

次火山岩型金矿床构造物理过程研究

——以内蒙古金厂沟梁金矿为例

王建平 孟宪刚 杨玉东 曲 玮 田晓娟

(中国地质科学院地质力学研究所)

贾洪杰 刘志滨

(内蒙古敖汉旗金厂沟梁金矿)

摘 要 华北克拉通北缘的金厂沟梁金矿产于晚太古宙片麻岩系中, 126.3—121.5Ma 的浅成相斑状花岗岩岩株侵位, 121.7—100.02Ma 在岩株周边的放射状—共轭断裂中, 岩浆热液注入形成脉状金矿。在矿床地质和地球化学背景上, 对成矿过程中的构造样式及构造应力场进行研究, 采用声发射地应力等方法建立了矿田的构造物理模型。6 期构造应力场表明矿床所在基底岩块自 9.1km 深处抬升, 在 3.4km 处小岩株侵位直到剥蚀浮升到地表的过程是与东亚滨太平洋构造成矿域中, 新生代活动密切联系的。

关键词 构造物理 次火山岩 金厂沟梁金矿

0 前言

金厂沟梁金矿床位于内蒙古东部与辽宁省毗邻的赤峰市敖汉旗, 是华北克拉通北缘新太古代花岗—绿岩带中的一个大型脉状金矿床, 自开采砂金矿以来已有 700 多年历史, 1892 年起由官办(国家)矿山开采脉状原生金矿, 1966 年内蒙古第三地质大队开始进行勘探。

涉及金矿床的区域成矿规律研究, 有内蒙古第三地质大队 1982 年完成的内蒙古自治区昭乌达盟南部金及有色金属Ⅲ级成矿区划工作, 其后有北京大学与内蒙古第三地质大队于 1987—1990 年进行的内蒙古自治区赤峰市南部地区原生金矿综合信息与找矿预测研究^[1]。针对该金矿床的专门研究, 当属 1989—1991 年地质力学研究所与金厂沟梁金矿合作完成的内蒙古自治区赤峰市金厂沟梁金矿成矿规律、构造控矿模式及矿脉预测研究^[2]。各家对该金矿床的成因见解比较一致, 认为中生代重熔花岗岩——I 型花岗岩的浅成侵位和火山作用是其影响条件。

1 地质、地球化学背景

1.1 矿床地质

金厂沟梁金矿床位于华北克拉通北缘呈 EW 向的内蒙古地轴东段的努鲁儿虎隆起带上。该隆起带被深断裂围限,呈向 SE 仰冲的透镜状构造岩片。赋矿围岩是晚太古宙片麻岩、混合岩(图 1),南部是中生代花岗岩。其中金厂沟梁岩体为中细粒片麻状花岗岩($\gamma\delta_5^{3-2}$),K-Ar 年龄

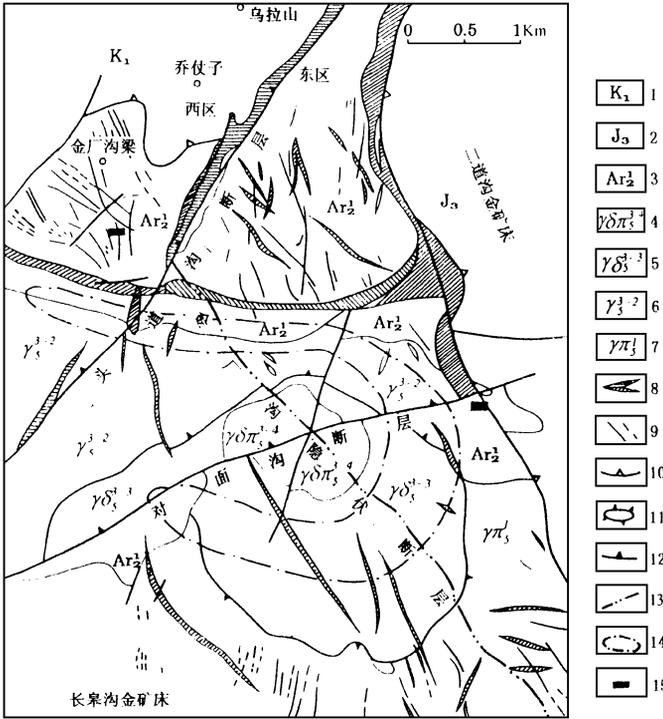


图 1 金厂沟梁金矿床及邻区地质简图

Fig. 1 Geological sketch map of Jinchanggouliang mining area and adjacent area

- 1.早白垩纪火山岩; 2.晚侏罗纪流纹岩; 3.太古宙片麻岩; 4.燕山晚期斑状花岗闪长岩; 5.燕山晚期花岗闪长岩; 6.燕山早期片麻状二长花岗岩; 7.印支期似斑状中细粒花岗岩; 8.各类脉岩; 9.金矿脉; 10.火山岩断陷盆地; 11.对面沟花岗岩穹窿; 12.断层; 13.航磁解译断层; 14.环状 Cu(Mo-Au)矿化带; 15.采样点

135.36Ma; 对面沟岩体外部相为中细粒片麻状花岗闪岩($\gamma\delta_5^{3-2}$), U-Pb 年龄 125.51Ma, K-Ar 年龄 126.3Ma; 对面沟岩体内部相为斑状花岗闪长岩($\gamma\delta_5^{3-4}$), K-Ar 年龄 121.5Ma。据航磁二阶导数分析,岩株状的对面沟岩体在深部向 NE 侧伏,金矿产于侧伏的舌状凸起的尖端。矿床的东部是侏罗纪流纹斑岩夹安山岩、凝灰岩(167.5-135.36Ma)构成的火山岩盆地在上述对面沟花岗岩南侧的印支期岩基(196-187Ma)中,已发现 15 条石英脉型金矿脉,构成小型的长皋沟金矿床;东侧侏罗纪火山岩(167-135Ma)中发现 50 多条蚀变岩型+石英脉型金矿脉,构成中型的二道沟金矿床;北侧的片麻岩残块中即是大型的金厂沟梁金矿床,东西 2 个矿区已发现构造蚀变岩型+石英脉型金矿脉 73 条(图 1)。这些矿脉大体呈放射状由对面沟岩株向外辐射,现有矿脉分布在距岩株 4km 以内的一个外环

上。岩株周边还有一个不完整的环状斑岩型铜、钼、金浸染状矿化带,距岩株 800-1300m。金厂沟梁西矿区金矿脉旁普遍具面状弥漫状硅化、绿泥石化、绢云母化,蚀变富钾矿物测得 K-Ar 年龄变化为 121.71-117.13-100.02Ma。与矿脉相互交截的黑云母粗安岩脉测得 K-Ar 年龄为 120.06Ma,赤峰南部喀喇沁隆起带各金矿点上有与矿化有关的脉岩、小岩株, Rb-Sr 等时线年龄约 120Ma(据陈志勇)。可见本区的金矿是与中生代浅成侵入岩-火山岩有关,并且受到浅成花岗岩株侵位相关的主动式构造所控制。

1.2 矿床地球化学

从区域地质背景已知,金厂沟梁地区的太古宙变质岩和中生代对面沟花岗斑岩的金丰度值分别为 $16.7-19.13 \times 10^{-9}$ 与 $10-42 \times 10^{-9}$ 。据内蒙古第三地质队的资料,黄铁矿、方铅矿中铅同位素组成为 $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}=16.832-17.396$, $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}=15.272-15.697$, $^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}=36.768-37.843$, μ 值在 $8.5-9.3$ 范围,属正常铅增长,表现其来源的一致性。计算出模式年龄为 $650-1365\text{Ma}$ 。根据 A 端元的成分和单段铅演化模式,计算出 A 端元自源区分离出来的时间为 2310Ma 左右,与赋矿围岩太古宙变质岩的成岩年龄接近,表明矿石铅来自基底岩石。据王时麒等资料^[1],对面沟岩体的全岩铅同位素组成为 $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}=17.184-17.899$, $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}=15.291-15.432$, $^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}=37.398-38.080$; 变质岩的全岩铅同位素组成为 $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}=15.960-16.631$, $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}=15.070-15.313$, $^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}=35.827-36.645$ 。他们认为岩体铅、变质铅数值都有相当的变化,表明其物质来源和演化有一定的复杂性;计算出的模式年龄与实际年龄相差较大,表明在非单一的 U-Th-Pb 系统中经多阶段演化;计算得出的 μ 、 k 、 K 值与地球正常值比较, μ 值偏低, k 值偏低, K 值偏高,显示源区具有明显的轴亏损和相对钍富集的地球化学特征;在 Doe 和 Zartman 铅构造演化模式图上,变质铅位于下地壳和上地幔演化曲线附近,而岩体铅多集中在上地幔演化曲线附近,与变质铅有相接性,表明来源于深源,少部分位于上地壳和造山带演化曲线附近,表明来源于浅源。将前述的矿石铅放在同一图上,与变质铅、岩体铅都有相接性,表明本区金矿化与变质岩、花岗岩的密切关系。

矿体石英中的氧同位素 W^8O 介于 $12.4\text{‰}-14.3\text{‰}$ 之间,平均为 13.2‰ ;方解石中 W^8O 介于 $7.33\text{‰}-9.29\text{‰}$ 之间,平均为 8.02‰ ,表明主成矿期和成矿晚期流体的同位素组成比较均一稳定。据张理刚^[3]、郑淑惠^[4]方程计算,石英的 $\text{W}^8\text{O}_{\text{H}_2\text{O}}$ 介于 $4.94\text{‰}-8.00\text{‰}$ 之间,平均为 5.9‰ ;方解石的 $\text{W}^8\text{O}_{\text{H}_2\text{O}}$ 介于 $-1.0\text{‰}-1.85\text{‰}$ 之间;成矿流体的氢同位素由石英包裹体中的水测得 W^8D 值介于 $-154\text{‰}-101.96\text{‰}$ 之间。可见主成矿期成矿流体与本区岩浆水基本一致,唯氧同位素稍低。晚期阶段同位素组成变化 $\text{W}^8\text{O}_{\text{H}_2\text{O}}$ 低很多,反映有雨水的加入;氢同位素与本区岩浆水基本一致,都比一般岩浆水贫氘。通过本区的变质水、岩浆水和矿液水的氢氧同位素组成综合图解,三者基本投影在相同的不大区域,反映它们的密切关系。

矿床的矿石中硫同位素资料^[5] $\text{W}^{34}\text{S}=-9.14\text{‰}-1.508\text{‰}$,变化范围大于 10‰ , $\text{XW}^{34}\text{S}=-0.631$,数据接近同熔型岩浆热液金矿床,又有变质热液金矿床特点。由 W^{34}S 塔式效应图反映出正态分布,高值区在 $-2\text{‰}-2\text{‰}$ 之间,显示硫源以岩浆热液为主。

将矿床附近的变质岩、岩浆岩和矿石、蚀变岩的稀土元素配分模式图^[1]进行对比,有以下特征: a) 蚀变围岩与变质岩配分模式类似,但轻稀土较低,重稀土较高,因而曲线变得较平缓。这是由于蚀变矿物绢云母晶格对轻稀土的排斥性和对重稀土容纳性有关^[6]; b) 本区矿石稀土总量很低,但配分模式基本也是轻稀土富集型。与岩体类似,总体右倾,重稀土平直的样品反映了蚀变围岩相同的变化。轻稀土配分曲线的类似,表明成矿物质来源的继承关系。

1.3 矿床成因

金厂沟梁金矿地质与地球化学特征,均表明矿床赋存在变质的花岗-绿岩中,成矿热液来自中生代花岗质浅成次火山岩。于是,关于对面沟花岗斑岩体和相邻的辽西地区火山岩成因问题就值得注意了。辽西区中生代火山岩的初始铈比值在玄武安山岩中为 $0.70474-0.70875$,安山岩为 $0.70496-0.7095$,粗安岩 0.70737 ,英安岩 0.7076 ,流纹岩 $0.7088-0.7199$ (王春来,1985),变化范围较大。在 Faure 和 Powell 的地幔和地壳中铈同位素演化图上投影点落在玄武岩区上限和大陆壳增长线以及它们之间的区域。对面沟岩体的初始铈比值有 $0.704-$

0.708(刘刚,未发表)和 0.7075-0.7111^[1]两组,其投影点落于玄武岩源区以及大陆壳增长线之下近玄武岩源区的位置。根据中国东部大陆中生代时期的陆内造山作用特点^[7],对面沟岩体是中生代燕山运动后期,随中国东部大规模构造-岩浆-成矿作用而侵位的。我们认为,这是与东边 1500km 的日本海沟外侧大洋岩石圈向西俯冲的远程效应有关。大洋岩石圈俯冲后,在大陆岩石圈下展开并逐渐消减的过程中,有局部熔融体上升与上覆地壳同化混染,使地壳岩石中放射性成因铀进入母岩浆,形成比地幔铀初始值高一些的花岗岩及火山岩类,或是在陆缘构造体制的强大应力远程效应下,中国东部古生代时厚达 200-300km 的岩石圈根 (craton lithosphere root)^[8]发生拆层作用 (delamination)^[9],其上地幔原地熔融形成母岩浆;也可能是原地的地壳早期具地幔特征铀初始比的绿岩型基底变质岩系,在中生代大陆活化过程中重熔形成母岩浆。在后两种可能条件下的母岩浆即可循前述过程形成对面沟岩体,并衍生出与次火山型花岗岩株热液有关的金厂沟梁等金矿床 (图 2)。

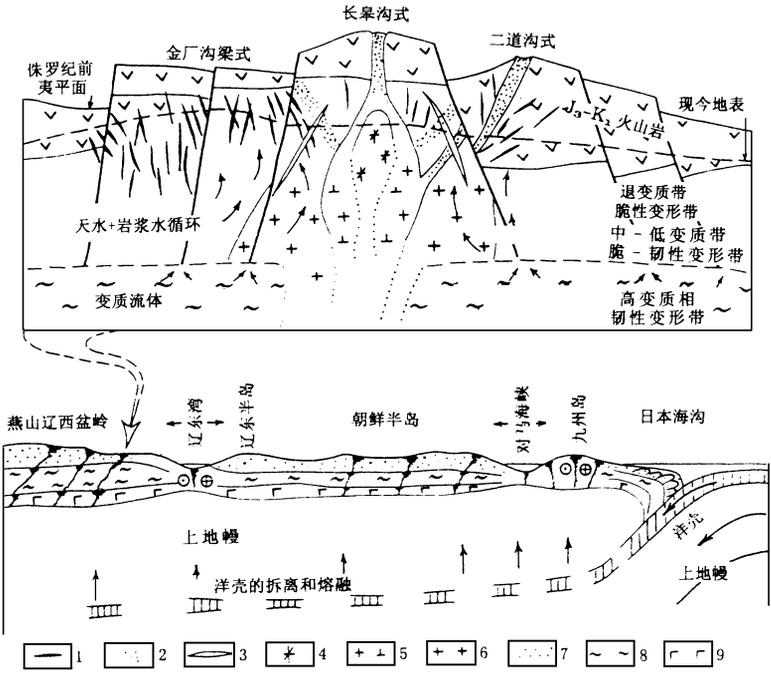


图 2 金厂沟梁金矿床成因模式

Fig. 2 Model of gold mineralization in Jinchanggouliang

1. 脆性断裂中的金矿脉; 2. 斑岩型 Cu(Co-Au)矿化; 3. 晚期中酸性岩脉; 4. 斑状花岗闪长岩;
5. 中细粒花岗闪长岩; 6. 中粒似斑状花岗岩; 7. 上地壳; 8. 中地壳; 9. 下地壳

2 构造物理

对产于太古代变质岩中的脉型金矿,通过揭示其矿质来源及矿床成因,我们认识了中生代花岗岩在成矿和控矿方面的重要作用。进一步研究矿脉充填的断裂裂隙生成的构造物理条件,判定矿脉开采价值进行矿脉预测是经济地质所重视的问题

2.1 探矿断裂的动力学

在金厂沟梁金矿床(指西矿区)的坑道中,对围岩片麻理(S₀)与成矿期断裂有关的片理

(S) 片理面和控矿断层面的拉伸线理 (LA) 作费希尔统计 (表 1) 求出 N 个样本的平均倾向 D 平均倾角 I 95% 置信椭圆半径 T_{95} 可信度 K 同时在主要容矿断裂近旁的绿泥石化角闪斜长片麻岩定向标本中, 用 X 光测角法制作石英 (10 $\bar{1}0$) 晶面极图, 再换成光轴极图^[10], 得出光轴环带 m 和光轴极密 g 矿脉各处的岩石组构主要用作断裂的运动学分析。取极密和倾斜大于 60° 的环带极点 $C_v(m+g)$ 进行统计列于表 1 表中片麻理平均倾向被认为是本区早期塑性变形阶段正应力方向, 另几项构造要素则认为是主成矿期应力应变的产物, 而成矿前的构造体制应当是 NW 走向的金厂沟隐伏断裂和对面沟花岗岩侵位时的主动膨胀应力。成矿前期即是受区域扭动影响, 而偏离对面沟花岗岩中心的正应力, 可用西矿区两组共轭断裂求锐角平分线得出其方位。成矿后本区发生一系列 NE 向正断层, 是区域盆岭构造显露时期^①。矿区最大主应力方位通过有代表性的 11 对共轭节理分别求 $\sigma_1, \sigma_2, \sigma_3$ 统计得出。至于近代的应力状态, 则是通过邻近的北票煤矿地区震源机制求出 (表 2)。可见矿床范围经过复杂的动力学历史, 其主应力方位在成矿前后发生折返。

表 1 某些构造要素的统计

Table 1 The statistical character of some structural elements

| 样本 | N | $D(^{\circ})$ | $I(^{\circ})$ | T_{95} | K |
|------------|-----|---------------|---------------|----------|-------|
| So | 19 | 199.29 | 70.57 | 7.34 | 21.91 |
| S | 35 | 109.40 | 83.24 | 6.12 | 16.67 |
| LA | 40 | 161.38 | 54.59 | 11.63 | 5.20 |
| $C_v(m+g)$ | 46 | 7.62 | 82.73 | 8.35 | 7.32 |

表 2 金厂沟梁地区地质构造的动力学历史

Table 2 The dynamics history of geological structure in Jinchanggouliang area

| 期次 | 构造特征事件 | 最大主应力方位 | 主要根据 |
|------|---------|---------------------------------|------------|
| 早期 | 塑性变形 | $19^{\circ}-199^{\circ}$ | 片麻理 So |
| 成矿前 | 脆性变形 | $320^{\circ}-140^{\circ}$ | 金厂沟隐伏断层 |
| 成矿前期 | 控矿断裂 | $341.25^{\circ}-161.25^{\circ}$ | 两组矿脉锐角平分线 |
| 成矿后期 | 二次成矿 | $341.38^{\circ}-161.38^{\circ}$ | 片理、擦痕线理、岩组 |
| 成矿后 | NE 向正断层 | $35.5^{\circ}-215.5^{\circ}$ | 共轭节理解 |
| 现今 | 地震、新构造 | $70.5^{\circ}-250.5^{\circ}$ | 震源机制解 |

2.2 构造样式与构造应力场

矿田中的已知矿脉所在断裂大体可分为近 SN 和 NW 向两组, 在平面上互相交截, 具有透镜体趋势和菱形格子状样式。在剖面上是陡倾斜侧列的, 同方向组之间和两个方向组之间的矿脉也互相交截。这些矿脉向深部或向 SE, 有收敛密集趋势。这与它们位于金厂沟隐伏断裂 NW 尾端应力消散处有关。在应力达临界强度情况下, 两组剪切断裂出现的条件可能是近于均等的^[11], 并且在尾端近处密集发生, 远处稀疏消失。以 5 中段水平 (海拔 530m) 为例, 说明这种共轭的压扭性断裂组合样式是怎样在外力作用方式变化后趋向透镜体化的 (图 3)。运动学程式分析出断裂的若干偏张性地段, 正好是矿脉变宽、品位变富的地段, 而且矿石和近矿围岩结构

① 王建平、陈洪新, 燕辽山地的构造区带及动力学分析。大陆构造学术讨论会论文摘要, 北京: 1994 148-149

构造都有相应的变化

控矿断裂网络系统的发育过程至少反映着成矿期和成矿后两期构造应力场的作用。为进行成矿期应力场有限单元法模拟,也为了推算成矿深度,需要判别历史应力值。如表 3 所示,我

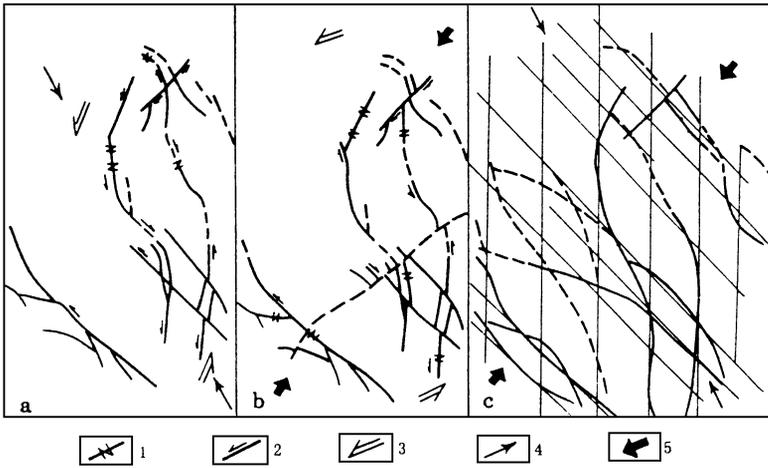


图 3 控矿断裂运动程式和断裂网络模式

Fig. 3 Sketch showing movement pattern of ore-controlling faults and fault network model

1. 偏张性断层段; 2. 断层两盘相对扭动方向; 3. 井田外围扭动方向; 4. 早期主压应力方向; 5. 晚期主压应力方向

a. 早期; b. 晚期; c. 断裂网络模式

们采用了透射电镜下统计脉旁围岩中石英晶格位借密度法 (M. Cormick, 1977), 脉内晚期自形石英中的包裹体测压法 (何知礼, 1982), 并且主要实验了声发射 (Acoustic emission) 方法^[12-13], 以及丁氏发现抹录不净效应后进行的 AE 历史地应力测量技术^[14-15]。在 8 类岩石的物理学参数测量基础上, 选 4 种围岩和矿石的 28 个试件做三轴压力试验的应力-应变全过程曲线, 而后进行 AE 现今应力、历史应力估测, 共得到 5 种岩类 9 个测点的 5 期应力均值。再据王连捷等^[16]归纳的中国地应力测量结果得到的经验公式:

$$\text{最大水平主应力 } \sigma_1 = 7.36 + 0.0225H (\text{MPa})$$

$$\text{最小水平主应力 } \sigma_3 = 3.51 + 0.0167H (\text{MPa})$$

$$\text{最大剪应力 } f_{\max} = 1.93 + 0.00293H (\text{MPa})$$

$$\text{铅直应力 } \sigma_2 = \sigma_3 = 0.21H (\text{MPa})$$

计算得出表 3 所列的矿床 7 中段 (540m) 在历史阶段中所处深度

表 3 金厂沟梁地区地应力变化历史

Table 3 Crustal stress data in Jinchanggouliang area

| 期次 | 地质事件 | 最大水平主应力 | 对应深度 | 主要依据 |
|------|----------|------------------|--------------|--|
| | | σ_1 (MPa) | H (m) | |
| 早期 | 准塑性变形 | 214.3 | 9198 | TEM 法 $\sigma_1 - \sigma_3 = 57.1 \text{ MPa}$ |
| 成矿前 | 脆性破裂 | 101.97 | 4204 | AE 法 |
| 成矿前期 | 对面沟岩株侵位 | 84.06 | 3408 | AE 法 |
| 成矿后期 | 黑云粗安岩侵入 | 67.33 | 2665 | AE 法 |
| 成矿后 | NE 向正断层 | 42.49 | 1561- 1665.5 | AE 法, 包裹体蒸气压 13.35 MPa |
| 现今 | 新构造阶梯状陷落 | 17.61 | 455- 766 | AE 法, 包裹体蒸气压 6.8 MPa |

2.3 矿田的构造物理过程

我们在紧靠对面沟岩体的太古宙片麻岩残块上采集对比用的声发射样品(图1),在图4中将测量结果与西矿区进行对比。火山岩、矿化期脉岩都缺少片麻岩所记忆的最早期的历史应力。将两地的片麻岩的4期历史应力和现今应力对比,结合本区成岩成矿过程中的构造历史,总结出次火山岩矿田的6个阶段的构造物理过程如下^① [17]:

135-176Ma, J₁-K_{1y}(义县期)。区域NE向断层左旋扭动,中间岩浆房在6870m深处压力增大,对面沟岩株位置成为中央火山通道,东侧二道沟一带有数个寄生火山口,出现强烈的喷发、溢流火山活动,早期酸性、中酸性脉岩侵入。中央火山口地带岩块相对外围上升851m;

125-126Ma, K_{1jf}(九佛堂早期) 区域构造强烈左旋扭扭,中心带相对上升282m 对面沟岩株边缘相侵位呈气球膨胀状,周边主动构造锥状断裂出现;

121.5Ma, K_{1jf}(九佛堂晚期)。岩株内部相侵位,沿不完整锥状构造发生斑岩型 Au Cu Mo 矿化,脉型金矿在锥状和放射状断层中发育。以上两阶段岩株所在中心带上升744m;

120-100Ma, K_{1f}(阜新期),对面沟岩株侵位完成阶段 岩浆房膨胀中心升至4060m深处,随着喷气作用及脉型金矿充填过程的结束,该中心转变成负压,中心地带下降159m 环状断层发生,并充填晚期酸性、中酸性和中基性脉岩;

65-95Ma, K₂(晚白垩纪) 在4km深的岩浆房持续收缩,维持负压。由于岩株附近中心地带下降,天水渗入参予热液循环,造成金矿浅部的次生富集带。区域主压应力由NW转成NE方向,NE方向断裂成张性,矿田所在的辽西至燕山地区发育伸展构造成为盆岭构造区;

65-0Ma, K_z(新生代) 喜马拉雅运动陆内伸展造山期。主压应力转为NEE方向,一系列NE向阶梯状正断层组合使矿田中心地带急剧上升1455m,金厂沟梁金矿床东矿区遭受强烈剥蚀

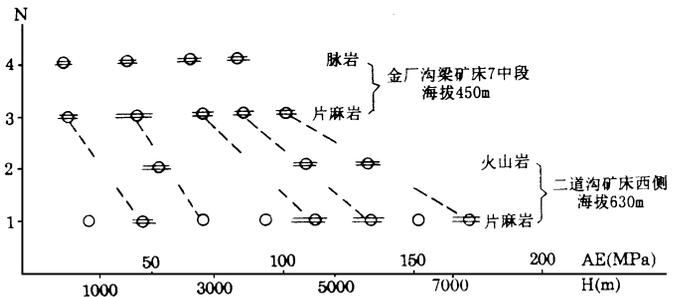


图4 矿田岩石声发射历史应力对比

Fig. 4 The historical stress data (AE method) in Jinchanggouliang

3 结论

华北克拉通北缘的金厂沟梁金矿是一个具有东亚濒太平洋成矿带鲜明特色的一个脉型金矿床。它的赋矿围岩邻近TTC岩套地区,并非典型的绿岩建造,而且是角闪岩相退变质的低角闪岩-高绿片岩相;中生代晚期中酸性次火山岩侵位是该金矿形成的首要条件。忽略掉岩石化学,本文着重该类浅成花岗岩的稳定同位素和稀土元素地球化学问题,就是请读者注意与东亚内生金属成矿有关的同熔型-I型花岗岩的特征。华北、华南的构造-岩浆-成矿系列^[18-19]就是建立在中生代以来大陆板块内部构造活化基础之上的。作为构造和构造地球化学学者,本文

① 王建平、刘振刚、陈洪新、田晓娟等,辽宁二道沟金矿探矿工程技术咨询报告(之三),1995:1-25

作者着重从建立矿田构造物理模型来介绍矿床地质中的构造动力学研究的方法和思路。

本文的基础材料主要来自作者们 1989—1991 年合作完成的金矿沟梁金矿扩建工程技术攻关项目。工作中得到国家黄金局的支持,以及地矿部地质力学开放研究实验室的部分资助。参加有关项目研究的还有刘永山高工、韩秀民工程师(金厂沟梁金矿)、刘振刚高工(二道沟金矿)、彭华、丁原辰研究员、陈洪新、李中坚、杨玉东、刘建民、王红才副研究员、董法先、王连捷主任(地质力学研究所)。作者曾与东北工学院关广岳教授、刘刚博士、核工业地质研究院陈正勇研究员、内蒙古第三地质队任玉樽高工,以及俄罗斯西伯利亚科学分院 Mironov A. G. 博士、美国地调局 Richard J. G. 博士、Marti L. M. 女士、美国回声湾矿业 Lance M. 博士等进行过有益的讨论,在此一并致谢。

参 考 文 献

- 1 王时麟,孙承志,崔文元,等. 内蒙古赤峰地区金矿地质. 呼和浩特市:内蒙古人民出版社,1994 1- 375
- 2 王建平,刘永山,董法先,李中坚,彭华,等. 内蒙古金厂沟梁金矿构造控矿分析. 中华人民共和国地质矿产部地质专报四. 35,北京:地质出版社,1992 1- 124
- 3 张理刚. 稳定同位素在地质科学中的应用——金属活化热液成矿作用及其找矿. 西安:陕西科学技术出版社,1985 1- 267
- 4 郑淑惠,等. 稳定同位素地球化学分析. 北京:北京大学出版社,1986 1- 148
- 5 孙丽娜. 金厂沟梁金矿物质来源及矿床成因讨论. 辽宁地质学报,1990,(2): 69- 80
- 6 王润民. 内生矿作用——成矿区与矿床系列. 重庆:重庆大学出版社,1988 1- 213
- 7 Cui Shengqin and Wu Zhenhan, On the Mesozoic and cenozoic intracontinental orogenesis of Yanshan area, China, In Proc 30th Int l. Geol. Congr. V PS, 1997, Vol. 14, pp 277- 292
- 8 路凤香. 中国金刚石成矿地质条件研究——华北及扬子地台古生代前岩石圈特征. 江苏地质科技情报,1992,(1): 1- 2
- 9 邓晋福,莫宣学,赵海玲,罗照华,杜杨松. 中国东部岩石圈根 去根作用与大陆“活化”. 现代地质,1994,8(3): 349- 356
- 10 姜光熹,刘曼俐,魏大海. 测量岩组的 X-射线方法. 地质力学论丛,第 6号. 北京:科学出版社,1982 149- 170
- 11 马宗晋,邓起东. 节理力学性质的判别及其分期. 配套的初步研究. 构造地质问题,北京:科学出版社,1965 3- 14
- 12 Hardy, H R, Jr. D. Zhang et al., Recent studies of the Kaiser effect in geologic materials. Trans tech Pub, West Germany, 1989 31- 40
- 13 Michihiro K et al., Study on estimating geostress by the Kaiser effect of AE. 26th US Symposium of Rock Mechanics, 26 June 1985 557- 564
- 14 丁原辰,张大伦. 以声发射估计岩石试件先存应力的新方法. 现代地质,1989,3(3): 359- 368
- 15 丁原辰,张大伦. 声发射抹录不净现象在地应力测量中的应用. 岩石力学与工程学报,1991,10(4): 313- 326
- 16 王连捷,王薇,袁嘉音. 中国地应力测量的进展. 地质力学文集,第 9集,北京:地质出版社,1989 21- 32
- 17 Wang Jianping, Chen Hongxin, Meng Xiaogang, Liu Yongshan, Liu Zhengang. The Tectonic-Physical Process in Gold-field Related to Suboceanic Rocks. Series of Abstract Volumes 2 of 3, 326, 30th Int. Geol. Congress, 1996
- 18 程浴祺,陈毓川,赵一鸣,宋天锐. 再论矿床的成矿系列问题. 中国地质科学院院报(15),北京:地质出版社,1983 1- 64
- 19 裴荣富主编. 中国矿床模式. 北京:地质出版社,1995 1- 357

STUDY OF THE TECTONO-PHYSICAL PROCESS OF THE SUBVOLCANIC GOLD DEPOSIT, JINCHANGGOULIANG, INNER MONGOLIA

Wang Japing Meng Xianggang Yang Yudong Qu Wei Tian Xiaojuan

(*Institute of Geomechanics, CAGS*)

Jia Hongjie Liu Zhibin

(*Jinchanggouliang Gold Deposit, Aohan Qi, Inner Mongolia*)

Abstract The Jinchanggouliang gold deposit located in the northern margin of the North China Block occurs where the Late Archean gneiss was invaded by the hypabyssal-subhypabyssal porphyritic granite stock during 126.3–121.5Ma. Vein golds were formed when magmatic hydrothermal liquids injected into the radial and conjugate fractures around the stock during 121.7–100.02Ma. On the background of the mineral-deposit geology and geochemistry, the tectonic style and the tectonic stress field during the gold mineralization are studied, and based on the Acoustic Emission stress measurements, the tectono-physical model is set up. It is suggested that the uplift-denudation process of the basement rock of the ore deposit from the depth of 9.1km to the surface and the emplacement of the small stocks at the depth of 3.4km are closely related with the Meso-Cenozoic tectonic movement of the East Asia-Peri-Pacific tectonic mineralization domain.

Key words tectono-physics, subvolcanic rock, Jinchanggouliang gold deposits

第一作者简介

王建平,男,1939年生,研究员。1964年毕业于北京大学地质地理系构造地质专业,主要从事区域地质构造、矿田构造研究。通讯地址:北京市海淀区民族学院南路11号地质力学研究所。邮政编码:100081