

低碳经济时代的新能源 航空发动机技术

Aeroengine Technology Using New Energy on Low-Carbon Economy Age

中航工业燃气涡轮研究院 黄春峰



黄春峰

中航工业燃气涡轮研究院研究员,中国航空学会会员。现从事航空发动机情报和翻译工作,对国外发动机预研、试验与制造技术进行跟踪研究,在核心期刊发表论文 80 余篇,出版《航空发动机技术创新与发展》系列情报研究文集 10 部。

现代航空发动机的发展和应用已走过了百年的辉煌历程。如今,传统的航空涡轮发动机技术在性能提高的同时,可靠性、耐久性、环保性、适用性和经济性有很大改善;新一代航空发动机更富创新性,更具竞争力。特别是今天,低碳经济新时期的到来,要满足今后航空飞行器

低碳经济新时期的到来,要满足今后航空飞行器发展对成本、速度、环境和燃料高效利用等方面的新的更高要求,必须突破航空动力最前沿技术,只有探索新原理、发展新概念、使用新能源的航空发动机技术,才能满足 21 世纪先进空天飞行器动力发展的需求。

发展对成本、速度、环境和燃料高效利用等方面的新的更高要求,必须要突破航空动力最前沿技术,只有探索新原理、发展新概念、使用新能源的航空发动机技术,才能满足 21 世纪先进空天飞行器动力发展的需求。

低碳经济时代的航空发动机技术倡导绿色环保和采用智慧能源。无需空中加油,使飞机在空中持续飞行,是飞行器工程师不懈追求的梦想。

人类减少排放,走向低碳经济主要依靠两大法宝:一是提高能源使用效率,发展先进技术,利用高能燃料替代传统的航空煤油;二是发展燃料电池、核能、太阳能等清洁能源。这两个法宝背后的支柱则是人们致力发展的节能技术和新能源技术。于是,新能源航空发动机的研究受到青睐。

目前,国外已经提出和正在发展的新能源航空发动机技术概念有:氢燃料发动机、液态天然气发动机、电力驱动发动机(包括太阳能发动机、燃料电池发动机和微波动力发动机)以及原子能发动机等,以新能源为动力的飞行器不仅可以解决石油资源枯竭和环境污染的问题,而且能够满足某些特种航空器的需要,实现不着陆的长期不间断巡航飞行,形成重要城市及洲际的环球定期航班,而且作为高空无限航时的侦察、通信中继、环境监测、气象观察等军民用飞行器的动力装置,可部分替代卫星的功能。

燃料电池动力(FCP)

美国 NASA 专家预测,21 世纪的航空推进将从今天的依靠化学燃烧能源,逐渐转向采用混合的能源系统,最后转向大部分依赖基于电

化学能源的航宇世界。向绿色发动机过渡的第一步是实验性地发展以燃料电池为动力(FCP,Fuel Cell Power)的电动无人机和通用飞机。电动飞机无污染、无噪声并且发热量极小,红外传感器几乎无法探测到。结构简单、可靠性更高的动力和推进系统也使飞机的安全性得以提高。因此,电动飞机对于军民事领域都有极大的诱惑力。电动飞机最有发展潜力的动力之一是燃料电池。

燃料电池是一种不经过燃烧,把氢直接转化为电能和热量的电化学设备,燃料电池的效率是内燃发动机的2倍以上。FCP也是绿色发动机,它以氢为能源,所以排气中只有水的成份。

燃料电池的工作原理与电解水的逆过程相似,氢基燃料送入燃料电池的阳极(电源的负极)转变为氢离子,空气中的氧气送入燃料电池的阴极(电源的正极),负氧离子通过两极间离子导电的电解质到达阳极与氢离子结合成水,外电路则形成电流。完整的燃料电池发电系统通常包括:电池堆、燃料供给系统、空气供给系统、冷却系统、电力电子转换器、保护与控制及仪表系统。图1是典型的燃料电池结构图。

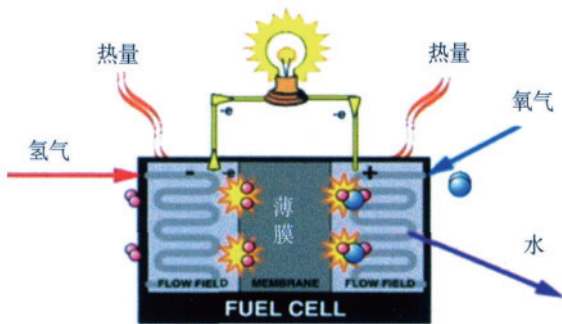


图1 典型燃料电池的结构图

目前,NASA正与先进技术产品公司、波音公司和英国一家生产质子交换膜(PEM)燃料电池的智能能源公司合作,共同发展超低排放的飞行器验证机。波音公司的目标是

在波音737飞机上验证一种基于燃料电池的辅助动力装置(APU),该装置可能在2010年以后应用于民用飞机,并为潜在的改装奠定基础。

与验证机上采用的基于氢燃料的PEM技术不同,同时发展的还有基于固态氧化物燃料电池(SOFC)的先进的APU。波音公司估计,这种电池可使效率提高45%,相当于一架典型的波音777飞机每年可节省340500kg的重量,一架典型的波音737飞机每年节省1360000kg的

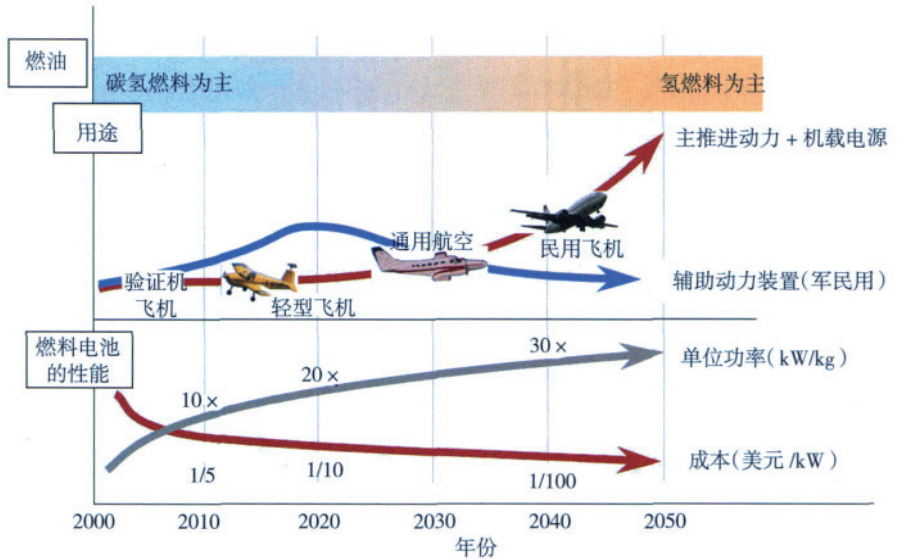


图2 燃料电池技术在航空推进系统上应用年份的预测

重量。

预计,FCP技术将在2010年左右成熟,这意味着波音公司计划中的7E7飞机至少在最初不会采用SOFC的APU。波音公司已在2005—2008年间在一架波音737飞机上开始试验一种实验型的APU装置,这种APU装置只为直流总线提供动力。

有专家指出,今后5年,燃料电池的功率密度可提高一倍,这样的功率密度可使大型飞机使用APU成为现实。燃料电池的功率密度提高5倍可使电动支线/通勤飞机成为

可能。燃料电池的功率密度增加10倍可使大型民用客机成为现实。毋庸置疑,在不久的将来,以基于燃料电池的混合推进为动力,最终实现全电力驱动的飞机一定会出现。图2给出了未来燃料电池在飞机上的使用年份的预测。

此外,燃料电池技术还允许设计者发展非传统的动力装置和机体机构。目前,分布式的矢量推进、分布式的排气和分布式的发动机概念正在探索中。在这些概念中,微型

或超微型的发动机可沿机体表面集中或分布式排列。另一个概念是几个小风扇被两个或三个主动力装置驱动。在一些概念中,即高效翼型如翼身融合体,由于机翼横截面变得非常大,需要巨大的燃料电池。

燃料电池动力的关键技术有:燃料电池技术、高效电化学设备、质子交换膜(PEM)燃料电池、固态氧化物燃料电池。

太阳能发动机

太阳能是自然界赋予人类取之不尽的清洁能源之一。应用太阳能的方法有多种,光电转换技术就是其中之一,即太阳电池。其原理是将太阳光照射的能量通过半导体转换

成电动势能,在外部接上负载就可输出电能。这种方法在航天器的电源系统上早有应用,如各种应用卫星和空间站上的太阳能电池板。目前,太阳能飞机还处于研究阶段。所谓的太阳能飞机是以太阳辐射为推进能源的飞机。太阳能飞机的动力装置包括太阳能电池组、直流电动机、减速器、螺旋桨和控制装置等。

美国1974年便有了研制太阳能无人机的记载,1980年美国正式将太阳能无人机研制列为国家计划,有多种型号由不同的机构分别承担研制任务。1980年,美国航空环境公司的太阳能无人机“太阳挑战者”无人机首飞成功。2009年11月19日,世界上第一架真正意义的完全太阳能驱动、可实现昼夜不间断飞行的“阳光动力”(Solar Impulse)号飞机,在瑞士杜本多夫军用机场亮相。首次测试以时速9.26km/h的速度滑行了至少2km。这架飞机仅仅沿跑道进行了首次测试,目的是最终能够进行一次20~25天的环球飞行。之后,2010年4月7日,这架飞机又被运往瑞士西部巴亚尼空军基地,进行首次2h的试飞。

微波发动机

现代科学成果证明,微波能够有效地传输能量。不仅地面的电子设施可以用微波的照射来供给能量进行工作,空中的飞机也能够通过接收从地面发射的微波束得到能量,作为飞行动力的能源。

微波动力飞机的原理是:地面上的微波站将能量很高的微波发射给空中的飞机,飞机将其天线所接收的微波再转换成电能,驱动电机带动螺旋桨旋转。由此,人们只要在地面上每隔100~200km设一个微波发送站,就可以使微波飞机不用着陆、不用加油,持续不断地飞行。1991年,美国和加拿大科学家合作建立了一座技术先进的地面微波

站。这里有世界上最大的微波发射天线,可以将微波发射到几万米高的高空。飞机在飞行中利用微波供给的能量,可以在距离地面20km的高空中连续飞行3个月。

由美国设计的“阿波罗”号轻型飞机是一种用微波作动力的有人驾驶喷气飞机,可以爬高到12km。日本研制了性能更先进的微波供能飞机。采用最新的半导体技术和相控阵天线自动定向技术,使微波传得更远,定向精度更高。同时,避免了发射天线的机械移动,控制起来非常灵活,特别适合卫星的微波传送。此外,人们还在设想用微波能量发射航天飞机,这样所需的经费仅为用火箭发射经费的二十分之一。

微波飞机在大大节省传统燃料,减少燃气污染的同时,却带来了另外一种污染,电磁波污染。微波是一种对人体和环境都十分有害的电波,且目前这种飞机的造价(主要是地面微波发射设备)很大,飞机的有效载重也很小。

核能发动机

核能发动机是利用核燃料核裂变后发出的巨大热量为飞机提供动力的发动机。这种发动机与常规航空发动机最大的不同是:前者没有燃烧室,空气在压气机中被压缩后,进入原子能热交换器。压缩的空气流经热交换器的螺管时,被迅速加热膨胀,推动涡轮转动,灼热的空气从发动机喷口高速排出,产生像常规航空发动机一样强大的反作用推力,推动飞机向前飞行。

20世纪40年代末,美国开始研究在飞机上应用核能发动机。由于技术复杂,防护装置太大,当时也没有与之相适应的大型飞机,因此该计划于1960年被取消。随着C-5A大型飞机的出现,美国又考虑在TF39发动机上使用核能燃料,并利用机身中部安装核反应堆的

C-5A飞机进行了试验。但核动力的C-5A至今未投入使用。

发展这种发动机的主要困难是在核裂变过程中会辐射出大量的中子和 γ 射线。这些射线对人体、结构材料和设备都有严重的危害。因此,必须在反应堆外安装笨重的铅、钢和混凝土等防护层,至使飞机的结构重量过大,难以满足航空的要求。人们普遍认为,只有当航空进入“超大型”飞机时代,才会出现核动力飞机。

真空能发动机与反物质发动机

世界由三态——能量态、物质态、信息态组成。21世纪伊始,科学家发布了与20世纪科学观有着重大突变性质的观点,一个是物质观的改变;另外一个就是关于真空概念的改变。

所谓物质观的改变,就是宇宙中可见物质只占4.6%,而暗物质、暗能量却高达95.4%。这种神奇的物质不吸光,不反射,对光没有反应,这就是暗物质。暗物质、暗能量的发现,从根本上改变了人类的物质观。由此可见,在低碳时代发展能源、挖掘能源,不能把眼光仅仅停留在显物质层面和质量层面。提取和利用暗物质、暗能量,将成为21世纪科技具有划时代意义的变革。如果能够突破提取和利用暗物质、暗能量的关键技术,人类的科学技术和文明就要进入一个新纪元。

从过去认为真空一无所有,变作“真空是一种凝聚态”,真空是能量海,蕴藏着1095g/cm³的巨大能量,质量与真空的相互作用产生万有引力;电荷与真空的作用产生电磁场;旋转物质与真空的相互作用产生挠场。从真空中提取能量,不久将成为现实。2003年7月,美国NASA已把反物质发动机作为NASA今后10年三大绝密技术计划之一。

所谓反物质就是由反粒子组成的物质。所有的粒子都有反粒子,这些反粒子的特点是其质量、寿命、自旋、同位旋与相应的粒子相同,但电荷、重子数、轻子数、奇异数等量子数与之相反。反物质是已知最有效的燃料。美国 NASA 先进概念研究所 (NIAC) 正在资助一个研究小组从事将反物质作为未来飞船燃料的开发工作,这种飞船会生成低能 γ 射线,从而避免射线产生的副作用。史密斯博士,作为领导先进概念研究所研究反物质飞船的科学家,说:“要实现人类载人火星探索的伟大梦想,需要数吨化学燃料,若使用反物质,则仅需数十毫克”。

专家预言,以上能源新概念将引发真空能发动机;反物质发动机;弦压制热核发动机等新概念动力系统的研制。这三种新概念动力装置的出现,将逐步取缔现有的化学能动力装置,为人类提供强劲的清静动力系统,彻底根治环境污染,免除能源紧缺的状况。

反重力发动机

反重力,就是能够屏蔽重力影响的发动机。反重力发动机 (Anti-Gravity Engine, 又称能场推进飞行器动力) 研究将以加速度发展。反重力技术研究涉及到物理、工程力学、制造工程、机电一体化等技术。

反重力器是人们千百年来进行星际旅行梦寐以求的至宝。一般来说,反重力控制技术的基本原理就是依靠飞行器自身所形成的反重力场,抵消或阻绝外部环境的重力场而获得推力。从基本的物理理论来看,实现最基本的反重力推进,关键在于突破电磁力与重力的转换机制。也就是说,反重力推进技术必须要建立在统一场论的基础上。各种类型的反重力技术都必须满足使密封系统 (装置) 内的作用力能实现对外做功——即实现力突破屏障进行对外

“传输”。这完全不同于现代所有的常规动力装置,不同于直接依靠作用力或反作用力进行动力推进的做功方式。

它的主要特点是,首先它抛弃了机械转动的落后形式,没有运转部件,不会出现机械故障,当然也就不需要“修理站”;其次它不需要自带燃料,也不需要另外提供能源,当然也就不需要“加油站”。这种宇宙飞船的能源是宇宙无所不在的万有引力,动力源是各种大天体,使之拥有无限的续航能力。这也是它最突出的优点。如果反重力控制飞行器研制成功,人类一定能突破“光障”,真正实现“太外飞行”。

美国 NASA 等公司一直十分关注这个领域的研究动向,他们认为如果真的能发现一些突破性的推进技术,就有可能将航空发展带入一个新时代。

实际上,早在 1996 年 NASA 就启动了一个“突破性推进物理学” (BBP) 计划,并把它列为 NASA 先进航天运输计划 (ASTP) 的分项目,直接归 NASA 马歇尔航天飞行中心管理。据说计划投入巨资研究反重力飞行器,情报分析表明,美国已经掌握反重力装置 (电磁爆发) 工作原理,清晰地解析了研制技术瓶颈,并正在试制原理样机。图 3 是美国反重力飞行器关键部件——发电机。

反重力飞行器是一种全新的概念。利用电磁爆发产生推力的飞碟,能够实现静音飞行,机翼和流线型设计变得毫无意义。这种超光速深空星际旅行的工具,找到一条通往宇宙深空的便捷通道。要问反重力飞行器的飞行速度能达到多大,光年的距离瞬间即可完成。

结束语

(1) 气候变化对人类的经济发

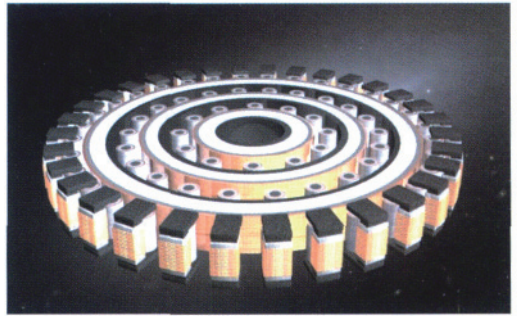


图3 反重力飞行器关键部件——发电机

展、低污染、低排放”和“高效能、高效率、高效益”为特征的低碳经济受到了广泛关注。低碳经济时代的航空发动机技术特别倡导绿色环保。

(2) 目前,世界航空强国发动机技术发展计划 IHPTET、VAATE 以及我国先进航空发动机技术研究计划的实施,新概念和新能源发动机等关键技术的突破,必将为 21 世纪航空发动机带来更大的发展空间。未来先进航空发动机更加注重安全性、经济性、舒适性和环境保护。

(3) 采用以太阳能、燃料电池等为代表的的新能源动力系统,是我国实现这种新一代飞行平台所需的核心技术。开展以太阳能航空动力、燃料电池航空动力、太阳能 / 可再生燃料电池组合航空动力、太阳能 / 常规航空发动机混合动力、以及燃料电池 / 常规航空发动机混合动力等形式的新能源航空动力的研究,有助于将我国的新能源技术研究与航空动力技术研究进行交叉融合,以尽早推出适用于我国未来军事斗争的无人飞行器和高空飞艇的先进航空动力。

(4) 21 世纪是低碳经济新时代,人类将进入前所未有的文明新纪元。以对暗物质、暗能量以及真空能的利用为标志的科技突破将使人类摆脱能源匮乏的困境,冷沸材料和强磁激发能所引发的广泛领域的科技革命将使人类文明的进程突然急剧加速,人类将获得能够飞出太阳系而进行星系间旅行和移民的能力——空天飞碟将使人类的这一梦想成真。

(责编 三丰)