

中国空间技术产业化的现状与前瞻

Present State of Industrialization of China's Space Technology and Its Prospects

游光荣 安茂春 仇强华

(北京系统工程研究所 北京 100101)

一、世界空间技术商品化和产业化正在加速发展

2000年,是世界空间技术商品化和产业化加速发展的一年。对中国航天事业,2000年也是值得一书的一年。1月26日,中国实用型地球同步通信卫星“中星—22号”发射升空;6月25日,“风云二号”地球同步轨道气象卫星顺利进入太空;9月1日,“资源二号”卫星升空;10月31日,中国自行研制的第一颗导航定位卫星“北斗导航试验卫星”顺利升空;12月21日,自行研制的第二颗“北斗导航试验卫星”准确进入预定轨道。至此,20世纪最后一年的中国航天人以全年5战5捷的优异成绩向20世纪道别。除此之外,2000年值得关注的航天领域的事件还有:中国第一颗微小卫星“航天清华一号”6月底由俄罗斯普列谢茨克航天发射场成功送入太空;10月4~10日,配合联合国提出的世界第一个“世界空间周”,中国举行了纪念和航天科普活动;第三届中国航空航天博览会11月在珠海举行;国务院新闻办公室于11月22日发表题为《中国的航天》的白皮书。

空间技术已经成为国际间竞争最为激烈的领域之一,仅从2000年频繁的国际空间探索活动即可见一斑。与此同时,空间技术商业化进程加速,围绕通信和遥感卫星市场的争夺更加激烈。全年世界上共发射了39颗通信卫星,其中商用通信卫星的数量和性能都有所提高;运行成像遥感卫星的国家与公司越来越多,而且成像分辨率也越来越高。2月6日,以色列发射了高分辨率遥感小卫星,该卫星是美以合作研制的军民两用“地球遥感观测系统”(EROS)的首颗卫星,EROS的空间部分分为由8颗小卫星组成A、B两系列的星座,整个系统拟于2004年建成。欧洲航天局于11月16日发射升空4颗人造卫星,其中包括2颗大型无线电通信卫星和2颗小型卫星。为了在信息技术领域赶超美国,日本政府计划建设高速度、大容量的“宇宙通信系统”,准备在今后5年为此投资3500亿日元,研制和发射10颗卫星,建成空间通信网。空间技术商业化的进程不可避免会有失败和失误。3月17日,“铱”星公司正式宣布破产倒闭,世界上第一个大型低轨移动

通信卫星系统退出了竞争激烈的卫星通信市场。11月20日,美国地球观测公司的“快鸟1”卫星由俄罗斯的“宇宙3M”运载火箭发射失败,使该公司进军商业遥感卫星市场的努力受挫。

值得注意的是,发展中国家对空间技术及其产业化越来越感兴趣,而且将发挥越来越重要的作用。例如,印度的遥感卫星水平较高,且一直希望进入国际卫星发射市场,进而在2000年6月宣布,计划向月球发射空间探测器;马来西亚也将建立空间技术研究机构;朝鲜提出用取消导弹计划换取外国帮助它研制火箭推进器以“和平利用外层空间”(萨达南德·杜梅,2000)。在空间技术迅速发展的同时,全球航空航天工业格局也正在变化。在科技全球化的压力下,几年前还各自为政的航空航天公司纷纷谋求合并,跨大西洋的大规模合并将只是时间问题。

二、21世纪是空间技术产业化的世纪

中国的高技术产业化,就是要将研究与开发机构推入市场,进行有偿技术转让、技术服务、技术咨询等形式的商品化经营,同时自行投资、合资或合作建立一定规模的中试生产基地或生产型企业,进行科技产品的生产、经营,获得经济效益,由单纯的科研事业机构转化为科研、生产、经营一体化的经济实体。高技术产业化一般需要经过如下3个阶段:研究与开发阶段、高技术成果转化阶段和工业化规模生产阶段。研究与开发阶段的技术创新能力(Technology Innovative Capacity),可以称为“上游技术创新能力”;高技术成果转化阶段和工业化规模生产阶段的技术创新能力,可以称为“下游技术创新能力”;从某种意义上讲,一项技术的产业化水平,集中体现在该技术的“上游技术创新能力”和“下游技术创新能力”两个方面。

高技术的特点决定了高技术产业化的特征,也就是相对于传统产业而言,高技术产业化更具有战略性、风险性、增值性、渗透性。

任何一项技术的产业化基础都必须有市场需求,都必须能进行规模生产,在销售中能获得规模效益,也就是必须具有商品化开发的市场、水平和实力,能在生产、经营中获得利润,具有承担产品研

制、生产、销售和发展的经费以及承担风险的能力。从这个角度看,产业化和商品化是相辅相成的两个方面,产业化为商品化提供物质基础,商品化为产业化发展积累资金,两者相互依存、相互促进。商品化可以说是产业化的初始阶段。空间技术包含了卫星通信技术、空间对地观测技术、空间定位技术和地理信息系统技术等专业领域。经过30年来的发展,这些技术在经历了各自相对独立的发展历程后,正逐步走向综合集成、共同形成空间技术应用一体化综合系统的阶段,并由此推动了国际空间技术应用逐步向实用化、业务化、规模化和专业化的方向发展。

空间技术的发展最初并不是以经济效益为目的的,而是围绕非经济目标(即国际战略目标和国家安全利益目标)发展起来的。90年代以前一直如此。从1957年发射第一颗人造卫星起,美、苏为了遏制对方,争夺空间霸权,不惜投入巨资,加速发展航天工业。50年代末,美、苏两国就初步形成了空间技术产业。到1994年底,全世界共成功发射了4594个航天器,其中约92%为美、苏(俄)所拥有。冷战时期,这两个超级大国航天工业的发展主要与政府计划有关,受到军事、政治、科技等非市场因素的推动。

空间技术的商品化和产业化则是近10年的事情。在美、苏持续30年空间技术争霸的同时,空间技术的发展也为人类改造自然、开发空间资源提供了一种全新的技术手段,逐步形成了运载、应用卫星、卫星应用、空间微重力资源开发等多种应用领域。进入90年代,随着冷战的结束,世界进入了多极化时代,激烈的军备竞赛转变为经济实力的竞争,航天商业化活动得到了长足的发展,在商业卫星发射服务、通信卫星、航天地球资源遥感、空间微重力资源开发等方面开始实现商品化,并展示了广阔的产业化前景。

经过近半个世纪的迅速发展,人类航天活动取得了巨大成就,极大地促进了生产力的发展和社会的进步,产生了重大而深远的影响。空间技术已成为当今世界高技术群中对现代社会最具影响的高技术之一,不断发展和应用空间技术已成为世界各国现代化建设的重要内容。

20世纪80年代以来,在空间技术及其应用方面出现了许多新的动态。其中一个重要的动态就是,空间活动的商业化程度愈来愈高,民营化、私营化开始出现。这种趋势在90年代有了进一步发展。在研究与开发过程的各个阶段,政府部门正与私营或民营部门以契约为基础建立起伙伴关系。预计几年以后,空间商业活动的价值将达数千亿美元,并将创造大量的就业机会。

目前,商业卫星发射服务和商业卫星通信服务在国际上已经完全实现了产业化;地球资源遥感也进入了初步商业竞争阶段,但作为一个系统,要实现产业化,有待21世纪初期实现;空间微重力资源开发还处于基础研究阶段,要实现商业开发,要走的路还很长。中国在上述4个方面都有一定基础,但发展不平衡,要实现商品化、产业化,还有一段路要走。

空间技术的市场规模很大,而且新的商业机会

还在不断增加。据联合国和平利用外层空间委员会统计,至1996年已形成年产值770亿美元、年增长率20%的新型空间技术开发与应用产业。据此推算,到2005年,全世界空间技术产业将超过2000亿美元。美国《航空与空间技术周刊》1997年3月13日发表的《商业增长对航天业至关重要》一文指出:商业航天近年来一直以每年10%以上的幅度增长;卫星通信的全球交易额已达65亿美元,其中移动卫星通信的发展最快,到2000年将达到200亿美元的市场规模,而且其中55%将是在卫星、发射和地面部分的交易额。随着世界通信卫星的发射进入高潮,航天保险业也随之兴旺起来,航天保险额由1994年的5亿美元增长到1997年的8.9亿美元,目前已突破10亿美元大关,利润随之逐年增长。再以GPS(全球导航定位系统)应用产业为例,美国1997年的GPS接收机年生产能力为100万台,年产值达到30亿美元,预计2005年将超过100亿美元。其主要市场是:车辆导航仪(30亿美元),个人导航仪(22亿美元)。与GPS相关的几种家用电子设备产业,为美国提供了10万人的就业机会。在日本仅车辆GPS接收机市场在1997年就销售300万套,约合600亿人民币;销售电子地图光盘17000张,约合80亿人民币。据计算,中国也很可能在2005年左右达到上百亿元的市场规模(赵志祥,1999)。再以地理信息系统(GIS)为例,随着地理信息系统技术应用的产业化发展,欧洲核心GIS市场价值在1993年已达到40亿欧洲货币单位(EUC)。上述的计算还不包括政府投入在GIS领域的花费,比如地理信息的收集、生产与管理。欧盟1995年的一份报告指出欧洲各国政府在GIS上的花费占其国民生产总值的0.1%,总计60亿ECU。同样,美国联邦政府在GIS上的花费每年也达到40亿美元。据国际著名的计算机市场研究公司DATAQUEST在其《CAD/CAM/CAE/GIS市场调查报告》报道,1995年到2000年世界GIS市场的年增长率可达14%,而北美的增长率可达15%;1995年全球GIS软件产业的产值为25亿美元,该数据尚不包括在教育、培训、数据生产等方面的花费。如果加上这些方面的费用,将达到200亿美元;仅在北美,软件装机数量达280000套。到2000年,全世界地理信息系统产业的产值将达到400亿美元。

与大部分高技术产业类似,美国航天器生产商在市场上占主导地位。排在世界前10名的航天器生产商中,就有7家的总部设在美国。

在空间技术发展的运作机制上,考虑到空间技术的国家安全敏感性、技术复杂性和未来发展的巨大潜力,西方主要空间技术大国目前及未来的10年内仍将以国家行为为主,采用国家投入与指导下的商业化运行机制,建立和运行各类对地观测系统与重大应用系统,同时积极探索商业化运行与发展的途径。一些大公司和高技术风险投资公司亦在进行纯商业化开发与运行的探索,尤其是各种小卫星的开发与应用,吸引了这些公司的介入,并将在近几年内相继发射各自的小卫星。在技术应用与空间信息服务领域,产业化发展步伐较之空间技术的其它方面发展更迅速,各类专业性公司和企业取得了长足的进展,推动了空间技术应用的扩大和普及。

谁是从事空间技术产业化的主体呢?一般来

说,从事空间商业活动的主体可以大致分为两类:一类是国家和政府间国际组织;另一类是非政府实体,包括公营、私营或合营企业。商业化的领域目前主要集中在卫星通信、遥感、导航定位以及商业发射等民用领域,今后将逐步扩展到空间资源开采、空间材料制造、空间旅游等领域。

空间活动的商业化是与空间活动民营化、私营化密不可分的。商业化是民营化、私营化的前提,在市场经济条件下,私营化是商业化的必然结果。按照一般的解释,私营化是指“将政府拥有和经营的民用空间活动移交给私人企业拥有和经营,或是指私人所创办的民用空间业务。”私营企业参与空间商业活动主要是在两个方面,一是为国家的空间计划或项目提供产品或服务;二是直接进行某些空间活动,如卫星制造和出口、卫星通信业务等。在空间事业蓬勃发展的形势下,参与空间商业化的私营企业会愈来愈多。在中国,随着社会主义市场经济的逐步建立和完善,具有独立法人地位的国有和民营企业也会愈来愈多地参与空间活动,尤其是空间技术的商业化应用。“航天清华一号”微小卫星进入太空就是一个典型的例子。

综上所述,不难看出,21世纪将是世界航天活动蓬勃发展的新世纪。

三、中国空间技术产业化水平到底有多高?

航天工业指的是航天器及其所载各种设备、武器系统和各种地面设备的制造业。而中国航天产业是一个比航天工业更为广阔的概念,除了航天工业之外,它还包括:航天工业制造技术应用于民用产品的制造业;应用航天运载、发射回收、测控等技术进行的卫星等航天器的发射服务;航天应用技术(主要指卫星应用)形成的产业(如卫星通信产业、卫星遥感产业等),等等。很明显,航天工业和航天产业具有典型的军民两用特征。

中国航天产业的主体包括:中国航天科技集团与中国航天机电集团及下属的院(所)、局、公司、生产厂和基地,中国科学院的一些研究所,以及有关的研究生产机构和发射基地等,其中航天科技集团和航天机电集团占主要地位。

中国航天事业创建于1956年。中国的空间技术应用经历了70年代的起步阶段、80年代的发展阶段和90年代的逐步实用化阶段。1970年,中国第一颗人造地球卫星“东方红一号”用“长征一号”运载火箭发射成功,标志着中国真正进入太空时代。1984年,“东方红二号”试验通信卫星用“长征三号”运载火箭发射成功,标志着中国航天科技进入实用阶段。1985年10月,中国航天部正式宣布“长征”系列运载火箭进入国际市场,承担搭载和卫星发射业务。1990年4月7日,用“长征三号”运载火箭将亚洲卫星公司购买并负责经营的“亚洲一号”通信卫星成功地送入预定轨道。从宣布运载火箭进入国际市场,到第一次承揽国外卫星发射业务,中国经历了近5年的时间,此后,共将27颗国外制造的卫星成功发射升空,显示了中国在国际商业卫星发射市

场上一定的竞争能力。

中国重视研制各种应用卫星和开发卫星应用技术,在卫星遥感、卫星通信、卫星导航定位等方面取得了长足发展。中国研制和发射的卫星中,遥感卫星和通信卫星约占71%,这些卫星已广泛应用于经济、科技、文化和国防建设的各个领域,取得了显著的社会效益和经济效益。国家有关部门还积极利用国外各种应用卫星开展应用技术研究,取得了很好的应用效果。目前,中国空间技术应用的发展能力正在全面形成,仅在卫星遥感应用方面,就已具有研制与生产全套传感器与处理设备的能力,某些设备已处于国际领先水平;有多层次遥感数据获取、分析处理和综合应用的能力;地理信息系统软件开发与应用进入了新的发展阶段,成为一种包括硬件生产、软件研制、数据采集、空间分析和咨询服务的新兴空间信息产业,并开始为政府职能转变、工农业生产与宏观调控提供现代化工具,显示出巨大的潜在市场。

总的说来,中国的空间技术产业已初具规模,在世界航天大国的排位中,大体上可排在美、俄之后,与欧空局、日本的水平大体相当。跟美、俄相比,中国航天产业在总体水平上差距较大,但在局部上,如卫星回收技术、一箭多星技术、氢氧火箭发动机技术、大型近地轨道卫星发射技术、航天测控技术等方面处于世界前列,还是世界上少数几个能研制同步轨道通信卫星的国家之一。

如何评估一项技术特别是航天技术产业化的水平?我们认为:一项技术产业化的水平,实质上就是该技术的技术创新能力。

以ICI(Innovative Capacity Index)表示一项技术的技术创新能力指数,分别以UI、DI表示“上游技术创新能力指数”(Upstream Technology Innovative Capacity Index)和“下游技术创新能力指数”(Downstream Technology Innovative Capacity Index)。一般地, $ICI=f(UI,DI)$,这里 f 是UI和DI的非线性函数。

根据哈佛商学院Michael E. Porter教授和麻省Scott Stern教授等人的工作,上游技术创新能力取决于以下4个方面:高素质的人力资源(特别是从事研究与开发活动的科学家和工程师、高水平的管理人员);雄厚的基础研究设施;高水平的信息基础设施;风险投资水平。下游技术创新能力则主要用申请专利的数量来衡量,它反映了将技术商业化的能力(Porter and Stern,1999;陈立、高世楫,2000)。

就本文研究的问题而言,考虑中国的具体国情,同时为简便起见,我们选择4个指标来考察中国空间技术上游技术创新能力,即:一定时期内,研究与开发人员占从业人员的比例;科技成果数;科学实验仪器设备数;研究与开发经费中非政府投资占研究与开发总经费的比例。同时,选择3个指标来考察下游技术创新能力,即:一定时期内授权专利数;每百名研究与开发人员平均授权专利数;全员劳动生产率,即工业企业的工业增加值除以同一时期全部职工的平均人数。

目前,中国航天科技力量主要分布在中国航天科技集团公司和中国航天机电集团公司(在下面分析中,其它机构的航天研究与开发力量暂不计)。这

两家集团公司均是在原中国航天工业总公司所属的部分企事业单位的基础上组建成立的国有特大型企业,1999年7月1日正式组建,共拥有23万名职工,其中各类专业技术人员共有大约9万名。按照航天科技领域专业技术人员占全国科技活动人员的比例、全国研究与开发人员占科技活动人员的比例以及科学家和工程师占研究与开发人员的比例推算,中国航天科技领域研究与开发人员(按全时当量计算)大约2.6万名,其中科学家和工程师约1.8万名。由此推知,航天研究与开发人员约占从业人员的11%。根据中国高技术企业(产业)人力资源特征判断,中国航天产业的高技术特征比较明显,航天领域每万劳动力中从事研究与开发活动的科学家和工程师约800人,远远高于全国平均水平(11人),实际上高出全国平均水平大约70倍。另外,从研究与开发投入来看,中国航天领域R&D人员人均研究与开发经费超过全国R&D人员人均研究与开发经费1倍左右。这些都充分说明中国航天领域的人才密集、知识密集程度很高。同时应该注意的是,虽然中国航天领域有航天科技、航天机电、工大高新、中兴通讯、风华高科、浙江中汇、PT北旅、火箭股份等8家公司上市,但吸纳社会资金进行研究与开发的份额仍很有限,研究与开发经费中非政府投资占研究与开发总经费的比例还相当低,航天领域的研究与开发模式仍然是政府投资主导型的。

从中国航天领域的科技成果总量来看,每年登记的科技成果大约1000项,获得国家级和部委级科技成果大约300余项,发表论文1000余篇(其中国际科技论文近百篇),专利申请和授权均为100余项,其中发明专利授权约50项。按此计算,中国航天领域每千名R&D人员平均科技成果数100余项,超过全国平均水平;而每千名R&D人员平均科技论文约50篇,大大低于全国平均水平(1997年为188篇)。无论是每千名R&D人员平均专利申请量,还是每千名R&D人员平均专利授权量,航天领域不到全国平均水平的1/60!

根据上游技术创新能力和下游技术创新能力指标,可以采用综合指数评价法等方法,对高技术产业化的程度进行评价。考虑到“下游技术创新能力”更集中地体现了该技术的产业化水平,而“上游技术创新能力”是“下游技术创新能力”的基础和前提。因此,我们定义: $ICI = UI^{1/3} \times DI^{2/3}$,其中ICI、UI、DI依次表示创新能力指数、上游技术创新能力指数和下游技术创新能力指数。

根据前述定量描述可知,中国航天领域的上游技术创新能力比全国平均水平强,而下游技术创新能力则相当弱,导致航天领域的整体创新能力相对

落后,表现在:航天领域虽拥有较强的基础研究实力,却无法全部、快速地向生产力转化;企业尚未成为技术创新的主体;科研管理体制和运行机制仍未摆脱计划经济的阴影,还很不适应市场经济的要求,等等。这些都是提高航天技术创新能力和产业化水平所必须解决的重要问题。

在航天产业的4大领域中,中国在航天工业、航天工业制造技术应用于民用产品的制造业以及应用航天运载、发射回收、测控等技术进行的卫星等航天器的发射服务方面已有一定规模,但航天应用技术形成的产业化方面则刚刚起步。

《中国的航天》白皮书提出,2010年或稍后的时间,中国空间技术产业化发展目标是:“建立协调配套的全国卫星遥感应用体系;统一规划和建设各种卫星遥感地面应用系统,建立覆盖全国的地面卫星遥感数据接收、处理和分发系统,实现资源共享;在对地卫星遥感主要应用领域,形成较完整的业务化应用体系。”21世纪将是中国航天事业蓬勃发展的新世纪,仅“十五”期间,预计将发射30余颗各类卫星和多艘飞船,并将中国宇航员送上太空。据了解,“十五”期间中国将要发射的30余颗卫星,包括通信、导航、气象、资源遥感及空间探测等15类,将对国民经济和社会发展起到积极的推动作用。2020年或稍后的时间,中国空间技术产业化发展目标是:“空间技术和空间应用实现产业化和市场化,空间资源的开发利用满足经济建设、国家安全、科技发展和进步的广泛需求,进一步增强综合国力。”有充分的理由相信,中国空间技术在继续履行维护国际战略地位和国家安全利益职责的同时,其产业化水平将有一个跨越式的发展。

参考文献

- [1] 萨达南德·杜梅. 点火起飞.(香港)《远东经济评论》,2001-8-3
- [2] 国务院新闻办公室.《中国的航天》白皮书.人民日报,2000-11-22
- [3] 赵志祥. 展望GPS应用产业,启动“经济发动机”,中国航天报,1999-11-3
- [4] 世界航天保险日益兴旺. 参考消息,1997-5-18
- [5] 庄航. 我国航天技术产业化对策研究. 卫星应用,1998(2)
- [6] 中华人民共和国科学技术部. 中国科技统计数据1998,中国科技统计数据1999,中国科技统计数据2000
- [7] 谭邦治. 对发展我国航天科技及其产业化问题的思考. 中国航天,1997(1)
- [8] 肖元真. 全球科技创新发展大趋势. 科学出版社,2000

(责任编辑 王宏章)

(上接第50页)

的直径仅2毫米,高度才9毫米。火箭上携带的传感器,每个比米粒或沙子小得多。它携带的是普通的推进剂,能飞几秒钟。发射时,用一根加热的导火线点燃。别看它那么小,但发射距离可达到50米远。现在,他们又在考虑用新的燃烧较缓慢从而可以使火箭飞行更长时间的材料。

研究人员说,这种火箭可以从空中、地上甚至从手掌上等任何地方发射。为什么要研制这么小的火箭呢?原来,他们是在一旦发生战争时,一次就发射成百上千个

微型火箭到作战区去,看看那里是否有化学武器。因为到达战区后,带在火箭上的传感器可以和火箭分离,然后在漂浮到地面时记录下各种数据,再用无线电信号把收集到的数据发回基地站。

研究人员现在还准备制造一些芯片,以使许多微型火箭能相互联络。他们下一步的计划是不仅让微型火箭能进入作战区,还能进入龙卷风的形成区,以便能准确预报龙卷风的源头在什么地方。(刘先曙)