

舟曲县三眼峪沟泥石流灾害治理工程分析

胡向德, 毕远宏, 魏新平, 魏洁

(甘肃省地质环境监测院, 甘肃 兰州 730050)

摘要: 2010 年 8 月 8 日, 舟曲县城北侧三眼峪沟和罗家峪沟暴发的特大山洪泥石流, 给舟曲县城人民生命财产造成了巨大损失。基于现场调查、勘测, 从流域地质环境条件, 该次泥石流形成及活动特征, 固体松散物质储存及补给方式, 沟道冲淤变化及县城防灾等分析入手, 阐述了拦挡工程在三眼峪沟泥石流治理中的作用, 提出了以拦为主, 拦排结合的治理观点; 对拦挡坝工程类型进行分析选择, 提出了采用抗冲击力强的中、高拦挡坝治理该沟泥石流, 以确保足够的拦砂库容和工程的安全可靠性; 依据各沟段泥沙补给及泥石流活动特征, 分析拦挡坝构筑物形式及其功能和作用, 系统部署了沟道拦挡坝工程。

关键词: 舟曲县; 三眼峪沟; 泥石流; 治理工程; 拦挡坝

文献标识码: A

文章编号: 1000-288X(2012)03-0267-04

中图分类号: P642.23, X4

An Analysis of Treatment Project of Debris Flow Disaster in Sanyanyu Gully of Zhouqu County

HU Xiang-de, BI Yuan-hong, WEI Xin-ping, WEI Jie

(Gansu Institute of Geo-Environment Monitoring, Lanzhou, Gansu 730050, China)

Abstract: The giant debris flow and flush flood that burst within Sanyanyu and Luojiayu gullies in the north side of Zhouqu County in August 8, 2010 caused tremendous losses of the local people's lives and properties. Based on field investigation and survey, important roles of blocking projects in the treatment of Sanyanyu Gully were expatiated and the view of dominated blocking projects in combination with drainage projects was proposed in terms of the analyses of geo-environmental conditions, formation and movement characteristics of the debris flow, storage and supply modes of loose materials, erosion and deposition in gully and disaster prevention of the county town, etc. To ensure enough storage capacity of sand hindrance and safe reliability, various types of blocking dams were analyzed and medium or high dams with high-impact strength were chosen to control debris flow disaster. According to the characteristics of supply and activity of debris flow in every gully section, forms, types and functions of the blocking dams were analyzed, and blocking projects were deployed systematically.

Keywords: Zhouqu County; Sanyanyu gully; debris flow; treatment project; blocking dam

2010 年 8 月 8 日凌晨, 舟曲县城北侧三眼峪沟和罗家峪沟同时暴发特大山洪泥石流(简称“8·8”泥石流), 给舟曲县城人民生命财产造成了巨大损失。灾后许多专家学者就三眼峪沟泥石流灾害治理提出自己的看法, 总之认为采取在沟道内布设拦挡坝、沟口修建排导沟, 从而形成比较完善的防治体系。这是大家的共识, 当然也是目前国内外泥石流灾害比较成熟的防治措施。但以排导为主还是以拦挡为主, 拦挡工程如何布设, 众说纷纭。可以说, “8·8”三眼峪沟特大泥石流也是一个“自然试验场”, 给我们昭示了在强降雨条

件下, 该沟泥石流的形成与流动特征、泥沙输移、沟道冲淤变化、松散固体物质参与泥石流活动方式及成灾特征等, 如何根据这些特征确定泥石流治理工程是本文探讨的主题。基于为“8·8”灾后重建开展的三眼峪沟泥石流灾害勘查及治理工程设计项目, 对该沟泥石流治理工程提出自己的认识, 以期与同行商榷。

1 区域地质环境概况

三眼峪沟流域位于舟曲县城北侧, 属白龙江一级支流, 流域面积 24.1 km²。整个流域地处西秦岭地

收稿日期: 2011-07-15

修回日期: 2011-09-16

资助项目: 国务院批复《舟曲灾后恢复重建总体规划》(国发[2010]38号)“舟曲县三眼峪沟泥石流灾害综合治理”项目

作者简介: 胡向德(1966—), 男(汉族), 甘肃省民勤县人, 本科, 高级工程师, 长期从事地质灾害勘查、评价和治理工作。E-mail: hu_xiangde@163.com.

地质构造带南部陇南山地^[1],处于西秦岭南带印支期冒地槽褶皱带西段白龙江复式背斜北翼^[1],2条北西走向的区域性挤压断裂带所夹的断块之间,由北向南展布2条与区域性断裂带走向基本一致的正断层,错段山体而呈现阶梯状断块山特征,断裂两侧岩层破碎,褶曲强烈,角砾岩、破碎岩十分发育。流域内出露的前第四系以二叠系为主,分布于流域中、上游,岩性主要为厚层块状灰岩、中到薄层硅质条带灰岩、白云质灰岩、大理岩化灰岩及白云岩化鲕状灰岩,岩层产状 $192^{\circ}\sim 210^{\circ}/68^{\circ}\sim 72^{\circ}$ 。流域下游出露中泥盆统古道岭组,岩性为炭质板岩、千枚岩夹薄层灰岩及砂岩,岩层产状 $234^{\circ}/54^{\circ}$ 。流域内第四系广泛分布,其成因类型复杂,主要有风积黄土、残坡积、冲洪积及崩塌、滑坡等重力侵蚀堆积物质。

2 泥石流形成条件

三眼峪沟流域由大眼峪沟、小眼峪沟呈“Y”形构成,其中,大眼峪沟为主沟。大眼峪主沟长5.3 km,沟床比降平均为272‰,两岸山坡平均坡度 50° ;小眼峪主沟长5.1 km,沟床比降平均为281‰,两岸山坡平均坡度 54° 。流域内最高海拔3 828 m,出山口海拔1 550 m,与白龙江的汇流点海拔1 340 m,最大相对高差2 488 m。流域内共有大小支沟59条,平均沟壑密度 $1.88\text{ km}/\text{km}^2$ 。沟口堆积区呈长条形,南北长约2 050 m,中前部宽437 m,平均比降为98‰,面积 0.87 km^2 。

根据调查,三眼峪沟泥石流松散固体物质补源主要有:崩塌、滑坡、坡面残坡积物、沟道堆积物等4类物质,其中崩塌是该流域泥石流的主要补给物源,流域内共发育大、小崩塌体50多处,总体积 $2.83\times 10^7\text{ m}^3$ 。大量崩塌在主、支沟两侧呈倒石堆状成群分布,比较集中的分布于峪门口、大峪口、小峪口、罐子坪及歪脖子等沟段。根据调查测算,流域内可转化为泥石流的固体物质总量为 $2.69\times 10^7\text{ m}^3$ ^[2],其中崩塌体固体物质补给量 $1.93\times 10^7\text{ m}^3$,滑坡补给量 $5.26\times 10^5\text{ m}^3$,沟道固体物质补给量 $5.24\times 10^6\text{ m}^3$,危岩体 $4.93\times 10^5\text{ m}^3$,坡面松散物质补给量 $1.42\times 10^6\text{ m}^3$ 。单位面积可补给量达 $1.12\times 10^6\text{ m}^3$,为泥石流形成提供了丰富的松散固体物质。

三眼峪沟流域地形条件极利于降水在短期内汇集,使坡面水流和支沟汇流迅速获得能量在主沟道集中,沿途融入大量崩塌及沟道松散物质,使主沟道泥石流的规模和峰值快速升级,从而形成大规模泥石流冲出沟外。而沟口扇形地开阔平坦,纵比降较大,自然成为大规模泥石流物质宣泄的场所。

该区属北亚热带向北温带的过渡区,气候垂直变化明显,随海拔升高,气候由亚热带逐步转变为温带。多年平均降雨量为435.8 mm,年最大降雨量579.1 mm,年最小降雨量253 mm。年内降水分配不均,主要分布在5—9月,具有降雨集中,暴雨多,局地性降雨强度大的特点,使泥石流形成具备充足的降水条件。2010年8月8日特大型泥石流就是在40 min降雨量达77.3 mm的高强度降雨条件下激发形成^[3]。

3 泥石流治理工程分析

泥石流是山地环境恶化到严重阶段的自然产物,有其特殊的孕育过程和形成条件。目前,对于暴雨型泥石流的治理手段,从宏观上来看不外乎治水、治土、排导及生物措施^[4],一般采用不同措施相结合的方法,从而形成比较完善的防治体系。从三眼峪沟地质环境条件来看,流域内地形陡峻,沟壑密集,沟程较长,相对高差大,采取在上游利用蓄水、引水和截水等控制地表洪水径流,削减水动力条件,从而削弱泥石流的治水措施,其工程量浩大,难以实施。同时流域内也缺少大面积实施生物措施的条件。因此,以拦挡泥石流固体物质的治土措施和排导措施也就成为治理该沟泥石流的主要工程手段。但以排导为主还是以拦挡为主呢?笔者认为,拦(挡)排(导)结合是三眼峪沟泥石流治理工程不二的选择,但应当以拦挡为主,可以说“拦”是为了更顺畅的“排”,“排”是为了有效的保护。

3.1 拦挡工程分析

调查分析认为,三眼峪沟流域具备良好的拦砂和控制泥沙输出条件,利用良好的工程地质条件修建一系列拦挡工程,能够行之有效地发挥限制泥石流启动及泥沙输出的作用。

(1)从“8·8”三眼峪沟泥石流的活动特征^[5]可以看出,流域内泥石流的补给物质主要来源于主沟道两侧崖脚处堆积的崩塌体及沟床堆积物,以主沟槽输砂为主,呈线状补给的特点。尽管沟道内可补给泥石流的松散物质储量达 $2.69\times 10^7\text{ m}^3$,但一次泥石流过程中,参与活动的主要限于主沟槽两侧、泥石流流面宽度内易被冲蚀的松散物质。而主沟两侧作为泥石流主要补给物源的崩塌倒石堆自身是稳定的,其固体物质的参与方式主要是受沟道地表径流的直接冲蚀、搬用,或前缘受冲蚀后,其陡坡段物质不断以坍、滑塌的形式进入沟道补给泥石流。因此,采用拦挡坝控制主沟槽输砂,拓宽沟床,减低对两侧坡脚处松散物质的侵蚀强度是治理泥石流的关键。

(2)流域内狭窄沟段是泥石流强烈冲蚀和起动机段,这些地段中除罐子坪及大峪口大型崩塌群外,大部

分沟段两侧的崩塌体及崩坡积物在崖脚呈倒石锥状堆积,高出沟床多小于20 m,由于高差较低且松散,这些物质易被冲蚀也易被拦固,采取一系列拦挡工程能够很好地起到拦蓄泥砂的作用。而罐子坪、大峪口段崩塌群可以通过在沟道内逐级拦挡,直接起到固沟稳坡,进而稳定大型崩塌,大幅度降低物质补给量的效果。

(3) 固体松散物质累计速率是影响泥石流发展的重要因素。三眼峪沟流域植被覆盖良好,两侧沟坡岩性坚硬,稳定性良好,抗风化能力强,坡面水土流失、面状侵蚀强度较弱。作为泥石流的主要补给物源—崩塌主要受历史上强震作用形成^[2],崩塌堆积体整体稳定,流域内不存在非稳定的大型滑坡,重力侵蚀作用不活跃。分析认为,三眼峪沟内固体松散物质储量虽然较大,但补给泥石流的方式具有特殊性,一次泥石流过程中参与其活动的固体物质数量较少。整个流域内松散物质供给和累计速率较慢,由此可以延缓拦挡库容的淤积速率,也提高了拦挡工程使用的长期性、有效性。

(4) 三眼峪沟流域内主沟沟道狭窄,谷底宽一般在18~50 m,两岸沟壁陡立,出露岩性均以厚层块状灰岩、硅质条带灰岩、白云质灰岩等为主的硬质岩层,岩体坚硬完整,力学强度高。坡脚地带崩塌形成的倒石堆呈裙状分布,以碎石、块石为主,一般整体稳定,抗冲蚀能力较强。沟床冲洪积物块石、碎石混杂,压缩性低,地基承载力大于500 kPa。良好的工程地质条件为拦挡工程建设提供了有利条件。

(5) “8·8”三眼峪沟泥石流“自然试验场”,揭示了该沟泥石流的形成过程和活动特点^[5],展现了泥石流的主要冲蚀起动沟段、沟槽泥砂石块输移特征、冲淤沟段及其变化规律等,根据其地质环境条件和泥石流形成特征,科学地有针对性地布局拦挡工程,有的放矢,能够有效地控制泥石流。

3.2 排导工程分析

三眼峪沟泥石流排导工程即在三眼峪沟泥石流出口至白龙江入河口之间,修建和完善泥石流排导系统,把泥石流导向白龙江,控制泥石流的堆积和淹埋危害范围,达到减灾防灾的目的。排导沟工程是三眼峪沟泥石流灾害治理中不可或缺的工程,但一味的强调疏导,采取以排导为主的工程措施不可取。

调查分析认为,三眼峪沟泥石流堆积区长2.05 km,灾前已成为舟曲县城主要的城建区之一,城区及村民大量建筑占据泄洪通道,这也是“8·8”三眼峪沟泥石流造成重大人员伤亡和财产损失的主要原因。舟曲县地处中高山区,山大沟深,断裂发育,地震活动强烈,地质环境条件恶劣,地质灾害频发,县域

范围内难以选择环境容量较大、能够容纳县城迁址的地块。而县城夹于南北两山之间,依山傍河,地域狭窄,周边地质灾害发育,城市建设用地十分紧张,确定县城原址重建也是不得已而为之。作为地形相对平坦开阔的三眼峪沟泥石流堆积区在灾后县城重建中,仍将成为重要的建设区,这也是舟曲县城建设的无奈选择。如果弱化或者舍弃拦挡工程,采取以排导为主的措施,有以下几个方面的不利因素:

(1) 从“8·8”泥石流淤积宽度(126~290 m)来看,将要预留宽大的行洪通道,这不仅要占用大量宝贵的城市建设用地,而且要拆除泥石流灾害未受损坏的包括县政府大楼在内的大量县城建筑,重建费用巨大。

(2) 由于对流域内未采取或少采取拦挡措施,泥石流携带大量巨石的冲击将使排导工程易损性增高,工程服务年限缩短,减灾防灾的可靠性降低;同时流域内冲出的泥石流大量停留堆积于排导沟内,使得排导沟逐年增高,增大了泥石流的危险性和清淤工作带来的一系列问题。

(3) 受舟曲县城上下游多处滑坡、泥石流堆积体的堵塞,白龙江河道淤积严重,已形成多个堰塞体,阻碍了江水的下泄和泥石流的宣泄。而该次特大型泥石流已造成堵塞白龙江,形成堰塞湖,并使舟曲县城1/3的城区被淹没。可以看出,即使预留宽大的泄洪通道,也难以保障舟曲县城的安全,而且泥石流堵江后,对上下游城镇、村庄及水利水电等工程均构成严重威胁。

4 拦挡工程类型和布局分析

对三眼峪沟泥石流治理而言,强化拦挡工程能够发挥显著的作用和效果,但采取何种类型、又如何部署拦挡工程,这是需要认真思考的问题。综合认为,该沟拦挡工程宜采取中、高坝,以确保足够的拦砂库容,并采用抗剪切、抗冲击力强的钢筋混凝土拦挡坝,以增强其安全可靠。同时,要根据泥石流活动特征,合理布局拦挡坝,以发挥最大的工程效益。

4.1 低坝与中、高坝

低坝特别是浆砌块石重力低坝,在甘肃省许多地区尤其是泥石流灾害发育的陇南地区有多年的实践检验,也取得了良好的治理效果。但从三眼峪沟流域泥石流形成条件及其特征来看,选择低坝有以下的不足:一是该流域内松散固体物质储量丰富,而且沟床纵比降大,而低坝库容小,难以有效地拦蓄大量崩塌及沟道内松散物质,也难以达到稳定巨型崩塌体的作用。二是“8·8”三眼峪沟泥石流规模大,流速快,冲击力强,流体中的块石、巨石粒径大,具有较大的弯道

爬高及直冲高度(最大高度 17.5 m),选择低坝既不能有效拦截固体物质和巨砾,也就难以达到控制泥石流的目的。其三是低坝库容小,一次拦蓄的泥沙有限,库容容易被淤满,工程服务寿命短。可见三眼峪沟泥石流治理工程不适宜选择低坝。

中、高坝的实施可以大幅度地抬高沟床,拓宽沟道,减轻侵蚀强度,有效地回淤稳定崩塌群,充分起到固沟稳坡,限制泥石流起动和流动,增大库容,延长工程服务期的作用。同时,可以大幅度拦蓄泥沙,减低泥沙输出,减轻对下游排导沟的淤积,有效地保护舟曲县城的安全。而流域内沟道地形狭窄,两岸岩壁稳定,工程地质条件良好,适宜于中、高坝建设。经过“8·8”特大泥石流灾害,舟曲县城有其特殊性,为重建后的舟曲县城的长远安全考虑,选择中、高坝方案优于低坝方案。根据流域地质环境条件及泥石流发育特征,坝高在 15~30 m 为宜,应视坝址条件及其功能具体确定。

4.2 拦挡坝结构类型

浆砌块石重力坝是国内泥石流灾害治理中拦挡坝的主要形式之一。20 世纪 90 年代中后期及汶川地震灾后,为防治三眼峪沟泥石流灾害,曾先后在流域中下游主沟道内修建了 9 座浆砌块石重力低坝。三眼峪沟特大泥石流的发生,使沟内已有的浆砌块石重力坝全部或大部毁坏,一定程度上也加大了泥石流的规模和强度。根据“8·8”该沟泥石流流量及堆积巨石的冲击力分析认为,采用浆砌块石重力坝是难以抵御泥石流流体和巨大石块的冲击,需要采用抗剪切、抗冲击力强的拦挡坝,以增强治理工程的安全性、可靠性。此外,既然选择采取中、高坝,也就更需要安全性、稳定性良好,抗冲击力强的坝体类型。根据沟内地形、地质条件及保护舟曲县城的安全考虑,宜采用钢筋混凝土重力坝、格栅坝等类型的拦挡坝。

4.3 拦挡工程布局

三眼峪沟泥石流形成以主沟冲蚀为主,其补给和淤积沟段明显,位置相对集中。大眼峪沟的竹塔沟—罐子坪沟段、大峪口段及小眼峪沟的滴水崖—峪支沟沟段、小峪口段是三眼峪沟泥石流固体物质主要冲蚀补给沟段,也是“8·8”特大泥石流形成区段。而一些宽谷地段成为沟道泥石流重要淤积段。各沟段特征差异显著,拦挡工程类型也应有所不同。

4.3.1 冲蚀补给沟段

(1) 大眼峪沟内罐子坪上游主沟沟道狭窄,沟程长 1.33 km,谷底宽 22~36 m,平均沟床纵比降 280‰,沟道两侧的崩塌、崩坡积倒石堆连接成群呈带状分布,高差多小于 25 m,沟床粗糙,巨石、块石集

中。地表径流底蚀较弱,测蚀强烈,泥砂沿程连续补给。根据沟道地形地质条件,可布设 3 座拦挡坝,其作用主要是拦砂稳坡,阻止大石块起动。考虑到沟床纵比降较大,大石块集中,流速大,冲击力强,其拦挡坝结构形式可采用钢筋混凝土格栅坝,以拦蓄巨石,削减泥石流能量。

该沟内罐子坪沟段与大峪口段特征相近,受大型崩塌群堵塞沟道,其主沟槽狭窄陡深,底宽 2.8~16 m,沟床比降超过 340‰,沟谷汇流冲蚀强烈,成为大眼峪沟泥石流的主要物源补给区,控制其泥砂活动,基本上也就限制了该沟泥石流的发展。可在罐子坪崩塌群主沟槽布设 3 座拦挡坝,大峪口段布设 2 座,旨在固沟稳坡,拓宽沟床,进而达到稳定大型崩塌体的目的。拦挡坝结构形式可采用钢筋混凝土重力坝,在罐子坪激流地段可采用格栅坝。

(2) 小眼峪沟中上游的滴水崖—峪支沟段是该沟泥石流的主要启动和形成沟段,其沟道狭窄呈“之”字型弯曲,两岸岩壁近于直立,主沟长 1.96 km,平均沟床纵比降 214‰,谷底宽 17~32 m。该沟段地表径流的底蚀和测蚀作用强烈,泥石流的补给以沟底松散物质再搬运及冲蚀两侧崩坡积群为特征,沟道内以碎石、块石为主,巨石分布数量较少。该段是小眼峪沟泥石流治理的关键所在,可布设 5 座拦挡坝,以固沟稳床,大幅度地拦蓄泥砂,控制该沟泥石流的形成。拦挡坝结构形式可采用钢筋混凝土重力坝。

小峪口沟段受巨型崩塌堵塞沟道,形成狭窄沟槽地形,沟段长 0.31 km,沟床平均纵比降 385‰。该沟段是小眼峪沟内另一个重要的泥砂补给地段,“8·8”泥石流冲蚀十分强烈,大量处于陡坡地段的崩塌松散物质汇入泥石流,加大了泥石流能量。在该崩塌下游侧可布设 1 座稳坡拦挡坝。考虑到该段沟床比降大,巨石丰富,冲击力强,宜采用钢筋混凝土格栅坝。

4.3.2 淤积沟段 除上述冲蚀沟段外,三眼峪沟内一些宽谷地段如崖脚里、峪口里及峪门口等处,沟道地形开阔,谷底宽 63~186 m,沟道纵比降 14.5‰~180‰。“8·8”泥石流携带的大量泥砂、石块在此停积,属典型的淤积地段。上述沟段相对宽大而平缓,具备良好的库容条件,在此修建拦挡工程,将产生巨大的拦砂效益。可在崖脚里、峪口里各修建 1 座,峪门口修建 2 座拦砂坝,可选择高坝,并采用钢筋混凝土重力坝形式。

根据以上对拦挡工程布局分析,在三眼峪沟流域内内布设 18 座拦挡坝,其中固沟稳坡拦挡坝 8 座,拦砂坝 10 座。将形成比较完善的拦挡工程体系,限制泥沙输出及泥石流形成过程,从而有效地防治泥石流灾害。

(下转第 300 页)

- [3] 李家科,李怀恩,李亚娇,等.基于 AnnAGNPS 模型的陕西黑河流域非点源污染模拟[J].水土保持学报,2008,22(6):81-88.
- [4] 张小兵,张洁,计勇,等.鄱阳湖农业面源污染现状及对策措施[J].亚热带水土保持,2006,18(4):12-14.
- [5] 柴世伟,裴晓梅,张亚雷,等.农业面源污染及其控制技术[J].水土保持学报,2006,20(6):192-195.
- [6] 方志发,王飞儿,周根娣.BMPs 在千岛湖流域农业非点源污染控制中的应用[J].农业环境与发展,2009(1):69-72.
- [7] 陈洪波,王业耀.国外最佳管理措施在农业非点源污染防治中的应用[J].环境污染与防治,2006,28(4):279-282.
- [8] 万金保,余敏.江西农村面源污染现状及控制措施[J].广东农业科学,2010(11):239-241.
- [9] 万金保,刘峰,汤爱萍,等.小流域典型面源污染最佳控制措施(BMPs)研究[J].水土保持学报,2010,24(6):181-184.
- [10] Srinivasan N, Weaver R W, Lesikar B J, et al. Improvement of domestic wastewater quality by subsurface flow constructed wetlands [J]. Bioresource Technology, 2000,75(1):19-25.
- [11] Xu Hang, Chen Huanzhuang, Xiong Qiquan, et al. Studies on the effective and mechanisms of N and P removal in macrohydrophyte[J]. Journal of Harbin University of C. E. & Architecture, 1999,32(4):69-73.
- [12] 洪林,李瑞鸿.南方典型灌区农田地表径流氮磷流失特性[J].地理研究,2011,30(1):115-124.
- [13] 杨育红,阎百兴.降雨—土壤—径流系统中氮磷的迁移[J].水土保持学报,2010,24(5):27-30.
- [14] 张军,周琪,何蓉.表面流人工湿地中氮磷的去除机理[J].生态环境,2001,13(1):98-101.
- [15] Greenway M. Nutrient content of wetland plant in constructed wetland [J]. Water Science Technology, 1997,35(5):135-142.
- [16] Horne A J. Nitrogen removal from waste treatment pond or activated sludge plant effluents with free-surface wetlands[J]. Water Science Technology, 1995,31(12):341-351.
- [17] Fleming-Singer M S, Horne A J. Enhanced nitrate removal efficiency in wetland microcosms using an episediment layer for denitrification[J]. Environment Science Technology, 2002,36(6):1231-1237.

(上接第 270 页)

5 结论

(1) 三眼峪沟流域山高坡陡,沟壑密集,沟床纵比降大,以崩塌为主的可补给泥石流的松散物质总量达 $2.69 \times 10^7 \text{ m}^3$,为山洪泥石流形成提供充分的条件。2010 年 8 月 8 日凌晨 40 min 降雨量达 77.3 mm,高强度降雨激发了三眼峪沟特大山洪泥石流。

(2) 三眼峪沟流域具备良好的拦砂和控制泥沙输出条件,对该沟泥石流治理应以拦挡为主,拦排结合。弱化或者舍弃拦挡工程,采取以排导为主的措施,不利于舟曲县城灾后重建及白龙江流域的防灾减灾。

(3) 根据三眼峪沟泥石流形成条件及“8·8”特大泥石流活动特征,其泥石流拦挡工程宜采取中、高坝,以确保足够的拦砂库容,最大限度的拦蓄泥砂,稳定以崩塌为主的松散固体物质。坝体宜采用抗冲击力强的钢筋混凝土重力坝、格栅坝等类型,确保工程的安全可靠性。

(4) 三眼峪沟流域各沟段固体松散物质储存条件、泥砂补给及冲淤特征不尽相同,拦挡工程应根据

各沟段特征,科学合理地予以部署。据此,在流域内规划了 18 座拦挡坝,将形成比较完善的拦挡工程体系,有效地防治泥石流灾害。

(5) 泥石流发生属于山地环境发展过程中的自然产物,其形成机理及过程十分复杂。从防灾减灾,保护舟曲县城安全长远考虑,对三眼峪沟泥石流应在治理的同时部署监测预警工程,防治结合,构成完善的防灾系统。

[参 考 文 献]

- [1] 甘肃省地质矿产局.甘肃省区域地质志[M].北京:地质出版社,1989:12-46.
- [2] 胡向德,李军,李瑞冬,等.甘肃省舟曲县三眼峪沟泥石流灾害勘查报告[R].兰州:甘肃省地质环境监测院,2010.
- [3] 赵玉春,崔春光.2010 年 8 月 8 日舟曲特大泥石流暴雨天气过程成因分析[J].暴雨灾害,2010,29(3):289-295
- [4] 唐邦兴,李宪文,吴积善,等.山洪泥石流滑坡灾害及防治[M].北京:科学出版社,1994:202-218.
- [5] 胡向德,黎志恒,魏洁,等.舟曲县三眼峪沟特大型泥石流的形成与活动特点[J].水文地质工程地质,2011,38(4):82-87.