

西南天山萨瓦亚尔顿金(锑)矿床成矿时代 与赋矿地层时代*

叶锦华¹⁾ 王立本²⁾ 叶庆同²⁾ 李华芹³⁾ 张晓华¹⁾

(1) 中国地质科学院区划室,北京;2)中国地质科学院矿床地质研究所,北京;
3) 中国地质科学院宜昌矿产地质研究所)

摘 要 通过对萨瓦亚尔顿金(锑)矿床矿石中共生石英的流体包裹体作 Rb - Sr 等时线年龄 ($231 \pm 10\text{Ma}$) 的研究,表明成矿时代为印支期,与南天山造山带陆内造山晚阶段一致。由于矿区主体赋矿地层的(2)(3)岩性段中无化石,故采集其中的一组无石英脉作包裹体 Rb - Sr 等时线年龄 ($389 \pm 42\text{Ma}$),推测赋矿地层年龄上限为志留-泥盆纪。根据近年来在赋矿岩系的(1)(2)段所发现的动物化石年代依据,指出含矿浊积岩系东部和西部二个岩性段即(1)和(4)段为石炭系。

关键词 萨瓦亚尔顿金(锑)矿床 Rb - Sr 等时线年龄 成矿时代 赋矿地层时代

萨瓦亚尔顿金(锑)矿床位于新疆乌恰县,是 90 年代初在天山地区发现的具特大型规模的金(锑)矿床。其赋存于含炭浊积岩系,成矿地质条件和矿床地质特征与世界著名的穆龙套金矿床具有类似特点(19)。萨瓦亚尔顿金(锑)矿床的研究,对在我国天山地区进一步开展金矿的勘查评价、实现新的找矿突破具有重要理论意义和现实意义。本文着重对萨瓦亚尔顿矿床成矿时代作初步探讨。

1 地质背景

1.1 区域地质

矿床地处新疆西天山南麓,北侧紧临吉尔吉斯共和国。

区域大地构造从属南天山大陆边缘非火山型活动带阿赖山复背斜。地层自下古生界至中、新生界都有出露。前中生界基本上遭受了低-中等绿片岩相变质。长城系出露在区域东部,为一套结晶片岩、石英岩夹大理岩。古生界为经中等程度变质的碳酸盐岩-碎屑岩建造和碎屑岩-炭质细碎屑岩(浊积岩)建造。中生界和下第三系为陆相盆地沉积。

区域上断裂和褶皱构造比较发育,构造线总体走向为 NE - SW。NE - NNE 向及近 SN 向的逆掩断裂延伸可达几十至百余公里。这些断裂不但控制了区内地层发育和展布,而且对区域上的成矿作用产生重要影响。走向 NE,倾向 NW 的阿热克托如克逆掩断裂和依尔

* 国家 305 项目(96-915-04-02)和原地质矿产部定向基金科研项目资助

第一作者:叶锦华,1959 年生,现为中国科学院岩石圈开放实验室在职博士生,副研究员,从事矿床学和岩石学专业研究;邮编:100037

克什坦逆掩断裂分别从矿区东侧和西侧通过。萨瓦亚尔顿矿床位于二断裂的夹持部位。区域岩浆活动微弱,矿区及外围古生界浅变质岩中有少量的中、基性岩脉(辉绿岩和辉长岩等)侵入。

1.2 赋矿地层特征

中志留统温德洛阶(S_2w)出露在矿区东南侧,为浅海台地相碳酸岩夹碎屑岩建造,其逆掩在一套经低绿片岩相变质的含炭碎屑岩建造(原名罗德洛阶,地层时代原定为上志留世)之上。金矿带位于该含炭碎屑岩建造中部。该含炭碎屑岩建造可划分为4个岩性段,从矿区SE至NW依次分布有:(1)岩性段:本岩性段位于中志留统温德洛阶(S_2w)大理岩化灰岩的NW侧,岩性为薄层状含炭质千枚岩、千枚状板岩、含钙质砂岩互层,夹数层中灰-深灰色碎屑灰岩、泥灰岩和晶屑灰岩。下部为灰岩夹含炭质、钙质板岩。受推覆构造的影响,下部灰岩发育尖棱状褶皱。本岩性段变质程度相对较浅,灰岩中见希瓦格蜓(*Schwagerina* C_2-P_1)^①蜂巢珊瑚(*Favosites* S_1-D_2)、鳞巢珊瑚(*Squameofavosites* S_2-D_2)、细孔珊瑚(*Gracilopora* D_1-D_3)等化石^②。根据以上化石资料,本段可能为石炭纪的滑塌沉积物;(2)岩性段:以中-厚层状变质细砂岩、粉砂岩为主,夹炭质千枚岩和薄层砂岩。与(1)段呈断层接触;(3)岩性段:薄层状变质细砂岩、粉砂岩与炭质千枚岩互层,夹中厚状变砂岩。在薄层变砂岩和炭质千枚岩中发育次级小褶曲,常有呈石香肠状、小褶曲状的不含矿顺层石英脉展布;(4)岩性段:以中厚层状变杂砂岩和变粉砂岩为主,夹薄层硅质岩透镜体和结晶灰岩、含硅质条带灰岩、砂屑灰岩。中、下部夹含炭质千枚状粉砂质板岩和含炭质千枚岩。本层与(3)之间呈正常连续沉积,具单带型表珊瑚(*Hapsiphyllide*, C-P)^③。

已知矿体主要位于上述含矿岩系(2)(3)岩性段内,(2)(3)岩性段内发育粒变层理、鲍马层序,为比较典型的浊积岩系,其内未见化石。对整套含矿岩系的地质时代,新近新疆区调队在进行1:5万区测(1997)时,通过区域地层对比,认为属上志留世-泥盆纪^④。

赋矿地层走向NE,发育一些延伸不大的褶皱,NE-NNE纵向断裂构造比较发育。

2 矿床地质特征

2.1 矿带和矿体特征

矿区已发现的24条矿化带严格受NNE向断裂破碎带控制。呈走向 $N25^\circ\sim 35^\circ E$ 、倾向NW延伸,具有等距分布特点。矿带走向与赋矿地层总体走向斜交。控矿断裂破碎带早期具韧性剪切特征,残留S-C组构和鞘褶皱。晚期叠加了压扭性或扭性脆性变形。

已知矿带中,IV、I、II、XI等几条矿带规模较大、矿化延续性较好。其中IV号带规模最大,其长大于4000m,宽20m至近百m,赋存于第3岩性段底部,倾向NW,倾角 $53^\circ\sim 80^\circ$ 。矿体呈板状,与围岩面理斜交。其中最大的IV号主矿体长3870m,厚1~48m,原生矿石金的品位较低,一般在 $(2\sim 4)\times 10^{-6}$ 。铋矿体位于主矿体的中上部顶板附近,与金矿体共生,长180~340m,厚2~10m。铋的品位为1.09%~2.35%。

① 刘家军、郑明华等,1996

② 周明魁.国家305项目1998年汇报材料

③ 王进、吴益平面告,1998

2.2 矿石成分、结构构造特点

矿石可分为金矿石和金锑共生矿石 2 种类型。主要的矿石矿物为金属硫化物和锑酸盐,其体积约占矿石的 5%,个别可达 40%。以黄铁矿、毒砂、脆硫锑铅矿、黄铜矿为主,有少量的辉锑矿、方铅矿和闪锌矿。矿物粒径为 0.0n~1mm。除毒砂和辉锑矿及部分早期黄铁矿以自型晶形态为主外,大多数矿石矿物呈半自型~他型中-细粒状。脉石矿物主要为石英、方解石、菱铁矿、围岩岩屑、绢云母、绿泥石和炭质等。

矿石构造多呈细脉-网脉状或浸染状。局部可见斑杂状及块状构造。

金以银金矿、自然金和机械混入物的形式存在于毒砂、细粒黄铁矿、黄铜矿等硫化物中。

2.3 围岩蚀变及特征

伴随晚古生代中晚期的区域造山变质过程,矿区地层普遍发生了绢云母化、绿泥石化等面型蚀变。变质之前的侧分泌作用在(2)(3)岩性段内产生较多的顺层石英脉,长度一般小于 5m,厚 0.2~0.5m。呈透镜状或石香肠状、揉流状,随区域造山变质变形而褶皱。

近矿围岩蚀变多沿矿化破碎带呈线性分布,主要为硅化、碳酸盐化(方解石、铁白云石)、绿泥石化及绢云母化。其中硅化与矿化最为密切,石英呈细脉-网脉(脉厚小于 0.05m)或团块状产于矿化带内,矿带中的硅化石英呈乳白色并带有烟灰色调。含细粒黄铁矿、毒砂、锑酸盐、辉锑矿等。外观、成分特点与早期顺层状产出的无矿石英脉有明显的差异。后者呈现黄白色,含硫化物极少且几乎全为黄铁矿,粒径较粗(0.5~nmm)。

根据矿石和矿化岩石中蚀变、矿化矿物的空间共生和交代关系,主成矿期可划分 3 个主要阶段:石英-黄铁矿-毒砂-金阶段;石英-锑酸盐-金-碳酸岩阶段;碳酸岩阶段。

3 Rb-Sr 等时线年龄测定

表 1 流体包裹体 Rb-Sr 同位素成分及特征值

Table 1 Rb-Sr isotopic data of fluid inclusions in quartz from ores

序号	样号	Rb/ 10^{-6}	Sr/ 10^{-6}	$^{87}\text{Rb}/^{86}\text{Sr}$	$^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$
1	Tc-01	0.514	2.405	0.617	0.71759
2	27kd-01	0.14	1.822	0.222	0.71734
3	IV-q1	0.447	2.131	0.605	0.71712
4	IV-q3	0.825	1.533	3.439	0.72885
5	q2	0.463	1.963	0.687	0.71879
6	IV-I-09	2.037	4.467	0.67	0.71777
7	IV-I-11	0.258	2.488	0.298	0.71793
8	IV-I-14	0.232	1.626	0.412	0.71873
9	sg-19	0.694	4.341	0.462	0.71851
10	sg-23	0.369	2.673	0.399	0.7184
11	sg-35	0.187	2.615	0.207	0.7173
12	sg-39	0.104	1.828	0.156	0.71683

中国地质科学院同位素地质测试研究中心(宜昌)分析
表中,序号 1~8 为矿石共生石英中流体包裹体;序号 9~12 为地层中顺层石英脉

中流体包裹体。为了研究矿床定位和顺层石英脉发生的地质年龄,分别对矿石共生石英和顺层石英脉进行了流体包裹体的 Rb-Sr 等时线年龄测定。

3.1 样品采集及测定方法

强硅化矿石采自IV号矿带,为石英-黄铁矿-毒砂-金组合,代表主成矿期早阶段产物。顺层石英-碳酸盐脉采自赋矿地层(2)(3)岩性段,其每一个样品代表一条脉。

根据 R. Rossman^[10]等、A. Changkakoti 等^[11]、李华芹^[12]等的研究,在石英达到较高纯度、没有含 K、Na、Sr、Rb 等元素的矿物共生的情况下,石英中的 Sr、Rb 几乎全部存在于所包含的流体包体中。所采集的强硅化矿石和顺层石英-碳酸盐脉均没有含 K、Na、Sr、Rb 等元素的矿物共生,因此,利用直接测定矿石的共生矿物的⁸⁷Rb/⁸⁶Sr 和⁸⁷Sr/⁸⁶Sr 来替代测定矿物流体的⁸⁷Rb/⁸⁶Sr 和⁸⁷Sr/⁸⁶Sr。

根据矿区的原生共生石英均一温度^[3]大致为 160~250°C,加热样品到 120~160°C,将次生包体除去。这样,所测定石英的⁸⁷Rb/⁸⁶Sr 和⁸⁷Sr/⁸⁶Sr 可以代表成矿流体的相应比值。Rb、Sr 同位素分析在 MAT-261 可调多接收型质谱仪上完成。⁸⁷Rb/⁸⁶Sr 和⁸⁷Sr/⁸⁶Sr 的测定精度分别高于 1%~2% 和 0.008%~0.02%。

3.2 测定及年龄计算结果

Rb、Sr 同位素分析结果列于表 1。计算等时线年龄所选用的衰变常数 $\lambda^{87}\text{Rb} = 1.42 \times 10^{-11}/\text{a}$ 。

采用最小二乘法分别对矿石和早期顺层石英-碳酸盐脉的石英流体包体 Rb、Sr 同位素数据 比值进行拟合,分别获得各自的 Rb-Sr 等时线年龄。

(1) 矿石共生石英 计算结果显示,8 个样品中石英的 Rb、Sr 同位素组成数据,拟合成 Rb-Sr 等时线(图 1)。成矿流体的(⁸⁷Sr/⁸⁶Sr)_i = 0.7164。Rb-Sr 同位素等时线年龄为 231 ± 10Ma,为印支早期。其可以代表主成矿期石英-硫化物阶段的平均矿体的定位年龄。

(2) 围岩中顺层石英-碳酸盐脉 4 条顺层石英-碳酸盐脉的石英流体包体 Rb、Sr 同位素组成数据,拟合成 Rb-Sr 等时线(图 2),其(⁸⁷Sr/⁸⁶Sr)_i = 0.7161,年龄为 389 ± 42Ma,时代为志留纪-泥盆纪。

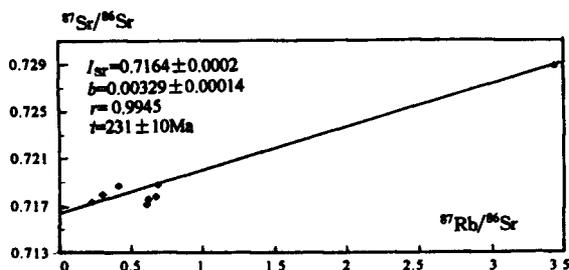


图 1 萨瓦亚尔顿金矿矿石石英 Rb-Sr 等时线图
Fig. 1 Rb-Sr isochron diagram of fluid inclusion
in quartz from the ores

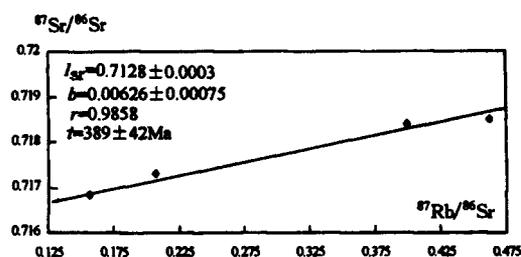


图 2 顺层石英-碳酸盐脉石英 Rb-Sr 等时线图
Fig. 2 Rb-Sr isochron diagram of fluid inclusion
in quartz from bedding quartz-carbonate veins

4 讨 论

4.1 成矿时代

根据 Rb-Sr 等时线年龄,萨瓦亚尔顿金(锑)矿床主成矿时代为印支期。矿床主要受控于 NNE 向延伸的韧-脆性构造带。主要的硅化和金的成矿作用发生在韧性剪切带向脆性剪切带转化以后。据刘本培等(1996)的研究^[13],南天山洋于晚泥盆-早石炭世关闭,晚石炭世后转入陆内造山体制。很显然,萨瓦亚尔顿金(锑)矿床为南天山造山带演化到陆内造山阶段后期时的产物。

4.2 含矿地层层位时代

刘家军、郑明华等(1996)曾对矿区含矿岩系(2)(3)段中“含炭质砂质板岩”样品作了全岩 Rb-Sr 等时线年龄测定,其值为 $304.7 \pm 11.6\text{Ma}$,并认为此年龄值可作为容矿地层的原始沉积年龄^[14]。我们认为,鉴于矿区的岩石基本上已发生了低绿片岩相-绿片岩相变质-显微镜下可见发育大量的变晶绢云母。所谓“含炭质板岩”的全岩 Rb-Sr 等时线年龄可能代表的是晚石炭世南天山洋关闭以后岩石形成变晶绢云母的变质年龄。前已述及,矿区的顺层石英-碳酸盐脉是区域上发生主变质作用之前的产物。脉体中的石英流体包体成分特点和稳定同位素特征亦表明其是区域变质前热事件的产物^[2]。根据 Rb-Sr 等时线年龄,含矿岩系(2)(3)段中顺层石英-碳酸盐脉形成的时代为志留-泥盆纪。很显然,石英脉所处的地层的沉积年龄比石英脉形成时代应更老。因此,估计矿区含矿岩系(2)(3)段沉积时代不晚于泥盆纪,向上部逐渐过度为具化石时代依据(*Hapsiphyllide*, C-P)的石炭系^[14]。

同时,我们注意到,顺层石英脉和矿石石英中的的流体(⁸⁷Sr/⁸⁶Sr)I 相近(分别为 0.7061, 0.7064)。这可能暗示了两者流体物质来源相近或相同。

野外工作得到了新疆地勘局王福同总工、地勘局二大队王进、吐尔逊、吐尔洪高工、年武强和尹怀信、张新利工程师等在工作 and 生活上提供的大力帮助,在此一并致谢!

参 考 文 献

- 1 叶庆同,叶锦华. 萨瓦亚尔顿金锑矿床成矿机制和成因. 矿床地质, 1998, 17(增刊), 287~290.
- 2 叶锦华等. 萨瓦亚尔顿金锑矿床地质地球化学特征与成矿机理探讨. 矿床地质, 1999, 18(1): 63~72.
- 3 叶锦华, 孟祥金. 穆龙套金矿成矿地质条件与成因模式. 见陈毓川主编: 当代矿产资源勘查评价的理论与方法. 北京: 地震出版社, 1999, 472~478.
- 4 Drew L J, Berger B R, Kurbanov N K. Geology and Structural evolution of Muruntar gold deposit Kyzylkum Desert, Uzbekistan. Ore Geology Reviews, 1996, (11): 175~196.
- 5 Kostitsyn Yu. A. Rb-Sr isotope studies on the Muruntar deposit: Mineralized metasomatite. Geochem. Int. 1994, 31 (11).
- 6 Kotov N Y, Poristkaya L G. The Muruntar gold deposit. its geological structure, metasomatic mineral associations and origin. Int. Geol. Rev. 1992, 34(1): 77~87.
- 7 Marakushev A A, Khokhlov V A. A petrological model for the genesis of the Muruntar gold deposit. Int. Geol. Rew. 1992, 34 (1): 59~76.
- 8 Shayakubov T Sh, Tsoy R V, Golovanov I M, Donskov V M, Yaovlev V G. Muruntar super-deep well Sovetskaya Geologiya 1991, (8).

- 9 Zairi N M, Kurbanov N K. Isotopic - geochemical model of ore genesis in Muruntar ore field. *Int. Geol. Rev.* 1992, 34(1) : 88~96.
- 10 George R. Rossman D Weis and G. J Wasserberg. Rb, Sr, Nd and Sm concentrations in quartz. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 1987, 51.
- 11 Changkakoti A, Gray J. Determination of radiogenic isotope (Rb/Sb, Sm/Nd and Pb/Pb) in fluid inclusion water: an example from the bluebell Pb - Zn deposit, British Columbia, Canada. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 1988, 52.
- 12 李华芹, 刘家齐, 魏林. 热液矿床流体包裹体年代学研究及其应用. 北京: 地质出版社, 1993.
- 13 刘本培, 王自强, 张传烜等. 西南天山构造格局与演化. 武汉: 中国地质大学出版社, 1996.
- 14 刘家军, 郑明华, 龙训荣等. 新疆萨瓦亚尔顿金矿床赋矿地层时代的重新厘定及其意义. *科学通报*, 1999, 44(6): 653~656.

Metallogenic Epoch and Ore-bearing Strata Age of the Sawayaerdun Gold-Antimony Deposit in Tianshan Mountains , China

Ye Jinhua¹⁾ Wang Liben²⁾ Ye Qingtong²⁾ Lihuaqing³⁾ Zhang Xiaohua¹⁾

(1) *Metallogenic Prospect Division, CAGS, Beijing*; 2) *Institute of Mineral Deposits, CAGS, Beijing*;

3) *Yichang Institute of Geology and Mineral Resources, CAGS*)

Abstract Located in the southwestern Tianshan mountains, the Sawayaerdun gold (antimony) deposit is similar to the Muruntau gold deposit of Uzbekstan in metallogenic characteristics. The Rb-Sr isochron age ($231 \pm 10\text{Ma}$) of fluid inclusions in quartz from the ores indicates that the metallogenic epoch is Indosinia, consistent with the intracontinental collision stage of the South Tianshan Mountains. According to Rb-Sr isochron age ($389 \pm 42\text{Ma}$) of fluid inclusions in quartz from bedding quartz-carbonate veins, the ages of the main ore-bearing strata (2 and 3 sections) are between Silurian and Devonian. However, the two lithologic members above and below the main ore-bearing strata belong to Carboniferous according to fossils.

Key words Sawayaerdun gold-antimony deposit Rb-Sr isochron age metallogenic epoch ore-bearing strata