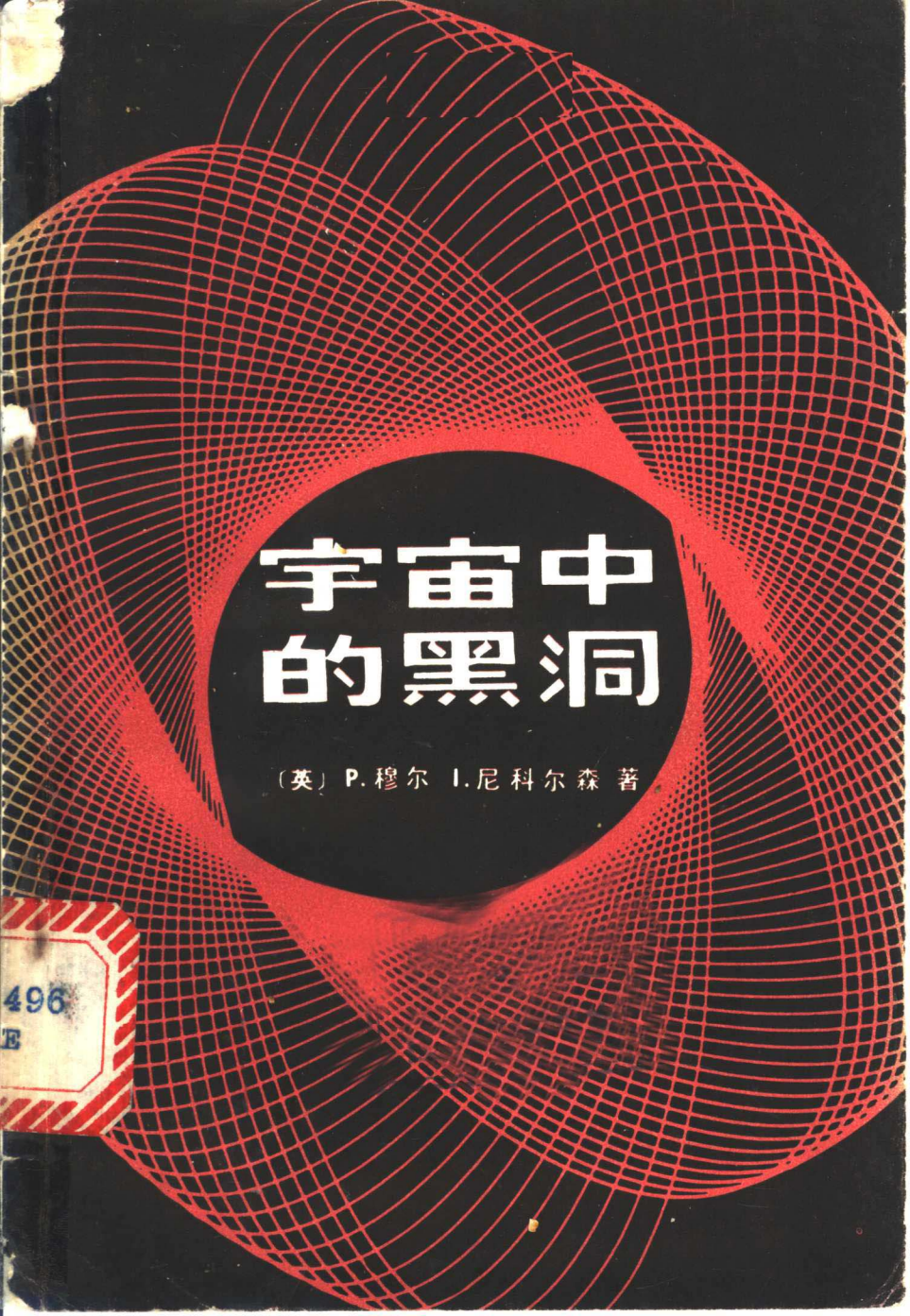




宇宙中的黑洞

〔英〕P. 穆尔 I. 尼科尔森 著

496

E

宇宙中的黑洞

[英] P. 穆尔 I. 尼科尔森 著

刘金铭 贾宗淑 译

马星垣 校

科学出版社

1982

内 容 简 介

本书是一本中级科普读物。深入浅出地介绍了黑洞是如何形成的，如何检测黑洞，还讨论了黑洞对星际旅行的影响，能否用黑洞来解释宇宙的起源及探索黑洞的意义等，能给读者一个关于黑洞概念的历史轮廓，对广大读者进一步开阔眼界颇有进益。本书可供具有中等文化水平的广大干部、青年、中学师生和天文爱好者阅读。

Patrick Moore and Iain Nicolson
BLACK HOLES IN SPACE
W.W. Norton and Company Inc. 1976

宇 宙 中 的 黑 洞

〔英〕P. 穆尔 I. 尼科尔森 著

刘金铭 贾宗淑 译

马星垣 校

责任编辑 黎昌新

科学出版社出版

北京朝阳门内大街137号

石家庄地区印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

*

1982年2月第 一 版	开本：787×1092 1/32
1982年2月第一次印刷	印张：2 3/4
印数：0001—6,600	字数：60,000

统一书号：13031·1814

本社书号：2486·13--5

定价：0.32元

目 录

1. 黑洞	(1)
2. 我們四周的宇宙	(4)
3. 紅巨星、白矮星和恒星演化	(19)
4. 脉冲星：銀河系中的神秘信号	(28)
5. 黑洞的奇怪概念	(34)
6. 坍縮的恒星	(44)
7. 探索黑洞	(52)
8. 有关黑洞的种种方面	(66)
9. 推测	(77)
10. 尾声	(81)
附录	(83)

1. 黑 洞

不久以前，我们还确信，虽然我们不全知道宇宙的秘密，但至少我们知道宇宙中被发现的所有不同类型的天体。那里有恒星、星云和星系，行星和卫星，每种天体似乎都相当清楚。而现在，有些我们以前确信的东西变得不可思议，甚至不能对它们作一个确切的描述。其中，最引人注目的要算“黑洞”了。

黑洞就是空间的一个区域(不是一个固态天体)，物质如果掉进去，便消失得无影无踪，一切物质甚至光本身都无法从黑洞中逃逸出来。如果黑洞存在，我们也永远不会直接看到它们，因为它们既不会发光，又不会反射光。这真可谓名符其实的黑洞了！

但是通过黑洞对其它星体的作用，我们还是可以探测它们的。因为黑洞虽然不会发出任何信号，但却仍然具有引力场。甚至当我们在写这本书时，人们正在作坚持不懈的努力，以证实黑洞存在于宇宙之中。宇宙中有一奇特的天体，例如，被称作天鹅座X-1，它不断地向空间发出大量的X射线。这天体已被证实为一颗明亮的蓝星，伴随着一颗质量比我们的太阳大10倍或20倍的看不见的伴星。要不求助“黑洞”这个概念，人们就很难解释这一看不见伴星的存在了。X射线的存在提供了另一个启示：当物质在被黑洞吸进以至于永远消失前，被引向黑洞，这时，就会发出X射线。

在黑洞之中，甚至在它周围，情况就变得非常奇妙，以致我们几乎不大可能用日常用语来描绘它。我们的常识概念

和视为至宝的科学定律在它们面前都不堪一击。平时，我们总认为时间是按照一个始终不变的速度流逝的，可是对黑洞来讲，我们就碰到难以解释的现象了。如果你进了黑洞，我们将看到你似乎马上到了它的中心。可是一个非常理智地站在外面的人却深信：你根本永远不可能到达它的中心。“谁对？”或者黑洞里发生了什么事？在理论上你一定被压得粉碎而不存在了。这种说法是与我们的常识不相容的，但是，在以后的章节中，我们将会证实这确实是宇宙运转的方式。

黑洞真的存在吗？如果是的话，它们是怎么形成的呢？它们又是怎么会被发现的呢？如果我们遇到它会发生什么情况？这都是我们希望能尽力回答的问题。但是，让我们在开头的时候就讲明白：至今尚未有结论性的证据说明黑洞的存在。另一方面，如果宇宙间根本不存在黑洞，这的确成了最使人迷惑不解的事了。尽管看来这可能是奇怪的，可是要否定黑洞的可能性却需要科学理论有个重大变动才成。

除天文学外，与常识相矛盾的事在其它科学分支也会出现。例如在三十年代，核物理学家们提出一种叫作“中微子”的微粒。它既无质量又不带电，不能直接探测。一种没有质量的微粒概念几乎很难适合通常的概念，可是它对其它微粒的作用是能够测得的。这种作用确实已被观察到，而且断定中微子确实存在（事实上，现在天文学家们已能测得从太阳核心中发射出来的中微子，并用它来检验那里的温度）。

如果黑洞确实存在，它的形成可能是由于宇宙中大质量恒星的消亡所致。虽然好象不能想像，但它们可能是恒星演化过程中的天然副产品，而且在周围可能是很多的。在宇宙范围内，它们应被视为一个整体。正是由于这个原因，我们在探讨本题时才对整个宇宙和存在于其中的各类星体作详细的描述。其次，我们还要叙述我们目前已了解的恒星的演化，

以及脉冲星的概况——那些异常的无线电脉冲源，现在似乎被认为是中子星。这些惊人的高密度天体，其本身就标志着某种类型恒星的最终命运。

只有这样，我们才能开始涉及黑洞这个概念后面还有什么东西，它们是怎样形成的，发现它们的方法。最后我们再进一步考虑黑洞的更广泛的方面。它们能否解释宇宙间一些最神秘的最强大的辐射源吗？小黑洞能否存在？宇宙本身是不是个黑洞；各种可能性和猜测是不计其数的。

如果读者觉得在他偶尔确实遇到黑洞这类问题之前，最好还是先阅读一下本书，我们只能说不能把黑洞孤立起来看。如果它们存在，它们就象我们熟悉的恒星和行星一样，成为整个宇宙的一个组成部分。至于进入黑洞之后的物质是否还是我们的宇宙间的一部分，则完全是另外一个问题了。

我们希望在黑洞问题已经出现的今天，这些叙述能给大家一个关于黑洞的历史的轮廓。这本书的大部分也许看来象篇科学幻想小说，可是现在的科学幻想小说都有一个无情地把它变成科学事实的习惯。黑洞的概念又一次证明了霍尔丹论述的正确性：“宇宙不仅比我们想像的更为奇妙，它比我们能够想像的更为奇妙”。

2. 我们四周的宇宙

在我们开始研究黑洞或任何其它宇宙天体之前，有必要揭开序幕，对我们生活于其中的宇宙作一番总的描述。把任何这样的描述压缩成几页，必然会导致遗漏和过于简单化，但这样做总比不做好。因此，让我们从近的说起，讨论太阳家族或者说太阳系。

太阳是一颗普通的恒星，它是一颗直径约为86万5千英里的球体，也可以用140万公里来表示（那些喜欢用公制的人可用这个数字来表示）。它以自己的能量发光，并没有什么不寻常的地方，在我们的天空中它显得这么光辉灿烂，是因为它离我们非常近。地球与太阳的距离为9300万英里（或大约1亿5千万公里）。这个数字也可以用一个天文单位来表示。听起来这是一个很大的长度单位，但在宇宙间，它是微不足道的。除太阳外，离我们最近的恒星也超过40万亿公里。

绕太阳运动的有九大行星：水星、金星，比我们离太阳还近，接着便是地球，而后是火星，内行星的最后一颗行星¹⁾。再往外，还有四颗巨大的行星（木星、土星、天王星和海王星），然后是不可思议的冥王星。它一定比地球还小，就行星来说它好象自成一类。行星不象恒星那样自己会发光，而只能依靠太阳的照射而反射光。如果有一天太阳突然熄灭而停止发光，行星同样也就会失去它的光辉。月球和其

1) 原书如此，火星应属外行星。——校者注

它卫星也是如此。

实际的空间研究已经把人类送上月球，把自动探测器射向内行星¹⁾和木星。我们现在能够研究巨大的火星火山，因为已从近距离拍摄了它们的照片，1973年12月，先锋10号飞船经过巨大的木星，送回了情报，那是仅仅从我们地球上作观察而从来不能想象到的。最后，如果人类没有因为纵容核战争而摧残文明，毫无疑问宇宙航行者将可飞向太阳系外围。然而，我们目前最多只能说到这里。阿波罗、先锋号或水手号航天器是永不会把我们带到恒星上去的，除非我们准备作几千年的旅行(这意味着任何这类事都是胡思乱想)。因为太阳系的其它行星似乎都不适合于高级生物的生存，我们必须承认这样一种事实——我们不能立即希望与宇宙间必定存在的许多其他高级生物取得联系。距离实在太远了。

虽然在地球和其他行星是如何形成的问题上还有许多争论，但是我们完全可以相信太阳系是在大约45亿到50亿年以前形成的。地球的年龄已由几种可靠的方法测得，最后得出同一个结论，而且对从月球带回的岩石进行的分析来看，也完全与此相符。看来行星(及象月球这类卫星)很可能是由那些形成太阳周围的星云的粒子积聚而形成的。太阳所能发生的变化同样也适用于其它恒星，所以我们认为存在大量行星系是很平常的事情，这是合乎逻辑的。我们甚至有许多确实的证据：每一天体吸引着其它另一天体，例如地球绕太阳的运动是受太阳十分巨大的引力控制的。同时，在一定程度上，也受到金星、火星和其他行星弱得多的引力的影响。对于受到质量巨大的行星吸引的一颗质量较小的恒星，由于其看不见的伴星的引力，有可能探测出这颗恒星的微小“摆动”。的

1) 作者在这里把火星也作为内行星，其实是不正确的。——校者注

确，这类“摆动”已在几个比较靠近的恒星中发现。不幸的是我们不能看到其他恒星的行星，因为它们太小太暗了。

一个看不见的天体的引力作用在看得见的天体上，并且使看得见的天体偏离开预测位置，这个概念在我们讨论黑洞时是十分重要的。这就是我们为何在此介绍它的緣故。但是进一步研究行星系的数目，或它们上面是否有可能存在生命，那就显得离题太远了。所以让我们搁下太阳系，来看一看星系或银河系。

我们马上涉及到巨大距离的问题，而通常的英里或公里就显得不够用了。幸好，自然界又给我们提供了一个更理想的单位。光每秒走18万6千英里或30万公里，所以一年中它走了略少于10万亿公里，这就是我们一致采用的单位，叫作“光年”。太阳以外的最近恒星（比邻星）离我们4 $\frac{1}{4}$ 光年，参宿七大约900光年等等。除了太阳系，我们的宇宙知识总是过时的。当我们看着参宿七时，它并不是现在这个样子，而是900年前的样子。当然，在太阳系中，光运动的时间要短得多，我们所看到的太阳仅是它8 $\frac{1}{4}$ 分钟以前的样子。

我们的银河系拥有大约1000亿颗恒星，每颗恒星恰好就是一个太阳。许多恒星都比我们的太阳大得多，热得多，亮得多。几千年以前，古人把恒星分成组或星座，并加以命名。例如，谁不知大熊星座、猎户星座和美丽的天蝎座呢？据说那些星座甚至几百年都没有什么看得见的改变。我们时常还会碰到“恒星”这种旧的说法。只有太阳、月球和行星会在天空中从一个星座移到另一个星座，即使这样，它们也仍遵循着天空中称作“黄道带”的一条特指的路线。

事实上，恒星决不是固定不动的。它们在空间以高速度运行着。如果我们用肉眼看好象是不动的，那只是因为它们离我们太远了。用现代化仪器可以测得恒星个体的运动或自行，

但是变化确实很小，无论从哪点上讲，我们今天所看到的星座犹如儒略·凯撒或荷马所看到的一样¹⁾。至于天空自东向西的视运动，全是由于地球绕轴自转的缘故，与恒星本身毫无关系。

我们所见到的地球已有45亿年历史了。太阳的历史大概比地球更长。如果太阳是燃烧着的，它就不能象现在这样继续放出能量，总之，它是太热了以至不会燃烧。其表面温度甚至达摄氏6000度，核心的温度达到惊人的摄氏1400万度左右。我们必须找寻其它能源。在核转变中，我们发现了它。这个问题将在第3章中讨论。而现在，我们至多只能说太阳正在把一种元素(氢)变成另一种元素(氦)，同时释放出能量，损失质量，太阳每秒损失400万吨质量。然而，我们还是能欣慰地告诉你，在这一点上，用不着惊慌，在未来的50亿到60亿年之后，太阳也不会发生重大变化。

让我们重复一遍，太阳是颗普通的恒星。天文学家们犹豫地把它称为黄矮星。银河系中还有其他一些恒星比太阳更明亮，是白炽的；也有另外一些较暗较红的。在1000亿颗恒星中有许多种类。银河系同样也包括星团，例如许多人都知道金牛座的昴星团或七姐妹星(金牛宫)，与“猎户”的腰带在一条线上。在晴朗的夜空，人们用肉眼至少可看见七颗单独的星，构成了一个美丽的密集的星群，而用望远镜可看到200多颗星。毫无疑问，在这类疏散星团中的恒星，都具有相同的起源，大约是在同一个时期形成的。

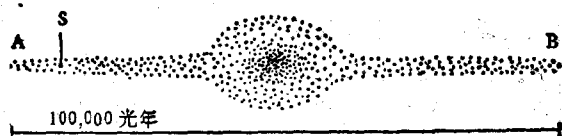
气体星云就完全不同了。其中最典型的例子，是恰在猎户腰带之下的猎户宝剑中的星云，因为它在法国天文学家查

1) 儒略·凯撒，古罗马统治者，距今约2000年。荷马，古罗马诗人，大致生活在公元前900年。——校者注

尔·梅西耶1781年编的一套著名星表中占第42位，被称为M42。用肉眼观察它，象片模糊的雾。用望远镜观察，给人们的印象是一团旋转的气体，外观是可以肯定的。M42真正是气状的，虽然它中间的物质是惊人地稀薄(比我们呼吸的空气稀几百万倍)。人们认为，在M42和相类似的星云中，有新的恒星正在形成，因此，我们在观察着的是真正的恒星诞生地。

接下去，灿烂的光辉贯穿天际的银河又是怎么回事呢？关于它，有许多古老的传说。直到望远镜发明以后，才发现它是由许多恒星组成的。这个现象是伽俐略在1609—1610年冬天用他的第一架“光学望远镜”对着天空观测时发现的。任何现代化的双筒望远镜，都可看到同样的景象。看来那里的恒星似乎都挤在一起，象要碰撞一般。

但并不真是这样。在空间恒星相互离得很远，迎面相碰撞的可能性非常小，以致我们可以忽略不计(两只蚊子绕一大间音乐厅飞翔时，碰撞的危险性要大得多)。现在我们知道银河系是扁平的，如图所示。它的最大的直径约有10万光年，



银河系示意图，S代表太阳。向着银河系的主平面上看去(朝A或B看)呈现银河的效果。

太阳和地球位于中心平面不远的地方，离核心大约3万3千光年。沿着银河系的主平面朝A或B看去，你会看到许多恒星几乎处在同一视线上，这能说明呈现银河的现象。由于中途黑暗物质的消光，我们不能一直看到位于实际的中心之外

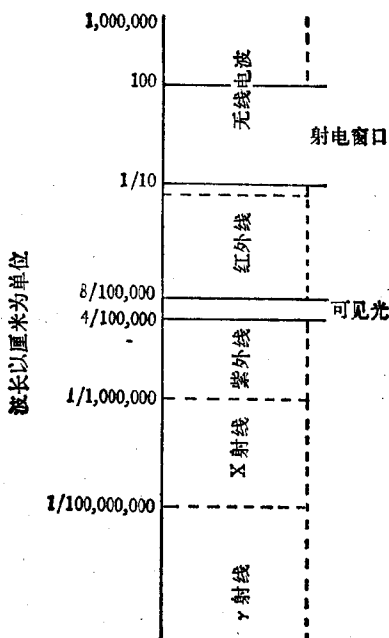
的B。事实上，我们甚至不能看到核心本身。于是就出现了公认的猜测性意见：在那个秘密区可能有个黑洞……在英国晴朗的夏夜，从南方低低的天边，可看到人马座的壮丽的恒星云，银河系中心的方向正朝着这一恒星云。

如果银河系的核心永远隐藏着，好象被一种宇宙云雾罩着，可以想像我们永远也不能研究它了。幸运的是事实并非如此。光波能被阻止，但是光波仅仅代表着被我们称作电磁波谱的一小部分。

光可以认为是一种波动，其颜色随波长改变。这样，我们能看到的波长最长的光呈红色，最短的呈紫色。波长实在是很短的（1毫米的一个小分数），以埃（ $\text{\AA}$ ）为单位测量，“埃”（ $\text{\AA}$ ）是以纪念它的发明者埃斯特罗姆（ $\text{\AA}$ ngström）¹⁾而命名的。1埃等于1毫米的百万分之10，而可见光的范围在7500 $\text{\AA}$ （红）直到3800 $\text{\AA}$ （紫）之间。比这短的辐射是看不见的，因为它们对我们的眼睛丝毫不发生影响。看不到的是紫外光、X射线和一种非常短的 γ 射线。在可见光带较长的波长一边，有红外线和射电辐射，那里的波长可增加到几米。如图所示，可见光波段是非常小的。只要天文学家不得不完全依赖它，那是非常不利的。

幸好天空中的星体都以各种波长发出辐射——不仅仅限于可见光波段之内。早在三十年代，美国无线电工程师卡尔·央斯基，用临时做成的天线发现了来自银河的无线电波。现在射电天文学成了一个非常重要的研究手段。射电流量收集器被称作“射电望远镜”，有各种类型，其中一些无疑非常奇特。就象人们所熟悉的英国柴郡焦德雷尔班克那样的盘状

1) 安德斯·埃斯特罗姆，十九世纪瑞典物理学家。用纯粹瑞典字母 $\text{\AA}$ 作他名字的第一个字母对他来说是不便的。



电磁波谱

从长的无线电波到短的γ射线，可见光只占电磁波谱很小部分。只有“无线电窗”及可见光波段的辐射从宇宙空间直接到达我们地球表面，其余都被大气阻挡了。因此如果要研究那些辐射，只能依靠在高空火箭或人造卫星上的仪器。

天线，射电辐射被一直径250英尺(76米)的大型金属碗收集后聚焦起来。

当然提供不出可见的图像，也没有人用射电望远镜去观看，但是用此种方式在记录纸带上留下的记录就是非常有用的信息。没有射电天文学，我们对宇宙的认识仍将受到限制。

现在，让我们回到我们扁平的银河系。光波受到星际物质的阻挠，无线电波却不是这样。于是，我们能从我们永远不能直接看到的区域得到

信号。银河系中还有各种分立的射电源——主要由于在过去恒星的爆炸所致。关于这点我们还要在下面叙述。

查尔斯·梅西耶在归纳他的一百多个星团和星云时，把各类天体都包括进去了。有疏散星团，诸如昴星团，还有许多较密的对称的叫作球状星团。其中在英国可以看见的最明亮的是武仙座球状星团M13。此外还有气体星云，象其他星云

一样，在自然界闪闪发光。五十多年前，作为研究银河系的先驱而永垂史册的美国天文学家哈洛·沙普利，测量了球状星团的距离，发现从地球上望去它们的分布是不平衡的，这使他能够对银河系的大小和形状作很好的预测。但是这些灿烂的星云都是不同的，没人能确定它们的本质。沙普利首次确认它们是我们银河系的成员，只是离我们太远，以致一般测量距离的方法对它们完全无效。

其中一些，著名的M31(在仙女座)的形状是旋涡形的，这是由一位爱尔兰天文学家罗斯伯爵在1845年发现的。他造了一架72英寸的巨型反射望远镜，并且用它作了一些惊人的新发现。他发现M31等天体不像气体星云，但是直到1923年才有确切的证据，这利用了埃德温·哈勃在美国加利福尼亚州威尔逊天文台所作的首创研究。哈勃发现明亮的星云包含着一种特殊恒星，称为造父变星。与其他大多数恒星不同，这些变星不是年复一年稳定地发光，它们在短期内也会突然亮起来，或者突然暗下去。命名为造父 δ 的这类星的变化周期为5.3天，这是两个光度极大值之间的时间。虽然这颗星很明亮，我们用肉眼已足够能看到它，但其光度变化是十分显著的。

当时还不曾明白，一颗造父变星的真正光度是由它的变化周期的长短决定的(虽然这一情况现在比较清楚)。周期越长，星就越亮。事实上，一颗变星的真正光度是由它的光的起伏周期得知。这就是说造父变星可当作“标准烛光”，用比较它们的真实光度与其视光度的方法可以测量距离。哈勃发现仙女座旋涡星云中的造父变星非常遥远，它们不可能位于我们银河系。现在我们知道旋涡星云离我们有二百多万年。因此，当我们观测它时，它只是二百多万年以前的模样。

哈勃的这项发现，或许是望远镜发明之后最关键的转折点了。这表明不仅太阳在银河系中无足轻重，而且银河系本身在整个宇宙中也无关紧要！仙女座旋涡星系是相当大的一个星系，包含着多达几千亿颗以上的恒星。

由此可见，那些其它的“明亮星云”必然是河外星系，星云这个名字逐被放弃，由更恰当的词“星系”所代替。仙女座旋涡星系是较近的星云系之一，也是我们称为本星系群中的一名成员。当中的其它成员是三角座中更小的旋涡星系，还有称作麦哲伦星云的肉眼可观的南天星系——在欧洲任何地方都不能看见它们。

时隔很久，人们才发现，散布于银河系中的冷的变得更稀薄的氢能发射出21厘米波长的长波射电辐射。射电天文学家能够得出氢的分布图，而且确定我们的银河系也是一个旋涡星系。因此，如果从上面看下去（或从下面看上去）就象一幅外缘装着倒勾的车轮形图案。天空中有各种类型的旋涡星系，有的绕得很紧，有的张得很开，有的当中横着奇怪的棒状物，有的（赛费特星系）拥有明亮的稠密核和暗淡的旋臂。现在就宣布为什么会形成旋臂和它们是如何演化的，这是无益的。但是，不是所有河外星系都是旋涡状的，有的是椭圆形，有的是球形，还有一些象麦哲伦云是不规则形状的。

造父变星都是些明亮的恒星，在百万光年以外就能看见它们。但是与其它更遥远的星系相比，它们就渐渐消失到普遍星空背景而变得模糊起来，最终我们甚至分辨不出这些明亮的能作标准烛光的超巨星（虽然它们远不是始终不变的和非常可靠的）。为了进一步进行“空间探索”，我们不得不求助于用分光镜原理制成的仪器。

望远镜收集光，分光镜能解光。早在1666年，牛顿就发现一束太阳光通过一块棱镜时，出现了一条虹带或光谱。一

端是红的，一端是紫的。事实上，太阳光束并不是纯的，它是由各种颜色混合而成的，光谱是棱镜对各种颜色的光不均匀的弯曲或折射的结果。红光的折射不如橙的，橙光的折射不如黄的，以下依次是绿的、蓝的、青的、紫的。

牛顿没有把这事研究得太深入。但是在十九世纪初，一个叫夫琅和费的德国光学仪器商，对太阳的光谱作了一番研究，发现在一条虹带上有许多暗线。后来，在德国海德爾堡的基尔霍夫找到了产生暗线的原因。一种处于白炽状的固体、液体或气体，在高压下会产生虹带或连续光谱。气体在低压下将产生“发射”光谱，它们是由单独的亮线构成的。每条亮线来自于一种特定元素或原子团，并不会被其他元素的谱线重叠。从太阳的明亮表面或光球，我们得到了一个连续光谱，在光球上方是一层非常稀薄的气体，产生了线光谱——但是由于明亮背景的存在，线条就呈暗色而不是明亮的了。它们的位置并无改变，所以能证认。例如，光谱的黄色部分的两条明显暗线与钠产生的两条明亮黄线是一致的，在实验室里也可观测到，因此我们就可以说太阳中存在着钠。

这还不算，光谱还能给我们提供由于著名的多普勒效应引起的关于光源运动方面的宝贵信息。如果光源正在逼近，那么每秒到达地面的光波比光源静止不动时还多，波长似乎缩短了，光源看起来“太蓝”了。如果光源在退去，波长显得伸长了，光源看来“太红”。光源的实际色变，是太微弱了，用我们的日常经验来观察是不能察觉到的。虽然火车从身边飞驰而过时，汽笛声的升降也出于同一个著名原理。可是当我们转到天体光谱上来时，多普勒效应对暗线起了偏移作用，因为一个正在向我们移近的天体，其所有暗线就向紫端或光谱的短波一端移动。一个退行的天体，就出现红移。我们告诉大家这个最重要的概念，是因为红移在现代对宇宙的研究