

现代科学技术概论

A Panorama of Modern
Science and Technology

(第二版)

主编◎刘金寿



大连理工大学出版社

现代科学技术概论

A Panorama of Modern Science and Technology

(第二版)

主编◎刘金寿

参编◎郭 辉 段 萍

季长波 姜良萍

赵 虹 仲海洋

韩 平 张秀玲

2007年8月第3次印刷
2004年12月第1版
2007年8月第2版
787mm×1092mm 1/16
印张:17.75
字数:398千字

责任编辑:刘金寿

责任编辑:刘金寿

封面设计:刘金寿

定价:32.80元

ISBN 978-7-9811-3263-2



大连理工大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

现代科学技术概论 / 刘金寿主编 .—2 版. —大连: 大连理工大学出版社, 2007. 8

ISBN 978-7-978-5611-3763-5

I. 现… II. 刘… III. 科学技术—技术发展—世界
IV. N11

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2007)第 135102 号

大连理工大学出版社出版

地址:大连市软件园路 80 号 邮政编码:116023

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

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

大连理工印刷有限公司印刷 大连理工大学出版社发行

幅面尺寸:185mm×260mm 印张:17.75 字数:398 千字

2004 年 12 月第 1 版 2007 年 8 月第 2 版

2007 年 8 月第 3 次印刷

责任编辑:梁 锋

责任校对:碧 海

封面设计:季 强

ISBN 978-7-5611-3763-5

定 价:25.80 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。在茫茫宇宙中,人们不但没有找到那些过去曾经认为“占宇宙总质量9/10的”丢失了的暗物质,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、探索等方面的百余个专题,概览了当代科技领域的前沿进展情况,在知识讲述中穿插人文历史背景,渗透科学发展观。书中还讲述了众多引人入胜的探索发现专题,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高等学校科学文化素质教育

及通识教育的需求,又能适应广大社会公众科学教育的需要。本书已被选为“大连科普网站(www.dlkp.gov.cn)”的指定参考书。

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、精华的知识内容,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、价值观产生了积极效果,对他们的科学素养的提高起到了潜移默化的影响。几年的实践和事实表明,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学生也大有裨益。以物理专业的学生为例,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,不仅对于高校教学改革和科学素质教育、通识教育具有一定意义,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质量,编写人员付出了连续数年的艰辛。尽管如此,书中仍难免存在错误和不当之处,敬请读者给予批评指正。

在本书的编写中,稿件的执笔分工如下:

宇宙篇:刘金寿;地球篇:段萍;物质篇:姜良萍、刘金寿、韩平;生命篇:郭辉、季长波、张秀玲;技术篇:郭辉、刘金寿、赵虹;探索篇:刘金寿、季长波、仲海洋。

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,还得到了诸多读者的反馈意见和热情关注,在这里我们特向大家表示诚挚的感谢!

大家有任何意见或建议,请直接与我们联系,联系方式:

电 话:0411-84707962 84708947

E-mail:jcjf@dutp.cn

主 编

2007年8月于大连大学

目 录

宇宙篇

第 1 章 太阳系 / 2

- 1.1 太 阳 / 3
- 1.2 美丽的蓝色行星——地球 / 7
- 1.3 月 球 / 8
- 1.4 类地行星 / 11
- 1.5 类木行星 / 16
- 1.6 矮行星(二级行星) / 21
- 1.7 小行星带 / 25
- 1.8 彗星及奥尔特云 / 27

第 2 章 恒星世界 / 31

- 2.1 恒星的性质 / 31
- 2.2 恒星的诞生与演化 / 34
- 2.3 聚集的恒星群——星系和星团 / 39

第 3 章 黑 洞 / 42

- 3.1 科学家的预言 / 42
- 3.2 黑洞的观测与发现 / 44
- 3.3 致密恒星(黑洞)的喷流 / 47

- 3.4 黑洞的分类 / 48

- 3.5 白 洞 / 53

- 3.6 虫 洞 / 54

第 4 章 宇宙的起源与演化 / 56

- 4.1 人类对宇宙的认识 / 56
- 4.2 起源演化和宇宙大爆炸 / 60
- 4.3 宇宙大爆炸模型 / 63
- 4.4 宇宙未来的命运 / 66
- 4.5 至大和至小理论的结合 / 67

第 5 章 20 世纪 60 年代的四大发现 / 69

- 5.1 射电天文学的兴起 / 69
- 5.2 神秘的类星体 / 70
- 5.3 星际空间的有机分子 / 71
- 5.4 微波背景辐射 / 72
- 5.5 脉冲星 / 73

综合测试 / 74

地球篇

第 1 章 现代地质学 / 80

- 1.1 地质学概述 / 80
- 1.2 地球的构造 / 83
- 1.3 大陆漂移学说 / 85
- 1.4 赫斯的“海底扩张”学说 / 85
- 1.5 大陆漂移与海底扩张的证据 / 86
- 1.6 板块构造学说 / 90

第 2 章 地 震 / 92

- 2.1 地震学概要 / 92
- 2.2 地震活动概况 / 93
- 2.3 地震预报 / 98

第 3 章 地质学提供的灾变证据 / 101

- 3.1 恐龙的消失 / 101
- 3.2 K-T 界层的铱异常与巨大的陨石坑 / 102
- 3.3 K-T 大灭绝 / 103
- 3.4 灭绝还有吗 / 104

第 4 章 环境与能源 / 107

- 4.1 环 境 / 107
- 4.2 能 源 / 110

综合测试 / 113

物质篇

第1章 物态 / 118

第2章 认识原子世界 / 121

- 2.1 探索微观世界 / 121
- 2.2 打开原子世界的大门 / 122
- 2.3 原子世界探秘 / 122

第3章 原子核内幕 / 126

- 3.1 原子核还能分割吗 / 126
- 3.2 人工核反应与质子的发现 / 128
- 3.3 中子的发现 / 128
- 3.4 原子核的结构及核力 / 129

第4章 核能及其利用 / 130

- 4.1 核反应的重要发现 / 130
- 4.2 核裂变——巨大的能量宝藏 / 133
- 4.3 氢核聚变——取之不尽的清洁能源 / 138

第5章 粒子世界 / 141

- 5.1 步入“基本粒子”世界 / 141
- 5.2 基本粒子家族 / 144
- 5.3 粒子的相互作用 / 147

综合测试 / 149

生命篇

第1章 生命的起源与生物的进化 / 154

- 1.1 关于生命起源的论争 / 154
- 1.2 化学进化说 / 155
- 1.3 达尔文的生物进化论 / 157
- 1.4 达尔文之后的进化论 / 159

第2章 生命系统的层次结构 / 162

- 2.1 生命的特征与生物多样性 / 162
- 2.2 生态系统的结构 / 165
- 2.3 细胞 / 168
- 2.4 探索遗传的奥秘 / 171
- 2.5 生命的分子基础 / 173

第3章 现代生物技术 / 178

3.1 生物技术的兴起 / 178

- 3.2 基因工程及其应用 / 180
- 3.3 克隆羊技术 / 183

第4章 人类基因组计划及生物技术面临的问题 / 188

- 4.1 人类基因组计划的启动与实施 / 188
- 4.2 后基因组时代的生命科学与生物技术 / 190
- 4.3 生物技术面临的问题 / 191

综合测试 / 194

技术篇

第1章 纳米技术 / 198

- 1.1 纳米与纳米技术 / 198
- 1.2 纳米材料的特性 / 199
- 1.3 微型机器 / 202
- 1.4 超级纤维——碳纳米管 / 204

第2章 低温和超导研究 / 205

- 2.1 低温超导现象及特性 / 205
- 2.2 对超导机理的探索 / 206
- 2.3 超导应用好梦难圆 / 207
- 2.4 “高温”超导热 / 208
- 2.5 逼近绝对零度 / 209

第3章 激光技术和光纤通讯 / 213

- 3.1 激光与激光器的发明 / 213
- 3.2 激光器的分类 / 215
- 3.3 激光的特性与应用 / 216
- 3.4 光导纤维与光纤通信、光纤传感技术的兴起 / 218

第4章 可控核聚变研究 / 220

- 4.1 可控核聚变是未来的主要能源 / 220
- 4.2 人工控制核聚变 / 221
- 4.3 磁约束和惯性约束 / 222

- 4.4 激光聚爆和粒子束聚爆 / 223
- 第 5 章 计算机 / 224**
- 5.1 从电子技术到光电子技术 / 224
- 5.2 智能与技巧——自动化技术 / 226

- 5.3 现代信息技术的核心——
计算机技术 / 228
- 综合测试 / 231**

探索篇

- 第 1 章 宇宙探秘 / 236**
- 1.1 探索“宇宙弦” / 236
- 1.2 宇宙中的暗物质和暗能量 / 238
- 1.3 探讨外星存在生命和智慧的可能性 / 241
- 1.4 恒星际航行的三大难关 / 242
- 第 2 章 引力与时空 / 244**
- 2.1 寻找引力子与引力波 / 244
- 2.2 真空及其物质性 / 248
- 第 3 章 生命世界探秘 / 251**
- 3.1 生命起源之谜 / 251

- 3.2 恐龙灭绝之谜 / 253
- 3.3 关于寒武纪生物大爆发 / 256
- 第 4 章 物质世界探秘 / 258**
- 4.1 神秘的中微子 / 258
- 4.2 质子衰变之谜 / 259
- 4.3 追寻“基本粒子”的本原 / 260
- 4.4 弦和超弦理论——物质结构
新理论 / 263
- 4.5 大统一和超统一 / 265
- 4.6 寻找磁单极子的里程 / 269
- 综合测试 / 272**

选择填空题参考答案 / 273

参考文献 / 274

宇宙篇

人类从远古时代起就对宇宙充满了神秘的想象。星星是什么？天是什么？谁在上面居住？它们由谁掌管……伴随着这些问题，产生了古代中国和古希腊关于“地球是宇宙的中心”和“天国众神主宰一切”的神话。事实上，从古代起直到哥白尼时代之前，人类对宇宙的认识一直处于原始状态。伽利略的望远镜和哥白尼的日心说，打破了人类的蒙昧和迷茫，使人类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，而且连太阳系的中心也不是。太阳系位于银河系一个不起眼的角落里，银河系以外还有着数不清的星系、星云……

众多的天文学家以及天文爱好者日以继夜、前赴后继的努力，使我们有了今天的认识。他们站在时代的前列，驱散迷雾，揭示知识的谜团……尽管如此，人们还是惊讶地发现，在旧问题不断解决的同时，新问题也不断涌现，诸如“暗物质、暗能量到底是什么？黑洞从何而来，其内部的物质、时空结构究竟怎样？有地外生命吗，他们在哪里？类星体何以具有超过一个星系的能量？我们认识的宇宙是唯一的吗？”……时至今日，科学家也很难说清宇宙间的许多问题，但是他们却能通过不停地探索和观测，将天文学前沿的成就及时地奉献给大家。虽然知识具有区域性、时段性，但人类探索宇宙的好奇心却永无止境。

第 1 章

太阳系

晴朗的夜空群星灿烂,但人们用肉眼可以看到的星星不过 2 000 颗左右。绵延不断的银河是由众多恒星组成的,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(l. y.),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银河系的部分群星,再加上肉眼分辨率的限制,所以在人们的眼中,银河系就成了夜晚星空中的一条亮带,中国人称其为银河,而西方则称其为 the Milky Way(奶路)或 the Galaxy(星系)。

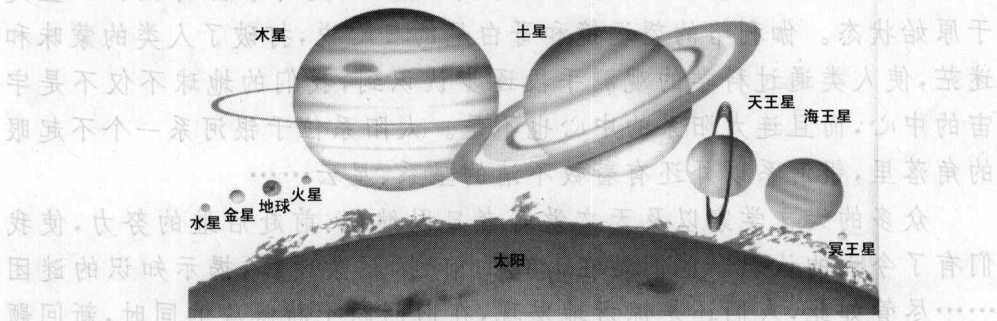


图 1-1A 太阳系大家庭

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 1-1A)。在这个家庭里,运转的核心是太阳,地球是它的第三颗行星。地球是现今已知的唯一的生机勃勃的星球,无数的生命在上面繁衍生息。人们至今没有发现在其他星球上存在生命的任何直接证据,这使得地球及其生命圈更显得异常珍贵。

太阳系由太阳、八大行星、矮行星、太阳系小天体组成。大行星是一些绕太阳公转的较大天体,其中有些还有卫星围绕着它们公转,如月球、木卫二等;矮行星则是以冥王星为代表的二级行星群体,如冥王星、谷神星等;太阳系小天体则包括小行星、彗星、行星际介质等组成。其中,小行星是众多密集绕太阳公转的小型天体,彗星则是沿着以太阳为焦点的高离心率轨道公转的一系列冰质小个体,行星际介质则是无数的尘埃、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“柯依柏带”(Kuiper)和不断派出彗星的“奥尔特星云”(Oort)。近年来,人们不仅发现了太阳系的一些新的小行星,而且还发现了冥外矮行星“齐纳”、“塞德娜”。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(有时将其划为“双星系统”似乎更加准确)。尽管现代科技帮助人类取得了观测太阳系的许多新进展,但至今也不敢肯定已经完全认识了太阳系。

根据结构和成分可以将太阳系的八大行星划分为“类地”和“类木”两类。类地行星是由

固态的岩石和金属构成的行星,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 000km。类木行星则是一些大块头的气态行星,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 000km。

天文学中也常常根据相对于太阳的位置来划分八大行星。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在地球上看见月亮,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。

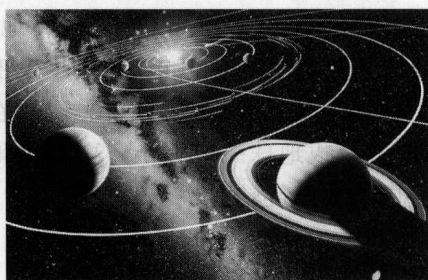


图 1-1B 太阳系八大行星运行轨道

1.1 太阳

太阳是距离地球最近的一颗恒星,它是太阳系中最大的天体,处于太阳系的中心。太阳的直径大约有 1.4×10^6 km,是地球直径的109倍,太阳的体积约为地球体积的130万倍。太阳是能量的象征,地球能量的99%来源于太阳。50多亿年来它持续不断地发光发热,给地球生命带来无限生机,照耀、温暖着大地。目前人类使用的石油、煤炭所释放出的能量,都是早期生命储存在化石中的太阳能。按照大小和亮度划分,太阳属于中等恒星;按照年龄划分,太阳属于中年期的主序星。太阳的明亮表面是厚约500km的光球层,光球之上是 1.5×10^3 km厚的色球层,在色球之上是极其稀薄的几百万度的高温日冕,延伸到数万公里之外。太阳具有 1.99×10^{30} kg的巨大质量,是地球质量的33万倍,占据了整个太阳系99.7%以上的质量。太阳也有公转和自转,50亿年来,太阳率领着太阳系大家庭围绕着银河系中心旋转,旋转一周大约需要2.3亿年;而太阳自转一周大约为26个地球日。太阳的磁场比较复杂,它既有遍布各处的大约0.000 1~0.000 2T(1~2Gs)的弱磁场,也具有活动区的强磁场(如黑子区的磁场可达0.3~0.4T),日面的磁场分布很不均匀,个别狭小区域比周围的磁场强很多(可达0.1T),被称为磁节点。

1.1.1 熊熊烈焰百亿年

太阳是一个炽热的气体球(图1-2),其6 000℃的炽热表面不断地向宇宙空间放射出大量的光和热,每分钟至少 4×10^{26} J,这相当于1万吨优质煤全部燃烧产生的能量。如果把整个太阳表面用一层厚12m的冰壳包起来,那么只要一分钟,全部冰壳就会被融化,由此可见太阳射出的能量有多大。

太阳诞生于50亿年前,根据目前对太阳内部氢、氦含量的估计,它已经燃烧50亿年了,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炸,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凝聚

与组合,形成了布满气体与尘埃的环状物质。环状物质的核心,尤若核熔炉般熊熊燃烧,于是太阳诞生了,众多太阳系的其他成员如八大行星等也随之诞生。大约 50 亿年后的晚年,太阳中的氢将转变成碳元素,更多的热辐射使其体积发生膨胀,直径将扩大 200 万倍,直至将地球吞没,太阳变成了红巨星。再经过大约一亿年后,耗尽聚变能量的太阳将在自身引力作用下突然坍缩成一颗白矮星,在喷射出一系列的星云物质后,变成地球一般大小,这时,类地行星只剩下孤零零的火星围绕太阳旋转。

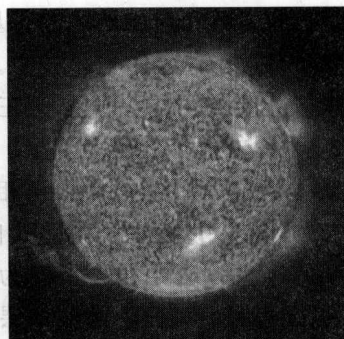


图 1-2 伟大的太阳

1.1.2 能量及来源

太阳保持今天的稳定状态已有 50 亿年了,仅靠引力坍缩或者燃烧普通燃料来供给能量维持发光、发热难以维持如此漫长的岁月。那么,维持太阳辐射了 50 亿年的巨大能量从哪里来?

如图 1-3 所示,太阳的能量主要来源于其核心部分,那里的温度高达 $1.5 \times 10^7 \text{ }^\circ\text{C}$,压力超过地球大气压的 340 亿倍,持续不断的进行着热核反应。能量来源于物质的消耗,在核聚变反应中,4 个质子或氢原子核产生一个氦原子核,而氦原子核的质量要比 4 个质子小 0.7%,这 0.7% 的质量转化成了能量,被释放至太阳表面,通过对流过程散发出光和热。太阳每秒钟约有 7 亿吨的氢被聚变成氦,其中约有 400 万吨的质量被消耗掉而转变为能量。这样在太阳核心处产生的能量需要经过 1~2 千万年才能到达表面,并且一部份能量从太阳表面直接送达地球,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。可以用热核反应的理论模型来描述发生在太阳核心的能量过程,最有效的反应序列是 PP(质子-质子)循环,其总效果可用如下方程表述:

$$4\text{p} \rightarrow \text{H}_4^2 + 2\text{e}^+ + 2\nu_0$$

在这一过程中释放的能量为 26.7MeV,其中 25MeV 用于加热,其余的则被中微子 ν_0 带走。太阳的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。 C^{12} 、 N^{13} 和 O^{15} 在这里只是起着催化和能量转移的作用。

1.1.3 结构与成分

从中心向外,根据物理属性可将太阳内部划分为核心、辐射层、对流层、光球层和色球层(图 1-3),色球层以外是太阳的大气——日冕。各层区的结构不同,其活动表现也不同。由于探测技术和条件的限制,人们对太阳的内部结构与属性只是一些粗略的推测,更多了解的是太阳的表观和外部大气,如光球层、色球层和日冕。

光球层 太阳的光球层处在对流层之上,是太阳大气的最底层。通常我们看到的日轮是一个黄色的光球,这实际就是光球层的表面。光球层是一层厚度约 500km 的不透明的黄色气体薄层,来自太阳中心的能量绝大部分从它辐射而出。在光球层和对流层,炙热的气体冲向外表,冷却的气体沉降下来,对流形成了众多气泡,直径约为 30 000km 左右。科学家将

这类气泡形成的斑点结构称为“米粒”和“超米粒”组织,米粒的形状为不规则多边形,持续时间约7~10分钟,有垂直方向的振荡,如同沸腾的米粥,上下翻滚、此起彼伏。光球层物质的平均有效温度约为5780K,在光球与色球的交界处,温度降至4000~4600K。光球层的平均密度约为 $2 \times 10^{-4} \text{kg/m}^3$,压力约为1.4atm。通常所说的太阳半径常指从太阳中心到光球层大气顶部的距离,约为 $6.96 \times 10^5 \text{km}$ 。

色球层 光球的外侧是红色的色球层,它要比光球层厚,约为1500km。在色球层的大气内部,弧形气体在穿梭,红色的日珥冲上50000km高空,大型日珥的喷射高度可达100000km。从米粒状的表面可以观察到红色日珥爆发喷出的情形,它来自太阳表层之下,由磁场能量引发的一拨拨的气体所产生。

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1000万颗氢弹爆炸的能量,引起的阵阵余波,时常造成地球上的气候异常,对地球生命产生了重要影响。

色球层内的密度、温度、电离度等各种物理参数随高度的不同而存在着巨大的差异。例如温度是随高度而上升的,色球的底层温度为4500K,中层为8000K,顶层则升到了 $5 \times 10^4 \text{K}$ 。色球辐射的光很弱,平时被光球的光亮淹没,所以只有在日食发生时或者用色球望远镜才能看到它。色球看上去尤若燃烧的草原,其上有许多挺拔的针状物、彩色的谱斑、细细的网纹以及冲天的日浪,有时还可看到激烈爆发的耀斑。

日冕 色球层以外是延绵的日冕。当发生日全食时,月亮挡住了太阳的表面,一个喷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(图1-4),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,靠着日冕发出的光芒才让整个世界不至于陷入黑暗的汪洋。

在黑子活动的极大年,日冕的形状呈球型,而在极小年,两极的方向出现极羽。日冕的最外部向太空伸展并辐射出从太阳带出的粒子,形成太阳风。日冕的温度很高,约有400万K,发射的X射线也很强。多年来一个难题一直困扰着科学家,即日冕是怎样被加热到400万K的呢?直到1995年12月2日成功发射“太阳及日球层观测平台”(SOHO)卫星才给出了一个比较令人满意的解释。正是日面上成千上万零星变化的磁场所产生的4000余个磁环回路之间的相互作用,形成了电和磁的湮没和短路所释放出来的能量使日冕得以加热,是

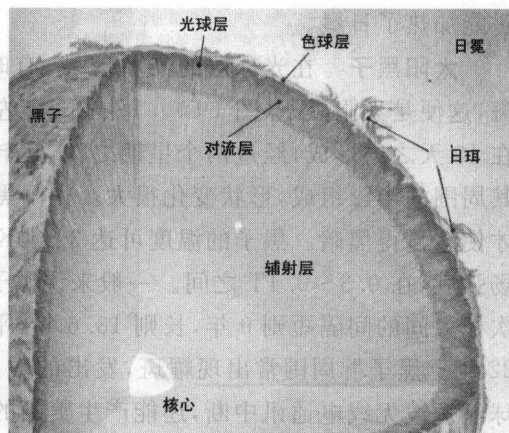


图1-3 太阳的内部

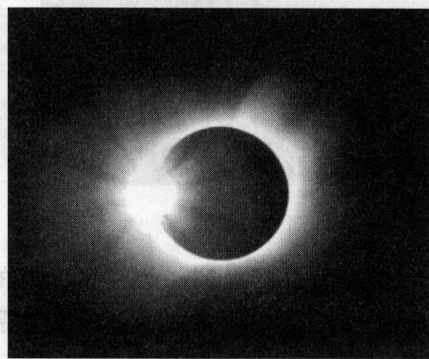


图1-4 日全食时看到的日冕

磁能加热了日冕。

太阳黑子 在光球层的某些区域,有时会出现温度比周围稍低(通常是 $4\,000^{\circ}\text{C}$)的暗斑,这便是太阳黑子(图 1-5)。每隔 11 年左右,太阳表面就会出现大量黑子。一大群黑子可在 10 天之内形成,经过两个星期之久,运转到太阳背面或消失。太阳黑子由暗黑的本影和其周围的半影组成,形状变化很大。太阳黑子并非绝对黑暗,只是因为明亮的光球背景反衬才使它显得黑暗。黑子的温度可达 $3\,800\text{K}$,比融化的钨还要亮热。黑子的重要特性是其磁场强度,在 $0.3\sim 0.4\text{T}$ 之间。一般来说黑子越大,磁场越强。太阳黑子活动呈周期出现,两次极大间的间隔短则 9 年,长则 13.6 年,平均为 11.2 年,而一个完整的太阳磁活动周期是 22 年。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,会使地球上短波无线电通讯中断,还能产生美丽的极光。

太阳黑子大小不一,一般直径都在在 $1\,000\sim 20\,000\text{km}$ 之间;最小的黑子直径也有几百千米,没有半影;特大黑子的直径可达 $245\,000\text{km}$,相当于地球直径的 19 倍。黑子主要产生于太阳因表面各处的自转速度不同而发生的磁场扭转与纠缠。太阳赤道地区自转一周需要 26 天,而两极地区则需要 37 天,这就是黑子产生的基本原因。

太阳风 太阳因高温而不断向外迸射出带电的微粒流,形成了太阳风。美国物理学家巴克尔早在 1959 年就预言了太阳风的存在,1962 年水手-2 号探测器抵达金星附近时证实了这个预言。太阳风的速度为 $400\sim 700\text{km/s}$,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不断撞向各个行星,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,还能形成美丽的极光。图 1-6 显示了太阳风飞抵地球被地球磁场作用形成了范阿伦辐射带的情形。

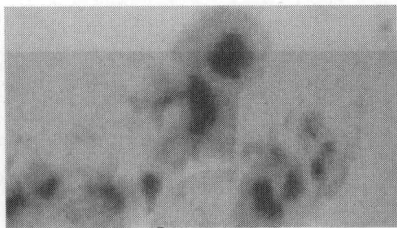


图 1-5 太阳黑子

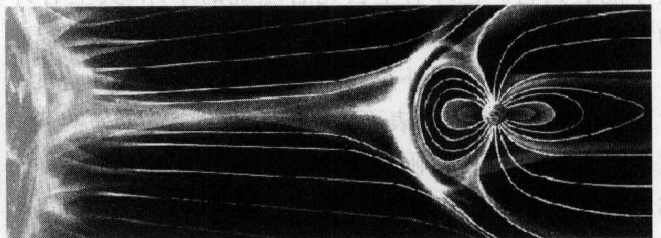


图 1-6 太阳风与范阿伦辐射带

太阳主要由 73% 的氢和 24% 的氦组成,其余则是少量的重元素。按照热核反应的理论计算,如果太阳储备的氢全部发生聚变,将能够维持 600 亿年之久。事实上,太阳上的氢并非 100% 可供参与核聚变,较为实际的估计是 10% 左右的氢才可能参与核聚变,据此可以估计,剩余的氢还能支持太阳燃烧大约 60 亿年。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,太阳大气从表面的 $6\,000^{\circ}\text{C}$ 突然跃升到日冕的 400 万 K,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? ……美国和欧洲共同体发射的抵达太阳附近的苏合号太空船发现了太阳表层下面非常强劲的喷射气流在绕着太阳旋转,以及太阳上有地球般大小的龙卷风,以每小时 50 万 km 的速

度在两极附近旋转运行。

1.2 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，是人们经过了数千年的努力才弄明白的。人们知道了自己居住在一个及其普通的行星之上是近百年的事情。当人类跨入宇航时代、进入太空的时候，才真正有机会从地球以外看到了一个蓝色的星球。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，地球是一颗璀璨美丽、内涵丰富的宇宙宝石(图 1-7)。



图 1-7 美丽的地球

1.2.1 概况

地球距离太阳平均约 1.5×10^8 km，这段日地间距又被称为 1 个天文单位(AU)，人们用它来度量太阳系范围的距离。从内向外数，地球是太阳的第三颗行星，也是第一颗带有卫星的行星。地球有着丰富的水，在全球 5.1 亿 km^2 的表面积中，竟然有 70.8% 的辽阔海洋。从太空看地球，它是一个极为秀丽的蓝色星球。地球上最高的山峰是 $8\,848.13\text{m}$ 的珠穆朗玛峰，最深的海沟是 $11\,034\text{m}$ 的太平洋玛利亚纳海沟。地球有充满水气的大气圈层，还有冰河、雪山以及荒凉缺水的沙漠。就目前掌握的证据而言，地球是宇宙惟一发现生命的星球；正由于生命的存在，才使地球如此特殊。

在太阳系形成初期，地球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，包围在核心之外的是地幔。45 亿年之后，地球便成了今天的状态，在固态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部分来源，生命的出现更使地球环境得以改变，呈现生机盎然、绿色遍野的景象。

1.2.2 地球的磁场

地球的磁场是由地核内带电的镍铁流动所形成的电流产生的(图 1-8)。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”。在每一个“正向期”或“反向期”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 万年没有出现了。

如果地球的南北磁极倒转，将影响整个自然界，后果会相当严重，最大的灾难莫过于强烈的太阳辐射。正常时，这些宇



图 1-8 流动的带电铁、镍形成地球的磁场

宙射线在地球附近的太空中被地球磁场屏蔽或阻挡了,可是在地球两极倒转过程中,由于地球磁场的暂时消失,会使这些太阳粒子风暴猛烈冲击地球大气层,对地球气候和人类命运产生致命影响。一些低空轨道人造卫星也因完全暴露在太阳电磁风暴的冲击下而被摧毁。靠着磁性来引导飞行的鸟类,也将造成很大的混乱,如燕子、羚羊、鲸鱼、鸽子和趋磁性细菌等,都会迷失方向。有的科学家甚至怀疑,地球磁极倒转曾经是古生物覆灭的原因。

1.2.3 自转与公转

根据 1979 年国家大地测量和地球物理联合会公布的数据,地球自转一周需要 23 小时 56 分 4 秒,即自转周期为 $8.616 \times 10^4 \text{ s}$ 。地球的赤道半径为 $6\,378\,137 \text{ m} \approx 6.378 \times 10^6 \text{ m}$,地极半径为 $6\,356\,752 \text{ m} \approx 6.357 \times 10^6 \text{ m}$,扁率 $e = 1/298.257$;忽略地球的非球形对称,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 9.780 m/s^2 ,在北极某海平面处的重力加速度的值则为 9.832 m/s^2 ,全球通用的重力加速度标准值则是 9.807 m/s^2 。

在夜晚看天上,星盘好像在绕北极星旋转,事实上这是地球自转造成的恒星移动的假象。地球的自转还造成日晷阴影的移动。由于地轴与公转轨道具有 23° 的倾斜角,于是当地球绕太阳公转时,地轴与公转轨道角度的转变就产生了季节变换的情形。当北半球是冬天时,南半球是夏天;北方的冬天时日较短,而南方的夏天为较长。半年之后,当地球运行至太阳的另一边时,北半球就呈现夏天,而南半球则呈现冬天。

1.3 月球

太阳系的大行星有众多的卫星,火星有 2 颗卫星,木星有 17 颗卫星,土星有 23 颗卫星,天王星有 15 颗卫星,海王星已测到 8 颗卫星,而地球则只有 1 颗卫星——月球。

在太空里,月球(图 1-9)是我们最近的邻居和伙伴,它深深地牵动着我们的一切。在朔月或望月时,海龟会上岸下蛋,而涨潮的最高点也正是孵孕新生命的最佳时机……月亮影响着生物周期的运行,也影响了潮汐来去及历法的变化。随着月球渐渐地减慢了旋转速度,地球的一天由形成时的 4 小时逐渐拉长为现今的 24 小时^①,有人预测 10 亿年之后,月球将会把地球目前一天的自转周期拉长 50 倍。

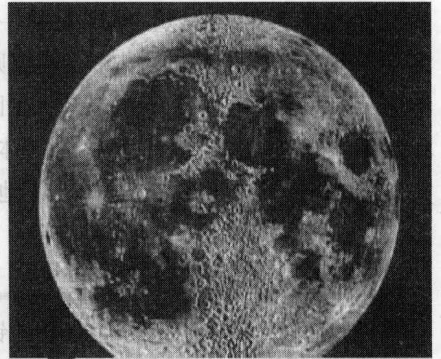


图 1-9 月球

1.3.1 概况

月球直径为 $3\,476 \text{ km}$,自转周期为 27 天 7 时 43 分 11.5 秒,公转周期为 27 日 12 时 44

^① 参考数据:地球的一天在 5 亿年前约为 20.8 小时,3.8 亿年前约为 21.6 小时,2 亿年前约为 22.7 小时,8 千万年前约为 23.5 小时,4.6 千万年前约为 23.7 小时,现代才约为 23.5 小时。

分。地球的直径大约为 12 700km,差不多是月球直径的 4 倍。绕地球的赤道飞行 10 圈,差不多就是地球到月球的距离。

月球表面有较为平坦的暗色的“月海”,和一系列布满“月陆”的坑坑洼洼、大大小小的环形山,其中有的环形山里还套着更小的环形山(图 1-10),有的环形山还有辐射状尘埃的条纹(图 1-11)。

月球和地球常被看作地月双星系统,围绕着公共质心运转。地月双星系统的质心离地心约 4 671km,因此,环绕质心与环绕地心的椭圆轨道相差不大。月球不但处于地球引力作用下,同时也受到太阳引力及其他星体引力的影响,所以具有比较复杂的轨道运动。

月球的公转轨道接近圆形,轨道半径为 38 万 km,其公转与自转周期都约为 27 天,所以它始终以一面朝向地球,而另一面则永远背向地球,在不用运载工具的情况下人们望不到月球的背面。

其实,我们只能直接看到一半月球的说法并不十分准确。由于月球赤道面同它的轨道面有 $6^{\circ}41'$ 的倾角,这一倾角的存在和月球转速的不均匀等原因,使地球上某一点的观测者能看出月面边沿有些前后摆动。这种摆动称为月球天平动^①,它使我们从地面观测时不止看到月球的半面,而能看到月球的 59%。

月球是一个南北极稍扁、赤道稍微隆起的扁球。它的平均极半径比赤道半径短 500m。南北极区也不对称,北极区隆起,南极区洼陷约 400m。但在一般计算中仍可把月球当作一个三轴椭球体。月球的重心和几何中心并不重合,重心偏向地球 2km,这已为宇航探测资料所证实。

虽然太阳也会影响海水潮汐的变化,但驱动地球大海潮汐的作用力却主要来自月球(图 1-12)。月球的引力使得涨潮与退潮的时间缩小至 6 小时,地球的自转使世界各地的海水都会受到月球牵引的力量,一天产生两次海水涨落现象。正是这个牵引力在延缓着地球自转的速度,与此同时,月球便渐渐远离地球。另外,月球的拉力还使地轴发生着缓慢地晃动,晃动周期大约为 26 000 年,这表明,自现在起经过一定的时间后,北极星将不再置于北极轴的正上方。

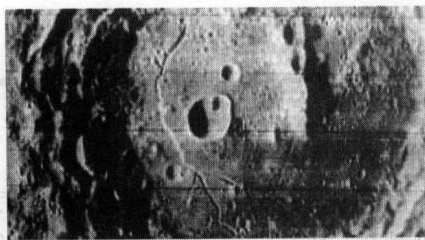


图 1-10 环形山套环形山

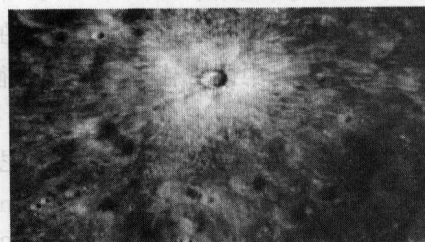


图 1-11 有辐射纹的环形山



图 1-12 月球引起的潮汐

^① 它可分为“几何天平动和物理天平动”。其中,几何天平动又称视天平动,视天平动又可分为“经天平动”、“纬天平动”和“周日天平动”。物理天平动则是由于月球三条主惯性轴长度的不等,在地球引力作用下发生的对平均位置的偏移。它与几何天平动不同,是一种真实的摆动,要比几何天平动小得多。