



# 浙江工业大学

## 毕业论文（开题报告）

题目 多品种装配车间调度研究

专 业: 工业工程

班 级: 健行 1001

学生姓名: 陈晟恺

指导老师: 鲁建厦、董巧英

2013 – 2014 学年

## 1 课题研究背景与意义

本文的研究对象是汽车零部件装配生产线，是典型的多品种小批量生产方式，并且在需求日益多样化的背景下，时常要根据产品调整生产。本文将从这种生产方式着手研究多品种产品的装配生产调度问题。

汽车装配大多采用同步装配流水线方式作业，将装配过程分为多个作业单元，并安排在流水线的相应工位上，车体在移到中装配，各工位同时作业。以往，汽车装配工厂固定地生产一种或少数几种车型，采用大批量、规模化的生产。然而，随着技术的日新月异，客户需求的多样化，以及精益思想、环保节能观念的出现，汽车工业的生产模式不得不转变为面向订单的小批量、多品种的生产方式。因此，缩短交货期、提高资源利用率、降低生产成本、提高生产运作的灵活性，已成为保证企业市场竞争力的重要手段。

对于汽车工业，产品需求多样化和市场细分化，促使越来越多的制造商将多品种装配作为增强其竞争能力的有效手段。具体来说，对于汽车零部件，装配过程主要是以零部件的安装、紧固为主，其次是联接、压装和加注冷却液、制动液等液体以及整车质量检测的工序，有时还要根据用户意向选装。因此，合理安排装配产线，优化调度作业单元，对保证汽车装配质量，快速响应需求，提高汽车装配线的生产效率有着重要的现实意义。

多品种装配是在基本不改变或较少改变现有生产设施的前提下，通过对装配生产线的合理组织与调度优化，实现多品种共线装配，以最大限度地挖掘生产线的潜能，向客户提供定制的个性化产品和服务。生产调度就是组织执行生产进度计划的工作，作为一种决策形式，调度在制造业扮演者至关重要的角色，从上个世纪 50 年代起，调度问题的研究就受到应用数学、运筹学、工程技术等领域科学家的重视，科学家们利用运筹学中的线性规划、整数规划、目标规划、动态规划及决策分析方法，研究并解决了一系列有代表意义的调度和优化问题<sup>[1]</sup>。

而实现多产品装配不仅需要技术上的支持，也需要有理论来实践。虽然在 Henry Gantt 的那个时代起，调度的理论研究就受到了制造业的关注，然而生产模式的转变，信息技术的出现，都使得一些过去经典的调度算法不再适用，这就需要我们修正那些方法，或者发展新的算法，本课题便是以此为中心。

举例来说，随着调度问题的规模增大，人们发现即使通过计算机，有些问题的算法并不是有效的，因为它们的求解超出了可接受的运行时间。逻辑学家和计算机科学家通过研究这类问题，建立了复杂度理论，并称这些问题是  $NP$  问题，问题的复杂度会是随着问题规模增大呈现指数爆炸。

这样一来，有时得到最优调度或者最优解的成本就变得太高了，那么近似最优解便成了很好的选择。然而调度问题的算法本来就众多，求解近似最优解更是如此，不同的算法适用的情况也不尽相同。实践表明，寻找合适的调度方案对生产系统的运行有着显著的影响。因此，从多品种装配着手研究调度算法，对增加产品多样性，加快需求响应速度，加快提高企业的竞争力有着重要意义。

## 2 课题研究的目标

本课题的研究目标是，通过分析汽车零部件多品种装配车间的组织管理情况，对其进行理论建模。同时建立通用的多品种装配车间的调度算法，进行计算检验，探讨其实用性。

## 3 国内外文献综述

对于多品种调度的研究，国内外学者在调度的算法改造中有很多创新，在其研究的课题中体现出优良的性能，实用价值很大，对本课题的算法研究启发颇多。

将产品分类或者确定产品簇，这在多品种的装配问题来说很重要。Xie Zhiqiang<sup>[2]</sup> 等通过建立虚拟产品，将多品种问题转化为单品种问题，通过关键路径方法确定加工顺序后，根据各工位操作的特征运用不同的算法调度，然后进行整合，解决了单产品的柔性调度，最后添加作业间的约束，较好的解决了复杂的多品种调度问题，对于简单的多品种调度问题，甚至可以不用加入作业间的约束。唐勇智<sup>[3]</sup> 通过研究 RBF-LBF 串联神经网络，改进 K-means 聚类算法，提出了自适应的 SA-K-means 算法，本课题的研究可以借鉴其思想，更为有效的将产品簇分类。陈伟<sup>[4]</sup> 通过 Smith-Waterman, FASTA 和 BLAST 三个局部对比算法，较好的找到了相似性较高的 DNA 序列，对于本课题中的产品簇归类有很高的借鉴意义。

有关建模设计的研究众多，主要是有关目标函数与约束的建立，李斌<sup>[5]</sup> 等提出了车间调度 Multi-Agent 模型，以延期成本、设备利用率、综合调度性能等指标作为目标函数，并通过 Legin 软件和实例比较了不同调度规则下的效果。M.A. Adibi<sup>[6]</sup> 等研究了随机作业和有机器抛锚可能的动态作业车间调度问题，通过经学习的神经网络，更新变邻域搜索算法的参数，在常见的分配规则下，较好的解决了该目标包括制造期和延迟的调度问题，并且其适用范围很广，其特点是神经网络的应用，很大程度上提高了搜索性能。刘文平<sup>[7]</sup> 将汽车装配的多种订单产品序列优化看作约束满足的调度模型，通过邻域搜索算法中的 Memetic 算法，优化了混合品种装配线调度。杨本强<sup>[8]</sup> 运用线性规划理论，建立了汽车流水线均衡生产模型，并通过一个启发式搜索算法来探寻解，思路简单，容易实现，本课题的微观调整可以借鉴其思想。李宏霞<sup>[9]</sup> 等载荷考虑了物料配送能力，运用 FCFS 规则的相关算法<sup>[10]</sup> 提出了一种操作性较强的调度模型，较好的解决了多品种变批量的装配调度问题。B.J.V. da Silva<sup>[11]</sup> 等通过航空行业的实例研究，考虑了人力的水平等级，学习影响及作业空间的限制，将飞机装配分成 4 个不同程度的阶段，各阶建立或增改约束模型，有效解决了含有邻接约束的装配调度问题。A. Tharumarajah<sup>[12]</sup> 等考虑了基于行为的分布式控制，并将之用于装配调度模型中，有效地解决了一个 3 阶段 4 工作站的装配问题，与整数规划相比，基于行为的调度无论在运行时间或是适用规模上，都显著优于整数规划。李志娟<sup>[13]</sup> 等通过研究高校排课问题，在有效、交错、分散、固定、优先的原则下，设计了一个基于规则的算法，并在产生冲突时进行回溯，得到较好的课程表，其设计思想可以用到本课题中，有其在多种目标下，设计相应的规则算法。P. Chutima<sup>[14]</sup> 等考虑了学习因子，提出了基于生物地域最优方法的方法，应用于两边装配线的混合模型，并引入了适应性机制，化解了最小化生产变化率、最小化总时间利用率、最小化调度序列换线时间三个矛盾，并使它们同时最优，提高了该元启发式方法的性能，有效的解决了多样性装配的调度。

在解的搜索上, 启发式方法在搜索局部最优时效果很好, 而涉及到全局最优就需要考虑元启发算法。陈琳<sup>[15]</sup> 等将其撤装配车间简化成一个流水车间问题, 并通过改进得到带有记忆的模拟退火算法, 并引入禁忌搜索机制得到较好的近似最优解。台湾学者 Ham-Huah Hsu<sup>[16]</sup> 等研究了多机器人的装配单元, 通过基于搜索算法的调度, 并将之仿真。Jia Shuai<sup>[17]</sup> 等通基于禁忌搜索算法, 通过路线重建和回跳追踪方法进行排序决策, 解决了多目标的柔性作业车间调度问题。G. Moslehi<sup>[18]</sup> 等研究了柔性作业车间, 提出了结合蚁群算法和邻域搜索算法的方法, 解决了多目标的作业车间调度问题, 得到了质量较高, 计算时间合理的近似最优解, 尤其在中、大型问题中更能体现优势, 并且该方法的提升空间很大。台湾学者 Rock Lin<sup>[19]</sup> 等通过峰明机械厂的案例研究, 引入作业划分概念和批量处理, 提出了一个混合整数规划模型和 3 个启发式方法 FBEDD、FBFS、RFBFS, 并通过计算实验证明 FBEDD 在解决小型问题上较好, 而对于中大型的问题, RFBFS 便具有更好的求解结果。朱有产<sup>[20]</sup> 等通过改进经典的 Dijkstra 搜索算法, 引入空间向量, 通过夹角参数, 有效的快速跳出局部最优解, 得到最短路径问题的全局最优, 对本课题的解的搜索有启发意义, 可以将之结合入粒子群算法, 重新定义其方向参数以改进。高丽<sup>[21]</sup> 等基于精英选择和个体迁移的多目标方法对遗传算法改进, 得到了较好的多品种生产调度的 Pareto 解集。曹洪鑫<sup>[22]</sup> 等将多品种产品的混流装配顺序看作是商旅问题 (TSP), 其加工和换模时间即转化为路程, 并通过遗传算法进行了 100 次迭代, 较好的找到了较优解。本课题主要研究对象虽然不是混流装配, 但混线时可以用到这个想法。讲到 (TSP), 翁武熙<sup>[23]</sup> 采用了结合蛙跳算法的新型智能算法, 较好的改进了蚁群算法的搜索过程, 值得借鉴。

## 4 课题研究的主要内容

### 4.1 研究对象简介

本课题的研究对象是某汽车电子有限公司装配车间, 并由此展开的多品种装配调度问题。该公司装配车间有多条生产线, 每条产线负责一种型号的汽车总装。汽车零部件装配生产线, 是典型的多品种小批量生产方式, 并且在需求日益多样化的背景下, 时常要根据产品调整生产。汽车装配大多采用同步装配流水线方式作业, 将装配过程分为多个作业单元, 并安排在流水线的相应工位上, 车体在移到中装配, 各工位同时作业。以往, 汽车装配工厂固定地生产一种或少数几种车型, 采用大批量、规模化的生产。然而, 随着技术的日新月异, 客户需求的多样化, 以及精益思想、节能环保观念的出现, 汽车工业的生产模式不得不转变为面向订单的小批量、多品种的生产方式。因此, 缩短交货期、提高资源利用率、降低生产成本、提高生产运作的灵活性, 已成为保证企业市场竞争力的重要手段。

### 4.2 研究对象存在的问题

该厂汽车零部件装配调度的需要解决的问题有:

- (1) 装配线利用率低
- (2) 装配效率不高

- (3) 机器利用率低
- (4) 人员浪费较严重
- (5) 市场需求反应迟顿
- (6) ...

## 4.3 主要研究内容

根据实际调研和国内外研究现状，针对该厂汽车装配目前存在的一些问题和不足，提出以下研究内容：

### (1) 识别瓶颈资源

在考虑多品种、小批量生产方式下瓶颈具有动态特性的基础上，将瓶颈资源定义为具有最长在制品队列长度或等待时间的机器，并由此建立生产物流瓶颈识别模型，解决瓶颈资源利用和控制的首要问题。

### (2) 构建调度模型

通过分析平衡瓶颈资源效用，结合产品簇的分类和实际情况，确定有效的目标函数，在可接受的假设条件下设置相关约束构，建合理的调度模型。其中目标函数的确定即要考虑实际生产，又要兼顾求解的过程。

### (3) 算法设计和实现

由于调度属于 NP 问题，所以需要通过有效的搜索算法求解，算法的设计主要考虑可以在合理的时间内实现，并能得到最优或者质量较高的局部最优解。

## 5 采用的关键技术及技术路线

### 5.1 关键技术

装配车间调度的关键技术是和调度相关的技术，需要有调度理论的框架和相关概念，常用的调度模型可分为确定型模型和随机型模型，它们的区别是随机型模型的相关变量不是具体值，而是一个分布，不同的情况下用到的分布，包括连续分布和离散的，使模型更接近实际情况。

除了调度的结构体系，其实现算法也相当关键，和本研究的相关算法中，选取 3 个具有代表的：完整批产品簇排序 (FBFS)、变领域搜索 (VNS) 和粒子群优化算法 (PSO)。FBFS 算法的特点是将作业按簇分成批次，可以有效减少作业簇准备时间，适合多品种的生产调度，这是直接从调度本身入手的，可操作性很大，而且较符合实用情况，虽然有其不完善，但改善比较容易。VNS 和 PSO 都是解的搜索方法，理论性较强，可以将两者结合实用，比如在 VNS 随机下一个领域的的阶段可以通过 PSO 来确定下一个搜索方向，发货两者的优势。只是仅从目标函数的解空间搜索，获得的结果可能会在实用中出现相关问题，需要进一步通过实践研究。

## 5.2 关键路线

本课题采用的基本思路和关键技术路线如图 5-1 所示。

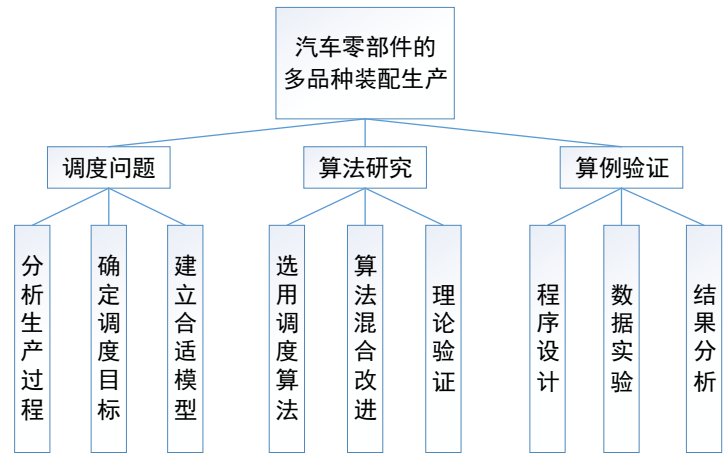


图 5-1 基本思路和关键技术路线

## 6 计划进度

毕业设计的时间安排如表 6-1 所示。

表 6-1 毕业设计进度计划安排

起止时间			阶段任务要点
2013.12.01	—	2014.02.01	外文翻译、文献综述和开题报告初稿
2014.02.21	—	2014.03.15	完善外文翻译、文献综述和开题报告
2014.03.15	—	2014.03.31	毕业设计调研
2014.04.01	—	2014.04.25	论文初稿
2014.04.26	—	2014.05.05	论文二稿
2014.05.06	—	2014.05.20	论文三稿
2014.05.21	—	2014.06.10	定稿、准备答辩

## 7 参考文献

[1] 徐俊刚, 戴国忠, 王宏安. 生产调度理论和方法研究综述 [J]. 计算机研究与发展, 2004. 41(2):257–267.

[2] Zhiqiang Xie, Shuzhen Hao, Lei Zhang, Jing Yang. Study on integrated algorithm of complex multi-product flexible scheduling[C]//Advanced Computer Control (ICACC), 2010 2nd International Conference on. volume 1. IEEE, 2010:553–557.

[3] 唐勇智. 基于聚类的 RBF-LBF 串联神经网络的学习算法及其应用 [D]. : 江南大学, 2009.

[4] 陈伟. 生物信息学中的序列相似性比对算法 [D]. : 中国海洋大学, 2006.

[5] 李斌, 林飞龙. 多品种多工艺车间调度建模, 分析与优化 [J]. 物流技术, 2009. (8):136–139.

[6] MA Adibi, M Zandieh, M Amiri. Multi-objective scheduling of dynamic job shop using variable neighborhood search[J]. Expert Systems with Applications, 2010. 37(1):282–287.

- [7] 刘文平. 混合品种汽车装配线平衡与排序问题研究 [D]. : 山东: 山东大学, 2009.
- [8] 杨本强. 线性规划理论在汽车装配线均衡问题中的应用研究 [D]. : 重庆大学, 2002.
- [9] 李宏霞, 彭威, 史海波. 装配车间的多品种变批量的生产调度优化模型 [J]. 机械设计与制造, 2006. (6):94–96.
- [10] Virginia Lo, Jens Mache. Job scheduling for prime time vs. non-prime time[C]//Cluster Computing, 2002. Proceedings. 2002 IEEE International Conference on. IEEE, 2002:488–493.
- [11] Bruno Jensen Virginio Da Silva, Reinaldo Morabito, Denise Sato Yamashita, Horacio Hideki Yanasse. Production scheduling of assembly fixtures in the aeronautical industry[J]. Computers & Industrial Engineering, 2014. 67:195–203.
- [12] A Tharumarajah, R Bemelman, P Welgama, A Wells. Distributed scheduling of an assembly shop[C]//Systems, Man, and Cybernetics, 1998. 1998 IEEE International Conference on. volume 1. IEEE, 1998:433–438.
- [13] 李志娟, 王冠. 高校自动排课算法的研究与设计 [J]. 计算机与数字工程, 2008. 36(5):199–202.
- [14] Parames Chutima, Wanwisa Naruemitwong. A pareto biogeography-based optimisation for multi-objective two-sided assembly line sequencing problems with a learning effect[J]. Computers & Industrial Engineering, 2014.
- [15] 陈琳, 严洪森, 刘通, 刘霞玲. 汽车装配线生产计划与调度的集成优化方法 [J]. 计算机技术与发展 ISTIC, 2009. 19(1).
- [16] Ham-Huah Hsu, Li-Chen Fu. Fully automated robotic assembly cell: scheduling and simulation[C]//Robotics and Automation, 1995. Proceedings., 1995 IEEE International Conference on. volume 1. IEEE, 1995:208–214.
- [17] Shuai Jia, Zhi-Hua Hu. Path-relinking tabu search for the multi-objective flexible job shop scheduling problem[J]. Computers & Operations Research, 2014. 47:11–26.
- [18] Ghasem Moslehi, Mehdi Mahnam. A pareto approach to multi-objective flexible job-shop scheduling problem using particle swarm optimization and local search[J]. International Journal of Production Economics, 2011. 129(1): 14–22.
- [19] Rock Lin, Ching-Jong Liao. A case study of batch scheduling for an assembly shop[J]. International Journal of Production Economics, 2012. 139(2):473–483.
- [20] 朱有产, 王春梅, 刘虎. 基于空间方向关系的配电网实用最佳抢修路径算法 [J]. 电气应用, 2006. 25(1):41–43.
- [21] 高丽, 徐克林, 杨娜娜. 多品种柔性生产企业的订单调度模型及其遗传算法 [J]. 数学的实践与认识, 2012. 42(21):154–161.
- [22] 曾洪鑫, 宾鸿赞. 遗传算法在多品种装配生产排序中的应用 [J]. 现代制造工程, 2006. (7):59–62.
- [23] 翁武熙. 混合蚁群算法求解 TSP 问题 [D]. : 广西大学, 2012.