

# 欧洲最大的金矿床——罗马尼亚的罗西亚-蒙塔纳金矿床\*

吴科锐<sup>1,2</sup>, 聂凤军<sup>2</sup>, 张晓康<sup>1,2</sup>

(1 北京科技大学土木与环境工程学院, 北京 100083; 2 中国地质科学院矿产资源研究所, 北京 100037)

罗马尼亚的罗西亚-蒙塔纳(Rosia Montana)金矿床位于罗马尼亚西部,特兰西瓦尼亚地区的阿普塞尼(Apuseni)山脉中,距阿尔巴县阿布鲁德镇(Abrud)东北7 km,是欧洲规模最大的金矿床。阿普塞尼地区的黄金开采活动自公元前10世纪就已经开始,而从1970年至今的开采主要集中在切塔泰(Cetate)和卡尼克(Carnic)。2002年,布里埃尔资源公司对罗西亚-蒙塔纳金矿床重新进行了储量评估,在23.88 km<sup>2</sup>的矿区范围内,探明矿石量为3.5亿吨,其中Au的品位为1.3 g/t,Ag的品位为6 g/t。

## 1 成矿环境

阿普塞尼山脉属于喀尔巴阡-阿尔卑斯-巴尔干造山带的一部分,代表着喀尔巴阡弧内的一个孤立地块(图1a)。喀尔巴阡-阿尔卑斯-巴尔干造山带是由冈瓦纳大陆(非洲大陆)派生出的大陆地壳碎片与欧洲大陆碰撞所形成的,形成时代在特提斯洋闭合之后的白垩纪-新近纪。在晚白垩世,瓦达海的闭合引起了与俯冲相关的大陆边缘岩浆作用,在阿尔卑斯地区形成了一系列侵入-火山岩。这些岩石呈现出一个近乎L形的带,东起罗马尼亚经由塞尔维亚东部,西至保加利亚,产生了大量岩浆热液型铜、金、钼、锌、铅和铁矿床。这一晚白垩世岩浆成矿带的北端与阿普塞尼山南部的中新世岩浆活动在空间上重叠。

在新近纪由于潘诺尼亚盆地(Pannonia Basin)及其南部地区下伏的亚德里亚微板块的挤入使得喀尔

巴阡-巴尔干造山呈S形变形,L形的白垩纪弧也发生弯曲。挤入发生在内陆洋盆闭合之前,这个洋盆是由一个倾向SW的俯冲带的弧后伸展形成的,在喀尔巴阡造山带发生了多次钙碱性岩浆活动,它们有可能是板片断离产生的。而发生在阿普塞尼山脉的几乎同时代的钙碱性岩浆活动则可能与这次俯冲关系不大,而是与挤入的亚德里亚微板块南部的走滑构造带的局部伸展,而导致的软流圈熔融有关。与这次新近纪岩浆活动有关的热液矿床,使得南阿普塞尼山脉成为了欧洲历史上最重要的金矿集中区。最重要的浅成低温热液型矿床是Rosia Montana、Rodu-Frasin和Sacarimb(图1b)。斑岩型Cu-Au(±Mo)矿床在成因上与斑状安山岩-微闪长岩次火山岩体有关,主要矿床有Rosia Poieni、Bucium-Tarnita和Valea Morii。在岩浆杂岩体里,浅成低温热液型金矿床与斑岩型铜矿床常具有一定的空间关系,表明它们可能受同一构造控制,或者从岩浆到斑岩和浅成低温热液环境热液活动的连续演化过程。

## 2 矿床地质

矿区范围内出露的岩石主要为中生代白垩纪沉积岩和新近纪火山碎屑角砾岩、蒙塔纳英安岩及安山岩等(图2),岩体与金矿化关系密切。矿区内各类岩石岩性特征如下:

白垩纪沉积岩:由白垩纪泥灰岩、页岩、浊积砂岩、砾岩组成,并经历了不同程度的褶皱和剪切。

火山碎屑角砾岩:中新世岩浆活动的产物,呈环

\* 本研究得到国家重点自然科学基金项目(编号:41030421)和地质调查项目(编号:1212010811029)资助  
第一作者简介 吴科锐,男,1991年生,硕士研究生,地质工程专业。Email:347312609@qq.com

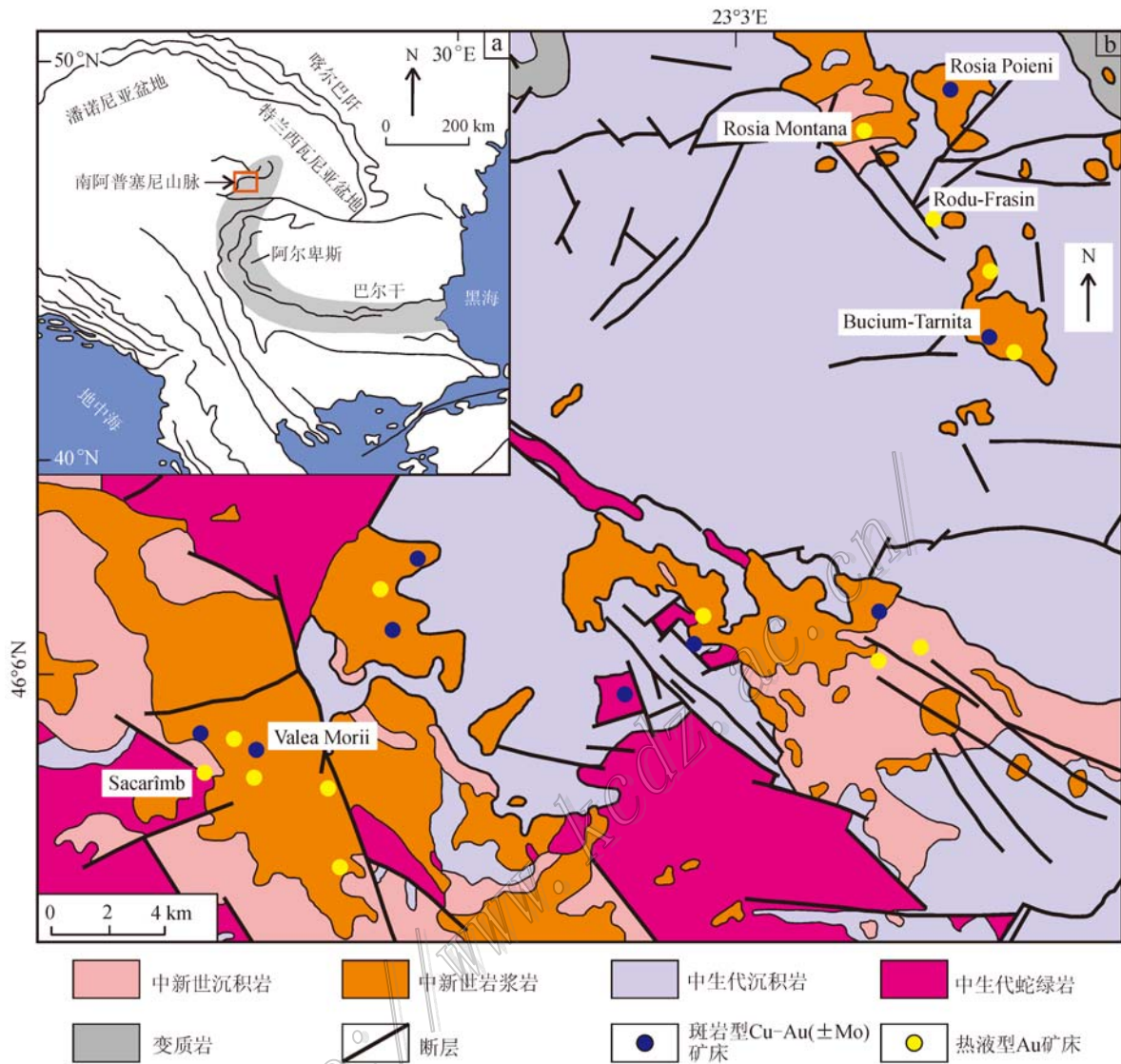


图1 罗西亚-蒙塔纳金矿床大地构造略图(a)及区域地质简图(b)(据 Wallier et al., 2006)

形围绕切塔泰山和卡尼克山,角砾成分复杂,基质为碎屑。角砾岩有3种类型:英安质角砾岩、灰色复成分角砾岩和黑色复成分角砾岩。矿化作用主要集中在英安岩区和灰色复成分角砾岩区,局部扩展到邻近的火山碎屑角砾岩区。而黑色复成分角砾岩区是贫矿区,可能与岩石渗透性差有关。

蒙塔纳英安岩:是组成切塔泰山和卡尼克山的主要岩石,以岩丘、火山颈和岩脉的形式侵入到火山碎屑角砾岩中,斑状结构。岩石中含有厘米级的斜长石和石英斑晶,和更小的角闪石和黑云母斑晶,副矿物为磁铁矿、锆石和磷灰石。蒙塔纳英安岩都发生了蚀变,除了石英斑晶之外的所有矿物都部分或者全部被蚀变矿物所交代。在切塔泰露天采场出露

的英安岩的锆石 U-Pb 年龄为  $(13.61 \pm 0.07)$  Ma (Kouzmanov et al., 2005)。

石英-角闪石安山岩:位于火山碎屑角砾岩南部,切塔泰露天采场西南。岩石具斑状结构,斑晶为斜长石、角闪石和石英。石英-角闪石安山岩的锆石 U-Pb 年龄为  $(13.15 \pm 0.04)$  Ma (Kouzmanov et al., 2005),表明其形成时间晚于蒙塔纳英安岩。

罗通达安山岩:由侵入深度浅的岩丘、厚的熔岩流和火山碎屑角砾岩组成,近乎水平地盖在白垩纪复理石和中新世岩浆岩之上。岩石具斑状结构,斑晶为斜长石和角闪石。罗通达安山岩全岩 K-Ar 法年龄为  $(9.3 \pm 0.5)$  Ma (Rosu et al., 1997),与罗西亚-蒙塔纳金矿床成矿关系不大。

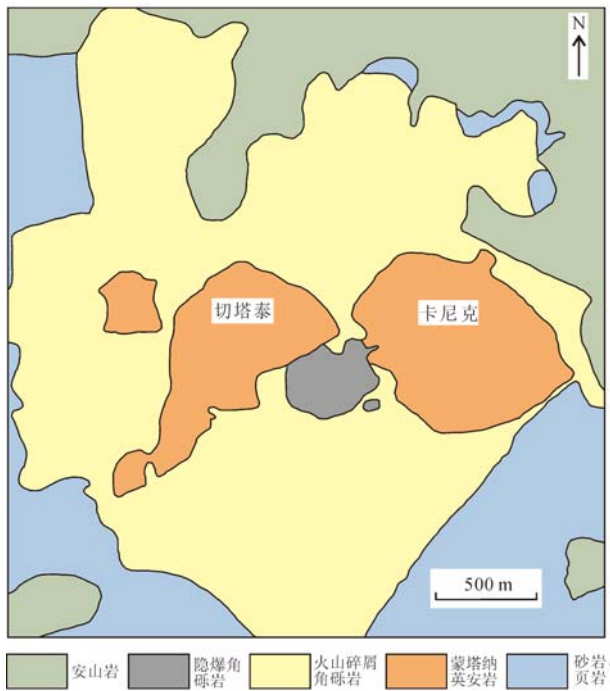


图2 罗西亚-蒙塔纳金矿床地质简图  
(据 Scott et al., 2006)

罗西亚-蒙塔纳金矿床的成矿作用集中在由英安岩构成的切塔泰山和卡尼克山区域,在这2个山之间出露一处面积约为 $900 \times 400 \text{ m}^2$ 管状的隐爆角砾岩体,形状为一随着深度增加而变细的锥形。矿床的蚀变和矿化范围包括蒙塔纳英安岩体、隐爆角砾岩、部分环绕的火山碎屑角砾岩以及邻近的白垩纪沉积岩系。矿体平行展布,倾角较大,明显受断裂控制。主要的矿石矿物为金属硫化物(黄铁矿、白铁矿、闪锌矿、方铅矿、黄铜矿和毒砂)、硫酸矿物(主要是砷铜矿和黝铜矿)、碲化物、赤铁矿、银金矿和自然金等。脉石矿物为石英、冰长石、碳酸盐(富Mn)、绢云母和蔷薇辉石等。主要的元素组合为Au-Ag-Cu-Zn-Pb。通过野外和镜下观察,能够见到5种矿脉:黄铁矿-石英脉、Chinga脉(一种由石英、冰长石和黄铁矿组成的非常细粒的暗色脉体)、贱金属硫化物-自然金-石英-碳酸盐脉、石英-碳酸盐-自然金脉、菱锰矿-石英脉。

矿区内热液蚀变现象十分普遍,主要的蚀变类型有:绿泥石-方解石化、冰长石化、绢英岩化和硅化,偶尔可见泥质蚀变。各种蚀变的范围大致呈一同心环形,靠近矿体外部和边缘的是绿泥石-方解石蚀变;矿体内的蚀变有冰长石化和绢英岩化;中心是硅化蚀变,这里也是角砾岩化和矿化最为强烈的区

域。

关于罗西亚-蒙塔纳金矿床的类型,有些学者认为属于低硫型浅成低温热液型矿床,其依据是,矿床的冰长石-绢云母化蚀变,以及富含碳酸盐的特征(Tamas, 1999);而另一些学者则认为矿床属于典型的中硫型浅成低温热液型矿床,其依据是,矿床的形成是以侵入岩体为中心,矿化发生在火山颈里,以及富含贱金属硫化物矿物组合,包括浅棕色闪锌矿和锰碳酸盐(Sillitoe et al., 2003; Manske et al., 2006)。

关于罗西亚-蒙塔纳金矿床的成矿时间,前人对英安质角砾岩中的单颗粒热液冰长石的 $^{40}\text{Ar}$ - $^{39}\text{Ar}$ 法测年结果为 $(12.85 \pm 0.07) \text{ Ma}$ (Manske et al., 2004),而切塔泰采坑蒙塔纳英安岩中的石英-冰长石-黄铁矿脉中的热液冰长石的 $^{40}\text{Ar}$ - $^{39}\text{Ar}$ 法测年结果为 $(12.78 \pm 0.09) \text{ Ma}$ 和 $(12.71 \pm 0.13) \text{ Ma}$ (Manske et al., 2004);卡尼克山中的石英-冰长石-黄铁矿脉中的热液冰长石的 $^{40}\text{Ar}$ - $^{39}\text{Ar}$ 法测年结果为 $(13.17 \pm 0.08) \text{ Ma}$ 和 $(13.24 \pm 0.10) \text{ Ma}$ (Manske et al., 2006)。由此可知,该矿床要么有一个长达数十万年的成矿历史形成这种独特的多孔状石英-冰长石-硫化物矿脉,要么说明至少存在两期的矿化事件。

流体包裹体研究显示,成矿流体的 $w(\text{NaCl}_{\text{eq}})$ 为 $2.4\% \sim 3.2\%$ ,均一温度为 $210 \sim 255^\circ\text{C}$ ,主要集中在 $220 \sim 250^\circ\text{C}$ 范围内,与成矿有关的石英 $\delta^{18}\text{O}$ 值为 $4.5 \sim 5.0$ (Wallier et al., 2006),表明成矿流体主要为岩浆流体。

### 3 初步讨论

罗西亚-蒙塔纳金矿床是一个低硫-中硫型浅成低温热液型金矿床,其成矿作用与中性-长英质钙碱性岩浆活动密切相关。根据野外地质观察与室内的综合研究结果表明,整个安山岩和英安质岩浆近地表的侵位以及隐爆角砾岩化和浅成低温热液型成矿活动发生在不到 $0.8 \text{ Ma}$ 的时间内,即 $13.6 \sim 12.8 \text{ Ma}$ 。硫化物、石英、冰长石、碳酸盐和自然金沉淀在开放的裂隙与角砾岩中,形成了高品位的金矿体。在 $<300^\circ\text{C}$ 的条件下,几乎一致的 $\delta^{18}\text{O}$ 值排除了岩浆和大气降水混合的可能性,所以成矿流体与大气降水关系不大。而金的沉淀主要是由于低压条件下( $<10\,000 \text{ kPa}$ )流体的沸腾引起的,与流体包裹体中

的低盐度流体共存的大量气相包裹体就是当时流体沸腾的证据。在垂直深度超过 500 m 的地方发生了金的过饱和,并且这一现象可能因为成矿流体与来自地表植被形成的甲烷反应,而产生脱硫和含金络合物的还原作用得到进一步的加强。

## 4 结 论

(1) 罗西亚-蒙塔纳金矿床属于低-中硫型浅成低温热液型金矿床,与蒙塔纳的英安岩的侵入活动有关,成矿过程持续了约 0.8 Ma,成矿流体主要是岩浆热液。

(2) 作为喀尔巴阡-阿尔卑斯-巴尔干造山带一部分的阿普塞尼山脉,构造-岩浆活动强烈,金异常带(点)分布广泛,是寻找类似罗西亚-蒙塔纳金矿床的有利地段。

### 参考文献/References

- Kouzmanov K, von Quadt A, Peytcheva I, Harris C, Heinrich C, Rosu E and O'Connor G. 2005. Rosia Poieni porphyry Cu-Au and Rosia Montana epithermal Au-Ag deposits, Apuseni Mts., Romania: Timing of magmatism and related mineralisation[J]. Bulgarian Academy of Sciences, Geochemistry, Mineralogy and Petrology, 43: 113-117.
- Manske S, Ullrich T, Reynolds J and O'Connor G. 2004. Vein sets and hydrothermal alteration in the Cetate-Carnic Area, Roşia Montană district, Romania[J]. Romanian Journal of Mineral Deposits, 81: 122-125.
- Manske S, Hedenquist J, O'Connor G, Tamas C, Cauuet B, Leary S and Minut A. 2006. Rosia Montana, Romania: Europe's largest gold deposit [J]. SEG Newsletter: Advancing Science and Discovery, 64: 1-9.
- Rosu E, Peckay Z, Stefan A, Popescu G, Panaiotu C and Panaiotu C. 1997. The evolution of the Neogene volcanism in the Apuseni Mountains (Rumania): Constraints from new K-Ar data[J]. Geologica Carpathica Bratislava, 48: 353-359.
- Sillitoe R and Hedenquist J. 2003. Linkages between volcanotectonic settings, ore-fluid compositions, and epithermal precious metal deposits[J]. Special Publication-Society of Economic Geologists, 10: 315-343.
- Scott L, Manske S and Jeffery W. 2006. Rosia Montana, Romania: Europe's Largest Gold Deposit [J]. Advancing Science and Discovery, 64:9-15.
- Tamas C. 1999. Rosia Montana Low Sulfidation Ore Deposit: Evidence from Fluid Inclusion Study[M].
- Wallier S, Rey R, Kouzmanov K and Pettke T. 2006. Magmatic fluids in the breccia-hosted epithermal Au-Ag deposit of Roşia Montană, Romania[J]. Econ. Geol., 101(5): 923-954.