



北京大学地理研究丛书

第四纪 生态学与全球变化

刘鸿雁 著



科学出版社
www.sciencep.com

国家科学技术学术著作出版基金资助出版

北京大学地理研究丛书

第四纪生态学与全球变化

刘鸿雁 著

科学出版社

2002

内 容 简 介

本书全面介绍了第四纪生态学的理论、方法和应用。作者以种群、群落和生态系统、景观和生物群区等不同的生命组建水平为线索,详细阐述了第四纪生态学的最新理论进展及其在全球变化研究中的意义。作者还选取内蒙古高原东南缘森林-草原过渡带这一全球变化研究的关键区域作为区域研究实例,从物种、群落和景观等不同水平上分析了研究区生态过渡带的空间特征,建立了表土花粉与现代植被及气候之间的定性和定量关系,并将生态学与古生态学研究结合起来,分析该过渡带晚冰期以来的景观演化的过程和特点,确定不同时期生态过渡带主要景观界线的位置和变化趋势,探讨物种迁移和景观演化的生态机制。

本书适合生态学、自然地理学、环境学、第四纪学、气候学等学科的教学和科研人员、研究生和本科生阅读,也适合国土、资源开发、生态和环境保护等部门的管理人员以及所有从事和关心全球变化的人士参考。

图书在版编目(CIP)数据

第四纪生态学与全球变化/刘鸿雁著. -北京:科学出版社,2002.

(北京大学地理研究丛书)

ISBN 7-03-009605-3

I. 第… II. 刘… III. ①第四纪-古生态学-研究②第四纪-古环境-研究 IV. Q911.5

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2001)第045757号

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>

新蕾印刷厂 印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2002年7月第一版 开本:890×1240 A5

2002年7月第一次印刷 印张:7 插页:1

印数:1—1500 字数:208000

定价:20.00元

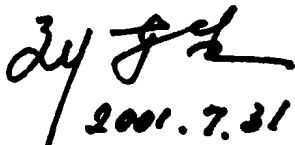
(如有印装质量问题,我社负责调换〈北燕〉)

序 言

过去是认识现在和预测未来的钥匙。作为最新的地质历史时期，第四纪以来的环境演变过程在认识和解决人类正在遭受和可能面临的生态环境问题中发挥着日益重要的作用。作为第四纪科学与生态学的交叉学科，第四纪生态学（或称第四纪古生态学）将现代生态学理论和古生态学证据有机地结合起来，探讨第四纪以来生物对环境变迁的响应机制，对于认识现在和预测将来可能发生的全球变化过程有着重要的意义。

第四纪生态学起源于传统的孢粉学，但与孢粉学不同，是一个较新的领域。青年学者刘鸿雁的《第四纪生态学与全球变化》一书是国内所见最早专门介绍第四纪生态学这一学科分支的著作。该书系统总结了国内外相关领域的有关成果，全面论述了第四纪生态学的理论、方法及其与全球变化的关系，并以作者在内蒙古高原东南部等地的实际研究作为区域实例，是一本很有特色的著作。

这一著作的出版有助于推动我国在这一领域的研究。其中的区域研究成果对于探讨我国北方荒漠化地区的环境演变历史及其生态机制，指导这一地区的生态环境治理工作具有重要意义。在科学出版社准备出版这一著作之际，我很乐意向相关学科领域的读者推荐。


2001.7.31

前 言

全球变化是目前人类关注的焦点之一，也是科学界瞩目的前沿领域。人类作为自然生态系统的组成部分，不断地改变着自然生态系统。目前的全球变化表现为在自然变化背景上叠加了人为改变，从而使全球变化研究变得更加复杂。同时，全球变化最终通过影响生物圈进而影响到人类的生存和发展。因此，探讨生物圈及其组分对全球变化的响应成为当前研究的核心问题之一。

对于自然植被演化历史的研究由来已久。孢粉分析一直是恢复古植被的主要手段。传统的以孢粉和动物化石分析为基础的古生态学侧重于生物地层划分，采用的手段也多是描述和统计分析。随着全球变化研究的深入，过去全球变化的生态机理开始受到重视。因为只有在进行机理探讨的基础上，才能对于未来的环境变化进行可靠的预测，从而制定相应的切实可行的对策。另一方面，传统的今生态学（现代生态学）则在长的时间过程方面存在着明显的局限性，从而影响到对现代自然生态系统的格局与过程的认识。

第四纪生态学（Quaternary ecology）起源于孢粉学，于20世纪60年代末开始兴起，在全球变化研究的促进下得到了迅速的发展。它把现代生态学和古生态学的理论和方法有机结合起来，以第四纪全球变化的生态机制为研究核心，既满足了对于机理的探讨，又符合当前对于高分辨率的追求。

中国幅员辽阔，自然生态系统类型复杂多样，从热带雨林到寒温带针叶林，从森林、草原、荒漠到高寒生态系统在我国均有出现。特殊的地质构造背景使我国经历了不同于世界其他地区的第四纪生物演化过程，从而保存了独特的生物多样性。可以说在中国进行第四纪生态学研究有着得天独厚的条件。然而，生态学和古生态学一直是两个独立的研究领域，中间有着天然的鸿沟，影响了我国学者涉足第四纪生态学这一跨学科领域。由崔海亭教授主持、本书作者作为主要参加人员参加的多个国家自然科学基金项目，如“中国北方干湿过渡带关键地段景观界限摆动的系统研究”和

“太白山、五台山高山林线对气候变化的响应”，其目的即是试图打破学科界限，开展我国第四纪生态学的实际研究。在前一课题的支持下，作者完成了自己的博士学位论文。

生物圈是一个复杂的层系结构，在生物圈以下依次是景观、生态系统、群落、种群和个体等生命组建水平。在不同的生命组建水平上，生物对环境变化有不同的响应机制，而不同生命组建水平上生物的联系又存在必然的联系。本书以生命组建水平为线索，从时间和空间两个方面系统阐述全球变化背景下的生态过程，如物种迁移、群落演替、生态系统和景观演化。作为国内能够见到的这一领域的第一本著作，作者力图使本书成为一个完整的体系，系统介绍第四纪生态学的理论、方法和应用。为此，一些经典的或者作者认为有意义的研究实例被选择用来说明有关原理，这里有许多是国内外前辈同行的成果，作者对他们允许评论和使用其成果表示衷心感谢。

在景观水平上探讨古、今生态学的结合是一个新的尝试，本书作者进行了一些有意义的探索。作者以内蒙古高原东南缘森林-草原过渡带晚期以来的景观演化为例，首先从物种、群落和景观等多个水平上分析了研究区现代景观的若干特征，把它作为恢复古景观的重要依据。然后以表土花粉和现代植被之间的定性和定量关系为纽带，依据沉积物中的孢粉组合和理化性质推断了研究区景观演化的过程。在此基础上，作者深入探讨了物种迁移和残遗植物群落的形成，古季风颤动、沙地进退、人为活动、地形因素等对景观演化的影响以及景观演化的生态机制，并归纳出研究区景观演化的特点。

本书作者在崔海亭教授指导下完成硕士学位论文“太行山南段沟谷杂木林研究”和博士学位论文“内蒙古高原东南缘森林草原过渡带景观及其演化的生态学研究”，在学术思想和实际研究方面都得到了崔教授的悉心指导，毕业论文的主要内容也融入到本书中。本书初稿完成以后，崔教授仔细阅读了全书，并提出了非常具体的修改意见。对于崔教授付出的心血，用“感激”一词是不足以表达的。刘东生院士在百忙之中为本书作序。科学出版社在编辑出版本书的过程中对全书的结构也提出了建设性的修改意见。北京大学夏正楷教授阅读了本书初稿并指出了原稿中的若干不妥之处。本书写作过程中还得到中国科学院植物研究所孔昭宸研究员的指教。唐志尧协助完成部分图件。作者在此深表谢意。作者还要感谢北京大

学城市与环境学系提供出版资助并将本书纳入《北京大学地理研究丛书》之中。

作者期望本书能给全球变化这一多学科的综合研究领域带来一缕新的气息，这也是作者期待本书能够出版的目的。然而，学科的发展日新月异，面对一个跨学科领域，作者深感所学不够所用。对于书中的疏漏和不足之处，恳请同行学者批评指正。

刘鸿雁

2001年3月于北京大学新地学楼

目 录

序 言

前 言

第一章 绪论	(1)
第一节 第四纪与全球变化的基本概念	(1)
1.1 第四纪的时段划分	(1)
1.2 全球变化研究及其发展趋势	(3)
第二节 第四纪生态学的学科发展与学科性质	(4)
2.1 第四纪生态学的学科发展简史	(4)
2.2 第四纪生态学的学科性质	(6)
2.3 第四纪生态学的未来发展趋势	(9)
第二章 第四纪生态学的研究方法	(11)
第一节 第四纪生态学的信息源	(11)
1.1 沼泽和湖泊沉积物	(11)
1.2 其他信息源	(11)
第二节 年代测定	(12)
2.1 ^{14}C 测年法	(13)
2.2 树木年轮测年法	(13)
2.3 纹泥定年	(14)
2.4 其他测年方法	(14)
第三节 过去环境条件的恢复	(14)
3.1 从沉积物物理性质推断古环境	(14)
3.2 从沉积物化学性质推断古环境	(15)
3.3 稳定同位素与古气候	(15)
3.4 古环境的生物指示	(16)
第四节 过去植被和植物区系的恢复	(16)
4.1 孢粉分析	(16)
4.2 其他的植物信息	(20)

第五节 古动物群与过去生态系统的恢复	(22)
5.1 软体动物	(22)
5.2 昆虫	(22)
5.3 脊椎动物	(22)
第六节 定量分析手段	(23)
6.1 利用孢粉数据推断古气候	(23)
6.2 利用孢粉结果推断古植被	(25)
6.3 时间序列分析	(26)
6.4 定量手段的优点和缺点	(26)
第三章 物种扩散与种群动态	(27)
第一节 植物繁殖体的传播	(28)
1.1 植物繁殖体的传播方式	(28)
1.2 植物繁殖体传播的模式	(33)
第二节 物种入侵	(34)
2.1 物种入侵的模式	(34)
2.2 影响物种入侵的因素	(35)
第三节 种群动态	(38)
3.1 种群增长模式	(38)
3.2 植物种群增长的孢粉证据	(39)
3.3 影响种群增长的因素	(41)
第四节 物种扩散的速率	(43)
4.1 物种到达时间的确定	(43)
4.2 物种扩散速率的计算	(44)
4.3 物种密度与物种扩散速率	(47)
第五节 物种扩散的模式和策略	(48)
5.1 晚冰期以来欧洲乔木树种的扩散模式	(48)
5.2 北美洲乔木树种的扩散策略	(50)
第六节 中国境内水青冈属的迁移过程	(51)
6.1 中国境内水青冈属的现代地理分布与影响因素	(52)
6.2 第四纪以来水青冈属的迁移初探	(54)
6.3 水青冈属的迁移策略	(56)

第四章 群落与生态系统演化	(57)
第一节 群落的性质	(58)
1.1 物种的个性化迁移与群落的形成	(58)
1.2 群落的稳定性	(60)
1.3 现代群落与过去的群落	(61)
第二节 群落演替	(63)
2.1 第四纪生态学对不同演替模式的检验	(63)
2.2 干扰与演替	(67)
第三节 残遗植物群落	(70)
3.1 残遗植物群落的概念	(70)
3.2 中国北方的残遗植物群落	(71)
第四节 生态系统的演化	(74)
4.1 动物群落的演化	(74)
4.2 陆地生态系统的演化	(75)
4.3 湖泊生态系统的演化	(76)
4.4 浑善达克沙地东南部距今 10 000 年前后古生态系统的恢复	(77)
第五节 生物多样性的演变过程	(82)
5.1 第四纪以来物种的形成和绝灭	(82)
5.2 利用古生态学证据推断生物多样性的改变	(83)
5.3 干扰与多样性	(86)
第五章 景观与生物群区的演化	(87)
第一节 景观演化的基本概念	(87)
第二节 第四纪景观演化的动因	(88)
2.1 自然因素与景观演化	(88)
2.2 人类活动与景观演化	(89)
第三节 生态过渡带与景观演化	(89)
3.1 生态过渡带的基本概念	(89)
3.2 生态过渡带的敏感性	(90)
3.3 高山林线的演化	(91)
第四节 生物群区的演化	(97)
4.1 生物群区的概念	(97)
4.2 过去生物群区恢复的途径: 生物群区化	(97)

4.3	第四纪生物群区演化过程概述	(99)
4.4	影响生物群区演化的因素	(101)
第五节	人地关系的演变	(101)
5.1	过去人类活动的证据	(101)
5.2	人类与环境关系的演变过程	(104)
5.3	人类活动对环境影响的生态特点	(105)
5.4	人类活动与生物的进化	(106)
第六章	第四纪生态学的区域研究实例	(108)
第一节	研究区与研究方法	(109)
1.1	研究区的选择	(109)
1.2	研究区的地理概况	(110)
1.3	本研究的技术路线与方法	(113)
第二节	研究区的现代景观格局	(117)
2.1	植物群落及其空间分布	(117)
2.2	植物物种及其空间分布	(126)
2.3	景观结构与成因分析	(133)
第三节	表土花粉及其指示性	(136)
3.1	不同群落类型下不同花粉的分布状况	(136)
3.2	表土花粉在不同植被带的分布状况	(144)
3.3	表土花粉与植被之间的判别关系	(147)
3.4	表土花粉与气候之间的转换函数	(149)
第四节	区域气候和植被演化过程	(150)
4.1	剖面特征及区域气候演化过程分析	(150)
4.2	孢粉资料所反映的区域植被演化规律	(160)
第五节	物种迁移与残遗植物群落	(169)
5.1	主要乔木树种的迁移过程	(169)
5.2	残遗植物群落及其形成原因	(172)
5.3	景观演化与残遗植物群落	(175)
第六节	景观演化的时空过程	(177)
6.1	区域景观演化历史	(177)
6.2	景观界线的推移	(178)
第七节	景观演化的驱动因素与特点	(180)

7.1 景观演化的驱动因素	(180)
7.2 景观演化的特点	(186)
第七章 第四纪生态学与未来全球变化	(188)
第一节 未来全球变化生物响应的预测	(188)
1.1 米兰科维奇循环与未来全球变化	(188)
1.2 中全新世温暖期与未来全球变暖的类比	(189)
1.3 未来全球变化生物响应的模拟	(190)
第二节 未来全球变化的对策	(194)
2.1 自然保护	(194)
2.2 生态系统管理	(195)
参考文献	(196)

第一章 绪 论

第一节 第四纪与全球变化的基本概念

1.1 第四纪的时段划分

第四纪 (Quaternary) 是地球历史最新的一个时期。不同的划分标准对第四纪的时间跨度存在争议, 我国学者倾向于认为第四纪所占据的时间范围为距今大约 250 万年直至现在。若地球年龄以 45 亿年计, 第四纪仅占其中的 1/1800 (夏正楷, 1997)。

在第四纪以前的第三纪 (Tertiary), 全球气候普遍比较温暖。进入第四纪, 全球气候显著变冷, 出现冰期和间冰期的交替。第四纪又可以进一步划分为更新世 (Pleistocene) 和全新世 (Holocene) (图 1.1)。

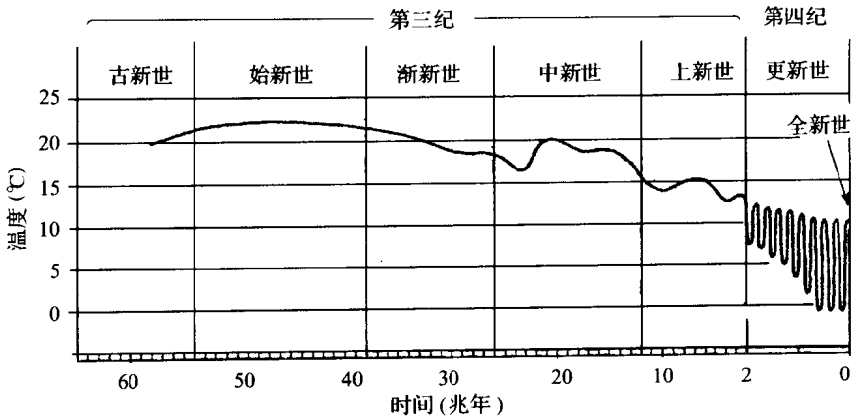


图 1.1 第三纪和第四纪地球温度的变化过程示意图

(引自 Lang, 1994)

由于研究区域和研究目的的不同, 对第四纪的时间划分也不尽相同。根据生物地层的划分, 更新世分为更新世早期、更新世中期和更新世晚

期。与早期根据冰期和间冰期的划分对应关系如表 1.1。

表 1.1 阿尔卑斯冰期与第四纪生物地层学分期 (引自夏正楷, 1997)

	生物地层学分期	阿尔卑斯冰期划分
第四纪	全新世 (Q ₄)	冰后期 (Post-glacial)
	更新世晚期 (Q ₃)	玉木冰期 (Würm) 里斯-玉木间冰期 (R-W)
	更新世中期 (Q ₂)	里斯冰期 (Riss) 民德-里斯间冰期 (M-R)
	更新世早期 (Q ₁)	民德冰期 (Mindel) 恭兹冰期 (Günz)

末次冰期在距今 18 000 年前后进入极盛期 (Last Glacial Maximum, LGM), 此后, 气候开始好转, 冰川消退, 距今 15 000~10 000 年这一段时间称为晚冰期 (Late-glacial)。距今 10 000 年以来通常称为全新世, 在冰期/间冰期的划分上又称为冰后期。表 1.2 是西北欧地区采用的晚冰期和冰后期的气候分期。

表 1.2 适用于西北欧地区的年代地层学划分 (根据 Lang, 1994)

年 (AD/BC)	距今日历年	距今 ¹⁴ C年	气候分期		
1 950	0	0	晚	冰后期	
950	1 000	1 000	中 亚大西洋期		
50	2 000	2 000	早		
800	2 750	2 500	晚		
1 300	3 250	3 000	中 亚北方期		
2 550	4 500	4 000	早		
3 800	5 750	5 000	晚		
4 900	6 850	6 000	中 大西洋期		
6 000	7 950	7 000	早		
7 050	9 000	8 000	北方期		
7 850	9 800	9 000	前北方期		
9 150	11 100	10 000	新仙女木期		晚冰期
		11 000	阿路罗德期		
		12 000	布林期 (含较老仙女木期)		
		13 000			
		14 000	最老仙女木期		
		15 000			

1.2 全球变化研究及其发展趋势

20世纪70年代以来,随着CO₂等温室气体的增加而引起的全球变暖和海面上升等问题及其可能引发的环境变化趋势引起了全球科技界和各国政府的广泛重视,原因在于这些问题对于世界各国的经济建设和社会发展有着重大意义。全球变化(global change)问题从此成为国际科学界瞩目的前沿课题,其目的是探讨人类赖以生存的环境可能发生的改变。

随着全球变化研究的深入,越来越多的人认识到全球变化并不等于全球气候变化,它还包括大气成分的变化、生物多样性的丧失以及土地利用的变化等方面。第四纪是全球变化最剧烈的时期,同时也是与人类活动关系最密切的一个地质历史时期,对第四纪全球变化过程的研究是预测未来环境可能发生的变化的重要基础。

全球变化问题需要进行多学科的综合研究。自1986年以来,国际科学联合会理事会(ICSU)组织实施了一项全球变化研究计划——国际地圈-生物圈计划(IGBP),旨在对地球系统相互作用的物理、化学及生物过程、生态系统的变化与人类活动的关系进行多学科的综合研究(Rosswall, 1991)。这一国际计划的实施促进了各个领域的科学家共同参与全球变化研究。目前,除IGBP以外,与全球变化有关的世界气候研究计划(WCRP),全球变化的人文方面(IHDP)、生物多样性(DIVERSITAS)等计划也在实施中(Fuchs, 1995)。

从有关领域的研究成果看,全球变化研究总的发展趋势是:

(1) 强调高的时空分辨率,以提高对未来全球变化的预测能力。如IGBP的核心计划之一——过去的全球变化(PAGES)的一个重要内容就是重建全球2000年来气候与环境变化史,其时间分辨率要求至少到10年,理想是年和季(Eddy, 1992; 施雅风, 1997)。

(2) 强调对于机理的研究。全球气候与环境系统是一个十分复杂的巨系统,各要素之间的关系十分复杂,只有在认识机理的基础上才能提高预测的准确性。如IGBP的另一个核心计划——全球变化与陆地生态系统(GCTE)的研究内容涉及生物地球化学循环的变化、各生态系统的能量转换、植被结构和动态、植被-气候关系、生物多样性的变化等,其目的是探讨陆地生态系统对环境的迅速变化反应的机理(Steffen *et al.*,

1992; 张新时等, 1995)。

(3) 强调典型区域研究和全球对比。随着全球变化研究的深入, 人们认识到全球气候变化的幅度和方式并不完全一致, 如全球较普遍存在全新世大暖期 (Megathermal), 但各地的起讫时间、大暖期内的气候波动并不相同 (施雅风等, 1992)。为了开展全球对比, 国际上提出了三条全球变化样带, 它们均贯穿北极—赤道—南极, 即 PEP-I, PEP-II, PEP-III, 各国学者还提出了一些具有区域意义的样带 (Koch *et al.*, 1995; 张新时等, 1995)。

(4) 重视人类活动的影响。总体上看, 全球变化是在自然演变的基础上又叠加了深刻的人为影响 (张兰生, 1993)。随着研究的深入, IGBP 的一些核心计划, 如 PAGES 和 GCTE, 也非常重视人类活动的影响的研究。PAGES 将 2000 年以来的全球变化作为一个重点 (Eddy, 1992), GCTE 的四个重点之一就是全球变化对农业和林业的影响 (Steffen *et al.*, 1992)。除此之外, IGBP 近年来又设立了专门的研究计划——土地利用与土地覆盖变化 (LUCC), 并与 IHDP 等进行合作, 来探讨土地利用的变化 (Turner *et al.*, 1995; Fuchs, 1995)。

全球变化的途径概括起来有两个, 一是通过对过去环境变迁的研究来预测未来人类生存环境的可能变化, 即“基于过去推断未来”; 二是建立大气环流模式 (GCMs) 来推断未来的气候变化, 并根据现在的地球系统的状况推断其他环境要素可能发生的改变, 即“基于现在推断未来”。这两种途径经常被结合起来使用。在 IGBP 的核心计划 (Anon, 1990) 中, 过去的全球变化 (PAGES) 着眼于上述第一种途径 (Eddy, 1992); 而全球变化与陆地生态系统 (GCTE) 着眼于上述第二种途径 (Steffen *et al.*, 1992)。这两个核心计划都与生态学有着密切的关系, 促进了宏观生态学研究, 特别是全球生态学研究的发展。

第二节 第四纪生态学的学科发展与学科性质

2.1 第四纪生态学的学科发展简史

作为生态学与古生态学相结合的学科, “第四纪生态学” (Quaternary ecology) 又被称为“第四纪古生态学” (Quaternary paleoecology)。它源于

历史地植物学 (historical geobotany)、孢粉分析 (pollen analysis) 和古湖沼学 (paleolimnology) 等相关学科。

历史地植物学研究植被演化的过程。早在 18 世纪, 在中欧、西欧和北欧沼泽中发现的过去植物的残体就引起了人们对于植被演化过程的兴趣, Dau 于 1829 年根据沼泽中不同层位不同的乔木组合总结出丹麦森林的演化经历了多次树种的更替。而早期孢粉研究侧重于孢粉形态学, 对于植被历史的恢复依赖于植物残体方面的证据。1916 年, Post 提出了定量孢粉分析, 使区域尺度孢粉统计结果的比较成为可能, 从而促进了区域植被历史的恢复。20 世纪 40 年代, 孢粉对于古气候的指示意义也开始得到认识。但在缺少精确测年的条件下, 孢粉证据更多地是作为地层对比的一种手段 (Lang, 1994)。

真正意义上的第四纪古生态学研究开始于 20 世纪 50 年代以后。Libby (1952) 发明了¹⁴C 测年技术并于 1949 年发表了第一批史前样品的¹⁴C 年代数据。新的测年方法使得晚冰期和冰后期样品的测年成为可能, 从而孢粉结果能够真正用于古生态过程的分析。

Cushing 和 Wright (1967) 主编的《第四纪古生态学》以及 Birks 和 West (1973) 主编的《第四纪植物生态学》是较早全面汇总这一领域早期成果的著作。Birks 和 Birks (1980) 所著的《第四纪古生态学》是这一领域的第一本教科书。作为一门跨学科领域, 随着学科的发展, 新的研究手段不断涌现。Berglund (1986) 主编了《全新世古生态学与古水文学手册》, 是这一领域研究方法的全面总结。

20 世纪 80 年代以来, 随着多学科交叉研究的深入, 许多学者开始关注现代生态学与古生态学的结合问题。Delcourt 和 Delcourt (1991) 从这一角度进行了全面总结, 他们将现代生态学理论与古生态学证据结合起来, 对第四纪以来物种迁移、群落演替和生态系统演化的生态机制进行了分析, 并将其著作定名为《第四纪生态学: 古生态学透视》。根据他们的理解并加以补充, 第四纪生态学可以定义为在现代生态学的基础上, 利用古生态学证据探讨第四纪以来存在的种群、群落、生态系统、景观和生物群区的演化及其与自然和人为因素关系的学科。

20 世纪 90 年代, 第四纪生态学的发展进一步走向深入。在一些专业刊物上出现了若干专集。如《Journal of Biogeography》1998 年的两个专集《火与植被历史》和《BIOME 6000》以及 1999 年的专集《从古生态学数