

脉动装配生产线的 应用与发展

Application and Development of Pulse Assembly Line

中航工业沈阳飞机工业(集团)有限公司 李金龙 杜宝瑞 王碧玲 赵璐



李金龙

中航工业沈阳飞机工业(集团)有限公司技术中心技术员,助理工程师,主要从事先进飞机制造技术研究。

在科技高速发展的今天,现代飞机制造的环境发生了变化。随着商用飞机的需求量急剧增长,军用飞机的研制任务增多,传统的机库式(停车场式)飞机装配模式已无法适应现代飞机制造的要求,很多世界级飞机制造商都对飞机装配生产线作了重大研究。在这种背景下,一种先进的飞机脉动装配生产线应运而生^[1]。

概念及特点

脉动装配生产线(Pulse

随着商用飞机的需求量急剧增长,军用飞机的研制任务增多,传统的机库式(停车场式)飞机装配模式已无法适应现代飞机制造的要求,很多世界级飞机制造商都对飞机装配生产线作了重大研究。在这种背景下,一种先进的飞机脉动装配生产线应运而生。

Assembly Lines)最初从 Ford 公司的移动式汽车生产线衍生而来,是连续移动装配生产线的过渡阶段,不同的是脉动装配生产线可以设定缓冲时间,对生产节拍要求不高,当生产某个环节出现问题时,整个生产线可以不动,或留给下个站位去解决,当飞机的装配工作全部完成时,生产线就脉动一次。整条生产线由 4 部分组成:脉动主体、物流供给系统、可视化管理系统、技术支持。

(1)脉动主体: 站位设施、对接定位设备、可移动的装配设备等。

(2)物流供给系统: AGV 车、完备的配套和配送系统。

(3)可视化管理系统: 现场可视化系统、ERP 与 MES 无缝融合的信息管理系统、工作现场的固定和移动终端。

(4)技术支持: 质量保障、生产现场问题应急处理。

脉动装配生产线改变了传统飞机的装配模式^[2],作为先进飞机制造技术的典型代表,有其独特的优势:首先,由于整条生产线分工明确细致,工作量单一重复,生产效率比较高;其次,生产线上配备了专业的自动化设备和先进的供给线,自动化程度高;最后,装配线过程流畅,不会产生挤压或脱节。但是单一、重复及固定的生产模式无法有效适应需求多变、机型多、产量少的飞机生产现状。

国内外应用情况

波音公司在 2000 年建立了首条脉动总装线,并应用到阿帕奇直升机的制造,随着飞机脉动总装线的优势日益明显,波音公司扩大了对它的应用,在波音 737、波音 757、波音 777 等机型移动式装配生产线的基础上,为波音 787 建立了最先进的脉动式总装线^[3](图 1)。整条脉动装



图1 脉动式总装线工作区

配生产线分为5个工作区(0~4号工作区),一个机位就是一个工作区。0号工作区是预装配区,停放主要的大部件;1号工作区完成前机身,中机身,后机身,左、右机翼和尾段6大部件的对接总装配;2号工作区安装起落架、发动机等,还有地板、绝缘毯、次结构件安装及管路、液压系统的收尾工作;3号工作区主要工作是内装饰、辅助动力设置APU安装及动力装饰的初步试验;4号工作区主要进行各种各样的测试工作,总装生产线的右侧,是装配支持人员的办公室区域,左侧安放待安装的各种物件,如座椅、洗手间和厨房用具等。

波音在脉动式总装线上的成功带动了其他飞机制造商。洛克希德·马丁公司在2003~2004年建成了F-35的脉动式总装线,目前又在建立F-35各个大部件的集成装配线,到2016年F-35的总装线将达到每天交付一架的水平;意大利的阿古斯特维斯特兰公司(AgustaWestland)在英国的约维尔工厂于2011年为它的W159型武装直升机建立了脉动式装配线;加拿大庞巴迪公司为它的C100系列新机建立脉动式装配线,将于2016年运行。

我国飞机装配生产的技术水平也在不断提高,自主创新的基础上,紧紧把握世界先进飞机制造技术的发展方向。中航工业西飞建成了国内首条飞机总装脉动式生产线,从立项到最终建成,经历了5年的调研论

证与动工建设,2010年5月基本建成并正式投入使用,实现国内飞机制造水平的显著提升;洪都公司目前正开展L15飞机总装脉动生产线的工程项目。脉动装配生产线是国外先进飞机制造企业广泛采用的生产组织模式,是波音、空客等飞机制造商多年的生产经验积累而形成的有效飞机生产方式。脉动生产线充分展现了技术创新和管理创新的高度结合,为飞机装配建立了一种全新的生产模式,带动了飞机生产过程的管理创新。

脉动装配线的发展趋势

脉动装配生产线很好地继承了汽车移动式生产线的思路,在飞机制造企业实现成功应用并取得了一系列成果经验;因此,其他领域的军工生产企业对脉动装配生产线开始深入研究,在航空工业的多个领域扩展了脉动式装配生产线的应用。主要有以下4个方面的发展:

(1)从飞机向其他产品发展。

波音公司最先尝试把脉动装配线引入到军工产品制造的其他领域。2008年波音为美国军方新一代GPS制造卫星建成了脉动装配线,尽管总共只承担了12颗卫星的制造任务,而仅仅在第4颗星的制造才能用上脉动装配线,但是波音还是在极小批量、极复杂的产品生产中,成功地运用了脉动装配线。法国的斯奈克玛(Snecma)公司改变了传统的继承GE在立式固定机架上“穿糖葫芦”式的总装过程,在2011年实现了CFM56发动机的脉动装配,减少装配周期35%,这条脉动装配线也将用于LEAP发动机的装配。巴布科克国际(Babcock International)是英国仅次于BAE和RR的第三大军工企业,它在生产豹式巡逻车中采用了

由12个站位组成的脉动生产线并配有脉动生产管理信息系统,达到日产1辆的水平。脉动装配线在军工制造领域的广泛应用,彻底打破了航空和复杂军工生产不能采用流水线生产的制约,为发展航空工业的生产力提供了无限的可能。

(2)从总装向部件延伸。

最近两年关于飞机部件装配采用脉动生产线的报道逐渐增多,并且有部件脉动装配线优先于总装配线建设的趋势。如在生产C-17运输机的发动机悬架时,采用脉动装配线减少装配周期20%,降低成本10%。波音787复合材料结构的水平尾翼和垂直尾翼的脉动生产线、空客A350的复合材料机身蒙皮壁板的脉动生产线也陆续投入使用。因为部件采用脉动装配时受企业外部供应链影响较小、易于成功、见效快,也成为近来部件脉动装配生产线发展较快的原因。

(3)从制造向维修延伸。

2003年英国空军和英国宇航BAE引入脉动线使“鹞”式飞机的修理和维护周转时间减少到75%,节省成本的25%,显著地提高了飞机的出勤率。2005年美国波音公司在进行KC-135运输机的返厂维修中,使用脉动生产线将维修周期减少了18%,从而获得了美国的精益优秀奖。德国汉莎航空于2010年建成CFM/V2500发动机的精益脉动线进行发动机的分解/检修和重装,大修周期从60多天减少到45天。另外英国在维修“阿帕奇”直升机中,也采用了脉动线。航空产品的修理和维护是手工作业最多、不确定性最严重的领域。在飞机和飞机发动机的修理和维护中采用脉动式装配线是航空工业特有的创新。

(4)向自动化、集成化发展。

最近10年航空制造技术,特别是基于MBD模型的数字制造技术有了突破性发展。MBD模型在产品全生命周期的贯彻,简化了制造、测量

和检验、数据采集的过程,更有利于智能化和自动化设备的利用。现行的脉动装配线的装配过程仍然以手工为主。从汽车生产自动化移植到飞机制造的“集成装配线(Integrated Assembly Line, IAL)”是目前最先进的飞机制造技术。集成装配线 IAL 实际上就是一种自动化、智能化的脉动装配线。它最大化地使用机器人和自动化设备,为飞机生产提供更加强大的制造和装配能力,实现用手工方法很难达到的严格质量要求,并提供了一个更有效率的装配环境。集成装配线包括自动化的装配工装系统、运输系统和制造系统,对全部设备通过工厂的通讯系统进行集中的和无线的控制。IAL 的核心是一组精确制导的自动引导车 AGV,它将装配的构件、工具和其他一切必要的准备从一个工作站移动到下一个。2012 年 4~10 月, F-35 的大部件分包商诺斯罗普·格鲁门和 BAE 分别宣布了它们的“集成装配线”开始运行,并开始交付在 IAL 生产的中机身和后机身部件。2013 年 F-35 的水平尾翼和垂直尾翼的组装也将在 IAL 上进行。IAL 成为美国达到每天生产一架 F-35 的不可缺少的措施。

对脉动装配线发展的思考

在飞机生产中采用脉动装配线是世界主流的发展趋势,也是我国飞机制造技术发展必须经历的阶段。脉动式装配线最初的意图是让飞机运动起来,如同汽车装配线一样高效率、低成本地制造飞机,满足某一阶段市场或战争对某种飞机的集中需求。但是从理论上说,传统的大规模生产过细分工的装配线是不适合构型变化多端的飞机生产的,解决这一矛盾的主要方法是:采用精益制造原则和方法;将装配作业均衡地分解到适当规模的不多的几个站位上完成;采用柔性化和大规模定制生产方式和生产设备。

所以,对脉动装配线的认识一定要和大规模汽车移动生产线区分开来。采用脉动装配线会产生一种新的生产模式,如建立由总装按一定节拍拉动整个企业活动的新的生产秩序。整个企业在总装配生产的拉动下,精准、高质量的协同工作;形成尽可能减少浪费、高效率、高增值比的工作过程,使飞机装配周期大幅度缩短,成本得到有效控制;简化整个企业的计划管理和生产现场排序,使管理人员有更多的精力保证部门之间的协同和去处理例外问题;装配作业采用标准化工作、自主的质量保证制度,比传统总装方式工人分工较细等,提高了整个企业各个环节的工作质量;激发所有的人员建立新的工作责任感和协同确保总装配节拍的激情,形成紧张有序的新的企业文化。同时,脉动装配线也是建立在现代先进制造理论和管理思想基础上的,如精益思想和方法、柔性制造理论、大规模定制生产理论、数字制造、自动化和智能制造等。

国内飞机制造企业建立和应用脉动装配线任重道远,其应用环境和建线时必须注意的几个问题。

首先,生产大纲明确。对前途不明朗和生产任务不确定的型号,不宜建立移动式装配线。波音 717 就出现对需求量预测不正确而飞机下马,总装配线只运行了不到一年的时间。

第二,飞机的总产量与建立脉动装配线的周期和成本要平衡。建线需要周期,花费成本,线刚建成飞机就停产了,显然建线就没有意义。波音的卫星脉动生产线仅仅用来建造 12 颗星,但是每颗星的建造周期长; P-8A 海上预警机总产量也就 100 架左右,波音都为它们建立了移动装配线。实际上,在确定建线之前都经过很长时间的论证和权衡,洛克希德·马丁公司在 2002 年为能否采用脉动装配进行了长达 8 个月的争论。

第三,有精益制造的思想 and 技

术。建立脉动飞机装配线最大的问题是企业需要有较好的精益制造的基础,企业领导班子有对精益思想理解和信仰。必须有应用各种精益方法的积累,如拉式计划管理、均衡生产、单件流、价值流分析、标准化工作、JIT 配送、精益的自主质量管理方式等。

第四,解决好脉动装配线设计的技术问题。脉动装配线的建设是一个复杂的制造系统设计的项目。从价值流分析、新系统设计、到部装分支的建设以及配套的可视化和信息化等,是一个涉及整个企业的系统工程。需要预先规划好,不要陆续的“补课”。

第五,注重飞机装配线的全局性。脉动装配线不是总装车间或分部自己的事,而是整个企业的生产管理和运作方式的变革。不能靠一个部门冷冷清清的建设,而是由整个企业的意志和协同精神所支撑。

最后,做好脉动总装与脉动部装的权衡。目前来看世界各国多数采用的是脉动总装线,他们都具备完善的全球供应链,可以很好地运行脉动总装线;而国内的成品件、原材料等供应环节不够完善。中国航空企业在介入脉动装配时,不妨从相对容易实现的脉动部件装配线入手。

结束语

建立脉动装配线是飞机制造技术发展的必然趋势,是适应现代飞机制造技术发展的必要需求,同时也是提高整个国家的飞机制造水平和加速飞机研制过程的主要举措。

参考文献

- [1] 陈绍文. 精益制造和飞机移动式装配线. 航空制造技术, 2011(16):34-37.
- [2] 王琰. 飞机总装移动装配线作业调度优化研究[D]. 上海: 上海交通大学, 2012.
- [3] 范玉青. 波音 787 飞机总装配线及其特点. 航空制造技术, 2011(23/24):38-42.

(责编 深蓝)