

# 河北省撒岱沟门斑岩型钼矿床二长花岗岩的锆石 U-Pb 年龄及其意义

魏 然<sup>1</sup> 王建国<sup>2,3</sup> 王义天<sup>1</sup> 王圣文<sup>3</sup>

(1. 中国地质科学院矿产资源研究所, 北京 100037; 2. 中国地质大学(北京), 北京 100083;  
3. 中信矿业科技发展有限公司, 北京 100004)

**摘要:**河北省丰宁县撒岱沟门斑岩型钼矿床位于华北地台板块的燕辽成矿带, 其含矿岩体撒岱沟门二长花岗岩体缺乏精确定年以厘定其形成时代, 本文采用 LA-MC-ICP-MS 方法对其年龄进行了精确测定, 并在总结前人资料的基础上, 探讨了该地区的成矿构造背景。结果表明, 撒岱沟门二长花岗岩体成岩年龄为 257.4~247.7 Ma。由于侵位冷却作用, 岩体下部的年龄为  $(247.7 \pm 1.2)$  Ma, 较岩体上部的年龄  $(257.4 \pm 1.1)$  Ma 和  $(256.9 \pm 0.9)$  Ma 晚。同时, 继承锆石(年龄为  $(1826 \pm 14)$  Ma) 的存在, 指示在成岩过程中发生了同化混染作用。该地区的成矿构造背景表明, 250 Ma 左右的华北板块北缘处于由强烈挤压背景向后造山转换的阶段, 这种构造体制的转化有利于岩体的形成。

**关键词:**二长花岗岩; LA-MC-ICP-MS 锆石 U-Pb 测年; 撒岱沟门钼矿床; 河北省丰宁县  
**中图分类号:** P597; P588.1 **文献标志码:** A **文章编号:** 1000-3657(2013)06-1736-13

华北板块北缘的燕辽钼(铜)成矿带是中国重要的钼矿产区之一, 发育杨家杖子、兰家沟、肖家营子、大科庄、撒岱沟门、小寺沟、寿王坟等钼矿床(图 1)。位于中段的撒岱沟门斑岩型钼矿床是河北省目前已知规模最大的钼矿床, 其地质勘查工作始于 1980 年, 中国有色金属工业总公司华北有色地质勘探公司 514 地质大队和天津华北地质勘查总院先后对矿区进行了勘查评价工作。但是, 对于该矿床在地质与成矿方面的基础研究工作相对较少, 相关报道只有 4 篇。段焕春等<sup>[1]</sup>对同样位于冀北上黄旗构造岩浆岩带钼多金属成矿带的大草坪花岗岩岩浆锆石年龄的 U-Pb 测定结果为  $(222.0 \pm 1.7)$  Ma、 $(224.0 \pm 1.5)$  Ma 和  $(232.7 \pm 1.5)$  Ma, 重新厘定大草坪花岗岩成岩期为印支期, 有别于之前厘定的燕山期。代军治等<sup>[2]</sup>对撒岱沟门的流体包裹体进行了深入的研究, 认为成矿流体在形成的过程中经历了早期的岩浆脱水、脱

气, 成矿期的不混溶作用, 以及晚期的大气水加入 3 个阶段的演化<sup>[3-5]</sup>。骆文娟等<sup>[6]</sup>对本矿区的成矿岩体的地球化学特征进行了研究, 揭示本区的花岗岩为准铝质高钾钙碱性 I 型花岗岩, 二长花岗岩由岩浆分离结晶作用形成; 并认为该矿床为深源中成斑岩型钼矿床。沈光银<sup>[7]</sup>指出撒岱沟门钼矿控岩构造为南北向和东西向断裂构造, 节理是主要的容矿构造。钼矿化赋存于岩体接触带附近的节理带及碎裂岩带中, 钾化与矿化关系密切。

虽然前人对撒岱沟门斑岩钼矿床进行了一定的研究, 但是与成矿相关的二长花岗岩未做过精确的同位素测年, 影响了对其成矿作用特征的进一步认识。因此本次工作对撒岱沟门二长花岗岩体的锆石进行了激光剥蚀多接受杯等离子质谱(LA-MC-ICP-MS)年龄测定, 并对其成岩成矿的构造背景进行探讨。

收稿日期: 2012-12-15; 改回日期: 2013-10-20

基金项目: 国家自然科学基金项目(40742009, 40102019)和国家“十一五”科技支撑计划课题(2006BAB01A11)联合资助。

作者简介: 魏然, 女, 1983 年生, 硕士, 研究实习员, 主要从事矿床学工作; E-mail: weiranyspa@126.com。

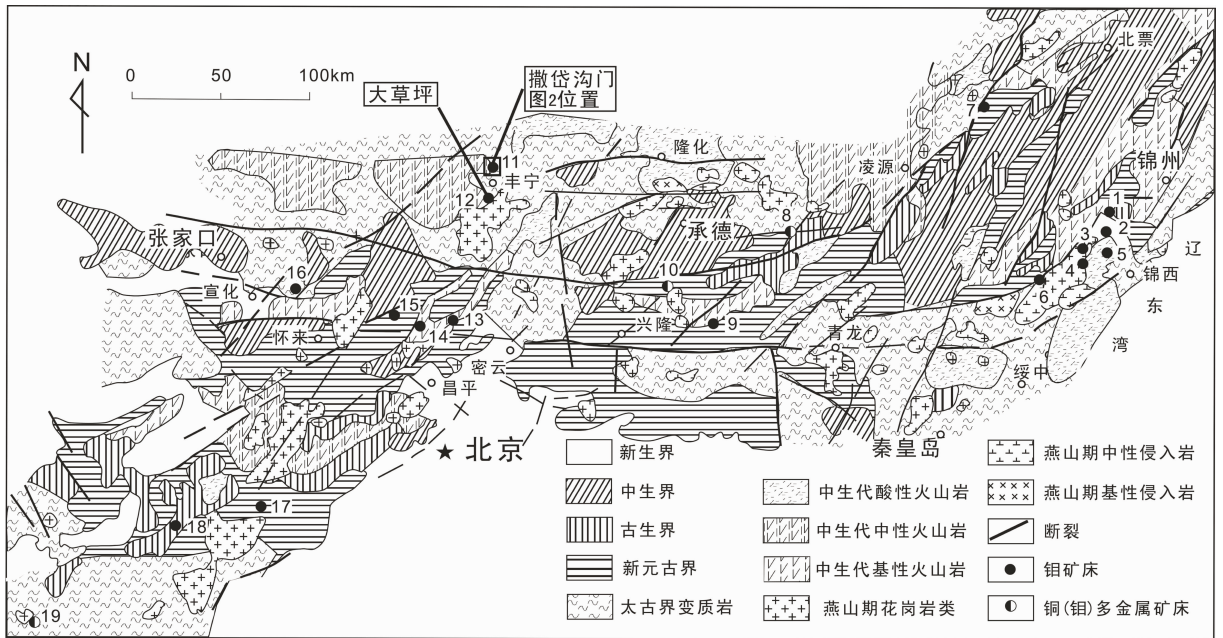


图 1 燕辽钼(铜)成矿带地质略图(据文献[8]略有修改)

主要矿床:1—钢屯;2—兰家沟;3—新台门;4—松北;5—杨家杖子;6—老虎沟;7—肖家营子;8—小寺沟;9—莫古峪;10—寿王坟;11—撒岱沟门;12—大草坪;13—石湖峪;14—东三岔;15—大庄科;16—贾家营;17—野弧;18—大湾;19—后峪

Fig.1 Schematic geological map showing the Yanliao molybdenum metallogenic belt on the northern margin of the North China platform (modified after Reference [5])

Main deposits: 1—Gangtun; 2—Lanjiagou; 3—Xintaimen; 4—Songbei; 5—Yangjiazhangzi; 6—Laohugou; 7—Xiaojiayingzi; 8—Xiaosigou; 9—Moguyu; 10—Shouwangfen; 11—Sadaigoumen; 12—Dacaoping; 13—Sshihuyu; 14—Dongsancha; 15—Dazhuangke; 16—Jiajiaying; 17—Yehu; 18—Dawan; 19—Houyu

## 1 矿区地质概况

### 1.1 地层

矿区出露的地层主要为早元古界红旗营子群,侏罗系火山岩、火山碎屑和陆相沉积岩,其次沿谷、河床低洼处分布有第四系风积、冲积和洪积层。红旗营子群岩性主要由斑状混合岩及变斑状混合岩化片麻岩组成,二者呈渐变过渡关系。矿区的二长花岗岩岩体即侵位于该地层。

### 1.2 构造

矿区构造普遍发育,主要以断裂和节理裂隙为主。根据构造与岩浆岩和矿床的关系,可大致分为控岩构造、控矿构造及成矿后构造。

控岩构造主要为北东向上黄旗—棋盘山断裂和南北向丰宁(潮河)断裂,撒岱沟门二长花岗岩体即沿两大断裂交汇的锐角部位侵入。次级断裂有南北向、近东西向、北东向和北西向等四组,其中主要是南北向和近东西向的断裂控制了岩脉的产出。

控矿构造主要为节理裂隙和叠加其上的碎裂岩带,节理以北北东方向较为发育,碎裂岩带则以北西西向为主。控矿节理集中发育于岩体东北角,为一套微细密集的剪裂面。碎裂岩带集中分布于矿区东部,规模较大的有十余条,带内岩石碎裂,局部发育糜棱岩化,并伴有高岭土化和萤石化。

成矿后构造多为一些规模较小的平移断层和节理裂隙。

### 1.3 岩浆岩

区内岩浆活动强烈,主要发育三期:一期为吕梁—五台期的中酸性岩体,分布于矿区近外围的潮河东部和撒二营南部,主要有黑云闪长岩、斜长花岗岩、花岗闪长岩。二期为印支期二长花岗岩,分布于土城子、撒二营及撒岱沟门一带,侵位于红旗营子群,并被上侏罗统火山岩覆盖,是主要含矿岩体。三期为燕山期中酸性小侵入体,分布于四道营子、五道营子一带,有二长花岗岩、石英正长斑岩等,均呈岩株状、岩墙状产出。

## 2 矿床地质特征

撒岱沟门二长花岗岩体是由二长花岗岩和后期侵入的花岗细晶岩、花岗闪长岩、花岗斑岩、石英斑岩及闪长玢岩等中酸性岩脉共同组成的复式岩体,出露面积 15 km<sup>2</sup>(图 2),岩体与太古宇混合岩化片麻岩为侵入接触。二长花岗岩为中粗粒似斑状结构,块状构造,岩体由北部的印支期红色二长花岗岩和南部的印支期白色二长花岗岩组成,二者呈相变过渡关系(图 2)。本区的中酸性岩脉主要呈东西向和南北向两组展布,红色二长花岗岩中主要产出呈南北向展布的闪长玢岩、石英正长斑岩岩脉,白色二长花岗岩中产出呈东西向展布的花岗斑岩岩脉,和呈南北向展布的石英正长斑岩岩脉及闪长玢岩岩脉。

钼矿化主要发育在红色二长花岗岩中,周围发育南北向的闪长玢岩脉及石英正长斑岩脉。

含矿的二长花岗岩为中粗粒似斑状结构,块状构造,并遭受了强烈的钾化和硅化蚀变,主要矿物为钾长石、斜长石、石英、黑云母,副矿物有榍石、磁铁矿、锆石、磷灰石、绿帘石等。斑晶主要为长石和石英,基质为显晶质石英、长石。

钼矿化主要呈网脉状、细脉状、星散浸染状、片状、薄膜层状分布于二长花岗岩株内。矿石结构有花岗结构、熔蚀结构、交代结构及半自形晶粒结构等。主要金属矿物有辉钼矿、黄铁矿、磁铁矿、闪锌矿、黄铜矿、微量赤铁矿等;脉石矿物主要有石英、钾长石、斜长石、云母、萤石及碳酸盐矿物。根据野外穿插关系及矿物组合,将成矿期次分为 3 期 6 个阶段<sup>[2]</sup>: (1)

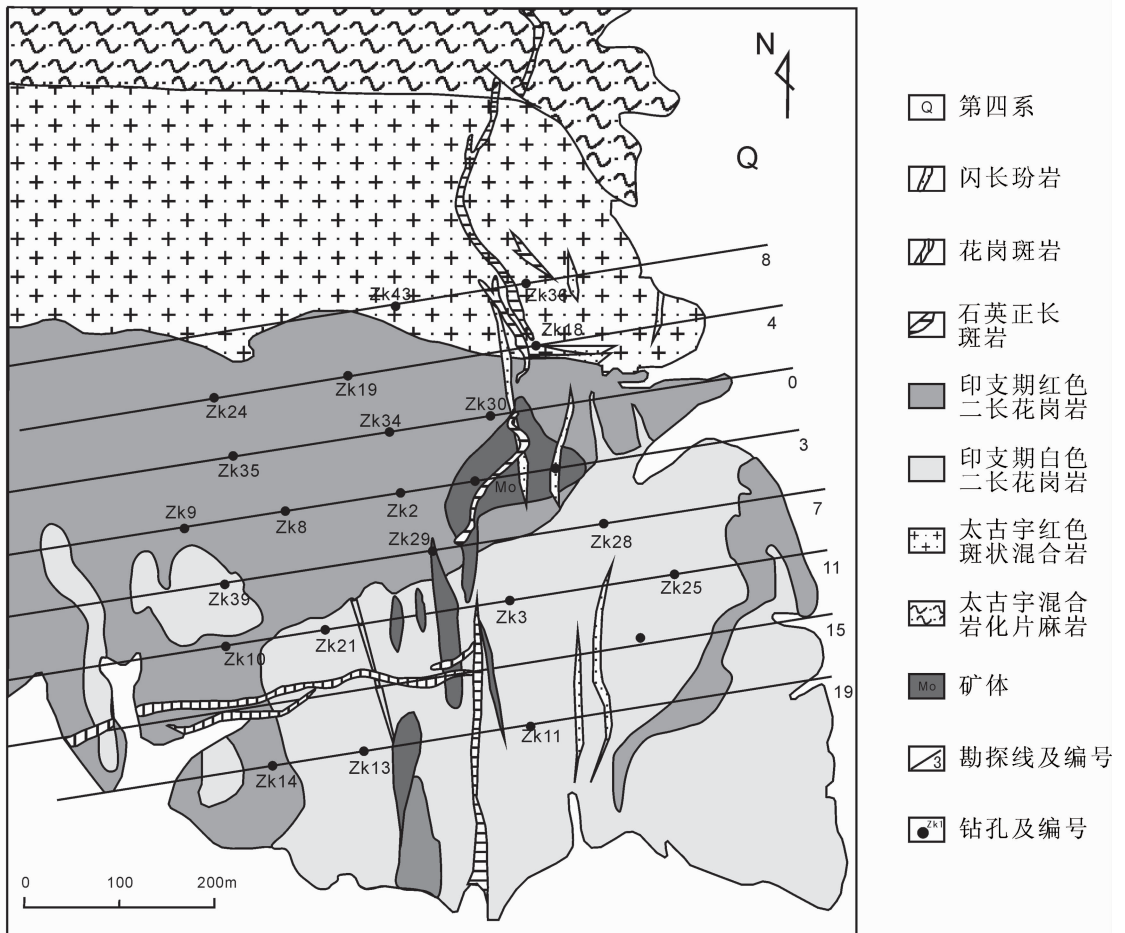


图 2 撒岱沟门钼矿区地质图

Fig.2 Geological map of the Sadaigoumen molybdenum deposit



成矿前:无石英脉阶段,石英脉宽 2~5 cm,常被后期的含矿石英脉穿插。(2)成矿期:①石英-磁铁矿-黄铁矿-辉钼矿阶段,硫化物呈浸染状、网脉状分布,颗粒小,自形产出;②石英-辉钼矿阶段,辉钼矿呈细脉状分布于石英脉两侧;③石英-白云母-闪锌矿阶段,伴随强烈白云母化和微弱萤石化,萤石呈浸染状产出。(3)成矿期后:①辉钼矿呈薄膜层状产出,穿切早期矿脉;②无矿热液阶段,发育低温硅化、萤石化。蚀变由内到外依次主要为:硅化、钾化带、黄铁绢英岩化带、泥化带及青磐岩化带。

### 3 样品特征、测试方法和结果

#### 3.1 样品特征

本次工作对撒岱沟门二长花岗岩体的 3 件岩石样品进行了锆石 LA-MC-ICP-MS 激光剥蚀多接收杯电感耦合等离子质谱 U-Pb 测年研究。

样品 SD-006(图 3-a):二长花岗岩,采自露天采场 800 m 平台入口处,浅肉红色,中粗粒结构,块状构造。主要矿物成分为石英、钾长石、斜长石、黑云母。沿节理发育细脉状辉钼矿矿化,局部见高岭土化。

样品 SD-008(图 3-b):钾化二长花岗岩,采自露天采场 728 m 平台入口处南侧,肉红色,中粗粒结构,块状构造。主要矿物成分为石英、钾长石、斜长石、黑云母、绢云母。矿化较好,辉钼矿呈片状产出。

样品 ZK-015(图 3-c):钾化二长花岗岩,采自钻孔 ZK1 岩心 522 m 处,标高为 283 m,位于矿体的底部。肉红色,中粗粒结构,块状构造。主要矿物成分为石英、钾长石、斜长石。发育星散状辉钼矿化和黄铁矿化。

#### 3.2 测试方法

3 件岩石样品在廊坊市科大矿物岩石矿物分选技术服务有限公司经过单矿物分选,每个样品各选出锆石近 1000 粒。在光学显微镜下选择其中晶型完好的锆石颗粒粘贴在环氧树脂表面,再经过抛光,直至暴露出锆石的中心面。在测年工作之前,先对样品靶进行光学显微镜的透反射光照相,然后镀金,进行扫描电镜的阴极发光照相(图 4)。锆石样品大部分为生长环带清晰明显且晶形完整的原生锆石<sup>[9]</sup>,多呈短柱状,粒径 60~140  $\mu\text{m}$ ,长宽比 1.5:1 至 3:1(图 4)。样品中还有一些具有内核的继承锆石,它们的内部多呈不规则状或浑圆状,外部被后期的生长边所包围,是被后期的岩浆捕获后继续生长的结果。最终对样品靶上

那些表面没有凹陷、裂纹和包裹体的原生锆石和继承锆石进行了 U-Pb 同位素测试分析。

LA-MC-ICP-MS 锆石 U-Pb 定年测试分析在中国地质科学院矿产资源研究所 LA-MC-ICP-MS 实验室完成,锆石定年分析所用仪器为 Finnigan Neptune 型及与之配套的 Newwave UP 213 激光剥蚀系统。激光剥蚀所用斑束直径为 25  $\mu\text{m}$ ,频率为 10 Hz,能量密度约为 2.5 J/cm<sup>2</sup>,以 He 为载气。信号较小的 <sup>207</sup>Pb, <sup>206</sup>Pb, <sup>204</sup>Pb(+<sup>204</sup>Hg), <sup>202</sup>Hg 用离子计数器(multi-ion-counters)接收,<sup>208</sup>Pb、<sup>232</sup>Th、<sup>238</sup>U 信号用法拉第杯接收,实现了所有目标同位素信号的同时接收并且不同质量数的峰基本上都是平坦的,进而可以获得高精度的数据,均匀锆石颗粒 <sup>207</sup>Pb/<sup>206</sup>Pb, <sup>206</sup>Pb/<sup>238</sup>U, <sup>207</sup>Pb/<sup>235</sup>U 的测试精度(2 $\sigma$ )均为 2%左右,对锆石标准的定年精度和准确度在 1%(2 $\sigma$ )左右。

LA-MC-ICP-MS 激光剥蚀采样采用单点剥蚀的方式,数据分析前用锆石 GJ-1 调试仪器,使之达到最优状态,锆石 U-Pb 定年以锆石 GJ-1 为外标,U、Th 含量以锆石 M127(U:923 $\times 10^{-6}$ ;Th:439 $\times 10^{-6}$ ;Th/U:0.475<sup>[10]</sup>)为外标进行校正。测试过程中在每测定 5~7 个样品前后重复测定两个锆石 GJ-1 对样品进行校正,并测量 1 个锆石 Plesovice(标准锆石),观察仪器的状态以保证测试的精确度。数据处理采用 ICP MS DataCal 程序测量过程中绝大多数分析点 <sup>206</sup>Pb/<sup>204</sup>Pb>1000,未进行普通铅校正,<sup>204</sup>Pb 由离子计数器检测,<sup>204</sup>Pb 含量异常高的分析点可能受包体等普通 Pb 的影响,对 <sup>204</sup>Pb 含量异常高(<sup>206</sup>Pb/<sup>204</sup>Pb<1000)的分析点在计算时剔除,锆石年龄谐和图用 Isoplot 3.0 程序获得。详细测试流程见侯可军等<sup>[11]</sup>。

#### 3.3 测试结果

3 件样品锆石的 U-Pb 测试分析结果见表 1,应用实测 <sup>204</sup>Pb 校正锆石中的普通铅,以下采用的表面年龄均为 <sup>206</sup>Pb/<sup>238</sup>U 年龄。由于 SD-006 数据谐和性较好,出现了谐和年龄,而 SD-008、ZK-015、SD-006 中的继承锆石均没有谐和年龄,故在以下讨论中用 SD-008、ZK-015 以及 SD-006 继承锆石的中值年龄来代表岩体的侵位年龄,而 SD-006 用谐和年龄来代表岩体的侵位年龄。

样品 SD-006 测试数据显示,原生锆石中 U 的含量为 117 $\times 10^{-6}$ ~706 $\times 10^{-6}$ ,Th 的含量为 164 $\times 10^{-6}$ ~950 $\times 10^{-6}$ ,<sup>232</sup>Th/<sup>238</sup>U 为 0.9~1.8,明显大于 0.4,加上其



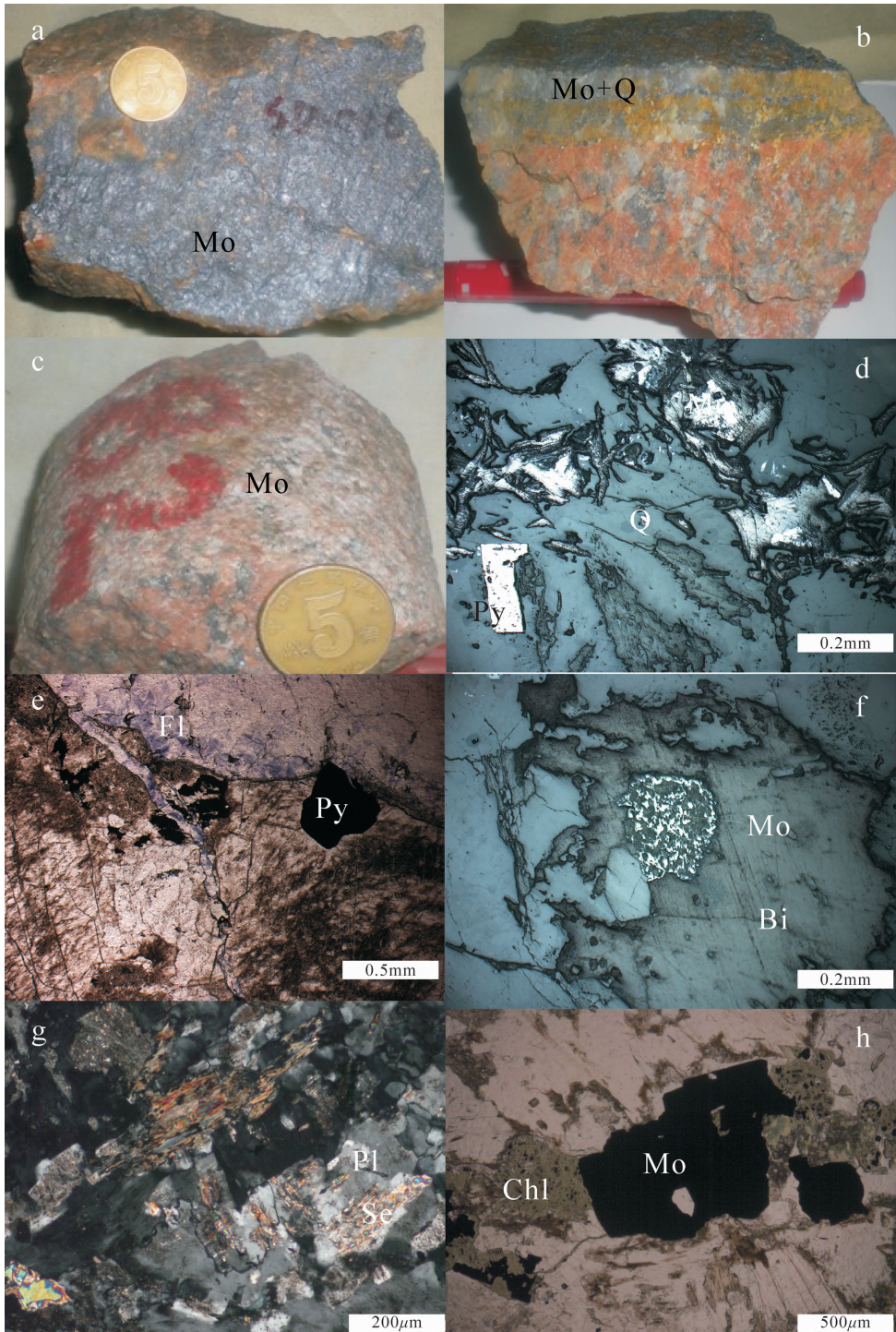


图 3 手标本及镜下特征照片

a—辉钼矿化较好的二长花岗岩,矿化沿裂隙产生,呈层状;b—产于节理石英脉中的辉钼矿;c—浸染状矿化的二长花岗岩;a、b、c 样品中的二长花岗岩用来进行锆石 U—Pb 年龄的测试;d—呈竹叶聚合状的辉钼矿产于石英脉中;e—早期形成的辉钼矿被后期的萤石脉穿切;f—后期形成的辉钼矿穿切早期形成的黑云母;g—斜长石蚀变为绢云母;h—与绿泥石共生的辉钼矿;

Mo—辉钼矿;Q—石英;Py—黄铁矿;Fl—萤石;Bi—黑云母;Pl—斜长石;Se—绢云母;Chl—绿泥石

Fig.3 Diagram showing characteristics of hand specimen and minerals observed under microscope

a—Molybdenite distributed along early joint fissures in monzonitic granite; b—Molybdenite distributed along early joint fissures in quartz; c—Disseminated molybdenite in monzonitic granite; samples a, b, c are used to date zircon; d—Molybdenite assuming bamboo leaves in quartz vein; e—Late fluorite cutting early molybdenite; f—Late molybdenite cutting biotite; g—Plagioclase altered into sericite; h—Molybdenite;

Mo—Molybdenum; Q—Quartz; Py—Pyrite; Fl—Fluorite; Bi—Biotite; Pl—Plagioclase; Se—Sericite; Chl—Chlorite

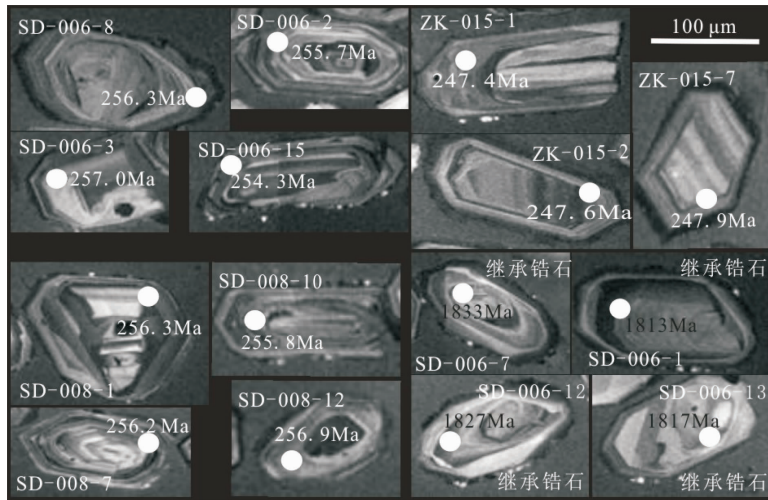


图 4 部分锆石样品的阴极发光照片

Fig.4 Part of CL images of zircon crystals

发育密集规律的韵律环带,故为岩浆结晶的锆石(图 4)。18 个测试数据中的 13 个原生锆石的  $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$  表面年龄为 245.4~265.5 Ma(表 1),加权平均年龄为  $(256.8\pm 0.9)$  Ma,谐和于  $(257.4\pm 1.1)$  Ma(图 5)。继承锆石中 U 的含量范围为  $187\times 10^{-6}\sim 934\times 10^{-6}$ , Th 的含量范围为  $43\times 10^{-6}\sim 329\times 10^{-6}$ ,  $^{232}\text{Th}/^{238}\text{U}$  较低, 5 个测点的范围在 0.2~0.9 之间(表 1),  $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$  表面年龄为 1813.0~1833.0 Ma,交点年龄为  $(1826\pm 14)$  Ma,  $\text{MSWD}=0.065$ (图 6)。

样品 SD-008 测试数据显示,锆石中 U 的含量范围为  $42\times 10^{-6}\sim 769\times 10^{-6}$ , Th 的含量范围  $86\times 10^{-6}\sim 702\times 10^{-6}$ ,  $^{232}\text{Th}/^{238}\text{U}$  为 0.7~2.2,明显大于 0.4,因其发育密集规律的韵律环带,故为岩浆结晶的锆石(图 4)。18 个测试数据测得的  $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$  表面年龄范围在 249.6~260.2 Ma(表 1),15 个数据的加权平均年龄为  $(256.9\pm 0.9)$  Ma(图 7)。

样品 ZK-015 测试数据显示,锆石中 U 的含量范围为  $77\times 10^{-6}\sim 741\times 10^{-6}$ , Th 的含量范围为  $171\times 10^{-6}\sim 910\times 10^{-6}$ ,  $^{232}\text{Th}/^{238}\text{U}$  为 0.8~3.1,明显大于 0.4,因其发育密集规律的韵律环带,故为岩浆结晶的锆石(图 4)。11 个测试数据获得的  $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$  表面年龄范围在 247.3~248.3 Ma(表 1),其加权平均年龄为  $(247.7\pm 1.2)$  Ma(图 8)。样品 ZK-015 的测试数据点在谐和图中大部分偏离了谐和线,年龄不谐和,从阴极发光照片(图 4)中可见锆石发育暗色边,可能是热液交代的结果,形成的热液锆石的普通铅含量一般变化较大,导致了测试数据点偏离谐和线的现象<sup>[12]</sup>。

## 4 讨论

### 4.1 成岩成矿时代

本次研究获得了 3 个加权平均年龄  $(257.4\pm 1.1)$  Ma、 $(256.9\pm 0.9)$  Ma 和  $(247.7\pm 1.2)$  Ma,锆石 U-Pb 年龄指示撒岱沟门二长花岗岩的侵位年龄<sup>[13-15]</sup>,这是由于 U-Pb 体系的封闭温度较高的特点<sup>[16-18]</sup>。花岗岩熔体到达、储存在二次岩浆房并开始冷却的时刻相当于花岗岩体的侵位年龄,而全部结晶—固结的时刻则相当于花岗岩体的结晶年龄<sup>[19]</sup>。

段焕春等<sup>[1]</sup>指出撒二营子—撒岱沟门二长花岗岩锆石 U-Pb 年龄为  $(227.1\pm 2.7)$  Ma,同时测得撒岱沟门辉钼矿的 Re-Os 模式年龄为  $(237.0\pm 3.9)$  Ma~ $(238.3\pm 4.3)$  Ma,成矿的年龄早于成岩的年龄<sup>[20-22]</sup>。通过对野外地质现象的观察,发现钼矿的成矿作用主要发生在岩体侵位之后,因为矿体沿岩体固结后的岩体产生的节理、裂隙系统充填呈网脉状分布<sup>[23]</sup>。故岩体的年龄应该早于辉钼矿的年龄,257.4~247.7 Ma 应为该二长花岗岩体的形成年龄。

样品 SD-006 和 SD-008 的 U-Pb 年龄相近,均在 257 Ma 左右,而样品 ZK-015 的 U-Pb 年龄为 247 Ma 左右,晚了近 10 Ma。样品 ZK-015 的采样位置与前两个相差较大,ZK-015 的海拔标高是 283 m,位于矿体的底部,样品 SD-006 和 SD-008 的海拔标高是 728~800 m,位于矿体的顶部。

花岗岩熔体到达、储存在二次岩浆房并开始冷却的时刻相当于花岗岩体的侵位年龄<sup>[19]</sup>。U-Pb 体



表 1 撒岱沟门二长花岗岩 LA-MC-ICP-MS U-Pb 分析结果  
Table 1 LA-MC-ICP-MS U-Pb analytical results of Sadaigoumen adamellite

分析号	U/10 <sup>-6</sup>	Th/10 <sup>-6</sup>	Th/U	<sup>206</sup> Pb/ <sup>238</sup> U 年龄/Ma	1 σ	<sup>207</sup> Pb/ <sup>235</sup> U 年龄/Ma	1 σ	<sup>207</sup> Pb/ <sup>235</sup> U 年龄/Ma	1 σ	<sup>207</sup> Pb/ <sup>206</sup> Pb	1 σ	<sup>207</sup> Pb/ <sup>235</sup> U	1 σ	<sup>206</sup> Pb/ <sup>238</sup> U	1 σ
SD006-1	934	329	0.4	1575.5	12.9	1813	4	1679.6	7.8	0.1107	0.0002	4.2284	0.0403	0.2769	0.0026
SD006-2	453	623	1.4	255.7	1.4	250	11	255.4	1.8	0.0512	0.0003	0.2859	0.0022	0.0405	0.0002
SD006-3	299	363	1.2	257.0	1.5	280	15	258.9	1.7	0.0519	0.0003	0.2904	0.0021	0.0407	0.0002
SD006-4	444	419	1.0	257.0	2.0	298	19	261.2	2.3	0.0523	0.0003	0.2933	0.0029	0.0407	0.0003
SD006-5	155	164	1.1	257.4	2.2	309	20	262.1	2.5	0.0525	0.0004	0.2945	0.0032	0.0407	0.0004
SD006-6	417	361	0.9	257.9	1.5	283	19	260.3	1.6	0.0520	0.0003	0.2922	0.0021	0.0408	0.0002
SD006-7	261	43	0.2	1945.2	9.9	1833	4	1891.5	5.2	0.1121	0.0002	5.4422	0.0329	0.3522	0.0021
SD006-8	216	375	1.7	256.3	1.7	265	12	256.9	2.1	0.0515	0.0004	0.2878	0.0026	0.0406	0.0003
SD006-9	147	237	1.6	257.8	1.4	287	16	260.4	2.1	0.0520	0.0004	0.2923	0.0026	0.0408	0.0002
SD006-10	706	950	1.4	256.0	1.3	254	9	255.7	1.4	0.0513	0.0002	0.2863	0.0018	0.0405	0.0002
SD006-11	464	417	0.9	257.8	1.7	283	13	260.4	1.9	0.0520	0.0003	0.2924	0.0025	0.0408	0.0003
SD006-12	243	144	0.6	1810.6	11.6	1827	0	1818.9	6.6	0.1117	0.0003	4.9975	0.0388	0.3243	0.0024
SD006-13	187	175	0.9	1726.5	11.3	1817	4	1767.5	6.5	0.1110	0.0003	4.7012	0.0365	0.3071	0.0023
SD006-14	297	388	1.3	256.5	2.4	280	18	258.1	2.1	0.0518	0.0003	0.2894	0.0027	0.0406	0.0004
SD006-15	275	419	1.5	254.3	1.5	302	22	259.1	2.5	0.0524	0.0005	0.2907	0.0032	0.0402	0.0002
SD006-16	537	692	1.3	258.0	1.6	300	11	261.4	1.7	0.0522	0.0003	0.2937	0.0021	0.0408	0.0003
SD006-17	117	214	1.8	257.3	1.6	254	22	256.7	2.5	0.0513	0.0005	0.2877	0.0032	0.0407	0.0003
SD006-18	223	164	0.7	1904.1	22.5	1826	5	1868.0	12.2	0.1116	0.0003	5.2948	0.0759	0.3436	0.0047
SD008-1	580	439	0.8	256.3	1.9	257	39	256.4	1.8	0.0514	0.0002	0.2872	0.0023	0.0406	0.0003
SD008-2	357	301	0.8	258.5	2.1	306	8	262.6	2.0	0.0524	0.0003	0.2952	0.0025	0.0409	0.0003
SD008-3	42	86	2.1	255.7	2.0	254	47	255.0	4.9	0.0513	0.0011	0.2854	0.0063	0.0405	0.0003
SD008-4	79	150	1.9	249.6	1.7	265	33	250.7	3.3	0.0516	0.0007	0.2801	0.0042	0.0395	0.0003
SD008-5	507	578	1.1	259.0	1.7	257	39	258.8	1.8	0.0514	0.0002	0.2903	0.0023	0.0410	0.0003



续表 1

分析号	U/10 <sup>-6</sup>	Th/10 <sup>-6</sup>	Th/U	<sup>206</sup> Pb/ <sup>238</sup> U 年龄/Ma	1 σ	<sup>207</sup> Pb/ <sup>206</sup> Pb 年龄/Ma	1 σ	<sup>207</sup> Pb/ <sup>235</sup> U 年龄/Ma	1 σ	<sup>207</sup> Pb/ <sup>206</sup> Pb	1 σ	<sup>207</sup> Pb/ <sup>235</sup> U	1 σ	<sup>206</sup> Pb/ <sup>238</sup> U	1 σ
SD008-6	429	307	0.7	257.3	1.9	333	11	258.4	1.9	0.0516	0.0003	0.2898	0.0024	0.0407	0.0003
SD008-7	323	366	1.1	256.2	2.1	333	26	257.6	3.1	0.0516	0.0006	0.2887	0.0040	0.0406	0.0004
SD008-8	166	305	1.8	249.7	1.6	339	21	258.2	2.6	0.0532	0.0006	0.2895	0.0033	0.0395	0.0003
SD008-9	509	598	1.2	256.0	2.1	322	9	261.9	2.1	0.0527	0.0002	0.2943	0.0027	0.0405	0.0003
SD008-10	286	446	1.6	255.8	1.8	283	20	258.4	2.6	0.0519	0.0005	0.2897	0.0033	0.0405	0.0003
SD008-11	295	308	1.0	256.5	1.5	257	15	256.6	2.0	0.0514	0.0004	0.2875	0.0026	0.0406	0.0002
SD008-12	281	270	1.0	256.9	1.5	333	17	258.1	1.9	0.0517	0.0004	0.2894	0.0025	0.0407	0.0002
SD008-13	206	266	1.3	257.7	2.6	369	19	267.9	2.3	0.0539	0.0004	0.3019	0.0030	0.0408	0.0004
SD008-14	769	702	0.9	257.4	1.5	261	40	257.8	1.5	0.0515	0.0002	0.2890	0.0020	0.0407	0.0003
SD008-15	292	636	2.2	257.2	1.5	283	19	259.8	1.8	0.0520	0.0003	0.2916	0.0023	0.0407	0.0003
SD008-16	262	549	2.1	260.2	2.5	406	15	275.5	3.0	0.0548	0.0003	0.3117	0.0039	0.0412	0.0004
SD008-17	162	297	1.8	257.0	1.6	306	20	261.8	2.4	0.0525	0.0005	0.2941	0.0030	0.0407	0.0003
SD008-18	149	157	1.1	256.2	1.8	306	20	260.9	2.5	0.0524	0.0004	0.2930	0.0031	0.0406	0.0003
ZK015-1	363	578	1.6	247.4	1.6	702	24	248.3	2.0	0.0628	0.0007	0.2770	0.0025	0.0391	0.0003
ZK015-2	164	188	1.1	247.6	1.4	565	5	251.4	2.3	0.0589	0.0007	0.2810	0.0028	0.0392	0.0002
ZK015-3	267	217	0.8	247.8	2.6	139	35	253.7	2.3	0.0488	0.0007	0.2838	0.0029	0.0392	0.0004
ZK015-4	500	891	1.8	247.5	3.3	265	33	261.5	4.0	0.0516	0.0007	0.2937	0.0051	0.0391	0.0005
ZK015-5	150	297	2.0	247.7	2.7	287	33	250.1	3.3	0.0521	0.0008	0.2792	0.0041	0.0392	0.0004
ZK015-6	741	595	0.8	248.3	1.8	861	20	260.8	1.6	0.0678	0.0006	0.2928	0.0021	0.0393	0.0003
ZK015-7	77	171	2.2	247.9	2.2	433	30	256.9	3.4	0.0553	0.0007	0.2879	0.0043	0.0392	0.0004
ZK015-8	86	188	2.2	248.0	2.3	506	60	258.0	2.8	0.0574	0.0007	0.2893	0.0035	0.0392	0.0004
ZK015-9	296	910	3.1	247.3	2.3	433	30	270.0	3.1	0.0553	0.0007	0.3046	0.0040	0.0391	0.0004
ZK015-10	272	403	1.5	247.7	2.5	702	27	255.7	2.3	0.0628	0.0008	0.2864	0.0029	0.0392	0.0004
ZK015-11	195	239	1.2	247.8	2.2	476	31	253.5	2.2	0.0566	0.0008	0.2836	0.0028	0.0392	0.0004

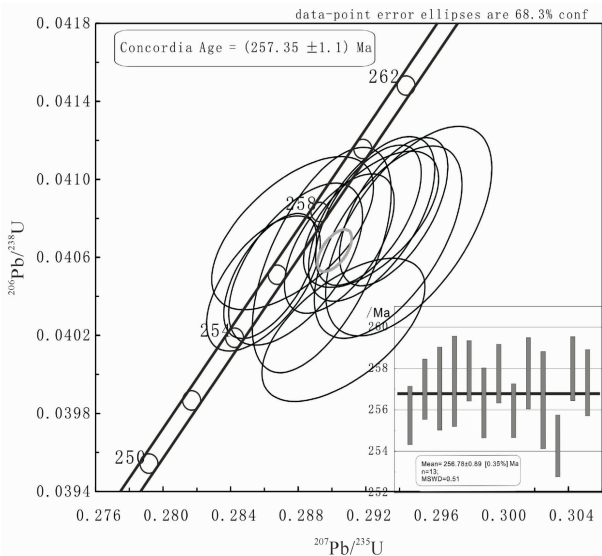


图 5 SD-006 的锆石 U-Pb 年龄中值图及谐和图  
Fig.5 Images of SD-006 zircons U-Pb weighted average age and concordant age

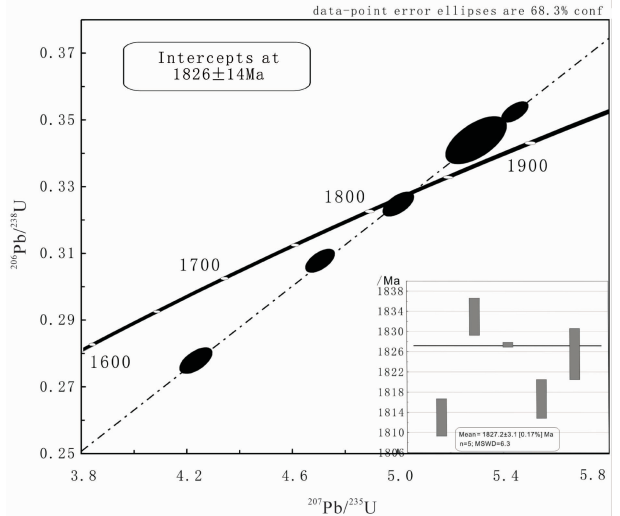


图 6 SD-006 中的继承锆石 U-Pb 年龄中值图及谐和图  
Fig.6 Images of SD-006 inheritance zircons U-Pb weighted average age and concordant age

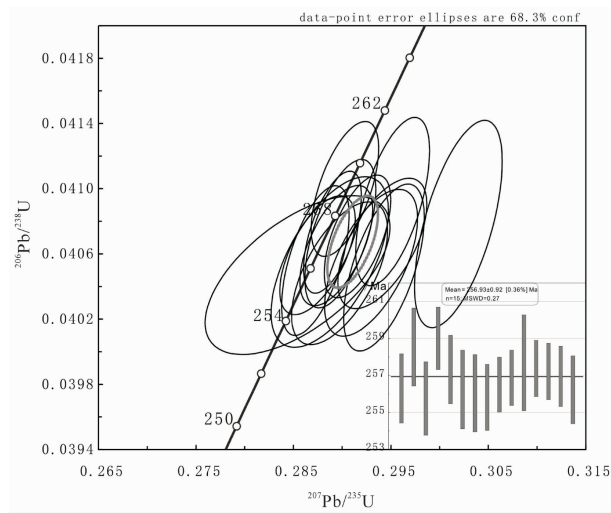


图 7 SD-008 的锆石 U-Pb 年龄中值图及谐和图  
Fig.7 Images of SD-008 zircons U-Pb weighted average age and concordant age

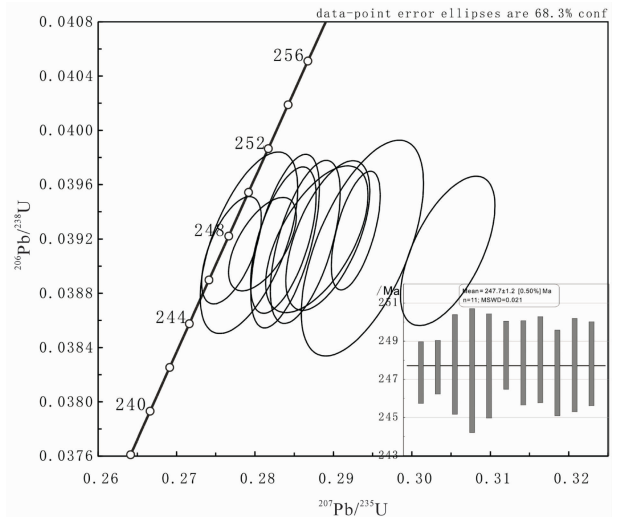


图 8 ZK-015 的锆石 U-Pb 年龄中值图及谐和图  
Fig.8 Images of ZK-015 zircons U-Pb weighted average age and concordant age

系的封闭温度较高<sup>[16-18]</sup>,因此锆石 U-Pb 表面年龄指示了撒岱沟门二长花岗岩的侵位年龄,而非结晶年龄或成岩年龄。造成岩体上部与下部锆石年龄差异的原因,可能是在岩浆由底部向上侵位的过程中,上部的岩浆先侵位,随着岩浆的不断上升侵位,下部的岩浆也达到锆石的封闭温度,因此岩浆上升侵位的速率大约是 50 m/Ma 左右。

4.2 成岩成矿构造背景探讨

该区的二长花岗岩地球化学大部分显示出同碰

撞花岗岩特征,并具有典型的岛弧型花岗岩特征<sup>[9]</sup>,这与华北大陆北缘在晚古生代晚期是一个类似于安第斯型的活动大陆边缘的观点<sup>[24]</sup>相吻合。王惠初等<sup>[25]</sup>认为晚二叠世(260~250 Ma)是华北北缘的一个重要的转折阶段,由强烈挤压的构造背景开始向后造山转换,晚二叠世末—三叠纪初已经进入了主造山期之后的松弛阶段。这与很多学者认为的古亚洲洋在二叠世封闭相符<sup>[26-28]</sup>。

古亚洲洋沿索伦缝合带的最终闭合发生在二叠

末—三叠纪初(~250 Ma 以来)华北克拉通北缘大量的后碰撞岩浆活动记录了这一拼合过程<sup>[29]</sup>。

撒岱沟门二长花岗岩的锆石 U-Pb 年龄(257~247 Ma)指示其正是形成于这种大地构造背景之中<sup>[9]</sup>,二长花岗岩地球化学大部分显示出同碰撞花岗岩特征,并具有典型的岛弧型花岗岩特征<sup>[6]</sup>。岩浆在侵位的过程中缓慢上升并不断向四周扩张、挤压,同时将围岩侵蚀和捕掳进来,并沿节理面等矿化较好部位发育强烈的交代作用,如钾化、硅化、黄铁绢英岩化等蚀变<sup>[31]</sup>。同时,在岩浆房中的岩浆,经过长期的分离结晶作用,产生的富含 Mo 等矿物质的岩浆热液流体,沿着早期形成的裂隙上涌,后期由于温度和压力的降低,辉钼矿大量沉淀形成了撒岱沟门斑岩矿床。

#### 4.3 燕辽成矿带的成矿时限

代军治等<sup>[32]</sup>提出,燕辽成矿带内钼、铜矿床成矿年龄为 180 Ma 左右和 140 Ma 左右,表明其形成处于华北地台北缘 200~160 Ma 和 140 Ma 左右 2 个不同的地球动力学背景之中。毛景文等<sup>[33-34]</sup>研究认为,中国北方中生代出现过 3 次大规模成矿作用,这三大成矿事件对应的地球动力学背景分别是:200~160 Ma 的后碰撞造山过程,140 Ma 左右的构造体制大转折晚期,和 120 Ma 左右的岩石圈大规模快速减薄。位于华北地台北缘内缘的燕辽成矿带东段成矿主要发生于 187~191 Ma,西段成矿主要发生于 134~144 Ma<sup>[8]</sup>,主要反映了燕山早期和燕山中晚期的成矿作用,缺失了印支期成矿。华北地台的北缘和南缘均存在印支期的成矿<sup>[23]</sup>。聂凤军等<sup>[35]</sup>也总结了华北克拉通北缘及邻区西段和中段产出的矿床,同位素年代学表明,钼矿床的形成时间可以从早三叠世中—晚期一直持续到晚三叠末期,其中 63%矿床形成时间集中在 230~220 Ma。结合本文测得的撒岱沟门钼矿花岗岩体成岩年龄(257.4±1.1)~(247.7±1.2) Ma,所以在华北地台北缘存在着与东秦岭成矿带年龄相近的印支期成岩成矿这一结论<sup>[36-37]</sup>,为今后的找矿勘查提供了一个新的方向。

## 5 结论

(1) 根据野外观察以及室内研究,获得撒岱沟门二长花岗岩的锆石 U-Pb 年龄 257.4~247.7 Ma,早于辉钼矿的 Re-Os 模式年龄 (237.0±3.9)Ma~(238.3±4.3)Ma。由于侵位冷却作用,下部岩体的年龄较上部岩体的年龄晚。

(2) 结合区域构造背景,撒岱沟门二长花岗岩的锆石 U-Pb 年龄(257~247 Ma)指示其处于由强烈挤压的构造背景开始向后造山转换的时期,为斑岩型矿床形成的有利条件,华北地台的北缘和南缘均存在印支期的成矿。

**致谢:** 野外工作中得到河北丰宁撒岱沟门钼矿矿区全体领导及员工的支持和帮助,实验过程中得到同位素实验室侯可军助研指导和帮助,在此一并表示衷心的感谢!

#### 参考文献(References):

- [1] 段焕春,秦正永,林晓辉,等.河北丰宁县大草坪钼矿区岩体锆石 U-Pb 年龄研究[J].矿床地质,2007,26(6):634-642.  
Duan Huanchun, Qin Zhengyong, Lin Xiaohui et al. Zircon U-Pb ages of intrusive bodies in Dacaooping molybdenum ore district, Fengning County, Hebei Province[J]. Mineral Deposits, 2007, 26(6): 634-642(in Chinese with English abstract).
- [2] 代军治,谢桂青,段焕春,等.河北撒岱沟门斑岩型钼矿床成矿流体特征及其演化[J].岩石学报,2007,23(10):2520-2521.  
Dai Junzhi, Xie Guiqing, Duan Huanchun, et al. Characteristics and evolution of ore-forming fluids from the Sadaigoumen porphyry molybdenum deposit, Hebei [J]. Acta Petrological Sinica, 2007, 23(10): 2520-2521(in Chinese with English abstract).
- [3] 杨艳,张静,刘家军,等.河南汤家坪钼矿床流体成矿作用研究[J].中国地质,2008,35(6):1240-1249.  
Yang Yan, Zhang Jing, Liu Jiajun, et al. Hydrothermal metallogeny of the Tangjiaping molybdenum deposit, Henan Province [J]. Geology in China, 2008, 35(6): 1240-1249 (in Chinese with English abstract).
- [4] 邓小华,陈衍景,姚军明,等.河南省洛宁县寨凹钼矿床流体包裹体研究及矿床成因[J].中国地质,2008,35(6):1250-1266.  
Deng Xiaohua, Chen Yanjing, Yao Junming, et al. Fluid inclusion constraints on the origin of the Zhaiwa Mo deposit, Luoning county, Henan Province[J]. Geology in China, 2008, 35(6): 1250-1266 (in Chinese with English abstract).
- [5] 刘军,武广,王峰,等.黑龙江省岔路口斑岩钼矿床流体包裹体和稳定同位素特征[J].中国地质,2013,40(4):1231-1251.  
Liu Jun, Wu Guang, Wang Feng, et al. Fluid inclusions and stable isotope characteristics of the Chalukou porphyry Mo deposit in Heilongjiang Province [J]. Geology in China, 2013, 40(4): 1231-1251 (in Chinese with English abstract).
- [6] 骆文娟,张德会,孙剑.河北丰宁撒岱沟门钼矿区成矿岩体地球化学特征及其对矿床成因的约束[J].地质与勘探,2010,46(3):491.  
Luo Wenjuan, Zhang Dehui, Sun Jian. Geochemical characters of mineralization rock of the Sadaigoumen molybdenum deposit and their constraints on the deposit genesis in Fengning, Hebei Province [J]. Geology and Exploration, 2010, 46(3): 491 (in Chinese with English abstract).



- English abstract).
- [7] 沈光银. 河北撒岱沟门钼矿床地质特征及找矿远景[J]. 矿产勘查, 2011, 2(5): 494-496.  
Shen Guangyin. Geological features and prospect of exploration in Sadaigoumen molybdenum deposit, Hebei [J]. Mineral Exploration, 2011, 2(5): 494-496 (in Chinese with English abstract).
- [8] 黄典豪, 杜安道, 吴澄宇, 等. 华北地台钼(铜)矿床成矿年代学研究——辉钼矿铼-钨年龄及其地质意义 [J]. 矿床地质, 1996, 15(4): 366.  
Huang Dianhao, Du Andao, Wu Chengyu, et al. Metalochronology of molybdenum (copper) deposits in the north China platform: Re-Os age of molybdenite and its geological significance[J]. Mineral Deposits, 1996, 15(4): 366 (in Chinese with English abstract).
- [9] 程彦博, 毛景文, 陈懋弘, 等. 云南个旧锡矿田碱性岩和黄扮演 LA-ICP-MS 锆石 U-Pb 测年及其地质意义[J]. 中国地质, 2008, 35(6): 1140-1145.  
Cheng Yanbo, Mao Jingwen, Chen Maohong, et al. LA-ICP-MS zircon dating of the alkaline rocks and Lamprophyres in Gejiu area and its implications[J]. Geology in China, 2008, 35(6): 1140-1145 (in Chinese with English abstract).
- [10] Nasdala L, Hofmeister W, Norberg N, et al. Zircon M 257—a homogeneous natural reference material for the ion microprobe U-Pb analysis of zircon [J]. Geostandards and Geoanalytical Research, 2008, 32: 247-265.
- [11] 侯可军, 李延河, 田有荣. LA-MC-ICP-MS 锆石微区原位 U-Pb 定年技术[J]. 矿床地质, 2009, 28(4): 482-483.  
Hou Kejun, Li Yanhe, Tian Yourong. In situ U-Pb zircon dating using laser ablation-multi ion counting-ICP-MS [J]. Mineral Deposits, 2009, 28(4): 482-483(in Chinese with English abstract).
- [12] 朱永峰, 宋彪. 新疆天格尔糜棱岩化花岗岩的岩石学及其 SHRIMP 年代学研究: 兼论花岗岩中热液锆石边的定年 [J]. 岩石学报, 2006, 22(1): 140-143.  
Zhu Yongfeng, Song Biao. Petrology and SHRIMP chronology of mylonitized Tianger granite, Xinjiang: Also about the dating on hydrothermal zircon rim in granite [J]. Acta Petrological Sinica, 2006, 22(1): 140-143(in Chinese with English abstract).
- [13] 付建明, 马昌前, 谢才富, 等. 湖南九嶷山复式花岗岩体 SHRIMP 锆石定年及其地质意义 [J]. 大地构造与成矿学, 2004, 28(4): 379-387.  
Fu Jianming, Ma Changqian, Xie Caifu, et al. SHRIMP U-Pb zircon dating of the Jiuyishan composite granite in Hunan and its geological significance [J]. Geotectonica et Metallogenia, 2004, 28(4): 379-387(in Chinese with English abstract).
- [14] 吴福元, 杨进辉, 刘晓明. 辽东半岛中生代花岗岩质岩浆作用的年代学格架[J]. 高校地质学报, 2005, 11(3): 305-317.  
Wu Fuyuan, Yang Jinhui, Liu Xiaoming. Geochronological framework of the Mesozoic granitic magmatism in the Liaodong Peninsula, Northeast China [J]. Geological Journal of China University, 2005, 11(3): 305-317 (in Chinese with English abstract).
- abstract).
- [15] 雍拥, 肖文交, 袁超, 等. 中祁连东段古生代花岗岩的年代学、地球化学特征及其大地构造意义[J]. 岩石学报, 2008, 24(4): 855-866.  
Yong Yong, Xiao Wenjiao, Yuan Chao, et al. LA-ICP-MS zircon U-Pb ages of granitic plutons from the eastern sector of the central Qilian and their geologic implication [J]. Acta Petrological Sinica, 2008, 24(4): 855-866(in Chinese with English abstract).
- [16] Hourigan J K, Solov'ev, Ledneva G V, et al. Timing of syenite intrusions on the eastern slope of the Sredinnyi Range, Kamchatka: Rate of accretionary structure exhumation [J]. Geochemistry International, 2004, 42(2): 131-141.
- [17] Flowers R M, Bowring S A, Tulloch A J, et al. Tempo of burial and exhumation within the deep roots of a magmatic arc, Fiordland, New Zealand[J]. Geology, 2005, 33(1): 17-20.
- [18] Hirt W H. Petrology of the Mount Whitney intrusive suite, eastern Sierra Nevada, California: Implication for the emplacement and differentiation of composite felsic intrusion [J]. Geol. Soc. Am. Bull. 2007, 119(9/10): 1185-1200.
- [19] 章邦桐, 吴俊奇, 凌洪飞, 等. 花岗岩结晶侵位与结晶固化时差的研究与构造意义: 以南岭骑田岭花岗岩基为例[J]. 高校地质学报, 2010, 16(1): 106-111.  
Zhang Bangtong, Wu Junqi, Ling Hongfei, et al. On the time elapsed from magma emplacement to crystallization-solidification of granites and its tectonic implication: Taking the Qitianling granite batholith of Nanling range in South China as an example [J]. Geological Journal of China Universities, 2010, 16(1): 106-111 (in Chinese with English abstract).
- [20] 李杰, 宋明春, 王美云, 等. 胶东尚家庄钼矿床 Re-Os 同位素年龄及其地质意义[J]. 中国地质, 2013, 40(5): 1612-1621.  
Li Jie, Song Mingchun, Wang Meiyun, et al. The molybdenite Re-Os age and genetic analysis of the Shangjiazhuang Mo deposit in Jiaodong area[J]. Geology in China, 2013, 40(5): 1612-1621 (in Chinese with English abstract).
- [21] 王富春, 陈静, 谢志勇, 等. 东昆仑拉陵灶火钼多金属矿床地质特征及辉钼矿 Re-Os 同位素定年 [J]. 中国地质, 2013, 40(4): 1209-1217.  
Wang Fuchun, Chen Jing, Xie Zhiyong, et al. Geological features and Re-Os isotopic dating of the Lalingzaohuo molybdenum polymetallic deposit in East Kunlun[J]. Geology in China, 2013, 40(4): 1209-1217 (in Chinese with English abstract).
- [22] 李强, 孟祥元, 杨富全. 河北省青龙满族自治县四拨子—六拨子钼铜矿床的辉钼矿 Re-Os 年龄及意义 [J]. 中国地质, 2012, 39(6): 1622-1634.  
Li Qiang, Meng Xiangyuan, Yang Fuquan, et al. Re-Os ages of molybdenite from the Sibozhi-Liubozhi molybdenum-copper deposit in Qinglong County of Hebei Province and its implications for metallogeny [J]. Geology in China, 2012, 39(6): 1622-1634 (in Chinese with English abstract).
- [23] 梁景时, 漆富勇, 胡论元, 等. 江西安远远岭寨矿区钼矿床地质特征及矿床成因探讨[J]. 中国地质, 2012, 39(5): 1332-1337.

- Liang Jingshi, Qi Fuyong, Hu Lunyuan, et al. Geological characteristics and genesis of the Yuanlingzhai molybdenum deposit in Anyuan, Jiangxi Province [J]. *Geology in China*, 2012, 39(5): 1332-1337(in Chinese with English abstract).
- [24] 陈衍景, 翟明国, 蒋少涌. 华北大陆边缘造山过程与成矿研究的重要进展和问题[J]. *岩石学报*, 2009, 25(11): 2696-2706.
- Chen Yanjing, Zhai Mingguo, Jiang Shaoyong. Significant achievements and open issues in study of ore genesis and metallogenesis surrounding the North China continent [J]. *Acta Petrologica Sinica*, 2009, 25 (11): 2696-2706 (in Chinese with English abstract).
- [25] 王惠初, 赵凤清, 李惠民, 等. 冀北闪长质岩石的锆石 SHRIMP U-Pb 年龄: 晚古生代岩浆弧的地质记录[J]. *岩石学报*, 2007, 23(3): 603.
- Wang Huichu, Zhao Fengqing, Li Huimin, et al. Zircon SHRIMP U-Pb age of the dioritic rocks from northern Hebei: The geological records of late Paleozoic magmatic arc [J]. *Acta Petrologica Sinica*, 2007, 23 (3): 603 (in Chinese with English abstract).
- [26] Robinson P T, Zhou M F, Hu X F, et al. Geochemical constraints on the origin of the Hegenshan Ophiolite, Inner Mongolia, China [J]. *Journal of Asian Earth Sciences*, 1999, 17: 423-442.
- [27] Badarch G, Gunningham W D, Windley B F. A new terrane subdivision for Mongolia: Implications for the Phanerozoic crustal growth of central Asia[J]. *Asia Earth Sci.*, 2002, 21: 87-110.
- [28] Xiao W J, Windley B F, Hao J, et al. Accretion leading to collision and the Permian Solonker suture, Inner Mongolia, China: Termination of the central Asian orogenic belt[J]. *Tectonics*, 2003, 22(6): 8-1-8-20.
- [29] 赵越, 陈斌, 张拴宏, 等. 华北克拉通北缘及邻区前燕山期主要地质事件[J]. *中国地质*, 2010, 37(4): 900-915.
- Zhao Yue, Chen Bin, Zhang Shuanhong, et al. Pre-Yanshanian geological events in the northern margin of the Northern margin of the North China Craton and its adjacent areas [J]. *Geology in China*, 2010, 37(4): 900-915(in Chinese with English abstract).
- [30] 代军治, 谢桂青, 王瑞廷, 等. 内蒙古赤峰鸭鸡山钼(铜)矿辉钼矿 Re-Os 年龄及其地质意义 [J]. *中国地质*, 2012, 39 (6): 1614-1621.
- Dai Junzhi, Xie Guiqing, Wang Ruiting, et al. Re-Os isotope dating of molybdenite separates from the Yajishan Mo(Cu) deposit, Inner Mongolia, and its geological significance [J]. *Geology in China*, 2012, 39(6): 1614-1621(in Chinese with English abstract).
- [31] 裴荣富, 吴良士, 赵余. 华南地区花岗岩形成环境、侵位类型与成矿[J]. *中国地质科学院院报*, 1986, 15: 65-67.
- Pei Rongfu, Wu Liangshi, Zhao Yu. Formation environments, emplacement types and mineralization of granites in the South China Region [J]. *Bulletin of the Chinese Academy of Geological Sciences*, 1986, 15: 65-67(in Chinese).
- [32] 代军治, 毛景文, 杨富全, 等. 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*, 2006, 25(5): 598-612.
- Dai Junzhi, Mao Jingwen, Yang Fuquan, et al. Geological characteristics and geodynamic background of molybdenum (copper) deposits along Yanshan-Liaoning metallogenic belt on northern margin of North China block [J]. *Mineral Deposits*, 2006, 25(5): 598-612 (in Chinese with English abstract).
- [33] 毛景文, 谢桂青, 张作衡, 等. 中国北方中生代大规模成矿作用的期次及其地球动力学背景 [J]. *岩石学报*, 2005, 21 (1): 169-188.
- Mao Jingwen, Xie Guiqing, Zhang Zuoheng, et al. Mesozoic large-scale metallogenic pulses in North China and corresponding geodynamic settings[J]. *Acta Petrologica Sinica*, 2005, 21(1): 169-188(in Chinese with English abstract).
- [34] 毛景文, 张作衡, 余金杰, 等. 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的启示[J]. *中国科学(D 辑)*, 2003, 33(4): 289-300.
- Mao Jingwen, Zhang Zuoheng, Yu Jinjie, et al. Geodynamic background of Mesozoic large-scale mineralization: The inspiration from the accurate ages of metal deposits [J]. *Science in China(Ser. D)*, 2003, 33(4): 289-300(in Chinese).
- [35] 聂凤军, 张可, 刘翼飞, 等. 华北克拉通北缘及邻区印支期岩浆活动与钼和金成矿作用 [J]. *吉林大学学报(地球科学版)*, 2011, 41(6): 1651-1666.
- Nie Fengjun, Zhang Ke, Liu Yifei, et al. Indosinian magmatic activity and molybdenum, gold mineralization along the northern margin of North China Craton and adjacent area[J]. *Journal of Jilin University (Earth Science Edition)*, 2011, 41 (6): 1651-1666 (in Chinese with English abstract).
- [36] 黄凡, 陈毓川, 王登红, 等. 中国钼矿主要矿集区及其资源潜力探讨[J]. *中国地质*, 2011, 38(5): 1111-1134.
- Huang Fan, Chen Yuchuan, Wang Denghong, et al. A discussion on the major molybdenum ore concentration areas in China and their resource potential[J]. *Geology in China*, 2011, 38(5): 1111-1134(in Chinese with English abstract).
- [37] 胡海珠, 李诺, 邓小华, 等. 秦岭地区印支期钼矿化特征及找矿前景[J]. *中国地质*, 2013, 40(2): 549-565.
- Hu Haizhu, Li Nuo, Deng Xiaohua, et al. Indosinian Mo mineralization in Qinling area and prospecting potential[J]. *Geology in China*, 2013, 40(2): 549-565(in Chinese with English abstract).

## Zircon U–Pb dating of adamellite from the Sadaigoumen porphyry molybdenum deposit in Fengning, Hebei Province, and its significance

WEI Ran<sup>1</sup>, WANG Jian–guo<sup>2,3</sup>, WANG Yi–tian<sup>1</sup>, WANG Sheng–wen<sup>3</sup>

(1. *Institute of Mineral Resources, Chinese Academy of Geological Sciences, Beijing 100037, China*; 2. *China University of Geosciences, Beijing 100083, China*; 3. *CITCI Mining Technology and Development Co., Ltd., Beijing 100004, China*)

**Abstract:** The Sadaigoumen molybdenum deposit lies in the Yan–Liao metallogenic belt, which is located on the north margin of North China platform. For the purpose of accurate determination of the age of ore–bearing adamellite, the authors employed the zircon LA–MC–ICP–MS dating, which yielded a concordant age of  $(257.4 \pm 1.1)$  Ma and two weighted average ages of  $(256.9 \pm 0.9)$  Ma and  $(247.7 \pm 1.2)$  Ma. Because of the cooling of the intrusion, the age of the lower part of the rock  $(247.7 \pm 1.2)$  Ma is younger than the ages of the upper part  $(257.4 \pm 1.1)$  Ma and  $(256.9 \pm 0.9)$  Ma. The inherited zircon age implies assimilation in the process of mineralization, which is consistent with the previous study result of I–type granite. Combined with the previous study, the authors investigated the metallogenic geodynamics background of the study area. North China platform was transformed from the strong squeezing stage to the post–orogenic stage around 250 Ma, which was favorable for the formation of adamellite.

**Key words:** adamellite; LA–MC–ICP–MS; zircon U–Pb dating; Sadaigoumen molybdenum deposit; Fengning in Hebei Province

---

**About of the first author:** WEI Ran, female, born in 1983, master, assistant researcher, mainly engaged in the study of mineral deposit; E–mail: weiranyspa@126.com.