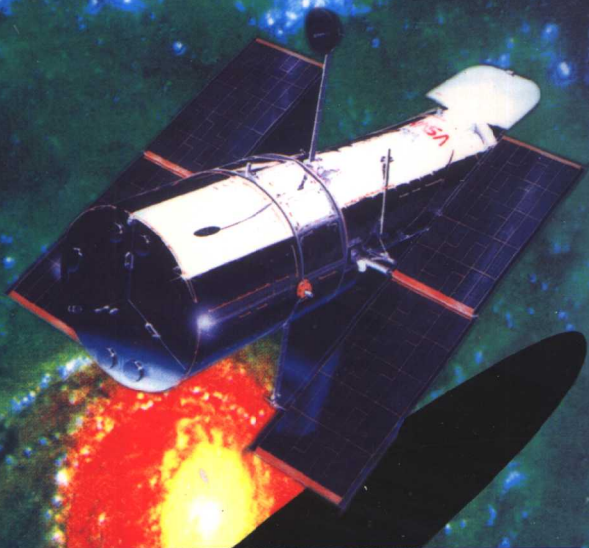


生活与科学文库



哈勃空间望远镜探秘

徐世忠 编

生活与科学
文库

星光告诉我们什么？

“哈勃”看见黑洞了吗？

可观测的宇宙

探索地外文明

科学出版社

生活与科学文库

哈勃空间望远镜探秘

徐世忠 编

科学出版社

哈勃空间望远镜探秘

徐世忠 编

责任编辑 牛海卫

科学出版社 出版

北京东黄城根北街16号

邮政编码:100717

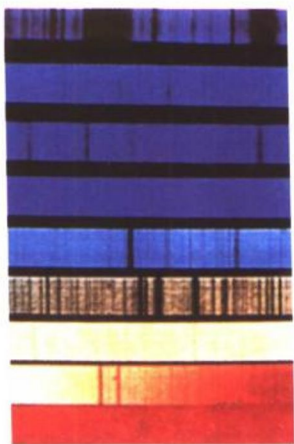
武汉大学出版社印刷总厂印刷

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

*

ISBN 7-03-008064-5/Z · 310

定价:9.50元



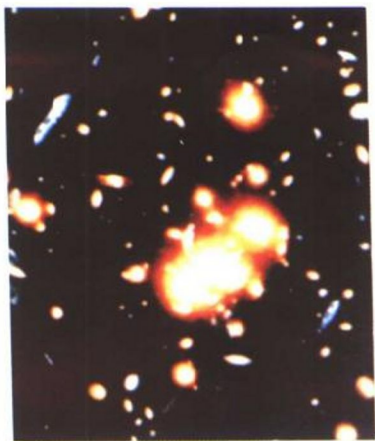
彩图一



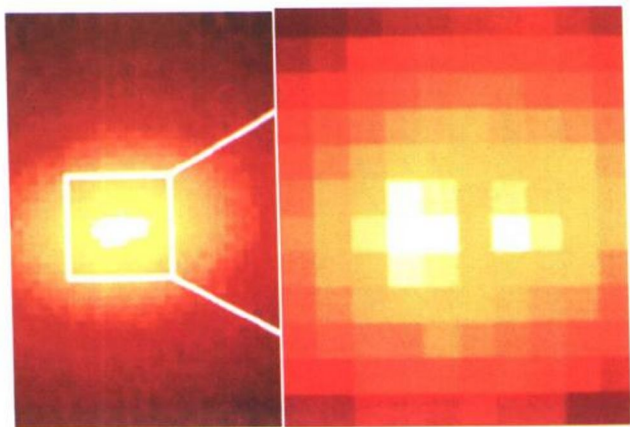
彩图二



彩图三



彩图四



彩图五



一	哈勃空间望远镜.....	(1)
	(一) “星系天文学之父”——哈勃	(1)
	(二) 哈勃空间望远镜	(5)
	(三) “哈勃”升空	(15)
	(四) 为“哈勃”治病	(18)
二	恒星的起源	(22)
	(一) 星座	(22)
	(二) 星光告诉我们什么?	(25)
	(三) 光的本质	(32)
	(四) 恒星的产房	(36)
	(五) 原恒星	(40)
	(六) 恒星的诞生	(42)
三	恒星的成长和衰亡	(46)
	(一) 恒星的旅程图——赫罗图	(47)
	(二) 太阳的一生	(53)
	(三) 白矮星	(62)
	(四) 超新星	(70)
	(五) 脉冲星——快速自转的中子星	(75)
四	探索黑洞	(88)

	(一) “哈勃”看见黑洞了吗?	(88)
	(二) 时空弯曲	(91)
	(三) 引力红移	(94)
	(四) 黑洞的结构及其特征	(98)
	(五) 搜寻黑洞	(104)
五	星系和类星体	(112)
	(一) 银河系	(112)
	(二) 星系世界	(121)
	(三) 哈勃红移	(127)
	(四) 类星体之谜	(134)
六	宇宙的起源与演化	(142)
	(一) 可观测的宇宙	(142)
	(二) 宇宙模型与热大爆炸宇宙	(146)
	(三) 暴胀宇宙	(154)
七	宇宙的结局	(160)
	(一) 宇宙的结局	(161)
	(二) 两个宇宙参数	(166)
八	探索地外文明	(169)
	(一) 地球上的生命	(169)
	(二) 地外文明的存在条件	(173)
	(三) 寻找地外文明	(176)

一 哈勃空间望远镜

(一) “星系天文学之父”——哈勃

1990年4月,美国航天飞机“发现者”号将“哈勃空间望远镜”(简称HST)载入太空轨道,这是人类建造的第一架空间光学望远镜。人类为什么要建造这架空间望远镜呢?这架望远镜为什么要以“哈勃”来命名呢?让我们先从“哈勃”说起吧。

埃德温·鲍威尔·哈勃是20世纪最伟大的天文学家之一,1889年11月20日出生于美国密苏里州马什菲尔德,1953年9月28日在美国加利福尼亚州圣马里诺去世。他是“星系天文学”的奠基者,被誉为“星系天文学之父”;同时又是现代观测宇宙学的开拓者,是近代宇宙论的泰斗。鉴于哈勃对现代天文学(特别是在宇宙学方面)的贡献,而空间望远镜的任务也正是为探测宇宙的奥秘,人们用哈勃的名字来命名这架空间望远镜是再恰当不过的。

18世纪时,一些天文学家对太阳和太阳系的起源产生了兴趣。太阳和太阳系是怎样形成的?天文学家们提出了各种各样的假说,其中以德国著名哲学家康德(1724~1804)的“星云说”为代表。他在1755年提出



图 1-1 埃德温·鲍威尔·哈勃(1889.11.20~1953.9.28)

了太阳和太阳系是由一块原始旋转气体星云在自身的引力作用下收缩而逐渐形成的。40年后,另一位法国数学家、天文学家拉普拉斯(1749~1827)在1796年出版的《宇宙体系论》中也提出了与康德“星云说”大同小异的“星云说”,后来人们称之为“康德-拉普拉斯星云说”。但是他们两人对仙女座大星云(现代称为仙女座星系)提出了不同的看法。拉普拉斯认为仙女座大星云是银河系中一个正在形成中的行星系统;而康德则认为仙女座大星云是离我们非常遥远的恒星集团,康德把它叫做“岛宇宙”。

不论是康德的“岛宇宙”还是拉普拉斯的“行星系统”,都没有得到观测资料的支持,因为在18世纪中叶到18世纪末,望远镜的口径较小,分辨率低。争论的双方都不能说服对方。到了19世纪末和20世纪初,大型望远镜投入使用,照相术用于天文观测,天文学家们拍摄到了一些类似于仙女座大星云的星云照片,这使得

关于这些星云的争论越来越激烈起来。

这一场“岛宇宙”之争长达一个多世纪,20世纪20年代达到了高潮。1920年4月26日,在美国科学院的赞助下,许多天文学家聚会于美国科学院,以美国天文学家沙普利(1885~1972)为代表的一派,利用威尔逊天文台2.54米反射望远镜观测到的旋涡星云,论证其为银河系的成员;以美国里克天文台的天文学家柯蒂斯(1872~1942)为代表的一派,反对沙普利的观点,认为旋涡星云是更为遥远的天体,已超出了银河系的范围之外。

从我们现在所了解的情况来看,在当时,沙普利是以正确的论据导出了错误的结论,而柯蒂斯则以错误的论据反而得到了正确的结论,其根本原因是当时天文学家们对天体的距离定得还不是很准确。这是继康德和拉普拉斯之后又一次没有结果的争论。

在这次争论之后的第四年,即1924年12月30日,哈勃在美国天文学会的一次会议上公布了他自1919年以来,利用威尔逊天文台1.5米和2.5米望远镜对旋涡星云进行照相观测所得到的研究成果。他根据测量仙女座星云中的造父变星的周期所得到的光度,计算出仙女座星云的距离大约是80万光年(现在我们知道仙女座星系离我们的距离是220万光年),而我们的银河系的直径仅只有10万光年。显然,仙女座星云应该称为星系,而且是河外星系才名副其实。

哈勃的结果可谓一锤定音,结束了一个多世纪的争论。哈勃称这类遥远的星云为“河外星云”,沙普利也接受了哈勃的观点。为了与真正的气体星云相区别,后来天文学家们把这些遥远的“岛宇宙”称为“河外星

系”。它们是一些巨大的、独立于银河系以外的恒星集团。哈勃发现了星系世界，他开创了“星系天文学”，被人们称为“星系天文学之父”。

现在我们知道，一个典型的星系大约有 1000 亿颗恒星，直径也差不多有 10 万光年；然而，我们今天在宇宙的各个方向都能看到星系，并且所看到的星系数目比起一个典型的星系所包含的恒星还要多得多。可以认为，星系是宇宙中最大的独特的天体。有的星系离我们实在是太远了，远到上亿光年，甚至上百亿光年，即使是离我们最近的星系——大麦哲伦星系，离我们也有 17 万光年。我们知道，光在真空中的传播速度是每秒 30 万千米（近似值），1 光年就是光在 1 年（365 天）中所运动的距离；可想而知，17 万光年是多么的遥远。

哈勃虽然平息了“岛宇宙”之争，然而也因此引起了一场更大的宇宙学之争。直到今天，这场争论不仅在天文学范围内进行，还涉及到物理学、哲学等诸多学科。

1929 年，哈勃在《美国国家科学院文集》上发表了《河外星云距离与视向速度的关系》这篇划时代的论文，提出了河外星系的距离与视向速度成正比例的论断，即河外星系离我们的距离越远，它沿着我们视线方向离开我们的速度就越快。如果用公式表达，可以写成

$$V = H_0 \cdot D$$

式中 V 表示星系离开我们的视向速度， D 表示星系离开我们的距离， H_0 是一比例常数，为纪念哈勃，取名为“哈勃常数”。这个公式就是后世著名的“哈勃定律”。哈勃常数 H_0 的倒数是 $\frac{1}{H_0}$ ，正好表示宇宙的年龄，而哈

勃定律也正好表示我们的这个宇宙正在不停地膨胀，由此引发出一场至今尚在进行中的关于“宇宙的起源”、“宇宙的图景”或者说是“宇宙的演化”的学术争论。

宇宙学在古代只是哲学家们思辨哲学的理论研究对象。到了近代，哥白尼、伽利略和牛顿等人先后提出了一些宇宙学的近代模型。哈勃发现哈勃定律之后，宇宙学的研究取得了很大进展，并由此开创了“观测宇宙学”。天文学家从大宇宙的角度研究星系的组成与结构、星系的空间分布与运动；物理学家从小宇宙的角度研究基本粒子的性质，或者说是从物质的本质来探讨宇宙的结构。

由于哈勃常数 H_0 在宇宙学研究中的重要意义，人们要求出 H_0 的精确值，这就必须要有精确的天文观测。地面观测由于受大气影响而不能满足要求，所以科学家们就想到把望远镜送入太空进行观测。于是人们就建造了一架光学望远镜，并将其送入太空。这架望远镜就是“哈勃空间望远镜”。

（二）哈勃空间望远镜

为了探索我们这个宇宙的结构、它的过去和未来，人们赋予了哈勃空间望远镜 9 项使命：

1. 探索恒星的起源；
2. 探索黑洞；
3. 探索更遥远的星系和星系的成分；
4. 探测类星体；
5. 精确测定宇宙的大小；

6. 测定宇宙的年龄；
7. 探测我们的这个宇宙是开放的，还是闭合的；
8. 探测太阳系；
9. 寻找太阳系外的行星系统。

哈勃空间望远镜虽说有 9 项使命，但归纳起来实际上只有 3 大类：

第一，恒星的起源和演化；

第二，宇宙的起源和演化；

第三，行星的起源和生命的起源与演化。

这 3 个问题，几千年来一直困扰着我们，直到今天还没有得到圆满的解决，以致成为现代科学前沿的三大起源问题。这也是我们要介绍的哈勃空间望远镜探秘的主题。

“工欲善其事，必先利其器。”为此，我们有必要对哈勃空间望远镜作进一步的了解。

现代天文学在地面上的观测，射电望远镜我们不在这里论述，就光学望远镜而言，可以认为已达到了极限。著名的海耳望远镜口径达 5 米，和前苏联的 6 米口径望远镜一起已是庞然大物。近年世界上最大的地面光学望远镜是 10 米口径的凯克望远镜，已在夏威夷投入使用，分辨率可达到 0.7 角秒。即使如此，分辨率也不如口径只有 2.4 米的哈勃空间望远镜的分辨率。

实际上，地面光学望远镜口径再大，即使是工程技术和巨额投资等难题都可以解决，建成后也难以达到人们所希望的高分辨率，因为地面观测严重地受到地球大气层的干扰。而射电望远镜尽管不受地球大气层的影响，但其分辨率还是受到它的口径的限制。因为不论是光学望远镜还是射电望远镜，它们的分辨率都与

它们的口径大小、所接受的辐射的波长有关。在口径相同条件下,波长越长,分辨率就越低。由于射电望远镜所接受的是天体的无线电波,而无线电波(即射电波)比可见光波的波长要长1万~1千万倍,这就使得射电望远镜的分辨率要比光学望远镜的分辨率低得多。因此,为了提高射电望远镜的分辨率,只有走光学望远镜的老路——增大射电望远镜的口径,如美国阿雷西博射电天文台的射电望远镜,就建在一个天然的山谷之中,口径达305米,即使如此,仍然达不到人们所需的高分辨率。人们在进行天文观测时,为什么要追求高分辨率呢?这是因为,分辨率越高,图像也越清晰,看到天体的细节就越仔细。所以,从伽利略制成第一架望远镜用于天文观测开始,天文学家们就无不为提高望远镜的分辨率而伤透了脑筋。可以这样说,每当望远镜的分辨率有所提高,天文学就必然地有重大发现。譬如说,美国威尔逊天文台的海耳望远镜口径达5米,用它观测月球,其分辨率允许辨认月面上直径约为900米的细节,这就是说,月面上不小于900米的物体,它都能看得清清楚楚;而小于900米的物体就辨认不出来了。如果将海耳望远镜送到地球大气层以外观测月球,由于不受地球大气层的干扰,这时能分辨出月面上直径不小于30米的物体,分辨率是地面的30倍。这样高的分辨率,无不使天文学家梦寐以求。所以,人们就设想将望远镜建到太空中去。

早在1946年,美国天文学家斯别兹最先提出了建立空间望远镜的计划。1962年,美国曾将一架口径达到3米的反射望远镜送入轨道。这架轨道望远镜不受地球重力的影响,比一架同样的地面望远镜轻。1971

年秋,美国国家航空和宇航局(简称 NASA)开始研究有关空间望远镜的计划。1973 年 5 月至 1974 年 2 月之间,美国又发射了“空间实验室”,这个实验室由 3 人飞行小组操纵,共飞行了 3 次。第一次工作 1 个月,第二次工作了 2 个月,第三次工作了 3 个月,一共工作了 6 个月。“空间实验室”获得了大量珍贵的太阳物理资料,所取得的成果促使 NASA 支持发射大型空间望远镜的计划。1977 年,这一计划得到了美国国会的批准,也吸引了欧洲空间局,并且欧洲空间局也参加了这一计划。实施这一计划的第一项成果就是建造了哈勃空间望远镜。

哈勃空间望远镜是一个巨大的光学系统。整架望远镜呈圆柱形,长 13.3 米,直径 4.3 米,总重量 12.5 吨(图 1-2)。建造这样巨型的空间望远镜,还要把它送入环绕地球运行的轨道,没有以现代科学技术为基础的航天技术是不可能做到的。这是由美国 NASA 主持建造 4 座巨型天文台的计划中的第一项,也是迄今为止天文观测项目中规模最大、投资最多、也最为引人注目的研究工作。

哈勃空间望远镜的系统主要由三大部分组成:

光学望远镜组件 主镜是卡塞格林式反射望远镜,口径 2.4 米。其工作原理是,来自宇宙天体的光线从航天器的舱门射入主镜后,被主镜反射到位于主镜前的口径为 0.3 米的副镜上,再从副镜反射进入到主镜中央的圆孔,并穿过圆孔在主镜的后面聚焦,在焦点处设置有暗弱天体照相机,相当于目镜,如图 1-3 所示。

哈勃空间望远镜主镜镜坯用超低膨胀系数的中间



图 1-2 哈勃空间望远镜

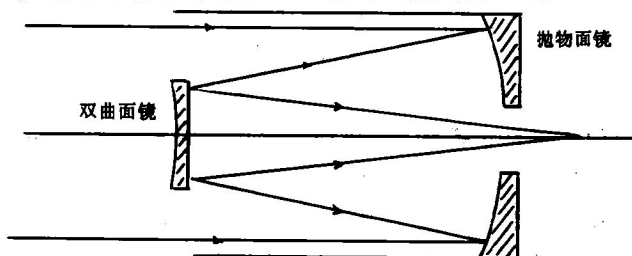


图 1-3 卡塞格林式反射镜光路

夹有玻璃蜂窝的玻璃所制成，镜坯重 671.4 千克，主镜与双曲面副镜之间用 140 根环氧石墨材料棒组成的桁架支撑着。主镜镜面磨制成抛物面，即一条抛物线绕着它的轴旋转成的旋转抛物面。磨制的精度要求达到 0.05 个波长，即是要求达到光波波长的 $1/20$ 。可见光中的黄色光的波长约为 5000 埃 ($1 \text{ 埃} = 10^{-8} \text{ 厘米}$ ，用小数表示可写为 0.00 000 001 厘米)，这就是说，主镜镜面与标准的抛物面的误差不能超过 $\pm 0.000 025$ 毫米；副镜镜面与标准双曲面的误差也要求达到这样的精度。

科学仪器舱 哈勃空间望远镜的科学仪器舱计划安装有 5 件科学仪器,它们是暗弱天体照相机(简称 FOC)、暗弱天体光谱仪(FOS)、高速光度计(HSP)、高分辨率光谱仪(GHRS)和广角行星照相机(WF/PC)。

暗弱天体照相机是一台高灵敏度的摄像仪,由欧洲空间局制造。它设计有两个焦比 $f/48$ 和 $f/96$,即有两种光圈,可以在这两种视场内达到很高的分辨率,按原定设计能看到很暗弱的 30 等星。天体的亮度是一种直观的感觉,其明亮或暗弱的程度,天文学家用“星等”来表示。

古代人观察天体,仅凭肉眼来辨别天体的亮度。那时人类多半生活在北半球,有 15 颗很明亮的恒星,就把这 15 颗亮星标定为 1 等星;人眼能刚好看见的最暗弱的星定为 6 等星。这种将天空中的恒星按由亮到暗的顺序,从 1 等排到 6 等的方法,没有严格的标准。星等和亮度之间,也没有明确的关系,往往因人而异。

1850 年,英国天文学家普森(1829~1891)根据德国生理学家费希内尔(1807~1887)的一个生理学定律:“感觉度随刺激度的对数变化”推断出,星等相差 5 等,亮度相差 100 倍;或者说相邻两个星等的比为 2.512 倍。这就是说,1 等星比 2 等星要亮 2.512 倍,2 等星比 3 等星也亮这么多倍。后来天文学家用光度计测量了恒星的真亮度,发现比 1 等星还要亮的星,于是就为零等星或负几等星来表示。如天狼星的亮度是 -1.4 等,织女星的亮度是 0 等,牛郎星是 0.8 等,太阳是 -26.7 等。我们把这种亮度和星等叫做“视亮度”和“视星等”,仅仅是目视的感觉度而已。

人眼最佳的情况下,能看到最暗的星是 6 等星,而