



普通高等教育“十二五”规划教材



自然地理学 (第二版)

杨达源 主编



科学出版社

普通高等教育“十二五”规划教材

自然地理学

(第二版)

杨达源 主编

科学出版社

北京

内 容 简 介

自然地理学研究的是“气、水、土、生、地”的运动及其相互间的复杂关系,人类赖以生存发展的自然(地理)环境和发展变化,以及在不断增强的人类活动影响下的种种变化。全书共八大部分 27 章,每个章节都有相关问题的讨论,同时引入大量最新研究成果,特别注重过程的分析。本书着重介绍了我国各地自然地理环境及其发展变化的特点与人类活动的深刻影响,格外强调了具体问题具体分析与因地制宜的原则。

本书可作为高等院校地理科学、地球科学、环境科学、土地科学、农林水利科学和工程建设等专业本科生教材,同时也可供相关专业科学研究者与生产实践者参考。

图书在版编目(CIP)数据

自然地理学/杨达源主编. —2 版. —北京:科学出版社,2011

普通高等教育“十二五”规划教材

ISBN 978-7-03-032623-2

I. ①自… II. ①杨… III. ①自然地理学-高等学校-教材 IV. ①P9

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2011)第 217547 号

责任编辑:杨 红/责任校对:桂伟利

责任印制:张克忠/封面设计:迷底书装

科 学 出 版 社 出 版

北京东黄城根北街16号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

保定市 中画美凯印刷有限公司印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2006 年 5 月第 一 版 开本:787×1092 1/16

2012 年 1 月第 二 版 印张:22 3/4

2012 年 1 月第六次印刷 字数:580 000

定价:48.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换)

前 言

“自然地理学”是一门古老的学科。若以《周易》(探索与人的生存有密切关系的“天、地、雷、风、水、火、山、泽”八个方面的物质与物质运动及其相互关系即八八六十四卦)为始,这门学科的研究已有几千年的发展历史,不仅过去长盛不衰,而且至今仍充满活力。原因就在于它是研究人类赖以生存的环境的科学。人类的生存环境不但因地而异、因时而变,而且还因在不同时代、不同方式、不同强度的人类活动影响下,世界各地有着更为复杂多样的自然变化。

目前,在国内外大概有上百种版本的《自然地理学》教材,有的虽然不用这个古老的学科名称,但在实质内容方面还是十分相近的。若将这些版本与更老的版本相比,总会有十分明显的进步。由之,正如《周易·系辞》中的一句话:“《易》之为书也不可远,为道也屡迁。变动不居,周流六虚。上下无常,刚柔相易。不可为典要,唯变所适。”

如果说 2006 年的第一版《自然地理学》,重点阐述这门学科主要研究“气、水、土、生、地”物质与物质运动及其复杂相互关系,与由之构成的自然环境;那么,5 年后的新版,在大部分章节增加了自然环境变化与人类活动相互关系的探讨,增加了第 27 章:人类与生存环境,介绍人与自然和谐方面研究的进展。

新版《自然地理学》教材仍由杨达源主编,其中的第 18~21 章由刘敏教授撰写,第 22~25 章由杨小平研究员撰写。全书引述了大量我国学者创造的最新研究成果,特别是一些设计与实践部门(如长江水利委员会),专家们都在第一线辛勤劳作,创造的成果丰富了这门学科关于“气、水、土、生、地”物质与物质运动及其相互关系的讨论。我们在此对这些专家学者表示诚挚的敬意和衷心的感谢。

由于自然地理学内容过于庞杂,教材不当之处在所难免,恳请广大读者批评指正。

编 者

2011 年 8 月

目 录

前言

绪论	1
----	---

第 1 部分 地球·地球环境·地球系统

第 1 章 地球环境	5
1.1 外部环境:地球在群星之中	5
1.2 地球内部的地热流及其地理环境效应	14
1.3 地球内部的圈层结构及其地理环境效应	18
1.4 地球的重力与磁场特征及其地理环境效应	20
第 2 章 地球系统	24
2.1 地球自转运动及其地理环境效应	24
2.2 地球表层系统	26
2.3 地球表层系统中的界面	27
2.4 地球表层系统的细分	28
2.5 地球表层系统是个复杂的巨系统	29

第 2 部分 地壳·地质·全球构造

第 3 章 地壳成分与地壳结构	33
3.1 地壳的物质组成	33
3.2 地壳结构特征	41
第 4 章 地质构造	44
4.1 地质构造类型	44
4.2 地质构造发育史	48
4.3 区域地质构造	50
4.4 新构造运动	52
第 5 章 全球构造体系	54
5.1 大陆漂移、海底扩张与海底构造地貌体系	54
5.2 板块构造与全球构造地貌	57

第 3 部分 大气·气候·全球气候变化

第 6 章 大气成分	63
6.1 大气成分	63
6.2 大气成分的变化	65

第7章 大气运动	73
7.1 辐射平衡与能量系统	73
7.2 热力均衡	77
7.3 全球大气环流	78
7.4 区域大气环流	80
7.5 地方性大气环流	81
7.6 特殊的大气运动	82
7.7 大气降水	84
第8章 气候与环境	88
8.1 气候	88
8.2 气候带与环境	90
8.3 气候类型与环境	91
8.4 小气候	93
第9章 全球气候变化	97
9.1 过去的气候变化	97
9.2 近期的气候变化	101
9.3 人类活动对气候变化的影响	107
9.4 当前的全球气候变化研究	108

第4部分 水·水文·水环境系统

第10章 水循环与水量平衡	113
10.1 全球水循环	113
10.2 水量平衡	115
10.3 水循环水量平衡过程	116
第11章 陆地水环境系统	118
11.1 冰雪(水)环境	118
11.2 河流水环境	121
11.3 湖泊水环境	128
11.4 地下水环境	133
第12章 海洋水环境	140
12.1 海与洋	140
12.2 海洋水物质成分与物质循环	141
12.3 海洋水的运动与能量转移	143
12.4 海洋水环境变化	149
第13章 水环境演化	154
13.1 “水环境”特性	154
13.2 区域水环境演化	156
13.3 河湖水环境演化	158
13.4 城市水环境演化	161

第 5 部分 风化成土 • 土壤过程 • 土壤地理系统

第 14 章 风化成土	165
14.1 物理风化	165
14.2 化学风化	166
14.3 生物风化	168
14.4 风化速度	169
14.5 风化壳	171
第 15 章 土壤过程	174
15.1 新生土壤物质	174
15.2 成土过程	182
15.3 土壤退化	184
第 16 章 土壤环境	187
16.1 土壤发生层理化特征	187
16.2 土壤剖面	189
16.3 土壤与环境	190
16.4 时间因素与土壤年龄	193
16.5 人类活动与土壤过程	195
第 17 章 土壤地理	196
17.1 土壤类型	196
17.2 土壤类型的地理分布	197
17.3 土壤地理系统	206

第 6 部分 生物 • 生态 • 生态系统

第 18 章 生物群落	211
18.1 种群的基本特征	211
18.2 种群增长与种间关系	213
18.3 群落的外貌和结构	215
18.4 主要陆地群落类型	217
18.5 群落动态	220
第 19 章 生态环境	224
19.1 “生态”与“环境”	224
19.2 生态因子对生物的作用	225
19.3 生物对环境变化的适应与应变	231
19.4 生态环境的全球变化	233
第 20 章 生态系统	236
20.1 生态系统的组成与结构	236
20.2 生态系统的物质循环	239
20.3 生态系统的能量交换	244
20.4 湿地生态系统	246

20.5	河流、湖泊生态系统	250
20.6	海洋生态系统	255
20.7	全球变化的生态响应	261
第 21 章	生态修复	267
21.1	恢复生态学	267
21.2	“生态恢复”的认知	268
21.3	退化生态系统的恢复	270

第 7 部分 地貌·地貌发育·地貌体系

第 22 章	地貌发育	277
22.1	地貌营力	279
22.2	剥蚀速率	280
第 23 章	陆地地貌系统	284
23.1	构造地貌	284
23.2	岩石地貌	289
23.3	重力作用与坡地地貌	293
23.4	外动力地貌	298
第 24 章	海岸海洋地貌	316
24.1	海岸地貌	316
24.2	海底地貌	324
第 25 章	全球地貌体系	326
25.1	地貌形态、地貌类型与地貌系统	326
25.2	全球气候地貌系统	329
25.3	全球构造地貌系统	332
25.4	全球地貌区系与地貌结构	333

第 8 部分 自然地理环境·人与自然和谐

第 26 章	自然地理环境	337
26.1	自然地理环境的构成	337
26.2	自然地理环境的空间结构	337
26.3	自然地理环境区划	343
26.4	自然地理环境的周期性变化研究	345
第 27 章	人类与生存环境	347
27.1	人类与生存环境的相互关系	347
27.2	人类活动的地理环境效应	348
27.3	人与自然和谐	349
主要参考文献		352

绪 论

自然地理学是研究地球表层自然环境的一门学科，其研究对象主要是人类赖以生存发展的自然环境，包括人周围由“气、水、土、生、地”的物质与物质运动，以及由“气、水、土、生、地”错综复杂的相互关系共同构成的自然环境。

自然地理学的研究为国土资源开发、城乡建设规划、减轻自然灾害、巩固国防、推动科学技术的进步、提升哲学思想、实现“人与自然和谐”等都做出了重大贡献。

自然地理学起源于古人的狩猎、放牧、采集与避免自然灾害等各种各样的迁徙活动及对自然的探索。中国有一本古书叫《周易》，可能萌于殷周之际，其《易传》的部分大致是战国或秦汉时代的作品，实际上《周易》本系八个方面（天、地、雷、风、水、火、山、泽）种种自然现象的记录、统计及其相互关系的分析。“易”含多变之意，阐述的是“刚柔相推，变在其中”的道理，并借以推测自然和社会未来的变化。

《周易》阐述了自然地理学研究的基本思路 and 技巧，即“现象实录—统计过去—预测未来”。在科学技术水平比较低下时代，人们无法揭示各种自然现象之间除时空对应之外更多的内在联系及其原因机制，有人就错误地把时间不太长的现象记录和统计，视为永恒不变的“经典”，编成“经书”指点迷津，以至于其八卦形式被某些后人神秘地推演为不可理喻的迷信。

许多经典著作或全部或部分，实为自然地理描述。如《尚书》中的《禹贡》篇，即用自然分区方法把全国分为九州，记述当时我国的地理情况，特别是该书的治水传说成为珍贵的古代地理记载。如《周礼》（亦称《周官》或《周官经》，可能出自战国时代）记载了当时的名山为“九州之镇山，在扬曰会稽，在荆曰衡，在雍曰华，在豫曰嵩，在兖曰岱，在青曰沂，在并曰恒，在幽曰医巫闾，在冀曰霍”。《水经》和《水经注》实为水系专著，前者载江河“百三十七”，并附《禹贡山水泽地所在》“凡六十条”，后者记载大江大河 1252 条，它所引用的书籍就多达 437 种，特别是《水经注》已有关于“川流戕改”与河道变迁研究的记载，其卷一《河水》记：“汉大司马张仲议曰：河水浊，清澄一石水，六斗泥。而民竞引河溉田，令河不通利。至三月，桃花水至则河决，以其噎不泄也。”指出了引黄河水灌溉的利弊。

明代潘季驯（1521—1595）历时 27 年总理河道，著《两河管见》、《宸断大工录》（在《四库全书》中改为《两河经略》与《河防一览》），陈述其治黄（河）策略为筑堤防溢，建坝减水速，以堤束水，以水攻沙，河行旧道，借黄通运（河）等。明代徐霞客（1586—1641）一生游历名山大川，创造了“地形之分类”（丁文江，1928），而且发展了实地考察自然、系统地描述自然、对比分析、探索本质的研究方法。《资治通鉴》（北宋司马光，1019—1086）、《天工开物》（明宋应星，1587—1667）等重要著作详述了自然地理学研究用于灾害防治、国土整治等，推动科学技术的进步，对国家建设、经济发展和社会安定起着重要的作用。中国自然地理学发展的主流是前赴后继地考察实践、总结经验、不断提高。

国外的自然地理学研究，最早是由古埃及亚历山大里亚城图书馆馆长埃拉托色尼

(Eratosthenes)开始的。他把对地球的形状、大小与地球上的海陆分布等所做的探索性研究,撰写为《地理学》专著三卷。他根据埃及塞恩(Svene,今阿斯旺城)与亚历山大里亚两地夏至日日影长度的不同,计算两地之间地面曲度及地球的周长和直径等。之后,继15世纪末期至16世纪初期的全球性地理大发现时代,在1650~1750年地理上的测地时期,出现了定点天文测量和地理测量等,在欧洲相继问世三部代表性著作,即瓦伦纽斯(Varenus)的《地理学概论》(1650年),其中的“绝对部分”讨论了地球起源;里西奥利(Riccioli)的《地理学和水道改良论,第十二卷》(1661年),较详细地阐述了水文地理学;基尔歇尔(Ath. Kircher)的《地下世界》(1664年),不仅描述了种种自然现象,而且突出了数理地理学。

近代自然地理学基本特点是追究存在于自然界的因果关系而出现了学科的越来越细的分化。洪堡(Alexander von Humboldt)与李特尔(Karl Ritter)开创了大学地理教学并建立了多门分支学科,归纳了地理学的方法论等,使地理学有了科学的性质和系统。这时期相继在几个国家创立了地理学会,如巴黎地理学会(1821年)、柏林地理学会(1826年)和伦敦地理学会(1830年)等。中国地理学会始建于1919年。

近几十年来,自然地理学的发展动态,一是由于学科的分化而导致不断地重新讨论自然地理学的研究对象和目标,以及与分支学科之间的区别。各门分支学科均有十分明确的研究对象、方向和目标,所以发展很快,相继创新了研究技术和日趋完善的基本理论。但自然地理学本身似乎被一点一点地抽空了,它的研究对象与研究重心似乎捉摸不定了,有的强调区域(A. Hettner, R. Hartshorne),有的强调人地关系(Vidal de Blache, J. Brunhes),前苏联的部分学者强调研究景观,还有的提出研究自然综合体或地理环境、地理圈、地理壳等。

在中国,1981年牛文元在《自然地理新论》中提出,自然地理学的研究对象是地球上某个特定的“范围”;1985年潘树荣等在《自然地理学(第二版)》中认为,自然地理的研究对象包括天然的和人为的自然地理环境,它是具有一定组分和结构的开放系统,分布于地球表层并构成一个地理圈;1986年,中国科学技术协会主席钱学森,在看清了“地理科学”应用现代科学技术、趋向综合化的前提下,提出地理科学研究的对象是地球表层。

新时代自然地理学最重要的变化如下:一是科学技术和科学理论有了显著的、越来越快的进步;二是自然地理科学知识有了广泛的社会宣传与普及,使得许多人有一定能力积极参与讨论,并对某些自然地理现象进行粗线条的分析和动态预测,尽管有可能存在偏差;三是以系统分析指路,设定理论体系;四是多学科大综合趋势;五是走进人类生活,敢于以“研究过去,预测未来”,实现“人与自然和谐”为己任。

随着2011年的到来,我们在新的探索中又进一步认识到,当前国内外的自然地理学研究,还要在思想方法方面有所突破,要深化理解地球表层“气、水、土、生、地”的物质与物质运动及其复杂的相互关系,其中的一些变化在人类生存环境方面的客观效应,远不是现代的计算机模拟能给出答案的。

第 1 部分 地球·地球环境·地球系统

地球的形状与大小：地球极半径 6356.78km

南极比北极半径短 42m

地球赤道半径 6378.14km，某些地方相对高出 430m

地球平均半径 6371.03km

地球表面：地球赤道圆周长 39840km

地球表面积 $5.028 \times 10^8 \text{ km}^2$

海洋——面积 $3.524 \times 10^8 \text{ km}^2$ ，占地球表面约 71%

平均水深 3729m，最深点—11033m

海洋水面的隆高最高+76m

海洋水面的低洼最低—104m

陆地——面积 $1.484 \times 10^8 \text{ km}^2$ ，占地球表面约 29%

南半球陆地面积约占 17%

北半球陆地面积约占 39%

陆地平均高度 875m

陆地上的最高点珠穆朗玛峰+8844.43m

陆地上的最低点死海水面—392m

地球的 圈层 结构：	大气层	散逸层，约大于 800km
		热离子层，约 80~800km
		中间层，约 52~80km
		平流层，约 10~52km
	对流层，约 0~10km（极地上空 8km，赤道上空 16~18km）	
	地壳层平均厚度 17km，平均密度 2.8 g/cm^3	
	地幔层平均厚度 2900km，平均密度 4.48 g/cm^3	
地核平均厚度 3470km，平均密度 10.7 g/cm^3		

地球质量： $5.976 \times 10^{24} \text{ kg}$

地球平均密度： 5.52 g/cm^3

地球年龄： 46×10^8 年

第1章 地球环境

国外科学家利用 2009 年 5 月升空的开普勒太空望远镜对银河系 15.6 万颗恒星进行了搜索。2011 年 2 月 19 日，在华盛顿举行的美国科学促进会年会上，美国航空航天局的科学家宣布了令人惊异的信息：银河系至少有 500 亿颗行星存在，有 5 亿颗行星处于“既不太冷也不太热”的地带，有生命存在的可能；在 1235 颗候选行星中，有 68 颗与地球大小相似，在 54 个可能适宜人类居住的行星中，有 5 个可能与地球大小类似，所环绕运行的恒星与太阳相比，体积要小，温度较低，其中一些可能有月球环绕，并存在液态水。

地球，在宇宙空间中是一颗十分平常的星球。2004 年“勇气”号与“机遇”号飞赴火星的考察与“惠更斯”号飞赴土卫六的考察，发现它们留有水或甲烷液作用的痕迹，土卫六星地貌酷似地球的地貌。宇宙中有的星球上可能真的有类似于地球上的某些生物的东西。

但是，地球在宇宙空间中又是一颗十分神奇的星球，从阿波罗（Apollo）宇宙飞行器发来的地球影像看，它是由蓝色的海洋、绿或褐色的陆地以及卷曲的白云组成的彩球。也就是说，与其他星球环境相比，地球环境已演化到一个非常神奇的且宜于人类诞生和人类生存的阶段。

2005 年 4 月 27 日，俄罗斯宇航员夏利波夫在莫斯科郊外的记者招待会上说：“（在宇宙中）看到被工厂制造出的烟雾污染的地球，真是一件很令人悲伤的事情。”他还说：“到了宇宙中后，我第一次理解到我们的地球是多么容易被破坏掉。我们必须尽快致力于保护环境。”2005 年 7 月 26 日升空的“发现”号航天飞机机长艾琳·柯林斯，8 月 4 日与日本官员交谈时说，她从“发现”号上观测到地球的污染状况已非常严重，“有时候，你能够看到地球受到了怎样的侵蚀，地球上有多少森林遭到了砍伐，这种情况在世界一些地方非常普遍”，“从宇航员的观点出发，我们希望人们能够善待地球，填补那些已经被消耗的资源”，“大气层就像是鸡蛋的蛋壳一样，非常薄”，“我们没有太多的空气，我们需要保护我们所拥有的。”

1.1 外部环境：地球在群星之中

夜空中群星闪烁，借助于 1990 年 4 月发射升空的哈勃望远镜还能看到更多的星星，它们组成多个庞大的星系，其中包含太阳系及其地球在内的一个星系称银河系。银河系是一个漩涡星系，与之相当的还有仙女座、大麦哲伦云、小麦哲伦云等 19 个星系，组成一个“本星系团”，相邻星系间的平均距离约 2000×10^4 光年（1 光年等于 $9.460\,53 \times 10^{12}$ km）。银河系中大约有 $1 \times 10^{11} \sim 2 \times 10^{11}$ 颗恒星，总直径约 1×10^5 光年，圆盘的中心厚度约 2×10^4 光年。

1.1.1 银河系中的地球及其地理环境效应

地球随太阳在银河系中的位置（图 1.1），目前距银河系中心约 3.3×10^4 光年，在银道

面一侧约 26 光年处, 位于银河系的一个旋臂-猎户臂的内侧边缘。太阳系的空间规模在银河系中延伸约几百亿千米。

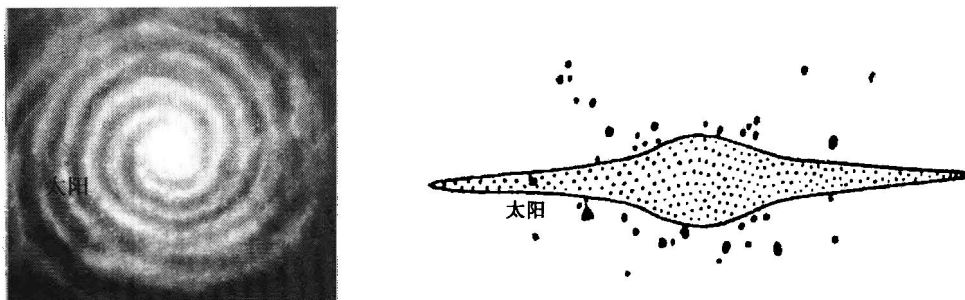


图 1.1 太阳在银河系中的位置示意图

1. 地球随太阳围绕银河系中心旋转运动

太阳绕银河系中心旋转一周约 $2.8 \times 10^8 \sim 3 \times 10^8$ 年, 平均速度约 250 km/s , 轨道偏心率为 $0.07 \sim 0.10$, 它的近银点是退行的。同时, 太阳还在做追赶旋臂的相对运动, 并以 19.7 km/s 的速度向着邻近恒星武仙星座的一个点做相对运动。与太阳绕银河系中心旋转周期相当的是近 10×10^8 年以来地球表面曾发生过四次大规模的冰川作用, 每次延续数千万年之久, 最盛时期的年代分别为 $9.5 \times 10^8 \sim 9.4 \times 10^8 \text{ a BP}$ 、 $6.2 \times 10^8 \sim 5.7 \times 10^8 \text{ a BP}$ 、 $3.2 \times 10^8 \sim 2.6 \times 10^8 \text{ a BP}$ 、 $0.1 \times 10^8 \text{ a BP}$ 至现代, 分别相当于前震旦纪—早震旦纪、前寒武纪—早寒武纪、石炭纪—二叠纪和晚新生代至今。1976 年伊尔文和普尔拉赫 (E. Irving and G. Pullaiah) 估算地磁极性最大熵谱中最显著的平均周期为 2.97×10^8 年 ($2.7 \times 10^8 \sim 3.03 \times 10^8$ 年), 似与上述大冰川作用周期较接近。有关学者认为地球上大冰川作用周期可能与太阳定期穿越高密度尘埃星云区有关。大冰川作用时期, 地球大气中二氧化碳的含量偏低。

2. 地球随太阳穿越银道面运动

太阳在银道面上下往返运动的距离约 $\pm 300 \times 10^{13} \text{ km}$, 时间周期为 0.67×10^8 年, 两次穿越银道面的时间间隔为 $(0.33 \pm 0.03) \times 10^8$ 年, 最近几次穿越银道面的具体时间为 $2.59 \times 10^8 \text{ a BP}$ 、 $2.27 \times 10^8 \text{ a BP}$ 、 $1.97 \times 10^8 \text{ a BP}$ 、 $1.66 \times 10^8 \text{ a BP}$ 、 $1.35 \times 10^8 \text{ a BP}$ 、 $1.00 \times 10^8 \text{ a BP}$ 、 $0.64 \times 10^8 \text{ a BP}$ 、 $0.31 \times 10^8 \text{ a BP}$ 。特别有意义的是地球历史上中生代以来三叠纪、侏罗纪、白垩纪、第三纪之间的分界时代 $1.95 \times 10^8 \text{ a BP}$ 、 $1.37 \times 10^8 \text{ a BP}$ 、 $0.65 \times 10^8 \text{ a BP}$ (有的分界时代与这些数字有点差别), 地球上多次多量生物灭绝的时代 $2.45 \times 10^8 \text{ a BP}$ 、 $2.17 \times 10^8 \text{ a BP}$ 、 $1.93 \times 10^8 \text{ a BP}$ 、 $1.76 \times 10^8 \text{ a BP}$ 、 $1.44 \times 10^8 \text{ a BP}$ 、 $0.91 \times 10^8 \text{ a BP}$ 、 $0.65 \times 10^8 \text{ a BP}$ 、 $0.37 \times 10^8 \text{ a BP}$, 均与太阳多次穿越银道面的时代大致接近。另外, 据 1977 年菲舍尔等研究 2×10^8 年以来的地表温度变化, 发现低温期的时间间隔为 0.32×10^8 年; 1981 年阿格尔 (D. V. Ager) 研究中生代海面变化, 发现主要的海退具有 0.3×10^8 年的周期, 它们与太阳穿越银道面的时间间隔也大体相近。至于上述事件之间的相互关系, 比较多的学者认为地球上的生物危机与太阳系行达银道面附近时遇陨星云而地球易遭陨星或其他天体撞击有关, 有的学者还认为由于银道面附近恒星的分布比较集中, 引力的异常也是导致地球上发生上述事件的原因 (任振球, 1990)。

3. 地球上可见流星与陨星

星际空间中较细小块体被称流星体，在它们闯入地球大气层时因摩擦而燃烧发光，才称流星。1999年8月12日，当地时间19:00，在北美见到每小时50~150颗流星燃烧着掠过天际，那是一年一度的英仙座流星雨。英仙座流星雨跟其他流星雨一样，本是彗星残骸。1999年撞入澳大利亚沙漠的一颗流星，发出“难以置信的蓝色亮光”和“蓝白色闪光”历时数分钟之久。1833年11月13日，北美见到了称为“狮子座流星群”型的流星雨，它看起来像是从狮子座中某一点辐射出来的，高空“焰火盛会”长达几小时之久。1873年11月27日一夜间有 16×10^4 颗流星划过夜空，那是因为大批彗星尘闯入地球轨道。

陨星是指质量较大的流星体在地球大气层中未完全烧毁而落到地面上的碎块。《春秋·庄公七年》记有“夜中星陨如雨”。1834年瑞典化学家柏泽里(J. Berzelius)率先对陨石进行化学分析。按化学成分，陨星分为五类即石陨星(陨石)、铁陨星(陨铁)和石铁陨星，三者的比例各约占92%、6%和2%；另外，还有冰陨星(陨冰)和玻璃陨星。美国国家航空和宇宙航行局(National Aeronautics and Space Administration)的科学家还在1998年3月22日的一块陨石里发现蓝色的岩盐晶体以及在其中漂浮的小水泡。经测定，该块陨石原本生成于 45×10^8 a BP。目前已知最大的陨铁重约60t，保存在纳米比亚。在新疆维吾尔自治区青河县境内的一块陨铁重约30t。1976年3月8日吉林地区的一场陨石雨散落范围达 500km^2 ，已收集到完整的陨石100多块，共重2t余，其中最大的一块重达1.77t。1936年美国天文学家尼宁格(H. H. Ninninger)曾提出，玻璃陨星可能是巨大的陨星撞击月球时从月球表面溅射出来的碎片，然后又被地球吸引过来的。散布在澳大利亚和东南亚的玻璃陨星形成于 70×10^4 a BP，与此同时发生了地球磁极的倒转。在中国海南岛等地称那时期的玻璃陨星为“雷公墨”。

陨星降落冲撞地面形成的坑穴称陨星坑(陨石坑)。陨星坑形状近乎圆形。地球上所见最大的陨星坑在加拿大魁北克(Quebec)清水湖处，直径26km。化石陨星坑中最著名的是美国亚利桑那州科科尼诺的巴林杰(D. M. Barringer)陨星坑(图1.2)、加纳的亚山蒂陨石坑以及墨西哥湾尤卡坦半岛的巨大陨星坑。巴林杰陨星坑直径1300m，深180m，周围缘高30~45m，它形成于25000年前。尤卡坦陨星坑的地质年代约 6500×10^4 年，恰是地球上恐龙灭绝的年代。但2005年有位美国学者发现，该陨星对地球的撞击比地球上恐龙灭绝的年代要早30万年之久，因而地球上恐龙的灭绝可能并非该陨星对地球的撞击所造成，很可

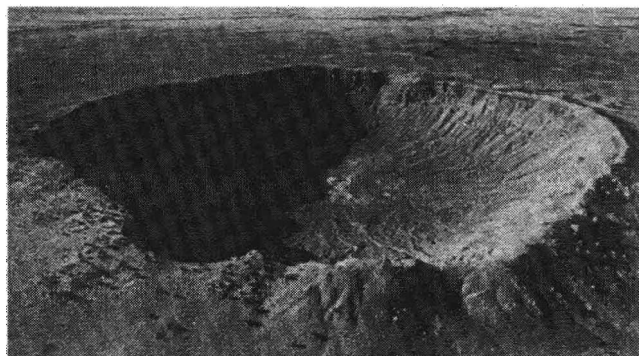


图1.2 美国亚利桑那州巴林杰陨星坑

能由地球上相继发生的特大规模的火山爆发所造成。月球上的环形山实际上也是陨星坑，其他行星、卫星上也有陨星坑。

坠入地球大气的流星总数很大，有将近 2×10^8 颗大到足以发出人眼可见的光，此外还有几十亿颗更小的流星。借助于人造卫星上的传感或击声记录，每天大致有 $3 \times 10^3 \text{ t}$ 流星物质进入地球大气，其中 $5/6$ 的微流星构成地球轨道平面内的微流星尘。

1.1.2 太阳系中的地球及地理环境效应

关于太阳系的起源与演化，目前依然有多种不同的假说，即便是比较流行的现代星云说也包含有多种不同的说法。戴文赛教授发展了康德-拉普拉斯星云说关于整个太阳系是由同一原始星云形成的基本论点，并提出大约 $50 \times 10^8 \text{ a}$ BP 宇宙中有一个总质量为今日太阳系几千倍的由气体和尘埃混合组成的星云，一方面其各部分在万有引力作用下逐渐收缩；另一方面在其内部出现了许多湍涡流，并碎裂成许多小星云，其中的一块小星云就是太阳系的前身。当收缩到一定大小，赤道面上边缘处的惯性离心力等于中心部分对它的引力时，就会在赤道面上逐渐形成一个连续的内薄外厚的星云盘，星云盘中心的物质密度最大，星云盘物质的面密度与离星云盘中心的距离的平方成反比。星云盘内大小不等的固体微粒在运动中互相碰撞，结合成大小不同的颗粒，并在星云盘内组成“尘层”，之后又形成固态“星子”。初始星子的质量，内区为 $1 \times 10^{15} \text{ kg}$ ，外区为 $1 \times 10^{17} \text{ kg}$ 。大星子在运动中不断吸收所遇到的物质，吞并小星子，迅速长大。最大的星子成为行星胎，并进一步成长为行星；中心的大星子形成原始的太阳。

1. 太阳系

太阳系是由太阳、八大行星和它们的 60 多颗卫星、众多小行星、彗星以及大量的流星体和行星际物质组成的天体系统（图 1.3）。太阳的质量占太阳系总质量的 99% 以上，以其引力作用使太阳系中的其他成员都围绕它公转。

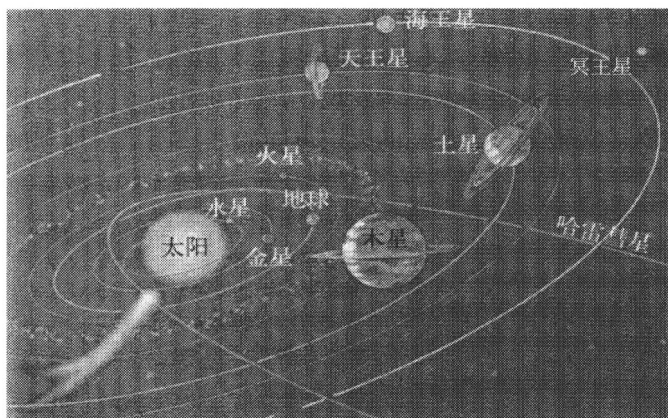


图 1.3 太阳系的组成与行星的公转运动

太阳是一个炽热的气体球，质量为 $1.989 \times 10^{27} \text{ t}$ ，平均密度为 1.409 g/cm^3 ，直径约为 $139.2 \times 10^4 \text{ km}$ ，转动惯量约为 $5.7 \times 10^{53} \text{ g} \cdot \text{cm}^2$ ，角动量为 $1.63 \times 10^{48} \text{ g} \cdot \text{cm}^2/\text{s}$ 。太阳球的

结构,从里向外分为核心、辐射层、对流层、太阳大气等几个部分,太阳大气又可分为光球层、色球层与日冕等几个部分。太阳核心的温度高达 $1000 \times 10^4 \text{ }^\circ\text{C}$ 以上,光球层温度约为 $6000 \text{ }^\circ\text{C}$,色球层与日冕的温度高达几千万摄氏度。太阳在约 $46 \times 10^8 \text{ a BP}$ 由气体和尘粒物质开始积聚而从星云中形成。物质积聚,使其内部的压强和温度急剧升高,温度升高到足以发生核聚变,以至太阳最终成为一颗恒星。太阳内部的热核反应是 4 个氢原子核聚变成 1 个氦原子核,在这种聚变中会有 7% 的质量亏损,转化为光和热。估计太阳还能维持约 50×10^8 年。

太阳对地球的贡献,包括散发太阳辐射能、太阳粒子流,并以太阳引力迫使地球围绕太阳公转。

2. 太阳辐射能

太阳每秒钟有 $6 \times 10^8 \text{ t}$ 的氢聚变为氦,其中有 $400 \times 10^4 \text{ t}$ 物质转化为能量,这就是太阳辐射能的来源。太阳的总辐射值(太阳光度)为 $3.83 \times 10^{26} \text{ J/s}$,其中到达地球的太阳能占太阳发出的总能量的 $1/(22 \times 10^8)$ 。就是这很小的一小部分太阳辐射能,温暖了地球表层。

3. 太阳粒子流

太阳粒子流为自太阳的高温日冕流出的带电粒子流,也称太阳风。在地球轨道附近,太阳风的电子和质子密度大约为 8 个/cm^3 ,速度为 450 km/s ,但有时可高达 1000 km/s 。在太阳的色球层上有时会突然出现一些亮斑(耀斑),在几分钟至十几分钟内喷发出数十亿吨的带电粒子,辐射出大量的能量。太阳喷出的带电粒子流在地球轨道附近被约束在地球磁力线上,构成包裹地球的在背太阳风方向延伸较远的辐射带(J. A. van Allen 辐射带),也称磁层,在太阳爆发的时候出现的辐射带称磁暴。另一种最常见的太阳活动是太阳黑子,实际上是太阳表面灼热气体的巨大的旋涡,内部气体的运动速度达 2000 km/s ,温度大约为 $4500 \text{ }^\circ\text{C}$,其亮度低于周围的光球,看上去像暗黑的斑点,直径从 1 km 以下到 $10 \times 10^4 \text{ km}$ 以上不等。太阳黑子的多少呈周期性变化,平均周期大约为 11 年。

太阳“风暴”平均每 10~11 年一次,所释放的能量会对地球上的电子通信、输电及对人类的宇宙航行等有严重的影响。据 1999 年报道,美国三位天文学家观察邻近类似太阳的其他恒星,发现了 9 宗恒星爆发的“超级耀斑”个案,它将辐射和带电粒子射向太空,令环绕该恒星的行星大受影响,进而推测若太阳爆发“超级耀斑”,地球上空会到处泛起阵阵极光,电离层会瓦解,臭氧层会被毁,地球气温会迅速上升,致命的辐射和带电粒子直射地面,会令地球上几乎所有生物丧命,仅深海生物能幸免于难,似乎太阳尚未爆发过那样的超级耀斑。

太阳黑子数的周期性变化,导致地球气候也具有相应的周期性变化。另外,英国科学家还发现太阳发出的带电粒子形成的太阳磁场强度,自 1964 年以来增强了约 0.4 倍,推算自 1901 年以来增强了约 1.3 倍。太阳磁场的变动会对地球云层产生影响,从而对地球气候变化产生作用。那几位英国科学家推测,在过去的 130 年中,全球气候变暖的一半可能是由太阳磁场强度增强所产生的。从 1970 年以来,太阳活动因素对地球气候变化加剧所起作用降为只有 1/3 左右,另外 2/3 为人类活动的作用。