

烟草柔性制丝线排产算法的研究与应用

徐永虎 (安徽中烟工业有限责任公司合肥卷烟厂质量技术科, 安徽合肥 230601)

摘要 提出利用不同的排产调度方法与技术有机地集成来解决烟草行业的排产问题。以某卷烟制造企业作为研究和应用背景,对烟草排产中的工艺流程和约束规则进行分析,构建制丝车间排产双层架构模型,运用双向排产调度技术与产品优化组合技术,将排产中的约束规则嵌入到算法设计过程中,给出算法设计方案,并通过实例说明此算法能够很好地适应企业制丝线排产的需要。

关键词 烟草加工;柔性;生产调度;智能排产

中图分类号 TS452+.3 **文献标识码** A **文章编号** 0517-6611(2017)07-0081-02

Research and Application of Scheduling Algorithm on Tobacco Flexible Processing Line

XU Yong-hu (Quality Technology Section, Hefei Cigarette Factory of Anhui Tobacco Industry Co., Ltd., Hefei, Anhui 230601)

Abstract Rational integration of different scheduling methods and techniques for solving the scheduling problems of the tobacco industry was put forward. Taking a cigarette manufacturing company as the research and application background, the manufacturing and constraint rules during the scheduling process were analyzed to construct the double scheduling architecture in the silk shop. The scheduling of the constraint rules were embedded in the algorithm design process using the two-way scheduling dispatch technology as well as the product optimization and combination technology, giving the final algorithm design scheme. In addition, the practical application cases were used to show the proposed algorithm is suitable enough for adapting the entrepreneurship thread scheduling.

Key words Tobacco processing; Flexibility; Production scheduling; Smart scheduling

排产调度是制造系统的基础,排产调度技术对提高企业生产管理水平、节省成本、改进服务质量、提高企业竞争力以及获得更高的经济收益有着十分重要的意义。卷烟企业作为混合流程行业(卷包车间为离散型,制丝车间为流程型)的典型代表,其生产特点决定了其生产过程具有非线性、随机性、不确定性等多种特性,因而其排产调度问题在数学上呈现高度耦合性。随着卷烟企业自动化水平的提升,很多企业都应用了智能化排产技术软件,为实际生产提供计划安排与指导。目前的排产技术软件算法主要分为2类:一是利用仿真的手段,对几种排产策略进行仿真,由生产调度人工选择最优的排产策略^[1-2];二是基于现代图论的思想,对卷烟生产线的工艺流程进行抽象建模,从而进行优化调度^[3-4]。但随着“分组加工”特色工艺的广泛应用以及订单化生产的要求,柔性的加工线路使得生产调度非常复杂。上述算法不能满足灵活多变的排产目标以及车间实时排产调度的需要,造成实际的生产调度计划仍是靠人工凭经验完成。有限的人力难以保证协调和平衡的准确性,从而影响了卷烟生产线的生产率,同时不利于企业生产成本的控制,因此迫切需要对

烟草企业柔性制丝线排产调度问题进行深入研究。

笔者提出了烟草柔性制丝线排产算法的新思路,即通过双向排产调度技术与产品优化组合技术的有机结合,将排产中的约束规则嵌入到算法设计过程中,通过混合算法的应用实现柔性制丝线的自动化排产,从而实现生产线的均衡加工与连续化生产,有效控制了生产成本。

1 制丝生产过程概述

1.1 制丝加工过程简介 以某烟草企业为例,其中制丝车间主要由2条叶片处理线、3条叶丝干燥线和1条加香线组成。2条叶片处理线设备采用同质化配置,烟叶原料经松散回潮、加料润叶后进入贮叶柜;3条叶丝干燥线分别配置低、中、高3种不同强度干燥设备,干燥后叶丝经混配后进入混掺柜,烟丝加香后进入箱式贮丝库存贮待用。整个制丝车间的加工过程具备很高的柔性,2条叶片处理线可同时满足2个叶组模块的并行生产,通过顺序加工可实现多模块生产需求;叶丝干燥线可实现双规格并行生产模式。加工单元柔性连接,贮丝采用箱贮形式,提高了制丝和卷接包生产的柔性。其工艺流程如图1所示。

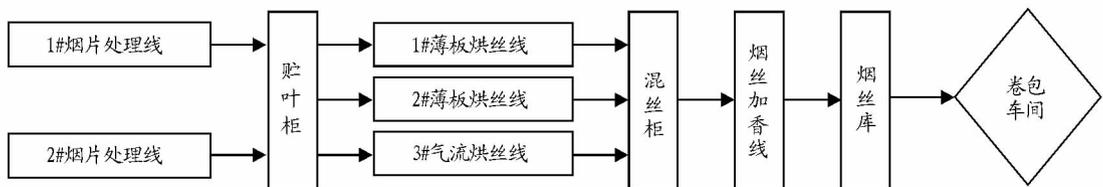


图1 叶丝生产工艺流程

Fig. 1 Process flow of leaf silk production

1.2 排产规则与约束条件 烟草的加工过程与一般的机械产品加工过程不同。在烟草的生产过程中,由于其特殊工艺的需求,生产过程存在着许多规则与约束条件,这些规则与

约束有的必须遵循,有的尽量满足,在进行生产调度时,必须予以考虑。

烟丝存贮能力约束:所有牌名的烟丝库存总量不能超过整个箱式贮丝库的存储能力。**牌名加工优先级约束:**当生产线从生产一种规格的产品切换到生产另一种规格的产品时,切换成本取决于切换的顺序,从高规格的产品切换到低规格

作者简介 徐永虎(1975—),男,安徽合肥人,工程师,硕士,从事卷烟生产控制、工艺质量管理研究。

收稿日期 2017-02-06

的产品时切换成本最低。设备加工能力约束:在工艺段生产设备的仿真模型中,每个生产设备都有一个额定加工能力,其日加工能力应当满足工艺段的工作时间。并行生产线均衡生产约束:对于并行生产线,应使其加工时间保持同步,以减少能源消耗。缓存能力约束:各工序各时段内在制品缓存能力不能超过库存能力限制。缓存时间约束:在制品缓存时间不能超过库存时间限制。工艺加工路径约束:对某些产品指定加工设备与路径。先进先出(FIFO)原则。

2 算法模型设计

2.1 排产建模

烟草制丝线生产加工过程具有复杂性、柔性程度高等特点,属于间隙化批处理加工过程范畴。生产过程中离散决策变量和连续决策变量同时存在,系统内既包括连续过程变量,如物流流的连续变化;也包括离散过程变量,如生产方案的切换、随机事件的引入等,所以生产加工过程本质上是一个混杂动态系统。其排产调度算法问题因存在众多的约束,成为非常难解的非确定性问题。

柔性制丝线排产算法选用包含数学规划、遗传算法、神经网络算法及启发式规则算法的混合式优化算法^[5-8]。算法模型设计为双层架构,上层是由数学规划算法为主体的调度优化模型,嵌套入部分神经网络算法;下层是遗传算法为主体的仿真模拟模型,嵌套入部分启发式规则。其模型架构如图2所示。

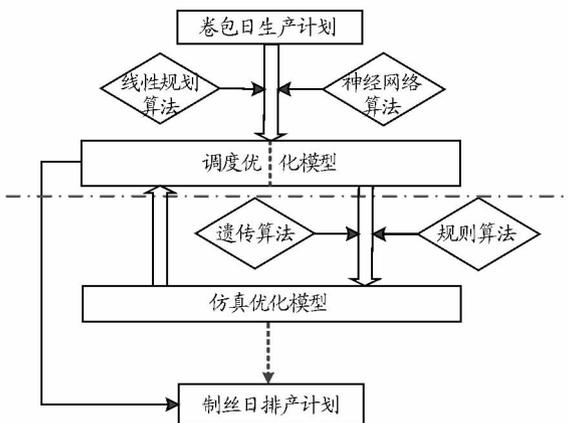


图2 算法模型架构图

Fig. 2 Algorithm model architecture

上层优化模型主要对调度周期内较宏观的生产策略进行决策,如生产牌名的集合、批次数量、牌名加工顺序等。优化模型控制的目的是在满足生产条件、原料供应及产品规格要求与数量需求约束条件下降低生产过程的成本,上层模型并不刻画批次产品在生产线上的加工细节,如分组模块在并行生产线的分布、物料进出贮柜等。其算法中嵌入部分神经网络算法,通过阈值激活函数执行产品优化组合生产策略,实现同牌名的连续化集约生产。下层的仿真模拟系统根据启发式规则和各类约束条件通过遗传算法寻优来进行详细的产品加工方案规划,如各模块在生产线的分布及先后加工顺序等。下层系统的产品加工方案规划将会反馈到上层系统中,优化模型将根据新的信息重新计算并将结果传递到下

层系统,最终迭代结束后系统得出了加工执行方案。

2.2 算法描述

制丝线排产设计以满足卷包车间连续生产为首要目标,根据卷包车间机台工单、成品烟丝库存情况,确定制丝批次作业需求计划。同时需要重点关注批次的执行顺序,只有顺序合理,才能保证卷接包生产的连续性,保证设备有效作业率的提高。在柔性制丝线排产算法设计过程中,“拉动”与“推动”2种方式并行:根据市场订单需求拉动卷包作业计划,卷包作业计划拉动形成烟丝库需求计划,经动态的库存量算法设计拉动得出具体制丝作业需求计划集;制丝线作业计划采用“推动”的方式进行自动排产,遵循制造资源动态重构、设备能力均衡等原则,按照生产工艺顺序进行统筹优化组合。自动排产算法的流程步骤如下:

2.2.1 环境数据信息准备。

读取并存储有关的环境数据信息,包括设备、物料、时间、策略等相关场景数据,制丝和卷包排程周期对应的工作日等排产参数设置信息。读入当日制丝线初始状态空间,包括制丝线储叶柜、混掺柜、烟丝库当前容量、工艺段-柜对应关系、牌号-制丝线对应关系等。

2.2.2 制丝作业需求计划排程。

首先,对卷包分组进度计划进行计算,从而得出烟丝日需求计划(P_i),定义 $P=(V,K,N)$,其中 V 为卷接机日产能, K 为万支耗丝率, N 为开台数。从排产时刻开始,经过 T 时刻到库存烟丝消耗完毕,则有:

$$\int_{T_0}^{T_0+T} K(t) dt = Q_0$$

式中, Q_0 为烟丝库存量,从而对库存维持时间 T 进行排序,按照库存维持时间越短,优先级越高进行优先排产。

其次,对产品牌名组合进行优化。定义产品优化组合函数 $C(t)=\psi[\theta(t)]$,判断 t 时刻各牌名的当前实际烟丝库存量 Q_k ,当有牌名的当前实际烟丝库存量 Q_i 达到阈值 θ_i 后,对生产牌名进行合并优化组合。

最后,确定作业需求计划集合。设定各牌名的烟丝库常规存量 Q_i ,通过松弛变量(Q_{in} 、 Q_{id})来软化牌名存量的刚性限制。定义 $H_i(t)=[Q_{in}(t) Q_{id}(t)]$,系统根据 $H_i(t)$ 以及当前实际烟丝库存量 Q_k ,得出制丝线作业需求计划的集合 R , $R=(p,n)$,其中 p 为生产牌名, n 为批次数量。

2.2.3 制丝作业计划排程。

系统采用推动的方式按照片烟处理段-叶丝干燥段-加香段的顺序进行自动排产。首先读取制丝线作业需求计划的集合 R ,运用牌名切换成本、资源成组、均衡生产、工时约束等规则进行排产,从而得出片烟处理段排产计划集 $\Sigma Y_1(p,n)$;其次,读取片烟处理段排产计划集 $\Sigma Y_1(p,n)$,调用工艺路径约束、并行生产线效率约束、工时约束、FIFO等原则进行排产,从而得出叶丝干燥段排产计划集 $\Sigma Y_2(p,n)$;三是读取叶丝干燥段排产计划集 $\Sigma Y_2(p,n)$,按照工时约束、FIFO等原则进行排产,从而得出加香段排产计划集 $\Sigma Y_3(p,n)$ 。最后根据生产成本极小化原则进行寻优,若不满足目标则进行迭代重排,最终得出制丝线日作业计划 $Y_1(p,n)$ 、 $Y_2(p,n)$ 、 $Y_3(p,n)$ 。

3 应用举例

以卷烟厂某天的卷包生产计划为例,柔性制丝线为2条
(下转第152页)



图5 废弃金属“减法”

Fig. 5 Discarded metals trainpose

等用金属网外包固定制成石笼、填料笼,攀爬常春藤,形成能分割空间的绿化吸附墙,绵延的绿色生态墙,高效处理了场地的垃圾,传达了先进的景观设计理念。

3 结语

景观设计“加减法”的运用可以将历史印记、人文氛围与艺术化空间交互融合,在同一个项目中,既可以“加”,也可以“减”,实现古人所推崇的“天人合一”。巧妙创意设计手法不仅能吸引人们的视线,还可以引导公众建立环境保护和节约资源的意识。同时,原有资源大量再利用,大幅减少材料采购成本和废弃物运输成本,加快精品城市建设的推进^[6]。

景观设计“加减法”的产物以包容、简化而自由的形式更易于承载地域文化,营造意境美,以简洁的方式赋予场地文化内涵,营造舒适、特色的城市开放空间,使人们能够在改造

后的场地中激发灵感和想象力。正如马克·约翰逊(Mark·Johnson)所说:“一种包含文化多样和自然的‘偶然事件’的美能够传达给公众人类现状的实质,存在于每个人而不是设计者心中的法则的价值和意义,是想像整理的平台和力量的源泉。”

参考文献

- [1] FUKAHORI K, KUBOTA Y. The role of design elements on the cost-effectiveness of streetscape improvement[J]. Landscape and urban planning, 2003, 63(2): 75-91.
- [2] 乔治·F·汤普森,费雷德里克·R·斯坦纳. 生态规划设计[M]. 北京:中国林业出版社,2008.
- [3] 朱育帆. 文化传承与“三置论”:尊重传统面向未来的风景园林设计方法论[J]. 中国园林, 2007, 23(11): 33-40.
- [4] MELBY P, CATHCART T. 可持续性景观设计技术:景观设计实际运用[M]. 张颖,李勇,译. 北京:机械工业出版社,2005.
- [5] 景观中国[EB/OL]. [2016-10-11]. <http://www.landscape.cn>.
- [6] 李建伟. 景观统筹与可持续性景观设计[J]. 园林, 2015(4): 38-41.

(上接第82页)

并行烟片处理线、3条并行叶丝干燥线(2条薄板干燥线、1条气流干燥线)和1条烟丝加香线,其中牌名B、C、D均为分组产品。其排产运行过程如下:牌名A计划生产360箱;牌名B计划生产720箱;牌名C计划生产540箱;牌名D计划生产450箱。

系统首先计算出各牌名的日烟丝需求量;其次对各牌名的当前实际烟丝库存量进行判断,发现D牌名的当前实际烟丝库存量达到阈值 θ_d ,本日生产牌名为A、B、C;最后结合动态的烟丝库存量算法得出制丝线作业需求计划的集合 R , $R = [(A, 2-3) (B, 5-6) (C, 3-4)]$ 。需求计划确定后程序自动运行分别得出各段的排产计划集,按照生产成本极小化原则调用目标函数 F 进行寻优,从而得出具体的制丝线日作业计划:1[#]片烟处理线为 $A1B_6C_3$, 2[#]片烟处理线为 $A1B_6C_3$, 1[#]薄板干燥线为 $A2B_1C_1$, 2[#]薄板干燥线为 B_6C_3 , 3[#]气流干燥线为 B_6C_3 , 烟丝加香线为 $A1B2A1B4C3$ 。

实际运行结果表明,所有批次均在需求时间内完成,既满足了卷包生产需求,同时又减少了换牌次数,生产线运行高效低耗,排产算法具有良好的可行性。

4 结语

烟草企业柔性制丝线的自动排产是一个难点。该研究采用混合算法进行调度排产研究与实践,解决了一些单一技术方式的缺陷,实现了排产的智能化、排产结果的高效化与生产成本的节约化,为今后深入研究制丝线排产系统提供了新的思路。

参考文献

- [1] 郭劲添. 汽车混流装配线的排产优化与仿真[D]. 武汉:武汉理工大学, 2008.
- [2] 孙洁香. 基于仿真的面向烟草行业制丝排产方法研究与实现[D]. 北京:机械科学研究总院, 2009.
- [3] 陈志刚, 孙书情. 卷烟厂制丝线自动排产系统设计[J]. 机械工程师, 2009(11): 105-107.
- [4] 李涛, 管仲, 马路. 卷烟制丝生产的柔性制造初探[J]. 烟草科技, 2006(12): 20-23.
- [5] 金剑, 金钊, 祁跃东. 卷烟生产计划排产模型建立与优化[J]. 计算机工程与应用, 2013, 49(18): 253-259.
- [6] HU J. MES in the cigarette industry in the production process and quality control of application and analysis [D]. Nanjing: Nanjing University of Science and Technology, 2004.
- [7] ZORYK-SCHALLA A J, FRANSOO J C, KOK T D, et al. Modeling the planning process in advanced planning systems [J]. Information & management, 2004, 42(2): 75-87.
- [8] PAM F C, SHI H B, SONG H. Scheduling Algorithm Research on Processing Line of Cigarette Plant [C]// International Conference on Future Computers in Education (ICFCE 2011). Sham Shui Po: Int Industrial Electronic Center, 2011.