

中国科学院与中国第一颗人造地球卫星

陆绶观*

(中国科学院 北京 100864)

关键词 中国科学院,人造地球卫星



在纪念共和国成立50周年和中国科学院创建50周年的欢庆日子里,人们会自豪地想到,构思、孕育、诞生于中国科学院的中国第一颗人造地球卫星——东方红1号,带着它那设计独特、向全球播放的《东方红》乐音,飞上蓝天已经29年了。

中国科学院40多年的人造卫星工作大体经历了三个时期:1958—1964年为581任务时期,主要是构思、预研、练兵、打基础,科学家们和院党组提出的卫星计划获中央赞同并拨专款支持,后因国家经济困难适当调整;1965—1968年为651任务时期,中央专委决定中国科学院负责卫星工程总体设计和技术抓总以及卫星本体的研制和地面测控系统的组建,七年预研开花结果;1968年在文化大革命冲击下,中国科学院的卫星任务、机构和队伍成建制地

移交国防科委,成立空间技术研究院,此后在各型卫星研制工作中,中国科学院有关各所仍继续承担协作配套任务,并开展卫星应用研究。本文仅简叙第一颗卫星有关工作。

1 卫星研制任务的提出

1957年10月4日,人类第一颗人造地球卫星由苏联发射成功。中国科学院副院长竺可桢、力学所所长钱学森、地球物理所所长赵九章等建议开展中国的卫星研究工作。应苏联科学院要求,中国科学院国际地球物理年国家委员会自10月起,在全国范围内组织对苏联卫星的观测,并成立人造卫星光学观测组和射电观测组。观测站先在北京、南京、上海、昆明四地设立,1958年发展到12处。

1958年5月17日,毛泽东在中共八大二次会议上提出:“我们也要搞人造卫星。”聂荣臻责成中国科学院张劲夫和国防部五院王铮等组织有关专家拟订卫星规划。7月,中国科学院向聂荣臻报告,整个工作拟分三个步骤:第一步发射探空火箭,第二步发射小卫星,第三步发射大

* 中国科学院原卫星任务办公室主任,计划局局长。赵董协助整理
收稿日期:1999年8月9日

卫星;火箭以五院为主,探空头和卫星及观测工作以科学院为主,相互配合;要求苦战3年,实现(1960年)卫星上天。为组织协调卫星研制任务,成立了“中国科学院581组”,组长钱学森,副组长赵九章、卫一清,成员有力学所杨刚毅、自动化所武汝扬、电子学所顾德欢、化学所华寿俊等。另设技术小组,由钱学森和赵九章主持,经常参加会议的有陆元九、杨嘉墀、陈芳允、吕保维、马大猷、孙湘、孙健、王正、吴几康、施履吉等。当时这项工作抓得很紧,每周要开2到3次会议,张劲夫、裴丽生、杜润生、王铮、王士光、罗沛霖、钱文极、蔡翘也多次出席这些会议。

与此同时,以力学、自动化、地球物理三个研究所为基础,成立三个设计院:第一设计院负责卫星总体设计和火箭研制,为便于与上海市合作,11月迁上海,改名为上海机电设计院;第二设计院负责研制控制系统,分3个研究室,业务方向分别是姿态控制系统仿真,遥控遥测和运动物体控制;第三设计院负责探空仪器研制与空间环境的研究。

581组紧张工作两个多月,通过与院内外31个军、民单位的大力协作,同年10月,在中国科学院成果展览会保密馆展出了卫星和火箭的设计图与模型,包括载有科学探测仪器和小狗的两个探空火箭头部模型。以毛泽东为首的党和国家领导人参观了展览。

考虑到火箭推力对卫星发展的制约,钱学森主张科学院先行一步,研究高能燃料。1958年,科学院召开高能燃料会议,组织北京、上海、大连、长春四个化学所的精兵强将,开展液体、固体高能燃料的研制,并探索固液型、游离基及重氢燃料。为此向聂荣臻作了专题报告,建议火箭制造也采取两条腿走路的办法,即在五院利用苏联资料和一般燃料研究火箭的同时,科学院发挥各有关研究所潜力,完全靠自己摸索创造,从高能燃料入手开发研制火箭。为进行高能燃料的合成、组合、燃烧等研究试验和相应的火箭发动机研制试车,张劲夫、钱学森等乘民航飞机在北京选址,由科学院京区两个所联合建立试验基地。

1958年11月,张劲夫作为中共中央候补委员在参加武昌八届六中全会期间,向书记处汇报科学家们对研制人造卫星的意见和计划,获会议赞同,并决定拨2亿元专款支持。院党组确定专款重点用来建设迫切需要的高能燃料、火箭发动机和上海机电设计院运载火箭两个研究设计试验基地,以及水声工作站,风洞,581组实验室,109厂,上海、大连、长春高能燃料研究室,电子、自动化、高温金属、光学等四个配套工厂。

2. 以探空火箭练兵,高空物理探测打基础

1959年1月21日,院党组传达邓小平指示:由于国力的原因,卫星明后年不放。据此,调整了581任务部署,提出“以探空火箭练兵,高空物理探测打基础,不断探索卫星发展方向,筹建空间环境模拟试验室,研究地面跟踪接收设备”的方针。实际工作首先集中力量研制T-7型气象火箭,同时与国防部五院合作研制和平1号高空地球物理火箭。5月4日,钱学森主持和平1号协作分工会议,就遥测系统、箭上仪器、结构设计、弹道测量、与靶场挂钩等问题作了具体安排。

2.1 探空火箭及其各配套分系统的研制

气象火箭是一种能探测60—80公里以下高空大气温度、气压、风向、风速的空间探测系统。麻雀虽小,五脏俱全,包括运载火箭,飞行器结构,能源,天线,探测仪器,环境模拟试验,地面发射,遥测,跟踪测轨,时间统一和数据记录处理等各分系统。

上海机电设计院1959年10月开始研制的T-7的模型火箭T-7M,于1960年2月19日首

次发射成功,并于12月加上助推器串级发射成功,飞行高度达9.8公里。1960年5月28日,毛泽东、杨尚昆等到上海新技术展览会尖端技术展览室参观了T-7M型火箭。当汇报到这是在没有苏联专家,没有资料,依靠平均年龄不到25岁的大中专学生设计研制而成时,毛主席连声称好,并询问火箭可飞多高,回答能飞8公里,毛主席说:“8公里那也了不起!”“应该是8公里、20公里、200公里,搞上去!”

在研制火箭的同时,1960年3月,地球物理所、上海机电设计院联合在安徽省广德县山区选点建立了探空火箭发射场。T-7型火箭是由液体主火箭和固体助推器串联起来的无控制火箭,总长10米,直径0.45米,起飞重量1138公斤,可携带探测仪器25公斤,设计最大飞行高度60公里。1960年9月13日T-7火箭首次发射成功,经过几次失败和成功的试验后,1961年11月23日达到58公里的飞行高度,基本满足高空气象探测要求。1962年1月,确定对T-7火箭作进一步改进,要求有效载荷提高到40公斤,称为T-7A型,并于1963年12月发射成功,最大高度达到115公里,箭头、箭体分离后分别用降落伞装置回收,不但可用作气象探测,也为高空生物和地球物理探测创造了条件。

火箭遥测系统和跟踪定轨系统自1958年起分别由自动化所(第二设计院)和地球物理所(第三设计院)主持研制,经过多次改进、提高,达到了T-7型火箭的实际使用要求。

为检验各种材料、元件、仪器、结构等能否满足火箭上天的严酷环境条件,地球物理所于1959年研制建成高低频振动,冲击和超重试验的动力学环境模拟实验室;并在1959—1965年期间,与有关工厂合作,先后研制建成大型环境模拟设备,包括大振动台、大冲击台、大型高空气候模拟试验箱、高声强试验室、旋转半径6米的大型离心机和直径2米的超高真空太空模拟器,可对整个箭头和卫星进行试验。

2.2 高空气象、物理、生物探测的组织实施

1960—1965年组织了一系列高空科学探测试验。仅T-7火箭就先后发射过9批次24发。其间上海机电设计院于1963年1月划归国防部五院,但与科学院各所的协作关系不变,联合攻关一如既往。

国防科委1961年5月向中国科学院新技术局正式下达探测100公里以下高空大气温度、气压、密度和风等四项参数的任务。同年11月23日,由上海机电设计院和地球物理所组成的联合试验队,在广德利用T-7火箭测得58公里高空以下箭载空盒气压计、热丝气压计、钨丝温度计和太阳辐射计数据,这是带气象、物理探测仪器的火箭第一次获得成功。1963年8月4日,在地球物理所对镀锌丝的随风性能、金属化伞测风代表性和雷达反射特性等理论研究和地面、气球、飞机试验的基础上,用火箭测风第一次取得成功。当年和次年又先后进行8次火箭测风试验,都获得高空大气的风向风速资料,取得突破性成果。

1959年国防部五院与科学院共同筹划的和平1号地球物理火箭,1964年初落实为用T-7A型火箭进行电离层电子浓度探测试验。整个探测系统的总体设计和研制由地球物理所负责。1965年12月,七机部八院(原上海机电设计院)与地球物理所联合组织空间物理火箭探测,飞行高度90公里,取得了火箭喷焰的等效电子浓度数据,在另一发火箭上测量高空宇宙线的盖革计数器,也取得很好结果。以多普勒频移原理设计的电离层测量系统为后来卫星跟踪测轨打下了技术基础。

1963年中国科学院生物物理所提出用火箭进行高空生物学和高空医学研究,1964—1966

年共成功发射5发,箭头舱内分别装有大白鼠、小白鼠、生物试管(果蝇、须酶、真菌、放线菌以及蟾蜍卵等)和小狗,箭上遥测和摄影系统工作正常,生物舱安全回收,为我国宇宙生物学研究和生物保障工程设计取得开创性成果。五院1964年8月10日致函科学院并转生物物理所、地球物理所祝贺生物火箭试验成功。

2.3 卫星的预研和准备工作

在围绕气象、物理、生物等高空火箭探测的攻关目标,组织数、理、化、天、地、生、技术科学等多学科通力协作,科研、设计、工艺、制造、试验等多兵种联合作战的同时,科学院为下一步人造卫星上马开展了相应的准备和预研工作:地球物理所在钱骥主持下,组织骨干力量对国外卫星和空间技术发展及应用动向作了全面、深入、细致的调查和分析研究,为我国自行设计研制提供借鉴;天文台和数学所通过对外国人造卫星的观测,在轨道理论研究和最佳轨道计算方面取得成果;自动化所(第二设计院)自1958年起从未放松对运动物体控制的理论研究,并结合多项国防委托任务研究卫星控制(包括轨控和姿控),还研制成功系统仿真设备J331大型模拟计算机;京区两个所分别对星上所需太阳能电池、微波固态源以及卫星结构力学、热控技术的研究等也不断取得进展;院器材局工厂扩充加强为院科学仪器厂,从工交部门调入技术工人,集中使用外汇进口精密加工机床,并建立计量标准二级中心,为卫星加工和总装、测试等创造条件;中国科学技术大学开设了一系列有关空间科学技术的课程,包括钱学森讲的《星际航行概论》,赵九章讲的《高空大气物理学》,陆元九讲的《陀螺及惯性导航原理》等,并由科学出版社出版发行;1961年4月12日,前苏联宇航员加加林太空飞行成功,中国科学院由裴丽生、钱学森、赵九章等主持举办星际航行座谈会,1961—1964年共举办12次,每次由一位专家做专题发言,其内容于1965年1月由新技术局汇编成册,科学出版社出版。

在院党组的统一领导和卫星研制任务方针的指导下,经过7年坚持不懈的努力,出色地实现了目标,锻炼成长了一支既有高度理论素养,又能团结协作,自己动手创造条件,解决实际问题的坚强队伍,积累了从总体设计、组织计划、实验条件建设、分系统协调、质量分析、调度指挥等一整套科技工程攻关的宝贵经验。

3 卫星规划方案的制订与批准

1964年,我国中程导弹再次发射成功。当年12月三届人大会议期间,赵九章上书周恩来总理,陈述理由,认为抓卫星工作是时候了。1965年1季度,周恩来批示科学院提出具体方案。张劲夫、裴丽生、竺可桢迅即组织有关人员讨论,在多年卫星基础研究和火箭探空实践的基础上,形成党组建议上报。与此同时,钱学森也建议早日制订卫星计划,列入国家任务。聂荣臻指示国防科委罗舜初约请张劲夫、钱学森、孙俊人等有关部门负责人和专家座谈。根据座谈意见,国防科委4月29日向中央专委提出1970—1971年发射我国第一颗人造卫星的报告,建议卫星工程总体及卫星本体由中国科学院负责,运载火箭由七机部负责,地面观测、跟踪、遥控系统以四机部为主,科学院配合。5月4日—5日,专委第12次会议原则批准国防科委的报告,并指示:以科学院为主,负责发射人造卫星的总体设计和技术抓总,由四机部、七机部及总后军事医学科学院等部门协作,并将此项工作纳入各部门计划;科学院7月在专委会议上提出有关具体安排的报告。为贯彻中央专委第12次会议的指示,科学院于5月31日成立由解肇元、胡海昌、何正华和王大珩、陈芳允、贝时璋、关肇直负责的卫星本体和地面设备、生物、轨道等四个工作

组,草拟初步方案。

经过一个多月的紧张工作,于7月1日向中央专委呈报了《中国科学院关于发展我国人造卫星工作的规划方案建议》,就发射人造卫星的主要目的,十年奋斗目标和发展步骤,我国第一颗人造卫星可供选择的三个方案,卫星轨道选择和地面观测网的建立,重要建议和措施等五个问题作了论述。这个方案经中央专委第13次会议讨论并原则批准,确定由国防科委负责组织协调。科学院开会传达中央专委决定,讨论卫星工作的任务落实和组织落实。决定立即成立三个组织:卫星任务领导小组,组长谷羽,副组长杨刚毅、赵九章;卫星总体设计组,组长赵九章,副组长郭永怀、王大珩;卫星任务办公室,主任陆绶观(时任中科院新技术局科研计划处处长)。1966年1月,宣布成立中国科学院卫星设计院,代号651设计院,赵九章任院长,杨刚毅任党委书记,钱骥等为副院长。

4 第一颗人造地球卫星总体方案的论证

为促进各有关部门尽快进入卫星研制的实际工作,国防科委决定组织军、民有关单位对第一颗卫星的技术方案加以具体论证。1965年10月20日—11月30日,中国科学院受国防科委委托,在北京主持召开了中国第一颗人造地球卫星总体方案论证会。参加会议的有国防科委、国防工办、国家科委、总参、海军、炮兵、一机部、四机部、七机部、通信兵部、邮电部、发射基地、军事医学科学院以及中国科学院有关研究所代表共120名。会议由裴丽生副院长主持。赵九章就过去工作、第一颗卫星的任务和条件、协作分工、会议开法等作了说明。科学院代表报告了中国第一颗人造卫星的总体方案和卫星本体设计提纲;七机部代表报告了运载工具方案设想;按照四机部建议,中国科学院代表报告了地面系统方案设想。

会议对重大问题进行了反复、慎重的讨论。确定第一颗卫星为科学探测性质的试验卫星,为发展我国对地观测、通信、广播、气象、预警等各种应用卫星取得基本经验和设计数据。其具体任务是:(1)测量卫星本体的工程参数;(2)探测空间环境参数;(3)奠定卫星轨道测量和遥测遥控的物质技术基础。大家一致同意中国第一颗卫星在重量、寿命、技术等方面都要比苏、美第一颗卫星先进,并做到“上得去,抓得住,测得准,报得及时,听得到,看得见”。要努力做到一次成功,初战必胜。总体组何正华提出,第一颗卫星命名为“东方红1号”,并在星上播放《东方红》乐音,让全世界人民听到,这一提议得到与会专家赞同。

会议通过深入细致的论证,编写了第一颗卫星总体方案、本体方案、运载工具方案和地面观测系统方案等4个文件初稿以及27个专题论证材料共15万字左右。

关于地面跟踪测轨系统,1966年1月—3月,在651设计院组织有关专家对短弧段跟踪定轨进行大量模拟计算和分析研究的基础上,肯定了多站多普勒独立测轨的方案,使我国中低轨道卫星的跟踪测轨系统形成中国自己的特色。3月22日—30日,在北纬饭店召开地面观测系统方案论证会,审定了各分系统的方案。在4月召开的两次轨道选择会议上,根据实际需要和可能,与会者一致作出将轨道倾角增大到70度左右的结论,不仅根本改善了卫星轨道的总体性能,而且可节省地面台站建设的大量投资。

5 东方红1号卫星的研制

651设计院东方红1号总体组由钱骥副院长领导。总体组与院新技术局卫星任务办公室

密切合作,于1965年12月共同组织召开院内卫星任务第一次工作会议,并把研制任务分解成为一个个具体课题下达各所。

东方红1号各分系统的组成是:《东方红》乐音装置、短波遥测、跟踪、天线、结构、热控,能源和姿态测量等。其中,让全球听到中国卫星播放的《东方红》乐音是大家十分关心的一个项目,由自动化所负责研制,通过众多方案的反复研试,选择确定了最佳方案。星上短波发射机一身二任,既播送乐音,又传送遥测信号。

跟踪定轨分系统涉及到卫星上天后能否准确测定其运行轨道参数并及时向全世界预报卫星飞经各地上空的具体时刻。地面跟踪以多普勒测速仪(地球物理所研制)为基础,而在卫星入轨点则以154-II型雷达(四机部研制)为主,配以引导雷达(西南电子所研制)。与这3种地面无线电跟踪设备相呼应,星上也安装3种无线电装置:超短波信标机(地球物理所研制);5厘米微波应答器(四机部研制);10厘米信标机。

其它各分系统也都各有其独特的技术问题,例如热控,卫星在空中运行时,向阳面温度高达 100°C ,背阴面低至 -100°C ,而仪器设备必须保持在 -5°C 至 40°C 范围内才能正常工作。通过大量的测量、试验、计算和理论分析,采用了华东地区两个所研制的多种温控涂层,使仪器舱内温度达到总体设计要求。

为确保卫星产品质量,1967年1月总体组提出东方红1号研制工作分为模样、初样、试样和正样四个阶段。各分系统首先制作实验线路,装出性能样机,证明技术上可行,生产上可能,由总体组指派验收组进行验收,然后装出模样星,通过解决总装试验后出现的矛盾,确定协调参数,在此基础上拟定各分系统的初样研制任务书。总体组还制定出初样阶段整星和分系统各种试验的技术规范,用初样产品总装出考核卫星结构设计、热控制设计等的结构星、温控星等,通过试验,改进,再试验,直至达到设计要求。进一步协调确定研制试样星的技术规范。

1967年12月1日—20日,在科学仪器厂(即卫星总装厂)进行星上跟踪系统初样联试,解决了射频干扰等几个难题,使星上跟踪系统工作正常。到1967年底,各分系统的初样产品基本配套,卫星桌面联试工作准备就绪,初样阶段的研制工作接近完成。

6 卫星地面观测系统的建设

卫星地面观测系统包括光学及无线电跟踪系统,遥测遥控系统,时间统一勤务系统,通信系统,控制计算中心及数据处理系统等,技术高度综合,规模庞大,台站遍布全国。1966年3月4日,按照四机部的建议,国防科委张震寰副主任召开会议,决定卫星地面观测系统的规划、设计、建设和管理工作,改由中国科学院为主,四机部配合,邮电、通信兵及其它有关部门参加。为此,科学院于5月3日成立了卫星地面观测系统管理局筹备处,由杨家德、陈芳允负责。半年内做了大量工作:参与确定了轨道倾角 70° 的地面观测系统总体方案;提出了包括大、中、小18处台站和1个控制计算中心的地面观测系统布局方案;提出了各台站系统主要设备的技术指标和使用要求,并开始组织订货和研制;开始了台站设计和选址工作;着手台站观测人员的征集和培训工作。

时间统一勤务由上海天文台负责。人造卫星以每秒约8公里的速度绕地球运行,1/1000秒就飞行8米,要进行精确测轨、计算和组织整个大系统的同步操作,必须有高精度的时间频率基准。在周恩来总理亲自关怀下,上海天文台胜利地为东方红1号提供了时统服务,并及时

试制成功氢原子钟。

卫星地面站专用 717 中型数据处理计算机,是计算所克服“文革”造成的极端困难,于 1968 年 6、7 月研制完成 2 台,并派出 2 个小分队分赴新疆、湖南安装,以实时收集处理雷达、遥测遥控和跟踪信息,完成对卫星运行初轨的计算。

地面观测的一个重要任务是及时发布卫星行经各地时间的准确预报。1967 年 3 月国防科委主持的地面观测系统方案复审会议确定,组织专门任务组,研究制定整套测轨预报方案。任务组由紫金山天文台、数学所、西北计算所、701 工程处和发射基地共 25 人组成,经过整整一年的艰苦奋斗,终于成功撰写出方案报告。紧接着任务组又集中到北京编制计算机实测程序,然后分头深入天南地北的中心站、基地,把程序装入地面站的计算机存储器,调试无误,最后于 1969 年 9 月通过联合演习。至此,测轨预报专门任务组的任务全部完成,就等卫星发射了。

7 卫星系列规划的论证和返回式卫星的预研

根据 1965 年 8 月中央专委指示科学院可先按卫星工作规划开展工作,赵九章、钱骥即开始探讨返回式卫星的方案。钱骥带人遍访军、民有关单位,调研征询对卫星应用的需要,掌握第一手材料。1966 年 5 月 11 日—25 日,中国科学院受国防科委委托,组织军、民有关单位召开 1966—1975 年卫星系列规划论证准备会。赵九章作了综合报告,钱骥报告了发展返回式卫星的设想,军事医学科学院贾司光报告了载人飞船的作用,心理所徐联仓介绍了发展宇宙飞船的初步设想。提出的规划设想为:“以科学实验卫星作为开始和打基础,以测地卫星,特别是返回式卫星为重点,全面开展包括通信、气象、核爆炸、导弹预警、导航等卫星,配成应用卫星的完整体系,进一步在返回式卫星的基础上发展载人飞船。”会议对各类卫星的任务,需要解决的关键技术,它们之间的相互关系等问题,进行了较全面、详细的分析,为中国卫星事业的持续发展确定了方向。

会后,卫星设计院组建了返回式卫星总体组。除结合东方红 1 号对返回式卫星的轨道选择进行了研究外,还就有关关键问题进行了论证和预研:

7.1 卫星回收方案

在卫星设计院安排下,力学所对飞行轨道、着陆准确度、制动火箭、再入气动与外形、气动垫和剪切力、防热层烧蚀等进行了研究分析计算和实验,提出了下降轨道选择、实现回收的具体步骤等方案设想,并于 1966 年 3 月提交了书面报告。

7.2 姿态控制系统方案

为满足入轨、返回等对卫星姿态控制的精度要求,自动化所提出采用三轴稳定姿态控制,通过反复论证,并用模拟和数字计算机做了大量的仿真试验和参数设计,1970 年初完成姿控系统模样研制。

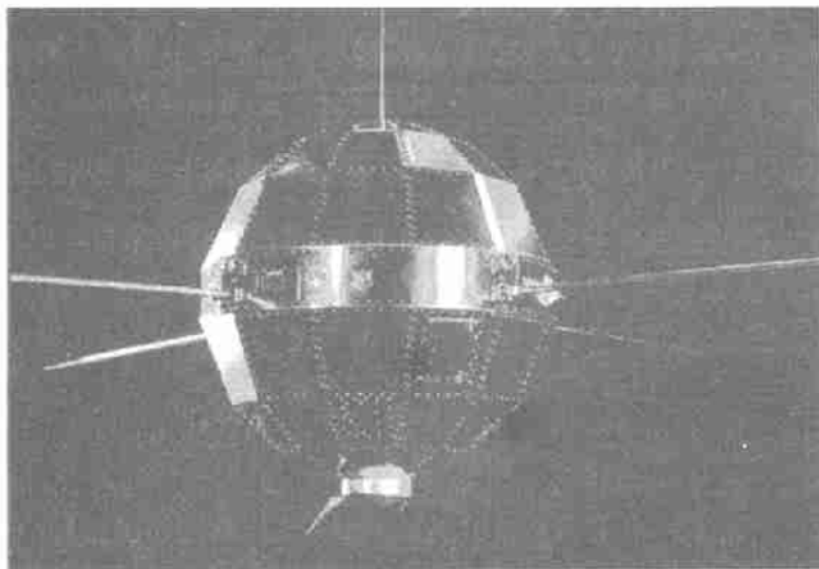
在上述预研工作的基础上,1967 年 9 月 11 日召开了返回式卫星总体方案讨论会。

与此同时,在王大珩和陶宏分别主持下,对返回式卫星用相机和胶片开始研制。

8 东方红 1 号升空

中国科学院与国防部五院、四机部和全国许多部门、单位密切合作,至 1968 年初已基本完成中国第一颗人造卫星初样星的研制,地面观测系统的建设也初具规模,卫星研制、生产、试验

和操作管理人员已锻炼形成能解决实际问题的坚强队伍。1970年4月24日晚,东方红1号胜利升空,圆满实现了“上得去,抓得住,测得准,报得及时,听得到,看得见”和一次成功,初战必胜的要求。



中华第一星:东方红1号卫星

9 人造卫星抓总工作体制的大调整

在“文革”动乱中,1967年10月25日,毛泽东批准聂荣臻关于国防科技体制调整、改组方案的报告。据此,1968年2月中国科学院把卫星工程及主要承担卫星工程任务的单位全部移交国防科委建立空间技术研究院。据1968年5月统计,中国科学院划归空间技术院的研制队伍6000余人,千元以上的仪器设备3000余台,建筑面积21万平方米,大体分别占空间技术研究院当时人员、仪器设备和建筑面积的3/4。

10 为迎接新世纪再立新功

我国第一颗人造地球卫星是在五六十年代国际上对我封锁禁运,国内经济调整、恢复时期研制成功的。是在中央统一领导下,各有关部门科技人员、工人、解放军指战员大力协同、自力更生的一曲凯歌。充分反映了科技工作者无私奉献、艰苦拼搏的爱国主义思想和勇于开拓、知难而进的可贵精神面貌。人造地球卫星是在天文学、数学、力学、地球物理学、电子学、自动化、计算技术和材料科学、信息技术等现代科学技术的基础上发展起来的,也是国家科技和工业水平的一个集中表现。组织人造地球卫星的研制和发射是一项复杂的系统工程。回顾过去,可以看出中科院的优势所在和潜力之大。面对新的世纪,进一步发展国防和国民经济尖端技术,关键在于创新,以新的思路创造新式武器和新型生产技术。中国科学院作为基础研究和高新技术研究基地,具有很强的综合实力,在新时期新的内外条件下,将发挥更大的作用,为科技、经济、社会的发展,为增强综合国力再立新功。