

文章编号: 1004—5589 (2009) 04—0467—09

湖南漠滨金矿流体包裹体研究和成因探讨

丁清峰^{1,2}, 王冠¹

1. 吉林大学 地球科学学院, 长春 130061;
2. 中国科学院 地球化学研究所 矿床地球化学国家重点实验室, 贵阳 550002

摘要: 对漠滨金矿流体包裹体的最新研究, 获得成矿流体物理化学参数: 平均均一温度为 199.14℃, 平均盐度为 6.01wt% (NaCl), 平均密度为 0.92 g/cm³。据此估算, 漠滨金矿的平均成矿压力为 16.36 Mpa, 平均成矿深度为 1.64 km。结合地质特征分析和前人的研究结果, 认为漠滨金矿属于造山型金矿床的浅成类型, 并推断漠滨金矿深部找矿潜力较小。

关键词: 漠滨金矿; 流体包裹体; 成矿深度; 浅成造山型金矿; 湖南省

中图分类号: P618.51 **文献标识码:** A **doi:** 10.3969/j.issn.1004-5589.2009.04.009

Study on fluid inclusions and genesis of Mobin gold deposit in Hunan Province

DING Qing-feng^{1,2}, WANG Guan¹

1. College of Earth Sciences, Jilin University, Changchun 130061, China;
2. State Key Laboratory of Ore Deposit Geochemistry, Institute of Geochemistry, Chinese Academy of Sciences, Guiyang 550002, China

Abstract: According to the recent research of fluid inclusions in Mobin gold deposit, the authors obtained physical and chemical parameters about metallogenic fluids: average homogeneous temperature is 199.14℃, average salinity is 6.01wt% (NaCl), and average density is 0.92 g/cm³. Thus, the average ore-forming pressure is estimated as 16.36 Mpa, and the average ore-forming depth is as 1.64 km. Combining with the analysis of geological characteristics and the previous results, the authors consider that it belongs to the epizonal in type of orogenic gold deposit, and the prospecting potential is little in the depth in Mobin gold deposit.

Key words: Mobin gold deposit; fluid inclusion; metallogenic depth; epizonal orogenic gold deposit; Hunan Province

湖南西南部会同县的漠滨金矿, 是湖南省四大脉金矿床之一, 以其典型的巨粒明金而著称。前人对该矿床的地质特征进行过系统总结^[1-3], 对其控矿构造也进行过详尽的分析^[4-6]; 在此基础上, 结合氢、氧、硫和铅等稳定同位素^[3,7]和流体包裹

体^[8,9]等研究, 提出漠滨金矿成因为中偏低温热液矿床^[7]和偏低温充填型热液矿床^[1]等类型。这些成果和认识, 极大地提高了漠滨金矿的成矿理论研究水平, 并为指导区内和外围的进一步找矿工作打下了扎实的基础。然而, 前人的中偏低温热液矿床

收稿日期: 2009-06-16; 改回日期: 2009-10-28

基金项目: 湖南省漠滨金矿矿化富集规律及成矿预测 (3R109244422), 中国科学院地球化学研究所矿床地球化学国家重点实验室开放研究基金 (200906) 联合资助。

和偏低温充填型热液矿床的提法并不符合目前流行的热液金矿床类型,如造山型^[10]、中温热液脉型、卡林型或浅成低温热液型^[11]等,不便于对比研究;此外,虽然前人做了很多流体包裹体研究,获得了丰富的成矿流体均一温度等参数,但缺少成矿压力乃至成矿深度方面的估算数据,这直接影响到漠滨金矿床成因的最终确定。笔者在前人工作的基础上,通过最新的流体包裹体研究,估算漠滨金矿的成矿深度,并最终确定矿床的成因类型,探讨深部找矿潜力。

1 矿区及矿床地质概况

矿区大地构造位置位于扬子准地台的二级构造单元江南台隆的南西段^[7]。

矿区出露地层为板溪群五强溪组第二段(Pt_3 bnw²),产状上表现为一单斜构造,岩性主要为一套板岩、凝灰质板岩、砂质板岩、变余细砂岩和变余凝灰质细砂岩等,普遍具条纹状和条带状构造^[6]。

矿区内不同时期形成的北东、北西西和北北东向主干压性或压剪性断裂的组合,构成了矿区构造基本格架^[3]。矿区内规模最大的断裂构造是北西西向区域性漠滨断层,在矿区西南缘通过。矿区北东向断裂最发育,大都是伴随区域褶皱并在横向剪应力作用下,沿易错动的界面发育形成的层间断裂系统(层间破碎带和层间剥离构造带),它们为主要控矿构造和直接储矿构造,产状与地层产状基本一致,倾向一般为 $320^\circ \sim 350^\circ$,倾角为 $18^\circ \sim 30^\circ$,一般约 20° ,局部有 $3^\circ \sim 5^\circ$ 的交角,沿走向、倾向均呈舒缓波状,其间充填透镜状矿化石英脉^[1]。

矿区的岩浆活动仅见于东部边缘的会同沙溪、东育司、团河和鲁冲等地,有少量基性岩脉出露。另据资料表明,在漠滨附近还有一环状构造影像,推测有隐伏岩体存在,可能为成矿提供热源^[6]。

矿区内具有一定规模的含矿石英脉有30多条,脉的倾向一般为 $320^\circ \sim 350^\circ$,倾角一般约为 20° 。脉体厚度不大,一般为20~40 cm,局部达 1.2 m ^[1]。石英脉主要充填于层间断裂中,大体可分为层间剥离带型和层间破碎带型,即为单脉型和脉带型,局部出现网脉型。根据目前所掌握的资料,证实含金的石英脉有11条(图1),但具工业价值的脉不多,目前主要开采的是II、IV脉,其次

为I、III、V及雁列节理脉。金的矿化特征及其品位分布极不均匀,金呈巨粗粒自然金产出,可供工业开采利用的矿石主要呈富矿包形式产出^[6]。

矿区矿石类型属于贫硫化物石英脉型,硫化物含量 $<5\%$ 。矿石中金属矿物除自然金外,主要为黄铁矿、毒砂,次为方铅矿、闪锌矿、黄铜矿及黝铜矿,还有极少量的白铁矿、脆硫砷铅矿、辰砂和辉锑矿等;非金属矿物主要为石英,次为方解石、绢云母和绿泥石等,局部见斜长石。氧化带中分布有褐铁矿、孔雀石、铜蓝、斑铜矿、辉铜矿和白铅矿等^[1]。

金主要以粗粒明金状产出,占总量的70%以上,但近期工作证明细粒显微金的重要性,后者生于细粒黄铁矿及毒砂中,部分在石英中^[12]。矿石有角砾状、条带状、细脉状、网脉状、晶洞状、浸染状、晶簇状和钟乳状等构造。镜下可见自形晶、半自形晶、他形晶、交代残余、假象、骸晶、包含、充填、环带、乳滴状及镶嵌状等结构^[1]。矿区除石英脉充填外,围岩中仅局部出现硅化、绢云母化、绿泥石化和碳酸盐化等蚀变,蚀变较弱。

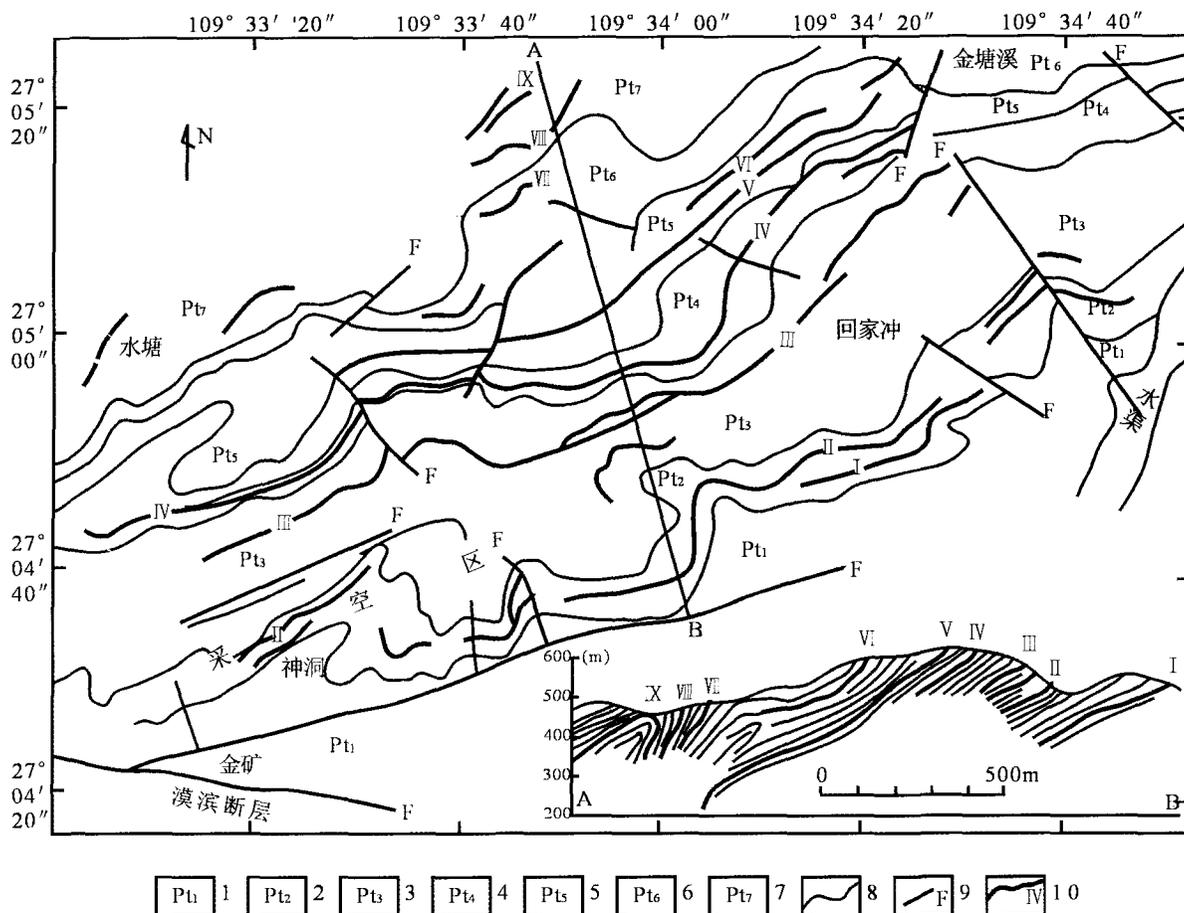
2 流体包裹体研究

2.1 实验样品和实验方法

本次采集了8件矿化石英样品进行流体包裹体研究,其中6件样品采自290中段II脉,样号分别为MB290JK、MB14 II-B1、MB290-B4、MB290-B6、MB290-B9、MB290-B12,其余2件样品分别采自III、V脉,样号分别是MB III-B1和MB IV-B1。

研究工作在吉林大学地球科学学院地质流体实验室完成。将样品磨制成厚0.25~0.3 mm的包裹体片,先进行流体包裹体岩相学观察,然后选择有代表性的原生包裹体进行显微测温实验。

流体包裹体显微测温所用仪器为英国Linkam生产的THMS-600型显微冷热台($-196^\circ\text{C} \sim 600^\circ\text{C}$)。测试前用人造纯 H_2O 及25%的 $\text{H}_2\text{O}-\text{CO}_2$ 包裹体(国际标样)进行系统校正,温度在 0°C 以下时,测试精度为 $\pm 0.1^\circ\text{C}$;温度在 $0^\circ\text{C} \sim 300^\circ\text{C}$ 时,测试精度为 $\pm 0^\circ\text{C} \sim 2^\circ\text{C}$;温度在 $>300^\circ\text{C}$ 时,测试精度为 $\pm 2^\circ\text{C} \sim 5^\circ\text{C}$ 。测试时,为防止包裹体爆裂,采取先冷冻后升温的方法。利用Linkam THMS-600型冷热台共对118个流体包裹体进行了冷冻



1-板溪群五强溪组第二段1层砂质板岩；2-板溪群五强溪组第二段2层变质细砂岩；3-板溪群五强溪组第二段3层条带状砂质板岩；4-板溪群五强溪组第二段4层板岩夹砂质板岩；5-板溪群五强溪组第二段5层砂质板岩夹变质细砂岩；6-板溪群五强溪组第二段6层变质细砂岩夹砂质板岩；7-板溪群五强溪组第二段7层变质细砂岩和砂质板岩；8-地质界线；9-断层；10-含金石英脉及编号

图1 漠滨金矿区地质图^[8]

Fig. 1 Schematic geological map of Mobin gold deposit ^[8]

法和均一法测温工作（表1）。

2.2 流体包裹体岩相学研究结果

岩相学研究表明，石英脉中流体包裹体比较丰富，但类型单一，全部为气液两相流体包裹体，主要由盐水液相+气泡组成，气液比在5%~35%之间变化，大部分为8%~16%，包裹体大小差异小，一般为4~10 μm，最大者可达24 μm，呈椭圆状、长条状及不规则状等形态产出。

2.3 流体包裹体均一温度、盐度和密度

成矿流体的盐度采用 Potter^[13] 盐度计算公式（盐度 $S = 0.00 + 1.78 Ti - 0.0442 Ti^2 + 0.000557 Ti^3$ ，其中 Ti 为冰点温度）计算，密度据刘斌等^[14] 密度计算公式（密度 $\rho = A + BTh + CTh^2$ ， Th 为均

一温度，A、B、C 为盐度的函数）计算。

据表1，分别做出三条矿脉中石英的流体包裹体的温度、盐度、密度直方图（图3~5）。

从图3、4、5可以看出，三条矿脉流体包裹体的均一温度、盐度和密度相差不大，个别均一温度低的包裹体可能为次生包裹体，在直方图上表现为正态分布外的异常点。

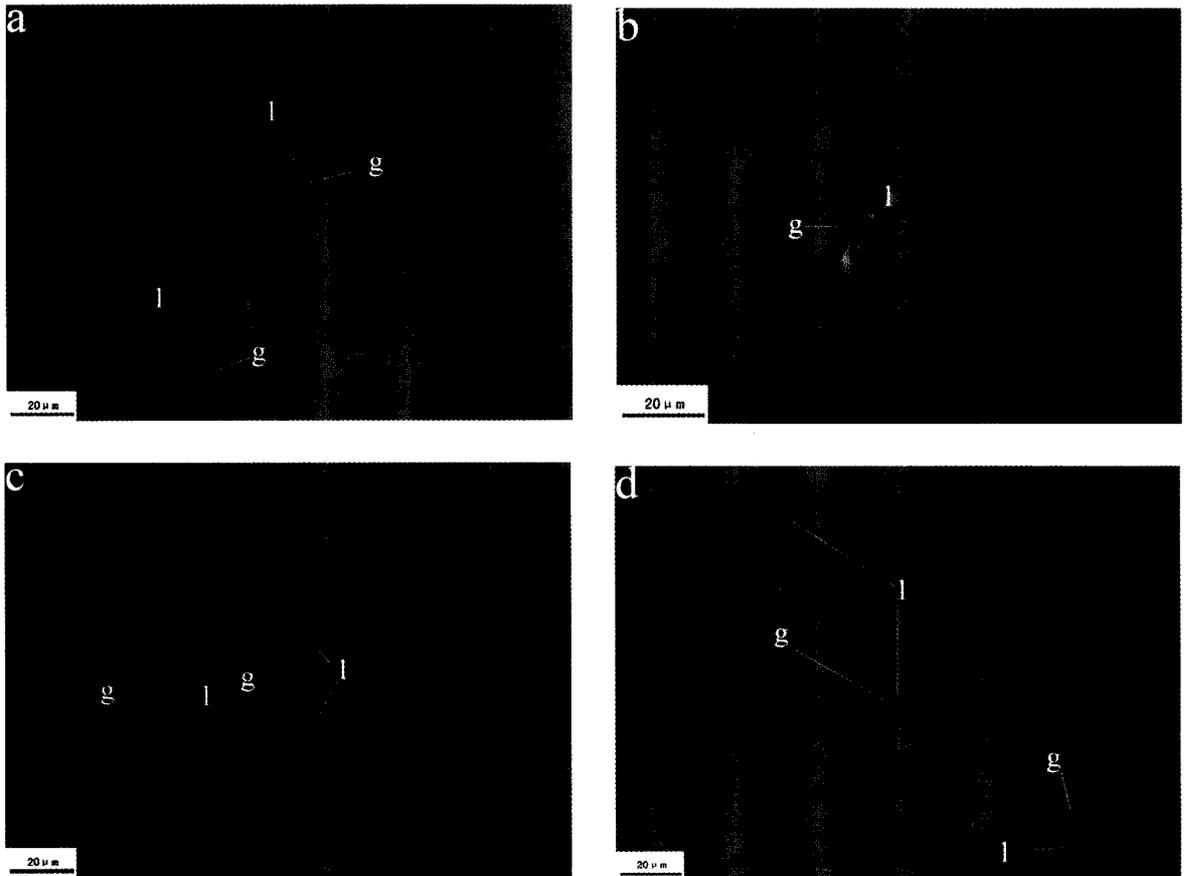
II脉石英中流体包裹体的均一温度范围为119.7℃~272.2℃，峰值集中在180℃~190℃；盐度范围（4.48~8.81）wt%（NaCl），峰值集中在5~6 wt%（NaCl）；密度为（0.81~0.97）g/cm³，峰值集中在（0.90~0.92）g/cm³。

表1 漠滨金矿部分矿脉中石英流体包裹体特征及参数统计表

Table 1 Statistical table of fluid inclusions parameters and characteristics of some quartz veins in Mobin gold deposit

样品号	包体类型	大小 0/ μm	气液比 /%	Ti / $^{\circ}\text{C}$	Tht / $^{\circ}\text{C}$	S /wt% (NaCl)	P / $\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$	Ps /MPa	Hs /km
MB14II-B1	气液两相包裹体	6~18	5~20	-5.3~-2.4	136.1~222.5	4.01~8.27	0.90~0.96	11.0~19.1	1.10~1.91
MB290-B12	气液两相包裹体	5~20	5~30	-3.7~-2.7	139.4~267.1	4.48~5.99	0.81~0.95	12.7~22.4	1.27~2.24
MB290-B4	气液两相包裹体	4~14	10~30	-4.9~-2.9	119.7~234.5	4.79~7.72	0.89~0.95	16.3~21.6	1.63~2.16
MB290-B6	气液两相包裹体	6~24	5~35	-5.9~3.9	143.6~247.6	6.29~9.08	0.89~0.95	16.8~22.2	1.68~2.22
MB290-B9	气液两相包裹体	6~16	10~25	-5.7~-3.8	151.0~272.2	6.14~8.81	0.84~0.97	13.9~26.9	1.39~2.69
MB290JK	气液两相包裹体	5~8	5~20	-5.5~-4.2	120.1~250.6	6.72~8.54	0.86~0.93	7.0~23.7	0.70~2.37
MBIII-B1	气液两相包裹体	6~22	5~35	-3.2~-0.5	127.6~213.4	0.87~5.25	0.91~0.96	8.6~14.5	0.86~1.45
MBIV-B1	气液两相包裹体	5~14	5~20	-4.7~-3.0	92.3~234.8	4.94~7.44	0.87~1.00	7.7~21.1	0.77~2.11

注: Ti - 冰点温度; Tht - 包裹体完全均一温度; S - 盐度; ρ - 密度; Ps - 成矿压力; Hs - 成矿深度



a - MB14 II - B1 样品中流体包裹体; b - MB290 - B6 样品中流体包裹体; c - MB290 - B12 样品中流体包裹体; d - MB290 - B12 样品中流体包裹体; g - 气相包裹体; l - 液相包裹体

图2 漠滨金矿部分石英脉样品中流体包裹体照片

Fig. 2 Photos showing fluid inclusions of some quartz vein in Mobin gold deposit

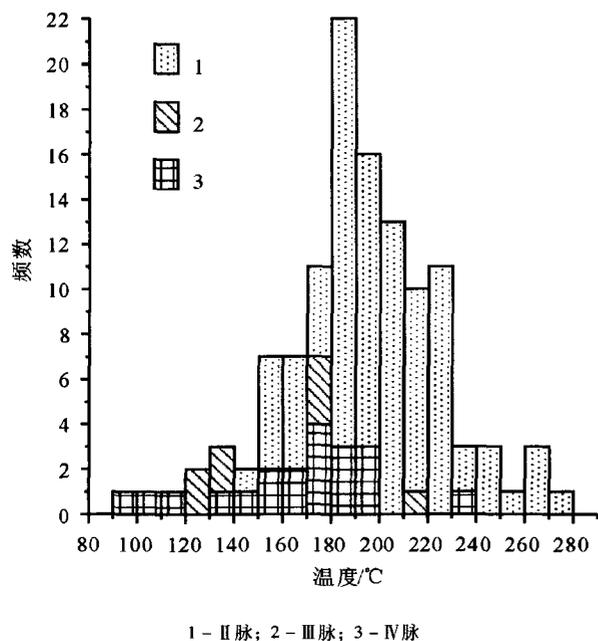


图3 漠滨金矿流体包裹体均一温度直方图
Fig.3 Histogram of homogenization temperature of fluid inclusions in Mobin gold deposit

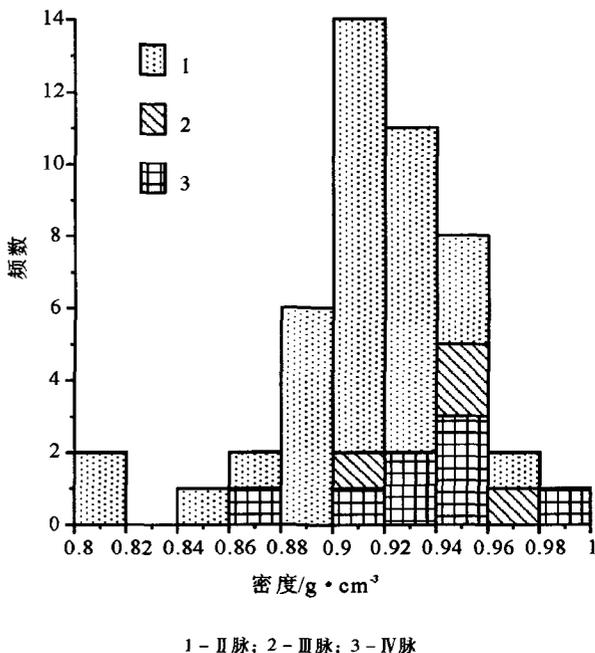


图5 漠滨金矿流体包裹体密度直方图
Fig.5 Histogram of densities of fluid inclusions in Mobin gold deposit

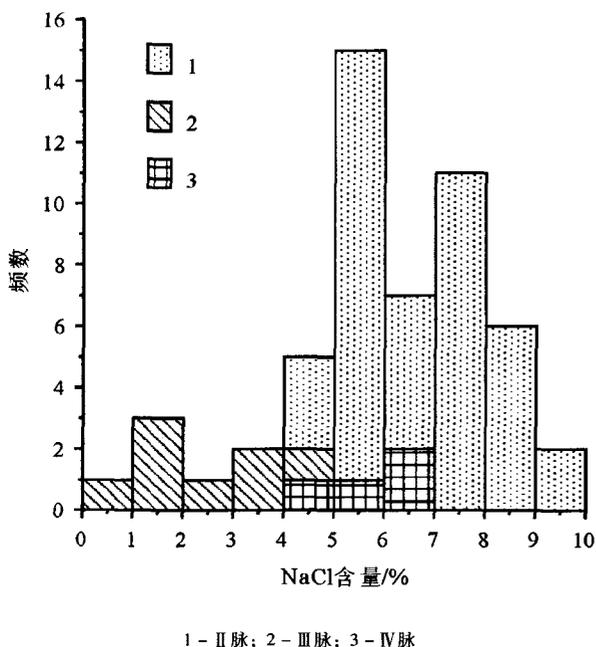


图4 漠滨金矿流体包裹体盐度直方图
Fig.4 Histogram of salinity of fluid inclusions in Mobin gold deposit

盐度范围为 (0.87 ~ 5.25) wt% (NaCl), 峰值集中在 (1 ~ 2) wt% (NaCl); 密度为 (0.91 ~ 0.96) g/cm³, 峰值集中在 (0.94 ~ 0.96) g/cm³。

IV脉石英中流体包裹体的均一温度范围为 92.3℃ ~ 234.8℃, 峰值集中在 170℃ ~ 180℃; 盐度范围 4.94 ~ 7.15 wt% (NaCl), 峰值集中在 6 ~ 7 wt% (NaCl); 密度为 (0.87 ~ 0.95) g/cm³, 峰值集中在 (0.94 ~ 0.96) g/cm³。

本次结果和前人研究结果基本吻合, 成矿流体属低偏中温、低盐度和低密度流体。

2.4 成矿压力和成矿深度估算

由于漠滨金矿的流体包裹体全为气液两相 H₂O - NaCl 体系, 根据均一温度仅能获得均一时的压力, 对于捕获压力 (成矿压力) 的估算需第三方独立温度来确定。余大龙^[7]利用黄铁矿-闪锌矿矿物对硫同位素地质温度计计算得到成矿温度为 177℃, 可作为独立温度。但是该温度小于 II脉石英中流体包裹体的均一温度峰值 180℃ ~ 190℃, 介于 III和 IV脉石英中流体包裹体的均一温度, 峰值为 170℃ ~ 180℃, 因此不能作为捕获温度看待, 不能用来估算捕获压力。在此种情况下, 捕获压力

III脉石英中流体包裹体的均一温度范围为 127.6℃ ~ 213.4℃, 峰值集中在 170℃ ~ 180℃;

成矿压力可根据邵洁连^[15]经验公式(成矿压力 $P_1 = P_0 \times T_1/T_0$, 初始压力 $P_0 = 219 + 2\ 620 \times S$; 初始温度 $T_0 = 374 + 920 \times S$, S 为盐度, T_1 为均一温度)来估算, 有不少学者如张渊等^[16]、冯光英等^[17]均采用了该方法。

成矿深度估算一直是矿床学界存在较大争议的问题, 卢焕章等^[18]指出流体压力与深度没有直接的对应关系, 因为流体压力可以是静水压力、静岩压力、介于静岩与静水压力之间或超静岩压力, 根据不同压力状态所计算出来的深度相差极大。孙丰月等^[19]将 Sibson^[20]提出的断裂带内流体压力和深度之间的非线性关系引入到脉状热液金矿床成矿深度的计算中, 分段拟合了压力和深度之间的关系式, 漠滨金矿为典型的脉状金矿, 利用该关系式计算成矿深度(表1)。

从图6和图7可以看出, II脉石英中流体包裹体估算的成矿压力范围为7.0~26.9 MPa, 峰值集中在16~18 MPa; 据此采用孙丰月等^[19]提出的关系式估算的成矿深度范围为0.70~2.69 km(实际上相当于利用静水压力梯度计算), 峰值集中在1.6~1.8 km。III脉石英中流体包裹体估算的成矿压力范围为8.6~14.5 MPa, 峰值集中在10~12 MPa; 成矿深度范围为0.86~1.45 km, 峰值集中在1.0~1.2 km。IV脉石英中流体包裹体估算的成矿压力范围为7.7~21.1 MPa, 峰值集中在16~18 MPa; 成矿深度范围为0.70~2.11 km, 峰值集中在1.6~1.8 km。由此计算矿区平均成矿压力为16.36 MPa, 平均成矿深度为1.64 km。

总之, 前人和本次流体包裹体研究结果表明, 成矿流体属于低偏中温、低盐度和低密度流体, 估算的成矿压力为16~18 MPa, 成矿是在低温低压条件下完成, 估算的成矿深度主要集中在1.6~1.8 km, 属地壳浅层成矿。

3 矿床成因探讨

3.1 成矿物质和成矿流体来源

余大龙^[7]对漠滨金矿的硫、铅和氢、氧同位素进行了详尽研究。石英脉中硫化物的硫同位素组成呈正态分布, $\delta^{34}\text{S}$ 高值集中在 $7 \times 10^{-3} \sim 10 \times 10^{-3}$ (43件), 显示在成矿时经历了均一化的结果; 围岩中黄铁矿的 $\delta^{34}\text{S}$ 为 $9.36 \times 10^{-3} \sim 12.00 \times 10^{-3}$, 平均 10.99×10^{-3} (5件); 矿石与围岩中的

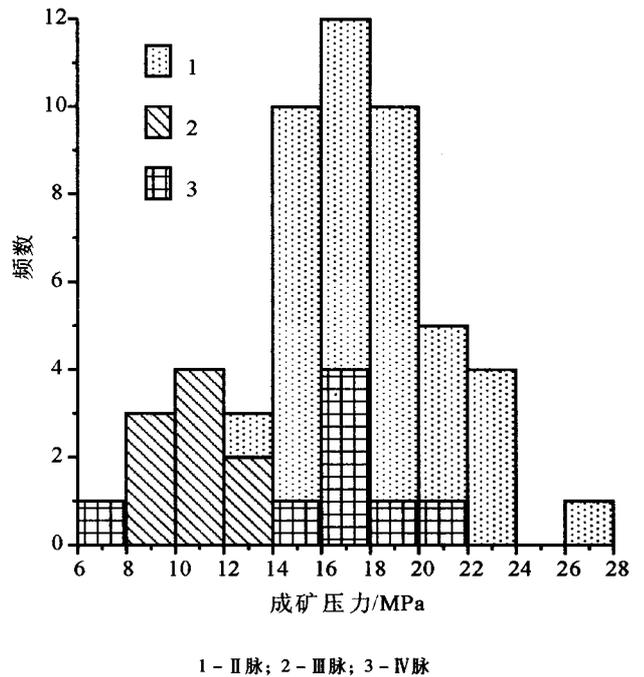


图6 漠滨金矿流体包裹体成矿压力直方图

Fig. 6 Histogram of metallogenic pressure of fluid inclusions in Mobin gold deposit

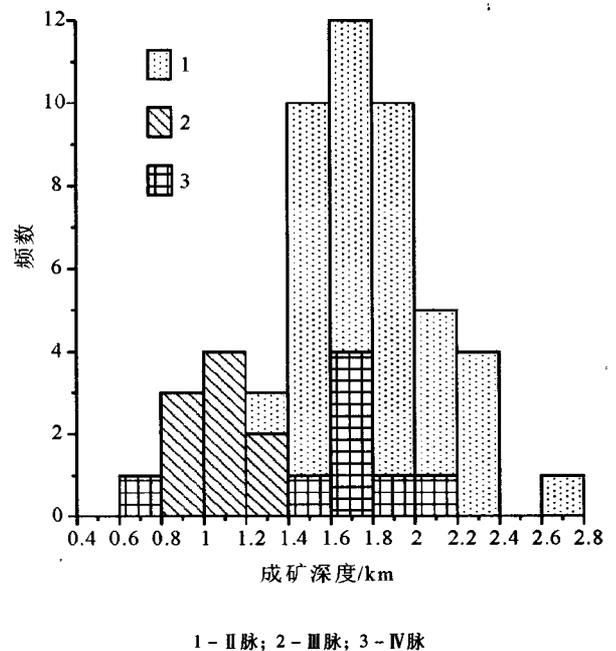


图7 漠滨金矿流体包裹体成矿深度直方图

Fig. 7 Histogram of metallogenic depth of fluid inclusions in Mobin gold deposit

$\delta^{34}\text{S}$ 值较接近且均以富重硫为特征, 表明硫源主要

来自赋矿地层。矿石中方铅矿铅同位素值变化很小(3件), 比值变化范围 $<1\%$, μ 值 $8.5 \sim 9.58$, 属古老正常铅, 由此推测铅可能来自围岩或下伏更老的地层。矿化石英脉样品流体包裹体的 $\delta^{18}\text{O}$ 值($-0.44 \times 10^{-3} \sim 3.85 \times 10^{-3}$, 14件)和 δD 值($-60.4 \times 10^{-3} \sim -37.2 \times 10^{-3}$)落入雨水线和变质水之间, 且更接近变质水。

3.2 矿床成因探讨

关于漠滨金矿的成因, 前人观点比较一致, 余大龙^[7]认为属中偏低温热液矿床, 周德忠等^[1]认为属偏低温充填型热液矿床。不过, 这些成因的提法似乎并不符合目前流行的热液金矿床类型, 如造山型^[10]、中温热液脉型、卡林型或浅成低温热液型^[11]等, 不便于对比研究。其含石英脉受与地层产状一致的层间断裂系统控制, 矿石中毒砂等含砷硫化物发育, 这些特点和卡林(类卡林)型矿床部分特征接近, 但明金发育、无去碳酸盐蚀变等可排除其为卡林型金矿类型。尽管笔者和前人进行显微测温的包裹体没有富 CO_2 相, 但根据周德忠等^[1]对流体包裹体成分研究结果显示, 富含明金的“吊线脉”以包裹体小、 CO_2 浓度高为特征; 贫金的标志层脉则以包裹体大、 CO_2 含量低为特征。而包裹体小不利于显微测温(难以观察), 虽然显微测温没有富 CO_2 相的测试结果, 并不否定成矿流体属于富 CO_2 流体的事实, 这符合一般造山型金矿的高 CO_2 含量($\geq 5\text{mol}\%$)的特征。同时, 从漠滨金矿床地质特征来看, 其矿体特征、矿石特征和围岩蚀变等均与通常所谓的造山型金矿地质特征接近; 从成矿物质和成矿流体来源来看, 也符合造山型金矿的特征。从成矿物理条件分析来看, 成矿流体为低偏中温(均一温度众值为 $170^\circ\text{C} \sim 190^\circ\text{C}$)、低盐度的变质水, 成矿深度平均值为 1.64 km , 据此认为漠滨金矿类型应属于Groves等^[10]提出的造山型金矿床的浅成类型(成矿深度为 $0 \sim 6\text{ km}$, 成矿温度介于 $150^\circ\text{C} \sim 300^\circ\text{C}$)。此外, 朱明新等^[21]研究指出板溪群伊利石结晶度的Kuebler指数为 $0.21 \sim 0.28^\circ \Delta 2\theta$ (Kisch国际标样校正), 从而可把湖南长沙—澧陵—浏阳一带板溪群划归近变质带上部, 温度大约为 $250^\circ\text{C} \sim 300^\circ\text{C}$, 相当于葡萄石—绿纤石相(温度为 $300^\circ\text{C} \sim 360^\circ\text{C}$, 压力为 $0.25 \sim 0.35\text{ GPa}$)^[22], 并未普遍达到目前人们认为的绿片岩相或者是低绿片岩相。根据 b_0 值的大小大致可

推断出它的区域变质条件也处于中压环境。长沙会同县漠滨金矿区板溪群的变质程度也不高, 这也表明漠滨金矿成矿是在地壳浅层内发生的, 符合浅成造山型金矿的成矿条件。

从图1可知, 漠滨金矿目前控制矿化垂向连续延伸 $<400\text{ m}$, 一般而言, 造山型金矿成矿深度越大, 矿化的垂向连续延伸也越大^[19], 反之亦然, 估算的漠滨金矿平均成矿深度仅 1.64 km , 因此推测其实际矿化垂向连续延伸有限, 深部找矿潜力小。

4 结论

(1) 通过最新的流体包裹体研究, 获得成矿流体的平均均一温度为 199.14°C , 平均盐度为 $6.01\text{ wt}\%$ (NaCl), 平均密度为 0.92 g/cm^3 。与前人研究结果相比, 本次结果和前人研究结果基本吻合, 表明成矿流体属低偏中温、低盐度和低密度流体。

(2) 依据流体包裹体显微测温结果, 估算漠滨金矿的平均成矿压力为 16.36 MPa , 平均成矿深度为 1.64 km , 属地壳浅层次成矿。

(3) 结合地质特征和前人矿床成因观点, 认为漠滨金矿类型属于造山型金矿床的浅成类型, 并据此推断其深部找矿潜力小。

致谢 感谢银海矿业开发控股有限公司为本次赴漠滨野外调研提供的帮助, 感谢吉林大学地球科学学院孙丰月教授、李碧乐教授提供的帮助, 以及王力副教授、钱烨博士、霍亮博士在包裹体测试方面提供的帮助。

参考文献:

- [1] 周德忠, 叶大元, 余大龙. 湖南漠滨石英脉型金矿成因探讨[J]. 矿床地质, 1989, 8(1): 51-64.
ZHOU De-zhong, YE Da-yuan, YU Da-long. A preliminary discussion on the genesis of the Mobin quartz vein type gold deposit in Hunan Province [J]. Mineral Deposits, 1989, 8(1): 51-64.
- [2] 余景明. 湖南漠滨金矿床地质特征及矿化富集规律浅析[J]. 湖南冶金, 1995(5): 28-32.
YU Jing-ming. Study on mineralization enrichment and geological characteristics of Mobin gold deposit in Hunan Province [J]. Hunan Metallurgy, 1995(5): 28-32.

- [3] 鲍振襄, 万溶江, 鲍珏敏. 湖南漠滨金矿成矿地质地球化学特征 [J]. 黄金地质, 1998, 4 (3): 54-60.
BAO Zhen-xiang, WAN Rong-jiang, BAO Jue-min. Geology-geochemical characteristics of metallization in Mobin gold deposit, Hunan [J]. Gold Geology, 1998, 4 (3): 54-60.
- [4] 朱思才. 湖南漠滨金矿控矿断裂的数学模拟研究 [J]. 地质科技情报, 1991, 10 (1): 59-62.
ZHU Si-cai. A mathematic simulation study of the ore-controlling faults in Mobin gold deposit, Hunan [J]. Geological Science and Technology Information, 1991, 10 (1): 59-62.
- [5] 周崇智. 漠滨脆-韧性剪切带型金矿床控矿构造研究 [J]. 矿产与地质, 1992, 6 (4): 270-274.
ZHOU Chong-zhi. Study on ore-controlling structures of brittle-ductile shear zone type of Mobin gold deposit [J]. Mineral Resource and Geology, 1992, 6 (4): 270-274.
- [6] 余景明, 殷子明, 毛先成. 漠滨金矿区构造特征及其控矿规律 [J]. 地质与勘探, 1993 (9): 23-28.
YU Jing-ming, YIN Zi-ming, MAO Xian-cheng. The structural features and its ore-controlling rules of the Mobin Au mining area [J]. Geology and Prospecting, 1993 (9): 23-28.
- [7] 余大龙. 漠滨金矿稳定同位素研究 [J]. 贵州工业大学学报: 自然科学版, 1987 (2): 99-111.
YU Da-long. The study of the stable isotope of the gold deposit at Mobin, Hunan [J]. Journal of Guizhou University of Technology: Nature Science Edition, 1987 (2): 99-111.
- [8] 余大龙. 漠滨金矿包裹体研究 [J]. 地球化学, 1990 (1): 72-80.
Yu Da-long. Fluid inclusion studies of gold ores from Mobin [J]. Geochemical, 1990 (1): 72-80.
- [9] 陈佑德, 余大龙. 湘西黔东脉型金矿流体包裹体研究及其找矿意义-以漠滨金矿为例 [J]. 贵州地质, 1994, 11 (4): 280-286.
CHEN You-de, YU Da-long. Study of fluid inclusions of vein-type gold deposits and its implication to predict for blind ore bodies in western Hunan and eastern Guizhou [J]. Guizhou Geology, 1994, 11 (4): 280-286.
- [10] Groves D I, Goldfarb R J, Gebre M M. Orogenic gold deposits: a proposed classification in the context of their crustal distribution and relationship to other gold deposit types [J]. Ore Geology Reviews, 1998 (13): 7-27.
- [11] Hendenquist J W. The role of magmas in the formation of hydrothermal ore deposits [J]. Nature, 1994, 370: 519-527.
- [12] 陈庆年, 周不康, 何磷明, 等. 用“矿物学填图”研究湖南漠滨型脉金矿床 [J]. 地质找矿论丛, 1989, 4 (1): 50-66
CHEN Qing-nian, ZHOU Bu-kang, HE Lin-ming. A study of Mobin gold vein deposit by means of mineral chart method [J]. Contributions to Geology and Mineral Resources Research, 1989, 4 (1): 50-66.
- [13] Potter R W, Clynne M A. Freezing point depression of aqueous sodium chloride solution [J]. Econ Geol, 1978, 73: 284-285.
- [14] 刘斌, 段光贤. NaCl-H₂O 溶液包裹体的密度式和等容式及其应用 [J]. 矿物学报, 1987, 7 (4): 345-352.
LIU Bin, DUAN Guang-xian. Density formula and isochoric formula of NaCl-H₂O fluid inclusion and their application [J]. Acta Mineralogica Sinica, 1987, 7 (4): 345-352.
- [15] 邵洁连. 金矿找矿矿物学 [M]. 北京: 中国地质大学出版社, 1990: 1-158.
SHAO Jie-lian. Prospecting mineralogy of gold ore [M]. Beijing: China University of Geosciences Press, 1990: 1-158.
- [16] 张渊, 孙景贵, 王可勇, 等. 胶东西北部黄埠岭金矿床流体包裹体特征及其在成矿预测中的意义 [J]. 世界地质, 2008, 27 (3): 245-251.
ZHANG Yuan, SUN Jing-gui, WANG Ke-yong, et al. Characteristics of fluid inclusions from Huangbuling gold deposit in northwestern Jiaodong and their significance in metallogenic prognosis [J]. Global Geology, 2008, 27 (3): 245-251.
- [17] 冯光英, 刘燊, 彭建堂. 新疆塔木—卡兰古铅锌矿带流体包裹体特征 [J]. 吉林大学学报: 地球科学版, 2009, 39 (3): 306-414.
FENG Guang-ying, LIU Shen, PENG Jian-tang, et al. Characteristics of fluid inclusions from Tamu-Kalangu Lead-Zinc metallogenic belt, Xinjiang [J]. Journal of Jilin University: Earth Science Edition, 2009, 39 (3): 306-414.
- [18] 卢焕章, 池国祥. 剪切带中流体地球化学特征及其找矿意义 [J]. 桂林工学院学报, 1995, 15 (1): 9-22.
LU Huan-zhang, CHI Guo-xiang. Geochemical characteristics of fluids in shear zones and the significance for mineral exploration [J]. Journal of Guilin University of

- Technology, 1995, 15 (1): 9-22.
- [19] 孙丰月, 金巍, 李碧乐, 等. 关于脉状热液金矿床成矿深度的思考 [J]. 长春科技大学学报, 2000, 30 (专辑): 27-30.
- SUN Feng-yue, JIN Wei, LI Bi-le, et al. Considerations on the mineralizing depth of hydrothermal lode gold deposits [J]. Journal of Changchun University of Science and Technology, 2000, 30 (Spec.): 27-30.
- [20] Sibson R H. Crustal stress, faulting and fluid flow [J]. Geological Society Special Publications, 1994 (78): 69-84.
- [21] 朱明新, 王河锦. 长沙—澧陵—浏阳一带冷家溪群及板溪群的甚低级变质作用 [J]. 岩石学报, 2001, 17 (2): 291-300.
- ZHU Ming-xin, WANG He-jin. Very low-grade metamorphism of the Leng jiaxi and Banxi groups around the area of Changsha-Liling-Liuyang, Hunan Province, China [J]. Acta Petrologica Sinica, 2001, 17 (2): 291-300.
- [22] Turner F J. Metamorphic petrology [M]. 2nd ed. New York: McGraw-Hill Publishing Corporation, 1981: 524.

(上接 437 页)

- WANG Li-wu, WANG Ying, YANG Jing, et al. PreMesozoic basement provenance tracing of the Songliao Basin by means of detrital zircon SHRIMP chronology [J]. Earth Science Frontiers, 2007, 14 (4): 151-158.
- [29] 章凤奇, 陈汉林, 董传万, 等. 松辽盆地北部存在前寒武纪基底的证据 [J]. 中国地质, 2008, 35 (3): 421-428.
- ZHANG Feng-qi, CHEN Han-lin, DONG Chuan-wan, et al. Evidence for the existence of Precambrian basement under the northern Songliao Basin [J]. Geology in China, 2008, 35 (3): 421-428.
- [30] 庞庆山, 方德庆, 翟培民, 等. 松辽盆地北部基底石炭—二叠系的分布 [J]. 大庆石油学院学报, 2002, 26 (3): 92-94.
- PANG Qing-shan, FANG De-qing, ZHAI Pei-min, et al. Distribution of Carboniferous-Permian system on the north base of Songliao Basin [J]. Journal of Daqing Petroleum Institute, 2002, 26 (3): 92-94.
- [31] 余和中, 蔡希源, 韩守华, 等. 松辽盆地石炭—二叠系分布与构造特征 [J]. 大地构造与成矿学, 2003, 27 (3): 277-281.
- YU He-zhong, CAI Xi-yuan, HAN Shou-hua, et al. Distribution of the Carboniferous-Permian and its tectonic characteristics in Songliao Basin [J]. Geotectonica et Metallogenia, 2003, 27 (3): 277-281.