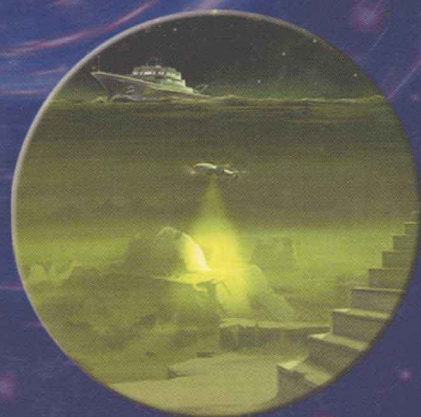


大连科普网站指定参考书

现代科学技术

概论



XIANDAI KEXUE JISHU GAILUN

主 编：刘 金 寿



大连理工大学出版社

现代科学技术概论

主 编 刘金寿
参 编 郭 辉 许矢林
姚晓波 姜良萍
段 萍 仲海洋
周承倜 张广济
郎志荣 谷 鹏

大连理工大学出版社

© 刘金寿 2004

图书在版编目(CIP)数据

现代科学技术概论 / 刘金寿主编 .—大连: 大连理工大学出版社, 2004.12

ISBN 7-5611-2780-4

I. 现… II. 刘… III. 科学技术—概况—世界—高等学校—教材 IV. N11

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2004)第 118315 号

大连理工大学出版社出版

地址:大连市凌水河 邮政编码:116024

电话:0411-84708842 传真:0411-84701466 邮购:0411-84707961

E-mail: dulp@dulp.cn URL: http://www.dulp.cn

大连业发印刷有限公司印刷 大连理工大学出版社发行

幅面尺寸:185mm×260mm 印张:22.5 字数:520千字

印数:1~6050

2004年12月第1版

2004年12月第1次印刷

责任编辑:刘杰

责任校对:刘智伟

封面设计:李光彦 孙宝福

定 价:29.00元

前 言

探索和研究大自然是人类的天性和使命,自然科学就是人类研究大自然的学科总合。一般来说,宇宙的起源与演化、物质的结构与组成、生命的起源和进化是自然科学的基本命题。几千年来,人类在这三个方面的深入探讨已经有了长足的进展,层出不穷的研究成果也已经或正在转化为人类改造自然与自身的巨大动力。到了20世纪末,又有人将信息科学与技术归入了第四大命题,这无疑是受到了当代信息科学与技术突飞猛进发展的影响。自从20世纪人类产生了“有史以来的最伟大发明——计算机”之后,人类的感官和认知能力得以巨大的延伸。这不仅促进了信息科学与技术的迅猛发展,也大大促进了宇宙科学、生命科学和物质科学的飞速发展。纵观大自然,不管是宇宙、星系,还是地球、月球;不管是山岳、江河还是岩石、土壤,无论是动物、植物还是我们人类,穷其本源,都是由多种多样的单个原子按照一定的序列和规律构成的,这个序列和规律其实就是一种信息或密码。由此看来,不管自然科学有几个基本命题,人类所认识的自然界都可以看作是物质和信息的组合,芸芸众生和天地万物就是构成这个物质世界的内容。

然而问题却并没有这么简单,上面所谈及的只不过是普通重子组成的物质世界。随着信息科学和观测技术的迅速发展,在能够观测的宇观和微观两个世界里,人们不断有新的发现,小到纳米世界的奇异特性、基本粒子的结构组成、低温世界的超流体现象……大到宇宙的微波背景、超级黑洞、神秘类星体、弯曲的时空等等都是如此。2003年美国NASA在华盛顿公布的WMAP(Wilkinson Microwave Anisotropy Probe 威尔金森微波背景辐射各向异性探测器,2001年发射)的第一批观测数据表明,“宇宙包含了 $(4.4 \pm 0.4)\%$ 的普通重子物质, $(23 \pm 4)\%$ 的非重子形态的暗物质,以及 $(73 \pm 4)\%$ 的至今我们可以说是一无所知的暗能量。在茫茫的宇宙中,人们不但没有找到那些过去曾经被认为“占宇宙总质量十分之九的”丢失了的宇宙暗物质,而且还发现了促使目前宇宙正在加速膨胀的巨大的“暗能量”。可见人类过去对于大自然的认识不仅没有完善,而且还远无止境。

这本《现代科学技术概论》是一部取材丰富、立意新颖、概括全面而又不失一定深度和广度的科学读物。它简明扼要、题材广泛、富于趣味、通俗易懂。在编写中作者注重介绍前沿专题的高、精、尖的知识概要,避免写成流水账式的发展史纲;力求融科学思想和观点于知识之中,寓生动和情趣于题材之中。全书选择了宇宙、地球、物质、生命、技术、专题、探索等七个方面的近百个专题,概览了当代科学领域的前沿进展情况,用通俗的语言介绍了两大理论支柱《相对论》和《量子力学》。书中还讲述了众多引人入胜和启迪人们思考的探索发现专题,如可控核聚变、大统一理论、宇宙弦、中微子、引力子、暗能量、类星体、人类基因组计划、克隆技术、生物大灭绝等,这些专题都具有较强的启发性和思考价值。本书的篇章结构和知识信息既适合广大青少年与大、中学生普及科学知识的需求,又能适应广大社会公众科普教育的需要,因此已成为“大连科普网站(www.dlcp.gov.cn)”的指定参考书目。

作为一种尝试,我们从1998年起就在大连大学非理工科范围内开设了与本书相应的“现代科学技术概论”课程,课程的设计根据文理互补的特点,力求打破学科壁垒,以树立

科学的思维及思想方法为宗旨,加强不同学科内容之间的联系与综合,通过自然科学前沿专题和科技发展历史人文背景知识的讲授,使学生能够了解到核心、基本、精华的科普知识,这些课程让学生能够更客观地认识世界和自我,更理智地认识人在大自然中的位置和作用,为学生树立科学的世界观、价值观产生了积极的效果,对他们科学素养的提高也起到了潜移默化的影响。几年的实践和事实表明,我们的这一做法是成功的,选修该课程及其延伸的《宇宙学概论》、《生命科学概论》等公选课的人数由最初的每学年 343 人迅速发展到了 2004 年的 2300 余人。配套的立体化多媒体课件(光盘)的开发研制和现代教育技术手段的应用,让这门课程如虎添翼;电子音像、网络资源的开拓和引入,更受到了学生的欢迎,……

事实上,本书以及上述课程对于理工科的学生也大有裨益,以物理系的学生为例,他们同样也需要了解和学习有关宇宙大爆炸、黑洞、基因、克隆、纳米和超导技术、可控核聚变等前沿的专题知识,因为一般的教科书,其内容往往滞后于科技前沿的势态发展。

本书的编写和相关课程的建设,不仅对于高校的教学改革和科学素质教育具有一定的意义,而且对于当前“教育面向现代化”、“教育技术信息化”也具有重要的影响。我们期待通过科学技术基础知识和科技前沿专题知识的宣传,推崇科学的思想、方法和观点,扫除迷信,反对伪科学,为培养广大青少年的科学素养和提高全民的科学文化素质做出积极的贡献。

为了丰富该书的内容、核准引用的资料、提高全书的品位和编写的质量,编写小组的成员付出了连续 3 年的艰辛。尽管如此,书中仍难免存在错误和不当之处,敬请读者及时地给予批评和指正。

在本书的编写中,稿件的执笔分工如下:

宇宙篇:刘金寿、谷鹏;地球篇:段萍、许矢林;物质篇:姜良萍、刘金寿;生命篇:姚晓波、郭辉;技术篇:郭辉、刘金寿、周承倜;专题篇:仲海洋、刘金寿;探索篇:刘金寿、张广济、郎志荣。

本书的编写,得到了许多同行、业界人士的关怀和广大师生员工、主管部门领导的热情帮助,在这里我们特向大家表示诚挚的感谢!

主 编

2004 年 10 月于大连大学

目 录

宇宙篇

第一章 太阳系	1
一、太 阳	3
二、美丽的蓝色行星——地球	7
三、类地行星	9
四、类木行星	14
五、小行星带	20
六、彗星及奥尔特星云	22
七、发现冥外类行星天体	24
八、太阳系的热点问题	26
第二章 恒星世界	27
一、恒星的性质	27
二、恒星的诞生与演化	30
三、聚集的恒星群——星系和星团	35
第三章 黑 洞	38
一、科学家的预言	38
二、黑洞的观测与发现	40
三、致密恒星(黑洞)的喷流	43
四、黑洞的分类	44
五、白 洞	50
六、虫 洞	51
第四章 宇宙的起源与演化	53
一、人类对宇宙的认识	53
二、起源演化和宇宙大爆炸	57
三、宇宙大爆炸模型	61
四、宇宙未来的命运	64
五、至大和至小理论的结合	65
第五章 20 世纪 60 年代的四大发现	66
一、射电天文学的兴起	66
二、神秘的类星体	67
三、星际空间的有机分子	69
四、微波背景辐射	71
五、脉冲星	72
综合测试	73

地球篇

第一章 现代地质学	78
一、地质学概述	78
二、地球的构造	82
三、大陆漂移	84
四、赫斯的“海底扩张”学说	84

五、大陆漂移与海底扩张的证据	85
六、板块构造	90
第二章 地震	91
一、地震学概要	91
二、地震活动概况	92
三、地震成因	97
四、地震预报	99
第三章 地质学提供的灾变证据	102
第四章 环境与能源	109
一、环境	109
二、能源	113
综合测试	116

物质篇

第一章 物质的 10 种物态	121
第二章 认识原子世界	125
一、探索微观世界	125
二、打开原子世界的大门	126
三、原子世界探秘	127
第三章 原子核内幕	133
一、原子核还能分割吗	133
二、人工核反应与质子的发现	136
三、打开原子核“皇宫”的钥匙	137
四、原子核的结构	138
第四章 核能利用	140
一、核反应的重要发现	140
二、核裂变——巨大的能量宝藏	144
三、氢核聚变——取之不尽的清洁能源	151
第五章 粒子世界	153
一、步入“基本粒子”世界	153
二、基本粒子家族	156
三、粒子的相互作用	159
综合测试	161

生命篇

第一章 生命的起源与生物的进化	166
一、关于生命起源的论争	166
二、化学进化说	168
三、达尔文的生物进化论	169
四、达尔文之后的进化论	170
第二章 生命系统的层次结构	175
一、生命的特征与生命系统的复杂多样性	175
二、生态系统的结构	178

三、细胞的作用	181
四、探索遗传的奥秘	186
五、生命的分子基础	188
第三章 现代生物技术	193
一、生物技术的兴起	193
二、基因工程及其应用	196
三、克隆羊技术	200
第四章 人类基因组计划以及面向未来的生命科学	205
一、人类基因组计划的启动与实施	205
二、后基因组时代的生命科学与生物技术	207
三、生物技术面临的严肃课题	209
综合测试	212

技 术 篇

第一章 纳米技术的进展	215
一、纳米与纳米技术	215
二、纳米材料的奇异特性	216
三、微型机器人	219
四、未来的理想超级纤维——碳纳米管	221
第二章 低温和超导研究的进展	222
一、低温超导现象及特性	222
二、对超导机理的探索	223
三、超导应用好梦难圆	224
四、“高温”超导热和它对 BCS 理论的挑战	225
五、逼近绝对零度	226
第三章 激光技术和光纤通讯	231
一、激光与激光器的发明	231
二、激光器的工作原理	233
三、激光器的分类	233
四、激光的特性与应用	234
五、光导纤维与光纤通信、光纤传感技术的兴起	236
第四章 可控核聚变的研究现状与前景	238
一、可控核聚变是未来的主要能源	238
二、人工控制核聚变	239
三、可控热核反应的点火条件	241
四、磁约束和惯性约束	241
五、激光聚爆和粒子束聚爆	242
第五章 现代材料科技的概况	243
一、概 述	243
二、信息功能材料	244
三、能源功能材料	245
四、复合材料	247

第六章 计算机与人工智能	250
一、从电子技术到光电子技术	250
二、智能与技巧——自动化技术	255
三、现代信息技术的核心——计算机技术	258
四、计算机发展的方向——人工智能	268
综合测试	275

专题篇

第一章 空间、时间与万有引力	280
一、四维空间	280
二、狭义相对论	281
三、广义相对论	288
第二章 量子世界的奥秘	298
一、量子力学的前夜	298
二、量子力学的诞生	299
三、波动方程与矩阵力学	304
四、几个基本概念和原理	306
综合测试	310

探索篇

第一章 宇宙探秘	311
一、探索“宇宙弦”	311
二、宇宙中的暗物质和暗能量	313
三、探讨外星存在生命和智慧的可能性	317
四、恒星际航行的三大难关	318
第二章 引力与时空	320
一、寻找引力子与引力波	320
二、探索以太的兴衰	324
三、真空及其物质性	325
第三章 生命世界探秘	328
一、生命起源之谜	328
二、恐龙灭绝之谜	330
三、关于寒武纪生物大爆发	332
第四章 物质世界探秘	334
一、神秘的中微子	334
二、质子衰变之谜	335
三、追寻“基本粒子”的本原	336
四、弦和超弦理论——物质结构新理论	339
五、大统一和超统一	341
六、寻找磁单极子的里程	344
七、孤粒子	348
选择填空题参考答案	349
参考文献	350

宇宙篇

从远古时代,人类就对宇宙充满了神奇的想像。星星是什么?天又是什么?谁在上面居住?它们由谁主宰和掌管……伴随着问题的讨论,于是就产生了古代中国和古代希腊关于“地球是宇宙的中心”和“天国众神主宰一切”的神话。事实上,从远古起直到哥白尼时代,人类对宇宙的认识一直处于原始、蒙昧、迷茫和梦幻中。伽利略和牛顿的望远镜以及哥白尼的日心说,打破了这种蒙昧和梦幻,才使人类直接通过科学的观测手段逐步认识到,我们的地球不仅不是宇宙的中心,而且在地球以外还有太阳系、银河系以及诸多的星系……

这要归功于众多的天文和宇宙学的科学家和爱好者,是他们日以继夜、前赴后继的工作,才使我们有了今天对宇宙的正确认识。他们善于攻克坚固的知识堡垒,揭示前人留下的谜团,就像普罗米修斯,从天堂取来圣火,照亮了隐没在黑暗中的自然法则。他们站在时代的前列,献身于人类研究、认识大自然的前沿,驱散迷雾、赶走黑暗,为人类编织着辉煌的明天。时代在前进,人类在发展,新的问题也在不断出现。一些反映 20 世纪以来宇宙学前沿成就的专题,不仅新颖深刻,令人向往,而且透过文字笔墨,还能让我们领略科学的思维、方法和科学家们专心致志的风采。

第一章 太阳系

我们居住在地球上,地球是太阳系行星家族的一个成员。太阳是个恒星,看来很亮很大,其实它不过是和天上许多星星一样的一颗星,只是它是离地球最近($1.5 \times 10^8 \text{ km}$ 或仅仅只有 $1.6 \times 10^{-5} \text{ l.y.}$)的恒星。天上有许多星,人用肉眼可以看到的不过 2000 颗。看上去绵延不断的银河其实也由许多恒星组成,这最初是伽利略用自己发明的望远镜发现的,而今天用先进的望远镜就能轻松地证实这个结论。观测指出,银河大约包含 10^{11} 颗恒星。这些恒星聚集成铁饼的形状,直径约 10^5 光年,中间的厚度约为 10^4 光年,太阳系就处在铁饼中离中心 3×10^4 光年的地方。由于在地球上只能从侧面看到这一群星,再加上我们的肉眼难以分辨,所以在我们的眼中,银河系就成了夜晚星空中的一条亮河,我们中国人称其为银河,而在西方则称其为 The Milky Way (奶路) 或 The Galaxy (星系)。

在广漠的宇宙中,太阳系尽管不大,却俨然是一个群星的家庭(图 1-1)。围绕其运转的核心就是太阳,而我们的地球则是它的第三颗行星。目

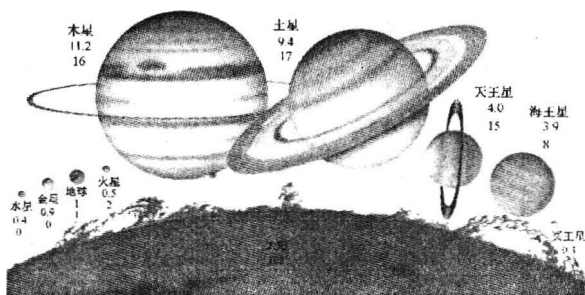


图 1-1 太阳系大家庭

前,地球被认为是惟一的一颗生机勃勃的绿色星球,因为形形色色的无数生命在它上面繁衍生息,并且至今人们借助于现代科学手段也没有找到其他星球上存在着生命的证据,就使得我们的地球以及它的生命圈显得无比的珍贵。

人类认识太阳系已有相当的历史了。中国早在秦汉之前,就已经认识了太阳、月亮和金、木、水、火、土五大行星,而古希腊则提出了地心说的原始宇宙模型……就像瞎子摸象一样,这些认识都带着片面、唯心和残缺的浓厚色彩。直到16世纪,哥白尼才对太阳系有了一个清晰正确的大致描述。随着探测技术的不断进步,尤其是空间技术的发展和运用,人们才对太阳系的各成员有了更多的了解。特别是本世纪以来,计算机的诞生和科学技术的发展,使人类得到了许多太阳系前所未有的知识。

太阳系由太阳、九大行星及其66颗卫星、小行星和彗星以及行星际间的介质等组成。大行星是一些绕太阳公转的较大星体,卫星是绕行星公转的各种大大小小的星体如月球,小行星则是众多密集的绕太阳公转的小型星体,而彗星则是沿着以太阳为焦点的高度偏心的轨道公转的一系列冰质的小个体,行星际的介质则是无数的星际尘埃、气体等。然而,太阳系的实际内容要比这复杂,例如,在冥王星以外,人们推测还存在着“柯依柏环带”(Kuiper)和不断派出彗星的“奥尔特星云”(Oort)。近来不断有消息传来,人们不仅发现了太阳系内、外的一些新的小行星,而且还似乎发现了太阳系的第十大行星“塞德娜”。太阳系挤满了大大小小的众多天体,它们分布在尺度为几十亿千米的太空中,主要是围绕着太阳朝一个方向旋转。太阳系内也存在着双星系统,例如,“地球—月球”和“冥王星—冥卫”等有时就被认为是“双星系统”。尽管现代科学技术帮助人类取得了观测太阳系的许多新进展,但至今我们也不能肯定人类已经完全认识了太阳系。

人们习惯根据结构的组成将太阳系的九大行星划分为“类地”和“类木”行星:

类地行星是由固态的岩石和金属构成的行星,它们有水星,金星,地球和火星。它们密度较高,自转较慢,表面呈固态,没有光环,卫星较少。它们的直径都小于13 000千米。

类木行星则是一些大块头的气态行星,它们有木星,土星,天王星和海王星。它们多数由氢和氦构成,密度低,自转速度快,大气层厚,有光环和很多卫星。它们的直径都大于48 000千米。

冥王星则是一个比较特殊的行星,它是九大行星中最小的一员,其运行轨道的偏心率却是九大行星里最大的。冥王星的个头小于地球和月亮,而质量却不足地球的24/10000。由于距离的遥远,人们对它尚缺少深入的观测和了解。因此很难将它归入“类地”还是“类木”,有人说它很可能是一颗被太阳摄入行星轨道的彗星,也有人说它根本就不是行星,而是一颗地道的彗星。

天文学中也常常根据相对于太阳的位置来划分九大行星:

以火星和木星之间的小行星带为界限,将水星、金星、地球和火星归为内层行星,而将木星、土星、天王星、海王星和冥王星划做外层行星。有时也以地球为界限,将水星和金星叫做地内行星,而将火星、木星、土星、天王星、海王星和冥王星叫做地外行星。地内行星看起来如同地球上看见月亮,有时不完整,亮区有亏损,而地外行星的亮区看起来通常都比

较完整或近乎完整。

九大行星都以太阳为中心沿着椭圆轨道公转(图 1-2),其中水星和冥王星的轨道比较接近圆形。行星的轨道或多或少地处在同一平面内,该平面则称为黄道面,它以地球公转轨道面为基准。黄道面与太阳赤道仅有 7° 的倾斜,而冥王星的轨道却大部分脱离了黄道面,倾斜度达 17° 之多。除金星和天王星外,其他大行星绕轨道运动的方向与地球一致,即从太阳北极上看是逆时针(右旋)方向,自转方向也如此。



图 1-2 太阳系九大行星运行轨道

不但邻近地球的其他星体会对地球的运行产生重要的影响,而且小行星和彗星也从来就没有停止过对我们地球施加影响和威胁。让我们从认识和了解太阳系开始,来逐步认识我们所在的宇宙。

一、太 阳

太阳是离我们最近的一颗恒星,它是太阳系的中心,也是能量的象征,早在远古蒙昧的时代,就被人类奉若神明。它带给世界光和热,给地球上的万物带来了生机。目前人类使用的石油、煤炭所放出的能量,都是早先太阳通过孕育生命累积储存下来的太阳能。按照大小和亮度划分,太阳应该属于中等恒星,按照半径和温度归类,太阳属于 G_1 型矮星。太阳可见的明亮表面称为光球,光球之上是 5000 千米厚的内层大气,称为色球层,在色球之上是极其稀薄的高温日冕。太阳的能量是地球上能量的主要来源,其辐射范围可延伸到地球以外遥远的地方。太阳有磁场和自转,它是太阳系最大的天体,其直径大约有 140 万千米,是地球直径的 109 倍,即 109 个地球紧密排列成一条直线,才能填满太阳的直径;太阳的体积等于地球体积的 130 万倍,即它的内部能容纳 130 万个地球。太阳具有 $1.99 \times 10^{30} \text{kg}$ 的巨大质量,是地球质量的 33 万倍,占太阳系 99.7% 以上的质量。太阳的巨大质量使得它具有很大的引力,地球及太阳系的其他星体就是在这个引力的作用下绕太阳公转的。太阳率领着太阳系大家庭的众成员,围绕着银河系中心旋转,旋转一周大约需要 2.3 亿年。

1. 概况

太阳表面的温度约为 6000°C ,在这样的高温下,一切物质只能以气态存在,因此太阳又是一个炽热的气体球(图 1-3)。炽热的太阳表面不断地向宇宙空间放射出大量的光和热,每分钟大约射出的能量要多于 5×10^{24} 千卡。如果把整个太阳表面用一层厚 12 米的冰壳包起来,那么只要 1 分钟,全部冰壳就会被太阳所射出的热所融化,由此可见太阳射出的能量有多大。

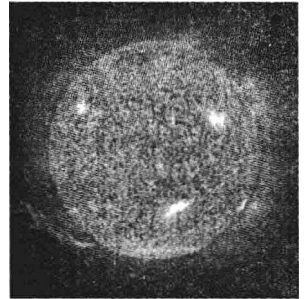


图 1-3 伟大的太阳

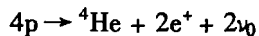
太阳诞生于 50 亿年前,它大约还可以继续燃烧 50 亿年。50 亿年前,宇宙中一颗巨大的恒星发生了猛烈的爆发,形成了超新星,其震波穿过太空,而散射物质则形成了氢状星云。云团在引力的作用下发生沉淀与组合,形成布满了气体与尘埃的环状物质。环状物的核心,则尤若核熔炉般的熊熊燃烧,于是我们的太阳诞生了,太阳及其众多星体有如九大行星也随之诞生。我们称这样的太阳大家庭为太阳系,它有如一个海中的大漩涡。太阳在这样的大家庭具有崇高的地位,环绕着它的其他星体,都居于它的引力统治之下。在其存在的最后阶段,太阳中的氢将转变成碳元素,而体积也将开始不断膨胀,直径将由现在的 140 万千米扩大 200 万倍,直至将地球吞没。在经过一亿年的红巨星阶段后,太阳将突然坍缩成一颗白矮星——中小恒星演化的最后阶段,并喷射出一系列的星云物质,变成地球一般的大小,类地行星将只剩下孤零零的火星围绕它旋转。再经历几万亿年,它将最终完全冷却,成为一个褐矮星。

2. 太阳的能量来源

证据表明,太阳稳定地保持今天的状态已有 5×10^9 年了。相对于这个时间尺度来说,仅靠引力坍缩或者普通燃料的燃烧提供能量来维持发光、发热的时间是短暂的。那么,太阳到底是怎样一颗星球呢?如果将太阳剖开,我们可以大致描述太阳能量的产生和辐射的过程。

太阳的能量主要来源于其核心部分,那里的温度高达 1.5×10^7 °C,压力超过地球大气压的 340 亿倍,如同一个核聚变的大熔炉,持续不断地进行热核反应。太阳释放的能量来源于物质的消耗,在核聚变反应中,4 个质子或氢原子产生一个氦原子核,而氦原子核的质量要比四个质子小 0.7%,这 0.7% 的质量则转化成了能量,被释放至太阳的表面,并通过对流过程散发出光和热。像这样,太阳每秒钟约有 7 亿吨的氢被转化成氦,在此过程中,每秒钟大约有 400 万吨的质量被消耗掉而转变为能量。太阳核心产生的能量大约需要经过近 1 千万年才能到达它的表面,而同样的能量从同样表面传送到距离为 1.5 亿千米的地球,却只需花费 8 分 19 秒。由此可见,太阳内部有着不同寻常的结构。

完全可以用热核反应的理论模型来描述发生在太阳核心里的能量过程,最有效的反应序列是 PP(质子—质子)循环,其总效果可以用如下方程表述



在这一过程中释放的能量为 26.7MeV,其中 25MeV 用于加热,其余的则由中微子 ν_0 带走。

• 太阳里另一个热核反应序列是 CNO(碳氮氧)循环,其反应的净效果也同样可用上式表述。 ${}^{12}\text{C}$ 、 ${}^{15}\text{N}$ 在这里只是起着催化和能量转移的作用。

对于以上两种反应, 1.5×10^7 K 的温度是个分界,比这温度低的(冷星)PP 循环要比 CNO 循环重要,而高于这个温度的(热星)则反之。太阳属于冷星,在其中以 PP 循环为主,所提供能量占 92%,其余 8% 由 CNO 循环提供。而更大的恒星则属于热星,它们的热核反应则以 CNO 循环为主。太阳和恒星的能源来自核聚变的理论,主要是贝特(Hans A. Bethe)1938 年提出来的,为此他获得了 1967 年的诺贝尔物理学奖。

3. 太阳的结构与成分

从中心向外,根据物理属性的不同可将太阳内部划分为核心区、辐射层、光球层和色

球层(图 1-4),色球层以外则是太阳的大气——日冕。各层区的结构不同,其活动表现也不同。由于探测技术和高温的限制,人们对太阳的内部结构与属性只是—些大概的推测,更多了解的则是一些太阳的表观和外部大气,因为它们比较容易探测。下面着重介绍光球层、色球层和日冕的情况。

光球层:太阳的表面看上去是一个黄色的光球,因而将其表面称为光球层(对流层),它是一层厚度约 400 千米的不透明的黄色气体薄层,太阳能量的绝大部分从它辐射而出。在光球层内,炙热的气体冲向表面,冷却的气体沉降下方,这种对流形成的气泡,大小约为 300 ~ 1450 千米,每一个都有法国般的大小。气泡形成的斑点结构称为米粒组织,形状则为不规则多边形,持续时间约 7 ~ 10 分钟,有垂直方向的振荡。光球的能量来自不同的深度,形成不同温度的表面大气。

色球层:在光球的外侧就是红色的色球层。在色球层的大气内部,弧形气体在穿梭,红色的日珥冲上 5 万千米的高空。从米粒状的表面可以观察到红色日珥爆发喷出的情形,它来自太阳的表层下,由磁场引发的一拨拨的气体所产生。大型的日珥,喷射高度可达 10 万千米之远。

在色球层还可见到太阳的耀斑,它是太阳黑子形成前在色球层上产生的灼热的氢云层。耀斑就是剧烈爆发的火焰,它相当于一千万颗氢弹爆炸的能量,引起的阵阵余波,常常造成地球上的气候异常,对地球生命产生重要影响。太阳能量经过这一区域自中心向外传递。色球层以外是延绵的日冕,在黑子活动的极大年时,日冕的形状呈球形,而在极小年,两极的方向出现极羽。日冕的最外面向太空伸展并辐射出从太阳产生的粒子。

太阳黑子:在光球层的某些区域,温度比周围稍低(通常是 4000 摄氏度),这便是太阳黑子(图 1-5)。每隔一段时间(约 11 年),太阳表面就会出现大量的黑子。一大群黑子可在 10 天之内形成,经过两个星期转至太阳的背面或消失。太阳黑子由暗黑的本影和在其周围的半影组成,形状变化很大,最小的黑子直径只有几百千米,没有半影,而最大的黑子直径比地球的直径还大几倍。

太阳黑子由于周围明亮光球背景的反衬才显得黯黑,实际上它们的温度达 3800K,比融化的钨还亮热。黑子的重要特性是它们的磁场强度,黑子越大,磁场强度越高,大黑子的磁场强度可达 4000 高斯。太阳黑子活动呈周期出现,两次极大间的间隔时间平均为 11.2 年,叠加有一个为期 80 年的低幅度的周期。在黑子群周围常出现耀斑,发出的辐射和粒子同地球磁场和电离层相互作用会使地球上的短波无线电通讯中断并出现极光。

太阳黑子发生于周期 11 年的磁极对调,此期间,太阳表面下产生出的磁场使太阳的磁场达到了最强。由于太阳表面各处的自转速度不相同(赤道地区自转一周需要 26 天,而两极地区最慢,需要 37 天),因而使得磁场在光球的表面发生了扭转与纠缠,这就是黑子产生的基本原因。

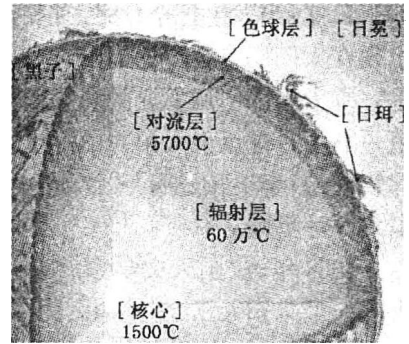


图 1-4 太阳的内部

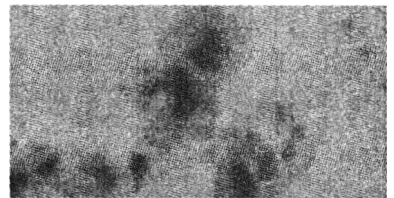


图 1-5 太阳黑子

日冕:当发生日全食时,月亮会挡住太阳的表面,一个发着灿烂光芒的灰蓝色光环便出现在太阳圆盘视界的周围,这一光环即称为日冕,它常被描写成异常绚丽的飘带。日冕是包围太阳的一层发光的高温稀薄气体,亮度很微弱,是太阳本身亮度的百万分之一,大概是整个月球反射太阳光的一半,只有在日全食时和用日冕仪(1931年由法国的博纳德·弗第南德·李奥特发明)才能看到。发生日全食时,正是日冕发出的光芒才未使整个世界陷入一片黑暗。

1868年,法国天文学家詹森和英国光谱、天文学家洛克伊尔从日冕的吸收谱线中发现了一个未知元素,将其命名为“氦”(在希腊语含义为太阳),也就是“太阳的元素”的意思。直到1895年,苏格兰化学家雷姆塞在地球上才发现了氦。这是元素周期表中惟一的一种最先从地外天体上发现的元素。

日冕的温度很高,最高可达200万K,这是以日冕发射的高能量X射线为依据测出的。不过,这种超高温仅仅集中在日冕的个别原子中。而且这些原子广泛分布于整个日冕中,其热量的总和并不是很高。

太阳耀斑使日冕发生着波动,借助耀斑的威力,日冕向外喷射出大量的带电粒子流,远达数亿千米,形成太阳风。日冕没有明确的边缘,它延绵不绝,与整个太阳系融为一体,并在延伸的过程中逐渐减弱(图1-6)。

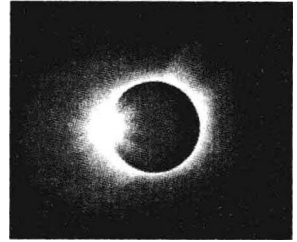


图1-6 日全食时看到的日冕

太阳风:日冕和太阳因高温而不断向外进射出带电的微粒流,向外扩散形成太阳风。美国物理学家巴克尔于1959年时就此做出预言,1962年,抵达金星附近时的“水手-2号”探测器证实了这个预言。太阳风的速度为400~700千米/秒,正是它的作用使彗星的尾部指向了背离太阳的方向。构成太阳风的带电粒子还会不断撞击各个行星,如果行星上具有南北磁极和大气,那么带电粒子将由其北极向南极运动,还可以形成美丽的极光。图1-7显示了太阳风飞抵地球附近被地球磁场作用形成了范阿伦辐射带的情形。

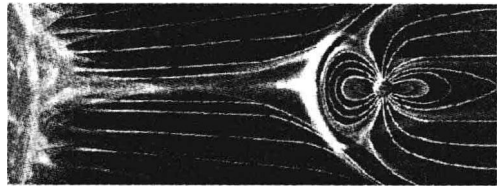


图1-7 太阳风与范阿伦辐射带

太阳主要由73%的氢和24%的氦组成,其余则是少量的重元素。按照热核反应的纯理论计算,如果将太阳储备的氢全部聚合完,将能够维持600亿年之久。事实上,太阳上的氢并非100%的可供参加核聚变,较为实际的合理估计是大约10%左右的氢才有参加核聚变的可能,这样我们就可以估算出,剩余的氢还可以支持太阳以现在的状态,持续大约60亿年以下。这就是为什么说太阳还可以稳定50亿年的理由。

太阳还有许多未解之谜,例如,其深层的结构和波动的细节如何,持续热核反应的控制机理是什么,日冕的温度为何会如此之高,竟然从表面的6000度突然窜到200万度,磁场在这里扮演了什么角色,太阳的蠕动即所谓“呼吸”现象是怎样引起的等等。美国和欧洲共同经营发射的抵达太阳附近的苏合号太空船已经记录下了太阳内部波动的画面,发现了太阳表层下面有非常强劲的喷射气流在绕着太阳旋转,还发现了太阳上有如地球般大小的龙卷风,以每小时50万千米的速度,在靠近两极地区转动。苏合号太空船目前正

在深入地対太阳进行着观测与研究。

二、美丽的蓝色行星——地球

大地有尽头吗？它是方的、平的、还是圆的？为什么日月星辰总是东升西落？为什么会有四季变化？这些现在看起来很简单的问题，其实是人们经过了数千年的努力才弄明白的。人们终于知道了自己生活在一个不大的且极其普通的行星之上，是近百年的事。当我们终于跨入宇航时代，进入太空的时候，才真正有机会从地球以外的空间来俯视这个星球，原来它是一个蓝色的星球。蓝色的海洋与蜿蜒相接的大陆美景交辉，漂浮变幻的白云环绕其上，地球真是一颗美丽的星球(图 1-8)。



图 1-8 美丽的地球

地球距离太阳 1.5 亿千米，这 1.5 亿千米又被称为 1 个天文单位(AU)，人们用它来量度太阳系范围的距离。地球是从太阳系数第三颗行星，也是第一颗带有卫星的行星。我们的地球有着丰富的水，在全球 5.1 亿平方千米的表面积中，竟然有 70.8% 的辽阔海洋，因此从太空中看地球，它是一个极为秀丽的蓝色星球。地球上最高的山峰是 8848.13 米的珠穆朗玛峰，最深的海沟是 11 034 米的太平洋玛利亚纳海沟。我们拥有充满水气的大气，还有冰河，还有无水的沙漠，在那里仍孕育着众多的生命。

目前所知，地球是惟一具有生命的星球，正是由于生命的存在，才使地球如此的特殊。

在太阳系形成初期，地球上既无生物也没有水，它只是一块高热的熔岩。随着熔岩的逐渐冷却，重元素如镍和铁沉淀至核中心，形成固态的内核，外核则是熔融态的铁和镍。包围在核心之外的则是地幔，地幔的内部结构是经由震波记录而得知的。从地表产生一个爆炸震波，初级震波游走于核心内部，次级震波则被阻隔于核心之外。45 亿年之后，地球便成了今天的状态，在固体的地壳下涌动的熔岩不时地冲破薄弱的地壳，形成壮观的火山喷发，释放出大量的气体、水气和熔岩。据说亿万年的火山喷发就是地球水分和大气的来源。

地球磁场的形成，是经由地核内带电的镍铁流动后形成的电流的磁效应(图 1-9)。地质考察表明，地球磁场的极性，每隔若干万年就会发生一次倒转，在近 450 万年里，就可以分出四个磁场极性不同的时期。有两次和现在基本一样的“正向期”，有两次和现在正好相反的“反向期”。而且，在每一个磁性时期里，有时还会发生短暂的磁极倒转现象。英国利兹大学的地磁学专家安迪·杰克逊博士表示，地球磁极倒转一般每隔 50 万年出现一次，但自上次发生后，已有 75 万年没有出现过了。



图 1-9 流动的带电铁、镍形成地球的磁场

如果地球的南北磁极倒转后果将相当严重，将影响整个自然界。专家们指出，最大的灾难莫过于强烈的太阳辐射。平时，这些宇宙射线在地球附近的太空中早就被地球磁场屏蔽或阻挡了，可是在地球两极倒转过程中，一旦地球磁场消失，这些太阳粒子风暴将会猛烈冲击地球大气层，对地球的气候和人类的命运产生致命的影

响。这一天如果真的到来,一些低轨道人造卫星也将完全暴露在太阳电磁风暴的吹打中,不久就会被完全摧毁。对于靠着磁性来引导飞行的鸟类而言,将会造成很大的混乱。诸如燕子、羚羊、鲸鱼、鸽子和趋磁性细菌等,都会迷失方向。有的科学家甚至因此怀疑,地球磁极倒转曾经是古人类文明覆灭的原因。

地底下炽热的岩浆不断向地幔推挤,除了在地壳下方喷发火山,冒出滚热的浓烟外,岩浆的推挤,使大陆板块不断改变着原有的位置,产生大陆板块的移动现象(图 1-10)。海水底下地函处的熔岩,迫使板块分离,使地球的大陆由最初的一块分离成为今天的五大洲。若将海水抽干,我们就会看到显露的板块有些被拉开,有些则紧紧挤压在一起,据说喜马拉雅山系和昆仑山系就是印度板块与亚欧板块挤压的结果。

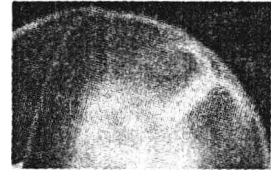


图 1-10 移动大地板块的动力

板块碰撞时会造成火山爆发,海水与火山的交融之处被认为是地球万物和生命的开始。在陆地上,演化出绿色植物,它们吸收太阳能,将大气层中的有毒的二氧化碳气体转化成供人类和其他生物呼吸所需的氧气。地球形成的初期,在大气中凝结的水汽形成了降雨,大量的雨使陆地上有了许多的湖泊和海洋,现今这些水域居然占据了地球表面积的70%。大海的形成有效地控制了大气层中二氧化碳和氧气的含量,目前的大气有不足五分之一的氧气及五分之四的氮气和少量的二氧化碳。

根据 1979 年国家大地测量和地球物理联合会公布的数据,地球自转一周则需要 23 小时 56 分 4 秒(恒星日),即自转周期为 $8.616 \times 10^4 \text{s}$ 。地球的赤道半径为 $6378137 \text{m} \approx 6.378 \times 10^6 \text{m}$,地极半径为 $6356752 \text{m} \approx 6.357 \times 10^6 \text{m}$,扁率 $e = 1/298.257$;忽略地球非球形对称,平均半径则为 $6.371 \times 10^6 \text{m}$ 。地球的质量大约为 $6 \times 10^{24} \text{kg}$,在赤道某海平面处的重力加速度值为 9.780m/s^2 ,在北极某海平面处的重力加速度的值则为 9.832m/s^2 ,全球通用的重力加速度标准值则是 9.807m/s^2 。

海洋对气候的影响很大。在世界各地,海水形成了暖水流与冷水流,暖水流经过之处,气候温暖、湿润;而冷水流经过之处,气候则干燥、寒冷。事实上,左右气候形成的力量来自于太阳。在赤道附近日照最直接的区域,潮湿的空气会上升;而在两极地区,寒冷干燥的空气从天而降。这种气流的移动则造成了在赤道与两极地带的三大主要气流,形成对流的大气,而大气的对流就形成了风。假设地球不旋转,则风只会吹向南、北方向,而由于地球的转动,风才会随之吹送到东西方。干燥空气下降是造成北非地区没有云层出现的重要原因,对其北面及南面而言,潮湿的空气却正在上升。横越大西洋朝东北方向流动的墨西哥湾流,往往携带着温暖的加勒比海海水流向欧洲,幸运的欧洲西北角海岸地带正好享受着墨西哥暖流所带来的温暖海洋性气候,在那里,天气虽然富于变化,但变化并不剧烈。然而在相同的纬度上,横越大西洋的彼岸,那里没有温暖的墨西哥湾流的滋润,那里的冬天是严寒的,整个海路冰天冻地。

一旦海洋与太阳联手,就可引起可怕的台风或飓风。台风或飓风是由海上的热带暴风雨所产生,这些吸收了太阳热能的大量潮湿空气以螺旋状方向加速旋转,形成风速高达