

新视角下的空间 探测意义浅谈

刘文东^{1,2} 张雨琮^{1,4} 端木新亚^{1,2} 徐桂灵^{1,3} 韩婷菁^{1,2}

谭小易^{1,2} 张璐璐^{1,2} 魏勇^{1,2} 王誉棋^{1,2}

(1. 中国科学院大学 101408; 2. 中国科学院地质与地球物理研究所 100029;
3. 中国地震局地球物理研究所 100081; 4. 中国科学院空天信息创新研究院 100094)

1970年,赞比亚修女 Mary Jucanda 给 Ernst Stuhlinger 博士写了一封信,信中问道:目前地球上还有那么多小孩子连饭都吃不到,他怎么能舍得为远在火星的项目花费数十亿美元。Ernst Stuhlinger 很快给 Mary Jucanda 回了一封信,并附上了一张题为“升起的地球的照片”。他这封信随后由 NASA 以《为什么要探索宇宙》发表。为什么要探索宇宙?自人类诞生始,对宇宙的探索就从未中断过。中国古代就有钦天监专门掌管观察天象,在古代西方,神也总是与星空联系在一起,一直到近现代,摆脱了愚昧的“神学”束缚,科学技术不断发展,我们才开始了真正的空间探测。空间探测指的是对地球高层大气和外层空间所进行的探测,这是人类正在进行的一场空前的伟大事业,实现了人类探索自然的旅程从“仰望星空”到“触摸星空”的历史性转变。

1. 空间探测——刻在人类基因中的梦想

哲学上有三大问题:我是谁?我从哪里来?要到哪里去?空间探测的诞生与发展可能会带给我们新的思考。

有人曾说,人类的历史可能就起源于数万年前某一生物仰望星空时思考的那一瞬间,之后便开启了这一璀璨的纪元。自古以来,人类就在不停地思考宇宙。一部分对于宇宙的正确认识让人类创造

了历法,另一部分无法理解的奥秘便以嫦娥奔月,女娲补天等神话故事的形式反映了出来。虽然受限于科学技术的发展古人无法完整地认识宇宙,但是他们也认真地思考了人与宇宙的关系,故此有庄子梦蝶逍遥九天之上,屈原仰望发出天问之声。

近代以来,伴随着科学技术的发展,人类终于有能力去探索我们一直以来的疑问——天上到底有什么?随着1957年第一颗人造卫星上天,我们揭开了宇宙神秘的面纱,但只是以仪器作为我们的眼睛,我们不曾切身地去感受。直到1969年第一个人类登上月球,阿姆斯特朗迈出了他的一小步,也迈出了人类探索地外空间的一大步。可我们的梦想却不仅仅止于此,接下来我们将探测目标对准了火星、金星、木星等行星,这些都是刻在人类基因里的梦想。

空间探测不仅满足了人类探索的欲望,也促进了各界的技术革新。其计划每年孕育大约1000多项技术革新,这些技术革新大幅度提高了人类的生活质量,帮助人类研制出性能更卓越的厨房设备、农场设备、医疗设备、通讯设备,等等。空间探测所孕育出来的很多新技术和新方法所能够给人类带来的益处将远远超过付出的成本。

空间探测对基础科学的研究也有着重要的作用。空间是一个天然的实验室,那些危险的真空、辐射、微重力环境对材料提纯、金属冶炼、制药育种等方面的研究来说是不可多得的实验条件。这些

实验颠覆人们的常规认知,加深了科学家对于基础科学的理解。随着空间探测技术的发展,探测区域由近地空间向外扩展到月球、地外行星和行星际空间,并且依赖于物理学、天文学、生物学和医学等领域的共同研究,它像是一个连锁反应,很大程度上促进了科学和技术的协同进步。

2. 空间探测技术改善人类生活

空间探测技术正应用于生活的方方面面。每年约有一千余项来自太空项目的新技术被应用于生活,我们早已受益于空间探测而并未察觉。其中,人造地球卫星是发射数量最多,用途最广,发展最快的航天器,主要用于地球资源监测、通信、导航等各个领域。

地球资源卫星是人造地球卫星中应用最广泛的一类。地球资源卫星能迅速、全面、持续地提供有关地球资源的情况,在地球资源开发与国民经济发展中发挥着重要作用。以农业为例,如今,利用卫星传感器记录的多光谱、大范围、长时序的地球遥感影像,结合各种模型,我们高效、准确地实现了对植被生产力的估算、对全国乃至全球耕地面积的提取、对作物产量的估算、对受灾后(旱涝灾害、病虫害等)作物灾情的监测等。星载传感器以更高效、实惠的方式记录下地表反射的可见光以外的波段,帮助我们更好地获取人眼看不到的数据,从而掌握新的信息,这为农林业生产活动的开展提供决策支持,有着巨大的经济价值。

随着智能手机的普及,导航卫星走进大家的视野。整个卫星导航系统,由导航卫星、地面台站和用户终端三个部分组成。利用飞行的卫星不断向地面广播发送特定频率并加载某些特殊定位信息的无线电信号来实现定位、导航和测时。正是有了卫星导航系统的出现,我们才能在携带终端设备的情况下知道自己身处何方。此外,导航卫星在军事、救援等多方面发挥着不可替代的作用。

通信卫星是用作无线电通信中继站的人造地球卫星。通信卫星转发无线电信号,实现卫星通信

地球站(含手机终端)之间或地球站与航天器之间的通信。一颗地球静止轨道通信卫星大约能够覆盖40%的地球表面,使覆盖区内的任何地面、海上、空中的通信站能同时相互通信。在赤道上空等间隔分布的3颗地球静止轨道通信卫星可以实现除两极部分地区外的全球通信。生活中,通信卫星向公众转播电视、广播节目,也填补了现有通信(有线通信、无线通信)终端无法覆盖的区域,实现全球畅通。当发生灾害时,地面中继站损坏,卫星这个“永不受灾”的中继站,成为救援工作的明灯。

智能手机搭载的图像传感器——互补金属氧化物半导体,常被称为CMOS(Complementary Metal-Oxide-Semiconductor),就是在空间探测项目的催化下诞生的。1990年,时任美国航天局局长的丹尼尔·戈尔丁(Daniel Goldin)对太空项目提出了“更快、更强、更低廉”的要求,在这一目标的促使下,物理学家和工程师Eric Fossum带领着他的团队研发了具有像素内电荷转移芯片摄像头的有源像素传感器,即CMOS。来自太空项目的CMOS已经是当下各种微型相机、大多数单反、医疗内窥镜摄像头等数码相机中不可或缺的图像传感器。不断改进的CMOS,以其小型化和低功耗的优势,正在逐步占领主流市场。

现代医学离不开的核磁共振和CT诞生的技术基础正是当年NASA为了获得更清晰的月球照片而让喷气推进实验室开发的名为数字影像处理的技术。除此之外还有很多其他的发明,比如最早由NASA为宇航员进行太空旅行而设计的保护垫后续发展成为了记忆海绵,婴儿的尿不湿,还有方便面的脱水蔬菜包等最开始都是为了方便宇航员的太空之旅而设计的。

航天产业的发展能极大刺激科技的进步,计算机革命以及一些科技巨头如比尔盖茨、乔布斯等人的出现都少不了NASA的激励,由此可见在航天产业不断发展进步的中国市场未来也会涌现出大量的科技成果。乔布斯曾说过,人们不知道自己需要什么,直到你把它拿到人们的面前。而空间探测作

为高精尖技术的集合,提供了一个需求,让人们知道自己需要什么,进而发展相关技术,最终运用到人类的社会生活中。根据2016年的数据,中国每向航空航天事业投入1元钱,就能在广大的市场中获得相当于12元的产出。

3. 空间探测孕育空间学科

作为知识体系的学科是随着知识发展的水平而不断演进的。学科体系也是一个“生命体”,它不是一成不变的,而是随着时代而发展、满足时代需要的“活”的东西。学科建设的根本任务是解决问题。从知识生产的视角看,解决问题的过程就是创造新知识的过程。为了解决问题,学科的研究不再局限于某一个狭小的“鸽笼式”空间,而需要不分你我的多学科汇聚。在解决问题的过程中,一些学科进化了发展了,甚至又产生了新的学科。

随着人类观测手段的不断进步,随之而来的就是各种新问题,这就急需建设空间方面的相关学科来解决这些问题。空间探测技术的发展对于学科的影响体现在空间学科的发展时间、学科内容以及学科的未来发展三个方面。

首先在发展时间上,空间科学的发展可以分为三个阶段,裸眼时代、望远镜时代以及空间时代,阶段的变化都是由关键性的空间探测技术的进步导致的。

天文学的历史非常久远,可以说是人类历史上最古老的一门科学,而且是人类历史上最早出现的精密科学。在人类还处于裸眼观察的阶段时,人们通过仰望星空来观察星体的位置以及运行规律,天文学就萌生和发展了起来。一是源于先民渔猎和农耕社会关于判断方向、观象授时、制定历法等等的需要,二是源于先人信崇关于星象与人事神秘关系的占星术。

1608年,荷兰的一位眼镜商汉斯·利伯希偶然发现用两块镜片可以看清远处的景物,受此启发,他制造了人类历史上的第一架望远镜。1609年意大利佛罗伦萨人伽利略·伽利雷发明了40倍双镜望

远镜,这是第一部投入科学应用的实用望远镜。由此人类进入了望远镜时代,在此期间人们不仅能观察星体的运行,还能观测星体的表面特征。

1957年人造地球卫星发射成功,人类首次克服了大气层的障碍,对广袤的宇宙空间进行直接观测,空间科学的发展从而进入了空间时代。随着空间科学技术的发展,探测区域由近地空间向外扩展到月球、地外行星和行星际空间,空间研究的范围也从近地环境拓展到行星科学、材料科学和生命科学等方面,从此空间学科开始正式地建立并快速发展起来。现在的空间科学是指利用航天器研究发生在日地空间、行星际空间及至整个宇宙空间的物理、天文、化学及生命等自然现象及其规律的科学。空间科学以航天技术为基础,包括空间飞行、空间探测和空间开发等几个方面。自第一颗人造卫星发射上天以来,不断发射的探测器在对宇宙空间的探测中取得了丰硕成果,所获得的 extraterrestrial 知识超过了人类数千年所获得知识总和的数倍。

在学科内容的建设上,天文学作为空间科学最早发展起来的学科,在空间时代的背景下,又衍生出了空间天文学。传统的天文学是在地面进行观测,由于地球存在着稠密的大气,在地面上,只能通过可见光以及射电两个大气窗口进行观测,天文学从而产生了光学以及射电天文学两个分支。但是空间技术的发展使得望远镜可以随探测器进入太空,没有了大气的影 响,空间天文学开拓出了红外天文学、紫外天文学、X射线天文学和 γ 射线天文学等崭新的领域。

依托于天文学和地球物理学,伴随着空间技术的发展,空间物理逐渐形成。随着探测技术的发展,人类利用气球、火箭等运载工具到达越来越高的空间,探测高层大气的密度和成分、高空磁场、高能粒子、等离子体等,逐渐形成了研究高层大气结构、成分和动力学过程的高层大气物理学,并使之逐渐演化成研究高空的物理和化学过程的高空学。1957年后,人造卫星及大量探测器进入了宇宙空间,人们对空间的研究领域扩展到离地球十几亿

公里的行星和整个行星际空间,高空学也进一步演化成空间物理学,并从地球物理学中分离出来成为一门独立的学科。

空间化学的研究伊始于人们对于天外来物——陨石的研究。1833年瑞典化学家贝采利乌斯(Berzelius,J.J)从陨星分析中第一次测定出宇宙物质的化学成分,19世纪中叶诞生的光谱分析法使人们可以获得恒星的化学组成的信息。现在的空间探测技术已经发展到可以登陆月球并采样返回,对于更遥远星体的采样返回还未能实现,但也能通过探测器飞掠或绕行探测的方式进行研究。这些都拓展了空间化学的研究,现在的空间化学已经可以分为:陨石化学、行星系化学、恒星化学、星际化学、同位素宇宙化学、宇宙线核化学等。

空间生命科学是研究宇宙空间环境中的生命现象及其规律的学科,属空间科学和生命科学的边缘学科。20世纪40~50年代,人类进入高空气球和生物火箭试验阶段,即利用气球和火箭进行空间生物学试验,研究在地球高层大气中的宇宙辐射、失重、加速度、噪声和振动等条件下的生物效应。60年代是生物卫星和载人飞船的试验、研究阶段,载人航天的实现,使研究从理论性探讨进入实践阶段,保障人在空间环境中的生命安全,促进了空间医学、空间生理学、空间心理学和空间医学工程的发展,积累了人在宇宙空间活动的必要知识。70年代开始,进入了建立空间站和对行星进行实测的阶段,人类能长期在宇宙空间环境中正常活动。在空间时代,人类和生物在宇宙空间中的活动成为现实,从而产生了相应的研究领域——空间生命科学,目前空间生命科学的研究内容是利用空间飞行器来探索研究地外生命和探寻地外文明。

人们进入空间时代也只有短短几十年的时间,空间科学的各个学科还处于初级的发展阶段,各个国家的空间探测技术也存在一定的差距,空间科学的发展还是参差不齐的。以行星科学的发展为例,行星科学是一门新兴交叉学科,形成于20世纪60~70年代的第一次国际深空探测热潮。它是研究太

阳系内与系外行星、卫星、彗星等天体和行星系的基本特征,以及它们形成和演化过程的科学。行星科学以深空探测为主要研究手段,由地球科学、空间科学、天文学等学科交叉产生,其研究范围覆盖了行星物理、行星化学、行星地质、行星探测等多个方面。

当今世界美国成为独一无二的行星科学强国,源于其率先建立了行星科学学科和人才培养体系,以及科学引领深空探测的发展思路。而我国的行星科学在2019年1月6日上午,中国科学院大学第四届学位评定委员会第11次会议评审通过了行星科学一级学科建设的培育工作的申请,此后,行星科学的学科建设,正式开始。如今正处于深空探测的第二次热潮,我国已经完成了月球探测的采样返回工作。空间探测的发展会带来越来越多并且越来越复杂的问题,不管是新学科的建设还是旧学科的发展,都需要通过多学科的融合来更好地解决问题。由此可见,行星科学的建立与我国的深空探测计划相辅相成,脉脉相通。

4. 空间探测增强文化自信

现代航天探索之父康斯坦丁有过这么一段著名的话:“地球是人类的摇篮,人类绝不会永远躺在这个摇篮里,而会不断探索新的天体和空间。人类首先将小心翼翼地穿过大气层,然后再去征服太阳空间。”这段话鼓舞了一大批数学家和物理学家投身于研究火箭和卫星,造就了二十世纪后半叶航天时代的伟大繁荣。

中国要崛起,一个崛起的大国不能没有自己的火箭和卫星。1958年5月17日,在武昌召开的中共八大第二次会议上,毛泽东主席提出“我们也要搞人造卫星”。十一年后的1970年,成功发射了我国的第一颗人造地球卫星。即使面对的是残酷的现实,总有一些人愿意激流勇进、砥砺前行,他们为了心中的理想信念咬着牙坚持着,十年如一日,做着单调而繁琐的研究。他们的一生默默无闻,但他们的成就熠熠生辉,他们撑起了中国的脊梁,并且将

这种国士无双的精神传承了下来。中国国务院批复同意自2016年起,将每年4月24日设立为“中国航天日”,旨在宣传中国和平利用外层空间的一贯宗旨,大力弘扬航天精神,科学普及航天知识,激发全民族探索创新热情,唱响“发展航天事业、建设航天强国”的主旋律,凝聚实现中国梦航天梦的强大力量。

20世纪以来,人类在空间探测上取得的诸多伟大成就,增强了人类的信心和进取精神,让人类相信自己有能力解决面临的各种严峻考验和挑战。对于中国而言,空间探测大大提高了中国在世界上的威望,增强了中华民族的自信心。

5. 走出地球摇篮,走向星辰大海

“探索浩瀚宇宙是全人类的共同梦想,要推动实施好探月工程四期,一步一个脚印开启星际探测新征程”。习近平总书记在人民大会堂会见探月人员时这样讲道。截至2020年6月,人类已执行深空探测任务约260次,探测对象包括月球、太阳、大行星及其卫星、矮行星、小天体(小行星和彗星),乃至太阳系以外的天体。其中,美国在深空探测活动中处于领先地位。我国起步虽晚,但起点高、跨越大。

月球是离地球最近的一个天然卫星,又蕴含着丰富的资源和能源以及特殊环境。所以探月可以作为深空探测的“中转站”和空间技术的试验点。探月不仅是各个国家深空探测的起步点,也是首选目标。半个世纪前,阿姆斯特朗首次登陆月球,迈出了“人类的一大步”,也使美国成为到目前为止唯一完成了载人登月的国家。2019年美国公布了阿尔忒弥斯计划,提出在2024年前将重返月球,并最终建立月球基地的设想,作为前往火星或进行其他星际探索的中转站。回顾我国的探月工程,具体分为三个阶段,第一个阶段是已经圆满完成的“绕、落、回”三步走计划,证明我们国家具备了探测月球的技术能力;第二个阶段是2030年前实现月球科研站基本型的“勘、研、建”,中国将与俄罗斯合作共建国际月球科研站,这将提升我们对月球科学与资源

应用的能力;第三个阶段是对完成月球科研站的扩展与运营。在步入航天时代之初,人类就已经实现了登月梦想,但我们距离真正地认识、开发和利用月球,还有很长的一段路要走。

火星作为距地球最近的类地行星之一,是目前行星探测的最大热点,也是继月球后最有希望载人登陆的地外天体。探测火星对研究宇宙演化、物质结构、生命起源等问题有重大价值。从人类未来星际移民前景来看,火星也是太阳系中最值得研究的一颗行星。然而,与探测38万公里以外的月球相比,探测火星的难度要大得多。在2021年2月18日着陆的美国毅力号火星车完成了“受控飞行”和“制造氧气”两项创新技术试验任务,为未来火星载人探测或驻留、生产火箭燃料提供了支撑。在火星探索上,中国虽起步晚,但也站在高起点上稳步前行。我国于去年7月启程的火星探测任务“天问一号”,已于今年2月被火星捕获,5月火星车“祝融号”着陆,使我国成为首个通过一次发射实现“环绕、着陆、巡视探测”三大任务的国家。阿联酋希望号也于2021年2月9日进入火星轨道,将致力于研究火星气候演化。这些探索将进一步为我们揭开火星的面纱,对火星的演化、是否存在过生命等问题给出更全面的解答。今后,火星探测仍是全球深空探索的重点目标,我国下一步计划完成火星采样返回探测任务,为2030年以后的载人登火做好准备。

除探月工程和天问计划外,我国未来深空探测任务将重点开展月球永久阴影区探测、小行星采样返回探测、火星采样返回探测、木星系及行星际穿越探测、太阳系边际探测等一系列深空探测活动。上述任务的实施,将会开拓我国深空探测的深度和广度,获取重大原创性科学发现,促进我国航天技术跨越式提升,有力推动行星科学全面发展。

纵观各国的深空探测历程,月球探测是开展深空探测的首选目标;火星是目前行星探测的最大热点;小天体探测未来会成为深空探索领域的重点发展目标之一。探测方式日趋多样,逐步由技术推动转向科学带动,各国之间的科学交流,大型探测任

务的国际合作模式成为重要发展途径。

探索宇宙,是刻在人类基因里的梦想,只要人类还存在就不会停止探索宇宙的步伐。但是近些年来,总有人提出空间探测无用论,认为人类现在进行空间探测只是秀肌肉的一种表现并没有实际的经济价值,这是一种鼠目寸光的表现。2000年前,我国的古人认为科学技术是奇技淫巧,只要实

用就可以了,所以我们错过了工业革命;200年前,国人认为海洋不重要,我们生活在陆地上就够了,所以我们经历了鸦片战争;不久的将来,我们不希望后人因为我们错过了空间探测而落于人后。地球的资源终将会枯竭,人类的征途终将是星辰大海,空间探测也必将稳步前行。



科苑快讯

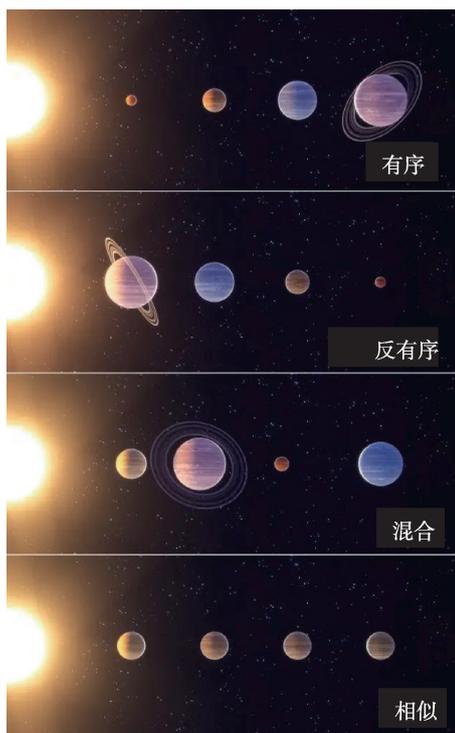
科学家发现有四类行星系统

太阳系中的一切井然有序,如金星、地球或火星,轨道相对靠近恒星。另一方面,大型气体和冰巨星,如木星、土星或海王星,在太阳周围的大轨道上运行。在科学期刊《天王星与天体物理学》(*Astronomy & Astrophysics*)上发表的两项研究中,来自瑞士伯尔尼大学(Universities of Bern)和日内瓦大学(Universities of Geneva)以及国家行星研究中心(National Centre of Competence in Research, NCCR)的研究人员表明,我们的行星系统在这方面是非常独特的。

论文主要作者米什拉(Lokesh Mishra)说,研究人员开发了一个框架来确定同一系统行星之间的差异和相似之处。结果发现,这样的系统框架不是两个,而是四个。

新的框架使研究人员能够在系统层面研究整个行星系统,如果一个系统内的小行星靠近恒星,而大质量行星离恒星较远,这样的系统就是“有序”结构。相反,如果一个系统中行星的质量随着与恒星的距离而减少,那么这个系统就是“反有序”的。如果一个系统中的所有行星都有相似质量,那么这个系统的结构就是“相似”的。“混合”行星系统是指行星质量有很大变化的行星系统。研究表明,具有相同结构类型的行星系统具有共同的形成路径。

米什拉说:他们的研究表明,“相似”的行星系统是最常见的结构类型。在夜空中可见的恒星周围,大约8/10的行星系统是这种类型;而包括太阳系在内的



“有序”结构,似乎是最罕见的一类。

米什拉解释,行星形成的气体盘和尘埃盘的质量,以及各自恒星中重元素的丰度,都对行星系统结构形成起作用。行星之间的动态相互作用(如碰撞或喷射)会影响最终的结构。

(高凌云编译自2023年2月28日SciTechDaily网站)