



长江中游 环境演化与防洪对策

李长安 杜耘 吴宜进 赵艳 著

● 中国地质大学出版社 ●

中国地调局大调查重点项目
中国地质大学学术著作出版基金资助

长江中游环境演化与防洪对策

李长安 杜 耘 吴宜进 赵 艳 著

中国地质大学出版社

内 容 简 介

本书通过对长江中游地貌、沉积、构造运动、古气候等自然环境因子演变过程的分析,讨论了它们之间的阶段性耦合规律以及对长江中游环境地质问题形成的控制和影响;利用第四纪地质学和历史地理学分析方法,重点讨论了江汉、洞庭地区全新世以来,特别是近代(近1 000a来)的自然环境演化过程,并对其未来发展趋势做了初步分析;较系统地论述了该区近2 000a来,特别是近500a来气候的相对冷暖和干湿变化规律。在自然环境变化研究的基础上,分别从地质环境演化、气候环境演化和人类活动的环境效应等角度,探讨了长江中游以洪涝灾害为主的环境地质问题的形成原因与条件,并由此提出了若干防洪减灾对策与建议。本书十分强调长江流域整体环境演化对中游洪灾形成的重要性,初步提出:“山-河-湖-海互动和对全球变化的敏感响应”是流域环境系统整体演化的实质,即流域环境演化概念模型。

本书可供从事第四纪地质学、环境地质学、自然地理学、水文地质学和工程地质学的科研、技术人员和大专院校师生参考。

图书在版编目(CIP)数据

长江中游环境演化与防洪对策/李长安,杜耘,吴宜进,赵艳著. —武汉:中国地质大学出版社,2001.1

ISBN 7-5625-1603-0

I. 长…

II. ①李…②杜…③吴…④赵…

III. 环境演化-防洪对策-长江中游

IV. X43

长江中游环境演化与防洪对策

李长安 杜耘 吴宜进 赵艳 著

责任编辑:张华瑛

技术编辑:阮一飞

责任校对:熊华珍

出版发行:中国地质大学出版社(武汉市洪山区鲁磨路31号)

邮编:430074

电话:(027)87483101

传真:87481537

E-mail: cbo@cug.edu.cn

经 销:全国新华书店

开本:787毫米×1092毫米 1/16

字数:230.4千字 印张:9.075

版次:2001年1月第1版

印次:2001年1月第1次印刷

印刷:中国地质大学印刷厂

印数:1—300册

ISBN 7-5625-1603-0/X·15

定价:21.00元

如有印装质量问题请与印刷厂联系调换

前 言

长江中游地处我国华中腹地,这里光照充足、热量丰富、雨热同期,是我国难得的农副业产品生产基地。同时,丰富的资源、雄厚的工商业基础、便利的交通,以及优美的自然景观和灿烂的楚文化,使之在我国经济、社会发展中具有十分显赫的地位。然而,洪涝、渍害等一系列环境地质问题,则极大地阻碍和限制了本区的经济和社会发展的步伐。这些环境地质问题的形成,是地球表层环境长期发展演化的结果,特别是近代(近 1 000a 来)人类活动对自然环境的干预,加速了这些环境地质问题的形成和发展。因此,研究和查明近代岩石圈、大气圈和人类活动对江汉平原环境地质问题形成的影响过程和程度,研究现代全江汉平原环境变化的规律,这对江汉平原的环境地质灾害治理和环境地质问题的未来发展预测,具有重要的实际意义。

长江中游的地球表层演化过程是十分复杂的。这是由该区的地质环境和自然地理条件所决定的。从区域地质构造来看,长江中游既位于东部华北和扬子构造区的接合部位,又处于新华夏第一隆起带与第二沉降带的过渡区。从区域自然地理来看,长江中游不仅地处我国亚热带与暖温带的过渡带,也是我国地貌上第二级阶梯到第三级阶梯的过渡带。因而,无论在南北方向还是在东西方向上,无论岩石圈构造环境还是大气圈自然地理环境,长江中游都具有过渡性特点。这一过渡性特点导致了该区地球表层环境变化的敏感性和复杂性。此外,长江中游又是人类经济开发最早的地区之一,人为地质作用强烈,人地关系的环境效应也十分复杂。

长江中游江汉、洞庭平原严重的洪涝灾害现状,是该区地球表层环境长期发展演化的结果,是长江流域环境系统整体发展演化的结果,是地壳构造运动、大气活动、人类作用等主要因素共同作用的产物。地壳构造运动决定了洪涝灾害的发生背景;气候条件决定了洪水的发生周期和强度;地貌条件影响了洪灾发生区域的分布;而人类不科学的生产活动则导致了低洼地更低、洪水位更高、洪峰流量更大、洪灾频率更高;流域系统各部分的变化,如上游山体的隆升、中游的河湖关系改变、下游的海平面上升等都是中游洪涝灾害的重要影响因素。

本书通过对长江中游地貌、沉积、构造运动、古气候等自然环境因子演变过程的分析,讨论了它们之间的阶段性耦合规律以及对长江中游环境地质问题形成的控制和影响;利用第四纪地质学和历史地理学分析方法,重点讨论了江汉、洞庭地区全新世以来,特别是近代(近 1 000a 来)的自然环境演化过程,并对其未来发展趋势做了初步分析;较系统地论述了该区近 2 000a 来,特别是近 500a 来气候的相对冷暖和干湿变化规律。在自然环境变化研究的基础上,分别从地质环境演化、气候环境演化和人类活动的环境效应等角度,探讨了长江中游以洪涝灾害为主的环境地质问题的形成原因与条件,并由此提出了若干防洪减灾对策与建议。本书十分强调长江流域整体环境演化对中游洪灾形成的重要性,初步提出:“山-河-湖-海互动和对全球变化的敏感响应”是流域环境系统整体演化的实质,即流域环境演化概念模型。

本书系由 4 位作者的博士论文的部分内容经加工、整理、综合而成,并融合了中国地质调查局重点项目“长江中游主要水患区环境地质调查评价”的部分成果。本书的编写得到作者的导师殷鸿福院士和蔡述明教授的指导和帮助。本书的出版得到中国地质大学学术著作出版基金和中国地质调查局大调查重点项目(19991230003014)的资助。谨此表示衷心感谢!

本书的撰写人员和分工如下：前言、第一章、第二章，李长安；第三章，赵艳；第四章，杜耘；第五章，吴宜进；第六章，李长安，其中第二节，吴宜进；第七章，李长安。全书由李长安统稿、修改、定稿。黄长生博士、郭广猛研究生用计算机清绘了书中的插图。

由于我们的水平有限，加之长江中游环境是一个具有开放特点的复杂系统，本书所涉及的仅为其“冰山一角”，书中难免存有偏颇和不足之处，诚望有关专家、学者不吝指正。

作 者

2000 年 12 月

目 录

第一章 江汉平原及周缘第四纪地貌演化、构造运动与环境变化概论	(1)
第一节 长江中游地貌演化与区域新构造运动	(1)
一、地貌演化的阶段性特点	(1)
二、长江中游地貌演化的研究意义	(4)
三、关于区域地貌演化阶段性规律及控制因素的讨论	(5)
第二节 江汉平原及周缘第四纪古气候变化	(5)
一、江汉平原第四纪古气候变化	(5)
二、江汉平原周缘第四纪环境变化	(7)
三、江汉平原及周缘第四纪气候变化的特点及背景分析	(7)
第三节 江汉平原及周缘构造运动、地貌演化与气候变化的关系	(9)
一、构造运动、地貌演化与气候变化的阶段性耦合	(9)
二、关于构造活化与气候变化之间的耦合关系及机理的讨论	(10)
三、第四纪以来构造、地貌、气候旋回的演化规律	(11)
第二章 桐柏-大别山掀斜隆升对江汉平原环境的影响	(13)
第一节 桐柏-大别山不对称掀斜隆升	(13)
第二节 构造掀斜作用对江汉平原环境变化的控制和影响	(14)
一、沉积环境变化和沉积中心的迁移	(14)
二、水系格局与长江变迁	(14)
第三节 持续掀斜作用对未来环境的可能影响	(18)
第四节 结论与讨论	(18)
第三章 江汉湖群全新世环境变化及影响因素分析	(22)
第一节 江汉湖群全新世环境演化	(22)
一、早全新世环境演变	(22)
二、中全新世湖群环境演变	(23)
三、历史时期湖群环境	(25)
四、现代人为制约河湖演变时期	(28)
第二节 洪湖、长湖的演化简史	(30)
一、洪湖	(30)
二、长湖	(32)
第三节 影响湖群环境演变的主要因素	(35)
一、气候变化	(35)
二、海平面变化	(39)

三、人类活动	(40)
第四章 洞庭湖区全新世环境变化与主要环境地质问题	(49)
第一节 洞庭湖全新世环境演变	(49)
一、全新世早中期环境特征	(49)
二、商、周以来的环境演变	(58)
三、近代湖泊环境演变	(63)
第二节 洞庭湖发展趋势分析	(73)
一、湖泊现代沉积速率	(73)
二、湖泊未来发展趋势	(76)
第五章 历史时期干湿气候变化与旱涝灾害分析	(81)
第一节 资料来源和旱涝确定	(81)
一、旱、涝史料主要来源	(81)
二、资料的数学处理方法	(81)
第二节 近 2 000a 来的气候干湿变化	(84)
一、干湿期的确定	(84)
二、干湿期变化及其与其他地区研究成果之比较	(84)
三、干湿期的周期分析方法	(85)
第三节 近 500a 来干湿气候变化分析	(86)
一、近 500a 来干湿气候变化的 EOF 分析	(86)
二、近 500a 旱涝灾害发生的时间分布	(91)
第四节 结果与讨论	(107)
第六章 长江中游防洪减灾对策纵横谈	(110)
第一节 从地学角度看长江中游防洪	(110)
一、洪灾的地学属性	(110)
二、长江中游防洪的地学观	(111)
第二节 从气候演化规律看长江中游防洪	(115)
一、近 2 000a 来湖北省干湿指数的世纪振动分析	(115)
二、近 2 000a 来湖北省干湿变化与世界其他地区比较的分析	(116)
三、近 500a 来湖北省干湿指数的 EOF 分析和各地区连年旱涝的统计结果分析	(116)
四、近一个多世纪以来湖北省旱涝灾害危害加剧的原因剖析	(117)
五、近 500a 来洪涝指数的分析	(118)
第三节 从 1998 年特大洪灾看长江中游的防洪问题	(120)
一、1998 年特大洪灾的基本特点	(120)
二、1998 年长江中游持续高水位的原因分析	(120)
第四节 长江流域泥沙特点及对中游洪灾的潜在影响	(122)
一、关于泥沙的来源	(122)
二、泥沙的走向	(123)

三、泥沙的隐患	(125)
四、值得研究的几个问题	(125)
第五节 充分认识和利用洪水的淡水资源属性	(126)
一、水资源紧缺态势	(126)
二、洪水的淡水资源属性	(127)
三、利用洪水资源的措施	(127)
第六节 人类工程活动的利、弊分析	(129)
一、荆江堤防的防洪效益及对环境的影响	(129)
二、三峡工程建成之后长江中游的防洪形势	(131)
 第七章 山-河-湖-海互动及对流域环境的影响	(133)
一、流域环境系统演化概念模型	(133)
二、流域环境系统的组成与特点	(133)
三、山-河-湖-海互动——流域环境系统的基本特征	(133)
四、山-河-湖-海互动对全球变化的敏感响应	(135)
五、长江——流域环境系统演化模型建立的良好基地	(136)
六、以山-河-湖-海互动为核心的流域环境系统概念模型	(136)

第一章 江汉平原及周缘第四纪地貌演化、构造运动与环境变化概论

第一节 长江中游地貌演化与区域新构造运动

河流是地球表层地貌的主要塑造者。流域地貌是地球表层环境变化的重要记录,通过流域地貌研究可以恢复地球表层环境的演化过程。长江中游(重庆—九江)流域位于青藏高原的外缘,在东西方向上横跨中国的第二和第三地貌台阶,并为我国南北地质构造和自然地理分区的过渡地带。因而,对我国晚新生代地球表层演化研究意义重大。同时,该段流域地貌的发展演化是解决我国第一大河——长江的形成和贯通的关键。因此,长江中游地貌的发展演化,长期以来一直是我国地质、地理学家所关注的热点。早在20世纪20—60年代,如李四光(1924)、叶良辅(1925)、李春昱(1934)、B. G. 巴尔博(1935)、侯德封(1939)、李承三(1956)、袁复礼(1957)、任美镔(1958)、沈玉昌(1965)等老一辈地质、地理学家都对此进行过研究。近年来,随着流域经济开发和水利水电工程建设,又一次掀起了长江中游地貌研究的高潮。在前人研究的基础上,笔者着重就长江中游(重庆—九江)流域(图1-1)地貌发展演化的阶段性及区域新构造运动的特点进行了一些探讨。

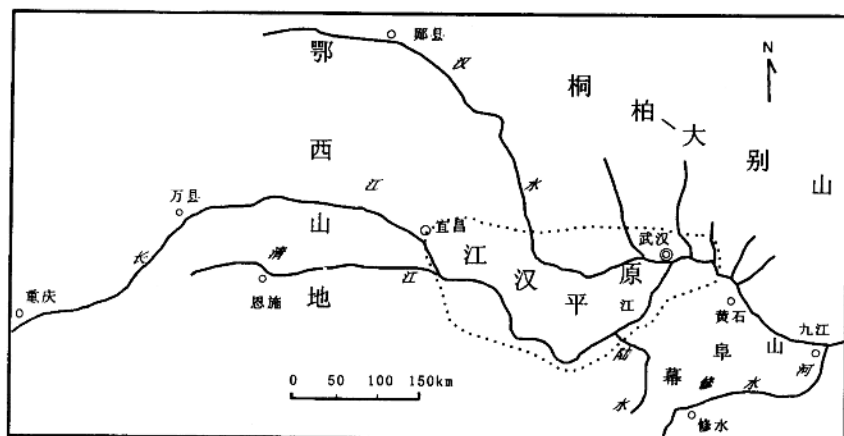


图 1-1 长江中游水系略图

一、地貌演化的阶段性特点

长江中游流域地貌经历了自中生代末期以来漫长的发展与演化历史。总体上可划分为两个大的发展阶段:① 古地貌阶段,即指现代水系形成之前的地貌阶段——夷平面发展阶段;② 现代地貌阶段,即指现代水系出现以来的地貌阶段——河谷阶地发展阶段。

1. 古地貌发展阶段

本区自白垩纪燕山运动大面积隆升开始到第四纪早更新世初期,一直处于整体性间歇隆

升,共发育了三级夷平面。这三级夷平面在长江中游(重庆—九江)流域的鄂西—川东地区、大别山地区、幕阜山地区广泛分布(表 1-1)。由表 1-1 可见,古地貌发展阶段的地球表层演化是以长时期的地壳稳定和短时期大面积抬升、长时期的剥蚀夷平和短时期的强烈切割为特点的。

表 1-1 长江中游(重庆—九江)流域夷平面分布表

夷平面分期	海拔高程(m)				形成时代
	鄂西地区	川东地区	大别山区	幕阜山区	
鄂西期	2 000~1 500	1 500~1 100	1 200~900	>1 000	白垩纪末—早第三纪
山原期	1 000~800	900~600	500~200	800~600	中新世末—上新世
三峡期	500~300	500~300	100	300~200	早更新世

注:夷平面分期最早由叶良辅等(1925)提出,后经沈玉昌(1965)等完善,一直沿用至今。

2. 现代地貌发展阶段

关于长江中游河流阶地的形成时代和级次,长期存在着不同的看法。仅在长江三峡地区阶地的级次划分就有 2~3 级、5~6 级和 10 级以上等不同的看法。20 世纪 80 年代中期以来,由于流域工程建设和经济发展的需要,流域的地貌发展演化研究进入了一个新的阶段。随着研究的不断深入,对阶地级次的划分也逐渐趋于一致。同时由于地层测年方法的采用,大大深化了对地貌发展阶段的精确研究。表 1-2、表 1-3 汇总了 80 年代中期以来长江中游(重庆—九江)各段干流及主要支流的河流阶地的研究成果。由于在不同岩性和构造组成的河谷段,阶地发育和保存程度存在着一定的差别。为了能够客观地揭示地球表层的演化规律,该两表中的资料主要选自阶地发育和保存相对完好,并具代表性的宽谷或盆地河段,或为某河段若干阶地资料的综合。笔者在统计资料时发现,长江干流的阶地资料具有较好的一致性,支流中的阶地划分可能存在着一级阶地的误差,如清江支流的下游发育 5~6 级阶地,上游恩施盆地发育了 5 级阶地。从表 1-2、表 1-3 中可以看出本区阶地发育的两个明显特征:① 长江中游流域阶地的级数基本上是相同的;② 各级阶地形成年代是相近的。这些重要特征的发现,将带给我们对某些地球表层演化问题的思考。

表 1-2 长江干流(重庆—九江)河流地貌发展阶段及年代表

阶地 级次	重 庆 段		三 峡 段		宜 昌 段		武汉—九江段	
	海拔高度 (m)	年代(ka)	海拔高度 (m)	年代(ka)	海拔高度 (m)	年代(ka)	海拔高度 (m)	年代(ka)
T ₅	120~150	801—1 110 (E)	230~265	>600(E) Q ₁ 末			50~60	928.7(TL) 933.4(TL)
T ₄	90~110	600+(E)	180~190	230—250 (E)	90~105	314(E) 600(TL)	35~45	661.2(TL)
T ₃	55~60	200+(E) Q ₃ 初	120~150	70—185 (E)	60~80	Q ₃ 初(E)	20~30	106.7(TL)
T ₂	40~50	39.3(C) 31.1(C)	80~100	31(E) 26.2(C) 24.5(C)	20~30	Q ₃ 末(E) 20.2(C)	12~20	15.1(C)
T ₁	20+	7.5(C)	30~50	5.0(C) 6.0(C)	10~15	13.4(C) 11.7(C) 7.0(C)	5~8	8.1(C)

注:表中年代测定方法分别为,C——C¹⁴法,E——电子自旋共振(ESR),TL——热释光,其余为地层对比。表中资料主要引自杨达源(1989)、李长安(1996)、黄宁生(1993)、原地矿部成都水文地质工程地质中心(1995)、刘兴诗(1983)、唐贵智(1991)。

表 1-3 长江中游主要支流阶地及形成年代

阶地级次	陆水(崇阳段)		汉水流域				清江流域(恩施)		大别山区支流		修水河流域	
			郧县段		江汉平原北缘							
	高程 (m)	年代 (ka)	高程 (m)	年代 (ka)	高程 (m)	年代 (ka)	高程 (m)	年代 (ka)	高程 (m)	时代	高程 (m)	年代 (ka)
T ₅	40~50	7 784(T)	120~122	83~87(M)		1 106(T)	95~110	1 000±	65~80	Q ₁ 末	60~80	>1 000(T)
T ₄	20~30	628. 7(T)	84~108	Q ₂ 初		476(T)	57~69	Q ₂ ²	50~60	Q ₂ 初	35~50	420(T) 600(T)
T ₃	12~15	198. 4(T)	63~80	Q ₂ 末	40~50	162(T)	39~45	Q ₂ ¹	20~40	Q ₂ 末	15~22	121(T) 190(T)
T ₂	7±	87. 0(T)	37~53	Q ₃	20~25	13~24(C)	24~29	Q ₃	14~25	Q ₃	6~12	65(OSL)
T ₁	4±	4. 8(T)	15~26	Q ₄	10	5. 5(C)	10~14	Q ₄	5~15	Q ₄	3~5	8. 0(C)

注:表中年代测定方法为:C—C¹⁴法,T——热释光法,OSL——光释光法,M——古地磁法,其余由地层对比确定;
表中资料主要引自叶俊林(1990、1993)、郭子福(1979)、关康年(1990)、谢广林(1991)、李长安(1997)。

二、长江中游地貌演化的研究意义

长江中游流域的地貌特征及发展阶段,使我们对该流域的地球表层环境演化产生如下认识:

1. 关于长江的形成时代

长江形成时代一直是我国地学界的一个重要科学问题,长江中游(重庆—九江)流域是万里长江形成和全线贯通的关键地段,自然对解决长江的形成时代至关重要。从流域内最新一级夷平面的结束和最老一级河流阶地的形成时代来看,长江形成或全线贯通于第四纪早更新世晚期,大约距今100万年左右。这是经不同的测年方法对流域内干流及主要支流最老河流阶地的年代测定所获得的近乎一致的结论。

2. 区域新构造运动的特点

流域地貌发展的两个阶段,反映了该区新构造运动演化的两个阶段。在第四纪早更新世晚期(大约1.0MaBP^①)之前,地壳运动的特点为长时期的稳定间隔短时期的整体抬升。共经历了三个“稳定—抬升”旋回,且地壳的稳定期愈来愈短。早更新世之后,地壳的活动性明显增强,但仍以间歇性抬升为主,经历了五次“稳定—抬升”的发展旋回。地壳活动的频率逐渐增大,强度不断增加。这表明该流域地区地球表层的演化具有节律性,同时其节律是不断加快的。

3. 与青藏高原隆升的联系

表1-4为本区与黄河中游黄土高原及上游兰州一带河流阶地的对比。从该表中可见,兰州地区的河流阶地可能稍早些。总体上看,除个别阶地的级次划分和时代稍有不同外,3个流域地区的河流阶地地貌的发展阶段基本上是同步的。长江与黄河几乎同时形成于第四纪早更新世晚期(李长安,1996),并经历了5~6个阶地的发育过程。上述3个地区同处于青藏高原外围的第二地貌台阶上。最新的研究表明,位于青藏高原与黄土高原过渡区的兰州地区,河流地貌的发展阶段同青藏高原的隆升阶段密切相关(李吉均等,1996)。由此可以推测,长江中游和黄河中游河流地貌的发展阶段也与青藏高原的阶段性隆升相关。长江中游地区第四纪气候变化表明,中更新世初有一次明显的气候变化,并从此进入气候明显冷暖波动的季风气候环境。这很可能是青藏高原隆升及本区地貌演化的相关气候效应。对此有待进一步研究。

表 1-4 长江中游与黄河中游及兰州地区河流阶地对比表

长江中游		黄河中游 ^①		兰州地区 ^②	
阶 地	形成年代(ka)	阶 地	形成年代(ka)	阶 地	形成年代(ka)
				T ₆	1 500
T ₅	800~1 100	T ₆	850~1 200	T ₅	1 200
T ₄	400~600	T ₅	470	T ₄	600
T ₃	100~200	T ₄	100	T ₃	150
T ₂	30~40	T ₃	7.0	T ₂	30~50
T ₁	7.0~11	T ₂	0.7	T ₁	10

注:①为黄土高原黄河阶地的综合测年资料,据朱照宇等(1994);

②据李吉均等(1991)。

① 1 000kaBP 为距今 1 000ka。

三、关于区域地貌演化阶段性规律及控制因素的讨论

研究区横跨了两个大的构造-地貌单元和几个不同的构造区,河流阶地的发育则有着同等级次和同时代特点。并在长江中游流域和黄河中游流域如此广大的区域内,存在着基本相同的特点。不仅如此,在我国东部的东北地区、华北地区和长江下游流域的河流阶地也为5级。我国东部沿海也同样发育了5~6级海岸阶地。据已有的阶地年代资料,从青藏高原到东南沿海,最老阶地基本都是形成于1200—1000kaBP。可见,我国大陆地球表层的地貌演化具有阶段性和同步性规律,阶地的形成可能是受地球自身演化因素所支配的。从长江中游流域河流阶地的发育情况看,地区间新构造运动的差异所造成的只是阶地特点(如阶地高差、阶地类型等)的不同。那么这样大范围内相同的河流地貌发展阶段是受什么因素控制的呢?笔者认为只能有两种因素:①大陆地面的整体抬升;②全球性海平面下降。第四纪气候冷暖波动(冰期—间冰期)可以引起全球性的海平面升降,但形成不了地面上的多级阶地。如果是由大陆地表抬升所致,那么什么原因造成大陆地表抬升的呢?近年来重新兴起的关于地球膨胀的讨论,可能会带给我们一些启示。近年来,国内外许多学者依据大量事实指出地球膨胀的存在,如王鸿祯教授通过大陆演化史的研究提出“地球曾发生阶段性不对称有限膨胀”;Owen(1992)从多方面论证了地球的膨胀,提出侏罗纪地球的半径为现在的80%;Milanovsky(1996)从构造、岩浆活动、古地磁研究等方面地球膨胀作了综合论证,指出第三纪以来地球的膨胀在加快。笔者认为河流阶地的同步发育现象也可能是地球阶段性膨胀或间歇性膨胀的结果。这仅是一种设想,还有待深入研究。

第二节 江汉平原及周缘第四纪古气候变化

一、江汉平原第四纪古气候变化

江汉平原是长江中游地区一个最大的新生代沉降盆地,第四纪沉积连续性较好,总厚度近300多米。平原区13个钻孔的孢粉综合分析(湖北省水文地质工程地质大队)表明,江汉平原第四纪时期经历了5个暖热期和5个寒冷期。简述如下:

第一冷期 大约3000—2400kaBP。孢粉组合为云杉、冷杉、松-栎-藜-蒿-水龙骨。其中针叶树含量平均占木本植物的52%,最高达70%,为第四纪时期的最高值。阔叶树主要为栎、榆等。草本和孢子占30%,主要为藜、蒿、水龙骨、卷柏等。当时的气候特点大致为:年平均气温低于6~7℃,年降水量在1400mm左右。较上新世显著变冷。

第一暖期 约2400—1600kaBP。孢粉分析表明,木本植物占优势,达87.6%。常绿和落叶阔叶树比例占绝对优势(高达85%~90%),主要是喜热分子,如栎、青枫、鹅尔栎、胡桃,其次有山核桃、漆,少量的枫杨、枫香等,零星可见有银杏、桉木、木兰、无患子、已茅等。草本植物占4.9%,孢粉植物占7.5%,主要有水龙骨、水蕨、双星藻等。这一时期的孢粉为松-栎-漆-水龙骨-蒿组合,植物群为常绿、落叶阔叶森林带,反映了当时的气候为温暖、潮湿,估计年平均气温在16℃左右,年降水量1100mm,大约与现代的气候相当。

第二冷期 约1600—1200kaBP。在孢粉组合中,木本植物含量占44.8%~90.1%,草本低于12%。木本的特点是针叶林含量较高,平均为45.3%,以松、云杉、冷杉为主。草本植物以旱生属种为主;孢粉植物以喜湿的水龙骨、凤尾蕨等为主。当时的植被为落叶阔叶与

针叶混交林为主,相当于神农架地区 1 700~2 200m 高程的植被面貌,估计年均气温在 8℃ 左右。

第二暖期 约 1 200—800kaBP。当时地表的木本植物占优势约为 77.6%,草本与孢粉植物各占 10%左右。木本植物以栎、榆、青枫、鹅尔枥、漆、胡桃等常绿、落叶阔叶树种占优势,达 84%,草本只有莎草、藜科、蒿、百合等,孢子中有水龙骨、木莎萝、鳞毛蕨、卷柏等。这一含针叶树的常绿、落叶阔叶森林植被带,反映了亚热带气候特征,与现今气候相当。

第三冷期 约 800—550kaBP。孢粉组合为松、云杉冷杉-栎、榆、胡桃-禾木科组合,属针叶阔叶混交林。暗针叶树占木本植物的 37.4%~56.8%,以松为主,喜冷的云杉最高时达 21.3%,冷杉占 6.2%。阔叶树主要有栎、榆、鹅尔枥、胡桃、桦等。草本分别见有禾木科、毛茛、蒿、菊、百合、唇形科。反映了半湿润较寒冷的气候特征,年均气温在 6℃ 以下。

第三暖期 约 550—300kaBP。孢粉十分丰富,其中木本占 75%,草本占 10%、孢子约 15%左右。在木本植物中,阔叶树种占优势,达 78%~89%,且以喜湿热的种属为多,主要是栎属、青枫、胡桃、榆等,其中针叶树含量只占木本的 11%~24%,以松占优势。孢子植物主要为水龙骨、凤尾蕨,个别钻孔还有相当数量的亚热带喜湿热的海金沙。这一以常绿、落叶阔叶树占优势的针阔叶混交林的植被组合,反映了湿热的亚热带气候特点,年均气温比现代高 2℃ 左右。

第四冷期 约 300—200kaBP。其孢粉组合为针叶、阔叶混交林-草原带。木本植物占 67.8%~82.2%,其中暗针叶树占木本植物的 35.7%~48.7%,并以喜冷的云杉、冷杉为主(20%±)。草本植物占 6.7%~9.3%,主要为耐干旱的菊科、莎草科。植物群落大致与神农架 2 200m 左右的植被类似,推测当时的年均气温至少低于 5~6℃,属寒冷型冰期气候。

第四暖期 约 200—80kaBP。孢粉组合为栎、山核桃-松-禾木科-水龙骨带。木本植物约占 78%,以常绿、落叶阔叶为主(68.7%),亚热带分子较为常见;针叶树(约占 31.3%)成分复杂,但主要为松属(占 18.2%)。草本植物较发育,占孢粉总数的 6.4%~18.4%。常见耐旱的毛茛、麻黄、禾木科、莎草、蒿、菊等。孢子植物主要有水龙骨、鳞毛蕨、卷柏及藻类。孢粉组合总体上反映了温暖半湿润的气候特点。

第五冷期 约 80—12kaBP。这一时期的孢粉含量少,区域性组合为云杉、冷杉、落叶松-栎-藜、蒿带。木本植物花粉占 75%,以针叶树占优势,约占木本植物的 68%,且以喜冷的分子为主,云杉和冷杉占 30%,落叶松占 29.8%;落叶阔叶树种以栎、青枫多见。草本占 3.9%,以百合、莎草为主,孢子植物占 21%,主要为水龙骨、卷柏等。在盆地边缘钻孔中(如 QR₁)草本植物含量十分突出,约占 80%,以藜、蒿为优势。孢粉组合特点反映了当时为稀疏针叶林-草原景观,与现今神农架 2 400m 以上的暗针叶林-箭竹草甸带相似。当时的年均气温在 5℃ 以下,年降水量比目前少 500~800mm,是江汉平原第四纪以来最冷、最干的时期。

全新世暖期 约 12—0kaBP。总体为温暖较湿润的气候环境。但有较大的波动。早期(12 000—8 000kaBP)为由松-栎、榆-蒿禾木科组合的针叶阔叶混交林-草原带,反映气候温和湿润,气温和降水略低于现代。中期(8 000—3 000kaBP)孢粉组合为青枫、栎-莎草、香蒲-水龙骨带,其中阔叶树含量占木本植物的绝对优势,以栎为主(27%~29%)、其次是青枫(6%~13%)、漆(6.6%~8.1%)、柳等,局部见山核桃(2.7%~5.8%)、木兰等喜热种属;草本只占 4.1%~7.5%,孢子占 9.7%~14.8%。反映了当时为炎热而潮湿的气候环境,年均气温较现今高 1~2℃。晚期(3 000kaBP 以来)的孢粉组合为栎、柳-松-禾本科、莎草-水龙骨带,所代表的植被类型为针阔叶混交疏林带,气候温暖而潮湿。

由于江汉平原第四系沉积连续厚度大,孢粉分析较系统,上述气候阶段划分基本反映了长江中游第四纪气候的演化特征。

二、江汉平原周缘第四纪环境变化

分布在江汉平原周缘山区、河谷区以及丘陵区的第四系,虽不具备江汉平原第四系沉积连续,对环境变化记录完整的特点,但成因类型丰富,同样具有重要的古环境价值。不同时期沉积物成因类型及所代表的第四纪环境变化有如下特点:

1. 早更新世以粗碎屑沉积为主

在江汉平原的外围山区(如神农架、大别山等)普遍发育了冰川沉积(景才瑞等,1985、1988)。而在河谷和丘陵区则以河流冲积层广泛分布为特征。这是伴随着构造抬升、夷平面解体、各大水系(长江、汉水等)形成的相应产物。河流冲积层的广泛发育及所含孢粉表明,当时的气候为潮湿温凉(叶俊林,1990;关康年,1990),较上新世显著降温。

2. 中更新世以网纹红土发育为特征

网纹红土是长江中游最具特色的一套第四系沉积物,其堆积连续、厚度大。长期被列为本区第四纪地层的研究重点。笔者通过研究,取得如下新的认识:

(1) 关于网纹红土的组成 网纹红土根据其岩石学特征可分为两套沉积:① 早期为强网纹化红土;② 晚期为弱网纹化红土(图 1-2)。两者的岩性特征有较明显的区别(表 1-5),在两类网纹红土内部还可划分出强网纹层和弱网纹层,两者呈相间成层叠复。其地质意义相当于北方黄土中的土壤层和黄土层(李长安,1997a)。

(2) 关于网纹红土的时代 对于网纹红土的时代长期存在着不同的看法,其主要原因就是缺少生物化石。本次通过系统的古地磁、光释光和热释光的综合测定(李长安,1997b),得出网纹红土的下界年龄为 0.9MaBP、上界年龄为 0.1MaBP,强网纹红土与弱网纹红土的分界年龄为 0.38MaBP。

(3) 关于网纹红土的古气候 网纹红土作为一种湿热的气候标志已为绝大多数研究者所共识。但网纹红土内部是否存在着古气候变化的记录,一直是这方面研究的一个难点。强烈的氧化作用使地球化学方法和孢粉分析等传统的古气候变化分析方法失去了效能。本次研究通过采取植物硅酸体和磁化率相结合的分析方法,有效地揭示了网纹红土内部的气候变化过程,在 0.9MaBP 的期间共有 6 个冷—暖气候旋回(李长安,1997c),并可与黄土和深海沉积物所揭示的同期气候变化规律相比(图 1-3)。

网纹红土的气候信息表明,中更新世江汉平原及周缘地区总体以暖湿气候为特征,并具有明显的气候波动特征,即具有季风气候特征。

3. 晚更新世以下蜀土堆积普遍

在大约 100kaBP 左右,长江中下游地区普遍发生了黄土沉积,被称为“下蜀土”,属风积成因。所含孢粉组合也表明为相对于冷气候条件下的产物。在下蜀土中发现的 2~3 层古土壤,反映了气候的波动和短时间暖湿气候的存在。

三、江汉平原及周缘第四纪气候变化的特点及背景分析

从上述讨论,江汉平原及周缘第四纪气候变化特征可概括如下:

(1) 总体为冷湿→湿热→干冷→暖湿的演化阶段,在每一个阶段中,又有若干气候波动(相对冷暖交替)。

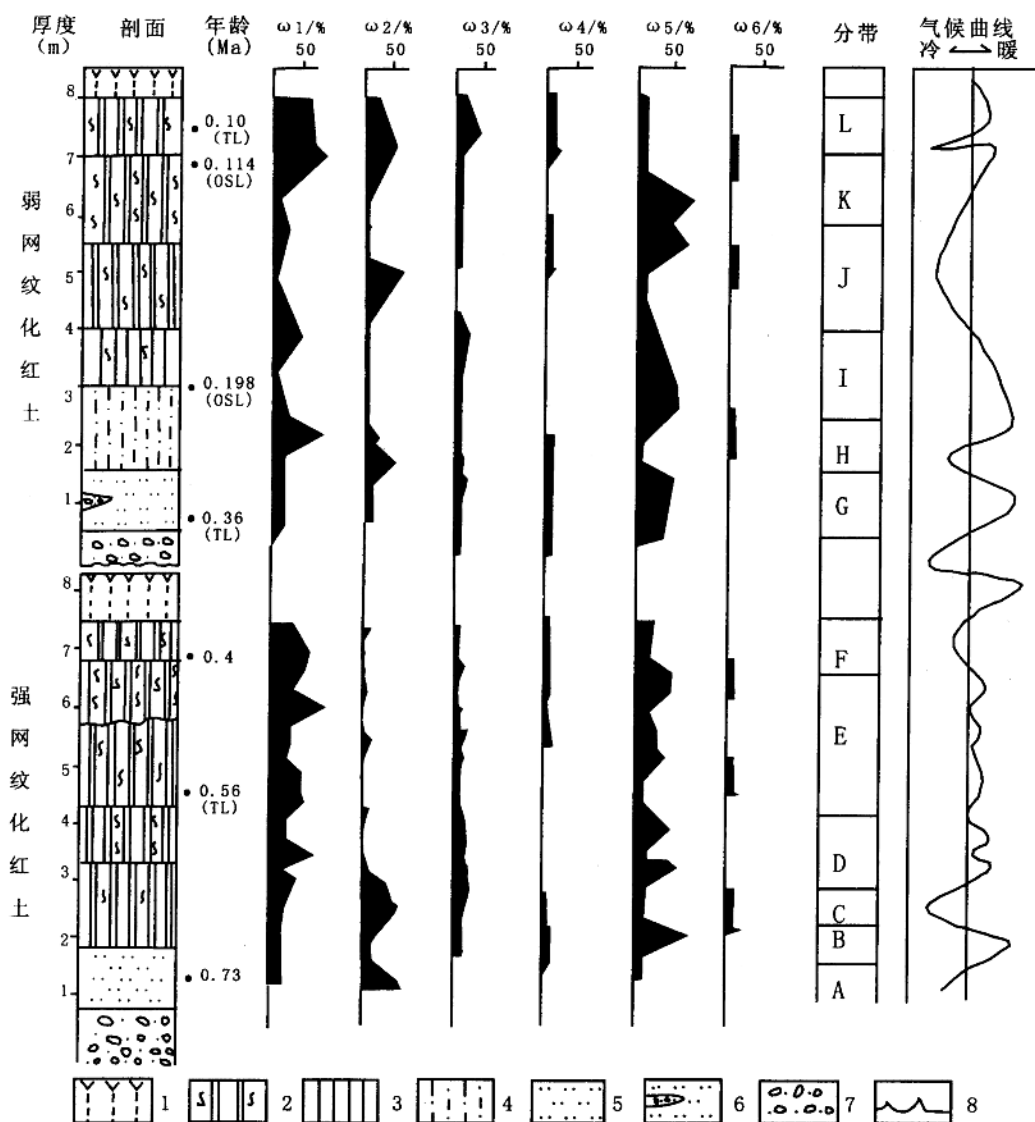


图 1-2 中更新世网纹红土岩性组成和植硅石组合图

1. 土壤层; 2. 网纹红土(花纹的密集程度表示网纹化程度); 3. 亚粘土; 4. 亚砂土; 5. 砂土; 6. 含砂砾透镜体砂层; 7. 砂砾石层; 8. Fe-Mn 层; 其中 w1-w6 分别为棒形、尖形、帽形、鞍形、长方形、扇形植硅石的百分含量

表 1-5 强网纹红土与弱网纹红土的对比表

红土类型	颜 色	质 地	网纹化程度
弱网纹红土	基质为浅褐色, 网纹条呈褐黄色	质地密实	网纹化程度较弱, 且仅发生于上部, 下部网纹化不明显
强网纹红土	基质为棕红色, 网纹条呈黄白色	质地密实且坚硬	网纹化程度较强, 整段岩性被网纹化, 网纹条密集、粗大、延伸长

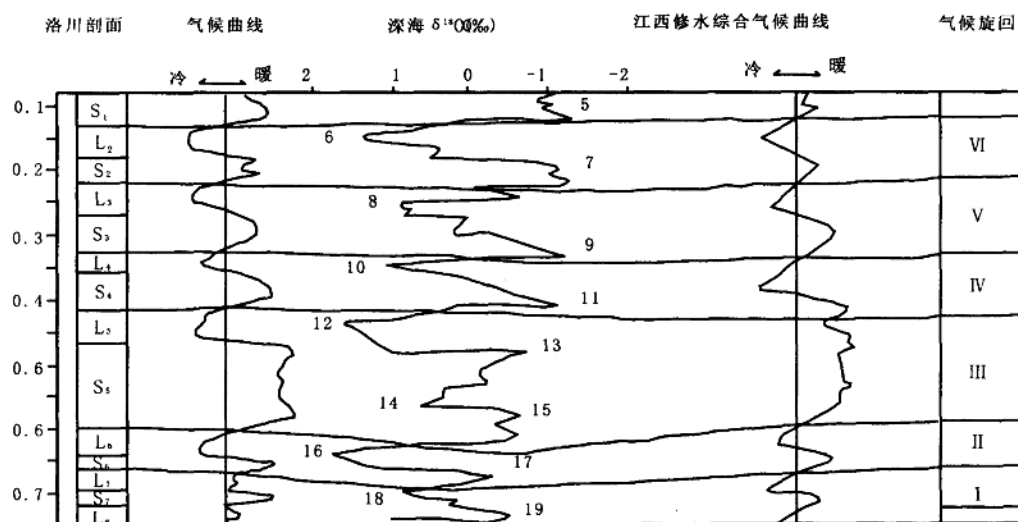


图 1-3 中更新世网纹红土(江西修水)与北方黄土、深海沉积物气候旋回对比图

(2) 气候冷暖交替的频率是不断加快的。早更新世(3 000—1 000kaBP)气候冷暖变化缓慢,只有一个半旋回;中更新世(1 000—130kaBP)为暖湿基础上频繁冷暖波动;晚更新世(130—11kaBP)则是以干冷为背景的冷暖波动。

初步研究认为,江汉平原及周缘地区第四纪气候变化的特点与区域构造运动及东亚季风的变化有关。早更新世的冷湿环境主要是受全球性气候变化的控制。中更新世以后气候的频繁波动,表明受季风的作用控制,中更新世以热湿为基础的冷暖波动是由于青藏高原早更新世末期的快速隆升(李吉均等,1996;施雅风,1995),以及中央山系(昆仑-秦岭-大别山)抬升(李长安,1995;崔之久,1997;1998),使本区主要处于东南季风和西南季风的控制下。此时,由于青藏高原隆升的还不够高,蒙古冷高压还没有完全形成,西北季风还不强大,加上中央山系阻挡,从而造成如此的气候环境。晚更新世随着青藏高原的进一步隆升,蒙古冷高压加强,使西北季风随之强劲起来,造成晚更新世为冬季风控制下的冷暖气候旋回。

第三节 江汉平原及周缘构造运动、地貌演化与气候变化的关系

地球作为一个系统,各层圈之间是一个相互联系的整体,认识各层圈之间的相互联系的过程与机理,对认识地球的发展演化,掌握地球表层环境的变化规律,具有重要的意义(钱学森,1987)。这已成为当今全球变化学、地球表层学及地球系统科学等学科的重要研究课题。下面就已有资料,笔者对江汉平原及周缘地区构造运动、地貌演化与气候变化关系及演化特点作些初步的探讨。

一、构造运动、地貌演化与气候变化的阶段性耦合

在对江汉平原周缘(长江中游)第四纪以来的地貌演化过程和气候变化,以及沉积演化的系统分析之后,发现它们在统一的时间标尺(由古地磁和各种测年方法所建立)下,发展演化过