蒿坪金矿 成矿地质特征及成因浅析[°]

王学明² 艾 霞 周 刚 缪远兴

(中国有色金属工业总公司北京矿产地质研究所,北京,100012)

摘 要 蒿坪金矿产于下古生界二郎坪群大庙组底部碳硅质板岩及碳质云母石英片岩中,受层间 断裂控制。矿化类型为石英脉型及构造蚀变岩型,矿化是在中温(285°C)、弱还原、弱碱性、高盐度 条件下进行的。该矿床是早古生代末期初始富集、中生代末期定位成矿的以变质热液为主又有岩 浆热液参与的复合成因金矿。

关键词 成矿地质特征,矿床成因,金矿床,河南蒿坪

蒿坪金矿位于河南省西峡县二郎坪乡北部、长探河以东蒿坪村一带。其大地构造位置为 华北板块南缘、秦岭造山带东段,区域上属秦岭巨型造山带。由于经历了多期次的构造热事 件,形成了自北至南依次排列的北秦岭元古宙造山带、加里东造山带、海西造山带及南秦岭造 山带。北秦岭加里东造山带是豫西南地区最大的造山带,为弧后盆地环境,在当时处于拉伸构 造活动状态,随着地史的变迁,优地槽回返形成二郎坪.刘山岩地向斜褶皱束。本区被两条深 大断裂所夹持,北侧为瓦穴子-鸭河口深断裂,南侧为朱阳关-夏馆深断裂。它们对早古生代优 地槽的形成、演化及展布起着控制作用。之后,经过多期次活动,控制了晚古生代-中生代的沉 积、岩浆活动、变质作用、构造等地质作用,从而也控制了区内有关矿产的分布。

1 矿区地质

1.1 地层

区内主要地层为二郎坪群火神庙组海相火山熔岩和其上的大庙组中基中酸性火山岩、碎 屑岩夹大理岩,为一套以火山岩为主的变质岩系。另外矿区有少量第四纪覆盖层。

火神庙组: 主要岩性为现已变质的厚层细碧岩、角斑岩、石英角斑岩及火山碎屑岩, 硅质层, 北部(上部) 有角斑凝灰岩。为浅变质火山岩系, 属细碧-石英角斑岩建造。

大庙组: 是一套变质的细碎屑岩夹火山碎屑岩、大理岩。其岩性主要有碳质黑云母石英片

① 收稿日期 1998-04-13 改回日期 1998-06-01

② 第一作者简介: 王学明, 男, 1961 年出生, 硕士, 工程师, 从事金矿地质方面的研究。

岩、石英黑云母片岩、二云母石英片岩、绢云母石英片岩、碳硅质板岩、黑云母变粒岩(这些岩石 镜下可见到原岩的残留痕迹。原岩可能为凝灰质粉砂岩、角斑质凝灰岩、泥质粉砂岩等,且有 一定程度的蚀度,以绿泥石化、阳起石化较为普遍,重晶石化也可见到)、大理岩(局部有硅化、 矽卡岩化)。矿体主要赋存于碳质云母石英片岩、碳硅质板岩中。矿区西部 71 线实测地层剖 面结果显示、大庙组总厚度为 350 m,以碳硅质板岩夹变角斑质凝灰岩为主,顶部出现薄层大 理岩;而东部大庙一带大庙组总厚度达 1600 多米,岩性以碳硅质板岩、硅质岩为主夹碳质二云 母石英片岩,局部夹变角斑质凝灰岩,底部有大理岩作为与火神庙组的分组标志层,上部则出 现巨厚层砂糖状大理岩。

武警黄金 9 支队通过在西峡二郎坪、米坪、西蒿坪和南召乔端及内乡的粟坪等地测制二郎 坪群的地质剖面,并分析大庙组、火神庙组不同层位、不同岩石类型的金及其他指示元素的含 量表明:该区二郎坪群各地层中金的含量均较高,其中大庙组金的丰度平均为 24.1 × 10⁻⁹,火 神庙组金的丰度平均为 16.5 × 10⁻⁹,为地壳丰度值的 4~6倍。Pb 元素也有明显的富集,尤 其是大庙组富集系数达 10 以上。其他元素如 Ag、Cu、Zn、As、Sb、Bi 等也有一定程度的富集, 且大庙组较火神庙组明显。按不同岩石类型统计,石英角斑岩 中含金量最高,平均达 32 × 10^{-9} ,其次为碳硅质板岩、碳质绢云母石英片岩和凝灰质砂岩,其含金量平均值分别为 15.92 × 10^{-9} ,16.62 × 10^{-9} ,16.30 × 10^{-9} 。细碧岩中含金量较低,仅为 10.30 × 10^{-9} ,这反映了从火 神庙组到大庙组海底火山喷发旋回由细碧岩[→]石英角斑岩[→]火山碎屑沉积的演化过程中,Au 的分异较好,晚期趋于富集的特征,因而有利于火神庙组顶部及大庙组底部的某些层间破碎带 成矿。

1.2 构造

矿区位于二郎坪 刘山岩倒转向斜的南翼, 地层倾向 190°~ 210°, 倾角 40°~ 60°, 岩石片理 发育, 且片理产状与地层产状基本一致。

区内除控矿的韧 脆性剪切变质带及层间断裂外,尚无大的断裂构造,仅在矿区东部发育 一些规模不大的横向及斜向断裂,均为成矿后断裂,对矿体有一定破坏作用。

1.3 岩浆岩

矿区出露的岩体主要为燕山期侵入体,分布于该区的北部。该期侵入活动规模大、分布 广,沿NWW向展布,多呈岩基岩株产出,岩性为中细粒黑云母花岗岩。长探河岩体距矿区最 近,直接侵入火神庙组、大庙组地层中,该期花岗岩可能与本区矿化关系密切。从野外观察可 知,西蒿坪 71 线处,8 号脉(V₈)与岩体相距约 320 m,而西侧 91 线处,V₈ 与其北侧第四纪覆盖 层下所裸露的岩体相距仅 100 余米。东部大庙一带则岩体离 17、23 号脉较远,约 1.5 km。从 矿化情况来看,西蒿坪的 V₈ 较中部的梅子沟及东部大庙的 V₁₇、V₂₃要好。V₈ 本身其西段矿 化要较东段好,无论从脉的宽度、还是品位等都是如此。另外,岩体内部也有 V₁₁产出,该脉有 金矿化及黄铁矿、黄铜矿等硫化物产出,且 V₁₁ 的走向与本矿区的其他矿脉基本一致,为 NWW-SEE 向。

从表 1 所列的岩体微量元素来看, Cu、Pb、Zn 的含量与一般花岗岩的丰度值差不多, 而 Au、Ag、Sb、As 等元素的含量明显高于一般花岗岩的丰度值, 富集数倍至 10 多倍, 可能为矿区

表1 蒿坪金矿区燕山期岩体微量元素含量

 $(w_{\rm B}/10^{-6})$

Table 1 Trace element compositions of Yanshanian rockbody from Haoping gold ore district.

	Cu	Pb	Zn	Au	Ag	Sb	As
XHP- 30	< 3	11	10	0. 048 9	0. 226	1. 48	21. 3
XHP- 31	19	38	50	< 0. 017 8	< 0. 288	0. 395	4. 44
花岗岩丰度(维)	20	20	60	0. 004 5	0. 05	0. 26	1. 5

注: Cu、Pb、Zn 由北京有色冶金设计研究总院测试中心分析

Au、Ag、Sb、As 由中科院高能物理所分析

成矿提供部分的物质来源。另外, 产于岩体内的 11 号脉具有一定的金矿化, 它是岩浆期后分 异结晶的产物, 这更进一步说明岩浆岩的侵入有利于矿化的加剧。

综上讨论可知:本区燕山期岩体距离主要矿脉 V₈ 较近,其 Au、Ag、Sb、As等元素的含量明显高于一般花岗岩的丰度值数倍至十多倍,岩体的 V₁₁本身就有 Au 的矿化,这些均说明,本区 燕山期岩体的侵入,对区内的成矿作用产生很大的影响,不仅提供了热源,而且具有提供部分 物源的可能性。

2 矿床地质特征

2.1 矿体地质

本区可分为三个矿段,即西部段、中部段、东部段。西部段即西蒿坪矿段,是最重要的矿 段, V₈为主要的工业矿体,另外(岩体与地层)接触带的 V₉及岩体内的 V₁₁品位较低,目前未 被开采;中部段是指梅子沟矿段,曾有民采,现已停工;东部段是指大庙矿段,主要有 V₁₇和 V₂₃,现正在民采。

V₈ 总体呈 NWW-SEE 展布, 倾向南西, 倾角为 60°~80°, 长 800 m, 宽 0.4~5.25 m, 平均 1.11 m, 延深现已达 60 m, 矿体稳定, 深部尚未控制。Au 品位最高达 34.24×10⁻⁶, 平均 9.14 ×10⁻⁶, Ag78.87×10⁻⁶, Pb4.34%, Cu1.00%。矿体呈似层状, 主矿体较平直, 局部呈弧形扭 动状, 受韧 脆性剪切带层间断裂控制明显。矿体主要赋存于碳硅质板岩及碳质云母石英片岩 中。该脉在地表多以破碎带中褐铁矿化石英脉的形式出现,有的则为密集片理化带。脉的上 下盘可见到次一级的有轻微褐铁矿化的层间破碎带。从地表及坑道观察可知, V 8 在 67~91 线位置矿脉宽度较大,一般为 0.8~2 m,局部有分枝复合现象。67 线以东,矿化强度相对较 弱,59线观察到的破碎带宽 1.8 m,以褐铁矿化断层泥、角砾状石英为主。

总体上, 矿化类型可分为两类: ①含金属硫化物石英脉型; ②构造蚀变岩型。前者表现为 石英脉总体连续分布, 但多有因构造变动而被挤压破碎后又被金属硫化物如黄铁矿、黄铜矿、 方铅矿、闪锌矿、磁黄铁矿等充填胶结的特征。这类矿化往往是矿化作用强、断裂空间较大处 较为发育。后者表现为强烈硅化的碳硅质板岩、碳质云母石英片岩, 内含浸染状至细脉状黄铁 矿及石英网脉, 主要发育于破碎片理化带及石英脉两侧, 与围岩呈渐变过渡关系。 V₈ 的金属 矿物主要有黄铁矿、方铅矿、黄铜矿、磁黄铁矿。脉石矿物主要有石英、方解石、绢云母、绿泥 石、石榴石等。金主要以自然金为主, 含少量银金矿和金银矿, 分布于黄铁矿、方铅矿、黄铜矿

表 2 蒿坪金矿 V₈880 m 中段矿体及近矿围岩某些元素分析结果

Pb

Zn

As

Ag

 $\mathbf{S}\mathbf{b}$

 $(w_{\rm B}/10^{-6})$

Bi

T able 2 Some element contents of orebody and its wall rock from 880m level of V_8 in

Cu

 $w(Au) / 10^{-9}$

底板围岩 8.1 XH-45-1 1 34.0 13.0 40.0 0.22 0.30 0.78 0.76 XH-45-2 2 底板围岩 14.0 115 18.0 60.0 0.22 0.30 0.96 0.84 XH-45-3 底板围岩 6.2 70.0 0.10 3 23.0 16.0 0.13 0.30 0.59 XH-45-4 4 底板围岩 110 16.0 10.0 140 0.56 2.30 1.7 0.10 45 :号测点 XH-45-5 底板围岩 0.48 5 11.1 22.0 27.5 42.0 0.12 0.30 0.55 XH-45-6 6 底板围岩 11.5 66.0 12.0 54.0 0.25 0.30 0.56 0.10 XH-45-7 7 底板围岩 170 1 600 14.0 75.0 4.0 0.30 0.98 2.1 XH-45-8 8 底板围岩 75.5 5 800 34.0 72.0 10.0 0.30 4.00.10 XH-45-9 9 矿脉 2 300 60 800 74 000 1 400 422 2.018.5 653 XH-46-1 底板围岩 11.0 400 930 2.0 0.30 1.0 10 150 1.8 矿脉 XH-46-2 11 1 200 1 200 380 74.0 2.0 0.30 4.01.1 46号测点 XH-46-3 12 顶板围岩 34.0 105 60.0 50.0 0.43 0.30 0.96 0.10 XH-46-4 13 顶板围岩 19.0 206 30.0 33.0 0.80 0.30 0.70 0.10 XH-46-5 14 顶板围岩 10.5 250 26.0 70.0 0.30 0.30 0.58 0.72 XH-46-6 顶板围岩 43.0 300 0.97 0.30 0.58 15 140 33.0 0.62

及石英的粒间或其中。矿石的主要构造有块状、浸染状、细脉浸染状、网脉状、条带状、角砾状、

样号

序号

采样位置

揉皱状等。围岩蚀变以硅化、绢云母化、黄铁矿化(某些为褐铁矿化)为主,绿泥石化、碳酸盐 化、黑云母化、石榴石化为次。蚀变强度一般是上盘较下盘强,蚀变宽度0.2~1m不等。

为了弄清矿体及近矿围岩的成矿元素及某些指示元素的含量变化规律, 笔者在 V8 880 m 中段测了一条小剖面, 每隔 2 m 采样, 表 2 中 46 号测点比 45 号测点略有往东平移, 表中去掉 序号 10、11 两个样即构成一连续剖面。从表 2 图 1 可以看出, Au、Cu、Pb、Zn、Ag、Sb、Bi 等元 素的含量基本以矿脉为中心达到峰值, 向两侧(顶底板)逐渐变小, 具有对称分布的趋势, 反映 了成矿热液从中心向两侧渗透, 矿体与围岩渐变过渡的特点, 同时也表明矿脉及近矿围岩中 Au 含量与 Sb、Cu、Pb、Ag、Bi、Zn 含量之间呈密切的正相关关系, 相关系数分别为 VA_H Sb = 0. 9350, V_{AH} Cu = 0. 8835, V_{AH} Pb = 0. 8823, V_{AH} Ag = 0. 8818, V_{AH} Bi = 0. 8812, V_{AH} Zn = 0. 8814, 而 As 的含量变化不大, 与 Au 略为相关, 相关系数为 V_{AH} Ag = 0. 5385。从上述分析可知: Sb、Cu、Pb、 Ag、Bi、Zn 可用来作为本区找金的指示元素, 这些元素含量高, 则指示金的富集, 实际上, 这与 所观察到的含金矿脉中有较多方铅矿、黄铜矿是相吻合的。至于 As 则可作为找金的辅助指 示元素, As 特高处应引起重视。

表 3 蒿坪金矿 V₈ 垂向品位变化

Table 3 Vertical change of grade for V₈.

标高/ m	940	936	933	918	912	908	905	897	894	884	880
平均品位 ω(Au) / 10 ⁻⁶	4. 44	11.14	9. 57	9. 89	13. 13	11.64	15. 05	15. 00	13. 29	15. 52	11. 96

从表 3、图 2 可以看出, V₈ 在垂向上品位变化不大, 总体上较为稳定, 且从浅部到深部略 有增高的趋势。从实地观察到的情况来看, 从上到下矿脉的厚度也较稳定, 大致在 1.5 m 左 右, 基于这些矿体品位及厚度的稳定性, 加之控矿断裂系压扭性断裂, 延长有 800 余米, 故笔者 认为 V₈ 在 880 m 中段再往下延伸应具有较好的前景。

2.2 成矿阶段及主要矿物特征

2.2.1 成矿阶段 根据矿脉的穿插关系及矿石的组构特征等可大致把蒿坪金矿的成矿阶段 划分如下:

Ⅰ. 石英(Q1)-黄铁矿(Py1)阶段

为成矿早阶段矿化, 规模较大, 形成含浸染状黄铁矿的石英脉。同时, 脉的两侧发生一定 蚀变。

Ⅱ. 石英 多金属硫化物(黄铁矿 PyⅡ、方铅矿、黄铜矿、磁黄铁矿及闪锌矿)-自然金阶段

这是主要的矿化富集阶段。构造作用(层间剪切滑动)致使早期蚀变围岩及石英脉发生强 烈破碎及变形,含矿热液沿破碎带活动,并在岩石与脉石英碎块间或较密集的网状裂隙中充填 交代沉淀,形成角砾状、团块状、网脉状、条带状、浸染状的矿石。这期矿化的时间较长,形成的 金属硫化物种类多,有黄铁矿、方铅矿、黄铜矿、磁黄铁矿及闪锌矿等,同时析出了大量石英,自 然金则随着多金属硫化物及石英析出而散布其中。

Ⅲ石英(QⅢ)-碳酸盐阶段





此为热液作用晚期产物,可见透明的石英细脉及碳酸盐脉穿插I、II阶段形成的矿脉,不 具找矿意义。

2.2.2 主要矿物特征



图 2 蒿坪金矿 V₈ 不同标高品位变化曲线

Fig. 2 Variation curve of ore grades at different levels in Haoping gold ore deposit.

(1) 石英: 是最重要的脉石矿物, 也是主要的载金矿物, 占矿石中矿物总量的 54% ^①。有 Q_I、Q_{II}、Q_{II}三个世代, 其中 Q_I 微含金、Q_{II}基本不含金、Q_{II}含金。本次测定 Q_{II}单矿物含金 为 4. 61 × 10⁻⁶, Q_I 为早期形成产物, 颜色较白、结晶较好, 呈半自形晶, 分布的量较多, 且多已 被挤压成碎裂状、角砾状、褶曲状, 个别为反" S"型, 被后期的石英(Q_{II})及硫化物充填胶结。 Q_{II} 色较暗, 呈灰白色、结晶较差、呈他形粒状, 与金属矿物嵌布密切, 常见自然金被包裹在 Q_{II} 中或散布其裂隙和颗粒之间以及 Q_{II}与金属硫化物间。Q_{II}为主要矿化期产物, 其大量分布处 预示着好的金矿化。Q_{II}色纯透明、量较少, 多呈细脉状穿插于先期形成的矿脉中, 或斜插于围 岩的裂隙中, 为热液作用晚期产物, 矿化意义不大。

(2) 黄铁矿: 是矿石中主要的硫化物之一, 占矿石矿物总量的 8.43%, 也是金的主要载体 矿物。黄铁矿可分为 PyI、PyII 两个世代。PyI 形成于矿化早期, 颗粒较粗, 最大粒度大于 2 mm, 一般为 1~0.5 mm, 常见被压扁成不规则粒状, 部分呈立方体, 多呈浸染状分布于 QI 中。 PyI 略含金, 本次测定 PyI 单矿物含金 0.49×10⁻⁶。PyII 为矿化期产物, 粒度较细, 小于 0.5 mm, 多为半自形至他形粒状, 可呈团块状产出, 也可呈条带状、细脉浸染状充填在脉石中。郑 州矿产综合利用研究所李黎测得黄铁矿(包括 PyI 和 PyII) 单矿物含金 3.1×10⁻⁶, 见有银金 矿嵌布在黄铁矿与方铅矿粒间。

(3)方铅矿:是该矿床中主要含铅矿物,占矿石中矿物总量的 4.60%,它是金的载体矿物 之一。方铅矿也有粗细两种,都是矿化阶段产物。粗的为自形晶,粒度大于 1 mm,细的呈他 形粒状(有的看起来似胶状),粒度一般为 0.5~0.04 mm。前者时间上略早于后者。方铅矿 可呈大的集块状产出,也有些呈稀疏浸染状分布于脉石中。方铅矿与自然金关系密切,本次对 方铅矿的 3 个样品进行了单矿物含金性分析,结果显示:粗粒方铅矿含金 1.42×10⁻⁶,细粒方 铅矿含金为 2.26×10⁻⁶, 3.50×10⁻⁶。据镜下观察,自然金、银金矿往往被包裹在方铅矿中,

1998年

或嵌布在方铅矿与脉石粒间。

(4) 黄铜矿:黄铜矿是矿石中的主要含铜矿物,占矿石中矿物总量的 2.84%。它是矿化阶段的产物,以他形粒状为主,呈细脉状、浸染状、条带状分布,个别为团块状。本次测得黄铜矿单矿物含金为 21.3×10⁻⁶,因此黄铜矿也是金的主要载体矿物之一,自然金呈蠕虫状分布于黄铜矿的裂隙中及黄铜矿与黄铁矿、方铅矿的粒间。

(5)自然金、银金矿:金黄色,不规则粒状、枝叉状、长条状、片状为主,见有少量等轴粒状。 在人工重砂中见到最大金粒 0.3 mm 为不规则粒状,在光片中见到最大金粒 0.80 mm × 0.02 mm,一般为 0.1 mm~ 0.02 mm。自然金、银金矿主要以粒间金为主,约占 73.34%,其次为包 体金,约占 24.24%,裂隙金少量,占 2.42%(李黎,1996)。分布于石英粒间或石英与方铅矿粒 间的金多为成色较高的自然金(成色为 926.5,938.5),而包在方铅矿、黄铜矿、黄铁矿中的金 往往为银金矿(成色为 659.9)。自然金的高成色反映了其形成温度相对较高,成色低的银金 矿及金银矿的出现表明矿化经历了后期较低温含矿热液的叠加。

2.3 稳定同位素特征

2.3.1 铅同位素特征 笔者对蒿坪金矿 3 件方铅矿样品进行了同位素测定,结果见表 4。从 表中可知 *w* / (²⁰⁶Pb) / *w* (²⁰⁴Pb) 为 18.124~ 18.285, *w* (²⁰⁷Pb) / *w* (²⁰⁴Pb) 为 15.455~ 15.673, *w* (²⁰⁸Pb) / *w* (²⁰⁴Pb) 为 37.946~ 38.600,将这些数据投到铅同位素组成模式图(图 3)。从图3B

 $w(^{206}\text{Pb}) / w(^{204}\text{Pb}) w(^{207}\text{Pb}) / w(^{204}\text{Pb}) w(^{208}\text{Pb}) / w(^{204}\text{Pb})$ μ V ω к 模式年龄/Ma XH K-2 18.285 15.673 38.600 9. 615 0. 0702 40. 013 4. 162 341.25 XH-7 18.124 15.455 37. 946 9. 203 0. 0672 35. 960 3. 907 191.25 15, 567 38. 261 9,410 0,0687 241.25 XHK-3 18, 247 37.697 4.006

表4 蒿坪金矿铅同位素组成

Table 4 Lead isotope compositions of Haoping gold ore deposit.

由中科院地球物理研究所测定

 $\lambda_1 = 1.55125 \times 10^{-10} \Xi^{-1}; \lambda_2 = 9.8485 \times 10^{-10} \Xi^{-1}; \lambda_3 = 4.9475 \times 10^{-11} \Xi^{-1}$

a₀= 9.307; b₀= 10.294; c₀= 29.476; T₀= 4.43×10⁹ 年

可知,3件样品投点呈较明显的线性排列,排列线的斜率大,与平均铅演化曲线没有下交点,说 明矿石铅为混合铅,并非来自单一源区。样品 XHK-2 投点处于上地壳与造山带铅平均演化曲 线之间,样品 XHK-3 及 XH-7 投点分别处于造山带与地幔铅平均演化曲线之间,而在图 3A 上,3件样品的投点均落于造山带与下地壳铅平均演化曲线之间,这表明矿石铅为含放射成因 铅较低的混合铅,且暗示着铅主要来自铀亏损的下部地壳与地幔铅的混合,应属壳幔混合源。

矿石铅的 ^µ[w(²³⁸U)/w(²⁰⁴Pb)]值为 9.203~9.615 较小,而 ^ĸ[w(²³²Th)/w(²³⁸U)]值 为 3.907~4.162 相对较大,这些特征反映了铅来自深部,主要来自下地壳。这里所说的下地 壳,结合该区成矿背景分析,当指二郎坪群。二郎坪群为一套海底火山喷发的蛇绿岩套建造, 经区域变质作用,铀发生亏损,从而使后期地质作用中在此物质基础上产生的岩浆岩和矿床具

43

有含放射成因铅不高的特征。铀的亏损. 致使 $w(^{232}Th)/w(^{238}U)$ 比值增加,导致矿 石铅在 w (²⁰⁸ Pb)/w (²⁰⁴ Pb)-w (²⁰⁶ Pb)/w(²⁰⁴Pb)图解点的投点有高过造山带铅演化 曲线向下地壳铅演化线靠拢的趋势,而在 w $\binom{207}{\text{Pb}} / w \binom{204}{\text{Pb}} w \binom{206}{\text{Pb}} / w \binom{204}{\text{Pb}} \bigotimes \mathbb{B} \mathbb{B}$ 上则处于造山带铅平均演化曲线上下。

3件样品矿石铅单阶段模式年龄差别 较大,从191.25~341.25 Ma,明显大于实 际的燕山晚期定位成矿的成矿时代。这种 混合铅同位素模式年龄不能代表成矿年 龄。但所提供的模式年龄均较矿区燕山期 岩体的时代要老、而较矿体围岩二郎坪群 (早古生代)的时代要新,这从一个侧面反 映方铅矿中的铅既来自围岩地层,又来自 ₹ 附近岩体。铅的初始来源则为下地壳和上。 地幔 因围岩之海底火山喷发物部分源于 🎽 地幔。

2.3.2 硫同位素特征 本次对采自蒿坪 金矿 V₈的3件方铅矿样品及1件黄铜矿 样品作了硫同位素测定,结果见表 5。从表 5 中可以看出,这4 件样品的δ³⁴S 分布比 Fig. 3 Plot of lead isotope compositions for ores of Haoping 较集中,为-0.6‰~2.0‰,平均值为_{gold deposit}. 硫的特点,这可能与赋矿围岩为海底火山 喷发沉积物部分物质源于上地幔有关。



图 3 蒿坪金矿矿石铅同位素组成模式

0.67.5‰ 接近干 0 值. 具有 陨石硫或深 源 a.b.e.d分别为地幔、造山带、上地壳、下地壳铅平均演化曲线

2.3.3 氢、氧同位素特征 本次对蒿坪金矿 V₈中的2件石英样品进行了氢、氧同位素测定. 结果列于表 6。从表 6 可以看出, 所测的 δD 为- 69.1‰, - 70.5‰ δ ¹⁸0 न± 为 13.4‰、

表 5 蒿坪金矿硫同位素组成

Table 5 Summi soupe compositions of Haoping gold deposit.											
样号	矿物	δ ³⁴ S/‰	备注								
XH K-1	黄铜矿	2. 0									
ХН К-2	方铅矿	- 0.6	4 件 样 品 的 平 均 值 为								
ХН К-3	方铅矿	0. 2	0. 675 ‰								
XH-7	方铅矿	1. 1									

测试单位:中科院地球物理研究所

表 6 蒿坪金矿氢、氢同位素组成

Table 6 H and O isotope compositions of Haoping gold deposit...

样 号	矿物	δD/ ‰	δ ¹⁸ O _{石英} (SMOW)/‰	δ ¹⁸ O _{H2O} / ‰
XHK-1	石英	- 70. 5	15. 3	7. 8
XH-6	石英	- 69. 1	13. 4	5. 9

测试单位:氢同位素中科院地质所,氢同位素国家地震局地质所

15.3‰,按均一温度换算的成矿流体δ¹⁸OH₀ 值为 5.9‰ 7.8‰. 将其投到 δ¹⁸Ο-δD 图解 上(图 4) 则有 XH K-1 落到变质水和岩浆水的 交叉区域内, 而样 XH-6 落在变质水的区域 内,这说明,蒿坪金矿的成矿热液主要是源于 💐 🚜 围岩的变质水,同时有部分来自附近岩浆的 岩浆水。

2.4 矿物包裹体特征

2.4.1 一般特征 本次对西蒿坪 V g 中的 3 件含金石英样品及 V11 中1 件微含金石英样 品进行了包裹体特征观察(镜下)及均一温度 测定。结果表明:3件含金石英样品(样号为 XH-46-2, XH K-4, XH-6) 中包裹体发育, 主要 Haoping gold deposit. 体,前者气液比约为 10%~ 30%, 后者气液 (据张理刚, 1983)

图 4 蒿坪金矿成矿热液δ¹⁸O-δD 图解 Fig. 4 H, O isotope compositions of ore forming fluid in 为气液两相包裹体、有富液相和富气相包裹 MW. 变质水 MCW. 金铜系列岩浆水 MWL. 大气降水线

比为 75%~ 100% 。 包体形态较规则, 多呈等轴状、浑圆状、椭圆状、长管状、负晶状(不完全) 等,大小约为 3~10 µm。1 件微 含金的石英样品(HXP 32) 中包体丰富,主要类型为含液态 CO2 的三相包体和气液二相(NaC+H2O) 包体。前者较大, 约为 10~ 20 µm, 个别可达 80 µm, 其中 CO2 可达 20%~ 50%, Vco_(气态 CO2) 为 20%~ 40%, 多数形态规则为负晶状, 呈群分 布。NaC+H2O 包体较小. 一般为 3~ 10 μm. 气液比约 10% ~ 15%. 多呈长椭圆形. 长方形等较 规则形态。另外个别包体内可见到 NaCl 子晶。

2.4.2 均一温度 有关本次测试的石英均一温度见表 7.表中每件样品均测定了近 20 个包 体的均一温度,所得出的平均值即为该样品的均一温度。从测出的结果来看、3件含金石英 (取自 V₈)的均一温度分别为 249°C、284°C、322°C,平均值为 285°C,大致为主矿化温度。而 采自 V_{11} 微含金(含金 0.71 × 10⁻⁶) 石英的均一温度为 208°C, 略低于 285°C, 它的形成系岩浆 期后热液充填所致。

2.4.3 包裹体组成特征及其所反映的地质信息 本次对采自 V₈的 2 件石英样品进行了包 体成分测定,其中样 XH-6 为角砾状矿石,含早期石英 O 1 较多,样 XHK-1 则含主矿化期石英 Q Ⅱ 较多, 故样 XH-6 的包体成分能较多地反映 I 期的矿化信息, 而样 XH K-1 则能较多地反映



表7 蒿坪金矿石英的均一温度

Table 7 Homogenization temperature of vapor liquid inclusion of quartz from Haoping gold deposit.

样号	亚样位罢乃会令姓	均一温	复注		
	本件位直及占金住	范围	平均值	留注	
XH-46-2		153~ 313	249	~ // # 다 다 ㅠ	
ХНК-4	8 号脉 880m 中段含金石英	231~ 391	322	3 件 件 品 的 平 均值为 28 ° C	
HX-6		245~ 324	284		
XHP-32	11 号脉(产于黑云母花岗岩中) 微含金 石英	156~ 296	208		

测试单位: 地矿部矿床地质研究所

II期的矿化信息。从表 8 可以看出, 2 件样品包裹体的气相成分主要为 CO₂ 和 H₂O, CO₂ 的含 量为 60×10^{-6} 和 65×10^{-6} , H₂O 的含量为 90×10^{-6} 和 50×10^{-6} , 同时含有少量的 H₂ 和 N₂。

表 8 蒿坪金矿石英包体成分及有关参数

Table 8 Compositions and some parameters of vapor liquid incluion of quartz from Haoping gold deposit.

样号		气相成分/10 ⁻⁶								液相成分/g*厂 ¹					
	H ₂	02	N ₂	CH4	C ₂ H ₆	CO	CO2	H20	K +	Na ⁺	Ca ²⁺	Mg^{2+}	\mathbf{F}^{-}	CΓ	SO_4^{2-}
XH-6	0.08	0.00	1. 00	0.00	0.00	0.00	60.00	90.00	8.89	45.60	98.90	22. 20	383.00	94.40	892.00
XH K-1	0. 25	0.00	1. 00	0.00	0.00	0.00	65.00	50.00	0.20	32.00	144.00	34.00	100.00	108.00	454.00
样号	比值①						有关参数								
	CO ₂ /H ₂	0 N	a ⁺ / K ⁺	Ca ²⁺ / M	g ²⁺ (1 ⁻ / F ⁻	R ²		fo2	f _{CO2}	盐度	/ w (NaCl) _{eq} %	Eh(V)	pH
НХ-6	0. 27		5. 13	4.45		0.25	0.03	10	- 34.03	10 ^{1.8}	6	56.31	-	- 0. 70	7.63
XH K- 1	0.53		160.0	4.24		1.08	0.08	10	- 34.10	10 ^{2.0}	6	61.95	-	- 0. 69	7.63

由有色总公司北京矿产地质研究所测定

①气相成分为摩尔比,液相成分为重量比; ②R 为(CH₄+ CO+H²)/CO₂ 摩尔数比值

(NaCl) $_{eq}$ %,略有增高,成矿热液的高盐度可能与燕山期的岩浆作用有关。二氧化碳逸度 $_{fCO_2}$ 从 $10^{1.86 \rightarrow} 10^{2.06}$ 也有一定增高,而 $_{fO_3}$ 、*Eh*、pH 基本保持稳定。

综上所述, 蒿坪金矿的成矿作用是在中温(285°C)、弱还原、弱碱性(pH=7.53)、高盐度、 富含 CO₂ 的条件下进行的。

3 矿床成因浅析

蒿坪金矿的形成经历了多期多阶段的过程,自早古生代时形成初始矿源层至中生代定位 成矿,成矿热液和成矿物质是多来源的。

从区域大地构造位置看,本区位于华北板块与扬子板块碰撞带上。早古生代时本区处于 该带中秦岭大洋或岛孤环境,由于地壳拉张,大量的基性岩浆从洋底喷溢,带来大量的金等成 矿物质,且金随着火山喷发旋回的分异演化渐趋富集,即从细碧岩[→]角斑岩[→]石英角斑岩含金 性增加,其上沉积的含微生物(后变质为碳质)硅质层中也吸附了大量的金等成矿物质,从而形 成初始的矿源层。

加里东期, 二郎坪群开始褶皱由南北向推挤而隆起, 本区发生了动热变质作用, 同时发生 韧性剪切, 金开始小规模转移, 初步富集, 形成衍生矿源层。

到了燕山期,本区的构造活动、岩浆作用及热液活动都非常强烈,除朱阳关-夏馆等几条深 大断裂继续活动外,还形成许多规模不等的断裂,岩层强烈褶皱,在衍生矿源层中形成多条层 间破碎带,为成矿热液的活动,矿质的沉淀提供了有利的空间。区域构造和岩浆活动导致了区 域变质尤其是大量变质流体的生成,并与附近含有一定矿质的岩浆水混合,在深部地层中循 环,溶滤了更多地层中的成矿物质而形成含矿热液,在岩浆热与构造动力驱使下,含矿热液沿 断裂上升并运移到韧性剪切带中的层间破碎带充填交代形成工业矿体。由于这一时期的构造 -岩浆热液活动频繁,致使先成的矿脉被挤压破碎,又被后期的矿液充填胶结。因成矿热液的 温度不太高(285°C),故矿脉两侧的围岩蚀变不太强烈,蚀变宽度也不大。

综上看来, 蒿坪金矿为早古生代末期初始富集, 中生代末期定位成矿的以变质热液为主又 有岩浆热液参与的复成因金矿。

4 结论

综合上述研究,可以得出以下结论:

(1) 矿区下古生界二郎坪群火神庙组顶部、大庙组底部靠大庙组一侧的层间破碎带为矿体 的主要赋存部位, 赋矿的围岩为碳硅质板岩及碳质云母石英片岩, 矿质主要来自围岩地层。

(2) 矿区北部出露的燕山期黑云母花岗岩与矿化关系密切, 岩浆侵入不仅提供了热源, 而 且也提供了部分物源。 (3)本矿床 Au 的矿化与 Sb、Cu、Pb、Ag、Bi、Zn 等元素密切相关,因此,这些元素可用来作 为本区找金的指示元素:这些元素含量高,则指示金的富集。As 可作为找金的辅助指示元素, As 特高处,应引起重视。

(4) 金主要以粒间金的形式存在, 其次为包体金, 分布于石英、黄铁矿、方铅矿、黄铜矿中。

(5) 从 V⁸ 的延长、厚度、品位、控矿断裂性质、倾斜方向变化等来看, V⁸ 向深部延伸应具有 较好的前景。

(6) 同位素资料表明: 硫源于上地幔, 铅为壳幔混合源。成矿热液既有变质水, 又有岩浆水, 成矿流体属富含 CO₂ 的 Na⁺-Ca²⁺-Cl⁻-SO²⁻型, 成矿作用是在中温(285°C)、弱还原、弱碱性(pH = 7.53)、高盐度的条件下进行的。

(7)该矿床是一早古生代末期初始富集,中生代末期定位成矿的以变质热液为主,又有岩浆热液参与的复合成因金矿。

参考文献

1. [美] 福尔 G. 同位素地质学原理. 科学出版社, 1991

2. 王志光, 等. 华北地块南缘地质构造演化与成矿. 冶金工业出版社, 1997

3. 刘英俊, 等. 元素地球化学. 科学出版社, 1980

4. 张振儒, 等. 金矿研究. 中南工业大学出版社, 1989

5. 栾世伟, 等. 金矿床地质及找矿方法. 四川科学技术出版社, 1987

THE METALLOGENIC GEOLOGIC FEATURE AND GENESIS OF HAOPING GOLD ORE DEPOSIT

Wang Xueming A i Xia Zhou Gang Miao Yuanxing (Beijing Institute of Geology for Minerial Resources, CNNC. Beijing, 100012)

Abstrace

The Haoping gold ore deposit is in carbonaceous silicified slate and carbonaceous mica-quartzschist of lower Damiao Formation, Erlangping Group, lower Palaeozoic It is controled by interla yer fault. There are two types of ore namely, quartz vein type and altered fractural rock type. The mineralization were under condition of medium temperature 285°C), weak reduction, weak alkaline and high salinity. The gold ore deposit was initially enriched in the end of early Palaeozoic and