

陕西省秦岭西部泥石流区域规律研究

刘 兴 昌

(西北大学城市与资源学系, 陕西 西安 710069)

摘 要: 通过大量的资料分析了陕西省秦岭西部泥石流发生的环境条件, 以及人类活动对泥石流的影响, 并对该区泥石流的区域规律进行了研究。

关键词: 秦岭 泥石流 时空规律

文献标识码: A 文章编号: 1000 - 288X(2000)01 - 0017 - 05 中图分类号: P642.23

A Preliminary Study on Regional Regularities of Debris Flow in Western Qinling Mountains of Shaanxi Province

LIU Xing-chang

(Department of Urban and Resources, Northwest University, Xi'an 710069, PRC)

Abstract: The environmental condition and the effect of human activities on the debris flow occurrence in western Qinling mountains of Shaanxi province are analyzed. It is pointed out that debris flow disaster was caused by the common actions of two factors. At last, the regional regularities of debris flow in western Qinling mountains have been discussed.

Keywords: Qinling mountains; debris flow; temporal and spatial regularity

陕西省秦岭山区历史上曾发生过多次山地灾害, 且泥石流灾害常与洪水灾害相伴生。20 世纪 80 年代以来, 由于山地环境的恶化, 秦岭山地灾害进入明显的活跃期。继 1981 年秦岭山地西部汉江、嘉陵江上游暴发历史罕见的大面积泥石流灾害之后, 1983 年安康、商洛发生大面积泥石流, 洪水吞噬了安康县城。1986 年商洛地区发生了泥石流, 1988 年华山、蓝田、柞水县发生了泥石流, 1990 年秦岭山地西部的宝鸡、汉中地区又发生泥石流, 1992 年略阳纪家沟也发生了泥石流。这种态势清楚地表明, 秦岭山地泥石流暴发频率在加快, 危害和损失亦越来越严重, 其中秦岭西部表现尤为突出。据不完全统计, 1981—1992 年, 秦岭山地因山地泥石流、滑塌、洪水灾害死亡 3 936 人, 倒塌房屋 1.16×10^6 间, 损失粮食 7.32×10^8 kg, 经济损失 3.0×10^9 元人民币, 对山区生态环境和经济建设造成了巨大破坏。

泥石流是发生在山区特有的灾异现象, 暴发突然, 历时短暂, 破坏力极强, 常造成严重的灾害。从表面上看, 泥石流的发生似乎带有偶然性或随机性, 对单个泥石流事件进行微观分析, 探究其发生机理, 无疑具有重要意义。实际上, 泥石流是区域环境恶

化到一定程度的必然产物。因此, 从环境系统整体上分析其区域环境背景, 把握其区域规律, 对于有效地防灾减灾, 同样具有重大意义。

1 秦岭西部泥石流发育的自然环境

泥石流为一种特殊洪流, 其暴发必须同时具备 3 个基本条件, 即丰富的松散固体物质、陡峭的地形和充沛的水源。此 3 个条件是发生泥石流的必要充分条件, 主要由区域环境特点所决定。秦岭山地西部由于基本具备了这些条件, 从而成为泥石流的多发区和重灾区。

1.1 特殊的地质地貌特征提供了优越的基础条件

秦岭山地西部的区域地质构造极为复杂, 褶皱强烈, 深大断层发育。现代上升隆起为主的折绕运动甚为显著。沿深大断裂带形成了地壳高应力集中区。在长期多次构造变动下, 断层发生了复杂的演变过程。断层纵横交错, 裂隙节理发育, 岩体风化强烈, 整体性差。附近岩体结构疏松, 形成了 10 m 至数百米宽的挤压破碎带。断层面一般较陡直, 倾角 $40^\circ \sim 70^\circ$; 两盘垂直位移大。位于活动断裂带上陡峭段的岩体常处于极限平衡状态, 在水体(降水、径流或渗水)、震动等外

收稿日期: 1999-11-12

资助项目: 国家自然科学基金资助项目“秦岭山地泥石流区域规律与减灾模式研究”, (49471068)。

作者简介: 刘兴昌, 男, 1946 年生, 副教授, 主要从事水土保持、水资源、灾害学、环境生态以及区域经济研究的的教学工作, 发表论文 30 余篇。

电话: (029) 8302460。

因影响下,沿构造断裂面常发生滑坡或崩塌。

秦岭山地西部的滑坡基本上沿断裂带分布,其中以略阳、勉县、宁强三角地带最为密集,即①号断裂(NE)和④号断裂(WE)带相交所控制的区域。①号断裂带上,滑坡密布,位于断层北西盘上的块体均向北东方向滑移,反映了断裂带右旋错动的特点。另外,略阳北部和留坝 2 条滑塌密集带恰与④号断裂带相吻合。断裂构造带的格局构成了滑坡发育的基础,对泥石流的发育起到了强烈的控制作用(图 1)。

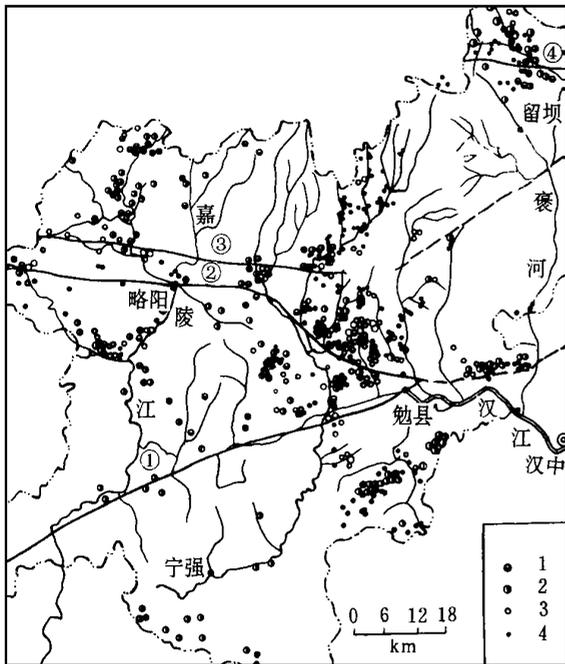


图 1 陕西省秦岭西部滑坡分布图

1. 巨型滑坡($> 3.0 \times 10^6 \text{ m}^3$); ① 阳平关—勉县断裂带;
 2. 大型滑坡($5.0 \times 10^5 \sim 300 \times 10^6 \text{ m}^3$); ④ 略阳—洋县断裂带;
 3. 中型滑坡($3.0 \times 10^4 \sim 5.0 \times 10^5 \text{ m}^3$); ③ 状元碑—观音寺断裂带;
 4. 小型滑坡($< 3.0 \times 10^4 \text{ m}^3$); ② 油房咀—玉皇庙断裂带

在地貌上,秦岭山地整体上表现出北仰南俯的态势特征,形态由南向北沿近东西向断裂呈波浪状阶梯抬升,由西向东渐次降低。中山区海拔高,地势陡峻,坡度 $15^\circ \sim 70^\circ$; 出露不同时期的变质岩、沉积岩和花岗岩。中生代和新生代的沉积岩多沿断裂构造盆地及河谷沉积。古生代出露的岩石主要有绢云母石英片岩、石英片岩、千枚岩、绿泥绢云母片岩、大理岩、泥质灰岩等。中生代出露的岩石有钙质粉砂岩、砂岩、砂砾岩等。新生代第三系在盆地出露有上新统棕红色粘

土,第四系除基岩风化壳外,区域内尚堆积较大面积的薄层黄土及黄土状土。古生代出露的软弱岩层,如千枚岩、板岩等,因多次强烈的构造运动,变质较深,风化严重,非常破碎,多为 $2 \sim 10 \text{ cm}$ 的碎块,或风化成粉状细粒,覆盖在山坡之上,压密性差,结构疏松。经剪切试验,其剪切强度之峰值、残值差异很大,残余强度一般为峰值的 $1/5 \sim 1/3$,且抗剪强度随着水分增加显著减小(表 1)。

表 1 坡积土含水量与凝聚力 C 、内摩擦角 φ 关系

含水量 / %	22.10	22.70	27.70	
$C / (\text{kPa})$	峰值	35.29	33.33	14.71
	残值	15.68	7.84	5.88
$\varphi / (^\circ)$	峰值	20.00	20.00	16.00
	残值	19.50	19.50	11.00

注:资料来源为陕西省地矿局第二水文地质队,陕西省滑坡泥石流分布图说明书,1990。

另外,该区新构造运动强烈,山体因受其影响不断抬升,河流迅速下切,沿断层崖三角面发育明显。在断层与盆地之间,常形成山前洪积台原,比如安河南岸邓家台一带。山坡均较陡峻,多出现陡坎,形成较大的临空面,为滑坡、崩塌创造了极为有利的条件,加之该区又值降水高值区和暴雨中心,因而成为岩(土)体滑塌多发区,大量的滑坡、崩塌体为泥石流的发育提供了丰富的固体物质(见图 1)。

1.2 丰沛的降水径流提供了充足的水源

秦岭为横亘我国中部的纬向巨型山脉,平均海拔 $1500 \sim 2000 \text{ m}$,位于陕西秦岭西段的太白山,海拔 3676 m ,为秦岭最高峰。高大的山体,对北下与南上的冷、暖气流具阻隔与抬升作用,南北冷暖气流常于此交汇,致雨条件十分优越,从而成为陕西省降水最为丰沛的地区,多年平均降水量 800 mm 以上,太白山区高达 1000 mm 左右。但年内分配却极不均匀,70% 以上的降水量集中于夏秋两季。因此,夏秋多暴雨和连阴雨,加上该区地形陡峻,产流、汇流迅速,为泥石流形成提供了良好的水源条件。1981 年夏秋之交,陕西秦岭西部发生的大面积滑坡泥石流灾害概由历史罕见的大暴雨以及暴雨洪水所致。

长时段、高强度、大范围的降雨,造成了汉江、嘉陵江上游的历史罕见洪水。在如此暴雨、洪水作用下,该区发生了严重的滑坡、泥石流,高度集中的暴雨是引起滑坡、泥石流重要的激发因素,而峰高量大的洪水对河(沟)谷两侧剧烈的冲刷,造成岸坡失稳,亦是一个不可忽视的重要因素。

必须指出,充分的前期降雨,导致土(岩)体湿润

饱和,容重增加,抗剪强度降低,对于滑坡泥石流的发生亦具重要作用。如 1981 年秦岭山地西部大暴雨的前期降雨是较为丰富的,远大于历年同期降雨量。8 月初就出现几次降水过程,雨日 5 ~ 8d,尤以 7—9 日雨量为大,一般降雨 147.7 ~ 182.4 mm。9—13 日降零星小雨。从雨区几个站的蒸发资料分析,蒸发量 10 ~ 16 mm,表明“81.8”特大暴雨之前雨区的下垫面已相当湿润,土体含水量较高,已达到蓄水能力 75%,这就使暴雨的入渗损失大为减少,径流系数增大,促进了产流汇流过程。

2 人类不合理的经济活动影响

2.1 人口增长过速,自然资源破坏严重

秦岭西部山区平缓地少,农业生产条件差,经济落后,环境容量非常有限,但人口压力逐年增加。据汉中地区统计,山地占总面积的 75.0% (其中中高山占 57.0%,低山占 18.2%),丘陵占 14.6%,平坝仅占 10.2%。1993 年全区人口达到 3.61×10^6 人,比 1949 年 1.88×10^6 人翻了一番,其中农业人口 3.04×10^6 人,占 84%。迫于生存需求毁林开荒、陡坡垦殖、广种薄收等掠夺式利用自然资源的方式就成为获取食物的重要手段,从而使生态环境迅速恶化。此外,大量薪炭用柴,木耳、天麻生产用材以及土法烧石灰用材等,也是山区林地减少的重要因素。据统计,解放以来汉中地区毁林开荒达 $2.0 \times 10^5 \text{ hm}^2$ 。

秦岭山区土地广阔,自然环境多样,林草资源丰富,宜耕地很少。因此,在农业产业结构中,林、牧、副等业应占较大的比重,但目前各县农业生产总产值中,种植业占 58% ~ 79%,林业占 2% ~ 21%,牧业占 17%,副业占 5% ~ 9%,产业结构很不合理,土地利用不当,山区资源优势未能充分发挥,经济落后的面貌得不到改变。于是便以破坏生态环境资源为代价换取微薄的收入,使生态环境屡遭冲击,环境质量每况愈下。据汉中地区林业部门资料,解放初期,全区森林覆盖率为 51.9%,由于大量毁林开荒,1981 年下降至 34%,现在又降至 22.7%。有的地方森林覆盖率在 5.6% 以下。生态平衡严重失调,自然灾害频繁发生。

在山区,水土流失(土壤侵蚀)强度常常是衡量生态环境质量的重要指标之一。秦岭西部表面上山青水秀,水土保持业务部门统计的土壤侵蚀模数也不高,实际上该区的水土流失强度在某些程度上并不亚于黄土高原。其主要原因是统计中忽视了山区河流中的推移质所致。经对汉江北岸一些水库测定,悬移质与推移质之比为 1 : 1.3,即实际侵蚀量为测定值的 2 倍以上。照此推算,汉中地区平均每年土壤侵蚀总量

达 $4.93 \times 10^7 \text{ t}$,侵蚀模数为 1820 t/km^2 (按流域面积计算)。“81.8”中土壤侵蚀总量粗估在 $1.4 \times 10^8 \text{ t}$ 以上,平均侵蚀模数 5171 t/km^2 ,为多年平均值的 2.84 倍。镇巴县低山丘陵坡地上的侵蚀模数为 6000 t/km^2 ,略阳县的侵蚀模数高达 7076 t/km^2 。

推移质的沉积使河床不断抬升。经测定,1929—1973 年,汉江河床城固江湾至龙王庙段平均淤高 2 m,1974—1981 年又淤高 0.073 ~ 0.82 m,8 a 淤积 $1.55 \times 10^7 \text{ m}^3$,平均每平方公里淤积 $1.75 \times 10^6 \text{ m}^3$ 。河床的淤积抬升,使排水条件恶化,行洪能力降低,因而经常发生洪涝灾害。秦岭山区的土壤侵蚀,不仅在部分地区(流域)模数超过黄土高原,更因其坡陡、土薄、石多,土壤侵蚀造成的危害要严重的多。

2.2 基本建设、民居建房等违背自然规律

建国以来,秦岭山区的工业、农业、交通、水利等事业有了长足的发展,对促进山区经济发展起了重要作用。但是,由于对各项建设的条件尤其是结合当地情况如何实施论证研究不够,规划不周,施工质量不高,只求建造,并未进行斜坡整治与保护,形成了许多隐患。每逢雨季,崩塌、滑坡、泥石流频繁发生。1981 年洪灾期间,该区出现滑坡、泥石流 2×10^4 余处,公路两侧发生的比例高达 42%。统计资料与现场填图结果表明,汉中地区的崩塌、滑坡、泥石流基本上沿铁路、公路两侧呈带状分布。

由于自然地形条件限制,该区的许多工矿企业、事业单位、居民点多依河(沟)道两侧于低级阶地、河漫滩或河(沟)道交汇处修建。为扩展地盘,不是束河(沟)就是削坡,不仅严重影响和破坏了山体稳定和河道行洪能力,而且这些建(构)筑及基础设施常常又成为滑坡泥石流破坏的对象。

3 秦岭西部泥石流区域规律分析

根据秦岭山地区域环境特征,结合已掌握的该区发生的泥石流资料,经综合分析发现,秦岭山地西部泥石流具有明显的区域规律。

3.1 时空规律

秦岭山地西部泥石流在平面上主要分布于断裂破碎带、深切河(沟)谷两侧,且呈带状展布。在断裂交叉及河(谷)流交汇处则呈三角形或扇形分布。铁路、公路沿线亦是泥石流多发区。重灾区主要分布在人类活动比较强烈的河谷下游地带。这些区、带大部分都属于土壤侵蚀强度区或中度区。其中以凤县和略(阳)勉(县)宁(强)区最为集中,褒河上游和渭河南侧的秦岭北麓亦有泥石流活动(图 2)。

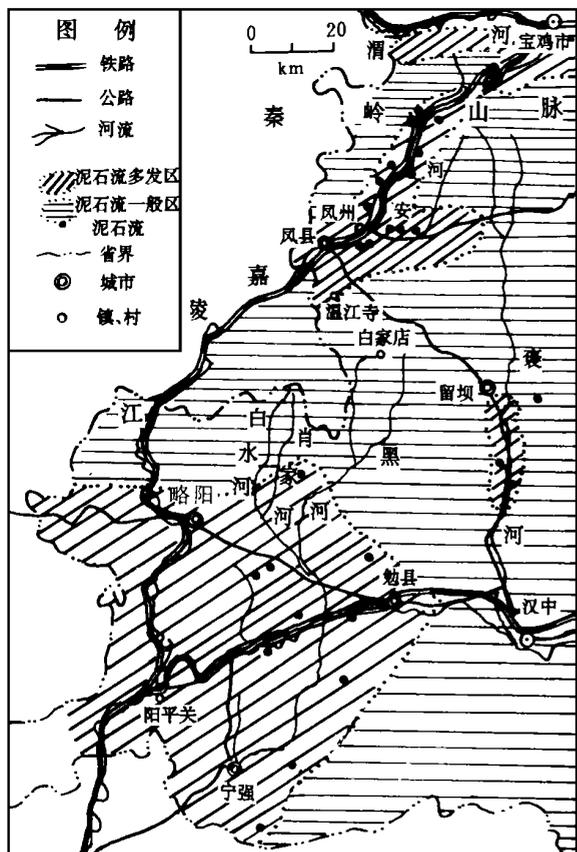


图 2 陕西省秦岭西部泥石流分布图

凤县泥石流区属于中山地貌,地势陡峻,地面坡度 $27^{\circ} \sim 63^{\circ}$;河流深切,沟谷比降 $10\% \sim 30\%$,地层岩性主要为燕山期花岗岩、前奥陶系秦岭组上古生界及下三迭统的片麻岩、片岩、灰岩,下白垩统的砂岩、砂砾岩等。第四系黄土呈零星分布,但厚度较大。区内褶皱断裂发育,新构造运动上升强烈,沟谷两侧边坡稳定性差,沿断裂带块体运动活跃,滑坡、泥石流颇为发育。凤州至桃川断裂,通过嘉陵江支流安河流域,仅鹿母寺至王家岔 1 km 的长度内,就有崩塌、滑坡、泥石流 40 余处,温江寺一带形成了 10 km 的滑坡崩塌带。1981 年 8 月,凤县 400 多条沟发生泥石流,安河流域面积 406.3 km^2 ,发生较大的泥石流 130 处,平均每平方公里 0.25 处。

根据凤县科委调查,全县的松散物质储量为 $1.25 \times 10^4 \sim 8 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{km}^2$,1981 年 8 月泥石流搬运的物质量为 $0.2 \times 10^4 \sim 0.8 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{km}^2$,仅为储量的 $1/6 \sim 1/10$,因此,该县暴发泥石流的潜在危险依然很大,务必做好防治工作。

略、勉、宁区地处东西向断裂和东北向断裂交接部位,断裂众多,岩体相当破碎。近东西向大的断裂主要有木瓜园—马道、略阳—勉县—洋县,阳平关—

勉县等;东北向的断裂主要有麻柳铺—阳平关、峡口驿—代家坝等。出露的岩性主要为上元古界、古生界的片岩、砂岩、页岩及灰岩等。该区新构造运动强烈,沿断层岩石风化剧烈,崩塌、滑坡十分发育。加之人为活动频繁,砍伐林木、弃土弃渣严重,泥石流灾害时有发生,损失甚为严重。

该区的泥石流类型,以泥石流为主,水石流次之。多数泥石流系由滑坡崩塌演化而来。面积一般不大,但灾害严重。

据宝成线泥石流联合调查组资料,略阳县境内松散固体物质储量平均每平方公里为 $29.4 \times 10^4 \text{ m}^3$,泥石流已搬运的仅 $1.8 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{km}^2$,今后发生泥石流的可能性依然很大。降雨的垂直分布特征影响着泥石流的分布规律。因海拔 2 000 m 左右降雨量达到最大值,且多暴雨中心和多雨区,所以泥石流主要分布在 1 500 m 以下的中低山和低山丘陵区(表 2)。又因中低山丘陵区的人为活动频繁,对生态环境的冲击严重,重灾区便主要出现在中山区和低山丘陵地带。

表 2 秦岭西部典型泥石流高度分布

泥石流沟地点	高 程 / m
凤县双石铺桥头店	800 ~ 900
凤县安河鹿母寺沟	900 ~ 1000
留坝县汪家沟杨家院	1000 ~ 1200
略阳县峡口驿西沟	600 ~ 800
略阳县纪家沟	800 ~ 1000
留坝县玉皇庙乡何家院子	800 ~ 1000
宁强县毛河坝小亚子	800 ~ 1000
勉县漆树坝乡张家桥	800 ~ 1000
宁强县代家坝	600 ~ 800
宁强县桑树湾乡石家坡	800 ~ 1000

在时间上,秦岭西部泥石流的暴发期与降水量的年内集中期相吻合,即 5—9 月,主要在 7—9 月。

3.2 关于泥石流的发生周期

由于该区泥石流的资料系列很短,不能用数理统计的方法来推求其发生周期。考虑到秦岭西部的地形和物质动力条件均处于有利于泥石流发生的态势,而降雨因素常是泥石流直接激发因子,因而可以用该区的雨涝周期作为泥石流发生的参考周期。根据陕西省气象科学研究所刘天适、周全瑞的研究,从公元前 185 年至公元 1949 年,该区平均雨涝间隔年数为 54.4 a,从金朝至 1949 年平均为 25.8 a,清朝为 7.3 a,1911—1949 年为 3.9 a,周期显著缩短。

(下转第 47 页)

的生态农业体系,彻底遏制了坡耕地的水土流失;与层层梯田相比,“坡坝地”减少了地埂的收坡占地,土地利用率达到 95%,提高 10%左右,避免了水力侵蚀和地埂滑塌等重力侵蚀,避免了对农作物的蒸腾蒸发,使作物生长安全耐旱;与沟坝地相比,“坡坝地”通风、透光、透气,林带草坡既能防风护田,又不影响光照,提高了农作物抗御自然灾害的能力;“坡坝地”坡、梯连片,林、草、粮(菜)结合,使坡面的覆盖面积和覆盖时间增加,局部地温降低,湿度增加,缓解了旱象,调节了小气候,优化了农作物生长环境;以三种代表性坡度(15°、20°和 25°,下文同)的坡耕地平均计算,每治理 3.4 hm²的原坡耕地(治理后土地面积约增加到 4.4 hm²)约增加造林 2.2 hm²和草坡 1.1 hm²,地面的林草覆盖程度达到 75%,加上农作物生长状况趋好,比原坡耕地的生态状况大大改善。

(2) 实施“坡坝地工程”治理模式可以有效地利用丘陵山区的光、热、水、气等自然资源,提高山坡地农作物产量和经营效益。

由于“坡坝地”具有诸多优点,因此,实施“坡坝地工程”治理模式可以有效利用光、热、水、气资源。首先,“坡坝地”透光、透气、有利于植物的光合作用,同时又因为地面覆盖程度高,减少了地面蒸发,调和了农作物生长地温;其次,“坡坝地”有效拦蓄了降雨径流,防止了水土流失,保持了土壤肥力,配套旱井等措施又使梯田作物能够在干旱时得到适时灌溉;第三,“坡坝地”采取分段拦蓄的方式,防洪任务轻,安全高效,不存在下湿盐碱化问题,没有涝灾,“坡坝地”中的坝条条都是生产坝。据粗略分析,“坡坝地工程”中梯田的粮食产量一般都在 9 000 kg/hm²以上,比原坡耕地的产量提高 2 倍以上,比一般旱梯田的产量提高 1 倍以上;按 3 种代表性坡度的土地平均计算,当地“坡坝地”利用中粮食、蔬菜、种草养畜、地埂利用和经济林主要产品的综合经营纯收入约为 3.0 × 10⁴ 元/hm²,分别是原坡耕地和一般旱梯田经营纯收入的 15 倍和 23 倍。

(3) 实施“坡坝地工程”治理模式可以加快坡耕地治理、节省投资和劳动力,符合丘陵山区的社会经济特点,具有广泛的群众基础和广阔的推广前景。

“坡坝地工程”技术先进、工艺简单、工程量小,投资投工少,是农田建设的“皮肤科”,按 3 种代表性坡度土地平均计算,机械修建“坡坝地工程”坝体成形的土方量为 11 250 ~ 16 950 m³/hm²,投资额为 15 000 ~ 19 500 元/hm²;旱井、加压滴灌等田间节水配套灌溉工程的投资额为 2 550 元/hm²;鱼鳞坑等坡面配套工程的投资额为 450 元/hm²;每个“坡坝地工程”单元的综合平均投资额为 8 700 元/hm²,比坡耕地修层层梯田节约投资 42% ~ 55%。而且实施“坡坝地工程”治理模式可以“修一拦二治三”,治理速度提高了 2.4 倍。柳林县现有坡耕地 4.67 × 10⁴ hm²,其中 15° ~ 25°的坡耕地 3.33 × 10⁴ hm²,占全县坡耕地面积的 71.3%。采用“坡坝地工程”治理模式,只需要修筑梯田 1.04 × 10⁴ hm²,就可全部治理。经在军渡、石西、杨峪、陈家湾等乡镇推广,取得了巨大的经济效益,促进了陡坡地退耕地还林还草,深受广大农民群众的欢迎。据有关资料分析,黄河流域现有坡耕地 9.39 × 10⁶ hm²,主要分布在黄土丘陵沟壑区、黄土高原沟壑区和土石山区等,据粗略估算,15° ~ 25°的坡耕地约为 4.03 × 10⁶ hm²,占全部坡耕地面积的 44.91%,推广“坡坝地工程”有着广阔的前景。

实施“坡坝地工程”治理模式不仅有效地防止了坡耕地的水土流失,有效地增加、开发和利用了区域水、土和植物资源,改善了农业生长环境,提高了农业经营效益,而且体现了黄河治理要“汰沙澄源”、“分杀水路”,从坡施治的思想,实施和推广“坡坝地工程”治理模式必将对减少黄河泥沙产生重要影响。“坡坝地工程”生态、经济和社会效益显著,投资少,见效快,群众乐于接受,推广前景广阔。实施“坡坝地工程”治理模式,加快黄土高原地区的坡耕地治理,无论对于加快区域生态环境建设和国民经济建设,还是对于黄河的长治久安都具有极其重要的意义。

(上接第 20 页)

1949 年以来雨涝的主要周期,宁强为 11.5 a,留坝为 5.5 a,略阳 13 a,基本周期大致为 4 ~ 6 a 和 10 ~ 12 a。夏季降丰水的主要周期,宁强为 4.6 a,留坝为 4.4 a,略阳 9 a,基本周期亦为 4 ~ 6 a。由此可以认为,秦岭西部泥石流活动的基本周期为 4 ~ 6 a 和 10 ~ 12 a,此值恰与太阳黑子活动的半周期和全周期一致。

参 考 文 献

- [1] 韩恒悦,张名哲,邓美成. 陕西南部地区滑坡的分布、类型及其成因,滑坡文集[M]. 北京:中国铁道出版社,1988. 152-161.
- [2] 齐矗华,惠振华,甘枝茂. 陕南山地泥石流的时空演变规律和进一步发展趋势[J]. 水土保持通报,1987(2): 41-46.