

# 1

## 现代宇宙学基础

本书的主要目的是借由一场宇宙时间之旅,展现宇宙的起源、演化和命运。换言之,本书将从科学的角度,来解答“我们从哪里来”和“我们将往何处去”这样的终极问题。但在开启这场旅程之前,需要先介绍一下我们置身其中的这个宇宙到底是什么样的,以及科学家们创建现代宇宙学过程中的一些关键历史事件。

### 1.1 宇宙空间之旅

想象一场从地球出发、一直飞到宇宙尽头的旅行。如果把这场旅行拍成一部纪录片,我们可以从中截取出 8 幅最有代表性的画面。

(1) 地球(图 1.1)。为了便于理解,你可以把地球想象成一颗“蓝色弹珠”,其直径约为 12742km。



图 1.1 “蓝色弹珠”——地球

已经存在了 45.5 亿年、质量为  $6 \times 10^{24}$  kg 的地球,是人类赖以生存的家园。由于拥有合适的位置、质量和内部活跃程度,地球得以长期保有海洋、大气和磁场。三者的共同作用,让地球成为一个非常美丽的生命绿洲。

(2) 太阳系(图 1.2)。等比例放大,你可以把太阳系当成一栋“别墅”,其直径约为 1 光年,即  $9.46 \times 10^{12}$  km。

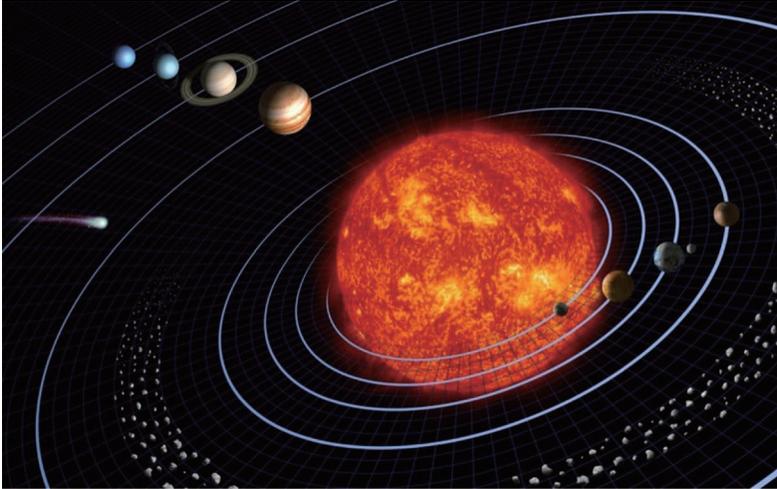


图 1.2 太阳系

位于这栋“别墅”正中心的,是唯一的恒星——太阳,其质量达到  $2 \times 10^{30}$  kg,占太阳系总质量的 99.86%。太阳系内的其他所有天体都周而复始地围绕它公转。

太阳系有八大行星,从内到外依次是水星、金星、地球、火星、木星、土星、天王星和海王星。前 4 个都是岩质行星,也就是以硅酸盐岩石为主要成分的行星。后 4 个都是气态行星,也就是最外层区域由气体构成的行星。

太阳系内还有两个小行星聚集的区域,一个是位于四环和五环间的小行星带,另一个是位于八环以外的柯伊伯带。最外层还有一个直径约为 1 光年的球状云团,叫作奥尔特云,它是很多长周期彗星的故乡。

(3) 银河系(图 1.3)。太阳系这栋“别墅”所在的“城区”,其直径约为 10 万光年。

盘踞在银河系正中心的,是一个质量能达到太阳质量 430 多万倍的巨大黑洞,叫作人马座 A\*。在它的周围有一个长度约为 1 万光年的棒状区域,是一个正在孕育新生恒星的“育婴室”。中心黑洞和棒状育婴室合在一起,就构成了



图 1.3 银河系

银心。

银心之外有一个直径约为 10 万光年的盘状结构,称为银盘。银盘上有一些恒星特别密集的区域,称为旋臂(图 1.4)。最主要的悬臂有 4 条,包括图中青

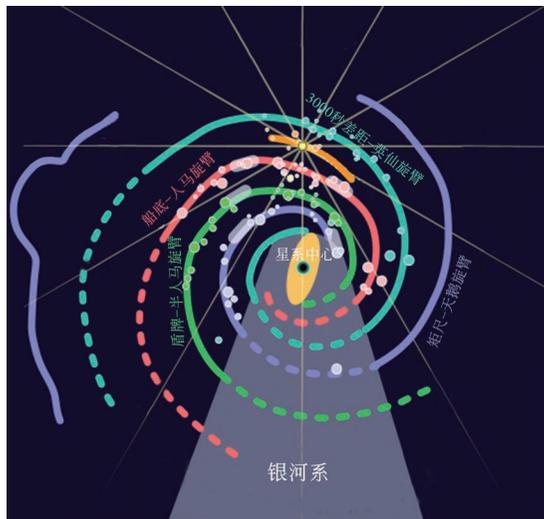


图 1.4 银河系的基本结构

色的 3000 秒差距<sup>①</sup>—英仙旋臂、紫色的矩尺—天鹅旋臂、绿色的盾牌—半人马旋臂以及红色的船底—人马旋臂。此外还有一些次要旋臂，例如太阳系“别墅”所在的橙色的猎户旋臂。换句话说，我们生活的太阳系，其实位于银河系“城区”内一个比较荒凉的地段。

在银盘之外还有一个球状区域，称为银晕。银晕内部稀稀落落地分布着一些非常古老的恒星和球状星团，堪称银河系的“养老院”。银心、银盘和银晕，共同构成了拥有 4000 亿栋“别墅”的银河系“城区”。

(4) 本星系群(图 1.5)。银河系“城区”所在的“城市”——本星系群，其直径约为 1000 万光年。

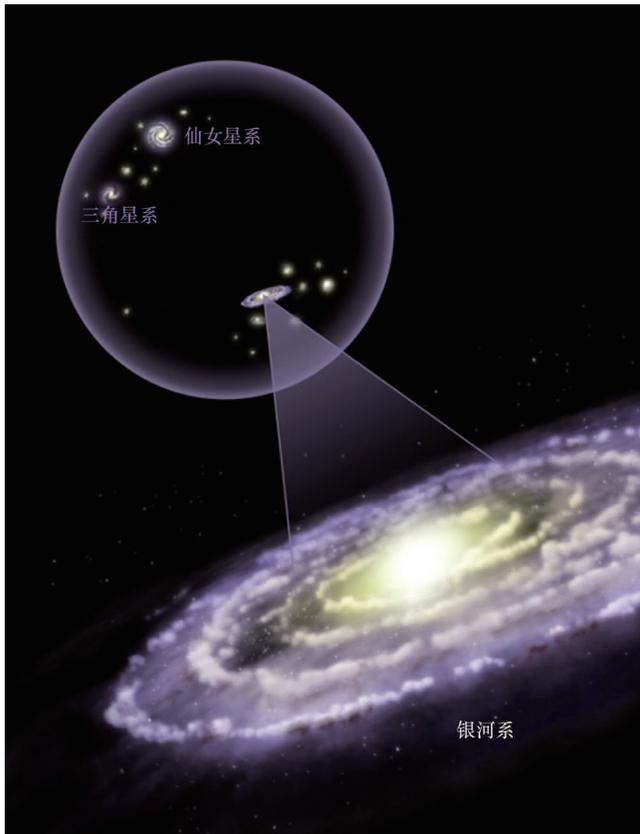


图 1.5 本星系群

<sup>①</sup> 1 秒差距=3.2616 光年。

本星系群有两个中心城区,分别是银河系和仙女星系。银河系的周围大概有 30 多个矮星系。大部分矮星系都像卫星一样绕银河系公转,因而也被称为卫星星系。也有些矮星系只是从银河系周围飞掠而过。

还有一个中心城区是与地球相距 254 万光年的仙女星系,其直径能达到约 22 万光年,而质量能达到太阳质量的  $1.5 \times 10^{12}$  倍。在仙女星系中心,盘踞着一个超大质量的黑洞,其质量能达到太阳质量的 1 亿倍,是银心黑洞的 20 多倍。在成为本星系群老大的过程中,仙女星系吞并了大量的矮星系;所以在它周围,现在只剩下 10 多个矮星系。

目前,仙女星系正在以 110km/s 的速度向银河系飞驰而来。大概再过 40 亿~50 亿年,两者就会发生碰撞,最终并合成一个巨大的椭圆星系。

(5) 室女座超星系团(图 1.6)。本星系群这座“城市”所在的“省”——室女座超星系团,其直径约为 1 亿光年。

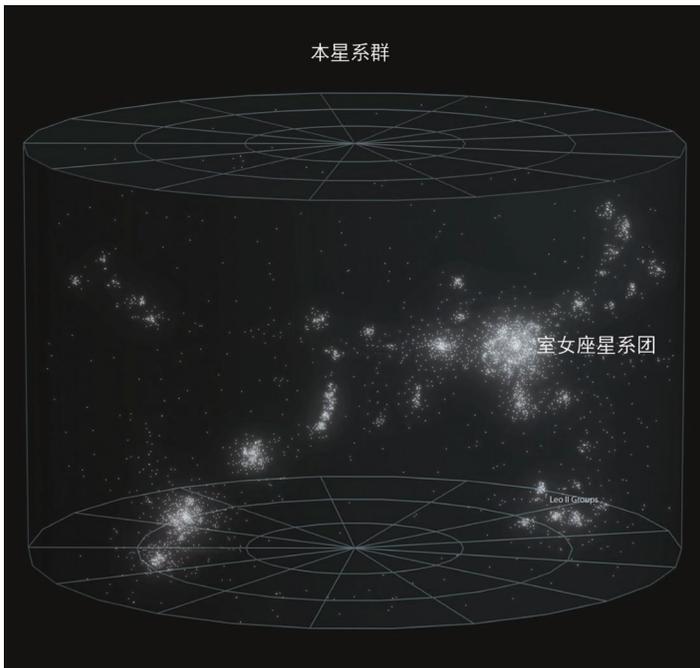


图 1.6 室女座超星系团

这个省的“省会”,是一座与地球大概相距 6000 万光年、拥有 2000 多个星系的“大城市”,即室女座星系团。室女座星系团有 4 个“主城区”,分别是 M87 星系、M86 星系、M89 星系和 M49 星系(图 1.7)。

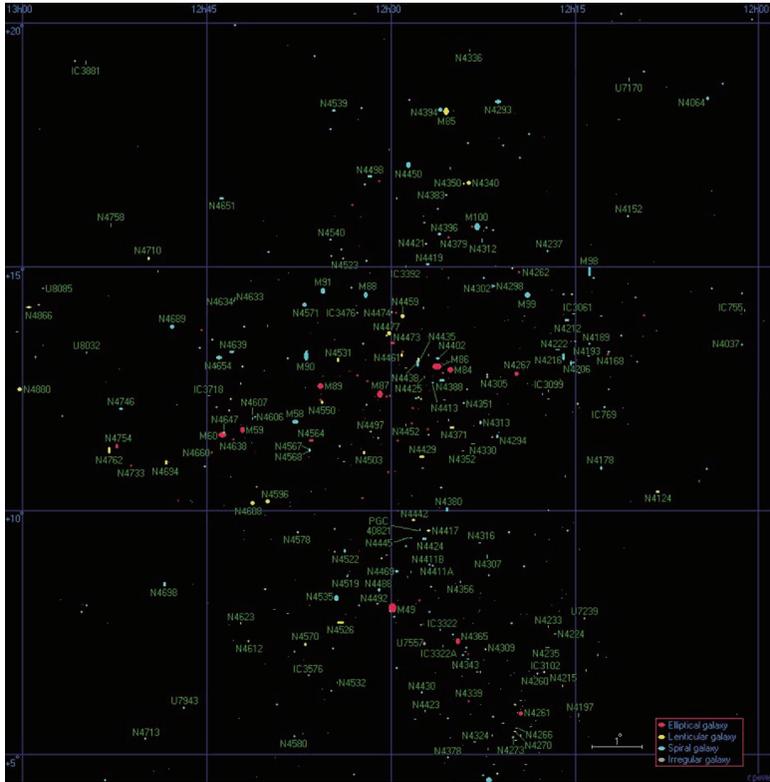


图 1.7 室女座星系团的构成

其中最有名也处于最核心位置的“主城区”，是 M87 星系。这是一个超巨椭圆星系，拥有几万亿颗恒星和 15000 个球状星团。M87 星系有一个非常显著的特征：它有一条绵延 5000 光年、宛如宇宙探照灯的星际喷流(图 1.8)。而在 M87 星系的中心，有一个质量能达到太阳质量 65 亿倍的巨型黑洞，叫作 M87\*。M87\* 是第一个被人类拍到的黑洞(图 1.9)，也是“省会城市”(室女座星系团)的“中央商务区(CBD)”。

除了“省会”，室女座超星系团还有大概 100 个“城市”，其中绝大多数都是和本星系群一样的“小城”，也就是由几十个星系所构成的星系群。只有在这个“省”的边境地区，才有两个中等规模的“城市”：天炉座星系团和波江座星系团。值得一提的是，室女座超星系团并不是引力束缚系统。这意味着，这个“省”内的绝大多数“城市”，都不怎么理睬室女座星系团这个“省会”，而纷纷奔向人马座方向的一座“一线城市”，即巨引源。

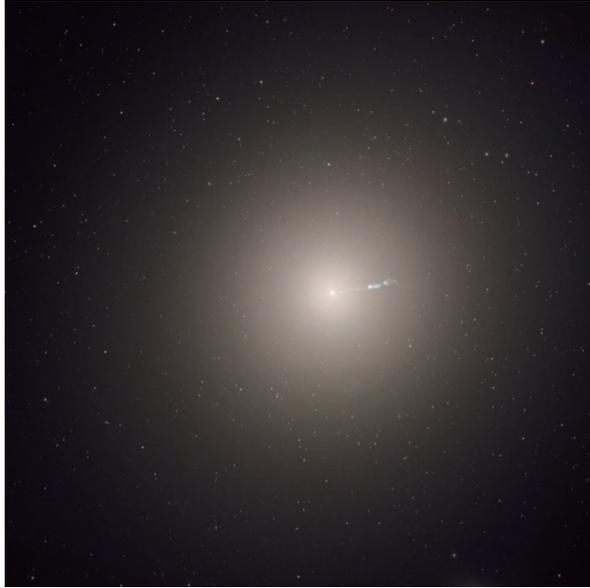


图 1.8 M87 星系的星际喷流

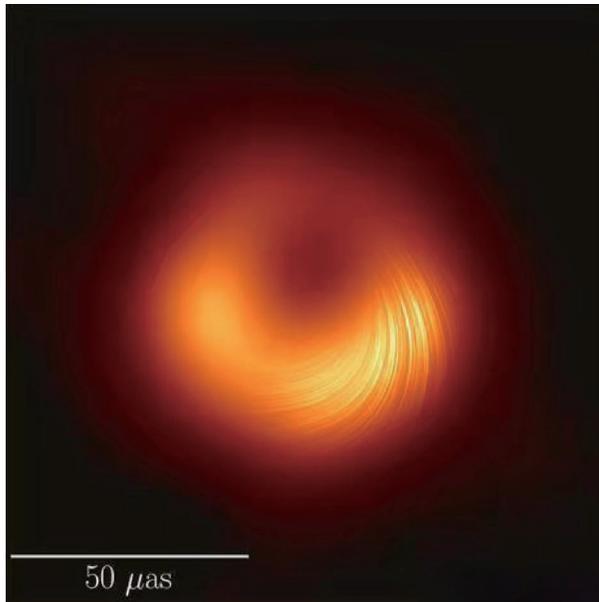


图 1.9 M87\* 黑洞的照片

(6) 拉尼亚凯亚超星系团。室女座超星系团这个“省”所处的“国家”，其直径达到约 5 亿光年(图 1.10)。

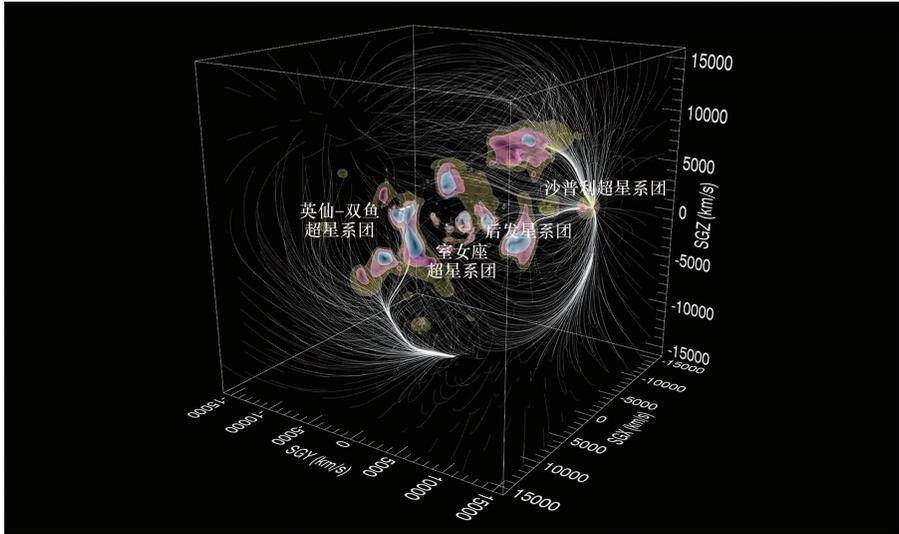


图 1.10 拉尼亚凯亚超星系团的结构

拉尼亚凯亚超星系团的质量能达到银河系的 10 万倍，其“地形”宛如一个巨大的山谷。位于“中心谷地”(银经  $307^\circ$ ，银纬  $9^\circ$ )的，就是这个国家的“首都”巨引源，意为“巨大的引力源头”。巨引源的质量能达到太阳质量的  $5.0 \times 10^{16}$  倍。其巨大的引力，让包括银河系在内的上万个星系，都在以  $600 \sim 1000 \text{ km/s}$  的速度朝它靠近。这就是“一线城市”的虹吸能力。

在巨引源这个“首都”的周围还有 4 个省，分别是长蛇-半人马座超星系团、室女座超星系团、孔雀-印第安超星系团和南方超星系团。其中，长蛇-半人马座超星系团环绕着巨引源，宛如河北省环绕着北京市。而首都圈外的 3 个省，即室女座超星系团、孔雀-印第安超星系团和南方超星系团，分别位于西南、西北和南方的“山谷”里。

把这 4 个省“连在一起的“道路”，就是引力。如果把引力想象成蜘蛛丝，这 4 个省就连成了一张巨大的蜘蛛网，覆盖了拉尼亚凯亚“帝国”的整个山谷。位于蜘蛛网上的上万个星系，都在引力蛛丝的牵引下向着位于中心谷地位置的巨引源运动。图 1.11 就是拉尼亚凯亚超星系团的全貌。

(7) 武仙-北冕座长城。一个横跨 100 亿光年的“大洲”(图 1.12)。

在“国家”之上还有更大的天体结构，即“大洲”，也就是星系长城。目前人

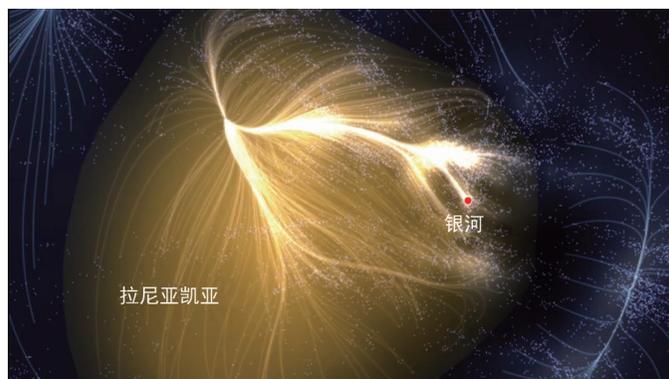


图 1.11 拉尼亚凯亚超星系团的整体外观



图 1.12 武仙-北冕座长城

类发现的最大的“大洲”，就是武仙-北冕座长城（我们的“国家”并不在这个大洲上）。

武仙-北冕座长城是 2013 年才发现的。那一年，通过分析伽马暴巡天数据，天文学家发现在武仙-北冕座方向、离地球 100 亿光年的地方，有一个伽马暴特别密集的区域，其中包含了数百万个星系。这片区域就被人们称为武仙-北冕座长城。它的长度达到了惊人的 100 亿光年，是人类目前发现的最大的天体结构。

(8) 可观测宇宙。一个直径约为 930 亿光年的“星球”(图 1.13)。

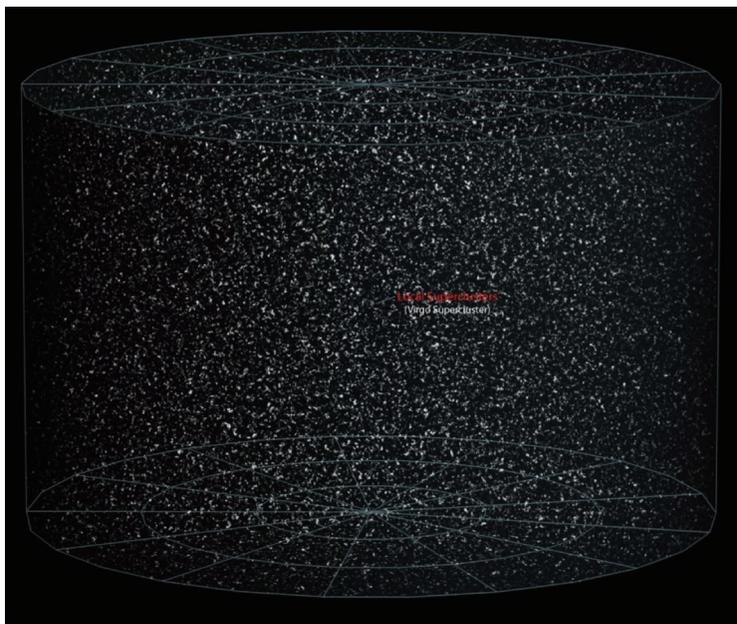


图 1.13 可观测宇宙

可观测宇宙是指以地球为中心、用望远镜能够看到的最大空间范围,其直径达到约 930 亿光年。

在可观测宇宙之外,其实还有一些其他星系。但由于宇宙一直处于膨胀的状态,可观测宇宙之外星系发出的光根本无法传到地球,所以,可观测宇宙也是能和地球发生因果联系的最大空间区域。

最后,我们再来开一个最大的脑洞。如果把这个可观测宇宙也想象成一个小“玻璃珠”,那么在它之外其实还有许多其他“玻璃珠”(10<sup>100</sup>~10<sup>1000</sup>个)。这个数字,已经远远超过我们这个宇宙中包含的原子总数。这个物理图像就是所谓的多元宇宙。在本书的第 2 章,我们会详细介绍多元宇宙的起源。

## 1.2 标准烛光

1.1 节介绍了我们置身其中的这个可观测宇宙到底是什么样的。本节将介绍现代宇宙学是如何诞生的。

现代宇宙学的诞生,距今不过 100 多年的时间。直到 20 世纪初,哥白尼的