

新疆萨瓦亚尔顿金锑矿床成矿作用同位素地质年代学

陈富文 李华芹

(中国地质调查局宜昌地质矿产研究所,湖北 宜昌,443003)

P61 A

摘 要 萨瓦亚尔顿金锑矿床形成的时代和成矿期次一直存在较大争议。成矿作用同位素地质年代学研究表明,多金属硫化物和少金属硫化物含金石英脉矿物流体包裹体 Rb-Sr 等时线年龄分别为 342 ± 27 Ma 和 246 ± 16 Ma,表明萨瓦亚尔顿金锑矿成矿作用至少有 2 期:第 1 期发生在石炭纪,第 2 期发生在晚二叠世—早三叠世;矿区出露的二长斑岩脉单颗粒锆石 U-Pb 年龄为 $133.7 \sim 131.0$ Ma,表明岩浆侵位时间发生在晚侏罗世—早白垩世,属燕山中晚期岩浆活动的产物成矿后侵位的岩浆岩。

关键词 金锑矿床 成矿作用年代学 萨瓦亚尔顿 中吉边境

Metallogenic Chronology of the Sawayaerdun Gold - Antimony Deposit in Xinjiang

CHEN Fuwen LI Huaqin

(Yichang Institute of Geology and Mineral Resources, CGS, Yichang, Hubei, 443003)

Abstract The ore-forming ages and phases of the Sawayaerdun gold-antimony deposit constitute a problem of long controversy. Isotopic geochronological study of the ore-forming process shows that fluid inclusion Rb-Sr isochron ages for gold- and polymetallic sulfides-bearing quartz veins and gold-bearing quartz veins with small quantities of sulfides are 342 ± 27 Ma and 246 ± 16 Ma, respectively, which indicate that mineralization of gold in this orefield experienced at least two epochs, namely Carboniferous and Late Permian-Early Triassic. The single zircon U-Pb age of $133.7 \sim 131.0$ Ma for monzonite-porphyry in the orefield implies that the magma was intruded after the ore-forming process in Late Jurassic to Early Cretaceous.

Key words gold-antimony deposit isotopic geochronology for mineralization Sawayaerdun China-Kirghiz border area

1 矿床地质特征

萨瓦亚尔顿金锑矿床位于南天山西端东阿赖山北部,区域上位于北昆仑铜金成矿带之昆盖山北坡铜成矿亚带中。矿区出露的地层为志留系浅变质(低绿片岩相)碎屑岩夹碳酸盐岩建造,具类复理石建造特征(图 1)。矿区 NE 向褶皱、断裂构造较为发育,褶皱构造对矿化破碎带有明显控制作用;已发现的 II 号矿化带位于一背斜的核部;XI 号矿化带位于向斜核部。区内阿热克托如克和依尔克什坦 2 条区域性大断裂联合控制了矿体的产出,其间发育了一系列近于平行的层间断裂和韧性剪切带。走向 NNE,倾向 N,倾角 $70^\circ \sim 80^\circ$,一般长数百米至数千

米,宽数米至数十米,控制了金锑矿化带的产出和分布(张寿庭等,1998)。此外,矿区还见 NW 向和 SN 向断裂,规模较小,未见矿化,推测其为成矿后断裂。区内岩浆活动微弱,未见大的岩浆岩体出露,仅在 IV 号矿脉的北西侧发现数条二长斑岩脉和辉绿岩脉,在矿区东南约 20 km 见有侵入于中上石炭统的石英二长岩体呈岩株产出。

矿区内目前已发现矿化蚀变带 20 余条,尤以 IV 号、I 号、II 号和 VI 号矿化带规模较大,连续性好,品位稳定,并都产在薄-中厚层变质细砂岩夹少量炭质绢云千枚岩或薄层状变质细砂岩与薄层状炭质绢云母千枚岩互层中。其中,IV 号矿带是矿区内目前已发现的规模最大,工作程度相对最高的一条

本文由国家重点基础研究发展规划项目(编号:2001CB409810 和 G1999043201)及国家科技攻关计划“新疆优势矿产资源勘查综合研究”(编号 2001BA609A-07-18)资助。

责任编辑:宫月萱。

第一作者:陈富文,男,1961 年生,研究员,从事构造地质,同位素地球化学研究。

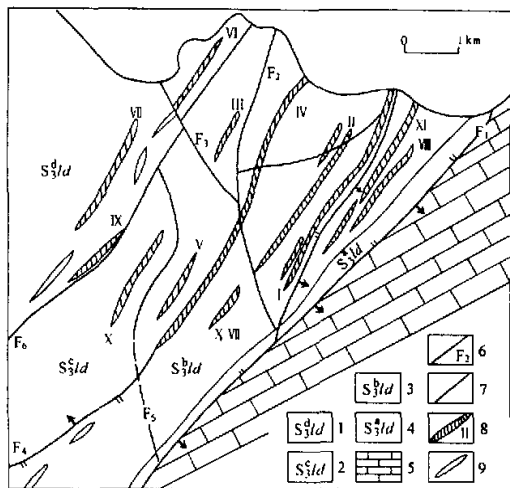


图1 萨瓦亚尔顿金矿床地质略图(据叶庆同等,1998)

Fig. 1 Sketch map of the Sawayaerdun gold mine

(after Ye Qingtong et al., 1998)

- 1-上志留统 d 岩性段; 2-上志留统 c 岩性段; 3-上志留统 b 岩性段;
- 4-上志留统 a 岩性段; 5-中志留统; 6-断裂及其编号; 7-地质界线;
- 8-矿带及其编号(放大表示); 9-基性岩脉(放大表示)
- 1-Upper Silurian member d; 2-Upper Silurian member c;
- 3-Upper Silurian member b; 4-Upper Silurian member a;
- 5-Middle Silurian; 6-Faults number; 7-Geological Line;
- 8-Ore bodies (enlarged) and No; 9-Basic dikes (enlarged)

矿带。矿带总体呈 NE25° 方向延展, 长度在 4 000 m 以上, 宽数十米至百余米, 钻孔控制斜深 300 m (图 2), 矿体呈板状和似层状, 延深稳定, 呈 NE 向展布。倾向 NW, 倾向 58°~76°。矿体中下部共生锡矿在金矿体内分布不均匀, 呈透镜状和团块状, 最大厚度 15 m, 锡品位变化在 0.59%~3.26%, 平均 1.39%。

萨瓦亚尔顿金矿矿化围岩蚀变不强, 沿矿化破碎带发育, 并叠加在区域变质和动热变质作用之上。矿化蚀变主要有硅化、绢云母化、碳酸盐化、黄铁矿化、毒砂化, 局部见绿泥石化。总体上, 矿化蚀变分带不明显。仅 IV 号矿带矿化带较为明显: 从顶板到底板依次为: 黄铁矿化破碎岩带→毒砂-黄铁矿化碎裂岩带→辉锡矿化带→黄铁矿化碎裂岩带。原生矿石中金属矿物主要有黄铁矿、毒砂、磁黄铁矿、辉锡矿, 次为黄铜矿、闪锌矿、方铅矿、黝铜矿、辉铁锡矿、银金矿和自然金等。非金属矿物主要有石英、绢云母和炭质, 其次为菱铁矿、方解石和绿泥石等。金主要呈机械杂质赋存于主要矿石矿物中, 少量呈银金矿和自然金形式产出。按矿石构造和矿石矿物成分可将矿石划分为 3 种类型: 含金蚀变炭质

千枚岩型(含硫化物石英细脉-网脉)、硅化粉砂岩型(含硫化物细-网脉)和块状锡金矿型。根据矿区各种石英细脉特征和穿插关系以及矿石矿物共生组合, 矿化作用可划分为 5 个阶段: ①碳酸盐-石英阶段(无石英阶段); ②毒砂-黄铁矿-石英阶段; ③多硫化物-石英-菱铁矿阶段; ④锡-石英阶段; ⑤少硫化物-石英-菱铁矿阶段。其中②至④阶段为金锡主要成矿阶段(张寿庭等, 1998)。

2 样品采集、测定结果及数据处理

2.1 样品采集及测定方法

为查明萨瓦亚尔顿金矿床的成矿时代、期次(阶段)以及区内岩浆侵入活动与金矿成矿作用的时空关系, 对矿区出露的岩浆岩和主要成矿阶段含金石英脉进行了同位素年代学研究。其中, 二长斑岩(脉)测年样品取自矿区 6 号矿脉西侧, 分别采用对锆石 U-Pb 和全岩 Rb-Sr 计时体系进行了年龄测定; 少金属硫化物含金石英脉测年样品取自 IV 号矿脉 ZK0001 孔(58~126 m)和 ZK2702 孔(198~222 m), 多金属硫化物含金石英脉测年样品取自 IV 号矿脉 Cm1102 平硐内不同空间部位。含金石英脉均用流体包裹体 Rb-Sr 等时线法进行年龄测定。

全岩和石英流体包裹体分析样品的制备分别采用李华芹等(1998)所报道的流程; Rb、Sr 同位素分析在中国地质科学院同位素地质研究与测试中心 MAT-261 可调多接收型质谱仪上完成; 分析过程中采用国际标准样品 NBS-987 监控仪器工作状态, 用 NBS607 和 Rb-Sr 测年国家一级标准物质 GBW04411 监控分析流程。上述标准物质的测定值分别为: NBS-987 为 $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ 等于 0.71026 ± 0.00006 ; NBS607 为 $\text{Rb}/10^{-6}$ 等于 523.22, $\text{Sr}/10^{-6}$ 等于 65.56, $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ 等于 1.20035 ± 0.00009 ; GBW04411 为 $\text{Rb}/10^{-6}$ 等于 249.08, $\text{Sr}/10^{-6}$ 等于 158.39, $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ 等于 0.76006 ± 0.00025 ; $^{87}\text{Rb}/^{86}\text{Sr}$ 和 $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ 的测定精度分别好于 1%~2% 和 0.008%~0.02%。全部化学操作均在净化实验室净化工作柜内进行; 使用的器皿由氟塑料、石英或铂金制成。所用试剂为高纯试剂经亚沸蒸馏器蒸馏, 其 Rb、Sr 空白为 10^{-11} ~ 10^{-12} g/g。高纯水由 Milli-Q 水纯化系统纯化, 其 Rb、Sr 空白为 10^{-12} g/g; 与样品同时测定的全流程空白都在 0.3 ng 左右。当样品 Rb、Sr 含量低于 10^{-6} 时, 均作了空白校正。

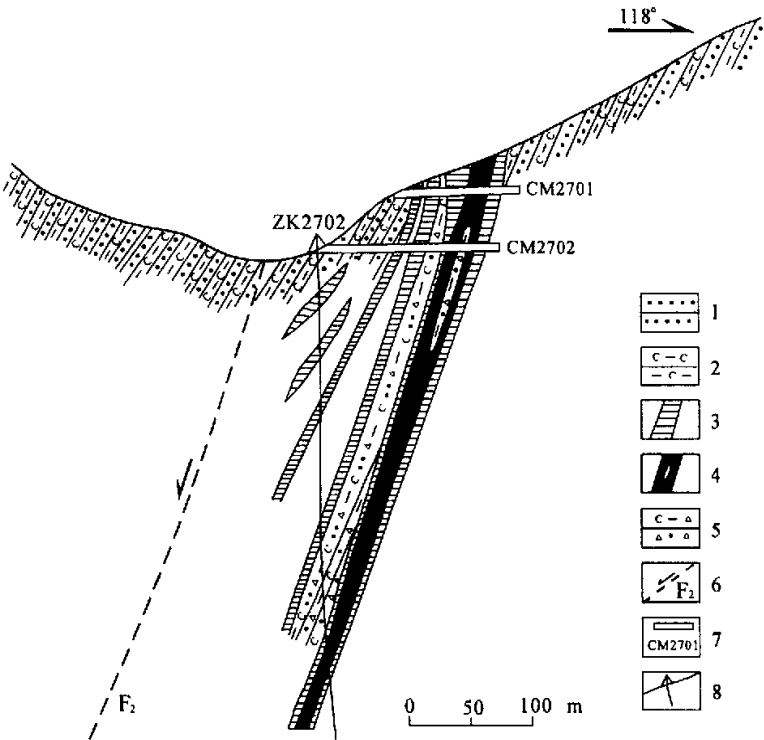


图 2 萨瓦亚尔顿金锑矿Ⅳ矿带 27 线地质剖面图(据叶庆同等,1999)

Fig. 2 Profile section of No. 27 exploration line forⅣ mineralized belt in Sawayaerdun gold mine(after Ye Qingtong et al. 1999)

1-砂岩、粉砂岩;2-炭质千枚岩;3-金矿体;4-金锑矿体;5-韧性剪切带;6-断裂;7-平硐;8-钻孔

1-sandstone and siltstone;2-carbonaceous phyllite;3-gold orebodies;4-gold-stibium orebodies;5-shear zone;6-faults;7-adit;8-borehole

2.2 测定结果及数据处理

分析结果列于表 1 至表 3。本文采用目前国际通用的 ISOPLOT 程序(Kenneth 等,1995)进行年龄计算。所选衰变常数为 $\lambda^{87}\text{Rb}=1.42\times 10^{-11}\text{a}^{-1}$ 。年龄计算时设定的误差为: $^{87}\text{Rb}/^{86}\text{Sr}$ 为 2.0%; $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ 为 0.02%。

从表 1 和图 3 可以看出,二长斑岩中无色透明长柱状晶体锆石的 ^{205}Pb 稀释法测得 $^{206}\text{Pb}/^{208}\text{U}$ 、 $^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$ 表面年龄分别为 133.7 Ma 和 131.2 Ma。两组年龄值在测定实验误差范围内基本和谐,在

$^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ - $^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$ 谐和图上的投影落在和谐曲线上,求得和谐年龄为 $133.7\pm 5.6\text{ Ma}$;从图 4 可以看出,少金属硫化物含金石英脉 6 个样品点所拟合的直线具良好的线性关系,求得等时线年龄为 $247\pm 16\text{ Ma}$ (95%可信度),该年龄代表了萨瓦亚尔顿穆龙套型金矿的晚期成矿作用发生的时间;从图 5 可以看出,多金属矿硫化物-含金石英脉 5 个样品点构成一条理想的直线,求得等时线年龄为 $342\pm 21\text{ Ma}$ (95%可信度),该年龄可能代表了萨瓦亚尔顿金锑矿床早期成矿作用发生的时间。

表 1 萨瓦亚尔顿金锑矿区二长斑岩脉中锆石 U-Pb 同位素年龄测定结果

Table 1 Zircon U-Pb data for monzonite from the Sawayaerdun gold-stibium mine

样品		浓度		普通铅含量/ ng	同位素原子比率					表面年龄/Ma		
重量/ μg	U μg·g ⁻¹	Pb μg·g ⁻¹	²⁰⁶ Pb/ ²⁰⁴ Pb		²⁰⁸ Pb/ ²⁰⁶ Pb	²⁰⁶ Pb/ ²³⁸ U	²⁰⁷ Pb/ ²³⁵ U	²⁰⁷ Pb/ ²⁰⁶ Pb	²⁰⁶ Pb/ ²³⁸ U	²⁰⁷ Pb/ ²³⁵ U	²⁰⁷ Pb/ ²⁰⁶ Pb	
锆石特征												
无色透明 长形粒状 小晶体	30	180	11	0.21	53	0.1372	0.02095	0.1380	0.04776	133.7	131.2	87.5

表 2 萨瓦亚顿金锑矿床少金属硫化物石英脉阶段 Rb-Sr 同位素年龄测定结果

Table 2 Rb-Sr data for gold-and polymetallic sulfides-bearing quartz veins from the Sawayaerdun gold-stibium deposit

序号	样号	样品名称	$w(\text{Rb})/\times 10^{-6}$	$w(\text{Sr})/\times 10^{-6}$	$^{87}\text{Rb}/^{86}\text{Sr}$	$^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr} \pm 2\sigma$
1	SD1-3	石英矿流体包裹体	0.1573	2.525	0.1798	0.71668 ± 0.00000
2	SD1-4	石英矿流体包裹体	0.5966	2.116	0.8137	0.71893 ± 0.00001
3	SD1-9	石英矿流体包裹体	0.2968	1.965	0.4358	0.71756 ± 0.00004
4	SD2-2	石英矿流体包裹体	0.26	2.755	0.2723	0.71702 ± 0.00014
6	SD1-8	石英矿流体包裹体	0.6001	1.952	0.8872	0.71915 ± 0.00005

表 3 萨瓦亚顿金锑矿床多金属硫化物含金石英脉阶段石英矿物 Rb-Sr 同位素年龄测定结果

Table 3 Rb-Sr data for gold-bearing quartz veins with little sulfides from the Sawayaerdun gold-stibium deposit

序号	样号	样品名称	$w(\text{Rb})/\times 10^{-6}$	$w(\text{Sr})/\times 10^{-6}$	$^{87}\text{Rb}/^{86}\text{Sr}$	$^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr} \pm 2\sigma$
1	SD4-2	石英矿流体包裹体	0.06701	3.103	0.05646	0.71587 ± 0.00044
2	SD4-3	石英矿流体包裹体	0.05691	2.472	0.06642	0.71590 ± 0.00002
3	SD4-5	石英矿流体包裹体	0.2007	4.285	0.1351	0.71626 ± 0.00004
4	SD4-9	石英矿流体包裹体	0.7402	3.377	0.6326	0.71867 ± 0.00004
5	SD4-11	石英矿流体包裹体	0.3891	3.485	0.3221	0.71717 ± 0.00007

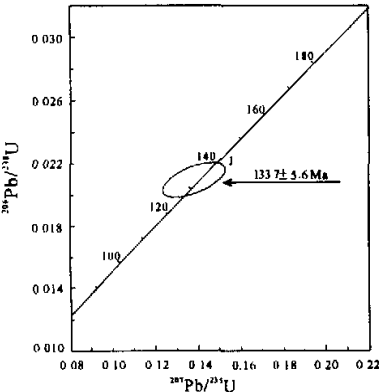


图 3 萨瓦亚顿金锑矿区二长斑岩锆石 U-Pb 同位素年龄谱和图

Fig.3 Concordia plot of zircon U-Pb ages for monzonite from the Sawayaerdun gold-stibium mine

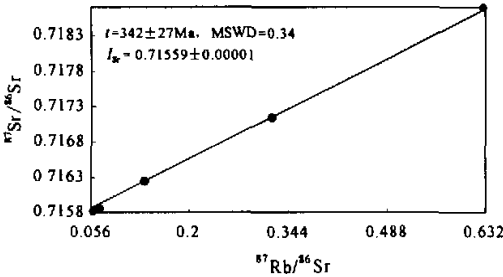


图 5 萨瓦亚顿金锑矿床多金属硫化物含金石英脉 Rb-Sr 等时线

Fig.5 Rb-Sr isochron of gold-and polymetallic sulfides-bearing quartz veins from sawayaerdun gold-stibium mine

3 结论与讨论

3.1 关于赋矿地层时代

萨瓦亚顿金锑矿赋矿地层的时代归属目前认识不一,归纳起来有以下 2 种观点:①郑明华等(2002)根据近年来在矿区出露的地层中找到腕足类、介形虫和珊瑚等化石,认为赋矿地层应属中一晚石炭世;②叶庆同(1999)等根据区域变质作用形成顺地层产出的石英——碳酸盐脉中石英矿物 Rb-Sr 等时线年龄(389 ± 42 Ma),并结合矿区吉尔吉斯坦一侧的地层研究成果,认为赋矿地层为晚志留世。根据上述赋矿地层中多硫化物含金石英脉年龄(342 Ma)老于晚石炭世,且该石英脉明显穿切顺地层产出的石

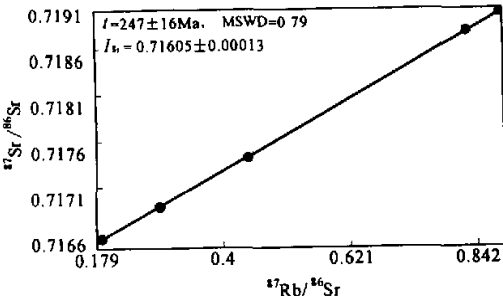


图 4 萨瓦亚顿金锑矿床少金属硫化物石英脉 Rb-Sr 等时线图

Fig.4 Rb-Sr isochron of gold-bearing quartz veins with little sulfides from Sawayaerdun gold-stibium mine

英——碳酸盐脉,认为赋矿地层的时代应大于 342 Ma,即形成于晚石炭世之前。

3.2 关于二长斑岩脉的形成时代

矿区内 IV 号矿脉西侧出露的二长斑岩脉与矿区围岩呈侵入接触,其形成年龄应晚于早石炭世。本次获得二长斑岩中单颗粒锆石 U-Pb 年龄为 133.7~131.0 Ma,且 $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ 和 $^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$ 两组年龄值近于和谐。由此看来,二长斑岩脉自形成以来一直处于化学封闭体系,其锆石 U-Pb 年龄代表岩浆侵位的时间发生在晚侏罗世—早白垩世之间,属燕山中晚期岩浆活动的产物,属成矿后侵位的岩浆岩。

3.3 成矿时代

关于萨瓦亚尔顿金锑矿床的形成时代、期次和成因,前人作过大量研究,如叶庆同等(1998)获得顺地层产出的石英——碳酸岩脉和主成矿期含金石英脉的 Rb-Sr 等时线年龄分别为 389 ± 42 Ma 和 231 ± 10 Ma,据此认为早期不含金石英碳酸盐脉形成于早泥盆世,而主要成矿作用发生在海西晚期—印支早期,矿床类型为热液充填交代型;张寿庭等(1998)通过对构造控矿的研究,认为控矿构造的脉动性或多期、多阶段活动特征相应地决定着成矿的多期、多阶段发育特征;龙训荣等(1998)通过流体包裹体研究,认为萨瓦亚尔顿金锑矿床金的成矿作用是通过大气降水补给的地下水下渗至深部经加热循环并溶滤地层中的矿质,经活化迁移和富集而成矿的。本次测得多金属硫化物和少金属硫物含金石英脉的 Rb-Sr 等时线年龄分别为 342 Ma 和 246 Ma,表明萨瓦亚尔顿金锑成矿作用至少有 2 期:第 1 期发生在石炭纪,第 2 期发生在晚二叠世—早三叠世。含金石英脉的初始 $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ 比值大于 0.710 (0.71607~0.71559),也佐证了成矿流体主要来自大气降水,成矿物质主要来源于地层的认识。

参考文献

- 张寿庭,郑明华,龙训荣等. 1998. 萨瓦亚尔顿穆龙套型金矿床构造控矿特征. 矿床地质, 17(增刊): 961~964.
- 叶庆同,叶锦华. 1998. 新疆萨瓦亚尔顿金锑矿的成矿机制和成因. 矿床地质, 17(增刊): 287~290.
- 叶庆同,吴一平,傅旭杰等. 1999. 西南天山金和有色金属矿床成矿条件和成矿预测. 北京:地质出版社.
- 李华芹,谢才富,常海亮等. 1998. 新疆北部有色贵金属矿床成矿作用年代学. 北京:地质出版社.
- 郑明华,刘家军,阳正熙等. 2002. 新疆萨瓦亚尔顿金矿床成矿的物理化学条件. 矿床地质, 21(增刊): 787~790.
- 龙训荣,郑明华,张寿庭等. 1998. 萨瓦亚尔顿穆龙套型金矿床流体包裹体研究. 矿床地质, 17(增刊): 973~976.

References

- Zhang Shouting, Zheng Minghua, Long Xunrong et al. 1998. Characteristics of ore-control structures in Sawaeryadun gold mine. Mineral Deposits, 17(Sup.): 961~964 (in Chinese with English abstract).
- Ye Qingtong, Ye Jinghua. 1998. Forming mechanism and origin of the Sawaeryadun gold deposit, Xinjiang. Mineral Deposits, 17(Sup.): 287~290 (in Chinese with English abstract).
- Ye Qingtong, Wu Yiping, Fu Xujie et al. 1999. Ore-forming conditions and metallogenic prognosis of gold and nonferrous metallic resources in southwestern tianshan Mountain. Beijing: Geological Publishing House (in Chinese with English abstract).
- Li Huaqin, Xie Caifu, Chang Hailiang et al. 1998. Study on metallogenic chronology of nonferrous and precious metallic ore deposits in Northern Xinjiang, China. Beijing: Geological Publishing House (in Chinese with English abstract).
- K R Ludwig. 1995. Isoplot—a plotting and regression program for radiogenic-isotope data (Version 2.82). United States Geological Survey.
- Zheng Minghua, Liu Jiajun, Yang Zhengxi et al. 2002. Physicochemical conditions of metallogenesis for Sawa'eryadun gold deposit, Xinjiang. Mineral Deposits, 21(Sup.): 787~790 (in Chinese with English abstract).
- Long Xunrong, Zheng Minghua, Zhang Shouting et al. 1998. Study on fluid inclusions of Sawaeryadun gold deposit (in Chinese). Mineral Deposits, 17(Sup.): 973~976 (in Chinese with English abstract).