

铜石金矿田金元素来源新认识

司荣军^{1,2}, 顾雪祥^{1,3}, 高鹏⁴, 杨道荣⁴, 刘金民⁴, 常和平⁵

- (1. 中国科学院地球化学研究所矿床开放实验研究室, 贵阳 550002; 2. 中国科学院研究生院, 北京 100039;
3. 成都理工大学地球科学学院, 成都 610059; 4. 山东省第七地质矿产勘查院, 兖州 272001;
5. 山东省第二地质矿产勘查院, 临沂 276006)

[摘要]铜石金矿田位于鲁西中生代富碱次火山杂岩体——铜石岩体周围, 该岩体侵入于燕山晚期, 主要有闪长玢岩、二长斑岩和隐爆角砾岩组成。岩体与金矿田有密切的成因关系, 目前一般认为铜石金矿田金元素来源于泰山群地层, 岩体与金矿是衍生关系而非同源关系。但文章通过对铜石金矿田地质特征、流体包裹体成分、氢氧同位素证据、铈、氧和铅同位素比值、碲元素地球化学特征以及国内外成矿地质条件相似地区研究成果分析得出新的观点: 铜石金矿田金元素来源于深部碱性玄武岩浆, 矿体与岩体是同源而非衍生关系。该新认识对鲁西黄金找矿具有一定参考价值。

[关键词]铜石金矿田 铜石杂岩体 金元素来源 碱性玄武岩浆

[中图分类号]P618.51 **[文献标识码]**A **[文章编号]**0495-5331(2004)06-0016-04

铜石金矿田位于山东省平邑县城东南 25km。地理坐标: 东经 117°48', 北纬 35°22'。继 1987 年鲁西找矿获得重大突破, 在铜石杂岩体东侧发现归来庄大型金矿床以后, 铜石杂岩体周围又相继发现了卓家庄、梨房沟、磨房沟金矿床和多处金矿点, 该区已经形成围绕铜石杂岩体周围分布的金矿田。该矿田成因上与中生代燕山早期铜石碱性次火山杂岩体密切相关。该岩体分布面积约 30 km², 主要由闪长玢岩、二长斑岩及隐爆角砾岩组成。岩体周边以古生代寒武系、奥陶系地层为主, 岩体内部零星出露太古代泰山群山草峪组地层。目前一般认为^[1]太古宙泰山群山草峪组是该区主要的矿源层, 富含流体的岩浆在上侵过程中将金元素从上地壳泰山群汲取出来, 即金元素与岩体是衍生而非同源关系, 金元素来自浅部地壳而非深部岩浆。但作者观点恰恰相反: 金元素正是来源于深部, 矿体与岩体是同源而非衍生关系。

1 地质依据

铜石金矿田目前发现的金矿床、金矿点全部位于岩体内或边部, 其中归来庄金矿床、卓家庄金矿床分别就位于铜石岩体边缘隐爆角砾岩带和岩筒中, 矿

体主要由二长斑岩和隐爆角砾岩组成, 这本身就从一个意义上反映了矿体是岩体的一部分(图 1)。

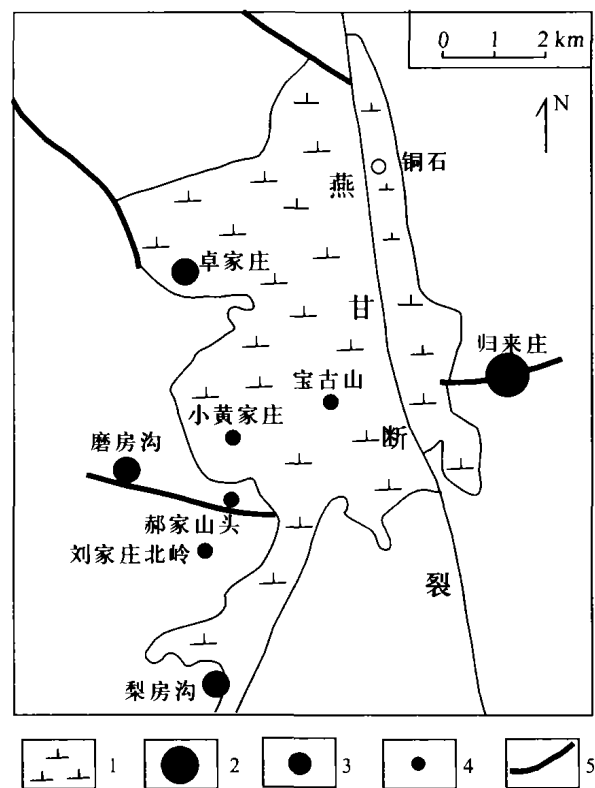


图 1 铜石金矿田矿床分布图

1 - 铜石碱性次火山杂岩体; 2 - 大型金矿床; 3 - 小型金矿床;
4 - 金矿点; 5 - 断裂

[收稿日期]2003-11-05; **[修订日期]**2004-02-24; **[责任编辑]**余大良。

[基金项目]国家自然科学基金(编号:49872038)和“中国科学院百人计划”联合资助。

[第一作者简介]司荣军(1966年-),男,1989年毕业于西安地质学院,获学士学位,在读博士生,高级工程师,现主要从事矿床地球化学研究。

2 流体包裹体依据

金隆裕等^[5]对归来庄金矿方解石、黄铁矿中流体包裹体成分研究(表1)显示,气相成分 H₂O 为主,并含较高的 N₂。而邱检生等(1994)对归来庄金

矿石英包裹体液相成分研究显示,流体中含有较高的 F、Cl。矿床中大量萤石的存在也反映了成矿流体一定含有大量的 F。上述事实说明成矿流体很可能为地幔流体^[2,3]。

表1 包裹体气相成分

矿物	分析方法	H ₂	N ₂	CH ₄	CO	CO ₂	H ₂ O	He	O ₂
方解石	群体($\omega_B/10^{-6}$)	0.366	6.0250	0	0	6.403	211.140	0	0
	单体($\omega_B/10^{-9}$)	0.019	0.321	0	0	0.329	10.839	0	0
黄铁矿	群体($\omega_B/10^{-6}$)	0.055	2.500	0	0.381	6.403	270540	0	0
	单体($\omega_B/10^{-9}$)	0.030	1.351	0	0.206	3.461	14.886	0	0
黄铁矿	群体($\omega_B/10^{-6}$)	0.098	3.250	0	0.381	7.470	27.540	0	0
	单体($\omega_B/10^{-9}$)	0.056	1.874	0	0.220	4.308	15.882	0	0

资料来源于文献[5]。

3 氢氧同位素证据

铜石岩体不同岩石中的脉石英氧、氢同位素测试结果,石英 $\delta^{18}\text{O} = 9.92\text{‰} \sim 19.57\text{‰}$,但数据主要集中在 12.48‰ ~ 14.77‰ 之间(表2),与铜石岩体主体岩石全岩氧同位素测定结果 11.01‰、10.54‰ 相近(表3),反映了成矿流体与岩体具同源性。

表2 铜石岩体内脉石英氢氧同位素测定结果

样号	含脉石英的岩石	$\delta^{18}\text{O}-\text{SMOW}/\text{‰}$
2028—4	闪长玢岩	12.48
5528—8	二长斑岩	13.68
6236—2	二长斑岩	17.74
TC820—3	硅化粗面斑岩	14.77
2020—3	硅化隐爆角砾岩	9.92
2021—5	硅化隐爆角砾岩	12.86
TC31.5—3	硅化粗面斑岩	19.57
TC31.5	硅化白云岩	14.76

资料来源于文献[1]。

表3 铜石岩体全岩氧同位素分析结果

样号	岩性	$\delta^{18}\text{O}-\text{SMOW}/\text{‰}$
2074—1	闪长玢岩	11.01
2005—3	二长斑岩	10.54

资料来源于文献[1]。

4 硫同位素依据

归来庄金矿区不同类型矿化体中硫同位素 $\delta^{34}\text{S} = -0.71\text{‰} \sim 2.990\text{‰}$ (表4),与地幔硫接近,表明硫可能来自地幔或地壳深部。

5 锶、氧和铅同位素比值

陈常富等^[4]对归来庄金矿锶、氧和铅同位素研究成果表明,它们都具有同位素比值低的特点: $w(^{87}\text{Sr})/w(^{86}\text{Sr})$ 的初始比值为 0.7024 ~ 0.7061(幔源多

低于 0.7037); $\delta^{18}\text{O}$ 为 2.45‰ ~ 7.74‰(幔源多低于 5.70‰); 铅同位素的 $w(^{207}\text{Pb})/w(^{204}\text{Pb})$ 为 15.36 ~ 15.42, $w(^{206}\text{Pb})/w(^{204}\text{Pb})$ 为 16.94 ~ 17.42, 将此数据投在 $w(^{207}\text{Pb})/w(^{204}\text{Pb})-w(^{206}\text{Pb})/w(^{204}\text{Pb})$ 环境图(图2)中,其投点集中分布于地幔铅演化曲线及其濒临的克拉通化地壳附近,具深源特点,说明成矿物质主要来源于上地幔,并在上移过程中受到部分壳源物质的混染。低的锶、氧和铅同位素比值,均说明成矿物质主要来自上地幔。

表4 铜石金矿田黄铁矿硫同位素测定结果

样号	岩性	$\delta^{34}\text{S}-\text{CDT}/\text{‰}$
2023—12	硅化碳酸盐化闪长玢岩	2.000
2026—3	硅化娟云母化闪长玢岩	2.956
2034—1	娟云母化二长斑岩	-0.244
2023—5	黑云母化隐爆角砾岩	2.389
2042—1	黑云母化隐爆角砾岩	2.280
5034—1	黑云母化隐爆角砾岩	2.005
CM27—14	黑云母化隐爆角砾岩	0.46
CM29—1	矿化白云岩	-0.71
2028—3	含黄铁矿磁铁矿石	2.990

资料来源于文献[1]。

此外,在归来庄金矿中还发现自然铁、碲镍矿,矿物中含有较多的 Pt 和 Pd,特别是 Pt,如黄铁矿中 Pt 含量最高可达 0.70%,自然铁中最高可达 0.74%^[5]。自然铁是分布稀少的矿物,主要产于基性和超基性岩内,因而推测成矿物质主要来自幔源碱性玄武岩浆。

6 碲元素地球化学依据

归来庄金矿和卓家庄金矿伴生丰富的碲,谢家

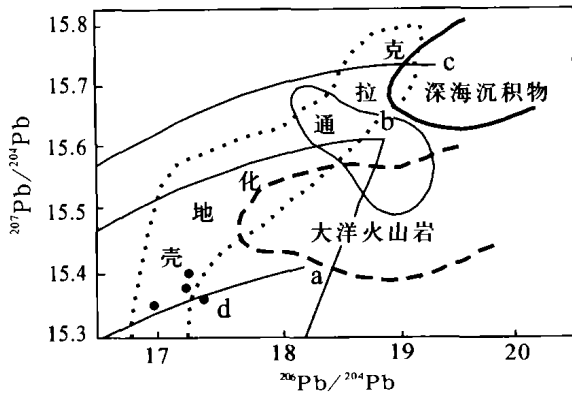


图2 归来庄金矿床铅环境图

东等^[6]通过对归来庄碲元素地球化学特征研究后认为,碲元素主要来源于铜石岩体,是岩浆上侵活动将其从深部带到浅层岩石圈参与成矿作用,碲元素是一种分散元素,通常与金元素及硫化物伴生,既然碲元素来源于深部,与其密切伴生的金元素可能与其同源。

7 其他证据

Werle 等^[12]认为碱质岩浆起源于碱性玄武岩浆,碱性玄武岩浆很可能是各类碱性火成岩杂岩体的母岩浆;卿敏^[8]等认为成矿流体是深部幔源岩浆房或壳幔源高位岩浆房演化晚阶段分离熔融析离出来的,金矿与岩体不是衍生关系,而是同源关系,两者均先后来自深部同一岩浆房(源);蒋心明^[10]等对张家口地区偏碱性岩正常杂岩研究后认为:产于偏碱性岩中的金矿床是深源的,热液流体形成于岩浆房并与偏碱性岩是同源的。毛德宝^[11]认为:碱性岩侵入活动直接从深部带来金矿质,碱性岩富含挥发分,对金具有很强的搬运能力。邹为雷等^[7]对沂沭断裂带鲁西沂南—临沂地区次火山—火山岩型金矿氢氧同位素、硫同位素、铅同位素等研究后认为,该区与火山—次火山岩有关的金矿化主要是幔源成因的。

8 对金元素来源于泰山群观点的简单讨论

金元素来源于泰山群的观点认为:铜石岩体主岩的 Au 的丰度值太低,闪长玢岩为 $0.6 \sim 1.1 \times 10^{-9}$, 平均 0.7×10^{-9} ; 二长质—正长质岩石为 $0.6 \times 10^{-9} \sim 2.2 \times 10^{-9}$, 平均 1.06×10^{-9} , 远低于地壳和上地幔,不可能是金的矿源层;而泰山群山草峪组金的丰度值($5.9 \times 10^{-9} \sim 8.2 \times 10^{-9}$)明显高于地壳克拉克值,可能是金元素的潜在来源地^[1]。

这种认识显然混淆了岩体初始值和残留值的概

念。目前测得的岩体 Au 元素丰度值是岩浆参与成矿作用后的残留值,不能代表地质体的初始丰度值。金成矿的过程就是含量只有 10^{-9} 级的金被萃取到一个非常狭小的空间而成矿,产生了极高的富集,需汲取巨大的物质。另一方面,既然矿体获得了金的富集,而提供金的地质体必然发生了金的亏损。笔者认为这样理解铜石岩体贫金的原因更符合实际情况。毛德宝^[11]通过对国内外与碱性岩有关的金矿床研究也得出相同的结论:碱性岩中的金除了个别地区较高外,其平均值明显小于其他岩类,但愈来愈多的事实证明,成矿能力不能局限于现在岩石中丰度的高低。

太古宙绿岩带常常被视为金矿的矿源层,以其含金丰度高和产有丰富金矿床的事实为国内外所公认,可是经热液流体强烈淋滤之后,矿源层残留金的丰度会显著降低,如夹皮沟金成矿带超铁镁质含金平均 2.2×10^{-9} , 镁铁质火山岩平均 2.34×10^{-9} , 磁铁石英岩平均 2.2×10^{-9} , 岩石的含金丰度值不但低于克拉克值,而且残留金发生了均一化,即各类岩石金丰度基本一致;小秦岭地区金矿化最强,形成多处大型金矿床,而绿岩带中残留金丰度最低,平均只有 0.89×10^{-9} , 仅为克拉克值的 1/4。可矿区内泰山群地层仍然保持较高的与鲁西绿岩带区域上一致的金丰度值,也没有均一化。

9 对野外找矿工作中的一些疑惑的解释

围绕铜石杂岩体,先后又发现了卓家庄、磨房沟、梨房沟等矿床,野外人员感到迷惑:这么小的岩体到底还能形成多大的矿床?对此卿敏等^[8]总结出:规模小(多为小岩株)就是国内外与金矿有关碱性岩体的特点,但其深部可能与较大的隐伏岩体相连。另外,碱性岩浆载金能力也是惊人的,据安德森(1964)研究,在饱和 SiO_2 的碱质氯化物溶液中,浓度为 3.6 mol , 温度从 $600^\circ\text{C} \sim 700^\circ\text{C}$, 压力从 $3 \times 10^8 \text{ Pa}$ 到 $4 \times 10^8 \text{ Pa}$, 金的溶解度可由 1000×10^{-6} 增加到 2000×10^{-6} 。所以在深部高温高压条件下,碱性岩浆中载金量可以达到相当高的浓度。

10 结语

通过以上地质、气相包裹体成分、氢氧同位素证据、硫同位素依据、锶、氧和铅同位素比值、碲元素地球化学依据、及国内外成矿地质条件相似地区研究成果分析,铜石金矿田金元素来源于深部碱性玄武岩浆,矿床与岩体同源。金元素并非来源于泰山群

地层。正确认识铜石金矿田金元素来源,对于鲁西黄金找矿具有一定指导意义。

因为有鲁西绿岩带的存在,鲁西黄金找矿长期围绕绿岩带进行,但一直未有大的突破。20世纪80年代之前,普遍认为碱性岩是贫金地质体(Boyle, 1979),更谈不上有金矿床,这种观点也一度对铜石地区黄金找矿工作产生负面影响,可喜的是现在这种认识已经得到改变。

正确认识铜石金矿田成矿物质来源于碱性岩体深部同源岩浆及其分异作用,有助于开拓找矿思路。国外已经在碱性火山岩中发现了超大型金矿床,如新爱尔兰岛 Lihil 金矿(储量 500t)。加强铜石地区与国内外同类型岩体和矿床对比与研究,对该矿区寻找大型、超大型金矿床具有重要意义。另外鲁西龙宝山、岳庄、铜井、金厂、金星头、良田庄等岩体附近均有金异常存在,并且都有金矿床(如龙宝山金矿)或金矿点发现,建议在研究这几个金异常的同时,注意调查一下岩体的含金性。

[参考文献]

[1] 林景任,谭东娟,于学峰,等. 鲁西归来庄金矿成因[M]. 济南:山东科学技术出版社,1997.

- [2] 杜乐天. 地壳流体与地幔流体之间的关系[J]. 地学前缘, 1996, (4): 172 ~ 184.
- [3] 曹荣龙. 地幔流体的前缘研究[J]. 地学前缘, 1996, (4): 161 ~ 171.
- [4] 陈常富, 李炎冰, 蒋明霞. 山东平邑归来庄金矿床岩浆演化与成矿物理化学条件[J]. 地质科技情报, 1999, 18(1): 60 ~ 66.
- [5] 金隆裕, 沈昆. 山东省平邑县归来庄金矿物质组分及矿床成因分析[J]. 山东地质, 1995, (1): 30 ~ 40.
- [6] 谢家东, 钱汉东, 李永徽. 山东平邑归来庄碲型金矿床碲元素地球化学特征及成矿机制探讨[J]. 地质找矿论丛, 2000, 15(2): 133 ~ 141.
- [7] 邹为雷, 沈远超. 浅议沂沭断裂系及其邻区金矿成矿作用演化[J]. 地质与勘探, 2001, 37(1): 20 ~ 26.
- [8] 卿敏, 卫万顺, 朱翠祯, 等. 碱性岩型金矿床研究述评[J]. 黄金科学技术, 9(5): 2 ~ 8.
- [9] 卿敏, 韩先菊. 隐爆角砾岩型金矿研究评述[J]. 黄金地质, 2002, 8(2): 1 ~ 7.
- [10] 蒋心明, 王郁, 商木元, 等. 偏碱性岩中金矿床研究[J]. 冶金地质动态, 1993, (6): 1.
- [11] 毛德宝. 与碱性岩有关的金矿床[J]. 地质与勘探, 1992, 28(9): 13 ~ 17.
- [12] Werle J L, Ikramuddin, Mutschler F E. Allard stock, La Plata Mountains Colorado an alkaline rock - hosted porphyry copper precious metal deposits[J]. Can J Earth Sci, 1984, 21: 630 ~ 641.

NEW COGNITION FOR GOLD SOURCE IN THE TONGSHI GOLD FIELD

SI Rong - jun^{1,2}, GU Xue - xiang^{1,3}, GAO Peng⁴, YANG Dao - rong⁴, LIU Jin - min⁴, CHANG He - ping⁵

(1. Institute of Geochemistry, Chinese Academy of Sciences, Guiyang 550002;

2. Graduate School, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100039;

3. College of earth science, Chengdu university of Technology, Chengdu 610059;

4. No. 7 Exploration Institute, Shandong Bureau of Geology and Mineral Resources, Yanzhou 272001;

5. No 2 Exploration Institute, Shandong Bureau of Geology and Mineral Resources, Linyi 276006)

Abstract: Tongshi gold field is located around Tongshi alkaline igneous sub - volcanic complex in the west Shandong province of China. The early Yanshanian complex mainly consist of dioritic porphyry, monzonite porphyry and cryptoexplosion breccia. Gold mineralization has a close relation with Tongshi rich - kalium sub - volcanic magma activities which provided hydrothermal fluids and heat sources. It was once thought that Taishan group was main gold source bed. However based on the studies on geologic characteristic, fluid inclusion, hydrogen - oxygen stable isotopes, sulfur stable isotopes, ratios of strontium and oxygen as well as lead stable isotopes, tellurium geochemistry, and research results of similar gold deposits both in domestic and international, a new perspective for the genesis of the gold field is proposed that Tongshi gold field is directly derive from the alkaline basalt magma in mantle, in other word, the gold field has direct genetic relation to the Tongshi alkaline complex rocks. This new acknowledge has some consulting meaning for gold exploration in the western Shandong province.

Key words: Tongshi gold field, complex, gold source, alkaline basalt magma