

# 河北省低山片麻岩区洪水发生规律及防洪减灾技术

张金柱, 李保国, 郭素萍, 于宗周

(河北农业大学, 河北 保定 071000)

**摘要:** 采用室内试验观测与野外观测相结合的方法研究了河北省片麻岩低山区坡面产流规律和水土流失规律; 在中心试验区根据不同立地条件, 建立不同的防洪减灾模式, 观测其防洪减灾效益, 建立了较为完善的低山片麻岩区防洪减灾技术体系。

**关键词:** 低山区; 片麻岩; 洪水; 防洪技术

文献标识码: A

文章编号: 1000-288X(2001)02-0055-04

中图分类号: S157.2 S422

## Law of Forming Flood and Techniques of Preventing Flood in a Low Gneiss Mountainous Region of Hebei Province

ZHANG Jin-zhu, LI Bao-guo, GUO Su-ping, YU Zong-zhou

(Agricultural University of Hebei Province, Baoding 071000, Hebei Province, PRC)

**Abstract:** The laws of forming flood on sloping fields and soil and water loss were researched by experiment in laboratory and field. According to the condition, Deferent models of preventing flood in centric experimental area are established. The benefit of the models are observed, and a perfect technical system of preventing flood in low mountainous gneiss region is established.

**Keywords:** low mountainous region; gneiss; flood; techniques of preventing flood

环境问题已成为世界关注的热点问题, 洪涝灾害是山区环境问题的重要方面, 它直接关系到山区水土资源的开发利用乃至山区的经济发展。

河北省太行山区的洪涝灾害历来较为严重, 并且随着人类活动等因素的影响, 大面积的原始森林植被被破坏, 水土流失日趋严重, 洪涝灾害亦有增加的趋势。据资料统计, 唐代每 100 a 发生 2.8 次, 到清代增加到 5.6 次, 近几十年每 10 a 就发生 1~2 次。1996 年 8 月河北省太行山区中南部连续降暴雨, 降雨量达 500 mm, 使太行山区中南部及平原地区遭受了 1963 年以来最大的洪涝灾害, 造成的损失超过了 1963 年。受灾面积之广, 危害之大为河北省历史之罕见。这场罕见的暴雨洪水, 使滹沱河、漳河上游洪峰流量超过 1963 年, 滹沱河上游洪峰流量相当于 100 a 一遇, 朱庄水库上游(邢台县境内)洪峰相当于 200 a 一遇。穿越京广铁路的滹沱河、漳河、滏阳河等河流的洪峰流量高达 30 000 m<sup>3</sup>/s。太行山区的 463 座大、中、小型水库水满溢洪, 全省受灾县达 91 个, 受灾人口 1.52 × 10<sup>7</sup> 人, 倒塌和被破坏房屋 2.03 × 10<sup>6</sup> 间, 造成的直接经济损失达 4.56 × 10<sup>10</sup> 元。由此说明该区植被遭到的破坏严重, 防洪能力变差, 急需进行综合治理, 提

高防洪能力。

同时, 太行山区为海河流域上游, 是河北平原及京津地区的屏障, 其治理好坏及防洪标准的高低, 不仅关系到太行山区本身的经济建设与环境建设, 而且对河北平原及京津地区的工农业生产及人民生命财产安全也具有重大影响。

低山片麻岩区是太行山区的重要类型区, 约占太行山区面积的 62%。因此, 该类型区防洪能力的高低, 对全河北省的环境建设与经济发展有着举足轻重的作用。

国内外虽然有关于山区流域洪水发生规律的研究报道, 但河北太行山低山片麻岩区洪水综合技术体系研究, 未见报道。

### 1 试区概况

本项研究的中心试验区设在河北省内邱县岗底村。母岩为片麻岩, 土壤以褐土和褐土性土为主, 土层厚度 10~25 cm, 平均仅 15 cm, 半风化层厚 30~50 cm。天然植被以酸枣、荆条、白草、菅草为主, 乔木主要为刺槐、油松、侧柏等人工植被。该区年平均气温 11.8℃, 年平均降水量 684.8 mm, 无霜期 180 d。

## 2 研究内容与方法

### 2.1 研究内容

采用室内试验观测与野外观测相结合的方法研究了河北省片麻岩低山区坡面产流规律和水土流失规律;在中心试验区根据不同立地条件,建立不同的防洪减灾模式,观测其防洪减灾效益,建立片麻岩低山区防洪减灾技术体系。

### 2.2 研究方法

2.2.1 土样采集 选取草地、油松林、刺槐林、及坡耕地 4 种类型有代表性的地段,分别挖取 0—10 cm, 10—20 cm 深土层的土样,同时测定土壤容重,按土壤容重室内模拟观测小区。

2.2.2 人工模拟降雨装置 采用滴头式人工模拟降雨器,降雨面积 80 cm×80 cm。

2.2.3 径流泥沙观测 在小区下部分别承接地表径流和壤中流,取样后用烘干称重法测定产沙量和水土流失量。

2.2.4 土壤含水量、土壤容重等土壤理化性质观测采用常规方法。

## 3 低山片麻岩区洪水发生规律

### 3.1 低山片麻岩区坡面产流特性

低山片麻岩区坡面产流是片麻岩山区洪水的主要来源,为此,采用人工模拟降雨方法研究了太行山低山片麻岩区坡面产流特性。

3.1.1 不同土地类型坡地产流的时间特性 对不同时刻累积地表径流量的观测结果进行回归分析,结果见表 1。由回归分析结果可知,累积地表径流量与时间呈显著正相关,相关方程为:

$$W = a + b \ln t \quad (R > 0.92)$$

式中:  $W$ ——累积地表径流量(mm);  $t$ ——时间(min);  $a, b$ ——参数;  $R$ ——相关系数。

同一种土地类型均以  $15^\circ$  的  $b$  值为量大,说明这种坡度情况下,地表径流量增加的速度快。

因累积地表径流量与时间的相关关系非常显著,所以在降雨强度为 1.16 ~ 1.2 mm/min 的条件下可以用上述方程预测不同时刻的产流量。

3.1.2 不同土地类型的土壤蓄水量 片麻岩坡地的蓄水量直接影响坡地的产流量的大小,而不同的土地利用情况与治理措施对土壤的蓄水量有显著的影响。观测结果(表 2)表明,不同土地类型土壤的蓄水量为梯田>刺槐>油松>荒坡草地。

在不考虑植被截留作用的情况下,梯田土壤的蓄水量最大。由此可知,在片麻岩山区适宜的地方尽可

能将用作农业用地的土修建成各种形式的梯田,增加土壤层厚度,可以大大提高土壤的蓄水量。同时,修建梯田还能够减小坡度而减小地表径流流速,在一定降雨强度下,延长出流所需时间越长,起到消减洪峰的作用。所以,在片麻岩开发工作中修建梯田是一种良好的防洪减灾措施。

表 1 累积地表径流量观测结果

类型	坡度	雨强	径流方程 $W = a + b \ln t$	相关系数 $R$
坡耕地	$5^\circ$	1.22	$W = -208.393 + 55.009 \ln t$	0.993 872
		1.14	$W = -39.087 + 23.735 \ln t$	0.921 102
	$15^\circ$	1.22	$W = -280.507 + 75.553 \ln t$	0.988 657
		1.21	$W = -41.413 + 25.025 \ln t$	0.922 197
	$25^\circ$	1.26	$W = -233.602 + 66.752 \ln t$	0.987 527
		1.20	$W = -46.764 + 27.128 \ln t$	0.935 750
油松林地	$5^\circ$	1.13	$W = -216.778 + 58.223 \ln t$	0.986 141
		1.24	$W = -46.935 + 26.883 \ln t$	0.935 283
	$15^\circ$	1.16	$W = -263.732 + 70.859 \ln t$	0.987 543
		1.16	$W = -51.147 + 29.337 \ln t$	0.935 111
	$25^\circ$	1.19	$W = -255.146 + 69.796 \ln t$	0.988 601
		1.19	$W = -53.889 + 29.063 \ln t$	0.941 583
刺槐林地	$5^\circ$	1.22	$W = -222.015 + 60.921 \ln t$	0.991 991
		1.19	$W = -42.138 + 23.652 \ln t$	0.921 602
	$15^\circ$	1.20	$W = -236.268 + 63.943 \ln t$	0.991 543
		1.18	$W = -45.290 + 26.078 \ln t$	0.936 649
	$25^\circ$	1.23	$W = 234.568 + 62.005 \ln t$	0.993 888
		1.23	$W = -47.456 + 25.108 \ln t$	0.940 650
草地	$5^\circ$	1.19	$W = -171.219 + 47.680 \ln t$	0.978 650
		1.14	$W = -42.567 + 22.834 \ln t$	0.941 609
	$15^\circ$	1.18	$W = -233.241 + 62.213 \ln t$	0.988 912
		1.18	$W = -46.827 + 24.633 \ln t$	0.940 751
	$25^\circ$	1.22	$W = -180.307 + 49.548 \ln t$	0.983 988
		1.25	$W = -46.163 + 25.754 \ln t$	0.928 833

注:雨强单位为 mm/min。

表 2 不同土地类型土壤的蓄水量

土地类型	土壤厚度/cm	雨前土壤含水量/%	蓄水量/mm
梯田	100	1.727	269.87
刺槐	40	1.440	117.94
油松	40	1.864	111.48
草地	20	1.856	30.32

另外,通过造林,增加覆盖度,发挥植被的水土保持作用,也可以起到一定的防洪减灾效果(表 3)。

表 3 不同植被径流观测区观测结果

观测区 类型	降雨 量/mm	最大降 雨强度	径流 深/mm	径流 系数	径流 含沙量	小区侵 蚀量/ kg	侵蚀 量
林地	361	42.4	11.4	0.030	0.86	14.45	9.76
荒坡	361	42.4	51.0	0.141	1.38	0.70	70.36

注: 最大强降雨强度、径流含沙量、侵蚀量单位分别为: mm/h, kg/m<sup>3</sup>, t/km<sup>2</sup>。

## 4 片麻岩低山区水土流失规律

在野外人工模拟降雨条件下测定了土壤溅蚀量, 对观测结果进行回归分析可知:

### 4.1 低山片麻岩区土壤溅蚀规律

在野外人工模拟降雨条件下测定了土壤溅蚀量, 对观测结果进行回归分析可知:

4.1.1 土壤溅蚀量与降雨强度的关系 对观测结果进行回归分析可知, 土壤溅蚀量与降雨强度呈显著相关, 相关方程为:

$$y = 99.48x^{0.7358}$$

式中:  $y$  —— 土壤溅蚀量;  $x$  —— 降雨强度。

因此, 降雨强度增大, 土壤溅蚀量增大, 并且当降雨强度由 0.2 ~ 1 mm/min 时溅蚀量增加较快, 当降雨强度 > 1 mm/min 时, 将逐渐变慢。

4.1.2 土壤溅蚀量与雨滴动能的关系 据分析, 溅蚀量与降雨雨滴动能呈显著线性正相关, 方程为:

$$y = 27.1148 + 2.9303x$$

由此说明雨滴动能越大, 由此引起的土壤溅蚀量越大, 雨滴动能是引起土壤分散的主要原因。

### 4.2 低山片麻岩区坡面土壤侵蚀规律

4.2.1 土壤侵蚀量与能量的关系 本研究选择了农地、草地和林地小区进行雨滴动能、径流势能和土壤侵蚀量的观测计算, 以  $A$  表示土壤侵蚀量, 以  $E_1, E_2$  分别表示雨滴动能和径流势能, 对观测资料进行回归分析。

农地的回归方程为:

$$A = -7.77 + 0.0325 E_1 + 2.7194 E_2$$

林地的回归方程为:

$$A = -1.77 + 0.0033 E_1 + 0.1108 E_2$$

草地的回归方程为:

$$A = 0.1852 + 0.0016 E_1 + 0.8748 E_2$$

由此可以知道, 不论是农地、草地还是林地总是以径流势能对侵蚀量的影响较大(坡度大于 15°时), 径流势能增大时, 土壤侵蚀量显著增加。但是, 雨滴动能增加时, 径流势能也随之增加。动能与势能的偏

相关系数  $r$  在农地为 0.3168, 草地为 0.2893, 林地 为 0.3815, 都大于动能与土壤侵蚀量的偏相关系数。因此, 雨滴动能对土壤侵蚀量有较大的影响。

雨滴动能在林地、农地上对土壤侵蚀的作用比在草地上雨滴动能对土壤侵蚀的作用更大。这是因为草地上植被覆盖小区, 削弱了雨滴动能。

4.2.2 片麻岩区影响土壤侵蚀量的综合因素 本研究利用人工模拟降雨在不同坡度、土壤、土地利用状况下设置观测小区, 观测降雨量、降雨强度、土壤孔隙度、土壤塑性指数、土壤渗透系数及土壤侵蚀量等。对观测到的 71 组数据进行多元回归, 得回归方程:

$$A = -241.08 + 98.25x_1 - 37.88x_2 + 19.36x_3 + 6.52x_4 + 246.7x_5$$

式中:  $A$  —— 土壤侵蚀量(t/km<sup>2</sup>);  $x_1$  —— 降雨强度(mm/min);  $x_2$  —— 土壤塑性指数(%);  $x_3$  —— 土壤渗透系数(mm/min);  $x_4$  —— 坡度(°);  $x_5$  —— 坡耕地, 即为坡耕地时  $x_5 = 1$ , 非坡耕地时  $x_5 = 0$ 。方差分析表明, 其线性相关极显著。

由此可知, 河北片麻岩区降雨强度、土壤塑性指数、土壤渗透系数、坡度及土地利用状况对土壤侵蚀量有显著影响。

## 5 片麻岩低山区防洪减灾技术体系

### 5.1 坡面防洪减灾工程配置

片麻岩低山区坡面较陡, 平均 20°—25°, 多为中下部较缓, 上部较陡。因此, 坡面防洪减灾工程配置也相应分为陡坡面和缓坡面 2 类。

5.1.1 陡坡面防洪减灾工程配置 陡坡面一般是指多数部位的坡度大于或等于 25°, 平均达 28°—30°的坡面。此类坡面的工程配置方式是: 在坡度大于 35°坡面上, 采用封山育林或雨季人工直播造林的方式培育水土保持林; 在 30°—35°的坡面上, 采用小鱼鳞坑整地方式培育刺槐、栓皮栎、油松等人工水土保持林, 小鱼鳞坑的规格为坑深 50 cm, 坑径 50 ~ 60 cm, 在坡面上呈“品”字型分布; 坡度小于 30°的坡面, 可以整成小规格隔坡沟状梯田, 沟状梯田深 60 ~ 80 cm, 宽 100 ~ 150 cm, 田面呈外高里低的小反坡状, 外侧比内侧高 20 ~ 30 cm, 所有沟状梯田均沿等高线向一个方向保持 3‰~5‰的比降, 以便排除过多的积水。梯田内栽植水土保持林或抗逆性较强的经济林。营造水土保持林后, 虽然有较好的涵养水源、保持水土、减少地表径流的作用, 但是超过一定限度后, 仍会产生地表径流。坡面越长, 汇集的地表径流越多, 其运动势能就会越强, 对土壤的冲刷力也就相应增加。据测算, 坡度在 30°以上、郁闭度在 0.9 以上的刺槐、栓皮

栎水土保持林,在连续降雨 500 mm 的情况下,其保水率仅 28.4%,径流系数达 0.72。其径流量还是比较大的。因此,必须对坡面进行分割切断径流线,使坡面上汇集的径流量减少,流速减小。从而使其对土壤冲刷的动能降低。采用的方法是:在坡面上由上到下每隔 40~50 m 修 1 条山坡截流沟,截流沟沿等高线保持 3‰~5‰ 的比降,沟宽 50~60 cm、沟深 80 cm。此外,在山脊部位,每隔 100 m 左右修一条纵向的排水沟,使其与横向的截流沟连在一起,构成完整的排水系统。

5.1.2 较缓坡面防洪减灾工程配置 较缓坡面一般是指多数部位小于 25°,平均坡度在 23°以下的坡面。此类坡面的配置方式是修建高规格隔坡沟状梯田,田面上栽植具有较高经济效益的经济林树种。

(1) 田面宽度。田面的宽窄既要考虑坡度,又要考虑不同树种根系的营养面积。一般田面宽以 2~2.5 m 为宜。梯田的外侧上修高 30 cm 左右的拦水埂,田面修成外高里低的小反坡,内作为田面蓄水排水沟。

(2) 整地深度。根据林木果树根系分布情况,并且考虑提高土壤蓄水量和增强抗旱能力的需要,整地深度为 0.8~1.2 m。

(3) 隔坡宽度。在相邻两田面间保留一段原来状态的山坡,即为隔坡。隔坡稳定的硬墙,可以防止梯田被洪水冲毁,又能产生地表径流,增加下一节梯田内土壤的水分。在隔坡上靠近上部田面的部位,设一条作业小路,作业路以下的坡面上保留或者栽植灌木以及多年生草本植物,以便护坡固土。

隔坡的宽度视干旱程度以及坡度而定,坡度越陡,降雨量越小,隔坡应越宽些,反之则可以窄些,一般隔坡宽 3.0 m。每 1 hm<sup>2</sup> 山地实际整地面积 4 444 m<sup>2</sup>,只占山坡面积的 4/9,而蓄水能力大增加。据观测,每 1 hm<sup>2</sup> 隔坡沟状梯田可蓄水 4 402 m<sup>3</sup>,相当于 440.2 mm 降雨。因此,连续降雨 500 mm 时并不产生多少地表径流。

(4) 梯田走向。梯田的走向基本按山坡的自然坡形修筑,并使纵向有 3‰~5‰ 的比降,以利于排除过多的地表径流和利于灌溉。

(5) 排水系统。在坡面上纵向每隔 80~100 m 左右垂直于隔坡沟状梯田的田面修 1 条排水沟,将不能就地拦蓄的过多的地表径流安全地排下山坡,引入河道。排水沟一般设在有坚硬岩石的地方,无坚硬岩石时,要用块石和水泥砂浆衬砌,以防冲毁。

## 5.2 沟道防洪减灾工程配置

沟道防洪减灾工程主要包括枝排水道、主排水道、谷坊坝及小型蓄水工程等。具体设置主要根据集水面积、坡度及总径流量来确定,坡面越陡,排水道越宽,坡面工程措施越好、林地面积越大,排水道可以越窄。一般每 10~20 hm<sup>2</sup> 的汇流面积可以修建一座小型蓄水池,每 150~250 hm<sup>2</sup> 的汇水面积可以修建一个大型塘坝(蓄水量 1.0×10<sup>5</sup> m<sup>3</sup> 左右)。

## 5.3 低山片麻岩区防洪减灾技术防洪减灾效益

2000 年 7 月 3—6 日,本研究中心试点之一的内丘县侯家庄乡岗底村连续降雨 361 mm,3,4 日降雨 160 mm,5,6 日又集中降雨 201 mm,5 日晚 21 时—6 日 0 时,3 h 降暴雨 127.2 mm,降雨强度达 42.4 mm/h,后又于 8,14 日降雨 100 mm,该试点周围村庄已经形成了特大洪涝灾害。灾后我们马上对岗底村的片麻岩低山区综合防洪模式的防洪减灾效益进行了调查发现,上游相邻的侯家庄村冲毁耕地 8 hm<sup>2</sup>,占全村总耕地面积的 25%;冲毁大坝 130 m;水平沟 3 000 m,滑坡 60 处,坡面工程损毁 20%,直接经济损失 1.34×10<sup>6</sup> 元。介子口村冲毁耕地 6.67 hm<sup>2</sup>,占全村总耕地面积的 80%;冲毁大坝 3 000 m;水平沟 2 000 m,滑坡 15 处,坡面工程损毁 30%,直接经济损失 1.20×10<sup>6</sup> 元。

中心试点岗底村仅有轻微细沟状面蚀和小塘坝的轻微淤积,直接经济损失仅 5 000 元。

## 6 结 论

(1) 低山片麻岩区坡地累积地表径流量与时间呈显著正相关,可以用相关方程的形式来描述。

(2) 低山片麻岩区土壤溅蚀量与降雨雨滴动能呈显著线性正相关;径流势能对侵蚀量的影响较大(坡度大于 15°时),径流势能增大时,土壤侵蚀量显著增加;降雨强度、土壤塑性指数、土壤渗透系数、坡度及土地利用状况对土壤侵蚀量有显著影响。

(3) 采用坡面治理与沟道治理相结合的综合防治措施可以有效地减少片麻岩区洪涝灾害。

### [参 考 文 献]

- [1] 张金柱,等. 河北片麻岩山区坡地产流特征[J]. 河北农业大学学报, 1999, 122(4): 103—106.
- [2] 陈文亮,王占礼. 国内外人工模拟降雨装置综述[J]. 水土保持学报, 1990, 4(1): 61—65.
- [3] 袁作新. 流域水文模型[M]. 北京: 水利电力出版社, 1990.