

文章编号: 1008-2786-(2006)1-079-09

# 我国山区城镇泥石流灾害及其成因

谢洪<sup>1</sup>, 钟敦伦<sup>1</sup>, 韦方强<sup>1</sup>, 李泳<sup>1</sup>, 马东涛<sup>1</sup>, 杨坤<sup>2</sup>

(1. 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;

2 北京市水土保持工作站, 北京 100036)

**摘要:** 我国受泥石流危害与威胁的县级及以上城镇达 150 余个, 分布在 20 个省级行政区及特别行政区内, 占省级行政区划总数的 58.82%。灾害具有如下特征: 城镇人口密度大, 建筑物多, 财产集中, 因而泥石流的成灾率高, 造成的人员伤亡多、财产损失重, 并严重地制约了城镇及辐射区的经济发展。造成灾害的主要原因: 受山区地形条件的限制, 城镇选址困难, 一些城镇不得不设在泥石流活动区; 一些新建城镇选址时对泥石流的危害性认识不足, 设在了泥石流危险区; 在相当长的一段时间里, 山区城镇发展缺乏合理规划和相应的防灾规划; 与泥石流争地及破坏生态环境等不合理的人类经济活动增多, 增大了泥石流的危害范围、活动规模与活动频率; 防灾工程标准较低等。城镇泥石流灾害的防治应从其特征与成因着手进行。

**关键词:** 城镇泥石流; 灾害; 成因; 特征; 危害方式

**中图分类号:** P642.23

**文献标识码:** A

城镇泥石流灾害, 是指泥石流对城镇居民的生命与财产、生活和生产活动及城镇建设与发展造成的损害或不利影响。

世界山地国家有不少城镇遭受过泥石流的危害。仅前苏联境内就至少有 50 余座城市受泥石流危害<sup>[1]</sup>, 如阿拉木图 (现为哈萨克斯坦国最大城市)、埃里温 (现为亚美尼亚国首都)、杜尚别 (现为塔吉克斯坦国首都)、第比利斯 (现为格鲁吉亚国首都)、比什凯克 (原名伏龙芝, 现为吉尔吉斯斯坦国首都)、阿什哈巴德 (现为土库曼斯坦国首都); 其他国家, 如美国、危地马拉、秘鲁、委内瑞拉、哥伦比亚、瑞士、奥地利、意大利等等, 都有受泥石流危害的城镇, 其中秘鲁、哥伦比亚、委内瑞拉三国分别在上世纪 70、80 和 90 年代发生过泥石流毁灭城镇、致死数万人的大灾难<sup>[1-4]</sup>。

我国山地众多, 城镇泥石流 (含泥流) 问题十分

突出, 且灾情相当严重。分析城镇泥石流灾害的特征与成因, 对于加强城镇泥石流的防治和促进山区开发与经济发展, 都有着重要意义。

## 1 泥石流的分布

据统计, 全国 34 个省、市、自治区、特别行政区中, 有 20 个行政区内分布着受泥石流危害的城镇, 占省级行政区划总数的 58.82%。这些城镇中, 仅县级及以上政府驻地城镇就达 150 余个 (图 1)。其中包括兰州、西宁 (照片 1)、太原、贵阳、拉萨 5 个省会或自治区首府城市及香港特别行政区, 省会驻地城市中的兰州、西宁、太原等均遭受过严重的泥石流灾害; 香港特别行政区城区也曾遭受过严重的泥石流灾害。

据调查, 历史上和建国后的 50 多年中, 山区许

收稿日期 (Received date): 2005-06-17; 改回日期 (Accepted): 2005-11-28.

基金项目 (Foundation item): 中国科学院“九五”重大项目“中国山区城镇泥石流综合防治技术” (KZ951-81-202) 和中国科学院特别支持项目“山地灾害——泥石流滑坡基础研究”第三期。[Important item of Chinese Academy of Sciences “Debris Flow in Mountain Urban Area of China synthesize the prevention technique” (KZ951-81-202) and the special support item of the third stage of Chinese Academy of Sciences “mountain hazards——debris flow and landslide foundation research”]

作者简介 (Biography): 谢洪 (1959-), 男, 四川成都人, 研究员, 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. themountain hazards and their prevention. E-mail: xiehong@imde.ac.cn]

多城镇不同程度地遭受过泥石流危害。如兰州市在 1950~1976 年的 27 a 间, 多次遭受泥石流灾害, 仅泥石流灾害致死的人数就达 300 余人。据不

完全统计, 在建国后的 50 多年中, 我国县级及以上城镇因泥石流致死和失踪的人数已约 1 500 人。城镇泥石流危害的严重性由此可见一斑。

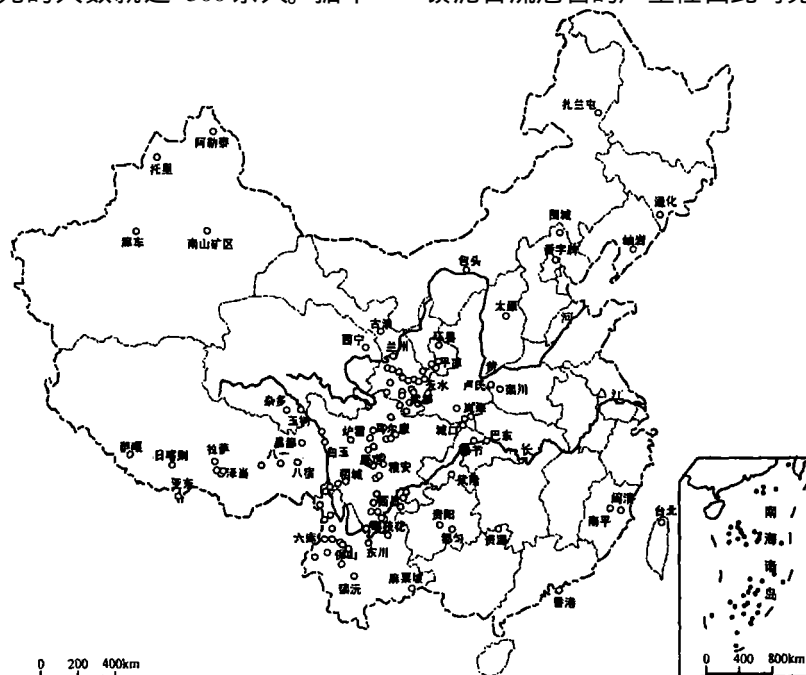


图 1 中国城镇泥石流分布图

Fig 1 Map of urban debris flows distribution in China

## 2 泥石流的危害方式

泥石流具有强大的侵蚀、搬运能力等自然属性, 决定了泥石流以冲撞(击)、淤埋和堵塞等方式对其流经路途上的各种城镇设施进行破坏的能力巨大。

### 2.1 冲毁城镇设施, 危害居民安全

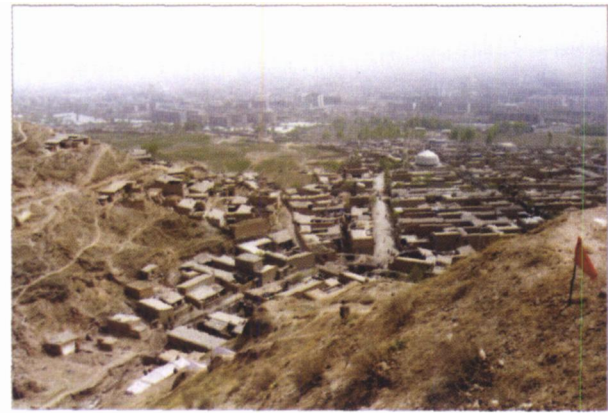
由于泥石流强烈的破坏能力, 往往使城镇一般认为坚固耐用的建筑物也不堪一击, 并造成毁灭性灾害。如四川省九寨沟县(原南坪县)城的关庙沟, 1984-07-18 暴发泥石流时, 流速  $9.2 \text{ m/s}^{[5]}$ , 重度  $21.756 \text{ kN/m}^3$ , 流体中含大量粒径  $2\sim 10 \text{ m}$  的巨石, 沟下游一幢三层楼房一侧自底到顶被削掉, 一建筑物厚  $1 \text{ m}$  的混凝土墙被冲开, 沟侧厚  $1 \text{ m}$  的挡墙也被冲撞出一个长  $14 \text{ m}$  的缺口, 致死 25 人<sup>[5]</sup>; 云南省云龙县城, 1993-08-29 遭狮尾河泥石流危害, 2 座大桥、4 300 余  $\text{m}$  河堤、392 间房屋被冲毁, 导致 157 户居民无家可归; 山西省太原市城区西部, 1996-08-04 虎峪河、风峪河、九院沙河等暴发山洪泥石流, 冲毁房屋 3 455 间、大小桥梁 12 座, 西部城区的供气、供水、供电、通讯等市政设施遭到严重破坏, 死亡和失踪 60 人; 甘肃省卓尼县城 1987-05-23

遭泥石流袭击, 死亡 2 人, 重伤 1 人, 泥石流除将 1985 年为保护县城而修建的  $900 \text{ m}$  排洪堤全部冲毁外, 还冲毁房屋 86 间、围墙  $2\,200 \text{ m}$ 、自来水管  $650 \text{ m}$ 、公路  $600 \text{ m}$ 、高压电路  $7\,200 \text{ m}$ , 直接经济损失 157 万元<sup>[6]</sup>; 2003-08-29 泥石流冲入陕西省宁陕县城区, 除造成 6 人死亡、11 人失踪外, 还冲毁县城汽车站旁边的平房, 并使一座三层楼房南半部被冲垮。

### 2.2 淤埋城镇设施和居民

泥石流运动中, 其挟带的大石块及树干等杂物堵塞桥涵, 导致泥流体超越排洪堤外溢, 使其危害范围增大。如 1965-07-07 甘肃省天水市罗玉沟泥流进入市区后, 泥流中夹杂的麦捆、树干和石块等遇阻, 多处发生流体超越防洪堤外溢, 并冲毁防洪堤, 导致泥流大范围淤埋市区, 泥深达  $0.5\sim 3.4 \text{ m}$ , 造成严重人员伤亡<sup>[6]</sup>; 再如, 1982-08-06 甘肃省文县县城遭关家沟泥石流危害, 县水电局等单位被泥石流席卷而去, 水电局附近一过沟的两孔  $4 \text{ m}$  小桥被泥流体中一块体积约  $8 \text{ m}^3$  的巨石堵塞, 致使泥石流越过沟堤冲入城区, 导致城区  $1 \text{ km}^2$  的区域变成一片泥石滩, 泥深达  $2\sim 3 \text{ m}$ , 许多居民来不及躲避, 被泥石流吞没, 造成 33 人死亡, 100 多人受伤<sup>[7]</sup>。1972-06-18 香港九龙观塘秀茂坪一个高

40 m 的填塞斜坡因连续降雨发生泥崩, 进而形成泥石流, 淤埋了坡下多座房屋, 致使 71 人死亡。



照片 1 西宁市小西沟泥石流曾对一颗印新村造成严重危害

Photo 1 Debris flow of Xiaoxigou in Xining caused serious damage to Yakeyinxincun

泥石流停止运后, 其搬运的大量泥沙石块等固体物质沉积, 对处于沉积区内的城区各种设施产生淤埋危害。据资料<sup>[8]</sup>, 陕西平利老县城于公元 618 年建于东河与北河交汇处, 其中北河为泥石流沟, 县城多次遭受北河泥石流和东河山洪泥沙淤埋危害, 公元 1771 年曾大规模重修老城, 但泥沙淤积不断增高, 县城在建城 1 184 a 后的 1802 年被迫搬迁至现址。1998 年本文作者现场考察时, 老县城旧址已被夷为稻田。



照片 2 西昌东河泥石流严重淤塞城区河道

Photo 2 Debris flow stops the course of river in Xichang city, Sichuan

### 2 3 泥石流堵河阻水危害城镇

当泥石流规模较大时, 流体可穿越主河形成拦河坝, 受阻河水在坝上游形成堰塞湖, 导致沿河城镇被淹没; 坝体发生溃决时则形成造常规洪水, 对下游城镇及各种设施形成水毁灾害。如四川省九寨沟县城的关庙沟 1984-07-18 发泥石流, 除冲毁居民住

房及各种设施外, 还堵断白水江, 形成堰塞湖, 水位壅高达 8 m, 使沿江城区、工厂和机关等被江水淹没, 约 30 m 后堵河坝体溃决, 强大的特殊洪流冲毁下游房屋、道路及农田等, 县城因泥石流堵河及溃坝形成的淹没和水毁造成的经济损失, 占整个泥石流造成的总损失的 80%<sup>[5]</sup>。再如位于白龙江右岸的甘肃省武都县城, 城区上游的东江水沟和下游的北峪河均为泥石流沟, 两沟泥石流多次堵断白龙江, 对城区造成淹没等危害, 仅 20 世纪 80 年代中期就发生两次泥石流堵江事件——1984 年东江水沟和 1987 年北峪河泥石流分别堵断白龙江; 此外, 位于武都县城东 10 km 白龙江下游的甘家沟, 多次发生泥石流堵河事件, 受阻水位上升, 回水淹至县城东部一带, 也对县城安全构成严重威胁。又如西藏自治区波密县境内的米堆弄巴(沟), 1988-07-15 暴发冰川泥石流, 除席卷沟内村落农田, 造成 5 人死亡外, 还堵断帕隆藏布江, 阻塞体上游水位迅速上涨 4 m, 约 2 h 后, 堵塞体溃决, 形成溃决洪水, 最大洪峰流量达  $1\,157.4\text{ m}^3/\text{s}$ , 超过其汇入主河——帕隆藏布江百年一遇的天然洪水流量; 洪水冲毁沿江岸穿行的川藏公路 28.57 km, 洪灾波及到江下游 97 km 外的波密县城<sup>[9]</sup>。



照片 3 1964 年兰州市西固城区曾遭受泥石流严重危害

Photo 3 Xigu of Lanzhou was damaged seriously by debris flow in 1964

## 3 泥石流危害特点

### 3 2 人员伤亡多, 财产损失重

人口密集, 各类建筑物集中, 工商业发达或较发达, 医院、学校、车站、水电及通讯等公共设施和基础设施齐全是城镇具有的基本特征。但城镇本身固有的这些特征, 也导致泥石流的危害对象多, 常出现人

员伤亡多,财产损失巨大的灾难<sup>[11]</sup>。

据不完全统计,我国建国以来的 50 多年中,不同程度遭受过泥石流危害的山区县级及以上城镇达 101个(表 1)。其中不少城镇反复受灾,如表 1中所列,受灾次数在 2 次以上的城镇达 59个,接近我国受泥石流危害或威胁城镇总数的五分之二。部分城镇受泥石流危害的次数达 10余次,如甘肃省的兰州市、武都县,四川省的西昌市(照片 2)、九寨沟县、泸定县,青海省的西宁市等。

由于城镇人口密度大,泥石流易于造成群死群伤的重大灾难。如历史上的明朝嘉靖年间,纸房沟泥流曾毁灭甘肃省平凉市半个城,死亡万余人;1937 年和 1947 年也曾分别造成数百和数十人死亡<sup>[6]</sup>。1964- 07- 20 兰州市西固一带城区遭元托帽沟等 7 条沟大规模泥流袭击(照片 3),造成 200 余人死亡;四川省西昌市最近 200 年来,因东河、西河泥石流灾害死亡的人数累计在 2 000 人以上。仅按表 1 的资料统计,近 200 年来,我国县级及以上城镇泥石流灾害造成的伤亡与失踪人员已超过 4 290 人。

泥石流造成的财产损失十分严重。1965- 07- 07 甘肃省天水市罗玉沟泥流冲入城区,除造成 156

人死亡外,使市区内 20 多个机关单位受重灾,居民受灾户达 1 556 户<sup>[6]</sup>;平凉市 1964- 07- 15 纸房沟泥流毁坏房屋 1 472 间;1996- 08- 04 太原市虎峪河等 3 条沟的山洪泥石流,毁坏房屋 3 455 间,直接经济损失达 2 86 亿元;1998- 08- 14 内蒙古扎兰屯市北窑沟泥石流,使 210 户居民房屋被毁。由此,泥石流造成的财产损失之严重,可见一斑。

表 1 反映了部分城镇泥石流造成的直接经济损失,一次泥石流灾害造成数百万至数千万元经济损失的较为普遍,并有部分城镇一次泥石流灾害造成的直接经济损失就达 1 亿元至几亿元,间接经济损失难以估计。这是山区受泥石流危害城镇的经济与建设难于发展的主要原因之一。

3 3 泥石流成灾率高

危害城镇的泥石流,多发育于流域面积仅几平方公里至几十平方公里的小流域,还有不少沟谷流域面积不足 1 km<sup>2</sup>;其沟谷长度也多在几百米至几公里,而沟床纵坡却较大,多在 100‰~ 400‰。泥石流沿沟谷流程短,具有来势凶猛,破坏力大的特征,因而成灾率高。

表 1 建国以来我国遭受过泥石流危害的部分县级及以上城镇及灾情  
Table 1 County and above towns have been endangered by debris flows in China since 1949

省市自治区 特别行政区	城镇名称	泥石流危害年份及次数	主要灾情
四川	康定	1978~ 1995 3 次以上	1978 年直接经济损失 75 万元, 1995 年损失 5 6 亿元
	泸定	1963~ 1987, 10 次以上	泥石流多次冲毁、淤埋城区房屋、街道
	丹巴	1952, 1977, 1994, 2003 多次	堵塞桥涵, 危害县城
	德荣	1984, 1 次	死亡 7 人, 直接经济损失 600 多万元
	白玉	1955~ 1988, 3 次	危害城区公路、桥梁
	马尔康	1953~ 1995 多次	泥石流多次冲入城区
	茂县	1955~ 1986 多次	泥石流淤埋城区街道、房屋等
	九寨沟县	1956~ 1984, 10 余次	泥石流多次冲入城区, 共致死 45 人、伤 20 人
	金川县	20 世纪 60 年代和 80 年代, 多次	对城区造成危害
	松潘县	1954~ 1988 多次	造成 1 人死亡
	黑水县	1958~ 2004 数十次	泥石流多次淤埋城区房屋、街道
	小金县	1980~ 1991, 多次	1983 年泥石流造成 20 余万元损失
	西昌市	1955~ 1998 近 10 次	近 200 年内死亡人数在 2 000 以上
	德昌县	1992, 1 次	沙湾沟泥石流毁坏房屋数间、桥 1 座, 死亡 1 人
	宁南县	1954~ 1983 多次	百余年内近 100 人丧生
	喜德县	1974~ 1983 多次	泥石流冲埋街道
	普格县	1987, 1 次	不详
	攀枝花市	1979~ 2001, 3 次	泥石流冲毁电厂设施、淤埋公路, 死亡 6 人, 4 人失踪
	雅安市	1979, 1 次	致死 164 人, 直接经济损失数百万元
	宝兴县	1966, 1 次	泥石流进入城区街道
	汉源县	1970~ 1991 多次	近 200 年中死亡近 100 人
重庆	高县	1988, 1 次	死亡 13 人, 伤 74 人, 经济损失 1. 3 亿元
	奉节县	20 世纪 80 年代多次	泥石流冲入城区
	云阳旧县城	2001, 1 次	部分厂房和电力设备被冲毁, 部分城区供电中断

续表 1			
云南	东川区	1961~ 1984 多次	1964年泥石流致死 7人
	南涧县	20世纪 60 至 80年代, 多次	泥石流多次淤埋街道
	云龙县	1993 1次	造成直接经济损失 8 629万元
	六库镇	1989 1次	失踪 1人, 直接经济损失近 900万元
	贡山县	1989 1次	泥石流毁房多处, 直接经济损失 10 万元
	福贡县	1979 1次	泥石流冲入城区
	麻栗坡县	1990 1次	泥石流进入城区
	梁河县	1975~ 1989 多次	泥石流多次冲进县城, 造成危害
	保山市	1979~ 1986 2次	两次泥石流造成直接经济损失 140 多万元
	镇沅县	1962~ 1986 2次	1986年直接经济损失 115 万元
	兰坪县	1979 1次	泥石流迫使县城搬迁
	德钦县	1957~ 1995 近 10次	直接经济损失 1986年 15万多元, 1988年 40多万元
甘肃	维西县	1980~ 1990 2次	对城区造成危害
	武都县	50多年来数十次	1984 1987年 2次灾害, 直接经济损失即达 3 000多万元
	文县	1982~ 1993 多次	1982年死 33人, 伤 100多人, 直接经济损失 3 000多万元
	宕昌县	1972~ 2000 多次	泥石流多次冲入城区
	西和县	1959~ 1964 多次	泥石流多次冲入城区, 淤埋街道
	两当县	1981~ 1990 2次	死亡 2人, 直接经济损失 1 200多万元
	礼县	1954~ 1984 6次以上	累计死亡 360多人, 直接经济损失 400万元
	康县	1992 1次	直接经济损失上百万元
	卓尼县	1978~ 1989 4次以上	1987年死 2人, 1989年死 46人, 直接经济损失 1 052万元
	舟曲县	1974~ 1994 5次以上	泥石流多次冲入城区
	迭部县	1991 1次	死亡 2人, 伤 5人, 直接经济损失 1 728万元
	天水市秦城区	1954~ 1965 3次	1965年死亡 156人, 直接经济损失 139. 5万元
	武山县	1983~ 1995 多次	危害城区
	甘谷县	1975 1次	死亡 1人, 直接经济损失 10多万元
	清水县	50多年来多次	不详
	漳县	50多年来多次	累计直接经济损失 5 000多万元
	平凉市	1953~ 1964 3次以上	1964年泥石流毁房 1472间, 直接损失 70余万元
	崇信县	1995 1次	不详
	庄浪县	1988 1次	不详
	环县	1986~ 1990 5次以上	累计直接经济损失 1 350万元
	镇原县	1976~ 1996 5次以上	1992年泥石流致死 5人, 伤 18人, 直接经济损失 500余万元
新疆	康乐县	近 50年来多次	危害公路及工厂
	和政县	1979 1次	泥沙淤埋城区主街道及县政府大院
	兰州市	1950~ 1976 10余次	累计死亡 300余人, 伤 150多人
	托里县	1987 1次	危害城区, 损失严重
	阿勒泰市	1959~ 1994 近 10次	造成直接经济损失 5 000余万元, 1990年死亡 3人
	乌鲁木齐市南山矿区	1957~ 1990 10余次	造成 13人死亡, 7人重伤, 直接经济损失近 1 000万元
	乌鲁木齐市	1994 1次	后峡水源地受泥石流危害, 直接影响城区供水
	阜康市	1996 1次	死亡数十人
	库车县	1958 1次	死亡 200多人, 县城被毁, 迁址重建
	卢氏县	1953~ 1995 多次	多次危害城区
河南	宜阳县	1996~ 08~ 02 1次	李沟河泥石流危害县城, 经济损失 3亿多
辽宁	栾川县	1953~ 1994 多次	多次危害城区, 累计死亡 10人
	岫岩县	1987 1次	直接经济损失 4 000余万元
湖北	巴东县	1991 2003 2次	死亡 5人, 重伤 53人, 直接经济损失 5 000万元
	兴山县	2001~ 08~ 09 1次	泥石流堵塞城区下水道, 县城积水深 1 m
广西	资源县	1983 1次	死亡 60人, 直接经济损失 282万元
广东	深圳市	2005~ 08~ 20 1次	泥石流淤埋盘山公路, 影响交通
福建	闽清县	2002 1次	100户 400多人及一食品公司仓库受灾, 损失 ≥1 000万元
	南平市	2005 多次	南平市化纤厂生活区居民受灾, 死亡 1人
青海	玉树县	1984~ 1987 3次	1987年泥石流造成直接经济损失 20多万元
	西宁市	1953~ 2001 18次	多次淤埋和冲毁城区街道、房屋等
	杂多县	1999 1次	造成直接经济损失 1 200万元
陕西	宁陕县	2003 1次	6人死亡, 11人失踪, 大量房屋被冲毁, 街道被淤埋
	黄陵县	2000 2001 2次	1人死亡, 3人受伤
山西	太原市	1996 1次	死亡和失踪 60人, 直接经济损失 2. 86亿元
	保德县	1992 1次	康家塔沟泥石流淹没县城, 死亡 10人
内蒙古	包头市	1989~ 1998 3次	1994年泥石流淤埋包钢水源地, 直接经济损失 1亿多元
	扎兰屯市	1998 1次	210户民房被毁, 约 6 000居民紧急转移
贵州	都匀市	1987 1次	工厂被淤, 直接经济损失 250万元
	贵阳市	1996 1次	危害城区公路
西藏	拉萨市	1974~ 1987 多次	危害城市北郊
	泽当镇	多次	危害城区
	八一镇	1991 1次	危害城郊及公路, 造成电站毁坏, 全镇停产
	八宿县	1950年以来, 多次	淤埋房屋, 冲毁水渠及耕地
	波密县	1985 1次	上游泥石流堵河溃坝后山洪形成的间接危害
	昌都县	1997 1998 2次	危害卫生学校、昌都南路等
	隆子县	1999 1次	县城 1. 93万人用水、用电中断。
	芒康县	近 10年来多次	淤埋城区街道
	察雅县	多次	2004~ 06~ 28城区街道、商店被淤, 经济损失 100多万元
吉林	通化市	1998 1次	淤埋城区街道, 经济损失 2亿元
北京	番字牌乡	1989~ 1991 2次	累计造成经济损失 841万余元, 死亡 3人
河北	围城县	1970年以来, 16次	不详
台湾	台北	2001	淡水、三芝和北投 5人死亡、2人失踪, 27人受伤
香港		1972 1993 2005 多次	1972年死亡 71人, 2005年死亡 1人

新疆维吾尔自治区阿勒泰市依山而建,建国以来,穿城而过的将军沟、园艺场沟等多条沟共发生10多次泥石流,每次泥石流过境都给城市造成不同程度的危害,1959、1984、1989、1990、1993年5次大规模泥石流灾害给城市造成的危害尤其严重,其成灾率几乎达到百分之百。据甘肃省科学院地质自然灾害防治研究所1998年对甘肃省兰州市、天水市、平凉市、武都县、武山县、卓尼县、礼县、环县、宕昌县、文县、迭部县11个市县的不完全统计,1951年以来共发生泥石流209次,成灾的为153次,平均成灾率达73.2%。

### 3.4 泥石流危害一般限于城区局部范围

城镇泥石流的危害范围一般仅限于其流通和堆积区,故其灾害范围都在城镇较低的位置。因此,泥石流对城镇的危害大多也只限于泥石流沟道及两侧的局部区域,虽然也有泥石流导致全城被淹的例子(如新疆阜康市后山沟,红山水库1996-07-22溃决形成溃坝泥石流,造成市区全部被淹等),但这种极端事例相对较少。对于大多数城镇来说,泥石流主要对城区的局部范围造成直接灾害。这一点与地震、洪水等的危害范围相比,要小得多。

### 3.5 严重制约城镇及辐射区经济发展

县城及以上城镇往往是当地的区域政治、经济、文化、交通、商贸中心,城镇的级别越高,这种中心地位愈加突出。因此城镇泥石流灾害,不仅使受危害城镇本身遭受严重损失、对社会稳定造成威胁,而且对其辐射区域的经济发展也带来很大的负面影响,阻碍当地区域经济发展。如云南东川市(原为省辖市,1988年改为昆明市东川区)为建国后新设立的市,几十年来平均每年因泥石流造成的经济损失、抢险救灾及灾害整治费用就达 $250 \times 10^4$ 元,按1985年该市全部工业生产总值 $12\,274 \times 10^4$ 元计算,仅泥石流灾害一项的经济损失和经费支出,就占当年全部工业生产总值的2%以上。泥石流灾害使东川市背上了一个沉重而长期的包袱,严重地制约着东川市的发展<sup>[10]</sup>,其所辖乡、镇的经济发展也受到严重影响,长期处于贫穷落后状态。

## 4 泥石流危害原因

### 4.1 山区城镇选址困难

山区,尤其是西部青藏高原边缘的高山峡谷山地,受地形条件限制,很难找到开阔平坦的地方设立

城镇,山谷下部主河侧的滩地或泥石流沟口的泥石流堆积扇,因地势较为平坦开阔,依山傍水,气候及交通条件相对较好,便成为设立城镇的首选用地。但其位置低,一旦泥石流活动,往往首当其冲,成为泥石流的危害对象。建国后,云南省因泥石流滑坡危害严重,于20世纪80年代撤消了碧江县,搬迁了兰坪县和镇沅县。历史上云南省的德钦、巧家,四川省的南坪(现九寨沟)县,甘肃省的武都县(照片4)等,都因泥石流危害搬迁过县城,其中南坪县曾两度搬迁过县城,但因选址困难,搬迁后的县城仍未脱离泥石流危险区。长江三峡工程移民迁建点实行“就地后靠”为主的方法,因难于选到供城镇建设所需的理想地块,部分新城区同样面临泥石流威胁,如迁建后的巫山县新城区西部,就受到田家沟泥石流危害的威胁。这是城镇泥石流危害频繁的基本原因。

### 4.2 新建城镇选址不当

由于对泥石流缺乏认识,建国后我国山区新建立的城镇,有的设在了泥石流活动区内。如云南省东川历史上就是我国著名的铜都,建国后设立为东川市,1958年东川市因发展需要而搬迁出汤丹镇时,新城址选在小江上游右支流——大白河右侧的新村。这里为石羊沟、尼拉姑沟、深沟、田坝干沟和祝国寺沟5条沟泥石流形成的泥石流堆积扇裙,这几条沟的泥石流均处于活跃期,活动较为频繁。因对泥石流危害的严重性认识不足,东川市便坐落在了泥石流严重危害区内。新市区设立后不久的1961年和1964年,尼拉姑沟和石羊沟等相继暴发泥石流,对市区造成严重危害。泥石流冲毁民房,毁坏汽车站,淤埋汽车10余辆,造成8人死亡,21人受伤。由此城镇选址不当,给城镇的安全带来后患,不得不花费巨资来防治泥石流<sup>[10]</sup>。1952年设立的四川省黑水县(照片5),情况也与之类似。这类城镇,尽管后来花费了大量资金进行泥石流防治,但并没有从根本上解除泥石流对城区的威胁与危害。同时,因选址不当也给城市建设和经济发展埋下隐患。教训可谓十分深刻!

### 4.3 城镇发展缺乏合理规划与防灾意识淡薄

城镇建设初期,因人口较少,大多居住在泥石流扇上较高处或山麓较高的位置上,或距沟道较远处,除大规模泥石流活动外,一般不易受灾或灾害较轻。但随着城镇人口的不断增加和城镇规模的不断扩大,泥石流的危害对象逐渐增多。特别是随着山区经济与建设的蓬勃发展,人口增长迅速,以四川省凉





照片 4 处于北峪河泥石流等威胁与危害下的甘肃武都县城

Photo 4 Wudu County Town suffered debris flow disasters many times from Baiguhe Ravine

山彝族自治州西昌市为例,全市辖 36 个乡镇,总人口 54 009 万人,从 1957 年到 1998 年,人口数量平均每年以 1.65% 的速度增加,而相应耕地数量却以每年 0.256% 的速度在减少<sup>[12]</sup>。人口增加的同时,山区城镇建设也得到快速发展,城区范围日益扩大,现在的山区县级城镇的城区面积,与新中国成立时相比,普遍扩大了 2~3 倍,有的甚至更多。然而在相当长的时期内,多数山区城镇建设缺乏统一规划指导,再加上过去防灾意识较淡薄,即使有城建规划,往往也缺乏配套的防灾规划,导致城镇建设不合理现象不断发生,如把房屋等建筑物修建在低洼处、沟道边、沟道内等泥石流严重危险区,有的甚至严重堵塞泥流通渠道,使城镇的道路、房屋布局极不合理。泥石流来临,必然要造成严重灾害。如四川省康定县城的菜园子沟、椒子杠沟、白骨塔沟、母猪龙沟、瓦厂沟等泥石流沟口都建满房子,多次发生严重灾害<sup>[13, 14]</sup>。类似情况,在山区城镇极为普遍,并有过无数惨痛教训。再如盆地型城市贵阳,随着城建用地的扩展,各种城市建设向盆地周边的山地斜坡发展,1996 年城区的筑春路、松山村、沙冲路等多处地段发生滑坡泥石流<sup>[15]</sup>。

因此,城镇发展缺乏合理规划和防灾意识淡薄,是山区城镇泥石流危害严重的另一个重要原因。需要特别强调的是,山区的自然环境容量有限,尤其是高山峡谷区可供城镇建设的用地十分有限,城镇的发展必须与山地环境相适应,并严格控制建设的规模,切忌不顾自然条件的盲目扩大城镇,对占地较多的工业建设更应慎之又慎,避免向山地灾害危险区发展<sup>[16]</sup>,这对于减轻城镇泥石流的危害极为重要。

#### 4.4 不合理的人类经济活动增多

随着山区城镇人口增长,城镇经济发展与城镇规模扩大,人类在泥石流沟下游与泥石流争地的同时,也不断向沟上游争地和破坏。一方面不适当的削坡、开山采石、随意排放采矿弃渣、陡坡开荒种地、大量砍伐森林等破坏山坡稳定性的现象不断发生,导致生态环境恶化,水土流失加剧,促进泥石流活动性增强,另一方面环山而建的引水渠因渗漏而诱发滑坡,甚至直接诱发泥石流。凡此种种,人为地增大了泥石流的活动规模与活动频率,加大了泥石流的危害范围。如兰州市徐家湾一带的泥石流沟,因沟内开山采石导致泥石流频繁发生,给沟口的居民、工厂和公路多次造成危害;四川康定、茂县、汉源、喜德、金川、黑水等县城泥石流沟内均曾有过陡坡开荒种地及毁坏林木的现象,及挤占沟道、压缩过流断面等现象。人类经济活动不当,也是泥石流危害严重性增加的原因之一。



照片 5 芦花沟泥石流威胁四川黑水县城安全

Photo 5 Debris flow of Luhuaogou threatens safety of Heishui city

#### 4.5 防灾工程标准较低

20 世纪 90 年代之前,受我国国力及山区经济发展程度限制,山区城镇的承灾能力极弱,除少数城镇实施了泥石流防灾减灾工程措施以外,多数城镇并没有真正意义上的防御泥石流工程,仅为标准较低的防洪工程(设防标准一般为 20 a 一遇,边远地区有的还达不到)。而不少造成灾害的泥石流,其频率都较低,一旦暴发则规模较大,往往超过设防标准。这就导致了多数城镇在泥石流面前易损性大,成灾率高。90 年代后,这种状况有较大改观。

## 5 结论

我国受泥石流危害与威胁的县级及以上城镇达150余个,小城镇则更多,分布在20个省级行政区及特别行政区内。城镇人口密度大,建筑物多,财产集中,因而泥石流的成灾率高,造成的人员伤亡多、财产损失重,并严重地制约了城镇及辐射区的经济发展;受山区的地形条件限制,城镇选址困难,新建城镇选址不当,城镇发展缺乏合理的建设与防灾规划,不合理的人类经济活动增多,防灾工程标准较低等是造成灾害的主要原因。城镇泥石流灾害的防治应从上述特征与成因着手进行。

致谢:文中部分近年的泥石流灾害资料引自新浪网、新华网,特此致谢。

## 参考文献 (References)

- [1] C. M. ФЛЕЙШМАН СЕМ (Debris Flow) [M]. Translated by Yao Deji Beijing: Science Press, 1986. 17~ 27 [C. M. 弗列施曼著. 泥石流 [M]. 姚德基译. 北京: 科学出版社, 1986. 17~ 27]
- [2] Anders Rapp, Jian Li Rol Nyberg. Mudflow disasters in mountainous areas [J]. *AMBIO*, 1991, 20(6): 210~ 218
- [3] Xie Hong Wei Fangqiang Li Yong *et al*. Debris flow running into sea on the north slope of Avila Mountain in Venezuela in 1999 [J]. *Journal of Natural Disasters*, 2002, 12(1): 117~ 122 [谢洪, 韦方强, 李泳, 等. 1999年委内瑞拉阿维拉山北坡入海型泥石流 [J]. 自然灾害学报, 2002, 12(1): 117~ 122]
- [4] Wei Fangqiang Xie Hong Jose Lopez *et al*. Extraordinarily serious debris flow disasters in Venezuela in 1999 [J]. *Journal of Mountain Science*, 2000, 18(6): 580~ 582 [韦方强, 谢洪, Jose Lopez 等. 委内瑞拉 1999 年特大泥石流灾害 [J]. 山地学报, 2000, 18(6): 580~ 582]
- [5] Tang Bangxin Liu Suqing. Research on debris flow and its prevention and control in Aba Zang and Qiang Nationality Autonomy Prefecture, Sichuan Province [M]. Chengdu: Chengdu Science and Technique University Publishing House, 1993. 116~ 124 [唐邦兴, 柳素清. 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. 116~ 124]
- [6] Lanzhou Institute of Geography and Cryopedology Academia Sinica. Traffic Science Institute of Gansu Province. China Debris flow in Gansu Province [M]. Beijing: The Publishing House of People's Transportation, 1982. 114~ 118 [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. 114~ 118]
- [7] Shi Zhengtao Qi Long. Synthetically control of debris flow in Guanjiagully, Wenxian County Gansu Province [J]. *Mountain Research (new Journal of Mountain Science)*, 1997, 15(2): 124~ 128 [史正涛, 祁龙. 甘肃省文县关家沟泥石流综合治理 [J]. 山地研究 (现山地学报), 1997, 15(2): 124~ 128]
- [8] Li Zhaoshu. Disaster from debris flow and its prevention and control in Shaanxi Province [M]. Xi'an: Cartographic Publishing House, 2002. 187~ 191 [李昭淑. 陕西省泥石流灾害与防治 [M]. 西安: 西安地图出版社, 2002. 187~ 191]
- [9] Institute of Mountain Hazards and Environment Chinese Academy of Sciences & Water Conservancy Ministry. Institute of the Traffic Science the Department of the Tibet Autonomous Region. A study of typical mountain hazards along Sichuan-Tibet Highway [M]. Chengdu: Chengdu Science and Technique University Publishing House, 1999. 42 [中国科学院水利部成都山地灾害与环境研究所, 西藏自治区交通科学研究所. 川藏公路典型山地灾害研究 [M]. 成都: 成都科技大学出版社, 1999. 42]
- [10] Xie Hong Liu Shijian. Zhong Dunlun Problems of debris flow in development of the west China [J]. *Journal of Natural Disasters*, 2001, 10(3): 44~ 50 [谢洪, 刘世建, 钟敦伦. 西部开发中的泥石流问题 [J]. 自然灾害学报, 2001, 10(3): 44~ 50]
- [11] Xie Hong Zhong Dunlun. Discussion on systematical engineering of disaster mitigation of debris flow in mountain urban area [J]. *Journal of Soil and Water Conservation*, 2000, 14(5): 136~ 140 [谢洪, 钟敦伦. 城镇泥石流减灾系统工程刍议 [J]. 水土保持学报, 2000, 14(5): 136~ 140]
- [12] Fang Yiping. Relation analysis between human activities and ecosystem in Xichang [J]. *Journal of Mountain Science*, 2004, 22(Supple): 149~ 156 [方一平. 西昌市社会经济活动与生态建设的关系 [J]. 山地学报, 2004, 22(增刊): 149~ 156]
- [13] Xie Hong Wei Fangqiang Zhong Dunlun *et al*. Mountain hazards and prevention countermeasures in Lu Cheng Town, Kangding County of Sichuan Province [J]. *The Chinese Journal of Geological Hazard and Control*, 1997, 8(1): 83~ 88 [谢洪, 韦方强, 钟敦伦, 等. 四川康定炉城镇山地灾害及防治对策 [J]. 中国地质灾害与防治学报, 1997, 8(1): 83~ 88]
- [14] Xie Hong Zhong Dunlun Wang Shige *et al*. Flood causes in town area of Kangding in 1995 [J]. *Mountain Research (new Journal of Mountain Science)*, 1997, 15(2): 129~ 131 [谢洪, 钟敦伦, 王士革, 等. 1995 年康定城区洪灾成因 [J]. 山地研究 (现山地学报), 1997, 25(2): 129~ 131]
- [15] Su Weici. Changes of land use in Guiyang and the environmental effects [J]. *SCIENTIA GEOGRAPHICA SINICA*, 2000, 20(5): 462~ 468 [苏维词. 贵州城市土地利用变化及其环境效应 [J]. 地理科学, 2000, 20(5): 462~ 468]
- [16] Xie Hong Chen Jie Ma Dongtao. Causes and characteristics of the torrential flood disasters in June 2002 in Foping of Shaanxi [J]. *Journal of Catastrophology*, 2004, 17(4): 42~ 47 [谢洪, 陈杰, 马东涛. 2002 年 6 月陕西佛坪山洪灾害成因及特征 [J]. 灾害学, 2004, 17(4): 42~ 47]



# Debris Flow Hazards and Their Formation Causes in Mountain Urban Area of China

XIE Hong<sup>1</sup>, ZHONG Dunlun<sup>1</sup>, WEI Fangqiang<sup>1</sup>, LI Yong<sup>1</sup>, MA Dongtao<sup>1</sup>, YANG Kun<sup>2</sup>

(1. Institute of Mountain Hazards and Environment, Chinese Academy of Sciences & Water Conservancy Ministry, Chengdu 610041, China;

2. Water and Soil Conservation Station of Beijing City, Beijing 100036, China)

**Abstract** The recent statistics of debris flow in China shows that more than 150 county towns and cities suffer and are endangered by debris flow hazards among which Lanzhou, Xining, Taiyuan, Guiyang and Lhasa et al. 5 capital cities and Hongkong suffer more serious damages of debris flow disaster. Debris flows distribute in 20 provinces, municipalities, autonomous regions and special administrative regions occupying the province class administrative area total amount of 58.82%. Nearly 4 100 peoples are killed in mountain urban area where are county towns and higher level towns than county town during last 200 years. The debris flow in mountain urban area usually generate huge property damages and serious human death and injury because of large population, dense buildings and dwellers, which seriously obstructs the economic development and radiation areas of the cities and towns in China. The destructive forms of debris flow in urban area are washing, destroying and submerging urban establishments, sometimes the backwaters caused by blockage of debris flow dams flood urban area.

The main reason for formation of debris flow disasters in the mountain urban area as follows: (1) confining by the geographic and landform condition in mountain and valley area, it is difficulty to choose suitable and safe position for urban reconstruction and some towns and cities have to establish in the area of debris flow activity; (2) some new towns and cities are set up in dangerous area of debris flow due to not correctly understanding and distinguishing debris flow hazards; (3) the urban reconstruction and development lack the reasonable and scientific urban programming and disaster prevention programming in a long period; (4) with development and expansion of the modern urbanization, the destruction of eco-environment and unreasonable exploring activities of human being also enlarge the dangerous scope, active scale and outburst frequencies of debris flow; (5) standard of urban disaster prevention engineering is lower and the quality and quantity of disaster prevention works are not enough and systematic. Therefore, the prevention of debris flow in mountain urban area should fully consider the characteristics and formation causes of hazards.

**Key words** debris flow in mountain urban area; hazard; formation cause; characteristic; China