

卷烟生产线柔性优化调度模型研究*

刘永梅¹ 陈庄² 崔贯勋² 何昭全³

(重庆工学院现代技术教育中心 重庆400050)¹ (重庆工学院)² (重庆烟草工业有限责任公司)³

Study on the Flexible Optimization Schedule Models of Cigarette Producing Line

LIU Yong-Mei¹ CHEN Zhuang² CUI Guan-Xun² HE Zao-Quan³

(Model Education Technology Center, Chongqing Institute of Technology, Chongqing 400050)¹

(Computer Institute, Chongqing Institute of Technology, Chongqing 400050)²

(Chongqing Tobacco Industry Liability Corp., Ltd., Chongqing 400060)³

Abstract Through analyzing technological process of cigarette producing line and utilizing the basic idea of modern graph theory, the connected network system based on continuous material flow is drawn from cigarette producing line. The thought of flexible optimization schedule is proposed and the optimization schedule models of cigarette producing line are created. Then their visualized example is given. These optimization schedule models have already been used for actual cigarette producing schedule and they have direction meaning for instructing manager at producing ground to carry on optimization schedule.

Keywords Cigarette producing line, Technological process, Flexible, Optimization schedule models

1 引言

卷烟生产线是卷烟厂的主要生产线,其生产效率和产品质量直接影响卷烟厂的经济和社会效益。卷烟生产线主要由投料、真空回潮、加辅料、储叶、切叶、烘丝、储丝、卷接包(卷

烟、接过嘴、包装)等工序组成,且各工序间的生产节奏均匀,各工序上的物料流动是连续的、单向的且无循环环节,所以,卷烟生产线实质上又是一个典型的生产流程连续的流程型工业系统。

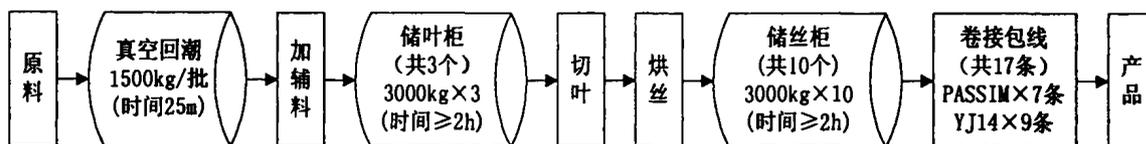


图1 卷烟生产线工艺流程图

图1为重庆烟草工业有限责任公司下属某卷烟厂的卷烟生产线工艺流程简图。图中,“真空回潮”工序的含义为:该生产线的批量为1500kg,真空回潮的时间为25m;“储叶柜”工序的含义为:该生产线上共有3个储叶柜,每一个柜的储叶量为3000kg,每一批烟叶在柜中的储存时间不小于2h;“储丝柜”工序的含义与“储叶柜”类同;“卷接包”工序的含义为:该生产线上共有17条“卷接包”子生产线,其中7条为PASSIM子生产线,9条为YJ14子生产线。

长期以来,由于对卷烟生产线的模型,特别是对其优化调度模型,缺乏系统深入的研究,因而卷烟生产现场管理人员在进行生产调度时,便没有“优化调度”的思想,而是单凭经验来进行生产调度,造成生产线上各工序间物料流动不均衡,甚至造成物料流动“堵塞”现象。这不仅使生产线上有关设备处于待机或停机状态,降低了设备的利用率,而且也影响了产品的质量和卷烟生产线的生产率。因此,深入系统研究卷烟生产线优化调度模型十分必要。

2 卷烟生产线柔性优化调度的内涵

利用现代图论的基本思想,先将卷烟生产线的工艺流程

抽象成基于连续物料流的连通网络系统,再以此提出柔性优化调度的概念。

2.1 基于卷烟生产线的连续物流连通网络系统

根据图1所示的卷烟生产线的工艺流程知,卷烟生产线是一个典型的流程工业(或过程工业)系统,系统中的物料流均为连续的单向流动、无循环环节。因此,可以把整个卷烟生产线抽象成为一个基于连续物料流的连通网络系统 $N=(V, E, C, L)$,如图2所示。图中, $G=(V, E)$ 为无重边和自回路的有向图; $V=\{V_0, V_1, V_2, V_3, V_4\}$ 代表从开始投料到最终产品过程中的主要生产状态(环节),其中, V_0 代表原材料投放, V_1 代表真空回潮, V_2 代表储叶柜, V_3 代表储丝柜, V_4 代表最终产品; C_{ij} ($i=0, 1, 2, 3; j=1, 2, \dots, 16$) 为 $V_i \rightarrow V_{i+1}$ 状态的有关弧上的容量,即通过该弧的最大流量; L_{ij} ($i=0, 1, 2, 3; j=1, 2, \dots, 16$) 为 $V_i \rightarrow V_{i+1}$ 状态的提前期,即单位物料(或物料质点)从 V_i 状态出发,到达 V_{i+1} 状态时所需要的时间。

根据图2,可将卷烟生产线划分为四个生产过程,即:

卷烟生产线=生产过程1+生产过程2+生产过程3+生产过程4

*重庆市应用基础研究项目(合同号为7312)。刘永梅 讲师,研究领域为生产过程管理、机电一体化系统。

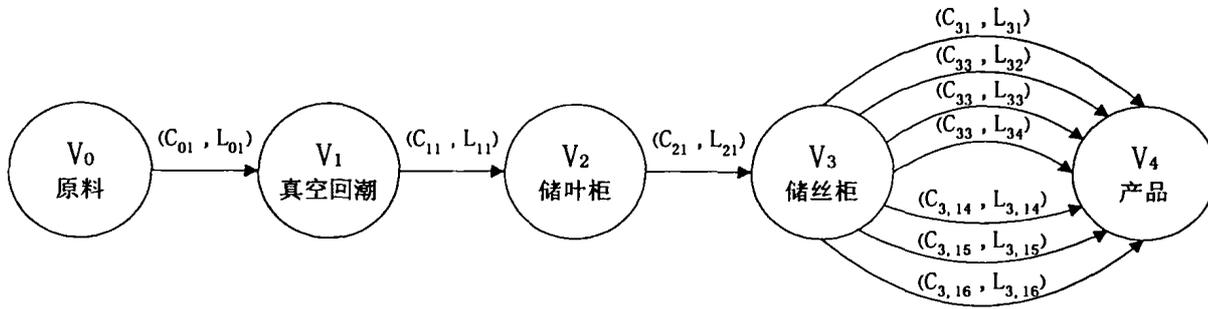


图2 基于卷烟生产线的连续物流连通网络系统图

其中,生产过程1为“V₀→V₁”过程,即“投料→真空回潮出料”过程;生产过程2为“V₁→V₂”过程,即“真空回潮出料→加辅料→储叶柜”过程;生产过程3为“V₂→V₃”过程,即“储叶柜→切叶→烘丝→烘丝储丝柜”过程;生产过程3为“V₃→V₄”过程,即“储丝柜→卷接包子生产线→产品”过程。

2.2 卷烟生产线柔性优化调度的内涵

1. 卷烟生产线的柔性调度思想 “柔性调度”是相对于“刚性调度”而言的。所谓“刚性调度”是指“在生产一定产品并进行生产调度时,某一个或几个储丝柜固定与某一条或几条卷接包生产线相连”;而“柔性调度”则是指“在生产一定产品并进行生产调度时,每一个储丝柜可以与任意一条卷接包生产线相连”。

因此,“柔性调度”与“刚性调度”在卷烟生产线的生产过程1~生产过程3的调度原理相同,其区别在于生产过程4上。“柔性调度”的硬件实现是通过工业控制计算机和相关的工业自动化仪表完成的。目前,我国许多卷烟厂(如云南红塔集团、云南昆明卷烟厂等)的卷烟生产线大都是用刚性调度模式实现生产调度的。

2. 卷烟生产线柔性优化调度的内涵 是指基于生产线上处于“优化生产状态”下,利用柔性调度的思想实现优化调度。其中,“优化生产状态”是指:生产设备完好(如16条卷接包生产线均能够投入使用)、生产节奏均匀、生产流程连续的这种正常生产状态;柔性优化调度的优化目标是“时间”,即在生产一定量产品时,通过实施柔性优化调度,使其在整个生产线上的时间最短。

3 卷烟生产线柔性优化调度模型分析

按照卷烟生产线柔性优化调度的内涵,以下分别对卷烟生产线的四个生产过程的柔性优化调度模型进行分析。

3.1 生产过程1(V₀~V₁)模型分析

从“投料(真空回潮出料)”过程均为“手动”操作,每批物料M在生产过程1中花费的最小时间T₀₁(M)为:

$$T_{01}(M) = L_{01} \quad (1)$$

式(1)中,L₀₁包括投料时间、真空回潮时间和出料时间。

3.2 生产过程2(V₁~V₂)模型分析

设M₁真空回潮后的出料量,则根据生产工艺可知,这些物料全部到达储叶柜所需的最小时间T₁₁(M₁)为:

$$T_{11}(M_1) = L_{11} + M_1/C_{11} \quad (2)$$

3.3 生产过程3(V₂~V₃)模型分析

设M₂为储叶柜储存的物料量,则根据生产工艺可知,这些物料全部离开储叶柜和全部到达储丝柜所需的最小时间T₂₀(M₂)、T₂₁(M₂)分别是:

$$T_{20}(M_2) = M_2/C_{21} \quad (3)$$

$$T_{21}(M_2) = L_{21} + M_2/C_{21} \quad (4)$$

3.4 生产过程4(V₃~V₄)模型分析

1. 模型的建立 考虑到生产过程4上共有16条从储丝柜→卷接包生产线→产品的物流路径,为此,用P₁,P₂,P₃,...,P₁₆分别代表这16条物流路径,其中P_i(i=1~7)分别表示7条PASSIM机的卷接包线,而P_i(i=8~16)则分别表示9条Y14机的卷接包线。

设M₃为储丝柜储存的物料量,并假设这些物料被分配到16条物流路径的物料量用16维向量:

$$X = (x_1, x_2, x_3, \dots, x_{16}) \quad (5)$$

表示,其中x_i(i=1~16)为从路径P_i(i=1~16)上通过的物料量,则有:

$$M_3 = \sum_{i=1}^{16} x_i \quad (6)$$

用R(M₃)表示对应于物料量M₃被分配到16条物流路径的所有“分配策略的集合”,则对于所有的x∈R(M₃),全部物料从储丝柜→卷接包线→产品所经历的时间为:

$$T_3(X) = \max_{1 \leq j \leq 16} \{L_{3j} + x_j/C_{3j}\} \quad (7)$$

因此,生产过程4的数学模型,实质上就是:对于任意的储丝柜储存的物料量M₃,寻求最优分配(或最优调度)策略X*=(x₁^{*}, x₂^{*}, x₃^{*}, ..., x₁₆^{*})∈R(M₃),使得全部物料从“储丝柜→卷接包线→产品”所经历的时间T₃₁(M₃)最短,即

$$T_{31}(M_3) = T_3(X^*) = \min_{x \in R(M_3)} \{T_3(X)\} = \min_{x \in R(M_3)} \max_{1 \leq j \leq 16} \{L_{3j} + x_j/C_{3j}\} \quad (8)$$

其中,x_i^{*}(i=1~16)为最优分配给路径P_i(i=1~16)的物料量。

2. 模型的求解方法 经研究表明,对于任意给定的物料量M₃,并不是所有路径都要分配物料,才使得全部物料从“储丝柜→卷接包生产线→产品”所经历的时间最短。

依照前述的分析,得到下述重要定理:

定理1 设K为分配到P₁,P₂,P₃,...,P₁₆等16条物流路径的物料量向量X=(x₁, x₂, x₃, ..., x₁₆)中的所有非零分量的最大下标,则X=(x₁, x₂, x₃, ..., x₁₆)为对应于物料量M₃的最优分配策略的充要条件是:

$$(1) \bar{k} \text{ 必为满足 } \sum_{i=1}^{\bar{k}} C_{3i} \times (L_{3i} - L_{3\bar{k}}) < M_3 \quad (9)$$

的最大k值。

$$(2) \text{ 各分量的取值为: } x_i = \begin{cases} C_{3i} \times (T_{31}(M_3) - L_{3i}), & 1 \leq i \leq \bar{k} \\ 0, & \bar{k} < i \leq 16 \end{cases} \quad (10)$$

其中,T₃₁(M₃)为全部物料从储丝柜→卷接包线→产品所经历的最短时间,其值为

$$T_{31}(M_3) = (M_3 + \sum_{i=1}^k C_{3i} \times L_{3i}) / \sum_{i=1}^k C_{3i} \quad (11)$$

定理的证明, 参见文[2,3], 此略。

根据该定理, 当储丝柜物料量 M_3 给定时, 依次运用式(9)、(10)、(11), 即可求得这些物料从“储丝柜→卷接包线→产品”所经历的最短时间。

4 卷烟生产线柔性优化调度模型的实际算例

以下以重庆烟草工业有限责任公司下属的涪陵卷烟厂为背景, 给出实际算例。

1. 获得卷烟生产线工艺参数值 通过对该厂卷烟生产线现场考察和分析, 得到有关工艺参数值如下:

- $L_{01} = 35(\text{m}); L_{11} = 20(\text{m});$
- $L_{21} = 25(\text{m}); L_{3i} = 15(\text{m}) (i=1\sim7);$
- $L_{3i} = 20(\text{m}) (i=8\sim16);$
- $C_{01} = 1500 \times i (i=1, 2, 3, \dots);$
- $C_{11} = 2250(\text{kg/h}) = 37.5(\text{kg/m})$
- $C_{21} = 3000(\text{kg/h}) = 50(\text{kg/m});$
- $C_{3i} = 7000(\text{支/m}) = 7000 \times 0.85/1000(\text{kg/m})$
 $= 5.95(\text{kg/m}) (i=1\sim7)$
- $C_{3i} = 2500(\text{支/m}) = 2000 \times 0.85/1000(\text{kg/m})$
 $= 1.7(\text{kg/m}) (i=8\sim16)$

2. 计算满足(9)式的最大 k 值 \bar{k} 分别将 $k=1, 2, 3, \dots, 16$ 代入(9)式左边, 求得相应的值, 如表1所示。

根据表1可知, 当储丝柜的物料量 $M_3 < 208(\text{kg})$ 时, $\bar{k} = 7$, 即只用7条 PASSIM 卷接线进行生产时, 所需生产时间最短; 否则, $\bar{k} = 16$, 即用16条卷接线同时生产时, 所需生产时间最短。

3. 计算生产线上各过程物料流动的最优时间 根据算式(1)、(2)、(3)、(15), 并针对不同的批量数, 得到生产线上各过程物料流动的最优时间, 如表2所示。

表1 不同的 K 值所对应的式(9)左边算式值明细表

K 值	算式值	K 值	算式值	K 值	算式值	K 值	算式值
1	0	5	0	9	208.25	13	208.25
2	0	6	0	10	208.25	14	208.25
3	0	7	0	11	208.25	15	208.25
4	0	8	208.25	12	208.25	16	208.25

表2 不同的批量物流完不同生产过程所需的最优时间表

物料量 (kg)	物流完各生产过程所需的最优时间(m)			
	生产过程1	生产过程2	生产过程3	生产过程4
1500	40	60	55	40
3000	80	100	85	69
4500	120	140	115	95
6000	160	180	145	122

结论 根据上述研究, 得出以下结论:

- (1) 根据实际卷烟生产线的生产现场情况, 分析了生产线的工艺流程;
- (2) 利用现代图论的基本思想, 将卷烟生产线的工艺流程抽象成了基于连续物流的连通网络系统, 并由此将卷烟生产线分解成4个生产过程;
- (3) 根据现场工艺和生产实际, 提出了“柔性优化调度”的概念;
- (4) 针对上述的4个生产过程和柔性优化调度的思想, 分别建立了优化调度数学模型, 并给出了实际算例。

参考文献

- 1 陈庄, 邓万先, 等. 卷烟生产线优化模型研究. 重庆工学院学报, 2000, 14(3): 1~7
- 2 Chen Y L, Chin Y H. The quickest path problem. Computers Ops Res., 1990, 17(2): 153~161
- 3 Resen J B, Sun S Z. Algorithms for the quickest path problem and enumeration of quickest paths. Computers Ops Res., 1991, 18(6): 579~584
- 4 戴建设, 王书宁, 杨小茵. 连续型多通道最速路问题研究. 自动化学报, 1995, 21(3): 274~279

(上接第157页)

属性的形成方式也同上文。

4.4 设备文件与 /proc 文件系统的访问控制规则

设备文件与 /proc 文件系统的访问控制规则由下述结构描述:

DEV	OPER	IO_PARAM	UID	CAP	EXEC	ATTR
-----	------	----------	-----	-----	------	------

各字段的含义是:

DEV: 该规则所控制的设备。

OPER: 该规则所允许的在上述设备上执行的操作映射图, 每一位表示一种操作。

IO_PARAM: 该规则所允许的在此设备上调用 ioctl() 系统调用所使用的参数 (在 OPER 字段中包含 ioctl() 操作)。

UID: 该规则所允许的访问此设备的用户标识。

CAP: 该规则所要求的访问此设备必需的 capability。

EXEC: 允许访问该设备的可执行文件 (管理命令或后台进程)。

ATTR: 规则属性字段, 其合法取值参照配置文件访问控

制规则中相应的定义。

/proc 文件系统的访问控制规则类似于配置文件, 主要的访问控制规则是特定的可执行程序访问相应的文件, 此处控制规则描述略过。

参考文献

- 1 陈家民, 于康友, 管海民, 等. 计算机的安全与保密. 电子工业出版社, 1992
- 2 A Security Policy Configuration for the Security-Enhanced Linux Stephen Smalley, NAI Labs, Timothy Fraser, NAI Labs, Feb. 2001
- 3 Forrest S, Hofmeyr S A, Somajay A. A Sense of Self for Unix Processes. In: Proc. of 1996 IEEE Symposium on Computer Security and Privacy, IEEE Press, 1996
- 4 公安部计算机管理监察司. 计算机信息系统安全技术. 北京: 群众出版社, 1998
- 5 Zhong Q. Providing secure environments for untrusted network applications-with case studies using virtual vault and trusted sendmail proxy. In: Proc. of Second IEEE International Workshop on Enterprise Security, Los Alamitos, CA, IEEE CS Press, 1997. 277~283