

# 我国航天技术发展与技术科学

陈 芳 允

(中国科学院学部委员, 技术科学部副主任)

杨 嘉 墀

(中国空间研究院科技委副主任)

我国的航天事业是在五十年代中期开始的。1956 年我国制定了十二年科学发展远景规划, 把宇宙航行的基础、火箭和喷气技术以及与之有密切关系的电子学、自动化、计算技术和半导体等学科列为重点发展项目。1958 年, 在地球物理学家赵九章和火箭专家钱学森等科学家的倡议下, 经党中央批准, 我国开始制订自行发射人造卫星的计划。1965 年中共中央决定由第七机械工业部、中国科学院、第四机械工业部分别负责研制运载火箭、卫星本体以及地面跟踪观测和遥控系统, 由国防科委统一组织协调工作。1970 年 4 月第一颗中国人造地球卫星上天, 使中国成为世界上第五个用本国制造的运载工具发射卫星的国家。在当时文革的动乱时期, 没有国防科委强有力的领导, 整个人造卫星工程系统的研制、建设和实施是难以实现的。

中国科学院在十二年科学规划后, 采取紧急措施建立起的研究所(电子学、自动化、计算技术和半导体)以及地球物理、力学、光机等研究单位, 在 1958 年后, 即开展了与火箭研制工作配套的预先研究工作, 如光学经纬仪、自动化测试仪表和弹道计算用计算机等。中国科学院还在上海成立了机电设计院研制和发射了各种探空试验火箭、生物试验火箭和气象火箭。在第一颗卫星进入工程阶段后, 中国科学院进行了大量的方案设计、轨道选择, 卫星本体和地面试验设备、地面观测部分设备的研制以及观测台站布局的研究等工作, 对于我国第一颗人造地球卫星的发射, 作出了重要贡献。

下面对我国的运载火箭、卫星以及测控系统作简略的介绍。

## 一、运 载 简 况

我国充分利用弹道导弹的研究成果和技术基础, 成功地研制了四种卫星运载火箭, 它们是:

1. “长征 1 号”三级火箭。第一、二级为液体火箭, 第三级为固体火箭, 可将 300 公斤的人造卫星送入 440 公里高度的圆轨道。1970 年 4 月 24 日“长征 1 号”把我国第一颗卫星东方红 1 号送入轨道。

2. “长征 2 号”两级液体火箭。可将约 2000 公斤的人造卫星送入近地轨道, 自 1975 年后该火箭已连续 7 次成功地发射了我国的返回型遥感卫星。

3. “风暴 1 号”两级液体火箭。可将约 1200 公斤的人造卫星送入近地轨道。

4. “长征 3 号”三级火箭。第 1、2 级使用四氧化二氮, 偏二甲肼推进剂, 第 3 级使用液氧、液氢推进剂。其运载能力为近地轨道 5000 公斤, 太阳同步轨道 2700 公斤, 地球静止卫星的过渡轨道 1300 公斤。自 1984 年开始使用后已连续两次成功地发射了我国自己的通信卫星。

目前, “长征 2 号”和“长征 3 号”仍在继续生产和使用。为了满足国内的需要, 现在正计划发展更大推力的运载火箭。

## 二、卫星发展简况

1965 年 5—6 月间, 在国防科委协助下, 中国科学院制订了《关于发展我国人造卫星工作的规划方案建议》, 并于当年 8 月, 由中共中央正式批准。《建议》的主导思想是根据我国火箭发展的可能, 在发射少数科学试验卫星的基础上, 开展应用卫星的发展工作。应用卫星中, 重点抓返回型对地观测卫星和同步轨道通信卫星。二十多年来的实践证明, 尽管有各种干扰和破坏, 当时的计划方案还是符合我国国情的。

发射科学试验卫星可以在一些空间科学技术领域跟踪世界先进水平, 并在全球性空间科学研究中, 为我国取得一席之地。当然, 我们的主要目的还在于取得一些空间环境参数, 为应用卫星的研究开路。

以返回型对地观测卫星作为研究和发展的重点是有现实意义的。一方面在技术上, 通过这项任务, 走完卫星发射、轨道飞行、返回等全过程, 可以为今后载人飞行及从地球到轨道间的物资运输等打下基础; 另一方面, 就当时世界技术水平和我国电子元器件水平来看, 采用返回型卫星是进行对地观测的最佳方案。十多年来的实践证明, 这类卫星为土地资源普查、地质水文调查、矿藏勘察、地震预报、技术监测、铁路和港口建设、环境监测、大地和海洋带测绘等提供了很有价值的信息。

早在 1970 年, 党中央就批准了通信卫星的研制计划, 但是由于各种原因和种种干扰, 起步非常缓慢, 到 74 年才全面展开工作。科技人员经过近十年坚韧不拔的努力, 终于攻克了一个个难关, 整个卫星工程的五大分系统: 运载火箭、发射设施、卫星本体(包括从过渡轨道射入同步轨道的远地点固体发动机)、测控系统以及地面通信站, 在 80 年代初期全面完成。通信卫星作为整个工程的一个组成部分, 有它自己的特点, 一是卫星本身要求长寿命、高可靠。二是它和其它各大系统有非常密切的关系, 并不是一进入自由飞行轨道后就可以脱离地面的控制, 星地必须做到协调一致, 特别是由运载火箭送入大椭圆的过渡轨道起, 就与地面测控系统组成大回路的测量——控制系统, 籍以控制卫星的姿态、轨道以及各种工作状态。这就需要保持星地有畅通可靠的信息通道, 而且要求卫星有一套完善的姿态敏感器和灵活而准确的控制机构及动力。三是为了准确地测量和控制, 还必须有一套完整的, 能应付各种情况的测控软件(星地结合)。四是为了满足通信以及转播电视的要求, 卫星中的通信系统必须满足和地面通信站的接口联系, 而且姿态、定点、转发器等在卫星使用期间, 都需要经常管理。我国地球静止通信卫星系统的研制和发射成功, 达到世界较高的水平, 它标志着我国宇航技术进入了一个较高的阶段。

到现在为止, 我国共发射了 18 颗卫星, 其中, 科学探测卫星 5 颗; 技术试验卫星 4 颗; 返回遥感卫星 7 颗; 试验通信卫星 2 颗。

### 三、测控系统发展概况

在我国卫星的测量(观测、跟踪)和控制方面,近 20 年来,我们建立了完全立足于本国国土以内的测轨、遥测和遥控系统(TT&C 系统)。在 1964 年底中国科学院开始考虑发射卫星时,便已经把卫星观测放在重要的位置。除了选择适当的观测设备以外,还详细地研究了在我国有限的地域范围内,如何最有效地截获卫星和测量其运行轨道问题。事实上这一问题的研究一直贯彻到后来发射的各种类型卫星的工作中去,而且是作为“星地协调”中的一个重要课题来进行的。

发射第一颗卫星——东方红一号,我们选择多普勒频移测速仪和卫星上的短波信标机为主要的测轨设备,而光学经纬仪测角作为辅助设备。

考虑到从基地发射的便利,以及为了获得最长的人轨后的观测弧段,我们选择轨道倾角为  $60^{\circ}$ — $70^{\circ}$  之间,轨道高度约 400 km,周期 93 分钟左右。配合这样的轨道,我们在湘西、海南、南宁、昆明、喀什、胶东等地设置了多普勒测轨站,同时设置卫星遥测接收设备。各站测轨和遥测数据,经过台站的初步处理,再由通信电路送至卫星测控中心,进行轨道确定和卫星运行情况的预报,以及适测参数的处理工作。

这样的布局,在 1970 年 4 月东方红 1 号发射时证明是成效的,在以后的低、中高度轨道卫星发射中,虽然在 TT&C 设备上有很大的改进,但系统的格局仍然没有改变。

对于中、低高度空间环境探测卫星,测控设备仍以多普勒测速仪为主,但是为了消除电离层折射对于测速的影响,我们采用双频多普勒测速仪,而且把频率提高到超短波波段,卫星上的信标频率稳定度提高到  $1 \times 10^{-9}$  量级,这就使测轨精度提高较多。卫星遥测信号则先调制在副载波上,再二次调制于载波,并经过适当的滤波。这并不影响载波多普勒测速的精度,由于将测速仪和遥测综合作用,无论在星上或地面上,都节省了许多设备。

对于返回型卫星,由于在到返回圈之前必须测出准确的轨道,以便预报并控制返回的落点,因此除了多普勒测速仪以外,我们还增加了测量雷达配合星上的雷达应答机进行测量。为了控制反推火箭的点火,增加了遥控设备。在我国西部的返回区,则安装了测向设备,藉以确定返回部件的落点位置。我国继美苏之后,是世界上第三个掌握回收技术的国家。我国共发射了 7 颗返回型卫星,每次都是成功的,这说明了我们的运载工具、卫星和测控系统具有很高的可靠性。

对于同步定点卫星的发射和定点保持,测控系统几乎全部更新。发射基地在低纬度( $28.5^{\circ}$ )的西昌地区,运载工具(长征 3 号)一、二级分离以后,液氢液氧的三级有二次点火,包括一次熄火到二次点火之间的自由段飞行,航程一直延伸到东经  $160^{\circ}$  左右的太平洋赤道上空,然后卫星分离,进入转移轨道。对于氢氧三级的工作,我们进行了全程的弹道测量和遥测监视,研制了新型的测量雷达,并在海上利用 2 艘测量船。在陆上和船上还布置了卫星遥测的接收设备,监视卫星的内部参数。对于卫星进入过渡轨道后的测量和控制,配合星上的应答机我们特别研制了微波统一测控系统。这个测控系统能观测和控制 40000 公里以上的卫星,它将测轨(测角、测距和测速)、遥测(2 种编码遥测和下行模拟遥测)和遥控(仅上行)综合调制于一个统一的载波上。这样使卫星上的天线数目大为减少,对卫星结构十分有利。由于利用了不同

的副载波,而且经过详细计算,各副载波的频率安排不产生相互干扰,因而它们都可以同时进行工作,这就给测控带来了很大的方便。这个系统的测控精度高,天线对卫星的角度捕获和频率捕获快,测距信号形式的选择优越,这些都是结合我国的特点提出的要求。例如:根据我国的地理位置,确定不在国外设站或租站;卫星在太平洋赤道上空入轨后,在转移轨道的第二圈远地点之前(18个小时以后)才能为国内站可见,因此我们对测控系统的设计是单站可以独立工作,而且即使大天线的波束角很小,也可以大范围地扫描预报空域迅速捕获卫星。遥控利用大回路比对后,证明指令无误,才发执行指令,使卫星执行机构动作。

在陕西设有卫星测控中心,各个测量站的数据(包括测量船上的数据)均由全国性的通讯网集中到测控中心。各个台站的工作由中心指挥,它负责轨道计算和决定遥控指令的发出(包括姿控和轨控),并根据卫星运行情况,作出相应的决策。

测控中心的计算机是比较落后的,运算速度不高,但在中心工作人员的努力下,即使如同步定点卫星的测量和控制,也能圆满完成。就这点来说,中心工作人员在软件和计算机应用方面具有很高水平。

#### 四、卫星系统工程

卫星的本体、运载、发射、测控和使用的综合是项庞大的系统工程,其中每一个系统也是十分复杂的。现以具体例子说明:

##### (一) 卫星系统工程

卫星总体工作是一项复杂的系统工程,它既要根据卫星的技术使用要求、以及现有的技术基础,运载工具、地面发射、测控系统等的限制条件,提出卫星轨道选择、重量、功耗、控制精度、寿命等总体指标,又要从管理上考虑研制进度、经费、技术条件等因素。

一般来说,一颗卫星要由结构、温控、姿控、能源、遥测、遥控、测轨、天线等公用或服务的分系统以及专用的有效载荷分系统所组成。现将各分系统的有关情况简介如下:

1. 卫星结构要能够经受住运载主动段的力学环境,屏蔽住高空高能粒子的辐射,抵抗住各种恶劣的空间环境,还要满足星上各种精密仪器的安装精度要求等等。在结构设计中,要对各种影响因素进行综合分析研究,以求得一项最经济的,最轻的,高可靠和工艺简单的设计。结构分析要通过静力计算和模态分析、动力响应计算来确定结构的最危险应力状态,最大的应变值,保证有一定的完全裕度;求得结构的动力学特性,使之满足任务的要求。为了进行这些分析,要应用理论力学、材料力学、板壳理论、振动理论。以线性代数和变分原理为基础的有限元法成为结构分析的有力手段。计算机辅助结构设计以及模态试验方法是在这个基础上发展的重要技术。由于卫星结构要求重量轻、刚度强,促进了复合材料和碳纤维、卡芙拉纤维等复合材料的发展和应用。此外大面积天线结构要求尺寸稳定性和可折叠性,产生了像记忆合金以及高空太阳辐照成型塑料等新材料。

2. 卫星温度控制分系统要保证卫星在整个工作阶段,即地面段、上升段、轨道运行段和返回段(返回型卫星)处于一个比较适宜的温度环境里,使星上设备能正常工作。为此必须考虑卫星在各个阶段的能量平衡,设计出切实可行的测控方案。一个良好的热设计,必须合理地组



织卫星内部和外部的换热过程。目前所采用的温控措施,可分为被动式和主动式两类。前者包括温控涂层、热管和多层绝缘,它们本身没有自动调节温度的能力,但是它简单可靠;后者包括百叶窗、电加热器、相变材料以及对流控制等。在飞行任务复杂,星体内部或外部热流变化较大时,必须在被动温控的基础上,附加一些主动温控方法。在研制过程中,还必须进行充分的空间热环境模拟实验。为此,各国宇航研究中心都建立了大型热真空模拟设备。最初要求这些设备能实现逼真的模拟;由于设备昂贵,实验费用较高,随着卫星越来越大,各国都正积极研究和探索新的热模拟实验技术,一般采用计算与实验相结合的方法,以节省费用。

3. 卫星控制分系统包括姿态控制系统和轨道控制系统,是应用卫星必须具备的服务系统。例如,对地观测卫星必须使遥感仪器对准地面,其轨道要控制到使观察区在卫星过顶时受到同样的日照条件或观察地区有一定的回归周期;通信卫星要求天线对准地球上一定区域,其轨道要控制到对地相对静止等等。卫星控制系统工作时长、精度要求高、环境特殊,并且受到重量和能量消耗等条件的限制,对控制部件、系统结构、系统仿真试验提出了一系列要求。元部件除惯性器件、喷气执行机构、控制计算外,还有太阳敏感器、地球敏感器、恒星敏感器、光学敏感器、各种长期工作的低推力推进器、角动量变换和存贮装置等。系统结构要能满足卫星在各种运行状态和发生故障时应急措施的控制。卫星控制系统一方面要向长寿命高可靠方向进步,另一方面随着空间站的建设,它又提出了一系列新的课题,如大型空间结构的控制,交会对接的控制等等。

4. 卫星能源分系统包括产生、贮存和分配电能的各种装置。按能源分为化学电源、太阳能电源和核电源三类。其输出电流经过变换器、稳压器、配电器完成供电的分配。长期运行的卫星采用太阳能电池为能源,但必须与蓄电池一起组成太阳电池阵——蓄电池组电源系统,才能解决卫星进入阴影区时的供电问题。目前大量生产的太阳电池的效率还停留在12%左右,并且在空间受粒子辐射影响效率逐年下降,电源设计时要考虑这个因素。蓄电池目前主要采用了密封或镉镍电池,但它要达到较长的循环寿命,放电深度只能是额定容量的20—30%,对长寿命卫星来说,已逐步为氢镍电池所替代,它耐过充、过放电能力强,因此其有效能量比镉镍电池高80%。

5. 星上遥测遥控和测轨分系统又称星上无线电测控系统。遥测部分主要由传感器、调制器和发射机组成,用于测量并向地面发送卫星的各种工程参数和运行状态参数。遥控部分一般由接收机和译码器组成,用于接收地面测控站发来的遥控指令,传送给有关系统执行。跟踪部分主要有信标机和应答机,它们不断发生信号以便地面测控站跟踪卫星并测量其轨道。由于传送距离远,加上可靠性和保密性要求高,这个分系统的设计集中了最先进的通信(包括编码和调制)技术和计算机技术之大成,在星上已形成了以计算机为主的数据处理系统。六十年代末后,又把遥测、遥控、通信、测轨(包括测距、测角、测速)等综合在一起形成了微波统一系统,它进一步减少了以上设备,大大提高了信息传输的效率和设备的可靠性。

6. 有效载荷分系统是不同用途的卫星所装有的专用系统。例如对地观测卫星的各种遥感仪器,和把所得信息变换、储存和传送到地面的传输系统,通信卫星的转发器和通信天线等等。如果说卫星的各种服务或公用系统在技术上已渐趋成熟,那么各种应用卫星的有效载荷还在不断发展和完善。有些综合应用的卫星对卫星设计提出新的难题,必须综合平衡才能取得良好的效果。

## (二) 测控系统工程

卫星测控系统包括跟踪、测轨、遥测、遥控等分系统,它们组成测控台站,分布在适当的地理位置,它们所获得的数据经过通信网络送往测控中心,中心根据测轨数据定出卫星运行的轨道参数,作出必要的卫星位置预报;根据遥测参数,处理出卫星内部的工程参数,了解其是否正常工作,定出卫星的姿态和控制要求。然后由中心向远区站传送控制指令,向卫星发送,而卫星遥测又发回是否正确执行的信息,这是名副其实的信息反馈控制系统,其中心环节是计算机的处理、判决和指挥系统。但在星—地之间的信息传递是通过无线电波通道,整个回路可以远到几千、几万公里(事实上深空探测器的控制已经达到以亿公里计的距离)。测控中心定轨、定姿、控制量计算、控制指令的确定等等,需要有完善的物理模型、方案、算法和软件,编制测控软件(其中很大一部分是实时和准实时的)的工作量是很大的。这些工作需要天文、数学、地球物理、自动控制的广泛知识基础。中心计算机一般需要大的存储量和快速的运算速度,而且要求有高的可靠性。

测控设备的研制需有深厚的电子学和光学和计测的基础,各个台站和中心之间要有数据和指挥联络的通信网络。由于各站是协同地观测和控制卫星的运行,它们必须预知卫星的确切位置,同时时间必须统一。目前各种应用卫星、科学探测卫星、深空探测以及载人航天的发展,不仅对整个测控系统的要求愈来愈高,对于有关的通信、时间等系统,以及电子、光学、计测等的要求也不断提高。

## 五、空间科学技术的应用

空间科学技术把人类的活动领域从陆地、海洋和低空扩展到外层空间,影响着包括基础科学和应用科学的各个领域,也影响着人类的生活。自从1957年第一颗人造地球卫星上天,卅年来空间科学技术的应用范围不断扩大。到目前为止,空间科学的应用至少已经发展了下面六个大方面:

1. 空间科学探测。包括地球外层空间环境探测、日地空间环境探测、行星际空间探测、行星及其卫星的探测、空间天文观测等。
2. 卫星通信。包括利用卫星进行国际和国内通信、海洋通信、广播、教育、邮政、会议等。
3. 空间遥感。包括利用卫星对地球和低层大气进行光学和电子的观测。例如,气象卫星、海洋卫星、地球资源卫星等。
4. 卫星导航。利用卫星对海上、陆上、空中运动物体进行定位,标准时间和频率的发播等。
5. 空间运输。利用多次复用的航天飞机作为地面与空间的运输工具,维修卫星,发射卫星等。
6. 微重力环境下的空间科研。包括微重力材料科学、生命科学、药物研制等。

另外,人们还在讨论利用空间的太阳辐照,收集巨大的太阳能,以及建设大型的空间基地。

对外层空间的探测,最有利的是利用空间技术。人们在空间科学探测中最容易看到的是空间科学对天文的影响,因为对天文观测已经可以摆脱大气层的束缚,开阔了各种波段的观测。利用行星际探测器和深空观测站已经可以对太阳系中的行星及其卫星以及彗星等进行靠

近或实地考察,从而解开了许多天体形成的谜,还形成了行星地质学、行星大气物理等新学科。对太阳空间物理的研究不能看成为单纯的基础研究,因为太阳活动引起日地交互作用的影响及到远距离高纬度无线电通信、人造卫星的运行环境、电力传输系统、高空飞机的飞行等多个方面,因此太阳活动的警报和预测已为世界各国所重视,并已作为经常工作进行了多年。

从空间对地进行观测,对地学的各个领域引起了革命性的变革,使它们从研究自然现象的基础科学转化为应用科学。如气象卫星对大气的观测,为大气物理和气候学提供了大量的数据,直接为天气预报和长期气候变化所应用。海洋卫星可以为海洋学、海洋生物学提供信息,为海洋预报、海洋鱼源预报应用。陆地资源卫星可以为地质学、冰川学、水文学、农学、林学提供信息,为资源勘察、水利、土地管理、收成预报服务。测地卫星可以为地球物理、大地测量,地震学提供信息,为测绘制图、城市规划,地震预报服务。因此,各种对地观测卫星可以为人类生存活动的环境进行综合考察,对自然灾害进行准确的预报,其经济效益和社会效益是难以估量的。

空间微重力环境对材料科学和生命科学的研究可以生产出地面无法得到或很难得到的高性能特殊材料;可以进行空间微生物工程、免疫工程、制药、生物材料、基因工程等生物技术开发。据美国估计,到2000年美国空间商业化活动在药物生产、半导体材料加工和玻璃加工方面的年收入可达四百多亿美元。在地球重力场作用下,流体的静压力、浮力、沉积和对流等现象影响着材料加工过程并限制有些方法的有效性。在空间微重力条件下对一些基本过程的研究可以把重力因素分离开来。这势必影响材料科学和生命科学的发展。取得的研究结果不但可以产生空间生产的新技术,也可能改进我们在地球上的传统生产方法。

空间科学技术应用中发展最快的要算是卫星通信和广播了。现在在环赤道上空的地球静止轨道带上已有近150颗应用通信卫星和广播卫星。国际通信已经有95%用卫星通信,几乎完全代替了旧的电缆通信系统。国际和国内的卫星电视广播也正方兴未艾。由卫星通信和广播将派生出许多新的卫星应用系统,如卫星教育、卫星邮政等,这些系统将在社会上产生愈来愈大的影响。我国的试验通信卫星上天后,创造了自己解决国内卫星通信和广播的条件。由于发射地球静止卫星技术复杂,现在世界上有些国家正在要求我国为其发射通信卫星,我国的长征3号运载火箭和我国的卫星测控系统将由此而进入国际市场。

导航定位是航海、航空以及许多陆上设施所迫切希望解决的问题,利用卫星可以解决全球的高精度定时定位问题,其用途的广泛性仅次于通信卫星而高于其它所有的卫星。

## 六、空间科学技术发展与技术科学

空间科学技术的基础是天文学、数学、力学、热物理、材料科学、无线电电子学、自动控制、计算科学、真空和低温技术等学科。我国12年科学规划中所建立起来的几个研究所都和空间科学技术有着密切的关系,结合空间和航天的要求形成的“空间科学技术”,总的说来,则是属于技术科学的范畴。

科学技术是生产力,现代科学技术的发展,使各种门类的科学与生产的关系都越来越密切,而技术科学与生产的关系则更紧密、特别是象“空间科学技术”那样由多种学科交叉而产生的技术科学。技术科学使各种科学知识在应用研究和技术发展中综合起来转化为产品、商品

或直接为社会服务,产生经济效益和社会效益。

发展技术科学的动力来自社会需要,如国家的政治需要,国民经济和国防发展的需要,也有来自市场的刺激。技术科学不但直接可以发展为物质产品,而且同时也产生出知识产品,即新技术、新工艺,甚至新的交叉学科。它们又是推动新一代科学技术发展的基础。

空间科学技术以国家需要的项目为目标,例如发展某种卫星,综合各有关学科展开应用研究(但也有必要的基础性研究),直至卫星发射成功,为国民经济或国防服务。这就说明空间科学技术的两个特点:

一是与空间科学技术有关的任务,是一种综合性的系统工程。这些任务的完成是“大科学”发展的成果。因此,与之相适应,必须具备组织和管理大科学发展的能力和组织机构。这种组织和管理大科学的科学就是“系统工程学”。这是在二次大战中,从雷达防空、原子弹、计算机的发展,以及战后导弹、核子武器和空间技术的发展中总结出来的原则、方法和理论。近年来国内外广泛地将系统工程学应用于各种综合性的技术系统的研究和发展,如水资源系统、能源系统、通信系统、交通系统等,使经济建设减少盲目性,取得很大的效益。

二是空间科学技术要求大部分课题从研究试制到生产一竿子做到底,并经过试验进行考核。例如卫星,最终的成果是在轨运行、工作正常的卫星。因此,其成果不仅验证了理论和设计,而且考验了整个材料、工艺和生产过程,对于一个国家来说经过严格的实际考验过的新材料和新工艺是科学技术中的宝贵财富,因为它们的技术诀窍往往不是从公开的文献资料中可能取得而必须通过自己的努力和实践才能取得的。

我们不能说每一种技术科学都具有两项特点,但是我们的确认为:我们的技术科学应该可以为我国四化解决更多的问题,要创造更多的在世界市场上有竞争能力的新成果,我们必须改革过去一套学科分割,专业过专,互不往来的分工方式。为了适应时代的要求,科研体制上采取措施来解决交叉学科和多学科联合作战问题已经被提到日程上来。我们有关领导部门虽然一再提倡学科间的交叉渗透和横向联系,在空间科学技术方面,在任务的要求下,也有一定的交叉和联系,但是离开进一步和更高的发展需要,还相差很远。这是一个推动技术科学发展的共同性问题,希望引起科技界注意。