

学校编码: 10384

分类号_____密级_____

学 号: 17720131151081

UDC_____

厦 门 大 学

硕 士 学 位 论 文

基于遗传算法的Y公司混流总装线排序 问题研究

A Study on Sequencing Problem of Mixed-model Assembly Lines in Company Y Based on Genetic Algorithm

谢 平

指导教师姓名: 徐 迪 教 授

专 业 名 称: 物 流 工 程

论文提交日期: 2016 年 月

论文答辩时间: 2016 年 月

学位授予日期: 2016 年 月

答辩委员会主席: _____

评 阅 人: _____

2016年 月

厦门大学博硕士论文摘要库

厦门大学学位论文原创性声明

本人呈交的学位论文是本人在导师指导下，独立完成的研究成果。本人在论文写作中参考其他个人或集体已经发表的研究成果，均在文中以适当方式明确标明，并符合法律规范和《厦门大学研究生学术活动规范（试行）》。

另外，该学位论文为（ ）课题（组）的研究成果，获得（ ）课题（组）经费或实验室的资助，在（ ）实验室完成。（请在以上括号内填写课题或课题组负责人或实验室名称，未有此项声明内容的，可以不作特别声明。）

声明人（签名）：

年 月 日

厦门大学学位论文著作权使用声明

本人同意厦门大学根据《中华人民共和国学位条例暂行实施办法》等规定保留和使用此学位论文，并向主管部门或其指定机构送交学位论文（包括纸质版和电子版），允许学位论文进入厦门大学图书馆及其数据库被查阅、借阅。本人同意厦门大学将学位论文加入全国博士、硕士学位论文共建单位数据库进行检索，将学位论文的标题和摘要汇编出版，采用影印、缩印或者其它方式合理复制学位论文。

本学位论文属于：

1.经厦门大学保密委员会审查核定的保密学位论文，于 年 月 日解密，解密后适用上述授权。

2.不保密，适用上述授权。

（请在以上相应括号内打“√”或填上相应内容。保密学位论文应是已经厦门大学保密委员会审定过的学位论文，未经厦门大学保密委员会审定的学位论文均为公开学位论文。此声明栏不填写的，默认为公开学位论文，均适用上述授权。）

声明人（签名）：

年 月 日

摘要

混流装配线通过对装配生产线的合理组织与排产优化，实现多品种共线装配，以较快的响应速度向客户提供定制的产品和服务。客车需求的多样化和客车市场的细分化，使得混流装配线成为 Y 公司普遍采用的一种生产方式。由于混流装配线复杂的装配过程会涉及不同的产品以及品种繁多的物料，因此，Y 公司在努力改善其生产物流系统，以使混流总装线的运行更加平稳和高效。

本文在此背景下，以 Y 公司承装车间的 Z 总装线为研究对象，对其建立排序优化模型并利用遗传算法进行求解。首先，从装配流程和生产规划两方面分析 Y 公司总装线的管理现状，提出其中存在的问题。通过对产生问题的原因进行分析，最终明确本文的研究重点，即总装线的投产排序。其次，以承装车间具有代表性的 Z 总装线为研究对象，通过对其装配流程的描述以及相关数据的收集，建立以最小化超载时间和闲置时间为目标函数的 0-1 整数规划模型。然后，根据所建立模型的特点，选择遗传算法作为求解方法。通过对遗传算法进行算法设计，并在 MATLAB 上编程该算法，实现对该排序优化模型的求解。最后，运行程序得出了该遗传算法下的最优排序，并对结果加以分析。将最优排序与现行排序做对比分析，从而证明所得排序结果的优越性。

研究表明，最优排序的目标函数值比 Z 总装线现行排序的目标函数值减少了 127 分钟，即超载时间和闲置时间之和减少了 127 分钟，从而 Z 总装线上的负荷更为均衡。这意味着遗传算法是求解所建立排序优化模型的一个有效方法。同时根据排序对平衡的反馈关系，最优化排序下 Z 总装线仍然存在较大的超载时间和闲置时间，这说明 Z 总装线的平衡设计存在问题，故可以从此方向对其进行进一步的优化。

关键词：混流装配线；装配线排序；遗传算法

Abstract

Mixed-model assembly lines (MMALs) are capable of producing a variety of products to yield customized products and services with response speed, provided that MMALs are well balanced and sequenced. With the diversification and subdivision of the bus market demand, MMALs are widely used in company Y's production lines. Since MMALs' complicated assembly process involves various materials and different products, Company Y makes efforts to improve its production logistics system, in order to realize the stable and efficient operation of MMALs.

Based on the background, this thesis models the sequencing problem of Company Y's MMALs and uses the genetic algorithm to solve it. First, the current situation of Company Y's assembly lines is analyzed in aspects of the assembly process and production planning, thus finding the existing problem of Company Y's MMALs. Through analysis of causes of the problem, MMALs' sequencing is defined as the study focus of this thesis ultimately. Second, taking the example of Z assembly line which is a representative of Company Y's MMALs, the 0-1 integer programming mathematical model minimizing the total overload and idle time is formulated based on the description of the assembly process and the collection of the related data. Third, in consideration of characteristics of the model, the genetic algorithm is selected as the solving method to solve the mathematical model. Through designing the Genetic algorithm and programming in MATLAB, the mathematical model is solved. Finally, the optimal sequencing result is get, and then is analyzed further. Compare the optimal sequencing with the current sequencing, which proves the superiority of the optimal sequencing.

The result shows that compared with the actual sequence of Z assembly line, the objective function value of the optimal sequence decreases by 127 minutes, namely the total overload and idle time decreases by 127 minutes, making Z assembly line more balanced. This also means that the genetic algorithm is an effective method to solve the sequencing optimization model. According to the relationship of sequencing

and balancing, the total overload time and idle time is still large in Z assembly line with the optimal sequencing, which means that balancing problem of Z assembly line does exist. So balancing of Z assembly line could be another direction of further research.

Keywords: Mixed-model Assembly Lines; Line Sequencing; Genetic Algorithm

厦门大学博硕士学位论文摘要库

目录

第 1 章 绪论	1
1.1 问题背景及研究意义	1
1.2 研究内容与方法	6
1.3 论文结构	8
第 2 章 文献综述	11
2.1 混流装配线排序理论及文献综述	11
2.2 遗传算法理论及文献综述	19
2.3 本章小结	23
第 3 章 Y 公司混流总装线的现状及问题分析	25
3.1 Y 公司混流总装线的现状分析	25
3.2 Y 公司混流总装线的问题分析	30
3.3 本章小结	36
第 4 章 基于遗传算法的 Y 公司混流总装线排序优化	37
4.1 Y 公司总装线排序模型的建立	37
4.2 基于遗传算法的求解过程	42
4.3 结果分析	50
4.4 本章小结	53
第 5 章 结论	55
5.1 研究总结	55
5.2 研究展望	57
参考文献	58
附录	62
致谢	67

Contents

Chapter 1 Introduction.....	1
1.1 Problem Background and Research Rationale	1
1.2 Contents and Methods.....	6
1.3 Thesis Structure.....	8
Chapter 2 Literature Review	11
2.1 Literature Review of Sequencing of Mixed-model Assembly Line	11
2.2 Literature Review of Genetic Algorithm	19
2.3 Summary.....	23
Chapter 3 Analysis of Situation and Problems of Mixed-model Assembly Line in Company Y	25
3.1 Analysis of Current Situation of Mixed-model Assembly Line in Company Y	25
3.2 Analysis of Problems of Mixed-model Assembly Line in Company Y	30
3.3 Summary.....	36
Chapter 4 Sequencing Optimisation of Mixed-model Assembly Lines in Company A Based on Genetic Algorithm.....	37
4.1 Formulation of Optimisation Model	37
4.2 Solving the Optimisation Model Based on Genetic Algorithm	42
4.3 Analysis of the Results	50
4.4 Summary.....	53
Chapter 5 Conclusions.....	55
5.1 Research Summary	55
5.2 Future Research	57
References	58

Appendix.....	62
Acknowledgements	67

厦门大学博硕士学位论文摘要库

第1章 绪论

随着生产力的提高和经济的发展，市场需求逐渐呈饱和趋势，卖方市场也慢慢转变为买方市场，市场需求朝着多样化、个性化方向发展。竞争日益激烈的市场环境使得制造业的竞争模式转向多品种小批量生产。此外，自动化技术、电子技术以及计算机等现代化技术的迅速进步，为企业转变经营模式和采用多品种小批量的生产方式增加了工艺技术和方法上的便利性。因此，在这样的制造背景下，混流生产方式恰恰能满足柔性生产的需求。混流生产线在现如今的制造业中越来越流行。

1.1 问题背景及研究意义

1.1.1 问题背景

福特公司首次将流水线应用到汽车装配中。它以高效率的大批量生产方式替代传统的单件生产方式，即以流水线的形式重复生产同一产品。装配流水线是以流水方式完成所有装配工序的一种生产组织形式。它以装配工艺的顺序对其工作站进行排列，其装配加工基体按规定的节拍依次经过各工作站，并在各工作站逐步将零部件装配到基体上，在完成全部的装配工序后成为产成品。该“福特制”生产模式以其高度的专业化和高效的组织方式而具有生产成本低、生产率高的特点，从而促使劳动生产率得到极大的提高，并因此获得广泛的应用。

随着经济的发展和生产技术的提高，人们的消费模式发生巨大的改变：产品的市场需求朝着多元化和个性化方向发展；对交货期的要求也越来越高。制造业的竞争模式需要对此做出相应的改变。伴随着需求的个性化和多样化以及产品生命周期的逐渐缩短，传统的高效率制造模式已无法适应瞬息万变的市场环境。为快速应对客户需求的变化，现代制造企业不断将准时制、大批量定制等新的管理理念应用于其生产物流系统。在这些新型生产方式的作用下，生产系统拓展了新的内容，生产物流也从单一品种流水线生产向多品种混合流水生产方向发展。

针对我国的汽车行业来说，一方面客户消费模式的改变以及中西部之间、城乡之间不平衡的二元经济发展结构令汽车产品的市场不断细分，使汽车产品的需

求趋于多样化和个性化；另一方面经济的全球化使汽车制造企业面临的竞争越来越激烈，而汽车库存的持有会急剧提高企业的运营成本，从而降低企业的竞争力。为了既能快速满足消费者个性化和多样化的需求，又能减少企业的库存，从而在全球化的竞争环境中拓宽自己的生存空间，我国的汽车制造企业将众多先进的生产方式应用于汽车制造过程中，以将市场需求与生产过程恰当地匹配。混流装配线可以进行多品种快速装配，是汽车制造业最常用的装配方式。然而由于混流装配线比较复杂，会涉及品种繁多的物料和产品，因此需要科学合理的生产物流系统的配合，才能发挥其生产优势，从而提高企业的竞争力。另一方面虽然混流装配线能够满足客户多样化的需求，但其装配效率远远低于传统批量的生产方式。因此，汽车制造业期望降低混流装配方式下的运营成本。但随着采购成本和生产成本的降低变得愈发困难，作为第三利润源的物流成为了企业的主要关注重点。因此，在实施具有高柔性、可动态调整等特点的混流装配生产线时，汽车制造业也在努力改善其生产物流系统，以寻求运营成本的降低。基于以上原因，汽车制造业在不断地对其生产物流系统进行改善，使其既能与混流生产方式相协调，也能提高生产效率，从而使混流总装线的运行更加平稳和高效。

Y 公司是一家大型的现代化客车制造企业，主生产厂区位于河南省郑州市。Y 公司的生产能力、主要客车产品、工艺技术以及销售的市场范围如表 1.1 所示。公司主工业园区设计产能 3 万台/年（标准产能），新能源客车工厂设计产能 3 万台/年（标准产能），专用车工厂设计产能 5 千台/年（专用车产能），在生产旺季公司可以通过工艺提升、增加生产班次等方式进一步提高产量。2015 年度公司生产客车 67601 台，在生产旺季公司单月的产能利用率远超 100%，全年综合产能利用率为 91.30%。

根据不同的分类标准，Y 公司的客车有多种类别。在客车的长度、档次以及用途等分类标准下就存在多个产品系列。其中仅客运客车这一类，就有 ZK6118H、ZK6119H2、ZK6708D2、ZK6908H 等十多种系列。在工艺技术方面，Y 公司建成了具有国内领先水平的冲压、焊装、涂装、总装客车生产线和整车全自动检测线，其中涂装生产线采用的是国际先进电泳技术的。Y 公司的业务覆盖中国所有市县市场及世界主要的客车进口国家，以直销为主，经销为辅，以订单

模式提供标准化及定制化的产品。在巩固提升国内市场份额和品牌地位的同时，公司积极开拓海外业务，代表中国客车走向世界。

表 1.1: Y 公司主要经营情况

生产能力	主工业园区占地面积有 1700 多亩，设计产能 3 万台/年（标准产能），日整车生产能力在 325 台以上。
	新能源厂区占地有 2000 余亩，建筑面积 60 万平方米，新能源客车生产能力高达 3 万台/年（标准产能）。
	专用车工厂设计产能 5 千台/年。
主要产品	长度：满足 5 米-25 米不同长度的需求。
	档次：普档、中档、高档等各个档次。
	用途：拥公路客运、旅游、公交、团体运输、校车、专用客车等 203 个产品系列。
工艺技术	拥有底盘车架电泳、车身电泳、机器人喷涂等国际先进的客车电泳涂装生产线。
	是目前世界单厂规模最大、工艺技术条件最先进的大中型客车生产基地。
全球市场	远销至古巴、委内瑞拉、俄罗斯、伊朗、沙特以及香港、澳门等 120 多个国家和地区。
	在欧洲市场，如法国、挪威、以色列、马其顿等国家实现销售。
	在 2012 年成功进入美国市场。

资料来源：根据 Y 公司内部资料编制

此外，作为国内客车行业的第一家上市公司，Y 公司的经营业绩也在全行业位于领先地位。它主要的经济指标连续多年平均以超过 50% 的速度增长，并被中国企业形象认定委员会认定为 AAA 级企业。2015 年，Y 公司客车产品销售量为 67018 辆，同比增长 9.15%；营业收入实现 257.28 亿元，同比增长 15.90%；新能源客车销售量为 7405 辆，同比增长 90.02%，其中纯电动客车实现销售 1400

多辆。2015 年 12 月份 Y 公司的产销数据如表 1.2 所示。

表 1.2: Y 公司 2015 年 12 月份客车产销数据 单位: 辆

产品	2015 年 12 月份	去年 同期	单月数量 同比变动	本年 累计	去年同 期累计	累计数量 同比变动
生产量	9588	8522	12.51%	67601	59346	13.91%
其中: 大型	4388	5118	-14.26%	27158	27121	0.14%
中型	4008	2814	42.43%	28131	25008	12.49%
小型	1192	590	102.03%	12312	7217	70.60%
销售量	10322	10459	-1.31%	67018	61398	9.15%
其中: 大型	4728	5775	-18.13%	26973	27398	-1.55%
中型	4311	3581	20.39%	27757	25880	7.25%
小型	1283	1103	16.32%	12288	8120	51.33%

资料来源: 根据 Y 公司 2015 年产销数据编制

随着客户需求的个性化和多样化, Y 公司所接收到的订单越来越定制化。一方面, 不同的消费结构促使 Y 公司在同一时期生产不同的车型; 另一方面, 即使车型相同, 但配置需求不同。为此, Y 公司采用订单拉动式的 JIT 生产方式, 以市场需求为中心, 根据订单来安排生产, 并在涂装车间、总装车间等多个生产阶段采用了混流生产模式。混流装配线的采用不仅满足了顾客对客车的多样化需求, 也减少了客车库存, 提高了 Y 公司对市场环境的快速反应能力。但是, 混流生产模式的复杂性也为 Y 公司的总装线带来了一定的问题。由于混流装配线涉及品种繁多的物料, 因此需要上游车间的配合, 才能发挥其生产优势。此外, 混流生产不具有传统流水线的高效率, Y 公司一直在努力改善各种成本, 以寻求总运营成本的降低。因此, Y 公司亟需营造一个科学合理的生产物流系统, 使混流总装线运行的更加平稳和高效, 从而在满足多样化需求的同时降低运营成本。

企业生产经营过程中, 采购、制造和销售等系列活动之间存在一种供应关系。同样, 在车间装配线上, 根据“下道工序是上道工序的客户”的理念, 供应关系

存在于上下工序之间。因而，混流装配线上在制品的流动是一种生产物流问题^[1]。本文在此实际背景下，探讨混流装配线上下工序间的在制品物流问题，以对其生产物流系统进行优化。首先，通过 Y 公司的现状分析，发现其混流总装线生产物流方面存在的问题。然后与公司生产线相关部门的员工进行访谈，并基于混流生产的一些理论，找到产生问题的原因。最后，查阅相关的理论基础和文献，选择合适的工具来解决问题，以实现 Y 公司总装线生产物流系统的优化。

1.1.2 研究意义

本文以 Y 公司总装线为研究对象，建立混流总装线投产排序的单目标模型，并使用遗传算法求解该模型，最终得出合理的产品投产顺序，从而提高 Y 客车公司的生产效率，降低生产成本，并改善生产环境。本文的研究意义主要体现在理论研究和实际应用两方面。

首先，给混流总装线排序问题的建模和求解过程提供了新的思路。因为混流装配线上产品的投产顺序对实际生产产生了诸多方面的影响，于是国内外众多学者针对该类问题做了大量深入的研究，但是实际中每条装配线的状况各有不同，因此，选择合理的数学模型及高效的求解方法对于企业成功应用混流装配线有至关重要的作用。由于 Y 公司总装线的运作情况与大多数文献研究的有所不同，因此本文根据 Y 公司的实际装配过程，构建了改进的排序问题数学模型，来更好的适应 Y 公司的实际状况。该目标模型的建模方法为以后相关的研究提供新思路。同时，选取了合适的遗传算法来求解，这在一定程度上丰富了排序问题的理论研究。

其次，整个研究为 Y 公司总装车间提供一套较为完整的混流装配投产排序优化方案，对 Y 公司的排序优化给出合理的解决方案和理论指导，从而提高 Y 公司的生产效率，降低生产物流成本，使得总装线上的品种、产量、工时以及劳动力负荷达到全面均衡。同时，在一定程度上也给相似行业（如其他制造业）一些启发，为其根据自己的实际情况制定合理的决策提供了理论依据。作为一种柔性生产方式，混流装配线能够依据客户订单来进行多品种小批量装配，从而提高企业对市场环境的快速反应能力。对于实施混流生产模式的制造业，本文的研究

可以使其认识到合理的投产顺序的重要性。混流装配线有节奏、按比例连续生产是以合理的投产顺序为前提。合理的投产顺序能够缩短产品的生产时间，提高生产效率，进一步降低相应的在制品库存，令企业在提供优质服务的同时，降低生产物流成本，从而实现效益最大化。因此，本文的研究能够减少 Y 公司总装线上的装配工人忙闲不均的现象，使其负荷更加均衡。这不仅对 Y 公司提高企业竞争优势有着积极的借鉴作用，同时对其他制造业也有一定的应用推广价值。

1.2 研究内容与方法

1.2.1 研究内容

本文从现代制造企业的混流装配大环境出发，以 Y 公司总装车间为研究对象，分析其混流总装线上装配现场混乱现象的原因，即不同车型的投产顺序。然后基于当前混流装配线投产排序的研究成果，制定混流装配线投产排序问题的目标函数、排序模型构建方法以及求解方法。

在投产排序问题上，本文以总装线负荷均衡化为目标，即最小化工作站的超载和闲置时间，建立相应的单目标模型。然后给出使用遗传算法求解的详细过程，以及使用 MATLAB 软件实现该算法的程序，最终实现对 Y 客车公司总装车间混流总装线投产排序的优化。本文的主要研究内容有：

(1) 分析 Y 公司总装线的生产物流现状，找出研究问题。

对 Y 公司的总装线进行分析，发现了 Y 公司总装线的装配现场比较混乱。通过进一步分析，得出装配现场的混乱是因投产排序设计的不合理引起的。因此，选择以投产排序为优化对象，以负荷均衡化为求解目标，以此降低 Y 公司总装线装配现场混乱的程度。通过整个分析过程，最终界定了本文的研究对象。

(2) 建立混流总装线排序问题的优化模型。

通过对 Y 公司混流总装线实际运作情况的分析，利用调研数据将整个生产线的实际生产过程抽象为数学模型，确定了负荷均衡化（即最小化工作站的超载时间和闲置时间）的优化目标函数以及相应的约束条件，从而建立 Y 公司混流总装线投产排序问题的数学模型。

(3) 利用遗传算法求解混流总装线投产排序的数学模型。

Degree papers are in the “[Xiamen University Electronic Theses and Dissertations Database](#)”.

Fulltexts are available in the following ways:

1. If your library is a CALIS member libraries, please log on <http://etd.calis.edu.cn/> and submit requests online, or consult the interlibrary loan department in your library.
2. For users of non-CALIS member libraries, please mail to etd@xmu.edu.cn for delivery details.