

# In-depth Study on the Relationship between Alteration and Gold Mineralization and Its Application in Prospecting

Hongsen Yan

The 8th Geological Brigade, Jiangxi Geological Bureau, Shangrao, Jiangxi, 334000, China

## Abstract

The paper explores the intrinsic relationship between the sequence of alteration and the stages of gold mineralization, analyzes the corresponding relationship between the temporal sequence and spatial distribution of alteration and the progress of gold mineralization stages, clarifies the key role of different alteration stages in the formation of gold deposits, analyzes the influence of regional tectonic background on alteration and gold mineralization, and points out that areas with frequent geological tectonic activity in large tectonic zones are important areas for gold deposit enrichment. In addition, the paper also introduces the practical application of alteration markers in mineral exploration, including surface alteration anomaly investigation, remote sensing interpretation, and geophysical and geochemical exploration, demonstrating how to use alteration features to construct mineral exploration models and technical methods.

## Keywords

alteration; gold mineralization; prospecting application

## 蚀变作用与金矿化关系的深入研究及找矿应用

严洪森

江西省地质局第八地质大队, 中国·江西 上饶 334000

## 摘要

论文探讨蚀变作用序列与金矿化阶段的内在联系, 剖析了蚀变作用的时间顺序、空间分布与金矿化阶段性进展的对应关系, 明确了不同蚀变阶段对金矿床形成的关键作用, 分析了区域构造背景对蚀变作用及金矿化的影响, 指出大型构造带地质构造活动频繁区域是金矿床富集的重要区域。此外, 论文还介绍了蚀变标志在找矿勘查中的实际应用, 包括地表蚀变异常调查、遥感解译及地球物理与地球化学勘查等手段, 展示了如何利用蚀变特征构建找矿模型和技术方法。

## 关键词

蚀变作用; 金矿化; 找矿应用

## 1 引言

金矿床的形成是一个复杂且受多重地质因素制约的过程, 其中, 蚀变作用与构造背景的影响尤为突出。蚀变作用的时间序列与金矿化的阶段性演变紧密关联, 不同类型和阶段的蚀变矿物组合往往预示着金矿化作用的不同阶段和金矿床形成的不同时期。因此, 深入研究蚀变作用与金矿化的关系, 以及将蚀变标志有效应用于找矿勘查实践, 对揭示金矿床的成矿机理、优化找矿策略具有重大意义。

## 2 蚀变作用相关概念

在地质学中, 蚀变作用是指岩石或矿石在地壳内部受物理、化学条件变化的影响, 其矿物成分、结构构造发生改变的过程。比如, 由于地下水、熔融岩浆或地热流体的作用,

原有的矿物可能会被溶解、交代或重结晶, 形成新的矿物组合, 这种现象在成矿作用中尤其重要。而金矿化是指在地质作用过程中, 金元素从母岩或其他来源通过地球化学迁移, 在一定的地质环境和条件下富集, 并达到经济开采价值的程度, 形成了金矿床或金矿体。金矿化通常与特定的地质构造、岩浆活动、流体活动以及蚀变作用等密切相关。

二者之间有相关性, 主要是蚀变作用可以作为找矿的重要线索之一。这是因为金矿床周围常常伴随有特定类型的蚀变岩石, 如硅化、绿泥石化、绢云母化、碳酸盐化、黄铁矿化等。这些蚀变岩石可能是金矿化过程中热液活动的直接产物或者间接反映成矿环境的变迁。通过对围岩蚀变特征的研究, 可以揭示金矿形成的物理化学条件、流体来源和迁移路径, 从而指导找矿工作, 预测潜在的金矿富集区。

## 3 蚀变类型与金矿化的关系

在金矿床地质学研究中, 蚀变类型与金矿化之间存在

【作者简介】严洪森(1985-), 男, 中国江西赣州人, 工程师, 从事资源勘查研究。

着紧密的联系，不同的蚀变岩石和矿物组合往往标志着特定的热液活动和成矿环境，进而可以推测金矿床存在的可能性和分布特征。比如与金矿床地质学密切相关的硅化、绿泥石化、青磐岩化类型，各种蚀变类型不仅可以指示金矿化作用的具体环境条件，如温度、压力、氧逸度、酸碱度等，还可以通过蚀变矿物组合的空间分布和演变规律，帮助地质学家推测金矿体的埋藏深度、延伸方向以及矿床规模。在实地勘查中，通过识别这些蚀变标志，可以为金矿床的定位和评价提供关键线索。

比如硅化，这是一种在地质作用中，特别是热液活动期间，地下水或熔融物质（热液）与岩石发生化学反应，导致岩石中原有的矿物成分被二氧化硅（ $\text{SiO}_2$ ）所替代或者新增大量的石英矿物，形成石英脉、硅化壳或硅化带。而在金矿化的过程中，硅化作用的重要性体现在：①流体载体功能。富含硅的热液在地下深处循环时，由于其溶解能力较强，可以溶解并携带金以及其他多种金属元素。当这些热液上升到合适的位置，例如遇到地层断层、裂隙或者岩石孔隙结构发生变化的地方，会发生减压和降温，促使溶于热液中的金及其他矿物质从溶液中沉淀出来<sup>[1]</sup>。②作为成矿的环境标志。硅化带的形成通常意味着存在过强的热液活动，这种活动常与大规模的造山运动、地壳深部热源活动或火山活动相关，这些都是有利于金矿床形成的地质背景条件。③矿床定位。含有石英脉的硅化带，往往与金矿化直接关联。这是因为石英脉不仅是热液活动的直接产物，而且也是金颗粒良好的赋存介质。金在石英脉中可以以微细粒度的形式存在，有时与硫化物共生，形成含金硫化物石英脉矿床，或者在氧化条件下，金可以吸附在石英表面或裂隙内（图1），形成自由状态的显微金或包裹金。



图1 金在石英表面附着

#### 4 蚀变作用序列与金矿化阶段

一般而言，金矿床的形成过程中，蚀变作用并非一次性完成，而是随着地质时间的推移和成矿系统的演化呈现出有序的变化。这种变化体现在时间和空间上的蚀变作用序列，它与金矿化阶段有着密切的对应关系。从时间顺序角度分析，蚀变作用序列通常由早期至晚期划分，反映了成矿流体活动的不同阶段。例如，早期可能以硅化、钾长石化等为主，随后可能经历绿泥石化、绢云母化、碳酸盐化等阶段，最后可能发展到褐铁矿化、黄铁矿化等后期蚀变类型<sup>[2]</sup>。这

些蚀变作用的先后顺序揭示了金矿化作用随时间推进的动态变化，例如早期蚀变可能标志着成矿流体的初步渗透和矿化元素的初次富集，而晚期蚀变则可能与矿石最终固化和金的沉淀紧密相关（图2）。

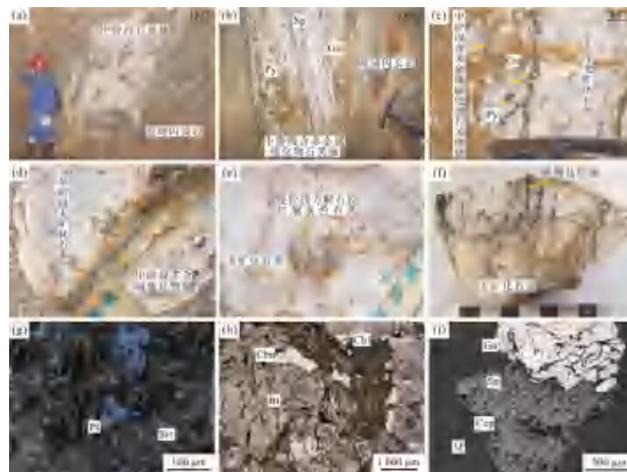


图2 金矿床时空演化不同阶段

从空间分布角度来分析，蚀变作用在空间上的分布具有层次性和分带性。通常会从矿床中心向外，蚀变矿物组合会有明显的更替和分带现象，这与成矿流体的冷却、脱气、化学组分的变化以及与围岩的交互作用密切相关。所以在不同的蚀变阶段中，金的赋存状态和分布也会有所不同。例如，在早期硅化阶段，金可能以微细粒度分散在石英脉中；在硫化物阶段，金可能与黄铁矿、黄铜矿等硫化物矿物共生；而在晚期氧化阶段，则可能转变为氧化状态，与锑砷矿物或自然金等共存。通过研究蚀变矿物的组合、结构以及金的赋存状态，可以推测金矿化发生的阶段性进程。

#### 5 蚀变作用与构造背景的关系

构造背景在金矿床的形成过程中起到决定性的作用，尤其是在蚀变作用和金矿化的发生、发展及分布上，而区域构造背景一般是通过以下几种方式影响金矿床形成的：①大型构造带。在地质学中，大的构造单元如板块边界、造山带、裂谷带等地质构造活动频繁的区域（图3），常常是金矿床富集的热点。这些构造带可以提供丰富的成矿物质来源、适宜的深部热源以及流体迁移的通道，从而促进金矿化作用的发生和发展。具体来讲，就是大型构造带如板块边缘、造山带等区域经常伴随着地壳的强烈活动，如地壳增厚、俯冲碰撞、拆沉等过程，这些过程将地壳深部的富含金属元素的岩石部分带到地壳浅部甚至地表，形成了丰富的成矿物质储备。例如，地壳深部的基性-超基性火成岩带或古老地壳的变质岩带可能富含金等贵金属元素，当这些岩石受到构造抬升或剥蚀时，便成为金矿床的初始物质来源。②断裂系统。特别是那些走向稳定、规模较大的断裂带，是成矿流体上下迁移的主要通道<sup>[3]</sup>。断裂带附近岩石破碎、渗透性增强，使得含金的热液能够沿着断裂面向上运移，并在合适的部位

发生蚀变作用和金矿化。例如，逆冲断层、剪切带等构造可以导致地层挤压变形和破裂，为金矿化提供了有利的空间和动力条件。③构造活动。构造活动改变了地层的原始构造格局，使得某些层位暴露于地表或接近地表，这些位置更容易接受成矿流体的注入和改造，形成蚀变带和金矿床。同时，构造活动也会影响流体的压力和温度场，进而影响金的沉淀和富集。

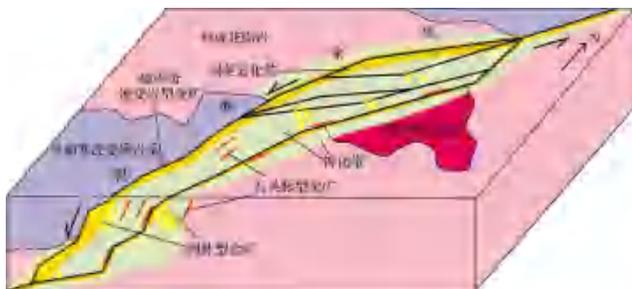


图3 山东胶东金矿床断裂带示意图

## 6 蚀变标志在找矿勘查中的应用

各种明显的蚀变特征作为找矿勘察中的明显标志，是指示地下矿床存在的直接或间接证据，通过对蚀变特征的研究，地质学家和勘查人员可以建立找矿模型，设计针对性的勘查技术路线，并采用一系列现代勘查手段来发现和定位潜在矿床。

针对蚀变标志可以采取不同的调查方法：①地表蚀变异常调查。技术人员在实地勘查阶段，地表蚀变标志是最直观的找矿线索。例如，硅化、绢云母化、赤铁矿化、青磐岩化等蚀变类型的出现，尤其是它们的分带性和对称性，可以反映出矿化热液活动的方向和强度，从而帮助确定矿体的大致位置和深度。例如，在铀矿勘查中，红色化和硅化常被视为重要找矿标志，而在金矿勘查中，石英脉的出现以及与其相伴生的各种蚀变现象（如硅化、绿泥石化、黄铁矿化等）是寻找金矿床的重要依据。②遥感解译技术。GIS 地理信息技术、远程遥感等数字化技术为地质勘查工作带来了极大的影响，也成了现代地质学研究中的重要手段，可以将此类技术运用到蚀变标志的识别工作中。如利用卫星遥感图像，可

以探测到地表的微小颜色变化、植被异常、土壤覆盖变化等，这些往往是地下蚀变的直接表现。例如，使用多光谱和高光谱遥感数据，能够识别出与矿化蚀变相关的矿物信息，如蚀变矿物引起的地表反射率变化、红外辐射特性的差异等，从而圈定蚀变带和可能的矿化热点区域。③地球物理与地球化学勘查。基于蚀变标志，勘查人员会选择适当的地球物理勘查方法，如磁法、电磁法、放射性测量等，以检测蚀变岩石的物理属性变化，如密度、磁性、电导率等与矿化蚀变相关的异常。此外，地球化学勘查，如土壤地球化学、水系沉积物地球化学、地气测量等，可以检测到蚀变作用带来的地表和地下化学成分的改变，这些异常值可能是矿床存在的间接证据。

具体应用：①铜矿勘查中，通过遥感影像发现青磐岩化、绢云母化等蚀变矿物分布区，然后结合地面验证，可以圈定铜矿化蚀变带，并在此基础上布置钻探工程；②金矿勘查中，利用航磁异常结合地表硅化带的分布特征，可以准确预测金矿床的可能埋深和延伸方向；③铀矿勘查中，通过对遥感数据的解译发现红色化蚀变区，并结合放射性地球化学勘查，如伽马能谱测量等，确认是否存在与铀矿化相关的放射性异常。

## 7 结语

基于蚀变作用与金矿化的密切关系，地质学家和矿产勘查人员通过观察和分析地表出露的蚀变岩石类型、分布范围、蚀变强度及其与构造的关系等，结合地球物理探测、地球化学勘查等多种手段，来判断是否存在金矿床的可能性。通过对蚀变分带规律的总结，可以建立有效的找矿模型，指导矿产勘查工作，提高金矿床发现的成功率。

## 参考文献

- [1] 盛顺超,张其凯,李洪豪,等.辽宁省北山金矿地质特征与找矿标志研究[J].冶金与材料,2023,43(9):156-158.
- [2] 李杰,王龙,祁忠旭,等.新疆某围岩蚀变型含泥金矿选矿试验[J].有色金属工程,2023,13(8):94-101.
- [3] 张琪彬,丁正江,邱昆峰,等.焦家式蚀变岩型金矿床热液蚀变成因:磷灰石矿物学、年代学和地球化学约束[J].岩石学报,2023,39(2):411-431.