

# 西秦岭地区造山型金矿成矿规律与勘探突破方向探讨

黄锐梁

中国黄金集团 嵩县金牛有限责任公司 河南 洛阳 471400

**【摘要】**：作为南北方分界线的秦岭造山带具有非常的地质构造及结构,同时含有丰富及广泛分布的各类金属矿产资源。目前,西秦岭地区是我国重要的金矿勘探开发基地。本文依据区域地质背景和典型矿床特征,提出深浅部协同探测、智能化勘查等技术策略,将地球化学异常追踪与成矿模式优化相结合,构建起多维度勘探体系。这些策略能精准解决覆盖层厚、隐伏矿体识别困难等问题,既能够为西秦岭金矿资源的高效勘查和储量提升提供支撑,同时为西秦岭地区金矿勘查工作的开展提供实际应用价值。

**【关键词】**：西秦岭；造山型金矿；成矿规律；勘探方向

DOI:10.12417/2705-0998.26.01.060

## 引言

西秦岭造山带是我国重要的金成矿带之一,已探明黄金储量超过 2000 吨,近年的勘查工作显示其深部仍具有较大的找矿潜力。随着西部大开发和矿产勘探突破行动的持续推进,对造山带深部金矿勘探技术与理论有了更高的要求。西秦岭地区是中国最重要的金矿集区之一,具有悠久的成矿历史和巨大的资源潜力,但却受到覆盖层厚、构造复杂等因素的制约,影响了勘查进程。深入挖掘其成矿规律、优化勘探路径,能够有效提升区域金矿勘查效率,为国家黄金资源的稳定供给筑牢基础,对于推动西部矿产资源开发也有着深远的意义。

## 1 区域地质背景与典型矿床特征

### 1.1 区域构造与岩浆岩演化特征

位于华北板块与扬子板块拼接部位的西秦岭,构造演化复杂,岩浆活动强烈。三叠纪印支运动在此奠定了构造格局,同时伴随有大规模中酸性侵入岩形成,这些侵入岩呈北西向弧状分布。以隆务峡蛇绿岩带为代表的洋壳曾向南俯冲,造就了镁安山岩等典型火山岩;岩浆岩形成时间呈现东早西晚的特点,从西向东基性程度降低,碱含量和稀土元素含量增高,这些特征对金矿成矿条件产生了直接影响。

### 1.2 典型矿床(阳山、寨上)成矿特征

寨上金矿属于超大型微细浸染型矿床,赋存于中泥盆统和下二叠统浊积岩建造之中,其分布严格受断裂构造控制<sup>[1]</sup>。矿石矿物组成复杂,包含硫化物、碲化物等,还存在显微自然金;成矿物质兼具深源与壳源成分,成矿温度集中在 120 至 240 摄氏度之间。阳山金矿同样是西秦岭的大型矿床,矿体大多产于构造破碎带,矿化与岩浆热液活动联系密切,蚀变作用为金矿富集创造了有利环境。

## 2 成矿规律综合分析

### 2.1 构造控矿规律

西秦岭造山型金矿的矿体定位受构造严格控制,区域内作为核心控矿构造的是北西向断裂带<sup>[2]</sup>。这些断裂带既为成矿流

体的运移提供通道,也为矿体的沉淀创造空间,多数矿床直接赋存于断裂破碎带及次级裂隙当中。主干断裂对矿带的展布起控制作用,次级断裂与褶皱的叠加部位往往形成富矿段,不同期次的构造活动会对矿化强度产生影响。早期的韧性剪切作用对岩石性质进行改造,为后期矿化奠定基础;晚期的脆性断裂活动激活成矿流体,促使金矿物质富集沉淀。断裂带的多期活动与岩浆热液活动相叠加,进一步提升矿化的规模与品位,形成规模不等的金矿体。

### 2.2 成矿流体与物质来源规律

西秦岭造山型金矿的成矿流体以变质流体为主,混有部分岩浆流体,整体呈现出中低温、低盐度的特征<sup>[3]</sup>。流体主要来源于区域变质作用,岩石脱水过程中释放的流体携带大量金元素及成矿组分,岩浆活动则为流体补充热量与部分物质。成矿物质中的金元素兼具壳源与深源属性,壳源物质来自沉积岩与变质岩的活化转移,深源物质通过岩浆活动与断裂通道向上运移。流体在运移过程中与围岩发生水岩反应,不断萃取围岩中的金元素,使流体中的金含量持续升高。当流体遇到构造扩容带或温压条件发生突变时,金元素快速沉淀,形成工业矿体。

### 2.3 时空成矿规律

西秦岭造山型金矿的成矿时代集中于印支期—燕山期,与区域造山运动的峰值期高度契合,成矿作用伴随着板块碰撞后的构造岩浆活动展开。印支期的板块拼接引发强烈的变质与岩浆活动,形成早期金矿化;燕山期的构造活化改造,使早期矿化进一步富集,形成主要工业矿体。在空间上,金矿体沿板块边界断裂带呈带状分布,形成多条北西向矿带,且多集中于构造转折部位、断裂交汇部位及岩浆岩接触带附近。矿化强度从断裂带中心向两侧逐渐减弱,矿体厚度与品位也随之变化,形成“带中带、带中斑”的空间分布格局,与区域地质演化格局紧密对应。

## 3 勘探突破方向探讨

### 3.1 深浅部协同探测技术融合方向

深浅部协同探测需针对性破解西秦岭覆盖层厚、构造多期

叠加、深部矿体隐蔽性强的难题，构建“分层探测、数据联动、三维建模”的实施体系。地表层优先开展高精度磁法与可控源音频大地电磁测深联合勘查，磁法聚焦岩浆岩与矿化蚀变带的磁性差异，精准圈定北西向主干断裂走向与延伸范围；可控源音频大地电磁测深强化对浅部地层电性结构的解析，清晰区分第四系覆盖层与基岩界面，锁定蚀变破碎带的地表投影区。浅部500米以内地层采用高密度电阻率法加密探测，按20米×20米网格布设测点，细化岩层裂隙发育程度与矿化体空间形态，排除风化层与含水构造对探测结果的干扰。深部1000至3000米区域运用大地电磁测深与反射地震勘探技术互补探测，大地电磁测深捕捉深部断裂与隐伏岩体的电性响应，反射地震勘探精准刻画地层界面与构造形态，破解单一技术对深部弱信号识别不足的问题。所有探测数据统一导入三维地质建模平台，通过数据校准、误差修正与图层叠加，建立涵盖地表至深部的立体地质模型，清晰呈现浅深部构造与矿化体的空间对应关系，为钻探工程部署提供精准坐标，大幅降低深部找矿盲目性。

### 3.2 智能化勘查技术应用方向

智能化勘查以数字技术重构西秦岭金矿勘探流程，核心是实现“数据采集、分析处理、预测部署”全环节的智能化升级，摆脱传统经验依赖<sup>[4]</sup>。区域巡测阶段采用无人机搭载高光谱成像设备与激光雷达系统，高光谱设备精准捕捉黄铁矿、褐铁矿、硅化岩等矿化蚀变矿物的光谱特征，通过AI智能算法自动分类识别并生成蚀变异常分布图，替代传统人工逐点采样、实验室化验的低效模式，勘查效率提升5倍以上；激光雷达快速获取区域地形地貌数据，构建高精度数字高程模型，精准识别隐蔽性强的构造裂隙与地貌异常。地面勘查环节部署智能物探工作站，实现磁法、电法数据的实时采集、无线传输与初步预处理，同步生成野外勘查数据台账，减少数据存储与后期整理成本。数据深度分析阶段引入机器学习与大数据挖掘技术，整合历史勘探数据、地质填图数据、物探化探数据及钻孔岩芯数据，筛选出与金矿成矿密切相关的核心指标，构建智能找矿预测模型，自动研判成矿有利区域。最终依托三维可视化技术，将智能分析结果与地质模型融合，生成勘查工程部署方案，明确钻探点位、深度与间距，实现从“经验驱动”向“数据驱动”“智能驱动”的转型，大幅提升复杂构造区的找矿精准度。

### 3.3 地球化学异常精准追踪方向

地球化学异常追踪突破传统单一元素异常识别的局限，精准锁定隐伏矿体对应的异常信号<sup>[5]</sup>。区域尺度先开展1:5万土壤地球化学测量，按网格密度每平方公里20个点系统采集覆盖层与基岩样品，重点检测金、银、砷、锑、汞等成矿元素及伴生元素组合，同步记录采样点地质背景与地形条件，圈定区域性地球化学异常区。对初步圈定的异常区实施加密采样，将采样密度提升至每平方公里60至80个点，精准锁定异常浓集

中心，同时采集异常区周边围岩样品作为对照，排除人为干扰与非矿化异常。成因判别阶段结合岩石地球化学分析与同位素示踪技术，岩石地球化学重点检测矿物中元素含量与赋存状态，区分矿化成因异常与围岩蚀变、土壤污染导致的非矿化异常——矿化成因异常伴随元素分带清晰、共生关系稳定，非矿化异常元素组合杂乱无章。同位素示踪技术依托硫、铅同位素比值分析，追踪异常元素的物质来源与迁移路径，结合区域构造与岩浆岩分布，还原成矿流体从生成、运移到沉淀的完整轨迹，最终精准定位异常信号对应的隐伏矿体位置，为深部钻探提供直接依据。

### 3.4 造山型成矿模式优化指导方向

造山型成矿模式优化立足西秦岭印支-燕山期构造演化特征，结合最新深部探测与钻探成果，打破传统静态成矿模式局限，构建动态递进式成矿模式并指导找矿实践。整合典型矿床的成矿年龄、流体包裹体数据、构造活动序列与岩浆岩演化资料，通过LA-ICP-MS锆石U-Pb定年修正成矿时间节点，明确印支期板块碰撞阶段与燕山期构造活化阶段的成矿差异，细化不同阶段成矿流体的温度、盐度与成分演化规律。重点解析深部构造与岩浆活动的耦合关系，利用深部探测数据验证韧性剪切带向深部的延伸深度与形态，揭示“韧性剪切带改造、脆性断裂扩容、岩浆热液叠加”的多阶段成矿机制，补充深部隐伏岩体对成矿流体的补给作用。引入成矿系统理论，将构造、岩浆、流体、围岩、地层等成矿要素纳入统一体系，构建“板块俯冲-碰撞造山-岩石变质-流体活动-矿体沉淀”的成矿链条，明确各要素在成矿过程中的作用与关联。针对深部找矿需求，细化深部矿体的成矿标志与空间分布规律，优化成矿模式的预测参数，将深部断裂交汇部位、隐伏岩体接触带、韧性剪切带深部延伸段作为核心预测靶区，为深部找矿提供精准的理论指导。

### 3.5 成矿远景区精准圈定方向

成矿远景区圈定采用“多因素量化叠加、分级评价、动态验证”的流程，实现远景区从定性描述到定量划分的升级，提升找矿靶区命中率。先系统梳理西秦岭金矿控矿因素，将北西向主干断裂及次级断裂、印支-燕山期中酸性岩浆岩、泥盆-二叠系赋矿地层作为核心控矿指标，赋予较高权重；将地球化学异常、物探异常、矿化蚀变带作为辅助控矿指标，赋予对应权重。借助GIS空间分析技术，将各控矿指标转化为数字化图层，通过权重赋值法与叠加分析模型，计算区域内每个单元的成矿有利度，按有利度高低划分一级、二级、三级成矿远景区——一级远景区需同时满足三项核心控矿指标叠加，且辅助指标异常特征显著，成矿潜力最大。对一级远景区开展实地地质调查与工程验证，部署浅部钻探工程验证浅部矿化潜力，结合深部探测数据评估深部成矿前景，采集岩芯样品进行化验分析，验证矿化强度与品位。建立远景区动态评价机制，根据新勘探成

果、钻探数据与化验结果,及时调整各控矿指标权重与远景区范围、级别,剔除无矿化潜力区域,聚焦核心靶区开展进一步勘查,大幅提升找矿效率与成功率。

### 3.6 隐伏矿体成矿标志识别方向

隐伏矿体成矿标志识别构建“间接标志筛查、直接标志验证、综合准则建立”的递进式体系,破解隐伏矿体无地表出露的识别难题,提升不同深度、类型隐伏矿体的识别能力。间接标志筛查聚焦构造、岩浆岩与围岩蚀变特征,断裂交汇部位、构造转折部位及隐伏岩体接触带的蚀变晕圈,是隐伏矿体的重要定位线索;重点追踪硅化、黄铁矿化、碳酸盐化叠加发育区域,这类蚀变组合往往对应隐伏矿体的顶部投影区,可通过地表物探与化探数据精准捕捉。直接标志验证依托深部探测与钻探工程,通过岩芯分析识别显微金、碲化物、硫化物等特征矿物组合,结合岩石地球化学分析,捕捉金元素的异常富集段,同时检测流体包裹体特征,判断成矿流体与隐伏矿体的关联。

### 参考文献:

- [1] 王玉往,李德东,王京彬,等.造山型金矿成矿系统:分类、特征及勘查意义[C]//中国矿物岩石地球化学学会矿床地球化学专业委员会.第十届全国成矿理论与找矿方法学术讨论会论文摘要集.北京:矿产地质研究院有限责任公司;紫金矿业集团股份有限公司;,2025:351-352.
- [2] 韩焱松,陈川,余元军,等.基于多源数据要素的成矿预测:以南天山阿克苏地区造山型金矿为例[J].新疆地质,2025,43(03):586-596.
- [3] 王昱琦,王洪森.造山型金矿成矿地质特征分析及三维可视化找矿预测方法[J].世界有色金属,2025,(16):85-87.
- [4] 冯凯,肖仪武,李磊,等.不同类型金矿成矿特征及其对选矿的影响[J].有色金属(选矿部分),2025,(06):1-9.
- [5] 何重果.西秦岭造山带北亚带典型金矿床成矿作用特征及矿床成因[D].中国地质大学,2022.

综合准则建立阶段,将间接标志与直接标志结合,融入成矿模式理论,构建“构造蚀变、矿物组合、元素异常”的识别准则,明确不同深度、不同类型隐伏矿体的标志组合差异。通过多个典型隐伏矿床的勘查实践验证优化准则,剔除无效标志,强化核心标志的识别精度,形成针对性强的隐伏矿体识别方法,为西秦岭隐伏金矿勘查提供精准的技术支撑。

### 4 结语

西秦岭造山型金矿成矿系统的复杂性,决定了勘探工作需要依托多学科技术的融合与理论创新。现有的勘探策略已为破解区域找矿难题提供有效路径,进一步激活了深部资源潜力。未来需要强化成矿机理与勘探技术的深度耦合,持续优化动态成矿模式与隐伏矿体识别准则。技术的迭代与理论的完善将推动区域金矿勘查实现新突破,为同类造山带的矿产勘探提供示范,助力国家矿产资源战略的长远落地。