

马浩明, 余演波. 广东富湾银矿区地震地质环境研究[J]. 华南地震, 2014, 34 (3): 12-17. [MA Haoming, YU yanbo. Study on Seismic and Geological Environment in the Fuwan Silver Mine Area of Guangdong Province [J]. South china journal of seismology, 2014, 34(3): 12-17.]

广东富湾银矿区地震地质环境研究

马浩明^{1,2,3}, 余演波^{1,2,3}

(1. 广东省地震局, 广州 510070; 2. 中国地震局地震监测与减灾技术重点实验室, 广州 510070;
3. 广东省地震预警与重大工程安全诊断重点实验室, 广州 510070)

摘要: 广东富湾银矿床是国内银矿储量最大的矿床。为保障矿区的安全生产, 降低金属矿开采诱发地震的风险, 对矿区地震地质环境进行了系统调查研究。矿区位于丘陵地貌区, 四周为三角洲冲积平原地貌所围绕。矿区处于由上三叠统小坪组地层构成的向斜之中, 灰黑色薄层状含炭质泥岩、炭质页岩及煤层等软弱层发育。矿区内走向 NNE-NE 向和 NWW 向的断裂构造发育, 钻孔揭示到的断裂物质组成以硅化岩、硅化角砾岩、胶结紧密的构造角砾岩等为主要特征, 遥感卫星影像与地形地貌并没显示出断裂自晚第四纪以来有活动的迹象。在现今构造挤压应力场作用下, 矿区范围走向 NWW 的断裂 F6、F7 容易发生走滑, 而 NE-NNE 向的断裂 F3、F4、F5 则相对处于受挤压的状态。研究表明: 矿区 25 km 范围地震活动性相对较弱。在日后矿山开采过程中, 应注意断裂构造复活、矿体应力变化、软弱围岩或地质弱面等矿震诱发因素的影响。

关键词: 矿山地震; 断裂构造; 富湾银矿; 诱发因素

中图分类号: P315.9 文献标志码: A 文章编号: 1001-8662 (2014) 03-0012-05
DOI: 10.13512/j.hndz.2014.03.003

Study on Seismic and Geological Environment in the Fuwan Silver Mine Area of Guangdong Province

MA Haoming, YU yanbo

(1. Earthquake Administration of Guangdong Province, Guangzhou 510070, China; 2. Key Laboratory of Earthquake Monitoring and Disaster Mitigation Technology, CEA, Guangzhou 510070, China; 3. Key Laboratory of Earthquake early Warning and Safety Diagnosis of Major Project, Guangdong Province, Guangzhou 510070, China)

Abstract: The Fuwan silver deposit has the largest ore reserves in China. For mining safety and reducing the risk of mining induced earthquakes, seismic and geological environment were studied in detail. The mine area located in hilly surrounding with the alluvial plain. Owing to the syncline composed of Upper Triassic (Xiaoping Formation), dark gray thin carbonaceous mudstone, carbonaceous shale and coal seam developed. There were fractures in the direction of NNE-NE and NWW with the substance characteristics of silicified rock, silicified

收稿日期: 2014-03-01

基金项目: 广东省科学技术厅社会发展项目“富湾银矿开采对广东纺织职业技术学院高明新校区地震环境影响研究”(2009A030302015) 资助

作者简介: 马浩明 (1977-), 男, 博士, 高级工程师, 主要从事地震地质、震害防御研究。

E-mail: mhm8831@139.com.

breccia and tectonic breccia. The satellite-remote-sensing image and geomorphology showed that the fractures had no activity sign since the Late Quaternary. With the regional tectonic stress, the fractures in the direction of NWW would produce strike-slip (f_6 and f_7), and the fractures in the direction of NE-NNE would be in the status of extrusion. The results showed that the seismic activity was weak in the Fuwan silver mine area within the radius of 25 km. In the future of the mining process, the factors of mining induced earthquakes, such as the activity of the fractures, the changes of orebody stress, and geological weak layers should be paid more attention to.

Keywords: Mine earthquake; Fracture structure; Fuwan silver mine area; Inducing factors

0 引言

广东富湾银矿区位于珠江三角洲西北部、华南褶皱系粤中坳陷区内的三洲晚古生代断陷盆地西北边缘,其银矿储量位列中国首位。由于区内断裂构造发育,地质条件复杂,为保障日后矿区的安全生产,降低金属矿开采诱发地震的风险,本文从地震活动、地形地貌、地层岩石、地质构造等方面对矿区地震地质环境进行了系统调查研究。

1 近区域地震地质背景

富湾银矿区 25 km 范围内历史上曾发生过两次破坏性地震^[1-2],即 1683 年 10 月 10 日南海市小

塘附近的 5 级地震和 1824 年 8 月 14 日广州西南(南海罗村附近)5 级地震。自 1970 年广东省地震台网建立以来至 2013 年 12 月,区内共记录到 $M \geq 0.0$ 级地震 5 次(表 1),其中最大地震为 1979 年 11 月 28 日发生在肇庆的 M 1.9 级地震(图 1)。从区内现今小震空间分布的情况来看,现今小震零散分布在区内,与断裂构造关系不明显,区内的地震活动性相对较弱,而且矿区处于地震基本烈度Ⅵ度区,区域稳定性较好。值得注意的是,富湾银矿区附近在 1977 年 5 月 6 日曾发生 M 1.4 级地震,经过采用单纯型定位方法进行地震绝对定位后的震源深度为 6.2 km,属于发生在地壳内的浅震,而目前尚未有证据表明该小震与区内的发震构造相关。

表 1 富湾银矿区 25 km 范围小震目录($M \geq 0.0$ 级,1970~2013 年)
Table 1 The micro-earthquake catalogs of the Fuwan silver mine area within the radius of 25 km

编号	发震时间						震中位置			震级/ M	震源深度/ km
	年	月	日	时	分	秒	北纬/(°)	东经/(°)	地点		
1	1977	5	6	12	35	15	23.00	112.80	高鹤	1.4	
2	1979	11	28	9	3	5	23.20	112.70	肇庆	1.9	
3	1980	3	14	15	46	33	22.90	112.90	佛山	1.7	
4	2011	5	12	17	55	25.9	23.06	112.63	高要	0.3	10
5	2012	11	7	9	18	22.5	22.83	112.71	高明	0.2	6

注:为了与图 1 中的历史地震震级表示相统一,本文采用《地震工作手册》中的转换公式 $M_s=1.13M_L-1.08$ 将现代小震 M_L 转换为历史地震震级 M_s ,并按照《地震工作手册》的规定用 M 来表示。

富湾银矿区 25 km 范围内主要分布有北东向、北西向和东西向三组断裂(图 1),北东向断裂主要有石角-金利断裂(F1)、苍城-海陵断裂(F2)、鹤城-金鸡断裂(F3)、石碣断裂带(F4)、长坑断裂组(F5);北西向断裂主要有西江断裂带(F6)、北江断裂(F7);东西向断裂主要有广州-三水断裂(F8)。根据野外地震地质调查结果,除了长坑断裂组为前第四纪断裂之外,其余上述断裂的最新活动时代均为早第四纪。

2 矿区地形地貌特征

富湾银矿区位于丘陵地貌区,地表基本被第

四系风化土层所覆盖,局部出露基岩,最高峰大岗顶位于矿区东北侧,标高 134 m,从空间上残丘地貌北东-南西向延伸特征明显;矿区四周为三角洲冲积平原地貌,河沟鱼塘密布,地面高程一般为 2~5 m,局部较高地段属人工堆填而成,相对高差一般较小。

3 矿区地层岩石特征

富湾银矿区范围内地层简单,出露有下石炭统孟公坳组(C_{1m})、上三叠统小坪组大迳段(T_{3xd})、凤岗段(T_{3xf})、凌云段(T_{3xly})、松柏段

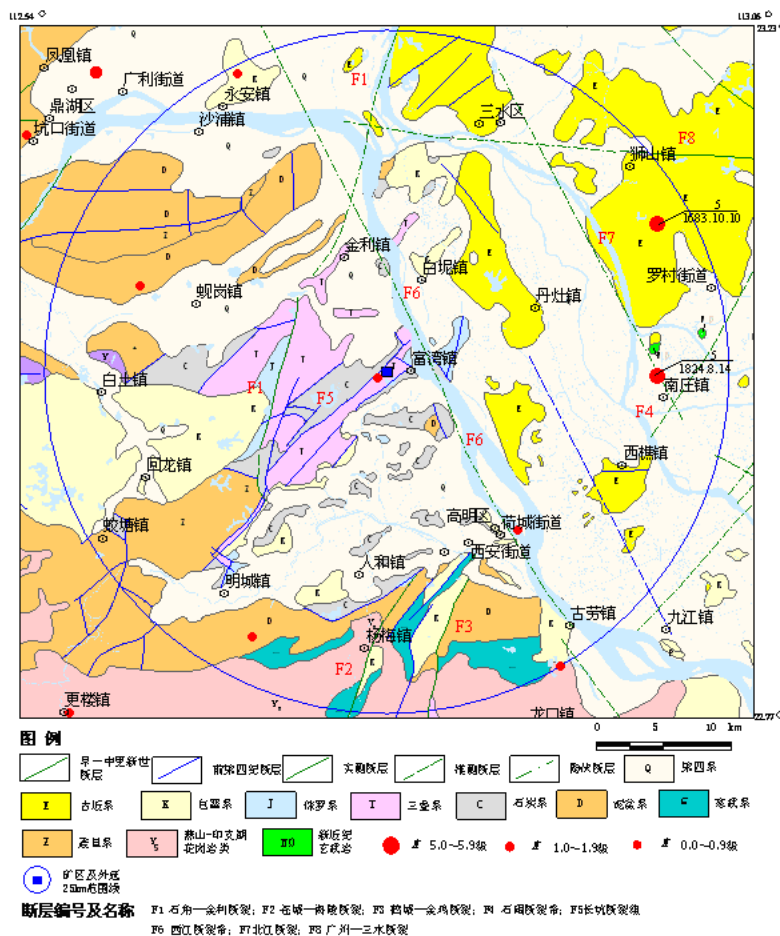


图1 富湾银矿区 25 km 范围地震构造图

Fig.1 The seismotectonic map of the Fuwan silver mine area within the radius of 25 km

(T_{3xs})、白垩系百足山群(K_1bz)、三水组(K_2s)和第四系(Q)(图2),分述如下:

(1) 下石炭统孟公坳组(C_1m):小面积出露于矿区西部,周围被第四系所环绕,属滨海相沉积特征,矿区及邻域地区内岩石主要以灰白、紫红色粉砂岩、含钙细砂岩为主,夹泥质粉砂岩、长石石英砂岩、泥岩、炭质页岩等,含瓣鳃类等化石,厚度大于 360 m。

(2) 上三叠统小坪组大迳段(T_{3xd}):分布于矿区南东侧,是小坪组的下含煤段,矿区及邻域地区内下部以砾岩为主夹粗砂岩,中上部以砂岩为主夹粉砂岩、砂砾岩及泥岩,含煤 3~17 层,煤层分布不稳定,呈透镜状,煤质差,仅局部可采,含大量植物化石,厚度大于 92 m。

(3) 上三叠统小坪组风岗段(T_{3xf}):出露于矿区东、西两部,构成向斜的两翼,为一套含炭质碎屑岩,岩性为灰黑色薄层状含炭质泥岩夹薄层粗粒岩屑砂岩、粉砂岩等,含瓣鳃类及植物化石,厚度 60~100 m,与上下层有轻微交角。

(4) 上三叠统小坪组凌云段(T_{3xly}):出露于矿区东、西两部,构成向斜的两翼,为一套含炭质碎屑岩,下部为砂砾岩、杂砂岩、泥岩,局部见煤 2~13 层,上部为中细砂岩夹砂质泥岩,含植物化石及瓣鳃类化石,厚 20~120 m。

(5) 上三叠统小坪组松柏段(T_{3xs}):出露于矿区中部,构成向斜的核心部位,下部为浅灰、灰褐色、浅紫红色厚层状、块状砾岩、岩屑石英砂岩及中细粒砂岩夹粉砂岩、泥岩。上部主要为灰-灰黑色中-薄层状中细粒岩屑砂岩、细砂岩、粉砂岩夹紫红色砂砾岩、粉砂质泥岩、泥岩及炭质页岩及煤层、煤包等,含煤 8~110 层,局部可采,富含植物化石,厚度大于 1 300 m。

(6) 白垩系百足山群(K_1bz):分布于矿区东北部,岩性主要为杂砾岩夹有砂岩、粉砂岩、局部夹泥岩、铁质粉砂岩。

(7) 白垩系三水组(K_2s):小面积出露于矿区东部,主要由紫红色复成分砾岩、砂砾岩、砂岩、泥岩等组成,具山麓堆积-淡水湖泊-盐湖泊并伴

有火山活动的沉积特征,见介形虫化石、轮藻类化石等,厚度大于 574 m。

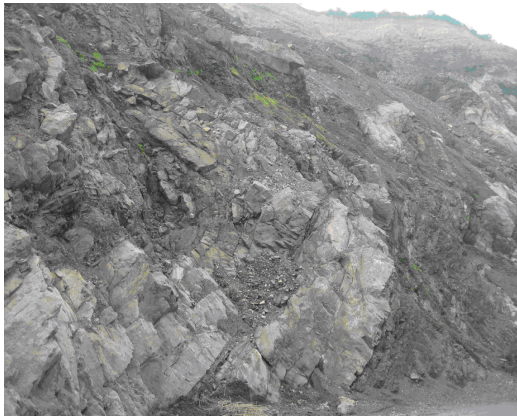
(8) 第四系(Q): 分布于矿区东、西两部,具河流相沉积特征,由灰白色松散砂砾层、泥质粉砂、砂质淤泥等组成。

区内无岩浆侵入,但存在矽卡岩化,表明深部可能有隐伏岩体存在。

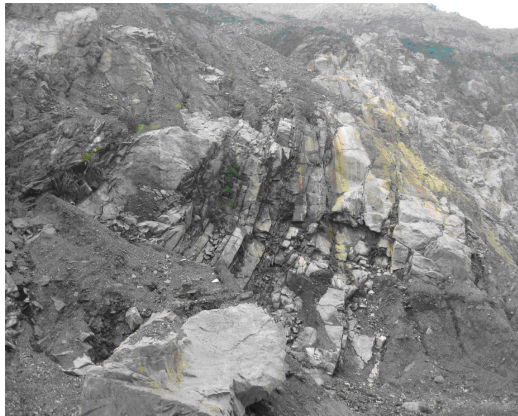
4 矿区地质构造特征

富湾银矿区位于总体走向为北东-南西向的江根向斜之中。该向斜的长度超过 2 000 m,其北西翼出露有下石炭统石磴子组、测水组、梓门桥组,

以及上三叠统小坪组凤岗段、凌云段、松柏段,地层产状变化较大,走向 20°~60°,倾角相对较陡,一般在 30°~45°之间。南东翼出露有上三叠统小坪组凌云段、松柏段及下白垩统百足山群、上白垩统三水组,地层总体走向 45°左右,倾角较北西翼平缓,约在 15°~30°之间,由于产状平缓,产状变化较大,局部出现北西走向。向斜上部的上三叠统小坪组因含粉砂岩、泥岩等塑性岩层,所以小褶皱、小断裂均十分发育(照片 1、2)。下部的下石炭统岩性主要为厚层灰岩,因厚度大、刚度好变形较小,随着深度的增加褶皱影响逐渐减弱而基本成为单斜岩层。从图 2 可见,富湾银矿区范围内向斜主要出露上三叠统小坪组的地层。



照片 1 矿区附近的小向斜(镜向西)
Pic.1 The small syncline near the mine area
(photographed westward)



照片 2 矿区附近的层间滑动破碎(镜向西)
Pic.2 The interlayer gliding fracture zone near the mine area
(photographed westward)

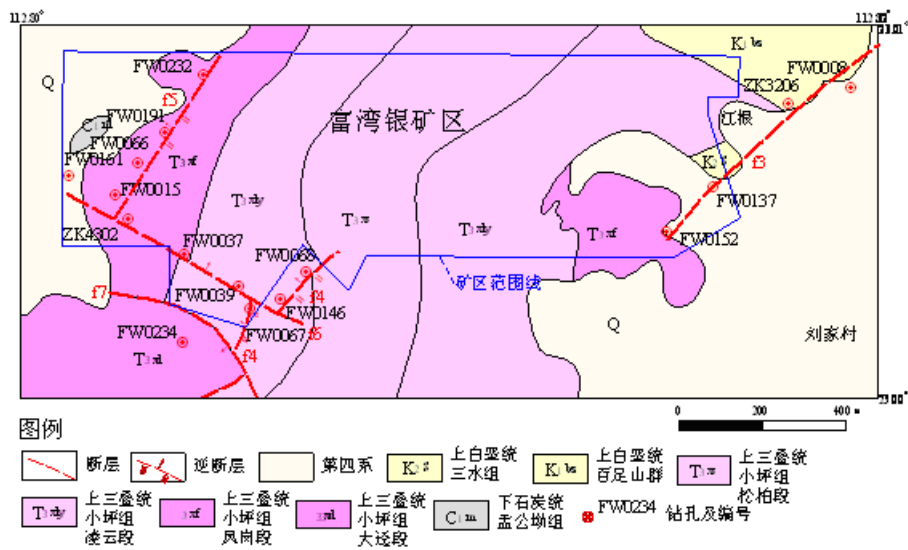


图 2 富湾银矿区地质简图
Fig.2 The generalized geologic map of the Fuwan silver mine area

根据矿区 1:10 000 和 1:2 000 的地质填图以及钻孔探测资料,富湾银矿区范围内出露有 F3、F4、

F5、F6 和 F7 断裂,如图 2 所示。这些断裂均为图 1 中 F5 长坑断裂组的组成断裂。野外实地考察表

明,它们的天然露头不发育,但钻孔探测较好地控制其展布。根据钻孔探测结果,上述断裂的特征分述如下:

(1) F3 断裂。位于矿区的东侧江根村一带,断裂沿山体南东缘发育,地表几乎全部被第四系覆盖。据区域地质资料,该断裂走向 45° 左右,倾向南,倾角大于 70° ,断裂性质为正断层。多个钻孔证实了断裂的存在,如钻孔 FW008 在孔深 52.52~78.36 m 处揭露到灰色的构造角砾岩,角砾以次棱角状为主,其次为次圆状,大小从几毫米到十数厘米,角砾成分复杂,以砂岩为主,局部有灰岩、硅化灰岩,胶结物为沙泥质,局部含炭质,紧密胶结,岩芯完整,说明该构造后期活动弱,部分岩芯胶结物中含细粒浸染状黄铁矿。在 123.7~158.0 m 再次遇上构造角砾岩。此外,在 158.0~169.6 m 揭露到深灰色的角砾状硅化灰岩,隐晶结构,角砾状构造,角砾为硅化灰岩,杂有部分砂岩角砾,角砾大小悬殊,排列杂乱,形状主要为棱角状,胶结方式以压紧胶结为主,钙质胶结居次。而 ZK3206、FW0137、ZK0152 等钻孔均揭露到构造角砾岩和硅化岩。

(2) F4 断裂。位于矿区西南部,总体走向 45° 左右,倾向北西,倾角大于 80° ,为一高角度逆断层,长约 700 m。该断裂中段被 F6、F7 两条北西向断裂切断,产生约 60 m 的水平断距。多个钻孔揭露到此断层,如 FW0068、FW0146、FW0067 等钻孔。钻孔 FW0068 存在多处的灰色构造角砾岩,角砾结构,碎裂状构造,原岩为细粒砂岩、粉砂岩及灰岩等。钻孔 FW0146 在孔深 263.7~269.75 m 处揭露到构造角砾岩,原岩岩性主要为泥岩、粉砂岩,次为灰岩,泥岩破碎带中角砾成分为不规则状灰岩及砂岩,具细脉状、团块状黄铁矿化。此外,还多处见有浅灰色的硅化灰岩,微晶结构,块状构造,具脉状闪锌矿化及星点状铅矿化,具有孔洞,壁上有晶簇状石英。钻孔 FW006 同样揭露构造角砾岩和硅化角砾灰岩。

(3) F5 断裂。位于矿区西部,走向 30° 左右,倾向北西,倾角 80° 左右,为一高角度逆断层,长度大于 400 m,地表无明显出露,据钻孔揭露,该断层将矿体切断,致使上盘矿体抬升至近地表,上、下盘之间矿体产生的断距约 50~80 m。钻孔 FW0232、FW0191、FW0066、FW0015 等揭露断层的存在。在钻孔 FW0232 中,多处遇上硅化岩和硅化灰岩,硅化岩呈灰白色,隐晶变晶结构,块状构造;硅化灰岩呈青灰杂灰色,微晶变晶结构,块状

构造,局部硅化,见石英小晶洞。钻孔 FW0191、FW0066、FW0015 则普遍揭露到硅化灰岩。

(4) F6 断裂。位于矿区西南部,长约 500 m,走向 300° 左右,倾向北东,倾角大于 70° ,断层性质为逆断层,该断层切断了 F4 断裂。钻孔 FW0161、ZK4302、FW0037、FW0039 等揭露到断层的存在。在钻孔 FW0161 中,揭露到硅化灰岩;钻孔 ZK4302 揭露到硅化砂岩和硅化岩,硅化砂岩呈深灰色至浅灰色,中粒结构,块状构造,坚硬,局部具中粗粒结构。砂岩普遍受硅化,硅质含量增高,成分主要是原生的细粒石英和一些次生的石英,其次是云母和一些黑色矿物。硅化岩呈浅灰色至深灰色,致密块状构造为主,局部见角砾状构造,成分主要是硅质,次有次生石英。偶见角砾,角砾成分主要是硅质岩、硅化砂岩,棱角状,大小不一,岩石多见空洞或方形晶洞;钻孔 FW0037 中揭露到的断层物质则相对复杂,既有硅质砂岩,也有构造角砾岩、硅化构造角砾岩和硅化灰岩。硅质砂岩呈灰白色,粗粒结构,块状构造,成分以石英为主,强风化,裂隙发育,裂隙面有铁染。构造角砾岩呈灰-深灰色,碎裂结构,角砾状构造,成分由砂岩和少量的粉砂岩石,泥质构成,角砾为次棱角状,被砂质或粉砂质胶结充填。硅化构造角砾岩呈灰黑色,碎裂结构,角砾状构造。角砾及胶结物成分为硅质,岩石硅化较强,矿化。硅化灰岩呈灰色,微晶结构,块状构造,主要成分硅质,石英呈细脉及团块状,局部见矿化,晶洞发育;钻孔 FW0039 也揭露到大量的碎裂角砾岩,硅化角砾灰岩等。碎裂角砾岩呈灰色,碎裂状结构,角砾状构造,上部原岩石为中细粒砂岩夹粉砂岩,下部原岩为灰岩,岩层破碎,角砾发育,角砾多呈棱角状,自形,含量约 10%,主要成分为硅质。其下的硅化角砾灰岩则呈青灰色,细晶变晶结构,块状构造,原岩为灰岩,岩层硅化强烈,石英脉发育,沿解除带发育微细脉状方铅矿及多条细脉状闪锌矿化,黄铁矿化呈角砾状,团块状分布,部分硅化灰岩呈碎裂状,节理发育。

(5) F7 断裂。位于矿区西南部,长度大于 500 m,为一逆断层,走向 325° ,倾向南西,倾角 60° 左右,该断裂将上三叠统小坪组大迳段抬升之地表。钻孔 FW0234 揭露到构造角砾岩、硅化灰岩和角砾状灰岩,构造角砾岩呈青灰色,砂状结构,块状构造,主要成分为长英质,含角砾 30%。硅化灰岩呈灰白色,隐晶结构,角砾状构造。见星点状闪锌矿化、方铅矿化、黄铁矿化。角砾状灰

岩呈青灰色,微晶结构,块状构造,主要成分钙质,角砾主要成分为灰岩。

5 讨论与结论

前文述及矿区范围内断裂为长坑断裂组的组成断裂。长坑断裂组属于区域性北东向恩平-新丰深断裂带的派生次级断裂组,是深大断裂带在中-新生代活动时派生出来的^[3]。恩平-新丰深断裂带的主干断裂从富湾银矿区 25 km 范围的南部通过,由苍城-海陵断裂(F2)和鹤城-金鸡断裂(F3)构成(图1)。地质地貌特征及断层物质热释光测年数据表明,F2与F3断裂的最新活动时代为早第四纪^[4]。

此外,矿区毗邻西江河道。该河道受北西向西江断裂控制。有学者认为,西江断裂北段(包含富湾银矿区 25 km 范围的断裂段)的下盘(南西盘)是低山丘陵,而断裂上盘则普遍发育高 20 m 左右的阶地,阶地为中更新世晚期至晚更新世晚期沉积,表明在晚更新世晚期,断裂的上盘有过抬升^[5]。由于尚未发现该断裂段在晚更新世活动的地质剖面证据,结合近年来在西江河道上的工程勘察资料,该断裂段的最新活动时代定为早第四纪较为合适。

对于矿区范围内的 F3、F4、F5、F6、F7 断裂,由于天然露头差,不易直接观察到断裂的结构特征及其与上覆盖第四系的关系。但从钻孔揭露到的断层物质来看,断层物质主要由构造角砾岩、硅化岩、硅化角砾岩组成。角砾胶结紧密,后期活动不明显;受岩浆热液活动影响,沿断裂构造岩石受不同程度的硅化,其活动时代应是在前第四纪。从卫星遥感图像来看,沿各断裂并没有出现色调或形态差异等活动迹象。从地形地貌来分析,沿区内断裂所通过地段无异常地貌特征出现。总之,矿区范围内的断裂自晚第四纪以来未见有活动迹象。

在广东地区 NWW-SEE 现今构造挤压应力场的作用下^[6-8],矿区范围走向 NWW 的断裂 F6、F7 则相对会容易发生走滑,而 NE-NNE 的断裂 F3、F4、F5 则相对处于受挤压的状态。

综上所述,富湾银矿区 25 km 范围地震活动性相对较弱。矿区位于丘陵地貌区,四周为三角洲冲积平原地貌所围绕。矿区处于由上三叠统小坪组地层构成的向斜之中,灰黑色薄层状含炭质泥岩、炭质页岩及煤层等软弱层发育。矿区内断裂构造发育,钻孔揭示到的断裂物质组成以硅化

岩、硅化角砾岩、胶结紧密的构造角砾岩等为主要特征,遥感卫星影像与地形地貌并没显示出断裂自晚第四纪以来有活动的迹象。在现今构造挤压应力场作用下,矿区范围走向 NWW 的断裂 F6、F7 容易发生走滑,而 NE-NNE 向的断裂 F3、F4、F5 则相对处于受挤压的状态。在日后矿山开采过程中,应该注意断裂构造复活、矿体应力变化、软弱围岩或地质弱面等矿震诱发因素的影响。

参考文献:

- [1] 国家地震局震害防御司.中国历史强震目录(公元前 23 世纪-公元 1911 年)[M].北京:地震出版社,1995.
- [2] 中国地震局震害防御司.中国近代地震目录(公元 1912-1990, $M_s 4.7$)[M].北京:地震出版社,1999.
- [3] 毛晓冬.广东省长坑-富湾金银矿床成矿作用[D].成都:成都理工大学,2002.
- [4] 张珂,陈国能,邓孺孺.广东恩开断裂代新构造活动特征[J].北京大学学报(自然科学版),1999,35(2): 271-280.
- [5] 吴业彪,孙崇赤,葛加,等.西江断裂鹤山-江门段的构造活动性[J].华南地震,1999,19(3): 60-65.
- [6] 康英,杨选,吕金水,等.广东及邻区地震的震源机制特征[J].中国地震,2005,21(3): 320-331.
- [7] 康英,杨选,陈杏,等.广东及邻区的应力场反演[J].地震学报,2008,30(1): 59-66.
- [8] 马浩明.惠州抽水蓄能电站厂址区 F304 断裂特征及活动性[J].华南地震,2009,29(4): 28-35.