

# 北京山区番字牌西沟泥石流减灾规划探讨

谢 洪, 钟敦伦

(中国科学院—水利部成都山地灾害与环境研究所, 四川 成都 610041)

**摘 要:** 番字牌西沟为北京山区具代表性的一条泥石流沟, 1989 年和 1991 年两次暴发泥石流, 致死 3 人, 造成严重灾害。泥石流具有容重大( $2.0\text{ t/m}^3$ ), 搬运固体物质粒径粗, 固体物质以沟床堆积物补给为主, 平均约 10 年一次中小规模、50 年一次大规模活动周期等特征。针对泥石流特征, 制定出三套减灾工程规划方案, 并进行方案优化探讨, 提出优化方案供减灾使用。

**关键词:** 北京山区; 番字牌西沟; 泥石流; 减灾工程规划

**中图分类号:** P642 23; X43      **文献标识码:** A

## 1 流域概况

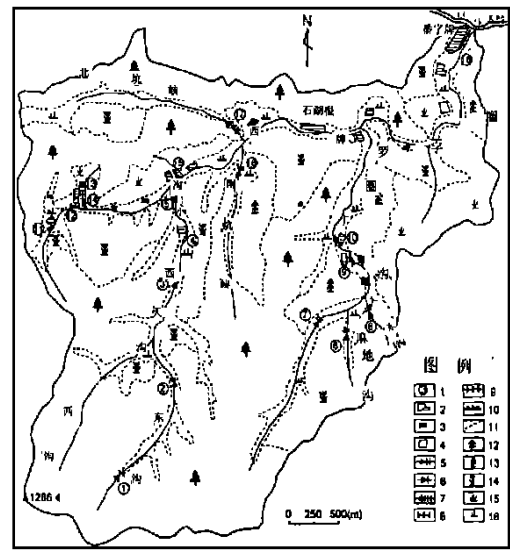
番字牌西沟位于北京市密云县番字牌乡, 系白马关河右岸的一级支流。白马关河为注入密云水库的独立河流。

该沟处于燕山余脉军都山中山区, 流域面积  $15.42\text{ km}^2$ , 主沟长  $8.34\text{ km}$ , 流域最高点海拔  $1\,286.4\text{ m}$ , 相对高差  $855.4\text{ m}$ , 沟床比降  $52\%$ , 主沟上游段称小西天沟。流域内支沟发育, 主要支沟有罗圈厂沟、北坑峪、南坑峪等(图 1)。流域中游和下游分别居住有石湖根村和番字牌村番字牌村民组的居民, 番字牌乡政府、乡中学、乡医院、乡敬老院、粮站、供销社、果品加工厂等位于沟口和下游, 沟内居民近  $1\,200$  人。该沟为一条灾害性泥石流沟, 近几十年来泥石流多次造成灾害, 其泥石流特征在北京山区具有代表性。

## 2 泥石流特征

### 2.1 活动频繁, 危害严重

该沟是一条老泥石流沟, 沟内老泥石流堆积物十分丰富, 同时又是一条现代泥石流活跃的沟。近几十年来, 分别于 1939、1959、1972、1989 和 1991 年暴发过 5 次灾害性泥石流。其中 1989-07-21 和 1991-06-10 两次泥石流灾害最重, 致死 3 人, 毁坏大量房屋及交通、电力、通讯、水利设施等,



1 土木工程编号, 2 居民点, 3. 拟搬迁居民点, 4 拟迁往地点, 5. 拦沙坝, 6. 谷坊坝, 7. 格栅坝, 8. 护村导流堤, 9. 原有护村堤加高、加固及延长 10. 护村挑流坝 11. 生物工程林地界线, 12. 水源涵养林, 13. 水土保持—用材林, 14. 水土保持—薪炭林, 15. 水土保持—经济林, 16. 经济林与农耕地

图 1 番字牌西沟泥石流减灾工程规划示意图

Fig. 1 Sketch of engineering plan for debris flow disaster relief in Fanzipaixi Gully

造成的直接经济损失达 840 余万元; 此外, 泥石流还冲毁耕地、冲走家畜家禽, 将大量有机物、污染物和动物残骸等及泥沙输入白马关河, 由白马关河洪水

收稿日期: 2001-08-14; 改回日期: 2001-10-19.  
基金项目: 中国科学院重点项目北京山区泥石流防治对策研究(项目编号: KZ952-j1-027)的部分研究成果。  
作者简介: 谢洪(1959-), 副研究员, 四川省成都市人, 1982 年 1 月毕业于成都地质学院水文地质工程地质系。

带入北京市的水源地——密云水库, 造成水库水质污染和泥沙淤积<sup>[1-3]</sup>。仅 1989—07—21 该沟泥石流输入白马关河的固体物质量就达 16 余万 m<sup>3</sup><sup>[4]</sup>。

2.2 容重大, 搬运的固体物质粒径粗

该流域暴发的泥石流多为高容重低粘度泥石流。1989 年小西天沟和罗圈厂大东沟泥石流, 其容重均达 2.0 t/m<sup>3</sup>。泥石流堆积物样品颗粒分析试验和测量泥石流龙头堆积物大石块三轴粒径的结果, 分别列于表 1 和表 2。由表 1 可知, 泥石流堆积物中砾

石含量占总重量的 64.5 % ~ 65.5 %, 粘粒仅占 1.0 % ~ 2.5 %, 表明泥石流固体物质的粒度特征是以粗大的砾石为主。表 2 显示出泥石流龙头中粗大石块三轴平均粒径达 0.44 m ~ 0.47 m, 最大石块三轴平均粒径 1.78 m。上列数据反映出泥石流具有高容重低粘度的性质, 说明泥石流搬运力巨大, 撞击力强, 危害性大。在泥石流减灾工程规划设计中必须充分考虑泥石流的这一特性。

表 1 1989—07—21 泥石流堆积物不同粒径颗粒重量百分比  
Table 1 Grains consists in debris flow samples (in percentage of weight)

取样地点	砾石(> 2 mm)	砂(2 ~ 0.005)	粒径(< 0.005 mm)
小西天沟	66.5%	31.05%	2.5%
罗圈厂大东沟	64.5%	34.5%	1.0%

表 2 1989—07—21 泥石流龙头堆积物大石块粒径  
Table 2 Diameter of boulders in debris flow deposits in 1989—07—21

龙头位置	测量石块数 (块)	三轴平均粒径 (m)	最大石块三轴粒径	
			三轴长度	平均值
小西天沟沟道中	102	0.47	1.82m×2.00m×1.53m	1.78m
罗圈厂大东沟口	64	0.44	1.80m×1.00m×0.60m	1.13m

2.3 泥石流暴发频率与规模

据统计, 1939 ~ 1991 年的 53 年中, 该流域内共暴发了 5 场 17 处泥石流, 泥石流活动周期平均约 10 年一次, 属中等频率的泥石流, 但其中仅 1989 年泥石流属大规模, 其余均为中、小规模。因此, 该沟内大规模泥石流暴发频率低, 周期在 50 年或以上, 而中、小规模泥石流暴发频率较高。

2.4 泥石流固体物质供给与输移

该流域内松散碎屑物质丰富, 近期可供泥石流活动的松散碎屑物质量就达 735 万 m<sup>3</sup><sup>[1]</sup>。这些物质主要分布于主沟、支沟沟床上及山坡坡脚, 系平常年份在一般暴雨作用下, 山坡物质以面蚀或崩(滑)塌等零散方式向沟床或坡脚聚集、支沟物质以沟蚀及高含沙水流或小规模稀性泥石流等零散方式向主沟汇聚而成。当遭遇特大暴雨时, 强大的沟谷洪流起动沟床堆积物, 以泥石流活动方式集中向下游输移松散固体物质。沟床物质是泥石流固体物质的主要来源, 减灾工程应重视拦挡、稳固沟床物质。

2.5 泥石流暴发规模取决于暴雨强度与笼罩面积

该流域是否暴发泥石流及规模大小, 主要受暴雨强度和笼罩面积控制。在暴雨强度足以激发泥石流的条件下, 暴雨强度越大, 泥石流的规模越大; 暴

雨笼罩面积越大, 泥石流规模也越大。1939、1959 和 1972 年的特大暴雨, 只笼罩流域西部和西南部分水岭一带, 故只在一些小支沟或较大支沟源头激发泥石流; 1989 年暴雨强度很大, 达 362.1 mm/d, 笼罩面积也较大, 因此在流域内引发了 8 处泥石流, 其中主沟上游小西天沟暴发了大规模泥石流; 1991 年暴雨笼罩面积虽与 1989 年大体一致, 但强度相对较小, 仅 186.1 mm/d, 为 1989 年的 51 %, 只引发了 6 处小规模泥石流。由此可以认为, 若高强度的特大暴雨笼罩全流域, 便可使上游和各主要支沟都暴发大规模泥石流, 汇集后可能在主沟中下游形成特大规模泥石流, 给全流域带来严重灾难。因此, 对该沟泥石流实施减灾工程十分必要。

3 泥石流减灾工程规划方案

3.1 原则与目标

根据该沟泥石流特征、危害及减灾要求, 确定减灾工程规划的原则和目标为: 以防为主, 防治结合, 全面规划、综合防治, 防灾减灾与发展当地经济相结合, 通过减灾工程减轻和控制泥石流的危害, 为北京山区泥石流治理、泥石流流域开发与建设、保护和净化北京市水源、把北京山区泥石流沟谷重建成天然

绿色屏障的一部分提供经验和范例。据此,制定减灾工程规划。

3.2 减灾土木工程设计标准及规划方案

参照有关规范与规定,综合考虑该沟泥石流的特征、危害对象的重要程度及危害状况,目前治理泥石流的经济能力,以及当地政府有关部门的意见,确

定减灾土木工程设计标准为:按 20 年一遇泥石流设计,50 年一遇校核(相当于 1975 年版《北京市水文手册》50 年一遇设计,100 年一遇校核)。

土木工程项目以拦挡工程为主,拦、稳、护、导相结合,对工程难以顾及的零散险户居民实施就近搬迁。作出的 3 套土木工程规划方案见表 3 和图 1。

表 3 番字牌西沟泥石流减灾土木工程规划方案  
Table 3 Civil engineering plan of debris flow disaster relief of Fanzipaixi Gully

工程名称	第 I 套方案		第 II 套方案		第 III 套方案	
	工程量	工程编号	工程量	工程编号	工程量	工程编号
拦沙坝	5 座,坝总高 45.3m,其中两座骨干坝③和⑦坝高分别为 13.0m 和 12.5m	②③⑥ ⑦⑩	5 座,坝总高 39.5m,其中两座骨干坝③和⑦坝高分别为 11.0m 和 10.5m	②③⑥ ⑦⑩	3 座,坝总高 27.5m,其中两座骨干坝③和⑦坝高分别为 10.0m 和 10.5m	③⑥⑦
格栅坝	1 座	⑪	/	/	/	/
谷坊坝	2 座	①⑧	1 座	⑧	/	/
护村导流堤	6 处,总长 280m	⑨⑫⑬ ⑭⑮	6 处,总长 280m	⑨⑪⑫ ⑬⑭⑮	6 处,总长 280m	⑨⑪⑫ ⑬⑭⑮
原有护村堤加高,加固与加长	3 处,总长 310m	④⑤⑩	3 处,总长 310m	④⑤⑩	3 处,总长 310m	④⑤⑩
挑流护村坝	1 座	⑮	1 座	⑮	1 座	⑮

注: 1. 三套方案中均含有零散险户就近搬迁工程,搬迁费用完全相同;  
2. ①~⑮工程位置参见图 1。

上列方案可保证在该流域发生设计标准内的泥石流时,减灾工程正常运行,防护对象安全;在发生校核标准泥石流时减灾工程不被破坏,减轻灾情。

3.3 减灾生物工程规划方案

该流域热量和水分条件较好,雨热同季,有利于植被生长发育,应充分利用这一有利条件,开展生物工程防治泥石流,并促进流域林业发展,重建流域森林生态系统,改善环境,增加当地居民的经济收入。规划方案主要内容为:通过封山育林建设水源涵养林692.0 hm<sup>2</sup>,通过封山育林与林型改造建设水土保持—用材林 320.0 hm<sup>2</sup>、水土保持—薪炭林 201.5 hm<sup>2</sup>、水土保持—经济林75.7 hm<sup>2</sup>,利用险户搬迁后的弃耕地和果林地建设高质量的经济林 27.4 hm<sup>2</sup>(见图 1),充分利用沟旁、路旁、屋旁、地旁的空闲地发展“四旁”绿化林(表 4)。同时,引入一

些多年生、根系发达、深根性、生长迅速、耐旱、耐寒、耐瘠薄,具有较高经济价值的牧草(如冰草、苜蓿等)在坡地种植,增加地表覆盖度,并适度发展畜牧业。

3.4 综合减灾规划方案及方案优化

由前述三套减灾土木工程规划分别加上生物工程规划,构成三套综合减灾工程规划方案。即:第一套综合减灾方案=第 I 套土木工程规划+生物工程规划,第二套综合减灾方案=第 II 套土木工程规划+生物工程规划,第三套综合减灾方案=第 III 套土木工程规划+生物工程规划。三套方案均各有其特点。通过列表(表 5)对比分析,从投资强度和防灾减灾效益、生态效益、社会效益、经济效益多方面比较,第二套方案都要优于第一套方案和第三套方案,为优化方案,予以推荐使用。该减灾工程规划方案为后来进行的工程设计所采用。

表 4 番字牌西沟泥石流减灾生物工程造林规划方案

Table 4 Biological engineering plan of debris flow disaster relief of Fanzipaixi Gully

规划内容	水源涵养林	水土保持 用材林	水土保持 薪炭林	水土保持 经济林	经济林	四旁绿化林
造林部位	主沟左岸山坡上部、右岸支沟山坡中下部	主沟右岸山坡下部、支沟阴坡下部	各支沟山坡中下部	主沟左侧山坡下部	沟谷内搬迁居民的弃耕地、果林地	沟、路、屋、地旁
造林性质	封山育林	封山育林和林型改造	封山育林和林型改造	林型改造与新造林	林型改造与部分新造林	林型改造与部分新造林
造林目的	提高森林涵养水源、保水固土的能力,改善环境	涵养水源、保水固土,并建成用材林基地	涵养水源、保水固土,并为当地居民提供燃料	涵养水源、保水固土,并建成干鲜果品基地	建成干鲜果品基地,发展当地经济,增加居民收入	固沟、护坡、护路、护地、美化环境
造林面积	692.0hm <sup>2</sup>	320.0hm <sup>2</sup>	201.5hm <sup>2</sup>	75.7hm <sup>2</sup>	27.4hm <sup>2</sup>	
造林方法	封山育林	封山育林与植苗	封山育林与植苗	植苗	植苗	植苗
主要造林树种		落叶松、油松、刺槐、槲栎、紫穗槐	刺槐、紫穗槐、槲栎、荆条、山杏	侧柏、刺槐、山杏、大扁、板栗、蚕桑	红果、板栗、核桃、花椒	杨树、柳树、臭椿、香椿

表 5 番字牌西沟泥石流综合减灾工程规划方案比较表

Table 5 Comparason of three synthetical engineering plans for debris flow diaster relief in Fanzipaixi Gully

方案	总投资	土木工程防治投资	生物工程防治投资	保护对象价值	投保比	保护对象的安全程度	生态效益	社会效益	经济效益
第一方案	683.95	609.73	74.22	3524	1:5.15	在设计标准内,能完全保护防护对象的安全;在校核标准内,防护对象基本不受危害。	使流域内林业得到发展,森林生态系统得到重建,从而形成生态系统的良性循环。	1.能在北京山区很显著地起到防治泥石流,使流域内居民安居乐业的试点示范作用; 2.能很显著地起到净化水源、美化环境,把泥石流流域重建为北京的绿色天然屏障之一部分的试点示范作用。	能使流域内林果业、农业、畜牧业和乡镇企业获得很大的发展。
第二方案	498.17	423.95	74.22	3524	1:7.07	在设计标准内,能保护防护对象的安全;在校核标准内,防护对象不受大的危害。	使流域内林业得到发展,森林生态系统得到重建,从而形成生态系统的良性循环。	1.能在北京山区显著地起到防治泥石流,使流域内居民安居乐业的试点示范作用; 2.能显著地起到净化水源、美化环境,把泥石流流域重建为北京的绿色天然屏障之一部分的试点示范作用。	能使流域内林果业、农业、畜牧业和乡镇企业获得大的发展。
第三方案	460.52	386.30	74.22	3524	1:7.65	在设计标准内,能基本保护防护对象的安全;在校核标准内,防护对象不受很大的危害。	使流域内林业得到发展,森林生态系统得到重建,从而形成生态系统的良性循环。	1.能在北京山区起到防治泥石流,使流域内居民安居乐业的试点示范作用; 2.能起到净化水源、美化环境,把泥石流流域重建为北京的绿色天然屏障之一部分的试点示范作用。	能使流域内林果业、农业、畜牧业和乡镇企业获得发展。

## 参考文献:

- [1] 中国科学院—水利部成都山地灾害与环境研究所, 北京市密云县水土保持工作站. 北京密云 番字牌西沟泥石流减灾工程规划报告[R]. 1994. 1~73.
- [2] 中国科学院—水利部成都山地灾害与环境研究所. 北京市怀柔县柯太沟泥石流综合防治规划研究报告[R]. 1993. 1~63.
- [3] 钟敦伦, 谢洪, 刘世建, 等. 北京山区柯太沟泥石流[J]. 山地学报, 2000, 18(3): 212~216.
- [4] 北京市水文地质工程地质大队. 北京市密云县 番字牌西沟泥石流治理可行性报告[R]. 1993. 1~36.

## An Approach on Debris Flow Disaster Relief Plan of Fanzipaixi Gully in the Mountain Area of Beijing

XIE Hong and ZHONG Dun-lun

(*Institute of Mountain Hazards and Environment, Chinese Academy of Sciences & Ministry of Water Conservancy, Chengdu 610041 PRC*)

**Abstract:** Fanzipaixi Gully is a representative debris flow gully in the mountain area of Beijing. Debris flow had taken place twice hazards and three persons were killed from 1989 to 1991 in the basin. The major characteristics of debris flow are follow as: 1. density is  $2.0 \text{ t/m}^3$ ; 2. solid state material composing fluid are thick; 3. the majority of solid material stems from gully-bed deposits; 4. the period of a large-scale debris flow occurrence is about fifty years and medium or small about ten years. Three engineering plans for disaster relief have been put forward. The optimal plan has been recommended after comparing.

**Key words:** the mountain area of Beijing; Fanzipaixi gully; debris flow; engineering plan for disaster relief

### 《农业环境与发展》征订征稿启事

《农业环境与发展》是由农业部环境保护科研监测所和全国农业环境保护科技信息网联合主办的国家级综合指导类科技期刊。积极宣传我国农业生态环境保护有关政策, 及时报道生态农业建设与无害农产品生产的发展, 在农业生态环境保护工作中发挥宣传指导作用。主要刊登我国农业生态环境保护的方针政策、管理经验, 监测与评价方法, 生态农业建设理论与实践以及无公害农产品生产技术, 农业环境信息、动态, 及农业环境保护成就, 并承办各类相关广告。欢迎大家踊跃投稿。本刊为双月刊, 48页, 大16开, 逢双月25日出版, 刊号ISSN1005-4944, CN12-1233/S, 全国发行, 各地邮电局(所)均可订阅, 邮发代号6-40, 每本定价6.00元, 全年36.00元。有漏订者可直接与编辑部联系订阅。编辑部地址: 天津市南开区复康路31号, 邮政编码: 300191, 电话: 022-23367139, 传真: 022-23367139, E-mail: caed@public.tpt.fy.cn