新型生产控制管理系统在焊装的应用研究

杨军

（北京奔驰汽车有限公司，北京 101300）

摘要：为解决焊装车间缓存区过大，不同车间过渡时缓存区立体库过大，物料流控制简单、存放区巨大、存货数量多等粗放式控制问题，开发出智慧化生产控制管理(PFM)系统\助力白车身采用精准的珍珠链订单式生产控制模式，高柔性新型库位规划(0,X)、(1,X)和(1+Y)的应用进一步改善了车间工艺设备占地面积和物流使用面积，降低了车间设备投资，减少了漆前、漆后车身存储立体库容积。

关键词：智慧化　生产控制　生产控制管理系统　柔性库位　物料供应

中图分类号：U468.2　　**文献标志码：**B　　**DOI:** 10.19710/J.cnki.1003-8817.20240055

Research on the Appliation of New Production System in Bodyshop

Yang Jun

（Beijing Benz Automotive Co., Ltd., Beijing 101300）

Abstract: In order to solve the extensive control of excessive large buffer area in and large welding workshop, large buffer stereoscopic storehouse during different shops transition, simple material flow control inventory quantity, Beijing Benz has developed an intelligent production flow management (PFM) system to assist the BIW to adopt the precise pearl chain order type production control mode, the application of the high flexibility new bin planning (0, X), (1,X) and (1+Y) further improves the workshop process equipment floor area and logistics area, reduces the workshop equipment investment, and reduces the body storage house volume.

Key words: Intelligent, Production control, PFM, Flexible Bin, Logistics supply

1 前言

现有汽车生产需根据市场需求不断变化，产品多、个性强、多样化，对目前的生产控制系统提出了重大挑战[1-2]。

目前，国内整车制造业的订单式生产控制系统集中在总装车间，如能从装焊生产开始采用珍珠链订单式生产控制模式，则能够极大优化物流面积，减少漆前和漆后车身存储立体库容积[3-4]。

2 项目概述

焊装车间的传统生产无法同时有效满足目前零部件物料和缓存区所要求的占地面积。要满足这一生产需求，需打破传统的排序和生产控制方法，使焊装白车身的生产基于高效的在线排序，从而使得线体主线个性化生产成为可能，提高车间面积的使用效率。

为打造精益、智能的装焊白车身生产系统，引入一种基于大数据分析的、智能融合现有生产系统的新型生产控制管理（Production Flow Management，PFM）系统。该系统的搭建，彻底优化了焊装车间缓存区过大、不同车间过渡时立体库过大、物料流控制简单、存放区巨大、存货数量多等粗放式控制下产生的问题[5]。如图1所示为PFM系统搭建前、后生产模式对比。

同时，通过PFM系统，根据在线排序原理，从

作者简介：杨军（1986—），男，中级工程师，硕士学位，研究方向为汽车制造、白车身柔性制造技术、白车身线体规划。

参考文献引用格式：

杨军.新型生产控制管理系统在焊装的应用研究[J]. 汽车工艺与材料, 2024(9): 59-66.

YANG J. Research on the Appliation of New Production System in Bodyshop[J]. Automobile Technology & Material, 2024(9): 59-66.

白车身开始采用订单式生产模式，从而有效地协调焊装生产和工厂的整体控制。进行在线排序的目的是使白车身生产、分总成线生产和零部件物流转运同步可控[6]。协调工厂的整体控制，喷漆和总装车间高效的珍珠链式的整车生产，将逆向反馈至PFM系统，并自动反推出焊装车间生产的多样性排序，指导焊装生产交付信息的可靠性能够达到99%，如图2所示。

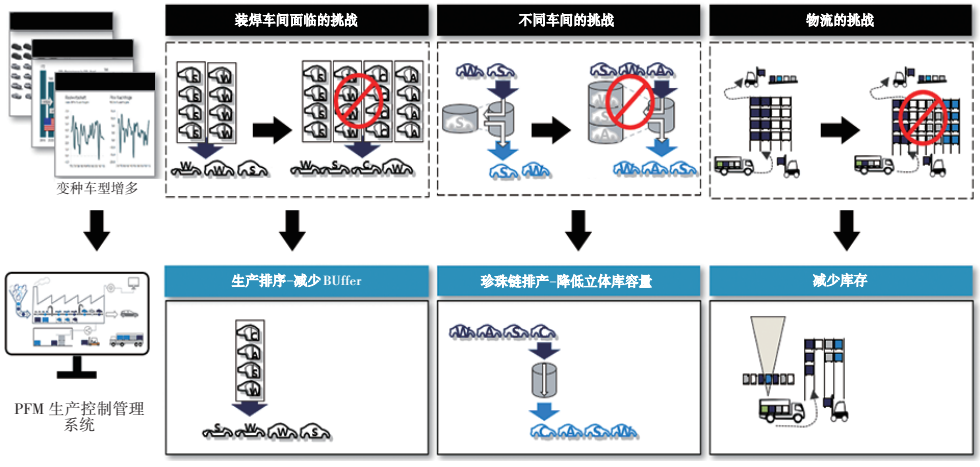


图1 PFM系统搭建前、后生产模式对比

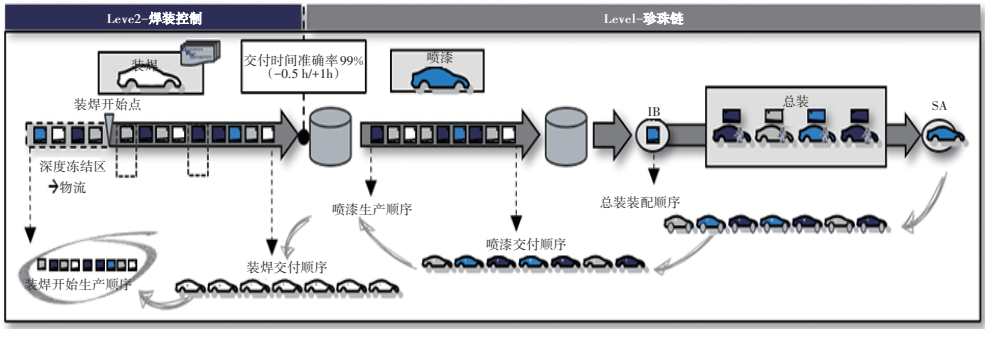


图2 PFM反馈机制

3 PFM系统的基本原理与流程

通过智能整合现有生产系统，搭建如图3所示的PFM控制系统。

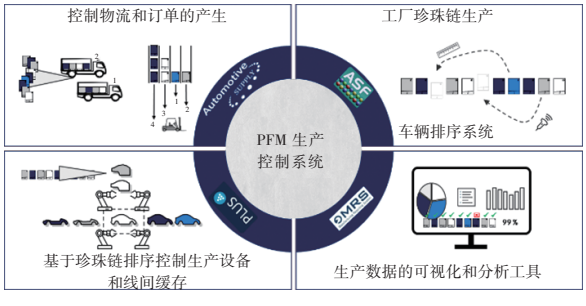


图3 PFM系统

3.1 生产控制系统

3.1.1 车辆订单控制系统

车辆订单控制系统（Auftragssteuerung Fahrzeuge，ASF）用于创建理想的客户订单生产顺序，其功能范围包括生产的客户订单的计划和优化、生产能力管理等。

3.1.2 生产指导和控制系统

生产指导和控制系统（Production Guidance and Control System，PLUS）是用于订单和车身排序的中央生产控制系统。PLUS配备有客户订单及其预定的序列或在线序列，并通过生产订单和车型种类控制在车间的排序。工厂通过可编程逻辑控制器（Programmable Logic Controller，PLC）将生产数据（例如实际时间和质量数据）传递给PLUS，PLUS使用计划数据和生产中的实际数据启动订单和车身的自动控制[7]。PLUS配备了控制站功能，以监视和控制生产流程，目前PLUS和PLC间的通信已进行了标准化定义。

3.1.3 物料分配系统

工厂本地零部件的物料控制系统（Automotive Supply，AmSupply）功能范围包括零件物流控制和

管理的所有必要方法,例如每日总需求计算、收货过账、库存管理等,并以此为参考进行控制。系统每 15 min 自动计算库存数量,确保有足够的零部件可满足车间下个批次的订单生产。需求数量为实际需求数减去库存数和正在生产订单数的差值,如果>0,将通知供应商按照料框实际装载数供货。

3.1.4　信息分析系统

信息分析系统(Message Reporting System,MRS)用于评估生产数据,如时间、生产数量和质量数据等,并将评估实际关键绩效指标与其目标值进行比较,最终反馈至车间进行后续优化。

3.1.5　PFM 系统搭建

通过搭建 PFM 系统将以上 4 个生产控制系统进行智能融合,实现对装焊车间的生产排序控制。

同时,原传统焊装车间批量生产,并建有大量线体的缓存区的粗放式控制将得到彻底解决和优化,如图 4 所示为线体缓存区规划方式的转变[8-9]。

PFM 系统的应用可极大缓解车间占地面积和设备缓存区投资。

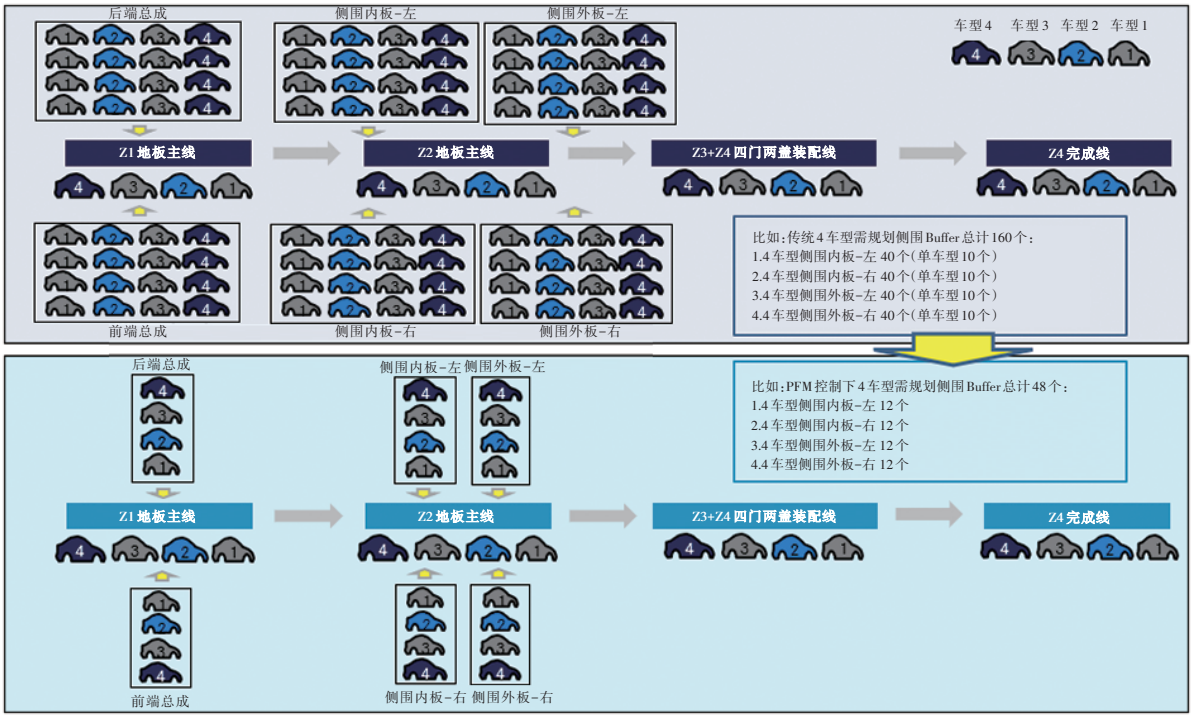


图 4　装焊缓存区规划转变

3.2　订单生产流程

销售公司的客户订单和特殊用途订单需求传递至 AmSupply下属子系统常用元器件工厂订单管理(Common Component Plant Order Management,CC-POM)系统,CC-POM 整合订单后传递最终订单至 ASF 系统。

ASF 系统整合所有生产信息,对订单进行合理优化排序,反馈至 AmSupply 进行物料准备,并通过 CC-POM 向 PLUS 系统不同位置计划控制点发送一系列生产编号(如图 5 所示 PFM 系统运行原理)。在白车身开始生产时,PLUS 会收到开始序列,该序列还包含计划日期和目标日期。PLUS 系统内部自动配置,明确不同组件在各计划生产控制点启动的时间。

PLUS 系统将生产数据和信息可视化直接反馈至生产控制中心,同时装焊生产可根据 MRS 生成的分析报告对其关键绩效指标(Key Performance Indicator,KPI)进行合理监控和管理。

在 PFM 系统下,每个总成或分总成的生产都基于已构建的排序订单。PLUS 将这种构建订单作为技术信息(Technical Characteristic differentiation,TMU)传输到 PLC,然后由 PLC 控制建造过程。根据生产计划启动分总成生产时,PLUS 同时会根据订单顺序确定要构建的下一个订单[10]。PLC 通过构建的订单并反馈 PLUS 下一个订单可以接收和生产,过程中可以对 PLC 从 PLUS 接收的要处理的订单数量进行参数控制。

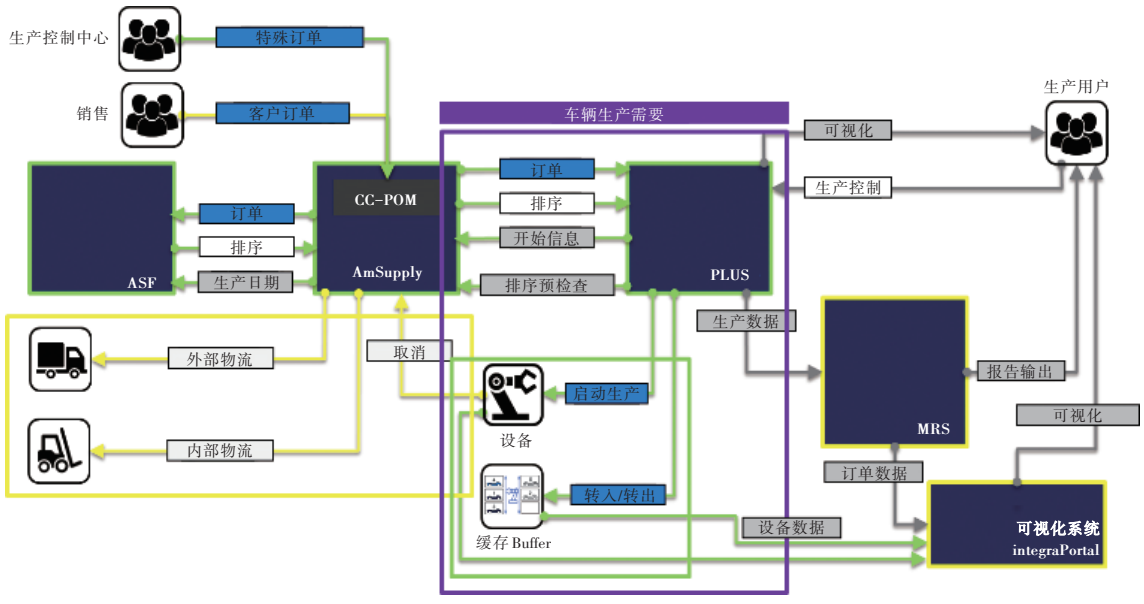


图5 PFM系统运行的控制原理

车间需提前对所有进行质量检查的车身和分总成进行规划，待车身到达指定位置后自动导出，由PFM控制的装焊生产的基本前提是，所有导出均立即报告给PLUS。质量检查或返修完成后，车身需立即再次导入（车身需在导出后4 h之内导入，超时后对后续排序有影响），PFM系统将对其进行后续的排序控制。

3.3 焊装生产控制中心

为应对焊装车间日益复杂的控制系统和排序生产，需设置焊装生产控制中心（Bodyshop Control Center，BCC），此中心将作为智慧生产的核心，全面控制焊装车间的合理排产。中心功能归属焊装车间直接管理，便于实时快捷地对线体异常进行处理和应对[11-12]。未来任何手工干预将只能从控制中心进行，考虑线体间生产的相互关系，整个过程将具备可视化管理功能。

BCC控制中心的8大职能为全面控制装焊生产、紧急应对生产中的PLUS问题、IT的接口人、生产计划的接口人、控制焊装缓存区、维护珍珠链排产、锁车/零件报废等断点管理以及对外支持技术部门和规划部门。

3.4 生产报废操作流程

PFM系统上线应用后，焊装车间的报废流程/零件数量/零件种类将更加透明，报废成本核算将完全基于系统自动存储和记录，同时所有的报废将只能由BCC进行集中控制和操作，因此对人员素质和能力有较高的要求。

具体报废流程如下（如图6所示）：

a. 现场班组/维修报废线体总成件需通知BCC，私自报废将造成线体停滞和排序混乱；

b. 只有当BCC操作人员在PLUS的“报废”对话框中选择了这个选项时，系统才会自动重新构建订单，旧的订单直接终止，新订单将在PLUS内直接创建生产；

c. 新生成的订单将放置在深度冻结区之前，同时迅速反馈信息给AmSuppy；

d. 新生成的订单会收到新的序列号；

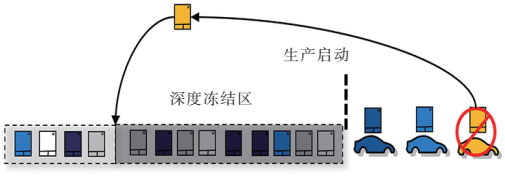
e. 车辆到达报废点后，新生成的订单迅速启动生产，并根据原始订单号优先排序；

f. 针对特殊和时间紧急的订单，BCC可直接与生产控制协调，进行一定的手动优先排序。

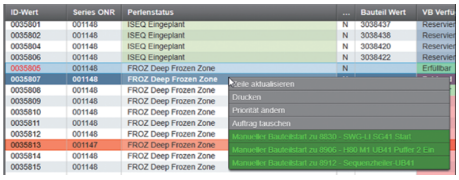
同时需注意：

a. 侧围无法单侧报废，必须报废一对进行调序；

b. 装配完成的四门/两盖和白车身进行一对一绑定，便于后续进行质量追踪，若因特殊原因需要更换，需通知BCC进行车身解绑后方可替换。



（a）订单报废流程



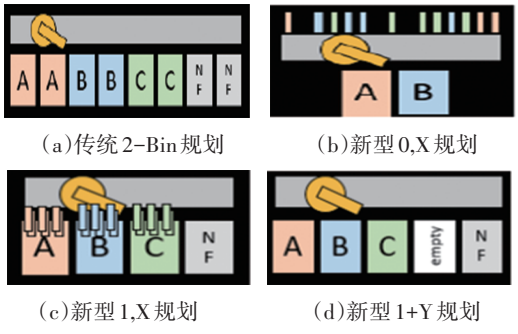
(b)新订单生产及调序示意

图6　生产订单报废操作流程

4　PFM新型物料供应–柔性库位

传统的焊装车间物料规划全部遵循2–Bin原则,确保一个料框空置后,剩余一个料框的物料可满足线体正常运转需要;在此过程中,待料框最后一个件被机器人取走后,空置料框将作为触发器对物流发出叫件信号[13]。在MRA2 V253/V213和MFA2项目中所有车型都遵循此规划模式,但多车型混线生产时,传统2–Bin的规划将使得车间面积越来越大,线体自动SLT工位变得更长更大,相应地需延长机器人七轴或新增机器人以满足线体节拍,使设备投资进一步加大。

为解决这一弊端,需开发出适应PFM生产系统的新型物料供应方式。焊装EVA2项目在以PFM为主题框架的前提下,引入3种高柔性库位(Bin)规划:“0,X”“1,X”“1+Y”(如图7所示),PLC将基于订单排序对线边物料进行动态检查,以便在较早阶段即可确定材料需求并及时触发物料叫件系统,物流也可依据订单提前准备物料。其中PLUS可以根据要求提供任意数量的n个作业,同时在定义PLC从PLUS收到的构建订单数量时,必须考虑物流所需的时间。



(a)传统2–Bin规划　(b)新型0,X规划

(c)新型1,X规划　(d)新型1+Y规划

图7　Bin规划方案对比

4.1　传统2–Bin规划原理

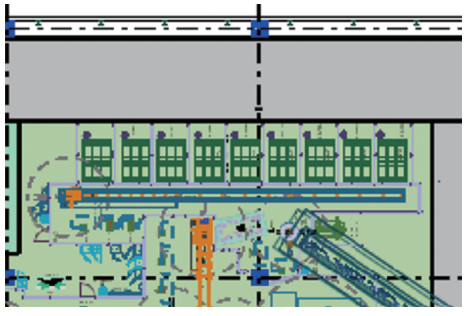
a.每种车型规划2个SLT,如图8所示下车体(Underbody, UB)线主地板自动料框上线工位;

b.上线库位点数量为零件种类的2倍;

c.1 Bin空框切换时依然有1 Bin的缓存区可满足生产线正常运转;

d.不同车型的上线库位是固定的,不可随意切换;

e.线体规划时需为后续继任集成车型预留上线点。



(a)UB线主地板工位规划



(b)UB线主地板工位现场

图8　UB线主地板传统2–Bin精度料框上件示意

4.2　Bin–0,X

其特点是车型上线库位点数量比零件种类少,为了确保物料供应,需要在线内规划一个适当大的缓存区,以便清空料框并释放装载库位。因此,一旦将料框放置在装载库位上,就必须将其清空。有了这一概念,在缓存区中只保留生产需要的零件是非常重要的。因此,PLUS中的序列预览功能对于确定物流后续供件要求至关重要,AmSupply在每个周期都要确定缓冲区中的现有库存是否足以支撑PLUS序列预览中的订单,如果无法满足,则会触发订单。为此,PLC也需要向AmSupply报告从缓存区中移除的每个零件。

同时,为确保物流交付至装载库位的料框零件的正确性,PLC会扫描贴在料框上的射须识别电子标签(Radio Frequency Identification, RFID)芯片/条形码,将信息及时反馈给AmSupply,以便其检查物料的正确性,并向PLC提供相应的反馈。最后,库位旁的指示灯会指示零件是否正确,如果有误,需立即更换料框。图9所示为焊装

EVA2 Z1 VB线“Bin-0,X”规划实物照片。

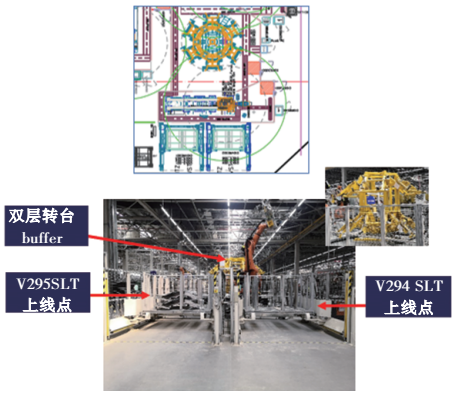


图9 Bin-0,X

整个规划原则的特点归纳如下：

a.2个SLT库位+线内缓存区，机器人将基于PFM系统订单抓件，并在缓存区上进行排序；

b.上线库位点<零件种类（最小为2）；

c.在物流更换空置SLT或线体即将清空SLT时，X缓存区可进行缓冲存放，X可满足多车型；

d.高柔性上线库位，不同车型上线点动态变化；

e.无需为后续继任集成车型规划预留上线点。

4.3 Bin-1,X

其是规划每个零件都有一个装载库位（车型库位固定），在料框上方有少量的缓存区缓存X，以便清空料框并释放装载库位。一旦料框中剩余零件数量达到定义的数量X，机器人就会清空料框并将剩余零件放置到缓存区上，后续可确保物流能够在不中断生产线物料供应的情况下更换空料框。

物料叫件系统的触发时间需与物流系统共同确定，物料到货和采购时间对此都有影响。由于每个零件都只有单Bin的原则，因此PLC首先必须向PLUS请求序列预览，然后根据订单信息及时反馈至AmSupply进行零件库存的检索和确认，PLC在PLUS序列预览中要求的订单数（=周期）必须与物流交付新零件的时间相匹配。图10所示为EVA2 Z1 HC线和Z3 MA线“Bin-1,X”规划实物照片。

整个规划原则的特点归纳如下：

a.每种车型1个SLT+缓存区（位于SLT上方），当更换空置SLT时，机器人可从缓存区抓件，保证正常生产；

b.上线库位点数量与零件种类相等；

c.在物流更换空置SLT或线体即将清空SLT时，X缓存区可进行缓冲存放，X仅用作单一车型；

d.车型上线库位固定；

e.需为后续Successor集成车型规划预留上线点。

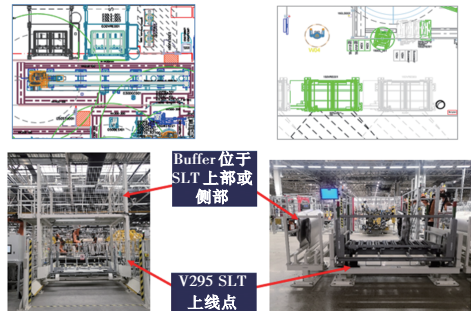


图10 Bin-1,X

4.4 Bin-1+Y

在Bin-1+Y原则中，装载库位比零件种类数多一个，同时零件装载库位分配是可变的（动态装载库位分配）；当一个料框需要交付上线时，线体总是有一个空装载库位。AmSupply不断请求PLUS序列预览并检查零件种类和数量要求。

整个规划原则的特点归纳如下：

a.每种车型1个SLT+1个空库位，即先空的车型将优先占用空库位；

b.上线库位点数为零件种类数加1；

c.无中间缓存区；

d.高柔性上线库位，车型上线点动态变化；

e.需为后续Successor集成车型规划预留上线点。

5 PFM控制下物流供应方式的转变

PFM智慧控制系统的引入，要求传统的物流供应方式进行同步转变。AmSuppy系统基于线边物料交货期/工厂物料交货期等对订单进行处理，确保厂内快速及时地将正确的物料送到正确的需求位置对物流是巨大挑战[14]。综合对比2种物流供应方式如下。

传统焊装物料供应方式的特点：

a.生产订单可由生产计划部门高柔性编排；

b.工厂内所有装焊零件的存货需满足装焊不

间断生产3天;

c.依据生产计划和库存,物流IPT系统每日进行自动计算和订单下发。

PFM下的焊装新物料供应方式的特点:

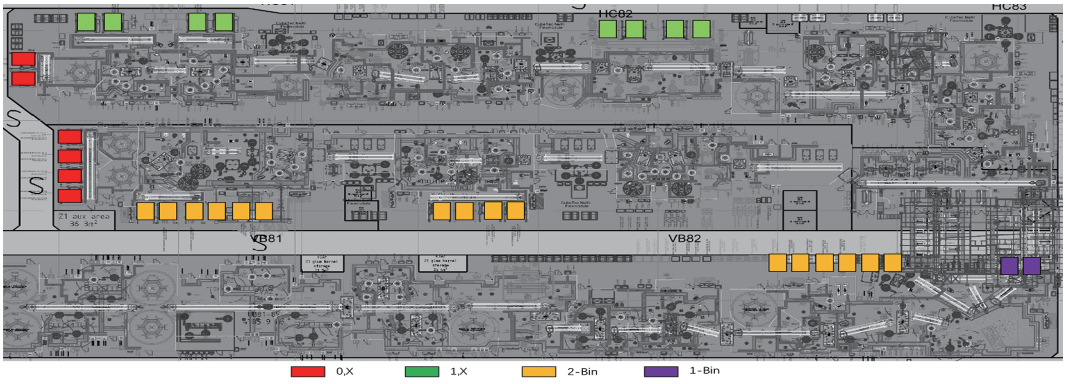
a.生产订单深度冻结区可满足不少于7 h需求;

b.工厂内外协的分总成零件存货仅需满足焊装车间4 h生产,将大量节省厂房占地面积投资和物流存货成本;

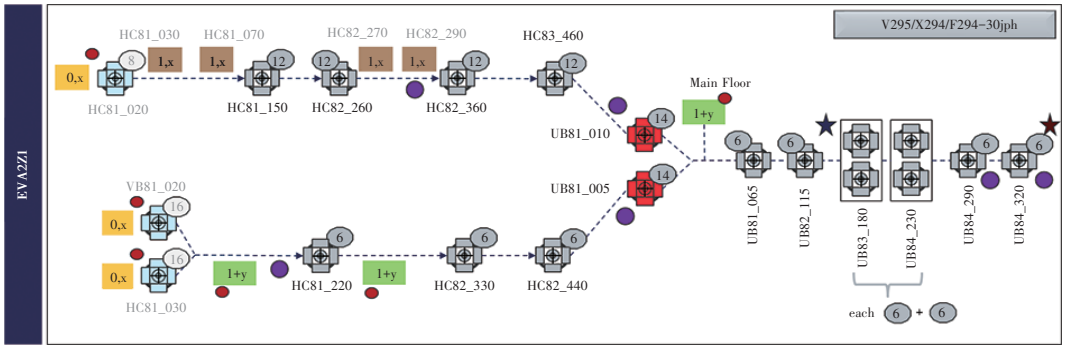
c.依据生产计划和库存,AmSupply每15 min自动计算物料数量,数量不足时订单自动下发。

d.零件供应商将基于工厂订单进行顺序容器交付。

如图11所示,PFM智能控制系统的引入,以及新型柔性Bin的采用,使得物流供应方式发生了巨大转变,为焊装车间节省了大量的工艺区域和线边物流面积。



(a)EVA2 Z1线Bin工位规划



(b)EVA2 Z1线Bin工位示意

图11　EVA2 Z1线体新型柔性Bin应用

6　结束语

PFM的应用可节省线体设备投资,并对上件顺序进行优化,可使用“1+Y”、“0,X”、“1,X”等新型上件方式,大量节省占地面积和设备投资,同时还可节省线体内缓存区数量和APC数量。

PFM和AmSupply的应用,可合理控制焊装车间的零部件库存数量,在库零部件周转时间可从3天降低为4 h,极大降低物流需求面积及相应的投资。

PFM系统在各车间的实施过程也存在着问题与挑战,如AmSupply/PLUS/ASF/MRS等各系统需协作同步,联动复杂,针对此过程中出现的问题,应有及时有效的解决方案和应急预案,随着现场技术人员技能提高和IT系统的不断完善,可得到充足的改善和优化。

参考文献:

[1] 陈录城, 鲁效平, 盛国军, 等. 大规模个性化定制研究综述[J]. 新型工业化, 2023, 13(10): 11-21.

[2] 王鹏, 祁英, 李智昊, 等. 柔性生产系统与生产物流系统规划建设[J]. 物流技术与应用, 2019, 24(10): 128-130.

[3] 周济. 智能制造—“中国制造2025”的主攻方向[J]. 中国机械工程, 2015, 26(17): 2283-2284.

[4] 路慧喜, 刘洋. 基于面向智能制造的汽车生产控制系统研究与应用探讨[J]. 中国设备工程, 2022(5): 158-159.

[5] 张富宇. 汽车生产自动化控制系统研究[J]. 山东工业技

术, 2018(3): 27.

[6] 姚弘, 刘远, 金少英, 等. 智能生产理念下的MES层、Control层规划研究[J]. 制造业自动化, 2018, 40(2): 1-6.

[7] MOHAMMAD Y, SAHAR I. Integrated Decision Making for Parts Ordering and Scheduling of Jobs on Two-Stage Assembly Problem in Three Level Supply Chain[J]. Journal of Manufacturing Systems, 2018, 46: 137-151.

[8] 王焱, 王湘念, 王晓丽, 等. 智能生产系统构建方法及其关键技术研究[J]. 航空制造技术, 2018, 61(增刊1): 16-24.

[9] 池培培. 白车身柔性焊装线工艺规划设计的应用要点分析[J]. 汽车实用技术, 2021, 46(19): 144-147.

[10] 冯翰章. 白车身分拼与主线生产拉动策略探讨[J]. 汽车实用技术, 2022, 47(23): 203-210.

[11] 黄志清, 唐敦兵, 戴敏. 基于改进算法的工艺规划与车间调度的双目标优化模型[J]. 南京航空航天大学学报, 2015, 47(1): 88-95.

[12] 刘琼, 梅侦. 面向低碳的工艺规划与车间调度集成优化[J]. 机械工程学报, 2017, 53(11): 164-174.

[13] 黄凯丽. 浅谈GMS SLT体系在物流运作过程的运用[J]. 时代汽车, 2018(11): 16-18.

[14] 李柏林. 面向智能制造的生产控制系统研究与应用[D]. 哈尔滨: 哈尔滨工业大学, 2020.

AT&M