

## 工业 4.0 背景下的智能排产方案研究

蒋宇锋 黄志光 潘勤涛

常州中车铁马科技实业有限公司, 江苏 常州 213011

[摘要] 智能排产系统就是根据企业的生产能力情况, 结合产品交货的周期和顺序, 充分合理地分配资源, 利用生产控制系统自动生成所需的计划, 生产、采购等工艺过程进行快速响应, 实现所需产品的按期交付。

[关键词] 智能排产; 系统架构; 资源配备

DOI: 10.33142/sca.v6i1.8371

中图分类号: F427

文献标识码: A

### Research on Intelligent Production Scheduling Schemes in the Context of Industry 4.0

JIANG Yufeng, HUANG Zhiguang, PAN Qintao

CRRC Changzhou Tech-Mark Industrial Co., Ltd., Changzhou, Jiangsu, 213011, China

**Abstract:** The intelligent production scheduling system is based on the production capacity of the enterprise, combined with the delivery cycle and sequence of products, fully and reasonably allocate resources, and use the production control system to automatically generate the required plans, production, procurement and other process processes for rapid response, so as to achieve the timely delivery of the required products.

**Keywords:** intelligent production scheduling; system architecture; resource allocation

#### 1 当前现状

##### 1.1 当前工作方式

心匠公司位于常州市新北区, 占地面积约 3000 m<sup>2</sup>, 主要经营机床附件、机械配件等生产业务, 主要产品涉及 5 个大类、近 30 多种规格型号, 覆盖江苏、安徽、浙江等多个省份。

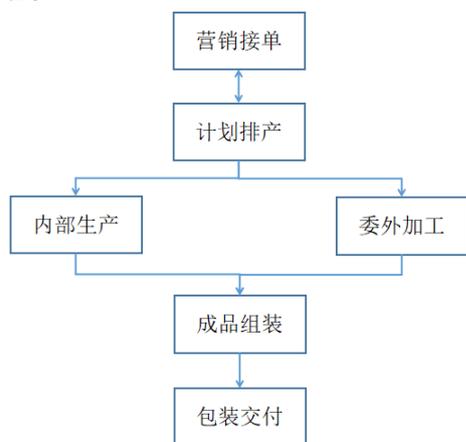


图 1 目前排产模式

随着经营业绩的突飞猛进, 生产订单逐渐增多, 发展形势极为好转。经过生产计划组人员的精心策划, 虽然能勉强完成订单的如期交付, 但由于制造单元强度高, 如期交付能力急剧下降。为解决突发急单、临单, 平衡生产, 达到如期交付客户的效果, 只能通过生产空档期进行计划插单, 加大库存量来缓冲急单、临单等现象。为保证公司长期稳定发展, 创造良性经营的环境, 公司一方面通过

ERP 生产系统进行科学排产, 另一方面加快生产计划组的人员编制的快速整合。但是, 随着排单工作量的增加, 出错率也逐渐增加; 同时, 由于市场供需瞬息万变, 以及营销团队对市场需求判断的不确定性, 导致某些型号的成品库存出现长库龄现象, 存在一定的库存积压现象。

##### 1.2 存在的问题

###### 1.2.1 库存压力方面

为均衡生产应对突发急单、临单等异常情况, 根据市场预测, 进行计划排产来增加再制和成品的库存, 最终导致制造过程中的库存量居高不下, 月度库存占年度销售产值的 20% 以上。

###### 1.2.2 库存周转率方面

在人工排产模式下, 营销层对市场预判准确性直接影响库存的周转周期, 而生产过程一般都采用顺延法, 导致排产方式较为刻板, 冗余差也会直接影响库存量的科学布置及周转。公司近 5% 的成品会出现周转慢, 甚至长期呆滞, 占用公司经营资金等异常情况, 同时还直接影响仓库场地的利用率。

###### 1.2.3 交期压力方面

主要体现在以下方面:

(1) 流程长、效率低, 各类表单流转时间占了总订单时间近 3%。

(2) 订单如期交付率下降。定单周期有效利用率下降, 大部分订单勉强如期完成, 订单按期交付的抗风险能力下降。

(3) 公司满意度下降。为保证客户满意度, 经常会

出现加急和临单等现象，超期交付现象约 0.7%，加剧了订单按期交付情况的恶化。

(4) 计划排布模式落伍。市场接单至成品发货整个生产过程都是按顺延法计划排布模式

#### 1.2.4 排产质量方面

当生产计划组接到订单后，对其进行 BOM、工艺、加工形式等方面的层层分解，并通过纸质表单进行流转。当应对临单、急单时，由于人工逻辑运算的误差，导致订单错误频发，错误率约为 4.5%。

#### 1.2.5 经营成本方面

为了提高排产效率，提升订单时间利用率，人力物力成本逐年增加。

(1) 生产计划组人员超编。由于公司采用人海战术，需要不断地补充人员，目前已又添置 3 人。

(2) 办公耗材费用居高不下。排产中为保证信息传达的有效性，均采用纸质表单流转，办公耗材每年的消耗量占公司总办公耗材消耗费用的 45%。

表 1 主要存在的问题

序号	痛点	损失
1	库存压力	月度库存占年度销售产值的 25%以上
2	库存周转率	长账龄成品约占月度正常库存的 5%
3	交期压力	订单按期交付的抗风险能力较差，超期交付现象约 0.7%
4	排产质量	人工运算排产错误率约 4.5%
5	经营成本	计划排产人员 3 人，纸质流转所用耗材占公司办公耗材费用的 45%

### 1.3 改善的价值

降低库存压力方面。通过引入数智化排产系统，上端连接市场需求，下端随时记录更新库存信息和产能信息，实现有限产能下合理库存安排，使人力物力资源利用最大化，从而达到降低库存的目的。

提高库存周转率方面。通过引入数智化排产系统，将该系统上连客户需求，旁通外部配件供应商，下联内部制造单元，打破各环节信息孤岛。根据市场需求信息，供应商和厂内的库存信息等直接连接公司智能排产系统，并展示在信息看板上。相关管理人员随时可监控生产经营状态，提高库存周转率。

降低交期压力方面。通过引入数智化，利用强大的系统运算能力，实现排产的多样性，提升实际生产过程中的不确定性和随机性。当出现异常时即可立即重新排产，既可以提高生产效率，同时也解决无法满足客户交期问题，从而缩短交付周期，最终提升产业拓展开源能力。

提质降本方面。数智化改造后，实现无纸化办公，绿色办公。订单信息流占总订单时间由 3%下降至 0.5%，出错率由 4.5%降低至 1%，大大降低了订单错误造成的返工和资源浪费。同时也减少人力消耗，目标用人量降低至 1 人，从而节约用工成本。

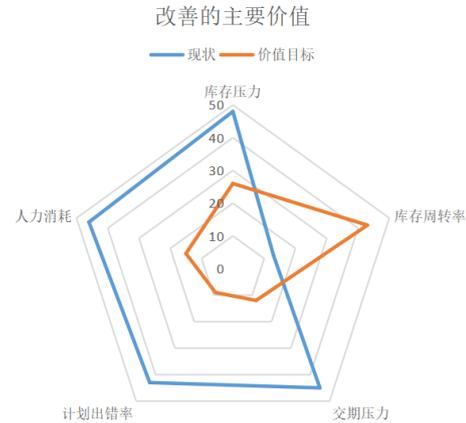


图 2 改善的主要价值体现：4 降 1 升

## 2 设计目标

### 2.1 降本目标

智能排产系统的运用，生产计划的排产工作由线下直接转为线上，有效地推动实施无纸化办公，办公耗材每年降本不低于 5 万元。排产人员由原来的 3 人减至 1 人，人力费用降低 24 万元。

### 2.2 增效目标

(1) 智能排产系统的运用。生产计划的排产工作由线下直接转为线上，打通各个环节的部门墙，特别是打通了市场端和委外加工端的信息流，订单信息流转时间占总订单时间力争降至 0.5%以内，累计降低 2.5%。

(2) 排产工作的生产计划组人力消耗锐减，降低 66.7%。

(3) 订单信息的正确率和变动更新的及时率得到显著提升。库存周转率提升 15%，节约了运行成本。

### 2.3 提质目标

智能排产系统的运用，注入了科学、多样的运算逻辑，生产排布多样性得到运用，且避免了人工排产计划运算计算量增多导致的出错率上升；通过智能运算，订单信息流出错率由 4.5%降低至 1.2%。

### 2.4 满意度目标

推行数字化排产后，有效缩短订单周期，业务拓展能力得到显著提升，客户订单满足率成倍提升，有效促进公司的管理效率和经营业绩提升。

表 2 智能排产系统运用设计的目标：

序号	项点	设计目标
1	降本	1: 办公耗材降低 5 万元/年; 2: 人力成本降低 24 万元/年;
2	增效	1: 订单信息流转时间占总订单时间力争 0.5%以内，降低 2.5%; 2: 生产计划组人力消耗锐减，降低 66.7%; 3: 库存周转率提升 15%;
3	提质	1: 订单信息流出错率由 4.5%降低至 1.2%;
4	满意度	1: 客户订单满足率成倍提升，有效反哺公司的经营业绩

### 3 设计要点

#### 3.1 主要功能模块

智能排产系统 APS 主要有：计划策略、计划可视化、供应商可视化、核心算法、集成引擎、智能排产、查询分析模块、KPI 等模块。

执行层	智能排产	KPI	
运算层	核心算法		
数据层	集成引擎	查询分析	
基础层	计划策略	计划可视化	供应商可视化

图 3 主要功能模块层次结构示意图

计划策略模块主要根据产品、部件、零件、原材料等排查对象，建立生产资源、产品出厂的先后顺序、车间的作业计划、在制工单、日计划、分配分工表、库存和采购计划等基础数据库，以及保证基础数据的准确性，均是智能排产系统是否能正常推广使用的关键。

计划可视化模块主要实现一键排产后，通过可视化看板实时输出计划信息，供管理者随时了解订单进度，做到诸事了如指掌，透明管理。

供应商可视化模块主要共享我们的生产计划，实现在线采购下单、供应商发货，厂内检验入库等信息可视化。供我双方信息互通，消除信息传递延时，提高效率及透明度。

集成引擎模块主要实现数据集成、主数据管理等能力，打通各 ERP、SRM 系统等信息孤岛，组成智能排产系统云平台。

查询分析模块主要用于查询分析排产过程的合理性，特殊情况下经过人工干预，优化排产逻辑算法，促进后续系统提升。

核心算法模块主要根据服务先后优先顺序、工单完成时间、交期、排产开始先后、完工及每道工序剩余宽裕时间、重要程度、等候比率等排产规则建立强大的柔性、多样性运算规则，提高生产效率和库存周转率，是实现智能排产系统优势的关键因素。

智能排产模块实现一键排产，通过核心算法输出可视化甘特图、交期模拟评估，促使资源产能负荷一目了然，实时监控计划执行进度，适时按需重排管控。做到快速响应市场客户需求，提高订单交付率。

KPI 模块主要用于工厂经营中的各种数据报表呈现，进行差异分析，管理疏漏等对标对表比对，实现工厂经营管理高效化。

#### 3.2 技术平台选型

智能排产系统 APS 平台主要由软硬件组成。软件主要由 ERP、SRM、MES 和 APS 组成，硬件主要由云服务器、电脑、工业管控大屏、电子看板、扫码枪等组成。

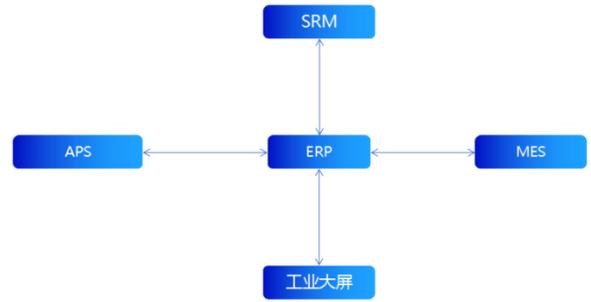


图 4 软件层次结构图

表 3 硬件层次结构表

序号	层次	硬件设备
1	输入端	扫码枪、电脑等
2	执行端	电脑、云服务器、工业管控大屏等
3	输出端	工业管控大屏、电子看板等

#### 3.3 应用和管理规范

必要的应用和管理规范是保证智能排产系统 APS 的顺利运行的基础，其中有人员规范、生产计划制定规范、文档规范、流程规范和考评规范等。

人员规范就是要说明 APS 的人员设置，人员要求，个人工作职责，个人工作范围等内容，是对 APS 人员的一个定性。

生产计划制定规范主要就是说明当出现临单、急单的情况下，各衔接部门如何按流程处置，确保生产的正常运行，胜利完成订单的及时交付。

文档规范，就目前情况来说，公司内外沟通的纽带还主要以文档为主，尤其对于 APS 这样的部门来说，文档就显得更为重要，主要包括文档模板，文档编号规范，文档存取规范，文档撰写规范，文档级别规范等。

流程规范主要就是说明 APS 在工作中的工作流是什么样子的，从一个产品概念提出到完全上市，这个过程中需要哪些环节，需要哪些部门，APS 在每个环节都扮演什么角色，其中最重要的就是产品规划流程，其他可能涉及到的流程还应该有个个人考核流程，对外合作流程等。

考评规范就是要说明 APS 在公司内是如何被考核的，个人在部门内是如何被考核的，考核的标准是什么，如何考核，如何晋升和降级等内容。

### 4 实施设想

#### 4.1 设计开发

为使智能排产系统 APS 平台顺利开发投入运营，为公司创造经济价值，特成立项目开发攻关团队，便于工作进度的点检和纠偏。

#### 4.2 上线应用

导入 APS 智能排产系统和 workflows，计划排产效率、灵活性等得到显著提升。订单信息流转时间占总订单时间力争控制在 0.5% 以内，累计降低 2.5%。生产计划组人力

消耗锐减,降低了 66.7%。库存周转率提升了 15%。订单信息出错率由 4.5%降至 1.2%。办公耗材和人力成本降低了 29 万元/年。

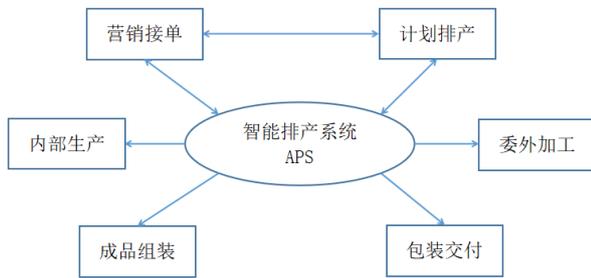


图 5 智能排产系统 APS 工作流程

项目实施前后差异:

- (1) 工作流程由 9 个节拍减少至 4 个节拍,且全线转为线上,大大提高了周转率。
- (2) 因工作流程节拍的减少,计划组工作量由 3 人降低至 1 人,既节省了人员成本,也降低了出错概率。
- (3) 全流程并行可视化。为保证交货的及时率,在系统内实时监控计划与实际的差异,密切关注各部门的进度及质量情况,并实时比对与总交期的完成率。

#### 4.3 所需资源

- (1) 领导层决策支持: 成立项目管理委员会,制定相对应的部门 KPI,并要求运管中心周期性对计划进度进行跟踪、点检,自上而下推动智能排产系统的上线运用;
- (2) 信息部门: 制定部门 KPI,全身心投入智能排产系统的上线运用并将其本土化转换;

(3) 生产制造中心、采购中心、物流中心、营销中心等: 制定各部门 KPI,全身心投入智能排产系统的上线运用的基础数据收集,并确保其数据的准确性。

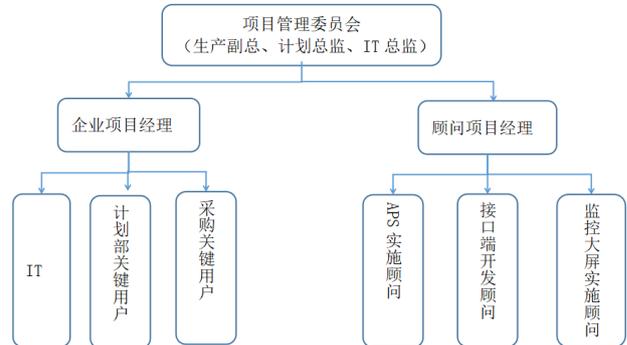


图 6 项目管理委员会图

#### [参考文献]

- [1] 蔡志荣,林红昌,郑启贵,等. 模具加工自动排产系统开发与应用[J]. 模具制造,2021(11):56.
- [2] 张伟,于成龙. 复材车间智能排产系统研究[J]. 计算机科学,2020(2):67.
- [3] 李玉城,朱夏扬,夏子怡,等. 基于遗传算法的多品种小型电机装配排产优化[J]. 价值工程,2020(4):98.

作者简介: 蒋宇锋(1982.4-),男,常州工学院,机械设计制造及其自动化,常州中车铁马科技实业有限公司,工段长,装配钳工高级技师。