

祁连山白银厂黄铁矿型矿床成因探讨

严 济 南

(甘肃省地质局区调队)

白银厂黄铁矿型矿区,共有五个矿床,已相继开采四个。其中有以铜为主的含铜黄铁矿型矿床,如折腰山、火焰山、铜厂沟;有以铜-铅-锌为主的多金属黄铁矿型矿床,如小铁山。这两种类型矿床均赋存在白银厂细碧-角斑岩内,且矿体相距很近,构造、岩相相似。说明在同一构造单元、同一火山岩系内可以生成两种不同类型的矿床。

该区矿床位于北祁连加里东地槽东部火山岩系内,对其成因一直有争议。有人认为矿床与围岩同生;有人认为矿床是由喷发旋回末期的热液交代作用所形成;在此基础上又产生了复合成因的提法。无论何种看法,都肯定了火山活动与成矿作用是密切相关的。

一、矿区地质概况

北祁连山地槽区火山活动开始受北西 70° 主构造带的控制,多沿此带呈线状喷溢,岩性为细碧岩夹细碧玢岩及相应的凝灰岩,分布范围比较广泛(长达1000多公里)。局部地区,如白银厂地区受北西 70° 及北东 45° 两组断裂控制,形成了喷发中心,一般分布范围较小,常形成火山杂岩区,甚至火山口,也常受两组以上的次一级古断裂控制。

矿区内可划为三个岩组,由上而下(由北而南)为:基性岩组——细碧岩、凝灰岩、钙质凝灰岩;中酸性岩组——角斑岩、石英角斑岩及含集块角砾岩的石英角斑凝灰熔岩、凝灰岩;中基性岩组——细碧玢岩及其凝灰岩。矿区火山岩的时代究竟属寒武纪还是奥陶纪,一直存在争议。矿区火山杂岩分布在南北宽3公里,东西长6公里范围内,在此范围内,大致有八个火山喷发口。由于火山作用经历的时间较长和多次喷发,加之喷发作用不均衡,因此,形成了熔岩、凝灰岩及含集块角砾凝灰熔岩相互交替的堆积。间歇期形成正常海相沉积岩。一般喷发作用,先是形成含角砾集块的凝灰熔岩,以后逐渐过渡到凝灰岩。反常情况少见(图1)。喷发形式由线状喷溢到中心式喷发,再由中心式喷发转化为线状喷溢。喷出岩由基性—酸性—基性—中基性,由熔岩到凝灰岩,构成了一个比较完整的连续的海底喷溢顺序。

矿区为一受断裂破坏向南倒转的复式背斜。北部基性岩组逆掩于酸性岩组之上(F_2 断层);南部中基性岩组假整合于酸性岩组之上;西部在酸性凝灰岩之上覆盖有凝灰质千枚岩、硅质千枚岩、铁锰质千枚岩。千枚岩类岩石表层褶皱发育,同斜褶皱显著。东部被晚期凝灰质砂岩所覆盖,使这一火山杂岩区形成一个似“牛眼状”的穹窿构造(火山岩丘)。各岩组间均有走向断裂发生。

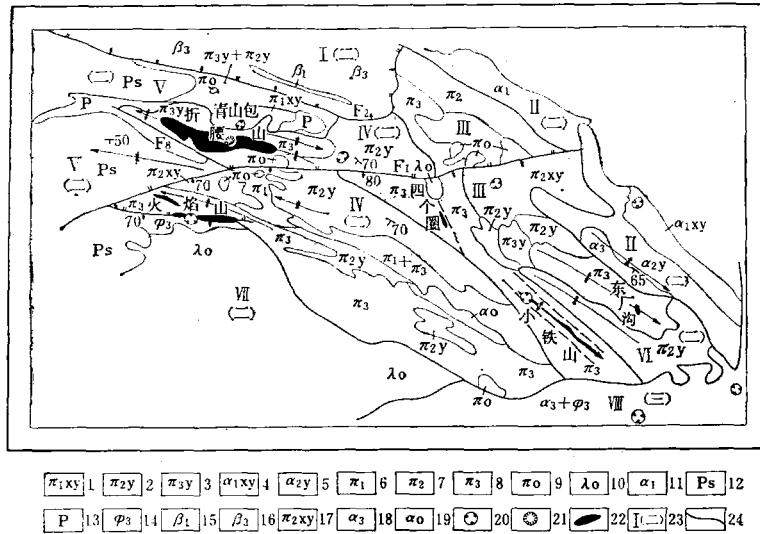


图 1 白银厂矿区地质示意图

Fig. 1. Schematic geological map of Baiyinchang mining area.

- 1—含角砾集块石英角斑岩；2—含角砾石英角斑凝灰熔岩；3—含角砾石英角斑凝灰岩；4—含角砾集块角斑凝灰岩；5—含角砾角斑凝灰熔岩；6—石英角斑岩；7—石英角斑凝灰熔岩；8—石英角斑凝灰岩；9—石英钠长斑岩；10—辉绿岩；11—角斑岩；12—硅质千枚岩；13—凝灰质千枚岩；14—细碧玢岩凝灰岩；15—细碧岩；16—细碧质凝灰岩；17—含角砾集块石英角斑凝灰熔岩；18—角斑凝灰岩；19—钠长斑岩；20—火山活动中心及火山口；21—磁黄铁矿矿筒；22—矿体；23—火山旋回期次；24—火山旋回界线

二、折腰山主矿体的成因分析

折腰山主矿体块状黄铁矿（图2）的成因主要有以下几种看法：共生沉积、火山热液沉积、热液交代、沉积变质热液富集等。块状矿体的实际情况如下：

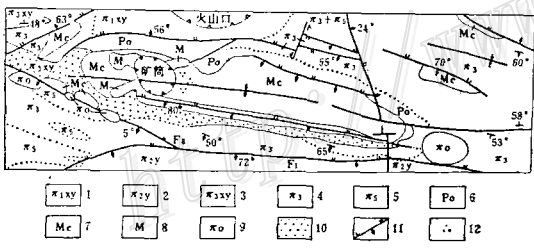


图 2 折腰山矿床 1 号矿体矿筒与构造的关系示意图

Fig. 2. Schematic diagram showing the relationship of the ore pipe (Ore Body No. 1) to structures, Zheyaooshan ore deposit.

- 1—石英斑含集块角斑岩；2—含角砾的石英角斑熔岩；3—石英角斑凝灰岩含角砾凝灰岩；4—石英角斑凝灰岩；5—细粒石英角斑凝灰岩；6—绿泥石板岩；7—一块状含铜黄铁矿矿筒；8—富铜矿带；9—石英钠长斑岩；10—细脉浸染状黄铜矿黄铁矿；11—断层；12—角砾状矿石

（一）火山热液注地聚集特征：

1. 块状黄铁矿体与围岩接触特征

在 1751—1763 米水平矿段，矿体产状为 $180^\circ \angle 80^\circ - 85^\circ$ 。围岩的原生层理与主矿体的交角在矿体下盘达 $40^\circ - 50^\circ$ ，一般矿体与围岩接触界线比较陡，局部成直角（图3）。1739—1751米水平矿段，块状黄铁矿矿体的南侧，即矿体上盘，与围岩的接触界线不平整，常见有块状黄铁矿脉顺围岩层理贯入，延伸约 1 米即自然尖灭（图4）。近矿围岩具弱硅化、黄铁矿

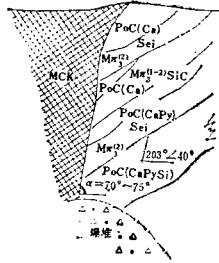


图3 1751—1763米水平矿段下盘
与围岩的接触关系

Fig.3. Diagram showing contact relation between footwall of horizontal ore block at 1751-1763m level and the wall rock.

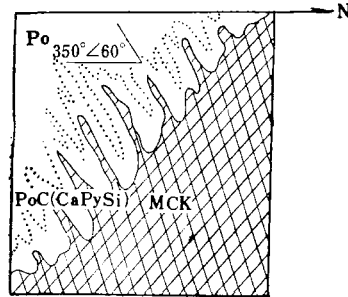


图4 1739—1751米矿体示意图

Fig.4. Schematic diagram of the ore body at 1739-1751m level.

Po—绿泥石板岩；MCK—块状含铜黄铁矿； $M\pi_3^{(1-2)}$ —中粗粒石英角斑凝灰岩；C—绿泥石化；Py—黄铁矿化；Si—硅化；Ca—碳酸盐化；Sei—绢云母化

化、绿泥石化、碳酸盐化。

2. 块状矿体的沉积环境

块状矿体的围岩除中细粒石英角斑凝灰岩外，还有凝灰质千枚岩和黑板岩。尤其是北侧矿体底盘及矿体东部，近矿围岩全为绿泥石化板岩。折腰山东部是一个陷落的破火山口。一号块状黄铁矿矿体东端陷落最深，沉积物最细，除细粒凝灰岩外，还有泥岩，因此块状矿体的围岩及夹层常出现绿泥石化板岩。块状黄铁矿体四周的围岩岩性及夹层的岩性几乎相同。笔者认为，当时的矿液是由火山口徐徐溢出，流入火山洼地聚集沉积。

2. 块状黄铁矿粒度的特征

块状黄铁矿矿体中黄铁矿的粒度分布在水平方向上，东部多为细粒，中部多为中粒，西部主要为中粗粒，西端矿筒附近为粗粒；在垂直方向上，东部矿体自上而下均为细粒，向西从上到下由细粒变为中粒，更西从上而下由中粒变为粗粒，以粗粒为主。上述资料说明离喷溢口越远温度越低，矿物结晶粒度越细。

(二) 磁黄铁矿矿筒与主矿体关系

1. 磁黄铁矿矿筒 (图2)

磁黄铁矿矿筒平面上呈不规则的椭圆形，长轴呈北西 30° 方向，南西倾，倾角 $75^\circ-85^\circ$ ，且上缓下陡。矿筒以致密块状的磁黄铁矿、黄铜矿为主，含少量磁铁矿、黄铁矿、闪锌矿。矿石的交代熔蚀结构发育。除含铜较高外，并含有较高的铋、钴、镍、锡和稀有元素。西侧见有破碎带，宽约5米，由角砾状含铜黄铁矿及角砾状黄铁矿化、黄铜矿化凝灰岩组成，并被晚期含闪锌矿、方铅矿、黄铜矿的石英脉穿插。破碎带西侧凝灰岩中见细脉浸染状及网脉状含铜黄铁矿、黄铜矿矿脉，产状为 $235^\circ\angle 80^\circ$ 。破碎带东侧，即矿筒内侧，有厚5米的晶架状蜂窝状黄铁矿，其间被黄铜矿所充填。在矿石结构上，由外向内黄铁矿从中粒自形半自形晶递变为细粒块状含铜磁黄铁矿。

包裹体测温，黄铁矿、黄铜矿的爆裂温度在 $200-300^\circ\text{C}$ 之间，磁黄铁矿达 $340-350^\circ\text{C}$ 。

磁黄铁矿矿筒东侧,磁黄铁矿由块状逐渐过渡到晶架状蜂窝状构造,在晶架空隙内常见含水绿矾及透石膏晶体,晶架状黄铁矿常被黄铜矿、磁黄铁矿交代。由矿筒向东逐渐过渡为黄铜矿胶结的角砾状、块状黄铁矿,再向东,纵横交错的块状黄铜矿及网脉状浸染状黄铜矿脉,广泛地充填于块状黄铁矿体内,形成大的块状含铜黄铁矿矿体。

从上述矿筒中心向四周扩展,金属矿物有环状分布规律:由黄铁矿-磁黄铁矿-黄铜矿-方黄铜矿→黄铁矿-黄铜矿-磁铁矿-磁黄铁矿→黄铁矿-闪锌矿-黄铜矿-方铅矿。

2. 折腰山块状主矿体

折腰山块状矿体东西延长,向下呈似楔形延深。而块状含铜磁黄铁矿矿筒位于矿体中部偏西。矿筒的上部为块状含铜黄铁矿,随着磁黄铁矿的增多,逐渐变为块状含铜磁黄铁矿,它与四周的块状黄铁矿(除晶架结构者外)无明显界线。同时块状黄铁矿与块状含铜黄铁矿之间也无显著界线,只是前者更为致密,节理裂隙少;后者较为破碎,常被浸染状网脉状黄铜矿交代,局部形成黄铜矿胶结的角砾状、块状黄铁矿。

3. 块状含铜黄铁矿矿石

块状含闪锌矿的黄铁矿矿石,由细晶黄铁矿或变胶状结构的黄铁矿组成,闪锌矿或黄铜矿在黄铁矿中呈云雾状或乳滴状,分布在一号矿体的西北部,矿石呈不规则团块状,与块状磁黄铁矿呈渐变过渡。

(三) 块状黄铁矿矿体中富铜矿分布规律

块状含铜黄铁矿矿体中所含铜、锌品位各处不一,相差悬殊,黄铜矿的分布与矿体中的断裂构造带相吻合。说明晚期含铜、锌矿液活动与构造活动是密切相关的。

1. 网脉状含铜黄铁矿

网脉状含铜黄铁矿分布于块状含铜磁黄铁矿及块状含铜黄铁矿之间,同时也交代了上盘硅化绢云母化凝灰岩,形成细脉浸染状含铜黄铁矿带,与围岩为渐变过渡关系。

2. 块状黄铜矿脉

在1811米—1823米水平矿段,在很大范围内均可见到黄铜矿脉;在垂直方向上,黄铜矿脉亦连续存在,其主要集中分布在块状矿体上盘与细脉浸染状矿体间,呈树枝或佛手状穿插于块状矿体和浸染状矿体之中。同时,在富铜矿带内常见到黄铜矿胶结的角砾状块状黄铁矿矿石及角砾状、浸染状黄铁矿化凝灰岩。地表蚀变带常有角砾岩出露,铜、锌元素显著增高。这说明两个问题:①当块状黄铁矿喷溢沉积成岩之后,地壳又有新的活动,使块状黄铁矿矿体及围岩重遭破碎;②由于构造变动含铜矿液又从深部上升,沿矿筒及其附近的破碎带交代形成富铜带。

(四) 次火山作用与富矿的联系

次火山作用对含铜黄铁矿的富集有明显的的作用。一号矿体周围石英钠长斑岩十分发育,矿体南侧有桌子山岩瘤,中东部矿体上盘有岩脉,矿体东部有家鸽山岩筒,矿体北侧之东地表可见石英钠长斑岩岩脉,此外矿体的北侧中西部,有隐伏的石英钠长斑岩岩株。事实上一号矿体已处于石英钠长斑岩包围之中(图1、2)。含角砾集块的石英角斑凝灰岩中的细脉和团块状细粒黄铁矿,系青山包火山口喷发的晚期石英角斑岩岩浆分异富集的矿液,沿火山口附近的裂隙带运移渗入到石英角斑凝灰岩中形成的。火山口早期喷溢的矿液,主要形成黄铁矿,含铜较少,到晚期逐渐形成含铜磁黄铁矿,它们赋存于火山岩筒中及其附近,与块状

黄铁矿的界线是很难区分的。到宁静期，含铜矿液沿破碎带及火山通道上升贯入到一号块状黄铁矿矿体的断裂带沉淀。一号矿体实际上是在层控条件下的热液喷溢洼地聚集的块状黄铁矿体，受到晚期构造破坏，再次被与次火山有关的含铜矿液沿构造带交代充填而形成的复式矿床。由此可见，火山作用中的矿液分异活动常常是黄铁矿矿液在前，黄铜矿矿液在后，由此造成块状黄铁矿被黄铜矿沿其裂隙带交代充填。查明次火山岩与富矿带的联系，除有助于了解富矿生成条件外，对今后寻找隐伏矿体具有指导意义。

三、次火山岩与矿床的关系

火山岩系根据地质与地球化学特征分为两极分异及连续分异两种建造。而黄铁矿型矿化在不同类型的建造中所占的位置不同。在两极分异建造的剖面中，矿体主要产于酸性碎屑岩内，或产于不均一的酸性和基性熔岩内，沿着规模较小的较酸性次火山岩体（早期）的接触带分布，并以黄铁矿型铜-锌矿为主。白银厂是连续分异火山建造的典型，而黄铁矿型矿化多赋存在酸性石英角斑凝灰岩内及次火山岩岩体顶部或内外接触带中，如金矾沟矿带、小铁山矿带、铜厂沟矿床，有时也产在次火山岩体下盘的外接触带内，如折腰山西矿带。

（一）次火山岩的含矿性

1. 石英钠长斑岩的含矿性

（1）在矿体附近的石英钠长斑岩中，常见隐晶质黄铁矿、粉尘状黄铁矿，在石英斑晶颗粒中也常见到微粒星散状黄铁矿。

（2）火焰山金矾沟矿带西部石英钠长斑岩结晶比较好，矿化较强，肉眼可见呈薄膜状及宽1—2毫米细脉状赤（镜）铁矿、黄铁矿。经分析含铜0.345%、硫10.17%、锌0.717%。其Co/Ni=10—100，与矿床各类矿石中钴、镍含量及比值十分接近，反映了成矿物质来源与石英钠长斑岩有内在联系。

（3）194矿体直接产在石英钠长斑岩内，石英钠长斑岩被强烈交代，局部形成角砾岩（图5）。

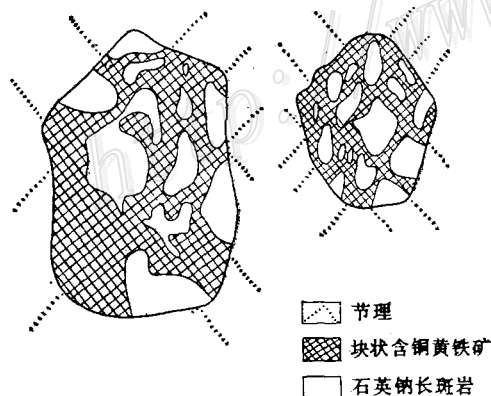


图5 1850米水平南帮块状含铜黄铁矿沿石英钠长斑岩节理贯入形成的角砾状构造

Fgi.5. Brecciated structure formed by injection of massive copper-bearing pyrite into joints of quartz-albite porphyry, southern flank of 1850m level.

2. 辉绿岩的含矿性

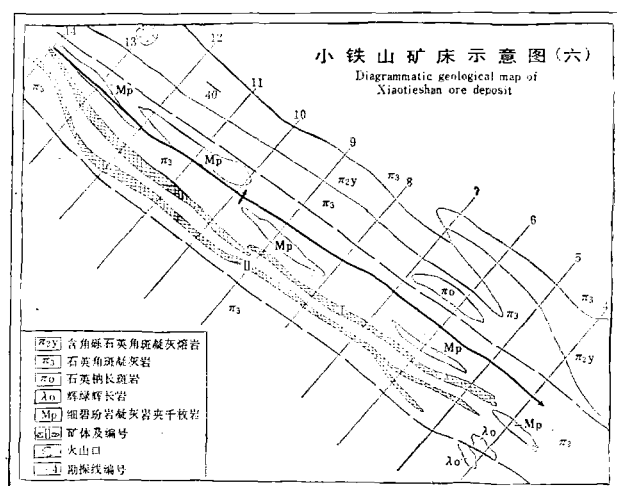
铜厂沟矿区位于一复背斜轴部，矿体产在辉绿岩侵入体的尖端。辉绿岩沿复背斜轴部分

布, 经矿化蚀变形成含黄铜矿细脉的绿泥石化片岩。黄铜矿细脉只富集于绿泥石化片岩中, 碰到石英角斑凝灰岩矿脉即尖灭, 两者呈犬牙交错状接触。矿石以网脉状黄铜矿为主, 黄铁矿少见。矿体两侧的石英角斑凝灰岩硅化强烈, 且发育绢云母化, 常形成浸染状铅锌矿化带。

(二) 矿床实例

1. 小铁山多金属矿床 (图6)

小铁山矿体产状比较简单, 由南北两个矿带三个主矿体组成, 矿体富集在泥岩及凝灰岩



中。矿体呈似层状, 以块状及浸染状矿石为主。块状矿石中黄铁矿颗粒较细, 与黄铜矿、方铅矿、闪锌矿组成清晰的条带状构造, 黄铜矿与黄铁矿各自组成条带, 由此可知它们是同期分异产物。方铅矿、闪锌矿除形成块状矿石外, 有时呈星点状与黄铜矿、黄铁矿组成浸染状矿石, 常赋存在硅化石英角斑凝灰岩中, 附近有强烈的重晶石化。

绿泥石化是含铜黄铁矿矿体的主要围岩蚀变。在矿体上下延伸地段, 由于围岩相变为石英角斑凝灰岩, 围

岩蚀变也相应地转变为硅化及绢云母化, 而矿石成分也渐变为方铅矿、闪锌矿、黄铁矿矿石, 说明黄铜矿沉淀选择偏碱性环境 (pH值=7-8), 而铅锌矿沉淀选择偏酸性环境 (pH值=5-6)。所以在黄铁矿型铜矿床中, 铅锌矿带常分布于铜矿带的两头或上部。

矿体底盘为石英钠长斑岩, 中部矿体与岩体的走向、倾角基本一致。岩体边缘有大小七个矿体, 同时距岩体越近, 矿体规模越大, 品位也越高, 说明小铁山矿体与石英钠长斑岩无论在时间上、空间上和构造上都是密切相关的。矿体上盘为绿泥石化片岩, 由辉绿岩蚀变而成。矿体延伸并不受石英角斑凝灰岩的控制, 而是受断裂控制, 因而矿体常穿切围岩的层理、片理。在不同的岩石内, 蚀变及矿化不尽一致, 矿物和矿石构造亦不一致。如在泥质岩中, 以绿泥石化为主, 常形成块状含铜黄铁矿矿石, 在石英角斑凝灰岩中, 围岩蚀变为绢云母化、重晶石化, 形成块状或浸染状铅锌矿矿石。矿体明显受石英钠长斑岩岩墙的控制, 岩墙与矿体延长一致, 并紧贴在岩体的上部。而石英钠长斑岩岩墙的形成是与火山口的断裂有密切联系的。因之小铁山多金属矿床是属于火山岩浆分异的热液交代矿床。

2. 金矾沟矿带

金矾沟矿带位于火焰山南侧东西向断裂带上。金矾沟酸性凝灰岩南侧有一套基性凝灰岩, 除石英角斑凝灰岩、细碧玢岩凝灰岩之外, 还有基性凝灰质千枚岩、钙质凝灰岩、薄层大理岩及紫灰黑色的碧玉岩条带、含集块角砾的细碧玢岩, 局部角砾集块达70%以上, 呈“冻鱼”状构造。这里可能是一个火山口, 暂定为第四次喷发旋回中心 (图1), 东西向断裂连贯其中。晚期次火山岩沿断裂带分布, 中部以辉绿岩为主, 东西两端以石英钠长斑岩为主。

东西断裂带的中部分布有辉绿岩，一些矿体就赋存在辉绿岩体的尖灭部位，且与岩体分布方向一致。而辉绿岩的上盘是基性凝灰岩，下盘是石英角斑凝灰岩，与矿体的上下盘围岩相吻合，说明这一断裂带发生在两组不同岩性的衔接带。而矿体的膨胀部分向中粗粒的酸性凝灰岩扩展，说明中粗粒石英角斑凝灰岩断裂多，孔隙度大，比细粒的基性凝灰岩更容易接受矿液交代。所以中粗粒的石英角斑凝灰岩是比较好的储矿围岩。

块状含铜黄铁矿矿体形态依断裂的大小及复杂程度而异，有似层状、扁豆体、佛手状。矿体与围岩的层理、片理斜交。矿体之间由断裂贯通形成矿群。矿石的结构、成分、品位与微量元素是基本一致的。

根据上述实际资料设想如下：在建造形成的末期，由于地壳回返，地层褶断，因而促进了岩浆的分异及运移。次火山岩浆的侵入不仅为成矿作用带来了充分的含矿热液，也为矿液运移提供了热能。热动力的作用有利于矿液循环。矿液在运移过程中可进一步溶解呈分散状态赋存于火山岩内的有用元素，也不断对围岩进行渗透交代，在有利的构造部位及合适的围岩中交代富集，形成矿床。

A DISCUSSION ON THE GENESIS OF THE BAIYINCHANG PYRITE TYPE DEPOSIT, GANSU PROVINCE

Yan Jinan

(*Geological Bureau of Gansu Province*)

Abstract

The Baiyinchang mining area, an important industrial base of base metals in China, consists of five pyrite type deposits of different sizes, four of which have already been worked. These five deposits might be grouped into two types, Cu-bearing (predominantly Cu) pyrite type deposits, such as Zheyao-shan, Huoyanshan and Tongchanggou, and polymetallic pyrite deposits containing principally Cu, Pb and Zn, such as Xiaotieshan and Sigejuan. These two types of deposits occur close to each other in the same formation—Baiyinchang spilite-keratophyre sequence and have similar structures and petrofacies, suggesting the possibility of forming two different types of deposits in the same tectonic unit and volcanic rock series.

The deposit lies in the eastern part of the volcanic complex within the Qilian eugeosyncline, its genesis remains a problem of much controversy. In recent years, the author has made an integrated study and analysis of the data accumulated over the past thirty years and also performed some field investigation to check up these references. The results acquired have led him to postulate the hypothesis that the deposit was formed by the concentration of volcanic hydrothermal fluids in depression and the activity of subvolcanomagmatic fluids.

The formation of the massive pyrite in the main ore body of Zheyao-shan is believed to be the result of the lateral effusion from the Qingshanbao vent of the third subcycle appearing presently as silicic rock formation, i. e., the result of the accumulation in the second subcycle crater depression of the ore material effused from the pyrrhotite ore chimney. This might be borne out by the existence of abundant massive copper-bearing pyrrhotite ore with well-developed textures of corrosion and replacement in the chimney as well as by the ring-like distribution of the metallic minerals around the chimney caused by the spread of the fluids from this center. Geological mapping and analyses of the data of drill core and petrofacies support the claim that

the ore body is located at the crater depression. Minerals in massive pyrite ore body are coarse in the west and fine in the east, suggesting also the migration of ore fluids from east to west into the center of depression. The massive ore body cutting obliquely the strata, the relatively weak alteration of country rocks and the remarkable variation in copper content of the ore body all seem to have resulted from the ascending movement of the copper-bearing ore fluids brought by subvolcanic activity along the ore chimney and its fracture zone formed during the crustal reversion.

The Xiaotieshan polymetallic pyrite deposit is of subvolcano-magmatic fluids type. Its ore-forming processes were strictly controlled by late subvolcanic activity which, in turn, was governed by fracturing. The ore body overlies the hanging wall of quartz albitophyre and shows close relationships with subvolcanic rocks in dimension and grade while the texture and structure of ore and the mineral constituents vary in accordance with the diverse country rocks. The examination of the structure of volcanos, fractures, variation in petrofacies, regularity of subvolcanic activity, the extent of wall rock alteration and characteristics of mineralization, therefore, makes up the prerequisite for the search of such concealed ore deposits.

The Jinfangou ore belt extends along a EW striking fracture zone characterized by complex lithological characters and petrofacies as well as by frequent subvolcanic activities. Mineralization and ore bodies are exclusively confined to the fracture zone. The repeated crustal reversion during the late stage of the development of rock formation resulted in the folding and faulting of the strata, thus facilitating the differentiation and migration of the magma. The intrusion of the subvolcanic magma not only brought sufficient ore-bearing fluids for mineralization, but supplied heat for their migration. This is due to the fact that heat accelerated the circulation of the ore fluids, which dissolved ore elements dispersed in the volcanic rock and unceasingly infiltrated into and replaced the country rocks as well. As a result ore fluids concentrated to form ore deposits at places with favorable structure and country rock conditions.