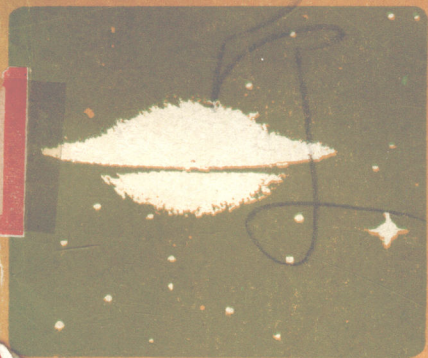
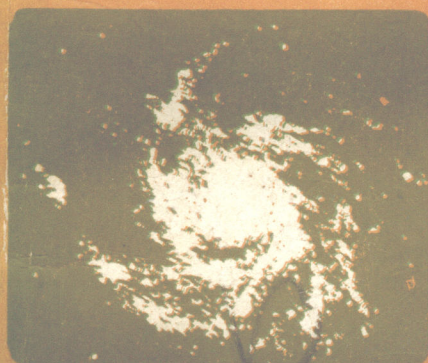


HE WAI TIAN WEN XUE

河外天文学

〔阿根廷〕J. L. 塞锡克 著



科学出版社

河 外 天 文 学

〔阿根廷〕 J. L. 塞锡克 著

李宗云 译

黄克谅 校

科 学 出 版 社

1 9 8 7

内 容 简 介

河外天文学(星系天文学)是当前天文学研究中最活跃的领域之一。作者从事星系研究几十年,长期讲授这门课程,本书是作者在这些讲稿的基础上写成的。

本书系统地论述了河外天文学的有关知识,内容广泛、行文简洁,适合不同程度的读者阅读,特别适合作大学天体物理专业的参考教材或高年级学生的自学参考书,亦可供从事这方面工作的研究生、科研人员参考。

J. L. Sérsic

EXTRAGALACTIC ASTRONOMY

D. Reidel Publishing Company, 1982

河 外 天 文 学

[阿根廷] J. L. 塞锡克 著

李宗云 译

黄克谅 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

北京景山学校印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

*

1987年9月第一版 开本: 787×1092 1/32

1987年9月第一次印刷 印张: 9 7/8

印数: 0001—1,000 字数: 221,000

统一书号: 13031·3663

本社书号: 5230·13-5

定价: 2.35 元

中 文 版 序

虽然我们两个国家在地理上位于地球正相反的两侧，但在通过和平、平衡发展和科学研究谋取人类幸福方面，我们有着共同的兴趣和目标。

《河外天文学》一书翻译成中文，通过两国人民天文学方面的交流，达到相互学习，相互了解，这是一个无法估量的贡献。

我希望中国读者能从这本书得到益处，请记住它的作者是生活和工作在第三世界的一位光学观测天文学家。

J. L. 塞锡克

1985年9月于阿根廷，科尔多瓦

译者序

除了我们的宇宙岛——银河系以外，天文学所研究的对象都属河外范畴。不言而喻，河外天文学因其范围之广阔、天体之多样、发展之迅速而成为天文学最重要、最活跃的领域之一。然而，涉及这方面的书在国内尚不多见，几乎还没有一本广泛、系统地论述河外天文学或星系天文学的书。本书的翻译正是为了满足有关读者的需要，填补这方面空白的一个尝试。

本书是“国际地球物理和天体物理丛书”中的一卷。作者 J. L. 塞锡克从事星系研究工作几十年，在许多方面颇有建树，他长期讲授这门课程，本书正是在那些讲稿的基础上写成的。

本书的特点是：内容广泛，行文简洁，几乎每一个数据、每一个论点都给了出处，每章后面附有大量的文献，因此适合不同程度的读者阅读。译者认为，作为天体物理专业的参考教材或大学高年级学生的自学参考书最为合适，它将把学生从基础知识、基本理论的学习带到科学研究的前沿；对于准备从事这方面工作的研究生、研究工作者，以及对本专业感兴趣的同志，本书将提供必要的天体物理背景；至于中等以上文化程度的天文爱好者和自学青年，也不难读懂本书的大部分内容，从中感受到浩瀚宇宙的无穷趣味，领略到天文学的巨大进展。

翻译过程中，对原书的印刷错误或其它错误，凡发现的都已作了改正。文中某些与最新进展略有出入或矛盾之处，译者均加了注释，以引起读者注意。

本书承黄克谅同志校订，他提出了许多修改意见，对译文质量的提高极有帮助，译者深表谢意。

由于译者水平所限，译文中缺点和错误在所难免，恳请读者批评指正。

前 言

本书是在“河外天文学问题”讲座的讲稿基础上写成的，二十多年来，科尔多瓦大学天文台几乎每年都有这个为时一学期的讲座。在拉普拉塔、圣地亚哥(智利)、圣保罗、里约热内卢和帕拉伊巴也开过这样的讲座，但时间要短一些。E.Scalise曾把这些讲稿译成葡萄牙文并建议将它们发表，当然出版这本书的想法还应归功于我的朋友J.Kleczek。

本书并不涉及河外天文学的所有内容，它只包括了二十五年来，在这个地区的专业实践中使我感兴趣的那些问题。

作者感谢M.Pastoriza和G.Carranza的有益建议、L.Milone主任的支持以及科尔多瓦天文台工作人员的合作。R.Tscham-
lar的才智和幽默使英文翻译工作进行得很顺利，M. Pizarro专心致志地完成了原稿的编辑，对他们两位我是深为感激的。

J.L.Borges回答一个好询问的新闻记者时说：“一本书要不是迫于需要出版，作者会花费他整个一生来仔细推敲，使原著日臻完善。”这句话也可以解释为什么本书跟讲稿以及我过去所期望的书如此不同。多谢B.McCormac教授和赖道(D.Reidel)出版公司编辑出版本书，把我从Borges的“地狱”中拯救出来。

J. L. 塞锡克

1980年12月

目 录

第一章 形态和结构.....	(1)
§ 1.1 正常星系和特殊星系	(2)
§ 1.2 正常星系的分类	(5)
霍姆伯格分类 (5) 霍姆伯格类型的描述 (7) 哈勃分	
类 (10) 德沃库勒分类 (12)	
§ 1.3 星系的视扁度和真扁度.....	(16)
§ 1.4 其它分类系统	(19)
叶凯士分类 (19) 光度分类 (21)	
§ 1.5 特殊星系的分类	(25)
第二章 正常星系	(27)
§ 2.1 组成	(27)
2.1.1 测光性质	(27)
总光度 (30) 亮度分布 (32) 其它光度分布 (34) 视	
大小 (35) 颜色 (35)	
2.1.2 恒星组成	(40)
复合谱 (41) 光度效应 (41) 化学组成的差异 (42)	
2.1.3 星系中的星际介质.....	(43)
中性氢观测 (43) 中性氢含量沿星系序列的变化 (45) 中	
性氢的分布 (47) 星系中的电离介质 (48)	
2.1.4 子系统.....	(52)
球状子系 (52) 球状星团 (53) 核子系 (54) 盘状子	
系 (55) 旋臂子系 (56) 棒及其有关子系 (56)	
§ 2.2 运动和质量	(58)
2.2.1 运动学.....	(59)
晚型星系的自转曲线 (60) 晚型星系的观测自转曲线 (63)	
对圆运动的偏离 (66) 早型星系的自转 (67) 早型星系	
中的速度弥散 (68)	

2.2.2 星系的质量	(68)
从自转曲线确定星系质量 (69) 表征质量 (71) 质量分布 (71) 从自转曲线确定角动量 (73) 从恒星的速度弥散确定质量 (75) 从星系对确定统计质量 (75) 从星系系统确定统计质量 (77)	
2.2.3 质光比	(78)
累积值 (79) 质光比的局部变化 (80) 大质量晕 (81)	
§ 2.3 正常星系的模型	(81)
2.3.1 动力学模型	(82)
椭圆星系 (83) 椭圆星系的扁度 (84) 椭圆星系的三轴结构 (86)	
2.3.2 星系成分的演化	(87)
基本方程 (88) 星际气体的化学演化 (89) 恒星形成速率 (90) 作为年龄指示的累积颜色 (93) 矮星系的性质 (96)	
第三章 活动星系	(98)
§ 3.1 分类	(98)
§ 3.2 星系际H II区(IGH II)	(103)
§ 3.3 具有核发射的星系(neG)	(104)
§ 3.4 Irr II星系	(107)
爆发星系 (107) 爆发后星系 (111)	
§ 3.5 塞佛特星系(SyG)	(111)
3.5.1 发射谱	(112)
3.5.2 连续谱	(113)
3.5.3 光变	(115)
3.5.4 射电发射	(116)
3.5.5 相关性	(116)
§ 3.6 强射电星系(SRG)	(117)
3.6.1 射电结构	(117)
3.6.2 射电频谱	(119)

3.6.3 时标	(120)
3.6.4 致密源	(121)
3.6.5 与强射电星系成协的光学形态	(124)
3.6.6 光学谱	(124)
3.6.7 强射电星系的能量	(125)
§ 3.7 N星系	(128)
§ 3.8 类星体(QSO)	(129)
3.8.1 连续谱	(130)
3.8.2 线谱	(132)
3.8.3 蝎虎座BL型天体	(133)
3.8.4 红移和类星体的本质	(134)
§ 3.9 致密天体中的活动	(135)
3.9.1 激发机制	(137)
3.9.2 能源	(138)
第四章 星系及其环境	(141)
§ 4.1 星系间的相互作用	(141)
4.1.1 潮汐作用	(141)
相互作用星系 (IC) (142) 环形特殊星系 (146) 动力 摩擦 (147) 合并星系 (149)	
4.1.2 非潮汐相互作用	(151)
作为环境探测器的强射电星系 (151) 头-尾射电源 (155) 剥落过程 (160) 吸积 (160)	
§ 4.2 星系集团	(161)
4.2.1 星系对和多重星系	(162)
4.2.2 星系群	(166)
4.2.3 星系团	(168)
分类 (168) 动力学和演化 (172) 团内介质 (ICM) (174) 光度函数 (176)	
4.2.4 二级成团	(176)
本超星系团 (LSC) (177)	
4.2.5 成团性	(179)

观测和计算的相关性 (180) Saslaw的解释 (180)

§ 4.3 宇宙中物质的平均质量密度 (181)

等级式宇宙吗? (183)

第五章 度量宇宙 (184)

§ 5.1 距离指针 (185)

5.1.1 一级距离指针 (186)

星际吸收 (186) 新星 (189) 星族 I 造父变星 (190) 天
琴RR型星 (194)

5.1.2 其它光度指针 (194)

最亮的星 (195) 蓝亮星 (195) 哈勃-桑代奇星 (196) 红巨
星 (197) 球状星团 (197) 颜色-星等(CM)效应 (198)
光度型 (199) 星系的绝对星等 (200)

5.1.3 几何指针 (200)

H II 环的直径 (201) 最大H II 区的直径 (201) 旋涡星系的
直径 (204)

5.1.4 其它距离指针 (205)

星系的表面亮度 (205) 超星协(SAS) (205) 超新
星 (206) 21厘米线宽 (208) 超新星膨胀 (210) 超光速
膨胀 (210)

§ 5.2 距离标度 (212)

5.2.1 哈勃流 (212)

5.2.2 对 H_0 的探索 (214)

通向哈勃常数的七步 (214) 通向哈勃比的另外七步 (215)
获得 H_0 的两个步骤 (217) 尾声 (218)

§ 5.3 太空深处和宇宙早期 (218)

5.3.1 红移 (218)

5.3.2 哈勃定律 (222)

红移星等图 (223) 减速因子 (226)

第六章 宇宙学 (227)

§ 6.1 基本假设 (228)

§ 6.2 爆炸宇宙学 (231)

§ 6.3 宇宙的热演化 (235)

§ 6.4 原始核合成	(238)
§ 6.5 背景辐射	(241)
§ 6.6 观测宇宙学	(243)
6.6.1 可观测参量	(243)
6.6.2 模型跟宇宙的拟合	(245)
6.6.3 解除 $\Lambda=0$ 的限制	(248)
第七章 引力不稳定性和星系形成	(250)
§ 7.1 金斯波长和金斯质量理论	(251)
7.1.1 金斯质量	(252)
§ 7.2 膨胀宇宙中的引力不稳定性	(253)
7.2.1 引力不稳定时期	(258)
§ 7.3 原星系	(258)
7.3.1 密度扰动的非线性增长	(259)
§ 7.4 通过耗散塌缩形成星系	(261)
7.4.1 非平衡定态	(266)
7.4.2 阶式碎裂	(268)
7.4.3 阶式碎裂的结束	(270)
7.4.4 整体动力学	(273)
7.4.5 自转的影响	(275)
§ 7.5 非耗散塌缩	(277)
第八章 注释和评论	(279)
§ 8.1 星系的表和图	(279)
§ 8.2 复合谱	(281)
复合谱的定量分析 (282)	
§ 8.3 H I 谱	(283)
谱线形成 (284) 21厘米线的激发 (286) 光深和吸收 (287)	
§ 8.4 自转曲线的测定	(288)
§ 8.5 星系中心区的自转周期	(289)
§ 8.6 对 § 5.1.4 的注释	(290)
参考文献	(292)

第一章 形态和结构

经过漫长的岁月,地球上的生物进化使“人类”的视觉特别适应太阳辐射最有效的频率范围。人类视觉对颜色的灵敏度曲线的极大值正好跟经过地球大气滤波后的太阳光谱峰值相一致,这种现象不是偶然的。在许多世纪中,曾被Strughold(1958)冒昧地称之为“直立夜出山地人 (*erectus nocturnus montanus*)”的“人类”已经仔细观察了天空,他们也许用某种仪器,也许不用仪器,但主要是靠他们的肉眼,确立了由恒星所构成的宇宙图象。因为我们的视觉已适应太阳辐射,所以我們也能观测许多其它恒星。

现在,我们能够理解为什么天文学家称这样的星系为“正常星系”,它主要由恒星组成,其辐射几乎完全由单个恒星的光学辐射叠加而成,在某些情况下,也只有小部分来自气体星云。现代技术设施的应用,使天文学家能把探测辐射的能力扩大到光学波段以外。他们发现许多星系发出其它类型的辐射,在数量上跟如果它们是“正常星系”所应具有辐射相当,甚至更大。一些星系的核在红外、紫外,甚至X射线波段发出大量辐射。射电星系在射电波段发射出很大能量,并且在大多数情况下,发射源所在的区域既没有恒星,也没有其它可见天体。此外,还发现一些天体,它们的特征显然不同于星系,比如类星体,在某些波段或者光谱的所有频率范围,它们发出的能量可能比星系更大。

星系分类的目的在于把宇宙中观测到的各种天体排成一个系统的序列。这样的分类方案必须满足两个条件:它必须

是客观的，又是切实可行的。分类系统只能建立在天体观测特征的基础上，而不依赖于可能做的解释，哪怕这些解释似乎是很可靠的，这就保证了它的客观性。为了使分类方案实际可行，它必须是一个容易区别这些天体的显著特征的简洁方法。

下面我们将看到，已经提出的几个分类系统，在不同程度上满足这些条件。

§ 1.1 正常星系和特殊星系

根据Payne(1925)的意见，把某些天体分类时，判据应该

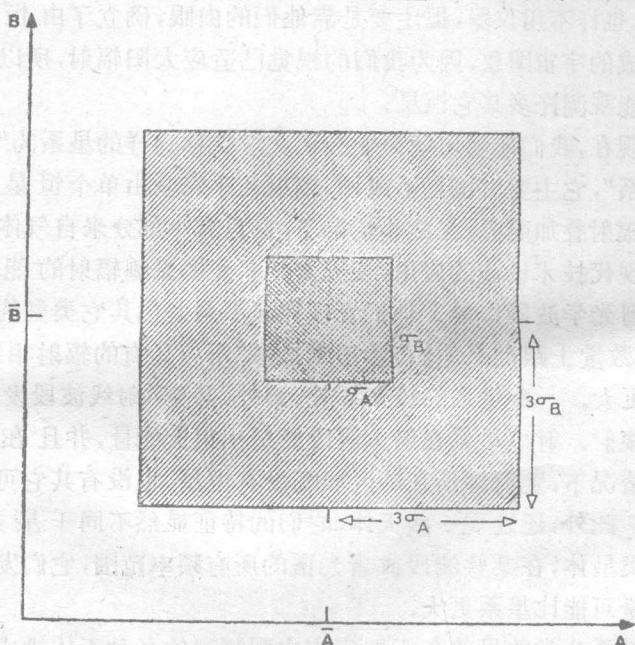


图 1.1 在参量 A, B 的空间中，自然群定义为 σ_A, σ_B 内的深灰区域。半影区(浅灰)内各点的 A, B 值在各自的 σ 和 3σ 之间。

这样选择,使它们分布在几个最自然的类群中。Morgan(1951)进一步发展了这个概念,把自然类群定义为具有某些共同的明显特征、且在以这些特征为坐标的空间中占据一个有限区域的一些天体的集合。

这样,一个自然类群应该由两部分构成:中央核区和外围环带(图1.1)。参量 A, B 等的平均值 $\bar{A}, \bar{B}$ 等相应于核区中心,核区范围大约为弥散度 σ_A, σ_B 等,它们与平均值 $\bar{A}, \bar{B}$ 等有关;外围区域的范围从 σ 延伸到 3σ ,在 3σ 处某一客体与核区成协的概率减小到1%以下。

虽然一个“正常星系”跟许多类似的星系在一定可变范围内有明显的共同特征,但仍然不能给这些特征以定量的判据。这就是星系分类建立在纯粹形态准则基础之上的原因,而形态判据是靠仔细研究某种类型望远镜拍得的“蓝”照相底片得到的。事实上,这里有个星系样品的选择问题,但样品的选择又反过来影响我们所研究的“正常星系”的定义。

这里,我们还可以说,空间分布上具有某种对称性的星系的各种成分形成子系统。这种对称可能是中心对称、旋转对称等等。晕、盘、棒、核区和成对出现的旋臂等,都是子系统。

各个子系统可以按其重要性进行排列,而子系统的重要性以它们对星系表面亮度的贡献来衡量。这是一个严格的形态判据,但不是物理准则,因为表面亮度是在照相底片上能否发现该子系统的决定因素。

我们把各子系统同心、共面的星系定义为“正常星系”。这就是说,这些子系统有一个共同的对称中心——星系核,而且,如果存在对称平面,它们就应该恰好相合,相合的程度取决于其子系统对星系表面亮度的贡献。假设“正常星系”形成一个自然类群的核区,这个自然类群的外围区域为“特殊星系”所占据。由此可见,由单一子系统构成的星系一定是正常

星系,椭圆星系就是这样。在这个分类方案中,不规则星系由于形态上只表现为一个平面子系统¹⁾,也可以认为是正常星系。因为它们的表面亮度低,亮度起伏破坏了应有的对称性。不管怎样,这类天体处于所考虑的自然类群的核区边缘。

正常星系中辐射能的主要来源是发生在恒星内部的核过程,如果说辐射能的一小部分属于非恒星起源,那主要也是由于星际气体和尘埃吸收了恒星辐射,再从光谱的紫外和红外端发射出来。正常星系的其它组成部分在X射线和射电波段也有少量辐射,但是它们对总辐射的贡献是不重要的。从上面提到的形态定义,再加上这个条件,我们推测:“正常星系”

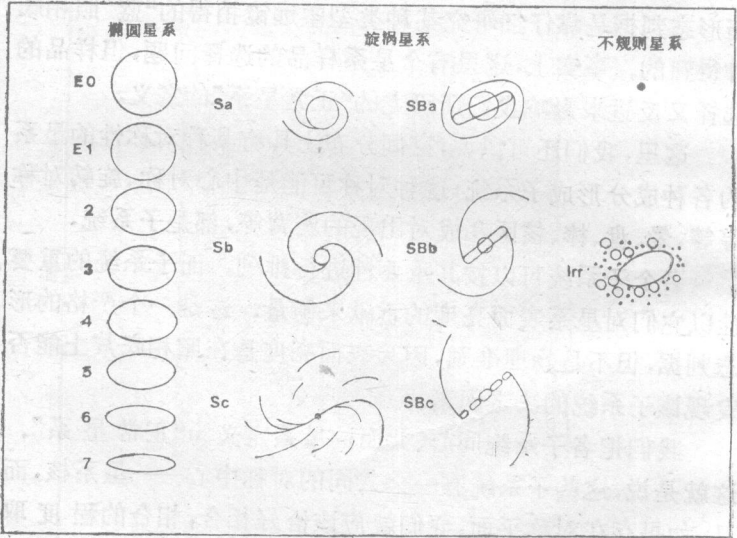


图 1.2 星系的形态类型。

1) 在上面提到的观测条件下。

作为一个物理系统必须满足质量守恒和辐射流量长久不变，并且在比特征时间 $(G\rho)^{-1/2}$ 长得多的时间内，动力学上是稳定的。

§ 1.2 正常星系的分类

上节用一般参量和其它附加参量定义了自然类群，对这样的自然类群核区精细结构的研究相当于建立一个正常星系的分类系统。

如果用子系统的数目(一个或一个以上)和它们的重要性(高表面亮度和低表面亮度)作为附加判据，我们立即可以区分开下列自然亚群(图1.2)：

椭圆星系(E)：这是由椭球对称、表面亮度通常较高的单一子系统构成的天体。

旋涡星系(S)：由一个以上子系统组成的天体。如果具有旋转对称，我们就说它是纯旋涡星系(S)；如果还有一个棒形子系统，我们就称它为棒旋星系(SB)。这两类旋涡星系表面亮度范围很宽。

不规则星系(I)：根据§ 1.1提到的，这类天体表现为低表面亮度，但具有显著涨落的单一平面子系统。

形态类型E—S—I的连续性称为星系序列或哈勃序。位于左边的叫“早”型星系；位于右边的叫“晚”型星系。

各种分类系统在不同程度上都把上面提到的三个类型区别开来。以下我们将由简单到复杂，依次叙述三个最有用的形态分类系统。

霍姆伯格分类

这是Holmberg(1958)综合了300个星系的测光研究(参

见第八章)而提出的分类系统。他指出,在旋涡星系和棒旋星系之间,存在各种各样的中间状态。他认为不必把两者加以区分。在椭圆星系的分类中,也用了这样过分简化的标准。因为视扁度可从表中列出的尺度推算出来,所有椭圆星系都用(E)表示。旋涡星系(S)的各个次型按球状子系统对盘的相

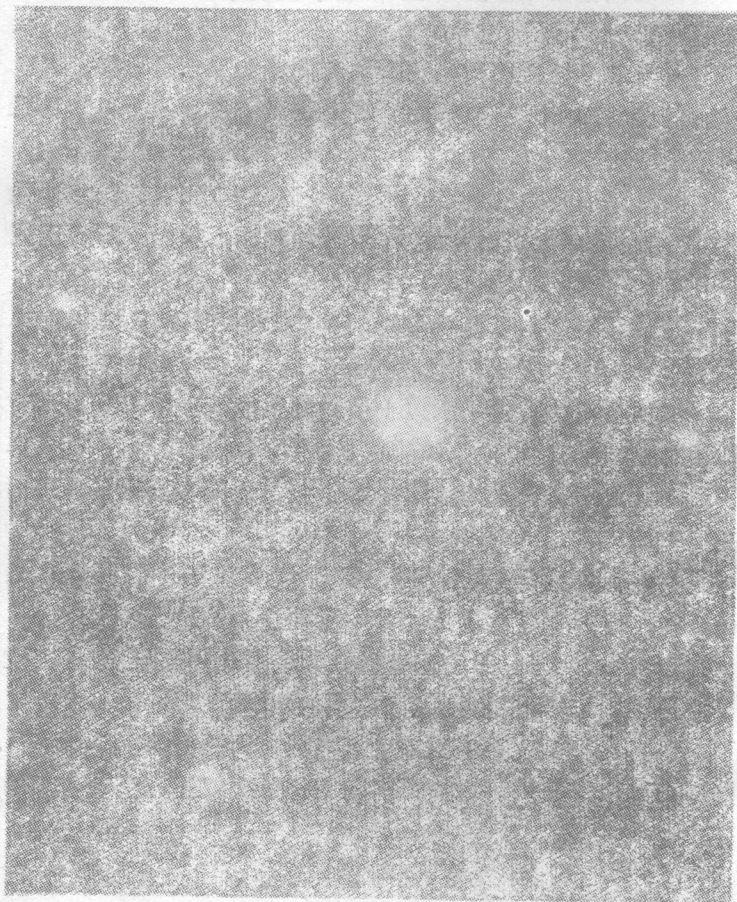


图 1.3 NGC4486=M87. 室女星系团中的一个巨椭圆星系, 它有2000个以上成协的球状星团和性质特殊的核区(§ 3.6).