

文章编号: 1001-1412(1999) 04-0076-07

# 哈达门沟金矿床地质特征 及其形成时代研究

苗来成<sup>1</sup>, Yu-min. QIU<sup>2</sup>, 关康<sup>1</sup>, Neal McNaughton<sup>2</sup>  
裘有守<sup>1</sup>, 罗镇宽<sup>1</sup>, David Groves<sup>2</sup>

(1. 天津地质研究院, 天津 300061; 2. Centre for Strategic Mineral Deposits, Department of Geology and Geophysics, the University of Western Australia, Nedlands 6907, Australia)

**摘要:** 哈达门沟金矿床位于华北地台北缘西段, 产于新太古代乌拉山岩群变质岩系中。矿床以发育一系列含金钾长石-石英脉为特征, 这些钾长石-石英脉沿近东西向的韧、脆性叠加断裂成群产出。钾长石化是最发育的近矿围岩蚀变。采用离子探针(SHRIMP)对矿体边部的钾长石化蚀变岩锆石 U-Pb 定年结果表明: 矿化钾长石化蚀变岩的年龄为  $132 \pm 2$  Ma。由于钾长石化蚀变岩本身被金矿化, 因此金矿化年龄小于或接近于  $132 \pm 2$  Ma, 应为燕山晚期成矿。

**关键词:** 哈达门沟; 金矿床; 成矿时代; 锆石

中图分类号: P597+.3; P618.51

文献标识码: A

## 1 地质概况

哈达门沟金矿床位于内蒙古包头市以西约 15 km, 大地构造位置处于华北地台北缘西段的阴山隆起中段。区内出露的地层单元主要为新太古界乌拉山岩群, 古元古界色尔腾山群和中元古界渣尔泰群变质岩。区内构造形迹以东西向为主, 其中乌拉山-大青山山前断裂和山后(临河-集宁)断裂是区内规模最大的断裂构造, 分别沿乌拉山南缘和北缘展布。有研究表明这两条断裂均为深切地幔的深断裂, 具有多期继承性活动特点<sup>[1]</sup>。区内侵入岩主要有位于哈达门沟金矿西侧的大桦背花岗岩体和北部的沙德盖岩体。矿区内发育有大量的伟晶岩脉, 野外可见伟晶岩脉被矿脉切割。

收稿日期: 1999-07-09; 修订日期: 1999-09-10

基金项目: 本文为“中国-西澳经济技术基金”资助的“中国华北克拉通北缘金矿床区域成矿条件和矿床成因”研究项目部分成果

第一作者简介: 苗来成(1966-), 男, 河南鄆城人, 工程师, 1991年毕业于昆明工学院, 获硕士学位, 从事矿床学研究, 现为中国地质大学(北京)博士生。

## 2 矿床地质特征

哈达门沟矿床紧临山前深断裂的北侧产出, 矿(化)体以钾长石-石英脉形式赋存于近东西向的次级脆、韧性叠加断裂中。矿区内钾长石-石英脉十分发育, 它们一般成群分布, 大致可以分为六个脉群<sup>[2]</sup>, 即 13、24、49、1、59 和 M113 号脉群(图 1), 其中 13 号脉群规模最大, 也最具代表性。以 13 号脉群为例简述其特征。

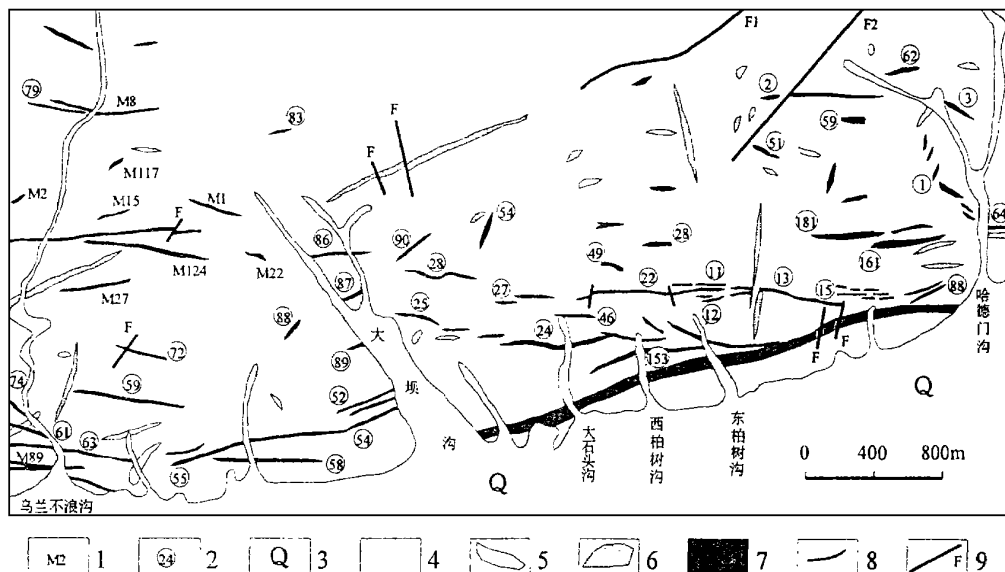


图 1 哈达门沟金矿床地质图(据参考文献[2])

Fig. 1 Simplified geological map of the Hadamengou gold deposit, Inner Mongolia, showing the distribution of the lodes (modified from Literature[2])

1. 武警黄金十一支队矿脉编号 2. 地质 105 队矿脉编号 3. 第四系 4. 太古界乌拉山岩群 5. 伟晶岩脉  
6. 辉绿岩脉 7. 山前钾化带 8. 矿脉 9. 断层

13 号主脉总长 2 200 m, 倾向 164°~204°, 倾角 45°~85°, 延深 300~500 m, 厚度 1.56~2.30 m,  $w(\text{Au})$  平均  $5 \times 10^{-6} \sim 6 \times 10^{-6}$ 。其围岩主要为乌拉山岩群变质岩。矿化类型主要有石英脉型和蚀变岩型两种。石英脉呈扁豆透镜体状, 长一般 80~120 m, 宽 0.1~1.8 m, 与硫化物共生, 形成石英脉型矿化。蚀变岩型矿化主要为含金钾长石蚀变岩, 常分布于石英脉周围, 但也有单独出现。

野外及镜下观察发现, 容矿构造具有韧、脆性叠加变形特征, 成矿作用主要发生在脆性变形期。成矿期容矿断裂表现为张扭性质, 局部地方可见张性角砾, 角砾成分主要为已遭受钾长石化等蚀变的围岩。

### 3 钾长石化蚀变岩锆石 SHRIMP U-Pb 研究

#### 3.1 分析方法

锆石样品是从 5 ~ 10 kg 新鲜样品中分离出来的, 锆石的 U-Pb 分析在澳大利亚西澳 SHRIMP( ) 实验室进行。详细的锆石 SHRIMP U-Pb 分析方法请参阅有关文献<sup>[3-5]</sup>。

为了解锆石晶体的内部结构和区分不同成因的锆石, 在西澳大学(UWA)对锆石晶体进行了背散射电子扫描成像和二次电子成像分析。这些图像可反映出普通光学显微镜下无法观测到的锆石内部结构, 同时可使 SHRIMP 测点布置达到最佳程度<sup>[6]</sup>。

#### 3.2 分析结果

为了确定成矿时代, 研究中对 13 号脉边部的钾化蚀变岩样品(HDM-19)进行了 SHRIMP U-Pb 分析。HDM-19 样品取自哈达门沟金矿区 41168 中段 414 矿房 119 ~ 123 勘探线间的 13 号脉旁侧的细粒钾长石化岩。岩石呈肉红色, 细粒结构, 块状构造。在钾长石化岩中偶见围岩的残留体(被糜棱岩化), 同时还可见有含金黄铁矿-石英微细脉。推测钾长石化岩稍早于金矿化, 或与金矿化大体同时形成。对该样品, 在 20 颗锆石上进行了 27 个点的分析, 分析结果列于表 1, 并分别投到 U-Pb 谐和图上(图 2A)。

总体上, 上述 27 个分析可以分为二个相关组: 第一组由 4 个分析组成, 其平均年龄为  $172 \pm 7$  Ma。第二组为主要的锆石组, 由 13 个分析组成, 它们在 U-Pb 谐和图上组成密集一簇并切割一致曲线(图 2B), 这 13 个分析的加权平均年龄为  $132 \pm 2$  Ma,  $X^2$  检验值为 0.66。其他分析比较散乱, 其中有二个分析(测点 10-1, 10-2)分别给出  $2115 \pm 32$  Ma 和  $2241 \pm 33$  Ma 的  $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$  年龄, 其它则散布于 143 ~ 322 Ma 之间(表 1)。SEM 图像显示, 主要锆石组的锆石大多数具有典型的结晶生长环带, 所以认为主要锆石组的平均年龄  $132 \pm 2$  Ma 应代表该矿化岩石的成矿年龄。而第一组锆石的平均年龄  $172 \pm 7$  Ma 应代表该区另一次较重要的地质事件的年龄。两个最老的年龄被解释为继承锆石的最小年龄。

### 4 讨论与结论

目前只有一种放射性同位素方法即 Re-Os 法可直接测定硫化物的形成年龄<sup>[7]</sup>, 但是大多数金矿床并不含适合于做 Re-Os 测定的矿物(如辉钼矿等), 所以一般是测定蚀变矿物的年龄, 并以蚀变矿物的年龄来近似表示成矿年龄。本研究中, 钾长石化蚀变岩样品(HDM-19)取自哈达门沟金矿主脉 13 号脉边部, 样品本身含石英-硫化物细脉。野外研究表明, 区内的钾化蚀变岩一般被石英-硫化物脉穿切或蚀变岩破碎成角砾被石英-硫化物胶结, 即金矿化晚于钾化蚀变作用。目前还没有发现早于钾化蚀变作用的早期金矿化存在的证据, 所以钾化蚀变岩的形成年龄  $132 \pm 2$  Ma 应代表该矿床成矿时代的下限, 也就是说哈达门沟金矿床成矿年龄小于或接近于  $132 \pm 2$  Ma, 应属燕山晚期成矿。这一成矿年龄结果与李杰美等(1994)<sup>[8]</sup>所得哈达门

表1 哈达门沟金矿床钾化蚀变岩锆石 SHRIMP U-Pb 分析结果(HDM-19 样品:UWA 编号:98-89A)

Table 1 Analysis result of SHEIMP U-Pb in zircons from the potassic alteration rock at Hadamengou gold deposit, Inner Mongolia

| 测点<br>号 | U<br>/ $10^{-6}$ | Th<br>/ $10^{-6}$ | Th/U  | $\frac{^{204}\text{Pb}}{^{206}\text{Pb}}$ | $f_{206}/\%$ | $\frac{^{207}\text{Pb}}{^{206}\text{Pb}}$ |     | $\frac{^{208}\text{Pb}}{^{206}\text{Pb}}$ |     | $\frac{^{205}\text{Pb}}{^{238}\text{U}}$ |    | $\frac{^{207}\text{Pb}}{^{235}\text{U}}$ |     | $\frac{^{207}\text{Pb}}{^{206}\text{Pb}}$ 年龄 |     | $\frac{^{206}\text{Pb}}{^{238}\text{U}}$ 年龄 |    | 谐和率<br>/% |
|---------|------------------|-------------------|-------|-------------------------------------------|--------------|-------------------------------------------|-----|-------------------------------------------|-----|------------------------------------------|----|------------------------------------------|-----|----------------------------------------------|-----|---------------------------------------------|----|-----------|
|         |                  |                   |       |                                           |              | 比值                                        | ±   | 比值                                        | ±   | 比值                                       | ±  | 比值                                       | ±   | Ma                                           | ±   | Ma                                          | ±  |           |
| 37-1    | 171              | 114               | 0.667 | 0.0004                                    | 0.654        | 0.0467                                    | 49  | 0.1953                                    | 112 | 0.0316                                   | 6  | 0.204                                    | 22  | 44                                           | 227 | 201                                         | 4  | 460       |
| 2-1     | 390              | 352               | 0.902 | 0.0000                                    | 0.001        | 0.0456                                    | 32  | 0.2868                                    | 77  | 0.0203                                   | 4  | 0.131                                    | 10  | 36                                           | 147 | 130                                         | 2  | 359       |
| 3-1     | 103              | 126               | 1.227 | 0.0022                                    | 3.505        | 0.0308                                    | 137 | 0.3377                                    | 322 | 0.0201                                   | 5  | 0.085                                    | 38  | 0                                            | 111 | 128                                         | 3  | 0         |
| 4-1     | 116              | 147               | 1.273 | 0.0002                                    | 0.000        | 0.0593                                    | 30  | 0.4245                                    | 87  | 0.0210                                   | 4  | 0.172                                    | 10  | 580                                          | 110 | 134                                         | 3  | 23        |
| 5-1     | 218              | 71                | 0.327 | 0.0002                                    | 0.265        | 0.0521                                    | 45  | 0.0868                                    | 96  | 0.0257                                   | 5  | 0.184                                    | 17  | 291                                          | 196 | 163                                         | 3  | 56        |
| 5-2     | 794              | 295               | 0.372 | 0.0001                                    | 0.182        | 0.0483                                    | 11  | 0.1201                                    | 22  | 0.0353                                   | 6  | 0.235                                    | 7   | 117                                          | 53  | 224                                         | 4  | 192       |
| 6-1     | 603              | 163               | 0.267 | 0.0001                                    | 0.217        | 0.0504                                    | 21  | 0.0877                                    | 44  | 0.0238                                   | 4  | 0.165                                    | 8   | 212                                          | 97  | 152                                         | 3  | 71        |
| 6-2     | 624              | 99                | 0.158 | 0.0003                                    | 0.446        | 0.0474                                    | 18  | 0.0433                                    | 35  | 0.0274                                   | 5  | 0.179                                    | 8   | 71                                           | 84  | 174                                         | 3  | 246       |
| 7-1     | 250              | 182               | 0.730 | 0.0001                                    | 0.101        | 0.0501                                    | 42  | 0.2373                                    | 96  | 0.0200                                   | 4  | 0.138                                    | 12  | 198                                          | 183 | 128                                         | 2  | 64        |
| 7-2     | 110              | 74                | 0.675 | 0.0001                                    | 0.232        | 0.0526                                    | 100 | 0.2111                                    | 229 | 0.0207                                   | 5  | 0.15                                     | 29  | 310                                          | 385 | 132                                         | 3  | 43        |
| 8-1     | 281              | 251               | 0.894 | 0.0001                                    | 0.146        | 0.0498                                    | 35  | 0.2825                                    | 83  | 0.0209                                   | 4  | 0.144                                    | 11  | 188                                          | 157 | 133                                         | 2  | 71        |
| 9-1     | 75               | 38                | 0.504 | 0.0000                                    | 0.000        | 0.0538                                    | 31  | 0.1596                                    | 55  | 0.0270                                   | 6  | 0.200                                    | 13  | 363                                          | 131 | 172                                         | 4  | 47        |
| 9-2     | 59               | 33                | 0.565 | 0.0005                                    | 0.733        | 0.0504                                    | 67  | 0.1806                                    | 151 | 0.0513                                   | 11 | 0.356                                    | 49  | 213                                          | 283 | 322                                         | 7  | 151       |
| 10-1    | 159              | 79                | 0.500 | 0.0000                                    | 0.000        | 0.1651                                    | 10  | 0.1518                                    | 10  | 0.3883                                   | 70 | 8.842                                    | 174 | 2509                                         | 11  | 2115                                        | 32 | 84        |
| 10-2    | 394              | 131               | 0.333 | 0.0001                                    | 0.096        | 0.1701                                    | 7   | 0.0946                                    | 7   | 0.4158                                   | 72 | 9.750                                    | 179 | 2558                                         | 7   | 2241                                        | 33 | 88        |
| 13-1    | 106              | 119               | 1.113 | 0.0007                                    | 1.100        | 0.0448                                    | 106 | 0.3510                                    | 251 | 0.0210                                   | 5  | 0.130                                    | 31  | 0                                            | 131 | 134                                         | 3  | 0         |
| 14-1    | 160              | 156               | 0.971 | 0.0003                                    | 0.000        | 0.0537                                    | 24  | 0.3162                                    | 63  | 0.0209                                   | 4  | 0.155                                    | 8   | 359                                          | 102 | 134                                         | 3  | 37        |
| 15-1    | 139              | 131               | 0.938 | 0.0000                                    | 0.000        | 0.0530                                    | 27  | 0.3087                                    | 69  | 0.0206                                   | 4  | 0.151                                    | 9   | 330                                          | 116 | 132                                         | 3  | 40        |
| 21-1    | 48               | 38                | 0.786 | 0.0001                                    | 0.181        | 0.0497                                    | 213 | 0.2722                                    | 493 | 0.0213                                   | 7  | 0.146                                    | 63  | 181                                          | 776 | 136                                         | 4  | 75        |
| 23-1    | 172              | 179               | 1.036 | 0.0000                                    | 0.000        | 0.0503                                    | 20  | 0.3257                                    | 54  | 0.0277                                   | 5  | 0.192                                    | 9   | 208                                          | 91  | 176                                         | 3  | 85        |
| 24-1    | 232              | 210               | 0.902 | 0.0002                                    | 0.353        | 0.0459                                    | 49  | 0.2864                                    | 117 | 0.0203                                   | 4  | 0.129                                    | 14  | 0                                            | 93  | 130                                         | 2  | 0         |
| 25-1    | 102              | 52                | 0.505 | 0.0010                                    | 1.602        | 0.0411                                    | 94  | 0.1388                                    | 212 | 0.0257                                   | 6  | 0.146                                    | 34  | 0                                            | 113 | 164                                         | 4  | 0         |
| 25-2    | 368              | 196               | 0.533 | 0.0003                                    | 0.524        | 0.0478                                    | 33  | 0.1634                                    | 73  | 0.0225                                   | 4  | 0.148                                    | 11  | 93                                           | 155 | 143                                         | 3  | 155       |
| 28-1    | 241              | 215               | 0.889 | 0.0004                                    | 0.614        | 0.0457                                    | 52  | 0.2716                                    | 121 | 0.0209                                   | 4  | 0.132                                    | 15  | 0                                            | 86  | 133                                         | 3  | 0         |
| 29-1    | 187              | 73                | 0.387 | 0.0001                                    | 0.000        | 0.0523                                    | 20  | 0.1219                                    | 30  | 0.0263                                   | 5  | 0.190                                    | 8   | 298                                          | 85  | 167                                         | 3  | 56        |
| 30-1    | 153              | 124               | 0.810 | 0.0001                                    | 0.000        | 0.0525                                    | 25  | 0.2624                                    | 58  | 0.0207                                   | 4  | 0.150                                    | 8   | 307                                          | 107 | 132                                         | 3  | 43        |

注:1. 表中误差(±)栏数值为最末几位数字;

2.  $f_{206}$ 为非放射成因 $^{203}\text{Pb}$ 占全部 $^{206}\text{Pb}$ 的百分比。

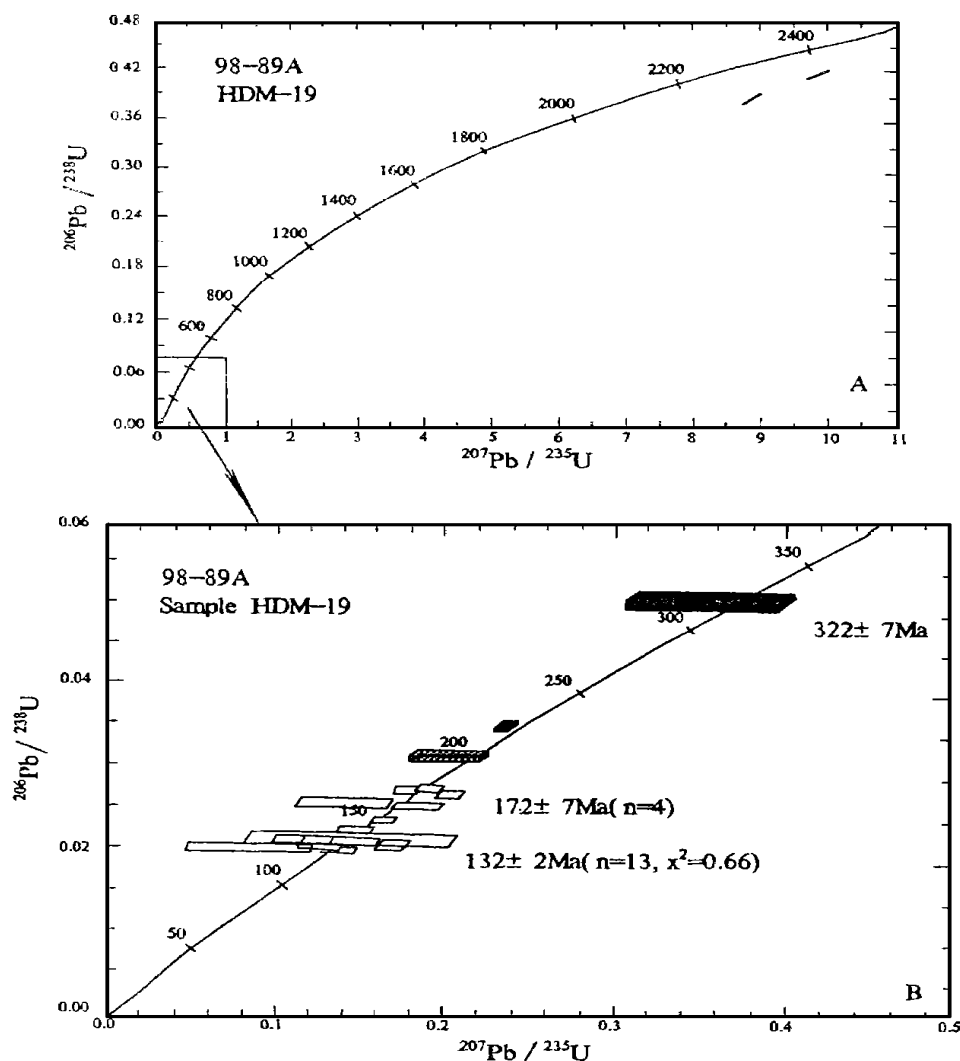


图2 哈达门沟金矿床蚀变岩样品(HDM-19)锆石 U-Pb 谐和图

Fig.2 Concordia plots showing all the zircon analytical results (A) and the main population (B) from sample HDM-19

A. 所有分析结果 B. 主要锆石组(带阴影框为继承锆石)

沟金矿床蚀变岩中钾长石的 K-Ar 年龄  $139.08 \pm 3.31 \text{ Ma}$  较为接近,但小于其他 K-Ar 和 Rb-Sr 年龄 ( $239 \sim 470 \text{ Ma}$ <sup>[2,8,9]</sup>)。SEM 图像分析表明,本研究所测钾化蚀变岩样品中参与  $132 \pm 2 \text{ Ma}$  年龄计算的被测锆石多数具有典型的韵律生长环带,测点部位无裂痕、无包裹体、无放射晕,而且这些分析结果在 U-Pb 谐和图上均在一致线上(图2),所以钾化蚀变岩的年龄是准确可信的,也就是说以钾化蚀变岩的年龄  $132 \pm 2 \text{ Ma}$  作为哈达门沟金矿成矿时代的下限年龄是可信的。

对于该样品中第一组锆石的平均年龄( $172 \pm 7$  Ma)可能有两种解释: 一是蚀变岩中古老锆石受  $132 \pm 2$  Ma 的热事件干扰而发生放射性成因丢失所造成的; 二是它们反映另一次较强的地质热事件。我们认为第二种可能性较大, 这是因为: ①它们的分析结果具有一致或近一致的 U-Pb 年龄, 不具铅丢失的特征; ②野外和镜下研究均表明, 哈达门沟金矿床的容矿断裂在成矿前曾发生过韧性剪切变形; ③区域研究表明, 中生代燕山早期本区曾发生过大规模的推覆作用<sup>[10, 11]</sup>。所以第一组锆石的年龄应反映成矿作用前的一次构造事件的年龄。

本次用钾化蚀变岩  $132 \pm 2$  Ma 年龄所限定的成矿年龄与胶东招掖地区的成矿年龄  $126 \sim 120$  Ma<sup>[3]</sup> 基本一致。这表明虽然胶东招掖地区与内蒙古乌拉山地区相距遥远, 两地区金矿的围岩岩性和年龄也不同, 但两地区金矿化却几乎同时发生。这可能指示两地金矿床具有相同的成矿大地构造背景, 即均受太平洋板块构造的控制。

综上所述可以得出结论, 即哈达门沟金矿床成矿年龄小于或近于  $132 \pm 2$  Ma, 应属燕山晚期, 与胶东地区金矿床形成时代一致。

致谢: 本研究项目得到中国-西澳经济技术研究基金的资助, 锆石样品的分离由天津地质研究院夏荷英工程师完成, 锆石 U-Pb 分析是在西澳科廷(Curtin)工业大学、西澳大学和西澳地质调查所共同管理的 SHRIMP 上进行, 并由 Dr Yu-min Qiu 博士和 Neal McNaughton 博士完成; 在野外工作中得到内蒙古黄金管理局、哈达门沟金矿的大力支持和帮助。在此, 对上述单位和个人表示衷心的感谢。

## 参考文献:

- [1] 内蒙古自治区地质矿产局. 内蒙古自治区区域地质志[M]. 北京: 地质出版社, 1991, 603-604.
- [2] 中国人民武装警察部队黄金指挥部. 内蒙古自治区哈达门沟伟晶金矿地质[M]. 北京: 地质出版社, 1995, 85-87.
- [3] 苗来成, 罗镇宽, 关康, 黄佳展, Wang L g, McNaughton N J. & Groves D I. 山东招掖金矿带内花岗岩类侵入体锆石 SHRIMP 研究及其意义[J]. 中国科学(D 辑), 1997, 27(3): 207-213.
- [4] Williams I S Some observation on the use of zircon U-Pb geochronology in the study of granitic rocks[J]. Trans. Royal Soc. Edinburgh: Earth Sci, 1992, 83: 447-458.
- [5] . Wang L, Qiu Y M, McNaughton N J, et al. Constraint on crustal evolution and gold metallogeny in the NW Jiaodong Peninsula, China, from SHRIMP U-Pb zircon studies of granitoids[J]. Ore Geology Reviews, 1998, 13: 275-291.
- [6] Qin Y M, McNaughton N J, Groves D I, et al. SHRIMP U-Pb in zircon and lead-isotope constraints on the timing and source of an Archaean granulite-hosted lode-gold deposit at Griffin's Find, Yilgarn Craton, Western Australia[J]. Chronique De Le Recherche Miniere, 1997, 529: 91-104.
- [7] Stein H J and Cathles L M A. special Issue on the Timing and duration of hydrothermal events (preface)[J]. Economic Geology, 1997, 92: 763-765.
- [8] 李杰美, 蔡尚波, 祝登丰, 等. 内蒙古乌拉山地区金矿地质特征及找矿预测[J]. 黄金地质科技, 1993, (2): 14-20.
- [9] 郎殿有. 内蒙古乌拉山金矿地质特征及成矿地质条件[J]. 内蒙古地质, 1990, (2): 30-40.
- [10] 胡宝全, 常忠耀, 张文聪. 阴山(包头段)大型推覆构造基本特征及其与金矿区域成矿关系[J]. 内蒙古地质, 1990, (1): 1-7.
- [11] 郑亚东, G A Davis, 王琮, 等. 内蒙古大青山大型逆冲推覆构造[J]. 中国科学(D 辑), 1998, 28(4): 289-295.

# GEOLOGICAL CHARACTERISTICS AND THE TIMING OF THE GOLD MINERALIZATION IN HADAMENGOU GOLD DEPOSIT, INNER MONGOLIA

MIAO Lai-cheng<sup>1</sup>, Yu-min QIU<sup>2</sup>, GUAN Kang<sup>1</sup>, Neal McNaughton<sup>2</sup>

QIU You-shou<sup>1</sup>, LUO Zhen-kuan<sup>1</sup>, David Groves<sup>2</sup>

(1. *Tianjin Geological Academy, Tianjin 300061, China*; 2. *Centre for Strategic Mineral Deposits, Department of Geology and Geophysics, the University of Western Australia, Nedlands 6907, Australia*)

**Abstract:** Hademengou gold deposit in the western portion of the northern margin of the North China Craton, is hosted by the metamorphic rocks of the Wulashan Group with New Archaean age. The gold deposit is characterized by swarms of K-feldspar-quartz veins which occurred along nearly E-W trending faults undergone ductile and brittle deformations. The potassic alteration is the strongest wall rock alteration around the orebodies. One sample collected from the potassic alteration rock immediately beside the orebody No. 13 in Hademengou gold deposit has been analyzed using Sensitive High Resolution Ion Microprobe (SHRIMP) technique. The result shows that the mineralized potassic alteration rock formed at  $132 \pm 2$  Ma thus gold mineralization dating should be less than or approximate to  $132 \pm 2$  Ma, that is, the gold mineralization in Hademengou gold deposit took place during Late Yanshanian Period which is similar to gold mineralization in Jiaodong area, China.

**Key words:** Hademengou; gold deposit; timing of mineralization; zircon