

第一章

哈勃太空望远镜和宇宙



众星随手挥就的传说遍布浩瀚难驯的宇宙，在我们眼中闪烁微光。

——克莱恩 (Hart Crane)

远方的光千里迢迢地抵达地球，被我们的新眼睛——望远镜、全频时间仪——尽收眼底……有了这些新眼睛，我们便能像早期的探险家一般展开多彩多姿的旅程，直探宇宙的边际。

——罗弯·鲁宾逊

(Michael Rowan-Robinson)

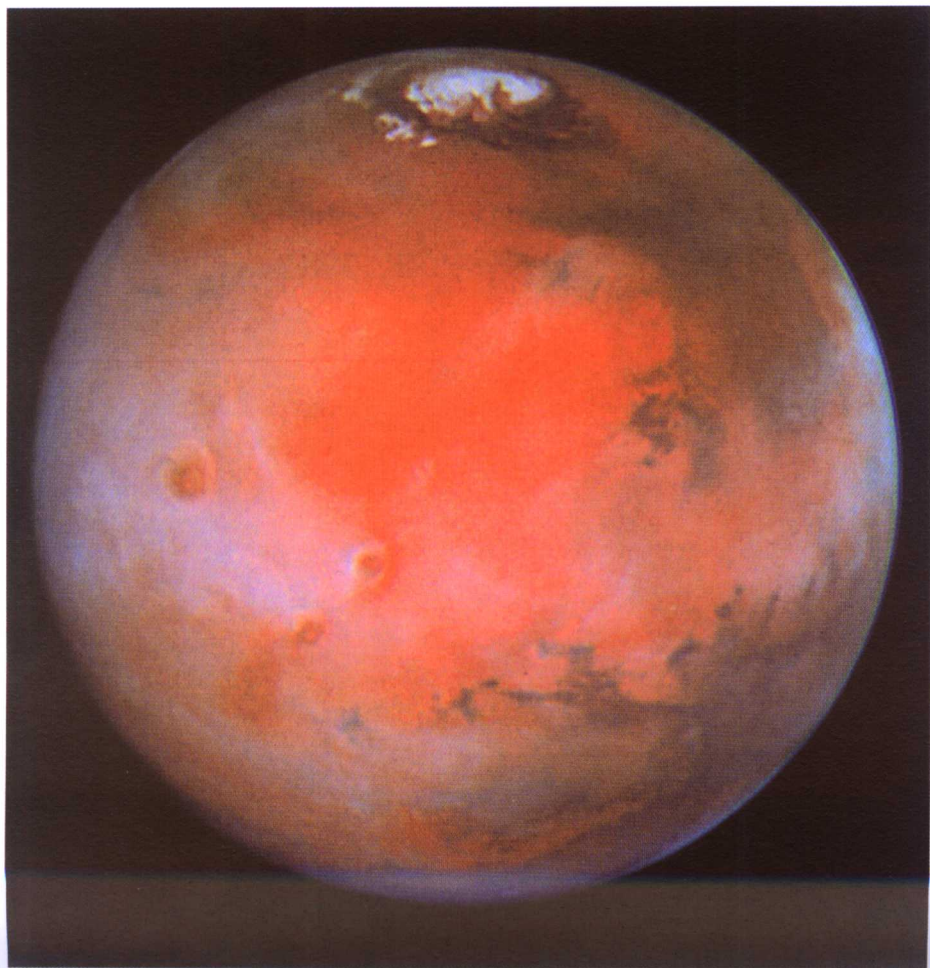


图 1.1 图为 1997 年 5 月 20 日，由哈勃太空望远镜拍摄到的火星全貌。当时，这颗红色行星的北半球正值初夏。

(Philip James, Univ. of Toledo; Todd Clancy, STScI; Steven Lee, Univ. of Colorado; NASA 等提供)

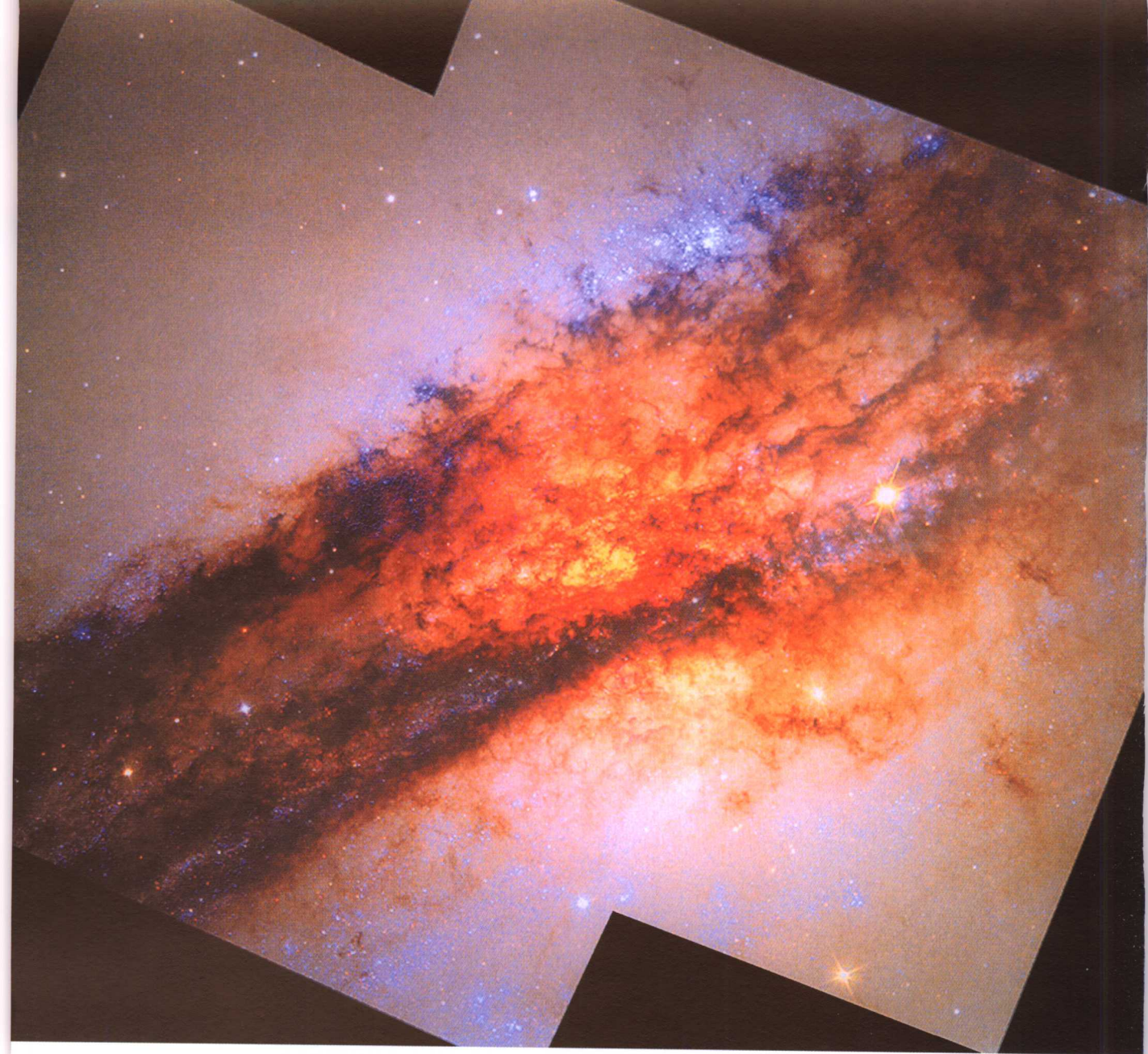


图 1.2 图中为半人马座 A 星系(Centaurus-A, NGC 5128)的中心,有新恒星诞生。此星系离地球约只有1000万光年远。近红外光相机及多目标分光测热计可以穿透星系周围由气体与尘埃组成的薄雾,进而拍摄到位于星系中心的大型黑洞。此黑洞正在吞噬一个与半人马座 A 星系相撞的小星系。
(Ethan Schrier, STScI; NASA 等提供)



图1.3 图为靠近我们的M33星系中一处巨大的恒星诞生地，由哈勃的广角行星相机2号拍摄而得。此星云(NGC 604)中心有超过200颗炽热、质量重的年轻恒星。恒星的辐射把星云的气体加温，使星云的轮廓变得很明显。
(Hui Yang, Univ. of Illinois; NASA 等提供)

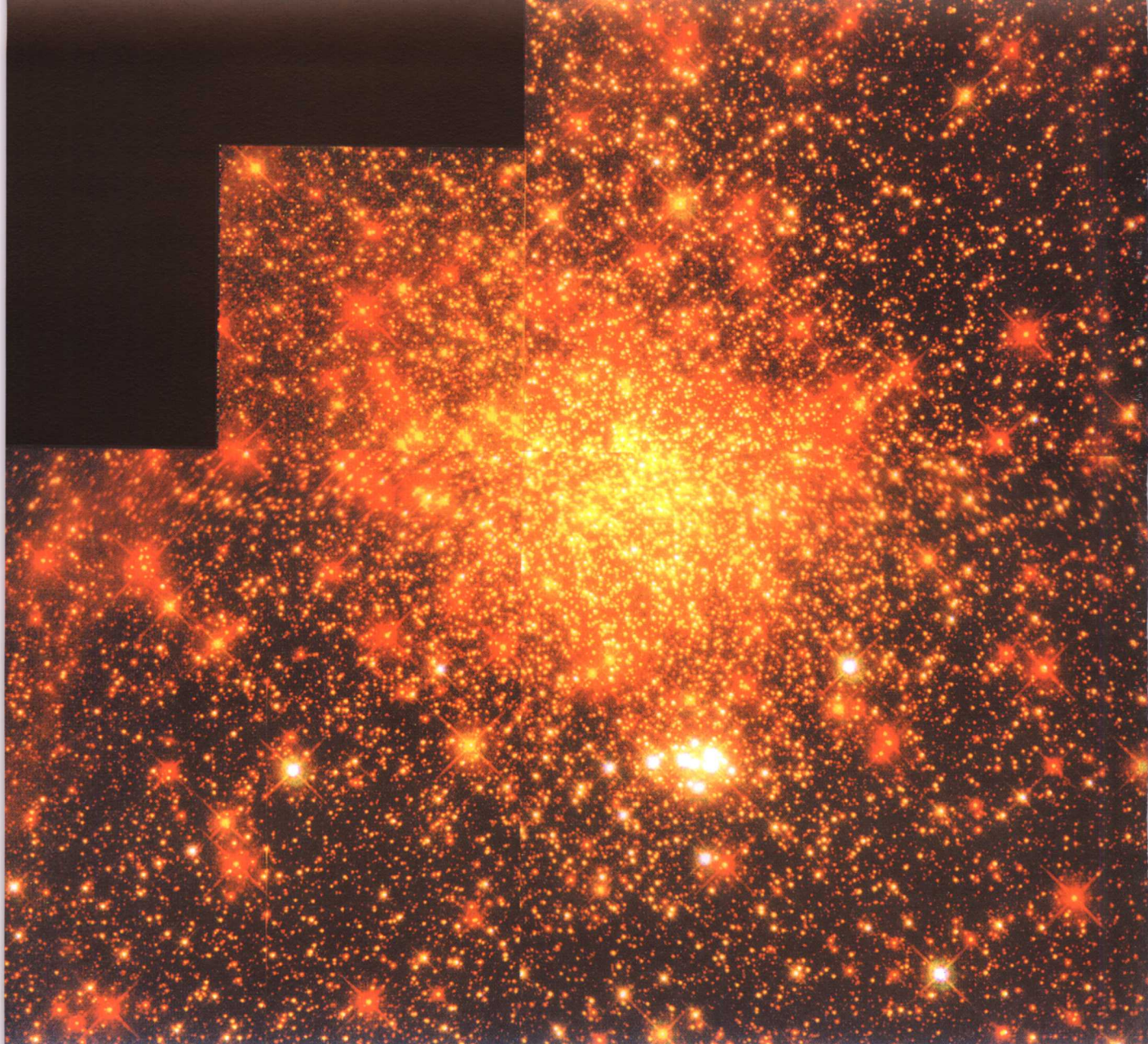
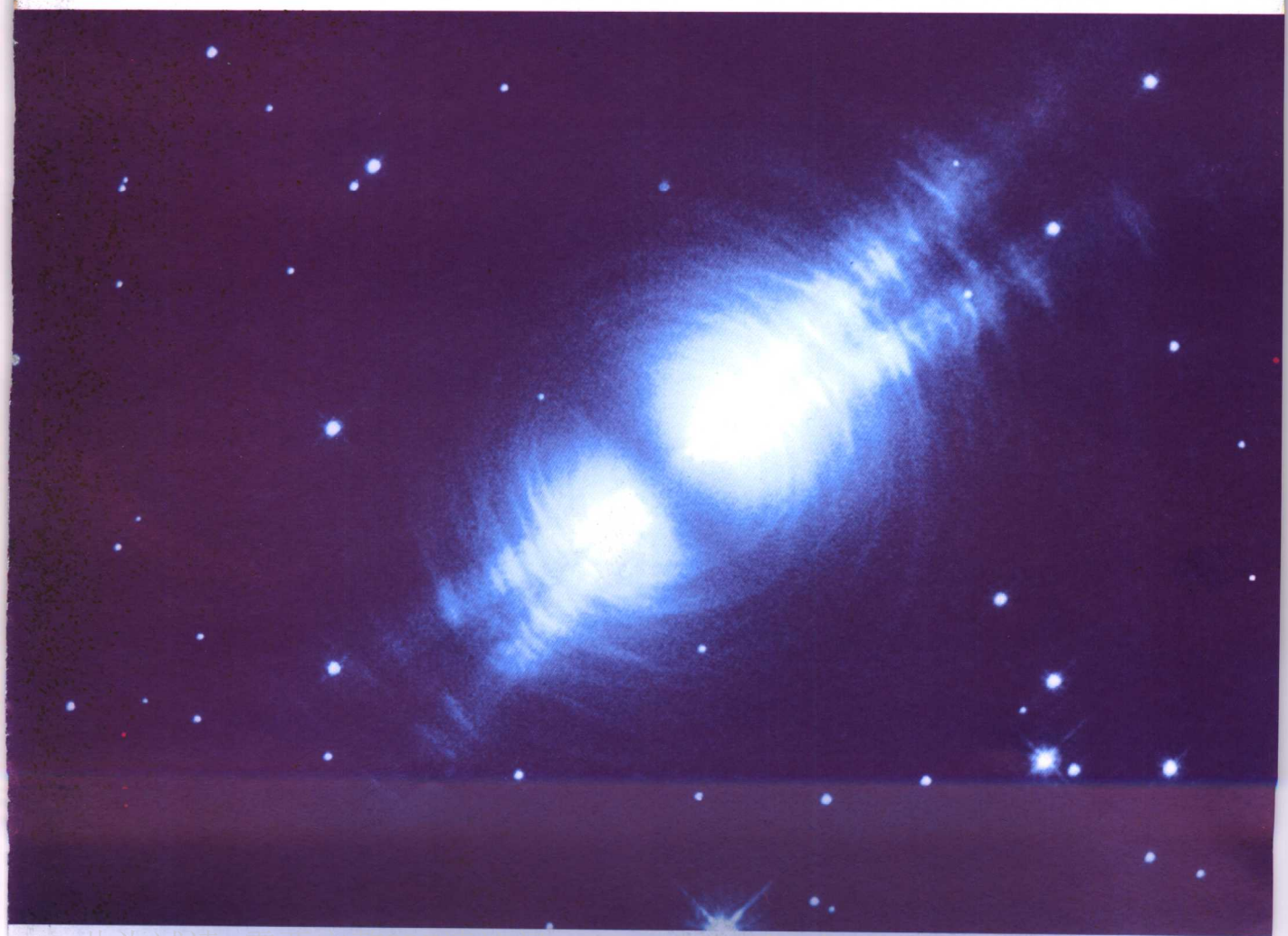
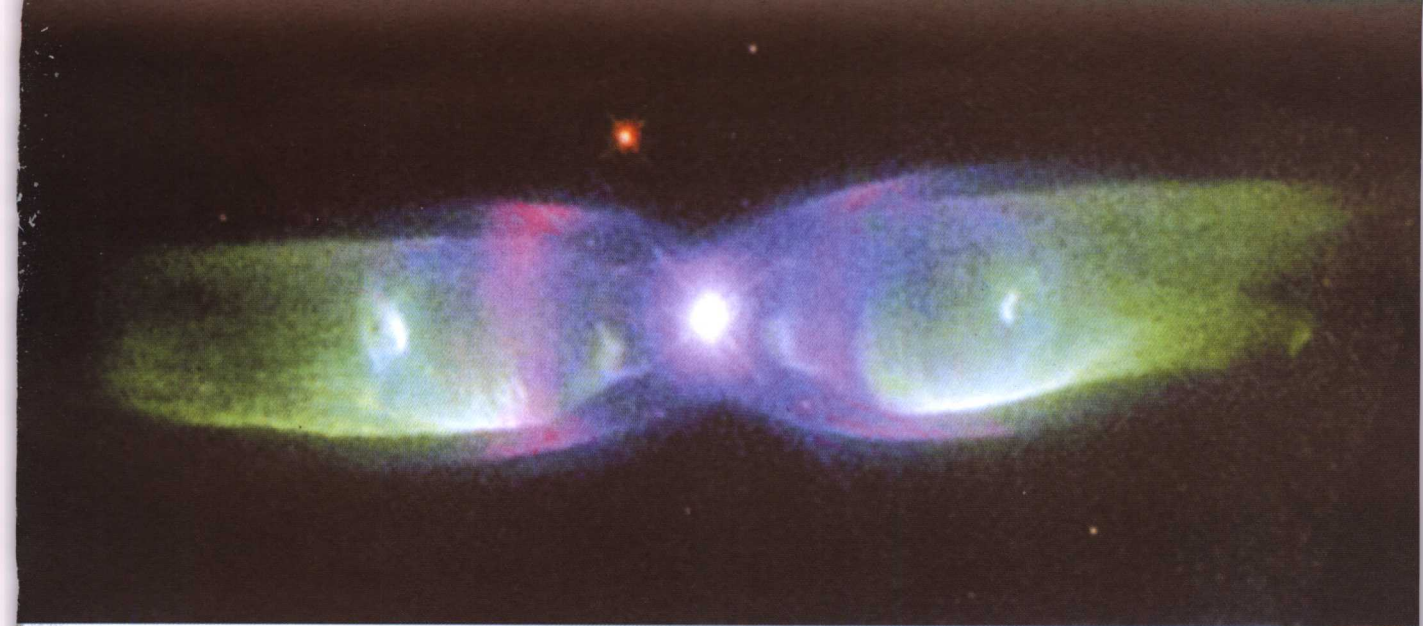


图 1.4 图为大麦哲伦云中的两群星团，由广角行星相机 2 号摄得。从这幅视野宽达 130 光年的图片内，我们可以看到将近 1 万颗恒星，其中大部分恒星都属于 NGC 1850 星团。
(R. Gilmozzi, STScI/ESA; NASA 等提供)

图 1.5 (右页)由广角行星相机 2 号拍摄到的两团行星状星云。(上图)M2-9 的“蝴蝶”形状背后，其实是两股从星云的中心把物质向外推送的喷流，喷流的速度在每秒 300 公里以上。
(Bruce Balick, Univ. of Washington; Vincent Icke, Leiden Univ., Netherlands; Garrelt Mellema, Stockholm Univ.; NASA 等提供)

(下图) 图为 CRL 2688，又称为“蛋状星云”，图中显示了历时 1 万年的质量损失情形。弧状物为濒临死亡的恒星爆炸开来的外壳稠密物质。图中明亮的“探照灯”光束表示，在这历时 1 万年，从恒星喷射出来的云气当中，可能有洞存在。
(R. Sahai, John Trouger, NASA Jet Propulsion Laboratory; NASA 等提供)



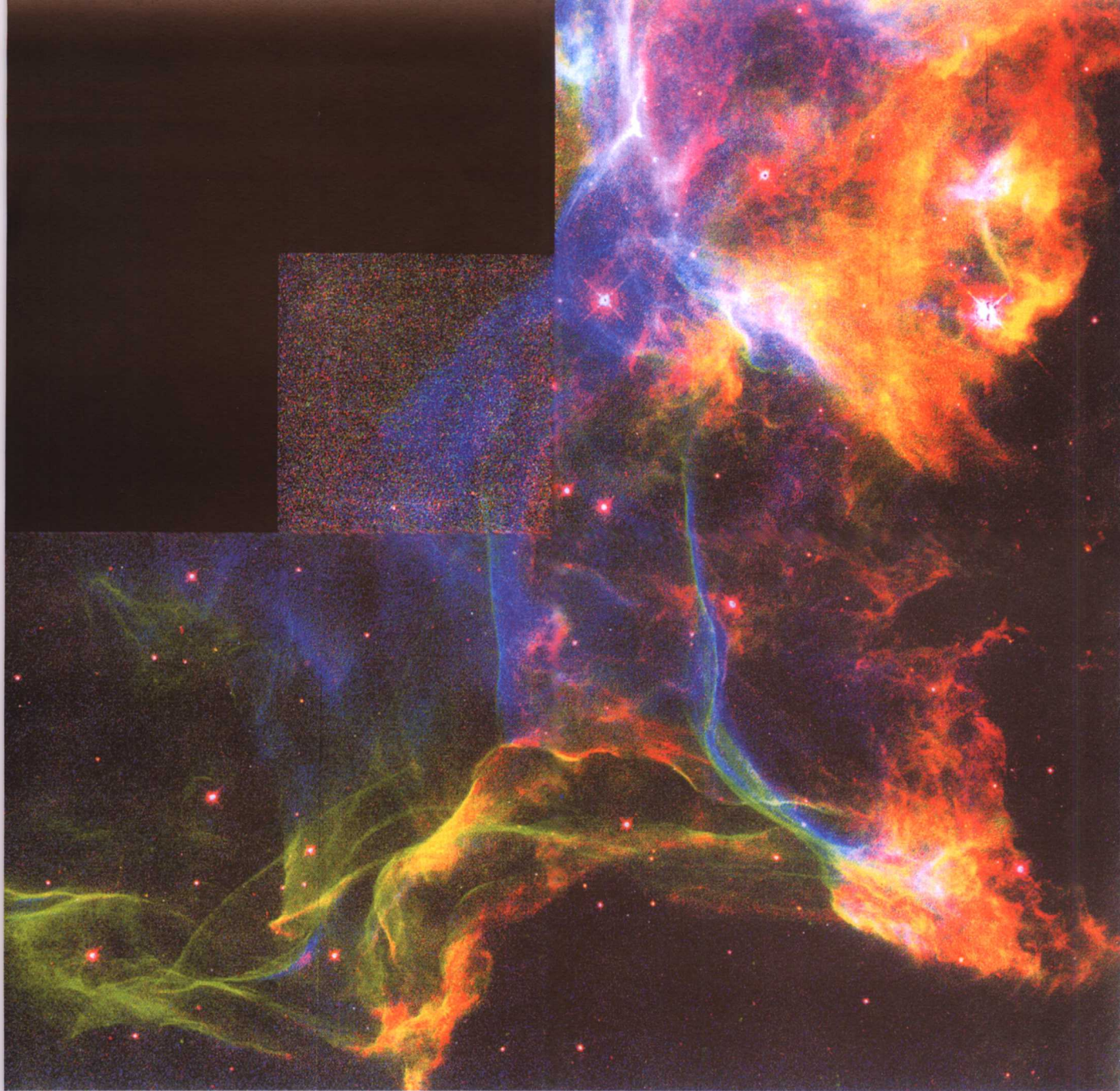


图 1.6 图为超新星残骸内的一小部分，即著名的“天鹅座环”(Cygnus Loop)，由广角行星相机 2 号摄得。本图中，自超新星发出的冲击波与稠密的星际气体相撞，造成气体温度升高而发光。

(Jeff Hester, Arizona State Univ., NASA 等提供)



图1.7 通过广角行星相机2号所见星系相撞之后的余波。图中的孪生星系核呈橘黄色块状。明亮的蓝色星团则分布广泛，呈螺旋状，这些星团的诞生是由于两星系相撞所引发。
(Brad Whitmore, STScI; NASA 等提供)

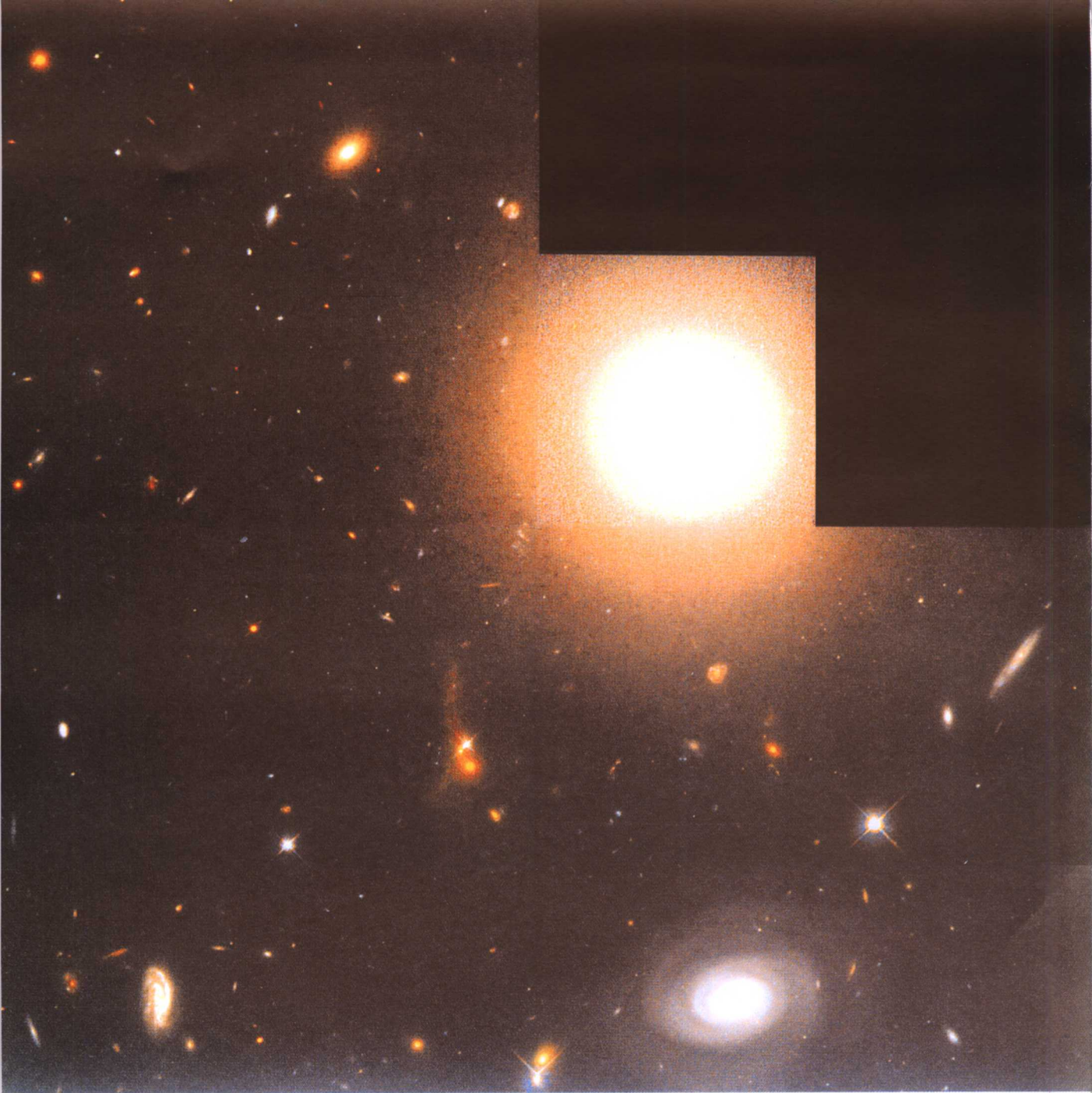


图 1.8 本图是以 NGC 4881 为中心所拍摄到的远方星系照片。这些位于后发星团边缘以及更远处的星系，与地球相距可能都超过了 1 亿秒差距以上。

(William A. Baum, Univ. of Washington, the HST WF/PC Team; NASA 等提供)

自古以来，人类就有观看星空的习惯。在漆黑、晴朗无云的夜空，每当我们抬头仰望星空，刹那间心灵即为灿烂的星空所感动。想想看，先前多少世代以来，有过多少天文学家，曾经像我们现在一样，望着这引人好奇的神秘宇宙。这激发了我们的动力，使我们不禁想去窥探其中的奥秘。可笑的是，仔细一看才知道几乎不可能，因为除了几个邻近的行星之外，随便挑一个星球都和地球距离非常遥远，杳不可及。尽管如此，星星的距离与光芒仍一直令人着迷。我们会望着星空的某处问着，那是什么？它距离我们多远？在太空中跑多快？而宇宙的年龄究竟有多老？范围有多大？它到底会不会毁灭呢？

天文学就是要为以上这类问题提出解答。设想天文学家可以像《星舰奇航》(Star Trek)中的“企业号”般，通过宇宙飞船的舰桥来观察宇宙——以重力曲速穿梭于行星与恒星系统之间，并使用长程扫描仪和先进的探测仪来调查星际间的奥秘，将会是多么兴奋的事！可惜，就算如此，我们的生命仍太过短暂，连时间尺度较短的恒星与银河演化也未能亲眼目睹。可是，天文学家并不气馁，为了了解宇宙，他们发明了一些前所未有、极了不起的工具来辅助探秘。

哈勃太空望远镜即是一例，1990年，它在科

学界的一片欢呼声中，风风光光地成为首席天文台。凡是对天文感兴趣的人都知道，在天文学家发现哈勃太空望远镜出问题以后，哈勃随即历经了一段艰难的“试航”期。最广为人知的就是发现主镜有球面像差，基本原因是主镜研磨不正确。原意是想要将物体上大部分的光反射到聚焦良好的“光核”中，结果却只有小部分对准光核，其余均散布到光核周围的扩散光晕中。这样一来，到达科学仪器的光就严重变少，导致无法紧密聚焦以得到良好的观测结果。为了解决望远镜上的球像差以及若干其他零件故障等严重问题，美国国家航空航天局(NASA)在1993年进行了一项复杂的校正任务。在历经了这项校正任务，以及于1997年安装两台新仪器的另一项维修任务之后，我们终于有了一座可以在轨道上运行的天文台，每天都可以开工，完全不受大气影响。它的观测范围几乎涵盖太阳系内所有的天体，远则可以达到宇宙观测的极限。(读者如果对哈勃太空望远镜的早期经历感兴趣，本书第六章专门介绍哈勃的历史以及支援哈勃的相关任务。)

远在哈勃太空望远镜展开漫长旅途数年前的某个怡人秋夜里，一对父女站在屋外仰望星空。由于这个女孩一整天下来，已经从屋内大人的闲聊里知道，太空中出现了一样奇怪的新玩意——

一个叫做“史泼尼克”(Sputnik)的人造卫星,所以女孩乞求父亲带她到户外,为她指出“史泼尼克”在哪里。他们等到天暗下来,星星开始闪烁时才出门。父亲试着告诉她“史泼尼克”就在上面的某处,但是不容易看到。女孩触目所及是满天星斗,根本分不太出来看到的是什么。然而父亲眼里所看到的,却是小女孩渴望的找寻一样自己从来都不了解的东西。尽管如此,父女俩那晚仍然驻足户外,寻找划越天际的闪烁亮点——地球的第一颗人造卫星。虽然始终未曾见到“史泼尼克”,但这却是引领小女孩认识夜晚星空的关键,并从此拓展了她的宇宙观。

自“史泼尼克”升空40多年后,迄今,人类已不断定期运送仪器、动物、人员上太空。而我们对于宇宙的了解,其实就像那个小女孩一样少,但是随着每一次太空任务的进行,人们对宇宙的了解就更多一点。宇宙不但比我们所想像的还复杂,而且用来研究宇宙的仪器,也从简单的望远镜进步到精密复杂、结合了光学与电子学系统的多频探测仪,这些发明为我们开启了空间和时间上划时代的视野。

从微观的原子世界到宏观的银河范畴,处处都反映出宇宙的复杂性。为充分体认此惊人的尺度变化范围,我们不得不将它转换成我们熟悉的单位来理解。当然,最简单的就是举日常所用的公里单位为例。譬如我们平日白天出门工作或上学的距离通常为数公里远,而我们从一个国家旅行到另一个国家的距离则可能是数千公里之遥。再举较大的尺度为例,譬如太阳系,它的范围横跨了数千到数百万公里不等。从这里,我们可以再将好奇的眼光放远,由自己所生活的行

星,投向银河系(Milky Way Galaxy)内数亿公里之遥的恒星。至于在银河系以外的太空中,则尚有紧密聚集成群的星系旋转运行于宇宙内,大约和我们相距数百万到数十亿公里远。而就在天文学视野较模糊的边缘地带(在远远超过数十亿公里远的地方),我们找到了宇宙诞生的证据。无疑,我们探究宇宙的真正目的,就是希望能够了解宇宙不断发生变化的整个过程。

其实,我们每天都会看到变迁和演化的起因,举凡地震摧毁城市、暴雨冲走家园、飓风破坏沿岸地区等等,不胜枚举。另外,随着大城市、公路、水坝、桥梁的恣意扩建,地球的面貌已经改变了。我们找到证据显示过去在火星的表面上曾经有水存在,当时的风貌和今日完全不同。此外,在星空的某个角落,有团庞大的气体和尘埃云即将孕育出新恒星;在另一个角落,却有另一团状似不祥的气体云留存着遽变中死亡的超巨星残骸。偶尔,我们也可以从邻近某个美丽的星系中,看出该星系的起源。然而,我们是怎么知道这一切呢?这都要归功于平日习以为常的光,我们只是充分了解它的特性并加以运用而已。

光与天文学

光是解开天文之秘的罗塞塔石碑(Rosetta Stone)^①,是了解宇宙复杂奥秘的指引。只要物体会辐射或反射光,我们就可以通过这些光而得知许多关于物体的资料,包括了物体的温度、化学成分,以及物体行经宇宙时的速度与方向等。因此,天文学史可说是人类学习如何解读光的奥秘的历史。一旦知道光是了解宇宙的关键所在,

人类遂大量发展一系列的仪器，来捕捉以各种不同形式呈现的光，并加以分析。

我们最熟悉的是肉眼就能看见的光，称为“可见光”。它只是天文学家所关心的全系列“光”的一部分，范围从 10^{-8} 米的最短波长到3毫米的最长波长。同样，天文学家所提到的“光”也只是全系列电磁波的一部分，此全系列电磁波统称为电磁波谱(electromagnetic spectrum，简称EMS)。另外，对于波长极短的光，天文学家采用另一种单位——埃(angstrom)来描述，1 埃等于 10^{-10} 米。如此一来，“光”的最短波长就等于100埃。电磁波谱涵盖了所有的辐射，从 γ 射线、X射线、紫外光到可见光、红外光、无线电波，都在它的范围内。为了有个相对大小的体认，试想像电磁波谱中的所有波段——包含最长到波长100米的无线电波——都摊开

摆在长约一个美式足球场的空间上(约91.4米)，则落在4000埃到7000埃之间的可见光谱带——即肉眼可以看到的光范围——将只占约 3×10^{-7} 米宽，比足球场上的一片草叶还薄。

可是，并不能因此就把光定义成为许多波长的集合。无疑，光能显现出波的行为，不过，却也可以表现得有如粒子一般。事实上，光可以同时表现出波

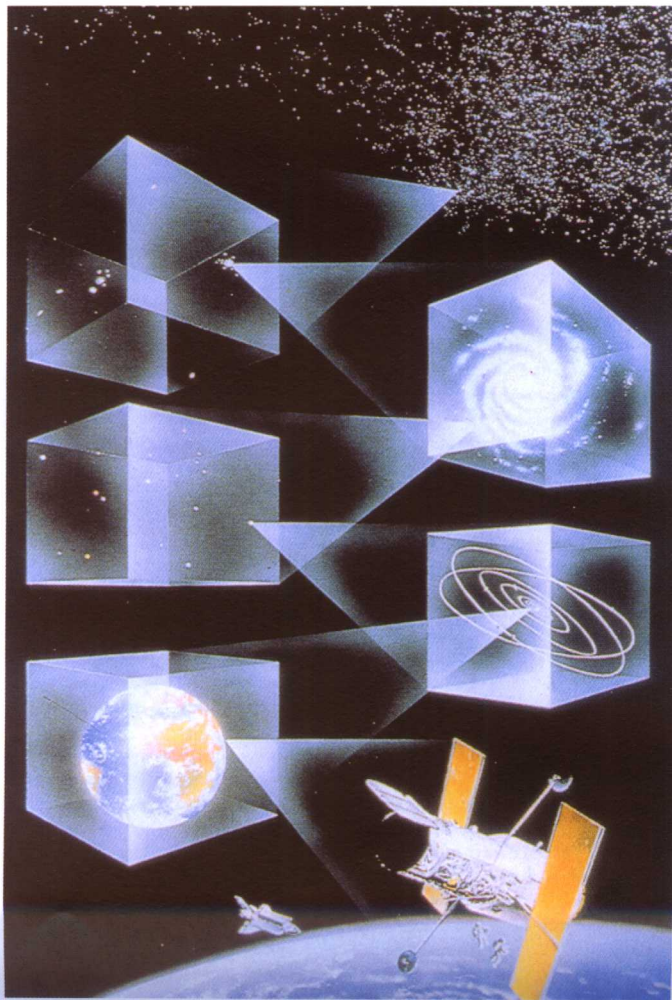


图1.9 本图显示宇宙内各类天体系统的大小和尺度。图中可以看到一个包含地球在内的方块，里面有太空人正在维修哈勃，显然哈勃只是这个方块内的一个点；而此方块也不过是包含太阳系在内的方块中的一个点而已。依此类推，我们的行星系统只是邻近恒星空间之中的一个点，而这些恒星空间所构成的方块，也不过是银河系旋臂上的一个点；而银河系又是邻近星系空间之中的一个点，最后，这些星系空间所构成的方块，也仅是整个宇宙中的一个点而已。

(Dana Berry, STScI 提供)

①罗塞塔石碑，1799年在埃及亚历山大城发现，上刻有希腊文、古埃及象形文字与通俗文字的铭文。历史学家根据几种文字的对应关系，破解了古埃及象形文字之谜。

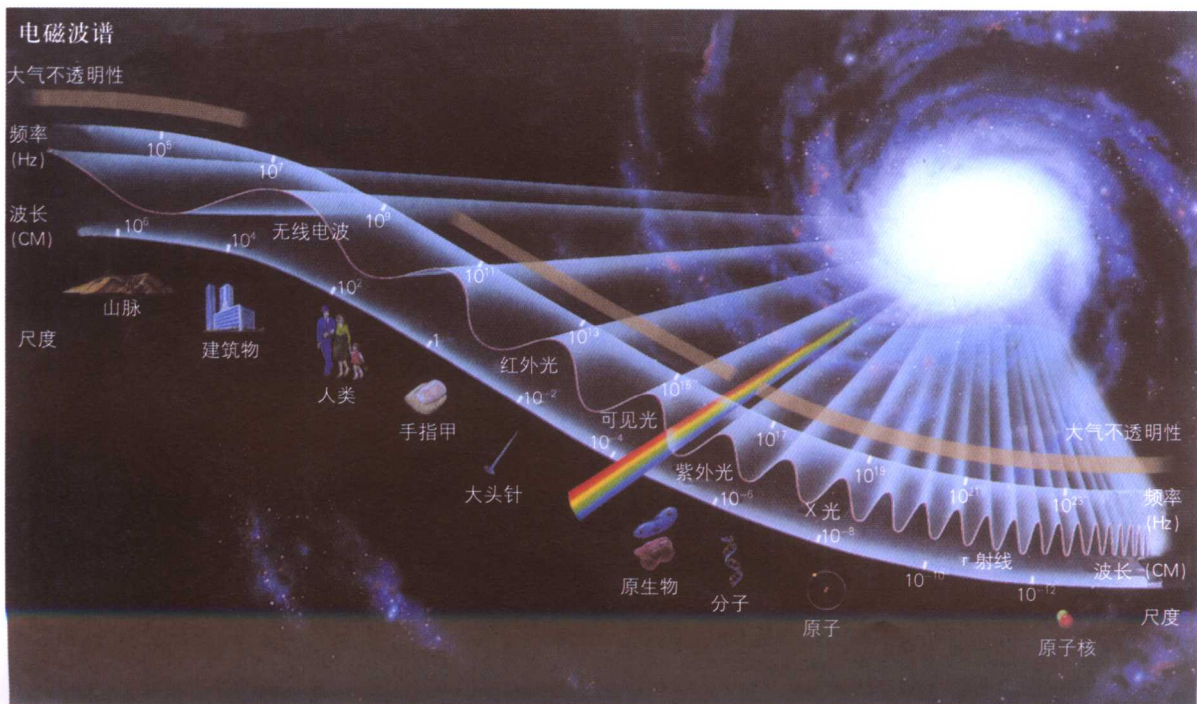
与粒子的特性，它们之间的区别依赖我们是采用哪种方式来观测光。光的粒子称为光子，可视为一个能量包，每一个光子都具有一种能量值，单位为焦耳。光子也潜藏有波的性质——也就是说，它会显露出波长的特征。例如红光，波长约在6500埃左右，光子能量大约为 3×10^{-19} 焦耳。一般屋内所使用的灯泡会辐射出淡黄白光，它是由比红光能量还高的光子所组成。当你点亮100瓦灯泡，每秒就辐射出约 10^{20} 个光子，而其余能量皆以热能形式散发出去。

的夏日里步行于海滩上的情景。当你作日光浴时，从太阳辐射出来的可见光光子会打到你的眼睛上，使你能看见周围的环境，同时，你也可以从太阳的温暖感受到红外光，以及让皮肤灼伤或晒得黑黝黝的紫外光辐射。另外，太阳还会辐射出更高能量的紫外光与 γ 射线，不过，因为地球的大气层已将之遮挡住了，所以躺在沙滩上的你并不会感受到。

现在再将上述体验转移到观测天体的情形上。想像你带着观测的装备——单筒或双筒望远镜、星座图、热饮、巧克力棒、毛毯、收音机或CD随身听——步履蹒跚地走到户外，彻夜

图 1.10 图为电磁波谱(EMS)。图中画出了所有电磁波范围、对应的尺度大小以及最可能辐射该能量的物体。地球大气层的不透明性看起来就像一条银带，它决定了哪些辐射才能穿透大气层到达地面。事实上，只有可见光和无线电波才能到达地面，其余则不能。

(Dana Berry, STScI; Greg T. Flynn, Sky Publishing Corporation 等提供)



进行观测，此时，你所观看到的很可能是那些辐射出可见光波的物体。假如你观测的是月亮或行星，由于它们本身不会发光，因此你见到的只是反射光而已。恒星与银河本身可以制造出光子，所以观测到的是直接从它们身上发射出来的光。

以上所遭遇的情形，对于那些专业天文学家 and 许多位居各地的资深业余天文学家而言，其实并没有太大的差异，只不过他们使用来研究宇宙的是较大型的望远镜，以及较复杂的仪器而已。不过，这些天文学家为了不让视野只局限在可见光波段，除了使用地面上的各种仪器外，也使用轨道上的观测装备来研究各波段的光。

天文学：观测的科学

现今使用到的众多天文仪器背后都有一个很简单的原理：尽可能从宇宙中的物体收集多一点的光，以作分析。至于收集到的是哪一种光，则取决于收集时所运用的仪器类型。世上没有理想的光感测仪，也没有一种仪器能完美地感测到所有波长的光。因此，天文学家采用不同感测仪来研究不同波长的光。

大家最熟悉的天文工具就是望远镜。它本质上只是一具采集电磁辐射的仪器——通常收集的辐射为紫外光、可见光、红外光或无线电波段。以“光学”望远镜为例，它的中心会有一个聚焦镜，能将光反射到其他感测仪上，如软片相机，或一种称为电荷耦合器件(charge-coupled device, CCD)的电子记录仪。电荷耦合器件为一种广泛应用于各类型望远镜上的特制相机。这种相机内有一块极为灵敏的晶片，可收集打在晶片

表面像素(pixel，或称映像点)上的光，然后，可从晶片中读取影像，再转存到电子储存媒介中。其实，电荷耦合器件和其他种类的相机并没什么两样，都是用来捕捉某定点时间发生的天文事件。从相机拍摄到的影像中，天文学家可以获得许多资料，诸如天体的亮度、形状、位置以及天体和其邻近天体的空间关系等。

望远镜建造得越大，能收集到的光自然就越多。可是，有些很现实的考虑因素限制了仪器的大小和大望远镜的架设。首先，望远镜镜片有尺寸的限制。虽然大一点的镜片能够收集多一点的光，让使用者多一点机会看到愈暗、愈远的物体，可是，镜片不能做得无限大，否则支撑的结构也要跟着变得无限大，才能承载得住镜片。还有，镜片形状完不完美也影响镜片对入射光做紧密聚焦的能力，而镜片太大时，形状容易受本身重量影响而弯曲、下垂，造成变形。

至于天文台的建造地点，如果能远离光源、热源、无线电波等污染，就可以发挥最大功能。最理想的地点是在高山上，这样才能大幅减轻地球大气对入射到望远镜的光所造成的影响。因此，世界上有许多的天文台不是坐落在山顶上，就是位于荒郊野外或沙漠地带，前者有夏威夷的冒纳凯阿(Mauna Kea)、智利的托洛洛山(Cerro Tololo)、法国的中央峰(Pie du Midi)等天文台，后者例如位于美国新墨西哥州索科洛市(Socorro)附近的大型阵列望远镜。为了“完完全全远离大气的干扰”，最近更有新的想法，那就是直接使用太空天文台来观测。我们可以在宇宙飞船上搭载各类设备和感测仪，并且利用它环绕地球轨道或执行“飞越”(fly-by)任务时，对那些尚未遭地

球大气层过滤掉的光波进行研究。

基本上,天文观测大致可划分为以下3种不同的领域:照相学、光度测量学和光谱学。在照相学方面,我们是将光记录在软片上或前面提过的电荷耦合器件上。目前已知宇宙中有某些天体,演化速度相当快,科学家如果能对这些天体或事件的演化过程进行研究,收获必定颇为丰富。当然,通过望远镜,我们可以达成在观测期间内进行多次拍摄的目的,而且望远镜的观测时间也可以比我们使用眼睛观看时来得持久。但是,不管是使用一般的软片相机、感光板或只用电荷耦合器件,我们所能拍摄得到的“张数”始终都有限度。因此,这时候必须使用专业的相机,才能适时捕捉到一个事件发生的

前后过程,这里就牵涉到时间分辨率(temporal resolution)的概念。一个很好的照相系统,应能在几分之一秒的时间内为我

们拍摄到数张事件的“快照”。

有时候,望远镜会朝向有许多天体丛聚的地方(例如星团等)作观测。如果我们现在只想研究星团中的某颗恒星,那么仪器能不能将这颗恒星与邻近的恒星区别出来,对我们的影响就很大,这就是空间分辨率(spatial resolution)

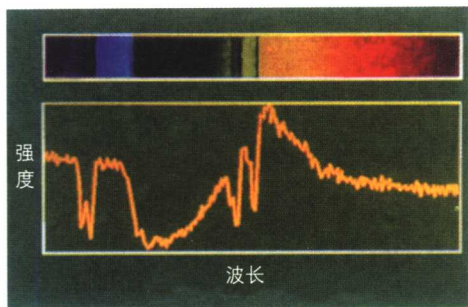
的概念。它是一种可以从紧密聚集的物体中分辨出个体,进而产生轮廓鲜明的影像的能力。

光度测量学是一门对物体的光波强度进行量测的学问,通常利用光度计等时间分辨率高的仪器来记录。我们可以把光度计视作一种相当灵敏的测光表,它就像一般闪光摄影中所用的装备一样,常用来测定像变星这类光波强度会改变的天体。之所以一定要测定出光波强度,是因为惟有这样才能决定诸如恒星等的宇宙天体的亮度或星等(magnitude)。平时天文学家描述天体亮度时,常会提及8星等恒星或5星等彗星之类的用语,这里所用到的星等数,是指该天体与其他天体比较之下的相对亮度。最亮的恒星,星等数最小;而愈暗淡的恒星,星等数愈大。在夜空中看起来相当明亮的恒星有:视星等为 -1.5 的天狼星(Sirius)、视星等为 -0.7 的老人星(Canopus)及视星等约 0.5 的参宿四(Betelgeuse)。至于肉眼所能见到的极暗淡恒星,星等数大概是在5或6左右。

由于不同的光度计只能量测到不同波段的光,所以必须使用一整套灵敏度范围各不相同的光度计,以量测红外光、紫外光或可见光等不同波段。其实,利用光度测量不但可以有系统地将天体进行划分、归类,也可以有系统地观察天体发光的变化如何影响它呈

图1.11 很多通过哈勃太空望远镜搜集的资料,都是光谱分析后的结果,分析出来的光谱看起来就如同本图。图中上半部细长彩色带上有暗线的地方,可以对应到图表中下降的曲线。光谱的谱线会形成吸收图案或放射图案。通过这些谱线图案,天文学家就可以知道观测到的天体上存在有哪些元素。又根据谱线的位置,天文学家也可以得知天体是远离或接近地球,以及天体与地球之间的相对速度。

(Dana Berry, STScI 提供)



现在我们眼前的样子。因此，哈勃的高速光度计(High Speed Photometer, HSP)一直是依上述方式运作,以高度的时间分辨率来记录天体的亮度。在安装矫正透镜组太空望远镜轴心替代系统(Corrective Optics Space Telescope Axial Replacement, COSTAR)后,才遭替换。

光谱学则是在将光分解成不同成分的波长。像这类光谱的分解,在我们的日常生活中都很常见,例如,白光穿透棱镜或阳光穿透雨滴后,会形成一道色彩鲜艳的彩虹。这些例子就足以证明,从太阳或任何白色光源所辐射出来的光,均涵盖了整个光谱中的所有波长。

事实上,光谱学解决了一连串不同类型的问题,例如,星际间的气体云是由什么化学成分组成?恒星的温度有多高?彗星的化学成分是什么?从星系中心喷出的气流速度有多快?假如我们完全只依赖未经色散的光来研究天体,根本无法回答以上的问题。可见,利用光谱学的方法,我们可以研究恒星、星系、彗星或行星是如何放射和吸收光,进而解开以上的疑惑。

最简单的摄谱工具是分光计,它可以把光分解成间隔细微的不同波长。这样的分解其实普通的棱镜就可以办得到,但是,目前最先进的天文摄谱仪(一种可以收集光、分解光,将结果记录在软片上,或直接储存成电脑资料的仪器)则是使用绕射光栅。这些光栅就是刻画有细线的镜子,当光照经光栅后,光将被分解成间隔非常细微的不同波长。你可以拿起激光唱片上在阳光下看,此时,你会看到唱片上出现了一道纤细、连续、色彩缤纷的彩虹,这就是绕射光栅的基本工作原理。

在化学上,光谱学是一种相当有用的方法,可以非常精确地辨识元素的特征。而且与其他实验相较之下,它的实验过程实在是非常简单,只要不断对元素加热,在元素燃烧发光时研究这些放射出来的光即可。其实,每一种元素都拥有一个很特殊的“指纹”,即光谱。大体而言,光谱看起来就像是一段均匀、连续的颜色,中间夹带着一些非常明亮或阴暗的谱线。从这些谱线当中,光谱学就可以告诉我们物体的来龙去脉。另外,光谱学应用了光谱分辨率(spectral resolution)的概念,即清晰地分辨出光谱中相邻特征的能力。

光谱学的基本法则,是由19世纪一位德国化学家基希霍夫(Gustav Kirchhoff)所建立。他的光谱分析定律描述了各种元素燃烧发光时会出现哪一类型的光谱。基希霍夫第一定律是叙述高温高密度的气体或炽热固体会辐射出连续光谱,即我们可以从它的光谱中见到各种不同波长的光。基希霍夫第二定律是叙述高温低密度气体会产生具有发射谱线(emission lines)的光谱,亦即,物体内含量较丰富的元素会在光谱中以相当明亮的谱线表现。例如,猎户座星云的某些部位在发射光谱中就显得非常明亮。基希霍夫第三定律是描述通过低温低密度的气体来观看连续辐射原时(如恒星),会产生具有吸收谱线(absorption lines)的光谱。研究吸收光谱有助于测定出恒星与地球之间的空间中存在哪些元素,这是一种很聪明的分析方法。一旦来自恒星的光谱出现了缺漏现象(dropouts),就表示某些特定波长的光在星际空间中已被某些物质的云气吸收了。为了鉴定云气物质含有哪些元素,天文学家只要先判断

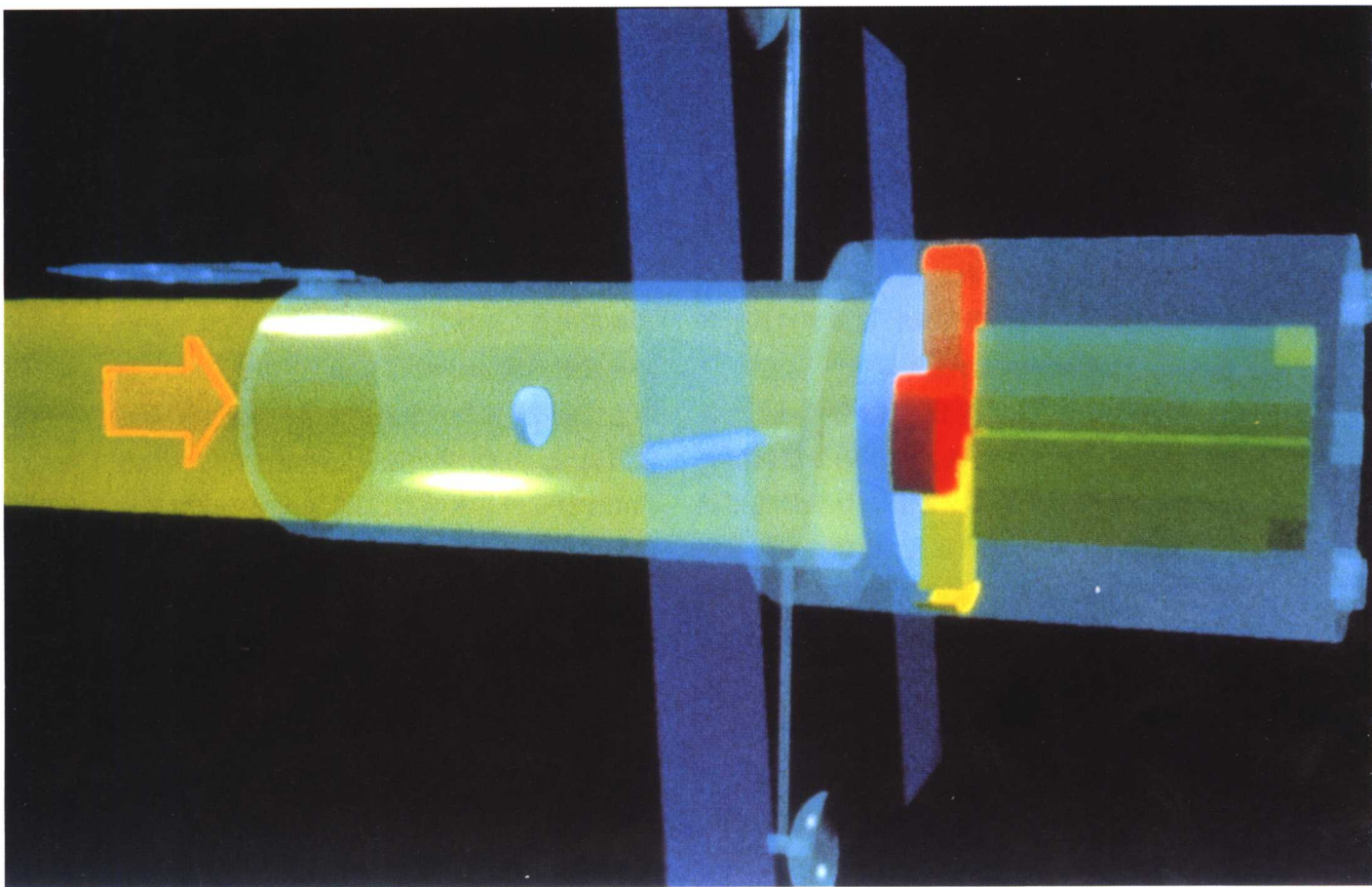
恒星上可能存在的元素种类，再将那些元素的实验室光谱与观测到的吸收光谱作比较即可。

哈勃太空望远镜：复频的时间机器

图1.12 图为哈勃太空望远镜内光的行进路径。箭头代表入射光的方向，入射光会被主镜反射到副镜上(图中的蓝色小圆盘)。接着，副镜再对光作一次反射，让光通过主镜上的一个洞而传送到后方的科学仪器上。这些架设在主镜后方的仪器，分别以红、黄、绿、橙等色块标示。

哈勃就跟地球上的望远镜一样，都是使用镜片和感测仪来作观测。它的操作原理跟其他望远镜完全一样，皆是收集来自天体的光，再交给科学仪

器作分析。又因为哈勃的科学仪器拥有相当不错的灵敏度，可以感测出各种不同波长的光，所以一般人都认为，它为天文学家开启了宇宙“宽广、高分辨率的视野”。由于哈勃本来就设计成在环绕地球的轨道上执行任务，因此它拥有几项地面望远镜所没有的特征。例如，加装了太阳能板，以便发电提供望远镜上所有仪器所需的电力；另外，也加装了磁力计以探测地球的磁场。可是，哈勃也拥有一般操作地面望远



镜的天文学家所熟悉的特征。例如,具备自己的专属电脑、回转仪和感测仪,这些设备在性质上就如同小型望远镜的转盘和寻星镜一般能帮助定位和锁定恒星;另外,还配置了一套与地面联系用的通讯链,就像地面望远镜彼此之间也都架设电信缆线来联系一样。甚至,如有需要,哈勃也可以关闭口径天窗,就好像地面望远镜可以在镜筒上加上护镜盖,或把镜片盖起来一样。

此外,哈勃和其他设立于地面的望远镜相同,皆拥有一群管制员、操作员以及使用者。望远镜的主要控管中心位于美国马里兰州巴尔的摩市约翰·霍普金斯大学(Johns Hopkins University)校区内的太空望远镜科学研究所(Space Telescope Science Institute, STScI)。该研究所负责分配哈勃执行任务的时间,并协助科学家使用望远镜。所有自哈勃传回的资料都储存在这里;另外,由于任务相当引人注目,因此所有相关的公众传达服务,也是由太空望远镜科学研究所来负责执行。研究所附近设有美国航空航天局的哥达德太空飞行中心(NASA Goddard Space Flight Center),负责维持对哈勃的轨道控制,两者在任务上会相互调配。

望远镜的核心是反射镜系统。哈勃的透镜属于光学望远镜组(Optical Telescope Assembly),这是标准卡塞格伦(Cassegrain)望远镜的一种特殊形式:西榭—克里坦式(Richey-Christien)。在卡塞格伦望远镜内,光进入望远镜的镜筒,被主镜反射到副镜上,再反射回主镜,穿过其中间的小孔,最后投像在焦平面上。哈勃的系统则设计成让光投射的焦平面接近于物理定律上的限制,也即望远镜科学家所称的“绕射限制”

(diffraction limit)。

绕射限制是光的物理性质之一,由主镜的大小与入射光的波长决定。如前所述,当光到达哈勃的主镜面时,即应通过两次反射聚焦成一个小光点,投射在焦平面上。理论上,哈勃的反射镜能将85%左右的入射光聚焦成一个小光点,这就是该反射镜的绕射限制,此限制应能确保让最高品质的影像传送到哈勃上的科学仪器。但1990年时发现反射镜无法聚光,反而让光发散了。1993年的第一次维修任务,为哈勃装上了矫正透镜组,将84%的光正确地聚焦通过主镜上的小孔。同时装设的其他新仪器,如广角行星相机(Wide Field and Planetary Camera, WF/PC)号、近红外光相机及多目标分光测热计(Near-Infrared Camera and Multi-Object Spectrometer, NICMOS),及太空望远镜照相摄谱仪(Space Telescope Imaging Spectrograph, STIS)等,也内设了透镜组以矫正球面像差。

哈勃太空望远镜的科学仪器

哈勃太空望远镜是设计成可以搭载5台科学仪器上太空,而自1990年升空迄今,已陆续装设过8台不同种类的仪器。5台仪器当中,大家最熟悉的就是广角行星相机,它可以将哈勃观测到的物体拍摄下来传回地球。目前,哈勃先后架设过两台这类型的广角行星相机,分别为广角行星相机1号和广角行星相机2号。以上的相机属于径向仪器,是安装在主镜后方,与望远镜的长轴相互垂直。以下提及的其他仪器则属于轴向仪器,安装在主镜后方,而与宇宙飞船的长轴相互