



朱剑英

航空制造技术专家

■ 朱剑英 Zhu Jianying

国际生产工程科学院院士

Fellow of the International Academy for Production Engineering

南京航空航天大学机械电子工程研究所所长

Director of Institute of Mechanical and Electronic Engineering of NUAA

☞: 目前,世界各国不断加大各型飞机研究力度,推动了航空工业的快速发展。针对军用、民用飞机研制,当前形成了哪些技术指导思想?

朱剑英:飞机是现代化强国的重要标志。世界各工业强国在研制现代军机、民机时,都从本国的实情和需求出发,从以下6方面作出优选决策。(1)先进性。即飞机的性能,主要技术指标有(军机、民机有所不同):飞机整体尺寸,最大(巡航)航速,最大(满载)航程,起飞重量,最大载重、载客数,升限,爬升率,机动性等。(2)安全性。以飞机的故障率为指标,发达国家的适航条例规定,现代军机零部件在单位工作时间内发生故障的概率为 $1/10^8 \sim 1/10^7$,民机为 $1/10^9 \sim 1/10^8$ 。(3)经济性。以研制成本、单位航行公里的油耗及启用至首修间的有效工作时间为指标。(4)环保性。以飞机噪声和有害排放为指标。(5)舒适性。以人机工效学为依据,目前无统一指标。(6)工艺性。即可制造性,目前无统一指标。

必须指出,研制军机和民机的指导思想是不同的。军机要满足实战的需求,首先考虑先进性,而民机则首先考虑安全性和经济性。此外,在概念设计阶段,目前还无可靠的计算方法能科学地决定优选指标。飞机设计师主要还是依据长期的可靠经验积累和对在役飞机进行各项指标对比,进而确定优选指标。对于我国首次研制的大型客机C919,飞机设计师采用了在性能方面与A320-200和波音737-800相近,安全性、经济性略高于二者的研发方案。这无疑是一个有所创新又切实可行的方案。即便如此,C919的研制还是非常艰难的,从2006年1月立项到2015年11月2日宣布下线,历时近10年。该机原定2014年首飞,2016年入市,现在看来至少要推迟2~4年。

☞: 面对工业转型升级的大环境,航空制造业该如何应对?

朱剑英:与飞机设计相比,飞机制造要困难得多。我国研制飞机和航空发动机的经历和经验也表明,航空制造工艺的核心技术是买不来的,唯有自力更生、勇于创新才能走出发展我国航空工业的康庄大道。面对工业转型升级的大环境,航空制造业应该加强思想理念上的转变:(1)根据国家重大发展战略,制定我国航空制造技术具体的研究发展规划。目前,与航空制造有关的国家重大发展战略有“一带一路”、“大众创业、万众创新”、“中国制造2025”、“互联网+”战略等。(2)积极应对世界工业强国近年提出的制造领域重大发展战略规划(计划),如美国的“再工业化战略”、德国的“工业4.0计划”、欧盟的“IMC-AESOP计划”等。(3)保证实现我国军民用飞机研制的技术指导思想。(4)高度重视并及早准备通过国内外严格的适航审定。(5)创新地研发航空制造工艺装备和工具。如德阳二重于2013年4月研制了世界最大的8万吨模锻液压机,为我国工业特别是航空工业的发展作出了重大贡献。

☞: 与国外相比,目前我国航空制造领域还应加大哪些关键技术的研发工作?

朱剑英:近年来,我国航空工业获得飞速发展,在航空制造技术方面取得许多突破,但从研发现代高端航空产品的角度看,目前我国的航空制造技术尚难以适应,应继续大力加强航空制造高新技术的研究和开发。

在飞机制造方面,包括:(1)飞机大型金属结构件制造技术,如大型轻合金结构件铸造技术、大型整体框架锻造技术、大型机翼整体壁板成

形技术、多坐标/高速/高刚性/大功率的数控龙门铣床及加工技术等;(2)大型复合材料结构件成型技术,有成型前的准备技术和主要成型工艺等,近年来发展的GLARE结构的制造技术尤其值得关注;(3)飞机铆接装配技术,主要有装配信息三维紧固件系统(CAFE)技术、数控钻铆机及干涉铆接技术等。

朱剑英:教授、博士生导师,南京航空航天大学原校长,国际生产工程科学院(CIRP)院士,国家973计划咨询专家,中国生产工程学会名誉理事长,中国航空学会原副理事长,南航机械电子工程研究所所长,《机械制造与自动化》编委会主任,《模糊系统与数学》常务编委,《航空学报》、《中国机械工程》等编委。主要研究方向为机械制造、机械电子工程、机械制造自动化、CAD/CAM/CAPP、微机电系统、智能系统及机器人。曾发表学术论文200余篇,出版专著、教材15部,获光华基金一等奖1项,省部级教学、科研奖12项。



在航空发动机制造方面,包括:(1)先进航空精密毛坯制造技术,如等温模锻、超塑成形与扩散连接、定向凝固与单晶、3D打印喷射成形等。(2)整体叶盘制造技术,如失蜡精密铸造整体叶盘、五坐标数控铣削加工技术、电子束焊接技术等。(3)叶片制造技术,除了应用上述各种热加工制造技术外,还采用各种先进的切削加工和特种加工方法。(4)复合材料制造技术,如自动铺带技术(ATL)、自动纤维铺放技术(AFP)等。(5)特种加工技术,以高能束流加工为代表的特种加工技术是航空发动机制造的主要技术;特种焊接技术在航空发动机焊接结构件上的应用也越来越广泛。同时,涂层技术和快速原型/零件制造技术也成为很有发展前景的工艺方法。

(采访 谷雨 责编 古京)