

# 黄土高原沟沿线的廊道防蚀效应探析

焦菊英<sup>1,2</sup>

(1. 中国科学院 水利部 水土保持研究所, 陕西 杨凌 712100; 2. 西北农林科技大学 水土保持研究所, 陕西 杨凌 712100)

**摘要:** 在分析黄土高原地区的沟沿线、沟沿线上部沟间地和沟谷地土壤侵蚀特征、小流域泥沙来源、坡沟侵蚀产沙关系的基础上, 结合廊道的生态功能和以往的研究结果, 认为在沟沿线的上部建立草灌与整地工程措施相结合的植物廊道, 来拦蓄阻截沟间地的来水来沙, 可使流域的土壤侵蚀量减少 54.5%~77.0%。

**关键词:** 沟沿线; 廊道; 植物篱; 土壤侵蚀; 黄土高原

文献标识码: A

文章编号: 1000-288X(2006)05-0108-03

中图分类号: S157

## Effects of Vegetation Corridor Along Thalweg on Soil Erosion Control on the Loess Plateau

JIAO Ju-ying<sup>1,2</sup>

(1. Institute of Soil and Water Conservation, Chinese Academy of Sciences and

Ministry of Water Resources, Yangling 712100, Shaanxi Province, China 2. Institute of Soil and Water

Conservation, Northwest Sci-tech University of Agriculture and Forestry, Yangling 712100, Shaanxi Province, China)

**Abstract:** Through the analyses of characteristics of gully thalweg and soil erosion in upland and gully land, sediment sources in small watershed, sediment yield relationship between upland and gully and ecological functions of vegetation corridor, it is considered that vegetation corridor combined with land preparation measures may block runoff and sediment from upland and reduce the amount of soil erosion in a watershed by 54.5%~77.0%.

**Keywords:** thalweg; corridor; hedgerow; soil erosion; Loess Plateau

沟沿线是黄土地区土壤侵蚀和地貌发展的重要地貌结构线<sup>[1]</sup>, 将流域坡面划分成其上部的沟间地与下部的沟谷地。在黄土丘陵沟壑区, 流域的侵蚀量沟间地占 40% 左右, 沟谷地占 60% 左右<sup>[2]</sup>。虽然沟谷地径流侵蚀产沙量往往在流域侵蚀产沙量中占有很大的比例, 但其中有相当的成分是由坡面水沙下沟引起的。据山西羊道沟和子洲团山沟资料, 沟坡地接受沟间地径流的侵蚀产沙量分别是沟坡地不接受沟间地径流的 4.5 倍和 5 倍<sup>[3-4]</sup>。由于坡面来水来沙可使沟坡的侵蚀产沙能力增加 70% 以上<sup>[2,5]</sup>, 如果阻止坡面水下沟, 在大暴雨条件下径流和产沙量可分别减小 61% 和 84%<sup>[6]</sup>。可见, 坡面上的径流与泥沙如果能全部拦蓄不下沟, 沟谷地径流量与泥沙量可显著减少。廊道是具有通道或屏障功能的线状或带状景观要素, 是联系斑块的重要桥梁和纽带, 具有通道和阻隔的双重功能<sup>[7-8]</sup>, 可阻截和吸收来自周围农田水土流失的养分与其它物质, 从而起到汇的作用<sup>[9]</sup>。为此, 根据黄土区的地貌特征线——沟沿线、沟沿线上下的土壤侵蚀特征与泥沙来源、以及廊道的阻滞作

用, 来探究在沟沿线上部建立具有阻滞作用的植物生态防蚀廊道及其防蚀效应, 以期为防止坡面径流泥沙下沟, 减少入黄泥沙, 进行生态水土保持提供了科学的依据。

## 1 沟沿线与廊道

### 1.1 沟沿线

根据地面在流水与重力侵蚀作用下溯源侵蚀的特点, 在坡面没有明显转折的情况下, 一般以坡面上冲沟、切沟顶部的连线作为沟沿线。沟沿线地处切沟、冲沟最发育的部位, 其动态变化则反映了沟谷长度、沟谷宽度、沟谷面积和沟谷深度的变化, 它是研究黄土地区土壤侵蚀和地貌发展的重要地貌特征线, 在水土保持规划中具有非常重要的意义<sup>[1,10]</sup>。

沟沿线将地面划分成沟间地与沟谷地, 在它的上部一般为坡度较缓的沟间地类型, 地面坡度一般 < 35°; 在它的下部是坡度较为陡峻的沟谷地类型, 地面坡度一般 > 35°。在沟间坡面上, 主要表现为面状侵蚀和细沟侵蚀, 在接近沟沿线的地区往往有细沟、浅

收稿日期: 2006-01-15

修稿日期: 2006-06-30

资助项目: 国家自然科学基金项目 (40571094); 西北农林科技大学“青年学术骨干支持计划”项目 (01140301)

作者简介: 焦菊英 (1965—), 女 (汉族), 陕西省宝鸡县人, 博士, 研究员, 主要从事植被恢复与水土保持环境效应评价研究。E-mail: jyjiao@ms.

iswc.ac.cn.

沟发育;在沟谷地主要为强烈的沟蚀和重力侵蚀等,地面有大量的切沟、冲沟发育,往往以很小的间距平行排列,形成沟壑密布的地面景观。同时,沟沿线与土地类型和土地利用方式有很大关系,它常构成土地类型和土地利用单元的周界,坡耕地及梯田均处在沟沿线之上,而在其下部的沟坡地上一般为荒草地,在沟底地,主要为上部土壤侵蚀物质的堆积和沉积地区,少有侵蚀发生,地面坡度一般 $<6^\circ$ ,在沟台地和沟坝地,地面坡度往往 $<3^\circ$ ,耕地主要分布在沟(川)平地上<sup>[1,10-11]</sup>。

## 1.2 廊道

廊道是指景观中与相邻两边环境不同的线性或带状结构,常见的廊道包括农田防风林带、河流、道路、峡谷、输电线路等<sup>[9]</sup>。廊道具有多种功能,即通道、隔离带、源、汇和栖息地<sup>[7]</sup>,其重要的结构特征包括宽度、组成内容、内部环境、形状、连续性及其与周围缀块或基质的相互关系<sup>[9]</sup>。最常见的绿色廊道如树篱和林荫道,是一个多功能的廊道,包括生态功能、景观通道功能、污染缓冲功能、娱乐功能和视觉欣赏功能等。绿色廊道途径主要是基于景观中连续的线性特征,对关键性的环境功能,如物种分布和水文过程等起促进作用<sup>[7]</sup>。黄土高原地区的沟沿线将坡面划分为上下侵蚀环境不同的沟间地和沟谷地,具备着廊道的线性特征。

## 2 植物篱廊道的防蚀作用

植物篱是指由植物组成的无间断性或接近连续的较窄的密集植物带,其主要形式是在坡面上沿等高线布设密植灌木或灌化乔木以及灌草结合的植物带<sup>[12]</sup>。植物篱控制土壤侵蚀的作用在于其增加了地面覆盖度,减缓了坡度,改善了土壤质地,缩短了坡长,同时植物篱对地表径流的机械阻挡,减缓了流速,消减了水流的泥沙携带能力,使细沟不容易形成<sup>[13-15]</sup>。试验表明,植物篱地比裸地产流时间延缓5~25 min,4 a后的植物篱可降低坡度 $9^\circ\sim 10^\circ$ ,植物篱地土壤中有有机质提高15%~68%,全磷提高0.3%~22%,全氮提高53%~120%<sup>[13]</sup>;在坡耕地上建立高密度植物篱可降低地表径流50%~70%<sup>[16]</sup>;同时植物篱能显著改善土壤物理性状,即增加微团聚体含量<sup>[17]</sup>,增加土壤孔隙度,降低土壤容重<sup>[18]</sup>,增强土壤入渗能力和提高土壤的抗冲性,且能在长时间内维持较高的土壤入渗量和较大的稳定入渗率<sup>[19]</sup>,有利于径流的拦蓄。可见,采用植物篱进行水土保持生态环境治理,不仅能够有效地拦蓄降水径流,并通过改变坡面坡度和坡长等地形条件而减轻径流冲刷,控制土

壤侵蚀;同时,植物篱中的土壤水分、养分状况和土壤结构的改善,为植物的进一步良好生长和充分发挥其水土保持作用提供了条件。

在水土流失非常严重的黄土高原,干旱和土壤肥力低是限制建设良好植被的主要因子。若结合水平沟、水平阶、水平槽、反坡梯田等工程措施,发挥其拦蓄作用,可为植物篱的初期建立创造良好的水分和养分条件。同时,在植物篱尚不能发挥其效益前,来发挥水平沟等整地工程措施的水土保持作用。试验表明水平沟、鱼鳞坑和反坡梯田可有效地消减径流向系统外部环境的输移,地表径流输移的消减率在39.92%~65.11%<sup>[20]</sup>。随着植物篱廊道内土壤水分和养分条件的逐步改善,促进了廊道植物的良好生长繁衍,进一步巩固了植物篱廊道的水土保持作用。因此,在黄土高原地区,可采取沟沿线的上部修建水平沟等工程措施,并种植草灌,建立水平沟等工程措施与草灌相结合的植物篱廊道,来发挥廊道的阻滞作用,拦蓄阻截沟间地的来水来沙,同时防止坡面本身的水土流失,从而减轻流域的土壤侵蚀。

## 3 沟沿线廊道的防蚀效应

沟间地和沟谷地是小流域汇流和侵蚀产沙系统的2个基本地貌单元,它具有不同的产流产沙的特征,沟谷地的侵蚀模数远远大于沟间地的侵蚀模数,在黄土丘陵区一般大于它的2~4倍,黄土塬区可达到20倍以上<sup>[21]</sup>。

### 3.1 沟间地的侵蚀产沙

沟间地是流域地貌系统中的重要组成部分,它是人们从事农业生产的场所,也是径流和泥沙的主要来源地。严重的水土流失不仅直接给农业生产带来影响,同时,是黄河泥沙的主要来源之一。在沟间地范围内,由于地貌部位的不同,影响着径流深度和水流方式,从而有着不同的侵蚀方式。在梁峁坡上部主要为溅蚀、片蚀,在梁峁坡中部主要发生细沟和浅沟侵蚀,在梁峁坡下部以浅沟和切沟侵蚀为主,由梁峁坡上部到下部,土壤侵蚀量越来越大。根据晋西离石羊道沟1963—1968年的观测资料,梁峁顶部溅蚀、片蚀地带的土壤侵蚀量为 $509.4\text{ t}/(\text{km}^2\cdot\text{a})$ ,梁峁坡上部片蚀、细沟侵蚀地带为 $1\,500.4\text{ t}/(\text{km}^2\cdot\text{a})$ ,梁峁坡下部浅沟侵蚀地带为 $9\,432.8\text{ t}/(\text{km}^2\cdot\text{a})$ ,沟头掌状凹坡切沟侵蚀地带为 $10\,336.3\text{ t}/(\text{km}^2\cdot\text{a})$ <sup>[22]</sup>。

### 3.2 沟谷地的侵蚀产沙

沟谷地是水力侵蚀和重力侵蚀共同作用区,除降雨径流的作用外,还要受梁峁坡汇流的影响,水力侵蚀要大于梁峁坡;同时,沟坡的滑塌、崩塌、泻流等重

力侵蚀严重。黄河中游地区大部分的沟谷地产沙量占流域总沙量的 70%~80%，黄河晋陕峡谷段北部沿岸地区和西峰、洛川等完整塬区大于 85%，西北部黄河支流河源区和汾渭断陷盆地小于 70%<sup>[23]</sup>。

重力侵蚀是沟谷侵蚀的主要类型，不同发育阶段的沟谷其重力侵蚀方式是不同的，重力侵蚀最为严重的是冲沟和干沟。在冲沟以滑塌与崩塌侵蚀方式为主，在干沟则以滑坡、泻溜侵蚀方式为主。在黄土丘陵沟壑区的离石王家沟，重力侵蚀表现为滑塌、泻溜、崩塌，其侵蚀量为 4 430 t/(km<sup>2</sup>·a)，占总侵蚀量的 20%；在黄土残塬沟壑区的晋西唐户沟，重力侵蚀方式为泻溜、崩塌、滑坡，其侵蚀量为 4 600 t/(km<sup>2</sup>·a)，占侵蚀总量的 51%；在基岩重点产沙区的府谷县黄家岔，重力侵蚀方式为泻溜、崩塌，侵蚀量为 4 130 t/(km<sup>2</sup>·a)，占侵蚀总量的 65%<sup>[24]</sup>。

### 3.3 小流域泥沙来源

从泥沙的总量来看，在黄土高原沟壑区，泥沙主要来自沟谷，沟谷产沙量可占总产沙量的 80%以上；在沟间地与沟谷地大体相等的陕北、晋西典型黄土丘陵沟壑区，沟谷泥沙一般占到泥沙总量的 50%~80%，而沟间地泥沙占 20%~50%；在沟间地比例特别大的缓坡丘陵、长坡丘陵地区，沟间地侵蚀总量有可能大于沟谷侵蚀总量。例如甘肃省秦安县属于比较典型的长坡丘陵沟壑地貌，沟间地侵蚀总量占全县侵蚀总量的 65.13%，沟谷产沙量仅占 34.87%<sup>[25]</sup>。

### 3.4 沟沿线廊道的防蚀效应

沟谷地的土壤侵蚀模数远远大于沟间地，但从泥沙成因分析，塬面和梁峁坡上的泥沙是受雨滴的打击击溅和该区形成的径流产生的；而沟坡上的泥沙除本身原因外，还受塬面梁峁坡径流下沟的影响。根据实测资料，在多年次降雨条件下，羊道沟坡面水下沟在沟坡上的净产沙增量占全坡面产沙量的 54.46%，坡面下来的泥沙占 20.58%，而隔绝坡面来水时沟坡的产沙量仅占全坡面产沙量的 24.96%。在沟坡坡度较大的王茂沟，坡面水下沟的净产沙增量为全坡面的 69.35%。隔绝坡面来水时沟坡的产沙量仅占全坡面产沙量的 10.29%。在塬区坡面面积较大的南小河沟，坡面水下沟的净产沙增量增至流域产沙量的 77.04%，坡面水下沟的侵蚀和输移能力占全坡面的 85%左右。而隔绝坡面来水时沟坡的产沙量仅占约 15%。可见，坡面来水来沙在全坡面和流域侵蚀产沙中起着决定性的作用。因此，采取合适的水土保持措施，如植物篱廊道来阻止坡面水沙下沟，可使流域的侵蚀量减少 54.5%~77.0%。

## 4 结 论

依据黄土高原地区的沟沿线、沟沿线上下沟间地和沟谷地的土壤侵蚀特征、小流域泥沙来源、坡沟侵蚀产沙关系、以及廊道的生态功能，在沟沿线的上部种植草灌，并结合水平沟、水平阶、反坡梯田等工程措施，建立草灌与工程措施相结合的植物篱廊道，拦蓄阻截沟间地的来水来沙，可使流域的土壤侵蚀量减少 54.5%~77.0%。

理论分析和以往试验结果表明，沟沿线上部植物篱廊道的建立，可减轻坡面本身和沟谷地的土壤侵蚀。在实践上，还应加强植物篱种类的选择、配置、试验、应用、推广与管理，建立多功能植物篱，在条件允许的地区种植适宜的经济作物，在发挥其廊道生态效益的同时，发挥植物篱的经济效益；并依据不同地区的降雨特征、坡面产流产沙特点以及坡面的地形特征，合理设计植物篱的密度、株行距、带距，以及工程措施的标准。在理论上，应注重对沟沿线廊道的宽度、组成内容、内部环境、形状、连续性及其与周围环境的相互关系的研究，以揭示其水保的生态学实质。

### [参 考 文 献]

- [1] 阎国年, 钱亚东, 陈仲明. 基于栅格数字高程模型自动提取黄土地貌沟沿线技术研究[J]. 地理科学, 1998, 18(6): 567—573.
- [2] 焦菊英, 刘元宝, 唐克丽. 小流域沟间与沟谷地径流泥沙来量的探讨[J]. 水土保持学报, 1992, 6(2): 24—28.
- [3] 曾伯庆. 晋西黄土丘陵沟壑区水土流失规律及治理效益[J]. 人民黄河, 1980, 2(2): 20—25.
- [4] 陈永宗, 景可, 蔡强国. 黄土高原现代侵蚀与治理[M]. 北京: 科学出版社, 1989. 170—182.
- [5] 阵浩. 降雨特征和上坡来水对产沙的综合影响[J]. 水土保持学报, 1992, 6(2): 17—23.
- [6] 蔡强国, 王贵平. 黄土高原小流域侵蚀产沙过程与模拟[M]. 北京: 科学出版社, 1998. 146—147.
- [7] 陈波, 包志毅. 景观生态规划途径在生物多样性保护中的综合应用[J]. 中国园林, 2003, 19(5): 51—53.
- [8] 何晓蓉, 李辉霞, 范建容, 等. 青藏高原流域廊道体系对生态环境的影响——以尼洋河流域为例[J]. 水土保持研究, 2004, 11(2): 97—99.
- [9] 郭建国. 景观生态学——格局、过程、尺度与等级[M]. 北京: 高等教育出版社, 2000. 30—32.
- [10] 朱红春, 汤国安, 张友顺, 等. 基于 DEM 提取黄土丘陵区沟沿线[J]. 水土保持通报, 2003, 23(5): 43—45, 61.
- [11] 蒋德麒, 赵诚信, 陈章霖. 黄河中游小流域径流泥沙来源初步分析[J]. 地理学报, 1966, 32(1): 20—35.

## 6 结 论

根据灌区灌溉系统的特点,选用模糊综合评价方法,对关中灌区改造工程世行贷款项目效益进行了综合评价,得出以下结果。

(1) 建立了灌溉工程一般综合效益评价指标体系,该指标体系由社会性指标、资源性指标、经济性指标、技术性指标和生态环境性指标 5 大类指标系统中的 23 项指标组成。

(2) 根据关中 9 大灌区改造项目的实际,对上述 23 个指标进行了筛选,得到了 8 项评价指标,形成综合评价模型。

(3) 通过模糊分析计算,说明灌区改造后将使灌区效益综合指标上升了一个级别,即从合格级别上升为良好级别。

(上接第 110 页)

- [12] 王玲玲,何丙辉,李贞霞. 高等植物篱技术研究进展[J]. 中国生态农业学报,2003,11(3):131—133.
- [13] 王青杵,王彩琴,杨丙益. 黄土残塬沟壑区植物篱水土保持效益研究[J]. 中国水土保持,2001(12):25—26.
- [14] 蔡强国,黎四龙. 植物篱减少侵蚀的原因分析[J]. 土壤侵蚀与水土保持学报,1998,4(2):54—60.
- [15] 伊迪信,唐华彬,朱青,等. 植物篱初步梯化技术研究[J]. 水土保持学报,2001,15(2):84—87.
- [16] 唐亚,等. 等高固氮植物篱技术在坡耕地可持续耕作中的应用[J]. 水土保持研究,2001,8(1):104—109.
- [17] 黄丽,蔡崇法,丁树文,等. 集中绿篱梯田中紫色土有机质组分及其性质的研究[J]. 华中农业大学学报,2000,19(6):559—562.
- [18] 王喜龙,蔡强国,王忠科,等. 晋西北黄土丘陵沟壑区梯田埂植物篱的固埂作用与效益分析[J]. 自然资源学报,2000,15(1):74—79.

(上接第 113 页)

### 3.5 强化监督管理工作,遏制人为造成新的水土流失

近年来,随着经济高速发展,各种基础设施大规模建设,人为造成新的水土流失十分严重。

据不完全统计,全省山区各类开发建设项目达  $2.40 \times 10^5$  处,每年造成新的水土流失面积  $200 \text{ km}^2$  多,弃土弃渣  $1.80 \times 10^8 \text{ m}^3$ ,大量的土石渣占压耕地,毁坏水利水保工程设施,每到汛期,顺水而下,造成严重的水土流失。

因此,强化监督管理工作,对资源开发和生产建设活动,依法开展监督,全面实施开发建设项目水土保持方案报批制度和“三同时”制度,特别是对重点开

发建设项目,要加大检查、督查力度,以有效遏制人为水土流失和生态破坏。

[参 考 文 献]

- [1] 孔祥元. 层次分析法在灌水方法综合决策中的应用[J]. 喷灌技术,1994(4):30—34.
- [2] 王慧敏,刘新立. 流域复合系数可持续发展测度[J]. 河海大学学报,1999(27):45—48.
- [3] 陈守煜. 水文水资源系统模糊识别理论[M]. 大连:大连理工大学出版社,1986.5—15.
- [4] 袁志发. 模糊数学在农林中的应用[M]. 西安市天则出版社,1989.79—88.
- [5] 贺仲雄. 模糊数学及其应用[M]. 天津:天津科学技术出版社,1983.11—30.
- [6] Latinopoulos P, Mylopoulos N, Mylopoulos Y. Risk-based decision analysis in the design of water supply projects. *Water Resources Management*. 1997,11:21—24.
- [19] 李新平,王兆寿,陈欣,等. 红壤坡耕地人工模拟降雨条件下植物篱水土保持效应与机理研究[J]. 水土保持学报,2002,16(2):36—40.
- [20] 王进鑫,黄宝龙,罗伟祥. 造林整地工程对人工幼林系统径流输移的影响[J]. 中国水土保持科学,2004,2(3):36—40.
- [21] 景可,陈永宗,李凤新. 黄河泥沙与环境[M]. 北京:科学出版社,1993.79—87.
- [22] 孟庆枚. 黄土高原水土保持[M]. 郑州:黄河水利出版社,1996.162—171.
- [23] “黄河中游侵蚀环境特征和变化趋势”专题组. 黄河中游侵蚀环境变化趋势研究[J]. 人民黄河,1996,18(11):8—10.
- [24] 叶青超. 黄河流域环境演变与水沙运行规律研究[M]. 济南:山东科学技术出版社,1994.60—63.
- [25] 齐鑫华. 黄土高原侵蚀地貌与水土流失关系研究[M]. 西安:陕西人民教育出版社,1991.169—173.

[参 考 文 献]

- [1] 周存旭. 河南省土壤侵蚀劣地国土整治对策与措施[J]. 河南水利,2000(1):11—12.
- [2] 许春霞. 前进中的河南水土保持[M]. 郑州:河南人民出版社,1995.163—169.
- [3] 陈德铭. 治理水土流失构建和谐社会[J]. 中国水土保持,2005,11:2—3.
- [4] 樊万选. 区域生态经济社会协调发展论[M]. 郑州:河南人民出版社,1994.280—286.
- [5] 何毓蓉. 紫色土的水土保持与持续农业环境[J]. 水土保持学报,2002,16(5):11—13.