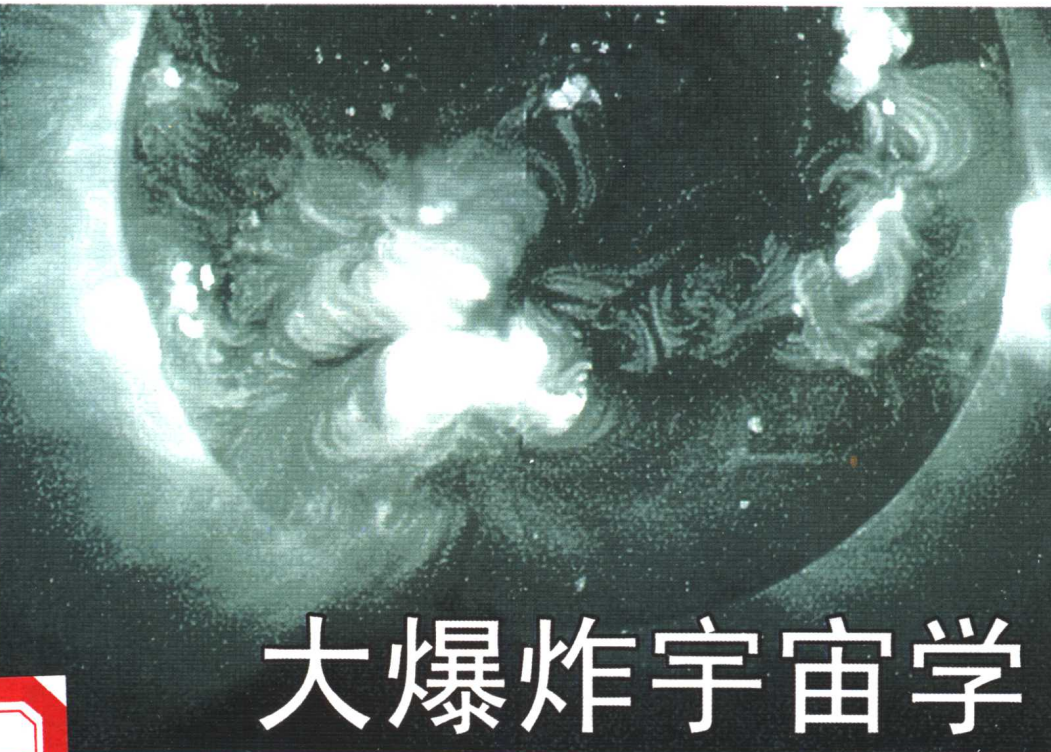


科学大视野丛书  HUNDUN CHUFEN

混沌初分



大爆炸宇宙学

■ 张相轮 编著 ■

49

江西科学技术出版社



科学大视野丛书

混沌初分

大爆炸宇宙学

张相轮 编著

江西科学技术出版社

图书在版编目(CIP)数据

混沌初分:大爆炸宇宙学(科学大视野丛书)/张相轮编著. —南昌:江西科学技术出版社,2002.12

ISBN 7-5390-2206-X

I. 混… II. 张… III. 大爆炸宇宙学—普及读物 IV. P159.3-49

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2002)第 110308 号

国际互联网(Internet)地址:

[HTTP://WWW.NCU.EDU.CN:800/](http://www.ncu.edu.cn:800/)

混沌初分:大爆炸宇宙学
(科学大视野丛书)

张相轮编著

出版	江西科学技术出版社
发行	
社址	南昌市新魏路 17 号
	邮编:330002 电话:(0791)8513294 8513098
印刷	江西科佳图书印装有限责任公司
经销	各地新华书店
开本	850mm×1168mm 1/32
字数	120 千字
印张	5
印数	3000 册
版次	2003 年 2 月第 1 版 2003 年 2 月第 1 次印刷
书号	ISBN 7-5390-2206-X/P·9
定价	10.00 元

(赣科版图书凡属印装错误,可向出版社发行部或承印厂调换)

序

我国九部委颁布的《2000~2005年科学技术普及工作纲要》指出：“大力宣传和普及自然知识、社会人文知识的基本常识，包括各种自然现象和天文现象的科学解释，宇宙起源、地球形成、生命起源和人类进化的有关知识，各种自然灾害的科学成因，人类文明的发展史等，促进社会公众建立起科学的自然观和宇宙观，树立唯物主义世界观、人生观和历史观。”

为贯彻这一纲要，江西科学技术出版社推出由林德宏教授主编的《科学大视野丛书》。这套丛书选取当代一些重大而民众又应当了解的科学问题，进行通俗的介绍，叙述科学理论建立、探索、完善的历史过程，深入浅出地解释科学发现的内容，使读者扩大科学视野，受到生动的科学思想、科学方法的教育，激发读者的科学兴趣和创新意识。

科普工作对科学知识的传播，科学思想、科学精神的弘扬和培养富有创新精神和创新能力的人才，具有重要的



意义。这也是一项难度很大的工作。对现代一些重大科学发现和重要科学理论,作出准确而又通俗的解释,看似简单,实非易事。希望大家都能来关心和支持科普工作。

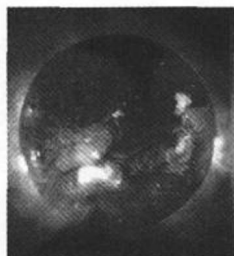
正因为如此,所以我欢迎这套丛书的出版,希望读者能从中学到一些知识,受到一些启迪。

黄顺基

中国人民大学哲学系教授
科学技术哲学博士生导师



目 录



序/1

1 穷天地之始/1

2 爱因斯坦的宇宙学解/16

3 大爆炸宇宙学/26

4 粒子宇宙学/40

5 暴胀宇宙假说/79

6 宇宙的终结/95

7 未来人类宇宙学探索的焦点/114

结语/154

后记/156

0A785/03

本书所阐述的“宇宙学”是一个科学概念,它给了宇宙之谜之一实证性解答,这是现代科学史上最令人惊叹的事件之一

1 穷天地之始

1946年,第二次世界大战的战火刚刚停息不久,人们对美国在日本广岛和长崎投下两颗原子弹的可怕景象还记忆犹新。据目击者报告,在广岛投下的那颗原子弹爆炸的一瞬间,它发出眩目的闪光超过太阳亮度的100倍。投弹后50秒钟,冲击波冲击到投弹的飞机,灼热的气浪几乎令人窒息。这时,飞机离开爆炸点已经15英里。投弹5分钟后,广岛市中心上空有一团直径约3哩的深灰色烟云,从烟云的中心升腾起一个白色的烟柱,它迅速上升到3500英尺的高度。这颗原子弹的爆炸当量不过相当于2万吨TNT炸药。但在它的威力作用下,广岛市中心4.4平方公里的范围内被夷为平地,城市的60%被完全破坏,14万人死亡和受伤(图1-1,图1-2)。

尽管物理学家在设计制造这颗原子弹的时候,曾经预言过它将释放出惊人的能量,但现实看到的情景还是让他们感受到强大的心灵震撼!他们都知道,制造这个可怕怪物的原理出自爱因斯坦。从他的狭义相对论直接推导出 $E=mc^2$ 的质能关系公式。当想象和推理转化成技术和物质反应的实在情景时,人们又一次惊叹:科学理论能够创

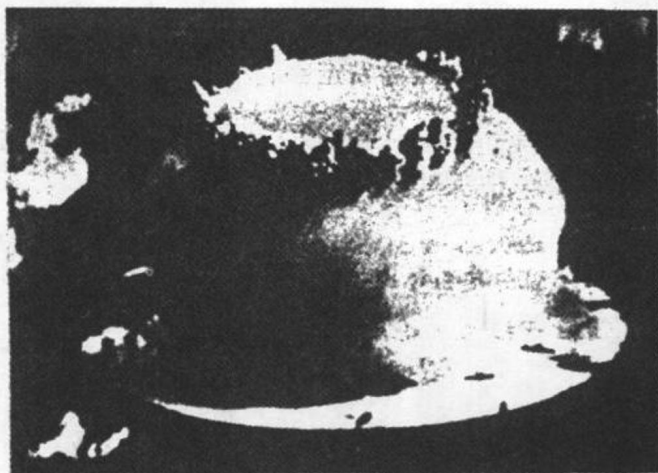


图 1-1 原子弹(基尼岛)



图 1-2 原子弹(日本广岛)

造奇迹。

就在这一年,在美国乔治·华盛顿大学执教的俄裔物理学家乔治·伽莫夫做出更为惊人的断言:我们的宇宙诞

生于一场原子火球爆炸！他论证早期的宇宙物质十分炽热而稠密，足以进行热核反应。然后，在爆炸膨胀的过程中，宇宙物质逐渐冷却，并演变成了今天这个样子。

伽莫夫的观点虽说新颖而大胆，但确实太令人不可思议了！我们怎么能想象：如此无边无际的宇宙，竟然出生自一枚小小的“宇宙蛋”！伽莫夫是当时世界著名的物理学家之一，可他不是诺贝尔奖金获得者。他年轻时曾在丹麦哥本哈根玻尔主持的理论物理研究所工作过，以善于开玩笑和写打油诗而闻名，是不是他关于宇宙诞生的这个“玩笑”开得过分了？因此，人们对这个假设并没有太认真对待。但是，半个世纪以来，天文学和宇宙学的发展历史却表明：伽莫夫的大胆猜想的确是现代宇宙学图景中的重要一页！

科学家认为，我们所在的可观测宇宙是远在 150 亿年前经过一次原始大爆炸后膨胀、演化而成的！

1. 古代关于宇宙诞生的猜想

古代人类还没有掌握严密的科学实验方法，他们研究大自然不会用精密的观察实验方法获取定量化的资料，然后再运用逻辑和数学手段进行整理加工。当时人们最常用的方法是根据直观的经验积累，再运用猜测和直觉对经验以外事物和事物的普遍本质作出想象。在广袤的大陆平原上，人们极目望去，天苍苍，野茫茫，四周的视野大约是半径为 4 公里的一个大圆。它的上方是一口大锅似的天。但方位感和田畴的方正构造又使人们认为地是方的，于是“天圆如张盖，地方如棋局”的“盖天说”就成为中国古代最早的“宇宙论”（图 1-3）。这种说法有明显的漏洞，因为天圆地方，二者怎样衔接呢？后来，就发展为地是圆拱形的。天地自我运动，不需要推动，也不用什么维系。中



国战国时期的哲学家庄子在《天道》中写道：

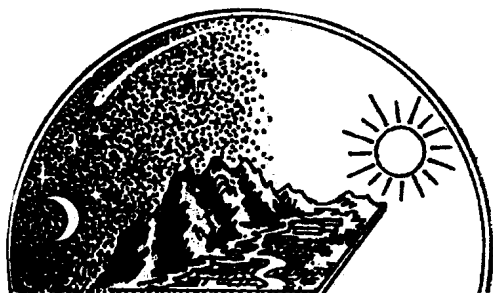


图 1-3 古代盖天说示意图

“天其运乎！地其处乎！日月其争于所乎！孰主张是？孰维纲是？孰居无事推而行是？意者有机缄而不得已邪？意者其运转而不能自止邪？”

这段话意思说，人们感到天动地静，日月交替，有什么支撑和维系着它们吗？有谁在推动它们吗？或者，这是大自然自我运动机制作用的结果吧，或许它们永远运动而不能停息吧！

屈原也曾对宇宙的结构和起源提出了一连串的问题，说明宇宙起源问题和人类的命运休戚相关，并不是一个“不着边际”的问题。他在《天问》中写道：

请问，关于远古的开头，谁个能够传授？

那时天地未分，能根据什么来考究？

那时是混混沌沌，谁个能够弄清？

有什么在回旋浮动，如何可以分明？

无底的黑暗生出光明，这是为何故？

阴阳二气，掺合而生，它们的来历又在何处？

穹窿的天盖共有九层，是谁动手经营？

这样一个工程，何等伟大，谁是最初的工人？

他的每一个问题,都是对当时流行的宇宙结构观念的质疑,把人们的思考向未知世界延伸,找出有关问题更合理的答案。

到了汉代,天文观测比过去有了进步。中国农业社会的一大特点是对历法制订要求比较高,这就推动天文学家对日月运行规律做出更科学的描述,只有这样,才能对它未来的运动做出更准确的预言。东汉著名科学家张衡(公元78~139)提出了“浑天说”(图1-4),认为“浑天如鸡子,天体圆如弹丸,地如鸡中黄,孤居于内,天大而地小;天表里有水,天之包地,犹壳之裹黄。天地各乘气而立,载水而浮。”(张衡:《灵宪》)“浑天说”的进步之处在于:认识到大地是球形的,“天”不过是个空间。但“浑天说”也有很大缺陷,它认为天有限、有边界;地实际上是漂浮于水中的半球体。

日月星辰在夜间如何在水中运行?人们尚存疑问。



图1-4 古代浑天说示意图

为此,晋代天文学家虞喜等人又提出了“宣夜说”。“宣,明也;夜,幽也。”“宣夜”说即是关于天体运行昼夜变化的学说,认为天高远而无极;日月众星,自然浮生于虚空之中,它们的运动是凭借“气”的作用。天体的运行或者顺行,或者逆行,或者显现,或者隐没,都没有根系,也各不相同。中国古代人类所说的气,其含义很接近现代的“力场”。因此,宣夜说否定了过去的宇宙学说认为天体、大地的运动或静止必须由有形物质介质直接作用的观点,猜测到了宇宙空间有无形介质的存在。

中国古代的天文学把研究宇宙的重点放在天与地的关系,空间和宇宙天体结构的关系上,并没有思考宇宙是怎样生成的?这种只考虑天体和宇宙机械运动的宇宙观实质上都是静态的。即认为宇宙和天体过去如此,现在如此,将来仍然如此。主张宇宙过去同现在不同,认为它是在演化中生成的,这种演化论的代表者是《周易》和老子的《道德经》。老子说,“有生于无”。

“有物混成,先天地生,寂兮寥兮,独立而不改,周行而不殆,可以为天下母。吾不知其名,字之曰道,强为名曰大。”(《老子·二十五章》)

老子认为,在天地和有形的万物没有生成之前,有一种物质存在已经先于它们生成,因而,它为“天下之母”,万物之始元。我不知道它的名称,姑息称之为“道”或“大”。“道生一,一生二,二生三,三生万物。”老子所说的“一”指元气,“二”指阴阳二气。在元气之前已经有一种最原始的存在了。关于这个宇宙的本原,老子有多种说法,如说它叫“混一”:

“视之不见名曰夷,听之不闻名曰希,搏之不得名曰微,此三者不可致诘,故混而为一。”(《老子·十四章》)

又说它叫惚恍：“是无状之状，无物之象，是谓惚恍。”

不论叫“混成”，还是叫“混一”、“恍惚”、“惚恍”，后人都理解为混沌。总之，老子认为宇宙是从混沌态中经过自组织演化而成的。后来，《列子》对这个演化过程进一步作了描述：

“夫有形生于无形，则天地安从生？故曰有太易，有太初，有太始，有太素。太易者，未见气也；太初者，气之始也；太始者，形之始；太素者，质之始。气形质具而未相离，故曰浑沦。”（浑沦即混沌）

可见，中国古代有些哲学家已经从事物运动变化、生生不息、从简单到复杂的演化中猜测到宇宙是从混沌中进化生成的。1981年，美国著名的理论物理学家J.惠勒应邀来中国讲学，他在上海观看了上海舞剧团演出的舞剧《凤鸣岐山》，反映的是3000年前周武王率兵讨伐商纣王的故事。舞台上的姜子牙，指挥大军时手里挥舞一面旗帜，上面写的是一个“无”字。惠勒听了别人的讲解，知道这是起源于老子“从无到有”的思想，他感到非常兴奋，表示一定要记住这个字。因为主张宇宙是“从无到有”演化出来的这种观点，是惠勒“质朴性原理”的核心。实际上老子所讲的“无”并不是一无所有的虚空，而是宇宙演化的极始状态：

“无名，天地始；有名，万物母。”（《老子·一章》）《老子》的其他版本也写作“无，天地始；有，万物母。”至于有和无的关系，老子认为，它们是对立统一、相互依存、彼此转化的关系，所以他说“有无相生，难易相成，长短相形，高下相倾。”再联系到《老子·四十章》中“天下万物生于有，有生于无”的说法，可以看出，他所讲的“无”，也就是“无名”。老子认为，“无名”，其实是“不可名”，“非常名”，因为此时万

物混而为一,所以才叫“混成”。如果一定要给它起个名字的话,可以勉强叫做“道”。可见,姜子牙挥舞大旗上的“无”就是“道”。

道家的宇宙学说和自然观代表中国古代文化中科学理性思维,特别是朴素辩证法的思维精华,实际上当时民间和社会上层盛行的宇宙观还达不到这样的水平。古代奴隶制社会和封建社会初期的生产力还是很低的,手工劳动和粗放式耕作占统治地位,道家的自然观反映了一种顺应自然,无为而作的思维方式和行为方式,不主张进行技术改造,即使有了先进的生产工具,也最好弃之不用,以免干扰了大自然“自然而然”的原始状态。这个“自然而然”也就是自然之道。

同古代低下的生产力和科学技术的萌芽状态相适应,更多的人用想象和猜测弥补经验的不足。中国古代很早就流行盘古“开天辟地”的传说,至今人们还习惯于说“自从盘古开天辟地……”。在盘古之前,天地一片混沌,没有东西南北,也没有上下左右。不知过了多少时间,在其中生出一个巨人盘古,手拿板斧,奋力劈砍了一阵,天地才慢慢地分开了,轻清的部分飘浮向上,成为天;重浊的部分沉在下面成为地,天地就这样形成了。

中国古代人所指的天,当然包括日月星辰等天体。但中国古代的宇宙论,更关注的是一种方位感和时间序列的度量。这代表农业社会人们的思维方式。最早给宇宙下定义的是在西汉时的《淮南子》一书中,它说“往古来今谓之宙,四方上下谓之宇”,这种对宇宙的理解首先在于宇宙就是时间、空间。实质上就是无限时空中无所不包括的一切。因为,在《墨经》中曾有定义:“宙,弥异所也;宇,弥异时也。”弥,是遍、包括的意思;异所、异时,即不同的空间、

时间。这里的宇宙,实指无所不包的无限时空中的一切。

2. 形形色色的神创论

中国古代关于宇宙诞生的学说还处在朴素辩证法阶段,它缺乏实验科学的证据和严密的论证,而且在论述上十分深奥、晦涩、抽象,很难被人们理解。所以,在古代社会,关于宇宙的由来,真正盛行的是唯心主义的神创论。

在古老的巫术文化时期,神创论就在迷信和传说中流行了。最早出现于文字记载的,是古代印度的《梨俱吠陀》。这是产生于4000年前印度河流域原始部落时期的一种歌谣总汇,包括关于自然的知识和关于战争、祭祀的传说,经过一代人又一代人的传诵、积累,到了文字产生后,就形成最原始的诗歌总汇。它实际上反映了当时人们的自然观、情感和对事物的看法。它记载着从西北方来的雅利安部落进入印度后,劫掠了当地更为古老的土著文明。当时人们关心的问题无非是食物、丰收、健康、子孙繁衍或祈祷战争的胜利等。《梨俱吠陀》还记载了古代印度人关于天象、季节的知识以及对宇宙演化的猜测。

《梨俱吠陀》说,万能的原始大神婆楼那创造了宇宙,宇宙的原初只有神,其余的一切都不存在。整个宇宙就是神身的幻现。或者说,是神通过牺牲自己创造了世界。神的眼睛环顾四面八方,面孔朝向四面八方,臂和足伸向四面八方。它产生了天和地,然后又用手和脚指示了天地各方。神的这种不可思议的力量称为“幻力”。

人神合一,人和自然浑然一体,物质和精神不分,这是古代巫术文化的重要特点。世界各民族在原始部落时期都经过漫长的巫术文化时期。因而,在进入奴隶制的阶级社会之初,巫术文化的影响仍是十分强大的。到《梨俱吠陀》后期,古代印度人废除了原始的精神化身婆楼那,另立



人神合一的“原人”普鲁沙。它既具有绝对的神的一面，又具有相对的人的一面；是神，也是一切；是宇宙本体，又是人类的本性。它同时创造了物质世界和精神世界；既是升华于万物之外的永恒的存在，也是人类的共同创造者，它既属于过去，又属于将来。到了奴隶制社会，这种原始宗教又和社会的阶级分化相适应。它宣传说，原人普鲁沙用自己的头、臂、腿和脚分别分创造了四个种姓，即婆罗门（祭司）、刹帝利（武士）、吠舍（平民）和首陀罗（奴隶）。其中婆罗门是最高贵的，他们的职责是诵经和发号施令；其次是武士，他们的职责是作战。再下面是平民，他们的职责是从事劳动。最低等的是奴隶，他们只能做一些最下贱的活。

印度教是世界上最古老的宗教。它的教义通过后来的吠檀多（意思是吠陀的终结）哲学形成一种主观唯心主义的宗教神学。后来的宗教，如佛教，也在一定程度上受到它的影响。

佛教中比较有影响的教义是“宇宙轮回说”。轮回说起源于印度教中，说统治印度的神操纵着“轮宝”，成为支配宇宙和人间轮回的转轮之王。佛教的创始人释迦牟尼在悟道之后向他的信徒们讲“法”，就是开始于“初转法轮”之说。他原本是个王子，有可能成为统治自己国家的“转轮王”，但他放弃了这个地位，只想成为主宰人们内心世界的法轮王。

轮回说包括人生的轮回和宇宙的轮回。人生的轮回是说人生经历生老病死，欲望是痛苦的原因。经过“消业”的修行，达到无欲的空寂境界才是极乐，这个境界称为“涅槃”。宇宙的轮回是说宇宙的演化和运动是有节律的，印度教吠檀多哲学认为梵天的生命周期为一百个梵天年，推



算起来大约相当于 160 亿年。19 世纪印度著名哲学家辨喜说,这个宇宙是在波浪式的旋转中运动着,它升起,达到它的顶点,然后又下落。并在若干时候停留在深渊中,于是又再升起。这样,一浪推着一浪,一个下落接着一个下落。宇宙是这样,它的每一部分也是这样。宇宙的每一个生命周期称为一个劫。

基督教是后来居上的宗教,它于公元 1 世纪产生于罗马帝国统治下的中亚巴勒斯坦。部分教义又承袭自更为古老的犹太教。它所信奉的《圣经》中描述了另一种不同的“上帝创世说”。

《圣经》的一开头就讲“开天辟地”:上帝创造了天地,只有水和虚空,无边无际,混沌一片。上帝在第一天创造了光,有了光明和黑暗,白天和黑夜。第二天,上帝创造了天空,把水分开,有天上的水和天下的水。第三天,上帝创造了海洋、陆地、植物和果子,大地披上了一层绿装,空气里飘满花果的芳香。第四天,上帝创造了星体。天上出现了太阳、月亮和星辰,有了时间和季节。第五天,上帝创造了动物,先有了鱼和各种水生物,然后有了飞鸟。到了第六天,上帝又创造了昆虫和野兽。随后,又创造了人,并对人说,你们要生养众多,治理地面和海洋。我把蔬菜和果实,全赐给你们作为食物。至于地上的走兽和飞鸟,我把青草赐给它们作为食物,一切鸟兽虫鱼都归人类管。做完了这一切,上帝在第七天休息,这一天称为圣日,又叫安息日。

试比较东西方两种不同的宗教,尽管它们对神创造宇宙的具体说法不同,但都认为:神是一种精神的存在,他们是全智全能、无所不知的。物质的宇宙是由神的意志设计并创造的。再者,都认为宇宙有一个开端,它是在神诞生