

# 黄土高原生态环境的恶化及其对策

王 力<sup>1,2</sup>, 李裕元<sup>3</sup>, 李秧秧<sup>1</sup>

(1. 中国科学院、水利部 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, 陕西 杨凌 712100;

2. 西北农林科技大学 资源与环境学院, 陕西 杨凌 712100;

3. 中国科学院 地理科学与资源研究所, 北京 100101)

**摘要:** 由于种种原因, 黄土高原生态环境脆弱现象日益扩张, 水土流失、沙漠化、干旱、沙尘暴等灾害频繁发生, 生态环境的可持续性引起了科技工作者的关注。利用历史资料, 从黄土高原 2 000a 左右的自然灾害发生频率、森林植被的严重破坏、土壤侵蚀的不断加剧、人口的无限制增长以及近几十年来黄河的频繁断流等几个方面出发, 说明了黄土高原生态环境在这些重要因素的影响下, 表现出明显的不可持续性发展, 并提出了相应的防治对策, 包括加强人口控制、加快植被的恢复与重建、节约利用水资源以及提高利用效率等。该研究的目的并非消极悲观, 而是正确认识黄土高原生态环境的演变历史, 树立国民的环境忧患意识和可持续发展的思想, 为实现黄土高原的生态安全和持续发展提供科学依据。

**关 键 词:** 生态环境; 不可持续发展; 环境恶化; 黄土高原; 沙尘暴; 黄河断流

中图分类号: X171.1

文献标识码: A

文章编号: 1000-3037(2004)02-0263-09

黄土高原的生态环境历来是人们关注的焦点。距今 2 000a 以来, 黄土高原的生态环境在人类的直接参与下, 发生了根本性变化。“总的状况是, 人类活动所引起的自然环境变化与自然地理要素自身固有的变化相互叠加、相互影响, 使得人类历史时期自然环境之影响因素、作用机理及变化结果显得更为复杂, 而且具有一些明显不同于地质时期的特性”<sup>[1]</sup>。这些自然条件和社会条件中的某一些要素发生变化都可能引起区域环境条件的变化。自然条件来自两个方面, 一是自然界本身有关要素的变化, 另一种是受人类经济活动影响导致周围自然条件变化。无论是自然还是社会要素变化引起周围环境的变化都可能产生两种后果: 一种使环境变得越来越好, 另一种使环境恶化<sup>[2]</sup>。黄土高原生态环境变化的总趋势属于后一种情况。近几年, 沙尘暴的频繁肆虐、水土流失的加剧、降雨量的不断减少、黄河的频繁断流, 再次引发了人们对黄土高原生态环境恶化的深刻思考。从黄土高原 2 000a 左右的环境演变史分析, 其森林植被不断减少, 土壤侵蚀不断加剧, 自然灾害发生频率不断增加, 人口持续膨胀, 这说明黄土高原生态环境在诸多因素的作用下, 正在走向不可持续发展。

## 1 森林植被的不可持续性

根据历史地理学的研究<sup>[3]</sup>, 在西周、春秋战国时, 黄土高原的森林相当广泛, 不仅在陇中、陕北南部、晋西有森林, 就是在陕北北部的横山、白于山, 甚至更北的秃尾河上游、晋西北等地, 森林也相当多, 草原也相当普遍, 草原和森林地区相互交错。但此后由于农业的发展及战乱等因素的影响, 森林和草原遭到持续的破坏。黄土高原的森林植被破坏始于秦汉时期, 秦汉到南北朝时, 森林面积在  $2500 \times 10^4 \text{ hm}^2$  以上, 覆盖率大于 40%, 到唐宋时期, 平原地区森林

收稿日期: 2003-08-29; 修订日期: 2003-10-30。

基金项目: 国家重点基础研究发展规划项目(G2000018605); 国家自然科学基金重点资助项目(30230290)。

第一作者简介: 王力(1973~), 男, 山西临县人, 助理研究员, 博士, 主要从事土壤水分和植被生长方面的研究。

万方数据

已所剩无几,丘陵山地森林也受到破坏,森林面积减少了  $500 \times 10^4 \text{ hm}^2$ , 覆盖率下降到 33%; 明清时期森林面积还有  $800 \times 10^4 \text{ hm}^2$ , 覆盖率约为 15%; 到 1949 年全区林地只有  $370 \times 10^4 \text{ hm}^2$ , 覆盖率为 6.1%, 且主要分布在土石山区<sup>[4,5]</sup>(表 1)。显然,伴随着人类历史的活动,近 2 000a 来,黄土高原的森林植被不断减少,说明其发展是不可持续的。原因一方面与黄土高原的气候趋向干旱有关。刘东生等(1985 年)在《黄土与环境》一书中指出:“发展我国黄土的环境变得越来越干旱”,究其原因,刘东生等认为除地质环境背景和流水侵蚀的作用外,由于高悬于沟谷之上的黄土层中水分越见减少,从而促进了黄土沉积环境旱化和草原化的加强。另据研究<sup>[6]</sup>,我国隋唐时期和元代是气候相对湿润期,宋代和明清为相对干冷期,这种干冷—湿润或湿润—干冷的气候波动,肯定对植被的演变产生了影响。另一方面,人类活动的强烈影响是黄土高原植被破坏的主导因素。历史时期,黄土高原一直是我国的政治、文化中心,人口迁移、战乱、开荒屯田、滥垦、滥伐等始终伴随着黄土高原森林植被的发展,导致其面积越来越少,形成了今天光山秃岭的局面。

表 1 黄土高原历史时期的森林面积变化

Table 1 The change of forest area during the historical period on Loess Plateau

时间	西周	南北朝	唐宋时期	明清时期	1949 年	1988 年	1998 年
面积 ( $10^4 \text{ hm}^2$ )	3 200	2 500	2 000	800	370	450	594
覆盖度 (%)	53	40	33	15	6.1	7.2	9.5

建国 50 余年的经验表明,要恢复被破坏的森林植被,难度之大超过了科技工作者的梦想。20 世纪 90 年代末统计指出,尽管经过近 50a 的植树造林,但黄土高原的森林覆盖率才达到 9.5% 左右,仅比 1949 年增加了 3.4%; 同时,由于天然林被破坏殆尽,增加部分大多为人工林,且有相当一部分成林不成材,甚至成为小老头树,不仅没有经济效益,生态防护效益也甚微。50 余年来黄土高原的水土流失不仅没有减弱,反而有增强的趋势就是有力的证明<sup>[7-9]</sup>。此外,在植树造林过程中,由于植被类型选择失当,过度追求群落生产力,一方面形成了低效低产林,一方面又引发了新的环境问题,如土壤干化、土地退化、局部小气候环境趋于旱化等<sup>[10]</sup>,这些新的环境问题反过来又加重了植被恢复和建设的难度,使得黄土高原森林植被的恢复至今没有明显的成效。

## 2 自然灾害发生的频率明显增加

### 2.1 水、旱灾害

黄土高原是世界上黄土面积堆积最早的地方,我国黄土是干旱和半干旱气候的指示物,从早更新世到晚更新世,黄土堆积的发展标志着我国北方存在着气候变干的总趋势<sup>[11]</sup>。这一气候特征决定了黄土高原地区旱灾的频繁发生,而人类活动又加剧了这一趋势。同时,黄土高原雨季集中,多暴雨的特征又决定了其是水灾多发地区。特别是在 15、16 世纪以后,这一趋势更加明显,说明了黄土高原的生态环境在不断恶化,其发展具有显著的不可持续性。

从表 2、表 3 可知,黄土高原不同类型区旱灾、水灾发生规律如下:山西省在公元 7 世纪、特别是公元 15 世纪以后为灾害频率较高时期;陕西省北部则在公元前 2 世纪和 1 世纪,

表 2 山西省历史时期水、旱灾害出现频率(次数)

Table 2 The occurrence frequency of flood and drought disasters during the historical period of Shanxi Province

世纪	公元前 2	公元前 1	公元 1	2	3	4	5	6	7	8	9
旱灾	0	1	2	0	4	2	4	3	1	1	1
水灾	2	0	0	0	0	1	1	2	1	3	
世纪	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
旱灾	6	6	2	7	8	16	15	17	8	11	14
水灾	万方数据	3	2	4	8	8	29	26	25	36	15

表3 陕北历史时期水、旱灾害出现频率(次数)

Table 3 The occurrence frequency of flood and drought disasters during the historical period of northern Shaanxi province

世纪	公元前 2	公元前 1	公元 1	2	3	4	5	6	7	8	9
旱灾	1					1				1	
水灾	12	15				3	2	3	15	25	16
世纪	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
旱灾	2	1	1		1	6	5	5		11	7
水灾	7	15	7	8	11	35	26	17	14	19	21

公元 7、8、9、11 和 15 世纪以后为灾害频率较高时期。除了公元前 2、1 和公元 8、9 世纪的灾害多发生在陕北外,其它几个灾害多发期在陕北和山西都有表现,只不过灾害出现的时间长短和次数在这两个地区各有不同<sup>[6]</sup>。总的来说,在 2 000 a 的时间里,自然灾害发生频率变化具有波动性显著增长的特点,说明黄土高原的生态环境整体上不断趋于恶化。

据研究<sup>[6]</sup>,公元前 2、1 世纪这一时期,是气候温湿期,也是地震多发期,该时期有所谓自然灾害异常之说。可以认为,灾害的发生与自然灾害异常期相对应。但是,该时期恰是西汉历史时期,灾害的增多也与人口增加、大量土地被开垦和自然环境的破坏有关。公元 7、8、9 世纪也是灾害多发期,这一时期为温湿期,灾害增多尚无对应的气候变化背景和其它自然要素变化的背景。但这一时期的大部分时间正是隋唐时期,人口大幅度增加,植被遭到破坏,土壤侵蚀加剧,生态环境恶化,应是自然灾害增多的社会原因。公元 11 世纪为气候寒冷期,可以认为,灾害增多的原因是气候变迁所致。公元 15 世纪以后自然灾害显著增多,这与人口的增加,人类活动加剧,黄土高原的自然环境亦趋于恶化相吻合。正是在明代后期黄土高原生态环境恶化的背景下,自然灾害的发生也变得频繁起来。因此,明代后期自然灾害发生频率增加的影响因素中,人类不合理的生产活动是主导因素。

## 2.2 沙尘暴

沙尘暴是由特殊的地理环境和气象条件形成的一种较为常见的自然现象,主要发生在沙漠及其临近的干旱半干旱地区。沙尘暴的成因主要有气象因素和人为因素两方面,气象因素包括长期干旱、气温高、风速大和不利的天气系统,人为因素主要是人口增加、环保意识差、滥垦滥伐滥牧,严重破坏下垫面植被状况,水资源的无序开采,导致土地大面积沙化。沙尘暴过程对生态系统的破坏力极强,它能够加速土地荒漠化,对大气环境造成严重的污染,使空气质量显著下降,对人类健康、城市交通、通讯和供电产生不良影响<sup>[12]</sup>。黄土高原地区属于中纬度干旱半干旱地区,地表多为沙地、稀疏草地和旱作耕地,特别在春季地表覆盖率低,天气状况适宜的条件下,较容易形成沙尘暴天气。建国后的 50 余年来,我国北方地区(特别是黄土高原地区)的沙尘暴天气呈显著增长的趋势。据统计,20 世纪 50 年代特大沙尘暴在我国北方发生过 5 次,60 年代发生过 8 次,70 年代发生过 13 次,80 年代发生过 14 次,90 年代发生过 23 次,而进入本世纪后短短的 4 年里已发生了 48 次,并且波及的范围愈来愈广,造成的损失愈来愈重。沙尘暴的频繁发生是生态环境恶化的重要标志之一,黄土高原地区也不例外,正是由于生态环境遭到严重的破坏,导致了沙尘暴的不断发生,使本区的生存环境愈发脆弱,向不可持续的方向发展。

## 2.3 土壤侵蚀

由于人口的增加,开荒垦田的范围和强度不断扩大,植被遭到严重破坏,黄土高原成为世界上水土流失最为严重的地区之一,水土流失面积占总面积的 80%。长期强烈的水土流失,使黄土高原支离破碎、沟壑纵横,沟壑密度在强烈区为  $4\sim7\text{ km}\cdot\text{km}^{-2}$ ,最高达  $10\text{ km}\cdot\text{km}^{-2}$ ;在陕北、晋西黄土丘陵沟壑区,年侵蚀模数达  $8\,000\sim25\,000\text{ t}\cdot\text{km}^{-2}\cdot\text{a}^{-1}$ <sup>[13,14]</sup>。人口增加、资源减少、环境恶化,造成了生态环境系统恢复与重建的不可逆转。近 2 000 a 来,人类活动强烈地影响着黄土高原地区的生态环境演变,使土壤侵蚀在自然侵蚀基础上,叠加了人为加速侵

蚀。黄土高原土壤侵蚀的发生发展与其生态环境的演变密切相关，在生态环境的演变过程中，土壤侵蚀过程在整个黄土高原系统中占主导地位，二者相互影响，相互促进，一方面生态环境的破坏加重和加速了土壤侵蚀过程；另一方面土壤侵蚀又引发了水旱灾害、荒漠化、滑坡、泥石流、土地退化、环境污染等一系列严重问题，导致生态环境的持续恶化。表4为土壤侵蚀量与人口增加量的关系<sup>[6]</sup>。从表中可知，黄土高原的土壤侵蚀量从公元742年到公元1980年的1200余年里，从 $11.6 \times 10^8 \text{t}$ 增加到 $22.3 \times 10^8 \text{t}$ ，增加了近1倍；人口从 $1010 \times 10^4$ 人增加到 $7520 \times 10^4$ 人，增加了 $6510 \times 10^4$ 。其中，从公元742~1820年近1100a间，侵蚀量仅增加了 $1.7 \times 10^8 \text{t}$ ，人口增加了 $1980 \times 10^4$ 人；而1820~1980年短短的160a时间里，侵蚀增加量达到了 $8.8 \times 10^8 \text{t}$ ，人口增加量达到了 $4530 \times 10^4$ 人。另外，当人口增加量的比值为1:2.7:68.1时，年侵蚀增加量的比值为1:6.37:1.59，即1820年前，每增加1倍人口，年侵蚀量增加1倍；1820~1949年，每增加1倍人口，年侵蚀量增加6.37倍；1949~1980年，每增加1倍人口，年侵蚀量增加1.59倍，虽然倍数的增加下降，但土壤侵蚀量的绝对值却从1949年的 $16.3 \times 10^8 \text{t}$ 增加到 $22.3 \times 10^8 \text{t}$ ，增加了 $5.3 \times 10^8 \text{t}$ ；进入20世纪90年代后期，土壤侵蚀量有所下降，由1980年的 $22.3 \times 10^8 \text{t}$ 下降到1996年的 $16.0 \times 10^8 \text{t}$ ，下降了 $6.3 \times 10^8 \text{t}$ ，说明1980年代后黄土高原的水土流失治理取得了一定的成效。但值得注意的是土壤侵蚀量的减少很大程度上是降水减少所致，一旦降水尤其是暴雨增加，高强度土壤侵蚀的状况仍会频繁出现，同时侵蚀量的绝对值仍很大，侵蚀环境仍未根本改变，水土流失严重的局面依然没有得到有效的控制<sup>[26]</sup>。总的来说，从清代中叶之后，伴随着人口的急剧增加，土壤侵蚀量也急剧增加，说明人类活动对土壤侵蚀发生了极为显著的影响，人为加速侵蚀对生态环境的破坏占据了主导地位<sup>[15~18]</sup>。

表4 人口增加与侵蚀量变化的关系<sup>[6]</sup>

Table 4 The relationship between changes in soil erosion amount and population growth

年代	间隔年数	人口			侵蚀量					人口增加1倍侵蚀量增加的倍数
		数量 ( $10^4$ 人)	增加数 ( $10^4$ 人)	年均增加数 ( $10^4$ 人)	倍*	数量 ( $10^8$ t)	增加数 ( $10^8$ t)	年均增加数 ( $10^8$ t)	倍	
742		1 015.76				11.6				
1820	1 078	2 995.6	1 979.8	1.84	1.0	13.3	1.7	1.58	1.0	1 (1820年前)
1949	129	3 639.5	643.9	4.99	2.7	16.3	3.5	27.13	17.2	6.37 (1820~1949)
1980	31	7 521.6	3 882.1	125.2	68.1	22.3	5.3	170.97	108.2	1.59 (1949~1980)
1996	16	9 544.8	2 023.2	126.5	68.8	16.0 <sup>[26]</sup>	-6.3	-393.75	-249.21	-1.97

注\*：指以1820年一栏对应的年均增加人口数1.84为基数，被下一个年代对应的年均增加人数相除，如1820年，年均增加人口数为1.84，则增加倍数为 $1(1.84/1.84)$ ；1949年，年均增加人口数为4.99，则增加倍数为 $2.7(4.99/1.84)$ 。

### 3 黄河水资源的不可持续性

从20世纪70年代以来，黄河几乎年年发生断流，上游来水量逐年减少，面临着明显的不可持续性发展。在1972~1999年间，平均4年3断流（表5），到80年代后期，断流时间不断提前，断流范围不断扩大，断流的频次、历时不断增加，造成的损失也逐年增大。1997年，利津站断流13次，累计达226d，断流长度704km，断流从山东整个河段往上发展到河南郑州附近的花园口，给下游造成 $100 \times 10^8$ 元的损失。截至2003年1月1日的最新统计数字<sup>[19,20]</sup>，黄河干流的龙羊峡、刘家峡、万家寨、三门峡、小浪底5座大型水库的总蓄水量比2002年同期大幅减少，是历史上蓄水最少的一年。黄河水量今年总共只有 $117 \times 10^8 \text{m}^3$ ，而沿黄各地需水量为 $167 \times 10^8 \text{m}^3$ ，缺口达 $50 \times 10^8 \text{m}^3$ ，约占需求量的1/3。特别是上游的刘家峡和龙羊峡水库，如果持续干旱少雨，将面临“揭不开锅”的严峻局面。

曾经浊浪滔滔的黄河为什么会频繁断流，走向不可持续发展呢？除了大自然的周期性循环这一无法抗拒的因素外，人类的大规模活动以及对资源的掠夺式开发，是导致黄河水资源

表5 利津站黄河断流天数及长度统计

Table 5 Days and lengths of cut-offs of Yellow River in Lijin Station

年份	天数 (d)	断流长 度 (km)									
1972	19	310	1980	8	104	1989	24	277	1996	136	579
1974	20	316	1981	36	662	1991	16	131	1997	226	704
1975	13	278	1982	10	278	1992	83	303	1998	142	579
1976	8	166	1983	5	104	1993	60	278	1999	40	662
1978	5	104	1987	17	216	1994	75	308			
1979	21	278	1988	5	150	1995	122	683			

枯竭的重要原因。据记载,由于气候干湿的周期性变化,历史时期黄河也出现过断流<sup>[21]</sup>,如《晋书·怀帝记》记有公元309年3月大旱,“江、汉、河、洛皆竭”,《明史·五行志》记有1372年“河南黄河竭,行人可涉”,但持续时间均很短,一般为1年左右,远没有现在严重。黄河频繁断流,水资源濒临枯竭,走向不可持续性发展,主要原因还是人类不合理活动对自然资源的无限索取造成的。人口急剧增加、工农业生产迅猛发展,城市化进程加快,使得利用黄河水的速度成倍增长,特别是农业灌溉用水量不断加大。此外,水资源使用管理不力,用水的过度浪费,使人类对黄河水资源的需求远远超过了黄河流域水资源的承载能力,这也是造成黄河断流的重要原因之一。如宁、蒙灌区的农业灌溉用水目前每m<sup>3</sup>只有1.2分,一瓶矿泉水可以买到200t黄河水。如此廉价的水费,必然导致严重的浪费。引黄灌区平均用水量高达6 000~9 000m<sup>3</sup>·hm<sup>-2</sup>,而关中一些灌区年毛用水量仅在3 000m<sup>3</sup>·hm<sup>-2</sup>左右。灌溉水利用率平均而言一般在40%~50%左右,工业用水利用率也不过50%。农业灌溉是黄河用水大户,平均年耗水量高达263×10<sup>8</sup>m<sup>3</sup>,依据目前的灌溉水利用率,至少有一半以上的水资源被白白浪费掉<sup>[22]</sup>。

黄河径流量在逐年减少的同时,黄河水污染却一年比一年加重。据水质监测资料表明,对黄河干支流2 550km河长进行水质评价,结果是:优良水质河段占3.9%,水质尚好的河段占17.2%,水质较差的占34.1%,水质很差的占16.1%,劣质水(丧失水功能的水)占8.7%,后三项共占河长的70%。断流及其严重污染,使黄河中下游生态环境严重恶化,河口草甸植物和近海水域生物资源退化。黄河原有鱼类150多种,年捕捞量70×10<sup>4</sup>kg,目前1/3种群已绝迹,捕捞量下降40%,如享有盛名的洛河鲤鱼和伊河鲂鱼现已基本绝迹<sup>[23]</sup>。一些专家指出,黄河流域的水污染如果任其发展,过不久,黄河将变成“黑河”。黄河断流和严重污染向我们警示,自然资源的开发和利用是有条件的,粗放掠夺式开发带给我们的灾难并不遥远。

#### 4 人口过度增加

黄土高原是历史上农耕民族与畜牧民族交错分布地区,也是汉族和少数民族杂居地区,先后有30多个民族在这里生活和栖息,他们相互融合,也相互斗争,因而在人口发展历史上,既有平稳增长到直线上升时期,也有增长停滞,人口大幅减少时期,但其总趋势表现为持续增长,在此过程中,由于战乱和自然灾害造成的人口减少时期并不占据主导地位。

人口与自然资源是一对基本的社会经济矛盾。经济不发达和欠发达地区的人口爆炸,引起对自然资源竭泽而渔式的索取,导致人均资源日益减少,生态失衡。当人口未到一定数量时,这对矛盾不会显现出来。即使人口在某一个地方过多,出现了过度开发利用自然资源的状态,影响到社会经济的可持续发展,人类通过迁移到一个新的地方解决这个矛盾。比如,大约4 000a前,中国人已经开发利用黄土高原,毁灭了部分绿色,裸露了黄土,但是对中华民族的生存并没有造成过分严重的影响。据刘东生考证,中国汉代(公元2年),黄土高原约有1 000×10<sup>4</sup>人,后由于长期的战争,导致人口锐减,到公元280年,约为350×10<sup>4</sup>人(表6)。该时期内,动乱和游牧民族占据着主导地位,人口负载量空前下降,对于生态环境的恢复发生了明显的作用,表现为许多地区的森林资源未遭到严重破坏,黄土高原西部的甘肃和宁夏一

带从远古时期一直未开发的森林在此阶段依然得到良好的保持；东部山西省的森林面积也很大，在草原地区草被也保护得很好，人口与自然资源的矛盾得到了缓解，人口压力对黄土高原生态环境的破坏未形成持续的作用，而且有一个较长的恢复阶段，所以，水土流失和环境尚未出现重大滑坡。隋、唐统一后，人口才出现了缓慢的增长，到明初（公元 1491 年），人口达到  $1.150 \times 10^4$  人。据研究<sup>[25]</sup>，隋朝大业二年，平均每人拥有耕地  $2.81 \text{ hm}^2$ ，每个家庭拥有耕地  $14.6 \text{ hm}^2$ ，只要划出一小块耕地用于种粮食，不用去大面积毁林开荒。唐天宝 14 年时，人均拥有耕地面积减少为  $1.80 \text{ hm}^2$ ；明朝万历六年，每人平均拥有耕地面积减少到  $0.77 \text{ hm}^2$ 。黄土高原是在经历了长达近  $1.500 \text{ a}$ （从公元 2 年到 1491 年）的人口徘徊时期后，人均耕地面积开始持续减少，人口与自然资源的矛盾逐渐表现出来，并对人类的生存产生威胁。进入清朝后，人口持续增长主要与当时推行的“摊丁入地”和税制有关。乾隆 12 年（1749 年），黄土高原人口增长到  $2.350 \times 10^4$  人，公元 1860 年突破了  $4.000 \times 10^4$  人；1949 年后，放松了人口的控制，1998 年人口已达到  $1.04 \times 10^8$  人，比 1949 年增加了近 2 倍，导致自然资源和耕地紧缺接近极限水平。强大的人口压力使农业生态系统超负荷运转，森林生态系统被彻底破坏，土壤侵蚀明显加剧，河流变浊，沟壑纵横、荒山秃岭的自然景观更加严重，生态环境发展的不可持续性明显地表露出来。

表 6 从西汉末到公元 2000 年黄土高原人口负载量的变迁<sup>[24]</sup>

Table 6 The changes of population supporting capacity from Western-Han Dynasty to 2000 A.D. on Loess Plateau

时期	东汉		三国		唐				宋			元		明	
年代（年）	2	140	280	609	640	713	752	813	980	1079	1102	1210	1290	1381	1391
人口（ $10^4$ 人）	1 000	300	350	1 250	400	1 000	1 300	500	400	1 000	1 100	1 600	250	750	850
时期															
明		清						民国				中华人民共和国			
年代（年）	1491	1661	1724	1749	1812	1840	1860	1880	1890	1925	1928	1936	1949	1982	2000
人口（ $10^4$ 人）	1 150	1 750	2 000	2 350	3 500	3 850	4 000	3 250	2 750	4 000	3 250	3 000	3 500	7 811	10 418

## 5 结语和对策

21 世纪，中国环境问题，特别是西部黄土高原的环境问题面临着非常严峻的考验，应站在历史的高度，对黄土高原生态环境的演变史进行反思，以求得发展的最佳途径。黄土高原生态环境的恢复和治理应着重注意以下几个方面。

首先是加强人口控制，坚持计划生育的基本国策。改变过去按人口密度确定各地区计划生育工作力度的做法，低人口密度区往往是人口压力较大的地区，因为这些地区的人口生态负载容量小。一般认为，黄土高原地区的人口密度不应超过  $20 \text{ 人}/\text{km}^2$ ，现在已达到  $65 \text{ 人}/\text{km}^2$ <sup>[2]</sup>。故只有将人口自然增长率控制在 10‰ 以内，才有可能在一个较长的时期内保证人地关系的协调发展，缓解过多人口对生态环境产生的巨大压力。

其次，坡耕地实行退耕还林还草，进行有效的植被恢复与重建。在国家层次上，要坚定地把生态效益放在首位，生态环境的建设应着眼于生态效益和长远的、持续的经济效益，在生态效益与眼前的经济效益发生矛盾时，应服从于生态效益。

第三，节约水资源，提高水分利用效率，缓和水资源不足带来的生态压力。黄土高原水资源受降雨量的影响决定了黄土高原的水资源整体不足，黄河频繁断流。故必须采取相应措施（如改良土壤结构、增加植被盖度），实现对天然降水性质的改变，使更多的地表水资源为植物和土壤所涵蓄，促进降水、地表水和地下水资源的良性循环和相互转化，增加补给量。一方面兴修骨干水库，提高调蓄水沙能力，改变断流与弃水并存的局面；另一方面加快灌区节水技术改造和节水配套方案，合理确定灌溉水价，从而杜绝对有限水资源的严重浪费。

生态系统的稳定及和谐是社会持续发展的基础，而合理的人口承载量、良好的植被覆盖率、充足的~~人力资源~~等又是工农业生产系统稳定的前提。目前黄土高原人口已高达  $1.0 \times 10^8$  人

以上,尽管厚厚的黄土延缓了黄土高原生态系统彻底崩溃的时间,但其生态的不稳定性也使中华文明的进步付出了极大的代价。这种代价是今天在我国人多地少、人地矛盾日趋尖锐,环境不断恶化的基本国情下探讨我国生态环境持续发展的方略所必须深刻认识和反思的。笔者提出黄土高原生态环境的不可持续性观点,目的是加深国民的环境忧患意识,提醒各级政府在发展经济的同时加强对环境的保护,节约利用各种环境资源,将黄土高原建设成生态合理、经济发达的区域。

## 参考文献(References)

- [1] 吴发启,朱德兰.黄土高原生态环境恢复与重建的几个问题[J].西北农林科技大学学报(社会科学版),2001,1(2):13~16.[WU Fa-qi,ZHU De-lan.Several problems of restoration and rebuilding on the ecological environment in Loess Plateau.*Journal of Northwest Sci-Tech University of Agriculture and Forestry(Social Science)*,2001,1(2):13~16.]
- [2] 景可.加快黄土高原生态环境建设的战略思考[J].水土保持通报,2001,21(1):1~5.[JING Ke.Strategical consideration on expediting environment construction on Loess Plateau.*Bulletin of Soil and Water Conservation*,2001,21(1):1~5.]
- [3] 史念海,曹尔琴,朱士光.黄土高原森林与草原的变迁[M].西安:陕西人民出版社,1985.[SHI Nian-hai,CAO Er-qin,ZHU Shi-guang.The Vicissitude of Forest and Grass in Loess Plateau.Xi 'an:Shaanxi People 's Press,1985.]
- [4] 代亚丽,蔡江碧,王宏丽.植被建设在黄土高原生态环境建设中的地位和作用[J].西北农业大学学报,2000,28(6):30~34.[DAI Ya-li,CAI Jiang-bi,WANG Hong-li.The position and role of vegetation construction in ecological environment construction in Loess Plateau.*Acta Univ.Agric. Boreali-occidentalis*,2000,28(6):30~34.]
- [5] 汪习军.对黄土高原水土流失治理的几点认识[J].中国水土保持,1999,12(12):17~19.[WANG Xi-jun.Cognition on soil and water loss management of the Loess Plateau.*Soil and Water Conservatoin in China*,1999,(12):17~19.]
- [6] 郑粉莉,唐克丽,白红英.黄土高原人类活动与生态环境演变的研究[J].水土保持研究,1994,1(5):36~42.[ZHENG Fen-li,TANG Ke-li,BAI Hong-ying.Study on relationship between human 's activities and environmental evolution.*Research of Soil and Water Conservation*,1994,1(5):36~42.]
- [7] 甘枝茂,桑广书.关于黄土高原退耕还林(草)问题[J].干旱区资源与环境,2002,16(1):62~65.[GAN Zhi-mao,SANG Guang-shu.Discussion on the cultivated land reduction and forest and grass on Loess Plateau.*Journal of Arid Land Resources and Environment*,2002,16(1):62~65.]
- [8] 高尚玉,陈渭男,靳鹤龄,等.全新世中国季风区西北缘沙漠化初步研究[J].中国科学(B辑),1993,23(2):202~208.[GAO Shang-yu,CHEN Wei-nan,JIN He-ling,et al.The Primary research on desertification of northwest ridge in China monsoon rea during the Holocene Stage.*Science in China (Series B)*,1993,23(2):202~208.]
- [9] 中国科学院黄土高原综合科学考察队.黄土高原地区自然环境及其演变[M].北京:科学出版社,1991.[Group of CAS Science Survey on Loess Plateau.Natural Environment and its Evolvement of Loess Plateau.Beijing:Science Press,1991.]
- [10] 王力,邵明安,侯庆春.黄土高原土壤干层初步研究[J].西北农林科技大学学报(自然科学版),2001,29(4):34~38.[WANG Li,SHAO Ming-an,HOU Qing-chun.The primary research on dried soil layer in the Loess Plateau.*Journal of Northwest Sci-Tech University of Agriculture and Forestry (Nat.Sci.Ed.)*,2001,29(4):34~38.]
- [11] 杨文治,邵明安,彭新德,等.黄土高原环境的旱化与黄土中水分关系.中国科学(D辑),1998,28(4):357~365.[YANG Wen-zhi,SHAO Ming-an,PENG Xing-de,et al.On the relationship between environmental aridization of Loess Plateau and soil water in loess.*Science in China (Series D)*,1998,28(4):357~365.]
- [12] 罗敬宁,范一大,史培军,等.多源遥感数据沙尘暴强度监测的信息可比方法[J].自然灾害学报,2003,12(2):28~34.[LUO Jing-ning,FAN Yi-da,SHI Pei-jun,et al.Information comparable method of monitoring the intensity of dust storm by multisource data of remote sensing.*Journal of Natural Disasters*,2003,12(2):28~34.]
- [13] 上官周平,彭珂珊.黄土高原粮区生产与持续发展研究[M].西安:陕西人民出版社,1999.[SHANGGUAN Zhou-ping,PENG Ke-shan.Research on Grain Production and Sustainable Development of Loess Plateau.Xi 'an:Shaanxi People 's Press,1999.]
- [14] 鲁志得.西游数据发指南[M].北京:中国社会出版社,2000.[LU Zhi-de.Guide of Western Development of China.Beijing:

China Society Press,2000.]

[15] 贺秀斌.地质时期黄土高原土壤侵蚀系统初步分析[J].水土保持研究,1994,1(5):16~21.[HE Xiu-bin.A Preliminary analysis on soil erosion system of the Loess Plateau in geological age.*Research of Soil and Water Conservation*,1994,1(5):16~21.]

[16] 中国科学院黄土高原综合科学考察队.黄土高原地区综合治理开发系列研究·黄土高原地区的人口问题[M].北京:科学出版社,1991.[Group of CAS Science Survey on Loess Plateau.Series Research on Comprehensive Control and Development of Loess Plateau:Issue on the Population of Loess Plateau.Beijing:Science Press,1991.]

[17] 中国科学院黄土高原综合科学考察队.黄土高原地区综合治理开发系列研究·黄土高原地区土壤侵蚀区域特征及其治理途径[M].北京:科学出版社,1991.[Group of CAS Science Survey on Loess Plateau.Series Research on Comprehensive Control and Development of Loess Plateau:Regional Characteristics and its Control of Soil Erosion on the Loess Plateau.Beijing: Science Press,1991.]

[18] 叶青超.黄河下游河道演变和黄土高原侵蚀的关系[A].中国水利学会,国际水文计划中国委员会.第二次河流泥沙国际学术讨论会论文集[C].北京:水利电力出版社,1983.[YE Qing-chao.Relationship between watercourse of downstream of Yellow River and soil erosion of Loess Plateau. Beijing:Water Resources and Power Press,1991.]

[19] 郭国松.大河气喘[N].南方周末(广州),2003-05-15(6).[GUO Guo-song.Breathless River.South Weekend,2003-05-15(6).]

[20] 郭国松.黄河水何时足[N].南方周末(广州),2003-05-15(7).[GUO Guo-song.When the water of Yellow River will be Enough. South Weekend, 2003-05-15(7).]

[21] 王爱军,朱城.黄河断流对全球气候变化的响应[J].自然灾害学报,2002,11(2):103~107.[WANG Ai-jun,ZHU Cheng. Response of water break-off in the Yellow River to global climate change.*Journal of Natural Disasters*,2002,11(2):103~107.]

[22] 张会敏,王建中.黄河流域灌区面临的主要问题及对策[J].中国农村水利水电,1998,1(4):15~17.[ZHANG Hui-ming, WANG Jian-zhong.Actual problems and countermeasures of irrigation area of Yellow River.*China Village Water Resources and Power*,1998,(4):15~17.]

[23] 苗润生.关注黄河断流及其污染[J].环境保护,2000,6:20.[MIAO Run-sheng.Attention to breakoff of Yellow River and its pollution.*Environment Protection*,2000,(6):20.]

[24] 陆建飞,王建革,刘学军,等.从黄土高原人口负载量的变迁看农业发展的生态制约[J].生态经济,1996,4(4):44~47.[LU Jian-fei,WANG Jian-ge,LIU Xue-jun,et al.Studies on ecological limits to agricultural development on Loess Plateau:From the change of population capacity.*Ecological Economy*,1996, (4):44~47.]

[25] 杨永华.可持续发展与马尔萨斯均衡[J].南京社会科学,2001,5:12~15.[YANG Yong-hua.Sustainable development and Thomas Robert Malthus equilibrium.*Social Sciences in Nanjing*,2001,(4):12~15.]

[26] 申元村,洪清华.黄土高原土壤侵蚀有效防治战略[J].中国水土保持科学,2003,1(2):22~27.[SHEN Yuan-cun,HONG Qing-hua.Strategy to control soil erosion effectively in the Loess Plateau.*Science of Soil and Water Conservation*,2003,1(2):22~27.]

## The eco-environment deterioration and its counter-measures in the Loess Plateau

WANG Li<sup>1,2</sup>, LI Yu-yuan<sup>3</sup>, LI Yang-yang<sup>1</sup>

(1.State Key Lab. of Soil Erosion and Dryland Farming on the Loess Plateau, Inst. of Soil and Water Conservation, Water Resources of Ministry, CAS, Yangling, Shaanxi 712100, China; 2. College of Resources and Environment, Northwest Sci-Tech University of Agriculture and Forestry, Yangling, Shaanxi 712100, China; 3. Inst. of Geographic Sciences and Natural Resources Research, CAS, Beijing 100101, China)

**Abstract** 万方数据 黄土高原土壤侵蚀程度加剧,生态环境恶化已成为一个严重而紧迫的问题。

Loess Plateau. How to deal with the relationship between environment and development in China's western development has been put to agenda. Due to all kinds of factors, fragility eco-environment is getting worse and worse, disasters such as soil and water loss, desertification, drought, sand storm dust and so on happened frequently. Therefore, it is necessary to consider both natural factors and human impacts to fully understand environmental deterioration. A thorough comprehensive study of historical changes especially will enhance our capability to predict future environment dynamics and devise more effective environment management strategies. In our study, we put our focus on the historical changes of forests, drought and flood disasters, soil erosion, duststorm and population in the Loess Plateau, which have very close relationship with the eco-environment. By the analysis of historical materials, we think the development of eco-environment is seriously challengeable and unsustainable in the Loess Plateau. The objective is by no means pessimistic, but is to correctly recognize the evolution history of eco-environment in a wise way, to make local government pay more attention to the environmental crisis and the sustainable development, build up public awareness of local farmers to the concerned aspects and to implement the reasonable measures of eco-environment improvement and sustainable development of the Loess Plateau so as to provide scientific basis for the realization of eco-environment security and sustainable socio-economic development of the Loess Plateau.

**Key words** : eco-environment; unsustainable development; environment deterioration; Loess Plateau; duststorm; cut-offs of Yellow River