

# 关于我国卫星工程技术途径的思考

叶培建

(中国空间技术研究院, 北京 100081)

**[摘要]** 空间开发是21世纪人类活动最重要的领域之一。在今后20年内,应用卫星和卫星应用仍将是空间开发的主战场。它将对社会、经济及军事等各个方面产生巨大的影响,我国也定会在卫星工程及其应用上有更大的作为。根据我国国情和航天技术水平,总结过去几十年的经验和教训,针对我国卫星工程走什么技术途径的问题,提出了看法:建立长期稳定运行的应用卫星系统是主要目标,其中应用卫星是基础,卫星工程设计必须从顶层开始,同时考虑大系统,完善天地一体化;卫星研制必须走公用平台之路,以便“快、好、省”地提供卫星产品;为了缩小与国际水平的差距,必须加强预先研究,进行技术创新,研制新的平台和卫星,实现技术的跨越式发展;为保证以上目标的实现,必须改变现有运行机制和管理模式。

**[关键词]** 空间开发;应用卫星;卫星应用;公用平台

20世纪50年代的航天技术,开辟了人类走向太空的新时代。经过半个世纪的努力,人类的空间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,影响深远。在应用卫星、深空探测、载人航天等众多空间活动中,应用卫星是最重要的家族,它的发展最快,极大地改变了人们的生活。

迄今,我国在空间技术方面已取得了举世瞩目的成就,在一些重要领域已跻身于世界先进行列。但是,现有的成就还远远满足不了我国飞速发展的需要,与发达国家相比还有很大差距;一些发展中国家与我们的水平相差不大,甚至在某些方面还超过我们。这就要求我国在21世纪,特别是21世纪的前20年,应从本国国情出发,继续大力推进空间开发,在有计划地发展载人航天、空间科学试验和深空探测的同时,重点发展与国民经济和军事更直接相关的应用卫星和卫星应用<sup>[1]</sup>。

## 1 大力发展应用卫星

经过30年的努力,我国已经研制、发射成功

了40多颗卫星,其中包括科学试验、国土普查、通信、气象、国土资源以及导航定位等不同类型的卫星,解决了有无的问题。但卫星发射的数量还太少,品种也不齐全,还没有真正形成一个长期稳定运行的应用系统。《中国的航天》白皮书正式宣布我国航天技术的近期发展目标是:建立长期稳定运行的对地观测体系;建立自主经营的卫星广播通信系统;建立自主的卫星导航定位系统;全面提高中国运载火箭的整体水平和能力;实现载人航天飞行;建立协调配套的全国卫星遥感应用体系;发展空间科学,开展深空探测<sup>[2]</sup>。因此,在21世纪的前20年中,就卫星研制而言,应把选择正确的卫星工程技术途径和建立长期稳定运行的应用卫星系统放在首位。

### 1.1 长期稳定运行的应用卫星系统是不可缺少的

纵观今日国际与国内,政治、经济、社会与生活的各个方面,离开以卫星为主的支持系统是难以想像的,甚至是不可能的。通信广播卫星支撑着电视、电话、虚拟大学、远程医疗、远程商务和股票交易等;对地观测卫星正服务于气象预报、国土普

查、作物估产、森林调查、灾害监测、环境保护、海洋预报、城市规划和地图测绘等各个领域；在船舶导航、飞机导航、大地测量、地震监测、地质灾害监测、森林防火灭火和城市交通管理等方面，利用卫星导航定位已获益匪浅，从根本上改变了某些领域的运作方式和质量。因此，应用卫星在突破了关键技术，解决了有无问题之后，必须建立一个长期稳定运行的系统，才能真正发挥效益，社会各个方面一旦进入这个系统，并依赖于它，这个系统就是不可缺少、不可中断的。

### 1.2 卫星是长期稳定运行系统的基础

要建立一个长期稳定的卫星运行系统，从工程角度讲有五大方面，即卫星、运载工具、测控、发射场和应用<sup>[3]</sup>。其中应用卫星是基础，因为运载工具、测控、发射场是为卫星服务的。和地面应用系统相比，一是在研制过程中，所有地面应用系统的技术参数都应和卫星的技术参数相匹配；二是空中的卫星仅有一颗或几颗，其作用举足轻重，一旦出现问题就会影响全局，而地面应用系统就比较局限，即便是十分重要的、可能影响大局的环节，但由于地面的可维修性，不致于长久地造成系统失效；三是尽管地面系统总产值甚高，但它是风险分散的，而卫星的造价高、研制周期长，决定了其难度更大。所以在建立一个长期稳定运行的卫星系统时，质量好、可靠性高的卫星应是基础。

### 1.3 卫星工程设计必须从顶层开始

当决定要建立长期稳定运行的卫星系统之后，就要进行系统设计，也就是卫星工程设计。回顾走过的路，有一个教训是很值得总结的，就是这个设计应从哪儿起步？在过去，往往是从卫星设计开始的，有时尽管考虑了相关方面，但是力度不均衡，最终导致系统运行不理想。正确的做法应从顶层开始，即从系统整体出发。

1) 首先要明确应用系统的目标是什么？它由哪些部分组成？各部分的关系如何？这个系统今后还要不要扩展？

2) 根据系统的目标，决定选择用什么样的卫星、几个星，以及选择卫星的技术参数和指标，同时决定发射这个卫星的运载工具、发射场和测控系统。

3) 本文要着重谈的、容易被忽视和淡化的是地面应用系统如何组成和实施？地面系统至少要由以下几个层次构成：**a.** 对卫星进行业务管理和信

息交换的中心站，这是整个地面系统的核心。**b.** 区域站。这类站一般只进行数据接收和处理，没有对卫星管理的上行功能。**c.** 应用终端。这是最大的一个群体，由它们实施应用卫星的最终应用。**d.** 为普及、扩大应用而开发的各种硬件和软件设备。以上四个层次必须在卫星工程设计时一并考虑，否则会出现卫星已经上天，相关的中心站尚未建成或终端用户还未做好物质与技术准备，从而导致卫星空运行，浪费了卫星有限的寿命。

### 1.4 设计与实施应做到天地一体化

承担卫星与地面系统任务往往不是一个单位，所以即便认识到设计要从顶层开始、从系统出发，但在实际设计和实施设计过程中，常会脱节，造成星地之间技术状态不协调，参数不匹配，从而在卫星上天后还要花费很多时间与精力。解决这个问题的办法是在设计时就要进行天地一体化设计，把卫星与地面系统，尤其是中心站看成一个主体中的两个对象，同步进行，不断磨合，使之接口正确，数据格式与参数完全吻合，而且星地之间经过严格的实物对接试验的验证。为此，地面系统研制队伍中应配备卫星研制人员，特别是总体和有效载荷设计人员的参与，从组织上保证设计目标的实现。同时，还要抓好地面系统中心站以下几个层次的规划与建设，预先进行演练与调试，在卫星上天之前处于可正常工作的状态，保证应用卫星一旦上天，应用系统就能发挥效益。

### 1.5 保证长期稳定运行是艰巨的任务

卫星上天，地面系统运转，产生了预期的效益，但是“长期稳定运行”是个艰巨任务。长期稳定运行需要很大的经费、物质和人力支持：**a.** 卫星是有寿命的，正常退出服务的卫星要有新的卫星接替，这就引出了新的运载等一系列配套问题；非正常退出服务的卫星要有备份，或是在轨的，或是再发射的；**b.** 地面系统的设备也是有寿命的，需要升级与更换；**c.** 整个系统的长期管理也是耗资巨大的。总之，在顶层设计时就应做好这方面的技术和经费计划，确保整个系统能长期稳定运行，否则就会出现或是地面系统运行正常而天上无星、或是天上有星而地面系统运行不了、甚或两者皆不行、系统服务中断的局面。

## 2 “快、好、省”地研制卫星<sup>[4]</sup>

卫星研制部门提供足够品种、足够数量、质量

好、可靠性高的卫星是国家建立若干长期稳定运行系统的主要环节。我国在今后10~20年内,平均每年要研制发射5~10颗卫星才能满足需求。我国从20世纪70年代发射第一颗东方红一号卫星至今,平均每年发射的卫星还不到两颗。我国现在的技术基础、基础设施、研制经验、人力资源等已较过去大大改善,但是要每年研制发射5~10颗卫星,必须“更快、更好、更省”才有可能。

### 2.1 要“快、好、省”,必须走公用平台之路

卫星公用平台就是一个能适应不同的有效载荷配置,完成各自特定的飞行使命和通用性较强的卫星平台,使用卫星公用平台可以避免不同卫星所需保障系统的重新研制,保证卫星的质量和可靠性,缩短研制周期,节省研制经费。回顾我国卫星发展史,可以看到使用公用平台的许多优越性。尽管在90年代之前没有像现在这样把“公用平台”作为一个目标去努力实施,但在实践中已经走了这条路。我国的返回式卫星17次升空,16次圆满成功,其平台基本稳定,且有所发展是其重要原因。东方红二号系列广播通信卫星的平台也是多次使用的,该系列的几颗星在轨服务都很出色,且超期服务。90年代以来,鲜明地提出了“公用平台”的思想,并且根据已有的技术和在轨成功运行的实践,规划了我国自己的、不同轨道的公用平台。

有了明确的思路和可供选择的公用平台,在进行卫星设计时就有了可靠的基础和对设计者相应的约束,这是相辅相成的。实践证明,这条路子是正确的。近几年,采用东方红三号卫星型地球静止同步轨道公用平台,几种不同用途的该轨道卫星,如中星22号、北斗一号导航定位卫星等都在较短的时间研制完毕,在发射前测试中技术质量问题明显减少。上天后运行良好,为长期稳定运行的系统打下了基础。小卫星研制也证明,以这个公用平台所派生出来的一系列卫星、星座都在顺利研制中,海洋一号即将发射升空。其他系列也同样。这从理论和实践上都证明,走公用平台之路是快、好、省地研制卫星的必由之路。

### 2.2 公用平台的研制必须走通用化、系列化、组 合化之路

我们面对的卫星种类很多,即便是同一轨道的卫星,由于任务的不同,其平台也会有所不同。这就要求在研制公用平台时,应选好技术途径。国内外实践证明,走“通用化、系列化、组

“三化”之路是一条捷径。

部件产品的通用化、系列化是公用平台的基础,通过公用平台的性能限定范围,以部件产品的通用化为前提,发展部件产品系列化,推动分系统及功能单元的组化,相应地带动公用平台生产中工装、总装设备的通用化、系列化和组化,同时牵引公用平台的测试设备、地面电气与机械支持设备的“三化”。在实施“三化”时,要充分继承已有平台的资源,尤其是上天飞行过、证明是可靠的平台;要赋予公用平台可调整能力,以适应不同飞行任务、不同有效载荷、不同功率和不同遥测遥控系统的需求;要有意识地加速卫星公用平台的模块化,等等。

在搞好公用平台“三化”的同时,也要努力推动有效载荷部件级的“三化”和星载软件的“三化”。有了这些“三化”做基础,卫星公用平台的研制和成熟就有了保证,“快、好、省”地出卫星产品也就有了基础。

### 2.3 以信息化带动卫星研制能力上水平

有了正确的思路,还需要有力的手段,才能做到“快、好、省”。当今是信息时代,国家的发展要以信息化带动工业化。卫星工程处于这样的大环境、大背景下,加之其本身的高技术特性,更需要信息化的带动。卫星研制的两个主要环节,即总体设计和制造,都必须依赖信息化才能上水平。具体讲,要以计算机和网络技术为基础,建立完整的系统软件和专业软件库,实现资源共享,设计人员和工艺人员能在系统的支持下并行完成分析、计算与设计,进行工艺编制,以最少的实物试验获得圆满的设计和制造结果,基本实现图纸、数据、参数管理的无纸化。这不仅极大地提高了效率,更重要的是保证了质量,技术状态得以稳定,知识资源得到继承与计算机化。这在人才竞争激烈,研制队伍流动性大的今天尤显重要。中国空间技术研究院几年来按照这个办法,在卫星总体设计部和总装厂大力推进信息化,已取得明显效果,神舟号飞船和卫星的设计与制造水平业已今非昔比。

## 3 加强预先研究和技术创新,实现技 术上的跨越式发展

长期稳定运行的卫星系统本身的水平也要提高、要发展,还要根据需求建立新的长期稳定运行的系统。为此,要在继承已有成果,“快、好、省”

地出卫星产品的同时，加强预先研究和技术基础建设，进行技术创新，集中力量攻克重大关键技术，掌握核心技术，实现技术上的跨越式发展。只有这样，才能缩小我国与国际先进水平的差距，满足新的需要。

### 3.1 预研项目应能为技术的跨越式发展打好基础

空间技术的发展是迅速的，我国原本与国际先进水平就存在一定的差距，如果仍采取渐进式、跟从式的作法，则永远只能是落后的，甚至差距会越来越大。近年来，我国的通信、家电、现代精确农业等行业的发展已经证明，只要路子对，技术上是可以实现跨越式发展，一举从较落后的状态进入先进行列的。空间技术也应如此，在完成当前任务的同时，应看得远一些，充分利用现有的基础与条件，瞄准前瞻性目标开展预研，为卫星研制赶上世界先进水平打好基础。

### 3.2 适度修正以型号需求牵引预研的做法

以往预研的主导方针之一是以“型号需求”作为牵引动力。这种做法针对性强，可以相对较少的投资产生较大的效益，缩短型号研制周期。但其不足之处也很明显：针对性越强，适应面就越窄；基础面窄，上层建筑就不可能厚重，因而束缚了更大的发展。这方面的教训是深刻的。我们已经走过了几十年，有了一定的技术积累，国家经济实力也比过去大为增强，现在的预研应该兼备两个方面：一是空间技术的基础需求，二是针对发展目标的具体需求。前者做得越好，后者也越会有收益。发达国家的研究与发展走的就是这条路。进入21世纪，我国卫星工程的预研也应遵循这个原则，“退一步”换取的是进两步。

### 3.3 发挥多个积极性，做好预研工作

我国直接从事卫星工程的单位虽不多，但它们有几十年的理论积累和实践经验。我国还有很多科研机构 and 高等院校。随着卫星工程技术的发展，在预研工作中应发挥多个积极性。笔者以为，卫星平台技术应相对集中于卫星工程的主承担系统，以确保技术上的连续性，更好地走平台公用化和“三化”之路。而有效载荷的预研则应充分发挥多方优势，在统一计划、集中领导的前提下，开展适度竞争，发挥全社会的力量，提高有效载荷的预研速度和水平，从而实现这样的良性循环：一个公用平台在一段时间内，以预研成果为基础装备几个水平越来越高的有效载荷，形成几个阶次的一个比一个先

进的应用卫星系统；其间，新的公用平台已完成预研，转入型号研制，进入下一个更高级阶段。

## 4 改革卫星工程运作管理机制<sup>[5]</sup>

卫星工程技术不是孤立的。在实践中，尤其是在我国的国情下，卫星工程管理模式是先进还是落后，在很大程度上决定了卫星工程本身能否更顺利发展。在过去的几十年，卫星工程管理模式一直在做适应性调整。但总的来说，目前的管理模式已不适应新世纪的需求。要完成新世纪的任务，要想顺利地实施前述几节的技术途径，有必要在进行技术创新的同时，进行卫星工程管理模式的管理创新。

### 4.1 卫星工程管理的组织

当前我国卫星工程管理的组织结构，是在过去几十年中针对当时主要解决卫星的有无，然后解决多品种，即“多研制，少投产”的实际需求而形成的，它是由一个行政权威很强的本部与一系列按专业设置的研究所和工厂组成的。这在计划经济时代，按国家任务进行组织、协调无疑是有效的。随着市场经济的日益发展，卫星工程发展到应用阶段，以往的组织结构明显不适应了。它存在的问题是：各研究所、工厂、乃至本部之间的利益冲突日趋突出；管理层次不清而带来的责任不明越来越明显；市场经济中各自寻求生存与发展，削弱基本任务力量的苗头渐露，始终无法形成一个企业名牌。有鉴于此，改革的思路是：将原结构中的本部管理层、卫星总体设计部、总装厂和环境试验所中与卫星工程总体设计、产品集成这两头相关的部门组建成一个新的实体。这个实体类似于国外的宇航或空间公司，它有能力作为国家队完成国家赋予的空间规划与发展任务，也能进行科研、生产与制造，进行资本运作，满足市场需求，积累利润，不断发展。

### 4.2 卫星工程中型号的管理

卫星工程型号是指一个或一类具体的卫星项目，传统的做法是一个型号一支队伍的总指挥负责制，它在历史上发挥了很大的作用，但不足之处也日益显露：**a.** 一颗卫星一支队伍，这需要大量人力资源和设备的补充；**b.** 卫星的专业技术对每颗卫星都是适用的，一颗卫星一支队伍必然分散专业的群体力量，专业水平难以提高；**c.** 管理部门的综合协调能力大大削弱，易造成职责不明、界面不

清; d. 一颗卫星一支队伍容易只顾技术而忽视其他, 不符合“以效益为中心”的原则; e. 各自为战, 难于实现平台公用, 难以实现“三化”。因此, 管理创新势在必行。

新的卫星型号管理应借鉴国外的经验, 实施矩阵管理下的项目经理负责制。这可以很好地应用系统工程的思想, 以“矩阵”来体现全局的宏观控制, 以“项目”来落实具体型号, 而且“项目”是指一个公用平台的卫星, 而不是一颗卫星。这样宏观与微观相结合, 有利于成本和进度控制。项目中各类人员首先向项目经理负责, 同时向矩阵的另一个参数, 即部门首长负责, 职责明确, 专业分工明确。可以先试点, 在实践中完善、推广, 从管理创新中要效益, 推动技术创新, 为卫星工程的大发展

创造一个良好的氛围。

#### 参考文献

- [1] 屠善澄, 叶培建. Prospects for 21st century's space exploitation and the humanity [R]. ICETS' 2000, 北京, 2000
- [2] 中华人民共和国国务院新闻办公室. 中国的航天 [M]. 北京, 2000
- [3] 王希季, 李大耀. 卫星设计学 [M]. 上海: 上海科学技术出版社, 1997
- [4] Spear T. NASA faster, better, cheaper (FBC) task final report [R]. Report, NASA, 2000
- [5] 徐福祥. 探索符合国情的卫星工程管理结构与方法 [J]. 中国空间科学技术, 2001, (1): 1~10

## The Thinking Concerning Technique Way of China's Satellite Engineering

Ye Peijian

(Chinese Academy of Space Technology, Beijing 100081, China)

[Abstract] Space exploitation is one of the most important areas in human's activities in the 21st century. In the next 20 years, application satellite and satellite application is still the dominant field in space exploitation. It will make great influences on human society, economy and military. Considering China's national situation and based on the past 40 years of experience, the author proposes suggestions for the technique way of satellite engineering. To build-up some application satellite systems for long-term stable operation is the main target among all. The application satellite will be the base of such systems. Satellite engineering design has to be done from top level with considering simultaneously the large system and the integration of space and ground segment. The shortcut of developing satellite is to use common platform and to use the parts of three standardization (generalization, serialization, modularization). So the satellite products can be obtained with a faster, better and more economic results. To narrow the gap with the international technique level, China has to strengthen the pre-study, attach importance to technical innovation, develop new platform, new payload and new satellite, and realize the development with a jump step. To achieve these goals the operation mechanism and management pattern should be reformed and the translation from the research institute system to modern enterprise system should be realized.

[Key words] space exploitation; application satellite; satellite application; satellite-bus