

# 航空工业分布式计算机集成制造系统

## Distributed Computer Integrated Manufacturing System in Aviation Industry

北京航空制造工程研究所

王永栓 向颖 张杨

**[摘要]** 针对航空工业在集成层次、范围和构建上的需求,提出了一种分布式计算机集成制造系统方案,并给出了该方案的物理模型和网络模型。该方案具有结构清晰、功能明确、涵盖全面、易于实现等特点。最后,对计算机集成制造系统(CIMS)的实施提出了若干建议。

**关键词:** 计算机集成制造系统 航空工业 分布式

**[ABSTRACT]** On the need of the system integration hierarchy, contents and platform construction in aviation industry, a distributed computer integrated manufacturing system is put forward and the network and physical model of this method is introduced. The characteristics of this method is clear structure, explicit function, comprehensive inclusion and easy to realize. At last, some suggestion on implement of computer integrated manufacturing system (CIMS) is given.

**Keywords:** CIMS Aviation industry Distributed

计算机集成制造系统(CIMS)是一种基于计算机集成制造(CIM)理念构成的数字化、虚拟化、网络化、智能化、绿色化、集成化的制造系统<sup>[1]</sup>,它是信息时代的一种新型生产制造模式,具有管理高度集成、信息资源共享、控制范围宽广、自动化程度较高、制造加工灵活、产品质量较好等特点。在航空工业领域,飞机设计制造是一项非常复杂的工程,它由多团队、多领域、多厂所共同参与开发,涉及大量的信息、生产系统,并需要在严格的流程管理控制下实现这些团队及系统之间的交互和协作,以支持并行、协同的飞机设计与制造。此外,随着现代科学技术的飞速发展,新技术、新工艺、新产品竞相问世,而航空工业制造技术的发展始终处于整个制造业的前沿,起着领先和导向的作用。我国航空工业虽然在推广与信息化相关的制造技术,如CAD、CAM、PDM、CAPP等方面处于国内领先水平,并收到了一定的效益,但整个设计制造技术仍远远落后于国际先进水平。虽然应用了很多计算机制

造技术,但制造体系并没有变化,计算机的应用仍然限于局部。所以实施CIMS工程,进行飞机研制的数字化设计和制造技术研究,全面提高飞机研制的综合能力,逐步赶上国际先进水平,已成为航空制造业的迫切需求。

在此背景下,航空CIMS在原有航空工业CAD/CAM技术、网络技术等发展的基础进行开展,其主要内容就是飞机数字化设计、制造和管理技术的研究与应用。目前,由于种种条件限制,CIMS自动化过程控制基本上是在小范围,单级方式下进行,仅能适用于单个柔性加工单元(MC)或单条柔性加工线(FMS),还没有实现控制大系统内的多条柔性线和管理系统,不能构成真正意义上的计算机集成制造系统。探讨多级分布式集成制造系统的实现方式成为航空工业迫切需要解决的问题,也是本文研究的重点。

### 1 航空工业CIMS项目背景

我国从1986年开始进行CIMS工程项目,这项工程涉及到各个行业,各个省市,并在全国各个行业都取得了可喜的成绩<sup>[2]</sup>。在国家863高科技计划中,CIMS技术对航空工业来说是迫切需求的。同时我国航空工业从总体水平来说,整个行业的素质比较高,有比较好的CAD/CAM基础,已经实施了多项CIMS应用工程技术,特别是“九五”期间,开展了异地无纸制造等课题的研究。因此,航空工业实施CIMS工程既有需求又有基础。1998年由原中国航空工业第一集团公司申请了“九五”航空CIMS项目,由其所属的9家单位和清华大学、中科院软件所共同进行攻关和实施。

成飞(集团)公司自被列为国家863/CIMS第一家应用企业以来,先后投资近4000万元,在国家科技部、有关院校及国家863/CIMS专家组的支持和帮助下,历时10年,完成了成飞CIMS工程的可行性论证、初步设计、详细设计,并进行了三期工程的实施和应用。先后通过了国家科技部和863/CIMS专家组的验收。并荣获原中国一航科技进步一等奖、国家科技进步二等奖、国家CIMS工程和应用示范企业等称号。此外,金城集团自实施CIMS工程以来也取得了

可喜的成效。

航空工业 CIMS 工程是一个牵涉面广、构造复杂、投资很大的系统,目前航空工业一些制造厂或研究所在实施 CIMS 工程过程当中已经取得了一定的成绩,但基本上都是在小范围,单级方式下进行,还没有一个公认的、具有持久生命力的,并且在航空业占主导地位的集团级系统出现。而飞机型号的研制,特别是新一代飞机的研制,又迫切需要通过集成平台来解决异地协同和各应用系统的集成问题<sup>[9]</sup>。因此现阶段,建立以总部为核心的集团级的飞机现代集成制造系统,覆盖设计、制造、管理、经营等各个领域,支持航空型号的研制工作,基本实现型号(包括军机、民机)的异地并行数字化设计制造,实现生产经营的网络化管理,成为航空现代集成制造系统发展的主要任务。

## 2 分布式集成制造系统的物理结构

航空工业中,计算机集成制造系统中的生产和检测等关键性制造环节由柔性加工线、数控机床(NC)以及装卸机器人、搬运设备等具体的加工和控制系统完成,他们构成了由集团级、营销级、厂所级等上级控制系统和车间级、设备级等加工控制系统所组成的多级分布式控制系统,其物理结构如图 1 所示。

图 1 所示的层次结构中将计算机集成制造系统中的中央计算机、主计算机、单元计算机、单元控制器、设备控制器和加工设备 6 个典型层次规划为集团级、营销级、厂所级、车间级和设备级 5 个控制级,以实现系统模块化以及各个模块的自律性。

这种物理组织结构具有结构清晰、功能明确的特点,并且航空企业一般都是集团级的大企业,在企业内部建立图 1 所示的物理结构有利于结合计算机集成制造系统的营销网络、技术装备和加工特点,明确各级的职责和功能。具体功能描述如下:

### 2.1 集团级控制系统

集团级控制系统负责制定集团中长期的生产目标和计划,起到中央规划作用。也可以对其下属子公司进行一定任务的任务发包及协调工作。集团级控制系统通过中央级计算机管理整个集团的营运及销售情况。

### 2.2 营销级控制系统

营销级控制系统主要负责市场信息收集、市场需求分析、市场服务等任务。集团总部和下属厂所都可以拥有营销控制系统,这样下属厂所可以根据自身的情况进行营销策略的制订。营销级控制系统的计算机

网络既要包含航空系统内网金航网,也要包含系统外的 Internet 网络。

### 2.3 厂所级控制系统

航空厂所既是集团的一部分,又具有一定的独立性。厂所级的主计算机承担工厂或研究所的计划、设计和管理的工作。它主要完成 2 个任务:一是接受集团下达的或通过营销级计算机网络从市场接到的生产任务,指示设计部门进行 CAD 设计,通过 CAD/CAM 通信模块将设计结果编程为加工指令,传输到车间级控制计算机,供车间作为安排任务(加工时序和加工量)的依据;二是搜集、汇总各车间完成任务的情况,并将数据传输到集团级和营销级控制系统作为决策的依据,从而达到信息共享。

### 2.4 车间级控制系统

根据车间柔性制造设备、人员情况和厂所级控制系统下达的加工任务完成以下工作:接纳管理制造命令,编制作业调度计划;统计设备的运行业绩,与单元控制器一道监视控制设备的运行状态,向主计算机传输有关数据。车间单元控制器的功能是直接控制机械

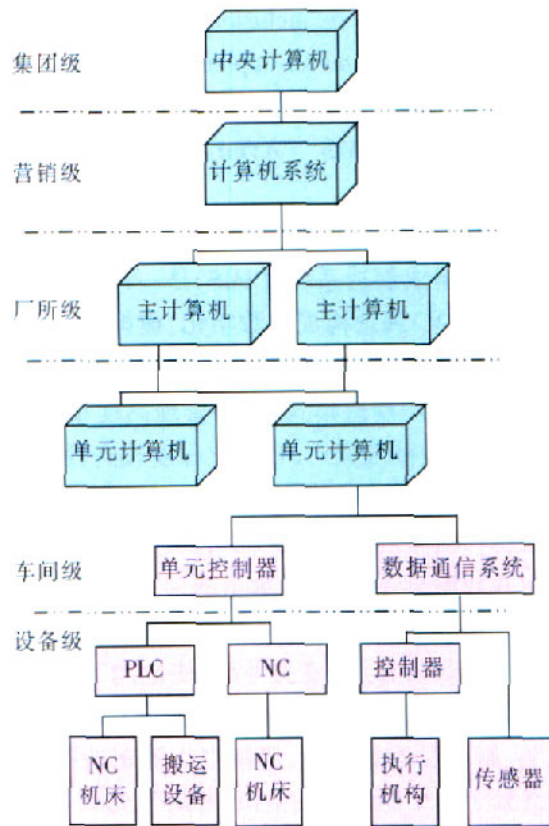


图 1 分布式集成制造系统的物理结构  
Fig.1 Physical structure of distributed integrated manufacturing system

设备群的运行,它从单元计算机接收到作业调度指令、NC指令、刀具数据、工具数据,并把这些指令和数据传送到各台设备的控制器(如NC装置、顺序控制器、机器人控制器等)。此外单元控制器还监控设备的运行状态,跟踪工件的当前工位。已实施CIMS工程的航空企业来说,车间级控制系统一般都达到标准,有的已经经过国家或相关部门的认证。

### 2.5 设备级控制系统

整个系统的“最底层”,直接操作加工设备进行产品加工,达到将制造计划变成产品的目的。

对于航空工业来说,集成化制造系统应该是多层次的,既有全局性的集团信息集成,也有分系统内的信息集成和子系统内的信息集成。

## 3 分布式集成制造系统的网络结构

多级分布式控制系统中的设备多种多样,网络介质、通信协议、拓扑结构、存取控制策略、计算机接口各不相同,从而构成了所谓的异构异质局部子网络互联。这种异构异质局域网与通常意义上的局域网有所不同,构建时必须充分考虑到计算机集成制造系统的

独有性质、加工设备的控制特点等因素,不是增加几台服务器、交换机和Hub就能够解决问题的。

为了实现由异构异质局部子网络互联的多级分布式控制系统,必须通过集团主干网与产品制造的其它环节联结起来,由主干网通过公用交换网络或通信线路与其他成员进行交互和信息交换。构建出的分布式集成制造系统网络结构如图2所示,整个网络将涉及产品设计、制造、销售、监控等全过程的各个分系统连接起来,构成了具有更大实用价值的控制系统。

如图2所示,整个分布式集成制造系统网络由制造自动化、CAD/CAM、MIS等子网络、大型集团级数据库以及市场营销机构组成。其中制造自动化子网络按照制造自动化协议构建成MAP网。CAD/CAM和MIS子网络则按照技术和办公自动化协议联成一体,组成TOP网。

相关子网络和集团数据库通过集团网络连成一个有机整体。集团总部与厂所,及厂所之间基于信息专网金航网或其他专线进行信息交互,以达到信息传输的保密性和快速性。而集团和厂所与客户、供应商之间则主要借助Internet网络,以掌握市场信息和产品销售情况,及时反馈给TOP网以随时调整生产计划。

## 4 航空领域CIMS实施的主要因素

航空工业CIMS工程的实施是一个针对复杂产品的复杂大系统,除了突破一批制约型号研制的CIMS系统关键技术,以保障本项目取得显著的攻关和应用效果外,在实施的过程当中还要注意以下一些问题。

### 4.1 明确CIMS项目研制是企业自身的需求

从企业领导到中层干部、从中层干部到主要基层干部至全体职工,都要认识到项目的研制是企业发展的目标和内在的需要,是企业具有战略意义的长远决策。

### 4.2 领导必须直接参与项目的推进

项目推进是“一把手工程”,因为它的实施不仅仅是纯信息技术,更为重要的是它必然涉及到人们传统管理思想、模式的改变,以及业务流程的重组和组织机构的调整,这些必须要企业领导给予支持和解决。

### 4.3 正确处理总体和局部的关系

在项目研制和推进实施时要根据“效益驱动、总体规划、重点突破、分步实施、推广应用”的原则。找出切入点先易后难,切实解决企业生产经营中的实际问题,逐步推进才能取得成效。(下转第95页)

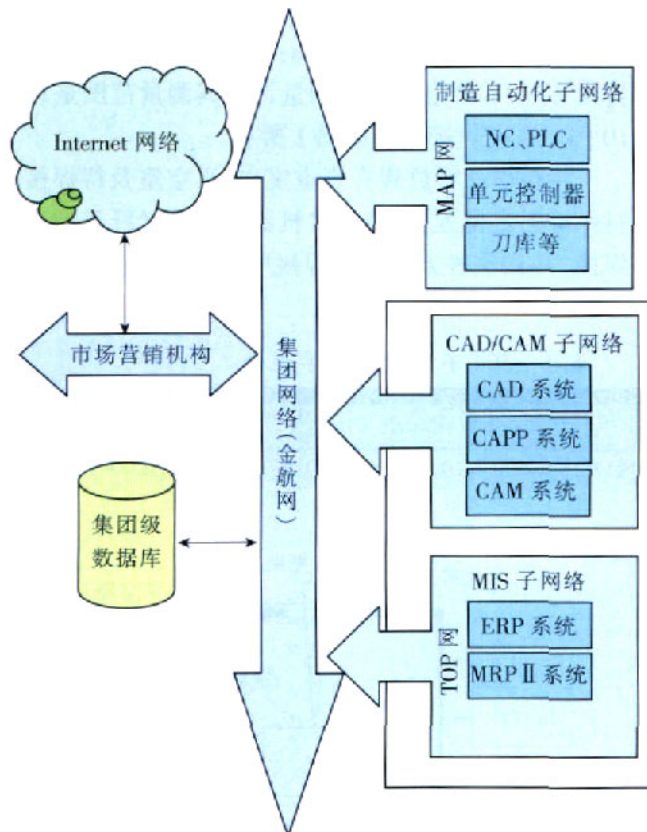


图2 多级分布式控制网络

Fig.2 Multi-level distributed control network

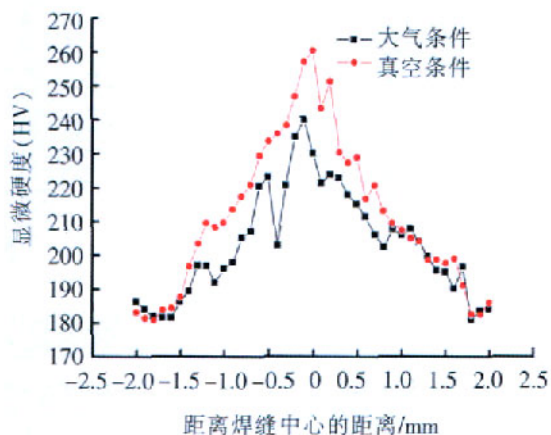


图8 304 不锈钢焊缝显微硬度分布  
Fig.8 Microhardness distribution of  
304 stainless steel welding seam

相对较小,提高了接头的显微硬度。

#### 4 结论

(1)试验结果表明:与大气中的激光焊接相比,真空中进行的激光焊接金属表面反射的电弧小,焊缝表面质量好,有明显的金属光泽。

(2)真空度对低功率 YAG 激光焊接的影响主要表现为:焊缝熔深随真空度的降低而增加。

(3)不同真空度下焊缝熔深随着激光脉冲能量的提高而增加,随着焊接速度的降低而增加。随着脉冲激光能量的增加,真空度对熔深的影响增强。真空度对熔深的影响随着焊接速度的降低而增强。

(4)焊接接头的微观组织及显微硬度测试表明:激光焊接 304 不锈钢时,大气中的焊缝晶粒比真空中得到的晶粒有所长大,导致其焊缝区和热影响区的显微硬度值比真空中进行激光焊接得到的低。

#### 参 考 文 献

- [1] Beck M, Berger P, Hugel H. The effect of plasma formation on beam focusing in deep penetration welding with CO<sub>2</sub> lasers, J Phys D: Appl Phys, 1995, 28: 2 430-2 442.
- [2] Verwaerde A, Fabbro R. Experimental study of continuous CO<sub>2</sub> laser welding at subatmospheric pressures. J Appl Phys, 1995, 78(5): 2 981-2 984.
- [3] 曹丽杰, 张朝民. 气体对激光焊接熔深和等离子体行为的影响. 佳木斯大学学报 (自然科学版), 2001, 19(2): 171-174.
- [4] Seiji Katayama, Oshihiro Kobayashi, Masami Mizutani. Effect of vacuum on penetration and defects in laser welding.

Laser Applications. 2001(10): 187-192.

- [5] Tuan-Ahn Mai, Glok Hong Tay, Ee Wee Koh. Laser vacuum welding of aluminium, Kovar and Ni-Fe alloys for hermetic encapsulation of electronic components. ICALEO 2002, 4: 2 621-2 630.

(责编 淡蓝)

(上接第 91 页)

#### 4.4 扎实的管理是项目推进的基础

企业信息化不能脱离基础管理的操作平台,基础管理工作的加强和改进为信息化建设提供了保障,只有把基础管理与信息化相结合,企业管理水平才能实现质的飞跃。

#### 4.5 抓好基础数据的收集和分析

基础数据是企业的宝贵财富,做好基础数据的收集和整理工作是项目应用推进的第一步,也是企业规范化管理的重要组成部分。“二分技术、七分管理、十一分数据”,数据管理不仅工作量非常大,而且其质量的好坏直接决定项目的成败。

#### 4.6 人员培训是项目实施的保证

项目实施可能会改变人的作用和工作方式以及传统观念。从一定意义上说人的素质不适应是项目实施的最大障碍。因此,要把提高职工素质放在企业信息化工作的首位,特别要加强各部门主要领导的培训。培养既熟悉航空企业相关业务又掌握信息化技术的项目骨干队伍是项目实施成功的重要保证。

#### 5 结束语

本课题在分析航空工业背景及实施 CIMS 工程情况的基础上提出了一种分布式集成制造系统的解决方案,给出了分布式集成制造系统的物理结构和网络结构,这种拓扑结构可以通过航空集团已建成的信息专网——金航网将流行的 MAP 网、TOP 网等巧妙地结合在一起,具有结构清晰、功能明确等特点。最后本文给出了航空工业在实施 CIMS 过程中需要注意的一些环节和因素。

#### 参 考 文 献

- [1] 常本英,黎建强,徐祺. 计算机集成制造系统(CIMS)导论. 安徽:安徽科学技术出版社,1997.
- [2] 杜来红,陈桦,房亚东. 基于网络化制造模式的制造资源管理系统研究. 机械设计与制造,2005(5):67-70.
- [3] 赵利民,黄双喜,徐智勇. 航空工业现代集成制造系统设计. 航空制造技术,2007(2):38-41.
- [4] 黄双喜,范玉顺. 航空 CIMS 集成支撑平台设计. 航空制造技术,2002(8):26-28.

(责编 微凉)