

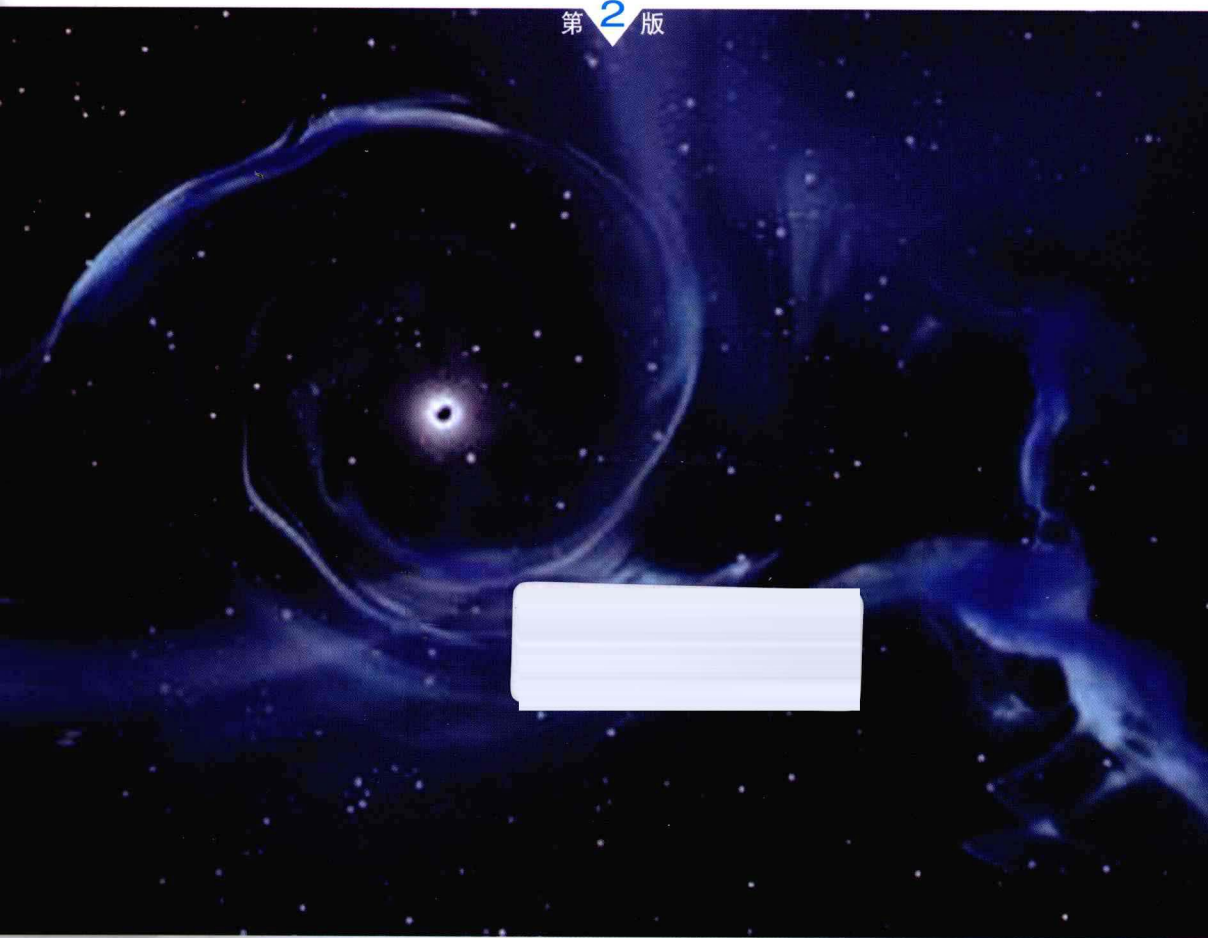
SCIENCE MASTERS

科学大师佳作系列

宇宙的 最后三分钟

[澳] 保罗·戴维斯 著
傅承启 译 赵君亮 校

第2版



上海科学技术出版社

国家一级出版社
全国百佳图书出版单位

 科学大师佳作系列

宇宙的最后三分钟

关于宇宙归宿的最新观念

(第2版)

[澳] 保罗·戴维斯 著

傅承启 译

赵君亮 校

上海科学技术出版社

图书在版编目(CIP)数据

宇宙的最后三分钟:关于宇宙归宿的最新观念/
(澳)戴维斯(Davies,P.)著;傅承启译.—2版.—上海:
上海科学技术出版社,2012.12
(科学大师佳作系列)
ISBN 978-7-5478-1591-5

I. ①字… II. ①戴… ②傅… III. ①宇宙学—普及
读物 IV. ①P159-49

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2012)第 299836 号

The Last Three Minutes: Conjectures about the Ultimate Fate of the Universe
Copyright © 1994 by Paul Davies
Chinese(Simplified Characters) Trade Paperback Copyright © 2007
by Shanghai Scientific & Technical Publishers.
Published by arrangement with Brockman, Inc.
ALL RIGHTS RESERVED.

上海世纪出版股份有限公司 出版、发行
上海科学技术出版社
(上海钦州南路71号 邮政编码200235)

新华书店上海发行所经销

苏州望电印刷有限公司印刷

开本 700×1000 1/16 印张 10

字数:200千字

2012年12月第2版 2012年12月第7次印刷

ISBN 978-7-5478-1591-5/P·15

定价:18.00元

本书如有缺页、错装或坏损等严重质量问题,
请向工厂联系调换

中文版再版前言

宇宙终有一天会死亡,这是作者保罗·戴维斯在《宇宙的最后三分钟》中阐述的科学推论。无比广袤、悠长的宇宙也有末日,似乎是骇人听闻的,也出乎许多人的意料。可能也因此吸引着读者,成为12年前该书中文版出版以来受读者欢迎的原因。12年来,该书曾被多次印刷,网络排行榜的首位也曾留有它的痕迹。于是,就有了今天的再版。

其实,宇宙的最后三分钟乃是它最初的一瞬间决定了的。大约80年前,从哈勃发现星系退行并得出宇宙在膨胀的那一刻起,宇宙的诞生与最终不可避免的死亡就成为顺理成章的结论。有生就有死,世间万物包括宇宙概莫能外。当然,这种推论的大胆超出了几乎所有人的想象,所以就有了当年爱因斯坦的宇宙学常数,这也是伽莫夫的宇宙大爆炸说最初受冷落的原因。直到40多年前,永恒宇宙的神话才为宇宙微波背景辐射的发现所彻底破除。

除了地球、恒星以及星系可能遭受到的灾变和最终命运外,本书主要描述了宇宙的两种可能结局。一种结局是宇宙无限地膨胀,最后退化而热寂,这就是开宇宙。第二种结局是“大灾变”或“大挤压”,宇宙从膨胀转为收缩最后变成大坍缩,再次回到当初大爆炸的起点,这就是闭宇宙。这两种宇宙分别对应宇宙物质密度小于或大于宇宙临界密度(约每立方米6个氢原子)的情况。因此,宇宙的最终命运决定于宇宙的总质量。当然,还存在第三种可能,

那就是宇宙物质密度等于临界密度,这就是所谓的临界宇宙或平直宇宙,这种宇宙的结局与第一种没有很大差别,宇宙学家们相信,我们的宇宙就是平直宇宙。

不过,就在本书出版的那年,情况有了很大的变化。1995年,天文学家有了一项惊人的观测发现——宇宙膨胀在加速!这是根据宇宙学距离上的超新星的观测得出的结论。这些超新星显得比现有宇宙模型得到的亮度更暗,最简洁的解释就是宇宙的尺度比预计的要更大。宇宙加速膨胀后来也为宇宙背景辐射观测以及其他观测所证实。据最新的估计,这种加速始于90亿年前。

然而,什么东西能使时空无比广延的宇宙膨胀加速?最简洁、最流行的解释就是宇宙中存在暗能量,在它的推动下,宇宙得以加速膨胀。根据2003年的卫星观测,得出充满宇宙空间的暗能量占了宇宙成分的73%。与此相反,宇宙中的物质成分仅占27%,其中近六分之五还是看不见的暗物质,而恒星、星系这类发光物质仅占4%!原来,我们的宇宙居然是“黑暗”的,组成它的主要成分是人类一无所知的暗能量以及同样不可捉摸的暗物质!暗宇宙是21世纪初最惊人的发现,它被列为21世纪最重大科学问题之首。

暗物质发现于70多年前,迄今已有许多观测证据,它的存在已没有任何的悬念。但是,暗物质的主要成分是什么仍不清楚,比较一致的意见是,大质量的弱相互作用粒子或超弱相互作用粒子可能是暗物质的主要成分,轴子、引力微子、引力子等都可能是其中的成分。而气体尘埃、行星、褐矮星、中子星、黑洞……这类重子物质则被排除在外,被排除的还有中微子,尽管现代实验已经证明中微子质量的存在。

比起暗物质,暗能量更令人难以捉摸。爱因斯坦的宇宙学常数以及所谓的第五元素两种模型是最流行的解释。宇宙学常数后

来被确认为就是真空零点能,但研究发现,真空能比暗能量大了太多,大到 $10^{60} \sim 10^{120}$ 倍的惊人程度,要是暗能量就是真空能,那么宇宙早就被它撕裂得尸骨无存了。第五元素取自古希腊认为除气水火土外组成世界的第五种基本物质,译者在此称它为本子,意指宇宙组成的本元粒子。本子必须很轻,不会成团和形成结构,还可以随时空变化。不过,现在同样没有本子的任何证据。当然,暗能量和宇宙膨胀加速的概念完全基于爱因斯坦广义相对论和现有的宇宙学理论。一旦这些理论或模型不能成立或被修正,那么一切都得推翻重来。因此,另一种流派就是认为爱因斯坦的引力理论不能推广到比超星系团更大的宇宙尺度上。只是大多数这类理论至今或等价于本子说,或不符合观测。近年来,弦论、超弦理论和膜宇宙学开始流行,也许它们能够解决暗能量的问题,但迄今还不如本子说和宇宙学常数说。

必须注意,本书描绘的宇宙的最终命运完全建立在物质主导宇宙的情况下,要是在能量主导的情况下,宇宙的命运可能完全不同。今天,宇宙在暗能量的主导下,假如宇宙膨胀加速态势永远这样持续下去,那么宇宙不再会有“悠悠岁月”,它将以更快得多的速度走向“热寂”。不过,我们不清楚暗能量的性质,也许有一天它会发生变化。事实上,已经有人宣称找到了现在的暗能量相比宇宙早期已发生变化的证据。当然,要是暗能量不断增强的话,宇宙膨胀的加速将会越来越快,那样等待宇宙命运的是“大撕裂”,一切天体包括原子都将被撕裂。反之,要是暗能量不断地变弱,宇宙膨胀加速度逐渐变小甚至变负时,宇宙又将陷入“大挤压”的可怕命运。总之,宇宙的加速膨胀,可能会完全改变宇宙最终的命运。

不管怎样,我们的宇宙终将灭亡,届时也许一个新的宇宙会重新诞生,并哺育出新的生命,并世代代在各个宇宙中衍生。在本

书再版之前,我想对关切地球、太阳系、银河系乃至宇宙存亡的读者重复作者保罗·戴维斯的话:

“宇宙的死亡也许正是为宇宙成功所必须付出的代价”。

译者

前 言

20 世纪 60 年代初,我还是个学生时就对宇宙的起源问题产生了非常浓厚的兴趣。大爆炸理论诞生于 20 年代,但直到 50 年代才引人注目。当时这种理论虽已广为流行,但远未使人信服。稳恒态学说与大爆炸理论相悖,它断然否认宇宙存在着起源问题。在半个多世纪里,稳恒态学说是最为流行的理论。1965 年,罗伯特·彭齐亚斯(Robert Penzias)和阿诺·威尔逊(Arno Wilson)发现了宇宙背景热辐射。这一发现,使大爆炸理论被更多的人所接受。那么,这能否被看作是宇宙在炽热的猛烈爆炸中突然诞生的确实证据呢?

宇宙学家们异常兴奋地在探索这一发现的意义。大爆炸 100 万年后的宇宙有多热? 大爆炸 1 年之后、1 秒钟之后情况又如何? 在原初的炽热状态中曾出现过多少种物理过程? 是否可能找到宇宙诞生时的遗物,而这种遗物还保留着当时曾压倒一切的极端条件的痕迹?

1968 年,我曾参加了一次有关宇宙学的讲座。那次讲座对我来说依然记忆犹新。在即将结束演讲时,那位教授根据背景热辐射的发现这一事实,评估了大爆炸理论。“一些理论家已开出了宇宙化学成分的清単,”他微笑了一下说道,“这份清単的根据是大爆炸最初三分钟发生的核过程。”所有的听众哄然大笑。这给人一种印象,即试图描述宇宙刚诞生时的状态似乎是极其荒谬的。甚至

就连那位异常仔细地研究了《圣经》之后宣称宇宙诞生于公元前4004年10月23日的詹姆斯·厄谢尔(James Ussher)大主教,也没有胆量列出宇宙最初三分钟所发生的事件的准确顺序。

在宇宙背景热辐射发现约10年之后,最初三分钟的理论已在大学里进行讲授,这是科学的进步。美国物理学家和宇宙学家史蒂文·温伯格(Steven Weinberg)在1977年写了一本畅销书,书名为《最初三分钟》(*The First Three Minutes*)。此书被公认为科普读物的里程碑。作为一位知名的权威和专家,温伯格在书中向世人描绘了一幅完全令人信服的宇宙起源图,包括在大爆炸之后仅仅数秒或几分钟内出现的详细过程。

当大众还陶醉于那些令人兴奋的成就时,科学家们却已在向前迈进。他们的注意力开始从对“早期宇宙”(大爆炸后数分钟)的研究转向了对“极早期宇宙”(大爆炸后极短暂一瞬间)的研究。约过了10年后,斯蒂芬·霍金(Stephen Hawking)大胆地在《时间简史》(*A Brief History of Time*)一书中提出了关于大爆炸后最初一万亿亿亿亿分之一秒时的最新观念。现在看来,1968年那次讲座结束时听众发出的哄笑显得多么无知。

随着大爆炸理论逐渐被大众和科学界所充分接受,人们越来越注重对宇宙未来的研究。我们现在已有了宇宙如何诞生的很好的概念,但宇宙将如何结束呢?它最终的命运又将如何?宇宙是否会以爆炸或抽搐的形式终其一生,或甚至永久消失?那时人类又将如何?人类或其后裔——无论是机器人还是人类自己——能否幸免于难而永复存在?

即使哈米吉多顿(Armageddon)*正好不在附近,也不可能对

* 哈米吉多顿是圣经《启示录》中3个魔鬼聚集天下众王的总称,作为世界末日的代名词或预言家——译者

这类事情不产生好奇。由于近来因人为危机的困扰,我们不得不思考现实宇宙学尺度时,我们为在地球上生存下去而奋争便成为备受欢迎的新内容。《宇宙的最后三分钟》正是一本描述宇宙未来的书。此书根据一些著名物理学家和宇宙学家的最新研究成果,并尽我们所能来对宇宙的未来作一番预测。这种预测绝非基督式的启示。事实上,经验的发展和累积孕育着空前的潜能,而宇宙的未来使这种潜能充满了希望。然而,我们决不能忽视物之有生亦必有死的事实。死亡或许正是为创生而不得不付出的代价。

这本书是为普通读者撰写的,阅读时无需具备专业知识,也不需要数学。然而,在书中我有时不得不讨论一些很大或很小的数字。使用一种简洁的数学符号来表示这些数字是很有用的,这种符号就是“10 的幂次方”。这里介绍一下它的用法。一个数,例如 1 000 亿,完整地写出来是 100 000 000 000,这是相当麻烦的事。在这个数里 1 后面跟着 11 个零,因此我们可以用 10^{11} 来表示。类似地,100 万为 10^6 , 10 000 亿是 10^{12} 。当幂指数增加时,这种符号会掩盖数字的增大速度。例如, 10^{12} 比 10^{10} 大 100 倍,前者是个大得多的数,尽管看上去它们几乎相同。也可以用 10 的负幂指数来表示很小的数。例如,十亿分之一,即 $1/1\ 000\ 000\ 000$ 可写成 10^{-9} ,因为这个分数的分母为 1 后面有 9 个零。

最后,我要忠告读者,本书无疑在很大程度上是推测性的。宇宙的基本演化图像是建立在相当科学的基础上的,它先从大爆炸起源,随后膨胀并向某种物理终态退化冷却,或可能是灾变性地坍塌。但是,对于在所涉及的无限时标上可能会出现什么样的起支配地位的物理过程我们还很不清楚。天文学家对普通恒星的总体命运已有清晰的观念,对中子星和黑洞的基本特征也理解得越来越深刻。但是,如果宇宙能存在好几万亿年或更长的时间,或许会

存在一些非常微妙的、我们仅能推测其存在的物理作用,而这种作用最终会变得极为重要。

既然我们面对着因对自然规律一知半解而产生的问题,试图推演宇宙最终命运的最好方法就是,利用现有最完善的理论来演绎出合乎逻辑的结论。然而问题在于,许多与推测宇宙最终命运有重大关联的理论仍有待于实践的检验。我在这里讨论的一些物理过程,如引力波发射、质子衰变和黑洞辐射等,虽然理论家已深信不疑,但这些过程至今尚未观测到。更重要的是,毋庸置疑还存在着一些我们一无所知的其他物理过程,这些过程或许会大大地改变我的结论。

这些不确定因素在技术领域以及宇宙智能生命的作用方面显得更为突出,在这一点上,我们将一起进入科学幻想的王国。不仅如此,我们还不能忽视这样一种情况:经过千秋万代之后,生命体或许能极大地改变空前巨大尺度上物理系统的特性。在本书中,我打算把宇宙中的生命体作为一个议题,这是因为就许多读者来说,对宇宙命运的关注是与他们对人类及其后裔的命运的关注紧密相连的。我们应该始终记住,科学家们还远没有真正认识人类意识的本质,以及能容许意识活动在宇宙遥远的未来继续下去所必需的物质需求。

在编写本书时,我曾与约翰·巴罗(John Barrow)、弗兰克·蒂帕勒(Frank Tipler)、贾森·特瓦姆利(Jason Twanley)和罗杰·彭罗斯(Roger Penrose)就本书的主要内容进行了有益的探讨,在此表示诚挚的谢意,并要感谢本系列丛书的编辑杰里·莱昂斯(Jerry Lyons)对书稿一丝不苟的评阅。

目 录

第一章 “世界末日”	1
第二章 走向死亡的宇宙	9
第三章 最初三分钟	19
第四章 恒星的末日	35
第五章 黑夜降临	47
第六章 给宇宙过磅	63
第七章 悠悠岁月	77
第八章 慢道上的生命	93
第九章 快道上的生命	111
第十章 暴卒与再生	121
第十一章 世界无尽头吗	135

第一章

.....

“世界末日”

日期：公元 2126 年 8 月 21 日，世界末日。

地点：地球。

绝望的人们在整个星球上四处寻觅藏身之处，数以十亿计的人已走投无路。一些人绝望地在寻找废弃的矿井、洞穴，甚至潜水艇，恐慌之中想在地下深处找到逃生之地，但另一些人却毫不在意，他们横冲直撞，杀气腾腾。然而，大多数人只是静悄悄地痴痴坐着，等待死神的降临。世界末日来临了。

高空中，一道巨大的闪电印在天幕上。初时，一条轻絮般细管形辐射状星云逐日膨胀，形成一股气旋，翻滚着向空寂的天宇涌去。长条形气旋的顶部是一个外形狰狞、令人恐惧的黑团，这是一颗彗星，虽然头部不大，却携带着与其很不相称的、具有毁灭性的巨大能量。它夹带着 1 万亿吨冰块和岩石，以每小时 6.4 万公里，即每秒近 18 公里的惊人速度逼近地球。

人类唯一能做的就是坐以待毙。面对着已注定了的命运，科学家们早就抛弃了他们的望远镜，悄然地关上计算机。对灾难无休止的模拟，结果仍然模棱两可，而他们的结论又使人惊恐万分，无法公之于世。一些科学家利用普通老百姓所没有的尖端技术优势，精心准备好了逃生计划。另一些科学家则打算尽他们所能来仔细观察这世界的末日，并把观察数据传至深埋于地球内部的时代信息密封器，他们在最后一刻，仍然起到一个真正的科学家应起

的作用。

撞击时刻临近了。全世界成千上万的人都在紧张不安地看着手表。这正是宇宙的最后三分钟。

爆心投影点正上方的天空被劈开了，掀起几千立方公里的气浪。一条比城市还宽的灼热火焰沿弧线冲来，15分钟之后急速击中地球。一万次地震才具有的巨大力量使地球不停地震颤。空气被挤压而产生的冲击波横扫地球表面，沿途所有建筑被夷为平地，一切的一切都被碾成粉末。撞击点周围的平地升起一个几公里高的液态环形山，在100多公里直径的撞击坑穴中，地球内层暴露无遗。熔岩壁波浪式地向外涌出，地面颠簸起伏，犹如一条因受拍打而缓慢蠕动的毛毯。

坑穴内部数以万亿吨计的岩石被汽化，而数量比这多得多的物质则被高高抛起，其中一部分直接抛入太空，更多的则被扔过半个大陆，暴雨般地撒落在数百乃至数千公里以外。受害之地万物尽遭严重毁坏。急射而出的熔岩一部分会落入大洋，激起巨大的海啸，从而加剧了悲剧的蔓延。大量的尘埃碎屑在地球大气中飘散，导致全球遮天蔽日。不过，当抛入太空的物质返回大气层时，照射地面的将不是阳光，而是由数以十亿计流星所发出的炫目不祥之光，这种强光所带来的无情的酷热将使大地变为焦土。

上述景象也许会发生，也许并不会发生。天文学家已经算出，一颗名为斯威夫特—塔特尔(Swift—Tuttle)的彗星，在公元2126年8月21日与地球相撞的概率为百万分之一。假若真的发生了，全球性的毁灭是不可避免的，全部人类文明便有可能毁于一旦。要是没有相撞，人类便会宽慰地舒一口气，并安心返回工作岗位。但是，斯威夫特—塔特尔彗星或者别的某个类似的天体早晚会撞击地球。人们作过估计，至少有2万颗直径为半公里或更大一些的

天体的运动轨道与地球轨道相交。这些天外来客起源于寒冷的太阳系外部区域,有些来自位于火星和木星之间的小行星带,另一些则是彗星的残骸,后者可能是从一个极其巨大的碎片团中分离出来的。这个碎片团距太阳约 1 光年之远,称为奥尔特(Oort)云,它是以荷兰天文学家奥耳特的名字命名的。

许多这类天体所能造成的破坏比全世界所有核武器所能造成的破坏的总和还大。因此,问题仅在于某个天体撞击前人类究竟还有多少时间作准备。要是真的发生这种事,对人类来说将是个糟透了新闻:人类的历史将会发生前所未有的突发性中断。然而,对地球来说这只是件颇为寻常的事。平均说来,这种量级的彗星或小行星撞击地球的事件每几百万年便会发生一次。人们普遍认为,6 500 万年前的一次或数次这类事件的发生结束了恐龙时代。下一次轮到的可能就是人类了。

对世界末日深信不疑的观念深深扎根于大多数宗教和文化之中。圣经《启示录》中有一段关于死亡和毁灭的生动描写:“又有闪电、声音、雷轰、大地震。自从地上有人以来,没有这样大、这样厉害的地震……列国的城池都倒塌了……,众山也不见了。又有大雹子从天落在人身上,每一个约重 1 他连得。因为这雹子的灾难极大,人就亵渎上帝。”*

宇宙中到处都有剧烈活动,地球只是宇宙中一个微不足道的天体,因而地球上以前很可能发生过许多可怕的事情。不过,我们的行星保持适宜生命的环境至少已有 35 亿年了,因而宇宙并非完全充满敌意。

我们在地球上得以生存的秘密在于空间——巨大无比的空

* 该段引自《新约全书》启示录的第十六章。文中 1 他连得即 100 磅,约 45 千克——译者

间。我们太阳系只是在茫茫宇宙海洋中的一个极小的活动岛。距太阳最近的一颗恒星远在4光年之外。为了认识一下这段距离有多远,想一想光只需8分半钟就可从太阳超越约1.5亿公里到达地球。而在4年的时间内,光将越过37万亿公里的距离。

太阳是我们的星系——银河系中一个典型区域里的一颗典型恒星。银河系约包含1000亿颗恒星,它们的质量从太阳质量的百分之几到太阳质量的100倍。这些恒星,连同许多气体云和尘埃,还有不计其数的彗星、小行星、行星及黑洞一起,缓慢地绕银河系中心旋转。只要考虑到银河系可见部分的尺度达10万光年这一事实,这个巨大的天体集团就不会给人以银河系处处拥挤不堪的印象。银河系的形状像个盘子,中心部分鼓起,几条由恒星和气体组成的旋臂从中心向外伸展。我们的太阳位于一条旋臂之中,离银心约3万光年。

据目前所知,银河系毫无特殊之处。在仙女座方向上有一个名叫仙女星系的类似星系,它位于距地球200万光年之远处,看上去像个模糊的光斑,肉眼勉强可见。点缀在可观测宇宙中的星系有好几十亿个之多,有的呈旋涡状,有的呈椭圆形,也有的很不规则。它们的距离非常遥远。高倍望远镜能够观测到几十亿光年远的单个星系的像。某些星系发出的光到达我们这里所需的时间比地球的年龄(40亿年)还要长。

这样大的空间意味着宇宙中碰撞是罕见的。对地球的最大威胁可能来自我们自己的家园。小行星的轨道一般不靠近地球,大部分小行星都位于火星和木星之间的一条带上。但是,木星的巨大质量会干扰小行星的轨道运动,偶尔将其中某个小行星推向太阳,从而对地球构成威胁。

另一种威胁来自彗星。人们认为,这些看上去很壮观的天体