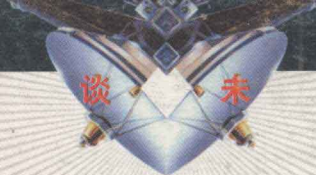


科 学 家 谈 未 来 科 技



地球的未来

符淙斌 / 编著

◆ 湖南师范大学出版社



图书在版编目 (CIP) 数据

地球的未来 / 符淙斌编著. —长沙: 湖南师范大学出版社,
2001.5

(科学家谈未来科技)

ISBN7—81031—999—X/X·002

I. 地 ... II. 符 ... III. 全球环境—普及读物
IV. X21—49

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2001) 第 09605 号

地球的未来

符淙斌 编 著

策 划: 龚维忠

组 稿: 孙利军

责任编辑: 李巧玲

责任校对: 刘琼琳

湖南师范大学出版社出版发行

(长沙市岳麓山)

湖南省新华书店经销 湖南航天长字印刷有限责任公司印刷

850×1168 32 开 3.5 印张 77 千字

2001 年 5 月第 1 版 2001 年 5 月第 1 次印刷

印数: 1—5200 册

ISBN7—81031—999—X/X·002

定价: 7.00 元

总 序

徐冠华

(国家科学技术部部长)

《科学家谈未来科技》丛书与广大读者见面了。它们精练地介绍了现代科学技术基础知识，并主要论及其未来发展趋势。

丛书共有 14 册，它们涉及物理世界、化学世界、宇宙繁星、茫茫太空、广阔深邃的海洋、人类居住的行星地球、生命之谜、太空生存与地外文明、太空航行、绿色能源、造万物的材料、制造自动化、信息世界、社会可持续发展等。全书图文并茂，向读者展现出自然界的图景，以及人类在生存和发展中改变自然环境的多种技术。它们包含着大量的知识，引导读者不断地追求知识，进入无限宽广的科学技术世界。

在人类发展的历史长河中，科学技术是人类创造的最成熟的知识体系，正是它使人类认识自然、认识自我，摆脱愚昧，从而建立起近现代文明，并将一直指引着人类走向更加文明的世界。

在构筑人类文明的过程中，中华民族曾创造了灿烂辉煌的古代文明，但自近代以来，我们落后了。华夏儿

女从反思中觉醒，并经一百多年的艰苦奋斗，才从近代社会转向了现代社会。在未来社会中，更需要崭新的科学技术知识，这就使我们立志，必须终身不断地学习，创造崭新的知识，最大限度地从整体上提高全民的科学文化素质。惟其如此，在新的历史时期，中华民族才能再现辉煌。

丛书的宗旨就在于启迪广大民众，特别是广大青年，在进入人类知识的海洋中，奠定牢固的基础，开拓视野，激起求知的兴趣，立志攀登科学技术的高峰。

徐起华

2001年1月3日

前言

根据我们现有的知识，地球是太阳系中唯一适合人类居住的一颗行星。她以适宜的气候，充足的空气、光照和热量，丰富的淡水、食物和矿产资源哺育了人类的成长。本书第一章用大量最新的数据讲述了地球母亲为人类的生存和发展所作出的巨大贡献。

地球从她诞生的第一天起就处于不停的变化之中，其中有冰期和间冰期的大交替，有五谷丰登的太平盛世——全新世暖期，也有最后一次冰期结束后变暖过程中“最后的冷餐会”——现代小冰期和突然掉进“冰窟”的新仙女木突变事件，还有那过几年就来一阵的风风火火的“厄尔尼诺”现象。第二章用丰富的历史证据讲述了地球变化的故事。

在地球上，人类为了生存就要种田、造房子、修路、开工厂等等，都要同大地发生联系。因此，很久很久以前，人类就开始对地球环境造成种种的影响。随着人类社会的发展，这种影响的规模愈来愈大。今天人类对地球环境的影响能力在有些方面甚至超过了自然变化的幅度。第三章列举了人类正在改变地球面貌的种种表现，其中包括温室效应和全球变暖、臭氧洞、土地覆盖的变化、城市化、土地退化和荒漠化，以及水资源短缺等严重的生态环境问题。

面对上述一系列重大的全球性环境问题，科学家们开始清醒地认识到传统的地球科学研究中，把大气、海洋、陆地以及地球上的生物隔离开来的思路和方法的弊病，提出了地球系统科学的新概念。本书第四章从回顾地心说到日心说的哥白尼革命讲到了从传统的地学到地球系统科学的新的革命，向读者介绍了这一新的科学领域的意义、特点和产生的条件。

在茫茫的太空中，虽然地球只是一颗微不足道的小行星，但是对人类来说，她是一个十分庞大的巨人。为了测量地球变化的脉搏，必须形成对整个地球的监视网。第五章介绍了地球观测系统的现状和前景，特别是用了许多色彩缤纷的卫星照片来展现从太空监视台风、暴雨、森林大火、洪水灾害、作物产量和城市发展等环境变化的能力。

地球观测系统获取的全球大气、海洋和陆地变化的数据和信息，如同大海一样无边无际——称之为“海量信息”。如何处理、传输以及分析和利用地球变化的海量信息呢？第六章介绍了正在发展的“数字地球”超大型信息系统的基础设施，以及它在科学研究、学习、工作乃至日常生活中的应用。

与物理学和化学不同，地球科学不可能把地球这个巨人放到实验室里来进行实验研究，大自然是地球科学的真正实验室。但是，在大自然这个实验室中很难进行各种控制试验。第七章介绍了建立地球系统的数值模式，把地球放进虚拟实验室里，模拟和重现地球现象的科学方法和它的广阔前景。

经历了近万年来的人类文明，地球已经进入了一个崭新的时期——“人类纪”。本书以《地球的未来在我们的手中》作为结尾，讲述了人类在这一新的时期的重要作用。面对 21 世纪的气候和环境问题，人类将在现代科学技术的支撑下，调整自身的行

为，使地球环境变化遵循自然规律，向着有利于人类的方向发展。通过世代代的努力，人类终将营造一个洁净、富饶和安全的地球。

最后，作者感谢王立志、温刚和万智斌协助制作了部分插图，崔桂云输录了全部文稿。本书所用插图除部分由作者自己绘制的以外，均取自有关书刊以及因特网上的资料，已在书中一一列出了这些图的来源。有些图和照片是网上公用库的，因无具体地址，未能一一注明，在此，一并表示诚挚地感谢。

作者

2000年12月

目 录

第一章 地球——人类的母亲	(1)
§ 1.1 地球大气	(1)
§ 1.2 适宜的气候	(3)
§ 1.3 大地的水	(7)
§ 1.4 绿色大地	(10)
§ 1.5 地下宝藏	(12)
第二章 地球环境变化的历史	(13)
§ 2.1 地球环境历史的重建	(13)
§ 2.2 冰期和间冰期的交替	(19)
§ 2.3 五谷丰登的太平盛世	(21)
§ 2.4 “最后的冷餐会”	(22)
§ 2.5 新仙女木事件	(23)
§ 2.6 上帝的婴儿	(25)
第三章 人类在改变地球的面貌	(27)
§ 3.1 温室效应和气候变暖	(28)
§ 3.2 阳伞效应	(37)
§ 3.3 臭氧洞	(37)
§ 3.4 人类给地球“换装”	(40)
§ 3.5 水资源短缺	(46)

第四章 地球系统科学的诞生	(49)
§ 4.1 哥白尼革命.....	(49)
§ 4.2 地球科学新的革命.....	(50)
§ 4.3 地球系统科学的基本特征.....	(53)
§ 4.4 地球系统科学并非凭空而起.....	(54)
第五章 测量地球的脉搏	(56)
§ 5.1 卫星遥感.....	(57)
§ 5.2 形形色色的地球卫星.....	(58)
§ 5.3 全球定位系统 (GPS)	(65)
§ 5.4 地球变化尽收眼底.....	(66)
第六章 信息时代的“地球仪”	(69)
§ 6.1 数字“地球仪”	(69)
§ 6.2 信息高速公路.....	(70)
§ 6.3 地球“海量信息库”	(72)
§ 6.4 数字地球的功能.....	(73)
§ 6.5 在未来的数字地球中遨游.....	(74)
第七章 把地球放进“实验室”	(79)
§ 7.1 数值“实验室”	(79)
§ 7.2 数值大气“实验室”	(81)
§ 7.3 数值气候“实验室”	(84)
§ 7.4 虚拟地球“实验室”	(86)
第八章 地球的未来在我们手中	(91)
§ 8.1 人类纪——一个新的地质年代.....	(91)
§ 8.2 21 世纪的气候和环境的变化	(92)
§ 8.3 面向新世纪的人类.....	(94)

第一章 地球——人类的母亲

根据我们现有的知识，地球是茫茫宇宙中唯一适合人类居住的一颗行星。由于她在太阳系中的特殊位置以及长期演化的结果，地球为人类的生存提供了最适宜的温和气候，充足的空气、光照和热量，以及丰富的淡水、食物和矿产资源。地球——大地母亲哺育了人类的成长和发展。

§ 1.1 地球大气

地球在形成的初期，由氢气层所包围。随后氢气消散，形成了以氮气和二氧化碳为主要成分的气层。大约过了25亿年，地球上开始出现绿色植物。植物的光合作用放出氧气，使大气中氧的含量逐渐增多。随着动物的出现，通过呼吸作用使大气中氧和二氧化碳的比例进一步得到了调节。这样，就逐渐形成以氧和氮为主要成分的地球大气。今天大气中氧气的含量占21%，氮气的含量为78%。图1.1告诉我们，在有生命和无生命存在时，地球大气主要成分含量的明显差别。生命体的存在使大气中氧气含量增加了成千倍，甲烷、氧化亚氮、氢气等的含量也有明显增加，但二氧化碳的含量减少了数千倍。地球的大气组成为各种生命的生存提供了最适宜的空气状况，而其中最关键的是氧气的形成。正是生命体使得大气中自由态的氧有了存在的可能，这种自由态的氧让生命体有可能继

续生存下去,也为人类的生存提供了先决条件。

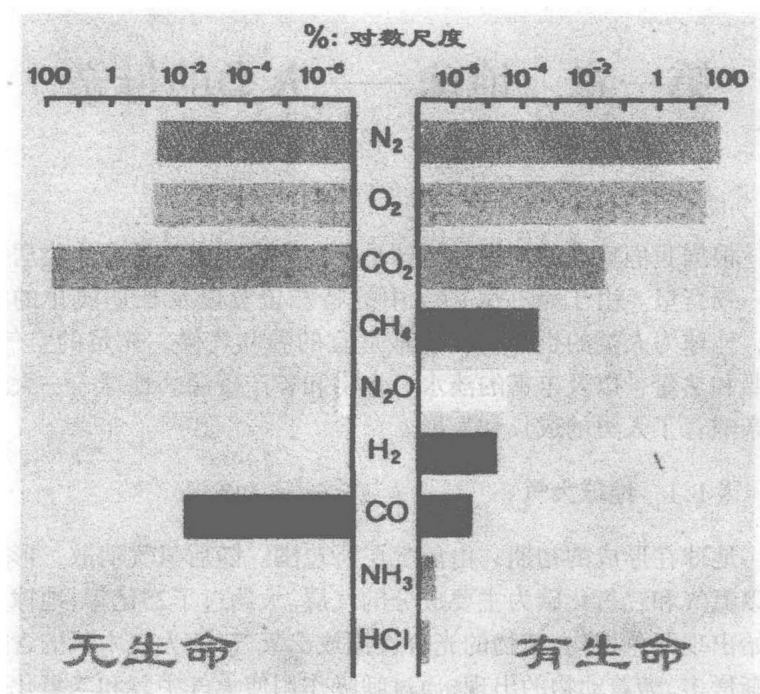


图 1.1 生命体对地球大气成分的影响

图中: N₂ 氮, O₂ 氧, CO₂ 二氧化碳, CH₄ 甲烷, N₂O 氧化亚氮, H₂ 氢, CO 一氧化碳, NH₃ 氨, HCl 氯化氢

(图片来源: IGBP, Reducing Unceratainlies, 1992)

地球大气是人类生存的保护伞。大气的存在使得来自太阳的辐射能量不能畅通无阻地到达地球表面。特别是大气中的臭氧,虽然它的含量不高,却能够大量吸收来自太阳的紫外辐射,使人类免遭这类辐射的伤害(见 § 3.3 臭氧洞)。地球大气还能

使大量的来自宇宙空间撞击地球的流星化为乌有。此外，地球的地磁场又能将来自银河系及太阳的高能粒子俘获起来，使它们不能到达地球表面，成为人类的又一个保护神。

§ 1.2 适宜的气候

一、温暖的地球

来自太阳的能量是产生地球大气运动和形成地球气候的根本动力。地球离开太阳的平均距离大约为 14960 万公里，它称为一个天文单位。在这个不远不近的距离，太阳给地球提供的能量为每分钟每平方厘米 8.21 焦耳。这部分能量通过地球大气的调节作用，加热了地球，使得地球表面有了适合人类居住的温度，即平均为 15 摄氏度。相反，太阳系的其他行星，或者因为离太阳的距离太近或太远，或者由于它们的大气中二氧化碳含量过多或过少，都不具备适合人类生存的温度条件。例如水星，它离开太阳的距离最近，仅为地球离太阳距离的 $2/5$ ，接收到的太阳能量多，所以温度高达 430 摄氏度。金星离开太阳的距离比地球近，它的大气中二氧化碳的浓度高达 95%，因此地面温度达 400 摄氏度；而土星、天王星、海王星和冥王星由于离开太阳的距离远，它们的大气中又没有足够的像二氧化碳那样的气体来调节，表面温度均在零下 100~200 摄氏度，根本不适合人类居住。

二、四季气候

“气候”这个词来源于古希腊文 $\kappaλίμα$ ，原意为“倾斜”。它的意思是气候的冷暖同太阳光线倾斜的程度有关系，它所反映的是地球自身的运动相对于它围绕太阳的运动对不同纬度、不同季节气候的影响。

地球同太阳系的其他行星一起绕着太阳旋转，称为公转，公转一周需要 1 年。同时，地球又有绕着自己的轴旋转、周期为 1

天的运动，称为自转。由于地球的自转轴倾斜于它绕太阳公转的轨道平面（称为黄道面），有 23.5 度的交角，而且这个角度在它围绕太阳旋转过程中是不变的。因此，一年内地球表面不同纬度接收到的太阳能量有明显的季节变化。这种变化是形成四季气候和地球气候带的根本原因。

图 1.2 是不同纬度不同月份地球所接收到的太阳能量的分

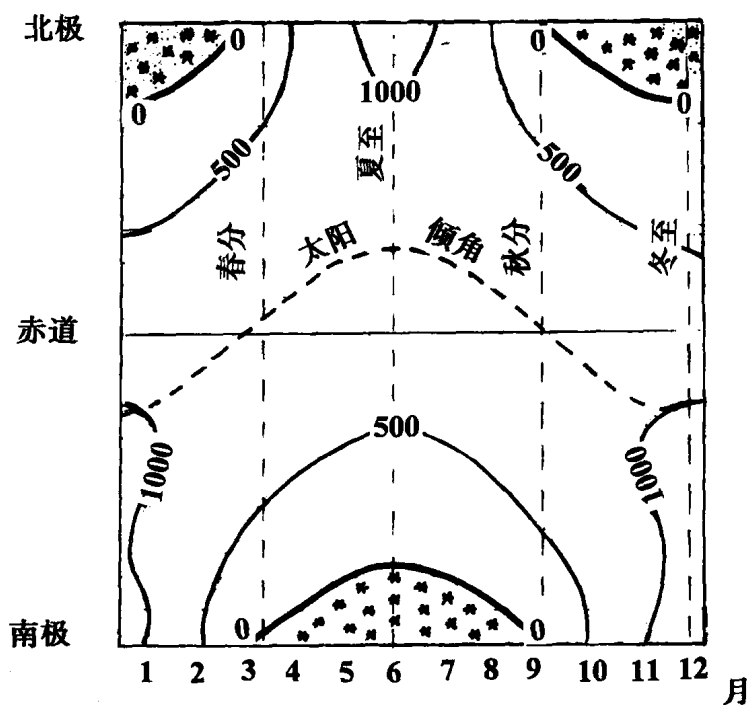


图 1.2 大气顶部接收到的太阳辐射年变化的纬度分布

单位：卡/厘米²/天，1 卡 = 4.1868 焦耳

（图片来源：R. List, 1958）

布。夏至日（6月22日），北半球最靠近太阳，这时它接收到的太阳能量最多，最大值在北极圈内，可以达到每天每平方厘米4186.8焦耳以上。而这个时候，南半球则离太阳最远，所以越往南，接受的太阳辐射越少，到南极圈附近接近0。在冬至日（12月22日）则相反，北半球离太阳最远，北极圈内接受到的太阳能量近乎等于0。越往南接受的太阳能量越多，到南极圈后达到最大，每天每平方厘米4605.6焦耳。在春分（3月22日）和秋分（9月22日）这两个过渡时期，两半球接收到的太阳能量近乎相等。从这幅图上我们还可以看到：地球接收到太阳能量的季节变化在高纬度地区大于低纬度，这就决定了高纬度比低纬度气候的季节变化要大。在热带，人们常常感觉不到明显的冷暖的四季变化，而只有干季和湿季之分，就是这个道理。同时，高低纬度接受到的太阳能量的差别冬季要比夏季大。这就决定了冬季高低纬度的气候差异也往往比夏季大，这也是我们日常生活中常常感觉到的情况。例如，冬季，哈尔滨天寒地冻，滴水成冰，而广州城则鸟语花香，生机勃勃。

由于南半球近日点（1月22日）时地球离开太阳的距离要比北半球近日点（6月22日）时离开太阳的距离大约要小500公里，因此，南、北半球接收到的太阳能量有一点不对称，南半球接收到的最高太阳能量大于北半球。地球表面接收到的太阳能量随纬度和季节的分布，决定了地球大气温度分布的基本特征，从而也确定了地球气候的四季变化和气候带的基本格局。

地球的自转运动使得地球上的任何一个地方（除南、北极外）接收的太阳能量，在一天内有明显的变化，这是形成昼夜温差的根本原因。

三、千姿百态的地球气候带

除了上面说到的地球接收到的太阳能量随纬度和季节变化的因素外，高低起伏的地形以及海洋和陆地的分布，也是影响气候的重要原因，正是这些因素使得地球上的气候有着千姿百态的变化，形成了各有特色的气候带。让我们从赤道出发去领略不同气候带的自然风光。

在赤道附近，茂密高大的热带雨林是赤道气候带的主要植被类型。这里终年高温多雨，年雨量一般在2000毫米，个别地方受地形作用，年雨量可以高达10000毫米，例如尼日利亚境内喀麦隆山麓，孟加拉国卡西山地等。离开赤道进入热带气候带，映入眼帘的竟是另一片景象，这里是一望无际的大草原，中间散布着矮小的灌木。这种称为热带稀疏草原



热带雨林

的植被，是在不太强的雨季和信风控制下高温干旱的干季气候的特征，同时，大片的野生象群是赤道和热带气候带的代表性动物。从热带进入两半球的信风区，气候十分干燥。世界上主要的沙漠都在副热带，如北非的撒哈拉大沙漠、南非的喀拉哈里沙漠、澳大利亚沙漠和阿拉伯沙漠等。但是地处副热带的我国东部地区却是雨量丰沛的季风气候区，这主要归功于青藏高原的作用。然而位于高原北面的我国西北地区由于它的影响，气候干燥，形成了著名的戈壁沙漠。进入温带，气候四季分明，那里的气候因离海洋的远近不同而不同。在靠海的地区，雨量充沛，都为高大的落叶阔叶林或针叶林，而在内陆气候干旱，多为温带草原。随着纬度不断升高，气候就逐渐变冷。进入极圈以内，全年冰雪覆盖，温度低，降水量少，植被稀少，多为矮小的灌木、草本和苔原类植物，这里是善于同冰天雪地打交道的北极熊和南极企鹅的天下。

今天，除了极圈以外，所有的气候带几乎都有人类居住。人们通过长期的同大自然的适应过程，已经形成了一整套对付严寒、酷热、干旱和洪水等气候条件的办法，以不同的方式创造着人类文明。

§1.3 大地的水

水是人类生存最重要的物质基础。但是，大约 35 亿年前，地球表层的水只有现在的 1%。在几十亿年的地质过程中，每年大约有 660 立方千米的水由地球内部溢出。经过长期积累，现在地球的总水量大约是 13.86 亿立方千米。地球的水分布在地面、地下和大气中，形成河流、湖泊、沼泽地、海洋、冰川、积雪、地下水和大气中的水汽、降雨等，为人类的生活、农田的灌溉和

工业生产提供了丰富的水资源。还有一部分的水储存在植物和动物体内，以维持它们的新陈代谢。从表 1.1 可以看到地球水的构成状况。海洋是地球的主要水库，占了总水量的 96.5%，其次是地下水、冰川、积雪。生物体中的水仅占 0.0001%，但它却十分重要。对人而言，水是人体中最主要的成分，约占人体重量的 60%。没有水就没有生命。

表 1.1 地球上水的构成

水 体	占总水量的百分比 (%)
海 洋	96.5
地下水	1.7
土壤水	0.001
冰川和永久积雪	1.74
永久冻土层的地下水	0.022
湖 泊	0.013
沼 泽	0.0008
河 流	0.0002
大气水	0.001
其 他	0.022
合 计	100

地球上的水通过液态、气态和固态之间的相变，由大气、海洋和河流的输送，进行着周而复始的循环，成为人类取之不尽的源泉。图 1.3 就是全球水循环的示意图。海洋每年通过蒸发把水从液态变为气态，向大气输送的水汽为 42.5 万立方千米，其中有 38.5 万立方千米的水汽凝结后通过降水回到海洋里，剩余的