

黑龙江三道湾子金矿床 同位素年龄对成矿时代的约束

赵天宇¹ 赵海滨² 孙丰月³ 刘俊来⁴

(1.中国地质大学(武汉)地球科学学院,湖北 武汉 430074; 2.黑龙江省第四地质勘察院,黑龙江 哈尔滨 150036;
3.吉林大学地球科学学院,吉林 长春 130061; 4.中国地质大学(北京),北京 100083)

摘要:大兴安岭地区是中国东北地区重要的成矿集中区。近年来在该区又新发现了独具特点三道湾子金矿,金几乎是以碲化物型金存在,并且金的特高品位局部可达几个百分点,为世界所罕见。对切穿含金石英脉的辉绿玢岩进行同位素年代学研究,研究结果表明,三道湾子金矿床附近辉绿玢岩中斜长石样品 $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ 年龄测试结果为 $(115\pm 1.1)\text{Ma}$ ~ $(118\pm 1.2)\text{Ma}$,代表了辉绿玢岩的侵位年龄。并且在矿区 NE 和 NNE 方向分布着两个光华期的火山喷发中心,在火山喷发中心附近发现有较强的硅化和黄铁矿化,从蚀变岩特征看应与三道湾子金矿化是同期蚀变,说明金矿化可能与光华期火山喷发为同期或稍晚。光华组流纹岩中锆石年龄测试结果为 125.3 Ma,代表岩浆喷发时的结晶年龄。三道湾子金矿床的形成应该在光华期火山喷发之后,在辉绿玢岩侵入之前,成矿时代应该在 125.3~115 Ma 的早白垩世,可能更接近于前者。

关键词:三道湾子;金矿床;同位素年代学;黑龙江

中图分类号:P6597^{+.3};P618.51 **文献标志码:**A **文章编号:**1000-3657(2013)04-1202-07

三道湾子金矿位于小兴安岭的西北部与大兴安岭结合处,隶属黑龙江省黑河市管辖,距黑河市约 60 km,是 1999 年在 1:5 万区域地质调查时发现的^①,经过近几年的勘查资源量已达 20 余吨,为一大型金矿床。三道湾子金矿中金几乎全部是以碲化物形式存在^[1],并且局部品位可高达几个百分点,为世界所罕见。矿床被发现以来备受广大学者所关注^[2-10],他们分别从矿床特征、矿床成因、成矿物理化学条件、矿床的物质组成、碲化物的矿物学特征进行了论述,但涉及矿床成矿时代的讨论较少,笔者对切穿含金石英脉的辉绿玢岩进行同位素年代学研究,结合赋矿围岩的同位素年龄,试图讨论三道湾子金矿床的形成时代。

1 地质背景

大兴安岭地区是古生代时期的陆缘增生带,是中国东北地区重要的成矿集中区,区内发现并探明众多大型铜、铅、锌、金等矿床。三道湾子金矿的大地构造位置属兴蒙造山带或古亚洲造山带的东部,兴安地块与松嫩地块的结合部,贺根山—嫩江—黑河深断裂带北端,该断裂是古亚洲洋晚古生代消减闭合的重要的板块拼接带^[14-15],北西邻大兴安岭卧都河晚古生代造山带,南与松嫩地块相接。最新研究显示松嫩地块向兴安地块的俯冲是在奥陶纪就开始了,形成了多宝山岛弧花岗岩^[16],至早石炭世末期碰撞结束,形成了沿黑河—嫩江一带的大型推覆构造

收稿日期:2012-08-27;改回日期:2013-05-27

基金项目:教育部高等学校博士学科点专项科研项目(20110145130001)、地质过程与矿产资源国家重点实验室和国家自然科学基金项目、三道湾子金矿公司科研专项基金联合资助。

作者:赵天宇,男,1990年生,硕士生,古生物学与地层学专业;E-mail:crazyboyuu@126.com。

通讯作者:赵海滨,男,1962年生,教授级高工,从事地质调查和矿产研究工作;E-mail:hb6992@163.com。

①赵海滨,付俊或,李振德,等.新峰等四幅 1:5 万区域地质调查报告.中国地质调查局,2000.

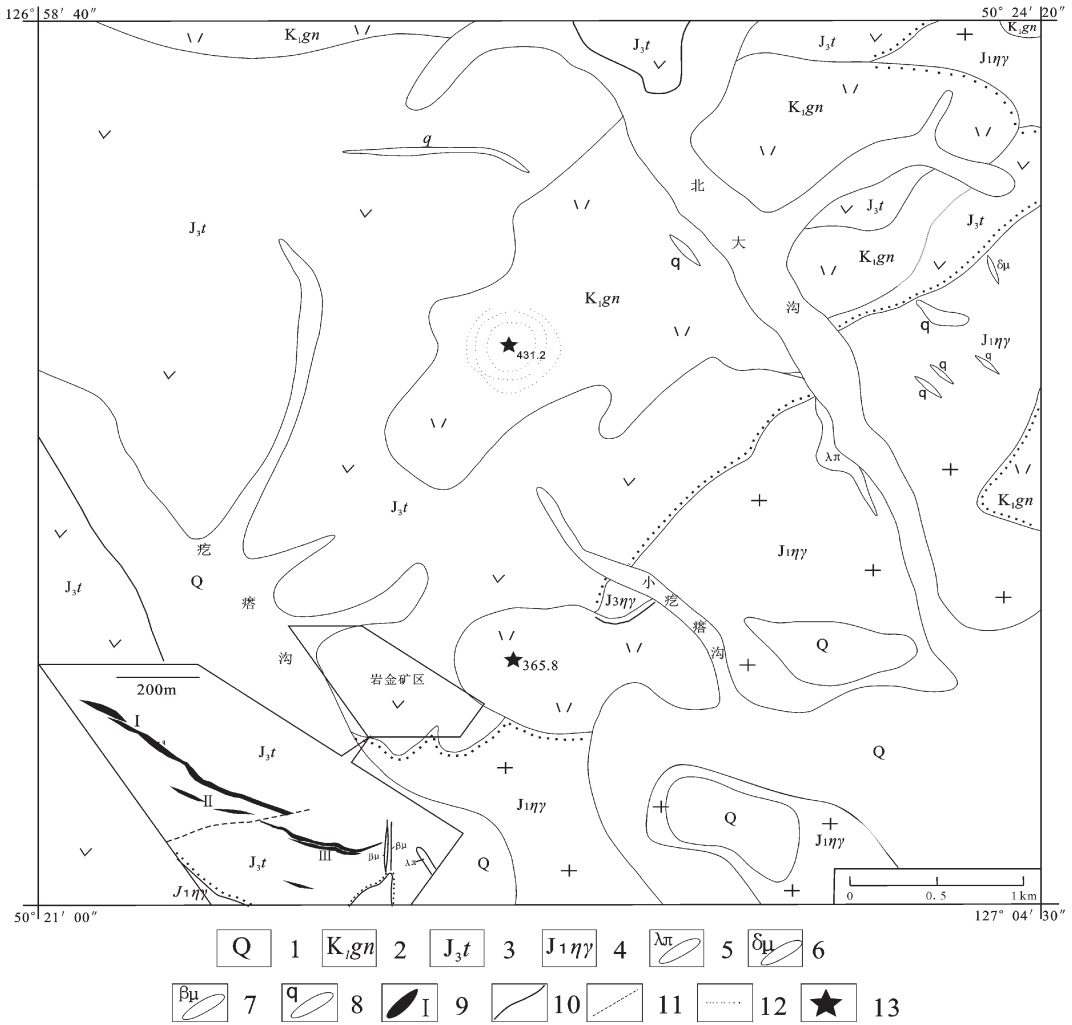


图 1 三道湾子矿床地质图①

1—第四系;2—光华组;3—塔木兰沟组;4—早侏罗世二长花岗岩;5—流纹斑岩;6—闪长玢岩;7—石英脉;8—辉绿玢岩;
9—金矿体;10—地质界线;11—断层;12—相变界线;13—火山喷发中心

Fig.1 Geological sketch map of the Sandaowanzi ore deposit

1—Quaternary; 2—Guanghua Formation; 3— Talinugou Formation; 4—Early Jurassic adamellite; 5—Rhyolite porphyry;
6—Diorite porphyrite; 7—Quartz vein; 8—Diabase porphyrite; 9—Gold ore body; 10—Geological boundary; 11—Fault;
12—Facies change boundary; 13—Volcanic eruption center

带及糜棱岩带, 早—中侏罗世开始大规模的陆内伸展, 形成变质核杂岩^[17-18], 燕山运动形成右行剪切构造并伴有火山活动叠加在早期构造层之上, 这种长期而复杂构造活动造就了区域上大规模的成矿作用。

矿区出露地层主要为侏罗系上统塔木兰沟组粗面安山岩和粗安质火山角砾岩; 白垩系下统光华组, 岩性为流纹质含角砾凝灰岩、火山角砾岩、凝灰岩、英安岩、流纹岩等。塔木兰沟组不整合覆盖于早侏罗世二长花岗岩之上, 又被光华组所覆盖, 该组岩石为

近矿围岩(图 2-a)。岩浆岩为早侏罗世中粒二长花岗岩, 岩石呈肉红色、灰红色, 较为新鲜, 岩石具中粒花岗结构, 块状构造。斜长石主要为更长石, 次为中长石; 钾长石以条纹长石为主, 微斜长石少量; 暗色矿物为铁质黑云母, 角闪石很少。脉岩主要有辉绿玢岩、流纹斑岩和含金石英脉, 脉岩产状一般较陡, 单条岩脉都受断裂构造控制, 充填在裂隙构造中, 多为 NNW 向或近南北向展布。辉绿玢岩切穿石英脉为成矿后脉岩(图 2-a), 产状为 84°∠72°。辉绿玢岩新

①黑龙江省地质调查研究总院齐齐哈尔分院. 黑龙江省黑河市三道湾子岩金矿 I、II 号矿带详查报告[R].2004.

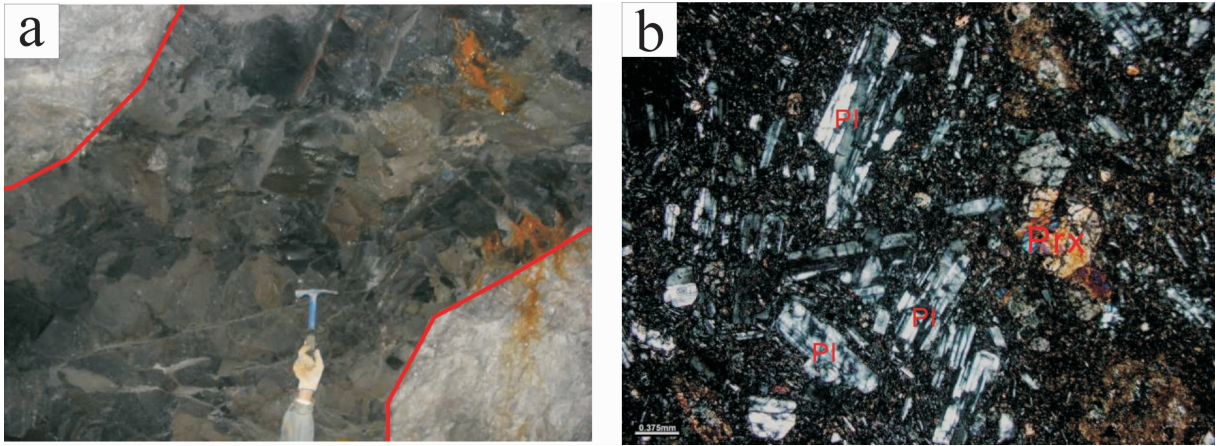


图2 辉绿岩野外及显微照片

a— I_2 矿体中所见辉绿玢岩脉; b—辉绿玢岩显微照片(Pl—斜长石; Prx—辉石)(+)

Fig.2 Field photograph and microphotograph of diabase

a—Diabase-porphyrite in ore body I_2 ; b—Diabase-porphyrite microphotograph(Pl—Plagioclase; Prx—Pyroxene) (+)

鲜面灰黑色,斑状结构,基质辉绿结构。斑晶主要为斜长石和普通辉石,其中斜长石呈长条状,粒径为1~3 mm,发育聚片双晶,占60%,偶见长石发育卡钠复合双晶和环带结构;普通辉石呈短柱状,粒径为0.5~1 mm,占30%,有的发育双晶(图2-b)。三道湾子矿区以NW向断裂为主,NE向次之,含金石英脉受控于NW向断带中,断裂在空间上相距不远,具左行斜列分布特征,长120~560 m,宽1~10 m,NW向构造是导矿和容矿构造。

2 矿床地质特征及矿石特征

矿体赋存于侏罗系上统塔木兰沟组粗安岩、粗安质火山角砾岩中,矿体受NW向张性断裂控制,石英脉为含金载体,次为硅化粗面安山岩。矿体形态以脉状、透镜状为主,沿走向和倾向有膨胀和狭缩,产状总体呈NW—SE走向,倾向为NE,倾角50~80°,NW向侧伏。圈定出I、II、III条矿带,划分出35条矿体。 I_2 号矿体:地表出露长度为212.6 m,最大水平厚度14.30 m,最小0.81 m,平均厚度为6.06 m,厚度变化系数为59%,最大延深520 m。主体倾向NE20°~40°,倾角58°~77°,深部倾角变缓,最小仅有30°,矿体在纵向上呈锯齿状,向西侧伏; I_3 矿体:地表出露长度为255 m,平均厚度3.2 m,最大延深100 m。倾向40°,倾角52°~76.5°。矿体呈不规则脉状,向下矿体呈尖灭趋势。矿体水平厚度最大8.89 m,最小1.19 m; II号矿体:矿脉长210 m,平均

宽0.56 m,矿化类型与I号矿脉相同,产状与I号矿脉基本一致; III_1 矿体:长230 m,平均厚度3.5 m,延深大于60 m。产状:倾向15°,倾角45°~72.5°,矿体呈不规则脉状、透镜状,矿体最大厚度10.2 m,最小1.63 m。

矿石结构主要有粒状结构、交代结构、双晶结构、包含结构、乳滴结构、环带结构,构造有浸染状构造、脉状构造、网脉状构造、梳状构造、晶簇状构造、角砾状构造等。金属矿物以黄铁矿为主,黄铜矿、闪锌矿、方铅矿次之,辉铜矿少见;碲化物普遍存在,金银主要以碲化物形式存在,其中以碲金银矿、针碲金银矿为主,其他包括碲银矿、碲金矿、斜方碲金矿、六方碲银矿等,还有少量的碲铅矿和碲汞矿等。非金属矿物主要有石英,少量长石、高岭石、绢云母、绿泥石、绿帘石和方解石等。围岩蚀变主要见有硅化、黄铁矿化、黄铜矿化、萤石化、绢云母化、高岭土化、绿泥石化、绿帘石化和碳酸盐化。

根据矿物的穿插关系可划分为六个成矿阶段:第一阶段为石英—黄铁矿阶段,早期成矿热液沿构造带充填交代,形成以黄铁矿为主的少量硫化物的石英脉体,为弱金矿化阶段;第二阶段为石英—硫化物多金属阶段,以闪锌矿和方铅矿的共生为主,有少量黄铁矿、黄铜矿、碲银矿、碲金银矿,为弱金矿化阶段;第三阶段以金、银的碲化物矿物共生集合体为特征,多为共生的独立矿物颗粒,连生者较少;第四阶段为碲化物微—细脉阶段,以碲金银矿脉,银的碲化

物脉发育为特征,碲金银矿脉以碲金银矿为主,连生有少量针碲金银矿,银的碲化物脉以六方碲银矿、碲银矿和粒碲银矿的银的碲化物为主;第五阶段是金银碲化物阶段(碲化物脉阶段),是金矿化的富集阶段,碲金矿、斜方碲金矿、碲金银矿、针碲金银矿形成了 10~15 cm 宽的矿脉;第六阶段为自然金阶段,银金矿和自然金存在于碲金银矿裂隙中,以金芽或金脉形态沿碲金银矿裂隙充填。第三、四、五、六阶段是主成矿阶段。

3 分析方法和结果

样品采自未蚀变的辉绿玢岩脉,地理坐标分别为:东经 126°59'50",北纬 50°21'45";东经 127°00'10",北纬 50°21'55"。粉碎后挑选斜长石进行 Ar-Ar 法进行测年,斜长石矿物大小 1~3 mm,长条状,单矿物样品纯度大于 99%。

⁴⁰Ar/³⁹Ar 同位素年代测定是在中国地质科学院地质研究所同位素实验室完成的。用于 ⁴⁰Ar/³⁹Ar 中

子活化测定年龄的样品用超声波清洗,清洗后的样品与用于中子通量监测的标样一起封入石英安瓿中,置于中国原子能科学研究所的“游泳池堆”49—2 核反应堆 H8 孔道内进行中子照射。中子流密度约为 2.65×10¹³n·cm⁻²S⁻¹。照射总时间为 2 883 min,积分中子通量为 4.58×10¹⁸n cm⁻²;同期接受中子照射的还有用做监控样的标准样:ZBH-25 黑云母标样,其标准年龄为(132.7±1.2) Ma,K 含量为 7.6%。

样品的阶段升温加热使用石墨炉,每一个阶段加热 30 min,净化 30 min。质谱分析是在多接收稀有气体质谱仪 Helix MC 上进行的,每个峰值均采集 20 组数据。所有的数据在回归到时间零点值后再进行质量歧视校正、大气氩校正、空白校正和干扰元素同位素校正。中子照射过程中所产生的干扰同位素校正系数通过分析照射过的 K₂SO₄ 和 CaF₂ 来获得,其值为:(³⁶Ar/³⁷Ar_o)_{Ca}=0.000 238 9,(⁴⁰Ar/³⁹Ar)_K=0.004 782,(³⁹Ar/³⁷Ar_o)_{Ca}=0.000 806。³⁷Ar 经过放射性衰变校正;⁴⁰K 衰变常数 λ =5.543×10⁻¹⁰a⁻¹;用

表 1 辉绿玢岩中斜长石 ⁴⁰Ar/³⁹Ar 阶段升温加热分析数据
Table 1 Results of ⁴⁰Ar/³⁹Ar stepwise heating dating of plagioclase from allgovite

t/°C	(⁴⁰ Ar/ ³⁹ Ar) _m	(³⁶ Ar/ ³⁹ Ar) _m	(³⁷ Ar/ ³⁹ Ar) _m	(³⁸ Ar/ ³⁹ Ar) _m	⁴⁰ Ar/%	F	³⁹ Ar / (×10 ⁻¹⁴ mol)	³⁹ Ar(Cum.) /%	Age/Ma	±1 σ /Ma
SDN0.9-B1 斜长石		W=137.98 mg		J=0.009130						
900	471.0599	1.5202	2.9017	0.3106	4.68	22.0926	0.02	0.06	331	77
1000	76.8568	0.2449	12.9165	0.0654	7.03	5.4597	0.15	0.56	87.8	6.7
1100	14.4365	0.0281	3.5558	0.0182	44.17	6.3944	1.02	4.04	102.4	1.6
1200	11.1399	0.0146	3.2923	0.0154	63.43	7.0844	13.70	50.65	113.1	1.1
1240	16.2815	0.0316	3.9168	0.0195	44.29	7.2336	4.83	67.09	115.4	1.1
1280	16.6502	0.0328	4.1727	0.0200	43.59	7.2828	2.13	74.34	116.1	1.2
1340	15.7867	0.0296	4.1666	0.0194	46.44	7.3562	3.07	84.77	117.3	1.2
1400	16.0488	0.0301	4.1115	0.0189	46.45	7.4800	3.47	96.56	119.2	1.2
1450	15.1294	0.0275	3.4327	0.0178	47.84	7.2581	0.71	98.96	115.8	1.2
1500	10.2902	0.0149	0.7709	0.0152	57.75	5.9461	0.31	100.00	95.4	1.8
SD210DB-B1 斜长石		W=153.72 mg		J=0.00913						
700	251.6099	0.8132	3.9474	0.1748	4.60	11.6133	0.02	0.11	182	45
800	78.3872	0.2398	7.0237	0.0598	10.24	8.0716	0.32	1.52	128.3	4.1
900	16.5703	0.0381	16.1114	0.0217	38.83	6.5193	4.03	19.46	104.3	1.1
950	10.2289	0.0149	17.3193	0.0151	68.92	7.1496	3.02	32.89	114.1	1.2
1000	10.9122	0.0160	16.9208	0.0150	67.56	7.4740	2.63	44.62	119.1	1.2
1060	13.2141	0.0241	16.2953	0.0170	54.76	7.3330	2.29	54.81	116.9	1.2
1120	13.1754	0.0232	15.9026	0.0168	56.42	7.5305	1.45	61.27	120.0	1.3
1200	11.7106	0.0169	14.7098	0.0159	66.16	7.8412	1.68	68.77	124.7	1.4
1280	11.4731	0.0161	15.4198	0.0161	68.04	7.9049	1.46	75.29	125.7	1.4
1350	10.5852	0.0140	15.0383	0.0158	70.92	7.5993	1.74	83.02	121.0	1.2
1420	9.5680	0.0119	15.4685	0.0150	74.60	7.2277	1.79	90.99	115.3	1.2
1500	9.3840	0.0122	14.5044	0.0148	72.50	6.8843	1.52	97.77	110.0	1.2
1550	8.9027	0.0139	1.3691	0.0163	55.04	4.9052	0.50	100.00	79.0	2.1

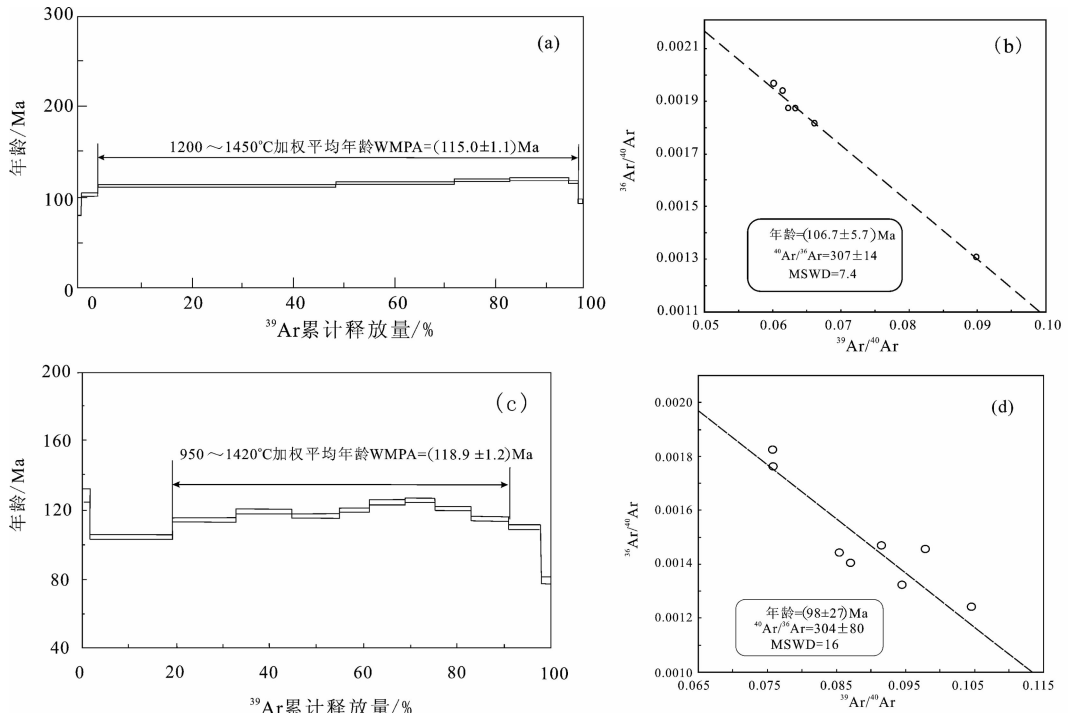


图3 辉绿玢岩中斜长石的 $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ 阶段升温年龄谱图

Fig.3 $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ stepwise heating age spectra of anorthose from diabase porphyrite

Ludwig(2001)^[11]的 ISOPLOT 程序计算坪年龄。坪年龄误差以 2σ 给出。

测试分析从 900~1500 °C,对三道湾子金矿床附近辉绿玢岩中斜长石样品(SDN0.9-B1)进行了 10 个阶段的加热分析(表 1),所获数据构成一条未受明显热事件扰动的 $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ 年龄谱线(图 3-a)。其中,1200~1450 °C 的 6 个阶段组成了一个近似的年龄坪,其加权平均年龄为(115.0±1.1) Ma,等时线年龄(106.5±4.1) Ma(图 3-b),二者在误差范围内是一致的,相当于燕山晚期,基本上代表了辉绿玢岩的侵位年龄。

从 700~1550 °C对三道湾子金矿床附近辉绿玢岩中斜长石样品(SD210DB-B1)进行了 13 个阶段的加热分析(表 1),所获数据构成的 $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ 年龄谱线(图 3-c)。年龄谱中不能获得严格意义上的坪年龄,但 950~1420 °C 8 个阶段组成一个近似的年龄坪,加权平均年龄为 (118.9±1.2) Ma,等时线年龄(98±27) Ma(图 3-d),误差较大,没有意义。

4 讨论及结论

从辉绿岩新鲜未遭受蚀变并切穿含金石英脉来看,金的成矿作用应在辉绿岩之前,上述测年结果

((115±1.1) Ma) 为成矿作用的上限是没有疑问的。在矿区北东和北北东方向分布着两个光化期的火山喷发中心分别是 365.8 高地和 435.2 高地(图 1),笔者在野外调查过程中发现,在火山喷发中心附近发现有较强的硅化和黄铁矿化,从蚀变岩特征看应与三道湾子金矿化是同期蚀变,说明金矿化发生在光化期火山喷发之后。刘俊来 2008 年在矿区北部北大沟矿段光化组新鲜未蚀变的流纹岩中采集了 17 颗锆石,锆石颗粒较粗大,主体介于 100~150 μm ,最大达 300 μm ,多数颗粒呈自形或者半自形状,长短轴比介于 1.5 到 2 之间。一些颗粒细长,轴比达 6。所有颗粒具有岩浆结晶振荡环带,贯穿整个颗粒,但环带型式有所变化 Tu/U 比值介于 0.66 与 1.72 之间,均值为 0.99,主体介于 0.7 与 1.0 之间。所有锆石的加权平均年龄 125.3 Ma^[12],为光化期酸性火山岩浆喷发时的结晶年龄。

综上所述,三道湾子金矿床的形成应该在光化期火山喷发之后,在辉绿玢岩侵入之前,成矿时代应该在 125.3~115 Ma 的早白垩世,从火山活动时限上来看,可能更接近于前者,区域上与逊克县东安金矿床(109.6±1.7)Ma^[19]、乌拉嘎金矿床(108.2±1.2)Ma~(106±1.1) Ma^[20]相近,说明黑龙江省中生代的

成矿作用与中国东部成矿大爆发时代相吻合^[21]。

致谢:感谢审稿专家及王学明副主编对本文提出了许多建设性的意见并对本文进行了细心的修改。

参考文献 (references):

- [1] 陈美勇, 刘俊来, 胡建江, 等. 大兴安岭北段三道湾子碲化物型金矿床的发现及意义[J]. 地质通报, 2008, 24(4):584-587.
Chen Meiyong, Liu Yunlai, Hu Jianjiang, et al. Discovery and geological significance of Sandaowanzi telluride type gold deposit in the northern Daxing'anling, Heilongjiang, China[J]. Geological Bulletin of China, 2008, 27(4):584-587(in Chinese with English abstract).
- [2] 腾宪锋, 王建民, 王翠平, 等. 黑龙江省黑河市三道湾子岩金矿床地质特征[J]. 地质与资源, 2005, 14(4):261-264.
Teng Xianfeng, Wang Jianmin, Wang Cunping, et al. Geological Characteristic of the Sandaowanzi gold deposit in Heihe, Heilongjiang Province [J]. Journal of Precious Metallic Geology, 2005, 14(4):261-264(in Chinese with English abstract).
- [3] 余宇星, 许虹, 吴祥珂, 等. 黑龙江三道湾子金矿 Au-Ag-Te 系列矿物特征及其成矿流体[J]. 岩石学报, 2012, 28(1):345-356.
Yu Yuxing, Xu Hong, Wu Xiangke, et al. Characteristics of the Au-Ag-Te minerals and its ore-forming fluids in Sandaowanzi gold deposit, Heilongjiang Province [J]. Acta Petrologica Sinica, 2012, 28(1):345-356(in Chinese with English abstract).
- [4] 韩思宇, 翟德高, 刘家军, 等. 黑龙江三道湾子碲金矿床物质组成及成因意义[J]. 矿床地质, 2011, 30(5):855-856.
Han Siyu, Zhai Degao, Liu Jiajun, et al. Mineral assemblage of Sandaowanzi tellurium-gold deposit in Heilongjiang Province and its genetic significance[J]. Mineral Deposits, 2011, 30(5):855-856(in Chinese with English abstract).
- [5] 许虹, 余宇星, 高桑, 等. 黑龙江三道湾子金矿一种新的结晶质 Au-Te 化合物[J]. 地质通报, 2011, 30(1):1779-1784.
Xu Hong, Yu Yuxing, Gao Shen, et al. A new crystalline compounds of Au-Te in Sandaowanzi gold deposit, Heilongjiang Province[J]. Geological Bulletin of China, 2011, 30(1):1779-1784 (in Chinese with English abstract).
- [6] 赵胜金, 刘俊来, 白相东, 等. 黑龙江三道湾子碲化物型金矿床流体包裹体及硫同位素研究[J]. 矿床地质, 2010, 29(3):477-478.
Zhao Shengjin, Liu Julai, Bai Xiangdong, et al. Fluid inclusions and sulfur isotopes of Sandaowanzi gold telluride deposit, Heilongjiang Province [J]. Mineral Deposits, 2010, 29 (3):477-478 (in Chinese with English abstract).
- [7] 武子玉, 王洪波, 徐东海, 等. 黑龙江黑河三道湾子金矿床地质地球化学研究[J]. 地质论评, 2005, 51(3):265-267.
Wu Ziyu, Wang Hongbo, Xu Donghai, et al. Geological and geochemical studies of the Sandaowanzi gold deposit, Heihe County, Heilongjiang Province[J]. Geological Review, 2005, 51(3): 265-267(in Chinese with English abstract).
- [8] 吕军, 赵志丹, 曹亚平, 等. 黑龙江三道湾子金矿床地质特征及成因探讨[J]. 中国地质, 2009, 36(5):853-860.
Lv Jun, Zhao Zhidan, Cao Ypin, et al. Geological characteristics and genesis of the Shandaowanzi gold deposit in Heilongjiang Province [J]. Geology in China, 2009, 36 (5):853-860 (in Chinese with English abstract).
- [9] 吕军, 岳邦江, 王建民, 等. 黑河市三道湾子金矿床特征及找矿标志[J]. 地质与资源, 2005, 14(4):256-264.
Lv Jun, Yue Bangjiang, Wang Jianmin, et al. Characteristics and prospecting indicators of the Sandaowanzi gold deposit in Heihe, Heilongjiang Province [J]. Geology and Resources, 2005, 14(4): 256-264(in Chinese with English abstract).
- [10] 吕军, 王建民, 岳邦江, 等. 三道湾子金矿床流体包裹体及稳定同位素地球化学特征[J]. 地质与勘探, 2005, 41(3):32-37.
Lv Jun, Wang Jianmin, Yue Bangjiang, et al. Fluid inclusion and stable isotope geochemistry of Sandaowanzi gold deposit [J]. Geology and Prospecting, 2005, 41 (3):32-37 (in Chinese with English abstract).
- [11] Ludwig K R. Squid 1.02: A User Manual. Berkeley Geochronological Center Special Publication, 2001:219.
- [12] Liu Junlai, Dong Baixiang, Zhao Shenjing, et al. Geology of the Sandaowanzi telluride gold deposit of the northern Great Xing'an Range, NE China: Geochronology and tectonic controls [J]. Journal of Asian Earth Sciences, 2011, 41(2):107-118.
- [13] Zonenshain L P, Kuzmin M I, Kononov M V. Absolute reconstructions of the Paleozoic oceans [J]. Earth Planet Sci. Lett., 1985, 74:103-116.
- [14] 程裕淇, 中国区域地质概论[M]. 北京: 地质出版社, 1994:69-81.
Chen Yuqi, Introduction of Regional Geology of China [M]. Beijing: Geological Publishing House, 1994:69-81 (in Chinese with English abstract).
- [15] 王玉净, 樊志勇. 内蒙古西拉木伦河北部蛇绿岩带中二叠纪放射虫的发现及其地质意义[J]. 古生物学报, 1997, 36(1):58-69.
Wang Yujing, Fan Zhiyong. Discovery of Permian radiolarians in ophiolite belt on northern side of Xar Moron River, Nei Monggol and its geological significance [J]. Acta Palaeontologica sinica, 1997, 36(1):58-69(in Chinese with English abstract).
- [16] 崔根, 王金益, 张景仙. 黑龙江多宝山花岗岩闪长岩的锆石 SHRIMP U-Pb 年龄及其地质意义 [J]. 世界地质, 2008, 27(4): 387-394.
Cui Gen, Wang Jinyi, Zhang Jingxian, et al. U-Pb SHRIMP dating of zircons from Duobaoshan granodiorite in Heilongjiang and its geological significance [J]. Global Geology, 2008, 27(4): 387-394(in Chinese with English abstract).
- [17] 赵海滨, 莫宣学, 徐受民, 等. 黑龙江新开岭变质核杂岩的组成及其演化[J]. 地质科学, 2007, 42(1):176-188.
Zhao Haibin, Mo Xuanxue, Xu Shoumin, et al. Composition and evolution of the Xinkaling metamorphic core complexes in Heilongjiang Province [J]. Chinese Journal of Geology, 2007, 42 (1):176-188(in Chinese with English abstract).
- [18] 梁琛岳, 刘永江, 李伟, 等. 黑龙江嫩江地区科洛杂岩伸展构造特征[J]. 地质通报, 2011, 30(2-3):291-299.

Liang Chenyue, Liu Yongjiang, Li Wei, et al. Characteristics of extensional structure of Keluo complex in Nenjiang area, Heilongjiang, China[J]. Geological Bulletin of China, 2011, 30(2-3): 291-299(in Chinese with English abstract).

[19] 马芳芳, 孙丰月, 李碧乐, 等. 黑龙江东安金矿床锆石 U-Pb 年龄及其地质意义[J]. 地质与资源, 2012, 21(3):277-281.

Ma Fangfang, Sun Fengyue, LI Bile, et al. Zircon U-Pb ages of Dong'an gold deposit in Heilongjiang Province and its geological implication [J]. Geology and Resources, 2012, 21 (3):277-281(in Chinese with English abstract).

[20] 王永彬, 刘建明, 孙守恪, 等. 黑龙江省乌拉嘎金矿赋矿花岗岩闪长斑岩锆石 U-Pb 年龄、岩石成因及其地质意义[J]. 岩石学报,

2012, 28(2):557-570.

Wang yongbin, Liu jianming, Sun shouge, et al. Zircon U-Pb geochronology, petrogenesis and geological implication of ore-bearing granodiorite porphyry in the Wulaga gold deposit, Heilongjiang Province [J]. Acta Petrologica Sinica, 2012, 28(2): 557-570(in Chinese with English abstract).

[21] 华仁民, 毛景文. 试论中国东部中生代成矿大爆发[J]. 矿床地质, 1999, 18(4):300-307.

Hua Renmin, Mao Jingwen. A preliminary discussion on the Mesozoic metallogenic explosion in East China [J]. Mineral Deposits, 1999, 18(4):300-307(in Chinese with English abstract).

Metallogenic epoch of the Sandaowanzi gold deposit in Heilongjiang Province: Constraints from the evidence of isotopic age

ZHAO Tian-yu¹, ZHAO Hai-bin², SUN Feng-yue³, LIU Jun-lai⁴

(1. Faculty of Earth, China University of Geosciences, Wuhan 430074, Hubei, China; 2. Fourth Geological Exploration Institute of Heilongjiang Province, Harbin 150036, Heilongjiang, China; 3. College of Earth Science, Jilin University, Changchun 130061, Jilin, China; 4. Faculty of Earth, China University of Geosciences, Beijing 100083, China)

Abstract: Daxinganling area is an essential metallogenic concentration area in Northeast China. In recent years, the Sandaowanzi gold ore deposit was discovered in this area, and gold exists as telluride. In some local places, the grade of gold has reached several percentage points. The study of isotopic chronology of allgovite which crosscuts the quartz-vein shows that the $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ age of anorhtose is between 115 ± 1.1 Ma and 118 ± 1.2 Ma, which indicates the emplacement age of allgovite. Two volcanic eruption centers of Guanghua period were discovered in the ore district, characterized by strong silicification and pyritization. They have the same age of alteration as the Sandaowanzi gold ore district, which suggests that the gold mineralization took place identical with or later than volcanic eruption of Guanghua period. Zircon age from rhyolite formation of gold is 125.3Ma. Therefore, the formation of the gold deposit should be younger than volcanic eruption of Guanghua period and before the emplacement of allgovite, and hence the metallogenic epoch should be between 125.3Ma and 115Ma.

Key words: Sandaowanzi; gold deposit; isotopic age; Heilongjiang

About the first author: ZHAO Tian-yu, male, born in 1990, master candidate, majors in paleontology and stratigraphy; E-mail: crazyboyyu@126.com.

About the corresponding author: ZHAO Hai-bin, male, born in 1962, senior engineer, engages in geological survey and mineral resources study; E-mail: hb6992@163.com.