

KEXUE NAXIE BUKESIYI DE SHI

《天文五千年》／王玉民

《科学十大突破》／史晓雷

《福音：物理学的佯谬》／杨建邺

《天才物理学家的失误》／杨建邺

《小宇宙探秘》／张端明 何敏华

《大宇宙奇旅》／张端明 何敏华

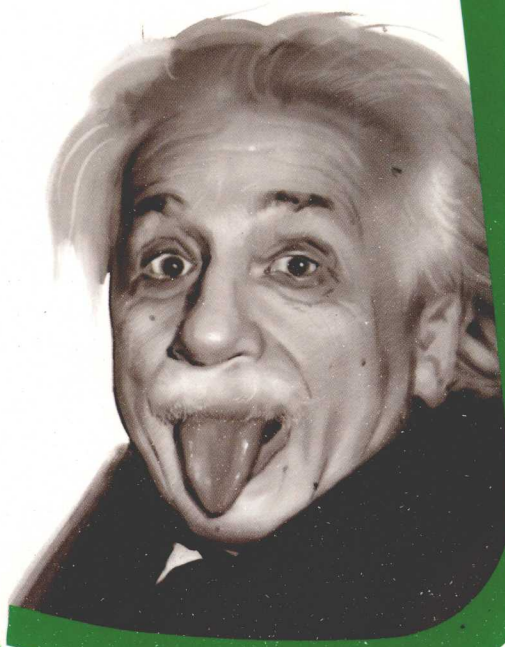
《科学十大假说》／曹奎敬

科学，
那些不可思议的事

大宇宙奇旅

张端明 何敏华 著

长江出版传媒 湖北教育出版社



盘古开天辟地：天地浑沌如鸡子，盘古生其中……北欧神话《埃玛》：混沌初开，既没天也没有地，只有一个裂口在融化的水滴中，巨人伊默诞生了……

大宇宙中物质世界的梯级层次，由行星，而恒星，而星系，系团，而超星系团……至大无外。

宇宙大爆炸，暴胀宇宙论，暗物质、暗能量，黑洞……

爆炸学说，确实是我们观测宇宙“起源”的最佳描述，但宇宙学”的终结。

WMAP观测结果表明：宇宙在构成上暗能量占73%，暗物质占23%，普通物质占4%。

013025817

P159-49
74

大宇宙奇旅



科学，
那些不可思议的事

长江出版传媒集团 湖北教育出版社

P159-49

74



北航

C1633637

(鄂)新登字 02 号

图书在版编目(CIP)数据

大宇宙奇旅/张端明,何敏华著.

—武汉:湖北教育出版社,2013.2

ISBN 978-7-5351-7947-0

I. 大…

II. ①张… ②何…

III. 宇宙-普及读物

IV. P159-49

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2012)第 236592 号

出版发行 湖北教育出版社

邮政编码 430015 电 话 027-83619605

地 址 武汉市青年路 277 号

网 址 <http://www.hbedup.com>

经 销 新华书店

印 刷 湖北新华印务有限公司

地 址 430034·武汉市汉口解放大道 145 号

开 本 710mm×1000mm 1/16

印 张 11

字 数 146 千字

版 次 2013 年 2 月第 1 版

印 次 2013 年 2 月第 1 次印刷

书 号 ISBN 978-7-5351-7947-0

定 价 24.00 元

如印刷、装订影响阅读,承印厂为你调换



第一章 星河欲转千帆舞

——奇妙的星际之旅 1

第二章 遂古之初,谁能道之?

——宇宙学发轫 10

吾与汗漫期于九垓之下,吾不可以久驻——大、小宇宙研
究相互促进 11

坐咏谈天翁,眇观大瀛海——天问的故事 16

千钧霹雳开新宇——伽莫夫“大爆炸模型” 27

风乍起,吹皱一池春水——微波背景辐射的发现 ... 35

第三章 万物都生于火,亦复归于火

——标准模型素描 43

此曲只应天上有,人间哪得几回闻——“大爆炸”学说的
演化 44

年年岁岁花相似,岁岁年年人不同——标准模型视界问
题及其他 53

念天地之悠悠,独怆然而涕下——平坦性问题与暗物质、
暗能量 59

金风玉露一相逢,便胜却人间无数——反物质问题 ... 70

上穷碧落下黄泉,两处茫茫都不见——标准模型中磁单
极子问题 78

附录 反物质探寻实验近况 86



第四章 道始于虚霏,虚霏生宇宙

- 暴胀宇宙场景 91
- 月有阴晴圆缺,此事古难全——真空自发破缺 92
- 火中凤凰,再造青春——暴胀宇宙论 95
- 踏遍青山人未老,风景这边独好——新暴胀宇宙论一覽
..... 103
- 大鹏一日同风起,扶摇直上九万里——哈勃望远镜及其他
..... 112

第五章 风休住,蓬舟吹取三山去

- 结语 127
- 千秋功罪,谁人曾与评说——暴胀宇宙论评述 ... 128
- 暮云收尽溢春寒,银汉无声转玉盘——大小宇宙和谐
的统一图景 138
- 雄关漫道真如铁,而今迈步从头越——雅典娜交响乐终
曲 151

后 记 166

第一章

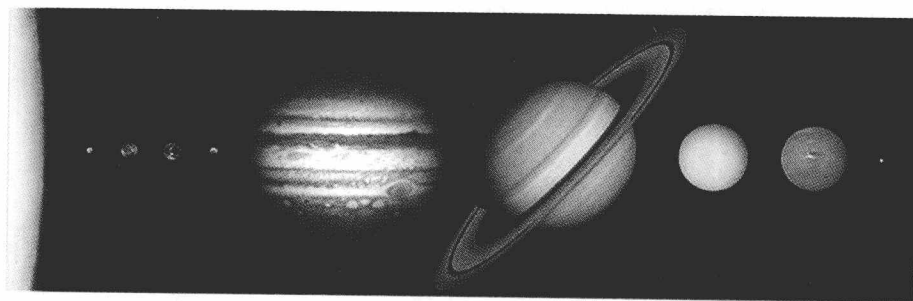
星河欲转千帆舞 ——奇妙的星际之旅

本书将带领读者探索我们宇宙的奥秘：我们观测的宇宙从何而来，演化到什么地方去。中心的问题是宇宙如何创生的。用术语来说，就是探讨早期宇宙学问题。20 世纪科学的发展，使人们了解到我们观测的宇宙并不是永远不变的，而是由无到有，经历了创生、暴涨膨胀和正常膨胀的演化过程。读者在本书将会看到，爱因斯坦在 20 世纪 20 年代所提出的广义相对论是现代宇宙学的理论基础，而高能物理学在 20 世纪的飞速发展现在为宇宙学提供了坚实的科学工具。天文学的观测资料，包括射电天文学等现代观察手段为宇宙学的发展增添了飞翔的翅膀。20 世纪与 21 世纪之交，众多观察卫星：哈勃天文望远镜、开普勒望远镜和普朗克望远镜等陆续升天，提供的大量丰富的观察资料，更为宇宙学的成熟和腾飞提供了丰饶的土壤。

在进行宇宙探秘的奇妙旅行之前,我们应该记住宇宙的创生和演化的许多秘密,与微观世界——小宇宙是分不开的,以至于科学家称极早期宇宙学为粒子宇宙学。因此,大宇宙探秘往往与小宇宙紧密相关。关于小宇宙,作者另一本著作《庭院深深深几许——小宇宙探微》已有生动的描述。大体而言,本书是自成体系。若希望穷究相关问题,读者不妨把两本书参阅来看。人类无论是探索大宇宙的奥秘还是小宇宙的玄妙,都是充满勇气和智慧的伟大征程。

在进行探秘之前,首先浏览我们观测的宇宙的现状大致是什么样子。

我们现在开始宇观世界——大宇宙的旅行。我们人类生活在地球上,奇妙的星际之旅第一站就是太阳系。



▲ 图 1-1 太阳系(最左侧是太阳,向右依序为水星、金星、地球、火星、木星、土星、天王星、海王星与矮行星冥王星)

太阳系(Solar System)就是我们现在所在的恒星系统。它是以太阳为中心,和所有受到太阳引力约束的天体的集合体:8颗大行星(水星、金星、地球、火星、木星、土星、天王星、和海王星)、至少165颗已知的卫星,和数以亿计的太阳系小天体。这些小天体包括小行星、柯伊伯带的天体、彗星和星际尘埃。广义上,太阳系的领域包括太阳、4颗像地球的内行星、由许多小岩石组成的小行星带、4颗充满气体的巨大外行星、充满冰冻小岩石、被称为柯伊伯带的第二个小天体区。在柯伊伯带之外还有黄道离散盘面、太阳圈和依然属于假设的奥尔特云。现已辨认出5颗矮行星:冥王星、谷神星、阋神星、妊神星和鸟神星。其中冥王星原来一直被列为9大行星之一,但2006年8月24日国

际天文学联合会将其“开除”出大行星行列,认定为矮行星。

太阳系的主角是位居中心的太阳,它是太阳系中唯一自己发光的恒星。拥有太阳系内已知质量的 99.86%, 大约为 $2 \times 10^{30}\text{kg}$ (而地球的质量不过 $6 \times 10^{24}\text{kg}$), 并以引力主宰着太阳系。木星和土星,是太阳系内最大的两颗行星,又占了剩余质量的 90%以上。

在星际旅行中,我们必须提到两个空间量度单位:光年和天文单位。所谓光年就是光在一年时间跑过的距离。我们都知道,光在一秒内要跑三十万千米,就是说要绕地球七圈半。折合为千米,很容易得

1 光年=299776 千米/秒(光速)× 31558000 秒(一年)= 9.46×10^{12} 千米,就是说,大约 10 万亿千米,或 1 亿亿米。这自然是一个庞大的数字。

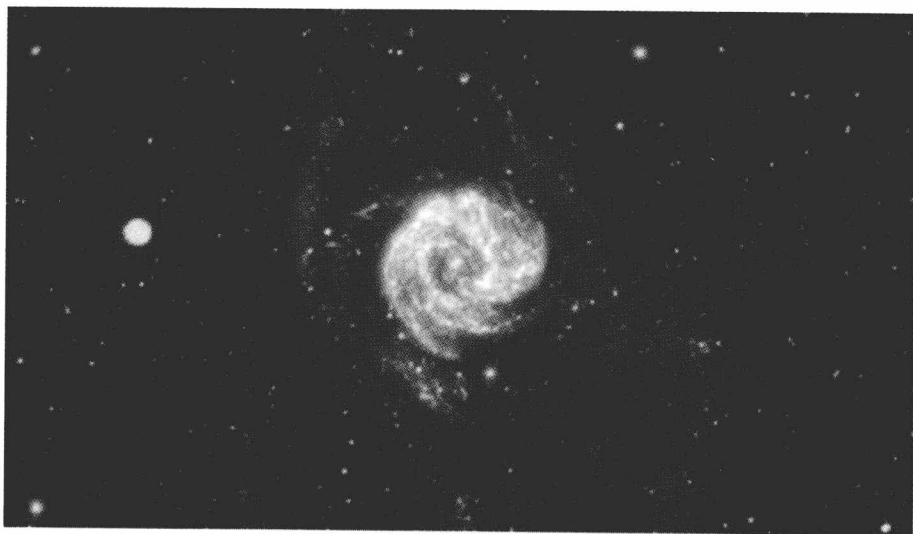
光华万丈的太阳距离地球约一亿五千万千米。如果我们坐特快火车以每小时 80 千米的速度昼夜行驶,足足需要 210 年。但是光从太阳传播到地球,不过八分钟而已。

天文单位(Astronomical Unit, 简写 AU)是一个长度的单位,约等于地球跟太阳的平均距离,天文常数之一。天文学中测量距离,特别是测量太阳系内天体之间的距离的基本单位,地球到太阳的平均距离为一个天文单位。一天文单位约等于 1.496 亿千米。1976 年,国际天文学联合会把一天文单位定义为一颗质量可忽略、公转轨道不受干扰而且公转周期为 365.2568983 日(即一高斯年)的粒子与一个质量相等约一个太阳的物体的距离。当前被接受的天文单位是(149597870691 ± 30)米(约一亿五千万千米或 9300 万英里)。

在太阳系中,例如,金星在水星之外约 0.33 天文单位,而土星与木星的距离是 4.3 天文单位,海王星在天王星之外 10.5 天文单位。

我们的太阳系有多大? 估计太阳的引力可以控制 2 光年(125000 天文单位)的范围。奥尔特云向外延伸的程度,大概不会超过 50000 天文单位。尽管发现的塞德娜小行星,范围在柯伊伯带和奥尔特云之间,仍然有数万天文单位半径的区域是未曾被探测的。水星和太阳之间的区域也仍在持续地研究中。在太阳系的未知地区仍可能有所发现。

我们航行的第二站是银河系。银河系(the Milky Way 或 Galaxy)是太阳系所在的恒星系统,包括一千二百亿颗恒星和大量的星团、星云,还有各种类型的星际气体和星际尘埃。它的直径约为 100000 多光年,中心厚度约为 12000 光年,形状很像一个扁平的大铁饼,总质量是太阳质量的 1400 亿倍,其中 90% 集中在恒星,只有 10% 弥散于星际物质。银河系是一个旋涡星系,具有旋涡结构,即有一个银心和两个旋臂,旋臂相距 4500 光年。太阳位于银河一个支臂猎户臂上,至银河中心的距离大约是 26000 光年。太阳绕银心一圈要花二亿多万年。



▲ 图 1-2 银河系

自从伽利略首先用望远镜观察银河,人们已知道,银河是由许多像太阳一样的恒星组成的天体系统。但是在古代,晴朗的夜空,美丽的银河,勾起人们无穷的遐思和梦幻。唐代大诗人李贺的著名诗句:“天河夜转漂回星,银浦流云学水声。玉宫桂树花未落,仙妾采香垂珮纓。”写得何等瑰丽多彩,灵气活现!

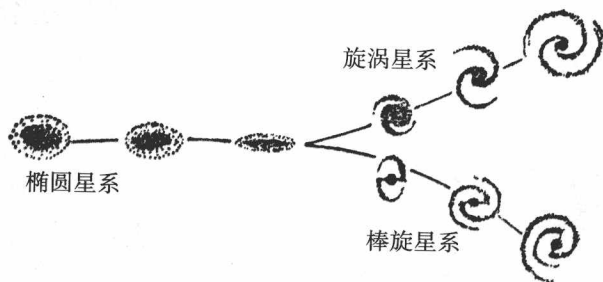
银河在英语中是 milky way。20 世纪 30 年代,一位颇负盛名的翻译家直译银河为牛奶路,被鲁迅先生嘲笑。在希腊神话中,横贯天际璀璨夺目的银

河，乃是古希腊神话中万神之王宙斯的妻子、天后朱诺的乳汁形成的。话虽如此，那位翻译家也太“死板”了。

康德在 1755 年指出，银河系在宇宙中决不是孤立集团。广漠的天空，必定有大大小小的天体系统星罗棋布，宛如无垠的海洋中飘浮的岛屿，成群成团，数不胜数。这就是所谓宇宙岛，或称岛宇宙。我们的银河系是其中一个，其他的则称银河外星系。

法国物理学家郎伯特(J. Lambert)在 1761 年提出阶梯宇宙结构模型。他在其名著《宇宙论书简》中写道，太阳系是宇宙结构的第一级，星系中的庞大星团是第二级系统，银河系是第三级天体系统，许许多多像银河系一样的星系构成第四级，如此等等，以至无穷。

我们现在也已查明，宇宙中大约分布着数以百亿计的像银河系一样的星系。美国天文学家埃德温·哈勃提出的星系类体系迄今仍为人们广泛应用。它将星系划分为椭圆星系、旋涡星系、棒旋星系和不规则星系几大类。椭圆星系是卵状的，其大小可达我们银河系的三倍。像我们银河系这样的旋涡星系都有若干条旋臂，它们沿着一个半圆弧往外甩出去。棒旋星系有棒状的核，并从棒的末端弯出两条旋臂。下图中未画出不规则星系，不规则星系外形不规则，没有明显的核和旋臂，没有盘状对称结构或者看不出有旋转对称性的星系，所包含的恒星数目也较少。

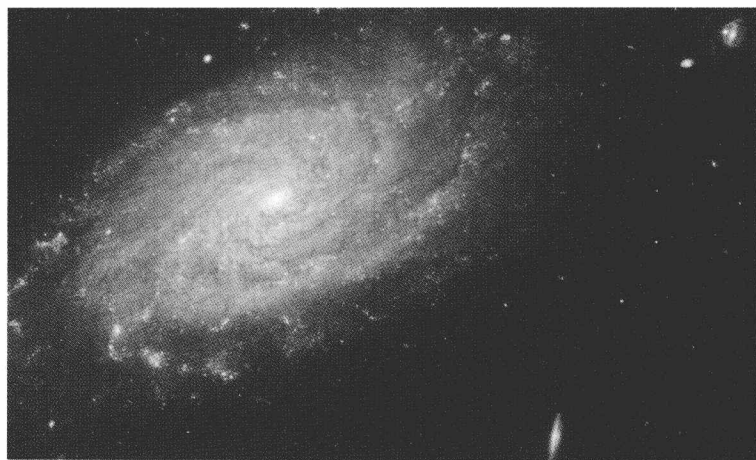


▲ 图 1-3 哈勃的星系分类图

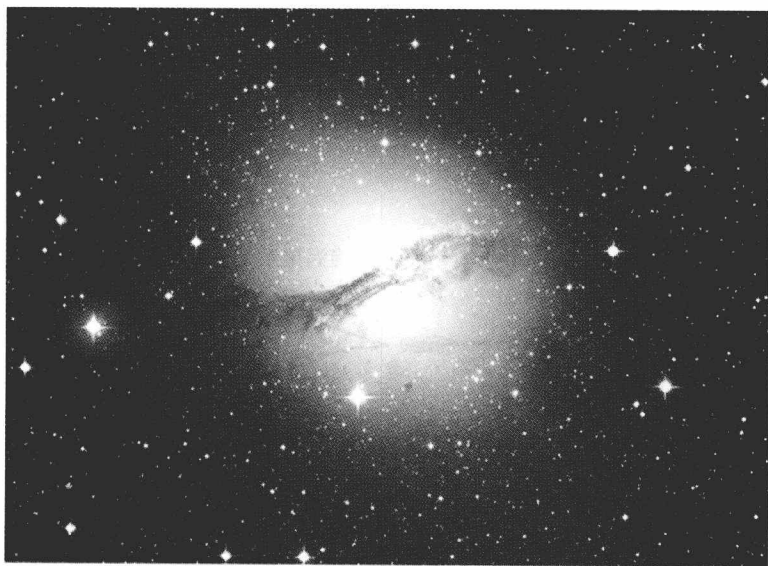
银河系是典型的旋涡星系。最大的旋涡星系质量可达太阳系的 4000 亿倍，小的却不过 10 亿个太阳系而已。所谓不规则星系，其实就是小的涡旋系。

因为质量太小,以致无法保持旋盘和旋臂的稳定规则形状,外貌显得“蓬松”。

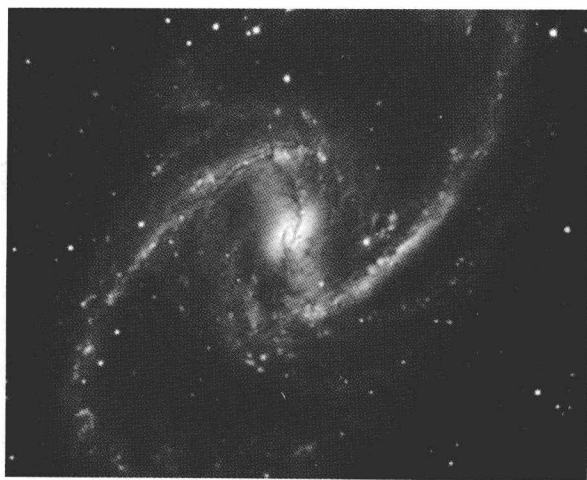
椭圆星系外观呈球形和椭球形,其中的恒星是在星系形成的时候一起产生的。最大的椭圆星系可拥有一万亿个恒星,小的则不足一百万个。



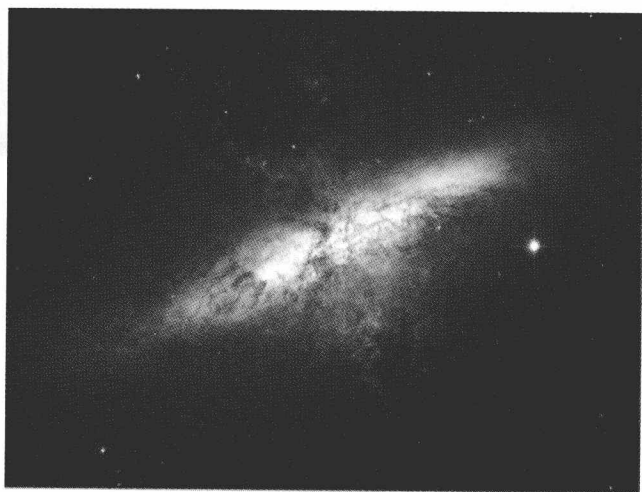
▲ 图 1-4 旋涡星系



▲ 图 1-5 椭圆星系



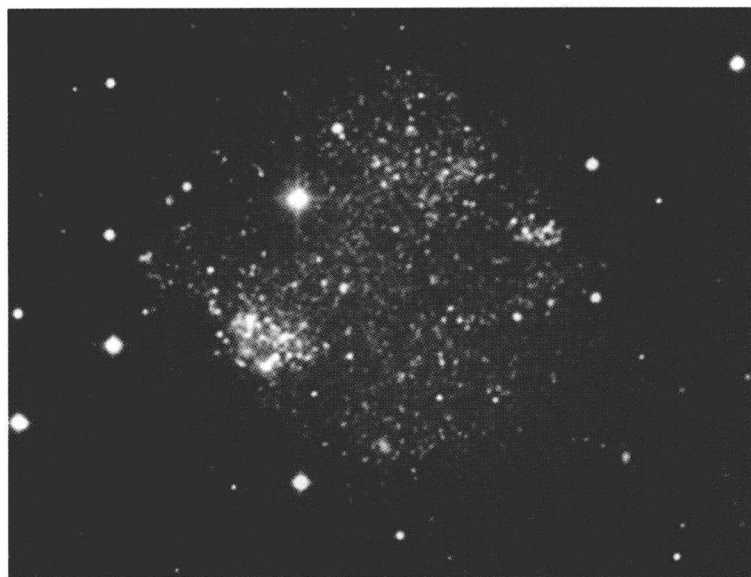
▲ 图 1-6 棒状星系



▲ 图 1-7 不规则星系

星际旅行的第三站是本星系群。本星系群是包括地球所处之银河系在内的一群星系。这组星系群包含大约超过 50 个星系，其重心位于银河系和仙女座星系中的某处。本星系群中的全部星系覆盖一块直径大约 1000 万光年的区域。本星系群的总质量为太阳系的 6500 亿倍，银河系和仙女星系二

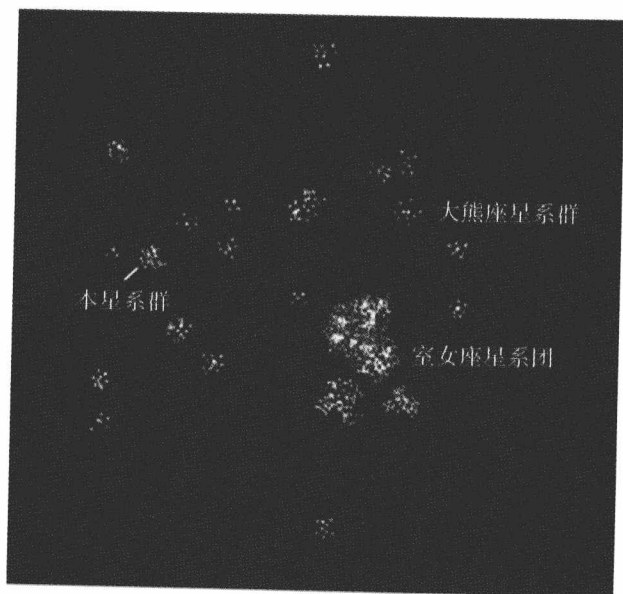
者质量之和占了绝大部分。本星系群是一个典型的疏散群,没有向中心集聚的趋势。但其中的成员三五聚合为次群,至少有以银河系和仙女星系为中心的两个次群。本星系群又属于范围更大的处女座超星系团。



▲ 图 1-8 本星系群

星际旅行的第四站是本超星系团。本超星系团(Local Supercluster,简称LSC或LS)是个不规则的超星系团,其核心部分包含银河系和仙女座星系所属的本星系群在内,至少有100个星系团聚集在直径1亿1千万光年的空间内,是在可观测宇宙中数以百万计的超星系团中的一个。本超星系团的核心浓密部分,直径约为2亿光年,周围呈纤维状延伸,其长度有5亿光年。

近10年天文观察资料表明,类似于超本星系团这样的庞大超星系团,至少超过100万个以上。在后发星座方向,约4亿光年之遥处,便存在一个巨大的超星系团,包含的星系比本超星系团还要多10倍以上。仔细地观察清楚显示,超星系团呈细胞脉络状或蜂窝状,其结构在不断膨胀。超星系团是迄今发现的最大的宇宙结构。



▲ 图 1-9 本超星系团分布略图

最新的观测资料表明,我们观测的宇宙是有限的,其线度大约为 137.8 亿光年。我们的星际旅行表明:我们的宇宙呈现梯级型结构,可以说是三级宇宙模式,即

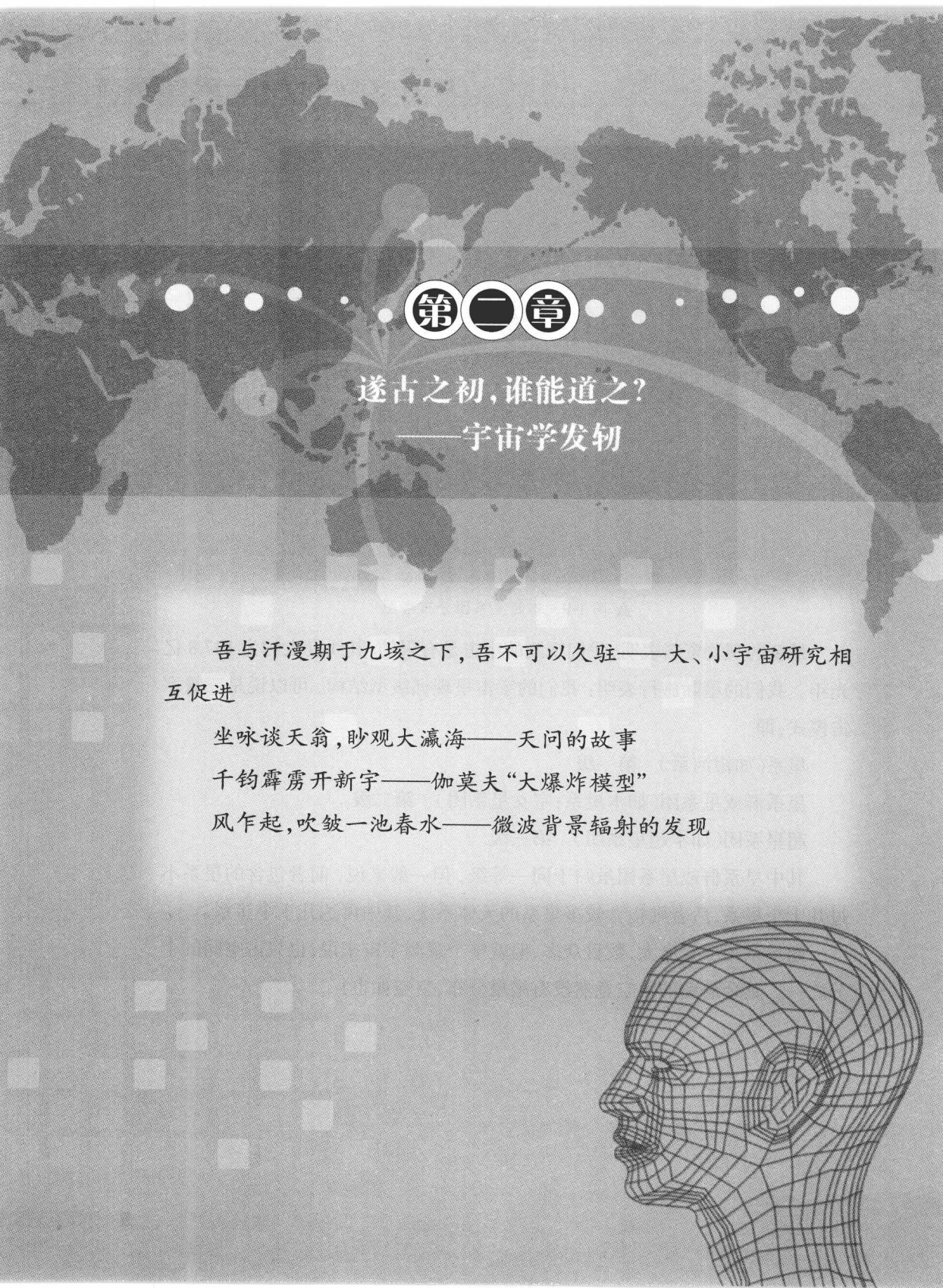
星系(如银河系) 第一级

星系群或星系团(如本星系:室女星系团) 第二级

超星系团(如本超星系团) 第三级。

其中星系群或星系团虽归于同一等级,但一般来说,前者包含的星系不过几十个星系,后者则指含较多星系的天体系统,其中可达几千个星系。

超星系团尽管庞大,数目众多,但就整个观测宇宙来说,也只占空间的十分之一。其余浩瀚的太空竟然没有星星分布,空空如也!



第二章

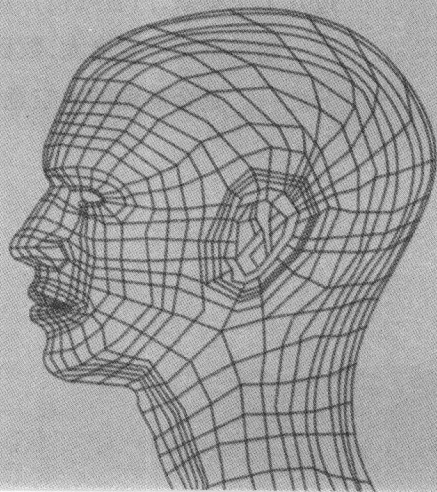
遂古之初，谁能道之？ ——宇宙学发轫

吾与汗漫期于九垓之下，吾不可以久驻——大、小宇宙研究相互促进

坐咏谈天翁，眇观大瀛海——天问的故事

千钧霹雳开新宇——伽莫夫“大爆炸模型”

风乍起，吹皱一池春水——微波背景辐射的发现



吾与汗漫期于九垓之下,吾不可以久驻

——大、小宇宙研究相互促进

我们在宇宙物质之谜的探索征途中,早就发现物质的结构在尺度上和能量上呈现不同的层次。我们还知道,这种层次的划分,使空间尺度与能量尺度存在确定的对应关系。我们关心的极微世界,空间尺度最小,大约只有 10^{-18} 米~ 10^{-15} 米。即能量尺度相当于100吉电子伏到几个兆电子伏。目前加速器探测的最高能量是5000吉电子伏,相当的空间尺度 10^{-20} 米~ 10^{-19} 米。这就是研究极微世界的科学,所谓基本粒子物理学(physics of elementary particles)何以又称高能物理学(high energy physics)的原因了。

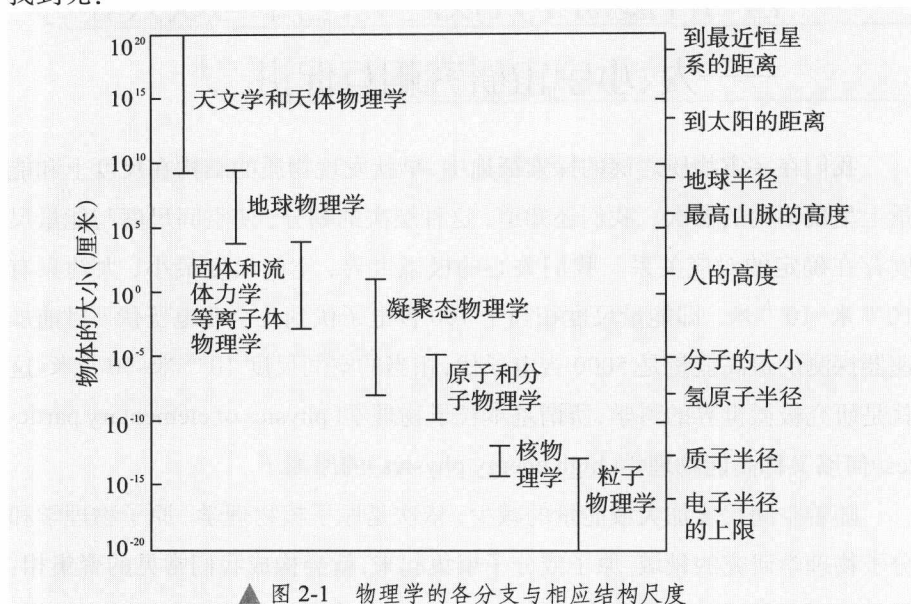
随着空间尺度加大或能量的减少,依次是原子核物理学、原子物理学和分子物理学研究的领域。原子或分子聚集起来,就会构成我们常见的聚集相:气相、液相和固相(通常称为物质三态),以及介乎固相与液相之间的中间相,如液晶(你见过液晶手表吗?)、复杂流体与聚合物等软物质。研究这些形态的物质的物理学分支,称为凝聚态物理学(condensed matter physics)。

由带电的正、负粒子构成另一类气相物质,在整体上、宏观上是电中性的,称为等离子体,相应的物理学分支称为等离子物理学(plasma physics)。固体力学与液体力学研究的是大尺度的固体与液体运动的规律。

继续扩大物质研究的空间尺度,就进入地球物理学、空间物理学和行星物理学的领域。进而扩展到太阳、银河星系、本星系、本超星系团,乃至整个宇宙,这就是天体物理与宇宙学的领地了。

试看图2-1,图的底部为空间尺度最小,但能量最高的极微世界;图的顶端则是茫茫宇宙、浩浩太空。两者一个最小,一个最大,乍看起来,南辕北辙,风马牛不相及。然而天下的事,无奇不有。大、小宇宙的物质运动规律竟然殊途同归,大有合二为一的趋向呢!这正印证了中国的古语:相反相成。人

们感到,极微世界的许多难解之谜的谜底,也许可在茫茫宇宙的疑云怪雾中找到呢!



▲ 图 2-1 物理学的各分支与相应结构尺度

你可知道,现代宇宙学的所谓大爆炸标准模型原来就是建立在现代粒子物理的基础上。大爆炸瞬间(极早期宇宙)为我们提供超高能、超高压、超高温的极端条件,是现代高能物理实验基地、加速器不可能达到的。早期宇宙实际上就是粒子物理的天下。我们也许可以毫不夸张地说,对于高能物理的研究,就是对宇宙的“考古学”研究。越是追溯到更早期的宇宙,就能探索到更高能量(因而是尺度更小)的现象。我们观察到许多遥远天体(远至 100 多亿光年)的信息,不就是进行宇宙学考古吗?

幸运的是,茫茫宇宙不仅在其早期经历了超高能、超高温、超致密、超高压的大爆炸阶段,而且时至今日还不断闪现许多奇异的“爆发”。达到的能量则让人类的加速器望洋兴叹。1979 年 3 月 5 日,一颗人造卫星探测到大麦哲伦星云中发生的一次特大 γ 射线爆发,持续时间为 0.15 秒,辐射能量超过 10 万亿亿亿焦耳。如果折合成煤,相当于燃烧掉 5 万个地球质量的煤!

我们也许不会忘记,从 20 世纪 30 年代起,人们就从宇宙深处的神秘来