

中国空间探测的回顾与展望

——造福全人类面向未来的中国空间探测

姜景山, 王 涛

(中国科学院空间科学与应用研究中心, 北京 100080)

[摘要] 人类进入太空是20世纪伟大的科技成就之一。第一颗人造地球卫星发射至今已有50年,在这期间人类以地球探测为主,包括载人航天和深空探测在内的空间探测活动从未停止过。文章回顾了中国和国际航天50年空间探测的历史,总结了取得的进展和成果,分析了空间探测当前的发展趋势及我国业界当前的任务与存在的问题,提出了相应的建议和对未来中国空间探测的设想。

[关键词] 空间探测;遥感

[中图分类号] V47 [文献标识码] A [文章编号] 1009-1742(2008)06-0004-06

1 航天50年,空间探测主沉浮

20世纪人类最伟大的成就之一就是开拓了“空间”这一人类活动的新领域。人类终于摆脱了地球引力的束缚,进入太空,并利用太空开辟了空间科学及应用领域,特别是有力地发展了空间探测技术,开展了以地球探测为中心,包括载人航天及深空探测等一系列空间探测活动。空间探测是造福全人类的伟大事业,其意义无可估量。它使人类能够创造出在地球上无法实现的新的物质世界。在外层空间环境下进行的一系列新的物理、化学实验,为人类认识生命起源、宇宙起源开辟了有效的途径,为人类进一步认识地球,认识宇宙、利用宇宙空间,以及解决地球上日益突出的能源问题、人口问题和环境问题等,打下了坚实的基础,为进一步提高全人类生存质量,保持人类文明的可持续发展带来了福音。

在人类走进地球之外空间的历史脚步中,中国人表现出了非凡的勇气和智慧,自力更生,艰苦奋斗,坚持走自主创新、跨越式发展的道路,促进了航天事业的快速发展,带动了国民经济和科学技术的

发展,并对保障国家安全具有重要的战略意义。而今,中国已经成为一个举足轻重的航天国家。文章论述的空间探测覆盖了空间对地观测和深空探测两个方面,统称空间探测。

2 国际空间探测主要历史事件回顾与分析

1957年10月4日前苏联发射了人类第一颗人造卫星SPUTNIK-1号,宣告了人类进入太空时代。1960年4月美国发射的泰罗斯(TIROS)卫星(电视与红外观测卫星)标志着人类对人造卫星的应用已经从对地观测开始;1961年4月12日前苏联航天员加加林乘坐东方号(VOSTOK)首飞太空,使人类真正走出了地球的摇篮;1965年7月15日美国水手4号(MARINER4)飞船飞近火星,获取部分火星表面照片;1969年7月24日美国航天员阿姆斯特朗乘坐Apollo11号飞船登月成功,迈出了人类历史性的一步;1959年到1967年,前苏联陆续发射多颗月球探测器,成功获取月球背面图像,制作了详细的月貌图,并以前苏联科学家、城市和研究机构名字命名了许多可见构造。1968年公布的1:1 000 000月

[收稿日期] 2008-03-12; 修回日期 2008-04-29

[作者简介] 姜景山(1936-),男,朝鲜族,吉林龙井市人,中国工程院院士,中国科学院空间科学与应用研究中心国家“八六三”计划微波遥感技术实验室研究员,中国探月工程副总设计师;王涛(1975-),男,北京市人,中国科学院空间科学与应用研究中心国家“八六三”计划微波遥感技术实验室高级工程师

貌图,得到了国际天文学联合会的批准,成为国际标准;1989年10月美国发射伽利略号(GALILEO)飞船。在经过6年的太空旅行后,于1995年12月飞入绕木星轨道,并对木星及其卫星进行了7年的详尽探测;2004年美国的勇气号(SPIRIT)和机遇号(OPPORTINUTY)火星探测器成功登陆火星表面,对火星地貌、大气、地质构造进行的研究表明火星上没有发现存在液态水和高等生命。

近50年,人类以地球探测为重点,累计发射成功8000余颗卫星,目前约有2000余颗在地球轨道飞行。300余颗是对月球、太阳系的所有行星和部分行星卫星、彗星和小行星进行探测,其中约50%是对月球进行探测,其次是探测金星、火星的任务,各占约20%;成功或部分成功的探测任务,约占50%;原苏联及俄罗斯合计发射次数约占50%,美国发射次数占40%。现在,人类对太阳系的构造、形态和来源,已有了比较完整地认识。

如今,空间探测已形成全面的体系。探测平台由低到高,发展出探空火箭、航空器(飞机)、近地空间平台(飞艇)、轨道飞行器(卫星)等。搭载的主、被动有效载荷工作频段从可见光、红外到微波(含毫米波及亚毫米波),几乎覆盖整个电磁波谱段。探测的方式有绕探测对象行星的轨道探测器,特别是对地探测器;近距离飞过探测对象或在其表面硬着陆,利用这一短暂的过程,探测星体上的环境并拍摄星体地表照片;在探测对象表面软着陆,以固定或漫游车等方式进行探测、拍照、取样分析或将取得样品返回地球,进行实验室分析;探测器在深空开展漫游式飞行,对途经的星体进行一系列短暂探测,直到飞出太阳系进入宇宙深处无法联系;推进探测器对星体进行撞击,通过观察激起的尘埃来研究星体的成分等。

3 中国空间探测回顾^[1]

在1957年10月前苏联成功发射人类第一颗人造地球卫星后,1958年5月,毛泽东主席发出“我们也要搞人造卫星”的伟大号召,同年8月立项列入发展规划,命名为“581”任务,并由中国科学院具体承担,为此成立了以钱学森任组长、赵九章任副组长的“581”组,开展人造卫星单项技术研究工作。

1970年4月24日,中国发射长征1号火箭,将第一颗人造地球卫星“东方红1号”准确送入预定轨道,卫星向全世界播送“东方红”乐曲,宣布了中国已经进入太空。它的成功发射,正式揭开了中国

空间探测的序幕,标志着中国已经成为世界上第五个掌握自主研制并发射人造地球卫星技术的国家,极大地提高了中国的国际地位和声望。

1975年8~10月在原国防科工委钱学森副主任主持下召开了全国第一次遥感规划筹备会议,简称“通县会议”,标志着遥感探测正式成为国家重点发展项目。

1986年3月,王大珩、王淦昌、杨嘉墀、陈芳允四位老科学家给中共中央写信,提出“要跟踪世界先进水平,发展我国高技术”的建议。这封信得到了邓小平同志的高度重视,邓小平同志亲自批示:“此事宜速决断,不可拖延”。中共中央、国务院组织200多位专家,研究部署高技术发展的战略,经过三轮极为严格的科学和技术论证后,中共中央、国务院批准了《高技术研究发展计划(“八六三”计划)纲要》。在“八六三”计划航天技术、信息技术成果的支持下,中国的航天技术及空间探测技术得到突破性发展,与国际先进水平的差距大大缩小,整体实力大大增强,并适时提出了中国的载人航天应当采取“飞船起步,伺机发展”的战略。

1992年1月,中央军委批准载人飞船工程,并于同年9月21日批准了航空航天部提交的“载人飞船技术经济可行性论证报告”。自此,中国的载人航天工程正式启动。

1999年11月21日凌晨3时41分,中国发射的第一艘试验飞船神舟1号在完成了空间飞行试验后在内蒙古自治区中部地区成功着陆。至2002年止,我国成功地进行了4次无人飞船的发射和回收试验,为载人发射进行了多方面充分的准备,同时进行了包括对地观测在内的多项科学实验。

2000年11月22日,我国政府首次公布了航天白皮书,第一次提出要“开展以月球探测为主的深空探测的预先研究”。经过专家的反复研究论证,确定中国月球探测工程,将分“绕”、“落”、“回”3个发展阶段实施。

2003年10月16日神舟5号载人飞船在内蒙古主着陆场成功着陆,航天员杨利伟在近地轨道完成绕地球飞行14圈后,自主出舱。中国首次载人航天飞行取得圆满成功,标志着中国空间探测进入新的里程。

2007年10月24日,中国首颗探月卫星嫦娥1号承载着中华民族千年的奔月梦想从西昌卫星发射中心发射升空,11月5日准确进入月球轨道,11月

26日,中国第一幅月球可见光图片完美亮相。温家宝总理宣布,中国首次月球探测工程取得圆满成功。这是继人造地球卫星、载人航天之后,中国航天活动的第三个里程碑,中国正式跨入世界上为数不多的具有深空探测能力国家的行列,中国的空间探测活动也从此迈向深空时代。胡锦涛主席在探月工程庆功大会上指出:“我国首次月球探测工程的成功实施,进一步显示和提高了我国的经济实力、科技实力和民族凝聚力,极大地激发了全体中华儿女的爱国热情,进一步增强了全党全国各族人民全面建设小康社会、加快推进社会主义现代化的信心和决心”。

经过50年的发展,中国航天事业在工业和科技很薄弱的基础上起步,从无到有、从小到大,建成了独立自主、完整的航天科技工业体系,中国的空间探测活动,实现了历史性的重大跨越,取得了举世瞩目的伟大成就,极大地增强了我国的经济实力、科技实力、国防实力和民族凝聚力。但是,目前与发达国家相比还存在以下差距:

1)从整体上看我国探测器技术,在重量、功耗、集成度及探测精度等方面与先进航天国家相比还有一定差距;

2)高分辨率空间遥感数据缺乏,仍然无法摆脱对国外数据源的依赖;

3)覆盖全球和全国的实时、及时数据缺乏,还无法满足国家经济社会发展重大问题及国防安全等应用的迫切需求;

4)定量监测与人类生存休戚相关的遥感数据缺乏,无法在环境外交上就全球环境变化、区域响应等方面的问题与人对话;

5)先进空间遥感数据获取、分析、提取能力缺乏,难以进一步在深层次上加深对地球系统过程的全面认识;

6)缺乏有效共享数据的机制和平台;

7)中国的深空探测活动刚刚起步,在行星际飞行技术、深空导航与测控技术、探测器着陆与巡视等方面基础薄弱,有待大力发展和技术突破。

4 对空间探测之浅见

4.1 空间探测究竟为人类带来了什么

空间探测充分利用了太空资源,使人类有可能以系统的观念观测和了解地球,并从综合的角度认识和观测地球各层间、各要素间的内在关系、相互影响和相互作用。我们将从微观到宏观的尺度上深

入、精确、动态地观察和认识对人类生存和发展起重要作用的各种变化并提出对策,从循环过程的角度认识对人类生存、发展的不利和有利因素的相互转换,找出变不利为有利的途径和方法。随着人类在空间尺度上大大拓展认知范围和认识空间,飞出地球、探索宇宙奥秘成为现实,人类也将科学地展望可持续发展的前景和永久生存的依据。人类将有可能科学地探索过去和未来,并最终揭示生命起源、宇宙起源和发展过程。

总之,空间探测的使命:一是深入认识人类生存和发展的地球及相关环境,造福人类,这是当前最主要的;二是面向未来,开展深空探测,有力地提高人类对宇宙的认识,目的还是探索未知、造福人类。

4.2 地球仍是空间探测的重点

从国际空间探测发展基本思路及发展重点来看,主要航天国家及航天组织(美、俄、欧空局、日本、印度等)的空间探测一直是以解决地球现存问题、造福人类为重点,包括全球变化、气象、海洋、环境、灾害、资源(能源)等问题。围绕这些问题,在已经和正在组织的以及未来的计划中将推进若干全球性、区域性和各国的研究计划,其中气候异常、全球变暖、灾害增多、资源减少、环境变化等是研究的重中之重。

在有关各国独立组织发展本国航天技术,特别是重点发展本国应用的推动下,越来越多地出现了国际合作的探测计划。这是因为,地球上的很多问题必须在全球范围内解决。空间探测技术的发展使得把整个地球作为一个系统来探测和研究变为现实。因此,在航天技术与应用中竞争与合作并存、交流与封闭并存。把握这一特点,可以充分利用合作与交流,搞好自己的事,也为全人类做出贡献。

50年来空间探测的发展十分迅速。由于越来越广泛的需求和越来越高的用户要求,空间探测的基础理论研究、探测方法、机理及相关创新技术研究和应用研究有了很大的提高,带动了一批学科发展,形成了一些新的交叉学科和综合技术,“拉动了基础科学的发展”^[2]。

4.3 创新和系统、综合研究是未来探测的核心

地球探测的使命、计划已不仅仅是对单一现象的观测、对单一任务的规划,因为这一发展阶段已相对成熟,而且从观测地域、空间、时间尺度,内在联系的分析等方面单一现象的观测无法对事件的本质深入认识,其结果是探测分析与处理结果离真实相差

较远。对一些问题,如灾害的分析,只注重了其破坏性并没有与其他过程联系起来,没有看到可向有利方向转换的因素,也仅仅注重了观测、防止、支援,而没有去从根源和本质上预防和转化。国际业内专家们已开始重视对地探测的系统性、综合(融合)性、过程循环性的研究。通过对探测结果去粗取精,将对地观测结果分解为基础科学、基础技术和指导信息,从而大大提高投入产出效能。与此同时,不断改进探测技术,以拉动其他学科与技术的持续发展。

4.4 我们的对策

进入 21 世纪以来,国际上一些航天大国空间探测计划的调整,特别是美国对空间探测计划和政策的调整,曾引起过国际空间界的广泛关注。有些国家还根据这些变化,对本国的计划作了相应调整,欧空局也提出了一些新计划。这些调整已经部分影响到原定地球观测计划,在经费投入及投向方面有一些新变化。但笔者从与相关国家一些专家的讨论中发现,这些新计划并未能顺利推进。因此,中国的空间探测仍需以我为主,走自己的路。

国际上的深空探测尽管已取得一些成果,但总的看来,目前仍以解决技术问题为重点,初步取得应有的科学成果。我国目前深空探测以探月起步,逐步解决技术层面上的问题。以《2006 年中国的航天》白皮书为指导,我国在未来若干年中仍以应用卫星,卫星应用为重点,向业务服务性转变,适当开展我国深空探测的方针是正确的。因此,近 15 年以月球探测为重点,适当地平行开展深空探测研究是合理的途径。

5 中国空间探测未来发展的若干思考

5.1 新机遇,新挑战

进入 21 世纪以来,世界航天活动呈现蓬勃发展的新态势。主要航天国家相继制定或调整航天发展战略、发展规划和发展目标,航天事业在国家整体发展战略中的作用日益突出,航天活动对人类文明和社会进步的影响进一步增强^[3]。2000 年和 2006 年,中国政府两次公布中国的航天白皮书,提出了发展深空探测,推进航天事业更快更好地发展,强调了坚定不移地实行和平利用外层空间的原则,标志着在新的国际形势下国家战略决策的调整。中国首次探月工程的成功实施,不仅是对“建设创新型国家”这一国家战略决策的重要实践,也为中国空间探测带来了新挑战、新机遇。

1) 国民经济和国家安全两方面的应用需求仍是驱动空间探测技术不断创新和发展的原动力;

2) 技术的发展带动了应用的深入,一项新技术的出现立即会带动应用领域的开拓和应用的深化;

3) 全球环境的变化以及这种变化对人类生存和发展所造成的威胁促进了空间探测全球化、定量化和高频度观测、分析技术的发展;

4) 国家安全的需求以及城市、工程等需求带动了高分辨率(包括空间和时间分辨率)遥感技术的发展,也对多平台(航天、航空、近空间层和近地面层平台及其载荷技术)的综合发展提供技术手段;

5) 全天候对地观测受到很大的重视并得到广泛应用,这是提高对地球全天候信息获取能力的重要技术进步;

6) 不断提高的用户需求对遥感系统的智能化,小型化及低功耗化提出了更高的要求;

7) 深空探测是当今全球科学技术的前沿,我们需要在这一领域掌握具有自主知识产权的核心技术和关键技术,为人类和平开发利用外层空间做出贡献。

5.2 几项重要发展领域^[4]

在国家中长期科技发展规划及中国的航天白皮书中,中国政府制定了新的航天事业发展规划,明确了继续实施载人航天、月球探测工程,启动高分辨率对地观测系统、新一代运载火箭等重大航天科技工程,以及一批重点领域的优先项目,加强基础研究,超前部署和发展航天领域的若干前沿技术,以加快航天科技的进步和创新。未来一段时期内,我国即将开展以下空间探测活动。

5.2.1 月球探测二期、三期工程

月球探测二期,即“落”,发射可着陆月球的探测器,实现有限范围的月球巡视探测。将对着陆区域性地形地貌与地质进行精细勘察;对岩石类型与物质成分进行就位分析;对月震与小天体撞击的频率和强度进行纪录,开展月壤与月壳岩石特征和结构探测等月球内部结构的研究;进行月基空间天气探测与天文观测。

月球探测三期,即“回”,在“落”的基础上,实现无人月球取样并返回地球。探测器着陆月球后,由地面控制,选择性地采集月壤和月岩砾块样品,装填到返回舱后发射回地球。对月球返回样品进行系统的岩石学、矿物学、同位素地质和地球化学的分析与研究,结合月面物质成分的分析数据,深化月球和地

月系统演化的研究。

探月工程三部曲的发展战略,将对今后进一步开发利用月球资源打下坚实的技术基础,为继续开展火星探测等深空探测计划积累宝贵的经验。

5.2.2 启动高分辨率对地观测系统工程建设并发射一系列业务化卫星

研制、发射新型极轨和静止轨道气象卫星、海洋卫星、地球资源卫星、环境与灾害监测预报小卫星星座等数十颗卫星;开展立体测图卫星等新型遥感卫星关键技术研究。初步形成全天候、全天时、多谱段、不同分辨率、稳定运行的对地观测体系,实现对陆地、大气、海洋的立体观测和动态监测^[2]。

1)风云3号气象卫星是以微波遥感器为主要载荷的极轨卫星,主要载荷有微波成像仪,微波温度计,微波湿度仪,计划于2008年发射;风云4号气象卫星是我国第二代静止气象卫星,卫星稳定方式为三轴稳定,可以大大提高观测的时间分辨率和区域机动探测能力。

2)海洋2号卫星是以海洋动力探测为主要目标,包括微波高度计,微波散射计和多波段微波辐射计,预计在“十一·五”末期发射。

3)环境系列小卫星,由8颗小卫星组网或编队,其有效载荷包括4颗光学系统,4颗微波系统。

4)资源卫星:中巴将继续合作发射一系列资源卫星。

5.2.3 载人航天二期工程

我国定于2008年发射的神舟7号飞船,将突破航天员出舱活动的重大关键技术。之后的神舟8号、神舟9号飞船将进行无人发射,完成飞船与空间舱的自动交汇对接。航天员乘坐神舟10号与空间舱进行人工对接,建立短期有人照料空间站。

5.2.4 中俄联合火星探测计划

根据2007年中俄两国政府总理签署的空间项目合作文件,2009年中俄联合进行火星探测,由俄罗斯火箭将中方的火星探测器萤火1号和俄方的采样返回式探测器火卫1号-Grunt一同送入飞往火星轨道的旅程。萤火1号重约110kg,携带高精度磁强计、等离子体探测包、掩星探测接收机和CCD光学相机等有效载荷,设计寿命2年,运行于近火点约800km,远火点80000km的椭圆形轨道上,对火星的空间环境进行探测。

5.2.5 夸父计划

“夸父计划”拟定在2012年进行发射,由三颗

卫星组成。A星在距地球 1.5×10^6 km的日地连线拉格朗日L1点上,用来全天候监测太阳活动的发生及其伴生现象。另外两颗卫星B1和B2在地球极轨大椭圆轨道上飞行,用来监测太阳活动对地球近地空间环境的影响。其有效载荷包含EUV/FUV成像仪、日冕动力学成像仪、射电爆发监测仪、太阳风仪器包、太阳高能粒子探测器等。

6 结语

在简要回顾并分析了国内外航天50年空间探测活动及其研究成果后,对中国未来空间探测的发展提出以下建议。

1)加强我国空间探测的基础。我国空间应用的科学基础及技术基础设施建设薄弱,急需加强基础器件和先进材料的自主研发能力,先进的探测方法及探测器研究与制造仍是空间探测的重点之一。

2)重视海洋、陆地及空间的定标、校准场建设,加强真实性检验工作。在我国已有光学校准场和为SAR卫星服务的陆地定标场的基础上,加强对热带雨林定标场的研究与应用,合理布局海上定标场及高度计卫星定标场,并建立集中的为应用服务的定标场及辐射、散射测量实验室。

3)加强电磁波综合探测及信息融合问题研究。天一近空一空一地系统的建立,大、小卫星的有效结合及组网,编队飞行技术的发展;航空、近空、航天的有效结合;充分发挥近空间层、对流层、近地面层、地面观测平台等多层观测平台的作用。要将解决或缓解国产信息源放在第一位。

4)重视深空探测的科学目标研究,明确“为什么要到深空去”的问题。深空探测是一项具有长远意义的项目,应注重发展战略的研究和可持续发展问题。我们要立足国情,本着“有所为,有所不为”的原则,制订重点发展计划。循序渐进,充分利用我们已有的卫星、载人航天及月球探测工程的成果及研制经验,统筹考虑深空探测的科学目标,合理安排发展进程。

5)以国家中长期科技发展规划“纲要”为指针,在能源、水和矿产资源、环境、农业、交通运输业、信息产业及现代服务业、城镇化与城市发展、公共安全、突发性事件(含自然灾害、流行病等)应对措施和国防领域,充分发挥航天产业快速发展的带头作用。

6)尊重知识、尊重人才,普及航天知识,吸引更

多优秀人才投身航天事业,注重在创新实践中培养青年科技骨干,打造一支高素质的人才队伍。

7)在自主创新、自力更生的基础上,加强国际合作,特别是由我国提出的重大项目,积极参与国际空间探测计划,促进技术交流与发展。

致谢 在成文过程中引用了中国科学院童庆禧院士在 2006 年环境遥感学术年会所做特邀报告“空间信息技术发展与思考”的部分观点,在此对童院士的帮助表示特别感谢!

参考文献

- [1] 姜景山主编.王文魁,都 亨等副主编. 空间科学与应用[M]. 北京:科学出版社,2001
- [2] 宋 健. 航天纵横[M]. 北京:高等教育出版社,2007
- [3] 中华人民共和国国务院新闻办公室. 2006 年中国的航天[R]. 2006
- [4] 姜景山. 中国对地观测技术发展现状及未来发展的若干思考[J]. 中国工程科学,2006,8(11):19-24

China's space exploration facing the future and benefiting mankind — past, present, future

Jiang Jingshan, Wang Tao

(Center for Space Science and Applied Research of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100080, China)

[**Abstract**] The entry of outer space is one of the greatest science and technology achievements of mankind in the 20th century. It has been 50 years past since the first man-made satellite launched, and the aerospace exploration activities, including earth observation, manned space flight and deep-space exploration, have never been ceased. This paper retraces the space exploration history of the mankind, summarizes the major research progresses and achievements, analyzes the present development trends and our present tasks and problems, and finally raises several constructive suggestions and sketches out the blue prints of China's space exploration in the future.

[**Key words**] space exploration; remote sensing