

小型土木工程在山地灾害防治中的运用

王士革

(中国科学院水利部成都山地灾害与环境研究所·成都市·610041)

摘 要 从防灾减灾的角度,分析了山洪、滑坡和泥石流等山地灾害的特点,简要介绍了西南山区山地灾害防治中常用的各类小型土木工程。给出了运用小型土木工程治理山地灾害的实例,并探讨了推广小型土木工程治理山地灾害需解决的问题。

关键词 山地灾害 小型土木工程 应用实例 推广

文献标识码: B 文章编号: 1000-288X(1999)02-0031-05 中图分类号: P642.22

Application of Small Scale Civil Engineering to Mountain Hazards Control

WANG Shi-ge

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

Abstract Occurrence and damages of mountain hazards, such as torrent, landslides and debris flow, have close relation to human activities in mountain area. Most of mountain hazards widely dispersed over China are of small scale scattering over 31 provincial administrative districts. The experience in Alps and southwest mountains of China shows that small scale hazards were controlled successfully by small scale civil engineerings, with their advantages of simple construction, a little budget and great effectiveness in controlling hazards. For these engineerings, local materials and cheap labour are usually available. In addition, they can be combined with bio-engineering easily. In 1995-1997, small scale civil engineerings were used to control small landslides, debris flow gullies and torrent gullies successfully in the southwestern mountains. The problems concerned in the application to all mountains in China are related to the support of the government, a good design handbook, train for young engineers and combination between the hazards control and economy development in mountain area.

Keywords mountain hazards; small scale civil engineering; application examples; generalization

通常将山洪、滑坡(包括崩塌)、泥石流等发生在山区的突发性自然灾害称为山地灾害。由于地球内、外营力的作用,山地灾害是普遍存在的,人类在山区的活动导致山区环境的改变,可加剧或减少山地灾害的发生。对发展中国家的绝大多数山区来说,开发山区自然资源,发展经济,消除贫困是当前首要的任务。在山区开发过程中,大批基础设施的建设和大规模自然资源的开发导致生态系统破坏,造成山区环境退化,进而山地灾害频繁发生,是目前发展中国家普遍存在的问题。在发展山区经济的同时,防止和减少山地灾害发生,将人类对山区生态环境的

破坏降低到最低程度,保持山区自然资源的永续利用,保护生物的多样性,是当今山区社会和经济可持续发展亟待解决的问题。欧洲工业革命初期,由于人为破坏,阿尔卑斯山曾是一个泥石流灾害十分严重的山区,但经过长期的持续治理,改变了泥石流造成的生态环境恶性循环,使山区的生态平衡得到恢复。阿尔卑斯山区泥石流防治经验是:在泥石流流域坡面和沟道上建造小型土木工程(主要是潜坝和谷坊群),来稳定沟床和固定岸坡,同时尽快恢复流域的森林生态系统,从而控制泥石流的发生和发展^[1]。

1 山地灾害的特点

山地灾害具有暴发突然、破坏性极强等特点,从防灾减灾的角度看,它还具有以下特点。

(1) 山地灾害的发生和危害程度与人类在山区的活动关系密切。一是随着山区社会和经济的发展,位于山地灾害危险区内的人口和财富剧增,今后同等规模的山地灾害可能造成更大的人员伤亡和财产损失;二是基础设施的建设和对自然资源开发对山区环境的破坏,将导致灾害点增多,灾害暴发频率增高和规模增大;三是山区经济落后,山区居民急于致富,往往追求短期的经济效益,而防灾意识淡薄,在山区各种开发项目的规划、设计、施工各阶段中,极少考虑项目在建设过程中和建成投产后可能出现的环境问题,甚至采用不适合山区特点的设计方法和施工技术,人为地加剧了山地灾害的发生和危害。

(2) 山地灾害数量大、分布广,灾害规模以微型、小型为主。据初步统计,全国具有一定规模的滑坡 10 万余个,泥石流沟 5 万余条,小型的滑坡泥石流超过 120 万处,遍布 31 个省、市、自治区。有滑坡泥石流活动的面积达 $4.30 \times 10^6 \text{ km}^2$,占全国国土面积的 44.8%。另据云南省提供的资料,全省共有滑坡、泥石流灾害点约 20 万处,遍及全省的每一个地、市、州,其中,较大规模的 6847 余处,仅占全省同类灾害总数的 3.4%。

(3) 在生态环境脆弱的山区,生态环境一旦破坏,山地灾害一触即发,并形成暴雨—滑坡—泥石流或暴雨—山洪—泥石流—滑坡等多种灾害链。重灾区常常是小灾接大灾,灾害一直持续数十年甚至数百年。在自然状态下,生态环境从恶性循环向良性循环的转换过程是一个相当长的周期。如云南省东北部小江流域泥石流强烈活动已超过 200 a。西部大理州的鹿鸣河和倒流河流域 50 年代森林破坏后,70 年代山地灾害大量发生,至今已持续 20 a 多。

2 小型土木工程的分类和特点

西南山区常见的具有预防、消除和减轻山地灾害功能的小型土木工程可分为沟道、山坡、排水及坡面等 4 类工程,每类工程的防灾功能、结构特点及所需的主要建筑材料详见表 1。

小型土木工程的特点是:(1) 工程规模小,所需投资少(一般为数千元至数万元),施工期短,见效快,国家、集体、个人都能投资建设,相对拓宽了投资渠道。(2) 工程结构简单(以土石方工程为主),施工技术容易掌握,施工质量易于控制,施工只需少量小型工具。当地民工只需经短期培训就能在工程技术人员指导下参加施工。(3) 工程所需建筑材料主要是水泥、石料、沙、竹子、木材,除水泥外其它材料都可就地取材,可充分利用当地建材资源和发挥山区劳动力充足、劳动力价格低的优势。(4) 工程体积小,占地面积小,可以给生物工程留下充足的空间,小型土木工程可以与生物工程同时规划,分段实施,两种工程可优势互补,取得更好的防灾减灾效益。(5) 小型土木工程具有多种功能,既能防灾,又能增加和恢复山区有限的土地资源。(6) 工程投资主要用于支付当地建筑材料和施工人员劳务费,这两项支出大部分都转化为当地群众的现金收入。因此对小型土木工程的投入,也是一种扶贫的投入。

表 1 小型土木工程分类特征表

类型	工程名称	防灾功能	结构特点	主要建筑材料
沟道工程	谷坊	防止沟道下切、稳定坡岸	浆砌石	石料、沙、水泥
	护岸	保护沟岸防止冲刷	砌石、石笼、石串	石料、沙、水泥、钢筋、竹子
山坡工程	挡土墙	支挡滑坡或人工开挖边坡	砌石、石笼	石料、沙、水泥、钢筋
	护坡	保护易受自然破坏的边坡	砌石、石笼	石料、沙、水泥、钢筋
排水工程	截水沟	将地表水拦截在保护区外	砌石	石料、沙、水泥
	排水沟	将地表水、山洪导入指定流路	砌石、土石方开挖	石料、沙、水泥
	排洪沟	或区域,不产生危害		
坡面工程	梯田	防止水土流失	土石方开挖回填	石料、土
	水平沟	防止水土流失	土石方开挖	石料、土
	鱼鳞坑	防止水土流失	土石方开挖	石料、土

3 小型土木工程应用实例

1995年10月—1997年6月,由国际山地中心(ICIMOD)资助的“兴都库什—喜马拉雅地区山地危险工程综合培训项目·中国培训项目”在中国执行。培训期间,在四川省雅安市和云南省东川市完成了7项小型土木工程项目的规划、设计和施工。下面介绍其中4项有代表性的小型土木工程。

3.1 滑坡防治工程

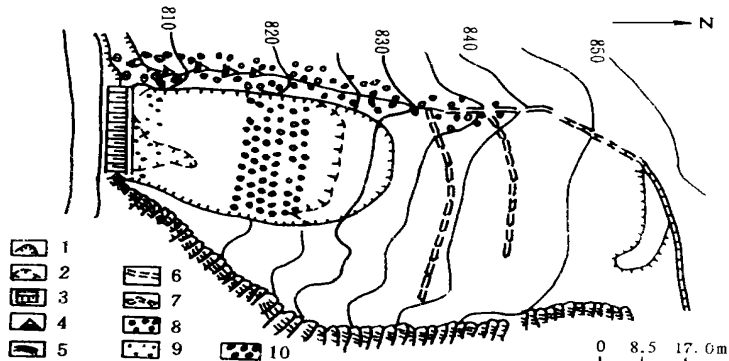
板房滑坡位于四川雅安市以北,雅(安)上(里)公路9.5 km处。该滑坡发育在陇西河中游峡谷左岸斜坡上,海拔750~800 m,滑坡长65 m,平均宽25 m,滑坡体平均厚度约8 m,估计体积6 000 m³。滑坡发育在第四系坡崩积层内,具有牵引式活动的特点。板房滑坡多次滑动堵断公路,滑坡体上的耕地因而弃耕。

板房滑坡治理采用以抗滑、排水工程为主,生物工程为辅的综合防治方案,工程的主要措施与布置见图1

滑坡坡脚的重力式抗滑挡墙是工程的主体。抗滑挡墙长22.0 m,高6.5 m,基础埋深1.0~1.5 m,墙体底宽4.85 m,顶宽1.0 m,墙背直立,墙前面边坡系数为1:0.5,基础底面为1:0.1的反坡。抗滑挡墙为浆砌石结构,石料就近在陇西河河床中采集。抗滑挡墙设2道沉降缝,每段墙体长7.0~8.0 m,墙后设有反滤层,墙体上设有排水孔。

为减少坡面水体进入滑坡体,沿滑坡后缘设截水沟将地表水排入滑坡右侧的冲沟内。截水沟由当地废弃电站的引水渠道和退水沟改建而成,仅用了少量的水泥和人工。冲沟下游设置4座1.0 m高的微型谷坊,防止沟道下切,影响滑坡稳定。

板房滑坡防治工程于1996年4月底动工,6月初结束,工期约50 d。该工程共完成土石方



1. 滑坡 2. 滑坡裂缝 3. 抗滑挡土墙 4. 谷坊 5. 截洪沟
6. 旧水渠 7. 灌木篱笆 8. 板栗树 9. 黄葛树 10. 水杉

图 1 板房滑坡防治方案图

1530m³,砌石及混凝土 440m³,工程总造价约 7.5 万元(不包括生物工程投资) 1998 年 11 月底对工程回访,工程经受住了雅安市“1996° 7° 28'特大暴雨考验,完好无损,板房滑坡已停止了活动,趋于稳定。

3.2 河道整治工程^[2]

八甲河系四川省雅安市陇西河中游右岸的一条支流,吴家虾地处八甲河中游,南距雅安市区约 15 km 吴家虾一带为低丘宽谷,河道在谷地中形成蛇曲 1976 年“农业学大寨”,为增加河谷耕地,将八甲河支沟石笋沟在吴家虾上游改道,汇入流经吴家虾的肖水河。由此引起吴家虾一带连年的水患,每年河岸强烈的崩塌,危及农田和吴家虾村庄。目前崩塌主要发生在河湾的凹岸。吴家虾河道整治工程为试验示范工程,仅在吴家虾石桥附近选择了 2 个河湾的凹岸,布设新型的护岸——钢筋条石串(图 2)。

整治段河道按 10 a 一遇洪水设计。护岸分为 3 段,总长 57 m 钢筋条石串护岸设计原型来自云南省梁河县大盈江防洪堤石串护岸,并根据陇西河实际情况进行了修改。钢筋条石串铺设在 1: 1.5~ 1: 1.0 的岸坡上。将 0.60~ 0.80 m 长,厚 0.35~

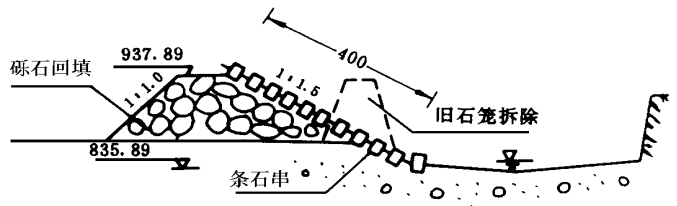


图 2 钢筋条石串结构示意图

0.40 m 中心钻有孔的条石顺流向铺砌,条石从坡脚开始沿岸坡向上铺砌成与河流走向垂直的一列条石,同时用 H 10 的元钢穿过每条石头中心的小孔,形成条石串 条石串从护岸的一侧向另一侧依次成串铺砌,将河岸盖满后,再用 8# 铁丝将条石串联成整体 每条石串长 3.20~ 4.40 m 吴家虾河道整治工程在 1996 年 5~ 6 月完成,工期 15 d 工程共完成土石方 220 m³,石串 67 m³,砌石 42 m³,总投资 1.5 万元。

3.3 泥石流综合防治工程

小庙沟位于云南省东川市绿茂乡紫牛村上凹子自然村北侧,距东川市 25 km 小庙沟为一条山坡型泥石流沟,由南向北汇入蒋家沟支沟大凹子沟,该沟流域面积 0.083 km²,主沟长 0.81 km,主沟平均纵坡降 60‰ 据实地调查和访问,该沟在 1986 年曾暴发过泥石流,泥石流容重大于 2.0 t/m³,流速约为 2~ 3 m/s,流量约为 3~ 4 m³/s 小庙沟泥石流危及下凹子社 20 户居民和 2 hm²耕地 小庙沟泥石流治理采用土木工程与生物工程相结合的综合治理方案。采用土木工程蓄水滞洪、稳定沟床和拦砂反压沟岸崩滑体;采用生物工程保持坡面水土和稳定沟岸,并逐渐改善流域生态环境 土木工程由 1 座蓄水池,13 座谷坊组成,各项工程分别布置在沟道的上、中、下游,形成一完整的泥石流防治体系。

蓄水池布置在左支沟上游上凹子村下侧,降雨时拦蓄从该村汇集而来的地表水,削减洪峰流量,削弱泥石流形成的水动力条件。谷坊坝 T₁ 布置在 2 条支沟汇合处,控制沟道下切,稳定岸坡 谷坊坝 T₂ 布置在左支沟滑坡体下游,拦截泥沙反压滑坡 2 座坝均为重力式坝,坝体上设有排水孔,采用浆砌石砌筑。每座坝下游都设有 1 座副坝消能。2 座谷坊坝的主要结构尺寸见表 2 其它 11 座谷坊为浆砌石结构,坝轴线长 3.6~ 6.7 m,有效坝高 0.5~ 1.0 m,基础埋深 0.8~ 1.0 m,坝体厚 1.0 m 溢流口为梯形,深 1.0 m,底宽 1.0 m,上口宽 2.0 m

小庙沟泥石流综合治理工程于 1997 年 4 月动工,7 月竣工,共完成土石方 368 m³,浆砌石 346 m³,工程总造价 5.1 万元(不包括生物工程)

3.4 护岸工程

大凹子沟为云南省小江流域支沟蒋家沟下游左岸的一条支沟,距东川市 24 km 中国科学院东川泥石流观测研究站就紧靠大凹子沟沟口左岸。近年来,大凹子沟泥石流暴发频繁。当泥石流暴发时,其主流线在河床上摆动,多次冲坍左岸岸坡,威胁观测站安全。

表 2 谷坊坝主要结构尺寸

m

编号	坝轴线长	最大坝高	坝顶宽	基础埋深	上游边坡系数	下游边坡系数
T ₁	15.8	4.9	1.5	1.5	0.4	0.2
T ₂	12.0	6.0	1.5	2.0	0.6	0.1

大凹子沟观测站段护岸工程由丁坝和顺坝组成,布置在观测站附近沟道左岸泥石流顶冲段。护岸工程上游端设有一座下挑丁坝,丁坝坝根嵌入沟岸,坝头斜向下游,与水流方向的夹角为 60°。顺坝紧接丁坝下游侧,沿沟岸顺流布设。丁坝和顺坝均采用钢筋石笼结构。

丁坝全长 6.0 m,底笼尺寸为 2.0 m×3.0 m×0.5 m。以上由 2 层石笼组成,下层用 4 个 3.0 m×1.0 m×1.0 m 石笼砌成 2 层,上层石笼为单排。顺坝横断面如图 4,底笼尺寸为 3.0 m×1.0 m×0.5 m,坝主体用 3 个 3.0 m×1.0 m×1.0 m 石笼垒成品字型。钢筋笼在观测站加工焊接成型,运到现场装笼。钢筋笼先用 H 10 的元钢焊成间距为 0.5 m×0.5 m 的骨架,然后在骨架上加焊 H 6.5 钢筋,箱体迎水面钢筋加密后间距为 0.17 m×0.17 m,其它各面间距为 0.25 m×0.25 m (图 3)。大凹子沟观测站段护岸工程 1997 年 4 月完成,工期约 20 d。工程总完成土石方 120 m³,石笼 108 m³,使用钢筋 2.8 t,工程总造价 1.9 万元。

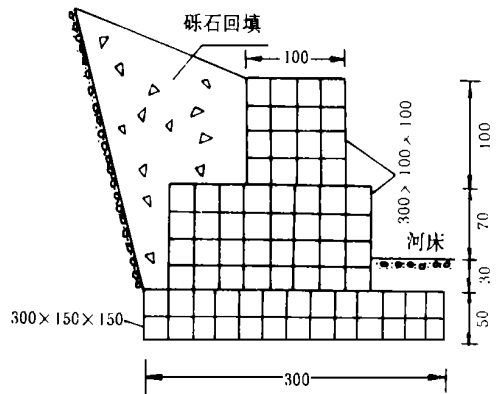


图 3 护岸工程顺坝结构示意图

4 小型土木工程的推广

小型土木工程具有投资少、施工简单、见效快、易吸引当地农民参与等优点,既能有效地预防、减轻山地灾害,增加和恢复土地资源,又与发展中国家山区社会和经济水平适应,在山地灾害防治中有广泛的应用前景。进一步推广小型土木工程应解决的问题是: (1) 各级政府制定适当的倾斜政策,给予一定的启动经费,鼓励地方和个人参与小型、微型山地灾害的治理。(2) 对国内小型土木工程的规划、设计、施工和防治效益进行总结,并引进国外成熟的技术,制定设计标准,编写简单实用的设计手册。(3) 建立小型土木工程治理示范区,大量培养初、中级技术人员,大力开展推广工作。(4) 结合山地灾害治理,保护和恢复土地资源,将治理灾害与发展山区经济结合,调动农民参与山地治理的积极性。

参 考 文 献

- 李木斌. 阿尔卑斯山区的泥石流问题. 见: 中国科学院成都地理研究所, 等编. 泥石流 (3). 重庆: 科学技术文献出版社重庆分社, 1986. 137-149
- 吴积善, 王成华, 程尊兰. 中国山地灾害防治工程. 成都: 四川科学技术出版社, 1997. 155-199