

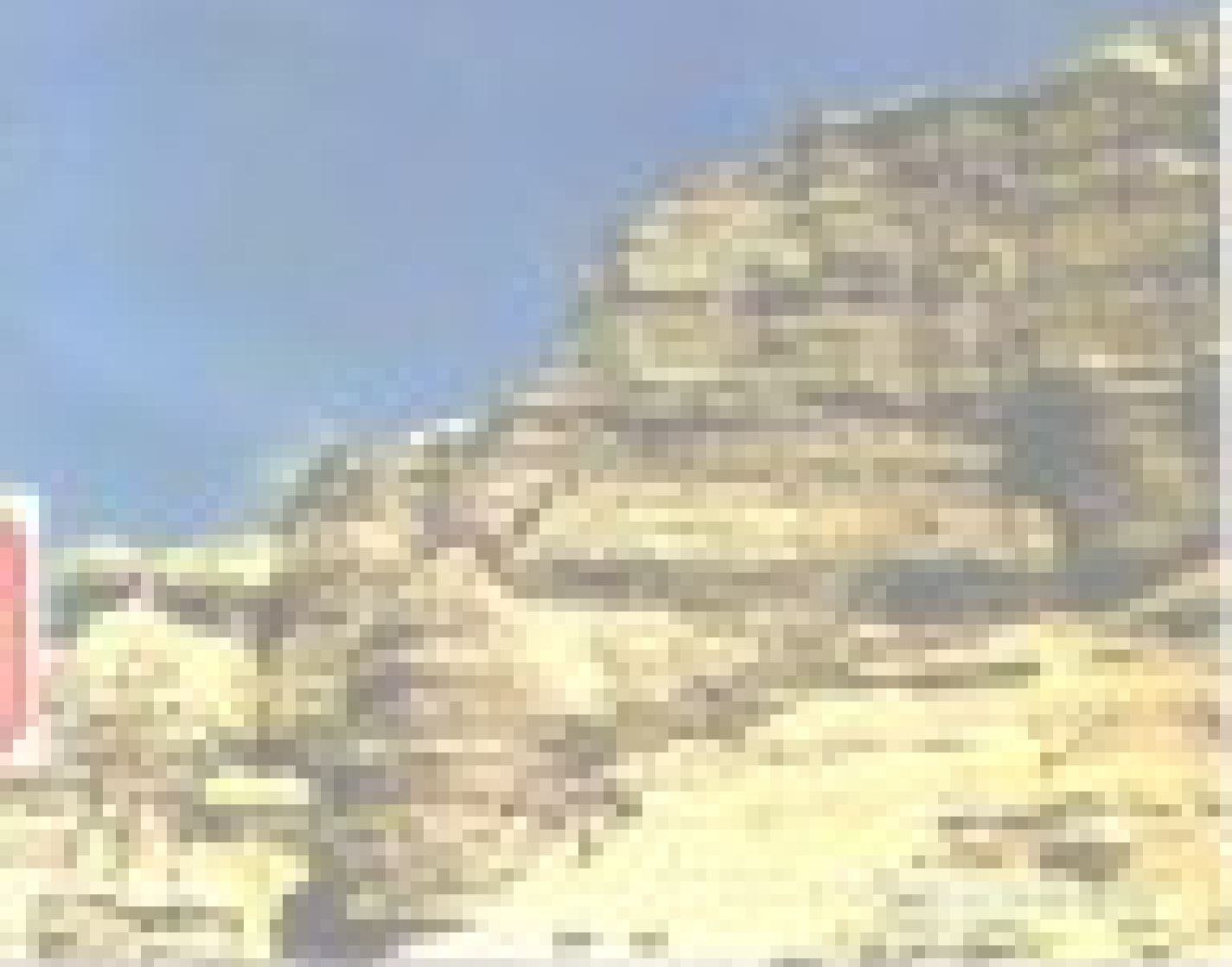
第四纪环境学

夏正楷 编著

北京大学出版社

第四纪环境学

第四纪地质学



58.31757

468

第四纪环境学

夏正楷 编著

26513/13

北京天学出版社

图书在版编目(CIP)数据

第四纪环境学/夏正楷编著. —北京: 北京大学出版社, 1997. 3

ISBN 7-301-03185-8

I. 第… I. 夏… III. 第四纪-古环境 IV. Q911.663

书 名: 第四纪环境学

著作责任者: 夏正楷 编著

责任编辑: 王 艳

标准书号: ISBN 7-301-03185-8/K · 0215

出 版 者: 北京大学出版社

地 址: 北京市海淀区中关村北京大学校内 100871

电 话: 出版部 62752015 发行部 62559712 编辑部 62752032

排 印 者: 北京大学印刷厂

发 行 者: 北京大学出版社

经 销 者: 新华书店

787×1092毫米 16开本 11.875印张 280千字

1997年3月第一版 1997年3月第一次印刷

定 价: 17.00 元

内 容 简 介

本书根据近年来国内外第四纪研究的最新成果和作者多年来在科研上积累的资料编写而成。主要论述在第四纪期间,地球表层系统各层圈——地磁圈、地貌圈、大气圈、水圈、沉积圈、生物圈、人类圈的特征、发展历史以及各层圈之间的相互关系,阐明第四纪期间人类生存环境的变化规律,探讨其变化机制。第四纪环境的研究在理论上,有助于地球系统一系列基本理论问题的解决,诸如全球变化及未来预测、天体演化规律、人类起源与演化、生物进化等;在实践上,可以应用于资源开发、环境管理和工程建设等各个领域,具有重大的意义。本书具有如下特点:以90年代开始实施的国际地圈—生物圈计划的主导思想为主线,阐述了距今250万年以来人类生存环境的变化特征和演变规律;向读者系统介绍了第四纪环境学的最新理论和研究方法。本书可供大学地理系、地质系、环境系和考古系的有关专业师生作为教材或参考书使用。

43765

序

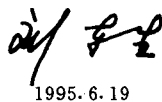
当前固体地球科学领域中最活跃的分支学科之一是第四纪环境学。这是因为近年来有关环境,特别是古环境的研究中不断地涌现出许多新的事实和新的数据,这些新的发现改变着人们对地球——人类赖以生存的环境的认识。许多解释环境历史的概念正在发生变化,全球性的环境问题要求人们用新的思维和方法去认识和解决现实问题,因而第四纪研究出现了一个新的局面。

建国以来大规模的经济建设迫切要求我国的第四纪研究为工程建设、地下水资源、水土保持等方面提供可靠的表层地质论据,由此兴起了对第四纪沉积物和地貌动力过程研究的高潮。我国的第四纪研究比较快地成熟为一门学科,这从已出版的第四纪地质学教科书可以得到证实。

从 70 年代以来,环境状况已成为经济建设中一个需要特别关注的方面。无论是环境污染的治理、环境状况的评价,还是环境政策的制定都要求人们有关于第四纪环境的基本认识。在今后经济持续、快速、健康发展的道路上将对环境的研究提出更多的要求,要求人们对地球环境有一个机能的(functional)、级序的(heirachichal)和整体的(holistical)了解。这种对第四纪环境基本概念的建立不仅对第四纪研究十分重要,而且对于 21 世纪地球科学的新使命——赋予人们环境意识——的形成也是有意义的。

不了解过去就无法正确地认识现代,而认识现代的目的也是为了更好地知道未来。人类的活动将渗入第四纪这一尚未结束的地质历史的发展之中。

夏正楷教授撰写的《第四纪环境学》从地球系统各个层圈和它们相互关系以及它们发展的历史入手,对第四纪以来的环境作了综合论述,是我国第四纪研究的又一本教科书和又一次进步。希望这一著作的出版不仅有助于我国第四纪学和地貌学的发展,而且也为所有关心和关系到环境的人们提供一本好的科学读本。



1995. 6. 19

前 言

《第四纪环境学》是一本教学参考书。它是作者汲取国内外有关第四纪的教材之长处,总结自己多年从事“第四纪环境学”教学的经验 and 开展科研的收获编写而成的。本书主要以全球变化为核心,以地球系统为对象,阐述第四纪期间地球各层圈变化的规律以及它们之间相互作用、相互制约的关系,探索未来的发展趋势。

全球变化问题是当前国际科学界瞩目的前沿课题,它对于世界各国的经济建设和人类活动有着重大和深远的意义。目前,国际科学联合会正在组织实施一个全球变化计划——国际地圈—生物圈计划(IGBP),旨在对全球系统相互作用的物理、化学及生物过程、生态系统变化和人类活动的关系进行多学科研究,而开展“对过去全球变化的研究(PAGES)”是这一国际合作的核心项目之一。研究过去是为了了解现代,也是为了更好地预测未来。第四纪是地球历史中最新的一页,研究这一时期地球系统变化的规律,是“过去全球变化研究”的最重要的内容,也是本书要阐述的主要内容。

现代科学技术的发展已使人们认识到地球表层系统各层圈相互影响、相互制约,是一个统一的整体。为了阐述地球表层系统发展、演化的历史,不仅需要将地球表层系统作为一个整体加以考虑,而且还需要从更大的系统——地球外部环境(包括天文因素、太阳活动、地球轨道活动、地外天体碰撞地球事件等)和地球内部环境(包括地球内部物质流和热力流)来综合加以考虑。只有这样,才能真正揭示全球变化的规律,并预测未来的发展趋势。这是新阶段第四纪环境学研究的特色,也是本书的特色。

本书得到北京大学教材出版基金的资助。在编写过程中,得到王乃樸教授的悉心指教,也得到曹家欣教授、杨景春教授等的热情鼓励和指导,刘东生院士为本书作序,曹家欣教授审阅了书稿全文,徐筠清绘制本书全部插图,在此一并致谢。

由于时间仓促,本人水平有限,书中贻误之处一定不少,敬请读者批评指正。

作 者

1995年6月于北京大学新地学楼

目 录

绪论	(1)	第五节 地磁场变化对全球环境的影响	(22)
第一节 第四纪的概念	(1)	一、地磁场变化对全球气候的影响	(22)
一、第四纪的建立	(1)	二、地磁场变化对生物演变的影响	(24)
二、第四纪的特征	(2)	三、地磁极性倒转引起气候变化和生物绝灭的机制	(25)
第二节 第四纪环境学研究的内容	(2)	第三章 第四纪地貌圈的形成与演变	(26)
第三节 第四纪环境学与其他学科的关系	(3)	第一节 地貌圈形成的机制	(26)
第四节 第四纪环境学研究的意义	(3)	一、地幔对流	(26)
第五节 第四纪环境学简史及今后发展趋势	(3)	二、板块运动	(27)
一、第四纪环境学简史	(3)	三、板块运动和地形起伏	(29)
二、今后发展趋势	(4)	第二节 板块运动历史和海陆分布的变化	(31)
第一章 第四纪的时间标尺	(5)	一、重建大陆漂移历史的方法	(31)
第一节 第四纪下限	(5)	二、显生宙大陆漂移的特征	(32)
一、确定第四纪下限的标准	(5)	第三节 第四纪板块运动	(33)
二、第四纪下限的四种基本划法	(6)	一、新构造运动的特征	(33)
三、国际上有关第四纪下限的规定	(7)	二、新构造运动的形式	(34)
四、我国的第四纪下限	(8)	三、新洋壳的形成	(35)
第二节 第四纪的进一步划分	(8)	第四节 板块运动与全球变化	(35)
一、第四纪划分方案	(8)	一、板块运动对全球地貌的影响	(35)
二、更新世与全新世的分界	(10)	二、板块运动对大气环流的影响	(36)
三、更新世的进一步划分	(10)	三、板块运动对洋流的影响	(36)
四、全新世的进一步划分	(10)	四、板块运动对大气成分的影响	(37)
第二章 第四纪地磁场的变化	(12)	五、板块运动对海面变化的影响	(37)
第一节 地磁场的基本概念	(12)	六、板块运动对生物演变的影响	(37)
一、地磁场	(12)	第四章 第四纪沉积圈的形成与演化	(38)
二、地磁要素	(12)	第一节 第四纪沉积圈的一般特征	(38)
三、地磁场的基本特征	(13)	第二节 第四纪沉积物的成因类型与判别标志	(38)
四、地磁场的变化	(14)	一、成因类型的划分方案	(38)
第二节 地磁场的成因	(14)	二、成因类型的判别	(38)
第三节 岩石——古地磁场记录的载体	(15)	第三节 第四纪沉积圈的沉积时间序列	(41)
一、物质的磁性	(15)	一、建立沉积时间序列的原则与方法	(41)
二、磁畴和磁滞回线	(16)	二、绝对年龄的测定	(42)
三、岩石的磁化强度	(16)	第四节 世界第四纪层型剖面	(45)
第四节 第四纪古地磁场	(17)	一、层型剖面的概念	(45)
一、地磁极位置漂移	(18)	二、陆相维拉方层型剖面	(46)
二、地磁场强度变化	(19)	三、海相卡拉布里层型剖面	(46)
三、古地磁极性倒转	(20)		

第五节 中国第四纪沉积	(47)	四、亚洲中部干旱区湖面变化	(110)
一、中国第四纪沉积时空分布的一般规律	(47)	五、第四纪湖面变化的一般规律	(110)
二、中国新第三纪沉积的分布特征	(47)	第三节 第四纪海面变化	(110)
三、中国第四纪沉积的分布特征	(48)	一、海面变化的证据	(110)
第六节 黄土堆积	(51)	二、前第四纪海面变化	(111)
一、黄土的分布	(51)	三、更新世海面变化	(112)
二、黄土地层	(54)	四、全新世海面变化	(115)
三、黄土的岩性特征	(55)	五、海面变化的原因	(118)
四、混杂层、古土壤和钙结核	(60)	六、未来海面上升对人类生存环境的影响	(121)
五、黄土的形成与演化	(61)	第四节 第四纪大洋环流	(122)
六、中国黄土的年龄	(64)	一、大洋环流的现代格局	(122)
第五章 第四纪大气圈与全球气候变化	(67)	二、第四纪大洋环流的变化	(124)
第一节 第四纪大气圈的组成	(67)	三、ENSO 事件	(126)
一、现代大气圈的组成	(67)	四、大洋环流变化对人类生存环境的影响	(129)
二、第四纪大气圈组成的变化	(67)	第七章 第四纪生物圈的特征及演化	(130)
三、大气组成变化对全球气候变化的影响	(72)	第一节 第四纪生物圈的一般特征	(130)
第二节 第四纪大气环流	(74)	第二节 第四纪动物界	(131)
一、大气环流形成的动力学	(74)	一、第四纪哺乳动物的特征及演化	(131)
二、第四纪大气环流格局的变化	(76)	二、第四纪无脊椎动物	(141)
三、青藏高原隆起对第四纪大气环流的影响	(78)	第三节 第四纪植物界	(149)
第三节 第四纪全球气候变化	(80)	一、第四纪维管植物群的重建	(149)
一、第四纪古气候信息源	(80)	二、第四纪维管植物的演化	(150)
二、第四纪气候的基本特征	(81)	三、第四纪藻类植物的特征与演化	(153)
三、陆相沉积反映的第四纪气候变化	(83)	第八章 第四纪人类圈	(158)
四、海相沉积反映的第四纪气候变化	(89)	第一节 人类的起源与进化	(158)
五、冰岩芯反映的第四纪气候变化	(90)	一、人类在灵长目中的位置	(158)
六、晚冰期和冰后期气候变化	(94)	二、人类的起源	(158)
七、第四纪全球气候变化的基本规律	(98)	三、人类的进化特征	(159)
第四节 全球气候变化的原因及未来趋势	(98)	四、人类的进化阶段	(162)
一、全球气候变化的原因	(99)	五、人类的起源地	(165)
二、未来气候变化趋势分析	(102)	六、人类进化的驱动力	(166)
第六章 第四纪水圈与海面升降	(105)	第二节 人类文化的发展	(167)
第一节 第四纪冰盖的形成与演变	(105)	一、石器时代	(167)
一、地质历史上冰盖的发展	(105)	二、石器文化分期	(169)
二、第四纪大冰盖的形成历史	(105)	三、铜器时代和铁器时代	(171)
三、第四纪冰盖演变规律	(107)	第三节 人类与自然	(171)
第二节 第四纪湖泊的变化	(107)	一、自然环境对人类发展的影响	(171)
一、非洲的北部和东部湖面变化	(108)	二、人类对环境的影响	(172)
二、北美西南部湖面变化	(108)	参考书目	(176)
三、中国东部地区湖面变化	(108)		

绪 论

第四纪是地球发展历史中最新的一页,它所占据的时间为 250 万年左右。若地球年龄以 45 亿年计,则第四纪仅占其中的 0.00056。但是,就在这样短暂的时期内,自然界发生了一系列重大的变化,如气候的变冷、海面的升降、生物的演变、人类的出现及现代地貌的形成等,这些变化给现今地球环境以极大的影响。

第一节 第四纪的概念

一、第四纪的建立

地球历史经历了漫长的岁月。人类历史上第一个对地球历史进行划分的是奥代诺(Arduino),他依据意大利北部地层,在 1760 年将地球历史划分为原始纪(Primitive)、第二纪(Secondary)和第三纪(Tertiary),其中第三纪指破碎的松散砂砾石及其他堆积物形成的时代,实际就是指的第四纪。几乎同时,列赫曼(Lohman)依据德国哈乐兹山地层,划分了原始层(Urgesbirge)、第二层(Floeze Gebirge)和冲积层(Angeschwemmt Gebirge),其中冲积层即指第四纪时期的堆积物。

第四纪(Quaternary)一词,由德努瓦耶(Desnoyers)于 1829 年首创。他依据法国巴黎盆地的研究,把地球历史划分为四个时期,并把最近的一个时期称之为第四纪。稍后,雷布尔(Rebour)给第四纪以较明确的规定:第四纪地层指那些含有大量现代种属动植物化石和孢粉的松散堆积物。1839 年,莱伊尔(Lyell)提出更新统(Pleistocene)的术语,把含有现代动植物种属占 90% 以上的海相地层和含有人类骨骼、文化遗迹的陆相地层,称为更新世地层,并提出以现代(Recent)来泛指地球最表层的年轻沉积物。1869 年,杰维斯提出以全新世(Holocene)来取代现代。1881 年,第四纪这一术语被第二届国际地质会议正式使用。

表 1 列出第四纪术语的沿革。

表 1 第四纪术语沿革 (据 Farrand W.R., 1991)

年份(A. D.)	术 语	作 者
1760	第三纪(Tertiary)	奥代诺(Arduino)
1822	冲积物(Alluvium),洪积物(Diluvium)	曼特尔(Mantell)
1829	第四纪(Quaternaire)	德努瓦耶(Desnoyers)
1833	新上新世(Newr Pliocene),现代(Recent)	莱伊尔(Lyell)
1833	第四纪(Quaternaire?)	雷布尔(Rebour)
1837	冰期(Eiszeit)	斯希姆波(Schimper)
1839	更新世(Pleistocene)=新上新世	莱伊尔(Lyell)
1856	第四纪(Quataire)	莫洛特(Morlot)
1869	全新世(Holocene)	杰维斯(Gervais)
1873	更新世(Pleistocent)=后上新世(Post-Pliocene)	莱伊尔(Lyell)

二、第四纪的特征

第四纪是地球发展历史中重要的一页,它具有自己显著的特征。

(一) 气候显著变冷

进入第四纪,全球气候明显降温,出现地球历史上第四次大规模冰川活动。受冰川进退的影响,地球表层系统发生一系列重大的变化,诸如大气环流格局改观、气候带迁移、海面升降、沙漠扩大或缩小、生物迁徙等。

(二) 高等生物空前繁衍

在第四纪时期,高等生物(被子植物和哺乳动物等)空前繁衍,它们在种属组成和生态特征上与第三纪相比有显著的差别。

(三) 人类的出现和发展

人类的出现和发展是第四纪最重要、最突出的特征,是地球演化历史的一次飞跃。

(四) 地壳运动活跃

第四纪地壳运动十分活跃,它使地球表面形态大大改观。地表形态的变化,给全球环境变化以巨大的影响。

由于第四纪具有上述特征,人们给第四纪以不同的称谓,如冰川纪、洪积纪、灵生纪或人类纪等,这些名称目前尚未被学术界认可。

第二节 第四纪环境学研究的内容

第四纪环境学是研究地球发展历史中最新的时期——第四纪时期地球自然环境发展、演变规律的科学,是一门有着自己独立体系的学科。

第四纪环境学严格按照时间的顺序来研究第四纪期间各种地质作用及其结果,阐明地球表层系统各层圈的演变历史,探讨其发展的规律。凡属第四纪期间所发生的各种重大地质事件,包括天文事件、地质事件、古地理事件等,都属于第四纪环境学研究的范围。无论是有机界还是无机界,都是本学科研究的对象。

第四纪环境学的任务,一方面是重建第四纪环境发展演变的历史,揭示其演化规律;另一方面是在此基础上,预测未来人类生存环境的发展趋势,促进人类对环境和资源的合理使用和优化管理,以求得人类与环境的协同发展。

第四纪环境学的研究内容包括下列几个方面:

(a) 地球表层系统各层圈,包括地磁圈、地貌圈、沉积圈、气圈、水圈、生物圈及人类圈等在第四纪期间的演变及主要地质事件的发生过程;

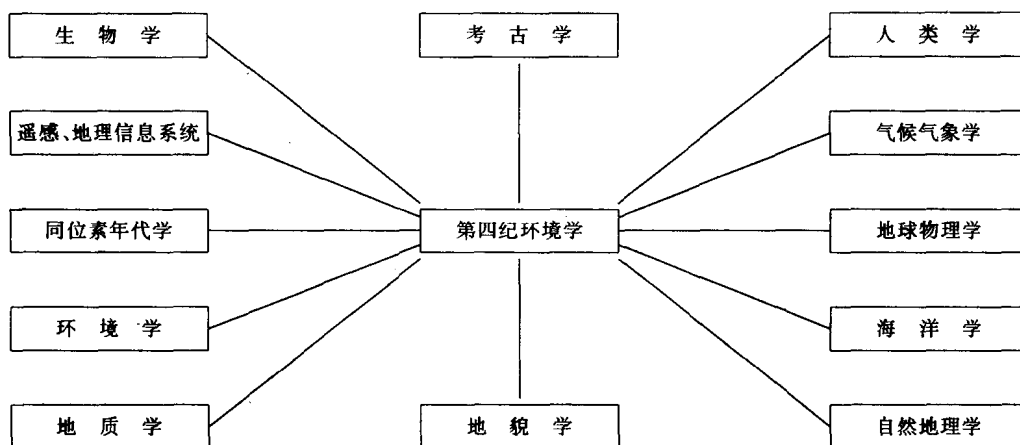
(b) 地球表层系统内部各层圈之间以及地球表层系统与其他系统之间的相互作用、相互制约关系;

(c) 地球表层系统及各层圈演化的机制;

(d) 未来地球表层系统发展趋势预测。

第三节 第四纪环境学与其他学科的关系

第四纪环境学是一门综合性很强的学科,它与许多学科有密切联系,如下表所示:



第四节 第四纪环境学研究的意义

第四纪环境学研究无论在理论上,还是在实践上都具有重大意义。

在理论上,第四纪环境学的研究可以提供过去不同时间尺度太阳活动和地球轨道的动力与反映、基本地球系统过程和短期突发性全球变化的基本规律,有助于地球系统一系列基本理论问题的解决,诸如全球变化及未来预测、天体演化规律、人类起源与演化、生物进化等。

全球变化的研究是 20 世纪 80 年代提出的一门前沿科学计划,是当今人类为迎接日益严重的全球环境挑战而提出的一项战略性计划,它要求人们进行下列三方面的工作:(a) 描述和了解控制整个地球系统关键性相互作用的物理、化学和生物过程;(b) 描述和了解支持生命的独特环境;(c) 描述和了解出现于地球系统中受人类活动影响的重大全球变化。其中心是以几十年至几百年为时间尺度,就对生物圈影响最大、对人类活动最敏感、最易实践和最有可预测性的重大全球变化问题作出回答。在这一方面,过去全球变化的研究,尤其是第四纪环境变化的研究具有举足轻重的作用。

在实践上,第四纪环境学可以应用于资源开发、环境管理和工程建设等各个领域。在资源开发方面,它可以用于地下水开发、水土保持以及砂矿、盐类矿床、油气田的开发;在环境管理方面,它可以指导海岸带的开发与管理、草场的管理、土地利用、矿山废弃地恢复等;在工程建设方面,它可以在城市规划、建筑物地基处理、重大工程选线选址等方面发挥作用。

第五节 第四纪环境学简史及今后发展趋势

一、第四纪环境学简史

第四纪环境学是在人类利用自然、改造自然的过程中逐步发展起来的,它的发展史可以分

为几个阶段。

萌芽阶段(18世纪以前):由于人们从事各种生产活动,在实践中逐步产生一些朴素的思想。公元前4~3世纪,中国地理名著《禹贡》就对中国九洲的山川及沉积物进行了描述,其中涉及黄河、长江三角洲的沉积物特征;而《史记》(公元前2~1世纪)、《前汉书》(公元前1世纪)、《水经注》(公元6世纪)、《梦溪笔谈》(1092~1093年)、《天工开物》(1637年)及《徐霞客游记》(1776年)中都有过第四纪火山、地震及古生物等现象的描述。在欧洲,公元前1世纪希腊学者斯特拉波做出了关于海岸带升降性质的推论;公元前500年基罗多特曾绘制了尼罗河口泥沙分布图;公元10世纪,中亚学者曾利用贝壳确定古岸线位置,并指出恒河三角洲的不断扩大与海流带来的沉积物有关;意大利人达芬奇也曾指出海岸线的变迁是地壳运动的结果。

形成阶段(19世纪~20世纪初):19世纪初,欧洲关于基岩上未固结堆积物成因的争论,尤其是关于欧洲漂砾的争论,促进了第四纪冰川理论的发展和冰期的建立,在北欧、中欧和北美相继建立了四次冰期。与此同时,有关哺乳动物群的研究和植物群的研究、海相层和洞穴堆积的研究、人类化石的研究也取得了很大进展。

发展阶段(20世纪以来):过去40年是地球科学全面革新的时代,也是第四纪环境学大发展的时代。这一时期,第四纪环境学在如下几个方面取得了惊人的进展:

(a) 第四纪环境学研究从陆地进入海洋,由于深海岩芯研究的开展,建立了反映气候变化的海洋模式。

(b) 陆相沉积中,黄土研究取得了很大成就,根据黄土—古土壤序列建立的气候变化模式已成为与海洋模式并立的两大气候模式之一。

(c) 年代学研究取得很大进展。同位素测年、AMS¹⁴C测年、TL测年、氨基酸测年、ESR测年等方法的采用大大提高了测年精度,使气候变化的高分辨率时间序列研究成为可能。

(d) 新技术、新方法得到广泛运用。诸如植硅石的研究、地球化学元素的分析、稳定同位素分析、树木年轮分析、¹⁰Be分析等高新技术的运用使环境信息的提取量大大增加,而计算机技术的引入又进一步提高了信息分析的水平。

(e) 加强了三极的研究。南极、北极及青藏高原号称地球三极,这三极对全球第四纪环境影响颇大,加强三极的研究,将有助于全球变化问题的解决。

二、今后发展趋势

围绕全球变化,尤其是过去全球变化的研究,第四纪环境学今后将在下列几个方面做出努力:

- (a) 依据生物地层学、古地磁学及年代学的结合,建立层型剖面;
- (b) 通过转换函数的研究,使古生态、古地理、古气候的研究定量化;
- (c) 引进高新技术,进一步提高测年、测温技术的水平;
- (d) 通过定位观察,进行海面变化、构造运动的动态研究;
- (e) 进行全球变化系统的模拟、仿真和制图。

第一章 第四纪的时间标尺

第四纪是地球历史上一个最近的、非常短暂又非常特殊的阶段,它有其特定的时限和分期。

第一节 第四纪下限

第四纪下限,亦即第四纪与第三纪的界线,是第四纪研究的基本理论问题之一。自从1829年法国地质学家德努瓦耶首次提出第四纪这一名称以来,这个问题已经争论了160余年,但至今还没有一个定论。

一、确定第四纪下限的标准

由于各国所处地理位置不同,各家研究的对象不同,因此,大家对于选用什么标准作为第四纪的开始,存在着不同的意见。

(一) 以人类的出现作为第四纪的开始

人类的出现是第四纪的头等大事,因此,不少学者以人类的出现作为第四纪的下限。开始,人们以埃塞俄比亚东南奥莫河谷和坦桑尼亚奥尔都维(Oldovai)的材料为依据,把第四纪下限放在 1.80×10^6 a B. P.*。后来,科宾(Coppens, 1971)根据东非新发现的人类化石,把第四纪下限划到 3.00×10^6 a B. P.。

(二) 以古冰川的出现作为第四纪的开始

长期以来,欧洲一直把阿尔卑斯山恭兹(Günz)冰期冰川的出现(1.10×10^6 a B. P.)作为第四纪开始的标志。近年来研究证明,在恭兹冰期来临之前,地球上已有变冷现象发生。例如,在阿尔卑斯山,发现了比恭兹冰期更古老的拜伯(Biber)和多瑙(Donau)冰期的冰碛物;在阿拉斯加南部,发现 $3.60 \times 10^6 \sim 2.70 \times 10^6$ a B. P.的冰碛物;最近,甚至发现有 8.00×10^6 a B. P.(上新世)的山地冰川作用的证据。因此,以古冰川的出现作为第四纪的开始,还有待古冰川学的进一步研究。

(三) 以冷水型有孔虫某些种属的出现作为第四纪的开始

两种有孔虫的出现被认为是第四纪的开始。一种是饰带透明虫,它是一种冷水型底栖有孔虫。最初测定它首次出现在 1.80×10^6 a B. P.,后来库克拉(Kukla)测定的年龄为 2.20×10^6 a B. P.。我国测定的年龄数据为早于 2.30×10^6 a B. P.。另一种有孔虫为截锥圆幅虫,它是一种冷水型浮游有孔虫。1980年,贝尔格林(Berggren)认为它最早出现于 1.80×10^6 a B. P.,与奥尔都维极性事件下界相当。斯波罗维埃(Sproviel)认为它出现的时间要更早一点,可能要在 2.50×10^6 a B. P.左右。

(四) 以古植物的演化为标志

西欧学者中有人提出依据古植物群的更替作为第四纪的开始。他们以梯伯恩线(Tiberian

* B. P. 表示距今。

limit)作为第四纪的下限,在此界线以下,存在红杉、枫香、落羽杉、日本金松和紫树等植物,在此线以上,上述植物种属绝灭,而首次出现山核桃、枫杨、铁杉、蒂格利恩满江红等种属。这一界线不适用于我国,因为我国上新世植物群的上述种属,在第四纪不仅没有绝灭,而且一直延续到今天。

(五) 以古动物演变为标志

一般以三趾马的绝灭和真马、真象、真牛的出现作为第四纪的开始,称豪格(Haug)线,但在运用这一标准时,具体界线的划法不太一致。凯勒(Keller)测定三趾马绝灭于 2.90×10^6 a B. P., 而真马出现于 $1.80 \times 10^6 \sim 1.60 \times 10^6$ a B. P., 因此,他主张以真马的出现作为划分的标准,把第四纪下限划在 1.80×10^6 a B. P. 或 1.60×10^6 a B. P.。奥多科(Opdocke)测定三趾马在 2.47×10^6 a B. P. 开始绝灭,但残存种可以一直生活到 1.60×10^6 a B. P., 甚至 0.90×10^6 a B. P., 而真马从 2.47×10^6 a B. P. 开始出现,因而他主张以三趾马开始消亡,真马开始出现作为划分标准,把第四纪下限划在 2.47×10^6 a B. P.。

(六) 以古温度变化为标志

深海研究的深入和测古温度技术的兴起,使古温度变化成为划分第四纪的依据。艾米利安尼(Emiliani)根据古海水平均温度,提出把第四纪下限放在 1.80×10^6 a B. P., 此界线以下,海水平均温度为 $23 \sim 25^\circ\text{C}$, 而界线以上为 15°C 。

以上六个标准,不仅各自出现的时间有先后之分,而且同一标准,在世界各地出现的时间也有很大差别,由此,造成了目前第四纪下限划法上的不同。

二、第四纪下限的四种基本划法

由于依据的标准不同,对于第四纪下限的位置,存在有四种不同的划法。

(一) $3.50 \times 10^6 \sim 3.00 \times 10^6$ a B. P.

以 $3.50 \times 10^6 \sim 3.00 \times 10^6$ a B. P. 作为第四纪下限的依据有以下几点:

- (a) 此界线与高斯正极性时/吉尔伯特负极性时(Ga/G)一致,极性倒转发生在 $3.50 \times 10^6 \sim 3.00 \times 10^6$ a B. P. 左右;
- (b) 3.50×10^6 a B. P. 在南美南端、北美阿拉斯加出现冰川,冰岛在 3.00×10^6 a B. P. 出现冰川;
- (c) 在深海岩芯氧同位素曲线上, 3.20×10^6 a B. P. 出现温度的明显下降;
- (d) 巴拿马地峡形成,改变了北半球洋流的格局,东西向热带赤道环流体系被隔断,南北向洋流加强;
- (e) 在亚洲北部,喜暖植物如银杏、山核桃、枫杨、木兰等消失,高原冻原植物、灌木及柔荑花序植物首次出现。

(二) $2.50 \times 10^6 \sim 2.40 \times 10^6$ a B. P.

以 $2.50 \times 10^6 \sim 2.40 \times 10^6$ a B. P. 作为第四纪下限的依据有如下几点:

- (a) 此界线与松山反极性时/高斯正极性时(M/Ga)一致;
- (b) 北美发现 $2.80 \times 10^6 \sim 2.20 \times 10^6$ a B. P. 的前内布拉斯加(Pre-Nebraskan)冰碛层;
- (c) 在俄罗斯,来源于北美和东亚的孑遗种消失,出现许多草本植物的新种,在意大利卡拉布里(Calabrian),落羽杉花粉大量减少;
- (d) 在意大利卡拉布里地区的弗利卡(Vrica)海相地层中,冷水型底栖有孔虫——波罗的

透明虫大量出现,反映气候明显变冷;

(e) 在中国洛川、蓝田等地区的黄土地层底部相继发现大量微玻璃陨石及铍异常,证明当时发生过天体碰撞地球的事件。

(三) $1.80 \times 10^6 \sim 1.60 \times 10^6$ a B. P.

以 $1.80 \times 10^6 \sim 1.60 \times 10^6$ a B. P. 作为第四纪下限的依据有如下几点:

(a) 大致与松山极性时中的奥尔都维事件相当,极性事件的年龄为 1.87×10^6 a B. P. ;

(b) 在东非发现“东非人”化石,其年龄测定为 1.75×10^6 a B. P. ;

(c) 海洋中出现冷水型的爬行翼花介、波罗的透明虫、射乳玉螺、大洋桥石、厚壁新方球虫(左旋占优势);

(d) 某些海洋生物种属绝灭,如布劳威盘星石、斜室似抱球虫内孔亚种和麦氏圆颗石等。

(四) 0.70×10^6 a B. P.

以 0.70×10^6 a B. P. 作为第四纪下限的依据有如下几点:

(a) 大致与布容正极性时/松山反极性时(B/M)一致;

(b) 俄罗斯喜冷的冰缘动物群和植物群广泛分布;

(c) 出现天外星体碰撞地球的事件。

三、国际上有关第四纪下限的规定

第四纪和更新世这两个词,分别由德努瓦耶(1829)和莱伊尔(1839)创立,他们以海相地层中现代软体动物种属占 90%~95% 作为第四纪开始的标志。20 世纪初,豪格(1911)提出以真象、真牛和真马的首次出现作为第四纪的开始。

1932 年,国际第四纪联合会(INQUA)第二届大会决定将第四纪下限划在意大利维拉方层(Villafranchian)和卡拉布里层的上界,相当于英国克罗默层(Cromerian)下界和我国周口店组下界,其年龄约为 0.73×10^6 a B. P. 。

1948 年第十八届国际地质大会提出以“第一次气候变冷”作为划分第四纪和第三纪的标准,并决定依此原则把第四纪下限下移到维拉方层和卡拉布里层的下界。在陆相维拉方层中含有新出现的真马、真象和真牛等化石,但也有第三纪的残留种——三趾马,而在海相卡拉布里层中,冷水型软体动物和有孔虫首次出现,一些喜暖的软体动物和有孔虫绝灭。

1972 年的国际第四纪联合会第八次会议基本上维持了 1948 年的方案,把第四纪下限放在卡拉布里层下界,同位素测温表明当时海水温度比现在低 5°C 。这一界线经 K-Ar 法测定,其年龄为 $1.80 \times 10^6 \sim 1.60 \times 10^6$ a B. P. 。

1977 年,国际第四纪联合会的第三纪/第四纪(N/Q)界线小组建议以意大利卡拉布里地区的弗利卡海相地层作为第四纪与第三纪分界的界线层型剖面,并根据卡拉布里层以下火山灰堆积的年龄,把界线定在 2.40×10^6 a B. P. 。

1982 年在莫斯科召开的第十一届国际第四纪联合会上,由帕森尼和科拉龙哥等人组成的研究小组向大会报告了弗利卡剖面的研究成果,并提议把第四纪下限放在该剖面奥尔都维亚时上方 1~2 万年的位置,年龄约为 1.70×10^6 a B. P. 。

尽管国际上关于第四纪下限有一些规定,但目前分歧仍然很大。从各国第四纪研究的现状来看,大多数学者采用 $1.80 \times 10^6 \sim 1.60 \times 10^6$ a B. P. 或 $2.50 \times 10^6 \sim 2.40 \times 10^6$ a B. P. 作为第四纪下限。

四、我国的第四纪下限

1948 年以前,我国以周口店北京猿人洞动物群为早更新世,把第四纪下限置于周口店动物群和泥河湾动物群之间。1948 年国际地质大会决定将第四纪下限下移到维拉方层下界,我国接受了国际地质大会的建议,将泥河湾层和三门组作为第四纪的开始。

我国关于第四纪下限也有不同意见,如 $3.50 \times 10^6 \sim 3.00 \times 10^6$ a B. P., 2.50×10^6 a B. P. 或 1.90×10^6 a B. P. 等,但大多数学者趋向于 2.48×10^6 a B. P.。

2.48×10^6 a B. P. 前后,在我国发生的一系列重大地质事件,可以作为第四纪开始的标志。

(一) 古地磁事件

在 2.48×10^6 a B. P. 界线附近,古地磁极性发生倒转,界线以下为高斯正极性时,以上为松山反极性时。这是一次全球古地磁极性转换的重要界线,在我国表现十分明显。

(二) 构造运动事件

青藏高原的隆起始于上新世晚期,从第四纪开始,隆起加快,由此在高原周围形成了巨厚的磨拉石建造,如贡巴砾岩、玉门砾岩等。尽管这些堆积物目前还缺乏确切的年龄资料,但一般都认为它们形成于 2.50×10^6 a B. P.,是喜马拉雅运动的产物。

(三) 沉积物转型

黄土与三趾马红土的界线位于古地磁 M/Ga 界线附近,两者在岩性特征上有明显差别,反映了在此界线上,地理环境有明显的变化。

(四) 生物演变事件

在 2.50×10^6 a B. P. 以前,哺乳动物以三趾马动物群为代表,在 2.50×10^6 a B. P. 之后出现以真马(三门马)、真象和真牛为代表,但仍含有少数第三纪孑遗的动物群。

在陆相层的海相夹层中, 2.26×10^6 a B. P. 出现冷水型钙质超微化石群。如波罗的透明虫、厚壁抱球虫和远洋颗石等。在陆相地层中,发现某些陆相介形虫在 2.50×10^6 a B. P. 界线附近绝灭,如正式美星介、扁平河星介和清徐土星介等。

植被面貌也反映出在 2.50×10^6 a B. P. 前后气候有明显的变化。从第四纪开始,我国北方植物群中第三纪亚热带种属骤然减少。

(五) 天体碰撞事件

微玻璃陨石见于黄土与西太平洋海洋沉积物中,分布层位在 2.50×10^6 a B. P. 附近,是地外天体与地球相碰撞的产物。这次天文事件对气候变化、生物演化可能产生重大影响。

上述这些地质事件集中在 2.50×10^6 a B. P. 附近出现,具有群发性突变事件的特征,表明此时地球环境发生了重大的变化。因此,以 2.50×10^6 a B. P. 作为我国第四纪下限,是可取的。

第二节 第四纪的进一步划分

一、第四纪划分方案

早在 1909 年,彭克(Penck)和布留克涅尔(Brückner)根据阿尔卑斯山区的冰碛物,将第四纪划分为四次冰期与三次间冰期,这是将第四纪进一步划分的第一次尝试。

在第二届国际第四纪联合会(1932)上,人们提出以生物地层学为基础将第四纪划分为早