

陕北黄土高原的土壤侵蚀与综合治理

姜永清 王万中 王占礼 胡光荣 雷惠珠

(中国科学院水利部水土保持研究所 陕西杨陵 712100)

摘要 陕北的榆林和延安两地区 25 个县(市), 面积 80 091. 88 km²。水土流失强烈为最突出的特征。土壤侵蚀的特点是: (1) 现代侵蚀是古代多期侵蚀轮回基础上的继承和叠加。(2) 水土流失面积大, 侵蚀产沙强度高。水土流失面积占 76%, 年输沙量 6.96 亿 t, 平均侵蚀产沙模数为 9 370 t/(km² · a), 沟谷密度大, 平均密度 3.06 km/km²。沟谷面积占 45% ~ 55%。(3) 侵蚀类型、方式和强度垂直分布和水平地带分异规律明显。(4) 侵蚀强度与生态环境因素密切相关。(5) 工矿城镇建设直接增加水土流失的现象加剧, 必须采取综合措施治理水土流失。

关键词 土壤侵蚀 综合治理 黄土高原

The Soil Erosion in the North of Shaanxi Province of the Loess Plateau and Its Synthesizing Harness

Jiang Yongqing Wang Wanzhong Wang Zhanli Hu Guangrong Lei Huizhu

(Institute of Soil and Water Conservation, Chinese Academy of Sciences
and Ministry of Water Resources Yangling Shaanxi 712100)

Abstract There is about 80 091. 88 km² including 25 counties (cities) in the Yulin and Yanan regions of the north of Shaanxi province of the loess plateau. Exceptionally severe soil erosion is the most outstanding character in the area. And its features are as follows: (1) Based on several circles of ancient erosion in geology history, the erosion of modern times is succeeded and more quickly developed. (2) The area of soil loss is very big accounting for 76% of total land, intensity of river sediment from erosion is very high with annual transport sediment 6.96 × 10⁸ t in average. Erosion modulus by the data of hydrology station of river is about 9 370 t/km² · a. The channels or vales average density is 3.06 km/km² with 45% ~ 55% of total area. (3) It is the very distinct for distributing law of type, manner and intensity of soil erosion in vertically along the altitude and horizontally on the latitude. (4) The close correlation between the erosion and the factors of the ecological environment. (5) The soil loss becomes more severe because of building roads and factories, exploit coal mine and so on. In order to developing

the economic and rising the living standards of the people , we have to take the synthetizing measures for controlling soil loss

Key words soil erosion synthetizing harness loess plateau

陕北黄土高原主要包括陕西省的榆林和延安两地区,共25个县(市),面积共80 091.88 km²,是水土流失严重、生态环境的脆弱的贫困山丘地区。水土流失面积61 529 km²,占总面积的76.82%,为三门峡以上流域面积的14.28%,年平均输沙量6.96亿t,占三门峡16亿t输沙量的43.50%,平均侵蚀输沙模数9 370 t/(km²·a)。水土流失强烈,侵蚀类型复杂多样使该区脆弱的生态环境更加恶化,给工农业和人民生活带来严重威胁。水土流失强烈是人民生活、环境和经济发展中最突出的问题。

1 复杂多样的土壤侵蚀类型

陕北地区土壤侵蚀的类型和作用是十分复杂的。全新世以来的现代侵蚀继发于古代侵蚀轮回的基础上,人为活动加速和加剧了地史期上人类出现前的自然侵蚀和自然因素的侵蚀作用。土壤侵蚀有其固有的发生特性和发展规律和过程,侵蚀类型具有独特的特征,类型的划分方式可归纳为基本类型、简单类型和组合(复合)类型。基本类型反映土壤侵蚀的实质,以发生联系和发育特点为基础,以外营力、侵蚀形态和方式来区分。简单类型往往结合某种实际目的按某种因素或某种基本类型划分,组合类型按地带(或区域)或侵蚀强度以类型的组合(复合)而划分。

1.1 基本类型

1.1.1 水力侵蚀

- (1) 溅蚀。
- (2) 片蚀: 剖面片蚀、母质片蚀、鳞片状侵蚀。
- (3) 沟蚀: 细沟侵蚀、浅沟侵蚀、切沟侵蚀、水道侵蚀。
- (4) 劣地侵蚀: 切沟密集,沟面积>70%,沟体难以区分。

1.1.2 重力侵蚀

- (1) 剥落。(2) 泻溜。(3) 崩(滑)塌。(4) 滑坡。(5) 陷穴。(6) 泥流。

1.1.3 风力侵蚀

- (1) 沙化。(2) 吹蚀。(3) 刻痕。(4) 片沙。(5) 沙丘。

1.1.4 人为侵蚀

- (1) 梯条(台)田。(2) 鱼鳞坑。(3) 坝地。(4) 采土(石、矿)坑(坡)。(5) 弃土(石、矿)堆。

1.2 简单类型

- (1) 按地表坡度。(2) 按植被覆盖度。(3) 按地表物质。(4) 按土地利用。(5) 按地貌类型。
- (6) 按沟谷切割地表形态。

1.3 组合类型

- 1.3.1 侵蚀垂直分带组合类型 沟谷地与沟间地是两个最基本的地貌单元,其主要侵蚀类型方式和强度都迥然各异,从沟谷底到梁(塬)顶有规律的垂直变化。可概括为:

- (1) 沟间地水力侵蚀。

梁峁顶溅蚀轻度侵蚀。 梁峁坡中段细沟—片蚀中度侵蚀。 梁峁坡中段浅沟—切沟强度侵蚀。 梁峁坡下段浅沟—切沟强烈侵蚀。

(2) 沟谷坡重力—水力强烈侵蚀。

沟谷坡重力—水力强烈侵蚀。 沟谷坡切沟—重力剧烈侵蚀。

(3) 沟谷底水力侵蚀。

沟谷底重力—水力剧烈侵蚀。 沟床水力冲刷剧烈侵蚀。

1.3.2 土壤侵蚀强度类型 根据侵蚀量划分强度类型。陕北可划分七级,其强度类型和侵蚀模数($t/km^2 \cdot a$)依次为:微弱侵蚀, $< 1\ 000$;轻度侵蚀, $1\ 000 \sim 2\ 500$;中度侵蚀, $2\ 500 \sim 5\ 000$;强度侵蚀, $5\ 000 \sim 8\ 000$;高强度侵蚀, $8\ 000 \sim 15\ 000$;强烈侵蚀, $15\ 000 \sim 25\ 000$;剧烈侵蚀, $> 25\ 000$ 。

1.3.3 区域组合类型 不同区域内,侵蚀类型组合不同,侵蚀的特点与水土保持措施配置也不同。陕北地区可划分为:

(1) 风力侵蚀为主的类型(北部沙区):风沙滩地,平沙地,片沙,波状沙丘。

(2) 风力—水力侵蚀过渡类型(北部沙区南缘):沙化—溅蚀—切沟类型,强烈吹蚀—溅蚀—剥落—切沟类型,吹蚀—片蚀—切沟类型。

(3) 水力侵蚀为主的类型:溅蚀—切沟—崩塌类型(塬区),片蚀—沟蚀—滑坡类型(梁峁区),浅沟—切沟—滑坡类型(梁区)。

(4) 重力侵蚀为主的类型:(古滑坡)切沟—重力侵蚀类型,砒砂石风化撒落类型,红土泻溜类型,滑坡—水力侵蚀类型,崩(滑)塌类型。

(5) 人为侵蚀为主类型:煤矿采区、筑路区、石灰石采区、油矿采区与居民地新建区等。

2 土壤侵蚀的特点

2.1 土壤侵蚀发展的叠加性

该区长期以来处于间歇性的缓慢抬升阶段。自第四纪以来,经历过3~4次侵蚀轮回,相继间有黄土堆积。由于地壳抬升、气候温暖,河流下切和溯源侵蚀不断进行,坡面变陡,沟谷发育,地壳抬升变缓或相对稳定,气候转为干冷时段,黄土堆积、回填,坡面变缓。再次的侵蚀轮回,于先期的基础上,产生更普遍的剥蚀、更深刻的河流下切。现代侵蚀是继发于多期侵蚀轮回叠加的基础上,沟谷拓宽、深切和增长,新生沟谷,增加分枝,使原有的塬梁峁景观及地形起伏、沟壑纵横的格局更为破碎,地貌形态和沟谷网络复杂化,构成了现今侵蚀发育演化的基础。

2.2 土壤侵蚀产沙强度大,水土流失面积大,危害性大

本区辖25个县(市)共有人口413.88万,面积80 091.88 km^2 ,水土流失面积61 529 km^2 ,占76.82%,为三门峡以上黄河流域面积的14.82%,年总侵蚀量7.51亿t,年平均输沙量6.96亿t,占黄河三门峡16亿t输沙量的43.50%,平均侵蚀产沙模数达9 370 $t/(km^2 \cdot a)$,为黄土高原2 180 $t/(km^2 \cdot a)$ 的4.3倍,为长江流域280 $t/(km^2 \cdot a)$ 的33倍,是世界各大洲平均值134 $t/(km^2 \cdot a)$ 的73倍,为美国密西西比河96.6 $t/(km^2 \cdot a)$ 的97倍。孤山川、佳芦河和窟野河中、下游,侵蚀模数高达30 000 $t/(km^2 \cdot a)$ 以上,相当于每年剥蚀表土25 mm,实属世界罕见。

本区沟壑纵横,密度大,发展迅速。据1:50 000地形图量算,本区共有0.5 km长以上的沟道132 600条,沟壑密度3.06 km/hm^2 ,子洲、绥德、米脂一带达6~8 km/km^2 ,若用1:10 000航空遥感影像实测,为20 km/km^2 左右,高者达30 km/km^2 ,地面破裂度大,沟谷地面积占45%~55%。一次暴雨可形成数10 m长,1~2 m深的大切沟。现代侵蚀沟谷的发展,使地表更加支离破碎,洛川塬面为6个小塬,被1 200条支毛沟蚕食,耕种困难,严重者已丧失耕种价值。

表 1 陕北各县的基本情况

| 县 名 | 面积/ km ² | 人口/ 万人 | 沟密度/ km · km ⁻² | 侵蚀模数/ kt · km ⁻² · a ⁻¹ | 总侵蚀量/ 万 t | 黄土性土/ % |
|-----|------------------------|-----------|-------------------------------|--|--------------|------------|
| 府谷 | 3200.50 | 16.80 | 2.63 | 24.70 | 7905.2 | 93.70 |
| 佳县 | 2028.00 | 20.74 | 2.12 | 23.10 | 4684.7 | 92.70 |
| 米脂 | 1212.00 | 17.66 | 6.00 | 19.70 | 2387.6 | 92.40 |
| 清涧 | 1841.48 | 17.39 | 3.85 | 19.60 | 3609.3 | 92.00 |
| 绥德 | 1847.20 | 27.80 | 5.50 | 18.90 | 3491.2 | 89.90 |
| 吴堡 | 418.50 | 6.69 | 4.00 | 18.00 | 753.3 | 88.40 |
| 子洲 | 2023.30 | 23.76 | 4.55 | 17.30 | 3500.3 | 92.20 |
| 吴旗 | 3786.20 | 9.89 | 2.54 | 15.30 | 5792.9 | 97.80 |
| 子长 | 2398.20 | 17.72 | 5.90 | 15.30 | 3669.1 | 99.10 |
| 神木 | 7538.00 | 26.90 | 3.15 | 13.50 | 10176.3 | 88.90 |
| 靖边 | 4974.40 | 20.12 | 1.72 | 10.80 | 5372.4 | 86.40 |
| 安塞 | 2950.40 | 12.71 | 4.75 | 10.20 | 3009.4 | 96.70 |
| 志丹 | 3776.70 | 9.17 | 1.30 | 10.20 | 3852.2 | 71.70 |
| 延川 | 1976.10 | 13.09 | 4.70 | 9.20 | 1817.0 | 94.70 |
| 横山 | 4281.60 | 23.89 | 3.00 | 7.62 | 3263.9 | 78.90 |
| 延安 | 3533.13 | 25.98 | 4.33 | 6.02 | 2125.9 | 67.40 |
| 榆林 | 6834.80 | 31.08 | 1.56 | 5.75 | 3930.7 | 79.00 |
| 延长 | 2363.57 | 12.39 | 1.10 | 4.85 | 1147.0 | 79.10 |
| 定边 | 6863.70 | 23.58 | 2.43 | 4.64 | 3182.7 | 80.30 |
| 宜川 | 2938.50 | 9.66 | 1.70 | 1.58 | 463.7 | 41.30 |
| 洛川 | 1804.80 | 15.49 | 1.22 | 1.41 | 255.0 | 86.00 |
| 甘泉 | 2292.00 | 5.99 | 1.50 | 0.94 | 215.0 | 34.30 |
| 黄陵 | 2275.40 | 8.75 | 2.30 | 0.68 | 154.0 | 38.90 |
| 富县 | 4181.60 | 12.02 | 2.48 | 0.65 | 270.1 | 36.00 |
| 黄龙 | 2751.90 | 4.62 | 2.16 | 0.18 | 50.1 | 34.40 |
| 总计 | 80091.88 | 413.88 | | | 75079.1 | 161529.01 |
| 平均 | | | 3.06 | 9.37 | | 76.82% |

土壤侵蚀使大量的表土、有机质和养分流失, 地力降低, 土壤严重退化。本区地带性土壤黑垆土, 有较深厚的有机质层, 有机质含量 2% ~ 3% 之间。现在广大地区黑垆土剖面已流失殆尽, 黄土母质出露, 不少地区松软基岩出露, 形成沟谷密集, 无法利用的“劣地”。黄土有机质低于 1%, 含氮量 0.05% ~ 0.06%, 有效磷含量 $3 \times 10^{-6} \sim 5 \times 10^{-6}$, 保水能力差, 作物产量 750~ 1125kg/hm²。黄土堆积速度 1 m/1 万年, 现在流失速度是黄土堆积速度的 75 倍, 自然成土速度的 200 倍。据测定, 每吨泥沙含氮 0.8~ 1.5 kg, 含磷 1.5 kg, 含钾 20 kg, 相当于全区每年流失 N、P、K 1600 万 t。暴雨产生大量的径流泥沙, 冲毁农田, 破坏交通和水利设施, 淤积水库, 阻塞河道, 降低排洪泄洪能力。陕北河流产沙量高, 含沙量大, 产沙集中, 如孤山川产沙模数 21300 t/(km² · a),

表 2 陕北 10 条河流的输沙量

| 河 流 | 站 名 | 侵蚀模数/t · km ⁻² · a ⁻¹ | 总输沙/万 t | 流域面积/km ² |
|-----|-----|---|----------|----------------------|
| 皇甫 | 皇甫 | 18600.00 | 5853.00 | 3199 |
| 孤山 | 孤山 | 21300.00 | 2698.00 | 1263 |
| 石马 | 折家河 | 16000.00 | 313.00 | 243 |
| 清水 | 清水 | 25100.00 | 2160.00 | 862 |
| 窟野河 | 温家川 | 15100.00 | 13035.00 | 8645 |
| 秃野河 | 高家川 | 8160.00 | 2650.00 | 3253 |
| 佳芦河 | 申家湾 | 20600.00 | 2256.00 | 1121 |
| 无定河 | 川口 | 6050.00 | 18262.00 | 30217 |
| 清涧河 | 延川 | 12700.00 | 4350.20 | 3468 |
| 延河 | 甘谷驿 | 9010.00 | 5266.00 | 5891 |
| 合计 | | 9778.52 | 56874.00 | 58162 |

佳芦河 $20\ 600\ \text{t}/(\text{km}^2 \cdot \text{a})$, 最大5日产沙量占年总量的50%~95%。皇甫川最大年产沙模数 $53\ 500\ \text{t}/(\text{km}^2 \cdot \text{a})$, 孤山川 $66\ 400\ \text{t}/(\text{km}^2 \cdot \text{a})$, 最高含沙量 $648\ \text{kg}/\text{m}^3$ 和 $405\ \text{kg}/\text{m}^3$ 。1977年7月6日延安暴雨侵蚀模数高达 $4\ 97\ \text{万}\ \text{t}/\text{km}^2$, 洪水冲垮 $100\ \text{万}\ \text{m}^3$ 水库1座, $10\ \text{万}\ \text{m}^3$ 水库1座和淤地坝393座。1966年7月17日暴雨使绥德、米脂和横山693座水库冲毁了444座。靖边新桥水库 $2\ \text{亿}\ \text{m}^3$ 库容, 1958~1980年淤积 $1.56\ \text{亿}\ \text{m}^3$, 只剩 $0.44\ \text{亿}\ \text{m}^3$ 。止1984年, 延安地区兴建水库127座, 总库容 $5.31\ \text{亿}\ \text{m}^3$, 已淤 $3.8\ \text{亿}\ \text{m}^3$ 。大量的泥沙下泄, 必然危害中下游。

2.3 土壤侵蚀分布的地带性规律明显

影响本区土壤侵蚀的因素、侵蚀类型及强度等具有明显的地理地带规律。

2.3.1 垂直地带规律 由梁峁(塬)顶(面)、梁峁(塬)坡、沟谷缘、沟谷坡、沟谷底呈明显的垂直地带。阴阳坡具不对称、不等量的侵蚀变异。沟间地与沟谷地在其地表坡度、侵蚀形态和方式、侵蚀强度及土地利用等方面都有根本的差别。沟间地, 除古代侵蚀遗留的洼地坡麓外, 一般低于 25° ; 主要发生雨滴击溅、细沟、浅沟和切沟, 以及小规模的山崩及陷穴。沟谷地一般大于 25° ; 包括切沟和多种重力侵蚀。沟间地坡折后, 坡度陡, 加上临时聚积的地表水和地下水的作用, 沟坡的不稳定性大增; 沟谷坡切沟侵蚀、溶蚀、潜蚀, 特别是重力侵蚀非常活跃; 沟谷的下切, 侧蚀和溯源侵蚀都使侵蚀量剧增。

2.3.2 水平地带规律 受大陆季风气候和地貌西北—东南倾斜的影响, 随着纬度的变化, 地表组成物质与黄土粒度、降水等气候因素和植被类型及覆盖度等由南向北呈地带变化, 由南向北依次分布黄土塬、残塬、宽平梁、梁峁、峁、风蚀高地和风沙丘的地貌类型及相应的地面坡度组成特征, 和侵蚀类型及强度呈规律的水平地带规律。随着纬度的增加, 侵蚀模数增加 ($R = 0.75^{**}$ 相关极显著)。属于强烈侵蚀9个县, 面积 $18\ 755\ \text{km}^2$, 占23.42%, 其中佳县与府谷县近于剧烈侵蚀。高强度侵蚀5个县, 面积 $21\ 216\ \text{km}^2$, 占26.48%。强度侵蚀3个县, 面积 $14\ 650\ \text{km}^2$, 占18.29%。中度侵蚀2个县, 轻度侵蚀2个县, 微弱侵蚀4个县, 其面积各为 $9\ 927\ \text{km}^2$, $4\ 743\ \text{km}^2$, $11\ 501\ \text{km}^2$ 。大致以延安为界, 延长与延安为过渡区, 其南部为残存天然次生林和洛川塬, 为轻度(宜川和洛川)及微弱侵蚀(甘泉、富县、黄陵和黄龙), 其北侵蚀强度剧增, 直到长城沿线的风沙地区侵蚀强度降低。水土流失面积的百分比, 有类同趋势, 延安以南的县(除洛川流失面积86%), 为34%~41%。延安67%和延长79.0%, 其北长城沿线的榆林、定边和横山稍低(79%~80%), 其余14个县为86%以上。随纬度的增加, 水蚀由弱到强至剧烈, 之后有所减弱, 风蚀则由弱到强。

2.4 土壤侵蚀强度与生态环境变化密切相关

严重的土壤侵蚀, 使降水流失, 土壤干旱, 加剧生态环境恶化。恶化的生态环境条件下, 植被生长不良, 土壤失去保护, 加剧土壤侵蚀, 如此重复, 恶性循环。本区黄土性土(含风砂土)分布面积大(75.4%), 其特点是粉粒($0.05\sim 0.05\ \text{mm}$)含量高(60%以上), 保水力弱, 松散, 抗侵蚀力低, 黄土性土的面积与侵蚀模数间极显著正相关 ($R = 0.81^{**}$)。在沟壑纵横深切、梁峁沟坡陡立的条件下, 降水有限, 加之径流损失和干旱蒸发, 仅有部分就地蓄用, 绥德、米脂一带年降水450 mm中, 小于10 mm的无效降水约占35%, 夏季径流损失占38%, 仅27%补充土壤水分, 降水量虽少但水土流失严重, 二者呈负相关 ($R = -0.52^*$), 与植被生长关系密切, 随着森林覆盖率增加和林地面积的扩大, 侵蚀量大减 ($R = -0.69^{**}$)。土壤干旱, 植被覆盖率低, 风蚀沙化侵蚀越

严重。

2.5 人为侵蚀严重直接加剧水土流失

人为活动破坏森林、草地和陡坡开垦,采矿、挖窑和筑路等大大加剧侵蚀。延安地区近40年来毁林12.3万 hm^2 ,破坏草地87.6万 hm^2 ,甘泉县原有次生林16万 hm^2 ,破坏了4.7万 hm^2 。1977~1979年延安地区开荒扩种12万 hm^2 ,每年新增流失量360万t。据调查资料,陕北地区新建窑洞133万孔,移动土石2.66亿 m^3 。神府煤矿的开采及相应的公、铁路和采石场等建设加上违章开采等,毁坏植被,引发滑坡、泥石流,加剧风沙侵袭和水土流失。1990~1992年河流实测输沙量比开矿前增加16.6%。据初步估算,神府煤矿弃土弃渣总量6585万t,其中60%排入乌木伦河和悖牛川。乌木伦河泥沙淤积,河床抬高4m,原800m宽的河床被占90%。煤矿开采侵占耕地0.63万 hm^2 ,破坏植被1.77万 hm^2 ,被剥离的松散土体为水土流失提供了大量的物质来源。

3 发展经济,综合治理水土流失

鉴于陕北黄土高原地区水土流失非常严重和普遍,土壤侵蚀类型又很复杂和多样以及生态环境条件十分脆弱,土壤贫瘠化和土地资源丧失,经济发展缓慢。广种薄收、单一的经营方式导致“越垦越穷”、“越穷越垦”的恶性循环,水土流失加剧。因此,必须综合治理,发展经济改变贫困落后面貌,加快治理速度,提高水土保持效益。

3.1 调整产业结构,形成水土流失治理与资源开发相互促进的统一体系

水土流失严重及其生态环境脆弱是造成本区经济发展缓慢和贫困的根本原因,落后的经济极不利于水土流失治理而加剧生态环境恶化。水土流失与生态环境、经济发展和人民生活处于一个相关和相互作用的体系中,为了生存,必须利用土地资源,有效地利用土地资源必须进行水土保持。本区国民经济产值低,农业产值比例大,农业人口占总人口的89.89%,社会总产值中农业占62.69%。农业的比例大,投劳强度大,农业中种植业比例大,占57.7%,其中粮食作物播种面积88.1%,产量低。必须调整产业结构,发展多种经营,增加工副业比重,增加林果和经济作物面积,把繁荣山区经济和加速脱贫致富步伐,作为减少水土流失的主攻目标。工商和副业的发展,林果经济作物的发展,无论从短期看还是从长远打算,只有高度重视水土保持才可能获得最好的经济效益,水土流失治理促进经济建设发展。经济发展和人民生活的改善也将大大加速水土流失治理。

3.2 建设稳产高产基本农田,形成系统的综合治理措施体系

人口超载、广种薄收、垦殖过度是陕北地区水土流失及其生态环境恶化的重要原因。侵蚀模数与耕地、人口密度具有相关关系。陕北地区人口密度平均51.68人/ km^2 ,吴堡、绥德和米脂达146人/ km^2 以上。人均土地1.93 hm^2 ,人均耕地0.59 hm^2 。根据联合国的标准,陕北这样的干旱和半干旱地区,土地承载人口最多20人/ km^2 。1 hm^2 旱坡地仅产375kg,而1 hm^2 梯田可产1125~2250kg,坝地每公顷4500kg。在人口密度较低的地区,增加一口人需新增加耕地0.47~0.53 hm^2 。表3说明垦殖率的增长比人口的增值要大得多。陕北丘陵地区耕地占36.59%,其中旱坡地85%,15~25°的坡耕地占31.2%,延安地区>25°坡耕地占23.3%,榆林地区15.1%,据资料,坡耕地的水土流失是非耕地的4倍,特别是陡坡耕地更为严重。梯田、坝地拦沙蓄水,加上

川(台)塬地及平缓坡地是发展粮食生产的基本农田。陕北地区人均基本农田 0.09 hm^2 , 既需培肥又需扩大。增加基本农田面积, 形成修建、保护和培育结合的体系, 改广种薄收为集约经营, 对于人为活动和径流冲刷毁坏的基本农田及时修复, 保护其免遭进一步的破坏, 采取改土培肥、增施肥料及耕作等高栽培措施。退耕陡坡耕地。对于其它坡耕地可采用坡式梯田、等高耕作、水平沟、沟垄种植和增施肥料等措施, 拦蓄降水, 减少径流, 提高作物产量。建立基本农田、坡面水土保持耕作和退耕地种草造林相结合形成工程措施、农业措施和生物措施为一体的综合治理体系。

表3 人口密度增值和垦殖率变化

| 县 名 | 人口密度/人 $\cdot \text{km}^{-2}$ | | | 垦 殖 率/% | | |
|-----|-------------------------------|--------|--------|---------|--------|--------|
| | 1964 年 | 1985 年 | 增加/% | 1964 年 | 1985 年 | 增加/% |
| 绥德 | 115.30 | 148.00 | 128.36 | 30.41 | 61.7 | 202.89 |
| 米脂 | 111.30 | 145.70 | 130.91 | 31.85 | 44.9 | 141.04 |
| 佳县 | 72.60 | 96.70 | 133.20 | 20.96 | 32.6 | 155.30 |
| 吴堡 | 128.00 | 156.30 | 122.11 | 34.89 | 37.1 | 106.28 |
| 延安 | 42.80 | 73.10 | 170.79 | 12.50 | 34.2 | 273.76 |
| 安塞 | 28.70 | 42.60 | 148.43 | 9.66 | 36.9 | 381.57 |
| 志丹 | 16.20 | 24.30 | 150.00 | 7.52 | 29.0 | 286.17 |
| 吴旗 | 17.40 | 26.20 | 150.57 | 8.63 | 29.0 | 335.81 |

3.3 加强植被建设, 形成区域综合治理与改善生态环境的统一体系

陕北地区土质松散、地形破碎、气候干旱、植被稀疏、生态系统脆弱, 历史上长期遭受严重土壤侵蚀是造成现在水土流失严重的根本原因。陕北地区绿色面积小, 黄色面积大, 除南部天然次生林区外, 林地面积占 15%, 耕地面积 36.6%, 裸露陡崖及交通居民地占 24%, 黄土丘陵沟壑区的沟间地几乎全部被开垦外, 沟谷陡坡也被垦殖, 黄河沿岸薄层黄土覆盖的土石丘坡 75% 以上被耕种, 林地面积低于 10%, 80% 以上地面的覆盖度低于 60%, 北部的府谷县覆盖度 70% 者不足 5%, 整个延安以北的广大地区, 形成了“绿少黄多”格局。按不同的侵蚀区(带)、不同地貌部位和不同的侵蚀类型组合, 建立绿色防护体系, 减少水土流失, 改善生态环境。在长城沿线以北风沙地区, 加强草场建设, 种植优良牧草, 建立饲料基地, 建立以灌木为主草带、林带、林网, 形成防风固沙的绿色长城。长城以南至延安以北地区, 植被稀疏, 覆盖度低, 草地面积大, 草质退化, 产草量低, 林地以人工林为主, 成林率低, 应严禁陡坡开垦, 退耕还草还林, 梁峁坡种草, 草灌带状间作, 草粮带状间作, 扩大人工草地面积, 沟坡以灌木为主植树造林, 在水分条件好的地方和路旁、宅旁等种植经济林果, 同时采取封育措施和选择适宜树种等提高成活率和保存率。南部次生林区, 禁止毁林, 禁止陡坡开荒, 造林护林, 封山育林, 发展经济林果, 有计划的间伐造林更新。在垂直空间上, 除平缓地形部位建设基本农田外, 梁峁顶和峁梁坡上段种草, 梁峁坡下段草灌结合, 沟底种树, 根据喜光耐旱等生物特性和不同地势条件, 选择林种, 形成带状防护体系, 对不同流域和地区, 采用不同的措施, 充分调动农民的积极性, 扩大植被面积。

3.4 执行国家政策法令, 防止新的水土流失

认真贯彻宣传国家《水土保持工作条例》《土地法》等政策法规, 执行严禁陡坡开荒, 25° 以上的耕地退耕还林还牧, 严禁乱砍毁林和草场等一系列规定。对于道路建设、矿区开发要采取预防和管护结合, 资源开发和治理相结合的办法, 因害设防, 采取工程措施和生物相结合, 行政措施和经济手段相结合, 实行“谁开发谁保持”、“谁造成水土流失谁治理”的原则, 做到经济受益和治理有责的统一, 防止新的水土流失。