

济阳盆地（胜利油田）内外找寻新的 金资源的可能性*

赫英

（西北大学地质系，西安）

提 要：根据作者的发现与研究并结合国内外有关资料，综合论述了在济阳盆地（胜利油田）内外找寻新类型贵金属资源的可能性。胜利油田二氧化碳气藏区火山岩中发现有高含量的金，而二氧化碳气藏经研究源自高含金与二氧化碳流体的富集地幔，结合由盆地内向盆地外火山岩类型及其中包裹体中气体成分和含量的变化，作者认为在济阳盆地边缘二氧化碳气藏区和盆地外隆起区偏碱性和碱性火山岩分布区找寻与幔源高含二氧化碳流体有关的地幔喷金矿床是有可能的。

关键词：金矿床 二氧化碳 火山岩 胜利油田

地壳中有这样一些金矿床，其分布明确而有规律地局限于某些深至地幔的断裂带，与有关岩浆、变质、沉积作用无直接联系（Щеглов, 1987；赫英, 1995）^[22,7]。例如，沿郯庐断裂中段沂沭断裂带及其毗邻地区分布有一些与火山岩有关的金矿床，研究表明它们的成矿物质主要源于地幔，成矿流体主要是岩浆水，与基底地层无明显联系（张连营等, 1996）^[15]；再如黔西南一些微细浸染型金矿床。经朱赖民等研究，它们明显受深大断裂带和幔源岩浆岩体控制而对地层并无专属性，金矿床成矿时代基本一致并大多为晚燕山期至喜马拉雅期，结合同位素工作认为成矿与幔源含金流体关系密切（朱赖民等, 1997）^[17]；而毛景文、李红艳等（1997）^[14]对长期以来认定的湖南万古地区金矿成因提出怀疑，通过地质地球化学特别是氮同位素工作肯定了幔源组分的贡献。济阳盆地（胜利油田）是一个与郯庐断裂有成因联系的新生代盆地。其基底构造为地台，地壳较薄为地幔隆起区。我们在对胜利油田二氧化碳气藏的研究工作中，顺便分析了火山岩特别是二氧化碳气藏区火山岩中的金含量（赫英等, 1995）^[6]，意外地发现以下重要事实。①一些火山岩含金较高。19件样品中含金接近或超过0.05 g/t者有9件，其中超过0.1 g/t者有6件，接近或超过1 g/t者有3件；②二氧化碳气藏区和非二氧化碳气藏区火山岩含金性有明显区别，前者含金很高，平均达0.351 g/t，部分样品已接近或达到工业开采要求；而后者含金相对较低，平均只有0.0025 g/t。二氧化碳气藏区火山岩含金特殊高并且高含量的金与造岩元素之间无明显相关关系这一事实说明这些火山岩中的金必与二氧化碳有成因上的联系。

那么，这些二氧化碳是哪来的呢？研究表明胜利油田二氧化碳气藏源自地球深部富集地幔来源的岩浆去气。证据如下：

（1）受通达地幔的郯庐深断裂控制（戴金星等, 1995）^[1]。

* 国家自然科学基金（49573186）和国土资源部地球化学动力学开放实验室基金联合资助

赫英，男，54岁，教授，从事矿床与地球化学的教学与研究。邮政编码：710069

(2) 与新生代相对更富碱、富轻稀土、富大离子亲石元素而贫铬、镍等过渡型元素的碱性橄榄玄武岩(形成于盆地演化的晚期,分布于盆地边部或内部相对隆起之区)有空间和时间上的联系(赫英,1996a;1998)^[8,11]。而国内外研究表明富集地幔流体富二氧化碳、轻稀土及大离子亲石元素(Schneider and Eggler,1986;Zindler and Jagoutz,1988;樊祺诚等,1993;杜乐天,1996;曹荣龙,1996)^[2-4,19,21]。

(3) 二氧化碳气藏区和非二氧化碳气藏区火山岩的辉石中包裹体的碳同位素有明显区别。前者 $\delta^{13}\text{C}$ 为-5‰左右,后者 $\delta^{13}\text{C}$ 为-10‰以下(赫英等,1997,群包裹体值;赫英等,1998,单包裹体值)^[10]①,并分别与相应二氧化碳气藏区和非二氧化碳气藏区气井气的碳同位素值对应一致②。

(4) 二氧化碳气藏区和非二氧化碳气藏区火山岩的辉石中包裹体的二氧化碳含量有明显区别。前者高于60%,后者低于60%(赫英等,1996b)^[9]。

(5) 二氧化碳气藏区和非二氧化碳气藏区火山岩的岩浆网络有明显区别,前者富层状分子③。

(6) 二氧化碳气藏区和非二氧化碳气藏区火山岩的岩浆包裹体子晶有明显区别,前者为黄铁矿,后者为锐钛矿。

因而,这些高含量的金可能源自富集地幔高含二氧化碳流体的喷金作用。

高含二氧化碳流体的富集地幔和地幔岩浆是否孕育有大量金资源呢?答案应该是肯定的。现在已有越来越多的证据说明金大多来自地幔(郭文魁,1997)^[5]。金是亲铁元素,在地核中丰度最高(刘英俊等,1987)^[13],而这应是金与亲铁元素在原始地幔中与硅发生分异并渗入地核的结果(Francois,1994)^[18]。近些年在金刚石和地幔岩包体中不断发现有金、自然铁、金铁合金、钛铁合金等的报道(赵磊等,1995;杜乐天,1996)^[2,16];Saager等(1982)^[19]证明,南非太古宙绿岩带中弱变质的科马提岩中Au含量高达 372×10^{-9} 。其中金的主要携带者是以副矿物形式存在的硫化物,造岩矿物中的Au含量不超过 0.5×10^{-9} 。Мушкин等,1978年的工作亦表明,天山碱性玄武岩类及其中地幔岩包体中的金含量在大多数样品中都比较低,但在富熔离硫化物的玄武岩类样品中其金含量可达 $23 \times 10^{-9} \sim 413 \times 10^{-9}$ 。Иванов等研究了亚库特金伯利岩筒中超基性岩和榴辉岩成分的深部包体里的金含量,证实它们大多在 $0.6 \times 10^{-9} \sim 8.1 \times 10^{-9}$ 之间。但在由包体选出的磁黄铁矿、镍黄铁矿、黄铜矿等硫化物中金含量升至 $34 \times 10^{-9} \sim 300 \times 10^{-9}$ 。包体中有自然金存在。它们主要赋存在单斜辉石中,有时和金红石沿解理裂隙成连生,或沿切割石榴石的微裂隙分布(Щероб等,1987)^[22]在我国秦岭区勉略缝合带一些超基性岩的熔离硫化物中也见有高含量的金出现等。这些都说明在地幔中确实存在有金的原始聚集。

二氧化碳流体在地球深部不同圈层中是怎样分布的呢?综合目前国内外的研究资料可使我们有所认识。一般认为,地球深部中流体的种类受氧逸度的控制。当氧逸度较高,地幔流体种类主要为二氧化碳和水;当氧逸度较低,地幔流体种类则主要为甲烷和氢气。和岩石

① 廖永胜、曾辛英、李洋臣等,1994,济阳拗陷中非烃类气体概查及综合利用前景探讨

② 赫英、朱兴国、徐培苍,1998,胜利油田火山岩中单个包裹体的碳同位素及其意义

③ 赫英、朱兴国、徐培苍,1998,胜利油田火山岩的岩浆网络及其意义

圈相比，软流圈较还原，没有二氧化碳存在的条件。刘若新等研究认为我国华北地区上地幔从上到下依次为尖晶石二辉橄榄岩（35~80 km）尖晶石-石榴石二辉橄榄岩（80~85 km）和石榴石二辉橄榄岩（85 km 以下）；刘国栋及林传勇等认为中国东部的尖晶石二辉橄榄岩代表岩石圈地幔，石榴石二辉橄榄岩代表软流圈地幔，二者间的边界应在 60 km 左右（刘若新等，1990）^[12]。夏林圻等给出了各类二辉橄榄岩包体的流体包裹体中的收缩气泡的分析数据。结果表明石榴石二辉橄榄岩含氢气和甲烷最高，分别可达 12.1% 和 10.8%，并且检出了 3% 左右的乙烷；而尖晶石二辉橄榄岩含氢气和甲烷较低，一般只有 1%~2%（杜乐天等，1996）^[2]。这说明地球深处由浅至深有 H₂O-CO₂-CH₄-H₂ 的富集趋势，而高含二氧化碳的流体主要活动于岩石圈地幔。这与上述我们对二氧化碳气藏研究所得出的结论是完全一致的。值得注意的是，赵磊等在蒙阴不含自然铁的金刚石中发现有金铁合金，但在含自然铁的金刚石中却未见金检出（赵磊等，1995）^[16]。由于地球深部越接近地核铁含量越高，这似乎反映金在地球不同圈层的流体中有不同的富集趋势，而可能在岩石圈去根作用中其中的金在富集地幔的高含二氧化碳富碱流体中得到了最大的富集。

那么，应该到哪里去找这种类型的喷金矿床？从现有事实来看，这类矿床似乎主要受三个因素控制，即：① 幔源深大断裂带；② 偏碱性和碱性火山岩；③ 高含二氧化碳流体。我们的研究表明，胜利油田火山岩的包裹体中的二氧化碳和甲烷的含量由盆地内向盆地外表现出有规律的变化：盆地内火山岩（临盘，非二氧化碳气藏区）的包裹体中二氧化碳含量一般低于 60%，甲烷 0%~9.1%，平均 4.7%；盆地边部火山岩（阳信，二氧化碳气藏区）的包裹体中二氧化碳含量一般高于 60%，甲烷 5.5%~11.7%，平均 8.1%；而盆地外火山岩（昌乐）的包裹体中二氧化碳含量亦高于 60%，甲烷含量明显增加至 17.2%（赫英等，1996b）^[9]。上述火山岩的包裹体中的二氧化碳和甲烷的含量由盆地内向盆地外表现出有规律的变化，反映出由盆地内部源区较浅的橄榄拉斑玄武岩经富碱、富轻稀土、富大离子亲石元素和二氧化碳而贫铬、镍等相容元素而源自富集地幔的碱性橄榄玄武岩至最富碱、富轻稀土、富大离子亲石元素和二氧化碳及烃类气体而源自更深地幔的碱性苦橄玄武岩的变化。因而，盆地边缘二氧化碳气藏区中的碱性橄榄玄武岩类和遭受高含二氧化碳流体渗浸的石英拉斑玄武岩类及其周围地区以及盆地外隆起区的碱性玄武岩、金伯利岩及煌斑岩类等岩浆岩及其周围地区，是可以考虑的找矿方向。

参 考 文 献

- 1 戴金星, 宋岩, 戴春森等. 中国东部无机成因气及其气藏形成条件. 北京: 科学出版社. 1995, 131~207.
- 2 杜乐天主编. 地幔流体与软流层(体)地球化学. 北京: 地质出版社, 1996, 7~424.
- 3 曹荣龙. 地幔流体的前缘研究. 地学前缘. 1996, 3(3~4): 161~172.
- 4 樊祺诚, 刘若新, 杨瑞英. 地幔橄榄岩矿物中富稀土元素的 CO₂ 流体包裹体及其地球化学意义. 岩石学报. 1993, 9(4): 411~417.
- 5 郭文魁. 论成矿作用在构造岩浆活动中的地球化学演化特征. 地学研究. 1997, (29~30): 5~42.
- 6 赫英, 王定一, 祝总祺等. 胜利油田非烃气藏区火山岩的含金性及其意义. 矿床地质, 1995, 14(3): 291~292.
- 7 赫英. 非线性成矿学与秦岭金矿床. 黄金地质. 1995, 1(4): 9~12.
- 8 赫英. 比较矿床学导论. 西安: 西北工业大学出版社. 1996, 86~101.
- 9 赫英, 王定一, 冯有良等. 胜利油田火山岩中的流体包裹体成分及其意义. 地球化学. 1996b, 25(5): 468~473.
- 10 赫英, 王定一, 祝总祺等. 胜利油气区二氧化碳气藏成因. 石油与天然气地质. 1997, 18(1): 80.
- 11 赫英. 二氧化碳气藏区和非二氧化碳气藏区火山岩在微量元素上的区别及其意义. 见: 北京大学地质系编. 北京大学国际地质科学学术研讨会论文集. 北京: 地震出版社. 1998, 873~878.
- 12 刘若新, 邓晋福, 曹荣龙等. 中国上地幔特征与动力学论文集, 北京: 地震出版社, 1990. 1~7, 8~13.
- 13 刘英俊, 曹励明主编. 元素地球化学导论. 北京: 地质出版社. 1987, 196~198.
- 14 毛景文, 李红艳, 徐钰等. 湖南万古地区金矿地质与成因. 北京: 原子能出版社. 1997, 49~101.
- 15 张连营, 李兆龙, 程敏清. 沂沭裂谷系火山岩型金矿地球化学特征及矿床成因. 黄金地质. 1996, 2(1): 46~53.
- 16 赵磊, 路凤香, 郑建平等. 金刚石中首次发现自然银和含银铁-金合金包裹体. 科学通报. 1995, 40(12): 1114~1115.
- 17 朱赖民, 金景福, 何明友, 胡瑞忠. 初论黔西南微细浸染型金矿床深源流体成矿. 矿物岩石地球化学通报. 1997, 16(3): 173~177.
- 18 Francois G. Geochemistry: earth innermost secrets. Nature. 1994, 396(2): 360~361.
- 19 Saager R, Meyer M, Muff R. Gold distribution in supracrustal rocks from Archean greenstone belts of Southern Africa and from Paleozoic ultramafic complexes of the European Alps: metallogenic and geochemical implications. Econ. Geol., 1982, 77(1): 1~24.
- 20 Schneider M E and Eggler D H. Fluids in equilibrium with peridotite minerals: implications for mantle metasomatism. Geochim. Cosmochim. Acta. 1986, 50: 711~724.
- 21 Zindler A and Jagoutz E. Mantle cryptology. Geochim. Cosmochim. Acta. 1988, 52: 319~333.
- 22 Щеглов А Д. Основные Проблемы Современной Металлогении. Москва: Недра, 1987, 122~152.