

与还原性侵入体有关金矿床地质地球化学特征

邱昆峰

中国地质大学地质过程与矿产资源国家重点实验室, 北京, 100083

1 研究背景

过去十几年中, 与还原性侵入体有关的金矿床 (Reduced Intrusion-Related Gold System, 简称 IRGS) 已经成为一个新的、低品位、大吨位的勘查目标 (Thompson and Newberry, 2000)。随着在北美科迪勒拉北部的 Tintina 金矿省 (Tintina Gold Province, 简称 TGP) 的野外地质观察、勘探、开发和后续研究工作的积累 (Newberry, 1995; McCoy et al., 1997), 该类型矿床逐渐引起大多数人的兴趣并被广泛接受。此后, 众多研究者便不断地将其应用于世界范围内大量的金矿床和金矿集中区的成因解释, 其中尤其包括了一些已经被确定为造山型和变质成因的矿床, 甚至是中亚地区世界上最大的造山型金矿省内的主要矿床 Jilau (Cole et al., 2000) 和 Muruntau (Wall et al., 2004) 都被认为成因上与侵入体有关。这种对于该模型的毫无限制的使用已经给许多的矿床地质学家和矿产勘查工作人员带来诸多困惑, 究其根本原因在于过多的关注了矿床成因而忽视了严格的经验性地质特征 (Hart and Goldfarb, 2006)。因此, 本文通过对前人在与还原性侵入体有关的金矿床典型研究区研究成果的系统总结, 厘定出与还原性侵入体有关金矿系统的典型地质、地球化学特征。

2 与还原性侵入体有关金矿系统特征

美国 Alaska 地区的 Fort Knox (Bakke, 1995) 和 Yukon 地区的 Dublin Gulch (Maloof et al., 2001)、Clear Creek (Marsh et al., 2003) 和 Scheelite Dome (Mair, 2004) 是与还原性侵入体有关金矿系统模型研究的最佳地区。基于前人在 TGP 地区典型矿床的研究工作, 系统总结与还原性侵入体有关金矿系

统的典型地质、地球化学特征如下。

(1) 多出于相对大陆边缘弧位于向陆的一侧 (Thompson et al., 1999), 不发育与弧后侵入体有关的火山岩, 同时由于岩体侵位于变形之后大约 10Ma, 所有与金矿有关的侵入体都未见变形发育。

(2) 与具中等氧化状态的长英质侵入体有成因联系。岩浆是富硅的 (64%~72%), 明显偏碱性, 地球化学投点位于 I 型区, 偏铝质。初始 Sr 同位素值超过 0.71, $\epsilon_{\text{Nd}}(t)$ 值介于 -8‰~-20‰, 暗示了岩浆形成过程中地壳物质的大量贡献 (Marsh et al., 2003; Mair, 2004), 同时正是这些组分使得岩体具有低的初始氧化状态, 这种特征可能是在熔体中使得金发生聚集作用的关键因素 (Hart et al., 2004)。

(3) 大多数火成岩体都非常小 ($<5\text{km}^2$), 岩体具有多相, 但变化非常的微弱, 没有岩基发育, 并且以岩浆阶段的浅色矿物和长英质成分为主, 黑云母是主要的镁铁质矿物, 有极其少量的角闪石和辉石发育 (Marsh et al., 2003; Mair, 2004)。火成岩体大多数含有钛铁矿和榍石, 但是缺乏磁铁矿。航磁响应较低。磁化率测量平均值为 0.15, 但是所有都低于 0.5×10^{-3} 。Fe₂O₃/FeO 比值是 0.15~0.3 (Hart et al., 2004)。

(4) 产出在以钨和 (或) 锡矿化为特征的火成岩省 (Hart et al., 2004)。

(5) 主要发育低温金属组合 (比如 As-Sb-Hg 组合) 和传统上被认为是浅成低温贵金属矿床的蚀变相 (硅化, 钾长石化, 钠长石化和碳酸盐化等蚀变) (Thompson et al., 1999)。

(6) 在火成岩中以云英岩、浸染型、席状矿脉、网脉状、角砾状的矿化形式产出, 也在变质沉积岩中以矽卡岩型 (还原性)、浸染和置换型和脉型产出 (Marsh et al., 2003)。

注: 本文为国家重点基础研究发展规划(2009CB421008)、教育部新世纪优秀人才支持计划(NCET-09-0710)、教育部长江学者和创新团队发展计划(IRT0755)、高等学校学科创新引智计划(B07011)和中国地质大学地质过程与矿产资源国家重点实验室项目联合资助成果。

收稿日期: 2013-03-13; 改回日期: 2013-03-31; 责任编辑: 郝梓国。
作者简介: 邱昆峰。Email: kunfeng.qiu@gmail.com。

(7) 硫化物含量低 (<3%), 以磁黄铁矿为主, 局部可见斜方砷铁矿和代表性的毒砂、黄铁矿, 但是没有磁铁矿和赤铁矿 (Hart et al., 2004), 金与 Bi 和少量的贱金属密切相关。

(8) 围绕冷却火成岩体的热梯度急剧变化, 这导致了岩体中心向外几千米的同心圆状金属分带, 暗示了从早期的高温岩浆阶段到较低温度的热液脉阶段演化 (Mair, 2004)。

(9) 以低硫还原性矿物组合为特征, 成矿热液的盐度从低到高, 该组合流体包裹体一般情况下含有甲烷, 并且富集 CO₂ (McCoy et al., 1997)。尽管这些矿床产于浅部环境, 但是具有高的形成温度 (>350°C), 具有不混溶盐水 (>30 wt% NaCl equiv.) 和低盐度 (<5 wt% NaCl equiv.), 常含有 CO₂ 的气泡特征。流体包裹体组成的大范围变化显示了这些矿床的中成和浅成特征 (Newberry, 1995)。矿物平衡组合和流体包裹体数据显示形成压力在 0.3 到 3.5 kbar 内显著变化 (Baker and Lang, 2001; Mair, 2004), 这与侵入体结晶作用的不同深度相一致。这些差异明显的流体类型被认为是岩浆起源, 以及在不同的地壳水平的长英质熔体和不同挥发分出溶相互作用的复杂结果。

参 考 文 献 / References

- Bakke A A. 1995. The Fort Knox "porphyry" gold deposit - Structurally controlled stockwork and shear quartz vein, sulphide-poor mineralization hosted by Late Cretaceous pluton, east-central Alaska. In Shroeter, T.A., ed., *Porphyry Deposits of Northwestern Cordillera of North America*. Canadian Institute of Mining and Metallurgy Special Volume 46: 795~802.
- Cole A, Wilkinson J J, Halls C, Serenko T J. 2000. Geological characteristics, tectonic setting and preliminary interpretations of the Jilau gold-quartz vein deposit, Tajikistan. *Mineralium Deposita* 35:600~618.
- Mair J L. 2004. Tectonic setting, magmatism and magmatic-hydrothermal systems at Scheelite Dome, Tombstone Gold Belt, Yukon: Critical constraints on intrusion-related gold-systems. Unpublished PhD thesis, The University of Western Australia, Perth, 197 p. plus appendices.
- Maloof T L, Baker T, Thompson J F H. 2001. The Dublin Gulch intrusion-hosted gold deposit, Tombstone plutonic suite, Yukon Territory, Canada: *Mineralium Deposita* 36: 583~593.
- Marsh E E, Goldfarb R J, Hart C J R, Johnson C A. 2003. Geology and geochemistry of the Clear Creek intrusion-related gold occurrences, Tintina Gold Province, Yukon, Canada. *Canadian Journal of Earth Sciences* 40: 681~699.
- McCoy D, Newberry R J, Layer P, DiMarchi J J, Bakke A, Masterman J S, Minehane D L. 1997. Plutonic-related gold deposits of interior Alaska: *Economic Geology Monograph* 9: 191~241.
- Newberry R J, McCoy DT, Brew D A. 1995. Plutonic-hosted gold ores in Alaska: Igneous vs. metamorphic origins. *Resource Geology Special Issue* 18: 57~100.
- Thompson J F H, Sillitoe R H, Baker T, Lang J R, Mortensen J K. 1999. Intrusion-related gold deposits associated with tungsten-tin provinces. *Mineralium Deposita* 34: 197~217.
- Thompson J F H, Newberry R J. 2000. Gold deposits related to reduced granitic intrusions. *Reviews in Economic Geology* 13: 377~400.
- Wall V J, Graupner T, Yantsen V, Seltmann R, Hall G C. 2004. Muruntau, Uzbekistan: a giant thermal aureole gold (TAG) system. In: Muhling, J., et al., eds, SEG 2004: Predictive Mineral Discovery Under Cover; Extended Abstracts. Centre for Global Metallogeny, The University of Western Australia, Publication No. 33: 199~203.