

山东乳山蓬家乔金矿矿体变化特征 及深部成矿预测*

杨金中 沈远超 李光明 刘铁兵 谢宏远
(中国科学院地质研究所, 北京 100029)

摘要 蓬家乔金矿是山东乳山地区新发现的金矿类型, 受荆山群中的层间滑动角砾岩系控制, 沿胶莱盆地边缘莱阳组砾岩与荆山群副变质岩的构造接触带分布。矿体严格受层间滑动构造控制。在横、纵剖面上均呈连续的透镜状, 每 50 ~ 150 m 出现一次膨缩。矿体厚大部位产于层间滑动断层产状由陡(45° ~ 50°) 变缓(15° ~ 20°) 处。在上述认识的基础上, 结合物化探方法, 我们对蓬家乔金矿号矿体成功进行了预测。

关键词 蓬家乔金矿 层间滑动角砾岩型 变化特征 定位预测 山东乳山

蓬家乔金矿位于乳山市西北部崖子镇, 地理坐标为 121°15'0.9" ~ 121°18'08" E; 37°04'47" ~ 37°05'30" N。该矿床于 1986 年由民采发现, 近三年来, 我们应乳山黄金局的要求, 对蓬家乔金矿进行了矿床类型和矿床成矿规律的研究, 提出该矿床受荆山群中的层间滑动角砾岩系控制, 为一种新型金矿——层间滑动角砾岩型金矿床[1998, 沈远超等]。在上述认识的基础上, 结合物化探方法, 我们对蓬家乔金矿构造带深部成功进行了成矿预测。

1 区域地质概况

蓬家乔金矿处于胶东地块东部桃村—即墨断裂与午极—海阳断裂之间, 位于胶莱盆地东北边缘[1998, 沈远超等; 1991, 山东省地质矿产局]。出露地层主要有下元古界荆山群, 中生界莱阳组、青山组、王氏组和第四系等。沿莱阳组砾岩与胶东群变质杂岩的构造接触部位, 发育一系列 EW 向产出的层间滑脱断层, 蓬家乔金矿即赋存其中(图 1)。该构造带呈一向南凸出的弧形, 其西为 NW290° ± 10°, 倾向 SW, 其东为 NE75° ~ 90°, 倾向 SE, 倾角 5° ~ 50°。层间滑脱构造宽度在 60 ~ 730 m 之间, 控制长度 4 000 m, 主要沿含石墨长英质片岩、片麻岩、硅化大理岩发

* 中国科学院“九五”重大黄金项目(编号 KY95-2-2)资助

杨金中, 男, 1970 年生, 博士研究生, 岩石学专业, 主要从事大地构造与成矿、成矿预测等工作。

1998 年 12 月收稿, 1999 年 5 月改回。

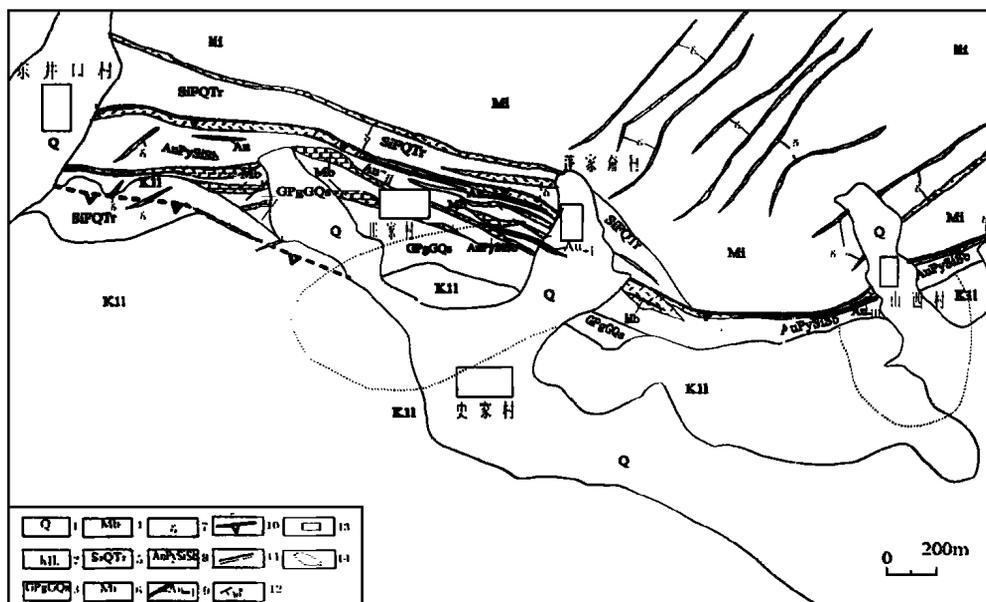


图 1 山东乳山蓬家乔金矿区地质图(据山东地质三队 1994 年修编)

1—第四系; 2—莱阳组砾岩; 3—荆山群石墨片岩; 4—荆山群大理岩; 5—硅化长英质碎裂岩; 6—糜棱岩; 7—闪长玢岩;
8—含金黄铁矿化硅化角砾岩; 9—金矿体及编号; 10—断层; 11—不整合界线; 12—产状; 13—居民点; 14—预测区

Fig. 1 Geological sketch map of the Pengjiakuang gold deposit

育。区内断层岩以及一些次级构造标志着断层为正断层, 由于断层带具有角度较缓、岩石韧-脆性变形强烈、新地层直接覆盖在老地层之上等特点, 断层应是地壳中浅构造层伸展体制下形成的层间滑脱断层, 其形成、发展和演化与胶莱盆地的形成演化具密切关系[1998, 沈远超等]。目前所发现的具工业意义的金矿床产于该构造带的黄铁矿化、硅化长英质角砾岩性段中。

区内岩浆岩主要为中生代花岗岩及各类脉岩, 邻近岩体有鹤山花岗岩体、昆嵛山片麻状二长花岗岩岩体、三佛山似斑状花岗岩侵入体、院格庄斑状二长花岗岩岩体。其中鹤山花岗岩体主要岩性为中细粒片麻状二长花岗岩, 黑云母花岗岩, 岩石受韧性变形作用形成糜棱岩, 以鹤山花岗岩体为中心发育变质核杂岩构造[1995, 孙丰月等]。区内脉岩主要以 NE、EW 和 NW 向为主; 褶皱构造主要为 NE 向的威海—夏村复背斜。

蓬家乔金矿是一个蚀变构造角砾岩型金矿床, 它的形成与鹤山变质核杂岩和胶莱盆地的形成和演化是分不开的。早元古代, 本区形成并发育了荆山群石墨长英片岩、斜长片麻岩、大理岩等, 基本完成了金等成矿元素的准备; 进入中生代, 随着沂沭断裂带在上隆背景下的左行扭动, 强烈的岩浆活动形成了鹤山花岗岩岩基, 带来了部分矿质, 同时在莱阳盆地中沉积了陆相晚侏罗世—早白垩世火山岩和砂砾岩建造; 随着早白垩世青山组火山岩的侵入(K—Ar 年龄 90 ~ 100 Ma)[1990, 山东区调队], 本区开始了大规模的地壳伸展作用, 拆离形成鹤山变质核杂岩及拆离断层控矿(成矿年龄 100.59 ± 1.96 Ma)[1995, 孙丰月]。

2 矿床地质特征

2.1 矿体地质特征

蓬家乔金矿主要由 1、2、3 号三个矿体组成,它们均产于下元古界荆山群变质杂岩中的层间滑脱构造带内。其中 1 号矿体走向 290°,倾向 SW,倾角 15°~50°。控制长度约 500 m,延深 > 700 m。最大深度 137 m,平均厚度 30 m,最大厚度 46 m,矿体向深部变厚,最高品位可达 43.04×10^{-6} ,平均品位 3.25×10^{-6} 。2 号矿体位于 1 号矿体下盘,长度可达 1 000 m 以上,走向 290°,倾向 SW,倾角上陡下缓,控制最大倾斜延深 > 180 m,深度 > 55 m,平均厚度近 1 m,金品位 $2.01 \times 10^{-6} \sim 9.1 \times 10^{-6}$ 。3 号矿体断续延长约 900 m,走向近 NE60°,倾向 SE,倾角上陡下缓,厚度 4~8 m,金品位 $2.4 \times 10^{-6} \sim 6.9 \times 10^{-6}$,矿石中较富含 Pb、Zn。蓬家乔金矿的矿石矿物主要有黄铁矿、银金矿、其次为方铅矿、闪锌矿、黄铜矿,而脉石矿物因其原岩不同,矿物主要结构为压碎结构、自形一半自形结构,主要构造有浸染构造、角砾状构造、块状构造等。矿石中除含金外,尚有 Ag: $(1 \sim 10) \times 10^{-6}$ 、Cu: 0.01%~0.1%、Pb: 0.01%~0.08%、Zn: 0.01%~0.05%、S: 5%~15% 等。矿体围岩蚀变发育,主要有硅化、绢云母化、碳酸盐化和绿泥石化等。自地表至地下深部,围岩蚀变具有一定的分带性:地表为泥化、碳酸盐化,拆离构造带的绢云母化、硅化、碳酸盐化、泥化,下盘糜棱岩的硅化、局部钾长石化。

根据矿石的矿物组合及矿脉穿插关系,可将矿区内的热液矿化期划分为四个阶段:第一阶段为黄铁石英阶段,该阶段形成硅化角砾岩,黄铁矿呈浸染状,团块状分布在构造角砾岩中,金矿化比较弱;第二阶段为粉末状黄铁矿阶段,含金较高;第三阶段为石英—多金属硫化物阶段,该阶段产物主要是充填在硅化角砾的裂隙之中,形成黄铁矿、闪锌矿、方铅矿等;第四阶段为碳酸盐阶段。

2.2 矿体赋存特征

蓬家乔金矿严格受层间滑脱断层的控制,层间滑脱断裂带即为金矿化蚀变带。滑脱构造东起河西村,西至东井口村,长 4 km 左右,由一套含石墨片麻岩、黑云斜长片麻岩、闪长玢岩岩脉等组成,而且大部分蚀变变形,含矿构造带基本上呈上陡下缓的铲式正断层。含矿层在矿区范围内存在 3 个较大的膨大区,由西向东依次为:东井口地区、蓬家乔地区、山西村地区,最大宽度分别达到 280 m、225 m、110 m,这种膨大区在平面上走向为 290°,剖面上为 225°,其平面轴率(X/Y)分别为 4.1、4.2、2.5,加权平均值为 3.43[1998,沈远超等]。蓬家乔金矿 3 个矿体及发现的数十个矿化异常点绝大多数位于这些透镜状的膨大区内。

滑脱构造带在走向和倾向上延伸都很连续,而且在平面上和剖面上呈轴向协调、大小不一的各种透镜,同时矿体及围岩都表现出不同程度的构造透镜化,表明矿体就位以后,遭受了强烈的挤压变形,使矿体在位态、形态上发生了重要变化。蓬家乔地区金矿体在横剖面上和纵剖面上均呈连续的透镜状变化,类似藕节形石香肠。沿走向大致每隔 50~150 m 出现一次膨缩,沿倾向大致每隔 150~250 m 出现一次膨缩。这种纵横方向上透镜体的变化规律,对深部矿体的定位预测具有非常大的意义。蓬家乔金矿为滑脱构造带控矿,其原始形态应呈向南弯曲的板状。这种板状矿体,在挤压应力下应和区内层状岩石一样发生透镜化变形。以透镜体膨大部分为波峰,狭窄部分为波谷,则波峰与波峰迭加区为矿体的膨大部位,波谷与波谷迭加区为矿体

的变薄部分, 四个同向透镜体之间的空穴处矿体变薄或尖灭。另外, 矿体的产出与层间滑脱断层内的含石墨片岩、大理岩岩性段关系密切。其中, 含石墨片岩为矿质的沉淀提供了氧化还原界面, 并起了屏蔽层的作用; 大理岩透镜体的发育, 则由于化学性质活泼, 成矿过程中容易形成地球化学障, 促使矿液中的金沉淀[1995, 孙丰月等]。透镜状矿块的大小、厚薄可由其上下盘中的大理岩层、含石墨层指示出, 因为在这种藕节形石香肠形成过程中, 矿体相对大理岩、含石墨片麻岩是强硬层, 它们之间的关系是互为消长的关系[1998, 沈远超等]。

矿体的厚大部位产在层间滑脱断层产状由陡($45^{\circ} \sim 50^{\circ}$)变缓($15^{\circ} \sim 20^{\circ}$)处, 具体表现在: ①层间滑脱断层在-100 m 标高左右发生变化, 向上角度变陡($45^{\circ} \sim 50^{\circ}$), 存在构造扩容带, 矿体增厚, 向下产状变缓($15^{\circ} \sim 20^{\circ}$), 矿体变薄弱(图 2); ②主矿体(号)及其两侧的支矿体(号、 号)和盲矿体, 主要产在-110 m 标高以上, 向深部矿体或汇合, 或尖灭; ③由正向滑脱作用形成的构造扩容带内, 矿体金储量占矿山探明储量的 85% 以上; ④高品位矿石主要见于此扩容带内。

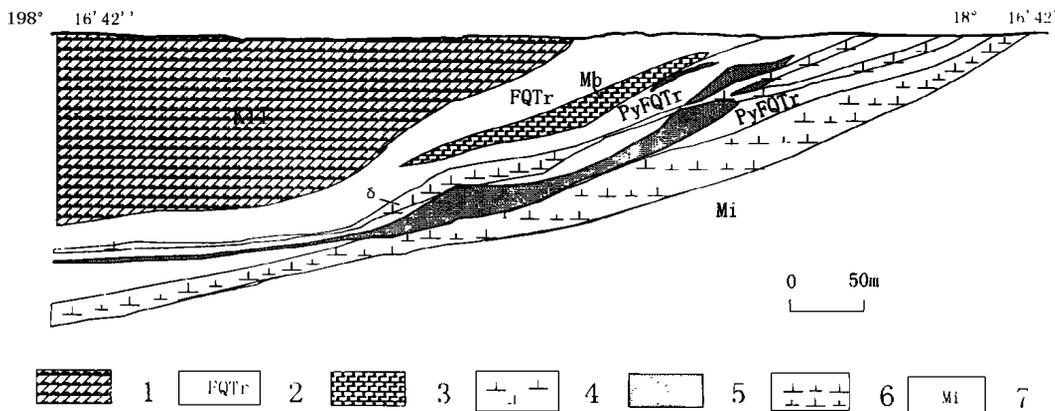


图 2 蓬家乔金矿地质剖面图(据山东地质三队及本文资料汇编)

1—莱阳组砂砾岩; 2—长英质碎裂岩; 3—大理岩; 4—闪长玢岩; 5—矿体; 6—闪长岩; 7—糜棱岩

Fig. 2 Geological section along No. 11 exploration line in the Pengjiakuang gold deposit

蓬家乔金矿的含矿构造带表现为低角度的铲状大型(大于 4 000 m)滑脱正断层, 关于该类大型铲状正断层对成矿的控制作用, 自 80 年代末以来已作了大量研究[1972, Armstrong; 1991, 李先福等; 1991, 傅昭仁等; 1991, 李先富]。在蓬家乔金矿区, 层间滑脱正断层对金矿化的控制表现为: 1) 在鹤山变质核杂岩和胶莱盆地的形成和演化过程中, 荆山群含石墨副变质岩中发生了层间滑脱, 形成一套厚(达数百米)的具高渗透性的构造角砾岩和碎裂岩系。同时, 化学活动性高的大理岩的存在, 使矿液进入后有利交代成矿; 而石墨层的存在, 则起到屏蔽效应, 从而在其下的角砾岩系中形成较大的工业矿体(如 号矿体)。因此层间滑脱断层带为成矿提供了有利的构造空间, 形成角砾状、浸染状矿石, 并且表现为“层控”的特点。2) 在层间滑脱断层形成过程中所产生的角砾岩和碎裂岩系相对于上下盘是一个构造薄弱带, 伴随着变质核杂岩形成过程中的韧性剪切活动, 基底岩系(胶东群)发生糜棱岩化, 其提供的还原环境下的变质热液和岩浆热液混合体系, 与大气降水体系相连, 形成了矿区的热液循环系统。上两系统的热液循环淬取分散的成矿组分, 在氧化—还原界面附近沉淀下来, 富集成层状的工业矿体。在蓬

家乔金矿区拆离断层下盘的韧性剪切过程中带出了大量的 Fe、Ca、Mg 及部分 Mn 和 Co, 而带入了 Si、K、Na 等元素; 从大理岩到硅化大理岩, 经韧性剪切作用, 带出了亲元素 Ba、Sr 以及样铁元素 V、Ti、Ni、Co 等, 带入了 Mn、Cu、Pb、Zn、S、Au、Ag 等; 而矿石中石的 H、O 同位素组成: $\delta^{18}\text{O}_{\text{H}_2\text{O}}$ 为 0.68×10^{-3} , $\text{D}_{\text{H}_2\text{O}}$ 为 -89.5×10^{-3} , 说明蓬家乔金矿形成过程中有大气水的加入 [1995, 孙丰月等]。

3 蓬家乔 号矿体深部定位预测

图 3 为蓬家乔金矿三个中段(38 m、23 m、3 m)的品位垂直纵投影等值线图, 选择基 9、0 m 为座标原点, 向右向上为正, X 轴为 1 1000, X = -25、0、25、50、75 代表勘探线坐标, Z 轴为 1 2000, Z = 0、10、20 代表高程。从品位等值线的分布看, 可以说明 3 个问题: (1) 矿石品位有向西富集的趋势; (2) 在 X = -21 ~ -31 处, 等值线密集陡立, 完全没有封闭, 向下延伸的趋势很高; (3) 在 X = 74 附近, 品位等值为半封闭, 说明矿体向东应有一富集段。

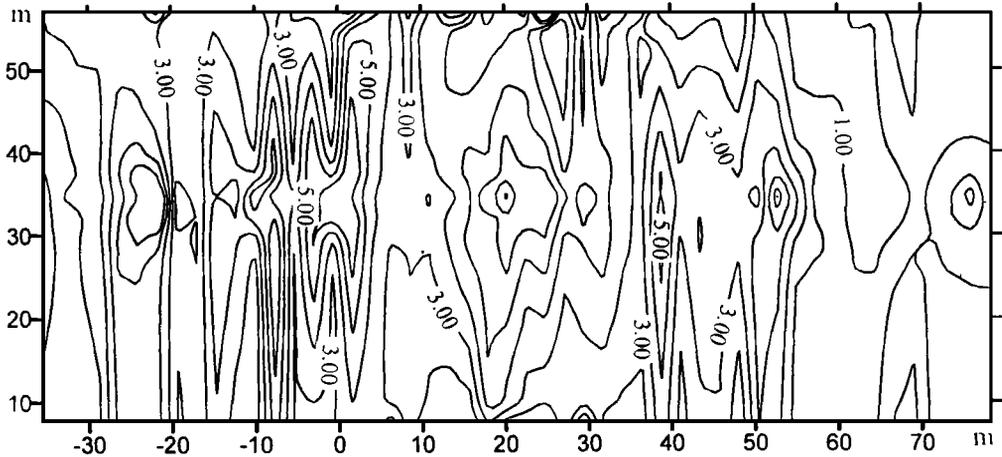


图 3 蓬家乔金矿二、三、四中段金品位垂直纵投影等值线图

Fig. 3 Gold grade vertical section of three levels of the Pengjiakuang gold deposit

为了控制蓬家乔矿区深部的矿化情况, 选择位于蓬家乔金矿田家附近的 5 个钻孔取样, 并进行地电化学参数测试, 结果表明(图 4): (1) 每个钻孔均出现 3 至 4 个异常区; (2) 从北向南, 如果把异常连接, 其延深与矿体倾向一致, 且相邻孔间在同一标高, 正异常与负异常相重叠。从西向东, 异常间连线均表现为透镜状, 而有其异常峰向东上扬趋势, 与总的矿体产状的特征相似。从图中可见, 已知矿体存在部位大致处于异常的转折部位或上扬部位。(3) 每个钻孔均出现几个异常带, 但此前从钻孔取样, 仅圈出 2 层矿体。根据地质观察, 结合地电化学参数测量成果, 我们在上述两个钻孔前人未取样岩芯段取样验证, 圈出 2 m 厚的矿体, 平均品位 8.05×10^{-6} (其中 1 个孔中有 0.5 m 取样分析为 3.26×10^{-6} , 由于厚度小未计)。综上所述, 在各个钻孔中均出现 2~4 个异常带, 可能预示多层矿化体的存在, 但此前在该区只圈出 1~2 层。

从深部钻孔见矿情况看, 1 号矿体的东部形态基本得到控制, 恰好是一个大透镜体的右半

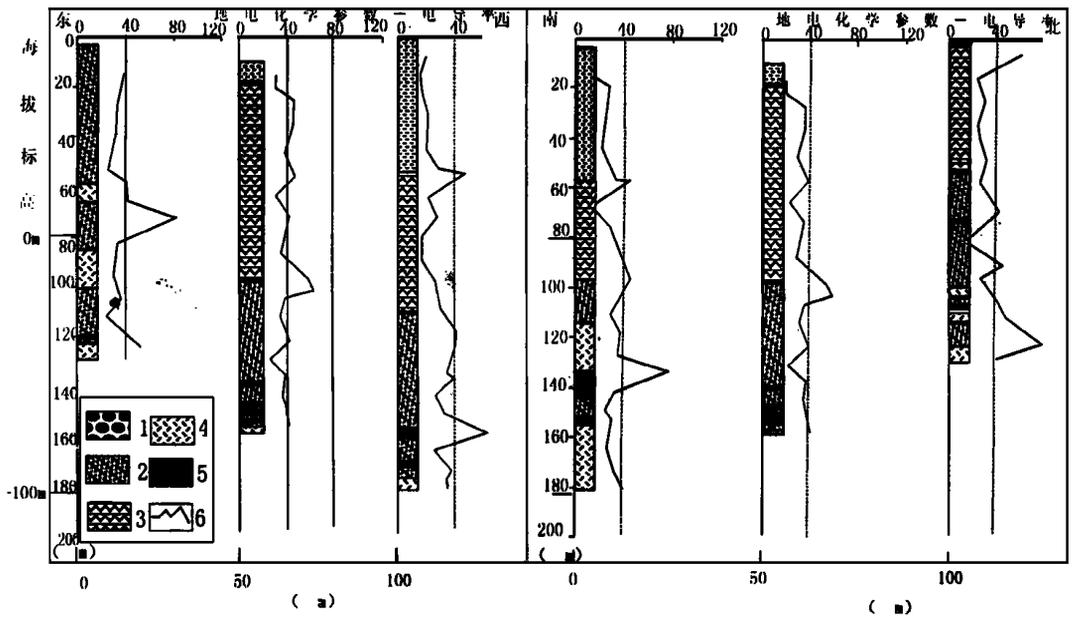


图 4 蓬家乔金矿中部田家村五个钻孔岩心地电化学参数异常图

1—莱阳组砾岩; 2—含金硅化黄铁矿化角砾岩; 3—荆山群石墨片岩; 4—闪光玢岩; 5—金矿体; 6—地电化学参数曲线

Fig. 4 Anomalies of electrogeochemical parameter of five drills in the Pengjiakuang gold deposit

部分。从区内透镜体的一般情况看, 主要以轴面走向 SW245° 倾向 SE155° 倾角 45° 轴率 3.43 的为主, 利用这些参数补全该透镜的左半部分, 可见已控制矿块仅是 1 号矿体的东部, 在其西部, 还应存在另大半透镜状矿块(图 1), 蓬家乔地区深部找矿的前景是巨大的[1988, 沈远超等]。我们于 1996 年预测该区段的黄金储量为 XXt, 现已得到验证。此外, 经过近三个的工作, 我们认为蓬家乔金矿东西两翼(东井口、山西)也是与蓬家乔金矿(田家)相似的成矿有利部位, 工程验证正在进行之中。我们相信, 蓬家乔含矿构造带的成矿潜力是巨大的, 特别是两翼和矿南区南部具有较大的远景。通过勘探, 蓬家乔金矿可望达大型至特大型规模。

参 考 文 献

- 1972 Armstrong R L. Low-angle (Denudational) Faults, Hinterland of the Sevier Belt, Eastern Nevada and West Utah. *Gepl., Am. Bull.*, 83, 1729~1756
- 1990 陈先沛, 马绍刚. 胶莱盆地与胶东金矿. 见: 中国科学院黄金科技工作领导小组办公室, 中国金矿研究新进展, 227~234
- 1991 山东省地质矿产局. 山东省区域地质志. 北京: 地质出版社
- 1991 李先福, 余研. 湖南桃林幕阜山地洼期变质核杂岩及剥离断层有关的铅锌矿化作用. *大地构造与成矿学*, 15(2): 90~99
- 1991 傅昭仁, 李先福, 李德威等. 不同样式的剥离断层控矿研究. *地球科学——中国地质大学学报*, 16(6): 627~634
- 1991 李先福. 剥离断层及其热液成矿作用. *地质与勘探*, 27: 1~6
- 1995 孙丰月, 石准立, 冯本智. 胶东金矿地质及幔源 C-H-O 流体分异成岩成矿. 吉林人民出版社, 18~31

**THE VARIANT CHARACTERISTICS OF OREBODIES
AND SCIENTIFIC PROSPECTING OF THE
PENGJIAKUANG GOLD DEPOSIT, RUSHAN,
SHANDONG PROVINCE**

**YANG Jinzhong SHEN Yuanchao LI Guangming
LIU Tiebing XIE Hongyuan**

(Institute of Geology, Academia Sinica, Beijing 100029, China)

ABSTRACT

The Pengjiakuang gold deposit is a new type discovered from Jiaodong, occurring in interstratified glide breccia of the Jinshan Group parametamorphic rock series in the Mesozoic Jiaolai Basin. It is located at the contact between the conglomerates of the Laiyang Formation and the metamorphic complex of the Late Proterozoic Jinshan Group. We have studied the principal geological characteristics and spatial variation of the ore-bearing structures, mineralization and occurrence and locating mechanics of ore bodies. With the help of geophysical and geochemical exploration methods, we succeeded in the prognosis of the deeply buried No. 1 ore body in the Pengjiakuang gold deposit.

KEY WORDS Pengjiakuang gold deposit, interstratified glide breccia type, variant characteristics of orebodies, location prediction, Rushan, Shandong