

# 山区城镇泥石流灾害风险控制模式探讨<sup>\*</sup>

铁永波, 唐 川

(成都理工大学 地质灾害与地质环境保护国家重点实验室, 四川 成都 610059)

**摘 要:** 受全球气候变化的影响, 灾害性天气频发, 使得山区泥石流危害极为严重。作为人口和经济高度集中的山区城镇也就成为泥石流危害的主要对象。针对山区城镇泥石流危害特征及风险控制现状, 引入地理学中的同心圆理论, 探讨了山区城镇泥石流风险控制的“同心圆模式”, 分析了“同心圆模式”中各风险控制层对灾害风险的控制机制及效应, 提出城镇泥石流风险控制应遵循多层防范、逐级降低的思路, 研究可为山区城镇的减灾管理提供合理的参考。

**关键词:** 山区城镇; 泥石流; 风险控制; “同心圆模式”

**中图分类号:** P642.23   **文献标识码:** A   **文章编号:** 1000-811X(2008)03-0010-05

我国70%以上的国土面积都以山区为主, 而山区又是泥石流活动的主要区域, 因此, 泥石流灾害也就成为制约山区经济建设和发展中的突出问题<sup>[1-5]</sup>。近年来, 在人类为满足自身的生存与需求而不断向自然界索取资源的过程中, 使得山区原本就较为脆弱的生态环境遭到严重破坏, 导致泥石流发生的频率越来越高、成灾越来越严重, 每年因泥石流灾害造成的损失也呈直线上升的趋势。

随着我国西部大开发战略的实施, 我国山区许多初具规模、基础设施较为完善的小城镇已是星罗棋布, 这表示我国城镇化的步伐正在加快。“十五规划”也把城镇化提升为国家发展的重大战略。据预测, 到2010年, 我国的城镇化率将达到70%, 每年转移农村人口约1 000万, 10年中有超过1亿的农村人口落户小城镇, 预计到2050年, 这一数字将达到5.51亿。山区城镇的迅猛发展和城镇人口的高度集中, 使得城镇逐渐成为一个巨大的承灾体, 而与此同时, 山区群众的防灾减灾意识薄弱和防灾减灾设施的不完善使得山区城镇在灾害面前显得无比脆弱, 一旦发生泥石流等地质灾害, 必将造成重大的经济损失和人员伤亡。

## 1 山区城镇泥石流的危害特征

### 1.1 山区城镇泥石流成灾范围广

山区是泥石流的主要活动场所, 泥石流是山

区最主要的地质灾害之一。随着我国西部大开发战略的实施, 山区城镇得到迅速发展, 成为泥石流的主要危害对象。据统计, 我国有29个省(区)、771个县(市)正遭受泥石流的危害, 其中县级以上政府驻地城镇就达150多个, 平均每年泥石流灾害发生的频率为18次/县<sup>[1]</sup>, 其中西部省市的泥石流灾害尤为严重(表1)。

### 1.2 山区城镇泥石流危害严重

城镇泥石流的重灾性主要有两个方面的原因: 一是由于泥石流灾害自身的危害性; 二是山区城镇承灾体的脆弱性。近年来, 山区城镇的迅猛发展和泥石流的频发导致每年因泥石流造成的损失在急剧上升(表2)。据统计, 1975~1984年的10年间, 全国18个省、市、区大范围爆发泥石流, 共死亡2 136人, 毁田0.29万hm<sup>2</sup>, 毁房18.07万间; 中断铁路4 164 h, 造成直接经济损失约16亿元<sup>[6]</sup>。近40年来, 每年因泥石流直接造成的死亡人数达3 700余人; 我国有20条铁路干线途经1 400余条泥石流分布范围内, 先后发生中断铁路运行的泥石流灾害300余起。在我国的公路网中, 以川藏、川滇、川陕、川甘等线路的泥石流灾害最严重, 仅川藏公路沿线就有泥石流沟1 000余条, 先后发生泥石流灾害400余起, 每年因泥石流灾害阻碍车辆行驶时间长达1~6个月<sup>[7]</sup>。

\* 收稿日期: 2007-12-18

基金项目: 教育部高校博士学科专项科研基金资助项目(20060616003)

作者简介: 铁永波(1979-), 男, 云南大关人, 博士研究生, 研究方向: 环境地质、地质灾害防治与评价。

E-mail: tyb038@sina.com

表 1 中国西部山区已查明的受泥石流危害或威胁较为突出的城镇

省、自治区	省级政府驻地城市	地(市)级政府驻地城市	县(区)级政府驻地城市
四川省		西昌市、雅安市、攀枝花市、康定县、马尔康县	炉霍县、巴塘县、泸定县、青川县、九龙县、丹巴县、德格县、德荣县、道孚县、乡城县、白玉县、稻城县、汶川县、茂县、九寨沟县、金川县、松潘县、小金县、黑水县、理县、德昌县、宁南县、喜德县、普格县、会理县、昭觉县、高兴县、石棉县、汉源县、高县、北川县
云南省		六库镇、保山市	东川区、巧家县、大关县、彝良县、漾濞县、南涧县、弥渡县、大理古城、龙县、贡山县、福贡县、永胜县、元江县、梁河县、云县、元谋县、镇沅县、兰坪县、红河县、德钦县、维西县
甘肃省	兰州市	武都县、天水市、秦城区、平凉市、西峰市	文县、西和县、两当县、礼县、康县、徽县、卓尼县、舟曲县、迭部县、临潭县、武山县、甘谷县、秦安县、清水县、张家川县、渭源县、岷县、漳县、通渭县、陇西县、华亭县、崇信县、灵台县、庄浪县、泾县、康乐县、环县、宁县、镇原县、华池县、和政县、兰州市红古区、永登县、皋南县、靖远县、会宁县、古浪县、永昌县
新疆		阿勒泰市	乌鲁木齐南山矿区、阜康市、库车县、托里县
西藏自治区	拉萨市	八一镇、泽当镇、日喀则市	乃东县、琼结县、萨嘎县、亚东县、八宿县、波密县、扎囊县、拉孜县、洛扎县

资料来源:中国统计年鉴,2000.

表 2 我国一些重大泥石流灾害损失统计情况

地名	时间	死亡人数	经济损失	破坏情况
北京密云、怀柔县	1991	28	4.2 亿元	毁坏房屋 806 间、冲毁农田 1 322.9 hm <sup>2</sup>
云南德宏盈江县	1991	11	954.7 万元	房屋毁坏 235 间、毁埋良田 385.9 hm <sup>2</sup>
新疆伊犁巩留县	1991	24	30 万元	冲埋 1 000 多只羊、两辆汽车
云南怒江六库	1992	69	144 万元	毁坏房屋 277 间、冲埋粮食 4 568 kg
陕西汉中略阳县	1992	49	3 152 万元	毁坏房屋 57 间、冲毁农田 13 hm <sup>2</sup>
云南省红河元阳县	1994	50	6 000 万元	冲毁房屋 318 间,毁坏农田 133 hm <sup>2</sup>
贵州安顺开阳县	1995	25	2 亿元	毁坏房屋 774 间、冲毁农田 40 hm <sup>2</sup>
云南昭通彝良县	1995	41	1.3 亿元	毁坏房屋 1 356 间、冲毁农田 4 000 hm <sup>2</sup>
云南文山麻栗坡县	1995	13	1 150 万元	3 万亩农田受灾、房屋倒塌 700 余间
云南大理云龙县	1995	29	820 万元	冲毁房屋 428 间,毁坏农田 104.7 hm <sup>2</sup>
云南红河河口县	1995	17	1.7 亿元	冲毁涵洞、阻断交通、铁路中断
河北承德地区	1996	17	2.8 亿元	承德公路损毁 1/4,大片农田被毁
河北省石家庄	1996	26	9 426 万元	冲毁房屋 950 间,冲毁耕地 76.7 hm <sup>2</sup>
广东省广州从化市	1997	72	3.5 亿元	冲毁公路 35km、破坏桥涵 30 余座
广东省广州花都市	1997	16	1.2 亿元	1 070 间房屋倒塌,冲毁农田 266.7 hm <sup>2</sup>
云南昭通鲁甸县	1997	19	7 979 万元	冲毁大片农田和房屋
云南怒江泸水县	1997	25	1 000 万元	多间房屋被毁、矿山设施损失严重
云南大理云龙县	1998	18	8 629 万元	冲毁房屋 8 288 间,农田 0.8 万 hm <sup>2</sup> 、公路桥梁 62 座;电站受损 11 个

资料来源:中国统计年鉴、云南减灾年鉴 1991~1998.

### 1.3 山区城镇泥石流危害影响大

从自然环境条件看,泥石流灾害会给山区的自然环境造成严重的破坏,使得山区生物多样性丧失,生态系统平衡遭到破坏,从而导致环境恶化,为泥石流的孕育提供了有利条件,在很大程度上阻碍山区的发展。对社会而言,由于城镇人口、建筑的高度集中,泥石流巨大的致灾能力往

往会对社会造成巨大的冲击,灾后的城镇满目疮痍、一片废墟。加之没有预警设施,灾害工程防护、快速的应急响应系统及城镇建筑的抗灾强度较弱,泥石流发生后,灾情往往不能在第一时间得到控制,造成一系列的次生灾害,如瘟疫、火灾、化学物泄漏等。对居民而言,泥石流历来都被蒙上一层神秘的色彩,如泥石流在民间被称为

“走蛟”、“出龙”等<sup>[7]</sup>。由于缺乏对泥石流的正确认识,居民的防灾意识较为淡薄,往往会对他们造成严重的心理影响,从而影响社会的稳定。

## 2 我国山区城镇地质灾害风险控制现状

随着近年来山区城镇化进程的加快,山区城镇成为人口、经济高度集中的区域,成为山区经济发展的辐射中心。而与此同时,受全球气候变化的影响,山区地质灾害爆发的频率、规模及范围都有明显的增大趋势,山区城镇地质灾害显得尤为突出,已经引起有关部门的高度重视。2004年十届全国人大二次会议期间,全国人大代表提出多个议案,建议制定紧急状态法,加强突发事件应急管理,其中就有强调加强山区城镇地质灾害风险控制和应急管理研究的内容;2005年5月23日在安徽合肥召开的“全国救灾应急预案工作会议”也提到山区城镇地质灾害风险控制和应急管理的研究<sup>[8-11]</sup>。

我国很多省市都编制了相应的公共突发事件、防震及防洪等预案<sup>[12-15]</sup>。目前我国应急预案编制工作包括《国家突发公共事件总体应急预案》和25件专项预案,80件部门预案,共计106件,基本覆盖了我国经常发生的突发公共事件的主要方面<sup>[8-9]</sup>。此外,我国省级突发公共事件总体应急预案的编制工作也已完成,许多市、区(县)也制定了具有针对性的应急预案<sup>[16-20]</sup>。虽然如此,但多数的应急管理也只针对一些大城市的少数灾害种类,而对山区城镇地质灾害应急管理的研究或管理模式的应用可以说是微乎其微。

目前我国山区城镇地质灾害的风险管理与控制还有很多亟需解决的地方,存在的问题主要有以下几点:一是应急管理具有明显的区域性,主要表现在灾害风险的管理与控制只在一些大城市开展,对山区城镇灾害的风险管理研究重视不够;二是山区城镇风险控制途径的单一性,山区城镇的风险控制一般都仅局限于工程控制,即通过一系列工程措施降低灾害的风险,而其它辅助性的措施基本没有;三是地方财政用于防灾的预算经费少,这就使得许多风险控制措施不能得以实施,不能让灾害风险得到有效控制;四是对灾害防御知识的教育与宣传力度不够,这很难提高公众的安全防范能力,让他们在灾害发生时能够自救和参与救灾<sup>[21-23]</sup>。

建立行之有效的山区城镇灾害管理和运行机制需要当地政府部门发挥主导作用,在重视防灾投入的同时还需要建立有效的应急响应体系,尽可能将灾害所造成的风险降低到最小,尽力拓宽群策群防渠道,让更多的非政府组织和民众共同参与地质灾害防范。

## 3 城镇泥石流风险控制模式探讨

### 3.1 同心圆理论概述

同心圆理论是由美国地理学家伯吉斯(E. W. Burgess)于1925年首次提出,他在对芝加哥城市土地利用空间结构分析的基础上,引用生态学中的入侵-承继(Invasion - succession)概念来解释土地利用在空间上的排列形态,从而总结出城市土地功能区的同心圆理论<sup>[24-25]</sup>。其基本模式为:城市各功能用地以中心区为核心,自内向外作环状扩展,共同形成同心圆用地结构。从城市中心向外缘依次顺序为:中心商业区(CBD);过渡地带(Zone of Transition),是围绕市中心商业区与住宅区之间的过渡地带;工人住宅区(zone Of Workingmen's Homes);高收入阶层住宅区(zone of Better Residences);通勤人士住宅区(Commuter's Zone)。伯吉斯的同心圆理论主要是基于对土地利用模式进行的动态分析,他认为,当城市人口的增长导致城市区域扩展时,第一个内环地带必延伸并向外移动,入侵相邻外环地带,产生土地使用的演替,英国城市经济学家 K. J. Button 将此现象称为“渗透”;A. W. Evans 则称为“过滤”(Filter Down)。

### 3.2 城镇泥石流风险控制的“同心圆模式”

有效的灾害风险管理是山区城镇减灾最为有效、但同时也是最为薄弱的环节。由于我国城镇的迅速发展,山区人类及经济活动中心逐渐向城镇转移,使得城镇在灾害面前显得极其脆弱,对城镇的防灾减灾带来了新的考验。与此同时,人们对防灾意识的淡薄、防灾减灾资金投入少、城镇防灾减灾配套设施落后等现状远远满足不了山区城镇灾害防御的要求,成为目前山区城镇发展中的一大突出问题,因此,探索山区城镇的风险管理模式具有重要的实际意义。

地理学中的同心圆理论提出了“入侵”的概念,这与灾害中的风险入侵具有较为相似的地方,不同的是,地理学中提出的“入侵”是指城市功能区由内向外入侵,它是属于区域层次上的,即空间层面上的由内向外。而提到降低风险的“同心圆模

式”是由外向内“入侵”,它是指灾害所造成的风险对承灾体的“入侵”,且这里的由外向内不像前者那样是空间层面上的,而是抽象的概念模式,不具有区域性。

灾害风险管理的“同心圆模式”是指通过每一个风险控制层(工程或决策措施)后,灾害所造成的风险将逐层降低,让风险对承灾体的“入侵”最大程度地降低,使得在同心圆最里层的承灾体所承受的风险最小(图1)。对承灾体而言,这些风险控制层如同多个保护层,对承灾体起到层层保护的作用,每增加一个保护层,承灾体所承受的风险将会降低一定的级别。如图1所示,箭头的大小与风险的大小成正比,每通过一个控制层,箭头将得到一定程度的减小。通过每一个风险控制层(第一控制层至第四控制层)后,灾害所造成的风险( $R_{\text{总}}$ )将得到明显降低,其逐渐降低的趋势可表示为: $R_{\text{总}} > R_1 > R_2 > R_3 > R_4 > R_5$ ,这里的 $R_{\text{总}}$ 表示因灾害所带来的所有潜在风险; $R_1$ 、 $R_2$ 、 $R_3$ 、 $R_4$ 分别表示通过该风险控制层后被降低过后的风险。

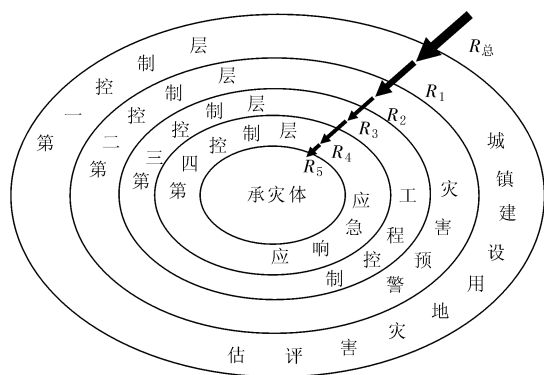


图1 灾害风险控制的“同心圆模式”图

从理论上讲,风险不可能降低到零,有: $R_1 + R_2 + R_3 + R_4 + R_5 < R_{\text{总}}$ 。随着人们对灾害的认知程度增加和一些新技术方法的应用,对灾害的风险控制途径也会越来越多,风险控制层的层数也会增加。一般情况下,风险控制层数越多,承灾体所遭受的潜在风险就会越小,灾害所造成的潜在损失也就会越小。通过风险控制后的承灾体所承受的潜在风险( $R'$ )也可以表示为:

$$R' = R_{\text{总}} - (R_1 + R_2 + R_3 + \dots + R_n)。$$

### 3.3 城镇泥石流风险控制思路探讨

对山区城镇而言,由于受各种客观原因的影响,对泥石流的风险控制途径相对较为单一,多体现在工程措施上,如修建泥石流拦挡坝、排导槽等。由于人们对泥石流没有足够的认识,在一

定程度上就造成了人们对工程措施的过分依赖,从而放松警惕。当工程措施的使用年限到期后,泥石流的潜在风险就会增大,尤其是对于低频泥石流而言,如100年一遇或频率更低的情况下,工程措施有可能从修建到使用失效后都不会遇到一次泥石流的爆发,而这又是最不易引起人们重视的地方,一旦爆发泥石流,极易造成严重的危害。因此,山区城镇泥石流风险控制需要有多层防范,逐级降低的思路。

(1) 城镇泥石流风险的多层防范 由于城镇的特殊性,受泥石流危害的对象密度大、类型多样,加之泥石流的破坏性强,要对其进行有效的风险控制需要有多层化的防治措施,而不是仅仅依靠某一种防范措施。最有效的防范应从泥石流的发育、形成、暴发等方面入手,如在泥石流沟上游减少砍伐、放牧、开采等有利泥石流发育的人类活动,从根本上控制泥石流的发育。还要对泥石流进行工程防治措施,控制或减少泥石流暴发后造成的危害。同时,应急响应措施也要相应开展,当灾害不可避免地发生后,能通过应急响应措施将灾害造成的损失降低到最小,做到多层防范措施相结合的方式,从而有效控制泥石流的风险。

(2) 城镇泥石流风险的逐级降低 泥石流风险的逐级降低主要是通过各种风险控制措施来实现,一般情况下,控制措施越多,承灾体所承受的风险就会越小。但有了多层的控制措施并不表示风险就能得到有效降低,这需要对各种防范措施进行效能评价,即每一个控制层能在多大程度上降低灾害的风险,哪一个风险层是最有效的控制途径?而这又涉及到多方面的因素。但就目前而言,尽可能多地建立起系统的风险防范机制及有效的控制层能在很大程度上降低泥石流所造成的潜在风险。

## 4 结论与讨论

由于对山区城镇地质灾害的重视不够,许多有针对性的风险管理研究较少,还没有形成系统的模式,文中只提出了城镇泥石流风险控制的概念模式,许多内容还需要补充和完善,该方法的合理性也需要通过一些实例来验证。今后还需继续深入开展研究的内容主要有两个方面:

(1) 需要对风险控制层的完善和细化进行更深入的分析。文中“同心圆模式”的控制层只是目前山区城镇风险控制中常见的几个主要内容,这些

内容也可能会因为不同城镇的实际情况而有所差异。同时,各个风险控制层又包含了更多的次一级风险控制层,还需进一步分析各层的细化内容、作用及风险控制效益。

(2) 对各个风险控制层的效能进行量化研究。其主要目的是通过定量计算来确定每个风险控制措施对风险的控制程度,即通过某种控制措施后,能把总的风险降低到百分之几?经过多层的风险控制和风险被逐级降低后,承灾体最后可能承受的潜在风险有多大?占总风险的百分之几?这对评价山区城镇的减灾效应具有重要的作用。

## 参考文献:

- [1] 谢洪,钟敦伦,韦方强,等.我国山区城镇泥石流灾害及其成因[J].山地学报,2006,24(1):79-87.
- [2] 金磊.城市灾害学原理[M].北京:气象出版社,1997.
- [3] 黄助海.建立城市灾害预警和治救体系的一些看法[J].中国减灾,2000,10(3):12-13.
- [4] 唐川.城市减灾研究综述[J].云南地理环境研究,2003,15(3):1-6.
- [5] 沈荣芳,沈伟华.国外城市建设中的若干减灾对策[J].灾害学,1992,7(1):67-70.
- [6] 王绍玉,郝春新.关于推进防灾减灾与提高城市可持续发展能力的思考[J].国际地震灾害动态,2000,(3):4-7.
- [7] 唐邦兴.中国泥石流灾害[M].北京:商务印书馆,2002.
- [8] 吴宗之,刘茂.重大事故应急救援系统及预案导论[M].北京:冶金工业出版社,2003.
- [9] 杨马俊,续新民.我国灾害现代管理模式的构想[J].灾害学,2004,19(4):83-88.
- [10] 金磊.中国城市综合减灾的未来学研究[J].灾害学,2005,20(1):116-120.
- [11] 李客荣.我国应急体系建设中的问题探讨与对策[J].中国安全生产科学技术,2005,1(5):52-55.
- [12] 刘铁民.应急体系建设与预案编制[M].北京:企业管理出版社,2004.
- [13] 刘铁民.重大事故应急体系建设[J].劳动保护,2004,(4):6-10.
- [14] 王自齐,赵金垣.化学事故与应急预案救援系统及预案导论[M].北京:化学工业出版社,2001.
- [15] 邢娟娟,郑双忠,郝秀清,等.企业重大事故应急管理与预案编制[M].北京:航空工业出版社,2005.
- [16] 柴建设.事故应急救援预案[J].辽宁工程技术大学学报,2003,22(4):559-560.
- [17] 青海省人民政府.青海省人民政府关于印发青海省重大自然灾害救灾应急预案的通知[J].青海政报,2005,(8):5-11.
- [18] 廖光焯,翁韬,刘铁民,等.城市重大事故应急辅助决策支持系统研究[J].中国工程科学,2005,7(7):8-13.
- [19] 金磊.城市综合安全管理与政府减灾行政机制研究[J].安全与健康,2005,(5):27-30.
- [20] 胡国清,饶克勤,孙振球.突发公共卫生事件应急预案编制初探[J].中华医学杂志,2005,85(31):2173-2175.
- [21] 唐川.城市突发性地质灾害应急系统探讨[J].中国地质灾害与防治学报,2005,16(3):104-110.
- [22] 铁永波,唐川,周春花.政府部门的应急响应能力在城市防灾减灾中的作用[J].灾害学,2005,20(3):21-24.
- [23] 林香民,柴业林,胡金花.城市多灾种综合预警及应急模式的研究[J].福建师范大学学报:自然科学版,2005,21(3):92-94.
- [24] 张文奎.人文地理学概论[M].长春:东北师范大学出版社,1989.
- [25] 周一星.城市地理学[M].北京:商务印书馆,1998.

# Study on Risk Control Method for Urban Debris Flow

Tie Yongbo and Tang Chuan

(National Laboratory of Geological Hazard and Geological Environment Protection,  
Chengdu University of Technology, Chengdu 610059, China)

**Abstract:** Influenced by the global climate change, disastrous weather occur frequently, among which geologic hazard is one of the most prominent problems in mountain area. Mountain towns, as the high concentration area of economy and population, are exposed to debris flow risk. According to the characters of debris flow and risk controlling condition in mountain towns, The concentric circle theory of geography is introduced in this paper, The concentric circle model for debris risk control in mountain towns is discussed and the effect of “concentric circle model” in hazard risk control is analyzed. The idea of “multilayer-prevention” and “gradual decline” that should be followed in debris flow risk control in mountain towns is put forward. The results are of referential value for disaster management in mountain towns.

**Key words:** mountain town; debris flow; risk control; concentric circle model;