

# 黄土高原生态环境建设的若干问题与研究需求

许 炯 心

(中国科学院地理科学与资源研究所, 北京 100101)

**摘 要:** 针对目前黄土高原生态环境建设的新形势, 提出了当前面临的若干问题与研究需求, 包括通过退耕还林还草治理黄土高原的前景与重点治理区的选择问题、坡耕地退耕还林还草与沟壑治理相结合的问题、黄土高原不同地区植被恢复前景问题、制定黄河流域生态环境建设区划的理论基础问题、黄土高原生态环境治理后效的预测、监测与评估问题等。

**关键词:** 生态环境建设; 研究需求; 水土保持; 黄土高原

**中图分类号:** X171. 1, S157    **文献标识码:** A    **文章编号:** 1005- 3409(2000) 02- 0010- 04

## Some Problems and Research Requirements Concerning Eco-environmental Construction on Loess Plateau

XU Jiong-xin

(Institute of Geography, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100101, PRC)

**Abstract:** After the important instructions on the environment management of the Loess Plateau by Premier Zhu Rongji, water and soil conservation of the Yellow River faces new situation and opportunity, and the investment from the Central Government has been greatly increased. For better beneficial effects of environment management, some problems and research requirements are addressed, including the prospects of erosion control by tree and grass planting, the combination of tree and grass planting with gully erosion control, the prospects of vegetation restoration in different natural zones of the Loess Plateau, the theoretical base of regionalization of environmental construction, and the prediction, monitoring and assessment of environment management.

**Key words:** environment management; research requirement; water and soil conservation; Loess Plateau

1999年8月, 朱总理对于黄土高原的治理作出了重要指示, 提出了“退耕还林(草), 封山绿化, 个体承包, 以粮代赈”16字措施。国家对于黄土高原的治理方略将发生重大变化, 对于黄土高原生态环境建设的投入也将大幅度增加。我们应该抓住这一机遇, 争取在黄土高原治理的研究中做出更大的贡献。

朱总理的重要指示, 对于黄土高原环境整治和农业-农村经济发展, 提出了一个重新定位的问题。以前在黄土高原发展农业, 就地解决粮食问题, 实质上是把这一地区看成是一个封闭的经济体系。现在,

必须把它作为一个开放的体系, 科学地确定它在全国的社会、经济和环境可持续发展体系中的地位, 并以此作为出发点, 找到黄土高原治理的新思路。黄土高原主体部分位于半干旱地区, 暴雨集中、强度大, 黄土物质极易受到暴雨、径流的侵蚀, 这是黄河流域自古多沙的自然地理背景。然而, 问题的症结却在于, 在这样一个极为脆弱的自然生态系统中, 还叠加了极不合理的强烈的人类活动, 使人与自然的的关系处于尖锐的对立之中。由此导致了中游和下游的两重恶性循环, 即中游黄土高原“坡地开垦—环境恶化

“一贫穷—开垦”和黄河下游加高堤防与河床淤高赛跑,“越加越险、越险越加”的恶性循环。把黄土高原作为一个封闭的、自给自足的系统,以牺牲本地和下游环境的昂贵代价,进行低产出的粮食生产,是造成黄河中游、下游一系列严重问题的根本原因。陡坡地开垦、耕种,1 hm<sup>2</sup>产量不足 750 kg,但陡坡地侵蚀后进入黄河的泥沙即达 15 000 ~ 30 000 t/km<sup>2</sup>,致使水库有效库容损失,黄河下游河道淤高,堤防不断加高;为此必须付出的代价,超过粮食价值的数倍、数十倍。紧紧抓住这一主要矛盾,坚决实行坡耕地退耕还林还草、封山绿化,黄河问题便有可能迎刃而解,上述两重恶性循环也可能被最终切断,代之以黄河流域社会经济与生态环境协调发展的良性循环。

在本文中,我们将以中国科学院地理研究所在黄土高原的长期研究积累为基础,阐述对于黄土高原生态环境建设中若干问题的认识与研究建议。

## 1 通过退耕还林还草治理黄土高原的前景与重点治理区的选择问题

自 70 年代以来,由于气候处于偏旱周期,多沙粗沙区的暴雨显著减少,加以淤地坝和水库拦沙及梯田、林草等水土保持措施已经生效,平均每年进入黄河下游的泥沙量已减少到 8 ~ 9 亿 t。然而,据研究,在上述措施所产生的减沙量中,大部分是工程措施所致,梯田、植被措施减沙只占很小的比重。这说明,植被措施明显不足,严重滞后,亟待加强。我们最近的研究还表明,历史上黄土高原植被的破坏与下游河道沉积速率的加快有密切的因果关系。唐宋之间即公元 7 ~ 10 世纪,是黄土高原植被受到人类强烈破坏的转折时期<sup>[1]</sup>。与此相应,黄河下游的沉积速率由这一时期以前的 0.2 ~ 0.4 cm/a,跃升至这一时期以后的 2.0 cm/a。这说明,未来黄土高原植被恢复后,黄河下游的沉积速率是有可能大大减缓的。

随着治理黄土高原新方略的实施,国家将投入巨资,进行黄土高原的生态环境建设。为了使国家的投入最大限度地发挥作用,重点治理区的确定十分重要。黄河流域具有典型的水沙异源的特征,径流主要来自上游,而泥沙主要来自中游。河口镇以上的上游区,流域面积占全河的 51.3%,天然年水量占全河的 55.9%,而实测年沙量仅占 8.7%。在中游地区,泥沙又集中地来自河口镇至龙门之间的多沙粗沙区。该区面积为 11 万 km<sup>2</sup>,仅占全流域的 14.8%,天然年水量仅占全河的 13%,而实测年沙量却达 9 亿 t,为全河的 55.7%<sup>[2]</sup>。已故著名泥沙研究专家钱

宁教授的研究表明,黄河下游河道的强烈淤积,主要是由大于 0.05 mm 的粗颗粒泥沙所造成的。此种大于 0.05 mm 的粗颗粒泥沙,有 73% 来自河口镇至龙门间的多沙粗沙区<sup>[3]</sup>。根据我们在“八五”国家科技攻关项目中的研究成果,通过水土保持和拦沙措施,在以河口镇与龙门间流域为主体的多沙粗沙区每减少 1 t 泥沙,下游河道中淤积的泥沙可以减少 0.45 t;而在渭河、汾河流域所构成的多沙细沙区每减少 1 t 泥沙,下游河道中淤积的泥沙只能减少 0.15 t<sup>[4]</sup>。这说明,如果把水土保持的重点放在河口镇至龙门之间的多沙粗沙区,所产生的减少下游河道淤积的效益为多沙细沙区的 3 倍左右。显然,目前集中治理的 10 万 km<sup>2</sup>,应选在上述多沙粗沙区为宜。

## 2 坡耕地退耕还林还草与沟壑治理相结合的问题

黄土高原的生态环境建设,是以减少入黄泥沙为主要目标的。解放以来,对于黄土高原水土流失治理方略,曾经有过几次重大的讨论,都是围绕以生物措施为主还是以工程措施为主;以治坡为主,还是以治沟为主来展开的。以坡耕地退耕还林还草为中心的黄土高原治理方略,实质上是强调了以生物措施治坡。对于这一方略,我们必须作全面的理解。为了更加有效地减少入黄泥沙,还必须同时展开沟壑治理,二者不可偏废。

黄土高原侵蚀泥沙的来源与地貌部位有很密切的关系,并且受到不同侵蚀方式的控制。根据我们和其他单位多年研究的成果<sup>[5]</sup>,来自坡面侵蚀的泥沙不到小流域总产沙量的一半,来自沟谷侵蚀的泥沙则占到总产沙量的 60% ~ 80%。冲沟沟壁和沟头,滑塌、崩塌、浅层滑坡等重力侵蚀十分活跃,所产生的巨量泥沙由具有很强输沙能力的高含沙水流所搬运,经由各级支流进入黄河。黄河中游主要支流的泥沙输移比为 1,这意味着在不受工程拦截的情况下,流域中的侵蚀每产生 1 t 泥沙,便有 1 t 泥沙进入黄河。坡耕地退耕还林,主要是在坡面上。通过退耕还林恢复植被后,即使控制住了坡面侵蚀产生的全部泥沙,最多也只能减少入黄泥沙的一半,在很多地区只能减沙 1/3。冲沟沟壁坡度很陡,多在 35 ~ 40 以上,重力侵蚀活跃,在那里种树、种草十分困难,目前尚无直接的有效措施来控制沟壁的重力侵蚀,只能通过修建淤地坝来拦截沟蚀产生的泥沙。显然,坡耕地退耕还林还草,还必须与沟壑治理措施相结合,才

能大幅度地减少入黄泥沙。

同时,以修筑淤地坝为重点的治沟工程,在拦截大量泥沙的同时,还形成了土壤肥沃、水分条件良好、稳产高产的的坝地,可作为基本农田。在目前的生产条件下,我国粮食生产仍然在很大程度上依赖于气候条件,年际波动较大。如果遇到外地粮食歉收,黄土高原淤地坝形成的坝地所生产的粮食,将会在很大程度上缓解粮食调入的困难。由此可见,治沟措施的确是一举两得的。我们在新形势下进行黄土高原生态环境建设规划时,必须将植被措施治坡与淤地坝治沟紧密结合起来,二者不可偏废。

在坡耕地退耕还林还草与沟壑治理相结合方面的科技需求是:

- (1) 坡面植被恢复对于沟蚀影响的定量评价模型研究;
- (2) 坡面植被恢复后侵蚀产沙减少量的定量评价模型研究;
- (3) 冲沟沟壁治理技术研究;
- (4) 坝系配置优化技术研究。

### 3 黄土高原不同地区植被恢复的前景问题

黄土高原地域辽阔,在自然地带性特征上表现出明显的地域分异。从西北向东南,由于水分和热量的递减,依次表现为干旱气候下的黄土带、半干旱气候下的森林草原带、半湿润气候下的落叶阔叶林带。很显然,在上述三个生物气候带中,未来植被恢复的前景是不同的,不可能都恢复为森林,而必须因地制宜。在有可能恢复为森林的半湿润气候条件下,以植树造林为主;在只能形成森林草原的半干旱气候条件下,则宜于沟谷中种树,坡顶以草灌为主;在只能形成草原的干旱条件下,如无外来水源,只能以种草及灌木为主。

黄土高原植被恢复前景问题,是一个十分复杂的问题。一般而言,能否生长森林,一方面取决于气候,已如上述;另一方面也取决于地表物质组成。根据我们的初步调查研究,在黄河中游主要产沙区即河口镇至龙门区间的多沙粗沙区,在厚层黄土分布的地区,如果在乔木根系所及的深度内无红土层等隔水层分布,且年降水量在 500 mm 以内,则形成连片的森林是困难的;反之,若有下伏隔水层(红土或基岩),则年降水在 450 ~ 500 mm 时可以形成较茂密的森林。绥德水土保持试验站 50 年代曾在峁顶栽种了刺槐,10 ~ 15 年内形成了茂密的林子,但随后

即出现枯死现象。究其原因,很可能是由于成林以后,需水量和耗水量都大为增加,但由于根系未达到潜水面,旱季得不到充分的水分供应,便不可能维持正常的生长,因而出现枯死而不能最终形成森林。

黄土高原植被恢复前景问题,是制定和实施生态建设规划所必须解决的重大科学问题,建议组织多学科的研究力量,进行深入研究。主要内容为:

- (1) 通过恢复历史上不同类型天然植被的分布范围、界线,在相似的气候条件下进行类比,为确定未来植被恢复前景提供依据。这方面已有不少成果,但分歧较大,需要结合现代技术(如测年技术、孢粉分析和沉积物环境指标等)进行更加深入的研究,取得更可靠的成果。
- (2) 通过研究不同自然地带和物质组成条件下大气、土壤、植被连续系统中的水分迁移规律的,确定各种特定的水分平衡对于未来植被恢复前景的制约作用及其机理。为此,需要依托中科院生态网络在黄土高原的各个野外站点,展开定量观测,取得资料进行对比,为宏观植被恢复规划提供可靠的科学依据。

### 4 制定黄河流域生态环境建设区划的理论基础问题

在 1997 年江总书记关于“再造一个山川秀美的大西北”指示的推动下,已经初步制定了黄土高原生态环境建设规划。为贯彻最近朱总理指示的精神,将进一步制定黄河流域生态环境建设区划。为了制定科学的、可操作的、可以收到预期成效的生态建设区划,必须有一个科学的理论基础。我们认为,这个理论基础,应该是自然地理分异规律和生态经济学理论。这里主要讨论自然地理分异规律作为黄河流域生态环境建设区划理论基础的问题。

前已述及黄土高原生物气候带的地域分异规律。从西北向东南,年降水量由 200 mm 增加到 600 ~ 700 mm;年均沙尘暴日数由 25 d 递减为 2 d;天然植被由干旱草原、半干旱森林草原变为半湿润落叶阔叶林。除此之外,在地表物质组成上,从西北向东南,逐渐变细,由沙漠、沙黄土、典型黄土变为黏黄土。地貌类型因地质基础、基底地形、新构造运动、地貌发育阶段而异,形成不同的空间组合。

我们在进行生态建设的总体规划、区划或专项规划、区划(如水土流失治理、植被恢复专项规划、区划)时,必须以上述分异规律作为理论基础。从大尺度而言,生物气候带决定了植被恢复的目标类型,即

以什么样的植被类型作为前景的问题; 从中尺度而言, 地表物质组成和地貌类型、地貌发育阶段则与具体措施的规划有关。例如, 沙黄土地区, 因物质疏松、黏粒含量少, 梯田的台坎不易稳定; 黏黄土地区, 淤地坝修建后, 因坝地土质黏重, 不易渗透、排水。这些地域性差异在制定相关措施和规范时必须加以考虑。黄土层以下是否有红土隔水层及其埋藏深度的资料, 是进行植被恢复规划的依据之一。黄土地貌类型和沟谷发育阶段的资料, 则是进行淤地坝系工程规划所不可缺少的。

应该指出, 在制定宏观规划时忽略黄土高原自然地理分异规律, 搞一刀切, 在所有地区片面强调种树, 将会导致事与愿违的后果, 必须加以避免。

在黄土高原生态建设区划方面, 建议展开下列研究:

(1) 在黄土高原自然地理分异规律和生态经济学优化理论的基础上, 提出区划原则、定量指标体系, 并建立各项自然、社会经济指标的数据库。

(2) 按自上而下、自下而上相结合的方式分区划。

(3) 在大尺度水热平衡、中尺度流域水分平衡和小尺度 SPAC 系统水分迁移转化研究相结合的基础上, 深入研究黄土高原自然地理分异规律, 以定量方法加以描述, 确定其中的临界关系。

(4) 以上文中关于植被恢复前景的科研成果为基础, 确定不同地区植被恢复的目标类型。

(5) 以 GIS 为平台, 以遥感和地面观测为信息源, 建立黄土高原生态环境建设区划信息系统、治理决策支持系统和治理效益监测评估系统, 使区划工作和区划的实施及后效评估紧密结合, 建立在科学的、定量的基础上。

## 5 黄土高原生态环境治理后效的预测、监测与评估问题

### 测、监测与评估问题

随着以朱总理指示精神为指导的黄土高原治理新方略的实施, 国家对黄土高原治理的投入大幅度增加。为了保证国家的巨量投入收到预期的效果, 治理效益的评估十分重要。为此, 建议展开黄土高原植被恢复对未来黄河水沙状况影响的预测和监测研究。

#### 参考文献

- 1 王守春. 古代黄土高原植被的地域分异及其变迁[C]. 见: 左大康主编. 黄河流域环境演变与水沙运行规律研究文集. 北京: 地质出版社, 1993, 9 ~ 15

在黄土高原不同地带建立定位观测点, 目前可以先在中科院生态网络的有关站点展开观测, 研究不同植被恢复措施对减少侵蚀和入黄泥沙的影响。同时利用遥感技术, 对于植被的现状和将来恢复的动态进行监测, 在大面积上获取植被覆盖、生物量、地表物质组成和地貌参数的资料, 建立数据库。以上述两方面资料作为信息源, 通过各种侵蚀产沙模型对于未来不同时期的侵蚀产沙强度、总量和入黄泥沙量进行预测。为达此目的, 应加强黄土高原侵蚀和泥沙输移模型的研究, 实现不同尺度模型的耦合与集成, 尽快实现模型的实用化。

在现有成果的基础上, 利用现代测年技术, 对于历史上黄土高原人类活动较弱时期的侵蚀状况进行定量重建, 查明植被受到破坏以前的侵蚀、产沙本底值, 作为预测植被恢复后减少侵蚀、减少入黄泥沙的“基线”。目前在黄土高原以自然侵蚀为主还是以人类加速侵蚀为主, 二者各占多大比例的问题上, 虽然已经有了不少成果, 但彼此出入很大。有的学者根据黄河下游冲积扇沉积量的估算, 认为中全新世时(距今 6 000 ~ 3 000 年) 进入黄河下游的泥沙即达 10. 75 亿 t, 故黄土高原以自然侵蚀为主<sup>[6]</sup>; 也有学者根据坡面小区和小流域观测试验的结果, 认为与坡耕地相比, 坡面种树、种草之后, 土壤侵蚀强度比原来减少了 80% ~ 90%, 即黄土高原以人为加速侵蚀为主导<sup>[5]</sup>。上述成果直接关系到对未来减蚀、减沙前景的科学预测问题, 也关系到对黄土高原治理新方略减少入黄泥沙效益的评估问题。因此, 建议组织优势力量对此进行研究, 力争在不长的时间内取得突破。

黄土高原植被恢复之后, 将会在较大程度上改变区域水循环的方式和强度, 因而影响到黄河干支流的水文情势, 特别是枯水径流状况。有的学者认为, 恢复植被后, 大量降水入渗, 可以增大枯水径流, 因而可以减缓黄河下游断流; 也有学者认为, 植被特别是森林植被恢复以后, 由于大量水分消耗于植被的蒸腾, 年径流和枯水径流都将减少, 因而会加剧断流。对于这一问题, 建议通过小区和小流域的对比观测, 深入进行研究, 尽快作出科学的回答。此外, 植被恢复对黄河下游河床演变的影响、对于防洪的影响、对于水质的影响等等, 都应该开展研究。

式中:  $Q_r$ ——引用水量;  $Q_r = f(\alpha, \beta)$ ; 可按  $\alpha$  及  $\beta$  值查曲线求得:

$$\alpha = \frac{R}{R+C} (< 1)$$

$$\beta = \frac{R}{T} (1 \text{ 但 } 3)$$

当  $\beta > 3$  时,  $Q_r = \frac{Q_r}{(\beta-3)Q_r+1}$

$Q_r = f(\alpha)$  可查曲线图求得:

$H_1$ ——潜水面到集水洞的垂直距离(m);

$H_0$ ——潜水面到集水洞内水位的垂直距离(m);

$h_0$ ——集水洞内的水层厚度(m);  $L$ ——集水洞进水部分长度(m);  $C$ ——集水洞廊道宽度之半(m);

$R$ ——影响半径(m);  $K$ ——渗透系数(m/d);  $T$ ——

集水洞到不透水层的距离(m)。

由此可计算出庙河截潜流工程的集水量为  $60 \text{ m}^3/\text{d}$ , 与实测集水量基本相符。

### 3 果园微灌系统

蓄积的水由泵站扬至山顶, 进行果园灌溉。但是, 这有限的水怎样才能得到高效利用呢?

黄土高原丘陵沟壑区, 由于水资源和地形条件的制约, 以发展微灌节水技术较为合适。所谓微灌, 是按照作物需水要求, 通过低压管道系统与安装在末级管道上的特制灌水器, 将水和作物生长所需的养分以较小的流量, 均匀、准确地直接输送到作物根际附近的土壤表面或作物茎叶上的灌水方法。与传统的地面灌溉和全部叶面积及土壤表面都湿润的喷灌相比, 微灌只以少量的水湿润作物茎叶或作物根区附近的部分土壤, 因此又叫局部灌溉, 它能显著提高有限水资源的利用效率, 在黄土丘陵沟壑区很有推广价值。微灌分为滴灌、微喷灌、渗灌、脉冲微喷灌等几类。根据当地果园条件及经济适用的考虑, 这里我们选用了滴灌方式。

滴灌是将具有一定压力的水, 经过滤后通过管

道滴头均匀地滴入植物根部附近的土壤, 它主要是借重力作用湿润土壤, 所以不致破坏土壤结构, 使土壤内部的水、气、肥、热经常保持适宜于作物的良好状况。它仅湿润作物根部附近的一部分土壤, 不会产生地面径流, 几乎没有深层渗漏, 蒸发损失也很小, 因此, 它是现代各种灌溉方法中最省水的一种先进灌水方式之一。

根据果园田块形状及水压力状况, 全部采用滴灌。由山顶蓄水池底孔放出, 通过三根大抵互相垂直的干管送入田间。整个滴灌系统干、支管的规划布置如图 2, 毛管基本沿等高线布设。

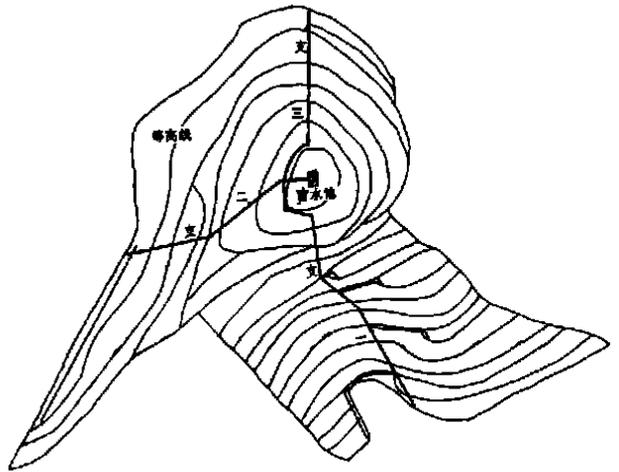


图 2 山地果园节水灌溉平面布置图

### 4 推广利用

这种系统投资少, 见效快, 而且黄土高原丘陵沟壑区的山谷或山前中小型间歇性河流较多, 大多可参照此模式修建河道截潜流水平集水工程, 高效利用有限水资源灌溉部分经济作物, 这不但对于提高农民收入, 而且对于推广先进的节水灌溉技术, 提高小水源管理利用水平, 发展生态高效农业都具有特别重要的意义。

(上接第 13 页)

2 叶青超主编. 黄河流域环境变迁与水沙运行规律[M]. 济南: 山东科技出版社, 1993

3 钱宁, 张仁, 周志德. 河床演变学[M]. 北京: 科学出版社, 1987

4 许炯心. 黄河上中游产水产沙系统与下游河道沉积系统的耦合关系[J]. 地理学报, 1997. 52, 1990(5): 421~429

5 唐克丽主编. 黄土高原地区土壤侵蚀区域特征及其防治途径[M]. 北京: 中国科学技术出版社, 1990

6 景可, 陈永宗, 李凤新. 黄河泥沙与环境[M]. 北京: 科学出版社, 1993