

1

我们从哪里来？



1.1 上帝造人有多难？

“我们从哪里来？”这个问题是人类对自身的思考中一定会提出的问题。不管是哪个人类种群，也不管是在什么时代，无论提出这个问题时人类的知识水平如何，都一定会想到这个问题，并且会在当时人类的认知水平上来回答。我们不能准确地知道人类是从什么时候开始问这个问题的，但是毫无疑问都是在人类的科学知识还相当有限，而且相信和崇拜神的力量年代。在这些时代背景下给出的答案自然会充满神话色彩。

在中国的传说中，人是由“女娲”造的。记载于公元 984 年，我国北宋时期的《太平御览》第七十八卷中就说：“俗说天地开辟，未有人民，女娲抟黄土作人。”据说女娲造的只是人的“毛坯”，还有其他神灵来帮助，使这些“毛坯”成为真正的人：“黄帝生阴阳，上骈生耳目，桑林生臂手”（《淮南子·说林训》），也就是黄帝让人生出阴阳，上骈让人生出耳目，桑林帮助人生出臂手。

无独有偶，希腊人也认为人是神用泥土捏成的。德国作家古斯塔夫·索威兹(Gustav Sorwitz)在他所著的《希腊的神话和传说》中就说，“天和地被创造出来，大海波浪起伏，拍击海岸。鱼儿在水里嬉戏，鸟儿在

空中歌唱。大地上动物成群,但还没有一个具有灵魂的、能够主宰周围世界的高级生物。这时普罗米修斯(Prometheus)降生了,他是被宙斯放逐的古老的神祇族的后裔,是地母该亚与乌拉诺斯所生的伊阿佩托斯的孩子。他聪慧而睿智,知道天神的种子蕴藏在泥土中,于是他捧起泥土,用河水把它蘸湿调和起来,按照世界的主宰,即天神的模样,捏成人形。为了给这泥人以生命,他从动物的灵魂中摄取了善与恶两种性格,将它们封进人的胸膛里。智慧女神雅典娜朝具有一半灵魂的泥人吹起了神气,使它获得了灵性”。

在《圣经》的“创世纪”中,神在第六日创造了人。“耶和华上帝按照自己的形象,用地上的尘土造出了一个人,往他的鼻孔里吹了一口气,有了灵,人就活了,能说话,能行走。上帝给他起了一个名字,叫亚当。”“耶和华上帝说:‘那人独居不好,我要为他造一个配偶帮助他。’耶和华上帝使他沉睡,他就睡了;上帝取下他的一根肋骨,又把肉合起来。不留一点伤痕,也不疼痛。耶和华上帝就用那人身上所取的肋骨造成一个女人。”

对于“我们从哪里来”的问题,也可以有另一种思考,就是各种生物,包括人,不是谁创造出来的,而是“自来就有,一直这样”,也就是没有起始的。佛教就是这样认为的。按照佛教的说法,这个世界是没有起始,也没有结束的,只有因果循环。生命也是这样,“一切世间如众生、诸法等皆无有始”(《佛光大辞典》),所以根本没有“我们从哪里来”的问题。

无论是“神造人”,还是佛教的人“自来如此”,都会自觉不自觉地认为物种是不变的。人的生命是短暂的。即使人能够活到100岁,也不容易察觉到生物物种的变化。“种瓜得瓜,种豆得豆”,人老年时吃的蔬菜和年轻时并无不同,老年时从河里捞出来的鱼也和小时候捞的一样,老年时看

见的鸡也和小时候看见的鸡相同。人一代一代地繁衍，生出来的还是人。这自然会使人觉得物种是不变的，只有繁衍，没有变化，就像《圣经》里说到的那样，人被创造出来就是“管理海里的鱼，空中的鸟，地上的牲畜和土地，以及地上所爬行的一切昆虫”。至于人本身，和人管理的鱼、鸟、牲畜、昆虫，好像是并不改变的。

但我们只要多观察思考一下，就会发现事实并不是这样。只要看看我们周围的许多动物和植物，就会发现它们不可能是“自来就有”的。例如人们喜爱的金鱼，就有 150 多个品种。颜色有红、橙、紫、蓝、墨、银白、五花等；头型有虎头、狮头、鹅头、高头、帽子头和蛤蟆头；眼睛有正常眼、龙眼、朝天眼和水泡眼。多数金鱼的尾巴还是双尾，双尾中每片尾巴的形状与结构和鲫鱼的单尾基本一致，这说明它是由单尾加倍而来的。有这些特点的金鱼显然不是“自来就有”，存在于自然界中的，它们在野外也根本不能生存。科学研究表明，金鱼起源于我国食用的野生鲫鱼。它首先由黑灰色变为红黄色，成为“金鲫鱼”，然后再经过不同时期的家养，由金鲫鱼逐渐变成各个不同品种的金鱼。金鱼最初产于中国浙江省，然后传至世界各地。金鱼的例子表明，物种是可以变化的。

比起人工养殖的动物和植物变异的例子，自然界中生物物种的变化要大得多。这可以从不同时期生物留下的化石看出来。这有点像城市的考古发掘。现在中国就像是一个大工地。人们在开挖地基的时候，常常会挖掘出过去城市的遗址。越是接近地表的土层，年代和现代最接近，越在下面的土层，时代越久远。比如最上层的是清代的街道遗址，下面是明代的街道遗址，再往下依次是元代、宋代、唐代、隋代、汉代甚至秦代的街道遗址。生物的化石也一样，越是往下的土层，埋藏的生物化石越古老。

如果检查不同地质时期的生物化石,就会发现它们随着地层的变化而变化。越古老的地层中,生物的生命形式越简单。最古老的生命形式埋藏在约 38 亿年前的地层中;单细胞的真核生物(具有细胞核的生物)出现在 16 亿~21 亿年前的地层中;简单的多细胞生物出现在 10 亿年前;复杂的生命形式在约 5 亿年前出现;而人类的最古老的化石只有约 200 万年的历史。这说明物种是变化的,从简单变到复杂,从低级变到高级,最后产生了哺乳类动物,其中又产生了灵长类动物,最后才进化为人。既然鲫鱼可以变成金鱼,狼可以变成各种不同的狗,野生稻可以变成高产水稻,为什么复杂的生物就不可以从比较简单的生物变化而来呢? 1859 年,英国博物学家查尔斯·达尔文(Charles Robert Darwin, 1809—1882, 以下简称达尔文)根据他在航海中对大量生物及其变种的观察,提出了生物进化的观点。在他的《物种起源》(*The Origin of Species*)一书中,达尔文认为地球上的生物是由少数的共同祖先,经过变异和自然选择而来的。这个理论阐明了地球上所有生物之间的发展关系,是理解生物多样性的基础。达尔文当时主要是根据各种生物的外形和构造来推断出他的结论的,随后发现的生物的细胞结构和在分子水平上高度的一致性有力地支持了他关于生物进化的思想。

如果复杂生物是由简单的生物演变而来,那么复杂生物就一定会带有简单生物的一些特点,也就是生物之间有共同性。科学研究表明,地球上的生物是有共同性的,首先被发现的共同性就是细胞构造。

在显微镜发明之前,人们是不知道细胞的。细胞的直径从 1 微米到几十微米,而在 30 厘米的距离(人们观察物体细节的距离,也是阅读时离书或屏幕的距离)上,人肉眼的分辨率是 100 微米左右,自然看不见细胞。

在这种情况下,人们也会认识到高等动物(如牛、羊、狗、猫、兔等)和人的生理构造有相似之处,比如都有四肢,都有头部,头部都有两只眼睛、两只耳朵、两个鼻孔、一个嘴巴,而且位置安排和人大致相当。它们也有心,也有肺、肠、肝、肾等器官。但是人和蝴蝶好像就没有什么共同之处,和花草树木好像更是完全不同的生物。但是到了 17 世纪中期,显微镜出现了,人们才发现原来地球上所有的生物,无论大小形状,简单还是复杂,都是由大小类似的细胞组成的。细胞的形状和功能虽然不同,但是基本的结构却是相同的。对于真核生物来讲,就是都有细胞膜、细胞核、细胞器。比如所有的真核细胞都含有线粒体作为细胞的“动力工厂”。

人体是由大约 60 万亿个细胞组成的,而且这些细胞还分为 200 多种类型,例如神经细胞、皮肤细胞、肌肉细胞、肝细胞等。如果上帝(或神仙)用泥坯造人,必须在吹气的那一瞬间,让泥土变出亿万个结构精细、功能各异的细胞来才成。

不仅如此,泥土的成分主要是硅酸盐,组成泥土的元素主要是氧、硅、钙、铝。而组成人体的元素却主要是氧、碳、氢和氮。这四种元素就占人体重量的 96%。上帝要从泥土造人,不仅要用泥土变出细胞来,还必须要有在吹气的那一瞬间,把硅、钙、铝变成碳、氢、氮的本事。所以上帝用泥坯造人,决不仅是“吹一口气”那么简单,在细微处要做的事情还很多,必须有超自然的力量才行。

生物化学和分子生物学的发展,从分子水平上揭示了地球上生物的高度统一性。例如地球上所有的生物都用磷脂组成细胞膜;都用脱氧核糖核酸(deoxyribonucleic acid, DNA)作为遗传物质;用同样的 4 种核苷酸(脱氧腺苷酸、脱氧鸟苷酸、脱氧胸苷酸和脱氧胞苷酸)组成 DNA;用同

样的三连码为蛋白质中的氨基酸序列编码;遗传单位都是基因(为蛋白质编码的 DNA 片段和它的“开关”);使用同样的 20 种氨基酸来组成蛋白质,从 DNA 的序列到蛋白质中氨基酸的序列都使用信使核糖核酸(messenger ribonucleic acid, mRNA)作为中介;都使用三磷酸腺苷(adenosine triphosphate, ATP)作为“能量通货”,都用葡萄糖作为主要的“燃料分子”,都使用三羧酸循环作为化学反应的中心枢纽等。所有这些共同性都符合了达尔文当年的想法,即地球上所有的生物都出自同一个“祖宗”,因此地球上的所有的生物都是或近或远的亲戚。

在过去的几十年中人类对生命研究的一个重要进展,就是可以去研究各种生物的“设计手册”,即 DNA 中包含的全部遗传信息。这是生物最核心的“机密”,因为它规定了一个生物体该如何建造。在过去,对于 DNA 和蛋白质的研究虽然也取得了很大的进展,但是这些信息毕竟是片段和局部的。要更进一步研究不同生物之间的关系,就要全面系统地比较它们的全部遗传信息。这个“设计手册”在英文中叫做 genome,在中文中叫做基因组。比较不同生物的基因组,看哪些基因保留了,哪些基因新出现了,哪些基因变化了,哪些基因消失了,就可以判断出生物之间的内在关系和进化路线。

随着 DNA 测序技术的不断改进,对人类和其他生物基因组的测定速度也越来越快。据美国国家生物技术信息中心(National Center for Biotechnology Information, NCBI)的记载,目前已经完成检测的真核生物的基因组有 2491 个,包括人、已经灭绝的尼安德特人、黑猩猩、大猩猩、长臂猿、短臂猿、狒狒、牛、马、猫、大鼠、小鼠、蜜蜂、果蝇、蚊子、线虫等动物的基因组,拟芥蓝、大米、小麦、田芥菜、葡萄、红藻、绿藻等植物的基因

组,以及酵母等真菌的基因组。初步完成的真核生物基因组有 607 个,正在进行的有 4427 个。已经被测定的细菌基因组有 11 506 个,初步完成的有 5216 个,正在进行的有 12 702 个。这就为系统地比较生物之间的遗传物质准备了条件。

对这些基因组的比较分析表明,从低等生物到高等生物,所使用的蛋白质和为这些蛋白质编码的“基因”是一脉相承的,生物的发展在基因水平上有清楚的脉络。比如肌肉被认为是动物特有的,但是组成肌肉的基本成分,肌球蛋白(myosin)和肌动蛋白(actin),在单细胞的酵母和变形虫中就有了。在单细胞的生物中,这些蛋白质就具有产生机械拉力的功能,用于细胞运动、细胞内的物质运输以及在细胞分裂时形成环,环的收缩把细胞“勒”为两个。动物的肌肉系统,不过是在这些基本的机制上发展出来的。

在这本书中,作者将从科学的观点出发,在分子水平上具体阐述各种有趣的生命现象和它们的发展历程。

1.2 生命现象的偶然与必然

生命是地球上最美好的事物,也是物质存在最复杂的方式。生物能够生长、繁殖,主动地对外界环境的变化做出反应,并且有自我保护的能力。作为地球上生命的最高形式,人类还发展出了思维和丰富的精神生活。

生命现象的复杂和巧妙使得人想知道生命是如何产生的。在现代科学出现之前,几乎所有的民族都认为生命是上帝或者神仙造的。这种想法也很自然:连一个简单的器具(例如古代人烧制的陶器)都需要有智慧的人来创造,那么比陶罐复杂亿万倍的生命还能“自然”形成吗?

近代和现代科学的出现给生命的产生提供了另一个解释。生物体也是由和组成无机物同样的化学元素构成的。构成人体的主要化学元素氢、氧、氮、硫、磷、钾、钠、钙、镁就可以在自然界的非生命物质中找到(例如水、空气中的氮气、硫化氢、磷酸钙、氯化钠等)。如果这些元素的原子用更复杂的方式彼此连接,就可以形成生物体所需要的复杂分子,在适当的条件下,这些分子就可以形成最初的生命。经过亿万年的竞争和进化,低级生物可以逐渐演变为高级生物,最终进化成为人类。

问题是,这些过程发生的概率有多大?到目前为止,生命还只有在地球上才找得到。太阳系中其他的任何行星或者卫星,都还没有生命的迹象被发现。对太空的无线电波的监测也没有发现任何智慧生物发来的信号。生命到底是地球上发生的一次偶然事件,在这个宇宙中绝无仅有,还是带有普遍性?这是人类目前下大力气去探索和研究的问题。

如果我们把眼光放到整个宇宙的进化历史,生命现象的出现真的是要靠幸运才能发生的事件。从宇宙大爆炸到生命出现,需要“过五关斩六将”。只要有一步情形不同,生命也无从产生。从这个意义上讲,生命在我们这个宇宙中的出现是偶然的。

大质量的恒星是太上老君的炼丹炉，也是我们真正的“祖宗”

在形成我们的宇宙的那场大爆炸发生后，最初形成的化学元素只有氢(约占 $3/4$)和氦(约占 $1/4$)。这些物质叫做常规物质，只占我们宇宙组成的约 4%，其余的约 29% 是暗物质(和常规物质极少相互作用，因而难以用仪器测到的物质，它们的存在是从星系的团聚需要推断出来的)，大约 67% 是暗能量(使宇宙加速膨胀的能量)。如果宇宙就停留在这个状态，生命就无从产生。生命需要更重的元素。

幸运的是，在大爆炸后，宇宙中物质的分布不是完全均匀的。这可以从宇宙中最初的光所留下来的 3K 背景微波辐射得到证实。密度稍大的区域会吸引周围的物质向自己靠拢，使这些区域的物质密度越来越大，最后导致星球的诞生。

但是如果这样形成的星球只是物质密度极大的气团，没有其他的事情发生，宇宙中的常规物质也继续是氢和氦，也不会有生命形成。幸运的是，星球内部极高的温度和压力使得氢原子中的电子脱离原子核，并且使得原子核彼此靠近。当原子核之间的距离到了强作用力(使质子和中子结合到一起的近距离作用力)起作用的范围内时，强作用力开始发挥作用，轻元素的原子核之间可以聚合，形成更重的元素。这就是核聚变。核聚变能够进行到什么程度要看星球的质量有多大。原子核越大，正电荷越多，互相排斥的力量越大，彼此靠近就越困难，就需要更高的温度和压力。所以越大的星球，核聚变进行的程度越高。

太阳中的核聚变反应,只能生成氦,反应就停止了。所以太阳只能给我们提供光和热,在生成新元素上毫无贡献。组成我们身体的化学元素是过去更大的星球所产生的。

当星球的质量大于3个太阳质量时,核聚变反应可以继续,每次增加一个 α 粒子(氦的原子核)。这样,氦(原子量4,后同)可以继续燃烧,生成铍(8)和碳(12)。这个过程叫做 α 过程。

当星球的质量大于8个太阳质量时, α 过程还可以继续进行,碳可以燃烧,生成氧(16)、氖(20)、镁(24)、硅(28)。

当星球的质量大于11个太阳质量时,硅还可以再燃烧,生成硫(32)、氩(36)、钙(40)、钛(44)、铬(48)、铁(52)、镍(56)。所以大质量的星球就是太上老君的“炼丹炉”,在那里生产各种化学元素。没有这些“炼丹炉”,组成我们身体的化学元素(氢除外)就无法形成,也就没有我们。这些大质量,现在已经死亡的星球才是我们真正的祖宗。

所有这些反应都是释能反应,所以恒星能够发光、发热。但是要形成比镍重的元素,就需要吸收能量(所以重元素的裂变能够释放能量,核电站就是利用重元素如铀和钚的裂变来释放能量的)。这是星球内部的环境无法做到的。但是超新星爆发时的剧烈条件可以形成各种重元素,所以地球上的重元素一定来自超新星爆发。我们身体所需要的铜、锌、硒、碘等比较重的元素就是在这个过程里形成的,这些星球也可以算做我们的祖宗。

热核反应是在星球的内核中进行的(那里的温度和压力最高),外层的氢并不参与反应。星球死亡时,喷洒到太空中的物质主要还是氢,再加上那些较重的元素。这些物质又可以团聚,形成新的星球。我们的太阳

就是第二代或者第三代星球。

但是只有各种化学元素还不足以形成生命。如果各种元素的原子互不相干,每个原子中的电子只围绕自己的原子核转动,这个世界就只由原子组成,没有分子,更不会有生命。幸运的是,不同原子的外层电子轨道之间可以相互重叠,电子可以围绕两个原子核转动,或者从一个原子转移到另一个原子,使得原子可以形成分子,也使得生命的出现成为可能。现在的问题就是,不同元素的原子之间,能够在自然条件下生成组成生命的复杂分子吗?

为生命所需要的有机分子可以在太空中形成

科学研究表明,在太空环境中大量的星际尘埃。它们拥有巨大的表面积,上面可以吸附水、氢、氨、甲烷等分子。在射线高能照射下,再加上矿物表面的催化作用,就可以形成各种有机物。美国的“星际尘埃使命”(stardust mission)所收集到的星际尘埃,就含有芳香化合物(由碳原子和氢原子组成的环状化合物)和脂肪类化合物(由碳原子连成的长链,上面再连上氢原子),以及甲基和羰基这样的含碳功能基团。

1969年9月28日降落于澳大利亚墨其森地方的墨其森陨石(Murchison meteorite)重100多千克,陨石中含有15种氨基酸,包括组成蛋白质的甘氨酸、丙氨酸、谷氨酸。在从陨石中取样时最容易被污染的丝氨酸和苏氨酸反而没有被测出,说明那15种氨基酸的确来自太空。而且这些氨基酸是消旋(没有旋光性)的,即两种镜面对称的分子都有,说明

它们是非生物来源的。除氨基酸以外,墨其森陨石还含有嘌呤和嘧啶,即地球上生物的遗传物质脱氧核糖核酸(DNA)和核糖核酸(ribonucleic acid, RNA)的组成部分。该陨石还含有大量芳香型(环状)碳氢化合物、直链型碳氢化合物、醇类化合物、羧酸(含有羧基的碳氢化合物)。

宇宙中还存在大量的甲酰胺(formamide)。它在矿物质存在时加热,就可以形成组成核酸的4种碱基(腺嘌呤、鸟嘌呤、胞嘧啶、尿嘧啶)。科学家还在距离地球400光年的原始恒星 IRAS 16293-2422 周围探测到了羟基乙醛(glycolaldehyde)。这是一种糖类物质,可以由两分子的甲醛结合而生成。羟基乙醛又可以在两个缬氨酸组成的二肽的催化下变成四碳糖和五碳糖,例如核糖。这样,组成蛋白质和DNA的基本“建筑材料”都可以在太空中生成。

科学家在实验室中模拟太空中的情形,也得到了类似的结果。例如1953年,美国科学家米勒(Stanley Lloyd Miller, 1930—2007)在无氧环境中混合甲烷、氨、氢和水。他先将水烧开,再对这个混合物进行放电,以模拟闪电。一个星期后,水变成了黄绿色。米勒用纸层析的方法,检测到有氨基酸形成,例如甘氨酸、丙氨酸和天冬氨酸。1972年,米勒重复了他在1953年做的实验,但是用更灵敏的方法(例如离子交换层析、气相层析加质谱分析)来检查实验产物。结果他发现了33种氨基酸,其中10种是生物体所需要的。

1964年,美国科学家福克斯(Sidney Walter Fox, 1912—1998)用了和米勒不同的方法来模拟地球早期的情况。他把甲烷和氨的混合物气体穿过加热到1000℃的沙子,以模拟火山熔岩,再把气体吸收在冷冻的液态氨中,结果生成了能构成蛋白质中的12种氨基酸,包括甘氨酸、丙氨

酸、缬氨酸、亮氨酸、异亮氨酸、谷氨酸、天冬氨酸、丝氨酸、苏氨酸、脯氨酸、酪氨酸和苯丙氨酸。

这些事实都说明，生命所需要的有机分子可以在星际空间自然形成。这是又一个幸运。其中碳元素成为所有这些复杂分子的骨架。在地球上的 94 种天然元素中，只有碳原子能够彼此相连，形成长链或者环状化合物，而且上面还能够连接氢原子和各种功能基团。所以地球上的生命是以碳元素为基础的。

有了这些分子，生命活动还需要液态的介质，分子才能够在其中运动并且相互作用。而水就是生命最好的介质。幸运的是，水在宇宙中广泛存在。这也没有什么奇怪的。由于氢是宇宙中最丰富的元素，氧元素形成并且被喷洒到太空以后，自然会形成大量的水（同时氮和氢会生成氨，碳和氢会生成甲烷，这些都是形成生命前体物质所需要的分子）。在我们的太阳系中，除了地球外，木卫二（Europa）和土卫六（Titan）上也有大量的水。现在已经变得干燥的火星，上面也曾经有过大量的水。即使是没有空气的月球，在太阳晒不到的阴影处也有水。彗星也含有大量的水。这些水也为生命的产生创造了条件。

宇宙中的“宜居带”

当然液态水不是在什么地方都能存在的。离恒星远了，行星（或者卫星）上的温度太低，液态水就不会存在。像天王星和海王星上就不会有液态水存在，科学家也不会到那里去寻找生命。离恒星太近，表面温度过高

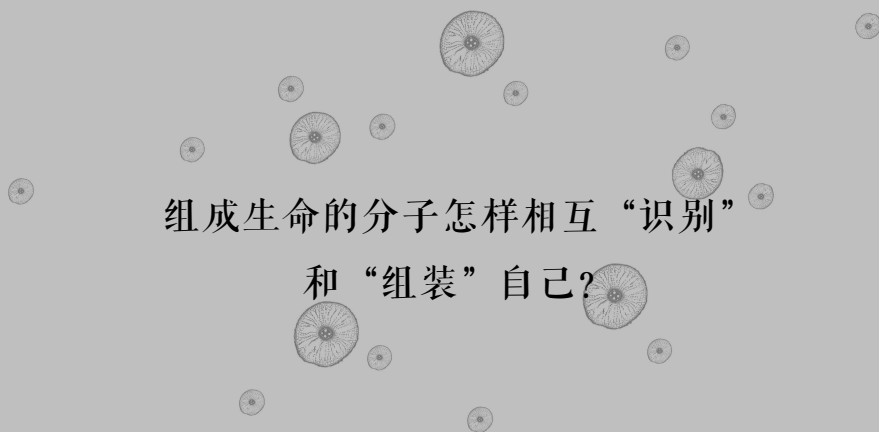
(例如水星的表面温度可以融化铅),液态水也不可能存在,那里也不可能
有生命。只有离恒星不远不近的区域内,液态水能够在行星和卫星的表
面存在,生命才有能够产生和发展的可能。这个有液态水的区域就叫做
宜居带(habitable zone)。宜居带的位置根据恒星的光照强度而变化。
恒星的光照越强,宜居带离恒星越远,但是几乎所有的恒星都有宜居带,
问题是宜居带内有没有行星。据估计,银河系的恒星中,大约有 $1/5$ 的恒
星在其宜居带之内有行星。

在这一节中,我们用了五个“幸运”(物质分布不均导致星球形成、核
聚变反应从氢和氦生成更重的化学元素、原子可以形成分子、生命所需要
的分子可以在太空中自然形成、水的广泛存在)。少了其中任何一个,生
命都不可能发生。从这个意义上讲,生命在我们的宇宙中出现是偶然的,
因为宇宙的演化本来可以用另外一种方式进行。

但是这样的事件毕竟在我们的宇宙中发生了!而且构成生物体的有
机物在太空中广泛存在,生命需要的水也在太空中广泛存在。不仅如此,
光是我们的银河系就有 1000 亿~2000 亿颗恒星,我们宇宙的可见部分
又含有数千亿个星系。在这么大的基数面前,很难再假设生命现象只是
发生于地球上的偶然事件。生命在其他星球上出现几乎是必然的。

2

组成生命的分子怎样相互“识别”
和“组装”自己？



2.1 分子之间怎样相互“识别”？

在我们的细胞里，有成千上万种分子。神奇的是，在这个分子的汪洋大海中，分子之间却能够彼此识别，从成千上万种分子中准确地找到与自己有关的分子，并与之特异地结合，完成各种化学反应，使生命成为可能。可是细胞里既没有“交通警察”，分子也没有“眼睛”。那分子是通过什么方式“识别”对方的呢？

两个不同的分子的完美结合，需要有两个条件。一个是接触面的形状要高度配合。你凸出来的地方，我就要凹进去；你凹进去的地方，我就要凸出来。这就像碎成两半的卵石，断面是凸凹不平的，但是能够彼此完美地对上。由于不同石头断裂时的断面彼此不同，这块石头的断面就无法和另一块石头的断面对上。这就保证了分子结合的特异性。形状不合的就结合不到一起。中国古代调兵用的虎符，应用的就是这个原理。虎符外形是一只老虎，纵向分为两片。在外的将领手里有一片，皇帝手里有另外一片。皇帝要调兵，就派人把这半片虎符带去。只有两个半片能完美对上，才说明来人是真的带着皇帝的旨意来的。调兵可不是小事，弄不好是要亡国的。虎符的原理，说明形状相配是多么重要。可是我们身体里

的分子早就“知道”这个原理了。

不过对于分子之间的作用，光是形状还不保险。细胞里的分子种类成千上万，万一有结合面相似的分子呢？细胞中的化学反应可是出不得差错的，弄不好就会“胞死人亡”。所以在形状之上，还要加一道“密”，这就是电荷也要配合。在接触面的各个区域里，你带正电的地方，我在相对的地方就得是负电。你是负电，我就得是正电。你没有电，我也得没有电。要是电荷不配对，正电荷与正电荷碰到一起，就会由于同性相斥的原理，把配错了的分子推开。所以在分子水平上，生命也是非常“聪明”的。这两道“密”（形状和电性）一加，任凭你分子千变万化，我也能准确地找到另一半。

下一个问题是，这种绝配是如何形成的呢？

我们细胞里的分子，主要是由碳(C)、氢(H)、氧(O)、氮(N)、硫(S)、磷(P)几种原子组成的。碳原子彼此相连成为骨架，上面再接上各种功能基团，比如羟基—OH(羟发音“枪”，前面那个横道表示和骨架上的碳原子相连)，巯基—SH(“巯”发音“球”)，氨基—NH₂，羧基—COOH(羧发音“梭”，里面的两个氧原子都直接和碳原子相连，其中一个氧原子上还连一个氢原子)等。这些原子通过“分享”它们的外层电子而结合在一起。

不过这个“分享”电子的情形要看是什么原子。碳原子很“平和”，和氢原子分享电子时，不“以大欺小”，而是“平等相待”。被碳原子和氢原子共享的那一对电子既不偏向碳原子，也不偏向氢原子，所以这样形成的联系(叫做化学键)不带电。我们叫它非极性键。

氧原子可不同了。它对电子很“贪心”，总想多得。所以被氧原子和氢原子共享的电子总是偏向氧原子一边的。这样，氧原子就带一些负电，

氢原子就带一些正电,氧原子和氢原子之间的共价键也就被叫做极性键。

在羧基里面,不仅直接和氢原子相连的那个氧原子要从氢原子那里抢电子,另一个氧原子也不甘寂寞,通过碳原子间接地和氢原子抢电子。在两个氧原子的“夹攻”之下,氢原子就快抓不住电子了。有些这样的氢原子就干脆放弃,把电子完全交出,自己做个光溜溜的氢原子核(氢离子),离开分子,在水溶液中游荡,这就是我们说的“酸”(酸性就是溶液中氢离子浓度的量度,pH里面的那个H,指的就是氢离子)。醋(有效成分是乙酸 CH_3COOH)是酸的,就是分子里面的氧原子抢电子太厉害,形成氢离子的结果。除氧原子以外,氮原子也能“多占”它和氢原子之间的共用电子,使自己带部分负电,氢原子带部分正电,但程度不如氧原子那么强。

但是也不要把氧原子看成豪取强夺的“恶霸”。正是因为它抢电子的特性,分子带有氧的地方就会局部带电。而分子的局部带电正是为生命现象所必需的。

水分子是由一个氧原子和两个氢原子组成的。可是两个氢原子也“打”不过一个氧原子,都得多分一些电子给氧原子,使它带部分负电荷,而两个氢原子带部分正电荷。带负电的氧原子就要和另一个水分子上带正电的氢原子互相吸引(这种联系叫做氢键),使水分子之间“抓”得很牢,不容易“飞”出液面去(即蒸发),所以水的沸点很高,要 100°C 才沸腾。

汽油是由碳原子和氢原子组成的分子的混合物。由于碳原子对氢原子“平等相待”,分子不带电,彼此吸引力很小,所以汽油极易挥发。水分子比汽油中的分子小很多。要是它不局部带电,就会比汽油还容易挥发,在室温下就不可能有液态水了,生命也就难以形成。