

H. L. 西普门 著

黑洞、类星体和宇宙

科学出版社

55.494
(207) 520
3P

黑洞、类星体和宇宙

H. 西普门堡

黄君谅 彭建 译

黄君谅 不愿校

科学出版社

1987

内 容 简 介

本书介绍近代天体物理研究的一些前沿领域。第一部分介绍黑洞理论、黑洞的搜寻和研究前沿，也介绍与黑洞有关的一些有趣的天体和相应理论，如白矮星、中子星(脉冲星)、超新星、X射线双星、恒星演化理论等。第二部分介绍类星体和活动星系，包括观测结论和理论模型，还介绍了著名的红移论争。第三部分是宇宙学，主要介绍当今宇宙学的主流，即大爆炸宇宙模型，也介绍其它一些宇宙学理论。本书取材新颖，内容丰富，通俗易懂，是一本适合于中等文化程度以上读者的较好的普及读物，与天文有关的专业人员亦可以参考。

Harold L. Shipman
**BLACK HOLES, QUASARS
AND THE UNIVERSE**

(2nd ed.)

Houghton Mifflin Company, 1980

黑洞、类星体和宇宙

H. L. 西普门 著

黄克谅 彭秋和 译

黄介浩 朱慈盛 校

责任编辑 方开文

科学出版社出版

北京朝阳门内大街137号

北京市通县印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

1987年1月第 一 版 开本：787×1092¹/₃₂

1987年1月第一次印刷 印张：12¹/₈

印数：0001—2,100 字数：290,000

统一书号：13031·3383

本社书号：4922·13—5

定价：2.40元

译 者 序

自六十年代以来,天体物理学取得了巨大进展。一方面,观测技术和观测方法的进步导致了一大批新天体和新天文现象的发现;另一方面,为了解释观测资料,天文学和物理学、数学之间更为深入的渗透,使理论研究工作也获得迅速的发展。天体物理学进入了它发展史上的黄金时代。

《黑洞、类星体和宇宙》一书所介绍的内容——黑洞、致密恒星、类星体、活动星系、大爆炸宇宙学等等都是近代天体物理学的极活跃的前沿研究领域。黑洞虽然是理论家笔尖下的产物,但黑洞的研究却明显地是与天体理论的某些前沿领域如致密星、超新星、恒星演化、活动星系核和类星体等的研究互相渗透互相促进的。今天,黑洞的研究和应用在天体物理中已占有举足轻重的地位。六十年代初期发现的类星体是迄今为止观测到的最遥远、最明亮的天体。它的大红移、高光度、猛烈的爆发、“超光速”现象等等提出了一系列问题,成为当今天文学家和物理学家普遍关注的对象,而红移问题甚至被某些人认为是向近代物理学的挑战。1965年发现的微波背景辐射使大爆炸宇宙学获得了新生。今天,宇宙学不仅是天文学家的领域,也是理论物理学家、粒子物理学家大显身手的场所。对近代天体物理学这些前沿领域的研究无疑将极大地丰富和深化我们对宇宙的认识,极大地促进整个天文学和物理学的发展。

近年来,国内出版了一些天文教科书和小册子,但还没有一本比较全面地介绍天体物理前沿领域的普及书。我们翻

译此书的目的就在于使广大读者了解天体物理活跃领域的最新研究成果，扩大知识面，加深对宇宙的认识。

全书除绪论外，共分十六章。其中，第一部分的五章（第二至第六章）由彭秋和译，朱慈璩校；其余章节由黄克谅译，黄介浩校。限于译者的水平，错误之处在所难免，望读者批评指正。

序 言

最近十年来,天文学家发现,猛烈的爆发现象在宇宙演化中起着极其重要的作用。例如,恒星生命的结束常常导致核心的猛烈坍缩。在坍缩过程中,有些恒星的核心变得如此致密,以致任何东西甚至连光都不能从它们那里逃逸出来,它们成了黑洞。此外,一些星系的核也有爆发现象。有些正在爆发中的星系核是宇宙中最明亮的一类天体:类星体。最近几年,由于观测资料的积累,使人们愈来愈相信宇宙演化的图象,因而重新引起了人们对宇宙学研究的兴趣,而宇宙学就是研究整个宇宙演化的学科。

本书涉及一个很活跃的前沿领域,由于这方面的研究进展很快,需要出第二版。现在看来,第一版中有许多问题介绍得很不完整,庆幸的是尚无明显错误。为了使本书能反映当前的新发展,我已更新了所有章节,并重写了部分内容。

我相信本书能够满足三个方面的需要。首先,许多天文爱好者从杂志上读了一些有关黑洞、宇宙学,或本书中所介绍的其它一些课题的文章,还想作更深入的了解。其次,许多学院要为非自然科学专业开设现代天文学这门课,作为一学期用的传统的综合性课程的补充。第三,综合性课程可以使用本书作为补充教材,以补充标准入门教科书很少论及的一些课题。

我对第一版的所有章节都做了必要修改。第三章中关于脉冲星的论述已大大扩充。在第五章中介绍了几个新的黑洞候选者:天蝎座第861号变星和圆规座X-1,也介绍了黑洞

候选者中的佼佼者天鹅座X-1的一些最新观测结果。第六章已全部改写。第一版中作为黑洞研究前沿的大部分内容，现在已经成为事实，已并入到第四章。现在的第六章介绍一些新的前沿领域：球状星团X射线源，X射线和 γ 射线爆发源，黑洞蒸发，以及双星系统中脉冲星引力辐射的探测。

本书第二部分涉及许多同类星体有关的新现象：发现蝎虎座BL型天体肯定是活动星系，某些类星体和相同红移的星系成协，阐明了很多天体中红外辐射源的问题，发现了射电喷流，以及在能源问题中黑洞模型具有愈来愈突出的作用。第十二章讨论类星体红移的本质，由于近年来的研究工作表明，一些类星体的红移是宇宙膨胀的结果，我重写了这一章。

在第三部分，我扩充了第十三章的内容，简要地论述了宇宙演化对了解我们自身的演化史(组成人体的原子的起源，我们居住的行星和行星围绕的恒星以及生命本身的起源)具有重要意义。第三部分的其余章节介绍宇宙学的一些新的观测事实。特别值得注意的是发现了我们同宇宙其余部分之间存在着相对运动，这已由宇宙在其年龄百万年时产生的背景辐射强度存在大尺度的变化所证明。在全书中我介绍了一系列研究结果，以充实我们的宇宙演化图象。

有些人写信给我，建议增加部分内容，以便同本书一起作为一学期的课程。我在教学中在第三章和第四章之间增加了一周半时间讲授相对论。在第十三章中我增加了一些宇宙学史和生命起源的内容。其它可能增加了的内容，例如在第六章里，增加了一些篇幅来讨论空间天文学的各种问题(如空间技术，火箭物理学，空间天文台工作方式等)、超引力以及统一自然界各种基本作用力的其它尝试；第十三章里讨论了宇宙几何学，第四章简要地综述了一下广义相对论。第十三

章中我增加了一些新材料，以使读者接触到许多其它天文课题。文献目录中列出了同这些课题有关的读物*。

我感谢天文界的所有老师，特别是津格利希、格林斯坦、奥克和斯特隆姆，他们鼓励我在我所从事的职业中更加努力地工作。和同事们令人兴奋的讨论，对本书的写作帮助极大，并对我的天文水平的提高也很有裨益，这里恕不一一提及了。蔡里克、麦克雷、布列希尔和鲁菲尼读了本书第一版初稿，希尔兹和夏皮罗读了第二版初稿，都给了我极大帮助。威廉斯、谢弗尔和赛蒙对个别章节提了很好意见。耶鲁大学皮尔逊学院的学生首先建议我开设这门关于类星体和黑洞的课程，因此产生了编写本书的想法。马利、理查兹和金斯伍德学院英语系帮助我润色英语。我的妻子温迪十分体谅我在写作上花费了那么多时间。所有天文学家都非常感谢联邦和私人机构对天文学提供的财政资助。我本人也感谢国家科学基金会、研究公司、德拉威尔大学研究基金会和国家航空和宇宙航行局对我的工作的资助，书中所表达的许多概念都是这种资助的证明。

*书末列的文献比较专门，译文中略去。——译者注

目 录

译者序	(v)
序言	(vii)
绪论：基本天文术语	(1)
物质	(1)
光和能	(4)
恒星及其性质	(8)
度量单位	(13)
第一章 引言：猛烈活动的宇宙	(17)
科学的进程	(19)
黑洞和类星体：一场科学革命吗？	(24)

第一部分 黑 洞

第二章 恒星演化：到白矮星阶段	(28)
与引力抗衡	(29)
演化中的恒星	(31)
死亡了的恒星：白矮星	(40)
白矮星的起源	(44)
第三章 超新星、中子星和脉冲星	(49)
爆发中的恒星	(51)
脉冲星：中子星的发现	(57)
恒星演化的晚期阶段	(69)
第四章 到黑洞去旅行	(78)
黑洞观念的发展史	(79)
从远处看黑洞	(81)

向视界靠近	(87)
通过视界	(96)
黑洞的类型	(100)
第五章 搜寻黑洞	(105)
黑洞隐藏在哪里?	(106)
分光双星	(107)
御夫座 ϵ 星的研究史	(113)
X射线源和黑洞	(117)
天鹅座X-1: 第一个黑洞	(121)
天鹅座X-1真是一个黑洞吗?	(130)
其它的黑洞候选者	(133)
第六章 黑洞研究的前沿和外缘领域	(137)
黑洞研究的前沿: X射线天文学	(138)
前沿: 爆炸中的特小黑洞	(144)
前沿: 广义相对论的检验	(151)
前沿: 引力辐射	(154)
黑洞研究的外缘领域	(159)
黑洞和宇宙	(164)
第一部分小结	(168)

第二部分 星系和类星体

第七章 星系	(171)
我们的星系——银河系	(171)
星系	(179)
膨胀的宇宙	(182)
类星体	(185)
第八章 高速电子产生的射电波	(191)
模糊的射电天图	(191)
干涉仪	(194)
射电辐射来自何处?	(201)

高速电子产生的射电辐射	(206)
活动星系3C120	(210)
超光速：一种错觉	(212)
第九章 类星体的辐射：从红外到伽玛射线	(217)
神秘的连续谱	(217)
热气体云和发射线	(223)
类星体吸收线	(230)
总体模型	(231)
第十章 活动星系	(234)
星系活动的标志	(235)
M82：一个超级活动的“正常”星系	(239)
射电星系	(243)
有亮核的星系	(251)
蝎虎座BL型天体	(255)
活动星系和类星体之间的联系	(258)
第十一章 能源	(261)
能源的一般性质	(262)
碰撞星	(265)
类星体超星	(267)
黑洞理论	(270)
激进的理论	(275)
第十二章 红移的其它解释	(278)
非宇宙学红移的证据	(279)
统计学：从小的数字得到的重要概念	(284)
对宇宙学红移的支持	(285)
红移论争和科学革命	(290)
第二部分小结	(294)

第三部分 宇 宙

第十三章 宇宙的生命循环：模型	(299)
-----------------------	-------

演化的宇宙	(299)
宇宙的开始: 大爆炸	(306)
起源: 星系, 恒星, 行星和生命	(311)
宇宙未来的演化	(318)
宇宙的边界	(323)
第十四章 宇宙时标	(327)
宇宙中天体的年龄	(327)
宇宙的年龄	(329)
测量距离的方法	(331)
本星系群	(333)
远远超出本星系群	(335)
哈勃常数值	(339)
附录	(342)
第十五章 大爆炸的遗迹	(343)
宇宙中的氢	(343)
原始火球	(345)
稳恒态理论的衰亡	(354)
其它的宇宙学理论	(362)
第十六章 宇宙的未来	(367)
逃逸速度	(368)
宇宙的平均质量密度	(370)
星系际介质	(376)
膨胀速率的变化	(381)
氘	(389)
宇宙年龄	(391)
第三部分小结	(394)
术 语	(396)

绪论：基本天文术语

本书实际上不是从绪论开始，而是从第一章开始的。绪论主要介绍一些背景资料。你可以读它，也可以不读它，这要看你在天文学方面的基础以及你的自信心了。我猜想你挑选本书，是因为你想了解黑洞和类星体，而不是视差和星等。然而，在阅读有关这些激动人心的天体的材料时，你有时也需要一些基本的天文知识。考虑到读者的基础各不相同，我把所有的基本资料都归入本节，以与本书的主体分开。本节可用作参考资料，你在阅读本书时可能需要随时参阅。

这里介绍天文学所需要的基础物理，它们是阅读后面一些内容的基础。其中有：物质的结构单元——电子、质子和中子；光和能的关系；恒星光谱及其用途；天文学家和物理学家测量恒星辐射的方法。

如果你想直接阅读第一章，请自便。如果你真的想首先读一读这一节，我也不会反对。

物 质

如果你把任何形式的物质分成愈来愈小的小块，你会发现，所有物质都是由三个主要层次构成的。例如，糖是由糖分子构成的(见图0-1)。每个糖分子都具有糖的性质：它是甜的，容易消化，易溶于水，具有食品价值。如果你打算把糖分子再分小，你就再也没有糖了，得到的只是一些原子。

原子是物质结构的一个更低层次。一切分子都由原子组成，而分子里各种原子的数目和排列决定了该分子的性质。糖分子包含12个碳原子、11个氧原子和22个氢原子。每种特定的化学元素的所有原子都是相同的。糖分子中任何一个氧原子都可以用宇宙中任何别的氧原子来代替，而得到的仍然是糖。

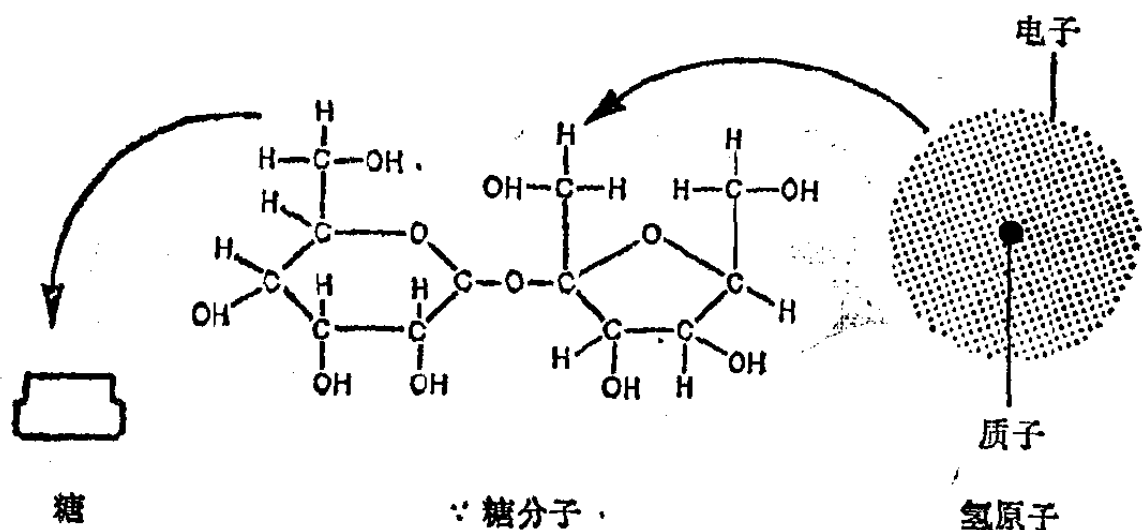


图 0-1 糖是由糖分子组成的，每个糖分子都具有糖的性质。分子是由原子组成的，而原子又由质子、电子和中子组成。

如果你能仔细地考察一下原子，你就会知道原子是由什么组成的。正如分子是由较小的单元即原子组成的一样，原子也是由更小的单元组成的。任何原子都包含一个核，核周围有若干电子。电子绕核做轨道运动，其速度是如此之高，以致我们可以恰当地把它们想象为围绕核的电子云。图0-2是一张分子照片，我们可以清楚地看出，电子云就象是环绕着看不见的核的一片云雾。核位于原子的中央，包含质子和中子，它们比电子重得多。质子和电子具有等量而异号的电荷，中子(如它的名称所示)则不带电。处于正常状态的原子具有相同数目的质子和电子，因此，作为一个整体，原子也不带电。原子中的电子数目支配着该原子与其它原子在形成

分子时的相互作用；因此，原子中的电子数目决定该原子属于哪一种元素。

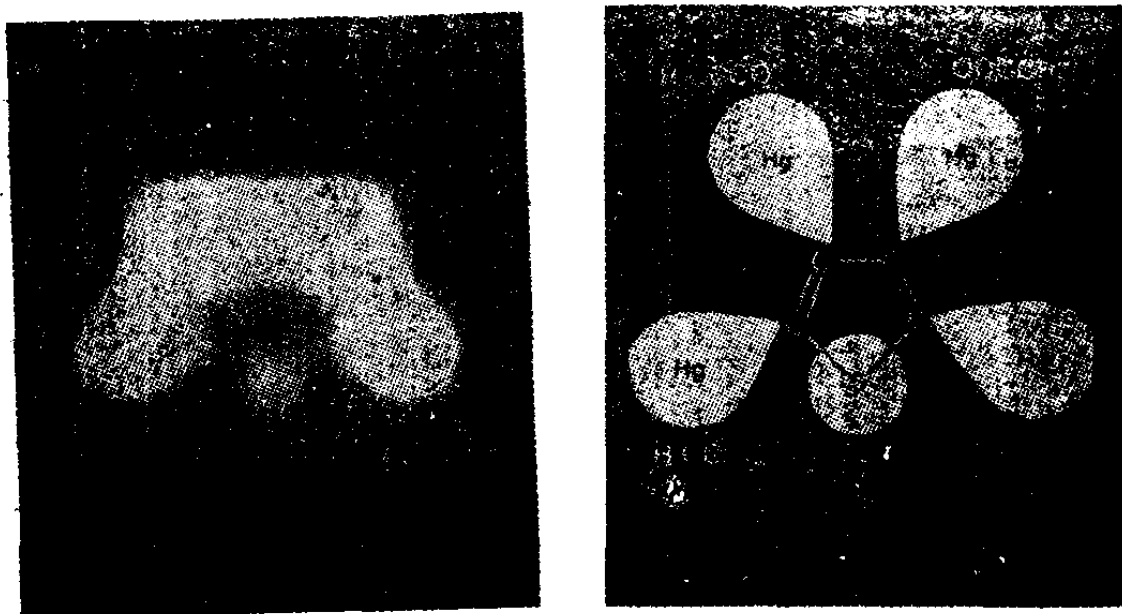


图 0-2 左：2，3，4，5 含氧汞化四乙酰噻吩分子的照片。在这张照片上只能看到汞和硫的原子，其它原子太小，看不见。
右：该分子的结构图，我们可以看到汞和硫原子在分子里是怎么结合的。

亚原子粒子，象电子、质子和中子，可以以不同方式相互作用。最简单的相互作用是不在原子核里面的中子衰变为质子和电子。其它的相互作用比较复杂。两个质子间碰撞引起一种链式反应，其第一步是形成重氢即氘，此时一个质子变成了一个中子。这种相互作用使得太阳发光，它对于恒星以及其它天体的演化也是非常重要的。

在质子、中子和电子以下还有没有更低的结构层次呢？这个问题属于粒子物理学的前沿领域。大多数研究高能现象的物理学家认为，存在着某种方法，比如说可以将质子轰碎，以揭示它的结构单元；这些结构单元称为夸克。然而，由于至今谁也没有找到夸克，这种理论尚未得到证实。

光 和 能

我们关于天文学的几乎全部知识，都是通过光和其它形式的电磁波，如无线电波、X射线和红外辐射而获得的。虽然有一些月球物质被带回地球，但迄今谁也没有带给我们一块恒星物质。由于光实际上是我们全部天文学知识的源泉，了解它的性质对于任何天文研究都是最基本的。

光是能量的一种形式，然而却很难准确地给能量下定义。我们问一下能量能做什么？也许就比较容易想象能量这个概念了。能量的一般定义是“做功的本领”。这样的定义虽然有点干巴巴的，却是一个精确的描述。能量的形式不同，做功的类型也不同。光能可以照亮印刷品；热能可以使我们温暖；动能(运动的能量)则可以用来把物体从一个地方移到另一个地方。可以认为，所有活动都涉及到能量的变换——把能量从一种形式转化为另一种形式。

宇宙中无论发生什么事情，都既不能创造能量，也不能消灭能量。因此，任何天文现象的一个基本问题就是，能源是什么？太阳的辐射每秒钟带给地球大气顶层每平方厘米表面积1,388,000尔格的能量(尔格以及所有其它测量单位的定义附在本节的最后。)。因此，我们可以说，地球在太阳能量的沐浴下生长。这种能量来自太阳中心发生的核反应，太阳这个火炉则把核能转变为光能。我们截取并利用这能量的一部分，把它转变为其它形式的能量。但是，无论如何，能量既没有创造，也没有消灭。这个原则是如此重要，以致于人们把它称为一条物理学定律，即热力学第一定律：能量既不能创造，也不能消灭。

光蕴含的能量是一小份一小份的。每一份，即一个光

子，它携带一定数量的能量。光子能量的大小取决于它的性质。一个高能X射线光子的能量相当于一个低能射电光子的几万亿倍。

光是电磁辐射的一种形式。我们也许只要想一想无线电波，就能够很容易地理解电磁辐射了。在收音机或电视机天线里的电子感受到力的作用，力推着它沿着天线运动，开始沿一个方向，然后沿另一个方向。这些力来自无线电波携带的电磁场。所有辐射都包含这些周期性反转方向的电磁场。

电磁场方向反转的快慢决定了电磁辐射的类型。无线电波的方向反转比光波慢得多。方向反转的速率决定了波的频率。频率等于一秒钟内电磁场方向反转的次数。频率用赫兹即每秒钟的周数来计量。例如，如果你的收音机拨到了调幅盘中部的1100千周，收音机收到的就是一种特定的电磁波，其电磁场方向每秒钟反转1,100,000次。

与频率密切相关的是波长。要是测量一下光波在电磁场方向变化一周的时间里走过的路程，这个距离就是波长。如果波的频率很高，电磁场会很快地改变方向，在一个完整周期的时间间隔里，波必定走得不远。因此，高频波的波长短，低频波的波长长。

电磁辐射具有各种形式，包括从波谱一端的波长很短、频率很高的高能伽玛射线直到另一端的长波长，低频率的低能无线电波。历史上曾出现几个不同的名称，用来表示电磁波谱的不同部分，这些名称列表在图0-3。该图中一起列出的还有典型光子的波长、频率和能量。（图中所用的10的幂次记号将在本节后面解释。）波谱底部的标尺说明，可见光只占了波谱多么小的一部分。标尺下面是接收不同辐射的各种仪器的例子。大气层挡住了大部分电磁辐射，只有可见光和无线电波可以不受阻碍地到达地面。对波谱的某些部分，