

小批量多品种产品的工厂化定制生产模式

陈建杰, 屠建飞*

(宁波大学 机械工程与力学学院, 浙江 宁波 315211)

摘要: 针对作坊式门店个性化定制生产中存在的生产规模小、资源不足、生产过程不连续、计划多变等问题, 本文结合小批量多品种生产的特点, 提出一种新的工厂化定制生产模式. 构建的小批量多品种产品工厂化定制生产架构平台由用户需求收集、生产管理和智能服务等三个子平台组成, 可通过订单分类汇总、生产任务批次分组等过程, 将小批量多品种订单转化为较大规模工厂化定制生产. 最后以配镜为例, 验证该模式的有效性和可行性.

关键词: 小批量多品种; 工厂化定制; 生产模型; 运作模式

中图分类号: F273

文献标志码: A

文章编号: 1001-5132 (2022) 02-0068-05

随着人们生活水平日益提高, 客户个性化需求不断增长, 客户不再满足于实体门店提供的单一化产品, 而希望获得更多与自身需求相一致的准确产品. 众多仍采用传统生产经营方式的作坊式门店将面临个性化定制订单增加, 单一产品批量变少等问题, 面临转型升级的迫切需要.

对小批量多品种产品生产问题的研究, 很多专家学者从多个角度做了较为广泛的研究. 张于贤等^[1]针对小批量多品种的订单生产存在设备更换次数多、调整时间长的问题, 分析了产品的交货时间以及工序之间的相似性, 建立订单成组模型. 杜杰等^[2]针对企业产品存在生产数量少、种类繁多以及生产过程中设备等待时间长、资源利用率较低等问题, 通过 SIMIO 建立生产线的模型. 王波等^[3]针对小批量多品种的装配生产线优化问题, 利用价值流分析图、产品数量分析方法来规划产品系列、过程和操作标准化, 建立 U 型精益生产线. 赵晏林^[4]针对小批量多品种生产存在的问题, 通过对当前家具混流生产模式的研究分析, 采用启发式算法计算最佳的混合流生产工作线. 李浩等^[5]构建大批量定制个性化产品的设计模型, 以低成本满足用户定制需求. Steiner 等^[6]针对小批量多品种产品的生产质量问题, 提出一种制作质量控制图的

方法, 用于在同一过程中收集零件的类似特征值. Zhou 等^[7]针对多品种小批量生产模式下的调度问题, 提出一种改进的遗传退火算法, 并通过改进染色体的解码过程来满足补充约束条件的要求. Löfving 等^[8]针对小批量生产模式中存在的产品种类多以及自动化生产困难等一系列问题, 建立小批量生产的柔性自动化技术.

国内外专家学者从模块化、订单成组等多角度进行了研究, 为后续研究提供了有益的参考和借鉴. 本文从工厂化生产角度探讨小批量多品种产品的定制生产模式, 该模式通过互联网平台实现线上线下相结合, 建立工厂化定制生产系统, 将门店小批量多品种产品制造订单进行统一汇总, 由制造工厂实现批量化生产, 由此提高门店服务质量和产品质量.

1 工厂化定制生产架构平台

工厂化定制生产架构平台如图 1 所示, 平台以用户需求为核心, 由用户需求收集子平台、生产管理子平台和智能服务子平台等三部分组成.

1.1 用户需求收集子平台

用户需求收集子平台由电商网站和实体门店两部分构成. 用户可以通过电商网站选购产品的

收稿日期: 2021-03-19.

宁波大学学报(理工版)网址: <http://journalg.nbu.edu.cn/>

基金项目: 浙江省自然科学基金(Y14G010012).

第一作者: 陈建杰(1996-), 男, 浙江宁波人, 在读硕士研究生, 主要研究方向: 制造业信息化. E-mail: 619980006@qq.com

*通信作者: 屠建飞(1974-), 男, 浙江余姚人, 副教授, 主要研究方向: 制造业信息化及供应链管理. E-mail: tujianfei@nbu.edu.cn

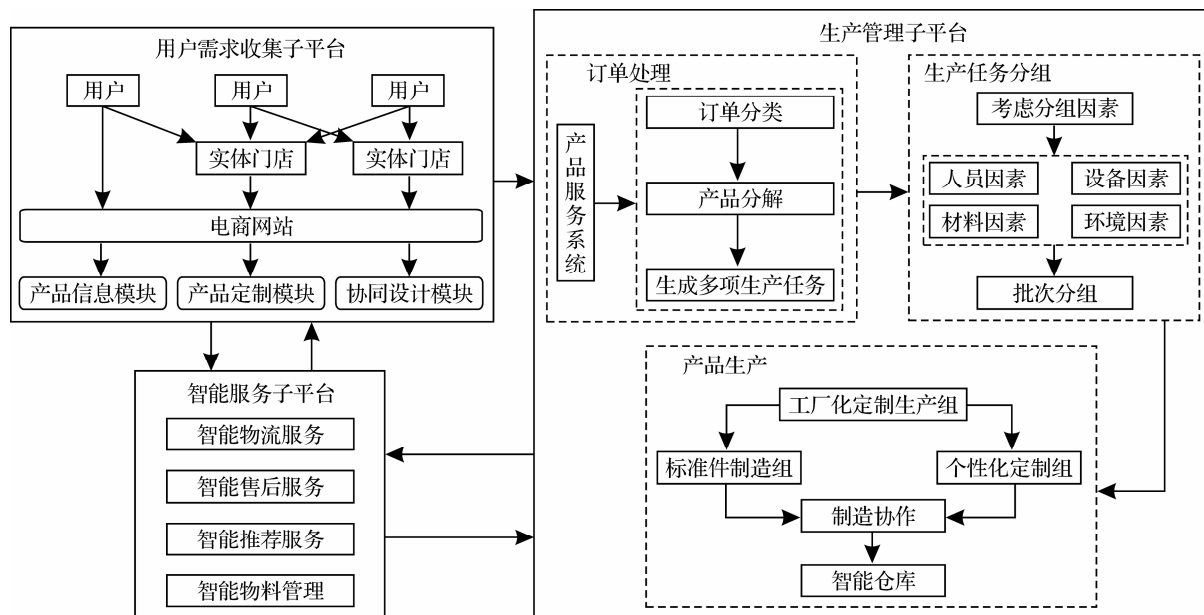


图1 工厂化定制生产架构平台

款式、风格、型号以及个性化设计, 形成个性化订单; 上述过程也可以通过实体门店完成, 并由门店提交至电商网站, 即实体门店可成为平台的实体终端。

在用户需求收集子平台中, 产品信息模块、产品定制模块和协同设计模块用于支持生成个性化产品。其中, 产品信息模块提供产品信息检索服务, 并能够对通过用户搜索行为的分析, 实现需求预测。产品定制模块包含模块定制、众创定制、专属定制等多种定制方式^[9], 用于实现产品定制。协同设计模块支持用户与产品提供方围绕产品特征进行信息交互, 共同完成设计。

1.2 生产管理子平台

生产管理子平台是工厂化定制生产系统的制造核心, 由订单处理模块、生产任务分组模块、产品生产模块等三部分组成。

其中, 订单处理模块利用产品服务系统对订单产品进行分类, 分类后的订单产品分解为零部件需求, 零部件需求再分解形成生产任务。

生产任务分组模块根据影响零部件生产任务的分组因素, 对同道生产任务进行批次分组。

产品生产模式中的工厂化定制生产组由标准件制造组和个性化定制组构成。标准件制造组用于确定公共部件的分组生产, 个性化定制组用于确定定制产品的分组生产。

1.3 智能服务子平台

智能服务子平台由智能物流服务、智能售后服务、智能推荐服务、智能物料管理等模块组成。上述智能服务涵盖物料管理、物流配送、售后服务与用户反馈等多项业务。通过智能化技术应用, 提高相关服务的效率与质量。

2 工厂化定制生产过程

工厂化定制生产过程包括订单处理、生产任务分组和产品生产等三个组成部分, 用以将小批量订单汇总转化成为较大规模工厂化生产, 相应流程如图2所示。

2.1 订单处理

多项来源于不同用户或不同实体门店的订单, 按产品类型, 分组汇总形成不同的订单类别组 $\{C_1, C_2, C_3, \dots, C_n\}$ 。每个类别组下可包含多个同类型的产品生产需求, 如 $\{P_A, \dots, P_N\}$ 。

每一项的生产需求可基于产品物料清单(BOM)进行分解, 形成零部件和原材料需求, 分别转化成为零部件的生产任务和原材料的采购需求清单。

零件的生产任务又可以依据加工工艺过程分解成为多项工序任务; 原材料的采购需求可依据采购分组要素形成多项采购任务。如零件 P_{A1} 的生产任务为 $\{\text{生产任务 } T_{A11}, \text{生产任务 } T_{A12}, \dots\}$ 。

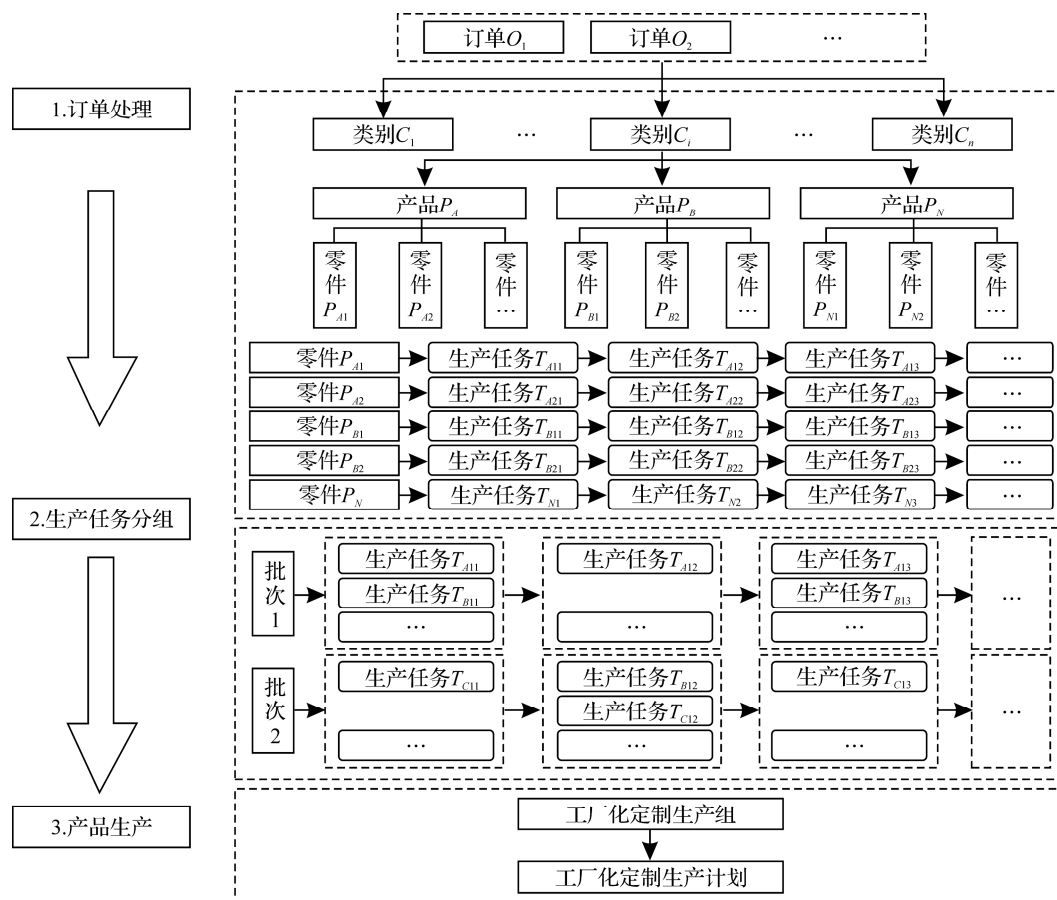


图2 工厂化定制生产过程

此分类和分解的订单处理过程将订单分解成为生产任务和采购需求,为后续生产计划和物料采购计划的制定提供依据。

2.2 生产任务分组

以类别 C_i 下的 P_A 、 P_B 、 P_C 定制产品为例。此 3 项定制产品属于同类别组,可分解为同类别的零部件和原材料需求,且每道生产任务存在一定相似性和内在关联性。这些关联性包括加工设备的关联性、加工人员的关联性、原材料的关联性等,所以这些关联性即是生产任务批次分组的依据。

考虑影响生产任务分组的关联性要素,结合时间、排程、客户等级等其他经营要素,可以确定分组要素的优先级,将生产任务重新编制成生产计划,形成多组生产任务批次。即可以将需要同一设备加工的任务编制为同一批次,或需要同一生产工装夹具的生产任务置于同一批次,或将具有前后工序关联关系的生产任务归为同一批次等。形成诸如生产任务批次 1 {生产任务 T_{A11} , 生产任务

T_{B11} , ...} 等批次任务清单。

2.3 产品生产

经重新组合的各批次生产任务可交由生产管理子平台的工厂化定制生产组生产,并生成相应的定制生产计划。

归属公共部件的生产任务批次由标准件生产组完成生产,个性化定制的生产任务批次交由对应的定制生产组完成生产。工厂化定制生产组间统筹协调,形成多条完整的主生产计划,从而完成批量化生产。

3 实例

以传统眼镜店为例,其现阶段存在的主要问题是对于眼镜的选择更具个性化,但由于客户订单数量少,而镜片又存在多样化定制属性,如折射率、镜片类型等,使传统眼镜店无法快速且低成本地满足客户定制眼镜的需求。

在工厂化定制环境下,客户通过门店或者电

商平台选择定制眼镜的相关参数, 形成眼镜订单(图 3)。

订单编号	用户账号	提交时间	订单金额	支付方式	订单来源	订单状态	操作
100000	用户1	2021-01-25 17:37:10	800	支付宝	APP订单	待发货	查看 删除
100001	用户2	2021-01-25 17:39:14	670	微信	PC订单	待发货	查看 删除
100002	用户3	2021-01-25 17:42:43	560	支付宝	PC订单	待发货	查看 删除
100003	用户4	2021-01-25 17:44:10	500	微信	门店订单	待发货	查看 删除
100004	用户5	2021-01-25 17:45:20	460	支付宝	门店订单	待发货	查看 删除
100005	用户6	2021-01-25 17:46:30	430	微信	门店订单	待发货	查看 删除
100006	用户7	2021-01-25 17:46:50	850	微信	APP订单	待发货	查看 删除
100007	用户8	2021-01-25 17:47:10	550	支付宝	门店订单	待发货	查看 删除
100008	用户9	2021-01-25 17:47:25	450	微信	APP订单	待发货	查看 删除
100009	用户10	2021-01-25 17:47:46	730	支付宝	门店订单	待发货	查看 删除

订单详情

编号	订单编号	产品名称	产品价格	数量	操作
☐	1	100000	定制镜片1	600	1 查看 删除
☐	11	100000	定制镜架1	200	1 查看 删除

产品详情

订单编号: 100000

产品名称: 定制镜片1

产品型号: YJ100000

产品价格: 600

度数: 200

折射率: 1.74

色泽: 无色

材质: 树脂

球面: 非球面

阿贝数: 40.0

功能: 防蓝光

备注:

验光参数

右眼: -2.0

左眼: -2.0

散光: 50

双眼瞳距: 64mm

轴位: 166

矫正视力: 1.0

图 3 订单列表及详情

镜片生产工厂通过生产管理子平台对眼镜订单进行分类, 划分为近视眼镜、远视眼镜、变光眼镜等多种类别。每一类别眼镜基于产品物料清单分解为镜片、镜架等零部件, 形成镜片、镜架等生产任务和原材料需求(图 4)。

镜片等生产任务需经过原料配制、模具组装、原料浇注、固化、切边、镀膜、磨片检验等多项工序, 每项工序形成对应的一项或多项生产任务, 多项生产任务分组形成任务批次。

以磨片为例, 考虑磨片过程中分组因素的优先级, 如加工设备、加工人员技术、镜片材料、镜片参数及验光参数对镜片磨片生产任务的影响, 分组形成如图 5 所示的生产任务批次组, 并以任务

BOM表单

BOM编号: 1 物料编号: 100000 物料名称: 眼镜1

版本: 1 单位: 副 备注:

物料编码	物料名称	物料来源	计量单位	用量	工序数	操作
100000	眼镜1	自制	副	1		查看 删除
120001	镜架1	自制	副	1		查看 删除
121001	镜框1	自制	副	1		查看 删除
121002	镜腿1	自制	个	2		查看 删除
121003	铰链1	自制	个	2		查看 删除
110001	镜片1	自制	片	2	7	查看 删除

图 4 眼镜 BOM

生产任务组1

生产任务编号	产品编号	产品名称	计划数量	已完成数量	来源	状态	计划开始时间	计划结束时间	操作
20210125000003	110003	镜片3	2	0	自制	未完成	2021-01-25 21:23:09	2021-01-26 21:23:11	查看 删除
20210125000005	110005	镜片5	2	0	自制	未完成	2021-01-25 21:23:09	2021-01-26 21:23:11	查看 删除
20210125000006	110006	镜片6	2	0	自制	未完成	2021-01-25 21:23:09	2021-01-26 21:23:11	查看 删除
20210125000009	110009	镜片9	2	0	自制	未完成	2021-01-25 21:23:09	2021-01-26 21:23:11	查看 删除

生产任务组2

生产任务编号	产品编号	产品名称	计划数量	已完成数量	来源	状态	计划开始时间	计划结束时间	操作
20210125000004	110004	镜片4	2	0	自制	未完成	2021-01-25 21:23:09	2021-01-26 21:23:11	查看 删除
20210125000008	110008	镜片8	2	0	自制	未完成	2021-01-25 21:23:09	2021-01-26 21:23:11	查看 删除
20210125000010	110010	镜片10	2	0	自制	未完成	2021-01-25 21:23:09	2021-01-26 21:23:11	查看 删除

图 5 眼镜生产任务分组

批次组为对象制定生产计划。

这种线上线下相结合的工厂化定制生产模式实现了客户、门店、工厂多方协作, 满足客户个性化需求, 降低眼镜生产成本, 提升了生产效率。

4 结论

本文提出了一种小批量多品种产品的工厂化定制生产模式, 利用工厂化定制平台对用户订单实现有效的集成和统一管理。并通过订单产品的分组生产使制造资源得到充分利用, 解决了作坊式门店面对小批量多品种产品存在的生产能力不强, 效率较低等一系列问题, 实现快速应对客户定制需求; 并能以较大批量定制的高效率实现小批量多品种产品的生产, 降低企业生产成本。最后以配镜为例验证了方案的可行性。

参考文献:

[1] 张于贤, 丁修坤. 面向多品种小批量的订单成组模型

- 研究[J]. 系统科学学报, 2018, 26(1):92-95.
- [2] 杜杰, 张利平, 唐秋华, 等. 多品种小批量生产方式的 SIMIO 仿真优化[J]. 机床与液压, 2020, 48(2):133-137.
- [3] 王波. 精益单元化生产在多品种小批量装配生产中的实践[J]. 现代制造工程, 2019(10):21-27; 39.
- [4] 赵晏林. 多品种小批量环境下的家具混流生产线平衡分析与改善[J]. 林产工业, 2019, 46(1):66-72.
- [5] 李浩, 陶飞, 文笑雨, 等. 面向大规模个性化的产品服务系统模块化设计[J]. 中国机械工程, 2018, 29(18): 2204-2214; 2249.
- [6] Steiner S H, Geyer P L, Wesolowsky G O. Shewhart control charts to detect mean and standard deviation shifts based on grouped data[J]. Quality and Reliability Engineering International, 1996, 12(5):345-353.
- [7] Zhou D, Zeng L. Intelligent scheduling method oriented to multi-varieties and small-batch production mode[J]. Applied Mechanics and Materials, 2012, 263/264/265/266:1269-1274.
- [8] Löfving M, Almström P, Jarebrant C, et al. Evaluation of flexible automation for small batch production[J]. Procedia Manufacturing, 2018, 25:177-184.
- [9] 吴画斌, 陈政融, 魏珂. 工业互联网平台创新引领制造业产业转型升级——基于海尔集团 COSMOPlat 的探索性案例研究[J]. 现代管理科学, 2019(10):21-24.

The factory customization production mode of small batch and multi-variety products

CHEN Jianjie, TU Jianfei*

(Faculty of Mechanical Engineering & Mechanics, Ningbo university, Ningbo 315211, China)

Abstract: This paper proposes a new factory customization production mode to address the problems of small-scale production, insufficient resources, discontinuous production processes and variable planning in the personalized production for workshop-type shops. The platform is composed of three sub-platforms, including user demand collection, production management and intelligent service, which can transform small batch and multi-species orders into large scale customized production tasks through the process of order classification and batch grouping. Finally, the model is validated with the example of spectacles production.

Key words: small batch and multi-variety; factory customization; production model; operation mode

(责任编辑 章践立)