

基于RFID的航空生产和 维修管理系统研究

Study of Aeronautic MES and MRO Based on RFID

金航数码科技有限责任公司 张伦彦



张伦彦

金航数码科技有限责任公司生产管理业务部副经理,工程师。毕业于北京航空航天大学计算机集成制造专业,主要从事生产管理、制造执行系统、企业信息化方面的研究,作为项目负责人参与多家大型航空制造企业的MES项目工作研究。

射频识别(Radio Frequency Identification, RFID)技术是20世纪90年代兴起的一种自动识别技术,在物流追踪、仓储管理、身份识别等方面有着比较成熟的应用。

随着RFID技术的不断发展,航

对原型系统的部分功能进行了试验,验证了其可用性。RFID技术作为数字化工厂的一项重要支撑技术,改变了航空车间的生产环境和生产方式,极大提高了车间的自动化水平,将促进生产和维修管理系统的重大升级改造,以适应新一代制造模式的需要。

空制造型企业也逐渐成为RFID技术应用的新领域,RFID技术逐渐取代条形码技术,在部件识别、跟踪和运输等领域起着重要的作用。世界航空工业的各大制造商和供应商,以及各大航空公司都在积极推动RFID技术在航空工业的发展和运用,其中波音、空客公司已经组织讨论和制订了RFID技术在航空工业的一些应用标准^[1]。

物流管理系统作为与实物关系最密切的信息系统,早于其他领域完成了RFID技术的集成应用,取得了较好的应用效果。生产管理系统和维修管理系统同样与现场实物关系密切,其管理业务远比物流管理系统复杂,集成RFID技术应用的需求更

加迫切。

应用RFID的必要性分析

相对于其他制造行业,航空工业在生产和维修中更加强调零部件的批次序列号管理、过程记录和寿命的管理、产品构型和客户化定制的管理,这也是航空制造执行系统(MES)和维修管理系统(MRO)的重要特点。这些管理要求都与实物密切相关,这也决定了物流标识和数据采集问题是航空MES和MRO系统不可回避的关键问题。

最早,航空制造业采取直接在零件表面刻号的方式来标识零件,既不方便又难以识别。后来,采取在零件合格证或过程卡上打印条形码的办

法,发挥出了信息系统的应用效果。如今,RFID技术的应用又将系统的水平提升到了数字化制造的新高度。

数字化工厂是从虚拟环境中接收和反馈制造信息的现实工厂,信息流与实物流的集成是关键所在。RFID由于其特有的一些优点,已经成为数字化制造和维修管理中不可缺少的一种技术手段^[2],具体分析如下:

(1) RFID数据的传输不需要数据线,间隔一定距离不需要正对探测器也可以识别,而且识别不需要人工干预,可避免差错,实现自动化数据采集。

(2) 无源RFID可以被探测器自动探测,能够实现对生产和运输过程的物品进行监控,从而发现生产堵塞和物资供应短缺。有源RFID可以主动发送信号,可用于数据采集和问题报警。

(3) RFID不仅能起到标识物品的作用,还具备信息存储和动态读写的能力,目前已经有了超过64K的大容量RFID标签,可以满足生产和维修过程信息大量存储的需要。上游工序的加工信息能够被带到下游工序,物品离开工厂后的使用信息能够在维修时被带回到工厂。

(4) RFID已经具备了在工业环境下的使用条件。随着技术的发展,目前的RFID标签已经可以抗高温、腐蚀,抗金属和液体的干扰;可以抗振动、撞击;在苛刻环境下,具备同时读入多个RFID标签并进行识别的能力;可以将RFID标签镶嵌入零件内部或粘贴在零件表面,有些供应商还能提供内嵌RFID标签的托盘或包装箱。

(5) 有源RFID能够与传感器组合后发送数据,这对于监督关键生产环节的状态将非常有用。这使得RFID不仅是一种信息的载体,而是车间管控集成的一种重要手段。

(6) RFID标签能够实现一定的

人机交互功能。在RFID标签里存储参数信息后,可以在手持终端上输入参数条件问询RFID标签,满足要求的RFID标签就会发光或发声。

国外最新的研究和工程进展

从文献[3~4]中可以发现国外航空制造业对RFID技术的研究已经逐渐成熟,工程应用也逐渐成熟起来:

(1) 美国国防部: 美国国防部从2005年起就开始要求所有的军用物资供应商在其包装上使用RFID标签。

(2) 洛克希德·马丁公司: 其格林维尔的维修车间在飞机检修拆分的部件上贴RFID标签,将维修过程的信息都存入RFID标签中,完成维修后再将维修信息手工录入到计算机信息系统。

(3) 波音公司: 在波音777的氧气瓶上贴RFID标签,将氧气瓶寿命的检查时间从13h降低到8min。目前,波音公司已经在波音787的2000多个零部件上使用了RFID标签,RFID在确认这些零部件的使用期限、召回缺陷零部件等方面将起到关键的作用。

(4) 空客公司: 在2000年,开始测试和使用RFID系统识别和跟踪借给航空维护中心的定位工具,将工具检测的时间减少了25%,并能够进行自动工具校准。在汉莎的A380总装车间将RFID标签贴在部件容器上,实现了对部件的准确跟踪和识别,A380客机上共配置了10000个碳纤维的射频识别芯片,乘座椅、救生衣以及刹车系统上均使用了无源RFID芯片以帮助进行维护。

(5) 达美航空公司: 在PW2037发动机的10个位置上安装RFID标签,用于发动机试车过程。RFID标签的安装位置包括风扇机匣和核心机匣下的几个部件。试验最早开始于2005年8月,试验证明了RFID

标签可以被用于航空发动机试车等恶劣工作环境。

(6) 数据结构的标准: RFID标签涉及多个企业和用户,其数据结构标准化非常迫切。2009年6月,航空领域的国际标准SPEC 2000得到了修订。但是为了有效地处理数据,Gen2的规格还需要扩展。例如,Gen2读写对象为所有内存,维修记录不断地添加到后面,目前还不能直接读取最新的维修记录。像这样的内存处理方面的标准化正在推进之中。

(7) 频率的标准: 以前全球都接受使用的频率集中在13.56MHz(ATA标准指定了ISO15693被动、可读写、13.56MHz标签的使用)。为了增加标签与阅读器间的距离,美国联邦快递、空客、达美航空等都试验了900MHz左右的RFID标签,取得了不错的应用效果,相关的标准也正在制订中。

系统的功能框架

基于RFID的航空生产和维修管理系统的功能框架,如图1所示。

系统的功能主要包括:

(1) RFID标签读写模块: 统一定义RFID标签内信息的格式,管理RFID标签编号的生成,读写RFID标签的信息。

(2) 工件自动识别模块: 需要事先将工件及其任务信息写入工件所属的RFID标签中,在生产和维修过程中读出RFID信息,自动识别出工件。

(3) 生产计划管理模块: 可以通过EPR接口获得生产计划,根据制造资源和生产能力的情况,生成工序作业计划。

(4) 生产作业管理模块: 根据工序作业的安排,通过读取RFID标签信息识别工件,进行工序作业,采集生产和质量作业数据;控制工序顺序和在制品交接。

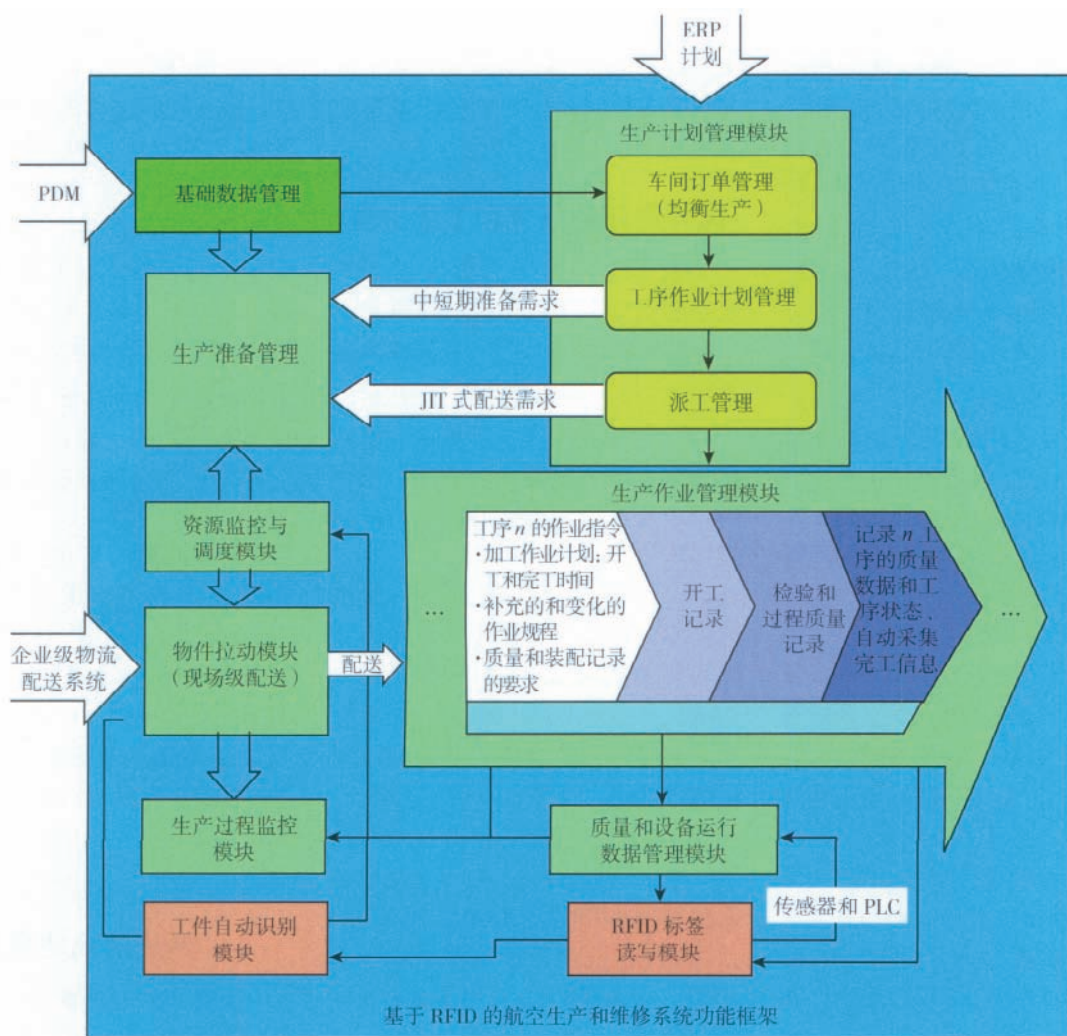


图1 基于RFID的航空生产和维修管理系统功能框架

(5) 生产准备管理模块: 根据生产计划的安排, 生成资源准备清单, 进行各类生产资源的准备。

(6) 资源监控和调度模块: 掌握所有物件的位置和状态, 控制物件合理、有序的流转, 呼唤和定位所需要的物件。

(7) 生产过程监控模块: 掌握生产过程的全面情况, 处理生产中的问题。

(8) 物件拉动模块: 通过与 PLC 的集成, 控制相关的机械设备运送物件。

(9) 质量和设备运行数据管理模块: 接受 RFID 标签连接的信号发送器发送的实时质量和设备运行数据, 或者解析 RFID 标签存储的质量

数据, 将其存入信息系统并进行管理。

从设计上看, 系统具有如下特点:

(1) 支持柔性制造模式。

对于柔性制造系统(FMS), 一条装配生产线或零件加工单元能够制造多种产品或零件。本系统能够在 FMS 中自动识别产品或零件的品种和批次, 为产品或零件自动选择对应的工艺、物料和其他辅助制造资源, 较大地提高 FMS 的生产效率。工作原理如下:

本系统中的物件自动识别模块将会跟踪车间内物件的流转, 捕捉到即将生产的物件, 对物件上的 RFID 标签进行读 / 写操作, 将获取的物件

信息(工作订单号)通过 PLC 上传给生产过程监控模块, 生产过程监控模块通知资源调度模块进行生产准备, 保证了 FMS 的平稳运行。

(2) 设置合适数量的物件缓冲区。

物件需要在不同的车间进行交接, 也需要在车间内部的工作单元之间进行交接, 在交接时需要将物件贮存在车间缓冲区中。辅助制造资源在使用完毕后也需要贮存在车间缓冲区中。缓冲区可以采用货架式管理, 也可以直接摆放在现场, 缓冲区按照一定的规则贮存各类物件, 合理的缓存能够保证生产和维修过程的工作节拍。工作原理如下:

通过在吊具或滑撬上安装 RFID

标签,在工件物流的分岔处、车间或工作单元入口处等工位安装 RFID 读写器,读取 RFID 标签上贮存的物件信息,将此信息送入系统,使得系统中的资源监控和调度模块能够掌握每个物件在任意时刻的状况:在哪个缓冲区的哪个区域或者在生产现场的哪个工位。在此基础上,能够实现生产准备管理模块根据生产计划生成资源准备清单,资源监控和调度模块通知物件拉动模块根据资源准备清单补充相应的物料。

(3) 支持无纸化和离线模式的应用。

流卡被航空生产企业用于记录零件的生产过程。除流卡外,生产现场还有一些质量检测、技术超越、生产例外方面的文档。这些现场文档完整记录了零件的生产过程数据,反映了航空生产可追溯性的要求。本系统使用 RFID 记录生产过程数据,使得包括流卡在内的现场文档无纸化成为可能。

实施生产和维修管理系统后,往往使得车间的主要业务活动都依赖于信息系统的运行,一旦信息系统故障,会严重影响车间的生产和维修工作。尤其在车间实现无纸化生产后,这个问题就更加明显。本系统采取离线式的信息系统应用模式,成功回避了这一风险。工作原理如下:

传统的条码只能存储物件的 ID 编号,物件的其他信息都存储在数据库中。将生产和维修过程中主要的数据项都格式化地定义在 RFID 的标签中,定义好 RFID 标签内的信息格式,使得离线终端能够完全依据标签内的信息进行生产信息的处理,从而使得生产过程中不需要再通过 ID 编号关联问讯数据库。

(4) 控制工序和在制品的流转。

传统的生产和维修工作中,工人一般自行选择在制品进行加工,容易造成工序的遗漏或颠倒。本系统应用 RFID 技术严格控制工序顺序,使

得在制品能够完全按照工艺的要求进行流转。工作原理如下:

按照生产和维修流程,一般可划分为多个工作站点。在每个站点都需要通过工件自动识别模块,对所工件及其工作任务进行识别与确认,在每个站点的工序完成之后,需要将完成的工序和对应的站点编号写入工件所属的 RFID 标签。在工件进入到下一个站点时,生产作业管理模块先要对工件已经完成的工序进行确认,即保证前面的工序已经完成后,再转入下道工序。

(5) 基于呼唤和问讯技术的资源监控。

大型机库往往被划分为多个站点,同时进行多种飞机或发动机的生产或维修,不能及时找到某种工具和设备(正被某个站位使用)是生产或维修过程中耽误时间的主要原因之一。另外,从多个物件中找出满足寿命等参数要求的零件是非常耗时的事情,往往需要逐个零件调阅相关档案进行查询。采用基于呼唤和问讯技术的资源监控技术可以让一切变得简单。工作原理如下:

对需要在各工位频繁交叉使用的关键设备或工具,在其表面设置 RFID 标签,在车间内设置无线局域网(WiFi),WiFi 能够对贴有 RFID 标签的关键设备和工具进行定位和识别,从而使得资源监控和调度模块能够掌握其位置和状态(土耳其 MyTechnic 航空公司在伊斯坦布尔的维修车间有过类似的应用)。另外,对于快速查找指定参数的零件的问题,在 RFID 标签里存储零件号、批次号、序列号、服役时间等信息,在工件堆放处,工人持计算机终端向各工件的 RFID 标签问讯,资源监控和调度模块会检查区域内的所有 RFID 信息,从中找出符合问讯指定参数要求的零件,并指示相应的 RFID 标签发光或发声。

(6) 离线的检测和参数记录。

将质量检测填写在信息系统上是非常耗费时间的事情,检测工作常常为了填写记录而被打断。另外,部分加工设备内的环境恶劣,不能通过有线方式采集运行参数。这些问题都可以通过质量和设备运行数据管理模块解决。工作原理如下:

在质量检测过程中,传感器将零件的检验和试验数据完整的记录到 RFID 上,检测结束后再一起上传到信息系统,避免了检测过程的中断。对于需要 SPC 的检测项目,可以设置有源 RFID,将检测数据实时传递给信息系统。在设备运行参数采集环境中,有源 RFID 能够与传感器组合后发送数据,如:温度、湿度、压力、粉尘度的报告,汇报零件是处于加工状态还是等待状态。这对于监督关键生产环节的状态非常有用。

(7) 外厂信息的集成。

航空生产和维修呈现出全球化的特点,很多零部件都采取了全球供应的模式。如快速将零部件的厂外数据读入本地的信息系统是非常重要的工作。这需要在国际航空标准的体系下,统一 RFID 的编码格式,规范 RFID 的使用。

现场硬件环境

首先对车间进行单元化改造,每个单元都使用成组技术进行设计和优化,工件加工效率高,生产节拍合理。这些单元是生产或维修过程的关键节点,需要建设一条高效通道连接这些节点,形成一个完整的制造系统。负责将这些单元串接起来的,是贯穿整个车间的自动化物流传输系统。车间自动化物流传输系统采用了地面和空中分层运输,自动方式为主、手工方式为辅的方式。

在地面,采用自动传送机构和人工传送结合的方式,一般针对中小型物件。对于自动传送机构,在生产前由操作员操作 RFID 标签读写模块将工作订单号及其生产批次信息写

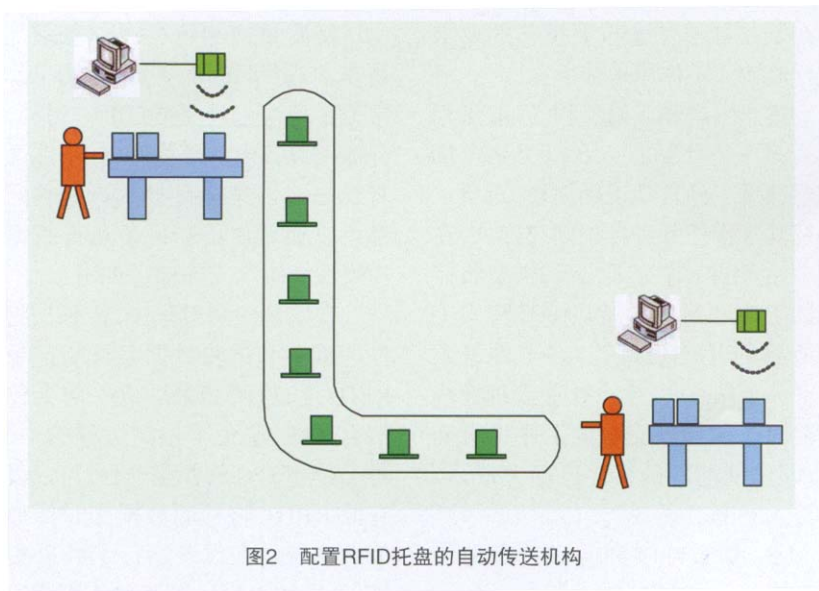


图2 配置RFID托盘的自动传送机构

入托盘的RFID标签中,同时工件被送入托盘上(或者将RFID标签粘贴在外包装上),在传送机构末端的工件自动识别模块能够自动识别RFID标签,并将工作订单及其生产批次信息导入信息系统。图2是自动传送机构的示意图。

在中间工序,当某个班组生产完一定数量的工件后,将其放置到指定的工件缓冲区供下道工序领用。在RFID集成应用中流程为操作员将

规定数量工件放置在周转箱内,并在周转箱上挂上存储有批次信息的RFID标签,同时操作的工人身上佩带的具有本组的班组卡标签,当到达工件缓冲区的RFID探测范围时,系统自动识别出工件信息卡和班组信息,并将数据导入信息系统。图3是工件人工交接区的示意图。

在空中,中大型待装配部件和中大型辅助制造资源由EMS空中电动车(Electrical Motor System)自动

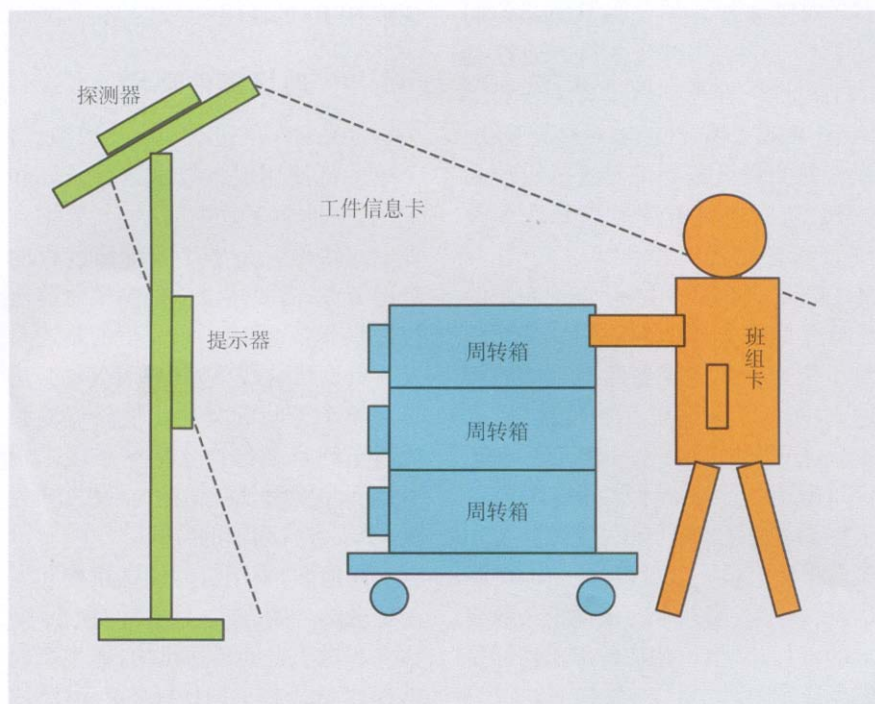


图3 配置RFID探测器的工件交接环境

传送,EMS空中电动车可以根据需要调整不同的传输速率。EMS空中电动车能够接收物件拉动模块的指令,将物件从当前的工位或缓冲区搬运到下一个工位。

RFID硬件设备主要是电子标签和读写器,两者的选型主要从以下方面考虑:工作的可靠性;良好的性价比;识别的距离;识别的频率;系统的可扩展性;产品提供及维护的便捷性。试验中选择了XCTF-5013型电子标签:可读写,存储容量64位,工作频率UHF 902-928 MHz,符合标准ISO18000-6B,读写距离0~10m;读写器为XCRF-500系列。

验证和应用前景

对原型系统的部分功能进行了试验,验证了其可用性。RFID技术作为数字化工厂的一项重要支撑技术,改变了航空车间的生产环境和生产方式,极大提高了车间的自动化水平,将促进生产和维修管理系统的重大升级改造,以适应新一代制造模式的需要。

当然,在航空工业实施基于RFID的生产和维修管理系统也是极具挑战的。航空产品复杂度高,生产自动化程度偏低,存在保密安全问题,这都是RFID应用的困难所在。从国外的经验来看,国民用飞机的总装和维修车间将是实施RFID最好的突破口。

参考文献

- [1] 杨玉岭. 射频识别技术在航空工业中的研究与应用. <http://www.china-cam.cn/news/hkbl/2008/9/918836.html>, 2008.9.
- [2] 盛亚. 航空领域RFID技术应用与分析. http://www.chniot.cn/news/JSQY/2010/520/105209132361_7.html, 2010.5.
- [3] 鲍勃·特里比尔科克(孙立译). RFID技术在航空业的应用现状. 航空维修与工程, 2008(5):20-22.
- [4] 格拉汉姆·沃里克(孙立译). 自动识别技术正在走向实用. 航空维修与工程, 2009(5):32-33.

(责编 小城)