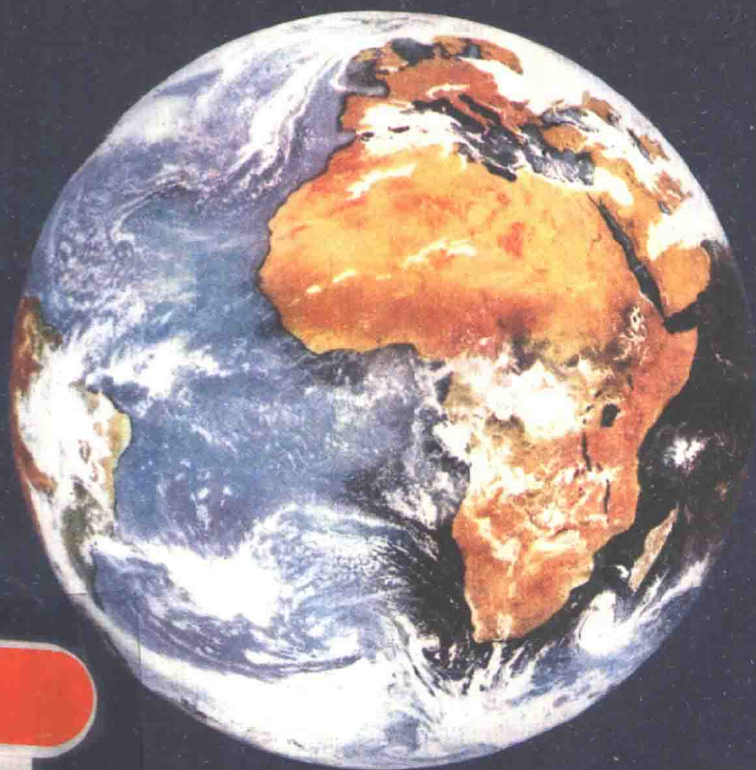


宇宙中的地球

张国栋 李致森 编著



学普及出版社

宇宙中的地球

张国栋 李致森 编著

科学普及出版社

内 容 提 要

本书是把地球作为宇宙中的一个天体来进行介绍的。共分六章，第一章从太阳系的演化讲到地球的形成及其宇宙环境，第二章介绍了地球的运动及其特点，第三章介绍了地球本身的变化，第四章、第五章介绍了地球的冰期与天气、气候，第六章介绍了地球上的生命起源和演化，第七章展望了地球与人类的未来。

本书适于高中以上文化水平的广大读者阅读。

宇宙中的地球

张国栋 李致森 编著

科学普及出版社出版（北京海淀区白石桥路32号）

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

北京燕山印刷厂印刷

开本：787×1092毫米1/32 印张：4.875 字数：109千字

1987年3月第1版 1987年3月第1次印刷

印数：1—4,100册 定价：0.93元

统一书号：13051·1481 本社书号：1160

目 录

第一章 从宇宙到地球	(1)
人类对地球环境的认识	(1)
宇宙概念的发展	(6)
太阳系的演化	(15)
地球的宇宙环境	(22)
第二章 地球运动的基本韵律	(30)
不可小看的自转和公转	(30)
地球转动的起因	(33)
日长的不稳定性	(35)
地球钟与原子钟	(40)
牛顿理论的改进	(42)
地球公转的变化	(43)
岁差与章动	(45)
地极运动	(49)
第三章 变动着的地球	(53)
开天辟地的第一幕	(53)
地质旋回与银河系关系的蛛丝马迹	(57)
板块构造及其天文条件	(60)
某些生物灭绝的原因	(65)
地磁的长期变化与极性倒转之谜	(67)
第四章 地球的冰期	(72)
地球的冰期	(72)
冰期的形成	(74)
生物进化和冰期	(84)
人类的崛起和冰期	(85)

冰期与地质的 沧桑巨 变.....	(88)
第五章 天文与天气-气候	(91)
崭露头角的日-气关系.....	(91)
日渐明晰的月-气关系.....	(99)
地球自转与天气气候 变化.....	(103)
初露端倪的行 星 效应.....	(108)
火山和陨星在天气中的 作用.....	(111)
令人瞠目的 超新 星效应.....	(115)
第六章 地球上的生 物世界	(118)
生物世界的演 进 梗概.....	(118)
生物生存的天文 环境.....	(121)
生物进化与 天文学.....	(126)
宇宙中的 生命.....	(128)
第七章 地球与人类的未来	(130)
地球的主 宰 者——太阳.....	(130)
地球气候在近期可能 的 变异.....	(132)
危害人类生存的一些因素	(135)
崭新的能源策略	(140)
绿色革命与海洋养 殖 业.....	(146)
太空开发与行星 工程.....	(148)

第一章 从宇宙到地球

人类对地球环境的认识

地球——生物的摇篮，人类的母亲，她以无私的胸襟抚育着数百万种生物，以伟大的情怀造就出生物中的精华——人类。人类，这个“万物之灵”，他的灵，就在于他有一个不受时空限制的思维、智慧与认识能力，他的伟力来自他掌握物质运动与物质结构规律的本领。这里的“物质”包括宇宙中所有的，有形的或无形的物质，从最小的基本粒子到庞大的星系团，从无机物到有机物，也包括物质的运动形态——各种形式的能，以及思维和社会意识等等。总之，一切形式的物质的运动和结构规律，人类都有可能认识并掌握。正因为如此，人类才有可能创造出一个宏伟绚丽的物质世界和波澜壮阔的精神世界。

对真理的探索 and 追求固然是人类的特长，但是对一个真理的获得，总是要经过漫长而又艰苦的过程。人类真正认识地球，是在人类发现他们所居住的大地，只不过是一个小小的星球的那一天开始的。在此以前，人类不认为自己所居住的地方与天上的星星是同类的东西。因为人们把天上的日月星辰视为“神灵”，神在天上，人在地上，天地之间隔着一道不可逾越的神与人的鸿沟。地上的一切无不受命于天；政权、宗教、社会意识都充斥着“天命”与“天人感应”思想。没有哪一个统治者不是借助于“天”来统治人民的，也没有哪一个宗教不是借助于天来愚弄别人的。在这样的思想指导下，人们对天只能顶礼膜拜，不敢半点不敬，否则就是大逆不道，将受到“受

命于天”的朝庭或教庭的残酷惩罚。可见，人类的自然观不仅仅是一个认识问题，它还强烈地影响着社会意识和社会结构，影响着人们物质生活和精神生活。在人类历史上，出现过长时期的“天”统治人的悲剧，其根本原因就是由于人们的科学文化的落后。

总的来讲，在16世纪以前，人类对天地关系的认识，带有强烈地神秘色彩，如果说天地之间有什么联系，那是靠神的意志，是超自然的联系。对地球在宇宙中地位的认识方面，完全是直观的，认为地球处于宇宙中心，日月星辰都绕着地球运动；它们有两种运动形式：一种是周日运动，每天绕地球转一周，这就是日月星辰东升西落的原因；另一种是周年运动，每年绕地球转一周，这就是星体在空间中位置每年重复变化一次的道理。为了解释行星相对于恒星空间的运动，人们认为，行星除了绕地球转动外，又绕着另外一个中心在转动，有的行星同时绕着几个中心转动，形成大圈套小圈，圈套圈的转动着，这就是天体运动的“本轮学说”。这种学说创自公元前三世纪的古希腊天文学家阿波罗尼，而为公元二世纪的古希腊天文学家托勒玫所发展，一般称为托勒玫宇宙体系。该体系也能计算行星位置。为了使计算值符合实际观测，有时不得不在一颗行星上套上几个轮子。这实际上是一种凑数值的“理论”，尽管是十分勉强，可是它既符合人的直觉，又符合宗教的教义，所以成为中世纪欧洲维护神权统治的理论基础。

把天地观从神学的桎梏下解放出来的第一位先锋战士，是伟大的波兰天文学家哥白尼。他在《天体运行论》一书(1543年出版)中，详细地论证了宇宙中心不是地球，而是太阳。地球和其它行星一样，都是绕着太阳转动的天体。哥白尼的日

心说是人类历史上对世界认识的第一次飞跃。尽管有不完善或错误之处，可是它的历史意义是不能低估的，因为它结束了沿袭上千年之久的地球中心与地球不动的谬论。地球不再是上帝创造的“诺亚方舟”，地球只不过是一颗绕太阳转动的小小的行星。该学说是神学的公开挑战，不能不受到教会的封锁和压制。第一个起来捍卫与发展哥白尼学说的是意大利的卓越思想家布鲁诺。他因信奉科学与哥白尼学说，而成为宗教的叛逆。他的思想突破了历史的局限，在《论无限，宇宙及世界》(1584年)一书中提出宇宙无限的观点，根本否定了宇宙有中心可言，所谓‘诺亚方舟’与上帝圣殿更无立足之地。教会万分仇视布鲁诺，残酷地将他烧死。伟大的物理学家与天文学家伽利略也曾因坚持科学真理，支持哥白尼学说而遭教庭的审判。他在《关于托勒玫和哥白尼两大世界体系的对话》(1632年)一书中，总结了他在自然科学方面的一系列新发现，抓住足以说明事物特征的论据无情地批判了托勒玫体系，精辟地论证了哥白尼的日心体系，把哥白尼学说发展到了一个新阶段。

在哥白尼的日心说的基础上，德国的天文学家开普勒利用第谷遗留下的20多年的精密观测资料，总结出行星运动的三个定律。这就是直到今天还被人们广泛使用的，有名的开普勒定律。他彻底否定了因循已久的简单匀速圆周运动的思想束缚，以非匀速椭圆运动轨道，揭开了行星运动的真实面目。开普勒三定律首先发表于《宇宙和谐论》(1619年)中。但是，开普勒只是阐明了行星运动的规律，并未揭示其原因，虽然他在这方面也进行了一定的探索。

开普勒定律提出70年以后，英国出现一位科学伟人，就是近代物理学与天文学的奠基人牛顿。他从理论上证明，在

万有引力的作用下，行星绕太阳运动必然遵守开普勒定律。万有引力是牛顿在1683年发现的，行星运动原理是在他发现万有引力后的三年完成的。这是他著的《自然哲学原理》(1687年)一书中的一部分，该书还包括运动学原理、光学原理等。这部著作作为以后的物理学发展打下了坚实的基础。万有引力定律，在今天连初中学生都了解它的含义。就是这么个简单的自然法则，却是支配着宇宙间一切天体运动的重要法则，包括月亮、地球、行星、太阳、恒星直至今天的人造天体。近代的天体力学主要就是在万有引力定律基础上发展起来的。

牛顿的天体运动理论向人们表明，天与地，天体与天体之间，都存在普遍的物理联系。这就是万有引力，但绝非什么神的力量。

行星运动定律从理论上得到证明。牛顿的成就扫清了哥白尼日心说的一切障碍，使之达到空前完善的境地。但是万有引力定律与行星运动定律并没有回答行星是怎么开始运动的。行星运动还需要起初的横向推动力，这个力是从哪里来的呢？牛顿冥思苦想，找不到答案，他只好把行星运动的第一推动力归之为神。从近代的太阳系起源角度看，所谓“第一推动力”，实际上是与行星的起源和演化有关的问题，根本不存在神的推动。牛顿以不可知论的观点对待此问题，这是他的局限性，可能与他的世界观有关；因为牛顿本人是一个虔诚的教徒。

在牛顿行星运动理论提出 70 余年以后，德国哲学家康德，提出了太阳系起源的星云假说。康德认为，原始的太阳系是一团自转着的气体物质，康德把这团气体物质称做“星云”；由于引力，星云开始分裂，收缩成为太阳和行星。康

·德的星云假说尽管很不完善，而且缺少理论分析，可是基本思想是卓越的。它对后人研究天体演化问题具有重要指导意义。它告诉人们，宇宙间的天体也有一个形成、变化的过程。自然界的一切都在变化中，人类社会也在变化中，这对于形而上学的自然观，是一个有力的批判。

自19世纪后期以来，大型天文望远镜的应用，分光技术的提高，使人们从一点点微弱的星光中，就可以分析出所观测的天体距离、运动速度、质量大小、温度、压力、重力和主要的物质成分等。人们知道，“天上”有的东西在地上也能找到，只是因为所处的环境不同，它们存在的形式也有所不同；例如，铁钙等元素，在地球上坚硬的固体，而在太阳及一些恒星上则是电离的气体。二氧化碳在地球上为气体，在火星上则是“干冰”。有机体在地球可能演化为生命，在太阳系的其它天体上则不具备此条件。天与地都是物质的，只是物质存在的形式和运动的形式有千差万别，这样就构成了宇宙物质的多样性。同时，所有的物质存在与运动又都是相互制约和相互影响的，这就构成了宇宙物质的统一性。天与地之间人为形成的不可逾越的“神”与人的鸿沟，已被科学技术的威力填平了。如果说还有什么鸿沟，那不是神与人的鸿沟，而是空间的鸿沟。随着空间事业的发展，空间的鸿沟也越来越缩小。千百年以来，在人们生活中广泛流传的有关“天堂”、“月宫”之类的美丽神话，在当代的科学面前已经没有什么魅力了。科学是严峻的，在科学的大道上，没有半点神话，但科学实践的结果，却能创造出神话般的奇迹。

地球作为一个单一的物质系统有其特殊的运动、变化和结构规律。这就产生了一系列与地球有关的学科，如地球物理学、地球化学、地球动力学、地质学、海洋学和生物

学等。

地球作为一个天体来讲，它的运动，它的变化和结构又不能不受到其它天体的影响。这样就形成许多与天文学有关的地球学科，如天文地球动力学、天文气象学和天文生物学等。这些就是近代地球科学发展的一个新方向。

人们越来越注意到，在地球上发生的不少现象，如果仅从地球本身找它们的因果关系，有时很难得到满意的解答，如气候变迁、气象变化、生物演化和地质巨变等；如果我们的思想不局限于地球本身，也注意地外因素，倒往往能得到较合适的答案。

在古代，人们把天当做地上一切的主宰者，如果说天地间有什么联系，那是超自然的联系，是事实上不存在的空想。

在当代，人们认识到天与地是有联系的，这种联系不是超自然的，而是自然界存在着因果关系。

古代人否定了天地间本质上的关系，这是第一次否定；当代人否定了古代人的天地观，这是第二次否定。用辩证法的话来讲，这叫做否定的否定。这是一切事物发展的基本法则，也包括人类的认识法则。

宇宙概念的发展

“宇宙”是什么？也许有人认为这是一个简单问题，他会立即回答：宇宙就是广阔无垠的空间，再加上一个无始无终的时间。例如，我国战国时期的思想家尸佼就是这样解释宇宙的；他说：“四方上下曰宇”，“往古来今曰宙”，用现在的话讲，宇就是空间，宙就是时间，宇宙就是空间+时

间。这种“宇宙观”是直观的，也是原始的。直到16世纪以前人类的“天地观”还是直观和原始的：地球不动，日月星辰绕地球转动。一般来讲，直观的理解不能反映事物的本质，只有理性的认识才能反映事物的本质，这就要靠科学技术的威力。

在早期因为科学技术水平不高，人们没有足够的依据从科学的角度来讨论宇宙，而是更多的从哲学角度来讨论。例如，唯心主义哲学认为，宇宙是“绝对精神”的体现，宇宙是有限的；唯物主义哲学认为宇宙是物质的，宇宙在空间与时间上是无限的。哲学不能代替科学；正确的哲学思想可以指导正确的科学活动，但一个正确的哲学思想也必须不断地吸取正确的科学结论来充实。

从科学角度来研究宇宙问题，也只是近半个世纪以来的事，是从人们对时空的认识开始的。

宇宙观的核心是时空观，有不同的时空观就有不同的宇宙观。从物理学的发展过程看，有两种时空观，一种是以牛顿为代表的时空观，一种是以近代物理学家与相对论物理学的创始人爱因斯坦为代表的时空观。

牛顿的时空观，很象尸佼对“宇”和“宙”二字的解释，不过牛顿解释的更为具体些。牛顿认为，有一个“宇宙时间”，它就象永不间断的流水，均匀地从遥远的过去流逝到遥远的未来，牛顿把这个时间叫做“绝对时间”。牛顿还认为有一个“宇宙空间”。它就象一个空空洞洞的大容器，里面有无物质都不改变空间的属性，牛顿把这样的空间叫做“绝对空间”。牛顿物理学就是建立在“绝对时间”与“绝对空间”的基础之上。直到本世纪初以前，人们都没有发现这种时空观的毛病。

到上个世纪末，有人要测量地球在“绝对空间”中的“绝对运动”。空间既然是一个固定的大容器，要测量地球相对于这个容器的运动速度，应当是可行的，这就是地球相对于宇宙空间的“绝对运动”。测量的方法也并不复杂，先是向着地球的奔跑方向发出一束光线。用 v 表示地球相对宇宙空间的速度，用 c 表示光线相对宇宙空间的速度，那么接收到的光线相对宇宙空间的速度应当是 $c + v$ ；然后又背着地球奔跑的方向发出一束光线，接收到的光速应当是 $c - v$ 。试验结果表明，不管哪个方向发射光线，接收到的光速总是 c ，光速与地球运动无关。这次试验是美国人迈克尔逊做的，试验方法是无可非议的。

试验结果公布后，震动了物理界，给物理学导致一场严重危机，这就是上世纪末本世纪初的物理学危机，这次危机的核心问题就是，有没有“绝对空间”、“绝对时间”以及“绝对运动。”

人们试图用种种理论来解决这场危机，但都没有成功。当时有一位在瑞士伯尔尼专利局工作的职员，名字叫阿尔伯特·爱因斯坦。他在1905年用一篇短文就结束了这场危机，这篇短文就是狭义相对论物理学的基础。文章的基本原则有三条：

1. 光速是宇宙间的极限速度；
2. 光速与光源的运动速度无关；
3. 在一个惯性系统内，不可能测出它是运动或静止的，或者说不存在相对于“宇宙空间”的绝对运动。

牛顿的绝对时间，实际上等于认为，全宇宙有一个统一的同步的时间，这实际上等于承认宇宙间有某种超距作用，即速度无穷大的运动，靠这种超距作用来达到全宇宙的时间

同步。爱因斯坦认为光速是宇宙中的最大速度，这就等于否定了“绝对时间”。

在日常生活中速度相加原理是无可非议的；但对于光速不适用，否则就会出现大于光速的运动。

爱因斯坦否定了绝对运动，实际上也就是否定了绝对时间。

这三条基本原则的提出也就等于否定了绝对空间、绝对时间和绝对运动。时间、空间都是相对的，一切运动都是相对的。这种相对时空、相对运动的观点完全符合实际。牛顿物理学只是相对论物理的特殊情况，即物体的运动速度比较小(与光速比较)，质量不太大(与太阳质量比较)的情况。从运动的物体出现的时空变化来理解，时间、空间与物质和物质的运动是不可分割的，空空洞洞的无物质内容的绝对时空是不存在的。

由以上的讨论可以看出，绝对时空与相对时空不仅仅是一个对时空的认识问题，而且可以影响人类对客观世界物质运动的认识，这不是一件小事。这就是本世纪初物理学革命的关键问题。这次革命对物理学及天文学的发展起了巨大的促进作用。

狭义相对论完成以后，爱因斯坦又考虑更广泛的相对性。狭义相对论所讨论的运动，都是属于惯性空间的运动。惯性空间的主要特点是没有引力；因为在引力的作用下，物体要产生加速度运动，就不能是惯性运动了。能不能把引力场中的运动也变为惯性运动，或者说把惯性运动推广到引力场中。这就是“广义相对论”的本来意义。爱因斯坦认为是可能的，他设想有一架升降机在引力场中自由下降，升降机与外界隔绝，这时升降机里的人毫无办法测出升降机是静止，还

是加速度下降。他也许认为它是静止在宇宙空间或正以等速运动,因为在升降机中无任何力的作用,这就是惯性系统。就这样一种简单的思路引进数学方法加以推理,得出一个有名的“引力公式”。这就是近代宇宙论的主要理论依据。广义相对论最早的文章发表于1916年。文章从理论上预言三件事: 1)星光通过太阳边缘弯曲 $1''.75$; 2)水星轨道近日点每100年进动 $42''$; 3)引力场中的光谱红移。这三件事后来都不折不扣地得到证实。从此广义相对论才逐渐被人们接受。

爱因斯坦的引力公式与牛顿的万有引力定律并不矛盾。万有引力定律只是引力公式中的一个特例。万有引力所能解决的问题,引力公式都能解决,而且更精确。但是,引力公式所反映出的问题,万有引力定律却无能为力。引力公式中的引力是有物质内容的,例如,它有传播速度(等于光速);它还有波动,这就是引力波。而万有引力中的引力是无物质内容的,它是一种超距作用力。

从引力公式得出的关于时空的性质表明,时空是有某些结构的,它决定于引力的大小。或者说决定质量的大小(因为引力与质量成正比)。引力越大的地方空间越弯曲,时间越慢。上面提到的光线通过太阳边缘弯曲 $1''.75$,这不是引力吸引光线造成的,而是由于太阳的引力造成的空间弯曲。上面提到的引力场中的光谱红移,也不是引力吸引的结果,而是时间变慢造成的。

从引力公式可以看出,宇宙的变化有三种情况:膨胀、收缩和静止。具体的属于哪种情况决定于宇宙的“临界密度”。如果宇宙的实际密度小于临界密度,宇宙就是膨胀的;若大于临界密度,宇宙就是收缩的;若等于临界密度,宇宙就是静止的。关于临界密度的计算目前还不很准确。自20年代以

后从天文观测就已经发现，银河系以外的天体都正在远离我们而去。从这一点来看，至少现在的宇宙是膨胀的。美国天文学家哈勃总结出后退的速度与距离的关系，距离越远后退的速度越大，这就是哈勃常数。现在的哈勃常数取值是 $(1.7 \sim 2.3) \times 10^{-18}$ /秒，即宇宙半径每增加1厘米，后退速度增大 $(1.7 \sim 2.3) \times 10^{-18}$ 厘米。用这个值往前推，宇宙在150亿——200亿年前半径为零。这就是说，我们这个宇宙形成于150亿——200亿年以前。宇宙由于某种原因在150亿——200亿年以前发生一次大爆炸，使得所有的物质都向后退去，现在仍在后退中。60年代发现的类星体，认为是宇宙早期天体，它们处于宇宙的边缘，它们的距离大约在150亿——200亿光年。最近澳大利亚天文学家宣布他们发现一颗300亿光年的类星体。看来可能宇宙半径还要扩大。

早在30年代初期有人根据大爆炸理论计算出，早期大爆炸的余热若均匀的分布宇宙空间，现在宇宙的平均温度是4K(-269°C)。当时很少有人注意这个理论计算。在60年代中期，两位美国贝尔电话公司试验员，彭提亚斯和威尔逊，在研究人造卫星通讯时偶然地发现，全天各方向都有相当2.7K的微波辐射。他们称这种辐射为宇宙背景辐射。这个结论发表后，立即在物理界和天文界引起极大反响，这与30年前的理论预言很一致。30年前是用宇宙半径为100亿光年计算的宇宙平均温度为4K。若用150亿光年计算，与2.7°K更接近。这样一来，大爆炸宇宙学的模型，才为更多的人所接受。彭提亚斯与威尔逊也因此项发现而得到诺贝尔奖金。

宇宙是否要永远的膨胀下去，这要取决于宇宙的平均密度。目前宇宙的临界密度大约是 1.88×10^{-29} 克/厘米³。目前根据天体分布密度计算出来的宇宙平均密度要比这个值小一

个数量级左右，所以有人认为宇宙可能要继续膨胀下去。但也有人认为，宇宙还有大量稳质量，如看不见的暗星云和黑洞等。此外，以前认为中微子没有质量，目前有人认为中微子有质量，这部分质量就占目前宇宙质量的90%以上。这样计算出的平均密度要比 1.88×10^{-29} 克/厘米³大得多。宇宙迟早会收缩，这样的宇宙是一个脉动的宇宙，膨胀、收缩再膨胀再收缩，周而复始地继续下去。人们很乐于接受这样的宇宙。因为这样宇宙至少克服了一个哲学上的困难：宇宙在时间上是有限的。如果宇宙是脉动的，我们所说的宇宙起源的时间，是指发生在最近的那次爆炸开始的时间，而爆炸前的宇宙存在的时间没有计算在内，这个时间是无限的。关于宇宙空间问题，上面提到，在爆炸前的瞬间，宇宙半径为零。有人把它理解为欧几里德几何学中的一个点，这是不对的。我们所说的半径为零是指由于引力太大，使空间的弯曲的程度导致曲率半径为零。宇宙空间的形成是在爆炸后形成的。宇宙物质退到哪里，那里才有宇宙空间；反之宇宙空间膨胀到哪里，那里才有宇宙物质。这样，空间与物质是一个有机的整体，没有物质内容的空间是不存在的。我们所说的宇宙，只是目前人类所观测到的宇宙，但并不排除在我们这个宇宙外，还有另外的宇宙。这样来理解我们的宇宙，似乎也克服了宇宙在空间上是有限的哲学困难。

在我们这个宇宙内，物质的构造与物质的运动，有着统一的属性；例如，基本粒子和天体的形成、构造和运动，它们都受到我们这个宇宙的统一规律所制约。

现在人们可以大体上从理论上计算出，宇宙爆炸后，物质的形成与天体的演化过程。

爆炸后的物质是均匀分布的，由于辐射的冲击，出现密