

四川省金川县八步里沟泥石流灾害治理现状及对策

张桂香^{1,2}, 王士革¹, 孟国才^{1,2}, 张金山^{1,2}

(1. 中国科学院水利部成都山地灾害与环境研究所, 成都 610041; 2. 中国科学院研究生院, 北京 100039)

摘 要: 八步里沟位于金川县城郊, 近百年间多次暴发泥石流, 对金川县城造成严重危害。为了减轻泥石流对金川县的威胁, 在各级政府和主管部门的支持下, 中国科学院成都地理所(即中国科学院成都山地灾害与环境研究所)与当地政府及有关部门在 80 年代对八步里沟泥石流进行了综合治理。工程竣工至今其治理效果非常显著, 近 20 年来再未发生泥石流灾害事件, 有效地保护了县城逾万群众的生命财产安全。但是鉴于工程设计使用年限即将到期, 加之后期缺乏妥善管理, 工程的防灾减灾能力已逐步减弱。同时因工程发挥的防灾效益较好, 致使当地民众的防灾减灾意识比较淡薄, 一遇特大暴雨引发新的泥石流有可能引起较大灾害。因此对八步里沟进行进一步治理迫在眉睫。

关键词: 泥石流; 八步里沟; 治理

中图分类号: P642 23

文献标识码: A

文章编号: 1005-3409(2006)02-0131-03

The Controlling Actuality and Countermeasure of Debris Flow in Babuli Gully of Jinchuan County

ZHANG Gui-xiang^{1,2}, WANG Shi-ge¹, MENG Guo-cai^{1,2}, ZHANG Jin-shan^{1,2}

(1. Institute of Mountain Hazards and Environment, Chinese Academy of Science & Ministry of Water Conservancy, Chengdu 610041, China; 2. Graduate School of the Chinese Academy of Sciences, Beijing 100039, China)

Abstract: Debris-flow hazards is one kind of mountain hazards. In our country, debris-flow brings great hazards to people who live in mountain regions. Babuli gully lies in outskirts of Jinchuan county which is an old debris-flow gully. To stop debris-flow hazards, under the help of the government and charge department of Jinchuan county, Institute of Geography, Chinese Academy of Science and Ministry of Water Conservancy, Chengdu took comprehensive measures for controlling debris-flow of Babuli gully in 1980s. The project effectively controls debris-flow, ten thousands of people live in a safety environment. At present, because the project is reaching to its limits, also, improper organization and management to the project, it gradually loses its function of controlling debris-flow hazards. Through investigating the debris-flow gully, it is found that there are many insecurity factors in the project. According to geographic characteristics of debris-flow in Babuli gully and previous measures to control debris-flow, the developing tendency of debris-flow is analyzed and the importance of controlling the debris-flow is dealt with on the basis of investigation on debris-flow damages. In the meanwhile, the damages and engineering purpose, design standards, main works of prevention and the comprehensive planning for controlling debris-flow are discussed. The suggestions on debris-flow control are put forward.

Key words: debris flow; Babuli gully; controlling

1 八步里沟流域及泥石流概况

八步里沟是发源于金川县城后山的一条老泥石流沟, 地理位置 101°13' ~ 102°19' E, 31°08' ~ 31°58' N。流域形状为平行四边形, 汇水面积 40 km², 主沟沟谷呈“U”型谷, 支沟均为“V”型谷。主沟全长 9.86 km, 主沟床平均纵坡比降为 240‰, 自西向东, 横穿县城汇入大金川。主沟中上游左侧为大寨子沟, 主沟中上游右侧为水干沟和黄水沟。流域内松散固体物质储量为 210 万 m³/km²。大寨子沟支沟进入主沟汇口处有 10 余户(50 多人), 主沟有常流水, 主沟下游城区有金川县政府、人大、政协等 30 多家单位综合楼 2 000 多户居民, 共 10 000 多人。经过治理, 八步里沟主沟泥石流已经得到初步控制并逐渐衰减, 但其支沟泥石流还比较活跃, 严重威胁着金川县城的安全。

2 八步里沟泥石流形成的环境条件

2.1 地形条件

八步里沟沟头分水岭海拔 4 446 m, 其南北两侧分水岭海拔 3 100 ~ 4 300 m, 岭谷高差达 800 ~ 1 200 m, 山坡平均坡度 25° ~ 30°。经由 1:5 万地形图量算主沟纵坡为 240‰, 大寨子沟沟床纵比降为 200‰ ~ 300‰, 水干沟沟床纵比降为 300‰ ~ 400‰, 黄水沟为 50‰ ~ 200‰。流域地形为泥石流的发育提供有利的动力条件。

2.2 固体物质条件

流域内出露的地层为三叠系上统侏倭组灰色砂岩—灰黑色板岩互层和新都桥组黑色板岩夹砂岩、凝灰质砂岩及灰岩等, 地层比较单一^[1]。流域处于四川盆地与青藏高原东缘的过度地带, 构造上处于甘孜—康定—石棉和龙门山两深大

收稿日期: 2005-04-16

基金项目: 中国科学院知识创新项目专题“岷江上游生态极度退化区山地灾害防治试验示范”(KSCX-07-01-04)

作者简介: 张桂香(1981-), 女, 山东菏泽人, 硕士研究生, 研究方向为泥石流防灾减灾与灾害管理。

© 1994-2010 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

断裂带、大地震带之间,强地震比较频繁,沿沟谷两岸崩塌、滑坡、土溜等不良物理现象比较发育,尤以主沟上游水干沟和大寨子沟最甚,它们是八步里沟泥石流活动所需的松散固体物质^[2]。同时由于岩性软硬相间,节理、裂隙发育,风化作用强烈,风化壳厚度一般在10m以上。一旦遭受暴雨冲刷启动,它们就会迅速转化为泥石流。

2.3 水源条件

八步里沟属温带半湿润半干旱气候,干湿季分明。根据县气象局资料,八步里沟所在的大金川河谷地区多年平均降水量为621mm,最大年降水量为858.1mm,最大一日降水量为56.2mm,最大一次暴雨量为52.1mm,在时间上,年内各月分配不均,降水集中在夏半年(5~10月)为588.1mm,占全年降水量的91%,而冬半年(11月~次年4月)降雨量仅57.9mm,占全年降水量的9%^[3]。全年降雨呈双峰型分布,6、9月份是降水高峰期,每年雨季开始和临近结束有两次大的降雨过程,6~7月多洪灾(图1)。短历时降水的变率较大,降水的局地性特征十分明显。一次降水过程的雨量相当集中,往往1、2h,甚至10min的强降雨,可达20~30mm,足以激发泥石流。

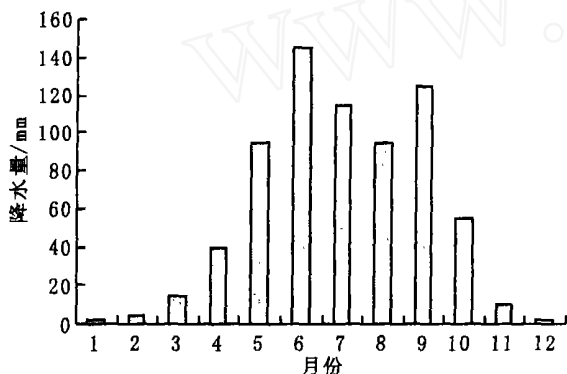


图1 金川县常年各月降水分布图

由于八步里沟为泥石流的发育提供了良好的地形、固体物质和水源条件,历史上该沟曾多次发生大规模泥石流灾害:1926年6月22日夜,其泥石流龙头高达两丈,冲毁磨房9座,耕地数公顷,死17人;1976年7月4日21时,因连降大雨,八步里沟发生山洪伴泥石流,冲走建筑社车间一座、宿舍5间;1980年7月22日,八步里沟山洪泥石流冲毁大林局职工医院侧堤岸,冲毁县粮食加工厂围墙^[4]。为了减轻泥石流对县城的危害,中国科学院成都地理研究所于1983年2月至1987年5月对该沟泥石流进行了综合治理。

3 八步里沟泥石流的治理概况及治理效果

八步里沟泥石流治理拟定的规划原则是:“全面规划、综合治理、因害设防、保证重点、讲究实效、投资可靠、确保基本控制或免除泥石流灾害”。主沟及大寨子沟以工程措施为主,洪桥沟、蔡家沟、何家沟、嘎崩沟、洪水沟等以生物措施为主;拦蓄工程与排导工程相结合。大寨子沟坡陡土松,加之常年有地下水出渗致使滑坡体极不稳定,因此采取以蓄水为主,加强排水的治理方案,辅以填塞滑坡体裂缝。在滑坡体上植树种草,促使滑坡体稳定等措施,以阻止泥石流的发生。主沟鹦歌嘴以下地狭人密,下游城区平坦开阔,因而应加强排导,避免泥石流泛滥成灾^[2]。

该项工程累计总投资303.00万元。主沟修建4座拦砂坝总库容量达31.24万m³(表1),大寨子沟修建7座梯级谷坊坝拦蓄泥沙,稳定滑坡;并修建诱导流堤196.6m,修排

水槽1804m,大金川防洪工程180m,泉水导流工程两处850m,在蔡家沟、洪桥沟相邻山间凹地建铅丝笼停淤场1个,导流沟1500m^[5](图2)。工程治理效果显著,有效保护了金川县城人民的生命财产安全。主沟鹦歌嘴4座拦砂坝拦蓄了大量的泥沙,不仅减少了泥石流的固体物质来源,削减了泥石流的规模,同时拦蓄的泥沙抬高了沟床,形成梯级基准面,有效控制了沟床下切,坝后淤积的泥沙反压沟道两岸坡体,使部分滑坡趋于稳定。经过治理,主沟变的比较开阔,由于侵蚀能力减小,泥石流逐渐衰减。生物工程改善了流域生态环境,植被逐渐恢复,水土流失大大减轻。

表1 八步里沟各级拦砂坝概况

坝名	坝高/m	坝顶长/m	回淤距离/m	拦砂库容/万m ³
河上湾拦砂坝	12	62.5	210	10.15
三家寨拦砂坝	5	52	270	5.47
大坪拦砂坝	9	44.75	175	3.62
鹦歌嘴拦砂坝	15	67.8	255	12

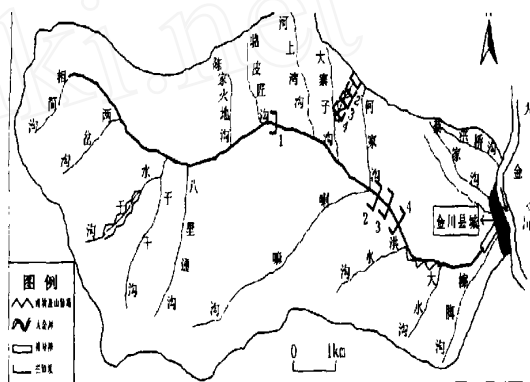


图2 金川县八步里沟流域泥石流综合治理工程布置图

但是泥石流防治工程有一定设计使用期限,经过20多年的运行,加上后期缺乏妥善的工程治理措施,防治工程效果日益降低,工程受人为破坏比较严重。虽然主沟的泥石流治理后已处于衰减中,但是一些泥石流支沟尤其是大寨子沟的滑坡、崩塌等不良地质现象仍在发育,水土流失比较严重,谷坊内拦截了大量固体物质,其中少部分已处于淤满状态。近年来每逢暴雨该沟便有不同程度的山洪、泥石流险情出现。

4 泥石流治理工程的受损情况

4.1 大部分拦砂坝库容已满,拦蓄能力降低

八步里主沟内共有4座拦砂坝。据现场调查,除河上湾谷坊尚保存一定库容以外,三家寨、大坪、鹦歌嘴3座库容已经基本淤满(鹦歌嘴拦砂坝上游固体物质已淤满2/3坝高)。支沟大寨子沟修建了7座谷坊,由于该沟上游滑坡、崩塌十分活跃,大部分谷坊已经淤满。今后一旦遭大暴雨袭击,再度暴发大规模泥石流进入主沟下泄,鹦歌嘴谷坊难以承受,从而对八步里沟下游城区居民的生命和财产安全造成危害。

4.2 坝体破坏严重

拦砂坝淤满后,库内横断面呈中部高两侧低的形状,泥石流入库后可能由坝肩绕过,导致坝肩掏空冲坏下部基础,甚至演变成溃坝事故。大寨子沟表现比较明显,沟内5道谷坊均受到不同程度的损坏,坝体基本丧失了作用。坝体破坏后,山洪、泥石流从坝后和下部流过,侵蚀基准面降低数米,坝内原拦蓄的物质被冲走,两岸坡脚临空,导致山坡崩滑。2004年4月以来由集中降雨,导致山体滑坡,使泥石流险情加剧:大寨子沟上游沟头山体出现了长达1200m的圆弧型裂缝,裂缝最宽处达2.1m,破裂壁最深处达2.5m。现在5#坝处已深切达

10 m。险情触目惊心,急待采取加固措施排除险情。

4.3 排导槽损坏

八步里沟排导槽由于长期受流水、山洪及泥石流磨蚀,槽底部防冲肋槛磨损严重,部分已被冲断。两侧墙体因侧蚀使墙基部分出露,并存在不同程度的损毁。通过县城主街段的部分排导槽其顶部已被建筑物覆盖,不利于泥石流的流通。

综上所述泥石流防治工程已严重损坏。据查2003、2004年汛期降水量偏多,上游支沟水干沟和中游大寨子沟滑坡活动十分强烈,易于诱发大规模泥石流灾害。如2003年7月17日下午4时,八步里沟流域上游水干沟爆发了泥石流,固体物质搬运总量15~20万 m^3 ,属大规模的泥石流。虽未造成人员伤亡,但在水干沟的中上游形成了长约7 km的泥石流固体物质源,沟床受到下蚀、侧蚀作用强烈,局部地段沟床被掏深达4~5 m。因此,虽然八步里沟主沟的泥石流活动已受到控制而衰减,但是支沟陡峻的地形加上丰富的固体物质来源,一旦有足够的降水,将再次诱发滑坡、泥石流,威胁县城逾万人民群众的生命财产安全,为此必须加强对八步里沟泥石流防治工程的管理,以避免灾害和事故发生,保护已经取得的防灾成果。

5 八步里沟泥石流进一步治理的对策

近年来,由于降水量偏多,八步里沟泥石流有进一步活跃的趋势。上世纪80年代建设的泥石流防治工程功能正在逐年弱化,八步里沟主沟虽然比较开阔,再次暴发泥石流的可能性较小,但是支沟大寨子沟上游地形陡峻,滑坡活动强烈,提供了丰富的固体物质,一旦有强降水发生,将暴发大规模的泥石流。八步里沟泥石流对金川县城的威胁再次加剧,泥石流防治工作将面临十分严峻的形势。因此,对八步里沟泥石流的进一步治理提出如下建议:

5.1 修损补底,近期整修加固现有泥石流防治工程

5.1.1 现有拦砂坝、谷坊的修复和加高

鉴于大寨子支沟泥石流活动强烈,现有谷坊存在不同程度的损毁现象,而上游固体物质来源又比较丰富,发生山洪泥石流绕坝冲刷十分强烈。首先,应对大寨子沟损毁的5#坝进行修复,对7座谷坊坝进行加高,并增建3座谷坊;水干沟支沟增设6座谷坊;黄水沟增设一座2级谷坊。其次,应在主沟中下游增建3座拦砂坝,同时应对4座拦砂坝进行加高。

5.1.2 大寨子沟上游新建一座拦砂坝

八步里沟支沟大寨子沟正处于其发育的旺盛期,修建谷坊则延缓了其发展过程。考虑上游滑坡、崩塌活动十分剧烈,固体物质丰富,应在5#坝上游再修建一座谷坊,加大拦蓄固体物质的能力;同时坝后物质回淤,还起到稳定上游坡脚,固定岸坡,减少固体物质来源的作用。

5.1.3 现有排导槽的整修和清淤

除上述措施以外,近期为解决城区的安危应加快对八步里沟排导槽侧墙、槽底及消能肋槛的修复,以避免泥石流流过时对排导槽造成更大的损毁。同时,由于排导槽平均比降只有6°,槽内累计多年的淤积量较大,应定时在每年雨季后对淤积物进行清理,以保持排导槽畅通,达到设计能力。

5.2 远期防灾减灾措施

目前,支沟大寨子沟上游崩塌和滑坡活动强烈,泥石流活动有可能再次趋于活跃,仅靠现有的拦砂坝和排导槽等工

程措施及应急工程,还不能有效控制泥石流的发生和发展。要减轻泥石流灾害的威胁,保证金川县城的安全,还应采取以下减灾措施:

5.2.1 加高部分拦砂坝

经调查发现,主沟4座拦砂坝和支沟大寨子沟7座谷坊坝经过近20年的运行,部分坝体已经完全淤满,应加高现有的拦砂坝让其重新发挥拦蓄功能。

5.2.2 在大寨子沟现有谷坊群上游继续修筑拦挡工程

鉴于大寨子沟上游崩塌、滑坡比较强烈,应在现有谷坊群上游继续修建新的拦挡工程。新建拦挡工程可以控制沟床下切,稳定岸坡,逐渐控制上游滑坡活动规模,减少固体物质来源,达到控制泥石流灾害的目的。拦挡工程的兴建可以采取逐年修建的方式,每年根据滑坡活动的情况和地形条件,由下向上修建1~2座,直到沟头。

5.2.3 滑坡外缘修建截水沟

现在大寨子沟滑坡是八步里沟泥石流的主要固体物质来源,暴雨是滑坡活动的最主要激发因素,应在大寨子沟滑坡外缘修建一条截水沟,减少降水进入滑坡体及主沟,减缓滑坡活动,减少泥石流固体物质的补给量。

5.2.4 建立生物防治工程

生物工程是改良生态环境、保持水土、减小山洪泥石流规模和防治泥石流灾害的重要手段。生物防治措施旨在恢复植被和合理耕牧。通常采用乔、灌、草等植物进行科学搭配,充分发挥其滞留降水,保持水土,调节径流等功能,从而达到防治或减小泥石流规模,减轻其危害程度的目的。与工程防治措施相比,生物防治措施具有应用范围广、投资省、时效久、能促进生态平稳,改善自然环境条件,具有经济效益以及防治作用且持续时间久的特点。其初期效益一般不显著,需三五年或更长时间才能发挥明显的作用。

八步里沟生物防治的基本思路是:正确解决农、林、牧、薪之间的矛盾。一方面要切实抓好天然林管护;另一方面要在宜林坡地广泛植树种草。凡大于25°的陡坡山都应退耕还林还草,要采用封山育林、人工造林等,以恢复和增加森林覆盖率。

5.3 建立群测群防管理系统

针对目前金川县的经济发展和科技水平,完全依靠专用仪器预报滑坡、泥石流是不现实的,因此,群测群防是实现由专业站点预警到全民全方位防灾避灾的有效途径。通过开展群众性的地质灾害防治科普知识宣传,增强群众防灾避灾意识。让生活在地质灾害易发区的群众掌握如何判断识别泥石流活动的前兆,让大多数群众学会滑坡、泥石流发生前后如何组织逃生自救的方法。建立地质灾害报警的快速通畅的渠道,使各级政府能够在第一时间掌握险情,迅速组织抢险救灾。

5.4 加强对人类活动的管理,杜绝或减轻诱发地质灾害产生的人为因素

因工程建设如城乡建设、公路建设、水利水电建设以及居民切坡建房等形成的人为工程边坡一定要按规范放坡达到安全边坡,对不稳定坡段进行必要的支护;合理堆放人类工程活动中产生的大量废弃土石,避免因不合理堆放带来新的滑坡、崩塌等地质灾害;加强植被保护,加大退耕还林、还草力度,改善生态环境条件,使生态环境向着有利于人类的方向发展。

参考文献:

- [1] 李德基,曾品炉,陈发全.四川金川八步里沟泥石流及其治理工程设计要点[A].见:中国科学院成都山地灾害与环境研究所.泥石流(3)[C].重庆:科学技术出版社重庆分社,1986:114~115.

(下转第137页)

4 结 论

(1) 基于对称重法和茎流法测算玉米蒸腾速率结果的分析表明, 用 GREEN SPAN 茎流法测量作物的蒸腾量是可行的, 两者测值的绝对误差和相对误差分别为 $0.20 \sim 4.56 \text{ g}/(\text{株} \cdot \text{h})$ 和 $2.03\% \sim 10.42\%$, 证明 GREEN SPAN 茎流法所测的作物蒸腾速率的精度是可靠的。

(2) GREEN SPAN 茎流法能够较灵敏且较准确地反映

不同天气状况下作物蒸腾速率的变化规律。白天玉米茎流随太阳辐射及天气变化呈规律性变化, 晚间有较细微而稳定的茎流, 且茎流的启动时间存在一个受天气和太阳辐射变化共同影响的临界值。晴好天气下, 玉米茎流的日变化呈单峰曲线, 多云或阴天条件下, 玉米茎流成不对称的“M”型。

(3) 对气象因子的灰色关联分析表明, 晴好天气下, 太阳辐射是影响玉米茎流的主要因素; 多云或阴天条件下气温和相对湿度成为影响蒸腾速率的主要因子, 太阳辐射作用相对降低。

参考文献:

- [1] 孙卫国, 申双和. 农田蒸散量计算方法的比较研究[J]. 南京气象学院学报, 2000, 23(1): 101- 105
- [2] 段爱旺. 一种可以直接测定蒸腾速率的仪器—茎流计[J]. 灌溉排水, 1995, 14(3): 44- 47.
- [3] F P W eibeland, Jade V os. Transpiration measurements on apple trees with an improved stem heat balance method [J]. Plant and Soil, 1994, 166: 203- 219
- [4] 刘奉觉, 等. 用热脉冲速度仪 (HPVR) 测定树干液流[J]. 植物生理学通讯, 1993, 29(2): 110- 115
- [5] 张宁南, 徐大平, Morris J. 雷州半岛尾叶桉人工林树液茎流特征的研究[J]. 林业科学研究, 2003, 16(6): 661- 667.
- [6] 王得祥, 康博文, 姜海龙, 赵生惠. 陕北黄土丘陵区主要成林树种耗水量研究[J]. 西北林学院学报, 2004, 19(3): 1- 3
- [7] 李海涛, 陈灵芝. 应用热脉冲技术对棘皮桦和五角枫树干液流的研究[J]. 北京林业大学学报, 1998, 20(1): 1- 6
- [8] Edwards W R N, N W M W arwick. Transpiration from a kiw i fruit vine as estimated by the heat pulse technique and the Penman- Monteith equation [J]. N. Z. J. Agric Res 1984, 27: 537- 543
- [9] Olbrich BW. The verification of the heat pulse velocity technique for estimating sap flow in Eucalyptus grandis [J]. Can J. For 1991, 21: 836- 841.
- [10] 张继祥, 等. 枣麦复合栽培系统中小麦光合速率与气候生态因素的灰色关联分析[J]. 山东气象, 1997, 17(2): 8- 11.

(上接第 101 页)

溉的用水模式, 通过重新调整使 87.4% 的灌溉面积的水资源利用系数由 0.43 提高到 0.65, 有效利用率大大提高; 雨养型旱作农业丰产补灌的用水模式, 利用城郊地下水资源较丰富可进行提灌的有利条件, 在干旱时进行旱作农业丰产设

施节水补充灌溉, 使旱地作物实现了丰产、优质; 总之, 各种模式有效地解决了平凉城郊水资源开发利用中存在的突出问题, 是雨养型农业区水资源战略性调整和可持续利用的发展方向, 可值得大力推广应用。

参考文献:

- [1] 雷敏, 等. 西北城市水资源利用的问题诊断与应对措施[J]. 水土保持通报, 2002, 22(1): 26- 28
- [2] 赵秉栋, 等. 黄河流域水资源可持续利用研究[J]. 水土保持研究, 2003, 10(4): 102- 106
- [3] 任烨, 等. 构建黄土高原地区水资源可持续开发与利用三结构模式[J]. 水土保持研究, 2003, 10(4): 46- 50
- [4] 宋新山, 等. 我国西部地区水资源环境问题及其可持续对策[J]. 水土保持通报, 2000, 20(4): 60
- [5] 白军红, 等. 中国水资源可持续开发利用模型及对策[J]. 水土保持通报, 2000, 20(3): 38- 42
- [6] 姜文来. 水资源价值论[M]. 北京: 科学出版社, 1998: 185- 189
- [7] 中国科学院地学部. 中国水问题出路[J]. 地球科学进展, 1998, (4): 33- 54
- [8] 陈家琦, 等. 水资源学概论[M]. 北京: 中国水利水电出版社, 1996: 64- 79
- [9] 令福定, 等. 甘肃省平凉地区水资源调查评价与利用区划[R]. 1987: 87- 98
- [10] 张正栋. 中国西北地区水资源利用的对策研究[J]. 水土保持研究, 2003, 10(4): 308- 312

(上接第 107 页)

参考文献:

- [1] William F Schilinger. Deep ripping fall- planted wheat after fallow to improve infiltration and reduce erosion [J]. Journal of Soil and Water Conservation, 1997, 53 (3): 198- 202
- [2] 哈斯, 陈渭南. 耕作方式对土壤风蚀的影响[J]. 土壤侵蚀与水土保持学报, 1996, 2 (1): 11- 18
- [3] 胡兴波, 曹敏建. 不同耕作措施对土壤含水量及玉米出苗率的影响[J]. 玉米科学, 2003, 11(3): 60- 62
- [4] 陈君达, 王兴文, 李洪文. 旱作农业保护性耕作体系与免耕播种技术[J]. 北京农业工程大学学报, 1993, 13(1): 27- 33

(上接第 133 页)

- [2] 唐邦兴, 柳素清. 四川省阿坝藏羌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: 131- 132, 134- 135
- [3] 四川省地质矿产勘查开发局, 成都水文地质工程地质队. 四川省金川县地质灾害防治规划报告[R]. 2003: 2- 3
- [4] 四川省地质矿产勘查开发局, 成都水文地质工程地质队. 四川省地质灾害调查与区划报告[R]. 2003: 56- 57.
- [5] 阿坝州国土资源局. 四川省阿坝藏羌自治州地质灾害防治立项申报书[R]. 2004: 31- 32