

# 她们的名字是闪耀太空 最亮的星辰

白青江<sup>1</sup> 范全林<sup>1</sup> 李燕秋<sup>2</sup>

(1. 中国科学院国家空间科学中心 空间科学与深空探测规划论证中心 100190;

2. 中国科学院国家空间科学中心 研究生部 100190)

许多伟大且值得大书特书的艺术与科学成就都是由聪慧敏锐、心细如发的女性做出的。

——克里斯蒂娜·德·皮桑(意裔法籍作家)

## 一、引言

在自然科学的历史长河中,女科学家曾改变世界,其贡献覆盖了物理、化学、天文学、生物学等领域。她们勇于追求“自我”并践行科学梦想,她们的名字熠熠生辉。在纪念三八国际妇女节111周年之际,本文以空间科学任务为核心,剖析了南希·罗曼、何泽慧、凯瑟琳·约翰逊等国内外数位女科学家的杰出贡献,同时也介绍了以罗萨琳·富兰克林、索杰纳、居里夫人等杰出女性命名的航天器,以及翱翔太空的女航天员,以示敬意,让更多人感受这些伟大女性的力量,共同成长。

## 二、她开创空间天文事业,发起空间科学计划

2020年5月,美国国家航空航天局(NASA)将其新一代旗舰型科学卫星宽视场红外巡天望远镜(WFIRST),即哈勃空间望远镜(HST)和詹姆斯·韦伯空间望远镜(JWST)的继任者,命名为“南希·格雷斯·罗曼空间望远镜”(Nancy Grace Roman Space Telescope),简称“罗曼空间望远镜”,以纪念NASA第一任空间天文学部主任罗曼。这位女科学家以其卓越的领导才能,在发起和管理NASA众多空间

科学计划中做出了巨大贡献,特别在发展美国空间望远镜项目中发挥了核心作用,包括参与确定哈勃空间望远镜任务剖面、牵头推动其成功立项等(图1)。

罗曼于1925年出生在美国田纳西州纳什维尔市,1946年获得斯沃斯莫尔学院的天文学学士,1949年获得芝加哥大学的博士学位。攻读博士期间,在恒星成分方面取得了一些科学发现。1955-1959年间,加入美国海军研究实验室(NRL),进入射电天文这一新领域,利用非热射电频谱开展了大地测量工作,并成为微波频谱部门的负责人。这段工作经历也使罗曼适应并熟悉了工程管理。

1959年,罗曼应时任NASA空间科学主任Homer Newell之邀,加入NASA总部、发起空间天文学计划。随后,她在NASA担任了不同的职位,包括天文学和太阳物理部门主管,以及天文学和相对论部门主管,是第一位在NASA担任行政职位的女性,工作内容包括规划卫星和火箭项目等<sup>①</sup>。她领导了NASA首个成功的天文任务“轨道太阳观测台1号”(OSO-1,图2),于1962年3月发射。之后,在罗曼的领导下,规划了多个空间任务,包括4颗大地测量卫星,3个轨道天文观测台(OAO),2颗小型天文卫星,3个轨道太阳观测台(OSO),以及红外天

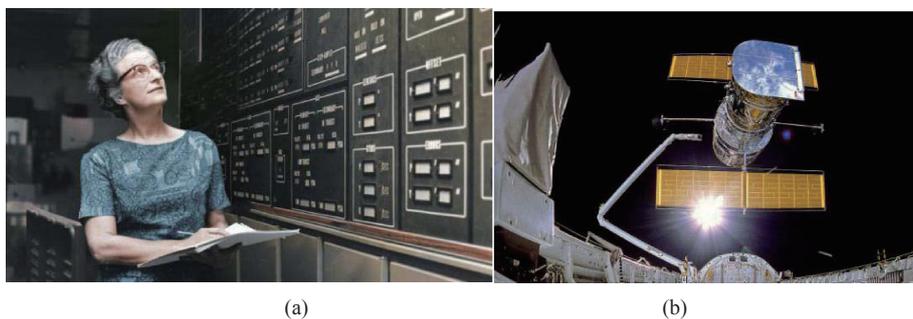


图1 南希·格雷斯·罗曼(a),哈勃空间望远镜从发现号航天飞机释放到太空中(b)

文卫星(IRAS)和空间天文高空气球项目。此外,还支持了国际合作项目“国际紫外探测器”(IUE)。其中,3个轨道天文观测台为天文学界提供了空基观测平台,如发现了多个长周期脉冲星的 Copernicus 卫星等,促进推动了哈勃空间望远镜任务的发展;其小型X射线天文探测卫星 Uhuru 还助力意裔美籍天体物理学家里卡尔多·贾科尼(Riccardo Giacconi)获2002年诺贝尔物理学奖。

罗曼一直在推动莱曼·斯皮策(Lyman Spitzer)1946年提出的大型天文台建议,并与科学界共同制定了任务计划,将其确定为一台比很多天文学家期望的口径更小、但更为实际的、口径为2.4米的空间天文望远镜,即哈勃空间望远镜。罗曼为其四处奔走,最终获得美国国会支持,成为NASA四个大型轨道天文台(Great Observatories)中首个立项实施的光学天文望远镜。

罗曼被其天文学部继任者、哈勃空间望远镜首席科学家 Edward J. Weiler 称为“哈勃之母”<sup>②</sup>。哈勃空间望远镜以美国天文学家爱德温·哈勃(Edwin P. Hubble)命名,于1990年4月24日搭载发现号航天

飞机升空,运行在547 km高度的地球轨道。自发射后 NASA 已开展5次维修维护,成功运行超30年,成为史上最具科学革命意义的光学望远镜,证实了宇宙在加速膨胀,为大爆炸理论奠定基础<sup>③</sup>。随后,大型轨道天文台计划中的红外空间望远镜(SST)以莱曼·斯皮策命名,于2003年发射升空,在轨运行16年,发表数以万计的科学论文,在宇宙起源和系外行星探测等方面取得重大成果。SST已于2020年1月退役。

以罗曼命名的“罗曼空间望远镜”,旨在揭开暗能量、系外行星和红外天体物理学领域奥秘,其科学目标聚焦为:开展对星系和星系团的高(银)纬度巡天以及遥远的Ia型超新星巡天,研究暗能量现象;开展系外行星普查,对系外行星进行直接成像和表征的前沿技术进行演示验证。其主镜大小与哈勃空间望远镜相同,但重量仅为哈勃空间望远镜的1/5。这台宽视场红外巡天望远镜的其他2个有效载荷分别是宽视场仪器(WFI)和星冕仪(CGI)<sup>④</sup>。将于2025年左右发射,运行在日地拉格朗日L2点

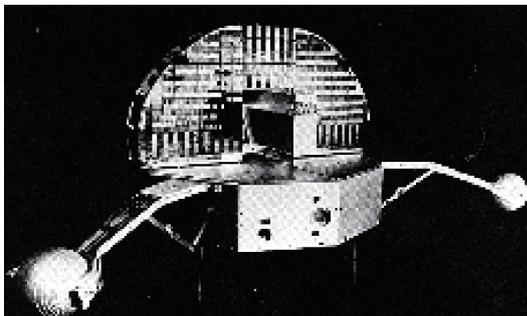


图2 轨道太阳观测台1号(OSO-1)

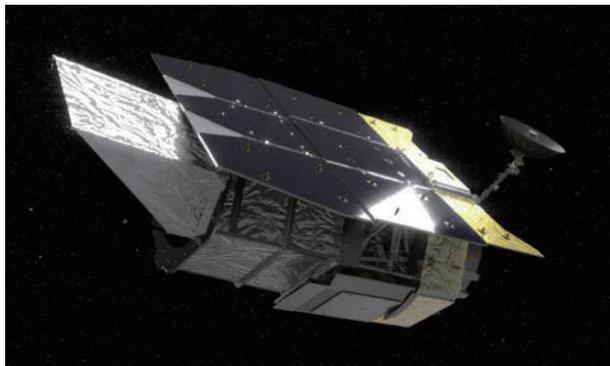


图3 南希·格雷斯·罗曼空间望远镜

的拟晕(Quasi-Halo)轨道。

罗曼1979年退休。她退休后,仍经常参与旨在鼓励年轻女性“要有摘星之志”的论坛。1985年,国际天文联合会以罗曼的名字命名一颗小行星。罗曼于2018年去世,享年93岁。

### 三、一代科学大师和女杰,她们的名字闪耀寰宇

近一个多世纪以来,越来越多的杰出女性活跃在各自领域,推动科学前沿不断取得重大突破,提升女性社会环境。本节将选取几位女性代表,包括但不限于空间科学领域的研究,由于其卓越的科学成果或在社会领域的成就,诸多重大空间科学任务以她们的名字冠名,促进科学事业和社会进步相得益彰。

#### 3.1 勇闯科学前沿,促进空间科学发展

2020年以来,慧眼号科学卫星的多项发现惊艳世界。8月,“慧眼”(HXMT/Insight)科学团队直接探测到宇宙中最强磁场,比此前NASA“罗西X射线时变探索者(RXTE)”保持的最强磁场测量结果纪录提高约60%<sup>⑤⑥</sup>。2021年2月,“慧眼”卫星确认编号为FRB 200428的快速射电暴相关联的X射线暴来自银河系内编号为SGR J1935+2154的磁星,并在国际上首先证认该X射线暴包含的两个X射线脉冲是快速射电暴的高能对应体<sup>⑦</sup>。“慧眼”是我国首

颗空间X射线望远镜,是空间科学先导专项一期收官之作,于2017年6月15日在中国酒泉卫星发射中心成功发射,其命名不仅寓意中国在太空“独具慧眼”,也是为了纪念我国女性科学家何泽慧先生<sup>⑧</sup>。

何泽慧先生是我国著名物理学家,中国科学院院士。她1914年生于江苏,1932年进入清华大学物理系,1940年获得德国柏林高等工业大学技术物理系实验弹道学专业工程博士学位。

1943年她到海德堡威廉皇家学院(Kaiser Wilhelm Society, 1948年更名为马普学会)原子物理研究所从事原子物理研究,首先观测到正负电子碰撞现象,并发表在Nature上<sup>⑨</sup>。1946年与丈夫钱三强在位于法国巴黎的由约里奥·居里夫妇领导的法兰西学院原子核化学实验室(Laboratoire de Chimie Nucleaire of Collège de France)和居里实验室(Laboratoire Curie)工作,夫妻二人与另外两人合作发现三分裂和四分裂现象(她首先捕捉到世界上第一例四分裂径迹),被西方媒体称为“中国的居里夫人”<sup>⑩</sup>。

1973年,中国科学院高能物理研究所成立后,何泽慧担任副所长,推动了我国宇宙线超高能物理及高能天体物理研究的起步和发展。在她的倡导与支持下,从无到有、从小到大地发展了高空气球和空间硬X射线探测技术及其他配套技术<sup>⑪</sup>。以其命名的“慧眼”号卫星携带高能X射线望远镜、中能X射线望远镜(ME)、低能X射线望远镜(LE)和空间环境监测器(SEM),运行在550 km高度的圆轨道

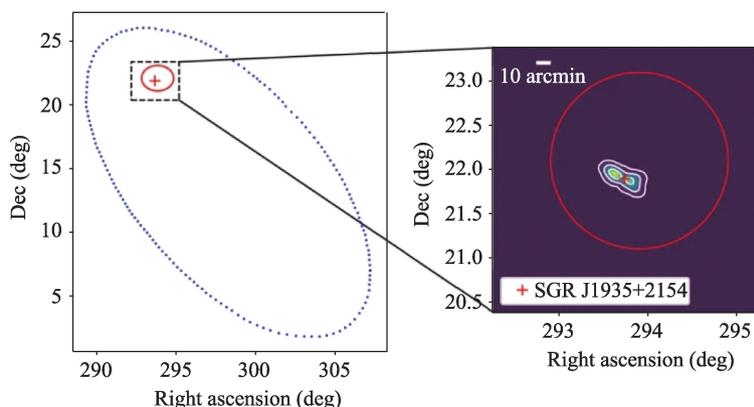


图4 “慧眼”号科学卫星为编号为FRB 200428的快速射电暴定位

上。“慧眼”号在首个双中子星并合引力波事件发现过程中,成功监测了引力波源所在天区,对其伽马射线电磁对应体在 高能区的辐射性质给出了严格限制。何泽慧 2011 年逝世,享年 97 岁。

2019 年 2 月,欧洲空间局(ESA)决定将欧俄联合“火星生命探测计划”(ExoMars)火星车命名为“罗萨琳德·富兰克林”(Rosalind Franklin),以纪念她在科学领域的贡献<sup>⑧</sup>。该任务原定于 2020 年与美国“毅力号”、中国“天问一号”火星探测器同期发射,后由于新冠疫情和技术成熟度等方面原因延迟至 2022 年发射,主要目标是研究火星气候、大气和辐射,通过钻取火星表面 2 m 以下原始土壤的样本寻找生命迹象,确定火星上生命是否真实存在过,或者直到今天是否仍然存在<sup>⑨⑩</sup>。

富兰克林于 1920 年出生在英国伦敦,在剑桥大学获得物理化学博士学位。她曾在巴黎研习 X 射

线晶体学技术,1951 年在伦敦国王学院的约翰·蓝道尔实验室工作期间,对 DNA 进行 X 射线分析。1958 年,由于卵巢癌英年早逝。在其研究成果基础上,弗朗西斯·克里克(Francis Crick)和詹姆斯·沃森(James Watson)发现了 DNA 双螺旋结构,并在《自然》杂志上发表了他们的成果<sup>⑪⑫</sup>。克里克、沃森和莫里斯·威尔金斯(Maurice Wilkins)由此获得 1962 年诺贝尔医学奖<sup>⑬</sup>。

### 3.2 提升女性社会环境,空间科学以她们为荣

一些女权主义先锋们推动平权运动,提升了女性包括女科学家们的社会环境。多个空间科学任务以其命名,以示敬意。

以索杰纳·特鲁斯(Sojourner Truth)为例,她是美国十九世纪著名黑人女权运动家,原为一名黑

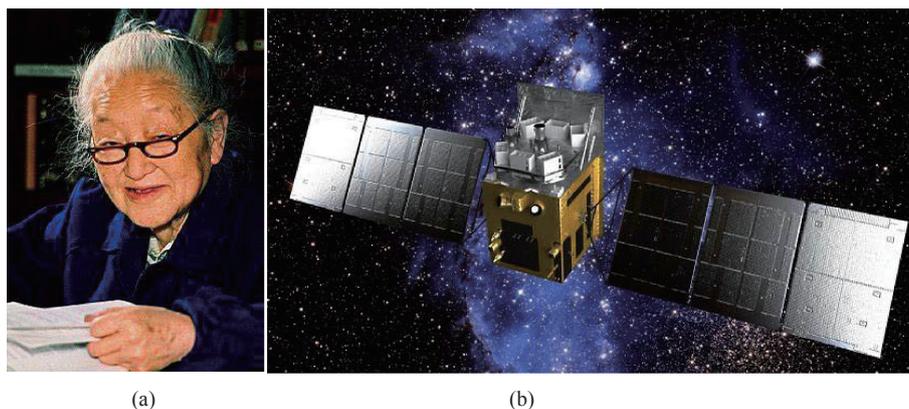


图5 何泽慧肖像(a),“慧眼号”硬X射线调制望远镜(b)

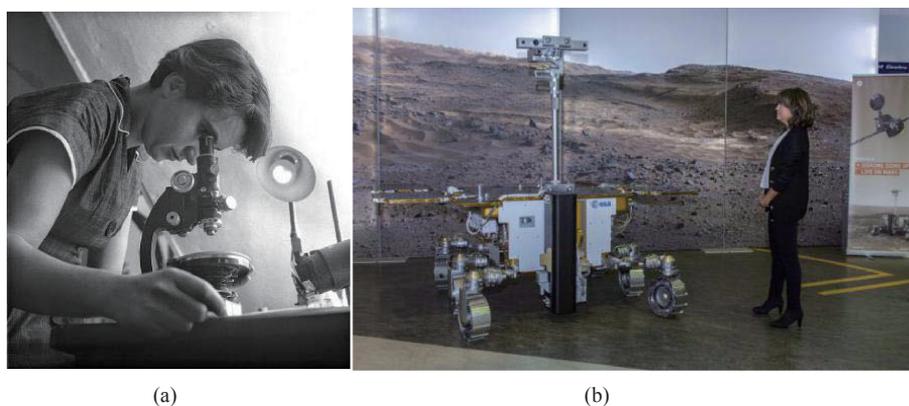


图6 罗萨琳德·富兰克林(a),她的侄女罗萨琳德·富兰克林(与其同名)和火星车合影(b)

奴, 1797年生于纽约州, 曾在1851年俄亥俄妇女权利大会上做关于种族不平等的著名演讲“难道我不是个女人?”她原名为伊莎贝拉·范瓦格纳(Isabella Van Wagener), 索杰纳是她后来改的名字, 意为“旅居者”, 表明她旅居全国各地, 传播解放黑奴、平等女权的真理。为纪念她, NASA将其火星探路者计划(Mars Pathfinder)火星车命名为“索杰纳”(Sojourner)<sup>②③</sup>。火星探路者计划已于1996年12月4日发射, 包括一个着陆器和火星车, 是一个技术验证任务, 其携带的科学仪器包括 $\alpha$ 粒子X射线光谱仪、三个相机和大气结构仪器/气象学包, 旨在分析火星大气、气候、地质, 以及岩石和土壤的成分。其中, 索杰纳火星车已于1997年7月4日着陆火星表面阿瑞斯谷(Ares Vallis, 亦译战神谷)区域, 是人类首个在地月系统之外工作的巡视器<sup>②③</sup>。

另外值得一提的是, 索杰纳火星车的备用车命名为“玛丽·居里”(Marie Curie), 即著名的物理学家和化学家居里夫人。她是首位获得诺贝尔奖的女科学家, 也是迄今首位荣膺诺贝尔物理学奖和化学奖双桂冠的得主。因索杰纳任务已成功实施, “玛丽·居里”火星车随后并入NASA火星勘探者2001(Mars Surveyor 2001)任务。该任务包括一个轨道器、一个着陆器, 以及“玛丽·居里”火星车。但是, 该任务因为NASA 1998年火星极地着陆器(MPL)任务和火星气候卫星轨道器(MCO)任务的双双失败, 于2000年5月被取消。其中, 轨道器演变为“2001火星奥德赛”任务(2001 Mars Odyssey), 已于

2001年4月成功发射; 着陆器演变为“凤凰号”任务(Phoenix), 于2007年8月发射<sup>④</sup>; “玛丽·居里”火星车的设计对于2003年发射的勇气号(Spirit)和机遇号(Opportunity)起到了借鉴意义。

#### 四、当代飞天翱翔, 她们飒爽英姿映亮太空

载人航天是1957年人类社会进入太空时代以来最重大的成就之一。自从人类首位女性航天员瓦莲京娜·捷列什科娃(Valentina Tereshkova, 苏联)于1963年6月16日进入太空以来, 截至2017年7月, 陆续已有59位女航天员进入太空<sup>⑤</sup>, 成为航天国家乃至全世界公众瞩目的女英雄。这些女航天员中, 美国有50名, 中国2名, 苏联/俄罗斯4名, 此外来自英国、法国、伊朗和韩国各1名宇航员参与了苏联/俄罗斯载人计划。其中一名俄罗斯女性宇航员既执行了俄罗斯的载人计划, 也参与了国际空间站NASA的载人计划。

来自美国的朱迪斯·蕾斯尼克(Judith Resnik)是献身太空探索事业的首个女航天员。她1949年出生于美国俄亥俄州阿克伦。高中时代, 曾作为最优秀毕业生在毕业典礼上致告别辞, 也是返校节女王(homecoming queen)的第二名。她还曾计划成为专业的音乐会钢琴家, 并称“我从来不弹奏那些柔软的音乐”<sup>⑥</sup>。1977年取得了马里兰大学的电子工程荣誉博士学位, 是一名卓越的电子工程师、软件工

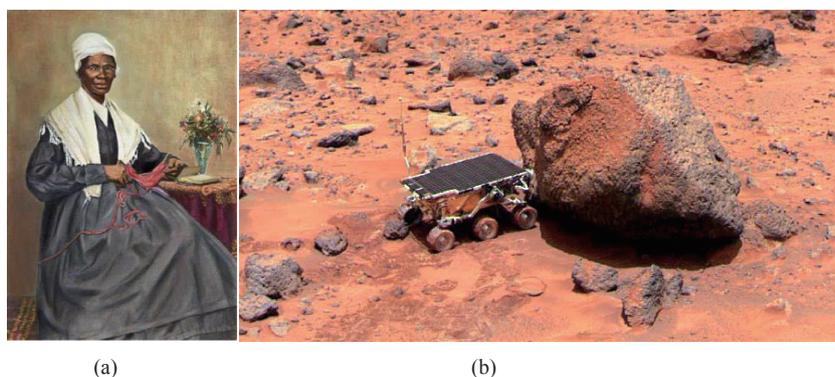


图7 索杰纳·特鲁斯(a), 索杰纳火星车开展 $\alpha$ 粒子X射线光谱测量(b)

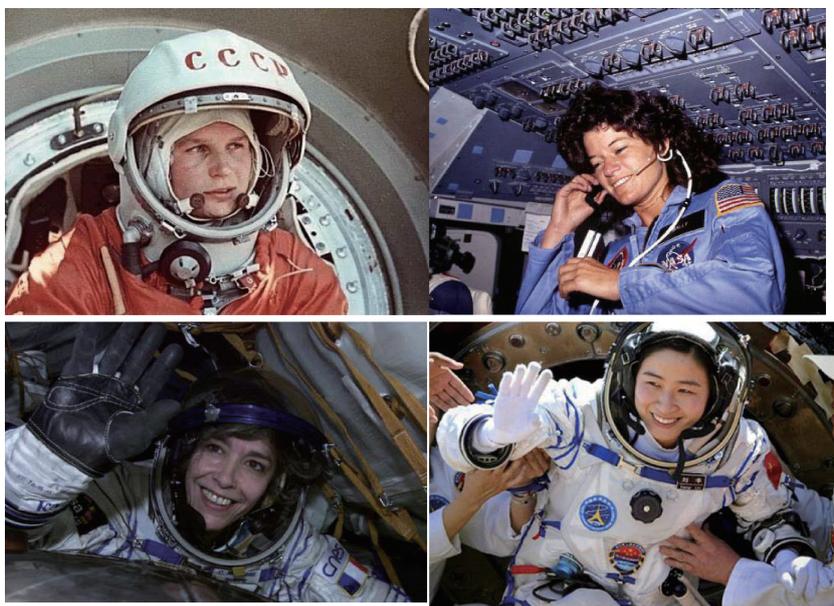


图8 苏联、美国、欧空局、中国的首位女航天员:瓦莲京娜·捷列什科娃、萨丽·赖德(Sally Kristen Ride)、克洛迪·艾涅尔(Claudie Haigneré)和刘洋分别于1963年、1983年、2001年和2012年进入太空,成为万众瞩目的英雄航天员

程师、生物医药工程师、飞行员和航天员。她是世界第四位、美国第二位女性航天员,也是首位犹太裔女性航天员,在轨飞行长达145小时,于1986年2月28日执行挑战者号航天飞机 STS-51-L 任务时与其他6位宇航员罹难,献身空间探索事业。电气与电子工程师协会(IEEE)的奖项“Judith Resnik 奖”即以其名字命名<sup>⑧</sup>。

中国女航天员王亚平,1980年出生于山东省烟台市。2001年获得长春飞行学院军事学学士学位,2013年6月11日与聂海胜、张晓光乘神舟十号飞船进入太空,在20日成功进行中国首次太空授课,并

在天宫一号上通过电子邮件给六年前首次太空授课的NASA女航天员芭芭拉·摩根(Barbara Morgan)回信,表示愿一道为开启全世界青少年朋友热爱科学、探索宇宙的梦想共同努力。王亚平曾寄语“妇女同胞”：“伟大的时代赋予我们女性创新创业的使命,更给予了施展和彰显智慧的无限空间”<sup>⑨</sup>。

## 五、无名英雄很伟大,“人力计算机”是最早牧星人

2016年,电影《Hidden Figures》(NASA 无名英雄)一经上映即引起热议。该影片获89届奥斯卡最佳影片等3项提名,在中国的社区网站“豆瓣”上评分高达8.8分,主要讲述了20世纪50到60年代NASA“人力计算机”(human computer)女性群体的故事,这些女性计算师们开展弹道运算,为NASA成立初期开展的空间探索做出巨大贡献。

值得一提的是,Computer一词最早出现于17世纪,意为“一个执行计算的人”<sup>⑩</sup>,后来才被逐渐用于代表处理计算任务的机器。亨丽爱塔·斯万·勒维特(Henrietta Swan Leavitt)就是一名哈佛大学的“人力计算机”,即通过观测照片的底片来研究恒星



图9 朱迪斯·雷斯尼克执行发现号 STS-41-D 任务,但在执行 STS-51-L 任务时不幸牺牲



图10 2007年8月14日,美国女性航天员芭芭拉·摩根首次在太空授课(a);  
2013年6月20日,中国女性航天员王亚平进行中国首次太空授课(b)

基本性质。勒维特 1868 年出生于马萨诸塞州兰开斯特,1907~1921 年间发现了约 2400 颗变星。她还发现了造父变星可作为量天尺。在这个发现的基础上,爱德温·哈勃在 20 世纪 20 年代测量了星系的距离,从而意识到宇宙在膨胀<sup>⑧</sup>。

美国国家航空咨询委员会(NACA,即 NASA 前身)从 1935 年开始雇佣女性群体进行弹道运算,即“人力计算机”,然而她们并非仅机械运算,不少人拥有相当惊人的数学天赋。20 世纪 50 到 60 年代,以黑人女性工程师凯瑟琳·约翰逊(Katherine Johnson)、多萝西·沃恩(Dorothy Vaughan)和玛丽·杰克逊(Mary Jackson)为代表的“人力计算机”群体为 NASA 计算火箭发射轨道。值得一提的是,当 NASA 开始依靠电子计算机而非人力计算后,其第一批“人力计算机”在喷气推进实验室(JPL)转为软件测试人员和子系统工程师。本节将重点分析以上三位女科学家为 NASA 卫星轨道计算方面做出的贡献。

约翰逊于 1918 年出生于美国西弗尼吉亚的白



图 11 亨丽爱塔·斯万·勒维特在哈佛大学天文台办公

硫磺泉镇。1937 年,约翰逊以优异的成绩从西弗吉尼亚州立学院毕业后,获得了数学和法语学位。1953 年,正式加入 NACA 兰利研究中心(Langley)的飞行研究部门(Flight Research Division),担任“人力计算机”的职位。1958 年 NASA 成立后,其所在的飞行研究部门演变为空间计划小组(Space Task Group)。约翰逊为于 1961 年 5 月 5 日发射的水星计划“自由 7 号”任务计算出了飞行轨道,艾伦·谢泼德(Alan Shepard)成为第一个进入太空的美国人,并成为人类历史上第二位进入太空的宇航员。此前不久,苏联人尤里·加加林在 1961 年 4 月 12 日刚刚首次成功实现环绕地球。

1962 年,约翰·格伦(John Glenn)在水星计划“友谊 7 号”任务执行的首次环绕地球轨道飞行中,指名要求约翰逊核算 NASA 刚引进的 IBM 7090 晶体管电子计算机的计算结果。比起“自由 7 号”的“直上直下”的升空任务,此次轨道飞行计算量和难度明显加大,此次任务也标志着美国在太空竞赛中首次超过苏联。随后,约翰逊为“阿波罗 11 号”任务(Apollo 11)计算了最有利的奔月轨道,将宇航员尼尔·阿姆斯特朗、巴斯·奥尔德林和迈克尔·柯林斯送到月球并返回,这是人类迄今为止在太空中旅行的最远距离,也是约翰逊认为她本人最值得骄傲的成就。阿波罗 13 号飞船服务舱的氧气罐爆炸后,约翰逊协助确定了轨道,助吉姆·洛威尔(Jim Lovell)、杰克·斯威格特(Jack Swigert)、弗莱德·海斯(Fred Haise)三位航天员安全重返地球<sup>⑨</sup>,成就了 NASA 历

史上“一次成功的失败”。

实际上,从早期的抛物线轨道到椭圆轨道,从绕地球飞行轨道到绕月飞行轨道,约翰逊从进入NASA到1986年退休的33年间几乎参与了每一个重要的航天计划,包括为空间科学任务计算发射窗口等,为空间探索做出了巨大贡献。2015年11月24日,时任美国总统奥巴马授予约翰逊美国总统自由勋章,表彰她数十年来对美国航空航天事业的巨大贡献<sup>⑧</sup>。2016年,NASA将兰利研究中心的计算大楼命名为凯瑟琳·G·约翰逊计算大楼,致敬约翰逊<sup>⑨</sup>。2020年2月24日,约翰逊逝世,享年101岁。

沃恩于1910年出生于密苏里州堪萨斯城,1929年在威尔伯福斯大学(Wilberforce University)获得数学学位。她于1943年加入NACA兰利研究中心,之后成为西区计算组(全部由黑人女性计算机师组成)的负责人。她是NACA历史上第一位黑人主管,同时也是少数几位女性主管之一。随着NASA成立,她与许多计算机师加入新成立的分析与计算部,聚焦电子计算前沿。她还成为FORTRAN编程专家,并为侦察兵系列运载火箭计划(Scout Launch Vehicle Program)做出贡献<sup>⑩</sup>。2008年,沃恩逝世。

杰克逊于1924年出生在弗吉尼亚州汉普顿。1942年,她从汉普顿学院(Hampton Institute)获得了数学和物理学双学位。1951年,她加入兰利研究中心的西区计算组,当时的计算组负责人就是沃恩。两年后,她获得一个协助从事风洞研究的工作机会。为了从计算机师转变为工程师,她在业余时间前往当时仍在实行种族隔离制度的学校参加了研究生水平的物理和数学课程,于1958年成为NASA历

史上第一位非裔女性工程师。2005年,杰克逊去世<sup>⑪</sup>。

2019年6月,NASA将其总部前面的街道重新命名为“无名英雄路”(Hidden Figures Way),以纪念以上三位非裔美国女性以及所有推动平权、为美国空间计划做出重要贡献的女性<sup>⑫</sup>。

## 六、结语

女航天员雷斯尼克“不弹奏柔软的音乐”的气概使笔者之一(白青江)执笔时感慨万千。祖父为襁褓中的我起名时说这个孙女的名字要起的“硬”一些,父亲曾说我应该退下手镯、戴上手表。这些朴素的寄语激励我纵为女性,亦应勇于追求自我,和千万航天人一样,投身空间科学与探索,筑梦星辰大海。

捷列什科娃曾回忆:“宇宙对我们女性既不多情也不宽厚,因为我们要接受与男性完全一样的训练”。事实上,由于生育和母性带来的精力损耗,女性在追求“自我”和梦想方面需要付出更多的努力。但女科学家们正以杰出的贡献推动社会进步,不断改善着女性的社会环境。

进入新时代,我国妇女权益保障日臻完善,实行男女平等是国家的基本国策。探月工程“六战六捷”,张焯、张玉花等一批航天女科学家巾帼不让须眉、顶起“嫦娥”研制半边天<sup>⑬</sup>。恰同学少年的后浪们,如出生于1996年的周承钰,作为文昌航天发射场有史以来第一位女指挥员,也以火热青春共赴嫦娥五号飞天之约<sup>⑭</sup>。她们必将与那些名字已闪耀太空的女科学家们一道,怀摘星之志,筑梦于太空。

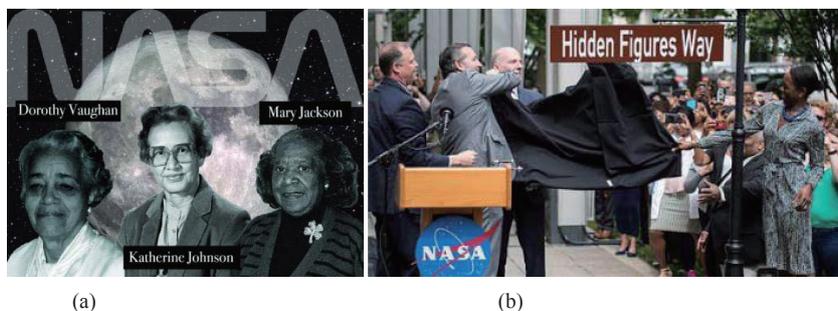


图12 无名英雄原型(a)和无名英雄路(b)

## 参考文献

- ① ANNOUNCEMENT: WFIRST has been RENAMED to The NANCY GRACE ROMAN SPACE TELESCOPE. [EB/OL]. [2021-02-08]. <https://roman.gsfc.nasa.gov/aboutNGR.html>
- ② NASA's Innovators and Unsung Heroes. [EB/OL]. [2021-02-08]. [https://www.nasa.gov/50th/50th\\_magazine/unsungHeroes.html](https://www.nasa.gov/50th/50th_magazine/unsungHeroes.html)
- ③ About - Hubble Facts. [EB/OL]. [2021-02-08]. <https://www.nasa.gov/content/about-hubble-facts>
- ④ Observatory and instruments. [EB/OL] [2020-12-22] <https://roman.gsfc.nasa.gov/observatory.html>
- ⑤ M. Y. Ge, L. Ji, S. N. Zhang, et al. Insight-HXMT firm detection of the highest energy fundamental cyclotron resonance scattering feature in the spectrum of GRO J1008-57[J]. *Astrophysical Journal Letters*. 2020, 899, L19
- ⑥ “慧眼”直接测量到迄今宇宙最强磁场. [EB/OL]. [2021-02-15]. [http://www.cas.cn/jh/202011/t20201103\\_4765195.shtml](http://www.cas.cn/jh/202011/t20201103_4765195.shtml)
- ⑦ C. K. Li, L. Lin, S. L. Xiong, et al. HXMT identification of a non-thermal X-ray burst from SGR J1935+2154 and with FRB 200428 [J]. *Nature Astronomy*. 2021. <https://doi.org/10.1038/s41550-021-01302-6>
- ⑧ “慧眼”: 中国首个空间X射线天文卫星“自白”. [EB/OL]. [2021-02-15]. <http://kpzg.people.com.cn/n1/2017/0616/c404389-29343281.html>
- ⑨ Cosmic Rays. *Nature*. 1945, 156: 543-544
- ⑩ AWARDEE OF PHYSICS PRIZE HE ZEHUI. [EB/OL]. [2021-02-15]. <http://www.hlhl.org.cn/english/showsub.asp?id=128>
- ⑪ He Zehui: An Example for Chinese Women. [EB/OL]. [2021-02-15]. <http://www.womenofchina.cn/html/people/history/16115327-1.htm>
- ⑫ 何泽慧. [EB/OL]. [2021-02-15]. [http://www.ihep.cas.cn/yjdw/yjyszj/201107/t20110707\\_3303119.html?randid=0.07466055848220199](http://www.ihep.cas.cn/yjdw/yjyszj/201107/t20110707_3303119.html?randid=0.07466055848220199)
- ⑬ ESA's Mars rover has a name - Rosalind Franklin. [EB/OL]. [2021-02-17]. [http://www.esa.int/Science\\_Exploration/Human\\_and\\_Robotic\\_Exploration/Exploration/ExoMars/ESA\\_s\\_Mars\\_rover\\_has\\_a\\_name\\_Rosalind\\_Franklin](http://www.esa.int/Science_Exploration/Human_and_Robotic_Exploration/Exploration/ExoMars/ESA_s_Mars_rover_has_a_name_Rosalind_Franklin)
- ⑭ N° 6 - 2020: ExoMars to take off for the Red Planet in 2022. [EB/OL]. [2021-02-17]. [https://www.esa.int/Newsroom/Press\\_Releases/ExoMars\\_to\\_take\\_off\\_for\\_the\\_Red\\_Planet\\_in\\_2022](https://www.esa.int/Newsroom/Press_Releases/ExoMars_to_take_off_for_the_Red_Planet_in_2022)
- ⑮ 欧空局推迟火星探测计划. [EB/OL]. [2021-02-17]. <http://news.sciencenet.cn/htmlnews/2020/3/437006.shtm>
- ⑯ 时蓬, 范全林, 李自杰. 2020年全球重要空间科学发射任务[J]. *空间科学学报*. 2020, 40(1): 1-4
- ⑰ Watson, J. D., Crick, F. H. Molecular structure of nucleic acids; a structure for deoxyribose nucleic acid[J]. *Nature*, 1953, 171 (4356): 737-738
- ⑱ Wilkins, M. H., A. R. Stokes, H. R. Wilson. Molecular structure of deoxypentose nucleic acids[J]. *Nature*, 1953, 171 (4356): 738-740.
- ⑲ Franklin, R. E., R. G. Gosling. Molecular configuration in sodium thymonucleate[J]. *Nature*, 1953, 171 (4356): 740-741
- ⑳ Rosalind Franklin. [EB/OL]. [2021-02-17]. [https://en.wikipedia.org/wiki/Rosalind\\_Franklin](https://en.wikipedia.org/wiki/Rosalind_Franklin)
- ㉑ Sojourner Truth Biography. [EB/OL]. [2021-02-18]. <https://www.biography.com/activist/sojourner-truth>
- ㉒ Pathfinder: Exploring Mars With the Sojourner Rover.[EB/OL]. [2021-02-18]. <https://www.nasa.gov/redplanet/sojourner.html>
- ㉓ Mars Pathfinder.[EB/OL]. [2021-02-18]. <https://mars.nasa.gov/mars-exploration/missions/pathfinder/>
- ㉔ Sojourner.[EB/OL]. [2021-02-18]. <https://en.wikipedia.org/wiki/Sojourner>
- ㉕ Mars Surveyor 2001.[EB/OL]. [2021-02-18]. [https://en.wikipedia.org/wiki/Mars\\_Surveyor\\_2001](https://en.wikipedia.org/wiki/Mars_Surveyor_2001)
- ㉖ Women in Space.[EB/OL]. [2021-02-20]. <https://www.history.nasa.gov/women.html>
- ㉗ European women in space. [EB/OL]. [2021-02-20]. [https://www.esa.int/About\\_Us/ESA\\_history/50\\_years\\_of\\_humans\\_in\\_space/European\\_women\\_in\\_space](https://www.esa.int/About_Us/ESA_history/50_years_of_humans_in_space/European_women_in_space)
- ㉘ Judith Resnik(1949-1986). [EB/OL]. [2021-02-20]. <https://www.jewishvirtuallibrary.org/judith-resnik>
- ㉙ Judith Resnik.[EB/OL]. [2021-02-20]. [https://ast.wikipedia.org/wiki/Judith\\_Resnik](https://ast.wikipedia.org/wiki/Judith_Resnik)
- ㉚ 刘洋、王亚平三八节特别祝福给特别的你.[EB/OL]. [2021-02-21]. [http://www.81.cn/jmywy/2020-03/08/content\\_9762702.htm](http://www.81.cn/jmywy/2020-03/08/content_9762702.htm)
- ㉛ Bang Bang Technologies. [EB/OL]. [2021-02-09]. <http://data.bangtech.com/>
- ㉜ Henrietta Swan Leavitt. [EB/OL]. [2021-02-09]. [https://en.wikipedia.org/wiki/Henrietta\\_Swan\\_Leavitt](https://en.wikipedia.org/wiki/Henrietta_Swan_Leavitt)
- ㉝ Katherine Johnson Biography[EB/OL]. [2021-02-09]. <https://www.nasa.gov/content/katherine-johnson-biography>
- ㉞ Katherine Johnson: The Girl Who Loved to Count. [EB/OL]. [2021-02-09]. <https://www.nasa.gov/feature/katherine-johnson-the-girl-who-loved-to-count>
- ㉟ NASA Celebrates Katherine Johnson with Building Named in Her Honor. [EB/OL]. [2021-02-10]. <https://www.nasa.gov/image-feature/langley/nasa-celebrates-katherine-johnson-with-building-named-in-her-honor>
- ㊱ Dorothy Vaughan Biography. [EB/OL]. [2021-02-10]. <https://www.nasa.gov/content/dorothy-vaughan-biography>
- ㊲ Mary W. Jackson Biography.[EB/OL]. [2021-02-10]. <https://www.nasa.gov/content/mary-w-jackson-biography>
- ㊳ Street In Front Of NASA Headquarters Renamed To Honor 'Hidden Figures'. [EB/OL]. [2021-02-10]. <https://www.npr.org/2019/06/13/732483384/street-in-front-of-nasa-headquarters-renamed-to-honor-hidden-figures>
- ㊴ 第一观察 | 总书记寄语航天事业的三层深意.[EB/OL]. [2021-02-25]. [http://www.xinhuanet.com/politics/2021-02/23/c\\_1127130709.htm](http://www.xinhuanet.com/politics/2021-02/23/c_1127130709.htm)
- ㊵ 【我与国家一起前行】“火箭少女”周承钰: 心向宇宙 负重前行. [EB/OL]. [2021-02-24]. <https://news.cctv.com/2021/01/06/AR-TIoNupejvkE6WFPpk36XDv210106.shtml>