

甘肃省文县安坝里南金矿开发中的地质灾害问题 预测与防治

李石桥

(中国人民武装警察部队黄金第十二支队, 四川 成都 610036)

摘 要 安坝里南金矿区属高中山地貌区, 主要岩石为千枚岩, 构造以 NWW 向断裂为主, 矿区水文地质条件简单, 工程地质条件中等。采矿区、工业场地、尾矿库建设等矿山建设可能诱发或加剧地质灾害, 应进行相应的防治工作, 同时对矿坑排水及生产废水进行处理, 防止污染水环境。

关键词 地质灾害; 安坝里南金矿; 问题; 治理

安坝里南金矿位于甘肃省陇南地区文县, 武警黄金第十二支队于 1997 年勘探发现该矿床, 并分别于 2002 年和 2007 年共提交普查(332+333)金资源量 157 067 kg, 目前矿区及外围金资源量已超过 300 000 kg, 以日处理矿石 10 000 t 计算, 矿山服务年限将超过 20 年。2008 年 7 月中国黄金集团总公司获得该项目的开采权, 目前正在加速勘探并准备开采。

1 矿区环境地质简况

1.1 自然地理概况

矿区地处甘肃省南部山区, 为大陆性温带向北亚热带过渡的季风气候区, 年平均降水量为 384.3 mm, 年平均气温 15.3℃, 历史最高温 38.1℃, 历史最低温-7.4℃, 无霜期为 265 天, 冰冻期为 11 月至翌年 3 月, 冻土厚度在 0.40 m 以上。区内水系属长江中上游地区嘉陵江流域的白水江支流, 马连河为流经矿区西侧最大的河流。据文县观测站统计, 白水江年均流量 80 m³/s, 矿区在马连河设流量观测点, 年均流量 4.7 m³/s。

矿体位于金子山脉北侧, 高中山地形, 最高处金子山海拔 3 113 m, 最低处海拔约 1 100 m, 矿体南侧为高约 200 m 的陡崖, 陡崖下为斜坡, 斜坡坡度 25~30°, 坡长约 2 000 m。区内地形切割大, 沟深坡陡, 沟谷一般呈“V”字型, 属构造侵蚀为主的高中山地貌区。

1.2 地质条件简述

区内出露地层主要为泥盆系、石炭系、二叠系及白垩系; 岩性主要为千枚岩、灰岩、砂岩、粉砂岩、白云岩及红色黄色砾岩等。区内第四系覆盖层较厚, 最厚处超过 100 m。成分主要为黄土及千枚岩、灰岩等残坡积物。区内小岩株和岩脉沿构造破碎带产出, 岩性主要为斜长花岗斑岩。中泥盆统三河口组第三、第四岩性段的千枚岩为矿区主要赋矿层位。

矿体严格受构造控制, 矿脉一般成群成带分布, 在走向上呈似层状, 倾向上呈楔形状, 具有膨缩现象, 金矿化不均匀。除部分地段有矿体出露, 大部分地表均为第四系覆盖。矿区主构造为安昌河—观音坝断裂, 该断裂总体展布方向为 NWW 向, 发育 NEE 及 NWW 向次级断裂带, 断裂带内岩石强烈挠曲变形, 岩性以破碎的千枚岩和灰岩为主。

1.3 水文地质及工程地质条件

1.3.1 水文地质

区内地下水埋深 0~55 m 不等, 泉水流量一般小于 0.01 L/s。岩石节理裂隙率在 0.8~4.5 % 之间。地下水矿化度平均为 391.6 mg/L, 总硬度平均 238.4 mg/L, 水化学类型为重碳酸钙型水。区内地表水流量受降水影响明显, 以暴涨暴跌为特征, 地形坡度利于降水的迅速汇集与排泄, 地表水对矿体充水影响不大; 地下水的补给、迳流、排泄没有明显的区域之分, 均属降水型, 其潜水面水力坡度约 21°, 矿区含水层在天然状态下补给条件差, 富水性弱, 地下水对矿体充水影响不大, 为水文地质条件简单的矿床类型。

1.3.2 岩土体工程地质分组

依据岩土体的岩性组成特征及其物理力学性质, 将矿区的岩土体分为 4 个工程地质岩组:

(1) 第四系松散软弱岩类工程地质岩组。岩性为浅黄色粉质亚粘土及残坡积碎石, 厚度为 7~127 m, 在坑道掘进过程中常发生冒顶塌帮等不良工程地质现象, 为工程地质不良岩组。

(2) 较软岩类工程地质岩组: 主要指裂隙发育带及断层破碎带中的岩石, 岩性为碎裂岩、千枚岩、破碎蚀变千枚岩夹薄层灰岩, 该类岩石受构造挤压作用明显, 岩层破碎, 岩石天然抗压强度在 1~1.5 MPa 左右。当坑道掘进到此类岩组岩层时常发生滴水、冒顶塌帮等不良工程地质现象, 为工程地质性质不良岩组。

(3) 较硬岩类工程地质岩组: 主要指砾岩、砂质板岩、薄层灰岩等。该类岩石大多较稳固, 坑道掘进过程一般不发生冒顶塌帮等不良工程地质现象, 坑道一般不要支护, 为工程地质性质中等岩组。

(4) 坚硬块状岩类工程地质岩组: 主要指灰岩、斜长花岗斑岩、钙泥质千枚岩等岩石。岩体天然抗压强度在 29.1~119.4 MPa, 岩石节理裂隙不发育, 力学强度高。坑道掘进过程中极少发现冒顶塌帮等不良工程地质现象, 坑道一般不要支护, 为工程地质性质良好岩组。

1.3.3 矿体及围岩工程地质特征

矿体顶底板岩石主要为千枚岩和斜长花岗斑岩, 千枚岩岩石破碎, 稳固性

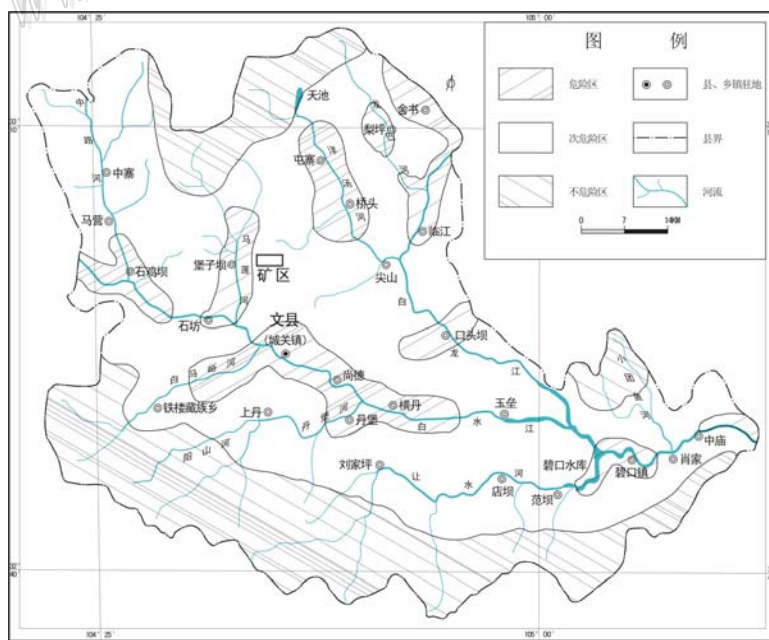


图 1 文县地质灾害危险性分区图

较差, 据调查, 大部分巷道开拓后需要支护。斜长花岗斑岩节理裂隙较发育但岩石致密坚硬, 岩体较稳固, 所有岩石中灰岩抗压强度最强 (119.4 MPa), 碎裂岩最低 (1.0 MPa)。

区内地形地貌复杂, 岩石风化剥蚀强烈, 第四纪较发育; 矿体受断裂构造控制, 矿与非矿之间界线不清, 矿体及围岩岩石较破碎, 大部分巷道开拓后见有掉块、崩落等不良工程地质现象, 巷道围岩稳固性差, 属工程地质条件中等的矿床。

2 矿区地质灾害预测

2.1 区域环境背景

矿区所属的甘肃省陇南地区属地质灾害多发区, 区域上地质灾害较为发育, 据调查矿区所属位置为地质灾害危险区与次危险区之间 (图 1), 与矿区有关的地质灾害分布有一定的特征: 大多分布在马连河下游; 大多分布在观音坝-石鸡坝断裂组成的向南凸出的弧形断裂带内; 大多密集分布于软岩及软硬相间岩层区, 特别是中泥盆统三河口组地层分布区灾害数量多, 规模大, 且成群发育。

2.2 矿区地质环境现状

根据野外调查, 矿区目前已存在滑坡、崩塌、泥石流等地质灾害问题 (图 2), 山上废弃的氰化池对地下水有一定的污染。

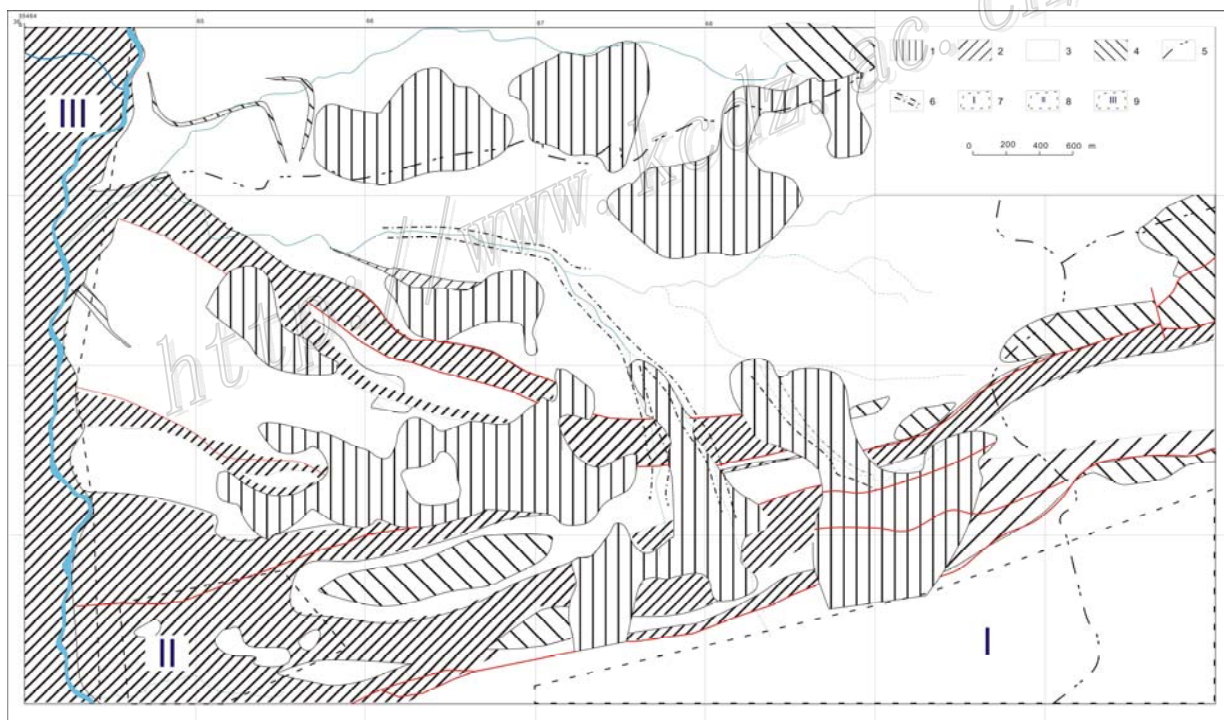


图 2 安坝里南金矿工程地质环境地质图

1—第四系松散软弱岩类工程地质岩组; 2—较软岩类工程地质岩组; 3—较硬岩类工程地质岩组; 4—坚硬块状岩类工程地质岩组; 5—地表分水岭; 6—泥石流隐患沟谷; 7—陡崖区; 8—滑坡崩塌危险区; 9—泥石流危险区

2.3 矿山建设可能诱发的地质灾害

区内矿体成脉成群状, 矿脉数量多, 规模不一, 且矿区地形起伏大, 坡度陡, 矿山开拓及工业场地、

废石场、尾矿库建设等矿山建设可能诱发或加剧地质灾害的问题有: 采空区地面塌陷、井巷冒顶塌帮、矿山废渣废水、矿井排水污染、崩塌、滑坡等。

2.3.1 采矿区可能诱发或加剧的地质灾害

(1) 采空区地面塌陷与地裂缝问题。矿体呈隐伏半隐伏状, 305 号脉群长度超过 1 800 m, 控制斜深大于 300 m, 平均厚度超过 4 m, 矿体倾角 $45^{\circ}\sim 70^{\circ}$ 。360 号脉位于 305 号脉下盘, 平距约 100~160 m, 走向长度超过 2 200 m, 控制最大斜深 600 m, 矿体平均厚度 4.51 m, 矿体倾角 $48^{\circ}\sim 68^{\circ}$, 矿区第四系覆盖层分布面积广, 厚度不一, 覆盖层下部见有厚度不等的破碎风化层, 钻孔揭露二者最深厚度超过 180 m, 最浅为 7 m。在金矿床开采中, 矿体开采放顶后, 上部矿体围岩的崩落易引起地面的塌陷, 若崩落区延伸到上部含水层, 使含水层的水直接进入矿坑, 则会加速地面滑坡、崩塌的形成, 而且由于上覆第四系厚度的不确定性, 难以对矿体顶板的冒落带及开采边坡的稳定性进行计算, 更易导致地质灾害的发生。

(2) 井巷冒顶、塌帮等问题。区内矿体上下盘岩石挤压破碎强烈, 除硅化灰岩等较坚硬岩石稳固外, 大部分巷道开拓后需要支护, 岩体稳固性差。在矿床开拓中, 遇到破碎层或断裂构造带时, 易引起巷道冒顶和井巷壁垮塌, 危害设施和施工人员安全。

(3) 露天矿边坡失稳破坏问题。根据初步设计, 矿区拟设立两个露采场, 最低开采标高 1772m, 设计最终边坡角: 上盘 42° , 下盘及端帮 45° 。矿体开采后, 随着开挖深度的加大, 人为塑造的边坡的规模也不断扩大, 既严重破坏了地应力的自然平衡, 又导致了人工边坡的变形、破坏和滑移, 也易导致滑坡或崩塌灾害的发生。

(4) 矿区山体开裂破坏问题。区内构造及裂隙较发育, 岩石风化破碎严重, 岩石主要为工程性质不良的千枚岩, 在金矿体的南侧约 100 m 即为陡崖, 陡崖上还有坡度 $70^{\circ}\sim 80^{\circ}$ 的陡坡, 陡崖高约 200 m, 陡坡长度超过 500 m, 随着采矿活动的开展, 地下应力场的改变, 易造成上覆山体开裂变形, 甚至发生崩塌灾害。

2.3.2 矿区建设可能诱发或加剧的地质灾害

矿山建设需修建选厂、炸药库、高位水池、尾矿库、废石场及生活区等设施。由于矿区山高坡陡, 沟壑发育, 地形较复杂, 工业场地的建设需要大量切坡, 从而形成一定的临空面, 在雨水和地下水作用下, 沿岩土接触面、强风化面及软弱面易产生滑坡、崩塌及泥石流等。因矿山建设而人为造成的山体悬崖和陡坎, 特别容易在雨后形成崩裂性滚石, 同时, 堆积在作业平台边的特大块矿石, 在某种因素的作用下, 也存在松弛滚动的可能性, 从而形成不良岩体的滚落, 造成地质灾害。

2.3.3 废石堆放场及尾矿库的建设有可能诱发或加剧地质灾害问题。

受地形及矿体埋藏位置的影响, 矿区的选场及尾矿库的选址需进一步的勘察与规划。如将选场规划建在高家山附近, 而尾矿坝规划在贾那下村的金昌沟, 则易产生如下问题: 高家山位于沟谷的底部, 沟谷的汇水面积大, 且附近的岩石以工程地质性质不良的千枚岩及松散堆积的第四系残坡积物为主, 一旦遭遇暴雨, 极易诱发泥石流, 预测泥石流规模较大, 将对下游的堡子坝乡造成极大的威胁; 若尾矿库选址在金昌沟, 金昌沟两侧地形坡度较陡, 一般在 $30^{\circ}\sim 40^{\circ}$, 局部可达 $60^{\circ}\sim 70^{\circ}$, 易产生滑坡或崩塌, 危害坝体及人员安全, 若坝体溃决, 将造成不可估量的损失, 预测危险性较大。

矿床开采时坑口每天排出的废石(以变质成因的千枚岩为主)及尾矿如果不能得到妥善处理,受风化侵蚀、雨水冲淋及各种不确定因素,金矿中有害元素 As、Hg、Pb、Sb 等(表 1)有毒有害的重金属和微量元素的溶出量将可能增加。一旦尾矿坝因为暴雨、泥石流等灾害性活动影响,尾矿库上游设截洪沟、坝外回水池及选厂高水位池满载崩溃而导致溃坝,浮选尾矿浆、氰化尾矿浆、尾矿水等泄入沟谷,流入马连河,进而汇入下游自文县县城旁经过的白水江,将对文县及下游生态环境造成灾难性的后果。

表 1 岩矿石多元素化学分析结果 ($w_B/10^{-6}$)

样号	Au	Cu	Pb	Zn	Ag	W	Mo	As	Sb	Bi	Hg
YS-01B	<0.010	16.7	22.0	78.0	0.08	16.4	0.65	1 620	5.90	0.23	350
TP-06B	1.224	15.2	20.7	54.0	0.13	12.6	0.90	3 070	12.0	0.17	166
GL-04B	0.181	6.4	13.3	18.4	0.07	3.7	0.65	3 040	162	0.07	260
GL-24B	3.040	18.4	16.0	145	0.04	3.8	0.50	18 400	1.90	0.11	490
GL-25B	1.524	17.3	19.7	74.0	0.10	6.6	0.40	5 750	11.5	0.13	218
XG-04B	6.160	17.0	12.3	164	0.81	3.1	0.90	5 760	10.0	0.11	121
XG-06B	0.124	7.8	6.7	69.0	0.09	0.70	2.6	3690	6.60	0.06	140
ZK003-5	0.127	81.0	21.3	220	0.07	94.0	12.4	816	9.70	0.36	172
PD311-N1	3.600	19.2	29.3	70.5	0.11	13.1	0.72	13 600	17.8	0.22	415
GL-26B	1.888	10.1	34.3	32.0	0.11	7.3	2.6	1990	100	0.31	480
GL-27B	0.018	22.3	32.0	132	0.05	32.8	0.72	1830	42.0	0.40	320
GL-28B	1.708	12.1	37.3	72.5	0.14	11.2	0.50	24800	22.6	0.10	1110
PD311	<0.010	17.3	27.7	78.0	0.06	15.4	0.90	1250	20.4	0.20	420
PD-102-1	5.720	48.0	31.3	48.0	1.13	8.8	5.4	544	59.0	1.18	104
PD-102-3	0.014	21.5	8.0	76.5	0.06	21.2	0.65	419	30.0	0.33	100

注:河北廊坊物勘大队测试,2001,(根据文献 2,有节选)

2.3.4 地震问题可能诱发或加剧地质灾害

矿区处在会宁—武都南北地震带上,并受邻近松潘—平武地震带的强烈影响,属地震多发区,地震设防烈度Ⅷ度。自明万历 9 年(1581 年)至今,该区已发生 16 次规模不同的地震,平均 26.5 年发生一次地震,1920 年至 1976 年共发生 5 级以上地震 4 次,地震频次 7.1 %。以清光绪五年(1879 年)地震震级最大,震级达 8 级,造成 1 万余人死亡。2006 年 6 月矿带东侧的临江发生 5.0 级地震,矿区震感强烈,2008 年 5 月四川汶川大地震,矿区滚石、滑坡等灾害较明显。因此,矿山建设和开采时要注意地震及采矿诱发的地震问题。

3 矿区地质灾害问题防治建议

3.1 滑坡或崩塌的防治建议

矿区山高坡陡,切割较强烈,斜坡上的碎石粘性土,强风化的千枚岩,斜长花岗斑岩及其岩石结构面形成临空面,在雨水或地下水的作用下,容易产生滑坡、崩塌。其防治措施:(1)尽量减少人工开挖边坡,在斜坡上修建截水排水沟;(2)在斜坡临空面前缘,采用挡土措施,防止坡体滑动。(3)对斜坡上的危岩体,应根据实际情况,采用灌浆、锚杆、疏干岸坡等措施加强防治。

3.2 采空区地面塌陷预防和防治措施

矿山开采放顶后引起的采空区地面塌陷, 因矿区开拓影响范围内多为山坡荒地、旱地, 塌陷区修整后仍可耕作。对于安坝村范围内的 360 号脉以及 212 国道下伏矿体应多留设安全矿柱, 同时应选用安全可靠的采矿方法及必要的措施保证安坝村场地及 212 国道地基的稳定性。对采矿后出现的陷坑、裂缝及可能出现地面塌陷范围及时圈定, 并设标志和采取安全措施, 确保采矿安全。

3.3 坑道冒顶塌帮的防治措施

由于矿区处于一大的压扭性的断裂带中, 区内岩石大多较破碎, 坑道在掘进过程中, 当穿过破碎带, 软弱层等不良工程地质岩组时, 易产生冒顶塌帮等地质灾害。因此对于不稳固的采场应及时进行支护。在回采过程中要加强顶板观测, 设专人清理浮石, 对不稳固地段先支护后开采。

3.4 边坡失稳及山体开裂的防治措施

边坡失稳的防治原则是以防为主, 综合整治。在边坡开挖和采矿过程中, 应及时排除地表水, 深降强排地下水, 减少爆破次数, 降低爆破强度, 适时修整边坡轮廓, 提高边坡稳定性。必要时还需构筑抗滑挡土墙、抗滑桩、灌注水泥砂浆及减载、排水等工程措施。对山体开裂变形破坏的防治主要是加强环境监测, 采用多种手段不定期的对可能发生山体开裂的地段进行评估与监测。

3.5 水环境污染防治措施

矿区废石及矿石中有毒有害物质含量较高, 因此在废石堆放场应修建拦石坝, 在拦石坝下部应修建集水池, 集中废石场的渗出液, 经处理达标后进行排放。矿坑排水应先排入沉淀池经多次沉淀处理达标后才能排入当地的河流。生产废水及尾矿浆中的水, 由于含有有害物质, 必须按要求处理达标后才能排入当地的河流。

4 结 语

(1) 安坝里南金矿地形条件复杂, 地形切割深度大, 区内重力侵蚀活跃, 滑坡、崩塌、泥石流等外力地质灾害多发; 矿体顶底板岩层完整性及稳固性较差、第四系松散层厚度不一等因素将对矿山开采产生不良影响; 应加强对区内重力侵蚀活跃地段及矿体顶底板岩石的观测, 建立长期岩体沉降观测点, 尽量防止灾害的发生。

(2) 矿体南侧为高约 200 m 陡崖, 对矿体进行露天开采, 将产生大量切坡, 易造成边坡失稳, 应加强边坡稳定性问题研究, 合理确定边坡角度; 矿体南侧陡崖主要为一大灰岩体, 缺少勘探资料, 但在矿区外围的坑道施工过程中, 在灰岩及其附近曾发生透水事件, 水量达 20 L/s, 矿区开采中, 当坑道掘进到破碎带或裂隙发育带时, 而该带刚好和灰岩内溶洞相连, 则易造成突水事故, 矿区开采时灰岩体溶洞的调查。

(3) 区内目前地下水水质较好, 矿山开采后要控制区内“三废”的排放, 防止造成新的污染, 使矿山开发走向良性发展道路。

总之, 对于矿区的地质灾害问题, 除进行综合研究, 提高预测能力外。还应切实查明原因, 采取主动防范, 被动治理的原则, 对于已经发生的地质灾害, 则应根据实际采取不同的措施, 防止问题的发生。

参考文献

- 郭俊华, 孙彬, 余金元, 等. 2002. 甘肃省文县阳山金矿带安坝矿段 305 号脉群金矿普查报告[R]. 成都: 武警黄金第十二支队.
- 李志宏, 郭俊华, 孙彬, 等. 2007. 甘肃省文县阳山金矿带安坝矿段南部金矿普查报告[R]. 成都: 武警黄金第十二支队.
- 郭俊华, 齐金忠, 孙彬, 等. 2002. 甘肃阳山特大型金矿床地质特征及成因[J]. 黄金地质, 8 (2): 15-19.
- 董瀚, 张海峰. 1999. 堡子坝幅 (1/5 万) 中华人民共和国地质图说明书[M]. 兰州: 甘肃地质出版社.
- 齐金忠, 袁士松, 郭俊华, 等. 2001. 甘肃省文县阳山金矿带成矿规律及找矿方向研究[R]. 廊坊: 武警黄金地质研究所.
- 齐金忠, 刘自杰, 袁士松, 等. 2003. 甘肃省文县阳山金矿带控矿构造研究与成矿预测[R]. 廊坊: 武警黄金地质研究所.
- 李石桥. 2004. 甘肃阳山金矿水文地质特征[J]. 黄金地质, 10 (1): 62-67.
- 李石桥, 沈睿文, 郭俊华. 2005. 阳山金矿床开采技术条件分析[J]. 黄金, 26 (1): 18-21.
- 胡向德, 余家懿. 2002. 甘肃省文县地质灾害调查与区划报告[R]. 兰州: 甘肃省地质环境监测总站.
- 甘肃省地矿局第一水文地质工程地质队. 1983. 甘肃省武都一天水地区(1/50 万)区域水文地质普查报告[R]. 兰州: 国土资源厅地质资料处资料中心.
- 甘肃省地勘局第一水文地质工程地质队. 1998. 甘肃省陇南甘南地区区域水文地质调查报告[R]. 甘肃兰州: 国土资源厅地质资料处资料中心.
- 甘肃省地矿局第一水文地质工程地质队. 1983. 甘肃省东部 (1/50 万) 综合水文地质图说明书[R]. 甘肃兰州: 国土资源厅地质资料处资料中心.
- 潘懋, 李铁锋. 2003. 环境地质学[M]. 北京: 高等教育出版社.
- 沈照理. 2002. 甘肃阳山金矿区开发中的环境风险预测[R]. 北京: 中国地质大学.

<http://www.kcdz.ac.cn/>