

## 新疆某铜镍矿床矿石特征及金银铂钯赋存状态研究

程敏清 杨玉春 赵桂芳 王存昌\*

(冶金部天津地质研究院)

贾富义 杨青山 黄 森

(新疆某铜镍矿)

该矿床以特有的地质特征、复杂的物质成分、丰富的综合利用资源为特点,为此制定了综合富集流程,对富集样品的金银铂钯赋存状态及其分配进行了研究,取得了较好的效果。

**关键词** 新疆某铜镍矿床 金银铂钯赋存状态 矿石特征



### 地质概况

矿床赋存于下石炭统南明水组1号基性岩体中。岩体主要围岩为沉凝灰岩。

1号岩体走向北西330°,呈透镜状出露于地表,长700m,最宽处290m,端宽35~75m,面积约0.1km<sup>2</sup>。整个岩体倾向北东,上盘近于直立,下盘则较缓,向深部为一倾向北东的歪斜漏斗状,岩体最大垂深约500m。

通过研究岩体产状、结构构造、矿物成分和化学成分,并参阅前人资料,将岩体分成4个岩相带:闪长岩相带(上部相)、苏长辉长岩相带(上部过渡相)、黑云角闪橄榄苏长辉长岩相带(核心相)和辉绿辉长岩相带(边缘相)。总体上,铜镍硫化矿体赋存于核心相,即岩体包容矿体,局部也有矿体超出岩体之现象。

根据工业品级、成因类型、矿石类型、自然形态和产状等,将矿体分为特富铜镍矿体(I)、富铜贫镍矿体(II)、贫铜贫镍矿体(III)、高铜富镍矿体(IV)。I是典型的岩浆晚期深部熔离贯入矿体;II是在熔离成

矿作用的基础上叠加岩浆晚期熔离贯入成矿作用和热液交代成矿作用形成的矿体;III是较典型的岩浆晚期熔离成矿作用的产物;IV主要是热液交代作用的结果。I矿体可圈出高铜富镍矿体(IV)。以上4个矿体可相应地命名为4种类型矿石,各种矿石的矿石量和铜镍金属量所占比例见表1。

### 矿石特征及有用组分

#### 1. 矿石特征

(1) 致密块状特富铜镍矿石(I) 为自形一半自形及他形粒状结构,局部有海绵陨铁结构,块状构造。几乎全由金属矿物组成。主要金属矿物为磁黄铁矿、黄铜矿、镍黄铁矿、磁铁矿、钛铁矿等,可见磁黄铁矿和黄铜矿中包裹有碲镍铂钯矿。

(2) 中等一稠密浸染状富铜贫镍矿石(II) 金属矿物约占30%。主要为磁黄铁矿,少量黄铜矿、黄铁矿、磁铁矿等。脉石矿物主要为斜长石、橄榄石、斜方辉石、单斜辉石、黑云母、普通角闪石、阳起石、绿泥石等。此类矿石是多种成矿作用所致,金银铂钯矿物品种繁多,首次发现了锑化物系列的锑镍矿、锑铂矿及自然锑。矿石中银金

\* 参加课题工作还有田淑贤同志。

本文1992年7月收到,1993年2月改回,范若芬编辑。

表 1 矿体及矿石特征一览表

| 矿体               | 矿石分类                        |                 | 储量地例（%） |       |       | 矿石平均品位       |              |              |               |              |              | 围岩性质                       |
|------------------|-----------------------------|-----------------|---------|-------|-------|--------------|--------------|--------------|---------------|--------------|--------------|----------------------------|
|                  | 成因分类                        | 工业分类            | 矿石量     | Cu    | Ni    | %            |              | g / t        |               |              |              |                            |
|                  |                             |                 |         |       |       | Cu           | Ni           | Au           | Ag            | Pt           | Pd           |                            |
| 特富铜镍矿体Ⅰ，局部有高铜矿体Ⅳ | 岩浆晚期深部熔离贯入成矿，局部叠加热液交代作用     | 特富铜镍矿石，局部富镍高铜矿石 | 6.3     | 25.75 | 42.90 | 4.5<br>14.64 | 3.43<br>1.93 | 0.28<br>2.60 | 16.85<br>68.5 | 0.21<br>0.61 | 0.18<br>0.32 | 以黑云角闪橄榄苏长辉长岩为主，次为辉绿辉长岩     |
| 富铜贫镍矿体           | 熔离成矿作用的基础上叠加熔离贯入成矿作用和热液交代作用 | 富铜贫镍矿石          | 28.1    | 42.10 | 32.37 | 1.65         | 0.58         | 0.18         | 10.07         | 0.10         | 0.10         | 以黑云角闪橄榄苏长辉长岩为主，次为黑云角闪苏长辉长岩 |
| 贫铜贫镍矿体           | 熔离成矿作用                      | 贫铜贫镍矿石          | 65.6    | 32.15 | 24.73 | 0.54         | 0.19         | 0.082        | 3.90          | 0.03         | 0.06         | 黑云角闪橄榄苏长岩，辉绿辉长岩和黑云角闪苏长岩    |

矿成色高, 并有自然金出现。

(3) 稀疏浸染贫铜贫镍矿石 (III) 矿物成分复杂, 铜镍金银铂钯矿物稀疏的浸染在黑云角闪橄榄苏长辉长岩中。金属矿物含量 < 10%, 主要是黄铁矿、磁黄铁矿, 另有黄铜矿、磁铁矿、镍黄铁矿等。在富集样品中红锑镍矿普遍存在, 银金矿成色较高。非金属矿物有斜长石、橄榄石、斜方辉石、单斜辉石、普通角闪石、绿泥石等。

(4) 致密块状高铜富镍矿石 (IV) 是

特富矿石中圈出的一种高铜矿石, 为铜镍金银铂钯最为富集的矿石类型。呈致密块状, 金属矿物占 99%, 以黄铜矿、磁黄铁矿、镍黄铁矿为主 (黄铜矿含量高达 41%), 还有黄铁矿、磁铁矿、方铅矿。在富集样品中金银铂钯矿物、金属互化物、碲和碲铋化物种类繁多。

## 2. 矿石有用组分

根据化学分析等手段, 将各类矿石分析结果列于表 2。

表 2 各类型矿石有用元素分析 (wt%) 结果

| 矿石类型 | Cu    | Ni    | Au    | Ag    | Pt   | Pd   | Co     | Se      | Te     | S     |
|------|-------|-------|-------|-------|------|------|--------|---------|--------|-------|
| 特富矿石 | 4.5   | 3.425 | 0.28  | 16.85 | 0.21 | 0.18 | 0.097  | 0.0055  | 0.0055 | 38.42 |
| 富矿矿石 | 1.65  | 0.58  | 0.18  | 10.07 | 0.10 | 0.10 | 0.0285 | 0.0017  | 0.0005 | 7.78  |
| 贫矿矿石 | 0.54  | 0.19  | 0.082 | 3.9   | 0.03 | 0.06 | 0.0210 | 0.0004  | 0.0002 | 3.06  |
| 高铜矿石 | 14.64 | 1.93  | 2.6   | 68.5  | 0.61 | 0.32 | 0.0497 | 0.00986 | 0.0103 | 33.54 |

Au、Ag、Pt、Pd 为 g/t。

从表 2 可以看出:

(1) Cu、Ni 是主要成矿元素。形成工业矿体, 主要工业矿物是黄铜矿、镍黄铁矿。

(2) Au、Ag、Pt、Pd、Co、Se、Te、S 是可综合利用的伴生有用元素。

(3) Au、Ag、Pt、Pd 与 Cu 的富集规律一致。

(4) Co、S 与镍的富集规律一致, 其

富集程度以特富矿石最高, 贫矿石中最低。

(5) Se、Te 与铜富集趋势一致, 其富集程度以高铜矿石中最高, 贫矿石中最低。

虽然硒的富集程度较高, 但未形成独立矿物, 而铂则主要以独立矿物出现, 如: 砷铂矿、碲镍铂钯矿等。

## 金银铂钯赋存状态

除采用显微镜法、单矿物法、探针分

析、选择溶解和物相分析外, 针对金银铂钯矿物比重大、一般无磁性的特点, 制订了以重选为主配合磁选、电磁选的综合方法分离

富集, 并将富集样品的砂光薄片进行探针扫描—图象分析—计算机联机处理, 不同粒级样品中金银铂钯含量列于表 3。

表 3 级别富集样品金银铂钯含量( $\times 10^2\text{g}$ )表

| 样号  | 网目       | 片号                  | Au      | Ag      | Pt     | Pd     |
|-----|----------|---------------------|---------|---------|--------|--------|
| I   | +200     | I PA <sub>2</sub>   | 0.0651  | 0.0249  | 0.0045 | 0.0020 |
|     |          | I PA <sub>3</sub>   | 0.0686  | 0.0213  | 0.0237 | 0.0004 |
|     | +300     | I PC <sub>2</sub>   | 0.1439  | 0.0926  | 0.0318 | 0.0009 |
|     |          | I PC <sub>3</sub>   | 0.2179  | 0.1525  | 0.0526 | 0.0314 |
|     | -300     | I PD <sub>2</sub>   | 0.0508  | 0.1330  | 0.1469 | 0.0481 |
|     |          | I PD <sub>3</sub>   | 0.0283  | 0.1063  | 0.2510 | 0.0614 |
|     | $\Sigma$ |                     | 0.5746  | 0.5306  | 0.5105 | 0.1440 |
| II  | +200     | II PA <sub>2</sub>  | 0.4285  | 0.0700  | 0.0209 | 0      |
|     |          | II PA <sub>3</sub>  | 0.7143  | 0.0456  | 0      | 0.0001 |
|     | +300     | II PC <sub>2</sub>  | 0.0072  | 0.0062  | 0.1145 | 0      |
|     |          | II PC <sub>3</sub>  | 0.0048  | 0.0025  | 0.0208 | 0.0033 |
|     | -300     | II PD <sub>2</sub>  | 0.3314  | 0.0893  | 0.0276 | 0.0083 |
|     |          | II PD <sub>3</sub>  | 0.1769  | 0.0349  | 0.1170 | 0.0037 |
|     | $\Sigma$ |                     | 1.6631  | 0.2485  | 0.3008 | 0.0150 |
| III | +200     | III PA <sub>2</sub> | 0.0207  | 0.0052  | 0      | 0      |
|     |          | III PA <sub>3</sub> | 0.1352  | 0.0336  | 0      | 0.0001 |
|     | +300     | III PC <sub>2</sub> | 0.0104  | 0.0026  | 0      | 0.0001 |
|     |          | III PC <sub>3</sub> | 0.0401  | 0.0079  | 0.0290 | 0      |
|     | -300     | III PD <sub>2</sub> | 0.0141  | 0.0047  | 0.0084 | 0.0022 |
|     |          | III PD <sub>3</sub> | 0.6484  | 0.2913  | 0.0044 | 0.0080 |
|     | $\Sigma$ |                     | 0.8689  | 0.3453  | 0.0519 | 0.0104 |
| IV  | +200     | IV PA <sub>2</sub>  | 0.1053  | 0.0551  | 0.0725 | 0.0176 |
|     |          | IV PA <sub>3</sub>  | 0.8967  | 1.8737  | 0.3841 | 0.0190 |
|     | +300     | IV PC <sub>2</sub>  | 2.6040  | 2.5067  | 0.2831 | 0.0544 |
|     |          | IV PC <sub>3</sub>  | 0.4691  | 1.0032  | 0.7697 | 0.0405 |
|     | -300     | IV PD <sub>2</sub>  | 5.3140  | 7.3722  | 1.5192 | 0.2411 |
|     |          | IV PD <sub>3</sub>  | 0.7269  | 0.8714  | 1.3822 | 0.0938 |
|     | $\Sigma$ |                     | 10.1160 | 13.6823 | 4.4108 | 0.4664 |

## 1. 金、银

金银是综合利用的重要元素, 与铂钯一起随铜富集, 金以高铜矿石中最高, 可达 2.6g/t。几乎均以独立矿物存在于各类型矿石中, 主要为银金矿、含银自然金、自然金。在高铜矿石和特富矿石富集样品中, 探针扫描见到 Te—Au 组合和 Te—Au—Ag 组合。另外砷铂矿中可能也含少量金, 该区金矿物及其含金量(wt%)如下:

自然金 >95  
含银自然金 80.60~89.26  
银金矿 71.60~79.77

碲金矿 42.15 (理论值)

针碲金银矿 25.42 (理论值)

金银互化物粒径大小不一, 大者可达 1.2mm $\times$ 0.084mm, 一般在 0.1~0.05mm, 最小<0.05mm。形状极不规则, 可见他形粒状、片状、树枝状, 由于硬度小, 加工过程中出现卷筒状、棒状等。金的矿物多与硫化矿物连生。

碲化物由于颗粒细小, 只在探针扫描中见到, 未能得到理想的定量结果。

为了进一步深入研究矿床中贵金属赋存状态, 我们对不同类型矿石重砂大样进行金

银铂钨矿物分离富集,对特别砂光薄片以联机分析为主(粗粒级配合显微镜定量),获得了各富集样品中金、银、铂、钨的含量及分配(表4)。这反映了不同类型矿石中金、银、铂、钨的赋存趋势。

矿床中银与铜的关系极为密切,高铜矿石中银的品位最高,达68.5g/t。银的矿物以银金矿和碲银矿最为多见,其次是银镍黄铁矿。银与碲、铂、钨、铋、镍等元素形成多种罕见的矿物,各矿物中的银含量(wt%)是:

|         |             |
|---------|-------------|
| 自然金     | <5          |
| 含银自然金   | 11.20~19.89 |
| 银金矿     | 20.05~28.94 |
| 碲银矿     | 55.81~60.87 |
| 银镍黄铁矿   | 5.48~7.02   |
| 碲金银矿(?) | 10.29~11.29 |
| 银碲铋钨矿   | 1.39~2.70   |
| 等轴碲铋钨矿  | 0.32~5.07   |
| 铋碲钨矿    | 2.04~10.29  |
| 镍碲钨矿    |             |
| 银碲钨矿    |             |

表4 富集样品中金银铂钨矿物含量(%)表

| 矿物     | I      | II     | III    | IV     |
|--------|--------|--------|--------|--------|
| 银金矿    | 0.4833 | 0.8987 | 0.0112 | 0.0238 |
| 自然金    | 0.0433 | 0.7409 | 0.0035 | 0.0009 |
| 自然银(?) | 0.0465 | 0.0017 | 0.0002 | 0.0075 |
| 碲金银矿   | 0.0258 |        |        | 0.0015 |
| 碲金矿    |        |        |        | 0.0001 |
| 碲银矿    | 0.3744 | 0.0622 | 0.0036 | 0.0246 |
| 碲铂矿    | 0.6515 | 0.2778 | 0.0004 | 0.0155 |
| 碲镍铂钨矿  | 0.0455 | 0.0087 |        | 0.0002 |
| 碲铂矿    | 0.0182 |        | 0.0002 | 0.0001 |
| 铂碲钨矿   | 0.0114 |        |        |        |
| 自然铂(?) | 0.0091 | 0.1109 | 0.0005 | 0.0001 |
| 含铋碲钨矿  | 0.0242 |        |        |        |
| 碲钨矿    | 0.0992 |        |        | 0.0005 |
| 银碲钨矿   | 0.0235 | 0.0278 | 0.0002 | 0.0007 |
| 银碲铋钨矿  | 0.0823 | 0.0130 | 0.0005 | 0.0017 |
| 银镍碲钨矿  | 0.0894 |        |        |        |
| 自然钨(?) | 0.0152 | 0.0017 |        | 0.0001 |
| 镍碲钨矿   | 0.0606 | 0.0043 |        |        |
| 碲铋银矿   |        | 0.0096 | 0.0028 |        |
| 铋碲钨矿   |        |        |        | 0.0002 |
| 铋镍碲钨矿  |        |        |        | 0.0001 |
| 合计     | 2.10   | 2.16   | 2.31   | 7.76   |
| 其他矿物   | 97.94  | 97.83  | 97.69  | 92.11  |
| 总计     | 100.04 | 99.99  | 199    | 99.87  |

自然银 98.92 (理论值)

除上述银矿物外,在硫化矿物中也含有一些银。碲银矿粒径一般0.01~0.05mm,形状不规则,常与其他碲化物和硫化矿物连生。

## 2. 铂、钨

铂、钨是矿床中综合利用价值最高的元

素。

铂在各类型矿石中均有分布,以高铜矿石(Pt品位为0.16g/t)和特富矿石(Pt 0.21g/t)中最为富集,主要以碲铂矿存在,其次是碲镍铂钨矿,有的铂被包于硫化矿物中。在富矿石的富集样品中发现了碲铂矿,各种铂矿物的含铂量(wt%)是:

|       |             |
|-------|-------------|
| 砷铂矿   | 54.94~59.70 |
| 碲镍铂钯矿 | 9.02~16.89  |
| 铋铂矿   | 37.44~39.43 |

在钯碲铂矿、铋碲钯矿、镍碲钯矿、银碲钯矿中铂含量为 0.1~2%。另外，辉铋矿、碲铅铋矿、硫铁镍矿、碲铋银矿以及辉砷镍矿、自然铋中均含有一定量的铂。

铂矿物以砷铂矿和碲镍铂钯矿为主，颗粒粗大，一般为 0.03mm，最大可达 0.25mm。电子探针扫描见有硫化矿物中包裹有极细粒的自然铂，但因颗粒细小，未获得理想的定量结果。

钯在高铜矿石中最高(0.32g/t)，主要以碲化物和碲铋化物产出，另有极少量的钯分散在硫化物及金属互化物中。各种钯矿物及其钯含量(wt%)是：

|        |             |
|--------|-------------|
| 碲钯矿    | 19.35~23.77 |
| 铋碲钯矿   | 20.86~24.44 |
| 等轴碲铋钯矿 | 22.86~23.51 |
| 镍碲钯矿   | 17.69~19.35 |
| 银碲钯矿   | 17.24       |
| 碲镍铂钯矿  | 5.34~11.56  |

各种钯矿物的颗粒细小，大部分在 0.02mm 以下，多与碲化物、碲铋化物及硫化物连生。

通过对富集样品砂光薄片的电子探针扫描分析可以看出，金、银、铂、钯矿物在其矿石中的分配和赋存趋势是：

自然金和银金矿中金金属量，占各样品中金金属总量的，从 I→IV 分别为 98.39%、100%、99.93%、97.80%；银金矿和碲银矿中银的金属量；占各样品中银的金属总量，从 I→IV 分别为 78.53%、95.73%、88.24%、69.82%；砷铂矿中的铂占样品中铂金属总量，从 I→IV 依次为 94.91%、59.84%、26.01%、98.85%；钯则主要集中在碲化物和碲铋化物中，其中钯的金属量占样品中钯金属总量，从 I→IV 依次为 87.08%、87.74%、96.16%、87.52%。

应该指出，由于联机分析中元素容量及其重要性，未输入硫，所以不排除有贵金属硫化物的存在。特别是在富矿石与贫矿石富集样品中分散有一定量的铂；特富矿石、高铜矿石和富矿石中也分散有大量的钯，是呈独立的自然元素还是与其他元素结合还不清楚，因此贵金属硫化物有待深入研究。

为了更全面了解铂、钯的赋存状态，对 4 种型矿石还进行了物相分析，证明铂、钯主要以矿物状态存在，其次是硫化矿物中存在一定量呈类质同象的铂、钯。

通过对矿床中主元素及主要有用伴生元素的研究确认，该矿床不仅铜镍金属含量十分丰富，形成特富矿石、高铜矿石，而且金、银、铂、钯可综合利用，使该铜镍矿床成为综合利用价值较高的多金属矿床。

## Characteristics of the Ores in a Cu-Ni-Deposit in Xinjiang and the Modes of Occurrence of Au-Ag-Pt-Pd in Concentrate Samples

Cheng Mingqing, Yang Yuchun, Jia Fuyi,

Yang Qingshan, Zhao Guifang, Wang Cunchang, Huang Sen

The deposit in our study is noted for its special geological features, complex mineral composition and abundant resources for comprehensive utilization. An integrated concentration flow diagram was drawn up for investigating the modes of occurrence and distribution pattern of Au-Ag-Pt-Pd in concentrate samples, and good results were achieved.