

天文学的传奇

——哈勃太空望远镜功成名就的背后

本报记者 常丽君 综合外电

如果要问人们知道的一个望远镜的名字,他们最可能说出的就是“哈勃”!

1990年4月24日,哈勃太空望远镜(Hubble Space Telescope)从美国佛罗里达州卡纳维拉尔角发射,搭乘“发现”号航天飞机进入近地轨道。迄今为止,它已经在太空工作了25年。在一个勇于探索的新时代,面对紧张的经费,哈勃创造了太空望远镜的巨大成功。

哈勃望远镜由美国国家航空航天局(NASA)在欧洲空间局(ESA)的协助下建造。作为第一个重要的光学太空观测站,它带来了天体物理学的革命,把令人激动的科学发现带到了千家万户。

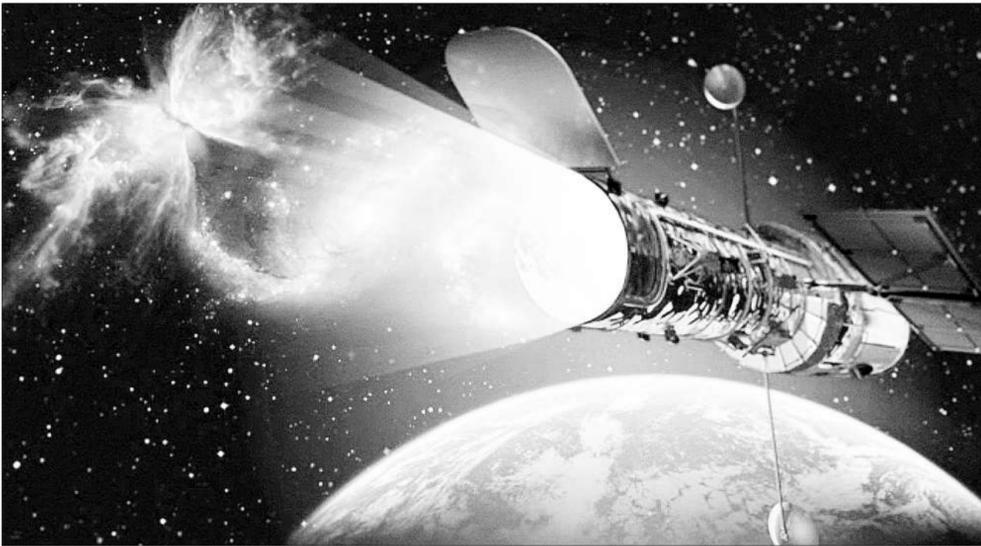
哈勃每一个半小时绕地球一周,至今绕行地球已超过13万周,拍摄了超过100万张太空照片,从太空星云,到遥远的星系。超过12800篇科学文章使用过哈勃的发现,引用次数超过55万次,哈勃成为迄今为止成效最高的科学仪器之一。

一开始,哈勃项目几近面临巨大的失败,但它最终扭转了形势,创造了科学奇迹。它成功的秘密是什么?它的长寿,首创的开放数据,先进的档案管理,关注公共需求,献身研究的各机构团队、宇航员、科学家和工程师,还有优秀的辅助基础设施等,这一切都是关键因素。

细节决定成功

哈勃的最伟大之处不在于它大量的证明性发现,那只是证实了其他观察得到的结果,而在于它发现了一些新的细节,使天体物理学家不得不修改关于宇宙的理论。

哈勃望远镜的动力源于它高高坐落在地球大气层之上,高度约560公里,因此不受气辉(大气层中化学反应发出的微弱光)和大气湍流的影响。哈勃有着锐利的目光,能探测到微弱的光,虽然按目前标准来看,它2.4米直径的镜面是太小了,现在的镜面一般是8米—10米。它分辨出目标物只需0.07角秒,在可见光范围的精度超过任何地面望远镜的10倍。



它能看到从紫外线到近红外的波长,包括被大气层吸收和屏蔽的波段。它看到紫外线的能力是其前任和当今望远镜的100倍。哈勃最初的计划瞄准3个主要问题:检测宇宙膨胀有多快、星系是如何演化的、探测星系间弥散的气云的结构。哈勃是成功的,它向人们展示了前所未有的太空景观。

最伟大的成绩

哈勃望远镜的初期工作之一,是减少宇宙膨胀率“哈勃常数”的不确定性。从1994年到2011年,这一不确定性从2降到了只有百分之几,让科学家确定了宇宙年龄是138亿岁。通过观察那些扩张到更遥远处的星系,天体物理学家建立了根据脉冲星的亮度变化周期推导距离的方法。

在1998年,哈勃望远镜证实了宇宙膨胀在加速,好像有一种神秘的“暗能量”在推动它。这一发现是通过监测超新星取得的,

而这是地面望远镜力所不及的。从此理解暗能量的性质成了物理学家面对的最大挑战。

哈勃望远镜还生成了一个跨越整个宇宙时间的恒星形成过程图谱。从1995年到2014年,在一系列的观察中,它对整个天空按一个个小区进行了密集观察,比以往任何仪器探测都深入,收集的图像被整理成“哈勃深空领域”图集。哈勃还发现,许多星系在大爆炸之后5亿年就已经存在了,这挑战了人们以往的观点。天文学家仍在努力研究为何在大约100亿年前,新恒星的出生速度达到峰值。

利用高分辨率的优势,哈勃观察了恒星和星系中心气体的运动,证明了几乎所有星系中心都有一个超大质量黑洞(质量为太阳的几百万到几十亿倍),黑洞质量大小与围绕它的恒星隆起成比例,这表明星系和黑洞是一起进化的。

哈勃还首次探测到一些太阳系外行星大气的化学成分。据2001年公布的元素特征

光谱显示有钠,在2008年发现了水分子和甲烷。将来有一天,更大的望远镜可能在系外岩石行星的大气中识别出生命过程的标记,如氧气和叶绿素。

成功的诸多秘密

科学的力量并非哈勃成功的唯一原因。宇航员先后于1993年、1997年、1999年、2002年和2009年,乘航天飞机对望远镜进行了5次维修改造,使它多次恢复了精力,再次投入到工作中。他们引入了矫正光学,用固态存储器替代了机械式磁带记录,升级了太阳能电池阵列,并安装了摄像机和光谱仪。没有这些改造,哈勃不可能工作到今天。

其他方面的因素还有迅速开放的数据、高效易得的档案、承担风险项目、稳定的资金和牢固的合作系统。

为支持鼓励创造性的想法,在经主管慎重考虑后,可以给大型的、时间紧迫的或非传

统的提议留出10%的观察时间。如“哈勃深空领域”图集一开始由NASA专家罗伯特·威廉姆提出倡议并负责,随后分别由哈勃的科学操作主管、太空望远镜科学研究所负责。其他天文台,包括夏威夷和智利的双子天文台、亚利桑那州的大型双筒望远镜也采取了这种方法。

在数据公布之前,研究人员用了一年的时间来分析哈勃的观测资料。特殊的数据库,如哈勃深空领域数据库立刻就能开放访问。哈勃并非第一个实行开放政策的太空天文台,但它激励了其他天文台跟随效仿,如发射于2004年的“雨燕伽马射线爆发任务”的数据,也立刻就能访问了。

从一开始,哈勃天文台的数据存档和传播就比其他天文台更严格,自动化程度也更高。在过去的10年,与使用专有数据相比,每年都有更多基于哈勃档案数据的论文发表,仅2014年就有302篇。欧洲南方天文台在1993年也采用了哈勃档案管理的做法。

所有哈勃望远镜的观测加上NASA的科研资金,保证了数据得以分析,结果能迅速公布。自1990年以来,哈勃已接受了超过4600个提案和总额5亿美元的拨款。

该项目还资助了新一代的顶尖研究人员。自1990年以来,美国大学中已有352位哈勃成员——博士后研究员接受资助,为哈勃有关的科学项目独立工作3年。1993年以来,约500篇博士论文使用过哈勃数据。

公众的望远镜

哈勃太空望远镜改变了科学普及和教育的状况。几乎从一开始,就成立了公共服务部太空望远镜科学研究所(STScI)办公室,负责新闻发布、在线联系和对学校、科学中心及天文馆的科普教育。STScI的内部办公室位于马里兰州巴尔的摩市约翰·霍普金斯大学校园内,这确保了专业天文学家能参与进来。此外,还有界面友好的哈勃网站(HubbleSite.org),每年都有几十亿次的点击率。

哈勃的教育人员率先推出了给各个学校网络传播资料项目。目前单是在美国,每年

收到这些资料的有超过600万学生和50万教育工作者。他们还在全世界的科学中心举行有关于星系、系外行星和黑洞的多媒体报告。

英国艺术评论家乔纳森·琼斯将哈勃的照片称为“我们这个时代最绚丽的艺术作品”。它已经渗透到大众文化中。有一个专门团队来确保这些照片的视觉质量。从巴尔的摩到威尼斯的艺术展览中,都包含了哈勃太空望远镜拍摄的太空照片图像,这些照片图像也成为书籍、音乐专辑的封面,如珍珠酱摇滚乐队的专辑《双声道》,也为当代古典音乐(如作曲家保拉·普雷斯蒂尼的《哈勃大合唱》)和舞蹈表演带来了灵感。

今后该怎么办

天文学中最引人入胜的问题是,在太阳系以外有没有其他生命存在?在银河系的“宜居带”中充满着数以亿计的类地行星,它们有岩石表面和液态水。

下一步已经布局好了。将在2017年发射的凌日系外行星调查卫星(TESS),有望在太阳系附近的低质量恒星“宜居带”发现一些比地球稍重些的类地行星,这些行星的轨道周期较短,它们的主恒星也较微弱,使其更容易被探测到。这之后,詹姆斯·韦伯(JWST)将在2018年发射;广域红外调查望远镜一天体物理学聚焦望远镜设备(WFIRST/AFTA)计划于2024年发射,在这些行星的大气中寻找水和其他分子。

银河系中的生命是普遍还是罕见?要对此做出有意义的、统计上的限定,需要一个更强大的望远镜,镜面直径至少要12米,分辨率是哈勃的25倍,这样才能拍摄一颗恒星附近的行星,探测到它的大气中是否有氧气和其他生物特征。WFIRST/AFTA应该能探测到一颗比主恒星微弱10倍的行星,如果要拍摄像太阳那样的恒星旁边的一颗类地行星,要求能探测10倍的对比如度。此外,这样一台望远镜也会带来大量的发现。

这是人类历史上第一次近距离面对“我们孤独吗?”这个问题。在今后25年的科学日程上,寻找生命将成为人们热切关注的话题。

科学家讲述哈勃鲜为人知的历史

本报记者 常丽君 综合外电

哈勃太空望远镜由天文学家莱曼·斯皮策在上世纪40年代构想,一开始是作为世界最先进的天体物理学观测站而推出的。迄今为止,它带来的许多基础性发现揭示了可能到达的宇宙中最远的地方,它拍摄的令人震撼的照片已经普及大众,改变了人们对宇宙的认识。

《自然》杂志对一些从1972年就参与哈勃项目的研究人员进行了采访,通过他们之口向我们讲述了哈勃过去鲜为人知的历史。那时,它还只是一套工程图纸。

罗伯特·奥戴尔(前哈勃项目科学家):有人告诉我,把它造出来不用了很长时间。但当我走进时,不由得睁大了眼睛。我感到,要建造哈勃是未来的事。但这只是一个机会,引领并影响了我的想法,它甚至可能成为我这一代最重要的望远镜。

简·奥利弗(前哈勃首席工程师):哈勃是许多技术的试验场。你认为是低技术,比如设计门窗,也会演变成重大问题。我们不断发现越来越多的挑战。它逐渐变成了一个长期计划,我开始觉得它不太真实,似乎只是个游戏。

哈勃第一张照片有瑕疵

桑德拉·法伯(加州大学圣·克鲁兹分校天文学家):哈勃传回第一张照片是由我们的相机(广域与行星式摄像机)拍摄的,看起来很怪异,那是一颗恒星,但它的中心有个亮点。我们小组的一位天文学家看了照片说:“这架望远镜有球面像差。”当时的诊断是极为严重,会带来很大影响。

我们想知道这是不是真的。我们用第二面镜子反复聚焦,检验不同程度的球面像差。在一次项目会议上,我们出示了结果确实如此。

奥利弗:我打电话到NASA总部,解释了问题所在。副主管J.R.汤普森不停地对我说:“奥利弗,你要把望远镜上的另一个旋钮打开,修它!”我说:“J.R.,我没有旋钮可拧!”

让领头的几个人意识到这一点费了好几天时间,随后他们的心都沉下去了,他们有了真正的麻烦。我们向太空发射了一个望远镜,它却几乎什么也看不到。我觉得这很可怕,就像一条狗得不到骨头。

结果出来了,是由于制造主镜的一台设备上的一个间隔误差,这一误差是由负责制造镜子的协约商珀金-埃尔默公司造成的,NASA也疏漏了。它影响了哈勃所有5个最

初的仪器,无法在地面修复。

爱德华·韦勒(前哈勃首席科学家):我来解释一下这对哈勃科学计划造成了什么影响——那些日子它声名狼藉。但是幸运的,在召开新闻发布会前两个小时,约翰·特罗格(哈勃成像专家)把我拉到一边说:“爱德,我想有些事你应该知道,我们认为能修复它。我们有4个备用镜子都是平的,但如果给它们加一点小曲线,与哈勃镜子上失误的曲线正相对,就可能抵消它的失误。”

我在新闻发布会上报告了这一点。我承诺我们有把握修好它,当然没人相信我说的。当时的形势并不友好。我的邻居们都来找我表达同情之意,因为我在这一国家灾难的项目中工作。

法伯:我们最大的恐惧是哈勃无法被修复。在创造一个修复计划时,如何才能让公众和NASA继续保持对哈勃的兴趣?

制定这一计划花了3年时间。NASA工程师不得不出方法来修复每个仪器,所有工作都要由穿着笨重太空服的宇航员在零重力环境下完成。在1993年12月,7个宇航员搭乘“奋进”号航天飞机去拯救哈勃。

韦勒:我们都挤在一个小屏幕前,等着第一张图像传来。它可能只用了5秒,而我们觉得好像过了6个小时。首先我们看到中央有一个小点,聚焦很好。随后我们看到了微弱的恒星。就在那时,我们拍下了它。那个晚上,我睡得像个婴儿。哈勃的麻烦结束了。

从彗星撞木星到暗能量

韦勒:这是一个经典的英雄回归故事。哈勃是NASA历史上最伟大的科学成就。只需一张照片,就能显示宇宙和我们的教科书有多么不同。

诺塔:哈勃能看到的波长范围在地面是看不到的,比如紫外线,因为紫外线辐射会被大气层吸收。

詹妮弗·怀斯曼(戈达德太空飞行中心高级项目科学家):1993年后,从哈勃涌现出大量新科学。其中标志性的图像之一是“鹰状星云”(Eagle Nebula):你看到一个气柱,是由恒星在最近形成的,并且仍在形成中。它的非正式名字是“创生之柱”,这给了我们一种看得见的线索,暗示着年轻恒星之间的相互作用。

戴维·莱克罗斯恩(前高级项目科学家):哈勃用了创新性方法,继续挑战着所有人的预期,它看到了暗能量。

肯尼思·桑贝齐(太空望远镜科学研究所哈勃任务办公室主任):我们知道暗能量弥漫在宇宙中。哈勃做的关键事情是看到超新星。超新星离我们越远,它们的光比人们预期的越昏暗。由于发现了宇宙在加速膨胀,研究小组获得了2011年的诺贝尔物理学奖。

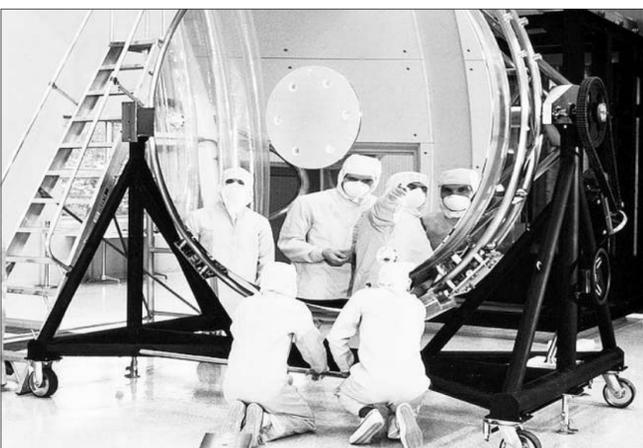
怀斯曼:修复后的哈勃有精细的角分辨率,让我们能找出单个恒星,把它们从拥挤的环境中分辨出来。这样才能真正研究恒星群,细化它们的性质。

佐尔坦·利维(太空望远镜科学研究所成像科学家):人们受哈勃灵感的启发,创作了歌曲、诗歌、艺术品等等。为何公众对哈勃的认知如此之高?我们对此作了详细讨论,原因之一是我们用对了方法,当时互联网正开始起飞,许多人能很容易立刻看到哈勃的成果。

诺塔:我们称它是“公众的望远镜”,它把宇宙带进了千家万户。大约15年前,我在巴西新几内亚的偏远地区,住在一条船上,停泊之处甚至没有一个港口。有一次,我看到一个孩子穿着一件哈勃的T恤衫,我简直无法相信!我们给了他一套哈勃卡片,他非常高兴,之后穿着他的T恤衫走了。

宇航员们不断探望维修

约翰·格朗斯菲尔德(NASA天文学家兼宇航员,在哈勃维修中执行过8次太空任务):



1984年,工作人员在检查哈勃2.4米的主镜。

哈勃进入了黑暗时期,科学任务是否要结束了?这是个真正的问题。对天文学家和宇航员来说,这是维修任务中的圣杯。我们飞上去了,很快就看到了地平线上的明星,正是哈勃!

这简直不像真的。当我从机械臂末端出来时,操作员驱动着我向哈勃靠近,缓慢地将我移过去。我伸出食指轻轻敲打着望远镜,以证明这一切都是真的。我们是在圣诞节展开行动的。我记得当时在想,作为给地球的礼物,还有什么比修复哈勃更好呢?

马特·蒙特恩(太空望远镜科学研究所前所长):“哥伦比亚”号航天飞机灾难后,直到新来的迈克·格里芬才宣布,将派两架航天飞机重启维修任务。这对NASA的科学任务来说,是难以置信的承诺,让整个哈勃小组看到了未来。

格朗斯菲尔德(参与在2009年最后一次维修任务):当我看到它时,就好像看到一个老朋友。很少人像我这样拥抱过哈勃。我知道它所有扶手的名字。当我离开时,它处在生命中的最佳状态。我已经完成了我的工作,它的科学传承还将继续。

哈勃数据引导天文学未来

珍妮弗·洛茨(太空望远镜科学研究所天文学家):我感到难以置信的幸运,能在天文学的黄金时代,也是哈勃的黄金时代开始我的职业生涯。存入所有数据,让人们随后都

能访问它,这一想法是相当激进的。你不必是最著名教授的学生,就能看到这世界上最好的数据。

诺塔:当哈勃刚发射时,我们甚至不知道系外行星的存在。25年来,天文学领域发生了翻天覆地的变化,哈勃的设计并不是要去探索系外行星的,但现在能探测它们的大气层。

哈勃发余热 韦伯来接班

怀斯曼:哈勃目前在科学上仍是强大的,或许比以往更加科学强大。

桑贝齐:在剩下的时间里我们想挑战极限,做以往不曾做过的事,我们向各个团体征集创新想法。我们是该把更多时间用于特殊观察?还是该把观察时间用来帮助学生做研究?

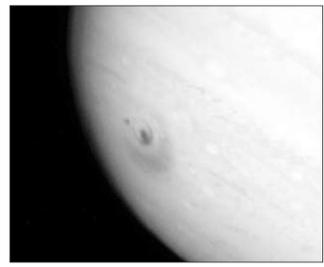
我们希望它至少能运转到2020年,到那时事情看起来会更好。这给了我们一到两年的重叠时间,哈勃和詹姆斯·韦伯同时工作。

保罗·赫兹(NASA天体物理学分部主管):我们将一直运行哈勃,直到它停止科学产出。我的推测是,有些事会在某天突然中断。

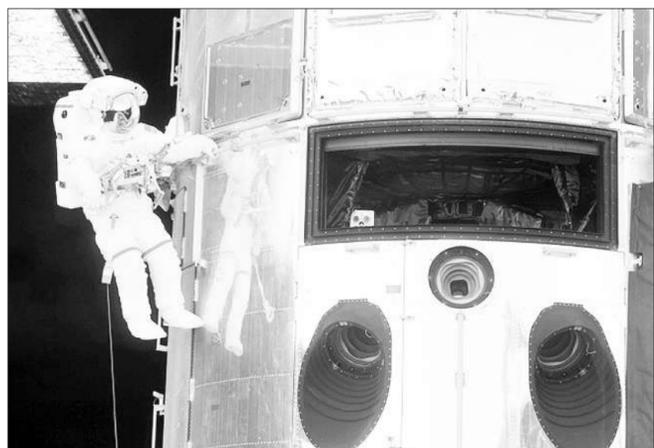
莱克罗斯恩:它将缓慢优雅地老去。由于创新改造我们能继续做好科学工作,我们至少有两个好的仪器,还能继续下去,直到望远镜本身遭遇多种失灵。它也可能带我们进入2025年,但不会永远和我们一起,当它走的时候,我们真的会怀念它。



鹰状星云中由气体和尘埃形成的巨柱。



彗星 Shoemaker 冲击木星留下痕迹。



2009年,宇航员约翰·格朗斯菲尔德对哈勃进行维修。