

黄土高原泥流灾害及防治对策

马东涛¹, 崔 鹏¹, 张金山¹, 李鸿琰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. 中国科学院寒区旱区环境与工程研究所, 兰州 730000)

摘 要: 泥流既是泥石流的一种特殊类型, 也是水土流失极严重的一种形式。我国泥流主要分布于晋西北、陕北、陇东及陇西等黄土高原腹地。泥流在将大量泥沙搬运出黄土高原, 输向黄河引起下游河床严重淤积的同时, 对农业生产、城镇工矿、交通运输、水利水电工程、山地环境和人民生命财产等也造成严重危害。提出了泥流灾害防治中应遵从的 6 项基本原则。

关键词: 黄土高原; 泥流; 灾害; 防治对策

中图分类号: P642. 23

文献标识码: A

文章编号: 1005-3409(2006)04-0019-03

Mudflow Hazards and Prevention Countermeasures on the Loess Plateau

MA Dong - tao¹, CUI Peng¹, ZHANG Jin - shan¹, LI Hong - lian²

(1. Institute of Mountain Hazards and Environment, CAS & MWC, Chengdu 610041, China;

2. Cold and Arid Regions Environment and Engineering Research Institute, CAS, Lanzhou 730000, China)

Abstract: Mudflow is a special category of debris flow hazards and a form of serious soil erosion as well. Mudflow mainly distributes in the Northwestern Shanxi, Northern Shaanxi, Eastern Gansu and Western Gansu four regions on main body of the Loess Plateau. A great number of sediments are transported by mudflow from the plateau and cause serious silting and aboveground rivers on the lower reaches of the Yellow River and its main branches. Meanwhile, it generates great dangers to agriculture, cities, towns and mining regions, railways, highways, and oil and natural gas pipelines, reservoirs and hydropower stations, mountain environment and lives and properties of the people in the Loess Plateau. At the end, six prevention countermeasures of mudflow hazards are put forward.

Key words: the Loess Plateau; mudflow; hazards; prevention countermeasures

1 引 言

中国是世界上黄土分布最广泛的国家,尤其在黄河中游地区厚层黄土连续覆盖,形成蔚为壮观的黄土高原^[1]。由于第四纪黄土分布广泛,黄土层厚而结构疏松,空隙度大,柱状节理发育,易被侵蚀剥离,形成滑坡、崩塌、泻溜等各类重力地质现象^[2,3],加之暴雨集中且强度很大,沟壑纵横,沟坡陡峻,植被稀疏,为泥石流、滑坡、崩塌和地面沉陷等的形成提供了充分条件,使黄土高原成为我国水土流失最严重、地质灾害最严重、生态环境最脆弱的地区^[4,5]。黄土高原是中华民族的发祥地,长期以来不合理的人类生产活动、工程建设和战争等也加剧了水土流失的发生和发展^[6,7]。泥流是泥石流的一个特殊类型,其以流体内固体物质中 $< 2\text{ mm}$ 的细颗粒占 98% 以上,粉沙以下粒级占 80% 以上,石块含量一般不超过固体物质总量的 2% 而区别于一般的泥石流^[8]。泥流在分布区域、形成条件、流体性质、沉积特征等方面和典型的泥石流相比,具有一些鲜明的特点^[2,4]。泥流同时也是土壤侵蚀的一种特殊形式,是水土流失发展到极为严重阶段的标志,黄土高原是世界上泥流分布最集中、最广泛、暴发最频繁、灾害最严重的地区。频繁的泥流活动,不仅淤埋冲毁水库塘坝、农田、灌渠,给黄河下游地区造成严重泥沙淤积,还

危害城镇、工矿、交通等,造成人身伤亡和财产损失,对本已脆弱的黄土高原的生态环境也带来严重破坏,影响到区域退化生态环境恢复和可持续发展。^[9,10]

随着西部大开发战略的实施,随着再造山川秀美的黄土高原的展开,一大批重点的水利水电、油气管线、公路铁路工程和城镇厂矿、农田植树造林项目逐步建设。2003 年水利部又全面启动了黄土高原淤地坝工程建设。根据规划,从 2003~2010 年期间,建设淤地坝 6 万座,建设完整的小流域坝系 1 000 条;2015 年建设淤地坝 10.7 万座;2020 年建设淤地坝 16.3 万座,预计总投资 830.6 亿元^[11]。因此,泥流必将对黄土高原未来工程建设和国民经济带来严重影响,对其引发的灾害和防治问题应该引起各方面的重视。

2 黄土泥流灾害的分布

黄土高原上的沟沟岔岔历史上都曾出现过黄土泥流,因此从广义上来讲,黄土高原就是一个大的泥流区。据调查,泥流主要集中分布在黄土高原腹地的四个区域:晋西北地区,主要分布于北起偏关、南至河津及吕梁山西侧的黄河东岸地区,其中以黄河支流朱家川、岚漪河干流及其两岸支沟泥流最为活跃;陕北地区,泥流主要分布于黄河以西的皇甫川、孤山川、窟野河、秃尾河、无定河、北洛河、延河及泾

* 收稿日期: 2005-07-12

基金项目: 国家自然科学基金项目西部重大研究计划(90202007);成都山地所人才引进项目(Y1006)支持

作者简介: 马东涛(1965-),男,博士,研究员,陕西杨陵人,主要从事山地灾害、水土流失机理和防治工程研究,已发表论文 40 余篇。

河支流东河流域,由于该区大部分属黄土丘陵沟壑区,地形起伏大,地表切割强烈,其泥石流灾害远较其它区域严重,有些河流在汛期甚至变成了“泥河”和“浆河”;陇东地区,主要分布在渭河上游及其支流牛头河、葫芦河、秦祁河、韭河和泾河及其支流马莲河、茹河、洪河、蒲河等河流两岸的黄土丘陵沟壑区,其中以天水、环县和镇原等地最为严重;陇西地区,主要分布在兰州附近的黄河两岸及黄河支流祖厉河流域,其中以祖厉河支流关川河下游西巩川河、东河泥流最为发育。此外,在青海、宁夏和内蒙古等黄土高原边缘地带也有零星分布(图 1)。

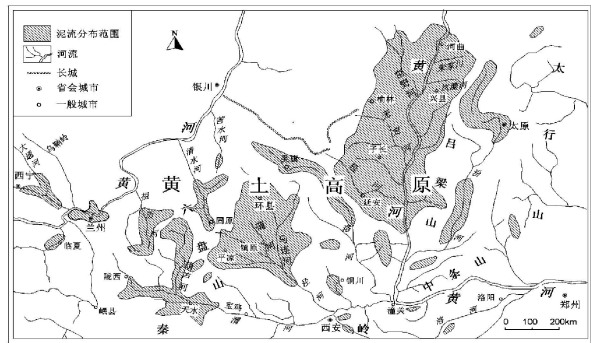


图 1 黄土高原泥石流灾害分布略图

3 黄土泥流的危害

3.1 对农业的危害

黄土泥流对农业的危害主要表现在以下三个方面: (1) 蚕食农田耕地。伴随泥流的形成和流动,沟岸及沟壑产生强烈的滑坡、坍塌和溯源侵蚀,使沟道两侧及源头耕地大面积被蚕食。据调查,黄土高原地区共有大小沟壑 27 万多条,各地沟壑年均延伸 1~3 m^[7]。在甘肃环县环江流域,泥流沟溯源侵蚀每年使沟壑向上游延伸 50 m 以上,毛井的一次泥流就使沟壑延伸 500 m,蚕食土地 4 hm²; (2) 埋没、淹没农田。黄土高原较好的水浇地大都是在地势低平的河谷和泥流堆积扇上开垦出来的,甘肃环县东山泥流曾数次淹没下游 100 hm² 粮田和果园^[12]; 1971 年 7 月 23 日陕西清涧县普降暴雨,清涧河暴发特大黏性泥流,容重高达 2 t/m³,冲毁农田 100 hm²,造成严重经济损失。1993 年 8 月 3 日延安市突降大暴雨,延河流域暴发大规模泥流,毁坏农田 1 420 hm²。 (3) 冲毁淤地坝,淤地坝多为由于均质黄土修建的,因此易遭受泥流冲毁和地面塌陷等破坏。1977 年 7 月 5 日、1978 年 7 月 23 日、1993 年 8 月 3 日陕西的子长县、绥德县、安塞县、清涧县、子洲县、延安市、山西的石楼县等地,发生了大暴雨和特大暴雨,许多沟谷暴发泥流,冲毁淤地坝 10 863 座,占淤地坝总数(19 055 座)的 57%,其中绥德和清涧两县最为严重,80% 以上的淤地坝被泥流冲毁^[6]。

3.2 对水利水电工程的危害

引水设施、灌渠、水库、塘坝是黄土高原地区工农业生产和人民生活的命脉。泥流不仅冲毁水利设施,而且携带大量泥沙进入水库和塘坝,造成严重淤积甚至淤埋整座水库。1997 年 8 月 5 日,黄河上游装机容量最大的龙羊峡水电站突遭暴雨泥流袭击,全部 4 台机组被迫停止发电,电站附近多座桥梁和涵洞被冲毁,公路、输变电路、通讯线路毁坏长度达 30 km,电站工作人员被困,经济损失惨重^[9]。据不完全统计,1967~1980 年仅甘肃陇东地区被泥流毁埋水库、塘坝达 640 余座,约占其总数的 70%。泥流淤填水库,使其使用年限大大减短,产生的大量泥沙淤积水库、湖泊,降低水

库、湖泊的综合利用功能。由于水库、湖泊水量的减少所造成的灌溉面积减少、水库发电量的损失、生态环境的恶化,其经济损失更是难以估算^[5]。三门峡水库因严重泥沙淤积,不仅逐渐丧失其调蓄和发电的功能,每到汛期其库尾的陕西渭河下游两岸渭南、华阴、大荔等地行洪不畅,洪涝灾害频繁发生,2003 年汛期洪水倒灌造成巨大的淹没事故,经济损失近 100 亿元。同时,由于地下水排泄不畅,也导致大片土地盐碱化。

3.3 对城市、村镇及工矿的危害

在黄土高原地区,许多城市、村镇与工矿都布设在大河各级河流阶地、高漫滩及支谷泥流堆积扇上,易受泥流之害。据统计,泥流灾害严重的有甘肃兰州、天水、平凉,陕西延安、榆林、铜川,宁夏石嘴山、内蒙古东胜等近 10 座大中城市,甘肃环县、华池、镇原、崇信、秦安、靖远、会宁,陕西子洲、安塞、绥德、子长、神木、府谷,山西兴县、五寨、离石、保德、河曲,宁夏固原、彭阳等 30 余座县城及工矿。兰州市区黄河两岸有泥流 21 条,1964 年洪水沟泥流就埋没楼房 20 余栋,死亡 200 余人;天水罗玉沟 1965 年泥流,波及大半个城区,受灾农户 548 户,工厂及单位 20 余个;平凉市纸坊沟由南而北穿越市区,该沟历史上 10 余次暴发灾害性泥流,明嘉靖年间(1528 年)淹没大半个城市,死亡万余人,1937 年及 1947 年又分别造成数百人和数十人死亡。神府煤田处于晋陕陕三角地区,神木县 1957~1982 年共出现大暴雨 70 次,平均每年 2~3 次。大暴雨期间,各河流一般均出现泥流。神府煤田多是露天开采,矿坑多修建在河谷的高漫滩或阶地上,泥流暴发,矿坑常被冲毁或淹埋,泥流还冲走大量煤炭,最大煤块可达 5 000 kg 以上^[2]。

3.4 对交通运输的危害

铁路、公路及输油、输气管线也受到黄土泥流的威胁。其中陇海铁路宝(鸡)兰(州)段、宝(鸡)中(卫)铁路、西(安)延(安)铁路、待建的兰(州)成(都)渝(重庆)铁路及西(安)兰(州)公路、天(水)兰(州)公路、西(安)银(川)公路等交通干线和陕北—北京天然气管线、新疆—上海天然气管线、兰(州)成(都)渝(重庆)输油管线受到泥流的危害。宝天段(宝鸡—天水)被称为陇海铁路的“盲肠路段”。从葡萄园至北道埠间,有十余处泥流严重威胁铁路安全营运。1978 年 7 月天水伯阳暴发大规模高容重泥流,冲出土体 10 万 m³,致使陇海铁路断道达半月之久,损失惨重。1964 年在兰州附近发生两次泥流,使铁路中断 30 多 h。1971 年 7 月 25 日神木县突降大暴雨,窟野河流域暴发特大泥流,冲毁公路 71 km,1976 年窟野河暴发泥流,将县城公路大桥冲毁。1991 年 6 月 10 日和 7 月 9 日,神木黄羊城和燕家峁又发生泥流灾害,淤埋铁路涵洞,冲毁公路多处,中断交通 10 余天。兰成渝输油管线及伴行公路甘肃省境内礼县盐关段、西和县关沟里段、康县秧田坨段自 2003 年建成以来多次受到泥流和山洪的危害。

3.5 对河流及下游的危害

黄土高原区泥流造成的严重水土流失,从而导致黄河高含沙水流甚至出现泥流。黄土高原泥流和水土流失面积达 43 万 km²,占其总面积的 74%。近几十年来,年平均进入黄河的泥沙达 16.8 亿 t,年均含沙量达 37.6 kg/m³,为世界各河之冠^[4]。大量泥沙输入黄河及其主要支流,泥沙淤积河道,削弱了行洪能力,加剧了洪涝灾害的发生。仅黄河下游河道每年淤积泥沙 4 亿 m³,1949 年以来,黄河下游河床平均每年抬高 8~10 cm,有的河段目前已高出两岸地面 4~10 m,成为地上“悬河”^[13]。一旦决口,将严重威胁着沿河两岸

人民生命财产的安全。面对日益严重的泥沙淤积,人类只有靠修筑堤坝、不断加高堤坝来维系安全,而加高堤坝又进一步改变了河道的天然调适能力,加剧了泥沙的淤积,泥沙的淤积已成为治黄拟解决的最关键问题。河南和山东等下游地区 1 400 km 长的防洪大堤每 10 年就得加高一轮,仅第三轮就用了 10 年时间,耗资达 16 亿元人民币之巨,防洪问题成为下游地区汛期面临的重大难题^[7]。

4 黄土泥流灾害的防治对策

泥流灾害的防治是一个十分复杂的系统工程,其涉及到泥流的形成、流动、堆积、成灾方式及人类生产生活及工程活动等众多方面。从上世纪 50 年代末期开始,黄土高原地区开始泥流和严重水土流失治理工作,一些灾害严重的泥流沟,如甘肃平凉的纸坊沟、庆阳的南小河口、环县的七里沟、东山五沟、天水的吕二沟及罗玉沟、兰州的大洪沟、陕北绥德的韭园沟等流域基本得到治理,危害得以消除^[3,6,12]。根据以上泥流灾害防治的工程实践,总结以往的治理经验及教训认为,今后的泥流灾害防治中应贯彻以下原则。

4.1 以防为主,防治结合

泥流之所以对人类产生危害,是因为人类生产、生活妨碍了泥流的活动。因此,工矿、城镇、道路及农田、水利设施等从建设初期的选址就应首先避开规模大、活动频繁、治理困难、有潜在危险的灾害性泥流沟,加强调查研究和灾害的监测、预警和预报,防患于未然。同时要尽量减少工程活动对山地环境的扰动和破坏,重视对天然植被、坡面的保护,防止人为泥流灾害的发生。对已有的和潜在的灾害性泥流,应及时进行积极有效地治理,防止其规模扩大和进一步发展,酿成灾害。

4.2 全面规划,综合治理

泥流灾害是黄土高原水土流失发展到极严重阶段的标志,是各种自然及人为因素相互不和谐的结果。因此,在其防治上应全面考虑,充分发挥各种工程措施及水土保持措施(生物措施)的优势,取长补短,相互补充,进行综合治理。通过改变或破坏泥流形成、流通或堆积过程中某些环节,如控制可补给泥流的松散固体物质的方式及数量、减少地表径流、水土分离、改变泥流流动和堆积方式等,使其向不利于泥流成灾的方向发展,达到标本兼治的目的。

4.3 因地制宜,因灾施治

地域不同、成因和规模不同、成灾方式不同、防护对象不

参考文献:

- [1] Liu Tungsheng, et al. Loess and the Environment[M]. Beijing: China Ocean Press, 1985. 1- 14, 93- 98, 218- 223.
- [2] 雷祥义, 黄玉华, 王卫. 黄土高原的泥流灾害与人类活动[J]. 陕西地质, 2000, 18(1): 28- 39.
- [3] 陈永宗, 景可, 曹国强. 黄土高原现代侵蚀与治理[M]. 北京: 科学出版社, 1993, 36- 42.
- [4] 史正涛. 黄河中游黄土泥流的特征及分区[A]. 见: 李鸿琰, 等. 第四届全国泥流流学术讨论会论文集[C]. 兰州: 甘肃文化出版社, 1994. 117- 124.
- [5] 张惠霞, 郑书彦, 徐伯荣. 黄土高原水土流失灾害研究[J]. 水土保持研究, 2004, 11(3): 320- 321.
- [6] 李昭淑. 陕西省泥石流灾害及防治[M]. 西安: 西安地图出版社, 2002. 85- 111.
- [7] 丁一汇. 中国西部环境变化的预测[A]. 见: 秦大河. 中国西部环境演变评估(第二卷)[C]. 北京: 科学出版社, 2002. 114- 127.
- [8] 唐邦兴, 周必凡, 吴积善, 等. 中国泥石流[M]. 北京: 商务印书馆, 2000. 60- 69, 111- 135.
- [9] 崔鹏, 韦方强, 谢洪, 等. 西部地区泥石流灾害及减灾对策[J]. 第四纪研究, 2003, 23(2): 142- 151.
- [10] 刘东生, 孙继敏, 吴文祥. 中国黄土研究的历史、现状和未来[J]. 第四纪研究, 2001, 21(3): 185- 207.
- [11] 岳梦华. 黄土高原淤地坝工程全面启动[J]. 中国水利, 2003, B 刊: 5- 7.
- [12] 马东涛, 祁龙. 甘肃环县县城东山泥流综合治理[J]. 山地学报, 2000, 18(3): 217- 220.
- [13] 魏常兴, 刘海龄, 黄鼎成, 等. 黄河悬河的形成演化研究[J]. 水文地质工程地质, 2002, (1): 42- 45.

同、重要程度不同,其泥流防治工程的侧重点亦不同。因此,制定防治方案时,应根据具体的灾害现状及防治目的,因地制宜,因灾施治,采取灵活多样的防灾措施。如在城镇及矿山泥流防治中常采用拦挡与排导工程相结合的综合治理方法,而在公路和铁路部门却常采用措施较单一的排导工程,农业及水土保持部门多采用植树种草、水平梯田、谷坊以及淤地坝、水库和塘坝等措施。

4.4 以工程措施为主,工程措施和生物措施相结合

泥流的防治措施有工程措施和生物措施两类,其各有利弊。生物措施对以面蚀为主的水土流失有很好的治理效果,而对滑坡、崩塌、坍塌等重力侵蚀及沟蚀收效甚微;工程措施包括坡面工程和沟道工程,坡面工程以水平梯田、小谷坊、水平沟、水平阶和鱼鳞坑为主,沟道工程又可分为拦挡工程和排导工程,拦挡工程的功能是拦蓄泥沙、固床稳坡,排导工程则是将泥流引出危害目标之外。因此,对一些灾害严重、危害较广的泥流,应先行开展工程治理,利用一些骨干工程,尽快控制泥流的形成和发展趋势,然后施以生物措施,使其功能互补,才能取得最佳的治理效益^[12]。

4.5 以治沟为主,治沟与治坡相结合

沟道是泥流形成和流通的重要场所,沟蚀是泥流形成的根本原因,故治沟是治理的关键和根本所在。通过在沟道中修建拦泥坝、调洪坝和淤地坝等拦挡工程,拦截泥沙和洪水,防止沟床下切,稳定岸坡滑坡、沟岸坍塌等不良地质体,消减洪峰,不仅能有效减少输向下游的泥沙和洪水,且能为治理坡面创造条件。同时,通过在坡面修建谷坊、水平梯田、水平沟、水平阶和鱼鳞坑,植树种草,拦蓄径流,恢复植被,减少坡面水土流失量。在沟壑以上的黄土塬面,还可开挖涝池,修筑拦水墙等,拦蓄塬面径流,防止溯源侵蚀的发展。通过上述措施,在泥流流域从沟及坡、从上及下、从里及外形成一个较完整的防灾体系,有利于全面根治泥流灾害,促进流域生态环境良性发展。

4.6 流域治理与可持续发展相结合

在积极开展泥流灾害综合治理的同时,应充分重视生态恢复、环境协调、绿化美化的应用,贯彻退耕还林(草)、封山绿化的方针,把恢复植被作为重点,加强小流域综合治理。使泥流治理工程与流域生态环境和区域社会经济可持续发展步伐相一致、相融合,促进人类与自然环境关系的相互协调和发展,做到减灾效益、社会效益、经济效益和生态效益的同步实现,这应成为黄土高原泥流灾害治理今后努力的方向。