



# 从混沌到有序

## —— 妙不可言的宇宙

杜晓泉 / 著



上海科学技术文献出版社  
Shanghai Scientific and Technological Literature Press

# 从混沌到有序

——妙不可言的宇宙

杜晓泉 著



上海科学技术文献出版社  
Shanghai Scientific and Technological Literature Press

图书在版编目 ( CIP ) 数据

从混沌到有序：妙不可言的宇宙 / 杜晓泉著. —上海：上海科学技术文献出版社，2019

ISBN 978-7-5439-7779-2

I. ① 从… II. ① 杜… III. ① 物理学—普及读物 IV. ① O4-49

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2018) 第 257358 号

---

责任编辑：王 珺

封面设计：许 菲

---

从混沌到有序——妙不可言的宇宙

CONG HUNDUN DAO YOUXU——MIAOBUKEYAN DE YUZHOU

杜晓泉 著

出版发行：上海科学技术文献出版社

地 址：上海市长乐路 746 号

邮政编码：200040

经 销：全国新华书店

印 刷：昆山市亭林印刷有限责任公司

开 本：720×1000 1/16

印 张：25

字 数：384 000

版 次：2019 年 1 月第 1 版 2019 年 1 月第 1 次印刷

书 号：ISBN 978-7-5439-7779-2

定 价：78.00 元

<http://www.sstlp.com>

## 前言

不知是否有人计算过一个人出现在现今世界上的概率？就像是我、你、他（她）每一位个体出生的可能性有多少呢？相信许多人不曾思考过这个简单的问题。我们常说：没有母亲就不会有你！这是逻辑学中因果律的推演，实际上父母的结合才有我、你、他（她）的存在，父、母的结合成为新生命的初始条件，母亲提供一颗卵子，同时父亲贡献一个精子才能形成子代个体。一位女性一生大概排卵420～450个，就是说仅从母亲单一角色来讲，我、你出现的概率最多为1/420，男性一次的排精数量姑且约计为2亿个，那么父亲提供的概率为1/2亿，父母只有在恰当的时间结合才会出现你、我，否则出现的都是他（她）！因此，仅从父母一代来分析这一微小的概率，你、我的出现已经是一个非常了不起的奇迹。事情同样出现在我们的祖辈，祖辈们在恰当的时间结合生出我们的父母，父母在动荡的社会中幸免于饥饿、疾病和战争等不良因素的影响，他们成长到青年时有幸结合，随后才有可能出现你我，否则出现的都是他（她）。这只是向上推理的第三代，那么我们之上的第四代、第五代呢？出现你、我的概率只会呈几何倍数缩小，我们人类祖先出现直至今今天已经经历了无数代，因此出现你、我是一个非常微小的概率事件，难道你、我不值得为此欢呼庆祝吗？

书写这段文字的意思无非是想说明，你我的存在是一个非常微小的概率事件，如果任何一个影响因素发现变化，那么原本形成你我的原子、分子就会形成他（她），甚至是它（某个物体），既然我们的生命来之不易，为何我们不去更加珍爱生命、花更多的时间进行社会认同并有意义的活动呢？我绝无说教之意，只是觉得我们生存在如此美妙的宇宙之中而不尽情欣赏自然之美，便甚为可惜！

本书内容主要涉及现代物理学的两大基础——相对论和量子理论，以及一些宇宙学的相关理论和进展，所涉内容相对浅显，可以说通俗易懂。如果通过此书可以培养读者朋友的一些科学兴趣，笔者深感欣慰。在时下追求物欲和财富的时代，你愿意花费时间和金钱用于阅读，是非常令人敬重的。对于本书，你可以把它作为乐趣来读，以增加茶余饭后的谈资，遇到一些推导公式可以越过，这丝毫不会影响阅读的体验；如果你对宇宙学及相关知识兴趣浓厚，那么你可以仔细阅读，并佐以其他资料进行深思细究，衷心期望读者日后能够取得一定的业绩和建树。

笔者撰写这本书共耗时三年多的时间，甚感辛苦，但在辛苦之余也体味到许多快乐。辛苦的原因是笔者对天文学、物理学等专业知识了解有限，笔者原先的专业为医学，后来又进行社会学专业培训，但对于宇宙学方面只是业余爱好，因此书写宇宙学方面的知识内容更显得笔拙思钝。好在有世界上许多知名学者的专著启迪，使得这本书顺利完成。这本书属于科普读物，笔者只是想为你的业余爱好增加一点新的内容和乐趣。

在此，笔者要郑重地感谢以下学者，他们的卓越著作不仅使我获得许多科学知识，受益匪浅，还为完成这部书籍提供有益的思路。他们是：史蒂文·温伯格 (Steven Weinberg)、理查德·P·费曼 (Richard P. Feynman)、乔治·伽莫夫 (George Gamow)、布莱恩·格林 (Brian Greene)、肖恩·卡罗尔 (Sean Carroll)、基普·S·索恩 (Kip S. Thorne)、安德鲁·华生 (Andrew Warson)、伊恩·里德帕斯 (Ian Riddath)、蒂莫西·费里斯 (Timothy Ferris)、布鲁斯·罗森布鲁姆 (Bruce Rosenblum)、弗雷德·库特纳 (Fred Kuttner)、尼尔·得格拉斯·泰森 (Neil de Grasse Tyson)、弗雷德·霍伊尔 (Fred Hoyle)、J·纳里卡 (J. Narlikar)、鲁道夫·基彭哈恩 (Rudolf Kippenhahn)、弗兰克·维尔切克 (Frank Wilczek)、约翰·格里宾 (John Gribbin)、唐纳德·歌德斯密斯 (Donald Goldsmith)、凯尔·科克兰德 (Kyle Kirkland)、约翰·D·巴罗 (John D. Barrow)、埃里克·简森 (Erik Jensen)、弗兰克·克洛斯 (Frank Close)、布莱恩·考克斯 (Brian Cox)、杰夫·福修 (Jeff Forshaw)、大卫·E·牛顿 (David E. Newton)，以及《爱因斯坦自述》和程军编著的《爱因斯坦画传》，并且诚挚地感谢

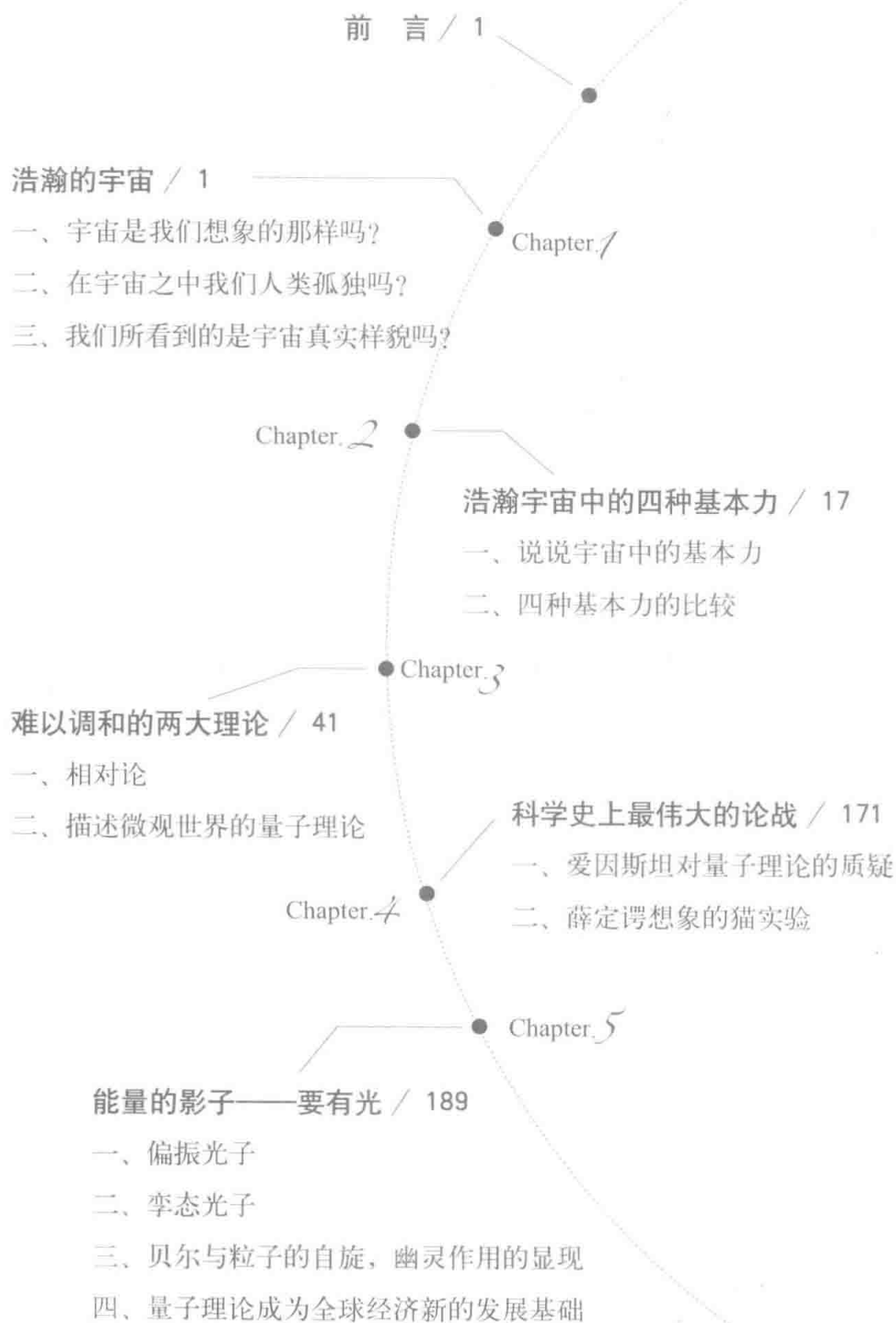
相关书籍的中文译者的辛勤工作，翻译出相应的书籍方便广大读者和笔者阅读。

书中一定存在一些疏漏和错误，还望读者朋友们不吝指出和斧正，笔者表示衷心的感谢！

杜晓泉

2017年5月10日于昆明

# 目录



前言 / 1	
浩瀚的宇宙 / 1	
一、宇宙是我们想象的那样吗?	
二、在宇宙之中我们人类孤独吗?	
三、我们所看到的是宇宙真实样貌吗?	
Chapter. 2	
浩瀚宇宙中的四种基本力 / 17	
一、说说宇宙中的基本力	
二、四种基本力的比较	
Chapter. 3	
难以调和的两大理论 / 41	
一、相对论	
二、描述微观世界的量子理论	
Chapter. 4	
科学史上最伟大的论战 / 171	
一、爱因斯坦对量子理论的质疑	
二、薛定谔想象的猫实验	
Chapter. 5	
能量的影子——要有光 / 189	
一、偏振光子	
二、李态光子	
三、贝尔与粒子的自旋，幽灵作用的显现	
四、量子理论成为全球经济新的发展基础	

希格斯子与物质质量的起源 / 219

Chapter. 6

Chapter. 7

物质的镜像粒子——反物质 / 229

- 一、正电子现身
- 二、发现反质子和反中子以及反夸克
- 三、物质与反物质的湮灭
- 四、正电子的储存
- 五、反质子的储存
- 六、潘宁陷阱

Chapter. 8

结构性的宇宙 / 247

- 一、天体的命名及重要物理参数
- 二、恒星
- 三、恒星演化的未来
- 四、星系

Chapter. 9

宇宙大爆炸和宇宙暴涨 / 361

- 一、宇宙大爆炸
- 二、宇宙的暴涨理论

Chapter. 10

暗物质与暗能量 / 371

- 一、稍显端倪的暗物质
- 二、难以捉摸的暗能量

# 浩瀚的宇宙



宇宙是我们想象的那样吗？

在宇宙之中我们人类孤独吗？

我们所看到的宇宙是真实的样貌吗？

1  
Chapter.



## 一、宇宙是我们想象的那样吗？

在公元前3世纪，大概相当于我国历史上的战国时期，古希腊的先哲埃拉托斯特尼斯（Eratosthenes，希腊语为Ερατοσθένης）通过观察海上的船只发现我们人类的居住地为一个巨大的球体。埃拉托斯特尼斯当时居住在希腊殖民地埃及的亚历山大里亚，他听许多商队的人讲，在尼罗河的上游距亚历山大里亚5 000斯塔迪的塞恩城（stadia，古希腊的长度单位，1 stadia约等于1/9英里，相当于185米，塞恩城可能是现今的阿斯旺），在夏至正午时分，太阳直悬在天空中，凡是直立的物体都没有影子。这一现象引起了埃拉托斯特尼斯的兴趣，他到塞恩城实地测量太阳与地面的角度，发现阳光几乎成垂直角度地照射地面，而在亚历山大里亚的太阳光与地面倾斜了7°。他假设在塞恩城引一条平行阳光的直线到地心，在亚历山大里亚向地心方向引一条垂线，两条线的夹角同样等于7°，7°大约是圆周的五十分之一，亚历山大里亚距离塞恩城为5 000斯塔迪，通过简单的数学计算，埃拉托斯特尼斯得出地球的周长大约为257 000斯塔迪，相当于47 000公里。埃拉托斯特尼斯对地球的测量与现代数值较为接近，这是人类历史上第一次理性地认识和测量我们居住的星球。

许多科普书籍都让我们了解到，人类与其他物种栖息在直径约为13 000公里的地球上，地球质量约为6万亿亿吨，地球只是围绕太阳运转的4颗由岩石组成的内行星之一。太阳是我们这个小小的星系中心，太阳之所以成为中心是因为它拥有很大的质量，太阳的直径约为140万公里，质量是地球的33万倍，太阳拥有太阳系中98%的物质，剩余的物质组成了水星、金星、地球、火星、木星、土星、天王星、海王星和冥王星，以及范围宽广的科伊伯（Kuiper）陨石带，还有更为遥远的奥尔特星云。地球距离太阳约有1.5亿公里，这个长度在天文学界称为1个天文单位（AU），冥王星的轨道距离太阳大约有40个天文单位，而奥尔特星云的中心距太阳大约有5万个天文单位。

我们的太阳系似乎非常广阔，你日常所看见的太阳、行星、彗星以及小行星等只占到太阳系空间的数万分之一。通常我们看到的太阳系结构图，太阳周围的行星一颗接着一颗，制作者只是为了方便，将整个太

阳系绘制在一张纸上。如果按照太阳系的实际比例绘制，太阳系的结构图就只能印制成为数百米长的折页图。如果将太阳按照网球大小绘制，地球就只有芝麻大小，土星则应该在300米之外，冥王星的位置则远在2.5公里处，太阳系边界的奥尔特星云（以荷兰天文学家Jan Hendrik Oort命名）就会在更加遥远的位置上。我们想象一下，如果将我们的地球看成一个网球，那么整个太阳系便只有地球那么大，如此说来我们的太阳系真是太大了。

当我们庆幸太阳系多么广阔时，现代天文学理论告诉大家，太阳系在整个宇宙中只是沧海一粟。银河系大约有2 000亿~4 000亿个太阳一样的恒星，太阳处在银河系银盘的外三分之一的位置上，与其他恒星一起围绕银河系的中心运行，绕行一周大约为2.2亿年，太阳的运动速度约为250公里/秒，太阳的运动方向被称为“太阳向点”，目前太阳正在向着武仙座与天琴座的边界方向运行。

宇宙实在太浩瀚了，即使我们用“天文单位”测量银河系也很不方便，这如同用“公升”测量整个地球上的海洋那样显得单位过小。科学家重新设置了一个天文学中使用的长度单位“光年”，即光线行进一年的距离。光线在真空中每秒行进约30万公里，1光年约为9.5万亿公里，相当于63 240天文单位，而银河系的直径约为10万光年，也就是光线从银河系的一边到达另一边需要10万年的时间。而我们的太阳系仅有1%光年，大家此时可能觉得银河系实在太大了吧，但是事实上银河系只是宇宙中偏居一隅的小角落。银河系在宇宙中属于漩涡状星云，银河系与附近的大、小麦哲伦星云，以及其他约3 000个星系共同组成了室女星系群，宇宙中类似室女星系群一样的巨大星系团估计有500亿~1 000亿个。

星系群之间的空间距离大约有500万光年，这些星际空间基本上空无一物，甚至连气体和尘埃都非常稀少。我们感叹宇宙的空间如此辽阔，但在地球上用天文望远镜观察，在夜空中任何一个方向的视野都有上万个星系，据科学家推测，人类借助天文望远镜可以观测的星系大约有40亿个之多。

宇宙的空间的确恢宏巨大，宇宙拥有几乎数不清的星系、云团和星团，而每一个星系又有数百亿个像太阳一样的恒星，那么究竟宇宙共有

多少颗恒星呢？现代科学还无法精确地告诉你。不过有人估计宇宙中恒星数量大概与地球上的沙粒数量一样多，如果你能够数清地球上的沙粒，那么你就可以得知宇宙中恒星的数目了。当然，这样估计宇宙中存在的恒星数量显得过于乐观并且没有多少根据。

人们时常会发问：科学研究的终极目的是什么？创造人类美好的未来当然是一个非常好的答案，但这个答案也许只是含混模糊地敷衍。我认为拓展人类的视野应该是科学研究的终极目的！纵观科学的发展历程，人们发现了地球上新的陆地，发现了地球构造的演化史，发现了微观世界存在的生命现象，观察到太阳系及银河系的结构，理解了分子、原子结构及发现了部分亚原子粒子，但目前的科学研究对整个宇宙以及亚原子世界还知之甚少。那么宇宙的范围究竟有多大？宇宙中有多少个星系？宇宙中的物质总量究竟有多少？对于这些问题还没有人能够依靠科学依据进行回答，虽然科学家们只能提供一些粗略的估计值，但这正是促进科学研究发展的动力。总之，宇宙的范围非常恢宏辽阔，宇宙的范围远远超出了我们的想象。

宇宙的辽阔范围真是令人难以置信，在这广袤的星际空间中存在如此众多的星系、恒星，每一个恒星或许都可能拥有像太阳系一样的空间和行星，那么组成恒星和行星的物质究竟有多少？我们知道原子是物质组成的基本成分，原子构成分子，分子的聚合形成岩石、水、气体等所有物质。现代科学对宇宙中形成恒星的物质质量有一个粗略的估计，整个宇宙大概共有  $10^{85} \sim 10^{86}$  原子，但不会超过  $10^{86}$  原子数。这种科学计数的数值非常非常庞大，就是1的后面有86个0的巨大数值。

在如此浩瀚辽阔的宇宙中存在数量庞大的星系群，而星系群又有成百上千个星系，一个星系拥有多达数百亿颗恒星，而我们的太阳只是数量众多的恒星中一颗非常普通的小型恒星，从任何角度来看我们地球的位置都毫不起眼。我们知道地球是围绕太阳旋转的第三颗行星，而这个运行轨道正好属于孕育生命及繁衍成长的适温区。通过现代科学的观测研究，我们的太阳系处在银河系星盘的外三分之一处，距离银河系的中心大约有2.6万光年，银河系处于室女星系群某一个角落中。假如从某个遥远的星系观测我们的银河系，银河系可能会被其他邻近众多星系的光芒所掩盖。如果某一个系外的智慧生物试图观测银河系中的太阳，即使

他们的科技水平已经远远超出今天的人类，在星光璀璨的银河系中寻找太阳，那也如同在大海捞针一样地困难；如果他们中的某个卓越者试图探测太阳系中行星上的生命现象，这与他们观测银河系相比，困难程度将增加无数倍，因为任何行星的微弱映射光点会完全淹没在众多恒星的璀璨光芒之中。我们人类和众多生物赖以生存的地球只是太阳系中很小的行星，并且围绕太阳的适温层运行，依靠太阳汲取能量使得生命能够延续，地球既不是太阳系的中心，同样太阳系也不是银河系的中心，我们的银河系也只是超室女星系群中一个普通的漩涡星系，因此我们人类在宇宙中所在的位置没有任何特殊可言。

那么宇宙的范围究竟有多大？被大多数宇宙学家认可的一个观点是：目前宇宙依然处于暴涨期！就是宇宙的范围仍然在快速增长，那么宇宙有多大的体积？达到多少立方光年的体积范围？非常遗憾！因为时至今日还没有任何科学家能够确定地回答这个问题。但是，有一个类比可以借鉴，你在地球上可以看到地球表面的范围相当于人类目前已经观测的宇宙范围，而宇宙的空间范围也许有太阳系那么大！

人类在地球上已经演化许多万年了，早期的人类努力地适应地球环境的变迁，每一个人类个体尽力增加后代的生存机会，使自己的遗传基因得到延续。后来人类可以有限度地改善生存环境，并且利用已经掌握的科学技术观测和研究宇宙，当然这一过程极为漫长。在6 500万年之前因一颗直径10公里左右的小行星撞击墨西哥湾，导致地球上演一场生物大灭绝悲剧，使得恐龙和另外80%的生物物种灭绝。如果要问这场小行星撞击地球究竟好不好，这要看对谁而言！撞击事件无疑对整个地球生物来说是一场浩劫，但是可以想到的是，如果没有这次小行星撞击的话，世界上各大陆仍然会遍布着各种恐龙，我们人类的祖先将不会有任何机会进化成为今天的人类，主宰地球。

人类经过漫长的进化历程并且逐渐成为地球的主宰，长久以来我们人类自以为是宇宙中唯一的智慧精灵，这种心理的形成极为复杂，例如宗教就是原因之一。从1460年起，历史上的先哲们就开始试图纠正人类优势心理的错误，例如尼古拉斯·哥白尼（Nikolaus Copernicus）在去世的同年出版了耗费他毕生心血的《天体运行论》，在书中提出以下几个观点：1. 宇宙没有中心；2. 地心并不是宇宙的中心；3. 太阳系的中心在

太阳附近；4. 地球到太阳的距离和地球与太阳系之外的星球的距离是完全不可比的；5. 地球的自转是我们平时看到星辰围绕天际旋转的原因；6. 我们看到的行星们向后退的现象是由地球的运动造成的。意大利科学家、自然哲学家乔尔丹诺·布鲁诺（Giordano Bruno），捍卫并且积极传播哥白尼的太阳中心理论，著有《论无限宇宙和世界》。哥白尼和布鲁诺彻底颠覆了托勒密的地球中心论体系，而在此之前的1500年间，托勒密的地球中心体系是当时社会公认的“真理”。哥白尼的太阳中心理论同时也撼动了当时的许多宗教教义和逻辑本质，严重违反了当时社会的价值体系。日心学说将地球列入水星、金星、火星、木星和土星等行星系列，地球只不过是太阳系中一颗普通的行星。布鲁诺成为历史上最著名捍卫科学真理的殉道者，他于1592年被“宗教裁判所”判为宗教异端而入狱，1600年被烧死在罗马的鲜花广场。

直到今天，人类依然还处于这种心理的惯性期，如果你有兴趣关注一下周围的人，依然还有许多人沉迷于星座游戏之中。星座充满了神话、占星术等超自然内容，它源于托勒密的地球中心体系，地心学说认为天球26 000年围绕着地球转动一整圈，星座似乎不仅可以展现过去，还可以预示未来。随着科学技术的进步和人类对宇宙认知的发展，占星术在500年前就应该消亡，但遗憾的是它现在仍旧影响着一部分人们的思想和行为。虽然人类总是喜欢将自己置于优势的中心地位来主导一切，无论是在科学探索上，还是在追逐权力及社会活动上，均是如此。然而事实上，我们的地球在辽阔、无尽的宇宙中偏居一隅，人类在宇宙之中不但没有任何独特优越的位置，而且只是太阳系中一个小小行星上生存的一个物种。尽管人类创造了文化和文明，运用科学技术开阔眼界、探知宇宙，但我们人类终究只是宇宙历史长河中的匆匆过客。毕竟地球上已经出现过许多次生物大灭绝事件了，6 500万年之前的恐龙灭绝灾难也许就是我们人类的前车之鉴。

## 二、在宇宙之中我们人类孤独吗？

曾经有许多人问我：宇宙中真的有外星人吗？我通常只是用最简要的语言说：“有！但人类永远不会知道他们。”在我们的生活中总是看到某

些书籍、小册子叙述有关不明飞行物（UFO）的内容，甚至还会偶尔听到什么人与外星人有过一面之缘等诸如此类的事情。我们人类不知道地外生物是否已经掌握非常先进的科技，能否穿越浩瀚的宇宙、极为广阔的星际空间抵达地球。最近的阿尔法人马座的比邻星与我们地球的距离为4.22光年，假如阿尔法人马座有地外生物，即使他们的宇宙飞船以光速航向地球也需要4年3个月的时间，但一艘巨大的宇宙飞船不可能达到或者接近光速。根据爱因斯坦的狭义相对论原理来看，光速是宇宙的极限速度，也就是说宇宙中没有任何物体可以超过光的速度，即便是很小的质子也难以达到光速。

人类目前建造的航天器最高速度也只有5万公里的时速，这只达到光速的二十万分之一，即便地外生物的科技远远超过人类，他们的宇宙飞船速度能否达到光速的千分之一仍然值得怀疑。在宇宙中存在的4种基本力：引力、电磁力、弱核力和强核力，我们人类的宇宙飞船使用电磁力作为动力，而电磁力的能效很低，为了使航天器脱离地球的引力，其速度至少需要达到11.2公里/秒的速度，因此航天器的助推火箭相应地消耗大量的燃料，反过来提供动力的大量燃料又加大了航天器的质量负载。人类目前还没有掌握使用核力作为航天动力的技术，人类还没有能力控制强核力能量的持续释放，难以将核聚变反应控制得如同核裂变一样，进行持续释放能量的链式反应。对核聚变反应的控制是人类目前科技上不能解决的难题，相信读者中有致力科学研究的人将来会解决这些难题。

假如地外生物的先进科技可以使他们的宇宙飞船速度达到光速的千分之一，那么距离我们最近的阿尔法人马座的外星人前往地球的漫长旅程也需要4 200多年。地外生物的长相我们不知道，如果他们属于智能生物，那么他们一定遵循生命的遗传和生长规律，他们的寿命一定有一个限度，或许他们的寿命可以长达300地球年，那也只是前往地球旅程的1/34时间。另外，不论他们前来地球的目的是什么，即使如同某些人想象的那样，他们试图满足权力欲望而统治地球；或者满足贪婪前来掠夺地球资源；或者在强烈的好奇心驱使下前来探望地球上的“远房亲戚”，他们也不会耗费数千年的时间进行漫漫征程。哎呀，差点忘了，地外生物是不是也像地球上的生命一样是软绵绵的？或许也是由细胞和细胞间

质组成的有机体？但是可以肯定的是，地外生物一定是有机体，他们必然要与外界进行能量和物质交换，生物化学反应的机体环境应该是液态水或者类似的液态介质，这样的生物有机体难以承受极大的重力加速度。如果他们的宇宙飞船速度产生的重力加速度超出生命的耐受极限，其结果就是生命会在飞船启动后死亡。在量子力学中有一种叫菲茨杰拉德—洛伦茨收缩理论，名字很拗口，其意思是“一种运动中的物体结构沿运动方向被压缩的效应”。表达长度收缩的公式为：

$$L' = \sqrt{1 - \left(\frac{v}{c}\right)^2}$$

$L'$ 为收缩的长度， $c$ 表示光速， $v$ 表示运动速度。根据菲茨杰拉德—洛伦茨收缩的公式计算，如果物体分别以光速的50%、90%和99%运动，物体的长度分别将会缩短为静止时长度的86%、45%和14%。这种现象是爱因斯坦通过狭义相对论证明麦克斯韦电磁方程所隐含的平移对称性的逻辑结果，菲茨杰拉德—洛伦茨收缩效应已经被大型强子对撞机证实，现代物理学家通过超级闪光纳米显微镜观察到被加速到光速的99%时，质子的结构发生明显改变。超级闪光纳米显微镜使用的波长为 $\gamma$ 射线，它比普通光学显微镜的波长短许多倍。质子属于亚原子微粒，如此细微的物质微粒都因为运动而发生结构收缩的改变，如果地外生物固执地一定想要探析我们的地球，那么地外生物为了赶时间乘坐超高速的宇宙飞船前往地球，也许到达地球之后，我们人类发现地外生物怎么会是一摊“肉酱”。

且慢！如果地外智慧生物能够制造出前往我们地球的飞行器，那么它们一定可以想到一个既简便，又容易的方法，就是降低飞行器的加速度，延长加速时间，这样就可以减轻加速度对乘客的不利影响。

如同地球不是宇宙的中心一样，我们人类肯定不会是宇宙中的唯一智慧精灵。在太阳系行星中虽然只有地球孕育出生命，似乎地球独特的环境在太阳系极为特殊，但是在浩瀚的宇宙之中类似地球适合生物演化环境一定还有很多。美国天文学家弗兰克·德瑞克（Frank Drake）在1961年11月的搜寻地外文明会议上提出了一个著名的公式：

$$N = R \times f_p \times n_c \times f_i \times f_l \times f_c \times L$$