

## 四川阿西金矿矿床地质特征及找矿模型

宋焕霞<sup>1</sup> 景明<sup>1</sup> 赵桂军<sup>1</sup> 陶亦冶<sup>1</sup> 文锦明<sup>2</sup>

(1.国土资源实物地质资料中心,河北 燕郊 065201; 2.四川川西北地质队,四川 成都 610081)

**摘要** 阿西金矿的找矿主攻矿种经历了从铁到铜再到金的反复过程,在找矿过程中通过对实物地质资料进行二次开发利用,将前期获得的岩芯和副样进行重新测试分析,发现了该矿床有进一步的工作前景。随着勘查工作的不断深入,预测矿区金金属资源总量达到56 t。在对区内大量勘探资料深入分析的基础上,结合野外地质调查成果,首先对矿体特征、矿石特征、围岩蚀变特征、成矿地质特征以及矿床成因进行了详细分析;然后结合该矿床开发利用前期勘查工作取得的实物地质资料,开展地质条件组合控矿研究,根据各类找矿信息和方法手段,建立了新的找矿模型,并运用于找矿实践,在区内取得了较理想的找矿突破。上述研究成果表明:对矿区实物地质资料进行二次开发利用,是实现找矿突破的有效途径。

**关键词** 矿床地质特征 矿床成因 找矿模型 实物地质资料 二次开发利用 找矿突破

**中图分类号** P611 P612 **文献标志码** A **文章编号** 1001-1250(2016)-01-114-04

### Geological Characteristics and Prospecting Model of Axi Gold Deposit Sichuan Province

Song Huanxia<sup>1</sup> Jing Ming<sup>1</sup> Zhao Guijun<sup>1</sup> Tao Yiye<sup>1</sup> Wen Jinming<sup>2</sup>

(1. National Resources Geological Sample Center, Yanjiao 065201, China;

2. Northwest Sichuan Geological Team, Chengdu 610081, China)

**Abstract** The prospecting work of Axi gold mine is developed from nothing, the main minerals of Axi gold mine is experienced the repetitive process of Fe to Cu, and then from Cu to Au. The geological material data of the mining area is conducted secondary exploitation and utilization in the process of prospecting, the geological material data such as core samples and sub-samples that are obtained in the early stage of prospecting work in the mining area are tested and analyzed again, it is indicated that the deposit in mining area has further prospecting potential. With the deepening of prospecting exploration work, it is predicted that the Au material resources amounted to 56 t. Based on analyzing a large amount of exploration data of the mining area in depth, combining with field geological investigation results, the ore-bodies characteristics, ores characteristics, wall rock alteration characteristics, ore-forming geological characteristics and ore deposit genesis are studied in depth; then, combining with geological material data that obtained by the former geological exploration work in the mining area, the combination of ore-controlling geological conditions is studied, according to the all kinds of prospecting informations and prospecting methods, the new prospecting model of the mining area is established, and it is applied to the ore-prospecting practice, some ideal prospecting breakthroughs in the mining area are obtained. The above research results show that the secondary exploitation and utilization of the geological material data is the effective way of making prospecting breakthrough.

**Keywords** Ore deposit geological characteristics, Ore deposit genesis, Prospecting model, Geological material data, Secondary exploitation and utilization, Prospecting breakthrough

阿西金矿地处川甘陕“金三角”成矿集中区,区内最重要的金矿源层和赋矿层为中三叠统。矿床主要成矿环境为半深海斜坡环境,其形成基本与该区地质构造演化特征一致,经历了沉积—成岩—富集—成矿的复杂演化过程,是多层次、多阶段、多因素共同结合与相互作用的产物。阿西金矿在找矿历程中,对前

期勘查获取的钻孔实物地质资料(岩(矿)芯标本、光薄片、岩屑等实物及相关的配套资料和信息)的二次开发起到了关键作用<sup>[1]</sup>。本研究在详细分析区内矿床地质特征的基础上,构建新的找矿模型,以进一步指导区内找矿工作。

收稿日期 2015-11-04

基金项目 中国地质调查局地质矿产调查评价专项(编号:12120114086701)。

作者简介 宋焕霞(1960—),女,高级工程师。

## 1 区域地质背景

阿西金矿主要位于扬子、印度、华北三大构造板块汇聚形成的“倒三角形”构造区内,属南秦岭推覆造山带与巴颜喀拉推覆造山带的复合部位。区内出露地层主要有震旦系一新近系,其中,寒武系太阳顶群,下志留统硅泥岩建造,下泥盆统、上石炭统和三叠系下统白云岩为主要赋矿层位和金矿源层<sup>[2]</sup>。区内发育的地层除第四系外,主要为三叠系中统扎尕山组浊流相碎屑岩和碳酸盐岩建造。阿西金矿主要产于中三叠统扎尕山组第三、四段的碎屑岩和碳酸盐岩中,赋存于闪长岩体内、外接触带中,受NW向断裂带控制<sup>[3]</sup>。金矿(化)带的形成与闪长岩体有密切关系,阿西金矿最重要的金矿体产于该岩体的外接触带围岩构造破碎带中。矿体形态以脉状、似层状及透镜状为主,矿化相对均匀,矿床品位及矿体厚度变化较小<sup>[4]</sup>。金矿化主要与硅化、碳酸盐化、黄铁矿化及黄铜矿化关系密切。中—酸性岩浆活动与断裂构造是矿床形成的先决条件,矿床成因为岩浆及(期后)热液改造型矿床<sup>[5]</sup>。区内发育的褶皱构造主要为萨纳隆断褶带和达果构造—岩浆带的组成部分,其中,主要有求让破向斜、科隆破背斜和热尔木复背斜。区内岩浆岩较发育,主要由晚印支期—燕山期中—酸性岩体组成,多以超浅成相岩脉和浅成相岩株状为主<sup>[6]</sup>。其中,求让岩体和达果岩体规模较大,侵位于中三叠统扎尕山地层中,大致呈微斜交或顺地层的侵入接触关系。岩体的期次主要为黑云母闪长岩和石英闪长岩,岩体和围岩均发生了不同程度的蚀变作用,均显示了区内闪长岩与金矿化的密切关系。区内广泛出露的三叠系地层均经历了变质作用,主要表现为区域变质、接触变质以及动力变质作用,因而形成了低温低压的区域变质岩。

## 2 矿床地质特征

### 2.1 矿体特征

(1) I<sup>#</sup>金矿化带。主要位于矿区北西部,主要依据土壤金次生晕和少量探槽圈定。矿化带长约600 m,宽2~10 m,在地表呈断续分布,主要沿求让岩体的北东侧呈NW向展布,并伴有铁、铜矿化现象。截至目前,带内已圈出了2个金矿体,平均品位 $(2.03\sim 2.70)\times 10^{-6}$ ,出露长度148~289 m,平均厚0.63~1.31 m。

(2) II<sup>#</sup>金矿化带。基本与I<sup>#</sup>矿化带平行展布,位于求让岩体西南侧,为阿西金矿区的主要金矿化带,矿化带不连续,长约960 m,宽10~100 m。地表

或矿化带内已圈出了钻孔控制延深超过400 m的2个金矿体。阿西金矿区的主要工业储量和主矿体均集中分布于该矿化带内。

(3) II-1<sup>#</sup>矿体。主要赋存于岩体外接触带围岩构造破碎带中,多呈脉状产出,矿体长约930 m,延伸约300 m,矿体向深部变陡至80°以上,局部出现反倾现象,矿体深部形态多为似层豆荚状,平均品位 $12.78\times 10^{-6}$ ,平均厚2.48 m,一般为0.93~8.86 m。含矿岩石主要有角砾状、块状和条带状等3类,主要为交代(硅化)石英岩和强烈硅化的变石英砂岩。

(4) II-5<sup>#</sup>矿体。为赋存于岩体与围岩接触带内的主要金矿体,由于受围岩产状和岩体侵入界面弯曲程度的共同影响,矿体多呈透镜状或不规则囊状产出。矿体长约870 m,延伸约320 m,向深部延伸变陡,至80°以上时基本近于垂直状态,甚至在局部出现反倾现象。矿体在深部的形态主要为似层豆荚状,沿走向矿体出现较明显的膨缩,并伴有分支或复合现象。矿体平均品位 $4.46\times 10^{-6}$ ,平均厚2.49 m,一般为0.81~9.12,属厚度稳定、品位均匀的矿体类型<sup>[1]</sup>。

(5) III<sup>#</sup>金矿化带。位于矿区南东部,主要发育于II<sup>#</sup>矿化带的东南延伸方向,以F<sub>4</sub>左旋平移断层和无矿地段组成为主。该带内地表已圈出了1个金矿体,深部1个盲矿体。矿体地表出露长度约180 m,厚0.81~1.94 m,矿体Au平均品位 $(1.47\sim 1.86)\times 10^{-6}$ ;深部盲矿体倾向延伸长度约210 m,厚3.21~4.08 m,Au平均品位 $(1.20\sim 5.30)\times 10^{-6}$ 。

### 2.2 矿石特征

该矿由于受岩浆热液作用的影响,形成了一套以石英岩、长英角岩、大理岩、砂卡岩为主的接触交代变质岩。矿石矿物成分较简单,以毒砂、辉锑矿、黄铁矿为主要金属矿物,金属矿物的质量分数较小。脉石矿物主要由石英和方解石构成,此外还有石榴石、重晶石、长石、绢云母、锆石、电气石、帘石等。金矿物的主要成分以含银自然金和自然金为主。金矿物的粒度较细小<sup>[7]</sup>,其中,粗粒金、中粒金、细粒金、微粒金的质量分数分别为2.28%、14.29%、21.69%、61.74%。以包裹金和粒间金为金矿物的主要赋存状态,质量分数分别为45.40%、35.85%。该金矿矿石主要构造有网脉状构造、蜂窝状构造、角砾状构造、细脉状构造、不规则浸染状构造、浸染状构造等。矿石结构主要为连生结构、浸染状他形粒状结构、胶状结构、包含结构、自形晶结构、假像结构、压碎结构、镶嵌粒状结构、他形晶结构等。

### 2.3 围岩蚀变特征

在内外接触带中发育的与金矿关系密切的蚀变作用和蚀变岩石的主要影响因素是岩浆期之后的气-热液作用。在内接触带中,闪长岩或黑云母闪长岩出现大量高岭土化、褐铁矿化、绿帘石化和绿泥石化;在外接触带中,由于围岩受到富硅热液的影响发生交代作用,出现了强烈的碳酸盐化和硅化蚀变,形成了碳酸盐化和硅化蚀变岩,如蚀变石英闪长岩、硅化石英角岩及硅化灰岩等,与很多金矿床类似<sup>[8-9]</sup>。此外,局部还发生了黄铜矿化、黄铁矿化、绢云母化等蚀变岩。在该类蚀变岩中,常常伴生出现一些自然金、铜矿、黄铁矿、赤铁矿等金属矿化现象。

### 2.4 成矿地质条件

该区域的三叠统扎尕山组中的一套区域浅变质岩系是阿西金矿区的主要出露地层,其第三、四岩性段为主要的赋矿层位。金矿体主要形成于印支晚期-燕山早期的浅成相中-酸性岩浆侵入岩接触带及围岩中,主要受岩体内外接触带的断裂及裂隙构造破碎带的控制,区内 NW 向主干断裂对金矿化带的形成起到了主要控制作用,是金成矿的前提条件<sup>[10]</sup>。岩浆的侵位活动不仅为金矿的形成提供了热源和矿源,而且还控制了矿床形成的空间位置。岩浆活动是区内发生金矿化的主要影响因素。阿西金矿的成矿经历了以热液期为主,热液期与表生期相互迭加的过程,金矿物多呈次显微金状,多混入在毒砂、辉锑矿、黄铁矿等矿物中,经石英包裹体均一法测定,热液期的成矿温度为 133~239℃。在该矿床的氧化矿石中常发现含明金,经推断,可能为经表生改造的载金矿物逐渐聚积的结果。

### 2.5 矿床成因

阿西金矿床的形成是在早期形成的矽卡型铜金矿化之上叠加了中-上部以岩浆期后的热液作用形成的硅化石英岩金矿化而构成的特殊矿床类型。成矿过程历经了晚岩浆期、晚岩浆-热液过渡期、岩浆期后热液期等不同的成矿期和成矿阶段。因此,阿西金矿成因类型为岩浆及热液改造型矿床<sup>[2-3]</sup>。

### 3 找矿模型

基于“地质条件组合控矿”的基本找矿思路,通过对前期地质工作获得的实物资料进行重新分析,并对关键的控矿因素、重要地质构造的关系、矿床的时空分布规律、成矿模式<sup>[11-14]</sup>进行深入研究,对矿化信息进行提取,依据不同类型的成矿信息和勘探方法,建立了新的阿西金矿床找矿模型,见表 1。

表 1 阿西金矿床找矿模型<sup>[15-17]</sup>

Table 1 Prospecting model of Axi gold deposit

找矿标志	特 征
区域构造	位于川甘陕“金三角”成矿区内,东西部分别与诺尔盖中间地块与南坪褶皱等构造单元相接,北部与西秦岭复合造山带的白龙江推覆构造带相临。
区域地层	中三叠统一扎尕山组。
成矿时代	燕山晚期-喜马拉雅早期。
含矿母岩	主要为石英闪长岩。
含矿围岩	以变质砂岩、变质粉砂岩、火山质碎屑岩及火山硅质岩、板岩为主。
找矿标志	地表直接可见辉锑矿、黄铁矿、毒砂等多金属硫化物等标志。
遥感特征	环形影像显示有隐伏岩体和热隆构造,其中热隆构造主要为岩浆、热液、蚀变等的环形集合体。
区域重力场	零值线偏正异常。
地球化学特征	矿区内的富集型元素为 As、Sb、Pb、Au、Zn、W、Sn, Sb 变异系数较大,达 2.24; 贫乏元素为 Au、Ag、Hg、Cu、Ni、Mo、Au, 具较高的分异强度,变异系数大多大于 1.5,说明 Au、Sb 具有较强的后期改造富集作用,具有形成工业矿床的有利条件,As 是金矿床重要的找矿指标。
岩浆岩	主要为钙碱性系列闪长岩,区内闪长岩属壳幔型和硅铝质地壳过渡区或硅铝质壳型岩浆岩区,总体属中深成相侵入体。
围岩蚀变	主要为矽卡岩化、硅化、褐(赤)铁矿化、多金属硫化物化、碳酸盐化、绿帘石化、高岭石化及黏土化。
矿床成因	主要与石英闪长岩和含矿热液渗透交代作用及构造演化有关。
矿床类型	属构造岩浆热液接触交代型金矿。

### 4 结 语

实物地质资料具有客观性,是研究地质找矿、地学问题、矿产资源勘查的第一手资料。在对阿西金矿床地质特征详细分析的基础上,对区内已有的实物地质资料进行了深入研究,建立了新的找矿模型,对于降低勘探成本,提高找矿效率有一定的参考价值。

#### 参 考 文 献

[1] 邓吉牛.地质资料二次开发在矿山找矿中的作用[J].有色金属矿产与勘查,1999(6):626-632.  
Deng Jiniu.The role of geological data in mine secondary development [J].Nonferrous Metals Mineral Resources and Exploration, 1999(6):626-632.

[2] 何虹,文锦明.四川若尔盖阿西金矿岩石学及岩石地球化学特征[J].沉积与特提斯地质,2002,22(2):80-90.  
He Hong,Wen Jinming.Petrology and petrogeochemistry of the Axi gold deposit Zoige Area,Sichuan Province[J].Sedimentary Geology and Tethyan Geology,2002,22(2):80-90.

[3] 李良辞,吕和建,张才森,等.四川若尔盖阿西金矿床地质特征及成因浅析[J].吉林地质,2013,23(1):26-31.  
Li Liangci,Lu Hejian,Zhang Caisen,et al.Primary study on geological features and genesis of Axi gold deposit in Zoige Area,Sichuan Province[J].Jilin Geology,2013,23(1):26-31.

[4] 任广智,高永军.四川若尔盖阿西金矿床地质特征及成因探讨

- [J].黄金,2010,31(9):21-25.  
Ren Guangzhi ,Gao Yongjun.Geological characteristics and genesis of Axi gold deposit in Zoige Area ,Sichuan Province [J].Gold,2010,31(9):21-25.
- [5] 滕彦国.阿西金矿床流体成矿的地球化学示踪研究[J].贵金属地质,1999(2):104-109.  
Teng Yanguo.Study of geochemical tracing on fluid ore forming in Axi gold deposit [J].Journal of Precious Metallic Geology,1999(2):104-109.
- [6] 周兵,张成江.川西北阿西金矿床找矿模型研究[J].现代矿业,2010(6):21-26.  
Zhou Bing ,Zhang Chengjiang.Research on ore-prospecting model of Axi gold deposit ,Northwestern Sichuan Province [J].Modern Mining,2010(6):21-26.
- [7] 高永军,任广智,冀炳信,等.四川阿西金矿床金矿物特征研究[J].黄金科学技术,2011,19(2):8-12.  
Gao Yongjun ,Ren Guangzhi ,Ji Bingxin ,et al.Research on characteristics of gold minerals of Axi gold deposit ,Sichuan Province [J].Gold Science and Technology,2011,19(2):8-12.
- [8] 王登红,应立娟,唐菊兴,等.与角岩有关的矿床主要类型及其对深部找矿的意义[J].地球科学与环境学报,2011,33(2):221-229.  
Wang Denghong ,Ying Lijuan ,Tang Juxing ,et al.Major type of hornfels-related deposits and application for deep prospecting [J].Journal of Earth Science and Environment,2011,33(2):221-229.
- [9] 杨猛,王居里,王建其.新疆望峰金矿区成矿流体的Si同位素示踪研究及其成矿意义[J].矿床地质,2015,34(2):352-360.  
Yang Meng ,Wang Juli ,Wang Jianqi.Study of Si isotopic tracing of ore-forming fluid in Wangfeng gold orefield and its mineralization significance [J].Mineral Deposits,2015,34(2):352-360.
- [10] 张均,张晓军,廖群安.川西北地区金成矿的构造-岩浆控制[J].黄金,2006,21(6):1-5.  
Zhang Jun ,Zhang Xiangjun ,Liao Qun'an.Structure-magma control of gold mineralization in Northwest Sichuan Province [J].Gold,2006,21(6):1-5.
- [11] 张西平.隐伏矿床地球化学异常评价的思路与方法[J].有色金属矿产与勘查,1997(5):283-285.  
Zhang Xiping.Appraisal of geochemical anomalies for prospecting of large sized concealed deposits [J].Nonferrous Metals Mineral Resources and Exploration,1997(5):283-285.
- [12] 王世称,叶水盛.综合信息成矿系列预测专家系统模型[M].长春:长春出版社,1999.  
Wang Shicheng ,Ye Shuisheng.Model System of Comprehensive Prognosis [M].Changchun: Changchun Publishing House,1999.
- [13] 翟裕生.论成矿系统[J].地学前缘,1999(1):13-27.  
Zhai Yusheng.Discussion on the metallogenic system [J].Earth Science Frontiers,1999(1):13-27.
- [14] 彭省临,邵拥军.隐伏矿体定位预测研究现状及发展趋势[J].大地构造与成矿学,2001,25(3):329-334.  
Peng Shenglin ,Shao Yongjun.Present research situation and trends of prognosis for concealed orebody [J].Geotectonica et Metallogenia,2001,25(3):329-334.
- [15] 杨泉宁,徐明钻,陈峰,等.与侵入岩有关的金矿成矿体系中Au与成矿伴生元素相关关系研究[J].地质学刊,2015,39(1):7-12.  
Yang Quanning ,Xu Mingzuan ,Chen Feng ,et al.Correlations between gold and other ore-forming elements in intrusion-related gold metallogenic system [J].Journal of Geology,2015,39(1):7-12.
- [16] 唐文春,朱汇派.新康猫金矿床热液矿物微量元素地球化学特征及成因探讨[J].矿物岩石,2008(4):64-70.  
Tang Wenchun ,Zhu Huipai.Geochemical characteristics and genesis of trace-elements in epithermal minerals from the Xinkangmao gold deposit [J].Journal of Mineralogy and Petrology,2008(4):64-70.
- [17] 李逸凡,李洪奎,汤启云,等.山东旧店金矿黄铁矿标型特征及其地质意义[J].黄金科学技术,2015,23(2):45-50.  
Li Yifan ,Li Hongkui ,Tang Qiyun ,et al.Typomorphic characteristics and geological significance of pyrite in Jiudian gold deposit , Shandong Province [J].Gold science and technology,2015,23(2):45-50.

(责任编辑 王小兵)