

////////////////////////////////////
XINXI
DE YANHUA

信息的演化

穆向阳◎著



东南大学出版社
SOUTHEAST UNIVERSITY PRESS



信息的演化

穆向阳 著



东南大学出版社
SOUTHEAST UNIVERSITY PRESS

· 南京 ·

图书在版编目(CIP)数据

信息的演化 / 穆向阳著. —南京:东南大学出版社,2016.5

ISBN 978-7-5641-6558-1

I. ①信… II. ①穆… III. ①信息学—研究
IV. ①G201

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2016)第 126301 号

信息的演化

著 者 穆向阳
出版发行 东南大学出版社
出 版 人 江建中
社 址 南京市四牌楼 2 号
邮 编 210096
印 刷 虎彩印艺股份有限公司
开 本 700 mm×1000 mm 1/16
印 张 11.25
字 数 221 千字
版 次 2016 年 5 月第 1 版
印 次 2016 年 5 月第 1 次印刷
书 号 ISBN 978-7-5641-6558-1
定 价 32.00 元

(本社图书若有印装质量问题,请直接与营销部联系。电话:025-83791830)

献给
我亲爱的母亲

前言

Preface

学术研究与文学的结合于我而言代表着一种难以抗拒的魅力，宛若佳人既不失妩媚与娇羞，又不失庄重与严谨。我总天真地希望在陈述系统化的认知时能够不刻意地吐露自己的情感，即使自己拙劣的文笔不一定能够胜任。总感觉有一个美妙的心灵世界在不断轻轻地呼唤我，而我真诚谦卑的心也在静静地等待，等待具足勇气开始这次写作的旅程。如果像这样虔诚地写下去，我不会因为自己的无知而感到羞愧，相对于那不断的知识进化过程，相对于我们有限的的能力，谁又能说自己是全知的呢？事实上，到现在为止我已经感到以前曾经写过的几本书是那么的浅薄了，知识的积累与深化已经让那些作品看起来不再有像写作它们时那些美好的感觉了，然而我依然深深地爱着它们，感觉它们是我的孩子，代表着我曾经的心还有真诚。也许这本书也是这样，但这并不是坏事，我倒希望这种感觉能够早点来，因为这种感觉的到来就代表了我又前进了一个小小的台阶。我也希望其他读到这本书的人到时候同样具有类似的感受，人类的确就是这样在不断的自我否定中慢慢地进步的。

庄子的《齐物论》中有这样一句话：“故知止其所不知，至矣。”这句话的意思是说，知性止步于它所能到达的边界那么就是最有智慧的。对于理性的谦逊来说，这句话是最宝贵的座右铭，我想康德在他的伟大作品中也曾表达了类似的观点：“理性只能洞悉那些由理性自身规划后产生的结果。”不过，人最宝贵的理性以及智慧经常会不经意地僭越其力所能及的边界，而这也是现实的经验拓展于未知领域最容易引发的忽略。虽然可以尽情地发挥伟岸的创造力，但我想还是最好先在最高

的精神主旨上明确哪些是目前所有的经验允许我们去坚信的，哪些是我们的美妙憧憬，虽然它具有令人着迷的理论一致性。

过去的几年中我始终有这样的一个想法，我想从整个信息发展史的角度理解信息、智慧的本质，重新认识信息相关学科以及信息和人类社会的关系等等。然而这是一项极为艰巨的任务，在沉思的幻象中，我始终看到自己徘徊于荒芜的空间，没有起点也没有终点，彷徨不知所措。可总是有一种虔诚的渴望在心灵深处驱使着我，纵使我迷茫于前行的方向，那种渴望却从未停歇地呼唤着我，引导我缓慢地思考。脑海中每当想起宇宙的飘渺与浩瀚时，总不免惊讶，我在思考那微不足道的见解相对于无限的宇宙、相对于无限的知识来说价值何在？也许所有的一切，汗水、挣扎、欢笑、眼泪、智慧等等在无尽的时空中毫无意义，但也许后来人并不会嘲笑我们今天认知的浅薄，就像我们尊重古人那些虔诚的认知一样。我们都被个人的认知以及人类知识发展的整体水平所禁锢着，但且秉承着同样的真诚。

穆向阳

2014年12月24日平安夜

卷首诗

月光啊！

如阿尔特弥斯美丽的秀发

把我的身影

洒在了孤独的月台

列车已经开走

而我却忘记了

想要去往何方

冰冷的世界开始慢慢溶解

时间和空间破碎成单纯的晶格

光明与黑暗也模糊了

我变成了一个瘦骨嶙峋的立方体

漂泊在没有源头

看不见岸边的河流

眼里闪着泪光

困惑于你那无情的示相

何等火热的心啊

却被抛弃在了如是的广漠

这可怕的静寂的河流啊

为何人还要再为自己带上灵魂的枷锁呢

曾经的傲慢与欢笑

曾经的痛苦与心伤

以及那年轻稚嫩的咆哮啊

你们在这样的无限中

还有什么意义吗

甚至意义本身还有意义吗



徘徊在生命的月台
月光剪辑了孤独的心灵
即使我满怀真切地凝视远方
但也只能看到有限的未来
被包裹着
有与无啊
你想雕琢怎样的灵魂呢

一种与坚强无关的伤感
一种与执着无缘的孤寂
然而 我不能停下脚步
就算被赋予的是微弱的洞见
也不应该在残忍的光阴中
浪费心灵与世界的缘

曾梦见飘雪的荒原
曾梦见蓝色的晶莹湖泊
梦见站在广袤天空下的陡峭山峰
梦见金色沙滩的大海
然而这一切都将远去
就像我的认知和爱情
不是因为我的遗忘
而是因为人类被注定了的短暂人生

这所有的背后的最高主宰啊
如果你真的存在
你能看见我含泪的微笑吗
我不曾贪恋什么
在你设计的冰冷的框架里
把真诚的爱写在每一个脚印里
真挚地划过我的天空



目 录

第一章 宇宙早期无生命的宇宙	001
一 无生命的宇宙	001
二 主体及信息演化	005
第二章 信息的产生	012
一 信息是一种涌现的产物	012
二 框架信息、外部信息与内容信息的还原	018
第三章 复杂的联系系统——生物群体	024
一 信息交互的主体基础——生物群体	024
二 人脑云的进化轨迹	030
三 人脑云信息交互模式	037
四 数学、语言、绘画、音乐	056
第四章 个人认知论模型	068
一 个人信息发展	068
二 “三层次”所包含的内容	075
三 “三层次”与波普尔三个世界的关系	081
四 机器人、动物、人	085
五 个人认知论模型与学科分类	090
第五章 人类知识演化模型	098
一 知识起源	098
二 知识的宏观发展模式	104
三 现代知识发展的趋势	112

第六章 社会生产力的信息划分	115
一 社会生产力的信息解读	115
二 不同的社会发展阶段	120
第七章 图书馆、博物馆、档案馆	125
一 社会知识存储器	125
二 图博档资源的整合与共享	129
第八章 传统信息技术	132
一 火	132
二 结绳记事	134
三 文字	137
四 珠算	141
五 纸	143
六 印刷术	144
七 机械计算机	145
第九章 现代信息技术	152
一 电报	152
二 广播	154
三 电话	155
四 电视	156
五 计算机	158
六 互联网	162
致谢	166
部分参考文献	168

第一章 宇宙早期无生命的宇宙

— 无生命的宇宙

人类自文明之初便开始了对宇宙及个人存在的哲理性沉思,即使今天的宇宙学知识已经揭示了宇宙的众多谜团,但宇宙所涉及的最根本的哲学问题始终在鼓动着人们的无限好奇心,人类离 M 理论尚遥不可及。回想中外先哲们的哲理性沉思,正如北京师范大学梁灿彬教授所说的那样:不管古人关于宇宙的哲学观点是多么的美好,但它们始终是非科学性的。关于宇宙的理论探讨一直到爱因斯坦广义相对论的提出才开始渐渐地走入了科学的轨道,宇宙论在几个基本假设和爱因斯坦场方程的基础上诞生了。通过对 Robertson-Walker 度规的求解,宇宙以爱因斯坦当初所不愿意看到的演化方式存在着,于是宇宙大爆炸模型被提出,并在后续的发展过程中被不断完善。物理学家对宇宙的探索不同于先前的哲学家,为了更好地证明这一模型的合理性,他们不断通过实验对这一模型所做出的种种预言进行验证,这些实验也在不断地增加人们对这一理论的信心。比如宇宙微波背景辐射的发现以及宇宙氦丰度的测定等都为这一模型提供了很好的支撑。宇宙大爆炸模型经历多次改进,这一理论取得了巨大的成功,相信这一模型的人也越来越多,就连天主教会也不得不接受这一理论。《圣经》的创世纪说在科学的发展面前渐渐变成了一种比喻意义的描述。不过宇宙的神秘足以容纳所有的信仰和哲学,人们可以根据自己的认知和意愿建立个体生命与宇宙最深秘密之间的哲学联系或者信仰。

宇宙大爆炸理论以其科学严谨性成为了揭开宇宙神秘面纱的最可信赖的工具,按照这套理论进行估算,宇宙大约存在 137 亿年了(选择合理的等时面)。这一

时间的推算主要是通过对几个基本物理量纲上的分析得到的。事实上我们的认知极限只能向前追溯到宇宙大爆炸后的 10^{-43} 秒,再向前追溯就已经超出了广义相对论的理论范畴,需要量子力学的干预了,但现在离两者能够完美整合的理论还相去甚远。弦理论无疑是非常伟大的理论尝试,基于此的 M 理论试图解释一切,但目前的进展尚不能给人们提供足够的信心。看来想彻底洞穿宇宙的奥秘还有很遥远的路要走,甚至有时候我们会怀疑宇宙允许这种能解释一切的理论存在吗?

相对于宇宙 137 亿年的历史来说,人类的文明或者小到我们个体的生命只不过是微不足道的一瞬。我们有幸生活在这样一个年代,广义相对论产生正好 100 年,量子力学产生 70 多年,网络技术仅仅出现了几十年等等,我们有机会以科学的视角审视宇宙,但尚有无限的神秘供我们天马行空地遐想。于我而言,如果 M 理论真的建立起来了,反而是一种可怕的凄凉,虽然我怀着无限的憧憬盼望着它,但也怀着隐隐的恐惧抵制着它。

既然现在的科学理论只能允许我们回溯到宇宙大爆炸后的 10^{-43} 秒,那么我们暂且把剩下的物理学问题以及哲学问题留给其他人吧。从信息角度来说,通过现有的知识可以获得那个可见的最初时刻所留给我们的信息,相反我们也应该从那最初的曙光开始探讨信息相关问题。

宇宙学是以广义相对论为基础建立的理论大厦,是上千年来人类知识发展的结果。这些知识来源于人类对自然的观察,并对自然的信息进行加工,从而构建理论框架,并最终应用于宇宙的起源问题。然后,再通过相关的观测发现,对理论模型所提出的预言进行验证。宇宙微波背景辐射的发现,氦丰度的测定都很好地验证了大爆炸理论的正确性。宇宙微波背景辐射是宇宙早期,光子退耦时的残留,是宇宙原初时刻留给我们的最直接信息。

从现在开始,对“信息”这个词的使用就应该注意了,让我们暂时忘记学术论文里关于“信息”的一大堆定义吧。很容易发现不管如何定义“信息”,都必然涉及一个过程,这个过程包括在两个方面传递一种内容,这种内容在某些时候被我们称之为信息。虽然很多定义并没有直接体现这样的一个基本结构,但是稍作分析就会发现,大部分关于信息的定义都是建立在这样的一个基本的结构之上的。比如我们可以考察一些经典的信息定义,信息论创始人香农在他的《通信的数学原理》一书中提出了信息的最初定义:“信息是用来减少不确定性的东西。”显然,这个定义中并没有明显地反映两个方面传递内容的基本结构,但这样的定义无疑蕴涵于这

样的基本结构之中的,必然是一方面发出“信息”用于减少另一方面的“不确定性”。“A—(信息)→B”是这一信息定义背景的最基本结构,A发出的信息用于减少B对某些内容的不确定性。如果不涉及到两个主体,那么信息传递将是毫无意义的,B本身的信息不会减少B对某一内容的不确定性。

控制论创始人天才的维纳给信息下了这样一个定义:“信息这个名词的内容就是我们对外界进行调节并使我们的调节为外界所了解时而与外界所交换来的东西。”维纳的定义能够更好地反映“主体←信息→主体”这样的基本结构,他把主体固定在人上,的确我们会发现信息对像我们人类这样的智慧生命来说具有更深刻的意义,但为了能够更好地适应人们目前对信息概念所允许的范畴,我在后文中对信息主体的范畴做了一定的扩展,这样的扩展是必要的,能够帮助我们更好地认知信息本身。其他的一些定义可能将这个主体说成是信息源或者用其他的定义进行替代,但这种类型的定义都必然涉及主体(接收信息方)、交互(相互作用)、客体(发出信息方)这样的三元组,这是这种类似信息定义方式的一个底层最基本结构,信息被理解为主客体之间传递的内容。我们的分析即从这样的一个基本结构出发,并把这样的结构跟宇宙及人类的演化联系在一起,踏上认识信息本身的思想旅程。

还有另外一些信息定义,它们仿佛跟这样的基本结构无关,比如把信息看成是一种客观的存在,本身跟物质的存在是一样的,或者认为信息是物质的属性,也有的学者将信息作为一种不同于物质和意识的第三种存在。诸如此类的信息定义在这里并不过多地探讨,这样的定义跟本书的根本观点是不同的。当然,不同的学者可以从不同的角度定义信息,最根本的问题是通过合理的定义能够更深刻地认识信息本身,并能够通过信息解释复杂的信息行为和现象。

以我个人的视角,信息必然会涉及思维的主体——也就是智慧生命的我们,把这个主体的范畴进一步扩展,它可以包括动物、低等生命,甚至机器。这一主体必然体现出一定的系统性、整体性以及目的性,具有复杂的功能结构,在本质上区别于单纯的自然物质集合。主体接收到外界的刺激会做出一定的反馈,这种外界刺激便是“信息”这一概念的最原始样态。

从这样的角度理解,“信息”概念本身就隐含地包含了三个方面:客体、作用(刺激、信息)、主体。客体是指发出作用的一方,但所有的信息传递方式都可以还原为物质性的相互作用,即便是光子它仍然也是一种物质。客体可以是跟我们一样的智慧生命,也可以是动物、低等生命形态、机器,甚至是单纯的自然物质,比如石块、

水、一粒盐等等；作用使客体和主体之间发生关系，单次信息传递就是客体通过一定的物质性手段作用于主体的过程。事实上作用的范畴比信息要广泛得多，比如一个物体无意间砸到了电脑的主机箱上，这只不过是一种单纯的机械运动。不过，有人控制了这个过程，使它正好砸到电源开关，从而启动了电脑，那么这个单纯的作用过程便被赋予了一定的信息；主体对信息的反馈不是单纯的机械运动，否则我们可以认为它们之间并没有传递信息，虽然两者之间发生了一定的关系。比如，发生在太阳系小行星带中两颗小行星之间的碰撞，它们之间实际上只传递的是单纯的物理运动，而不是传递信息。2015年，当NASA的黎明号传回谷神星的照片时，我们能看到它表面的亮点以及火山坑，但这些是对于我们人类主体的信息，在不涉及到第三者的情况下谷神星与其他星体的碰撞本质上是属于机械性的。主体划分了自身与外界环境的边界，信息成为了主体自身和外界交互的方式。事实上，作为信息接收方的主体在范畴上是非常复杂的，“信息”在“作用”的范畴内更像数学中的开子集，我们在后文中再进行深入探讨。

时光倒回到宇宙大爆炸后的 10^{-43} 秒，在那个极其短暂的时刻宇宙仅处于一个非常小的体积之内，温度高到让人无法想象的地步。在这个小小的宇宙中，只有最基本的粒子，光子、夸克、电子、中微子等。我们可以想象，这样的一个宇宙状态是没有信息的，因为当我们追溯到这一时刻的时候，我们已经不存在了，作为主体的我们是处于上帝的角色观察这一切的，这最初的景象只对今天的我们有信息意义。按照我们对信息的定义，那个时候还不存在可以接受信息的主体，存在的只是以基本物理学原理相互作用的混杂联系。宇宙学家们已经精确地计算出了原初时刻附近的物理特征，比如在什么时刻氢原子核产生，什么时刻光子退耦以及什么时刻氢原子产生等等，但对于信息产生最关键的却不是这些数字，而是宇宙诞生的基本模式问题。如果宇宙的产生模式是演化的，那么对于信息产生的意义就是一样的，比如宇宙大爆炸理论在奇点处虽然失灵，但它与弦理论宇宙开始时刻最小尺度限制对于信息而言没有什么差别。不过像婆罗门教的宇宙观就完全不一样了。婆罗门教的宇宙观是没有进化的，人和所有的生物都被绑在了时间的车轮上，在这样的宇宙里我们无法追溯信息的源头。犹太教也是这样的，虽然它的宇宙观跟婆罗门教有着绝对的差别，但在原初时刻预设了一个上帝的存在，上帝毫无疑问地可以作为信息接收主体，而且也有了发出信息的客体，因为“上帝的灵运行在水面上”。在这样的意义上，它与婆罗门教是相似的，因为在这样的宇宙里我们是没有办法追溯信

息的源头的。

让我们继续回到目前最科学的宇宙大爆炸模型吧,相对于宗教里的宇宙观来说,它无疑是最可信赖的也是最具预测能力的。从 10^{-43} 秒开始,到 50 多亿年以前的这段时间里,宇宙经历了波澜壮阔的变化,恒星与星系产生了,我们的太阳也产生了。地球上所有赞美的诗句加起来也难以形容这样的伟大,但以目前人类的了解,这段极为漫长的时间里却没有任何生命形态,我时常这样想,一个没有意识可以去思考与赞美的宇宙到底有什么意义? 一个只有物质却没有精神的世界是何等可悲? 但最让人惊奇的是这个物质世界能够进化出生命,与之同样神奇的是生命中可以进化出人类的大脑,大脑发展出了足够的智慧可以反观这个物质世界的历史,可以为之赞美、歌颂!

不过主体演化出的这段漫长时间能够让我们更好地认识信息的起源,前文提到的“主体—信息—客体”的三元组在这段漫长的时间内是不存在的,因为宇宙中还尚未进化出可以接受信息的主体。在这一阶段,“主体—信息—客体”三元组退化成“客体—联系(作用)—客体”。宇宙中所有的相互作用都是盲目的,它们遵循着物理学的基本定律。能够进化出主体是至关重要的环节,主体的进化伴随着“联系”向“信息”的进化。所以,在这个意义上说,信息本质上是一种联系,按照数学上的比喻它是联系的一个开子集,它与联系彼此区分但是它们的边际却极为模糊。事实上信息意义下“主客体”之间的界限也是十分模糊的,就像动物与植物之间的界限。

世界上的物质是普遍联系的,这一哲学命题的佐证可以求助于宇宙学。为了解决“视界疑难”物理学家们提出了暴涨理论,它是对大爆炸理论的一个修正,是在宇宙爆炸后的极短时间内进入了飞速膨胀的过程,以解释宇宙“均匀搅拌”的问题。对于世界普遍联系的这个哲学命题来说,事实比理论更有意义。对我们来说,事物间的普遍联系进化到主客体关系时便为我们提供了认识客观世界的宽阔视野,可以通过与我们联系着的信息来认知整个宇宙。有些联系是间接的有些是直接的,但人类理性可以通过知识不断发现宇宙的奥秘,建立事物与事物间的广泛联系,比如暗物质以及暗能量的发现就需要建立它们与人之间的间接联系。

二 主体及信息演化

那些最令人压抑的孤寂中,莫过于设身处地地想象沉浸在没有生命存在的宇

宙里了。事实上,在这样想时总会感觉到一种矛盾,我无法将自己的意识放在没有意识的宇宙中,去体验那里的色彩、声音、温度等等所有环境的参数。因为这本身意味着对那样的宇宙的干预,即使以我之灵魂的身份。但排除了自己的意识,我又如何去思考与感悟呢?

如果没有了意识,宇宙的存在与不存在将变得毫无意义了。我突然感到那种令人畏惧的无奈与孤独,就像割裂了所有生命体尤其是具有意识的高级生命体与所处其中的宇宙的联系。不禁猜想,这也许就是智慧生命害怕死亡的原因吧。神奇而又幸运的是,宇宙以其伟岸的创造力缔造了生命,在地球上那些最初的生命经过漫长的繁衍与进化产生了意识,意识进化到高级形态便产生璀璨的艺术与文化。于我而言,意识的高级活动以及心灵的创造成就了人的本质,意味着生命的真正意义。大脑是意识产生的基础,它是镶嵌在身体中的复杂选择系统,而身体又镶嵌在环境之中。爱自己的身体,更应该爱自己的思想,因为思想是绽放在精神世界中的花朵,虽然短暂,但它意味着人在物质世界中所能突破的自由的边界。也正是人的意识,具有把物质层面的物理联系演变成信息联系的能力,在此基础上进一步演变出知识系统,最后产生璀璨的文化与艺术。艺术的发展虽然不必以知识为基础,但知识能够让情感变得真挚而深刻,从而使艺术变得更加深邃而高尚。

物质间的普遍联系是如何进化为信息的?依据我们的模型首先需要确定主体的概念,事实上这里面对的主体是一个无比复杂的集合。探讨主体这个集合将使我们面对从无生命形态到生命形态以及从简单机器系统到人脑的极为宽广的范畴。在我们的信息主客体模型中,主体可以被认为是客体的一个子集,客体是指那些可以通过直接或间接的方式跟我们(这里的我们指的是作为主体的存在,更一般的意义,是我们所处着的宇宙中存在物的一部分)建立联系的存在物。所以,主体显然属于客体的一个子集,因为它能够跟宇宙中的存在物发生直接或间接的联系。事实上,给信息主体这个集合下一个十分明确的定义,并以此能够精确地区分信息主体的集合边界是十分困难的。当协同学把达尔文主义拓展到无机物领域,这种区分变得更加困难了。可以把主体集合看成是客体的一个开子集,可以归纳出这一集合的一些基本性质,这些性质对于我们更好地认识信息主体是十分有益的。

作为信息的主体,它必须是一个系统。所以从系统论的角度来说,它必须符合系统的基本要求,比如系统的整体性、结构性以及“整体大于部分之和”等等特征,此处不再赘述。然而,并不是所有的系统都可以作为信息主体。一架钢琴虽然在

结构上很复杂,符合系统的定义,然而我们并不认为钢琴可以成为信息主体,因为钢琴只是盲目地接受钢琴师按压琴键的动作,并将这些动作转化为琴弦的震动,从而发出声音。也就是说,类似钢琴这样的系统,虽然跟信息系统相似,比如它有信息的输入(琴键的敲击)以及结果的输出(产生音乐),但它对输入的信息没有判断以及选择功能。琴键的敲击与产生音乐之间的联系并不是信息性的而是物质间的普遍联系性的,只不过人们事先设计和规划了这样复杂的机械联系。所以我们不认为钢琴这样的复杂系统可以构成信息的主体。

另外我们可以拿空调作为例子,空调本身带有温度传感器以接收环境温度信息。也就是说,空调会根据传感器传回的温度信息判断是否需要提升或者降低环境温度,以满足用户对室温的预设。我们可以从系统论的角度对空调和钢琴进行比较,虽然它们都有输入和输出,但区别在于空调能够对输入进行判断和处理,而不是建立一连串的具有决定论性质的机械联系。空调里带有的单片机实际上就是一个特定功能的电脑,它能够根据环境的具体温度对自己的工作状态进行调整,环境温度高出了设定值它会开始制冷工作,温度低了它会停止制冷操作等。对于信息输入的不同反应似乎构成了空调区别于钢琴在信息层面的本质差别。从这个例子仿佛可以看出,信息主体区别于非信息主体的一个根本差别在于对输入信息的处理,判断能力是信息主体的一个基本功能。

这仿佛找到了一条区分判断信息主体与非信息主体的准绳,然而问题远非这么简单,虽然空调的单片机能够根据环境温度控制空调的工作,可传感器也好单片机也好,其工作原理仍然可以还原为普通的机械以及电路方面的相互作用。从最基本的工作原理上说,传感器只是利用了热敏电阻所传回的电流作为信号,然后被单片机所接收,单片机再通过固化于其中的人工指令进行操作,最后反馈到空调的压缩机上等等。其实整个单片机只是按部就班地运算罢了,它本身都不知道自己是否在进行判断操作。

我们不禁会问,赢了世界国际象棋冠军加里·卡斯帕罗夫的深蓝知道自己在玩国际象棋吗?从最底层来看,仿佛钢琴和空调之间的界限好像又不那么明显了,因为它们都可以还原成我们能够理解的基本物理过程,它们都是没有意义的机器,是经过人工设计的自然存在物的组合。

如果我们这样去追问生命本身,我们会得到什么样的答案呢?无机物之间也存在竞争,协同学对于很多自组织系统的研究已经证明了这一点,比如天空中可以