

区域小微企业群体大规模客户化制造系统模块化组建研究

李国富^{1,2}, 司徒洁芸¹, 顾崇磊¹, 郑烨堃¹, 施韬晦¹

(1. 宁波大学 机械工程与力学学院, 浙江 宁波 315211; 2. 浙江省零件轧制成形技术研究重点实验室, 浙江 宁波 315211)

摘要: 为提升组建效率, 降低组建难度与成本, 在分析区域小微企业及其群体特点的基础上, 提出由小微企业构建产品制造模块, 通过模块的组合, 形成大规模客户化制造系统的模块化组建方法。同时, 结合对产品制造模块及其构建方式, 以及模块选择主要影响因素的分析, 研究了基于模块选择系数的制造模块选择策略, 为制造系统的模块化组建提供了必要条件。

关键词: 小微企业; 制造系统; 模块化; 生产能力

中图分类号: TH166

文献标志码: A

文章编号: 1001-5132 (2015) 02-0119-04

生产同类产品的小微企业在一定区域内集聚有利于形成群体优势, 但随着竞争环境的不断变化, 区域小微企业群体的发展正面临着严峻挑战。低成本高效率地满足不同客户对产品差异化需求的大规模客户化制造, 有利于提升产品的客户满意度和竞争力, 是制造系统研究领域的重要内容之一。Giovani、Flavio、王玉等^[1-3]在其综述文献中, 分析总结了大规模客户化制造涉及的产品开发设计、制造和销售等各个阶段, 以及企业合作制造、模块化设计制造、客户参与设计、延迟生产等多种方式。Carlos 等^[4]提出企业之间通过建立区域内的合作关系, 可以使它们的价值与供应链同步化, 并逐渐趋向于实现大规模客户化制造的效果。Moon 等^[5]基于大规模客户化制造的原则, 以扩展模块为基础, 提出以一种经济有效方式来实现高度差异化设计的产品族设计模式, 允许通过一个共同开发平台实现产品大规模客户化制造。Radwan 等^[6]综合考虑时间、成本、资源配置等因素, 提出在大规模客户化制造环境中, 可以利用不同区域制造资源完成产品模块的制造, 然后在需求市场附近进行客户化装配的制造策略。Wang 等^[7]在研究混合模式装配系统的多目标优化问题时提出, 产品品种的增加, 可以更好地满足顾客的个性化需求, 但产品制造的复杂性也将随之增加。由此可见, 当

前的大规模客户化制造, 包括采用模块化方法的设计制造, 实质上是沿供应链方向的零部件大批量生产及最终产品的客户化装配。区域小微企业群体产品结构简单, 其成员生产的是同类产品, 难以通过传统方法实施大规模客户化制造, 但其整体的制造资源和产品品种优势使之具备基于多品种大批量生产构建大规模客户化制造系统的基础, 模块化策略则有利于降低制造系统组建的复杂性。

1 区域小微企业群体大规模客户化制造系统的模块化组建基础

1.1 区域小微企业及其群体的特点

小微企业规模小, 管理层次少, 决策过程简单, 生产运作方式灵活, 容易适应多变的市场, 其形成经济生产批量的任务量也远比大中型企业少, 但小微企业受限于规模、技术、资金、设备、生产经营理念等客观条件, 存在产品品种少, 生产、销售与售后服务、处理紧急订单等能力弱, 原材料采购批量小采购成本高, 产品影响力小等许多问题, 使其在当前的市场竞争中面临着巨大的挑战与压力, 其竞争能力与可持续发展能力亟待提高。小微企业在一定区域内集聚有利于降低生产运作成本, 促进信息交流和企业合作。生产同类产品的区域小微企业群体成员的制造资源及其生产能力相似,

群体整体的产品品种多,生产能力强,订单等生产任务总量大,具有许多明显和潜在的优势,但小微企业群体的供应链较短,产品制造工艺简单,客户化程度有限,企业之间总体合作水平较低,且缺少全局的计划与协调,各企业的生产、销售、采购工作均自发完成,使区域小微企业群体的优势得不到充分发挥,其产品的影响力与竞争力难以进一步提升。

1.2 大规模客户化制造系统及其模块化组建基础

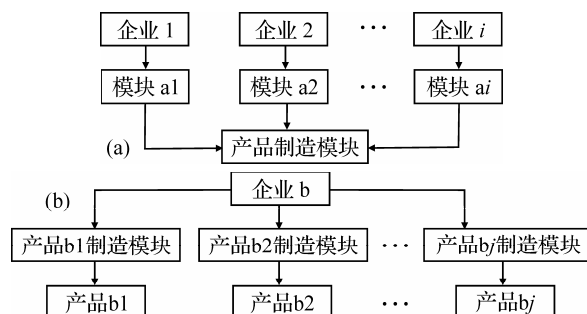
区域小微企业群体的整体产品品种优势有利于基于多品种实现产品客户化,其整体制造资源与群体优势则有利于通过制造任务及资源的集成与再配置,实现大规模客户化制造。组建大规模客户化制造系统需要区域小微企业群体全体成员参与合作,根据客户需求、企业生产能力、生产成本等具体情况,由群体内一个或几个小微企业构成一种产品生产子系统,也可以由一个小微企业构成几种产品生产子系统,全部子系统生产能力的集成构成了区域小微企业群体大规模客户化制造的基础,形成基于多品种满足不同客户个性化需求的大规模客户化制造系统。从模块化制造组织的角度看,不同的子系统就是不同品种产品制造的功能模块,正是这些模块的组合构成了区域小微企业群体大规模客户化制造系统。不同制造模块生产能力的集成,可以使区域小微企业群体以多品种大批量生产的方式,完成大规模客户化制造的目标。模块化的组织结构有利于提升大规模客户化制造系统的构建效率,当客户需求等生产任务出现时,制造系统可以迅速将制造任务分配至合适的模块,而在制造任务改变时,也只需要变更相应的功能模块。

2 大规模客户化制造模块的产生

2.1 制造模块的结构

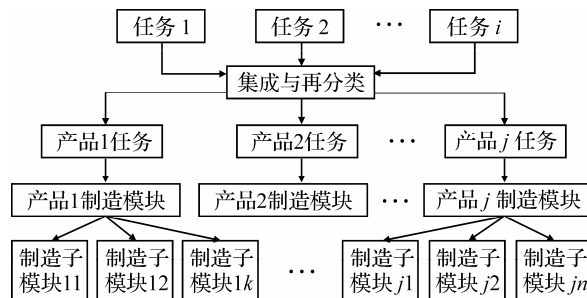
区域小微企业群体组建大规模客户化制造系统是为了克服单一小微企业生产能力与产品品种的局限,高效、低成本地对市场的客户化需求作出响应,满足不同客户的个性化需求,所以,模块的结构应满足大规模客户化制造系统的组建功能,并有利于提高组建效率和制造资源利用率。由于构成区域小微企业群体大规模客户化制造系统的

功能模块本质上是能够完成一种产品制造功能的生产能力,这些功能模块可以由一个或几个小微企业构成,也可以由一个小微企业构成多种产品制造模块(图1)。当大规模客户化制造系统中的小微企业生产能力不足以完成制造任务时,可以由几个企业共同构成一个制造模块(图1(a)),而当小微企业具有制造多种产品的能力,且生产能力足够大时,则可以由其构成多个制造模块(图1(b)),若其中存在生产能力不够大的模块,则这些模块可作为子模块参与图1(a)制造模块的构建。1个小微企业构成1个制造模块是图1的特例。



2.2 大规模客户化制造系统模块的形成

区域小微企业群体大规模客户化制造系统模块的形成,从制造任务集成和再分类开始,依据群体内成员的生产能力,形成制造任务要求的能完成各种产品制造的功能模块(图2),其中, i, j, k, n 为不小于1的正数。图中,当制造系统基于市场需求组织多种产品大批量制造时,先将全部制造任务集成,并按品种进行重新分类,形成基于产品品种的制造任务,再按照不同的制造任务形成产品制造需求。然后,从区域小微企业群体中寻找与制造需求匹配的生产能力,形成大规模客户化制造系统子模块,并由这些子模块构成各种产品制造模块,完成相应产品的生产。当然,在大规模



模客户化制造过程中,可根据生产运作的具体情况和实际需要补充、调整和更新模块,且依据图1的思想,不同产品的制造子模块可来自同一小微企业.

3 基于模块化组建策略的大规模客户化制造系统

3.1 模块化制造系统构建的基本思想

对于制造系统的构建,采用将大系统的功能需求分解为功能模块的需求,由相应模块组合成大系统的模块化构建方法,可以简化组建过程的复杂性.据此,可将区域小微企业群体大规模客户化制造功能,分解至若干个功能相对独立的制造模块,每个模块完成一种产品的制造功能,这些模块的组合,就能组成可以完成预期制造目标的制造系统.从组成方式看,区域小微企业群体的大规模客户化制造系统是由品种互补的小微企业构成的合作群体.由于每个具有完成一种产品制造功能的单元是组成大规模客户化制造系统的基本构件,所以这些功能单元可作为大规模客户化制造系统的功能模块,通过功能模块组合,构成具有多品种大批量生产功能的大规模客户化制造系统.

3.2 制造模块的选择

在区域小微企业群体大规模客户化制造系统组建过程中,选择合适的制造模块,对于制造系统的组建与制造目标的完成至为重要,模块的选择主要考虑其现有的生产能力和制造成本,用模块选择系数表示,模块选择系数由模块的成本系数和生产能力系数组成.若区域小微企业群体内有 m 个模块,其生产能力分别为 $P_1, P_2, \dots, P_m$,制造成本分别为 $C_1, C_2, \dots, C_m$,则这些模块的最小制造成本为:

$$C_{\min} = \min(C_1, C_2, \dots, C_m). \quad (1)$$

定义第 i 个模块的成本系数:

$$K_{ci} = \frac{C_{\min} / C_i}{C_{\min} / C_1 + C_{\min} / C_2 + \dots + C_{\min} / C_m}.$$

$$\text{设 } K_{aj} = C_{\min} / C_j, \quad (2)$$

$$\text{则 } K_{ci} = C_{\min} / (C_i \sum_{j=1}^m K_{aj}). \quad (3)$$

定义第 i 个模块的生产能力系数:

$$K_{pi} = P_i / \sum_{j=1}^m P_j. \quad (4)$$

依据(3)式和(4)式,第 i 个模块的选择系数为:

$$K_i = \frac{K_{ci}}{\sum_{j=1}^m K_{cj}} \cdot \frac{K_{pi}}{\sum_{j=1}^m K_{pj}}, \quad (5)$$

其中, C_i 为第 i 个模块的制造成本, P_i 为第 i 个模块的生产能力.在选择制造模块时,按(5)式取得的模块选择系数,数值大者表示比较适合参与大规模客户化制造系统的构建.

3.3 大规模客户化制造系统的模块化组建策略

依据模块化组建思想,区域小微企业群体大规模客户化制造系统,由各个能完成一种产品制造的功能模块组成.当制造系统获得产品订单或其他制造任务后,依据任务需要,分类集成群体内现有符合制造要求的生产能力,并基于模块选择系数,选择合适的产品制造子模块,构成产品制造模块,再由各产品制造模块组建成大规模客户化制造系统,完成所获取的制造任务(图3),其中的重点在于选择合适的制造模块与任务匹配.需要注意的是,除因小微企业具有多品种生产能力可以将其细分为若干个相应制造子模块外,若存在多个小微企业具有制造所承接任务中一种产品的能力,由于涉及运输时间、加工准备时间、批量、原材料采购等问题,应考虑同种产品尽可能由同一小微企业完成,以提高制造效率,降低成本.

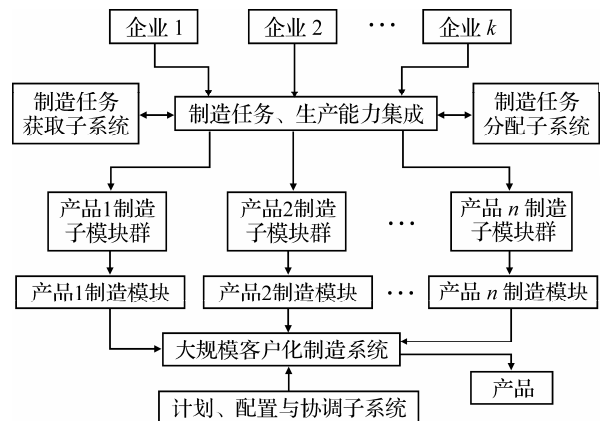


图3 大规模客户化制造系统的组建

4 结论

组建区域小微企业群体大规模客户化制造系统,可以将小微企业原有的多品种小批量制造或单一品种的大批量生产转化为企业群体的多品种大批量制造,在满足不同客户对产品差异化需求

的同时,显著增加企业个体的生产批量和专一化程度,对于提升区域小微企业群体及其产品的客户满意度和竞争力具有积极意义.将区域小微企业群体制造系统分解为若干个功能相对独立的制造模块,并由其组成大规模客户化制造系统的模块化组建方法,有利于提升组建效率,降低组建难度与成本.制造模块的选择是区域小微企业群体大规模客户化制造系统模块化组建的基础,且由于一个小微企业可能具有构建多个产品制造模块的能力,一种产品制造模块也可能需要多个小微企业作为子模块共同参与构建,所以在制造模块选择时,基于生产能力与制造成本在大规模客户化制造目标实现过程中的重要性,选择以生产能力与制造成本为依据的模块选择系数,作为大规模客户化制造系统制造模块选择的主要依据.模块化组建方法不仅有利于提升区域小微企业群体大规模客户化制造系统的组建效率,对于提升制造系统响应任务的速度以及改善制造过程的控制性能也有极为重要的作用.

参考文献:

- [1] Giovanni D S, Denis B, Flavio S F. Mass customization: Literature review and research directions[J]. International Journal of Production Economics, 2001, 72(1):1-13.
- [2] Flavio S F, Giovanni D S, Denis B. The mass customization decade: An updated review of the literature [J]. International Journal of Production Economics, 2012, 138(1):14-25.
- [3] 王玉. 大规模定制供应链研究述评[J]. 中国流通经济, 2012, 26(1):43-48.
- [4] Carlos R M, Jose R V A. Analysis of global manufacturing virtual networks in the aeronautical industry[J]. International Journal of Production Economics, 2010, 126(2): 314-323.
- [5] Moon S K, Simpson J, Kumara T W. A module-based service model for mass customization: Service family design[J]. Institute of Industrial Engineers, 2011, 43(3): 153-163.
- [6] Radwan E, Khalaf H, Agard B, et al. An experimental study for the selection of modules and facilities in a mass customization[J]. Journal of Intelligent Manufacturing, 2010, 21(6):703-716.
- [7] Wang He, Zhu Xiaowei, Wang Hui, et al. Multi-objective optimization of product variety and manufacturing complexity in mixed-model assembly systems[J]. Journal of Manufacturing Systems, 2011, 30(1):16-27.

Manufacturing System Modularization of Micro and Small-size Enterprises for Mass Customization

LI Guo-fu^{1,2}, SITU Jie-yun¹, GU Chong-lei¹, ZHENG Ye-kun¹, SHI Tao-hui¹

(1.Faculty of Mechanical Engineering and Mechanics, Ningbo University, Ningbo 315211, China;

2.Zhejiang Provincial Key Lab of Part Rolling Technology, Ningbo 315211, China)

Abstract: In order to uplift the efficiency and cut down the cost of construction, based on the characteristics of micro and small-size enterprises and their conglomerations, we put forward the method of production modularization in a move to build mass customization manufacturing system. By combining the production modules and their construction methods, the strategy of module selection is studied through analyzing the main affecting factors in the module selection process.

Key words: micro and small-sized enterprise; manufacturing system; modularization; production capacity

(责任编辑 章践立)