

发展载人航天的经验教训

A Lesson Learned from Developing Manned Space Shuttles

黄志澄

(北京系统工程研究所, 研究员 北京 100101)

1961年4月12日,前苏联的航天员加加林乘东方号飞船,实现了人类第一次绕地球低轨道的飞行,揭开了世界载人航天活动的序幕。迄今为止,已有500多人次进入了太空。前苏联用“联盟”系列载人飞船和“进步”号货运飞船,相继支持了“礼炮”号空间站和“和平”号空间站。美国在用“阿波罗”飞船实现了登月飞行之后,又研制成功了航天飞机,在此基础上,正在和西欧、加拿大、日本合作,研制“自由”号空间站。32年的载人航天活动,既有成功的经验,也有深刻的教训。总结这些经验教训,无疑对今后的载人航天活动有十分重要的意义。下面列出几条已取得较多共识的经验教训。

1. 人与自动化系统的结合是开发空间资源的必由之路。

当前,开发空间资源主要是利用空间高远位置实现信息的获取、传输和发布。目前已形成了初具规模的航天信息产业,并正在继续增加这种开发的深度和广度。另一方面,也有迹象表明,开发空间资源将从单纯的信息开发向信息、材料和能源的综合开发过渡。

从美国和前苏联发展载人航天的史实来看,人具有自动化系统所不能取代的作用。人的精细观察与操作的能力,对异常事件的及时应变能力,创造性的判断、分析和决策能力,使得载人不仅可以提高航天飞行器运行的可靠性,而且可以提高空间操作和空间观察的效率。人的这种能动作用,可以在对地观测中更有效地判别目标。人在空间可以完成各种科学试验、维修和装配任务。在空间材料和能源的开发中,人将必然发挥更大的作用。但人亲自进入空间,总要冒一定的风险,付出一定的代价。迄今为止,已有14名航天员为开拓人类这一活动领域而献出了自己的生命。据美国科学家的估计,用人去完成空间任务要比用自动化的航天器昂贵10倍。因此,凡是自动化系统能完成的空間任务,都应该由自动化系统去完成,只有那些必须由人去完成

的任务,才由航天员去完成。这样,不仅减少了风险和成本,而且减少了航天员单调乏味的重复性劳动,使其精力放到那些需要高级思维能力的重要工作上,从而提高人在空间开发中的效率。由此可见,人与自动化系统的优化结合,包括采用遥现(Telepresence)和遥操作(Teleoperations)技术,使人在地面更好地参与空间活动,将是未来航天系统的发展方向。

2. 发展载人航天既要考虑提高国家的威望,又要有明确的科学试验、技术发展和应用的目的。

由于人本身进入空间活动生动地体现了人类突破地球局限而进行探索与开发的追求,所以载人航天活动一开始就被美国和前苏联领导人视为是国家威望的一种鲜明体现,从而引发了美、苏两国长达30年的空间竞赛。无疑,成功的载人航天活动将大大提高国家威望和激发民族自豪感。但单纯从争夺领先地位出发来安排载人航天计划,就使其缺乏前后一致的明确目标,常常会把有关手段的决策代替载人航天活动所要达到目标的决策,不仅浪费了资金,而且耽误了时间。例如美国在通过“水星”飞船、“双子星”飞船掌握了载人航天的基本技术之后,在1961年至1972年,耗费240亿美元研制了“土星”系列运载火箭和“阿波罗”登月飞船,先后完成了6次登月飞行,把12人送上了月球,实现了在登月方面超过苏联的目的,也促进了科学技术的进步。但这项耗资巨大的计划由于缺乏应用目标而无法继续下去,不得不转向近地空间的开发,研制航天飞机和空间站。这样,在登月计划中研制的“土星”系列火箭(“土星”5号的低轨运载能力为126吨)和发展得比较成熟的飞船技术至今还没有得到进一步的应用。80年代后期,美国国家航天委员会的成员普遍“强烈希望下一次载人航天活动的目标,不是另一个“阿波罗”——一次性的突击飞行或政治性的特技表演”。前苏联虽然在用飞船支持空间站方面取得了很大成功,但为了不甘心在航天飞

机技术方面落后于美国,又耗费巨资研制成功了“暴风雪”号航天飞机,但只在1988年11月试飞了一次。许多苏联科学家都认为这是超前发展的产物,是做了21世纪才应该做的事。连苏联火箭技术的一位元老米申院士也认为:“看不出这一系统在今后几十年中有什么实用价值。”

上述事例告诉我们,在制订载人航天的发展计划时,既要考虑提高国家的威望,又要求这个计划是一项健全的科学试验、技术发展和综合利用的计划。在这样的计划中,应该促使空间基础设施、地面基础设施和空间科学与应用均衡、协调地发展。

3. 必须高度重视载人航天系统的可靠性和安全性。

载人航天发展史上血的教训告诫我们,忽视载人航天系统的可靠性,必将付出沉重的代价。例如,1967年1月,“阿波罗”1号在发射台演练时,由于座舱内充的是纯氧气体,导致发生火灾,3名航天员被烧死;1967年4月,“联盟”1号在飞行中发生了一系列故障,导致控制系统失效,只能使飞船旋转,进行纯弹道式再入,但在着陆前主伞未能打开,备用伞伞绳又被缠绕,1名航天员被摔死;1971年6月,“联盟”11号的返回舱在分离时,12个爆炸装置不正常地同时点火,引起的冲击使座舱的压力平衡阀过早打开,3名航天员因舱内减压而死亡;1986年1月,“挑战者”号航天飞机在第10次飞行中,由于右侧固体火箭发动机后部连接处的密封圈失效,引起在起飞73秒后发生爆炸,7名航天员全部遇难。这些事故不仅使计划受到很大的挫折,而且在政治上、经济上都造成巨大损失。这些事故告诉我们,必须在设计、生产、试验的全过程都要高度重视可靠性、安全性,采用一系列措施提高系统的可靠性,增设故障检测装置和救生系统。这些事故还告诉我们,必须正确处理经费、进度、技术进步和按照研制规律安排工作的关系。经费的制约是客观存在的,赶进度和追求技术进步却常常来自空间竞赛的压力。例如,前苏联在登月火箭屡屡失事,无法实现登月时,为了使飞船技术不落后,在飞行试验做得还不够充分的情况下,就进行“联盟”号飞船的首次载人飞行,导致船毁人亡。又如,美国为了保持航天技术的领先地位,由于经费和进度都十分紧张,在航天飞机的设计中就没有考虑有效的故障检测装置和救生系统,使得“挑战者”号发生事故后,无法救出航天员。这种盲目追求领先而忽视按科学规律办事的教训是十分深刻的。

4. 降低空间运输系统的运输费用和提高其使用性能,已成为有效开发空间资源的重要前提。

为了提高开发空间资源的效益,必须大幅度地降低空间运输系统的运输费用,而提高其使用性能。这样,不仅可以降低运输费用,而且可以缩短地

面周转时间,增加飞行的频度。为实现这个目标,看来还须经过一段很长时间的努力。飞船由于是一次性使用,它的运载能力又小,因此运输费用较高。美国在设计航天飞机时,希望运送1公斤有效载荷到地球低轨道的费用能降到352美元。但据报道,目前却高达10000美元左右。其原因主要是在设计中没有把维护、运行方便和降低全寿命费用作为设计的一个目标。美国国家航空和航天局(NASA)原来计划发展完全重复使用的两级入轨的火箭飞机,但研制费高达100亿美元,而预算管理署只批准50~60亿美元,使得NASA只能选用抛掉外部燃料箱的方案,并设计一种基于现有技术基础的轨道器。在这以后,“整个设计过程中剩下来的事情就是在研制费用及运行费用两方面进行权衡性研究,不过主要注意力还是放在降低投资,而不是对以后可能给该系统的用户造成的后果上”。因此,在航天飞机的设计中,对部件的易维修性、互换性和通用性考虑得很少,导致在执行一次任务后,发动机需要经历复杂的地面维修、清洗、更换部件、重新组装的过程。加上为准备飞行要测试的数据很多,数据处理工作十分复杂,这样就要维持一支庞大的运行队伍,使得运行费用在总的运输费用中占42%(另外54%为硬件费用,4%为推进剂费用)。这些问题使得航天飞机不仅没有达到降低运输费用的目标,而且在地面周转的时间太长(至今美国一架航天飞机每年最多只飞过4次),整个飞行计划缺乏灵活性。

当前,美国正着手对航天飞机进行一系列的改进,其目标是提高可靠性、降低运输费用和改进使用性能。但从整体上看,改进的余地是有限的。美国、俄国、西欧、日本近年来正在对下一代的天地往返运输系统进行广泛的概念研究。提出的概念很多,但不管垂直起飞垂直降落的概念(如升力体外形的飞船、单级入轨和返回的火箭)、垂直起飞水平降落的概念(各种型式的航天飞机、火箭飞机)、水平起飞水平降落的概念(一级或两级的空天飞机),都向重复使用的方向努力,都把降低运输费用和提高使用性能作为重要的目标。其中特别是空天飞机,由于采用吸气式发动机以利用空气中的氧气,发动机的能量密度较低,便于维修,又能象普通飞机那样运行操作,引起了各国的普遍关注。除此以外,发展空天飞机还可以促进高超声速军用飞机和高超声速客机的发展。

5. 国际合作已成为发展载人航天的必然趋势。

为了节省投资,加速发展和减少风险,各个国家在载人航天领域正愈来愈多地开展各种形式的国际合作。特别是苏联解体后,西欧和美国都在扩大与俄国在载人航天方面的合作。无疑,通过联合和协调,国际合作可以增强各国在载人航天各个领

(下转第38页)

迅速作出调整,给出优惠扶持措施。与此同时,在市场运行机制尚不健全的条件下,新生的新能源产业的不利境遇是显而易见的。

3. 能源发展战略对新能源的影响

我国能源资源相对不足,人均能源储量仅为世界平均值的 1/2。而且几乎是以煤炭为主的单一型能源结构。由于长期低价的掠夺式开采和粗放式的耗用,能源系统的总效率极为低下,必须通过全面经济体制改革,真正改变靠挥霍宝贵的能源以支撑经济低效益增长的粗放发展模式,也就是说必须把提高能源终端效率放在优先地位。真正全面推行大节能方针。

在全面推行大节能措施、增加能源供应的同时,要高瞻远瞩,面向未来,要下大力气进行能源结构调整,加快新能源发展速度,减少化石燃料的开采,提高新能源的战略地位,争取到 2000 年新能源在我国能源结构中占有一定比例。同时,为下世纪新能源科学技术商业应用的加速发展奠定基础,从而解决化石燃料的有限性,发挥新能源的可再生性。增加新能源的生产,从而控制减少常规化石燃料 CO_2 、 SO_2 、 NO 、粉尘的排放和污染,减轻酸雨危害和对邻国及全球环境的不利影响。这也将大大有利于我国削减用于防治常规能源污染的技术改造的投资,提高整体投资效益。

只有采取上述能源战略方针,才能制定出切合国情,并能取得长远战略主动的能源发展计划,进而实现我国人口、能源、环境和经济的持续协调发展。否则以煤为基本依托的能源结构,终将把我们拖进一种灾难性的大困局中。

4. 改革的目标模式

正是出于种种深层次的思考,国际新能源界提出了“从全球着想,从全球着手(think globally, act globally)”的口号,目前国际能源机构(IEA)的成员国拿出了财政预算的 7%用于研究和开发新能源,权威人士呼吁各国把开发和利用新能源工作摆在优先地位,以适应 21 世纪能源系统的需求。我国作为发展中国家,既是能源需求大国,又是能源污染大国,在经济改革和发展过程中,必须在新能源问

题上制定出明确的战略对策,制定出相应的能源结构调整、变革、转移的目标模式,才能跟上世界即将出现的巨变。

(1)在计划经济向市场经济的体制过渡时期,发展新能源实行计划与市场相接合的原则,新能源资源的开发要以转化成电能为主,使新能源成为直接的生产力要素,以适应市场的需求。初始商业化的新能源技术只有发挥计划和市场结合的优势,利用政策性宽松环境,才能使新能源抓住机遇,加快发展,为 21 世纪我国新能源进入自主性、市场性的良性发展创造条件。

(2)从长远看,新能源产业是能源工业的一支新生力量,新能源产业要勇于闯入市场发展自己,走出一条我国能源工业发展的新路子。积极利用市场经济体制,如多渠道集资,实行股份制、股份合作制,经营上采取联营等互利的形式。从政府宏观管理上,应创造新能源发展的良性环境,采取国际上通行的办法,给予新能源投资以种种政策性支持,如税收上的减免,价格上的优惠等,以推动新能源进入市场,靠自主性发展求生存、求发展,进而促成我国新能源从科学技术、开发管理、经济效益等方面与国际水平全面接轨。

5. 提高对新能源的国民意识

现已十分明显,新能源的开发利用将是人类社会进步一个历史性里程碑,提高全体国民利用开发新能源的意识,已成为一项十分重要的时代性任务。要有声势、有吸引力地进行经常性、广泛性的宣传。要使从各阶层人士到广大公众,皆能从能源基础地位和对经济、环境的影响作用,认识到新能源的意义和作用。进而促成国家新能源发展法的制定,以立法形式保证新能源的持续发展,改变目前新能源多头、无序的管理状态,在一个总体规划和目标模式下,既依靠多方位、多层次的市场,也依靠政策扶植发展新能源。只有这样,21 世纪时中国才可能在科学技术、社会、经济全面、健康发展的基础上,参与全球性的共同发展。

(责任编辑 蔡德诚)

(上接第 32 页)

域的能力。这种合作也可以激励载人航天活动进一步扩展,使得参与国得到各自的政治和经济效益。最后,通过国际合作还可以使各国的载人航天系统相互兼容,从而增加应急救援能力。目前正在进行的大型国际合作计划有“自由”号国际空间站、美国航天飞机访问“和平”号空间站等。但从国际合作的经验来看,为了解决由于利益不均衡发生的矛盾,必须将国际合作建立在平等、互利和相互信任的基础上。特别是一些在载人航天领域起步较晚的国

家,能否通过与先进国家的国际合作,缩短技术差距,加速自身发展,将取决这些国家对外合作的政治、经济和技术条件。

6. 必须不断发展先进的大型工程的管理技术。

载人航天的发展促进了大型工程管理技术的发展。美国“阿波罗”登月计划就是采用系统工程方法管理大型工程取得成功的范例。近年来,对于高风险的载人航天工程,发展了一整套分阶段评审和决策的管理方法。这种方法也可以推广用于其它的大型工程。

(责任编辑 冷远猷)