J. N. 伊斯拉姆 著

# 宇宙的结局

科学出版社

P159
05

# 宇宙的结局

J. N. 伊斯拉姆 著

周爱华 杨 建 译

科 学 出 版 社

1988

## 内 容 简 介

古往今来，神奇的宇宙引起了多少人的遐想！宇宙有终了吗？宇宙的结局是怎样的？这类问题与宇宙有没有起源和宇宙是如何起源的一类问题一样一直是人们努力探索的问题．本书就是介绍科学家对这些问题的研究结果．从宇宙的目前状态和宇宙的大尺度结构开始，推测宇宙的未来演化和可能的结局．本书内容还包括恒星演化、白矮星、中子星、黑洞、类星体、宇宙背景辐射、生命和文明世界的未来等等的介绍．书后附有术语解释．

本书不用数学公式，内容丰富、文字简炼、引人入胜，适合于中等以上文化水平的读者阅读．

Jamal N. Islam

THE ULTIMATE FATE OF THE UNIVERSE

Cambridge University Press, 1983

宇宙的结局

J. N. 伊斯拉姆 著

周爱华 杨 建 译

责任编辑 方开文

科学出版社出版

北京朝阳门内大街 137 号

中国科学院印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

*

1988年7月第一版 开本：787×1092 1/32

1988年7月第一次印刷 印张：4 5/8

印数：0001—3,300 字数：100,000

ISBN 7-03-000425-6/P·69

定价：1.25元

# 中译本前言

宇宙有终了吗？宇宙的结局是怎样的？这类问题与宇宙有没有起源和宇宙是如何起源的一类问题一样引起人们的兴趣，现代科学的发展使人类对这些问题的研究获得了不少成果．本书深入浅出地介绍了目前科学家对宇宙的未来的认识，从宇宙的目前状态和宇宙的大尺度结构开始，推测宇宙的未来演化和可能的结局．本书内容丰富，但文字简炼，引人入胜，读者看后可以对宇宙的未来和结局有一个总的了解．本书与1976年温伯格写的《最初三分钟》一书遥相呼应，一本介绍宇宙的起源，一本介绍宇宙的终了，国外书评认为这两本书是姊妹篇，而且都已被评选为优秀科普读物(《最初三分钟》已获1978年美国卡林格科普读物奖金，而《宇宙的结局》被1985年美国《科学年鉴》推荐为优秀科普读物)．《最初三分钟》已由科学出版社于1981年出版中译本，因此我们也将本书译成中文出版．近代科学才发展了三百年，科学研究是无止境的，人类对宇宙的认识还要大大发展．关于宇宙结局这样的大问题的研究和认识决不会到此为止，今后还会提出各种新的学说和获得新的观测结果，这在科学研究史上是很自然的事．这本中译本如能使我国读者了解宇宙学中这一方面的科学成就，那就达到目的了．

本书作者是数学家，数学家的作品一般是严谨有余而风趣不足，缺乏作家的生花妙笔．但是想看高级科普读物的读者与想看文艺小说的读者是不同的，前者不准备阅读过多的形容字句和情节描写，而且一般都具备一定的科技知识，因

此阅读本书不会感到枯燥无味，实际上本书并非艰涩难懂，只是科学味较强而已．内容决定形式，对于这么一本科学性强的读物来说，科学味是难以避免的．

本书原著出版至今业已五年，翻译过程中对于有些新进展和原书错漏之处，我们以译者注的形式作了说明．限于水平，译文错误或不妥之处，请读者批评指正．



此为试读，需要完整PDF请访问：www.ertongbo

# 原　序

1977年我写了一篇题为“宇宙的可能结局”的专业性论文，该文发表在英国《皇家天文学会季刊》上．许多同事认为这篇论文是引人入胜的．就在那个时候，温伯格的优秀书籍《最初三分钟》出版了．它使我想到，要是有一本关于宇宙的终了的书，是会令人感兴趣的．不久以后，天文杂志《天空与望远镜》约我把我的论文为该刊写成科普文章．该文以“宇宙的结局”为题刊登在1979年1月号上．读者对这篇文章的反应使我相信，这种题材的科普书籍不会是不合时宜的．结果就写成了本书．

我是为不具备专门科学知识的读者写这本书的．书中提到的所有专业术语和描述的所有物理过程都以我力所能及的、尽量简洁的语言作出解释．不过，我避免过分简单化．这意味着对于不具备任何科学背景知识的读者来说，需要仔细阅读本书的某些部分．但是，我希望每一位认真研读本书的人能够没有很大困难地懂得主要概念．

在本书比较一般的叙述部分，我随意使用了参考读物目录中提到的一些书籍和文章．由于这种资料是很一般的，我觉得对资料的作者不需要逐个感谢．不过，凡是可能之处，对首创新思想或进行新观测的人，我总是力求提到他们的名字．对于相当有名的以前的科学家，我在书中给出了全名和生卒年份．除了某些例外，这种资料均取自1970年版的《不列颠百科全书》．我发现该书对查找某些其他方面的资料是

有用的．对于现代科学家，我用了首字母代替名字．

首先我深切感谢戴森（F. J. Dyson）鼓励我写这本书，事实上本书的许多新的概念是他的．我也对阿塞思（S. J. Aarseth）、霍金（S. W. Hawking）、米顿（S. Mitton）、纳利卡（J. V. Narlikar）、里斯（M. J. Rees）和泰勒（J. C. Taylor）表示感谢．他们对本书各方面提出了有用的意见．我对剑桥大学出版社的成员，特别是马里恩·乔伊特（Marion Jowett）的合作致以谢忱．我非常感激玛丽·蕾丝（Mary Wraith）女士对手稿的高效率的打字工作．最后，我要感谢我的妻子苏蕾雅（Suraiya）和女儿萨达芙（Sadaf）和娜吉斯（Nargis），在本书写作期间，她们给了我不断的支持和鼓励．

J. N. 伊斯拉姆

1982 年 11 月

# 目　录


第一章　引言……1
第二章　我们的银河系……7
第三章　宇宙的大尺度结构……12
第四章　基本粒子的初窥……36
第五章　宇宙是开放的还是闭合的？……40
第六章　恒星死亡的三种途径……53
第七章　黑洞和类星体……68
第八章　星系级黑洞和超星系级黑洞……77
第九章　黑洞并非永存……84
第十章　缓慢而细微的变化……89
第十一章　生命和文明世界的未来……97
第十二章　坍缩的宇宙……103
第十三章　稳恒态学说……106
第十四章　质子的稳定性……109
第十五章　跋……123
术语解释……128
选列的参考读物……138

# 第一章 引 言

宇宙最终将是怎么样呢？自古以来，那些善于思索的人们一定曾以这种或那种方式想过这个问题．有可能以问及地球和人类的结局的方式来提出这个问题．但是，人们能够对这类问题至少可以给出似乎合理的解答，也只是在最近二、三十年内，天文学和宇宙学(把宇宙作为一个整体来研究的科学)获得了相当大的进展之后．在本书中我将尝试在现代认识的基础上提出一种答案．

为了知道宇宙遥远未来的可能变化，我们必须了解宇宙现今结构的一些情况以及宇宙是如何变成现在这个样子的．这些问题将在第三章中作略为详细的解释．在本章中，我将简单概述一下本书的内容，为读者提供一种"鸟瞰"．在以后各章中将对这一综述中提到的术语和物理过程作更详细的解释．

当考虑宇宙的大尺度结构时，星系可作为宇宙的基本单元(图 1.1)．星系是浩瀚无垠的太空"海洋"中由恒星组成的"岛屿"．一个典型的星系是大约一千亿[1](10¹¹)颗象太阳这样的恒星的集合体，这些恒星靠它们彼此间的万有引力吸引聚集在一起．我们人类居住的地球同太阳和它的行星系一起称

---

1) 本书中"billion"一词，美国人使用时意指十亿．由于在 1 后面写上 $n$ 个 0 的数通常写成 $10^n$，因此 1 billion (十亿) 是 $10^9$ 而 1 billion billion (一百亿亿)是 $10^{18}$． $10^n$ 的倒数即 1 被 $10^n$ 除的数写成 $10^{-n}$．因此 1 billionth (十亿分之一) 是 $10^{-9}$ 而 1 billion billionth (一百亿亿分之一) 是 $10^{-18}$．同样地，$10^{10^n}$ 表示 1 后面写上 $10^n$ 个 0．

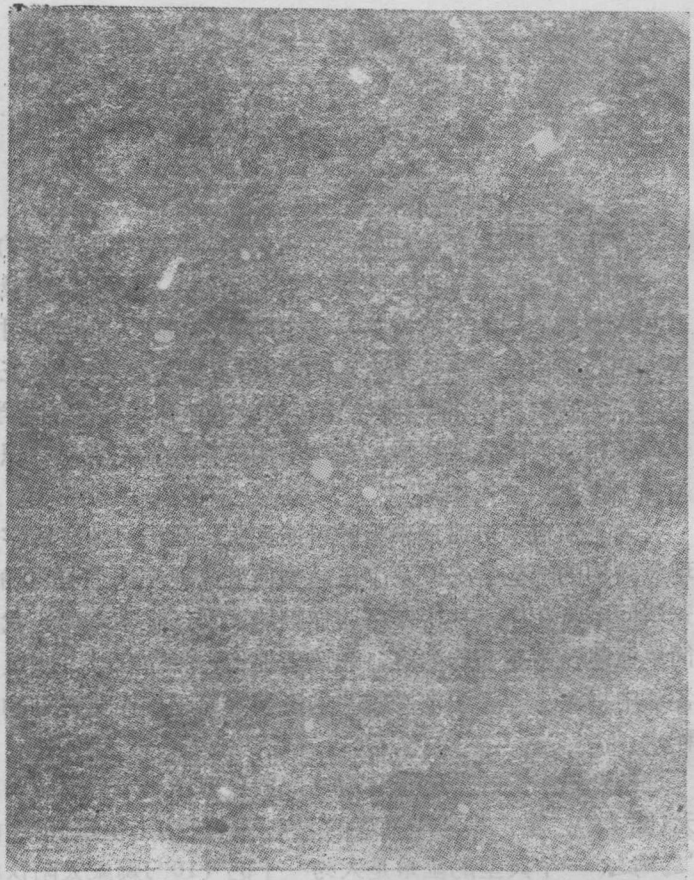

图 1.1　显示出一系列结构类型变化的天炉星座富星系团．由于成员星系的相互引力吸引，该星系团才聚集在一起．在 $10^{27}$ 年内，像这样的大星系团可能会缩小成比图中最小的星系还要小的单个黑洞．

为太阳系，我们所在的星系称为银河系．宇宙可定义为可观测到的一切星系以及与观测到的星系有因果关系的一切天体的整体．有明显的迹象表明，平均说来，在任何给定的时刻，

星系都是均匀地散布在整个宇宙中的.

观测发现,一切星系都在相互远离,所以宇宙不是静止的而是处于运动状态. 星系彼此间的退行可以认为是宇宙膨胀所造成的.根据星系相互远离的速率可以推算出,约在100到200亿年前,一切星系必定非常紧密地挤在一起. 一般认为在那时有一次宇宙大爆炸把物质剧烈地向四处抛射出去,后来这些物质凝聚成团,成为现今的星系. 星系的相互远离是初始爆炸(即所谓"大爆炸")的遗迹.

宇宙学中最重要的问题之一(对这个问题的答案尚未确切知道)是宇宙膨胀将永远继续下去呢,还是在将来的某个时刻膨胀会停止下来,并开始收缩. 永远膨胀的宇宙模型通常称为"开"宇宙,而停止膨胀并且开始收缩的宇宙模型称为"闭"宇宙. 因此,在宇宙学中最紧要的问题之一是我们究竟生活在一个开放的宇宙中还是闭合的宇宙中. 宇宙的结局依赖于对这个问题的回答. 有些迹象表明宇宙是开放的,但这个问题决不是已经解决了.

如果宇宙是开放的,那么宇宙最终将是怎么样呢? 因为宇宙的基本单元是星系,所以我们可以根据开宇宙中它在漫长演化过程中将怎样演化成一个典型星系来研究这个问题. 然后,考虑一个典型星系,星系主要由恒星组成. 一切恒星都随时间的推移而演化,并且最终要死亡,也即它们到达寿终正寝阶段. 在此以后,至少在几百亿年的时间尺度内很少发生进一步的演化. 恒星这样的最终阶段有三种状态,即白矮星、中子星或黑洞. 本书将在第六章和第七章中对这些最后阶段作详细解释.在这里,我们只要注意到下列事实就行了: 这是物质处于高度凝聚状态的几种物态,其中最为凝聚的是黑洞. 只要经过足够长的时间,在星系中的一切恒星都将死亡,也即达到白矮星、中子星或黑洞这些最后状态. 我们把处于这三



此为试读,需要完整PDF请访问: www.ertongb

种状态的恒星称为死星．处于这种情况的漫长时间是一千亿年至一万亿年之间(或许更长一些)．因此，在约一万亿年之内，星系将由死星和冷的星际物质组成，这种星际物质以行星、小行星和更小块的物质形式存在，由于它们的相互引力吸引而仍然集合在一起．当然，各种各样的星系将继续相互远离，所以星系之间的平均距离将比现在的要大得多．

星系的下一步重大变化将发生于更长得多的时间尺度上．在此时期内将从星系喷射出大量死星，这完全是由于它们与其它恒星的近距离碰撞所致．大约在一百亿亿($10^{18}$)年或一千亿亿亿($10^{27}$)年内，百分之九十九的死星可能以这种方式从星系中喷出．余下的百分之一的死星将形成一个非常稠密的核心，它最终将凝聚成一个黑洞，其质量约为 $10^9$ 个太阳质量．我们可称它为“星系级黑洞”．本段所描述的过程称之为星系的动力学演化阶段．

我曾把死星的三个最终状态定义为在几百亿年的时间尺度内很少发生进一步变化的状态．当考虑的时间尺度比几十亿年长得多时，这些最终状态是要变化的．事实上，一个具有太阳质量的黑洞在发出极其微弱的辐射，因而不断地损失它的质量．由于这种辐射过程，一个具有太阳质量的黑洞将在大约 $10^{65}$ 年内完全消失，这个时间比星系演化成一个黑洞的时间要长得多．当星系的动力学演化进行时，黑洞的这种辐射是不重要的，不过，一旦形成星系级黑洞，人们就会问星系级黑洞究竟将永远存在下去还是将经历进一步的变化．事实上，星系级黑洞将在大约 $10^{90}$ 年内完全蒸发．一个超星系级黑洞，即由巨大星系团坍缩形成的黑洞，也将在大约 $10^{100}$ 年内完全蒸发．因此，在大约 $10^{100}$ 年内，一切黑洞都将消失；而宇宙中的一切星系都将完全瓦解．这以后，宇宙将有杂散的中子星、白矮星和其他小的物质块组成，这些都是在星系动力学

演化期间从星系中喷射出来的．这些死星和物质块将在日益增大的浩瀚无垠的太空中各自游荡．

当时间尺度比 $10^{100}$ 年更漫长时，在遗留下来的物质块中，将会发生某种缓慢而细微的变化．遗留物质块的最终形式是什么？在这里我们遇到了物质长期稳定性这个关键问题，这个问题的答案还不知道．在第十章和第十四章中将讨论某些可能的答案．按照量子力学定律提出的一种可能性是白矮星和中子星将自发坍缩成黑洞，接着再蒸发．这种过程的时间尺度是 $10^{1076}$ 年！(如果我把"十亿"这个词写上十亿遍，所得到的数字比起 $10^{1076}$ 来还只是一个小数．)

在一个开宇宙中，文明世界和生命长期幸存的情况究竟如何？假定他们能够幸存的话，也几乎不可能预言最后将是什么形式的活的生物体．不过，文明世界和生命的幸存依赖于得以利用的能源如何，而后面这个问题人们是能够讨论的．在第十一章中将会看到，至少在原则上在大约 $10^{100}$ 年内将有一些合适的能源可以利用．超过这个时期，文明世界必将面临以固定有限数量的能量而无限地生存下去的问题．这是一个没有解决的问题，但是在第十一章中将考虑某些可能性．

如果宇宙是开放的，那么上面所提出的图景大概是可行的．但是如果宇宙是闭合的，那又将如何呢？假定宇宙证明是以下列方式闭合：当宇宙膨胀至最大时，星系之间平均距离约为现在值的两倍，那么将在约 400 至 500 亿年后达到这种最大．在达到这种最大后，差不多就象一部宇宙电影放映到最大膨胀后就倒放那样．在约 900 至 1100 亿年之后，宇宙将变得非常稠密和炽热，这以后不久将是所谓的"大暴缩"，在此阶段，一切物质将吞没于一次激烈的暴缩之中．在这种情形下，任何形式的生命都很少有继续生存的可能．在大暴缩以后会发生什么或者是不是再有一个"以后"了，尚是未知之天．

我要强调的是本书述及的图景是根据目前的认识水平提出的，甚至这个前提还必须有进一步的证明．本书的基础是称为标准模型的一种宇宙模型，在第三章中将对此作详细解释．我想完全可以说绝大多数宇宙学家相信标准模型在它的基本方面是正确的．不过，有极少数宇宙学家坚持这种或那种非标准模型．除了将在第十三章中对稳恒态学说作简要讨论之外，我们不在本书中涉及非标准模型．读者也会注意到黑洞在本书中占有显著位置．虽然有权威的理论和一些间接的观测推理使人相信黑洞的存在，但是至今尚未发现一个黑洞．可能有一些值得尊敬的科学家不相信黑洞，但是似乎大多数引力理论方面的专家赞同必定存在黑洞的观点．我们在本书中将假定黑洞是确实存在的．

如果我们考虑一些物理学家最近提出的可能性，即质子(一切物质的组成成份)在漫长的寿命期内是不稳定的，那么上述开宇宙的图景多少要有点改变．有些物理学家猜测，由于在第十四章中将作详细解释的那些理由，一切质子最终将蜕变．这种可能性对宇宙的遥远的未来有重要的影响，我们将在第十四章中讨论这个问题．

为什么人们对宇宙的结局关心呢？对这个问题的答案类似于为什么要攀登珠穆朗玛峰问题的答案：就是因为存在疑谜．人类思想的本质是持续不断地寻求探索新的知识领域．如同我们将在本书中看到的，宇宙和文明世界的结局是一个有趣的问题，尤其因为它向物理学、天文学、生物学和其他学科提出了一些基本问题，假如能够找到这些问题的答案的话，这些答案可能导致上述许多领域的重大进展．

# 第二章　我们的银河系

在天文学中人们使用的距离和时间尺度要比地球上使用的大．“天文学的”这个词在英语中具有某种非常大的数量的意思．当把宇宙作为整体来讨论时，人们甚至使用比普通天文学所用的更大的距离和时间尺度．在天文学中计量距离的方便单位不是公里或英里而是光年．这是光线以30万公里/秒的速度在一年中所经过的距离，一光年大约为$9\times10^{12}$公里或九万亿公里．为了得到一些有关光年的概念，让我们考虑一些熟悉的距离，同时换算成“光行时间”．地球周长约四万公里，所以光线在一秒钟内能够绕地球七圈多．从地球到月球的距离是三十七万一千公里*，所以光线从地球到月球要花1到1.5秒钟．从地球到太阳的平均距离大约是一亿五千万公里，光线穿过这段距离需8至8.5分钟．从太阳到太阳系最远的冥王星的平均距离约为五十九亿公里，光线走完这段距离大约需要5.5小时．因而一光年几乎是太阳到冥王星距离的一千六百倍．

当量度太阳系内的距离时，光年是太大了．所以天文学家也用地球到太阳的平均距离作为计量单位．这个单位称为天文单位距离**．从太阳到冥王星的距离约为39.5天文单位距离，一光年大约相当于六万天文单位距离．

---

* 应是384400公里．——译者注

** 原文为天文单位，自1984年起国际天文界改用“天文单位距离”．——译者注

天文学家常常使用另一种单位即“秒差距”来代替光年，它大约等于3.26光年．这个单位的由来是：当地球绕太阳公转时，一些最近的恒星，在非常遥远的、方向不变的星空背景上描绘出一个椭圆．这种椭圆以角秒为单位的最大角半径称为恒星的三角视差，或简称为恒星视差．能够证明以角秒为单位的这种视差的倒数就是以秒差距为单位的恒星的距离．因此，距离为一秒差距的恒星的视差为一角秒，而距离为两秒差距的恒星的视差为半角秒，其他以此类推．这是用来计算离我们最近的一些恒星的距离的一种方法．因此，离我们最近的恒星半人马座$\alpha$的视差是0.75角秒，所以它的以秒差距为单位的距离是此值的倒数，即约为1.33秒差距，这约等于4.34光年．一百万秒差距称为一兆秒差距．

在一个晴朗和没有月亮的夜晚，人们能够看到天空中几千颗恒星和那横亘于天穹的云雾一样的明亮光带．自古以来人们就注意到它，并且称为银河．我们凭肉眼看到的恒星以及通过一架普通望远镜看到的恒星，加上太阳和太阳系，都属于构成我们银河系的恒星系统．这个星系有各种各样的名称，例如银河、银河星系、我们的星系或简称银河系．事实上，英文“galaxy”这个词源自希腊词“galaxias kyklos”，意思是牛奶之路，我们通常称为银河系．银河系呈扁盘形，太阳和太阳系约位于银盘中心到边缘距离的三分之二处．当我们向银河系平面(即银道面)方向观看时，会看到比从这个平面向其他方向观看时见到的恒星要多得多．银道面内的众多恒星在天空中就呈现为一条银河．银盘的直径约为八万光年，厚约六千光年．银盘外围还有一个由恒星组成的球状晕（即银晕)，它的直径约为十万光年．银晕中的恒星密度要比银盘中的恒星密度小得多．据说是英国一个名叫赖特（Thomas Wright）的仪器制造者在1750年出版的《宇宙的起源论或新

假说》一书中，第一次提出银河是由众多恒星组成的．这些恒星分布成平板型，银河就象在板平面内延伸到远距离的一块“磨石”．

利用一架普通的望远镜，我们在天空中除了能看到恒星和银河之外，还能看到许多暗弱的云雾状亮斑．早在1781年，法国天文学家和彗星搜索者梅西耶（Charles Messier 1730—1817)出版了包括103个这种天体的星表，以便帮助其他彗星搜索者避免把这些天体误认为彗星的早期阶段．甚至现在天文学家对梅西耶星表中列出的天体，仍先写一个M，后再跟一个数字（以表示原来星表中的次序）作为它们的名字．例如作为一颗爆发恒星遗迹(后面还要更详细地讲到它)的蟹状星云被称为M1，因为它是梅西耶星表中的第一号天体．

梅西耶的称之为“星云”的天体表，后来由德国出生的英国天文学家威廉·赫歇尔(William Herschel,1738—1871)和他的儿子约翰·赫歇尔(John Herschel, 1792—1871)作了增补．威廉·赫歇尔原来是一位音乐家，于1781年发现了天王星，对那时天文学的发展曾作出重要的贡献．威廉·赫歇尔编制了包括大约二千个新星云的表．约翰·赫歇尔继承他父亲的事业，在1864年出版了包含5079个暗天体的《星云总表》．丹麦天文学家德雷尔（John Louis Dreyer, 1852—1926）对约翰·赫歇尔星表作了改进，并于1888年出版了《星云星团新总表》(在1895年和1908年又出版了补编)．该表几乎包括了一万五千个星云和星团，直到二十世纪五十年代末，它仍是一本标准著作．考虑到当时的观测是在没有使用照相设备的情况下，借助望远镜用目视方法完成的，这真是一项非凡的成就．

事实上，梅西耶星表中列出的许多天体是属于我们银河



此为试读，需要完整PDF请访问：www.ertongb