

# 从铷锶同位素特征探讨二道沟金矿床的成因

郭洪中

(中山大学地质学系, 广州 510275)

**摘要** 利用 Rb-Sr 全岩和内部等时线的方法, 研究了辽宁省二道沟金矿区各地质体的形成年龄, 并用获得的初始锶比值, 研究了该矿床的成因, 建立了火山岩、侵入岩、侵入穹窿构造、热源“四位一体”的成矿模式。

**关键词** 内部等时线, 初始锶比值, 金矿床, 成矿模式

**分类号** P571

## 1 二道沟金矿区地质特征及采样对象

辽宁省二道沟金矿床位于华北地台的北缘, 内蒙—兴安地槽的东端, 二级构造单元属于燕辽台褶带。矿区出露的地层主要为晚太古代建平群小塔子沟组黑云斜长片麻岩、斜长角闪片麻岩等, 原岩恢复为一套中基性火山岩系, 它们组成了内蒙地轴的结晶基底。晚古生代—中生代区内岩浆活动十分强烈, 形成了一系列火山—侵入岩体。

区内分布的北东向凌源—北票、建平—马户沟二条深断裂控制着该区的岩浆喷出与侵入活动。二道沟金矿床处于北东向建平—马户沟断裂与北西向北票—金厂沟梁断裂的交汇部位, 是成矿的有利场所。

二道沟金矿成矿作用以沿裂隙充填作用为主, 部分为交代作用形成, 围岩主要为流纹岩及石英闪长岩(图1)。部分矿脉与岩脉共生, 产于同一构造裂隙中。

铷锶同位素测定的对象主要为: 建平群小塔子沟组变质岩(Arjnx)、海西期似斑状花岗岩( $\lambda r_3^1$ ), 中侏罗蓝旗组火山岩(Jr)、石英闪长岩( $\delta_3^2$ )、含金硫化物矿脉, 各地质体的位置及相互关系如图1所示。

## 2 样品处理及同位素测定

Rb-Sr 等时线法是确定矿物岩石年龄的重要方法。但对于成分均一的岩体, 特别是矿床中的矿石, 往往会因为 Rb/Sr 比值差别太小导致拟合出的等时线精度过低, 甚至拟合不出等时线。针对这种问题, 在对二道沟金矿的研究中, 选择 Cavazzini (1988)<sup>[2]</sup> 提出的“内部等时线”法并将样品按照 Rb/Sr 比值的高低进行分组, 一般来说, 富钾矿物如角闪

收稿日期: 1993-04-25

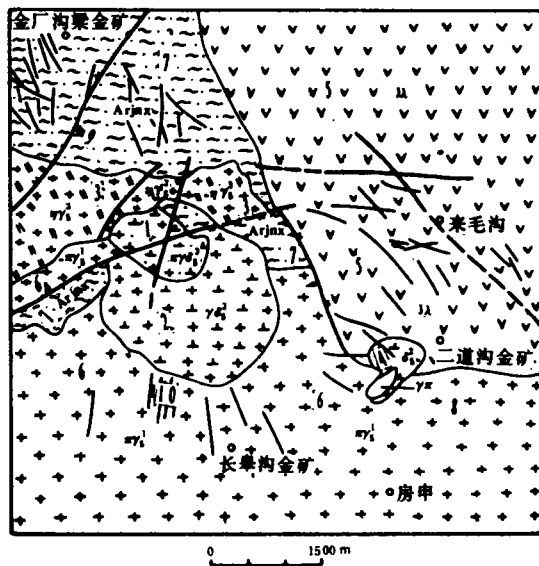


图 1 辽西二道沟金矿地质略图

Fig. 1 Schematic geological map of Erdaogou gold deposit area in western Liaoning province

- 1. 斑状花岗闪长岩; 2. 花岗闪长岩; 3. 片麻状二长花岗岩; 4. 石英闪长岩; 5. 中侏罗蓝旗组火山岩; 6. 似斑状花岗岩; 7. 太古带变质岩; 8. 花岗斑岩脉; 9. 断裂; 10. 矿脉

石、黑云母、钾长石等富铷，而富钙的矿物如斜长石、磷灰石、方解石等富锶，据此将样品分成富铷矿物（组）和富锶矿物（组），并利用 XRF 对 Rb, Sr 含量草测，选择适当的样品，每条等时线 3—4 个点，但有一个点须为全岩样品，表 1 为样品的分组情况及利用 MAT-261 质谱仪对 Rb, Sr 同位素的测定结果。

表 1 二道沟金矿区主要地质体的 Rb-Sr 同位素数据及参数

Tab. 1 Data and parameters of major geological bodies in Erdaogou gold ore district

岩石名称	样品性质	/mg · kg <sup>-1</sup>				
		Rb	Sr	Rb/Sr	<sup>87</sup> Rb/ <sup>86</sup> Sr	<sup>87</sup> Sr/ <sup>86</sup> Sr
蓝旗组 火山岩	流纹岩	170.4	68.9	2.473	7.1613	0.7224
	闪长玢岩脉	83.6	426.2	0.196	0.5673	0.7067
	英安岩	163.7	58.2	2.813	8.1515	0.7265
	流纹英安岩	200.7	38.1	5.268	15.271	0.7389
	正长斑岩脉	135.4	354.9	0.382	1.1036	0.7083
石英闪 长岩	磷灰石	2.746	454.8	0.006	0.0174	0.7058
	斜长石	81.847	705.4	0.116	0.335	0.7066
	黑云母、角闪石	268.35	71.46	3.615	10.866	0.7298
	闪长岩	89.51	627.32	0.143	0.412	0.7070

续表 1

岩石名称	样品性质	Rb	Sr	Rb/Sr	<sup>87</sup> Rb/ <sup>86</sup> Sr	<sup>87</sup> Sr/ <sup>86</sup> Sr
5-1 号 金矿脉	金矿石	31.6	28.2	1.121	3.2498	0.7122
	暗色矿物	13.0	6.2	2.097	5.9816	0.7173
	浅色矿物	38.9	73.2	0.531	1.5358	0.7089
	斜长石	11.53	137.08	0.084	0.2428	0.7067
似斑状 花岗岩	花岗岩	169.7	294.4	0.576	1.668	0.7105
花岗岩	暗色矿物	95.4	185.4	0.515	1.488	0.7100
变质岩	片麻岩	22.78	271.35	0.084	0.2425	0.7087

分析单位：北京铀矿地质研究院

### 3 结果与讨论

二道沟金矿主要成矿围岩和矿体的 Rb-Sr 等时线及各地质体形成年龄如图 2、表 2，可以看出，Rb-Sr 内部等时线的拟合度及相关系数较好，其年龄值与前人的 K-Ar 年龄

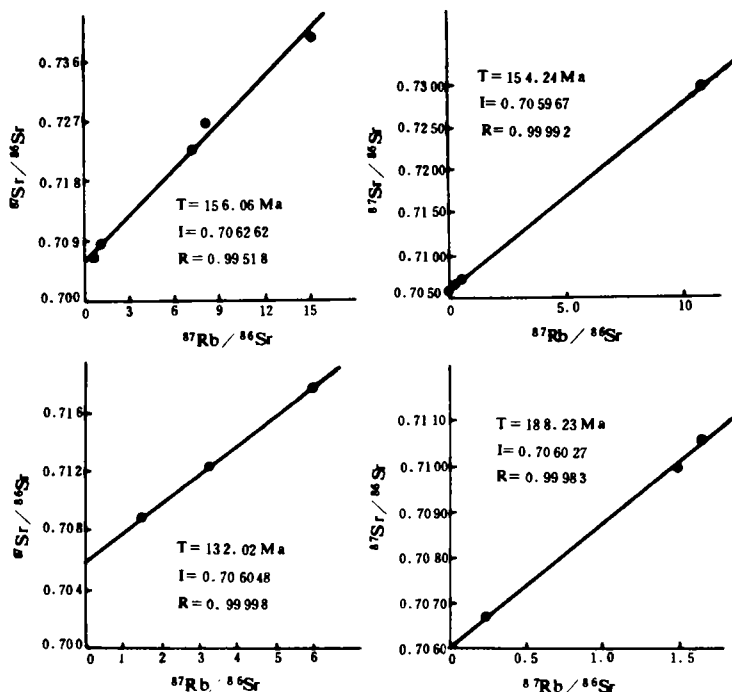


图 2 Rb-Sr 全岩及内部等时线

Fig. 2 Diagram of Rb-Sr whole-rocks and internal isochron

T 代表等时线年龄；I 代表初始铷比值；R 代表相关系数

值吻合，说明其结果可信、准确。区内各地质体的地质地球化学特征简述如下。

基底晚太古代建平群小塔子沟组变质岩 (Arjnx)：主要为片麻岩类，其变质年龄为 25 亿年<sup>1)</sup>，利用 Faure (1986)<sup>(1)</sup>公式求得初始铷比值为 0.7000，200Ma 时的  $I_{sr}$  为 0.7080。稀土总量 REE+Y 为 159.94mg/kg，金的丰度为 7.77ug/kg。关于基底变质岩与区内火成岩的关系，作者已有专文论述<sup>(3)</sup>。

表 2 二道沟金矿区主要地质体的同位素年龄

Tab. 2 The isotopic ages of major geological bodies in Erdaogou deposit area

项目	斑状花岗闪长岩 ( $\pi r \delta_3^3$ )	花岗闪长岩 ( $r \delta_3^3$ )	片麻状二长花岗岩 ( $\pi r_3^3$ )	石英闪长岩 ( $\delta_3^2$ )	蓝旗组火山岩 (J.)	似斑状花岗岩 ( $\pi r_3^1$ )	闪长玢岩脉 (5-1号脉围岩)	5-1号含金硫化物矿脉
K-Ar 年龄/Ma <sup>(3)</sup>	121.5	126.3	127.7	156.8	167.5	187.9	141.7	
Rb-Sr 等时线年龄/Ma <sup>*</sup>				154.24	156.06	188.23		132.02
$I_{sr}$			0.70597	0.70626	0.70603		0.70605	

\* 核工业部铀矿地质研究院测试。火山岩为全岩等时线，余者为内部等时线

似斑状花岗岩 ( $\pi r_3^1$ )：呈岩基产出，是本区最老的岩浆岩，亦是长皋沟金矿的成矿围岩。Rb-Sr 内部等时线年龄为  $188.23 \pm 1.95\text{Ma}$ ， $I_{sr}$  为  $0.706027 \pm 0.0000296$ 。K-Kr 年龄为 187.9Ma， $\sum \text{REE} + \text{Y}$  为 239.46mg/kg，金的丰度值为 6.5ug/kg。

中侏罗统蓝旗组火山岩 (J.)：主要出露于似斑状花岗岩的断陷盆地之中，是二道沟金矿的主要成矿围岩，主要岩石类型为流纹岩、球粒流纹岩、流纹英安岩、英安岩、熔结角砾岩、集块岩等。Rb-Sr 全岩等时线年龄为  $156.06 \pm 17.74\text{Ma}$ ， $I_{sr}$  为  $0.706262 \pm 0.000212$ 。K-Ar 年龄为 167.5Ma， $\sum \text{REE} + \text{Y}$  为 155.07mg/kg，金的丰度为 5.2ug/kg。

石英闪长岩 ( $\delta_3^2$ )：为一椭圆形小岩株，是二道沟金矿部分矿体(脉)的成矿围岩。Rb-Sr 内部等时线年龄为  $154.24 \pm 3.41\text{Ma}$ ， $I_{sr}$  为  $0.705967 \pm 0.0000842$ 。K-Ar 年龄为 156.8Ma， $\sum \text{REE} + \text{Y}$  为 191.36mg/kg，金的丰度值为 6.2ug/kg。

片麻状二长花岗岩 ( $\pi r_3^3$ )：产于对面沟浅成侵入穹窿构造的北侧，位于东对面沟与金厂沟梁之间，近东西向长带状，面积约 4km<sup>2</sup>，岩体边部片麻状构造，K-Ar 年龄为 127.7Ma。

花岗闪长岩 ( $r \delta_3^3$ )：出露于矿区西部的对面沟侵入穹窿构造的中心，近圆形岩株，在内接触带可见早期似斑状花岗岩捕虏体，K-Ar 年龄为 126.3Ma。

斑状花岗闪长岩 ( $\pi r \delta_3^3$ )：出露于花岗闪长岩体的中部，面积约 1km<sup>2</sup>，K-Ar 年龄为

1) 王长秋. 辽宁赤南一带太古代变质杂岩的地质特征和矿物学. 北京: 北京大学, [硕士论文]. 1989

121.5Ma 与花岗闪长岩呈侵入接触关系,是岩浆晚期分异的产物。

含金硫化物矿脉(5-1号脉):主要金属矿物为黄铁矿、闪锌矿、方铅矿、黄铜矿、黝铜矿等,脉石矿物为石英、绢云母、方解石等。多数矿脉与围岩界限明显。Rb-Sr 内部等时线年龄为  $132.02 \pm 1.84\text{Ma}$ ,  $I_{\text{Sr}}$  为  $0.706048 \pm 0.000105$ ,  $\sum \text{REE} + \text{Y}$  为  $40.8\text{mg/kg}$ , 富矿段金的平均品位为  $41.8\text{g/t}$ 。

初始锶比值 ( $I_{\text{Sr}}$ ) 是公认的解决岩石成因最有效的手段之一,由于  $I_{\text{Sr}}$  的“示踪”意义,近年来它同样受到国外许多矿床学家的重视<sup>[1]</sup>。图2及表2中给出了二道沟金矿主要地质体的  $I_{\text{Sr}}$  值,可以看出,该区的火山岩、侵入岩、矿体三者具有几乎相等的初始锶比值  $I_{\text{Sr}}$ ,其值变化在  $0.705967 \sim 0.706262$  之间,与利用 Faure (1986)<sup>[1]</sup> 近似公式求得的 200Ma 时变质岩  $I_{\text{Sr}} = 0.7080$  接近,反映出它们具有相同的物质来源与密切的成因关系。结合上述各地质体的特征和形成年龄,对该区金矿床的成矿机制讨论如下:

王志等(1989)<sup>[3]</sup> 将该区最晚侵入的对面沟斑状花岗闪长岩 ( $\pi\tau\delta_3^2$ ) 小岩株的 K-Ar 年龄 121.5Ma 定为二道沟金矿床的形成年龄,由于他测定的同位素年龄是岩体冷凝固晶的时间,所以不能作为矿床形成的年龄。岩浆的分异演化是在炽热的状态下进行的,一旦高温的气水溶液从岩浆房中分离出来进入到裂隙系统中,由于热液与围岩间存在着十分大的温度梯度,致使气水溶液的温度迅速下降,在“压力障”及“热力障”的共同作用下,成矿物质在适宜的场所沉淀成矿,也就是说,热液从岩浆中分离出来到矿质沉淀成矿所经历的时间极短,利用同位素测定的矿体年龄基本上代表了热液的年龄。利用 Rb-Sr 内部等时线法实测得该矿的成矿年龄为  $132.02 \pm 1.84\text{Ma}$ 。

二道沟金矿的成矿作用,许多学者认为与对面沟斑状花岗闪长岩体 ( $\pi\tau\delta_3^2$ ) 的侵入有关<sup>[3]</sup>,从图1及野外观察可知,该岩体规模小,周围也没有发育有利的成矿构造,难以作为金厂沟梁大型金矿、二道沟中型金矿和长皋沟中小型金矿提供足够的成矿物质和使成矿物质活化的热力。

根据各地质体的形成年龄、初始锶比值,并结合矿体分布规律的分析,成矿作用与该区长期的岩浆侵入、喷出活动有关。从晚三叠纪一早白垩世本区一直处于“热环境”中,这十分有利于热液活动和成矿物质的活化转移。每次的岩浆喷出、侵入事件一方面自身分离出部分含矿热液,另一方面又继承了上次岩浆活动的热液成分,同时在“热动力”的驱动下,也活化了前期火成岩和基底变质岩中的成矿物质。热液以这样的方式经过反复的演化,到了晚期含有足以成矿的成矿物质,对面沟花岗闪长岩体的侵入不仅产生热液叠加、活化了新的成矿物质,更重要的是它侵位时形成的放射状、环状侵入穹窿构造为热液提供了理想的成矿场所。所以空间上矿体均围绕该岩体分布。由于成矿物质主要来源该区长期演化的岩浆,故矿体与火山岩、侵入岩具有几乎相等的  $I_{\text{Sr}}$  值。可见,本区火山岩、侵入岩、侵入穹窿构造、热源构成了典型的“四位一体”成矿模式。

样品测试工作得到了核工业部铀矿地质研究院张贵存、郭虹二位老师的大力帮助,导师李兆麟教授和南京大学王德滋教授、北京大学刘本立教授、魏菊英教授给予作者许多有益的建议与指导,在此谨致谢意。

## 参 考 文 献

- 1 Faure G. Principles of isotope geology. Jhon willy and Sons. 1986. 120~121
- 2 Cavazzini G. Linear correlation between pairs of Rb - Sr isochron ages from coexisting metamorphic micas. Chem Geol (Isot Geosci Sect), 1988, 72: 2~36
- 3 王志, 徐忠勋, 杨福和. 辽定省三道沟金矿地质及成因. 长春地质学院学报, 1989, 19 (3): 287~297
- 4 Barbieri M, et al. Use of strontium isotopes to determine the sources of hydrothermal fluorite and barite from northwestern Sicily (Italy). Chem Geol (Isot Geol Sect), 1987, 66: 273~278
- 5 郭洪中, 张招崇. 辽宁西部火山岩的基本特征. 岩石矿物学, 1992, 11 (3): 193~204

## Using Rb - Sr Isotope Study of the Genesis of the Erdaogou Gold Deposits

*Guo Hongzhong*<sup>\*</sup>

**Abstract** Using Rb - Sr whole - rock and "internal" isochron method to research the ages of major geological bodies in Erdaogou gold deposits and Using the initial  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  ratio to analyze the genesis of deposits. it is found that volcanic rocks, plutonic rocks, intrusive dome structures and thermal - sources are closely related to form a typical metallogenic model "four types in one system."

**Keywords** internal isochron, initial  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  ratio, gold deposits, metallogenic model

---

\* Department of Geology, Zhongshan University, Guangzhou 510275