第 17 卷第 1 期　　地　质　与　资　源　　Vol. 17　No. 1
2008 年 3 月　　GEOLOGY AND RESOURCES　　Mar. 2008
文章编号:1671-1947(2008)01-0026-04　　中图分类号:P618.51　　文献标识码:A

内蒙古四五牧场金矿床成矿物质来源研究

杨　才,郭根万,郭万良,徐　国
(内蒙古自治区地质调查院,内蒙古 呼和浩特 010020)

摘　要:根据内蒙古四五牧场金矿床的 S、Pb、O、C 同位素组成特征,对金矿床成矿物质来源进行了分析. 认为金属硫化物中的硫来源于火山岩盆地基底古生代海相地层;铅主要由赋矿地层及火山岩盆地基底岩石所提供;成矿流体在成矿期主要来源于岩浆,成矿期后热液中有大气水混入. 四五牧场金矿成矿期为晚侏罗—早白垩世.

关键词:金矿床;成矿物质;同位素;内蒙古

内蒙古四五牧场金矿处于得尔布干成矿带中南段,为小型浅或低温热液型金矿体[1].笔者通过参加四五牧场金矿的勘查工作,根据实测的硫、铅、氧同位素和气液包裹体资料,结合前人研究成果,对该矿床的成矿物质来源作一研究探讨.

1　成矿地质背景

得尔布干成矿带位于华北板块与西伯利亚板块之间,曾经历前中生代古亚洲构造域演化和中生代滨太平洋构造域的强烈改造. 前中生代时期,得尔布干成矿带属额尔古纳兴凯地槽褶皱带. 中生代中期,受太平洋构造活动带的影响,得尔布干成矿带进入强烈的板内构造活动期,局部地区地幔上隆,壳幔作用加剧,断块活动强烈,并伴随着火山喷发和岩浆侵入. 在刚刚完成西伯利亚板块与华北板块的对接之后,在拼合带附近又发生了大规模的构造-岩浆作用,使焊结较差的缝合带活化. 同时在板内又形成一系列深断裂,且往往与古断裂贯通,为幔源物质上涌提供了良好通道,为大规模的火山喷发-岩浆侵入活动和成矿作用创造了十分有利的条件[2],形成本区深大断裂多次活动、地层间多为不整合、岩浆活动频繁等体现大陆地壳强烈运动的成矿基本地质背景.

2　矿床地质特征

四五牧场金矿处在得尔布干成矿带中南段,大地构造位于西伯利亚板块东南大陆边缘. 以得尔布干深大断裂为界,北西侧为次级额尔古纳非火山型被动陆缘,南东侧为次级喜桂图旗火山型被动陆缘,四五牧场金矿处在该构造单元内中生代海拉尔-根河火山岩盆地和海拉尔沉积盆地之间的火山岩盆地一侧,帕英湖-八一牧场断裂北西侧(图 1).

2.1　矿区地质

矿区内出露的地层有:中侏罗统塔木兰沟组安山岩、粗安岩、粗安质含角砾凝灰岩、粗安质凝灰岩等,上侏罗统白音高老组流纹岩、球粒状流纹岩、流纹质火山角砾岩、流纹质(熔结)凝灰岩、英安质角砾凝灰岩等.

矿区构造以断裂为主,北东向为主构造方向,北西向断裂次之,并错断北东向断裂.

矿区内侵入岩不发育,仅在中侏罗统塔木兰沟组粗安岩中见一小型的英安玢岩岩株,以具有粗粒的长石、石英聚斑斑晶为特征. 在矿区东部塔木兰沟组安山岩中有一正长斑岩岩株.

2.2.1　矿体特征

四五牧场金矿区内共发现北、南 2 条金矿化蚀变带. 在北矿化蚀变带内发现 3 条金矿体,矿体总体走向 50°,倾向 140°,倾角 80°左右,呈脉状产出,最大延深 190 m,厚度 0.50～15.34 m,Au 品位 1.02×10^{-6}～21.0×10^{-6}. 在南矿化蚀变带内发现 2 条矿体,矿体总体走向 50°,北西倾,倾角 70～80°,呈脉状产出,最大延深 40 m,厚度 0.58～5.89 m,Au 品位 1.24×10^{-6}～8.99×10^{-6}.

2.2.2　围岩蚀变及分带性

收稿日期:2007-12-03;修回日期:2008-01-23. 李兰英编辑.
基金项目:中国地质调查局项目“内蒙古东北部四五牧场及外围金铜矿评价”(199810200102).

© 1994-2008 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

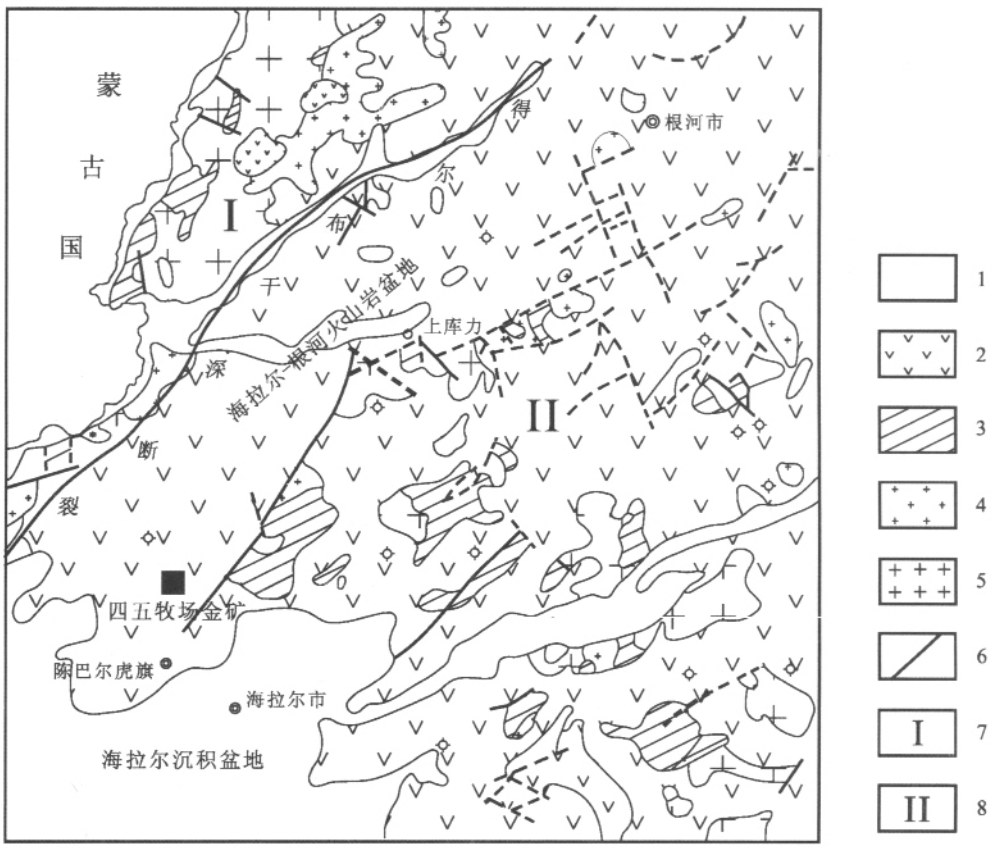


图 1　内蒙古东北部地质略图

Fig. 1　Geologic map of Northeastern Inner Mongolia

1—第四系冲洪积物(Quaternary alluvium-proluvium);2—中生代火山岩(Mesozoic volcanic rock);3—前中生代地层(pre-Mesozoic strata);4—侏罗纪花岗(Jurassic granite);5—石炭纪花岗岩(Carboniferous granite);6—断层(fault);7—额尔古纳非火山被动陆缘(Erguna non-volcanic type passive continental margin);8—喜桂图旗火山型被动陆缘(Xiguitu volcanic type passive continental margin)

围岩蚀变,即矿化蚀变带走向东.北矿化蚀变带倾向南东,南矿化蚀带倾向北西.岩石蚀变具典型的酸性硫酸盐蚀变特征.蚀变类型及其组合在水平和垂直方向上均具有分带性.

岩石蚀变水平分带:以石英 - 迪开石(高岭石) - 明矾石化带为中心,向两侧依次为硅化 - 迪开石(高岭石) - 明矾石化带及弱硅化 - 碳酸盐化 - 绿泥石化 - 绢云母化带.石英 - 迪开石 (高岭石) - 明矾石化带含金性好,构成金矿体的主体蚀变.

岩石蚀变垂直分带:由浅至深依次为石英 - 迪开石(高岭石)化带、硅化 - 迪开石(高岭石) - 明矾石化带和明矾石 - 高岭石 - 硅化蚀变带,深部后期叠加石膏蚀变.

2.2.3　矿石物质成分及结构构造

矿石化学成分简单,有用组分为金.除含有 Si、Na、Ca、Mg、Al 及 Fe 等造岩元素或造岩矿物外,其他成分微量.

根据矿石光片和电子探针分析,矿石中金属矿物种类有自然金、自然铜(氧化矿石)、自然银、硫砷铜矿、蓝辉铜矿、黄铁矿、黄铜矿、辉铜矿、辉银矿、碘银矿、方铅矿.根据肉眼和镜下观察,矿石脉石矿物有石英、长石、迪开石、明矾石、绢云母和少量高岭石、方解石等.

矿石为块状或角砾状构造.金属矿物呈浸染状、细脉状分布.

岩石具明显的交代结构,形成石英交代岩、石英 - 迪开石交代岩和石英 - 明矾石交代岩.

3　成矿物质来源

3.1　硫来源分析

四五牧场金矿黄铁矿、硫砷铜矿的硫同位素测定结果见表 1.

黄铁矿硫同位素 $\delta^{34}S_{VCDT}$ 在 - 6.4‰ ~ - 12.12‰之间,平均 - 9.12‰;硫砷铜矿硫同位素 $\delta^{34}S_{VCDT}$ 在 - 8.8‰ ~ - 10.8‰之间,平均 - 9.72‰.两种矿物的硫同位素组

© 1994-2008 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

表 1 四五牧场金矿硫同位素测定结果

Table 1 S isotope of Siwumuchang gold deposit

分析编号	样品编号	矿物名称	$\delta^{34}S_{VCDT}$/‰
KQ991058	ZK7-23	硫砷铜矿	-10.3
KQ991059	ZK7-23	黄铁矿	-7.1
KQ99106	ZK7-25	硫砷铜矿	-9.3
KQ991061	ZK8-20	硫砷铜矿	-8.8
KQ991062	ZK8-20	黄铁矿	-6.4
KQ991063	ZK25-21	黄铁矿	-8.3
KQ991064	ZK25-24	硫砷铜矿	-10.5
KQ991065	ZK25-24	黄铁矿	-10.8
KQ991066	ZK25-33	黄铁矿	-9.9
KQ991067	ZK25-48	黄铁矿	-12.2

测试单位 中国地质科学院地质研究所

成基本一致. $\delta^{34}S_{VCDT}$ 总平均值为-9.369‰，离差1.67‰，数值变化小，显示物质硫来源于上地壳，且具沉积硫的组成特征. 矿区外围有古生代海相地层的露头，分析认为火山岩盆地的基底为古生代海相地层. 故推测四五牧场金矿床金属硫化物的硫来源于火山盆地基底古生代海相地层.

3.2 铅来源分析

四五牧场金矿铅同位素测定结果和各种特征比值，以及根据霍姆斯-豪特曼法计算的 Φ 值和年龄值等见表 2. 样品中铅同位素组成相当均一，其中 $^{206}Pb/^{204}Pb$ 为 18.079259～18.531216，平均为18.375834，极差为 0.451957；$^{207}Pb/^{204}Pb$ 为 15.385341～15.649635，平均为 15.572709，极差为 0.264294；$^{208}Pb/^{204}Pb$ 为 37.599364～38.663547，平均为 38.370846，极差为 1.604183，说明矿床的铅来源单一. $^{207}Pb/^{204}Pb$ 与 $^{206}Pb/^{204}Pb$ 比值表明成矿地质背景处于造山带环境. 结合区域成矿地质背景，可以推断四五牧场金矿的铅应源自上地壳，可能主要由赋矿地层及火山岩盆地基底岩石所提供.

表 2 四五牧场金矿铅同位素测定结果

Table 2 Pb isotope of Siwumuchang gold deposit

样品号	$^{206}Pb/^{204}Pb$	$^{207}Pb/^{204}Pb$	$^{208}Pb/^{204}Pb$	$^{206}Pb/^{208}Pb$	$^{207}Pb/^{208}Pb$	Φ	年龄值/Ma
ZK18-4	18.531216	15.623668	38.663547	0.479294	0.404093	0.5825	96
ZK7-35	18.439298	15.649635	38.663501	0.476917	0.404765	0.5917	198
ZK10-11	18.525723	15.627003	39.662795	0.479162	0.404187	0.5836	103
ZK25-33	18.079259	15.385341	37.599364	0.480840	0.409192	0.5857	128
ZK8-20	18.255837	15.539789	38.048743	0.479801	0.408418	0.5916	196
ZK7-35	18.423671	15.610818	38.587126	0.477456	0.404560	0.5884	159

测试单位 中国地质科学院地质研究所

3.3 成矿流体来源分析

成矿流体一般由水、气体及溶于其中的阴、阳离子（包括成矿元素和矿化剂）组成. 由于水和气体是成矿元素和矿化剂发生迁移、富集的载体，故成矿流体中气体和水的同位素组成特征和成分特征既可反映成矿流体本身的来源，又暗示了成矿元素和矿化剂的来源[3]. 四五牧场金矿地层岩石和热液矿物（蚀变矿物）中氧同位素测定结果见表 3.

根据测定结果，蚀变矿物石英的氧同位素 $\delta^{18}O_{SMOW}$ 与岩石中的氧同位素具有一致性，说明热液的来源与地层岩石相同. 地层为火山岩，可推断成矿流体来源于岩浆. 方解石中 2 个样品的 $\delta^{13}C_{PDB}$ 值一致，氧同位素组成与岩石及石英矿物极不相同，显示大气水的特征. 区内方解石化为成矿期后蚀变，与其他蚀变一起构成

表 3 四五牧场金矿碳、氧同位素测定表

Table 3 C and O isotope of Siwumuchang gold deposit

分析编号	样品编号	岩石（矿物）名称	地质体	$\delta^{18}O_{SMOW}$	$\delta^{13}C_{PDB}$
KQ991069	ZK25-13	玄武粗安岩	塔木兰沟组	1.7	
KQ991070	ZK7-35	玄武粗安岩	塔木兰沟组	1.0	
KQ991071	ZK18-4	流纹岩	白音高老组	-3.7	
KQ991072	ZK18-6	流纹岩	白音高老组	-2.7	
KQ991073	ZK25-39	石英	矿化蚀变带	1.2	
KQ991074	I5PD1-D	石英	矿化蚀变带	-3.5	
KQ991075	I5PD1-11	石英	矿化蚀变带	-2.6	
KQ991076	I8TC1-5	石英	矿化蚀变带	-2.7	
	ZK25-16	方解石		-32.9	-6.9
	ZK10-3	方解石		-11.5	-6.9

测试单位 中国地质科学院地质研究所

© 1994-2008 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

矿化带外围的青磐岩化带，从而推测含金热液演化期后的残余热水与大气水混合造成范围较广的青磐岩化蚀变.

4　结语

矿床金属硫化物中硫的 $\delta^{34}S_{VCDT}$ 值变化范围（- 6.4‰ ～- 12.2‰）较小，极差为 5.8‰，平均值为- 9.36‰，推测硫来源于火山盆地基底古生代海相地层.

矿石中铅同位素组成相当均一，其中 $^{206}Pb/^{204}Pb$ 为 18.079259 ～18.531216，$^{207}Pb/^{204}Pb$ 为 15.385341 ～15.649635，$^{208}Pb/^{204}Pb$ 为 37.599364 ～38.663547，表明矿床的铅来源单一. $^{207}Pb/^{204}Pb$ 与 $^{206}Pb/^{204}Pb$ 比值表明成矿地质背景处于造山带环境. 铅可能主要由赋矿地层及火山岩盆地基底岩石所提供.

成矿流体中氧同位素 $\delta^{18}O_{SMOW}$ 值显示热液有 2 种来源. 蚀变矿物石英的氧同位素 $\delta^{18}O_{SMOW}$ 与火山岩地层岩石中的氧同位素具有一致性，推断成矿期成矿流体来源于岩浆；方解石的氧同位素 $\delta^{18}O_{SMOW}$ 值显示具大气水的特征，推断成矿期后热液中有大气水混入.

依据铅同位素计算的年龄值说明四五牧场金矿成矿期在晚侏罗—早白垩世，与区域成矿地质背景一致.

参考文献：

[1] 关继东，等. 内蒙古东北部四五牧场浅成低温热液型金矿地质特征及成因讨论[J]. 地质与勘探，2004，40(2)：36—40.

[2] 李进文，等. 得尔布干成矿带西南段金属成矿规律及找矿方向[J]. 矿床地质，2006，25(增刊)：19—22.

[3] 李志明，等. 兰坪盆地白秧坪铜钴多金属矿床成矿物质来源研究[J]. 地质与勘探，2005，41(1)：1—50.

STUDY ON THE ORE-FORMING MATERIAL SOURCE OF SIWUMUCHANG GOLD DEPOSIT IN INNER MONGOLIA

YANG Cai，GUO Gen-wan，GUO Wan-liang，XU Guo
(Inner Mongolian Institute of Geological Survey，Hohhot 010020，China)

Abstract: Based on the characteristics of S，Pb，O and C isotope in the Siwumuchang gold deposit in Inner Mongolia，the ore-forming material resource is analyzed. It is concluded that the S in metallic sulfides comes from the volcanic rock basin of Paleozoic marine bed. The Pb is provided by host strata and volcanic rock basin. In mineralization period，the ore-forming fluid is mainly derived from magma，with meteoric water mixed after the mineralization. The mineralization period of the Siwumuchang gold deposit ranges from Late Jurassic to Early Cretaceous.

Key words: gold deposit；ore-forming material；isotope；Inner Mongolia

作者简介：杨才(1967—)，男，内蒙古呼和浩特市人，工程师，1987 年毕业于长春地质学院，长期从事地质找矿和综合研究工作，通信地址：内蒙古呼和浩特市金桥开发区世纪五路 内蒙古地质调查院，邮政编码 010020，E-mail：yangcai6712@163.com

© 1994-2008 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net