

从航空航天先驱得到的感悟

路甬祥

中国科学院, 北京 100864

摘要 通过论述齐奥尔科夫斯基奠基科学的航天理论基础、戈达德发明液体火箭、冯·布劳恩将火箭技术实用化、莱特兄弟成功试飞有动力飞机等人类航天航空发展史上的重要成就,阐述了从航空航天先驱得到的感悟和启示,展望了航空航天器及其服务产业的未来趋势。

关键词 航空航天; 航空航天先驱; 航空航天器

中图分类号 N09

文献标志码 A

doi 10.3981/j.issn.1000-7857.2014.11.001

Inspiration Derived from the Aerospace Pioneers

LU Yongxiang

Chinese Academy of Sciences, Beijing 100864, China

Abstract Konstantin Tsiolkovsky founded basics of astronautic theory, Robert H. Goddard created the world's first liquid-fueled rocket, W. von Braun developed rocket technology that helped land the first men on the moon, and the Wright brothers invented and built the world's first powered airplane and made the first human flight. This paper reviews the experiences of these great pioneers, which still inspire today's and future aerospace industry.

Keywords aerospace; pioneers of aerospace; aircraft and spacecraft

111年前的1903年,是人类航空航天发展史上一个值得纪念的年份。那一年,现代航天学和火箭理论的奠基人、俄罗斯科学家康斯坦丁·齐奥尔科夫斯基(К. Э. Циолковский, 1857—1935)发表了从理论上论证火箭作用的科学论文“用火箭推进飞行器探索宇宙”。同年12月17日,现代飞机的发明者、美国发明家莱特兄弟(W. Wright, 1867—1912; O. Wright, 1871—1948)驾驶第一架有动力载人飞机——“飞行者1号”成功试飞。这两件事可看成开启人类航空航天时代的标志。回顾航空航天技术与产业的发展历程,可从中获得许多有益的感悟和启示。

1 齐奥尔科夫斯基奠基了科学的航天理论基础

上九天揽月,是人类的梦想。中国人是火箭的最早发明者,也是最先利用固体燃料火箭将人送上天空的梦想者和实践者。公元15世纪,明朝一位叫万户的富家子弟,不爱功名,却有很多奇思妙想,他最感兴趣的是想乘坐火箭飞上蓝天观察高空景象。一天,他手持2个大风筝,坐在一辆捆绑着47支火箭的飞车上,让仆人点燃第1排火箭,飞车离地升空,但当第2排火箭自行点燃时突然爆炸,他从飞车上跌落牺牲。

由于缺乏理论和技术的支撑,万户的飞天梦想失败了,但因他具有敢于挑战自我、实现梦想的勇气,被后人推颂为“航天始祖”。为纪念他,月球上的一座环形山被命名为“万户山”。

现代意义上的人类宇航之父是俄罗斯火箭和宇航先驱——齐奥尔科夫斯基。他出生在莫斯科南部梁赞州(Рязань)的一个林务官家庭,自幼热爱读书,但只上过乡村小学。10岁时因患严重的猩红热丧失听力而辍学,但却促使他更刻苦自学。他善于思考,喜欢自己动手制作玩具,对浩瀚天空充满好奇,幻想能像鸟一样飞翔。16岁时,齐奥尔科夫斯基来到莫斯科,每天去图书馆,阅读了大量数学、物理、化学、机械学、天文学书籍,自修了中学和大学的全部数理课程,还边读书边搞设计。他觉得需要自己挣钱才能继续从事感兴趣的学习和研究,于是参加了中学教师资格考试,并在1877年秋取得了中学任教资格。4个月后他来到莫斯科西南的卡卢加省博罗夫斯克(Боровск)县立中学担任数理教师。他对航天航空有强烈兴趣和创造思维,他白天上课,晚上研究。开始他把注意力放在热气球上。当时的热气球多用胶布做成,既不结实又容易着火且无法控制。于是他开始研究可操纵的金属气球——飞艇,撰写了《气球原理》、《可操纵的

收稿日期:2013-10-23;修回日期:2013-12-28

作者简介:路甬祥,教授,中国科学院院士、中国工程院院士,曾任中国科学院院长、第十届及第十一届全国人大常委会副委员长

引用格式:路甬祥. 从航空航天先驱得到的感悟[J]. 科技导报, 2014, 32(11):15-20.

金属飞行器》等著作。但他的设想和设计得不到政府支持去付诸实验,转而研究航天理论。

1883年,齐奥尔科夫斯基在“自由空间”的手稿中,首次提出了利用反作用原理作为航天动力的可能性,并用动量守恒定律进行了定性解释。1896年,他开始研究星际航行理论,明确了只有火箭才能达到目的。1897年,他推导出了著名的火箭运动方程式,并于1898年在他41岁时,完成了天文学的经典论文——“用火箭推进飞行器探索宇宙”,但到1903年才在莫斯科《科学评论》杂志上发表。该文涉及火箭和航天飞行的各种重要问题。他运用变质量运动理论推导出火箭在重力场中的运动方程,并提出了火箭质量比的概念,即火箭起飞前的质量与火箭燃料耗尽后的质量之比,指出了它的重要意义。他首次提出了火箭推进剂比冲概念,推导出了火箭克服地球引力进入地球轨道所必须具备的最小速度(即第一宇宙速度)为8 km/s。在研究比较了各类推进剂后,明确提出液氧和液氢为燃料的多级火箭可达到这一速度。他还绘制了火箭草图,研究了火箭在大气层飞行的发热问题。设计了火箭控制方位的推进器,并设想用陀螺装置保持飞船飞行方向的稳定。

在此后的10年中,齐奥尔科夫斯基在《航空报告》上发表了多篇关于火箭理论和太空飞行的论文,对星际航行问题进行了系统研究和展望。设计了载人宇宙飞船的草图,提出了液体推进剂的泵送方法和发动机燃烧室的冷却方案,探讨了多级火箭的启动器。还研究了载人宇宙飞船的技术问题,包括如何保持飞船内适宜的温度、压力、湿度,飞船内空气和水的净化和循环使用,二氧化碳的吸收和利用绿色植物提供氧气的可能性,宇航员如何克服起飞时加速度引起的超重过载等。他还研究了太空飞行对人类社会的影响。在1911年发表的“用火箭推进飞行器探索宇宙”论文下半部分中,他详细描述了一艘载人宇宙飞船从发射到入轨的全过程。内容涉及飞船起飞的壮观景象、失重效应、人的感觉、飞船内物体的奇异表现、不同高度观看地球的迷人景观、浩瀚宇宙的壮丽景象等,使读者有如亲临宇宙飞船航行之感。

齐奥尔科夫斯基还发表了《在月球上》、《宇宙的召唤》、《地球之外》等探索太空的科幻小说。在1896年开始写作的《地球之外》中,描写了20名不同国籍的科学家和工程师乘坐宇宙飞船飞越大气层进入环绕地球轨道,处于失重状态的场景。他们建成了空间温室,种出了足够食用的蔬菜水果。他们身穿宇宙服走出飞船在太空中飘游,其中两个人还乘一辆四轮车在月球表面着陆,考察后又点燃火箭返回环绕月球的轨道上的母船。他还设想人们因受这批航天先驱的鼓舞,大量转移到环绕地球轨道上的太空城居住,而一些探险家则飞到了火星附近,途中还在一颗无名小行星上降落,多年后又成功地返回了地球……他梦想中的太空城,没有战争,一派和平、和谐的景象。他的另一篇科幻小说《在月球上》则借一名少年的梦境,用第一人称详细描绘了月面上的奇妙景象。他

甚至还提出了利用太阳光压推进宇宙飞船的设想。

齐奥尔科夫斯基的著作构成了一个完整的航天学理论体系。他一生发表了580篇科学论文和科幻作品,启迪了人们对于航天的想象力,引起了人们对航天科技的关注,给人类航天科技留下了宝贵的遗产。1911年8月12日,他在给《航空评论》杂志的信中写下了这样一段名言:“地球是人类的摇篮,但人类不可能永远被束缚在摇篮里。他们不断地向外探索生存空间:起初是小心翼翼地穿出大气层,然后是征服整个太阳系。”遗憾的是,他的研究和设想未能在当时变为现实,但他的思想和著作作为人类实现航天梦想指明了方向,他被公认为是人类宇宙航行之父。现代天文学的奠基人之一、德国火箭专家赫尔曼·奥伯特(H.J.Oberth, 1894—1989)在致齐奥尔科夫斯基的信中说:“您已经点燃了火炬,我们绝不会让它熄灭。让我们尽最大的努力,以实现人类最伟大的梦想。”可以告慰这位伟大的航天先驱的是,他设想的太空飞行包括载人飞船等很多航天科学目标,现在已经成为了现实。

2 戈达德发明液体火箭

今天的航天事业始于先驱者的兴趣和执着探索和创造精神。不仅是万户、齐奥尔科夫斯基如此,液体火箭的发明者、美国科学家罗伯特·戈达德(R. H. Goddard, 1882—1945)也是如此。16岁时,戈达德阅读了英国小说家赫伯特·威尔斯(H. G. Wells, 1866—1946)的科幻小说《星际战争》后,开始对太空产生兴趣,确立了研究火箭的志向。他善于创造性思维,1904年22岁的戈达德在题为“1950年的旅行”的论文中,设想了长320 km、连接波士顿—纽约的钢制真空管道,磁悬浮列车可在其中以1930 km/h速度飞驰,全程只需10 min。戈达德对当时的各种固体火药进行了研究和试验,在1909年得出与齐奥尔科夫斯基同样的结论:固体火药火箭的能量和效率太低,只有用液体燃料才能提供宇宙航行所需的能量。1911年,他将一枚固体燃料火箭放在真空玻璃器皿内点火实验,证明了火箭能在真空中工作。1919年,他撰写了题为“达到极大高度的方法”的论文,论述了火箭运动的基本原理,并提出了将火箭发往月球的方案。1920年开始,他在克拉克大学任教,业余时间专注于液体火箭研究和试验。在经历了无数次失败后,1925年11月,他制成第一台以煤油和液氧为推进剂,长0.6 m、重5.5 kg的小型液体燃料火箭发动机,成功工作了27 s。1926年3月16日,戈达德在马萨诸塞州奥本(Auburn)从一个简易铁架上,成功发射了以这种发动机为动力,带有2个推进剂储罐,高3.04 m的“尼尔”火箭。虽然火箭只飞行了2.5 s,到达高度只有12 m、水平距离56 m,但这是人类历史上第一次液体燃料火箭的成功发射,是宇航史上重要的里程碑。

但戈达德的研究得不到官方支持,直到1929年11月,他才通过单人驾机不着陆飞越大西洋的英雄查尔斯·林德伯格(C. A. Lindbergh, 1902—1974)的帮助,得到慈善家丹尼尔·

古根海姆(D. Guggenheim)的资助。戈达德辞去了教学工作,潜心研究液体火箭,并不断取得进展。1929年,戈达德发射了一枚较大的火箭,载有1只气压计、1只温度计、1架拍摄飞行过程的照相机,这是人类历史上第一枚载有仪器的火箭。1930年12月30日发射的一枚新液体火箭,高度达到610 m,飞行距离300 m,飞行速度达到800 km/h。1931年,他在火箭发射试验中,首先采用了现代火箭仍在使用的程序控制系统。1932年,他首创用燃气舵控制火箭飞行方向。正当戈达德的研究不断取得进展时,因全球经济大萧条,古根海姆中断了对他的资助。林德伯格建议戈达德写报告向军方申请支持,但陆军和海军都拒绝资助他研究液体火箭,直到1934年9月古根海姆基金会给他一笔新的资助后,他才能继续试验。1935年,戈达德的液体火箭最大射程已达到20 km,速度超过音速。第二次世界大战爆发后,他想把自己的研究成果用于反法西斯战争。但军方仍不愿支持液体火箭研究,而要他搞固体燃料火箭。1941年9月,戈达德为美国海军和陆军研制了一种液体燃料起飞助推火箭。1941年底太平洋战争爆发,1942年美国政府的戈达德为海军研究局主任。他不仅圆满完成了研制飞机起飞助推火箭任务,而且进行了变推力液体火箭研究。

戈达德从小患有肺结核病,但他仍忘我地工作,十分不幸,戈达德因罹患喉癌于1945年8月10日逝世。戈达德一生共获得了214项专利。他不但是位具有前瞻科学思想的科学家,而且是一位杰出发明家、工程师,他成功地将3轴控制、陀螺仪和推力矢量用于火箭飞行的姿态控制,获得过火箭飞行器变轨装置和用多级火箭增大发射高度的专利,并研制了火箭发动机燃料泵、自冷式火箭发动机等火箭核心部件。他的成就主要是依靠对火箭研究的强烈兴趣、不懈的探索精神和在民间资金支持下取得的。直到20世纪50—60年代,因苏联在洲际导弹、人造地球卫星和载人航天等方面连连领先,引起美国国民的强烈反响,在对历史的反思中,美国政府于1961年发表了30年来戈达德液体火箭研究的全部报告,使戈达德获得了“美国火箭之父”的称号。美国国家航空航天局(NASA)还在马里兰州成立戈达德太空中心以示纪念。在戈达德太空中心入口处的纪念碑上,镌刻着戈达德的一句名言:“It is difficult to say what is impossible, for the dream of yesterday is the hope of today and the reality of tomorrow.”戈达德是一位不仅科学前瞻了液体燃料火箭和太空航行的可能性,并亲自实现了火箭设计、制造及试验的先驱。他和齐奥尔科夫斯基所展示的航天科学思想、科学精神,值得我们永远怀念和传承。

3 冯·布劳恩将火箭技术实用化

20世纪火箭与航天技术史不能不提及的另一位先驱是沃纳·冯·布劳恩(W. von Braun, 1912—1977)。冯·布劳恩出生于德国贵族家庭,母亲是天文学爱好者,她赠予的一台望

远镜使少年布劳恩迷上了浩瀚的星空。13岁时,冯·布劳恩就进行了火箭试验,因迷恋自制火箭试验而耽误了功课,以至在一次中学考试中数学、物理都不及格。16岁时,他阅读了奥伯特的著作《星际火箭》,开始对星际航行着迷并选定了自己的终身事业。他开始刻苦学习数学、物理等课程,不久成了班上成绩最好的学生。冯·布劳恩18岁进入柏林工业大学,成为奥伯特的学生并协助他进行液体火箭测试。冯·布劳恩20岁大学毕业,22岁获得柏林洪堡大学物理学博士学位,学位论文内容是液体推进剂火箭发动机的理论和实验。当时正值德国纳粹上台,火箭研发被列为德国国家议程。1937年,年仅25岁的冯·布劳恩在佩内明德火箭基地任技术部主任,主持设计了V1和V2火箭。V1是一种带炸弹的喷气无人机,长7.75 m,翼展5.38 m,时速640 km;V2是一种以乙醇和液氧为推进剂的弹道导弹,长14 m,重13 t,推力27 t,最大速度达M4-6,射程320 km。其目的在于从欧洲大陆直接攻击英国本土目标。从1944年6月13日到1945年3月,德军共发射15000枚V1导弹、3000枚V2导弹,造成英国31000多人丧生。

1945年初德国战败。美国、苏联都想掌握德国的火箭技术,但是按照雅尔塔协定,V2火箭生产的主要所在地归属苏占区,美国心有不甘。在美国政府支持下,美军组成突击队展开了一项代号为“回纹针”的行动,在1945年5月下旬快速挺进V2火箭生产地,把近百枚V2火箭及相关设备和半成品抢运一空。美国情报部门还说服德国火箭计划负责人瓦尔德·多恩伯格(W. R. Dornberger, 1895—1980)、研发团队核心人员冯·布劳恩和研究团队的126位成员前往美国,并避免了对其战争罪行的追究。1945年9月,冯·布劳恩抵达美国,后来主持了阿波罗计划的运载火箭的设计研发。苏联红军也俘获了一些德国火箭技术人员,缴获了大量火箭实物和资料,开始发展苏联的航天技术。

4 空间技术得到广泛应用

冷战时期,美、苏两国都将导弹和航天技术视为争霸世界的战略制高点,在运载火箭、人造卫星、载人航天与空间站等领域,倾注国力开展了剧烈的竞争,也为此付出了巨大代价。

空间技术具有很高的经济和社会效益。特别是应用卫星在科学研究、通信广播、资源调查、环境监测、气象预报、导航定位等方面,为人类社会做出了巨大贡献。空间技术已成为当代大国国防的战略制高点。侦察、通讯、导航等卫星的发展应用,已成为信息化时代军事变革的关键要素。空间技术带动了电子技术、遥感技术、喷气技术、自动控制技术等众多学科快速发展,促进了基础科学在物质、生命、宇宙的形成和发展等方面的深入探索,还生发了空间材料学、空间工艺学、空间生物学、卫星测地学、卫星地球物理学、卫星气象学、卫星海洋学等许多交叉前沿学科。空间技术的发展还能

够提高国家的综合国力和国际地位,凝聚民心,激励爱国精神与科学精神。

当今世界参与空间活动的国家越来越多,目前已达60多个,但具有独立空间探索能力的国家只有俄、美、中3国。1975年,欧盟组建了欧洲太空局(European Space Agency),统筹协调协调欧洲国家空间科技活动。欧洲太空局将重点放在空间技术应用和空间科学研究等方面,联合发展运载火箭、应用卫星、科学卫星和导航系统等。

中国在20世纪50年代做出了发展“两弹一星”的战略决策。1956年10月8日,中国第一个火箭导弹研制机构——国防部第五研究院成立,钱学森任院长,标志着中国航天事业正式起步。在国家的统一规划和组织下,坚持走自主创新之路,充分发挥制度优势,走出了一条具有中国特色的航天技术及应用发展之路。经过半个多世纪的努力,以较小的代价、较短的时间,在运载能力、应用卫星、全球定位、载人航天、空间探测等领域,取得了举世瞩目的成就,崛起成为世界空间技术大国。并带动了科学技术创新能力的提升,为中国经济社会发展、国防安全提供了有力支撑,铸就了“两弹一星”精神和“载人航天”精神,激励了全民族的创新精神和爱国主义精神,提升了中国的国际地位和影响力。但在科技原创、应用领域和技术水平等方面与国际先进水平相比还有相当差距。实现从航天大国走向航天强国的跨越仍任重而道远。

5 莱特兄弟成功试飞有动力飞机

莱特兄弟的“飞行者1号”成功试飞,标志着人类自古以来就有的“像鸟一样飞翔”的梦想开始实现。

2000多年前中国人就已发明了风筝。19世纪末,滑翔机和蒸汽机都已经成熟,许多先驱者开始研究动力飞行。19世纪末,俄罗斯海军军官莫扎伊斯基(A. Ф. Можайский, 1825—1890)、法国航空业之父克莱门特·阿代尔、英国人海诺姆·马克西姆、美国天文学家兰利(S. P. Langley, 1834—1906)都曾建造过蒸汽机飞机,但均未能成功飞行。1876年,德国工程师尼古拉斯·奥托(N. A. Otto, 1832—1891)发明四冲程煤气内燃机,热效率、功率重量比远高于蒸汽机,为航空发动机提供了新的可能。20世纪初,莱特兄弟在世界飞机发展史上做出了重大贡献。

莱特兄弟是美国俄亥俄州人,父亲是一个木匠,母亲是一位音乐教师。他们从小就热爱读书并对机械加工和装配很有兴趣。1878年圣诞节,父亲给年幼的莱特兄弟圣诞礼物,一架橡筋动力飞螺旋开启了他们对飞行的兴趣,梦想着能像鸟一样飞上蓝天。他们研究鸟的飞行,试飞滑翔机。成年后莱特兄弟开办了自行车修理专卖店,并生产过自己品牌的自行车。但他们一直倾心飞行研究,将经营自行车的获利投入其中。1896年,莱特兄弟闻悉滑翔飞行先驱、德国工程师奥托·李林塔尔(O. Lilienthal, 1848—1896)在一次滑翔飞

行中失事遇难。按理这对梦想飞行的人是一个打击,而且当时多数人认为比空气重的飞机不可能依靠自身动力飞行,但莱特兄弟不相信这种结论。他们认为,人类实现动力飞行的条件已基本成熟。在对李林塔尔的滑翔机设计、飞行经验和失败原因进行仔细分析后,莱特兄弟满怀激情地投入了动力飞行的研究和准备。与其他飞行爱好者不同,莱特兄弟很重视理论与实验,不仅阅读了大量空气动力学方面的文献,而且在1900—1902年间,先后制造了3架滑翔机,并进行了1000多次滑翔飞行,1901年下半年还制造了世界上第一个能对模型机翼进行试验的风洞。他们用了2个多月时间对各种类型翼面进行了200多次试验,取得了设计飞机的科学数据,设计出了较大升力的机翼截面形状,并解决了飞机的平衡和操纵问题。

莱特兄弟清醒地认识到,没有动力的飞机,不会有光明的前景。但当时市面没有飞机发动机,也没有一家公司愿意冒险制造飞机发动机。于是,在机械师查尔斯·泰勒(C. Taylor)帮助下,莱特兄弟动手制造了一台功率约12马力、重77.2 kg的活塞式4缸直列式水冷发动机。他们还制作了螺旋桨,并将带螺旋桨和发动机的飞机模型,放到自制风洞中进行了模拟测试。1903年夏季开始,莱特兄弟着手制造装配有发动机、螺旋桨和操纵装置的双翼飞机“飞行者1号”,还求助气象局寻找适合的试飞场地。1903年12月17日10:35,他们在北卡罗来纳州的基蒂霍克,驾驶由自制发动机驱动,经由自行车链条带动2个对称安装在机翼后侧、直径为2.6 m的木制推进螺旋桨的双翼飞机“飞行者1号”,实现了人类渴望已久的飞行梦想。

那天天气寒冷,刮着大风,弟弟奥维尔·莱特首先驾驶“飞行者1号”飞行,留空时间12 s,飞行36.5 m。这是人类历史上第一次有动力、载人、持续稳定、可操纵的比重大于空气的飞行器的成功飞行。当天进行了3次飞行,其中成绩最好的是哥哥威尔伯·莱特,他驾驶飞机在空中持续飞行260 m。1904年莱特兄弟制造配有新型发动机的第2架“飞行者”,在代顿附近的霍夫曼草原试飞,最长持续飞行时间超过5 min、飞行距离达4.4 km。1905年又试验了第3架“飞行者”,由威尔伯·莱特驾驶,持续飞行38 min,飞行38.6 km。

莱特兄弟的成功,最初并未得到美国政府和公众的重视与承认,人们甚至怀疑这一消息的真实性,大多数报纸拒绝报道。1906年,莱特兄弟在美国的飞机专利申请获得批准,但仍没有引起真正重视,他们只得将这一发明在马厩里存放了2年。1908年初,军方开始意识到了它的潜力,美国陆军部表示愿意观看他们的飞行表演。1908年8月8日,威尔伯·莱特在法国巴黎附近的勒芒赛马场,驾驶“莱特A型”飞机在空中飞行了1.5 min,令观众惊叹不已,消息很快传遍世界。在8月,威尔伯·莱特在法国进行了100多次飞行表演,在欧洲掀起了航空热潮。一些企业家争相购买他们的专利。同时,奥维尔·莱特驾机在美国迈耶堡阅兵场周围飞行了55圈,创造

了连续飞行1 h的世界纪录。奥维尔·莱特还进行了从弗吉尼亚州迈尔斯堡起飞、穿越华盛顿波托马克河的飞行表演。由此,莱特兄弟声名大振。1909年3月,美国陆军部正式向莱特兄弟订货。他们在飞机上增加了专为瞭望员和机枪手准备的座位,成为飞机军事应用的先驱。1909年,莱特兄弟获颁美国会荣誉奖。此后,他们创办了“莱特飞机公司”。

自从飞机发明后,日益成为当代不可或缺的运载工具,改变和促进了人类文明进程。至第二次世界大战的30余年中,由于对航空意义和价值认识的不断提升,应用领域不断拓展,人们将更多的创造力和资源投入飞机制造和航空产业发展。材料与工艺、飞机发动机、导航仪表与操纵系统、仿真训练设备等技术发明与创新不断取得进展。第二次世界大战中,交战双方为制空权进行了剧烈竞争,更刺激了航空技术与飞机制造产业的快速发展。至第二次世界大战结束,飞机发动机功率已从不到10 kW增加到2500 kW,最大平飞时速已近800 km/h,俯冲速度已近音速。

英、德、美、苏等国先后开展了喷气发动机的研究。1937年英国空军少校弗莱克·惠特尔研制出世界上第一台离心式涡轮喷气发动机,1938年德国工程师冯·奥安研制成一台功率更大的离心涡轮喷气发动机。1939年8月27日,安装奥安喷气发动机的世界上第一架喷气飞机He-178首飞成功。最早投入使用的喷气式战斗机是德国的ME-262。喷气式飞机靠空气和煤油燃烧后所产生的高温高压气体喷射推进,可获得较高的推重比、飞行速度、飞行高度和机动性。第二次世界大战后,飞机研制发展迅速,竞争激烈。美、苏、英、法等国陆续推出各型喷气战斗机、喷气轰炸机、运输机和直升机。各国也很快将喷气技术用于民用客机。1949年,世界第一架喷气客机——英国“彗星号”首飞。在1939—1970年仅31年间,在市场需求和竞争推动下,喷气发动机便实现了从涡轮喷气—涡轮涡浆(涡轴)—涡轮风扇—高涵道比涡轮风扇的发展跨越,加之飞机的材料工艺、气动和结构设计、导航控制等技术不断创新,喷气客机的安全性、可靠性、经济性、舒适性等取得了飞速进步。1965年开始研制、1970年投入服务至今的波音747客机具有代表性。

20世纪70年代初,英国、法国、苏联曾分别研制成功巡航速度达M2的超音速客机“协和号”和“图-144”,但均因油耗和噪声过高不为市场接受,于20世纪80年代先后停航停产。进入21世纪,由于全球客运业务的快速增长,发展宽机身、超大型洲际客机的需要,欧、美飞机公司采用先进机翼空气动力设计、复合材料结构,推重比超过10,经济性、可靠性更高,噪声更低、维修周期更长的高涵道比涡轮风扇发动机,相继推出了空客380和波音787。当代客机的经济巡航速度接近900 km/h,百公里油耗已降至3 L以下。

由于固定翼飞机起降需要较长的跑道,人们很早就开始在寻求能垂直起降的飞机。古代中国的竹蜻蜓和达芬奇1483年绘制的直升机草图给现代直升机以启示。1907年8月,法国

工程师保罗·科尔尼(P. Cornu, 1881—1944)研制出世界上第一架载人直升机。1937年德国设计师亨利希·福克(H. Focke, 1890—1979)制造出FW-61双旋翼直升机,1938年2月由女飞行员汉娜·莱契(H. Reitsch, 1912—1979)驾驶在柏林体育场进行了一次创记录的飞行表演,轰动了航空界。1942—1944年,美国沃特-西科斯基公司为军方批量生产2座轻型直升机R-4。1944—1945年,中国飞机制造业先驱朱家仁(1900—1985)设计研制了中国第一架“蜂鸟号”直升机。

半个多世纪以来,世界直升机技术经历了旋翼从木质—金属—复合材料的跨越、发动机从活塞式到先进涡轴的发展,逐步采用浆叶先进气动设计,有些机型尾桨采用涵道式设计。现代新型直升机还采用了高度集成电子信息技术,实现飞行控制、导航监察、电子火控等智能化,一些军机还采用了光学红外、雷达隐身技术等,飞行和工作性能不断提升。当代直升机创造的最大速度已达463 km/h,最大载重可达40 t,最大飞行高度可达12442 m。由于直升机具有可低空悬停、低速飞行、垂直起降等特点,可广泛用于短途运输、医疗救护、设备吊装、地质勘探、护林灭火、观光旅游、缉私缉毒、空中摄影、侦察指挥、通信联络、机降登陆、反潜扫雷、对地攻击、电子对抗等,已成为不可或缺的机种。据预测,至2020年世界直升机需求近17000架,其中民用机逾半数以上。

飞机已成为现代文明的运载工具,深刻影响和改变着现代经济社会生活和全球化进程。飞机在现代战争中的作用更为惊人,不仅可以用于侦察、攻击、轰炸,而且在预警、反潜、扫雷等方面也不可替代,制空权已成为现代战争决胜的关键因素。但飞机的军事应用也给人类带来了惨重灾难,对人类文明产生了严重破坏。和平利用飞机,保卫和平和安全,才是人类发明飞机的初衷。新中国成立以后,通过引进、消化、吸收、创新,中国已建立起包括直升机在内的自主飞机制造产业,与国际先进水平的差距逐步缩小。

6 启示和感悟

1) 在需要高投入的航空航天高技术领域,好奇心、创造欲、梦想仍可以开创奇迹,但应用需求终究是技术进步与产业变革发展不可替代的最强大动力。想象力与创造力应得到充分鼓励和尊重,但科学理性的创新思维,前瞻、理性、务实的发展战略,更是成就创新,满足和创造需求及市场,赢得全球竞争优势和持续发展能力的关键。

2) 在航空航天领域,青年依然是创新的先驱和主力。但航空航天是需要高投入的复杂高技术体系。在注重鼓励和充分发挥青中年人才的创造精神和创新主体作用的同时,应重视和发挥好老专家的知识、技术、经验和作风的传承和指导作用。

3) 发展航空航天战略高技术与产业,需要国家战略的支持与引导,需要发挥制度优势,需要知识、技术、管理和体制创新,需要弘扬科学精神、航天航空精神和创新创业精神。

但仍需发挥企业技术创新的主体作用,促进产学研用协同创新。仍需要引入竞争机制,发挥需求和市场的基础作用。国际竞争和全球市场始终是航空航天技术与产业决胜的舞台,实践和历史仍是检验航空航天技术与产业的最终标准。

4) 发展航空航天高技术及产业体系不仅需要多学科交叉融合、多领域技术的创新协同,需要全球集成制造和服务的交流与合作,而且更需要基础、核心科技的自主原创突破和创新设计引领的系统集成创新,这样才能实现从跟踪模仿到自主创新引领、从“空天大国”到“空天强国”的历史跨越。

5) 发展航空航天高技术产业体系不仅需要国家战略、发展路线图和强大的专业队伍,需要构建形成开放合作、公平竞争的航空航天技术研发、制造、应用服务市场和产业链,需要开放低空空域发展通用航空产业,需要普及航空航天知识,发展航空航天群众科技与体育活动。鼓励和吸引社会力量、中小企业和全民参与是成就航空航天强国不可或缺的必要条件,这需要国家战略、社会创造力和市场动力的协力推进。

7 展望

1) 安全可靠。航空航天器大多价值不菲,载人航空航天更关系人身安全。安全可靠是航空航天器的首要条件。未来将进一步提升安全标准和可靠性准则,将通过材料结构、预测预警预防,提升自补偿、自修复、自应对能力,采用冗余设计与智能控制技术提升自身的安全可靠性。军用航空航天器将继续发展隐身、无人飞行平台,发展机动变轨、电磁对抗、超视距多目标高灵敏感知和精确导引打击等技术。

2) 绿色环保。航空航天器依靠消耗燃料赢得速度和载荷能力。未来的航空航天器将采用绿色低碳、更高效率、高推重比和低运行噪声的发动机,采用更卓越的低阻抗扰气动设计,将利用临近空间发展空天飞行器实现洲际高速飞行,发展生物航空燃油、氢能、太阳能、离子推进等新能源为原动力的飞行器。

3) 信息智能。未来的航空航天器将是高度信息化、智能化的高技术系统。提升信息传感、网络传输与数据链效率与安全,依托大数据支持和实时高速处理能力,构建具有感知、分析、决策、控制等能力的智能飞行平台和空地一体数据、网络支撑体系,将成为未来航空航天技术的大趋势。

4) 全球制造服务。未来的航空航天器将进一步实现全球创新集成、全球协同设计制造和全球服务支持。鉴于材料、电子信息系统、发动机是航空航天的关键核心技术,设计是一切创新和系统集成的先导和准备,要成为航空航天强国,必须具有自主创新核心技术和创新设计系统集成能力,能够自主集成全球知识、技术、人才与创新资源。

5) 拓展多样化和个性化创新服务,将是未来航空航天及其服务产业的大趋势。伴随航天航空服务普及,网络和信息

数据的开放共享,微小卫星、应用无人飞行平台的发展,市场化、多样化、个性化创新与服务势在必行。应以更加开放的理念,为改革创造更好的体制环境。

人类的飞天梦想在航空航天先驱们奋斗中逐步变为现实,又吸引着一代又一代年轻人为之献身。让我们铭记莱特兄弟所言:创造——这就是人类精神的最高表现,是欢乐和幸福的源泉。

参考文献(References)

- [1] Konstantin E. T. First on the Moon[EB/OL]. 1893. [http://ru.wikisource.org/wiki/На_Луне_\(Циолковский\)](http://ru.wikisource.org/wiki/На_Луне_(Циолковский)).
- [2] Konstantin E. T. The exploration of cosmic space by means of reaction devices[J]. The Science Review, 1903(5). http://en.wikipedia.org/wiki/Konstantin_Tsiolkovsky.
- [3] Brigham N. Notable scientists from 1900 to the Present[M]. Farmington Hills, MI: The Gale Group, 2001: 2256-2258.
- [4] The Life of Konstantin Eduardovitch Tsiolkovsky[EB/OL]. Konstantin E. Tsiolkovsky State Museum of the History of Cosmonautics. 2008-09-22.
- [5] Johnson W. Contents and commentary on William Moore's a treatise on the motion of rockets and an essay on naval gunnery[J]. International Journal of Impact Engineering, 1995, 16(3): 499-521.
- [6] Smithsonian Institution. Robert H. Goddard: American rocket pioneer [EB/OL]. [2001-03-17]. <http://siarchives.si.edu/history/exhibits/stories/robert-h-goddard-american-rocket-pioneer>.
- [7] Robert Goddard. How my speed rocket can propel itself in vacuum[J]. Popular Science, 1924(9): 38.
- [8] Lynn Jenner. Dr. Robert H. Goddard: American rocketry pioneer[EB/OL]. [2009-05-27]. http://www.nasa.gov/centers/goddard/about/history/dr_goddard.html.
- [9] Walter A McDougall. The heavens and the earth: A political history of the space age[M]. New York: Basic Books, 1985: 44.
- [10] Michael J Neufeld. Von braun: Dreamer of space, engineer of war[M]. New York: Alfred A. Knopf, 2007.
- [11] Smithsonian national air and space museum. milestones of flight[EB/OL]. <http://airandspace.si.edu/exhibitions/milestones-of-flight/online>.
- [12] 方昌德, 马春燕. 航空发动机的发展历程[M]. 北京: 航空工业出版社, 2007.
Fang changde, Ma chunyan. The development of aero engine[M]. Beijing: Aviation Industry Press, 2007.
- [13] 顾涌芬. 世界航空发展史[M]. 郑州: 河南科学技术出版社, 1998: 183-184.
Gu Songfen. The development history of world aviation[M]. Zhengzhou: Henan Science and Technology Press, 1998: 183-184.
- [14] ESA. Why Europe needs galileo[EB/OL]. 2010-04-12. http://www.esa.int/esaNA/GGG0H750NDC_galileo_0.html.
- [15] 王宏伟. 美国航天工业发展对经济增长的贡献[J]. 国防科技工业, 2006(8): 52-54.
Wang Hongwei. America aerospace industry development contribution to economic growth[J]. Defence Science & Technology Industry, 2006 (8): 52-54.

(责任编辑 陈广仁)