

北京山区泥石流的分类与类型

谢洪, 钟敦伦, 韦方强, 王士革

(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:采用科学性、实用性和简明易行性的泥石流分类原则, 制定出北京山区泥石流的分类指标, 从7个方面对已判定出的705条泥石流进行分类。结果如下: 1. 按泥石流发育的地貌形态分类, 有河谷型泥石流57条, 沟谷型534条, 山坡型114条(处); 2. 按泥石流的暴发规模分类, 有大规模泥石流51条, 中等规模164条, 小规模490条(处); 3. 按泥石流的流体性质分类, 有粘性泥石流136条, 稀性泥石流30条, 过渡性泥石流539条; 4. 按泥石流的发育阶段分类, 有发展期泥石流296条, 活跃期343条, 衰退期66条; 5. 按泥石流的危害程度分类, 有危害严重的泥石流117条, 较严重的255条, 中等的161条, 轻微的172条; 6. 按泥石流的活动频率分类, 有中频率的泥石流539条, 低频率的166条; 7. 按泥石流形成与人类活动的关系分类, 有人为泥石流36条, 自然泥石流669条。

关键词:泥石流分类; 泥石流类型; 分类原则; 分类指标; 北京山区

中图分类号: P642.23

文献标识码: A

泥石流分类属于泥石流基础理论研究范畴, 分类结果反映了人们对泥石流的属性和基本特征的认识程度; 同时泥石流分类又具有重要的实践意义, 分类结果是泥石流灾害防治方案及措施制定的理论依据之一, 对灾害防治工作的开展具有直接的指导作用。因此, 国内外泥石流工作者历来对泥石流分类十分重视, 进行了大量的研究工作, 提出了许多各具特色的泥石流分类方案^[1-12], 有效地推动了泥石流基础理论研究和灾害防治工作的开展。

在开展北京山区泥石流及防治研究中, 我们系统地总结了前人泥石流分类研究的成果, 在此基础上对北京山区泥石流进行分类, 以期能正确揭示北京山区泥石流的特征与规律, 为泥石流灾害防治提供科学依据。

1 泥石流的分类原则

由于泥石流系一种泥沙石块等松散固体物质和水体混合构成的特殊流体, 其性质因含固体物质成

份和粒径级配不同、固相和液相成份比例不同而发生变化, 其活动特征和物理力学性质(如流态、流体结构、力学性质等)也随发育环境不同, 而各不相同, 再加上现阶段泥石流观测、试验手段的限制, 人们对泥石流的认识还存在局限性。对泥石流的分类也是如此, 尚无一个公认的泥石流分类方案。但实际工作中又要求必须对泥石流进行分类, 而要进行分类就必须遵循一定的原则。为此, 在北京山区泥石流分类中, 我们采用了科学性、实用性和简明易行性^[1]的原则。

1.1 科学性

泥石流分类的科学性原则, 是要求分类具有准确性、完整性和系统性, 这样才能把本质和属性相同的泥石流体划入同一类型, 把不同本质和属性的泥石流体划入不同类型, 即既要把握泥石流的共性, 又要把握不同形成条件、运动环境, 不同流体性质与结构的泥石流的特性, 达到正确揭示泥石流的本质和属性的目的, 从而为分门别类地开展泥石流研究和防治提供理论依据。

收稿日期(Received date): 2002-11-10; **改回日期**(Accepted): 2003-12-15.

基金项目(Foundation item): 中国科学院“九五”重点项目: 北京山区泥石流及防治对策研究(编号: KZ952-J₁-027) [Foundation Item: The key of Chinese Academy of Science: Debris flow and its control countermeasures in the Mountain of Beijing, No. KZ952-J₁-027]

作者简介(Biography): 谢洪(1959-), 男, 教授, 主要从事泥石流等山地灾害及其防治研究。[Xie Hong(1959-), male, professor. Be engaged in mostly the research about debris flow etc. the mountain hazards and their prevention.]

泥石流的形成、运动和堆积,都是发生在特定的泥石流流域内,流域的环境背景(地质、地貌、气候、水文、土壤、植被、人类活动等因素)对泥石流的发生、运动规律、流体组构、冲淤过程等均有影响。故泥石流的分类既要考虑泥石流的发育背景特征,又要考虑泥石流流体的基本特征,这样的分类指标体系才能综合反映泥石流的全貌,才符合科学性的原则。

1.2 实用性

泥石流分类的实用性原则,是指分类指标体系既要能充分揭示泥石流流体的本质和属性,有效地对泥石流流体进行归并和区分,又要为泥石流防治工作的开展提供必要的信息,满足泥石流防治工作的需要,使泥石流防治工程技术人员能根据不同的泥石流类型提出不同的防治措施,最终达到泥石流防治事半功倍的目的。

1.3 简明易行性

泥石流分类的简明易行性原则,是指泥石流分类要简单明了,易懂、易记、易掌握,除了泥石流专业工作者外,泥石流活动区的干部和群众也能容易地接受和掌握,便于普及泥石流基本知识,有利于山区各级政府部门及广大群众正确认识泥石流,并能进行类型划分和提出相应的防治方案与措施,有助于泥石流灾害群测、群防工作的开展,提高防灾减灾水平,最大限度减少灾害损失。

2 泥石流的分类指标

泥石流的分类指标也称为泥石流的分类标准,其在满足泥石流分类应具有科学性、实用性和简明易行性原则的同时,还要能充分反映泥石流的形成条件、激发因素、动力特征、活动特征、活动范围、发育程度、发展趋势、流体性质、物质组成、对人类的危害程度、与人类活动的关系等不同方面的性质,即不同的分类指标从不同侧面反映泥石流的某一性质。这样从不同角度出發,采用不同的分类指标对泥石流分类,达到全面、准确认识泥石流的目的。也正因为如此,同一条沟谷的泥石流会因分类角度不同而会被划分为不同的类型^[13]。在此参照国内外已有的泥石流分类依据与指标^[1-12],结合北京山区泥石流的特征与性质,制定出北京山区泥石流的分类指标,即分类依据(表1)。

北京山区泥石流从形成的激发因素和水源条件分类,均为暴雨泥石流;从泥石流流体固体物质组成成

分分类,均为由含粘粒、粉砂、砂、砾石直至漂砾等各种粒径颗粒组成的泥石质泥石流(简称泥石流),没有主要由粉砂、粘土等比较均一,粒度变化范围小的细粒物质组成的泥质泥石流(简称泥流)。这是北京山区泥石流的共性,这几种泥石流的分类及分类指标没有列入表1,在下面也不再讨论。

3 泥石流的类型

按照表1的分类指标,北京山区已查明的705条泥石流沟可划分为如下几种类型。

3.1 按泥石流发育的地貌形态分类

北京山区泥石流可分为河谷型、沟谷型和山坡型三种类型。

3.1.1 河谷型泥石流 这类泥石流的活动场所为流域面积较大的沟谷或河谷,其流域面积在10.10~31.05 km²间。流域内支沟发达,支沟多为泥石流沟,支沟口通常保存有残缺的泥石流堆积扇体或残留有泥石流堆积物。主沟(河)泥石流多由支沟泥石流活动引起,主沟(河)床上有断续的泥石流垄岗状堆积物,上一次泥石流的堆积区也可是下一次泥石流的形成或补给区,因此,泥石流形成、流通和堆积区不易明确划分清楚。主沟内的泥石流堆积物因多次搬运,石块有一定磨圆,多呈次棱角状。其主沟(河)床纵坡较小,而支沟(包括主沟沟源)纵坡却很大。流域主沟发育成熟度较高,中、下游沟谷形状多呈“U”型,而沟源和支沟的发育成熟度却较低,沟谷形状呈“V”型。例如怀柔区汤河口镇柯太沟为河谷型泥石流沟,其主沟平均沟床比降仅32‰,而沟源——北沟和支沟——后摩岭沟、拱窑沟、水泉沟的沟床比降分别达266‰、107‰、196‰和105‰^[14,15]。北京山区共有河谷型泥石流沟57条,占泥石流沟总数的8.09%。

3.1.2 沟谷型泥石流 这类泥石流的活动场所为流域面积相对较小的沟谷,其流域面积在0.30~9.94 km²之间。支沟较发育,一般能明显地划分出泥石流的形成区、流通区和堆积区,其泥石流堆积物具有一次搬运(流域面积较小的沟谷)和分次搬运(流域面积较大的沟谷)出沟的特征,石块呈棱角和次棱角状。北京山区共有沟谷型泥石流沟534条,占总数的75.74%。沟谷型泥石流为北京山区分布最广泛的泥石流。

3.1.3 山坡型泥石流 这类泥石流主要发育在

有一定沟谷形态的沟槽或尚未形成明显沟槽的山坡凹地中,流域面积 $<0.3\text{ km}^2$ 。由于沟谷或坡面陡急短小,往往缺乏泥石流流通区,而是形成区和堆积区直接相连,因此泥石流来势凶猛,危害性很大。北京山区共有山坡型泥石流沟(坡)114条(处),占总数的16.17%。

3.2 按泥石流的暴发规模分类

泥石流的暴发规模是衡量泥石流具有的能量和破坏能力的重要物理量之一^[1],也是制定一条泥石流防治规划和措施时必须考虑的重要因素之一。一场泥石流的规模是指一场泥石流所搬运出的物质总量,在物质搬运过程中,泥石流的密度(r_c)、流速

(V)、流量(Q)对总量($Q_{总}$)有着直接影响。但现阶段对泥石流的汇流理论研究尚待完善,对影响泥石流密度(r_c)、流速(V)、流量(Q)和总量($Q_{总}$)的众多因素综合作用的研究尚待进一步深入,还难于用一定频率下的泥石流密度(r_c)、流速(V)、流量(Q)和总量($Q_{总}$)来共同描述泥石流的暴发规模。因此,在对北京山区泥石流按暴发规模进行分类时,主要根据泥石流沟(坡)的地形条件、地质条件、松散固体物质条件、水源条件和泥石流活动历史状况等因素,并参照国内目前使用较广泛的泥石流规模分类标准^[1],以百年一遇泥石流可能输移出的松散固体物质总量作为划分标准(指标)(见表1)。

表 1 北京山区泥石流分类指标
Table 1 Classification indices of debris flows

| 分类依据 | 泥石流类型 | 主要分类指标 |
|--------------------------|-------|---|
| 泥石流发育部位的地貌形态 | 河谷型 | 流域面积较大(一般 $\geq 10\text{ km}^2$),主沟泥石流一般由支沟泥石流引起,泥石流沟谷底较宽,沟床纵坡较缓 |
| | 沟谷型 | 流域面积较小($0.3\sim 10\text{ km}^2$),固体物质主要来自于沟床和坡面,谷底较窄,沟床纵坡较陡 |
| | 山坡型 | 流域面积小($<0.3\text{ km}^2$),沟床陡急,谷底狭窄,有的为流域界线不明显的山坡 |
| 泥石流的规模 | 特大规模 | 百年一遇泥石流可能冲出的固体物质总量 $>50\times 10^4\text{ m}^3$ |
| | 大规模 | 百年一遇泥石流可能冲出的固体物质总量 $10\sim 50\times 10^4\text{ m}^3$ |
| | 中规模 | 百年一遇泥石流可能冲出的固体物质总量 $1\sim 10\times 10^4\text{ m}^3$ |
| | 小规模 | 百年一遇泥石流可能冲出的固体物质总量 $<1\times 10^4\text{ m}^3$ |
| 泥石流的流体性质 | 粘性 | 泥石流流体密度 $1.8\sim 2.3\text{ t/m}^3$ |
| | 过渡性 | 泥石流流体密度 $1.6\sim 1.8\text{ t/m}^3$ |
| | 稀性 | 泥石流流体密度 $1.2\sim 1.6\text{ t/m}^3$ |
| 泥石流的发育阶段 | 发展期 | 泥石流活动流域的面积多小于 1 km^2 ,流域相对切割程度 $\geq 150\%$ |
| | 旺盛期 | 泥石流活动流域的面积多在 $1\sim 10\text{ km}^2$,流域相对切割程度 $150\%\sim 60\%$ |
| | 衰退期 | 泥石流活动流域的面积多 $\geq 10\text{ km}^2$,流域相对切割程度 $<60\%$ |
| 泥石流危害程度 | 严重 | 对乡镇或村庄、矿山、旅游设施、主干公路有严重的直接危害或威胁 |
| | 较严重 | 对乡镇或村庄、矿山、旅游设施、主干公路有较严重的直接危害或威胁 |
| | 中等 | 对部份房屋或乡村公路、旅游设施、农田、水利设施有较大危害或威胁 |
| | 轻微 | 对农田、果园、林地、旅游设施、水利设施等有一定危害或威胁 |
| 泥石流形成与人类经济活动的关系 | 自然泥石流 | 泥石流形成与发展主要受自然条件控制,与人类活动关系不密切 |
| | 人为泥石流 | 泥石流形成与发展和人类经济活动关系密切,如采矿、采石弃渣等大量增加了形成泥石流的松散固体物质等 |
| 泥石流的活动频率 ^[13] | 高频率 | 每2a发生泥石流一次或以上 |
| | 中频率 | 3a至30a发生一次泥石流 |
| | 低频率 | 30a以上发生一次泥石流 |

* 相对切割程度为流域周界长度与流域最大相对高度之比。

按此标准划分,北京山区无特大规模泥石流,仅有大规模、中规模和小规模三类泥石流。其中大规模泥石流沟 51 条,占总数的 7.23%,中规模泥石流沟 164 条,占 23.26%,小规模泥石流沟(坡)490 条(处),占 69.50%。因此,北京山区泥石流以小规模和中规模活动为主。

3.3 按泥石流的流体性质分类

泥石流是水体和泥沙石块等松散固体物质混合组成的特殊流体,其既具有水体的流动性性质,又具有土体的结构性性质,由此构成既不同于水体,又不同于土体的独特性质。随着流体中水体、土体含量的变化,流体的性质也发生变化,其力学特性也不一样,对各类建筑物的破坏能力也不一样,相应采取的泥石流防治措施也应各不相同。

根据泥石流流体的密度、粘度、流态、流速、流动方式等力学特征,可较为全面、准确地了解泥石流性质,并据此进行泥石流分类。但在实际应用中,要全面掌握泥石流的特征还存在很多困难。尤其在北京山区,单沟泥石流的暴发频率很低,难于见到泥石流的运动过程,只能通过泥石流堆积物或模型试验去分析、认识泥石流的流体性质。因此,在对北京山区按泥石流流体性质分类时,我们主要采用能较好的表征土和水体组成特征、且广泛应用的泥石流的密度值,作为泥石流分类的依据。据此,将北京山区泥石流按流体性质分为三类:粘性泥石流、稀性泥石流和过渡性泥石流。

3.3.1 粘性泥石流 其密度在 $1.8 \sim 2.3 \text{ t/m}^3$ 之间,土体的体积比含量高于水体的体积比含量,大致为 $0.5 \sim 0.7$,流体具有较强的整体运动性、运动速度快、搬运力强和大冲大淤等特征,冲击、碰撞和爬高能力及冲刷、淤埋能力强大,破坏力极强。据怀柔柯太沟泥石流调查实测,1991 年泥石流在沟源一带,搬运的最大石块(片麻岩)三轴平均粒径为 3.32 m,弯道最大超高达 10 m。这类泥石流主要发育在流域面积较小的泥石流沟谷(包括山坡型泥石流流域)和较大泥石流沟谷的上游段。

在此需要说明的是,北京山区的多数粘性泥石流与我国西南地区的粘性泥石流相比,在力学特征上有所差异。如云南东川蒋家沟泥石流,其密度为 $1.8 \sim 2.3 \text{ t/m}^3$ 时,泥石流浆体粘度(刚性系数 η)为 $0.05 \sim 1.00 \text{ Pa}\cdot\text{s}$ 或更大, τ_0 为 $2.5 \sim 2.00 \text{ Pa}$ ^[5],具时间效应,为非牛顿体;而北京怀柔柯太沟 1991 年泥石流密度在 2.0 t/m^3 以上,泥石流浆体粘度为

$0.06 \sim 0.10 \text{ Pa}\cdot\text{s}$, τ_0 接近于 0^[14,15],无时间效应,近似牛顿体。

根据综合考察分析和上述试验资料对比,可以认为北京山区的粘性泥石流绝大多数具有密度值大而浆体粘度较小的性质,我们将其命名为高密度低粘度泥石流。实际上这类泥石流从密度和破坏能力看近似粘性泥石流,从粘度和流动性看近似稀性泥石流。从防治工程安全角度出发,这里把它归入粘性泥石流。这是北京山区泥石流的特殊性之一。

3.3.2 稀性泥石流 其密度在 $1.2 \sim 1.6 \text{ t/m}^3$ 间,土体的体积比低于水体的体积比,为 $0.1 \sim 0.5$,运动时呈紊动流状态,流体作连续流动。流体运动时石块在其中翻滚或跃移前进,搬运能力较粘性泥石流弱,所挟带大石块的比率也相应减少,而挟带的细粒物质的比率却相对增多,但仍具有比一般山洪大得多的冲击破坏和淤埋能力。这类泥石流由于水体含量高,运动中水体起主导作用,流体运动的整体性差,石块和粗大的沙砾多呈推移质搬运。

3.3.3 过渡性泥石流 其密度介于 $1.6 \sim 1.8 \text{ t/m}^3$ 间,土体的体积比与水体的体积比比较接近,一般为 $0.4 \sim 0.6$,其运动特征介于上述两种泥石流流体之间,具有很大的冲击、碰撞和爬高能力及冲刷和淤埋能力,破坏力很大。这类泥石流在北京山区分布最为广泛。

经过研究判定,北京山区共有粘性泥石流沟 136 条,占泥石流沟总数的 19.29%,稀性泥石流沟谷 30 条,占总数的 4.26%,过渡性泥石流沟 539 条,占总数的 76.45%。

3.4 按泥石流的发育阶段分类

泥石流是发育在山区沟谷或坡面的一种重力地貌现象,故泥石流的发育阶段与其所处地貌部位的发育阶段密不可分。一般而言,泥石流的发育阶段与孕育其发生发展的沟谷或坡面的发育阶段是大体一致的。因此根据泥石流的发育阶段分类,实际上是根据泥石流沟谷或坡面的发育阶段分类^[1]。

按照泥石流的发育阶段,北京山区泥石流可分为发展期、活跃期和衰退期三种类型的泥石流。

3.4.1 发展期泥石流 发展期泥石流具有规模逐渐增大、活动频率逐渐增高的显著特征。其所处流域多为幼年期沟谷,有的甚至仅为山坡凹地,下蚀作用强烈,沟床纵坡陡急,流域相对切割程度值大,一般 $>150\%$ 。泥石流往往冲出沟口,形成轴线坡度较陡($3^\circ \sim 10^\circ$)的堆积扇(锥)。

3.4.2 活跃期泥石流 泥石流活动处于旺盛阶段,泥石流的规模和活动频率相对稳定。泥石流发育的流域多处于壮年期地形,沟床纵坡较陡,流域相对切割程度值中等,一般在150‰~60‰。其泥石流活动范围一般可达沟口,并形成轴线坡度较缓($3^{\circ}\sim 6^{\circ}$)的泥石流堆积扇。

3.4.3 衰退期泥石流 泥石流的发育特征为规模逐渐减小、活动频率逐渐降低。所处流域多处于老年期地形,沟床纵坡较缓,流域相对切割程度值较小,一般 $<60\%$ 。其泥石流活动一般局限于沟谷谷地内,仅少数可达到沟口,支沟口往往发育有扇状泥石流堆积物,主沟内泥石流堆积物多为长短不一或断续的垄岗状。泥石流发育处于衰退期的沟谷,流域面积多数在 10 km^2 以上,沟谷中游、下游较为开阔、平缓,主沟自身形成泥石流的机会极少,但支沟和沟源的地形却较为狭窄、陡峭,泥石流往往处于活跃期或发展期,形成泥石流的条件很充分,并把大量松散固体物质带入主沟,激发主沟泥石流活动。

北京山区按泥石流发育阶段分类结果为:发展期泥石流沟296条,占总数的41.99%;活跃期泥石流沟343条,占48.65%;衰退期泥石流沟66条,占9.36%。

3.5 按泥石流的危害程度分类

北京山区泥石流灾害频繁,按泥石流对人类的危害程度进行分类,将有利于人们根据泥石流的危害程度与治理的紧迫性,确定防治工程的方案及实施的缓急,使泥石流防治工作的目的性和计划性更强,让有限的防灾资金发挥更大的作用,提高防灾减灾的实效。

根据当前研究程度和认识水平,将北京山区的泥石流按危害程度分为危害严重、危害较严重、危害中等、危害轻微4种类型,分类指标见表1。据此,北京山区有危害严重的泥石流沟谷117条,占总数的16.74%,危害较严重的255条,占36.03%,危害中等的161条,占22.84%,危害轻微的172条,占29.40%。其中危害严重的沟谷泥石流暴发时,可造成较多人员伤亡和重大经济损失;危害较严重的沟谷泥石流暴发时,可造成较少人员伤亡和较大经济损失;危害中等的泥石流暴发时,可造成个别人员伤亡和一定的经济损失;危害轻微的泥石流暴发时,一般不会造成人员伤亡,但可造成较小经济损失和一定范围的环境破坏。

3.6 按泥石流的活动频率分类

据有关史料及调查访问,北京山区最近的100多年来泥石流十分活跃。从1867年到1999年的133年间,全区范围内共发生不同规模的泥石流54次^[13,15-24],平均约2.5 a发生一次泥石流。可见北京山区区域泥石流活动的频率较高。但就某一条具体泥石流沟的单沟泥石流活动而言,其活动频率却较低,大规模泥石流活动的频率就更低。例如,密云县番字牌乡番字牌西沟,从1939年到1991年的53 a中,流域内共发生了5次泥石流,泥石流活动周期平均约10 a一次,属中等频率的泥石流,但其中仅1989年泥石流属大规模,其余均为中、小规模。即大规模泥石流暴发频率低,周期在50 a或以上^[20,21]。再如门头沟区清水镇的八亩堰沟,近几十年内,分别于1930年、1950年和1956年先后三次暴发泥石流,其时间间隔分别为20 a和6 a,但自从1956年泥石流活动以后至今,却再没有暴发过泥石流,泥石流的间歇时间已近50 a。据调查,多数泥石流沟内泥石流活动频率为20~40 a以上一次,有的甚至上百年才发生一次,极少数沟泥石流间隔几年或 ≥ 10 a活动一次。活动频率低的泥石流,相对来说其活动时规模较大,危害一般也较重,故低频率和规模较大的泥石流应是北京山区泥石流防治的重点;再加上北京作为首都,政治地位重要,对国内外的影响和辐射力强,这就要求北京山区泥石流防治工程设计标准应高于国内其他地区,一般不能低于50 a一遇。

按泥石流活动频率分类指标(见表1),对北京山区各泥石流沟的泥石流活动频率逐一进行分析后揭示:北京山区无高频率泥石流沟;有中频率泥石流沟539条,占总数的76.45%;低频率泥石流沟166条,占总数的23.55%。需要说明的是,划分出的低频率泥石流沟,仅指主沟泥石流为低频率而言,其沟源段和支沟仍可暴发中频率泥石流。

3.7 按泥石流形成与人类活动的关系分类

在自然状态下,泥石流按其固有的自然特性发生与演化,但随着人类经济活动在山区的不断增强,对泥石流形成与发展的影响也不断增强。有的沟谷中泥石流的形成与发展已经受到了人类经济活动的深刻影响,人类经济活动显著地增强了泥石流的形成条件,促进了泥石流的发生发展。这类泥石流可称之为人为泥石流,发育人为泥石流的沟谷称为人为泥石流沟。相反,以自然因素作用为主形成的泥石流称为自然泥石流,孕育自然泥石流的沟谷,称为

自然泥石流沟。

人为泥石流的形成主要是人类经济活动改变了泥石流的形成条件,使泥石流的形成条件得到加强,从而促进泥石流的发生发展。北京山区促进泥石流形成的人类经济活动主要有采矿、采石、筑路等不合理弃渣,毁坏森林等,人类活动强烈地改变了沟谷的自然环境,使松散固体物质在较短时间内大量增加,并使沟谷流域的水文状况恶化,从而导致暴雨径流汇流时间缩短,洪峰流量增大,易于激发泥石流。目前最为突出的是采矿(石)不合理弃渣引起的矿山泥石流。在房山、门头沟、怀柔和平谷等区内的泥石流易发区,有大量的采矿(石)弃渣随意堆置于山坡上和沟床内,为泥石流形成直接提供了大量松散固体物质,并改变着泥石流的活动特征。如平谷区靠山集乡黑水湾沟,在自然条件下为一低频率泥石流沟,但由于金矿开采产生的弃渣大量堆积于沟道上,使形成泥石流的松散固体物质变得极为丰富,泥石流的活跃程度相应提高,现已演变为中频率泥石流沟,近10年来多次暴发泥石流,并危及下游的村庄,经现场考察认定,形成泥石流的松散固体物质主要为采矿弃渣。与之类似的沟谷还有房山区史家营乡的北涧沟、曹家房沟等等。对这类沟谷而言,自然条件是泥石流形成的基础,人为因素则促进了泥石流的发生发展,并加重了泥石流的危害程度^[25,26]。

按照泥石流形成与人类经济活动的关系划分,北京山区的705条泥石流沟中,有人为泥石流沟36条,占总数的5.11%,自然泥石流669条,占94.89%。

4 泥石流的综合分类与命名

上面分别从泥石流的规模、流体性质、发育阶段、危害程度、活动频率、发育的地貌部位和其形成与人类活动的关系7个方面,对北京山区泥石流进行了分类。每一种分类反映了泥石流的一个侧面,将其综合起来,便能较全面地概括泥石流的基本特征,反映泥石流的基本类型,综合的结果即为泥石流的综合分类与命名。例如,密云县番字牌乡番字牌西沟泥石流综合分类与命名为:衰退期—低频率—粘性(高容重、低粘度)—河谷型—大规模—危害中等的自然泥石流;房山区史家营乡曹家房沟泥石流综合分类命名为:衰退期—中频率—粘性—河谷型—大规模—危害严重的人为(矿山)泥石流;怀柔区

怀北镇大水峪水库坝下沟泥石流综合分类命名为:发展期—中频率—粘性—山坡型—小规模—危害较严重的自然泥石流,等等,其余沟(坡)与之类推,这里不再枚举。

参考文献 (References):

- [1] Institute of Mountain Hazards and Environment, Chinese Academy of Sciences. Research and Prevention of Debris Flow[M]. Chengdu: Sichuan Science and Technology Press, 1989. 121~134. [中国科学院成都山地灾害与环境研究所. 泥石流研究与防治[M]. 成都:四川科学技术出版社, 1989. 121~134.]
- [2] Zhou Bifan, Li Deji, Luo Defu, et al. Prevention Guidebook of Debris Flow[M]. Beijing: Science Press, 1991. 2~4. [周必凡, 李德基, 罗德富, 等. 泥石流防治指南[M]. 北京: 科学出版社, 1991. 2~4.]
- [3] Wu Jishan, Tian Lianquan, Kan Zicheng et al. Debris Flow and Its Comprehensive Control[M]. Beijing: Science Press, 1993. 192~214. [吴积善, 田连权, 康志成, 等. 泥石流及其综合防治[M]. 北京: 科学出版社, 1993. 192~214.]
- [4] Zhong Dunlun, Xie Hong, Cheng Zunlan, et al. A Comprehensive Prevention Study on Mountain Disasters in Low Mountains and Hills Area in Xiuyan Man Autonomous County [M]. Chengdu: Sichuan Publishing House of Science and Technology, 1993. 47~50. [钟敦伦, 谢洪, 程尊兰, 等. 低山丘陵区(岫岩满族自治县)山地灾害综合防治研究[M]. 成都: 四川科学技术出版社, 1993. 47~50.]
- [5] Institute of Mountain Hazards and Environment, Chinese Academy of Sciences & Minister of Water Resource. Debris Flow in China [M]. Beijing: Science Press, 2000. 60~71. [中国科学院水利部成都山地灾害与环境研究所. 中国泥石流[M]. 北京: 商务印书馆, 2000. 60~71.]
- [6] C.M. Fleischmann (USSR). Translated by Yao Deji. Debris Flow [M]. Beijing: Science Press, 1986. 91~107. (in Chinese) [C.M. 弗莱施曼(苏联)著. 姚德基译. 泥石流[M]. 北京: 科学出版社, 1986. 91~107.]
- [7] Koijirou (Japanese). Translate by Zhong Dunlun. Classification of debris flow [J]. *Hydrology engineering geology*. Chongqing: Chongqing Branch of Science Technique Cultural Heritage Publishing House, 1980, 3: 45~50. (in Chinese) [池谷浩(日). 钟敦伦译. 泥石流的分类[J]. 水文工程地质, 第3辑, 科学技术文献出版社重庆分社, 1980, 3: 45~50.]
- [8] Du Ronghun, Kang Zhicheng, Zhang Shucheng. A trial discussion of debris flow in China[A]. In: Collected Papers of the National Conference on Exchange of Experiences on the Prevention and Control of Debris Flows[C]. Chongqing: Chongqing Branch of Science technique cultural heritage publishing House, 1983. 126~132. [杜榕桓, 康志成, 章书成. 试论我国泥石流的分类[A]. 见: 全国泥石流防治经验交流会文集编审组. 全国泥石流防治经验交流会论文集[C]. 重庆: 科学技术文献出版社重庆分社, 1983. 126~132.]
- [9] Xu Daoming. Genesis of debris flow and its classification[A]. In:

- Memoirs of Lanzhou Institute of Glaciology and Cryopedology, Chinese Academy of Sciences (No. 4)[C]. Beijing: Science Press, 1985, 232~240. [徐道明. 泥石流成因和分类[A]. 见:中国科学院兰州冰川冻土研究所集刊(4)[C]. 北京:科学出版社, 1985. 232~240.]
- [10] Chen Guanxi, Wang Jikang, Wang linhai. Prevention of Debris Flow[M]. Beijing: Chinese Railroad Publishing House, 1983. 48~55. [陈光曦, 王继康, 王林海. 泥石流防治[M]. 北京:中国铁道出版社, 1983. 48~55.]
- [11] Lanzhou Institute of Glaciology and Cryopedology, Chinese Academy of Sciences, and Traffic Science Institute of Gansu Province. Debris Flow in Gansu[M]. Beijing: Publishing House of People's Transportation, 1982. 40~43. [中国科学院兰州冰川冻土研究所、甘肃省交通科学研究所. 甘肃泥石流[M]. 北京:人民交通出版社, 1982. 40~43.]
- [12] Tang Banxin, Liu Shuqing. A Study on Debris Flow and Its Control in Aba Zang and Qiang Autonomous Prefecture of Sichuan Province[M]. Chengdu: Chengdu Science and Technology University Publishing House, 1993. 25~36. [唐邦兴, 柳素清, 主编. 四川省阿坝藏族羌族自治州泥石流及其防治研究[M]. 成都:成都科技大学出版社, 1993. 25~36.]
- [13] Xie Hong, Zhong Dunlun, Wei Fangqiang et al. Information of debris flow and its collection[J]. *Scientia Geographica Sinica*, 2000, 20(5): 474~477. [谢洪, 钟敦伦, 韦方强, 等. 泥石流信息范畴与信息收集[J]. 地理科学, 2000, 20(5): 474~477.]
- [14] Institute of Mountain Hazards and Environment, Chinese Academy of Sciences and Ministry of Water Conservancy. A plan report on comprehensive prevention of debris flow in Ketai Gully, Huairou County, Beijing[R]. 1~63. [中国科学院水利部成都山地灾害与环境研究所. 北京市怀柔县柯太沟泥石流综合防治规划研究报告[R]. 1993年. 1~63.]
- [15] Zhong Dunlun, Xie Hong, Liu Shijian et al. Debris flow in Ketai Gully, Huairou County, Beijing[J]. *Journal of Mountain Science*, 2000, 18(3): 212~216. [钟敦伦, 谢洪, 刘世建, 等. 北京山区柯太沟泥石流[J]. 山地学报, 2000, 18(3): 212~216.]
- [16] Xie Hong, Zhong Dunlun, Jin Huaicheng. Debris flow and landslide disasters control in mountain area of Beijing City[J]. *Bulletin of Soil and Water Conservation*, 2001, 21(6): 37~39, 45. [谢洪, 钟敦伦, 靳怀成. 北京山区泥石流与滑坡防治研究[J]. 水土保持通报, 2001, 21(6): 37~39, 45.]
- [17] Chen Jiahua. Study on characters of debris-flow hazard and present conditions control countermeasures in Beishan Region, Beijing[J]. *The Chinese Journal of Geological Hazard and Control*, 1994, (Supp.): 36~44. [陈家华. 北京北山地区泥石流灾害特点及其防治现状研究[J]. 中国地质灾害与防治学报, 1994, (增刊): 36~44.]
- [18] Geological Institute of Beijing. A report on debris-flow hazard investigation and its control countermeasures in Beishan Region, Beijing[R]. 1993. [北京市地质研究所. 北京市北山地区泥石流灾害调查及防治对策报告[R]. 1993.]
- [19] Wang Lixian, Yu Zhimin. Prediction on Damage of Mountain Torrent and Debris Flow[M]. Beijing: Chinese Forestry Publishing House, 2001. 31~38. [王礼先, 于志民. 山洪及泥石流灾害预报[M]. 北京:中国林业出版社, 2001. 31~38.]
- [20] Institute of Mountain Hazards and Environment, Chinese Academy of Sciences and Ministry of Water Conservancy, Soil and Water Conservation Station of Miyun County, Beijing. A plan report on debris flow disaster relief of Fanzipaixi Gully in Miyun County, Beijing[R]. 1994. 1~61. [中国科学院水利部成都山地灾害与环境研究所, 北京市密云县水土保持工作站. 北京密云县西沟泥石流减灾工程规划报告[R]. 1994. 1~61.]
- [21] Xie Hong, Zhong Dunlun. An approach on debris flow disaster relief plan of Fanzipaixi Gully in the Mountain Area of Beijing[J]. *Journal of Mountain Science*, 2001, 19(6): 560~564. [谢洪, 钟敦伦. 北京山区西沟泥石流减灾规划探讨[J]. 山地学报, 2001, 19(6): 560~564.]
- [22] Tu Xiaofan. Synthetically control of debris-flow in Fanzipai West Gully, Beijing City[J]. *The Chinese Journal of Geological Hazard and Control*, 1994, (Supp.): 332~338. [涂晓方. 北京番字牌西沟泥石流综合防治[J]. 中国地质灾害与防治学报, 1994, (增刊): 332~338.]
- [23] Wei Jinlian, Dong Guizhi, Zhao Bo. Relationship between activity periods of modern mud-rock flow and storm in the mountain areas of Beijing[J]. *The Chinese Journal of Geological Hazard and Control*, 1994, 5(4): 48~53. [韦京莲, 董桂芝, 赵波. 北京山区近代泥石流活动规律及暴发周期分析[J]. 中国地质灾害与防治学报, 1994, 5(4): 48~53.]
- [24] Zhang Chunshan. Dangerous character assessment of mud-rock flow disaster in the Mountain of Beijing[J]. *Journal of Geology Disaster and Environmental Protection*, 1995, 6(3): 33~40. [张春山. 北京地区泥石流灾害危险性评价[J]. 地质灾害与环境保护, 1995, 6(3): 33~40.]
- [25] Xie Hong, You Yong, Zhong Dunlun. A typical man-made debris flow in the upper reaches of Changjiang River[J]. *Mountain Research*, 1994, 12(2): 125~128. [谢洪, 游勇, 钟敦伦. 长江上游一场典型的人为泥石流[J]. 山地研究, 1994, 12(2): 125~128.]
- [26] Wang Yuncai and Guo Huancheng. Mountain landscape ecosystem construction and landscape planning of western Beijing area[J]. *Journal of Mountain Science*, 2003, 21(3): 265~271. [王云才, 郭焕成. 北京西部山地景观生态整治与景观规划[J]. 山地学报, 2003, 21(3): 265~271.]

Classification of Debris Flow in the Mountains of Beijing

XIE Hong, ZHONG Dunlun, WEI Fangqiang, WANG Shige

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

Abstract: According to practical and easy criterions about characteristics, classification of debris flows in Beijing mountains has been established, which will play a vital role underlying the prevention and control of debris flow disasters. Debris-flow sites including gullies and slopes found in mountains of Beijing are 705, which can be divided into the following seven criterions: 1. Classification by geomorphology, there are 57 river-type debris flows, 534 gully-type debris flows, 114 slope-type debris flows; 2. Classification by the scale of occurrence, there are 51 large-scale debris flows, 490 middle-scale debris flows and 164 small-scale debris flows. 3. Classification by properties of the fluid, there are 30 viscous debris flows, 539 sub-viscous debris flows and 136 intermediate debris flows. 4. Classification by the evolution, there are 296 debris flows of developing stage, 343 of active, 66 of decline. 5. Classification by harm to human, there are 117 debris flows of the most serious danger, 225 of the second serious, 161 of medium and 172 of slight. 6. Classification by frequency, there are 166 debris flows with moderate frequency and 539 with low frequency. 7. Classification by the relation between formation and human activities, there are 36 man-made debris flows and 669 nature debris flows.

Key words: debris flow classification; classification principle; classification criteria; debris flow type; the mountains of Beijing

资料讯

黄河源头历史上首次断流

黄河孕育了中华民族 5000 年的灿烂文明,是中华民族的母亲河”。扎陵湖和鄂陵湖作为黄河源头最大的一对“姊妹湖”,造就了黄河汹涌东去、一泻千里的宏伟壮观,然而自 2003 年 12 月以来,黄河源头鄂陵湖出水口出现历史上首次断流。

20 世纪末,黄河已出现多次断流,最早一次出现在 1972 年。此后 26 年间,有 21 年断流,其中从 1990~1998 年,黄河年年断流,1997 年断流多达 7 次 226 天,断流河段 704km,此次黄河源头断流,无疑给源头地区生态环境问题再次敲响了警钟。

(凤蝉月)