

黑龙江省平顶山金矿的找矿矿物学

靳是琴 李宪洲 刘福来 高学军

(长春地质学院)

提 要 本文研究了平顶山岩浆期后中低温热液蚀变岩-石英脉型金矿的矿物共生组合、各成矿阶段石英、黄铁矿、毒砂及绢云母(或水云母)的特征。确定了矿床的剥蚀程度及矿物学找矿标志,并得到初步验证。

关键词 金矿床 找矿矿物学 平顶山

平顶山金矿区位于黑龙江省嘉荫县境内,距著名的乌拉嘎金矿以西约 15 公里。大地构造位置正处于结烈凸起与乌拉嘎断陷的接壤地带。

矿区内主要出露的为大面积黑云母花岗岩及花岗闪长岩,古老的地层零星分布,多呈残留体出现。区内断裂构造发育,以压性-压扭性断裂构造为主,张性-张扭性断裂构造次之。这些断裂多为细晶闪长岩及闪长玢岩等脉岩充填,所以脉岩的分布方向就大体上反映断裂构造的方向。NE20°~35°为区内最主要的构造线方向,矿体与本构造体系关系密切。矿区内围岩蚀变有硅化、绢云母(水云母)化,叶腊石化和高岭石化等。矿体附近破碎强烈地段蚀变强,且多种蚀变叠加,既有绢云母化,又有高岭石化和水云母化,这样的地段矿化是多期的,可能成为富矿段。矿床硫同位素 $\delta^{34}\text{S}_{\text{‰}}$ 在 0.4~1.7 之间,接近陨石硫的数值,应属岩浆热液来源^[1]。石英包裹体测温结果表明,主要成矿温度为 100~200℃,次要成矿温度为 220~270℃。石英脉、强烈蚀变的花岗岩及微晶闪长岩均可能含金,构成矿体。综合上述,认为平顶山金矿属岩浆期后中低温热液蚀变岩-石英脉型金矿。

1 矿物共生组合

平顶山金矿矿石类型为贫硫化物型,硫化物仅占 0.5%~1%,有的矿体几乎不含硫化物。硫化物主要为黄铁矿、毒砂,极少量的磁黄铁矿、黄铜矿、闪锌矿和方铅矿,金矿物为银金矿。主要根据石英脉之间的穿插关系及矿物的粒度将热液期分为四个成矿阶段,即纯石英阶段(I)、粗粒黄铁矿-毒砂-石英阶段(II)、细粒黄铁矿-毒砂-水云母-石英阶段(III)及碳酸盐-石英阶段(IV)。各阶段特征见表 1。

表 1 各成矿阶段特征
Table 1 Features of mineralization stages

成矿期	热液期				表生期
成矿阶段	纯石英阶段 I	粗粒黄铁矿-毒砂-石英阶段 II	细粒黄铁矿-毒砂-水云母-石英阶段 III	碳酸盐-石英阶段 IV	
结构构造	粗粒状结构,脉状构造	粗粒状结构,浸染状构造	细粒状结构,脉状构造	粒状结构,脉状构造	土状假象
矿物组合	石英	石英、黄铁矿、毒砂、银金矿、磁黄铁矿	水云母、石英、黄铁矿、毒砂、银金矿、磁黄铁矿、黄铜矿、闪锌矿、方铅矿	石英、方解石	石英、褐铁矿
围岩蚀变	硅化、绢云母化	硅化、绢云母化	硅化、绢(水)云母化、叶腊石化、高岭石化		
成矿温度(℃)	120~220	110~270	100~180		
含金性	不含矿	贫含矿	富含矿	不含矿	不含矿

2 载金矿物特征

2.1 石 英

本区石英是金的主要载体,四个成矿阶段均有石英产出,但各成矿阶段石英的形态、物理性质及化学成分等均有其各自的特点,并与含金性有密切联系

第一阶段的石英(Q₁)呈乳白色,块状,粗粒(粒径大于 1.5mm),近地表可成厚度为 2m 的石英大脉 $\Sigma(\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{K}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O})$ 平均为 0.32, Cu、Pb、Zn、As 等含量低。不含金矿物。

第二阶段的石英(Q₂)呈灰白色-乳白色,中粒(0.5~1.5mm),与粗粒黄铁矿、毒砂及银金矿共生。 $\Sigma(\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{K}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O})$ 平均为 0.80, Cu、Pb、Zn 及 As 的含量明显高于第一阶段石英。

第三阶段的石英(Q₃)呈细脉状穿切围岩及第一、二阶段的石英脉,颜色多样,主要为黄色、黄白色及灰色,粒度细(0.002~0.2mm),与水云母及细粒黄铁矿、毒砂共生,富含银金矿。本区富金矿体均与该阶段的石英有关。 $\Sigma(\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{K}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O})$ 平均为 1.36, Cu、Pb、Zn 及 As 等含量最高。

第四阶段的石英(Q₄)呈细脉状,细粒,乳白色,与方解石相嵌共生,不含金矿物。

从各成矿阶段石英的含金量来看,金随着 Cu、Pb、Zn、As 及 $\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{K}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O}$ 的含量增加而增加,因此,石英中 Al、K、Na 及 Cu、Pb、Zn、As 等的含量可作为指示金矿化的成分标志。

本区石英的 Sr、Ba 含量较高, Sr 的平均含量为 9.53ppm,最高可达 30.5ppm, Ba 的平均含量为 95.07ppm,最高可达 550ppm。与玲珑东山、三山岛金矿石英中 Sr、Ba 含量类似^[2](表 2)。

Sr、Ba 的地球化学性质相似,随深度增加而减少。本区 Sr、Ba 含量高,可能表明矿体剥蚀较浅,预示深部矿化远景较好。

各成矿阶段石英的天然热发光曲线如图 1 所示。从图中可以明显看出,第一成矿阶段石英的热发光曲线为单峰,在加热至 260℃左右时出现高峰,且发光强度较大。第二成矿阶段石英以双峰为其最主要特征,加热至 230~240℃左右出现第一个高峰,300~310℃时出现第二个,但较第一个高峰发光强度明显减弱,且峰位不明显。第三成矿阶段石英的热发光曲线以多峰为特征,极少数为双峰。在 220~230℃时,出现第一个明显的发光高峰,发光强度较大,270~300℃时,出现第二个,但较前一个发光峰的强度明显减弱,且峰位不明显,330~360℃时,出现第三个发光高峰,但发光强度最低。第四成矿阶段的石英和黑云母花岗岩中的石英,其发光曲线为一平缓的发光峰,且发光强度弱。

表 2 不同金矿区石英的 Ba、Sr 平均含量对比表(ppm)

Table 2 Comparison of Ba, Sr average content in quartz from different gold mines (ppm)

矿床名称 元 素	玲珑东山	玲珑西山	三山岛	栖霞	平顶山
Ba	30.50	15.88	318.62	2.40	95.07(18)*
Sr	13.30	2.05	9.38	1.60	9.53(18)
Ba+Sr	43.80	17.93	328	4.00	104.6(18)
剥蚀深度	浅	深	浅	深	浅

* 括号内为样品数

表 3 石英的找矿标型特征

Table 3 Typomorphic features of quartz for prospecting

标型特征	富 矿	贫 矿	无 矿
颜 色	灰、黄、黄白	灰 白	乳 白
粒度(mm)	0.002~0.2	0.5~1.5	>1.5
SiO ₂ %	<98	<99	>99
Σ(Al ₂ O ₃ +Na ₂ O+K ₂ O)%平均	1.36(2)*	0.8(8)	0.32(1)
天然热发光	多峰(5)	双峰(30)	单峰(12)

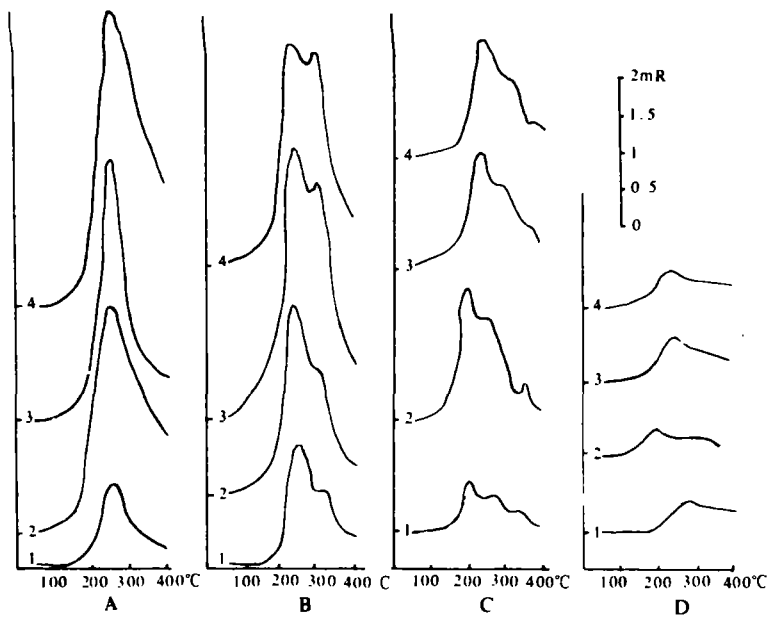
* 括号内为样品数

各阶段石英热发光曲线特征与含金性有一定联系,含金或富含金石英的热发光曲线以双峰或多峰为特征,而不含金的石英以单峰为其特征。

综合上述,表 3 列出了平顶山金矿石英的找矿标型特征。

2.2 黄铁矿

根据野外及室内研究,确定黄铁矿有两个世代,早世代黄铁矿形成于第二成矿阶段,与粗粒石英和毒砂共生;晚世代黄铁矿形成于第三成矿阶段,与细粒石英、毒砂和水云母共生。



A. 第一成矿阶段 B. 第二成矿阶段 C. 第三成矿阶段 D. 第四成矿阶段及花岗岩中石英(各阶段的 1. 2. 3. 4 为样品号)

图 1 各成矿阶段石英的天然热发光曲线

Fig. 1 Natural thermoluminescence curves of quartz from each mineralization stage.

早世代黄铁矿较粗, 粒径 0.5~6mm, 以 1~4mm 居多, 晶形较好, 有{100}、{100}+{111} 及{410}+{100}, 但以{100}为主。晚世代黄铁矿粒细(0.002~0.1mm), 以{100}为主的{100}+{111}聚形晶和以{410}为主的{410}+{100}聚形晶常见, {100}少见, 并有他形晶。细粒、他形或内部裂隙发育的黄铁矿含金性最好。

早世代黄铁矿 S/Fe 比值均小于 2, 11 个样品平均为 1.97, 晚世代黄铁矿 S/Fe 比值多数大于 2, 10 个样品平均为 2.04。As、Au、Co、Ni、Cu、Zn、Te 含量晚世代高于早世代黄铁矿, 而 Sb、Ag、Sn 等则晚世代低于早世代(表 4)。可见晚世代的黄铁矿较早世代的富含金。As 的含量普遍较高, 平均值达 0.77%。

表 4 不同世代黄铁矿的化学成分平均值* (重量%)

Table 4 Average chemical composition of pyrite in different generation* (wt%)

世代	Fe	S	As	Sb	Au	Ag	Co	Ni	Cu	Zn	Se	Te	Sn	S/Fe
早	46.13	52.44	0.705	0.081	0.228	0.121	0.032	0.036	0.074	0.127	0.04	0.026	0.051	1.97
晚	45.03	52.79	0.894	0.071	0.702	0.088	0.079	0.113	0.108	0.126	0.063	0.116	0.001	2.04

* 电子探针分析, 中国地质大学(北京)电子探针室

对矿区 96 件黄铁矿样品在活化温度为 140℃ 的条件下进行了 1536 次热电性测定,除一个样品,18 粒黄铁矿为电子心型(N 型)外,均为空穴心型(P 型)。热电系数两个世代的黄铁矿有明显的差异,早世代黄铁矿的热电系数均值为 413.9 $\mu\text{V}/^\circ\text{C}$,晚世代的为 287.2 $\mu\text{V}/^\circ\text{C}$ 。

综合上述,平顶山金矿床中黄铁矿的找矿标型特征如下:

- (1)细粒他形和内部裂隙发育是含金黄铁矿的宏观标志。
- (2)贫 Fe 富 S, S/Fe 比值大于 2,是含金黄铁矿的成分标志。
- (3)黄铁矿的热电系数值小于 300 $\mu\text{V}/^\circ\text{C}$,具有指示矿化的意义。
- (4)黄铁矿普遍富 As,热电性几乎全为 P 型,表明矿体剥蚀较浅。

2.3 毒砂

平顶山金矿中的毒砂也有早晚两个世代,对应于第二和第三成矿阶段。早世代的毒砂较粗,一般大于 1mm,大者可达 4~5mm。自形程度好,主要为菱形短柱状,亦有贯穿双晶状者,该世代毒砂与粗粒的自形程度较好的黄铁矿及含杂质较少的石英共生,含金性差。晚世代毒砂较细,均小于 1mm,通常为 0.01~0.5mm,自形程度较差,多数为他形团粒状,少数发育为针状,与细粒黄铁矿、石英及水云母共生,含金性好。

矿体中毒砂的含量从浅部至深部逐渐变少,浅部坑道比钻孔中毒砂多。

两个世代毒砂的平均成分见表 5。从表 5 可见,晚世代的毒砂明显富 Fe、Au 和 (Co+Ni),而贫 (As+S)、(Ag+Cu+Zn)及 (Se+Te+Sb)。

对本矿区 58 件样品,1044 粒毒砂进行了热电性测试,均为电子心型(N 型),其热电动势较为稳定,在 (-20.0mV)~(-35.0mV)之间;相应地,其热电系数值在 (-160)~(-240) $\mu\text{V}/^\circ\text{C}$ 之间。两个世代毒砂的热电系数有差别,早世代的毒砂热电系数的绝对值 $|\alpha|$ 较高,一般大于 190 $\mu\text{V}/^\circ\text{C}$,其平均值为 200.4 $\mu\text{V}/^\circ\text{C}$;晚世代毒砂的热电系数的绝对值 $|\alpha|$ 较低,一般小于 190 $\mu\text{V}/^\circ\text{C}$,平均值为 183.1 $\mu\text{V}/^\circ\text{C}$ 。前已叙及,晚世代的毒砂含金性好于早世代的,所以热电系数 $|\alpha|$ 值小于 190 $\mu\text{V}/^\circ\text{C}$ 可作为找矿及圈定矿体的标志。

表 5 两个世代毒砂的平均成分(ppm)

Table 5 The mean composition (in ppm) of arsenopyrite in two generations

世 代	Fe/(As+S)	Au	Ag+Cu+Zn	Co+Ni	Se+Te+Sb
早(n=9)	1:2.03	0	0.37	0.11	0.92
晚(n=12)	1:1.99	0.544	0.24	0.23	0.61

综合上述,本区毒砂具有以下找矿标型。

- (1)细粒他形或针状为含金性好的毒砂的形态标型。
- (2)Fe/(As+S)比值大于 0.5, (Co+Ni)含量较高、(Se+Te+Sb)总量较低,是含金毒砂的成分标型。
- (3)热电系数绝对值 $|\alpha|$ 小于 190 $\mu\text{V}/^\circ\text{C}$ 是含金毒砂的物性标型。

2.4 金矿物

对四个样品中的金颗粒用能谱分析确定其成分,成色值变化于 620~714 之间,均为银金矿。

银金矿在第二、三成矿阶段形成,据双目镜、反光镜及电子显微镜的研究,银金矿主要呈裂隙金及晶隙金存在于石英的裂隙中及晶隙间。包裹金发现于黄铁矿及毒砂中,量很少。明金发育,在九个入工重砂中发现明金,所见明金与细粒石英粘连的较多。多呈不规则片状,片的大小变化大,片径 0.002~1mm,以 0.1mm 左右的居多。

2.5 绢云母(或水云母)

绢云母(或水云母)是蚀变岩的主要组成矿物,而且与金矿化关系密切,所以对其研究将有助于阐明矿化特点及指导找矿。

本矿区的水云母均为水绢云母,其与绢云母的差别是矿物内部结构层间存在 H_3O^+ 离子,相应地 K 离子则减少,这种变化是渐变过渡的,所以绢云母与水云母之间没有极严格的界限。

绢云母(或水云母)均为细小鳞片状、叶片状。片径 0.002~0.02mm,有的可能小到粘土级。绢云母干涉色二级红、绿,光轴角一般小于 20° 。水云母干涉色降至一级灰白至黄。水云母与细粒石英、黄铁矿、毒砂组成细脉穿切第一、第二阶段的石英脉。我们主要详细研究了第三成矿阶段的绢云母(或水云母)。

用能谱分析确定的成分表明,本区的绢云母 SiO_2 含量偏高(47.8~51.22%), Al_2O_3 偏低(27.82~33.19%), K_2O 多数也偏低,但几个样品也有差别,表明它们的成分不稳定,在绢云母与水云母之间变化。样品 $P_{D1cm}4-1(32)B$ 的云母,明显的富 SiO_2 (51.22%)、 MgO 和 FeO , ($MgO + FeO$) 为 3.32%,而贫 K_2O (8.95%),成分总量只有 92%多,表明含 H_2O 多,水云母的特征明显。绢云母(或水云母)的 Mg 、 Fe 含量高是破碎蚀变程度较高的反映,对成矿有利,因此其 Mg 、 Fe 的含量也是矿化的指示剂。

红外光谱在样品恒温($105^\circ C$)七小时,吸附水已失去之后测定,从绢云母的红外光谱图(图 2)可见,所测定的绢云母具有相同的谱带特征,并且都有 $3400cm^{-1}$ 的吸收带,其为 H_2O (或 H_3O^+)的吸收带,证明层间水的存在,表明所测样品均为水云母。与典型的白云母谱型^[3]对比,在 $750cm^{-1}$ 吸收带附近有较多的分裂出的峰,可能与 Si^{4+} 含量高, Si^{4+} 替代 Al^{3+} 有关。

差热曲线由于样品纯度不够,曲线不太理想,但所做两个样品,一个在 $220^\circ C$,一个在 $310^\circ C$ 有一小的吸热谷,显然是脱去层间水时吸热引起的,也表现出水云母的特征。

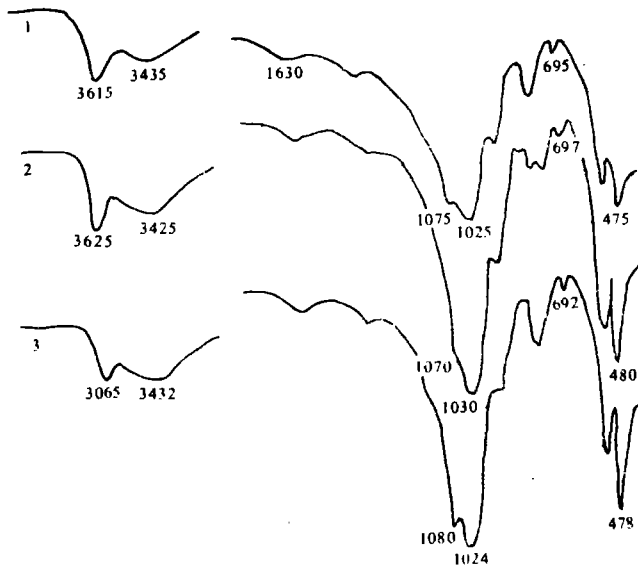
综合上述,本矿区第三成矿阶段水云母化普遍,从第二阶段的绢云母化到第三阶段的绢云母-水云母化,表明成矿温度呈降低趋势,已经被石英的包裹体测温所证实。

3 矿床剥蚀程度

经研究认为平顶山金矿区剥蚀较浅,深部应有远景。

(1)含金矿脉细而密,且常见晶洞,显示浅部矿床特征^[4]。

(2)与矿化有关的岩体呈岩株状,脉岩矿物粒度细,主要是微晶闪长岩,表明剥蚀较浅。



1. $\text{Pb}_1\text{cm}4-1(32)\text{B}$ 2. $\text{Pb}_1\text{cm}4-1(14)\text{A}$ 3. $\text{Ym}3-1\text{b}$

图2 平顶山金矿绢云母的红外光谱

Fig. 2 The infrared spectrum of sericite from pingdingshan Gold Mine

(3)水云母化发育,是处于较浅位置的特征。

(4)据前人资料^[2],矿体从下向上,裂隙金与晶隙金增加,而包体金减少。本区坑道所见以裂隙金为主,表明是矿体的上部。

(5)黄铁矿以 $\{100\} + \{111\}$ 晶形为主,含砷高,热电性几乎均为P型,也表明矿体剥蚀较浅。

(6)石英含Ba和Sr高,亦是浅部的特征。

4 矿物学找矿标志

通过上述系统的矿物学研究,得出平顶山金矿的矿物学找矿标志。

(1)中低温的绢云母化与低温的水云母化、叶腊石化及高岭石化叠加地段,可能矿化好。

(2)细粒的石英+水云母+黄铁矿+毒砂线脉叠加在粗粒的石英+黄铁矿+毒砂脉上,可能出现富矿体。

(3)细粒石英+水云母+黄铁矿+毒砂共生矿物组合是含矿的标型矿物组合,它们可出现于石英脉、蚀变花岗岩及细晶闪长岩中,其出现较多,可能成为矿体。

(4)细粒,灰白、灰色及黄白色,混浊, SiO_2 含量小于98%,其它杂质成分含量高,天然热发

光曲线为双峰或多峰的石英为含矿石英的标志。

(5) 细粒他形, 晶体内部裂隙发育, 热电系数值小于 $300\mu\text{V}/^\circ\text{C}$, 贫铁富硫, S/Fe 比值大于 2 的黄铁矿为含 Au 黄铁矿的标志。

(6) 细粒他形或针状, $\text{Fe}/(\text{As}+\text{S})$ 比值大于 0.5, $(\text{Co}+\text{Ni})$ 含量较高, $(\text{Se}+\text{Te}+\text{Sb})$ 总量相对较低, $(\text{Cu}+\text{Zn}+\text{Ag})$ 总量略低, 热电系数绝对值 $|\alpha|$ 小于 $190\mu\text{V}/^\circ\text{C}$ 的毒砂为含 Au 毒砂的标志。

对平顶山金矿剥蚀程度及找矿标志的认识在其后续工作中得到初步验证。

参考文献

- 1 靳是琴, 等. 成因矿物学概论(上). 吉林大学出版社, 1984, 58
- 2 陈光远, 等. 胶东金矿成因矿物学与找矿. 重庆出版社, 1989, 118, 135, 208, 432
- 3 闻格, 等. 矿物红外光谱学. 重庆大学出版社, 1988, 96
- 4 陈依壤. 瑞岗仙钨矿床地质特征及找矿标志. 地质与勘探, 1981, (2): 25~30

THE PROSPECTING MINERALOGY OF GOLD DEPOSIT AT PINGDINGSHAN, HEILONGJIANG

Jin Shiqin Li Xianzhou Liu Fulai Gao Xuejun

(Changchun College of Geology, Changchun, 130061)

Abstract

This paper deals with the mineral paragenesis of pingding-shan gold deposit occurring in post-magmatic epi-to meso-thermal alteration rocks-quartz veins, and characteristics of quartz, pyrite, arsenopyrite and sericite(or hydromica) formed in each mineralization stage. The erosion level and prospecting criteria of this ore deposit were determined and preliminarily verified.