

数控集成制造执行系统 (MES) 的构建与实施

Construction and Implement of MES

昌飞飞机工业(集团)有限责任公司 汪广平 熊曦耀 倪冬



汪广平

工程硕士, 现任中航工业昌飞数控中心主任。多年从事航空机械加工及设备工作, 主持构建了昌飞数控中心 MES; 参与多项国防基础科研。

“十五”期间, 为保障高新工程实施, 国家加大了对国防军工企业技术改造的投入, 不少航空主机厂增加了大量高档数控机床, 或对旧机床进行了数控化改造, 数控机床数量越来越多, 数控化率越来越高; 与此同时, 军工企业制造信息化总体进展良好, 但发展不平衡, 机床设备普遍处于单机运行管理状态, 这种状况导致了数控机床的整体效率、数字化车间的综

昌飞公司通过 MES 系统的实施, 促进了生产管理方式的转变, 改变了制造资源管理模式, 建立了快速制造过程响应体系, 实现了数控车间的工艺技术、作业计划、生产组织、质量控制、资源利用等数控加工制造全过程的信息响应和系统集成。随着后续工作的深入, 昌飞公司将进一步加强系统优化及应用集成, 努力打造世界航空一流技术和管理的现代化数控车间, 为军工行业制造车间实现数字化、管控一体化提供示范和应用实施的支持。

合集成效应得不到有效、充分的发挥, 已成为影响国家高新工程及重点型号生产配套能力进一步提升的瓶颈。

应对自然灾害和国防军事的严峻挑战, 民族直升机产业倍受国务院和中央军委的重视。为提高生产能力, 昌飞公司在数控加工领域不断加大技术改造投入力度, 兴建了现代化数控加工中心, 引进了一批高、精、尖的数控设备, 数量达到 110 余台。同时, 为保证硬件资源高效能运作, 实现“系统集成增效”, 促进精益生产, 公司有步骤、有计划地全面推进实施数字化车间系统集成制造, 构建了车间数控集成制造执行系统(MES), 解决了面向产品研制、人工管理为主的

航空老传统生产管理方式下信息沟通不及时、不准确、不全面、难控制等问题, 为领导层的决策提供了数据支持。

MES 综述及军工企业 数字化车间 MES 构建需求

国际制造执行系统协会 (Manufacturing Execution System Association, MESA) 对 MES 的定义是“MES 能通过信息的传递, 对从订单下达开始到产品完成的整个产品生产进行优化的管理, 对工厂发生的实时事件及时作出相应的反应和报告, 并用当前准确的数据进行相应的指导和处理。”

MES 是多种生产过程控制和管

理功能的软件集合, MESA 通过对其成员的大量实践进行总结, 归纳了 11 个主要功能模块, 如图 1 所示。

美国先进制造研究机构 AMR 则提出企业集成模型为 3 个层次, 包括计划层(ERP)、执行层(MES)和控制层(CONTROL)。在企业集成环境中, MES 强调企业在整个产品生产过程中的生产信息“共享”和生产行为的“协同”, 并借此实现生产过程的优化。图 2 反映了 ERP、MES, CONTROL 三者之间的信息流动关系。

而随着信息化的快速发展, 武器装备更新换代加快。对于承担武器装备研制和生产单位的军工制造企业来说, 军工产品生产的特点要求 MES 软件系统能够适应由产品快速变批量、混线生产和快速响应制造等带来的生产线和业务流程重构的需求:

- 满足军工型号制造快速变批量生产要求, 能够快速调整业务过程;
- 具有可重构性, 能够适应型号研制与批生产结合的混线生产模式;
- 实现底层信息实时反馈, 将车间形成具有信息反馈的闭环控制执行系统;
- 具有开放式架构, 能够实现同其他外部系统的信息集成。

昌飞 MES 的总体构架

昌飞公司 MES 将建立与已有的产品数据平台 PDM 无缝集成的产品全寿命条码管理跟踪系统作为产品信息交互的主线, 以保证从设计、工艺制造源头至产品生产全过程、最终装机的全面信息交互和共享; 以数控设备 DNC 通信联网作为基础, 利用数据采集系统实现设备加工信息的收集, 并通过设置以公司内网为传递途径的现场终端, 实现产品生产信息、设备加工信息、资源管理信息的集成。图 3 和图 4 是结合公司和车间管理特点绘制的 MES 系统运行示

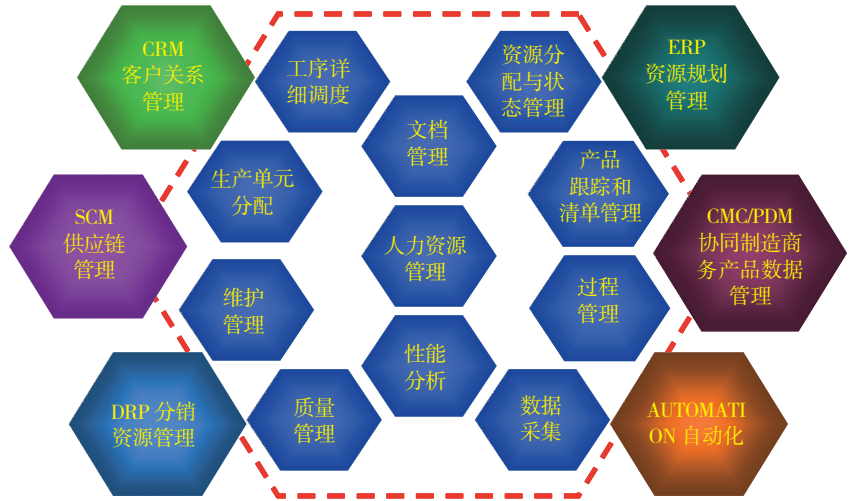


图1 MES的组成及其与其他系统的关系

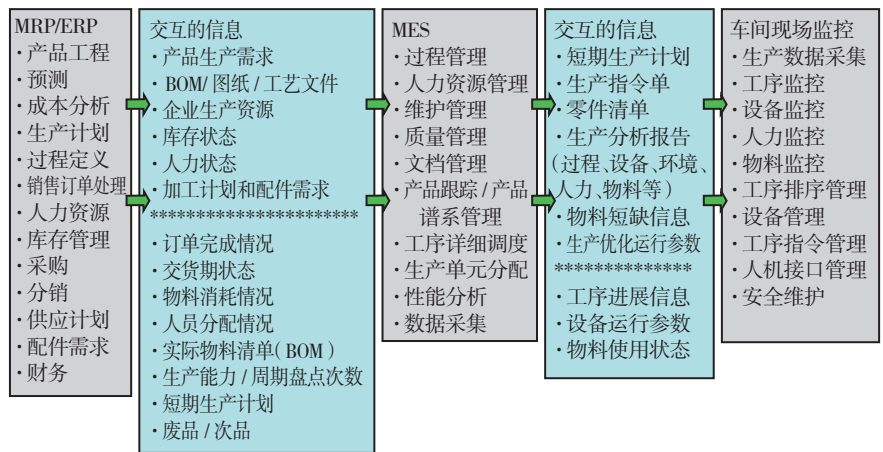


图2 MES与MRP/ERP和底层控制的信息交互内容

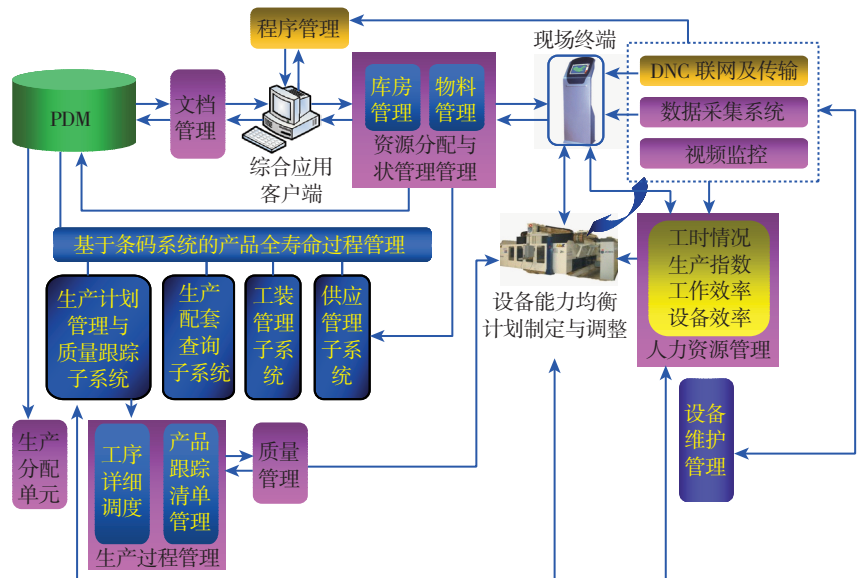


图3 结合公司特点的MES总体运行示意图

意图和系统结构框图。

昌飞 MES 的功能模型构建

昌飞公司 MES 包括车间作业计划管理、生产过程管理、制造资源管理、物流配送管理、DNC 通信及数据采集系统、现场终端应用等模块,实施时以车间作业计划管理为指挥龙头、以生产过程管理为执行核心、以制造资源管理为基础保障、以 DNC 通信及数据采集为现代手段、以现场终端为信息交互枢纽,注重于信息的发送、反馈、收集、分析、改进,以保证系统信息流在系统中准确、快速、有效地传递和存储,最终指导管理者对设备效率、人员效率及整体制造能力进行评估并提出新的改进方案。

1 作业计划管理模块

如图 5、图 6 所示,车间作业计划管理模块以条码管理系统为基础,以周作为生产作业计划编制的基本周期,并根据交付节点通过红、黄、绿等颜色对计划任务进行预警,同时根据生产能力和预投情况分为计划内和计划外计划,根据紧急程度将计划任务分为刚性计划、装配线断线计划等,计划编制时软件根据计划任务情况计算出目标生产率指数(预期目标工作量与年平均任务量的比值),并利用设备排产功能分派到指定机床,以零件加工周期作为基础,以机床理论加工时间作为条件对设备能力进行均衡和评估,指导计划编制的均衡性和合理性。

2 生产过程管理模块

如图 7 所示,车间生产过程管理模块包含生产准备、制造执行、质量控制、零件返修、零件报废等流程构造,通过生产准备阶段状态确认后形成的带有批次信息的条码号,始终对产品在生产/交付/装机过程进行追踪,记录工序之间/制造单位流转之间的零件状态、质量信息以及完成工时,保证信息存储准确、全面且

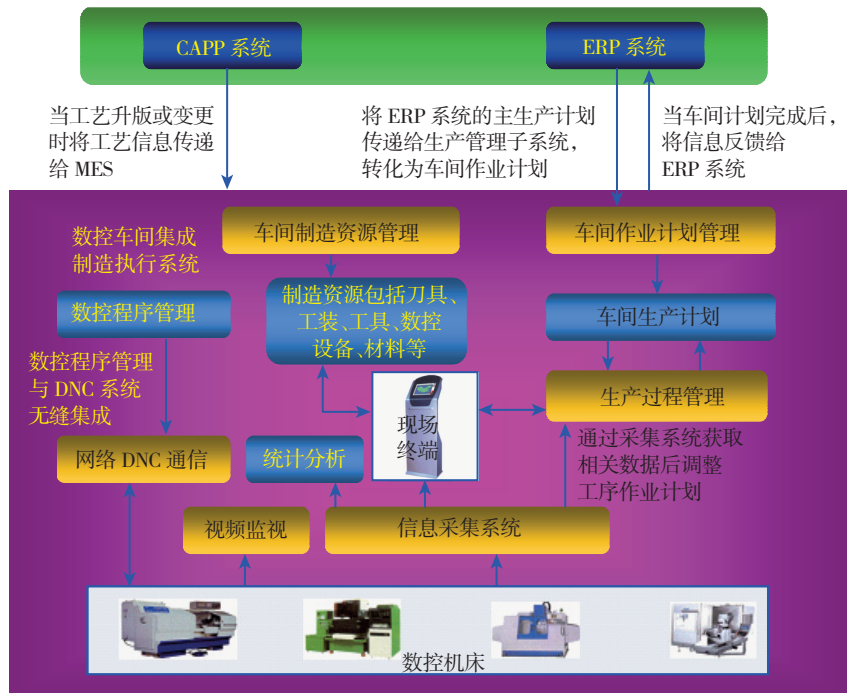


图 4 结合公司特点的 MES 结构框图

序号	零件代号	零件名称	批次	车间计划投入	车间计划完工	完工节点	刚性节点	报用批次	关键件	状态	零件条码	工作令
1	109-0881-29-105	薄垫片		2010-11-21	2010-10-23	2010-11-29	2010-10-30	FOKER_6	否	加工中	L7756233	512-05
2	109-0881-29-105	薄垫片		2010-11-21	2010-11-22	2010-11-29	2010-11-29	FOKER_7	否	加工中	L7756366	512-05
3	109-0881-29-105	薄垫片		2010-11-21	2010-12-22	2010-12-29	2010-12-29	FOKER_8	否	加工中	L7761176	512-05
4	109-0881-29-105	薄垫片		2010-11-21	2011-01-21	2011-01-29	2011-01-29	FOKER_9	否	加工中	L7763018	512-05
5	109-0881-29-105	薄垫片		2010-11-21	2011-02-20	2011-02-27	2011-02-27	FOKER_10	否	加工中		
6	109-0881-29-105	薄垫片		2010-11-21	2011-03-22	2011-03-29	2011-03-29	FOKER_11	否	目标指数!		

图 5 数控车间生产计划编制软件界面

序号	图号	对应指令	加工单位	加工工序	工序	加工机床	加工周期	优先级
1	109-0210-04-1	FFOG-109-0210-04-1;E版;S654081	15	10	15	36/K199-1	6.00	
2	109-0210-04-1	FFOG-109-0210-04-1;E版;S654081	15	15	15	37/K199-2	6.00	
3	109-0310-11-111	FFOG-109-0310-11-111;C版;S87590	15	10	15	41/K197-2	6.00	
4	109-0310-11-111	FFOG-109-0310-11-111;C版;S87590	15	15	15	39/K199-4	6.00	

图 6 设备排产加工信息界面

检验参数	检测工具	允许值	实测记录
4	1	±0.125	4.12
R12	5	±2.0	R12
25	1	±0.20	25.02
32	1	±0.31	32.02

5材检	10数控	15数控	20数控	25钳工	30总检	35标印
合格:4件 检验:万形	王景飞 合格:4件 检验:邵靖	王景飞 合格:4件 检验:邵靖	王景飞 合格:4件 检验:邵靖	彭旭 合格:4件 检验:余瑞微	合格:4件 检验:	检验:

图 7 条码管理中的产品工序管理和质量追踪

具有唯一性,为产品状态查询、质量控制、成本核算、能力评估等提供数据。

3 制造资源管理模块

由于实际生产中,库房资源和材料资源是生产开展的必要条件,该模块主要利用回转库及操控软件,以刀量器具及材料所处的库、架、层、位及尺寸规格、图号等作为基本信息,开发出刀量器具及材料的信息化查询系统和电子地图,并进一步与 PDM 系统数据进行集成。

4 物流配送模块

如图 8 所示,物流配送模块是以

计划管理软件为数据信息源,由工艺人员根据刀具、工装、工具、辅助夹具、材料等的库存信息和指令设置相关产品基本配送信息,操作人员点击发送配送请求,软件通过读取任务关联的产品制造指令,按工序对生产准备班组发出配送要求信息,生产准备班组根据要求配送到位后操作人员点击确认,则配送完成。

5 DNC 通信及数控采集系统

如图 9 所示,数控机床 DNC 联网是对数控程序传递、设备加工信息管理的基础。通信系统采用了网卡(RJ45)联网方式,支持 Oracle\SQL-

server 底层数据库,可与 CAD\CAM\CAPP\OFFICE 进行接口,主要包括程序传输、在线加工、断点续传等功能。数据采集系统对数控设备加工中开关状态、主轴运转、程序执行、故障报警等情况进行数据采集并对数据统计分析,为当前设备的利用率、产品的产量、生产能力的判断提供基础数据支撑。

6 现场终端的应用

如图 10 所示,现场终端是数控现场与车间各部门信息实现交互的枢纽,通过现场终端,相关人员可以随时查询设备的排产任务、计划节点、库房资源、材料库存、机床利用率等,并根据实际情况提交配送请求和问题反馈,使生产准备、设备使用、工艺技术、生产调度等相关部门之间的协调问题能迅速有效地进行传达和记录,便于问题的解决落实和追踪,同时也可作为二线人员考核的原始数据。

7 与公司级信息系统集成

如图 11 所示,为了充分保证整个 MES 与公司级信息系统的集成,作为其运行基础的条码管理系统开发以现有的 CHPM/CAPP 系统为集成框架,并作为其中的一个模块集成到 CHPM/CAPP 系统之中,系统的设置、流程及安全管理等系统管理通用功能将以 CHPM/CAPP 系统为主体实现。底层数据库以 Oracle 数据库为工具,实现与 CHPM、CAPP 系统的无缝集成。条码系统由生产计划管理与质量跟踪子系统、生产配套查询子系统、供应管理子系统和工装管理子系统等 4 部分共同组成。

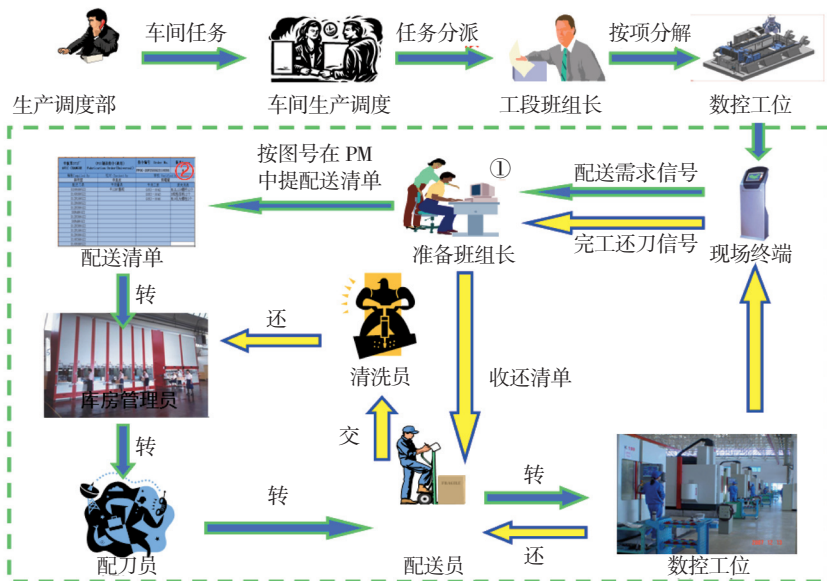


图8 刀具器具配送流程

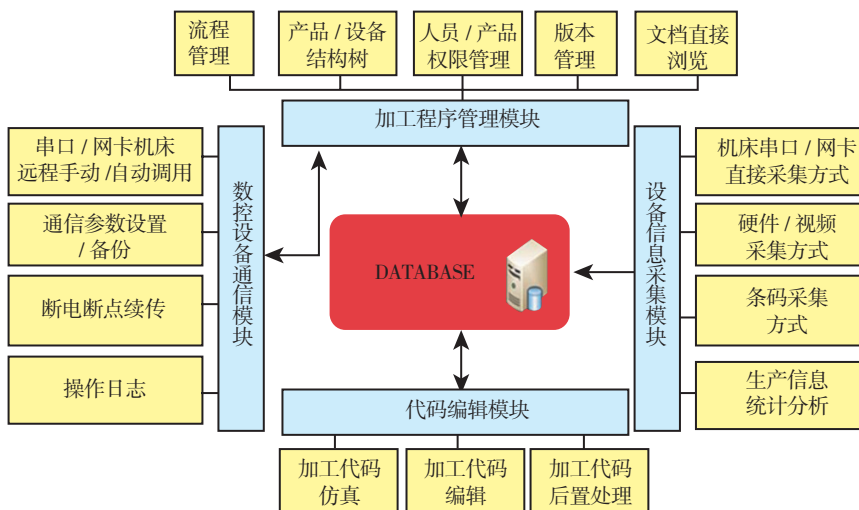


图9 DNC通信及数控采集系统的软件总体构架

昌飞公司 MES 系统的推进实施及评价方式

1 MES 系统的推进实施

计划管理工作作为整个集成制造的指挥龙头,实施时将生产作业计划进行分层管理,包含年生产规划、月生产计划、月生产准备计划、周计



K211 数控机床										当班人: 喻晴		
任务计划					配送请求		生产执行		现场问题			
序号	类型	图号	名称	架次	工段节点	预计开工	确认	开工时间	完工时间	存在问题	解决人	解决
1	正常	× × × × ×	上缘条	1054	2010-11-12	2010-11-09	2010-11-10	开工	确认	设备问题	吴军	确认
2	正常	× × × × ×	上缘条	1055	2010-11-12	请求配送	确认	开工	确认			确认
3	正常	× × × × ×	上缘条	1056	2010-11-12	请求配送	确认	开工	确认			确认
4	正常	× × × × ×	上缘条	1057	2010-11-12	请求配送	确认	开工	确认			确认
5	正常	× × × × ×	上缘条	1058	2010-11-12	请求配送	确认	开工	确认			确认
6	正常	× × × × ×	上缘条	1059	2010-11-12	请求配送	确认	开工	确认			确认
7	正常	109-0324-17-302	右上机加凹槽	7	2010-11-13	2010-11-09	确认	开工	确认			确认
8	正常	109-0324-17-302	右上机加凹槽	8	2010-11-13	请求配送	确认	开工	确认			确认
9	正常	109-0324-17-302	右上机加凹槽	9	2010-11-13	请求配送	确认	开工	确认			确认
10	正常	109-0324-17-302	右上机加凹槽	10	2010-11-13	请求配送	确认	开工	确认			确认

图10 现场终端界面

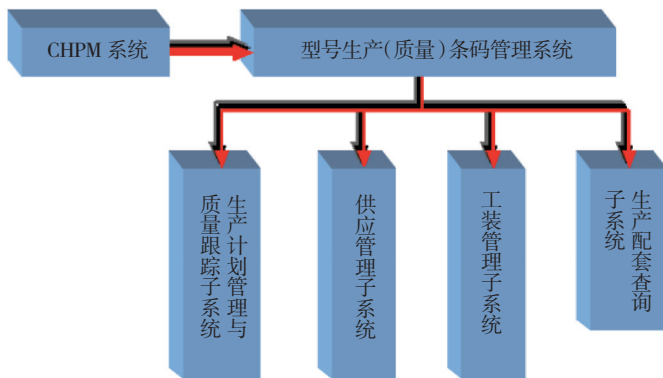


图11 与PDM系统无缝集成的条码管理系统系统总图

划及设备排产计划五大部分,且以设备排产计划作为计划管理与生产执行管理的接口(图 12)。

应用 MES 时,在实施运行过程中引入了质量管理“PDCA”流程,从年规划、月策划到周计划,做到三级嵌套“PDCA”循环,如图 13 所示。

车间生产作业计划通过条码管理系统下的计划管理子系统进行编制,根据公司生产部门下发的型号配套计划进一步制定车间生产作业计划,系统通过计划内和计划外指数对计划编制予以评价,通过劳动率指数对生产情况予以平衡与评价,通过断线指数和刚性指数对配套进度及装配保障予以评价,工作流程图及部分软件界面如图 14 所示。

车间计划及生产执行主要实行流程化、标准化、目视化、常态化等工作方式。

- 流程化:指多个人员、多个活动的有序组合,并通过活动来体现企业价值,主要通过建立各项工作流程实现;

- 标准化:指为在一定的范围内获得最佳秩序,对实际或潜在问题制定共同和重复使用的规则活动及行为,其重要意义在于改进产品、过程、服务的适用性,以获得最佳秩序和效益,主要通过制定各项工作模板实现;

- 目视化:指通过视觉信号为手段,以公开化为原则,尽可能将管理要求和意图让大家看得见,借以推动看得见的管理、自主管理、自我控制,主要通过设置各种生产信息看板实现;

- 常态化:是指对各项工作内容开展及人员职责提出持续性要求,以有效消除工作的随意性和推诿扯皮现象,主要通过对工作开展设置固定周期实现。

2 MES 系统运行的评价方式

集成制造执行情况是衡量整个

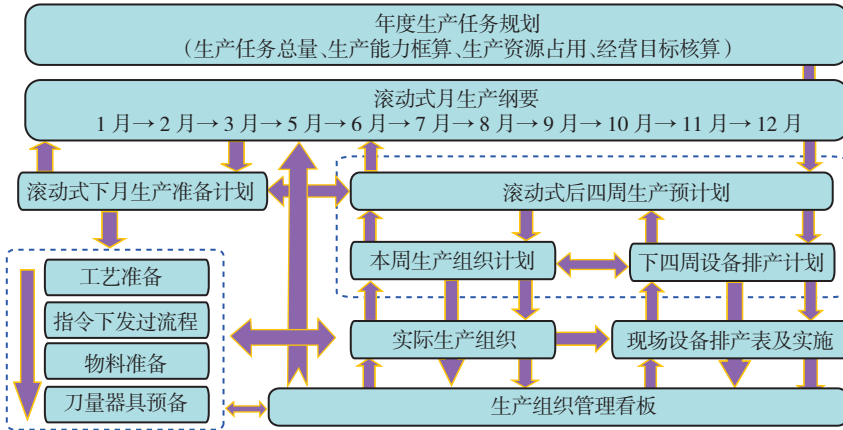


图12 数控车间生产计划管理实施流程图

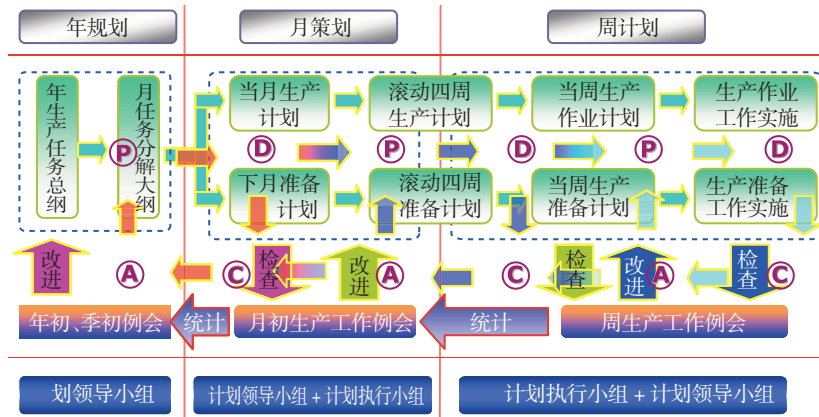


图13 数控车间生产计划PDCA循环工作流程

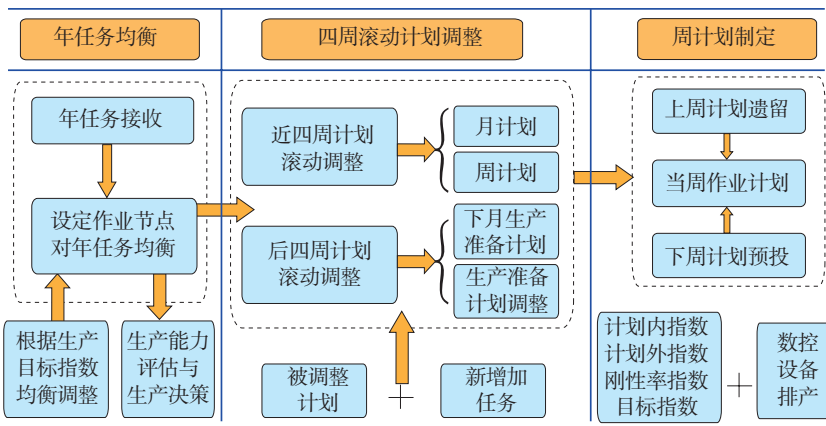


图14 数控车间生产计划编制执行框图

系统运行是否稳定、有效的客观体现,但如何利用系统产生的海量信息数据科学地进行评价,是引导系统完善、改进的重要条件。根据生产的实

际需要,确定了以下几个评价的原则和方式:

(1)利用计划管理系统中劳动生产率指数评价车间的整体效能,其

中劳动生产率指数为在一定周期内车间完成任务情况与公司下达任务预期目标的比值;

(2)利用数据采集系统统计分析功能评价设备的利用率情况,反应出车间整体/平均/单台设备的使用状况;

(3)利用计划管理系统中成本核算功能统计出工人的工时完成情况,并与同期或前期平均情况进行对比,分析车间整体生产能力。

昌飞公司 MES 实施效果

昌飞公司 MES 的构建与实施,有效解决了生产过程管理、库房资源管理、设备资源利用等的突出问题,系统的可重构及开放性较强,信息数据集成统一,各管理模块做到了既独立运作、又相互关联。在实际执行过程中,对底层运行的信息做到了实时采集、反馈,这为系统运行奠定了有力基础,同时通过流程化、标准化、目视化、常态化的管理,使系统运行效能得到充分发挥。通过 MES 的应用实施,数控机床加厂房 60 台数控机床总体效率提高 30%,分项指标平均设备使用率(M-EUR)提高 50%、平均设备利用率(M-UOE)提高 60%、零件加工合格率(MEP)提高到 95% 以上。

结束语

昌飞公司通过 MES 的实施,促进了生产管理方式的转变,改变了制造资源管理模式,建立了快速制造过程响应体系,实现了数控车间的工艺技术、作业计划、生产组织、质量控制、资源利用等数控加工制造全过程的信息响应和系统集成。随着后续工作的深入,昌飞公司将进一步加强系统优化及应用集成,努力打造世界航空一流技术和管理的现代化数控车间,为军工行业制造车间实现数字化、管控一体化提供示范和应用实施的支持。(责编 小颖)