

东坪金矿床地质特征及构造控矿作用^{*}

李少众 靳光成

(河北崇礼县东坪金矿)

摘 要 东坪金矿床具有雁列式分布的矿体,石英脉型与钾蚀变岩型叠置的矿化,多期次成矿作用的贫硫富碲型矿石等 3 大特点,其中尤以雁列式分布的矿体最为特征,其形成是由于燕山期该区在 SN 向应力场作用下,产生一对左旋力偶,形成了一组走向 NNE,倾向 NW 的左行雁列式压扭性断裂和一组走向 NW,倾向 SW 的右行雁列式张扭性断裂。而二者在空间相互追踪中,NNE 向断裂又严格制约了 NW 向断裂发展,从而构成多字型断裂构造格式,控制了金矿成矿作用。

关键词 石英脉型 钾蚀变岩型 雁列式 东坪

东坪金矿位于河北省崇礼县南部,是冀西北地区规模较大的金矿床之一。近年来,随着矿山开发和地质资料的积累,地质工作者对于矿床地质特征及其控矿构造有了更深入的认识。作者在矿山地质工作基础上,认为该矿床受 NNE 向和 NW 向二组断裂联合控制,而且二者在矿床不同部位各有主次,并由石英脉型与蚀变岩型矿化组成了雁列式脉状矿床。

1 地质背景

东坪金矿床位于华北地台北缘,紧邻内蒙—兴安褶皱带,产在尚义—崇礼—赤城大断裂的南侧。区域内,除南部出露有侏罗纪火山岩外,主要为上太古界桑干群。桑干群自下而上划分为水地庄组、化家营组、涧沟河组和艾家沟组,属于角闪岩—麻粒岩相的高级变质岩。该区岩浆活动频繁,主要有元古宙镁铁质岩、华力西期碱性岩与燕山期中酸性岩的侵入活动,分别形成的小张家口超基性岩、水泉沟碱性岩和温泉花岗岩等主要岩体,广布于本区^[1]。侵入活动主要受区域 EW 向构造控制,其中以尚义—崇礼—赤城大断裂的次级构造,即杨木洼—马刀子—转枝莲断裂与中山沟—红花背—东坪断裂最为重要。前者西延与崇礼—赤城大断裂交汇,向东可至于家沟,控制了水泉沟碱性岩体西段北侧边缘。该断裂自元古宙至中生代经多次活动,早期以压扭性为主,晚期以张扭性为主,属右旋走滑断层,并由西向东其走向从 NW 向转至近 EW 向再转至 NE 向,剪切类型则为 $R \rightarrow D \rightarrow P$ 里德尔剪切转化^[2]。中山沟—红花背—东坪断裂于水泉沟岩体南侧,走向 300° ,倾角 $70^\circ \sim 80^\circ$,宽数米至数百米。据航磁资料,该断裂延深 10km 以上,控制了水泉沟岩体西段南侧边界。该断裂亦具多期活动特征,早期以压扭性为主,晚期以张扭性为主,属右旋走滑断层。这 2 条断裂对本区构造轮廓形成以及成岩、成矿作用有着重大影响。

水泉沟碱性岩体侵入于桑干群涧沟河组中,其 Ar-Ar 坪年龄值为 $305.9 \pm 0.5\text{Ma}$,属于

华力西期产物^①。该岩体呈 EW 向展布,长约 55km,宽 5~8km,向南倾斜,北接触带倾角为 70°~80°,南接触带倾角为 40°~50°。主要岩性为碱性长石正长岩、辉石角闪碱性长石正长岩、辉石角闪正长岩和角闪碱性长石正长岩等。各类岩石之间呈渐变过渡关系,其中(石英)碱性长石正长岩为东坪金矿的赋矿围岩^[3]。据镜下资料,岩石既有广泛而强烈的交代结构,又有韧-脆性剪切糜棱岩化特征。在碱性岩体及其接触带附近脉岩十分发育,成群分布,走向有 NW、NNE、近 EW 和近 SN,其中以 NW 向比较发育。而 NNE 向岩脉往往与金矿化带在空间上吻合。脉岩种类较多,具多期次特点,大体可分 3 期:成矿前为长英质脉、伟晶岩脉;成矿期为细晶岩脉、煌斑岩脉;成矿后为花岗斑岩脉和闪长玢岩脉。其中煌斑岩脉与成矿关系比较密切,大多呈单脉产出,以 NNE 向为主,倾向 NW,倾角 25°~45°。岩脉蚀变强烈,绢云母化、绿泥石化普遍,含 Ag 平均 0.85×10^{-6} ,最高可达 18×10^{-6} ,局部形成工业矿体。金矿化与煌斑岩以及碱性岩体的时空关系,说明了它们之间是处于同一构造-岩浆事件之中,而东坪金矿床就是在此背景下形成的(图 1)。



图 1 东坪金矿床区域地质略图

Fig. 1 Regional geological sketch map of Dongping gold deposit

- 1-上侏罗统 2-元古宇 3-太古宇 4-燕山期花岗岩 5-华力西期碱长正长岩;
6-元古宙花岗岩 7-韧性剪切带 8-断裂带 9-金矿床(点);10-地质界线及不整合面

2 矿床地质特征

东坪金矿床产于水泉沟碱性正长岩体和太古界变质岩的内接触带,赋矿围岩为碱性长石正长岩。矿体呈脉群(带)形式出现,自西向东可分为 22[#]、1-70[#]、3[#]和 2[#]等 4 个脉群(带)。各脉群(带)均由数条至数十条矿脉组成,相互间隔 400~800m,宽 50~150m,长数百米~2km,走向 NNE 向(图 2)。在脉群(带)中,单个矿脉厚 2~4m,膨胀、收缩、分枝、复合现象十分常见,厚度变化系数达 80% 以上。矿石成分简单,品位中等,围岩蚀变以钾化、硅化、绢云母化与碳酸盐化为主。成矿作用有如下特点:

(1)雁列式分布的矿体 东坪金矿床据大量坑道揭露资料表明,矿体由 NNE 向和 NW

① 据景凤军资料

图 2 东坪金矿床脉群(带)分布略图

Fig.2 Distributive sketch map of ore veins in Dongping gold deposit
1-第四系 2-太古宇;
3-华力西期碱长正长岩 4-脉群(带)及编号

图 3 1-70[#]脉群 1538 中段矿体展布图

Fig.3 Distributive map of 1-70[#] veins is 1538 level
1-NNE 向雁列矿体 2-NW 向雁列脉带;
3-断层 4-勘探线

向二组脉体组成。

NNE 向脉体走向 14°~40°,倾向 NW,倾角 40°左右,单脉长 100~150m,呈左行雁列式排列,每个脉体间距 20~50m,雁列角为 9°~15°,脉体断续延伸可达 2km。单脉厚度变化大,从 0.5~5m 不等。在脉体中发育二组微裂隙:一组与雁列脉走向近于一致;一组与雁列脉走向垂直。脉体与围岩之间界线分明,常可见到挤压与滑动的痕迹。NNE 向脉体通常受压扭性断裂控制,其矿石品位相对不高,变化不十分强烈。

NW 向脉体分布较局限,多在 NNE 向脉体相邻或平行重叠部位出现。脉体走向 300°~330°,倾向 SW,倾角 40°~45°,呈右行雁列式排列。脉体规模较小,走向延长严格局限在 2 条 NNE 向雁列脉之间,一般不超过 50m,厚数厘米,但通常以间距 10~20cm 的数十条细脉呈雁列式密集分布,雁列角 20°~30°,构成了宽 20~25m 的脉带。在脉带中,每条细脉体几乎都是中间厚大向两边尖灭,显示了张扭性特征。这组脉体矿石品位较高,变化稳定,虽不是矿体的主体部位,但却是富矿体集中地段。

NNE 向雁列脉与 NW 向雁列脉在空间上往往相互追踪,构成了一个多字形展布的格式(图 3)。这种格式在不同空间发育程度虽有不同,如 1-70[#]脉群在 1538 中段多字型构造格式十分发育,而在 1607 中段则逐渐减弱;又如 1-70[#]脉群 NW 向雁列脉较 2[#]脉群发育,而且深部较浅部 NW 向雁列脉发育范围变大,但其基本格式没有变化,说明这种构造格式是东坪金矿床矿体构造与分布的主要格式。

(2)石英脉型与钾蚀变岩型的叠置矿化 东坪金矿床矿化类型并不复杂,基本上是两种,即石英脉或石英细(网)脉型矿化和钾化蚀变岩型或硅钾化蚀变岩型矿化。但这两种矿化在空间上经常相伴,在石英脉型矿化中伴有不同程度的钾化蚀变岩型矿化,而在钾化蚀变岩型矿化中亦见有石英脉型矿化存在。两种矿化经常密切伴生在一起,并且经常出现过渡类型的矿化,如石英(细)脉蚀变岩型矿化等。由此推断两种矿化作用在时间上比较接近,从总体讲石英脉型矿化相对比蚀变岩型矿化晚。据坑道揭露表明,不同矿化类型在不同方向矿脉中有一定变化趋势。NNE 向脉体在垂向上,浅部以石英脉型矿化为主,深部以蚀变岩

型为主。如 1-70[#]脉群在地表和浅部石英脉型矿化十分发育,厚达数米,而向下逐渐过渡为硅钾化蚀变岩型或钾化蚀变岩型矿化,在深部出现破碎带蚀变岩型矿化。在走向上矿化类型变化没有垂向明显,通常沿走向在石英脉尖灭处局部有钾化蚀变岩型矿化。此外在 NNE 向脉体微裂隙中,特别是 NW 向与脉体垂直的一组,向北倾的多充填石英细(网)脉,向南倾的往往具钾长石化,局部充填黄铁矿细脉或嵌布星点状黄铁矿。这种微裂隙在矿床深部(1390m 标高以下)十分发育,其发育范围控制了矿体中钾化蚀变岩型矿化的规模。对于 NW 向脉体而言,矿化类型变化相对简单,通常两种矿化密切相伴。但由于石英脉比较细小,且又密集,因此两者不易划分,而只统称为石英(细)脉蚀变岩型矿化。这种矿化形式在倾向上延伸比走向大,并且主要在深部。其矿化规模虽然不大,但矿化较强,常形成富矿体。

显而易见,东坪金矿床矿化类型虽不复杂,但在空间上不同性质脉体中变化有明显差别,在 NNE 向脉体中矿化类型受产出标高、微裂隙及其尖灭端等因素控制,具有一定趋向性:上部以石英脉型为主,下部以蚀变岩型为主;在 NW 向脉体中矿化强度大,两种矿化类型呈过渡关系。

(3)多期次成矿作用的贫硫富碲型矿石 东坪金矿床成矿作用大致有 4 个阶段:第一阶段为自然金-黄铁矿-石英阶段;第二阶段为自然金-多金属硫化物-石英阶段;第三阶段为自然金-黄铁矿、方铅矿-碲化物-石英阶段;第四阶段为次生富集的自然金-褐铁矿阶段。在前 3 个阶段中硫化物含量不高,一般在 1%~3%,Te 含量一般 $(300\sim 400)\times 10^{-6}$,最高达 1100×10^{-6} ^[4],其中主要金属矿物为黄铁矿,其次为方铅矿、碲铅矿、辉碲铅矿、镜铁矿以及少量黄铜矿。脉石矿物以石英、正长石为主,其次为绢云母、绿泥石、方解石、绿帘石、白云母等。金矿物有自然金、次生金、碲金矿、银金矿及金的氧化物。在不同成矿阶段金有不同的赋存方式,通常在成矿第一阶段金多呈圆粒的包裹金;第二阶段以它形的裂隙金为主;第三阶段金矿化较弱,以晶隙金为主;第四阶段金多与褐铁矿伴生,以海绵状产出为主。金成色比较高,一般在 934.8~978.3。值得注意的是,在脉体中除黄铁矿与方铅矿外,褐铁矿比较发育,广布在脉体的不同部位,常呈胶状、致密状、蜂窝状或具立方体晶形假像。据统计大多数褐铁矿是由黄铁矿氧化形成的,自然金或次生金常在其裂隙、孔隙及边缘出现。

总之,东坪金矿床中硫化物种类与含量都比较少,为贫硫富碲型矿石。而金矿化与黄铁矿、方铅矿(包括碲铅矿、辉碲铅矿)密切共生,故金矿化应属于 Pb-Au 系统,而不是 Cu-Au 系统。从蚀变围岩中绢云母得到 Ar-Ar 坪年龄值为 $187.9\pm 0.4\text{Ma}$ ^①,矿化时间大约在燕山早期^[5]。同时从坑道揭露来看,前 3 个成矿阶段的产物经常相互交错在一起,推断上述前 3 个成矿阶段在时间上十分接近。若考虑到赋矿围岩、控矿构造与围岩蚀变等因素,显然东坪金矿床与水泉沟碱性岩体有关,属受 NNE 向和 NW 向二组断裂构造控制的岩浆热液矿床。

3 控矿构造

东坪金矿床是受断裂构造控制的矿床。据井下资料表明,控矿构造的形成大体有 3 个阶段。各个阶段具有各自的主应力场特点,并且形成不同性质、方向与排列的断裂,其中以第二阶段构造对成矿影响最大。

① 据最风车资料

(1) 第一阶段控矿构造活动 这个阶段应力场方向以 EW 向为主,主要形成走向 50° , 倾向 NW, 倾角 45° 和走向近 EW 向, 倾向 N, 倾角 60° 的两组断裂构造。据其产状, 求得形成时最大主应力 $\delta_1 = 78^\circ \angle 12^\circ$ 。这两组断裂在本区分布比较局限, 多以不同性质的破碎带产出, 如 70# 脉群下盘走向 $NE40^\circ$ 的 F_1 破碎带和 1 号脉群 4 线附近的近 EW 向破碎带。前者产状稳定, 宽 $0.5 \sim 3.5\text{m}$, 变化较大, 其中可见到石英菱形透镜体(图 4)、钾长石 σ 型旋转碎斑构造、C 面理发育(由拉长的石英细条带与高岭石细条带相间排列)等现象, 说明这组断裂为右旋压扭性断裂。而另一组近 EW 向断裂不具备上述特征, 其中所充填的石英脉延伸有限, 应属于张性或张扭性断裂。本阶段的二组断裂矿化作用较弱, 仅 NE 向断裂局部硅钾化蚀变岩发育地段, 形成巢状矿体。

图 4 石英菱形透镜体素描图

(1466 中段 YM6 的 F_1 破碎带中)

Fig. 4 Sketch map of the rhombic lens of the guargys

- 1-石英变形条带和石英透镜体;
2-钾质、高岭土质条带 3-应力方向

(2) 第二阶段控矿构造活动 这阶段应力场以 SN 向为主, 形成一组 NNE 向和 NW 向共轭断裂构造。据全区该组断裂平均产状求得形成应力方位 $\sigma_1 = 340^\circ \angle 2^\circ$, $\sigma_2 = 196^\circ \angle 41^\circ$, $\sigma_3 = 160^\circ \angle 51^\circ$ 。这组断裂在本区分布较广, 在空间上往往相互追踪, 形成雁列式展布, 构成多字型构造格式, 如 2# 脉群由 3 条走向 $20^\circ \sim 35^\circ$, 倾向 NW, 倾角 40° 的左行雁列脉和走向 $325^\circ \sim 335^\circ$, 倾向 SW, 倾角 $40^\circ \sim 45^\circ$ 的右行雁列脉组成; 1-70# 脉群带由 3 条走向 14° , 倾向 NW, 倾角 43° 的左

行雁列脉和若干走向 $320^\circ \sim 325^\circ$, 倾向 SW, 倾角 40° 的右行雁列脉组成多字形构造格式。雁列单脉形态变化很大, 如 NNE 向单脉具明显的舒缓波状, 剪裂与张裂相互追踪, 反映了递进变形的特点(图 5a)。在 NNE 向和 NW 向雁列脉体中石英呈透镜状(图 5b)或似香肠构造(图 5c), 脉侧发生柔皱(图 5d), S-C 面理发育, 其中 C 面理由动态重结晶的细条带石英、细粒长石及其蚀变形成的低岭石条带平行排列组成的窄带; S 面理与 σ 旋转碎斑构造一致, 并拖尾收敛于 C 面理, 出现钾长石眼球体等现象, 说明这组构造属于剪切构造性质。同时, 在围岩与石英脉中石英变形特征十分突出, 具有由塑性变形至全部动态重结晶现象, 出现核幔、亚颗粒、重结晶颗粒定向排列以及波状消光与缝合线构造等; 条纹长石呈雁列状分布的应力条纹结构, 钠长石常扭折或压扁与圆化, 辉石与角闪石发生晶体旋转等微观结构。这些特点说明了剪切构造是处于韧-脆性变形状态。本阶段构造活动形成的断裂是东坪金矿床主要赋矿构造, 大部分金矿产于这组断裂之中。

(3) 第三阶段控矿构造活动 本阶段构造活动不及第二阶段发育, 但分布较广, 其应力场方向以 EW 向为主, 形成一组 NE 向右行剪切雁列式断裂构造, 如西坪一带由 3 条走向 $34^\circ \sim 45^\circ$, 倾向 NW, 倾角 $35^\circ \sim 60^\circ$ 的右行雁列脉组成, 其走向长度较长, 以脆性变形为主, 矿化作用一般较差, 仅局部较好。不过在东坪一带, 这组 NE 向构造常被成矿后期的花岗斑岩、正长斑岩脉所充填, 并切穿了上述矿脉。看来本阶段构造活动虽然规模与强度有限, 但持续时间可能较长, 一直延至成矿作用以后。

(4) 控矿构造形成与演化 东坪金矿床赋存在华力西期碱性岩体中, 后者又受 EW 向尚



图 5 东坪金矿床控矿构造(第二阶段)形迹素描图

Fig. 5 Sketch map of the ore-controlling stricture track (second stage) in Dongping gold deposit

- a-石英香肠构造(1[#]脉探槽素描) b-透镜状石英(1[#]脉 1344 中段 2 线沿脉);
c-硅质蚀变岩的香肠构造(2[#]脉 1626 中段沿脉) d-脉侧柔皱构造(转枝莲采区 1[#]脉下盘)

义-崇礼-赤城大断裂的次级断裂即杨木洼-马丈子-转枝莲断裂与中山沟-红花背-东坪断裂的控制。然而东坪金矿床控矿构造及其成矿作用是发生在燕山期,因此在研究东坪金矿床控矿构造形成及其演化时,既要充分认识尚义-崇礼-赤城大断裂的长期活动性,又要考虑燕山期以来我国东部地区构造活动对本区的影响。换言之,本区控矿构造形成所经历的 3 个阶段是中国东部地区中生代构造活动以及由它引发的崇礼-赤城 EW 向大断裂再活动在不同时期的综合反映。其经历大致如下:

在成矿构造发育早期,由于我国东部地区处于太平洋板块构造活动影响范围内,近 EW 向的压应力居于上风,因而在本区首先表现为 NE 向右行压扭性断裂和近 EW 向张扭性构造。前者常为一定规模的破碎带,如 70[#]脉群下盘的 F₁ 破碎带;后者延长相对有限,有时被石英脉所充填。这种构造格局在本区持续时间不长。随着本区南部晚侏罗世火山喷发与岩浆侵入活动,以及在太平洋板块向西俯冲中而引发崇礼-赤城大断裂的再次活动,使东坪地区处于近 SN 向主压应力作用之下,形成了由 NNE 向与 NW 向组成的一组共轭剪切构造。由于应力作用比较集中,这种构造格式在空间上大约以 800m 间距分段出现。随后近 SN 向压应力发展为左旋力偶,使这二组断裂构造中 NNE 向断裂以压扭性为主,呈左行雁列式断续延伸数公里,为本区主体构造。而 NW 向断裂则局限在 2 条 NNE 向断裂相邻或平行重叠部位,以张扭性为主,呈右行雁列式分布,由于这两组断裂构造在空间上密切相伴,由此构成的多字型构造格式,成为本阶段该区最基本的构造格式(图 6),并且对成矿起了主要的控制作用。成矿构造发育的晚期,大规模燕山期喷发与岩浆侵入活动告一段落,区域应力场又处于近 EW 向或 NE 向状态,但其活动规模与强度都处于减弱时期,主要形成的 NE 向张性

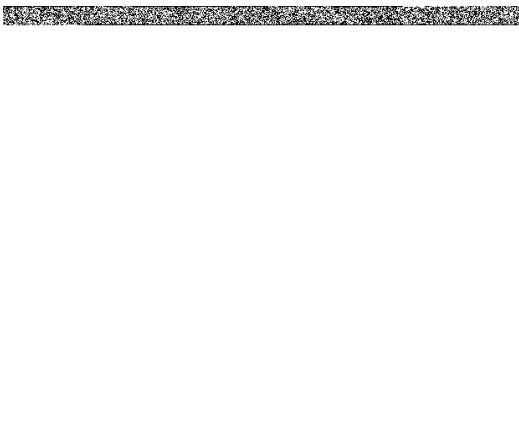


图 6 东坪金矿床二组断裂形成与演化示意图

Fig.6 Sketch map of two directic fractive evolution in Dongping gold deposit

或张扭性断裂,为成矿和成矿后大量脉岩活动提供了空间,如西坪一带的矿脉及东坪地区成矿后花岗斑岩脉的分布。

总之,东坪金矿床成矿构造形成与发展随应力场最大应力方向的变化而变化,从早期的 EW 向,至中期的 SN 向,再至晚期的近 EW 向,其中以中期的 SN 向应力场持续时间最长,规模最大,对本区成矿构造影响最广,从而使本区出现雁列式、多字型的构造格式,对成矿起了主导控制作用。在矿山开发中,我们依据上述控矿构造特征,对矿床有利成矿部位进行成矿预测,并控制了一定储量的富矿体,证明了这种构造格式对本区成矿控制是客观存在的。

4 结 论

通过上述讨论,对东坪金矿床地质特征与控矿构造获得如下认识:

(1)矿床是在受尚义—崇礼—赤城 EW 向大断裂的次级断裂控制,在水泉沟碱性岩浆活动背景下形成的。赋矿的水泉沟碱性岩体形成于 $305.9 \pm 0.5\text{Ma}$,属于华力西期产物,成矿年代为 $187.9 \pm 0.4\text{Ma}$ 为燕山早期。

(2)东坪金矿床具有 3 大特点:雁列式分布的矿体,石英脉型与钾蚀变岩型叠置的矿化,多期次成矿作用的贫硫富碲型矿石。其中以雁列式分布的矿体最为特征。

(3)本区控矿构造形成经历了 3 个阶段,以第二阶段最为重要。它产生了走向 NNE 向,倾向 NW 的左行雁列式压扭性断裂和走向 NW,倾向 SW 的右行雁列式张扭性断裂。二者在空间相互追踪中,NNE 向断裂又制约了 NW 向断裂的发展,构成的多字型断裂构造格式,控制了该区成矿作用。

(4)NNE 向矿脉浅部以石英脉型矿化为主,向深部逐渐过渡为钾蚀变岩型矿化,矿化延伸大,品位中等,是矿床的主体,NW 向矿脉以硅钾化蚀变岩型矿化为主,矿化延伸有限,但品位较高,是富矿体中的地段。

(5)在燕山期,东坪地区应力场由 EW→SN→EW 向的转换,其中 SN 向应力场持续时间最长、规模最大,对本区成矿影响最广,其中左旋力偶是产生多字型构造格式的主要原因。

完成本文承吴良士先生的亲切指导,在此深表谢意。

参 考 文 献

- 1 河北省地质矿产局,河北省、北京市、天津市区域地质志.北京:地质出版社,1989.
- 2 李少众等.崇礼—赤城剪切带的力学分析及其控矿作用.黄金,1998(6):7~12.
- 3 中国人民武装部队黄金指挥部.河北省东坪碱性杂岩金矿地质.北京:地震出版社,1996.

4 张招崇,李兆鼎.高碲化物型金矿形成的物理化学条件——以水泉沟金矿田为例.矿床地质,1997,16(1):41~52.
5 卢德林,罗修泉,汪建军.东坪金矿成矿时代研究.矿床地质,1993,12(2):182~187.

Geological Characteristics and Structural Ore-controlling Role
of the Dongping Gold Deposit ,Hebei Province

Li Shaozhong Jin Guangcheng
(Dongping Gold Mine Chongli County ,Hebei)

Abastract Orebodies of en echelon distribution ,superimposed mineralization of quartz vein type as well as tellurium-rich and sulfur-poor type ore make up three characteristics of the Dongping gold deposit in Hebei Province. Orebodies of en echelon distribution seem to be the most prominent feature. The couple was produced in Yanshanian SN-trending stress pattern , and NNE-striking ,NW-dipping left lateral en echelon compressional-shear fractures and NW-striking SW-dipping right lateral en echelon tensional-shear fractures were formed in Dongping area. They traced each other in space and NNE-striking fractures restricted the development of the NW-striking fractures. Two directive fractures composed Xi-type fractures system and controlled the mineralization of the gold deposit.

Key word quartz vein type potassic altered rock type en echelon Dongping