

# 甘肃环县东山黄土泥流综合治理

马东涛, 祁 龙, 邓晓峰

(中国科学院 寒区旱区环境与工程研究所, 甘肃 兰州 730000)

**摘 要:** 东山四沟泥流活动频繁, 严重威胁环县城区 1.4 万人生命和 1.6 亿元资产安全。对其采取了以均质黄土坝、排导槽、沟头防护墙和涝池等工程措施与植树造林、水平梯田和柳谷坊等生物措施相结合的综合治理方案。

**关键词:** 甘肃省; 环县; 黄土; 泥流; 综合治理

**中图分类号:** P642.23

**文献标识码:** A

环县地处甘肃省庆阳地区西北部, 东山诸泥流沟位于环县县城东北侧的城东塬下, 由北向南依次为周巷子沟、桃儿沟、食堂沟和烈士沟, 泥流出沟后沿排导槽穿越城区和农田, 汇入环江(泾河一级支流)。四沟汇流面积共  $2.9 \text{ km}^2$ , 流域内最高海拔 1 525 m, 最低海拔 1 214 m, 相对高差 311 m。研究区内共有大小支沟 45 条, 沟壑切割密度  $5.8 \text{ km/km}^2$ 。

历史上, 东山就多次暴发泥流, 《环县县志》有“(东沟)山洪暴发、泥流漫川”之记载。解放以来, 东山曾发生大小泥流 27 次, 较严重的有 8 次, 其中以 1988—07—18 灾害为最大。桃儿沟调查流量  $36 \text{ m}^3/\text{s}$ , 历时 20 min, 毁坏、淤埋房屋、窑洞 377 间(孔), 伤 23 人, 淹没农田、果园  $33 \text{ hm}^2$ , 县委、县政府、邮电局等 20 余个单位遭灾, 最大淤泥深度达 1.0 m, 电力、通讯中断 4 天, 交通阻断 1 周, 直接经济损失 1 100 万元。东山又于 1990—07—30, 1995—08—05, 1998—05—20 三次暴发泥流灾害, 共造成经济损失 750 万元以上。

## 1 泥流形成条件

东山属黄土高原丘陵沟壑区, 其上部为面积仅  $1.6 \text{ km}^2$  的残塬——城东塬, 塬边因溯源侵蚀形成许多集流槽和凹地, 使塬面径流部分汇入东山 4 沟之中(约  $0.3 \text{ km}^2$ )。4 沟上游支沟发育, 沟谷呈“V”型, 谷底宽 1 m~3 m, 沟床比降 20%~28%, 两侧山坡在  $26^\circ \sim 60^\circ$  间; 中下游沟道较开阔, 谷底宽 2 m~8 m, 最宽的烈士沟达 6 m~14 m, 比降 6.4%~8%, 山坡在  $30^\circ \sim 80^\circ$ , 沟谷切深  $> 80 \text{ m}$ 。沟道弯曲, 且多跌水陡坎和落水洞, 属典型的黄土泥流区地形, 具备泥流形成、启动和流通的基本条件<sup>[1]</sup>。沟谷出口以下是环江河谷 I、II 级阶地, 为城区、居民区和农田占据。城区及流域出露均为第四系地层。

区内滑坡、滑塌、坍塌较发育, 其中: 滑坡 18 处,  $35 \times 10^4 \text{ m}^3$ ; 崩塌 43 个,  $71 \times 10^4 \text{ m}^3$ ; 滑塌、沟岸坍塌 48 处,  $13 \times 10^4 \text{ m}^3$ ; 坡面松散物质  $44.6 \times 10^4 \text{ m}^3$ , 合计  $163.6 \times 10^4 \text{ m}^3$  单位面积补给量  $56.4 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{km}^2$ , 为泥流的发育提供了丰富的固体物质来源。

本区地处干旱和半干旱气候区, 年均降水量 407.3 mm, 其中 7~9 月降水量达 255.6 mm, 占年降水的 63%, 降水多以大雨、暴雨形式出现, 年平均 2~3 次。流域内最大 1 小时降雨量 51.7 mm, 30 分钟降雨量 32.3 mm, 3 小时降雨量 86.9 mm(1988—07—18)。本区的降水指标均超过了陇东地区形成泥流的临界指标<sup>[1]</sup>, 极易发生泥流。

收稿日期: 1999—12—20; 改回日期: 2000—03—20。

基金项目: 原国家计委地质灾害防治项目。

作者简介: 马东涛(1965—), 男(汉族), 陕西省武功县人, 助研。1988 年毕业于兰州大学地质系水工专业, 硕士, 主要从事泥石流滑坡灾害治理研究, 发表相关论文 30 余篇。

2 泥流特征

2.1 泥流频率和规模

区内小规模泥流每年都要发生数次, 较大规模的泥流, 近 10 年来已发生 3 次, 1988—07—18 泥流规模为建国以来最大, 暴发频率相当于 50 年一遇。1990—07—30 和 1998—05—20 泥流调查流量分别为 16.17 m<sup>3</sup>/s 和 12.35 m<sup>3</sup>/s 按降雨量分析, 其频率分别为 15 年和 10 年一遇。

2.2 泥流性质

东山 4 沟均属暴雨型泥流沟。根据实地采样分析, 食堂沟泥流重度为 15.69 kN/m<sup>3</sup> 桃儿沟、周巷子沟和烈士沟泥流容重为 15.40 kN/mm<sup>3</sup>, 均属稀性泥流。

2.3 泥流的粒度特征

东山 4 沟泥流沉积物主要为次生黄土, 其次为亚砂土、亚粘土。其泥流沉积物颗粒组成具高度的一致性和均一性, 粗细颗粒之比为 10<sup>2</sup>, 远小于一般泥石流流的 10<sup>6</sup>。除偶含 Ca 质结核外, 绝大多数粒径 < 0.5 mm, 粉砂以下含量占 80 %, 平均粒径 0.025 mm<sup>[2]</sup>。

3 防治方案及措施

3.1 防治原则

在治理上贯彻了以下原则: 全面规划, 综合治理; 拦排结合, 以拦蓄调洪为主; 治沟与治坡相结合, 以治沟为主; 工程措施与生物措施相结合, 以工程措施为主。

3.2 防治标准

该泥流危害对象主要为县城, 按照建设部《城市防洪工程设计规范》(CJJSD—92) 和国汛(1995)004 号文件以及《甘肃省小流域水土流失综合治理工程建设技术规程》(DB62/ T346—94) 和陇东地区的经验方法等进行设计, 其泥流防治工程设计重现期为 50 年(P= 2%)一遇, 用 100 年一遇进行校核。

3.3 设计参数

泥流设计重度  $\gamma_c$  采用了甘肃省泥石流重度经验公式<sup>[3]</sup> 和野外实地采样分析综合确定的, 治理后的泥流经泥沙调洪, 均变成一般挟沙水流, 其重度为 12.75 kN/m<sup>3</sup>。

泥流流量采用配方法求得<sup>[3]</sup>, 式中清水流量  $Q_B$  用庆阳地区小流域径流量公式计算

$$Q_B=A_1F^{0.736}$$
(1)

式中  $A_1$  为系数, 取 18.3,  $F$  为流域面积。各拦挡坝流量按式(2)确定

$$Q_{\alpha}=(F_i/F)^{0.8}\cdot Q_c$$
(2)

式中  $F_i$  为拦坝控制面积,  $F$  为主沟流域面积,  $Q_c$  为主沟流量。计算结果见表 1, 表中  $Q'_c$  为治理后泥流流量,  $\gamma'_c$  为治理后重度,  $\psi$  和  $\psi'$  分别为治理前和治理后泥沙系数。

表 1 泥流流量及库容设计表

Table 1 The designing discharge of mudflow and reservoir volume of blocking dams

坝 号	坝高 (m)	F (km <sup>2</sup> )	Q <sub>B</sub> 1% (m <sup>3</sup> /s)	Q <sub>B</sub> 2% (m <sup>3</sup> /s)	$\gamma_c$ (KN/m <sup>3</sup> )	$\psi$	Q <sub>c</sub> 1% (m <sup>3</sup> /s)	Q <sub>c</sub> 2% (m <sup>3</sup> /s)	$\gamma'_c$ (KN/m <sup>3</sup> )	$\psi'$	Q' <sub>c</sub> 2% (m <sup>3</sup> /s)	库容(10 <sup>4</sup> m <sup>3</sup> )		
												滞洪	拦泥	超高
桃 1 <sup>#</sup>	20	1.38	23.2	18.6	15.4	0.5	35.3	28.2	12.75	0.22	22.7	2.17	6.16	1.61
桃 2 <sup>#</sup>	13	0.95	17.2	13.8	15.4	0.5	25.8	20.8	12.75	0.22	16.8	1.19	1.98	1.45
周 1 <sup>#</sup>	12	0.59	12.4	9.9	15.4	0.5	18.6	14.9	12.75	0.22	12.1	0.83	1.91	0.64
周 2 <sup>#</sup>	10	0.35	8.2	6.5	15.4	0.5	12.3	9.8	12.75	0.22	7.9	0.43	1.28	0.40
食 1 <sup>#</sup>	15	0.5	11.0	8.8	15.69	0.55	16.5	13.2	12.75	0.22	10.7	0.87	2.51	0.89
烈 1 <sup>#</sup>	12	0.16	4.4	3.5	15.4	0.5	6.6	5.3	12.75	0.22	4.3	0.22	0.84	0.26
烈 2 <sup>#</sup>	10	0.14	4.0	3.2	15.4	0.5	6.0	0.8	12.75	0.22	3.9	0.18	0.61	0.19
合 计	92								5.91	15.30	5.44			

3.4 工程措施

3.4.1 拦泥调洪坝 坝体采用了陇东一带广泛修筑的均质黄土坝型式, 东山 4 沟共布设 7 座土坝, 其中周巷子沟、桃儿沟和烈士沟各 2 座, 食堂沟 1 座(图 1)。土坝设计断面见图 2 为了排除坝库中溢洪道底部以下的积水和淤泥中的水, 特别设计了放水涵管, 它由集水竖井和坝下涵洞组成, 竖井位于坝上游一侧, 壁厚 0.4 m, 在垂直高度上每隔 0.5 m 设一道 20 cm× 30 cm 放水孔, 其底部为消力井, 水流经过消能后进入涵洞中流出坝体。若坝库淤满后, 可加高坝体和竖井, 以增大库容<sup>[4]</sup>。

3.4.2 排导工程

排导槽的功能就是将土坝排泄泥沙后的泥流或洪水, 若坝库淤满后, 可加高坝体和竖井, 以增大库容<sup>[4]</sup>。其主要包括三段(图 1):

- 1. 沟口到城区间的沟路合一, 该段在平时作为道路, 下雨时作为排泄泥流洪水的通道, 计划用粘土砖铺砌加固岸坡和沟底, 对部分窄狭段和弯道加以改造。
- 2. 过街盖板涵洞, 属已建工程, 对其过流能力按无压流和有压流状态分别检算后, 可完全通过治理后的挟沙洪水和泥流。

3. 排导槽, 从涵洞出口到环江边, 采用砼预制板衬砌的梯形断面, 其中桃儿沟 717 m, 烈士沟 540 m。

3.4.3 沟头防护

规划在塬边修建高 1.2 m, 顶宽 0.5 m, 底宽 0.7 m 的黄土截水防护墙 500 m, 以拦蓄雨水径流, 减少塬面流水对流域的补给, 同时在塬面局部低洼的地方和流域分水岭附近的洼地修建 6 座涝池, 拦蓄部分径流。

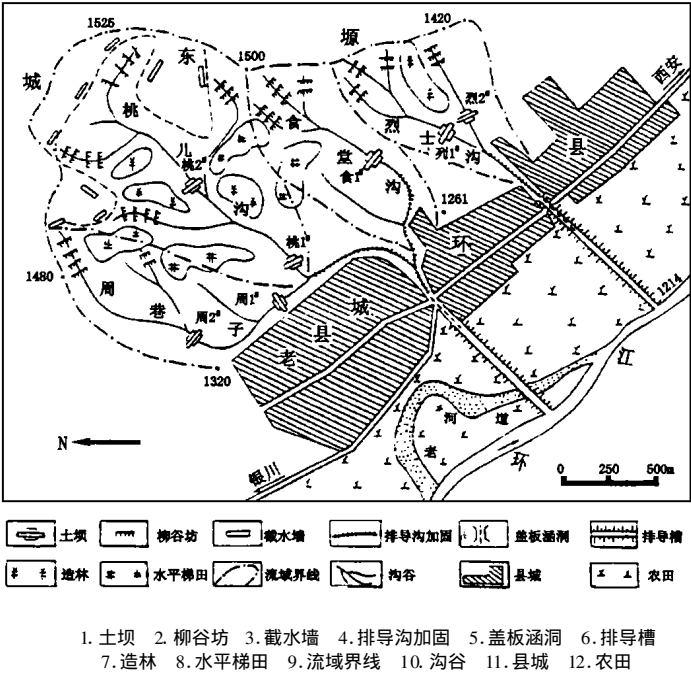


图 1 环县东山泥流治理工程平面布置图  
Fig. 1 Distribution sketch of control works against mudflow in Dongshan Area, Huanxian County.

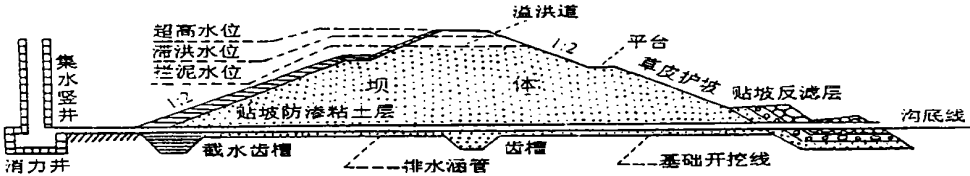


图 2 土坝纵断面示意图  
Fig. 2 The vertical section of soil blocking dam

### 3.5 生物措施

水平梯田主要修建在 $< 25^\circ$ 的缓坡、山岭和山梁上, 规划  $33.3 \text{ hm}^2$ 。在 $> 25^\circ$ 的山坡和修建谷坊的沟道中栽植水土保持防护林和固沟防护林, 各规划  $17 \text{ hm}^2$ 。此外, 在各主沟和较大支沟的源头部位修建柳谷坊 100 座, 形成谷坊群, 防止沟壁坍塌、沟底下切和溯源侵蚀<sup>[4]</sup>。

## 4 预期效益

- 1、保护环县县城 1.4 万人生命和 1.6 亿元资产以及 211 国道畅通。
  - 2、新修梯田、林木和开发库区沟坝地共  $74 \text{ hm}^2$ 。
  - 3、改善生态环境, 美化东山流域。
  - 4、防治工程共拦泥  $16 \times 10^4 \text{ m}^3$ 。
- 泥流将变成挟沙洪水, 其对城区危害基本解除。

### 参考文献:

- [1] 中国科学院兰州冰川冻土研究所, 等. 甘肃泥石流[M]. 北京: 人民交通出版社, 1982. 14, 53~75, 106~114
- [2] 史正涛. 黄河中游黄土泥流的特征及分区[A]. 见: 第四届全国泥石流学术讨论会论文集[C]. 兰州: 甘肃文化出版社, 1994. 117~124
- [3] 甘肃省交通科研所, 等. 泥石流地区公路工程[M]. 北京: 人民交通出版社, 1981. 58~60, 68~69
- [4] 中国科学院兰州冰川冻土研究所. 农田泥石流防治[M]. 北京: 科学出版社, 1978. 113~115

## SYNTHETICAL CONTROL OF LOESS—SLURRY FLOW HAZARDS IN DONGSHAN, HUANXIAN COUNTY, GANSU, CHINA

MA Dong-tao, QI Long, DENG Xiao-feng  
(Cold and Arid Regions Environment and Engineering  
Research Institute (CAREERI), CAS, Lanzhou 730000 PRC)

**Abstract:** Huanxian county town in northeast of Gansu province is seriously endangered by Dongshan mudflow disasters. Since 1949, the loess-slurry flow in Dongshan has broken out 27 times and resulted in 30 million yuan economic losses of properties. The formation conditions such as the typical loess hilly and ravine topography, abundant landslides, falls and collapses in gullies and high intensity rainfall are extremely advantageous for formation of mudflow. In order to effectively protect Huanxian county town villages, farmland and No. 211 National Highway against mudflow hazards, one comprehensive prevention countermeasure has been put forward, which includes 7 soil blocking dams, 2 mudflow division flumes, 500-meter-long runoff retaining wall, 6 artificial waterlogging pools so on engineering measures and 100 willow-stake low dams,  $33.3 \text{ hm}^2$  of horizontal terraced fields and  $34 \text{ hm}^2$  of tree planting. After the works finished, mudflow will become usual flood torrent, and its threat to Huanxian town will be eliminated.

**Key words:** Gansu Province; Huanxian county; loess; mudflow; synthetical control