

南水北调西线一期工程区泥石流分布特征

吕学军<sup>1,2</sup>, 刘希林<sup>1</sup>, 王全才<sup>1</sup>, 黄志全<sup>3</sup>, 苏鹏程<sup>1</sup>

(1. 中国科学院成都山地灾害与环境研究所, 四川 成都 610041;  
2. 中国科学院研究生院, 北京 100039; 3. 华北水利水电学院岩土工程系, 郑州 450008)

摘要: 南水北调西线一期工程区是我国水能资源最为丰富的地区之一, 在该区修建水利工程, 泥石流是经常遇到的地质灾害问题。在考察论证的基础上, 结合工程区泥石流发育与地质构造、地层岩性、气象水文和地形地貌的关系, 探讨了泥石流分布规律。研究表明, 工程区泥石流沟数量较多, 但分布不均匀; 泥石流沟流域面积集中于 1~5 km<sup>2</sup>, 主沟长度以 1~3 km 居多, 相对高差大多小于 1 500 m; 70. 9% 的沟谷坡度为 10~30°; 88. 3% 的沟床比降在 0. 1~0. 5 之间; 泥石流分布受地形地貌的控制, 受地质构造和地震的制约, 受地层岩性的影响, 表现出区域分异的特征。

关键词: 西线一期工程; 泥石流; 形成环境; 特征

中图分类号: P642. 23 文献标识码: A 文章编号: 1005-3409(2005) 05-0237-04

Distribution Characteristics of Debris Flows in the Area of the First Stage Project of West-line for South-to-North Water Diversion

LU Xue-jun<sup>1,2</sup>, LIU Xi-lin<sup>1</sup>, WANG Quan-cai<sup>1</sup>, HUANG Zhi-quan<sup>3</sup>, SU Peng-cheng<sup>1</sup>

(1. Institute of Mountain Hazards and Environment, Chinese Academy of Sciences, Chengdu 610041, China;  
2. Graduate School of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100039, China;  
3. North China Institute of Water Conservancy and Hydroelectric Power, Zhengzhou 450008, China)

**Abstract:** The area of the 1st stage project of west-line for diverting water from southern to northern China is an area where is rich in hydro-energy resource in China. However, debris flows are the main geological hazards threatening the project construction. Based on field investigation, the distribution of debris flows in the project region is discussed. The following results show: the number of debris flow gullies is large, but their distribution is not even; most debris flow catchment areas are among 1 and 5 km<sup>2</sup>; most of the main gully length are between 1 000 and 3 000 m; the altitude of the gully mouth is within 3 000 and 4 000 m, and relative altitude is less than 1 500 m; most slope gradients are between 10° and 30°; and most gully bed ratio is in 0. 3 to 0. 5; differences of hydro-thermal conditions related to slope lead to different distribution of debris flows; the debris flow distribution is controlled by the geological structures, earthquake, lithology and landform, and it has regional differential rule.

**Key words:** the 1st-stage project of west-line; debris flows; forming condition; distribution rule

南水北调西线一期工程是一项非常宏大的水利工程, 计划调水量达 170 亿 m<sup>3</sup>, 规划投资达 3 000 亿元以上。一期工程的主要工程为“五坝七洞一渠”, 坝高 63~123 m, 七条隧洞总长 244. 1 km, 明渠长 16. 1 km。坝址附近、库区和隧洞出入口一带是易受泥石流灾害威胁和破坏的区域, 这些区域内地层岩性复杂, 褶皱、断裂、滑坡及崩塌比较发育, 地表岩体风化破碎比较严重。同时, 该区降雨丰沛集中, 为泥石流的发生提供了水源条件。泥石流对工程的危害主要表现为埋没、堵塞及威胁大坝、抽水站厂房、隧洞进出口和引流明渠等地面建筑物。当大规模泥石流发生时, 还可能引起涌浪、溃坝灾害, 其携带的大量泥沙石块入库后, 也将引起泥沙淤积、减少

库容和调水量等问题。因此, 工程区泥石流灾害的深入研究将进一步提出切实可行的泥石流防治对策, 为工程的规划设计提供科学依据。

1 泥石流形成的环境背景

1. 1 地层岩性与地质构造

工程区地层主要为巴颜喀拉群的砂岩、板岩及其砂板岩互层, 局部出露有灰岩和岩浆岩岩体, 属中等坚硬—坚硬岩类。工程区位于青藏高原东南部, 区内较大规模断裂带的总体延伸方向为 300~310°; 断裂密度最大的部位在色达地区附近, 向北有减小的趋势; 自西南部向东北部, 呈现以断裂构

<sup>1</sup> 收稿日期: 2004-10-27  
基金项目: 中国科学院知识创新工程项目(KZCX3-SW-323)  
作者简介: 吕学军(1967-), 男, 山东滨州人, 硕士研究生, 现从事泥石流灾害与环境的学习和研究。

造活动为主向以褶皱运动为主的变化趋势<sup>[1]</sup>。一期工程主要涉及清水河北、主峰、桑日麻和甘德南 4 条活断裂,其中桑日麻断裂具有较宽的破碎带,控制着河谷的展布和第三系发育<sup>[2]</sup>。该区属于巴颜喀拉褶皱带,班玛县哇尔依乡—白玉乡以北为阿尼玛卿断裂带的南亚带,哇尔依乡—白玉乡以南到

表 1 工程区主要断裂活动特征

断层编号	断层名称	断层位置	地质地貌特征	最新活动时代	滑动速率/(mm·a <sup>-1</sup> )	现代地震活动
F <sub>2</sub>	玉树断裂	工程区南部外围	谷地、盆地、断错水系、错断 Q <sub>4</sub> 地层	Q <sub>4</sub>	3.3~17(左旋)	M7.0(1896 年) M7.0(1866 年)
F <sub>8</sub>	桑日麻断裂	工程区	内宽 10~20 km 的地震形变带	Q <sub>4</sub>	14.2 (左旋)	M7.7(1947 年)
F <sub>9</sub>	鄂陵湖南断裂	工程区北部外围	错断山脊、水系、断层破碎带	Q <sub>4</sub>		
F <sub>10</sub>	甘德南断裂(白玉断裂)	工程区北部外围	谷地、断错水系、错断 Q <sub>3</sub> 地层	Q <sub>4</sub>	8.1(左旋)	M5.3(1969 年)
F <sub>14</sub>	鲜水河断裂	工程区东南部外围	谷地、断错水系、断错 Q <sub>4</sub> 地层	Q <sub>4</sub>	14.5±2(左旋)	M7.7(1811 年) M7.6(1973 年)

据参考文献[4]修改。

1.2 新构造运动和地震

工程区位于印度板块与欧亚板块碰撞挤压作用的接触地带,随着青藏高原的隆起形成了一系列新的活动构造以及重新活动的老构造带。上升运动引起剥蚀作用加剧,沟谷下切,从而造成地表被切割,山高谷深,18 个候选坝址都为“V”型谷,谷岭相差 200 m 以上。强烈的新构造运动使基岩部分变质、破碎,使得堆积扇或河流阶地上的第四系松散物质成为泥石流流固体物质的补给源地。据调查,工程区大部分泥石流流沟分布于新构造运动抬升或垂直差异性抬升地段。另外地震活动也比较频繁,工程区位于可可西里—金沙江地震带的东南部,其南部为鲜水河—炉霍地震区,西北部为达日地震带,达曲和泥曲两流域地震烈度为 Ⅱ度,其它流域为 Ⅱ度<sup>[3]</sup>,地震可直接破坏山体稳定,降低岩石强度,加速滑坡、崩塌和山崩等活动过程,强震后往往伴着水土流失,促使泥石流活动。

1.3 气象与水文

工程区以巴颜喀拉山为界,分为东北部的受中亚西风干冷气流控制的高原亚寒带—半干旱气候区和西南部受西南季风影响的亚寒—寒温带气候区。冬季严寒,夏季凉爽,年平均气温-4.2~5.6℃,1 月平均气温-0.5~-17℃,7 月平均气温 5~14℃,昼夜温差较大,年温差较小;1 月地表温度为-15~-3.5℃,7 月为 10.5~18℃,11 月至次年 3 月,4.2 km 高程处土壤表层 5~40 cm 范围的地温均在 0℃以下;干、雨季分明,5~10 月为雨季,占年降水量 80%左右,年降水量地区分布不均匀,出现由西北伍道梁站的 265.6 mm 到东部壤塘、阿坝一带达 700 mm 以上的变化特征,在海拔 3 500 m 高程以上地区,年降水量中 20%~30% 以上的降水为降雪量。工程区径流主要来源于降水,并有季节性融雪与融冰补给。一般 11 月至次年 3 月为枯水期,径流由地下水补给;4~5 月为枯、丰水过渡期,径流为融雪和春雨补给;6~10 月为丰水期,是径流的主要形成期<sup>[5]</sup>。

1.4 地形地貌

工程区属于浅—深切割的高山区和极高山区,地形起伏较大,最高处海拔 6 000 m 以上,最低处海拔 2 000 m。东部地区主要为河流深切峡谷地区,基本在海拔 3 100 m 以下;西部地区海拔多在 3 100 km 以上,地形起伏较缓,局部地方有高山;区内分布有第三纪构造盆地和第四纪洪积以及冰川堆积盆地。工程区既有老泥石流扇形堆积体和河谷平原地形,又存在如仁达引水枢纽附近泥曲两岸出现的阶梯状河流地貌。

1.5 植被与土壤

工程区土地覆盖类型丰富,林地主要分布在海拔 3 km

杜柯河东北为巴颜喀拉北复向斜带;杜柯河西南—达曲东北为巴颜喀拉中断褶带;达曲西南为巴颜喀拉南复向斜带<sup>[3]</sup>。主要断层有阿坝断层和阿柯河断层等,在几个坝址附近可见多处褶皱断层现象,还可观察到地堑地垒的存在。

以下河流峡谷区,草甸草地主要分布在西部高原丘陵和东部高山上,灌丛地主要集中在工程区东部,沼泽地主要分布在工程区西部高原丘陵地中的河流源地、河流阶地等地区<sup>[6]</sup>。本区属于由青藏高原片状多年冻土区向岛状季节冻土区过渡的混交地带,海拔高度在 4 000 m 以上发育有多年冻土。季节冻土主要分布于工程区东南部的山间谷地,受高寒气候的影响,每年 9 月开始冻结,至翌年 4~7 月开始解冻,冻结期长达 7~10 个月之久<sup>[7]</sup>。泥石流沟主要分布在沟口海拔 3 000 m 以上地带,以草甸草地、灌丛地和荒草地为主,具有相对的脆弱性,是泥石流形成的有利因素,土壤冻融也为泥石流形成创造了条件。

2 泥石流分布特征

2.1 泥石流沟分布

在 2003 年 8 月和 2004 年 7~8 月两次野外实地考察、现场灾害填图(1:10 万)和 GPS 定点的基础上,根据室内航片判读和 TM、SPOT 卫星图像译解相互校正,研究区域分布具有一定规模和比较典型的泥石流沟共 103 条(表 2)。

表 2 工程区泥石流沟统计

流域	坝址	下游河段		上游库区			合计(条)	
		河段长度	泥石流流数	河段长度	泥石流流数	线密度	左岸	右岸
		/km	/条	/km	/条	/(条·km <sup>-1</sup> )	岸	岸
达曲	然充(上)	38.55	16	0.42	29.2	5	0.17	
	阿安(中)	33.38	13	0.39	31.83	8	0.25	13
	申达(下)	25.85	8	0.31	21.43	11	0.51	8
	章达(上)	25.36	10	0.39	11.02	5	0.45	21
泥曲	仁达(中)	13.89	4	0.29	27.37	1	0.04	8
	纪柯(下)	1.86	1	0.54	17.87	5	0.28	3
色曲	洛若(上)	24.67	9	0.36	5.67	6	1.06	10
	3 枢纽(下)	2.3	2	0.87	23.67	8	0.34	5
	珠安达(上)	59.42	17	0.29	23.14	9	0.39	15
杜柯河	上杜柯(中)	45.08	9	0.2	21.26	13	0.61	21
	加塔(下)	29.04	5	0.17	29.45	15	0.51	5
	亚尔堂(上)	25.38	6	0.24	29.7	7	0.24	26
麻尔曲	中坝址(中)	21.08	5	0.24	43.81	8	0.18	11
	扎洛(下)	7.29	3	0.41	43.81	9	0.21	2
克柯河	克柯	16.97	9	0.53	11.84	4	0.34	12
若果朗	渡槽	1.14	1	0.88	3.92	3	0.77	1
合计(条)							78	25

注:下游河段长度指各流域下游所考察到的第一条泥石流沟所在位置到该坝址之间的距离;库区河段长度指坝址到该坝址正常蓄水位所在位置之间的距离。

2.2 泥石流沟特征

根据对工程区 103 条沟谷型泥石流沟的统计, 流域面积  $1 \sim 5 \text{ km}^2$  的泥石流沟占 58.3%, 流域面积  $0.5 \sim 5 \text{ km}^2$  的泥石流沟占 79.6%; 主沟长度  $1 \sim 3 \text{ km}$  的泥石流沟占 61.2% (63 条), 主沟长度  $0 \sim 5 \text{ km}$  泥石流沟占 88.3% (91 条); 全部泥石流沟沟口高程都在  $3\,000 \sim 4\,000 \text{ m}$  之间, 其中 87 条(占总数的 84.5%) 泥石流沟沟口高程分布在海拔  $3\,400 \sim 3\,800 \text{ m}$  之间, 15 条(占总数的 8.4%) 泥石流沟分布在海拔  $3\,400 \text{ m}$  以下, 仅有 1 条泥石流沟沟口高程大于  $3\,800 \text{ m}$  (表 3)。

表 3 工程区泥石流沟流域面积、主沟长度和沟口高程统计

流域面积/ $\text{km}^2$	0~1	1~2	2~3	3~4	4~5	5~10	>10
泥石流沟数/条	30	25	17	9	9	6	7
分布频率/%	29.13	24.27	16.50	8.74	8.74	5.83	6.79
主沟长度/km	0~1	1~2	2~3	3~4	4~5	5~10	>10
泥石流沟数/条	5	39	24	17	6	8	4
分布频率/%	4.85	37.86	23.30	16.51	5.83	7.77	3.88
沟口高程/km	<3	3~3.2	3.2~3.4	3.4~3.6	3.6~3.8	3.8~4	>4
泥石流沟数/条	0	1	14	47	40	1	0
分布频率/%	0	0.97	13.59	45.63	38.84	0.97	0

通过对 103 条泥石流沟的沟床平均比降和流域相对高差进行分析比较, 发现有 51 条(占总数的 49.5%) 泥石流沟的平均沟床比降在  $0.1 \sim 0.3$  之间, 91 条(占总数的 88.3%) 泥石流沟的平均沟床比降在  $0.1 \sim 0.5$  之间。所有泥石流沟的相对高差都小于  $1\,500 \text{ m}$ , 相对高差小于  $1\,000 \text{ m}$  的泥石流沟共 89 条(占总数的 86.4%) (图 1)。

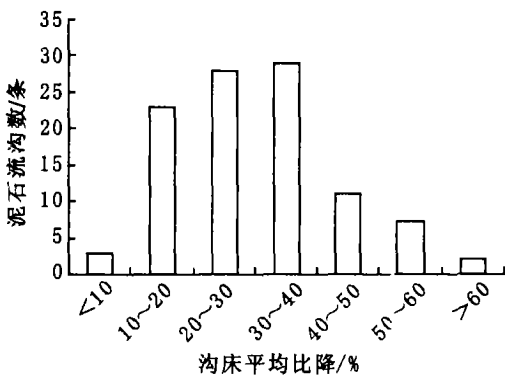


图 1 工程区泥石流沟沟床比降与流域相对高差分布图

2.3.3 受地层、岩性影响

从地层、岩性分析, 地层越古老, 岩性越软弱, 泥石流分布越集中, 软弱岩石和由软弱岩石与坚硬岩石构成互层的岩体, 或因胶结差, 或因差异风化强烈, 往往成为泥石流强烈活动区, 如区内第三系、侏罗系和三叠系分布区的泥岩、泥灰岩、炭质页岩、粉砂岩、砂岩或泥岩和砂岩构成的互层等, 往往为泥石流活动提供大量碎屑物质, 成为泥石流强烈活动区。如杜柯河、达曲、泥曲和色曲等流域岩性为  $T_2z^2$ 、 $T_2z^1$ 、 $T_3z$ 、 $T_2r$ 、 $T_2zh$  和  $T_2ln^2$ , 有的地带虽为坚硬岩石分布区, 但地层古老, 历经多次构造运动破坏, 岩体破碎, 风化强烈, 泥石流活动仍十分活跃。

2.4 区域分异规律

2.4.1 线密度

以坝址和渡槽为分段点, 对 7 个流域不同河段泥石流沟进行了线密度统计(表 2)。结果表明, 对各坝址下游河段线密度进行比较, 若果郎渡槽下游河段线密度最大, 为  $0.88 \text{ 条/km}$ ; 色曲 3 枢纽下游河段线密度次之, 为  $0.87 \text{ 条/km}$ ; 加塔

2.3 泥石流分布规律

2.3.1 受地形地貌控制

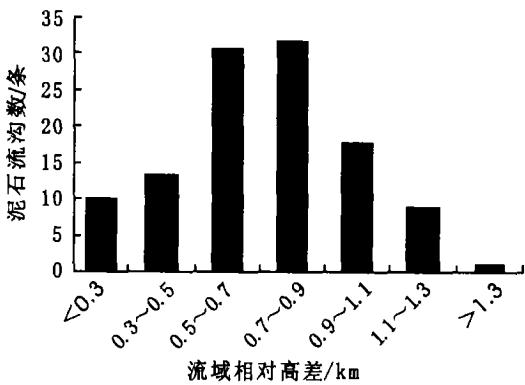
从地貌发育和形态上分析, 整个工程区可分为四川甘孜州的局部高山峡谷区和阿坝州及青海班玛县局部平原区两大部分, 峡谷区泥石流具有数量多、规模大、危害重的特点; 平原区泥石流具有数目少、规模小、危害轻的特点。泥石流集中分布在相对高差大, 山坡陡峻的河谷地带。泥石流数量随着相对高度的降低和沟床比降的减少以及切割程度的变缓而逐渐变少。表 4 可知, 工程区占总数 70.9% 的泥石流沟主沟平均纵坡在  $10 \sim 30$  之间, 说明工程区泥石流沟的发育要求有一定的纵坡, 并主要集中在  $10 \sim 30$  之间。

表 4 工程区泥石流沟床坡度统计

坡度/ $^\circ$	<10	10~20	20~30	30~40	40~50	合计
泥石流沟数/条	23	45	28	7	0	103
分布频率/%	22.33	43.69	27.18	6.80	0.00	100.00

2.3.2 受地质构造和地震制约

从地质构造和地震条件分析, 区内泥石流集中分布在断裂带附近及地震影响区。据有关资料<sup>[1, 2, 8]</sup>, 达曲和泥曲两流域为晚更新活动断裂和全新活动断裂分布, 比其它流域烈度高, 构造活动强烈; 工程区断裂密度最大的部位在色达地区附近; 桑日麻断裂( $F_8$ ) 具有较宽的破碎带, 控制着杜柯河谷的展布和第三系发育, 断裂带曾于 1947 年发生达日 7.75 级地震。受地震带强烈影响的这几个流域集中了 73 条(占总数的 71%) 泥石流沟, 而且越靠近震中, 泥石流分布密度越高。



坝址线密度最少, 为  $0.17 \text{ 条/km}$ 。对各坝址上游库区河段线密度进行比较, 洛若坝址库区河段线密度最大, 为  $1.06 \text{ 条/km}$ ; 仁达坝址库区最小, 为  $0.04 \text{ 条/km}$ 。若以下坝址下游所考察到的第一条泥石流沟所在位置为起点, 以上坝址正常蓄水位所在位置为终点作为每个流域的河段, 则以若果郎流域线密度最大(为  $0.79 \text{ 条/km}$ ), 其次是色曲、克柯河、泥曲、杜柯河、达曲, 麻尔曲最小(为  $0.24 \text{ 条/km}$ )。

2.4.2 坡向差异

根据统计, 占总数 76% 的泥石流沟位于河流左岸, 而右岸泥石流沟只占 24%。在地质地理条件类似的情况下, 阳坡比阴坡日照时间长, 太阳辐射强, 气温高, 日较差大, 蒸发强烈, 湿度低, 寒冻风化更强烈。近于西北-东南方向的 7 个流域, 左岸为阳坡, 右岸为阴坡, 加上该区地形陡, 植被较疏, 土层薄等特性突出, 使得泥石流分布的坡向差异较为明显。

(下转第 265 页)

于中度侵蚀等级。具体情况见表 5。

表 5 桥子沟流域土壤侵蚀强度等级表

侵蚀等级	侵蚀模数 /(t·km <sup>-2</sup> )	面积 /hm <sup>2</sup>	平均土壤侵 蚀量/(t·hm <sup>-2</sup> )	侵蚀总 量/t	面积比 例/%	侵蚀量比 例/%
微度	< 500	5.06	7.96	40.28	2	0.5
轻度	500~2500	35.59	12.01	427.41	14.4	4.9
中度	2500~5000	139.65	30.34	4237.30	56.34	8.8
强度	5000~8000	41.36	51.56	2132.49	16.7	24.6
极强度	8000~15000	26.25	70.31	1845.75	10.6	21.2
合计		247.88	35.03	8683.24	100	100

5 结 论

(1) 土壤侵蚀是个十分复杂的自然现象, 要取得其精确

参考文献:

[ 1 ] 夏卫兵. 略谈水土流失与土壤侵蚀[ J ]. 中国水土保持, 1994, ( 4 ): 47- 48.  
[ 2 ] 刘黎明, 林培. 黄土高原丘陵沟壑区土壤侵蚀定量方法与模型的研究[ J ]. 水土保持学报, 1993, 7( 3 ): 73- 79.  
[ 3 ] 傅伯杰, 汪西林. DEM 在研究黄土丘陵沟壑区土壤侵蚀类型和过程中的应用[ J ]. 水土保持学报, 1994, 3( 8 ): 17- 21.  
[ 4 ] 肖寒, 欧阳志云, 王效科, 等. GIS 支持下的海南岛土壤侵蚀空间分布特征[ J ]. 土壤侵蚀与水土保持学报, 1999, 4( 5 ): 75- 80.  
[ 5 ] 王宏, 康学林. 桥子沟流域 “1987.4.19”暴雨洪水及土壤侵蚀调查分析[ J ]. 人民黄河, 1995, ( 10 ): 25- 27.  
[ 6 ] 徐天蜀, 彭世揆, 岳彩荣. 基于 GIS 的小流域土壤侵蚀评价研究[ J ]. 南京林业大学学报( 自然科学版), 2002, 26( 4 ): 43- 46.  
[ 7 ] 陈亚宁, 刘兴文. GIS 技术在土壤侵蚀量模拟计算中的应用——以新疆头屯河山区流域为例[ J ]. 土壤侵蚀与水土保持学报, 1995, 1( 1 ): 73- 78.  
[ 8 ] 于书霞, 王宁, 朱颜明, 等. 基于地理信息系统的土壤侵蚀研究[ J ]. 水土保持通报, 2001, 3( 21 ): 20- 23.

( 下转第 267 页)

( 上接第 239 页)

3 结 论

通过对南水北调西线一期工程区泥石流分布特征의初步研究, 得出如下结论:

独特的地质背景条件、陡峻的地形地貌、较强烈的新构造差异性抬升运动和地震活动以及特定的水文气候植被土壤条件, 孕育了泥石流灾害的发生, 造就了工程区泥石流灾害的特殊性。杜柯河流域泥石流具有数量多、活动性强、规模大、危害重的特点; 麻尔曲、克柯河和若果郎流域海拔高度低, 流域相对高差小, 泥石流具有数量少、规模小、危害轻的特点; 达曲、泥曲和色曲流域为晚更新活动断裂和全新活动断裂分布, 位于地震活动强烈地带, 泥石流数量较多, 部分泥石流危害严重。

泥石流沟床坡度多在 10~ 30 之间; 主沟平均沟床比降主要为 0. 1~ 0. 5; 流域面积集中于 1~ 5 km<sup>2</sup>; 主沟长度以 1~ 3 km 居多; 沟口高程均在海拔 3 000~ 4 000 m 之间并集中于海拔 3 400~ 3 800 m 范围; 86. 4% 的泥石流沟相对高差

参考文献:

[ 1 ] 伍法权. 南水北调西线一期工程区活动断裂及其对工程的影响[ J ]. 岩土论坛, 2002, 5( 9 ): 12- 13.  
[ 2 ] 黄志全, 漆家福, 伍法权, 等. 南水北调西线第一期工程的主要地质问题[ J ]. 中国地质灾害与防治学报, 2002, 13( 3 ): 1- 7.  
[ 3 ] 王学潮, 张辉, 陈书涛, 等. 南水北调西线第一期工程地质条件分析[ J ]. 人民黄河, 2001, 23( 10 ): 25- 26.  
[ 4 ] 李金都, 陈书涛. 南水北调西线调水区地质条件与关键工程地质问题分析[ J ]. 人民黄河, 1999, 21( 2 ): 22- 24.  
[ 5 ] 高治定, 王玉峰, 张志红, 等. 南水北调西线工程调水区水文气象特性[ J ]. 人民黄河, 2001, 23( 10 ): 9- 10.  
[ 6 ] 杨胜天, 刘昌明, 杨志峰, 等. 南水北调西线调水工程区的自然生态环境评价[ J ]. 地理学报, 2002, 57( 1 ): 11- 15.  
[ 7 ] 吴奇, 杨国华. 南水北调西线工程调水区冻土特征[ J ]. 土工基础, 2002, 16( 3 ): 1- 3.  
[ 8 ] 李金郁, 陈书涛, 张辉, 等. 南水北调西线第一期工程引水枢纽建坝工程地质条件评价[ J ]. 人民黄河, 2001, 23( 10 ): 27- 28.

的数据一般比较困难。根据当地实测的大量参数以及地理信息系统技术, 应用通用土壤流失方程, 是确定土壤侵蚀量行之有效的方法。但由于该方程是经验性的, 具有一定的地域性和局限性, 因此为了提高应用效果, 除降雨因子外, 还应开展其他有关因子的深入研究。

(2) 通过计算得出, 桥子沟流域的土壤侵蚀较为严重, 其中中度以上的土壤侵蚀量占到了侵蚀总量的 45. 8%。而降雨集中, 坡度较大, 地貌类型复杂是造成土壤侵蚀的主要原因。

(3) 植被的覆盖和水土保持措施在预防小流域土壤侵蚀过程中起到了一定的减蚀作用, 尤其梯田的拦蓄效益非常显著。

(4) 对于我国西部地区, 土壤侵蚀一直是困扰我们进行生态环境建设的一个重要问题, 应该引起重视并致力解决。