

多声道

# 宇宙进化的八个层次结构

徐光宪

本文作者徐光宪先生是北京大学化学系教授，中国科学院院士。徐先生在文中提出，伏羲氏八卦图是由简单到复杂演化的发展的宇宙观，也是人类历史上最早提出的二进位记数制。它和大爆炸宇宙理论存在着惊人的吻合，本文提出宇宙进化链有八个层次结构，五十到七十个不同时期，并精心绘制了宇宙进化链的八个层次结构图。

## 大爆炸宇宙理论

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。相传五千年前伏羲氏得《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。老子在《道德经》中说：“道生一，一生二，二生三，三生万物”，也是这个意思。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，实是我们中华民族的骄傲。尤为可贵的是，这种发展的宇宙观，并不带有上帝创造世界等神话迷信的色彩。这是朴素的唯物论，也是人类历史上最早提出的二进位记数制，直到今天仍有深远的指导意义。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。

1948年，伽莫夫在爱因斯坦于1917年提出的《根据广义相对论对宇宙所作的考查》的基础上，以现在的宇宙正在膨胀的观测事实[哈勃定律，1929]为根据，提出宇宙起源于大爆炸的学说。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“火球”，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。它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理论。

我们把宇宙“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”，或按照恩格斯的《自然辩证法》，把宇宙的开端称为混沌(chaos)。奇点或太极或混沌，是集中全部宇宙物质[这里指包括辐射的广义物质(matter)]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，两仪和四象都还没有分化出来，那时不仅没有任何天体，没有粒子和辐射，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[substance]，但孕育着全部宇宙广义物质[matter]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。所以我觉得把它叫做伏羲氏的太极更为贴切。

经常有人问，宇宙起源之前，物质世界又是怎样的？这个问题

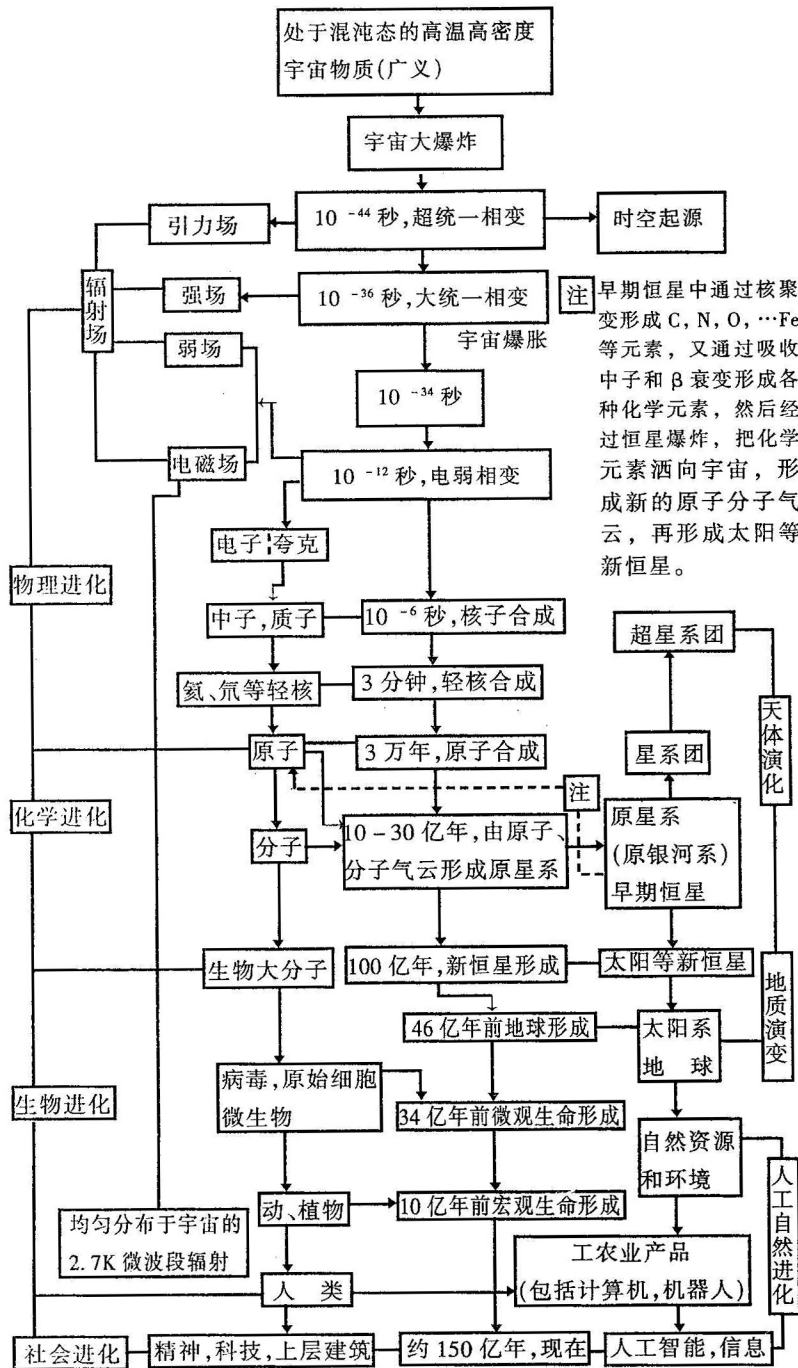


图 1. 宇宙进化链的层次结构图

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]这四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。

太极生两仪的四种表现形式是:时间和空间的分化,物质和场的分化,正反物质的分化,阴和阳或负和正的分化。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  $t_p$ ,它等于  $10^{-44}$  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。两仪生四象的表现形式形成四种基本作用力,即引力作用,强力作用,弱力作用和电磁作用。

四象生八卦,八卦生六十四爻:宇宙的进化可以分为八个层次结构和大约五十至七十个时期如图 1 所示。第一层次是物理进化,从大爆炸开始到三万年,是宇宙的婴儿时期。在婴儿时期,宇宙由太极分化为四种作用力场和二种物质粒子(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。第二层次是天体演化,从三万年到现在的一百五十亿年,宇宙由原子云凝聚成星云,星系和现在夜空中灿烂的星星,这是宇宙的青春时期。第三层次是地质演变,从四十六亿年前地球诞生开始到现在,是地球的青年时期。第四层次是化学进化,从大爆炸后三万年原子形成开始,到三十四亿年前微观生命开始。这是宇宙的幼童时期。化学进化这一层次是从原子到生物大分子。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。当有了人类以后,化学进化还要发展下去。这就是不断合成新的分子和材料,现在已有一千多万种,大概每隔十至十五年要翻一番。第五层次是生物进化,从三十四亿年前直到现在。第六层次是社会进化,从三百至四百万年前有猿人开始直到现在。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。以上每个层次又可分为若干时期,

时期的划分可粗可细,共计大约五十至七十个时期。

宇宙的年龄。本文把宇宙的年龄选定为一百五十亿年。这个数据在文选和报刊中是有分歧的。宇宙年龄是由哈勃定律计算的。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。 $H_0$  测定的误差较大,较早文献采用  $H_0 = 49\text{Km/秒} \cdot \text{百万秒差距} = (2.00 \times 10^{10} \text{年})^{-1}$ 。由此计算宇龄  $t_0$  等于二百亿年。但最近报道[参考文选 4]  $H_0 = 60 - 70\text{Km/秒} \cdot \text{百万秒差距} = (1.67 \times 10^{10} - 1.43 \times 10^{10} \text{年})^{-1}$ 。由此计算宇龄  $t_0$  等于一百六十七—一百四十三亿年,平均一百五十五亿年。几年前有报道已知最远的类星体 [PC1247 + 3406] 离我们一百八十三亿光年,这是根据哈勃定理和谱线红移计算的。但最近发现在很远的距离哈勃定理不再是线性关系,因此 [PC1247 + 3406] 离开我们不到一百四十亿光年,宇龄应不小于一百四十亿年,所以我们按照文献和报刊报道最多的数据和最新的哈勃常数的平均值,选定宇龄为一百五十亿年。

### 宇宙进化的第一层次——物理进化的九个时期

科学家从现有的知识出发,推测了宇宙最初三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  $E$  之间有一定的数学关系:

$$T = 45c^5 h^3 / 256\pi^6 G K^4 \sqrt{t} = 1.5 \times 10^{10} / \sqrt{t} \approx 10^{10} / \sqrt{t}$$

$$E(\text{erg}) = kT. E(\text{ev}) = 1.38 \times 10^{-16} T / 1.60 \times 10^{-12} = 8.61 \times 10^{-5} T \approx 10^{-4} T$$

宇宙的物理进化可分 9 个时期:物理进化的第一时期是宇龄  $t$  在  $10^{-44}$  至  $10^{-36}$  秒的时期。当  $t = t_p = 10^{-44}$  秒,  $T = 10^{32}\text{K}$ ,  $E = 10^{28} \text{ev}$  时,太极发生第一次相变,理论物理学家把它叫做“超统一真空相变”,在第一次和第二次相变期间,宇宙是由二种场[引力作

用场和大统一作用场]和二种粒子(夸克和轻子)组成的。

物理进化的第二时期是宇龄在  $10^{-36}$  至  $10^{-12}$  秒的时期。当  $t = 10^{-36}$  秒,  $T = 10^{28}\text{K}$ ,  $E = 10^{24}\text{ev}$ ,太极发生第二次相变,现代理论物理学家把它叫做“大统一真空相变”。在第二次和第三次相变期间,宇宙是由三种场[引力作用场,强力作用场,电弱作用场]和二种粒子(夸克和轻子)组成的。物理进化的第三时期是宇龄在  $10^{-12}$  至  $10^{-6}$  秒之间。当  $t = 10^{-12}$  秒,  $T = 10^{16}\text{K}$ ,  $E = 10^{12}\text{ev} = 1 \text{Tev}$ ,太极发生第三次相变,现代理论物理学家把它叫做“电弱场相变”。在第三次相变和第四时期开始之前,宇宙是由四种场(引力作用场,强力作用场,弱力作用场,电磁作用场)和二种粒子(夸克和轻子)组成的。

物理进化的第四时期是夸克结合成中子和质子的时期。当  $t = 10^{-6}$  秒,  $T = 10^{13}\text{K}$ ,  $E = 10^9 \text{ev} = 1\text{Gev}$  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、夸克、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 100 亿( $10^{10}$ )分之一的偏差。

物理进化的第五时期是正反质子和正反中子几乎完全湮灭的时期。当  $t$  稍大于  $10^{-6}$  秒,  $E$  略小于质子的能量  $938\text{Mev}$  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 100 亿分之一的偏差,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  $938\text{Gev}$  湮灭这一关的质子和中子,也没有以后经过  $0.510\text{Mev}$  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。

物理进化的第六时期是核子时期,时间在  $10^{-6}$  秒到 1 秒。在此时期,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,我们称之为宇宙核子时期。

物理进化的第七时期是正负电子对的湮灭时期。当  $t = 5$  秒,  $E$  小于电子的能量  $0.510\text{MeV}$  时, 正负电子对湮灭, 变成二个伽马光子。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, 借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。

物理进化的第八时期是轻核合成时期。当  $t = 3$  分钟  $= 180$  秒时,  $T = 8 \times 10^8 \text{K}$ ,  $E = 8 \times 10^4 \text{ev}$ , 中子和质子开始合成氦、氦及锂等类氢原子核。大爆炸后约 1 小时, 早期核合成过程完成。因宇宙仍太热 ( $2 \times 10^8 \text{K}$ ), 所产生的带正电荷的轻核 (氦核, 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。

物理进化的第九时期是中性原子形成的时期。大爆炸后三万年,  $t = 3 \times 10^4 \text{年} \times 3.15 \times 10^7 \text{秒/年} = 10^{12} \text{秒}$ ,  $E = 10^{-4} T = 1 \text{ev}$ , 原子电离能的范围是  $5 - 20 \text{ev}$ , 所以大爆炸后三万年, 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。

## 宇宙进化的第二层次——天体演化

宇宙进化的第二个层次是天体演化。根据天体形成的过程, 又可分为几个时期。

第一个时期是原星系和原星系团形成期, 时间大约在大爆炸后十至三十亿年。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。

第二时期是第一代恒星形成期, 时间大约在大爆炸后三十至四十亿年。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。当中心温度升到一千万度, 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。当核反应的辐射产生的离心力与引力平衡时, 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。现在天上的星星有 90% 处于这一阶段。这一阶段的寿命长短与它的质量的平方成反比, 对于太阳约为一百亿年, 质量比太阳大十倍的恒星则只有一亿年, 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, 中心温度升高, 引发三个氦原子核聚变成碳原子核的核反应, 重新大量释放能量。恒星的坍缩是一次剧变, 亮度突然升高百万倍, 这就是天空中突然出现的新星, 若干年后就消失。氦烧光后, 第二次坍缩使温度升得更高, 碳原子核进一步聚变成氧、硅等越来越重的元素, 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。如第一代恒星的初始质量为太阳质量的八至五十倍, 则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, 它爆发的时间约一年, 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, 可以不经超新星爆炸而平稳地变为白矮星。

第三时期是第二代恒星的形成期, 时间大约在大爆炸后五十至一百亿年。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。第二代星系——银河系大约在大爆炸后 50 亿年形成,第二代恒星太阳大约在大爆炸后 100 亿年形成。

当前宇宙天体的结构层次,经过上述演化过程,形成了当今人们观察到的宇宙。当前宇宙天体的结构层次可以分为:卫星(如月亮),行星(如地球),恒星(如太阳);星系(如银河系),星系团,超星系团,类星体,星际物质,背景辐射和暗物质。

从下面的数据可以看出宇宙是十分浩瀚的,如太阳的质量已准确测定为  $1.989 \times 10^{33}$  克,即二千亿亿吨。太阳的直径是一百三十九万公里,是地球直径的一百零九倍。银河系中有几百亿个恒星。银河系的形状像一个铁饼,直径是八万光年,厚约六千光年。一光年 =  $9.45 \times 10^{12}$  公里,即约十万亿公里。太阳绕银心公转,公转周期为二点五亿年,称为一个银河年。根据天体动力学的计算,银河系的总质量约为太阳质量的一千亿倍即  $2 \times 10^{44}$  克或  $2 \times 10^{38}$  吨。比银河系这样的星系更大的天体系统叫星系团。星系团是由许多星系构成的,大的星系团可以包含上千个星系。星系团一般不再有盘状的样子,但是不少形状也很对称,显示出旋转运动。星系团的尺度比星系大几百倍,大概在一千万光年的量级上。如果尺度再大,达到一亿光年的量级,就是超星系团的尺度了。

类星体是距离我们的最遥远的星系团;现在观测到的最远的类星体达 100 亿光年以上。它发出的光等于一千个银河系或一百亿亿个太阳的光。它的中心有一黑洞,每天要吃掉一个太阳的质量,把它全部化为能量。可见宇宙的所有超星系团、星系团和类星体大约含有 100 亿个像银河系那样的星系,其总质量为  $10^{10} \times 2 \times 10^{44} = 2 \times 10^{54}$  克。

此外还有许多星际分子和原子的气云,如最近发现有一片酒精分子云,其质量比地球大一百倍,这是宇宙间的大酒库。还有一片大小差不多的醋酸分子云,是宇宙的大醋缸。所谓背景辐射是指均匀分布在整个宇宙的微波辐射。它的温度等于绝对温度 2.7 度。它含有  $10^{88}$  个光子,每个光子的平均质量为  $1.1 \times 10^{-36}$  克,

所以总质量为  $10^{52}$  克。所有这些加起来还不到宇宙临界质量  $5 \times 10^{55}$  克的 10%,其余 90% 为迄今未观察到的暗物质。

宇宙虽然如此浩瀚,但它还是有限的。宇宙大小的尺度就是一百五十亿光年,即从宇宙大爆炸开始到现在的一百五十亿年中,光所走过的距离。有人问,宇宙的中心在那里?在小范围尺度看,是有中心的。例如太阳系的中心是太阳,银河系的中心是银河核心,因为银河系中所有天体都围绕银河核心转。但在很大的范围看,却没有中心。例如超星系团就没有围绕它转的中心。宇宙没有中心,也可说处处都是中心。这可拿生活在地球表面上的人类做比喻。从小范围看是有中心的,譬如故宫是北京的中心,武汉是中国的中心。但从大范围看,地球的表面却没有中心,或者说,处处都是中心。譬如拿一个篮球来看,球面上任何一点都是等同的,都可作为中心。经常也有人问,宇宙既然是有限的,那么宇宙之外是什么呢?这个问题的提出,也是基于空间是绝对的,因而是无限的哲学思想。实际上,空间不是绝对的,它和时间,物质,运动四个范畴相互依存的。离开了宇宙物质和运动,空间就没有意义。

### 宇宙进化的第三层次——地质演变的六个时代

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”。

冥古代是从距今四十六亿年前开始的,那里太阳外的星云坍缩,行星形成,其中包括地球诞生。这一事件一直持续到距今三十八亿年前,历时八亿年。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。太古代开始于三十八亿年前,最老的地岩形成,到二十五亿年前,共历时十三亿年。元古代是从距今二十五亿年前开始,富氧大气出现,到距今 6 亿年前,共历时十九亿年。古生代开始于六亿年前,一直到距今二点二五亿年前,共三点七五亿年。中生代从距今二点二五亿年前,山脉形成开始,到距今六千五百万年前,共一点六亿年。新生代开始于距今六千五百万年前恐龙

灭绝到现在,是哺乳动物和被子植物的时代。三百至四百万年前,开始有猿人。二百五十万年前开始新生代的第四纪。

### 宇宙进化的第四层次——化学进化的六个时期

宇宙进化的各个层次在时间的序列中,既有先后之分,又是互相穿插的。例如化学进化的最主要的特征是从原子形成分子,无生命的生物大分子,原子和分子的聚集态。所以化学进化是在宇龄3万年,即中性原子形成的时候开始的,但在其他层次中也穿插着化学进化。具体地说,化学进化可以进一步分成六个时期:即原子的合成,星际小分子的合成,无机矿物的合成,生物小分子的合成,生物大分子的合成,以及人工合成数以千万计的新分子和新材料。

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 $H_2$ ,  $N_2$ ,  $O_2$ ,  $CO$ ,  $CO_2$ ,  $H_2O$ ,  $NH_3$ ,  $CH_4$ ,  $C_2H_2$ ,  $SiH_4$ ,  $PH_3$ ,  $HCN$ ,  $H-C\equiv C-C\equiv N$ ,  $H-C\equiv C-C\equiv C-C\equiv C-C\equiv C-C\equiv N$ 。此外,还在宇宙辽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3万年到300万年。星际小分子就是在此期间和以后形成的。

无机矿物的合成阶段是和行星[如地球]的形成同步的。生物小分子的合成阶段是在地球形成的早期阶段,大气中氢气很多,氧气很少,还有大量的甲烷,水和氨等。在还原性的环境下,由氢,甲烷,水和氨等,可以合成氨基酸,鸟嘌呤,嘌呤等生物小分子。我们在陨石中发现了这些生物小分子,就是一个证明。这是自然界中化学进化的第三阶段。有了氨基酸,磷酸,戊糖,四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。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,实现死分子到活分子的飞跃。在人工自然进化层次中,各种为人类需要的新分子,新药物,新材料的合成,现在逐步成为化学的主流之一。

### 宇宙进化的第五层次——生物进化的十个时期

生物进化可分为十个时期:①三十八亿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,测定年代为三十四亿年前,微观生命开始。②距今十亿年前,是宏观生命开始形成的时期。③五点八亿年前是最原始的动物开始出现的时期。④五点四亿年前是古生代寒武纪生物大爆炸开始的时期。⑤四点五亿年前是早期陆生植物开始出现的时期。⑥四亿年前是鱼类开始出现的时期。⑦三点五亿年前是两栖动物开始出现的时期。⑧距今二点二五亿年前,开始有针叶树和爬行动物。⑨从距今六千五百万年前恐龙灭绝到现在,是哺乳动物和被子植物的时代。⑩三百至四百万年前,开始有猿人。

### 宇宙进化的第六层次——社会进化已达到的六个时期

社会进化可分六个时期:①原始猿人和人群时期,大约从三百万年前到十万年前,例如一百七十万年前的元谋猿人,一百万年前到八十万年前的蓝田猿人,五十万年前的北京猿人。十万年前的丁村人,金牛山人。②原始共产社会——母系氏族社会大约从十万年前到一千万年前,例如一万二千年前的山顶洞人,河套人。③原始共产社会——父系氏族社会,大约从一千万年前到五千年前,例如六千年前的西安半坡遗址。④城邦奴隶社会大约从五千年前到二千四百年前。⑤封建社会。⑥资本主义社会与社会主义社会初级阶段长期共存的时期。今后还会有:⑦社会主义社会。⑧共产主义社会。

### 宇宙进化的第七层次——人工自然进化的八个时期

人与自然的关系即人工自然进化可分四个时期:①渔猎时期或旧石器时期,大约相当于社会进化的前三个时期。在此时期,人

与自然的关系是“依赖自然，听天由命”。②畜牧、农业和手工业经济时代，大约从一万年前新石器时期开始到十八世纪七十年代的欧洲。在此时期，人与自然的关系是“适应自然，顺天知命”。③工业经济时代是从十八世纪七十年代的蒸汽机革命到二十世纪。在此时期，人与自然的关系是“征服自然，天听人命”。特别是在二十世纪下半叶，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。在人与自然的关系上，西方的哲学是人要征服自然，尽量为我所用，并且超前消费。例如占世界人口 5.5% 的美国人要消耗大约 40% 的世界一次性资源，来维持他们高水平的生产和生活。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一千年内耗尽，这是不能容忍的。因此二十一世纪必须发展回收金属和再生资源的科学技术，这是大趋势。④二十一世纪是知识经济时期，它的特征是“科学技术和知识信息是第一生产力”。在此时期，人与自然关系应该进行大调整，采用东方的哲学，主张“天人和谐，协调发展”。我国政府提出可持续发展和科教兴国的战略，就是人与自然协调发展的战略，是很有远见的。

展望未来，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。⑥一百年后，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。⑦二百年后，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。⑧三十世纪以后，地球资源将不够人类使用，从而进入太空移民时代。

## 宇宙进化的第八层次——物质产生精神， 形成文化和科学技术等，精神又反作用于物质

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）推动人工自然进化，产生物质的东西。这一过程经过多次反复，推动人类的进步。

物质产生精神，精神反作用于物质的过程，可从不同的时间跨度，如五千年，二千年，一千年，或一个世纪来考察。如在二十世纪这一百年中，继承了几个世纪以来科学的发展，现代物理学提出四大理论，即狭义相对论，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，有可能在二十一世纪建立统一场论。在这些理论支柱上，二十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认知科学中的思维的机器模拟的图灵——冯诺依曼模型。

在科学的先导下，二十世纪发展了七大尖端技术：①合成氨技术。国外传媒把这一技术评为二十世纪最重要的发明，因为如果没有用它来生产化肥，世界上六十亿人口将有一半要挨饿。②高分子、药物和各种材料的合成技术。③核技术。④半导体、计算机和信息技术。⑤航天技术。⑥激光技术。⑦基因重组和克隆技术。上述科学技术的发展，引起第三次技术革命的浪潮，使人工自然进化由工业经济转向知识经济时代。以上仅从自然科学与技术论述了物质和精神的相互关系。其实，社会科学、哲学、文学、艺术等对于人类社会的发展是非常重要的。在所有这些精神文化与物质的相互作用中，我们的社会和物质生活，正以前所未有的高速度前进。