

RGV动态调度的故障分析方法

宋传承, 刘晓宇, 林 锐

(南京邮电大学, 江苏 南京 210023)

摘要: 文章提出一种新的RGV动态调度过程中的故障分析方法。根据故障理论, 利用常数变易法推广泊松分布公式, 确定系统故障发生的时间点、发生故障的CNC等; 然后基于自适应动态调度策略进行故障分析, 包括单序和分序物料加工两种情况, 得出分析结果: 单序和分序物料加工中3组一个班次加工完成物料总数(个)分别为350、323、353和243、178、233; 加工效率(s/个)分别为82.93、89.96、81.55和118.20、124.66、119.49。由此得出本方法适用性良好, 能够快速得到在故障扰动下的调度流程和每种情况的工作效率, 方便易用。

关键词: 故障理论; 改进泊松分布; 自适应动态调度策略

0 引言

RGV(Rail Guided Vehicle), 即轨道穿梭车, 是适用于加工工厂的调度载体。CNC(Computerized Numerical Control Machine), 即计算机数控机床, 是一种通过编程控制的自动化机床。而类似于CNC的机械在运行中又难免出现故障, 这些故障往往会使已经设定好的动态调度策略紊乱甚至中断, 因此动态调度的故障分析方法在保证生产效率方面尤为重要。

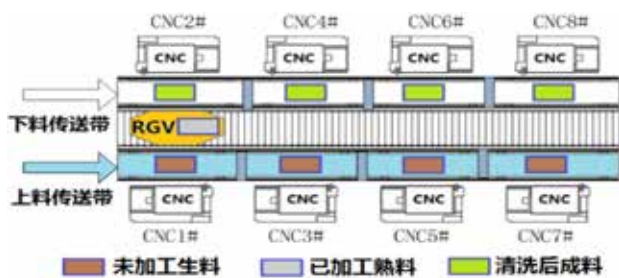


图1 RGV调度系统示意图

1 理论分析

对于一个给定的系统, 每台CNC出现故障的随机事件服从泊松分布^[2]。只要系统中的CNC台数是固定的, 故障出现的次数、时间等就可以确定, 不同的加工方式只是决定系统进入稳定周期的快慢不同。

在故障理论的研究中, 一般设备的故障率函数近似于浴盆曲线^[3]。由于CNC的在“偶发故障期”内的分布不是指数分布且故障率函数应当为时变函数, 因此有效寿命周期内随机故障事件应用非齐次泊松过程描述, 常数变易如下:

$$P(H(t)=k) = \frac{\lambda^k(t)}{k!} e^{-\lambda(t)} \quad (1)$$

$$\lambda(t) = \beta(t-t_0)/n \quad (2)$$

$$\mu' = \frac{t_z}{m-m_f} \quad (3)$$

其中: P 是事件 $H(t)$ 发生的概率; $H(t)$ 表示事件: $(0, t]$ 时间内, CNC发生故障的次数; λ 是故障率, $\lambda(t)$

是故障率函数; t_0 表示进入周期性运动的起始时刻; β 为故障率修正系数, 且 $\beta = \lambda/n$; 加工 m 个物料过程中因为CNC故障导致出现报废物料的总数是 m_f 个, 加工完成 m 个物料的总时间为 t_z 。

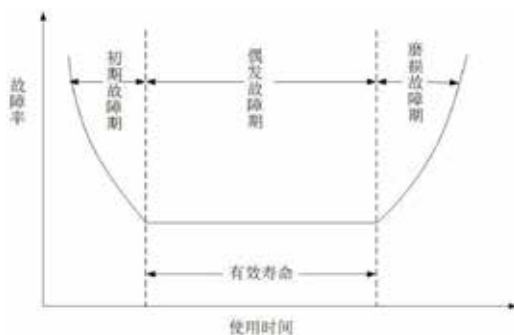


图2 一般设备的故障率函数曲线示意图

2 实现方法

2.1 确定每次出现故障的CNC数量

两台CNC同时发生故障的概率为 $p_2 = C_8^2 \times 1\% \times 1\% = 0.28\%$; 三台CNC同时发生故障的概率为 $p_3 = C_8^3 \times 1\% \times 1\% \times 1\% = 5.6\% \times 10^{-5}$ 。所以可认为事件: 两台及两台以上机器同时发生故障是不可能事件, 即每次只会有一台CNC出现故障。

2.2 确定一个班次内CNC出现故障的次数

由RGV响应算法, 一个班次(8小时)内每一组能加工完成的物料个数范围在347~375之间, 每台CNC发生故障的概率约为1%, 即一个班次中8台CNC发生故障的次数为3~4次。若 t_m 为CNC发生故障的概率最大的时刻, 那么 t_m 满足:

$$\begin{cases} \max P \\ P(H(t)=k) = \frac{\lambda^m(t)}{k!} e^{-\lambda(t)} \\ s.t. \begin{cases} \lambda(t) = \beta(t-t_0)/n \\ k \in \{1, 2, 3\} \\ t \in [0, 28800] \end{cases} \end{cases} \quad (4)$$

作者简介: 宋传承(1999-), 男, 汉族, 山东邹城人, 南京邮电大学本科在读, 理工科强化班; 刘晓宇(1997-), 女, 汉族, 江苏连云港人, 南京邮电大学本科在读, 通信工程专业; 林锐(1997-), 男, 汉族, 福建漳州人, 南京邮电大学本科在读, 地理信息科学专业。

$$\left.\frac{dP(H(t)=k)}{dt}\right|_{t=t_m}=0$$

(5)

2.3 确定发生故障的CNC

通过程序模拟可知,初始化过程结束后RGV调度过程具有周期性,而初始化后各CNC故障率函数的“浴盆曲线”都处于图2所示的“偶发故障期”中,所以8台CNC在某一时刻故障的概率是相同的, t_m 时刻RGV所在的CNC处(或RGV之前响应的CNC处)更容易出现故障。

2.4 确定故障排除的时间

编程取得10~20分钟(600~1200s)中的随机数,更好地模拟现实情况。

综上,确定了故障出现的时间、出现的CNC等,对RGV响应算法进行增设的流程图如图3所示。

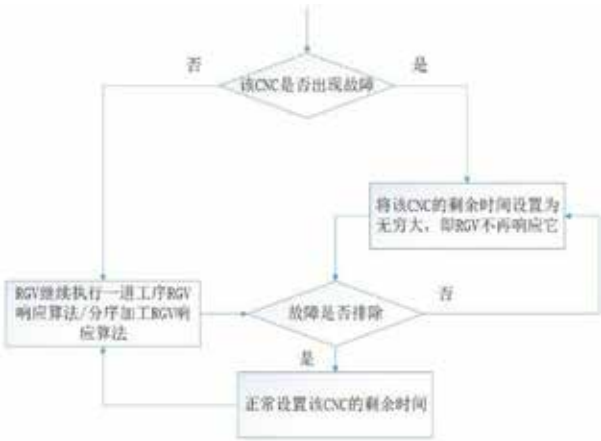


图3 CNC出现故障时RGV响应算法的增设判断流程图

3 实验验证

数据来源:2018年“高教社杯”全国大学生数学建模比赛B题附件。

表1 单序及分序加工作业有故障时每组求解结果记录表

| | 周期起始时刻(s) | 故障开始时刻(s) | 故障CNC编号 | 故障结束时刻(s) | 故障排除时长(s) |
|-----|-----------|-----------|---------|-----------|-----------|
| 第1组 | 1108 | 6296 | 5 | 6996 | 700 |
| | | 12801 | 2 | 13428 | 627 |
| | | 19201 | 7 | 19903 | 702 |
| 第2组 | 1213 | 6528 | 2 | 7656 | 1128 |
| | | 12928 | 1 | 13843 | 915 |
| | | 19306 | 5 | 20066 | 760 |
| 第3组 | 1086 | 6401 | 4 | 7004 | 603 |
| | | 12674 | 2 | 13705 | 1031 |
| | | 19179 | 1 | 19996 | 817 |
| 第1组 | 831 | 7149 | 3 | 8119 | 970 |
| | | 13549 | 6 | 14561 | 1012 |
| | | 18924 | 1 | 19942 | 1018 |
| 第2组 | 3330 | 8900 | 4 | 10059 | 1159 |
| | | 15798 | 2 | 16470 | 672 |
| | | 22198 | 1 | 23162 | 964 |

续表

| | 周期起始时刻(s) | 故障开始时刻(s) | 故障CNC编号 | 故障结束时刻(s) | 故障排除时长(s) |
|-----|-----------|-----------|---------|-----------|-----------|
| 第3组 | 3006 | 9107 | 3 | 9902 | 795 |
| | | 15507 | 2 | 16267 | 760 |
| | | 18877 | 1 | 19951 | 1074 |

表2 单序及分序加工作业有故障时的系统作业效率

| | 第1组 | 第2组 | 第3组 | 第1组 | 第2组 | 第3组 |
|-----------|-------|-------|-------|--------|--------|--------|
| 加工完成个数(个) | 350 | 323 | 353 | 243 | 178 | 233 |
| 废弃个数(个) | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 |
| 加工完成时间(s) | 28722 | 28726 | 28729 | 28311 | 22129 | 27784 |
| 系统作业效率(%) | 82.93 | 89.96 | 81.55 | 118.20 | 124.66 | 119.49 |

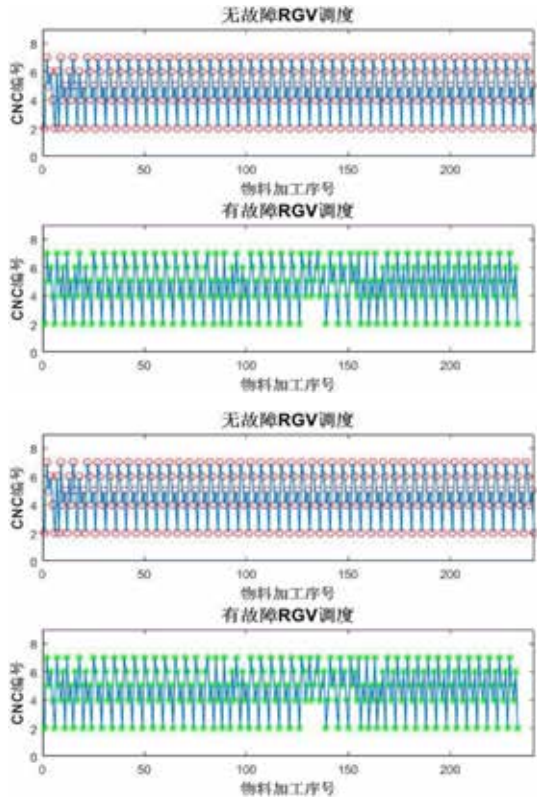


图4 单序及分序加工有无故障流程对比图

4 结论

本方法在现有周期性的基础上,把不确定性很高、随机性较强的事件一步步规划出故障可能发生的时间和地点,变动为静,从而更加客观地分析出故障对加工作业的影响。MATLAB仿真实验表明,本方法具有良好的适用性,能够快速得到调度流程和每种情况的工作效率,方便易用。

参考文献:

[1] 闫春, 厉美璇, 周潇. 基于改进的遗传算法在函数优化中的应用[J/OL]. 计算机应用研究, 2019, (10):1-6.
[2] 张勇, 邱静, 刘冠军, 陈循. 基于非齐次泊松过程和统计仿真的故障样本模拟生成[J]. 机械工程学报, 2012, 48(15):75-82.
[3] 马纪明, 万蔚, 曾声奎. 基于浴盆曲线故障率函数的FFOP预计方法[J]. 航空学报, 2012, 33(09):1664-1670.