

文章编号: 1001-1412(2000)03-0254-07

长城式金矿稳定同位素地质特征

王郁

(天津地质研究院, 天津 300061)

摘要: 长城式金矿是近几年在冀东地区发现的一种新的金矿床类型, 该类型金矿产在中元古界碳酸盐岩及碎屑岩地层中。文章阐述了金矿床的硫、铅、氢、氧、碳等同位素地球化学特征, 从而提供了矿床成因信息。

关键词: 金矿床; 稳定同位素; 新类型

中图分类号: P618.51; P597+.2

文献标识码: A

最近几年, 通过对冀东地区金矿普查和地质科研的不断深入进行, 在以往金矿找矿工作中被人们忽视的中元古界地层中发现了金矿化。所谓长城式金矿, 是指最早发现于河北省秦皇岛、唐山、承德三市交界地区, 赋存于中元古界长城系、蓟县系碳酸盐岩及碎屑岩地层中的金矿床。这是一种有别于其他类型金矿的新的金矿床类型。长城式金矿的发现和提出, 在金矿地质界曾引起较大的反响, 许多科研及生产单位纷纷集中于冷口地区开展工作, 并对该类型金矿的地质特征、构造特点以及矿床成因等方面提出了新的认识^[1-3]。目前, 长城式金矿已发现十几处矿床(点), 金矿化带呈NW-SE向分布, 长约40 km, 宽3~5 km。在这条狭长的金矿化带东南端的冷口及西北部的清河沿等地, 已经形成了一定规模的开采。随着矿产勘查工作的开展, 金矿化带的范围在不断扩大。

1 成矿地质背景

从大地构造位置上看, 长城式金矿冷口矿带位于华北地台北缘燕山沉降带遵化穹褶束的东段, 马兰峪—青龙复背斜南翼的东部。

区内出露的地层有太古界迁西群, 中上元古界长城系、蓟县系、青白口系, 古生界寒武系以及中生界侏罗系火山岩等。与金矿成矿关系密切的长城系、蓟县系区域上为NW-SE走向(图1), 其出露部位为NW向狭长的冷口断陷盆地。由于长城式金矿的发现和开发, 冷口地区已经成为冀东地区的一个找矿热点。

收稿日期: 2000-02-29

作者简介: 王郁(1947-), 男, 河北三河人, 高级工程师, 硕士, 1976年毕业于长春地质学院, 1984年在东北大学获硕士学位, 从事矿床地质研究。

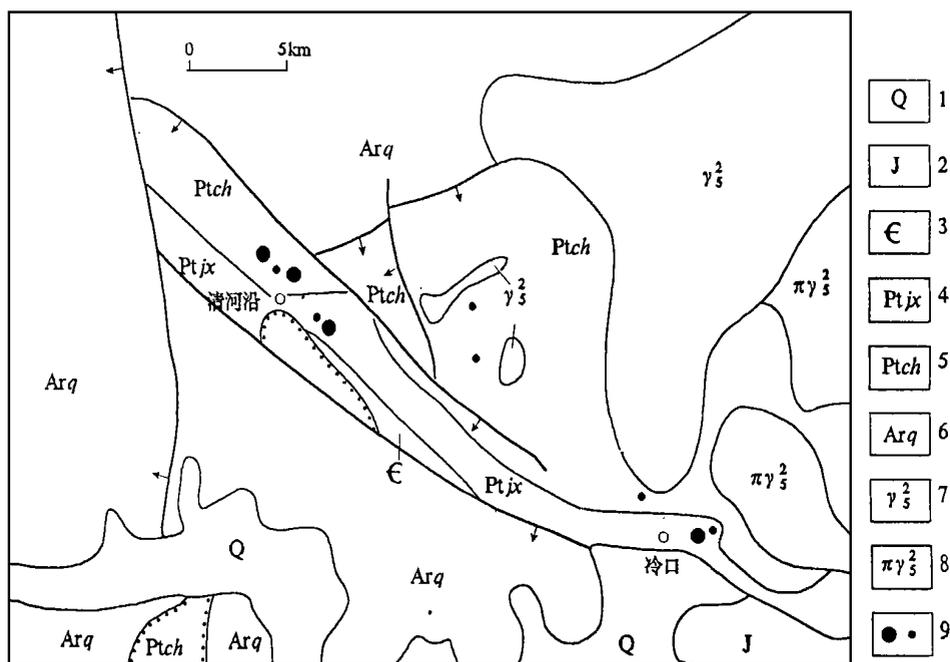


图1 长城式金矿区域地质略图

Fig. 1 Regional geological sketch of Changcheng style Au deposits

1. 第四系 2. 侏罗系 3. 寒武系 4. 蓟县系 5. 长城系 6. 太古界迁西群
7. 花岗岩 8. 斑状花岗岩 9. 金矿床或矿点

金矿点主要产于长城系高于庄组和蓟县系雾迷山组,这两个组是中元古界主要的含镁碳酸盐岩地层。其岩石类型主要为中厚层白云岩、薄层泥质白云岩、燧石结核白云岩及燧石条带白云岩等,并含有大量叠层石。基本上顺层分布的碳酸盐岩角砾岩在构造有利部位产生了金矿化,角砾岩与金矿体无明显界线。矿体的直接围岩主要是高于庄组及雾迷山组中的碳酸盐岩角砾岩及部分薄层白云岩及泥质白云岩。

金矿化主要产于角砾岩的碳酸盐或泥质胶结物中以及薄层白云岩的层间破碎带中,金矿体具有规模较大,品位低的特点。矿体目前控制长度 100~200 m,矿体厚度变化较大,一般从数米到 20 余米。矿体严格受断裂构造及层间破碎带控制。

金矿石构造以角砾状构造为主。由于目前仅限于在氧化带、半氧化带采矿,深部缺乏工程控制,矿石中的金属矿物主要为褐铁矿,次为黄铁矿、黄铜矿、赤铁矿等。金矿物以自然金为主,银金矿次之,还见有少量自然银。自然金成色较高,金矿物粒度大部分较细,一般为 2~20 μm,以显微金为主。围岩蚀变主要见有褐铁矿化、黄铁矿化、硅化等。

2 稳定同位素地质特征

2.1 硫同位素

由于长城式金矿的矿石目前所见大部分为地表或近地表氧化矿石, 矿石中的硫化物几乎均被氧化为褐铁矿或其他含水氧化物, 在这种情况下从矿石中挑选黄铁矿等硫化物是十分困难的, 工作中我们选了几件矿石的全岩样品, 但终因黄铁矿等硫化物的浓集的数量不够而无法进行硫同位素测试。

与此同时, 我们还从长城式金矿附近的一些金矿点采集了2件用作硫同位素测试的矿石样品, 一件采自二拨子金矿, 一件采自柳树行金矿点。这两个金矿点的赋矿围岩为长城系高于庄组碳酸盐岩, 但与长城式金矿不同的是矿点明显靠近花岗岩体。两件矿石全岩样品的硫同位素测试结果 ^{34}S 分别是 0.00×10^{-3} 和 -33.00×10^{-3} , 前者为柳树行矿石, 后者为二拨子矿石。少量的分析数据似乎也表明, 柳树行金矿石中的硫源应当与花岗岩浆有关, 而二拨子金矿石中硫更趋向来自于围岩。说明与长城式金矿相邻的一些金矿点硫的来源还是比较复杂的。由此我们推断, 长城式金矿矿石中硫源极有可能也与岩浆岩及地层有关。这方面的工作有待今后进一步补充。

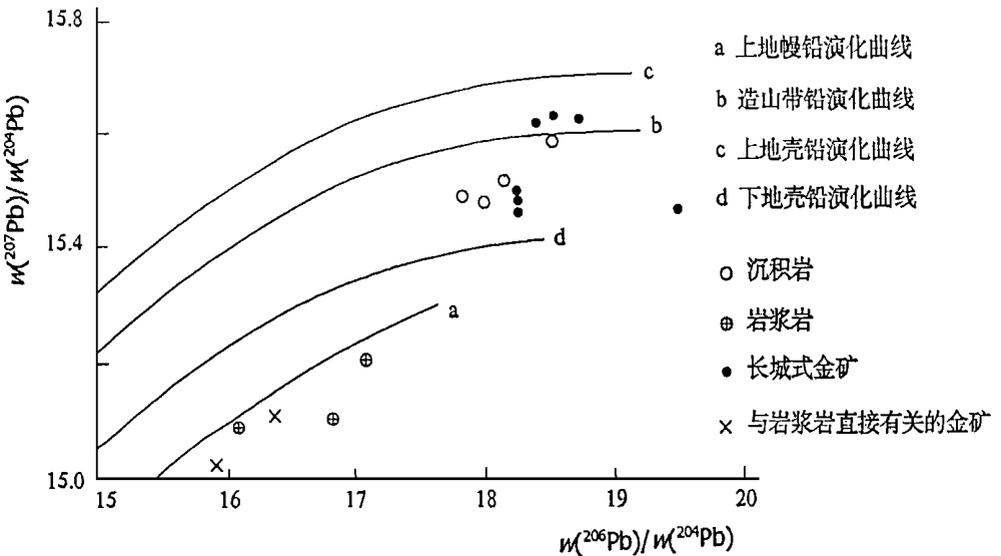


图2 长城式金矿矿石、围岩及岩体铅同位素组成图

Fig. 2 Discriminative plot showing Pb isotopes' derivation of Au ore, host rock and magmatic rock

a. 上地幔铅演化曲线 b. 造山带铅演化曲线 c. 上地壳铅演化曲线 d. 下地壳铅演化曲线

2.2 铅同位素

由于长城式金矿是最近几年才发现的一种新的金矿床类型, 迄今为止尚没有人对矿床的铅同位素特点做过研究。本次工作中共采集金矿石及各类岩石的测试样品 18 件, 其中矿石 9 件, 白云岩及白云岩中的燧石 6 件, 花岗岩、闪长岩和石英斑岩各 1 件。样品的分析结果列于表 1。

铅同位素分析结果显示, 矿石铅、地层铅以及岩浆岩铅均各有其特点。首先矿石样品中由于有两类不同类型的矿床的样品, 一类是小马坪地区的长城式金矿, 一类是产于花岗岩外接触带的小型金矿点, 因此其铅同位素组成明显不同。在铅同位素组成图上也可以明显看到, 长城式金矿的样品一般集中在造山带铅与上地壳铅或造山带铅与下地壳铅演化曲线之间(图 2)。而与岩浆岩侵入有关的金矿点矿石铅均落在上地幔演化曲线之下。

表 1 金矿石、围岩及岩浆岩铅同位素分析结果

Table 1 Pb isotope analysis of Au ore, the host rock and magmatic rock

序号	样号	样品名称	$w(^{206}\text{Pb})/w(^{204}\text{Pb})$	$w(^{207}\text{Pb})/w(^{204}\text{Pb})$	$w(^{208}\text{Pb})/w(^{204}\text{Pb})$	采样地点
1	QB-121	金矿石	18.456	15.633	37.855	小马坪
2	QB-161	金矿石	18.558	15.647	37.627	小马坪
3	QB-179	金矿石	18.785	15.640	37.691	小马坪
4	B-25	金矿石	15.963	15.018	35.868	二拨子
5	B-50	金矿石	18.289	15.516	37.038	小马坪
6	B-52	金矿石	18.232	15.433	37.938	小马坪
7	B-53	金矿石	18.208	15.428	37.947	小马坪
8	B-37	金矿石	19.631	15.468	37.647	军屯
9	B-39	金矿石	16.377	15.091	34.024	柳树行
10	D-11	白云岩	17.843	15.512	37.739	小马坪
11	QB-81	燧石	18.140	15.541	37.686	小马坪
12	QB-82	燧石	18.609	15.609	38.053	小马坪
13	QB-176	燧石	18.062	15.484	37.560	小马坪
14	剖 -7	白云岩	23.558	16.020	37.261	城子岭
15	剖 -9	白云岩	21.835	15.766	37.088	二道岭
16	剖 -12	辉石闪长岩	17.132	15.203	36.913	三道岭
17	B-27	花岗岩	16.801	15.120	36.466	沙岭子
18	B-33	石英斑岩	16.121	15.095	35.986	河口

分析者: 中国地质科学院

地层铅同位素组成大部分与长城式金矿矿石铅相似, 仅有一部分例外, 如表中的 14, 15 号样, $w(^{206}\text{Pb})/w(^{204}\text{Pb})$ 值已经超出了正常铅的范围, 其原因有待进一步查明。从表 1 和图 2 中可以看出, 地层铅与矿石铅组成相似, 并且在坐标图中它们的落点又非常靠近, 说明长城式金矿的矿石铅与地层铅存在着一定的亲缘关系。

岩浆岩铅的组成与柳树行、二拨子等小金矿点的矿石铅组成极为相似, 上述小矿点一般产于花岗质岩体或小岩株的外接触带, 矿体的围岩同样也是中元古界碳酸盐岩。这些小矿点的矿石铅与地层铅的组成差异很大, 而与岩体铅都很接近。从图 2 也能看到, 这部分矿石铅投影到

上地幔铅演化曲线之下,本区岩浆岩铅的落点同样也在上地幔铅演化曲线附近,这只能说明本区岩体周围小矿点的成矿物质来源与岩浆岩关系非常密切。

因此我们发现,同样是产于碳酸盐岩中的金矿床或矿点,其矿石铅同位素的组成却存在较大差异,很明显这主要是由于铅的来源区不同所致。

另据资料显示^[6],冀东地区产于古老变质岩中的金矿床的铅同位素平均值: $w(^{206}\text{Pb})/w(^{204}\text{Pb}) = 16.97$, $w(^{207}\text{Pb})/w(^{204}\text{Pb}) = 15.39$, $w(^{208}\text{Pb})/w(^{204}\text{Pb}) = 37.41$ 。其投影

点主要落在下地壳及上地幔铅演化曲线附近,表明了冀东地区金矿的铅同位素与古老变质岩地层之间的依赖关系。与之比较,长城式金矿的铅同位素组成明显偏高,反映铅来自不同的 U-Th-Pb 体系。即使是对于典型的岩浆热液成因的峪耳崖金矿,其金矿石铅同位素组成为(5个样): $w(^{206}\text{Pb})/w(^{204}\text{Pb}) = 15.739 \sim 16.503$; $w(^{207}\text{Pb})/w(^{204}\text{Pb}) = 15.149 \sim 15.242$; $w(^{208}\text{Pb})/w(^{204}\text{Pb}) = 36.010 \sim 37.760$ 。很明显峪耳崖金矿的铅同位素要低于本区金矿,其铅同位素有别于其他类型的金矿床恰恰说明了长城式金矿铅的来源以及成矿作用的特殊性。

从以上讨论和铅同位素图解分析,长城式金矿铅同位素的特征反映出原始物质来源为非地幔物质,排除了成矿原始物质来源于老变质岩系。而且地层中铅同位素与矿石铅同位素的投影点逐渐向造山带曲线漂移,表明在成矿作用过程中可能有原始岩浆物质的加入。

2.3 碳氧同位素

长城式金矿产于碳酸盐岩建造之中,且金矿石的主要矿物成分为白云石、方解石等,因此可以借助碳氧同位素研究来追溯成矿物质来源,进而探讨矿床成因。

选取金矿石中白云石样品2件,另外从矿化晚期方解石脉中取1件样品。其碳氧同位素组成如表2所示。

表2 金矿石碳氧同位素分析结果

Table 2 C, O isotopic analysis of ore of changcheng style Au deposit

序号	样品号	测试矿物	$^{13}\text{C}/10^{-3}$ (PDB)	$^{18}\text{O}/10^{-3}$ (PDB)	$^{18}\text{O}/10^{-3}$ (SMOW)
1	QB-122	白云石	-4.212	-7.411	22.440
2	QB-180	白云石	-2.581	-5.733	-24.170
3	QB-155	方解石	-0.291	-15.624	13.974

分析者:核工业北京地质研究院

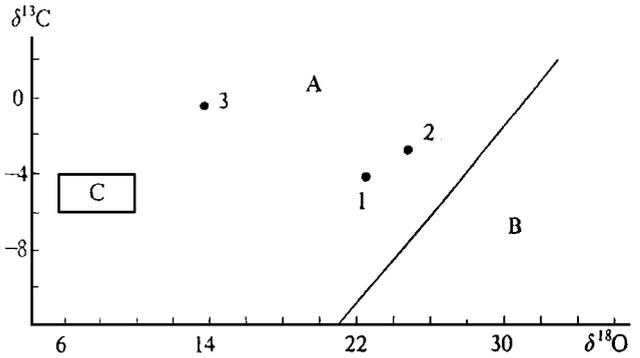


图3 金矿石 C-O 同位素组成坐标图

Fig. 3 C, O isotope composition plot of Au ore

A. 岩浆碳酸岩投影区 B. 沉积碳酸盐岩投影区 C. Taylor 岩浆碳酸岩区

图3为碳氧同位素组成坐标图。从图表中可以看到,白云石与方解石的 ^{13}C , ^{18}O 值差别

较大,反映不同成矿阶段的碳同位素有所变化。

在碳氧同位素组成坐标图上,3件样品均落在岩浆碳酸岩投影区。其中3号样品距Taylor所限定的岩浆碳酸盐岩区较近,说明成矿流体具有热液性质,而且与岩浆碳酸岩特点相类似。

矿石碳氧同位素的特征不仅表明长城式金矿属于热液型金矿床,而且也显示出金矿的形成与一定时期的岩浆活动有关。

2.4 矿石的氢氧同位素

氢氧同位素的研究主要用于界定成矿介质的来源。我们选择矿山采场中的脉状石英分析其氧同位素及包体水的氢同位素,采场中所见的石英脉经痕量金分析已达到最低工业品位,3件石英样品的氢、氧同位素分析结果如表3所示。

表3 金矿石氢、氧同位素分析结果
Table 3 H, O isotope analysis of Au ore

序号	样品号	测试矿物	均一温度 ()	$^{18}\text{O}/10^{-3}$ SMOW	$^{18}\text{O}_{\text{H}_2\text{O}}/10^{-3}$ SMOW	$\text{D}_{\text{H}_2\text{O}}/10^{-3}$ SMOW	采样位置
1	QB-196	石英	260	21.56	9.66	-62.7	北沟
2	QB-197	石英	260	25.89	13.99	-80.8	北沟
3	QB-235	石英	260	24.69	12.79	-69.7	北沟

分析者:核工业北京地质研究院

表中矿物的均一温度为包裹体测定的平均均一温度, $^{18}\text{O}_{\text{H}_2\text{O}}$ 为计算值,计算过程中所应用的公式为 $1000 \ln \frac{\text{石英}-\text{水}}{\text{水}} = 3.38 \times 10^6 \text{T}^{-2} - 3.40$ (Clayton, 1972)。

在氢氧同位素组成坐标图上(图4),可以看到3件样品的投影点中一个落在了变质水范围,且与岩浆水非常靠近,另外两个落在了变质水下方,也可以说是变质水与岩浆水的右下侧。这只能说明部分成矿介质在某些方面与变质水接近。上述特征表明,成矿过程中的水既不是典型的变质水,也不是岩浆水,而是一种多来源的混合水。

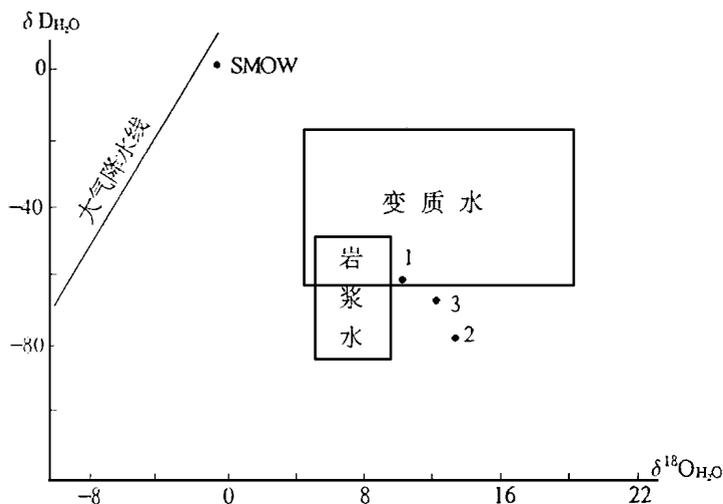


图4 金矿床成矿热液氢氧同位素组成图
Fig. 4 H, O isotope composition of Au ore-fluid

通过对我国金矿床氢氧同位素特征的多年研究和资料积累^{[6][6]},其中除了少数矿床外,大

多数金矿的氢氧同位素在组成坐标图中即不在典型的岩浆水区,也不在典型的变质水区,其投影主要位于岩浆水、变质水的左下侧。而象长城式金矿这种落点投在岩浆水、变质水区域右下侧的金矿除了少数卡林型金矿床外,其他类型的金矿非常罕见。这也从一个侧面反映了长城式金矿有其自身的独到特点。

稳定同位素的研究关键是解决成矿物质来源问题。从以上的分析讨论可知,成矿元素铅的来源主要来自造山带及上地壳,而铅源也基本上代表了长城式金矿成矿元素金、铁、铜等的来源。成矿热液来源是一种混合源,既具有岩浆水,又具有地下循环水,氢氧同位素的研究明确地说明了这一点。另外从碳氧同位素的特征发现,金矿化阶段晚期梳状方解石脉,其碳氧同位素明显与白云石不同,而是向 Taylor 圈定的岩浆碳酸岩区漂移,表明在成矿作用的晚期岩浆水的比例可能明显增加。

需要指出的是,长城式金矿稳定同位素的研究刚刚开始,数据及资料的积累还是很有限的,对于一种新类型金矿来说,包括稳定同位素在内的各个领域的研究还有待进一步深入,本文旨在抛砖引玉,共同推动长城式金矿床稳定同位素研究的新进展。

参考文献:

- [1] 王郁,等.冀东长城式金矿地质地球化学特征[J].地质找矿论丛,1997,12(3).
- [2] 李俊建,等.冀东地区以中元古代碳酸盐岩为容矿岩的浸染型金矿床模式[J].矿床地质,1998,17(增刊).
- [3] 丁富,等.河北省长城式金矿成矿规律及找矿远景研究(科研报告)[R].石家庄:河北省地质矿产厅,1998.
- [4] 罗镇宽,等.中国金矿床概论[M].天津:天津科学技术出版社,1993.
- [5] 张理刚.稳定同位素在地质科学中的应用[M].西安:陕西科学技术出版社,1985.
- [6] 韦永福,等.中国金矿床[M].北京:地震出版社,1994.

STABLE ISOTOPIC GEOLOGICAL FEATURE OF CHANGCHENG STYLE Au DEPOSITS

WANG Yu

(Tianjin Geological Academy, Tianing 300061, China)

Abstract: Changcheng style Au deposit is a new type discovered in recent years in Jidong area, China. The Au deposits occur in Middle Proterozoic carbonate rocks and cataclastic rocks. This paper describes Pb, H, O, C isotopic feature which provide metallogenic information for the deposits.

Key words: Au deposit; stable isotope; new Au deposit type