

# 与火山-次火山-侵入-热液作用有关的金矿床分类探讨

胡受奚

(南京大学地球科学系 南京 210093)

王文斌

(南京地质矿产所 南京 210000)

**摘要** 讨论近年来在陆相火山-次火山-侵入-热液作用有关的金矿床分类中的一些争论问题。从具体资料出发,认为扩大浅成低温热液作用的范围,摒弃中温热液和高温热液矿床,以及否定它们与斑岩矿床的关系是不妥当的;认为斑岩成矿系列是建立成矿模式、划分有关矿床的基础。

**关键词** 浅成低温热液矿床 中温热液矿床 斑岩矿床 成矿系列

## 1 问题的提出

近十几年来,与火山-次火山-侵入-热液作用有关的金、金-铜、金-银、金-多金属等矿床的重要性已被人们认识,但对它们的分类却引起很多争论,例如长期被认为属于斑岩型的黑龙江团结沟金矿<sup>[1-4]</sup>,因任启江等(1987~1989)发现草莓状黄铁矿、黄铁矿的细菌化石以及冰长石等蚀变矿物,认为该矿床不属斑岩型,也与斑岩无成因联系。张德全等<sup>[5]</sup>也将福建紫金山金-铜矿床列入浅成热液矿床,并明确提出:摒弃林格仑<sup>[6]</sup>和被许多矿床学家修改的热液矿床分类,取消中温热液(mesothermal)和高温热液(hypothermal)矿床,只保留浅成低温热液(epithermal)矿床。同时将低温热液矿床的成矿温度上限提高到300。

对于火山-次火山-热液成矿作用的温度、深度或压力,在矿床分类中究竟哪一个

起主导作用?火山地区温泉沉积和陆相水盆地喷流沉积矿床在分类中该占什么位置等一系列错综复杂的问题,如何进行正确的、全面的、科学的处理,以及拟订出合理的分类,成为摆在我们面前的任务。

## 2 实用性分类

众所周知,中国东部大陆中-新生代属于环太平洋构造-岩浆带和成矿带,也是活动大陆边缘,中生代陆相火山、次火山及岩浆侵入作用十分强烈,其产物的分布极为广泛,有关金矿床种类繁多,分布极不均匀,同时不同地区所发育的火山岩系列和其演化也不尽相同,因此,要求有不同的分类方案,首先讨论易被认识一致的实用性分类。

### 2.1 根据火山岩系的特征及演化进行分类

不同火山岩系的特征及其演化是不同的构造环境及其演化所决定的,因此,对划分

第一作者简介:胡受奚,男,教授,矿床学。

1996-12-29日收稿,李杰美编辑。

金矿类型有重要意义。1) 与钙碱性火山岩系及次火山岩有关的金矿床, 如黑龙江团结沟金矿、福建紫金山金-铜矿、德兴金-铜矿和银山金多金属矿床等。2) 与橄榄安粗岩系有关的金矿床, 如安徽庐枞火山洼地的沙溪、天头山和山东归来庄等金矿。3) 与橄榄安粗岩系基础上发展的钙碱性火山岩机构有关的金矿床, 如山东七宝山金矿等。4) 与橄榄安粗岩系基础上发展的碱性火山岩系组成的火山机构中有关的金矿床, 如宁芜盆地中的铜井金铜矿等。

## 2.2 根据火山机构不同控矿部位进行分类

1) 产于基岩中, 如江西德兴式含金斑岩铜矿床、银山式含金多金属矿床、河南祁雨沟式爆发岩筒金矿床和恒山义兴寨斑岩金矿等。国外如美国的宾赫姆、智利的 Chuquicamata 等含金的超大型斑岩铜矿等。2) 产于基岩和火山岩盖层的接触带中, 如团结沟金矿和浙江冶岭头金矿(指第二期金矿)等。3) 产于火山岩系盖层的火山机构中, 如山东七宝山、福建紫金山金矿等。国外如智利的 Salvador、哈萨克斯坦的科恩拉德等。4) 产于火山口附近的热泉沉积的金矿床, 国内目前尚未发现, 国外如美国加州的 Melaughlin、内华达的圆山等。

## 2.3 根据火山机构及其内部控矿构造进行分类

1) 产在基岩中的爆发角砾岩筒中的金矿床, 如祁雨沟 1、3 号爆发岩筒金矿床, 岩筒及其周围未见火山岩, 也很少见到次火山岩角砾。2) 产于基岩和斑岩的爆发角砾岩筒中, 如河南南部蒲堂、毛堂斑岩金矿。3) 受破火山机构内部环状裂隙和角砾岩体控制的金矿床, 如团结沟金矿等。4) 受破火山机构环状和放射状裂隙和角砾岩控制的金矿床, 如山东七宝山金矿等。5) 在破火山机构中受裂隙构造控制的金矿床, 如江苏铜井金铜矿受 NNW 裂隙控制的石英脉型矿床。福建紫金山金-铜矿, 既受环状裂隙又受 NW 向裂隙

控制。

## 3 成因分类

长期以来, 温度和深度(或压力)一直作为划分热液矿床成因分类的主导因素。因此, 1911 和 1933 年, W. Lindgren<sup>[6]</sup>最先建立的热液矿床分类就是根据这两个主导因素分为浅成低温热液矿床、中成中温热液矿床和深成高温热液矿床。应当说林格仑在热液矿床分类上功不可没, 但这个分类存在的片面性是将矿床形成的温度和深度绝对化了。我们多次(1961、1964、1974、1981)<sup>[7、8]</sup>指出: 高温热液矿床未必是深成, 也可以是中成, 甚至可以是浅成的, 而低温热液矿床未必是浅成, 也可以是中深成。许多学者也发现了这个问题, 如 Schneiderhohn (1941、1955)<sup>[9]</sup>, Noble (1955)<sup>[10]</sup>, Park (1964、1970 和 1975)<sup>[11]</sup>, 袁见齐、朱上庆、翟裕生<sup>[12]</sup>, 成都地质学院<sup>[13]</sup>、南京地质专科学校的通用教材<sup>[14]</sup>, 斯米尔诺夫 (1965、1975)<sup>[15]</sup>以及 Glossary of Geology (1973)<sup>[16]</sup>和英汉地质词典<sup>[17]</sup>等都明确以温度作为热液矿床分类的最主导因素, 将 epithermal、meso-和 hypothermal 矿床一般理解为高温(大于 300 °C)、中温(200~300 °C)和低温热液矿床(50~200 °C)。当然, 成矿作用是一个长过程, 表现出多阶段特性, 上述温度界线也不是绝对的。例如, 对于中温热液矿床来说, 成矿温度略超过 300 °C 或略低于 200 °C 是属于情理之中, 只要主成矿期的温度主要落在此范围内就可以。如果一个矿床中有二个主成矿期, 一个落在中温范畴, 而另一个落在低温范畴, 则可称为中低温热液矿床, 如果主成矿温度落在两者之间, 可称为亚中温热液(Lepothermal)矿床, 此外, Buddington<sup>[18]</sup>、Ridge<sup>[19]</sup>提出浅成高温热液矿床(Xenothermal), 深成高温热液矿床(Katathemal)和亚中温热液矿床(Park, 1970)作为林格仑分类的补充。从以上资料来

看, 张德全等说: 自 1933 年林格仑提出的分类后, 只有浅成低温热液矿床这一术语被保留下来, 而其他热液矿床类型被摒弃, 而且很快地将其温度上限提高到 300 , 这是不符合事实的。

浅成低温热液矿床主要是美国学者, 如 White (1981)<sup>[20]</sup>、Cox<sup>[21]</sup>、Guilbert<sup>[22]</sup>等研究环太平洋火山-岩浆带高地热异常地区中热液和热泉成矿作用过程建立的类型。因此, 其本身就带有地区性。例如 Nash (1927) 测定内华达的浅成低温热液金-石英-冰长石脉包体的均一化温度为 200~ 330 , 其成矿温度上限超过了 300 。按此温度标准, 秦岭金矿和胶东金矿等几乎都属于浅成低温热液矿床, 这是广大学者所不能接受的。这种分类混淆了玲珑式和焦家式金矿与湘、桂、黔等(汞、砷、锑、铅、锌等)低温热液矿床和陆相火山岩各类金矿床所固有的一系列特征(包括成矿温度、地质构造环境、地热状况与火山-岩浆关系、围岩蚀变和矿物组合等等)的差别, 因此失去了分类的理论和实际意义。

应当指出, 与火山-次火山-岩浆-侵入体-热液作用有关的矿床, 有其一系列特殊性, 如成矿温度和深度都具有很大的变化范围, 成矿流体或热液的温度, 可以从早期岩浆喷发和侵入阶段开始(1 000 ), 到火山期后的低温热液阶段(50 )。从成矿深度而言, 可以从地表直至 5 km 以下。成矿作用可以从水盆地中喷流沉积、热泉沉积, 直至气化-高温热液矿床(包括夕卡岩矿床)。因此, 对这一系列矿床需要用成矿系列的概念才能作出合理、全面和正确的分类及建立成矿模式。

斑岩和玢岩矿床是与火山-次火山机构有关的热液矿床, 由于数量多、分布广、规模大, 是铜、钼和金等重要的矿床类型。因此, 成为地质学家深入研究的对象。其成果对有关金矿床的成因分类的划分有很多启发。

斑岩矿床成矿机构的深度有很大的变化范围。Sillitoe<sup>[23]</sup>和Whitney<sup>[24]</sup>等所拟订的斑

岩矿床成矿模式表明其垂直深度可达 8 km 以上。这表明斑岩矿床的形成深度可以是火山口相、浅成相和中浅成相、中深成相, 以及包括陆相水盆地喷流沉积, 如宁芜盆地中的南山铁矿和部分向山黄铁矿等。因此, 斑岩矿床按深度可分为浅成、中浅成和深成<sup>[25, 26]</sup>。

从成矿温度来看, 斑岩矿床成矿过程的温度变化有一个很大的范围, 例如我国金的产量和储量都达到超大型的德兴斑岩铜矿, 据朱训等<sup>[27]</sup>研究, 成矿温度从 745~ 150 , 主要集中在 575~ 150 。可分三组: 1) 745~ 425 , 以钾长石化为特征; 2) 425~ 275 , 以绢英岩化为特征; 3) 275~ 100 , 以石英-水云母化为特征。压力测定  $850 \times 10^5 \sim 1 850 \times 10^5$  Pa, 主要成矿深度在 2~ 2.5 km。其邻近银山超大型 Au-Ag 多金属矿形成的深度也大致相当。由于金和铜主要是在 300~ 200 条件下集中成矿, 因此, 大多数属中温热液矿化, 其直接有关的围岩蚀变是与玲珑式和焦家式金矿相似的黄铁绢英岩化。

哈萨克斯坦产于火山口附近的科恩拉德含金的斑岩铜矿, 是过去苏联学者研究“次生石英岩”最典型的矿山, 其中发现有刚玉、红柱石、蓝线石、叶腊石等。伊凡诺夫等<sup>[28]</sup>实验证明他们的形成温度在 300~ 800 , 其中也有较多的明矾石。过去被认为是低温蚀变矿物的叶腊石, Hemley<sup>[29]</sup>实验证明其形成温度达 400 , 由于火山期和火山期后是一个长的过程, 热液成矿作用也是长过程。因此, 温度变化有很大的范围。同样, 福建紫金山金-铜矿床成矿温度也有很大的变化范围, 从大于 400~ 130 。王文斌等<sup>[30]</sup>测定三个温度区间: 1) 340~ 280 ; 2) 300~ 200 ; 3) 190~ 130 。张德全等测定硅化岩相为 420~ 120 ; 石英-迪凯石蚀变相 280~ 200 ; 石英-明矾石相 300~ 160 ; 石英-绢云母相为 380~ 220 。这些温度资料表明, 与火山-次火山热液有关的成矿作用的复杂性和长期性。即从早期气化-高温阶段, 一直延续到火山期后

50 左右低温热液。金-铜矿化主要发生在 150~ 300 。因此,成矿温度表明它们属中低温热液矿床的范围。例如,紫金山金-铜矿床,据现有勘探资料,矿化深度距地表达 1 000 m 左右还未控制其下限;如果考虑其长期剥蚀作用,矿化深度至少在 1 500 m 以上,为此称它为浅成低温矿床是不妥的。

我国对矿区剥蚀深度的研究是不够的。White 等(1981)对 Climax 和 Urad-Hederson 斑岩矿床上部剥蚀程度的研究指出:从第三纪至今,被剥蚀深度为 862~ 3 310 m。可以认为福建紫金山金-铜矿区从中生代后期开始剥蚀的深度也一定可观。这样紫金山金-铜矿深度就可能在 500~ 2 000 m。因此,不论从温度或深度分析,将其下部金-铜矿体列入浅成低温矿床并不完全合适。可以认为紫金山金-铜矿是介于德兴式斑岩金-铜矿与团结构式金矿之间的过渡类型。

从矿体形态来看,紫金山金-铜矿多为受角砾岩带和裂隙控制的脉状体,对比世界上最大的智利 Chuquibambilla 斑岩铜矿和美国 Butte 斑岩铜矿也都是以脉状矿体为主。因此,将它列入斑岩铜矿范畴并无不妥之处。至于斑岩的成岩与成矿之间存在时差,这是具有普遍性的问题。以前将这类矿床全列入岩浆期后矿床是不全面的,但应当认识到成岩与成矿之间存在 500~ 800 的温差,这说明岩体和地热体系温度下降到适宜成矿的温度需要时间,因此,时差几十万年甚至几百万年也是可以理解的。

近十几年来,美国等一些地质学家,在研究环太平洋成矿带中金、银等贵金属和铜、铅、锌贱金属矿床时,常用 epithermal deposits 一词,确切地翻译应是浅成矿床。而进一步合理地划分,应是浅成低温(小于 200)、浅成中温(200~ 300)和浅成高温(大于 300)矿床,科迪勒拉成矿带也正是斑岩矿床成矿带,也是浅成矿床和热泉广泛发育的地带。此外,南太平洋的菲律宾、巴布

亚和新西兰等火山岛弧地带,有许多浅成矿床与斑岩铜、金矿床共同分布于一个成矿区,甚至一个矿田中,他们在成因上存在着联系<sup>[31, 32]</sup>。

从上述资料来看,与陆相火山-次火山-侵入-热液作用有关的团结构金矿、紫金山金铜矿床、德兴含金斑岩铜矿可以作为三个典型例子纳入斑岩型金矿系列中。团结构金矿属斑岩型矿床中的浅成、低温热液矿床,含金的德兴斑岩铜矿为中深成、高-中温热液矿床,而福建紫金山矿床是介于两者之间的过渡类型,属中-浅成、中低温热液矿床。

上述资料表明火山-次火山-侵入-热液(包括温泉)或与斑岩成矿作用有关的各种矿床,需要运用程裕淇<sup>[33]</sup>的成矿系列思想来分析,才能得出全面、正确的分类。

## 参考文献

- 1 中国人民武装警察部队黄金指挥部 黑龙江省团结构斑岩金矿地质 北京:地震出版社,1995
- 2 长春冶金地质学校 团结构斑岩型金矿的地质特征 地质与勘探 1976, (2)
- 3 吴尚全 团结构斑岩金矿床多源成因的同位素地质证据 地质与勘探, 1980, (2)
- 4 吴尚全 黑龙江团结构斑岩金矿床中的显微莓群的白铁矿. 矿物岩石, 1984, (4)
- 5 张德全等 福建紫金山矿床——我国大陆首例石英-明矾石型浅成低温热液铜-金矿床 地质论评, 1991, 37 (6)
- 6 Lingren W, Mineral Deposits New York McGraw-Hill, 1993
- 7 胡受奚等 矿床学 北京:地质出版社, 1981
- 8 徐克勤, 胡受奚, 俞受璠 矿床学 北京:高等教育出版社, 1964
- 9 Schneiderhohn H. Ore Deposits Veb Gustav Fischer. Jena, 1955
- 10 Noble J. The Classification of Ore Deposits Econ. Geol. Fiftieth Anniversary Volum. 1955 155~ 160
- 11 Park C F. Macadamid Ore Deposits (Third Edition) W. H. Freeman and Company, 1975
- 12 袁见齐, 朱上庆, 翟裕生 矿床学 北京:地质出版社, 1985

- 13 成都地质学院(矿床学)编写组 矿床学 北京:地质出版社, 1978
- 14 南京地质学校等 矿床学 北京:地质出版社, 1978
- 15 . . . (1965)
- 16 Margaret Gary, et al Glossary of Geology. American Geological Institute, 1993
- 17 英汉地质辞典编辑组 英汉地质辞典 北京:地质出版社, 1983
- 18 Buddington A F. High Temperature Mineral Association at Shallow to Moderate Depth. *Econ. Geol.*, 1935, (36)
- 19 Ridge J D. Changes and Development in Concepts of Ore Genesis. In: *Ore Deposits of the United States*, 1968, (2)
- 20 White D E. 活动地热系统与热液矿床 见: 美国经济地质杂志创刊 75 周年论文集(金属矿床成矿理论及找矿方法). 冶金工业部北京冶金地质研究所, 1981
- 21 Cox D P, Singer D A. Mineral Deposit Models. *U. S. Geological Survey Bulletin*, 1986
- 22 Guilbert J M, Park C F Jr. *The Geology of Ore Deposits* Publ. by W H Freeman Company, 1986
- 23 Sillitoe R H. The Tops and Bottoms of Porphyry Copper Deposits. *Econ. Geol.*, 1973, 68: 799~ 815
- 24 Whitney J A. Vapor Generation in a quartz Monzonite magma: a Synthetic Model with Application to Porphyry copper Deposits. *Econ. Geol.* 1975, (70)
- 25 Drummond A D. Hypogene Mineralization-An Empirical Evaluation of Alteration Zoning. In: *Porphyry Deposits of the Canadian Cordillera Special*, 1976, (15)
- 26 Beane R E, Titley S R. 斑岩铜矿的热液蚀变和矿化作用 见: 美国经济地质杂志创刊 75 周年论文集(金属矿床成矿理论及找矿方法). 冶金工业部北京冶金地质研究所, 1991
- 27 朱训等 德兴斑岩铜矿. 北京:地质出版社, 1983
- 28 . . . (1970)
- 29 Hemley I I. Some Mineralogical Equilibrium System  $K_2O-AI_2O_3-SiO_2-H_2O$ . *Amer. J. Sci.*, 1959, (257)
- 30 王文斌等 福建上杭紫金山金铜矿床主要地质特征和成因 见: 中国东南沿海火山地质与矿产论文集, 1992, (2)
- 31 Christie A B. 新西兰豪拉基金矿田浅成低温热液型金矿床和斑岩铜矿. *国外火山地质*, 1987, 1~ 11
- 32 邱永泉 南太平洋地区菲律宾、巴布亚-新几内亚火山矿和斑岩铜金矿. *国外火山地质*, 1989, 61~ 64
- 33 程裕淇等 初论矿床的成矿系列问题. *中国地质科学院学报*, 1976, 1 (1)

## INQUIRING INTO THE CLASSIFICATION OF GOLD DEPOSITS RELATED TO VOLCANISM - SUBVOLCANISM - INTRUSION-HYDROTHERMAL PROCESSES

Hu Shouxi

(Nanjing University, Dept. of Earth Sciences, Nanjing, 210093)

Wang Wenbin

(IGMR, Nanjing, 210000)

**Abstract** The paper discusses some problems about the classification of gold deposits related to volcanism-subvolcanism-intrusion-hydrothermal processes, over which there are controversies over in recent years. The authors hold the belief that mesothermal deposits merged into between the epithermal deposits and shallow hypothermal deposits are improper. It won't do to neglect the relations epithermal gold deposits and the porphyry deposits. The authors think that the mineralization series is the foundation for the classification of the gold deposits related to volcanism-subvolcanism-intrusion-hydrothermal processes.

**Key words** epithermal deposits, mesothermal deposits, porphyry deposits, mineralization series