

的、轻小型的紫外、X 射线和中性原子成像仪器, 发展抗辐射的加固包<sup>[2]</sup>。

## 2 21 世纪前 20 年, 国际上在地球空间探测方面的举措

(1) 在太阳和日球探测方面, 发射靠近太阳(3 个太阳半径) 的太阳探测器(Solar Probe), 了解日冕加热和太阳风加速过程及日冕物质抛射(CMEO) 和太阳风的产生机制; 发射太阳极区成像卫星(Solar Polar Imager), 探测太阳高纬度的变化, 对日冕物质抛射进行整体成像; 发射太阳警戒卫星, 监测太阳风扰动的三维结构、行星际激波的三维结构及日冕物质抛射在行星际空间的演化过程; 发射日地关系观测器(STEREO), 追踪日冕物质抛射从太阳到地球的行踪, 监测高能粒子加速的机制及其位置。

(2) 在地球磁层探测方面, 发射小型的磁层星座卫星(10—100 个), 分辨磁层的时空变化, 研究磁层亚暴过程, 磁层对流、三维电流体系和磁层能流的传输过程; 发射磁层多尺度探测器, 研究磁层顶边界层和磁尾离子体片区的磁场重联, 磁层亚暴过程和大、中、小尺度的相互作用; 发射立体的磁层成像卫星, 进行整体磁层动力学的可视化观测, 了解磁层亚暴的发展过程, 跟踪磁层耦合链的因果关系。

(3) 在中高层大气探测方面, 发射电离层、热层、中层(THM) 动力学卫星, 研究中高层大气和电离层质量、能量耦合的动力学过程; 发射中层耦合卫星, 了解中层大气的动力学和光化学过程及人为活动的效应, 发射全球的电动力学卫星, 研究磁层-电离层-低层大气间的电动力学过程。

通过上述的卫星探测, 可全面了解日地系统连锁变化链的机理和因果关系。

## 3 卫星、行星和恒星际探测的新创举

21 世纪, 人类对太空探测将有一些新的创举。人类将在月球上建成有生命保障系统的月球基地; 登上火星, 在火星上建立观测站, 为开发利用火星作准备; 飞出太阳系, 对恒星际空间进行探测。

### 3.1 建立月球基地

月球探测具有重要的科学意义和开发应用前

景。月球探测可深化人类对月球、地球和太阳系形成与演化的认识; 月球可作为对地观测和深空探测的天然平台, 在月球上建立对地监测站、天文观测站、深空探测前哨站和转运站及科学试验站; 在月球上建立太阳能发电站, 对核聚变燃料( $3\text{He}$ ) 进行开发; 开发利用月球上的水冰, 为人类在月球上的生存提供条件; 为开发利用月球岩石和土壤中蕴藏的丰富矿产资源提供依据。预期在 2015 年前后人类可在月球上建成第一个有生命保障系统的月球基地。

### 3.2 人类登上火星

火星探测的主要目标是: 探寻火星是否存在或曾经存在过生命; 火星表面是否存在过大面积的水体及对两极冰盖和地下水进行估计; 火星大气的形成、演化及天气和气候特征; 火星磁层和电离层特征; 火星表面的矿物, 火星地质、地化和内部结构特性; 探寻火星可能开发和利用的资源。

美国制订了 21 世纪前 20 年的火星探测计划, 包括火星全球勘测者系列(其中又包括着陆器、巡视车、轨道器和探头), 火星表面台站, 载人火星计划和火星样品返回地球探测器。美国计划每两年发射一次火星探测器。在 2010 年前后实施载人火星计划, 在 2015 年前后发射火星样品返回地球探测器。欧空局计划在 2003 年发射“欧洲快车”火星探测器。

未来的火星探测, 将采取“多快好省”和“一星多用”的方针, 即将轨道探测、登陆器探测、巡视车探测和探头探测结合起来。

### 3.3 水星和木星探测

计划在 2002 年发射水星轨道器(200Km—10 000Km 的椭圆极轨)。该探测器的科学目标是研究行星磁场的起源和性质, 磁层的结构和动力学, 磁层等离子体与水星表土的相互作用, 外层大气的来源和成分及水星表面成分, 近太阳行星的生长及对太阳日冕和高能粒子的观测。

计划发射木星极轨道器(倾角  $90^\circ$ , 1.05—30 个木星半径)。该探测器的科学目标是: 就地探测木星磁层的场和粒子; 利用紫外和 X 射线波段成像测量极光的形态; 利用近红外成像研究热层风, 利用

能量原子成像测量近磁层和中磁层的热粒子, 研究辐射带与大气的相互作用。

### 3.4 慧星尘探测

科学家们一直对慧星很感兴趣, 因慧星被认为是太阳系中最古老的天体, 它的物质构成与太阳系形成前的星云相似, 因而它含有 46 亿年前太阳和行星形成前的尘埃和气体。有些科学家认为, 产生地球生命的原始物质很可能是在慧星撞击地球时带到地球上来的。慧星探测可为研究太阳系和地球上生命的起源提供重要的途径。

1999 年 2 月 10 日, 美国宇航局发射了一颗“星尘号”探测器, 它将于 2004 年与围绕太阳运行的怀尔德-2 慧星相会。在离慧星的距离不到 100 公里处, 对慧星尘埃和气体取样, 预计于 2006 年 1 月 15 日携带样品返回地面。

星尘探测器的主要科学目标是: 收集太阳系和其它星系中形成太阳系和行星的原始物质, 利用显微镜和其它科学仪器对其进行原子水平上的分析研究; 近距离拍照慧星图像, 并用其它仪器探测研究慧星所需的其它数据; 研究太阳及其行星的形成、地球上生命的起源和演化过程。

### 3.5 飞出太阳系探测恒星际空间

过去的深空探测器都是探测日球层(太阳系)内部, 到目前为止, 还未曾发射过恒星际探测器。虽然过去发射的先驱者 10 和 11 号飞船及旅行者 1 号和 2 号飞行器现已飞出太阳系, 但不能对恒星际进行探测。像行星一样, 太阳也有磁层, 称为日球层。日球层的边界称为日球层顶, 日球层顶是太阳风和恒星际等离子体的交界面。目前日球层顶的尺度还不确定, 按最近的估计, 太阳风流的终止激波可能在 80—90 个日地距离(AU), 日球层顶比终止激波的距离还远一些。

21 世纪计划发射恒星际探测器, 飞行器贴近木星和太阳到达 200AU 的距离。飞行器的速度是每年 10AU, 到 200AU 大约需 20 年的时间, 这是深空探测的一个新的里程碑。恒星际飞行器的主要科学目标是: 确定恒星际空间的性质及其与银河系物质起源和演化的联系; 探测日球层的结构及其与恒星际介质的相互作用; 研究发生在日球层和恒星际介

质中的基本物理过程。这些研究, 对了解太阳系的起源和演化过程具有重大科学意义。

## 4 2000—2020 年我国太空物理发展设想

我国太空物理正在制订 2000—2020 年期间的太空物理发展战略规划和计划。我国太空物理的发展政策是: 理顺国家对太空物理和太空探测的管理体制; 建立太空探测卫星系列; 提高太空科学在太空领域总经费中所占的比例; 立足国情、突出重点、力求创新; 加强国际合作, 参加国际探测计划, 提高在国际空间界的地位; 建立太空科学的创新基地。

在 21 世纪前 10 年, 我国太空物理研究的战略主题是: 日地空间系统的联锁变化过程和空间天气数值预报方法。主要研究目标是: 深入了解日地空间联锁变化的物理过程, 包括: 太阳事件的产生机制及其在行星际空间的传播和演化过程; 磁层空间暴对太阳活动和行星际扰动的响应过程; 电离层和高中层大气对太阳活动、磁层空间暴和低层大气扰动的响应过程; 发展比较行星环境研究; 建立太空环境的动态模式, 发展太空天气的数值预报方法。

2000—2020 年我国太空探测的战略思想和探测计划的设想是: 21 世纪的前 15 年, 重点是配合太空物理研究的战略目标, 发展日地空间探测和月球探测。初步提出的探测计划有:

(1) 地球空间双星探测计划(简称双星计划)。双星计划包括两颗小卫星: 一是近地赤道卫星, 近地点是 500km, 远地点是 60 000km, 倾角  $90^\circ$  左右; 二是近地极区卫星, 近地点是 350km, 远地点是 25 000km, 倾角是  $28.5^\circ$ 。在两颗卫星上, 分别放有 9 台和 10 台探测仪器。这两颗小卫星相互配合, 运行于目前国际上地球空间探测卫星尚未覆盖的近地空间主要活动区, 形成自成系统、有特色 and 创新的地球空间探测计划。其主要科学和应用目标是: 探测和研究近地空间环境中场和粒子的时空变化规律及磁层空间暴的触发机制, 建立并发展太空环境的动态模型及物理预报方法, 通过国际合作, 提高我国太空探测技术和科学研究水平。双星计划与欧洲空间局 Cluster-II 相配合, 形成 6 点探测的星座探测计划, 将会成为 21 世纪初国际上重要的

日地空间探测计划。双星计划的近地赤道卫星计划在 2002 年 12 月发射, 近地极区卫星计划在 2003 年 6 月发射<sup>[3]</sup>。

(2) 亚太合作小卫星探测计划。这是一颗亚太空间技术与应用多边合作多任务小卫星 (SMMS), 也是一颗太空科学探测和技术试验小卫星。卫星轨道是高度为 796km、倾角为  $98.6^\circ$  的近圆形轨道。主要科学目标是探测和研究太阳活动和磁层扰动对电离层和中高层大气全球结构的影响。

(3) 太空太阳望远镜。这是我国自行设计和研制的太阳望远镜项目, 包括 5 台探测仪器。卫星的轨道参数是高度为 730km、倾角为  $98.3^\circ$  的圆轨。主要科学目标是: 通过协同的、多波段的、高分辨率的不间断地观测, 探测太阳气中的流体力学和磁流体力学过程中各种瞬变和稳态现象, 实现太阳物理的重大突破。

(4) 空间碎片和电磁辐射探测计划。

(5) 在“十五”期间, 提出我国的月球探测计划。

(6) 在上述探测计划实施的基础上, 不断提高探测计划的科学目标和探测技术水平, 提出在 2015 年前实施的日地空间探测计划。

(7) 在 2015 年后, 我国将开展火星探测。

## 参考文献

- 1 Surr Earth Connection Roadmap. Strategic Planning for the Years 2000– 2020, NASA, 1998.
- 2 刘振兴. 中国空间物理学发展的回顾和展望. 周光召主编《科学进步与科学发展》(上册). 北京: 科学出版社, 1998 年, 1– 6.
- 3 刘振兴. 地球空间双星探测计划. 地球物理学报, 2001 年, 44(3).

## The Expectation of the Development of Space Physics in 21th Century

Liu Zhenxing

(Center for Space Science and Applied Research, CAS, 100080 Beijing)

A brief expectation of developments of space physics research and space exploration is made for the two decades of 21th century. The main points include: (1) the developmental tendency of solar– earth space exploration and research during 2000– 2020, as well as the new act that will be taken in solar– earth detection; (2) the exploration of moon, planets, comets and stars; (3) comparative research of planetary environment; (4) the expectation of the projects and programs of Chinese space physics during the first 20 years of 21th century.

**刘振兴** 空间物理学家。中国科学院空间科学与应用研究中心研究员, 中国科学院院士, 地球空间双量探测计划首席科学家, 中国地球物理学会常务理事兼地磁和高空物理委员会主任, 中国与欧洲空间局空间科学合作的中方首席科学家、中国 Cluster 科学数据研究中心主任, 欧洲空间局 Cluster 科学数据系统指导委员会委员, 国际地磁学和高空物理学协会 (IAGA) 中国委员会主席。长期从事近地层大气物理、高空大气物理、行星际物理和磁层物理研究。提出了太阳风-磁层-电离层-高层大气耦合的概念。曾获中国科学院自然奖一等奖 (第一负责人) 和国家自然科学奖三等奖 (第一负责人), 四川省人民政府颁发的优秀科学技术著作奖和优秀图书金帆奖一等奖, 全国优秀图书特别奖, 全国科学大会奖, 2000 年国际空间奖 (Vikram Sarabhai 奖) 等。

# 从分子生物学看现代人类起源\*

金 锋 万春玲

(遗传与发育生物学研究所 北京 100101)

**摘要** 分子生物学的应用,为研究人类的源流开拓了新的思路。分子进化和分化的特征能使我们认识种之间的时空变化。分子人类学研究表明了现代人类有共同的祖先,黑人是世界的祖先人群。在人类走出非洲后产生巨大形态和肤色差异的问题上,提出了病毒可能是人类进化和分化的“催化剂”这一假说。这一假说可以较好地解释现代人类在短短 20 万年以内产生较多遗传表型特征改变的事实。最后从中国人的群体分化现象的角度上探讨了中华民族的源流和祖先人群。

**关键词** 人类起源,族群,群体多样性,中国祖先人群



关于现代人类 (Modern human) 起源是一个最具争议的问题,它已经困扰科学家几个世纪。从 150 年前达尔文发现物种的进化关系,到赫胥黎推论人在自然界的位置;之后,从沃森和科里克揭示遗传物质结构,到今

天全世界的科学家联合解析人类基因组,人们还不能拿出一个令所有科学家信服的结论。以至许多有争议的概念还留在中小学教科书和博物馆中:人类起源于何处? 人是劳动创造的吗? 使用火是猿到人的转变因素吗? 北京猿人是我们的祖先吗?

## 1 人类起源的假说

关于现代人类的起源有单一起源 (single regional) 说<sup>[1]</sup>和多地起源 (Multiregional) 说<sup>[2]</sup>。在国际上,大多数遗传学家和自然人类学家支持单一起源说,

认为人类起源于黑人,因为从进化关系的比较中看,非洲的黑人是遗传多样性表现最丰富的人群<sup>[3]</sup>。特别是最近在世界范围内对人类基因组的解析表明,黑、白、黄三大群体在基因水平上的差异极小,进化关系的计算无法表现出他们有不同起源的可能性。在单一起源说中,认为人类起源于亚洲的学者在学术界也不是绝对少数,因为从地理分布上看,人类和其它灵长目动物分布于世界各大洲。历史上最后的冰河期时,亚洲是连接美洲和大洋洲的枢纽,马来人和澳洲土著人的形态上也表现出了原始蒙古人群的特征。

我国不少学者专家认为黄种人的起源是在亚洲,其理由是年代久远的古代人类和灵长目动物化石在我国的不同地区和地层大量出现,并且在形态学上有连续或不连续的变化。也有人认为,即便是单一起源,现代人类经过漫长的迁移,与不同地区原有的近缘同类发生混血通婚,并独立进化,以至形成不同的族群。这些学者实际上都是持人类多地起源观点的。

上述各种学说都有其重要的理论根据,都是对

\* 收稿日期: 2001 年 6 月 13 日



人类起源研究的重要贡献。只有这种百家争鸣的学术气氛才能导致科学理论的推陈出新。

2 人类在传统分类中的位置

早在 1758 年, Carolus Linnaeus 发表了 Systema

Naturae( 自然的体系), 将生物按照界( kingdom)、门( phylum)、纲( class)、目( order)、科( family)、属( genus)、种( species) 的分类方法, 为人们提供了一个客观的系谱, 并且沿用至今。根据形态解剖学的传统分类方法, 人类在生物界的位置如下:

界 kindom	动物 animalia	包括所有的动物
门 phylum	脊索门 chordata	包括脊椎动物、鱼类、两栖类等
纲 class	哺乳纲 mammalia	包括猪、马、牛、羊、猫、狗等
目 order	灵长目 primates	包括猴、猩猩、类人猿、人等
科 family	人科 hominidea	包括类人猿、已绝灭的古代人类和现代人类
属 genus	人属 homo	包括已绝灭的古代人类和现代人类
种 species	智人 sapiens	现代人类: 包括黑人、白人和黄种人

种( species) 在生物分类中为最小单位。生物学中的“种”有一个严格的定义, 同一物种之内不论是否有明显的表型差异, 但是肯定没有彼此间的生殖隔离( reproductive isolation)。换句话说, 种内的交配必须可以产生正常的可延续的后代。现代人类( Homo sapience sapience) 同属一个种, 不同人群之间没有任何构成生殖隔离的因素。遗传学的数据表明, 同一个族群中的两个不同个体之间的分子差异, 与不同族群之间两个个体之间差异一样大<sup>[4]</sup>。那么人类不同的群体, 黑、白、黄之间就不存在“人种”问题。所谓“人种”一词, 在汉字使用国家, 包括日本、韩国、东南亚诸国无一例外地表述世界不同人群。“人种”一词的英文是“race”, 它的解释是按体态的不同对动植物、特别是人群的划分。英语中 race 没有给人们误解的机会, 而在汉语的翻译上却使很多人产生各种联想。很多人认为不同的“人种”或种族真的存在, 从而加深了人类具有不同祖先或不同起源地的误解, 甚至还有人相信, 不同族群间有优劣之分。因此, 在汉字使用国家中“人种”的提法误导了很多人对人类个体和群体差异以及人类起源的理解。

进入分子研究时代后, 人们开始对传统的解剖学和形态学的分类方式进行分子水平的补充。我们强调的是补充, 绝不是取代。因为没有形态上的

区分, 分子上的差异比较没有丝毫意义。问题是分子和形态这两种比较方法上的差异有多大? 过去在系统分类中有两类颜色和形态都截然不同的蝴蝶被界定为两个不同的种。直至最近, 分子分类证实这两类截然不同的个体核苷酸序列竟然完全相同, 它们是完全相同的种。进一步的研究才发现它们形态上的差异是孵化季节和温度的不同所致。这只是一个极端的个例。人类在进化中经过漫长的适应, 表型上可能不会受环境影响而产生明显的不同。但由此可见, 形态分类和分子分类必须相互补充才能获得正确的分类结果。

人类( homo sapience) 和自己的同类——灵长类( primates) 的差异在形态学上和解剖学上可谓一目了然。可是这种差异的时空变化、从属关系和形态变化的不连续性却不是一目了然的。比如常常有人问: 人是从猴子变成的吗? 什么时候变成人的? 是劳动和使用工具使这些树上的动物下地, 并直立行走, 从而变成人的吗? 人类解剖学和形态学不能解释在进化时间和形态空间上的变化这一问题。在进化中, 人类脑量的变化也给我们留下了疑问。在人类近缘的种群当中, 脑量从 400 多毫升在 300 万年内增至现在的 1 400 毫升左右, 这在其它哺乳动物中是没有先例的。有人提出用劳动创造人类来解释这一快速进化过程。依照这一提法, 自文字