

西和县泥石流发育史与环境初探

赵尚学 张正强

(中国科学院兰州冰川冻土研究所 甘肃省西和县水土保持科学试验站)

提 要

本文依据泥石流发育历史、地质地貌及降水等条件,对西和县泥石流的分布、成因以及发展趋势等进行了初步分析。分析认为,本县泥石流沿构造带、随岩性变化和人为破坏植被的地区分布。由此推断了泥石流的成因,探讨了泥石流形成与地形、固体物质储量、水源及新构造作用的关系,并得出本县泥石流发展的趋势将进入壮大阶段并日趋严重。

一、概 况

西和县位于甘肃省东南部,属长江支流西汉水水系。

本县位居渭河与西汉水分水岭南侧的黄土区,海拔一般为1,500—2,300米,最高峰香山(仇池山)海拔2,532米,最低处南部西汉水谷地大桥山乡为900米左右。东南和西部为土石山区,山高沟深,坡陡流急,峰峦重叠,岩石破碎;北部为黄土丘陵地区,地表起伏较平缓,海拔一般为1,500—1,800米。全县境内有5条较大的河流汇入西汉水,再南下入嘉陵江;另外两条河分别经天水、成县入嘉陵江。由于受秦岭构造运动和河流的强烈切割,该区山高坡陡,沟谷纵横,梁峁兀立,地形支离破碎,坡面沟壑纵横,风化严重,滑坡、崩塌等不良地质现象时有发生,特别是泥石流灾害纷至沓来。

本文系随同水利部长江流域规划办公室对嘉陵江上游陇南片的水土流失及泥石流的调查资料,依据泥石流的发育历史、地质地貌以及降水等条件,对该区泥石流的分布、成因以及发展趋势等进行了初步分析。由于资料缺少,分析推理难免有误,恳望指正。

二、泥石流发育历史及危害

(一) 泥石流发育历史。从所看到的古泥石流活动遗迹和泥石流堆积物上覆盖厚约5—10米左右的马兰黄土推测,本区泥石流发育的年代与武都地区基本相同,即发生在近期间冰期。在泥石流堆积体上有较大的村庄分布,人类在其上祖居和繁衍生息,历经了沧海良田之变,现田连阡陌,肥郊沃野。

据《西和县志》记载,宋真宗九年,水出长道,毁民舍二百九十五间,溺死六十有七;宋仁宗天圣四年和宁宗嘉定二年水入长道,城塌房毁;明崇祯七年,雨雹大如鸡子,禾苗皆损,是岁大饥;清康熙十一年,平川沉没汇为汪洋曰海子;雍正四年雷雨,见烟雾中有蛟龙飞出之状;嘉庆八年,东河水大涨,决堤城塌十丈,民之不为鱼者幸耳,是岁麦禾未穗;咸丰四年六月大水,芦家沟门下(现十里前门一带)半村被水冲淌,房屋尽塌,人畜颇有损伤;同治十二年阴雨连绵,西山崩入城内到中楼而止,复压民房七十二院,男女八十余人,甚者一家伤毙十一口;光绪

六年地震绵延不绝，人皆户外搭盖板屋，不敢入屋数月，次年七月暴雨长道镇，溺亡人畜数十头；民国十七年，因天大雷雨，山洪暴发，南乡店子沟到姚家河一带，冲淌房屋甚多，溺毙男女十余人，北乡石堡镇下半街房屋冲淌殆尽，至今犹作河底；民国二十七年，晚家峡、凤坪、青家沟、姜席川、胡家上下庄等处雨雹奇重，小麦打落，包谷粉碎，又淌毙男女七人；民国三十三年大雨倾盆，河水暴涨，南北堤岸同时崩决，河水逼近城脚，城外水倒流入城，房屋倒塌无数，麦垒田苗冲淌无数，上下寨子及刘城一带被水冲没之田尽成河底，有数年不能恢复之象，刘城房屋尽数倒塌，并溺男女数十人。南乡大桥，桥距河甚高，河边东楼亦离河甚远，竟一并冲毁，灾害之重，为空前所未有。由这些史料看出，远在1,000多年前，该区不少地方就曾多次出现滑坡、泥石流和洪水灾害。目前，泥石流发育已进入旺盛和壮大阶段，仅1976年以来，就曾多次出现重大灾害，如1976年、1978年、1979年和1983年7—8月暴雨，毁坏良田，冲淌河堤，其中1979年损失80余万元，1983年毁田近670公顷，尤其1984年8月，全县暴雨如注，滔滔泥石流冲村扫房毁地，造成了历史上罕见的惨痛灾难，直接经济损失高达5,500多万元。

(二) 泥石流危害。泥石流的危害主要表现在对农业生产、交通运输、城镇村庄、河道开发和生态环境等方面。它破坏山体，加剧水土流失，使公路路基淤埋，桥涵堵塞，淹没农田村庄。例如，1984年8月3日，暴雨连日不绝，全县有120个地方相继滑坡，很多沟道都爆发了泥石流。发生在石峡的一处泥石流扫房破屋，荡涤一切而过，留下的只是遍地巨石和深达2米多厚的泥石流堆积物，使村庄良田顷刻间变成废墟，128人死亡，冲走和压死大牲畜及猪羊992头，1,624间房屋被席卷一光。全县有7.7万间房被洪水泥石流冲淌，4,800公顷农田被毁，1,067公顷夷为乱石滩，3,730多公顷山地土层被冲刷殆尽，成灾面积达2.1万公顷；冲毁公路251处，119公里，桥梁63座，涵洞155处，通讯线杆1.9万根，线4.73万米，35千伏和10千伏线路90处，水电站4处，塘坝49座，机井122眼，水泵9处，提灌站16处，渠道117公里，溃决河堤344处长108公里，毁成材林62万余株，幼林1,800万株。总之，这次灭顶之灾造成全县直接经济损失高达5,543万元之多。

三、泥石流分布

据调查统计，该县规模较大的泥石流沟近140条，较小的泥石流沟360条，共达500多条。在这些泥石流沟中，东区有130多条，占总数的26%；南区140多条，占总数的28%；北区220多条，占总数的44%（表1）。泥石流沟的分布密度在南区较大，平均每公里有2条，而在其它地

表1 泥石流分布特征值

区 类	泥石流形成区面积 (平方公里)	泥石流 沟条数	流域面积 (平方公里)	支沟条数	泥石流沟面积 (平方公里)		
					极严重	严 重	一 般
南 区	175.3	43	267.67	98	51.9	59.8	63.7
北 区	134.7	65	681.97	156	32.8	58.6	43.3
东 区	113.6	31	411.71	102	51.6	39.3	22.7
合 计	423.6	139	1,861.35	356	136.3	157.6	129.7

区每公里只有1条甚至更少（图1）。从图1可清楚地看出，该县泥石流沟在分布上是有疏有密。从数量上看，北区最大，南区次之；但南区分布集中，密度高，规模大，危害严重，而北区尽

管数量大，但其危害程度、规模等远不及南区。无论哪一个区，泥石流的分布特征均受以下因素控制：

首先是沿构造带分布。该县地质构造活跃，大断层带较密，多呈南北向和南西向倾向南排列，裂隙发育遍布，岩层褶皱、挤压、破碎，加之风化剥蚀，储备有大量的固体物质，因而泥石流发生频繁，规模大，危害严重。如南部的蒿林、大桥、洛峪和稍峪河上游一带。

其次是泥石流分布随岩性变化。泥石流发生的岩石大多为泥岩，占全县总面积的32%，而其86%分布在北区；片岩占34%，其79%分布在南区；砾岩占38%，千枚岩、板岩和砂砾岩等，其质地松软，且垂直节理发育，加速了风化剥蚀和岩崩，形成较厚的风化层和坍塌堆积物。在漾水河谷一带，即北部黄土丘陵区，厚度不等的黄土层覆盖在上述岩层的表面。这些黄土层在降水的外力作用下，极易泻溜、坍塌、滑坡，形成巨大的固体源，导致这种粘性黄土泥流发生。

最后是人为严重破坏植被的地区，往往是泥石流集中分布的区域。除北部、南部地区的蒿林和大桥，西高山植被较差，泥石流集中连片分布外，在西南部和东部植被较好的地区，泥石流呈不连续片状分布，而且其规模也比较小。

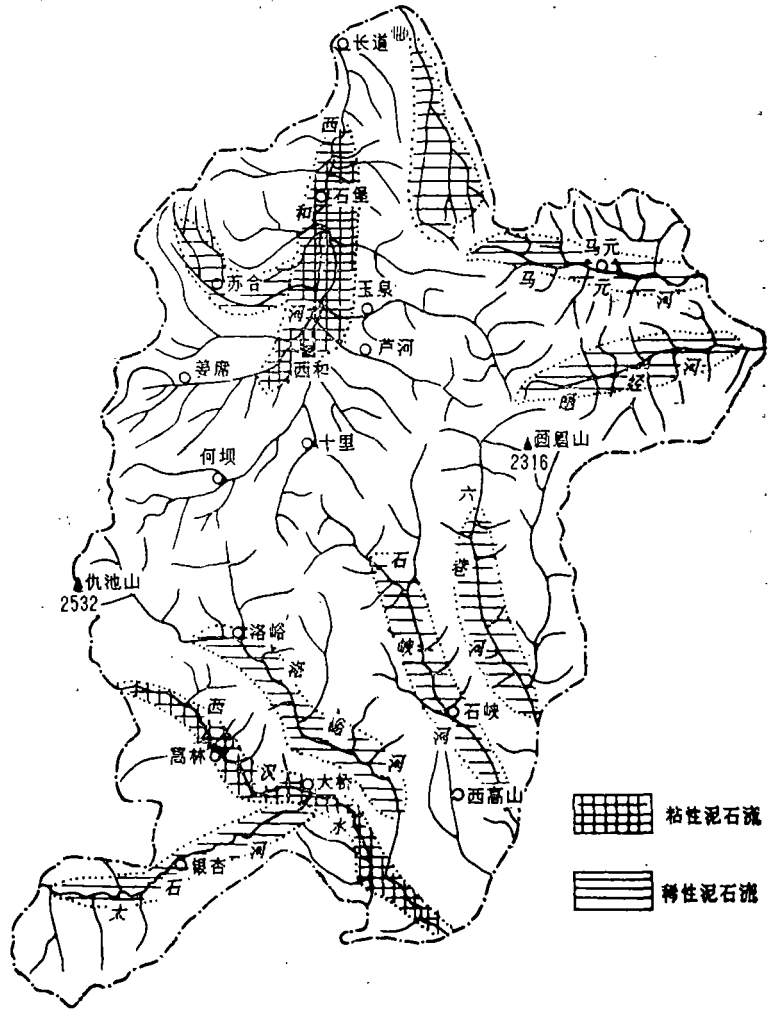


图1 西和县泥石流分布

四、泥石流形成条件

陡峭的地形、充沛的水源和堆积在流域中的大量松散固体物质，是本县泥石流形成的最基本条件。

(一) 地形。该县泥石流主要发育在山地沟谷区和黄土沟壑区。在这些地区影响泥石流形成的地形要素，主要包括流域形状、流域面积、山坡坡度以及沟床比降等。

1、流域形状。泥石流沟形状，一般有沟谷形和山坡形两种，前者形态呈“瓢形”，后者通常指发育在较陡山坡上的短小沟槽。从调查统计的结果来看，本区以沟谷形为主，占泥石流沟总数的70%，而山坡形仅占30%（表2）。

2、流域面积。本区由于密集分布着大小河流324条，其中二级河为7条，三级河为132条，

四级河为160条，五级河为25条，将全县地层切割成9条大山梁，43条小山梁，486个山头及6,496条总长3,917.2公里的大小沟壑。所以，境内泥石流沟流域面积不大，一般在0.2—15平方公里之

表2 泥石流沟谷形态分类

特 征	全 县		南 区		北 区		东 区	
	沟谷形	山坡形	沟谷形	山坡形	沟谷形	山坡形	沟谷形	山坡形
主沟长(公里)	0.9—3.1	0.4—2.1	1.6—8.1	0.9—2.1	0.9—4.9	0.4—1	1.5—5.1	1—2
泥石流沟条数	97	42	30	13	44	21	23	8
百分比(%)	69.8	30.2	21.6	9.4	31.7	15.1	16.5	5.7

间，小于5平方公里的占84.2%，最大为33.17平方公里，如表3。泥石流多发生在5平方公里以下的流域内，这主要是与沟内固体物质补给的特性有关，即单位面积最大补给量随流域面积的增大而减小。因此，较大流域内暴发泥石流的机率就小。这与甘肃其它地方的正好相同，即单位面积最大补给量，随流域面积的增大而减小（《甘肃泥石流》，1982）。

3、沟床比降。泥石流形成区的山坡比降和流通区的主沟床比降，在泥石流的形成或运动中均起着重要作用。一般山坡坡度愈大，汇流愈快；山坡稳定性愈差，滑坡坍塌愈发育，泥石流

表3 泥石流沟流域面积统计

面积分级		流 域 面 积 (平方公里)					合 计
		0.5	0.6—1	1.1—5	5.1—10	>10	
泥石流沟条数	南 区	2.0	4.0	27.0	7.0	3.0	43
	北 区	4.0	23.0	33.0	4.0	1.0	65
	东 区	2.0	2.0	20.0	6.0	1.0	31
全 县	总条数	8.0	29.0	80.0	17.0	5.0	139
	(%)	5.8	20.8	57.6	12.2	3.6	100

发生频率就愈大。统计资料表明，本县山坡平均坡度一般为25°—50°之间，大于30°的占总数的86%。这种陡峭的山坡对泥石流形成和固体物质来源影响最大。如在全县较大的数十处滑坡中，除黄土区滑坡的坡度多在29°左右外，其余在35°左右（表4）。

表4 泥石流形成区山坡坡度统计

泥 石 流 沟 分 区	山 坡 坡 度		
	21°—30°	31°—40°	41°—50°
南 区	9	20	14
北 区	7	48	10
东 区	4	18	9
全县各种坡度所占条数	20	86	33
占总条数的百分比(%)	14.4	61.9	23.7

本县泥石流沟床坡度一般为5—31%之间，最大为41%，以10—20%为主，占总数的52%（表5）。通过分析认为，沟床比降随泥石流的类型而变，即山坡型泥石流沟床坡度在18°—40°，沟谷型泥石流沟床坡度一般为6—25%，以11—20%的为主，占52%。

表5 泥石流沟床比降统计

分 区	泥石流沟条数	沟 床 平 均 比 降 (%)					
		5	6—10	11—20	21—30	31—40	>40
南 区	43		9	22	10	1	1
北 区	65	2	17	33	12	1	
东 区	31		7	17	7		
各比降条数	139	2	33	72	29	2	1
占百分比 (%)	100	1.4	23.8	51.8	20.9	1.4	0.7

(二) 固体物质。查明泥石流沟内固体物质的储备情况，不仅对确定泥石流的发生和其性质有着直接的关系，而且是判断泥石流发展趋势的重要条件之一。

1、储备数量。固体物质储备量主要是由不良地质作用提供。本区具有地质构造复杂，断裂普遍，褶皱强烈，节理发育，破碎层厚等特点。所以，固体物质主要来源于构造破坏和风化剥蚀的碎屑物，堆积的破碎带厚度约20—30米，加之岩层倾角多达30°—80°，崩塌、泻溜和滑坡堆积物较丰富；已调查的近60处，总量可达330万立方米。据统计，该区松散固体物质储量约达5.2亿立方米，单位面积储量平均为122万立方米/平方公里，最高达357万立方米/平方公里（蒿林乡阳山沟见表6）。这种情况正好与泥石流的严重程度相吻合。反证了固体物质储量与泥石流为一正相关。

表6 固体物质储量统计

项 目	全县总计	固体物质区域分布		
		南 区	北 区	东 区
泥石流流域面积 (平方公里)	123.6	175.3	134.7	113.6
固体物质储量 (万立方米)	51,656.4	27,418.1	13,814.4	10,423.6
单位面积储量 (万立方米/平方公里)	121.9	156.4	102.6	91.7

2、补给方式。泥石流固体物质的补给方式不同，补给量、补给物与水流遭遇的机会也不同。该区主要有以下几种补给方式：

滑坡补给。这类补给一般在北区常见。这里岩土覆盖较厚，多为中更新统黄土堆积，呈马鞍状、帽状和片状，分布在山顶、山梁、山坡和地势低凹处。这种岩土遇水易软化溶解，抗剪强度低，极易发生整体位移，常以大面积浅层或深层滑坡方式集中补给泥石流，其补给量很大，一平方公里面积上高达几百万立方米，甚至几千万立方米，并常滑入沟底，堵断沟道。

岩崩补给。这类补给多发生在南东二区的西汉水、洛峪河和六巷河等流域。这里山体陡峻，岩层倾角大，约达30°—80°，局部地方直立。基岩在临空不稳的状态下，遇降水顺裂隙入渗，造成崩塌或滑坡。此为仅次于滑坡的一种补给方式，其规模大小悬殊。以这种补给方式形成的泥石流

流，粗颗粒物质较多。例如洛峪河和阳山沟等沟，泥石流堆积物中巨石累累，砾石最大为 $5.7 \times 4.5 \times 5$ 米，约128立方米，346吨。如此巨石沿沟可见。

沟道冲蚀补给。泥石流在沟床中以高速流的势态运动，在沿程运动中，不断冲刷，淘蚀沟岸，以致产生大量的坍塌甚至浅层滑坡，从而使泥石流体中的固体物质含量不断增加。这种方式基本上分布在北区的大部分沟谷中。从现场可以看出，这些沟的源头基本上没有多少破碎堆积物补给泥石流，但从沟口和沟道淤积程度来看，物质非常丰富，如在北区的马园河一带。

弃渣补给。这种补给方式是本县比较突出的一个问题，因为矿藏分布较广，矿点多。在开采或筑路开渠等较大工程中，大量废石土均堆集在沟内，一遇大暴雨，便形成泥石流。这不仅对下游的建筑物和村舍有威胁，而且对人畜饮水造成严重的危害。

(三) 水源条件。水源是泥石流形成必备的条件之一，而且在泥石流形成中起决定性的作用。尽管其它条件非常充足，如果没有水源，泥石流也决不会发生。

1、一般降水。据西和县中心气象站、气象哨和水文点实测资料，并通过对等值线图分析，认为全县降水受地形的影响，同气温的地理分布相一致，中部多于西北部。多年平均降水量为547毫米，最大达784.7毫米（1984年）。进入雨季的四个月，降雨占年总量的61%（表7），仅雨峰期

表 7

一般降雨情况

气象台站名	西 和	礼 县	徽 县	天水秦城区
统计起止年份	1966—1984	1956—1979	1957—1980	1956—1961 1965—1979
多年平均降水量（毫米）	451—784.7	500.2	745.8	554.9
6—9月降水量（毫米）	338.1—478.6	309.2	489.1	334.4
6—9月占比例（%）	61	61.8	66.0	62.8
日雨量25毫米天数	49			
日雨量50毫米天数	9			
24小时最大雨强（毫米）	232.7	126.0		

的7月，平均降雨量达106.4毫米，占年降水量的20%。从近30年的年降水量来看，每年以3%的递增率逐渐上升，主要特点为量多、集中和雨强大等特点。

本区连续降雨日数平均值为120.5天，最长连续降雨日数为9—11天，其降雨量达64—105.4毫米（表8）。从表中可以看出，无论连续降水总量还是过程日平均值，多年月平均和多年日平均降水量都是7月份最大。这与历史上所发生的洪水、泥石流的月份相吻合。它就为我们重点在7月份预防泥石流洪水提供了可靠依据；同时亦说明，这种长历时、低强度和大雨量的降雨，对滑坡泥石流，尤其对滑坡、坍塌的形成影响更大。

2、大暴雨。在降雨的天气过程中，大暴雨是极易产生泥石流的最重要的主导条件。据有关文献及统计结果表明，本区形成泥石流的临界雨强约为15—20毫米/小时。从19年观测资料的分析得出，日雨量在25毫米以上的雨日49次，50毫米以上的9次，100—232.7毫米的3次（表7）。从《甘肃泥石流》书中得知，陇南地区最大1小时降雨量超过25毫米时，可发生灾害，而本县已远远超过此值，高达37.7毫米/小时。在陇南部分地区，当30分钟最大降雨量达到20毫米、10分钟最大降雨量达8—10毫米时，必然会暴发泥石流，而本县分别为30分钟高达32毫米、10分钟高达

表 8

连续降水特征

项 目	连 续 降 水 最 长 月 份				
	6	7	8	9	10
历年连续降水最多天数	7	9	11	10	9
连续降水总量(毫米)	35	105.4	87.3	32.5	64
过程日平均降水量(毫米)	5	11.71	7.94	3.25	7.11
多年月平均降雨量(毫米)	59.1	106.4	77.9	84.6	49.4
多年日平均降水量(毫米)	1.97	3.43	2.51	2.82	1.59
过程日平均与多年日平均降雨量之比值	2.54	3.41	3.16	1.15	4.47

17.2毫米,从而证实了本县泥石流的严重程度和发生频率。本县平均每年有2.6次大暴雨过程,最多年份有7次,最少2次。这些大暴雨出现的时间频数以7月为最高,机率44.7%,8月26.3%。由此可以看出,这种历时短、阵发强、雨量大和强度集中的降雨特点,为泥石流的暴发给予了最优越的条件,并使泥石流和降水呈同期同步发生。

3、灾害性降雨。据统计,从1976年到1984年的7年中,就有7次降雨造成惨重的特大灾害平均每年一次(表9)。从表中可以看出,当临界雨强超过50毫米/小时,就会形成特大灾害性泥石流。

表 9

灾害性降雨与危害情况

降 雨 日 期	降水量(毫米)	连续降雨时间(小时)	危 害
1976年8月7日	76.5	24	城周围耕地冲塌,良田淤埋。
1977年7月2日	49.6	24	河堤冲毁,耕地淌光,淤埋。
1979年7月14日	103.9	24	泥石流入城,耕地冲埋,损失80万元。
1981年7月13日	64.1	24	全县7,300多公顷良田受重灾。
1983年5月12日	120—232.7	24	河堤尽毁,坝地淌埋,670多公顷良田受灾。
1984年8月3日	100—119	6	死128人,畜600余头,毁河堤220公里,耕地900多公顷,冲毁房屋77万间,损失5,543万元。

(四) 林草植被与人类活动。植被对泥石流的作用主要是固土、蒸腾和截流。一般土壤抗剪强度的增加与植被根系的密度成正比,其峰值强度和残余强度一般分别增加1—3倍。森林的林冠截留达12毫米以上,加上枯枝落叶层的吸收及减缓地面径流,增加入渗等功能,森林涵养水源的总量可达30毫米,这对削减暴雨径流,减轻水土流失,尤其是在本区日雨量大于25毫米时,就会产生滑坡和泥石流的情况下,将起重要防治作用。所以,植被抑制泥石流的作用不可忽略。例如,本区晒经河一带、太石河流域和西汉水大桥以下,草坡林地和灌丛分布面积较广,虽然不良地质现象发育,但发生泥石流的机率不多;而马元河中上游、六巷河上游、西汉水大桥以上和北区,仅有零星灌丛和疏林,植被很差,泥石流活跃异常,为高发严重区。据《金史·西和史志》记载,本县的一些地方,原来都是绿草如茵,牧草丰厚,森林郁郁,松涛鸣和,满山皆碧,林地面积粗略推算可达74%以上。目前,全区林草覆盖率很低,平均为27.51%,东区为41.48%,南

区28.93%，北区24.24%；林线向后退了2.5—5公里多。植被覆盖率的大量减少和退化，导致泥石流愈来愈严重、活跃。

一般认为，不良地质现象等条件是暴发泥石流最基本的因素，但人类不合理的活动可以在具备上述条件的基础上诱发和加剧泥石流的暴发和频数。人类活动主要表现在陡坡开荒，过量采伐，超载牧畜，加剧了土壤侵蚀，增加松散堆积物。例如，因采矿堆置在石峡河中的大量弃渣，经1984年8月3日的一次骤发性大暴雨直冲石峡村，造成了有史以来罕见的泥石流灾害。矿业开采方兴未艾，是好事，但须对废弃土石合理堆放，采取相应的措施，防止不良后果的恶性发展。

五、泥石流发展趋势

本区泥石流发展将趋向严重，其主要依据如下：

1、降水量增多和集中的趋势不断递增。近30年气象资料的分析结果表明，降水量七十年代比六十年代增多，暴雨频次加大，八十年代又比七十年代增多，逐年降雨量均高于历年平均值的3—19%，暴雨出现概率从六十年代的10%加大到现在的67%。

2、植被破坏严重，屡禁不止，生态环境进一步恶化。长期以来，由于人口平均每年以19.2%的速度不断增加，而耕地则每年以6.7%的速度递减（1975—1988年）。每人平均口粮只有75公斤多，每年每人平均收入不到200元。所以，滥垦、滥采、滥伐之风得不到有效的制止，反而越来越严重。陡坡开荒从山麓垦至山顶，光山秃岭，沙化严重的土地比比皆是。经调查，1985年至今，毁林樵采，刀耕火种和垦荒，最少达3.76万公顷以上，使昔日密林蔽日，绿草茵茵的翠色秀姿变成了山穷水尽，萧条破败。林区面积减少达1.7—2万公顷，林线后移2.5—5公里，林地面积每年以670公顷的速度减少。

3、废石弃土量不断增加。目前有40多处个人、集体和国家开采的大小矿点，而且还在不断增加。这些矿点的废渣均依山而堆，随河而置，给泥石流提供了大量的固体物质。例如，青羊峡、邓家山和尖崖沟等六处矿点，若不计开挖地表岩土量，仅采矿浮选一项，年弃渣量至少在4.4万余立方米以上。崖湾梯矿若达到设计生产能力，年弃渣至少也要在11.2万立方米以上。如果把所有矿点累加起来是十分惊人的。这种现象在陇南其它县也很突出，如成县、徽县境内的国家、集体和个人都在开办铝锌矿，涉及范围20多平方公里，挖掘土石量约1亿立方米，尾矿渣约3,000多立方米。任意堆弃，每遇暴雨冲入河道，淤积河床，使部分河流水质严重污染。目前，出现“抢药热”，农民一把锄头一个背筐出现在千沟万壑和荒山草坡上，使本来已很破碎的山地更是百孔千疮，造成了大面积的水土流失，加剧滑坡泥石流的形成。

4、潜在的不良地质现象十分发育。据统计，全区较大的有缓慢位移迹象的滑坡近100处，同时尚有裂缝130多条，裂缝长一般为160米左右，最长的兴隆乡何家湾村何家沟一条长达1,500米，裂缝宽一般在0.2—0.8米之间，滑坡量近100万立方米。

从上述情况可以清楚地看出，泥石流形成的因素正在继续增大，生环境在加速恶化，致使本县泥石流在近期内将会更加活跃，规模更大，频次增多，危害也将会更严重。

致谢。李智和陈耀旭两同志参加了外业考察和室内的资料整理，谨致谢忱。

Preliminary research on the development history and environment of debris flows in Xihe county of Gansu Province

Zhao Shangxue

(Lanzhou Institute of Glaciology and Geocryology, Academia Sinica)

Zhang Zhengqiang

(the Soil and Water Conservation Scientific Testing Station of Xihe, Gansu)

Abstract

According to the debris flow development history, geological, geomorphical and precipitation conditions, this experiment initially analyses the distribution, cause and developing tendency of debris flows in Xihe county. It is considered that the debris flows of this county distributes along with structural belt with the changes of rock character and artificial destruction of vegetation. Relying on these, the authors deduce the causes of debris flows and discuss the forming of debris flows with relation to topography, the storage of solid materials, water supplies and new tectonic movement. It at last draw the conclusion that the debris flows tend of this county will come into an expanding stage and become serious soon.

(上接第20页)

An analysis to the resistance of debris flow

Qi Long

(Lanzhou Institute of Glaciology and Geocryology, Academia Sinica)

Abstract

The observed data shows that the resistance of debris flow is higher than that of water under the same hydraulic condition. According to the analysis on different effects of coarse grains and fine grains for resistance. This paper thinks that the reason causing increase of resistance of debris flow is the bed load in debris flow. In order to prove this idea, we have analysed the relation between extra resistance causing bed load and increment of resistance of debris flow. The result shows that the increment of resistance increase with the extra resistance increasing.