

编号: 0258-7106 (2011) 05-0941-08

宁夏卫宁北山地区矿床类型及成矿时代^{*}

艾 宁^{1,2}, 任战利¹, 李文厚¹, 张连昌³, 黄世武⁴

(1 西北大学, 陕西 西安 710069; 2 宁夏地质调查院, 宁夏 银川 750021; 3 中国科学院地质与地球物理研究所 北京 100029; 4 北京科技大学, 北京 100029)

摘 要 从大地构造位置及区域成矿背景来看, 卫宁北山地区具备寻找到大型多金属矿床的良好前景。笔者对黄石坡沟典型矿段的研究, 证明了该区广泛出露的石英闪长玢岩与成矿的关系非常密切。为了确定该矿床的成矿时代, 首次使用锆石微区定年技术, 对二人山、金场子等典型矿段中闪长玢岩内的锆石进行了年龄测定, 确定了该区有 2 期岩浆侵入活动, 2 期岩浆侵入均与该区成矿关系密切。笔者还系统研究了该矿区的成矿类型, 认为其总体上是一个统一的构造-岩浆热液成矿系统, 目前已发现的矿床的成因类型属于浅成中-低温热液矿床, 其工业类型属于构造蚀变岩型矿床。

关键词 地质学 地球化学 成矿时代 成矿类型 金属矿 卫宁北山 宁夏

中图分类号: P618.41; P618.51

文献标志码: A

Metallogenic epoch and ore-forming types of ore deposits in Weiningbeishan area, Ningxia

AI Ning^{1,2}, REN ZhanLi¹, LI WenHou¹, ZHANG LianChang³ and HUANG ShiWu⁴

(1 Northwest University, Xi'an 710069, Shaanxi, China; 2 Geological Survey of Ningxia, Yinchuan 750021, Ningxia, China; 3 Institute of Geology and Geophysics, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100029, China; 4 University of Science and Technology of Beijing, Beijing 100029, China)

Abstract

Considering the favorable prospects for forming large complex deposits in the Weiningbeishan area of Ningxia because of its unique tectonic structure circumstances and regional mineralization background, the authors' researches focused on this promising area. A study of the typical Huangshipo ore block reveals that the quartz diorite porphyrite veins widely exposed here are closely related to mineralization. In order to further confirm the metallogenic epoch, the authors used for the first time zircon microdomain dating technology in the study area. In Errenshan and Jinchangzi areas, sampling of zircons was conducted in quartz diorite porphyrite veins existent in the typical ore block. Zircon dating has confirmed that there are two-period magmatic intrusions in the area, they all related to mineralization. The authors also systematically investigated the deposit type for the first time, and found that it is of the structure-magmatic hydrothermal ore-forming system. The ore deposit should be of the low-to-moderate temperature hydrothermal type, and the industrial type should be tectonic alteration type.

Key words: geology, geochemistry, metallogenic epoch, ore-forming types, metal mine, Weiningbeishan, Ningxia

^{*} 本文得到中央地勘基金宁夏卫宁北山多金属矿预查项目的资助

第一作者简介 艾 宁, 女, 1984 年生, 助理工程师, 在读博士研究生, 矿产普查与勘探专业。Email: aining666@126.com

收稿日期 2010-09-17; 改回日期 2011-07-17。许德焕编辑。

研究区位于宁夏西部的卫宁北山地区,行政区划辖属中卫市沙坡头区和中宁县,是宁夏境内重要的金属矿产成矿区之一,也是宁夏基础地质调查和矿产勘查投入较多的地区之一。研究区内以铜、金矿化为主,共生或伴生有铅、银、钴、铁矿化,构成一个多矿种、多类型的矿化密集区带,主要矿床(点)有金场子金矿、二人山铅银矿、黄石坡沟金矿、照壁山铁矿、新照壁山铁铜矿、大通沟铜矿等。

1 矿床地质概述

研究区在大地构造上位于秦祁昆造山系北祁连造山带东段与中朝准地台阿拉善地(陆)块南缘、鄂尔多斯地块西缘的交汇部位之北祁连造山带一侧,是中国西部 EW 向构造带(北祁连)与东部近 SN 向

构造(贺兰山)带的转换交接部位,即为一个大的构造结之所在,具有较强烈的活动性(宁夏地质矿产勘查开发局,1990)。

研究区内出露的地层主要有上泥盆统老君山组(D_3l)、下石炭统前黑山组(C_1q)和臭牛沟组(C_1c)、上石炭统土坡组(C_2t)和下白垩统庙山湖组(K_1ms)等(图 1)。前黑山组(C_1q)和臭牛沟组(C_1c)主要分布在单梁山及大石头井沟一带,为海陆交互碎屑岩-碳酸盐岩含膏盐建造;上泥盆统老君山组与下石炭统前黑山组为该区主要的赋矿地层。

区内有较多隐伏和出露地表的岩体(脉)。闪长玢岩脉侵入于上泥盆统老君山组及下石炭统内的近 EW 向构造破碎带或层间裂隙中,在地表呈断续分布,走向与主构造线方向基本一致(图 1 和图 2)。矿体常与闪长玢岩密切伴生。在二人山、黄石坡沟以

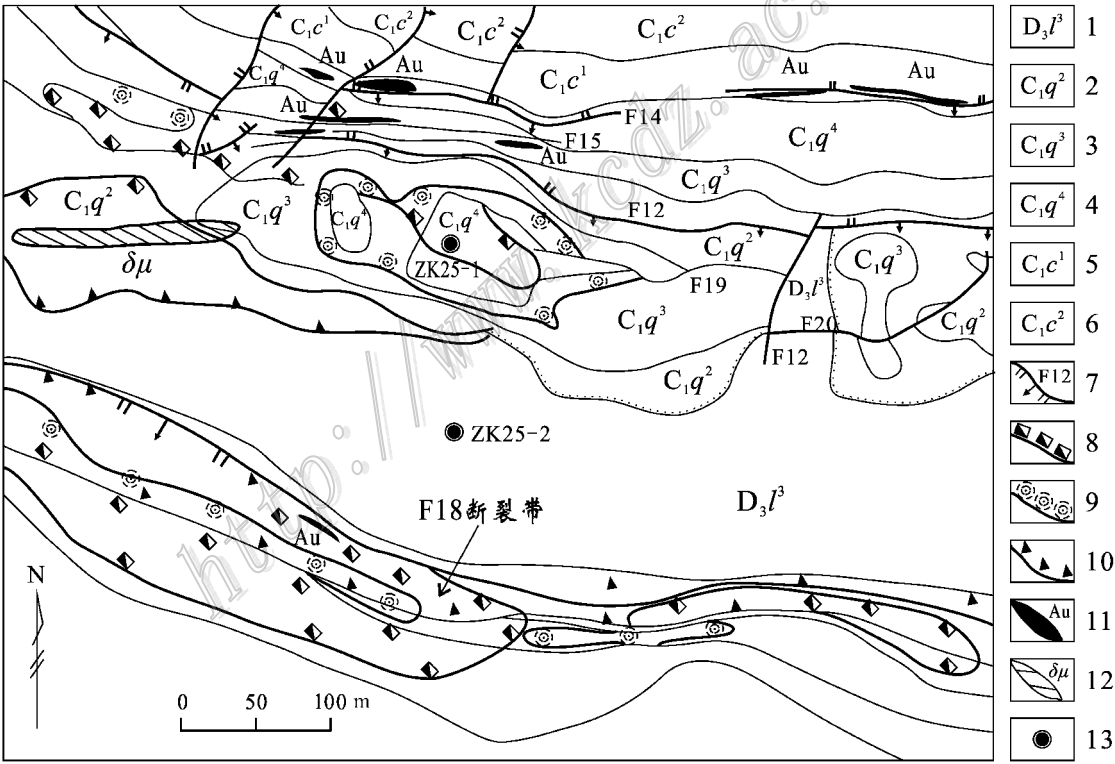


图 1 卫宁北山地区金场子矿段地质简图

1—上泥盆统老君山组三段;2—下石炭统前黑山组二段;3—下石炭统前黑山组三段;4—下石炭统前黑山组四段;5—下石炭统臭牛沟组一段;6—下石炭统臭牛沟组二段;7—断层及编号;8—褐铁矿化带;9—硅化带;10—断层带;11—金矿体;12—闪长玢岩;13—钻孔

Fig. 1 Generalized geologic map of Jinchangzi ore block in Weiningbeishan area

1—3rd lithologic member of Upper Devonian Laojunshan Formation; 2—2nd lithologic member of Lower Carboniferous Qianheishan Formation; 3—3rd lithologic member of Lower Carboniferous Qianheishan Formation; 4—4th lithologic member of Lower Carboniferous Qianheishan Formation; 5—1st lithologic member of Lower Carboniferous Chouniugou Formation; 6—2nd lithologic member of Lower Carboniferous Chouniugou Formation; 7—Fault and its serial number; 8—Limonitized zone; 9—Silicified zone; 10—Fault zone; 11—Gold ore body; 12—Dioritic porphyrite;

13—Drill hole

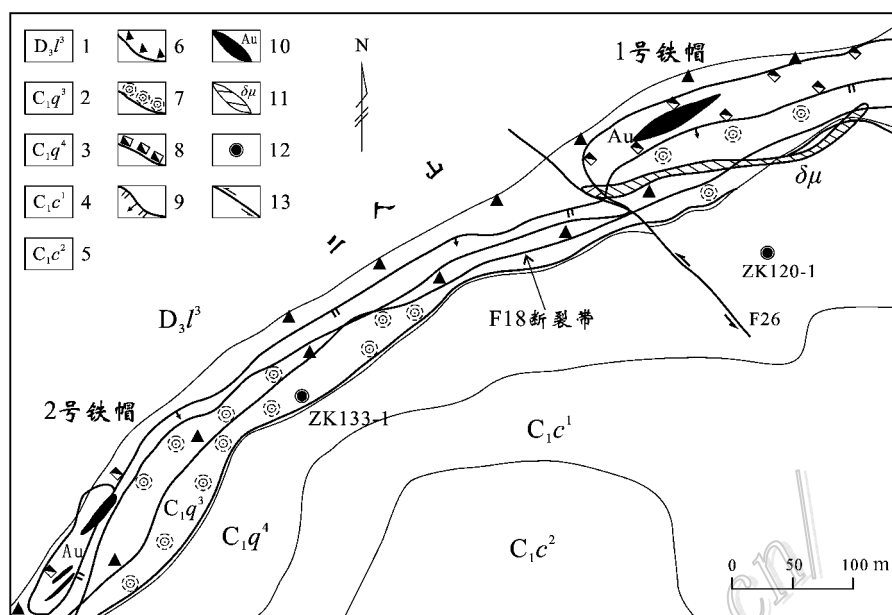


图2 卫宁北山地区二人山矿段地质简图

1—上泥盆统老君山组三段；2—下石炭统前黑山组三段；3—下石炭统前黑山组四段；4—下石炭统臭牛沟组一段；5—下石炭统臭牛沟组二段；6—断层带；7—硅化带；8—褐铁矿化带；9—断层；10—金矿体；11—闪长玢岩；12—钻孔；13—平移断层

Fig. 2 Generalized geologic map of the Errenshan ore block in Weiningbeishan area

1—3rd lithologic member of Upper Devonian Laojunshan Formation；2—3rd lithologic member of Lower Carboniferous Qianheishan Formation；3—4th lithologic member of Lower Carboniferous Qianheishan Formation；4—1st lithologic member of Lower Carboniferous Chouniugou Formation；5—2nd lithologic member of Lower Carboniferous Chouniugou Formation；6—Fault zone；7—Silicified zone；8—Limonitized zone；9—Fault；10—Ore body；11—Dioritic porphyrite；12—Drill hole；13—Parallel displacement fault

及金场子等矿段,均已发现长数百米、宽几米的闪长玢岩脉。在二人山西北侧,分布有长度大于2 km、宽度5~50 m的闪长玢岩岩墙。近地表的闪长玢岩蚀变强烈,形成一套以绿泥石化、绢云母化、碳酸盐化和钠长石化为代表的青磐岩化蚀变组合。

区内主要褶皱有西部的单梁山背斜和东部的大铜沟向斜。主要断裂为F18区域性断裂带(图1和图2),由主裂面和次级层间断裂以及碎裂岩带组成,与区域成矿关系密切。

区域地质演化表明,在加里东时期,该区是北祁连弧后盆地的一部分,形成了以次深海斜坡相陆源碎屑-泥质沉积为主的浊积岩系,构成该区晚古生代各类建造的基底层。海西早期,北祁连弧后盆地关闭,该区演化为弧陆碰撞机制下的前陆盆地构造环境,形成了泥盆系磨拉石建造。海西晚期至印支早期,前陆盆地逐渐克拉通化,形成了碰撞造山后的石炭系—三叠系海陆交互的上叠盆地充填沉积。在碰撞造山后的构造环境下,主要以近NS向挤压为主,形成了近EW向展布的褶皱和断裂构造,奠定了该

区的基本构造格架。至燕山早期,为碰撞造山期后的伸展阶段,在该地区发生了中-酸性岩浆侵入,形成了较多的隐伏和出露地表的花岗闪长岩-闪长玢岩岩体(170~144 Ma)及岩浆热液蚀变岩。

研究区内的矿化受EW向区域性断裂及其两侧次级断裂的控制。金铜多金属矿化与石英闪长玢岩脉伴生,原生蚀变主要为泥化(蒙脱石、高岭石、水云母等)、绢云母化、硅化、黄铁矿化、碳酸盐化、重晶石化,以泥化最为发育,形成了大型泥化蚀变带。另外,在氧化带内,黄铁矿等硫化物矿物遭受强烈氧化及水解,变成赤铁矿、褐铁矿(针铁矿)及黄钾铁矾等,形成了醒目的铁帽型次生矿化及蚀变带。

以黄石坡沟矿段为例。该矿段长度大于2 km,分布在二人山矿段以东,金、银、铜矿化赋存在层间断裂破碎带的弧顶及其南翼。在黄石坡沟已见金、银矿体,规模较大,金银的平均品位均达工业开采品位。其中的ZK9101钻孔,于孔深199.85~222.88 m,见有视厚度为23.03 m的金矿体,平均品位较高(见图3)。在26号矿体中,可见石英闪长玢岩脉沿

取样位置			柱状图层	岩性描述	w(Au)/(g/t)
自/m	至/m	厚度/m			
199.85	202.45	2.60	Au	粉砂质泥岩	1.61
202.45	204.40	1.95	⊥ δμ ⊥ ⊥	灰绿色 闪长玢岩	
204.40	206.35	1.95	Au	褐铁矿化 粉砂岩	45.10
206.35	209.10	2.75	⊥ δμ ⊥ ⊥	灰绿色 闪长玢岩	
209.10	210.30	1.20	Au	褐铁矿化 粉砂岩	48.04
210.30	212.70	2.40	Au	褐铁矿化 粉砂岩	1.18
212.70	218.77	6.07	⊥ ⊥ δμ ⊥ ⊥	灰绿色 闪长玢岩	
218.77	222.88	4.11	Au	泥质细砂岩	2.48

图 3 黄石坡沟矿段 91 线 ZK9101 钻孔柱状图

Fig. 3 Geological columnar section of ZK9101 drill hole along No. 91 exploration line of Huangshipogou ore block

层间断裂侵入,富矿体赋存于石英闪长玢岩岩枝上下盘的泥岩及粉砂岩内,金品位 $w(\text{Au})$ 分别高达 45 g/t 和 48 g/t,银品位 $w(\text{Ag})$ 最高达 390 g/t。围岩蚀变为黄铁矿化、强高岭土化、中等绿泥石化。成矿与石英闪长玢岩关系非常密切。经岩矿鉴定,与矿体伴生的闪长玢岩全部遭到蚀变,一般呈浅灰绿色,风化后呈灰白色带褐红色斑点,斑状结构,块状构造。岩石的斑晶主要为斜长石,呈自形-半自形粒状、板状;其次为角闪石,呈长柱状,粒径约为 0.2~0.6 mm。斑晶一般占岩石的 20%~40%。基质主要为斜长石,其次为石英。流体包裹体研究表明,该区的成矿流体具有较低密度(0.65~0.96 g/cm³)、低盐度[$w(\text{NaCl}_{\text{cl}}$)为 4.3%~12.4%]、中-低温度

(180~390℃,平均 275.5℃左右)、富 CO₂ 的特征,属于 H₂O-CO₂-NaCl 流体类型。因此,黄石坡沟金矿床的成因类型应属于浅成低温热液矿床。而在 280 m 以浅的氧化带内,则为氧化带铁帽型金矿。

2 成矿时代

2.1 测试方法

为了精确测定闪长玢岩及矿化的形成时代,在卫宁北山地区采集了 3 件样品进行了 U/Pb 测年。在采样时,首先要尽量选择蚀变较单一、目标矿物颗粒较粗的岩(矿)石,目的是在挑选单矿物时易于剔除那些同名但不同世代的矿物。在光薄片鉴定的基础上,分别挑选出相应的目标矿物(张德全等,2005)。本次研究应用锆石微区定年技术,对 3 件样品中的锆石进行了 SHRIMP 定年分析。锆石标样与锆石样品以 1:3 的比例交替测定。锆石样品的 U-Th-Pb 同位素比值及浓度用标准锆石 91500 校正(Wiedenbeck et al., 1995)。在 Pb/Pb 和 Pb/U 同位素比值测定中所用质谱仪的分辨率为 5400。普通 Pb 校正采用实测²⁰⁴Pb 值。由于所测得的普通 Pb 含量非常低,可以认为普通 Pb 主要来源于制样过程中带入的表面 Pb 污染,因此,用现代地壳的平均 Pb 同位素组成(Stacey et al., 1975)作为普通 Pb 组成来进行校正。单点分析的同位素比值及年龄的误差为 1,U/Pb(和 Pb/Pb)平均年龄误差为 95%置信度。用 ISOPLLOT 软件(Ludwig, 2001)进行数据处理。

2.2 测试结果

ERS-1 样品采自二人山 145 线 23 号斜井中的闪长玢岩,阴极发光图像(图 4a)显示,其中的锆石为岩浆成因(李长明,2009;Hermann et al., 2001)。对样品中的 16 个锆石颗粒进行了 SHRIMP U-Pb 分析,分析结果见表 1。分析结果表明,锆石的 Th/U 比值主要集中在 0.4~1.7 之间(表 1),为典型的岩浆锆石比值(唐俊华等,2008;Hoskin et al., 2003)。16 个测点的²⁰⁶Pb/²³⁸U 年龄数据,除 ERS1-2 为 411.7 Ma 外,其余都分布在 159.8~173.9 Ma 之间,且都落在谐和曲线上,U-Pb 谐和年龄值为(170.2±0.75) Ma(图 4b),可确定为该闪长玢岩的侵位年龄。

ERS-3 样品采自闪长玢岩脉的露头。在双目显微镜下可见,锆石的外形多为圆卵形、不规则状,延长度一般较小,有些锆石的晶面比较复杂。从锆石

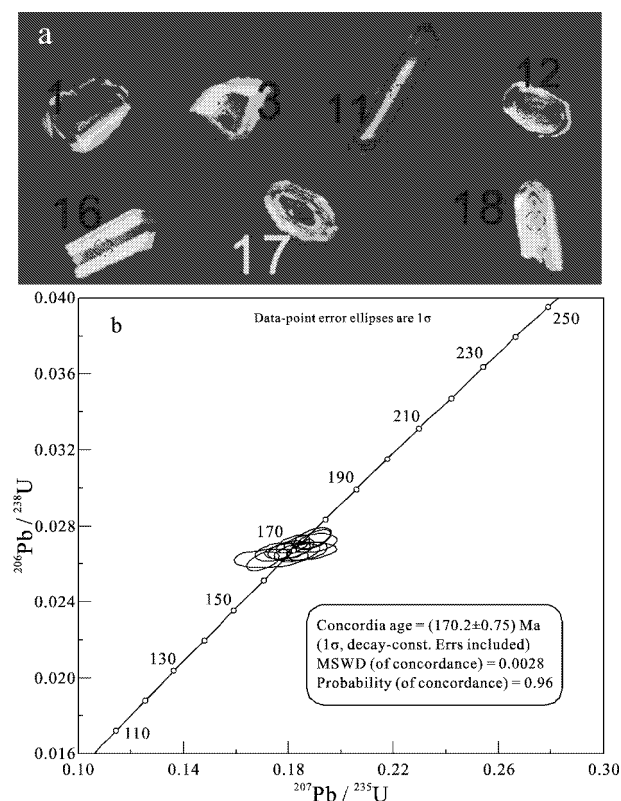


图4 ERS-1样品中锆石的阴极发光图像(a)及U-Pb谐和曲线图(b)

Fig. 4 GL images of representative zircons (a) and concordia diagram of zircon U-Pb dating results (b) of ERS-1

的阴极发光图像上可以清晰看到,部分晶体重结晶或者增生,晶棱比较圆滑(图5a),据此可确定样品中的锆石为变质成因锆石(Vavra et al., 1999; Hermann et al., 2001)。所测得的U-Pb谐和年龄值为 $(144.4 \pm 1.1) \text{ Ma}$ 。

KX-21样品采自ZK9101钻孔中的闪长玢岩(见图3)。在双目显微镜下可见,锆石的外形多为圆卵状,不规则状,晶面比较复杂(图6a)。所测得的U-Pb谐和年龄值为 $(148.8 \pm 2.6) \text{ Ma}$ 。由年龄数据可见,岩浆锆石的年龄均分布在 $1483 \sim 1728 \text{ Ma}$ 之间(表1),但未落在谐和线上(图6b),而变质锆石的年龄均分布在 $137.9 \sim 173.3 \text{ Ma}$ 之间(表1)。这一结果与ERS-3样品的测试结果基本相同(Tomaschek et al., 2003; Liati et al., 2002)。

由上述3组锆石样品的年龄测定结果可以看出:①区内前燕山期的年龄数据($983.4 \sim 2305.9 \text{ Ma}$)来自残余锆石,反映的是该区域基底的构造演

化;②区内出现的 $380 \sim 404 \text{ Ma}$ 的锆石年龄,推测该年龄的锆石可能是岩浆上升时捕获围岩中的锆石;③该区的闪长玢岩是燕山期构造-岩浆作用的产物,从测年数据来看,有2次侵入,一次是中侏罗世,另一次是晚侏罗世;④通过对样品进行岩矿鉴定可知,采自二人山斜井的ERS-1样品(闪长玢岩脉)的上、下盘均有金矿化,说明 170 Ma 侵位的闪长玢岩与金矿有一定关系,采自黄石坡沟ZK9101孔的样品KX-21(图3及图6,图3中深度代表岩芯厚度,Au品位即为Au的加权平均品位)是金矿体上、下盘的闪长玢岩,其锆石年龄为 148.8 Ma ,说明 170 Ma 和 $143 \sim 150 \text{ Ma}$ 的闪长玢岩都与金成矿关系密切。

3 分析与讨论

在前人研究成果的基础上,笔者进行了一系列调查工作,可以确定,在二人山-金场子矿区,地表至 200 m 以上为氧化带,属铁帽型(风化淋滤型)Au-Ag-Fe矿; 200 m 至 800 m ,多为厚达几十米至百余米的Cu、Au、Ag、Pb、Zn等多金属硫化物的综合矿化带。在氧化带内,矿体基本上都赋存在断裂带中,矿石自然类型主要为碎裂岩和构造角砾岩型矿石。而深部矿化达到工业品位的矿石,多赋存在断裂带附近的次级断裂中,或以脉体的形式存在于岩石裂隙中,也有些矿化或矿体是呈浸染状存在于围岩蚀变带中。从钻孔及地表工程可以看出,矿化具有分带性,地表为泥化物及褐铁矿化、硅化的构造角砾,向下为浸染状及网脉状矿化,最下部为脉状矿化。网脉状矿化多发育于构造拐弯、交汇和构造切割脆性岩层的部位;浸染状矿化产于蚀变围岩中,矿体与围岩逐渐过渡。围岩蚀变主要有硅化、黄铁矿化、绢云母化、绿泥石化。值得关注的是,深部金矿体(化)常与硅化有关,而且十分普遍,这与国内各地浅成低温热液型金矿床的围岩蚀变类型极其相似,并且,硅化成了该类型金矿成矿的一个必要条件(李朝阳, 1999)。

结合区域构造演化,笔者推测,该地区燕山期的岩浆活动可能与古太平洋板块向华北大陆俯冲所引起的远程效应有关,即燕山期构造活动对该地区的金矿成矿也有一定影响,从而突破了前人关于卫北山地区无燕山期岩浆活动的认识。实际上,在中国东部发现的一系列金矿都与燕山期岩浆活动有关。可见,继续寻找燕山期的岩浆岩对于今后金矿

表 1 锆石样品测试结果
Table 1 Zircon analyses of all samples

点号	$w(B)/10^{-6}$			Th/U 测值	$^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$		$^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$		$^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ 年龄/Ma
	U	Th	Pb		比值	相对误差 ($\pm \delta$)	比值	相对误差 ($\pm \delta$)	
ERS1-1	383	325	14	0.849	217.8	48.7	176.6	4.3	173.5
ERS1-2	348	171	28	0.491	397.0	31.6	409.5	7.0	411.7
ERS1-3	223	152	8	0.682	136.8	54.2	169.6	4.4	171.9
ERS1-4	134	123	5	0.917	194.9	78.3	170.9	6.0	169.2
ERS1-5	231	311	8	1.350	219.4	129.3	163.6	9.2	159.8
ERS1-6	137	83	4	0.606	345.2	65.6	178.3	5.4	165.9
ERS1-7	116	123	4	1.063	204.8	131.6	172.0	9.7	169.6
ERS1-8	118	201	4	1.703	91.5	147.1	162.4	10.1	167.3
ERS1-9	184	155	7	0.845	203.6	58.1	176.0	4.9	173.9
ERS1-10	113	129	4	1.147	143.8	76.0	168.2	5.7	170.0
ERS1-11	595	283	19	0.476	65.7	60.0	159.8	4.5	166.2
ERS1-12	514	390	18	0.758	195.5	36.5	172.2	3.5	170.5
ERS1-13	129	133	5	1.034	235.9	68.6	174.1	5.4	169.6
ERS1-14	108	112	4	1.043	86.8	79.3	164.0	5.7	169.4
ERS1-16	160	158	6	0.988	22.7	69.9	155.8	4.8	164.6
ERS1-18	230	152	8	0.661	217.2	90.8	175.3	7.0	172.2
ERS-3-2	163	20	4	0.124	70.1	70.5	140.1	4.5	144.3
ERS-3-3	92	1	2	0.006	165.2	87.3	156.5	6.0	155.9
ERS-3-4	306	87	113	0.284	1776.5	7.5	1762.4	13.1	1750.5
ERS-3-5	63	40	26	0.629	1760.2	16.6	1760.8	14.9	1761.3
ERS-3-6	69	44	27	0.635	1769.6	19.9	1745.0	15.6	1724.5
ERS-3-7	499	430	110	0.861	993.1	12.3	986.4	10.3	983.4
ERS-3-9	576	26	14	0.045	187.3	47.5	144.1	3.5	141.5
ERS-3-11	211	151	64	0.717	1385.4	12.3	1364.0	12.4	1350.3
ERS-3-12	116	50	27	0.426	1157.0	28.0	1146.9	14.3	1141.5
ERS-3-13	709	35	242	0.512	1925.1	22.0	1804.2	17.7	1701.5
ERS-3-14	269	13	7	0.047	71.8	96.0	143.2	5.9	147.5
ERS-3-15	67	54	28	0.806	1805.9	18.9	1783.8	15.7	1765.0
ERS-3-16	222	164	77	0.740	1538.1	15.2	1526.9	13.6	1518.8
ERS-3-17	278	127	21	0.459	435.2	34.7	410.8	7.4	406.4
ERS-3-18	301	131	84	0.434	2294.0	37.2	1725.7	22.8	1296.9
ERS-3-19	684	44	17	0.064	166.9	46.2	145.7	3.5	144.4
ERS-3-20	80	46	29	0.569	1772.8	23.3	1703.8	16.5	1648.2
ERS-3-21	66	39	22	0.594	1727.9	21.0	1597.7	16.0	1500.8
ERS-3-22	84	4	2	0.046	270.1	93.4	168.6	6.9	161.4
ERS-3-23	128	58	48	0.456	1803.6	13.1	1749.3	14.4	1704.3
ERS-3-24	115	60	36	0.523	1723.8	15.2	1551.8	13.8	1428.6
ERS-3-25	42	21	17	0.485	1734.1	35.8	1769.0	21.1	1798.8
ERS-3-26	58	34	22	0.583	1775.8	32.6	1732.4	19.7	1696.6
KX-21-01	851.78	65.20	21.92	0.08	118.5	34	150.8	3	152.8
KX-21-02	91.37	9.52	2.33	0.10	228.0	174	153.9	12	149.2
KX-21-03	62.46	41.05	23.27	0.66	1755.7	16	1680.5	14	1621.0
KX-21-04	487.91	22.01	12.33	0.05	162.6	33	152.0	3	151.3

续表 1

Continued Table 1

点号	$\omega(\text{B})/10^{-6}$			Th/U 测值	$^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$		$^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$		$^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ 年龄/Ma
	U	Th	Pb		比值	相对误差 ($\pm\sigma$)	比值	相对误差 ($\pm\sigma$)	
KX-21-05	228.38	119.11	88.50	0.52	1774.7	9	1749.5	13	1728.5
KX-21-06	509.69	69.04	180.96	0.14	1950.3	5	1827.1	13	1721.0
KX-21-07	671.37	335.74	215.46	0.50	1432.5	7	1462.4	12	1483.0
KX-21-08	324.67	141.95	117.26	0.44	1978.0	11	1792.1	14	1636.7
KX-21-09	148.46	100.10	12.34	0.67	425.3	36	413.3	8	411.2
KX-21-10	128.27	42.53	9.48	0.33	381.8	35	397.6	7	400.3
KX-21-11	239.30	20.08	5.85	0.08	78.1	62	141.6	4	145.4
KX-21-12	290.16	27.90	7.24	0.10	192.1	43	149.7	3	147.0
KX-21-13	897.97	4.62	25.73	0.01	165.8	23	172.8	3	173.3
KX-21-14	138.37	79.74	10.78	0.58	350.9	38	389.9	7	396.5
KX-21-15	311.81	250.78	35.91	0.80	558.0	19	545.1	7	542.0
KX-21-16	250.10	102.14	87.52	0.41	1771.9	8	1683.3	13	1613.2
KX-21-17	661.48	194.62	46.78	0.29	399.8	18	387.6	6	385.5
KX-21-18	195.06	35.29	5.05	0.18	90.8	62	146.4	4	149.9
KX-21-19	292.07	42.39	7.51	0.15	151.8	43	149.2	3	149.0
KX-21-20	155.10	20.31	3.89	0.13	126.0	60	145.5	4	146.7
KX-21-21	442.42	57.70	10.45	0.13	207.0	36	141.8	3	137.9

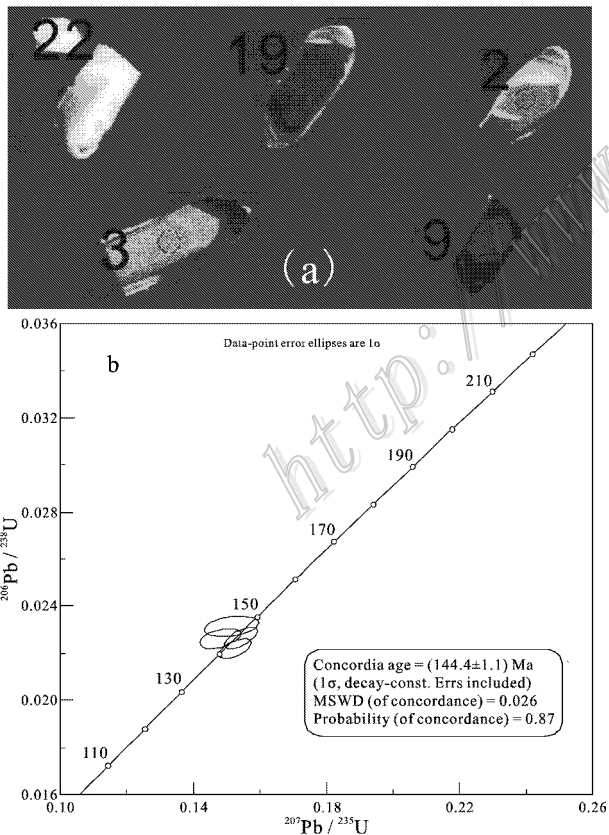


图 5 ERS-3 样品中锆石的阴极发光图像(a)和 U-Pb 谐和曲线图(b)

Fig. 5 GL images of representative zircons (a) and concordia diagram of zircon U-Pb dating results (b) of ERS-3

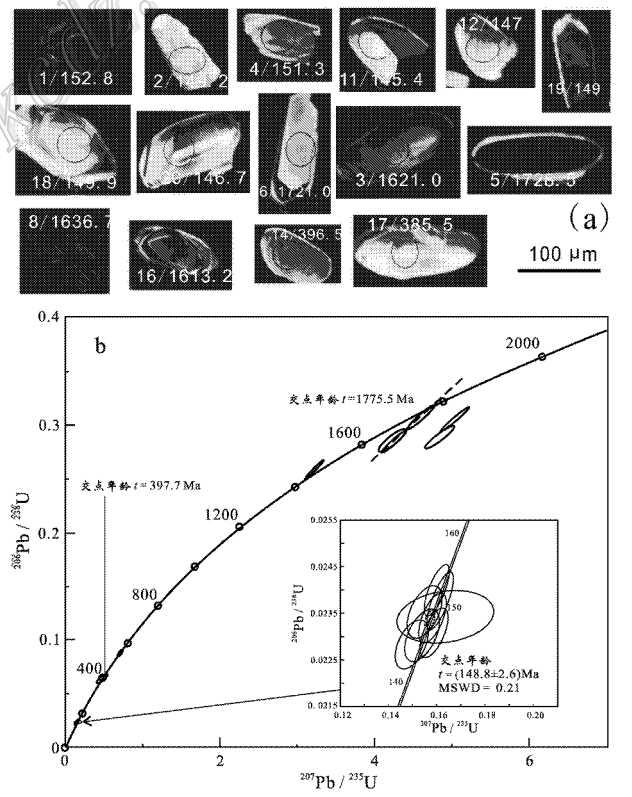


图 6 KX-21 样品中锆石的阴极发光图像(a)和 U-Pb 谐和曲线图(b)

Fig. 6 GL images of representative zircons (a) and concordia diagram of zircon U-Pb dating results (b) of KX-21

的找矿勘查有着重要意义。

4 小 结

(1) 采自二人山斜井的闪长玢岩样品的上下盘均有金矿化,采自黄石坡沟 ZK9101 孔的闪长玢岩样品的上下盘也有金矿化。这说明 170 Ma 和 143~150 Ma 的 2 期闪长玢岩均与该区的金矿成矿关系密切。

(2) 根据卫宁北山地区闪长玢岩中普遍存在 1 700~2 300 Ma 古老锆石的情况,可推测在卫宁北山地区,古生界之下存在元古界基底。笔者进一步推测,由于元古界变质岩的原岩可能是火山岩类,因此,元古界基底的存在对于区域金矿成矿是一个有利条件。

(3) 流体包裹体研究表明,该研究区具有典型的浅成低温热液型矿床的特征。

(4) 该区铁帽广泛发育,浅部矿化和热液蚀变颇具规模,因此,在各矿带的深部,还有很大的找矿空间。

References

- Hermann J, Rubatto D and Korsakov A. 2001. Multiple zircon growth during fast exhumation of diamondiferous, deeply subducted continental crust, Kokchetav Massif, Kazakhstan[J]. *Contrib. Mineral. Petrol.*, 141:66-82.
- Hoskin P W O and Schaltegger U. 2003. The composition of zircon and igneous and metamorphic petrogenesis[J]. *Reviews in Mineralogy and Geochemistry*, 53:27-55.
- Liati A, Gebauer D and Wysoczanski R. 2002. U-Pb SHRIMP dating of zircon domains from UHP garnet-rich mafic rocks and late pegmatoids in the Rhodope zone, N Greece: Evidence for Early Cretaceous crystallization and Late Cretaceous metamorphism[J]. *Chem. Geology*, 184:281-299.
- Li C M. 2009. A Review on the minerageny and situ microanalytical dating techniques of zircons[J]. *Geological Survey and Research*, 33(3):161-172(in Chinese with English abstract).
- Li Z Y. 1999. Some geological characteristics of concentrated distribution area of epithermal deposits in China[J]. *Earth Science Frontiers*, 6(1):163-170 (in Chinese with English abstract).

- Ludwing K R. 2001. Users manual for Isoplot/Ex rev. 249 [M]. Berkeley Geochronology Centre, Special Publication, No. 1a. 56p.
- Ningxia Bureau of Exploration and Development of Geology and Mineral Resources. 1990. Regional geology of Ningxia Hui Autonomous Region[M]. Beijing: Geol. Pub. House (in Chinese).
- Stacey J S and Kramers J D. 1975. Approximation of terrestrial lead isotope evolution by a two-stage mode[J]. *Earth Planet. Sci. Lett.*, 26:207-221.
- Tang J H, Gu L X, Zhang Z Z, Wu C Z, San J Z, Wang C S, Liu S H and Zhang G H. 2008. Salt water springs slice hemp shape granite zircon hydrothermal hyperplasia edge cathodeluiminescence and rare earth elements characteristics[J]. *Progress in Natural Science*, 18(7):769-777 (in Chinese with English abstract).
- Tomaschek F, Kennedy A K, Villa I M, et al. 2003. Zircons from Syros, Cyclades, Greece-recrystallization and mobilization of zircon during high-pressure metamorphism[J]. *Jour. of Petrology*, 44(11):1977-2002.
- Vavra G, Schmid R and Gebauer D. 1999. Internal morphology, habit and U-Th-Pb microanalysis of amphibole to granulite facies zircon: Geochronology of the Ivren Zone, Southern Alps[J]. *Contrib. Mineral. Petrol.*, 134:380-404.
- Wiedenbeck M, Alle P, Corfu F, Griffin W L, Meier M, Oberli F, Vonquadt A, Roddick J C and Spiegel W. 1995. Three natural zircon standards for U-Th-Pb, Lu-Hf, trace-element and REE analyses[J]. *Geostand. Newsl.*, 19:1-23.
- Zhang D Q, Feng C Y, Li D X, She H Q and Dong Y J. 2005. The evolution of ore-forming fluids in the porphyry-epithermal metallogenic system of Zijinshan area[J]. *Acta Geoscientia Sinica*, 26(2):127-136 (in Chinese with English abstract).

附中文参考文献

- 李长明. 2009. 锆石成因矿物学与锆石微区定年综述[J]. *地质调查与研究*, 33(3):161-172.
- 李朝阳. 1999. 中国低温热液矿床集中分布区的一些特点[J]. *地学前缘*, 6(1):163-170.
- 宁夏地质矿产勘查开发局. 1990. 宁夏回族自治区区域地质志[M]. 北京:地质出版社.
- 唐俊华,顾连兴,张遵忠,吴昌志,三金柱,汪传胜,刘四海,张光辉. 2008. 咸水泉片麻状花岗岩锆石热液增生边阴极发光及稀土元素特征[J]. *自然科学进展*, 18(7):769-777.
- 张德全,丰成友,李大新,余宏全,董英君. 2005. 紫金山地区斑岩-浅成热液成矿系统的成矿流体演化[J]. *地球学报*, 26(2):127-136.