

# 卡林型金矿中“不可见金”定量表征研究取得进展

作者：writer 来源：中国科学院

本文原地址：<https://www.iikx.com/news/progress/16044.html>

本文仅供学习交流之用，版权归原作者所有，请勿用于商业用途！

卡林型金矿的

显著特征是金在载金矿物（

主要为含砷黄铁矿）中常以晶格金（ $Au^+$ ）和纳米级包体金（ $Au^0$ ）

的形式赋存，因无法通过光学显微镜观察而被称为“不可见金”。“不可见金”的量化表征是卡林型金矿研究的热点，理解“不可见金”赋存状态有利于改善卡林型金矿这种难处理金矿的选冶，以及完善金的微观成矿机制。然而，“不可见金”难以通过常规方法进行分离和分析，目前关于卡林型金矿中不同赋存状态金量化表征的工作鲜有发表，该研究方向急需分析技术与方法的突破。

基于此，中国科学院地球化学研究所研究员万泉及其团队采用逐级酸蚀与XPS相结合的手段建立了有效且可靠定量表征卡林型金矿中金赋存状态的方法，并以贵州贞丰水银洞金矿样品为例，获得了一系列金赋存状态的定量化数据。该方法采用非氧化性酸去除了造成XPS金信号屏蔽的贫金层（位于含砷黄铁矿最外层）以及造成XPS金信号干扰的Mg（主要来源于白云石），并首次采用XPS获得了“不可见金”的定量数据

，包括Au、As含量、 $Au^+$ 与 $Au^0$ 的比例、 $Au^0$

纳米颗粒的尺寸以及上述参数随黄铁矿颗粒不同深度的变化规律。该方法通过检测酸蚀溶液中的Fe、As、Au含量，计算出各次酸蚀被溶解的表层黄铁矿中Au、As的含量，并估算出被溶解黄铁矿的厚度。除最表面氧化层外，非氧化性酸在黄铁矿上的刻蚀深度可以稳定控制在纳米级范围内

。黄铁矿中含量的最表面约几百纳米厚的黄铁矿中存在Au含量极低的贫金层，其Au含量远低于XPS的常规检出限（~0.1 at%）且厚度远大于XPS的检测深度（~10 nm），因而贫金层的存在是XPS无法直接获取金信号的原因。酸蚀可有效去除黄铁矿表面的贫金层并暴露出内部的富金环带，首次酸蚀即可去除黄铁矿表面的氧化层。根据酸蚀前后样品Au

4f谱图分峰拟合结果，水银洞金矿样品中

金同时存在 $Au^+$ 与 $Au^0$ 两个价态。图2(a)中未经酸蚀处理的黄铁矿的Au 4f谱图中存在显著的Mg 2s信号且Au信号极弱，导致Au 4f信号几乎被Mg 2s掩盖。酸蚀后样品中绝大多数Mg被去除，Au 4f谱峰表现出良好的信噪比，验证了白云石会对XPS测Au造成信号干扰（图2(b)）。根据 $Au^0$  4f<sub>7/2</sub>的结合能大小，推测本样品中纳米金颗粒的粒径绝大多数小于6 nm，最小达1-2 nm。根据Au 4f谱图分峰拟合的峰面积，研究估算出 $Au^0$ 和 $Au^+$

在样品中的百分占比（图3），其中 $Au^0$

的百分比变化范围可从31.2至59.8%，Au的物种在同一样品的不同测试位置之间有轻微的分布不均。

---

该工作获得了卡林型金矿中“不可见金”具有合理统计意义的化学状态，有助于卡林型金矿研究，并且该分析方法有望用于分析低品位金矿石以及其他地质样品。

相关研究成果近期以封面文章形式发表在Journal of Analytical Atomic Spectrometry

上。研究工作得到中科院战略性先导科技专项（B类）、国家自然科学基金与贵州省特色重点实验室项目的联合资助。

[论文连接](#)

图1.

酸蚀流程图：获得一系列固体样品 ( $P_{yn}$ ,  $n=0-5$ ) 与液体样品 ( $P_{y_{et(aq)}}$ ,  $n=0-4$ ), 同时估算酸蚀掉的黄铁矿 ( $P_{y_{et(s)}}$ ,  $n=0-4$ ) 厚度

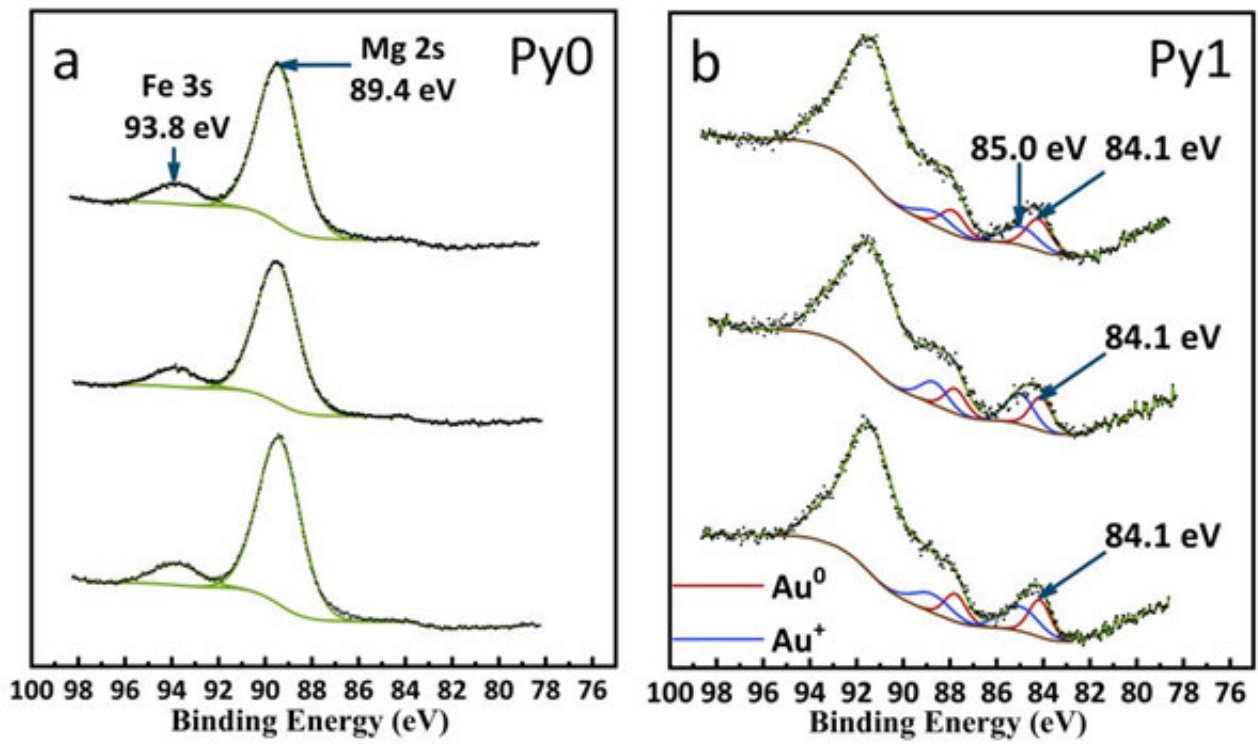


图2.酸蚀前样品Py0(a)和酸蚀后样品 Py1(b)上三个不同位置获得的Au 4f XPS谱图

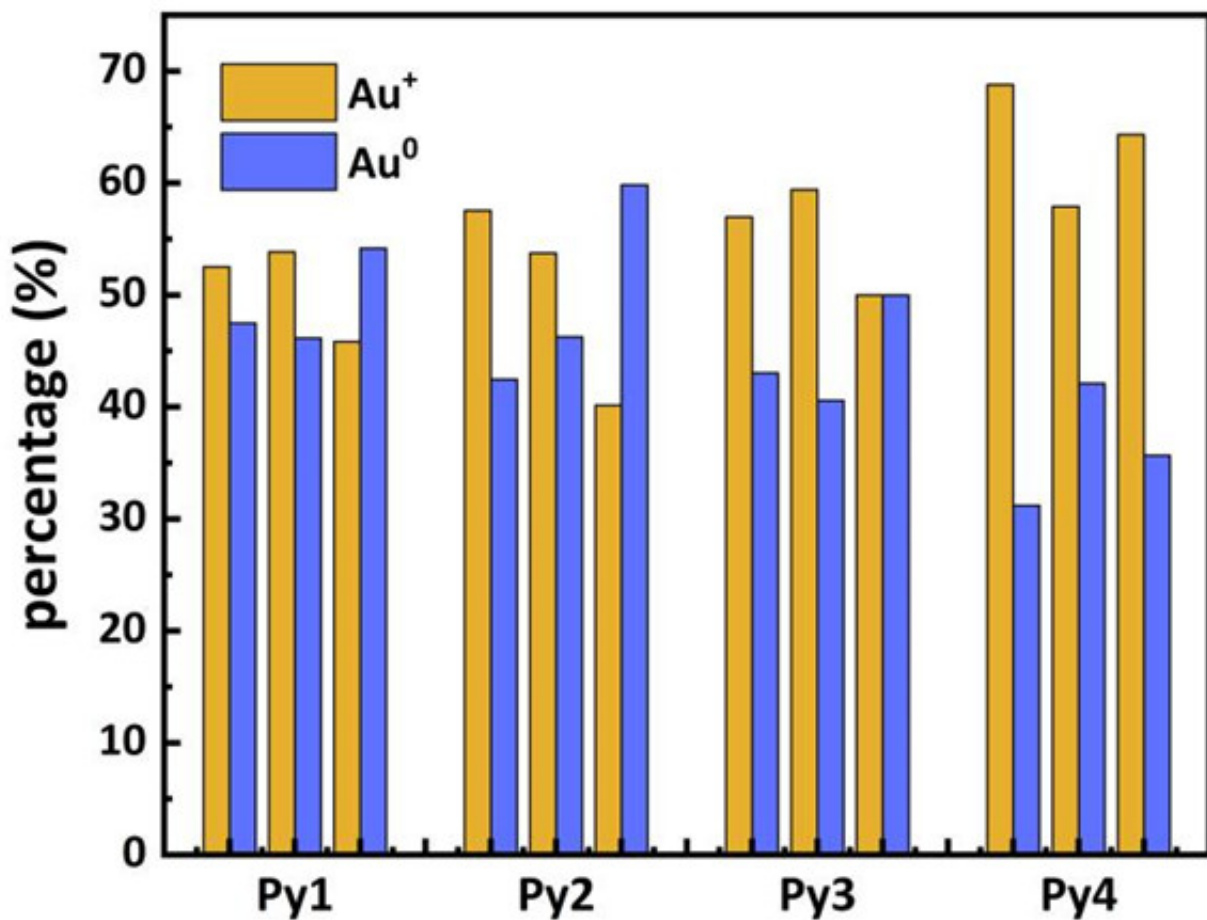


图3.利用Py1-Py4的Au 4f XPS光谱分峰拟合估算的Au<sup>+</sup>和Au<sup>0</sup>的百分占比

研究团队单位：地球化学研究所

更多 科学进展 请访问 <https://www.iikx.com/news/progress/>

本文版权归原作者所有，请勿用于商业用途，[爱科学iikx.com](http://www.iikx.com)转发