

# 环境考古研究

(第五辑)

莫多闻 陈发虎 王 辉 主 编

袁 靖 宋豫秦 曹兵武 副主编  
吕厚远 董广辉 杨晓燕

中国第四纪科学研究会环境考古专业委员会  
兰州大学西部环境教育部重点实验室 合 编  
甘 肃 省 文 物 考 古 研 究 所



科学出版社

# 环境考古研究

(第五辑)

莫多闻 陈发虎 王 辉 主 编

袁 靖 宋豫秦 曹兵武 副主编

吕厚远 董广辉 杨晓燕

中国第四纪科学研究会环境考古专业委员会  
兰州大学西部环境教育部重点实验室 合编  
甘 肃 省 文 物 考 古 研 究 所

科 学 出 版 社

北 京

## 内 容 简 介

本书为中国第五届环境考古学大会论文选集。所选论文反映中国近年来在环境考古学方面所取得的主要新成果。包括中国不同地区的第四纪环境变迁、自然环境特征及其演变同农业起源与传播、新旧石器过渡、古代生业经济演化模式关系的研究,古代人类聚落分布、人类文化演化、文明演进的环境考古学研究,水患等自然灾害对聚落和文化兴衰演化的影响,古代人类迁徙及其对环境的适应,遗传学、生物标志化合物、人体骨骼同位素、遥感与数字技术等环境考古研究中的应用等内容。

本书可作为环境考古学及考古学、地球科学、地质学、地理学、第四纪科学等领域学者学术研究的参考用书,也可作为高等院校、科研院所相关学科的参考教材。

### 图书在版编目(CIP)数据

环境考古研究. 第五辑/莫多闻, 陈发虎, 王辉主编. —北京: 科学出版社, 2016.10

ISBN 978-7-03-050413-5

I. ①环… II. ①莫… ②陈… ③王… III. ①环境地学-考古学-中国-文集 IV. ①K870.4-53 ②X14-53

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2016)第 262828 号

责任编辑: 张 震 杨慎欣 / 责任校对: 张凤琴

责任印制: 张 伟 / 封面设计: 无极书装

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>

北京厚诚则铭印刷科技有限公司 印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

\*

2016 年 10 月第 一 版 开本: 787×1092 1/16

2017 年 1 月第二次印刷 印张: 16 插页: 1

字数: 380 000

定价: 95.00 元

(如有印装质量问题, 我社负责调换)

中国第五届环境考古学大会合影留念

2012.9.15 兰州





## 前 言

本书收录了出席中国第五届环境考古学大会学者提交的 25 篇论文。

中国第五届环境考古学大会于 2012 年 9 月 15、16 日在甘肃省兰州市召开。会议由中国第四纪科学研究会环境考古专业委员会主办，兰州大学西部环境教育部重点实验室和甘肃省文物考古研究所共同承办。来自全国 50 多家高等学校和研究机构的 120 多名代表及兰州大学相关院系部分师生参加了会议。

9 月 15 日上午，大会开幕式在兰州大学逸夫科学馆报告厅举行，由甘肃省文物考古研究所所长王辉研究员主持，兰州大学副校长陈发虎教授致欢迎辞，环境考古专业委员会主任莫多闻教授致开幕词，环境考古专业委员会名誉主任、中科院地质与地球物理研究所周昆叔研究员致辞并作了题为“中国环境考古的过去、现在与未来”的大会报告。会议学术报告与讨论部分包括大会报告与分会场报告，大会设三个分会场，共进行了 11 场大会报告和 55 场分会报告。大会报告包括青藏高原人类适应、遗传学研究所揭示东亚地区末次盛冰期以来的人类活动、稻作农业起源、遥感考古等内容，三个分会场主题分别为旧石器时代晚期~新石器时代早期环境变化与人类适应、新石器时代中晚期人类活动与环境变化、农业起源与传播。此次会议为广大来自不同学科、不同领域、不同地域的学者提供了充分展示其最新研究进展的良好平台，也为大家提供了充足的交流讨论时间。9 月 16 日下午举行了大会闭幕式，由陈发虎教授主持，吕厚远研究员代表专业委员会致闭幕词，对会议学术成果进行了总结。

本次会议期间，经陈发虎教授提议和专业委员会讨论决定设立“环境考古杰出贡献奖”，奖励对环境考古学科发展做出突出贡献的学者，每次奖励不超过两人。本届会议经提名和讨论，决定将首届“环境考古杰出贡献奖”授予中国科学院地质与地球物理研究所周昆叔研究员和陕西文物考古研究院巩启明研究员。大会闭幕式上，分别由莫多闻教授和吕厚远研究员宣读了专业委员会的颁奖词，并向两位学者颁发了奖状和奖杯。

周昆叔先生在 20 世纪 60 年代就开始从事一些同环境考古相关的研究工作，于 1987 年正式提出创立环境考古学科。同时，他在侯仁之先生支持下，成立了北京地区的环境考古学术组织。90 年代早期在刘东生先生大力支持下，他在中国第四纪科学研究会中成立了环境考古专业委员会。半个世纪以来，尤其 20 世纪 80 年代后期以来，周昆叔先生在环境考古学研究、学科建设和学术组织建设方面做出了开创性贡献。

巩启明先生在 20 世纪 50 年代后期以来一直从事考古学研究，曾任陕西省考古研究所所长。他善于思考、勤于著述、建树丰硕。巩先生在 70 年代主持陕西临潼姜寨遗址的发掘，历时 8 年，进行了 11 次大规模发掘，于遗址的下层发现了一处保存基本完整的仰韶早期半坡类型聚落遗址。这项工作已成为中国早期聚落考古的典范。巩先生一直非常重视对遗址古环境的考察。1989 年他与周昆叔先生考察了关中地区的古环境和古遗址，踏查了多处重要地层剖面。1990 年他全力支持周昆叔先生在西安主办了第一届全国环境考古学大会，为全国环境考古学科的奠基和发展起到了重要的促进作用。

会议期间,大会组织与会代表9月15日中午参观了兰州大学西部环境教育部重点实验室,16日中午参观了甘肃省考古研究所陈列室。会后,组织代表进行了为期两天的野外考察,考察路线从兰州出发,经西宁到青海湖,沿途考察了柳湾遗址博物馆、塔尔寺、日月山、青海湖等考古遗址或文化遗产地。

9月14日晚举行了专业委员会扩大会议,除到会的委员和名誉委员与会外,还邀请了到会的一些重要学术单位的代表参加会议。会议由专业委员会秘书长吕厚远研究员主持。首先由陈发虎教授报告了第五届环境考古学大会各方面筹备情况和代表报名情况。陈发虎教授还就提议设立“中国环境考古杰出贡献奖”奖项、奖励章程和初步酝酿的第一届提名人选作了报告。会议莫多闻教授就第四届学术会议以来专业委员会的学术活动、学术队伍和学术研究发展,以及环境考古学科的现状、存在问题和今后发展思路等做了报告,并介绍了专业委员会换届的设想。与会人员就如何加强环境考古学术研究和学术交流等问题展开了热烈讨论,提出了许多富有建设性的意见和建议。

人类对地人关系的探究几乎同人类历史相伴,而在国际上环境考古作为一个学科的历史还不足百年。19世纪中期,斯堪的纳维亚半岛及欧洲的一些考古发掘,就开始了人类文化同环境背景关系研究的实践。20世纪早期,欧洲、北美、近东和中亚地区的一些考古工作也涉及了环境考古相关问题的研究。英国学者于20世纪30年代率先提出了环境考古概念,并在伦敦考古研究院建立了环境考古部,标志着环境考古学科方向的形成。20世纪中期,美国功能-过程考古学和文化生态学等学术思潮的兴起,推动了环境考古学术思想和研究实践的发展。20世纪中期以来,国际上关于环境变迁研究的大规模开展,极大地丰富了人们对古代环境特征及其演变的认识,同时发展了许多重建古代环境特征的技术方法,从另一个方面进一步加强了环境考古学的研究基础。

中国有重视地人关系研究的传统,历史上曾有一些学者对此做过很多精辟的论述。20世纪早期,中国的一些重要考古发掘和研究,有地质学家和古生物学家的参与,获得了有关考古遗址的环境背景资料,对某些遗址绘制了地形图。20世纪中期的一些考古发掘又增加了孢粉分析等古环境研究工作。同时,历史地理学者同考古学家合作开展了沙漠地区环境变迁同聚落兴废历史关系的研究。改革开放以后,国外环境考古思想得以在中国传播。多位著名考古学家曾撰文呼吁加强环境考古学研究。严文明先生写于1984年、发表于1985年的论文《新石器时代考古研究的回顾与前瞻》中,谈到解决中国新石器文化起源这一重大问题时,提出“特别要加强环境考古研究”。在该文中还谈到为了提高新石器时代考古研究的水平,必须积极地应用包括环境研究在内的各种现代科学技术方法。严先生还在1985年纪念仰韶遗址发现65周年学术讨论会上提出应该尽快开展有组织的环境考古学研究。黄其煦先生在1987年发表的《农业起源的研究与环境考古学》一文中介绍了一些国外环境考古研究的实例与方法。

1987年初,周昆叔先生应侯仁之先生邀请参加对北京上宅遗址的联合研究。当年2月14日在北京市文物局举行的讨论会上,周昆叔先生提出以环境考古的思路开展研究。侯仁之先生当即同意并提议成立“北京市文物古迹保护委员会环境考古分委员会”来推动相关研究,该分委员会由侯仁之任主任,周昆叔任副主任。这说明在中国正式开始了“有组织的环境考古学研究”。1990年,周昆叔先生在山西省考古所和巩启明先生的支持下,

联络相关单位和学者在西安举行了“中国环境考古学学术讨论会”，会后出版了会议文集，即《环境考古研究》第一辑。1993~1995年，在刘东生先生提议和支持之下，成立了中国第四纪科学研究会环境考古专业委员会，至此，全国性的环境考古学术组织得以建立起来。

中国环境考古学科的提出和学术组织的建立，至今已逾四分之一世纪。在此期间，中国的环境考古学科呈现了加速发展的势头，并表现出如下特点。其一，研究队伍不断壮大。一些老学者仍活跃在第一线，许多中年学者取得了一系列重要成果，一大批青年学者脱颖而出。现在全国相当多的考古单位、大部分从事环境演变研究的单位都有从事环境考古研究的学者。有许多学者，包括一些青年学者，在国内外都产生了较大的影响。环境学者同考古学者之间的合作越来越密切。其二，研究项目日益增多。科技部、国家自然科学基金委、国家社科基金办、国家文物局等相关部委和基金委资助了一系列不同层次的环境考古研究项目。许多不同类型的基建抢救性发掘、大部分重要考古遗址的发掘研究，都包括环境考古的研究内容。其三，高水平学术成果不断涌现。20世纪90年代以来，中国环境考古的研究工作和成果不断增加。如在人类起源与迁徙、旧石器文化特征与演化同环境的关系，农业起源、古代生业经济同环境的关系，中华文明起源与早期发展同环境的关系，大量考古遗址和古代聚落的环境考古研究，水患、干旱、沙漠化、地震等自然灾害对古代社会的影响，区域环境演变同人类文化演化的关系等许多领域都取得了大量高水平的成果。有些成果产生了一定的国际影响。

从中国环境考古学的发展状况看，虽然成绩喜人，但也存在许多不足。这里列举三方面问题。第一，在已有的研究中，关于气候特征、动植物特征及其变化同人类文化演化关系的研究较多，取得了一系列重要成果，对中国环境考古学的发展产生了重要的推动作用。但其他环境要素同人类文化特征形成及其演化之间关系的研究还较为薄弱。气候和动植物虽然是影响人类文化发展较重要的因素，地貌、水文、土地资源条件、各种自然灾害等也都对人类文化演化有重要影响。在生物因素方面，微生物方面的研究工作还很少。尤其对考古遗址的环境考古学研究，需要对遗址内外及所在区域各种环境要素的系统重建，才能更好地说明环境同人类文化演化的关系。第二，综合考虑自然环境与人类文化本身对文化发展的共同影响还尚显不足。人类文化传统、生产技术水平、社会发展阶段、社会组织状况、信仰与意识形态、区域间的文化交流与传播等，都可能对某地或某区域人类文化发展演化产生重要影响，甚至是更重要的影响。坚持人地互动思想从事环境考古学研究，有可能获得更为科学合理的结论。要做到这一点，一方面需要进一步加强环境考古学家和考古学家的相互协作和密切配合；另一方面也需要环境考古学家进一步加强对有关考古学资料 and 理论的了解。第三，环境考古学的具体研究已经不少，但在理论创新方面还较为薄弱。通过大量具体的环境考古学研究，从人地关系的角度解决考古学和认识人类文化形成和演化机制所面临的一系列问题，不仅过去是、将来仍然是环境考古学的主要任务，而且也是环境考古学理论创新的必要前提和基础。但只有环境考古学的具体研究，缺少对于自然环境与人类文化演化相互作用机理和一般性规律的思考，仍然难以达到理论创新的境界。系统总结和分析研究已有的环境考古学研究资料和成果，借鉴国际上考古学和环境考古学研究方面的理论探索成果和经验，建立、丰富和发展环境考古学基本理论体系，也是中国环

境考古学未来的任务。

中国丰富的人类文化遗存和自然环境的多样性是环境考古学发展的有利条件。国家经济技术的发展和学界对环境考古学重视程度的提高是环境考古学发展的动力,环境考古学本身已取得的丰富成果是进一步发展的基础。通过环境考古学家和考古学家、古环境学家的共同努力,一定能推动中国环境考古学取得新的更大成绩。

在大会筹备和举办期间,张东菊、黄小忠、李国强、李建军及兰州大学部分师生承担了繁重的会议筹备和会务工作。本书审稿和编辑过程中,马永超、李昭、赵婧、金家梁等参与了较多的文稿校对和修改工作。科学出版社张震编辑承担了十分繁重的编辑工作。在此一并致谢!

莫多闻

2015年12月



# 目 录

## CONTENTS

前言.....莫多闻 (i)

Preface.....Mo DuoWen

### 上篇 综合研究

#### PART ONE: GENERAL RESEARCH

末次盛冰期前后东亚地区的人类活动：遗传学视角.....金力，严实 (1)

East Asian human activities before and after the Last Glacial Maximum: an aspect  
from genetics.....Jin Li, Yan Shi

浅谈中国新石器早期文化的形成.....郭明建 (10)

A preliminary research on the forming of the early Neolithic cultures in China  
.....Guo Mingjian

古遗址的热红外遥感探测方法研究.....高华光 (19)

The method of thermal infrared remote sensing detection on archeology sites  
.....Gao Huaguang

正构烷烃在考古地层中的分布特征及其考古学意义——以嵊州小黄山及蚌埠禹会  
村遗址为例.....胡飞，崔品，张居中，王海明，王吉怀 (27)

The distributions of N-alkanes in archaeological strata at Xiaohuangshan site and Yuhuicun  
site and archaeological implication  
.....Hu Fei, Cui Pin, Zhang Juzhong, Wang Haiming, Wang Jihuai

沙漠环境中历史时期人类活动古遗迹的遥感识别.....胡宁科 (37)

RS identification of historic human relics in the desert.....Hu Ningke

古环境与栽培稻的西进南下.....陈昌富，张居中 (44)

The southward and westward spread of domesticated rice and its  
palaeoenvironmental background.....Chen Changfu, Zhang Juzhong

- 中国北方裴李岗时代生计经济研究现状与思考……………吴文婉, 陈松涛, 靳桂云(53)  
 Research status and consideration of the subsistence of Peiligang period in north China  
 ……………Wu Wenwan, Chen Songtao, Jin Guiyun

## 下篇 区域古环境与古文化

### PART TWO: REGIONAL PALAEOENVIRONMENT AND ANCIENT CULTURE

- 以农业为切入点的中原地区史前人地关系研究……………张俊娜, 夏正楷(73)  
 Discussion on prehistoric man-land relationship in the central plains area by the perspective  
 of agricultural development……………Zhang Junna, Xia Zhengkai
- 西安鱼化寨遗址古环境分析……………胡松梅, 张翔宇, 翟霖林, 杨苗苗, 杜应文(81)  
 Reconstruction of Palaeoenvironment at the Yuhuazhai site in Xian, Shanxi Province  
 ……………Hu Songmei, Zhang Xiangyu, Zhai Linlin, Yang Miaomiao, Du Yingwen
- 浅析地理环境因素与中国佛教石窟艺术产生的关系——以麦积山、云冈和龙门石窟  
 为例……………李枫, 吴立, 秦伯强(88)  
 A brief analysis on the relationship between physical geographic factors and grotto art-case  
 studies of Maijishan, Yungang and Longmen Grottoes  
 ……………Li Feng, Wu Li, Qin Boqiang
- 江苏地区全新世中期文化变迁与环境变化……………李兰, 朱诚, 刘文娟(97)  
 Middle and late Holocene cultural and environmental changes in Jiangsu  
 ……………Li Lan, Zhu Cheng, Liu Wenjuan
- 长江中游新石器时代城址的空间分布和兴废对环境变化的响应……………刘辉(105)  
 The temporal and spatial distribution, rise and collapse of the Neolithic city sites in the  
 middle basin of the Yangtze River and their response to the climate change…………Liu Hui
- 东乡野生稻粒型演化及其保护区古环境的初步研究  
 ……………罗武宏, 李佳, 杨玉璋, 张居中, 陈大洲, 余丽琴(122)  
 A preliminary study on Dongxiang wild rice (*Oryza rufipogon* Griff.) and Paleo-  
 environment in its Conservation Zone  
 ……………Luo Wuhong, Li Jia, Yang Yuzhang, Zhang Juzhong, Chen Dazhou, Yu liqin

- 燕山南北地区全新世环境演变.....索秀芬, 李铁军 (134)  
The environment change in the zone of Yanshan Mountain in Holocene  
.....Suo Xiufen, Li Tiejun
- 广东英德牛栏洞遗址环境考古研究.....谭惠忠, 郑卓, 张镇洪 (145)  
The environmental archaeology research at the site of Niulandong cave, Yinde,  
Guangdong Province..... Tan Huizhong, Zheng Zhuo, Zhang Zhenhong
- 果实采集、木材利用和周边环境: 河南颍河上游两个龙山时代考古遗址的木炭  
分析.....王树芝, 方燕明, 赵志军 (157)  
Fruit collection, wood exploitation and environment during Longshan Era: analysis of  
charcoals from two archaeological sites in upper Yinghe valley (Henan Province, China)  
.....Wang Shuzhi, Fang Yanming, Zhao Zhijun
- 长江流域全新世以来环境考古研究的回顾与展望.....吴立, 朱诚, 李枫 (165)  
Review and prospect of environmental archaeology in Holocene in the Yangtze River  
Valley, China..... Wu Li, Zhu Cheng, Li Feng
- 黄河水患对商丘古城变迁的影响.....吴朋飞, 马建华, 谷蕾 (179)  
Study on the Yellow River floods and its influence on Shangqiu ancient city  
..... Wu Pengfei, Ma Jianhua, Gu Lei
- 鲤鱼嘴遗址生业模式演化的环境考古学研究.....叶亮, 蒋远金 (187)  
Investigation on the evolution of subsistence pattern and Environmental Archeology at  
Liyuzui Site.....Ye Liang, Jiang Yuanjin
- 松嫩平原东南部第四纪自然环境再研究.....叶启晓 (196)  
Restudy on the Pleistocene environment in southeastern Songnen Plain.....Ye Qixiao
- 太湖北部河谷沉积中记录的中晚全新世沉积环境演变...郑祥民, 吴永红, 周立旻 (204)  
Evolution of sedimentary and environment in Taihu lake during the mid-late Holocene  
.....Zheng Xiangmin, Wu Yonghong, Zhou Limin
- 巢湖东部圩田景观结构及其开发驱动因素的遥感考古初探...吴立, 李枫, 王心源 (210)  
A preliminary study on the structure of polder landscape and driving factors of  
exploitation in the east Chaohu area by the method of remote sensing  
..... Wu Li, Li Feng, Wang Xinyuan

- 青铜时代以来中国古代北方民族生业模式的古食谱分析证据  
..... 张国文, 孙怡杰, 易冰 (217)
- Paleodiet evidence on the subsistence strategies of humans from the Northern China since  
the Bronze Age..... Zhang Guowen, Sun Yijie, Yi Bing
- 偃师二里头遗址的土壤环境地球化学特征与人体健康的初步研究 ..... 赵春燕 (224)
- The preliminary study on environmental geochemical characteristics and the human  
health at Erlitou site..... Zhao Chunyan
- 甘青地区新石器-青铜时代文化环境考古的研究进展与展望 ..... 董广辉, 陈发虎 (230)
- The advancement for hot issues of environmental archaeology researches of Neolithic  
and Bronze periods in Gansu-Qinghai region ..... Dong Guanghui, Chen Fahu
- 中国第五届环境考古学大会闭幕辞 ..... 吕厚远 (242)
- Closing speech at the 5<sup>th</sup> China Environmental Archeology Conference..... Lv Houyuan

# 上篇 综合研究

## 末次盛冰期前后东亚地区的人类活动： 遗传学视角

金力<sup>1,2</sup>, 严实<sup>1</sup>

(1. 复旦大学现代人类学教育部重点实验室, 上海, 200438;

2. 中国科学院上海生命科学研究院计算生物学研究所, 上海, 200031)

**【摘要】** 本文介绍分子人类学研究人类历史的原理, 以及近年在 Y 染色体、线粒体、常染色体方面取得的一些成果, 包括人类走出非洲的历史、到达东亚的迁徙路线、末次盛冰期前后的人群扩张、青藏高原人群迁徙和适应等。

**【关键词】** 遗传学、分子 DNA、染色体、分子人类学

### 1 分子人类学的基本介绍

用遗传学手段, 通过人体内的 DNA 来研究人群的组成及人类历史的学科, 即分子人类学。20 世纪以来分子人类学研究取得了长足的进步, 和体质人类学、语言学、考古学、历史学等一起, 为人们更全面认识人类的历史提供了重要方法。

研究一个历史事件或者考古文化等, 都会有“谁、何时、何地、何事件”等问题。而分子人类学能用来直接解答“谁”及在部分情况下解答“何时”这两个关键问题。和其他相关学科相比, 分子人类学更重视人类的生物属性, 其研究的对象, 即人类的遗传物质 DNA, 会在从祖先到后代的一代代传递过程中发生突变和重组事件, 其结果保留在当代人类的 DNA 中。因此, 分子人类学仅通过现代人的 DNA 即可以研究古代人类经历的人口学事件, 如人群的分离和混合, 以及发生的时间。同时, 因为生物体的 DNA 包含极为保守的片段, 可以比较分化超过十亿年的生物的 DNA 序列, 所以整个人类史上百万年的时间跨度都在分子人类学的可研究范围内。



人类的每个正常细胞包含有相同的 DNA, 主要包括细胞核内的 46 条染色体, 其中有 22 对常染色体, 另外, 女性有一对 X 染色体, 男性有一条 X 染色体和一条 Y 染色体。此外, 细胞核外的细胞器线粒体也带有短的环境 DNA (mitochondrial DNA, mtDNA)。如表 1 所示。

表 1 人体基因组的 DNA

	线粒体	Y 染色体	常染色体
碱基数	16k	60 000k	3 000 000k
遗传方式	母系	父系	父母系
是否重组	否	否	是
突变速率	快	慢	慢
群体大小	1/4	1/4	1

DNA 遗传方式如图 1 所示, Y 染色体只有男性有, 只能从父系传下来 (曾祖—祖父—父亲—本人), 线粒体男女都有, 只能从母系传下来 (外祖母的母亲—外祖母—母亲—本人), 即 Y 染色体和线粒体分别只能从唯一系的祖先传下, 不可能被稀释, 也不可能在不同来源之间重组, 分子人类学便可通过用这两个标记物之上的突变位点绘制出的谱系树追踪个人的父系和母系的祖先。而常染色体和 X 染色体可从多个祖先传下来, 并可在减数分裂时发生重组, 因此无法绘制树图, 但可用于分析个体的多个祖先来源成分。

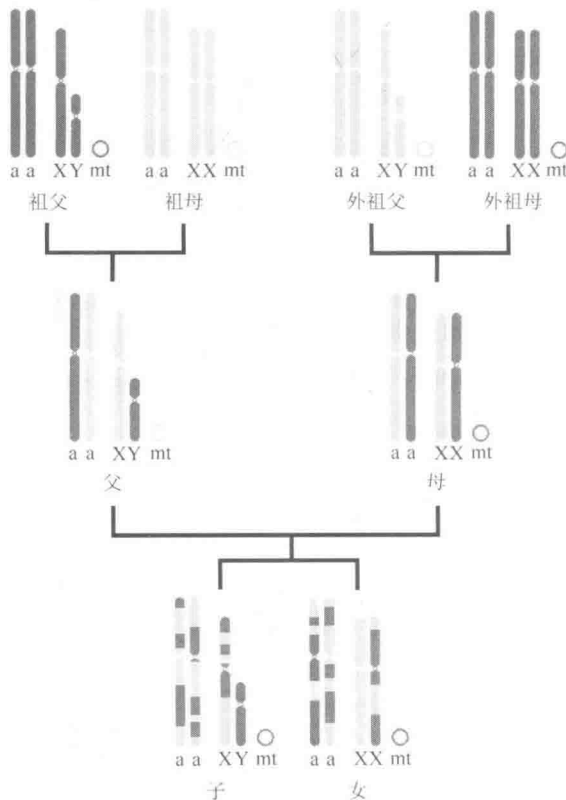


图 1 常染色体 (a)、X 染色体、Y 染色体和线粒体 (mt) DNA 的遗传规律

每种颜色代表一个祖辈祖先的来源。可见, 只有 Y 染色体和线粒体可用于追溯单一的祖先来源。

因此,通过遗传学研究人类的方法,首先对 DNA 进行测序或分型,利用这些信息绘制演化树(对于个体的 Y 染色体、线粒体或基因片段等),判断演化的先后顺序;做聚类分析(个人常染色体的多个位点或整个族群的 DNA 信息),看每个个体和群体在整体遗传方面的远近;进行结构分析(个人和人群的常染色体),看每个个体和群体有几种不同来源,各自比例如何。利用突变率和常染色体、X 染色体的重组率,还能计算出祖先分化和融合的时间。综合以上多种分析,再结合现代各个人群的地理分布、历史文献记载和考古研究等,就能够推断出各个单倍群在历史上的族群归属、分化和融合时间,以及迁徙路线等。

## 2 Y 染色体、线粒体、常染色体介绍(走出非洲)

一个男性祖先的 Y 染色体(约 60M 个碱基长)上的碱基位点向其子孙传递时可能发生突变,形成单核苷酸多态(single nucleotide polymorphism, SNP)位点。对于每一个位点来说,每代的突变率仅有  $2.3 \times 10^{-8}$ <sup>[1]</sup>,极为保守,同一个位点极少发生回复或重复突变,这个突变就能稳定地传给他的所有直系子孙,拥有相同 SNP 突变的 Y 染色体就构成了一个单倍群,相当于一棵树的一个分支处到其末梢的所有枝叶。分子人类学研究者根据成千上万个不同的突变位点,可重构出极为可靠的 Y 染色体谱系树。依照 Y 染色体谱系树,如图 2 所示,现代人的父系可分为多个单倍群,用字母 A~T 表示<sup>[2]</sup>。其中,最早分出的 A 和 B 支系均只分布在非洲,而只有拥有 M168 突变的 C~T 才分布于非洲之外的各大洲,表明现代人起源于非洲。柯越海等通过对东亚、东北亚、东南亚及大洋洲的 1.2 万条 Y 染色体进行测试,发现他们无一例外都拥有 M168 位点的突变,证明亚洲东部所有人从父系上看都是较晚近从非洲迁出的人的后代<sup>[3]</sup>。通过突变率的计算,所有现代人父系的最近共祖年代为十余万年<sup>[4]</sup>,该共祖被称为“Y 染色体亚当”,而所有走出非洲的现代人的共祖年代仅为 4 万~8 万年<sup>[5-7]</sup>。

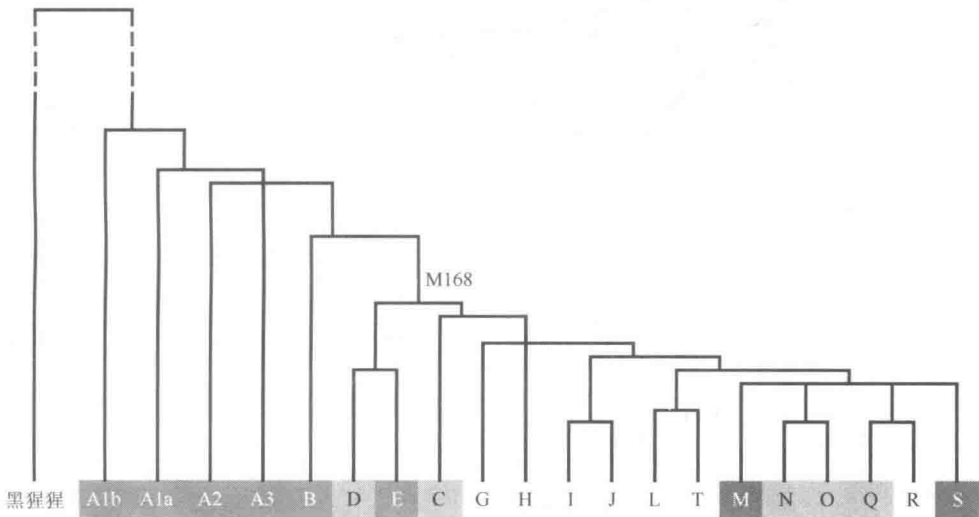


图 2 现代人 Y 染色体谱系树

树根由黑猩猩确定; A1b、A1a、A2、A3、B、E 的单倍群主要分布于非洲; D、C、N、O、Q 主要分布于东亚、东南亚、北亚、美洲和太平洋群岛(多为黄种人); G、H、I、J、L、T、R 分布于欧洲到中亚地区、南亚(多为白种人); M、S 分布于澳大利亚和新几内亚

线粒体严格按照母系遗传。和 Y 染色体相比, 线粒体长度短很多, 因此信息量相对较小, 其全序列平均两千多年才能发生一次突变, 用来估计年代精确度较低<sup>[8]</sup>。但因一个人体细胞中的每个染色体仅两条 (男性 X 和 Y 染色体仅各一条), 而线粒体有几十到上千个, 每个线粒体中都有一条 DNA, 因此, 对于 DNA 严重降解的样本, 如古代骨骼、干尸, 线粒体 DNA 远比核内染色体容易得出结果。很多古代样本, 如三四万年前的尼安德特人, 都是先得到线粒体序列之后才得到染色体序列的。人类走出非洲的结论最早也是从线粒体的研究中得出的, 其情况类似 Y 染色体, 现代人最早的几个分支也都仅分布于非洲, 如图 3 所示, 而其共祖也仅十几万年<sup>[9]</sup>, 其共祖称为“线粒体夏娃”。

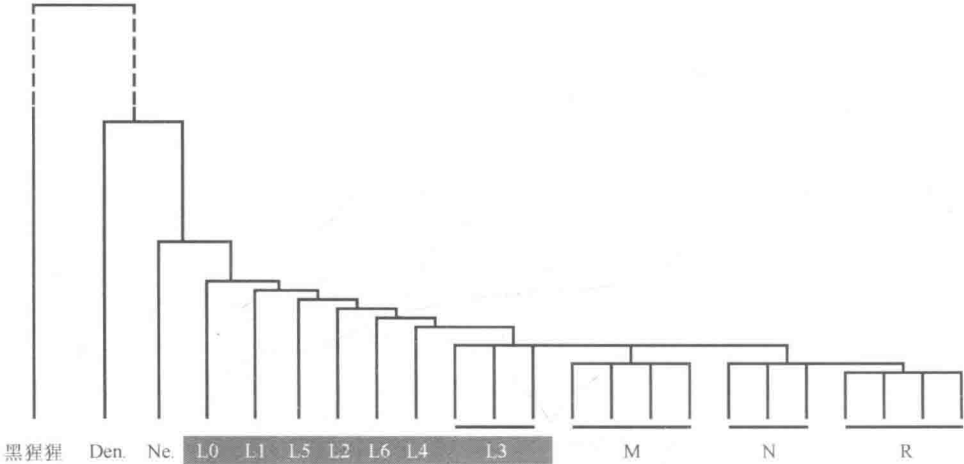


图 3 线粒体谱系

L0~L6 单倍群基本分布在非洲; M 和 N (包括其中的 R) 主要分布在非洲之外的其他大洲;  
Den. 和 Ne. 代表丹尼索瓦人 (Denisovan) 和尼安德特人 (Neanderthal)

全基因组中绝大多数信息存在于常染色体和 X 染色体中, 其特点是有重组, 如母亲的一条常染色体或 X 染色体传给孩子时, 会包含从她父母那儿传来的染色体的各一部分 (图 1)。重组的坏处是没法追踪一个基因的根源, 因为来自哪个祖先都可能, 也难以作演化树。但相比只能反映纯父系的 Y 染色体和只能反映纯母系的线粒体, 常染色体的优点是一个人的常染色体能够包括其所有祖先的部分信息, 因此, 能够计算出一个人的 DNA 中各个族群的祖先各占百分之多少。而决定性状, 如体貌特征、疾病等的遗传信息也绝大多数分布在常染色体和 X 染色体上。因此, 常染色体和 X 染色体能告诉人们更多的信息。例如, 最近有学者通过对尼安德特人和丹尼索瓦人的常染色体研究发现现代人可能混入了少量 (百分之几) 的欧亚大陆直立人的成分, 而这些成分是完全未表现在 Y 染色体和线粒体上的<sup>[10]</sup>。

### 3 东亚 Y 染色体简单介绍

东亚的 Y 染色体主要包括了 O、C、D、N、Q、R 等几个单倍群, 其中 C 和 D 单倍群在走出非洲后不久即沿印度洋来到东亚, 而 O 和 N 单倍群晚于 C 和 D 来到东亚 (约 3 万年前, 可能也走东南亚路线)。O 单倍群后来居上, 比例占汉族男性人口的 3/4 以上, 而汉族中 C (10%)、N (6%)、D (2%) 等单倍群相对而言被稀释了<sup>[11]</sup>。可能代表新石器

时期到历史时期从北线（中亚或北亚路线）到达东亚的 Q（在西亚、北亚、东亚、东南亚有分布，美洲印第安人高频）和 R 单倍群（印欧语系最常见的单倍群）仅占不足 5% 的比例<sup>[12-15]</sup>。也就是说，现代东亚人的父系主体是旧石器时期从南线，即通过东南亚来到东亚的。换言之，尽管中华文明的起源仍有待深入探讨，但现今中国人的主体绝非新石器时期或之后从西方来的。

大单倍群向下仍可细分，如 O 下有 O1、O2、O3 三大支，O2 又可分为 O2a、O2b 等，诸如此类，多的可以分十几层。但到目前为止，已公开发表的能分清的支系仍多在万年以上，即旧石器时代的分支。由于在人群的分化过程中不断出现人口瓶颈和人群扩张，不同族群的 Y 染色体组成会有各种不同的频度谱，如图 4 所示。现代中国的所有民族都不是纯粹的，而是由历史上不同族群相互混合而成。如果两个群体拥有一个共同祖先，他们通常会共享同一个单倍群。而当两个群体混合时，他们各自的单倍群通常也都会进入其混合后的群体。这样，通过各族群之间共享的单倍群情况就能得到族群分化和融合事件的线索。例如，M117+（即 M117 位点为突变型的）单倍群普遍以较高比例存在于汉藏语系各语族（如汉、藏、羌、景颇），这很可能是汉藏语系共同祖先的群体中频率很高的一种单倍群。因为从语言谱系能推出汉藏语系的共祖年代在 5000~8000 年（误差范围较大），如果从这个时间段的新石器考古遗迹中找到某个文化，提取其中的人骨 DNA 进行 Y 染色体检测，若其中的 M117+ 单倍群比例很高，就能说明这个文化很可能是汉藏语系的祖先。不久的将来，人们能够利用 Y 染色体高通量测序技术以更高的精度计算出各单倍群的扩张年代（误差能到 200 年以内），这将是验证古今族群联系的更直接的证据。

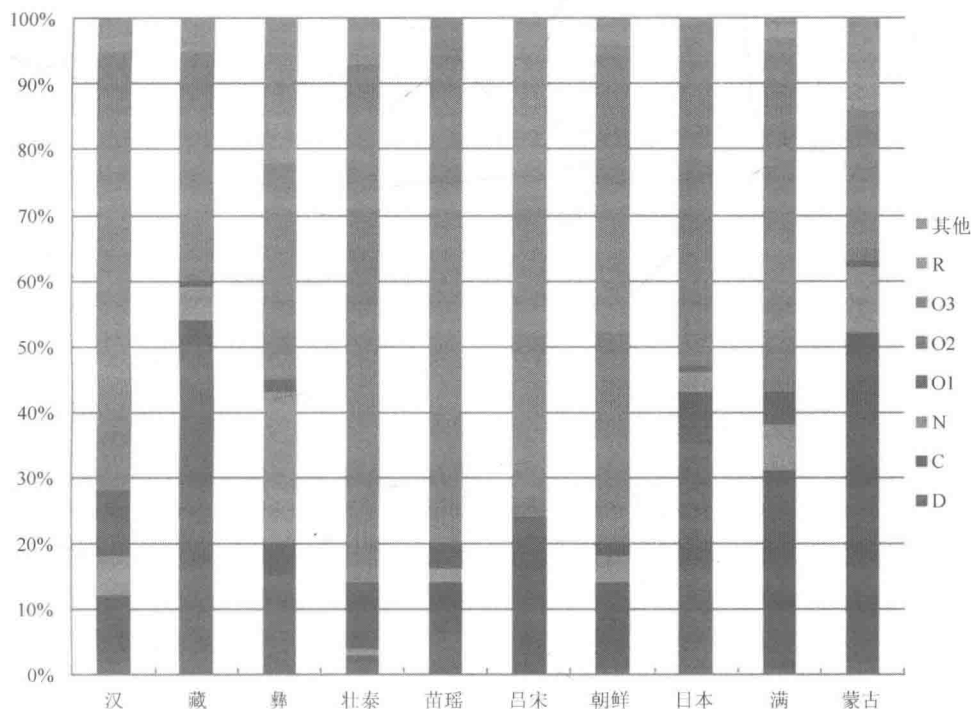


图 4 东亚部分族群的单倍群构成百分比 (多篇文章数据综合)