

文章编号: 1006-7639(2005)-03-0069-05

# 气候变迁与黄土高原演变的研究综述

把多辉<sup>1</sup>, 朱拥军<sup>1</sup>, 王若生<sup>2</sup>, 王秀花<sup>1</sup>

(1. 甘肃省天水市气象局, 甘肃 天水 741000; 2. 甘肃省平凉市气象局, 甘肃 平凉 744000)

**摘要:** 根据当前国内的研究成果, 总结了地质时期第四纪(距今 250 多万 a)以来黄土高原演变与气候变迁之间的关系, 其主要关系可归纳为: ①第三纪以来喜马拉雅造山运动引起的中国大陆一系列差异性升降构造变化是黄土高原形成的决定性因素; ②更新世时期青藏高原隆起所引起的强西风气流把中亚内陆沙漠地区的大量粉尘带到今天的黄土高原地区, 形成了黄土高原; ③现代季风是更新世时期青藏高原上升到某个高度之后的产物, 但随着青藏高原高度不断增长, 它对湿润夏季风的屏障作用越来越强, 黄土高原气候开始由温暖湿润向干冷和干旱化方向发展, 相应地植被种类和分布发生调整; ④黄土高原植被对气候波动的适应具有重复性, 即植物随着气候冷暖干湿的波动, 生长区域南北移动; ⑤黄土高原水土流失在更新世时期主要是自然侵蚀造成的, 全新世时期在遵循自然规律继续进行的基础上, 又叠加了人类活动影响, 使之呈现加速发展的特点; ⑥黄土高原水土流失受地质、降水、植被与人类活动等多种因素的影响, 空间差异极其显著。

**关键词:** 第四纪; 黄土高原; 演变; 气候变迁

中图分类号: P463.21

文献标识码: A

## 引言

黄土高原, 西起日月山, 东至太行山, 南靠秦岭, 北抵阴山, 海拔 800~3 000 m, 是地球上最集中且分布面积最大的黄土区, 总面积 64 万 km<sup>2</sup>。

黄土高原是我国农业的发祥地, 现在在全国旱涝灾害最频繁、最严重的地区。黄土高原环境的临界性和生态的脆弱性, 使得它对气候变化的反应十分敏感。许多学者从考古、气候、地形地貌、植被、古土壤序列、土壤化学物质变化等方面, 对黄土高原进行了研究, 本文根据这些研究成果, 综述了地质时期第四纪气候变迁与黄土高原演变之间的关系, 旨在抛砖引玉, 进一步引起人们对黄土高原生态环境的关注, 为黄土高原地区的可持续发展提供科学指导。

## 1 黄土高原的形成与古环境气候

气候变化与新构造运动是引起我国第四纪(注: 目前, 距今 1 万 a 期间为全新世, 距今 1 万 a~250 万 a 期间为更新世, 合称地质第四纪)时期环境演变的两大因子<sup>[1]</sup>。黄土高原地貌的演变与第四纪时期环境气候变化有着密切关系, 黄土高原的形成与第

三纪以来的喜马拉雅造山运动密切相关<sup>[2]</sup>。依据板块运动理论, 喜马拉雅造山运动是由于第三纪印度、阿拉伯等小板块碰撞亚洲大陆而发生的, 喜马拉雅造山运动导致了我国自然环境气候发生了一系列重要的变化。首先, 喜马拉雅运动不仅导致了青藏高原的形成, 而且引起了我国大陆的一系列差异性升降构造变化。其中之一就是秦岭的抬升, 它的抬升不仅阻隔了南北方人类文化的交流和动物群的迁徙, 而且阻碍了西北寒流的南下和东南暖湿气流的北上, 对于大气热量和水分的再分配起到了明显的作用, 造成了南北气候的差异, 成为南方和北方、亚热带和暖温带的自然地理分界线。至此, 位于秦岭之北的渭水流域, 温和半湿润的温带气候特征基本形成。由于青藏高原的隆起, 大大改变了我国的古地貌, 引起了西风气流的动力作用, 改变了我国各地气候要素的组成。在强大的西北风吹扬下, 中亚内陆沙漠地区的大量粉尘被抬升到 3 000 m 以上的高空, 随风向东南方向飘移。之后, 由于东南季风的干扰和秦岭、六盘山、吕梁山、太行山的阻隔和截留, 风速变慢, 在黄河中下游一带大量沉积下来, 形成巨厚的黄土堆积。我国第四纪黄土研究表明<sup>[3]</sup>, 黄土是

收稿日期: 2005-07-04; 改回日期: 2005-07-26

作者简介: 把多辉(1965-), 男, 甘肃永登人, 工程师, 主要从事管理工作。

从距今约 250 万 a 前的更新世早期开始堆积的。更新世晚期(距今 1 万 a 前),由青藏高原进一步上升到现代的高度,青藏高寒区和西北干旱区最终基本形成,气候进一步变得干凉,风力作用和马兰黄土的堆积速度明显加快,最终在中国北方形成了总面积约 64 万 km<sup>2</sup> 的黄土堆积,并在黄河中游一带形成了蔚为壮观的黄土高原。

## 2 气候变化与黄土高原演变

第四纪期间我国冷期—暖期交替出现的总格局与全球规律是一致的<sup>[4]</sup>。冰缘现象的研究、许多地区孢粉序列的研究、哺乳动物群的研究<sup>[5]</sup>、海平面升降的研究等也都证实了这一结论。尤其是中国科学院黄土高原研究所取得的重大成就,更进一步证实了中更新世以来我国环境演变格局与全球变化规律完全相应<sup>[6]</sup>。中国全新世时期气候变化的总格局与全球一致,即使在强烈隆起、环境演变异乎寻常的青藏高原也不例外<sup>[7]</sup>。

### 2.1 更新世时期的古气候变迁与黄土高原演变

#### 2.1.1 更新世时期的古气候特点

1973 年,我国考古工作者曾在黄土高原沟壑区的泾河上游马莲河畔合水县境内,发掘出一具较为完整的古象化石。经考古鉴定<sup>[8]</sup>,这是更新世早期(200 万 a 前)生活在黄土高原地区的“黄河剑齿象”。这具古象化石向人们展示了当时黄土高原地区气候温和,土壤肥沃,到处是森林、莽原和湖泊;在茫茫的原野上,野马奔驰,羚羊咩叫,鸵鸟漫步,鼯鼠觅食,古象成群……黄土高原俨然是一个天然动植物园。

对旧石器时代早期的古环境与古文化的研究表明<sup>[2]</sup>,地质年代更新世早期和中期的大部分时间,渭河黄土高原呈森林—草原的植被景观和温暖湿润的气候。多种代用资料分析表明<sup>[9]</sup>,在中更新世时期,黄土高原地区曾存在远较现代湿润的气候;自中更新世“雨期”以后,后一湿润期的湿润程度都较相应的前一湿润期降低;后一干旱期的干旱程度都较相应的前一干旱期增强;晚更新世晚期,干旱趋势渐渐明显。由孢粉分析得知<sup>[10]</sup>,地质年代的中更新世晚期到晚更新世早期,气候温和半湿润。

#### 2.1.2 更新世时期的气候对环境演变的响应及对黄土高原的影响

更新世时期我国环境演变的重大事件之一是现代季风,只有在现代季风形成之后,热量、水分条件的空间分布便进行调整,从而决定现代自然地理环境分

布差异的规律<sup>[11]</sup>。青藏高原的间歇、加速隆起,与此同时所伴随着的现代季风出现并日益加强的过程,是我国境内第四纪时期环境演变的两大影响因素,深刻地控制和改变着大高原及周围地区的自然面貌,奠定了我国 3 大自然地理区分异的基础。20 世纪 60 年代,真锅淑郎等人<sup>[12]</sup>所做的数值模拟表明,对于无山模式,即青藏高原不存在时,现今东亚大陆上,冬季的西伯利亚高压和南亚夏季的印度低压都不出现,即不存在现代季风;增入高原影响后,出现与现代季风环流特征相接近的高低压分布形势。近年来的研究工作证明确实存在着这样一个转变过程,现代季风是青藏高原上升到某个高度之后的产物。

喜马拉雅地区,在始新世时还是海洋环境,中新世时强烈的造山运动使这一地区上升为陆地,上新世晚期青藏高原已抬升到平均海拔 1 000 m 左右,更新世早期平均海拔为 2 000 m,更新世中期高原面在 3 000 m 左右,更新世晚期广大高原面已达 4 500 ~ 5 000 m 的高度<sup>[13]</sup>。由于青藏高原隆起初期(更新世早期)面平均海拔约达 2 000 m,此时现代季风已经形成,而青藏高原此时的高度还不足以阻挡湿润夏季风的向北深入。高原本身及其周围的黄土高原,由于现代季风的出现迎来了气候比较湿润的时期,相应地,黄土高原是一个天然动植物园。至更新世晚期,随着青藏高原高度不断增长,对湿润夏季风的屏障作用越来越强。当高度超过 3 000 m 以上时,愈益强大的西伯利亚冷高压势力范围日渐扩大,干冷气流顺高原东侧而下,黄土高原气候向干冷和干旱化方向发展,黄土高原从一个天然动植物园向草原、荒漠化演变。晚更新世的后一阶段,渭水流域大部分地方的植被已草原化了<sup>[2]</sup>。

#### 2.1.3 更新世时期的气候自变化及其对黄土高原演变的影响

刘东生院士等<sup>[14]</sup>研究发现,第四纪约 250 多万 a 的时间内至少有 32 次黄土与古土壤的叠覆(黄红交替),这种叠加结构代表了 32 次由暖湿到冷干的变化,这一结果证明了大陆冰期和间冰期的多旋回性。当气候暖湿时,雨量相对较大,黄土堆积较少,生物繁衍较多,就形成褐红色的古土壤。当气候冷干时,雨量相对较少,黄土堆积较多,生物繁衍较少,就形成黄色的土壤。

由于黄土质地疏松均一,抗蚀力弱,土壤侵蚀现象在一定气候、地貌、植被等因素作用下,显得十分活跃。在地质年代第四纪期(更新世早期至全新世

早期), 尽管没有人类对植被的破坏, 但随着气候变化, 自然植被也相应发生变化, 当气候由湿润向干冷方向发展时, 地面植被相应由森林向灌丛、草原演变, 直到荒漠化, 植被自然退化稀疏, 土壤抗蚀性减弱, 侵蚀转向相对强烈, 形成现代千沟万壑的基本骨架。

戴英生认为黄土高原第四纪地质历史时期经历了 3 个侵蚀堆积旋回<sup>[15]</sup>, 近一万 a 来(全新世)进入第四个, 前 3 个周期分别经历了 10 万 a, 50 万 a 和 3 万 a, 在每个旋回中还存在若干小的侵蚀堆积更替。赵景波, 朱显谟等<sup>[16]</sup>根据黄土高原古地理演变、黄土地层年代学和侵蚀期与堆积期的资料分析, 得出黄土高原出现之前为红土盆地, 250 万 a 来的黄土高原物质运动可分 3 个阶段: 第一阶段出现在 250~140 万 a 之间, 为高原物质内部侵蚀循环期; 第二阶段出现在 140~0.4 万 a 之间, 为高原物质自然侵蚀外流期; 第三阶段出现在 4 000 a 以来, 为高原物质加速侵蚀外流期。

## 2.2 全新世时期的气候变化与黄土高原演变

全新世的气候变化可分为早、中、晚 3 个阶段。距今 10 000 a 至 8 300 a 的早全新世, 距今 8 300 a 至 3 000 a 的中全新世, 距今 3 000 a 以来的是晚全新世。

由于全新世时期亚洲大陆的造山运动已基本停止, 因此引起黄土高原环境演变具有全局性意义的自然因素首先是气候的波动<sup>[17]</sup>。

与以前各地质时期相比较, 全新世时期的环境演变, 绝对幅度实际上是很小的, 但由于在此期间, 环境演变已经与人类社会的发展互为因果、融为一体, 对人类社会的影响来说, 这 1 万 a 来的环境演变具有特别重要的意义。

### 2.2.1 全新世时期的气候变迁特点

全新世气候变化的最大特点是旱化趋势明显<sup>[18]</sup>, 利用陕、甘、宁等省区的历史记载所作分析表明, 黄土高原及甘、宁半干旱、干旱地区, 自公元前 2 世纪以来, 干旱年份出现的频率在不断加大; 公元 9 世纪隋唐及以前, 干旱年份出现的几率不超过 17%, 10 世纪至 14 世纪增大到 27%, 15 世纪至 17 世纪上升至 43%, 18 世纪再上升为 46%, 19 世纪 30 年代以来已超过 51%。气候的旱化趋势, 对黄土高原的环境影响, 可能比气温变化导致的结果更为重要。

竺可桢<sup>[19]</sup>研究认为晚更新世末气候开始转暖, 至中全新世达到最暖, 距今 5 000 a 时平均气温较现

在高 2 ℃, 以后逐渐变冷。

多年来地理和考古研究已经证实: 近 2 万 a 中, 距今 5 000 a 是一个气候变化的分界线。5 000 a 以前气候和温度明显上升, 而 5 000 a 以后, 气温逐渐下降, 干燥度增加。持续至现在, 其间又有若干次以世纪为期的气温回升和复降。

### 2.2.2 全新世时期的气候波动对黄土高原植被演变的影响

距今 10 000 a 至 8 300 a 的早全新世, 是 3 个阶段中最冷最干的时期。

中全新世(约距今 8 300~3 000 a)前后, 是暖湿阶段, 比当前温度高 2.5 ℃ 左右, 降水量比现在多 50% 左右, 黄土高原年降水量比现今约多 100 mm。近年的研究分析资料表明<sup>[17]</sup>, 中全新世存在一个相对于现今的高温气候适宜期。中全新世气候适宜期间, 夏季风影响范围可能比今天向西向北扩张, 气温、降水上升均达到顶点, 自然植被带向北推移, 土壤的成土作用增强。末次盛冰期间夏季极锋位置约在黄河中游地区, 而在气候适宜期极锋位置曾北进到北纬 45° 以北。现代夏季风影响的北界约比气候适宜期偏南 5 个纬度左右, 长江、黄河流域的年降水量偏少 100 mm 左右。周晓红等人<sup>[20]</sup>的研究也证明了这种影响机制的客观存在。

比较有代表性的考古发现是: 西安半坡遗址发现距今 6 000 a 的獐、竹鼠和貉的动物遗骸, 可是现今它们生活在关中以南气候湿润的长江流域。秦安大地湾遗址, 属于仰韶文化晚期的建筑多用立木支撑房屋, 有的主竖墙体竟用 150 根大小木柱。当时生产力水平低下, 还不能长途运输, 这些木材只能采伐自当地。大批的考古工作, 在黄河中、下游地区发现了许多热带动物遗骸, 如野象、犀牛等<sup>[21~22]</sup>。这些证明: 距今 6 000 a 前渭河流域的黄土高原是森林草原类型的景观, 比今天要温暖。

气候适宜期约至距今 3 000 a 前结束, 约自公元前 1 100 a 至公元后 1 400 a, 我国气温属寒暖交替时期, 气候趋势是变冷、变干。

随着气候由温暖变干冷, 黄土高原的植被种属和分布也逐渐发生变化。一方面是耐旱植物成份的增加。而喜温湿润叶乔木分布区周秦时期在黄河中游今离石、延安、庆阳一线, 到南北朝后期开始逐渐向南退缩, 陕北等广大地区则变为以松柏针叶类乔木为主。

由于气候变化引起自然生态环境变化, 在生态

环境的压力下,游牧民族和农耕民族在黄土高原地区发生多次冲突和战争。人类活动对植被变迁的影响开始明显增强。

从秦汉向黄土高原北部和西部移民实边到北宋沿边境州县派驻军队实行屯垦等,一系列的农业开发使所在地区的自然植被破坏,再加战争摧残和大量砍伐,加速了植被的退变。今山西吕梁山地区,唐时曾辟为林区,明末时原来“林木参差,干霄蔽日”的盛况已不复存在。鄂尔多斯高原东部今黄土丘陵区,唐时还盛产良木巨材,后经大量砍伐,至今也未能恢复起来。晋北雁门、偏关之间,明初尚有一望无际的林木,百年之间也十去六七。渭河上游陇西地区的山林,经过长时期多次的砍伐,明清时只剩下一些残林分布于渭源、陇西、甘谷、天水等县境。宁夏南部六盘山区,明代还有不少松林,到清光绪末固原一带已是“山则童山,野则旷野”了。

### 2.2.3 全新世时期的气候波动对黄土高原水土流失的影响

唐克丽等参照陕北、晋西北等地的黑垆土研究确定<sup>[23]</sup>,公元前 6 000~3 000 a,黄土高原正是植被丰茂、温湿的成壤期,不可能发生强烈的侵蚀,土壤侵蚀主要发生在干旱与湿润变化的交替时段。刘东生、安芷生和孙东怀等认为构造抬升和气候因素在黄土高原侵蚀和沟谷发育中起重要作用<sup>[19,24]</sup>;依据第四纪气候变化序列提出干冷与温湿交替即黄土沉积与成壤交替,侵蚀发生在降雨相对增加的成壤期。戴英生<sup>[15]</sup>引用浦庆余资料,距今 9 000~3 000 a 为暖温期,气温较现在高 2~3 ℃,黄土堆积较为强烈,尔后为干寒期,土壤侵蚀加剧。

景可、陈永宗和叶青超等根据黄河下游不同时期发育的冲积扇沉积模式<sup>[25~28]</sup>,初步推算出全新世中期(距今 6 000~3 000 a)、全新世晚期(公元前 1020~1194 年)、1194~1855 年、1919~1949 年、1949 年以来不同时段黄土高原年平均自然侵蚀量分别为 9.75、11.6、13.3、16.8、163 亿 t/a,并以 11.6 亿 t 作为现代侵蚀过程中自然侵蚀的基数和全新世晚期较全新世中期的增幅 7.9% 作为自然加速侵蚀率,计算出 1194~1855 年、1919~1949 年、1949 年以来不同时段人为加速侵蚀率分别为 6.7%、18.4% 和 25%,而现代侵蚀过程中,自然侵蚀约占总侵蚀量 22.33 亿 t 的 51.9%,占主导地位。

进入全新世,特别是全新世后期,黄土高原的水土流失,在遵循自然规律继续进行的基础上,又叠加

了人类活动影响,使之呈现加速发展的特点。原为山地、丘陵、沟谷的地区,当地面一旦失去植被保护,土壤侵蚀剧烈发展。在原已塑造的千沟万壑古地貌基础上,因植被破坏,又延续发展了现代侵蚀,其侵蚀速率远远超过了生物—气候自然演变情况下的自然侵蚀速率。

黄土高原因水土流失,导致土地和土壤退化,生物多样性毁灭,空气中 CO<sub>2</sub> 增多,水资源减少,小气候变化,河床淤积抬高,干旱与洪水灾害频率增多等一系列环境问题,并互为因果,愈来愈趋向不可逆性,呈恶性循环。

### 3 历史时期气候对黄土高原水土流失差异的影响

黄土高原土壤侵蚀受地质、降水、植被与人类活动等多种因素的影响,对于人类活动的影响程度,存在很大的分歧。但气候的变化对黄土高原水土流失的影响极其明显,气候因子中的降雨是水土流失的主要动力之一。黄土高原的降水年季分布极不均匀,高度集中于 6~8 月间,而越向北集中程度越高,降水日数约占年降水日数的 50%~60%,降水量一般占全年降水量的 50%~65%,甚至更多,强降水也发生在这一季节。黄土高原水土流失差异的空间差异主要是在地质和植被差异的基础上,由于降水的时空分布差异造成的。

位于陇西黄土高原和陇东黄土高原的渭河和泾河分别是黄河的一级、二级支流,由于自然条件和黄土高原生态环境的历史阶段性和区域差异性,在历史上,2 河含沙量的差异形成了“泾渭分明”,它的变化代表了陇西黄土高原和陇东黄土高原水土流失的差异。史念海<sup>[29~30]</sup>研究认为,泾渭清浊的历史演变过程是:春秋时期(公元前 770~476 年)的泾清渭浊,战国后期至魏晋时期(公元前 475~公元 420 年)的泾浊渭清,南北朝时期(公元 420~557 年)的泾清渭浊,隋唐时期(公元 557~618 年)的泾浊渭清,唐、宋、元、明、清期间(公元 618~1915 年)的泾清渭浊。延军平等<sup>[31]</sup>利用渭河魏家堡站、泾河张家山站近 30 a(截止 1997 年)的实测水文资料,分析得出:“泾渭分明”状况目前是“泾浊渭清”。

朱拥军等人<sup>[32]</sup>根据 1956~1995 年的气象和水文资料,从气候角度分析了黄土高原水土流失的变化规律。将整个黄土高原按水土流失的程度划分为 3 个区域:主沙源区、二级沙源区和三级沙源区。

主沙源区由3个分区组成,第一分区是河套地区、陕北黄土高原和晋西北黄土高原,最大中心在山西五寨。第二分区为陇西黄土高原西北侧与青藏高原过渡带的大夏河、洮河、祖礼河和湟水河流域,中心在甘肃合作。第三分区为汾河中下游流域,中心在山西临汾。这3个分区中,第一分区的范围最大,且流失程度最高。

二级沙源区主要是青海循化以下至三门峡以上的黄河流域(主沙源区除外)。

三级沙源区又称为沙源过渡区,主要包括青海阿尼玛卿山东北侧到青海循化县之间的黄河流域。

## 4 结束语

中国黄土高原是世界上最大的黄土高原,各种考古发现:黄河中游的黄土高原地区是人类早期农业的源地;黄土层堆积过程中形成的黄土与古土壤叠覆(黄红交替)结构所包含的信息与气候研究中冰蕊所包含的信息一样丰富,而且种类比冰蕊还要多;黄土高原的水土流失是历史时期对人类影响最大的自然地质现象之一。基于以上多种原因,对黄土高原的研究是人地关系与环境演变研究中的重点、难点和热点之一。黄土高原的研究涉及地质地貌学、土壤学、林业学、气候学、水文地质学、考古学、生物学、遥感、地理信息系统等多种学科。对黄土高原环境演变以及人类活动影响的研究仍存在不同认识和观点,有些观点之间的差异还很大,这都有待于进一步探索。

### 参考文献:

- [1] 张兰生. 中国环境演变研究的进展[J]. 地理科学, 1990, 10(3): 16—25.
- [2] 夏正楷. 第四纪环境学[M]. 北京: 北京大学出版社, 1997. 58—67.
- [3] 刘东生. 黄土与环境[M]. 北京: 科学出版社, 1985. 126—147.
- [4] 李吉均, 张林源, 邓养鑫, 等. 庐山第四纪环境演变和地貌发育问题[J]. 中国科学(B), 1983, (8): 734—743.
- [5] 龙玉柱, 徐钦奇. 中国北方更新世哺乳动物群与深海沉积物的对比[J]. 古脊椎动物与古人类, 1981, (1): 77—86.
- [6] 刘东生. 沉积物的对比[J]. 古脊椎动物与古人类, 1981, (1): 77—86.
- [7] 李炳元, 王富葆, 杨逸畴, 等. 试论西藏全新世古地理的演变[J]. 地理研究, 1982, 4(1): 26—35.
- [8] 水利部黄河水利委员会. 黄河万里行[M]. 上海: 上海教育出版社, 1979. 47—80.
- [9] 张兰生. 我国西部和华北中更新世以来湿润状况的变化[A]. 邹进上主编. 气候学研究[M]. 北京: 气象出版社, 1989. 98—103.
- [10] 朱照宇, 丁忠礼. 中国黄土高原第四纪古气候与新构造演化[M]. 北京: 北京地质出版社, 1994. 1—225.

- [11] 张兰生. 中国自然地理环境的形成、演变与地域分异[A]. 任美镛, 包浩生主编. 中国自然区域及开发整治[M]. 环境演变研究[M]. 北京: 科学出版社, 1992. 30—76.
- [12] 真锅淑郎. 山脉在南亚季风环流中的作用[A]. 国外气象学资料[Z]. 1977. 57—63.
- [13] 李吉均, 文世宣, 张青松, 等. 青藏高原隆起的时代、幅度和形式的探讨[J]. 中国科学, 1979, (6): 608—618.
- [14] 刘东生. 黄土与环境[M]. 北京: 科学出版社, 1985. 46—47, 210—227, 409—411.
- [15] 戴英生. 从黄河中游的古气候环境探讨黄土高原的水土流失问题[J]. 人民黄河, 1980, 8(4): 1—8.
- [16] 赵景波, 朱显谟. 黄土高原的演变与侵蚀历史[J]. 土壤侵蚀与水土保持学报, 1999, 5(2): 58—63.
- [17] 赵济. 全新世的环境演变[A]. 赵济主编. 中国自然地理[M]. 北京: 高等教育出版社, 1995. 94—127.
- [18] 耿宽宏. 中国沙区气候[M]. 北京: 科学出版社, 1986. 230.
- [19] 竺可桢. 中国近五千年气候变化的初步研究[J]. 中国科学, 1973, (2): 168—189.
- [20] 周晓红, 赵景波. 黄土高原气候变化与植被恢复[J]. 干旱区研究, 2005, 22(1): 116—119.
- [21] Hameed S, 龚高法. 中国历史时期温度的变化[A]. 张翼主编. 气候变化及其影响[C]. 北京: 气象出版社, 1993. 57—69.
- [22] 施雅风总主编. 本卷主编张丕远. 中国气候与海面变化及其趋势和影响, 中国历史气候变化[M]. 济南: 科学技术出版社, 1996. 426.
- [23] 唐克丽, 张平仓, 王斌科. 土壤侵蚀与第四纪生态环境演变[J]. 第四纪研究, 1991, (4): 300—309.
- [24] 安芷生, 孙东怀. 黄土高原三万年来自然环境变迁的初步研究[A]. 黄土高原地区综合治理开发研究[M]. 北京: 科学出版社, 1988. 55—59.
- [25] 景可, 陈永宗. 黄土高原侵蚀环境与侵蚀速率的初步研究[J]. 地理研究, 1983, 2(2): 1—11.
- [26] 陈永宗, 景可, 蔡强国. 黄土高原的侵蚀与治理[M]. 北京: 科学出版社, 1988. 31—53.
- [27] 叶青超, 景可, 杨毅芬, 等. 黄河下游河道的演变与黄土高原的关系[A]. 第二次河流泥沙国际学术研讨会论文集[C]. 1983. 597—606.
- [28] 甘枝茂. 关于黄土高原侵蚀环境研究中的几个问题[A]. 中国科学院水利部西北水土保持研究所黄土高原土壤侵蚀与旱地农业国家重点实验室编. 土壤侵蚀环境调控与农业持续发展[M]. 西安: 人民出版社, 1995. 8—11.
- [29] 史念海. 河山集(二)[M]. 生活·读书·新知三联书店, 1981. 199—213.
- [30] 史念海, 曹尔琴, 朱士光. 黄土高原森林与草原的变迁[M]. 西安: 人民出版社, 1985. 183—197.
- [31] 延军平, 孙虎. “泾渭分明”的现代特点分析[J]. 地球科学进展, 1999, 14(5): 464—467.
- [32] 朱拥军, 苏炳凯, 周叶芳. 黄河中上游流域降水量的时空特征及其对三门峡库区水沙量的影响[J]. 干旱区地理, 2005, 28(3): 282—287.

很能说明这一点。从 19 世纪 90 年代开始后的几十年,科学家们将燃烧煤而引起的全球变暖看作是一种正面效应,认为这样可以延长下一个冰期的到来。因此,尽管当时认识到了环境的变化,但并没有将其看作是一个环境问题。在 20 世纪 70 年代中期,有人曾提议用 4 倍工业化前的  $\text{CO}_2$  进行气候模拟试验,但是人们认为那种情景出现的可能性很小,结果试验没有进行。接下来人们担心大气中的  $\text{CO}_2$  会增加到工业化前的 2 倍。尽管  $\text{CO}_2$  加倍没有任何显著事实,但是这种想法在当时成了一种恐惧因素。在 20 世纪 70 年代末期,科学家们提出南极冰原西部有融化的可能性,这将导致海平面升高 8 m 左右。进一步的研究强烈地否定了这种事件发生的可能性。另一个恐惧因子是有 Lamont-Doherty 地球观测台的 Wallace Broecker 提出的洋流突变现象,作为对日益变暖的环境的响应,几十年中的一段时期会出现洋流突变,这种变化会扰乱区域和全球气候。在全球变暖问题上,如果不是面临危机状态,认识阈值的寻找仍在继续。由于前面提到的几个应该引起人们担忧的情景并没有引起人们的足够关注,少数持怀疑态度和反对意见的人们对这一问题表现出强烈的反对。尽管存在争论,但各个政府正在通过政府间气候变化专业委员会(IPPC)进行相关合作。

我们也必须意识到对于全球变暖(局地或区域尺度的气候变化可能不足以表征全球的气候变化)或臭氧层损耗(没有臭氧洞时)这样的 CEP,预先可能不会有容易识别的变化临界值。正如美国副总统戈尔时常所说:“我们就像实验室里的青蛙一样,掉进一锅沸水中会立刻跳出来,但是放在微温的水中再慢慢烧熟,就会一直待在那里直到有人把它救出来。”

#### 4 我们可以做什么?

科学家们必须找出应对 CEP 的办法,不仅仅是对影响自己国家的,同时也要考虑其他国家。在评估 CEP 的过程中,我们应该着重加强局地区域的科研能力,使他们能够对付自己的环境问题。这会使第三世界的科学家们加入发达国家科学家的行列去研究这些不知不觉的环境变化。如果各国政府希望实现可持续性发展,那么环境蠕变问题必然是面临的直接挑战。阐述 CEP 的特征以及人们对它们的响应,其目的是帮助政府和社会对 CEP 做出及时和明智的应对措施。通过这种方式,政府或许能够避免被迫进行昂贵的临界危机治理,而对于危机,有许多我们准备不足。

译自 Science Essay, June, 1994, 218~225

(上接第 73 页)

### Research Summary about Climatic Change and Chinese Loess Plateau Evolution

BA Duo-hui<sup>1</sup>, ZHU Yong-jun<sup>1</sup>, WANG Ruo-sheng<sup>2</sup>, WANG Xiu-hua<sup>1</sup>

(1. Tianshui Meteorological Bureau of Gansu Province, Tianshui 741000, Gansu, China;

2. Pingliang Meteorological Bureau of Gansu Province, Pingliang 744000, Gansu, China)

**Abstract:** Based on the domestic current researches, the relations between climatic change and Chinese Loess Plateau evolution during the Quaternary are summarized, and the main characteristics can be listed as follows: ①the crucial factors of Loess Plateau formation are the serial otherness structural variation of Chinese mainland caused by the Himalayan Syntaxes from the Tertiary; ②during the Pleistocene the strong wind caused by Tibetan Plateau apophysis brings great deal of power-dust from the inland desert in middle Asia zone to Loess Plateau zone, which was formed accordingly; ③present monsoon occurred after Tibetan Plateau had reached certain height during the Pleistocene, then the higher of Tibetan Plateau is, the stronger of the barrier against summer monsoon is. The warm and wet climate in Loess Plateau turned into cold and drought, and the types and distribution of vegetation adjusted accordingly; ④the adaptability of vegetation could repeat according to climatic changes, namely the distributing zone moves from north to south on the basis of climatic changes in temperature and precipitation; ⑤during the Pleistocene natural corrosions played great role in soil and water losses in Loess Plateau, and during the Holocene the soil and water losses accelerated because of human activities; ⑥soil and water losses in Loess Plateau are influenced by the geological condition, precipitation, vegetation and human activity, and its spatial variety is obvious.

**Key words:** the Quaternary; loess plateau; evolution; climatic change