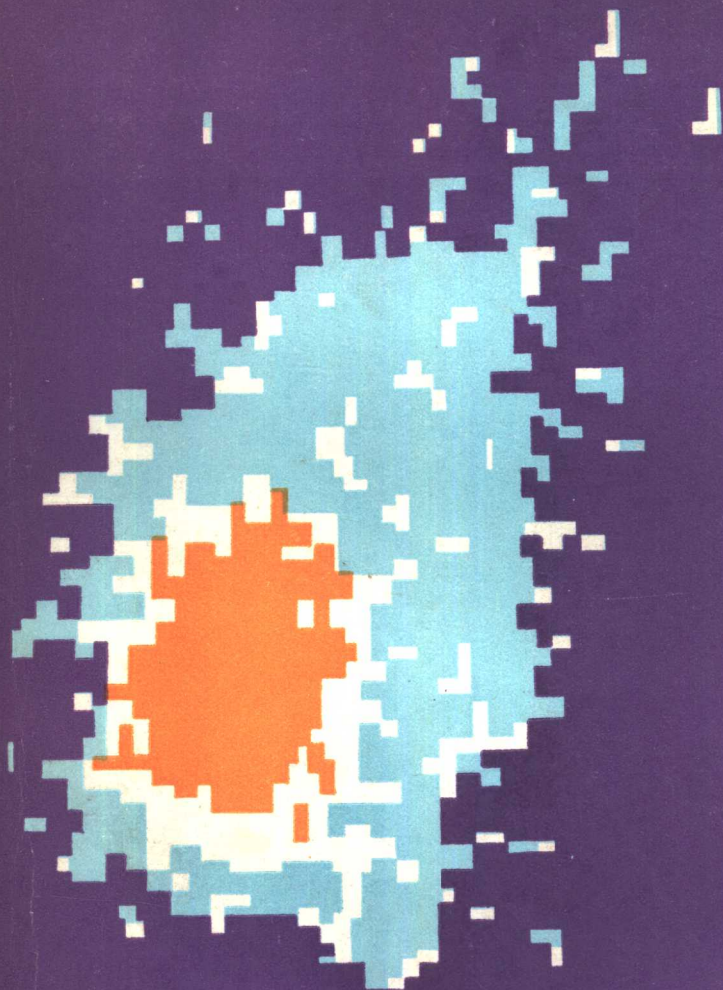




新太阳系

[美] C. 萨根 等著 上海科学技术出版社

新 太 阳 系

〔美〕C. 萨根 等著

张钰哲 王绶琯 等译

卞德培 卞毓麟 等校

上海科学技术出版社

新 太 阳 系

【美】 C. 萨根 等著

张钰哲 王绶琯 等译

卞德培 卞毓麟 等校

上海科学技术出版社出版

(上海瑞金二路 450 号)

新华书店上海发行所发行 浙江诸暨印刷厂印刷

开本 787×1092 1/32 印张 10.25 字数 225,000

1987年2月第1版 1987年2月第1次印刷

印数: 1—2000

统一书号: 13119·1373 定价: 2.10元

担任本书编译工作的同志

(以本书章节先后为序)

卞德培	(北京天文馆)
王绥琯	(北京天文台)
尹其丰	(北京大学)
林元章	(北京天文台)
陈子雄	(南京大学)
李致森	(北京天文台)
胡中为	(南京大学)
卞毓麟	(北京天文台)
张钰哲	(紫金山天文台)
李竞	(北京天文台)
马星垣	(北京师范大学)
蔡贤德	(北京天文台)
唐小英	(北京天文台)
李启斌	(北京天文台)
王思潮	(紫金山天文台)

原 序

本世纪五十至六十年代,著名的美籍荷兰天文学家 柯伊伯(G. P. Kuiper)等人编了一套四卷本的《太阳系》。这套行星科学的标准参考读物中的第三卷是《行星和卫星》。书里包含了有关太阳系的大量资料,但它并不就天体论天体,而是安排了一些综合性的章节,如:行星光度学、行星偏振测量、行星射电测量、行星红外波段的温度测量等;书中还附有用当时世界上一些最大望远镜所拍摄的最新照片等。该书编者认为,根据研究方法来论述各行星,可以更好地反映研究行星的现状和提出研究的方向。

在那套书的序言中,他们指出行星天文学的发展经历了三个截然不同的时期。第一个时期延续了约三个世纪,这是一个发现颇多的时期,开拓者为哥白尼、伽利略、开普勒、拉普拉斯等人。这时期的所谓天文学研究几乎仅限于行星,而对于遥远的恒星,从哲学角度进行探讨远多于科学研究。十九世纪后期,由于天体物理学和天体照相技术的发展,事情有了戏剧性的转变,行星科学的“行情”锐减,只有很少的天文学家愿意研究行星科学。

行星天文学的第三个阶段则是从本世纪六十年代开始的。由于使用火箭等探测手段,得到了一系列全新的行星数据。《行星和卫星》一书的第一章的标题为“从空间看到的地球”,该文既显示了上述新手段的威力,同时也暴露了它的一些缺点和局限。他们预计到,在新技术不断发展的情况下,地

面观测仍将是天文观测的一个重要方面。

《行星和卫星》一书出版于1961年,被誉为现代行星科学之父的柯伊柏已于1973年去世。在这段时期里,太空飞行器探测了古人所知道的全部行星。数以百计的各种探测器,数以万计的照片资料和数以百万计的各种情报所传递出来的信息,极大地丰富了人类的知识宝库。尽管如此,柯伊柏关于地面望远镜观测的重要性,仍然是很精辟的见解。不然的话,本书的许多章节将是无法完成的,比如天王星环的发现,轨道特殊的小行星,冥王星的卫星等。

《新太阳系》也不打算以逐个介绍的方式来探讨行星,而是遵循近几十年来行星科学的发展道路,从当前研究太阳系的所谓“比较行星学”的角度进行论述。譬如说,在同一章里讨论类地行星(水星、金星、地球和火星)的大气,在另一章里探讨它们的表面情况,这样比在一章里面只阐述一颗行星的全部特征和性质就更为容易。

作这种类比的理由有好多。首先,这样可以节省许多篇幅。不然的话,几乎要在每一章里都去重复那些已知的原理和定律。其次,比较的作法可以使我们对全貌作通盘的了解。第三,今天行星科学家很少能够对它的研究对象从各个方面,例如物理、地质、数学、流体动力学,乃至生物学等,掌握得那么面面俱到。最后,太阳系并不象我们把它分类的那样分成“行星”、“卫星”和“其他”。举例来说,从前关于彗星的定义是:有尾巴和从离地球很近的地方经过;小行星没有尾巴而且只是在火星和木星轨道之间的小行星带里运动。这些以前用来区分彗星和小行星的定义现在已经不适用了。在另一些情况下,标准已经改变,有的甚至已经被全部推翻。

可以说,我们经历了漫长的道路才获得了我们现在所知

道的全部知识。而最近二十年来的进展,终于使我们有 可能从总的方面来研究各个行星的诞生、演化以及现在的发展 趋势。本书的每位作者不仅提供了最新的资料,而且还提出了 现在我们还不知道的而要求我们今后作进一步研究的“空白 点”。全部内容也不是都能自圆其说的,好多地方是有分歧 的,甚至可以说是不通的。有的则仅仅提出了问题而未予证 实,譬如那些遥远行星的卫星就是这样,它们仅仅是被探测器 或者望远镜观测发现了的光点而已。

在编撰本书的时候,我们期望在广泛的基础上为读者提 供行星探测的最新成果。这不是一本教科书,也不是一本供 闲聊的书,而是一本有点介乎两者之间的读物。出于这种 考虑,我们要求每篇文章的作者不要把那些非一般的,以及不 易理解的细节写到书里面去。我们的宗旨是想使这本书对于 专家和对此领域的爱好者来说,都是一本值得一读的有趣的 书。

J. K. 贝蒂(J. K. Beatty)、B. 奥里里(B. O' Leary)、

A. 蔡金(A. Chaikin)著

卞德培译

引 言

大约五十亿年前发生了一次事件。有一团星际气体和尘云,可能是受到了近处某颗恒星爆炸的引发,坍缩下去,凝聚起来,形成太阳系。云的中心块靠自己的引力收缩而致热,直到温度高到足以起动热核聚变,从而产生了早年的太阳。余下的那些小块物质由于达不到那么高的温度和压强而不能形成恒星。它们演变成为今日绕在太阳周围的行星、卫星、小行星和彗星,受太阳的照亮而熠熠生光。

在其中的一小块物质里,内部的热把气体挤了出来,形成一层大气。有几种气体凝聚在表面上,成为起着阻隔作用的湖泊和海洋。在大气和 waters 里,化学反应产生出复杂的有机分子。这些分子,在大约距今四十亿年前,终于形成了一种分子系统,能够利用周围的其他分子,仿制出与自己一模一样的分子。那个发生这种事态的地方,从太阳身边往远数是第三个,就是我们的地球。我们大家都是从那最早的、能够自我复制的分子系统传下来的后代子孙。

人在太阳系中是个新事物。所以我们就容易按很短的时间尺度来想问题。可是,太阳系里的其他天体,或者说其他“世界”,在几十亿年前却处在一个极不相同的时期,一个猛烈撞击和大灾变的时期。我们总是设想其他世界也和我们自己的一个样,在那个年代里别处也和我们一样那么平静。但事实并非如此。我们是住在一个富有奇迹的太阳系里,那里就有一个闷热的世界,把热裹在一层厚厚的硫酸大气中;一个有珠

穆朗玛峰三倍高的死火山；一副象精编的发辫似地穿扭着的行星环；一个精雕细刻的直线型和曲线型的豁谷纵横交错着的世界；飞驰着的冰结成的球，拖着相当于行星距离的长尾巴；一个由硫熔液汇成的地下海洋；有一个巨行星，内部是液化的金属氢，里面可以装得下一千个地球；有一个有行星那么大的卫星，其大气和地球一般厚，很可能有一个个液态甲烷的湖泊点缀着它的地面，而上空包着一层由有机分子构成的云雾层；还有，一个美丽的、小巧的、蓝里带白的世界，它上面的有机分子已经演化成为能够思辨大千世界和年代推移的生物，他们慢慢地意识到了太阳系在空间上和时间上所赋有的丰富内容。

“旅行者1号”和“旅行者2号”宇宙飞船在探测土星美丽的环和卫星的时候，完成了对古代人们只能用肉眼看到的全部世界——从水星到土星的初步巡视。这是研究太阳系演化中一个历史性的时刻：据我们所知，这是第一次太阳大家庭中的一个成员做到了对其他的成员较好的了解。在人类历史上，这肯定要比哥伦布发现新大陆的意义更重大，也许能与四亿年前第一个两栖动物跑到陆地上来定居相媲美。我们正在离开我们出生的世界，先是通过机器，而将来，几乎肯定将会通过由人驾驶的宇宙飞船，去探究其他的世界。

这种努力所收的效益，尽管十分实在，但却是长期的。很难组织起一个始终一贯的行星探测计划。目前许多国家，不只是美国、苏联，还有日本、欧洲空间组织(ESA)的各成员国、中国，可能还有其他国家，都开始在探测外部世界。看起来只要我们不搞自我毁灭，我们就会接下去探测，储积起更多有关我们太阳系中的大气、表面层、内部结构以及可能有的生物学方面的资料。我们将会发现其他一切可能发现的东西。我们

将会通过和这些相比较而更好地了解我们自己的星球。我们将会派出小小的飞行器勇敢地穿进木星汹涌的大气，跨过火星奇特的表层，插进彗尾，掠过小行星，轻缓地在土卫六的不可思议的景色中着陆。这些全都是在我们的工程能力范围之内的任务。我们所需的只是一个坚定的决心，一个对于人类悠久而光荣的探险传统的继承。

但是，即使是对我们的太阳系已经全面探明，我们还是不太可能解决那些围绕着五十亿年前沸腾澎湃的事件中生成太阳和行星的疑难点。为此我们需要去寻找其他行星系统的实例。这有可能由地面观测来做到，但是通过地球卫星上的大型望远镜则会更容易一些。很有可能到了二十一世纪中叶，我们不但已能做到对于从水星到冥王星以及冥王星以外的世界的深入考察，而且对于数以百计的邻近恒星的行星系统（如果存在的话）进行系统的探查。到那时候，我们将可以比较有把握地说出我们的太阳系，我们的行星，以及我们自己，在宇宙中的普遍性和起源。这对于住在地球这颗行星上的每一个居民来说都会是一项具有深刻意义的事业。

C. 萨根(C. Sagan)著

王绶琯译

目 录

原 序 引 言

一、 太阳系空间探测的黄金时代	 N. W. 欣纳斯 (1)
二、 太阳	 J. A. 埃 迪 (16)
三、 磁层和行星际介质	 J. A. 范 · 艾伦 (35)
四、 固态天体的撞碰	 E. M. 休梅克 (53)
五、 类地行星的表面	 J. W. 黑 德 (71)
六、 类地行星的大气	 J. B. 波拉克 (84)
七、 月球	 B. M. 弗伦奇 (109)
八、 火星	 H. 马瑟斯基 (122)
九、 火星上有生命吗	 G. A. 索 芬 (132)
十、 小行星	 C. R. 查普曼 (138)
十一、“旅行者号”飞临木星和土星	 B. A. 史密斯 (144)
十二、木星和土星	 A. 英格索尔 (163)
十三、行星的光环	 J. A. 伯恩斯 (182)
十四、伽利略卫星	 T. V. 约翰逊 (204)
十五、土卫六	 J. B. 波拉克 (226)
十六、太阳系的边缘	 D. 莫里森等 (240)
十七、彗星	 J. C. 勃朗脱 (252)
十八、陨石	 J. A. 伍 德 (265)
十九、小天体及其起源	 W. K. 哈特曼 (278)
二十、太阳系概论	 J. S. 刘易斯 (293)
附 表	 (306)
译后记	 (314)

一、 太阳系空间探测的黄金时代

在哥白尼时代以及以后的几个世纪中，太阳系曾经是天文学研究的主要领域。从二十世纪开始，由于地面观测所能获取的资料日益贫乏等原因，天文学家把注意力转向更遥远的天体——恒星、星云、星系等。

但是，近二十多年来，太阳系空间探测的极重要的科学成果、新发现纷至沓来，使得人类关于太阳系的旧观念迅速过时，天文学的这个领域已成为科学研究最活跃和最前沿的领域之一。

宇宙飞船和宇航员们对月球的探测，以及人们在地面实验室中对采集回来的月球标本的分析，向我们展现了太阳系演化历史中重要的一瞥，并向我们提供了太阳系形成后最初十亿年间行星演化过程的概况。在可以预见的将来，这种图象不大会随我们科学知识的丰富而再有什么大的改观。我们现在具有的关于月球的比较完善的知识，已成为解释用遥感方法所获得的大量的行星科学数据的基础。

在这期间，和发射宇宙飞船相配合，地面观测也取得了长足的进步。二十年前，人们对行星和卫星的认识是肤浅的。那时人们对水星和金星的自转周期、全部行星大气的主要化学成分和表面状况几乎一无所知。直至五十年代中期，还把金星描写成一个潮湿的、富于生命和绿叶茂盛的世界，并设想“火星人”建设了用于灌溉的运河网。近二十多年来的空间探测和地面望远镜的观测，已使人们对太阳系的认识发生了根

本改变。在规模巨大的太阳系空间探测时期，地面望远镜的观测发现了天王星光环、冥王星的一个卫星、冥王星表面的甲烷霜以及大量的小行星，并得到了彗星、小行星以及从金星直到海王星的大气组成的综合信息。最后，地面实验室对陨星的研究，则可以看作是空间探测计划中唯一的“免费发射”，其研究结果大大有助于研究太阳系形成之前的情况和太阳、行星诞生之间的关系。

回顾过去二十余年来行星探测的全部内容和所取得的辉煌成果，我们很容易理解为什么把这一段时间称为“太阳系空间探测的黄金时代”。以前人类所进行的任何探测努力都不能和这二十年来的探测相提并论。这可以用基本发现的速度，对科学思想和社会所产生的影响，以及把这些科学成果立即传播给地球上的广大群众等方面来加以说明。但这决不是贬低人类许多世纪以来的科学发现。这些早期最重要的发现，概括起来说，就是人类对所居住的地球的早期探测，确定了我们在太阳系的真正地位，进而弄清了我们在银河系内以及宇宙中的地位。然而，人类用了几千年的漫长时间，经过大量的地理探险和天文观测，才取得了这一结果。而且只是最近两百年来人们才知道有南、北极区；直至近四十年来，浩瀚的洋底才向人们展现了它的地形和地质情况。

人类积累天文学知识的过程也是很缓慢的：从十六世纪初哥白尼提出关于太阳系的日心说，到伽利略、第谷和开普勒等人用观测事实予以证实，就花了一百多年的时间。

行星探测的发展在许多方面也和其他学科的发展平行，尤其是生物学、天文学、物理学、地质学、化学和气象学等学科互相配合，出现了学科之间协作的新局面。目前全世界从事行星科学的研究人员达数千人，各学科的科学家人所未有地

和行星科学家联合起来,致力于解释探测到的新资料,而且连地球科学的研究范围也拓广到了太阳系。鉴于上述事实,我们就把这一段时间概括为“科学的黄金时代”。出现这种热潮并不是偶然的,而是有其内在的必然联系。其中包括数学和物理学的坚实基础,新技术的研究与应用,强调公众教育,对基础科学的研究的重要性的认识,科学的普及,潜在的近期经济效益等因素。

但是,和行星探测不同的是其他学科能以一个相对稳定的步伐前进,而已经进行了二十多年的行星探测活动看来有到此为止的趋势,只有很少的探测计划留待八十年代去执行。这正好标志“太阳系空间探测黄金时代”的结束。

人们很自然地会问:已经执行了二十多年并给人留下如此深刻印象和富于成果的行星探测计划,为什么美国只有一个大的项目被批准列入八十年代来实施?美国酝酿已久的“伽利略计划”,即原先打算在1984年3月由航天飞机发射的“伽利略轨道飞船”和“伽利略大气考察探测器”为什么受到各种压力而挂了起来,并将被扼杀?为了较好地理解美国行星探测所陷入的困境和展望将来的可行性计划,我们必须考察和理解美国国家航空和航天局(NASA,以下简称航天局)的太阳系空间探测计划的兴起和演变。

为什么要探测太阳系

美国科学院空间科学部宣布,太阳系空间探测的目的是:了解太阳系的现状,它的起源和演化;通过对太阳系天体的比较研究,了解哪些过程在过去和现在影响着地球和人类的环境;了解太阳系的化学史以及何处具有生命发生和发展的物

理化学环境。

在回顾太阳系空间探测计划时,必须从两方面着手,一是为什么它会存在,二是它是怎样完成的。

美国的某些科学评论文章认为,美国的太阳系探测计划之所以产生似乎有四种主要原因:国家威望的考虑、想象力、知识和应用。这些就是在五十年代末期美国空间计划开始形成时被优先考虑的几个基本因素。其后,所强调的重点已经改变,以致当今人们很少有人认识到国家威望曾是美国决策者们作决定时所考虑的主要因素。

国家威望 毋庸置疑,1957年10月苏联成功地发射第一颗人造地球卫星,立即在美国引起了全民的关切感和所谓良心上的自我反省。在此前的数十年中,美国人在心理上悠然自得地认为科学技术处于世界“第一”的地位。苏联第一颗人造卫星的上天,大大地伤害了美国的自负感,并带来了巨大的社会冲击,使之认识到轨道技术和卫星技术的潜在军事应用价值。结果,美国几乎立即作出了一系列带有政治基础的决定,诸如加强科学教育;制定国营和私营的空间计划;为空间活动的军事应用研究增加拨款等等。

1961年美国总统肯尼迪提出将美国宇航员送到月球表面并安全返回这一目标,成为空间计划最初阶段的极大的政治推动力。这一目标在六十年代末实现了。

美国空间计划正是在上述政治背景下诞生和演变的。现在我们再来看一下美国行星探测计划的首次成功——“徘徊者7号”在1964年7月对月球的照相侦察。这是美国经历了一系列失败后的第一次成功的发射。这种成功的政治含义远大于其科学意义,它表明美国可以完成一项重大技术项目了。这项成功在某种程度上“挽回”了美国的面子,也使美国航天

局所要的财政拨款更容易通过了，同时也为“阿波罗计划”的实施创造了良好的政治气候。在此后的十二年中，载人的空间计划“双子座”、“阿波罗”和“天空实验室”等飞船的飞行，使得不载人的行星飞行计划在公众的心目中黯然失色，并赢得了国际上的喝彩。1976年，无人驾驶自动行星探测器“海盗号”降落在火星表面，一时成了公众的注意中心。然而这时美国对空间探测的政治气候已完全改变，不再把苏联看作是真正的竞争对手了。因此，美国公众对空间探测活动不再那么关心了。

当然，不只是美国的空间计划中包含有政治动机，苏联的空间计划的政治动机也是显而易见的，也一直想争世界第一。他们费尽气力把苏联的国旗放到月球和金星表面上就是一例。但是，除开对金星的探测之外，在苏联并不存在一个有科学根据的、长远的太阳系探测的战略和计划。这可以从下述事实看出来：无论是月球还是火星探测，一旦美国取得惊人的成就之后，苏联几乎立即就停止了有关活动。

使某些美国科学家感到惊奇的是，过去一直靠同美国的合作来实现其空间计划的一些国家和组织，现在已经和将要有能力实现他们自己的空间飞行了。西欧和日本即是如此。欧洲空间组织和日本都正在努力为他们自己的行星探测计划提供飞行工具，并已开始着手准备飞往1986年到达近日点的哈雷彗星。这是由于原来拟议中的西欧和美国联合探测哈雷彗星的计划未能实现，西欧方面决定单独进行一项探测这个彗星的计划。欧洲空间组织在1985年7月，用西欧自己投产制造的改进型“阿丽亚娜”火箭，将一个750公斤重的探测器送往哈雷彗星，探测器在八个月后到达，并在距离彗核五百多公里处穿过彗发。由西欧单独探测这个彗星，主要出于政治

考虑,认为这项计划意义重大,因而值得从财政上进行投资。

远见 这是常被美国舆论界所引用的一个概念,作为实施行星探测的一种理由。某些西方较严肃的科学家认为,对于行星探测计划来说,作为“远见”或“想象力”这个概念的确切含义应是:洞察所面临的挑战,增加人类的知识,自信有这种意志和手段实现这些目标,并为人类造福。在美国行星探测计划逐渐衰落的过程中,“海盗号”和“水手号”飞行的成功受到越来越多的评论;而今天美国行星探测之所以达到可悲的境地,主要是缺乏远见所造成的。

知识 行星探测的最大的贡献是丰富了人类的知识宝库。所取得的新资料是大量的,新信息的数量是惊人的。资料和信息都立刻发回到地面上来;但是其真正的价值目前还无法充分估计。必须等到完全转换到人类知识的宝库中,人们才能确切地理解这些科学资料所涉及的自然过程。虽然现在的理解还不具体和不全面,但是已经观察到的东西,不论是从科学价值还是从开发利用的目的上说,意义是重大的。本书汇集起来的令人信服的证据表明,行星探测计划正取得长足进展,这些目标在很大程度上有助于人类了解太阳系的起源和演化,并通过和其他行星的比较研究,使我们对地球有更好的理解,以及解释太阳系的化学演化史和生命的关系等等。

应用与影响 宇宙飞船发回了大量的资料和信息。我们吸收和消化这些资料、信息花了大量的时间,通常分为许多学科来进行。尤其在基础科学和地质探测方面,需要更长的时间才能产生所谓的实际应用。

是否可以相信我们从行星探测中得到实际收益,这在很大程度上是一种科学信念问题。但是,有一点是没有争议的,