

航空制造系统的设计、评价及其仿真

Design, Evaluation and Simulation of Aviation Manufacturing System

北京航空航天大学 牛少芬 曲文卿
英国克兰菲尔德大学 Benny Tjahjono

[摘要] 主要论述了系统仿真技术在航空制造领域中的应用。通过利用系统仿真软件模拟飞机引擎涡轮叶片制造工厂的现有及未来的生产过程,并比较两个系统的生产绩效,如年产量及生产过程库存水平、机器使用率、劳动力利用率,来评价这一未来的生产系统。

关键词: 系统仿真技术 生产绩效评价 制造系统

[ABSTRACT] The application of system simulation technology in aviation manufacturing field is mainly discussed. By the way of modeling the "as-is" and "to-be" production process of an aircraft engine turbine blade manufacturing factory and comparing the performance of the two models such as annual productivity and level of work-in-process inventory, machine utilization and labor utilization, the "to-be" production process is evaluated.

Keywords: System simulation technology Production performance evaluation Manufacturing system

计算机系统仿真技术从 20 世纪 50 年代就开始应用于工业生产和商业运营^[1],全球化进程的快速发展使得制造业的竞争越来越激烈,先进仿真技术也在越来越多的企业中得以应用和改进。只有掌握了最先进的技术,一个企业才能在激烈的竞争下取得成功。近年来,全球航空制造业一直在迅速地发展,其中至关重要的推动力正是先进的科学技术,本课题主要讨论系统仿真技术在航空制造业中的应用——即对某航空制造系统的设计和评价。

从仿真研究的目的来看,仿真技术应用于制造业可分为四大类:设备及厂房布局的设计;产品组合及生产顺序研究;劳动力利用率研究以及涉及各种管理层次的研究^[2]。本课题主要研究新产品的引进对原有生产系统的影响,在此基础上对原有生产系统进行改进设计,并对该设计进行评价。

1 研究对象及方法

本课题研究的对象是一个生产飞机引擎涡轮叶片的工厂车间,该工厂位于英格兰的考文垂市。目前该车间生产 17 种不同类型的涡轮叶片,它们按产量可分为高产量、中产量和低产量产品。年产量高于 10 000 件的属于高产量产品,年产量低于 2 000 件的属于低产量产品,介于两者之间的为中产量产品。未来 2 年内,该车间将会引进 13 种新的产品,并且这些产品均为低产量产品。而该车间现有的生产力水平并不能完全满足新旧共 30 种产品的生产需求,这将迫使该工厂不得不放弃一些现存高产量产品的生产,与此同时,还需要引进一些新的设备,这将涉及到这些新设备的摆放以及厂房布局的重新设计等问题。该工厂针对这一情况,已对未来可能的新生产系统进行了初步设计,为了更加准确地了解新生产系统的生产状况,并对其生产绩效进行评价,本课题利用系统仿真技术将尚未存在的新生产系统按照该工厂的要求模拟出来,在确定其可靠性之后,通过对该模型的评价达到评价实际的新生产系统的目的,并提出了改进建议。

研究的步骤分为 3 步:首先模拟现有生产系统,了解现有生产系统的生产状况,并作为评价新生产系统的基准;然后模拟新设计的生产系统,了解未来生产系统的状况;最后比较 2 种生产模型的生产绩效,在此基础上对新生产系统进行评价。

2 建立现有生产系统的仿真模型

2.1 建模过程

首先,在保证模型精确度的前提下,为使其尽量简化,车间生产工程师将 17 种现有的产品按其生产流程的相似性归为 7 个产品单元,每个单元由其中一种产品代表,产量按单元中的产品种数加倍。其次,利用 Microsoft VISIO 2003 软件绘制出了这 7 种产品单元的生产流程图,同时收集建模的相关数据,例如批量大小、生产周期、机器装备时间、废品率、转包合同合作商的供货时间、劳动力利用率以及轮班制度等。

最后,在准备好所有信息之后,利用离散事件系统仿真软件 WITNESS 2007 建立计算机模型。该模型是建立在一些假设前提下的,例如该模型中产品的加工是批量型的;转包合同合作商的交货时间遵循三角形概率分布等。图 1 为现有生产系统仿真模型的截图。在该模型中能够清楚地看到实际生产系统的库存水平、材料流动、设备使用率以及人力调度等的动态变化过程和某一时刻的静态指标。



图 1 现有生产系统仿真模型
Fig.1 Simulation model of "as-is" production system

2.2 检验模型

模型的检验从某种程度上来说可以看成是对其不正确性的检验,即如果一个仿真模型越不能被证明是错误的,那么此模型及其成果的可信度就越大^[3]。Osman Balci 给出了模型检验的概念,即根据模型应用的目的,证明该模型以满意的精确度真实地反映了真实世界^[4]。本研究中工厂现有生产模型的检验是通

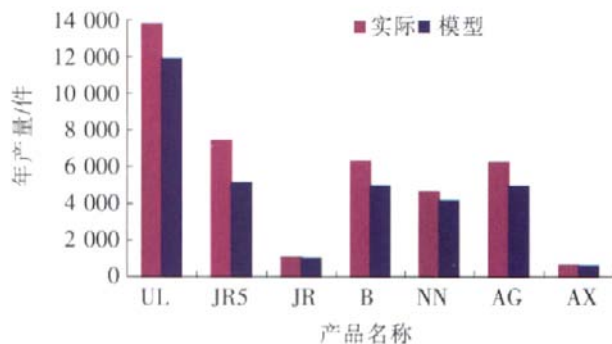


图 2 实际与模型的年产量比较
Fig.2 Comparison of annual productivity between reality and model

过比较一些主要生产指标在模型中和在实际中的相似程度来实现的。这些指标包括年产量、生产过程库存水平以及生产周期。图 2、3、4 相应地展示了以上 3 个指标的比较结果。从图中可以看出,该仿真模型的输出结果与实际数据吻合得较好,说明模型是可靠的,真实地反映了现实情况。

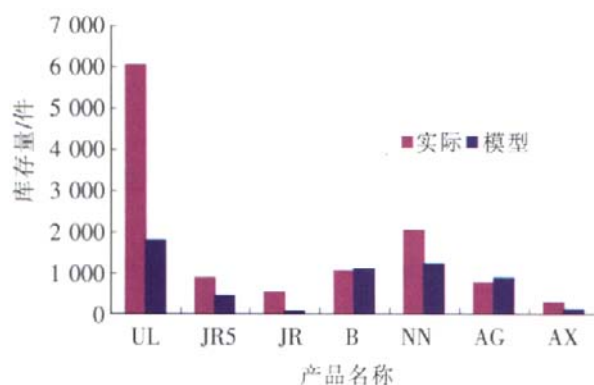


图 3 实际与模型的生产过程库存量比较
Fig.3 Comparison of work-in-process inventory between reality and model

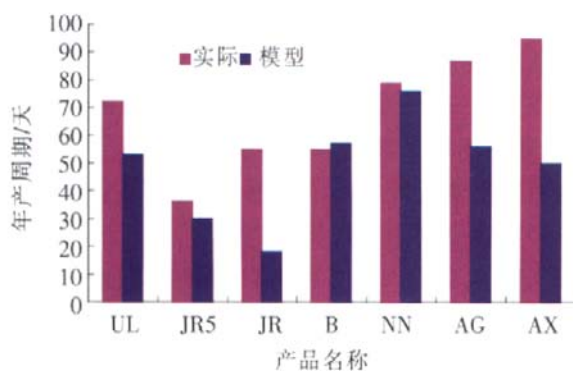


图 4 实际与模型的生产周期比较
Fig.4 Comparison of production life between reality and model

3 建立未来生产系统的仿真模型

3.1 建模过程

首先,把即将引进的 13 种新产品按照对现有产品进行组合的规律归为 4 种产品单元,并同样绘制出其产品流程图;其次,收集相关数据并建立必要的新的假设,例如新生产系统中所有产品没有加工的优先次序,所有的转包合同合作商的交货时间均为 35 天,所有新产品的废品率均为 10%等;最后,在获得完整信息的基础上,建立新生产系统模型及其与 Microsoft

Excel 2003 之间的数据交换, 即可以直接通过简单的办公软件 Microsoft Excel 对仿真模型进行控制, 可以快速方便地修改模型的输入参数并对模型的输出数据进行分析。

3.2 试验过程

该阶段的目的是通过合理的试验, 找出影响未来生产系统绩效的关键因素的最佳组合, 达到改进未来生产系统的目标。这些因素包括生产批量大小、平衡生产任务分配、废品率以及机器故障率。为了达到此目标, 本课题首先确立了 3 种可能的情况:

情况 1: 没有任何改变的未生产系统模型;

情况 2: 无废品的未来生产系统模型;

情况 3: 无机械故障的未来生产系统模型。

接着, 对以上每种情况均进行 3 组同样的试验, 分别为:

试验 1: 找出合适的生产批量。

由于未来生产系统中产品数量及类型的增加, 机器的装备次数大大增加了, 为了减少机器的装备次数, 该实验将生产批量由原始大小逐渐增加到其两倍、四倍直至六倍, 使机器平均花费在装备上的时间占总生产时间的比例不大于 10%。

试验 2: 平衡生产任务。

在实验一中, 发现进行初始生产工序的机器最为忙碌, 即利用率最高, 因此, 实验二改变部分产品的生产路径以平衡分配在不同机器上的生产任务, 直至使每一台机器的利用率均低于 70%。

试验 3: 找出以上 2 种因素的最佳组合。

该试验的方法是保持由试验 2 确定的产品生产路径不变, 逐渐改变生产批量, 直至未来生产系统模型的年产量最大并且生产过程中的库存水平最低。

3.3 试验结论

每一种情况下的产品批量和生产路径的最佳组合为:

- 情况 1: 4 倍于原始生产批量+改变产品组合 B 的生产路径;

- 情况 2: 4 倍于原始生产批量+不改变任何产品的生产路径。

4 种影响生产系统绩效的关键因素——产品批量、平衡生产任务分配、废品率以及机器故障率在未来生产系统中的最佳组合为:

- 4 倍于原始生产批量;
- 改变产品组合 B 的生产路径;
- 废品率为零。

4 2种生产系统仿真模型比较

为了使比较的基础一致, 未来生产系统的参数选择了情况 1 下的最佳生产批量和生产路径组合。而比较的对象为反映生产系统绩效的关键参数, 包括年产量及生产过程库存量、机器使用率、劳动力利用率。

4.1 年产量及生产过程库存量比较

由于在现有和将来 2 生产系统模型中的产品种类数相差很多, 因此不能比较年产量和生产过程库存量的绝对值, 而是比较他们占其总和的比例, 如图 5 所示。从图中可以看出, 在未来生产系统中, 年产量和生产过程库存量基本相等, 后者占总量的 47%, 而在现有生产系统中, 此百分比为 22%, 因此, 从这一角度来看, 未来生产系统比现有生产系统的绩效差。

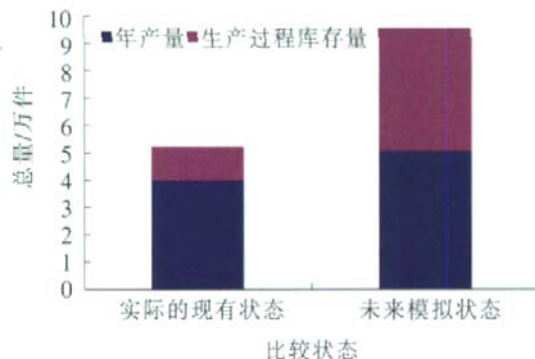
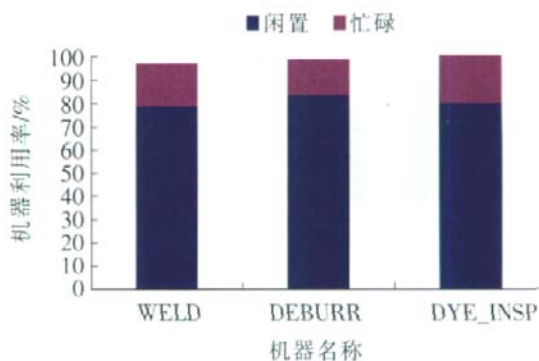


图 5 现有及未来状态的年产量及生产过程库存量的比较

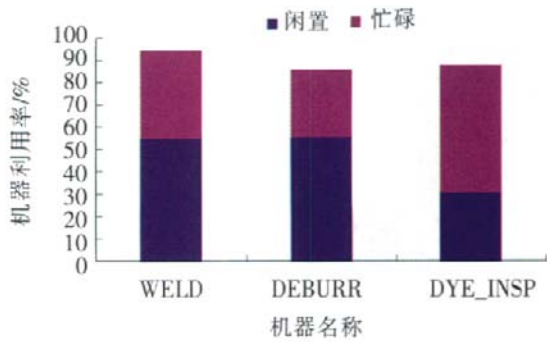
Fig.5 Comparison of annual productivity and work-in-process inventory between “as-is” and “to-be” production process

4.2 机器使用率比较

机器使用率的比较即机器忙碌时间占总生产时间百分数的比较, 如图 6(a) 和图 6(b) 所示。该图表明



(a) 现实中机器的利用率



(b)未来状态下机器的利用率

图6 现实与未来状态下的机器利用率

Fig.6 Machine utilization of “as-is” and “to-be” production process

未来生产系统中将出现一些新的瓶颈型机器。

4.3 劳动力利用率比较

劳动力利用率揭示了车间里的工人是否得到了充分利用,根据比较结果,工厂管理人员可以采取更加合理的人力资源分配方案。本试验选择了一些代表性的员工对其利用率进行了比较,如图7所示。从图中可以看出,在现有生产系统中,即使最忙碌的员工也没有被充分利用,他们的忙碌时间占总生产时间的百分比均低于70%。而在未来生产系统中,由于更多的产品及更为复杂的产品组合,这些员工被充分利用起来,检验员的利用率甚至接近了100%。

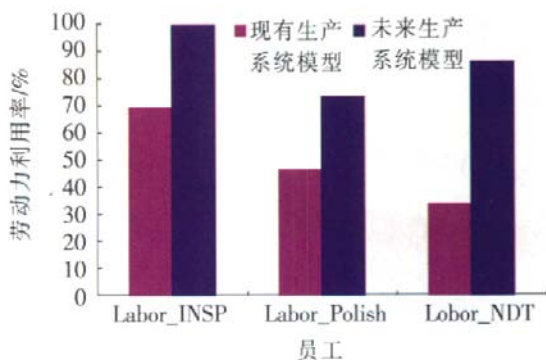


图7 现有和未来生产系统模型中部分员工的利用率比较

Fig.7 Comparison of utilization of partial employees between “as-is” and “to-be” production process

5 结论

总的来说,新产品的引进对原有生产系统的影响可以总结为以下几点:

(1) 从年产量以及生产过程库存水平的角度来讲,未来生产系统的绩效相比现有生产系统的绩效差;

(2) 从机器的利用率来看,在未来生产系统中,更多的机器将成为瓶颈,即总生产时间中,高于70%的比例处于忙碌状态;

(3) 未来生产系统中的劳动力被更加充分地利用,并且检验员的利用率几乎为100%,这可能引起管理人员对人事调度的重新思考和安排。

参 考 文 献

- [1] Robinson S. Successful simulation: a practical approach to simulation projects, McGraw-Hill, London, 1994.
- [2] Ülgen O, Gunal A. Simulation in the automobile industry, Handbook of Simulation. John Wiley & Sons, Incorporated, New York, 1998, 547-570.
- [3] Robinson S. Middel verification and validation: increasing the user's Confidence. Proceedings of the 1997 Winter Simulation Conference. IEEE Computer Society, Washington, DC, USA, 1997, 53.
- [4] Balci O. Verification, validation, and testing. Handbook of Simulation: Principles, Methodology, Advances, Applications and Practice. Wiley, New York, 1998, 335-354. (责编 依然)

凌华科技推出高性能四核 PICMG 1.0 工业用单板计算机

凌华科技推出符合 PICMG® 1.0 规范的最新工业用单板计算机 NuPRO-935A, 搭载英特尔最新 Q35 与 ICH9 芯片组, 前端总线传输速度 1333MHz。同时适用英特尔 Core™2 Duo 双核或 Core™2 Quad 四核处理器, 可支持 45nm 制作工艺处理器。NuPRO-935A 具备高速运算能力与优质图像处理能力, 适合于工厂自动化、计算机电信整合 (CTI) 等领域。

凌华科技 NuPRO-935A 工业单板计算机, 支持最高达 4GB 的 DDR2 800 高带宽双通道内存。在 VGA 功能部分, NuPRO-935A 搭载英特尔 Q35 高速芯片组, 整合英特尔 Intel® GMA 3100 技术, 提供强大图像视觉性能。

凌华科技 NuPRO-935A 另支持 2 个 Serial ATA II (SATA II) 接口、2 个 10/100/1000Mbps 以太网端口、5 个 USB 2.0 接口、2 个串行接口与一个并口及软驱接口、键盘与鼠标连接端口等。

(本刊记者 依然)