

# 陕北佳县“7·27”特大暴雨中心区侵蚀灾害调查

王志杰<sup>1</sup>, 王巧利<sup>3</sup>, 焦菊英<sup>1,2</sup>, 李锐<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; 3. 西北农林科技大学 资源环境学院, 陕西 杨凌 712100)

**摘要:** 针对 2012 年陕西省佳县“7·27”特大暴雨侵蚀灾害, 以暴雨中心区(王家砭镇)受灾最严重的行政村为对象, 调查了“7·27”特大暴雨中道路、河岸、河道、房屋建筑、坡耕地、退耕林地、退耕草地等的侵蚀灾害情况。选取不同恢复措施的典型坡面, 量测了地表植被、地形、土壤结皮等状况和“7·27”暴雨侵蚀产生的土壤侵蚀量。重点调查了不同生态恢复措施与恢复效果在该次暴雨中的抗侵蚀作用。对“7·27”特大暴雨侵蚀灾害的原因进行了初步分析。结果表明, 植被盖度、植被物种多样性、坡度以及土壤生物结皮对于暴雨侵蚀的防御具有重要影响。

**关键词:** “7·27”特大暴雨; 暴雨中心区; 侵蚀灾害; 佳县

文献标识码: A

文章编号: 1000-288X(2012)05-0013-05

中图分类号: S157, X43

## Investigation of Erosion Disaster in "7·27" Rainstorm Centre in Jiaxian County of Northern Shaanxi Province

WANG Zhi-jie<sup>1</sup>, WANG Qiao-li<sup>3</sup>, JIAO Ju-ying<sup>1,2</sup>, LI Rui<sup>1,2</sup>

(1. Institute of Soil and Water Conservation, Chinese Academy of Sciences and Ministry of Water Resources, Yangling, Shaanxi 712100, China; 2. Institute of Soil and Water Conservation, Northwest A & F University, Yangling, Shaanxi 712100, China; 3. College of Resources and Environment, Northwest A & F University, Yangling, Shaanxi 712100, China)

**Abstract:** Aiming at the erosion disaster by the "7·27" rainstorm, the rainstorm central area located in Wangjiabian Town, Jiaxian County, Northern Shaanxi Province, was selected as a site to investigate the erosion situations of road, river bank, river channel, housing construction, sloping farmland, afforestation land and natural recovered grassland. Then, several typical slopes with different restoration measures were chosen to measure standing vegetation, topography, soil crust and soil erosion. The effects of different ecological restoration measures and recovery levels on soil erosion by the rainstorm were investigated primarily. The reasons for the erosion disaster by the severe rainstorm were analyzed. Results show that vegetation coverage, vegetation species diversity, slope and soil biological crust have the important effects on the rainstorm erosion.

**Keywords:** "7·27" rainstorm; rainstorm centre; erosion disaster; Jiaxian County

2012 年 7 月 26 日晚, 陕西省佳县出现了强对流天气过程。截至 27 日 8 时, 全县出现了中到大雨, 部分乡镇出现了特大暴雨, 有 5 个乡镇的降水量超过 100 mm, 最大降水量出现在王家砭, 降水量为 184.9 mm, 日最大降水量已超过 1969 年有气象资料以来最大值。截至 28 日 8 时, 21 个乡镇降雨超过 100 mm, 佳县申家湾 282 mm, 王家砭 226 mm, 榆阳区刘千河 212 mm<sup>[1]</sup>。特大暴雨使得佳县境内道路

遭到严重破坏, 电力通信全部中断, 两座库坝溃决。暴雨中心区王家砭镇损毁房屋 219 间, 造成严重危房 593 间, 一般危房 513 间, 人民财产安全受到严重的威胁。据了解, 暴雨中心王家砭镇受灾最为严重的区域集中在高武沟、王车坪、豪则沟和张家沟等地。因此, 作者于 2012 年 8 月 8—12 日赴暴雨中心区佳县王家砭镇进行实地考察, 对于该镇受灾最为严重的高武沟、王车坪、豪则沟 3 村暴雨侵蚀灾害进行了调查。

收稿日期: 2012-09-10

修回日期: 2012-09-12

资助项目: 中国科学院重要方向项目“黄土丘陵区抗侵蚀植物群落的结构特征与功能性状及甄选研究(KZCX2-EW-406)”; 国家自然科学基金重点基金项目“黄土丘陵区土壤侵蚀对植被恢复过程的干扰与植物的抗侵蚀特性研究”(41030532)

作者简介: 王志杰(1986—), 男(汉族), 甘肃省会宁县人, 博士研究生, 研究方向为土壤侵蚀研究。E-mail: wzhijie86@gmail.com。

通信作者: 焦菊英(1965—), 女(汉族), 陕西省宝鸡市人, 研究员, 研究方向为流域侵蚀产沙、土壤侵蚀与植被关系及水土保持效益评价。E-mail: jyjiao@ms.iswc.ac.cn。

## 1 调查区概况

佳县位于陕西省东北部,黄河中游晋陕峡谷西岸,地处北纬  $37^{\circ}41'47''$ — $38^{\circ}23'34''$ ,东经  $110^{\circ}0'45''$ — $110^{\circ}45'10''$ 之间,是典型的贫困山区。该区地势由西北向东南倾斜,自然资源匮乏,立地条件差,土壤以沙壤质和轻壤质的绵沙土和黄绵土为主,有机质含量极低,质地粗糙,缺乏黏粒胶结,结构松散,土壤抗蚀性差,极易遭受水蚀和风蚀。全县可分为北部丘陵片沙区(约 30%),西南黄土丘陵沟壑区(约占 48%)和东南黄河沿岸土石山区(约占 22%)3 种地貌类型。该区是黄河中游水土流失最严重的地区之一,境内佳芦河及其数条支流斜穿而过注入黄河,其侵蚀模数高达  $30\ 000\ \text{t}/(\text{km}^2 \cdot \text{a})$ 以上。气候干旱少雨,属大陆性干旱半干旱气候区,年平均气温  $10.2\ ^{\circ}\text{C}$ ,历史上极端最高气温  $42.1\ ^{\circ}\text{C}$ ,极端最低气温  $-24.4\ ^{\circ}\text{C}$ 。年平均降水量  $386.6\ \text{mm}$ ,年最大降水量为  $576.3\ \text{mm}$ ,最小降水量为  $235.7\ \text{mm}$ ,年际差为  $340.6\ \text{mm}$ ,降水主要集中在 7—9 月<sup>[2]</sup>。

王家砭镇位于佳县北部,毛乌素沙地南缘,佳芦河上游,属典型的黄土高原丘陵沟壑区地貌。辖 27 个行政村,2005 年总人口 14 221 人,劳动力 3 300 个,总土地面积  $185\ \text{km}^2$ ,总耕地面积  $4\ 000\ \text{hm}^2$ ,退耕还林面积  $1\ 533.33\ \text{hm}^2$ <sup>[3]</sup>。

## 2 调查内容与方法

以暴雨中心区(王家砭镇)受灾最严重的行政村为调查对象,首先通过对“7·27”暴雨侵蚀灾害的实地勘察和走访,掌握暴雨侵蚀的灾情,对道路、河岸、河道、房屋建筑、坡耕地、退耕林地、退耕草地等的受灾状况进行调查。为了研究不同生态恢复措施对暴雨侵蚀的抵御作用和能,选取不同恢复措施/阶段(退耕林地、退耕草地、坡耕地等)的 13 个典型坡面为调查单元,每个典型坡面设置 3 个重复样方(草本样方  $2\ \text{m} \times 2\ \text{m}$ ,乔、灌木样方大小  $5\ \text{m} \times 5\ \text{m}$ ),共 40 个样方,调查植被特征、土壤结皮特征等项目。主要量测指标有植被类型,植被盖度(地表草本植被盖度、林木郁闭度、作物盖度等),植被物种,物种盖度,冠幅,多度,土壤结皮类型,结皮盖度等项目。同时,每个典型坡面设置 3 个横断面,每个断面长  $5\ \text{m}$ ,共 40 个断面量测  $5\ \text{m}$  断面内出现的暴雨侵蚀细沟、浅沟、切沟条数、宽度、长度和深度,计算暴雨侵蚀量。同时,记录各样方的经纬度坐标(手持 GPS 测量)、坡度(坡度仪量测)、坡向(罗盘记录)以及退耕年限(农户走访)。

## 3 暴雨侵蚀灾情

调查发现,“7·27”暴雨最为严重的灾害表现在如下方面:(1)陡坡耕地和地表裸露的地段以及山村道路,侵蚀破坏严重;(2)河道两侧沟岸重力侵蚀(滑坡、坍塌)严重,农作物受灾严重;(3)部分农村建筑物遭受不同程度的侵害,形成了大量的危房(附图 6)。

### 3.1 坡耕地

此次调查的 3 个村均为陕西省扶贫重点村,村内居民经济困难,周边山丘多为坡耕地。迫于生活压力,退耕地面积较大。坡耕地主要种植作物有黄豆、绿豆、土豆等。除作物外,地表锄草力度大,几近裸露。致使其在“7·27”特大暴雨中侵蚀最为严重,也是主要的洪水泥沙来源地之一。很多坡耕地从上至下冲刷出明显的长细沟和切沟,最长可达  $30\ \text{m}$ ,最深处可达  $1\ \text{m}$ 。长度  $20\ \text{m}$ ,深度  $40\ \text{cm}$  左右的切沟在坡耕地内随处可见,侵蚀最严重的坡耕地坡面甚至有  $20\ \text{cm}$  的表层土壤被侵蚀冲刷(作物盖度  $11\%$ ,坡度  $39^{\circ}$ )。另外,当作物种植密度较大时(作物盖度  $40\%$  以上时),坡耕地上侵蚀形成的侵蚀细沟、浅沟和切沟的个数及程度均比低覆盖度作物上(作物盖度  $20\%$  左右)的可减少  $50\%$  以上。

### 3.2 退耕草地

此次调查流域内,退耕草地呈零星分布,退耕原因多为农户外出打工导致土地的弃耕撂荒。退耕年限多为  $2\sim 6\ \text{a}$ ,地表草本植物物种较为单一,多以茵陈蒿(*Artemisia capillaris*)为主。偶见退耕年限较长的坡面生长有白羊草(*Bothriochloa ischaemum*)、达乌里胡枝子(*Lespedeza davurica*)、阿尔泰狗娃花(*Heteropappus altaicus*)、香青兰(*Dracocephalum moldavica*)、芫蒿(*Artemisia giraldii*)、中华隐子草(*Cleistogenes chinensis*)等。总体上,但凡弃耕撂荒地在“7·27”特大暴雨侵蚀中并未出现较严重的土壤侵蚀,侵蚀浅沟和切沟不明显,以鳞片状侵蚀和细沟侵蚀为主,多见长度  $30\sim 100\ \text{cm}$ ,深度  $1\sim 4\ \text{cm}$  的细沟。浅沟和切沟仅出现在坡度较陡,草本植物未能覆盖地表的裸露地,且数量极少。同时,随着退耕年限的增长,地表草本物种多样性增加,地表生物结皮(藓类和藻类结皮为主)增多,侵蚀较少;而退耕  $2\ \text{a}$  左右的梁(峁)、沟坡上表现为物种单一(以茵陈蒿为主),地表结皮多以物理结皮为主,侵蚀细沟相对较多。

### 3.3 退耕林地

调查区退耕林地多以枣树、杏树和少量苹果树退

耕为主,退耕林地主要以两种状态存在。(1)以经济效益为目的的退耕林地。该类林地上多种植枣树。为提高枣树产量和便于收获,农户多对林下坡面锄草,以裸露坡面为主,地表草本盖度小,土壤结皮以大量的物理结皮为主。该类退耕林地坡面在“7·27”暴雨侵蚀中出现明显的细沟和浅沟侵蚀,部分坡面甚至出现切沟。(2)由于农户外出打工或无劳力兼顾退耕林地的坡面,因此对林下草本的砍锄力度小,坡面上地表草本植被发育良好,物种多样性较大,地表土壤结皮出现生物结皮(多见藓类结皮),该类林地坡面在暴雨侵蚀中发挥了较好的防御作用。该类地多见鳞片状侵蚀和细沟侵蚀,浅沟和切沟少见。

另外,部分退耕林地配套以梯田和水平阶方式。该类退耕林地在“7·27”特大暴雨中,草本植被被砍锄后的林下坡面径流多在梯田田埂低洼处汇集,产生严重的土壤侵蚀,调查中可见明显的浅沟,部分田埂处可见小型滑坡、坍塌和陷穴。

### 3.4 河岸与道路边坡崩塌

“7·27”特大暴雨灾害侵蚀最为严重的地段还包括河岸与道路边坡的崩塌与侵蚀,主要表现为河岸淘蚀、滑坡、崩塌等混合侵蚀,主要分布在沟道中下部。河岸崩塌造成部分沟台地农作物受损,产生的泥沙在河床和流域下部以及沟口大量淤积,部分随径流输出沟口,造成次生灾害。道路边坡也遭到严重破坏,洪水所经处,边坡冲毁严重,堵塞道路,部分石质挡土墙也发生坍塌,对道路、建筑设施破坏严重。洪水过处,山村道路无一幸免,从沟底水泥硬化道路到山路,暴雨侵蚀和冲蚀严重,硬化道路淤泥达10~22 cm,几乎全部山路出现不同程度的侵蚀切沟、陷穴等。

### 3.5 河道冲淤

当坡面径流汇集至沟道,水流、泥流产生强大破坏力,使沟道内发生冲淤,部分树木被连根拔起,支沟沟口处形成不同规模的洪积、冲积扇,沟道平缓处,因涵洞、河道泄洪力欠缺,发生淤积,部分沟道淤积与两侧道路平行,深可没膝。

### 3.6 房屋受损

调查得知,“7·27”暴雨灾害损毁的房屋主要集中在沟底、坡面下部分散宅基地。该类房屋处于坡面径流汇集的下部,洪水从坡面泻下,房前屋后排水设施形同虚设,洪水漫过屋顶,倾泻院内,造成房屋不同程度受损。

另外,因房屋修建对坡面的切割严重,部分屋后坡面形成垂直悬坡,暴雨冲刷后,发生泻溜、滑坡等侵蚀,淹没房屋建筑。

## 4 暴雨侵蚀灾害原因分析

### 4.1 自然因素

“7·27”暴雨灾害的直接原因为7月26日20时至28日8时的3次短历时,高强度,大雨量的特大降水,暴雨中心区24 h降雨量达到200 a一遇,这是“7·27”暴雨灾害的直接诱因。同时,调查发现地表植被盖度与结构、坡度以及土壤生物结皮在“7·27”暴雨侵蚀中表现出重要的作用(图1)。

(1)随坡度的增大,退耕林地上的暴雨侵蚀量随之呈指数增加,退耕林地和坡耕地上暴雨侵蚀量随着林地郁闭度和作物盖度的增大而呈指数减少。但由于退耕林地和坡耕地上人为活动剧烈,地表草本植被和土壤生物结皮遭受严重破坏,因此,在“7·27”暴雨侵蚀中产生大量的侵蚀量,约是退耕草地的50~80倍甚至更多。

(2)对退耕草地上的土壤生物结皮盖度与暴雨侵蚀量的关系分析发现,随着土壤生物结皮盖度的增大,暴雨侵蚀量呈指数减少。说明土壤生物结皮对于暴雨侵蚀具有重要的抵御作用。

(3)退耕草地的草本盖度与暴雨侵蚀量的关系显示,随着草本盖度的增大,暴雨侵蚀量也随之增加。这是由于在调查区的生态自然修复过程中,首先形成以茵陈蒿为主要草本物种的植被群落。该类群落作为演替前期群落,能迅速覆盖退耕坡面,形成较高的植被覆盖,但地表土壤结皮依然以耕作扰动后的物理结皮为主,因此,在降雨产生径流时,产生较大的侵蚀量。而随着群落演替的深入,茵陈蒿逐渐被长芒草、达乌里胡枝子、中华隐子草、芨芨、阿尔泰狗娃花等物种替换,同时,土壤生物结皮逐渐形成并得以发展,草本植被盖度相对演替初期的茵陈蒿小,但物种多样性增大,土壤生物结皮增加,坡面抵御径流冲刷侵蚀的能力也随之增强。

然而,在调查区退耕效果并不突出,大部分退耕还林坡面上,林木郁闭度不高(郁闭度 $>20\%$ 的退耕林地坡面较少),且林下草本植被大都被砍锄,土壤生物结皮破坏严重;坡耕地特别是陡坡耕地上多种植土豆和黄豆等作物,在“7·27”暴雨期间,作物盖度整体不高,土壤结皮全部为物理结皮;而退耕草地的退耕年限大多为2 a左右,地表草本结构单一(以茵陈蒿单一物种为主的群落居多),物种多样性小,土壤生物结皮尚未形成;再加上该区地形多 $25^\circ$ 以上的陡坡。因此,在“7·27”特大暴雨中大量坡面遭受严重侵蚀。

另外,该地类的土壤类型以黄绵土和绵沙土为主,土壤质地多沙壤质,有机质含量极低,土壤抗蚀

性、抗冲性弱，一旦产生大量的地表径流，随洪水冲刷，土壤极易被带动，产生含泥量较高的泥流，其破坏力更大。

#### 4.2 社会经济因素

王家砭镇社会经济结构依然以生态环境破坏为

代价的传统农业生产模式为主，区内资源匮乏，工业化水平较低，农业生产方式落后，农业经济支柱产业以经果为主，且无集约化和规范化管理，为农户式分散经营。由此导致的社会经济结构不均衡，环境保护意识淡薄，作为地质灾害发生的深层原因，值得深思。

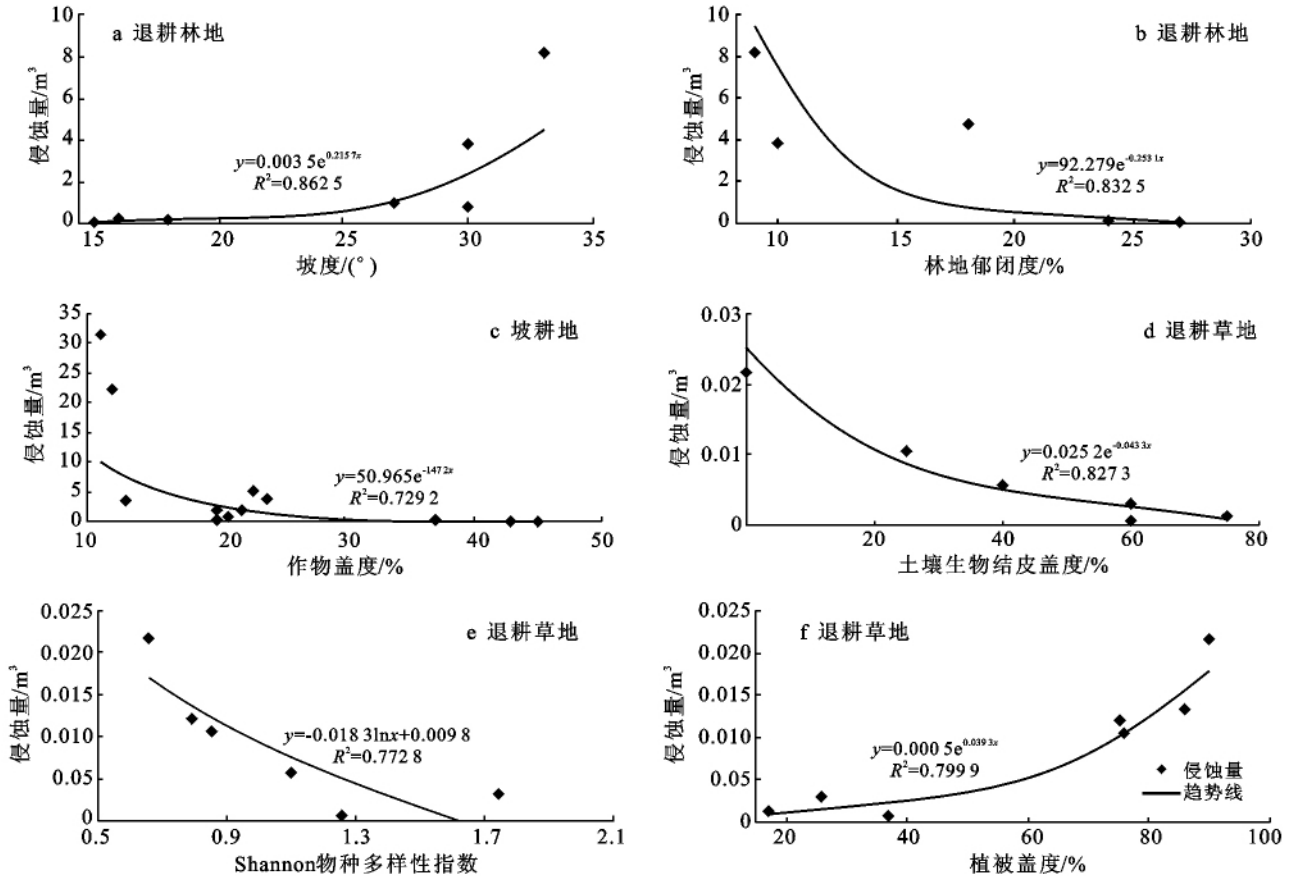


图 1 暴雨侵蚀量(细沟、浅沟和切沟侵蚀量之和)随不同因素的变化

我们须清醒地意识到，环境保护、生态恢复本身是有前提条件的，即作为生态环境保护主体的人，须具备充足的物质基础，并具备合理、科学的生态意识。显然，对于诸如王家砭镇等地的行政单位而言，这个前提条件尚不能满足。主要表现为国家、政府作为生态环境恢复的资金补偿不能与快速发展的整体经济发展速度匹配，农户在退耕后获得的资金补助无法满足基本的生产生活条件，所以，生态恢复政策的落实往往流于形式。再者，对于资源匮乏，生态脆弱的地区，科学、合理的经济发展方式对于政府职能部门而言应作为主要工作予以关注，一个科学的经济发展出口，对于农民物质条件的提升，地区经济收入的增加，生态环境意识的提高和政策的落实都具有极大的促进作用。以王家砭镇为例，虽无能源等资源可以开发利用，但其得天独厚的光照、水热和土壤条件，对于经果经济产业的发展有利，因此，可以通过行政和经济

手段，以生态农业和生态经济为宗旨，鼓励农户集中种植和生产，并对种植区进行合理规划，科学设计和修建相应的配套措施(例如坡面的土地整理和道路建设)，并配以水利水保措施等，从而，既可以极大地提高农民收入，发展地区经济，又可以将脆弱的生态环境予以保护。

探究“7·27”暴雨灾害的本质，我们认为应在区域社会经济和人类活动方面应给予重点关注。社会、经济结构不合理，经济发展方式无规范化设计，无科学化管理，农户分散式经营，农民生态意识薄弱，对于生态环境恢复极为不利。

## 5 防治对策

### 5.1 继续大力推进退耕工程，切实有效提高地被覆盖

“7·27”特大暴雨中心和重灾区的王家砭镇在1999—2006年实施了退耕还林(草)工程，但退耕效

果并不明显,依然存在大量的坡耕地甚至陡坡耕地。退耕地坡面植物多样性相对简单,退耕地地则多以经济林为主,对生态效益的关注较少。事实上,当坡面全面实施了退耕以后,无论退耕年限长短或退耕方式异同,自然生态修复均能在短期内形成地表植被和土壤结皮保护,进而在径流冲刷中起到重要的减蚀作用。因此,该地区还需进一步加强退耕力度,并对已退耕地进行完善的管理,做到陡坡耕地全部退耕,退耕地实施封禁,将以经济效益为中心的退耕方式转变为以生态效益为重点的退耕策略。

### 5.2 统一规划,规范设计河道水道,疏通河床,加大沟道输沙输水能力

调查发现,高武沟、王车坪、豪则沟3地所处流域内,河道、坡面水道的设计与修筑不力,多为农户根据自身房屋和农地结构进行简单的渠道处理,农户间、地块间、坡面间的水道混乱,当遭遇较大坡面径流汇集时,往往从上一级水道冲下,难以进入下一级水道,径流或洪水通常在地势相对低洼处汇集,坡面下部的水道无力发挥泄洪作用,造成严重的灾害。同时,河床淤积严重,多年无有效地清淤和疏通工程。当水流量较大时,河床无力承载,洪水对河床两侧沟台地和河岸产生淘蚀,发生崩塌和滑坡,径流含沙量增加,一方面造成更加严重的灾害,另一方面在河道平缓处淤积,日积月累,地质灾害隐患加剧。因此,在该流域内应当统一规划,将农户分散式水道工程集中规划设计,根据径流发生、发展过程,沿途实施相应的工程措施,修筑合理的泄水渠道,分段截流,减少洪水灾害;同时,及时清理河道,加固河床,巩固河岸,避免形成“悬河”,提高沟道、河床输沙输水能力,减小洪水对于河岸两侧农村宅基地和沟台地的侵蚀和损毁。

### 5.3 着力提高农民收入,科学规划社会经济发展结构,加强农民生态保护意识

“7·27”暴雨灾害严重的各村镇,均为省级扶贫重点村。农民收入薄弱,多靠天吃饭。部分农户精壮劳力外出打工,但当有子女读书或修建房屋时,往往在短期内返贫,农民依然选择种植收成很低但维持生

计的坡耕地。同时,畜牧业也作为农户一个重要的经济来源。大多数农户选择放牧等对生态环境造成严重破坏的方式进行畜牧生产。这样,虽政府大力倡导退耕还林(草)工程,但从根本上难以落实。农户多当年退耕,来年再开垦种植,或虽退耕还林,但以经济收入为目的,只考虑经果林的果实品质与产量,不考虑地表群落植被结构的合理与否,对林下地表草本植被和土壤结皮破坏严重。

另外,在走访中了解到,当地农民对于生态环境的意识相当淡薄,当灾难来临时,一方面归咎于天灾,另一方面等待政府的输血式扶贫和资助,对于其在生态环境破坏中充当的角色认识不清,仅以“要挣钱,要收入”为主要理由。究其根本,实质为农民贫穷所致,为维持生计,精壮劳力外出打工支撑额外的家庭开支(子女读书、家人治病、婚嫁、建筑等),而老人妇孺则通过广种薄收的坡耕地种植,获取粮食蔬菜维持生计。因此,笔者认为不从根本上改变贫穷面貌,农户很难真正响应国家生态恢复政策。

综上所述,我们认为,“7·27”特大暴雨洪水引起的侵蚀灾害,直接原因为200年一遇的特大暴雨降水所致,但根本原因为生态环境破坏严重,水利水保工程措施不力,农民生态意识淡薄。可以说“7·27”暴雨灾害为“四分天灾,六分人祸”,是大自然对于人类不理性,不合理活动的一种灾难性报复。所有水利水保职能部门和科技人员,以及灾区的广大人民群众应当清醒地认识到灾害的本质,方能引以为鉴,付诸科学、合理、有效的措施,避免自然灾害对于人民生命财产安全的损害。

#### [参 考 文 献]

- [1] 陶林威. 陕北北部接连出现暴雨过程黄河北干流发生超保证流量洪水[EB/OL]. [2012-07-28]. <http://www.sxmwr.gov.cn>.
- [2] 佳县概况[EB/OL]. [2012-09-08]. <http://www.sxjiaxian.gov.cn/>, 2008.
- [3] 王家砭镇概况[EB/OL]. [2012-09-08]. <http://baike.baidu.com/view/2511109.htm>, 2010.





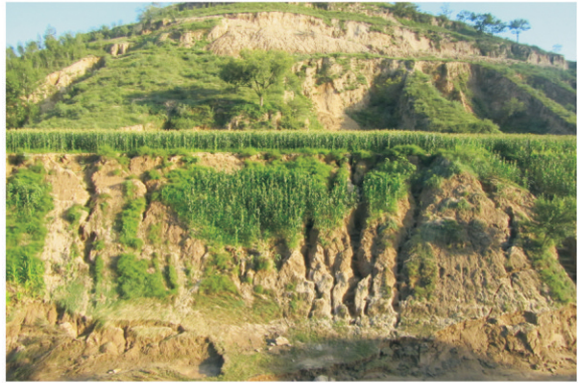
a 坡耕地



b 退耕林地



c 退耕草地



d 河岸坍塌



e 道路侵蚀



f 道路边坡坍塌



g 河道/沟谷淤积



h 受灾房屋

附图6 陕北佳县“7·27”特大暴雨侵蚀灾害