

陕北黄土高原生态环境治理与可持续发展关系问题

Eco - Environmental Management on the Shanbei Loess Plateau and Its Sustainable Development

罗 慧 万迪 霍有光 魏 明

(西安交通大学工商管理学院 陕西西安 710049)

可持续发展与气候地貌环境变化有着密切的关系,人类赖以生存的自然界气候环境变化作为一个活跃因子,正在人类活动的影响下发生着重大的变化,当前的生态危机正是对人类与自然的关系必须实施全新、全面调整的警告。

一、黄土高原生态环境可持续发展问题

陕北黄土高原的演变是人类与自然关系的一个典型案例,其生态环境演变与恶化的趋势,实质是众多因子相互作用的结果,这些因子又与开发西部落后的经济互为因果,已经成为制约西部可持续发展的障碍(见图 1)。

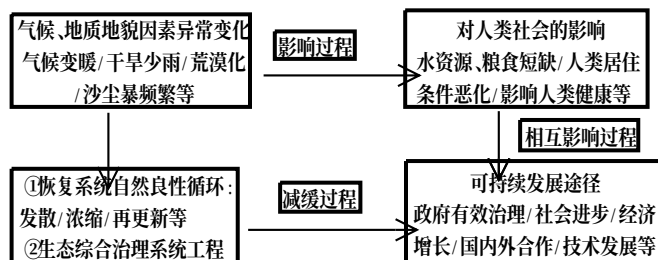


图 1 陕北黄土高原可持续发展与气候地貌环境变化集成框图

德国研究复杂系统的著名专家克劳斯·迈因尔在其所著《复杂性中的思维》中说:“我们生活在一个复杂的非线性世界上,处在有序和混沌的边缘。复杂性和非线性是物质、生命和人类社会进化中的显著特征,甚至我们的大脑也表现为受制于我们大脑中复杂网络的非线性动力学……复杂系统中通过微观元素的非线性相互作用造成的一定的宏观现象。”陕北黄土高原生态系统演化正面对更多不确定性带来的多样性、奇异性、演化性和复杂性,北部面临毛乌素沙漠的侵蚀,中部植被日益减少,南部面临严重的水土流失,成为众多因子相互作用的结果,不断地随时间演变(渐变与突变),具有不同时空尺度的变率与震荡(季节、年际、年代际、百年尺度等多尺度);不仅限于在自身动力学和外部强迫作用下太阳辐射、太阳黑子变化、海陆分布与大气环流等渐变演化因子,还有如人类生产及

日常活动的大气成分变化和土地利用变化等巨变演化因子,其中人类活动对生存环境的改变和破坏则是加速恶化的直接原因。复杂性理论解析气候生态系统变化的科学含义还在于,由于生态系统对初值的极端敏感性,任何微不足道的个体因子均可能产生影响巨大的事件使系统趋向于一个不变的混沌吸引点集(吸引子),其形成过程呈现出复杂系统的特征。比如 2002 年 7 月 4 日,该区子长县出现强雷暴天气并引发山洪暴发,降水量达 259mm,是 500 年未遇的,这种自然灾害的出现就是一种系统灾害性的涌现(Emergence)。

生态系统不可持续演化与不合理的文化观念、社会运行机制和科技发展模式等密切相关。因其层面之间呈现着种种复杂关系,故将其作为一个由多种因素组成的强迫耗散的非线性动力系统。其每个因素的增长速度都受到其他因素的影响,假设 $N(t)$ 代表时期 t 的种群密度,具有 m 个因素的生态环境模型可描述为: $\frac{dN}{dt} = N_i F_i(N_1, N_2, \dots, N_m)$, $i = 1, 2, \dots, n$, 式中 N 表示第 i 个因素在时刻 t 的密度^[12]。

陕北黄土高原是全国少有的能源资源密集区,有国内外罕见的世界级大煤田——神府煤田,有以靖边为中心的国内最大的陆上整装天然气田和最大的岩盐矿等其他矿藏,国家已确定将榆林建成国家级重化工基地,同时也将其列为国家生态环境建设重点地区和试验示范区。该区可持续发展是以人为中心的包括自然和社会中各要素的复杂巨系统,实施该区可持续发展是可持续经济、可持续生态和可持续社会三方面的协调统一,经济可持续是基础,生态可持续是条件,整个社会综合可持续发展才是目的。若要保持该区经济发展的可持续性,生态建设必须是重点产业,无论如何不能对生态系统的自然生产力造成危害,同时必须关注生态和谐、追求社会公平。

依据中科院可持续发展研究组的统计,中国大陆的平均海拔高度 1 595 米,是全球陆地平均海拔高度的 1.85 倍。若以后者为基准,每增加 100 米的高度,区域开发成本将在原来的基础上提高 3.2%~3.4%。如果世界平均发展成本为 1.00,那么中国平均综合发展成本为 1.25。陕北黄土高原海拔 1 000~2 000 米,平均综合发展成本将会更高;且受到先天不足的自然条件和地理因素影响,再加上支

持防灾减灾的自然与社会环境条件较差，经济发展水平也比不上东、中部地区，因此陕北黄土高原生态治理和实现可持续发展任重而道远。

二、陕北黄土高原 生态环境特点与因地制宜问题

1. 气候自然振荡和变异

依据平均气温、平均降水、相对湿度与蒸发作用等因素来看，陕北黄土高原处于半干旱地带与荒漠分布区，受季风的影响很小，干旱少雨，属资源缺水型地区，目前该区主要面临水资源不足、水环境恶化、干旱灾害频繁发生、气候变化加剧等问题。

表 1 分别比较了 20 世纪 90 年代和 50 年代的陕西省三大地区陕北（以榆林为代表）、关中（以西安为代表）、陕南（以安康为代表）四季（春季 3~5 月、夏 6~8 月、秋 9~11 月、冬 12 月到来年 2 月）平均降水量（A）和平均蒸发量（B）的变化量（资料来源：陕西省气象局）。可以看出近 50 年以来陕西地区平均降水量除春季以外夏秋冬三季均下降，其中夏季下降幅度最大，达到 11.8mm，平均蒸发量在冬季增幅最大。表 2 列举的是 20 世纪 90 年代和 50 年代的陕北黄土高原（以榆林、延安、横山、靖边为代表）的四季平均气温变化量（资料来源：陕西省气象局），可看出近半个世纪以来该区平均温度普遍升高，其中气温的升高主要在冬季，增温幅度达 0.997℃；春季增温幅度略比秋季高，夏季增温最少，这表明该区平均温度升高，主要是冬季变暖的结果。气温持续偏高、降水减少叠加蒸发增加，导致区内进一步向高蒸发、高干燥与土地严重失墒的方向演化，陕北干旱的发生频率为 55.6%。

气候振荡和变异固然是导致缺水、侵蚀强度加剧、生态恶化的原因之一，但自然演化过程是缓慢且具有自我修复能力的，而人类活动及不科学的自然开发方式则能够激发和加速生态恶化的进程。比如水资源不合理开发利用方面：日常生活用水浪费；用水量占 60% 以上的耗水大户——农田，其灌溉方式基本上仍采用原始的漫灌、串灌，灌溉定额偏高，以致效益偏低（以色列每立方米水可生产粮食 2.31kg，中国平均每立方米水生产粮食 1.5kg，而该区水平又不及全国水平）；同时还造成水分不合理蒸发、渗漏与土壤盐碱化。

2. 水土流失和荒漠化问题

从地质地貌因素来看，陕北黄土高原地区是世界上水土流失最为严重的地区，黄河中游 138 个水土流失重点县中陕北区域就有 48 个。水土流失面积 11.8 万 km²，占土地总面积的 57.4%，其中沙地 27.3 万 hm²；年均输沙量 9.2 亿 t，占全国水土流失总量的 1/5，其中水土流失最严重的黄土丘陵沟壑区，侵蚀模数超过 10 000t/km²·a。同时，陕、甘、宁、内蒙古、晋西北长城沿线的沙地、沙荒干旱区是中国目前四大沙尘源区之一^[2]，该区荒沟、荒坡沙化及有沙化倾向的土地近 300 万公顷，水土严重流失导致土壤水分大量流动、土地生产力降低和生态环境进一步恶化。

据中科院兰州沙漠所研究成果：“中国北方沙

表 1 陕西 90 年代和 50 年代相比，不同季节
平均降水量(A)和平均蒸发量(B)的变化（单位：mm）

季节	指标	陕北			关中			陕南			平均 增加
		50年代	90年代	增量	50年代	90年代	增量	50年代	90年代	增量	
春	A	23.77	24.25	+0.48	40.64	45.01	+4.4	54.85	57.29	+2.4	+2.43
	B	214.7	213.2	-1.5	157.2	137.6	-19.6	125.2	126.4	+1.2	-6.63
夏	A	82.78	70.43	-12.4	99.66	73.72	-25.9	117.6	120.1	+2.5	-11.8
	B	262.6	261.9	-0.7	248.2	222.6	-25.6	196.9	206.9	+10	-5.43
秋	A	31.38	22.72	-8.66	56.41	47.62	-8.79	70.38	55.78	-14.6	-10.68
	B	114.4	115.4	+1	94.98	89.07	-5.91	83.31	93.91	+10.6	+1.89
冬	A	36.47	19.57	-16.9	10.55	5.65	-4.90	8.41	7.05	-1.36	-7.72
	B	39.29	45.66	+6.37	51.58	44.27	-7.31	44.99	54.49	+9.5	+2.85

表 2 陕北黄土高原 90 年代和 50 年代相比，
不同季节平均气温的变化（℃）

分类	春季	夏季	秋季	冬季
1950~1959	9.867	22.41	8.46	-7.29
1990~1999	10.44	22.44	8.60	-6.293
平均增量	+0.573	+0.03	+0.14	+0.997

漠化的成因中，过度农垦的作用占 25.4%，过度放牧占 28.3%，过度采樵占 31.8%”。人为活动是加速造成水土流失的主要原因，开荒种田、过度放牧、人为破坏等因素致使形成了恶劣的生态环境，几乎所有可耕作的地均被当地农民开垦，甚至包括土壤蓄水能力低的陡坡；开垦后，由于耕作粗放、广种薄收（该区人均占有耕地 0.53~0.87hm²，作物亩产仅在 50kg 左右），土壤表面在缺乏防护措施下，受到风蚀或沙埋，单产急剧下降，只好撂荒；撂荒地土壤侵蚀速度加快并进一步加剧了水土流失。植被和地面覆盖物是防止土壤受侵蚀的保护者，而目前陕北黄土高原植被覆盖率只有 15.5%，其中黄土丘陵沟壑区植被覆盖率更低，而要实现基本控制水土流失的目标，植被覆盖率至少要达到 40%^[8]。

黄土高原的自然植被生态系统在千百年来的人类垦荒活动中差不多被破坏殆尽，该区持续过牧，导致植被大部分茎叶被啃光。依据耗散结构理论，植被光合作用能力下降，光合产物减少，则竞争力衰退，导致多年生草本植物群落向一年生草本植物群落转变；而对于一年生植物来说，则通过缩短生育期和把更多的养分用于增加繁殖次数来适应恶劣的环境。目前陕北黄土高原植被分布的总体特征是植被的地带性分布与非地带性分布两者自然组合，植被从东向西由干草原向荒漠化植被过度，水平地带性分异明显，大致以柠条梁为界以东为典型干草原，以西为盐碱荒漠化草原。如今区内植被群落明显呈旱生化趋势，稳定性和地表覆盖度较差，对外界干扰反应敏感，极轻微的人为干扰就能使植物生长受阻，同时土壤涵养水分能力降低。

3. 陕北黄土高原生态环境资源市场失灵与政府生态管理不当

使陕北黄土高原恶化的原因除气候、地质地貌、植被及土壤利用、人为破坏等因素以外，也有经济与社会等其他原因。目前该区生态治理有截然不同的两种情况。一种是措施得力，植被自然修复效果很好，如吴旗县 1999 年以来将占总耕地面积 84% 的坡耕地全部退耕还林（草），全县禁牧，通过 3 年

退耕禁牧,植被自然恢复很好,初步呈现出“沟坡林灌成荫”的景观。另一种情况是人工林草建设力度很大,但未能吸取 50 年来“年年造林不见林”的教训,效果不佳。如陕北清涧县 1999 年油松造林 40 余万株,仅存活 100 余株。

从市场角度来看,陕北黄土高原生态环境治理存在以下目标冲突:政府积极治理和当地农户参与程度不高的矛盾,退耕、封育或生态投资与农户作为理性的经济人追求利益最大化的矛盾,生态环境外部性与农户“不患贫而患不均”^[16]的小农意识之间的矛盾,生态环境效益长期性与农户追求短期经济效益的矛盾,片面追求经济效益而大面积种植耗水量大、高生长量的人工林草如杨树、刺槐等,又可能导致掠夺性利用土壤水资源。因此在该区生态治理中,存在成本和收益、稀缺与价格、权利与义务的背离,导致生态环境外部不经济和市场失灵。环境经济学上所指的外部不经济是一事物或活动对周围环境产生不良影响,其实质是私人成本的社会化;市场失灵是指市场不能有效地配置资源以达到社会可持续发展的现象,这也是政府进行干预的必要条件。从理论上说,要解决生态环境恶化问题,就必须消除外部不经济性现象,使外部成本内部化,即让生产者和消费者产生的外部费用,进入其生产或消费决策,由他们自己承担或“内部消化”。

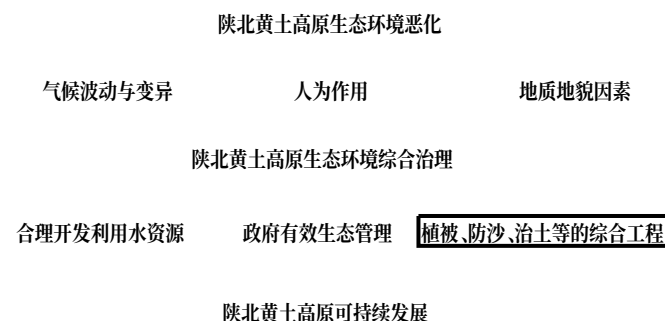
通过政府有力的行政、投资机制、激励、税收、管制和法律等调节手段或直接管制,是保证综合治理成功的重要对策之一。然而从社会角度来看,目前政府存在重措施轻效果、重数量轻质量等管理不当的现象,究其原因,政府在管理中责利关系不顺,从资金、规划、组织等方面弱化了当地农户的参与,尤其对其经济效益考虑很少。比如,“三北防护林”建设中,政府只负责苗木费与 20 元/亩左右的劳务费,造林之后的管理费没有保障,农户护林积极性低,导致造林成活率不高。目前实施的生态治理是单一性治理,如“三北防护林工程”只是种树,“天然林保护工程”只是对天然林采取保护措施,水利工程只注意打井,治沙工程就是治沙等,存在急功近利倾向,而可能造成非常严重的远期后果:超量开采地下水。土壤水库储存的巨量土壤水是地质历史时期长期积存的。中科院水土保持研究所研究表明,黄土土壤水活跃层深度一般在 2 米左右,2 米以下土层的土壤水一旦耗用,很难补充。高蒸发量和缺乏有效的降水补充造成地下水位下降,威胁该区包括人类在内的生物的生存。再如,树种选择单一,片面强调根系发达、耗水量大的“杨家将”,易形成土壤干层,同时林木成材后市场价格上不去。还有,成片的单一树种林容易导致大面积的病虫害发生,出现极难治愈的“杨树天牛”等虫害。

三、陕北黄土高原生态环境综合治理的建议

治理陕北黄土高原生态环境是一项具有艰巨性、复杂性与长期性的工程,而生态环境问题又是多种因素相互制约的结果,要求考虑各因素之间的相互联系,建议合理利用现有水资源、积极开发新

水源,实施陕北黄土高原控制水土流失、防沙治沙、植被建设与实现小康相结合的综合治理工程,实施以政府为主导、当地农民为主体的综合治理系统工程,最终实现可持续发展(见图 2)。

图 2 陕北黄土高原生态可持续发展演化图



1. 合理节约利用水资源、积极开发新水源是解决该区生态环境问题的根本

水资源作为一种基础性的自然资源和战略性的经济资源,主要包括天然降水、土壤蓄水、地表径流和地下水等。要合理利用该区的降水资源,杜绝浪费,就必须制定科学的、适应当地生产建设的抗旱、农田灌溉、植被种类、居民日常等用水规划。

同时积极开发新的水资源,比如充分利用空中水资源,积极利用飞机、火箭、高炮等技术手段实施人工增雨作业。陕西省空中水资源总量约为 6 700 亿 t,年降水量约为 1 340 亿 t,尚有 4/5 的空中水资源有待开发。陕西省气象部门 1996 年以来共组织飞机增雨 227 架次,累计增加地面降水约 55.2 亿吨(资料来源:陕西省气象局)。另外,还应努力减少农田蒸发水。自然降水中 60% 被蒸发,这比流入到河流湖泊和地下的水资源总量大 6 倍^[13]。在陕西渭北应用“留茬少耕或免耕秸秆全程覆盖”技术,可将自然降水的保蓄率由传统耕作法的 25%~35% 提高到 50%~65%,为农田增加 600~1 200 m³/hm² 水分。还可借鉴和推广地膜栽植、秸秆覆盖和衬膜技术等,以及免耕作与多年种植(如种草)等措施,把较多的自然降水接纳保蓄在深厚的旱耕地黄土之中,同时把余缺调剂、纳雨和保墒结合起来。

有关部门应从长计议,开发和研究符合西部农业发展的机械化程度较高的农机与高农业技术,提高农田灌溉的水利用率。

2. 实施控制陕北黄土高原水土流失、防沙治沙、植被建设等的综合治理工程

在未来 30 年里,实施以保护和发展林草植被生态系统为核心、恢复和改善生态环境为主的黄土高原生态综合治理工程,可以有效减少减缓水土流失和荒漠化,最终实现可持续发展。

要大力研究土壤水分与植被系统演变规律。进行植被建设是人为的创建过程,必须按照植被的自然分布规律,解决好树种、草种的选择与更替。灌木作为黄土高原地区的主要造林树种,种质资源十分丰富。据 1985~1991 年黄土高原灌木资源调查成果显示,区内共有灌木 646 种,分属 68 个科 177 个属,从中完全可以选出适宜树种与草种^[8]。在厚层黄土

坡地、梁峁、塬面及沟坡、裂隙发育的岩层及薄层黄土坡地,土壤水分状况存在一定差异,适合不同植被群落的生长。应用“因地制宜”、“因地制宜”的原则,选用耐旱、耐寒,并具有竞争力强、根系适中、群居生长等特点的植被,迅速形成经过人工选育的、优良稳定的群落类型,如柠条+芨芨草、柠条+红豆草、兴安胡枝子+厚穗冰草等群落。

要大力研究水分与养分的供需平衡规律。土壤水分是影响植被恢复的主要限制因子,要遵循土壤水分可持续利用原则,如应用较为成功的“方格植草法”固土固沙,使土壤水分的储存可以支撑人工植被的生长,进而加剧土壤水分的表聚过程、提高沙土的蓄水能力。同时要采用工程措施整治梯田、水平阶、水平沟和鱼鳞沟等,既可改善植被生长的立地条件,又可拦蓄 13%~15% 的地表径流,发展集流灌草植被。

气候变异及沙漠入侵,对一个过于简单的生态格局会产生过大的打击,而一个体现多样性生态格局的复杂系统来说,则有较强的对抗灾变的能力。要结合生物及工程手段,使水、土、动植物、微生物等因子在生存空间上呈现立体网络格局,推行林果粮结合乔灌草藤因地制宜配置、先退耕封育禁牧再改造提高的措施,以及拍卖‘四荒’、人工种草与建立舍饲养畜基地等并举的措施,使系统具有良好的自我维持及恢复的能力。

3. 政府要有效履行生态管理职能

实现以政府为主导的综合治理应该是一项井然有序的系统工程,政府必须履行有效生态管理职能。第一,鉴于陕北黄土高原的生态系统十分脆弱,发展当地经济一定要选择能够兼顾生态系统和经济系统的发展模式。应建立以国家投资为主、当地政府部门按一定比例配套部分资金的投资机制,对于治理工程中的产业开发项目,应采用国家贴息贷款、鼓励企业参与等方式多渠道筹集资金的模式。对林果业等生产周期和投资周期长的弱质产业实行贷款优惠,还贷期限从现在的 3~5 年延长至 7~10 年为宜,同时适当降低目前 17.6% 的农林特产税。第二,采用有效激励机制,落实权属问题,鼓励集体、社团、个人承包治理,实现“谁治理、谁开发、谁受益”的政策,允许继承、转让、拍卖、租赁等。第三,实行生态效益补偿机制。生态治理工程需要长期经营和维护,因此应向外部经济受益者按其收入

的一定比例征收生态效益补偿金;对破坏者则不仅要其支付罚款并负责恢复原貌,还要支付补偿金。该项赔偿资金必须专款专用。第四,由于陕北黄土高原主要居住者是农民,因此确保退耕禁牧农户脱贫、致富甚至提前达到小康水平,是巩固生态治理成果的根本。政府除了补贴一定数量的粮食以及种苗现金补助外,还要保证这些农户有一定的脱贫基础——人均达到 667~1 334m² 口粮田^[10],并在地膜、化肥、农药等方面给予综合配套服务,同时引导他们通过发展经济林木以及种植中药材、绿色食品等致富。

参考文献

- [1] A. B. Pittock, L. A. Frakes. Climatic Change and Variability, Published by the Syndic of the Cambridge University Press, p200, p363
- [2] 秦大河. 中国西部环境演变评估. 科学出版社, 2002
- [3] Friedrich cramer. 混沌与秩序——生物系统的复杂结构. 上海科技教育出版社, 2000
- [4] W. H. Berger (U. S. A), L. d. Labeyrie (France). Abrupt Climatic Change, Evidence and Implications, D. Reidel Publishing Company 1985, p341
- [5] 李锦等. 西部生态经济建设, 民族出版社, 2001
- [6] 姚健. 环境经济学. 西南财经大学出版社, 2001
- [7] Richard J. Ordway. Earth Science Second Edition, Van Nostrand Reinhold Company
- [8] 丁琳霞. 黄土高原生态建设中存在的问题与对策[J]. 陕西林业科技, 2002(2)
- [9] 张信宝, 安芷生. 黄土高原植被建设的建议. 科学时报, 2002-10-8
- [10] 彭珂珊等. 生态环境恢复和退耕还林之研究[J]. 环境保护, 2002(8)
- [11] 李海鹏. 我国土地沙化与防治对策[J]. 环境保护, 2002(2)
- [12] 彭璧玉. 可持续发展的微观理解——农村工业环境经济问题研究. 经济科学出版社, 2000
- [13] 李立科. 蒸发水——西部开发的新水源[J]. 干旱地区农业研究, 2002(9)
- [14] [美] 赫尔曼·E. 戴利, 肯尼思·N. 汤森. 珍惜地球. 商务印书馆, 1996
- [15] 赵哈林等. 内蒙古科尔沁沙地放牧草地的沙漠化机理研究[J]. 中国草地, 1997(3)
- [16] 周立华等. 庆阳地区农村生态经济发展模式与政策建议[J]. 干旱地区农业研究, 2002(3)

(责任编辑 王宏章)

科技动态

美国拟发射巨型超新星探测器

据英《新科学家》2002 年 11 月 9 日报道:美国宾夕法尼亚天文学家 Max Tegmark 说,计划在 2008 年发射巨型超新星探测器,以测量随距离而变化的超新星的红移。

超新星探测器中应用 1 台 2 米的望远镜搜索 1.5 度天空范围内的光线,这是哈勃望远镜可以看见的天空范围的 1 000 倍。它可以用装有两种传感器的 600 兆像素的摄像仪拍摄图像。这两种传感器是:用于拍摄可见光的 CCD 传感器和用于拍摄红外线的汞—钙—钡化物传感器;而哈勃望远镜只有 1 个 2 兆像素的拍摄可见光的 CCD 传感器,和一个拍摄红外线的 65 000 像素的传感器。

制造这样的摄像仪有几个技术上的挑战,其中包括电子装置产生的废热不容易在真空中消散而容易使传感器损坏。为了解决这个问题, RockWell 航天公司正在研制低功率低热量微型芯片。

预计这种摄像机要花几亿美元,只是哈勃望远镜 15 亿美元的几分之一。这个 1.6 吨重的超新星探测器可能有 6 米长、2.5 米直径,将发射到一个椭圆度很高的轨道上,绕一圈要 3 天。最近点大约和贝克莱的经度相同,因此可以用一个 11 米的无线电抛物面天线在贝克莱空间科学实验室下载大量数据。

(刘先曙)