

文章编号: 0258-7106(2007)06-0634-09

河北丰宁县大草坪钼矿区岩体锆石 U-Pb 年龄研究*

段焕春^{1,3}, 秦正永², 林晓辉², 张宝华¹, 刘学武¹, 张晓¹
郭鹏志¹, 韩芳¹, 秦磊¹, 代军治³

(1 天津华北地质勘查局, 天津 300181; 2 国土资源部天津地质矿产研究所, 天津 300170; 3 中国地质科学院矿产资源研究所, 北京 100037)

摘要 大草坪钼矿属冀北上黄旗构造岩浆岩带钼多金属成矿带, 对其赋矿围岩的年龄、矿床成因及类型一直存在争论。通过对岩浆结晶锆石及捕虏晶锆石 U-Pb 年龄研究, 表明大草坪花岗岩岩浆结晶锆石 U-Pb 年龄为 $(220.0 \pm 1.7) \text{Ma}$ 、 $(224.0 \pm 1.5) \text{Ma}$ 和 $(232.7 \pm 1.5) \text{Ma}$ 。作者据此重新厘定大草坪花岗岩成岩期为印支期, 有别于 1989 年《河北省、北京市、天津市区域地质志》中厘定的燕山期。根据大草坪花岗闪长岩中岩浆结晶锆石 U-Pb 年龄 $(134.3 \pm 1.2) \text{Ma}$ 和 $(140.0 \pm 1.5) \text{Ma}$, 重新厘定大草坪花岗闪长岩成岩期为燕山期, 有别于前人厘定的海西期。表明本区含矿岩体来源于古老基底就地多期改造重熔。

关键词 地球化学; 锆石 U-Pb 年龄; 成岩年龄; 大草坪钼矿床; 丰宁

中图分类号: P618.65

文献标识码: A

Zircon U-Pb ages of intrusive bodies in Dacaoping molybdenum ore district, Fengning County, Hebei Province

DUAN HuanChun^{1,3}, QIN ZhengYong², LIN XiaoHui², ZHANG BaoHua¹, LIU XueWu¹, ZHANG Xiao¹,
GUO PengZhi¹, HAN Fang¹, QIN Lei¹ and DAI JunZhi³

(1 Tianjin North China Geological Exploration Bureau, Tianjin 300181, China; 2 Tianjin Institute of Geology and Mineral Resources, Tianjin 300170, China; 3 Institute of Mineral Resources, CAGS, Beijing 100037, China)

Abstract

The Dacaoping molybdenum deposit is located in the molybdenum polymetallic ore-forming belt along the Shanghuangqi tectonic magmatic belt in northern Hebei. There are different viewpoints concerning the age of the ore-bearing rocks as well as the genesis and type of the molybdenum deposit. This paper gives new zircon dating information for wall rocks of the molybdenum deposit. The authors obtained age data of enveloped zircons. The zircon U-Pb ages of $(220.0 \pm 1.7) \text{Ma}$ and $(224.0 \pm 1.5) \text{Ma}$ for the granite in Dacaoping suggest the Indosinian period, whereas the zircon U-Pb ages of $(134.3 \pm 1.2) \text{Ma}$ and $(140.0 \pm 1.5) \text{Ma}$ for the granodiorite imply the Yanshanian period. The ages are different from those given in Regional Geology of Hebei Province, Beijing and Tianjin. It is thus concluded that the ore-bearing rock body was derived from the old basement and experienced repeated reformation and remelting.

Key words: geochemistry, zircon U-Pb age, rock-forming age, Dacaoping molybdenum deposit, Fengning County

* 本文得到天津市国土资源和房屋管理局(津国土房科(2006)550号)和天津华北地勘局科技创新项目(津华勘(2005)210号)的共同资助
第一作者简介: 段焕春,男,1966年生,博士,高级工程师,长期从事地质矿产勘查、矿床研究。E-mail: duanhc@126.com
收稿日期: 2007-03-30; 改回日期: 2007-07-17。张绮玲编辑。

大草坪钼矿位于河北省丰宁县,20世纪初天津华北地质勘查局勘查证实,该钼矿由多组平行矿脉组成,矿脉长约2 000 m。矿区周围已相继发现了撒岱沟门钼矿、牛圈子银金矿、营房铅锌矿、千佛寺铅锌矿等矿床。对于该成矿带,前人曾对一些矿床的特征、赋矿规律及成矿时代等方面进行过研究,并认为侵入岩与围岩条件对矿床的形成存在一定的制约性(黄典豪等,1996)。在该区研究工作中,通过 Re-Os 同位素年龄、硅、氧、氢、硫同位素及稀土元素、包裹体测温、锆石 U-Pb 年龄等工作,研究了成岩、成矿年龄、成矿过程和成矿机理,取得了丰富的第一手资料^①。笔者通过对岩体中的锆石进行矿物学研究,选取有代表性的锆石进行 U-Pb 测年,并对测试结果进行了认真分析,重新厘定了赋矿花岗岩类岩体的年龄,获得了该区元古宙构造岩浆活动的新信息,取得了不同于前人的对矿床地质成因的新认识。

1 地质概况

大草坪钼矿位于华北地台(I级)北缘,内蒙地轴(II级)之围场拱断束(III)南部上黄旗岩浆隆起带(IV)上,属冀北上黄旗构造岩浆岩带钼多金属成矿带。矿区及其外围出露中生代的花岗岩类岩体及火山岩,向外出现太古宙变质岩;区域性构造主要为 NE 向断裂,其次为 NW 向断裂。大草坪矿区处于 NW 向汤河断裂、NS 向丰宁断裂和 NE 向杨木栅子-长哨营断裂的交汇部分。

矿床主要产于大草坪花岗闪长岩和花岗岩体中(图1)。矿区东部为大草坪花岗闪长岩,矿区西部为大草坪花岗岩。大草坪花岗岩为南猴顶杂岩体的一部分,它们的形态、产状、岩相对钼矿起到控制作用。围岩蚀变有钾长石化、绢云母化、硅化和高岭石化等,其中钾长石化、硅化和绢云母化与钼矿关系密切。

2 样品采集及测年方法

2.1 样品采集

本文用于锆石 U-Pb 同位素测年的样品 7 件, Re/Os 同位素测年辉钼矿样品 3 件^①。采集自西部

和北部的大草坪花岗岩样品 3 件,采集于东部大草坪花岗闪长岩样品 4 件(图1)。3 件辉钼矿样品分别采于大草坪矿区的机井坑、PD1 平硐和 ZK1901 钻孔 150 m 处。采集的岩石新鲜,代表性强。

B3、B4 号花岗岩样品采于 2 号钼矿带西延长线上,1 号花岗岩样品(B8)采于 1 号钼矿带北侧约 200 m 处(图1)。前 2 件花岗岩岩石新鲜,浅肉红色,细、中粒花岗结构,块状构造,主要由钾长石、斜长石、石英及少量黑云母组成。矿物粒径以 2~5 mm 为主,小于 2 mm 的细粒次之。钾长石为微纹长石,呈他形-半自形宽板状,发生高岭石化。斜长石呈半自形板状,具高岭石化、绢云母化,与钾长石接触部位见交代净边结构。少量已重结晶呈细粒镶嵌状变晶集合体。石英呈他形粒状集合体,粒内具波状消光。黑云母呈片状,局部绿泥石化。副矿物为锆石、磷灰石、磁铁矿,岩矿鉴定结果为变质细中粒花岗岩。B8 样品采自矿区北部花岗岩中,岩石新鲜,浅肉红色,细、中粒花岗结构,块状构造,主要由钾长石、斜长石、石英及少量黑云母组成。矿物粒径以 2~5 mm 为主,次为小于 2 mm 的细粒。钾长石呈他形-半自形宽板状,高岭石化,为微纹长石。斜长石呈半自形板状,具高岭石化、绢云母化,见双晶,与钾长石接触边部见交代净边、交代蠕英结构。石英呈他形、齿形粒状集合体,粒内具波状消光。黑云母呈片状,有的已被绿泥石、白云母交代。局部见钾长石、斜长石重结晶呈细粒镶嵌状变晶集合体。岩矿鉴定结果为变质细中粒二长花岗岩。

3 件花岗闪长岩样品(ZK1901-104、ZK1901-205、ZK1901-310)分别采自 19 线 ZK1901 钻孔 104 m、205 m、310 m 处,B2006-2 样品采于 2 号钼矿带延长线上(图1)。岩石为中、细粒花岗结构,块状构造,主要由斜长石、钾长石、石英、黑云母及少量角闪石组成。粒径以小于 2 mm 的细粒为主,2~2.5 mm 中粒较少。斜长石呈半自形板状,具绢云母化、高岭石化,见双晶,具环带构造,有的包于钾长石内。钾长石为微纹长石,呈他形-半自形宽板状,具高岭石化。石英呈他形粒状,具波状消光。黑云母呈片状,局部绿泥石化。角闪石呈绿色柱状,局部被黑云母交代。应该指出的是,ZK1901 钻孔不同深度所取岩石样品被认为源于同一母岩,但测试结果的差异表明其中

^① 天津华北地质勘查局地质研究所,中国地质科学院矿产资源研究所. 2006. 冀北上黄旗构造岩浆岩带北段钼多金属成矿规律及找矿远景研究报告.

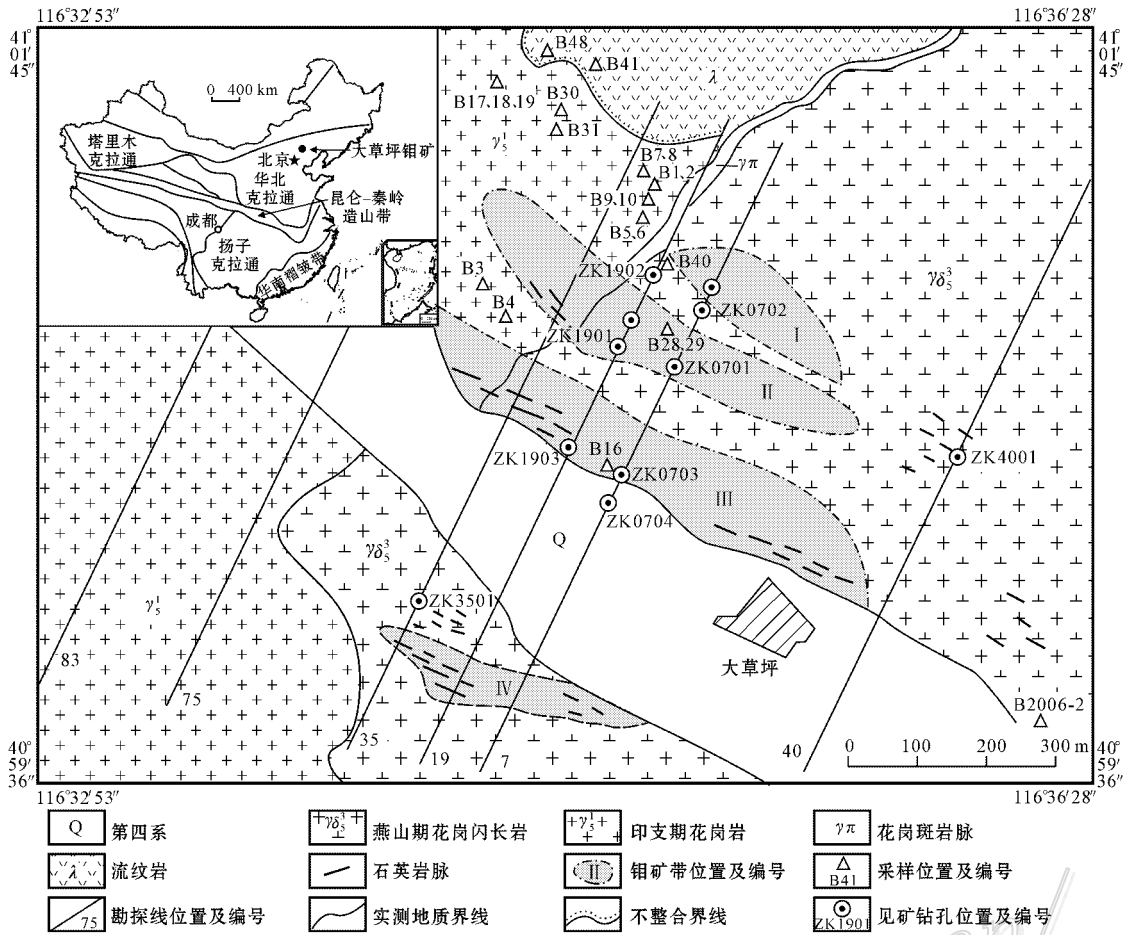


图 1 河北省丰宁县大草坪钼矿区地质简图

Fig. 1 Schematic geological map of the Dacaping molybdenum ore district in Fengning County, Hebei Province

的锆石有的是成岩锆石,有的则为残留锆石。

2.2 测年方法

本研究采用同位素稀释法(TIMS)进行锆石 U-Pb 同位素年龄测定,实验工作在天津地质矿产研究所同位素实验室进行。该方法的实验流程在 Krogh (1973)的实验流程基础上作了相应改进,主要流程为:

- (1)在双目镜下挑选纯净透明,没有裂纹、包裹体和蜕晶质化的锆石。
- (2)将挑选出来的锆石放入溶样杯中,用高纯水和 HNO₃ 清洗 4 遍。
- (3)锆石洗净后,在溶样杯中加入 200~300 μL 浓 HF,将溶样杯放入闷罐内,在约 205℃ 下放置 48 小时左右,可使锆石全部分解。
- (4)将闷罐从恒温箱中取出,待冷却至室温后,从闷罐中取出溶样杯。另准备相应数量的干净盛样杯,将样品分为 IC 和 ID 两份,在 ID 样品中加入适

量的²⁰⁸Pb-²³⁵U 稀释剂。在盛样杯中加入适量磷酸,在电热板上烤干。在盛样杯中加入适量硅胶,用干净吸液头将样品点在锆带灯丝上,蒸干,封好。

(5)在 VG354 型热离子质谱仪上用高灵敏度 Daly 检测器进行 U、Pb 同位素测定。

实验的全流程 Pb 空白为 50 pg, U 空白为 2 pg。实验数据用 PBDAT(Ludwig, 1993)和 ISOPLOT(Ludwig, 1994)程序计算处理。所有 U-Pb 同位素均进行了质量歧视效应和系统误差校正。

2.2.1 花岗岩中的锆石测年数据

(1)从 B3 号花岗岩样品中分离出的锆石多为无色透明长柱状自形晶体,锆石(B3-1、B3-2、B3-3)的测试结果见表 1、图 2。B3-1 号和 B3-2 号锆石测定结果较理想,其²⁰⁶Pb/²³⁸U、²⁰⁷Pb/²³⁵U、²⁰⁷Pb/²⁰⁶Pb 3 组表面年龄值在误差范围内基本一致,其中精度和准确度较高的²⁰⁶Pb/²³⁸U 表面年龄加权平均值为 (220.0 ± 1.7)Ma。结合地质情况分析,这一年龄应

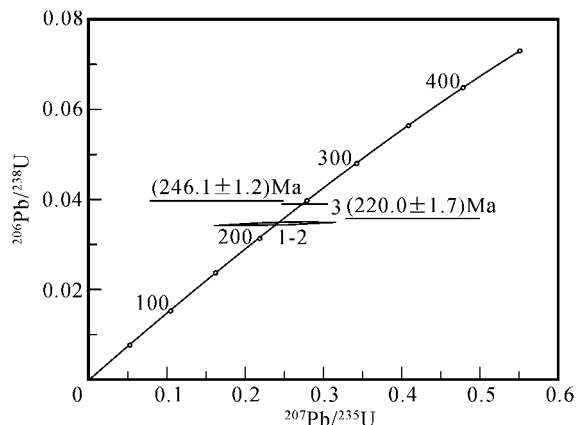


图 2 B3 号样品锆石 U-Pb 谐和图

Fig.2 Concordia diagram showing zircon U-Pb data of sample B3

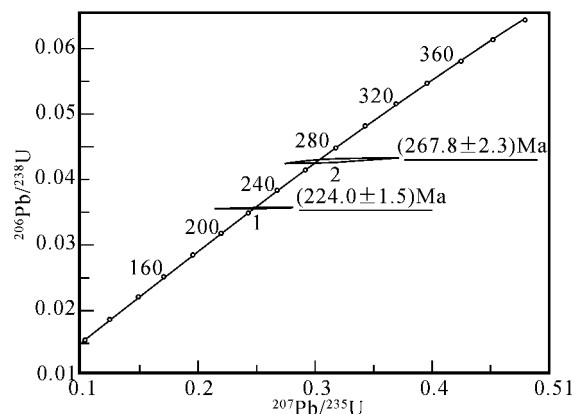


图 3 B4 号样品锆石 U-Pb 谐和图

Fig. 3 Concordia diagram showing zircon U-Pb data of sample B4

为该花岗岩的成岩年龄。B3-3 号锆石的 U-Pb 年龄明显大于前两组锆石,其 $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ 表面年龄值为 $(246.1 \pm 1.2)\text{Ma}$, 可能为残留锆石或捕虏晶锆石的年龄。

(2) 从 B4 号样品分离出的锆石多为近无色透明长柱状自形晶体, 锆石(B4-1、B4-2)的测试结果见表 1、图 3。B4-1 号锆石与 B4-2 号锆石的年龄值有明显差别。B4-1 号锆石的 $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ 表面年龄值为 $(224.0 \pm 1.5)\text{Ma}$, 而 $^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$ 表面年龄和 $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ 表面年龄分别为 $(223 \pm 26)\text{Ma}$ 和 $(207 \pm 250)\text{Ma}$ 。3 个表面年龄在实验误差范围内是一致的, 可将精度和准确度较高的 $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ 表面年龄 $(224.0 \pm 1.5)\text{Ma}$ 作为其生成年龄。而 B4-2 号锆石的 $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ 表面年龄值为 $(267.8 \pm 2.3)\text{Ma}$, $^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$ 表面年龄和 $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ 表面年龄分别为 $(285 \pm 37)\text{Ma}$ 和 $(427 \pm 270)\text{Ma}$, 3 个表面年龄相差较大。根据实验结果和地质情况, 将 B4-1 号锆石的 $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ 表面年龄 $(224.0 \pm 1.5)\text{Ma}$ 解释为该花岗岩的成岩年龄, 而 B4-2 号锆石可能包含有更老的残留锆石或捕虏晶锆石内核, 因而其表面年龄都偏老。

(3) 从 B8 号样品分离出的锆石多为浅黄色透明长柱状自形晶体, 锆石(B8-1)的测试结果见表 1、图 4。这一组锆石的 3 个表面年龄在实验误差范围内是一致的, 可将精度和准确度较高的 $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ 表面年龄 $(232.7 \pm 1.5)\text{Ma}$ 作为其生成年龄, 为该花岗岩的成岩年龄。

2.2.2 花岗闪长岩中的锆石测年数据

(1) 从 ZK1901-104、ZK1901-205、ZK1901-310 号样品分离出的锆石多为浅黄色透明短柱状或细长

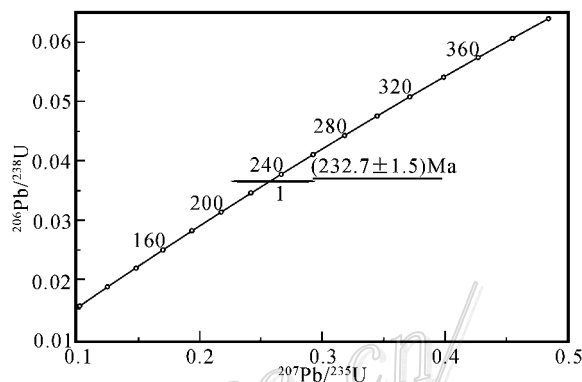


图 4 B8 号样品锆石 U-Pb 谐和图

Fig. 4 Concordia diagram showing zircon U-Pb data of sample B8

柱状自形晶体, 其 U-Pb 同位素年龄测试结果见表 2、图 5。1 和 2 号点分别为 ZK1901-104 号样品的浅黄色透明短柱状自形锆石和 ZK1901-205 号样品的浅黄色透明细长柱状自形锆石的测试结果。这两组锆石的 $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ 、 $^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$ 、 $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ 3 个表面年龄在实验误差范围内是一致的, 其中精度和准确度较高的 $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ 表面年龄加权平均值为 $(134.3 \pm 1.2)\text{Ma}$ 。笔者认为将这一年龄解释为花岗闪长岩的成岩年龄较合适。3、4 号数据点是 ZK1901-310 号样品两组锆石的测试结果。这两组锆石的 $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ 、 $^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$ 、 $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ 3 个表面年龄值相差较大, 明显老于 1、2 号数据点的锆石 U-Pb 年龄, 偏离了谐和线。如前文所述, 上述 3 件花岗闪长岩样品 (ZK1901-104、ZK1901-205、ZK1901-310) 是 ZK1901 钻孔不同深度所取的岩石样品, 被认为源于同一母岩, 且应有相同的成岩年龄, 因此, 笔者认为 3、4 号

表1 花岗岩样品锆石 U-Pb 同位素年龄测定结果

Table 1 Zircon U-Pb dating results of granite samples B3, B4 and B8

点号	锆石特征	m/ μ g		普通铅		同位素原子比率*						表面年龄/Ma	
		U	Pb	含量/ng	$^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$	$^{206}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$	$^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$	$^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$	$^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$	$^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$	$^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$	$^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$	$^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$
B3-1	无色透明长柱状	40	276	0.170	116	0.2017	0.03462(43)	0.239(67)	0.050(14)	219.4(2.7)	218(61)	202(630)	
B3-2	无色透明长柱状	40	589	0.110	279	0.1592	0.03476(34)	0.244(35)	0.0509(70)	220.3(2.2)	222(32)	237(320)	
B3-3	无色透明长柱状	40	491	0.200	177	0.06942	0.03891(20)	0.274(24)	0.0511(42)	246.1(1.2)	246(21)	243(190)	
B4-1	近无色透明长柱状	40	573	0.140	263	0.4117	0.03536(23)	0.245(28)	0.0502(55)	224.0(1.5)	223(26)	207(250)	
B4-2	近无色透明长柱状	40	392	0.051	574	1.383	0.04242(37)	0.324(42)	0.0554(68)	267.8(2.3)	285(37)	427(270)	
B8-1	浅黄色透明长柱状	40	891	0.140	370	0.1379	0.03676(23)	0.259(27)	0.0512(51)	232.7(1.5)	234(25)	248(230)	

注: * 表明 $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 已对实验空白($\text{Pb}=0.050\text{ ng}$, $\text{U}=0.002\text{ ng}$)及稀释剂做了校正。其他比率中的铅同位素均为放射成因铅同位素。括号内的数字为 2σ 绝对误差,例如:0.03891(20)表示 $0.03891\pm 0.00020(2\sigma)$ 。B3-1、B3-2 号点 $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ 表面年龄加权平均值(220.0 ± 1.7)Ma; B3-3 号点 $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ 表面年龄值(246.1 \pm 1.2)Ma; B4-1 号点 $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ 表面年龄值(224.0 \pm 1.5)Ma; B4-2 号点 $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ 表面年龄值(267.8 \pm 2.3)Ma; B8-1 号点 $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ 表面年龄值(232.7 \pm 1.5)Ma。测试单位:国土资源部天津地矿所。

表2 花岗岩长岩样品锆石 U-Pb 同位素年龄测定结果

Table 2 Zircon U-Pb dating results of granodiorite samples ZK1901-104, ZK1901-205, ZK1901-310 and B2006-2

点号	锆石特征	m/ μ g		普通铅		同位素原子比率*						表面年龄/Ma	
		U	Pb	含量/ng	$^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$	$^{206}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$	$^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$	$^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$	$^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$	$^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$	$^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$	$^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$	$^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$
1	浅黄色透明短柱状自形(ZK1901-104)	65	292	8	0.038	483	0.2551	0.02102(22)	0.141(24)	0.0488(79)	134.2(1.3)	134(22)	140(340)
2	浅黄色透明细长柱状自形(ZK1901-205)	70	322	11	0.170	138	0.2423	0.02110(40)	0.138(36)	0.047(11)	134.6(2.5)	132(33)	87(520)
3	浅黄色透明细长柱状自形(ZK1901-310)	75	508	21	0.310	145	0.2953	0.02429(29)	0.186(34)	0.0557(98)	154.7(1.8)	174(30)	444(350)
4	浅黄色透明短柱状自形(ZK1901-310)	62	660	23	0.110	489	0.1539	0.02899(10)	0.244(11)	0.0610(26)	184.2(0.8)	222(9)	642(88)
5	浅黄色透明短柱状晶体(B2006-2)	60	284	11	0.210	94	0.06589	0.02190(33)	0.162(41)	0.053(12)	139.7(2.1)	153(38)	360(540)
6	浅黄色透明短柱状晶体(B2006-2)	70	250	8	0.057	284	0.3241	0.02200(33)	0.147(34)	0.048(11)	140.3(2.1)	139(32)	117(520)

注: * 表明 $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 已对实验空白($\text{Pb}=0.050\text{ ng}$, $\text{U}=0.002\text{ ng}$)及稀释剂做了校正。其他比率中的铅同位素均为放射成因铅同位素。括号内的数字为 2σ 绝对误差,例如:0.02102(2)表示 $0.02102\pm 0.00022(2\sigma)$ 。ZK1901-104、ZK1901-205、ZK1901-310 样品锆石 1~4 号数据点上交点年龄值(1429 \pm 368) Ma 下交点年龄值(134 \pm 19) Ma; ZK1901-104、ZK1901-205 样品锆石 1-2 号点 $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ 表面年龄加权平均值(134.3 \pm 1.2) Ma; B2006-2 样品(5-6 号点) $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ 表面年龄加权平均值(140.0 \pm 1.5)Ma。测试单位:国土资源部天津地矿所。

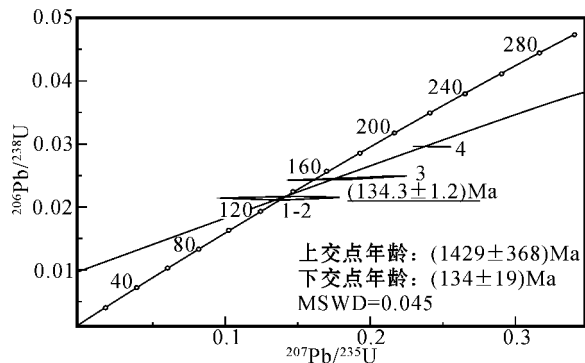


图 5 ZK1901-104、ZK1901-205、ZK1901-310 号样品锆石 U-Pb 谐和图

Fig. 5 Concordia diagram showing zircon U-Pb data of samples ZK1901-104, ZK1901-205 and ZK1901-310

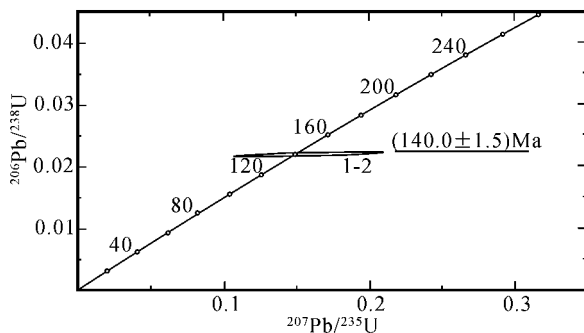


图 6 B2006-2 号样品锆石 U-Pb 谐和图

Fig. 6 Concordia diagram showing zircon U-Pb data of sample B2006-2

数据点的 2 组锆石可能为岩石中的残留锆石或捕虏晶锆石。为了解这些残留锆石或捕虏晶锆石较为真实的生成年龄信息,用 1~4 号数据点拟合成一不一致线,其与谐和线的下交点年龄值 $(134 \pm 19) \text{Ma}$ 在误差范围内与 1,2 号数据点的 $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ 表面年龄加权平均值 $(134.3 \pm 1.2) \text{Ma}$ 一致,反映了岩石的成岩年龄信息(凌洪飞等,2004);而上交点年龄值 $(1429 \pm 368) \text{Ma}$ 则反映了残留锆石或捕虏晶锆石的年龄信息。笔者认为这些残留锆石或捕虏晶锆石可能是中元古代时期 1400 Ma 左右构造岩浆活动形成的锆石,被燕山期岩体捕虏,或残留在燕山期岩体中。

(2) 从 B2006-2 号样品分离出的锆石为浅黄色透明短柱状自形晶体。测试结果见表 2,5、6 号数据点和图 6。这 2 组锆石的 3 个表面年龄在实验误差范围内是一致的,精度和准确度较高的 $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ 表面年龄加权平均值为 $(140.0 \pm 1.5) \text{Ma}$ 。将这一年龄解释为该花岗闪长岩的成岩年龄较合适。

2.3 依据铅同位素判断成矿物质来源

对大草坪钼矿围岩原始铅同位素 $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 、 $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 比值进行统计(表 3),表明铅同位素组成大体上还较均一集中。投影点总体上落在造山带附近(图 7)。这说明,花岗闪长岩及花岗岩都是壳源,其改造重熔过程是造山运动过程中形成,燕山造山带在华北地台上表现十分强烈,燕山期钼矿等多金属矿床的形成无疑受燕山造山带的控制及制约。这充分表明大草坪成岩、成矿物质来源的多源性及其复

表 3 大草坪钼矿床岩石中原始铅同位素组成

Table 3 Initial lead isotope compositions of rocks from the Dacaoing molybdenum deposit

样号	岩石类型	$^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$	$^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$
ZK1901-205-2	花岗闪长岩	18.513	15.620
ZK1901-310-2	花岗闪长岩	18.969	15.617
B3-1	花岗岩	18.365	15.609
B3-2	花岗岩	18.318	15.609
B4-1	花岗岩	18.365	15.612
B4-2	花岗岩	18.302	15.608
B8-1	花岗岩	18.350	15.611

杂性。

3 讨论及结论

本矿区锆石 U-Pb 年龄结果显示南猴顶杂岩体至少存在 2 期不同时代的岩浆活动。其中早期岩浆活动时间为中生代早期(印支期),代表性岩体有撒二营子-撒岱沟门二长花岗岩、大草坪花岗岩等。撒二营子-撒岱沟门二长花岗岩锆石 U-Pb 年龄为 $(227.1 \pm 2.7) \text{Ma}$ (另文叙述),大草坪花岗岩锆石 U-Pb 年龄为 $(220.0 \pm 1.7) \text{Ma}$ 、 $(224.0 \pm 1.5) \text{Ma}$ 和 $(232.7 \pm 1.5) \text{Ma}$,总体看可归为印支期。这与 1975 年 1:20 万区域地质测量报告和 1989 年《河北省、北京市、天津市区域地质志》中厘定的燕山期是有区别的,主要原因是前人仅根据岩体与地层、构造的关系来区分,缺少岩体本身测年资料,参考的年龄数据为寿王坟、大河南等岩体 K-Ar 同位素年龄资料。K-Ar

① 天津华北地质勘查局地质研究所,中国地质科学院矿产资源研究所. 2006. 冀北上黄旗构造岩浆岩带北段钼多金属成矿规律及找矿远景研究报告.

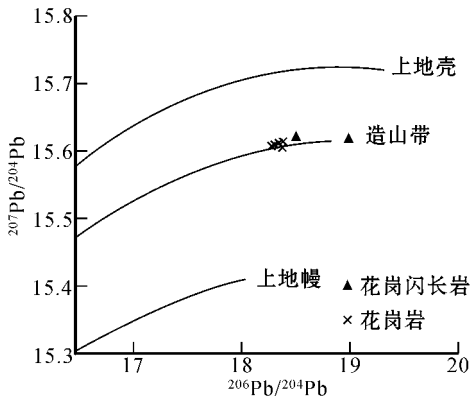


图7 河北丰宁大草坪钼矿床岩体中初始铅同位素组成(底图据Doe et al., 1979)

Fig. 7 Initial lead isotope composition diagram of intrusives from the Dacaoping molybdenum deposit in Fengning, Hebei Province (background chart from Doe et al., 1979)

法年龄由于放射性成因氦的丢失,从而使年龄值偏低。大草坪花岗闪长岩形成时间为中生代晚期(燕山期),其锆石 U-Pb 年龄分别为(134.3 ± 1.2)Ma、(140.0 ± 1.5)Ma,其年龄跨度不大,数据可信,这与1989年《河北省、北京市、天津市区域地质志》中厘定的海西期岩体不一致。笔者对大草坪矿区的辉钼矿进行 Re/Os 同位素测试,模式年龄为(140.0 ± 2.3)Ma^①,也与锆石 U-Pb 测年结果一致,表明大草坪花岗闪长岩成岩与大草坪钼矿成矿同期。上述年龄结果及岩石中的残留锆石或捕虏晶锆石的年龄信息在一定程度上可说明本区含矿岩体来源于古老地层就地多期改造重熔。

华北板块北缘处于华北板块与西伯利亚板块、太平洋板块的接合部位,经历了长达3800Ma(Liu et al., 1992)的地质演化和多次构造热事件,是中国陆区最古老的地质单元。华北克拉通边缘的构造演化可分为3个巨旋回,即:①早前寒武纪(1850 Ma以前)变质基底的形成;②晚前寒武纪—古生代的(1850~250 Ma)陆缘构造演化;③中-新生代(250 Ma以后)的陆-陆碰撞和陆内构造演化(祁进平等, 2004)。

毛景文等(2003)提出在华北克拉通及其邻区,中生代金属矿床大规模成矿作用出现在200~160 Ma、140 Ma左右和130~110 Ma三个时期。通过对

中生代地球动力学演化的分析研究,认为这三大成矿期所对应的地球动力学背景分别为200~160 Ma后碰撞造山过程,140 Ma左右南北主应力场向东西主应力场构造体制大转折和130~110 Ma东西向岩石圈大规模减薄作用。华北克拉通及其邻区浅成热液型矿床作为区内大规模成矿作用的组成部分,其成矿时限和背景基本相同。刘红涛等(2002)通过对华北板块北缘中生代花岗岩的研究指出,160 Ma以前的中生代早中期,华北板块北缘岩石圈仍处于碰撞后前期的强烈加厚的过程之中,表明此时华北板块北缘处于后碰撞造山环境。毛景文等(2000; 2005)通过对华北中生代大规模成矿作用的研究表明,大规模成矿作用通常发育于后碰撞造山环境而不是同碰撞造山期间。在碰撞造山过程的伸展松弛期间,一方面,由于伸展垮塌作用而达到较高的温度产生熔融作用(Thompson, 1990);另一方面,玄武质岩浆底侵,下地壳岩石经过多次重熔及同熔作用,不仅形成了高度分异的富硅、富钾质花岗岩,沿着区域性EW向、NE向深大断裂上升,而且伴随着大规模的成矿事件发生。燕辽成矿带内钼矿床成矿年龄为180 Ma左右和140 Ma左右,表明其形成处于华北板块北缘200~160 Ma和140 Ma左右的2个不同的地球动力学背景之中。大草坪钼矿就是在中国东部构造体制大转换时形成,成岩、成矿系同一地球动力学背景下的产物,属于中国东部中生代三期大规模成矿的第二期。

本次研究表明,大草坪花岗岩为印支期花岗岩;大草坪花岗闪长岩形成时间为燕山期。大草坪钼矿成岩、成矿系同一地球动力学背景下的产物,与中国东部构造体制大转换时期的地球动力学背景相对应,属于中国东部中生代三期大规模成矿的第二期。

致谢 本文在构思中,得到中国地质科学院矿产资源研究所张荣华老师的指导,成文过程中,得到中国地质科学院矿产资源研究所毛景文研究员的帮助,测试工作在国土资源部天津地质矿产研究所完成,项目实施过程中,得到天津华北地质勘查总院大草坪项目组、物探中心和承德综合勘查院的大力支持,论文审稿专家和编辑部提出了宝贵的修改意见。最后特请天津地质矿产研究所同位素地质专家

① 天津华北地质勘查局地质研究所,中国地质科学院矿产资源研究所, 2006. 冀北上黄旗构造岩浆岩带北段钼多金属成矿规律及找矿远景研究报告。

李惠民研究员详细审阅修正定稿。在此,对上述单位及个人致以衷心的感谢。

References

- Bureau of Geology and Mineral Resources of Hebei Province. 1989. Regional geology of Hebei Province, Beijing and Tianjin Municipality [M]. Beijing : Geol. Pub. House. 14~31(in Chinese with English abstract).
- Dai J Z, Mao J W, Yang F Q, Ye H S, Zhao C S, Xie G Q and Zhang C Q. 2006. Geological characteristics and geodynamic background of molybdenum (copper) deposits along Yanshan-Liaoning metallogenic belt on northern margin of North China block [J]. Mineral Deposits, 25(5): 598~612(in Chinese with English abstract).
- Doe B R and Zartman R E. 1979. Plumbotectonics [A]. In : Barnes H L ed. Geochemistry of hydrothermal ore deposit [C]. New York : John Wiley and Sons. 22~70.
- Duan H C, Hao G Q and Zhou L. 2004. The consanguinity of ore deposits in southwestern North China Plate and its significance in prospecting [J]. Geoscience, 18(1): 24~31(in Chinese with English abstract).
- Huang D H, Du A D, Wu C Y, Liu C Y, Sun Y L and Zou X Q. 1996. Metallochrology of molybdenum (copper) deposits in the north China platform : Re-Os age of molybdenite and its geological significance [J]. Mineral Deposits, 15(4): 289~297(in Chinese with English abstract).
- Krogh T E. 1973. A Low contamination method for hydrotherm aldecom position of zircon and extraction of U and Pb for isotopic age determination [J]. Geochimica et Cosmochimica Acta, 37 : 485~494.
- Krogh T E. 1982. Improved accuracy of U-Pb ages by the creation of more concordant systems using the air abrasion technique [J]. Geochim. Cosmochim. Acta, 46 : 637~649.
- Ling H F, Shena W Z, Deng P, Jiang S Y, Gao J F, Ye H M, Pu W and Tan Z Z. 2004. Age, geochemistry and pathogenesis of the Sundong granite, northern Guangdong Province [J]. Acta Petrologica Sinica, 20(3): 413~424(in Chinese with English abstract).
- Liu D Y, Nutman A P, Compston W, Wu J S and Shen Q H. 1992. Remnants of ≥ 3800 Ma crust in the Chinese part of the Sino-Korean crator [J]. Geology, 20 : 339~342.
- Liu D Y and Zhao D M. 1988. Direct determination of the $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ age of single-grain zircon by use of the thermal emission mass spectrometer [J]. Geological Review, 34(6): 496~505(in Chinese with English abstract).
- Liu H T, Zhai M G, Liu J M and Sun S H. 2002. The Mesozoic granitoids in the northern marginal region of North China Craton : Evolution from post-collisional to anorogenic settings [J]. Acta Petrologica Sinica, 18(4): 433~448(in Chinese with English abstract).
- Lu S N and Li H M. 1991. A precise U-Pb single zircon age determination for the volcanics of Dahongyu formation, Changcheng system in Jixian [J]. Acta Geoscientica Sinica, 22(1): 137~146(in Chinese with English abstract).
- Ludwig K R. 1993. PBDAT-A computer program for processing Pb-U-Th isotope data, version 1. 24 [J]. United States Geological Survey, Open File Report. 88~542.
- Ludwig K R. 1994. ISOPLOT-A Plotting and Regression Program for Ra diogenic-Isotope Data, Version 2. 75 [J]. United States Geological Survey, Open File Report. 91~445.
- Ma Y S, Cui S Q, Zhao Y, Zeng Q L and Wu M L. 2002. The transformation process of Mesozoic- Cenozoic tectonic regime in the north of north China [J]. Journal of Geomechanics, 8(1): 15~25.
- Mao J W and Wang Z L. 2000. A preliminary study on time limits and geodynamic setting of large-scale metallogeny in East China [J]. Mineral Deposits, 19(4): 289~297(in Chinese with English abstract).
- Mao J W, Zhang Z H, Yu J J, Wang Y T and Niu B G. 2003. The geodynamic setting of Mesozoic large-scale mineralization in North China : The revelation from accurate timing of metal deposits [J]. Science in China (Series D), 33(4): 289~300(in Chinese).
- Mao J W, Xie G Q, Zhang Z H, Li X F, Wang Y T, Zhang C Q and Li Y F. 2005. Mesozoic large-scale metallogenic pulses in North China and corresponding geodynamic settings [J]. Acta Petrologica Sinica, 21(1): 169~188(in Chinese with English abstract).
- Meng Q R. 2003. What drove Late Mesozoic extension of the norther China Mongolia tract [J]. Tectonophysics, 369 : 155~174.
- Qi J P, Liu Y J and Li Q Z. 2004. The epithermal deposits in the northern margin of north China craton : spatiotemporal distribution and tectonic setting [J]. Journal of Mineralogy and Petrology, 24(3): 82~89(in Chinese with English abstract).
- Qin Z Y, Liu X Y and Hu X D. 1997. Structural analysis and metallogenic regularity in Wudang area [M]. Beijing : Geol. Pub. House. 68~90(in Chinese with English abstract).
- Ren J S, Chen T Y, Niu B G and Liu Z G. 1988. Tectonicevolution and metallogenic of China and its adjacent area [M]. Beijing : Science Press. 217(in Chinese).
- The Second Regional Surveying Team, Geological Bureau of Hebei Province. 1975. The regional geologic survey report of 1 : 200 000 [M]. Beijing : Geol. Pub. House(in Chinese).
- Thompson A B. 1990. Heat, fluids and melting in the granulite facies [A]. In : Vielzeuf D, Vidal P, ed. Granulites and crustale volution [M]. Netherlands : Kluwer Academi Publishers. 37~57.
- Zhang W L, Hua R M, Wang R C, Li H M and Chen P R. 2004. Single zircon U-Pb isotopic age of the wuliting granite in Dajishan area of Jiangxi, and its geological implicator [J]. Acta Geologica Sinica, 78(3): 352~358(in Chinese with English abstract).
- Zhao Y. 1990. Mesozoic orogenicmovement and tectonic volution Yanshan area [J]. Geological Review, 36(1): 1~21(in Chinese with English abstract).

附中文参考文献

代军治, 毛景文, 杨富全, 叶会寿, 赵财胜, 谢桂青, 张长青. 2006. 华北

- 地台北缘燕辽钼(铜)成矿带矿床地质特征及动力学背景[J]. 矿床地质, 25(5):598~612.
- 段焕春, 郝国强, 周琳. 2004. 华北地台西南缘矿床的亲缘性及其找矿意义[J]. 现代地质, 18(1):24~31.
- 河北省地质矿产局. 1989. 河北省、北京市、天津市区域地质志[M]. 北京: 地质出版社. 14~31.
- 黄典豪, 杜安道, 吴澄宇, 刘兰笙, 孙亚莉, 邹晓秋. 1996. 华北地台钼(铜)矿床年代学研究——辉钼矿铼-钨年龄及其地质意义[J]. 矿床地质, 15(4):365~373.
- 凌洪飞, 沈渭洲, 邓平, 蒋少勇, 高剑峰, 叶海敏, 濮巍, 谭证. 2004. 粤北笋洞花岗岩的形成时代、地球化学特征与成因[J]. 岩石学报, 20(3):413~424.
- 刘红涛, 翟明国, 刘建明, 孙世华. 2002. 华北克拉通北缘中生代花岗岩: 从碰撞后到非造山运动演化[J]. 岩石学报, 18(4):433~448.
- 刘敦一, 赵敦敏. 1988. 用热离子发射质谱计测定单颗粒锆石 $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ 年龄[J]. 地质论评, 34(06):496~505.
- 陆松年, 李惠民. 1991. 蓟县长城系大红峪组火山岩的单颗粒锆石U-Pb法准确定年[J]. 中国地质科学院院报, 22(1):137~146.
- 马寅生, 崔盛芹, 赵越, 曾庆利, 吴满路. 2002. 华北北部中生代构造体制的转换过程[J]. 地质力学学报, 8(1):15~25.
- 毛景文, 王忠良. 2000. 中国东部大规模成矿时限及其动力学背景的初步探讨[J]. 矿床地质, 19(4):289~297.
- 毛景文, 张作衡, 余金杰, 王义天, 牛宝贵. 2003. 华北中生代大规模成矿的地球动力学背景: 从金属矿床年龄精测得到启示[J]. 中国科学(D辑), 33(4):289~300.
- 毛景文, 谢桂青, 张作衡, 李晓峰, 王义天, 张长青, 李永峰. 2005. 中国北方中生代大规模成矿作用的期次及其动力学背景[J]. 岩石学报, 21(1):169~188.
- 祁进平, 陈衍景, 李强之. 2004. 华北克拉通北缘浅成低温热液矿床时空分布和构造环境[J]. 矿物岩石, 24(3):82~92.
- 秦正永, 刘兴义, 胡小蝶. 1997. 武当地区构造解析及成矿规律[M]. 北京: 地质出版社. 68~90.
- 任继舜, 陈廷愚, 牛宝贵, 刘志刚. 1988. 中国东部及邻区大陆岩石圈的构造演化及成矿[M]. 北京: 科学出版社. 217.
- 张文兰, 华仁民, 王汝成, 李惠民, 陈培荣. 2004. 江西大吉山五里亭花岗岩单颗粒锆石U-Pb同位素年龄及其地质意义探讨[J]. 地质学报, 78(3):352~358.
- 赵越. 1990. 燕山地区中生代造山运动及构造演化[J]. 地质论评, 36(1):1~13.

<http://www.kcdz.ac.cn/>