

文章编号: 1009 - 0258(1999)03 ,04 - 0102 - 05

# 山东平邑卓家庄金矿中的碲硒矿物特征

杨德平, 刘鹏瑞

(山东省地质科学实验研究院, 山东 济南 250013)

摘要: 山东平邑卓家庄金矿富含碲矿物和少量硒矿物, 通过一系列测试方法手段对其特征和相互关系进行了研究, 认为该高品位金矿的形成与富碲低温热液活动密切相关。

关键词: 碲硒矿物; 金矿; 山东平邑

中图分类号: P618.51; P578.1+5

文献标识码: A

山东平邑卓家庄金矿位于铜石杂岩体西北部边缘, 其形成与铜石中偏碱性岩浆活动有关, 矿化类型独特, 属低温热液角砾岩型金矿。区内出露地层为寒武纪灰岩、砂岩及泥质灰岩等。出露岩浆岩为呈岩株产出的二长闪长玢岩及呈脉状穿插的中—粗斑二长斑岩。矿体赋存于铜石杂岩体边部之放射状断裂破碎带内, 产状与控矿断裂——NW 向断层一致, 呈板状沿走向向 SE 侧伏, 延伸大于 160m。其规模虽小, 但品位很高, 一般在  $32 \times 10^{-6} \sim 328 \times 10^{-6}$ , 最高  $2400 \times 10^{-6}$ 。该矿床的最大特点是矿石中富含碲矿物, 特别是在局部含较多自然碲。本文对部分矿石中的碲硒矿物特征进行了研究, 并对碲与金矿化的关系进行了初步探讨。

## 1 矿石特征

### 1.1 矿石矿物成分

靠近地表的矿石中金属矿物为褐铁矿、赤铁矿、磁铁矿及少量黄铁矿, 深部矿石成分复杂, 有黄铁矿、黄铜矿、闪锌矿、胶黄铁矿、自然碲、碲铁矿、碲铅矿、碲汞矿、硒铅矿、斜方碲金矿、碲金银矿、自然金等; 非金属矿物主要有石英、萤石、方解石、绢云母等。

### 1.2 矿石组构及矿石类型

矿石组构: 主要为自形—半自形晶粒结构及他形粒状结构, 其次为交代结构。矿石构造主要为: 角砾状构造, 角砾被晚期矿化及蚀变矿物胶结形成角砾状构造, 角砾呈棱角状、次棱角状、浑圆状, 大小混杂, 成分主要为二长斑岩、二长闪长玢岩等, 胶结物由石英、玉髓、萤石、方解石、绢云母、黄铁矿及碲、硒、金矿物等矿物组成; 浸染状构造, 矿石中普遍发育, 细粒黄铁矿呈浸染状分布于胶结物及角砾中。

收稿日期: 2001 - 08 - 04; 修订日期: 2001 - 08 - 24; 编辑: 孟舞平

作者简介: 杨德平(1963 - ), 男, 山东寿光人, 高级工程师, 主要从事岩矿测试及地球化学研究工作。

山东省第二地质矿产勘查院, 1996, 山东平邑苍山地区金矿普查报告。

矿石类型:主要为萤石化、硅化二长斑岩质或二长闪长玢岩质角砾岩型及复成分角砾岩型。

## 2 碲硒矿物特征

矿石中的碲硒矿物多集中分布于矿体深部的矿化角砾岩中,以自然碲、碲铁矿、碲铅矿及斜方碲金矿为主,局部富集,含量可达 3%~5%,与石英、萤石、黄铁矿等其他热液蚀变矿物一起分布于角砾之间(照片 1)。



照片 1 角砾之间的碲矿物(×3)

Photo 1 Telluric minerals between breccias from polished section

### 2.1 自然碲

银灰色,标本上明显可见针柱状晶体,强金属光泽,性脆,偏光镜下不透明,反光镜下呈乳白色,反射率大于黄铁矿,

低硬度,有明显的非均质性,偏光色为蓝灰 褐灰,与碲铅矿、斜方碲金矿等密切连生,可见碲铅矿、自形石英等包裹体,局部富集可成为胶结物的主要部分。

电子探针分析结果见表 1,由表可以看出,卓家庄金矿中的自然碲,含 Te 都在 99%以上,另有少量 Pb,Ag,Fe 杂质,其他元素含量极少。

表 1 卓家庄金矿碲、硒矿物电子探针分析结果( B %)

Table 1 Electronic Microprobe analysis of tellur - seleno minerals in Zhuojiazhuang gold deposit( B %)

矿物名称	样号	Au	Ag	Fe	Pb	Te	S	Se	Zn	As	Cu	Bi	Sum	晶体化学式
自然碲	Z <sub>2</sub>	0.01	0.42	0.02	0.31	99.04	—	—	0.04	—	—	—	99.83	
	Z <sub>2</sub>	—	—	0.13	—	99.67	0.05	—	—	0.06	—	—	99.91	
胶黄铁矿	Z <sub>2-1</sub>	—	—	42.75	—	11.44	43.02	—	—	1.51	—	—	98.72	Fe <sub>2.42</sub> (S <sub>4.24</sub> ,As <sub>0.06</sub> ,Te <sub>0.28</sub> ) <sub>4.58</sub>
	Z <sub>2-2</sub>	—	—	48.25	—	2.40	46.86	—	—	2.84	—	—	100.35	Fe <sub>2.54</sub> (S <sub>0.30</sub> ,As <sub>0.11</sub> ,Te <sub>0.05</sub> ) <sub>4.46</sub>
碲金 银矿	Z <sub>1</sub>	25.78	40.58	0.00	—	33.15	—	—	0.12	—	—	—	99.62	(Ag <sub>2.94</sub> ,Zn <sub>0.01</sub> ) <sub>2.95</sub> Au <sub>1.02</sub> Te <sub>2.03</sub>
碲金矿	Z <sub>1</sub>	40.34	1.67	0.02	—	56.28	—	—	—	—	0.24	—	98.54	(Au <sub>0.92</sub> ,Ag <sub>0.07</sub> ,Cu <sub>0.02</sub> ) <sub>1.01</sub> Te <sub>1.99</sub>
斜方碲 金矿	Z <sub>2</sub>	37.26	3.43	—	—	59.19	—	—	—	0.12	—	—	100.00	(Au <sub>0.83</sub> ,Ag <sub>0.14</sub> ) <sub>0.97</sub> (Te <sub>2.02</sub> ,As <sub>0.01</sub> ) <sub>2.03</sub>
	Z <sub>1</sub>	28.76	9.78	0.16	—	61.22	—	—	0.12	—	—	—	100.04	(Au <sub>0.60</sub> ,Ag <sub>0.38</sub> ,Zn <sub>0.01</sub> ,Fe <sub>0.01</sub> ) <sub>1.00</sub> Te <sub>2.00</sub>
	Z <sub>4</sub>	28.60	8.63	—	0.91	61.64	0.00	0.03	—	0.20	—	—	100.01	(Au <sub>0.61</sub> ,Ag <sub>0.34</sub> ,Pb <sub>0.02</sub> ) <sub>1.00</sub> (Te <sub>2.02</sub> ,As <sub>0.01</sub> ) <sub>2.03</sub>
碲铅矿	Z <sub>2</sub>	0.00	0.78	—	61.86	34.24	—	1.80	—	—	—	—	98.66	(Pb <sub>1.00</sub> ,Ag <sub>0.02</sub> ) <sub>1.02</sub> (Te <sub>0.90</sub> ,Se <sub>0.08</sub> ) <sub>0.98</sub>
	Z <sub>1</sub>	—	0.61	0.19	62.89	36.44	—	—	0.58	—	—	—	100.70	(Pb <sub>1.00</sub> ,Ag <sub>0.02</sub> ,Zn <sub>0.03</sub> ,Fe <sub>0.01</sub> ) <sub>1.06</sub> Te <sub>0.94</sub>
碲铁矿	Z <sub>3</sub>	0.00	0.15	17.27	0.03	82.55	—	—	—	—	—	—	100.00	Fe <sub>0.97</sub> Te <sub>2.03</sub>
碲铅矿	Z <sub>4</sub>	0.00	0.64	—	70.26	2.65	0.50	20.23	—	—	—	1.46	95.74	(Pb <sub>1.05</sub> ,Ag <sub>0.02</sub> Bi <sub>0.02</sub> ) <sub>1.09</sub> (Se <sub>0.82</sub> ,Te <sub>0.06</sub> S <sub>0.05</sub> ) <sub>0.91</sub>
	Z <sub>4</sub>	0.00	0.47	—	69.54	2.88	0.47	20.13	—	—	—	2.10	95.60	(Pb <sub>1.05</sub> ,Ag <sub>0.03</sub> Bi <sub>0.01</sub> ) <sub>1.09</sub> (Se <sub>0.79</sub> ,Te <sub>0.07</sub> S <sub>0.05</sub> ) <sub>0.91</sub>

测试单位:山东省地质科学实验研究院。

仪器型号:JXA - 733,测量条件:温度 23 ,湿度 60%,15kv,8.0 × 10<sup>-8</sup>A。

图 1 为自然碲(含少量碲铅矿)的 X - 射线衍射分析谱图,其衍射数据见表 2。通过分

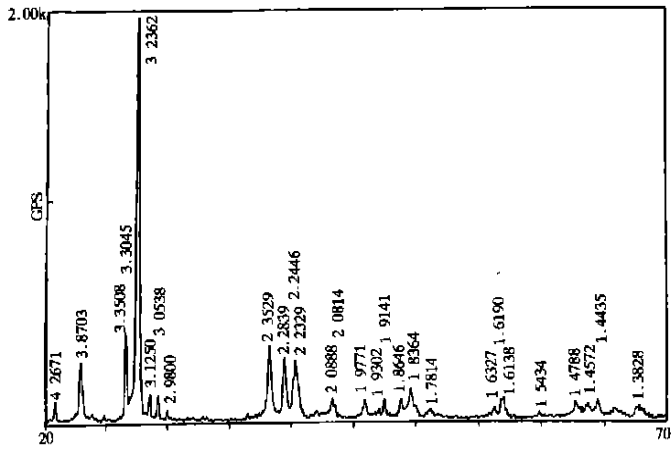


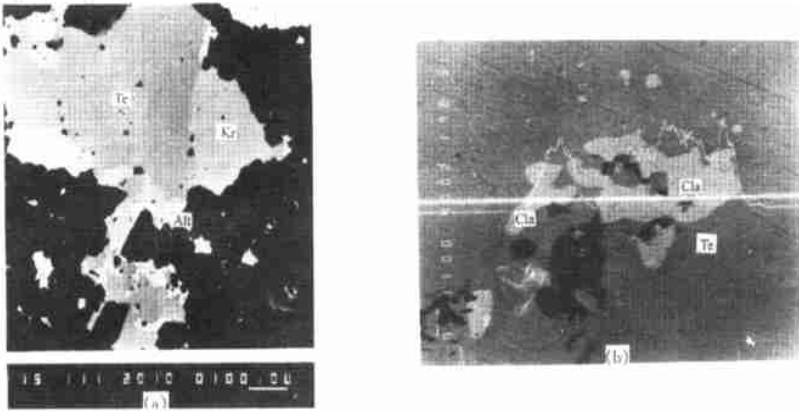
图 1 自然碲和碲铅矿的 X 射线衍射谱图

Fig. 1 X-ray spectrum sketch of native tellurium and tellur-lead minerals

析确定自然碲的结晶特征为:三方晶系,空间群为  $P3_121$ ,  $a = 4.4579\text{Å}$ ,  $c = 5.9270\text{Å}$  [1]。

### 2.2 碲铅矿

反光镜下呈乳黄色,均质体,反射率大于黄铁矿,低硬度。呈填隙状分布于石英、萤石粒间;常环绕自然碲或斜方碲金矿的边缘分布或呈乳滴状分布于自然碲中,明显交代自然



照片 2 碲、硒矿物扫描电镜相

Photo. 2 Tellur-seleno mineral photos from scan mirror

碲或斜方碲金矿(照片 2a)。由表 1 可以看出,碲铅矿中含少量的 Ag;有的含 Se 元素,其呈类质同象替代 Te。

根据 X-射线衍射数据(表 2),确定碲铅矿为  $PbTe$ ,立方晶系,空间群为  $Fm\bar{3}m$ ,  $a = 6.4590\text{Å}$  [1]。

### 2.3 硒铅矿

该矿物在矿石中是与碲化物伴生的一种微量矿物,反光镜下呈纯白色,反射率低于碲铅矿,均质体。常与乳滴状碲铅矿一起分布于自然碲中,为交代自然碲而形成(照片 2b)。

表 1 可以看出,硒铅矿中含有一定的 Te 和 Bi 元素,二者与 Se 的地球化学性质相

似,它们可呈类质同象替代。

## 2.4 斜方碲金矿

该矿物是矿石中与自然碲伴生的主要含金矿物之一,反光镜下呈乳白色微带玫瑰色,低硬度,常见双晶,强非均质体。在光片中自然碲含量高处,斜方碲金矿出现也较多,常见后者交代前者形成交代环边结构(照片 2a)。在其边部见有自然金。

由表 1 可以看出,斜方碲金矿化学成分变化大,Au 28.60%~37.26%,Ag 3.43%~9.78%,Te 59.19%~61.65%。晶体化学式中,Au 原子数从 0.61~0.83,Ag 原子数从 0.14~0.38。Au,Ag 呈广泛的类质同象替代;另外,还有少量 Cu,Zn,Fe,Pb 与 Au,Ag 呈类质同象替代。

## 2.5 碲金银矿及碲金矿

碲金银矿:该矿物也是矿石中与自然碲伴生的常见含金矿物,反光镜下为灰白色,均质体,低硬度,有的可见黑三角孔,与碲铅矿和斜方碲金矿分布在一起。

碲金矿:反光镜下呈白色微带乳黄色,弱非均质性,包含于碲铅矿中,矿石中较少见。

## 2.6 其它矿物

碲铁矿:银灰色,性脆,他形不规则状集合体,反光镜下呈灰白色微带棕色,弱非均质体。局部富集,其边缘常有碲铅矿分布,局部有少量自然碲与之连生。

碲汞矿:局部可见,与自然碲连生,反光镜下灰白色微带粉红色,低硬度。

胶黄铁矿:是成矿晚期低温热液的产物,多分布于自然碲边部。化学成分中常含 Te 元素,而且在与自然碲接触处,靠近自然碲的圈层中(表 1,  $Z_{2-1}$ ) Te 含量明显高于远离自然碲的圈层(表 1,  $Z_{2-2}$ ),显示了胶黄铁矿对自然碲的交代作用。同时也反映出在富碲热液活动期后又有含硫热液的活动,但其与金矿的形成关系不大。

# 3 碲与金矿化的关系

碲在自然界是分散元素,在岩浆作用过程中,一般不发生富集,它们在主要造岩矿物中的含量皆位于克拉克值范围或者更低。碲含量的增高仅仅和基性、超基性岩石中硫化物熔汁的分离作用有关<sup>[2]</sup>。在气成-热液作用中,碲也可发生一定程度的富集,并在此过程中经常形成独立矿物。岩浆期后热液活动阶段,是碲最主要的作用阶段,它们能够大量地呈分散形式(类质同象)或独立矿物的形式存在于这一阶段的产物中。在热液作用中碲

表 2 自然碲和碲铅矿的 X 射线衍射数据

Table 2 Data of X-ray diffraction of native tellurium and altaite

自然碲			
<i>hkl</i>	2	<i>d</i> (Å)	相对强度
100	22.96°	3.8703	15
101	27.54°	3.2362	100
102	38.22°	2.3529	18
110	40.36°	2.2329	15
111	43.28°	2.0888	6
003	45.86°	1.9771	5
200	47.04°	1.9302	3
201	49.60	1.8364	8
112	51.24°	1.7814	3
202	56.82	1.6190	6
113	62.78°	1.4877	5
210	63.82°	1.4572	4
104	67.70°	1.3828	4
碲铅矿			
<i>hkl</i>	2	<i>d</i> (Å)	相对强度
200	27.54°	3.2362	100
220	39.42°	2.2839	220
202	48.80°	1.86	46
400	57.02°	1.6138	6
420	64.50°	1.4435	5

测试单位:山东省科学院测试中心。

仪器型号:D/max-rB,Cu 靶,电压 40kv,电流 100mA,扫描速度 4deg/min。

最典型的是它的成矿作用与金的联系,它能形成许多金的碲化物,其中某些矿床具有相当的规模<sup>[2]</sup>。

本区印支、燕山运动强烈,多次的岩浆活动是有利的成矿条件,据林景仟等对硫同位素的研究表明,铜石杂岩体的岩浆起源于地幔<sup>[3]</sup>,因此,碲的最初来源可能是地幔<sup>[4]</sup>。本区矿石中硫化物含量普遍较少,这说明成矿是在贫硫的条件下进行的,随着物理化学条件的变化,自然碲从热液中析出,同时或稍后碲与 Te, Fe, Pb, Hg, Au 等元素结合形成碲化物并交代自然碲。由于碲与金具有地球化学亲和性,所以碲的存在应是形成富金矿体的原因之一。在本区注意寻找碲的次生晕、原生晕,可望发现同类型的碲金矿体。

## 4 结语

(1) 卓家庄金矿中局部富含自然碲、碲化物,并有少量硒铅矿,含较多金的碲化物。该金矿以沿断裂活动的富碲,富氟岩浆期后低温热液成矿作用为特征。

(2) 自然碲分布于角砾之间的胶结物中,并常被其它多种碲矿物交代。

(3) 本区岩浆起源于地幔,硫的含量低,有利于形成碲的独立矿物。

(4) 该矿床同时有 Te, Se, Au 的成矿作用,应对该矿床进行 Te, Se 元素的综合评价和利用。应加强该区同类型 Au, Te, Se 矿的找矿工作,本区有望找到更大规模的同类型矿床。

## 参考文献:

- [1] 王濮,潘兆鲁,翁玲宝,等. 系统矿物学[M]. 北京:科学出版社,1982.
- [2] 刘英俊,曹励明,李兆麟,等. 元素地球化学[M]. 北京:科学出版社,1984.
- [3] 林景仟,谭东娟,于学峰,等. 鲁西归来庄金矿成因[M]. 济南:山东科学技术出版社,1997.
- [4] 张佩华,赵振华,等. 大水沟碲矿中碲碲矿显微文像结构——交代成因新证据[J]. 地质论评,2000,46(3):318-323.

# Characteristics of Tellur - seleno Minerals in Zhuojiazhuang Gold Deposit of Pingyi and Their Ore - prospecting Significance

YANG De - ping , LIU Peng - rui

( Shandong Institute and Laboratory of Geological Sciences , Shandong , Jinan 250013 , China )

**Abstract:** Zhuojiazhuang gold deposit is rich in tellur - seleno minerals. Through a series of test methods and means , the mineral characteristics and the relations between them are studied. It is regarded that the forming of the high - grade gold deposit has a close relation with low temperature geothermal fluid of high - tellurium and fluorine.

**Key words:** Gold deposit ; tellur - seleno minerals ; ore - prospecting significance ; Pingyi in Shandong province