

外研社·哈佛科学人文译丛

GALAXIES AND THE COSMIC FRONTIER

星系与星际边缘

(美) 威廉·H. 沃勒 保罗·W. 霍奇 著
师且兴 译

外语教学与研究出版社

外研社·哈佛科学人文译丛

星系与星际边缘

Galaxies and
the Cosmic Frontier

(美) 威廉·H. 沃勒 著
保罗·W. 霍奇 译
师旦兴 译

外语教学与研究出版社
北京

京权图字：01 - 2005 - 3418

Copyright © 2003 by the President and Fellows of Harvard College
Published by arrangement with Harvard University Press

图书在版编目(CIP)数据

星系与星际边缘 / (美)沃勒(Waller, W. H.), (美)霍奇(Hodge, P. W.)著; 师且兴译. — 北京: 外语教学与研究出版社, 2009. 2
(外研社·哈佛科学人文译丛)
书名原文: Galaxies and the Cosmic Frontier
ISBN 978 - 7 - 5600 - 8173 - 1

I. 星… II. ①沃… ②霍… ③师… III. 星系—普及读物
IV. P15 - 49

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2009) 第 020963 号

出 版 人: 于春迟

项目策划: 彭冬林 满兴远

责任编辑: 郝 颖

装帧设计: 牛茜茜

出版发行: 外语教学与研究出版社

社 址: 北京市西三环北路 19 号 (100089)

网 址: <http://www.fltrp.com>

印 刷: 北京双青印刷厂

开 本: 650×980 1/16

印 张: 20.5 彩插:2

版 次: 2009 年 2 月第 1 版 2009 年 2 月第 1 次印刷

书 号: ISBN 978 - 7 - 5600 - 8173 - 1

定 价: 46.00 元

* * *

如有印刷、装订质量问题出版社负责调换

制售盗版必究 举报查实奖励

版权保护办公室举报电话: (010)88817519

物料号: 181730001



出版说明

20 世纪的文化是以现代科学为基础的文化，21 世纪的文化则将是科学精神与人文精神高度融合的文化。这已是学界的共识之一。

秉承我社“记载人类文明，沟通世界文化”的一贯理念，我们组织翻译了这套“外研社·哈佛科学人文译丛”，目的有两点：其一，在于搭建一个阅读平台，让国际上最高端的科学教育读物能在最短时间内进入中国；其二，在科学与人文的两极之间“执两用中”，~~寻求那些最能将科学精神与人文精神相融合~~的优秀图书，并推荐给中国读者。

“外研社·哈佛科学人文译丛”将涵盖 21 世纪人类所无法回避的那些最基本、最重要的问题：~~诸如~~生命科学、量子力学、全球气候变暖、宇宙起源、~~开源软件~~，等等。哈佛大学出版社在世界范围内遴选的这些一流作者，将为中国的读者提供他们在这些命题上的最新思考。而所有这些思考，回答的无非是三个终极问题：我们从哪里来？我们是谁？我们往哪里去？

相信这套丛书将会为我们每个人在面对这些问题时提供新的启示与灵感。

外语教学与研究出版社

2006 年 12 月



前 言

星系记载了我们的宇宙历史，构成了宇宙并给它带来光明。这些由无数的恒星、行星、气体以及尘埃组成的结构，自 1925 年埃德文·哈勃首次确认了它们作为独立“岛宇宙”的身份起，就诱惑并挑战着天文学家们。直到今天，已观测到的星系结构和星系运动仍然令我们惊讶而迷惑。而可观测的宇宙，就如同在黑夜的海面上那灯火通明的航船，只是巨大的、潜伏于黑暗中的世界的微小部分而已。

在接下来的章节中，我们向您讲述了星系的故事以及它们随宇宙时间演化的历程。这本天文学传奇是继哈罗·夏普里 1943 年出版《星系》之后，哈佛大学出版社宇宙系列丛书中的第五本。在夏普里完成其开创性的著作后，我们对于星系的认识已经改变了许多。实际上，从保罗·霍奇 1986 年所写的第四本开始，人类探索的步伐以惊人的速度加快。借助哈勃空间望远镜以及夏威夷和智利山顶的大型地基望远镜等先进仪器，我们现在对宇宙的可观测距离已经远到足以看到星系自大爆炸的喧嚣中诞生后不久的样子。这让我们更深刻地意识到星系的生命历程正是对宇宙历史的具体体现。

为了使我们对这个复杂话题的讨论能够既有广度又有深度，《星系与星际边缘》一书分为三个部分。第一部分中，我们概述了星系的基本情况——介绍了椭圆星系、漩涡星系和不规则星系等星系类型，并探究了它们相应的自然发展史。然后又提供了一些关于星系形成的观点以及关于暗物质的奇异本质的研究。

在第二部分，列出了一些与我们非常“亲近”的近邻星系。以我们在宇宙中的家园——银河系的一次“成员国”游览为

开始，去结识本星系团中不可计数的矮星系，去探索巨漩涡星系和巨椭圆星系优美的结构及美妙的动力学性质，去目击爆发中的星系，去向最强力的星系——类星体致敬。

在第三部分也就是最后一部分，我们走出本星系团，去审视整个宇宙的全局结构、动力学和星系宇宙的演化。在我们向纵深处探索时，我们涉及了不少最近对宇宙演化研究产生革命性影响的新发现：星系空间中巨大的丝状结构和空洞结构，宇宙边缘的“原初”星系，宇宙越来越快的膨胀现象……我们以这些未知的未来和令人振奋的可能性来结束这个有关空间和时间的故事。

不管是讨论星尘、黑洞、超新星、暗物质、暗能量，还是宇宙膨胀，我们始终把关注点放在那些使我们推导出这些天体物理概念的天文观测上。我们重点讲述那些记录了我们的宇宙的创生、当前状态以及生命演化等问题的著名观测结果。严格地尊重观测，时刻关注重大问题，我们尽力把现在所知的宇宙历史清晰地梳理出来。

我们试图以通俗易懂的语言来讲述这个宏伟的故事。也欢迎希望能得到更多专业性信息的读者访问我们的网站：<http://cosmos.phy.tufts.edu/cosmicfrontier>。这里有物理和天文数据的表格、相关链接以及更深入研究的最新消息。

我们希望通过这本《星系与星际边缘》成功地传达最杰出的星系探险的精神和实质。这里也感谢许多同我们分享自己对宇宙边缘探索成果的人。特别是：亚当·布洛克，他提供了在插图 1~3 中许多色彩美丽的星系类型的图片，埃德温·克鲁普，他提供了人类对于银河的展望，罗瑞·阿甘和利厄·斯塔斐尔，他们制作了许多图形，我们在塔夫茨大学和华盛顿大学的学生，他们的批评和贡献极大地帮助我们，我们的同事——包括大卫·阿德勒、查克·贝内特、汤姆·戴姆、苏珊·厄恩斯特、温迪·弗里德曼、亨利·佛罗伊登里奇、索尔·吉特勒曼、伊娃·格瑞比尔、保罗·格林、迈克·赫



德森、比尔·基尔、克斯特尔·马丁、迈克·诺曼、肯·宾鲁姆、琳达·斯帕克、泰德·斯特克、乔治·泰勒、托尼·泰森以及帕特·沃勒——他们提供了图形、指导以及支持；还有哈佛大学出版社的非常棒的编辑团队，他们辅导我们通过了艰巨的付梓过程。最后，我们向所有私人或公众赞助者（包括读者）致以敬意，他们的兴趣和支持鼓舞了全世界追寻宇宙边缘的天文学家们。

目 录

前言	I
----------	---

第一部分 星系初探

第一章 星系和宇宙	3
-----------------	---

从遥不可及的远古时代开始，人类就想知道地平线以外究竟存在着什么。……到今天为止，我们业已发现一个不断增大的宇宙物质层次结构——从我们的日心行星系统，到其他带有行星系统的恒星；从充满恒星和恒星系统的星系，到星系群和星系团；一直到我们视力可及的最远处那些由星系和星系团构成的丝状结构。今天，借助望远镜、电脑，再加上一沓用以演算的稿纸，我们继续向纵深探索着，去寻找空间的尽头——也即时间的起点。

第二章 形成与运作	23
-----------------	----

星系是自然界中形态最美的事物之一。最先进的望远镜对星系所作的深度成像向人们展示了它在几乎所有尺度上的迷人结构。即使是通过小型望远镜的匆匆一瞥，这些蒙眬缥缈的王国也足以带给人一种神奇而美妙的遐想。……为什么在一些星系中有如此巨大的旋臂绕中心旋转？为什么在另一些星系中有明亮的棒状星光横贯其间？

第三章 星系剖析	39
----------------	----

从星系发出的星光是一个复合体，每一颗恒星都向混合辐射贡献自己特有的光谱能量分布。我们通过恒星的颜色来感知这一多样性。比如，裸眼可以看到猎户座左肩上的参宿四是淡黄色的，右膝上的参宿七是蓝白色的，而猎户座旁边的大犬座里的天狼星是明亮的白色，旁边小犬座中的南河三看起来是黄白色，而我们的太阳则发出明显的黄光。

第四章 丢失的质量 65

就在不太多年以前，对星系质量的研究还属于天文学相对确定的领域。……而到1980年，事情有了一个令人惊讶的转折，所有的天文学家都在星系质量问题上变得有些迷惑。因为某种完全意想不到的、至今未能了解的复杂性，过去的答案看起来竟没有一个是正确的！……一个有些恼人的可能性始终存在：宇宙向我们隐藏了它的绝大部分。我们生活在一个幽深而黑暗的广袤宇宙中，只有几点烛光在微微闪亮。

第五章 创生和演化 83

现代宇宙学最重要的目标之一就是了解星系是如何形成以及如何演化的。20世纪20年代，当埃德温·哈勃对星系进行分类时，人们认为星系的类别就代表了它们的不同演化阶段。但事实证明，这一想法基本上是错误的。现在，面对重建星系生命历程这一挑战，天文学家们开始思考，星系最开始到底是怎样出现的呢？

第二部分 近邻星系

第六章 银河系 97

如果你曾亲眼见过银河，你应该感到很幸运。……今天，为了能目睹银河，我们必须将城市和市郊抛在身后，去寻找黑暗的天空。在山巅的小屋，轻风微语的沙漠，人迹稀少的海滨以及辽阔空旷的大海，我们才能够看得到晴朗无月的夜空中，银河横贯天幕，宏伟而庄严。

第七章 麦哲伦云 127

麦哲伦云在北纬 20° 以上是看不到的，而南半球的航海家们则早在几个世纪前就已经非常熟悉它们了。15世纪的水手把它们称作“海角云”，并发现它们对导航颇为有效。……到1518~1520

年，也就是伟大的环球航海家麦哲伦进行他划时代的航行时，这种方式的应用已经很普遍了。……他的同事、航行的官方纪录者——安东尼奥·内格菲塔，建议将“海角云”重新命名为麦哲伦云以作纪念。

第八章 本星系群中的矮星系 145

20世纪20年代，哈勃确认，我们生活在一个由很多星系组成的宇宙中。之后不久，人们对星系王国的认真探索就开始了。没用多长时间，人类就在所有的大型望远镜的极限之内观察到了数以千计的星系。……我们被一个看起来结合松散却又与宇宙其余部分相分离的星系群所包围，……到目前为止，天文学家已证认出了本星系群中大约40个物体，其中绝大多数是矮星系。

第九章 最近的巨星系 165

我们居住的行星可能微不足道，它所环绕的恒星也并不引人注目。但是要说起承载着我们的太阳和太阳系的星系来，那可确实值得我们好好吹嘘一番。作为数百亿颗类似太阳的恒星的家园，加上家族中的那些矮卫星星系，银河系算得上是名副其实的巨人了。如果这个由亿万个星系构成的宇宙要进行某项规模宏大的比赛，支持我们的主队毫无疑问将是正确的选择！

第十章 相互作用星系与星暴星系 187

在前面的章节中，我们把星系单独考虑，方式很类似于伊曼努尔·康德在大约250年前所设想的“岛宇宙”。但无一例外，我们发现这些巨大的系统总是处在近邻星系的影响下。从银河系周围环绕的卫星矮星系，到被人马座A所吞噬的不幸的漩涡星系，最近的星系显示出许多温和的抑或不那么温和的相互作用。事实上，从很多角度来看，正是在过去发生的多种星系相互作用，造就了今天我们所见的星系类型。

第十一章 能量最强星系 201

在巨漩涡星系、椭圆星系以及相互作用星系中，有少数能够输出极大的能量，这种现象需要给予解释。其中一些星系看上去就像我们在近处所观测到的星暴星系的过度膨胀版本。……在接下来的部分中，我们将关注能量最强星系的各种不同外在体现——从充满尘埃的超高光度红外星系，到具有巨大射电瓣的星系，然后到此次考察的高潮部分——类星体。

第三部分 我们的星系岛宇宙

第十二章 星系距离测定 223

哈勃首次证明了，星系在空间和时间上的延展范围都大得惊人。此后，天文学领域那些最无畏的科学家一直在试图测量宇宙的距离尺度。不要因为距离尺度问题仍然充满争论而灰心，相反，我们应该心存感激，因为自然界的运行机制使得我们有可能找到测量这个大得如此不可思议的宇宙的方法。

第十三章 星系团和超团，细丝和空洞 233

不同类型的星系团可以视为不同类型的城市。规则星系团就像纽约，具有向城市中心曼哈顿聚集的强烈倾向，在中心处，可以看到许多高楼大厦，并且它们的样子都差不多。而不规则星系更像是洛杉矶，建筑物散漫地分布着，几乎没有中心聚集。城市中部区域的确包含一些大的、形态各异的建筑，但在数英里之外又会存在另一个局部中心。很难确定洛杉矶的界限在哪里，它只是在很远很远的地方慢慢消失……

第十四章 膨胀中的宇宙 243

如果这本书早几年写出的话，它就会遗漏一条现代宇宙学中最激动人心的发现。最近对遥远超新星的研究显示，其宿主星系所处的位置比根据红移和自由膨胀所预测的更远。而在这些更

远的距离处，星系的红移看上去反常地低。这意味着由这些星系所示踪的早期宇宙比今天膨胀得慢一些。也就是说，我们似乎正生活在一个膨胀速度不断增大的宇宙中。

第十五章 起源图景 255

约130亿~200亿年以前的某一时刻，我们的宇宙从“大爆炸”中诞生。这一看起来很玄妙的宇宙起源图景，在宇宙膨胀发现之初遭到很多人的怀疑。但是，在过去的半个世纪里，不断累积的证据排除了大爆炸之外的所有替代品，同时也使大爆炸模型的历史脉络更为完整。为理解大爆炸理论在解释宇宙起源和描述早期演化方面的成功之处，我们将考察一下目前已知的证据。

第十六章 宇宙边缘 269

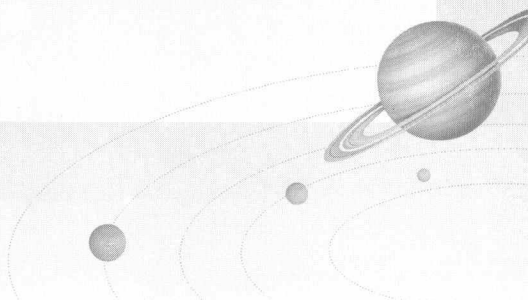
宇宙微波背景发现之后，人类对早期宇宙的认识便开始突飞猛进……我们在宇宙微波背景中看到了这种原初结构的迹象……在回顾了整个宇宙的历史之后，我们不可避免地要对我们自身存在进行一些思考。在过去的两个世纪内，人类在澄清“存在”这一问题上取得了极大的进展……在尽力将自身如此离奇的存在性质与毫无感情的宇宙历史联系起来的过程中，我们还会有怎样的新发现呢？

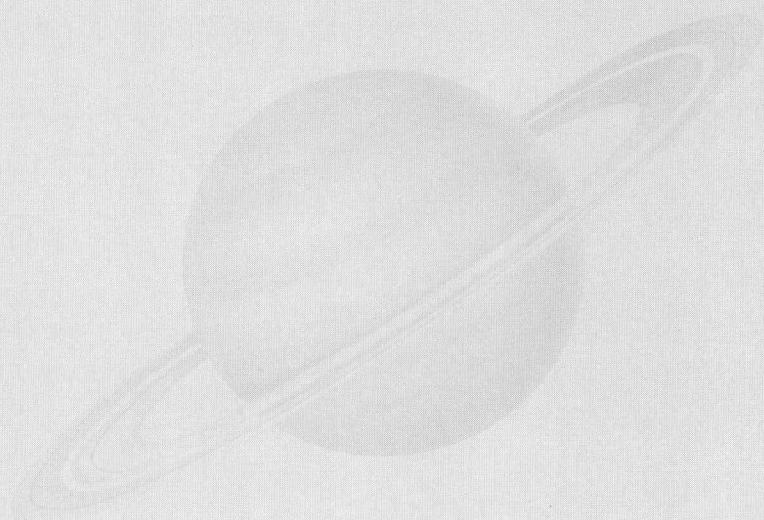
后记 289

参考文献 294

期刊与网站 301

插图表 303





第一部分

星系初探

第一章 ▶

星系和宇宙

从遥不可及的远古时代开始，人类就想知道地平线以外究竟存在着什么。在与生俱来的好奇心、野心以及求生本能的驱使下，我们不断前行，去探索遥远而神秘的土地。从大约 2 万年前的上一次冰河世纪起，人类无畏的探索就带来了自身的扩展。通过步行、骑马或者乘船等方式，人类探查了地球上绝大多数的神秘之处。

随着历史的演进，我们的视野拓展到地球之外的广袤领域。17 世纪初，望远镜出现了，到今天为止，我们业已发现一个不断增大的宇宙物质层次结构——从我们的日心行星系统，到其他带有行星系统的恒星；从充满恒星和恒星系统的星系^①，到星系群和星系团^②；一直到我们视力可及的最远处那些由星系和星系团构成的丝状结构。今天，借助望远镜、电脑，再加上一查用以演算的稿纸，我们继续向纵深探索着，去寻找空间的尽头——也即时间的起点。

在上一个千年的绝大部分时间里，我们把宇宙与今天称之为太阳系的東西等同起来，认为满天繁星只不过是位于行星外的一个球面上的装饰物。直到 19 世纪，人们才最终意识到这些细微的光点其实是遥远的太阳，它们离我们非常远，远到其发出的光需要很多年才能到达地球。这些孤独的恒星看上去散布于空间之中，科学家们在争论它们是否会永远延伸下去，或者是否会存在一个终点，而在这终点之外是空荡荡的一片。天文学家继续向空间的深处探索，他们确实找到了终点。我们的太阳看起来是大量恒星中的一员，并和这些恒星一起，处于被他们称作银河系的系统之中。而在银河系边缘之外，则是无尽的黑暗。

20 世纪带来一个新的发现：我们的银河系并非整个宇宙。在银河的最遥远恒星之外，是其他类似我们星系的星系；它们在空间中一直延伸，远到我们最大的望远镜也不能企及的深处。18 世纪 80 年代，星系第一次作为查尔斯·梅西耶模糊天体表的一部分得以记载；20 世纪 20 年代，星系之间的距离被成功测定，它们最终被确

① 由引力束缚住的恒星及其他物质组分构成的集合，相对于其他物体几乎是完全自治的系统，通常与其近邻相隔数百万光年。

② 一群同时产生的恒星所组成的物体总体，或一群具有共同起源的星系组成的总体。



认为“岛宇宙”。今天，这些宏伟的领域组成了现代天文学最充满活力和最令人兴奋的课题，所以在本书中也被给予了最多的关注。

物体的尺度

星系可以被简单地描述为一个自引力系统，由恒星、星团、恒星间弥漫的气体云和尘埃云以及大量的暗（不发光）物质构成。除了最后一个，以上物质都可以直接由我们的地基望远镜和太空望远镜观测到。天文学家现在能够得到辐射能的完整光谱，从射电、可见光一直到高能伽马射线^①（图 1.1）。暗物质^②本身只能由它对星系内恒星和气体的运动以及星系间穿行的光线径迹的引力效应来推知（见第四章）。

球状星团^③，比如武仙座的巨星团，可以认为是恒星自引力系统（图 1.2）。但它们和与之相比大得多的宿主星系太近地耦合在一起，就其自身来说已不能被认为是星系。我们把球状星团看作是附属于它们的宿主星系的成员。在更大的尺度上，星系团也被认为是自引力系统，但是这种系统中的每一个星团成员都足够独立，可以被认为是独立的星系。在这些给定的语义限定下，星系的大小将在几百光年到几十万光年之间，1 光年是光在一年内所走的距离——约 6 万亿英里或 10 万亿公里。与这些区域相应的内部物质，其质量高达几百万到几万亿个太阳质量，而太阳的质量要比地球大 30 万倍。

我们的家园星系银河系非常大，光从它的一端到另一端要走 10 万年——以每秒钟 30 万公里，或者说每小时 6.7 亿英里的速度。地球和太阳距银河系中心大约 3 万光年，在从内而外的 2/3 处。如果我们试图给生活在银河系中心的某种假想的生命发送信号，那我们得等到 6 万年后才能收到回复。我们还可以通过另一种方式来理解

① 波长很短，频率很高的电磁辐射。伽马射线的能量非常大。

② 一种理论上认为存在，却尚未得到了解的物质。它的存在经由星系中恒星的运动、星系团中星系的运动以及穿越这类大质量物体的光线所发生的弯曲等得以反映。

③ 一种通常质量很大，分布很密集的恒星群。