

文章编号:0258-7106(2005)01-0044-08

## 云南墨江金厂镍-金矿床镍矿化地质特征及形成时间\*

应汉龙<sup>1</sup>,王登红<sup>2</sup>,刘和林<sup>3</sup>

(1 中国科学院地质与地球物理研究所,北京 100029;2 中国地质科学院矿产资源研究所,北京 100037;

3 云南省地质矿产勘查开发局第二地质大队,云南 文山 653000)

**摘要** 云南墨江金厂镍-金矿床位于北西走向的哀牢山蛇绿混杂岩带,镍矿体分布于金厂超基性岩体接触带附近的北西走向构造破碎带中,含矿围岩主要为上泥盆统金厂组烂山段变余粉砂岩、石英岩和板岩,少数为硅质菱镁岩和蛇纹岩。镍矿体与围岩为过渡关系,多数与金矿体在空间上分离,少数重叠、穿插,镍矿化时间晚于金矿化。镍矿体以强烈铬绢云母化、硅化和黄铁矿化为特征,矿石类型有绿色泥岩稠密浸染状黄铁矿型和石英岩浸染状黄铁矿型两种,含镍0.5%至1.2%。矿石的金属矿物组合为黄铁矿-方硫镍矿-辉砷镍矿-辉锑矿-闪锌矿,镍矿化属于中低温热液矿化。为了了解金厂镍矿化与超基性岩成岩的时间和成因联系,在了解区域超基性岩体形成时代的基础上,测定了两类镍矿体中3个蚀变铬绢云母的<sup>40</sup>Ar/<sup>39</sup>Ar年龄。铬绢云母的<sup>40</sup>Ar/<sup>39</sup>Ar似坪年龄分别为(63.09±0.16) Ma、(62.05±0.14) Ma和(61.55±0.23) Ma,代表镍矿化时间。镍矿化发生于新生代初,比金厂超基性岩侵入晚240 Ma以上,金厂镍-金矿床镍矿体是海西期形成的金厂超基性岩在新生代初受热液淋滤形成的。

**关键词** 地球化学;镍矿化;成矿时代;<sup>40</sup>Ar/<sup>39</sup>Ar定年;铬绢云母;金厂镍-金矿床;云南

**中图分类号**:P618.63;P618.51;P597+.3

**文献标识码**:A

云南墨江金厂镍-金矿床位于哀牢山脉西侧的云南墨江和元江两县交界处、“三江”构造带哀牢山蛇绿混杂岩带金厂超基性岩体与上泥盆统浅变质岩的接触带上,为金、镍共生矿床。该地金矿开采在清代文献中已有记载。1949年以后,有几个地质勘探单位在矿区及其周围地区做过铬铁矿、金矿、镍矿和石棉矿的勘探工作。中国人民解放军00533部队(现名武警黄金部队13支队)于1982年提交了云南省墨江县金厂矿区金矿详细地质勘探报告,探明镍和金的金属量分别为约10800 t和30 t。勘探报告详细描述了镍-金矿床的基本地质特征,分析了成矿元素含量;记述了在矿区北部的双沟铬铁矿中,“绿色水云母”(因为云母呈鲜艳绿色,野外称为绿色水云母)的同位素年龄为112.3 Ma、70.44 Ma和71.14 Ma;镍矿体矿石和黄铁矿的 $\delta^{34}\text{S}$ 平均值为-5.2‰,与超基性岩的 $\delta^{34}\text{S}$ 值(-5.1‰)接近;认为镍的砷硫化物矿床的成因是燕山期中-末期区域酸性岩侵入活动的岩浆期后热液使金厂超基性岩含镍

矿物中的 $\text{Ni}_2\text{SiO}_4$  离解, $\text{Ni}^{2+}$ 与岩浆期后热液中的 $\text{S}^{2-}$ 、 $\text{As}^{2-}$ 反应形成镍的砷硫化物<sup>①</sup>。蒋志(1984)分析了金-镍矿化的地质背景、物质来源和主要过程后,认为金厂镍-金矿床应是古洋壳受溶滤、次生叠加成因矿床,镍和金主要来源于金厂超基性岩体,硫主要来源于基性、超基性岩。张海涛等(1984)同样认为镍和金主要来源于超基性岩。为了确定金矿化的成矿时代,李元(1992)测定了该矿床南部猫鼻梁子矿段1783坑道中铬水云母(铬绢云母)的K-Ar年龄,为(114.64±4.01) Ma;胡云中等(1995)测定了与成矿关系密切的铬水云母(铬绢云母)的K-Ar年龄,为61 Ma;谢桂青等(2004)以富金石英脉中的石英流体包裹体为测定对象,获得Rb-Sr等时线年龄(135±3) Ma。晏祥云(1993)在分析了矿床地质背景、地质特征、围岩蚀变、矿物组合、包裹体温度和硫同位素组成后,认为镍矿由岩浆期后中低温热液作用形成<sup>②</sup>,但是没有说明镍矿化的时代。

上述研究结果表明,墨江金厂镍-金矿床可能为

\* 本研究受国家重点基础研究项目(编号:G1999043203)的资助

第一作者简介 应汉龙,男,1964年出生,副研究员,主要从事矿床学研究。

收稿日期 2004-03-15;改回日期 2004-07-02。

① 武警黄金部队13支队,1982.云南省墨江县金厂矿区金矿详细地质勘探报告。

② 晏祥云,1993.浅析云南省墨江金厂硫化镍矿床成矿条件及其矿床特征.西南矿产地质,(3):26~31.

金厂超基性岩受到热液淋滤,在中生代早白垩世或新生代初形成的,与岩浆和(岩浆)热液镍矿床不同,该类型镍矿床的成矿时间与矿源岩或母岩的形成时间相差大。为了确定墨江镍-金矿床镍矿化比较准确的时间和了解其与金厂超基性岩体的成因联系,在矿床地质特征研究的基础上,测定了镍矿体蚀变矿物铬绢云母的<sup>40</sup>Ar/<sup>39</sup>Ar 年龄。

### 1 地质背景

云南墨江金厂镍-金矿床位于“三江”构造带东侧边缘的哀牢山褶皱带西侧的蛇绿混杂岩带(图 1)。哀牢山褶皱带是中、新生代造山和陆内汇聚阶段形成的复杂构造推覆带,包括红河断裂带、哀牢山断裂

带和九甲-墨江断裂带 3 个复杂的逆冲推覆带,走向北北西,倾向东,倾角大。红河断裂带以东为扬子地块。红河断裂带和哀牢山断裂带之间为下元古界哀牢山群深变质岩带。九甲-墨江断裂带和哀牢山断裂带之间为古生界岩石;西部为构造蛇绿混杂岩带,长 200 多千米,宽几千米到几十千米,北西向展布,由晚泥盆世至早二叠世浅变质的石英杂砂岩、绢云板岩、硅质岩构成的韵律层以及薄层灰岩、含砾板岩和玄武岩层等组成,大小不同的 100 多个超基性岩体沿构造混杂岩带断续发育(王义昭等,2000)。在蛇绿混杂岩带,已勘探老王寨、东瓜岭等大型金矿床和金厂镍-金矿床。九甲-墨江断裂带以西主要为上三叠统一碗水组紫红色砂砾岩;沿该断裂带,上三叠统一碗水组经常呈孤立岩块分布在蛇绿混杂岩中。

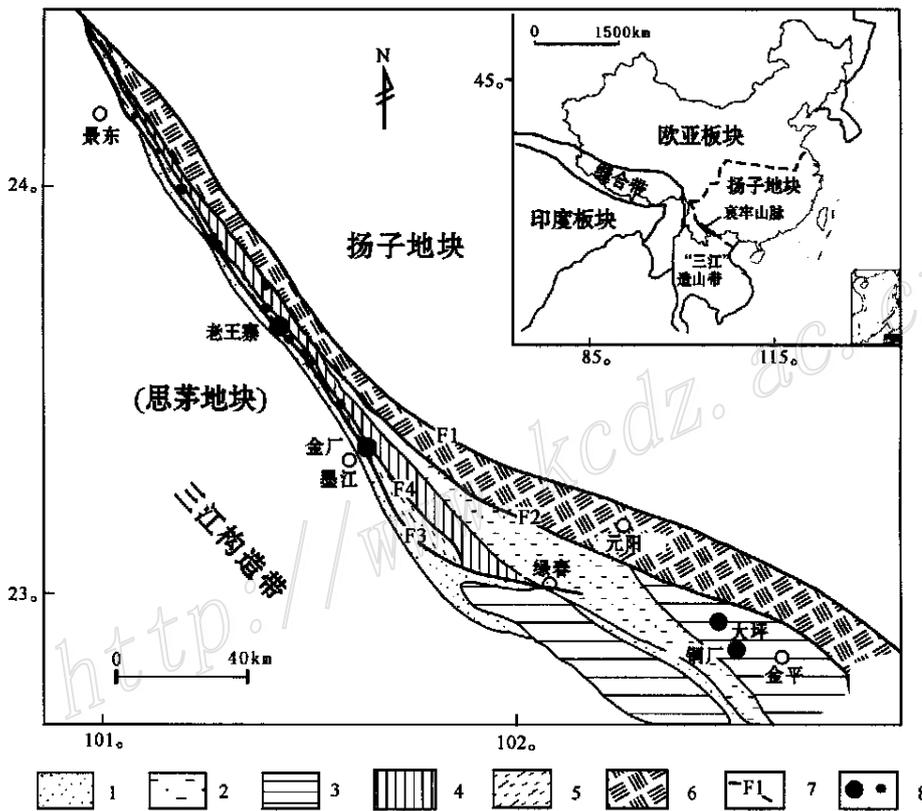


图 1 云南墨江金厂镍-金矿床的构造位置

- 1—上三叠统一碗水组磨拉石堆积;2—三叠系沉积岩覆盖的古生界岩石;3—未变质的古生界岩石;4—弱变质的古生界岩石;5—晚泥盆世至早二叠世蛇绿混杂岩;6—下元古界哀牢山群变质岩;7—区域断裂带及其编号(F1—红河断裂带,F2—哀牢山断裂带,F3—九甲-墨江断裂带,F4—转马路断裂带);8—金(镍)矿床/矿点

Fig.1 The tectonic location of the Jinchang nickel-gold deposit, Mojiang, Yunnan

- 1—Molasses of Upper Triassic Yiwanshui Formation; 2—Paleozoic rocks covered by Triassic sediments; 3—Unmetamorphosed Paleozoic rocks; 4—Weakly metamorphosed Paleozoic rocks; 5—Upper Devonian-Lower Carboniferous ophiolitic melange; 6—Lower Proterozoic Ailaoshan Group; 7—Regional fault zone and its serial number: F1—Honghe, F2—Ailaoshan, F3—Jiujia-Mojiang, F4—Zhuanmalu; 8—Gold (nickel) deposit (ore spot)

墨江镍-金矿床的围岩为上泥盆统金厂岩组(图2)(方维萱等,2001)。金厂矿区地层层序正常(蔡新平等,1999),从下到上分为马呼洞段、四十八两山段和烂山段,分布在金厂岩体西侧。烂山段( $D_3j^3$ )是金、镍矿体的主要赋矿围岩。其中-下部为变余粉砂岩、石英岩夹薄层板岩,石英岩的原岩可能为热水沉积硅质岩(应汉龙等,1999;谢桂青等,2001),形成于大陆边缘与远洋盆地的过渡位置(谢桂青等,2001);其上部为变质砂岩、含砾砂岩夹不稳定的变质凝灰质火山熔岩和火山碎屑岩。四十八两山段为含碳灰色板岩和砂、板岩互层,夹灰色石英岩透镜体,顶部有一层2~5 m厚的绿片岩、凝灰质绿片岩。马呼洞

组底部为稳定的薄层灰岩,中-上部为变砂岩夹千枚状板岩。

金厂超基性岩体为北西走向展布,平面上呈“豆荚状”,中间宽,两端细,出露长度为16 km,宽0.4~1 km。岩石强烈蛇纹石化,边部发育滑镁岩和菱镁岩。原岩可能以斜辉辉橄岩、斜辉橄橄岩为主,为镁质橄橄岩。岩体中、北部发育辉绿岩、辉长岩。金厂镍-金矿床北部双沟蛇绿岩中辉长岩锆石的U-Pb年龄下交点年龄为(362±41) Ma,角闪石 $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ 年龄为(349±13) Ma,斜长花岗岩的U-Pb年龄为(328±16) Ma(简平等,1998),形成于晚泥盆世-早石炭世。金厂岩体中蛇纹石岩的Rb-Sr年龄为(302±7.3) Ma,Sr-Nd年龄为(304±16) Ma,表明金厂超基性岩可能形成于早石炭世(谢桂青等,2001)。矿区西侧发育花岗斑岩(图2),全岩K-Ar年龄为(180.3±1.6) Ma(陈锦荣等,2002)。

金厂矿区为九甲-墨江断裂带通过处,矿区主要断裂构造为北西走向、向南突出的逆冲推覆断裂(李定谋等,1998),金厂超基性岩体和金厂岩组逆冲推覆到上三叠统一碗水组之上,局部发生滑覆作用而形成滑脱构造。

## 2 矿床地质

在金厂镍金矿区共发现了76个镍矿体,分布在南北长约2.5 km,东西宽约300 m的范围内。镍矿体主要分布在金厂超基性岩体与围岩接触带弯曲的部位,围岩主要为烂山段上部石英岩和变余粉砂岩,少数为蛇纹岩、硅质菱镁岩。矿体主要受北西走向断裂带或构造破碎带控制,伴随“绿色水云母”(铬绢云母)化蚀变带,蚀变带的宽度大于矿体的范围。单个镍矿体的规模不大,多为透镜状,走向北西20~40°,倾向北东,倾角20~40°。有绿色泥岩稠密浸染状黄铁矿型和石英岩浸染状黄铁矿型两种矿石类型。前者沿浅变质围岩中的“绿色水云母”化泥片岩层或构造破碎带分布,黄铁矿呈稠密浸染状、斑点状或块状,含镍0.8%~1.2%。后者的含矿围岩为黄铁矿化、硅化和铬绢云母化的石英岩或变余粉砂岩,黄铁矿主要呈细粒浸染状,矿石含镍0.5%~1%。

大部分金、镍矿体在空间上是分离的(图3),少数重叠。镍矿体含有含金石英脉角砾,表明镍矿化可能晚于主要的金矿化;金矿体或矿化带内广泛的浸染状镍矿化和铬绢云母化,是后来叠加上去的;金、镍矿化呈浸染状过渡,其矿化带几乎是重叠的。

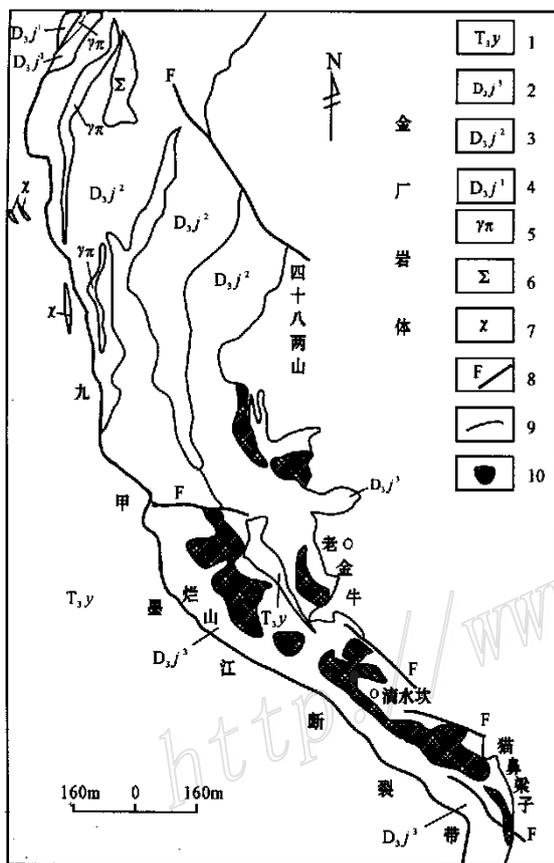


图2 墨江金厂镍-金矿床地质图

1—上三叠统一碗水组;2—金厂岩组烂山段;3—金厂岩组四十八两山段;4—金厂岩组马呼洞段;5—花岗斑岩;6—煌斑岩;7—金厂超基性岩;8—断层;9—地层或岩性界线;10—镍-金矿体分布范围  
Fig.2 Geological map of the Jinchang nickel-gold deposit, Mojiang  
1—Upper Triassic Yiwanshui Formation; 2—Lanshan Member of Jinchang Formation; 3—Sishibaliangshan Member of Jinchang Formation; 4—Mahudong Member of Jinchang Formation; 5—Granite porphyry; 6—Lamprophyry; 7—Jinchang ultrabasic intrusion; 8—Fault; 9—Stratigraphic or lithologic boundary; 10—Areas where nickel and gold orebodies occur

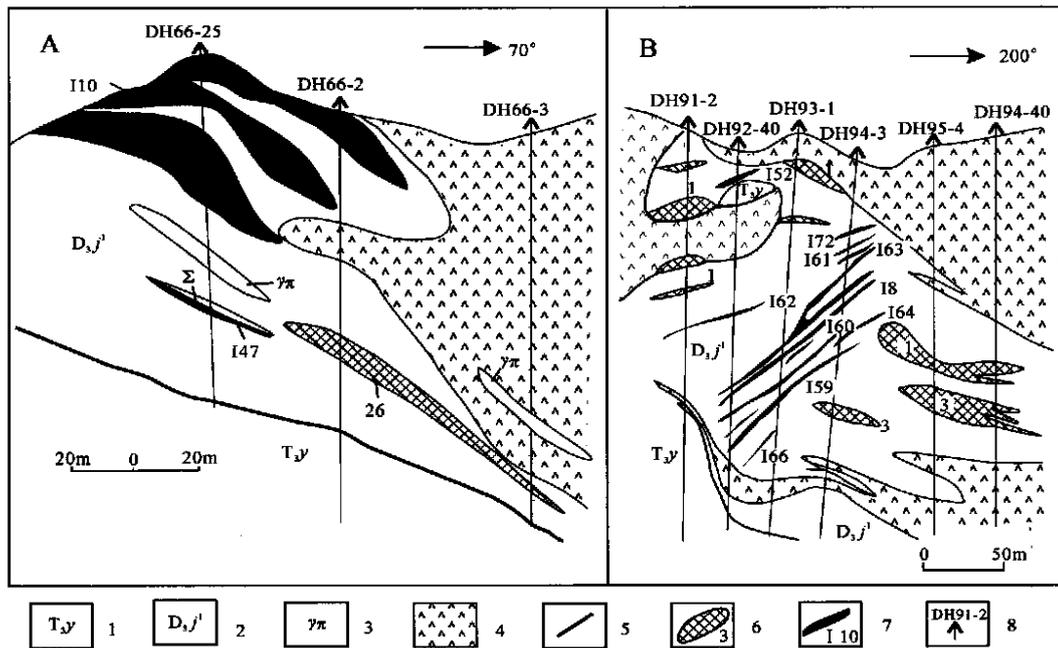


图 3 金厂镍-金矿床剖面图

A—66 勘探线剖面图, B—矿区南端剖面图。1—上三叠统一碗水组 ( $T_3y$ ) ; 2—金厂岩组烂山段灰黑色变余粉砂岩、石英岩夹变质砂岩 ( $D_3j'$ ) ; 3—花岗斑岩 ( $\gamma\pi$ ) ; 4—金厂超基性岩 ( $\Sigma$ ) ; 5—断裂 ; 6—镍矿体及其编号 ; 7—金矿体及其编号 ; 8—钻孔及其编号

Fig. 3 Cross sections of Jincang nickel-gold deposit

A—Cross section along No. 66 exploration line ; B—Cross section at the southern end of the ore district ; 1—Upper Triassic Yiwanshui Formation ( $T_3y$ ) ; 2—Greyish, black blastosiltstone, quartzite interbedded with meta-sandstone ( $D_3j'$ ) ; 3—Granite porphyry ; 4—Jinchang ultra mafic intrusion ( $\Sigma$ ) ; 5—Fault ; 6—Nickel orebody and its serial number ; 7—Gold orebody and its serial number ; 8—Drillhole and its serial number

矿石的金属矿物主要为黄铁矿和辉砷镍矿,含少量针镍矿、方硫镍矿、铈硫镍矿、斜方砷镍矿、白铁矿等。脉石矿物以石英、隐晶硅质、玉髓、绿色云母为主。矿物组合为黄铁矿-方硫镍矿-辉砷镍矿-辉铈矿-闪锌矿。矿石主要为浸染状构造,金属矿物呈稀疏-稠密浸染状分布。矿石中镍的硫化物大部分呈半自形-他形晶粒状结构,少量为自形结构;有少量早期黄铁矿被晚期黄铁矿包围而形成包含结构;黄铁矿和方硫镍矿由固溶体分晶作用形成环带结构;白铁矿交代黄铁矿、辉铈矿交代黄铁矿形成交代(残余)结构。主要含镍矿物主要形成于中低温热液阶段。原生矿物形成的大致顺序为:黄铁矿(I、II)、方硫镍矿→黄铁矿(III)→辉砷镍矿→针镍矿→铈硫镍矿→磁黄铁矿→辉铈矿→白铁矿→闪锌矿,矿物形成顺序无明显界线,具有交叉重叠现象<sup>①</sup>。

### 3 铬绢云母的<sup>40</sup>Ar/<sup>39</sup>Ar定年

金厂镍-金矿床中铬绢云母的粒度大约为

0.0045~0.1 mm,以集合体的形式存在,翠绿色,呈隐晶质-鳞片变晶结构,为水化程度低于伊利石的水云母,属白云母类矿物。其  $Cr_2O_3$  的含量为 0%~11.92%,  $MgO$  的含量为 0.88%~11.41%,  $K_2O$  的含量为 3.23%~8.14% (江永宏等, 2001)。

金厂镍-金矿床中铬绢云母的形成温度低于白云母氩封闭温度 ( $350 \pm 50^\circ C$ ) (McDougall et al., 1998)。此外,白云母受到热搅动时,其中的氩不易扩散丢失 (Dunlap et al., 1991);白云母一般不会吸纳大量的过剩氩 (McDougall et al., 1998)。因为,氩在白云母这类含水矿物中不是以体积扩散机制析出,而主要以去气和其他机制扩散析出 (Hodges et al., 1994),所以,在真空加热测定白云母这样的含水矿物的<sup>40</sup>Ar/<sup>39</sup>Ar年龄时,假定氩为体积扩散行为的坪年龄计算是不合适的。而矿物的似坪年龄(即<sup>40</sup>Ar/<sup>39</sup>Ar年龄谱的平坦部分)可能代表其形成年龄 (Kent et al., 1996)。金厂镍-金矿床中铬绢云母的似坪年龄可以通过每一加热阶段视年龄和释放的

① 武警黄金部队 13 支队, 1982. 云南省墨江县金厂矿区金矿详细地质勘探报告。

$^{39}\text{Ar}$ 量计算得出,那些大于或小于大部分加热阶段年龄的加热阶段的年龄,不参加计算。在上述条件的基础上,为了确定金厂镍-金矿床镍矿化时间,挑选“绿色水云母”(即铬绢云母)做 $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ 定年。

L3、L5和Sh4铬绢云母采自金厂镍-金矿床中部烂山矿段泥岩稠密浸染状黄铁矿型镍矿体和北部四十八两山矿段的石英岩浸染状黄铁矿型镍矿体。在手标本上,样品由铬绢云母、石英和不透明矿物如黄铁矿组成,铬绢云母呈集合体。在显微镜下,铬绢云母薄片与石英共生。样品被破碎到40~80目,经过筛选,用标准重液分选铬绢云母,在双目镜下挑选纯。样品在中国原子能科学研究院49-2反应堆照射,参数见表1。样品测试在中国科学院地质与地球物理研究所Ar-Ar实验室完成,测试样品的重量见表1。关于实验技术请参考有关文献(桑海清,2002)。

测试样品加热分9个阶段,视年龄的误差为 $1\sigma$ (Ma)(表1)。L3、L5和Sh4样品的 $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ 年龄谱基本相似。L3和Sh4铬绢云母样品早加热阶段(第1和第2阶段)和最晚加热阶段(第9加热阶段)出现偏大和偏小的视年龄值;L5样品仅在早加热阶段(第1和第2加热阶段)出现偏大和偏小的视年龄。L3和Sh4样品,其3~8阶段组成良好的似年龄坪,L5样品的3~9阶段组成良好的似年龄坪,析出的 $^{39}\text{Ar}$ 达到88.92%以上。相应的似坪年龄分别为 $(63.09 \pm 0.16)$  Ma、 $(62.05 \pm 0.14)$  Ma和 $(61.55 \pm 0.23)$  Ma(图4a),相应的等时线年龄分别为 $(63.47 \pm 0.11)$  Ma、 $(61.97 \pm 0.09)$  Ma和 $(61.30 \pm 0.10)$  Ma(图4b),两者在误差范围内是一致的。样品L3、L5和Sh4没有明显的氩丢失(图4b)而导致视年龄减小。铬绢云母的 $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ 年龄是可靠的,可以代表金厂镍-金矿床镍矿化的年龄。

表1 墨江金厂镍-金矿床铬绢云母 $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ 年龄测定数据

Table 1  $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$  dating data of "green hydromica" from the Jincang nickel-gold deposit, Mojiang

加热阶段	加热温度/℃	$(^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar})_m$	$(^{36}\text{Ar}/^{39}\text{Ar})_m$	$(^{37}\text{Ar}/^{39}\text{Ar})_m$	$(^{38}\text{Ar}/^{39}\text{Ar})_m$	$^{39}\text{Ar}_K/10^{-12}\text{mol}$	$(^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}_K) \pm 1\sigma$	$^{39}\text{Ar}_K/\%$	视年龄( $t \pm 1\sigma$ ) Ma
L3 铬绢云母(样品质量 $m=0.1041\text{g}$ , 照射参数 $J=0.008335$ )									
1	380	13.755	0.0167	0.90001	0.14114	4.845	$8.887 \pm 0.013$	1.67	$128.93 \pm 2.25$
2	460	3.7579	0.0063	0.21116	0.0468	18.3	$1.883 \pm 0.003$	6.31	$28.10 \pm 0.35$
3	540	5.1194	0.0027	0.10455	0.0228	67.97	$4.295 \pm 0.001$	23.4	$63.46 \pm 0.75$
4	620	4.9453	0.0021	0.0872	0.0203	84.9	$4.279 \pm 0.001$	29.3	$63.24 \pm 0.75$
5	700	5.6046	0.0046	0.11848	0.2488	49.87	$4.216 \pm 0.001$	17.2	$62.32 \pm 0.74$
6	800	5.4139	0.0037	0.13334	0.0357	30.85	$4.290 \pm 0.002$	10.6	$63.39 \pm 0.77$
7	950	6.2739	0.0068	0.19877	0.0472	16.93	$4.248 \pm 0.003$	5.84	$62.78 \pm 0.78$
8	1100	7.7209	0.0116	0.23747	0.05	9.974	$4.292 \pm 0.004$	3.44	$63.42 \pm 0.79$
9	1350	10.172	0.0172	0.25533	0.06245	6.054	$5.095 \pm 0.005$	2.08	$75.04 \pm 0.97$
L5 铬绢云母(样品质量 $m=0.10123\text{g}$ , 照射参数 $J=0.008335$ )									
1	380	13.406	0.159	0.66715	0.15296	5.078	$8.744 \pm 0.014$	1.8	$126.92 \pm 2.33$
2	460	4.4241	0.008	0.27608	0.0575	15.91	$2.061 \pm 0.004$	5.65	$30.74 \pm 0.40$
3	540	4.9686	0.0026	0.0667	0.0208	88.38	$4.190 \pm 0.001$	31.3	$61.94 \pm 0.70$
4	620	5.1356	0.0031	0.0776	0.01918	59.85	$4.200 \pm 0.000$	21.2	$62.08 \pm 0.73$
5	700	5.5428	0.0045	0.0896	0.0237	40.59	$4.176 \pm 0.001$	14.4	$61.73 \pm 0.73$
6	800	5.5555	0.0044	0.11063	0.0277	31.31	$4.228 \pm 0.001$	11.1	$62.49 \pm 0.75$
7	950	5.9302	0.0058	0.14472	0.0366	19.95	$4.203 \pm 0.002$	7.08	$62.13 \pm 0.75$
8	1100	6.875	0.0089	0.22225	0.05267	12.99	$4.240 \pm 0.004$	4.61	$62.66 \pm 0.79$
9	1350	8.75	0.01562	0.21983	0.0734	7.422	$4.146 \pm 0.006$	2.63	$61.30 \pm 0.82$
Sh4 铬绢云母(样品质量 $m=0.0984\text{g}$ , 照射参数 $J=0.008335$ )									
1	400	13.086	0.0131	0.5722	0.11728	5.635	$9.240 \pm 0.011$	2.06	$138.86 \pm 2.10$
2	480	3.7543	0.0068	0.18818	0.0392	18.51	$1.714 \pm 0.003$	6.77	$25.59 \pm 0.31$
3	560	5.0235	0.0028	0.096	0.0214	49.18	$4.169 \pm 0.001$	17.9	$61.63 \pm 0.73$
4	650	4.8939	0.0024	0.0792	0.0206	76.55	$4.157 \pm 0.001$	28	$61.46 \pm 0.73$
5	760	5.1464	0.0033	0.0907	0.0241	55.44	$4.139 \pm 0.001$	20.2	$61.20 \pm 0.73$
6	900	5.8214	0.0057	0.12951	0.0332	32.47	$4.122 \pm 0.002$	11.8	$60.95 \pm 0.73$
7	1050	6.1573	0.0067	0.16622	0.0466	20.64	$4.160 \pm 0.003$	7.55	$61.50 \pm 0.76$
8	1200	7.8536	0.0121	0.30657	0.0919	9.509	$4.268 \pm 0.008$	3.47	$63.07 \pm 0.91$
9	1350	13.175	0.0257	0.39624	0.11802	5.404	$5.613 \pm 0.011$	1.97	$82.49 \pm 1.32$

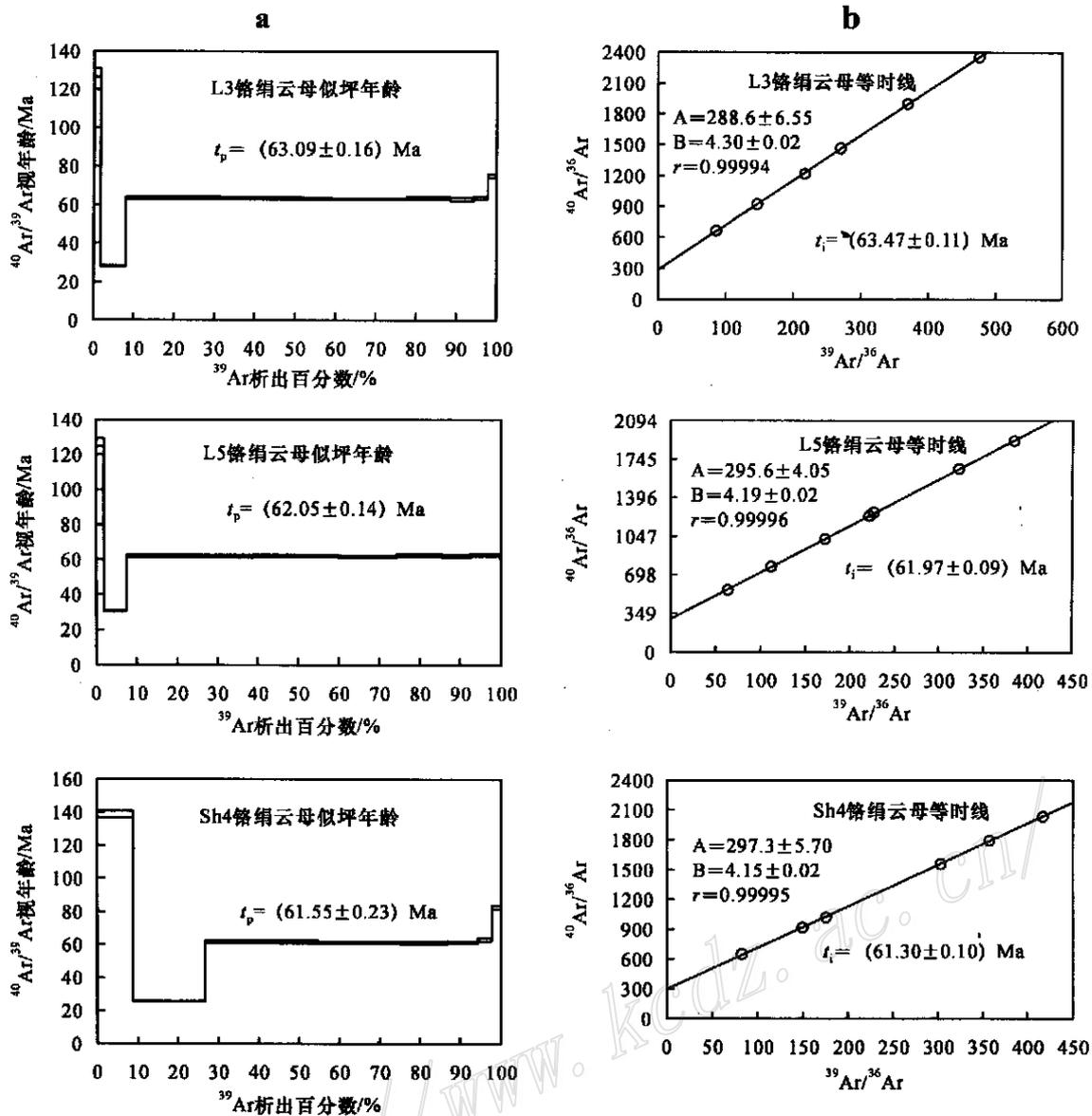


图 4 金厂镍-金矿床绿帘云母的<sup>40</sup>Ar/<sup>39</sup>Ar 阶段加热年龄谱(a)及图 a 中似坪年龄部分(3~8 或 3~9 阶段)的等时线(b)

Fig.4 a. Age spectra of "green hydromicas" from the nickel orebodies in the Jinchang nickel-gold deposit ;

b. Isochrone diagram of plateau-like segments (Step 3~8 or 3~9) in Fig. a

## 5 讨论和结论

本文测定的绿帘云母的<sup>40</sup>Ar/<sup>39</sup>Ar 年龄与胡云中等(1995)所列绿帘云母的 K-Ar 年龄接近,与李元(1992)测定的绿帘云母的 K-Ar 年龄差别较大。

本次测试的样品为金厂镍-金矿床中与镍矿体密切共生的绿帘云母,是镍矿化的热液蚀变形成的,形成时间与镍矿化相近,其年龄可能代表镍矿化的

形成年龄,因此,墨江金厂镍-金矿床的镍矿化形成于新生代初。根据哀牢山蛇绿混杂岩带现有的定年资料(简平等,1998;谢桂青等,2001),镍矿体与金厂超基性岩形成的时间差至少在 240 Ma 以上。金厂镍-金矿床中的镍矿体是大于 300 Ma 的金厂岩体在新生代初受到热液淋滤,镍被淋滤转入流体,与硫、砷等反应,沉淀在岩体接触带附近的断裂带中,形成镍矿化、黄铁矿化、硅化和绿帘云母化等。

虽然,金、镍矿化体的空间关系表明金厂镍-金

矿床中的主要金矿化可能早于镍矿化<sup>①</sup>;金矿体与镍矿体在空间上分离,镍矿体的金含量与镍含量无线性相关关系;矿化带金含量与镍含量0.05水平线性相关(相关系数为0.289)<sup>①</sup>;主要金矿化和镍矿化似乎由不同时期的成矿流体形成。但是,对金、镍矿化的成因关系,金、镍等成矿物质是同一次热液事件中活化形成成矿热液后又分离成矿,还是在不同热液事件中分别活化成矿及其原因,有待研究。

在古洋壳残留体和蛇绿岩中未发现重要的铜镍硫化物矿床(汤中立等,1991)。墨江金厂镍-金矿床镍矿化与超基性岩之间具长达240 Ma的时间差表明,镍可以从固结的超基性岩中淋滤活化,形成与超基性岩浆热液活动无关的热液矿床。哀牢山蛇绿混杂岩带内分布有100多个大小不一的超基性岩体,金厂超基性岩体是迄今唯一已知伴生热液硫镍矿体的岩体。鉴于该构造带在中生代晚期和新生代时期,构造、岩浆和矿化活动强烈,因而,该蛇绿混杂岩带有可能形成其他的后期热液镍矿床。

**致谢** 感谢中国科学院地质与地球物理研究所桑海清和王英兰高级工程师完成了样品测试。

## References

- Cai X P, Xu X W, Zhang B L, et al. 1999. Models of four-dimension on time and space of Jincang gold deposit of Mojiang, western Yunnan [J]. *Mineral Deposits*, 18(1): 55 ~ 61 (in Chinese with English abstract).
- Chen J R, Cui X W, Wu Y H, et al. 2002. Study on the diagenetic and metallogenic age of Jincang gold deposit in Mojiang, Yunnan [J]. *Gold Geology*, 8(1): 1 ~ 5 (in Chinese with English abstract).
- Dunlap J D, Teyssier C, McDougall I, et al. 1991. Ages of deformation from K/Ar and <sup>40</sup>Ar/<sup>39</sup>Ar dating of white mica [J]. *Geology*, 19: 1213 ~ 1216.
- Fang W X, Hu R Z, Xie G Q, et al. 2001. Diagenetic-metallogenic ages of pyritic cherts and their implications in Mojiang nickel-gold deposit in Yunnan Province, China [J]. *Chinese Sci. Bull.*, 46(10): 857 ~ 860 (in Chinese).
- Hodges K V, Hames W E and Bowring S A. 1994. <sup>40</sup>Ar/<sup>39</sup>Ar gradients in micas from high temperature-low-pressure metamorphic terrain: evidence for very slow cooling and implications for the interpretation of age spectra [J]. *Geology*, 22: 55 ~ 58.
- Hu Y Z, Tang S C, et al. 1995. Geology of gold deposit in Ailaoshan [M]. Beijing: Geol. Pub. House. 1 ~ 278 (in Chinese with English abstract).
- Jian P, Wang X F, He L Q, et al. 1998. Geochronology of ophiolitic rocks from the Ailaoshan suture, Yunnan province, southwestern China: implications of Palaeotethyan evolution [J]. *Geology and Mineral Resources of South China*, (1): 1 ~ 11 (in Chinese with English abstract).
- Jiang Y H, Chen G Y, Sun D S, et al. 2001. Classification of chromesericite mineral series from Jincang gold deposit, Yunnan Province and its geological significance [J]. *Geology-Geochemistry*, 29(1): 7 ~ 13 (in Chinese with English abstract).
- Jiang Z. 1984. The geochemical process of the formation of the Jincang gold, nickel deposit [J]. *Geology and Prospecting*, 20(1): 6 ~ 13 (in Chinese).
- Kent A J R and Hagemann S G. 1996. Constraints on the timing of lode-gold mineralization in the Wiluna greenstone belt, Yilgarn Craton, Western Australia [J]. *Aust. J. Earth Sci.*, 43: 573 ~ 588.
- Li D M, Cao Z M, Qing G J, et al. 1998. Gold deposit in Ailaoshan ophiolitic mélange zone [M]. Beijing: Geol. Pub. House. 1 ~ 137 (in Chinese with English abstract).
- Li Y. 1992. Discussion on metallogenic material source of Mojiang gold deposit [J]. *Yunnan Geology*, 11(2): 130 ~ 143 (in Chinese with English abstract).
- McDougall I and Harrison T M. 1988. Geochronology and thermochronology by the <sup>40</sup>Ar/<sup>39</sup>Ar method [M]. Oxford: Oxford University Press.
- Sang H Q. 2002. The application of K-Ar and Ar-Ar isotopic dating technique in modification of RGI0 mass spectrometer [J]. *Journal of Chinese Mass Spectrometry Society*, 23(4): 241 ~ 247 (in Chinese with English abstract).
- Tang Z L and Li W Y. 1991. Studies of metallogenic regularity of nickel sulfide deposit in China and their prospect [J]. *Mineral Deposits*, 10(3): 193 ~ 203 (in Chinese with English abstract).
- Wang Y Z, Li X Z, Duan L L, et al. 2000. Geotectonics and metallogeny in the Nujiang-Lancang-Jinsha rivers area [M]. Beijing: Geol. Pub. House (in Chinese).
- Xie G Q, Hu R Z, Fang W X, et al. 2001. Geochemistry of depositional environment of siliceous rocks from Mojiang gold deposit in Yunnan province [J]. *Geochimica*, 30(5): 491 ~ 497 (in Chinese with English abstract).
- Xie G Q, Hu R Z, Mao J W, et al. 2004. Discussion on metallogenic ages of Mojiang gold deposit in Yunnan Province [J]. *Mineral Deposits*, 23(2): 253 ~ 260 (in Chinese with English abstract).
- Ying H L, Cai X P and Liu B G. 1999. The geochemical characteristics and genesis of auriferous cherts in Mojiang gold deposit, Yunnan province [J]. *Geochimica*, 28(4): 307 ~ 317 (in Chinese with English abstract).
- Zhang H T, Yang J R, Xue D Z, 1984. The hydrothermal type gold deposit in Altered untrabasic rock [J]. *Yunnan Geology*, 8(4): 311 ~ 322 (in Chinese with English abstract).

① 武警黄金部队13支队. 1982. 云南省墨江县金厂矿区金矿详细地质勘探报告.

## 附中文参考文献

- 蔡新平, 徐兴旺, 张宝林, 等. 1999. 滇西墨江金厂金矿床时空四维结构模型[J]. 矿床地质, 18(1): 55~61.
- 陈锦荣, 崔学武, 武玉海, 等. 2002. 云南墨江金厂金矿床成岩成矿年龄研究[J]. 黄金地质, 8(1): 1~5.
- 方维萱, 胡瑞忠, 谢桂青, 等. 2001. 墨江镍金矿床(黄铁矿)硅质岩的成岩成矿时代[J]. 科学通报, 46(10): 857~860.
- 胡云中, 唐尚鹑, 等. 1995. 哀牢山金矿地质[M]. 北京: 地质出版社. 1~278.
- 简平, 汪啸风, 何龙清, 等. 1998. 中国西南哀牢山蛇绿岩同位素地质年代学及大地构造意义[J]. 华南地质与矿产, (1): 1~11.
- 江永宏, 陈光远, 孙岱生, 等. 2001. 云南金厂铬绢云母系列分类与地质意义[J]. 地质地球化学, 29(1): 7~13.
- 蒋志. 1984. 金厂金镍矿床形成的地球化学过程[J]. 地质与勘探, 20(1): 6~13.
- 李定谋, 曹志敏, 覃功炯, 等. 1998. 哀牢山蛇绿混杂岩带金矿床[M]. 北京: 地质出版社. 1~137.
- 李元. 1992. 墨江金矿床的成矿物质来源[J]. 云南地质, 11(2): 130~143.
- 桑海清. 2002. RGA10 质谱计的改进及在 K-Ar、Ar-Ar 同位素定年中的应用[J]. 质谱学报, 23(4): 241~247.
- 汤中立, 李文渊. 1991. 中国硫化镍矿床成矿规律的研究与展望[J]. 矿床地质, 10(3): 193~203.
- 王义昭, 李兴振, 段丽兰, 等. 2000. 三江地区南段大地构造与成矿[M]. 北京: 地质出版社.
- 谢桂青, 胡瑞忠, 方维萱, 等. 2001. 云南墨江金矿床硅质岩沉积环境的地球化学探讨[J]. 地球化学, 30(5): 491~497.
- 谢桂青, 胡瑞忠, 毛景文, 等. 2004. 云南省墨江金矿床成矿时代探讨[J]. 矿床地质, 23(2): 253~260.
- 应汉龙, 蔡新平, 刘秉光. 1999. 云南墨江金矿床含金硅质岩的地球化学特征和成因[J]. 地球化学, 28(4): 307~316.
- 张海涛, 杨家瑞, 薛道政. 1984. 超基性岩蚀变热液型金矿床[J]. 云南地质, 3(4): 311~325.

## Geology and formation time of nickel mineralization in Jinchang nickel-gold deposit, Mojiang, Yunnan

YING Han-long<sup>1</sup>, WANG Deng-hong<sup>2</sup> and LIU He-lin<sup>3</sup>

(1 Institute of Geology and Geophysics, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100029, China; 2 Institute of Mineral Resources, Chinese Academy of Geological Sciences, Beijing 100037, China; 3 No.2 Geological Party, Yunnan Bureau of Geology and Mineral Resource Exploration and Development, Wenshan 653000, Yunnan, China)

### Abstract

The Jinchang nickel-gold deposit is located in the NW-trending Ailaoshan ophiolitic mélange. The nickel orebodies are controlled by the NW-striking fault and fracture zones near the contact zone of the Jinchang ultrabasic intrusion and hosted mainly by blastosiltstone, quartzite and slate of the Lanshan Member of Upper Devonian Jinchang Formation and casually by siliceous pinolite and serpentinite. Grading into country rocks, the nickel orebodies are mostly separated from and subordinately superimposed on or intersecting gold orebodies, suggesting that they are younger than the gold orebodies. Intense "green mica" (Cr-sericite) alteration, silicification and pyritization are closely associated with the nickel ores. Two types of nickel ores are recognized, namely densely pyrite disseminated green mudstone type and pyrite disseminated quartzite type, which contain 0.5%~1.2% nickel. Pyrite-vaesite-gersdorffite-stibnite-sphalerite makes up the metallic mineral assemblage of the nickel ore. The nickel mineralization was formed at medium-low temperature. <sup>40</sup>Ar/<sup>39</sup>Ar plateau-like ages of three nickel mineralization-related chromium sericite samples from two different types of nickel orebodies are (63.09±0.16) Ma, (62.05±0.14) Ma and (61.55±0.23) Ma respectively, which are identical with the time of nickel mineralization. The nickel orebodies were formed at the beginning of Cenozoic and are over 240 Ma younger than the Jinchang ultrabasic intrusion. The late hydrothermal fluids leached the Jinchang ultramafic intrusion and led to the formation of the nickel orebodies in the Jinchang nickel-gold deposit.

**Key words:** geochemistry, nickel deposit, ore-forming epoch, <sup>40</sup>Ar/<sup>39</sup>Ar dating, Cr-sericite, Yunnan