

两类不同构造环境中形成的 含金夕卡岩矿床*

赵一鸣

(中国地质科学院矿床地质研究所, 北京)

提 要: 含金夕卡岩矿床主要分布于环太平洋成矿带, 按其产出的构造环境不同, 可分为地台活化型和岛弧型两类。它们虽具有一定共性, 但有不少差异。前者的控矿围岩为地台型灰岩、白云质灰岩、白云岩和砂岩, 有关侵入岩为浅成中酸性岩类, $\text{Fe}_2\text{O}_3/\text{FeO} > 0.5$, 含金夕卡岩可能是钙夕卡岩, 也可能是镁夕卡岩, 辉石均属透辉石, 矿石中 Au 含量相对较低 (平均 4 g/t 左右), Cu 含量较高, 属 Au、Cu 共生矿, 金属硫化物以黄铁矿、黄铜矿和斑铜矿为主, 反映了较氧化的环境; 后者的控矿围岩主要为岛弧型火山碎屑岩夹灰岩, 有关侵入岩为浅成基性、中性和中酸性小侵入体, $\text{Fe}_2\text{O}_3/\text{FeO} < 0.5$, 含金夕卡岩属钙夕卡岩, 常含多量钙铁辉石, 矿石含 Au 高 (平均约 8 g/t), 但含 Cu 很低, 常有多量磁黄铁矿和白铁矿, 反映了相对为还原环境。

关键词 含金夕卡岩矿床 地质地球化学特征 不同构造环境

近十余年来, 含金夕卡岩矿床的勘查和研究工作在环太平洋地区取得了很大的进展^[1~13], 发现了一批大型矿床, 引起了人们的关注。

按已知含金夕卡岩矿床产出的构造环境, 大致可划分为两大类: 一类是产于活化地台拗陷区, 主要受深(大)断裂控制的矿床(简称为地台活化型), 如长江中下游地区鄂东南的鸡笼山、鸡冠咀、铜录山, 安徽铜陵地区的天马山和新桥, 淮北的三铺地区, 山东沂南和辽宁华铜等; 另一类则是产于会聚板块边缘造山带的岛弧和弧后环境的矿床(简称岛弧型), 如加拿大不列颠哥伦比亚省的 Nickel Plate, 美国内华达州的 Fortitude 和 McCoy, 印度尼西亚的 Muara Sipongi 和菲律宾的 Thanksgiving 等。

上述两类产于不同构造环境的含金夕卡岩矿床, 在成矿围岩的时代、岩性、侵入岩特征、含金夕卡岩类型、矿石物质组分等方面均有较大的差别。

1 围岩时代和岩性

地台活化型含金夕卡岩矿床的围岩大多为地台沉积型灰岩、白云质灰岩或白云岩以及陆源沉积碎屑岩(砂岩或粉砂岩)。碳酸盐岩厚度较大, 一般可达数十至数百米, 火山岩基本缺失。控矿地层的时代跨度较大, 从前寒武纪到三叠纪, 包括元古代白云岩(辽宁华铜), 寒武纪白云岩、灰质白云岩和灰岩(淮北三铺、山东沂南), 石炭、二叠纪灰岩、白云质灰

* 国家自然科学基金资助项目(编号: 49573184)的部分成果

赵一鸣, 男, 1934 年 12 月生, 研究员, 矿床学博士生导师, 邮政编码: 100037

岩、白云岩（安徽铜陵新桥、天马山）和中下三叠统灰岩、白云质灰岩（湖北鸡笼山、鸡冠咀和铜录山等）。

岛弧型含金夕卡岩矿床的围岩大多为灰岩、钙质碎屑岩和火山碎屑岩（包括凝灰岩、集块岩和熔岩）。围岩时代更为多样，有寒武纪（美国蒙大拿州的 Cable）、志留纪—泥盆纪（澳大利亚的 Red Dome）、石炭纪—二叠纪（美国内华达州的 Fortitude 和蒙大拿州的 Silver Star）、三叠纪（加拿大不列颠哥伦比亚的 Nickel Plate）、侏罗纪（加拿大不列颠哥伦比亚省的 Tillicum）和第三纪（菲律宾的 Thanksgiving）^[9,12]。

2 侵入岩

与地台活化型含金夕卡岩矿床有关的侵入岩，主要为浅成中酸性钙碱性石英二长闪长玢岩和花岗闪长斑岩，次为石英闪长岩和二长花岗（斑）岩，个别为二长闪长岩或二长辉长岩。岩体大多为复式侵入杂岩体，岩相分带清楚。岩体多为中小型高侵位岩株或较大岩株边缘的舌状体。岩石的 $\text{Fe}_2\text{O}_3/\text{FeO}$ 比值较高（0.56~3.59），反映岩体形成于相对较氧化的环境。这些岩体的全岩 $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ 初始值为 0.7046~0.7087，球粒陨石标准化稀土配分模式显示出较平滑的右倾曲线，Eu 异常不明显，全岩的氧同位素值 $\delta^{18}\text{O}$ 为 9‰~10.8‰，说明岩浆主要来源于上地幔，并可能有部分硅铝质壳源物质混入^[13]。

与岛弧型含金夕卡岩有关的侵入体属于高至中等侵位的岩株、岩床或岩墙。岩性为辉长岩、闪长岩、石英闪长岩或花岗闪长岩，常具斑状结构，属 I 型。岩体分异现象不明显， $\text{Fe}_2\text{O}_3/\text{FeO}$ 比值小于 0.5， $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ 初始值较低（0.7038）^[11]，接近陨石的 $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ 初始值，说明岩体形成于相对还原的条件，岩浆具有较多的幔源物质。

3 含金夕卡岩

由于地台活化型含金夕卡岩矿床的围岩既有灰岩，又有白云质灰岩和白云岩，因此决定了夕卡岩的类型既有钙夕卡岩，又有镁夕卡岩，而以前者为主。无论在钙夕卡岩或镁夕卡岩中，辉石均属透辉石，其钙铁辉石分子（ $\text{Ca FeSi}_2\text{O}_6$ ）不超过 40%（图 1）。含金外夕卡岩中共生的辉石-石榴石矿物对的成分为透辉石（ Di_{87-99} ）和钙铁榴石（ Ad_{87-100} ），反映了明显的氧化环境。在一些矿床中，镁夕卡岩的存在是地台活化型含金夕卡岩的重要特色之一。镁夕卡岩矿物组成较复杂，有透辉石、镁橄榄石、金云母、粒硅镁石、斜硅镁石等，有的矿区还有尖晶石、铝透辉石和方镁石（如安徽天鹅抱蛋山），个别矿区还有较罕见的钙铝黄长石（安徽秦楼）。在镁夕卡岩之上常叠加较强烈的退化热液交代作用，表现为普遍的蛇纹石化、碳酸盐化和斜绿泥石化，局部还有水镁石化和滑石化等。

无论是钙夕卡岩或镁夕卡岩，内夕卡岩均属钙夕卡岩，主要由透辉石和钙铝榴石组成。

岛弧型含金夕卡岩属钙夕卡岩，矿物组成相对较简单，主要矿物成分是辉石和石榴石，次为符山石、硅灰石等。与地台型钙夕卡岩所不同的是：一般具有较高的辉石/石榴石比值；在一些重要含金夕卡岩矿床中（如加拿大不列颠哥伦比亚省的 Nickel Plate 和美国内华达州的 Fortitude 金矿床），金矿化赋存于外接触带，主要由钙铁辉石组成的辉石夕卡岩中，而与

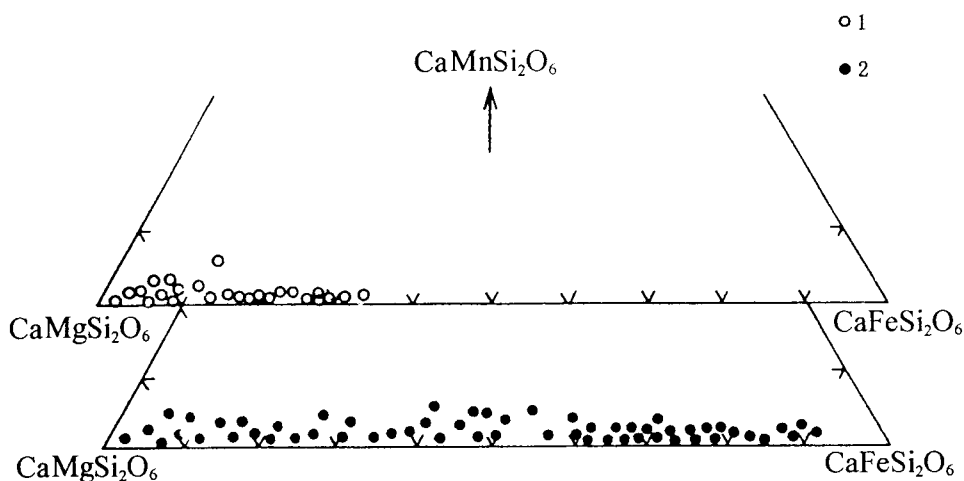


图 1 两类不同构造环境下形成的含金夕卡岩的辉石成分

1—地台活化型^[3,7]；2—岛弧型^[8,9]

其共生的石榴石则为钙铝榴石^[8,9]，反映了还原的环境。除了以钙铁辉石为主的含金钙夕卡岩外，还可以划分出以石榴石为主的和以绿帘石为主的含金夕卡岩亚类^[13]。

4 矿石

地台活化型夕卡岩金矿石具有较高的 Cu 含量 (0.77%~1.6%)。因此，属于 Au、Cu 共生矿床，但 Au 的含量相对较低，一般只有 1~7 g/t，平均 Au 的品位约 4 g/t。硫化物主要为黄铁矿、黄铜矿和斑铜矿，在有些含 Au (Cu, Fe) 镁夕卡岩矿床中，还可能有一定数量镁铁矿和镁磁铁矿产出 (如淮北秦楼和前常)。个别矿床 (如安徽天马山) 含磁黄铁矿较多。因此，总的看反映出较氧化的生成环境。

岛弧型含金夕卡岩矿床的矿石中 Cu、Pb、Zn、Ag 的含量均较低，通常 Cu<0.4%，但 Au 的品位却较高，一般为 2~15 g/t，平均 8.6 g/t^[12]。因此，可以用 Cu/Au-Au 和 Cu/Au-Ag/Au 相关图 (图 2, 3) 把这两类矿床区分开来。矿石常含有多量磁黄铁矿、毒砂和白铁矿，反映了相对还原的条件。

应该指出，上述两类产于不同构造环境中的含金夕卡岩矿床，虽有许多不同点，但在矿床地球化学的角度，也具有一定共性，例如，虽然有关侵入体的酸度有所差别，但均属钙碱性以中小型浅成岩株为主，金矿化大多产于夕卡岩外带，矿石中常含有砷化物 (如毒砂等)、铋化物 (辉铋矿、自然铋、辉铋矿、硫铋铜矿、黑铋金矿等) 和碲化物 (碲金银矿、碲银矿、辉碲铋矿、叶碲铋矿和赫碲铋矿等)。因此，Cu、Ag、As、Bi、Te、Co 等成为较特征的元素组合，可作为重要的地球化学找矿标志。

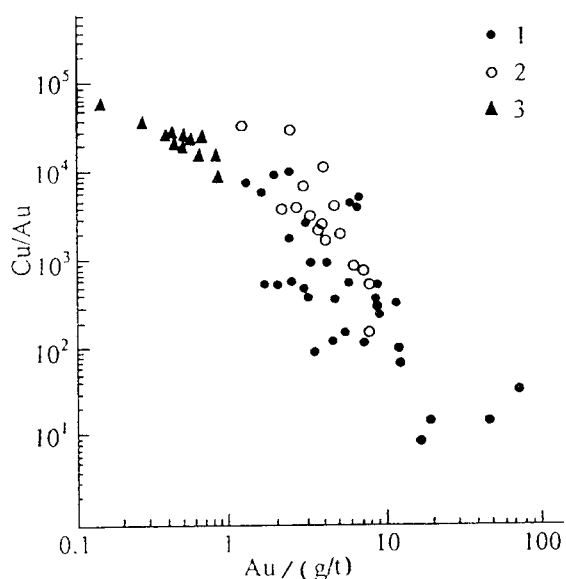


图2 不同含金夕卡岩矿床的 Cu/Au-Au 相关图

1—岛弧型含金夕卡岩^[9,11,12]; 2—地台活化型含金
(铜)夕卡岩; 3—地台活化型含铜(金)夕卡岩

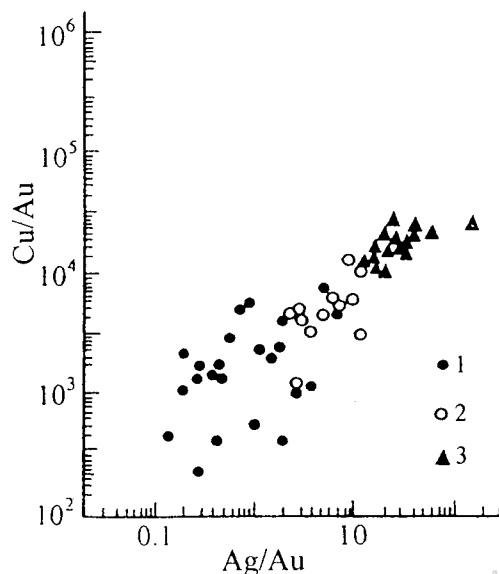


图3 不同含金夕卡岩矿床的

Cu/Au-Ag/Au 相关图

图例同图2

参 考 文 献

- 1 赵一鸣, 林文蔚, 毕承思等. 中国夕卡岩矿床. 北京: 地质出版社, 1990, 1~354.
- 2 常印佛, 刘湘培, 吴言昌. 长江中下游铁铜成矿带. 北京: 地质出版社, 1991, 1~379.
- 3 赵一鸣, 林文蔚, 张德全等. 交代成矿作用及其找矿意义——几个重要含矿交代建造的研究. 北京: 北京科学技术出版社, 1992, 1~156.
- 4 翟裕生, 姚书振, 林新多等. 长江中下游地区铁铜(金)成矿规律. 北京: 地质出版社, 1992, 1~235.
- 5 赵一鸣. 含金夕卡岩的地质地球化学标志. 见: 中国地质学会矿床地质专业委员会编. 第五届全国矿床会议文集. 北京: 地质出版社, 1993, 307~309.
- 6 邱永进. 鄂东鸡冠咀铜(铁)金矿床地质特征及成因. 有色金属矿产与勘查. 1995, 4 (2): 77~82.
- 7 赵一鸣, 林文蔚, 毕承思等. 中国含金夕卡岩矿床的分布和主要地质特征. 矿床地质, 1997, 16 (3): 193~203.
- 8 Ray G E, Dawan, G L, and Simpson R. Geology, geochemistry and metallogenic zoning in the Hedley gold-skarn camp. Geological Fieldwork, 1987, 59~80.
- 9 Meinert L D. Gold skarn deposits-geology and exploration criteria. in "The Geology of Gold Deposits; The perspective in 1988", Economic Geology, 1988, (Monograph 6): 537~552.
- 10 Ettlinger A D, and Ray G E. Precious metal enriched skarns in British columbia: An Overview and Geological Study; B. C. Ministry of Energy, Mines and Petroleum Resources, Paper 1989-3, 1~128.
- 11 Ray G E, Ettlinger A D, and Meinert L D. Gold skarn: their distribution, characteristics and problems in classification. in Geological Fieldwork 1989, B. C. Ministry of Energy, Mines and Petroleum Resources, Paper 1990-1, 237~246.
- 12 Theodore T G, Orris G T, Hammarstrom T M. et al. Gold-bearing skarns: U. S. Geological Survey: 1991, (Bulletin 1930): 1~16.
- 13 Ray G E. Au skarns. Geological Fieldwork, 1998, (Paper 1998-1): 24H-1~24H-4.