

芦花沟泥石流形成条件及其治理工程

谭万沛 袁锡明

(中国科学院成都山地灾害与环境研究所 四川省黑水县人民政府)

提 要

芦花沟泥石流治理工程,是四川省黑水县城镇泥石流治理工程,于1987年底通过了省级评审验收。该工程规划“原则周密合理”,“方案正确”,“措施得当”,“有一定的科学性”。工程“设计精细”,“结构形式有所创新”,“施工管理严格”,“质量优良”,多种效益显著,被认为是我国“省级全优”泥石流工程。本文分析了该沟泥石流的形成条件,从工程整体防灾的观点,全面论述了该沟泥石流治理工程规划的思想、原则、方案与措施,并简单介绍了该工程设计思想、原则、标准与新结构。最后讨论了工程的施工管理与效益问题。

芦花沟位于四川省阿坝州黑水县城区,是危害县城的一条灾害性泥石流沟。为了防治泥石流对县城的危害,对该沟进行了工程治理。工程在1985年4月破土动工,到1987年10月竣工,同年12月通过了省级评审验收,评价是:工程规划总体布局协调,原则周密合理;方案正确,措施得当,以稳固排停为一整体,形成了联合防治泥石流的工程体系,有一定的科学性;工程设计精细,形式美观大方,结构新颖并有所创新;施工管理严格,质量优良、投资省,多种效益显著,是我国目前泥石流工程中的一项全优工程。本文就该沟泥石流形成条件及其治理工程规划与设计思想、原则与措施和施工管理与工程效益等进行介绍。

一、泥石流形成条件

分析泥石流形成条件,是为工程规划和工程设计提供科学依据。

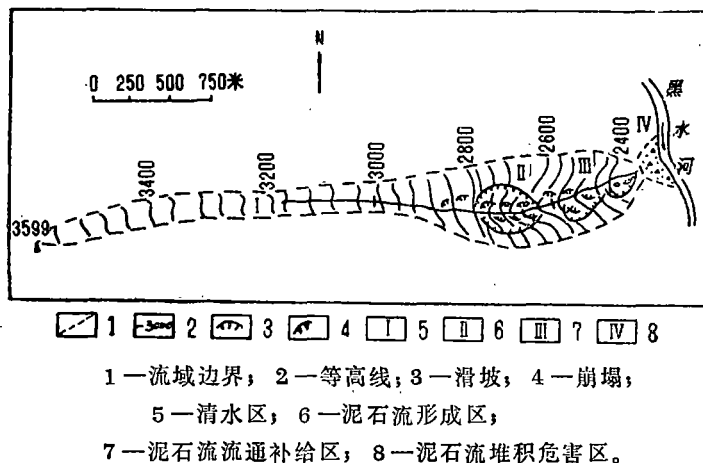


图1 芦花沟流域滑坡分布图

(一) 地形条件。芦花沟地处川西高原,地形陡峻,汇流条件好,是岷江中游黑水河支流右岸的一条发育年轻的沟谷。流域面积仅1.13平方公里,主沟长4.5公里,相对高差达1,280米,主沟床平均纵比降28.4%。流域形状上小下大,呈“汤勺形”(图1)。

全流域可分为清水区,泥石流形成区,泥石流流通补给区和泥石流堆积危害区。泥石流形成

区下部,为横跨主沟的老滑坡体,地貌形态似一面开口的漏斗型。沟床比降达53.6%,山坡坡度在35°—50°,沟床切割深度15—30米,呈“V”型谷。陡峻的地形与坡度,非常有利于松散固体物质的集中和雨水汇集,成为泥石流发生和运动的动力区和流通区。沟宽仅6—10米,两岸有崩塌、滑坡多处,有利于泥石流加速运动和淘蚀,成为泥石流流通和物质补给区。堆积扇面积约0.2平方公里,平均纵比降为17.7%,成为泥石流堆积危害区。

(二) 物质来源。芦花沟地质构造,处于川西地块镇江关山字型构造西部反射弧的边缘,滑坡发育,松散固体物质丰富。根据地层、岩性和产状,该沟在构造上是横跨黑水河大断层带上的一条分支断层沟。断层走向呈东西向,纵贯芦花沟。岩性组成为三迭系变质岩类,上部以砂岩、板岩为主,下部以千枚岩为主,有灰黑色钙质千枚岩、绢云母千枚岩、炭质千枚岩等,夹有变质砂岩。上述岩层,风化后含细颗粒粘土成分较多,属软性岩组。受断层和岩层产状控制,千枚岩地层,两岸均向沟中倾斜,左岸倾角35°,右岸倾角为30°。破碎岩层软弱界面,顺层理向沟心滑动,形成滑坡。老滑坡体约500万立方米,滑坡前缘发育次生滑坡群10多处。滑坡缓慢移动挤压沟床,造成滑坡前缘坍塌、崩塌,溜滑的土体进入沟床,并形成堵塞。滑坡前缘坍滑,以及沟床的下切,又牵动老滑坡体下滑,不断地补充固体物质。

(三) 降雨。芦花沟流域属温带半湿润气候,降雨充沛,局部地区暴雨强度大。据县气象站资料,年平均气温9℃,年极端最高气温32.8℃,年极端最低气温14.1℃,气候比较温和。年平均降水量为856.3毫米,丰水年可达969.3毫米,降水充沛。干湿季节分明,雨量主要集中在5—9月份,占年降水总量的76%。日雨量≥50毫米的暴雨不多,30年来只出现过两次。日雨量≥30毫米的暴雨,每年有一次。暴雨特点是,局部性强,历时短,强度大,实测最大6小时降雨量为50.3毫米,最大30分钟雨强达到31.9毫米,最大10分钟雨强高达22.0毫米。这种局部性、短历时和高强度的暴雨,对该沟泥石流的形成十分有利,成为泥石流的激发因素。

(四) 人类活动的影响。芦花沟流域,人类活动频繁,促进泥石流发展。在百年前是原始森林的生态环境,由于解放前伐木修喇嘛寺庙,才破坏了原始生态系统。解放后,随着城乡建设和人口的增加,用木取暖,烧饭,烧砖,烧瓦等再次大面积破坏森林。特别是近20年来,耕地面积逐渐扩大,放牧牲畜增多,人类活动加强,促进了泥石流活动频繁发生。

二、泥石流治理工程规划

(一) 规划指导思想。从全局出发,着眼于整体防灾效果。泥石流治理工程,是防灾治灾性质的工程。治理工程,特别是城镇泥石流的治理工程,应从全局考虑,立足于整体防灾治灾效果。如果治理工程规划只注意到局部,势必会带来工程不配套,或者不适用。结果是工程的防灾效果差,有效使用价值低,造成国家资金和材料的浪费。我国过去的泥石流工程,这类现象是存在的。芦花沟泥石流工程规划的主导思想是,从工程防灾的观点出发,局部工程与总体布局配套,提高整体防灾的效果。

(二) 规划原则。规划原则是全面,综合,重点,集中,安全,经济,实效和美观十六字。泥石流治理工程规划原则,要根据危害对象、治理要达到的目标,及投资条件来决定。芦花沟泥石流危害的对象是县城,治理要达到设计标准,确保县城人民生命财产的安全。城镇泥石流工程,是泥石流工程投资的重点,故治理原则应该是:

1、全面规划,综合治理。城镇泥石流治理工程,一般应当是全面规划,综合治理。芦花沟泥石流治理工程,是把全流域作为一个封闭系统,采取生物措施和工程措施一起考虑,综合规划和全面治理。形成区上部水源区,退耕还林,封山育林,协调生态系统,以治“水”为主;形成

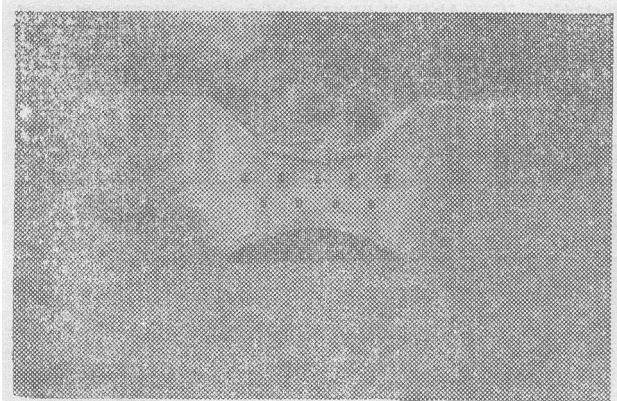
区下部和流通区，要固定沟床，稳定边坡，抑制滑坡发展，以治“土”为主；堆积区则控制泥石流运动方向和定向停放，避免泥石流直接危害，以治“害”为主。

2、突出重点，集中治理。没有重点的泥石流治理工程，不是科学合理的防灾工程。芦花沟泥石流形成区下部的流通区和堆积区，是工程治理的重点，尤以堆积区最为重要，占总投资的47%。

3、安全坚固，经济节省。泥石流治理工程，如果自身不安全坚固，非但起不到防灾治灾的作用，因人为增加固体物质，反而会加重灾害，更谈不上经济节省。泥石流治理工程，只要某个局部发生了毛病，就可能带来整个工程的不安全。芦花沟泥石流治理工程，为了提高工程整体安全度，采用了稳固排停等几种形式的结合，并使工程配套成群，彼此联系，相互依托，组成综合性的联合防灾治灾的工程体系。这不仅保证了工程本身的安全坚固，同时防灾治灾的效果佳，还有经济节省的优点。

4、重实效，讲求美观。工程的价值是它本身的实用特性。泥石流治理工程的价值，是它防灾治灾的实效。在注重工程实效，且不降低工程的主要功能和增大投资的前提下，把工程布置得协调一点，艺术一点，讲究结构和形式的美观也有必要。这条规划设计原则，并没有被很多泥石流规划设计者给予特别的重视。在我国，过去的有的泥石流治理工程，不是华而不实，就是布置得乱七八糟，甚至给人以粗糙的感觉。芦花沟泥石流治理工程，在规划、设计和施工的每个环节，在强调工程实用价值的同时，都十分注意工程平面布局的科学合理。规划尽可能使各单项工程自身的外部尺寸协调成比例，并与整个工程和外界环境融恰配合，做到简单朴素、美观大方和气势雄伟的整体美。

（三）规划方案。工程以稳固排为主，停为辅的方案。一个合理的泥石流治理工程，必须从实际出发，因沟、因地、因害、因环境条件有所不同。根据芦花沟的实际状况，在形成区漏斗形底部，为防止沟床下切，稳住山坡坡脚，削弱泥石流强度，用4座楔形坝群作为稳的方案；在流通区，为固定沟床，防止沟岸侧蚀，抑制滑坡发展，用拦砂坝8座（照片1）作为固的方案；堆积区为避免泥石流乱流成灾，用排导渠465米控制泥石流运动方向，为排的方案。同时，为防止超过排导渠设计标准的特大泥石流漫溢成灾，另设停淤场一个，作为停的辅助方案。上述方案，完全是根据芦花沟的实际地形、地质条件和泥石流灾害而制定的。



照片1 黑水县芦花沟泥石流拦砂坝群

（四）规划措施。芦花沟的规划措施主要有：

1、工程治理与生物治理相结合。芦花沟中下游沟道治理，采取楔形坝和拦砂坝工程治理为主，工程设施能为植被的恢复创造立地条件和环境条件。水源区，采取退耕还林，封山育林，以生物治理为主。生物治理能抑制泥石流的发展，从而又加强和提高了工程设施的防灾能力与设计标准。

2、治理工程与城镇建设规划、美化环境相结合。城镇泥石流治理工程，无论从防灾治灾

的实际效果和心理安全的因素出发，还是为了环境的协调，都要求把治理工程同城镇建设规划相结合。芦花沟泥石流治理工程，除了注重各单项工程的整体美观外，在排导渠和拦砂坝群的两岸，还规划设计了栏杆、步梯、花台、树木和绿化带，就是为了使城镇居民和游人交通方便，又起到美化城镇环境的作用。

3、治理工程与合理开发利用相结合。泥石流治理工程是投资数量大, 防灾效益和社会效益高, 但直接经济收益小的工程。规划时, 应当把可能增加经济收益和扩大社会使用价值的潜在因素都综合考虑。这一规划思想, 尤其在城镇泥石流和旅游风景区的泥石流治理工程规划中都有实际意义。芦花沟的封山育林、退耕还林与发展经济林木相结合, 坝堤绿化与苹果、花椒、核桃等经济林木基地发展结合。工程项目与城区“泥石流公园”的规划建设、环境改造和美化结合。这些综合措施既能增加一定的经济收入, 也扩大了治理工程的社会使用价值。

三、泥石流治理工程设计

(一) 设计指导思想。泥石流治理工程设计, 有许多理论问题和实践问题没有解决。譬如, 泥石流拦砂坝工程的防冲结构与形式就没有解决。目前, 国内设计的泥石流治理工程, 有的是试验工程, 就是因为设计的把握性不大, 同时, 也没有一个定型化、规范化和标准化的统一法规为依据。芦花沟泥石流工程设计, 不是完全照搬已有工程的设计型式, 而是虚心学习和吸取前人的—些好经验, 再与该沟的地质、地形条件和泥石流本身的规律性和危害性作对比分析, 独立思考, 大胆设计, 并勇于创新。

(二) 设计原则。芦花沟泥石流工程, 是城镇泥石流治理工程。它的设计原则是科学、美观、安全和节省, 即根据总的规划原则和总体方案的要求, 在确保工程坚固安全、正常运行的前提下, 做到工程技术上科学, 形式上美观, 施工时可行, 使用时安全, 维修起来方便, 材料消耗少, 投资额最省。

(三) 设计标准。主体工程按50年防洪标准设计, 100年防洪标准校核。由于泥石流成因很复杂, 灾害发生有很大的突发性。泥石流治理工程设计的等级和标准, 至今无《规范》可循^[1]。我国城镇泥石流治理工程, 多数采用按50年一遇暴雨频率来计算, 作为设计标准, 并用100年暴雨频率计算的泥石流规模校核。但这个标准, 并没有得到国家设计规范的正式认可, 只能是参考依据。芦花沟泥石流治理工程, 只是主体工程(排导渠)参照了上述标准设计($P=2$)与($P=1$)校核。

(四) 设计项目与结构型式。主要设计项目18项, 结构型式有创新。泥石流工程设计项目多少, 是根据工程的实际需要和投资条件两方面决定的。工程结构是根据规划方案和泥石流性质及地形地质条件决定的。芦花沟泥石流治理工程主要项目详见表1。由表1中看出, 排导渠工程是治理芦花沟泥石流的主体工程, 对它的投资最多, 占总投资的41.3%, 其结构特殊, 采用了“空间

表1 芦花沟泥石流治理工程项目表

项 目	结 构	数 量	占总投资 (%)
排 导 渠	空间框架结构整体式	465米	41.3
拦 砂 坝 群	宽浅型重力式	8座	31.5
楔 形 坝 群	楔型重力式	4座	11.2
停 淤 场	浆砌石土墙	230 米	3.7
生 物 工 程	封山围墙	4,500米	7.6
一 友 沟	铅丝石笼坝	2座	0.4
管 理 所	二层砖木结构楼房	1幢	2.3

框架网格结构型式”；它与过去的泥石流排导工程结构不同。芦花沟泥石流工程治理方案以排为主，排导渠的自然纵比降达17.7%，泥石流流速达7米/秒。渠墙冲刷严重，易遭损坏。采用上述结构型式，使排导渠形成一个整体，不致被泥石流冲刷，使局部损坏，进而造成工程的整体毁坏，而且便于维修。泥石流排导渠工程设计成空间框架结构型式，为国内首创。拦砂坝群8座，是芦花沟泥石流治理的主要配套工程，投资较多，占总投资额的31.5%。因其主要功能是固定沟床，稳定两岸边坡，防止滑坡发展，而不在于拦蓄泥沙方量的多少（总拦蓄量仅8万立方米，一场中等规模泥石流即可淤满），故采用宽浅型重力式坝。为防止泥石流对坝口的冲击、磨损和破坏，在坝溢流口的结构型式和防冲处理设施上，采用了钢板护面，灌浆浇注整体结构型式（另有专文介绍）。这种防冲处理设施，在泥石流拦砂坝设计中，是首创结构和新工艺。楔形坝群4座，为次要配套工程，只占总投资额的11.2%。鉴于芦花沟泥石流形成区下段的地形十分陡峻，纵比降达53.6%，滑坡发育，地层松软，沟道潜水出露严重，施工条件恶劣等实际情况，故设计了楔形重力式坝。坝体为钢筋混凝土圬工外壳，内填浆砌块的整体坝。若坝体基础下沉，它也可就地整体下沉。停淤场是辅助工程，能停淤泥石流7万立方米。生物工程围墙4,500米，退耕还林6.5公顷，育林64.7公顷，已形成了封闭式有利于生态系统自然恢复的良好环境。一友沟工程，设两道铅丝笼坝，用以稳固危害县城的一个滑坡。管理所为工程管理人员专用。

五、泥石流治理工程的效益

（一）经济效益。经济效益是评价一项工程可行性的主要指标。芦花沟泥石流治理工程总投资，在四川省9个县级或镇泥石流治理工程中，是投资最少的一个。工程投资与保护对象相比，只占全县城固定资产的3%，占直接受到泥石流威胁范围内固定资产的7.4%。两者相比较，泥石流治理工程费用是不算很高的。从这个角度讲，治理工程的经济效益是比较大的。

（二）社会效益。社会效益是所有防灾工程的基本出发点，是评价一项工程可行性的首要指标。芦花沟泥石流治理工程，已经过几场泥石流的考验，它有效地避免了灾害，保护了城镇人民生命财产的安全，使全城7,000多人，安居乐业，投身于山区的“四化”建设中，社会效益和政治影响都是十分显著的。

（三）生态效益。芦花沟流域，通过生物工程的封山育林治理，植被恢复很快，已是一片青山绿水景观。堤坝两岸，树荫成行（照片2），果树成林，花木茂盛，生态环境和自然环境都有明显地改善。泥石流治理工程，又与城镇建设和土地合理开发利用结合，起到了多方面的效益。

综上所述，芦花沟泥石流治理工程，已形成了完整的防灾治灾工程体系，不仅单项工程

照片2 黑水县芦花沟泥石流排导渠两岸绿化带

可以各自发挥防灾作用，关键是能起到整体的联合防灾作用。所以，该工程有防灾治灾效果佳，经济效益大，社会效益显著，生态效益好的综合效益。它是我国目前的一项省级全优泥石流治理工程。

参 考 文 献

[1] 徐俊名、张生仪：“四川雅安陆王沟干溪沟泥石流治理”，《山地研究》第2卷第12期，1984。

（以下英文提要转第60页）

Exploring and discussing of the debris flow control engineering in Macao gully

Cai Xiangxing Li Honglian Cai Bingtian

*(Lanzhou Institute of Glaciology and Geocryology, Academia Sinica and
Wudu Soil and Water Conservation Scientific Testing Station in Gansu)*

Abstract

The total river basin areas of Macao gully is 13.1km^2 , the clear water supply areas in upstream, the middle stream fault destructive belt areas and the down stream loess slide areas occupies 26%, 32% and 42% of total basin area respectively. It is a viscous debris flow gully which bursts frequently, the solid substances of debris flow mainly come from middle and down stream. The sediment load carried to Beiyu river occupies about one quarter of Beiyu river, so at the mouth of the river it threatens Wudu county town. Although the landslides of the down stream of this gully are connected in a large sheet, the mean free face height of side in the gully wall is only 1.1m, the highest is no more than 4.5m, and the axis of the slide is more or less vertical with the gully trough. It is suitable for taking the measure to construct dam holding back slides, for this reason 13 dams were designed for main gullies, testing in two years for flood and debris flow has demonstrated that seven of the dams built made good results.

(Continued from page 65)

The formative conditions of Luhuaogou debris flow and its control projects

Tan Wanpei Yuan Ximing

Abstract

The control projects of Luhuaogou debris flow of Heishui county was checked, accepted and assessed in provincial level in 1987. On the project planning "the principle is rational", "the planning is correct", "the measures are appropriate". On projects "the design is accurate", "making a new trial on structural form", "construction and management are rigorous", "quality is excellent". The project was regarded as all-excellent project controlling debris flow on province-level.

The paper analysed the formative conditions of debris flow gully. It comprehensively related to the idea, principle, programme and measures of the planning, introduced idea principle, standard and new structure of the designation. At last it discussed the construction, management and its effects, etc..