



走向太空 - 记 21 世纪太空科学技术的兴起

Zouxiang Taikong JI 21 SHIJI TAIKONG KEXUE JI SHUDEXINGQI

特殊天体

孙彤 石雨祺 编著

宇宙 黑洞 外星人 反物质 神舟号飞船 嫦娥工程

超光速 超新星 中子星 夸克星 火星 飞碟

太阳黑子 中微子 太阳系外行星 时光隧道 (时间机器) 脉冲星

恒星形成 霍金 SETI 科学 深空探测 冥王星 4

宇宙 黑洞 外星人 反物质 神舟号飞船 嫦娥工程

超新星 神舟号飞船 夸克星 火星 飞碟

太阳黑子 中微子 太阳系外行星 时光隧道 (时间机器) 脉冲星 恒星形成 霍金 SETI 科学 深空探测 冥王星 4

反物质 神舟号飞船 嫦娥工程 超光速 超新星 中子星 夸克星 火星 飞碟

太阳黑子 中微子 太阳系外行星 时光隧道 (时间机器) 脉冲星 恒星形成 霍金 SETI 科学 深空探测 冥王星 4

反物质 神舟号飞船 嫦娥工程 超光速 超新星 中子星 夸克星 火星 飞碟



山东出版集团 WWW.SDPRESS.COM.CN



山东科学技术出版社 WWW.LKJ.OOM.CN



走向太空——记 21 世纪太空科学的兴起

特殊天体

孙彤 石雨祺 编著



山东出版集团 WWW.SDPRESS.COM.CN



东科学技术出版社 WWW.LKJ.COM.CN

按需印刷服务

为了更好地服务广大读者，山东科学技术出版社对于本社出版的网络版图书提供“按需印刷”服务。所谓按需印刷是指出版社根据读者的需求，利用先进的数字印刷技术为读者提供网络版图书的少量的印刷纸质版本。

详情请垂询：

联系信箱：wang_wei@sdpres.com.cn

联系电话：086-531-82098090

通信地址：中国·济南·玉函路16号

邮政编码：250002

走向太空——记21世纪太空科学的兴起 特殊天体

孙彤 石雨祺 编著

出版者：山东出版集团
山东科学技术出版社

地址：济南市玉函路16号

邮编：250002 电话：(0531) 82098090

网址：www.lkj.com.cn

电子邮件：sdkj@sdpres.com.cn

发行者：山东科学技术出版社

地址：济南市玉函路16号

邮编：250002 电话：(0531) 82098090

网址：www.lkj.com.cn

电子邮件：sdkj@sdpres.com.cn

开本：130mm×184mm B5

字数：40千

版次：2007年5月第1版第1次制作

图书编号：SDPH-04-P1-20070007

定价：8.00元

目 录

第一章 宇宙中物质陷阱——黑洞……………2

黑洞并不是一个“洞”，而是一种天体。它其中隐匿着巨大的引力场，这种引力大到任何东西，甚至连光，都难以逃脱它的吸引。在对其他物体做出如此巨大的作用的同时，黑洞又从来不让它其中的任何物质被外界所看见。因此，虽然它硕大无比，但是人类却很长时间都没有感受到它的存在。而这样隐蔽的特性就是这种天体被称为“黑洞”的缘故。

第二章 星系黑洞和大质量黑洞……………9

目前关于大质量黑洞的起源这个问题，科学界还没有一个定论。科学家虽然已经确认巨大黑洞不能由小黑洞聚合而成，但就没有形成中间质量黑洞的途径了吗？要存在这种可能，关键之处在于是否能把具有太阳质量 100 万倍的天体凝缩至 0.01 光年以下的空间。作为一种可能性，美国哈佛大学的科学家提出了一种新的设想：在宇宙诞生之初就由大质量的天体产生中间质量的黑洞。

第三章 太空中的激战——活动星系核（Active Galaxy）…14

点缀繁星的茫茫夜空总会让人感到轻松，人们往往会在这一刻忘掉白日的喧嚣和纷争，回归到最静谧的状态。于是，久居地球的我们就一直以为整个宇宙星系就如同我们的银河系

一样太平，而实际情况却和我们的想象大大相左。在宇宙的众多星系中，存在着猛烈的活动现象并不在少数。活动星系核（Active Galaxy）就是这其中的一类特殊星系。

第四章 走向黑洞的深处——黑洞与活动星系核……………23

黑洞最早只是存在于理论家的想象中，在观测上人类很难直接得到黑洞的图景。由于黑洞对其内部所有物质的隐形性，人类是不可能直接看到黑洞的，所以对它的存在与否只能通过人们研究了黑洞其巨大的质量对周围天体可能出现的影响来判断。在 AGN（活动星系核）中，其能量的来源问题却把人们的眼光重新吸引到黑洞这个神秘的天体上来，这次是排除法得到的结果。

第五章 最惊世的测量工程——黑洞质量的计算……………29

有了前几个章节关于黑洞知识的铺垫，我们可以了解到黑洞的特性可以概括为一句话，就是很大的能量来自于很小的体积中。它的谱线一直从红外延伸到了 X 射线，它的光谱里还有很强的发射线，有宽成分以及窄成分。现在人们对如何测量中心的黑洞质量有着很浓厚的兴趣。黑洞质量的测量也成为一個前沿科学问题。

第六章 飘渺的诞生和归宿——黑洞与宇宙演化……………35

二十世纪 60 年代，黑洞首次被用来解释活动星系核的巨大能量外输；而直到 80 年代中，黑洞“引擎”才成为解释活动星系核的理论框架的一部分。但是有关它们存在的证据仍然

很缺乏。在以后的十年中，付出了大量的精力来寻找星系核中暗物质的动力学证据。现在证据已经相对比较充分了。

第七章 颠覆常规的天体——脉冲星的发现……………40

大多数恒星的变化过程原来是很漫长的，只是人类存在的时间太短而根本觉察不到。然而，并不是所有的恒星都那么平静，有些恒星也很“调皮”，变化多端。于是，就给那些会发生变化的恒星起了个专门的名字，叫“变星”。我们在这节中要谈到的脉冲星就是其中一种。

第八章 穿行万物的自由——中微子之迷……………49

在科学上，很多重大的发现都并非事前知晓，而是先经过假设而后论证予以确认的。这个确认的过程比单纯的发现还要曲折，但最后如果得出与推测吻合的结论，则会引起科学界最大的惊喜。中微子发现就是这样，这个被认为是 20 世纪天体物理学四大发现之一的伟大发现。

第九章 超新星爆发……………59

新星和超新星都是变星中的一个类别。它的最初出现，曾经一度使人们认为它们是刚刚诞生的恒星，所以给取名叫“新星”。后来经过进一步观测和研究才知道，它们不但不是新生恒星，相反，是正走向衰亡的老年恒星。再后来，人们发现它们就是正在爆发的红巨星。

第十章 挑战密度的极限——中子星物理……………68

第一次推测中子星的存在是在 1932 年，在英国物理学家

查德威克发现中子后不久，当时正在丹麦哥本哈根访问的苏联物理学家朗道就提出了宇宙中可能存在一类完全由中子所组成的天体，第一次提出中子星这个概念。

第十一章 高能天体物理前沿……………78

从二十世纪六十年代至今，随着类星体、脉冲星、宇宙 X 射线源、宇宙 γ 射线源等的相继发现，空间技术和基本粒子探测技术在天文观测中的广泛应用，以及高能物理学对天体物理学的不断渗透，对宇宙中高能现象和高能过程的研究便日益活跃起来。高能天体物理实际上也是理论物理的一个分枝，它主要研究发生在宇宙天体上的高能现象和高能过程，这些现象如宇宙射线、超新星爆发等。

黑洞、超新星、中子星、脉冲星、夸克星、活动星系核这些名字在 20 世纪以来已经走进了普通大众的生活。所谓黑洞就是引力无限大，连临界面内的光都无法逃走；超新星爆发则在瞬间释放强大的能量，这些能量足以摧毁周围一切星球，就连地球也难逃厄运；中子星则是宇宙中极度致密的物质，一个豆子大的中子星物质，据说可以压沉一艘万吨巨轮。

黑洞是宇宙中最为神秘的家伙，关于黑洞的报道也屡见不鲜。著名的霍金大师就以其黑洞无毛理论而著称。在本书最后一部分作者花了大量篇幅去带领大家了解黑洞。这一部分作者主要从事的是黑洞理论的计算工作，所以可以从一个专业工作者的角度，让大家更真实的了解黑洞的研究工作，从而有一个理性的黑洞。中子星、脉冲星、超新星等部分也是基于这方面专家的最新研究成果。笔者通过听取这些专家的报告，以及参考大量的资料，把关于这些特殊天体最新的研究进展能够讲的通俗易懂。

第一章 宇宙中物质陷阱——黑洞

本章科学人物

为了照亮地球深处，在黑暗之中看到蕴藏丰富的矿产资源，科学之灯是必须的。

——门捷罗夫

钱德拉塞卡尔



美籍理论物理学家和天体物理学家。1910年10月19日生于巴基斯坦的拉合尔。1930年毕业于印度马德拉斯大学，1930~1934年在英国剑桥大学学习理论物理，1933~1937年在该校任教，1937年移居美国。1946年以来，一直在芝加哥大学叶凯士天文台任理论天体物理学教授。1944年成为英国皇家学会会员，1953年加入美国国籍，1955年任美国科学院院士，1973年成为颁发诺贝尔奖金的瑞典皇家科学院成员。

钱德拉塞卡尔对恒星结构做了许多深入细致的研究，并于

1939 年著成了《恒星结构研究导论》一书，全面地总结和评述了他的白矮星理论。他还在恒星和行星大气的辐射转移理论、星系动力学、等离子体天体物理学、宇宙磁流体力学和相对论天体物理学等方面作了许多重要贡献。他于 1943 年出版了《恒星动力学原理》，运用经典力学讨论星团和星系等天体系统的动力学问题。1950 年出版了《辐射转移》，后来还出版了《等离子体天体物理学和流体动力学》。

说到宇宙天体，一般人的第一反应都会是抬头便可看见的各种大小不同的恒星、行星、流星、彗星。其实宇宙天体的范围远远不止这些，天体的概念也绝不仅仅是“球”状的星星。在这个章节中，我们来介绍一些大家不常听说的特殊天体。它们或形成原因诡异，或难以被人们所观测，比如我们后面要讲到的中子星和超新星等。然而宇宙中最令人困惑和最著名的特殊天体还是应当属黑洞。对于人类来说，尽管已经有了很多相关的调查和研究，但关于它没有掌握的情况却更多。它的神秘表现在很多方面，从它的特殊形态到形成原因，再到质量计算，都是科学家们研究的重点。所以我们用足足 6 个章节来谈黑洞并不为过。首先我们需要对黑洞的来龙去脉做一点初步的了解。

与人们想象中的不同，黑洞并不是一个“洞”，而是一种天体。它其中隐匿着巨大的引力场，这种引力大到任何东西，甚至连光，都难以逃脱它的吸引。在对其他物体做出如此巨大的作用的同时，黑洞又从来不让它其中的任何物质被外界所看见。因此，虽然它硕大无比，但是人类却很长时间都没有感受到它的存在。而这样隐蔽的特性就是这种天体被称为“黑洞”的缘故。

在 1783 年，剑桥学者米契尔首先提出有关“黑洞”的问题。由于他生活的年代还处于经典力学和时空观念统治天下的时期，所以他所认知的时空是牛顿的绝对时空概念，而非爱因斯坦的相对空间概念。当时米契尔认为如果一个物体的“脱离速度”达到了无限大的时候，就连速度最快的光线也没有办法

逃离它的吸引。因为它们所发出的光线会被自己的重力拉回去，米契尔把当时所观看到的这种星体称做“暗恒星”。这其实也就是今天我们说的黑洞。

黑洞之所以没有被早期的天文研究者们发现，是因为它的发现和理解需要借助 20 世纪两大物理理论——广义相对论和量子力学的联合应用。黑洞虽然广大，但是并非无边无沿，它有一个封闭的边界。但是这个边界有一个奇怪的特性，就是外来的物质和辐射可以轻松进入界内，而界内的任何物质都不能跑到外面去。

关于黑洞的形成，目前的理论已经解释的比较清楚了。它跟白矮星和中子星一样，很可能也是由恒星演化而来的。从前面很多章节的描述中我们已经知道，当一颗恒星衰老时，它会在其外壳的重压下从核心开始坍塌萎缩。为了使其与强大的压力达到平衡，恒星的体积会迅速减小，直到最后形成体积小、密度大的星体。恒星演化的最终结果就是形成一系列的特殊天体。质量小一些的恒星主要演化成致密的白矮星，质量比较大的恒星则有可能形成更加致密的中子星。但是，中子星的质量不能大于三倍的太阳质量。如果质量真的超过了这个值，那么它的自身重力就会引发它的另一次大坍塌，这时候物质将不可阻挡地向着星体的中心点“涌进”，最后成为一个体积趋于零、密度趋向无限大的“奇点”。而当它的半径一旦收缩到一定程度，巨大的引力就使得任何物质都无法逃离了，从而切断了这颗恒星与外界的一切联系，于是，“黑洞”便从此诞生了。

按照目前的研究成果，黑洞按照质量大小分为恒星级黑洞（ $3\sim 20 M_e$ ），中等质量黑洞（ $10^2 M_e \sim 10^4 M_e$ ）和巨型黑洞（ $10^6 M_e \sim 10^{10} M_e$ ）。由于黑洞的隐藏性，我们无法通过光的反射来观察它，而只能通过受其影响的周围物体来间接了解黑洞。目前所做的研究也都是用这种间接的手段完成的。

天文学界关于黑洞的理论已经提出了不少，然而证实所观测的信息却是相当困难的。在 1943 年，Carl Seyfert 曾经认证了几个 Seyfert 星系，发现了中心的特殊核结构；1954 年，Baude&Minkowski 观测到 M87 有强的射电辐射；1953 年，Jennissn & Dasguptu 观测到了 Cyg A 的大尺度射电喷流。第一个类星体的认证是在 1965 年，由 Martin Schmidt 完成，他发现了 3C273，红移 $z=0.158$ ，并提出了类星体存在的“能量危机”这个问题在 1969 年由 Lynden Bell 解决，他认为，类星体的巨大能量来自于其中心超大质量黑洞的吸积。这个想法完美地解决了类星体的“能量危机”，现在越来越多的人都已经认同了这种观点。

前面虽然说过黑洞内部的物质和辐射是不会出来的，但黑洞本身还是具有质量、电荷和角动量的。更重要的是，它还能对外界施加万有引力和电磁作用。比如，物质被黑洞吸积而向黑洞下落时会发出 X 光辐射等。目前已知寻找恒星级黑洞的途径是由双星提供。如果一个黑洞和一个普通恒星组成双星系统，恒星的表层物质就可能被黑洞吸积，丰富的吸积物质在下

落过程中释放的引力能不断转化为热能，在靠近黑洞的地方就会发出强 X 射线。由于双星中中子星也可以是强 X 射线源，所以还要求探测对象质量大于 3 倍太阳质量。据报道，天鹅座 X-1、大麦哲伦星云 X-3、A0620-00 很可能都是黑洞。科学家对星系核中的巨黑洞的认证研究正在进行，但由于对星系核的观测比双星更加困难，所以对这类黑洞的确认还处于间接论证水平。

在黑洞形成的时候，所有的信息都丢失了，这就是所谓的“黑洞无毛”。人们在描述它的时候就只用质量、旋转和电荷等物理量，天体物理中讨论的黑洞都认为不带电荷。认证黑洞的第一步是测量它的质量，当双星系统可以比较准确地测量质量，测量速度、轨道周期时就可以求出质量函数，再获取转动面与我们视线的交角就能精确得到双星的质量。第二步是确定它是致密星体，一般有三种方法，我们会在下一个章节中给出详细的介绍。

上面已经谈到过黑洞的三种分类，而针对不同质量的黑洞就应该运用不同的形成理论和探测方法。比如恒星级黑洞，它的形成被认为是大质量恒星超新星爆发形成。中等质量的黑洞一般认为可能存在于球状星团中心，观测上发现在银河系外有极亮 X 射线源，可能是它存在的证据。再大的质量可以采用恒星动力学法、气体动力学法和反演法 (Reverberation Mapping)。关于巨型黑洞的形成，科学界一般认为是在星系的演化过程中，当两个星系合并后，其中心的黑洞深埋在气体云中，以 Eddington 吸积率吸积物质并快速增长所致。这其中，关于恒星质量级黑洞和中等质量级黑洞人们的理论知识已经比较完善

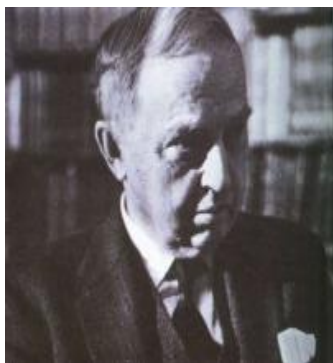
了，所以我们在下一个章节重点关注一下大质量黑洞的情况。

第二章 星系黑洞和大质量黑洞

本章科学人物

科学不能或者不愿影响到自己的民族以外是不配做科学的。

——普朗克



沙普利

美国著名的天文学家，美国科学院院士，曾任哈佛大学天文台台长，美国天文学会会长等职。

沙普利是 20 世纪科学史上最杰出的人物之一。他出身于农民家庭，幼年家境贫寒，没有受过系统的教育，16 岁就参加了工作。沙普利在天文学上做出了重要贡献。他对球状星团和造父变星进行了系统的研究；指出了太阳系不在银河系中心，而是处于银河系边缘；银河系的中心在人马座方向。他的研究为人们认识银河系奠定了基础。

沙普利的故事又给了我们一个逆境成材的典型例子。对科学的孜孜以求，以及不屈不挠的奋斗精神造就了这样一个英才。

黑洞自从被广义相对论推测出的那一天起就一直像磁石一样吸引着人们的注意力。一方面源自于它本身的神秘，另一方面更是因为人类对宇宙奥秘的渴望，鼓舞着一代又一代科学家献身其中。黑洞作为宇宙诞生过程中非常重要的一类天体，对它形成、演化，以及各种物理性质的研究是人类所强烈追求的。2002年霍金大师的访华，在中国掀起了一场难得的黑洞热。演讲中涉及的著名的“霍金黑洞无毛”理论等，更是引起了人们强烈的好奇心。一时间，关于黑洞的各种理论从大众中冒了出来。它们有的宣称自己推翻了霍金的黑洞理论；有的宣布已经建立了一套全新的黑洞理论；甚至有的宣称科学家所说的黑洞根本就不存在的。诸如此类，从一个侧面反映了人们对知识无限的热情和对科学的全新黑洞知识的渴望。

我们在前面一章中已经说到过，黑洞按质量划分有：恒星级黑洞（3—20个太阳质量）；中等质量黑洞（100—10 000个太阳质量）；超大质量黑洞（100万—100亿个太阳质量）。

这其中，人们对恒星级黑洞和中等质量黑洞的形成已经有了比较全面的了解。恒星级黑洞是大质量恒星在演化后期通过超新星爆发而产生的黑洞。至于到底多大质量恒星演化后才能形成黑洞，以及形成的具体物理过程，目前还尚不清楚。其认证来自于X-射线双星的观测，通过双星系统质量的测量，以及其谱线和准周期振荡（QPO）。科学家一般通过对X-射线双星的测量，测定（大于中子星质量上限）质量，再结合高频QPO，Ka线，无物质表面三个因素进一步确认。目前人类已经证认出18个恒星级黑洞，以及22个恒星级黑洞的候选体。