



总编辑：王章俊 刘凤山 主编：李铁钢

地球与环境

本书从地球的诞生说起，介绍了地球的结构与成长历程，论述了极端条件下地球上的生命形式以及地球生命发展历程中的七大阶段、两大谜团，叙述了地球的物质循环、能量转换与生物多样性及其相互之间的关系，进一步说明了地球资源、环境与人类生存息息相关的理念，从而警醒我们对天地、生命乃至万物的敬畏，强化我们对保护环境、爱护地球、珍惜资源、呵护生命的意识。

DIQIU YU HUANJING

林景星 施倪承◎编著



地质出版社

总体策划：王章俊 刘凤山 主编：李铁钢

地球与环境

DIQIU YU HUANJING

林景星 施倪承 编著



地质出版社

· 北 京 ·

内容提要

本书从地球的诞生说起,介绍了地球的结构与成长历程,论述了极端条件下地球上生命形式以及地球生命发展历程中的七大阶段、两大谜团,叙述了地球的物质循环、能量转换与生物多样性及其相互之间的关系,进一步说明了地球资源、环境与人类生存息息相关的理念,从而警醒我们对天地、生命乃至万物的敬畏,强化我们对保护环境、爱护地球、珍惜资源、呵护生命的意识。

本书图文并茂,是一部给力的地学科普书。

图书在版编目(CIP)数据

地球与环境 / 林景星,施倪承编著. —北京:地质出版社,2012.4

(地学系列科普读物)

ISBN 978-7-116-07609-9

I. ①地… II. ①林… ②施… III. ①全球环境—普及读物 IV. ①X21-49

中国版本图书馆CIP数据核字(2012)第039963号

版权所有 严禁复制

策划编辑:王章俊 刘凤山

责任编辑:柳青

责任校对:李玫

出版发行:地质出版社

社址邮编:北京海淀区学院路31号,100083

咨询电话:(010) 82324508 (邮购部); (010) 82324573 (编辑室)

网 址: <http://www.gph.com.cn>

电子邮箱: zbs@gph.com.cn

传 真:(010) 82310759

印 刷:北京天成印务有限责任公司

开 本:787 mm×960 mm $1/16$

印 张:18.25

字 数:320千字

印 数:1—2000册

版 次:2012年4月北京第1版

印 次:2012年4月北京第1次印刷

定 价:88.00元

书 号:ISBN 978-7-116-07609-9

(如对本书有建议或意见,敬请致电本社;如本书有印装问题,本社负责调换)

《地学系列科普读物》编委会

总体策划：王章俊 刘凤山

主 编：李铁钢

执行主编：王章俊 刘凤山 郝梓国

编 委：郭 颖 林景星 刘道荣

刘光华 王绍芳 施倪承

刘知纲 高 愉 付庆云

序



天地玄黄，宇宙洪荒。我们的祖先，对地球乃至宇宙的究竟，进行了长达数千年的研究探索。

日月盈昃，辰宿列张。我们的祖先，对宇宙、太阳系、地球运行奥秘进行了持之以恒的感知释疑。

我们周围的世界，永远是一个令人追寻的谜。

地质学就是这么一个博大精深的学科体系，是对天地进行认知、释义的综合集成，即“关于地球的物质组成、内部构造、外部特征、各层圈之间的相互作用和演变历史”的知识体系。

地质学家告诉我们，约 137 亿年前，一个令人遐想的奇点发生爆炸，并且戏剧性地膨胀，形成了宇宙。约 50 亿年前，一个称为“原始太阳星云”的星际尘云，开始重力溃缩，随着体积的缩小，核心温度增大，最终触发了氢融合反应，诞生了一颗叫“太阳”的恒星。随后水星、金星、地球、火星、木星、土星、天王星和海王星诞生，太阳系形成。约 46 亿年前，地球诞生。

地球的奥秘无穷无尽。

地质学教我们如何读懂地球的演化史，从 16 世纪哥白尼的“日心说”，到 17 世纪牛顿的“万有引力”，到 18 世纪德国哲学家康德、拉普拉斯的“地球起源”，到 19 世纪开尔文的“地球的弹性、热传导等地球物理问题”以及英国地质学家莱伊尔的“均变论”，直至 1912 年德国气象学家魏格纳的“大陆漂移假说”，现在已经发展而成“板块构造理论”，成为现代地质学、地球史观的理论基础。地球自身的特殊构造和板块运动，造就了千姿百态的地貌景观，塑造了形态各异的地质遗迹。我们探测到，高耸入云的世界最高峰——珠穆朗玛峰，海拔 8844.43 米；深入地幔的世界最深海沟——马里亚纳海沟，深达 11033 米。我们的双眼里，呈现着绵延不断的崇山峻岭。我们的思想里，翻腾着“沧海桑田”的巨幅画卷。

地质学使我们还了解到，大概 35 亿年前，地球上出现了细菌、蓝藻等结构简单的生命。5.4 亿年前，我国云南澄江帽天山发生了震惊世界的生命大事件——澄江生物大爆炸。原来，生命是从蛋白质、核酸等大分子有机物质而来！从原始生命，到原核生物，到藻菌生态系统，到真核生物，到无脊椎动物，到鱼类、两栖类，到裸子植物、爬行动物，到陆生爬行动物（包括硕大无比的恐龙），到鸟类，到被子植物、哺乳动物，到森林古猿、南方古猿，直至近 5 万年内的智人（新人）！

如果把地球 46 亿年的演化史缩成 24 小时的话，那么：

00:00 地球形成。04:00 出现单细胞生物，之后 16 小时内没有任何变化。20:30 出现了微生物。21:04 出现了三叶虫。22:00 出现了植物，随之诞生了陆生动物。22:24 出现了森林。23:00 出现了恐龙，延续了 40 分钟。23:40 恐龙灭绝。23:58:44 出现了人类。

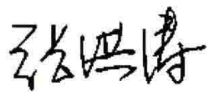
原来，有记载的人类历史，在地质演化的长河中不过“一两秒钟”！

地质学还与我们的生活密切相关，产于地下的矿产资源，占了人类所有生活用品的 90% 以上，地质学指导人们如何认识、利用和保护能源、水、土地、矿产等资源。地质学还与人类的减灾防灾密切相关，它可以指导人们如何防范地震、崩塌、滑坡、泥石流等灾害，如何在大自然生存中保护环境、造福人类。地质学甚至还与人们的服饰美容紧密相关，人们手指上熠熠发光的钻石，衬托出女性（甚至男性）的优雅和高贵！

古人云“天人合一”。了解地质知识的目的，就是为了人们更好、更和谐地生存。《地学系列科普读物》就是企图把地质学——这门博大精深的学科知识，以最简明扼要的方式，最准确无误的解读，最通俗有趣的语言，最美轮美奂的插图，分类分批介绍给广大读者。通过这一幅幅美丽的地质画卷，让我们领略自然景观之神奇、化石生命之奥妙、奇石姿态之怪异、矿物形色之精美、宝石玉石之可爱，从而警醒我们对天地、生命乃至万物的敬畏，触发我们对保护环境、爱护地球、珍惜资源、呵护生命的自觉。

胡锦涛总书记说过：“在探索自然、改造世界的长期实践中，人类不断推进科技进步和创新，不仅从物质层面改变了世界，而且在精神层面深刻影响了人类社会文明发展。”从这一高度而言，“地学系列科普读物”的编辑出版对于发扬光大科学精神，倡导全社会讲科学、爱科学、学科学、用科学，无疑具有重大的时代意义。《地学系列科普读物》由中国地质调查局、地质出版社组织策划，共 5 册，分别为《地球与环境》、《奇石与鉴赏》、《宝石与玉石》、《岩石与矿物》、《化石与生命》，均出自专业精深、学贯文理的地质学专家之手。希望“地学系列科普读物”的出版，能为你充填丁点儿的生活趣味，增添些许“适者生存”的立身信心。

国务院参事
国土资源部总工程师
中国地质调查局副局长



2011 年 9 月 28 日

前言



地球——我们的“母亲”，她给予了我们她所拥有的一切，她养育着我们，使我们成长；它保护着我们，使我们壮大。我们的“母亲”是如此无私、如此奉献、如此美丽，她从哪儿来？她“高龄”几何？她现在还好吗？这些都是我们极为关心和困惑的问题。

科学家们现在已经证实，我们的“母亲”是在无比壮丽的时刻诞生的，是在宇宙大爆炸中出生的，那时刻天空中似有亿万个响雷、亿万个闪电，响声充满了天庭、亮光通透了整个宇宙，我们的“母亲”——地球在46亿年前出世了。

地球的结构一直让科学家们着迷，它这么大，它也像鸡蛋那样有分层吗？分的，它分为地壳、地幔、地核，地壳与地幔之间、地幔与地核之间分别称为莫霍面、古登堡面。地幔和莫霍面的性状我们现在还没有研究清楚。对地核和古登堡面更知之甚少，恨不得钻进去看看。现在我们对地球了解最多的层，也就是地壳。但是，就连地壳，我们的超深钻机也没能钻透它。

地壳是由岩石圈组成的，它有点像一层很厚的鸵鸟蛋壳保护鸵鸟蛋那样，保护着地球。但地壳不像鸵鸟蛋那样完整，地球的运动把它弄得支离破碎，这



些碎块被地质学家称为板块，全球最大的板块有6个。它们不断运动，有时会潜入地球深处，而深处的物质也会从板块缝中冒上来，促使地球内外的物质发生循环。

岩石圈之上还有土壤圈、水圈、大气圈和生物圈，这些都是我们熟悉的，因为我们就生活在它们的怀抱里，如同婴儿生活在襁褓之中。

地球和所有有生命的物质一样，它也在成长，但这是一种特别方式的成长，它是通过物质流动、转换和接纳外层空间的物质成长的。在成长的过程中，地球的面貌在日新异月地变化着。

地球是由一个炙热的星体演化而来，它在诞生之初的条件是异常极端的，高温而且高毒，但它还是培育出了最原始的生命。生命是一种神奇的物质，它一旦“出壳”，无力可阻，像咆哮的大江直入海洋，生命历经七个大发展阶段，最后终于衍生了人类。但是，地球从孕育出第一个生命原粒至人类诞生，留下了太多太多的谜团，这些谜团至今还没人能解开。

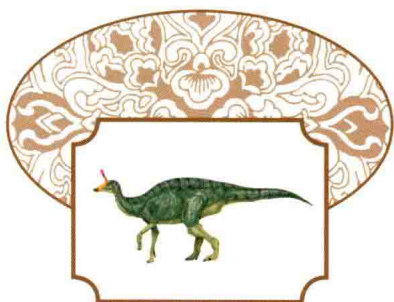
地球的物质在循环、能量在转换，在这些循环和转换的过程中，产生了许许多多的能源和资源，我们要善用它们、珍惜它们、保护它们，我们还应该给我们的子孙留下足够的能源和资源，留下一个清洁而又美丽的地球。

我们期待您看了这段前言之后，会迫不及待地读完全书，去寻求您心中的答案。我们也殷切地期待您告知我们，书中的不足、缺点和误差。

本书第一章由施倪承承担，第二章至第十二章由林景星撰写。本书在写作的过程中，得到许许多多同事、专家和学者的帮助和指导，我们在此向他们表示最诚挚的谢意！



目录



序 前言

【第一章】地球的诞生 1

- 1.1 万物从宇宙大爆炸开始 1
- 1.2 恒星及太阳的核聚变反应 3
- 1.3 太阳的形成 5
- 1.4 太阳的物质构成及其内部结构 7
- 1.5 八大行星的生成 10
- 1.6 地球物质的由来 13
- 1.7 地球层圈结构的初步形成 15

【第二章】地球的结构 19

- 2.1 地壳 20
- 2.2 莫霍面 21
- 2.3 地幔 22
- 2.4 古登堡面 23

- 2.5 地核 23

【第三章】地球表面的五大层圈 25

- 3.1 岩石圈 25
- 3.2 土壤圈 34
- 3.3 水圈 35
- 3.4 大气圈 38
- 3.5 生物圈 45

【第四章】地球的成长 55

- 4.1 沉积作用 55
- 4.2 火山活动 71
- 4.3 板块运动与山、盆、河、湖、洋的形成 74
- 4.4 陨石和陨石坑 90

【第五章】 极端条件下的生命形式和生命起源 97

- 5.1 生命之美 97
- 5.2 极端条件下的生命形式
——以深海黑烟肉生物群为例 98
- 5.3 极端生命形式和生命起源 106
- 5.4 地层记录的寻找 108



【第六章】地球生命发展的七大阶段 111

- 6.1 细菌和藻类时代（前震旦纪，距今 46 亿～6.80 亿年） 113
- 6.2 原始动物时代（震旦纪，距今 6.80 亿～5.43 亿年） 114
- 6.3 三叶虫时代（早古生代，距今 5.43 亿～4.10 亿年） 115
- 6.4 鱼类时代（晚古生代，距今 4.10 亿～2.51 亿年） 117
- 6.5 恐龙时代——基因大突变时代、“焰火”式演变时代（中生代，距今 2.51 亿～0.65 亿年） 121
- 6.6 哺乳动物时代（新生代，距今 6500 万年～） 136
- 6.7 人类时代（320 万年前？～） 152

【第七章】

地球生命发展历程中的两大谜团 159

- 7.1 寒武纪生物大爆炸 159
- 7.2 中生代白垩纪末恐龙突然灭绝 177

【第八章】地球的物质循环 181

- 8.1 水循环 181
- 8.2 碳循环 182
- 8.3 氮循环和磷循环 193
- 8.4 硫循环 198

【第九章】

地球的能量转换与生物的净化能力 201

- 9.1 太阳能转换成生物能 201



- 9.2 化学能转换成生物能 205
- 9.3 生物能转换成生物能 206
- 9.4 生物的能量转换及其净化能力 207
- 9.5 生物的净化能力与环境变化 211

【第十章】

地球能量转换和生物多样性 213

- 10.1 生物是我们地球上的“能量转换器” 213
- 10.2 生产者、消费者和分解者与能量转换 214
- 10.3 能量转换平衡时多样性增加，不平衡时多样性减少 215
- 10.4 能量流动模式和生物多样性 216

【第十一章】地球资源 219

- 11.1 水资源 219
- 11.2 土地资源 221
- 11.3 生物资源 225
- 11.4 基因资源 232
- 11.5 风力资源 233
- 11.6 太阳能资源 234
- 11.7 能源资源 235
- 11.8 铀矿资源 238
- 11.9 金矿资源 239
- 11.10 金刚石资源 241
- 11.11 旅游资源 243

【第十二章】地球人的危机 253

- 12.1 水危机与水污染 253
- 12.2 污染化等与耕地危机 259
- 12.3 人口爆炸与粮食危机 263
- 12.4 不可再生能源枯竭与能源危机 265
- 12.5 环境质量与生物多样性危机 266

主要参考文献

282

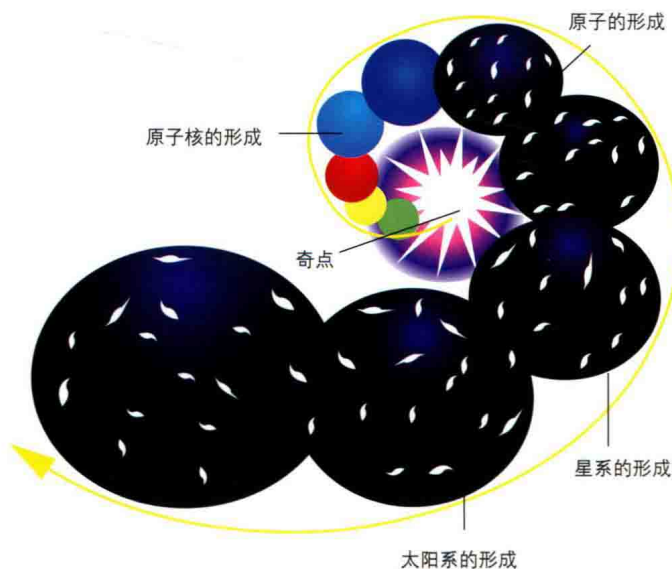
【第一章】

地球的诞生

Diqu
De Dansheng

1.1 万物从宇宙大爆炸开始

我们生活的大千世界，包括浩瀚的海洋、茂密的森林以及夜晚遥望天空见到的灿烂繁星，怎么可能来源于一个比原子还小的奇点呢？大爆炸作为历史长河中的一个事件，为什么它发生的那一天之前就没有昨天呢？



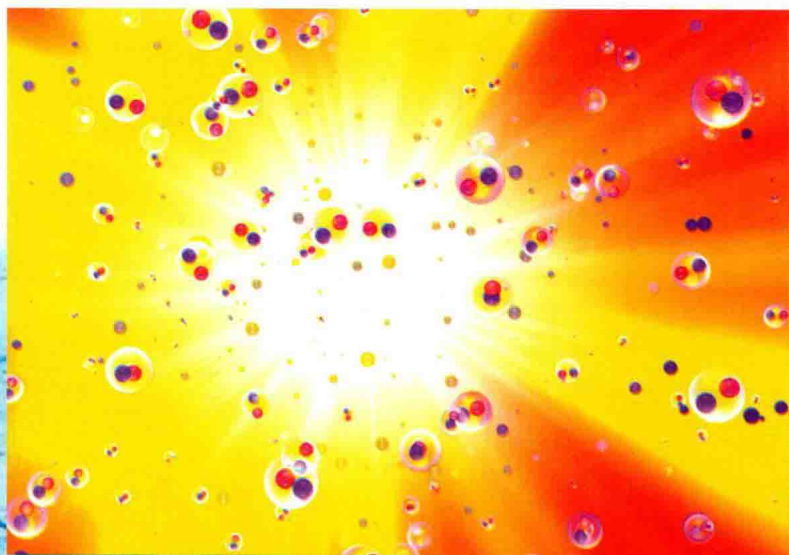
宇宙从一个奇点开始



宇宙膨胀示意图

1929年，美国科学家哈勃发现了天体的红移现象，他指出星系的视向退行速度与它们离开观察者的距离成正比（该比例称哈勃常数），既然所有星系都在远离观察者而去，那么宇宙的尺度是随时间的流逝而不断地增大的。现在如果我们将时间回推，它的必然结果是宇宙逐渐缩小到一个极小的奇点上。在大爆炸理论的论证过程中，还有一个十分有趣的事情是关于微波背景辐射的。如果在时间的历史上果真发生过这么一次惊天动地的大爆炸，那么即使经过了137亿年，在现存宇宙中终会有些蛛丝马迹可以被探测到。现代的测试技术会有这个能力吗？1964年，美国无线电工程师彭齐亚斯和威尔逊发现了均匀弥漫在整个宇宙太空的微波噪声，即所谓的3K微波背景辐射。这一观察结果与根据大爆炸预言的3厘米波长的微波辐射正好十分符合。进入21世纪以来，由于深空探测技术以及高能物理实验取得重大进展，使我们对宇宙大爆炸这个故事的细节有可能进行更精确的描述。这个故事情节惊心动魄，现在且听我们慢慢道来：

宇宙大爆炸发生在137亿年前的一个时空奇点上。所谓时空奇点，是指在该点上时空的曲率为无限大、密度为无限大、



宇宙大爆炸后的一刹那，宇宙迅速膨胀，并由无物质的能量状态转变为粒子世界

(据乔迎一，2001)

温度为无限高，此时整个宇宙被挤压成尺度为 0 的一个点。在时间上我们将这一点称作为大爆炸时刻，整个宇宙所发生的事件是从这一时刻起才为我们知晓。用史蒂芬·霍金的话来说，即“如果我们只知道大爆炸之后发生的事，我们就不能确定在它之前发生了什么”。用通俗的话来说，大爆炸是在没有昨天的那一天发生的。

在大爆炸后的一刹那，宇宙开始戏剧性地膨胀，即所谓的“暴胀”阶段，其速度达每 10^{-34} 秒就翻一番，整个过程也许只持续了 10^{-30} 秒，宇宙一下子扩大了 10 亿亿亿倍，此时宇宙才从无物质的能量状态变成了粒子世界，并且这些物质团块产生了脉动和旋转。经暴胀阶段后即大爆炸后的 1 秒，夸克、电子等粒子和同样数量电荷相反的反粒子构成了物质。粒子和反粒子一旦碰撞，将在释出光后“同归于尽”。如果两者始终并存，宇宙中的物质最终将消失殆尽。但是宇宙中只有粒子幸存，没有发现反粒子。反粒子的幸存率不如粒子，是因为除电荷相反外还存在其他微小差异，这种差异是所谓的“对称性破缺”引起的。日裔美国科学家南部阳一郎及日本科学家小林诚和益川敏英早在 20 世纪 60 年代起就在理论上预言了对称性破缺的存在，这种现象在 2004 年斯坦福高能加速器上得以证实，这三位科学家因此于 2008 年获得了诺贝尔物理学奖。宇宙大爆炸后粒子世界的存在终于在理论和实验两个方面得到了确认。

大爆炸后的 100 秒，宇宙的温度降到 10 亿摄氏度，此时一种称为强子的力开始起作用，它能把质子和中子相互捆绑在一起形成原子核。如一个质子和一个中子相结合形成氘。

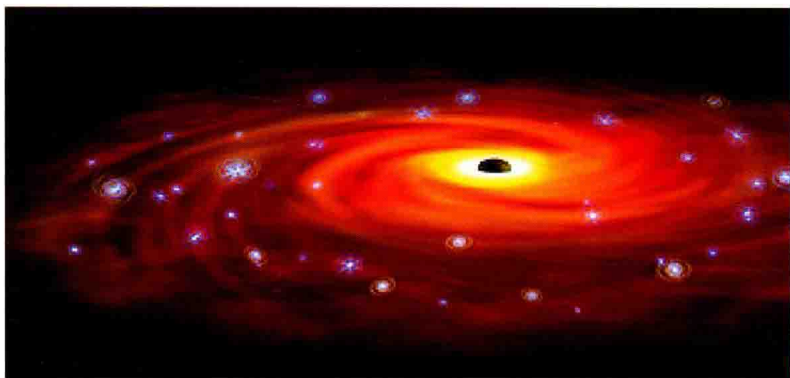
大爆炸后的 30 万~100 万年，冷却后的电子与原子核相结合形成原子，有 20% 的核形成较重的氦原子，其余 80% 形成氢原子。当时只有这两种元素散布在整个宇宙空间。

1.2 恒星及太阳的核聚变反应

大爆炸后的 10 亿年，宇宙仅仅是继续膨胀，温度继续下降，当温度下降到数千摄氏度时，数以亿万计的氢原子和氦原子由

于引力而凝聚到一起，电子和核之间的电磁力发生作用，从而使平均密度高的区域停止膨胀并开始坍塌，而且由于引力的拉力使它们旋转。随着坍塌区域的变小，其自转速度更快，这样碟状星云就产生了。碟状星云被压缩到足够紧密时，恒星诞生了。天文学家观察到银河中心的黑洞周围有大量碟状星云存在，许多大质量恒星均由此演变而成。

超大质量的银河系中心黑洞被周围碟状星云环绕，大质量恒星正孕育其中



恒星按其质量大小可分为许多类型，它们有着各不相同的演化历程，但它们共同的特点是在自身引力下坍塌，收缩时原子相互碰撞，气体温度升高，直到热得足以启动核聚变反应。对于太阳这样的恒星来说，它所以提供给我们光和热是因为其内部氢元素聚变成氦元素。如果恒星的质量比太阳更大，则引力坍塌足以使原子相互碰撞产生的温度更高，核聚变就能使原子序数更大的元素形成。随着恒星质量的增大，当温度达到几十亿摄氏度或更高时，比碳更重的元素也就可按序次一个个地被合成出来了。假如当恒星的质量达到太阳的 20 倍时，则核合成的壳层可从 H、He 开始一直向 C、O、Ne、Mg 发展直至 Si。作为起始的阶段，氢合成氦的过程是十分重要的，可用下列核反应式表示：



核聚变过程如下图所示： ${}^2\text{H}$ 是氢的一种同位素，称氘，它是由一个质子和一个中子组成。 ${}^3\text{H}$ 称氚，由一个质子及两个中子组成。反应时它们聚变成氦(He)并释放出一个中子(n)。

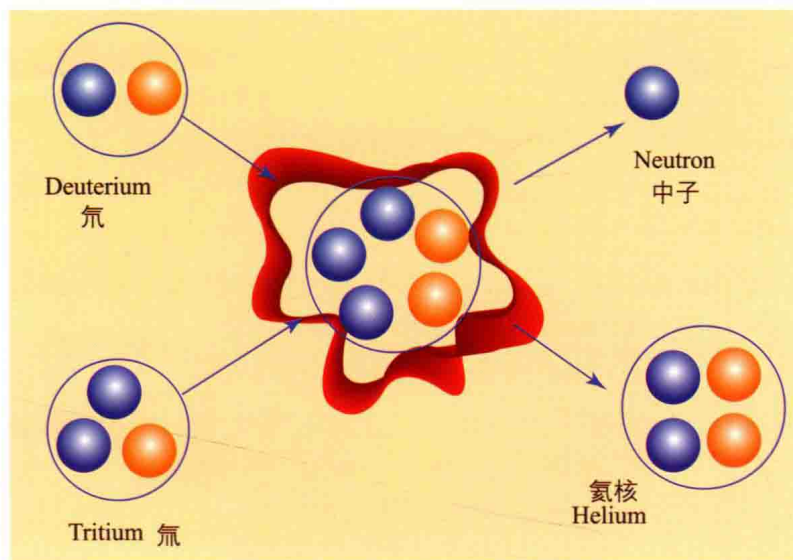
重元素的燃烧需要比轻元素燃烧更高的温度，例如氢燃烧出现的温度大约是 1 亿摄氏度才能使氢聚变为碳，其反应式为



而硅燃烧的温度要提高到 35 亿摄氏度才能使硅聚变成镍，其反应式为



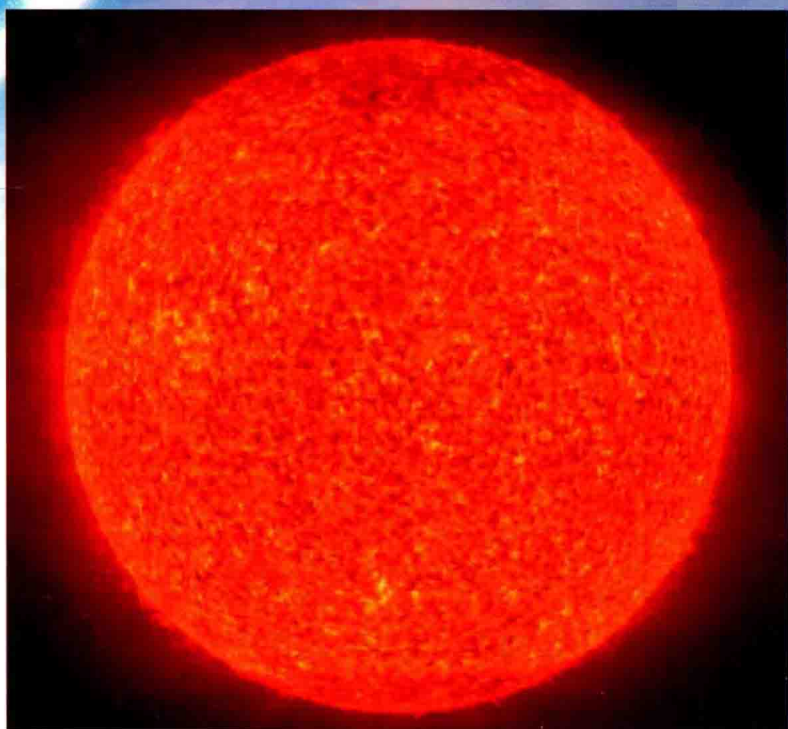
硅燃烧也可聚变成铁，这个占地球质量最大的元素是在比太阳质量大得多的恒星合成出来的，估计此类大恒星在熔制铁元素时温度也要达到 35 亿摄氏度。



氘 (^2H) 及 氚 (^3H)
经核聚变反应形成氦并
释放出一个中子

1.3 太阳的形成

大约 50 亿年前，一个称为“原始太阳星云”的星际尘云，开始重力溃缩。体积越缩越小，核心的温度越来越高，密度也越来越大。当体积缩小到将近百万分之一后，成为一颗原始恒星，当核心区域温度升高而趋近于 1000 万摄氏度左右时，触发了氢融合反应，也就是氢弹爆炸的反应。此时，一颗叫太阳的恒星便诞生了。



恒星太阳的诞生

太阳形成后，由于万有引力的作用，它要发生收缩。同时，分子和原子的热运动会产生膨胀压力。在质量较大、温度不太高的情况下，万有引力大于膨胀压力，于是星际云在自吸作用下收缩。起初，星际云收缩很快。由于引力势能转化为热运动的动能，温度升高。当密度达到每立方米 10^9 克时，云内出现涡流，因而出现在自转。同时，周围物质仍不断向中心聚集。

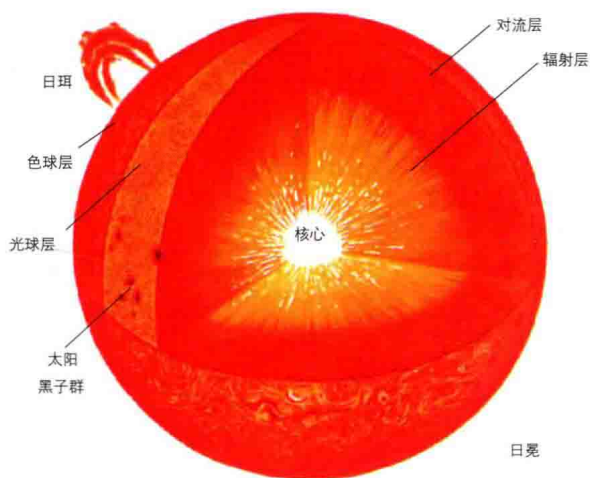
随着太阳的不断增大，中心温度和密度不断增加，并通过对流方式把能量传出来。当中心温度达到 10000 摄氏度，表面温度 2000 ~ 3000 摄氏度时，就发出红光，形成原始太阳。太阳刚成为一颗恒星时，体积比现在大得多，辐射的总能量也大几倍。太阳成为恒星后，收缩过程变慢，中心温度达 1000 多万摄氏度后，发生了强烈的核聚变反应，而核反应产生的能量足以在很长时间内补偿从它表面不断损失的辐射，从而处于天文学中称之为的主序星阶段。这个核反应的过程估计至少能持

续 100 亿年，在这段漫长的时间里，它所提供的光和热够我们人类尽情地享用了。

1.4 太阳的物质构成及其内部结构

太阳的质量由 75% 的氢和 25% 的氦组成（原子数量的 92.1% 为氢，7.8% 为氦）；其他物质（“金属”）的数量总和仅为 0.1%。在太阳核心区氢转化为氦，而这些量的改变很慢。

太阳外层有不同的自转周期：赤道带 25.4 天自转一周；两极地区则达到 32.5 天。这个奇特现象的产生是由于太阳并不像地球一样是一个固态球体，类似的情况在气态行星上也可看到。因此在太阳内部，自转周期也不同，但太阳核心区仍像实心体般自转。



太阳的内部结构

太阳的内部结构主要为：核心为热核反应区，核心之外是辐射层，辐射层外为对流层，对流层之外是太阳大气层。

从核物理学理论推知，太阳核心是热核反应区。太阳核心区占整个太阳半径的 0.25，其质量约为整个太阳质量的一半以上。这表明太阳核心区的物质密度非常高。每立方厘米可达