

“人与地球的明天” 科普书系

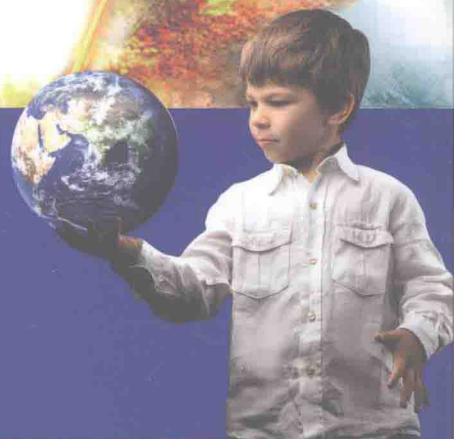
破解“末日谜题”

地球的生命轨迹

北京地质学会 刘学清◎主编
程捷◎著



中国科协繁荣科普创作资助计划资助
北京科普创作出版专项资金资助



地球上的生命终将结束，这是人类不得不面对的一个现实。我们不断面临各种各样的威胁，从全球变暖、大海啸、超级火山爆发和下次冰期的到来……哪些迫在眉睫？哪些属于遥远的未来？这套书将为你一一解读这些地球深藏的奥秘。

北京出版集团公司
北京出版社

“人与地球的明天” 科普书系

破解“末日谜题”

地球的生命轨迹

北京地质学会 刘学清◎主编
程捷◎著



中国科协繁荣科普创作资助计划资助
北京科普创作出版专项资金资助



北京出版集团公司
北京出版社

图书在版编目(CIP)数据

破解“末日谜题”：地球的生命轨迹 / 程捷著. —
北京：北京出版社，2012.5

(“人与地球的明天”科普书系)

ISBN 978-7-200-09239-4

I. ①破… II. ①程… III. ①地球科学—普及读物
IV. ①P-49

中国版本图书馆CIP数据核字(2012)第059735号

版权声明：因编辑时间仓促，未能与本书收录的部分图片作者取得联系，请作者见书后，
与北京出版社联系，我们即奉上稿费。

联系人：孙女士

联系地址：北京市北三环中路6号北京出版社 5019房间

联系电话：010-58572538

“人与地球的明天”科普书系

破解“末日谜题”

地球的生命轨迹

POJIE“MORI MITI”

程捷 著

*

北京出版集团公司 出版
北京出版社

(北京北三环中路6号)

邮政编码：100120

网址：www.bph.com.cn

北京出版集团公司总发行

新华书店经销

北京京都六环印刷厂印刷

*

880毫米×1230毫米 16开本 7.25印张 87千字

2012年5月第1版 2012年5月第1次印刷

ISBN 978-7-200-09239-4

定价：16.80元

质量监督电话：010-58572393

“人与地球的明天” 科普书系 编委会

编委会主任：刘学清 赵 彤

编委会成员：邓乃恭 张 梅 李 佳

赵 佳 李 潇

“人与地球的明天”科普书系给我一个意外惊喜：一套优秀的地球科学科普丛书终于面世了，当前正好急需这种让人赏心悦目的精神食粮。

这套丛书无疑是经过精心策划的，内容充实，涵盖面广泛，语言生动，是集知识性、科学性、趣味性于一体难得的精品读物。

浩瀚宇宙、广袤地球是如此奇妙。一位哲人曾经说过：“宇宙之真正奇妙正在于它竟是可以被人类认知的。”尽管仅经历了数百年的科学研究，人们的认知还很肤浅，但已经获得了众多举世瞩目、令人振奋的科学新知。例如，从星云说到宇宙大爆炸的宇宙成因说的确立；从太阳系和地球的形成演化，到生命和人类的进化和起源；从地球的多圈层构造，到大陆漂移、海底扩展和板块构造的证实；从地壳的岩石、矿物，到多姿多彩的地貌景观；以及令世人饱经忧患的地质灾害和地质环境等等。我们也感受到认识自然的艰辛与曲折，人类只有在不断否定和修正错误的过程中，才能得到真知灼见。“人与地球的明天”科普书系对这些方面都作了充分而生动的表述。

难能可贵之处更在于，丛书传达了当今人类最先进的自然观：只有一个地球——迄今人类赖以生存的唯一家园，人们应像爱护眼睛一样爱护地球；要了解地球、敬畏地球、热爱地球和感恩地球；践行“可持续发展”的科学理念，弘扬人类与自然和谐发展的精神。

因此，这套地球科学科普丛书是非常值得我们认真研读的好书。

欧—阳—自—远

2012年5月22日

欧阳自远，著名的天体化学与地球化学家，中国月球探测工程的首席科学家，被誉为“嫦娥之父”，中国科学院院士、第三世界科学院院士、国际宇航科学院院士。



目录

MULU

宇宙与太阳系的起源	1
星光灿烂的宇宙	1
哈勃的发现	4
宇宙原来是很小的	6
太阳系的诞生	9
地球的诞生	13
地球的物质从何而来	13
地球的圈层是如何形成的	15
地球上的水来自何方	21
地球的年龄有多大	23
怎样才能测得地球的年龄	23
如何知道地球的过去呢	27
地球发展阶段的划分	29
灼热的婴儿时期——冥古宙	32
地球表面就是一个“火海”	32
炽热的大气	34
沸腾的海洋	35
荒凉的童年时期——太古宙	37
大气降温了	37
海洋——生命的摇篮	38
荒凉而孤独的陆地	40
活动起来的地壳	42
澎湃的青年时期——元古宙	43
陆地 在长大	43
漂移不定的陆地	45
生命喧嚣的海洋	47
生命的宇航服——富氧的大气	49
“雪球”地球	52
辉煌的中年时期——显生宙	54
地球的“脾气”喜怒无常	54





大陆好聚好散吗	58
中国何时大江东流	61
走路去台湾	63
地球上的生命何时诞生	67
生命来自何方	67
最早的生命	69
地球早期的生命形式	71
地球的拓荒者——蓝绿菌	71
孤独的生命	73
生命在海洋中发展	74
灾难之后的海洋	74
澄江动物群化石	75
繁忙的海洋	77
鱼类的时代	80
生命的冒险——从海洋到陆地	82
谁最早登上陆地	82
最早登陆的动物	84
蕨类植物的发展时代	86
恐龙的时代	88
生物繁盛的新时代	93
人类的诞生	95
最早的人是什么样子	95
人为什么要站立	97
人类为什么会制造石器	98
人类的发展	100
地球的使用寿命有多长	103
谁决定了地球的命运	103
中微子能毁灭地球吗	105
地球的未来	107



宇宙与太阳系的起源

星光灿烂的宇宙

在晴朗无月的夏夜，站在空旷的郊野抬头仰望无垠的天空，你会见到满天星斗，那是多么壮观的景象啊。它会震撼你的心灵，也会激起你的无限遐想。孩提时，很多人会在夏天的晚上数天上的星星，但数着数着就乱了，从来也没有数清过到底有多少星星。实际上，天上的星星多得数不清，我们现在能用眼睛看到的只是很少的一部分，还有很多很多的星星是无法用眼睛看到的，因为它们离地球太遥远了，以至于到达地球的光太微弱了。实际上，这些闪闪发光的星星就是恒星，像太阳那样不断地发出光，我们才能在夜间看到它们。白天，由于太阳光太强了，它们都被隐藏在了天空中。

在这斑斓多彩的夜空，有一条乳白色的光带，它从南到北划过天空，



图1 观测银河（据巴巴克·塔弗莱希，2009）

银光闪闪，就像用白银镶嵌而成，那就是银河，也是民间传说的天河。在西方人的眼里，银河那淡淡的乳白色好似牛奶，因此他们把银河形象地称为“牛奶路”（the Milk Way）（图1）。

银河是银河系的简称，银河系非常庞大，大约由1400多亿颗像太阳这样的恒星，以及很多的行星、卫星等天体构成，形成一个旋涡状、扁平的天体系统，看起来有点像田径运动员掷的铁饼，它的直径有10万光年。光从银河系这边走到那一边要花10万年，光一秒钟能走30万千米，你可以想象银河系有多大。

我们说银河系非常大，但是与宇宙的大小比起来，那可真是小巫见大巫了。按照科学的定义，“宇宙”一词的意思是空间和时间的概念，“宇”是指空间的无边无际，而“宙”是指时间的无始无终，也就是说宇宙无边无际、无始无终。宇宙大到难以想象，有些科学家认为宇宙是没有边际的，“天边”在哪里？不知道。而有些科学家依据近代物理学理论，定

义了一个可观宇宙的边界，认为从宇宙的边缘发出的光经历了 137 ~ 150 亿年后正好到达地球，那么这样一个区域就是可观宇宙的范围（图 2），半径约为 3×10^{25} 米。但也有人认为宇宙的范围可达 930 亿光年。为什么要将从宇宙边缘发出的光到达地球走过的时间定为 137 ~ 150 亿年呢？因为现今认为宇宙形成于 137 ~ 150 亿年前，而且是从一个很小很小的点（即奇点）开始膨胀形成的。宇宙是一个物质的世界，由恒星、行星、气体、尘埃、电磁波等形形色色的物质构成，还有暗物质。宇宙的总质量约为 10^{53} 千克，是太阳的 500 万亿亿倍，

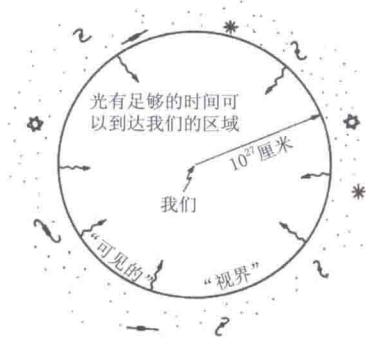


图2 可观宇宙的定义
(据约翰·巴罗, 1995)

巅峰档案

宇宙中的百慕大三角洲——黑洞

黑洞是由质量巨大的恒星经重力塌缩（超新星爆发）后，史瓦西半径小到一定程度时，所剩余的物质形成的。黑洞的吸引力极为强大，连垂直射出的光都无法逃脱，所以我们无法直接观测到黑洞，只能通过探测吸积作用（黑洞在吸引周围气体时所产生的辐射）来确定黑洞的存在。因黑洞有强大的吸引力，以至于在它周围的天体及物质都会被吸入，并且“有进无出”。据最新报道，在北京时间2011年6月20日，天文学家利用天文望远镜观测到了发生在38亿光年外黑洞“撕裂”恒星的现象。是一个质量约为太阳质量上百万倍的黑洞“撕裂”一个质量约等于太阳质量的恒星，并且释放了大量的能量。

密度为 9.59×10^{-30} 克 / 立方米，这比我们在实验室里获得的真空还要真空，这说明宇宙是非常空旷。其中恒星是宇宙的主体，主宰了宇宙的命运，它能发生核反应，因此能发光、发热，它的质量一般在 0.1 ~ 10 倍太阳质量之间。一颗恒星与行星组成一个小的天体系统，很多恒星组合在一起形成大的天体系统，如银河系、仙女座星系等就是巨大的天体系统。恒星与恒星之间距离很远，如果距离太近的话，巨大的质量会引发强烈的引力作用导致恒星毁灭，如离我们太阳系最近的一颗恒星是半人马座 α 星，约 4.3 光年。在宇宙中，有些部位的物质非常密集，密度非常大，大到光和物质难以逃脱它的引力魔爪，都被吸进去，那就是黑洞。最近有科学家提出了一个新理论——虫洞理论，认为黑洞把物质从一端吸入，而在另一端又喷出形成一个新宇宙，是一个宇宙通向另一个宇宙的通道。是否果真如此，有待今天的科学家发现和证实。

哈勃的发现

对宇宙充满好奇感的人会提出这些问题：宇宙是怎样形成的？何时形成？形成以后又是怎样发展的？它的形状如何？等等。要回答这些问题并非易事。

美国著名的天文学家埃德温·哈勃（图3），在1924年分析一批造父变星（指亮度随时间呈周期性变化的恒星）的亮度以后断定，这些造父变星和它们所在的星云距离我们远达几十万光年，因而它们一定位于银河系外，也就是说在银河系之外还存在巨大的星系。1925年，他还发现星系



图3 埃德温·哈勃

运动的一个重要规律，这些星系不仅在远离我们而去，而且距离我们越远，它的远离速度就越大。到了1929年，哈勃通过对46个河外星系的视向速度和距离的分析，得出星系的视向速度与距离之间大致呈线性正比关系，并可以用

公式 $v = H_0 \times d$ 表示， v 为星系退行速度， H_0 为常数， d 为星系距离。哈勃的这一发现改变了天文学家对宇宙的看法。哈勃的发现揭示了宇宙运动的基本规律，那就是宇宙处在不断的膨胀之中。这种膨胀是一种全空间的均匀膨胀（图4），因此在任何一点的观测者都会看到完全一样的膨胀，从任何一个星系来看，一切星系都以它为中心向四面散开，越远的星系间彼此散开的速度越大。哈勃发现的这一规律被称为哈勃定律。



图4 膨胀的宇宙模拟示意图

巅峰档案

星系的运动规律——红移

对红移的解释，简单来说就是假设以地球为中心，任何远离我们的天体发出的光谱向长波（红）端移动的现象。用生活中的现象来说就是当你不动时，朝向你运动的物体发出的声调会越来越高，而背向你运动的物体发出的声调会越来越低，因为其声调被拉长了。如鸣笛的列车从你身边经过时听到的鸣笛声的变化。红移现象的存在说明了星系正在远离我们。在1929年，天文学家哈勃通过观测确认了这一现象的存在，并且提出星系红移的增大与其距地球的距离的增大是成正比的，这就说明了我们的宇宙正在膨胀中。相应地，与红移相反的现象是蓝移。红移和蓝移统称为多普勒效应。

宇宙原来是很小的

哈勃的发现很了不起，促使人们的现代宇宙观发生了根本性的改变。其实，宇宙膨胀并不是哈勃最早提出的，在哈勃发现星系运动的红移现象之前的几年，一位比利时天文学家勒梅特，用爱因斯坦的引力方程计算得出：宇宙在时空上应当是膨胀的，否则宇宙就会在引力的作用下毁灭。可以说这是最早提出宇宙膨胀论观点的人，而哈勃的发现为宇宙膨胀论提供了有力的佐证，使人们真正接受了这一观点。

勒梅特当时提出的宇宙膨胀理论还不完善，只是描述了宇宙当前的状态，并没有解释宇宙为什么膨胀？是一个怎样的膨胀过程？从什么时候开始膨胀？等等。这些问题并没有得到很好的解释。后来，勒梅特经过苦心研究，终于在 1932 年提出了宇宙大爆炸（the Big Bang）理论。在他的理论中是这样描述的：整个宇宙最初的大小如“原子”，后来发生了大爆炸，物质碎片向四面八方散开，形成了宇宙，这就有点像吹气球的膨胀过程。后来，美籍俄裔天体物理学家伽莫夫第一次将广义相对论融入到宇宙理论中，在 20 世纪 40 年代提出了热大爆炸宇宙学模型：宇宙开始于高温、高密度的原始物质，最初的温度超过几十亿摄氏度，就像是一个极热的“火球”，“火球”爆炸（图 5），宇宙开始膨胀，物质密度逐渐变稀，温度也逐渐降低，直到今天的状态。

根据宇宙大爆炸理论，宇宙的开始和发展过程是这样的（图 6）：宇宙源于大爆炸，在大爆炸发生的那一刹



图5 根据勒梅特的理论，宇宙诞生于一场大爆炸

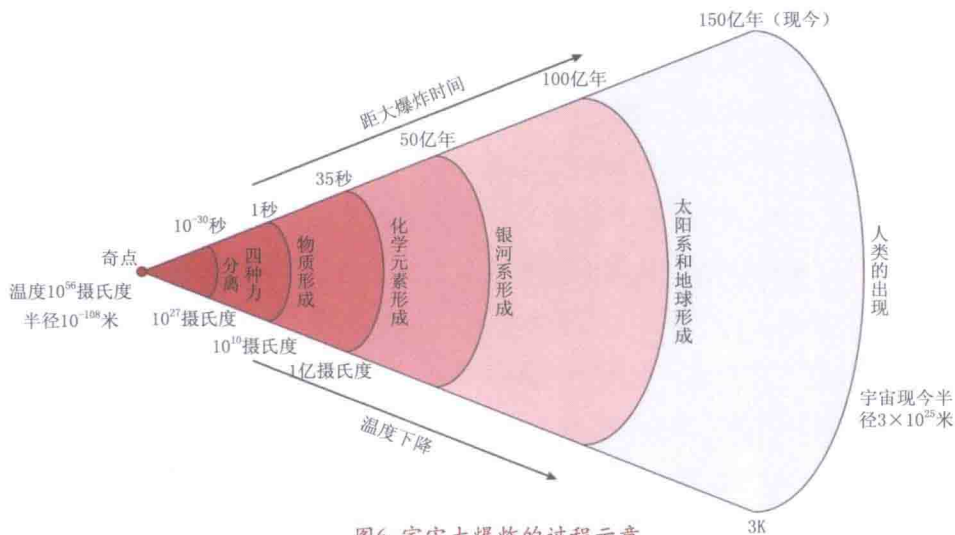


图6 宇宙大爆炸的过程示意

那，温度高达 10^{32} 摄氏度，自然的四种力（引力、电磁力、强力、弱力）统一在一起；大爆炸后 10^{-30} 秒，四种力分离和物质形成；在大爆炸后 0.01 秒，宇宙的温度大约为 1000 亿摄氏度，物质存在的主要形式是电子、光子、中微子，此后物质迅速扩散，温度迅速降低；在大爆炸后 1 秒钟，温度下降到 100 亿摄氏度；大爆炸后 14 秒，温度约 30 亿摄氏度；35 秒后，为 3 亿摄氏度，化学元素开始形成。温度不断下降，物质不断形成，宇宙间弥漫着气体云，它们在引力的作用下发生聚集，大约在大爆炸后 20 亿年，形成恒星系统；大约在大爆炸后 100 亿年，形成太阳系和行星，经过演化成为今天的宇宙。根据爱因斯坦的广义相对论，随着宇宙的膨胀，其温度也不断下降，经过了近 150 亿年的膨胀，那么现今宇宙的背景温度应该为 3K（零下 270 摄氏度）。虽然我们把这个理论称为宇宙大爆炸，其实它与日常生活中的爆炸概念完全不一样，并不像炸药爆炸那样炸开，而是非常快速地膨胀，把物质推向四面八方，因此有科学家建

议用宇宙膨胀的概念更为准确。

按照宇宙大爆炸理论，如果我们逆着宇宙膨胀的方向不断追索下去，沿着时间回溯，我们一定能遇到宇宙的“开端”，那是一种什么样的状态呢？根据爱因斯坦的广义相对论，宇宙“开端”的状态非常“奇怪”，用一般的物理定律是难以解释的，也许是这样，把宇宙的开端称为奇点。英国的著名物理学家霍金对奇点进行了描述，在宇宙奇点，时间为 1.4006×10^{-74} 秒，空间半径为 1.4868×10^{-108} 米，宇宙的体积为 3.44×10^{-324} 立方米，奇点的温度为 9.39×10^{56} 摄氏度，时空球面的曲率为 4.52284×10^{215} ，物质密度为 1.44477×10^{48} 千克 / 立方米，能量密度为 3.251×10^{114} 焦耳 / 立方米，时空为零，宇宙体积为零，物质密度、奇点温度、时空曲率都出现了无穷大，宇宙小到难以想象。此时宇宙中的物质只有反普朗克力子，反普朗克力子以 1.5×10^{33} 米 / 秒的反速度，是光速的 5×10^{24} （亿亿亿）倍，由反宇宙一秒钟的空间里经奇点向宇宙空间运动，因其速度太大，从而引发宇宙在奇点处大爆炸，物质抛向四周，空间和时间也从此开始，我们的宇宙就此诞生了（图7）。



图7 宇宙自诞生之日起就开始膨胀，把物质推向四面八方

支持宇宙大爆炸理论的证据主要有以下几点：1. 从地球的任何方向看去，遥远的星系都在离开我们而去，因此可以推出宇宙在膨胀，且离我们越远的星系，远离的速度越快，这就是我们所说的“红移现象”；2. 根据大爆炸学说，宇宙因膨胀而冷却，

现今的宇宙中仍然应该存在当时产生的辐射余烬，1965年，3K的宇宙微波背景辐射被测得；3. 氢氦元素的丰度吻合理论估算，这被称作宇宙大爆炸遗产。在2000年12月份的英国《自然》杂志上，天文学家们又发现了新的证据，可以用来证实宇宙大爆炸理论：他们在分析了宇宙中一个遥远的气体云在数十亿年前从一个类星体中吸收的光线后发现，其温度确实比现在的宇宙温度要高。分析发现，背景温度约为零下263.89摄氏度，比现在测量的零下273.33摄氏度的宇宙温度要高。

太阳系的诞生

我们虽然处在太阳系（图8），但对太阳系的起源还不太清楚。太阳系起源是一个科学难题，目前一个普遍接受的观点就是星云集聚说，但是这些星云是怎样聚集的呢？又是如何形成行星的？说法就不一致了。

不管如何，太阳系的形成与宇宙的演化过程是分不开的，是宇宙演化发展到一定阶段的产物。

宇宙经过大约100多亿年的演化和发展，

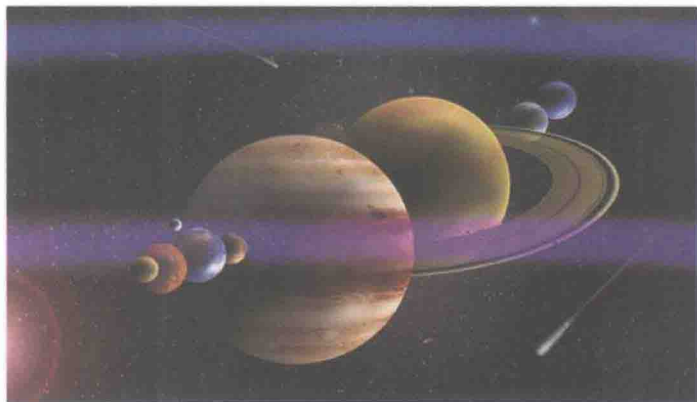


图8 太阳系

形成了一些巨大的恒星（图9），而在某些区域保留有由宇宙大爆炸留下的一些星云，这些星云的密度非常低，如果没有外界动力的驱使，它们是很难发生聚集形成恒星之类的天体。宇宙中形成的巨大恒星拥有很高的质量，是好几倍太阳的质量，因而产生强大的引力作用，使物质

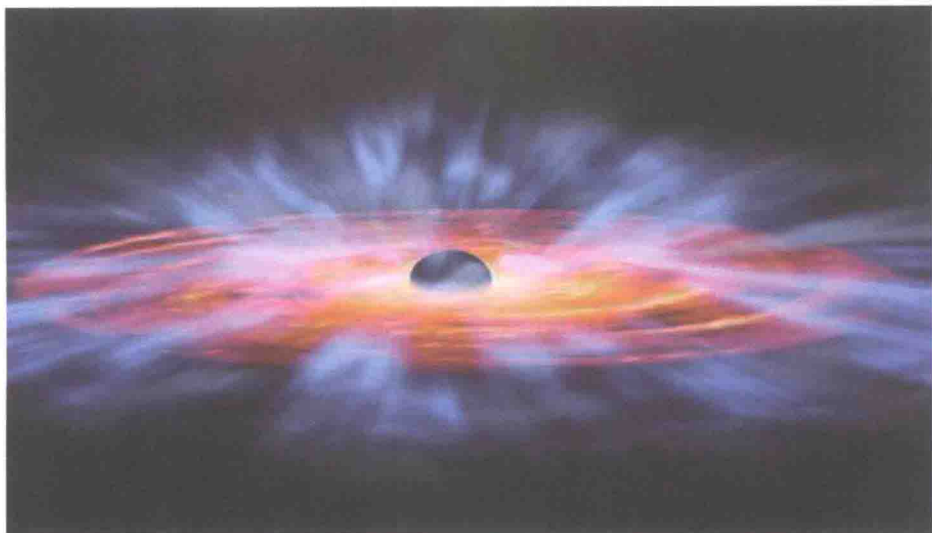


图9 恒星形成示意图

向恒星的中心聚集，在聚集的过程中把势能转化为热能，使恒星的温度迅速升高，极高的温度为原子发生核聚变反应创造了条件。这些巨大恒星的核聚变反应非常猛烈，在核聚变的同时产生大量的热量，形成向外的膨胀力以抵消引力作用。如果核聚变反应过于猛烈，产生的膨胀力大

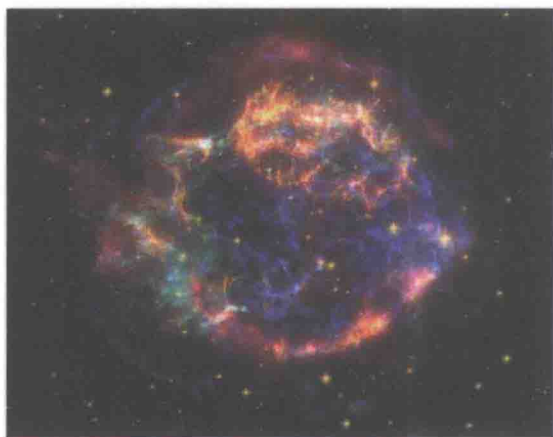


图10 仙女座超新星爆发 (据NASA)

大超过了恒星本身的引力作用的话，这时恒星向外抛射出大量的物质，这颗恒星将会迅速解体，这就是超新星爆发（图10）。超新星爆发时，抛射物质的速度可达10000千米/秒，光度最大时超新星的直径可大到相当于太阳系