

第四纪环境论文选集

Selected Works on Treatises
of Quaternary Environment

徐 馨 朱明伦等著

Xu Xin

Zhu Ming-lun

香港金陵书社出版公司

JIN LING BOOK STORE PUBLISH CO OF HONGKONG

1992.10

第四纪环境论文选集

(Selected Works on Treatises of Quaternary Environment)

徐 馨 朱明伦等著

XU XIN

ZHU MING-LUN

香港金陵书社出版公司

(JIN LING BOOK STORE PUBLISH CO. OF HONGKONG)

1992. 10

内 容 简 介

本书是作者多年研究第四纪自然环境演变的部分成果,共 20 篇论文,约 29 万字。内容涉及到 200—300 万年来地球上所发生的重大地质事件,如地壳运动、古气候变化、古生物群发展,海面升降,河湖演变、沉积环境以及人类生活对环境影响等一系列环境问题。本书内容新颖,问题突出,资料新近,文字简明,图表齐全,易读易懂,可供地理、地貌、地质、第四纪地质、气候、生物、考古、环境科学、水文、海洋、农林牧以及有关工程学科等方面的同行们在进行科研、教学中参考。

第四纪环境论文选集

徐 馨 朱明伦等著

出版:金陵书社出版公司

(Jin Ling Book Store Publish Co. of Hongkong)

电话:三二七九五二四

印刷:本公司印刷部

九龙蒲岗村道七十五号富佑大厦电梯 1 字楼

发行:银河出版社

香港北角和富道嘉洋大厦十一楼 C 座

电话:八〇六八六九二

国际书号:ISBN—962—440—504—2

版次:一九九二年十月版

开本:787×1092 1/16

印张:11.2 字数:29.7 万

印数:1—600 册

定价:港币 22 元 人民币 8 元

前 言

《第四纪环境论文选集》是作者多年研究第四纪自然环境演变的部分成果，共 20 篇论文，约 26 万字。另有 30 余种未列选的论文题目和专著及书籍目录列在选集目录后面，供参阅查找。

本书主要内容是以论文形式分别讨论了二、三百万年以来地球上所发生的重大地质事件，如最新地壳运动，第四纪气候冷暖干湿变化，动植物群演替与发展，海面变化及其影响，河流演变及其发展趋向、第四纪地层沉积环境，古人类生活环境以及其它环境变化等一系列环境问题。对某些重大理论问题，如我国东部第四纪冰川发育问题、长江中下游第四纪环境若干理论问题等，过去停留在一般讨论上，本书专门列题进行较深入地分析，提出与以往不同的论证，可能有助于进一步研究这些地区“响导”。

书中论文有的以往在各刊物、文集中发表过，这次收入时作一些删改。为了减少篇幅，将已发表的论文中全部参考文献及部分图表删去；在新发表的论文中有的图未附，则加注参见本书第×页×图，敬希读者朋友们谅解。在各论文的第一页下方加注作者姓名顺序，在每篇论文后面加注该文发表的刊、集，以便读者查阅原文。新发表的论文第一页下方，除加注作者等外，并注明为新发表字样，如为科学基金或会议论文，亦加备注。凡新发表的论文均有该文的参考文献。本书内容新颖、问题突出，地区敏感、资料新近，大部分为第一手材料，文字简明扼要、深入浅出，图表齐全，绝大部图表为作者制作，部分引用。因此，读起来比较易读易懂，可供地理、地貌、地质、第四纪地质、气候、生物、环境科学、水文、海洋、考古、农林牧以及有关工程学科等方面的同行们在进行科研、教学中的参考。参加本书写作的作者有：徐馨、朱明伦、何才华、沈志达等。

在写作中曾得到杨怀仁教授及其它同行专家的热情帮助；许培生、韩同春、石宗祥等同事先后帮助清绘图；在出版过程中又得到杨延复、顾伯岭、张泰宁等先生大力相助。在此一并表示真诚谢意。由于组稿时间较短促，书中不免有所不妥之处，敬希专家和广大读者批评指正，谢谢。

徐 馨

1992. 10 于南京

未选论文目录 (仅供查阅)

(Authors other papers not in this collection)

1. 浙江天目山第四纪冰川类型及冰期划分。《第四纪冰川与第四纪地质论文集》(第五集), 地质出版社(徐馨)
2. 天目山冰桌的发现及其古气候意义, 科学通报, 1985年, 22期(徐馨)
3. 镇江地区一万五千年来的古环境。《第四纪冰川与第四纪地质论文集》(第二集), 地质出版社(徐馨执笔)
4. 阿尔泰山友谊峰南坡冰川现象的初步考察。《阿勒泰地区科学考察论丛》, 科学出版社, 1991, (徐馨、袁方策)
5. 喀纳斯湖口湖相沉积孢粉分析。同上《论丛》。(徐馨)
6. 渭南黄土台塬晚新生代环境与城市建设。《地理研究》, 8卷, 3期, 1989。(徐馨、邢肇祺等)
7. 全新世气候期划分初步综合。《贵州地质》, 1989, 6卷, 1期。(徐馨)
8. 全新世构造运动基本特征初探。《贵州地质》, 1989, 6卷, 2期。(徐馨、沈志达)
9. 贵州水城地区晚更新世的古气候探讨。《贵州地质》, 1988年, 5卷, 1期。(徐馨)
10. Discovery of the Glacial Table in Tianmushan Mountain and its Significance in paleoclimatology, Kexue Tongbao (Science Bulletin). Vol. 31, No. 24, December, 1986. (Xu Xin)
11. 多学科研究的依据—孢子与花粉。《百科知识》, 1985, 12期(徐馨)
12. 谈谈与农业生产相关的坡地。《1961年全国地貌学术讨论会论文集》。科学出版社。(徐馨)
13. 浙江天目山地区第四纪孢粉组合及其古气候意义。《1977年地貌学术会议论文集》, 科学出版社。(徐馨等)
14. 万物之源—地层, 《中央人民广播电台》1980年4月2日。(徐馨)
15. 天目山地区新构造运动与第四纪冰川的关系, 《长江中下游文集》, 地质出版社。(徐馨)(待印)
16. 天目山地区第四纪孢粉分析及其在气候地层学与古地理上的意义, 《长江中下游文集》, 地质出版社。(徐馨)(待印)
17. 长江中下游第四纪植物群发展的研究, 《长江中下游第四纪环境论文集》(待刊, 科学基金项目成果)。(徐馨)
18. 荆江平原第四纪植物群发展与环境变迁初步探讨。《长江中下游第四纪环境论文集》(待刊, 科学基金项目成果)。(徐馨、任振纪)
19. 中国第四纪古气候与古环境。《第四纪冰川与第四纪地质论文集》(第二集), 地质出版社, 1985。(杨怀仁、徐馨)

20. 阿勒泰地区新构造运动的初步探讨。《阿勒泰地区科学考察论丛》，科学出版社。(袁方策、徐馨)
21. 江淮分水岭东段地区的地貌发育。《扬州师范学院学报》，1980年，1期(刘振中、徐馨、陈钦峦等)
22. 中国东部地区第四纪自然环境的演变。《南京大学学报(自然科学版)》，1980年，1期
(杨怀仁、徐馨)
23. 第四纪冰期气候对黄土沙漠的影响。《新疆第四纪地质及冰川地质论文集》，新疆人民出版社，1981，(杨怀仁、徐馨)
24. Loir Cenozoic Environmental Changes and Events in China, 1989, Proceeding of International Symposium on Pacific Neogene Continental and Marine Events. IGCP-246 (Yang Huai-jen, Xu Xin et al)
25. 地貌学性质问题，《1961年全国地貌学术讨论会论文集》，科学出版社(俞序君、徐馨)

专著书籍目录

1. 徐馨、沈志达编著，1990：《全新世环境—最近一万年来的环境变迁》，贵州人民出版社。
2. 徐馨、何才华、沈志达等编著，1992：《第四纪环境研究方法》，贵州科技出版社。
3. 徐馨、朱明伦等著，1992：《第四纪环境论文选集》，香港金陵书社出版公司。
4. 王开发、徐馨编著，1988：《第四纪孢粉学》，贵州人民出版社。
5. 杨怀仁、刘泽纯、徐馨、王富葆编著，1989：《第四纪地质》(第六章)，高等教育出版社(杨怀仁主编)(获1992年第二届普通高等学校优秀教材全国特等奖)。
6. 地貌教研室编著，1974：《中国第四纪冰川与冰期问题》(黄山、天目山、大别山、鄂西等)。科学出版社。(徐馨)。
7. 地貌教研室编，1961：《普通地貌学》(干燥区地貌)，人民教育出版社。(徐馨)。
8. 地貌教研室编，1961：《第四纪地质学》(地层和方法中一部分)，人民出版社。
9. 《地理学词典》编委，1983：《地理学词典》(第四纪地质内容中编写93条)，上海辞书出版社。
10. 徐馨、朱明伦、郭新华、卢积堂、刘玉梓、张艳玲著，1993：《中原东部第四纪环境及其影响——与地下水及自然灾害关系》，香港金陵书社出版公司(待印)。
11. 《The Environmental Changes during the Past 10000 in China》，Jin Ling Book Store Publish co. of Hongkong (待印)。
12. 谢广林等著，《中国主要活动断裂带表》(构造地貌部分)。地震出版社(待印)1993出版。(徐馨等)。

目 录

长江中下游第四纪环境若干问题的探讨	(1)
宁镇地区第四纪古环境	(22)
我国东部晚第四纪气候演变	(31)
对我国东部第四纪冰川发育的新认识	(38)
二万年来长江中下游自然环境变迁及其发展趋向的探讨	(47)
中国东部全新世自然环境演变	(56)
中国东部小冰期气候特征与环境变迁	(66)
气候变暖对我国未来的影响	(76)
中国全新世高海面若干问题的讨论	(80)
论人类生存与未来环境	(89)
第四纪冰期中的我国植物群	(96)
长江流域第四纪植物群的探讨	(100)
南京附近下蜀黄土植物群及其环境的初步研究	(112)
镇江地区 15000 年以来古植被与古气候变化	(122)
芜湖—江阴地区三万年来的植被、气候与环境的初步研究	(129)
长江中下游网纹层问题的讨论	(147)
关于中国气候地貌若干问题的探讨	(156)
天目山地区新构造运动初步探讨	(167)
常熟新光村钱底巷先人生活环境	(177)
Aprliminary Study of the palaeo-Climature and palaeo-Environment in Eastern China Since 18000 a. B. P.	(183)

Content

- A Discussion on Problems of Quaternary Environment in Mid-Lower Changjiang (Yangtze) River.
- The Quaternary Palaeogeographical Environment in Nanjing and Zhenjiang Area.
- Late Quaternary Climatic Changes in Eastern China.
- A study of Environment Changes in the Mid-Lower Yangtze River Valley Since 20000 a. B. P.
- The Holocene Natural Environmental Changes in Eastern China.
- The Climatic Features and Environmental Changes of Little Ice Age in Eastern China.
- Climate Warming and its for the Influence of Future in China.
- A Discussion on Problems of Holocene Higher Sea Level in China.
- Discussion the Human Living and future Environment.
- Vegetation Type of the Quaternary Glaciation in China.
- A Study on Quaternary Vegetation in Changjiang (Yangtze) River.
- A Preliminar Study of Quaternary Vegetation of Xiashu Loess and its Environment in Nanjing Reagion.
- The Vegetational and Climatic Changes in the Zhenjiang Reagion Since 15000 a. B. P.
- A Preliminary Study of the Vegetation, Climate and Environment From Wuhu to Jiangyin Reagion Since 30000a. B. P.
- A Discussion of the Netted Red-Soil Layer in Mid-Lower Changjiang (Yangtze) River.
- A Study on Some Aspects of China's Climatic Geomorphlogy.
- Neotectonics in the Tianmushan Mountain.
- The Living Environment of Ancestries at Qiandi-Xiang Village, Changshu County, Jiangsu Province.
- A Preliminary Study of the Palaeoclimate and Palaeo Environment in Eastern China Since 18000a. B. P.

长江中下游第四纪环境若干问题探讨

近年研究表明,长江中下游近几百万年来的自然环境曾发生多次变动,每次变动的特点、变化规律及变化过程,各自均具有时代信息和区域特征,从而有可能从这些信息和特征,寻找出不同时代的特有的自然环境。

一、第三纪末至早更新世初的河湖相砂砾层 与粉砂—粘土的沉积环境

第三纪末—早更新世初,长江中下游广泛堆积了河湖交替相的砂砾层与粉砂—粘土层,如南京雨花台组、安庆砾石层及下伏粘土层、铜陵长山砂砾层、九江砾石层、黄州与新州一带的阳逻组等。这些地点普遍由两套地层组成:下部为砂砾与具薄层层理的粉砂—粘土互层,组成河湖交替沉积,含有单籽豆等植物化石^[1]和樟科、大戟科、豆科等硅化木^[2]以及罗汉松、银杏等花粉和淡水藻类孢子,因其具有河湖交替沉积与第三纪植物群特征,可归属于新第三纪末沉积物;上部全为砂砾层,未发现化石,仅含有少量植物孢粉,但它具有河流相沉积特征,砾石成份主要是石英质及少量火山岩和砂岩,磨圆度好,粒度较粗,一般都在20cm上下。但砾石层底部有局部大于20cm以上的粗砾石,最大长径超过1m,个别竟达1.7m(南京天宝桥)。粗颗粒砾面光滑,上有凹凸不平的半月形凹面,有时见此凹面并列排成新月状^[3],还有些小砾石具有“马鞍”状或“猴子脸”形态等。姑且不论这些砂砾层早先成因,但上述地点砂砾层构造、结构是具有冲积物特征。但是砂砾层不具有从上游向下游颗粒变小和砂砾比渐增的规律,因而物源可能来自支流。当前砂砾层和粘土层已高出江面数十米,覆盖在白垩系或第三系砂砾岩侵蚀面上,成为长江中下游最高一级阶地上部组成物。正因为受到基岩基座所保护,免遭江水冲蚀,未受基岩保护者已冲刷殆尽,仅零星残存。

砂砾层堆积之后经过强烈的风化作用,使其受高度氧化,硅铝酸盐大量积累,据九江砂砾层的粘土分析结果证明,其硅铝酸盐含量超过网纹红土中的含量,尽管风化后受到地下水长期频繁活动,高价铁还原成低价铁,红色褪变为灰绿色,但砂砾层硅铝酸盐含量依然未减。

两套不同的堆积物之所以形成,应该说与我国第三纪喜马拉雅1—3幕的构造运动,使地面发生分异分不开的。如长江中下游在喜马拉雅运动中,山地抬高形成2—3级古夷平面与层状地貌;长江谷地则因断裂构造复活,产生诸如江汉、洞庭、鄱阳、望江、无为、宁芜、太湖、苏北等断陷盆地,并在这些盆地中堆积较厚的与古夷平面相关的沉积层,最大厚度超过6000m以上^[4];盆地的产生为第三纪末以湖盆为中心发育向心水系提供了地貌条件,于是在长江中下游出现多个彼此分隔、各自独立的向心水系网,沉积河

湖相砂砾与粉砂粘土交互成层的堆积层。这时长江上游的高山高原仍很低缓，西藏高原在第三纪末海拔高度不超过 1000m，进入早更新世后才达 2000m^[6]；而长江中下游第三纪末至第四纪初乃是重山峻岭、地面较高的地区，它与西藏高原的高度基本一致，也在 2000m 以上。从第四纪开始到现在，由于印度板块的碰撞，造貌运动的加强，西藏与西南高原的崛起，长江中下游补偿下降，以及在下降中山地仍在不断地被蚀低，加之第三纪末—第四纪初，本区主要受西风环流和西南季风的影响，降水丰沛，故以温带—暖温带植物群占优势，反映气温比现今低下、降水比现在偏多的植物化石^[1]和孢粉组合^①，也是两台组等粗颗粒砂砾沉积的主要原因。

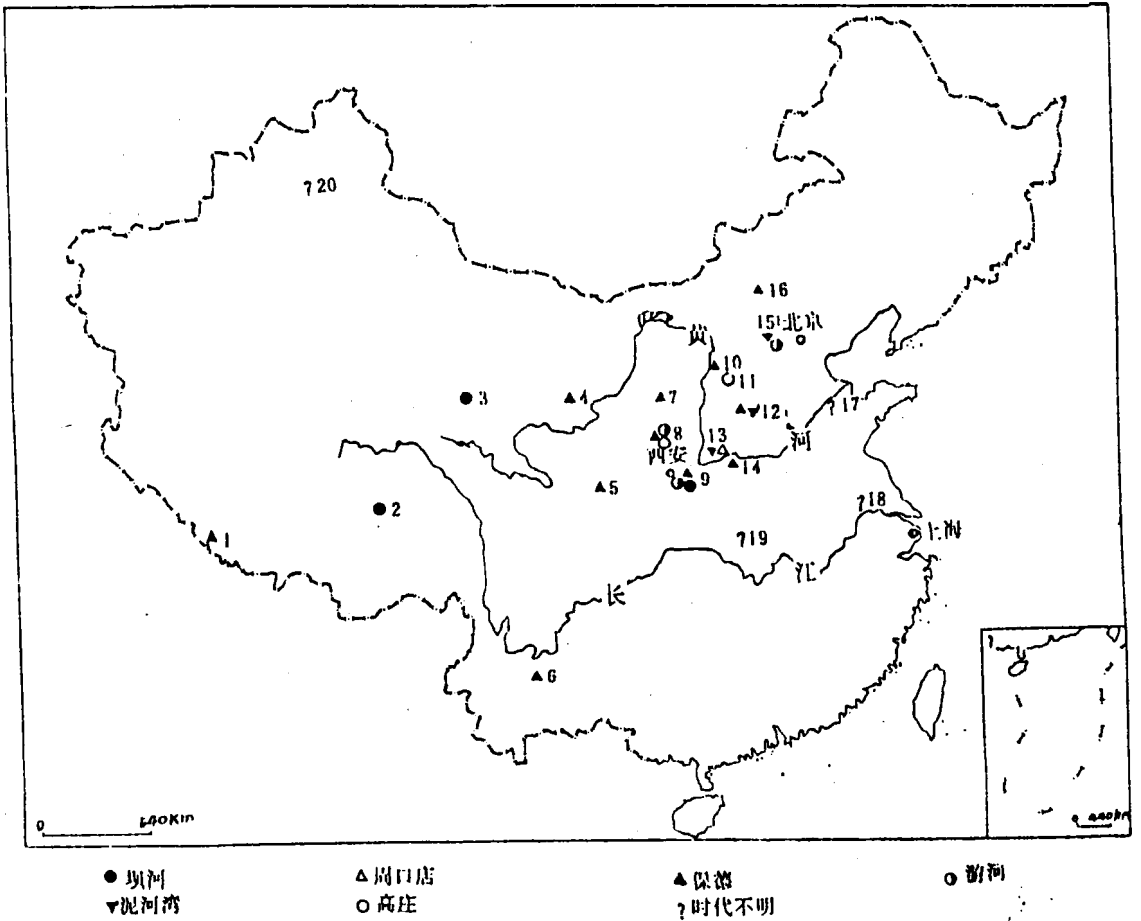


图 1 中国三趾马化石分布图 (据邱占祥等, 1987)

1. 吉隆; 2. 比如; 3. 柴达木; 4. 天祝; 5. 武都; 6. 禄丰; 7. 油房头; 8. 庆阳、含水;
9. 董田; 10. 保德; 11. 静乐; 12. 榆社、武乡; 13. 西侯渡、合河; 14. 新安; 15. 泥河湾;
16. 化德; 17. 彰邱; 18. 马集; 19. 獾刀石; 20. 玛纳斯

三趾马, 三门马等马类分布地区主要在长江以北, 集中在黄土高原, 并向西南直抵

① 韩信斌等, 1982; 雨花台石子岗粘土透镜体孢粉, 重砂分析 (打印本)

青藏高原，向西北到蒙新高原与河西走廊，长江中下游达六合、撮刀石，西南至云南禄丰，唯独在长江南岸的我国江南和西南高原以东不见马类化石（图1）。作者认为马类生活需要一种平缓而开阔、地表起伏和海拔高度均不大的地面，宜于它们奔驰，并长有足够的草料和一定的水草环境，才能维持其生存和繁衍，大致与现今内蒙高原（草原）环境相类似。马类能在青藏高原生活和活动，却未跨越长江南岸生活，这并不是江南水草不足，青藏高原环境优美，乃是前者因地表起伏过大，海拔较高，切割很深，马类无法生存和活动；相反，西藏高原当时海拔较低，又有开阔平缓的地面在西风环流影响下，水草丰美，很适合马类生活和奔驰。当时西藏高原很可能与黄土高原有通道相连，有利于马类往来迁徙，地貌上第一阶梯不可能象今天如此之差。

从本区孢粉组合特点分析，组合中出现云/冷杉与阔叶树混合的孢粉谱，其中如荆江平原某些钻孔剖面（监利新沟 R₂₅孔带Ⅱ、XⅡ；公安 R₂₇孔带Ⅷ；监利 R₂₈孔的带Ⅰ、Ⅱ、Ⅵ…等）都出现云杉、冷杉、松与青冈栎、山核桃、漆、山矾等典型亚热带常绿—落叶阔叶树混合型的孢粉谱，这类孢粉谱在云南的祥云（大理东南）地区也有类似的反映^①。这类孢粉谱很可能反映山地植物垂直带的存在，而今这类山地植物垂直分布带在本区已不复存在，却在西南高山地区有所反映，因为本区山体不大，海拔高度不及西南山体高耸，故植物垂直分布带缺乏高山喜冷针叶树种，只有其中部分温带阔叶林至亚热带常绿—落叶阔叶林（图2）。长江中下游巨大砾石堆积是从第三纪末—第四纪初开始，并随时间推移而逐渐转为细粒堆积，巨砾堆积的当时、水量流速无疑比现在大得多，地面高差和切割亦比现在显著，这些也证实当时山高水急，能搬运巨砾堆积在长江沿岸的雨花台、安庆、九江等长江两岸，而今江水虽大，却失去早先搬运能力，只能沉积沙和粘土等细粒物质，粗颗粒堆积物已离江岸较远，仅限于某些山地沟溪的中上游，从沿岸堆积物质的粒度变化，同样可以看出第四纪初本区山体远比现在高大，可与植物垂直分布带和三趾马分布范围相互印证，证明在第三世末—第四纪初本区确实存在高山深谷，地面切割破碎，气候虽处于亚热带地区，可高山上部却发育了冰川作用，即使在间冰期中，山麓生长亚热带常绿—落叶阔叶混交林，而山地上部由于气候偏湿冷仍生长云/冷杉等喜冷的针叶树，现今云/杉林仅在四川及西南高原上大致在2200—3400m之间地段，3000m以上的高山顶部长有成片生长（见图2A）。低于2200m以下的山地均无云/冷杉林，代之则以常绿—落叶阔叶混交林或松—阔叶混交林（见图2B）。

在第三纪末至第四纪初，随着青藏高原的隆升，西南、西北山地高原崛起，我国三大地貌阶梯的形成和东部地壳大面积补偿下降，长江流域地面因地壳发生掀斜运动而明显东倾，从此长江中下游湖盆水系逐个向西进行溯源侵蚀，并相继切穿各湖盆西侧分水岭，使湖盆彼此沟通，归并为统一的最初长江水系。当长江水系初具规模时，金沙江以上的上游河段仍向南流，直至金沙江河流袭夺后，方成现今长江水系网。

在湖盆沟通初期，因长江水系合并时间不久，干流比降较大，主流流均在强烈地溯源侵蚀和下切，在降水丰沛条件下，有利于砂砾层堆积，尤其源出较高的山地支流，纵剖面比降大，来水来砂（砾）量丰富，常搬运较多的粗大砾石在主流汇口附近堆积而

① 朱明伦，1985：云南祥云地区第四纪地层孢粉分析（手稿）。

成砂砾层，这就是如今沿江砂砾层堆积的主要原因。

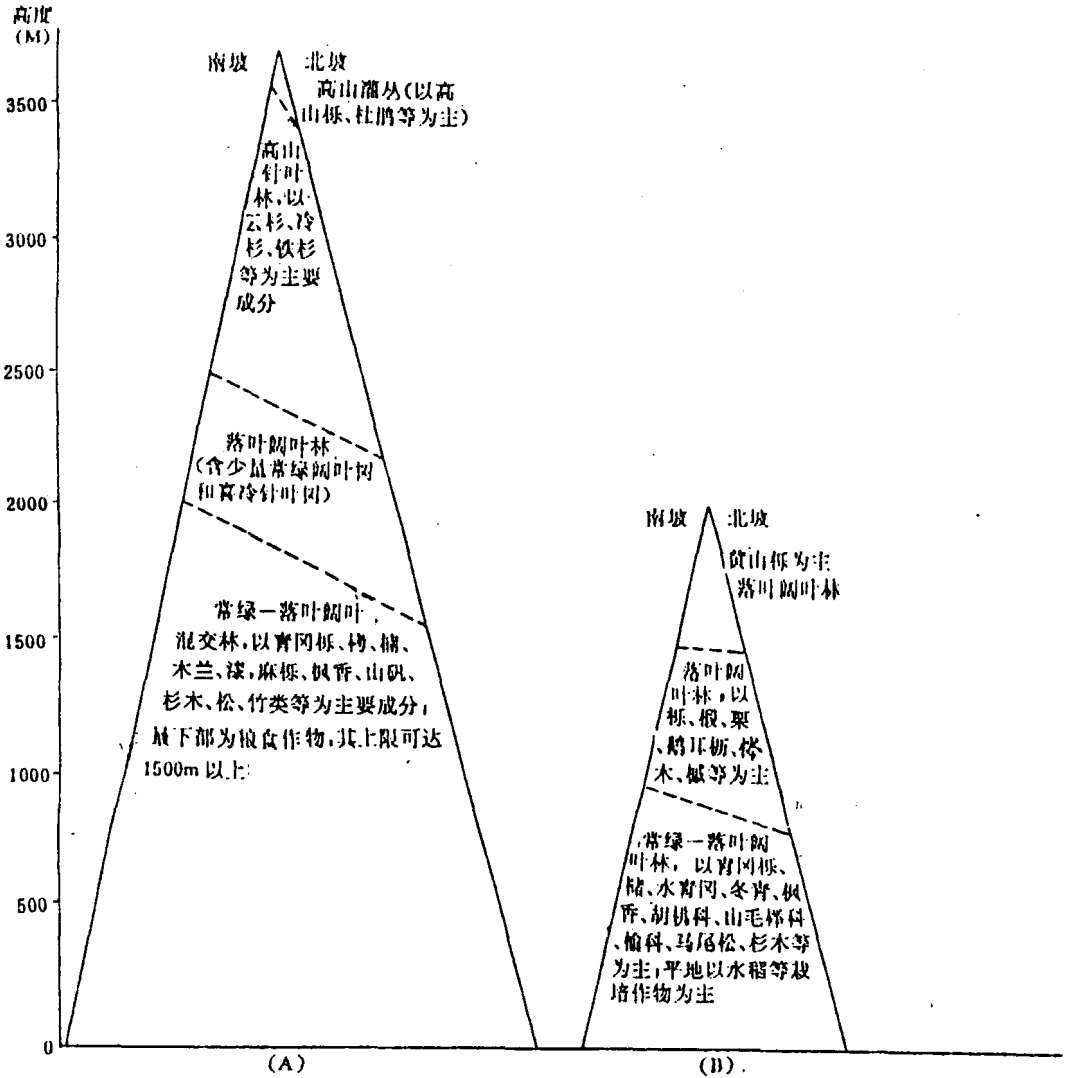


图2 现代亚热带山地植物垂直分布带对比图

(A) 西南高山植物垂直分布带 (B) 长江中下游中山植物垂直分布带

青藏高原是由第三纪早期平原开始，上升到现今的“世界屋脊”，共上升了数千米。上新世的藏北高原不过1000m左右，沉积有含三趾马的河湖相地层；第四纪初，高原升高到2000m左右；中更新世达到3000m；晚更新世再次上升，使高原平均高度已达海拔4000m；全新世以来又抬升了500m左右，终于形成平均海拔达4500m；高原上的山地可达6000—7000m^[5]，是世界最高大的山原，也是长江、黄河等发源地。

长江中下游在高原隆升的同时，却大幅度下降，如河口地区和苏北平原第四纪地层

厚达数百米。长江河口地带厚 200—300m, 其中还埋藏有古潜山, 苏北滨海洼地, 网纹红土已深埋在 200—1200m^[6], 其它平原第四纪沉积厚度至少在 500—600m^[7], 某些盆地第四纪沉积厚度可达 400—1000m 以上, 个别竟达 1600—2400m 的巨厚第四纪地层^[8]。由此足见, 东部第四纪下降幅度从几百米至二千余米, 平均可达 1000m 以上。现在长江中下游千米以上的中山, 如庐山、黄山、天目山、大别山等, 当年均达 2500—3000m 以上的高山, 如果加上几百万年的蚀低高度, 虽不能和西部山区千年蚀低率 95cm^[9]相比, 但毕竟对山地高度降低有重要影响。现在海拔 1500m 以上的山地, 在第三纪末—第四纪初均在 2500—3000 以上, 比现在高得多。虽然某些山地第四纪有所抬升, 然而都在网纹红土形成以后发生的(升高 200—400m 不等), 这无妨于长江中下游山地在第三纪末至第四纪初海拔高达 2500—3000m 的规模。所以砂砾层堆积缺少这一主要地貌条件—高山, 将陷于无法解释的境地。因此长江中下游第三纪末至第四纪初成砾时代本属正常地质事件。

二、网纹红土与下蜀黄土堆积环境和时代

广布于长江中下游的网纹红土与下蜀黄土, 是本区第四纪中期特定气候环境下的产物。

网纹红土是在强烈的湿热氧化条件下发育的, 主要由石英(占 41—49%)、 Al_2O_3 (占 34.5%)、 Fe_2O_3 (12.8—23.4%) 和粘土矿物中的高岭土、叙永石、多水高岭土、蒙脱石等所组成。铝硅比在 1.97—2.26 之间, 硅铝铁比在 1.63—1.80 之间。网纹红土是由多种成因类型的堆积物和古老基岩风化物, 经过强烈的湿热风化后, 硅铝酸盐由上面潮湿层次中, 沿孔隙淋洗下来, 并在孔隙中重新沉淀, 而呈灰白色条带或斑纹^[10]。因此网纹红土中的网纹是代表湿热气候环境下风化而成的次生矿物所组成。网纹红土颗粒细腻, 不含长石, 呈酸性反应, 粘重, 为红色土含灰白色斑带的红色风化层。网纹红土在长江中下游一般分布于海拔 700—800m 以下, 个别地点达到 1200m; 但在某些强烈下陷的洼地里, 可深埋在 1200m 以下。网纹红土向长江上游及西南高原还可升高到 1500—2000m, 2000m 以上一般不能发育此红土, 但可发育红色风化壳, 如西藏高原已被抬升到 5000m 以上^[11], 反映地壳在红色风化壳形成之后大约抬升了近 3000m。

网纹红土母质是由多种成因的第四纪沉积物及其以前时代地层的风化物所组成, 其中有一部分分布在山坡或其它地貌部位的红色网纹土, 其化学成份主要为 SiO_2 , Al_2O_3 和 Fe_2O_3 等, 它与黄土主要化学成份基本相似, 所不同的是不稳定矿物比冲积网纹红土多而比黄土偏少; 易溶的成份也比一般红土偏高, 比黄土中减少; 反应湿热化的高岭土等粘土矿物相应增多。因此, 这类网纹红土的母质很可能是黄土经后期强烈风化作用形成的, 如为其它堆积母质, 应在均质土状堆积中多少含有砂砾或碎屑物。在长江中下游除下蜀黄土外, 很难找到不含砂砾、碎屑的土状堆积物, 作者认为这是早中更新世老黄土风化物, 时代应早于网纹红土风化时期。

近年用热释光年代测定, 确定其风化时代在 100×10^4 — 41×10^4 a. B. P.^[12], 相当于洛川剖面中 S_4 层底部至 S_{12} 。故网纹红土母质堆积时代应为中更新世前期—早更新世, 或更

早，可能相当于午城黄土至下离石黄土堆积时期。

下蜀黄土主要分布于长江中下游宁镇地区和汉水谷地，它由黄土及古土壤层所组成，覆盖于不同地貌部位和高度，最高可达百米以上的低山丘陵的山坡，但大多分布于沿江基岩谷地，组成黄土“阶地”。

下蜀黄土具有颗粒均一，矿物成分与下伏基岩无关，所含古生物化石及孢粉很少，且以干凉者居多；但在古土壤层表面，则含有较温暖湿润气候下生长的植物成分，以及黄土中偶夹的粉砂透镜体或局部粉砂层中，也含一定喜温暖的植物孢粉。现以南京附近下蜀黄土为例说明其特性。

1、颗粒均匀 下蜀黄土组成物为细小均质，呈黄棕色无层理的黄土层，是由 0.004—0.065mm (占 65%) 和 0.004mm 以下 (占 30%) 以及大于 0.065mm 的三种不同颗粒组成的。而红色古土壤层的颗粒更细，粉砂质颗粒更低 (<65%)，粘土颗粒增高到 (>33%)，说明古土壤层是经受一定程度的风化作用。

2、矿物成分 黄土中矿物成分与基岩无关，它含有大量不稳定矿物和粘土矿物，尤其在黄土中含有一定数量的新鲜长石，因此反映未经或很少风化。其主要矿物成分为石英、长石和黑云母，三者共占总量的 55—73%，粘土矿物主要是伊利石、蒙脱石、方解石、长石、绿帘石、绿泥石等不稳定矿物，这些矿物反映黄土是在较干凉气候环境下堆积的。古土壤层则含有较多的高岭石等，以示经过较强的风化过程。

3、化学成分 黄土主要化学成分是 SiO_2 、 Al_2O_3 和 Fe_2O_3 ，且 $\text{SiO}_2 : \text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{Al}_2\text{O}_3$ 之比，古土壤层比黄土层增大，说明黄土风化微弱，古土壤层风化增强，反映前者气候环境偏干凉，后者偏温暖。而化学成分在同一剖面中有自上而下递增趋势，即 FeO 、 CaO 、 MgO 和 Na_2O 的含量则由上而下递减。说明下蜀黄土堆积时，自下而上由氧化环境递变为还原环境，气候由较温暖潮湿向上渐渐转向干凉。

下蜀黄土上述特性相当均一、稳定、表明动力条件的均一性质，这种动力主要是风的作用，其它动力无法做到这一点。

4、古生物化石含量 下蜀黄土化石很少，只发现少量腹足类和零星的鹿、牛类化石等。如其中所含的 17 种螺化石^[13]中就有 15 种为旱螺，两种为淡水螺，因而原作者认为下蜀层是风从西北地区搬运而来。鹿、牛类生存环境也证明上述看法是较合理的，因为鹿、牛类常与草原环境相伴生。

孢粉分析结果，下蜀黄土中仅含少量草本和个别木本植物花粉，其中以藜、蒿、禾本科等为主，混有柳和榆等，反映为稀树草原，相当于现今华北地区草原向森林草原过渡带植被，年均温不到 9℃，比现在气温低 6—7℃ 以上。下蜀黄土中埋藏的古土壤层表层孢粉则为较丰富的松及部分青冈栎、山毛榉、漆、榛、柳、榆、柏科以及多种草本和蕨类孢粉，反映为北亚热带森林植被特征，气候与今相近；特别在最上一层古土壤层表层中，亚热带植物花粉更丰富，反映气候与今相当。

上述种种特性，表明下蜀黄土与我国北方黄土极其相似，二者可以在产状、颜色、构造、结构、均一性、粒度、矿物成分、化学成分和湿陷性等^[14]方面进行对比。从时间上分析，古土壤层比西北古土壤更发育，层次更多更深厚，这是因为下蜀黄土地理位置偏南，有利于发育古土壤的结果。

近年对南京附近的下蜀黄土进行热释光测年结果获知,其堆积时代在 $41 \times 10^4 - 15.8 \times 10^4$ a. B. P. [12],大致可与西北黄土剖面中的 $S_1 - S_4$ 段上离石黄土进行对比,属中更新世晚期。

由上足见,下蜀黄土堆积时期的环境为干凉的草原气候下风成堆积物;其中古土壤层是黄土堆积间断时期,地表遭受切割和风化,发育而成红或棕褐色粘质土层,气候比较温暖,估算年均温为 15°C 左右,年降水量约 1000mm 左右;在下蜀黄土中偶夹砂质凸镜体,此属局部流水活动所形成。

在下蜀黄土顶部覆盖薄层浅黄色土,时代约在 $70000 - 10000 \pm$ a. B. P. 之间。但因研究不足,很难肯定其确切年代,也不清楚其与北方马兰黄土那层对比。

三、第四纪动物群及其气候意义

在长江中下游很少发现成群的哺乳动物化石,近年来发现安徽和县猿人洞穴及南京孔山洞穴等堆积中含有具有气候意义的动物化石。

和县猿人化石层中含有反映耐寒冷的啮齿类动物化石,这类动物是现在生活在高山地区的鼠类,它反映当时和县一带气候比今偏冷,时代在中更新世。

南京郊区孔山洞穴堆积中发现有居氏河狸化石,这类动物性喜冷,目前分布在中高纬寒冷区,如北美的阿拉斯加、欧洲北部和我国新疆额尔齐斯河上游青水河的阿尔泰山区,相当于东北 $46 - 47^\circ$ 之间的哈尔滨等,冬季在零下 40°C 以上 [43],气温年较差高达 $70 - 80^\circ\text{C}$ 。如以居氏河狸生活在南京时期的温度推算,当时年均温约比现在低 10°C 以上,即南京的年均温降到 5°C 以下,属冰缘气候

巢县望湖山洞穴曾发现 13 种哺乳动物化石,其中有大河狸 (*Trogotherium Sp.*)、猕猴、棕熊、猫、虎、边赤鹿 (*Muntiacus mutgaemargae Hooijer*)、鹿、麂、葛氏斑鹿 [*Cervus (Pseudaxis) grayi Zdanskg*]、羊、羚羊、鼠兔等。这些动物化石在不同层位上分布着不同的种属。据原作者(方笃生等,1986)①研究,它们反映中更新世由干凉到温暖和晚更新世由干凉到温暖 2 个冷暖气候旋回。

长江中下游及杭州湾两岸陆续发现零散的犀牛化石,其中有中国犀 (*Rhinoceros sinensis*)、印度犀 (*R. unicornis*) 和爪哇犀 (*R. sondaicus*),这些犀类曾在长江中下游中晚更新世地层中埋藏下来。例如在长江三角洲及杭州湾两岸就发现过这些化石(朱才伐,1986)②。

犀牛现在只生长在热带森林沼泽区,如印度尼西亚的爪哇、苏门答腊和孟加拉,印度等地,这些地点都是热带,赤道区,常年气温均在 20°C 以上,比长江中下游现在温度高出 $5 - 10^\circ\text{C}$ 以上。由此足见,长江中下游犀类生活时代年平均温度相当高,降水量也比现今多得多,反映为密林沼泽遍布,气候湿热,风化盛行的热带环境,可与中更新世及晚更新世间冰期对比。

① 方笃生等,1986;安徽巢州市钓鱼台发现第四纪哺乳动物化石(油印本)

② 朱才伐,1986;成都巴蜀文化遗址中犀牛的发现及中国南京第四纪犀类的分布(油印本)。

四、第四纪冰期及雪线高度

在长江中下游第四纪冰期中是否发生过冰川作用？又有何依据？

前面指出，长江中下游在第三纪末至第四纪初，山地海拔高度远比现今高，而今千米以上的山地，当时都在 2500—3000m 以上，现今所见的古冰川冰斗洼地，多分布在 700—1200m，其成斗时期的高度应该增加东部地区大面积下降量 1000m 以上的高差，如果加上这一高差，那么古冰川雪线高程都在 2000m 上下。

现代理论雪线推算结果，分别为 3500—3700m 和 3900—4100m^[7]，前者从海洋型冰川来推算，后者则从 6—8 月为 0℃ 来推算的。作者根据庐山等长江中下游山地现在气温推算，年均温 0℃ 线应在高空 3314m（据牯岭 1164m 处年均温 11.4℃ 为起点，按每上升 100m 下降温度 0.54℃ 计算），因为庐山与云南玉龙山，西藏东南部等海洋型冰川所处气候环境相似，都受季风气候影响，应当属于同类型的冰川。现代雪线高度应可对比。

长江中下游古冰期雪线也可根据上述原则进行推算和解释。如大理冰期雪线，太白山为 3500m，东北长白山和朝鲜的将军山为 2200m 左右，而庐山大理期理论雪线，大约在 2100m 左右，（崔之久，1984；One，1984 等^[7]）。作者根据天目山冰坑针叶林推算，天目山为 2100—2300m，庐山大约在 2500—2600m，它比现代雪线低约 700—800m。庐山期雪线现在所见冰斗为 1200m，如果考虑地壳整体大面积下降因素，其海拔高度至少在 2000m 以上，比大理期雪线约低 500—600。大姑冰期雪线现在在庐山位于 900m，大别山、天目山为 700m 左右，这可能是庐山在大姑期以后发育了网纹红土，继之发生断块抬升，拉大了海拔高度，因而偏高，同时也应考虑东部地壳随之西部崛起而下降的事实，使大姑期雪线遗迹如冰斗位置有所下降，因此其雪线的高度也应超过 1500m 以上，可能比庐山期雪线略有下降。

正如横断山区最早一次冰期冰碛分布高度现已在 3700m 以上，只低于 4400m 高的现代雪线 700m，然而这种老冰碛已发育了红色风化壳，因为红色风化壳只能在 2000m 以下才能发育，由此证明 3700m 高的红色风化壳应在 2000m 以下的位置时期发育的，而后被抬高了 1700m 以上成为 3700m 海拔高度，据此推知，横断山区古冰川遗迹与现代雪线应相差 2400m^[7]，而不是 700m。如果按红色风化壳的现在高度来推算，应该是 3700m + 2400m = 6100m，如此计算现代雪线与 2000m 以下风化壳发育的温度可差 21℃ 以上，横断山区能在 2000m 以下发育古冰川，那么为什么在长江中下游 2500—3000m 高山上不能发育最早一次古冰川呢？如果长江中下游第四纪早期山地比现在高 1000m 以上，达到 2500—3000m，那么鄱阳期雪线可在 1500m 左右，大姑期雪线应在 1900m，比前者雪线高 400m 左右，这样可以使我们作出长江中下游第四纪雪线如下（以庐山为例）。

现代理论雪线 3300m

大理期理论雪线 2500—2600m

庐山期雪线约 2000m 以上

大姑期雪线约 1500—2000m

鄱阳期雪线 1500±m

从上表数字看出，老雪线比新雪线逐期降低，最少大约只差 100—200m，最多相差 600—700m，高差是向后期逐渐加大，反映气候日趋干冷。

这里必须指出：随着气候日渐干冷，雪线高度逐步升高，冰川规模日益缩小，降水量可能日益稀少，风化作用也渐渐减弱。因此第四纪湿热气候鼎盛时代已渐渐消退，第四纪冰期正处于方兴未艾阶段，即使人类给予影响也不过是其发展中短暂的一瞬间。

也必须指出：长江中下游各冰期时代应有所更正，从网纹层及下蜀黄土测年来看，鄱阳期（包括大排山冰期，金铤山冰期、观音桥冰期在内）和大姑冰期应归于 N_2-Q_2 ；而庐山冰期 Q_2 ；大理期 Q_3 ，所以就对庐山地区第四纪冰期重新划分如下：

大理期（无冰川）— Q_3 ；

庐山冰期— $Q_2^{1/2}$ ，原为 Q_3 ；

大姑冰期 $Q_2^{1/2}$ ，原为 Q_2 ；

观音桥冰期 $Q_1^{1/2}$ ，
金铤山冰期 $Q_1^{1/2}$ } 原为鄱阳冰期 Q_1

大排山冰期 N_2-Q_1 ，原为 Q_1

长江中下游其它山地第四纪冰期可与之对比。

五、洞穴发育环境

岩溶地貌发育是受多种环境因素，如气候、土壤、地貌、植被、岩石纯度与厚度等的影响，但起主导或决定性作用的是气候。岩溶发育的程度和规模又与温度高低和降水多少有关，如大型洞穴和面积广布的峰林等发育，是与热带气候相联；平缓的岩溶丘陵、洼地、地下通道等形成，常见于亚热带气候区；小型的漏斗、洼地、石芽和溶沟等形态在温带气候条件下就可产生。由此足见，岩溶地貌不同形态是随气候带向北变化，发育程度越来越微弱。可以根据岩溶地貌不同形态，推断其发育时期的气候或环境特点。

鉴于上述岩溶地貌形态所反映的气候特征，对比长江中下游岩溶地貌形态类型，大体可以恢复各类岩溶地貌发育时期的古环境。长江中下游主要岩溶地貌有溶洞、岩溶丘陵、溶蚀洼地、地下通道、漏斗、石芽和溶沟等多种类型，但缺少大型的溶洞和分布面积很广的峰林等热带岩溶地貌，却常见到小型漏斗，洼地与石芽和溶沟等温带形态。

代表亚热带典型的岩溶地貌是溶洞。本区溶洞大部分分 2—3 层，比较大的溶洞则由大厅、通道以及竖井、落水洞等所组成。比较大的大厅多数位于中上层，如宜兴张公洞的大厅就在中上层。这反映大厅形成时期，气候比较湿热，岩溶发育时间长，溶蚀量较大，可能和网纹红土发育时代相关。在很多洞穴中已普遍发育各种石灰华、钟乳石、石筍、石帷幕等 Ca 质堆积物，使洞穴不断充填，容积缩小。在长江中下游的宜兴张公洞、善卷洞、庐山山麓的狮子洞、龙宫洞、皖南的蓬莱仙境洞、浙江桐庐的瑶琳洞等，都或多或少正在充塞中。即使在南京还发育了三台洞。三台洞因位于陡峻的断层崖上，陡崖不断后退崩塌，使最早形成的上洞严遭破坏，而下洞因在溶蚀和现代江水冲刷共同作用下，仍在扩大中，但是洞顶也开始发育钟乳石等。三层溶洞可与南京附近两级黄土平台及河漫滩进行对比，说明洞穴发育与附近水面高程密切相关。