

中生代火山岩区作为岩浆通道的断裂含金性 ——以辽西北票二道沟鸡冠山断裂为例

田晓娟^① 孟宪刚^① 陈洪新^② 曲 玮^① 陈正乐^①

^①中国地质科学院地质力学研究所 ^②美国南卡罗林纳大学)

摘 要 北票二道沟地区流纹质火山岩喷溢发生于 167.5—135.36Ma,其西侧又相继有金厂沟梁南花岗岩(127.9Ma)和对面沟斑状花岗闪长岩株(126.3—121.5Ma)侵位。金厂沟梁、二道沟、长皋沟三个金矿床均产于岩株主动侵位在周边形成的放射状裂隙中。区内 EW 向断裂和 NW 向断裂复合控制火山岩、花岗岩, NW 向鸡冠山断裂是主要岩浆通道,并控制金矿化。

关键词 岩浆通道 含金性 火山岩 中生代 辽西

0 前言

辽宁西部发育燕山期侏罗纪、白垩纪陆相火山岩盆地,其中北票—阜新盆地西缘火山岩区的北票二道沟金矿为典型的火山岩型金矿,与其相邻的赤峰金厂沟梁金矿产于晚太古宙片麻岩系中,朝阳长皋沟金矿产于印支期西台子斑状花岗岩中(图 1)。这三处金矿都围绕燕山晚期对面沟斑状花岗闪长岩岩株分布,被认为与次火山岩相的对面沟岩株侵位时生成的断裂系统和随后的含矿岩浆热液有关。

地质力学研究所长期以来在该区从事区域基础地质、矿产分布规律研究。1989 年至今还先后受邀在内蒙古赤峰金厂沟梁和辽宁北票二道沟金矿进行有关矿田构造研究工作。本文作者参加了有关二道沟金矿采矿工程技术咨询和矿田构造研究项目。我们在矿田构造和构造地球化学野外调查和分析以后,提出不同于前人的构造控岩控矿新认识:北票二道沟地区的火山岩喷溢,与对面沟花岗斑岩次火山岩小岩株侵位,都发育于近 EW 和 NW 向两组断裂及其复合部位。其中, NW 向的鸡冠山断裂不但控制岩浆岩的生成,而且本身就赋存金矿化及金的工业矿体。

1 中心岩株控矿特征

1.1 区域地质概况

辽西陆相火山岩带总体呈 NE 方向展布于内蒙地轴东段努鲁儿虎隆起带东侧的中生代侏

罗白垩纪向斜盆地内。在 NE 向新华夏系构造体系影响下,努鲁儿虎隆起带的晚太古宙建平群片麻岩系中也发育受断裂控制的零星中生代火山岩。辽宁与内蒙古边界上的北票二道沟就是一处与花岗质侵入体伴生,以片麻岩为基底的一个晚侏罗世流纹质火山岩小盆地

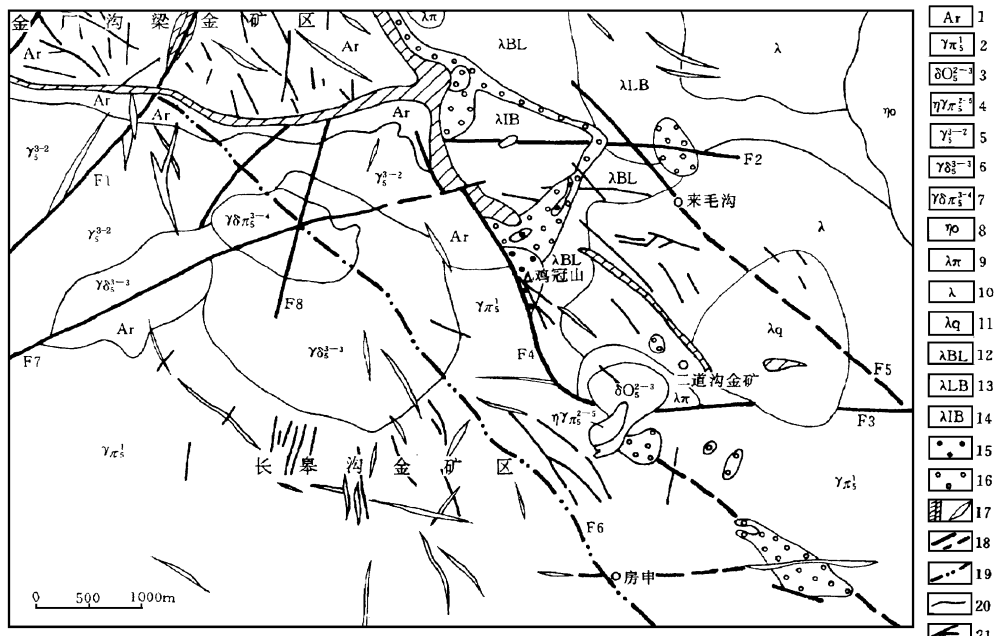


图 1 对面沟—二道沟地质略图

Fig. 1 Simplified geological map from Duimiangou stock to Erdaogou gold deposit

1. 晚太古宙斜长角闪片麻岩系; 2. 印支期花岗斑岩; 3. 燕山早期闪长岩; 燕山晚期侵入岩; 4. 二长花岗斑岩; 5. 花岗岩; 6. 花岗闪长岩; 7. 花岗闪长斑岩; 8. 石英二长岩; 燕山晚期火山岩; 9. 流纹斑岩; 10. 流纹岩;
11. 球粒流纹岩; 12. 流纹质角砾熔岩; 13. 流纹质熔岩角砾岩; 14. 流纹质熔结角砾岩; 15. 侵入角砾岩; 16. 隐爆角砾岩, 爆破斑状花岗岩; 17. 各类脉岩; 18. 断层及推测断层; 19. 隐伏断层; 20. 地质界线或岩相界线;
21. 金矿脉或矿化脉; F₁. 头道沟断层; F₂. 小东沟断层; F₃. 楼上断层; F₄. 鸡冠山断层; F₅. 来毛沟断层; F₆. 金厂沟 房申断层; F₇. 马车沟断层; F₈. 对面沟断层

研究区的西北部是建平群下部小塔子沟组斜长角闪片麻岩(图 1)。建平群变质岩的 Sm-Nd 同位素年龄为 $2846.8 \pm 67.0 \text{ Ma}^{[1]}$, 并有 2500 Ma 的变质热事件及相关的英云闪长岩为主的 TTG 岩浆侵入。南半部有印支期的西台子花岗斑岩, 中间相具粗—巨粒似斑状结构; 边缘相具中粗粒结构, 局部呈片麻状构造; 岩体 U-Pb K-Ar 法同位素年龄分别是 196.23 Ma 与 $235 \text{ Ma}^{\text{①}}$ 。研究区东北大部是燕山中晚期流纹质火山岩, 主要为流纹质凝灰岩、英安质熔结角砾岩组成的喷发—喷溢相层状火山岩系, 局部为隐爆角砾岩和侵入角砾岩, 同位素年龄为 $167.5-127.9 \text{ Ma}$ 。西部有一条近 EW 向展布的中细粒片麻状花岗岩, 长逾 4000 m , 宽 $350-1400 \text{ m}$ 。岩石中石英具明显的拉长现象, 成“似片麻状构造”。岩体中赋存有细脉侵染状铜、钼、金矿化, K-Ar 法同位素年龄为 $135.36 \text{ Ma}^{[2]}$ 。值得注意的是, 研究区西部面积约 8.4 km^2 的燕山晚期对面沟岩株, 其外部相为中细粒花岗闪长岩, U-Pb 年龄为 125.51 Ma , K-Ar 年龄为

① 李福元, 李香亭, 张树春. 辽宁省北票市二道沟金矿典型矿床研究报告. 辽宁省地质矿产局第三地质大队, 1988

126. 3Ma,内部相为花岗闪长斑岩, K-Ar年龄为 121. 5Ma^①。此外,区内各类岩石中散见许多脉岩,如石英斑岩、二长斑岩、闪长玢岩、正长斑岩、英安斑岩、粗安岩和煌斑岩等,年龄自 141. 7Ma至 120. 06Ma不等,长度一般小于 1000m,但在图 1 上部,以东对面沟村为纽结点,分别向西、北西、南东三个方向成宽大的复脉,延伸逾 4000m

1. 2 对面沟岩株构造控矿特点

北票二道沟火山岩区已知有 50 多条金矿脉,二道沟中型金矿床矿脉明显受 NNW、NW 两组断层控制,一般长 150—1000m,厚 0. 5—0. 7m,平均品位 $13. 59 \times 10^{-6}$,为含石英脉构造蚀变岩型金矿。

图 1 西部围绕对面沟岩株有许多放射状的金矿脉。北侧太古宙片麻岩中发育金厂沟梁东西矿区的 73 条矿脉,南侧印支期花岗岩岩基中发育长皋沟金矿的 15 条矿脉。前者已构成大型规模,后者为小型金矿。

通过对金厂沟梁金矿床的详细研究^[2],前人认为,上述三个金矿床围绕对面沟岩株分布构成金厂沟梁金矿田。在区域各类侵入岩、火山岩形成定位之后,对面沟岩株主动侵位,伴有典型的通过中心互成 120°交角的一组三条放射状展布的断层,包括据物探资料推测的金厂沟—房申 NW 向隐伏断层、NEE 向马车沟断层、NNE 向对面沟断层。岩株的主动侵位构造还有距中心 2000—4000m 的由脉岩充填的环形断裂,距岩株 800—1300m 的向西开口、呈半环状发育的斑岩型铜钼金浸染状矿化带的环形碎裂圈,距岩株 4km 的外环则是控制 3 个金矿床和矿脉分布的环状断裂带。这些金矿脉都受对面沟岩株侵位造成的放射状环状断层控制。

通过区域和矿床构造分析、成矿温压地球化学研究等,我们较圆满地解释了金厂沟梁矿田内中心岩株的控矿和成矿特点。在长皋沟、二道沟矿区,我们又进一步认识到,放射状矿脉在末端的发散效应导致矿脉复杂化,并用擦痕倾伏角解析法求出了岩株侵位前后脉动膨缩的中心^②。总之,以对面沟岩株为中心的构造对金矿成矿有明显的控制作用。

2 菱形断裂格架控岩控矿规律

2. 1 二道沟火山岩区断裂格架及活动特点

从图 1 不难看出,以 F_2 — F_3 为代表的 EW 向断层和以 F_4 — F_5 — F_6 为代表的 NW 向断层一道构成菱形断裂格架。 F_2 为金厂沟梁西矿区小东沟断裂,西段被石英斑岩、正长斑岩复合脉体充填,向东延至二道沟金矿 16[#] 矿脉,全长近 7km。这是在区域 EW 向韧性剪切带基础上继承发育的一条顺时针扭动的脆性断裂; F_3 为环状流纹斑岩脉体内的楼上村断裂,西段充填有一条流纹斑岩脉,东段构成火山岩南界,全长逾 4km; F_4 为鸡冠山断层,为火山岩区西界,北段被英安斑岩、正长斑岩、安山玢岩及隐爆或侵入角砾岩充填,南段控制 0. 1km²、0. 4km² 两个爆破斑状花岗质侵入体,南侧控制了上店村北作 NW 延伸的岩脉,鸡冠山断层长逾 8km; F_5 为来毛沟断层,穿切了近等轴状的球粒流纹岩区,长约 4. 5km; F_6 金厂沟—房申隐伏断层呈 NW 向,通过房申村的一条控制正长斑岩脉的 EW 向推测断层,与上述 5 条断层一道,将有关地区切割成 4 个近菱形的断块。

① 内蒙古地质局第三地质队,金厂沟梁金矿 35 号脉勘探报告,1968

② 地质矿产部地质力学研究所,冶金部辽宁二道沟金矿,二道沟金矿探矿工程技术咨询报告,1993—1994—1995 年(共三本)

由于辽西火山岩区中生代处于东亚滨太平洋带的 NNE 向新华夏构造体系域内,所以对面对面沟岩株至辽西二道沟金矿一带总体应力场受 SE-NW 向挤压,伴有 NE 至 NNE 向断裂的反时针压扭性活动。在图 1 中,NE 向 F₁ 头道沟断层为新华夏系断裂。依照地质力学原理分析,本区的 NW 向 F₄、F₅、F₆ 主要属于新华夏系的横向张性断层,可能稍有反时针扭动;而近 EW 向的 F₃、F₃ 断层则在继承区域纬向构造带活动的同时,中生代晚期表现出顺时针方向压扭性活动特点(图 2)。

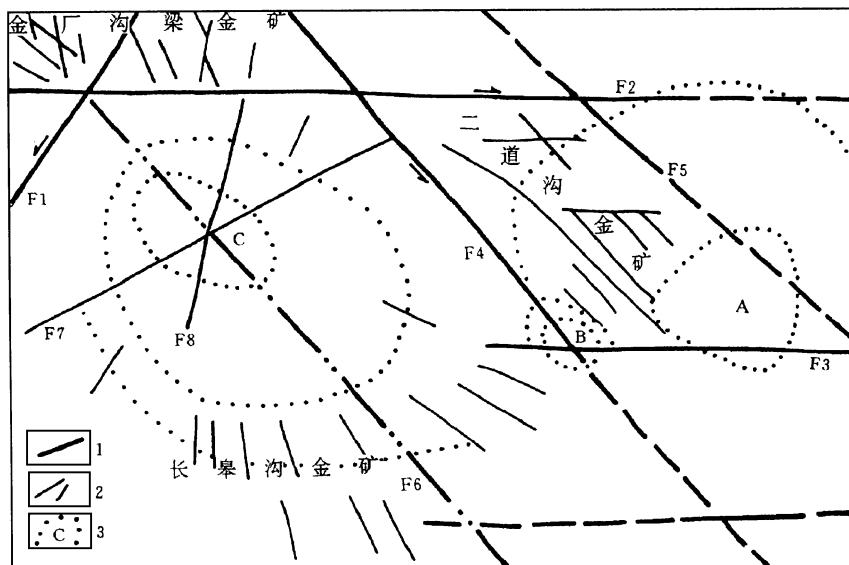


图 2 对面沟至二道沟金矿一带断裂格架及环形构造示意图

Fig. 2 Sketch map of fault framework and circular structure from Duimiangu stock to Erdaogou gold deposit

1. 先成构造格架的断层、隐伏断层及其扭动方式(编号同图 1); 2. 后成的岩浆穹隆三叉断层和充填脉岩和金矿的断层;
3. 环状构造: A. 馒头山环状构造; B. 楼上环状构造; C. 对面沟环状构造

2.2 菱形断裂格架控岩控矿机理

本区先后发生的中生代火山岩喷溢、浅成花岗质岩株侵入、金的矿化过程是在 167.5-100.02Ma 期间,具有统一的构造控制机理

从大区域上看, F₆ 金厂沟-房申断层是锦县-敖汗 NW 向构造带的北段,是控制本区中生代火山岩、侵入岩的重要张性构造带,而 F₄、F₃ 断层则限制着侏罗-白垩纪火山岩上叠式盆地,标志火山岩与西侧和南侧的片麻岩和花岗岩的界线。图 2 中两个较大的环形构造标志着 F₄ 鸡冠山断裂带两侧不同的岩浆侵入通道。其中环形构造 A 主要控制层状溢流火山岩上下叠置的球粒流纹岩及流纹岩的分布,而其中心球粒流纹岩是在沸腾涌动状态下的喷溢岩相,说明其分布范围中有一火山通道;另一个环形构造 C 是对面沟岩株的花岗岩穹隆,由 F₄、F₃、F₄ 所围限的区域并发育放射状断层,显示在先期花岗质岩石中岩体侵位所致的应力应变环境。但是, F₃、F₄ 交汇处的环形构造 B,则控制燕山早期流纹斑岩、石英闪长岩和向南移位的爆破斑状花岗岩、燕山晚期二长花岗斑岩的空间分布。F₂ 与 F₄ 交汇处的东对面沟附近的多种脉岩与隐爆角砾岩扭结伴生在一起; F₄ 中段发育隐爆角砾岩、侵入角砾岩, F₄ 南段发育爆破斑状花岗岩,等等。这些现象表明本区的火山活动是以裂隙式喷溢为主,其实环形构造 A 和 B 也直接受到 F₃

和 F_6 或间接受到 F_4 断层的控制。因此,我们认为,以鸡冠山断层 (F_4) 为主体,包括来毛沟断层 (F_5)、金厂沟-房申断层 (F_6) 在内的锦县-敖汉构造带,是本区的岩浆通道。

一般认为,对面沟岩株-环形构造 C 的内环-主动侵位形成的放射状断裂控制金矿脉的产出,这在图 2 中的 F_4 断裂的西侧表现最为清楚。可是在 F_3 、 F_3 、 F_4 、 F_5 断裂围限的火山岩区的菱形断块中金矿脉却受另外构造体制所控制。

火山岩菱形断块中的金矿脉大体分为两组,产状是 $NW 280^\circ-300^\circ / NE \angle 65^\circ-85^\circ$ 、 $NW 310^\circ-330^\circ / NE \angle 70^\circ-80^\circ$, 总体分属近 EW、NW 向两组,分别大致平行于 F_3 、 F_4 、EW 向矿脉分布较稀,间隔 500-1000m, NW 组矿脉密集,以 150-300m 间距分布。它们的平均角线作 $NW 310^\circ$ 走向。这个方向与区域上锦县-敖汉断裂总体方向一致,与区域新华夏系构造方向近于垂直,平行于区域主压应力方向。据此,认为二道沟火山岩区的金矿脉,受到在相对各向同性岩石中发育的一对共轭剪切断裂所控制。

3 岩浆通道断裂的含矿性

鸡冠山断层作为本区最重要的断裂带,其西侧为对面沟基底隆起,东侧为二道沟上叠式断陷盆地,具有边缘断裂带性质,既是侏罗-白垩纪火山喷发带,同时也是火山岩盆地脉型金矿成矿热液的重要通道。对其含矿性进行研究具有理论意义,也是作者应邀在二道沟金矿作技术咨询的主要任务。

该断裂带总体走向 $NW 315^\circ$, 南段推测地段走向 $NW 300^\circ$, 北段走向 $NW 330^\circ$, 倾向 SW, 倾角 $70^\circ-80^\circ$ 。断裂为折线状并经平滑后略显舒缓波状,张性为主兼有张扭性特征,推测垂直断距可达 1km 以上。该断裂早期控制喷发溢流相英安流纹质火山岩,火山通道相熔结砾岩、隐爆角砾岩,次火山相流纹斑岩、正长斑岩、石英斑岩、安山玢岩脉和爆破斑状花岗岩。晚期控制 F_7 截点以北的 5 $\#$ 脉、截点以南的 6 $\#$ 脉 (图 3) 和楼上岩体中的 2 $\#$ 脉,具长期多次活动历史。

也正由于其长期活动,以至沿断裂带充填 (m) 的岩脉和矿脉具有重叠和分支、偏离成束成带的复杂性,整体上的金矿化也显示为不稳定、不连续特征。

鸡冠山断层的北段东对面沟至楼上一带具有含矿断裂构造的地球化学特点,表现出 Au、Ag、Sb 为主的元素组合异常带。2 $\#$ 矿脉产于石英闪长岩及流纹斑岩中,地表控制矿化段长逾 600m,深部控制矿体长约 250m,厚度和品位变化大,平均品位 Au 为 12.4×10^{-6} , Ag 为 151.3×10^{-6} 。工业矿体下延 120m 尖灭,属浅延矿脉。

5 $\#$ 脉矿化延续清楚,可采矿体呈数十米的扁豆状。6 $\#$ 脉经山地工程控制火山岩边缘断裂所含矿化段长 600m,其北端由二道沟金矿施工探矿平巷两个中段,在片麻岩一侧探得石英斑岩和闪长玢岩脉上盘的

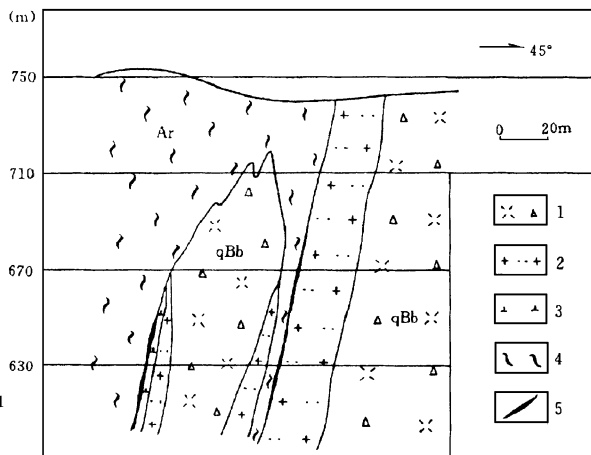


图 3 鸡冠山断层 6 $\#$ 矿化脉剖面图
Fig. 3 Profile of auriferous mineralized vein in Jiguanshan fault
1. 隐爆熔结砾岩; 2. 石英斑岩; 3. 闪长玢岩;
4. 片麻岩; 5. 矿化脉

平行矿化脉各一条,为中细粒浸染状含金硫化物型矿化(图3)。其中,北东侧一条经作者检查取样,控制近40m的工业矿段,平均厚度0.59m,平均品位 3.78×10^{-6} 。在200m沿脉平巷基础上,又进行坑道钻探,探明工业矿段、矿化段、无矿段之比为1:1:3,已无继续探采价值。6#脉在鸡冠山顶峰以南的主断裂东侧爆破火山角砾岩和侵入角砾岩中,有NW315°方向南延的6#-1、6#-2、6#-3三条分支矿化脉群。我们对6#-2号支脉185m长连续取样,分析金平均品位达 7.13×10^{-6} ,平均厚0.20m。

鸡冠山断裂带含矿性显示:主断裂上6#脉北端工业矿段金品位为 3.78×10^{-6} ,矿化不连续;火山岩中近主断裂的分支断裂金品位达 7.13×10^{-6} ,矿化连续性较好;向南2#脉金品位为 12.4×10^{-6} ,有连续性好的工业矿块,表明现已揭露的边缘断裂带含金性是有规律的,即由北向南,由主断裂向分支断裂,由岩浆通道向火山岩围岩,金矿化呈明显强化趋势。

4 结论与讨论

4.1 基本结论

以辽宁二道沟金矿为代表的辽西火山岩金矿,火山岩喷溢和其后的脉型金矿都受边缘断裂控制,边缘断裂既是岩浆通道,也是含金热液通道。作为岩浆通道,边缘断裂控制了裂隙式喷发的中生代侏罗-白垩系火山岩及其层状堆积,同时也制约寄生-附生火山口的分布。如近EW向断裂带的次级裂隙喷发通道控制复式脉岩的分布,楼上环形构造B、馒头山环形构造A均为寄生中心式火山口并受F₃与F₄-F₅断层复合所控制,F₄断层南段线状排列的爆破斑状花岗岩对应于串珠状喷口。边缘断裂另一侧,对面沟环形构造C是由断裂控制的深部岩浆通道造成的中心式次火山岩岩株侵位的产物。

本区火山岩内的脉型金矿受新华夏构造体系的一对共轭剪切断层控制。就整个矿田而言,火山岩中的矿脉大致限定在对面沟岩株为中心的热晕范围,成矿热液来自斑状花岗闪长岩,而更直接的是由边缘断裂通道输送。

4.2 问题讨论

本文对研究区的控岩控矿提出不同于前人的新见解,对火山岩区金矿的探采将有积极意义,唯需对区内的断裂构造作更细致地考察,才能完善断裂格架的模拟实验和理论分析。例如,F₄断层南段是根据几处爆破斑状花岗岩推测,而这种岩石还见于鸡冠山西南700m处,故循NW300°方向指向对面沟岩株中心的可能是不同于鸡冠山断层的另一条断层,或者F₄本身就是呈折线状。

本文得到王建平研究员的指导与帮助,图件清绘由尚玲同志完成,在此一并致谢!

参 考 文 献

- 1 崔文元,等. 辽西-赤峰-带太古代变质岩中锆石 U-Pb年龄. 北京大学学报, 1991, 27(2)
- 2 王建平,刘永山,董法先,等. 内蒙古金厂沟梁金矿构造控矿分析. 北京:地质出版社, 1992
- 3 李绪俊,姚凤良. 辽西对面沟火山-侵入杂岩区金矿床及成矿系列. 贵金属地质, 1992, 1(2-3)
- 4 李景春,赵安生. 中国火山热液型金矿成矿地质背景及找矿方向. 火山岩、火山作用及有关矿产——第二届全国火山岩会议论文集. 北京:地质出版社, 1993
- 5 胡受奚,赵懿英,徐金方,等. 华北地台,金成矿地质. 北京:科学出版社, 1997
- 6 翟裕生,林新多. 矿田构造学. 北京:地质出版社, 1993

GOLD MINERALIZATION ALONG THE JIGUANSHAN FAULT IN MESOZOIC VOLCANIC ROCK AREA, WESTERN LIAONING PROVINCE

Tian Xiaojuan^① Meng Xiangang^① Chen Hongxin^② Qu Wei^① Chen Zhengle^①

^① *Institute of Geomechanics, CAGS*, ^② *University of South Carolina, USA*

Abstract The rhyolitic volcanic rocks erupted during 167–135Ma in Erdaogou area, Beipiao County, and emplacement of the South Jinchanggouliang granitic stock and Duimiangou porphyritic granodioritic stock took place during 128Ma and 126–121Ma to the two sides of the area. The Jinchanggouliang, Erdaogou and Changgaogou gold deposits occurred in the radial fractures produced by the emplacement of the stocks. It is suggested that volcanic rock and granite are controlled by compounding of the EW-trending faults and the NW-trending faults, and the NW-trending Jiguanshan fault serves as the major channel-way for magmatic intrusion and gold mineralization.

Key words magmatic channel-way, gold mineralization, volcanic rock, Mesozoic, western Liaoning province

第一作者简介

田晓娟,女,工程师。1980年毕业于长春地质学院地质矿产系岩矿分析专业,现从事地球化学及岩矿分析工作。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