

DANGDAIKE XUECONGSHU

全球变化

何妙福 华惠伦 编著

当代科学丛书

QUANQIUBIANHUA



上海科技教育出版社

全球变化

何妙福 华惠伦 编著

上海科技教育出版社

全球变化

何妙福 华惠伦 编著

上海科技教育出版社出版发行

(上海冠生园路 393 号)

各地新华书店经销 上海新华印刷厂印刷

开本 787×1092 1/32 印张 4 字数 87,000

1991 年 1 月第 1 版 1991 年 1 月第 1 次印刷

印数 1—1,700

ISBN 7-5428-0480-4

G·481

定价: 1.30 元

前 言

全球变化(Global Change)是指整个地球系统及其支撑生命的环境,在生物过程影响下,尤其是在人类活动参与下,所发生的一系列变化。

研究全球变化,目的在于了解、控制为生命提供生存环境的整个地球系统中,物理、化学和生物过程之间相互作用和发生在该系统里的变化,以及人类对这些变化的影响方式。全球变化包括几千年乃至几百万年的长期变化和几十年乃至几世纪的近期变化;而我们研究的重点,特别着重于最近几十年乃至今后数百年间,地球上生命支撑系统已经发生的和可能发生的变化,认识产生这些变化的自然与人为的因素,科学地对未来可能威胁人类赖以生存的环境的各种危害作长时段的预测,并在此基础上研究制订出有效的对策。

本书比较系统地向广大读者介绍全球变化知识,阐明全球变化与人类生存安危、社会和经济发展的密切关系,期望人类共同携起手来,把因全球变化带来的危害降到最低限度,为子孙后代造福。

目 录

前言

| | |
|-----------------------------|----|
| 一、全球变化研究的内容和方法 | 1 |
| (一) 全球变化观点的出现 | 1 |
| (二) 全球变化研究计划的主要内容 | 2 |
| (三) 研究全球变化的方法 | 6 |
| 二、地球的内部变化 | 8 |
| (一) 地球系统的长期过程 | 8 |
| (二) 早期地球过程 | 11 |
| (三) 地核-地幔过程..... | 16 |
| (四) 板块构造和大陆漂移 | 19 |
| (五) 地球自转和地极移动 | 26 |
| (六) 地球的磁场变化 | 32 |
| 三、地球形状和重力场的变化 | 36 |
| 四、大气的变化 | 40 |
| (一) 大气的成分和分配 | 40 |
| (二) 空气是生命的要素 | 42 |
| (三) 气候的自然变化 | 43 |
| (四) 太阳活动对地球大气的影响 | 51 |
| (五) 人类活动对大气的严重影响 | 53 |
| 五、水体的变化 | 68 |
| (一) 水是生命的源泉 | 68 |
| (二) 水资源和水循环 | 69 |
| (三) 水体的污染 | 72 |
| (四) 净化水质是当务之急 | 76 |

| | |
|----------------------------|-----|
| 六、土地的变化 | 85 |
| (一) 土地的负担日益沉重 | 85 |
| (二) 土壤的风化与侵蚀 | 86 |
| (三) 土壤与植物之间的相互作用 | 88 |
| (四) 人类活动对土壤的影响 | 90 |
| (五) 土地的保护 | 97 |
| 七、生物世界的变化 | 100 |
| (一) 没有生物就没有人类 | 100 |
| (二) 要特别注意生物世界的变化 | 101 |
| (三) 毁坏森林的恶果不能忽视 | 102 |
| (四) 野生动物资源加速锐减 | 105 |
| (五) 保护野生动物人人有责 | 108 |
| (六) 城市的生态改造 | 111 |
| 八、研究全球变化的技术设备 | 114 |
| (一) 空间观测技术 | 114 |
| (二) 地面测量技术 | 119 |

一、全球变化研究的内容和方法

(一) 全球变化观点的出现

全球变化观点,是几十年来地球科学、生物科学和空间技术发展的必然产物,顺应人类生存、经济的展的新需要。

地球和生物两大基础科学的各个分支学科,例如气象学、海洋学、固体地球物理学、地质学以及生物化学、生物物理学、植物生理学等分门别类地对地球的各个组成部分——气圈、水圈、岩石圈、地核和地幔以及生物圈等进行了深入研究,并在各自的领域里取得了重要进展。所有这些研究成果,都表明地球的各个组成部分之间存在着根本的有机联系和复杂的交互作用。尽管这种全球性的关联和作用在上世纪已被人们逐渐认识到了,但直到近期,从事某一领域研究的科学家才深切地感到,为了使自己所研究的领域取得实质性的的重要进展,必需利用其他领域的重要贡献,否则就不可能取得。例如,我们要想在海洋学的某些方面取得持续的进展,就需要有关海—气交互作用、两极冰区的影响和海洋生物的分布与繁殖方面的较完整知识。又如要想在大气科学里取得某些进展,关键在于对生化循环过程中的全球生物(包括人类社会)的作用有较清晰的认识,以及对火山爆发产生的干扰具备新的见解;而后者只有通过对地壳运动和地幔对流的持续不断的研究才能获得。至于更深入地了解气候,还必需地球科学和生物科学的上述每一领域的知识。实际上,全球变化是地球各个组成部分之间交互作用和反馈的结果。

我们日益明确地认识到，人类的各种活动，包括人口性的、社会的、经济的、科技的活动等，在全球变化中所起的显著作用，而且这种作用还在不断地增加。实际上，全球变化有两种：自然变化和人为变化。前者包括太阳入射到地球的各种辐射的变化，大气和海洋里湍流动力所引起的变化，岩石圈板块的漂移，山脉的营造，以及冰川的前进和后退造成的变化等等；后者有各种能源的使用引起空气、土壤和水中化学成分的变化，同时造成森林面积和动植物物种的变化，进而导致全球自然生态平衡的改变等等。这两种变化互相影响，互相制约，所产生的效应叠加在一起，难分难解。有证据表明，人类活动对环境所造成的影响的幅度与自然因素所引起的幅度相当。当前，人类正面临着一些重要和紧迫的全球变化问题，例如全球性的气候异常，大气中二氧化碳含量的增长，臭氧层的破坏，空气含尘量上升，水质污染，土地沙漠化，酸雨等等，有待进一步研究。

人造卫星、空间站等空间观测系统，为我们以全球的观点，既迅速又有效地考察人类所居住的行星的特征，以及采集和传递研究全球变化所需资料提供新的手段；加上高速度、大容量的新一代超级电子计算机的出现，为全球性数据库、全球的物理和数值模式的建立提供了必要条件。

总之，地球环境演变到目前阶段，向我们提供了有关全球变化研究的关键问题；科学技术发展到当今水平，为我们研究全球变化提供了有效的手段和方法，全球变化观点应运而生。

(二) 全球变化研究计划的主要内容

全球变化研究涉及的范围很广，内容极为丰富。它着重

探讨产生各种时间尺度(长达几千年、几万年,甚至几百万年以上;短到几天,甚至不到一天)的全球变化的根源,也就是说,研究在内部能源(主要来自地球内部深处的放射性和固有热量)和外部能源(主要来自太阳的各种辐射)两者联合驱动下,由岩石圈、水圈、大气圈、生物圈以及日地空间组成的整个地球系统里所发生的各种物理过程、化学过程和生物过程之间的相互影响,与这些过程关联的上述五大组成部分之间的交互作用,进而辨别造成各种全球变化的人为原因和自然原

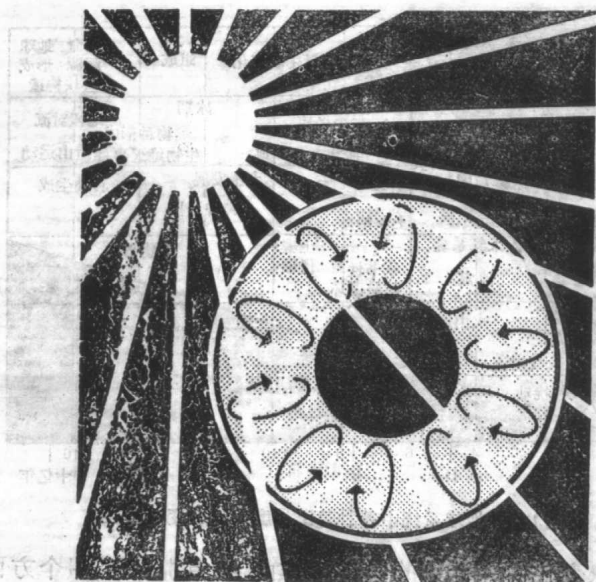


图 1.1 全球变化的原动力来自于地球内部放射性物质的核能、热能,以及以太阳辐射为主的各种外来辐射

因。在经历时间尺度长短不一的各种全球变化里(参见图 1.2),中介尺度即几十年到数百年的一类全球变化最为瞩

目，并迫切需要研究。例如上一节提到的那些威胁人类生存的诸如全球性气候异常、臭氧层的破坏、水质污染、土地沙漠化等全球变化问题都属此类。而且此类全球变化多与人类活动本身相关，因此，在全球变化研究的近期工作计划里，它们被列为重点课题予以优先安排。其主题是物理气候系统和地球生化循环——特别是养料的再循环，大气里影响气候的微量气体成分的保持以及温度、水分在决定地球上生命分布中的作用等。

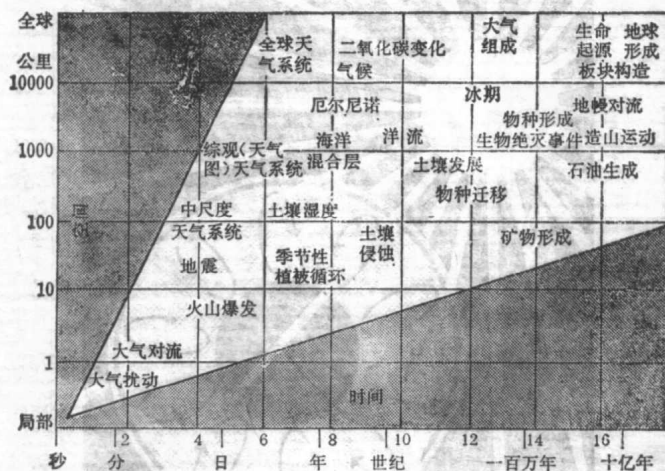


图 1.2 地球系统中各种时空尺度的运动变化过程

全球变化研究计划的具体工作内容,包括以下四个方面:

1. 特殊过程的研究

已初步选定应优先开展的课题有:

- (1) 陆地生物圈与大气圈的交互作用;
- (2) 海洋生物圈与大气圈的交互作用;

- (3) 水循环与生物圈的相互影响;
- (4) 太阳驱动的过程或日地空间(指太阳风、行星际介质、磁层、电离层和高层大气组成的物质体系)的长期变化等。

2. 资料的获取

一方面,重建全球环境的历史记录,包括全球生物圈的绘制,大气、海洋和土壤化学成分变化的历史记录的重建,对气候、地面所接受到的太阳辐射、火山和新地壳构造活动的历史记录提炼等。另一方面,需要进行有关全球环境中物理、化学和生物过程的一系列新观测。地面观测和空间观测相结合。这种观测必须长期延续(至少20年以上),必须同步进行(即对各种过程同时测量)才有科学价值。

3. 全球模式的设计

根据大量的全球性观测资料和对主要过程的研究结果,可以建立物理模式和数值模式,对整个地球系统的平均状态进行定性和定量的仿真模拟。从而由理论上分析地球各组成部分的交互作用,预测其对全球变化的影响。所以全球模式的建立,为研究主要过程的相对重要性提供手段;为预测人类和自然扰动对未来地球环境的影响提供定量结果;也能用来指导观测系统和实验的设计。

4. 建立全球信息系统

为使全球变化研究计划有效地实施,必须同时发展一个新的优性能的全球信息系统,或称数据和信息系统,用它来汇集、处理和存档、快速准确地传递有关数据。通过新的计算技术促进资料的分析和解释,使不同的研究单位能分享研究成果,并可支持先进数值模式的发展和外推现有结果,用于认证

和模拟全球变化的未来趋势。高效率的全球信息系统，需要统一的管理结构。

(三) 研究全球变化的方法

从全球变化的实情来看，必须采用“地球系统科学”的新方法。这个新方法的基本点，是把地球看作为时空尺度极宽的范围內，相互作用着的多个圈层组成的有机联合体，即由多

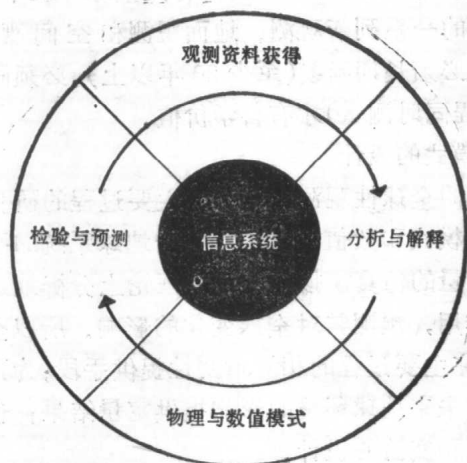


图 1.3 和其他分支学科的研究过程相似，全球变化的研究中首先是观测资料的获取；然后对资料进行分析整理和归纳，作出解释；在大量资料的基础上建立物理模型和相应的数学模式；再将理论模型放到实践中去检验，特别是检验理论所作出的预测；通过新的观测资料修正原有理论……这个过程周而复始，螺旋形上升地进行，深化我们对全球变化的认识，逐步逼近全球变化的真实状况

个子系统构成的大系统，而不是各个圈层的简单集合。一句话，把地球视为统一的动力体系，从整体的角度来加以研究。这意味着各种学科领域的科学家们，必须打破传统的学科界限，联合起来工作。

二、地球的内部变化

(一) 地球系统的长期过程

长期全球变化，指的是经历的时间尺度在几千年到几百万年范围的全球变化。了解过去的变化，目的是更好地预测将来的变化。不了解地球系统在过去相互作用和全球参数变化范围的记录，任何预测未来变化的尝试都是危险的。而且长期全球变化对中、短期全球变化有影响。所以在重点研究近期几十年到几百年发生的全球变化的同时，还需要研究过去几千年到几百万年发生的全球变化。当然，在研究过去地球系统发生的过程时，需应用现今发生的类似过程的知识。

1. 一直追溯到 38 亿年前的长期全球变化，铭刻在地球的各种岩石上

海洋里的地质记录是相当完备的，但只能追溯到 2 亿年前，即现存最老洋底形成的时候。陆地上的地质记录虽不够详尽，但可追溯到 38 亿年前。尤其是过去 200 万年的第四纪记录，说明了洋底和大陆的岩石相互补充地保存了地球系统的信息。例如，洋底的沉积核可用于验证在最近冰后期地球轨道参数的变化如何影响气候的变迁，而在大陆上的岩石分布可用于确定以前大冰期和小冰期时冰川、沙漠和植被覆盖的原有范围。因此，研究包括沉积核在内的岩石和其他有关的地质记录，是了解地球的演变历史和长期运行的地球系统过程的钥匙。化石则是研究生物进化的钥匙，揭示了生物的进化过程决非一条简单的线条那样连续、平滑，而是被几次引起许

多物种突然灭绝的突变事件所间断。关于这些突变事件的起因,至今尚有争议。有人认为是地球之外大物体的冲击,也有人认为是火山爆发所引起的。总之,都认为经不住这些异常事件影响的物种消失了,而且在这些事件过后,新的物种突然出现在一个相对它们来说能适应的环境里。这两种情况,可能显著地改变了生物进化的过程,这是达尔文进化论所没能解释的。因此,研究化石记录所揭示的这些突变事件的因果,有助于了解地球上生命的进化过程和相应的生命赖以生存的环境。

总之,岩石提供了漫长时间序列的天然记载,虽然不很完全,但能揭示长期全球变化发生的频率,特别是这些变化扩展到极端状态的唯一信息源。值得注意的是,这些天然记载清晰地表明突变事件尽管遗留下了它们的深刻印记(例如大约6500万年前发生的生物广泛灭迹等),但在地球演化的历史长河中,它们只不过是些插曲。自从生命起源以来,地球的环境从未剧烈地改变到使得生命在很长时期无法存在的程度。地球环境的这种总体稳定性的一个令人瞩目的佐证,就是液态水在地球上连续存在了将近40亿年。

2. 地球的内、外驱动力贯穿地球系统的长期过程

在几千年到几百万年的时间里,地球受内、外动力的驱动。内部能源来自元素放射性蜕变和固有的热量,外部能源来自太阳。在内能驱动下发生的过程有:在地球内部深处进行的地核-地幔过程和靠近地表进行的板块构造过程。这两个过程的相互作用,主要通过板块物质从地幔中形成及在板块会聚的边界处俯冲到地幔中去而持续进行。在太阳能驱动下发生的过程,有土壤的形成和演变等。地貌便是在内外驱动

系统作用下形成的,例如洋脊、盆地、山脉和高原。研究地貌的变化,可以揭示内外两大驱动系统的相互作用。应指出,海平面上与海平面下发生的过程有很大不同,海平面上发生的过程,如风化、侵蚀等主要是岩石同大气和地表水的相互作用;海平面以下发生的过程,如沉积、岩化作用等主要是岩石同海洋的相互作用。

上述过程,我们认为自地球的早期历史时期以来便一直在进行,所以它们必然同地球早期过程有联系。这些早期地球过程建造了地球作为一个行星的结构,并影响到地球形成以后一系列的发展。同时太阳能驱动过程和板块构造过程也影响了古代气候的变化。

因而,发生在长时间尺度里的主要过程有早期地球过程,以及地核-地幔过程、板块构造和太阳能驱动过程。其相互关系如图 2.1 所示。

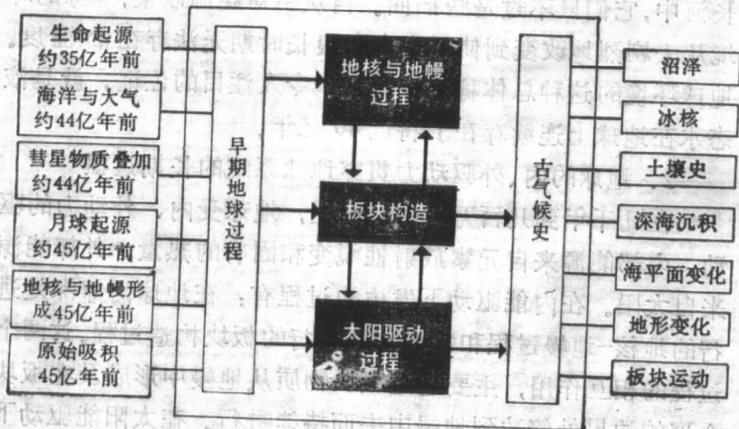


图 2.1 地球系统长期过程的示意图

(二) 早期地球过程

在地球形成的早期,大约几亿年期间所发生的一切,对我们现今居住的地球系统具有强烈的影响。正是在这个时期里,地球获得了它的大部分组成成分且逐渐分离形成它的主要子系统:地核、地幔、岩石圈、水圈、生物圈和气圈。这些子系统在成分结构上仍带有在地球极早期演化阶段所赋予的痕迹。因此,为了认识地球系统的总体特征,特别是如上这些主要子系统之间的相互作用,必须了解这些子系统从太阳系形成直到它们彼此分离和开始互相作用这期间的发展史。

1. 地球的形成

地球的形成是早期地球史里最重大的事件,与太阳的整个行星系的起源问题紧密相连,属于天文学研究的基本理论问题之一。至今提出的太阳系起源和地球形成的假说不下几十种,尽管它们对问题的细节描述很不相同,但阐明这一难题的前提和轮廓大都趋向一致。现普遍接受的概念认为,太阳系是在大约 50 亿年前,由气体和尘埃组成的原始太阳星云演化而成的。这个太阳星云近似于一个旋转球体,主要化学组成是氢,其直径据估算大约相当于日地间平均距离(1.6 亿公里)的几千倍,即比目前太阳系的直径大几十倍。它在引力收缩过程中,内部能量发生转换,位能转化为动能。其中一部分动能转化为热量;另一部分动能使太阳星云的旋转加速。随着旋转速度的不断变快,太阳星云变成扁球形。当太阳星云收缩到近于现今太阳系这样一个范围时,在它的赤道面上形成圆环体,该圆环体脱离太阳星云本体。太阳星云本体的中央部分形成原始太阳,而圆环体中的质点在凝聚和吸积过程中形成了多个相当大的团块——原始行星,同时,太阳开始发