

宇宙进化的 8 个层次结构

Structure of Eight Levels of the Evolution of the Universe

徐光宪

(北京大学化学与分子工程学院,教授、中国科学院院士 北京 100871)

一、大爆炸宇宙模型^[1-3]

1. 宇宙演化与生命起源是自然界最大的奥秘

自古以来,无数先哲和学者为揭开宇宙的创生和生命的起源提出了种种假设。相传 5 000 年前伏羲氏得《河图》而创画八卦。伏羲八卦方位图的要义是:太极生两仪,两仪生四象,四象生八卦,八卦生六十四爻。这就是说,天地宇宙是由简单向复杂演化的。我们的祖先能在几千年前对天地万物的生长发展过程,提出这样高度概括的哲学总结,实是难能可贵的。这种发现的宇宙观,并不带有上帝创造世界等神话迷信色彩。这是朴素的唯物论,也是人类历史上最早提出了二进位记数制,直到今天仍有深远的哲学意义。它和现代科学提出的大爆炸宇宙理论的哲学思想是一致的。对我们先人提出的八卦图,要吸取它合理的、符合现代科学的精华,特别是它的二进位记数制。而有些人利用八卦来搞占卜和封建迷信活动,那是反科学和反历史进步的,我们当然要予以坚决反对。

最先在 1922 年提出宇宙膨胀模型的是苏联数学家弗里德曼(1888~1953),随后,1929 年美国天文学家哈勃(1889~1953)发现宇宙处在膨胀之中,建立了哈勃定律。1948 年,俄裔美国物理学家伽莫夫(1904~1968)在爱因斯坦 1917 年提出的《根据广义相对论对宇宙所作的考查》的基础上,以哈勃定律为根据,提出宇宙起源于热爆炸的学说。这一学说认为宇宙的去要比现在小得多,最初可能是一个温度非常高、密度非常大的“原始火球(primeval fireball)”,通过大爆炸而迅速膨胀、温度迅速降低,逐渐形成现在的宇宙。这一学说后来得到越来越多的实验和理论支持,经过许多科学家的不断改进,发展成为现在的大爆炸宇宙模型(the Big Bang Model)。

2. 大爆炸宇宙模型的实验根据

(1) 哈勃(E. Hubble)定律 1929 年哈勃在仔细研究了一批星系的光谱之后发现,绝大多数星系的谱线都表现出红移,而且红移量大致与星系和观察者的距离成正比。如果将红移解释为多普勒效应,那就意味着所有星系都在离开我们而远去,其退行速度正比于同我们的距离。这一关系称为哈勃定律,比例常数称为哈勃常数。如果确认我们在宇宙中并不处于特殊的中心位置,那么哈勃定律对于任

何一个星系上的观察者都是成立的。直接的推论就是:宇宙中所有的星系都在彼此远离,而宇宙处于普遍的膨胀之中;如果星系目前仍在彼此远离,那么过去它们必定相互靠得较近。按照哈勃定律可以前推出距今约 150 亿年前,全宇宙的物质应当处于极其高温高密的状态;也在那时发生了“大爆炸”,开始了宇宙的膨胀。

(2) 宇宙背景 2.7K 黑体辐射 1964 年 A. A. Penzias 和 R. W. Wilson 意外地发现天空的各个方向都有微波背景辐射,它与 3K 的黑体辐射一致,且其空间分布是均匀和各向同性的。1974 年美国开始开发发现宇宙背景辐射的探测卫星(Cosmic Background Explorer, COBE),并于 1989 年进入距地 900 公里的轨道。COBE 证明宇宙背景辐射是 2.726 ± 0.010 K 的黑体辐射,能谱的畸形幅度小于 3/1 万。这证明宇宙的所有背景辐射能量几乎都来自原始的大爆炸,最多只可能有 3/1 万的能量来自大爆炸之外的物理过程(如现在观察到的超新星爆炸)。

(3) 化学元素的丰度 地球上人们已发现和合成了 114 种化学元素,从天体的光谱中知道宇宙天体也是由这些化学元素组成的。大量测量表明宇宙元素主要是 H 和 He,分别占 73%和 25%。其他所有元素的总丰度约为 1.7%(重量%)。而这一元素丰度可由宇宙大爆炸理论解释,其他理论很难解释。地球因引力太小,大气中的 H 和 He 都飞跑了,所以大气、海洋和地壳中元素丰度 He 为 $10^{-7}\%$,H 为 0.15%(主要在海水),O 为 47.2%(主要在岩石、土壤、海水和大气),Fe 为 5.1%(地心中主要是 Fe,这是核聚变反应后得到的最稳定的元素),Ca 为 3.6%,等等。

(4) 宇宙大爆炸理论也得到爱因斯坦相对论的支持 它一举将恒星演化理论和化学元素起源的学说纳入到一个统一的理论框架。

3. 宇宙大爆炸的开始

我们把“大爆炸”开始的时刻看作我们今天观察到的宇宙的开端。宇宙学家称这个开端为“奇点”,也可按伏羲氏把天地宇宙的开端称为“太极”,或按恩格斯的《自然辩证法》,把宇宙的开端称为混沌(chaos)。奇点或太极或混沌,均是指集中全部宇宙广义物质的极其高密、高温,而又完全对称的状态。在太极这种状态,即宇宙大爆炸的开始,那时不仅没有任何天体,没有物质粒子,也没有时间和空间。理论物理学家把它叫做一种单纯而对称的“真

空状态”。但这里真空的含义是高度抽象的,它是不含通常的物质(substances),但却孕育着全部宇宙“广义物质(matter)”(这里是指4种作用力统一的辐射场)和时空的原始状态,是最高度密集的广义物质,决不是空无一物的真空。

那为什么理论物理学家叫它真空?如有一个密闭的容器,把空气全部抽去,则容器中的空间称为真空,在真空中,应该没有任何物质粒子,但4种作用力场还是存在的。因此物理学家在此把没有“物质(substance)”、只有辐射场的空间叫做真空。宇宙大爆炸的开端,正是没有物质、只有辐射的状态,所以物理学家叫它真空,但却是一种能量密度非常大、温度非常高的特殊状态。

经常有人问,宇宙起源之前,物质世界又是怎样的?这个问题若能成立,必定要求时间是绝对的,即时间有无限的过去和无限的未来,因为“之前”二字就是指过去的时间。但是按照爱因斯坦的相对论和宇宙大爆炸理论,时间和空间不是绝对的,它们和物质、运动(能量)这4个范畴是相互依赖而存在的。大爆炸之前,时间和空间还没有分化出来,因而“之前”这个表示时间的名词是没有意义的。

4. 宇宙的年龄

宇宙的年龄是由哈勃定律计算的。哈勃定律公式为: $V = H_0 d$ 。式中 H_0 为哈勃常数,其量纲为时间的倒数; V 为天体对地球上的观察者的退行速度,单位为 Km/秒 ; d 为天体与观察者的距离,单位为1秒差距($=3.26$ 光年)。习惯上 H_0 的单位为 $1\text{Km/秒} \cdot \text{百万秒差距} = 1\text{Km/秒} \times 3.26 \times 10^6 \text{光年} = (3.26 \times 10^6 \times 3 \times 10^5 \text{年})^{-1} = (9.78 \times 10^{11} \text{年})^{-1}$ 。

按照宇宙大爆炸理论的开放模型,即宇宙永远膨胀的模型,宇龄 t_0 等于哈勃常数 H_0 的倒数。原先 H_0 测定的误差较大,为较早的文献采用。

当初测定 $H_0 = 49\text{Km/秒} \cdot \text{百万秒差距} = (2.00 \times 10^{10} \text{年})^{-1}$,由此计算宇龄 $t_0 = 200$ 亿年。

但据最近报道^[6] $H_0 = 60 \sim 70\text{Km/秒} \cdot \text{百万秒差距} = (1.67 \sim 1.43 \times 10^{10} \text{年})^{-1}$ 。由此计算宇龄 $t_0 = 167 \sim 143$ 亿年,平均 155 亿年,本文采用 150 亿年。

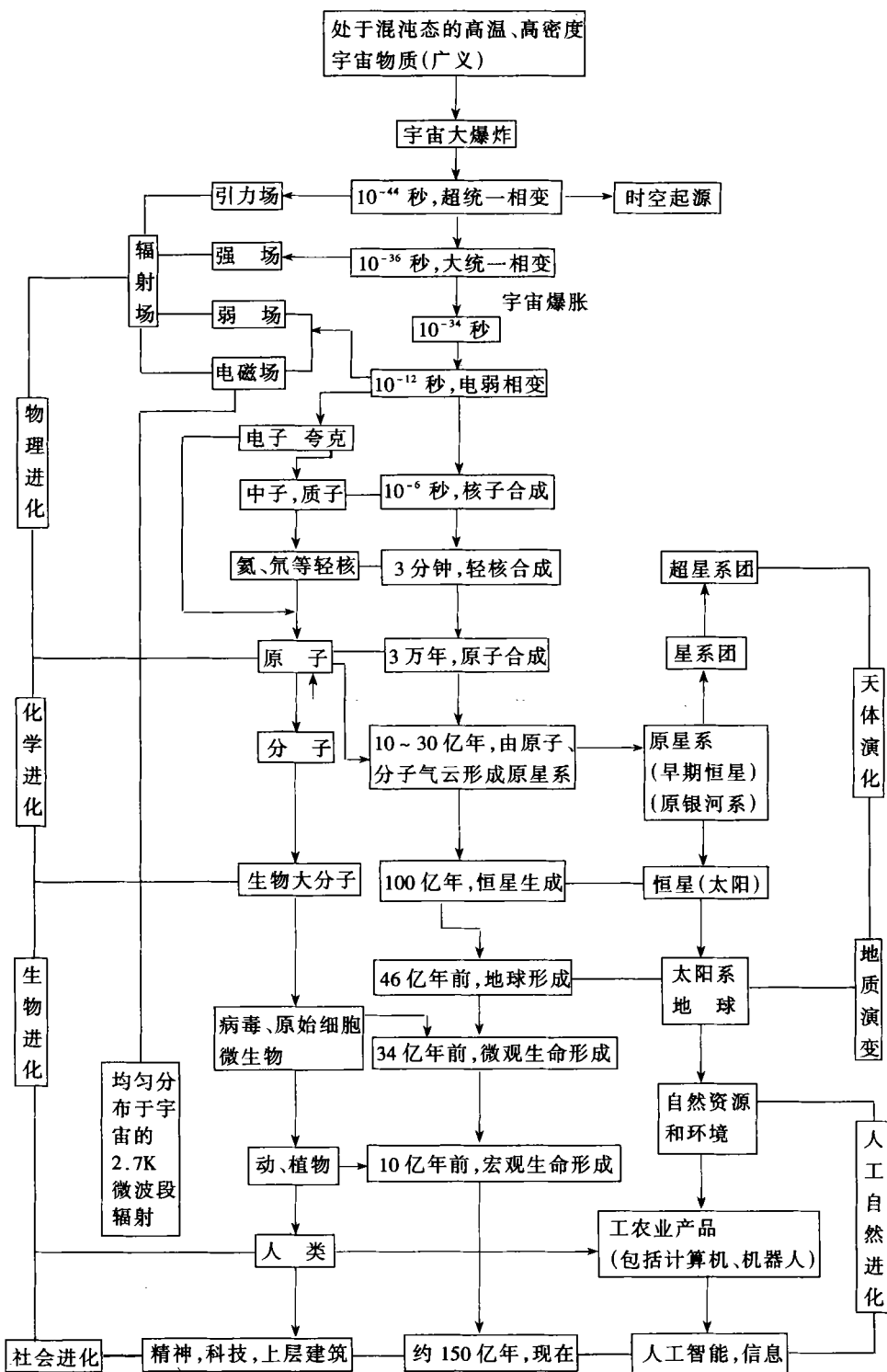


图1 宇宙进化的8个层次结构图

5. 宇宙进化的8个层次结构

宇宙的进化从大爆炸开始到现在的150亿年间,可以分为8个层次结构和大约50~70个时期(如图1所示)。

宇宙进化的8个层次开始的时间有先后,例如最初开始的是物理进化,其次是化学进化,然后依次是天体演化、地质演变、生物进化、社会进化、人

工自然进化和大成智慧进化(由物质产生精神,又由精神反作用于物质)。以上8个层次的顺序就是按开始时间的先后排列的,但每一层次终了的时间为无穷尽。这就是说,到现在宇龄150亿年,8个层次都还在进化发展,因此它们之间就互相穿插交叉,形成一个最复杂的超级巨系统。兹分述如下。

第一层次是物理进化 从大爆炸开始到3万年,是宇宙的婴儿时期。在婴儿时期,宇宙由太极首先分化出时间和空间、场和物质,场又通过3次“一分为二”形成引力场、强场、弱场和电磁场,共4种作用力场。物质又分化为2种物质粒子(夸克和电子等轻子),然后由夸克结合成中子和质子,再结合成核子,并和电子结合成原子。

第二层次是化学进化 是在宇龄3万年,即中性原子形成的时候开始的。它的主要特征是从原子形成分子和原子与分子的聚集态,以及生物大分子。这是宇宙的幼童时期。

第三层次是天体演化 从大爆炸后10~30亿年开始,宇宙由原子分子云凝聚成星云、星系和现在夜空中灿烂的星星,这是宇宙的青春时期。

第四层次是地质演变 从46亿年前地球诞生开始,是地球的青年时期。

第五层次是生物进化 从34亿年前开始。从尚无生命的生物大分子到有生命的单细胞微生物,是由化学进化到生物进化的飞跃。

第六层次是社会进化 从300~400万年前有猿人开始。

第七层次是人工自然进化。

第八层次是由物质产生精神,形成文化和科学技术等,又由精神反作用于物质 如果借用钱学森先生提出的“大成智慧学”^[4],这一层次可称为“大成智慧进化”。

以上每个层次又可分为若干时期,时期的划分可粗可细,共计大约50~70个时期。这种由简单向复杂的进化发展,大致和“太极生两仪,两仪生四象,四象生八卦,八卦生六十四爻”的“二进位”哲学观点相符合。

二、宇宙进化的第一层次 ——物理进化的8个时期

科学家从现有的知识出发,推测了宇宙最初3分钟即太极最初演化的景况。太极虽是高度对称的,但它不是静止不动的圆球,而是在剧烈运动中的火球。剧烈运动总要造成对称性的某些破缺,从而引发宇宙的大爆炸。大爆炸后宇宙开始膨胀,温度开始降低。令 t = 大爆炸后的时间,即宇龄 t (秒)。它与宇宙辐射温度 $T(K)$ 和黑体辐射光子能量 $E(eV)$ 之间有一定的数学关系:

$$T = 45c^5 h^3 / 256\pi^6 Gk^4 \sqrt{t} = 1.5 \times 10^{10} / \sqrt{t} \approx 10^{10} / \sqrt{t};$$
$$E(eV) \approx 10^{-4} T$$

宇宙物理进化的8个时期如下。

1. 第一时期:超统一真空相变 从宇龄 $t = 10^{-44}$ 秒开始,相当于温标 $T = 10^{32}K$ 、能标 $E = 10^{28}eV$ 。此时空间和时间开始分化,超统一场也开始分化为引力场和大统一场。理论物理学家把它叫做“超统一真空相变”。

许多物理量都有一个最小的极限,时间也不例外,它的最小极限叫做普朗克时间 t_p 。

$$t_p = [hG/2\pi c^5]^{1/2} = 5.38 \times 10^{-44} \text{秒} \approx 10^{-44} \text{秒}$$

在 t_p 以前,时间没有意义,所以普朗克时间 t_p 是时空分化的起点。时间和空间的分化,物质和场的分化,还有以后发生的正反物质的分化,负电和正电的分化等,这种一分为二的变化和“太极生两仪”的哲学思想相符合。

2. 第二时期:大统一真空相变 从宇龄 10^{-36} 秒开始,相当于温标 $T = 10^{28}K$ 、能标 $E = 10^{24}eV$,此时大统一场开始分化为强场和电弱场,与强场有关的正反夸克也随着由辐射转化而产生。这一相变,理论物理学家把它叫做“大统一真空相变”,也可称为“太极的第二次相变”。从 10^{-36} 秒到 10^{-34} 秒的极短时间内,宇宙发生爆胀(inflation),它的尺度猛增50个量级。

3. 第三时期:电弱场相变 从宇龄 10^{-12} 秒开始,相当于温标 $T = 10^{16}K$ 、能标 $E = 10^{12}eV$ 。此时电弱场分化为弱场和电磁场,理论物理学家把它叫做电弱场相变,也可称为“太极的第三次相变”。与弱场和电磁场有关的正反轻子(电子和正电子,正反 μ 子和正反中微子)也随着由辐射转化而产生。

4. 第四时期:夸克结合成中子和质子 当 $t = 10^{-6}$ 秒、 $T = 10^{13}K$ 、 $E = 10^9 eV = 1GeV$ 时,夸克态的物质开始结合成核子(中子和质子)。此时宇宙家庭的成员有光子、中微子、正负电子、正反质子和正反中子。各种粒子的总电荷等于零。正反粒子的数目基本相等。但又不完全相等,有 $1/100$ 亿(10^{-10})的偏差。

5. 第五时期:正反质子和正反中子几乎完全湮灭 当 t 稍大于 10^{-6} 秒、 E 略小于质子的能量938MeV时,正反质子和正反中子几乎完全湮灭(annihilation)。但由于上述对称性的破缺,正反粒子的数目有 $1/100$ 亿的偏差,所以仍有未湮灭的质子和中子留存下来。如果对称性非常完美,没有一点破缺,那么就没有经过938GeV湮灭这一关的质子和中子,也没有以后经过0.510MeV湮灭这一关的正负电子。这样原子也没有了、天体也没有了、人类也没有了,这个宇宙将只有完全对称的辐射,就太单调了。所以完全对称并不美。据说美学上有一条真理:“对称+破缺=美”,例如错落有致的园林、对称排列而表情各异的秦兵马俑方阵等。人生不如意事常有,我们要能欣赏不如意中的美。在宇宙年龄 $t = 10^{-6}$ 秒到1秒之间,宇宙没有发生重大事件,宇宙家庭的主要成员是光子、中微子、正负电子、质子和中子,我们称之为宇宙的核子时期。

6. 第六时期:正负电子对的湮灭 当 $t = 5$ 秒, E 小于电子的能量0.510MeV时,正负电子对湮灭,变成2个伽马光子。由于对称性的破缺,还留有未湮灭的电子,它的数目和未湮灭的带正电的质子恰好相等,籍以保持宇宙的总电荷等于零。这时宇宙家庭的主要成员是光子、中微子、电子、质子和中子。

7. 第七时期:轻核合成 当 $t = 180$ 秒时, $T = 8 \times 10^8 K$, $E = 8 \times 10^4 eV$,中子和质子开始合成氘、氦及锂等轻原子核。大爆炸后约1小时,早期核合成过程完成。因宇宙仍太热($2 \times 10^8 K$),所产生的带正

电荷的轻核(氘核、氦核等)和带负电荷的电子处于等离子气体状态,尚不能形成稳定的中性原子。

8. 第八时期:中性原子形成 大爆炸后3万年, $t = 3 \times 10^4 \text{年} \times 3.15 \times 10^7 \text{秒/年} = 10^{12} \text{秒}$, $T = 10000 \text{K}$, $E = 10^{-4} T = 1 \text{eV}$, 原子电离能的范围是5~20eV, 所以大爆炸后3万年, 是中性原子形成的时期。这时宇宙主要是由氢原子和氦原子组成的, 此外还有光子和中微子。

三、宇宙进化的第二层次 ——化学进化的6个时期

化学进化可以分为6个时期。

1. 原子的合成 由原子核和电子结合成中性原子, 是物理进化到化学进化的飞跃, 发生在宇龄3万年的时候。

2. 星际小分子的合成 近30年来, 由于射电天文学的发展, 人们在宇宙太空中观察到50多种星际分子的转动光谱, 如 H_2 、 N_2 、 O_2 、 CO 、 CO_2 、 H_2O 、 NH_3 、 CH_4 、 C_2H_2 、 SiH_4 、 PH_3 、 HCN 、 $\text{H}-\text{C}\equiv\text{C}-\text{C}\equiv\text{N}$ 、 $\text{H}-\text{C}\equiv\text{C}-\text{C}\equiv\text{C}-\text{C}\equiv\text{C}-\text{C}\equiv\text{C}-\text{C}\equiv\text{N}$ 。此外, 还在宇宙遥远的恒星之间观察到大片酒精云。这是自然界中化学进化的第二阶段, 相当于宇龄3~300万年。星际小分子就是在此期间和以后形成的。

3. 无机矿物的合成 无机矿物的合成阶段是和行星(如地球)的形成同步的, 大约在距今46亿年前到距今38亿年前。

4. 生物小分子的合成 生物小分子是在地球形成的早期阶段合成的, 那时大气中氢气很多, 氧气很少, 还有大量的甲烷、水、氨和少量硫化氢等, 在这种还原性的大气环境下, 可以合成氨基酸、鸟嘌呤、嘌呤等生物小分子。为了证明这一观点, S. M. Miller 在1953~1955年按照 Urey 的建议, 用氢、甲烷、水、氨和少量硫化氢共5种还原性气体, 放在一个玻璃球内, 通过火花放电(模拟天然的闪电雷击), 结果得到了氨基酸、鸟嘌呤、嘌呤等生物小分子。1982年王文清在模拟原始大气中引入三氯化磷, 鉴定出19种氨基酸^[5]。此外, 我们在陨石中也发现了这些生物小分子, 这是又一个证明。

5. 生物大分子的合成 有了氨基酸、磷酸、戊糖和4种生物碱等生物小分子, 就能组成生命的基础物质——蛋白质和脱氧核糖核酸等生物大分子。

6. 人工合成数以千万计的新分子和新材料 当有了人类以后, 化学进化则更会发展下去, 导致不断合成新的分子和材料。1953年, Woodward 合成叶绿素, 1965年我国合成牛胰岛素。现已能合成各种蛋白质、DNA、酶等, 实现了死分子到活分子的飞跃。在人工自然进化层次中, 目前, 各种为人类需要的新分子、新药物、新材料以及分子器件的合成和组装, 已经逐步成为化学的主流。1999年12月31日美国《化学文摘》登记的“泛分子(Pan molecules)”^[6]已有2340万种, 大概每隔10年要翻一番。

四、宇宙进化的第三层次 ——天体演化

宇宙进化的第三层次是天体演化。根据天体形成的过程, 又可分为3个时期。

1. 第一时期:原星系和原星系团形成期 时间大约在大爆炸后10~30亿年, 此时由中性原子和分子组成的气体尘云在引力场作用下逐渐凝聚为原星系和原星系团。

2. 第二时期:第一代恒星形成期 时间大约在大爆炸后30~40亿年。此时原星系的气体尘云中密度较高的部分在自身的引力作用下会形成如太阳系大小的气尘盘, 盘中物质不断落到称为原恒星的中央天体上。在收缩过程中不断释放出的引力能使原恒星变热。当中心温度升到1000万度、足以引发热核反应时, 一颗恒星就诞生了。这就是第一代恒星。恒星的质量范围在0.1~100个太阳质量之间, 更小的质量不足以引发核反应, 更大的质量会因核反应太剧烈而分解。恒星的光和热来源于氢聚变为氦的核反应。它是一颗高温高压的气体火球。当核反应产生的辐射压力与引力平衡时, 恒星的体积和温度不再明显变化, 进入一个相对稳定的演化阶段。现在宇宙中恒星有90%处于这一阶段。这一阶段的恒星的寿命长短与它的质量的平方成反比。以第二代恒星太阳作比较, 太阳的寿命约为100亿年, 质量比太阳大1倍以上的第一代恒星, 其寿命在25亿年以下, 它们早已不存在了。质量比太阳小的第一代恒星如室女座W, 现在还存在。当恒星的氢全部聚变为氦后, 产能过程停止、辐射压力下降, 星核将在引力作用下收缩, 叫做第一次引力坍缩。其中心温度升高, 引发3个氢原子核聚变成碳的反应, 重新大量释放能量。恒星的坍缩是一次剧变, 亮度突然升高到100万倍, 这就是天空中突然出现的新星, 若干年后就消失。氢烧光后, 第二次坍缩使温度升得更高, 碳原子核进一步聚变成越来越重的元素, 直到生成最稳定的铁为止。恒星核燃料烧光, 发生第三次大坍缩, 温度剧烈上升。第一代恒星的初始质量为太阳质量的8~50倍, 在核燃料耗尽后会发生极猛烈的爆炸, 在短短几天内亮度增加到太阳的几亿至几十亿倍, 称为超新星。历史上银河系上大多数超新星是由中国人记录的, 如宋朝(1054年)记录的超新星, 它爆发的时间约1年, 其残迹就是现在的蟹状星云。它的中心有一颗体积极小(约北京城一样大)而质量大于太阳的星核, 几乎全由中子紧紧堆成, 称为中子星。中子星的密度高达每立方厘米1亿吨。中子星及其外围的气云就是恒星死亡的残骸。质量更大的恒星最终将变为黑洞。黑洞是一种引力强大到连光线都无法“逃”出的天体。太阳和初始质量小于太阳8倍的恒星, 可以不经过超新星爆炸而平稳地变为白矮星。

3. 第三时期:第二代恒星的形成期 时间大约在大爆炸后100亿年。超新星爆炸中产生大量中子, 引发各种核反应, 生成各种铁以上的重元素直到铀。由超新星爆炸形成的原子气云重新凝聚形成第二代星系(如银河系)和第二代恒星。太阳就是第二代恒星。第二代恒星和第一代恒星最大的不同在于元素的组成。第二代恒星含有98%的氢和氦, 2%的各种重元素, 而第一代恒星只有氢、氦和极少量的锂等轻元素, 不含重元素。

五、宇宙进化的第四层次 ——地质演变的 5 个时代

地质演变时期的划分,最大的单位是“代”,“代”又分为“纪”,“纪”又分为“世”。地质演变有 5 个代。

1. 冥古代 是从距今 46 亿年前开始的,那时太阳外的星云坍缩,行星形成,其中包括地球诞生。这一事件一直持续到距今 38 亿年前,历时 8 亿年。冥古代是地质演变中的化学进化时期,即生命尚未产生的时期。

2. 太古代 太古代始于 38 亿年前,即最老的地岩形成的时期,延续到 25 亿年前,共历时 13 亿年。之后是元古代,始于距今 25 亿年前,即富氧大气开始出现时,延续到距今 6 亿年前,历时 19 亿年。

3. 古生代 开始于 6 亿年前,一直到距今 2.25 亿年前,共 3.75 亿年。

4. 中生代 从距今 2.25 亿年前山脉形成开始,到距今 6 500 万年前,共 1.6 亿年。

5. 新生代 始于距今 6 500 万年前恐龙灭绝到现在,是哺乳动物和被子植物的时代。300~400 万年前开始有猿人。250 万年前开始新生代第四纪。

六、宇宙进化的第五层次 ——生物进化的 11 个时期

1. 第一时期:微观生命开始 38 亿年前地质演变中的太古代是生命发生和最初分化的时期。在南非发现原核藻类微生物化石,测定年代为 34 亿年前,微观生命开始。那时地球大气中缺少氧气,最初的藻类微生物是不需要氧气的。

2. 第二时期:蓝藻微生物时期 距今 25 亿年前,出现蓝藻微生物。它在光合作用中释放氧气,由此大气中的氧气开始积聚起来,慢慢形成富氧大气。这在生物进化中是最重要的里程碑。

3. 第三时期:宏观生命开始形成 距今 10 亿年前,是宏观生命开始形成的时期。

4. 第四时期:动物开始出现的时期 距今 5.8 亿年前是最原始的动物开始出现的时期。

5. 生物大爆炸时期 距今 5.4 亿年前是古生代寒武纪生物大爆炸开始的时期。

6. 陆生植物时期 距今 4.5 亿年前是早期陆生植物开始出现的时期。

7. 鱼类开始出现的时期 距今 4 亿年前是鱼类开始出现的时期。

8. 两栖动物开始出现的时期 距今 3.5 亿年前是两栖动物开始出现的时期。

9. 针叶树和爬行运动时期 距今 2.25 亿年前,开始有针叶树和爬行动物。

10. 哺乳动物和被子植物时期 从距今 6 500 万年前恐龙灭绝到现在,是哺乳动物和被子植物的时代。

11. 人类开始时期 距今 300~400 万年前,开始有猿人。

七、宇宙进化的第六层次 ——社会进化至今的 6 个时期

1. 原始猿人和人群时期 大约从 300 万年前到 10 万年前,例如 170 万年前的元谋猿人,80~100 万年前的蓝田猿人,50 万年前的北京猿人,10 万年前的丁村人、金牛山人。

2. 母系氏族社会 原始共产社会——母系氏族社会大约从 10 万年前到 1 万年前,例如 12 000 年前的山顶洞人、河套人。

3. 父系氏族社会 原始共产社会——父系氏族社会,大约从 10 000 年到 5 000 年前,例如 6 000 年前的西安半坡遗址。

4. 城邦奴隶社会 城邦奴隶社会大约从 5 000 年前到 2 400 年前。

5. 封建社会 大约从 2 400 年前开始。

6. 资本主义社会与社会主义社会初级阶段长期存在的时期。

八、宇宙进化的第七层次 ——人工自然进化至今的 4 个时代 和未来可能出现的 4 个时代

人与自然的关係即人工自然进化可分为至今的 4 个时代和未来的 4 个时代。

1. 渔猎时期或旧石器时期 时间上大约相当于社会进化的前 3 个时期。在此时期,人与自然的关係是“依赖自然,听天由命”。

2. 畜牧、农业和手工业经济时代 大约从 1 万年前新石器时代开始到 18 世纪 70 年代的欧洲,此时期人与自然的关係是“适应自然,顺天知命”。

3. 工业经济时代 是从 18 世纪 70 年代的蒸汽机革命到 20 世纪。在此时期,人与自然的关係是“征服自然,天听人命”。特别是在 20 世纪下半叶,全世界物质生产的高度发展造成资源耗竭、环境污染、物种灭绝、生态失衡。如按现代工业掠夺自然资源的速度,则化几十亿年形成的地球资源将在不到 1 000 年内耗尽,这是不能容忍的。因此 21 世纪必须发展回收金属和再生资源的科学技术,这是大势所趋。

4. 信息和知识经济时代 自从 20 世纪下半叶以来,集成电路、计算机、通讯和信息网络技术有惊人的发展,使人类进入信息和知识经济时期。它的特征是科学技术和知识信息成为第一生产力,即经济发展的第一要素。在此时期,人与自然关係开始进行大调整,符合东方的哲学主张:“天人和諧”。

展望未来,笔者认为可能还会有下面的时代。

5. 生物经济时代 可能从 2020 年开始,生物基因工程在经济发展和人类健康方面将起越来越重要的作用。2050 年后,它的重要性可能超过信息技术,从而进入生物经济时代。

6. 新能源经济时代 100 年后,煤、石油和天然气,将留作宝贵的化工原料,不再作为燃料。太阳能、可控核聚变等将成为主要能源,从而进入新能源经济时代。

7. 海洋经济和海洋移民时代 200年后,世界人口将大大增加,陆上资源将耗尽,海底锰核将成为主要金属来源,海底水合甲烷将成为主要能源之一,海底将建设城市,从而进入海洋经济和海洋移民时代。

8. 太空移民时代 1000年后,地球资源将不够人类使用,从而进入太空移民时代。

在人工自然进化层次,与其它层次可以相互穿插交叉。例如,现在人工合成的元素,有些是天然不存在的,这是物理进化的继续;又如,人工合成许多天然不存在的新分子,这是化学进化的继续;再如,通过基因重组可以诞生天然不存在的新生命,这是生物进化的继续。

九、宇宙进化的第八层次——物质产生精神、文化(含科学技术),又反作用于物质

宇宙进化到了有人类以后,就产生思想和文化,这就是物质(人的大脑)产生精神。反过来,精神又反作用于物质,即精神、文化(包括自然科学、技术科学、社会科学、语言和文学、音乐和艺术、哲学等等)推动了人工自然进化,产生了物质的东西。这一过程经过多次反复,推动人类的进步。

由物质产生精神、精神又反作用于物质的过程,可从不同的时间跨度,如5000年、2000年、1000年或1个世纪来考察。例如在20世纪这100年中,继承了几个世纪以来科学的发展,现代物理学提出了“四大”理论:狭义相对论、广义相对论、量子力学和规范场(杨振宁—米尔斯场方程)。在此基础上,有可能在21世纪建立统一场论。在这些理论支柱上,20世纪的现代科学建立了“六大”模型:(1)物理学中粒子结构的规范模型;(2)天文学中的大爆炸宇宙模型;(3)化学中

的原子分子结构和化学键模型,包括DNA分子的双螺旋模型;(4)生物学中的基因和遗传密码模型;(5)地质学中的板块模型;(6)认知科学中的由思维的机器模拟的图灵—冯诺依曼模型。在科学的先导下,20世纪发展了“八大”尖端技术:(1)合成氨技术,国外传媒把这一技术评为20世纪最重要的发明,因为如果没有用它来生产化肥,世界上60亿人口将有一半要挨饿;(2)高分子、药物和各种新材料的合成技术;(3)核技术;(4)半导体、集成电路、计算机、信息和网络技术;(5)航空、导弹和航天技术;(6)激光技术;(7)基因重组和克隆技术;(8)化学芯片和生物芯片技术。上述科学技术的发展,引起以微电子信息技术为核心的第三次产业革命的浪潮,使人工自然进化由工业经济时代转向信息和知识经济时代。

以上仅是论及自然科学与技术这一类的文化对物质的反作用。其实,社会科学、哲学、文学、艺术等的反作用亦是相当大的。在所有这些精神、文化与物质的相互作用中,人类的社会和物质生活,正以前所未有的高速度前进。

参考文献

- [1] Stephen W. Hawking 著. 许明贤, 吴忠超译. 时间简史——从大爆炸到黑洞. 湖南科技出版社, 1992
- [2] 周光召. 若干基础科学的发展趋势. 科学, 1996, 48(5): 4-6
- [3] 徐光宪. 从宇宙进化链的8个层次结构看21世纪科学发展的大趋势. 浙江大学百年校庆两院院士科学报告会论文专集. 浙江大学科研处, 1997, 16-28
- [4] 钱学敏. 试论钱学森的“大成智慧学”. 首都师范大学学报(社会科学版), 2001(3): 11-23
- [5] 贾兰坡, 张树政, 殷鸿福, 王文清等. 生命的历程. 广西师范大学出版社, 2000, 27
- [6] 徐光宪. 21世纪化学的内涵, 四大难题和突破口. 科学通报, 2001, 46(24) (责任编辑 蔡德诚)

科技动态

“激光器+导线”可能揭开某一宇宙之谜

据英《新科学家》2002年2月23日报道:天文物理学家发现,一些神秘的天体如白矮星、坍塌星和类星体,有着异常的行为,例如它们的磁场比地球的磁场要强几十亿倍;天文物理学家想知道,在这样强大的磁场下,物质的原子到底会发生什么样的变化;他们曾提出一种理论,认为在那样强大的磁场中,磁场将把绕原子核运行的电子轨道由椭圆形轨道拉伸成细长的轨道,但他们无法验证这种理论,因为现在能够制造的人造磁场的强度至少比那些星体的强磁场弱1000倍;而现在情况可能有了变化,因为巴尔的摩约翰·霍普金斯大学的 Alexander Kapan 和斯托尼布鲁克纽约州立大学的 Peder. Shkolnikov 称:用现有的激光器可以产生巨大的磁场,也可以简单地用激光推动电子作圆周运动产生超高速的放射脉冲。

脉冲激光器发射圆形的偏振光,可造成光电磁场旋转,而在磁场内的电子又被推动作圆周运动,使电子发射向前照射的像灯塔光一样的狭窄的X射线或伽马射线光

束。Kaplan 和 Shkolnikov 认为,如果向一根细导线处发射激光,导线中的电子会作同步旋转,使导线像天线一样发射磁场。除了两个方向外,干涉可能破坏所有方向的磁场辐射,而与激光及导线成直角的两个方向则留下两束辐射脉冲。研究人员称他们的天线是一种“lasetron”天线,它发出的辐射脉冲比驱动它的激光脉冲时间短得多。激光脉冲的顶级范围是每皮秒(10^{-12} 秒)一个脉冲,但可产生只有 zeptoseconds(10^{-21} 秒)的超短脉冲,即快到足以记录快速运动的原子核图像。

但“lasetron”最明显的用途是用大量同步旋转的电子产生巨大的磁场。利用现有的激光器,这种技术就可产生100万泰斯拉的强磁场,它至少和白矮星周围的磁场一样强。如果用厘米波长的激光驱动“lasetron”,那么在导线周围几厘米的范围内形成的磁场就可能是稳定的,这样就足以在这种强磁场内进行各种科学实验,从而验证天文物理学家前述的理论。(刘先曙)