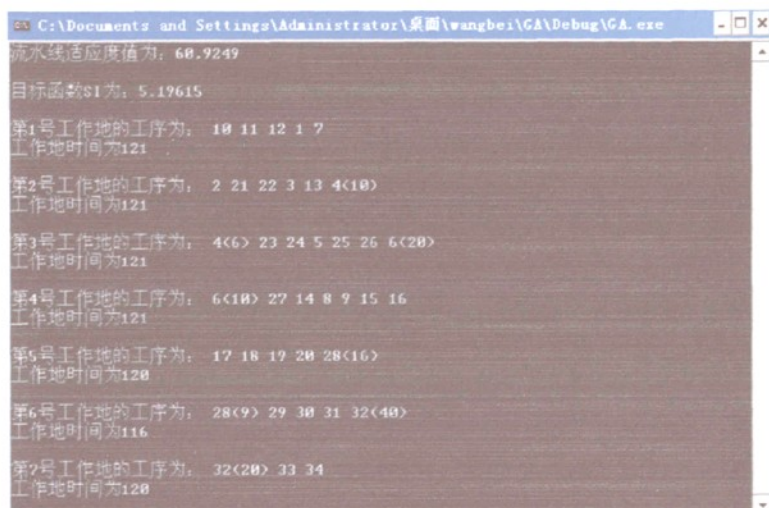


图 5.16 女衬衫优化结果

从中可以看出对 4 号、6 号、28 号和 32 号工序进行了拆分。其中，4(10)，4(6) 表示把 4 号工序的 10 秒加工时间分在第 2 号工作地，4 号工序的 6 秒加工时间分在第 3 号工作地。可以看出经过优化后的生产线节拍为 120 秒，经计算优化后的均衡指数为 5.19615，可见系统的优化结果是非常令人满意的。共使用人员 7 名，使用设备 15 台，其中平缝机 7 台，手工烫台 4 个，保险缝机 1 台，拷边机 2 台，钉扣机 1 台，锁眼机 1 台，整烫设备 1 台。其均衡程度可从图 5.17 中更加清晰得看出。

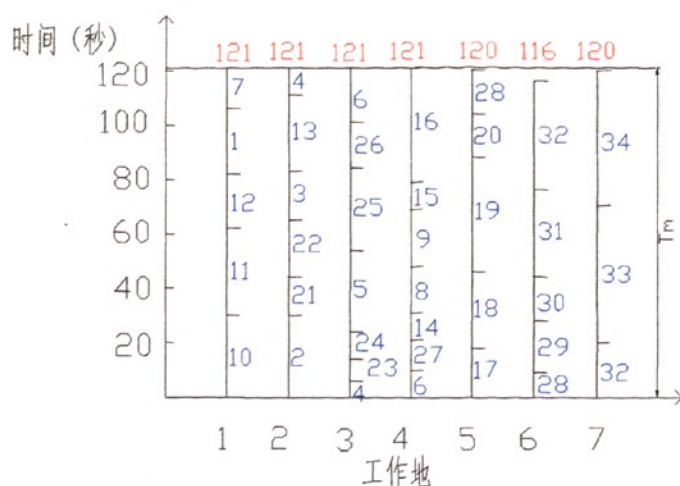


图 5.17 衬衫各工作地时间分配图

注：蓝色的数字表示每个工作地中包含的工序号
红色的数字表示每个工作地的时间
 T_m 为平均节拍

下表 5.1 为庄辉硕士论文的优化结果：

表 5.1 女衬衫优化结果(庄辉)

模块号	工序号	工序时间 (s)	模块 总时间 (s)	设备 配置
0	⑩ ₀ ⑦ ₀ ① ₀ ② ₀ ⑪ ₀ ① ₁	30, 15, 24, 30, 14, 8	121	ABD
1	⑪ ₁ ③ ₀ ② ₀ ⑫ ₀ ④ ₀ ⑬ ₃	24, 18, 21, 20, 16, 21	120	DCAB
2	⑬ ₃ ② ₀ ⑤ ₀ ⑭ ₀ ⑥ ₀ ⑬ ₀ ⑧ ₀ ⑯ ₁	7, 8, 30, 10, 30, 10, 17, 11	123	ABC
3	⑯ ₁ ⑨ ₀ ⑰ ₀ ⑱ ₀ ⑲ ₂	31, 21, 18, 28, 21	119	BCA
4	⑲ ₂ ⑳ ₀ ㉓ ₀ ㉔ ₀ ㉕ ₀ ㉖ ₀ ㉗ ₂	21, 10, 30, 16, 17, 11, 13	118	BA
5	㉘ ₂ ㉙ ₀ ㉚ ₀ ㉛ ₀ ㉜ ₀ ㉝ ₃	12, 19, 16, 32, 45	124	AE
6	㉞ ₃ ㉟ ₀ ㊱ ₀	15, 50, 50	115	EFB

从这张表中可清晰看到：工作地的最大作业时间为 124s，最小作业时间为 115s，均衡指数 SI 为 24.86。通过和庄辉硕士论文的优化结果比较可以得出：在工作地个数相同的情况下，系统优化后流水线的均衡度高于庄辉论文的优化结果。由于遗传算法的适应度函数中， c_{max} 的取值方法不同，适应度值在这里不具有可比性。

5.3 女裙生产实例分析

以图 5.18 所示半裙为例，进行生产流水线优化，并与人工经验进行优化的结果进行比较。其工序流程图见附录。

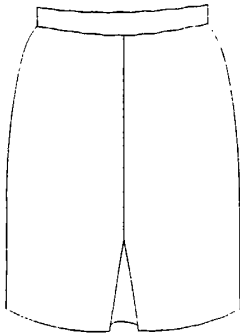


图 5.18 女裙款式图

5.3.1 采用计算机优化系统的优化过程

表 5.2 为由数据库导出的该款女裙的工序表，从该表可以清楚地看出每道工序的加工时间设备、加工设备、作业类别以及前驱工序和紧后工序。

表 5.2 女裙工序表

工序号	工序名	加工时间(s)	加工设备	作业类别	前驱工序	紧后工序
1	肋边、下摆拷边	20	ASN-2000WEC/SS27	特种缝纫机作业	0	2
2	作腰褶记号	37	手工	手工烫、手工作业	1	3
3	手烫折压褶、折下摆边	57	JVB-500N/蒸汽熨斗	手工烫、手工作业	2	4
4	缝压褶	25	DDL-555-5-4B/300	平缝作业	3	5
5	缝合压褶（上、下）	30	DDL-555-5-4B/300	平缝作业	4	6
6	压褶盖明线	35	DDL-555-5-4B/300	平缝作业	5	7
7	压褶内褶盖明线	40	DDL-555-5-4B/300	平缝作业	6	16
8	肋边中心下摆拷边	35	ASN-2000WEC/SS27	特种缝纫机作业	0	9
9	作缩褶记号	18	手工	手工烫、手工作业	8	10
10	缝缩褶	25	DDL-555-5-4B/WP1	平缝作业	9	11
11	手烫压缩褶	25	JVB-500N/蒸汽熨斗	手工烫、手工作业	10	13
12	剪防伸带条	2	手工	手工烫、手工作业	0	13
13	压贴防伸带条	10	JVB-500N/蒸汽熨斗	手工烫、手工作业	11, 12	14
14	缝合表后中心	10	ESC-152-470/ET-5/ES-31	特种缝纫机作业	12, 13	15
15	手烫折后下摆边	20	JVB-500N/蒸汽熨斗	手工烫、手工作业	14	16
16	缝合里肋边	20	ESC-152-470/ET-5/ES-31	特种缝纫机作业	17, 15	17
17	表肋边、后中心平烫开缝份	55	JVB-500N/蒸汽熨斗	手工烫、手工作业	16	28

18	肋边、下摆拷边（里前幅）	20	ASN-2000WEC/SS27	特种缝纫机作业	0	20
19	肋边拷边	14	ASN-2000WEC/SS27	特种缝纫机作业	0	20
20	缝合里后中心	10	ESC-152-470/ET-5/ES-31	特种缝纫机作业	18, 19	21
21	缝合里肋边	20	ESC-152-470/ET-5/ES-31	特种缝纫机作业	20	22
22	后中心拷边缝合	10	MO-2504-OE4/T016/MC-5	特种缝纫机作业	21	23
23	缝里活褶	48	DDL-555-5-4B/300	平缝作业	22	24
24	里缝上拉链	47	DLU-490J-5-4B/210	平缝作业	23	25
25	缝里开衩	46	DDL-555-5-4B/300	平缝作业	24	26
26	里下摆三卷缝	47	DLU-490M-5-4B/210/L064	平缝作业	25	27
27	里手烫整形	40	JVB-500N/蒸汽熨斗	手工烫、手工作业	26	28
28	表缝上拉链	50	DLU-490J-5-4B/210	平缝作业	17, 27	29
29	腰带缝放	49	DDL-555-5-4B/300	平缝作业	28	34
30	剪腰带衬	1	AT-25/ST-32/V025A	特种缝纫机作业	0	31
31	压贴腰带衬	6	JSF-600-R	特种缝纫机作业	30	32
32	腰带边拷边	10	ASN-2000WEC/SS27	特种缝纫机作业	31	33
33	手烫折腰带	20	JVB-700N/蒸汽熨斗	特种缝纫机作业	32	34
34	缝上腰带、缝带角	58	DLU-490BB-5-4B/210/上 定规	平缝作业	29, 33	35
35	翻腰带角加烫	25	JVB-500N/蒸汽熨斗	手工烫、手工作业	34	36
36	腰带缝暗线	35	DLU-490BB-5-4B/210/J-W PJ	平缝作业	35	37
37	下摆挑角	50	背缝机	特种缝纫机作业	36	38
38	修线整理	20	手工	手工烫、手工作业	37	

假设该款式女裙生产流水线的目标日产量 Q 为 200 条/天，除工作浮余率以外，一天的有效作业时间 T_d 为 7.5 小时，根据公式，大致节拍 τ_{tkeo} 计算如下：

$$\tau_{tkeo} = T_d / Q = 75 \times 60 \times 60 / 200 = 135s$$

则最小工作地数为：

$$N_{\min} = \min \left\{ \text{integer } N / N \geq \sum_{i=1}^k t_i / \tau \right\} = [T / \tau] + 1 = [1090 / 135] + 1 = 9$$

输入相关遗传算法参数后（其中，交叉概率取 0.95，变异概率为 0.1），回车，得到优化结果如表 5.3 所示。

表 5.3 女裙优化结果

SI 值:	9.8486	工作地时间 (s)
流水线适应度值为:	86.7431	
第 1 号工作地的工序为:	19, 18, 20, 8, 30, 21, 12, 1	122
第 2 号工作地的工序为:	22, 2, 3, 9	122
第 3 号工作地的工序为:	23, 24, 4	120
第 4 号工作地的工序为:	10, 11, 13, 14, 5, 6 (23)	123
第 5 号工作地的工序为:	6 (12), 31, 7, 15, 16, 32, 25 (15)	123
第 6 号工作地的工序为:	25 (31), 33, 17, 26 (15)	121

第 7 号工作地的工序为:	26 (32), 27, 28	122
第 8 号工作地的工序为:	29, 34, 35 (16)	123
第 9 号工作地的工序为:	35 (9), 36, 37, 38	114
编制效率:	98. 5%	

经过多次输入不同遗传参数比较得到了上表所示优化结果。从中可以看出对 6 号、25 号、26 号和 35 号工序进行了拆分。可以看出经过优化后的生产线节拍为 120，经计算优化后的编制效率为 98. 5%，均衡指数 SI 为 9. 8486，可见系统的优化结果是非常令人满意的。共使用人员 9 名，使用设备 23 台，其中平缝机 7 台，手工烫台 6 个，背缝机 1 台，拷边机 2 台，特 1 机 2 台，特 2 机 1 台，整烫设备 2 台，拉链机 2 台。其均衡程度可从图 5. 19 中更加清晰得看出。

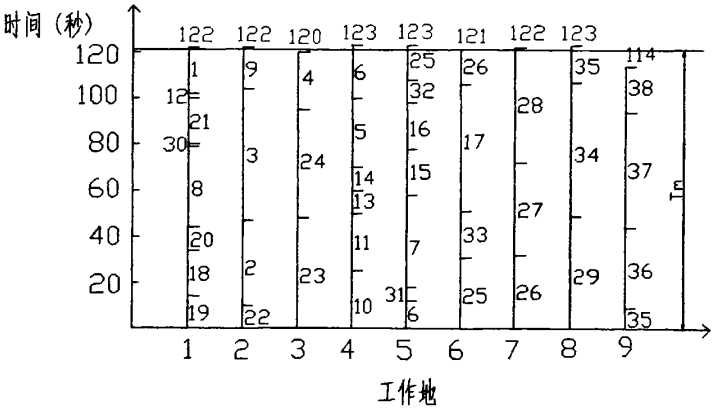


图 5.19 女裙各工作地时间分配图

注：■ 蓝色的数字表示每个工作地中包含的工序号
■ 红色的数字表示每个工作地的时间
 T_m 为平均节拍

5. 3. 2 采用人工优化的优化过程

按照人工经验与计算平衡后得出表 5. 4 所示的女裙工序编制表。将 38 道工序分配到 20 个工作台，共使用作业员 20 名，使用设备 23 台，编制效率为 89. 5%。

表 5. 4 未采用计算机优化系统的女裙优化结果

作业员	工序号	工序名称	加工时间	作业分配时间	使用设备	台数
1	1	肋边、下摆拷边	20	55	ASN-2000WEC/SS27	1
	8	肋边中心下摆拷边	35			

2	2	作腰褶记号	37	55	手工	
	9	作缩褶记号	18			
3	3	手烫折压褶、折下摆边	57	57	JVB-500N/蒸汽熨斗	1
4	11	手烫压缩褶	25	55	JVB-500N/蒸汽熨斗	1
	13	压贴防伸带条	10			
	15	手烫折后下摆边	20			
5	4	缝压褶	25	55	DDL-555-5-4B/300	1
	5	缝合压褶(上、下)	30			
6、7	6	压褶盖明线	36	102 / 2	DDL-555-5-4B/300	1
	7	压褶内褶盖明线	40		DDL-555-5-4B/WP1	1
	10	缝缩褶	25			
	12	剪防伸带条	2			
8	14	缝合表后中心	10	60	ESC-152-470/ET-5/ES-31	1
	16	缝合里肋边	20			
	20	缝合里后中心	10			
	21	缝合里肋边	20			
9	23	缝里活褶	48	48	DDL-555-5-4B/300	1
10	18	肋边、下摆拷边(里前幅)	20	54	ASN-2000WEC/SS27	1
	19	肋边拷边	14		MO-2504-OE4/TO16/MC-5	1
	22	后中心拷边缝合	10			
	32	腰带边拷边	10			
11	38	修线整理	20	160 / 3	DLU-490J-5-4B/210	1
	24	里缝上拉链	47		DDL-555-5-4B/300	1
12	25	缝里开衩	46			
13	26	里下摆三卷缝	47		DLU-490M-5-4B/210/LO64	1
14	27	里手烫整形	40	60	JVB-700N/蒸汽熨斗	1
	33	手烫折腰带	20			
15	17	表肋边、后中心平烫开缝份	55	55	JVB-500N/蒸汽熨斗	1
16	28	表缝上拉链	50	50	DLU-490J-5-2B/210	1
17	29	腰带缝放	49	56	DDL-555-5-4B/300	1
	30	剪腰带衬	1		AT-25/ST-32/V025A	1
	31	压贴腰带衬	6		JSF-600-R	1
18	35	翻腰带角加烫	25	60	JVB-500N/蒸汽熨斗	1
	36	腰带缝暗线	35		DLU-490BB-5-4B/210/J-WPJ	1
19	34	缝上腰带、缝带角	58	58	DLU-490BB-5-4B/210/上定规	1
20	37	下摆挑角	50	50	背缝机	1

	编制效率=53.5 / 60=89.2%	合计: 1090 秒		合计: 23 台
--	----------------------	------------	--	-------------

5.3.3 对比结果

比较使用计算机优化系统优化的结果与人工优化的结果可以看出,从编制效率上看,前者为 98.5%,后者为 89.2%;从使用设备与人员来看,前者使用设备 23 台,人员 9 名,后者使用设备 23 台,人员 20 名;从均衡程度来看,前者的均衡指数 SI 为 9.8486,后者的均衡指数 SI 为 25.1。综合比较得出使用计算机优化系统得到的优化结果使用人员少,且流水线更均衡,编制效率更高。

5.4 流水线优化动态仿真

利用可视化技术,对流水线工序组合建立模型,动态运行该模型,可以更直观地对生产系统规划方案进行分析与评价,考查规划方案中的生产系统的性能是否满足要求,找到组合方案存在的问题,通过多次修改参数并运行,方便设计人员根据仿真结果对方案进行改进,从而寻求一个最优设计方案。可视化技术是传统数学方法的有力补充,能够在计算机中尽量准确地模拟真实的生产系统的运行情况,并对其运行的性能进行分析和评价。

5.4.1 流水线优化动态仿真实现方法

实现动态仿真可以使用虚拟现实建模语言 (VRML)、Direct3D、Java3D、OpenGL、VC、3Dmax 等几种常见工具,因为它要求一定的编程能力,而人们更需要一种既简单直观又功能强大的动画设计工具,而 Flash 的出现正好满足了这种需求。论文采用 Flash 进行流水线的动画仿真模拟。

Flash 是美国的 MACROMEDIA 公司于 1999 年 6 月推出的优秀网页动画设计软件。它是一种交互式动画设计工具,用它可以将音乐,声效,动画以及富有新意的界面融合在一起,以制作出高品质的网页动态效果。强大的动画编辑功能使得设计者可以随心所欲地设计出高品质的动画,通过 ACTION 和 FS COMMAND 可以实现交互性,使 Flash 具有更大的设计自由度,另外,它与当今最流行的网页设计工具 Dreamweaver 配合默契,可以直接嵌入网页的任一位置,非常方便^[25]。

Flash 被称为是“最为灵活的前台”,由于其独特的时间片段分割 (TimeLine) 和重组 (MC 嵌套) 技术,结合 ActionScitp 的对象和流程控制,使得在灵活的界面设计和动画设计成为可能,同时它也是最为小巧的前台。Flash 具有跨平台的特性 (这点和 Java 一样),所以无论你处于何种平台,只要你安装了支持的 Flash Player,就可以保证它们的最终显示效果的一致,而不必像在以前的网页设计中那样为 IE 或

NetSpace 各设计一个版本。

5.4.2 Flash 界面介绍

Flash 的工作环境大致包括以下几个部分, 下面分别作简要介绍。

如图 5.20 所示, 界面中心部分舞台(Stage)就是工作区, 最主要的可编辑区域。在这里可以直接绘图, 或者导入外部图形文件进行安排编辑, 再把各个独立的帧合成在一起, 以生成电影作品。

时间轴窗口(Timeline)在整个界面的上部, 用它可以调整电影的播放速度, 并把不同的图形作品放在不同图层的相应帧里, 以安排电影内容播放的顺序。时间轴最重要的组成部分就是帧和图层。可以通过拖动时间标尺来操作时间轴。在时间轴窗口中, 左边是图层的描述, 右边是与之相对应的时间轴。如图 5.21 所示。

界面的左边是绘图工具栏(Drawing Toolbar), 放置了可供图形和文本编辑的各种工具, 用这些工具可以绘图, 选取, 喷涂, 修改以及编排文字, 还有些工具可以改变查看工作区的方式。在选择了某一工具时, 其所对应的修改器(Modifier)也会在工具条下面的位置出现, 修改器的作用是改变相应工具对图形处理的效果。

位于整个界面右边的是浮动面板, 可以帮助用户观察、编排、组织或者更改 Flash 影片中的元素。在使用的过程中, 可以使面板保持在显示、修改或组合状态, 可根据工作的需要任意改变。

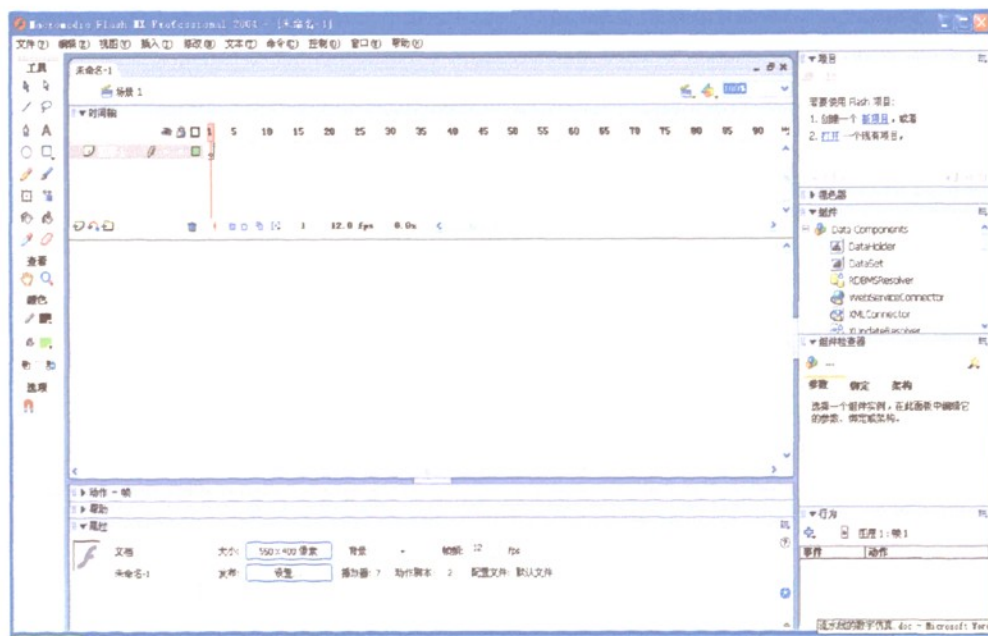


图 5.20 Flash 界面

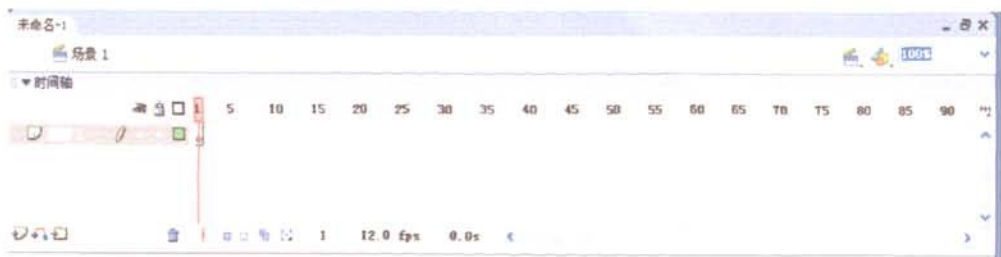


图 5.21 时间轴

5.4.3 动画模拟实例

5.4.3.1 衬衫动画模拟实例

由上一节“5.2 女衬衫生产实例分析”中，图 5.16 所示优化结果进行动画模拟。衬衫流水线分为 7 个工作地，采用吊挂传输。图 5.22 是整个 FlashMX2004 的工作界面，图中主要建立了三类图层，第一类图层是缝纫设备流水线的配置图，第二类图层是流水线标示说明，第三类图层是不同工序加工的状态。模拟缝制过程采用形状补间动画与动作补间动画相结合。

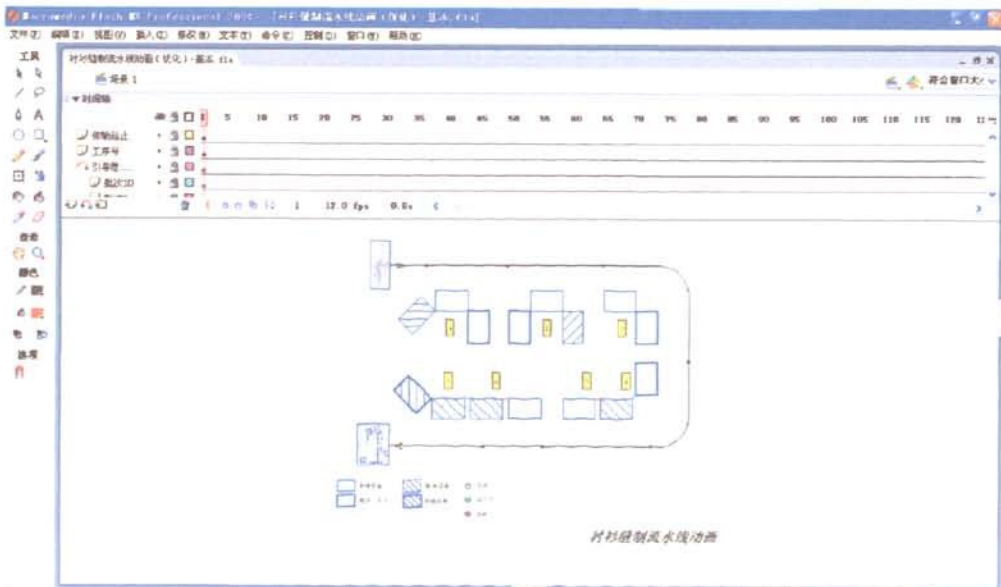


图 5.22 女衬衫流水线动画 (Flash 工作界面)

流水线模拟的制作过程关键的核心地方是下图所示的时间轴（见图 5.23）。时间轴中用到了插入关键帧的方法，帧频采用 12fps。采用这个帧频播放速度比较流畅，且显示变化不至于太快而分辨不清。

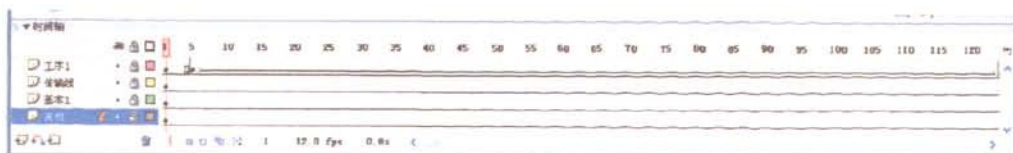


图 5.23 女衬衫流水线动画时间轴

图 5.24 为女衬衫动画的设备图示记号，其中不同的符号分别表示不同的设备、工艺要求和加工状态。



衬衫缝制流水线动画

图 5.24 女衬衫流水线动画设备图示记号

图 5.25、图 5.26 和图 5.27 是动画模拟女衬衫缝制流水线的全过程。批量为 220 件，工作地之间每次的传递量为 22 件，分 10 批次加工。以每个工作地的方框中形状和颜色的变化，来表示该工作地的流水线负荷程度，运动的五边形和五角星表示半成品的传递。动画中 1 秒相当于实际生产中的 264 秒。工作地数字所在的方框中，黄色为等待，绿色为加工中，红色为加工完成。半成品传递中，黄色表示当前工作地正在加工中，前一工作地运送过来的半成品处于积压等待状态；绿色为加工中；红色表示当前工作地加工完成，无新的工作量；中间的数字表示正在传递的半成品批数。同时为了模拟做的比较真实，其中补间时间既有形状补间，又有动作补间。在传输线的转角处采用带引导线的动作补间，其余采用形状补间。

为了方便用户游览，将 Flash 文件以 .exe 格式发布，添加了“开始”、“暂停”、“停止”三个按钮。图 5.25 为各工作地都处于准备加工状态的截图；图 5.26 为各工作地都处于加工状态时的一个截图；图 5.27 为加工完成状态的截图。

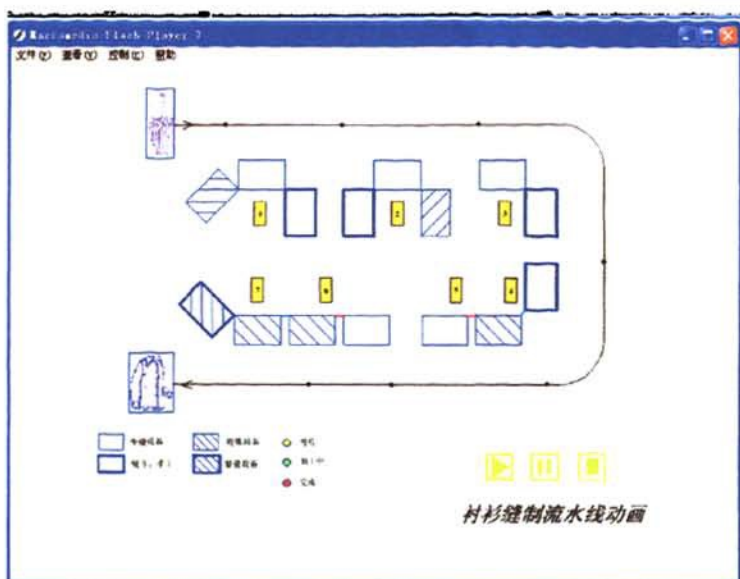


图 5.27 准备加工状态

注：其中两个设备之间的连线表示两个工作地之间共用的设备

如图 5.26 所示画面中，1 号、2 号、3 号、4 号、5 号和 7 号工作地当前工作量未完成，处于加工状态；吊挂线上五边形表示该批次正在加工，五角星表示当前批次加工完成正传递到下一个工作地；6 号工作地当前工作量已完成，还没有新的工作量到达，处于等待状态。

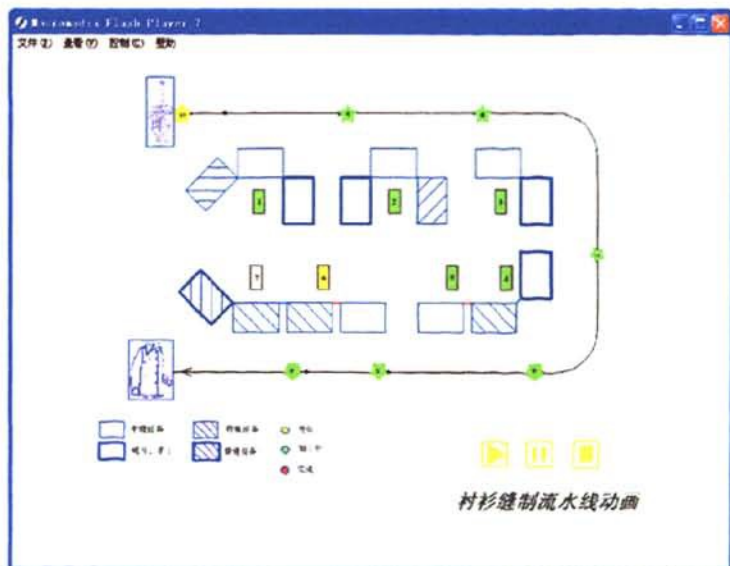


图 5.26 加工中

如图 5.27(a)所示画面中, 1 号、2 号、3 号和 4 号工作地已经加工结束, 5 号正在加工第 10 批, 6 号正在加工第 9 批, 7 号正在加工第 8 批。图 5.27(b)所示为所有工作地都加工完成状态。

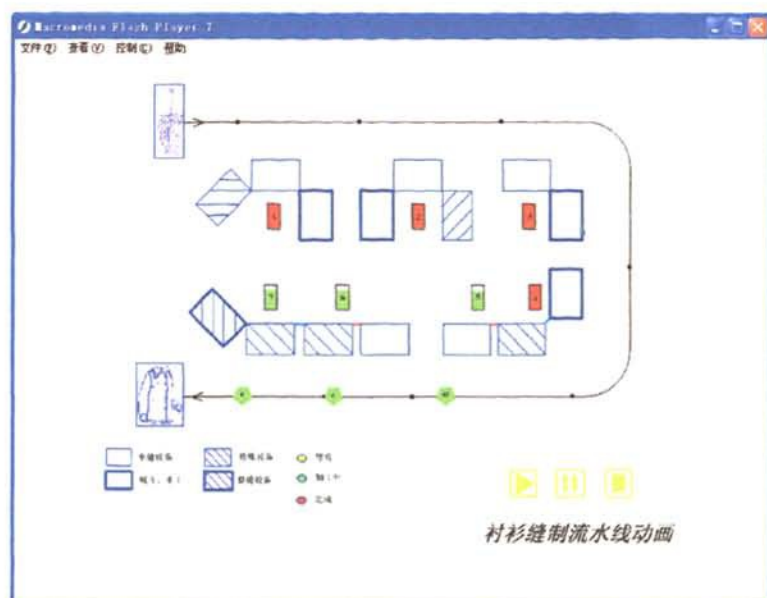


图 5.27 (a) 部分完成

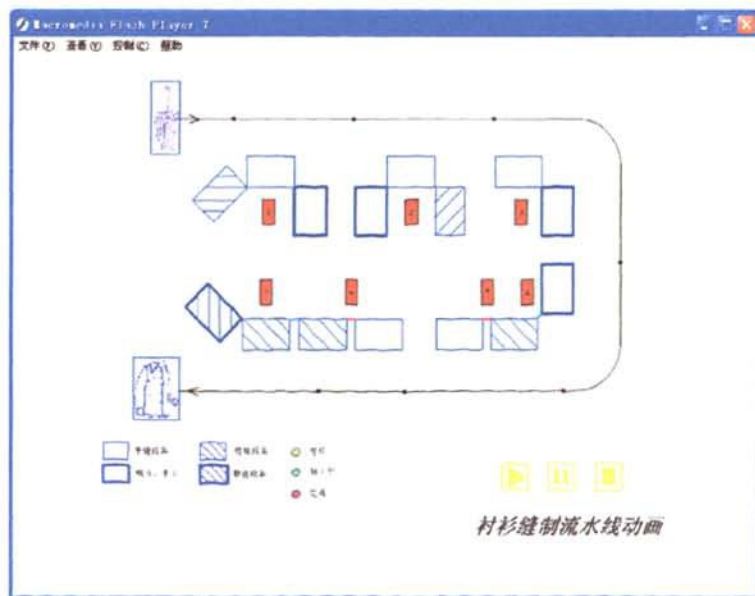


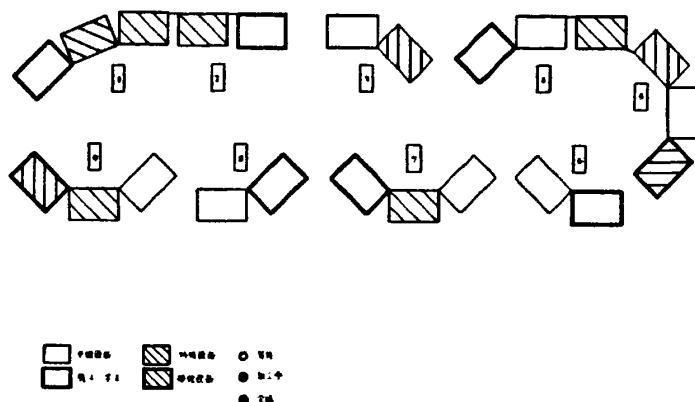
图 5.27 (b) 加工完成

通过动画模拟可以看出，经过系统优化的衬衫流水线均衡度很高，加工过程中等待时间很少。

5.4.3.2 女裙动画模拟实例

(1) 采用计算机优化系统的女裙动画模拟实例

由上一节“5.3.1 采用计算机优化系统的优化过程”中，表 5.3 所示结果进行动画模拟。女裙流水线分为 9 个工作地，采用吊挂传输。图层的设置、时间轴与设备记号设置均与衬衫相同。设备排列以工作地为单位。设备间的连接线表示两个工作地之间共用设备。如图 5.28 所示。



女裙缝制流水线动画

5.28 女裙缝制流水线（系统优化）

图 5.29、图 5.30 和图 5.31 是动画模拟女裙缝制流水线的全过程。批量为 200 件，工作地之间每次的传递量为 20 件，分 10 批次加工。以每个工作地的方框中形状和颜色的变化，来表示该工作地的流水线负荷程度，运动的五边形和五角星表示半成品的传递。动画中 1 秒相当于实际生产中的 240 秒。工作地数字所在的方框中，黄色为等待，绿色为加工中，红色为加工完成。半成品传递中，黄色表示当前工作地正在加工中，前一工作地运送过来的半成品处于积压等待状态；绿色为加工中；红色表示当前工作地加工完成，无新的工作量；中间的数字表示正在传递的半成品批数。同时为了模拟做的比较真实，其中补间时间既有形状补间，又有动作补间。在传输线的转角处采用带引导线的动作补间，其余采用形状补间。

图 5.29 为各工作地都处于准备加工状态的截图；图 5.30 为各工作地都处于加工状态时的一个截图；图 5.31 为加工完成状态的截图。

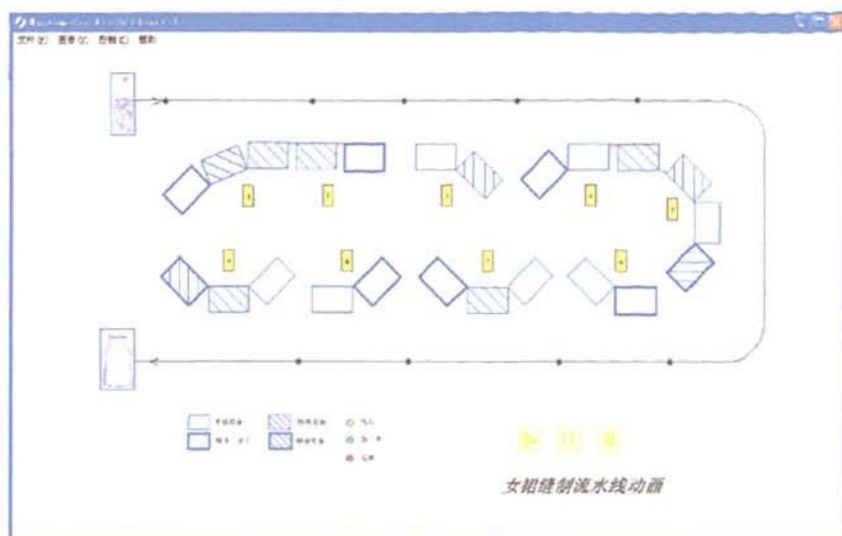


图 5.29 准备状态（系统优化）

如图 5.30 所示画面中，1 号、2 号、5 号、6 号、7 号和 8 号工作地处于加工状态；吊挂线上五边形表示该批次正在加工，五角星表示当前批次加工完成正传递到下一个工作地；3 号和 9 号工作地当前工作量已完成，新的工作量还未到达，处于等待状态；4 号工作地正在加工，新的工作量已经到达，但还未开始加工，所以吊挂线上的五边形为黄色等待状态。

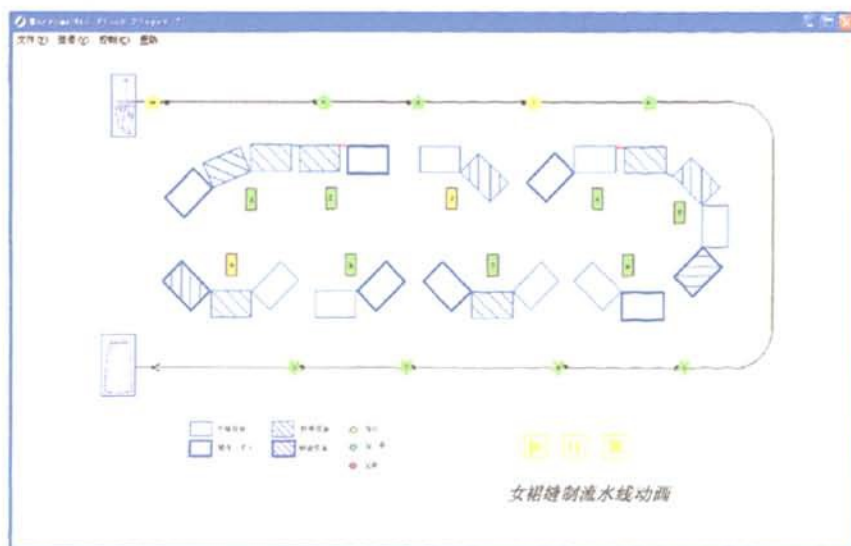


图 5.30 加工中（系统优化）

如图 5.31(a)所示画面中, 1 号、2 号、3 号工作地已经加工结束, 4 号正在加工第 9 批, 第 10 批已经运到, 还未开始加工; 9 号工作地当前工作量已完成, 新的工作量还未到达, 处于等待状态; 其它工作地处于加工状态。图 5.27(b)所示为所有工作地都加工完成状态。

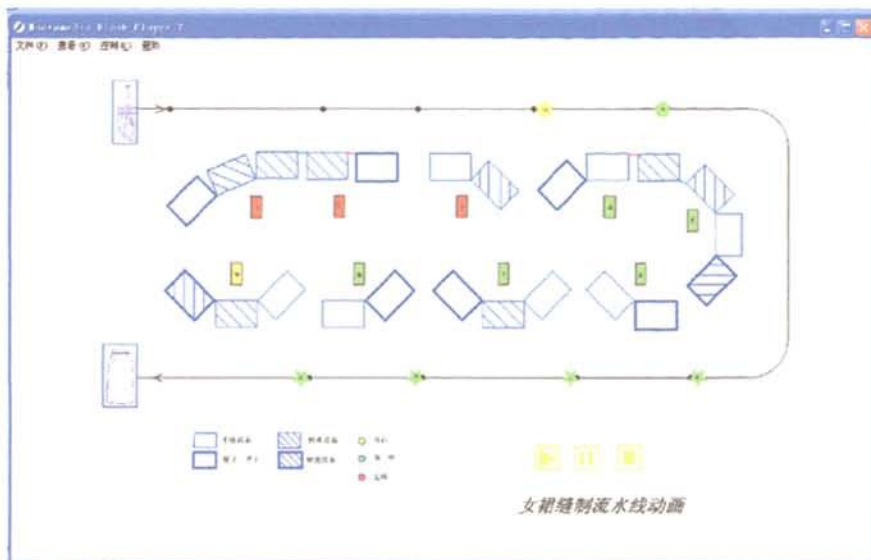


图 5.31 (a) 部分完成 (系统优化)

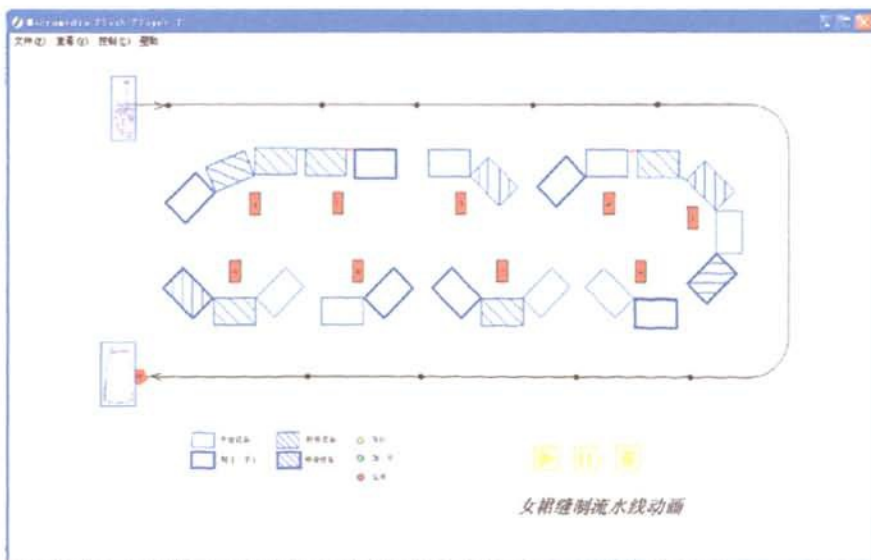
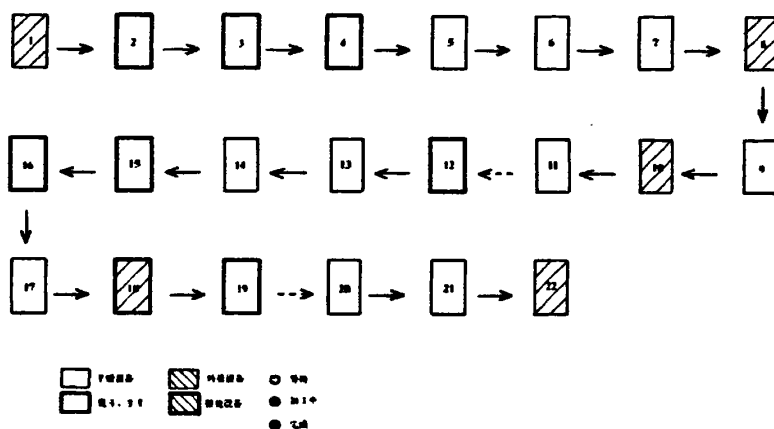


图 5.31 (b) 加工完成 (系统优化)

(2) 采用人工优化的女裙动画模拟实例

由上一节“5.3.2 采用人工优化的优化过程”中,表 5.4 所示结果进行动画模拟。女裙缝制过程比较简单,它的缝纫设备排列属于课桌式 S 型排列。模拟缝制过程主要采用形状补间动画。

图 5.32 是按照人工优化的结果,来布置缝纫设备排列图。半制品传输过程采用送料台传递。其中 11 号和 12 号工作地,19 号和 20 号工作地为一个工人操作两种设备。



女裙缝制流水线动画

5.32 女裙缝制流水线 (人工优化)

图 5.33、图 5.34 和图 5.35 是动画模拟人工优化服装缝制流水线的全过程。动画演示批量为 300 件，工作地之间每次的传递量为 15 件，以每个工作地方框中图形的变化，来表示该工作地的流水线负荷程度，运动的五边形和五角星表示半成品的传递。动画中 1 秒相当于实际生产中的 180 秒。工作地方框中黄色为等待，绿色为加工中，红色为加工完成。半成品传递中，黄色表示当前工作地正在加工中，前一工作地运送过来的半成品处于积压等待状态；绿色为加工中；红色表示当前工作地加工完成，无新的工作量；中间的数字表示传递的半成品批数。由于此动画不涉及引导层，同时为了模拟做的比较真实，其中补间时间选择了形状而不是动作。动画的渐变过程如下图所示。

图 5.33 为各工作地都处于准备状态; 图 5.34 为各工作地都处于加工状态时的一个截图; 图 5.35 加工完成的状态。

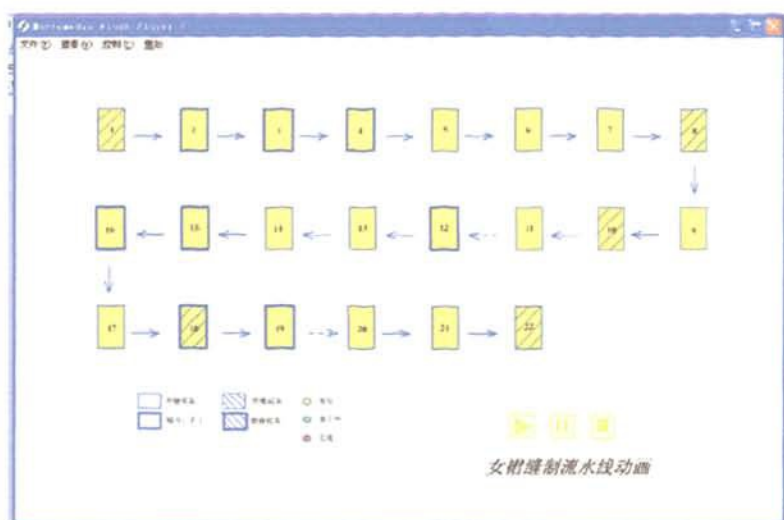


图 5.33 准备状态（人工优化）

图 5.34 所示画面中，8 号工作地当前工作量未完成（即将完成），处于加工状态，所以从 7 号工作地传递到 8 号工作地的半成品呈黄色等待状态（五边形为黄色）；9 号、15 号和 22 号工作地当前工作量已完成，新的工作量还未到达，处于闲置状态（五边形为红色）；11 号和 12 号工作地为同一个人操作，11 号工作地上方的五边形表示这两个工作地的总的状态。此时，11 号为加工状态，12 号为闲置状态，总的状态为正在加工，新的工作量已经到达处于等待状态；19 号与 20 号工作地总的状态为正在加工第 3 批；五边形表示正在加工，五角星表示传递中。



图 5.34 女裙缝制流水线动画加工中（人工优化）

图 5.35(a)所示画面中, 1~7 号工作地已处于加工完成状态; 8 号工作地当前正在加工第 19 批, 处于加工状态, 所以从 7 号工作地传递到 8 号工作地的第 20 批半成品呈黄色等待状态 (五边形为黄色); 15 号和 22 号工作地当前工作量已完成, 新的工作量还未到达, 处于闲置状态; 11 号工作地正在加工, 12 号工作地闲置, 总的加工状态为当前第 15 批工作量正在加工, 从 10 号运到的 16 批在制品处于等待状态, 五边形为黄色; 19 号与 20 号工作地总的加工状态为正在加工第 9 批; 其他工作地还处于加工中。图 5.35(b)所示为所有工作地都加工完成状态。

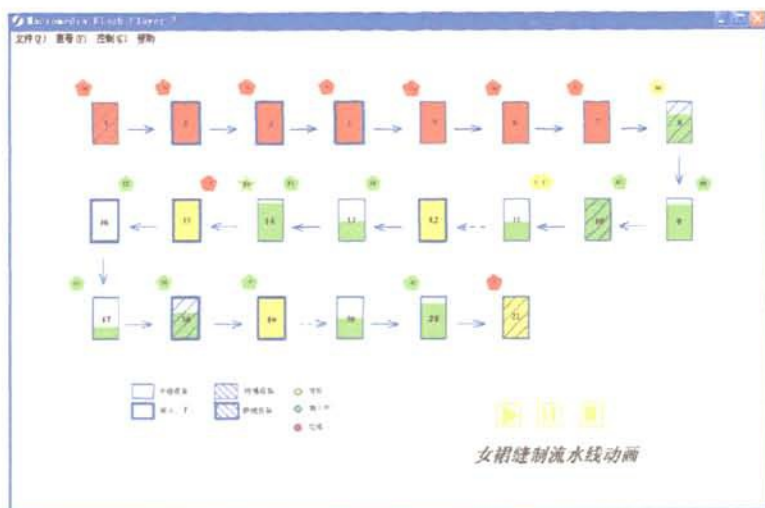


图 5.35 (a) 部分完成 (人工优化)

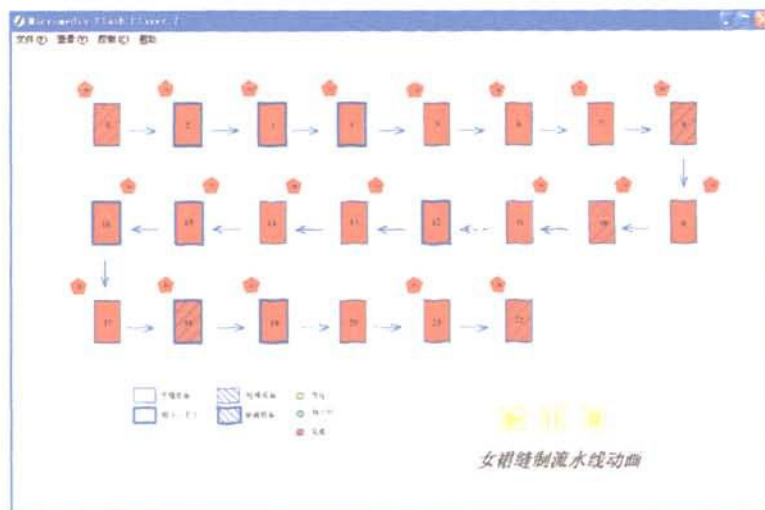
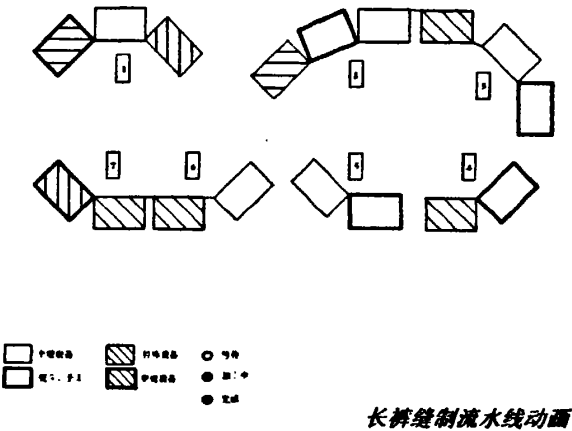


图 5.35 (b) 加工完成

比较计算机优化系统优化结果的动画演示和人工优化结果的动画演示可以发现，人工优化的流水线等待时间较多，设备和人员闲置现象在多个工位发生，生产均衡性差，效率较低；而采用计算机优化系统优化结果的流水线过程均衡度高，人员闲置现象只在个别工位发生，且等待时间短，生产效率高。

5.4.3.3 长裤动画模拟实例

由表 4.2 所示结果进行动画模拟。长裤流水线分为 7 个工作地，采用吊挂传输。图层的设置、时间轴与设备记号设置均与衬衫相同。设备排列以工作地为单位。设备间的连接线表示两个工作地之间共用设备。如图 5.36 所示。



5.36 长裤缝制流水线

图 5.37、图 5.38 和图 5.39 是动画模拟女长裤缝制流水线的全过程。长裤的动画演示批量为 200 件，工作地之间每次的传递量为 20 件，分 10 批次加工。以每个工作地的方框中形状和颜色的变化来表示该工作地的流水线负荷程度，运动的五边形和五角星表示半成品的传递。动画中 1 秒相当于实际生产中的 240 秒。工作地数字所在的方框中，黄色为等待，绿色为加工中，红色为加工完成。半成品传递中，黄色表示当前工作地正在加工中，前一工作地运送过来的半成品处于积压等待状态；绿色为加工中；红色表示当前工作地加工完成，无新的工作量；中间的数字表示正在传递的半成品批数。补间时间同样既有形状补间，又有动作补间。

图 5.37 为各工作地都处于准备加工状态的截图；图 5.38 为各工作地都处于加工状态时的一个截图；图 5.39 为加工完成状态的截图。

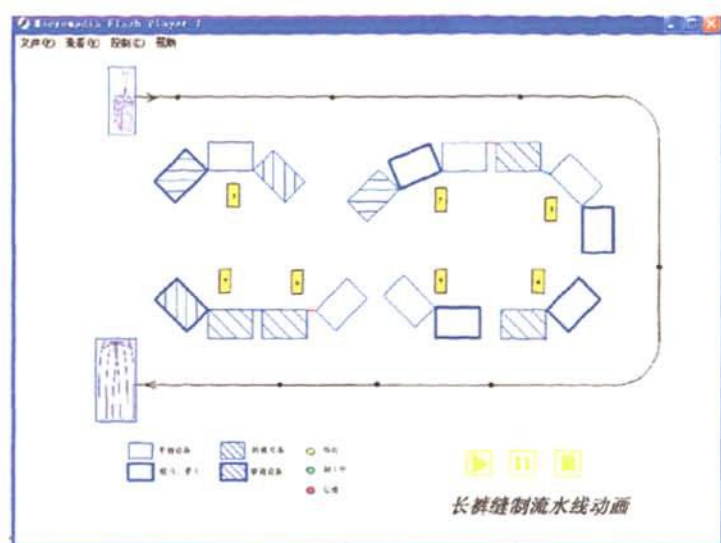


图 5.37 准备状态

如图 5.38 所示画面中，1 号、2 号、3 号和 6 号工作地处于加工状态；吊挂线上五边形表示该批次正在加工，五角星表示当前批次加工完成正传递到下一个工作地；4 号和 7 号工作地当前工作量已完成，新的工作量还未到达，处于等待状态；6 号工作地正在加工，新的工作量已经到达但还未开始加工，所以吊挂线上的五边形为黄色等待状态。

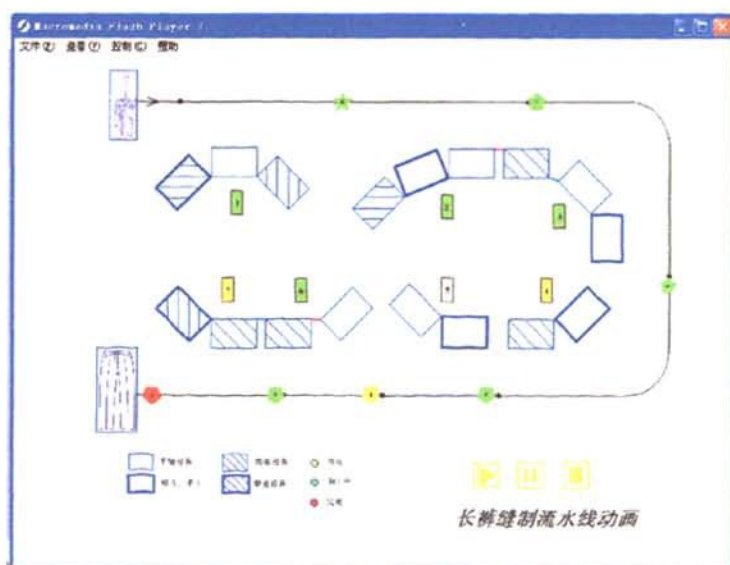


图 5.38 加工中

如图 5.39(a)所示画面中, 1 号和 2 号工作地已经加工结束, 3 号、4 号和 7 号工作地正在加工; 5 号工作地当前工作量已完成, 新的工作量还未到达, 处于等待状态; 6 号工作地当前第七批还未加工完成, 第八批已经运到, 处于等待状态。图 5.39(b)所示为所有工作地都处于加工完成状态。

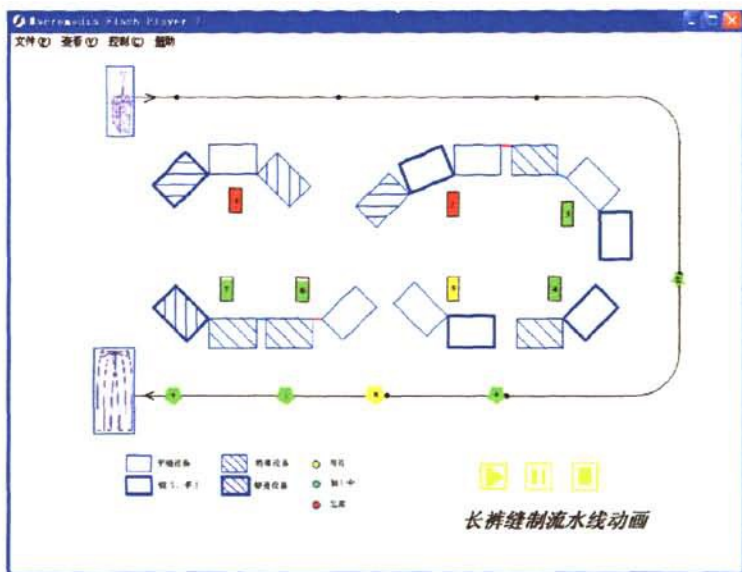


图 5.39 (a) 部分完成

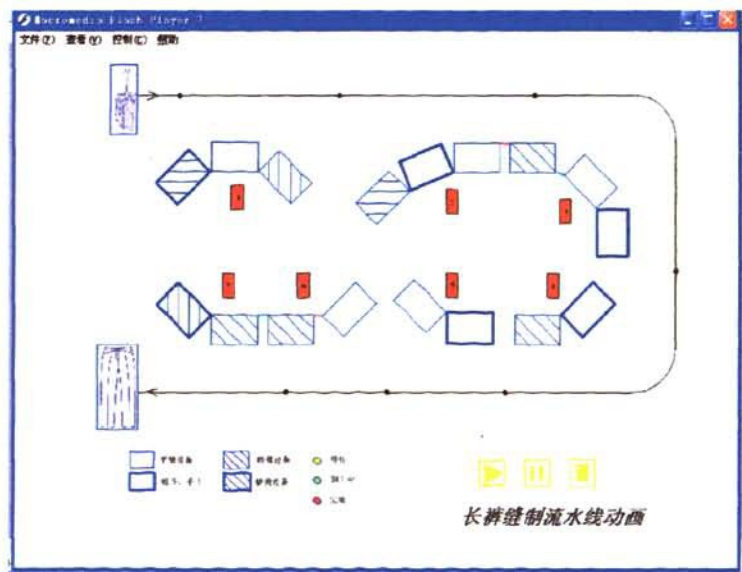


图 5.39 (b) 加工完成

从动画演示中可以看出 6 号工作地是瓶颈所在，积压现象时常发生。但是由于积压等待时间并不是很长，且其它工序运行较为平衡，因此此优化结果仍较为满意。经计算可知编制效率为 97.4%。

第六章 结论

高新技术的迅猛发展提高了生产效率,缩短了产品更新换代的周期,加剧了市场竞争的激烈程度,服装企业同样也面临着巨大的机遇与挑战。服装企业要想在激烈的竞争中立于不败之地,就必须大力推行服装科技的进步,利用现代科学技术的成果,结合以计算机为主的现代管理手段,从根本上改变我国生产管理方法和技术上的落后状况。

首先在工厂实地调研的基础上获得了大量工艺数据,加工整理成数据库;然后分析了服装吊挂生产线的特点,探讨了服装生产流水线的平衡方法,分析了女装生产流水线的平衡问题。以遗传算法为基础,以最小化均衡指数为目标,用计算机编程实现了服装流水线的优化设计并与数据库实现了对接。最后以女衬衫、半裙和长裤为例,对优化结果进行了动画演示,得出以下结论:

(1) 对女装工艺数据进行了归纳和整理,建立起数据库方便了工艺资料的管理,以改善工艺文件的质量。根据工厂的不同需要,可以很方便地对数据库内容进行修改和扩充,并且为下一步进行成本管理打好基础。

(2) 分析了女装流水线平衡的三类问题,在求出节拍和最小化工作地数目的前提下,以最小化均衡指数为目标,由工序图出发,运用遗传算法对女装生产流水线进行优化。通过与前人的相关结果进行对比,系统的均衡指数更小,编制效率更高,显示出系统研究的优越性。

(3) 运用 Flash 模拟演示生产流水线的优化结果,通过对比经过计算机优化系统的优化结果与人工经验的优化结果,可以看出经过计算机优化系统的优化,生产流水线的各工作地等待时间少,人员与设备闲置时间少,整个流水线更均衡。同时可以由动画演示所反映的问题,指导实际生产进行调整,实现工序的平衡,使企业实现缩短生产准备周期,提高产品质量和减少不必要的浪费。

(4) 由于各种类的服装生产间有一定的共性,因此论文所采用的优化方法可以应用到采用流水线生产的男装、童装、针织服装等其它服装生产中。加工不同产品的工厂可以通过增加、修改数据,应用论文中的优化系统进行流水线的编排与投产前的模拟。

同时由于时间能力的限制,论文本身也存在一些不足。在工艺资料中的作业时间是按照传统经验值来计算的,不同工厂在应用优化系统时,可以重新录入各自的来源于实际测定的数据。另外,由于时间原因,在建立数据库时,只涉及到基于遗传算法的优化系统所需要的工艺资料。系统是开放式的,后续可以根据用户的不同需要,录入相关工艺资料以方便管理和使用。在动画仿真演示部分,由于本人在仿真编程方面能力的不足,只采用了 Flash 这种简单的实现方法,不具备简易、通用

的特点，每做一套动画，都需要大量的重复工作。后续应该对不同设备编程设置属性，对整个流水线的通用过程进行编程，在建立一个新的动画时，通过更改设备的加工时间、所属工作地号、加工的件数等属性，拖放设备排列，就可简单实现一个新的动画流程。

参考文献

- [1] 王文胜, 刘蔚然, 崔峰. 计算机辅助服装工艺计划(CAPP)研究——男西服工艺规则调研及分析方法探讨. 上海纺织科技, 1994(5)
- [2] 赵岚. 服装生产缝制流水线虚拟仿真技术研究: [学位论文]上海: 东华大学, 2002
- [3] 李玉玲, 胡洛燕, 王东云, 凌德麟. 计算机辅助服装缝制流水线的负荷优化调度. 中原工学院学报, 2002(12):34~36
- [4] 蒋晓文. 服装生产方式的发展. 四川丝绸, 1999(4):31~32
- [5] 金艳苹. 服装 CAPP 系统的开发与研究: [学位论文]天津: 天津工业大学, 2001
- [6] 陶海媚. 服装缝制流水线的作业编排与优化研究: [学位论文]苏州: 苏州大学, 2005
- [7] 草田. 服装产业过四关. 中国服装(北京), 2002(6):69~71
- [8] 杨以雄. 服装生产管理. 上海: 东华大学出版社, 2005:251~255
- [9] 姜蕾. 服装生产工艺与设备. 上海: 中国纺织出版社, 2000(4)
- [10] Cook's. The complexity of theorem proving procedures. Proc.3rd Anzac Symp.on Theory of Computing, ACM, 1971:26~28
- [11] 李引枝. 缝制生产流水线平衡方法的研究. 纺织学报, 2002(6):54~56
- [12] 蔡兰, 郭顺生, 王彬. 基于交货期的流水线陈健调度算法设计与实现. 机械设计与制造, 2005(8):6~8
- [13] 胡觉亮, 季晓芬. 服装生产流水线的优化运行模型. 纺织学报, 2001(6):59~60
- [14] 张鸿志, 金艳萍等. 服装生产流水线工序合并与平衡的研究. 东华大学学报, 第 31 卷第 6 期:59~61
- [15] 王东云, 刘惠琴, 胡洛燕等. 基于遗传算法服装缝制调度技术的研究. 纺织学报, 第 24 卷第 5 期:52~54
- [16] 楼亚芳. 基于遗传算法的服装工序编排规划. 中原工学院学报, 2003(12):50~52
- [17] 郭钊侠, 方建安. 遗传算法在服装生产流水线平衡问题中的应用. 计算机仿真, 2003(11):98~99
- [18] 李玉玲. 服装缝制吊挂生产线调度技术的研究: [学位论文]郑州: 郑州大学, 2002
- [19] 宋惠景, 万志琴. 服装生产筹划与组织. 上海: 中国纺织出版社, 2001(1)
- [20] 周明, 孙树栋. 遗传算法原理及应用. 北京: 国防工业出版社, 1999(6):1~5
- [21] 吴小军. 数字化服装生产工艺信息技术研究: [学位论文]上海: 东华大学, 55~56
- [22] 李敏强, 寇纪淞, 林丹, 李书全. 遗传算法的基本理论与应用. 北京: 科学出版社, 2002(3):1~10
- [23] 宋华明, 韩玉启, 李如俊. 基于遗传算法的装配线负荷平衡. 机械设计与制造, 2002(8):28~30
- [24] 庄辉. 基于 MTM 生产系统的女装多品种、小批量生产快速反应缝制系统研究: [学位论文]上海: 东华大学, 36~38
- [25] 李飞. Flash 设计高手实训教程[M]. 西安: 西安电子科技大学出版社, 2005:56~77
- [26] Nirwan Ansari, Edwin Hou 著, 李军, 边肇祺译. 用于最优化的计算智能. 清华大学出版社, 1999(12):49~57, 97~108

- [27] 张怀良. 2002 年纺织行业经济运行形势. 中国纺织工程学会
- [28] 张祖芳, 楼亚芳. 服装缝制流水线仿真探讨. 上海纺织科技, 2003(5):47~50
- [29] 许树文, 张文斌, 冯可平等. 微型计算机辅助服装缝制流水线优化设计. 中国纺织大学学报, 1992, 18(6):43~52
- [30] 陶圣清, 唐明浩, 杨以雄. 服装生产与计划过程动态控制系统的设计. 上海纺织科技, 1995, 12(6):49~51
- [31] 连蕾. 提高企业信息化中国服装业的必由之路. 北京纺织, 2002(2):10~12
- [32] 刘雁, 耿兆丰. 智能技术在服装工业生产中的应用研究. 东华大学学报(自然科学版), 2002(4):223~127
- [33] 刘国联. 服装生产流水线的设计. 国外纺织技术, 针织, 服装分册, 1994(3):39~41
- [34] 陈雁, 李栋高. 现代服装工程技术——服装生产系统. 苏州: 科学技术出版社, 2004
- [35] 许树文. 能充分发挥灵活性和适应性的多功能快速反应缝制系统 QRS 简介. 国外纺织技术(针织服装分册), 1995(5):34~35
- [36] 周邦桢. 服装工业化生产. 上海: 中国纺织出版社, 2002
- [37] 李英琳. 怎样利用计算机辅助设计服装生产线. 中外缝制设备, 1999(5):18~20
- [38] 柴丽芳, 苑敬民. 计算机辅助工艺规程设计(CAPP)的开发方法. 天津纺织科技, 1999(4):51~52
- [39] 胡立军, 陈静. 中国打造世界制造中心的路径依赖初探. 中国工业经济, 2003(1):40~47
- [40] 周丽华. 关于服装 CAPP 的分析探讨. 四川纺织科技, 2004(2):22~25
- [41] 王道良. 基于吊挂系统下服装生产流程重组及作业人员优化的研究: [学位论文]上海: 东华大学, 2006
- [42] 方光正, 李雄治. 中小企业突破资源瓶颈的战略选择. 企业活力, 2004(9):16~17
- [43] 周旭东, 宋晓霞. 智能服装吊挂生产管理系统的研究. 上海工程技术大学学报, 2000, 14(1):63~68
- [44] 张春荣. 国内外服装吊挂生产管理系统的初步分析比较(上). 中外缝制设备, 1998(3):14~16
- [45] 邢文训, 谢金星编著. 现代优化计算方法. 北京: 清华大学出版社, 1999(8):140~191
- [46] 皮兴忠, 范秀敏, 严隽琪. 用基于作业序列的遗传算法求解装配线平衡问题. 机械科学与技术, 2003(1):35~38
- [47] De Jung KA. An analysis of the behavior of a class of genetic adaptive system. PhD Dissertation: University of Michigan, 1975:31~35
- [48] Davis, L., (ed.). Handbook of genetic algorithms. Van Nostrand Reinhold, New York, 1991:2~4
- [49] 郑阿奇, 丁有和. Visual C++教程. 北京: 机械工业出版社, 2004(9):119~210
- [50] 王小平, 曹立明著. 遗传算法——理论、应用与软件实现. 西安: 西安交通大学出版社, 2002(1):1~50
- [51] 李绍蓬. 中文版 Flash MX 动画制作标准教材. 北京: 中国电力出版社, 2003
- [52] 邢文训, 谢金星编著. 现代优化计算方法. 北京: 清华大学出版社, 1999(8):14~191
- [53] 李秀, 沈晶, 姜澄宇, 王宁生. 柔性生产线动画监视界面的实现. 计算机应用, 1999(10):53~54

- [54] 刘复岩, 吕韵文. 生产系统两级动画仿真. 微小型计算机开发与应用, 1996(1)
- [55] 吴家铸, 党岗, 刘华峰, 陈志全, 阳明. 视景仿真技术及应用. 西安: 西安电子科技大学出版社. 2001(7)
- [56] 蔡青, 高光寿. CAD/CAM 系统的可视化、集成化、智能化、网络化. 西安: 西北工业大学出版社, 1996(5)
- [57] 康痴举. 现代仿真技术及应用. 北京: 国防工业出版社, 2001(9)
- [58] 周国华, 武振业. 求解 Flow-Shop 排序问题的模拟进化法. 西安交通大学学报, 1997, 118(6):672~676
- [59] 陈荣秋. 排序的理论与方法. 武汉: 华中理工大学出版社, 1987
- [60] 周国华, 卜祥智, 武振业, 章雪岩. 用遗传算法求解 M 台设备的双行布置问题. 计算机应用研究, 2001(7):38~40
- [61] 王小平, 曹立明. 遗传算法——理论、应用与软件实现. 西安: 西安交通大学出版社, 2002(1)
- [62] 陈国良, 王煦法, 庄镇泉, 王东生. 遗传算法及其应用. 北京: 人民邮电出版社, 2001(2)
- [63] Gokeen H, Erel E. Binary Integer Formulation for Mixed-model Assembly Line Balancing Problem. Computers & Industrial Engineering, 1998, 34(2):451~ 461
- [64] Sundaresan Jayaraman. Design and Development of an Architecture for Computer Integrated Manufacturing in the Apparel Industry. Textile Research Journal, 1990, 60(5, 6):247~ 254, 351~360
- [65] T.C.Somers Coeksands, C Harloek. Computer-aided Simulation of Production in the Sewing Room of a Clothing Factory [J]. Text Inst, 1989, 80 NO3
- [66] 黄泽森, 郭红等. 有交货期限的JOB-SHOP工件装配逆序调度算法. 哈尔滨理工大学学报, 1999(10):1~5
- [67] 张长水, 沈刚, 阎平凡. 解Job-Shop调度问题的遗传算法. 电子学报, 1995(7):1~5
- [68] 杨晓华, 陆桂花等. 自适应基因算法在环境优化问题中的应用. 河南大学学报, 2002, 30(2):39~41
- [69] 杨世锡, 吴昭同, 严拱标. 适应并行遗传算法及其应用研究[J]. 工程设计, 1999(2):21~ 24
- [70] 张红军, 武振业. 整组生产单元设备布置的优化研究[J]. 西安交通大学学报, 1991, 81(3):95~101
- [71] 金毅. 生产计划的模糊方法与应用. 西安: 陕西人民出版社, 1997(5)
- [72] 科技工作室. Access2007数据库应用. 北京: 清华大学出版社, 2008(1)

攻读学位期间的研究成果

1. 王蓓, 陈素英. 定制生产中推版技术的应用[J]. 制衣业世界, 2008(4)
2. 王蓓, 陈素英. 有机棉在中国的发展前景探讨[J]. 山东纺织科技, 2008(6)

致谢

女装流水线的优化设计与仿真系统研究的课题是在我的导师陈素英副教授的悉心指导下完成的。从论文的选题、开题报告的成文、论文资料的提供，到论文的写作、修改以及最终的定稿，无不凝聚着她的心血。她不仅在学习上对我严格要求、精心培养，而且在生活上也给予了我无微不至的关怀与爱护。导师渊博的学识、谦虚和善、平易近人的学者风范和对事业的孜孜不倦的追求使我受益匪浅，是我终身效行的榜样。值此论文完成之际，谨向恩师致以崇高的敬意和由衷的感谢！

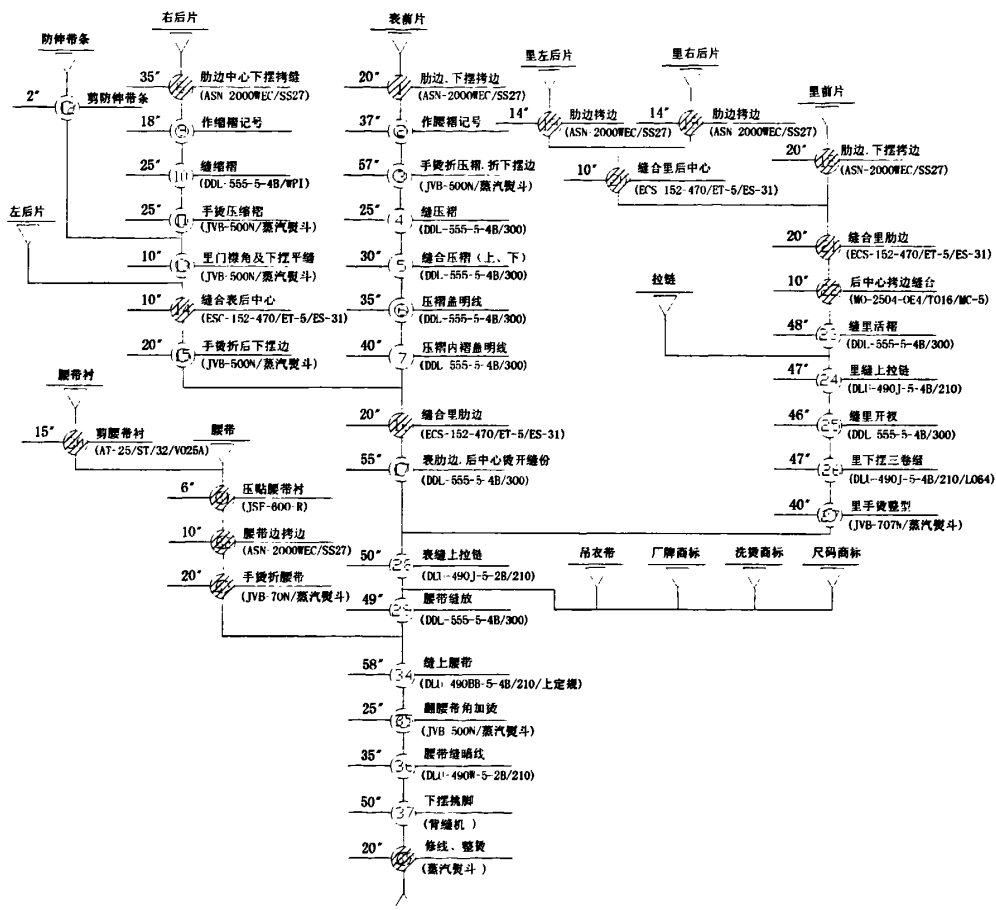
论文的完成还归功于青岛大学服装学科其他各位老师平时的教导，他们使我在服装专业上受益匪浅，并且对平时的学习和生活也都给与了极大的关怀。感谢我的朋友柳峰和史萌萌，在论文的编程方面给予了我极大的帮助、建议和鼓励，从他们身上，我也学到了许多不同思考问题的方法。

最后，感谢我的家人，他们默默无闻的奉献让我能潜心研究，专心写作。他们是最坚强的后盾，在我遇到困难的时候给我信心帮我走出困境，感谢他们无微不至的关怀和照顾。

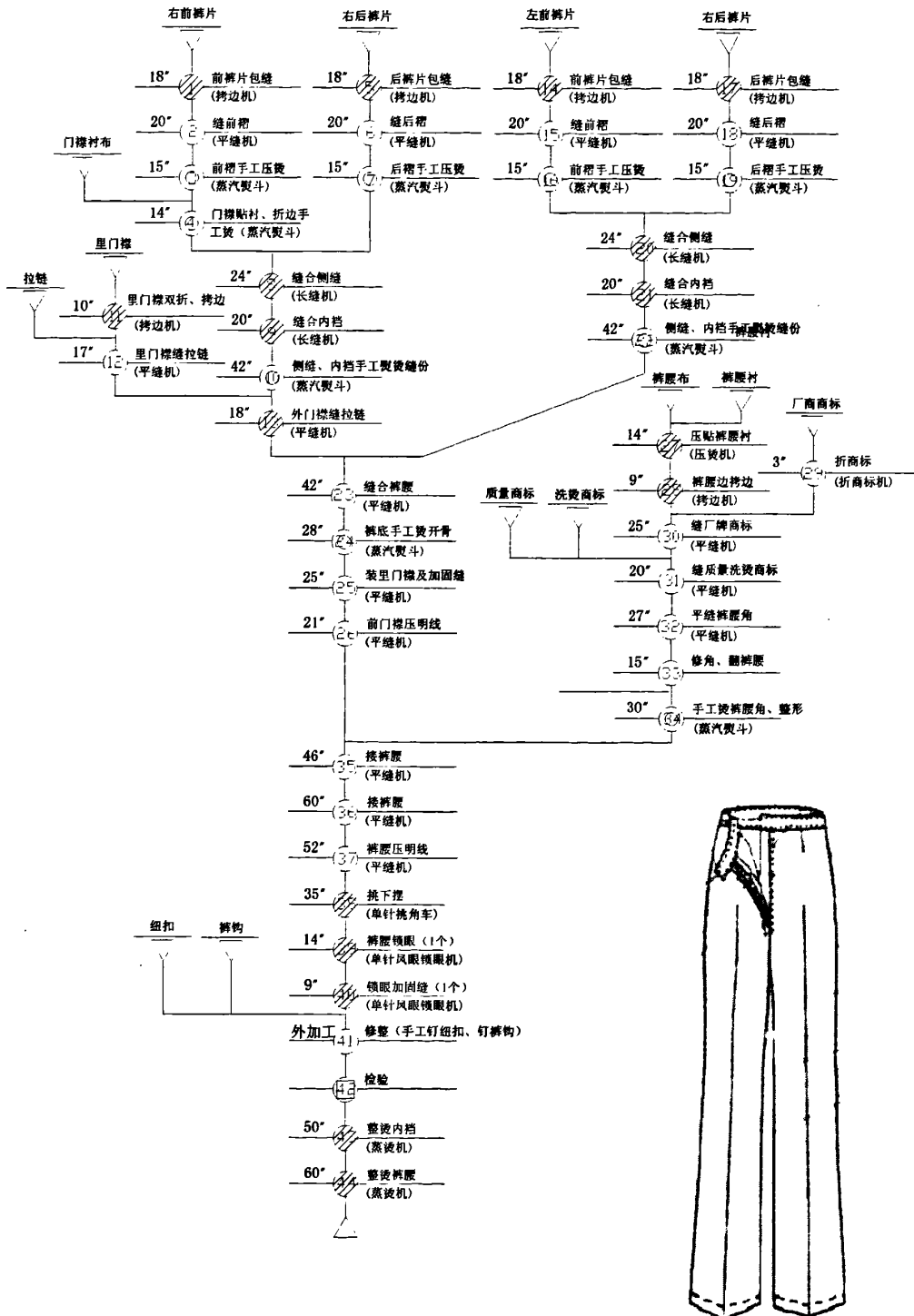
附录

1. 相关工序流程图

(1) 裙子工序流程图



(2) 长裤工序流程图



2. 遗传算法部分源程序

```

#include "stdlib.h"
#include "ga_fun.h"
#include "iostream.h"
#include "string.h"
#include <math.h>
#include <stdio.h>

void mutation(int *child);
int chromsize;
int fenzhishu;
int **fenzhi;
int *fzgx;
int popsize;
int maxgen;
float pc1;
float pc2;
float pm1;
float pm2;
struct gongxu_t *gongxu;
struct individual *pop;
struct individual *oldpop;
struct individual *newpop;
struct individual bestfit;
int whole_time;           // 总工序时间
struct jiepai_tag jiepai; // 最小节拍
double C_Max;
int min_work_place;
float cop;                 // 交叉概率
float mp;                  // 变异概率
*****

*           重组染色体
*****

*/

void chongzu(struct individual *pop)
{
    int i, j, k, count, m;
    int time, gxtime, lasttime;

```

```

int wpcount, mbcount;
int mark;
mark = 0;
wpcount = 0;
mbcount= 0;
count = 0;
for(m=0; m<popsiz; m++)
{
    for(k=0; k<fenzhishu; k++)
    {
        count = 0; // Added by mms.
        for(i=0; i<chromsize; i++)
        {
            for(j=0; j<fzgx[s[k]; j++)
            {
                if(pop[m].chrom[i] == fenzhi[k][j])
                {
                    pop[m].chrom[i] = fenzhi[k][count];
                    count += 1;
                    break;
                }
            }
        }
    }
}
// 将重组后的工序分配到指定的工作地
for(i=0; i<popsiz; i++)
{
    memset(pop[i].time, 0, sizeof(int)*WORK_PLACE);
    memset(pop[i].work, 0, sizeof(int)*WORK_PLACE*MAX_GONGXU);
    memset(pop[i].chaifen, 0, sizeof(chaifen_t)*WORK_PLACE);
}
count = 0;
for(m=0; m<popsiz; m++)
{
*****

*           选择, 交叉, 变异

*****

```

```

*/
double pmutation;
void generation()
{
    int mate1, mate2, j=0;
    statistics(oldpop);
    // 选择, 交叉, 变异
    do
    {
        mate1 = select();
        temp_mate1 = mate1;
        mate2 = select();
        temp_mate2 = mate2;
        crossover(oldpop[mate1].chrom,    oldpop[mate2].chrom,    newpop[j].chrom,
newpop[j+1].chrom);
        mutation(newpop[j].chrom);
        j = j + 2;
    }
    while(j < (popsize - 1));
}
/*
*****
*                变异操作
*****
*/
int nmutation = 0;
void mutation(int *child)
{
    int mutatetimepoint1, mutatetimepoint2, temp, mutate, i;
    if(flip(mp))
    {
        mutatetimepoint1 = randval(chromsize - 1);    // 确定倒置变异法的两个变异点
        mutatetimepoint2 = randval(chromsize - 1);
        if(mutatetimepoint1 > mutatetimepoint2)        // 使 mutatetimepoint1 < mutatetimepoint2
        {
            temp = mutatetimepoint1;
            mutatetimepoint1 = mutatetimepoint2;

```

```

        mutatepoint2 = temp;
    }
    mutate = (mutatepoint2 - mutatepoint1 + 1) / 2;
    for(i=0; i<mutate; i++)          // 将 child[mutatepoint2] 到
child[mutatepoint1]的基因倒置
    {
        temp = child[mutatepoint1 + i];
        child[mutatepoint1 + i] = child[mutatepoint2 - i];
        child[mutatepoint2 - i] = temp;
    }
    nmutation++;
}
}
void initialize() //遗传算法初始化操作
{
    int i;
    initdata();
    initmalloc();
    randomize();
    nmutation = 0;
    ncross = 0;
    bestfit.fitness = 0.0;
    bestfit.generation = 0;
    //初始化种群
    initpop();
    whole_time = 0;
    for(i=0; i<chromsize; i++)
    {
        whole_time += gongxu[i].time;
    }
    jiepai.jiepai = (int)(whole_time/min_work_place);
    jiepai.min_jiepai = (int)jiepai.jiepai*(1-0.05);
    jiepai.max_jiepai = (int)jiepai.jiepai*(1+0.05);
    chongzu(oldpop);
    fit(oldpop);
}

```