



张聚恩 ZHANG Ju'en

航空科技专家

Expert of Aviation Science and Technology

1969年毕业于北航,先后参加多型空空导弹研制,参与组织领导某国家重点工程。从1992年10月始,转入系统工程研究和科技管理工作,曾任原中国航空系统工程研究所(现发展研究中心)总师、中国一航科技部部长、中国航空研究院常务副院长等。参与领导和组织了多轮航空科技发展战略研究与规划制定及多项科技发展专项的实施。现任航空工业科技委顾问,中国航空学会常务理事、科技奖励工作委员会副主任,《航空知识》、《航空模型》杂志编委会副主任。退休后,仍紧密跟踪世界航空装备与科技发展动向,关注和潜心研究我国航空科技发展的新形势新任务,参与行业战略规划研究及专项咨询工作。同时,热心航空社会活动,积极组织和参与航空科普。2009年主编《新航空概论》,2016年4月,开设了个人微信公众号“聚恩君”,创作和发表了大量文章,致力于宣传航空、普及航空科技知识、弘扬奋进精神与情怀,产生了广泛而积极的社会影响。

新形势下航空制造发展探讨

——访航空科技专家张聚恩研究员

Development of Aeronautical Manufacturing in New Situation

本刊记者 李丹

☞:感谢您来航空工业制造院开展学术交流,并接受我刊专访。我们知道,您担任过多年的中国航空工业集团有限公司科技部部长。在您心中,是如何看待制造和航空制造的?

张聚恩:我是非常看重制造技

术的,对制造技术有很深的情结。这源于两点:第一,航空工业本质上是装备制造业,我们一切工作的目标都是为了造出好用的、物化的航空产品,造福社会,加强国防;作为一个航空人,当然要本能地关注制造。第二,我曾经长时间在基层工作,从工


厂到研究所,在一线从事制造技术实践,当过工人、技术员、设计员、车间主任、涉外工程办公室主任、生产部长、总工程师等,懂得一件现代化的复杂航空产品是如何造出来的,深知这个过程是何等的艰辛。

如果从理性上探究,制造几乎可

以看作技术的代名词。技术一词来自希腊语,原本指技能,指手的技巧;技术也被称为“工艺科学”。狭义的技术,就是指人类劳动工具的延伸与扩展。广义的技术,是指人类为实现社会需要,或生产产品,或提供服务,或完成特定的目标,而创造和发展出来的手段、方法和技能的集合。在某种意义上,人类全部生产活动,就是将资源转化为工具,再利用工具去加工资源。这不就是“制造”吗?因此,制造与技术具有最本源、最天然、最密切的联系,制造在技术的领域里有至高的地位。

在人类迄今创造和开展的所有大规模生产活动中,航空制造具有最高端的全部属性。它既不同于纯流水线的化工、汽车等产品,又不同于单件或科研型的航天器制造;航空制造要在满足用户需求的前提下,以成熟的工艺性和极高的一致性,完成一定批量的规模化生产。其技术门类覆盖全面,产品零组件数量巨大,常为百万量级,结构重量与结构效率的约束极高,对现代制造和极端制造的需求极强烈。


航空制造所涉及的技术门类覆盖全面,涉及数字化设计与制造、飞机装配、机械加工、复合材料构件制造、功能结构件制造、非金属材料成形、特种加工、电气互连组装、表面工程、检测技术、超精密加工、样机制造、热加工及精密成形、连接、工艺装备等,而新的技术门类还在不断问世。对全社会各领域产生广泛影响的大部分创新模式源于航空制造的需要;而相当数量的新制造使能技术也是在航空领域发端、率先应用和逐步成熟的。

: 在航空工业发展的历程中,材料与制造起了什么样的作用?它们又是怎样互动而发展的?

张聚恩: 当我们回首现代航空的百年发展进程时,可以清楚地看到“一代材料、一代飞机”的规律。这句

话被航空界广泛认同。但同时,也显示着“一代材料、一代制造”的特点。早期,飞机用料为木材、亚麻时,是作坊式制作;由于金属的使用,兴起机械加工;逐步发展成为工厂化的高效综合作业,进而开启规模化、数字化以及伴生的新组织样式融合发展的现代格局。所以,全面的说法应该是:一代材料、一代制造、一代飞机。

现在,飞机的用料是混合式的,以结构用料为例,有金属、高性能金属,还有正在越来越广泛应用的各种复合材料。制造技术也是混合式的,金属加工仍有发展的巨大空间,高效高精度的加工手段还在进步,新的革命性技术,譬如增材制造已经出现。而更深刻的变化在于,新材料技术越来越与制造技术不可分割,以发动机热部件和大型承力整体结构件为代表,以高性能复合材料和超材料技术的出现为信号,材料制造一体化的时代真正到来了。

: 您认为当前航空制造技术领域最值得关注,也是未来有可能产生重大影响的技术有哪些?


张聚恩: 首先,我想谈一点宏观认识,由于航空制造的特殊性,我们必须关注使能技术与生产模式的结合,关心若干技术聚合而产生的集群效应。在这个意义上,应从现代制造和极端制造的视角来看待航空制造。现代制造的四大要素是:(1)两化(工业化与信息化)深度融合;(2)面向制造的设计;(3)基于模型的系统工程;(4)先进使能技术与基础技术构筑的支撑环境。在航空工业实施最早、效果也最好的 CIMS 工程,就有两个含义,一是计算机集成制造系统(Computer Integrated Manufacturing System),二是现代集成制造系统(Contemporary Integrated Manufacturing Systems)。一字之差,涵义有很大扩展。随着工程的深入,我们越来越多地使用后面的定义,反映了对于“现代制造”的认知。而极

端制造是指制造极大或极小,以及高性能、极高精度的器件、分系统以及整机产品,小到大容量集成电路和基于纳米技术的微机电,大到对安全性、可靠性有至高要求的航空产品,尤以航空发动机为最。今后,航空制造仍将对现代制造和极端制造技术保有旺盛需求,同时,航空工业也是这两类制造技术培育更丰硕果实的土壤。

说到具体的关键制造技术,当然有很多,每一项都不能偏废和忽视,应使它们得以协调、配套的发展。相对而言,我认为,对复材制造、增材制造和智能制造这 3 项技术应给以更高的关注。它们带来的影响可能更全面、更深刻。

以碳纤维为增强材料的复合材料正是在 20 世纪 50 年代顺应航空航天之急需而出现的,现已成为结构用料的主体,在现代军、民机结构中的用量比例已分别高达 30% 和 50% 以上。当前,复材制造的许多基础性问题,如面向复材制造的设计、自主保障、低成本复材、非热压罐成形等,尚未解决,而复合材料用于热结构(特别是金属基/陶瓷基复合材料)和智能/自适应结构等特殊结构样式时,还有一些新的挑战。这些问题都要在成本约束和满足高加工效率的要求下来解决和应对,这就更增添了困难。

蓬勃发展的增材制造正在颠覆传统的减材制造,将带来更高的质量与效率,并挑战和推动传统设计的变革,如整体性、极简等。智能制造则不仅是以人工智能技术为基础的一系列新技术的集成应用,还将带来航空制造组织与流程的再造。

: 能否介绍一下增材制造技术的前景?关于如何加快这项技术的应用和发展,您有什么具体建议?

张聚恩: 我们必须对增材制造的技术前景有足够的认识,因为它的颠覆性作用已经初显,还有巨大的发

展潜能有待释放。我曾走进北航王华明院士的实验室,较深入地了解他取得重大成就的金属激光成形增材制造的情况。王华明团队研发的成套技术,很好地解决了难熔、难加工、高性能、非平衡新材料制备与结构制造一体化难题,一举摆脱了传统冶金对材料制备与构件性能的原理性制约,在激光成形的同时,实现了冶金技术的变革;而且,随着技术突破和装备改进,生产效率也已提高到可基本适应规模化工业生产的水平。我为他和他带领的团队所取得的世界领先的成果喝彩,同时又深感产业化的急切需求。

我梳理了一下,有6件大事要做:(1)在增材制造的宽广领域(非金属、金属、生物等),就技术体系和航空领域的广泛应用,进行规划与战略布局;(2)以军民融合为契机,找到产学研联合的适当形式,以加快产业化进程;(3)探究机理,优化工艺,改进设计,扩大飞机大型金属结构件的增材制造应用;(4)重视航空发动机领域增材制造技术应用,研究现有技术体系下应用该技术的可能性,研究与结构整体化的互动关系;(5)预判该技术的未来发展,探讨该技术对传统设计的反作用,促进设计、工艺理念与方法变革,寻找跨越和超越的路径;(6)研制系列化增材制造装备,推动与保障增材制造技术发展和应用的迅速扩展。

☞: 在讲座中,您特别提到了“产能”问题,请问提出这个问题的初衷是什么?

张聚恩: 对于航空而言,不管是军机,还是民机,除了能生产出来这样一个“门槛”式的要求外,还有一个必须引起高度重视的产能问题。当F-35的预期产量达到3700架(美国国内占2/3)、美国洛马公司将在两年内使其年交付量达到360架时,当2017年波音、空客当年交付的客机数双双突破700架、各自又手握万亿

美元储备订单时,对比我们的现状,应该生出空前的压力和紧迫感。当前,我国的军、民机研发形势都很好,但产能明显不足,不能适应需求。制造技术本身虽不能解决产能提升的全部问题,但先进制造技术能产生支撑和保障作用,为产能提升做出重要贡献。这就是我提出这个问题的初衷。

☞: 你还提出了一个“大制造”的概念,大家对此都很感兴趣,可否对“大制造”概念做更多一点的解读?

张聚恩: 我的这个想法是受中国飞机强度研究所王彬文所长的启发,我在聆听他的一场学术报告时,深为他所提出的“大强度”概念所折服。“随着航空技术的发展,飞机强度的研究对象已经从过去较为单一的结构,演进为涵盖材料、结构、设备、系统、全状态飞机的大范畴,我们称之为大强度,”他说,“现代强度内涵中的外力应该是一个广义的外力,抵抗破坏更应该是一种广义的破坏,因此强度的广义内涵应该这样阐述:研究对象在设计状态下保持其目标品质的能力。”

按照这一哲思,为了更好地认识和规划航空制造技术的发展,是否也可以探讨和提出一个“大制造”的概念?即制造不应只被认为是使能技术,而应被看作是“为满足用户需求,实现设计预期,确保全寿命期目标品质实现的一种综合能力”。“大制造”概念的主体是“三个综合”,一是生产组织、流程与使能技术的综合;二是材料制造技术的综合(或称材料制造一体化);三是设计制造的综合(或称设计与制造技术的集成与优化)。在第三个综合里,工艺设计本就是设计的一部分,但这里提出的综合,更加强调设计对新制造技术的牵引,和新制造技术对设计的反作用,它们之间需要迭代和双向互动。

☞: 作为制造院的老朋友,您

对制造院的未来发展有哪些期待?

张聚恩: 很高兴再次走进制造院。我知道,在历史上,作为专业化的制造技术研究机构,制造院对航空工业做出了巨大的贡献。在新的形势下,使命任务更加光荣和繁重;提升规格后的新的制造院,角色也更为重要。我想提两点建议:第一,应该一如既往地制造企业输送新技术、新工艺,急生产一线之所急,解决重大“卡脖子”技术问题,这是制造院的基本使命;应继续履行制造技术行业管理职能,通过三师系统(总工程师、总工艺师、总冶金师),特别是后两师的工作,抓好新技术、新工艺的应用和推广,加快产业化。第二,基于“大制造”理念,在承担和履行传统使命,包括探讨制造理论、创新制造技术与工艺、研制制造装备和工具等的同时,还应特别注重验证与改进设计,向前端的设计机构和有关单位输出制造知识与经验,使设计带动和促进新制造技术的应用,也能更好地适应新制造技术的要求,例如应用复材时的性状与连接方式设计、增材制造技术应用带来的整体化构件设计等。

“中国制造2025”谋划了制造业强国战略,提出“创新驱动、智能转型、强化基础、绿色发展”的基本要求,这也是对航空制造的要求。在整个国家战略中,航空制造的地位和所承担任务的难度从未像今天这样高。我们应该把航空制造同国家的强国战略紧密结合。希望制造院树立全球视野,明察行业大势,潜心攻关,不断取得突破,成为航空制造技术的创新中心和制造技术输出中心。在新形势下,突出重点地抓好材料制造一体化,特别是复材制造、增材制造和智能制造,扩展制造业务领域,丰富制造技术门类,以薪火相传、扎实苦干的精神,为建设航空强国做出无可替代、彪炳史册的贡献。

(责编 逸飞)