

我国首例穆龙套型金矿床的发现^{*}

郑明华 刘家军 龙训荣 张寿庭

(成都理工学院矿床地质研究所, 成都)

提 要: 穆龙套金矿床, 以其独特的产出条件和巨大储量, 已成为世界上最重要的金矿类型之一。笔者经过多年对中国新疆西南天山地区的地质调研工作, 确认了我国首例穆龙套型金矿床——萨瓦亚尔顿金矿床。该矿床产于一套浊积岩系中, 受地层、岩性及构造破碎带控制明显; 矿石的矿物组成和矿石类型较复杂; 金以自然金、银金矿等产出外, 毒砂、黄铁矿是其重要载体矿物; 成矿热液活动可划分出明显的五个阶段; 成矿物质具多源性; 成矿作用是通过大气降水补给地下水, 下渗至深部经加热循环并溶滤地层中的矿质, 经活化、转移到容矿地层内构造破碎带中, 经充填交代而成矿。

关键词: 金矿床 穆龙套型 矿床特征 首例 新疆萨瓦亚尔顿

位于乌兹别克斯坦西部克尔库姆沙漠中的穆龙套 (Mypyhtay) 金矿床, 自 1958 年发现以来, 平均年产量近百吨, 成为世界上生产能力最强的金矿山之一。鉴于其独特的产出地质条件和巨大储量, 已成为各国竞相寻找的重要金矿类型。

我国金矿地质工作者多年来为寻求此类金矿的找矿突破, 做出了不懈努力。1993 年起, 笔者在西起喀什东至库尔勒长逾一千公里的西南天山成矿带开展了地质踏勘和金矿点的调研工作, 认为位于中国—吉尔吉斯边境的萨瓦亚尔顿金矿床当属穆龙套型金矿床。

1 萨瓦亚尔顿金矿床产出地质背景

矿床位于东阿赖山中国一侧, 其北紧邻吉尔吉斯斯坦共和国。矿区内分布的地层, 主体为一套具复理石建造特征的碎屑岩系, 在矿区的东南为一套灰白色厚层微晶石灰岩。两者之间为断层接触 (图 1)。碎屑岩系为含矿岩系, 下段以砂岩为主夹黑色页岩, 在底部有约 50 m 厚的薄层黑色生物碎屑灰岩夹黑色薄层页岩; 中段为由单层厚约 0.5~2.0 cm 的粉砂岩与黑色页岩互层, 构成数不胜数的韵律层; 上段由中薄层砂岩夹黑色页岩组成, 顶部出现厚 0.5 m 的硅岩层。

上述含矿岩系中可以观察到可表征其沉积环境的种种相标志, 如沙纹层理、包卷层理、槽模、沟漠等, 并发现典型的“鲍马序列层”。此外, 对含矿岩系主要岩石 (砂岩) 的粒度分析, 无论在粒度分布概率累积曲线抑或 C-M 图解中, 均显示这套碎屑岩系乃浊流作用的产物, 即属浊积岩^①。这套含矿岩系的时代多有争议。笔者 1994 年首次在含矿岩系的上下

^{*} 地质矿产部地质行业基金项目 (编号: 地直发 1993-010) 资助

郑明华, 男, 63 岁, 教授, 博士生导师, 主要从事层控矿床学与金矿地质研究。邮政编码: 610059

① 郑明华等, 1996, 新疆南山穆龙套型金矿床成矿地质条件及找矿靶区研究报告

段发现了表珊瑚科化石 (*Hapsiphyllide*, Grabou, 1928) 和希瓦格利筵化石 (*Schwagtrini-dae*), 足以证明属中-晚石炭世无疑。此外, 又在含矿岩系中段采集了 5 件样品进行 Rb-Sr 同位素组成分析, 获得地层年龄为 $(304.7 \pm 11.6) \times 10^6$ a。同位素年龄和古生物化石显示的年龄一致。

2 矿化基本特征

萨瓦亚尔顿金矿区内分布大小破碎带数十条, 其数量之多如过江之鲫。破碎带延展与地层的展布大体一致 (图 1 略)。业经证明^①, 矿区内构造破碎带无一例外地显示遭受到不同程度的矿化。矿化破碎带大小悬殊极大, 最大者长达 3.5 km, 宽 50 m, 规模极为可观。

2.1 矿石的矿物组成和矿石类型

笔者 1994 年在该矿床发现第一块原生矿石起, 迄今在矿石中鉴定出的金属矿物有黄铁矿、毒砂、磁黄铁矿、辉锑矿、方铅矿、闪锌矿、黄铜矿、银黝铜矿、脆硫锑铅矿、辉铁锑矿、自然铋、辉铋矿、硫铋铅矿、方钴矿、锡石、胶黄铁矿、白铁矿、自然金、银金矿等, 主要的非金属矿物为石英、菱铁矿、铁方解石等。次生氧化矿物发育, 重要的有纤铁矾、针铁矿、孔雀石、铅矾等。地表以下 20 m 为完全氧化带。

按矿石的矿物组合, 可将矿石划分为以下类型: ① 金-毒砂-黄铁矿-石英矿石; ② 金-黄铁矿-辉锑矿-石英矿石; ③ 金-脆硫锑铅矿-辉锑矿矿石; ④ 金-石英-菱铁矿矿石; ⑤ 金-褐铁矿矿石。

2.2 金的赋存状态

就已圈定出的工业矿体来看, 金的分布显示不均匀性, 这显然与矿石中矿物组合类型以及载金矿物的不均一分布有关。

矿石中除独立金矿物 (自然金、银金矿) 外, 某些载金矿物和岩石的良好含金性也极具意义, 如表 1 所示。从表 1 不难看出, 金等成矿元素在碳质页岩中的含量远比砂岩中高, 这无疑乃有机碳的强吸附作用所至。富毒砂的矿石比富黄铁矿的矿石含金性强, 毒砂单矿物又比黄铁矿单矿物含金高, 表明毒砂乃本区最重要的载金矿物。毒砂的数量及其分布状态显然与金的富集, 存在密切的相关关系。

综上所述, 矿石中金的含量除依赖于独立金矿物和吸附金外, 在很大程度上依赖于载金矿物的分布。

2.3 成矿阶段

萨瓦亚尔顿金矿床的形成, 历经了漫长的过程, 其间热液的活动在成矿过程中起决定性的作用。成矿的热液活动先后可以划分出 5 个阶段: ① 无矿石英阶段 (早阶段); ② 毒砂-黄铁矿-石英阶段 (主阶段); ③ 多硫化物-石英-菱铁矿阶段 (主阶段); ④ 锑-石英阶段和; ⑤ 少硫化物-石英-菱铁矿阶段 (晚阶段)。成矿主阶段也是金的主要析出阶段。在不同的矿化破碎带中, 有的各矿化阶段发育完全, 有的则仅出现其中 1 个阶段或 2 个阶段。那些矿化阶段 (特别是主阶段) 发育齐全的破碎带, 则是工业金矿体所在部位, 如区内 I 号、II 号和

① 郑明华等, 1996, 新疆南山穆龙套型金矿床成矿地质条件及找矿靶区研究报告

Ⅳ号矿化破碎带就是如此。

表1 某些岩石、矿石和矿物的主要化学成分 (10^{-6})

样号名称和编号	As	Sb	Ag	Au/ 10^{-9}	Mo	W	Zn
碳质页岩 (S-025)	8556.0	2855.0	10.6	1310.0	21.0	55.1	179.0
粉砂岩 (S-014)	121.4	8.3	2.4	31.8	0.7	2.4	206.0
富毒砂矿石 (S-042-3)	85038.0	326.1	46.1	7607.3	0.7	38.4	24.0
富黄铁矿矿石 (S-042-4)	6711.0	37.4	5.4	552.9	0.7	54.6	20.0
粗粒黄铁矿 (S-016-1)	9214.0	160.7	3.2	346.9	28.1	1.5	29.0
细粒黄铁矿 (S-042-1)	5552.0	212.6	12.0	1728.0	19.1	5.4	29.0
粗粒毒砂 (S-016-2)	37.3 (%)	798.0	157.4	2059.1	0.7	9.4	174.0
细粒毒砂 (S-042-2)	37.2 (%)	694.3	241.2	19700	<0.7	10.5	47.0
石英 (S-026)	69.0	1303.0	2.5	40.9	23.6	1.0	21.0
菱铁矿 (S-018)	12.8	10.7	0.4	27.3	0.7	0.6	101.0
铁方解石 (S-034)	51.7	46.7	1.4	6.0	0.7	0.5	56.0

注：由成都理工学院核工系中子活化分析室测定，1995

3 成矿物质来源的探讨

据对矿石中主要脉石矿物石英和菱铁矿中包裹体水的氢氧同位素组成^①， δD 为 -72‰ ~ -62‰ ； $\delta^{18}O$ 为 $+5.4\text{‰}$ ~ -11.6‰ ，表明成矿流体为非岩浆水。矿物中流体包裹体成分显示，其中Na/K比为 6.64‰ ~ 77.63‰ ，F/Cl比为 0.000 ~ 0.249 ，此数据与岩浆水的特征相差甚远（岩浆水Na/K ≤ 2 ，F/Cl ≥ 1 ）。上述氢氧同位素组成和Na/K与F/Cl比值均表明成矿溶液乃大气降水补给的地下卤水。

矿石铅同位素组成相当稳定。 $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb} = 18.002 \sim 18.383$ ； $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb} = 15.549 \sim 15.639$ ； $^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb} = 38.062 \sim 38.752$ 。经换算后投点于铅同位素演化模式图中，均落入造山带铅演化曲线上方附近，暗示成矿物质主要来源于造山带。

对黄铁矿、毒砂、辉锑矿的硫同位素组成分析，平均分别为 $+1.0\text{‰}$ ， $+0.2\text{‰}$ 和 -3.0‰ ，属陨石硫。鉴于西南天山地区下古生界地层中广泛存在各类火山岩，它们可能是本区成矿的主要硫源。

含矿岩系、矿石和单矿物的稀土含量^②，经球粒陨石标准化后的配分模式显示，赋矿围岩的稀土配分曲线均呈右斜式，而矿石和金属矿物的稀土配分曲线与前者明显不同。绝大多数稀土配分出现铈的负异常。上述情况表明，萨瓦亚尔顿金矿床成矿时，不仅与上地幔或下部地壳的岩浆岩无关，而且矿质也并非来自容矿层本身，而应主要来自较老于容矿层的地层。当地下热水流经老地层时，通过溶滤作用把成矿物质活化、转移到较新的地层内构造破碎带中，经充填交代而成矿。

① 样品由地矿部宜昌地质研究所同位素室分析，1995

② 成都理工学院核工系中子活化实验室分析，1995

4 结 论

笔者根据下列证据可以认定萨瓦亚尔顿金矿床当属穆龙套型金矿床：① 该矿床所处大地构造位置和地质构造与邻国穆龙套金矿床的产出位置一脉相承；② 容矿地层是一套典型的浊流沉积物，无论沉积相和岩性变化特征均与穆龙套金矿床相似；③ 矿化受构造破碎带控制，矿体由含矿的石英脉或石英-菱铁矿细脉或网脉组成，脉体中的金属矿物和矿石类型亦与穆龙套金矿床相类似；④ 穆龙套金矿床中与金矿物相伴生的有众多的贱金属硫化物（这一特征与卡林型金矿床相异）；明金含量高但粒度较小，也见金集合体呈小细脉产出。上述特征在萨瓦亚尔顿金矿床中亦然；⑤ 金矿物的成色不高，穆龙套金矿为 890~910，萨瓦亚尔顿金矿为 800~850 而已，极其类似；⑥ 穆龙套金矿成矿阶段大体分为四个阶段：多石英脉阶段、毒砂-黄铁矿-石英阶段、多金属-石英-碳酸盐阶段和少硫化物碳酸盐阶段，萨瓦亚尔顿金矿的成矿阶段与穆龙套金矿成矿阶段何其相似乃尔！

我们认为，位于西南天山产于浊积岩系中的萨瓦亚尔顿金矿床，无论从何角度加以审视，其特征均与穆龙套金矿床相类似，无疑属穆龙套型金矿床。这一矿床的发现有可能为在西天山地区以及我国具有类似地质构造背景地区寻找更多穆龙套型金矿床提供一个不可多得的范例，其理论意义和实际意义都是显而易见的。

参 考 文 献

- 1 郑明华等. 层控金矿床概论. 成都: 成都科技大学出版社, 1989, 1~260.
- 2 郑明华. 现代成矿学导论. 重庆: 重庆大学出版社, 1988, 1~332.
- 3 Annels A E, Roberts D E. Trubidite-hosted gold mineralization at the plaeoethi gold mines. Dyfedwales, United Kingdom, Econ. Geol., 1989, 84: 1293~1314.
- 4 Barnes H L. Geochemistry of hydrothermal ore deposits (2nd ed), wiley, New York., 1979.
- 5 Baranova N N, Pyzhenko B N. Computer simulation of the Au-Cl-S-Na-H₂O system in relation to the transport and deposition of gold in hydrothermal processes. Geochem. Intern., 1981, 18: 46~58.
- 6 Ballantyen J M, Moore J N. Arsenic geochemistry in geothermal systems. Geochim. Cosmochim. Acta., 1988, 52: 475~483.