

面向大规模定制的柔性生产计划研究^{*}

翟丽丽¹, 王欢¹, 祁凯², 吴飞¹

(1. 哈尔滨理工大学管理学院, 哈尔滨 150040; 2. 哈尔滨师范大学管理学院, 哈尔滨 150025)

摘要: 针对大规模定制条件下传统生产计划在主生产计划、产品结构管理和生产计划过程三个方面柔性不足的问题,应用模块化方法构建了双层柔性主生产计划、产品族结构模型和“PUSH/PULL”结合的生产计划过程模型,在此基础上,构建了柔性的生产计划体系结构。通过实证分析,验证了该体系结构可实现快速响应大规模定制下产品多样化的需求。

关键词: 生产计划; 大规模定制; 柔性; 体系结构

中图分类号: F270.7 **文献标志码:** A **文章编号:** 1001-3695(2012)07-2544-05

doi:10.3969/j.issn.1001-3695.2012.07.038

Research on flexible production planning for mass customization

ZHAI Li-li¹, WANG Huan¹, QI Kai², WU Fei¹

(1. School of Management, Harbin University of Science & Technology, Harbin 150040, China; 2. School of Management, Harbin Normal University, Harbin 150025, China)

Abstract: Aiming at the problem that traditional production planning is insufficient flexibility on the master production scheduling, product structure management and production planning process under mass customization, by module method, this paper built double hierarchy flexible master production scheduling, the product family structure model and the production planning process model with "PUSH/PULL". On this basis, it constructed a flexible production planning architecture. And an empirical analysis verifies that this planning architecture can rapidly respond the demands of product diversification under the mass customization.

Key words: production planning; mass customization; flexible; architecture

0 引言

随着经济全球化和市场竞争的加剧,顾客对产品的个性化和多样性需求日益增长,在后金融危机时代,既能满足客户个性化需求又不牺牲企业效益的大规模定制(mass customization, MC)生产方式得到了快速发展,已经开始成为企业竞相选用的一种有效竞争手段。

国外学术及企业界的专家和学者从诸多角度研究了大规模定制的基本类型、生产理念和产品策略, Tseng 等人^[1]从顾客参与程度出发将大规模性质分为组成型、选择性及核心型三种方式; Beaty^[2]系统地总结了大规模定制有效实施的六种内部与外部因素,即多样化的客户需求、企业对市场外部环境的适合程度、完善的产品价值链、现今的产品制造技术、产品的可定制性、组织内的知识管理。国内的祁国宁等人^[3]在结合传统成组技术和新型网络技术的基础上提出了基于网络的大成组技术,即在大区域中应用成组技术对企业集群进行整体的优化,该技术是企业大规模定制的有效途径之一,它可以支持企业高效率低成本地制造出顾客满意的高品质定制产品;此外,王海军等人^[4]研究了大规模定制的生产组织方式及生产计划和控制问题,同时指出实现大规模定制的关键问题是如何让多

种产品共享准备时间,共享产品工艺路线,如此便可缩短整个生产的调整次数和时间,获取近似于大规模批量生产的不间断性效果。伊挥勇等人^[5]将产品功能配置元和结构配置元引入到产品族规模优化中,结合客户需求强度和偏好分析,构建了行业竞争力导向的在线大规模定制产品族规模优化方法。邵晓峰^[6]在分析了集成供应链、纳什博弈的供应链和大规模定制商为主导者、经销商为跟随者的 Stackelberg 博弈的供应链中最优定价与提前期策略的基础上,提出了一种能够有效协调大规模定制供应链定价与提前期问题的佣金制契约。

通过国内外诸多学者对大规模定制进行的深入研究,可以得出大规模定制具有如下主要特征:

- a) 定制产品具有多样性;
- b) 以相似性、重用性和全局性作为大规模定制的基本原理;
- c) 以产品的模块化设计和零部件的标准化和通用化为基础;
- d) 以供应链为基础整合企业的生产能力,满足生产需求;
- e) 以满足顾客需求多样化和实现规模效益降低生产成本为目标^[7,8]。

其中,定制产品的多样性是大规模定制最基本的特征,在柔性生产计划的构建过程中具有决定性作用。传统的企业生

收稿日期: 2011-11-25; **修回日期:** 2011-12-27 **基金项目:** 国家自然科学基金资助项目(71072085); 黑龙江省教育厅新世纪教改工程项目

作者简介: 翟丽丽(1963-),女,河北武安人,教授,硕士,主要研究方向为生产运作管理、管理信息系统(zhailili@hrbust.edu.cn); 王欢(1985-),男,硕士,主要研究方向为生产运作管理; 祁凯(1981-),女,讲师,博士,主要研究方向为企业建模; 吴飞(1984-),男,硕士,主要研究方向为数据挖掘。

产计划在计划层次和计划过程等方面都难以适应大规模定制的需求多样性特征,目前不容忽视的问题主要有:

a) 主生产计划难以适应产品的多样性特征。传统的主生产计划(master production scheduling, MPS)主要是对单一产品进行的计划,但在大规模定制中计划产品的种类具有多样性,若对每一种产品都进行 MPS 将会造成计划数据的冗余,降低生产计划的有效性。

b) 传统的 BOM 难以满足 MC 的数据管理需求。物料清单(bill-of-materials, BOM)是企业对产品结构数据进行管理的主要方式,但在大规模定制中由于产品种类的多样性和复杂性,造成了 BOM 难以实现大规模定制中产品结构数据管理的问题。

c) 传统的生产计划过程僵化。传统的生产计划往往都是在快速响应顾客需求和最大化生产效率之间进行抉择,但大规模定制的目标是在实现生产高效性的同时来快速响应顾客的需求。因此传统的生产计划过程已不能满足大规模定制的要求。

对于生产计划管理柔性的研究,目前主要集中在 MPS (master production scheduling) 的柔性化上。赵莹^[9]对生产计划管理中的 MPS 和 MRP 的柔性进行了研究。王正成等人^[10]在柔性化 MPS 方法制定及应用研究中针对目前国内制造业生产管理系统 MPS 制定存在的适应性不强的问题,分析了各类企业对 MPS 的业务及功能的需求,并在此基础上重点研究了适应多种生产类型的主生产计划技术及其相关支持技术。随着经济的发展,现实企业面临的外部市场环境日益复杂多变,需求的多样性要求企业的生产必须更加灵活。所以生产计划的柔性化在企业管理信息系统的发展中显得尤为重要,特别是在大规模定制的环境下帮助企业制定柔性的生产计划来响应顾客的多样性需求,已经成为生产计划系统发展的必然趋势。

综上所述,传统生产计划存在的诸多问题已严重阻碍了大规模定制的发展。为了能够将大规模定制广泛的应用、快速响应顾客的多样化需求,目前迫切需要对传统生产计划进行柔性化改进。

1 大规模定制下柔性生产计划需求分析

针对上述生产计划的柔性不足问题,本文从三个方面分析了大规模定制对生产计划的柔性需求。首先,构建双层的柔性 MPS,通过制定产品族预测计划对 MPS 进行改进;其次,建立产品族结构模型,来满足多品种产品结构管理的需求,同时,基于产品族配置进行产品结构管理;最后,通过“PUSH/PULL”结合的计划方式实现柔性的生产计划过程。

1.1 双层柔性 MPS

一个有效的 MPS 是生产计划对顾客需求的一种准确反映,它在有效利用企业各种资源的基础上协调生产计划与市场需求,实现生产计划中所表达的企业经营目标。要实现生产计划的柔性,首先要进行 MPS 的柔性化。改变其针对单一产品制定生产计划的缺陷,应用产品族预测计划首先对产品族进行 MPS 的编制,获取通用件的需求信息,然后再对通用件进行 MPS。

本文根据大规模定制产品的多样性和相似性特征构建了双层的柔性 MPS 结构,如图 1 所示。第一层是产品族预测计划。产品族是指以可选通用件为基础,通过添加个性的定制件,以满足不同客户个性化需求的一组相关产品。应用定制产品的相似性原理将多样化的产品划分为不同的产品族,然后对产品族进行生产计划,最终获取产品族中通用件的需求信息。然后,根据产品族预测计划得出的通用件需求信息来制定通用件的 MPS,实现对多种定制产品进行 MPS、减少 MPS 数据冗余的目的。

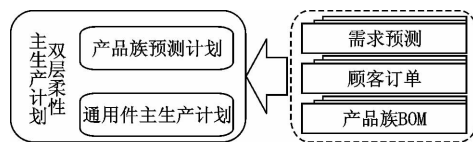


图1 双层柔性MPS

1.2 产品族结构管理

BOM 是编制生产计划的一个重要的基础数据,它反映了产品的结构层次以及制成最终产品的各个阶段的先后顺序,与产品一一对应,因此传统的 BOM 是相对稳定的。由于 BOM 的相对稳定性,制造商只能生产出固定的产品品种,对于新产品,又需要有新的 BOM 与之对应。总而言之,静态的 BOM 是与大批量生产相伴而存在的,而大规模定制强调顾客化和个性化的产品品种,对每种产品在需求数量和需求次数上并没有限制,很可能一种产品只有一次需求或是单件需求。因此,为每一个产品建立一个 BOM 是不实际的,这种静态的、一一对应形式的 BOM 不再适合大规模定制生产方式。要使 BOM 满足产品多样性的需求,就要在生产计划过程中构建产品族 BOM,来实现大规模定制生产计划中产品结构的柔性。实现产品结构柔性的方法主要有:通用 BOM (generic bill-of-materials, GBOM) 和基于产品相似性原理的模块化 BOM。本文主要应用 GBOM 进行产品族结构模型的建立,并应用模块化 BOM 的思想对产品族进行管理,来满足大规模定制对产品结构的柔性需求。产品族结构模型描述了与产品结构、配置规则有关的所有信息;产品族结构模型的建立保证了产品族数据的高效、低冗余管理,为生产计划的进行提供有效的信息。

1.3 柔性生产计划过程

在大规模定制的条件下运用单一的生产计划模式很难满足定制产品的需求及实现大规模定制的目标。基于顾客定制产品的相似性原理可以将定制产品区分为由通用件和定制件两部分组成。对于通用件,可以在需求预测的基础上进行大批量的生产从而实现企业生产的规模效益,实现大规模定制对成本的高效率低成本要求^[11]。由于定制件的生产提前期会影响到定制产品的交货提前期,而不同的定制件具有不同的提前期,所以找出生产提前期最长的定制件将其作为关键定制件来生产,通过对定制件进行“拉动式”的生产来缩短其生产提前期,从而缩短定制产品的交货提前期、减少大规模定制的时间成本。最终,针对产品通用件的批量性和定制件的多样性,将实现批量生产的“推动式”生产计划和能有效缩短产品提前期的“拉动式”生产计划相结合,解决单一生产计划方式难以实现大规模定制目标的问题^[12]。

大规模定制生产的目标是以规模效益来满足客户对产品

的多样化需求,而生产计划过程的柔性化可以满足定制产品多样化和批量生产的要求。针对定制产品零部件组成的特殊性将整个生产计划过程划分为两个部分,即批量生产下通用件的“推动式”生产计划和定制件的“拉动式”生产计划,并将两者通过定制产品的装配计划有机结合,最终构成“PUSH/PULL”式柔性的生产计划过程来实现大规模定制的目标。

本文根据定制产品零部件的特征,构建了基于顾客订单和需求预测双向驱动的柔性生产计划(图2)。基于顾客订单驱动的定制件的“PULL”式生产,主要是为了满足顾客的个性化要求。个性化产品中通用件的生产主要是通过基于需求预测的“PUSH”式计划来完成,从而实现企业生产的规模效益。最终,通过定制件“PULL”式生产和通用件“PUSH”式生产的结合来满足大规模定制的快速响应顾客多样化需求的目标。

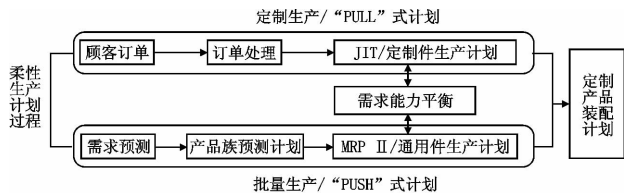


图2 “PUSH/PULL”式柔性生产计划过程

2 柔性生产计划体系结构设计

2.1 柔性生产计划总体结构

在上述分析的基础上,结合大规模定制对生产计划的特殊需求,本节给出了面向大规模定制的柔性生产计划的总体结构,如图3所示。此柔性生产计划体系结构主要由四部分组成,即“PUSH/PULL”式计划、产品族结构模型与管理、基于产品族配置的产品结构管理以及能力与负荷的平衡。“PUSH”式计划的功能是根据需求预测的结果,通过产品族的预测计划得出通用件的需求信息,然后对通用件进行具有MRP II思想的批量式生产计划,实现企业的规模效益。而“PULL”式计划则是针对定制件的特殊性,根据顾客的定制需求进行JIT生产计划,满足顾客的多样化需求。

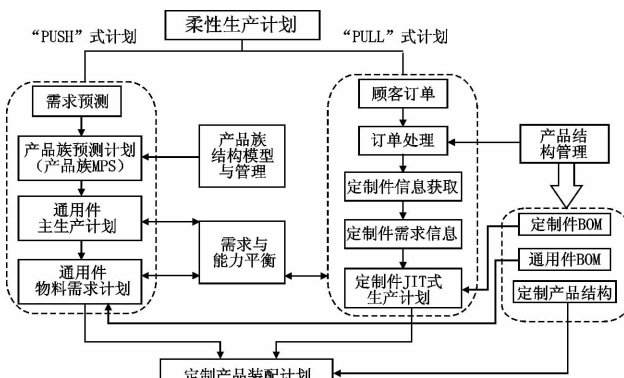


图3 柔性生产计划总体结构

本文在MRP II的“PUSH”式生产计划和JIT的“PULL”式生产计划研究的基础上首先建立了双层的主生产计划,在对通用件进行主生产计划之前进行产品族预测计划的制定,得出产品族中通用件的种类和需求信息,完成“PUSH/PULL”结合式生产计划的构建^[13,14]。产品族结构模型与管理和产品结构管理两部分主要是针对各个阶段计划的不同需求,为生产计划提供不同的基础信息来完成计划的制定。需求与能力的平衡用

来检验每一层生产计划的可行性。下面将对产品族结构模型与管理、产品族预测计划和产品结构管理三部分主要内容进行详细的介绍。

2.2 产品族结构模型与管理

一个完整的产品族结构模型由产品族BOM结构和选择树组成。产品族BOM是指产品族中定制产品共享通用的产品结构。它由类零部件,以及它们之间的关系组成的一个层次结构,产品族BOM结构区分了不同的产品族^[15]。产品族中的产品都具有一一对应的BOM结构。为不失一般性,下面以四种产品举例来说明产品族结构模型。如图4中产品 P_1 、 P_2 、 P_3 和 P_4 具有一一对应的BOM结构。仅子节点上的零件 c_1 、 c_2 、 c_3 和 c_4 ,零件 d_1 、 d_2 及相应的部件 b_1 、 b_2 、 b_3 和 b_4 具有差异。把零件 c_1 、 c_2 、 c_3 和 c_4 组成一个集合,用类零件 C 来表示。把零件 d_1 和 d_2 组成一个集合,用类零件 D 来表示。把部件 b_1 、 b_2 、 b_3 和 b_4 组成一个集合,用类部件 B 来表示。分别记为 $C = \{c_1, c_2, c_3, c_4\}$, $D = \{d_1, d_2\}$, $B = \{b_1, b_2, b_3, b_4\}$ 。

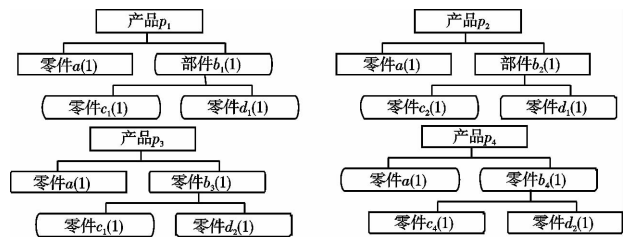


图4 定制产品BOM结构

产品族选择树是一种用来选择类零部件中元素从而确定产品BOM结构的模型。它根据顾客的需求,在相应约束条件下应用类零部件的参数对类零部件的元素进行选择。产品族BOM结构中各层零部件之间是并列关系,共同组成上一层父件(图中用实线表示),而选择树中各层的元素之间是选择关系,只能选择一种元素存在(图中用虚线表示)。如图5所示,实线连接的四边形部分表示了产品族的结构,其余由虚线连接的八边形部分是类零部件的选择树结构,它给出了每一种类零部件的可能选择项。图中Var表示类零部件的变量集,如:类零部件 C 的变量集 $= \{Var_1, Var_2\}$;value表示每一变量的可能取值,如:变量 Var_1 的取值 $= \{value_{11}, value_{12}\}$;O表示类零部件的一种选择子集,如: $O(C|Var_1 = value_{11})$ 等^[16]。

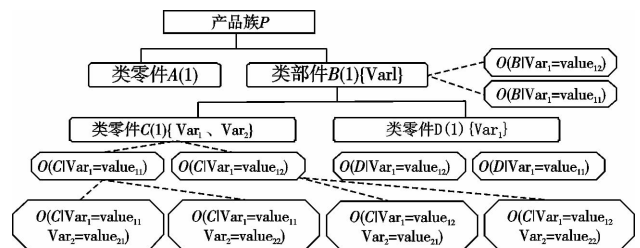


图5 产品族结构模型

上图中的类零部件是一组相似零部件的集合,它们都位于相同的BOM节点上,具有相同的公共属性并通过某一属性的差别来体现用户的定制性,因此通过类零部件的相同属性可以得到柔性生产计划中通用件的信息,从而完成通用件生产计划的制定。

本文采用模块化的方法对产品族进行管理。模块化思想是指将产品的组成部件区分为一系列可选择的具有独立功能需求和输入、输出的模块,包括通用模块和特殊模块等。面向

MC 产品族管理的基本思想是产品族组成的模块化,旨在利用通用、成熟的通用模块和满足个性化定制要求的特殊模块,以最短的开发周期、最低的成本,向市场提供不同系列的产品,来满足不同客户群的需求。企业应在不影响顾客个性化需求的基础上,尽可能扩大通用模块的使用,这样可降低总的生产成本。在新产品的开发阶段,设计人员进行创造性的产品基型设计,设计时要充分考虑到今后市场需求对产品变型的要求的基础上,进行产品的模块化设计和标准化设计。充分挖掘存在于产品、模块的几何相似性、结构相似性、功能相似性和过程相似性,是有效进行产品变形和产品重组的基础。应用模块化思想进行产品族管理的框架如图6所示。

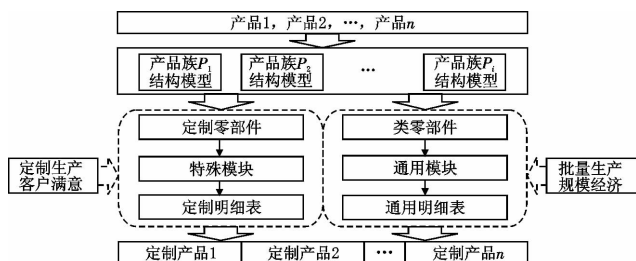


图6 产品族管理框架

2.3 产品族预测计划

产品族预测计划是指在需求预测的各个生产计划时段根据预测信息及生产计划体系中产品族结构模型对预测产品进行合并得到包含预测信息的产品族结构,从而得到预测所需通用件的需求信息。产品族预测计划的目的是得出产品族中通用件的种类和需求数量,为通用件主生产计划的制定提供依据。因此在确定要进行计划的产品族时,应将产品中包含的通用件作为参数来确定产品族。在大规模定制条件下,首先对产品族进行预测计划是整个生产计划过程中的关键步骤,它是联系顾客需求和高效率生产的纽带,为通用件生产计划的有效制定提供依据。

在大规模定制环境下的柔性生产计划体系中产品族预测计划首先要得到需求预测信息和产品族结构模型,然后根据不同需求时段的划分对预测的需求产品进行合并,得到包含需求预测信息的产品族结构。图7以 T_1 时段为例描述了产品族预测计划过程,制定产品族预测计划的具体过程如下:

- 根据需求预测获取在不同需求时段上预测产品的种类和数量信息;
- 在相同需求时段合并产品需求信息;
- 应用2.2节中产品族结构模型构建方法,针对同一时段预测产品的需求信息构建产品族结构;
- 根据所得产品族结构,通过产品族结构模型管理功能获取各时段的通用件预测需求信息。

在制定产品族预测计划过程中的关键步骤是对预测的具体产品的合并来得到产品族结构,这一过程正是上一节中根据具体产品对产品族结构模型的建立,然后通过产品族结构信息得出通用件的需求数量。

2.4 产品结构管理

在上述产品族结构配置的条件下,根据顾客的实际需求,可以由产品族结构模型得出某一具体的顾客需求产品。通过得出的产品结构可以进一步得出所需的定制件结构信息,从而

为定制件的“PULL”式计划制定提供基础数据。因此,对产品族结构模型配置得出的产品结构进行有效管理是进行柔性生产计划的保证。本文在对产品结构管理时应用了产品数据管理(product data management, PDM)中的产品结构管理(product structure management, PSM)模块。

PSM的主要功能是管理产品的结构和配置,是对扩展的产品结构树本身及产品结构所涉及的产品数据的一种操作。这种操作包括通过产品结构树对产品数据进行的创建、维护、存储、检索和使用,并反映设计状态的产品结构。产品结构管理的内容主要包括产品结构层次关系管理、基于文件夹的产品—文档关系管理和版本管理三部分^[17]。产品结构层次管理是指对单一、具体产品所包含的零部件的基本属性的管理,并维护它们之间的层次关系。利用PDM系统提供的产品结构管理功能可以有效、直观地描述所有产品相关的信息。另外,基于文件夹的产品—文档关系管理能够更好地完成从设计、制造到销售整个生命周期的信息管理工作。最后,通过版本管理功能可以完整地反映产品设计的整个动态过程,它不仅能够包含设计对象当前的全部信息,而且能够反映出当前设计对象与其他关联对象的联系,以及每个版本的有效性。

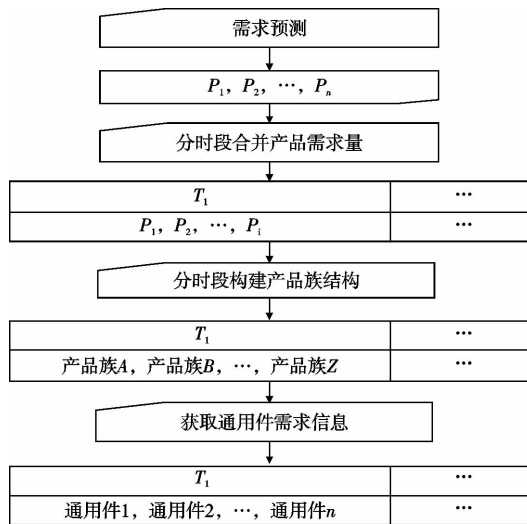


图7 产品族预测计划过程

3 柔性生产计划体系应用实例

东安动力公司拥有具有国际先进水平的缸体生产线4条、缸盖生产线3条、系列齿轮生产线10条及变速器壳体生产线、热处理生产线、试车生产线和铸造生产线,并利用自身能力建设了国内较高水平的曲轴粗、精加工生产线,凸轮轴生产线,差速器壳体生产线,并拥有前后驱发动机及变速器总成装配生产线各2条。表1为东安动力生产发动机的主要种类和产品参数。

随着全球经济一体化的到来,市场竞争日趋激烈,高技术、高科技越来越成为推动经济发展的动力,信息显得尤为重要。为了顺应经济的发展,东安动力在早期已经对人员、设备进行过调整与改造,引进了先进的生产设备和产线,投入了大量的资金用于购买计算机等单机产品。但应用效果不大,没有实现资源共享,无法有效进行深层次管理,不能发挥计算机应有的作用。在生产计划和管理方面存在的主要问题有:

- 销售与计划的平衡

东安动力的产品种类比较多(100余种发动机,常用机型40多种),生产变化比较频繁;生产是根据客户需求组织实施而不是按订单生产。销售计划的频繁变更使销售计划与生产计划失去平衡。

b)生产管理

生产难以均衡,经常发生缺件现象。各生产车间对在制品的管理不清晰,不能清楚地掌握生产状况和每日的确切生产数量。对生产车间的设备管理不够,不能清楚地分析各生产车间的生产能力。

表1 发动机类型及主要参数

型号	型式	缸径× 冲程 /mm	排量 /ml	额定 功率 /kW	额定 转速 /rpm
DA468QA	直列四缸、双顶置凸轮轴、多点电控汽油喷射	68×74	1 075	54	6 000
DA468QB	直列四缸、进气 VVT 双顶置凸轮轴、多点电控汽油喷射	68×74	1 075	57.5	6 500
DA468QLI	电喷横置前驱动、铝制缸体、DOHC 双凸轮配气结构	68×74	1 075	48	5 700
DA465Q-2/D	电喷横置前驱动	65.5×72	970	33.5	5 000
DA465QI-A2/D	电喷横置前驱动	65.5×78	1 051	38.5	5 200
DA465QA	电喷横置前驱动	65.5×72	970	40	5 500
DA471QLR	电喷横置后驱动、铝制缸体、DOHC 双凸轮配气结构	71×82.6	1 308	58	5 400
DA471QAR	直列四缸、双顶置凸轮轴、多点电控汽油喷射	71×82	1 298	63	5 500
DA471QL	电喷横置前驱动、铝制缸体、DOHC 双凸轮配气结构	71×82.2	1 302	58	5 400

为此,东安动力托汉普管理咨询(中国)有限公司协助进行 BPR/ERP(业务流程重组/企业资源规划)项目的实施,全面实施信息化建设。通过几年的努力,在企业的信息化建设方面取得了很大的进步。在生产基础数据管理方面,利用 Oracle ERP 统一编码体系建立了完整、统一的产品、物资和生产等方面的数据管理系统,解决了东安动力数据管理中存在的问题。并在销售与计划的平衡问题中,引入 MRP 指导生产计划工作,解决了系统内主生产计划只增不减的顽症,完善了各部门实际的工作流程。

针对东安动力的实际情况,目前无法做到按月下达销售计划,也做不到滚动计划。因此提出了产品族预测计划这一新概念。综合分析并汇总了两年来东安动力的销售和生产情况,公司内部生产的自制件情况,各车间生产线等情况并到东安动力最大的需求商——哈飞汽车公司制造部门进行走访,讨论相互间信息传递等问题。根据近两个月的数据分析积累,提出了销售预测加产品预测计划及缩短计划周期的想法,这为实现系统指导生产提供了新的思路。在提出的新方案中采用了用预测的方法直接进入系统的 MPS 计划,这是对标准流程的灵活运用,也是在标准流程基础上进行的创新。计划模块新方案是将系统内原来的月计划改变为旬计划,而旬计划是根据销售部门的周计划加上由各部门(信息科、生产科、计划科、销售科)根据发动机成品库存、自制件生产能力及库存、发动机销售形势等因素进行预测,使得预测计划延长到旬,这样,基本能够满足生产周期的要求。通过对生产计划流程的灵活修改,能够真正做到生产计划的灵活编制。

4 结束语

本文针对传统生产计划在主生产计划、物料清单和生产计划过程三个方面存在的问题,从柔性的角度构建了适应大规模定制的柔性生产计划体系结构。首先,应用双层主生产计划解决了传统生产计划只能对单一产品进行计划的问题,满足了大规模定制对 MPS 的要求;其次,应用产品族结构模型对大规模定制产生的大量产品数据进行了有效的管理,减少了多样化产品生产造成的产品数据冗余;最后,通过“PUSH/PULL”结合的柔性生产计划过程将整个生产计划组织起来,最终构建了柔性的生产计划体系,实现了大规模定制快速响应顾客多样化需求的目标。

该体系不仅在理论上具有完整的结构和严格的逻辑过程,而且在实际中符合大规模定制生产企业的情况,为实现大规模定制下的柔性生产计划的研究奠定了基础。但对于定制件的生产计划和能力约束问题还有待于进一步研究,这也是今后笔者研究工作的一个主要方向。

参考文献:

- [1] TSENG M, LEI C J. Collaborative Control System for Mass Customization Manufacturing [J]. CIRP Annals-Manufacturing Technology, 2000, 45(1): 373-376.
- [2] BEATY R. Mass Customization [J]. Manufacturing Engineer, 2003, 75(5): 217-220.
- [3] 祈国宁, 顾新建, 杨青海, 等. 大批量定制原理及关键技术研究 [J]. 计算机集成制造系统, 2003, 9(9): 778-783.
- [4] 王海军, 赵勇, 马士华. 基于供应链的大量定制生产计划原型系统 [J]. 工业工程与管理, 2005(3): 78-81.
- [5] 伊辉勇, 刘伟. 行业竞争力导向的在线大规模定制产品族规模优化方法 [J]. 管理工程学报, 2011, 25(3): 100-105.
- [6] 邵晓峰. 基于佣金制的大规模定制产品定价与交货期的协调 [J]. 系统工程, 2011, 29(9): 30-35.
- [7] 单汨源, 黎斌, 袁际军. 大规模定制环境下产品族 BOM 的比较研究 [J]. 科技进步与对策, 2008, 25(12): 9-11.
- [8] 祁国宁, 杨青海. 大批量定制生产模式综述 [J]. 中国机械工程, 2004, 15(14): 1240-1245.
- [9] 赵莹. ERP 环境下的生产计划管理系统柔性化研究 [D]. 南京: 南京航空航天大学, 2004: 31-35.
- [10] 王正成, 田景红, 叶良朋, 等. 柔性化主生产计划方法制定及应用研究 [J]. 制造业自动化, 2002, 24(11): 214-220.
- [11] 郑华林. 面向大规模定制的生产计划编制方法 [J]. 机械设计与制造, 2009, 24(11): 256-258.
- [12] 邵晓峰, 季建华. 大规模定制环境下定制产品与标准产品的定价与库存协调研究 [J]. 中国管理科学, 2009, 17(6): 110-115.
- [13] 周晓, 马士华. 面向顾客化大量生产的 MRP II 改进方案 [J]. 工业工程, 2002, 5(4): 26-30.
- [14] 王军强, 张翠林, 孙树栋, 等. MRPII、JIT、TOC 生产计划与控制比较研究 [J]. 制造业自动化, 2005, 27(2): 9-13.
- [15] 冯韬, 但斌, 兰林春, 等. 面向大规模定制的产品族结构与配置管理 [J]. 计算机集成制造系统, 2003, 9(3): 211-213.
- [16] 邵伟, 郝永平, 刘永贤, 等. 基于产品族可变形结构的配置管理研究 [J]. 计算机集成制造系统, 2006, 12(6): 877-881.
- [17] 杨义, 涂海宁, 刘建胜, 等. 基于 GT 技术的 PSM 系统研究与实现 [J]. 机械设计与制造, 2006(4): 156-157.