

新原理航空发动机研制成功

整理撰稿人:中科院国家科学图书馆总馆空间科技团队

郭世杰(E-mail: guoshj@mail.las.ac.cn)、王海名

审稿专家:中科院院士、中科院工程热物理所徐建中研究员

航空发动机是抗高温高压、高转速、重量轻、可靠性高、寿命长、可重复使用、经济性好的高科技产品,其研制耗资多、周期长、技术难度大,具有非常高的行业准入条件。作为飞航导弹、无人机、战斗机等飞行器性能的决定因素之一,航空发动机在现代战争中是决定能否夺取制空权、可左右战争胜负的重要因素。此外,民用航空发动机是民用航空发展的重要基础,是民航运输高效安全的重要保障。掌握航空发动机关键核心技术关系国防安全、民生环境和航空强国地位,是一个国家科技水平、军事实力和综合国力的重要标志之一。研制高推重比的新原理航空发动机,尽快缩小我国与世界先进水平航空发动机的差距,成为我国航空发动机研制面临的紧迫任务^[1]。

1 推重比:航空发动机最重要的技术性能指标

推重比是指发动机的推力与自身重量之比,它直接影响到军用飞机的最大飞行速度、升限、任务载荷和机动性。高推重比是航空发动机研制人员不懈追求的目标,是航空发动机最重要的综合性指标。

国际上将具备超音速巡航能力、隐形、超机动能力及超级信息优势的战斗机划为第四代战斗机(美国标准,相当于俄罗斯标准的第五代),其配装的发动机的推重比要求达到10一级。目前公认的推重比为10一级的航空发动机有:欧洲联合研制的EJ200

涡扇发动机、法国M88系列涡扇发动机、俄罗斯AL-41F涡扇发动机以及美国的F119、F120、F135和F136发动机^[2]。然而,只有美国的推重比10系列发动机真正服役于第四代战斗机。

美国于1988年开始实施“综合高性能涡轮发动机技术计划”(IHPTET),2005年开始全面实施其后续的“经济可承受多用途先进涡轮发动机计划”(VAATE)。IHPTET计划的目标是使发动机的推重比提高1倍,实际至2005年计划结束仅提高70%。VAATE计划提出的目标为:至2017年计划结束,使大型涡扇/涡喷发动机的推重比较2000年水平提高200%,达到20一级,耗油率降低25%,费用降低60%,经济可承受性较F119发动机提高10倍。从目前的研制情况看,VAATE计划并未实现其2010年推重比达到16的目标。为了同美国竞争,英国、意大利、德国共同参与实施了“先进核心军用发动机计划”的第二阶段(ACME-II),英、法联合实施了“先进军用发动机技术计划”(AM-ET),北大西洋公约组织、俄罗斯也都制定了类似计划,提出了发展高推重比航空发动机的目标^[3]。然而,从目前各类计划实施的具体情况来看,各国在计划目标的实现上都面临着巨大的困难,而在推重比指标方面则更为显著,亟需探索新原理、新方法、新技术,突破技术瓶颈,大幅提高航空发动机综合性能。



中国科学院

2 中国正在研制第三代和第四代发动机

我国航空发动机研制经历了仿制、改进,已逐步进入自主研发的阶段。2002年我国第一个按国家军事标准自主研发的“昆仑”涡喷发动机设计定型;2003年“秦岭”涡扇发动机完成国产化并通过技术鉴定;2004年改进研制的涡喷发动机定型投产。目前我国正在研制的“太行”发动机(WS-10)和第四代军用涡扇发动机(WS-15)的推重比分别为8和10左右,属国际上第三代和第四代发动机。其中WS-10是我国第一台自行研制的具有自主知识产权的大推力加力式涡轮风扇发动机,2006年设计定型;WS-15的研究也取得了突出进展^[4]。

3 新原理航空发动机研究进展

除了传统的涡轮喷气发动机和涡轮风扇发动机外,国际上还出现了多种非常规型航空发动机,主要包括:适用于超声速(0—5马赫)巡航导弹、无人机的脉冲爆震发动机(PDE);适用于高超声速(6—25马赫)巡航导弹、空天飞机的超燃冲压发动机以及包括涡轮/冲压组合(TBCC)和火箭/冲压组合(RBCC)在内的组合发动机等。追求速度是人类飞行持之以恒的目标,高超音速推进系统也被认为是继螺旋桨、喷气推进后世界航空推进史上的“第三次革命”。美、俄、英、法、日、印等国在这方面的研究已持续多年,涉及的计划或项目主要有X51A、HyFly、HTV、Needle、VLL-expert、Skylon和HAHV等。以美国为例,X51A采用的动力装置为超燃冲压发动机,共进行了4次飞行试验,最高飞行速度达到5.1倍音速,没有达到6倍音速的设计飞行速度;HyFly项目主要涉及亚燃/超燃双模冲压发动机技术,但其3次飞行试验均未取得成功,未能对双模冲压发动机技术进行验证;HTV项目中的Blackswift技术验证机的推进系统为2台使用JP-7碳氢燃料的TBCC,但随着2009年Blackswift项目的取消,该推进系统的研制工作也限于停滞状态。迄今为止,上述的非常规型发动

机均未研制成功。

我国多个高校和科研院所也对这些非常规型航空发动机技术开展了研究,有的已进入原理样机或工程样机阶段。

此外,与上述发动机不同,基于自主创新的新型增压原理,通过系统发展压缩系统气动、结构设计方法,构建新的高推重比航空发动机技术体系,中国将很有可能研制出新原理航空发动机,在国际上首次实现推重比15以上样机的演示实验。

4 未来可突破的科学技术问题及展望

我国航空发动机技术发展正迎来历史性发展机遇。经过60年的建设,中国航空动力研究已具备一定的技术和物质基础,形成了较强的试验能力和制造加工能力,培养锻炼了一支高素质科技队伍;我国的工业基础有了很大增强,使得航空动力行业能够得到更多的研发经费和基础技术支持。此外,加快航空动力发展,根治飞机“心脏病”,已经引起决策层的高度重视,航空动力已经列入国家高科技重点工程,并有望被列为国家重大专项。

但我们也必须清醒地认识到,航空发动机技术是一个多学科的科学技术体系,具有较大难度,与发达国家相比,我国的航空发动机仍处于相当落后的状态,在工业基础、管理模式、航空动力研制规律认识等方面还存在很大差距,在赶超世界航空发动机先进水平方面仍然面临着严峻挑战。

基于对国内外航空发动机技术发展的分析,有必要加强这方面的基础研究,走一条与国外不同的技术路线。经过深入的分析,从气体动力学角度发现在航空发动机最重要也是质量最大的叶轮机械上有很大的改进余地。也就是说,可以采用不同于以往的增压方式,大幅度提高压缩系统单级增压比,从而大大减少压缩系统的级数与长度,在相同热力参数条件下大幅提高发动机的推重比。要实现新原理发动机的研制目标,需进一步深入开展基础研究,完善压缩系统增压与流动

控制理论,重点解决压缩系统增压机理、叶轮机机械级间非定常干涉机制等,逐步形成发动机基础研究体系;需大力加强关键技术攻关,发展压缩系统气动、结构设计方法,突破发动机部件匹配工作机制、热端部件流热固耦合设计技术、发动机多变量控制技术,开发高性能计算方法和高效试验技术,形成技术储备,构建新的高推重比航空发动机技术体系。

展望未来,一旦高推重比航空发动机的研制获得成功,将为我国高速巡航导弹、高机动性能战斗机、临近空间飞行器等提供高性能动力保障,从而改变中国航空发动机技术落后、新型飞行器的研制受制于人的状况。长期来看,航空发动机技术的突破,还将有效满足我国战斗机更新换代的需求,带动我国战斗机性能的巨大飞跃,提升我国作

为航空大国的地位。同时,随着持续的经济增长、日益增多的贸易活动、不断增长的个人财富以及市场自由化进程,我国民用航空运输业即将进入繁荣期,具有自主知识产权的高性能航空发动机技术的突破,也对我国民用航空运输业具有巨大的经济意义。

参考文献

- 1 程礼.中国航空发动机弱在哪儿.中国青年报,2011-07-29日, http://zqb.cyol.com/html/2011-07/29/nw.D110000zqnb_20110729_1-09.htm.
- 2 刘大响,彭友梅.航空动力技术新进展.2007高技术发展报告.北京:科学出版社,2007.
- 3 陈懋章.风扇/压气机技术发展和对今后工作的建议.航空动力学报,2002,17(1):1-15.
- 4 曲婉,穆荣平等.中国航空航天器制造业国际竞争力评价.2007高技术发展报告.北京:科学出版社,2007.



中国科学院

以载人深潜器为标志的深海探测勘察技术 将实现跨越发展

整理撰稿人:中科院国家科学图书馆兰州分馆资源与海洋团队

王金平(E-mail:wangjp@llas.ac.cn)、鲁景亮

审稿专家:中科院声学所李风华研究员

20世纪以来,人类在探索外太空方面的技术突飞猛进,相对而言对于近在咫尺的深海却知之甚少。中科院院士汪品先指出,人类对深海的了解,甚至比月球和火星还要少。这基本上反映了人类对深海的研究尚处于较低水平的现状,同时从一个侧面反映出深海研究蕴藏着巨大的机遇。

1 载人深潜器引领深海探测

深海探测勘察技术是为深海科学调查与深海资源开发提供手段和装备的海洋高技术,涉及到众多科学技术领域,是一项复杂的综合高技术系统,是各种通用技术和设备在深海大洋这个特殊环境中的应用和发