

单件小批订单产品调度算法性能对比系统设计

王 震 张晓欢

惠州学院 广东 惠州 516007

【摘要】当今企业面临越来越多的单件小批订单，这些订单的生产特点是少库存或零库存，所以考虑产品边加工边装修的综合调度问题成了专家学者关注的热点问题。为了便于对领域问题优化算法的研究，本文提出了一个单件小批订单产品调度算法性能对比系统的设计方案。该系统设计了产品数据管理模块，对实验数据进行管理；设计了算法管理模块，可以对各个综合调度算法进行管理；设计了算法对比模块，可以选择不同数据和算法进行对比实验；设计了生成分析报告模块，可以根据不同需求生成算法对比分析报告。该系统可作为综合调度领域研究人员分析对比算法的工具。

【关键词】调度算法；综合调度；单件小批订单；工艺树

引言

随着生活水平的提高，当今消费者日益追求个性化产品。与此同时，物联网技术和制造业服务化倾向的兴起，全球迎来了“工业 4.0”时代。它所带来的新兴技术，为个性化产品的生产提供了有力支持。与此同时，李克强总理在 2016 年全国“两会”上的政府工作报告、《中国制造 2025》和国务院关于积极推进“互联网+”行动的指导意见中均明确指出我国将发展大力个性化定制。在上述大背景和国家政策的推动下，各行业积极探索个性化定制生产模式^[1-2]。

合理的生产调度能有效帮助企业提高生产效率^[3-4]。目前多数制造企业采用的生产方式是将产品拆解，对零部件分别生产，最后集中装配，这做的优势是集中生产产品零部件将产生库存，库存工件的装配活动与后期工件生产的活动之间存在并行时间，从而缩短产品加工总时间。所以先加工，后集中装配的模式适合大规模订单产品的生产，这种生产模式下，车间调度问题所研究的对象也多为仅对产品加工（或装配）的调度。而当前面临的个性化定制产品订单往往是单件小批订单，这类订单在生产过程中只产生少量库存，甚至不产生库存。于是，先加工后装配的生产方式对这类产品不再具有优势，反而会割裂产品加工活动与装配活动的内在联系，延长产品生产时间。若在调度这类产品时能够考虑边生产边装配的生产方式，则可以有效缩短产品生产周期，综合

调度问题^[5-8]的提出首次为这类问题建模，弥补了传统车间调度问题在处理多品种小批订单产品时的缺陷。其问题模型为：工件加工完毕且满足其装配关系即可装配，该装配活动可与此时正在进行的加工活动同步进行。这样边加工、边装配的生产模式可有效提高多品种小批量订单生产效率并降低内耗。

综合调度问题的提出至今已有十余年的时间，在这十多年的时间里，很多学者做了大量的研究工作，为了方便后续研究工作的开展，本文提出设计单件小批订单产品调度算法性能对比系统。下面介绍该系统的具体设计。

1 单件小批订单产品调度算法性能对比系统总体设计

该系统所要完成的功能是对综合调度，该系统主要分成四个功能模块，分别是：产品数据管理模块、算法管理模块、算法对比模块和分析模块。

其中，产品数据管理模块包括：产品数据录入、产品数据修改、产品数据删除和产品数据分类四个功能；算法管理模块包括：录入算法、删除算法和修改算法三个功能；算法对比模块包括：选择对比数据和选择对比算法两个功能；分析模块包括：生成分析图表、生成统计数据和生成分析报告三个功能。

单件小批订单产品调度算法性能对比系统总体设计框架如图 1 所示。

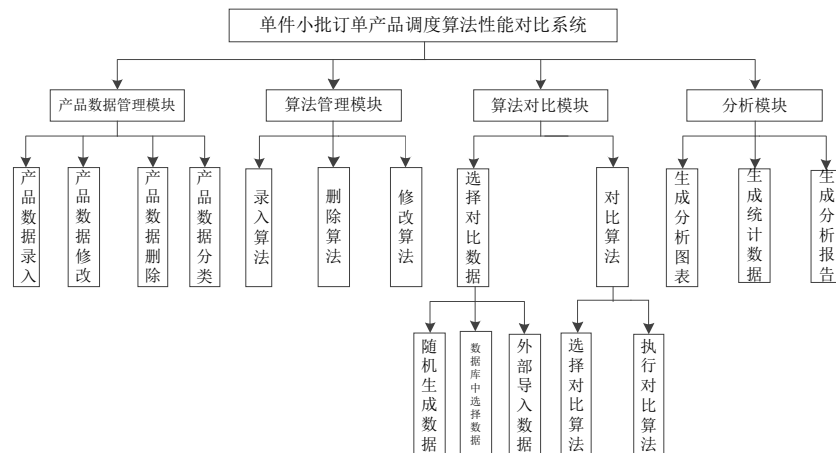


图 1 单件小批订单产品调度算法性能对比系统总体设计框架

2 系统功能设计

2.1 产品数据管理模块

该模块共有四个功能：产品数据录入功能、产品数据修改功能、产品数据删除功能和产品数据分类功能。下面分别作出介绍：

①产品数据录入

由于综合调度问题是研究产品边加工边装配的调度问题。其工艺图是树状结构的。产品数据是树状数据结构的。树状结构中个节点代表1个加工工序，每个工序中包含的信息有：工序名称，工序加工时长和工序的加工设备。节点之间存在加工先后的制约关系。以工艺树的叶节点做为起始加工节点，那么叶节点没有紧前工序，根节点没有紧后工序，其余节点都可以有 $n(n \geq 1)$ 个紧前工序和1个紧后工序。

②产品数据修改

产品工艺模型数据可以在本功能下进行修改。一方面，可以修改工序节点中工序的名称、加工时长以及加工设备；另一方面，可以修改工序之间的制约关系。对于一个工序，既可以修改其紧前、紧后工序，添加紧前工序，也可以删除紧前工序。对于一个工序来说，只要将其所有紧前工序都删除掉才可以将其自身删除。

③产品数据删除

该功能是指删除某一个产品工艺树，将不需要的工艺树从数据库当中删除掉。可单独删除某一个产品的工艺树数据，也可选择符合条件的某一类产品工艺树进行删除操作。选择条件主要为下一节的产品数据分类字段。

④产品数据分类

该功能主要对录入的产品进行分类，主要分类方式有：按工艺树包含的层数分类，按工艺树的度分类，按工艺树关键路径长度分类，按工艺树所包含所有工序加工总时长分类等，同时用户可以根据需求进行联合分类查询。

2.2 算法管理模块

该模块共设有三个功能：录入算法功能、删除算法功能和修改算法功能。下面分别作出介绍：

①录入算法

该功能允许用户将设计好的算法录入到系统当中。同时，该功能提供了经典算法模块供使用者调用，例如：求工艺树逆置，删除工序节点，关键路径策略，信号驱动策略，工序序列择时调度策略，实质路径策略，剪枝策略等。该功能支持策略库的动态调整、追加等功能。

②删除算法

该功能可以删除指定算法，或指定策略。具有管理员权限的用户可以将不需要的算法或策略从系统中删除掉。

③修改算法

在该模块下，系统管理员可以对所有算法和策略进行修改；算法的录入者可以对自己录入的算法进行修改。

2.3 算法对比模块

该模块共设有两个功能：选择对比数据和对比算法功能。下面分别作出介绍：

① 选择对比数据

算法在选择产品工艺树数据时有三种方式，分别是

随机生成数据、数据库中选择数据、外部导入数据，下面分别作出介绍：

随机生成数据

该功能允许使用者提出的要求，例如：工艺树的层数，工艺树的度，工艺树的加工总用时等等，然后根据要求随机生成产品工艺树数据。

数据库中选择数据

该功能允许用户在查询条件中输入数据要求，并根据要求在数据库导入符合要求的数据。

外部导入数据

该功能支持从系统外部导入符合格式要求的数据。其向使用者提供数据输入的模板，用户向其中输入内容之后，可以通过该功能将数据一次性导入到系统数据库当中。

②对比算法

选择对比算法

该功能允许用户对系统中的算法进行选择，选择算法时可以根据算法根据要求选择不同类型的算法。若用户只选择一种算法，此时将提示使用户是否需再选择至少一种算法，若使用者选择不需要，则只采用当前一种算法调度产品数据。同时，用户可以选择两种或两种以上的算法进行对比。

执行对比算法

该功能将在选择的产品数据上分别依次调度选定的算法，并输出调度结果给分析模块。

2.4 分析模块

该模块共设有三个功能：生成分析图表、生成统计数据和生成分析报告功能。下面分别作出介绍：

①生成分析图表

这部分对算法所输出的数据进行绘图，其提供了折线图、饼状图、柱状图等等一些常见的统计分析图来展示不同算法的调度结果。

②生成统计数据

该功能将根据用户要求对输出的数据进行统计分析，其提供了计算调度总用时，调度平均用时，调度用时之差，调度用时百分比差等。

③生成分析报告

根据生成分析图表和统计数据，组成最终算法对比的分析报告。其提供了用户选择功能，用户可分所需求文件格式，风格，图表样式和数据格式进行选择。

3 结束语

本系统可作为综合调度领域算法设计与分析的辅助工具，有利于研究人员科研效率的提高。系统使用者可以方便的选择不同类型数据和算法，根据需求进行算法对比；系统可以根据不同场景的应用需求生成图文并茂的个性化分析报告；同时，由于本文系统具有算法模块库，并且支持动态添加算法以及算法模块，使系统具有可扩展性。

【参考文献】

[1] 姚锡凡，景轩，张剑铭，刘敏，周佳军. 走向新工业革命的智能制造[J]. 计算机集成制造系统, 2020, 26(09): 2299-2320.

[2] 何玉安，夏明火. 基于“工业4.0”的大规

模个性化生产模式研究 [J]. 制造业自动化, 2021, 43(01):25-29.

[3] 孙亦炯. 基于全生命周期的整车制造效率提升策略 [J]. 机械制造, 2021, 59(01):76-80.

[4] 赵鑫, 任金政, 李书奎, 王亚军. 农机作业服务能提升小麦生产技术效率吗? - 基于 2007- 2017 年省级面板数据的实证分析 [J]. 中国农业大学学报, 2020, 25(11):150-161.

[5] 谢志强, 张晓欢, 高一龙, 辛宇. 考虑串行工序紧密度的择时综合调度算法 [J]. 机械工程学报, 2018, 54(06):191-202.

[6] 谢志强, 张晓欢, 辛宇, 杨静. 考虑后续工序的择时综合调度算法 [J]. 自动化学报, 2018, 44(02):

344-362.

[7] 谢志强, 辛宇, 杨静. 基于信号驱动的多批处理综合调度算法 [J]. 计算机学报, 2013, 36(04):818-828.

[8] 谢志强, 滕宇峥, 杨静. 紧密衔接工序组联动的综合调度算法 [J]. 自动化学报, 2011, 37(03):371-379.