

文章编号: 1000-0690(2001)01-0052-05

黄河中游土壤侵蚀与下游古河道 三角洲演化的过程响应*

张丽萍¹, 朱大奎², 杨达源²

(1. 浙江大学水土资源与环境研究所, 浙江 杭州 310029;

2. 南京大学海岸与海岛开发国家试点实验室, 江苏 南京 210093)

提要: 根据黄土高原土壤侵蚀的周期特点, 结合华北平原古河道、古三角洲的演化过程, 应用泥沙输移的过程响应, 分析了晚更新世以来黄河中游黄土高原土壤侵蚀与下游古河道、三角洲演化的关系。在人类历史之前, 黄土高原土壤侵蚀基本上遵循自然生态环境演化规律, 强烈侵蚀期发生在干冷向温湿气候转化的过渡期, 在强烈侵蚀的初期是古河道形成期, 强烈侵蚀的中期是三角洲进积期, 黄河下游河流改道、三角洲横向扩展发生在强烈侵蚀的衰退期。人类历史时期, 土壤侵蚀的外营力迭加了人为作用, 破坏了地质历史时期的规律性, 土壤侵蚀强度越来越强, 基本上按照旱涝变化频率而演化。干冷期降雨不均匀系数增加, 土壤侵蚀加重, 径流量较少, 河床以淤积为主, 是古河道形成期; 正常年黄河泥沙输移比接近于一, 是三角洲进积期, 温湿期降雨量增加、径流量加大, 下游河流改道, 三角洲横向发展。

关 键 词: 晚更新世; 黄土高原; 土壤侵蚀; 河口三角洲; 古河道

中图分类号: P343.5 文献标识码: A

按流域系统论观点, 黄河流域系由受水盆地、输沙通道和河口三角洲等三个子系统构成的开放系统。黄河流域上游主要以产水为主, 中游黄土高原地区以产沙而著名, 形成了黄河受水盆地水沙异源的独特性; 输沙通道以河床比降控制水沙运积特性; 河口三角洲接受上游来沙沉积, 由来沙量控制其加积向海推进、横向扩展的规律。黄河流域经历了晚更新世、全新世等转折时期, 经历干、湿、冷、暖旋回, 生态环境及流域水沙输移特性随之演化, 发生多次突变, 导致黄河下游多次改道, 三角洲横向扩展。

1 晚更新世黄土高原土壤侵蚀旋回与黄河下游古河道三角洲演化

晚更新世, 黄土高原的地貌格局基本上与现在

一致, 在全球和区域气候的影响下, 生物气候发生过多次、多层次的周期振荡, 土壤侵蚀发生周期性的强弱变化。在黄土高原不同地区形成了层次相近的黄土-古土壤相地层剖面, 期间发生过 2~4 层古土壤层, 说明气候发生过 2~4 次冷暖干湿波动变化。干冷期为黄土堆积期, 暖湿期为成壤期^[1~4]。土壤强烈侵蚀主要发生在干冷与暖湿和暖湿与干冷的过渡阶段^[5]。根据黄土高原土壤侵蚀现状, 土壤侵蚀发生的本质特性及生物土壤演化的滞后性, 土壤强烈侵蚀主要发生在土壤形成的初期阶段, 生态环境为半干旱草原和稀树草原。即严重的土壤侵蚀主要发生在黄土堆积层上部、古土壤层底部, 演化模式如下:

气候演变:	干旱	→	半干旱	→	半湿润	→	湿润	→	半湿润	→	半干旱	→	干旱
植物演替:	干草原	→	草原	→	森林草原	→	森林	→	森林草原	→	草原	→	干草原
成壤过程:	浅色黄土	→	褐土性土	→	过渡型土	→	棕壤性土	→	过渡性土	→	褐土性土	→	沙黄土
侵蚀强度:	弱		较强		强烈		中		弱		较弱		次强 较弱 弱

虽然晚更新世河口三角洲演化遗迹被后期海水

所侵蚀, 但根据第四纪气候变化规律、华北平原古河

收稿日期: 2000-02-28; 修订日期: 2000-06-10

基金项目: 南京大学海岸与海岛开发国家试点实验室课题资助, 实验室成果编号 SCIEL-21199108 及浙江大学 2000 年人才引进资金资助。

作者简介: 张丽萍(1960-), 女, 山西文水人, 博士, 副教授, 从事地貌第四纪与土壤侵蚀教学、研究。

道和黄海大陆架古土壤, 可推得当时黄河入海口处三角洲海岸的演化概况。

华北平原在晚更新世后期发育有三期古河道^[6]。自下而上, 第一期古河道堆积物主要为黄灰色中、细砂(41 900 a B. P.); 第二期古河道底板棕红色粘土的表面有侵蚀沟槽和龟裂, 龟裂中有砂质填充, 粘土中发育有带棱角的钙核, 可知该粘土沉积以后, 曾发生过干燥风化和侵蚀过程, 而后才在其上堆积了第二期古河道(18 900±480 a B. P.); 第三期古河道形成在黄土物质堆积之后(11 000 a B. P.)。

晚更新世早期的庐山冰期东部海岸后退, 晚更新世后期的大理冰期是东部海岸海退最甚时期, 海平面平均下降 100~ 120 m, 黄河河道延长, 在黄海

及渤海大陆架残留有 2~ 4 期黄河古河道遗迹^[7, 8]。经过对黄海晚更新世沉积物的地层分析, 可划分出三期陆相古土壤层^[9]。自下而上形成时代约 75~ 69 ka B. P.、60~ 42 ka B. P.、30~ 12 ka B. P., 这三次发育不好的古土壤层反映了当时海平面下降的周期。由此可推得当时渤海也发育有古土壤。黄海大陆架古土壤地层可与黄土高原古土壤地层为互补(表 1)。黄土高原古土壤形成于暖湿气候周期内, 海洋大陆架古土壤形成于干冷气候周期内。根据现有资料推测, 黄海埋藏古土壤与海底古地貌有关, 它可能主要与黄河三角洲和阶地、湖泊、洼地的近岸部位有密切的关系。

表 1 晚更新世气候旋回黄土高原古土壤与滨海地层对比
Table 1 The compared table on the late pleistocene climate cycle and loess plateau paleosol with delta plain stratum

ka B P.	气候期	黄土高原沉积相	黄土高原侵蚀期	滨海平原沉积相
30~ 12	干 冷	马兰黄土上粗粒层	强烈侵蚀期	古土壤形成期
42~ 30	凉 湿	古土壤层		河湖相沉积层
60~ 42	干 冷	马兰黄土细粒层	强烈侵蚀期	假轮虫海侵层
69~ 60	温 湿	古土壤层		古土壤形成期
75~ 69	干 冷	马兰黄土细粒层	强烈侵蚀期	河湖相沉积层
100~ 75	温 湿	古土壤层		海侵层

晚更新世黄土高原古土壤、土壤侵蚀周期与华北平原古河道及黄、渤海大陆架古河道旋回相对应, 只是由于系统上中下游侵蚀、输沙、淤积响应过程, 在时间序列上有前后相接。在干冷气候向暖湿气候转折的初期阶段, 降水量有所增加, 但生物演化和成壤作用的滞后性, 当时的生态环境为多暴雨的半干旱草原环境, 土壤结构性差, 植被覆盖度小, 土壤发生严重侵蚀。由于干冷时期径流量少, 河床发生严重淤积, 推断当时黄河可能发生断流, 华北平原古河道最为发育; 在气候转折的中期阶段, 河水量大幅度增加, 河流基本上能将中游侵蚀掉的物质搬运入海, 输移比接近于一, 是属于三角洲进积时期, 华北平原古河道发育很弱; 到了气候转折的晚期, 气温升高, 降雨增多, 生物群落演化为典型的地带性植被, 覆盖度增加, 土壤发育良好、结构性强, 土壤侵蚀减弱, 河流含沙量减少, 主要挟带河床泥沙, 在下游地区湖沼发育, 河流发生改道、河口三角洲横向展宽, 华北平原古河道基本上处于停滞发育时期。总之, 强烈的土壤侵蚀对应于海滨海湖相沉积, 黄土高原古土壤

形成期与温湿气候的海侵期相对应, 干冷的黄土堆积期, 降雨减少, 黄河发生断流, 海平面下降, 在滨海沿岸发育有层次不全的古土壤层。

2 全新世黄河中游土壤侵蚀与下游古河道三角洲发育的过程响应

黄土高原近 10 000 年来的黄土堆积, 一般厚度不大(3~ 5 m), 这一时期总的气候趋势是向干冷、温凉方向转化, 其中发生过亚周期级的气候波动。晚更新世末干冷的冰期气候在全新世初快速地转变为冰后期的温暖气候, 其间发生过强烈的土壤侵蚀, 即全新世板桥侵蚀期, 黄土高原普遍发育有该期的老冲沟。随着全新世的气候波动, 黄土高原普遍发育有层次不等的黑垆土型古土壤, 是典型草原气候植被条件下的土壤类型, 在部分地势较高的地区黑垆土因上部土层被侵蚀掉, 黑垆土暴露于地表为残积古土壤, 或因侵蚀作用强烈成土物质不宜保存, 没有发育黑垆土, 缺乏该古土壤层。

根据陇西、洛川等典型黄土剖面的¹⁴C 及孢粉

分析,黄土高原全新世黄土地层可分为三个亚成壤期和三个亚黄土沉积期^[1],在相应的过渡期发生过三次强烈的土壤侵蚀,形成了黄土高原普遍发育的坳沟、老冲沟、冲沟等沟谷系统。同期在华北平原相应发育有三期古河道(表 2)。全新世早期,气候由干冷向暖湿方向过渡,植被、动物、地形、河流流量、沉积物和海平面等也均呈现出过渡性。虽然最初河流水量增加,是黄土高原土壤侵蚀最严重期,但由于海平面回升滞后性,华北平原发生了强烈侵蚀,在洪积扇地区形成了侵蚀谷,在冲积平原区形成了侵蚀

面,几乎把冲积平原地区的黄土全部侵蚀掉,黄河下游河床发生淤积,第一期古河道发育。全新世中期,气候较为暖湿,河流流量增加且稳定,以侧蚀为主,河流分叉弯曲,河口三角洲横向扩展,期间有一个短暂的气候变冷、河流快速堆积期,第二期古河道形成。全新世晚期,气候向干冷方向发展,植被减少,人类大量繁衍,栽培植物代替了自然植被,黄土高原土壤侵蚀加重,黄河流量变率较大,河流携带大量泥沙在下游以河流相和泛滥平原堆积为主,第三期古河道形成。

表 2 全新世黄土地层与滨海平原古河道分期对比表

Table 2 The compared table on the Holocene loess stratum with palaeochannels development

时代	地层	沉积物	a B. P.	古河道分期	古气候
Q ₄ ³	西峰层	黄土 L _{h1}	2 000~ 3 000	第三期古河道	温凉偏干
		黑垆土 S ₀₁			
Q ₄ ²	陇西层	黄土 L _{h2}	4 600~ 7 400	第二期古河道	温暖湿润
		黑垆土 S ₀₂			
Q ₄ ¹	洛川层	黄土 L _{h3}	8 100~ 9 900	第一期古河道	温凉较干
		黑垆土 S ₀₃			

3 历史时期黄土高原土壤侵蚀与下游河道三角洲演化的对应关系

丰富的考古和历史记载及物候记录提供了最近 5 000 年的环境变迁信息^[10- 13]。著名物候学家竺可桢利用这些资料系统地研究了中国近 5 000 年来的气候变化,并将其划分为四个温暖期和四个寒冷期(表 3)。气候总的变化趋势为温暖期愈来愈短,寒冷程度愈来愈强。近年来,陕西省、河南省和山西

省许多气象工作者利用物候及考古发掘资料总结出黄土高原地区近 5 000 年来气候变化情况,与中国近 5 000 年来的变化趋势基本吻合。

虽然近 5 000 年来气候也发生过多期的冷暖干湿变化,但历史时期黄土高原的土壤侵蚀迭加人为外营力的作用,破坏了早期的土壤侵蚀旋回规律,而是在生态环境演化的基础上迭加人为干涉程度的综合规律。但其总的发展规律是土壤侵蚀持续发展强度逐渐增加。

表 3 近 5 000 年来气温变化周期与历史文化考古对应

Table 3 The correspondence table on the atmospheric temperature change cycle with historical archaeology since 5000 years

气候变迁	绝对年龄	历史文化	河流变迁
第一温暖期	3 500~ 1 000 a B. P.	仰韶文化至安阳殷墟文化	北流
第一寒冷期	1 000~ 8 50 a B. P.	西周时期	北流
第二温暖期	850 a B. P. ~ 公元初	春秋到秦汉时期	北流改东流
第二寒冷期	公元初~ 600	东汉、三国到六朝	东流
第三温暖期	600~ 1 000	隋唐到宋初	东流改北流
第三寒冷期	1 000~ 1 200	北宋到南宋	东流
第四温暖期	1 200~ 1 300	南宋到元初	东流改南流
第四寒冷期	1 300~ 1 900	元、明、清	南流改东流

在 3 000~ 2 850 a B. P. 的西周寒冷期向春秋战国温暖期的过渡时期,当时虽然有一定的人类活动,但人口数量较少,主要沿河川谷地分布对环境的影响较小,该期的土壤侵蚀主要是遵循过渡期自然环

境演化过程的渐变规律与黄土母质土壤特性。秦汉时期为温暖的相对多雨期,该期农业人口大量向黄土高原地区迁移,垦殖面积、樵采活动增加,人为对自然环境产生了一定的影响,土壤侵蚀加

重。相应黄河下游河道发生改道, 结束了 2 000 年的北流时期, 改由山东入海, 进入东流时期。

自东汉到隋初的 500 多年, 正直第二个寒冷期, 土壤侵蚀相对较轻, 河水输沙量减少, 黄河下游河道相对安定。隋唐时期进入了第三个温暖期, 降雨量相对增加, 是我国最繁盛时期, 人口增加显著, 耕织业发达, 人为对自然干涉严重, 使土壤侵蚀加重, 黄河泥沙趋于增加, 是黄河三角洲加积阶段。到了北宋初期, 黄河下游再次发生改道, 进入第二北流期。

北宋至南宋时期是第三个寒冷期, 气候恶劣, 暴雨频率增加, 干旱程度加强, 黄土高原土壤侵蚀加重, 黄河含沙量越来越多, 下游河床淤高。到了南宋末年, 逐渐过渡到第四个温暖期, 水量增加, 黄河下游发生改道, 南流入淮, 夺淮入海, 进入了南流期。元、明、清时期, 由第四个温暖期一直经历了第四个寒冷期。随着人为活动的急聚加紧, 黄土高原土壤侵蚀有增无减, 黄河含沙量越来越增加, 下游改道越来越频繁。到了清朝后期的 1855 年黄河改为东流持续至今。

总之, 随着历史的推进, 人类活动的干涉作用越益增强, 植被衰变、暴雨侵袭、黄土高原侵蚀环境逐步恶化, 土壤侵蚀呈增加的趋势。人为加速侵蚀速率为自然加速侵蚀速率之比值由全新世晚期的 1:1 发展到目前的数十倍甚至数百倍^[14]。黄土高原严重的土壤侵蚀导致大量泥沙进入河道, 黄河携带巨量的泥沙在下游河道淤积, 导致下河流频繁改道, 河口三角洲纵横发展。

4 结 语

黄土高原严重的土壤侵蚀是黄河含沙量增多、下游河道淤积、频繁改道的基本原因。面积广大的三角洲平原的形成也归属于黄土高原的土壤侵蚀。

(1) 在人类历史以前, 黄土高原土壤侵蚀遵循气候波动、环境演变的规律, 发生周期性的强烈侵蚀。在干冷向温湿转化的土壤强烈侵蚀的初期, 由于径流量较小, 由降雨侵蚀进入河道的泥沙以河道淤积、河床增高为主, 华北平原普遍发育有古河道。在土壤强烈侵蚀的中期, 泥沙输移比基本接近于一, 侵蚀掉的物质大部分输送到入海口处, 三角洲处于加积时期。到了土壤侵蚀衰退期, 侵蚀量逐渐减少, 降雨河川径流增大, 河流除输送坡面的泥沙外, 还强烈切割河床, 下游河流发生改道, 河口三角洲横向扩展。在干冷的黄土堆积期, 海平面下降, 是海底大陆

架古土壤形成期。

(2) 历史时期黄土高原的土壤侵蚀迭加人为外营力的作用, 破坏了早期的土壤侵蚀旋回规律, 而是随着历史的推进, 人类生产活动的加强, 土壤侵蚀持续发生, 强度逐渐增加, 其必然对下游河道的来水来沙变化产生相应的影响, 导致下游河流改道频繁、洪灾严重。但总的规律是, 在干冷期气候大陆度增加, 降水不均匀系数增大, 旱洪灾害频繁, 洪枯水位变幅大, 生态环境恶劣, 土壤侵蚀严重, 下游河道淤积及断流加重。在温湿期, 虽然降雨量增加, 生态环境向良性方向转化, 但由于人为活动破坏自然植被, 逐步演化为耕垦农业植被, 土壤侵蚀仍然强烈, 加之水量增加, 黄河下游河流改道三角洲横向扩展。

参考文献:

- [1] 刘东生, 等. 黄土与环境[M]. 北京: 科学出版社, 1985. 109~ 112, 99.
- [2] 杨怀仁. 第四纪地质[M]. 北京: 高等教育出版社, 1987. 372~ 374.
- [3] 刘东生, 安芷生, 袁宝印, 等. 中国的黄土与粉尘堆积[J]. 中国第四纪研究, 1985, (1): 113~ 125.
- [4] 张宗祜, 等. 中国黄土[M]. 北京: 地质出版社, 1989. 53~ 55.
- [5] 唐克利, 等(编著). 黄土高原地区土壤侵蚀区域特征及其治理[M]. 北京: 中国科学技术出版社, 1990. 213~ 221.
- [6] 吴 忱, 朱宣清. 晚更新世晚期以来华北平原的古河道分期与古环境特征[A]. 华北平原古河道论文集[C]. 北京: 中国科学技术出版社, 1981. 94~ 114.
- [7] 赵希涛, 张景文. 中国沿海全新世海面变化的基本特征[J]. 中国第四纪研究, 1985, (2): 104~ 109.
- [8] 安芷生, 等. 最近 2 万年中国古环境变迁的初步研究[A]. 黄土、第四纪地质、全球变化(第二集)[C]. 北京: 科学出版社, 1990. 1~ 26.
- [9] 刘敏厚. 黄海晚更新世沉积物中的古土壤层[J]. 中国第四纪研究, 1985, (2): 94~ 96.
- [10] 陈家其. 黄河中游地区近 1500 年水旱变化规律及其趋势分析[J]. 人民黄河, 1983, (5): 30~ 34.
- [11] 王英杰, 杨 平, 等. 历史时期黄河下游河道演变特性及其规律研究[A]. 黄河流域环境演变与水沙运行规律研究文集(第四集)[C]. 北京: 地质出版社, 1983. 6~ 12.
- [12] 吴 忱, 等. 黄河古三角洲的发现及其与水系变迁的关系[A]. 华北平原古河道研究论文集[C]. 北京: 中国科学技术出版社, 1991. 235~ 255.
- [13] 吴祥定, 钮仲勋, 等. 历史时期黄河流域环境变迁与水沙变化[M]. 北京: 气象出版社, 1994. 116~ 121, 133~ 142.
- [14] 唐克利, 熊贵枢, 梁季阳, 等. 黄河流域的侵蚀与径流泥沙变化[M]. 北京: 中国科学技术出版社, 1993. 91~ 120.

Research on the Relationship of Loess Plateau Soil Erosion to the Evolution of Yellow River Delta Since the Late Pleistocene

ZHANG Li-ping¹, ZHU Da-kui², YANG Da-yuan²

(1. *Institute of Soil and Water Resource and Environment, Zhejiang University, Hangzhou, Zhejiang 310029;*

2. *State Pilot Laboratory of Coast and Island Exploitation, Nanjing University, Nanjiang, Jiangsu 210093*)

Abstract: The Yellow River has been an integrated drainage system since it linked up in the middle pleistocene. Serious soil erosion of Loess Plateau in the middle reaches has caused the river bed deposition in the lower reaches and the delta change in river outlet. It is the main reason that sediment content in the Yellow River has occupied first place in the world rivers. In the late Pleistocene and early and middle Holocene epoch period, Loess Plateau soil erosion law basically abided by the law of natural ecological environment evolution. Intense soil erosion main occurred in the transition period between loess accumulation and soil formation on the base of polycyclic climatic variation Palaeochannels of the Yellow River lower reaches main developed in the early period of intense soil erosion. The middle period of intense soil erosion was river outlet delta development period. Lower reaches river diversion centralizing happended in the late period of intense soil erosion. In the human history period, as the development of human history, soil erosion continuative occurred and soil erosion intensity became more and more serious because human irrational action destroyed natural vegetation and accelerated soil erosion. Loess Plateau soil erosion evolution law basically abided by the frequently of changes between drought and excessive rain. In arid period, rainfall was not fairly well-distributed, and the calamity of drought and excessive rain became frequent, soil erosion became more serious. However, amount of runoff were less, river bed were silted up, and palaeochannels developed. In the year of rainfall being fairly well-distributed, the Yellow River sediment content and delivery ratio were close to one, the deposited velocity of river outlet delta increased. In the warm and humid period, runoff content increased, lower reach river diversion frequency became higher and higher, river outlet delta developed in transverse.

Key words: The late pleistocene; Loess plateau; Soil erosion; Delta; Palaeochannel