

# 潼关金矿区矿渣型泥石流灾害及防治对策

徐友宁<sup>1,2</sup>, 陈社斌<sup>2</sup>, 何芳<sup>2</sup>, 刘瑞萍<sup>2</sup>, 张江华<sup>2</sup>, 柯海岭<sup>2</sup>

(1. 西北大学地质系, 陕西 西安 710054 2. 西安地质矿产研究所, 陕西 西安 710054)

**摘要:** 在潼关金矿区 206.8 km<sup>2</sup> 范围内, 采矿坑口达 2 500 处, 矿渣堆 944 处, 占压林地土地面积 255.3 × 10<sup>4</sup> m<sup>2</sup>, 矿渣量达 1 100 × 10<sup>4</sup> m<sup>3</sup>, 年增加 30 × 10<sup>4</sup> m<sup>3</sup>。矿渣占到了泥石流物源的 90%。74.97% 矿渣堆没有拦渣稳渣工程措施, 86.37% 废石堆占据河道, 71% 废石堆稳定性差、极差。7 条峪道 18 条沟谷均是泥石流隐患沟。针对日益严重的矿渣型泥石流灾害隐患, 提出了在加大防治泥石流灾害宣传、制定泥石流灾害防治规划、建立降雨预警预报制度的基础上, 采取各种工程治理措施, 避免和减轻群死群伤的重大泥石流灾害发生的对策建议。

**关键词:** 矿渣型泥石流; 防治对策; 潼关金矿区

**中图分类号:** P624.33

**文献标识码:** A

陕西省潼关县金矿区位于陕西省与河南省接壤的小秦岭金矿区西段北坡, 为我国著名的四大黄金产区之一, 东面以西峪主河道与河南省灵宝市分界, 南以小秦岭分水岭与陕西省洛南县为邻。在东西长 18 km, 南北宽 8~10 km 的 206.8 km<sup>2</sup> 范围内, 几乎沟沟都有金矿开采。经过 30 余年金矿开发, 采矿坑口多达 2 500 个, 经过历年矿山秩序整顿, 矿山企业仅百家减至目前的 12 家, 均为中小型黄金企业, 年采掘处理矿石 50 × 10<sup>4</sup> t; 黄金开采对县财政的贡献率超过了 70%。但是, 由于采矿废石随意排放, 矿渣成为矿区泥石流最主要的物源, 因此, 本文在分析研究矿渣型泥石流物源特点的基础上, 提出减少和避免防治群死群伤的重大泥石流灾害的对策建议。

## 1 矿区地质环境

潼关县境内的小秦岭北坡海拔高度 700~2 100 m, 属中-低山地区, 矿区地层为太古界太华群片麻岩、结晶片岩夹石英岩、大理岩, 岩石坚硬, 抗压、抗

风化能力强。植被覆盖率 80% 左右, 主要为灌木林, 残坡积层厚度 30~100 mm。小秦岭主脉呈东西向展布, 但自分水岭发育南北向 7 条峪道(山区河流), 自东向西依次为西峪、东桐峪、善车峪、太峪、麻峪、蒿岔峪和潼峪, 均呈“V”型谷, 主峪道长 9.41~15.2 km, 纵坡降比 8%~25%, 沟坡坡度 30°~60°。支沟纵坡降比 15.6%~58.4%, 明显大于主沟的坡降比(表 1)<sup>[1]</sup>。分水岭与出山口相对高差达 900 m。小秦岭金矿开采区以北依次为冲洪积倾斜平原、黄土残塬沟壑和黄河渭河阶地地区(图 1)。

矿区属于暖温大陆性干旱气候, 年平均气温 13.0℃。春季少雨多风, 气候干燥; 夏季高温燥热, 雷雨多; 秋季降温迅速, 连阴多雨; 冬季干冷少雪。据潼关县气象站资料, 山外平原区多年平均降水量 587.4 mm, 年最小降水量 319.1 mm(1997 年), 年最大降水量 958.6 mm(1966 年)。日最大降雨量 113.4 mm(1985-07-24), >100 mm 日最大降雨量 10 a-一遇, >50 mm 日降雨量 2 a-一遇, 日最大降雨量出现在 7、8、9 三个月的年份占 76.19%。

收稿日期(Received date): 2006-04-04; 改回日期(Accepted): 2006-08-11。

基金项目(Foundation item): 大陆动力学国家重点实验室(西北大学), 中国国土资源大调查项目《重点矿区环境地质问题专题调查》(项目编号: 200412300057)。[State Key Laboratory of Continental Dynamics(Northwest University), China Geological Survey《Special Survey on Environmental Geological Problems in Important and Typical Mines》(200412300057)]

作者简介(Biography): 徐友宁(1963-), 男(汉族), 陕西长安人, 博士研究生, 高级工程师, 主要从事矿山环境地质研究工作。[Xu Youning(1963-), male(Han), born in Chang'an, Shaanxi province, mostly field mine environmental geology. E-mail: kszlh@sohu.com]

1) 西安地质矿产研究所, 陕西潼关金矿区环境地质问题专题调查, 2004-2005。

## 2 泥石流灾害及其隐患分析

### 2 1 矿渣物质成分及渣堆数量

潼关金矿类型为石英脉型金矿,因而采矿排放的废石成份主要是含金石英脉的围岩(片麻岩、角闪岩等)及含金品位极低的石英岩,这些岩石抗压、抗风化能力强。废石块度在  $0.2\text{ m}\times0.2\text{ m}\times0.2\text{ m}\sim20\text{ m}\times30\text{ m}\times40\text{ m}$ ,平均块度为  $10\text{ m}\times15\text{ m}\times15\text{ m}$ ,大小混杂,棱角明显,粉砂泥质物质量不足 5%,因而废石堆中孔隙大,水流能够较快渗透通过废石堆。

2004年 1: 1万 SPOT5 遥感解译(采矿区红色团块即为矿渣堆)及地面调查(图 1),第一次系统查明了金矿区废石堆(本文称矿渣堆),数量达 944处(表 1)<sup>1)</sup>压占土地林地面积  $255.3\times10^4\text{ m}^2$ ,矿渣量超过了  $1\,100\times10^4\text{ m}^3$ ,而且每年新排矿渣  $30\times10^4\text{ m}^3$ 。西峪、东桐峪、潼峪的矿渣堆数量最多,达到 159处、149处和 128处,说明这些峪道金矿的强度大。

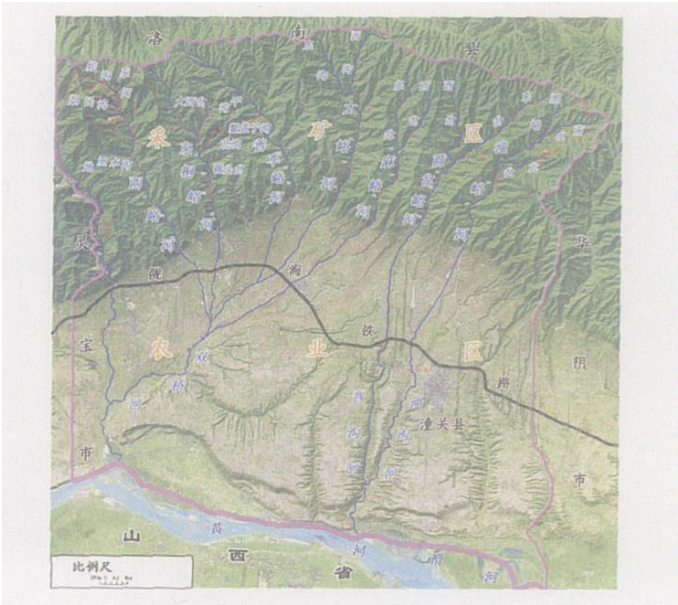


图 1 潼关金矿区 SPOT5遥感影像图

Fig. 1 SPOT5 remote sensing image in Tongguan Gold Area

表 1 潼关金矿区七条峪道及 18 主要支沟地面调查的矿渣堆一览表

Table 1 The list of slagheaps of 7 valleys and 18 offshoots in Tongguan Gold Mine Area

主沟	主要峪道				支沟	主要支沟			
	汇水面积 ( $\times 10^4\text{ m}^2$ )	纵坡降比 (%)	压占面积 ( $\times 10^4\text{ m}^2$ )	调查渣量 ( $\times 10^4\text{ m}^3$ )		汇水面积 ( $\times 10^4\text{ m}^2$ )	纵坡降比 (%)	压占面积 ( $\times 10^4\text{ m}^2$ )	调查渣量 ( $\times 10^4\text{ m}^3$ )
西峪	2 321.08	15.2	56.37	129.20	蛇沟	116.7	35.0	4.63	7.02
					东闯	65.9	26.0	3.45	13.10
					烟民沟	83.1	28.5	7.15	21.79
					地里木沟	102.3	21.6	2.94	1.31
东桐峪	1 626.32	15.2	39.80	150.15	大西岔	180.4	33.6	8.78	31.37
					南沟	71.6	58.4	4.32	34.05
					北沟	73.9	58.4	2.20	32.74
					碾头岔	91.5	47.5	3.61	12.07
善车峪	2 788.08	10.64	24.72	88.29	鳖盖子沟	54.7	19.1	4.93	4.08
					干沟	79.0	38.7	3.81	4.13
太峪	2 637.49	9.41	12.78	5.89	东沟	445.3	18.1	1.70	1.41
					西沟	415.3	20.7	3.29	0.46
麻峪	1 321.62	11.05	10.76	16.62	东岔	484.0	17.1	5.17	8.47
					西岔	265.7	17.7	1.41	3.89
蒿岔峪	2 623.98	10.5	21.38	35.54	东岔	1099.8	18.7	1.85	0.48
					西岔	917.3	15.6	14.53	22.70
潼峪	2 111.80	10	43.34	13.70	北岔	479.2	23.4	19.32	3.23
					黑峪	252.6	18.8	43.95	2.69

1) 西安地质矿产研究所.《陕西潼关金矿区环境地质问题专题调查》,2004~2005.  
©1994-2015 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

2 2 矿渣堆积场所及稳定性

30 a来的金矿开发, 整个山区采矿坑口达 2 500 处, 从沟口到沟脑, 从山脚到山顶, 矿渣堆及部分选矿尾矿渣随意堆放, “楼上楼”的采矿活动导致主要支沟形成重重叠叠矿渣带<sup>[1]</sup>。高陡山坡和沟岔堆放的松散废石堆高度 10~ 30 m, 矿渣堆安息角 30°~ 40°。不稳定的矿渣堆有在暴雨、矿震、重力等作用下, 向下滑塌之危险。主峪道河道两侧矿渣堆堆积高度 2~ 10 m, 由于没有拦渣防洪的浆砌片石护堤, 抗洪水冲刷能力弱。西峪、东桐峪主峪道废石堵塞河道严重, 最窄处不足 2 m, 随着废石堆增多, 河道“卡口”和“脖颈”增多。由于多年洪水作用, 导致东桐峪、西峪主河床淤积垫高达 1~ 3 m。

受主峪道及其支沟狭窄的地形条件制约, 采矿废石就地堆放在平硐坑口的沟谷、坡面和河道边。

矿山厂房和民工工棚大多沿沟沿河搭建, 或搭建在废石堆表面或下方, 有的工棚甚至直接搭建在支沟泥石流沟口堆积区、坡面沟谷汇水区。加大了泥石流的危害程度。

对 7条主峪道和主要支沟 298处矿渣堆形态、面积、体积、块度、堆渣场所、渣堆安息角、占据河道情况、两岸山坡坡度、植被覆盖度、上下游河道的弯曲程度等进行了详细调查, 统计表明, 没有修建拦渣稳渣护挡墙(整个矿区至今没有修建泥石流重力坝)的矿渣堆, 占到了总数的 54.29%~94.12%, 平均 74.97%(表 2)。占据河道位置 1/3以上的矿渣堆数量是总渣堆的 70%~96.3%, 平均 86.37%(表 3)。稳定性差、极差的矿渣堆占到了 71%。可见, 矿渣易在暴雨、洪水作用小, 发生滑塌或直接进入河道成为泥石流的物源。

表 2 七条峪道无防护工程措施的矿渣堆数量及百分比  
Table 2 The quantities and percents of mulbck withtout prevention measures in 7 valleys

主峪道名称	西峪	东桐峪	善车峪	太峪	麻峪	蒿岔峪	潼峪
渣堆数量(处)	40	52	19	16	25	22	37
占峪道内矿渣堆总数(%)	72.72	65	54.29	94.12	80.65	64.71	93.37

表 3 七条峪道内占据河道 1/3以上的矿渣堆数量及百分比  
Table 3 Quantities and percents of mulbck occupying 1/3 riverway in 7 valleys

峪道名称	西峪	东桐峪	善车峪	太峪	麻峪	蒿岔峪	潼峪
渣堆数量	38	77	24	16	24	27	34
占峪道内渣堆总数(%)	69.1	96.3	70	94.12	90	93.1	92

2 3 泥石流潜势度评价

为了给政府分期分批治理泥石流沟提供科学依据, 选择了沟谷矿渣总渣量、纵坡降比、矿渣堆补给长度与沟长比、沟岸山坡坡度、峪道河流弯曲程度、河流堵塞情况、矿渣堆稳定性、汇水面积、历史上有无泥石流发生等 9个泥石流沟地质环境发育因子, 依据刘西林、刘传正的有关理论方法<sup>[2,3]</sup>, 通过定量计算, 给出了 18条沟谷在相同降雨条件下发生泥石流的风险度排序<sup>[1]</sup>: 东桐峪的大西岔、洒西岔的北沟和南沟, 西峪的蛇沟等发生泥石流的风险度最大。由于本区泥石流发生多是在支沟形成泥石流, 进而汇聚主峪道, 形成更大的泥石流。故, 支沟泥石流风险度极大主峪道东桐峪、西峪亦成为泥石流风险度最高的主峪道。善车峪、麻峪次之, 太峪、蒿岔峪、潼峪系中等潜势度区。

2 4 泥石流灾害及其隐患类型

1994-07-11 T19 00 西峪上游猛降大到暴雨, 22 00山洪铲蚀着沟道中采矿废石尾矿渣, 形成泥石流, 冲毁矿区公路 9 km, 涵洞 3 km, 淤埋文峪金矿矿山设备百余台, 导致矿区交通、水电中断, 51人死亡, 上百人失踪。07-12 T2 30 支沟洪水再次汇聚到文峪金矿尾矿库内, 尾矿库坝面被冲出宽 4 m、深 4 m、长 300 m的冲沟, 形成的坡面泥石流进入主沟, 在主沟再次形成泥石流<sup>[4]</sup>。本次泥石流总方量  $30 \times 10^4 \text{ m}^3$ , 其规模属巨型泥石流, 属特大级泥石流灾害。1996-08-15 强降雨诱发东桐峪峪道泥石流灾害, 冲毁各类房屋 15间、金矿石  $20 \times 10^4 \text{ t}$ 以及桥梁、农田, 直接经济损失 340万元。短期内发生特大、重大泥石流地质灾害, 令全国震惊。刘世建、李昭淑等人<sup>[4,5]</sup>认为泥石流流体性质属过渡性, 容重  $1.8 \sim 2.0 \text{ t/m}^3$ , 均认为 1994年西峪泥石流是人为

造成的。

可见,无论历史上发生的泥石流灾害,还是目前潜在的泥石流灾害隐患,矿渣占到了泥石流物源的90%以上,为了与残坡积或崩塌、滑坡等形成的物源或其他人类工程活动形成的泥石流物源的区别,故潼关金矿区泥石流灾害及其隐患类型为矿渣型水石流,且以沟谷型为主,坡面水石流次之。按其诱发因素则为暴雨型水石流,以及尾矿库溃决型泥石流。

### 3 泥石流形成条件分析

泥石流形成的三个基本条件:(1)具有丰富而松散的固体物源;(2)具有高陡的地形地貌条件;(3)激发因素,如暴雨、尾矿库溃决等。潼关金矿区18条峪道堆积了 $1\,100\times 10^4\text{ m}^3$ 矿渣量,分水岭与出山口相对高差达900 m,7~9月是暴雨季节,可见泥石流发生的基本条件具备。金矿开采过程中排放的矿渣,为泥石流形成提供了丰富的松散固体物质。主峪道平均11.7%、支沟平均28.7%的沟床比降使得沟谷上游及沟源处废渣拥有巨大的势能,而陡峻的地形为势能转化为动能提供了有利条件。是否发生泥石流主要取决于强降雨或尾矿库溃决等激发因素。一旦出现50 a以上一遇的暴雨,极有可能形成泥石流灾害。甚至在采矿爆破、矿震、地震和尾矿库溃决等复合因素作用下,较小的降雨也有可能引发泥石流。

影响矿渣型泥石流发生的另一个因素是矿渣堆存在较大孔隙度,导致山坡汇水较快渗透通过废石堆,而不能将其浮托起来或不能形成溃决性渣水混合物(1994年西峪源头矿渣中选矿堆积形成的粉砂级物质多)。这也许是10 a来矿区没有发生泥石流的一个重要因素。随着时间推移,沟坡两侧残坡积的加入,细物质含量增大,滞水能力增强,发生泥石流的可能性在增大。与1994相比,采矿废石愈日剧增,高陡的地形地貌条件依然存在,从理论上讲,暴发泥石流的可能性愈来愈高。

### 4 泥石流防治对策建议

#### 4.1 加强矿区泥石流防治宣传工作

1994年、1996年矿渣型泥石流地质灾害造成了严重的人员伤亡和经济损失,社会影响极大,教训极

其深刻。10 a来,矿区没有发生较大规模的泥石流,导致地方政府和矿山企业侥幸心理严重,放松了防治泥石流灾害工作。虽然还不能较准确预测泥石流发生时间,但是潼关金矿区存在泥石流地质灾害的条件,暴雨引发泥石流灾害是必然的。7条峪道18条支沟沟沟均是矿渣型泥石流隐患沟,一旦发生,则会直接危及采矿的民工工棚、峪道内村民安全和工矿企业生产安全。因此,要充分意识构建和谐社会“以人为本”的重要性,加大泥石流防灾减灾的宣传教育,设立明显警示牌,安全撤离路线及安全避险台等,避免群死群伤的重大泥石流灾害发生。

#### 4.2 制定泥石流灾害防治规划

潼关金矿区,泥石流灾害隐患沟众多,矿渣堆点多面广,众多的泥石流隐患沟是众多矿山企业长期开采造成的;加之历史上多次治理整顿,关闭破产企业重组等原因,众多矿渣堆无人治理;几乎每条峪道、每条支沟普遍存在多家采矿企业。因此,防治泥石流灾害就要需政府组织牵头,编制潼关金矿区泥石流防治规划,有组织地开展泥石流防治工作,以人为本、全面规划、防治并重、重点防治、分阶段实施,多方筹措资金,优先治理对人居安全和矿业生产构成严重威胁的东桐峪、西峪及其支沟泥石流。不欠新帐,逐步还旧帐,避免和减少重大泥石流灾害发生。

#### 4.3 设立降雨观测站,加强泥石流预警预报

引发泥石流灾害的主导因子是暴雨<sup>[6]</sup>,也是诱发尾矿库溃决的重要因素之一。但是,由于采矿区内没有降雨观测站,也没有1994年、1996年泥石流灾害发生的临界降雨量数据,为泥石流降雨预警预报造成了一定困难。潼关金矿区,由于泥石流隐患沟众多,地方政府短期内无法筹集大量资金进行治疗,因而建议在重大泥石流隐患的西峪、东桐峪、善车峪、蒿岔峪等主峪道,建立降雨观测站,及时发布可能诱发泥石流的气象预警预报,是减少泥石流灾害的有效措施之一。

#### 4.4 修建泥石流防治工程

1 修建拦渣稳渣挡墙:要避免泥石流发生,就要在选择合理堆渣位置的同时,修建拦渣、稳渣的浆砌水泥挡墙,减少在暴雨作用下,废石成为泥石流物源。修建坡面截水渠,减少洪水对拦渣挡墙和泥石流重力坝的冲击作用,从源头消除和化解泥石流的成灾物源。

2 修建梯级重力坝,减轻泥石流灾害:主要支

沟, 如东桐峪的大西岔、洒西岔、碾头岔, 西峪的东闯沟、烟民沟存在“楼上楼”矿渣堆, 考虑其矿渣量大、纵坡降比大 (15.6% ~ 58.4%) 和泥石流重力坝的运行安全, 建议修建 6~8 m 高的重力坝或梯级重力坝, 逐级拦挡和削减泥石流物源, 利用回淤, 降低沟谷坡降, 减缓泥石流流速, 削减能量, 达到控制和减少泥石流危害程度。

3 主峪道清障护堤, 保证行洪畅通: 为了保证行洪和泥石流行进的畅通, 减少流通区对沿河两岸人民生命财产安全的威胁, 清理占据主峪道的矿渣堆, 消除河道“卡口或瓶颈”, 拓宽河道, 修建护堤。拆除河道、沟谷历史最高洪水水位范围以下建筑物。

## 5 结语

30 a 来, 潼关金矿区采矿坑口多达 2 500 处, 现存矿渣堆 944 处, 占压林地土地面积  $255.3 \times 10^4 \text{ m}^2$ , 矿渣量达  $1\,100 \times 10^4 \text{ m}^3$ , 每年还新排  $30 \times 10^4 \text{ m}^3$ 。矿渣占到了泥石流物源的 90%。74.97% 矿渣堆没有拦渣稳渣工程措施, 86.37% 废石堆占据河道, 71% 废石堆稳定性差、极差。7 条峪道 18 条沟谷均是泥石流隐患沟。与 1994 年比, 矿渣型泥石流灾害隐患的风险性、危害性愈日剧增。地方政府要克服侥幸心态, 在加大泥石流灾害防治宣传、制定泥石流灾害防治规划、建立降雨预警预报制度的基础上, 采取有效工程治理措施, 才能避免和减轻群死

群伤的重大泥石流灾害发生。

## 参考文献 (References)

- [1] Xu Youning, Chen Shebin, Yi Yujing, *et al*. Potentiality degree assessment of slag mudslide geo-hazard on the gold mine area in Tongguan, Shaanxi Province [J]. *Hydrogeology & Engineering Geology*, 2006 33(2): 89~92 [徐友宁, 陈社斌, 李育敬, 等. 陕西潼关金矿区泥石流潜势度评价 [J]. 水文地质工程地质, 2006 33(2): 89~92]
- [2] Li Xilin, Tan Chuan. Fatahess Assessment on Debris Flow [M]. Beijing: Science Public, 2004. [刘希林, 唐川. 泥石流危险性评价 [M]. 北京: 科学出版社, 2004.]
- [3] Liu Chuanzheng, Li Tifeng, Chen Lingpen, *et al*. A method by to analyse four parameters for assessment and early warning on the regional geo-hazards [J]. *Hydrogeology & Engineering Geology*, 2004 31(4): 1~7 [刘传正, 李铁锋, 程凌鹏, 等. 区域地质灾害评价预警的递进分析理论与方法 [J]. 水文地质工程地质, 2004, 31(4): 1~7]
- [4] Liu Shijian, Xie Hong, Wei Fangqiang, *et al*. A man-caused debris flow in Xiaoling gold mining region [J]. *Mountain Research*, 1996 14(4): 259~263 [刘世建, 谢洪, 韦方强, 等. 小秦岭金矿区人为泥石流 [J]. 山地研究 (现山地学报), 1996, 14(4): 259~263]
- [5] Li Zhaochu. A study on the mud-rock flow disaster in 1994 in the gold mine area of Tongguan Shaanxi [J]. *Journal of Catastrophology*, 1995 10(3): 51~56 [李昭淑. 陕西潼关金矿区 94' 人工泥石流灾害研究 [J]. 灾害学, 1995 10(3): 51~56]
- [6] Xie Hong, Zhong Dunlin. Some opinions on mountain hazards research in the mountain area of Eastern China [J]. *Journal of Mountain Science*, 2006 24(2): 255~256 [谢洪, 钟敦伦. 对我国东部山区山地灾害研究的几点看法 [J]. 山地学报, 2006, 24(2): 255~256]

# Mullock Type Debris Flow Hazards and Suggestions for Prevention in Tongguan Gold Mine Area

XU Youning<sup>1,2</sup>, CHEN Shebin<sup>2</sup>, HE Fang<sup>2</sup>, LU Ruiping<sup>2</sup>, ZHANG Jianghua<sup>2</sup>, KE Hailin<sup>2</sup>

(1 Department of Geology Northwest University Xi'an, 710054 China; 2 Institute of Geology and Mineral Resources Xi'an 710054 China)

**Abstract** In the range of 206.8 km<sup>2</sup> in Tongguan gold mining area there were about 2 500 pitheads and 944 slagheaps which have occupied woodland area of  $255.3 \times 10^4 \text{ m}^2$ . The quantities of slag were  $1\,100 \times 10^4 \text{ m}^3$ , increasing  $30 \times 10^4 \text{ m}^3$  every year. The 90% source of mud-rock flow was slag. There were not any engineering measures of blocking slag and steady slag in 74.97% slagheaps. The waste stone heaps occupied riverway were about 86.37%. The stability was bad and the baddest in 71% waste stone heaps. The hidden trouble valleys of mud-rock flow included 7 valley-ways and 18 ravines. In the face of increasingly serious disaster of mud-rock flow from slag, The countermeasures and advices including adopting all kinds of engineering measures to avoid and control grave disaster of mud-rock flow, were put forward on the base of increasing the drumbeating on the prevention and the cure of disaster of mud-rock flow, constituting program on prevention and curing of disaster of mud-rock flow, establishing the rainfall system of yellow alert and forecast.

**Keywords** mullock type debris flow; prevention suggestion; gold mine area in Tongguan