

三眼峪沟泥石流灾害及其综合治理

马东涛 祁 龙

(中国科学院兰州冰川冻土研究所·兰州市·730000)

摘 要 通过对甘肃省甘南藏族自治州舟曲县城北三眼峪沟泥石流形成条件、发育机制及特征的研究,阐述了该沟泥石流灾害的严重性和治理的必要性。提出了以拦挡工程为主,并结合泥石流停淤场、排导沟、防冲槛和生物措施的综合治理方案。工程建成后,年减灾和经济效益达314.5万元,泥石流变成一般挟沙洪水,其对县城的危害基本消除。

关键词: 泥石流 形成条件 灾害 综合治理

Study on Comprehensive Controlling of Debris Flow Hazard in Sanyanyu Gully

Ma Dongtao Qi Long

(Lanzhou Institute of Glaciology and Geocryology, Chinese Academy of Sciences, Lanzhou 730000, PRC)

Abstract Through discussion on the formation mechanism and the features of debris flow in Sanyanyu gully in Zhouqu county, the seriousness of debris flow disaster and necessity of its prevention are analyzed. A comprehensive controlling program is put forward, which is to take the blocked works as dominant measure, meanwhile to combine debris flow silting ground, draining channel and biological measure. After controlling works finished, there will be 3.14 million yuan of disaster reductional benefit, and economic benefit will be produced per year, debris flow changes to usual flood flow and its threat to Zhouqu county town will be eliminated at last.

Keywords: debris flow; formation condition; disaster; comprehensive controlling

三眼峪沟位于长江上游重点水土流失区内的甘肃省甘南藏族自治州舟曲县城北部,属白龙江左岸一级支流,是一条灾害性稀性泥石流沟。1823年以来的173年中,该沟曾11次爆发较大规模泥石流灾害,对县城造成严重危害。仅1989年和1992年两次泥石流就造成直接经济损失2400多万元,给尚属“国家扶贫困县”的舟曲县经济带来极大困难。为了消除隐患,彻底根治该沟泥石流,受舟曲县政府委托,我们于1996年8~9月对三眼峪沟泥石流进行了全面勘察,查明了该沟泥石流的发育特征、危害现状和发育趋势,提出了切实可行的综合治理方案和防治措施,完成了防治工程规划和效益分析。

1 泥石流形成条件

1.1 地形条件

三眼峪沟流域系白龙江左岸一级支流,流域面积 25.75km^2 ,呈“瓢”状。沟谷总体上呈南北向展布,地势北高南低,属典型的高山峡谷地形。流域最高点陡石山海拔 $3\,828\text{m}$,最低点入河口处仅 $1\,340\text{m}$,相对高差达 $2\,488\text{m}$ 。山地以中高山为主,相对高差大于 $1\,000\text{m}$,山坡坡度大都在 50° 以上。流域内共发育大、小沟谷59条,其中长度大于 1km 的支沟有13条。三眼峪沟主要由大峪沟和小峪沟两条支沟汇流而成,在峪门口又汇入了龙庙沟、硝水沟和板子脚沟。主沟长 6.8km ,平均沟壑密度 $1.87\text{km}/\text{km}^2$,沟道平均比降 24.1% ,其中上游 30.0% ,中游 25.5% ,下游 9.8% (图1)。由于沟谷强烈侵蚀下切,横断面呈“V”字型或窄深的“U”字型。上述这些地形不仅有利于水流的汇集,而且为泥石流的形成和流动提供了充分的能量。三眼峪沟泥石流扇形地面积 0.87km^2 ,舟曲县城和城郊10个自然村就座落在该泥石流扇上。

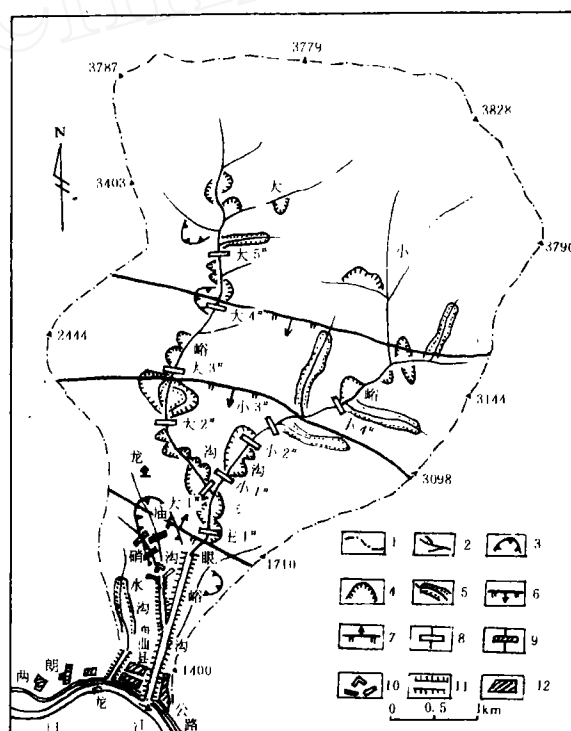
1.2 地质条件

流域内出露的主要地层有:中泥盆统古道岭组上段(D_2g_2)灰色、深灰色炭质板岩、千枚岩夹薄层灰岩和砂岩,分布于沟口一带;下二叠统上段(P_1^b)灰白、灰色中厚层灰岩,分布于流域上游和下游;上二叠统(P_2)灰到深灰色中厚层含硅质条带灰岩,分布于流域中段;第四系地层之间呈断层接触。流域内第四系地层主要有泥石流堆积物,重力堆积物,残一坡积物和黄土,其中以前两者分布较为广泛。

本区位于西秦岭构造带西延部分,受印支,燕山和喜马拉雅山等多期造山运动的影响,区内构造十分复杂,断裂发育,褶曲强烈,岩体极为松动破碎。本区新构造运动十分活跃,表现为山地强烈隆升、沟谷极剧下切,形成了前述的高山峡谷地貌。舟曲属地震强烈活动区,地震烈度为7度,有史以来引起房倒屋塌、山崩、滑坡的地震多达8次,其中以公元前186年、公元1634年、1879年、1960年等4次地震对三眼峪沟流域内松散固体物质的产生作用最大。

1.3 固体物质补给条件

经勘查,三眼峪沟内共有滑坡8处,滑动面积 0.88km^2 ,滑坡总体积达 $1\,303.9\text{万}\text{m}^3$ 。目前活动最强烈的是龙庙沟滑坡,该滑坡发育于沟口断裂带上,总体积 $550\text{万}\text{m}^3$,近8年来垂向滑移达 3m ,为泥石流提供了丰富的固体物质。流域内崩塌十分严重,共有崩塌体58个,崩塌面积 0.92km^2 。大峪沟和小峪沟沟道中崩塌体堵沟后,形成了4座 $80\sim 283\text{m}$ 高的巨型堆石坝,拦蓄了沟内的



1. 流域界线;2. 沟谷;3. 滑坡;4. 崩塌;5. 坍塌;6. 正断层;7. 逆断层;8. 拦挡坝;9. 铅丝笼坝;10. 停淤场;11. 排导沟;12. 县城。

图1 三眼峪沟泥石流形成条件及防治工程平面布置图

大部分泥沙,这在其它沟谷中是极少见的。此外沟内还有滑塌、坍塌和沟道堆积物约1 029万 m^3 。以上几项合计5 163万 m^3 ,其中可直接补给泥石流的固体物质约2 510万 m^3 (图1)。

1.4 降水条件

三眼峪沟属曲型的雨水类泥石流。舟曲县城多年平均降雨量435.8mm,最大年降水量579.1mm,最小年降水量253mm。降水具有强度大、暴雨多、且集中的特点,5~9月降水量占全年降水量的75.8%。大量研究表明:泥石流形成与前期降雨量和短历时降雨强度密切相关,其中与10min和30min雨强关系最为密切。据相邻的武都火烧沟、马槽沟观测资料,当10min雨强大于5~8mm,30min雨强大于10mm即可诱发泥石流。据县气象站资料,年均降水大于25mm的有1~2次,大于30mm的平均每年一次,近年来最大的一次降水量为63.3mm。自1980年以来,暴雨出现次数有增加的趋势,为泥石流的暴发提供了充分的水源和水动力条件(表1)。

2 泥石流形成机制及其特征

表1 近年来三眼峪沟泥石流爆发时间与降雨特征表

2.1 泥石流形成机制

三眼峪沟泥石流主要有支沟汇流型和主沟侵蚀型两种类型。(1)支沟汇流型。三眼峪沟主要由大峪沟和小峪沟两条泥石流汇流而成,而这两条支沟又分别由2—3条泥石流汇合而成。在较大雨强激发下,一般首先在二级支沟形成泥石流,然后汇入两条支沟中,最后它们又在汇合口合二为一冲出三眼峪沟。(2)主沟侵蚀型。由于流域内松散固体物质主要堆积在沟道中,沟道狭窄,沟岸坍塌严重,一旦发生大规模洪水,它们便纷纷被卷入洪流中形成泥石流。一般来说,前者泥石流容重较后者大,规模也大,但爆发频率较后者为小。

泥石流发生时间	降雨量(mm)	降雨历时
1978 07 15	37.4	1 h
1982 06 18 23时	46.8	1 h
1989 05 10 21时	47.0	1 h
1992 06 04 18时	38.4	45 min
1994 08 07 19时	63.3	2 h

2.2 泥石流规模

受地形条件影响,三眼峪沟泥石流具有汇流快、洪峰大的特点。小规模泥石流在各二级支沟和龙庙沟每年都有发生,较大规模的泥石流在大峪沟和小峪沟中平均2~3年发生一次。解放以来,以1992年6月4日的泥石流规模为最大,在沟口的调查流量为196.6 m^3/s ,计算的50年一遇泥石流流量为203.1 m^3/s ,故该次泥石流大致为50年一遇。这次泥石流持续45min,共冲出泥沙10.6万 m^3 。调查时,我们在小峪沟沟口的基岩陡壁下发现了该次泥石流的泥痕,最大泥深5.8m,流量达313.5 m^3/s ,远大于主沟泥石流流量。

2.3 泥石流容重和性质

泥石流容重是含沙量多少的反映,其性质主要取决于含沙量,此外还与泥沙粒度和级配有关。通过实地调查采样分析确定,三眼峪沟泥石流容重为1.7 t/m^3 ,大峪沟泥石流容重为1.65 t/m^3 ,均属稀性泥石流。小峪沟泥石流容重为1.9 t/m^3 ,龙庙沟、硝水沟和板子脚沟泥石流容重为2.0 t/m^3 ,属粘性泥石流。

3 泥石流灾害治理的必要性

3.1 泥石流危害严重

舟曲县自建制以来,县城就一直座落在三眼峪沟泥石流堆积扇上。过去由于人口少,城区集中分布在泥石流危害较轻的白龙江沿岸。随着人口的增长,县城范围迅速扩大,泥石流危险区也被开发利用。一遇暴雨,泥石流便顺沟而下,进村入城,毁田埋房,冲毁公路桥梁,破坏引水

设施和输电线路,造成严重人身伤亡和财产损失。据统计,自道光三年(1823年)以来至今的173年间,三眼峪沟泥石流曾11次给舟曲县城造成危害,现仅将民国以来的几次灾害简述如下:

(1)民国五年夏,泥石流顺沟而下,龙头高达2m,冲毁房屋90余间,耕地20hm²,冲走3人,伤60人,死伤牲畜160头只。

(2)1961年夏,三眼峪泥石流冲毁民房160间,农田36hm²,死伤28人,牲畜340头,冲毁两河口至郎木寺公路100余m,桥梁8座,中断交道40天。

(3)1989年5月10日,三眼峪沟突发泥石流灾害,伤51人,毁田63.67hm²,毁房360间,冲毁桥梁10座,公路多处,损失牲畜603头,冲毁农电及通讯线路23处,县城供水管道14处,县城停电15天,停水46天,直接经济损失近1 000万元。

(4)1992年6月4日,舟曲骤降暴雨,三眼峪沟内多处滑坡坍塌,从而引发50年一遇的大规模泥石流,共冲毁房屋344间,农田87.73hm²,死伤87人,冲走牲畜396头(只),毁坏输电通讯线路28处,倒杆96根。使全长3920m,投资380万元的三眼峪饮水灌溉工程大部分报废。泥石流使排洪道内淤沙达2m厚,城区淤沙达80cm厚,法院、公安局3辆汽车被毁,粮库里20万kg面粉变质,损失高达1 260万元。

3.2 防灾形势严峻

3.2.1 生态环境恶化,泥石流活动加剧 随着人口的增长,以县城为中心的人类破坏生态环境的现象日趋严重。三眼峪沟流域内乱砍林木,陡坡垦植,开山炸石、取挖沙土等导致流域环境恶化,林地面积减少100hm²,加剧了水土流失和泥石流的活动。

3.2.2 承灾能力差 改革开放以来,随着地方民族经济的发展,城区范围迅速扩大,人口已达2.14万,固定资产1.96亿元,企事业单位110个。受地域条件限制,新建单位主要布设在县城北部至三眼峪沟出山口之间的排洪道两侧,加之大量农田果园挤占沟道,极易造成泥石流泛滥和淹没。目前,泥石流淹没和危险区内有人口1.49万,财产1.38亿元,若发生大规模泥石流,其造成的灾害损失将大大超过1992年。

3.2.3 现有抗灾能力不足 现在城内的排洪沟是1961年泥石流发生后修建的,长800m,宽5m,深5m,防御标准按20年一遇洪水设计。但随着1989年,1992年和1994年几次大规模泥石流的爆发,沟道淤沙平均达2m厚,最严重的地段达4m厚,过流能力明显不足。

3.2.4 滑坡失稳,天然堆石坝坍塌严重 随着水流和泥石流的频繁侵蚀破坏,流域内的四座天然堆石坝皆被切开,沟岸坍塌严重,同时生地头坡和龙庙沟滑坡前缘受泥石流侧蚀,坡体失稳,滑塌严重,均成为泥石流固体物质直接补给源。

综上所述,三眼峪沟泥石流爆发频率,规模及成灾损失均呈增高之势,加之区域生态环境恶化,承灾和抗灾能力差,沟内滑坡、坍塌日趋严重。因此,对该沟泥石流的治理已迫在眉睫,势在必行。

4 治理方案和防治措施

4.1 治理方案

根据三眼峪沟泥石流形成、流动及堆积特点,成灾方式,排导沟和城区现状等,我们提出了以拦为主,拦排结合;以治沟为主,治沟与治坡相结合;以拦排工程为主,拦排工程和生物措施相结合的综合治理方案。该方案通过构筑一系列拦挡坝,防冲槛及泥石流停淤场,拦蓄泥石流中固体物质,稳定沟内不良地质体,减少洪峰流量和泥沙冲出量,减轻城区防洪压力和泥沙淤

积。同时对现有排导沟进行改造和清淤,并新修排导沟至沟口,和拦挡工程相衔接,从而使泥石流归槽,构成一个完整的泥石流防治体系。依据有关规范,三眼峪沟泥石流防治工程均按50年一遇的标准来设计。

4.2 治理措施及布局

三眼峪泥石流综合治理方案中采取的主要措施有:

4.2.1 固沟稳坡工程 (1)稳坡坝。用拦挡坝稳定滑坡从而减少其对泥石流的固体物质补给量是泥石流治理中常采用的措施。三眼峪沟中共规划了4座稳坡拦挡坝。其中大眼峪生地头滑坡以下沟道中一座浆砌石重力坝,坝高9m,即大4[#]坝,龙庙沟中3座坝,因该滑坡不断活动,滑动方向与沟道不垂直,故而采用铅丝石笼坝型,坝高4m,即龙1[#],龙2[#]和龙3[#]坝。(2)护岸坝。为了稳定前述的4个天然巨型堆石坝,防止沟岸坍塌进一步扩展,在大峪沟沟口(大1[#]坝)、灌子坪(大3[#]坝)和小峪沟沟口(小1[#]和小2[#]坝)共设计了4座浆砌石护岸坝,坝高7~10m。(3)拦沙坝。拦沙坝的主要功能就是拦蓄泥石流中的固体物质,降低容重和流量,减少其泥沙输出量。沟中共规划了5座拦沙坝,坝高8~18m,其中主沟沟口一座(主1[#]坝),大峪沟两座(大2[#]和大5[#]坝),小峪沟两座(小3[#]和小4[#]坝)。(4)防冲槛。防冲槛的主要功能是防止沟道下切,保护沟岸和导流堤的基础。防冲槛主要布置在沟口以下1 234m 新修排导沟中,共设计24道,槛高0.5m,基础埋深1.5m,宽10m,两端和导流堤相衔接。

4.2.2 泥石流停淤场 龙庙沟是发育在沟口断裂带上的一条粘性泥石流沟。由于断裂活动强烈,岩层十分破碎,滑坡和泥石流活动频繁,严重危害沟口数十公顷农田、果园,并携带大量泥沙于三眼峪排导沟中,加剧了排导沟的淤积程度。因此,除了在沟道中设计3座稳坡坝外,还在沟口开阔地带规划了一个泥石流停淤场,该停淤场长250m,宽150m。在停淤场外围利用泥石流堆积物修筑一道长300m,高3m的泥石流拦截坝;在两支沟沟口各设计一条长20m,高1.2m的干砌石导流堤,以引导泥石流于停淤场中停积(图2)。

4.2.3 泥石流排导沟 由于现有排导沟设计标准低且淤积严重,三眼峪沟沟口至现排导沟入口间沟道被农田大量挤占,极易造成泥石流外溢淹没农田和县城。因此,改造现有排导沟并延长其至沟口是十分必要的。规划新修排导沟1 234m,两边堤坝均为浆砌石结构,堤高3m,沟槽宽10m,同时对原排导沟中的泥石流淤积物进行彻底清淤,将两边河堤加高1m,即可满足设计要求。

4.2.4 生物措施 生物措施在拦蓄地表径流,削减洪峰,减少坡面水土流失,改善流域生态环境等方面具有十分重要的意义。同时对防止乱砍乱伐,解决群众用材困难也非常重要。计划在流域下游适宜植树的龙庙沟,硝水沟和板子脚沟营造水土保持和经济林共166.7hm²。

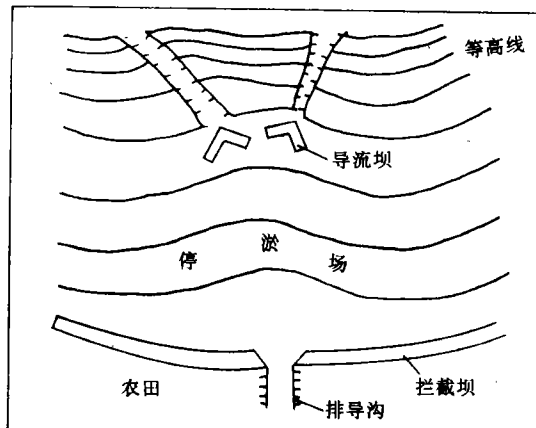


图2 龙庙沟泥石流停淤场平面布置图

5 治理效益分析

综上所述,三眼峪沟流域泥石流综合治理

工程包括拦挡坝13座,停淤场一个,排导沟1 234m,防冲槛24道,水土保持林和经济林166.67 hm²,整个工程总投资929.59万元,计划3年时间完成(1997—1999年)。工程实施后,将产生巨大的减灾效益、经济效益和生态效益。

5.1 减灾效益

工程完成后,将基本解除50年一遇泥石流对县城的危害,有效地保护城区泥石流危险区内1.49万居民和83家企事业单位,1.38亿元资产以及城北10个行政村和85.47hm²农田的安全,同时也保障了引水工程、灌溉设施,公路桥梁以及电力通讯等设施的正常运行,每年减少灾害损失约200万元,减灾效益按50年计,则投入与减灾效益比为1:26,效益十分显著。

5.2 经济效益

治理后可新增林木166.67hm²,以每hm²3 555元计,年收入达59.25万元,治理后在沟内的淤积平台上可开发出水浇地33.33hm²,按每hm²产量7 500kg计,年收入达40万元,按每年清淤15 000m³计,则每年可节约排导沟清淤费15万元。以上三项合计114.25万元,加上每年减灾效益200万元,则年效益达314.5万元,工程完成后3年可收回全部投资。

5.3 拦沙效益

13座拦挡坝和停淤场共拦蓄泥沙40.46万m³,相当于年输沙量(11.5万m³)的3.5倍,即工程建成后4年库容才能淤满,此间泥沙不出沟。库容淤满后,沟岸坍塌和部分滑坡趋于稳定,固体物质补给量减少一半,发生泥石流的频率和规模将大大减少。主沟泥石流容重由1.7t/m³降为1.35t/m³,变成挟沙洪水;50年一遇泥石流流量由203m³/s降为148.3m³/s,约为20年一遇;50年一遇泥石流冲出量由10.61万m³降为6.95万m³,减少3.66万m³。

5.4 生态效益

综合治理工程实施后,将使三眼峪泥石流的治理程度达到75%,每年从流域进入白龙江的泥沙可减少5.8万m³,流域内的不良地质现象和生态环境恶化将得到遏制。

(上接第11页)

4 结 论

- (1)提高森林覆盖率和实施水土保持工程(谷坊)可降低小集水区的输沙模数;
- (2)封山育林,保护好现有自然植被,不仅可充分发挥其水源涵养功能,更重要的是还可为营造高效的水源涵养林、水土保持林提供自然模型;
- (3)林地的蓄水保土功能优于其它地类;
- (4)退耕还林是控制坡耕地水土流失的有效手段;
- (5)保灌留草对营造高效的水土保持林是十分必要的;
- (6)耕地的水土流失以推移质为主,造林能够逐步降低水土流失,并使流失形式逐渐变为以悬移质为主。