

红色粘土型金矿的基本特征*

饶文波 高振敏 罗泰义

(中国科学院地球化学研究所, 贵阳 550002)

关键词 红色粘土型金矿 成矿条件 成矿机理

90年代初,在我国南部特别是西南部发现了一种新类型金矿,它有别于国外的红土型金矿如博丁顿金矿、巴依尔金矿等,被涂光焯定义为“红色粘土型金矿”。所谓红色粘土型金矿是指原生金矿(或矿源岩)经过(原地或迁移堆积)不彻底的氧化作用和风化淋滤作用形成的金矿床。具有易采易选、矿石浸取率高、经济效益好等特点,大部分矿床没有经过详细的地质研究就投入生产,所以对红色粘土型金矿的研究还很薄弱。

1 矿床地质特征

红色粘土型金矿属于风化残积型金矿,可产在原生金矿附近的封闭小盆地中,也可产在原生金矿上部,一般从第三纪、第四纪开始发育成矿,矿化多发育在风化红土层剖面中部。

我们将国内外几个典型的金矿床剖面特征进行了比较(表1)。

从表1可以看出,典型的红土剖面由上至下一般为表层红土—硬(铁)壳带—斑点带(铝土矿带)—杂色粘土带—腐泥带—基岩^[3]。红色粘土型金矿剖面完整性差,氧化作用及去硅程度低,厚度较薄,对基岩含金建造依存度高。而且含矿层结构松散,其主要矿物成分为粘土矿物,含少量石英、褐铁矿、砂砾。红土型金矿一般具有铁质壳或硅质壳,并可能出现三水铝石富集的高岭石,含矿层分布在铁质带和斑点带。

红色粘土型金矿与红土型金矿相比较,前者大部分剖面发育差,富矿带受地形影响大,矿体产状多呈层状、似层状、透镜状,产状较平缓,受风化壳底部地形形态控制,矿石结构有土状、豆状、块状、结核状、皮壳状等。在矿物成分方面它们有着明显的差异:红土型金矿红土层主要由铁(铝)氧化物和氢氧化物构成,斑点带为铝土矿,粘土矿物以高岭石为主,常见有三水铝石。而红色粘土型金矿可能受特殊的地理环境和地质条件制约,特别是新生代构造活动频繁,准平原化作用不完全的影响,地下水强烈波动,氧化和淋滤作用不彻底,去硅作用不完全,红土处在粘土矿物阶段,铁质层薄,很少出现三水铝石,一般为高岭石与伊利石共存。褐铁矿、赤铁矿、软锰矿、硬锰矿等在剖面中都有不同程度的存在。金矿物多为自然金和银金矿,呈显微状与次显微状,为褐铁矿、软锰矿、粘土矿物等所吸附和包裹。已发现的红色粘土型金矿规模多为小型、中型和大型,但大多数品位较高,特别是产于喀斯特地区的金矿。由于粘土矿物的影响,按目前的方法浸取金,回收率不高,制粒后堆浸,个别浸出率可达75%~80%。

收稿日期:1998-11-12 修改稿:1998-12-21

第一作者简介:饶文波 男 1973年生 硕士研究生 矿床地球化学

* 中国科学院重大项目(KZ95-A1-404)和国家自然科学基金资助项目(49873021)

表 1 几个红色粘土型和红土型金矿床的地质剖面特征

类型	矿床名称	矿床剖面特征
红色粘土型金矿	云南鹤庆北衙金矿 ¹⁾	(1) 红土覆盖层(0~1 m) (2) 硬壳层(丽江组角砾岩, 0~5 m) (3) 红、赭色含铁粘土(主要含金层位, 1~5 m) (4) 浅色粘土带(正长斑岩风化壳, 部分含矿, 0~5 m) (5) 粘土化正长斑岩或碳酸盐岩
	湖南洪塘金矿 ¹⁾	(1) 土壤层: 厚 0~0.8 m, 呈黄褐色至黑褐色, 其上植被发育, 主要矿物为粘土矿物和石英, 夹岩石砾块, 含金品位小于 0.5 g/t (2) 含铁质结核红土层: 厚 2~5 m, 砖红色至黄红色, 为主要含金层位, 结核含金 5~6 g/t (3) 杂色粘土网纹红土层: 厚 1~3 m, 与上层呈渐变关系, 主要成分为粘土, 含金为 5~1.2 g/t (4) 半风化基岩层: 半风化砂岩含金 1.35 g/t, 半风化灰岩含金 1.83 g/t
红土型金矿	巴西巴伊尔金矿 ²⁾	(1) 表土 (2) 铁质带: 厚约 25 m, Fe ₂ O ₃ 从下到上含量增加, Al ₂ O ₃ 含量先增加后下降, Mn 含量增加, 含 TiO ₂ 的残余钛铁矿出现在斑点带, 在铁质带不常见, 未见其他的钛氧化物 (3) 斑点带: 厚 100 m, 为黄到棕色的高岭土, 以斑状、块状结构为特征 (4) 杂色粘土带: 厚约 20 m, 以白色、多色高岭石等粘土质为特征, 其它矿物有石英、钛铁矿、针铁矿等 (5) 腐泥土: 厚约 40 m, 保存原岩结构, 矿物集合体由高岭石和其它粘土矿物组成, 也有残余原生矿物(石英、绿泥石、磁铁矿、钛铁矿、金红石、磷灰石等) (6) 未风化基岩: 主要为石英、绿泥石, 其次为方解石、钠长石、云母等
	西澳博丁顿金矿 ¹⁾	(1) 地表豆石层: 厚 1~3 m, 由红小豆似的豆石和坡积红土及砂组成, 有时含有冲积物 (2) 硬盖帽: 红土胶结为硬壳状、角砾状胶结物, 以氧化物为主, 有少量的铝土矿(厚 2~5 m) (3) 铝土矿层(金矿体): 主要由三水铝石组成, 呈灰红色(厚 8~10 m) (4) 含铁粘土层、杂色粘土层(18 m) (5) 基岩风化壳(1~5 m)

1) 西南有色地质勘探局. 红土型金矿床成矿地质特征及在云南的找矿前景分析. 1996

2 成矿条件

2.1 原岩条件

红土发育地区存在含金岩系或原生金矿体是形成该类金矿床的物质基础。如地层中的某些含金层位、含金侵入岩类及火山岩、古老变质岩类, 以及含金绿岩带都可构成红色粘土型金矿的成矿母岩。从我国西南地区的情况来看, 除北衙金矿受碱性斑岩控制外, 其他矿床原岩主要是不纯的碳酸盐岩和碎屑岩, 以几个金矿床为例加以说明。

洪水塘金矿^[4]: 基岩为下石炭统白云岩、泥质灰岩、粉砂质页岩, 上泥盆统含铁石英砂岩、泥质灰岩、含不稳定的赤铁矿层, 中泥盆统粉砂岩、局部含一层透镜状赤铁矿。其中粉砂岩、灰岩、砂岩为含金岩系, 三角架段的新鲜原岩平均含金 0.25 g/t, 欧家垅段的新鲜原岩平均含金 1.49 g/t。

蛇屋山金矿^[5,6]: 原岩为寒武系至奥陶系碳酸盐岩, 下志留统及三叠系至下侏罗统碎屑岩夹碳酸盐岩, 含矿基岩为志留系与奥陶系之间的黑色粘土岩, 以及存在于奥陶系灰岩中的构造碎裂岩, 这些岩石的金含量约 0.5~1 g/t。

北衙金矿: 原岩为正长斑岩与三叠系北衙组灰岩, 含金原岩主要为含金碱性斑岩, 金含量小于 1.0 g/t。

老万厂金矿^[7]: 出露基岩为下二叠统茅口组中下部灰岩, 与卡林型金矿有关的赋矿层位已被剥蚀, 仅大厂层中有所保留, 其岩性为次生石英岩、硅化蚀变岩及硅化、角砾岩化粘土岩。

紫木函金矿^[8]: 容矿岩石为泥灰岩、泥质粉砂岩及粘土岩。

2.2 气候及地理条件

气候环境是形成风化矿床最重要的条件之一。对红色粘土型金矿及其相似的金矿来说,气候条件决定红土化作用的进行程度和范围。

南北纬 30° 之间的地带可获得到达地球的太阳总辐射能的 60%, 该带元素的交换和循环过程强烈。这些都是形成红土化的基本动力条件, 红色粘土型金矿和红土型金矿都位于南纬 33° 至北纬 30° 之间(湘南洪水塘金矿位于北纬 25°, 博尔顿金矿处于南纬 32°05′)。在此区域内, 湿热同季、旱雨分明的气候有利于红土化作用的进行。

总之, 湿热气候条件, 化学和生物风化强烈, 有利于含硫化物丰富的金矿化体氧化而被迁移, 有利于红土风化层发育。

2.3 地貌条件

地貌条件不仅控制侵蚀和堆积作用的进行, 还决定地下水的动态和风化壳的地球化学特征。地貌还影响到气候、植被、土壤覆盖层以及生物种属及其作用的差异。

强烈切割的陡峻高山地貌区地下水位低, 植被缺少, 以物理风化作用为主, 风化产物难以保存, 风化作用不彻底。因此不利于形成风化壳和红色粘土型矿床。十分平坦的地形或由冲积层覆盖和地下水水面很高的地区, 也不利于形成红色粘土型矿床。

高差不大的山区、丘陵地形特别是封闭或半封闭的小盆地对红色粘土型矿床最有利。由于坡度平缓, 地下水位高、植物繁茂、化学风化和生物风化作用强烈, 并且风化产物能大量残留原地或近原地堆积, 有可能使矿物彻底分解, 形成大量粘土矿物, 加之原生金矿和矿源岩提供成矿物质, 会形成有价值的红色粘土型金矿。

2.4 地质构造条件

在地壳的构造演化过程中, 相对稳定的地台期, 最有利于红土化作用的进行及红土层的保存。地壳缓慢抬升, 引起地下水水面逐渐下降, 比较有利于形成厚大的红土层。强烈的地壳运动常导致地表水流条件和地形发生急剧变化, 不利于红土化作用进行。

但是, 只要其他条件具备, 红色粘土型金矿一般在数百万年内可形成一定的规模, 并非一定需要稳定的地台区环境。如: 洪水塘金矿^[4]自中生代以来, 强烈的断块构造差异运动使其在相当一段时期内持续抬升, 形成边缘陡峻、顶上平坦的构造台地。这种构造背景和地形地貌、气候条件相得益彰, 使红土化作用向纵深发展并使红土剖面得以保存, 形成金矿。

总之, 相对稳定的表生地质条件, 有相对固定的潜水面和稳定的地表水-地下水补给系统, 有利于红土化作用进行。

3 红色粘土型金矿的成矿机理

许多实验证明金是可溶的, 在特定条件下形成 Au^+ 和 Au^{3+} 。在表生条件下, 可溶性金配合物的形成是红色粘土型金矿成矿的关键。

3.1 金的活化迁移

金在自然界条件下是可配合的。由于溶液介质 pH 值和温度的影响, 金的活化具有选择性: 在有 $[\text{Cl}^-]$ 存在、酸性条件下以 AuCl_2 形式存在且稳定(300℃条件下)。例如, 西澳红土剖面中(伊尔岗地块)金的活化是:



即在酸性氯化物溶液中金形成了氯化物配合物。

由于金常与银伴生, 在金活化时, 银在一定条件下也得到活化。金溶解需高氧逸度, 而银需要低氧逸度, 所以银从银金合金中优先淋滤:

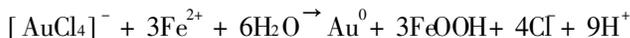


以上反应常发生在近潜水面处, 那儿 Cl^- 、 H^+ 、 O_2 很丰富, 没有或很少有 Fe^{2+} 。

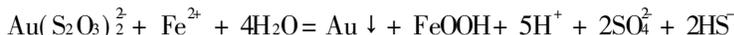
金元素在有 Cl^- 存在、碱性条件下转变成金的氢氧化物, 这个配合物不稳定 (100°C 条件下), 会沉淀富集成金矿; 在溶液中有大量 HS^- 出现时, 则形成亲硫络阴离子团, 这在低温碱性条件下才能生成。

3.2 次生富集作用

金在表生条件下活化后以配合物形式存在于地下水溶液中。由于降雨量和下渗水的影响, 这些配合物在剖面中作垂直迁移和横向扩散, 运移到斑点带和豆状层时, 遇上由地下水动力作用产生的 Fe^{2+} 。由于金的迁移受到红土剖面中 Fe^{2+} 限制, 在斑点附近发生金的沉淀, 其反应式^[9]如下:



另外, 在剖面的斑点带和粘土带中常见针铁矿、赤铁矿、软锰矿等。 Fe^{2+} 是含金配合物表生沉淀的还原剂, 针铁矿和锰氢氧化物的形成有利于金的沉淀^[10]:



由气候、地质地形条件和流体性质决定, 使金在铁质壳和豆粒层得到富集, 含针铁矿豆粒、鲕粒、结核的部位和(铁)锰质结核层位是金富集层位的标志。

3.3 植被作用

植被在金的迁移扩散或其它方面充当一个重要角色^[11]。落叶或植物死亡和腐烂后, 在土壤表面被植物吸收的金被释放到根部区。被腐殖土或土壤矿物再次吸收或固定下来之前, 被释放的金可能作小距离迁移。这一过程能解释金为什么在红土剖面上呈蘑菇状富集。这种类型的金大部分是可溶可迁移的。因此, 地面和地下水的流动能迁移金到成矿建造区内。这种情况发生在潮湿热带植被充分发育地区。但是仅仅靠生物圈的作用而获得具有工业品位的金富集达到较厚的层位, 大概需要几百万年时间。这是一种理想情况。

3.4 岩溶的作用

黔西南红色粘土型金矿^[8]属于喀斯特崩塌堆积型金矿, 与其他地区的红色粘土型金矿不同。首先, 需原岩(卡林型金矿)坍塌。岩溶塌陷是成矿物质搬运的主要动力, 其方向为垂直下落。其次, 提供成矿物质储存空间。由于岩溶发育, 宽谷期的岩溶洼地为坍塌下来的卡林型金矿提供储集场所, 为进一步的红土化成矿作用创造条件。最后是淋蚀与次生富集。坠入岩溶洼地中的成矿物质遭受红土化作用, 使原有载金硫化物转化为氧化物。由于岩溶的淋蚀作用, 滤掉可溶组分, 使金进一步富化。这种金矿的金品位高。

4 总 结

对红色粘土型金矿的研究还很肤浅,目前还谈不上系统性和完整性。在上述剖面中,红色粘土型金矿的红土处在粘土矿物阶段,铁质层薄,很少出现三水铝矿。对剖面中的氧化物、氢氧化物、粘土矿物的物性及含量分布变化尚未详细研究。其次,金的成色、粒度、表面形态、金银分离也尚未开展详细研究。对金的赋存状态只有少量的研究。有的只作一些猜想而已。第三,尚未进行金的颗粒大小、纯度和形态学的研究。红色粘土型金矿找矿标志局限于地形地貌,缺乏对矿床元素地球化学和生物地球化学的研究,严重制约了该类矿床的勘探找矿。围绕这些特征开展深入研究,建立我国红色粘土型金矿的矿床模式并指导找矿工作将是今后工作的重点。

参 考 文 献

- 1 张学书. 红土型金矿床成矿地质特征及在云南的找矿前景分析. 云南地质, 1997, 16(3): 264~ 271.
- 2 Wei Shengzang, Willam S F. A three- stage genetic model for the igarape bahia lateritic gold deposit. *Economic Geology*, 1993, 88: 1768 ~ 1779
- 3 陈大经, 杨明寿. 红土型金矿床的地质特征、成矿条件及找矿评价标志. 矿产与地质, 1996, 10(2): 73~ 80.
- 4 洪金益等. 湘南红土型金矿的成矿条件分析. 中南工业大学学报, 1996, 27(5): 511~ 515
- 5 李松生. 湖北蛇屋山红土型金矿床的地质与成因. 地质与勘探, 1993, 29(1): 12~ 15.
- 6 刘腾飞. 湖北蛇屋山红土型金矿床地质特征及勘查. 黄金地质, 1996, 2(3): 25~ 30.
- 7 盛学庸, 韩至钧. 一种新类型金矿: 试谈老万厂式金矿成因及其找矿方向. 贵州地质, 1998, 15(1): 37~ 42.
- 8 刘幼平. 贵州金矿床类型与分布规律. 西南矿产地质, 1997, (3, 4): 43~ 53.
- 9 Mann A W. Mobility of gold and silver in lateritic weathering profiles: some observations from western Australia. *Economic Geology*, 1984, 79: 38~ 49
- 10 李志群. 云南红土型金矿的成矿条件及地质特征. 黄金地质, 1998, 4(2): 27~ 31
- 11 Wilson O, Michael L Machesky, Arthur W Rose. Gold distribution and mobility in the surficial environment, Carajas region, Brazil. *J. Geochim. Explor.*, 1991, 40: 95~ 114

(上接第 126 页)

参 考 文 献

- 1 廖宗文等. 两种工业废料对咸酸田的改良作用. 农业环境保护, 1991, 10(3): 105~ 107.
- 2 刘更另. 营养元素循环和农业的持续发展. 土壤学报, 1992, 29(3): 251~ 256
- 3 廖宗文等. 广州垃圾污泥农用资源化研究初探. 自然资源学报, 1994, 9(3): 247~ 252.
- 4 G. A. 罗尔利奇等. 尚忆初译. 有机废物的利用. 北京: 科技文献出版, 1981.
- 5 廖宗文. 工业废物农用资源化: 理论、技术和实践. 北京: 中国环境科学出版社, 1996.