

庐山风景区犁头尖北坡泥石流及其防治

王士革, 钟敦伦, 谢洪

(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: 1995年 8月 15日,在暴雨的激发下,庐山芦林风景区犁头尖北坡东沟和西沟同时暴发山坡型泥石流。该泥石流由沟头崩塌转化而形成,具有来势凶猛,历时短暂,黏度高,容重大,冲淤强烈和破坏力强等特点,给山麓的公路、宾馆及庐山自然景观造成了严重的破坏。东沟和西沟具有再次暴发泥石流的潜在危险。犁头尖东、西沟泥石流治理采用稳沟、固坡、排洪、拦挡和植树造林的综合防治方案,已建小型谷坊 24 座、挡土墙 335.0m 及由陡槽、涵洞、排洪沟等建筑物组成的排水系统,并完成了沟内和泥石流堆积物上的造林工作。1998年夏,江西省遭受 100a 不遇洪涝灾害,庐山风景区内多处暴发泥石流。犁头尖北坡泥石流工程经受住了暴雨的考验,工程及保护对象安然无恙,达到了预期治理目的。

关键词: 江西省庐山; 犁头尖; 泥石流; 防治

文献标识码: A

文章编号: 1000-288X(2001)06-0033-04

中图分类号: P642.33

Debris Flow Disaster and Its Control on Northern Slope of Litoujian Hill of Mountain Lushan

WANG Shi-ge, ZHONG Dun-lun, XIE Hong

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

Abstract The debris flow with the characters, such as rush occurrence, short duration, high viscosity and density, strong impact, was triggered by a storm in both of the west gully and the east gully in the Litoujian hill, Lulin district, the Mt. Lushan on 15th August, 1995. It was resulted from avalanche in the sources of the gullies. It affected the road and hotels below the hill and destroyed landscape on the hill. Potential hazards are still existing in the gullies. The comprehensive planning for controlling the debris flow, which consists of check dams, a drain system, retain walls and planting, was made. Up to now, 24 check dams, retain walls with 335.0 m length, a drain system and planting have been finished. In 1998, serious flood hazards occurred in Jiangxi province and many debris flows occurred in the Mt. Lushan. The project is successful because the controlling works passed the test by the storm. The constructions of its own, as well as the road and the hotels are under the protection of works, were not damaged at all.

Keywords Mt. Lushan in Jiangxin province; Litoujian hill; debris flow; control

庐山位于江西省北部,北临长江,东濒鄱阳湖,是我国著名的风景区和避暑胜地,并以丰富的历史文化遗迹和秀丽的自然景观的完美结合闻名于世。1996年 12月,联合国教科文组织世界遗产委员会第 20 届会议一致通过并批准,庐山作为“世界文化景观”列入《世界遗产名录》。

自古以来,庐山泥石流一直较为活跃。近年来,由于风景区内人类活动频繁,泥石流对景区的危害加剧。据不完全统计,在 1975年、1984年、1995年和 1998年景区内多处发生泥石流。泥石流所到之处,房

舍被冲,桥涵被毁,公路被堵,田地淤积,自然景观和历史遗迹破坏严重。1995年 8月 15日发生在犁头尖北坡的泥石流灾害就是典型之一。开展景区泥石流防治工作,对保护景区生态环境、自然景观、历史遗迹和旅游设施具有重要意义。

1 庐山的自然地理概况

庐山为独立在长江中、下游平原上的褶皱断块山,山体狭长,呈北东—南西走向,长约 20 km,宽约 5 ~ 10 km。在地质结构上,庐山位于江南背斜与下杨

收稿日期: 2001-09-01

作者简介: 王士革(1959-),男(汉族),四川阆中人,研究员,工学学士。研究方向为泥石流等山地灾害的防治理论和防治技术,防治工程规划设计。发表论文 30 余篇,编著专著 1 部。电话(28)5224738, E-mail wangshig@mail.sc.cninfo.net

子凹陷的交汇地带,具有较强的活动性,断裂发育。主构造线方向决定了山体的北东走向,北东和南西收缩表现为短轴复背斜构造。庐山山体按地层时代和岩性分为南北 2 部分,以九奇峰—仰天坪为界,北部主要为震旦系下统南沱组砂岩和石英砂岩,岩体坚硬抗风化能力强;南部则为前震旦系板溪组片岩、板岩等变质岩和火山岩,岩性较软,易于风化。由于岩层古老,经过后期多次构造运动影响,岩体破碎,风化强烈,山坡上残坡积物厚达 0.8~1.5 m。历史上,庐山曾多次发生山崩现象。

庐山属中山地形,山体四周峻峭挺拔,坡度在 30° — 50° ,高出山麓丘陵地带 1000 m 左右。一般山峰和岭脊多在海拔 1200~1400 m,主峰汉阳峰海拔 1470 m。庐山地形明显受构造和岩性影响,其北部大体为一系列北东—南西向排列的岭谷相间的构造地貌,谷深峰陡;西南部则由外形浑圆的山丘组成。

庐山地处中亚热带北缘,位于东南季风气候区,具有夏季湿热、冬季干冷的特点。同时,庐山气候垂直分异显著,大约以海拔 1000 m 为界,上为暖温带,下为亚热带。庐山降水量丰沛,年均降水量 1949.3 mm (牯岭,1955—1996 年);年平均气温 12.8°C 。据庐山气象站(牯岭)资料,仅在 1992—1996 年间 ≥ 50.0 mm 的暴雨日数平均为 6.8 d/a;年最大 1 日降水量达 329.9 mm (1975 年 8 月 14 日);降水主要集中在 3—9 月,这 7 个月总降水量为 1548.1 mm,占全年降水量的 79.4%,其中 4—8 月的降水量为 1237.8 mm,占全年降水量的 63.5%。

庐山地带性植被为凉亚热带的常绿阔叶林与落叶阔叶混交林,区内植被的垂直地带性比较明显,常绿阔叶林分布在海拔 800 m 以下的山地,700~1200 m 地带为落叶—常绿阔叶林混交林,1200 m 以上为针阔叶混交林。庐山森林历史上屡遭破坏,但近几十年来,庐山风景区被列为植被类型自然保护区,森林受到严格保护。目前风景区范围内除人工建筑物、水面和裸岩外,森林生长良好。庐山广泛覆盖网纹红土,在水分条件较好而热量条件较差的山体中上部,还有山地黄壤和黄棕壤分布。

2 犁头尖北坡泥石流特征

犁头尖为庐山中部芦林风景区的一座小山峰,面对芦林湖,背靠九奇峰。1995 年 8 月 15 日,在暴雨激发下,犁头尖北坡发生山坡型泥石流,对山麓的含鄱公路、中国科学院庐山疗养院、芦林饭店和芦林湖造成严重危害。

2.1 泥石流的形成特征

如前所述庐山具有地形陡峻,暴雨强盛和较为丰富的松散固体物质等有利于泥石流形成的背景条件,但犁头尖北坡泥石流形成又有其独有的特征。犁头尖山顶海拔 1300.8 m,高出山脚下芦林湖面约 310 m。在海拔 1070 m 以下为山麓地带,地势较为平坦。在 山体中部海拔 1070~1150 m,山坡坡度 20° — 30° 范围,出露的长石砂岩岩性软弱,风化强烈,部分地段强风化层达数米深。山坡上残坡积物发育,厚度 1~3 m。土体中细粒部分为紫红色黏土,黏粒含量高。山体上部出露岩层为石英砂岩,岩石坚硬,形成 25° — 40° 的极陡坡,岩体原生节理和裂隙发育,风化后崩解的大砾石堆积在极陡坡下,是泥石流大漂砾的主要来源。岩体上层较薄,厚度为 0~0.1 m。1150 m 以下,植被生长良好,多数乔木为 20~40 a 生的松树。在泥石流暴发前,犁头尖北坡坡面上由西向东发育有西沟、东沟、无名沟和东东沟等 4 条小型天然沟道,流域面积分别为 0.021, 0.025, 0.015, 0.037 km^2 。这些小沟沟槽宽浅,沟深一般小于 1.0 m,尚未形成明显的沟谷,沟槽纵坡接近于山坡坡度,沟内有较茂密乔木和灌丛。在东沟和西沟源头各有一个面积为 30~40 m^2 的漏斗状凹型坡面。凹型坡面发育在石英砂岩上,基岩上层厚度仅为 0.30~0.40 m。

1995 年 8 月 15 日,芦林风景区突降特大暴雨,4 h 内降雨量达 246.3 mm。在如此强大降水下,东、西沟源头的凹型坡面内土体迅速达到饱和状态,当土体中孔隙水压力急剧增加到最大值时,这 2 个凹型坡面内的土体先后突然沿基岩面启动,并借助于滑动中所获得的动能沿陡峻的沟道向下运动。在运动过程中,水和土体搅拌混合形成容重高达 $20 \text{ kN}/\text{m}^3$ 的黏性泥石流。两沟泥石流向下流动的过程中,流体沿途将沟床中处于饱和状态的土体启动,规模越来越大,并将大漂砾和树木席卷其中。泥石流达到公路后,大量泥沙、石块、漂木停淤在公路上。后续的稀性泥石流进入庐山疗养院院内,大部分泥沙落淤在此处,两股流体合二为一,变为高含沙水流继续向下流动,经芦林饭店冲入芦林湖。这种典型的山坡型泥石流在我国东北、华北、西北、西南、华南等山区和丘陵区极为常见,但目前对其形成条件研究尚不深入。

2.2 泥石流危害特征

山坡型泥石流暴发突然,历时短暂,破坏性极大,难以准确地预测和预报,这类泥石流一旦暴发危害很大。犁头尖北坡坡度为 20° — 40° ,在如此陡峻的坡面上,泥石流形成后向下流动时,流速极快,具有强大的冲刷侵蚀能力,在原来宽浅的自然沟道上冲刷出 1~

3 m 深、5~10 m 宽的大型冲沟,多数沟段的原沟床物质被冲光,沟槽两岸的松树被连根拔起或冲倒,露出基岩。从山下芦林湖拦河堤上可清楚地看到犁头尖绿色山坡上 2 条长长的黄色侵蚀凹槽,破坏了庐山完美的景观。

东、西沟泥石流向下流到公路时,由于地形突变,泥石流冲击路面,泥浆溅起达 4~5 m 高,大部固体物质堆积在公路上下。泥石流堆积体中有大量漂木和许多直径大于 1 m 的漂砾,其中最大者长径大于 3.9 m,重量超过 10 t。泥石流将公路上下边坡冲垮,涵洞淤塞,大量泥沙将路面淤埋,切断了交通。

泥石流卸荷后流体变稀,继续向下运动,将公路下方中国科学院庐山疗养院的铁栅栏和挡土墙冲垮,冲入院内。院内原排水系统无力排泄如此超常流量,浑水横流,多座楼房进沙进水。粗粒泥沙大部分在此停淤后,流体演变为含沙洪水,经庐林饭店,进入庐林湖。下泄的泥沙在湖水下形成一小型三角洲。在东、西沟中,东沟泥石流规模较大,造成的危害更大。

犁头尖北坡东、西沟泥石流在庐山山坡型泥石流中颇具代表性,其特点是,山体上部崩滑,沟道中部强烈冲刷,沟口一带大砾石大量淤积,对山下建筑物产生冲击和淤埋破坏,将大量粗颗粒泥沙送入主河或湖泊。庐林风景区是庐山的核心旅游点之一,庐林湖还是庐山主要的饮用水水库,犁头尖泥石流对庐山风景区的影响非常大。

2.3 泥石流的暴发趋势预测

犁头尖北坡东、西沟泥石流发生后,两沟自然条件发生了很大变化。在海拔 1150 m 以上的沟源地带,大片基岩出露,松散固体物质已基本流失,近期没有再发生崩滑的可能。中游从海拔 1150 m 到公路以上的沟段由于沟道切入坡面 1~3 m,两岸新形成的坡岸都处于不稳定状态,随时都可能滑入沟中,部分沟段出露基岩为已完全风化成粉状的长石砂岩,遇水即崩解,在水流作用下,沟道还会迅速下切。两条沟形成冲沟后,更有利于坡面径流汇入冲沟内,水动力条件更为强大。

因此,由于有利于泥石流形成的地形条件基本没有改变,沟道中游有新的固体物质来源,东、西沟在暴雨或特大暴雨激发下,仍可能暴发较大规模泥石流;由于沟内植被破坏,沟床裸露,沟床尚未粗化,在一般降水条件下,可能产生高含沙水流,甚至稀性泥石流,将大量泥沙输移到下游。泥石流形成条件的变化,主要是泥石流形成方式和固体物质补给方式的变化,这将影响泥石流的性质和规模。这种山坡型泥石流首次暴发后,在同等降水条件下,再次暴发泥石流时规模

将减小,浓度将变低。在同一坡面上的无名沟和东东沟,沟床稍缓,固体物质条件不及东沟和西沟丰富,暴发泥石流的概率较小。

3 犁头尖泥石流的治理

3.1 治理方案

东沟和西沟泥石流防治的目标是削弱泥石流形成条件,消除或减轻泥石流和山洪危害,恢复犁头尖生态环境,保护山下公路、宾馆和庐山自然景观。针对东、西沟泥石流的形成条件和危害特点,泥石流防治采取工程措施和生物措施相结合的综合防治方案。

在工程措施方面,首先,在东、西沟中游布置谷坊群,防止沟床下切和引起新的岸坡崩塌,利用谷坊上游淤积物反压沟岸,促使现有不稳定沟岸趋于稳定,达到控制泥石流固体物质来源之目的,从而控制泥石流的形成;其次,沿公路内侧设置挡土墙,防止坡体在重力和水流的作用下产生崩塌和滑波现象,并进入公路,堵塞排水沟和公路涵洞,造成洪水漫上公路后,冲刷公路下边坡,引起次生的泥沙灾害。最后,设置完整的排水系统,将降水产生的山洪导入下游,以免泛滥成灾。为防止特大暴雨发生时可能出现的超过设计标准的泥石流酿成大灾,还在疗养院南缘沿公路下方布置有毛石混凝土防冲重力墩,利用公路作为缓冲区,将大砾石和漂木拦截在墩前,确保疗养院安全。生物措施以减少水土流失和恢复山坡生态环境为主要目的,谷坊建成后,在谷坊坝肩两侧、沟道两岸和泥石流堆积物上种树和种草,覆盖裸土,恢复植被和减少土壤侵蚀。

3.2 谷坊和挡土墙

谷坊布置在东、西沟中游。位于公路上方沟口的 1# 谷坊与陡槽相接,以后各座谷坊依次向上游布置成梯级,形成谷坊群(图 1)。按地形条件和防治工程的实际需要,2 个沟共布置谷坊 24 座,其中,东沟 11 座,西沟 13 座。

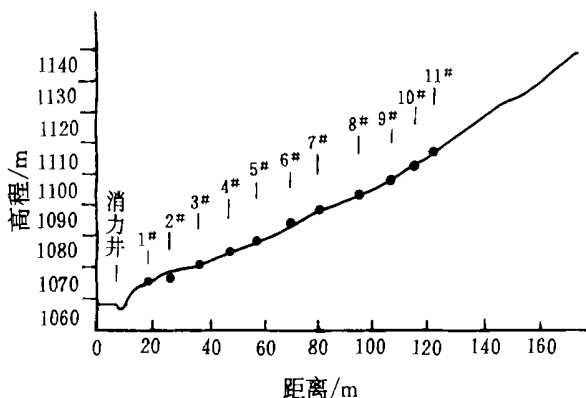


图 1 东沟沟床纵断面及谷坊布置图

东沟 7 谷坊为骨干工程,该谷坊布置在沟床切割最深的沟段,基岩为完全风化的长石砂岩,风化厚度在 3.0 m 以上。该谷坊将控制东沟下切,拦淤反压沟岸。7 谷坊按小型拦砂坝设计,结构尺寸见表 1 其

余各座谷坊规模都很小,坝轴线长 7.0~12.7 m,有效坝高 0~1.5 m,基础埋深为 1.0~2.0 m,坝体为 1.0 m 等厚,坝中间设有底宽为 1.0 m 和深度为 1.0~1.5 m 的梯型溢流口。谷坊坝均为浆砌石结构

表 1 7 谷坊结构尺寸

项目	坝轴线长	有效坝高	基础埋深	坝顶宽	最大坝宽	上游边坡	下游边坡	排水孔
尺寸	20.50	3.00	2.50	1.50	5.00	1: 0.5	1: 0.2	0.4×0.5

挡土墙起点桩 0+00 设在东东沟口中心,墙体从该沟口东侧 0+06 起顺公路走势,沿公路边沟向西延伸到疗养院生活区南,至桩号 3+58 处止,全长 355 m。公路基础及上边坡均为紫红色含砾黏土,此土层物理力学性质较好,是建挡土墙较为理想的地带。挡土墙为重力式结构,采用 m7.5 浆砌石砌筑, m10 砂浆勾凸缝。挡墙顶宽 0.6 m,墙后垂直,墙前边坡系数 $m=0.3$,基础埋深 1.0 m。在 0+06 至 0+25 段和 2+95 至 3+58 段墙高 1.5 m,其余各段墙高 2.0 m。挡墙后设 0.5 m 厚的碎石反滤层,反滤层后回填砾石土,墙体上设 2 排排水孔,墙前设排水沟,构成完整的排水系统,每隔 20 m 设沉降缝一道。

按设计要求,谷坊群和挡土墙可以控制沟谷和坡面泥沙,加上生物措施对坡面的保护,从沟道中和坡面上下泄的水流应为清水(相对于泥石流而言)。

3.3 排水系统

该工程的排水系统规模小,但系统完整,功能齐全,能有效排出由沟道和坡面下泄的径流。排水系统按排泄 50 a 一遇洪水标准设计。全系统由陡槽、消力井、公路边沟、涵洞、排洪沟和沉沙池等建筑物组成。由沟谷下泄的洪水经谷坊由陡槽进入消力池,坡面径流由挡土墙上预留的泄水孔进入公路边沟后,也进入消力池。2 种水流进入消力池后,经涵洞排入各排洪支沟,各排洪支沟在疗养院内汇入沉沙池。洪水经沉沙后,再由总排洪沟排到下游。这样经谷坊群层层拦截和沉沙的洪水,含沙量很低,带入庐林湖的泥沙很少,将保护庐林湖的库容和减少对湖水的污染。

4 结论与建议

犁头尖北坡东、西沟泥石流治理是庐山风景区内

首项泥石流治理工程。因无当地经验可借鉴,工程设计时十分谨慎。东、西沟沟道虽小,但危害严重,防治工程力求万无一失。该工程 1997 年 10 月开始施工,1998 年 6 月工程基本完成。1998 年 6~10 月,长江流域中、下游普降特大暴雨,江西省遭到 100 a 不遇的特大洪涝灾害,引起全世界的关注。庐山风景区内,也多处发生泥石流灾害,造成公路中断,房屋被毁,灾情严重。犁头尖北坡泥石流防治工程一建成就经受住了该次特大暴雨的考验,工程发挥了良好防灾减灾作用,保护了山下的公路、疗养院和庐林宾馆的安全,工程本身也完好无损。这证明,犁头尖东、西沟泥石流治理工程是成功的,这种泥石流防治模式可以在庐山风景区等类似地区推广应用。

庐山风景区是泥石流暴发较为频繁的地区,为保证风景区游人和工作人员的人身安全,保护风景区的历史遗迹和自然景观,促进庐山旅游业的可持续性发展,建议尽快开展庐山风景区泥石流等山地灾害的普查工作,进一步研究庐山泥石流的形成条件和性质,制定泥石流危险度分区及旅游用地规划,对重点泥石流沟和具有潜在威胁的泥石流沟进行整治。

[参 考 文 献]

- [1] 王汉存,张林源.庐山历史时期的泥石流及其成因分析[J].水土保持,1985(1): 64-67.
- [2] 邓养鑫,邓晓峰,徐齐治.庐山 1984 年灾害性泥石流及其特征[J].水土保持,1985(1): 68-72.
- [3] 施雅风,崔之久,李吉均,等.中国东部第四纪冰川与环境问题[M].北京:科学出版社,1989.
- [4] 徐永年,匡尚富,李文武,等.坡面形态对崩塌产生的影响初探,见:海峡两岸山地灾害与环境保育研究[M].成都:四川科学技术出版社,1998.