

# 中国当代航天事业 发展概况（三）

闫新 编著



# 目 录

卫星地面测控网与地面站 .....	1
地面测控网 .....	2
静止卫星的测控 .....	11
卫星通信地面站 .....	16
材料工艺和大型试验设施 .....	20
材料与工艺 .....	20
大型试验设施 .....	33
航天工程的科学管理 .....	47
“ 三步棋 ” 和研制程序 .....	49
总设计师系统与两条指挥线 .....	52
型号总体设计部 .....	56
航天工程的计划管理 .....	60
航天工程的质量管理 .....	66
航天队伍的形成和成长 .....	74
队伍的组建和构成 .....	74
队伍的培养 .....	86
在实践中锻炼成长 .....	94
中国航天事业的发展道路 .....	101
坚持自力更生，独立研制 .....	102
制定适合我国国情的发展战略 .....	109
在组织社会主义大协作 .....	116
对外交往与合作 .....	121
进入对外开放的新时期 .....	121
加强国际交往与合作 .....	125
参加国际空间组织的活动 .....	132
航天技术与现代化 .....	135

发展航天技术的重要意义 .....	136
航天技术应用的成就 .....	140
航天技术在国民经济中的推广 .....	148
附录 中华人民共和国航天事业大事年表 .....	159

## 卫星地面测控网与地面站

人造卫星随运载火箭离开发射台以后，要通过无线电波等手段同地面建立实时的信息联系，使地面及时了解卫星所在的位置、姿态及星上各系统的工作情况，并实现对卫星的控制，保证卫星完成预定的目标和任务。这就是地面对卫星的测量控制，简称“测控”。测控系统是航天技术的重要组成部分。

测控系统的设备，通常包括星载部分与地面部分。地面部分的测控设备，加上通信、时间统一勤务、计算机、指挥调度系统等组成测控地面站。按照卫星飞行的轨道和任务，在地面上要布置以控制计算中心为核心的多处测控站，在海洋上布置测控船队，它们组成测控网，以保证完成对卫星飞行的测控任务。

除了地球静止卫星或其他高轨道卫星(包括深空探测卫星)外，一般较大倾角的中低轨道卫星所飞经的范围是很广的。因此，除控制计算中心外，需要有重点地在卫星飞经的重要地区，如卫星的入轨点、机动变轨段、回收段等，增设若干测控站。考虑到地球上大部分为海洋，测控船队可在广阔的海洋或其他水域内机动地布站，因此，远洋测控船队也是测控网的重要组成部分。另外，根据不同的卫星、不同的轨道的测量需要，在地面上还应配有活动测控站，按照任务需要开赴指定地点，执行测控任务。

各个测控站(包括船队、车队)组成一个整体，即地面测控网。负责这个网的信息交换、信息处理的中心是

控制计算中心。控制计算中心是测控网的神经中枢，它对各测控站进行统一的信息控制管理，汇集各站测量数据并进行计算，预报卫星轨道，测量卫星工作情况，并根据需要，命令有关测控站对卫星实施控制或注入数据。

我国卫星测控网于一九六五年开始规划，从一九六七年底开始建设。这是一项技术要求高、难度大、建设周期长、耗资大的工程。我国许多工程技术人员、干部和解放军指战员，投入了这项重要工程的建设。在测控网建设初期就胜利地执行了第一、二颗人造卫星的测控任务。接着，又进一步扩大和完善了已初具规模的中低轨道卫星地面测控网，胜利地完成了返回式卫星的测控任务。在七十年代后期，我国在原有基础上，研制了更为先进的微波统一测控设备，建立了更为完善的控制计算中心，建立了为发射地球静止轨道卫星的测控网，于一九八四年圆满地完成了我国试验通信卫星的变轨、调姿、定点、控制等一系列复杂的远距离测控任务。

## 地面测控网

一九五七年十月，前苏联第一颗人造卫星上天后，我国的天文工作者开始了对人造地球卫星的观测工作。一九五七年至一九五八年，在紫金山天文台张钰哲台长的领导下，建立了人造卫星运动理论研究室，并在北京、南京、广州、武汉、长春、陕西等地建立了 20 多个人造卫星观测站，利用广角望远镜进行观测，并进行了短波段的无线电多普勒测速定轨的试验。紫金山天文台研究了“人造卫星轨道预报方法”，将各地人造卫星观测站的数据汇总计算，进行轨道预报。

一九六五年初，根据周恩来总理和聂荣臻副总理的指示，中国科学院组织以王大珩、陈芳允为首的有关人员，讨论了建立我国卫星地面观测网的问题。一九六五年七月，在中国科学院向中央专门委员会呈报的《关于发展我国人造卫星工作的规划方案建议》中，提出了我国卫星地面测控系统应以无线电测控为主，结合光学观测的意见。同年秋召开的我国第一颗人造卫星方案论证会提出，卫星地面测控网应由控制计算中心及若干地面测控站组成，它的主要任务是：(1)接收记录遥测信息，并向控制计算中心传送；(2)在跟踪测轨获得初轨的基础上进行计算，作出星下点的全球性预报；(3)控制计算中心综合并计算各测控站的数据，实时显示卫星的各种工作情况，并作出相应的决策；(4)通过地面遥控系统，向卫星发送遥控指令，对卫星各系统进行控制。

考虑到地面测控网规模大，系统性、综合性强，要求其对卫星“抓得住、测得准、报得及时”，最初对地面测控网进行规划时，确定充分利用我国国土，在我国西部、南部及东部设站，控制计算中心设在陕西渭南。

一九六六年三月，国防科委委托中国科学院负责卫星地面观测系统的规划、设计、组建、管理和维修工作，并明确了电子工业部、邮电部、解放军通信兵部、酒泉发射场、海军、空军等部门承担的任务。接着，中国科学院召开了我国第一颗人造卫星地面观测系统的方案论证会，确定了卫星地面观测系统的方案和初步分工意见。

为了加强地面观测系统的建设工作，中国科学院开始筹备成立卫星地面观测系统管理局，专门负责地面测控网的规划、设备抓总、建设和管理工作，并决定从西南电子所、自动化所、华北计算所等单位，抽调技术人

员和干部组建“701”工程处，负责筹备工作。

不久，由于“文化大革命”的严重冲击，卫星地面观测系统的总体设计和建设工作，转由国防科委试验基地负责。该基地由第六试验部负责此项工作。一九六七年三月，召开了卫星地面观测系统的方案复查会议，对原订的观测系统方案作了局部修改。从此，开始了台站的选址筹建工作。一九六七年春，在北京、南京、上海、武汉，用简易多普勒测速仪对国外发射的卫星进行了跟踪测轨试验，证明以多普勒测速仪作为中低轨道卫星测轨的基本手段是可行的。

为了建设我国卫星测控网的第一期工程，从一九六七年开始，从祖国的首都和地处西北戈壁的试验基地，汇集了大批技术干部，其中有多人从事过火箭、导弹地面发射和测控工作的技术人员，以及多年从事无线电测量、计算机方面工作的中国科学院的科技工作者，他们聚集到祖国腹地的中心——陕西渭南，其中一些人再从这里奔赴各筹建中的测控站，开始了我国测控网的建设工作。

国防科委试验基地第六试验部根据测控网的规划，决定分期进行建设。首期工程主要是适应“东方红一号”卫星的测控要求，建设7个测量台站。其中大站4个，中站3个。由于通信线路及其他建设难以在短期完成，在执行第一、二颗卫星测量任务时，控制计算中心暂设在发射场，然后再将控制计算中心搬到渭南。

第一期工程所包含的地面观测跟踪系统，包括6个分系统。

### 1. 跟踪测轨系统。

采用无线电为主、光学为辅的手段，包括有“154

— 乙 ”单脉冲精密跟踪雷达、“701—5”无源引导雷达、多普勒频移测速仪、比相干涉仪、广角望远镜。

“154—乙”单脉冲精密跟踪雷达由电子工业部1014所研制。在执行“东方红一号”任务时，此雷达安装在湘西站(入轨点主要测量站)及酒泉发射场(兼顾主动段测量)。

“701—5”无源引导雷达，引导上述精密跟踪雷达捕获目标，它由空间技术研究院西安无线电技术研究所研制。

多普勒频移测速仪，由空间技术研究院空间物理研究所(该所于一九七九年划归中国科学院)研制，上海科学仪器厂生产。该厂工程师朱爱康、周立祺参加设计、研制的多种型号多普勒双频测速仪，在多次执行测控任务中发挥了作用。在南方4站均安装有此设备，可实现3站交会观测，以获得初轨数据。在新疆站装有测速仪，是为了获得卫星第二次经过我国时的测量数据，以便对轨道数据作出修正。

比相干涉仪(2套)，由中国科学院北京天文台研制，分别安装在广西站和新疆站，对卫星入轨点及第二次入境进行测量。

## 2. 遥测系统。

第一颗卫星的《东方红》乐音和遥测信号共用接收机，是采用短波通信所用的国产“56”型接收机，并配有乐音及遥测解调设备。第二颗卫星的长期遥测信号和短期遥测信号共用“56”型接收机，并配有专用遥测解调设备。解调设备分别由北京控制工程研究所和飞行器总体设计部研制。

## 3. 时间统一勤务系统。



采用短波授时手段，接收我国短波标准时间信号发播台(BPV、BPM)的信号，以统一各站的时间标准。

#### 4. 数据处理系统。

在大站配有数据处理计算机、监控和记录设备。数据处理计算采用“717”计算机，由中国科学院计算研究所研制。中站的跟踪设备和数字传输设备之间配有缓冲设备，用以匹配数据传输速度。

#### 5. 通信、指挥调度和数据传输系统。

采用有线通信为主，无线通信为辅的通信系统。为适应地面测控网第一期工程需要，邮电部研制了6种数传设备，其中有线载波线路设备4种，短波通信设备2种，并采用清华大学研制的“SCA—3”型数传机。在控制计算中心及各站设有指挥调度台，与测控网其他站及本站内各分系统设备之间通过通信线路实施指挥调度。

#### 6. 控制计算中心。

它是卫星地面观测跟踪系统的枢纽，负责指挥整个地面测控网协调工作。该中心配置有：数据处理计算机、监控显示设备、通信及时间统一勤务系统设备等。其中的数据处理计算机，采用锗晶体管的“108 乙型”计算机，是由电子工业部1015所在一九六六年开始研制的。

在加紧研制各种地面测量设备的同时，测控站的土建施工也全面展开。各测控站的土建工程，包括修筑道路，建立输电网，架设通信线路，精确测定站址的大地坐标，以及符合设备要求的各种建筑施工。各种设备在台站安装调试后，要进行飞机校飞试验。从一九六七年底到一九七一年初，不到两年半的时间内，就建立起初步能适应首批人造卫星测量跟踪任务的地面观测网。在建设中，各台站的建设者们，克服了种种困难，胜利地

完成了建站任务。

一九七一年四月二十四日，各测控站首次经受了发射我国第一颗卫星的考验。当发射指挥员发出点火的指令后，在火箭主动段和卫星入轨点附近的各测控站已严阵以待，人们在调度室紧张地听着各站传来的捕获跟踪的报告。卫星在地面测量站的注视和监测下，按预定轨道飞行。

根据测控网作出的预报，中央人民广播电台和首都报纸分别广播和发表了“东方红一号”卫星飞经世界各国主要城市的时间、来去方位，使世界人民能按此观看我国的卫星，收听卫星的乐曲和信号。

相隔不到一年，一九七一年三月三日，我国又成功地发射了第二颗人造卫星，测控站的单脉冲精密跟踪雷达取得了准确的数据，单站测定迅速地得到轨道数据。同时进一步证明测速仪作为卫星测轨设备是既经济又有效的。在执行第二颗卫星“实践一号”的测量任务中，测控站的遥测设备对卫星进行了数年的观测，取得了大量的资料。

在地面测控网前期工程的基础上，我国在七十年代中期建成了以渭南控制计算中心及通信总站为核心的十几个卫星测控地面站，形成了我国较为完整的中低轨道卫星测控网。

#### (一) 返回式卫星测控网的形成。

根据我国返回式卫星的总体方案，卫星在酒泉发射场发射，卫星运行的轨道，倾角约为 70 度，回收区在四川盆地。要求卫星入轨后很快测出卫星的轨道，并在卫星每次进入我国上空时，即能对其进行控制，注入数据，监视和测量轨道和系统工作情况。在回收前必须了解卫

星各种工作情况，发送回收指令，卫星从准备回收一直到回收落点均有跟踪测量站对卫星进行接力测量，以便对回收落点及时预报。

回收卫星对地面测控网的要求较高，不但要求能对卫星进行跟踪测轨，还要求能对卫星进行控制。必须建设一个初具规模的测控网才能完成卫星入轨、运行、回收这一系列测控任务。为此，在第一期已建成的 7 个站的基础上，开始建设第二期工程的渭南等 4 个站，同时还建设前置站、活动站、回收站。对于返回式卫星，在上述各测控站的基础上，还要综合利用其他测量站(非卫星测控地面站)的力量，共同组成回收卫星的测控网。

卫星入轨段测量：以南方各站为主。

卫星运行段测量：第二期工程结束后，全国所布的台站，能保证卫星每次经过我国上空时都有 1—2 个台站对卫星进行测轨。卫星运行第二圈的测轨特别重要，因为在这之后卫星将连续飞行数圈不经过我国上空，所以在此圈要精确测定轨道，以确定卫星工作情况及计算时间校正量。另外，卫星回收前一圈的轨道测量和遥测遥控也十分重要，要进行轨道预报，以便对卫星回收作好准备。

在回收区设置的回收站是一支机动队伍。根据卫星发射后的轨道情况，该站的设备和人员进入预定回收点，并按预报的再入轨道和预定落点，搜索目标。

活动站是机动地面站，设备大多安装在汽车上，根据任务需要，奔赴指定地点执行任务。活动站能机动地按卫星不同任务设站。活动站的测控人员及其车队，无论在飞沙走石的戈壁滩，还是山峦起伏的丘陵，都有他们的足迹，人们亲切地称他们为航天路上的大篷车队。

此外还有一些非卫星测控网中的测量站，在任务需要时，可临时参加，共同完成对卫星的测控任务。

## (二) 返回式卫星测控地面站的任务及主要系统。

测控站在回收卫星中的主要任务是：(1)对卫星进行跟踪观测，取得数据；(2)进行数据处理，计算初轨并对初轨进行修正，计算精轨，作出预报，计算时间校正量，选择回收圈，预报发出回收调姿、分离指令的时间及粗略落点；(3)接收并处理遥测数据，对其中部分参数实时处理；(4)对卫星发出遥控指令，以控制星上部分设备开(关)机，校准星上的计时装置；(5)根据轨道寿命和遥测参数两个因素，判断卫星是否需要应急回收，执行运行段安全控制任务；(6)在卫星回收段，完成再入控制、跟踪观测、再入弹道计算、安全判断和安全控制等任务。

测控站的主要工作系统有：

### 1. 跟踪测轨系统。

采用“154—乙”单脉冲精密跟踪雷达和“701—5”无源引导雷达、双频多普勒频移测速仪。

前2种设备是第一期工程中所用设备，双频多普勒频移测速仪是替换第一期工程中的单频频移测速仪。为了提高频移测速方法的测轨精度，在卫星上采用2个互成一定比例的高稳定频率信标源，在地面采用双频频移测速仪进行频移测定，并按相关频率的多普勒频移数据，修正电离层对超短波段无线电波的折射影响。实际使用证明，其测轨精度较高。因此作为中低轨道卫星的一种主要测量手段，在各站均配有此设备。它是由西安无线电技术研究所研制，太华科学仪器厂生产的。

### 2. 遥测系统。

包括实时遥测系统及延时遥测系统。实时遥测系统

为低速率编码遥测系统，实时传送卫星上各系统工作状况及测量参数。延时遥测系统是利用星上磁带机，将我国测控站测量范围以外的遥测数据记录下来，卫星飞经我国测控站作用范围内时，磁带机回放将遥测数据通过发射机发回地面站。由于回放速度比记录速度要快很多倍，因此采用的是中速率编码遥测系统，这 2 种遥测系统由七机部遥测设备研究所设计，巴山仪器厂生产，作为测控网第二期工程的主要设备之一，在一九七二年前后配备到各台站。

### 3. 遥控系统。

遥控指令和注入数据，均是以编码形式传送。遥控设备作为测控网第二期工程的主要设备之一，从我国第三颗卫星开始，直到八十年代中期的中低轨道卫星，均成功地完成了指令控制和数据注入任务。

### 4. 电子计算机。

由于在回收卫星任务中测控数据量很大，实时控制要求较高，原有的“108 乙”型计算机已不能满足需要，电子工业部 1015 所又研制了“320”计算机系统。该机在历次卫星发射、运行、回收过程中担负了运算的主要任务，为航天事业作出了贡献。

七十年代中期，在全国各有关单位的大力协同下，经过四年多的努力，我国自行研制的各种测控设备，相继在各地面台站安装调试完毕，并进行了校飞试验，一个初具规模的中低轨道卫星测控网形成了，为我国以后发射和回收各种中低轨道卫星创造了必要的条件。

### (三) 非回收型中低轨道卫星测控网。

我国的非回收型中低轨道卫星测控网和回收型测控网大体相同。根据不同的任务，在设站和使用设备上略

有区别。其中主要的区别是双频频移测速仪与遥测系统设备合一。

一九七 年在讨论地面测控网第二期工程所配备的设备时，对于非回收型卫星任务的测速仪与遥测设备统一的问题作出了决定。射频通道的综合利用，是空间电子技术的发展趋向。把天线(包括星上和地面)、发射机、接收机、调制解调设备合并，其优点是：节省功率、减少干扰、节省设备及减少操作维护工作量。虽然这是综合利用的第一步，但所取得的经济效益和技术上的优点是明显的。这种遥测和双频频移测速仪的综合无线电设备，在我国“实践二号”以及其他非回收型卫星的发射任务中使用，很好地完成了任务。它是由西安无线电技术研究所和太华科学仪器厂研制生产的。

我国第一座长波授时台蒲城天文台建成并开展授时业务后，为我国地面测控网的时间同步创造了极为有利的条件。在此以前，我国已利用国外长波授时台信号进行同步，辅以有线传输授时，并用铯束原子钟使各站之间的时间精确同步。

## 静止卫星的测控

一九八四年四月八日，我国静止试验通信卫星发射成功，地面测控网的作用范围也延伸到新的高度——35,786 公里的地球静止轨道的高度。

### 一、微波统一系统

一九七一年底，国防科委组织有关部门讨论了我国通信卫星测控系统的方案设想。当时地面测控网的第二期工程已全面展开，中低轨道测控网即将建成。在此基

基础上，还必须增加大功率、高灵敏度、超远距离的测控设备，才能满足地球静止轨道卫星的测控要求。为此，提出了 2 种体制：(1)分散测控系统；(2)微波统一系统。前者是采用微波跟踪测量设备，加上超短波遥测、遥控所组成，各功能系统互相独立。后者是将多种功能统一在一套设备上，并采用微波频段。

为了对上述两种方案进行抉择，一九七二年至一九七三年，在卫星通信工程测控系统总设计师陈芳允的主持下，国防科委测通所进行了大量的调查研究和协调工作，经反复论证之后，各方面都认为地球静止通信卫星的测控，采用微波统一系统，既经济又有效，在技术上也是现实可行的。

我国这种微波统一系统的方案，在测轨方面，采用了上下载波相干的双向频移测速系统，伪随机码加测距音的测距系统，单脉冲雷达形式的测角系统。遥测是作为副载波调制在下行载波上，共占 2 个副载波，即编码遥测副载波和模拟遥测副载波，前者传送卫星各种参数，后者主要传送姿态参数。遥控是作为副载波调制在上行载波上。为了实现测控站之间的数据传送，在上行载波和下行载波上分别调制了数据传送副载波。

由一个天线一套接收发送设备等所组成的微波统一系统，具有跟踪测轨、遥测、遥控、数传的能力。当时人们通俗地称之为“四合一”系统，这是一个大型的无线电系统工程。国防科委决定此系统由四机部和七机部各研制一套。由任新民、张履谦、刘铁昌等领导的“450”工程办公室，组织七机部有关厂、所研制微波统一系统。该工程副总设计师曾邑铎主持了测距测速系统的研制工作。四机部 1010 所研制另一套微波统一系统，代号为

“155”工程。一九七六年国防科委成立了卫星通信工程技术协调组，以陈芳允教授为首的有关专家，负责协调地面测控系统与卫星、运载火箭等有关问题。

微波统一系统全套设备采用半导体器件、集成电路等各种元器件近 200 千个，各种功能机柜数十个，全套设备安装在总面积约千余平方米的十几个机房内。设备可靠性高，操作使用方便，与国外同类设备相比技术性能大体相当。微波统一系统的研制成功，是我国卫星测控技术发展的一个里程碑。

## 二、静止通信卫星测控网

静止通信卫星从发射到最后在预定空间位置定点，要经过变轨和轨道调整等多种程序。

卫星进入转移轨道后的测控任务是：(1)测量卫星与运载火箭分离后的卫星轨道数据(转移轨道参数)；(2)遥测监视卫星工作情况和卫星姿态、转速等参数；(3)对卫星进行控制(包括建立点火姿态及点火控制)。

卫星进入准静止轨道后的测控任务是：(1)卫星越出地面测控站作用范围前测出准静止轨道参数；(2)对卫星进行遥测和遥控，使卫星建立轨道法向姿态；(3)进行轨道调整控制。首先使卫星向预定位置漂移(按设计要求，卫星进入准静止轨道应该向预定位置漂移，但如有偏差则进行轨道调整)。在卫星到达预定位置后，进行轨道调整，使卫星进入同步定点(静止)轨道，卫星停止漂移。这时卫星运行周期与地球自转周期相近(差 4 分钟)。

卫星在静止轨道定点后的测控任务是：(1)定期测轨，在轨道位置偏离到规定值时进行轨道修正；(2)测量卫星工作情况，控制卫星工作状态；(3)对卫星姿态及转速进行测量和调整；(4)对消旋定向天线对地定向的情况



进行测量。

为完成上述测控任务，主要依靠安装有微波统一系统的渭南站和闽西站。但是，运载火箭把卫星送入转移轨道是在南太平洋赤道上空，国内地面测控站对转移轨道的第一圈无法测量。因此，必须出动远洋测量船队。测量船除对运载火箭主动段进行跟踪测量外，利用可接收卫星微波统一系统下行信号的船载遥测解调设备和双频自动跟踪遥测系统，可对卫星在转移轨道第一圈进行测量。

渭南站和闽西站可以对卫星转移轨道第二圈及第四、六、九、十一、十三……圈的远地点及其邻近的大部分轨道段进行测量控制。由于微波统一系统采用了直径为 10 米的抛物面天线，其波束宽度小于 0.5 度，需要有宽波束的雷达来引导。为此，空间技术研究院太华科学仪器厂研制了天线口径为 2.8 米的自跟踪引导雷达，作为对微波统一系统地面大型天线的引导设备。

采取自旋姿态稳定的地球静止卫星在作轨道修正或姿态修正时，要求卫星上的小发动机的喷气要与卫星自旋同步，这就是“同步控制”。我国通信卫星的同步控制是采用星地间测控大回路的同步控制，即由遥测测出卫星自旋的周期和瞬时相位以及其他姿态参数，由遥控发出指令使卫星发动机的喷气脉冲正好是在卫星自旋到相应的相位上。同步控制的时间精度要求小于 1 毫秒，这对测控回路的传输及调制、解调方式均有严格的要求。

通信卫星测控网，包括地面测控站直到远在南太平洋的测量船队，通信及数据传送的任务很重。在指挥调度方面，也需要做到发射场、控制计算中心、测量船队等多方面的统一协调。为此，形成了以国防科工委指挥

所为试验指挥中心的多级调度指挥系统。

通信卫星从发射到定点，所需实时处理的信息量是巨大的。为完成这一任务，将测控系统的数十台计算机，通过通信线路相互衔接，形成了测量群带中的计算机网。在一次试验任务中参与联网的计算机数量之多，使我国计算机联网计算达到了新的水平。

### 三、胜利完成任务

一九八四年四月八日晚，北京指挥所灯火通明，在指挥调度室里，巨大的电视投影屏幕以三十多秒一幅的速度，播映出发射场的实况。

19 时 20 分，火箭点火。各跟踪测量站及时跟踪目标，指挥所屏幕上显示的运载火箭实测轨迹和预定轨迹相符。20 分钟后，由远洋船队传送的数据表明，运载火箭已将卫星送入预定的转移轨道。卫星从进入转移轨道起至到达第一圈的远地点止，要飞行五个多小时。此时，其中一艘远洋测量船向东北方向行驶 5 小时，以接收第一圈转移轨道远地点处的卫星遥测数据。

卫星转移轨道第二圈的测量控制是十分关键的。进入准静止轨道的许多测量控制任务，要在这一圈的观测弧段内进行。我国闽西站和渭南站，根据入轨点处测出的轨道参数所得到的预报，进行目标搜索，卫星刚露出地平线，引导仪就立即捕获目标，微波统一系统亦随之迅速捕获目标。虽然这时星上天线方向并不对准地面，接收到的信号较弱，但地面站仍能可靠地对卫星进行跟踪测量，而且所得的数据比预计要精确，向卫星发送的全部指令，通过遥测验证，从未发生误差。转移轨道第二圈连续跟踪了近 10 个小时。卫星转移轨道的第三圈，国内观测不到。第四圈是远地点发动机确定点火的一圈。

点火前对卫星再次进行跟踪测量，并对点火姿态进行精确调整，四月十日 8 时 47 分，地面站发出远地点发动机点火指令，使卫星顺利地进入准静止轨道。通过地面站对卫星轨道的测定，预计卫星将于四月十六日漂移到预定位置(东经 125 度赤道上空)。卫星定点后，建立通信姿态以及定向天线消旋等测量及控制任务均顺利地完成了。

通信卫星地面测控网，是一项庞大的工程。它包括 1 个拥有多台计算机的测控中心，2 个精度高、作用距离远的微波统一系统，3 艘远洋测量船，船上装备有电子和光学的测量跟踪设备。此外，还有设置在我国广大领土内的雷达站、遥测站、光学跟踪站协同动作，象一台精密机器一样，分秒不差地协调运转，各项设备精密可靠，整个系统运转灵活。我国的科学技术人员，为研制测控网设备，费尽了心血，克服了重重困难，作出了巨大贡献。

十多年来，我国依靠自己的力量，研制了航天工程所需的各种测控设备，逐步建成了比较配套的卫星测控网，圆满地完成了历次发射卫星的测控任务，达到了较高的测控水平。随着我国航天技术的进一步发展，现有的测控系统还需要进一步完善和提高，尤其要大力提高测量的精度，增加测量的数据，扩大实时观测的范围，完成更加繁重的、要求更高的测控任务。

## 卫星通信地面站

卫星通信地面站是卫星通信工程中的五大系统之一。

卫星通信靠卫星和地面站构成通信网，完成通信信息的传递。根据通信站设置的位置，可以分为空间通信站和地球通信站(亦称通信地面站)。通信地面站设置在地球表面，有固定站、移动站(如设置在舰船上)和可搬动的地面站。

一个完整的通信地面站包括 6 个部分：天线系统、发射系统、接收系统、通信控制系统、终端系统和电源系统。

由于静止卫星距离地面远(约 36 千公里)，信号衰减大，所以都采用大口径天线，最大的口径为 30 米，并且采用几百瓦甚至上千瓦的大功率发射机，将信号发送到卫星上去。为了接收从卫星转发器发送下来的微弱通信信号，还要配备灵敏度很高的低噪声接收机，并且采用宽频带的参量放大器。

我国最早使用的通信地面站，是一九七二年美国总统尼克松访华以及日本首相田中角荣访华时，为了沟通他们和本国的通信联络和进行访华活动的电视转播建立的。都是可搬动式的 10 米天线地面站。

一九七二年末我国开始筹建北京和上海 30 米的通信地面站共 3 座。一九七三年和一九七四年，分别租用国际卫星组织的太平洋和印度洋区域信道，建立国际通信业务。之后，我国邮电部又大力抓紧其他通信地面站的建设。

我国试验通信卫星的成功发射和定点，与之配套的卫星通信地面站的建成，为卫星通信试验和试用创造了条件。我国卫星通信网，是根据综合利用、军民结合、通信与广播兼顾的原则，并结合卫星的通信试验和通信使用的需要以及地面站的技术水平等因素统一规划，逐

步建立起来的。已投入使用的有 6 个不同类型的地面站，其中包括 1 个中央站、3 个地方站、2 个试验站，其天线口径最大的为 15 米，最小的为 0.6 米。此外，还有若干个小艇上移动站。这些地面站都是由我国电子工业部、邮电部等单位自行设计、研制的。

南京试验站建成于一九七五年十二月，是我国第一套国产通信地面站。于一九七八年参加过“交响乐”卫星(法国和联邦德国合作研制)试验。一九八二年通过国际通信卫星组织的验证性试验。该站天线口径为 10 米，以模拟制通信设备为主，可收发一路彩色电视图象和单路调频伴音，也可以接收报纸版型传真或 12—路广播节目。

石家庄试验站建于一九七六年。一九七八年这个站曾利用“交响乐”卫星进行过通信试验。一九八二年又通过国际通信卫星组织的验证性试验。该站天线口径为 15 米，以数字制通信设备为主。在我国试验通信卫星工程中，主要承担通信卫星在轨测试和地面站的验证试验等任务。该站可收发 6 路数字话、单路单载波话，并配有时分多址等通信试验设备，可收发调频电视等业务。一九八四年一月二十九日我国发射试验卫星后，由该站与北京通信地面站之间进行了电话和电视转播试验，取得了宝贵的试验数据，并获得了良好的转播效果。

昆明通信地面站，天线口径为 10 米，建成于一九八二年。担负着数字和模拟制业务的试验和试用任务。可接收北京通信地面站发送的一路彩色电视图象、单路调频伴音，亦可接收 12—15 路广播节目或报纸版型传真，还可同时与北京对通 2 对 6 路数字话及 1 对单路勤务数字电话。

乌鲁木齐通信地面站，建成于一九八二年，天线口径为 15 米，其业务内容与昆明站相同。

北京通信地面站是试验通信卫星工程通信系统的中央站，是试验和试用过程中的指挥站，负责中央电视台节目和广播节目的发送；在卫星长期运行过程中，负责对卫星的使用和管理。北京站建成于一九八三年，天线口径为 13 米，担负数字制和模拟制通信业务，兼作通信使用管理中心。该站对 10 米以上天线的大站模拟制通信业务，可发送和接收 1 路彩色电视图象及其伴音，也可发送和接收 12—15 路广播节目或 1 路报纸版型传真，数字制通信业务有收发 4 对 6 路数字话和单路勤务数字活动。北京通信地面站，还与艇站进行业务通信，并负责标准频率和时间的播发。通信使用管理任务，主要是对各项业务实施监测；从测控站获取卫星遥测数据和向测控站提出对卫星遥控要求，以求设置正常的转发器增益档，同时向各通信地面站通报卫星状态和轨道参数。

拉萨通信地面站，是试验通信卫星发射后，由人民解放军通信兵部、电子工业部等单位根据需要赶建的。它利用我国自己的试验通信卫星，完成中央电视台节目的直接转播和中央广播电台的广播节目直接传送，并为西藏自治区首府拉萨与中央直接电话联系创造条件。拉萨站建成于一九八四年九月。一九八四年国庆节的阅兵式和游行盛况，就是通过试验通信卫星由拉萨通信地面站接收并转发，及时让西藏人民看到的。

在试验通信卫星工程中，设在北京西郊和成都市区的 2 个国外引进的地面站也参加了组网使用。

为了加快全国电视覆盖的步伐，党中央、国务院于一九八五年向 16 个省、自治区赠送的 53 个卫星电视地

面接收站，已全部开通，并转播中央电视台的节目。这对发展我国边区、老区及少数民族地区的经济、活跃人民文化生活，将起到积极作用。

这些卫星电视地面接收站是由航天工业部、电子工业部和邮电部包建的，并得到了铁道、航空和空军等部门的支持和配合。

## 材料工艺和大型试验设施

原材料、元器件是航天工程研制工作的基础。要把火箭和卫星送到几百公里乃至几万公里的高空，就要有高能燃料作推进剂，产生百吨级甚至千吨级的大推力；火箭和卫星在高空中飞行，就要有高强度的结构，适应高温、高压、低温、真空、振动等各种环境条件。作为火箭和卫星“神经中枢”的控制系统，要处理瞬息万变的信息，调整姿态，调整方位，离不开高可靠的电子元器件。可以说，没有材料和元器件的有力保证，航天事业就将寸步难行。

航天工程要想获得预期的效果，另一个重要环节就是要解决好地面试验问题。进行充分的地面试验，使问题暴露出来，把一切疑点、隐患消灭在飞行试验之前。不然就会事倍功半，或者前功尽弃。

## 材料与工艺

材料与工艺水平的高低，是衡量一个国家基础工业和尖端科技水平的一个重要标志。火箭和卫星用的材料

和制造工艺更是集现代工业之大成。

一枚火箭、一颗卫星，同任何一台机器一样，先是由设计人员设计，然后由制造部门用设计要求的材料和先进的、合理的工艺方法把它制造出来，再经过充分的地面试验，检验设计和工艺的质量好坏，是否符合总体设计要求。一枚火箭、一颗卫星，有成千上万个零件，有的要承受很大的应力，有的要在极高的或极低的温度下工作，有的要在强腐蚀的介质中工作。不同的部件要求采用不同的材料和不同的工艺方法制造。航天技术的成就，是当代科学技术的综合应用的结果，而材料和工艺则是航天技术研究发展的基础。在火箭和卫星研制过程中，先进的设计思想起着主导作用，先进的工艺起着保证作用，而新材料的应用则是基础。三者是紧密相关、相辅相成的。没有新材料，先进的设计思想难以实现。先进的设计思想的产生，必然要对材料提出新的要求，促进材料的发展。为了实现先进的设计思想，采用新型材料，必然要有合理、巧妙的工艺来保证。从某种意义上讲，材料、工艺的水平，决定着火箭、卫星的技术性能。没有先进的材料和工艺技术作为基础，就不可能制造出先进的火箭和卫星。我国航天事业的发展过程充分说明了这一点。

还在我国火箭工业刚刚起步的时候，就在材料和工艺方面遇到过许多困难。聂荣臻副总理对火箭的材料和工艺技术十分重视，要求材料先行，组织全国大协作，开展新型原材料、元器件和新设备的攻关。当时，我国原材料的生产在航空工业的推动下，金属材料发展较快，但品种、规格还不齐；非金属材料 and 电子器件则很薄弱。生产新型原材料还缺乏设备，有许多新技术还没有掌握。



根据火箭发展的需要，在国家的统一计划下，新型的火箭燃料，密封材料，润滑油脂，高温、高强材料，轻金属合金，电子元器件，电真空器件，精密轴承，精密机械以及特种非金属材料的研究、试制，分别由化工、冶金、电子、机械、建材、石油、纺织、轻工等部门和中国科学院承担。对一些没有列入五年计划的项目，李富春副总理要求各有关部委和有关省市组织落实，做到“挤进去，多布点，巧安排”。仅以一九五八年至一九六一年两年间的金属材料为例，先后试制成功黑色金属材料 39 项，有色金属材料 78 项，特殊物理性能的金属材料 36 项。

航天工业中常常需要一些特大、特厚、特宽、特薄、特细等“特”字号材料。这些材料往往成为火箭、卫星研制工作的“拦路虎”。为了解决这类“特”字号的材料，中央决定研制包括 2.5 米轧钢机、12,000 吨水压机、大吨位挤压机等九大设备，以适应航天工业对材料生产的需求。

为解决我国自行设计的火箭所需要的原材料、元件和燃料，冶金、化工、机械、电子、建材、石油、纺织、轻工等部门进行了大量的试制生产。一批高强度不锈钢，高温、高强合金钢，高强度的轻金属合金和黑色金属材料的试制成功，为火箭箭体、贮箱、发动机以及卫星回收装置等解决了材料问题；化工部门、建材部门、石油部门，为火箭发动机提供了高能燃料和固体复合推进剂，并试制了各种绝热、密封、玻璃钢等非金属材料；电子工业部门试制了各类各种的电子元器件、精密仪器仪表。从一九五八年到一九八五年，仅电子工业系统安排的新产品试制就有 2,500 多项。

火箭、卫星、地面测控网等系统所需的电子元器件及其基础产品，品种多，质量和可靠性要求高。随着我国电子元器件由电子管发展到集成电路，其固有的可靠性大幅度提高。在航天工程上用的电子元器件有 15 个门类，约 2,000 个品种，上万个规格，分布在 25 个省、市、自治区 300 多个生产厂家和研究机构，每年用量约为 2,000 多万件。以远程火箭为例，一枚火箭和一套地面设备需用电子元器件 1,000 多个品种，3 万多个规格，10 多万件。

为满足三项重点工程研制的需要，尤其是为卫星通信工程，电子工业部和中国科学院所属的有关科研机构和工厂，竭尽全力研制所需的新型电子元器件，相继研制成功低温连接器，超小型继电器，耐高温、耐辐照安装线，低容、低噪声、高频电缆，金属膜电阻，场效应微波晶体管、低频大功率管等等。高可靠、长寿命是火箭和卫星对电子元器件提出的质量要求。一枚火箭、一颗卫星需要上万个规格、十多万个元器件。每个元器件的质量，都直接影响整机的可靠性，是发射火箭和卫星成败的一个重要因素。在关键部位上，只要有一根导线、一个元器件质量不可靠，就可能导致试验失败，甚至造成不堪设想的后果。根据国外经验，火箭所需元器件的可靠性为 7—8 级左右，即失效率在  $10^{-7}$ — $10^{-8}$  / 小时左右，卫星为 8—9 级，即失效率在  $10^{-8}$ — $10^{-9}$  / 小时左右。我国由于工业和科学技术基础还比较薄弱，特别是电子工业的发展，还难以达到上述国际上的先进指标。为了解决电子元器件的可靠性问题，电子工业部做了大量工作。开始，主要由整机研制单位采取筛选办法，择优上机。据统计，一般只有 30—50% 左右能合格。这样

做，一是增加了筛选工作量，二是造成了大量积压和浪费。经改进后，实行生产厂筛选定点供应办法，筛选上机率可达 70—80%左右。由于多数实行成品筛选，没有从工艺技术上采取措施，未能从根本上解决元器件固有的可靠性问题。自一九七八年后，实行了“专批、专料、专人、专机、专卡、专检、专技”（即“七专”）质量控制与反馈办法，元器件的固有可靠性有较大提高。“七专”元器件的使用失效率比一般元器件提高了一个数量级，上机率可达 90%以上，整机调试周期也相对缩短，故障率明显下降。“七专”工作的进一步完善和深入开展，将为以后提高元器件的可靠性，奠定良好的基础。

与此同时，加强了工艺研究，解决了一大批加工工艺问题，并进行了无损检测，失效分析以及贮存、气候、环境等一系列综合试验。各科研单位、生产单位和高等院校，积极参与火箭材料的研制工作，为新材料、新工艺、新的测试方法的研究奠定了坚实的基础。据不完全统计，一九六一年至一九六六年三月，各有关部委（不含中国科学院）试制成功、提供使用的新材料共 2,680 项；一九七一年至一九八一年又试制成功 1,360 项。国防部五院还同中国科学院、各工业部、教育部、各总局以及各军兵种等三十几个单位和 28 个省、市、自治区建立了科研协作关系。从一九六一年至一九八二年，先后安排了新材料、新工艺、新型元器件、仪器仪表、大型设备等协作任务 2,244 项。仅新工艺就有 448 个课题。中国科学院有机所、上海硅酸盐所、太原煤化所、兰州化物所、大连化物所、北京化学所、沈阳金属所等单位，研制含氟材料、温控材料、隔热材料、碳—碳材料。这些材料不仅满足了航天技术当前的需要，也为今后的发

展提供了物质基础。用于远程火箭、“长征三号”火箭第三级和试验通信卫星的新材料,分别为 395 项和 220 项,有力地保证了这两项重点工程的研制。

我国火箭材料的发展,是从仿制前苏联材料开始的。北京材料工艺研究所在专家姚桐斌和该所的于翹领导下,协同有关研究、试制单位,试制了大量的新材料,满足了科研生产的需要。

火箭上大量使用冷轧钢板,有 800 多个品种。这种材料在当时已经不是很先进的了,制造工艺也不甚复杂。但国内没有大型冷轧设备,不能轧制这种板材。抚顺钢厂和鞍山钢铁公司承担了试制任务。鞍钢的技术人员和工人革新了万能轧钢机,从原来轧制 4 毫米厚的普通钢板改为轧制 3 毫米厚的合金钢板,满足了生产的需要。

火箭箱体用的铝合金板材,在国内试制,屈服强度达不到技术条件上规定的要求。东北轻合金加工厂、哈尔滨工业大学和运载火箭研究院一起,反复试验攻关,使屈服强度达到了要求,为我国铝合金及其产品的制造工艺向前迈进了一步。以后,又根据运载火箭是一次性短时间使用的特点,研制含镁量更高的铝合金,大大提高了屈服强度,并研究解决了这种材料的化铣工艺。

火箭发动机系统、推进剂及管路活门系统、仪器舱及控制系统、地面运输及发射系统中,都需要大量橡胶密封件。生产胶管、胶带的沈阳橡胶四厂,承担了火箭上密封件的生产任务。他们在一年之内,用 30 种胶料试制出 176 种密封件,达到或超过了设计要求,保证了仿制的进度。在我国火箭自行设计刚开始的时候,曾有 8 种橡胶密封件过不了关,成了研制中的最短线。北京材料工艺研究所的王曼霞等组织了密封技术攻关。他们和

承担这项任务的沈阳橡胶四厂、西北橡胶厂、西北橡胶制品研究所一起，在短短几个月内，用几十批不同性能的胶料试制了各种零件进行试验。当我国自行设计的第一枚火箭总装出厂的时候，8种橡胶件均已全部合格，保证了研制火箭的需要。

化工系统生产出纯度能满足地面试车和飞行试验用的液氧和酒精等燃料，保证了国产第一枚火箭的上天。紧接着又研究了比推力更高的高能燃料，为新型火箭提供了推进剂。

与此同时，在制造工艺方面获得了一批成果。主要有：

(1)高温钎焊。这是液体火箭发动机燃烧室的一种制造工艺。所需要的钎焊合金没有资料可以借鉴，能不能在短期内研制出来，关系到能不能选用这种新型火箭发动机燃烧室的方案。冶金部、北京钢铁学院、沈阳金属研究所、北京电子管厂、上海铜仁合金厂、上海钢铁研究所等单位，先后提供了原材料和冶炼设备，支援了技术。北京材料工艺研究所经过紧张的反反复复的试验探索，终于研制出这种高温钎焊合金，并掌握了真空钎焊技术。接着，在火箭总装厂总工程师顾光旭的率领下，自行设计了大型高温钎焊炉和附加装置，对钎焊料和钎焊模拟件进行了700多次工艺试验和模拟件的爆破试验，证明性能完全符合设计、制造要求，填补了我国高温钎焊和高温钎焊合金的空白。

(2)化学铣切。这是应用化学腐蚀的原理来加工金属零部件的一种特殊工艺方法，可以完成一般机械加工难以完成甚至无法完成的各種单双面零部件的加工。它是把金属板材置于碱性或酸性的溶液中腐蚀，不需腐蚀的

部位，事先涂上一层耐腐蚀的保护胶。这种铣切不受材料成分和硬度的限制，不受零件厚薄影响，加工过程中不产生变形，而且设备简单、效率高、成本低，也不需要高级工操作。以推进剂贮箱为例，随着火箭技术的发展，贮箱不只是受内压的容器，而且也是承受火箭各种外载荷的部件。为了适应外载荷的要求，箱体必须设计成带加强筋的各类网格结构。这种结构采用化铣，工艺将大大简化，废重将大大减少，既增强了强度，又减轻了箱体的重量。中程液体火箭的贮箱如采用高强度铝合金，用化铣加工，贮箱的重量可减轻 25—30%。要实现化铣工艺，就要有耐蚀性高、贮存期长、可剥性好的保护胶。北京材料工艺研究所和天津油漆厂试制了这种保护胶，为适应化铣工艺创造了条件。尔后，又针对不同材料配制了不同的腐蚀液，采取措施提高化铣精度，加快腐蚀速度。随着化铣工艺的不断完善，应用范围也得到不断扩大。不仅用于贮箱，还用于多种零部件，不仅用于铝合金，还研究了不锈钢、钛合金及其他金属的铣切。八十年代，在研制“长征三号”火箭第三级贮箱时，又改进了化铣工艺方法，获得了理想的效果。

(3) 钛合金的应用。钛合金由于它比重小，强度高，高温性能好，在航天工业部门应用日益广泛。它不仅用作火箭、卫星的气瓶，在卫星返回舱结构中也应用多种钛合金零件。钛合金用于高空发动机喷管的延伸段、推力架、紧固件等，大大减轻了结构重量。在六十年代初，钛合金在我国还没有实际应用。用在火箭上的钛合金气瓶，原料是由沈阳有色金属加工厂提供，开始由上海重型机器厂模压，后改在无锡叶片厂模锻。钛合金的加工工艺有两大难点，一是锻造成型复杂，二是焊接不易过

关，试验时往往产生低压爆破。经过反复试验，不断完善工艺方法，妥善地解决了这两个难题，提高了质量，降低了成本。“长征三号”第三级采用钛合金气瓶，减重60—70公斤，带来显著的技术和经济效益。钛铸锭的成本从一九六五年的每公斤350元，下降到一九八四年的60元，为钛合金的广泛应用，开辟了广阔的前景。

(4)增强塑料的应用。玻璃钢是增强塑料的一种，是现代飞机和火箭上应用的一种重要材料。其强度高、密度低，导热系数小，对火箭部件可以有效地起到防热和减重的作用。在六十年代，我国的增强塑料工业还很年轻，技术力量不足，设备简陋。北京材料工艺研究所和建材部251厂的技术人员，通过大量的工艺试验，几经失败和挫折，终于掌握了增强塑料部件的制造工艺，为国家填补了一项空白。

承担这项研制任务的建材部251厂，原先是个小厂。他们接受增强塑料攻关任务以后，发展、壮大了。到八十年代，这个厂不仅能供应火箭用的增强塑料，而且还能为氧气瓶、防潮筒、拖拉机座舱壳、火车车皮以及游艇和家用器具等供应增强塑料。该厂已成为较大规模的国内有名的玻璃钢研究和生产单位，对我国航天事业作出了重要贡献。

(5)喷涂技术。把三氧化二铝这类高熔点的氧化物在高温下熔化，将熔滴均匀地涂覆在金属或非金属零部件表面上，对零部件可以起到防护的作用，使之不致由于温度过高而烧毁。北京材料工艺研究所在六十年代初利用简陋的设备，进行试验，取得了良好的效果。尔后才使用了先进的等离子喷涂设备。这项技术应用到机械工业，也得到了明显的效益。如某厂从国外引进一种设备，

其活塞寿命不足一年，用等离子喷涂法修复后，使用寿命大大增加。传输电能的高压线铁塔用油漆、浸锌保护，一般有效期为三年，而用等离子喷涂一般可延长至几十年。

六十年代中期，随着我国中远程、远程和洲际火箭研制工作的展开，对材料和工艺提出了更高的要求。

首先是冶金系统研究并试制了发动机用的高强度不锈钢、涡轮用的高温合金、贮箱用的铝铜合金，使我国火箭的结构水平达到了一个新的高度，缩短了与国外同类产品的差距。我国液体火箭的贮箱最初采用铝镁系合金，因其强度不够，为满足大型运载火箭的需要，发展了铝铜合金。这种合金，经热处理强化后，它的屈服强度比铝镁系合金高出1倍。缺点是焊接性能不好。北京和上海等地研究了特种焊丝和特殊工艺措施，解决了焊缝脆断问题。以后，又遇到了这种合金的焊接件在特定条件下存放时出现裂纹的问题。北京材料工艺研究所，从理论上提出了这种裂纹的生成模式，并在实践中探索了避免产品裂纹的途径。随后，东北轻合金加工厂和北京材料工艺研究所共同研制成功另一种高强度铝合金。这种合金在高温和低温下具有较高的力学性能，并具有焊接性能良好的突出优点。所有这些成果，标志着我国高强度铝合金的应用研究提高到了一个新的水平。

此外，冶金系统还结合我国的资源特点和需要，研制出各类金属新材料，几种低合金超高强度钢，钨渗铜等材料。在非金属材料方面，根据后续火箭技术的发展，对耐热材料提出了更加苛刻的要求。北京材料工艺研究所同国内有关单位组织攻关，研制了碳——碳复合材料。经力学、物理测定和烧蚀、模拟实验，表明这种材料的



各项性能比玻璃钢优越得多，是理想的防热材料、耐磨材料。另外，对模压高硅氧——酚醛、石墨材料、碳——石英材料也开展了试验研究。

随着火箭发动机采用新的高能推进剂，对密封件也提出了新的要求。新的高能推进剂，对密封材料有强烈的腐蚀和溶解作用。北京化工研究院、北京材料工艺研究所用一种新的胶料压制了各种密封件，成功地应用到火箭各动、静密封系统，贮存寿命达十年以上。长春应用化学研究所、上海有机化学研究所、上海塑料研究所于六十年代中期试制成功氟塑料密封件，这种密封件热塑性优异，它的研制成功，使处在氧化剂中的密封件得到了更进一步的完善。七十年代，晨光化工研究院又研制出另一种氟橡胶制品，经过数百个批次配方和工艺试验研究，填补了耐强氧化剂密封材料的空白，满足了远程火箭的使用要求。

在工艺方面，应用了精密铸造工艺。它同金属切削工艺相比具有许多优点，可以生产形状极为复杂的零件，可以大大减少由于切削面而造成的原材料的损失。北京材料工艺研究所曾用精密铸造方法铸造小喷管、涡轮转子、涡轮泵壳等部件。在钎合金的加工和使用方面，也收到了很好的效果。

由于“长征三号”第三级采用了低温推进剂方案，又给材料工艺提出了许多新的课题和要求。主要是：

(1)试制超低温不锈钢。为了满足低温使用要求，北京钢铁研究总院、抚顺钢厂和北京材料工艺研究所等单位，研制成功了新型低温不锈钢。这种钢兼有优异的低温性能和良好的常温性能以及高温钎焊工艺所要求的。

“起棱”性能，用作氢氧发动机燃烧室的外壁材料，取

得了很好的效果。在大量的短程、长程地面试车和飞行试验中，从来没有发生过质量问题。新型低温不锈钢的研制成功，标志着我国金属材料的研究应用工作日趋成熟。

(2)采用多孔发汗材料。由于“长征三号”第三级发动机的喷注器面板在燃烧室内高温燃气作用下，热面温度将达到3,000多摄氏度，背面的液氢将很快汽化，其冷却效果将明显下降，面板也因此而产生很大的热应力，引起翘曲变形，导致不稳定燃烧，甚至使面板严重烧蚀。北京钢铁研究院、太原钢厂、天津冶金材料研究所、金属制品厂、上海有色金属研究所和北京材料工艺研究所一起，采取了有效的工艺方法，使面板具有一定透氢量。通过大量试验，确定了面板的各项性能参数，在试车中从未发生过烧毁、变型的现象，为氢氧发动机解决了一大难题。

(3)贮箱蜂窝绝热共底。在液氢、液氧两个贮箱之间采用蜂窝共底结构，是“长征三号”第三级的又一关键。采用这种结构可以使贮箱长度缩短1.4米，重量减轻200公斤。这种结构是在金属或非金属蜂窝状夹芯的两面覆以面板，用胶粘、热压、固化而成。具有重量轻、刚性大的优点。为了解决胶接问题，北京材料工艺研究所研制了一种耐低温的高强度、高韧性的结构胶，在低温和室温下的强度性能超过了国内现有的各种低温胶，为加工蜂窝绝热共底提供了物质条件。蜂窝夹芯的型面加工精确度是保证胶接质量的关键。为了实现上下蒙皮和蜂窝状夹芯之间的加压、胶接成型，北京机电研究设计所和火箭总装厂设计制造了一套仿形加工设备，经过大量试验，采用多道薄膜胶接密封技术，使加工出来的共底

和蒙皮的胶接质量达到很高的水平，符合大面积密封的要求。

(4)低温绝热材料。液氢受热到室温时，易蒸发，其体积要膨胀 800 倍，不但液氢损失很大，排放不及时，甚至可能导致箱体爆破。贮箱绝热是一项关键技术。经反复试验、研究，采取了多层结构的绝热措施。各层材料各有各的用途，构成了一个相容性极好的整体，发挥了极好的绝热作用。这些材料，有低温胶、玻璃布、聚胺酯、镀铝薄膜、热反射涂料等。液氢的输送管道，也采用多层绝热材料，满足了设计和使用要求。

(5)蜂窝夹层结构整流罩。整流罩的结构，分为端头、双锥段、直筒段和倒锥等几个部分，分别用玻璃钢、玻璃钢蜂窝结构、铝蜂窝结构和铝合金化铣壁板。这一系列复杂的工序，都得靠试验摸索，使产品具有设计要求的承载能力，并且通过了振动试验、快速外压降试验和抛罩分离试验。蜂窝夹层结构，比桁条蒙皮铆接结构，可减重 20—30%。一九八四年四月发射的试验通信卫星用了这种结构的整流罩，获得成功。

(6)碳纤维复合材料喇叭天线。喇叭天线是通信卫星与地面站联络的重要部件。卫星在高真空轨道运行时，天线要经受剧烈的温度变化。为了保证天线高增益和方向性，要求天线的重量越轻越好，材料变形越小越好，以保证其定向精度。否则，差之毫厘，失之千里，影响卫星通信信号的接收和发射效果。为此，我国试验通信卫星的喇叭天线，采用了碳纤维复合材料。通过反复试验，这种结构在高真空下的各种性能，比铝合金天线减重 45%。为了使天线的喇叭口始终对准地面，消除星体旋转对天线的影响，采用了碳纤维复合管材作消旋支架，

既保证了强度、刚度，又减轻了重量。

(7)高性能的工程塑料支架。在通信卫星运载火箭上采用增强尼龙作为支架材料。这种支架是注射成型的，工艺简便，成本低廉，而重量也轻。这是火箭上首次采用工程塑料作为次承力件。

其他还有许多新材料，如姿控发动机燃料无水肼的催化剂，章动阻尼器表面硬化处理钨球，有机的、无机的温控涂料等等。

除了上面提到的有关部件所采用的材料外，在运载火箭各系统的制造成型工艺中，还采用了强力旋压工艺，高温热胀工艺，超塑性成型工艺，电铸工艺等。在焊接技术中，除广泛应用的氩弧焊、接触焊、钎焊工艺外，电子束焊、等离子焊、激光焊、扩散焊等新方法也得到应用。全国劳动模范、首都机械厂的陈钟盛经过多年研究实践，掌握了高超的铸铁冷焊新技术，且得到广泛应用。在表面处理方面，除采用传统的表面处理方法外，还开展了等离子喷涂、非金属材料金属化、离子镀、真空镀、真空溅射镀膜等研究工作，并在试制生产中得到应用和推广。这些新的工艺方法，对其他工业部门同样有推广价值，并将带来较高的经济效益。

## 大型试验设施

随着航天事业的发展，我国航天试验技术也得到了很大的发展和提高，逐步形成了一整套从组合件到整箭、整星的系列化的、独立完整的试验体系。在航天事业中发挥着越来越重要的作用。由于火箭和卫星是由几万乃至几十万个零组件组合而成的复杂结构，再加上材料、

工艺和工作条件等复杂因素,即使具有高水平的设计师,经过精心设计和精确的理论计算,如果不经一系列的、大量的、各种状态和各种复杂环境条件的试验,要想得到高性能、高可靠的最优产品,也是不可能的。因此,各种地面试验设施和设备,在航天工程中占有重要地位,它们是型号研制必不可少的物质基础。有些设施的建造和设备的研制,其艰巨性、复杂性甚至不亚于研制一种型号。

整个试验是多层次并呈金字塔式的,从单项预研试验,到各系统组合件试验、各分系统试验、全系统地面试验直到飞行试验。从试验的数量来看,是由多到少,而试验的范围,则由小到大、由局部到整体。根据研制的要求,地面试验有常规试验、例行试验,有动态试验、静力试验、环境试验、运输试验,有匹配试验、模拟仿真试验、全系统试验、寿命试验等等。

试验工作的质量,取决于试验设备、试验技术的完善和测量技术的提高。测量技术的不断完善与测试精度的不断提高又促进了试验技术不断发展。

从某种意义上讲,整个火箭和卫星的研制过程,就是进行各种地面试验和飞行试验的过程。地面试验是飞行试验的先导,而飞行试验是地面试验的继续。地面试验是检验设计和工艺质量的重要手段。对模拟飞行中可能遇到的各种环境,进行充分的试验,使问题暴露和解决在飞行试验之前,这对保证飞行试验成功是一条很重要的措施。一九六二年,我国自行设计的中近程火箭,起飞不久即坠毁在发射台附近。教训之一,就是没有充分做好各项地面试验。后来重新做了强度试验、环境试验、运输试验、振动试验、综合匹配模拟试验、发动机

试车、全箭试车等 17 项大型试验，补上了这一课。并抢建了一批急需的大型地面试验设施。

建设这一批研制急需的大型试验设备和设施，在当时是十分困难的。这些项目在国内是全新的，没有先例，也没有样板，完全靠自己摸索，即便在情报资料里找到点滴材料，也是支离破碎，残缺不全。研制人员在实践中遇到各种实际问题，需要通过试验，得到答案，于是就对各种试验设施提出了不同的要求。根据这些要求，组织了两支设计队伍，一部分搞工艺设计，一部分搞土建设计。已建成的试验设施，经过各种试验的实际考核，发现缺陷，不断改进、完善，最后才形成一套比较完整的地面试验体系。现在看来，有些试验设施和设备已显得陈旧、落后。然而在中国航天事业的发展史上，它们却立下了汗马功劳。以液体火箭发动机为例，六十年代建设的几个试车台，都比较简易，检测技术比较原始、简单，测量参数少，精度低，数据显示一般是用模拟型的电子示波器和压力表。经照相后，人工判读，提供试车报告。测量技术由六十年代的多通道并行模拟型记录，发展到七十年代的数字型记录显示。到了八十年代，就是以电子计算机为中心的自动监测的测控系统，同时突破了低温、高真空等一系列测量技术。使试验技术、测量技术达到了一个新的水平。

虽然我国现有的试验设施和设备，同先进国家相比，还比较落后。但是，我国却依靠了这些比较落后的设备和设施研制出具有先进技术水平的航天产品。随着四个现代化的进展，我国大型试验设备，将向现代化、自动化发展。

以下介绍的大型试验设备和设施，主要有：

## 一、风洞设施

五十年代末、六十年代初，国防部五院开始筹建以风洞群为主体的空气动力试验研究基地。一九五九年亚音速风洞交付使用。一九六二年跨音速、超音速风洞交付使用。随后又陆续建设了高超音速风洞、低速风洞、电弧风洞、电弧加热器、亚音速电弧加热器、高超音速低密度风洞和高超音速炮风洞。北京空气动力研究所承担了火箭、卫星多种型号的风洞试验。利用这些试验结果以验证计算方法和理论分析是否正确。在运载火箭气动研究工作上，对风激振动、四管(发动机)底部流动、级间分离、星箭分离、铰链力矩、鼓包分析、气动加热、液体晃动等各类问题，提出了试验结果。这些问题的顺利解决，为型号研制创造了条件。

## 二、环境试验设施(包括动态、静力、振动、真空试验设施)

### (一)静力试验大厅。

静力试验是检验产品结构强度是否能满足设计要求、结构计算方法是否正确的重要手段。

静力试验大厅工程量大，工艺复杂。仅承力桩一项工程，历时八个多月，打桩 1,300 多根，最长的桩达 10 米多。厅内有承力墙、承力地坑和承力地板，面积达 6,000 多平米。在施工时，要求 5,000 多立米的混凝土分两次浇灌，不留施工缝，水平度不超过 5 毫米(实际达到 1 毫米)。这样大面积、高精度的混凝土施工在国内还是第一次。在冶金部、水电部及有关专家参加下，经过多次论证会审，于一九六三年十月，组织 200 多工人，在 36 小时内连续作业，按计划要求胜利完成了任务。

整个大厅可进行结构强度和稳定性方面的科学研究

和试验，包括整箭、部段结构的静载轴向压缩、外压、内压、弯曲和组合载荷试验、整箭振动试验以及有关的专题试验。

静力试验大厅于一九六三年竣工，先后做过上千次静力试验。随着试验技术的提高和小型数字计算机的应用，目前基本上实现了静力试验的自动化。

### (二)大型立式动平衡机。

高速旋转的卫星要求质量分布绕转动轴严格对称，否则旋转起来就会发生噪声或摇摆。同样，自旋的卫星也要求质量分布绕自旋轴对称，否则在旋转过程中会产生大的章动角。这种现象对通信卫星的危害甚大，不但会引起卫星上远地点发动机工作时速度方向上产生偏差，而且也会使定向天线波束不能很快地对地球定向。因此，通信卫星总装测试后，要在动平衡机上试验，作高精度的动平衡补偿。

动平衡机要求高精度、低转速，采用气浮轴承。机械部分支承星体、敏感星体动不平衡；电气部分将动不平衡感量交换为电量进行测量。机械部分的关键是支承星体的刀口部分。刀口的材料不仅硬度要求高，加工精度要求也高。卫星总装厂在一九七六年接受试制任务后，用了六年时间，才使该设备通过鉴定。投入使用后，出色地完成了通信卫星的自旋试验，动、静平衡及纵向惯性矩的全部测试工作。

### (三)大型热真空试验设备。

卫星在空间飞行处于真空环境和高低温交变的环境。在静止轨道上真空度为  $10^{-13}$  托，卫星的温度随太阳照射的状态而变化。当太阳被地球遮挡而照射不到卫星时，星上温度变得很低；当太阳直射时，温度又会变



得很高。温度的急剧变化，将直接影响仪器的工作。为确保飞行成功，必须在地面进行热真空试验，模拟卫星的实际飞行状况。

北京环境试验工程研究所和上海卫星工程研究所分别建有直径为 1 米、2 米、3 米、5 米和 7 米不同尺寸的热真空模拟室。这些模拟室真空度可达  $10^{-7}$  托。为模拟太阳和地球对卫星的加热，配有远红外加热器。有的模拟室还有氙灯太阳模拟器。

KM4 真空模拟室，是我国目前最大的热真空设备，它是一台直径为 7 米、高 12 米的立式真空模拟设备；由前级机械泵及四台抽速为每秒 5,000 升的油扩散泵机组和制冷率为 1,200 瓦、抽速为每秒  $1.5 \times 10^6$  升的氦深冷泵组成。在无负载时，开机 10 小时，可使真空容器内真空度达到  $10^{-6}$  托；开机 24 小时，真空度可达到  $4 \times 10^{-8}$  托。真空室内还配有两轴转动的姿态模拟器，以模拟卫星相对于太阳加热的运动方向。这些设备是由北京环境试验工程研究所和兰州物理研究所等单位花了十年时间研制成功的，已于一九七六年投产使用。

返回式卫星和试验通信卫星是分别在 KM3、KM4 模拟室内进行整星的热真空试验的。

#### (四)全箭振动试验塔。

一枚大型火箭，在发射、飞行中，由于内部工作或外部环境承受着点火、分离、推力振动、噪声、气动力等各种形式的动力干扰，可能产生两类振动问题，一类叫振动稳定性问题，一类叫振动响应问题。全箭振动试验，可用来测定火箭的自振频率与振型，也可用来研究响应问题，前者的结果，有助于控制系统设计纵向耦合振动分析，避免在飞行过程中出现不稳定现象；后者可

用来测定局部自振动环境，以采取相应对策。

为保证大型火箭的飞行可靠，凭借初步设计时的理论计算和许多假定简化的数学模拟计算是远远不够的，必须在振动塔上进行全箭振动试验。通过试验，对暴露出来的种种振动问题，采取有效的措施，以解决稳定和动力强度等问题。

全箭振动塔，完全是依靠我国自己的技术力量建成的。整个工程只用了一年多的时间，于一九六四年初竣工。试验塔主体高约 50 米，中央悬立箭体，两侧分 13 层，设有工作间、贮藏室、电梯，顶层有吊车。底部有地坑，上面铺有承力轨。箭体周围有孔径为 4 米收放和固定工作平台 11 层。各层均设有可监视箭体的闭路电视。

全箭振动塔能准确地求出运载火箭固有的振动特性，逼真地模拟火箭在空中的振动。它已成为型号研制过程中必不可少的手段。

一九六四年四月，在塔上进行我国自行设计的中近程火箭的第一次全箭振动试验，保证了它的试飞成功。此后，对各类运载火箭都一一进行了振动试验。

卫星整体和星上部件的振动试验是在 5 吨、17 吨电磁振动台和 20 吨液压振动台上进行的。技术试验卫星、试验通信卫星在这些设备上试验后取得了完整的数据。

#### (五)大型离心机。

北京环境试验工程研究所设计的大型离心机，有效回转半径为 10—12 米，安装三轴舱体为 12 米，最大负荷为 5 吨，最大加速度可达 45g，驱动功率为 4,200 千瓦，采用计算机控制。是用于卫星和飞船作离心加速度试验的，也能用来训练宇航员，是我国当前最完善、自

动化程度最高的一种大型离心机，既可以自动操作，也可手动操作，体现了一机多用的优点。

上海卫星工程研究所研制的大型离心机是一个  $3 \times 2 \times 2$  立方米台面，最大负载为 2 吨，有效回转半径为 5.2—7.2 米，臂长为 15 米，转速范围为每分钟 17—18 转，最大离心过载 2—17g。在这台设备上进行过上海研制的技术试验卫星的离心过载环境模拟试验，以及“风暴一号”火箭用的陀螺部件性能试验，单机过载试验。

#### (六)大型跌落式冲击试验台。

这是一个  $2.6 \times 2.6 \times 3$  立方米台面大型冲击试验台。有效升程高度为 15 米，台面负载为 2 吨，响应波形峰值加速度为 50g。曾为技术试验卫星、气象卫星、返回式遥感卫星仪器舱进行过冲击试验。还为远程火箭及试验通信卫星的单机作过试验。此外为民用部门进行了电梯降落模拟试验等。

#### (七)大型高精度回转工作台。

这是北京东方科学仪器厂为卫星姿态控制系统敏感元件、执行机构安装与精度检测而研制的地面设备。回转工作台台面直径为 1,200 毫米，在承载 1,500 公斤情况下，摇动手柄无沉重感觉。台面不平度(内凹)小于 0.02 毫米，端面及径向跳动量小于 0.01 毫米，测角精度：读数精度为一角秒，定位精度为六角秒。它是采用机电结合的工作方式，以机械传动完成高精度的角度转动，角度测量使用感应同步器并通过数字仪表显示出来。回转精度高，承重能力大，转动平稳灵活，定位准确方便，操作简单，仅用一个小小的力矩马达即可驱使其转动，所耗功率仅为 12 瓦。

大型高精度回转工作台于一九七七年开始研制，一

九八 年、一九八一年先后装调出 3 台 ,填补了我国 800 毫米以上大型高精度转台的空白 ,在当时居国内领先地位 ,可与国外同量级转台媲美。

此外 , 惯性器件研究所和运载火箭总装厂、北京第二机床厂分别研制了一套包括陀螺平台动态精度测试的三轴摇摆台和用于陀螺平台静态精度测试的精密倾斜回转台。

### 三、发动机试验设施

在火箭发动机的研制过程中 , 从组件到单机 , 一直到全系统都要进行一系列试验 , 获得必要的数据 , 验证设计的正确性。

#### (一)组件试验室。

在新型号发动机的预研阶段、模样阶段、初样阶段 , 各组件都要进行大量的试验研究 , 摸清存在的问题 , 探索解决问题的途径和合理的方案。如推力室喷嘴及头部要进行雾化、流量试验 , 推力室冷却试验、液流试验 , 泵和自动器的特性试验 , 燃气发生器或换热器与涡轮泵的联合试验 , 轴承的介质试验 , 材料的相容性试验等等。为此 , 必须建设有相当规模的试验室 , 如水力试验室 , 介质试验室和涡轮泵联动装置热试验室等。以水力试验室为例 , 这是发动机一系列组件试验中的一个。用推进剂做介质试验 , 不仅经济上不允许 , 而且也不安全。因此 , 大量的试验是用水作介质进行试验 , 然后用理论换算取得真实介质(推进剂)的试验结果。

一号泵台是水力试验室最大的一个泵台 ,有主电室、试验间、测控部分和室外 100 立方米容积的水池组成。泵台靠一台 2,500 千瓦双电枢直流电机经二次增速带动。所用的直流电是通过 1 万伏电压、3,450 千瓦功率

的同步交流电机带动 3,000 千瓦直流发电机供电。泵台建于一九五七年初,一九六一年开始使用,至今已完成了几千台发动机的水力试验。尔后,在液体火箭发动机三线基地建设的水力试验室,不仅试验参数向大功率、高精度、高压力发展,而且在测试技术方面也达到了高精度、高可靠和数据采集自动化,缩短了数据处理时间。

## (二)发动机试车台。

双工位、多用途大型发动机试车台是专家王子仁组织建设的 4 个试车台中的一个,于一九六四年十一月建成。两个工位有公用系统的设备,又有各自独立的氧化剂系统和燃料系统。可以同时进行两种不同型号发动机的试验准备和使用各不相同的氧化剂、燃料。整个试车台结构紧凑,布局合理。它不仅能进行单台发动机试车、四台发动机并联试车,还能进行 30 吨推力发动机模拟 18 公里高度的高空模拟试车。多年来,为多种型号进行过多次单台发动机地面试验和“长征二号”二级发动机的高空模拟试车。

大推力级大型发动机试车台是一九六九年建成投产的,是我国七十年代最大的液体火箭发动机试车台。主体工程高 59 米,长 41 米,最大宽为 22 米,建筑面积 39.6 千平方米。

这个试车台的主要特点是设备庞大,精度高,有承受大推力的大型试车架,8 个各为 65 立方米的推进剂贮箱,575 个口径大小不同的各类阀门,有秒流量为 7.9 吨的 35.37 千个喷水孔的水冷式导流槽,有容量为 3,000 吨的高位水池。

这项工程是由专家徐坚和徐庆安等技术人员组织设计和施工,并完成了我国远程火箭和“长征二号”火箭

发动机的地面试验任务。

另外，七十年代初，我国又建设了另一座大推力级的大型试车台，并进行了“风暴一号”、“长征三号”发动机的部分试车。

在研制“长征三号”运载火箭过程中，还建造了氢氧发动机试车台和高空模拟试车台。这两个试车台，为“长征三号”的研制创造了重要条件。

#### 四、全箭系留试车台

全箭系留试车又叫全系统地面试验，它是火箭研制工作进展到后期的一项大型试验。火箭的各分系统经过一系列试验合格之后，还需要考核火箭整个系统的可靠性。全箭试车就是将各分系统的部件组装起来，按飞行政程序进行试验，考验各系统工作可靠性和协调性，以便暴露某些预想不到的问题，为飞行试验作好最后的准备。因此，全系统试车是火箭研制过程中的一个十分重要的阶段。

全箭系留试车台也是依靠我国自己的技术力量进行设计的。试车台有推进剂系统、气源及配电系统、控制系统、水平测试及垂直测试系统、有线测量系统及无线测量系统等 22 个系统组成。主体工程有用作安装试验火箭的铁塔高 30 米，箭体翻转坑深 17.5 米，30 吨的悬臂吊，33 米深的导流槽，还有地下 23 米深的五层建筑均为钢筋混凝土的整体浇注。正面还有两根高 33 米、截面为  $2 \times 2$  平方米的钢筋混凝土立柱。犹如巨人的两条大腿站立在山巅上，傲然屹立，宏伟壮观。试车台建成后，先后进行过几十次全箭系留试车和几百次大型辅助试验。

#### 五、仿真模拟设施

仿真模拟试验，是运载火箭、卫星姿态控制系统设计的重要手段和必要的设计程序。仿真试验首先是为了验证姿态控制系统理论分析的正确性，检验各种因素在各种工作状态下对系统品质的影响，以弥补理论分析的不足，从而为确定系统参数和校正网络参数提供试验依据；复现飞行试验的故障现象，为改进设计提供依据。

仿真技术所遵循的基本原则是相似定理，即几何相似、性能相似、环境相似。基本方法为数学模拟、半实物模拟(半物理模拟)、实物模拟(物理模拟)。二十多年中，这套控制系统仿真模拟设备和地面仿真转台，先后进行了几十次实物模拟试验，为“长征一号”改善晃动稳定性、调整网络参数、提高可靠性，保证我国第一颗人造地球卫星发射成功作出了贡献。以后又为“长征三号”火箭进行了多次仿真试验，对三级滑行晃动阻尼对系统的影响，纵向耦合振动对组合稳定性的干扰进行了研究。验证了系统设计的正确性，并确定了相应的措施。

## 六、天线试验设施

天线是无线电系统的耳目。火箭、卫星的天线是无线电工程的一个新兴的分支，涉及面广，理论精深，要求实验设备复杂、精密。

六十年代初期，建成了我国第一个大型木结构的天线试验大厅。跨长 26 米，是全无金属的胶合木弓形桁架结构。经大量系统试验后，选用优质红松，精细加工，选木层纹理按受力方向进行组合，终于建成了连一个铁钉都没有的试验大厅。

七十年代，又自行设计了微波暗室和地面天线实验场，配置了相应的仪器和设备。

这些设施，圆满地完成了各种型号几十种天线的试

验任务，并对顺利获得遥测、外测、安全、控制等各方面的数据，作出了贡献。

### 七、检漏设备

为了保证卫星控制系统在 20 个大气压的条件下，长期稳定工作，对卫星的气密性要求很高，即在高压工作情况下，整星每秒漏率不超过  $4.56 \times 10^{-4}$  标准毫升。换句话说，有 50 微米直径(相当于一根头发丝粗的一半)的微粒在两个螺纹接头之间产生的微漏，就超过了这个指标，就会引起卫星转速、轨道或姿态的变化，使姿控发动机早早耗尽燃料，以致不能维持卫星的工作寿命。

对长寿命的通信卫星来说，已不能用充气保压的办法来检漏。卫星总装厂在上海复旦大学、北京金属结构厂、西安 263 厂支援下，用三年多时间研制了高灵敏度的同位素氦—85 检漏设备。经过试验，一次成功。

火箭液氢贮箱的检漏，采用的是火箭总装厂和兰州物理研究所共同研制的氦质谱检漏设备。这套设备运用了充压、真空检漏技术。检查时用一百多个不同形状的外罩，小的只有 0.5 毫升体积，大的可把整个贮箱底罩上。箱内充气，罩内抽真空，再用探枪测出漏率值。

实践证明，用这些设备检漏过的火箭、卫星产品，无论是在地面试验中，还是在空间飞行中，都未出现过泄漏事故。

### 八、计算机

一九六九年，中国科学院计算技术研究所研制的零组件全部国产化的“109 丙”晶体管通用数字电子计算机一问世，很快就运用到航天技术上。从它的运行效率、稳定性和可靠性来说，在当时就是国内第一流的。16 年来，它为我国研制的各种型号的运载火箭的理论计算提



供了大量的重要数据和决策依据。一九七 年四月“长征一号”运载火箭和“东方红一号”卫星的飞行轨道的理论计算，一九八 年五月，飞向太平洋的远程火箭的弹道数据计算，一九八四年四月“长征三号”火箭弹道部分数据计算均出自“109 丙”机。人们称之为“功勋计算机”。这台设备，在八十年代看来是陈旧了，然而，它为航天事业立下了不可磨灭的功绩。到八十年代初，各类新型计算机已在航天工业系统中得到普遍应用，以先进的大型计算机为中心的计算机网正在建设。

### 九、计量技术

计量技术在航天工程中，贯穿于整个研制的全过程，是保证产品性能指标的技术基础。科学要发展，计量须先行。计量工作就是要保持测量的统一性和准确性，统一国家计量制度，把量值传递到科研、生产、试验第一线，保证使用的仪器仪表和设备量值的一致，从而保证产品质量，保证火箭、卫星各系统协调地工作。各种航天产品，都有各自的参数、量程、频段和精度的要求，而这种参数、量程、频段和精度又都必须有统一的、高精度的计量标准并实行严格的、统一的计量管理。有的航天产品的计量与测试，还要求在现场进行实时的、动态的、自动化的系统综合测试。

建立统一的、高精度的标准是计量科学工作者奋斗的目标；对航天技术来说，如果没有准确的计量标准，就难以发展。

在航天事业起步的时候，我国的航天计量技术还处于摸索状态。随着仿制 P—2 导弹工作的开展，许多计量难题以及与之相关的精密测试问题摆在航天计量工作者面前。广大科技人员和工人用自己的聪明才智，解决了

一个个难题。随着航天事业的发展，已建立起无线电、微波、时间频率和长、热、力、电真空、电工等一级站计量机构，形成了一支传递量值、管理标准的队伍。各站自行研制或与有关部门协同研制成的有量程为 3 吨的天平，量程为 500 吨的测力机，200 公斤配气天平，激光陀螺球碗测试仪，灵敏度测试装置，脉动压力校准装置，频率短稳检定装置、低真空、高真空、超真空校准装置。改造了一批光学测量仪器，解决了精密测试问题。同时制定了高频、中频、低频振动标准，热噪声、低温噪声、射频衰减标准，万升钟罩等 56 个一级计量标准参数。

以上这些大型试验设备和试验设施，仅仅是反映了航天试验技术的一个侧面，但也足以说明它们在航天事业中已经发挥了重要的作用，并将成为继续发展航天事业的雄厚的物质基础。

## 航天工程的科学管理

航天工程是一个多种学科、多种专业在一个总体思想指导下有机结合的综合技术体系，是一种典型的大规模的系统工程。需要在高度集中统一的指挥下，成百上千个单位大力协同才能完成。航天工程除了技术复杂，综合性强，协作面广，研制周期长，要求高质量、高可靠外，还有很大的探索性，需要研制工作者进行集体的创造性劳动。实践说明，只有根据航天工程的特点和规律，实施科学的管理，才能取得成功。反之，就受挫折或失败。

在航天事业刚刚起步的最初几年，大多数担任管理工作的干部，还缺乏火箭研制工作的管理经验。到五十年代后期，通过仿制，虽然学到了液体火箭生产方面的管理经验，但对火箭研制需要采用系统工程的方法进行组织管理，还缺乏足够的认识，处在一种不自觉的状态。一九六一年以后，液体火箭研制工作逐步从仿制转向自行设计，各种矛盾开始暴露出来。这时的设计虽然是在原仿制型号上进行一些改进，其技术继承性远大于创造性，但由于还没有掌握自行设计的规律，对总体和分系统之间的内在联系，对设计、试制、试验之间的关系，还没有深刻的理解，以致发生了总体方案性的错误，导致了一九六二年三月二十九日发射试验的失败。从此，对航天技术的综合性和复杂性，对总体设计的重要性，对创造性的研制工作必须按程序办事等问题，有了进一步的认识。通过总结这次试验失败在管理上的经验教训，使航天事业在科学管理方面前进了一大步。

在这次发射试验失败之前，国防部五院就遵照聂荣臻同志关于建立技术责任制和按“三步棋”安排科研生产的指示，开始总结前几年的研制工作经验。这次试验失败的经验教训，促进和丰富了这个总结。一九六二年十一月制定的《国防部第五研究院暂行条例(草案)》，集中体现了那个时期航天工程科学管理的成果。

十年动乱，航天工程的科学管理遭到严重破坏。科研生产秩序和型号研制程序被打乱。已经建立起来的技术指挥线、行政指挥线和型号设计师制度被冲垮。

党的十一届三中全会以后，经过整顿，特别是通过三项重点工程的研制、发射实践，恢复和改进了“文化大革命”前在组织管理方面的一整套制度，并在发挥设

计师系统和总体设计部的作用方面，在加强指挥调度系统方面，在完善卫星、火箭的研制程序和型号飞行试验工作方面，以及加强质量管理，加强计划管理，提高经济效益方面，有了新的提高与发展，进一步丰富了航天工程科学管理的经验。

### “ 三步棋 ” 和研制程序

航天工业系统，是一个研究、设计、试制、生产、试验的有机联合体。每研制一种新型号都需要采用许多新技术，科学研究占的比重大。在这一点上它不同于一般的工业部门；它以型号为目标，主要从事工程技术和应用研究，在这一点上它又区别于从事基础科学研究的机构。

根据我国的实际情况和多年的实践经验，聂荣臻同志指示，航天工业系统的科研生产要按“ 三步棋 ” 安排。即在一定的计划期内，要有三种处于不同阶段的型号，一种是正在试制、试验的型号，一种是正在设计的新型号，一种是正在探索研究的更新的型号。至少要看“ 三步棋 ”。这样可以加强工作的计划性和预见性。对于一种型号来说，要分三步走，先经过预先研究，再转入型号研制，最后进行小批生产。实践说明，按“ 三步棋 ” 安排科研生产，坚持预先研究先行，型号研制要按程序、分阶段管理，是符合航天工程的客观规律的。

#### 一、加强预先研究，坚持预研先行

“ 三步棋 ” 中的第一步——预先研究，是型号研制的前提和基础。一种新型号的先进性，取决于采用新技术的多少；而新技术的采用又取决于是否有预研成果。

所以，预先研究工作必须走在型号研制的前面。二十多年里，航天工业系统在这方面有经验，也有教训。在六十年代前期，由于比较重视预先研究，正确选择了技术途径，取得了一批技术成果，为我国第一代火箭、卫星的研制，打下了比较雄厚的技术基础。我国的中程火箭，从总体方案设计到第一次飞行试验成功，仅用了一年零九个月。研制周期如此之短，就是因为预研比较充分，采用的技术比较成熟。在十年动乱中，由于只抓型号，削弱以至挤掉了预先研究工作，许多重大技术关键还未取得原理性突破就仓促上马，结果拉长了研制周期，降低了技术指标，造成人力、物力的浪费，也拖了第二代产品的后腿。

航天技术的发展历程表明，只有加强预先研究，坚持预研先行，为型号研制提供比较充分的技术储备，才能提高型号性能，节省研制经费，缩短研制周期。

预先研究工作，大体分成两类：一类是基础技术应用研究，主要包括为多种型号共用的专业技术研究。如遥测技术、气动技术、计量技术研究。也包括一部分探索性的新技术和新理论研究，如优化设计理论研究。一类是支撑性课题预研，主要包括以规划中的特定型号为目标的关键技术课题研究。如通信卫星国内波束天线研制，运载火箭新型发动机研制。这两类预先研究，要安排适当，总的目标都是为了提高航天科学技术水平，加速型号的发展。

由于预先研究工作是探索或突破新的关键技术，所以难度大，周期长，未知因素很多，短期内不易见到成果。搞好航天技术的预先研究工作，需要领导者的远见卓识，制订长远规划，并在规划指导下，合理选择研究

课题，组织研究力量。有的重大课题需要由国家动员全国的科研力量(如国防科委曾组织过全国性的 15 个课题组)才能完成。要切实加强预研管理，保证预研经费占有一定比例，组织一支比较稳定的预研队伍，抓好研究课题的立案审查和成果鉴定，制定合理的奖励政策等等。

我国航天技术的发展能否有后劲，关键在于是否有足够的技术储备。尤其是面临世界新的技术革命的挑战，大力加强预先研究，抓紧新技术攻关，更有特别重要的意义。

## 二、型号研制要按程序办事，实行分阶段管理

“三步棋”的第二步——型号研制，是从国家正式下达研制任务开始，到产品鉴定合格交付使用为止。这是工程实施的关键一步，也是科技管理工作繁忙的时期。

型号研制这一步，最重要的是要坚持按型号研制程序办事。根据火箭、卫星多种型号的研制实践，研制程序一般分为 4 个阶段，运载火箭与人造卫星基本相同，略有差异。运载火箭的工程研制分为：总体方案阶段，初样阶段，试样阶段，使用阶段。人造卫星的工程研制分为：总体方案阶段，初样阶段，正样阶段，应用改进阶段。

管理者的责任，就是要按照型号研制的不同阶段的任务重点，组织研制工作。在方案阶段，型号总设计师及其工作机构——总体设计部，要通过多种方案、多种途径的论证、比较，统一设计思想，筛选总体和分系统方案，经过模样验证、必要的试验和理论计算，选择最佳方案，并对型号研制工作做出全面规划部署。总体方案是否正确和达到总体优化，是这个阶段的关键。方案阶段的工作必须做充分，尽可能避免总体方案的反复。

在初样和试样(正样)阶段,要抓紧技术经济指标的落实,特别注意技术改进和稳定技术状态的关系。初样阶段的任务,是经过各种试验,修改设计,达到技术指标要求,使之成为正样产品。试样(正样)在飞行试验前的地面试验要充分。试验工作要坚持由简到繁、循序渐进的原则。先做数学模拟,后做实物模拟。先做局部性能试验,后做综合匹配(相容性)试验。正样产品经过飞行试验证明达到设计指标的,要冻结技术状态,严格控制设计与工艺变动。

从本书第二、三编介绍的各个型号的研制过程可以看出,只要按程序办事,型号研制工作就进行得很顺利。相反,由于方案多变,技术状态反复,研制程序紊乱,地面试验不充分,就会造成重大损失,延缓研制周期。航天工程的实践使人们认识到,型号研制程序反映了航天工程的客观规律,必须严格遵守。这一阶段应该做的工作不能推到下一阶段去;这一阶段的工作未达到预定指标要求,决不能贸然进入下一阶段。否则,欲速而不达,而且可能造成不应有的损失。

小批生产是整个过程的最后一步,是在产品定型或鉴定合格以后,进行生产。在这一步,要根据航天工业产品品种多、批量小的特点,合理组织交叉平行作业,在同一生产线上,有节奏地进行多种生产。生产中要严格实行质量控制,严格遵守工艺规程,保证产品质量的稳定性、一致性。

## 总设计师系统与两条指挥线

航天工程是尖端技术,具有探索性、创造性的特点,

要求它的研制人员具有勇攀技术高峰的精神，充分发挥创造力。要大力发扬技术民主，鼓励不同的人从不同角度，进行探索，提出不同意见，以便集思广益。同时，在技术和工程管理上，又需要集中，需要有严格的技术责任制，需要建立强有力的、有权威的指挥系统。在六十年代，基于我国当时组织领导这项事业的干部的实际状况，在党委和行政的统一领导下，建立了各有专职的技术指挥线和行政调度指挥线。

在一九六二年制定的《国防部第五研究院暂行条例(草案)》中，对两条指挥线作出了明确规定。这时，两条指挥线的体制基本形成。在十年动乱中，这个体制遭到破坏。十一届三中全会以后，经过整顿，特别是经过张爱萍同志多次强调，两条指挥线的管理体制得到恢复，并在完成三项重点工程中得到进一步完善。虽然总设计师系统和两条指挥线的具体组织形式和人员构成，会随着航天事业的发展和干部队伍成分的变化而有所改变和发展，但其基本职责和分工是系统工程的研制和管理所必需的。

### 一、以总设计师系统为核心的技术指挥线

建立总设计师制度是随着自行设计全面展开而提到议事日程上来的。一九六二年近程火箭试射失败，促进了国防部五院总设计师室的成立。以林爽和钱文极为总设计师的两个总设计师室，最初是设在国防部五院院部。但很快发现，总设计师脱离设在分院的总体设计部，无法履行他的职责，上下渠道不通，责任制不明确，因而缺乏应有的指挥权威。在总结经验、统一认识的基础上，逐步明确了总体设计部是型号总设计师和副总设计师的工作机构。型号设总设计师，分系统设主任设计师，单



项产品设主管设计师。各级设计师要建立明确的岗位责任制，各司其责。例如，总设计师主要是负责与总体设计有关的技术问题。主任设计师负责分系统的技术问题。主管设计师负责单项产品的技术问题。型号研制任务下达后，就任命该型号的各级设计师，构成设计师系统。设计师系统是跨建制、跨部门的技术指挥系统。按照分工，负责型号研制中的设计、技术决策和技术协调工作。以各级设计师为核心，连同各级技术负责人，就组成型号研制工作的技术指挥系统或技术指挥线。

## 二、以计划调度为中心的行政指挥线

各级领导机关的行政首脑和各级计划管理部门(主要是计划、调度和技术管理部门)构成行政指挥线。行政指挥系统，要同时面对几个型号。它根据党和国家的要求，按照各型号总设计师对技术途径、总体方案等的分析、论证，根据每一个时期各分系统的进度、配套的情况，制订和实施各工程的计划，进行动态调整，以避免不必要的抢先或窝工。通过行政指挥线，把型号技术协调同计划调度结合起来，把技术责任制同经济责任制结合起来，对需要与可能，任务与条件进行综合平衡，努力实现技术指挥线所确定的技术途径，并根据国家要求，作出统一安排，保证各个型号、各阶段的任务如期完成。由于航天工程都是比较大的系统，涉及范围广，方案的制定和实施过程中经常会遇到各种困难和问题，包括各种不同意见的分歧。因此，作为行政指挥线的指挥员(即各级行政首脑)的远见卓识和指挥魄力，是实行系统工程管理的关键。

## 三、在统一领导下两条指挥线的合作

各级行政领导〔部长、院长、所长、厂长(以及他们

的副职)等等),他们既是全面工作的领导者,又是型号研制工作中的行政指挥员。总设计师(及其隶属的主任设计师、主管设计师),是型号的技术指挥员,他们对型号的技术问题负责。

型号研制工作是一个有机的整体,技术和行政两条指挥线的紧密配合和互相协调,是至关重要的。在实际工作中,两条指挥线的工作是互相交叉、互相渗透的。两者各负其责,相得益彰。实际上,技术协调同计划协调往往是互为条件的。计划调度是以技术协调为基础;而技术协调要通过计划调度来实施和完成。技术指挥系统在作技术决策时,必须把技术的先进性同经济的合理性统一起来,认真考虑人力、物力、财力、周期的可能,不能把技术决策建立在不现实的基础上,以避免给行政指挥系统造成不必要的困难。同样,行政指挥系统要千方百计,克服困难,从组织队伍,创造研制条件,组织协作配套,搞好思想政治工作和后勤保障等各个方面,努力实现总设计师系统确定的技术途径、技术方案,保证型号研制工作按既定的程序进行。

两条指挥线的具体组织形式,由于工程规模的不同,研制单位隶属关系的不同而不尽相同。以三项重点工程为例,向太平洋发射的远程火箭,在研制阶段,型号的总体和分系统设计、生产,主要由运载火箭研究院承担(发动机研制单位的隶属关系以后有变化),其技术指挥员是该型号总设计师屠守锷,行政指挥员是七机部副部长兼该学院院长张镰斧。这是型号院两条指挥线的典型形式。水下发射的固体火箭的研制,涉及到几个研究院和不属于这些院的研究所和工厂,总体设计部协助总设计师黄纬禄负责技术抓总,实行跨部门、跨地区的技术指

挥；跨院之间的组织、协调工作，由航天工业部副部长程连昌直接主持，行政指挥员、第二研究院院长柴志和其他各研制单位的行政领导，负责本单位的行政指挥。卫星通信工程的规模更大。它由运载火箭、通信卫星本体、发射场、测控网、地面站 5 个系统构成，直接和间接参加这一工程研制、发射的有各部门、各地区上千个单位。在这项工程的研制中，两个指挥系统按系统工程方法实施组织管理，收到了良好的效果。这项工程的两个指挥系统的层次也与其他工程不同。5 个系统各有自己的总设计师和行政指挥系统。如：卫星本体的技术指挥员是通信卫星总设计师孙家栋，行政指挥员是空间技术研究院院长刘川诗。运载火箭技术指挥员是“长征三号”总设计师谢光选，行政指挥员是运载火箭研究院副院长苗逢辰。而整个卫星通信工程的技术指挥员是该工程总设计师任新民，行政系统的组织指挥工作，由国防科工委的主要领导人陈彬、马捷主持。三项重点工程的胜利完成，是对航天工程总设计师系统和两条指挥线的组织指挥能力的一次很好的考验。

### 型号总体设计部

如前所述，构成航天工程最重要的部分——运载火箭和人造卫星，都是非常复杂的系统工程。它由很多分系统组成。每一个分系统又由许许多多仪器、组件、部件构成。显然，这种系统工程的总体设计工作，总体与分系统之间、分系统与单项设备之间的技术协调等工作，是大量的，必不可少的。尽管有了总设计师责任制，但靠几个总设计师、副总设计师，即使是由水平很高，精

力很充沛的人充任，也是难以完成的。因此，需要建立一个总体设计专业的实体部门，这个部门应由系统设计的专业人员和工程技术人员相结合，形成一个有机整体，既懂得所管理的系统，又有系统分析能力，在总设计师或副总设计师领导下进行工作。这就是型号总体设计部（简称总体部）。

早在五十年代后期，在组建火箭研究机构时，就建立了总体部。但在仿制时期，由于当时主要是消化国外现成的设计图纸并按图纸组织生产，总体与分系统之间的矛盾还不突出，总体设计和技术协调工作不多。因而，总体部受到的锻炼较少，其作用还不突出。

六十年代初，随着自行设计的展开，总体部的作用相应地显露出来。中近程火箭首次试射的失利，无论是导致失败的直接技术原因，还是组织管理方面的原因，都直接或间接地与总体工作的薄弱有关。通过总结这次失利的教训，对方案论证、总体设计在整个设计工作中的重要性，对航天工程本身的综合性、复杂性，有了进一步的认识；对分系统与总体之间，“牵一发而动全身”的情景，有了深切的体会。从而认识到需要加强作为总设计师系统的工作机构——总体设计部。

自一九六四年以来，航天工业系统组建了若干型号设计院，按照“以型号为目标，以专业为基础”，建立科研同生产相结合的管理体制。每个型号院都设立了总体设计部。尽管随着航天事业的发展，多型号、跨部门、跨地区的管理出现了新的问题，型号院本身也有专业重复和不利于专业化协作的缺陷等等，但总体部的经验是肯定的。实践证明，型号院的组织形式，对尽快研制出第一代的各种型号，解决有无问题，发挥了重要的历史

作用。

对总体部在航天工程中所处的地位与作用，是在实践中不断加深认识的。一九六二年底，在《国防部第五研究院暂行条例(草案)》中，对总体部是这样规定的：总体设计部是总设计师领导型号设计的技术工作抓总机构，主持制定总体方案与初步设计工作，草拟分系统设计任务书；负责总体技术协调、全型号配套和分系统验收；主持总装测试、综合试验和设计定型等。经过一九六四年调整后的各类型号总体部，在型号研制工作中发挥了重要作用。主要表现在：

第一，从全局出发，提出有益决策的重大建议。总体部进行型号总体设计时，必须以规划为依据，遵循系统工程的原理，从全局出发，使整体优化。对技术途径和技术方案的选择，要分析各种矛盾，综合权衡利弊。这就要求总体部必须了解全局情况。既要了解国家的全局，又要了解各分系统的现实可能；既要熟悉我国科学技术的现状，也要熟悉国际上航天技术的发展动向和各种专业技术的发展方向。正因为如此，在制订规划，进行决策时，总体部可以在总体方案的探讨、论证和技术途径的选择等方面，提出具体意见和报告，作为决策机关进行抉择的依据。例如，在制订火箭技术八年规划中，运载火箭研究院总体部承担了规划目标的论证工作，他们广泛搜集各种技术资料，对发展方向、总目标，可采用的技术途径，型号系列化的合理结构，技术指标的需求和可能性，进行了可行性论证和系统分析，对制订这次规划起了应有的作用。又如，一九六五年，关于卫星研制规划及技术方案的选择，当时中国科学院所属的卫星总体设计院，也做了大量工作，并提出了我国第一颗

人造卫星的总体方案。在卫星通信工程中，试验通信卫星的技术方案，运载火箭第三级采用新的低温技术方案，测控系统选择“四合一”微波统一系统方案，都由于总体部门论证比较充分，对正确抉择提供了充分的依据，因而在以后的研制中取得了比较好的效果。

第二，协助总设计师正确选择技术条件与技术途径，及时进行技术协调。总体部作为总设计师的工作机构，在总设计师领导下，在型号研制的各个阶段，负责制定总的技术条件，向各分系统提出任务书和分阶段地进行技术协调，编制大型试验的试验大纲等。由于总体和分系统的关系十分紧密，总体设计必须以分系统设计为基础；分系统设计要以总体要求为依据。

例如，总体部从整体合理性出发，以总体性能为目标，根据现有经济、技术条件的可能，同各分系统研制单位充分协商，确定各分系统技术方案和技术指标。六十年代中期，对“长征一号”火箭曾提出过两种制导方案，一种是平台——计算机方案，其优点是技术新、制导精度高，但试制、生产的技术准备和条件不充分；另一种是捷联补偿方案，技术基础比较好，把握比较大，也能满足制导要求。为了满足型号研制总的进度要求，总体部根据控制系统研究所的反复论证，提出了建议，经领导批准，最后确定采用捷联补偿方案。

又如，从综合性出发，对各种专业技术和各种仪器设备在适应性、可靠性、相容性的前提下，提出满足总体要求又符合实际的技术要求，防止某一分系统片面追求技术先进性而影响进度和系列化。对发射通信卫星的运载火箭，总体部开始提出了零下40摄氏度的环境条件要求，这样对一些电子元器件和橡胶件的要求就十分苛

刻。经过研究，根据发射场的地理位置，零下 20 摄氏度就可满足要求，总体部及时进行了更改，避免了人力、物力的浪费。这种例子很多，不一一列举。

二十多年正反两方面的经验说明，在航天工程这种大规模系统工程的研制中，建立总体部，加强总体设计工作，是十分重要的。

## 航天工程的计划管理

三十年里，随着航天事业的发展，航天工程的计划调度工作，经历了一个从粗到细，从浅到深，从低级到高级，从定性到定量，从经验管理到科学管理的发展过程，逐步摸索出适合我国情况的比较科学的原则和方法。

正确的规划和计划，是各级行政指挥员实行指挥调度、组织指导各类型号协调发展的重要依据。制订和实施一个既有远见又切实可行的发展规划，无论是对国家技术进步，还是对指导航天事业本身的发展，都具有重要意义。具体研制计划的正确制订和有效实施，是型号研制工作达到高效能和节约的重要保证。在三项重点工程和其他工程的研制和发射试验中，航天工业系统普遍采用了计划协调技术，编制各种计划流程图，对研制过程中的长线(富裕线)与短线(紧急线)、系统与部件、主机与辅机、材料元件与外协件、单项试验与大型试验等，上上下下前后左右的情况，做到心中有数，指挥调度比较主动。

### 一、型号研制计划

型号研制计划，是航天系统计划管理的基础，其他各项保障计划都是以此为中心制订的。合理性和准确性

是衡量计划工作的重要尺度。为了保证型号研制计划的合理性、准确性，管理者要根据党和国家制定的总方针，考虑政治的、经济的、技术的种种因素，分析需要与可能、任务与条件的关系，找出最合理(优化)的行动方案(计划)，并监督、控制、协调(调度)成千上万人的活动，把各个部门、各个系统、各个环节的力量，集中到一个焦点——型号任务上。“八年四箭”规划的实现，卫星系列的一个个研制成功，三项重点工程的胜利完成，都一再证明，航天工业系统科研生产任务的规划、计划，协调，调度，要以型号任务为目标，以型号研制计划为基础。如果没有明确的目标，不按照统一的计划行事，盲目地实施指挥调度，就会招致不良后果。在强调以型号研制计划为中心的同时，一定要充分重视预先研究的计划安排，在经费、条件上予以切实保证，使型号研制与预先研究保持一定比例。

## 二、航天工程计划的综合平衡原则

虽然航天工程的计划工作同一切计划工作一样，其核心问题是综合平衡。但由于它的特定任务和环境，而具有自己的特点。其中最突出的是，这种综合平衡是以型号为目标的动态平衡。

无论是火箭或卫星，每一个型号任务都是一个系统。完成一项型号任务，不仅要求各技术系统在研制的各阶段以总体优化为目标协调发展，而且要求各保障系统(人、财、物、基本建设、技术改造、技术引进、试验条件、劳动、教育等等)紧密配合，按一定比例协调发展。因而，无论是长远规划，还是年度计划，所有型号任务的计划都不能人为地割裂研制生产和其他工作的有机联系，各方面积极性的发挥都应着眼于有利于型号任务完



成，而不能盲目提倡“各自为战”。然而，每一个新型号在开始制订研制计划时，都有许多未知因素，航天技术的探索性要求计划的平衡只能在计划的执行过程中，不间断地进行以技术协调为主的各种协调。这就是航天工程计划动态平衡的特点。

航天工业系统的科技管理工作，在多年的实践中体会到，在制订计划时，按下述原则进行综合平衡是行之有效的。

第一，配套的原则。主要是要求做到“成套设计、成套试制、成套生产、成套交付(使用)”，并将这一原则应用于预先研究(配套预研)和各系统及其他工作中去。对于一个型号任务，不成套，就谈不上质量和效益，不成套就会贻误时机，出现打乱仗的局面。

第二，远近结合的原则。如果说配套是实物、项目的成套，那么，远近结合就是时间上的“成套”。科研工作的“三步棋”，型号研制的四阶段，各个阶段要互相衔接，各个环节要环环相扣，严格按程序办事。年度计划，从当年要想到后几年，从工作初步展开或间歇时期的低峰要想到工作高潮时期的高峰。所以，年度计划一般要列出两年任务，有时还要指出更远一些关键阶段的目标(如飞行试验)。这种滚动式计划的循环前进，也是动态平衡的体现。

第三，“短线平衡”的原则。短线(或紧急线)项目虽然在整个工程中占的比重不大，但往往决定着整个工程的进度。因此，切实把握住短线所在，千方百计地调动力量促短线变长线，是组织管理的重要任务。所谓短线平衡就是加速短线，限制长线。不能把计划建立在只看长线、无视短线的基础上。否则，这个计划就会抓不住

关键，不得要领，甚至会因等待某一项关键项目而造成全线停工、窝工。或者使长线产品超过寿命周期，造成二次投产。这样，不仅使整个计划落空，而且也造成经济损失。

第四，进度服从质量的原则。航天产品质量出问题，一切都谈不上。当研制进度与质量发生矛盾时，计划平衡必须遵循进度服从质量的原则。

第五，需要与可能相统一的原则。计划编制与实施过程中，始终存在任务与条件、需要与可能的矛盾。单纯从需要出发，不顾主客观条件，强行以所谓“完成政治任务”，提出不切实际的要求，用搞运动的办法(如搞献礼之类)，是不科学的。根据型号任务的需要，结合对实际情况的估计和各种潜力的发挥，确定任务目标，然后根据配套要求和任务序列，依次排出前置任务，并给出可以分配到的工作时间和各种保证条件，进而根据可能，逐项由计划的起始点向后检验对比，对关键路线的关键项目，进行充分的研究、分析，经过几次反复(有时也称正排计划与倒排计划相结合)，找出最佳的实施方案，并在实施过程中不断调整，这种方法比之于单纯倒排计划，效果较好。

### 三、计划协调技术与动态调度

为了提高航天工程计划管理的科学性，提高工作效率，一九六二年，钱学森同志在倡导系统工程管理的同时，提出在计划和技术管理部门试行计划协调技术。这种技术在美国称为 PERT，是一九五八年底在研制“北极星”导弹核潜艇武器系统时首次使用。它将构成任务目标的所有工作事项，按其相互间技术上和组织上的各种时序联系和逻辑联系，组成统一的计划流程图，然后运

用数学方法对计划流程图中各环节进行分析、预测，分清主次，明确关键，寻求资源利用的最优方案，并在计划的编制和实施过程中随时进行调整。一九六三年四、五月间，以远程火箭制导系统地面计算机制造过程为对象进行计划协调技术管理方法的试验。在试验中发现，凭直感认为是短线的铁芯体却不是短线，而认为很易过关的电源恰恰是设计、制造的短线。试验收到了良好的效果，使人们开阔了眼界，证明计划协调技术是一种科学的组织管理手段，并决定在国防部五院科技系统全面推广。但在十年动乱中这项工作遭到破坏。党的十一届三中全会以后，重新恢复和推广了计划协调技术，并将其应用于三项重点工程的研制计划与实施的过程中，在完成这些工程研制任务中发挥了重要作用。

在采用计划协调技术之前，计划部门曾广泛采用生产部门所使用的线条图反映各种研制计划，这个方法很简单，它的特点是在列出每项任务之后，画出一条横线，以表示进度的起止时间。它直观地反映所受领的任务及其完成的顺序和期限。但是，它只能表明预期的静态状况，不能充分反映各项任务之间的相互联系和相互制约的关系，难以看出全局性的关键所在，以及主要和次要任务之间的联系。而根据计划协调技术制订的计划流程图则弥补了上述缺陷。它可以将任务的整个过程画在一张计划流程图上，并表示出它们之间的分工、关系，时间的要求或完成的层次，责任分明，便于组织指挥、实时调度。可以查明富裕线(即长线)的潜力，及时地安排其他任务，创造更好的经济效益。可以使用计算机，提高效率。当然，任何方法都不是万能的，计划流程图也是如此。它不能代替领导决策，而只能在确定任务、统

观全局、明确关系、分清层次、调节反馈、优化效应等方面为领导决策和实时指挥提供科学根据。

采用计划协调技术作为手段是航天工程计划管理的发展，它是以型号任务的确定为起点，对输入资源(人、财、物、时)执行一系列的组织和控制的功能，并进行多次反馈，以型号任务的完成为终点的运动过程。在这个运动过程中，组织计划实施将成为能否圆满实现预定目标的关键一环。在计划的实施过程中，要经常进行计划的平衡、调节工作，使整个研制工作处于动态平衡的最佳状态。

为了协助各级技术指挥员和行政指挥员搞好技术协调和实施强有力的指挥调度，科技管理部门逐步形成按型号分阶段管理与建立各级调度系统相结合的管理方式。一种是按型号类别和每一个型号的不同研制阶段实施管理。这种形式，分工明确，专业性强，主管人员对该型号的业务技术熟悉，型号运转的各种信息能比较及时准确地掌握、处理和反馈，便于行政指挥员对每一个型号的变化和问题跟踪掌握，也能够协助技术指挥员实施技术协调。这种方式最适合于重点任务。如对三项重点工程就是这样做的，也是行之有效的。但这种作法分工越细化，越容易只盯住一个型号而忽视其他的型号。另一种是建立各级调度系统，对各类型号实施综合调度。主要调度形式分值班调度、会议调度和现场调度。值班调度是随时利用各种通信、显示设备，了解和综合全面情况，及时处理日常大量的具体协调问题，随时向领导反映任务进展情况和问题。会议调度，即定期由行政指挥员主持的综合性调度会议或办公会议，对一些重大问题当场作出调度决议，各方面按决议分头执行。执行调

度决议如同执行作战命令。执行情况，由调度室(组)及时掌握，汇总向指挥员报告。现场调度，即定期由各级行政和技术指挥员带领科技管理人员深入现场，了解情况，实施面对面的指导。这种调度一般以处理紧急线(即短线)上的问题、影响全局的问题为最多。因此，调度人员要善于运用计划流程图等科学方法，预测和发现研制工作中的薄弱环节，及时向领导提供信息，以便实现主动、自觉的调度指挥。

随着经济体制改革步伐的加快和航天事业任务的加重，人们越来越深刻认识到科学的组织管理对加速航天事业的发展，提高经济效益的重大意义。因此，实现管理工作科学化，管理信息定量化，管理手段现代化的要求更加迫切。为此，航天工业系统正在着手建设一套新的自动化管理信息系统。这项工程的完成，将使航天工业系统在利用计算机和现代通信技术，实现管理手段现代化方面前进一大步，计划管理和技术管理、协调、调度、指挥也将提高到一个新的水平。

## 航天工程的质量管理

火箭、卫星多是在恶劣环境中一次性使用的产品，有的航天器(如长寿命的通信卫星、科学探测卫星等)，还要求在恶劣环境下长期正常工作。每一个火箭、卫星工程又是由多个分系统，数以万计甚至几十万个元件、器件、零件构成的有机整体，其中一个元器件的故障就可能導致全系统的失败。在我国航天技术发展的历史上，由于一根导线折断(或虚焊)造成整个试验失败，由于一个部件失灵而功亏一篑，由于某个细节考虑不周，使整

个试验毫无结果的事故都发生过。对航天工程来说，产品的质量和可靠性，是产品的生命，是关系成败的决定因素。“严肃认真，周到细致，稳妥可靠，万无一失”成为从事火箭、卫星研制、试验的重要指导原则。严格的要求，严肃的态度，严密的方法，是从事这项事业的每一个工人、工程技术人员应有的素质和作风。没有质量，就没有数量和速度，当然更谈不到效益。这是由航天产品的特殊性质决定的。型号工程研制阶段的主要任务，实质上就是如何解决质量指标的实现问题。因此，实行全面质量管理，在航天工程的科学管理中占有特别重要的地位。在我国航天工业系统，始终坚持质量第一的方针，把全部科研生产纳入以质量为中心的轨道。从以控制元器件、单机质量为主到从型号方案论证一开始就抓质量和可靠性；从事后检验、复查、把关，查明和显示产品质量和可靠性为主，逐步形成以预防为主，通过周密的设计，精心的生产和严格的管理，保证产品固有的可靠性，经历了一个逐步发展提高的过程。航天工程的全面质量管理的主要内容包括：贯穿预先研究、方案设计、初样、试(正)样、使用各阶段的全过程质量控制和管理；形成从元器件、单机到各分系统直至整个大系统的质量信息反馈体系；包括设计、工艺、加工、物资器材供应、动力保障、技术管理、标准计量、设备维修、技术安全、思想工作、行政工作等各个部门工作都纳入质量第一的轨道；全体人员参加质量管理，建立上下贯通、前后相继、纵横交织的全面质量保证体系。经过多年努力，航天工业系统在这方面取得了一些经验，收到了明显效果。在航天工程长期的实践中逐步形成的一套保证产品的固有可靠性和控制质量的措施、管理制度，

虽然还需要进一步补充和完善，但已经证明它是符合航天工程特点的，是行之有效的。

型号产品质量，是研制工作实行全过程质量控制的综合结果。因此，从型号研制一开始，就要在总设计师系统、行政指挥系统建立质量控制责任制。从预研阶段一开始，就要有明确的质量要求。在研制阶段，型号总设计师要对型号的质量负责，并将这种责任制，贯彻于工程研制的全过程。在生产阶段，工厂的厂长和总工程师，要对产品的制造质量负责。

### 一、设计过程的质量控制

设计在很大程度上决定了产品的固有质量和可靠性。实践证明，比较充分的预研成果和较好的技术储备，技术指标的充分论证，技术途径的正确选择，是保证产品质量和可靠性的基础和前提。规定重要型号未经配套性预研，关键技术没有突破，不得开展正式的型号研制，这是保证型号研制质量的重要制度和措施。否则，就会造成型号的“先天不足”。

对航天技术这种大型系统工程来说，在总体方案阶段的质量控制，关乎整个型号质量的全局。方案论证是否充分，技术的先进性与继承性是否恰当，安全余度是否恰当，对各分系统的要求是否明确合理，对以后产品质量、研制进度、经费、物资的使用，影响极大。同时，在这个阶段，总体设计部门还要提出总体可靠性设计要求，分配可靠性指标，提出可靠性检验鉴定方法，确定可靠性设计原则。这一阶段的技术管理工作则要制定出质量控制措施和标准化要求。方案设计阶段的质量工作，要重点检查设计指导思想是否正确；技术途径选择是否现实合理；总体结构是否协调；可靠性指标的分配和各

分系统初样任务书所提内容是否切合实际等等。方案设计阶段结束，必须经过模型原理性试验考核和设计评审验收。

在初样、试样一直到定型阶段，也都要有质量和可靠性的要求。例如：初样研制阶段，质量工作主要内容是保证设计方案的贯彻；各分系统和整个系统的协调性和匹配性；各类地面试验及其数据的完整性和准确性。试验要充分，数据要完整，是这一阶段质量工作的重点。在试样(正样)阶段的重点，是设计资料的完整周全，系统的全面配套；生产工艺的稳定、一致；飞行试验前的事故预想，等等。每一个阶段都必须逐项经过技术评审和全面验收，尔后转入下一个阶段。凡经过飞行试验证明符合设计要求的产品，要及时冻结技术状态，未经批准，不得修改设计和工艺。卫星通信工程的实践说明，由各方面专家、设计人员、质量管理人员组成评议组，开展设计质量评审，每个阶段对所规定的质量和可靠性指标都作出结论，克服单靠设计师系统检查的局限性，便于把设计上的缺陷和差错，消灭在研制过程的各个地面试验阶段，效果很好。

## 二、生产过程的质量控制

生产过程是实现设计意图，把图纸、技术要求变成产品的过程。控制产品质量必须贯穿于整个生产过程。既要有专业的检验，又要重视预防工作。在整个生产过程中，从元器件开始，在每一道工序、每一个生产环节都要严格检验把关，并且和每道工序的岗位责任制结合起来。

### (一)材料、元器件、外购件的质量保证。

材料、元器件是整机的基础，对整机质量和可靠性



影响最大。整机发生故障，往往表现为元器件失效。导致元器件失效的原因很多，诸如元器件本身固有可靠性差，设计不周，工艺方法不当，操作失误，等等。因此，在整个研制过程中，特别是在生产过程中，加强对元器件、原材料的质量管理，对保证产品质量十分重要。为了保证产品质量，基于我国的工业技术水平，在航天工程中对电子元器件一直采用筛选制即全数检验制。在检验前，全数进行老炼，择优选用。为此，按航天产品的要求，对电子元器件制定了通用性的老炼、筛选规范，编制了元器件选用目录，严格限制选用范围。设计人员要遵循保证设计质量的几项原则。如，不采用未经过充分试验的，可靠性没有把握的元器件及外购成品；对元器件及外购成品件降额使用；结构及电路一般不允许超负荷使用等。一些关键线路的设计，需应用冗余技术，采用各种形式的备份措施，并注意提高部件的环境适应性。

从一九七四年初开始，根据卫星、火箭的技术要求，着手对电子元器件进行定技术条件、定型号规格、定元器件生产厂的“三定”工作。经电子工业部门的努力，于一九七七年建立了“七专”航天级电子元器件生产管理制度，为保证航天产品电子元器件质量创造了物质基础。

为保证材料、元器件入、出库的质量，在生产岗位责任制中规定了材料、元器件、外购件入库责任制。入库要有严格的管理制度，防止变质、混批、混料。入库材料、元器件要有技术条件，并要按规定抽样复查；出库要复制附送质量证件，出库者要签字负责。检验方法，除关键、精密产品的元器件采取全数检验外，标准件和

大宗产品，采取抽检的办法。

## (二)建立岗位责任制。

除上述材料、元器件、外购件入库检验制外，还有设计责任制，图纸和技术文件的设计、审核，批准者要签字负责；工艺设计责任制，工艺员及其主管业务领导和车间主任签字负责；计量、检测工具，定期检查鉴定责任制；工件、产品跟踪卡要一起按工序流程传递。“长征三号”火箭在一次现场测试中，发现两个插头带有“多余物”，按规定必须把几百个这样的插头从火箭中抽出逐个复查，这样必然会导致产品质量下降，影响可靠性。由于有跟踪卡，沿着卡片留名的线索，查出是因为一名工人精力不集中，漏检了12个插头，这样把复查面缩小到12个插头，保证了整个火箭的质量可靠性。

## (三)建立和健全生产者自检、专职检验和设计代表检验的“三检制”。

每项产品或工件在生产过程中，每道工序直至产品出厂，生产者要进行自检并签字负责；最终产品或出厂产品，工厂检验员要签字负责，设计代表也要签字负责。全箭(或星)出厂，总设计师要签字负责。

## (四)加强生产过程中的质量管理。

为了保证生产过程中的产品质量，要加强生产岗位上工作人员的责任心，搞好文明生产，遵守工艺纪律。为此，对工人和检验人员必须经过训练和考核，合格者方可上岗。同时，要经常公布产品质量情况，使大家都知道自己负责的产品的质量状况。建立质量故障报告和分析反馈制度。为此，要严格产品质量原始资料登记、存档，保证质量的可追溯性。质量信息的反馈，是提高产品质量的必要措施，要作到下道工序向上道工序反馈，

元器件、原材料质量问题向生产厂反馈。使用单位与供货单位共同研究，分析原因，采取措施，以避免故障扩大和再度发生。属于设计、工艺方面的问题，同样要将有关信息直接反馈给有关设计和工艺部门。

在整个生产过程中，要特别注意总装车间的装配调试质量和清除“多余物”。“多余物”对航天产品的危害，犹如“千里长堤，溃于蚁穴”。一点锡、一颗螺钉、一根线头、一丝金属屑，落在关键部位，会产生不堪设想的后果。多年来，在历次质量复查中，清除“多余物”都是一项重要内容。更重要的是在装配中，采取一系列消除“多余物”的措施。

### 三、试验过程中的质量管理

在整个研制过程中，一个型号要经过不同层次和规模的试验，以提高产品的可靠性。譬如，整机老炼提高电子设备的可靠性；各种环境试验考验产品在低温、高温、振动、冲击、噪声、辐射、真空等各种恶劣条件下的性能；各种综合、匹配试验，检验仪器、设备之间，分系统之间的相互匹配与相容性等等。在各种试验过程中(也包括设计生产过程中)，建立质量信息反馈网和质量数据库。

火箭、卫星的飞行试验，是对产品质量和可靠性的最终考核。实际上在出厂前的总装测试和在发射场的检查测试工作，都是围绕产品质量和可靠性来进行的。在飞行试验的准备阶段和实施阶段，对产品质量的控制和管理，要以预防为主，消除隐患，杜绝重复故障，做到型号不带故障出厂、不带疑点转场、不带隐患上天。为此，除总装前进行周密的各种大型试验，建立严密的型号出厂的管理制度以外，试验过程中，要设专职质量管

理人员，负责搜集产品质量信息，并进行分析、反馈和贮存。严格贯彻岗位责任制，做到“三到位”（操作人员、检验人员、设计人员同在岗位），执行“三检制”（自检、互检、专检）。根据试验工作的进展情况，及时开展“两想”（回想、预想）活动，查漏补缺，采取预防措施。通过这一系列过细的工作，争取试验一次成功，这是提高航天工程经济效益最重要的措施之一。

#### 四、把全部工作纳入质量第一的轨道

全面质量管理贯穿于设计、生产、试验的全过程，涉及工作的各个方面。所有这些，都是通过人来完成的。规定了各种制度，建立了各种质量管理的责任制，还要特别加强质量第一的教育，普遍进行质量管理的训练，表彰质量管理的先进单位和个人，提高航天工业系统所有人员对质量高度负责的责任心。对各种质量事故要查清原因，采取有效措施。对玩忽职守的责任事故者，要严肃处理，做到赏罚分明。大力开展群众性的质量管理小组(QC小组)活动，把产品质量问题解决在基层，解决在零部件阶段。在研制过程中的几个转折关头，要进行几次大的质量复查，发现问题，消除隐患，防患于未然。

此外，建设“文明生产”的条件，创造安安静静、干干净净的工作环境；搞好标准、计量工作，不断提高标准化、通用化和系列化的程度；严格执行检验制度，改善检测工具，改进检测方法等方面的工作，对保证产品质量，都是十分重要的，都要认真、扎实地做好。

总之，产品的质量和可靠性，是设计出来的，生产出来的，管理出来的。只有不断提高航天工程的全面质量管理水平，才能使航天产品的质量和可靠性提到一个新的高度。

对航天工程科学管理的认识，是一个不断深化，不断发展的过程。它永远不会完结，不会停留在一个水平上。航天技术本身的探索性、创造性，要求航天工作者们不断提高组织管理水平，不断研究新问题，总结新经验，开拓前进。

## 航天队伍的形成和成长

在创建我国航天事业的征途中，一支掌握当代航天技术的研制队伍成长起来。这支队伍包括一大批经过战火考验的老干部，数以千计的高级技术专家，数以万计的工程师和技术人员，十多万经验丰富的技术工人，一大批党政干部和组织管理、后勤保障人员。我国这支航天产业大军，是当代中国工人阶级重要的组成部分。在中国共产党的教导和培育下，他们的品德和思想作风，体现了中国人民崭新的精神面貌。这支队伍锻炼成长的历程，从一个侧面反映了新中国科学技术队伍的成长道路。

## 队伍的组建和构成

航天技术是知识密集的尖端技术。发展航天技术，首先要建立一支强大的科学技术队伍。在五十年代创建我国航天事业时，虽然在总体上我们处于经济文化落后，科学技术力量薄弱的劣势，但我们有社会主义制度，有中国共产党的领导，通过全国各行各业的支援，广揽人才，尊重人才，培养人才，仍然可以形成一种局部的技

术优势，组建一支坚强的攻关队伍。

### 一、航天队伍的组建

五十年代中期，国家经济建设刚刚全面展开，党和国家作出了发展尖端技术的决定后，聂荣臻副总理受中央委托，负责主持组建航天技术研制机构的工作，首先把组织航天技术研制队伍作为一个战略性问题加以考虑，千方百计地从国内外延揽人才。

通过各种渠道，争取在国外的科学家回国，是汇集人才的一项重要措施。在美国公认为力学、工程控制和火箭技术专家的钱学森博士回国，对中国航天事业的创立和发展起了重要作用。钱学森于一九五五年十月二十三日从海外归来。他是美国最早从事火箭技术研究的古根海姆实验室的主要成员。强烈的爱国心和一场莫名其妙的诬陷，成为他回国的契机。五年多漫长岁月的波折和斗争，由于党和政府的关怀、周恩来总理机智的外交，终于实现了他在新中国成立后就萌动的报效祖国的初衷。中国早期航天技术的发展规划，国防部五院初期对科技干部的培训，空间技术研究院的筹备和建立，他都起了重要作用。五十年代末，周恩来总理曾在一次会议上说，中美大使级会谈至今虽然没有取得实质性成果，但我们毕竟就两国侨民问题进行了具体的建设性接触。我们要回了一个钱学森，单就这件事说来，会谈也是值得的，有价值的。其他从海外归来投身到航天事业的专家，也为数不少，他们都被安排在重要的技术领导岗位，在航天事业的创立和发展中作出了自己的贡献。在这些著名人物中有材料专家姚桐斌、空气动力专家庄逢甘、自动控制专家杨嘉墀、微电子专家黄敞等。

在一九五六年组建国防部第五研究院时，周恩来总

理决定：只要是国防部第五研究院需要的技术专家和党政干部，都可以从工业部门、高等院校和军队中抽调。聂荣臻副总理和国务院秘书长习仲勋亲自主持这项工作。虽然当时正处在第一个五年计划时期，各方面都急需人才，但有关部门都能顾全大局，以发展尖端技术为重，大力支援。军事工程学院院长陈赓主动提出，军事工程学院的科技专家都可以给，调哪个给哪个。除已经提名的外，还可以多抽几个。国防部五院最初的 30 多名科技专家和 100 多名大学生，就是这样很快地集中起来，开始了火箭技术的探索与研究。一九五八年四月至一九五九年四月，解放军总政治部从部队抽调了 3,000 多名领导干部和技术骨干给国防部五院。在这期间，还先后从各工业部调来 300 多名设计、工艺方面的技术骨干。与此同时，国家又争取向前苏联和东欧国家多派一些有关专业的留学生；在国内调整了军事工程学院和其他一些重点院校的专业科系，抓紧培养航天技术的专业人才。

一九六 年，前苏联专家陆续撤走，我国的科技人员要把航天技术的研制任务全部独立地担当起来。为此，国防科委副主任张爱萍，于三月五日给邓小平总书记和党中央写了专题报告，希望把决定调给国防部五院的技术骨干和 4,000 名大学生尽快调齐。中央书记处当即决定，技术干部的调配应以尖端科研需要为重点，尽量保证，满足需要，其他项目所需如果与此有矛盾，应该让路。三月二十三日，中共中央又专门发出《关于迅速完成提前选调给国防部五院应届大学毕业生的通知》，要求各省市指定组织部长亲自负责，进行挑选审查，按原定数额迅速选齐。各学校对国防部五院选调的学生都是毫无保留。近百名技术骨干，4,000 余名大学生，迅速

集中到了国防部五院。

为了组建航天事业队伍，除了从部队和地方抽调一大批经过长期革命实践锻炼、热心尖端科学事业的老干部和一批水平较高的优秀科学家以外，还从五十年代前期留学前苏联和东欧以及国内毕业的大学生、研究生中选拔了一批技术人才；以后历年都从高等学校和中等专业学校选调毕业生；其他工业行业支援了一大批技术工人；从部队选调了几批退伍军人。除了选调的外，还有些是成建制转到航天部门的。如五十年代后期通讯兵部的电子科学研究所划归国防部五院；六十年代中国科学院新技术局以及上海机电设计院、自动化研究所等几个研究单位和工厂的全部或部分技术人员，后来都成为空间技术研究院的主要技术力量。

在五十年代国家全面开始经济建设，各行各业技术人才奇缺的情况下，正是由于党中央和老一辈无产阶级革命家的关怀和重视，并采取果断措施，取得全国各行各业的大力支援，才能在短期内将成千上万的专业技术人才集中起来，很快建立起一支航天技术的研制队伍。

## 二、航天队伍的构成

### (一)老干部是航天队伍的组织领导者。

周恩来、邓小平、聂荣臻等老一辈无产阶级革命家，以及罗瑞卿、陈赓、张爱萍等许多杰出的领导人，为建立和发展航天事业，组织和培育航天研制队伍，花费了不少心血，建树了巨大功绩。

三十年里，党和国家向航天工业系统选派了大批领导干部，他们作为航天战线上的组织者和领导者，认真执行党的路线、方针和政策，为实现中央发展尖端技术的战略决策，贡献了自己的力量。人们不会忘记，在两



座疗养所旧址创业的负责人钟夫翔、谷景生、白学光、林爽等，他们为抽调干部，创造研究、实验的起码条件，做了大量初期的开拓性工作。五十年代末、六十年代初，中国航天事业处在蓬勃发展时期，人们常常怀念国防部五院的这个“黄金时期”，同时很自然地想到王秉璋、刘有光、王诤、刘秉彦、谷广善等，在贯彻党中央和聂荣臻同志的指示，正确执行党的知识分子政策和科学技术政策，发扬党的政治工作传统，建立科研生产的管理制度，畅通技术指挥渠道，进行大规模的基本建设，狠抓基础技术研究和全国协作网的建设等方面，做了大量奠基性的工作。在筹建空间技术研究机构，组织空间技术队伍，开展早期空间探索活动，组织第一颗人造卫星的研制、生产中，中国科学院的领导人，特别是张劲夫、裴丽生、竺可桢以及谷羽、卫一清等，他们在早期做了大量卓有成效的工作。党的十一届三中全会前后主持七机部(航天部)工作的宋任穷、郑天翔、张钧等，贯彻党在新时期的路线、方针、政策，在建立安定团结的政治局面，恢复整顿科研生产和各项工作，推进科研生产的全面质量管理，完成国家确定的三项重点工程任务，实行“军民结合”，提高经济效益，开展企事业单位的全面整顿，建设社会主义精神文明等方面，作了大量的出色的工作，为航天事业适应经济体制和科技体制改革创造了条件。

从一九五八年开始，国家陆续向航天战线输送各级领导骨干。除五十年代末调进的一批外，一九六一年又从军队抽调了1,000多名优秀干部，以后还不断予以补充。一大批主要来自部队的领导骨干，如刘 、周维、董启强、郁文、林毅、薛伟民等，在国防部五院各分院

担负着主要领导职务，还有更多的干部担负着从研究室、车间、工厂、研究所，直到研究院、管理局、三线基地及航天工业部机关的各级党政领导工作。

这批久经考验、驰骋沙场的老干部，带来了他们在长期革命实践中锻炼出来的组织、指挥、决策的才能，带来了中国人民解放军优良的政治工作传统和组织管理经验。他们新的工作环境和新的工作对象面前，知难而进，刻苦学习科学技术知识，学习管理科研生产的本领，努力变外行为内行。他们诚心诚意地和知识分子交朋友，深入研究、设计、试制、试验、生产现场，掌握研制规律，熟悉知识分子特点，做好思想政治工作。他们放下“首长”的架子，为科学研究服务，为科技工作者服务。带领广大后勤保障人员，积极创造比较好的工作和生活条件，任劳任怨地做“勤务员”。他们中的许多人，成为科学技术组织管理工作的内行，成为优秀的思想政治工作者。原第七机械工业部副部长、运载火箭研究院院长张镰斧，这位在革命战争的硝烟烈火中锻炼出来的军事指挥员，在组织、指挥火箭的研制、生产和发射试验中，那种深入实际，熟悉情况，镇定果断，身先士卒，关心下属，尊重专家，敢于承担责任的作风，使在他身边工作的专家和技术人员深受鼓舞。张镰斧同志只是这批老干部的一位代表。到八十年代，虽然他们中的许多人已经两鬓斑白，甚至积劳成疾，相继从各级领导岗位上退下来，但这批老干部在创立和发展我国的航天事业，组织和培养航天技术研制队伍的功绩，是不可磨灭的。

## (二)老专家是航天队伍的技术带头人。

由高水平的科学家来作技术带头人，是航天技术快

速发展的关键。

刚组建国防部五院时，就由一批高水平的科学家担任技术领导职务。院长由著名科学家钱学森担任，最初建立的 10 个研究室负责人是：总体室任新民，空气动力室庄逢甘，结构室屠守锷，发动机室梁守，推进剂室李乃暨，控制系统室梁思礼，控制元件室朱敬仁，无线电室冯士章，计算机室朱正，技术物理室吴德雨。不久，蔡金涛、卢庆骏、黄纬禄、吴朔平、郝复俭、李蕴滋、吴中英等一批专家，也相继来到国防部五院。一九五八年，中国科学院为开展空间技术研究，由钱学森和著名地球物理学家赵九章负责，并抽调一些专家主持有关方面的研究设计工作，其中有卫星总体设计技术负责人杨南生、王希季；卫星控制系统设计技术负责人陆元九、屠善澄；卫星探测仪器与空间物理研究设计技术负责人钱骥等。

这一大批具有强烈事业心和第一流专业知识的科学家，无论是单独调进的，还是随单位一起到航天工业系统的，他们把献身于航天事业看作是党和国家的无比信任和最大光荣，不计个人得失，运用自己的专业知识，勇敢地投入新的研究领域，为发展我国的航天技术，心甘情愿地做一个埋头苦干的开拓者。

这批专家不仅在攻克技术难关，培养中青年骨干方面发挥了巨大作用，而且他们那种兢兢业业、坚韧不拔、孜孜不倦的探索精神，那种谦逊朴实、严于律己、认真负责的作风，给年轻的技术工作者以潜移默化的教育。

卫星通信工程总设计师、中国科学院学部委员任新民，是一位留美归国的学者，原哈尔滨军事工程学院教授，现任航天工业部科学技术委员会主任。他在航天事

业上奋斗了近三十个寒暑，中国火箭发动机的许多重大成就都和他的名字直接联系着。他是发射通信卫星采用低温燃料火箭发动机的主要倡导者和组织者。他在“长征”系列运载火箭和卫星通信工程的研制中，在主持航天工业部的技术领导工作中，作出了重要贡献。

远程火箭总设计师屠守锷，早在四十年代后期，这位清华大学航空系的年轻教授就参加了中国共产党。中国航天事业刚刚创立，聂荣臻同志就指名把他从北京航空学院调到国防部五院，长期主持运载火箭总体设计工作。作为这种大型系统工程总体方面的技术负责人，他从全局、从整体的角度协调各分系统的关系，对已经确定的重大技术方案和各项技术指标，严格要求。在中国液体火箭的许多重要型号的研制中，都浸透着他的心血，凝结着他的功绩。

航天部科技委员会副主任、中国科学院学部委员梁守，原哈尔滨军事工程学院教授，是我国航天技术的开拓者之一。他在冲压发动机和战术导弹等研制工作中，作出了重要贡献。一九六四年，他的《关于技术工作中的几个问题》的讲话，受到聂荣臻、罗瑞卿同志的赞扬，并在国防部五院展开了广泛讨论，对航天技术队伍的思想、作风建设，产生过深刻的影响。

在航天工业系统被誉为“科研战线上的标兵”、航天工业部劳动模范、全国“五一劳动奖章”获得者黄纬禄，是航天战线老专家的杰出代表。他早年毕业于原中央大学，后留学英国。五十年代后期他就参加和主持火箭控制系统的研制工作，作出了显著成绩。他几十年如一日，勤勤恳恳，苦干实干，对工作一丝不苟，精益求精。他作为固体火箭的总设计师，为开辟我国火箭技术的新领

域，作出了重要贡献。

在为我国卫星工程作出了重要贡献的许多专家中，杨嘉墀是其中之一。他五十年代留学美国。一九五六年十月回到祖国以后，他任中国科学院学部委员，自动化研究所研究员。他参与了制订中国空间技术发展规划，并组织研究中国第一颗人造地球卫星的姿态控制系统。作为空间技术研究院主要技术负责人之一和科学实验卫星的总设计师，卫星姿态控制系统的方案设计、“一箭三星”的发射成功等，都凝结着他的心血。他当选国际宇航联合会副主席期间，在加强我国与世界各国航天技术的交流和合作中发挥了重要作用。

早在六十年代初，在前苏联专家撤走之后，聂荣臻副总理在国防部五院高级知识分子座谈会上，代表党中央殷切希望中国专家“把技术上的担子全部挑起来”。在航天战线上工作的一大批老专家，没有辜负党和人民的期望，他们为发展航天事业做出了第一流的成绩，他们的科研道德和科学作风，成为中青年科技工作者的典范。

(三)中青年科技人员是航天队伍的骨干力量。

三十年来，我国许多高等院校，如哈尔滨军事工程学院、国防科技大学、北京大学、清华大学、北京航空学院、北京工业学院、哈尔滨工业大学、西北工业大学等，为航天战线输送了大批优秀毕业生。在航天战线工作的中青年科技人员，在老专家的带领和精心指导下，同中国的航天事业一起成长，他们怀着献身航天事业的光荣感和自豪感，为发展中国的航天事业贡献出全部智慧和力量。

新中国培养的一大批中青年航天技术干部，已经成为航天事业的技术骨干和领导骨干。党的十一届三中全

会以后，他们中的许多优秀分子，相继走上了领导岗位。如原航天工业部副部长、现任国家科委主任宋健，现任航天工业部部长李绪鄂，副部长刘纪原、鲍克明、孙家栋，运载火箭研究院院长李伯勇以及陈怀瑾、刘从军、易生、邢球痕、苏世 等等。以他们为代表的一大批中年优秀知识分子，被提拔到各级领导岗位，进一步提高了航天战线领导干部革命化、年轻化、知识化、专业化的水平。

在中年知识分子中，有许多人已成为各专业系统的专家。我们有一批运载火箭总体设计方面的专家，在总体方案的论证和设计、总体结构、弹道计算、伺服机构等方面，都做出了第一流的成绩。我们的火箭发动机专家们，无论是液体火箭发动机，还是固体火箭发动机，都做出了出色的工作。特别是一批中年科技人员在设计建造发动机试验设施，从事发动机试制、试验、测试工作中，付出了艰巨的劳动，为研制高水平的发动机作出了贡献。我们的火箭控制系统的中年专家们，他们的创造性工作，使我国惯性制导技术不断提高。卫星工程方面的中年专家，他们在一系列卫星研制中表现出的“巧夺天工”的技术才能，博得国内外专家的称赞。另外，在空气动力、地面设备、测控设备、计算机、真空、光学、材料、工艺技术、环境模拟、计量测试等项专业技术中，也涌现出一大批中年专家。上述每一个方面都可以举出许多名字，例如在卫星温控方面，现任空间技术研究院副院长闵桂荣的研究成果，就曾在国际学术会议上受到同行们的好评。实际上，各个专业技术方面，都有一个创造者的群体。他们群策群力，发挥集体的智慧和力量，攻克一个个技术难关，攀登一个个技术高峰。

中年专家中最突出的代表,是模范共产党员罗健夫。他不仅在科学技术方面做出了高水平的发明创造,而且具备了中国共产党培育的一代知识分子的高尚品质和道德情操。他在出国、调资、住房、职称评定等问题上从不计较个人得失,而在工作、学习上却总是不懈地追求。他呕心沥血,含辛茹苦,废寝忘食地学习和工作,直到身患癌症还奋力拼搏。赵紫阳总理在五届人大五次会议的报告中,把罗健夫的英雄事迹称为“人们学习共产主义思想的活教材”。宋任穷同志著文称颂他“象春蚕一样吐尽银丝,象红烛一样燃尽自身,为党的事业奋斗了一生,贡献了一切”。罗健夫被誉为“一个纯粹的人”是当之无愧的。他所代表的精神,正是新中国培养的这一代中年技术专家本质特征的生动体现。

一大批年纪在二、三十岁的青年科技工作者,是航天事业的生力军。他们有的已显露出技术才华,有的则刚崭露头角。他们朝气蓬勃,勇于开拓,活跃在研究、设计、生产、试验的各个岗位上。他们是中国航天事业未来的希望。

在航天技术队伍中还有一批不可缺少的技术辅助人员。他们默默无闻,但做出了卓有成效的工作。在完成浩繁而琐细的工作中所付出的辛劳和建立的功绩,在航天事业发展史上是值得高度评价的。这是航天事业中真正的无名英雄。五十年代末、六十年代初,从全国各地中学挑选了一批初、高中毕业生,最初他们担任实验员、计算员、操作员、绘图员、资料员等技术辅助工作。有的经过短期技术培训,更多的是在实践中学习、锻炼,后来有的已成为技术管理、行政管理或政治工作的中层领导骨干,有的成了技术骨干。

#### (四)技术工人是航天队伍的基础力量。

战斗在航天工业战线上的十多万技术工人，组成了一支具有丰富实践经验、善打硬仗的队伍。这支队伍的组成同样体现了全国的大力支援。来自全国轻重工业战线的，许多是原来行业的劳动模范和技术能手；从部队选调的大部分是技术兵种中的优秀战士；一部分从技校毕业的工人，有理论、有文化、肯钻研，在实践中成长得很快。

自一九六五年组建第七机械工业部以来，航天工业战线逐步建立了一支工种齐全，技术熟练，作风过硬的航天技术工人队伍。这支队伍在生产火箭和卫星产品中，能适应许多特殊材料和高难度加工工艺的要求，充分表现了他们艰苦奋斗的精神和攻克技术难关的精湛技艺。这里有一批在平凡的岗位上作出非凡成绩的，勤勤恳恳的“老黄牛”式的劳动模范，也有一批心灵手巧，革新入迷的技术能手。许多则是二者兼而有之。前者，如荣获“五一劳动奖章”的全国“三八红旗手”、航天部劳动模范、中年女工曹贤芬；后者，以革新能手、劳动模范顾大明为代表，这位从一九四八年就从事兵工生产的八级车工，在解决大型运载火箭箱体端头发泡加工，共底蜂窝夹层型面加工，以及各种双曲面大型工件加工中，采用的巧妙加工方法和高超技艺，使许多行家称羨不已。类似曹贤芬、顾大明这样的优秀工人，不胜枚举，如卫星总装厂工人汤士良，上海基地的工人工程师李世英，沈阳新光机械厂技师朱朝荣，三线基地的工人技师周风皋等等。更为可喜的是，正在成长的大批青年工人，继承老工人的优良传统，又具有文化知识高、接受新事物快的优点，成了航天工业生产战线的生力军。



## 队伍的培养

为了培养这支以科技人员为主体的航天研制队伍，充分发挥他们的主动性创造性，加速航天事业的发展，对这支科学技术队伍采取信任、依靠、关怀的正确政策，是十分重要的。

### 一、充分信任知识分子

早在五十年代中期，周恩来总理专门向聂荣臻同志交待说，钱学森是爱国的，要在政治上关心他，工作上支持他，生活上照顾他。这不仅是对钱学森这位国防部五院院长一个人，而是表达了党和国家对从事航天事业的所有技术专家们的信任和关怀。一九六一年，聂荣臻同志在同国防部五院高级知识分子座谈时，语重心长地说：国防部五院就是大家的家，五院的工作就是大家的终身事业，我们希望同志们下决心在这个光荣的岗位上干一辈子，为尖端技术献出自己的一生，把祖国建设得更强大，这是万世之荣，大家有多大本事就尽管发挥。

长期在航天战线上工作的专家们，都亲身体会到党和国家对航天科技人员的信任和关怀。梁守在一篇回忆文章中写道：“在聂荣臻同志的领导和关怀下，我国航天事业的科技工作者一直感到党的政策的温暖”。“没有因为他们出身于旧社会而嫌弃他们，也没有因为他们有缺点而采取‘敬而远之’的态度”。这代表了十年动乱以前大多数专家的感受。在十年动乱的困难条件下，周恩来总理亲自出面，保护一批专家。对大批中青年科技人员，采取了当时所能采取的一切措施，保护这支队伍不被搞垮或冲散。航天战线的广大科技人员，是深切体会

到老一辈无产阶级革命家的苦心的。因此，在悼念周总理的日子里，在著名的天安门广场，“四五”运动中，航天战线上的广大干部、工人、知识分子，不顾威胁、阻挠，成群结队去献上自己的花圈和诗词，显示出他们忠于党的事业，敢于藐视“四人帮”的伟大气概。党的十一届三中全会以来，党的知识分子政策得到了落实。对航天事业所取得的每一项重大成就，党和国家都予以充分肯定。胡耀邦同志称赞参加向太平洋发射运载火箭的所有人员，包括科学工作者，工程技术人员在内，是“新一代的英雄”，他们“将同老一辈的革命家一样受人民歌颂爱戴”。表达了党对航天战线科技人员和全体职工的期望和信任。

在航天工业部两次表彰的劳动模范中，知识分子占全部劳动模范的 52.2%；在完成三项重点工程任务中荣立一等功者，知识分子占 88.5%。据航天部在京单位的统计，中国共产党党员占全体职工的 26.2%，而技术人员中党员占 34.67%。工程师中占 46.6%，高级工程师中占 72%。党和国家的信任，是科技人员对航天事业产生强大凝聚力和克服困难的力量源泉。

在航天战线是怎样做到对知识分子充分信任的呢？

第一，明确知识分子是航天事业的基本依靠力量。从五十年代后半期到“文化大革命”以前，由于“左”的思想影响，歧视科技人员、轻视知识、不信任知识分子的倾向，被一些人看成是“阶级斗争观点强”的表现。但在航天战线则不是这样。直接主管航天事业的周恩来、聂荣臻、张爱萍等领导人，从一开始，就把广大科技人员同领导干部、工人一起，看成是发展航天事业的基本力量，并对航天战线科技人员的政治素质和工作能力有

充分的信心。一九五七年的反右派斗争，一九五八年批判“白专”，以及尔后的“反右倾”斗争，虽然在当时的形势下不可能对科技人员毫无触动，但在国防部五院，运动的声势小，知识分子受到的伤害也比其他知识分子密集的单位轻。

对知识分子的信任，尤其表现在研制工作出现挫折和失败时对待技术人员的态度上。是指责、埋怨甚至动辄“上纲”，追查责任，还是安慰、鼓励、引导，认真分析原因，总结经验教训？试验失败了，作为技术负责人的专家们常常是心情紧张，感到有压力。邓小平、叶剑英、聂荣臻等领导人总是鼓励说：“失败是成功之母”；“通过失败总结出的经验教训有时比成功更加宝贵”。在试验遇到困难的时候，他们主动为技术人员撑腰打气：“最困难的时候，大概就是快要成功了。”“你们放心大胆去试，成功了，成绩是你们的，失败了，责任是我们的。”每忆及此，许多专家心里总是热乎乎的，感到领导对自己的信任，因而加重了自己的责任感，全力以赴地去分析失利的原因，克服困难，继续前进。

在航天战线上的各级党政领导干部，长期形成了这样一种观念，火箭、卫星上天，离不开知识分子。这种观念的形成是经过了一番艰苦的思想斗争的。起初，一部分刚从部队调来的党政干部，对知识分子的一些缺点、弱点看得过重，在聂荣臻等老一辈革命家的教育下，经过各级党组织耐心说服，逐步得到纠正。为消除“文化大革命”在知识分子问题上造成的恶劣影响，航天工业系统各级党组织，不断进行尊重知识、尊重知识分子的思想教育。在充分肯定知识分子的进步和他们在航天事业中的作用的同时，也对他们提出严格的要求，加强思

想政治教育，不断地提高知识分子的思想觉悟。实践证明，这种教育是十分必要的，而且是起了重要作用的。

第二，明确研究机构的根本任务。五十年代末，曾出现过科研部门工作混乱，大量时间被占用搞政治运动和与科研无关的体力劳动。贴大字报，除“四害”，轰麻雀，占去不少工作时间。科研人员不满意，心情不舒畅。有些领导干部对科研机构的根本任务在认识上也是若明若暗。针对这种情况，聂荣臻同志指出，对科学研究机构的根本要求是：出成果，出人才，为社会主义服务。对国防部五院来说，如果根本任务完成得不好，造出来的东西上不了天，其他活动搞得再好也没有用。所以他明确指示，科研工作不要搞运动，要摒弃形式主义的东西，尽量减少不必要的社会活动。为此，严格规定了保证科技人员有六分之五的工作时间，并尽力为科学研究创造干干净净、安安静静的工作环境和生活环境。党的工作重心转到四个现代化建设以后，航天工业在“军民结合”的道路上，为四化作贡献的领域更加广阔，出成果的内涵更加丰富，为科技人员施展其才能创造了更好的条件和环境。

第三，对知识分子有明确的要求。引导知识分子走又红又专的道路，是党的一贯方针。但如果对“红”的要求空洞偏激，对“专”的积极性任意曲解，就会使他们缺乏信心，顾虑多端。结果既妨碍他们政治思想上的进取心，又挫伤他们钻研技术的积极性。

一九六一年，中央批转的《科研十四条》和聂荣臻同志在国防部五院的报告，明确提出，红的标准，一是拥护党的领导；二是拥护社会主义，用自己的专门知识为社会主义服务。广大科技人员，感到又红又专有了奔

头，钻研技术业务受到鼓励。要从根本上解决信任问题，必须明确知识分子的阶级属性。本来，在一九六二年的广州会议上，就已明确指出，知识分子是劳动人民的一部分。但在后来的政治运动中，特别是“文化大革命”中，这个正确的结论被歪曲和否定。在一九七八年的全国科学大会上，邓小平同志关于科学技术是生产力、中国的知识分子已经成为工人阶级的一部分的讲话，从理论和战略的高度阐明了对知识分子的认识问题。

为引导航天战线的知识分子走又红又专的道路，一方面重视对知识分子进行思想教育，帮助他们克服缺点，树立共产主义的革命理想，培养实事求是，勇于实践的精神。另方面，对知识分子刻苦钻研的积极性，给予热情的鼓励和支持。为了用典型人物的事迹，引导知识分子走又红又专的道路，一九六三年国防部五院曾表彰了科技干部张履谦严格要求自己，刻苦钻研技术的事迹，开展了向张履谦学习的活动。党的十一届三中全会以后，航天工业部广泛深入地宣扬了黄纬禄、罗健夫的模范事迹，在广大知识分子和全体职工中产生了深刻的影响。

## 二、放手使用知识分子

大胆放手地把知识分子放到适合发挥他们各自才能和特点的岗位上，使他们有职有权有责，在发展航天事业中发挥作用，施展才干。这是航天战线对知识分子充分信任的标志。

第一，委以重任，有职有权。国防部五院刚成立，就启用技术专家担任各级领导职务，委以重任，让他们大胆工作。初期，也曾有过党政领导干部干预技术工作过多的现象。针对这个问题，聂荣臻同志指出，要领导得正确，在技术问题上就必须听内行的意见，帮助和支

持他们，让他们有职有权有责。他说，对于具体的型号方案，涉及到科学技术问题，我要听钱学森同志和各位专家的。在“文化大革命”以前，国防部五院的各级领导，基本上都是这样做的，并为此采取了许多措施。党政领导干部也努力学习技术，熟悉科研规律，变外行为内行，并注意选拔政治上强，有组织能力的知识分子充实各级领导班子。党的十一届三中全会以来，随着航天事业的发展，根据党中央关于干部要革命化，年轻化，知识化，专业化的要求，一批批思想好，作风正派，具有组织管理才能的中青年专家，走上各级领导岗位。现在航天工业系统工厂、研究所以上的领导干部，不仅技术领导干部，而且包括党政领导干部，有70%以上是由知识分子担任的，如高级工程师沈辛荪、工程师于庆田，已经担任了研究院的党委书记。

第二，选拔“尖子”，重点培养。国防部五院党委曾提出过技术“尖子”当“长”，把优秀的知识分子提到各级领导岗位上来。这在六十年代初是一个很大胆的措施。对解决外行干预技术工作过多，起了积极作用。选拔出的“尖子”，并不是都让他们去当“长”，有的技术尖子当“长”不利于发挥他的技术专长的，就为他创造条件，让他在技术岗位上挑重担。当“长”者，应该具备一定的组织领导能力。据一九六四年统计，当时提拔的一千余名工程组长，三百多名研究室正副主任，四十多名研究所负责人，大部分是技术尖子。另外，注意大胆提拔年轻人担任技术领导。一九六二年建立的国防部五院科学技术委员会的委员中，就有当时还是三十岁左右的，如宋健、鲍克明、陈怀瑾、刘从军、颜之初等一批技术尖子。为了打破人才使用中的平均主义，一九六二年国

防部五院确定，院、分院、研究所三级，分别开列技术尖子名单，重点培养使用。国防部五院一级的技术尖子186名，其中83名专门指定了导师。一九八一年，七机部又在全部范围内建立了一百多名技术尖子名单，并向国家上报了数十名国家级优秀技术人才的名单。当年选拔的技术尖子中，现在已经担负起各级重要领导职务。

第三，专家负责，畅通渠道。使知识分子有职有权，需要有组织上的保证。为了实现技术问题由专家来指挥，从国防部五院开始，航天工业系统各研究部门就建立了科学技术委员会，统一指导技术和学术研究。重大技术问题，经过专家充分讨论，由科技委员会主任集中正确的意见作出自己的判断和结论，而不采取表决的办法。党委和行政领导的责任是对科学技术委员会主任的结论进行审查，予以批准，并通过行政系统贯彻实施。同时，为畅通技术指挥渠道，还建立了技术指挥员和型号总设计师制度，型号各分系统任命了主任设计师，单项设备任命了主管设计师。这些制度在十年动乱期间曾一度中断。党的十一届三中全会以来，又逐步恢复，并在完成三项重点工程的研制实践中，在经济体制改革和科技体制改革中，正在不断完善和发展。研究所将逐步实行所长负责制。实践证明，这些措施对调动科技人员积极性，加强责任心，避免和减少技术决策失误，起了重要作用。

第四，培养提高，知识更新。科学技术不断发展，科技人员的知识需要不断更新。如果只使用，不提高，知识老化，科技人员的作用就难以发挥。对知识更新曾经采用和正在实行的主要做法是：(1)给专家配助手，带徒弟；(2)开办各种专业培训班，缺什么补什么；(3)进行学术交流，扩大知识领域；(4)办好进修学院，脱产培

养提高；(5)鼓励高级技术人员带研究生，促进学术水平提高，培养技术骨干；(6)选派人员出国进修，吸取先进技术；(7)实行技术人员休假制度，进行自学、总结、撰写论文，补充新知识。以上主要是提高队伍的专业知识水平，而能力的提高，主要靠压任务，挑担子，在实践中锻炼。

### 三、热情关怀知识分子

周恩来、邓小平同志曾号召党政干部要当科学家的勤务员。聂荣臻同志在国防部五院干部大会上说：“我自己就是个勤务员，我有志于当个科学工作的勤务员，为研究工作努力创造条件，保证科学工作者必要的工作、学习和生活条件”。航天战线的各级领导，在这方面是有优良传统的。国防部五院党委曾明确提出“为科研工作服务，为科技工作者服务”的口号，采取了一系列措施，尽可能为科技工作创造一个好的工作环境。从部队调到国防部五院工作的军官中，有的开始对此还有些想不通，不习惯。但他们听党的话，牢记周恩来总理说的：“我们为科学家服务好了，科学家就为社会主义服务得好”。为了保证科技人员集中精力搞科学研究，他们勤勤恳恳，甘心情愿地做好各种后勤服务工作，使知识分子深为感动。广大后勤保障工作人员，在平凡的岗位上，为航天事业的发展付出了艰辛的劳动。他们中，有把食堂办成“进餐者之家”的炊事工作人员；有急科研生产所急的汽车司机；有待病人如亲人的医务工作者；有为双职工解除后顾之忧的好保育员等等。

三年经济困难时期，正是中国火箭技术进入自行设计的关键时刻，广大科技人员以忘我的热情进行技术攻关。但由于物资匮乏，生活艰苦，体质普遍下降，70%



的人员因营养不良出现浮肿现象。聂荣臻元帅亲自向海军及北京、广州、济南、沈阳等大军区呼吁，请他们支援国防部五院一批副食品。并规定，只分配给科技人员。同时专门派陈赓大将检查落实情况。党政干部自觉性很高，他们以身作则，按规定办事。这件事对航天战线的知识分子在当时以至以后都产生了深远的影响。

对知识分子的关怀，还表现在鼓励他们上进的一些措施上。在仿制近程导弹成功以后，曾评出一批对仿制有贡献的工程师。一九七九年恢复了评定技术职称。在航天工业系统，一批中年技术骨干被授予高级工程师职称，数万名技术人员评定为工程师。鼓励科学发明和技术革新的措施，也将随着经济体制和科技体制的改革，逐步完善起来。

中国航天技术队伍的成长，科技人员的积极性得以发挥，是执行正确的知识分子政策的结果。党和国家对他们的信任，依靠，关怀和培养教育，激发了他们自力更生，艰苦奋斗，勇攀科学技术高峰的自觉性和创造性，这是航天战线不断取得科学技术成果的重要保证。

## 在实践中锻炼成长

中国航天研制队伍的过硬本领和攻关能力，是在实践中锻炼出来的。这是这支队伍成长的特点之一，也是它的优点之一。

### 一、在初期的探索中练兵

国防部五院初期集中的一批专家，虽然在各自的专业领域里有较深的造诣，但对现代火箭技术，则比较陌生。一批刚刚毕业的大学生热情很高，但没有研究设计

的实践经验。研制火箭从哪里入手，技术途径是什么，技术上应该准备什么，一时大家还感到茫然。当时接触的唯一实物，是一九五六年底苏联提供的两发“P—1”模型教学弹，既无地面设备，也无技术资料。当时曾打算自行设计3种型号，而实际工作是从学习《导弹概论》的启蒙教育开始的。同时请院内外的专家教授讲授空气动力、发动机、弹体结构、计算机、电子线路、自动控制等专业知识。一部分技术人员从四处借来仪器，对“P—1”教学弹进行实物测绘，以便增加对火箭的感性认识，并摸清火箭设计的难点和工艺技术要求。

固体火箭和人造卫星的研制，起步较晚，正处在国外对我国严密封锁的时期。因此，在摸索过程中，比液体火箭遇到的困难更多，往往是从外国文献的字里行间找到一点线索。从研究课题的确立，试验设备的购置和制造，许多新技术的提出和应用，都要自力更生，从头做起，经历了一个艰苦的摸索过程。

以仿制为主的大练兵，对这支队伍掌握现代液体火箭的制造技术，缩短对研究设计的摸索过程是大有益处的。

在仿制中，第一步是翻译、学习、消化图纸资料，进行反设计，以求得对设计理论、设计思想、工艺技术、材料性能，达到真正的理解和消化。同时，派得力的技术骨干跟班向前苏联专家学习，从前苏联专家那里得到教益，汲取了火箭研制的实践经验。

第二步是组织大批技术人员随图纸下工厂。技术人员深入车间，同工人和工艺技术人员在一起，学习、熟悉生产工艺技术。要求他们在一项生产设备的操作上，基本达到二级工的水平。这项措施，对促进技术人员理

论联系实际，提高技术水平起了积极的作用。

技术人员在生产中要处理超差代料问题，就要求他们对仿制型号的设计思想、设计技术，元件、材料的技术性能，各系统之间，元、组件之间的关系必须吃透、弄清楚。否则，无法确定超差超多少才是允许的，用什么样的元件、材料去代替才能保证仪器性能满足设计的要求。这是对科技人员学习消化图纸、文件、资料的严格检验，也是一种最好的结合实际的学习、锻炼。

## 二、在自行设计中增长才干

进入自行设计以后，六十年代初，聂荣臻同志就多次指示要发扬技术民主。他说：“尖端技术的问题，带有综合性，很复杂，所以，不同的人从不同的角度，提出不同的意见，这是很好的事情”。对老专家，可以从中、青年人和意见中吸取好的东西；对年轻的技术工作者，可以在讨论中，逐步学会独立思考，独立工作的能力；对技术指挥员，要善于集思广益，集中正确和意见。型号的方案论证，许多新技术的采用，都是经过多途径探索、反复试验、多次讨论以后确定下来的。例如，一九六五年初组织的一次大规模方案论证，参加论证的有专家、技术人员、工人和干部共三千多人。有负责总体设计的，也有负责分系统和元、器件研究的。大家把各种方案都摆出来，进行反复比较，充分探讨和论证，使方案订得既先进又可靠。这种采用领导、专家、工人三结合的方法，进行方案论证和各种专业技术的研讨，使有关人员都了解方案的内容和制订方案的依据，不仅可以调动各方面的积极性，而且使科技人员在论证中，取长补短，增长才干。这是党的群众路线在科研工作中的具体运用。

### 三、在独立研制的实践中磨炼、提高

一九六四年，国防部五院党代表大会上总结了培养造就科技人才的经验，罗瑞卿同志代表中央发出号召，鼓励广大科技人员深入实际，和工人结合在一起，攻克尖端科学技术的堡垒。对从事航天技术的科技人员来说，不仅要有扎实的基础理论知识，更重要的是要把书本知识和实际经验结合起来，具有创造性地解决各种技术问题，研制出合格产品的实际工作能力。这种能力，是要在长期实践的磨炼中才能掌握的。

设计实践。一个型号任务提出以后，从技术方案的确定到拿出设计图纸，是一个集体的智力劳动的创造过程。首先是查阅文献，搜集资料，进行调查研究；接着是拟订和讨论技术方案，各种观点在论证中互相交锋、补充、修正；经过综合权衡，反复协调，确定技术指标，撰写技术任务书。设计过程中的大量数字计算，公式推导，试验攻关，“山重水复”的苦恼，“柳暗花明”的喜悦相交织。设计实践这种创造性劳动，往往需要绞尽脑汁，呕心沥血。这种磨炼，需要意志，需要知识和智慧，需要综观全局的头脑和善于分析、综合的能力。一个个型号设计任务的完成，使设计人员的设计水平迈上一个新的台阶。

实验室，这是科研前线的基本阵地。实验是一种艰苦的脑力与体力相结合的复杂劳动。它不仅需要技术人员具有丰富的知识，高超的技术，娴熟的操作技巧，而且要有坚韧不拔的毅力，敢冒风险的勇气和吃苦耐劳的精神。为了实现一种设计思想，为了突破一项新的技术，往往需要几个月甚至几年，几十次、几百次的试验。一种新型发动机，往往要经过上百次试车，不仅要在严寒

酷暑下连续昼夜奋战，而且常常要冒着爆炸的危险；一种控制方案的实现，要经过单机调试，模拟试验、综合试验、环境试验。试验的结果，往往发现有的单机性能良好，但在系统中不合格；有的因一个元件失灵或一根导线折断而造成整个试验失败。风洞试验、静力试验、振动试验、运输试验、特殊环境模拟试验等，常常是几十人、几百人的群体同步活动。技术人员就是在不断参加这些试验活动中，在试验、失败、改进；再试验、再失败、再改进，直到成功的不断探索中，在失败的苦恼、焦急和成功的喜悦中，磨炼自己，掌握新的技术。

工厂，这是在实践中磨炼的又一个课堂。设计出的东西，能不能生产出来；设计合理不合理，工艺上办得到办不到，理论上先进的设计是否适合现实的工业水平、工艺水平和原材料水平。这些问题，都要在技术人员随图纸下厂中，和工人在一起，在实际生产过程受到检验，并不断修改自己的设计，达到理论和实际的一致。

发射基地。发射试验，是对整个工程各系统的最后考验。一批批专家和技术人员在沙漠、在深山、在海港、在舰艇，检查、测试、返修、排故障、找原因，在解决仪器与仪器，分系统与分系统的接合部的技术协调中，懂得局部与全局的关系，培养“质量第一”的观念，修正自己设计的不周到、不细致的地方。

经常征求使用单位的意见，也是一种通过实践提高设计思想和设计水平的措施。

善于总结成功的经验，特别是善于汲取失败的教训，是这支队伍在技术上迅速成长的重要特点之一。对一些大型地面试验和发射试验失败原因的深刻剖析，无论是对技术水平、设计思想的提高，还是对研制队伍的锻炼、

成长，都具有重要意义。三项重点工程及其他型号任务的胜利完成，为航天事业更上一层楼提供了宝贵的经验。

#### 四、培养高尚的精神风貌

在航天事业三十年的历程中，通过深入细致的思想政治工作，结合知识分子的特点和航天技术研制工作的特点，不断进行党的路线、方针、政策的教育，进行革命理想、献身精神、科研道德、组织纪律的教育，使这支队伍不仅具有过硬的攻关本领，而且具有优良的政治素质，树立了艰苦奋斗、一丝不苟、团结协作的优良作风。他们有理想、有道德、守纪律，在重要关头，经得起考验。

在国防部五院初创时期，条件艰苦，吃住困难，他们身居帐篷，豪情满怀，决心作“生在五院，死在八宝山”的无名英雄。三年经济困难，营养不足，身体浮肿，他们仍然坚持艰苦奋斗。白天热火朝天，晚上灯火通明。图书馆通宵开放，一片学习、研究、试验的忙碌景象。美国经济封锁，前苏联撤走专家，他们顶着压力，自力更生、发愤图强，勇敢地把全部担子挑起来，走独立自主发展中国航天事业的道路。一九六五年，中央决定组建七机部，国防部五院全体军官集体转业，他们面对脱军装、降工资(由军队工资降为地方工资标准)、减(粮食)定量的实际问题，都以大局为重，不计个人得失，在转折关头经受了考验，没有动摇过献身航天事业的决心。

进行三线建设，许多技术人员同干部、工人一起，告别了大城市，长年战斗在深山峡谷、偏僻山区，忍受了各种困难，艰苦创业。象韩夫川同志那样，为三线建设积劳成疾，临终前还嘱咐家人，一定要把他的骨灰埋到他战斗过的三线的山沟里。某基地受到洪水灾害，在

山洪和泥石流袭击面前，大家不叫苦，不畏缩，从洪水和几米厚的淤泥里抢救设备，宋承河、李宝良、李炳钧同志为此而英勇献身。大水过后，大家擦干了身上的汗水和泥浆，重整家园，继续坚守科研、生产、试验岗位，在极其困难的条件下，胜利地完成了科研、生产、试验任务。

十年动乱，许多人顶着压力和威胁，甚至在遭到“批判”、围攻的情况下，坚持进行科研生产，有的被关进“牛棚”；有的被划到“线外”，不准接触重大科研课题；有的因坚持实事求是的科学态度，被迫害致死；一批批被下放农场、干校接受“再教育”，离开科研和工作岗位。但他们坚信祖国需要航天事业，坚持学技术、学外语、准备乌云散后，大显身手。

在完成三项重点工程任务中，广大科技人员和工人，忘我工作，连续奋战。他们中大多数是双职工，常常白天晚上连着工作，没有时间安排自己的生活，经常吃口咸菜扒口饭，聊以充腹，又急匆匆地赶去上班。从事尖端科学事业，要求他们利用业余时间学习，追赶科学发展的步伐。有些人虽然已是高级工程师，可有时只能在狭窄的走道里拉一盏灯，搬一个小凳子看书学习，刻苦攻读。他们理解国家当时的困难，更有着强烈的事业心和爱国心。象黄纬禄那样长年带病坚持工作的老专家，象罗健夫那样身患癌症而默默地坚守工作岗位的中年技术人员，以及那些长年冒着生命危险战斗在有毒气体和危险岗位的科技人员和技术工人，何止成百、上千。有的如王林、戴学华、杜品芳、陈素梅等同志为航天事业献出了自己的生命。

生死关头是对人的最大考验。在航天队伍中，有抢

救溺水儿童而英勇献身的青年工人高云涛；有为扑灭山火，身负重伤，身残志坚，继续为航天事业作出贡献的中年知识分子王绍笃；一九八二年反劫持飞机事件中，冒死与歹徒在空中搏斗的 13 位反劫机英雄中，就有 7 位是航天工业部的工程师。他们在危急关头，能挺身而出，绝不是偶然的，这是党长期教育和航天战线坚持抓思想政治工作的必然结果。

聂荣臻同志赞扬这支队伍，是一支坚强的攻关队伍，从指挥员到战斗员都身经百战，百炼千锤，基础扎实，善打硬仗。中国航天技术研制队伍三十年的实践，它所创造的英雄业绩，是无愧于这个崇高评价的。

## 中国航天事业的发展道路

中国的航天事业，要按照中国的情况来办，要依靠中国人民自己的力量来办，走我国自己的发展道路。这是总结我国航天事业三十年历史得出的基本结论。

在我国经济、技术比较落后的条件下，建立和发展自己的航天事业，是十分艰巨的。但在党的领导下，航天战线坚持自力更生的方针，走独立研制的道路；坚持实事求是的思想路线，制定适合我国国情的发展战略；发挥社会主义制度的优越性，依靠各部门、各地区的大力支援，组织全国大协作。因而战胜了重重困难，取得了重大成就，积累了在一个发展中国家如何发展航天技术的经验。



## 坚持自力更生，独立研制

### 一、自力更生为主，开展国际交流

独立自主，自力更生，是中国人民进行革命和建设的基本方针。在创建我国航天事业之初，党中央批准的“自力更生为主，力争外援和利用资本主义国家已有的科学成果”的方针，就是独立自主、自力更生方针在航天技术领域的具体化。实践证明，这是一条反映我国各族人民英雄气概和创造精神的方针。坚持这条方针，最重要的是处理好自力更生与国际合作的关系。在我们这样一个经济、技术基础都比较薄弱的社会主义大国，发展航天事业，一切靠自己从头摸索，拒绝外国先进技术，自己封锁自己，搞闭关自守，显然是不明智的。反之，如果躺在外援身上或一切依靠引进，靠花钱到外国去买尖端技术，既受国家财力的限制，又受国际间经济、政治的利害关系的制约，也是不可能的。唯一正确的方针，是尽可能吸取国外先进技术成果，走自己研制的道路，以自力更生为主，争取外援为辅。

我国火箭技术发展初期，在面临外国封锁和限制的情况下，国家依然采取积极措施，制订规划，建立机构，组织队伍，下决心独立进行研制。在建立了我们自己的研究机构，开展了火箭技术的探索研究之后，争取国外的援助就更有条件了。五十年代，前苏联曾在液体火箭方面给予我们一定的援助，这种援助对我们争取时间，缩短差距是有益的。但从接受援助开始，就把它作为增强我们自力更生能力的手段。在有外援的情况下，国防部五院一直是把仿制作为爬楼梯的第一步，同时抓紧反

设计和下一个型号的论证，仍然是把立足点放在自己力量的基点上，所以在一九六 年前苏联突然断绝援助时，我们并没有措手不及，陷于困境。相反，促使我们更快地从仿制进入自行设计、独立研制阶段，并获得举世瞩目的巨大成绩。

我国固体火箭技术和人造卫星技术，是在外国对我国实行严密封锁的情况下，独立发展起来的。在五十年代探索固体火箭技术时，在没有任何设计资料的情况下，从未接触过复合推进剂的年轻的技术人员，就是在当时有限的公开资料的字里行间，寻找固体火箭发动机的线索，向着自己陌生的新技术领域进军。他们从推进剂配方的探索到点燃第一根手工制成的复合推进剂小药柱，苦苦钻研、摸索了两个春秋。为了掌握小型固体发动机的研制规律，曾经付出了血的代价。在狠抓基础技术研究和突破单项关键技术的基础上，逐步取得研制固体发动机技术的第一手资料。终于在六十年代中期，使固体火箭发动机实现了从试验型到实用型的转变。人造卫星技术起步较晚。从中国科学院抽调出的技术力量是精干的，但比较分散。他们各自的专业技术基础是扎实的，但对卫星工程还比较陌生。搞人造卫星的愿望是强烈的，但从何处入手，没有完善的资料可以借鉴。客观情况迫使他们只能自己动手，从头做起。经过较长时间的空间技术基本理论的研讨，早期的空间探索活动，逐步把零星分散的卫星研制力量集中起来，按系统工程的要求，组成一支能独立研制卫星的技术队伍。从上百项空间技术研究课题的落实并取得成果，到进行人造卫星的工程研制，经历了艰苦的摸索过程。靠着广大科技人员决心自力更生发展中国航天事业的高度热情和献身精神，终

于走出了自己的路。各种科学实验卫星、技术试验卫星和应用卫星相继上天，特别是静止通信卫星发射定点成功并正常工作，都是坚持独立自主、自力更生方针取得的成果。

当然，要独立自主地发展中国航天事业，道路是很艰难的，几乎在每个项目上都不得经过一段一切从头做起的摸索过程。当我们冲破了一切限制、封锁和敌视，把我们的火箭和卫星送上太空之后，在国际上，人们不得不承认，中华民族有自立于世界民族之林的能力。

同一切科学技术一样，航天技术本身是没有国界的，航天活动有许多也往往是国际性的。航天技术的发展，客观上需要世界各国加强合作与交流。因此，强调自力更生，并不意味着要搞闭关自守和排外主义。在平等互利的原则下，我们应该加强国际合作和交流，争取得到国外的先进技术，学习国外的先进经验，以人之长，补我之短。党的十一届三中全会以后，根据中央关于对外开放的方针，我国在航天技术方面不仅扩大了对外交流与合作，而且正在使我们的航天技术面向世界，争取我国航天产品进入国际市场。这对提高我国航天技术水平具有重大意义。但是，任何时候，在任何情况下，我们都必须坚持自力更生的方针，都必须坚持自己的民族自尊心和自信心，决不应该有任何奴颜婢膝、卑躬屈节的表现。航天事业三十年艰苦奋战的历程说明，只有自己的力量增强了，只有在我们建立了自己的研究机构，开展了航天技术的探索研究之后，才有条件争取国外的援助，才有力量同国外进行技术交流，才有能力学习、消化、吸收引进的新技术、新设备，然后结合我国的实际情况加以改进和创新。航天事业发展的历史还说明，坚

持独立自主、自力更生的方针，关键在于领导者的远见卓识和对自己力量的信心。不管遇到什么困难、挫折和失败，航天事业的组织领导者，始终坚信自己的研制队伍有能力克服各种障碍，坚信广大科技人员能担当起全部技术担子。这种民族自信心是推动航天事业发展的一种强大的精神力量。

## 二、建立独立的航天工程体系

八十年代，世界上有数十个国家投资发展航天技术，有 100 多个国家应用航天技术，能研制人造卫星的国家越来越多。但能独立发射人造卫星的国家还为数不多。能否独立发射人造卫星，取决于是否建立了独立的航天工程体系。

从创建我国航天事业之日起，我国就决心建立自己独立的航天工程体系，特别是首先发展运载火箭技术，这是发射各种航天器的基础和前提。各国的情况不同，发展航天技术的路子也不尽相同。但象中国这样的社会主义大国，如果没有自己研制的运载火箭，而求助于外国进行发射，势必使自己处于被动的地位。

建立运载火箭的技术基础之后，紧接着就要发展各种卫星技术。人造卫星突出的特点是高精度、高可靠、长寿命。这就要求必须有与之相适应和配套的加工技术，极为复杂的力学环境和空间环境的试验设施和设备等。所有这些，都要依靠自己的力量，有计划、有步骤地建立起来，保证研制工作的顺利进行。

航天工程体系一般包括航天器、运载火箭、发射场、地面测控网、地面站和信息处理系统。要独立发射航天器，这几大系统缺一不可。我国航天工程的这几大系统，都是依靠我们自己的力量建设起来的。以卫星地面测控

网来说，国外回收卫星和发射同步定点卫星，一般都靠设在世界各地的测控站对卫星进行环球跟踪和测控。我国虽然有 960 万平方公里的领土，但要在这个疆域内实现对卫星的测控，还是很困难的。限于当时的国际条件，我们没有在国外设立跟踪台站，而是立足于在国内布站，并使用我国自行研制的测控设备，完成了回收卫星和发射同步定点通信卫星等复杂的测控任务，达到了很高的测控精度。

建立独立的航天工程体系，最根本的问题，是要建立一支实力雄厚的、学科专业和技术工种配套的研制队伍。航天技术是博采自然科学、技术科学各项最新成就的综合技术。知识、技术的密集，要求人才的密集。他们不仅能从事航天工程。“硬件”的研制生产，而且要注重研究航天工程的“软件”，总结、积累研制经验，学会系统工程的科学管理。从六十年代开始，我国所有的航天工程，从研究、设计、制造，到组织大规模的发射试验，全部是由我国科技人员、工人、干部和解放军指战员进行的。这充分显示了我国人民自力更生发展航天技术的意志和力量。

### 三、走自行设计之路

在我国液体火箭的起步阶段，曾经引进了前苏联的某些技术，并在前苏联专家帮助下开展了某些型号的仿制工作。在这种情况下，如何处理好仿制与独创的关系，是执行自力更生方针中首先碰到的问题。当时一些同志受“大跃进”的影响，轻视仿制，认为“与其仿制，不如自己设计”。针对这种情况，聂荣臻同志指示说：要先学会走路，然后再学跑步。象爬楼梯一样，爬完了第一层，才能爬第二层。仿制的目的是为了独创，但必须在

仿制中把技术吃透，才能更好地独创。广大科技人员遵循聂荣臻同志的指示，在学习外国经验，仿制国外产品时，不仅做到“知其然”，而且做到“知其所以然”。不仅仿制出产品，而且对原设计图纸、资料，重新进行了计算和分析，通过反设计，学习自行设计的本领，在吃透国外技术的基础上进行独创。由于指导思想明确，一俟第一个型号仿制成功，我国液体火箭技术即迅速转入自行设计阶段。虽已有另一型号的资料，但没有继续仿制下去。实践使大家体会到，有条件引进国外技术，开始从仿制入手，是必要的。但仿制并不是我们的目的，而是手段，是走向自行设计的阶梯。如果躺在外援和引进技术身上，满足于一个又一个的仿制，就只能跟在人家后面爬行，永远处于受制于人的依附地位，而且科技人员也得不到应有的锻炼，他们的积极性和创造力也难以发挥。

在自行设计我国第一枚中近程液体火箭中，尽管遇到了发展初期由于经验不足造成的挫折，但始终没有动摇过突破自行设计关的信心。如果说这种火箭大部分还是借鉴了国外的技术成果，那么到自行设计我国中程火箭时，我国火箭设计师们就完全可以独立地设计了。在这之后，我国研制的各种运载火箭，都是根据我国自己的实际情况，按照我们自己选择的技术途径进行设计的。实践说明，指导思想明确，领导者信念坚定至关重要。如果当时遇到挫折就退回来再搞仿制，恐怕自行设计的工作就会夭折或者大大推迟。

我国卫星技术起步比较晚，又没有完整的实物或资料可资借鉴，一开始就坚持搞自行设计，这样遇到的困难更多些，道路更艰难些。但技术是有继承性的，基础

技术与尖端技术是相通的。由于广泛搜集国外的情报资料，尽可能采用新技术，提高赶超的起点，从而在许多方面越过了发达国家某些传统的技术发展阶段。我国发射的第一颗人造卫星，不仅重量重，而且其跟踪手段、信号传递形式、星体温度控制等，都有自己的特色。我国发射的第二颗人造卫星，其电源系统、温控系统和遥测系统，在空间正常工作长达八年之久，大大超过了原设计指标。我国几次回收的遥感卫星，采用适合我国具体情况的回收方式，达到了 100% 的回收成功率。我国首次采用的低温燃料火箭技术，大步跨进了世界先进行列。国外考虑到发射地球静止轨道卫星的技术复杂性，开始时一般都不是发射真实的有实用价值的卫星，而是发射技术舱、测量舱、配重星等纯技术试验的卫星。这样，把握性大，问题暴露的充分。但试验次数多，耗费资金多。从我国实际情况出发，在加强可靠性设计和充分做好地面试验的基础上，我国首批发射的试验通信卫星，就是接近真正使用状态的通信卫星。成功以后，就投入试用，效果良好。所有这些，都是我们坚持自行设计、独立研制取得的成果。

当然，要搞自行设计，并不是轻而易举的。首先要培养和造就一支能打硬仗的有实践经验的研制队伍。第二要创造必需的科研手段、试验设施和试制生产条件。第三要依靠全国的大力协同，建立比较完整配套的科研生产协作网。第四必须坚持预研先行的原则。不突破关键技术，没有专业技术和基础技术的储备，型号设计就成了空中楼阁。切实加强基础理论、单项支撑性课题的预先研究和新工艺、新材料、新设备、新技术的研究试验，对航天工程的自行设计是非常重要的。

## 制定适合我国国情的发展战略

我国是在经济技术基础都比较薄弱的情况下发展航天事业的。因此，必须从我国实际需要和可能出发，制定正确的发展战略，有所为、有所不为，有所取、有所舍，集中力量，突出重点，讲求效益。这是在航天工业战线执行党的实事求是的思想路线得出的结论。

### 一、确定与国力相适应的发展重点和奋斗目标

建立与发展航天技术，需要集中必要的资金和有较先进的工业基础作后盾。为了解决发展航天技术同我国经济技术落后的矛盾，就必须正确处理需要与可能、任务与条件的关系，既要积极奋斗，又要量力而行；既要努力赶超世界先进水平，又要打好基础，循序渐进。

由于过去长期存在的“左”倾错误的影响，在制订航天事业发展规划中，做到实事求是、量力而行是很不容易的。但实践证明，凡是坚持从国情出发，循序渐进，航天事业就发展得比较顺利；凡是超越我国国力的客观可能，提出不切实际的目标，搞盲目赶超时，航天事业就受挫折、吃苦头。

目标明确，重点突出，是我国航天技术得以较快取得成果的重要经验。五十年代中期，国家制订的十二年科学技术发展规划中，就把包括航天技术在内的喷气技术列为 57 项重点项目之一。以后，国内经济困难，外国中断援助，各行各业进行调整，中央又把喷气技术作为几个突出重点项目之一，集中财力、物力，选调优秀人才，组织各行各业协同攻关。在航天技术中，首先着力于突破运载火箭技术。在运载火箭技术中，又以突破液



体火箭技术为重点。一九五八年，在“大跃进”的影响下，放大卫星的热情很高，但当时火箭技术尚未突破。如果火箭、卫星齐头并进，物力、财力不允许。所以国家下决心收缩卫星工程的研制，提出了“大腿变小腿，卫星变探空，任务不下马，着重打基础”的方针。这样，就更能集中力量发展火箭技术，从而为研制卫星的运载工具创造条件。一九六五年中央批准的发展卫星规划中，确定以发展应用卫星为主，以遥感卫星为重点。同年制订的液体火箭八年规划，明确提出重点发展几种不同射程的液体火箭。固体火箭则主要是突破中能固体推进剂。由于坚持了实事求是的原则，规划提出的目标都是经过努力可以达到的。这两个规划即使在十年动乱中，仍然发挥了重要的指导作用。如果没有“文化大革命”的干扰，规划中确定的目标，不仅可以实现，而且有可能提前实现。在粉碎“四人帮”以后，一九七七年制订的以三项重点工程为代表的八十年代前期的规划，也充分体现了既量力而行又积极奋斗的精神，起到了动员群众，集中力量，突出重点的指导作用。

缩短战线，突出重点，是实现我国航天技术发展规划的一条重要原则。我们国家人口多，底子薄，经济落后，国家不可能把力量都拿来发展尖端技术。因此，必须把有限的投资用在急用实用的重点项目上，不能平均使用力量。要区分轻重缓急，按照国家需要确定发展重点。对于赶超世界先进水平，要遵循我国不参加太空竞赛的方针，有所赶，有所不赶；有所超，有所不超。衡量是否要赶超的标准，是以解决我国自己的需要为尺度。

在制定航天事业的发展目标时，由于受“左”的错误影响，违背实事求是的原则，搞盲目赶超，因而蒙受

重大损失的情况也曾发生过。有的重大项目，可行性论证不充分，又没有经过严格的立案程序，就仓促上马，贸然投入全面研制，最后不得不中途下马，付出了重大的代价。三十年来有两次“左”的冲击，对航天事业的发展影响较大。第一次是一九五八年的“大跃进”，提出火箭技术第一步就要自行设计中程火箭；发射卫星也要首次发射重型卫星。这次冲击的时间较短，盲目赶超的倾向一冒头，很快就被纠正了，因此没有造成什么损失。第二次冲击是“文化大革命”期间，搞大计划、高指标。尽管坚持科学态度的广大干部和群众，同“左”的倾向进行了各种形式的斗争，但由于这次冲击持续的时间长，影响面大，带来的损失也大。以固体推进剂为例，一九七一年，在三、五年内赶超世界水平的口号下，提出了在三年内推进剂比冲要达到世界先进水平，五年内要拿出高能推进剂的高指标，并强行停止急需的中能推进剂的研究。在中能推进剂尚未突破的情况下，把高能推进剂作为主攻方向，开展了高能推进剂的大会战。由于违背了客观规律，受到了历史的惩罚。高能推进剂的会战，尽管付出了高昂的代价，最后还是不得不退回来搞中能推进剂。又如卫星的研制规划，林彪反革命集团出于政治上的需要，不顾广大科技人员的反对，提出三、五年内把14种航天器送上天。这不仅是当时经济上和技术上做不到的，有些也不是国家所急需的。后来，有的卫星工程中途下马，其产品和设备以及建设工程未得到利用，造成了不应有的损失和浪费。另外，在研制基地的建设方面，由于布点多，摊子大，战线长，造成某些重复建设，投资效果差，设备利用率低。

## 二、在导弹工业的基础上发展航天技术

我国是在发展弹道式导弹的基础上发展航天运载火箭，同时研制人造卫星的，实践证明，在我国的具体条件下，在导弹工业的基础上发展航天技术，是多快好省的。

在前苏联第一颗人造卫星上天后，我国航天事业的许多热心者，希望我们自己的卫星早日上天，但当时我们的火箭技术还未掌握，客观条件距离发射卫星还差得很远。所以国家下决心集中力量发展弹道式导弹。这样既满足了国防建设的急需，又可以为发展卫星的运载工具打下坚实的基础。事实证明，在战略部署上作出的这个决策，是符合我国实际情况的。

我国航天运载火箭的研制，充分利用了弹道式导弹的研制成果，在技术上有很大的继承性，因而大大简化了设计，缩短了研制周期，节约了研制经费，而且也有利于提高运载火箭的可靠性，提高发射成功率。由于运载火箭与导弹在技术上相通，在工艺上相近甚至相同，导弹经过一定的改装加工，可作为运载火箭使用，这就大大提高了运载火箭的经济性。

当然，运载火箭除了可靠性和经济性的要求外，还要有一定的适应性。因为航天器的种类繁多，即使同类卫星中，每颗卫星在重量、尺寸、使用要求上都可能有差异，因此，在制定方案阶段，就要对卫星与运载火箭进行技术上的协调。在可能的情况下，运载火箭也可以做局部改动，但不可能为每一颗卫星研制一种昂贵的运载火箭。为了达到经济、可靠，运载火箭必须系列化。卫星的设计要尽可能适应火箭系列化的要求。在星与箭发生矛盾时，要根据实际情况进行协调。

我国运载火箭的研制、卫星的发射，充分利用了导

弹的研制、发射设施，因而大大节省了基本建设投资，有利于提高设备利用率，充分发挥已有的生产能力。特别是在和平时期军品任务较少的情况下，更有利于避免重复建设，提高经济效益。

在我国航天技术发展的一定阶段，运载火箭充分利用弹道式导弹的成果，这是一个既快又省的办法。但是，当着导弹技术和航天技术各自向着更高的阶段发展，特别是要大幅度提高运载火箭的运载能力及适应性时，利用导弹作运载火箭就显得不合用了。大型卫星所需用的运载火箭，就应按照任务的需要，向更高的指标发展，由于“长征一号”、“长征二号”、“风暴一号”运用了弹道式导弹的成果，采用的是可贮存燃料。但作为运载火箭来说，主要目标是提高运载能力，为此就要尽可能采用高能燃料，而不必着重考虑贮存性能。在研制“长征三号”火箭时，为了提高发动机的比推力，第三级火箭就采用了不易贮存的液氢液氧低温推进剂，从而大大提高了我国运载火箭的技术水平，满足了发射同步定点卫星的需要。

世界科学技术发展的历史表明，许多最先进的科技成果，往往首先用于军事目的。航天技术在军事上的意义是众所周知的。在早期，我国航天技术也是作为国防科研的重要部分，以国防军工部门为主力发展起来的。但是，航天技术本身，是军民共用的技术。它不仅要为国防建设服务，还必须为国民经济建设服务。而且，随着我国四个现代化建设的发展，航天技术为经济、科学、文化、教育服务的部分将越来越大。党的十一届三中全会以后，我国航天工业战线，坚决贯彻军民结合的方针，坚持为国民经济和为国防建设两个服务方向，努力加速

从试验阶段向应用阶段的转变，快速航天技术的推广应用，已经取得和正在取得许多新的成果。这是我国航天事业必须坚持的方向。

### 三、努力提高航天工程的技术经济效益

艰苦奋斗，勤俭节约，是经济技术工作的指导方针，也是发展航天事业的重要指导方针。三十年中，我国航天工作者，发扬自力更生，艰苦奋斗的革命精神，自己动手创造条件，在缺少先进设备的情况下，因陋就简，土法上马，研制出复杂的上天产品。在研制人造卫星的初期，就是在没有良好空调和防尘的总装车间装配调试出一个个正样卫星。利用容积较小且缺乏太阳模拟器的热真空室，完成了空间环境模拟试验。利用楼顶及自制简易微波暗室，完成了卫星天线性能试验。类似的例子，不胜枚举。外国朋友参观我们的试制生产条件和试验设备后，对我们利用比较落后的设备生产出技术先进的产品，无不表示惊叹，有的甚至表示难以置信。进入八十年代以后，我国航天技术的研制手段虽然有了改善，但同国外先进水平相比，还有较大的差距，这种状况，越来越不适应进一步提高产品质量和可靠性，提高技术水平要求。因此，有计划、有步骤地进行技术改造，加速实现研制手段的现代化，是迫切需要解决的问题。

发展航天技术虽然需要较多的投资，但我国航天事业由于贯彻了艰苦奋斗，勤俭节约的方针，注意结合实际，精打细算，充分利用导弹工业的技术成果和研制条件，以较少的投资，较少的发射次数，掌握了比较先进的航天技术。据统计，截至一九八三年，我国专门用于航天技术的投资，仅为美国的 5%，为日本的 14%。用这样少的投资，达到这样大的规模和这样高的水平，在其

他国家是难以做到的。

我国航天事业所以能做到投资少、成效大，首先是坚持了质量第一的方针，提高了发射成功率，减少了发射次数。这是提高航天技术经济效益最重要的决定因素。在航天工业系统，长期坚持培养严肃认真、一丝不苟的工作作风，克服物质条件的困难，实行严格的质量管理，采用比较成熟的技术，充分进行各种地面模拟试验，从而保证了产品的高质量高可靠，获得了很高的发射成功率。

我国航天技术投资少、成效大的另一个重要原因，是坚持了试验和应用相结合，缩短了从试验到应用的距离，减少了所需发射卫星的数量。在我国航天活动的初期，虽然用了较大的力量进行科学和技术的试验，这对突破新技术、打好基础，是完全必要的。但即使在我国航天技术还处在试验阶段的时候，也尽可能注意把试验同应用结合起来，采用一星多用，一次发射，多方收效，用尽可能少的发射次数，取得尽可能多的技术成果和社会经济效益。例如我国发射的返回式遥感卫星，在设计时充分考虑了它的实用性，因此它获得的遥感资料，为国民经济各部门提供了大量有重要价值的信息。我国发射的试验通信卫星，也是把技术试验同实际应用结合起来，取得了很好的社会效益。

我国航天技术经过十几年的试验阶段，已经到了“收获季节”，完全可以做到少投入，多产出。从一九八二年开始，根据国家经济体制改革的方针，我国航天工业系统正在探索本身的改革，更多地运用经济法则、经济办法，如试行型号或课题承包合同制，实行利润(收益)留成，扩大企事业单位经营管理的自主权，加强对内对外

的技术经济合作，努力使航天工业成为既有动力又有活力的新兴产业，进一步提高技术经济效益，更好地为四个现代化建设服务。

## 在组织社会主义大协作

社会分工、协作的不断发展，专业化程度的不断提高，是现代科学技术发展的必然趋势。在航天工程的研制和发射试验中，技术的复杂性、综合性和劳动的集体性，空前地提高了，使科学实验活动达到了国家规模，有的甚至超出了国界，成为国际性的活动。

我国航天技术的发展，正是适应上述特点，通过组织全国的大协作，大力协同、联合攻关，取得了丰硕的成果。实践证明，这是在我国具体条件下，解决重大科学技术课题的有效的组织形式，也是我国社会主义制度优越性的具体体现。

### 一、基础工业是航天事业的后盾

航天技术综合运用了基础工业的最新成就，它的发展有赖于基础工业的发展。同时，航天技术的发展，可以带动和促进基础工业的发展。对于我国来说，为了迎头赶上世界先进水平，不能坐等基础工业发展起来之后，再建立航天技术。一九五六年，虽然我国的基础工业还十分薄弱，但党和国家毅然作出了建立我国航天事业的战略决策，这是很富有远见的。航天事业三十年的历史说明，一方面基础工业各部门为我国航天技术的发展作出了重大贡献，另一方面航天技术的发展，也带动了基础工业部门大批新型原材料、元器件、仪器仪表和大型设备的发展，带动了许多新的生产部门和新兴学科的建立

和发展。

由于尖端技术对新型原材料的要求很高，如各种耐高温材料，高能燃料，高强度钢，精密合金，半导体材料，稀有金属，不同性能的非金属材料，超纯物质，稀有气体等，其中有许多在当时都还是国家的空白。而国外的新材料大都首先用于军事。材料越新，机密性越强，我们越难得到国外的技术援助，只能下决心自己搞。国家为此专门组织了新材料小组，有国家科委、国防科委、国家计委、国家经委、冶金部、机械部、化工部、石油部、建工部、轻工部、中国科学院等部门参加。从提出新材料要求、安排科研攻关、中间工厂试制到工业化生产，负责制订规划和组织协调。进行新材料攻关的效果是非常明显的。以火箭所需材料为例，一九六一年我国仿制前苏联近程导弹时，国产材料只能满足三分之一。到一九七一年研制“长征二号”火箭时，所需材料就完全能立足于国内解决。而后者对材料的品种、性能、规格的要求，要比近程导弹高得多。为了适应火箭工业发展的需要，一九六一年至一九六六年，各有关部门安排试制新材料近4,000项，为火箭技术的发展提供了有力的保证。

在电子元器件、仪器仪表、精密机械、大型设备等方面，各有关工业部门也为满足航天技术的需要，进行了长期的科研攻关，取得了大量的成果。电子工业部门的有关单位，为了提高元器件的质量和可靠性，作了不懈的努力。自七十年代末以来，为了生产出“航天级”的元器件，实行了“七专”元器件的管理制度。机械工业部门为了满足对各种高、精、尖设备的需要，也采取“吃小灶”的办法，集中精兵强将，采用优质材料和最



先进的设备，进行加工制造。

## 二、建立全国协作网

航天工程的协作网，包括两个层次，一是航天工业系统内部的协作网，二是全国范围的协作网。

在航天工业系统内部，主要是航天产品的研究，设计、试制、试验的协作，特别是在通用的专业技术和基础技术方面，如空气动力、环境试验、强度试验、工艺材料、发动机试车、专用元器件、计算技术、计量测试技术、标准化、科技情报等，形成了若干技术中心，面向整个航天战线，甚至对全国开放。这样，既充分发挥了这些专业技术部门的作用，又避免了重复建设。

六十年代初，在我国原子能技术处在攻关的关键时刻，毛泽东主席指出：“要大力协同，做好这件工作”。为贯彻这个指示，集中力量突破以导弹、原子弹为重点的尖端技术，国家组织国防科研机构、中国科学院、工业部门、高等院校和地方研究机构这五个方面军，根据已有的条件，发挥各自的优势和特长，分工协作，大力协同，互相支援，组成全国范围的协作网，展开了一场大规模的科研攻关。在六十年代我们能够自力更生地攻下导弹、原子弹这样复杂的科学技术堡垒，靠的就是全国科技工作者的同心协力。“两弹”的研制过程就是一场现代科技大合唱的排练过程，也是对我国技术力量和经济力量的检验。

航天工业在全国范围的协作网，包括4个方面：一是科研协作网，主要为型号研制提供理论基础和技术基础，探索新的技术途径；二是生产协作网，主要为加工制造航天产品承担工艺协作任务和配套产品任务；三是物资器材协作网，主要是为型号研制提供原材料、元器

件、机电设备、非标准设备 ;四是航天发射试验协作网(或协同单位)。航天工程的协作规模是很大的。以“ 长征二号 ” 火箭为例，协作项目达 4,800 多项，涉及 27 个部、委、局，25 个省、市、自治区，共 1,300 多个工厂企业、研究机构 and 高等院校。“ 长征三号 ” 火箭的协作面，比“ 长征二号 ” 火箭更广。历次航天发射试验，都是在演奏一曲气壮山河的社会主义大协作的凯歌。在发射我国试验通信卫星中，各发射、测控、通信、运输、水文、气象、安全保卫、后勤保障等部门和单位，全国二十几个省、市、自治区，中国人民解放军的各有关部队，从高山到平原，从陆地到海洋，全体参试人员，团结协作，齐心协力，在国防科工委统一指挥下，做到千军万马工作准确无误，时间分秒不差，胜利地完成了发射任务。这充分说明，航天事业是全国亿万人民的共同事业，是全国大协作的结晶。没有这样的大协作，很难设想火箭能够腾飞，卫星能够上天。

航天技术在组织全国大协作方面所以比较顺利和成功，主要是有党中央、国务院、中央军委的亲切关怀，有中央专门委员会的直接领导，有周恩来、聂荣臻等老一辈无产阶级革命家的组织指挥。同时，也是与承担协作任务的各地区、各部门、各单位和中国人民解放军的大力协同和支援分不开的。他们以承担航天任务为荣，把它视为自己的任务。他们树立全局观念，服从大局，照顾大局，把困难留给自己，把方便让给别人，出色地完成了自己承担的任务。航天产品所需的新型原材料、元器件，一般是小批量、多品种、多批次、高可靠、高质量，有的还有很多特殊性能要求，有的往往事先没有列入计

划，但又要求很急。对于进行工业化大批量连续生产的工厂来说，承担这些任务会带来很多麻烦，对生产计划安排有时冲击很大。但许多工厂企业，为了航天事业的顺利发展，克服了很多困难，作出了牺牲，充分体现了社会主义大协作的精神。

为了发展社会主义大协作，航天工业部门对全体人员不断进行了协作精神的教育，树立社会化大生产的观念，克服包揽一切、万事不求人的小生产的思想和“尖端特殊”、高人一等和骄傲自大的坏作风。要求大家严于律己，宽以待人，谦虚谨慎，善于同协作方合作共事。随着科学技术的进步，社会化、专业化程度的提高，航天技术的协作体系也要进一步发展。为此，除了加强思想教育，进一步扫除专业化协作的思想障碍外，在组织体制上也相应地进行了改革，在继续加强航天工程的技术抓总、技术协调的前提下，逐步改变每个单位都搞“大而全”、“小而全”的封闭体制；改变盲目追求完整配套、自成体系的状况；避免重复建设，重复研制，重复组织队伍。

三十年来，我国航天事业虽然在探索一条适合我国国情的发展道路上，取得了很大成绩，积累了宝贵的经验；但是，我国航天技术的发展还不适应社会主义现代化建设的需要，同国际先进水平相比还有一定差距。面对着我国对外开放、对内搞活，经济体制改革全面展开的形势，面对着世界范围的新技术革命正在兴起的形势，航天工作者需要认真研究新情况，总结新经验，制定新对策，从改革中求发展，把我国航天技术提高到一个新的水平，为建设有中国特色的社会主义作出贡献。

## 对外交往与合作

三十年里，我国航天事业始终贯彻了“自力更生为主，力争外援和利用资本主义国家已有的科学成果”的方针，在主要依靠我国自己力量发展航天技术的同时，在可能的条件下，积极争取国际援助，开展对外技术交流与合作。一九七八年以后，航天工业部门贯彻党和国家制定的对外开放的方针，在航天技术方面先后同许多国家和地区建立了联系，同一些国家建立了合作关系，积极参加了国际空间组织的活动，通过政府间和民间的互访活动和其他方式，广泛结交了国际宇航界的朋友，介绍了我国航天技术的成就，扩大了我国的国际影响，增进了我国人民同世界各国人民的友谊。同时，也为我国了解世界航天技术的发展动向，学习国外的先进经验，引进先进技术和设备，创造了有利条件。

## 进入对外开放的新时期

在五十年代，我国在液体火箭技术方面曾得到前苏联提供的技术援助，这对我国火箭技术的起步是有益的。一九六〇年后，前苏联断绝了对我国的援助，美国等西方国家继续对中国实行封锁、禁运政策，我们被迫在几乎与外界隔绝的条件下，建立和发展我国的航天事业。国际上的不利环境，虽然给我们带来了困难，但也激发了中国人民自力更生、奋发图强的精神。我国人民在十几年不利的国际环境中，依靠自己的力量，建立了我国

独立的航天工业体系,发展了具有中国特色的航天技术,为人类征服宇宙,开发利用外层空间资源,作出了贡献。

七十年代,随着国家的巩固和强大,我国在国际上的威望日益提高。由于执行了正确的对外政策,我国进行国际交往的条件越来越好。粉碎“四人帮”以后,特别是党的十一届三中全会以后,党把对外开放作为一项长期的国策,作为加速社会主义现代化建设的战略措施,为我国航天事业开展对外科技合作与交流,创造了有利的条件。

航天技术的综合性之强,几乎涉及自然科学、技术科学的各个领域;航天活动的规模之大,超出了国界,涉足到浩瀚的宇宙空间。航天事业的这些特点,决定了它的国际性。因此,开展国际间的技术合作与交流,是发展航天技术的必然趋势。

外层空间的自然资源,是人类的共同财富。它的开发利用,涉及到世界各国的切身利益,是各国政府和人民共同关注的问题,需要国际组织来进行协调,建立国际法规,促进国际合作。如,静止通信卫星运行的地球静止轨道,在空间只有唯一的一条。因此,各国要发射静止通信卫星,就有一个轨道位置的分配和占用、无线电频率的选择的问题。在地球近空,大气的运动也是个全球的问题,气象卫星获取的气象资料,需要进行国际合作和交流。在经济上,研制大型运载火箭和某些航天器,不仅耗资大,而且技术复杂,对于经济技术比较薄弱的国家来说,往往无力承担。因此,一些国际性的空间联合组织相继成立,如欧洲空间局、阿拉伯卫星组织等,它们用国家集团的力量来发展航天技术。在航天技术的应用方面,如国际通信联系,电视广播的传输和转

播，区域气象资料的交换，空间遥感资料的利用，以及海洋船只的导航和海上遇险营救等，也需要双边和多边的国际交流和合作。因此，实行对外开放，加强对外合作与交往，对我国航天技术的发展，具有重要的意义。

为了开展我国航天技术的对外交往活动，一九七七年九月，中国宇航学会作为我国空间技术的学术团体，首次组团出席欧洲空间学术会议并赴法考察空间技术。一九七八年七月，以任新民理事长为团长的中国宇航学会代表团访问了日本。十二月，应美国国家航空和航天局(NASA)弗罗什局长邀请，任新民理事长率团赴美，访问了该局下属的哥达德等7个研究中心，以及几个卫星制造公司。双方共同探讨了空间技术合作的可能性，签订了意向书。与此同时，七机部所属的中国空间技术研究院首先对外开放。中国长城工业公司和中国精密机械进出口公司积极开展对外活动，负责承办外贸出口和技术引进、补偿贸易、来料加工等业务。

一九八二年国务院机构改革后，七机部改名为航天工业部，开始以政府机构同国外建立联系。

为了打开对外开放的局面，航天工业部通过多种渠道和多种方式，如政府间的和民间的互访活动；技术专业考察和出席国际会议；邀请专家、学者来华讲学、来华工作、技术咨询；合作研究，合作设计，合作制造；举办研讨会、展览会；技术引进，技术培训，合资经营；以及与合作和交流密切结合的贸易往来等等，扩大了对外技术交流与合作。

经过几年的努力，在航天技术方面，我国先后同四十多个国家和地区建立了联系，同数百个国外的研究机构、公司和厂家有了交往；中国与德意志联邦共和国、

意大利、美国、法国、英国和日本等国，签订了航天科技合作或交流的协议；与巴西和其他一些发展中国家真诚地探讨了合作的可能性；我国积极地参加国际电信联盟、国际宇航联合会、国际自动控制联合会、联合国和平利用外层空间委员会和国际上一些其他组织的活动；和一些国家和地区发展了贸易往来。

一九七八年后，航天工业系统多次派出团组出国考察学习，参加国际会议。在国际学术交流中，发表了多篇有价值的学术论文，曾得到各国与会专家的好评。一九七九年五月，中国热物理小组出席了美国航空宇航学会(AIAA)第十四届热物理年会。我国专家闵桂荣，在会上介绍了热管技术的研究成果及其在我国空间技术中的应用，受到国际同行的好评。

八十年代以来，我国接待了数百个外国代表团，有上千人次参观了航天系统的研制和发射、试验基地。其中有世界各国宇航界人士、有热心为中国现代化献策的学者、名流，有怀着赤子之心的海外侨胞和港澳同胞以及台湾海峡另一边的炎黄子孙。外国朋友在参观中，对我国航天技术的成就给予高度评价。

一九八四年国庆三十五周年前夕，航天工业部部长张钧、空间技术研究院院长孙家栋，陪同几十位回国观礼的华裔科学家，参观了我国4种型号的卫星。他们参观后，盛赞祖国航天事业的成就，并说：作为一个中国人，看到自己祖国的卫星，感到无比的光荣和自豪，只有祖国强大了，我们在海外才有地位。

一九八四年起，航天工业部开始参加中国贸易促进会在国外举办的展览会。一九八五年三月至九月，我国航天产品作为中国馆的一部分，参加了日本筑波城万国

博览会，第一次向国外展出了我国第一颗人造卫星、第一颗试验通信卫星、“长征三号”运载火箭模型、测控站模型、古代火箭模型，和一些航天技术试验的巨幅照片。这次展出，进一步扩大了我国在国际上的影响。同年五月至六月，在法国巴黎布尔歇举行的第三十六届国际航空与宇航展览会，航天工业部中国精密机械进出口公司第一次参加了展览，展出的有我国人造卫星和运载火箭的模型、照片。在展览期间，我国参展团与美国、法国等国的公司、银行就我国提供发射卫星服务进行了商务洽谈。这些活动，为中国航天产品进入国际市场进行了有益的探索。

根据我国政府关于对外开放的方针、政策，中国宇航界欢迎世界各国、各国际组织和团体，同我国开展航天经济技术合作和交流。同时，我国也准备向其他国家转让航天技术和产品，接受其他国家发射人造卫星的服务项目及其他空间工程项目的订货。

## 加强国际交往与合作

### 一、中国——法国

法国是西方国家中最早同中国建交的国家。早在七十年代，两国宇航界的专家就有来往。一九七七年十月，七机部外事局局长陈杰率中国通信卫星和运载工具考察团访问了法国空间研究中心，就双方合作的可能性交换了意见。

一九七八年十二月，根据《中法科技交流补充项目议定书》，双方在北京签署了一项《备忘录》，议定在电视广播卫星、通信卫星、自然资源探测、发射和运载器



技术及气球使用技术等 5 个方面进行探讨。一九七九年四月，法国空间研究中心总经理西拉尔为首的代表团访华，与七机部任新民副部长进行会谈，双方各自提出了自己的建议。

一九八一年十二月，以顾尔德先生为首的法国普鲁斯巴斯集团 13 家公司代表团访问我国。一九八二年九月，航天工业部科学技术委员会副主任梁守一率代表团赴法出席国际宇航联合会会议后，顺访法国空间研究中心和法国宇航界，双方对航天技术合作都表示了积极的意向。一九八三年六月，中法第二次科技混合委员会会议在北京举行，双方就 6 个方面的航天技术合作签署了会谈纪要。

在这个基础上，一九八四年八月，航天工业部刘纪原副部长、孙家栋院长应邀率团参观“阿丽安娜”火箭发射，并与法国就近期可能合作的某些方面，互相交换了意见，推动了合作的发展。十一月间，法国空间研究中心主任达莱斯特先生和马特拉公司董事长拉戈德尔先生访华，同中方签署了《会谈纪要》。同年，航天部与汤姆逊公司签订了购买接收机合同。

一九八五年二月，航天工业部李绪鄂副部长率代表团访法，与法国研究与技术部部长居里安先生签署了两国《关于民用空间科学技术合作议定书》。

## 二、中国——日本

两国宇航界的交往，首先是从民间开始的。一九七八年七月，以任新民理事长为团长的中国宇航学会代表团访日，同日本宇航界进行了广泛的接触，任新民团长在日本记者招待会上介绍了中国航天活动的情况。一九七九年十月，日本宇宙科学技术代表团应邀访华，在北

京、西安、兰州、酒泉、上海参观访问航天工业系统的研制单位和火箭发射场。两国宇航界的学者、专家互访活动日益频繁，交流了技术，增进了友谊。

一九八四年十二月，应日本外务省的邀请，以张继庆为团长的中国航天部代表团访问日本，就民用空间科学技术合作事宜同日本宇航界进行了广泛的讨论。

### 三、中国——德意志联邦共和国

一九七九年起，两国的宇航界开始往来。一九七九年二月，在北京签署了《中国空间技术研究院和梅塞斯密特—波尔科夫—布朗公司协议》。一九八二年双方又多次接触，磋商合作的可能性。十一月，德方研技部代表团访问我国。研技部及宇航研试院的代表与我国航天部及空间技术研究院的代表，共同签署了会谈纪要，建议将卫星转发器、太阳电池帆板和卫星可靠性、质量控制3个单项技术，列入一九八二年两国政府间的科技合作协定。十二月，两国科技合作联合委员会在波恩举行第三次会议，3个单项技术的合作正式列入协定。

一九八三年一月至五月，航天部的3个专家小组应邀与德方共商3个项目的合作细节。七月，研技部代表团应邀访问我国，就双方之间的合作议定书取得了一致意见。

一九八四年二月，应研技部海因茨·里森胡贝尔部长的邀请，航天部张钧部长率代表团访问德意志联邦共和国，双方签署了《关于民用空间科学技术合作的议定书》，合作关系有了新的发展。

一九八四年十一月，中德双方在波恩签署了《中国空间技术研究院与德国航天研究试验院民用空间科技合作专门协议》和两个会谈纪要，商定了合作领域、合作

项目和合作方式。同年，双方进一步签订了为中国购买空间技术设备的两个合同。

#### 四、中国——美国

一九七八年十二月，由任新民任团长、马捷任顾问的中国宇航学会代表团回访美国航空和航天局(以下简称航天局)，与美方进行了重要的磋商。

一九七九年五月，美国航天局代表团访华，商谈中国购买通信卫星和陆地卫星地面站，以及我方提出的 11 个合作研究项目。代表团参观了中国空间技术研究院、卫星发射场和上海航天局。

一九七九年九月，两国签署的《科学技术协议》中列入了航天技术的条款，后来双方又进行了多次接触。美国宇航界的朋友们对于合作和交往表示了积极的热情和良好的愿望。

一九八〇年十二月，应美国航天局邀请，以周晓华为团长、张镰斧为顾问的中国宇航代表团访美，参观了火箭、卫星、航天飞机的总装厂、发射场，学习了管理经验。

一九八二年十二月，美国航天局代表团(其中有两名宇航员)应邀访华。一九八三年六月，航天工业部程连昌副部长应美国航天局贝格斯局长的邀请，率代表团参观航天飞机发射。参观过程中，就两国航天技术合作进行了商谈。这些活动增进了两国宇航界人士的相互了解和友谊。

一九八三年五月，在中美科技合作联委会第三次会议上，航天工业部宋健副部长和孙家栋院长与美航天局克雷勃洛克副局长确定了双方共同感兴趣的合作项目。至此，中美航天技术合作有了具体进展。一九八四年九

月，航天部指派邹泽清率代表团赴美，出席中美空间科技合作第一次联合工作会议，就合作项目的细节进行磋商，并签署了《中美空间科技合作第一次联合工作组会议纪要》。

一九八五年七月，美籍华人科学家、宇航员王赣骏博士应我国外交部和航天工业部的邀请访华。航天工业部李绪鄂部长代表中国宇航界对他取得的成就表示祝贺。王赣骏博士在京期间受到赵紫阳总理接见，并参观了航天工业系统的研制单位，为中国宇航界作了学术报告。王赣骏博士的访华活动，为增进中美两国人民和两国宇航界之间的友谊作出了贡献。

## 五、中国——巴西

巴西和中国都是发展中国家。一九八二年，在《第二次联合国探索与和平利用外层空间大会》前后，双方代表就两国航天技术合作进行了接触。

一九八四年签署的《中华人民共和国和巴西联邦共和国政府科学技术合作协议补充协议》中列入了航天技术合作条款。为执行协议，应巴西航天活动委员会的邀请，由运载火箭研究院副院长冬春率航天部代表团，于一九八四年八月赴巴参观、考察，并商讨两国航天技术合作的内容和途径。巴方对与中国的合作表示兴趣，合作内容包括改进固体火箭、研制液体火箭和科学卫星等。一九八四年十二月，应航天部张钧部长的邀请，巴西航天活动委员会主席瓦斯贡·赛罗斯上将率巴西宇航代表团访华，参观了航天部的有关工厂、研究所的设施。双方就合作事宜广泛地交换了意见，并签署了《卫星运载器》和《卫星技术》两个意向书。双方表示，从一九八五年起，立即实施合作内容，在平等互利的基础上，积

极努力推进两国航天技术的合作。

## 六、中国——意大利

根据一九八二年——一九八三年中意文化科技交流计划，保罗·特拉瑞格大使率领意大利第一个宇航代表团访问我国航天工业部，中意双方签署了《中意空间科学技术合作会谈纪要》，商讨了通信卫星电波传播和卫星天线技术、遥感技术以及科学卫星 3 个领域合作的可能性。

一九八三年二月，卫星测控设备副总设计师张履谦率代表团访意，考察 3 米天线卫星地面站，并与意大利空间计划局签署了《关于利用意大利“天狼星”卫星进行电波传播和通信试验的可行性研究》协议。“天狼星”卫星是意大利于一九七七年发射的一颗 K 频段试验卫星。意方表示，愿为中意联合试验提供财政资助。后来意方确认将此项目列入中意经济、技术和财政的三年合作计划。一九八三年三月二十四日，“天狼星”卫星从西经 15 度东移，两个月后达东经 65 度的试验位置。五月底，意方提供的一个 3 米天线地面站运抵北京，在中国空间研究院总部设站，意方先后派出 18 名专家来华安装、调试。六月十五日，举行了联合试验开通仪式。七月十六日，李先念主席通过卫星同意大利总统山德罗·佩尔蒂尼通话，互致问候。联合试验取得了令人满意的成绩。在一年半的时间内，做了上、下行电波绝对衰减测量，数据传输，数字电话，时钟同步，报纸传真，卫星测轨定位等试验，获得了大量的科学实验数据。

一九八三年十一月，航天工业部张钧部长在北京会见了由意大利外交部副部长布鲁诺科尔蒂率领的贸易和技术合作代表团。一九八四年三月，应意大利科学与研

究部格拉乃利部长的邀请，张钧部长率代表团访意，签订了两国《关于民用空间科学技术合作协议》。接着，中意联合工作组于十二月在罗马召开了第一次会议，对一九八五年度的合作项目作了安排。中意航天科技合作有了新的发展。

### 七、中国——英国

早在一九七八年十一月中英双方签署的《科技合作协议》中，就列入了空间技术方面的条款，并开始有了民间的交往。

一九八三年十一月，按照中国和联合王国的科技合作协议，英国贸易工业部空间分部副主任罗宾逊，率领第一个英国宇航代表团访问我国航天工业部，并与中国空间技术研究院院长孙家栋就6个空间项目的合作进行了商讨，签署了《会谈纪要》。一九八四年七月，应英国贸工部邀请，航天部代表团回访英国，同英国宇航界进行了广泛的接触。双方讨论了将要签署的综合备忘录内容，并签署了《关于民用空间科学技术合作会谈纪要》。一九八五年一月，航天工业部李绪鄂副部长率代表团应邀访英，与英国贸易和工业部大臣杰弗里·帕蒂签定了中英《关于空间科学技术合作的综合备忘录》，决定在科学及应用卫星系统、运载火箭、单项空间技术和装备等方面进行合作和交流。

一九八五年六月，航天工业部指派代表团出席了由英国国际公司主办的日内瓦空间会议。会上，我国代表宣布，中国的运载火箭将为世界各国发射卫星服务。这将为我国航天技术开展更广泛的国际合作，开辟新的途径。

### 八、中国——欧洲空间局

欧洲空间局是西欧 11 个国家组成的联合空间组织。一九七九年二月，欧洲空间局代表团访问我国，双方就卫星通信、遥测、遥感、运载火箭、地面站、跟踪和数据传输等方面的合作可能性，作了初步的商讨，交换了备忘录。一九八二年九月，中国宇航代表团访问欧洲空间局。一九八五年二月，航天工业部李绪鄂副部长率代表团访法时，顺访了欧洲空间局以及该局设在荷兰的欧洲空间研究和技术中心。随着中国与一些欧洲国家航天科学技术合作和交流的深入发展，中国航天工业部与欧洲空间局的合作关系将日益密切。

## 参加国际空间组织的活动

### 一、国际宇航联合会

国际宇航联合会(简称 IAF)是宇航界的国际性学术组织，成立于一九五 年。它是为通过科学技术的交流，鼓励对空间技术的研究和合作，促进宇航事业的发展而成立的。因它在国际学术界有较大的影响，所以被联合国和平利用外层空间委员会聘为技术咨询机构。到一九八四年，国际宇航联合会已有 36 个国家、61 个成员组织。一九七九年以来，国际宇航联合会主席曾多次来信邀请我国参加。但因台湾在该组织中的地位问题未解决，我国过去一直未参加该会及该会组织的学术活动。一九八 年六月二十七日，国际宇航联合会第三十届主席、欧洲空间局罗依·吉普森局长来信，接受了我国对台湾问题的立场。九月二十日，在国际宇航联合会全体会议上，一致同意接纳中国宇航学会成为 IAF 成员。按照国际宇航联合会的章程规定，可允许同一国家的几个

组织参加，但是一个国家只有一个组织拥有投票权。因此在第三十一届大会后，我国宇航学会作为正式会员并获得了投票权。

一九八 年后，中国宇航学会每年均派员参加该会主办的历届大会。在一九八三年第三十四届大会上，我国空间技术专家杨嘉墀当选为执行局副局长，火箭技术专家屠守锷当选为教育委员会副主席。在一九八四年第三十五届大会上，除杨嘉墀、屠守锷等继续连任外，中国空间技术研究院副院长闵桂荣被聘为出版委员会委员。

## 二、国际电信联盟

国际电信联盟(简称电联)是联合国经济和社会理事会下属 15 个专门机构之一，成立于一八六五年，现有成员国 154 个。电联的职责是协调各国的电信业务行动，维持国际无线电秩序，加强国际合作，促进国际电信技术发展。电联设有 4 个常设机构：总秘书处，国际频率登记委员会(IFRB)，国际无线电咨询委员会(CCIR)，国际电报电话咨询委员会。国际频率登记委员会负责登记、公布、调整各成员国使用的频率(包括静止卫星)。国际无线电咨询委员会是发展电信技术标准的研究机构。两者对航天业务的关系十分密切。鉴于电联的活动直接影响每个国家的政治、经济和技术方面的利益，各国都很重视，并指派干练的专家和官员参加电联的工作。

中国于一九二一年加入电联，一九四七年当选为理事国。一九七二年恢复了中华人民共和国在电联的席位。

从一九七三年到一九八四年，中国电信代表团多次出席电联的会议，为争取发展中国家的权益作出了贡献。在一九七七年的卫星广播无线电行政大会上，我国分得



了3个广播卫星轨道位置，有55个频道和35个天线波束。一九七九年，中国电信代表团副团长、空间技术研究院副院长钱骥，出席世界无线电行政大会，参加20年一度的世界无线电规则的修改。会上，在许多国家呼吁静止卫星位置保持精度要由 $\pm 1$ 度提高到 $\pm 0.1$ 度的情况下，我国发起提案，申述了试验卫星的要求，最后一致通过增加一条法律条款，允许试验卫星位置精度可保持在 $\pm 0.5$ 度，为我国试验通信卫星争得了主动权；一九七九年大会又通过我国另一提案，决定在一九八五年和一九八八年分别召开第二次世界无线电行政大会，讨论静止卫星的规划问题。一九八三年十月，我国向国际电联登记，公布了我国第一颗试验通信卫星的资料。

### 三、联合国和平利用外层空间委员会

联合国和平利用外层空间委员会(简称外空委)成立于一九五九年十二月，现有成员国53个。其主要任务是促进国际合作和研究因外空探索和利用可能引起的法律问题。外空委的活动涉及各国的政治、外交、经济和技术方面的利益。

鉴于我国的国际威望，和许多友好国家、尤其是发展中国家的要求，联合国第三十五届大会作出特别政治决议，于一九八一年十二月接纳中国为外空委的正式成员国。

一九八二年，以章文晋为团长，邵天任、孙家栋为副团长的中国代表团，出席了第二次联合国探索与和平利用外层空间大会。在会上，我国代表宣布为支持联合国执行外空应用计划认捐五万美元，并作为东道国承办亚太地区空间科学和技术进展应用讨论会。在会上还介绍了我国航天活动的成就。我国的积极合作态度得到了

联合国和各国代表团的赞扬。

亚太地区空间科学和技术进展应用讨论会于一九八五年十月在北京举行，近百名中外专家聚集一堂，对发展中国家的外空应用问题进行了广泛的讨论。我国宇航界代表在会上同各国同行进行了广泛接触与学术交流。

#### 四、国际标准化组织

早在一九二八年，英、美等国家就成立了国际标准化协会。一九四七年二月，国际标准化组织正式成立，现有87个成员国或团体。该协会下设163个技术委员会，制定了4,500多个国际标准。一九七八年九月，我国重新参加了国际标准化组织。航天工业部协同国家标准总局及其他部门，共同参加了国际标准化组织所属几个技术委员会的活动。我国采用并推广国际标准和外国先进标准，有利于开展对外合作和交流，有利于加快制订我国航天工业标准，促进航天科学技术的发展。

## 航天技术与现代化

以微电子技术、信息技术、生物工程、航天技术、核能技术、海洋工程、激光技术、新材料等为主要标志的新技术革命，正在全世界范围内兴起。航天技术是新技术群中一个重要的领域。航天技术是在现代科学技术的基础上发展起来的，它的出现和应用反过来又加速工业现代化、农业现代化、科学技术现代化和国防现代化的发展，推动科学技术向新的高度前进，对社会的发展和精神文明、物质文明建设产生重大影响。

外层空间是人类的共同财富，是世界各国开拓的一

个重要领域。发展航天技术，实际上就是发展社会生产力。谁具备开发空间的能力，谁就能为发展社会生产力，开发新的资源，提高本国经济、技术能力，造福人民，作出贡献。

## 发展航天技术的重要意义

一九五七年十月四日，前苏联发射成功世界上第一颗人造地球卫星以后，航天技术得到迅速发展。从一九五七年到一九八四年底，全世界已发射了 3,000 多个航天器。全世界已有 58 个国家投资发展航天技术，总投资已超过 3,000 亿美元，有 170 个国家和地区应用航天技术的成果；从事航天技术方面的科学家、工程师、技术人员超过 150 万人。美国、前苏联、西欧以及日本等国，已经形成了庞大的航天技术产业。航天技术发展速度之快，是世界上其他行业少有的。

在新的技术革命中，在现代化经济建设中，信息的作用，愈来愈重要。信息技术包括信息的获取、传输、处理和存贮四个环节。航天技术是获取信息和传输信息的最好手段，能发挥其重要的和特殊的作用。

地球资源卫星可在地质勘探，地形测绘，公路、铁路、石油管道选线，城市规划，开发地下资源，农作物长势及产量预估，土地利用，火山预报，洪水监测和预报，环境污染监测，渔区测定等方面获得各种信息。美国发射这样一颗卫星平均每年花费 2,000—5,000 万美元，但可获益 14 亿美元以上。美国蔡斯计量经济学公司为了搞清楚美国航空和航天局(NASA)的技术经济效益，他们统计了这个局一九七五年到一九八三年的费用和由

之带来的国民生产率提高情况，其结论是：美国每向航空和航天局投资 1 美元，十年后国民经济收益可增加 14 美元。

利用气象卫星进行天气预报，特别是对灾害性的天气预报，可以减少人民生命财产的巨大损失，美国使用了先进的气象卫星以后，每年可从 120 亿美元的自然灾害损失中挽回 50 亿美元，准确的天气预报使印度每年能受益 10 至 15 亿美元。从气象卫星上获取的云图和气象资料，对工农业生产、航空、航海、捕鱼、军事保障及日常天气预报是卓有成效的。而且促进了气象科学、海洋及大气科学的研究和发展，可以实现对全球气象的连续观测和预报。

利用卫星通信是当今世界远距离通信最经济的一种手段。通信卫星位于地球赤道上空约 36 千公里静止轨道上，与地球保持相对静止。一颗通信卫星差不多可覆盖三分之一的地球表面，只要向赤道上空等距离发射三颗地球静止轨道通信卫星，就可以解决环球通信问题。它是最理想、最经济的微波通信的中继站。国际通信卫星 V 能传送 12 千路双向电话和两套彩色电视。随着科学技术的发展，下一代的通信卫星通话话路还会大幅度增加，成本也会继续下降。例如第一代通信卫星，每一条话路平均每年费用为 2 万 2 千美元，到第四代通信卫星每一条话路每年费用降至 800 美元。第五代通信卫星每条话路每年降至 200 美元左右。年欧洲与美国之间用卫星进行一次一般性通话的费用只有用电缆通话租金的 10%。

八十年代中期，世界上出现了一股加速建立广播卫星系统的热潮。许多国家都在采取紧急措施，以建立专用的国内卫星电视广播系统或通信与电视广播兼容的国

内卫星系统。

国内卫星通信可迅速建立覆盖全国的电视广播网，不仅可以消灭电视和广播收不到的“死角”区域，而且由于转播层次少，图象清晰，效果好。如靠地面微波塔转播，每隔 50 公里就要建造 1 个，而且对于山区、海岛等边远地区来说，实现这一目标是相当困难的。远距离图象传播，因转播层次多而失真度加大，当其中的一个中继站发生故障时，就会造成后继站停止工作。发展国内卫星通信，就可以利用卫星作中继站，每个地区建立一个地面站，就可构成区域性广播网。如果某个地面站发生故障只会造成区域性停播，不会影响其他台站。

国内通信卫星还可以用来向地方播送报纸整版版面，发展全国性电视教育，解决边远地区的教学困难，可以实现全国性数据通信和计算机通信，使全国计算机形成一个脉络相通的计算机网，大大发挥计算机的效用。

航天技术是一种先进的生产力，它不仅应用范围广，而且见效快、投资少、技术先进，节约人力、物力，社会效益大。航天技术的投入少与产出高，是一个为国民经济增值的技术领域。利用航天技术发展国民经济，可以超越发达国家某些传统的发展阶段，从而获得很高的发展速度。

发展航天技术，在军事上具有非常重要的价值。航天技术是国防现代化协重要标志。航天技术就是在发展现代火箭、导弹武器的基础上发展起来的。美苏已将航天技术用于军事通信、侦察、预警、监视、导航、空中拦截、摧毁敌方航天器。

发展航天技术，为人类利用外层空间的特殊和理想的环境，开辟了地面上无法进行的天文、地理、气象、

物理、化学、生物、生命、医学、遗传工程等领域新的科学研究。人类可望利用宇宙空间的微重力、高度真空、无振动和无菌的特殊环境，生产出可能拯救成千上万人生命的稀有药品，能够制造出超高密度芯片，使计算机大步向前发展；能够生产出特种合金和生物材料。

发展航天技术，还为人类从外层空间来观测和研究地球提供了必要的手段和条件。人们可利用空间站、天空实验室、航天飞机和人造卫星，对地球进行长期观测及探测，研究空间环境对生物生命和材料的影响，使地球物理学、大气物理学、表面地质学等方面获得新的发展，这对人类了解自然，改善人类生存的条件具有重要意义。

发展航天技术，还把地球科学从研究单一星体改为多星体的对比研究，和对月球及太阳系的行星如金星、火星和木星的探测，产生了一系列新的科学分支，大大促进了天体物理学的发展。

随着航天技术的迅速发展，人类将利用空间进行商业化活动，开辟空间工厂。其中包括信息服务、空间材料加工、空间药物生产、空间能源、空间运输、轨道维修、空间旅游等。空间活动商业化是人类文明发展的必然趋势。随着航天技术的飞速发展，人类已逐渐开始把它的生产、商业化活动和科学实验的领域从地球扩展到宇宙空间。从现在看来，开展空间商业化活动，不仅是在技术上可行的，而且在经济上的收益也是相当可观的。美国工业分析家们预测，到 2000 年，美国每年从空间商业化活动中获得的总收入可达到 650 亿美元。

由于空间商业化具有这样大的潜力，它已引起许多国家工业界的高度重视。空间商业化的前景不仅是人类

的向往，而且是人类征服空间、利用空间为自己服务的必然趋势。

这一切都说明，发展航天技术，将会给人类社会生产和社会生活带来多么美好的前景。

我国作为发展中的社会主义国家，发展航天技术的目的，是为了和平利用空间，促进我国社会主义经济建设、文化科学事业的发展与繁荣，缩短我国与世界先进工业国家的差距，进一步提高人民物质文化生活，同时为国防现代化服务，增强我国军事上的防御能力，为维护世界和平、造福人民作出应有的贡献。

## 航天技术应用的成就

自一九七一年我国首次发射人造地球卫星以后，经过广大航天工作者的努力与全国各行各业的支援和帮助，我国航天事业不断地向前发展，取得了空间物理研究、遥感技术、返回技术、通信、广播、电视传输以及其他科学领域里多学科的研究成果。在我国社会主义建设中发挥了重要作用。我国的运载火箭技术、卫星遥感技术和卫星通信技术，已从试验阶段，进入实用阶段，开始为社会主义现代化建设服务。

### 一、卫星通信工程的成就

一九八四年四月，我国第一颗试验通信卫星定点成功。国家军事、电视、广播、水电、新闻等部门，使用这颗卫星，开通了数字和模拟电话，开展了电视和广播节目传送，图片文字传真、数据表报传输等多项卫星通信试验应用，收到了好的效果。水利电力部设在北京和成都的两个卫星地面站，过去因租用国际卫星组织的电

话通道，手续繁琐、费用高而停用闲置。我国试验通信卫星定点不久，这两个地面站，又重新运行起来。人民解放军通信兵部通过通信卫星开通了北京至乌鲁木齐、拉萨、昆明三个方向的数字电话话路。中央人民广播电台、中央电视台通过卫星广播、电视通道，对新疆、西藏、云南等边远地区传送广播、电视节目，初步改变了我国边远地区通信、广播、电视传输的落后状态。

在我国试验通信卫星未开通前，我国边远地区，特别是新疆、西藏地区看不到当天中央电视台的节目，最快的办法是用飞机将录相带运送到这些省区，再通过当地电视台重放。有的要等几天才能看到中央电视台的汇编新闻节目。试验通信卫星开通后，拉萨、乌鲁木齐的居民可直接收看以我国试验通信卫星做中继站转发的中央电视台当天的节目。一九八四年十月一日，拉萨、乌鲁木齐市民在电视机旁收看首都天安门广场举行的国庆三十五周年阅兵和几十万群众游行活动时，无不感到欢欣鼓舞，他们怀着激动的心情，感谢党中央对边疆各族人民的关怀。

试验通信卫星不仅开通了数字和模拟电话，开展了电视和广播节目传送、图片文字传真、数据表报传输等多项通信业务，而且还进行了空间物理探测和空间物理研究，由于静止轨道卫星与一般低轨道卫星所处的空间环境不同，空间物理探测也有所区别。由试验通信卫星进行外辐射带环境的探测，在我国还是第一次。

宇宙空间的高能带电粒子，对航天器的材料和元件有破坏作用，直接影响在空间飞行的航天器的安全和航天器的性能。由于空间高能粒子辐射，会在物质内部引起电离、原子移位、化学反应等，从而造成材料损伤。



根据一星多用的原则，利用试验通信卫星所处的高轨道，进行外空探测是很有利的，为此，在卫星上装有4种空间探测仪器，进行了空间物理研究及空间探测，取得了重要收获：测量了低轨道和大椭圆过渡轨道及静止轨道各种不同轨道状态下的高空电子、质子、X射线及静电电位值；考验了星上物理探测仪器的可靠性；

比较了低轨道和静止轨道的空间探测数据；监视了空间辐射对太阳电池及卫星设备的损伤作用，测量了空间辐射强度、射谱、为通信卫星等提供了防护辐射损伤的设计资料；为太阳活动预报提供了验证数据。

新研制的“长征三号”三级液体运载火箭，采用了氢氧发动机等先进技术，其运载能力大幅度提高，能把1.43吨的卫星送入远地点为36千公里的转移轨道，也可以把4.5吨重的大型航天器送入近地轨道，还可以用第二宇宙速度把星际探测器送入宇宙深空。发射试验通信卫星表明“长征三号”设计方案正确，生产工艺符合要求，入轨精度超过预定指标，为下一步发射气象卫星、直接广播卫星和研制航天飞机打下了良好的基础。

## 二、应用卫星遥感技术的成就

在信息获取方面，航天技术具有接收信息面大、信息量丰富、分辨率高等优越性。应用卫星遥感技术的成果，为我国社会主义建设服务，其效果是非常显著的。装有空间遥感器的对地观察卫星，能为国民经济各部门和科研机构及时准确地提供陆地和海洋的详细资料，并能进行周期性的监测，为国家进行经济规划和制定宏观决策提供科学依据，使规划和计划更符合实际情况。这对加速我国的四化建设，节约资金，提高宏观经济效益有十分重要的作用。同时，它还将在很多方面改变传统

的工作方法和作业模式。八十年代中，我国已经将卫星遥感资料，广泛应用到科研和工农业生产领域，包括国土普查、石油勘探、铁路选线、海洋海岸测绘、地图测绘、地质调查、电站选址、地震预报、草原及林区普查、历史文物考古等许多方面。

全国解放以来，经过广大地质工作者长期艰苦的努力，到一九八二年只完成二十万分之一的全国地质图的64%。利用我国国土普查卫星照片可以在较短的时间内制成二十万分之一、十万分之一的地质图，还可以制成五万分之一的地质图。以柴达木盆地某地质构造为例，直接参加的石油地质勘探人员26人测量了568个点，作业4个多月，绘制出五万分之一地质构造图。这在我国卫星拍摄的一张照片上就可以一目了然地反映出来，并且显示出地面测量未曾发现的断层构造。卫星照片用于铁路选线，可以节约里程，避开滑坡和断层。铁路选线节约1公里，投资可节省100万至500万元。有的线路由于避开滑坡和断层，一年可节省上亿元的各种费用。首都钢铁公司同有关部门根据卫星遥感资料指示的范围，进行了实地勘察，在北京郊区找到了7个成矿预测区。冶金工业部参照卫星遥感资料，在内蒙古寻找金属矿基也收到了好的效果。我国有关部门利用卫星遥感资料，查明了黄河、滦河、海河三大河流淤泥流沙的活动规律及其相互作用，为研究渤海湾内的流系规律及天津新港淤泥流沙回流问题，开发滩涂资源等，提供了科学的依据。如位于山东的黄河三角洲面积近6,000平方公里，是我国黄河改道频繁的地区。黄河入海处，泥沙淤积，河床几经变迁，新老三角洲交替产生，开发利用的潜力很大。合理利用滩涂资源可获得极大的经济收入，黄河

三角洲及其近海贮有大量石油和天然气，是有开发价值的石油化工及能源基地。一九八三年八月，我国卫星拍摄的照片，成图面积约 1,500 平方公里。经过处理后的图象，其精度可满足制作 1 : 10 万比例尺图。经中国空间技术研究院和山东师范大学合作制成的 8 幅专题图有重要生产和应用价值。经过野外验证、实地勘察，其译制图片定性的一致率为 86.8% ;定量平均精度为 95.39%，能够满足使用要求。这对开发利用黄河三角洲地区及水利整治有重要价值。

从我国已经取得的航天遥感资料看，卫星遥感技术在国民经济建设中的应用前景相当广阔，经济效益也十分可观。我国卫星所拍的照片，具有分辨率高、覆盖面积大，比例尺适中等优点。照片显示了渤海的波浪纹理，塘沽的盐田浓度，岱海的湖水山色差，燕山的不同岩石，都包含着丰富的信息。利用我国卫星的遥感资料可以清晰地看到承德避暑山庄的围墙和树林，山海关附近的长城和古堡。卫星照片上的道路，大体可以区分为 4 个等级，河流水系可以区分 5 级以上。影象所能提供的瞬时信息和自然变迁的轨迹，更为宝贵。例如，连云港外南北河流交汇受岛屿阻挡，形成正反不同方向的漩涡和波浪，栩栩如生，滦河三角洲的多期发育形成过程，历历在目。对祖国文化历史古迹和改造自然的成就，也可利用卫星照片与地图、史料对比分析，例如裁弯取直的北运河，因势利导的黄河大堤，对古代水利工程的利弊得失，都可以利用卫星照片进行科学分析。

卫星遥感为国土环境、地质矿产调查提供了精细准确、内容丰富的图片，能够比较充分地录取地面的很多景观细节，可以反映细微地物，这对编制精密地图、深

入研究地质环境非常可贵。我国以往的地形图主要由航测办法编制，存在一些错漏和失真，比较突出的表现在海岸岛屿形态、水下地形、高山、高原、沙漠、荒芜地区，特别是对内陆湖泊、沼泽、冰雪的变化状况难以反映。我国卫星照片分辨率高，信息量丰富，又能及时反映动态变化，显示大量细节，对研究地球环境，自然资源调查和大中比例尺地形图件的补充、修改，都有重要价值。

高分辨卫星影象有利于地质体物质成分差异的解析，能够记录到岩性单元的大量形象、色调、斑纹特征，对岩性解译特别有利。图象可以放大到 1:5 万—1:10 万比例尺，经过放大的图片，许多影象细微特征就能得到充分的利用，发挥出识别岩性差异的独特效果，可以区分不同时代的石灰岩、砂岩、火山岩及花岗岩。

在石油地质普查勘探方面，我国的卫星照片提供了大量地面调查时不容易察觉和难于认识的地质信息。它不仅记录了地面的构造特征，而且通过地表大量的地质信息推断出一定深度的地下地质结构。例如我国主要的油气矿区在卫星照片上均有显示，多数表现为圆形、环形或云雾状异常。在其他矿产普查中，卫星照片可以提供大量新的地质构造信息，对于重新认识老矿区的地质背景，特别是深部热动力地质构造背景，从而可以修改现有的地质矿床模式，发掘新的找矿标志，进一步开拓矿床远景。

我国卫星照片对地貌、第四纪地质、新构造运动、水文地质等基础资料有较详细的反映，有助于对工程地质、水文地质、环境地质、城市建设、大型工程建设、生态环境变迁、地质灾害、工程教训、环境污染的调查。

卫星照片对城市、工矿地区有详尽的记录,可以为研究城市宏观结构、工业城市的污染提供准确的资料;也可以发现沿海、沿江(河)城市对水域的污染,采矿选矿尾砂、工厂煤渣以及环境污染所导致的生态宏观变异。

在水文地质、工程地质调查方面,它可以为在国际市场上获得的美国陆地卫星照片补充更多的基础地质资料、专业基础资料,提高水文地质、工程地质图的精度。

从卫星照片上可以直接发现一些工程上的弊病,例如某水库大坝存在活动断裂,某大坝建在一个断裂带上,某水库大坝处于活动断裂带活动节点附近。

卫星照片在陆地水文、流域规划、水利效益、水资源预测和调查方面提供了不少新资料,对冰川、雪盖、湖泊、沼泽、沙漠、河流等记录得很真实,并能记录地表水、浅层地下水的补给、排泄关系。

卫星照片提供了大量地震地质、地震灾害资料,对探索地震背景、深部地质结构和地震发生机理,划分地震危险区等都有新的启示。

卫星照片对国土条件的调查提供了多种信息,可以借助它研究土地利用状况、农林植被分布、草原及畜牧业规划、水面及淡水养殖业规划,特别是研究西部边远的高原、高山、沙漠、戈壁地区的开发,东部地区的宏观动态变化、水土流失、土壤恶化、生态环境变迁等,还可以借助它进行农田分类、土壤划分和面积估算。

在考古方面,可以利用卫星照片发现古代的遗迹,加速考古研究。如在进行卫星照片解译时发现了金代界壕和古城遗址,后经考古专家查证,确认了金代界壕和位于内蒙古昭乌达盟克什克腾旗达来诺尔附近的古城,是元朝至元七年(一二七一年)忽必烈为其女儿鲁国大长

公主兴建的应昌古城。

### 三、应用科学实验卫星进行空间研究

我国发射的“实践一号”和“实践二号”科学实验卫星，为我国取得了大量的空间物理数据，虽然受数据存贮器容量的限制，所测数据还远远不够，但它毕竟是用我国自己的卫星获得的第一手资料，它为我国空间物理研究创造了良好的条件。

取得了卫星运行区域内的地磁场的资料。地磁场是保护人类免受空间粒子辐射危害的屏障，正是地磁场挡住了太阳风，不让太阳风直接吹入地球大气层，威胁地球上的生命。它捕获来自空间的带电粒子，在地球周围形成内、外两个辐射带。“实践二号”取得的磁场数据丰富了人们对地磁场的形状、分布的知识，加深了对内、外辐射带成因的了解。这些磁场数据还为卫星上的粒子辐射探测器提供设计依据。

取得了空间粒子辐射的部分资料。外层空间中充满了各种带电粒子，如电子、质子以及其他重原子核等，它们的能量比世界上已有的高能粒子快速器所能达到的最高能量还高。粒子辐射对于人造卫星、载人飞船的材料、元器件、仪器设备以及航天员都有不同程度的损害作用。“实践二号”上的半导体质子方向探测器、半导体质子半全向探测器、半导体电子方向探测器和闪烁计数器等4种粒子探测器，记录了多种能档的粒子数据。这些数据从科学研究上来说，对于人类了解近地空间、日地空间和行星际空间的物理环境，对于了解太阳系的起源和演化、生命的起源和演化以及物质结构等重大课题，提供了依据；从技术应用上来说，为研制人造卫星、载人飞船和空间探测器等航天器提供了设计资料。

测得了地球——大气系统的红外辐射和紫外辐射数据。地球——大气系统的红外和紫外辐射背景资料，是研制预警卫星和其他地球观察卫星所必需的基准资料。预警卫星能从地球——大气背景中识别导弹喷射的尾焰，以发现导弹发射。“实践二号”测得的地球——大气红外辐射数据也可用于研究地球——大气系统的温度环境和热平衡。

测得了太阳 X 射线的数据。太阳的活动与地球上的气候、生态、环境以及人类的生存、生活有着极为密切的关系。太阳 X 射线是太阳发射出的主要的短波辐射，是提供太阳活动状况的典型信息。由于大气层的吸收，太阳 X 射线在地面上是测不到的。“实践二号”在太阳活动峰年测到了太阳 X 射线的数据，对于了解太阳的活动意义更大。同时，根据大气对不同波长的 X 射线的吸收率不同，还可以推算出大气密度。

测得了从 240 公里到 600 公里左右的高空大气密度。高空稀薄大气是影响远程弹道导弹飞行和命中精度、影响人造卫星运行轨道和寿命的主要因素。因此，精确地测出高空大气密度数据及其变化，对于提高远程导弹命中精度，保证卫星运行寿命具有重要意义。“实践二号”测得的大气密度数据与一九七二年国际标准大气的高年模式值十分接近。

## 航天技术在国民经济中的推广

我国航天技术不仅直接用于开发宇宙，观测地球，传递、搜集信息，进行空间研究，取得显著的社会经济效益，而且将它移植、推广应用于其他国民经济部门，

其效果也是非常显著的。

航天工业是技术高度密集的产业部门，它博采了现代科学技术的最新成就。如自动控制技术，遥测、遥感、遥控技术，温控技术，计算机技术，密封技术，精密加工技术，特种工艺技术和测试技术等等。将这些技术移植和推广到国民经济各个领域，可以带动其他工业部门的技术改造，改善劳动环境，节约能源，提高产品质量，提高劳动生产率。航天技术的发展和提高，建立在各部門、各領域、各学科发展的基础上。但航天技术的发展，反过来又促进了各部门、各领域、各学科的提高和发展。

近几年来，随着我国航天技术的不断发展，航天技术向国民经济各部门的转移越来越多，收到了较好的社会经济效益。八十年代以来，航天工业部门和其他部门、地区进行技术经济合作，出现了好的发展势头。特别是在以下几方面，取得了显著成效。

自动控制技术方面。北京控制工程研究所与厦门感光化学厂合作，为该厂进行技术改造，解决感光胶片生产上存在的问题，研制成功锁相稳速同步传动系统、片路跑偏控制装置，不仅使产量质量提高，而且节省引进设备费十几万美元。

首都机械厂利用自动控制技术，为北京市包装公司纸盒厂研制成我国第一条瓦楞纸板生产线，全长 60 米，全部自动化，一年可节约进口牛皮纸 2,000 多吨，节约成本 170 万元。其技术性能达到国外同类产品水平。如从国外引进需 250 万美元，而国产只需人民币 200 万元。一九八二年运行以来，性能稳定，各种技术指标均达到设计要求，班产瓦楞纸板 45,000 平方米。该厂生产的面包自动生产线，采用先进的控制技术，生产过程全部实



现自动化，完全排除了人手与面包的接触，符合国际上对食品生产的卫生要求。烤炉采用红外辐射加热，可节电 30%，为我国食品工业提供了高水平的大型成套设备，既加快了生产周期，又可节约大量人力，取得了明显的经济效益。

遥测、遥控技术方面。航天工业中的遥测、遥控技术，可以移植到国民经济很多领域。如上海航天局与中国科学院合作，为首都机场研制了“机场塔台集中控制导航设备”，它是国内研制的唯一的一套大规模自动化导航设备，能同时显示 3 条跑道 4 个方向的目标。它具有遥控路数多、遥讯量大，可不间断检测 3,600 个遥讯量，检测一次不超过两秒钟。自使用以来，运转正常，性能良好，可用于油田、电站、大型厂矿企业自动控制。我国 100 多个大型水库、港口和煤矿应用遥测、遥控技术进行管理，不但可以及时预报事故征兆，减少损失，而且效率将会大大提高，充分发挥经济效益。

遥测设备研究所研制成功六路遥测心律监护仪，用于医院、疗养院对心血管病人进行遥测监护、保健以及在活动状态下对心电图进行记录、报警、显示、存贮等，性能达到国内先进水平。

航天工业系统各厂所生产的各种类型、不同量程的传感器、应变片，可提供石油、化工等部门用于测量压力、压差、热流、流量、液压、过载、加速度、振动、冲击、噪声、摆角、烧蚀、分离等各种参数。这些传感器的灵敏度和可靠性比一般工业部门用的传感器要高得多，体积也要小得多。

西安无线电技术研究所将卫星无线电测控技术应用于医疗事业，研制成功我国第一台无损剖视内脏的“多

道超声显象仪”和具有低功耗长寿命的“按摩心脏起搏器”,受到医疗界的好评。这个研究所还将空间电视遥感技术直接向部队常规应用转移,正在研制我国第一代无人机载电视遥感系统。空间电视遥感中的高分辨率电视摄象和监示、记录技术,加以修改后,可作为先进的医疗电视设备。一九八四年上半年研制成功一种 800 线 X 光医疗电视系统,技术性能已达到国际水平。

温度控制技术方面。飞行器总体设计部把人造地球卫星上的温控技术转移到其他工业部门。其中,发展最快的是各种热管换热器,各种热管式等温炉、热管黑体、电子元件散热器等。用低温热管换热器装在浆纱机烘房上,以烘房的热排气加热新鲜空气,升温后供烘房使用,可大大节省能源。这种热管换热器在单台浆纱机上应用,每年节约能源折合标准煤 66.5 吨,还可以提高浆纱速度约 30%。目前已用作棉纺厂及大游泳馆的节能设备。它还适用于食品干燥、木材烘干、造纸、粮食等行业。用中温热管换热器适用于炉窑等排烟废热的回收,例如陶瓷炉窑、排烟温度在 300 摄氏度左右,使用排烟散热器,让排烟通过其加热段,热量通过热管传递给新鲜空气,可使其温度上升到 100 摄氏度以上,再回输到炉窑,可以节约煤或油的消耗。目前已用于陶瓷炉窑、玻璃炉窑、工业锅炉等方面。现在已研制出工作温度范围从零下 50 摄氏度—200 摄氏度的高精度热管黑体辐射源,除在计量单位、温度计制造单位作校验精密级辐射温度计的标准黑体源使用外,也可用于辐射及红外实验室作标准辐射源。属于同一类型的等温热管器械,还有平面辐射源热管和精密恒温热管等。沈阳新光机械厂、哈尔滨风华机器厂、哈尔滨工业大学研制成功的不同类型的热管换

热器，在冶金、石油、化工等部门应用，都取得了明显的经济效益，节约了大量能源。

真空技术方面。我国著名真空科学技术专家、兰州物理研究所名誉所长金建中，在五十年代研制成功的金属油扩散泵，应用到我国的原子能事业和其他科学领域，促进了有关科研工作的开展。该所于一九五九年首次在40升的金属容器中获得了 $10^{-10}$ 托的超高真空。六十年代研制成功抽速为6,000升/秒的金属油增压泵，应用于炼钢的真空处理设备中，获得了较好的经济效益。抽速为5,000升/秒—20,000升/秒的大型金属油扩散泵的研制成功，并推广到真空设备厂投产，不仅满足了研制空间环境模拟设备的需要，而且对原子能工业及其他国民经济部门都有重要的应用价值。该所还应用这种技术研制成功了我国第一台最大的天文望远镜镀膜设备，在直径2.8米的镀膜管中获得了 $10^{-6}$ 托的高真空，成功地实现了大型镜面的镀膜。七十年代开展了获得清洁超高真空技术的研究，相继研制成功了分子筛吸附泵、升华钛泵、新阴极材料的溅射离子泵等清洁超高真空泵，并应用这些技术，研制出了超高真空摩擦试验机，有机涂层辐射试验设备，清洁真空环模设备等，满足了有关科研、生产部门的需要。该所为中国科学院长春光机所研制的X光天文望远镜试验设备，真空容器长达70米，真空度达 $10^{-7}$ 托，具有国际先进水平。八十年代又先后研制成功3种型号的小型制冷机低温泵，并应用到重离子加速器的研究工作中。在极高真空的研究中，已在国内首次获得了 $10^{-13}$ 托数量级的极高真空。

在气体分压强测量方面，先后研制成功了回旋质谱计、四极质谱计、单极质谱计和线检质谱计等。一九七

八年研制成功的小型四极质谱计，其分辨率达到国外同类仪器水平。带有倍增器的小型四极质谱计，最小可检分压强  $4 \times 10^{-22}$  托，接近国际先进水平，已推广到工厂批量生产。

在真空检漏方面，兰州物理研究所于一九六四年在国内首次研制成功超灵敏氦质谱检漏仪，灵敏度为  $10^{-13}$  托/秒，达到国际先进水平。

兰州物理研究所还应用其真空技术，研制了多种仪器设备，提供给有关部门使用。一九七四年研制成功的真空微量天平，感称比达  $1.5 \times 10^{-7}$ ，接近国际先进水平。

在低温技术方面。为了开展低温技术的研究与应用工作，一九七九年研制成功的小型 C—M 循环氦制冷机，各项指标达到国外同类产品的水平，已作为低温泵的冷源应用于清洁超高真空的获得设备中，一九八三年研制成功的两种 V—M 制冷机，可与红外探测器配套用于高级前视、夜视装置中，其主要性能指标已达到国外同类的样机水平。

北京火箭发动机试验站，应用低温试验技术，研制了低温流量测量及校验装置，低温阀、低温球阀、液氢液氧密度传感器等低温检测器件。

兰州物理研究所利用该所低温站的设备及其所制的液氮，采用冷冻修复方法，为刘家峡水电站修复输电电缆，一次停运修复时间由原来的 7 天缩短到 1 天，可使水电站多供电 2,880 万度。

电子技术方面。西安无线电技术研究所研制成功一种小型高质量的“开路电视系统”，经过几年的推广应用，与国内外同类产品比较，显示出许多优点。“开路电视系

统”综合采用卫星传输体制，图象清晰，传输距离远、抗干扰能力强。发射机重量小于1公斤，用不足2公斤的镉镍电池组供电，可连续工作10小时，便于野外工作。可配通用的摄象机、录象机和电视监视器，传输黑白、彩色、微光及红外等电视图象。它是一种电视图象和伴音的无线传输系统。使用者可在指挥中心实时得到数十公里外现场或目标的电视图象和伴音，是国防、公安、交通、海关、港口、机场及其他部门实现不接触及远距离观察、监视目标的一种现代化技术手段，还可以作为广播、电视节目的简易微波中继设备和小城镇电视台现场实况转播。将摄象和发射设备装上飞机时，可在半径约100公里范围内进行现场侦察、森林防火、海上监视和边防巡逻。

山西太华科学仪器厂研制生产的微波测距仪，是一种用来测定两点间斜距的精密电子仪器，测程远，精度高，测距范围可从米至10公里，测量误差小于 $\pm 20$ 厘米，可以广泛用于大地测量、地形测量和各种工程测量。该厂研制成功的卫星电视接收设备，是由电视单收站和小功率广播电视发射机组成。它可以在我国国土上任何地区完成实时接收并转发由国内通信卫星发射的电视节目。在不接差转机的情况下，转播范围为1公里，如与差转机接口，可完成对县级地区的转播。这种设备特别适用于边远地区直接接收卫星转发的电视节目，已经投入批量生产和使用。

北京遥感设备所研制成功的声表面波器件，是七十年代初发展起来的声学 and 电子学相结合的无线电电子新技术，可广泛用于雷达、通信、无线电遥测、电视机、电视差转机及立体声广播方面。电视机如果用这种器件，

平均无故障时间可达 5,000 小时以上,中频部分线路大大简化,提高了机器的稳定性和可靠性。这项技术已转让福建、山东、江苏、辽宁等地工厂,收到了很好的经济效益。

材料、工艺技术方面。高温钎焊合金的研制,有力地促进了国内电解锰生产的发展和真空冶炼、冷轧技术的提高。钛合金的应用研究,促进了钛合金的冶炼和机械加工工业的发展。用钛合金替代耐热铝合金,用超塑性等温锻造工艺制造燃气涡轮发电机的涡轮盘,生产效率可提高 20 倍,成本节约 90%。化学铣切工艺已为纺织、医疗卫生和其他部门所采用。纺织物轧花、拷花后整理技术中的轧纹、轧花辊的试制,是国家“六五”期间的重点攻关项目。北京材料工艺研究所同有关部门共同努力,用一年时间就研制成功长 1.82 米、直径 160 毫米、花纹深度 2.6 毫米的不同材质的样辊。轧出各种织物的花纹,达到国外同类产品的水平,为国家节约了大量外汇。等离子喷涂技术,在机械工业中得到日益广泛的应用。北京前进化工厂从国外引进一种设备,其柱形活塞寿命不足一年。用等离子喷涂修复旧活塞,使寿命大大增加。传输电力的高压线铁塔,用油漆或浸锌保护,不仅工艺落后,污染严重,且有效期仅为 3 年。用等离子喷涂,一次就可维持几十年。火箭用的密封材料已被广泛应用到国民经济各部门,如用作水电系统的高压电器设备,抗地震阻尼器,用作舰船上减小振动、降低噪声的阻尼器,用作抢救病人的吸氧器密封件。卫星密封件使用的硅橡胶,用来制造塑料封装机的辊子,性能同国外同类产品大体相当。

发挥航天工业的技术特长,为国民经济各部门进行

技术改造服务,这是航天技术推广应用的一个重要领域。

上海广播器材厂,发挥自己的技术优势,承包了天津年产 15 万台 14—20 彩色电视机生产线设计、制造和安装调试任务,用不到 1 年时间建成投产,投资 760 万元,仅为引进国外同类生产线投资的一半。

火箭发动机研究所和天津减压器厂合作,改进正在批量生产的焊接用氧气减压器,经过 3 个月试制出了样品,全部性能达到了机械工业部部颁标准。一九八三年减压器的产量、产值、利润都比上一年翻了一番,在国内同行业中处于领先地位。

北京精密机械总体设计部,一九八三年研制成功 MP 型电动织毯机,使我国地毯工业有了自己的新型、高效织毯机械。可用黄麻、化纤等原料编织图案精细、色泽鲜艳、重量轻、成本低的地毯,美化人民生活。比手工针制羊毛地毯效率提高 5—10 倍,用黄麻织成地毯,黄麻的经济价值也提高了 5—10 倍。

北京控制工程研究所与铁道科学院共同研制了测量铁路轨道高低、扭曲、不平度等参数的铁路轨道检测装置,可自动记录、分析数据,填补了国内空白。

北京机械装备总体设计部,应用火箭的惯性制导技术、伺服机构技术和遥测技术,为石油部门研制了随钻测井设备,能自动监测钻井的垂直度、采集和处理油气层地质资料数据。首都机械厂研制成功的真空淬火炉,填补了国内热处理设备的一项空白。南京电子设备研究所研制的除氧封存剂,用于食品保鲜、精密机械、光学零件、毛皮制品、药材、纺织品、电子元器件、胶卷、文物档案的封存,具有国内先进水平,已向福建、浙江、江苏等地转让技术,并得到广泛应用。

一九八五年五月，在北京举行的航天工业部科技成果展览品交易会上，展出展品 2,500 多项，其中有 1,800 项航天技术成果和产品已应用到国民经济部门。会上还进行了技术咨询，技术开发，技术转让，新产品研制，工程设计，技术人员培训，引进技术消化，合作开发等技术服务项目。

仅一九七八年至一九八三年，航天工业系统获得国家自然科学奖、国家发明奖、全国科学大会奖、国防科工委重大科技成果奖、国家经委新产品奖共 4,856 项。这些成果中，有的已移植和推广应用于国民经济各部门。

三十年里，我国航天事业从无到有，从小到大，已经达到了相当的规模和水平。我国航天技术的某些方面，已经达到和接近世界先进水平；航天工程的研制、生产、试验，已经形成了比较完整配套的体系，一支实力雄厚的航天科学技术队伍和产业大军不断成长、壮大，积累了比较丰富的实践经验，我国航天事业已经具备了加速发展的坚实基础和巨大潜力。

当前世界上正在兴起的新的技术革命，向航天技术提出了新的挑战。我国社会主义现代化建设对航天工业战线提出了更高的要求。四个现代化离不开航天技术，航天技术必须为四个现代化服务。为了实现到本世纪末我国工农业总产值翻两番的总目标，航天技术要加速从研究试验阶段向应用阶段发展，更好地为经济建设和国防建设服务。从我国的国情出发，重点研制和发射国家急需的各种应用卫星，特别是要大力发展国土普查卫星、地球资源卫星、通信卫星、广播卫星、气象卫星；进一步改进、完善我国的运载火箭系列；研究探索新型的航天飞行器和运载工具；加强空间科学技术的研究，进一



步完善通信地面站、发射场和测控系统的建设，不断提高航天工程的技术水平。我国的运载火箭、人造卫星，可靠性高，成本低，在国际市场有一定的竞争力，特别适合于发展中国家使用。我国可以为外国研制发射应用卫星，也可以为外国提供发射卫星服务。

为了适应我国社会主义现代化建设的需要，航天工业战线要充分发挥技术力量强，设备齐全的综合技术优势，本着一种产品多种开发，一套设备多种用途，一支队伍多种功能的精神，进一步改变产品结构，扩大服务领域，加速航天技术向国民经济各部门的转移，大力提高航天工业的社会效益和经济效益。

我国还是一个发展中的国家。航天工业战线要继续发扬自力更生、艰苦奋斗的精神，继续依靠全国各部门、各地区的大力支持，发展社会主义的大协作，集中力量，突出重点，讲求实效。要认真执行党的对外开放政策，加强同国外的技术合作和交流，引进先进技术，加强技术改造，加速实现研制手段的现代化，使航天技术的发展，建立在先进的物质技术基础之上。

按照党和国家对实现翻两番的战略部署，在八十年代，我国航天工业战线要在完成计划任务的同时，着重打好基础，改善技术装备，提高人员素质，加强预先研究，增加技术储备，为九十年代的腾飞创造必要的条件。

宇宙空间是无限的，开发利用宇宙空间的事业也是无限的。世界航天技术的发展方兴未艾。我们伟大的祖国，作为古代火箭的故乡，对人类的文明进步作出过杰出的贡献。在当代，中国人民在和平开发利用宇宙空间方面，也将为人类作出自己的贡献，这是全体中国航天工作者的志愿，也是光荣而艰巨的历史使命。

## 附录 中华人民共和国航天事业大事年表

一九五六年

一月，毛泽东主席在中央召开的知识分子问题会议上提出向科学技术大进军，在经济和科学文化上迅速赶上世界先进水平。

二月，著名科学家钱学森向中央提出《建立我国国防航空工业的意见》。

三月，国务院制订《一九五六至一九六七年科学技术发展远景规划纲要(草案)》，其中提出要在十二年内使我国喷气和火箭技术走上独立发展的道路。

四月，成立中华人民共和国航空工业委员会，统一领导我国的航空和火箭事业。聂荣臻任主任，黄克诚、赵尔陆任副主任。

五月十日，聂荣臻副总理向中央提出《建立我国导弹研究工作的初步意见》。五月二十六日，周恩来总理主持中央军委会议讨论同意，并责成航委负责组织导弹管理机构(国防部五局)和研究机构(国防部第五研究院)。

十月八日，国防部第五研究院举行成立大会，聂荣臻副总理到会祝贺，作重要讲话。国防部五院下设 10 个研究室。

十月，任命钟夫翔为国防部五局局长，钱学森为第一副局长、总工程师，林爽为副局长、副总工程师；钱学森兼国防部五院院长，白学光为副院长。

十月十五日，聂荣臻副总理就发展我国导弹事业

向中央报告，提出对导弹的研究采取“自力更生为主，力争外援和利用资本主义国家已有的科学成果”的方针。十七日，中央批准了这个报告。

十月，苏制“P—1”导弹两发实物样品运抵我国。

一九五七年

三月一日，国防部五局并入国防部五院。

八月，周恩来总理命令，谷景生任国防部五院政治委员，刘秉彦任国防部五院副院长。

九月，以聂荣臻为团长，陈赓、宋任穷为副团长的中国代表团赴莫斯科，同前苏联政府代表团谈判。十月十五日，双方签订了新技术协定。

十一月九日，国防部五院向航委报告，请求成立一、二分院。

十一月，国防部第五研究院一、二分院成立。

十二月二日，国防部长彭德怀签署命令：奉国务院总理周恩来十一月十六日命令，任命钱学森为国防部五院院长兼一分院院长、刘有光为国防部五院政治委员、王诤为国防部五院副院长兼二分院院长、谷景生为国防部五院副政治委员兼一分院政治委员、刘秉彦为国防部五院副院长兼一分院副院长。

一九五八年

一月，国防部五院制订喷气与火箭技术十年（一九五八至一九六七年）发展规划纲要。

一月，与前苏联谈判达成帮助我国建设3个导弹研制单位的协议。前苏联“P—2”导弹实物样品运抵我国。

前苏联第一颗人造地球卫星发射之后，我国一些著名科学家建议开展我国卫星工程的研究工作。一些高

等院校也开始进行有关学术活动。

中国科学院由钱学森、赵九章等科学家负责拟订发展人造卫星的规划草案，代号为“581”任务，成立了“81小组”，议定建立三个设计院。八月，第一设计院成立。十一月，迁往上海，改名为中国科学院上海机电设计院。

三月，国防部批准国防部五院在北京兴建“8102”、“8103”、“8108”、“8109”四大工程。

四月，开始兴建我国第一个运载火箭发射场。

五月十七日，毛泽东主席在中共八大二次会议上指出：“我们也要搞人造卫星。”

八月，国务院科学规划委员会、中国科学院在《十二年科学规划执行情况的检查报告》中，指出发射人造卫星将快速和带动其他科学技术的发展。

八月至十一月，国防部五院召开四级干部会议，讨论贯彻建院方针，统一领导干部思想。

十月，毛泽东、刘少奇、周恩来、李富春、聂荣臻等党和国家领导人，参观中国科学院自然科学跃进成果展览会展出的我国空间技术早期发展设想。

#### 一九五九年

一月，前苏联帮助我国仿制导弹的专家陆续来华。

四月和七月，刘有光和王诤、李强，分别率领代表团赴莫斯科，与苏方谈判设备分交问题。

#### 一九六 年

二月十九日，我国自行设计制造的试验型液体燃料探空火箭首次发射成功。九月，探空火箭发射成功。

三月，邓小平、陈毅、薄一波、刘澜涛、安子文等领导同志先后参观国防部五院空气动力研究所。彭真

同志参观运载火箭研究院总装厂。

四月四日，以刘佩荣为团长的设备分交工作代表团赴苏。

四月六日，国防部命令，刘亚楼任国防部五院院长，王秉璋、钱学森任副院长。

五月二十八日，毛泽东主席在上海新技术展览会上参观上海机电设计院首次发射成功的探空火箭。

八月，前苏联单方面撕毁了中苏两国政府签订的新技术协定，撤走了协助我国仿制导弹的全体专家。

八月十四日，就前苏联撕毁协定、撤走专家后的形势，聂荣臻副总理勉励国防部五院，更好地发挥中国专家的积极性，依靠我们自己的力量，继续进行导弹的研制工作。

八月十四日，周恩来总理命令，谷广善任国防部五院副院长。

十一月五日，我国仿制的前苏联，“P—2”导弹首次发射试验获得成功。

一九六一年

二月，国防部五院党委决定中近程火箭为重点研制任务。

七月，中共中央批转聂荣臻副总理《关于自然科学工作若干政策问题的请示报告》和国家科委党组、中国科学院党组《关于自然科学研究机构当前工作中的十四条意见(草案)》。

七月，聂荣臻副总理在北戴河召集国防工业部门负责人研究在新形势下国防尖端技术的发展问题。

七月十七日，聂荣臻副总理在国防部五院干部大会上作重要报告，阐述党的自然科学工作政策和知识分

子政策。

九月一日，国防部五院三分院成立。

一九六二年

一月十六日，周恩来总理命令，曹光琳任国防部五院副政治委员。

二月二日，国防部五院科学技术委员会成立，钱学森为主任。

三月，国防部五院固体发动机研究所成立。

三月二日，周恩来总理命令，周维任国防部五院副院长，王文轩任副政治委员。

三月二十日，周恩来总理命令，孙继先任国防部五院副院长，栗再山任副政治委员。

三月二十一日，我国独立研制的第一枚中近程火箭发射试验失败。

五月，国防部五院成立总设计师室，林爽、钱文极任总设计师。开始建立总设计师制度。

六月十二日，周恩来总理命令，王秉璋任国防部五院院长。

八月十五日，上海基地划归国防部五院领导。

十月二十四日，国防部五院提出器材定点试制生产协作计划，协作点分布于全国六大行政区和国家 13 个部委的所属单位。

十一月，以周恩来为首的中央专门委员会成立。

十一月八日，国防部五院颁布《国防部第五研究院暂行条例(草案)》。

一九六三年

一月一日，中国科学院上海机电设计院划归国防部五院建制。

中国科学院成立星际航行委员会，由竺可桢、裴丽生、钱学森、赵九章等领导。研究制订星际航行长远规划。

七月，陈毅、聂荣臻副总理视察国防部五院二分院和运载火箭研究院总装厂。

十二月，国防部五院党委号召向科研战线上的标兵张履谦学习。

#### 一九六四年

四月四日，国防部五院四分院成立。

四月二十九日，国防科委向中央报告，设想在一九七一年或一九七一年发射我国第一颗人造卫星。

五月，中国共产党国防部五院首届代表大会开会。刘少奇、周恩来、朱德、邓小平等党的领导人接见了全体代表，中央书记处书记罗瑞卿到会作重要讲话。

六月二十九日，我国自行研制的中近程火箭再次发射试验，获得成功。

七月十九日，成功地发射了第一枚生物火箭。

年底，全国人民代表大会第三届第一次会议通过了成立中华人民共和国第七机械工业部的决议。

#### 一九六五年

一月，在国防部五院的基础上组建第七机械工业部。王秉璋任部长、党委书记；刘有光任第一副部长、党委副书记。

中央专门委员会批准第七机械工业部制订的一九六五至一九七二年运载火箭发展规划。

五月，中央决定上海机电二局及其所属单位划归七机部建制，并从北京基地迁去5个研究所加强上海基地。

五月，党和国家领导人刘少奇、周恩来、朱德、邓小平、贺龙、聂荣臻、李先念以及邓颖超、康克清等，先后参观运载火箭研究院总装厂。

六月，又一枚生物火箭发射成功。

中央专委责成中国科学院负责拟订卫星系列发展规划。

七月，上海机电设计院迁北京，改名为七机部第八设计院。

八月，中央决定在三线地区建设新的火箭研制基地。

十月，中国科学院受国防科学技术委员会的委托，召开第一颗人造卫星方案论证会。

一九六六年

中国科学院成立“51”设计院和“701”工程处，分别负责卫星总体和地面系统总体的设计工作。

开始建设卫星地面测控网的第一期工程。

六月三十日，周恩来总理视察酒泉运载火箭发射基地，观看中近程火箭发射试验，祝贺发射成功。

七月至九月，又成功地进行了生物火箭的飞行试验。

十月二十七日，导弹核武器发射试验成功。弹头精确命中目标，实现核爆炸。

十一月，“长征一号”运载火箭和“东方红一号”人造卫星开始研制。

十二月二十六日，我国研制的中程火箭首次飞行试验基本成功。

一九六七年

“和平二号”固体燃料气象火箭试射成功。



三月十七日,中央决定对国防工业各部(包括七机部)实行军事管制。

四月,军事管制委员会进驻七机部机关及在京单位。

九月十一日,召开返回式遥感卫星方案论证会。

一九六八年

二月二十日,空间技术研究院成立,归国防科委建制。

一九七 年

年初,“长征一号”运载火箭第三级固体燃料发动机试车成功。

一月,上海基地开始进行运载火箭和技术试验卫星的研制。

一月三十日,中远程火箭飞行试验首次成功。

四月二十四日“东方红一号”人造卫星发射成功。这是我国发射的第一颗人造卫星。毛泽东主席等党和国家领导人于“五·一”节在天安门城楼接见了卫星和运载火箭研制人员代表。

六月,经中央军委办事组决定,承担战术导弹科研生产任务的企事业单位划出七机部。

一九七一年

三月三日,我国发射了科学实验卫星“实践一号”。卫星在预定轨道上工作了八年。

九月十日,洲际火箭首次飞行试验基本成功。

年底,“和平六号”固体燃料气象火箭试射成功。

一九七二年

八月,上海基地研制的试验型火箭首次发射基本成功。

九月，周恩来、朱德、董必武、叶剑英、李先念等党和国家领导人参观运载火箭研究院总装厂。

十二月，中央任命汪洋为七机部党的核心小组组长，李光军为第一副组长。

一九七三年

七月，国务院、中央军委决定，空间技术研究院划归七机部建制。

九月，军事管制委员会撤离七机部机关及在京单位。

一九七四年

九月二十九日，大型固体燃料发动机一种新的壳体进行研究性试车成功。

十一月二十五日，国家计委、国防科委开会讨论给党中央的《关于发展我国卫星通信问题的报告》。

一九七五年

邓小平同志主持中央日常工作后，对七机部系统的整顿作了重要指示。

六月三十日，中共中央发出解决七机部问题的第十四号文件。

六月三十日，中央任命汪洋为七机部部长、党的核心小组组长，李光军、强晓初、王星为副部长、党的核心小组副组长，陆平、程连昌、张怀忠、张凡、张钧、任新民为副部长，谷广善为顾问。

七月二十六日，我国发射了一颗技术试验卫星。

十一月二十六日，我国发射了一颗返回式人造卫星。卫星按预定计划于二十九日返回地面。

十二月十六日，我国发射了一颗技术试验卫星。

一九七六年

八月三十日，我国发射了一颗技术试验卫星。

十二月七日，我国发射了一颗返回式人造卫星。  
卫星按预定计划于十日返回地面。

一九七七年

三月七日，中央派工作队进驻七机部机关及在京单位，帮助七机部进行整顿。

五月四日，国务院办公厅通知，七机部在京单位由七机部与北京市实施双重领导。

九月，中央批准国防科委的请示报告，确定向太平洋发射运载火箭、发射试验通信卫星和进行水下发射运载火箭的试验，作为三项重点任务(即“三抓”任务)要求按期完成。

开始建造我国远洋跟踪测量船。

十月，中央任命宋任穷为七机部部长、党组书记。

一九七八年

一月二十六日，我国发射了一颗返回式人造卫星。  
卫星按预定计划于二十九日返回地面。

四月十一日，七机部与中共北京市委联合召开大会，欢送中央工作队。

四月二十二日，中共中央批准，王纯任七机部副部长、党组副书记；李昌安、段毅、芮杏文、杨培先任七机部副部长。

五月二十八日，中共中央批准，郑天翔任七机部第一副部长、党组第一副书记。

七月，以任新民为团长的中国宇航学会代表团访问日本。

十二月，以任新民为团长的中国宇航学会代表团访问美国。

十二月二十五日，中共中央批准，郑天翔任七机部部长、党组书记。

一九七九年

一月七日，远程火箭试验一种新的发射方式，获得成功。

一月十日，中共中央批准，刘有光任七机部第一副部长、党组第二书记；陆平、张钧任七机部党组副书记；林爽、梁骥、鲁之沫、李明实、张镰斧任七机部副部长。

二月，欧洲空间局代表团访华，双方就卫星通信、运载火箭等合作的可能性进行了初步探讨。

三月二日，国务院、中央军委批示同意七机部在京企事业单位的领导关系改为以七机部领导为主。

四月，法国国家空间研究中心代表团访华。

五月，美国国家航空与航天局代表团访华。

十月，中国宇航学会宣告成立，钱学森为名誉理事长，任新民为理事长。

十月，日本宇宙科学技术代表团访华。

十二月，召开地球静止轨道通信卫星工作会议。

一九八 年

年初，上海基地一部分基层单位划归七机部建制。

五月十八日，我国向太平洋预定海域成功地发射了远程运载火箭。中共中央、国务院、中央军委发电致贺。六月十日，在首都人民大会堂举行庆祝大会，邓小平、胡耀邦、李先念、陈云、彭真、徐向前等党和国家领导人出席，胡耀邦作重要讲话。

九月，七机部劳动模范、先进集体表彰大会在北京举行。

九月二十二日，国际宇航联合会第三十一届年会同意接纳我国宇航学会为享有投票权的国家会员。

十一月，以周晓华为团长、张镰斧为顾问的中国宇航学会代表团访问美国。

十二月，联合国和平利用外层空间委员会接纳我国为会员。一九八一年亚太地区外层空间应用研讨会在我国举行。

年底，固体燃料运载火箭的两级发动机交付使用。

一九八一年

六月九日，中共中央批准，李绪鄂、宋健任七机部副部长。

九月十日，第五届全国人民代表大会常务委员会第二十次会议决定，第八机械工业部与第七机械工业部合并，仍称第七机械工业部。

九月二十日，我国用一枚运载火箭发射了三颗科学实验卫星。

九月二十四日，七机部科学技术委员会成立，屠守锷任主任委员。

十月十四日，中共中央批准，冀绍凯、郭允中任七机部副部长。

一九八二年

三月三十一日，中共七机部党组号召全体职工向模范共产党员、劳动模范黄纬禄学习。

四月九日，中共中央决定国家机关各部的体制实行改革，七机部改为航天工业部。张钧任部长、党组书记；李绪鄂任副部长、党组副书记；芮杏文、宋健、程连昌任副部长。郑天翔、陆平、冀绍凯任顾问。任新民任科学技术委员会主任，屠守锷、黄纬禄、梁守、孙

家栋任副主任。

八月，以章文晋为团长的中国政府代表团出席联合国第二次探索与和平利用外层空间大会。代表团副团长、空间技术研究院副院长孙家栋在大会上发言，介绍我国航天技术发展情况。

九月九日，我国发射了一颗返回式人造卫星。卫星按预定计划于十四日返回地面。

十月，意大利宇航代表团访问我国，探讨有关通信卫星等技术合作问题。

十月十二日，潜艇水下发射运载火箭获得成功，回收舱准确地溅落在预定海域。中共中央、国务院、中央军委发电致贺。

十一月三十日，赵紫阳总理在第五届全国人民代表大会第五次会议上作的政府工作报告中，称赞航天战线工程师罗健夫是模范共产党员，他的事迹是人们学习共产主义思想的活教材，大家要以他为榜样。

一九八三年

五月，中美科技合作第三次联合委员会举行会议，我国航天工业部副部长宋健与美国国家航空与航天局副局长克雷勃洛克商谈中美科技合作问题。

五月二十五日，“长征三号”第三级发动机参加全系统试车成功。

六月，中国与法国科技委员会会议在北京举行，就有关航天科技合作项目签署了会谈纪要。

六月，航天工业部副部长程连昌应邀访美，参观航天飞机第七次发射。

六月十五日，在空间技术研究院举行利用意大利的“天狼星”卫星通信试验开通仪式。

七月，万里、杨得志、余秋里、张爱萍等中共中央和中央军委领导人参观运载火箭研究院总装厂。

七月，杨尚昆、杨得志、张爱萍等中央军委领导人参观卫星总装调试。

八月十九日，我国发射了一颗返回式人造卫星，卫星按预定计划于二十四日返回地面。

十月，在国际宇航联合会第三十三届年会上，我国科学家杨嘉墀当选为执行局副局长，屠守锷当选为教育委员会副主席。

十一月，英国贸工部代表团访华。

十一月，意大利科研部代表团访华。

十二月，可以作为远程运载火箭使用的大型固体燃料发动机试验成功。

一九八四年

一月二十九日，我国发射了一颗试验卫星。

二月，航天工业部部长张钧率代表团访问德意志联邦共和国，与科技部部长里森胡贝尔举行会谈，签署了两国政府《关于民用空间科学技术合作的议定书》。

三月，航天工业部部长张钧率代表团访问意大利，与意大利科学与研究部部长签署了两国政府《关于民用空间科学技术合作的议定书》。意大利科研委员会与中国空间技术研究院签署了合作协议。

四月八日，我国第一颗地球静止轨道试验通信卫星发射成功。十六日，卫星成功地定点于东经 125 度赤道上空。中共中央、国务院、中央军委发电致贺。三十日，在首都人民大会堂举行庆祝大会，胡耀邦、赵紫阳等党和国家领导人出席，赵紫阳作重要讲话。

四月十七日，国务院任命刘纪原为航天工业部副

部长。

五月，航天工业部在上海举办技术交流交易会。

七月三十日，航天工业部党组书记张钧代表部党组作整党对照检查，提出了端正工作指导思想 measures 和阐述了航天工程十年发展设想。

九月十二日，我国发射了一颗返回式人造卫星，卫星按预定计划于十七日返回地面。

九月，航天工业部举行庆功授奖大会，表彰劳动模范和立功人员。中央军委副主席聂荣臻写信祝贺并慰问，万里副总理和余秋里、张爱萍等领导同志到会祝贺。

十月二十六日，国务院任命鲍克明为航天工业部副部长。

十二月，巴西航天活动委员会主席瓦斯贡·赛罗斯上将访华。

十二月，应日本外务省邀请，以张继庆为团长的航天工业部代表团访问日本。

一九八五年

一月，李绪鄂副部长率领航天工业部代表团访问英国，与帕蒂大臣举行会谈，并签署了《空间技术合作谅解备忘录》。

二月，李绪鄂副部长率领航天工业部代表团访问法国，与法国研究技术部长居里安会谈，并签署了关于航天科技合作的议定书。

三月，中国宇航学会召开第二次代表大会。选举钱学森为名誉理事长，任新民为理事长。

四月十三日，中共中央通知，李绪鄂任航天工业部党组书记。

四月十九日，新华社发布电讯：我国第一颗试验



通信卫星自一九八四年四月十六日定点成功至今，运行一直正常，星上各系统工作良好。

四月，中国航天工业部代表团访问巴西航空航天技术中心。

五月和六月，航天工业部科技成果展览交易会在北京举行。万里、宋任穷、姚依林、谷牧、胡启立、乔石、严济慈、廖汉生、李鹏、田纪云、张爱萍、康克清等领导同志到会参观。

五月至九月，我国的试验通信卫星、“长征三号”运载火箭模型等等，在日本筑波万国博览会上展出。

五月，航天工业部代表团出席日内瓦国际空间会议。

六月十八日，李先念主席令，任命李绪鄂为航天工业部部长。

七月，美籍华人科学家、宇航员王赣骏博士偕夫人等，应邀访华。

八月十二日，中共中央批准，程连昌任航天工业部党组副书记。

十月六日，第三十六届国际宇航联合会大会开幕，我国科学家屠守锷率代表团参加。

国际宇航科学院吸收我国科学家任新民、杨嘉墀、梁守、陆元九、庄逢甘、蔡金涛、孙家栋、杨南生、陈芳允、曹鹤荪、王大珩、吕保维等 12 人为院士。

十月二十一日，我国发射了一颗返回式人造卫星。卫星正常运行 5 天后，于二十六日回收。

十月，亚太地区空间科学和技术进展应用讨论会在北京举行。

十月三十日，中共中央批准，孙家栋为航天工业

部副部长、党组成员。