

金子沟金矿矿床特征及找矿标志

严彪¹, 赵彦博^{2*}

¹四川兴蜀工程勘察设计集团有限公司, 四川 成都

²四川省矿产资源勘查集团有限责任公司, 四川 成都

收稿日期: 2026年3月9日; 录用日期: 2026年4月15日; 发布日期: 2026年4月27日

摘要

金子沟金矿床位于四川省甘孜-理塘结合带南段, 地处巴颜喀拉-雅江Li-Be-Nb-Ta-Au-Cu-Pb-Zn-水晶成矿带, 是该区域具有重要找矿潜力的金矿床之一。本文基于野外地质调查、室内矿物岩石学鉴定等研究手段, 系统总结了金子沟金矿床的矿床地质特征, 包括赋矿地层、矿区构造、岩浆岩、矿体矿石及矿化蚀变特征, 并结合区域成矿背景, 提炼出针对性的找矿标志, 为该区域金矿资源的进一步勘探与开发提供科学依据。研究表明, 金子沟金矿床属中低温浅成热液型矿床, 受“构造-岩浆-流体”协同控制, 辉绿岩脉、北东向构造、多类型围岩蚀变及Au-As地球化学异常是主要找矿标志。

关键词

金子沟金矿床, 矿床特征, 找矿标志, 甘孜-理塘结合带, 中低温热液型

Characteristics of the Jinzi Gou Gold Deposit and Its Prospecting Indicators

Biao Yan¹, Yanbo Zhao^{2*}

¹Sichuan Xingyu Engineering Survey and Design Group Co., Ltd., Chengdu Sichuan

²Sichuan Mineral Resources Exploration Group Co., Ltd., Chengdu Sichuan

Received: March 9, 2026; accepted: April 15, 2026; published: April 27, 2026

Abstract

The Jinzigou gold deposit is located in the southern segment of the Garze-Litang suture zone in Sichuan Province, within the Bayan Har-Yajiang Li-Be-Nb-Ta-Au-Cu-Pb-Zn-quartz metallogenic belt, and is one of the gold deposits with significant prospecting potential in this region. Based on field geological surveys, laboratory mineralogical and petrological identification, and other research methods, this paper systematically summarizes the geological characteristics of the Jinzigou gold deposit, including ore-bearing strata, mine structures, magmatic rocks, ore bodies and ores, as well as minerali-

*通讯作者。

文章引用: 严彪, 赵彦博. 金子沟金矿矿床特征及找矿标志[J]. 地球科学前沿, 2026, 16(4): 538-547.

DOI: 10.12677/ag.2026.164048

zation and alteration features. Combined with the regional metallogenic setting, targeted prospecting criteria are proposed to provide a scientific basis for further exploration and development of gold resources in the area. The study indicates that the Jinzigou gold deposit is a mesothermal-epithermal hypothermal deposit synergistically controlled by structure-magma-fluid. Diabase dikes, NE-trending structures, multi-type wall-rock alterations, and Au-As geochemical anomalies are the main prospecting criteria.

Keywords

Jinzigou Gold Deposit, Deposit Characteristics, Prospecting Criteria, Garze-Litang Suture Zone, Meso-Epithermal Type

Copyright © 2026 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

甘孜-理塘结合带作为扬子陆块与义敦岛弧的分界线,经历了洋壳俯冲、陆-弧碰撞和陆内汇聚等多期复杂地质事件,构造活动强烈,岩浆活动频繁,为金矿等矿产资源的形成提供了优越的地质条件[1]-[4]。该带南段分布有梭罗沟、耳泽、菜园子等一系列典型金矿床,成矿类型多样,找矿潜力巨大[5]-[7]。金子沟金矿床位于该结合带南段长枪穹隆南西侧,近年来通过初步地质勘查发现其具有良好的金矿化显示,但目前对其矿床特征及找矿标志的系统研究较为薄弱。本文以金子沟金矿床为研究对象,在系统梳理矿区地质资料、开展野外地质调查及室内测试分析的基础上,详细阐述其矿床地质特征,提炼关键找矿标志,为区域金矿找矿工作提供理论支撑与实践指导。

2. 区域地质背景

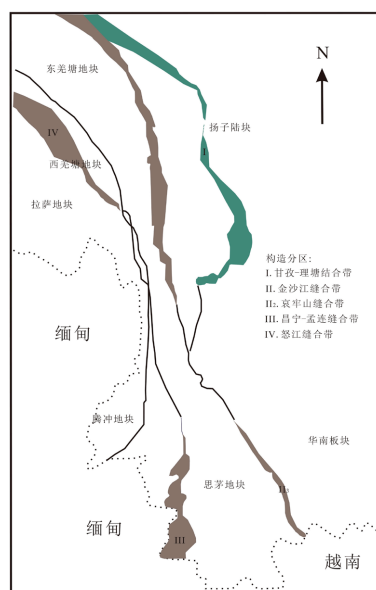


Figure 1. Schematic geological map of the Ganzi-Litang suture zone (modified from [17])

图 1. 甘孜-理塘缝合带构造地质简图(改编自[17])

金子沟金矿床所处的甘孜-理塘缝合带呈北西-南东向不对称反“S”形展布,北起青海玉树,南至四川木里,延伸长度达上千公里,是古特提斯洋演化的重要遗迹(见图 1) [8]-[10]。区域构造以北北东向渐转南西向弧形构造组为主,伴随北北西、北北东向次级构造,褶皱与断裂发育,为含矿流体的运移和沉淀提供了通道与容矿空间[11] [12]。

区域地层自志留系至三叠系均有出露,以中下泥盆统危关组为主,其次为石炭系筇依组、下二叠统卡翁沟组及第四系,其中危关组是金子沟金矿床的主要赋矿地层[13]。区域岩浆岩以脉岩为主,辉绿岩脉、花岗岩脉和石英脉顺层产出,其中辉绿岩脉与金矿化关系密切,是金元素富集的重要载体[14] [15]。区域变质作用强烈,除第四纪松散堆积物外,其余岩石均遭受不同程度变质,变质程度以绿片岩相为主,从长枪穹隆核部向外部逐渐减弱[16]。

3. 金子沟金矿床矿床特征

3.1. 赋矿地层特征

金子沟金矿床矿区内出露地层主要为中下泥盆统危关组(D₁₋₂w)、石炭系筇依组(C₂₋₃q)、二叠系卡翁沟组一段(P₁k¹)及第四系,其中下泥盆统危关组出露面积最广,是矿床的主要赋矿地层。

危关组根据岩性组合特征可分为两段:一段(D₁₋₂w¹)主要分布于矿区北、中部,属滨海、浅海相碎屑岩,岩性以灰黑色(绢云母)板岩、千枚岩为主,层间夹砂质条带,局部发育板岩夹变质砂岩,受区域变质作用,普遍发育碳酸盐化、硅化、绢云母化等蚀变,辉绿岩脉多以似层状、透镜状顺层侵入其中,接触面附近蚀变强烈[18];二段(D₁₋₂w²)主要分布于矿区中南部,同样为滨海、浅海相沉积,岩性以灰黑色板岩夹灰白色中-薄层变质砂岩为主,底部以变质长石(石英)砂岩为标志,与一段呈整合接触,可见辉绿岩脉顺层侵入[19]。

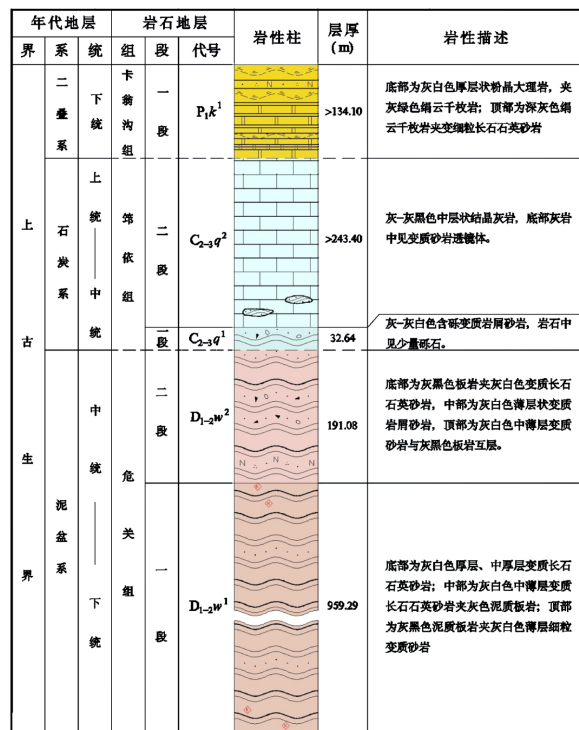


Figure 2. Comprehensive stratigraphic histogram of the mining area
图 2. 矿区综合地层柱状图

石炭系筓依组(C_{2-3q})位于矿区南部, 分为两段: 一段(C_{2-3q}¹)为正粒序沉积, 岩性依次为含砾砂岩(砾岩)、岩屑砂岩、细砂岩、粉砂岩, 受区域变质作用发生不同程度变质, 与下伏危关组二段呈平行不整合接触; 二段(C_{2-3q}²)以灰-灰黑色中薄层状结晶灰岩为主, 局部见自形-半自形方解石脉, 底部灰岩中可见变质砂岩透镜体, 与一段呈整合接触[20]。二叠系卡翁沟组一段(P_{1k}¹)分布于矿区西南部, 属浅海-半深海相碎屑沉积, 岩性为绢云母板岩夹薄板状灰岩, 与下伏筓依组二段呈平行不整合接触。第四系主要沿谷坡、缓坡零星分布, 以残坡积层和人工堆积层为主(见图2)[21]。

3.2. 矿区构造特征

金子沟金矿床位于长枪穹隆南端, 博瓦弧形构造北东翼, 构造具有继承、叠加、复合现象, 区内主要发育褶皱与断层, 可分为早晚两期。

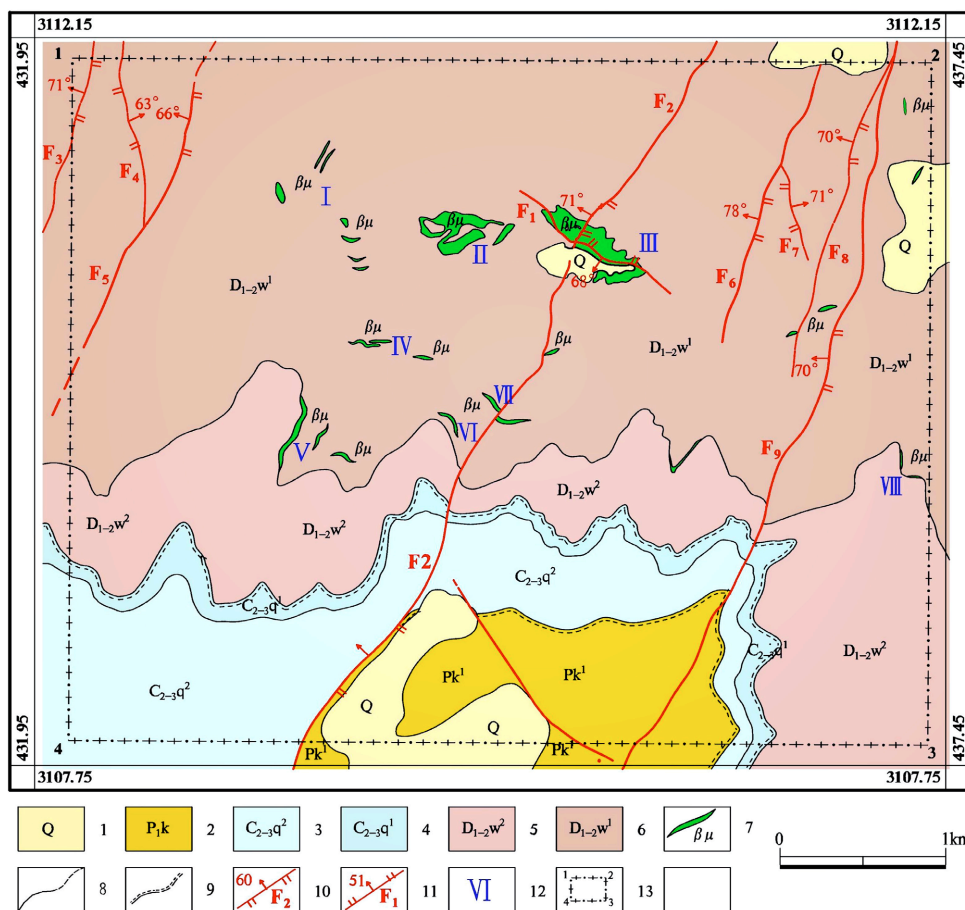


Figure 3. Main structural traces of Jinzigou gold deposit. 1-Quaternary eluvium-deluvium, 2-Lower Permian Kawengou Formation, 3-Member 2, Middle-Upper Carboniferous Qiongyi Formation, 4-Member 1, Middle-Upper Carboniferous Qiongyi Formation, 5-Member 2, Lower-Middle Devonian Weiguan Formation, 6-Member 1, Lower-Middle Devonian Weiguan Formation, 7-Diabase (dyke), 8-Measured conformable and intrusive geological boundaries, 9-Measured (inferred) parallel unconformity geological boundaries, 10-Reverse faults and their numbers, 11-Normal faults and their numbers, 12-Zoning numbers of diabase dykes, 13-Mining area

图 3. 金子沟金矿主要构造形迹。1-第四系残坡积物, 2-下二叠统卡翁沟组, 3-中-上石炭统筓依组二段, 4-中-上石炭统筓依组一段, 5-下-中泥盆统危观组二段, 6-下-中泥盆统危观组一段, 7-辉绿岩(脉), 8-实测整合与侵入地质界线, 9-实测(推测)平行不整合地质界线, 10-逆断层及编号, 11-正断层及编号, 12-辉绿岩脉分带编号, 13-矿区

褶皱构造包括早期和晚期两类: 早期褶皱以 A1 背斜为代表, 分布于金子沟北坡, 出露地层为危关组一段, 呈北东 - 南西向展布, 出露长度 3~10 m, 受晚期构造叠加破坏, 露头不佳, 属顺层掩卧褶皱, 层间褶皱以 S 形反牵引褶皱为特征[22]; 晚期褶皱主要为洞龙沟背斜和林布沟向斜, 其中洞龙沟背斜为北东向复式背斜, 由 A2、A3、A4 背斜及 S2、S4 向斜组成, 出露长度 3.5~4 km, 出露地层以危关组为主, 枢纽呈舒缓波状起伏, 轴面较直立, 属斜歪褶皱, 两翼层间从属褶皱发育; 林布沟向斜为北东向复式向斜, 主要由 S1、S3、S5 向斜构成, 与洞龙沟背斜大体以 F2 断层为界[23]。

断层构造以长枪穹窿核部为中心, 形成多圈弧形断裂, 部分位于志留系内部, 部分作为志留系与泥盆系的接触界线, 属滑脱断层, 由穹窿持续抬升及后期伸展作用形成[24]。区内还发育大量北北东向断裂, 沿次级背斜、向斜枢纽方向展布, 多为逆断层, 具有韧性剪切特征, 断层接触带挤压破碎明显; 此外, 可见东西向断裂, 推测为弧形断裂的次级滑脱断层, 可见明显滑脱面[25]。其中, 北东向节理、劈理等裂隙构造是主要容矿构造, 控制矿体呈脉状、透镜状分布(见图 3)。

3.3. 岩浆岩特征

矿区内脉岩较发育, 主要为辉绿岩脉、花岗岩脉和石英脉, 其中辉绿岩脉与金矿化关系最为密切, 是金元素富集的直接载体。

辉绿岩脉蚀变后发育硅化、黄铁矿化、毒砂矿化等, 接触面附近发育不同程度的同化混染和角岩化现象, 可见大量铁白云石[26][27]。花岗岩脉和石英脉多沿断裂、裂隙分布, 其中石英脉常与黄铁矿、毒砂等矿物共生, 是金元素沉淀的重要场所, 部分石英脉中可见褐铁矿化现象, 指示表生氧化作用对矿床的改造[28]。

Table 1. Analytical results of Major Elements (%), Loss on Ignition (LOI, %) and Trace Elements (10^{-6}) for Orebody II of Jinzigou Gold Deposit

表 1. 金子沟号II矿体主量元素(%), 烧矢量(%), 和微量元素(10^{-6})分析结果表

分析项	SiO ₂	CaO	MgO	K ₂ O	Na ₂ O	Al ₂ O ₃	TFe ₂ O ₃	FeO	MnO	TiO ₂	Au
QF1	39.19	5.97	2.23	2.64	2.15	12.49	15.8	10.6	0.33	0.37	1.21
QF2	48.3	0.84	0.57	3.1	2.08	14.7	20.9	1.1	0.68	0.54	0.16
QF3	44.71	4.73	2.73	2.07	2.96	11.87	14.7	12.8	0.38	0.4	0.28
分析项	S	P ₂ O ₅	烧矢量	Cu	Pb	Zn	Ag	Sn	W	Bi	
QF1	2.06	0.58	13.3	91.5	139	133	0.93	13.1	9.19	1.03	
QF2	0.24	0.52	6.49	120	59.5	187	0.32	6.73	5.9	0.66	
QF3	0.28	0.55	12.6	31.9	21.4	80.7	0.11	3.48	6.14	0.3	

3.4. 矿体及矿石特征

金子沟金矿床的矿体主要赋存于辉绿岩脉及其次级裂隙中, 受北东向构造控制, 矿体走向整体呈北东向, 形态以脉状、透镜状为主, 分布较为分散但具有一定的规律性, 与辉绿岩脉的分布范围高度吻合[29]。

矿石类型主要为矿化蚀变辉绿岩, 其次为含金石英脉。矿石矿物组合主要为石英 - 黄铁矿 - 毒砂 - 自然金, 见少量磁黄铁矿、黄铜矿; 脉石矿物主要为绢云母、白云石(方解石)和石英, 次为钠长石、次闪石、绿泥石等(见图 4)[30]。矿石结构以半自形 - 自形粒状、他形粒状、交代结构为主, 矿石构造主要为浸染状、脉状, 局部可见细脉 - 网脉状构造[31]。

根据甘孜-理塘结合带南段各金矿石英包体特征, 结合金子沟金矿矿石矿物组合, 推断其成矿温度在 300℃左右, 属中-低温热液矿床[32][33]。表生期受大气降水、氧化作用影响, 矿床浅部发生孔雀石-褐铁矿化, 硫化物氧化分解, 金元素二次迁移富集, 形成氧化富集带, 局部提升金的品位[34]。

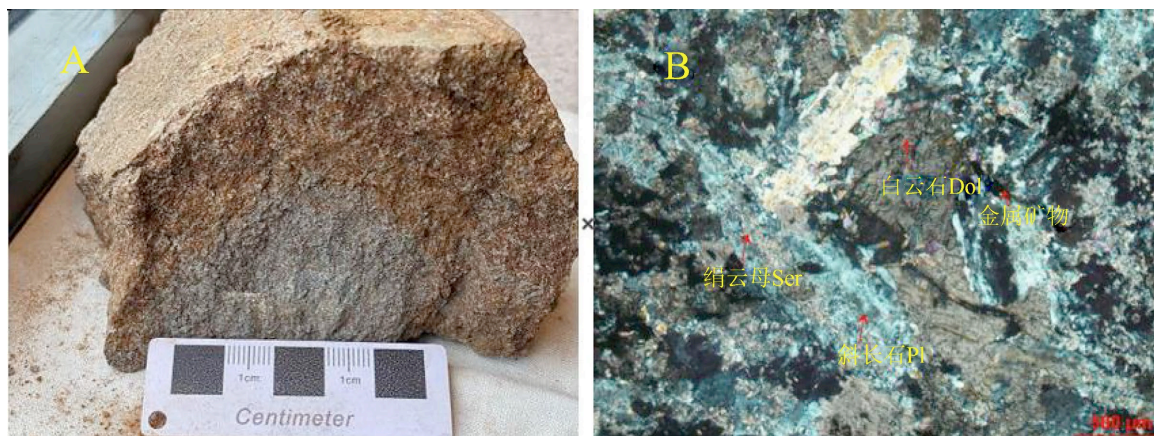
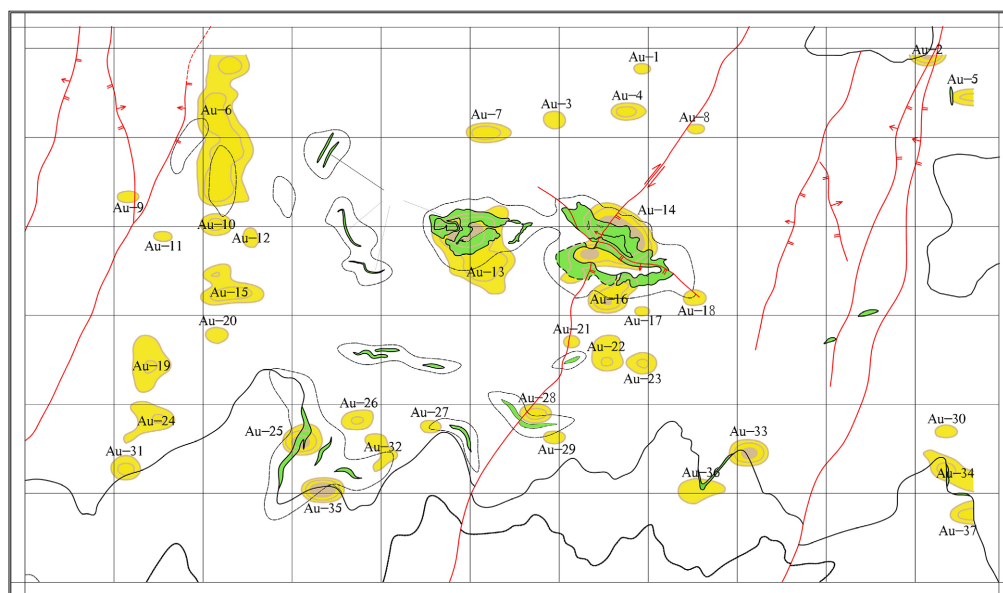


Figure 4. Hand specimen of strongly altered diabase (A) and microscopic features (B)
图 4. 强蚀变辉绿岩手标本(A)及镜下特征(B)

3.5. 矿化蚀变特征

金子沟金矿床围岩蚀变现象丰富, 与金矿化关系密切, 主要包括毒砂矿化、黄铁矿化、硅化、碳酸盐化、白云母化、绢云母化、碎裂岩化、绿泥石化等, 其中毒砂矿化、黄铁矿化、硅化是与金元素富集最相关的蚀变类型[35]。

毒砂矿化和黄铁矿化多呈浸染状、细脉状分布于辉绿岩脉及围岩中, 是成矿过程中硫逸度较高的标志, 为金的沉淀提供了必要的化学条件; 硅化与热液活动密切相关, 反映含矿热液对围岩的交代作用, 硅化强烈的区域往往是矿化富集的部位; 碳酸盐化主要分布于矿体周围, 与热液后期演化有关, 表现为铁白云石、方解石的充填交代[36]。这些蚀变类型常叠加出现, 形成特征性的蚀变组合, 是识别矿化带的重要标志。



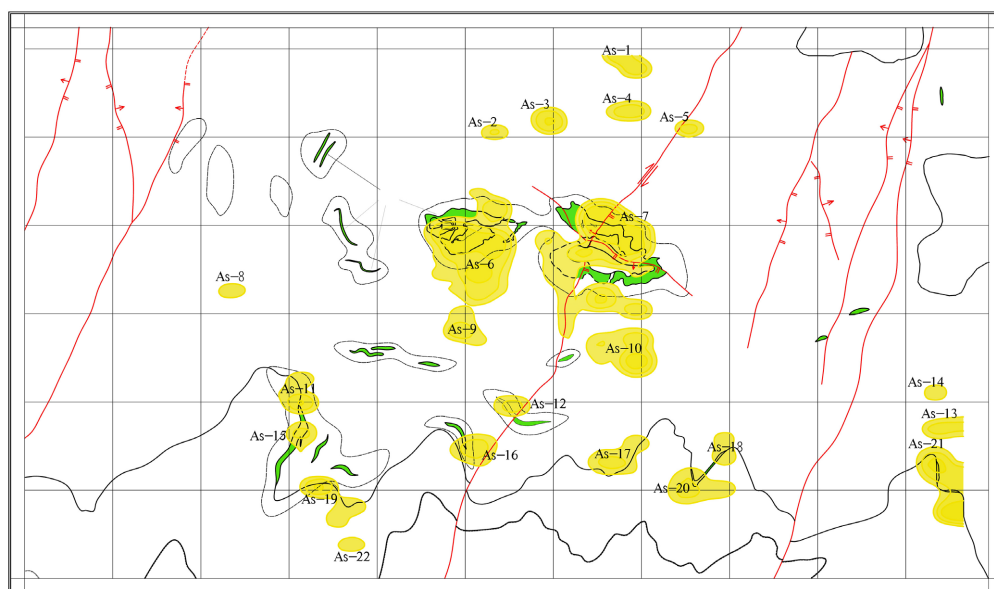


Figure 5. Distribution map of Gold and Arsenic anomalies in the mining area
图 5. 矿区金、砷元素异常分布图

4. 金子沟金矿床找矿标志

结合金子沟金矿床的矿床特征及区域成矿背景, 通过系统分析矿区地质、地球化学及地表氧化等特征, 初步总结出以下 5 类找矿标志, 为该区域金矿找矿工作提供明确指引。

4.1. 侵入岩标志

目前已发现的金矿化体均产于辉绿岩脉中, 辉绿岩脉是金子沟金矿的重要源岩和主要赋矿岩石, 其分布范围与矿化带高度吻合[37]。辉绿岩脉呈似层状、脉状顺层侵入于中下泥盆统危关组地层中, 蚀变后发育硅化、黄铁矿化、毒砂矿化等特征, 是本区最直接、最重要的岩性找矿标志。在找矿过程中, 应重点关注辉绿岩脉的分布区域, 尤其是蚀变强烈的辉绿岩脉段落。

4.2. 构造标志

矿区矿体主要分布在蚀变辉绿岩脉及其次级裂隙中, 受构造控制作用明显。北东向节理、劈理等裂隙构造是主要容矿构造, 为含矿热液的运移和金元素的沉淀提供了有利空间[38]。野外观察发现, 节理、劈理发育的地段, 岩石破碎程度高, 增加了热液与岩石的接触面积, 促进了金元素的活化、迁移和富集。此外, 北东向复式背斜、向斜的翼部及断层接触带, 也是矿化富集有利部位, 可作为重要的构造找矿标志。

4.3. 围岩蚀变标志

围岩蚀变是金矿化的重要指示, 金子沟金矿床的特征蚀变组合为毒砂矿化 + 黄铁矿化 + 硅化 + 碳酸盐化[39]。这四类蚀变共同出现的区域, 往往是矿体的赋存位置, 其中毒砂矿化和黄铁矿化指示成矿流体的硫逸度, 硅化指示热液活动强度, 碳酸盐化指示热液后期演化, 其叠加程度与金品位呈正相关。此外, 绢云母化、绿泥石化等蚀变的出现, 也可作为矿化存在的间接标志。

4.4. 地表氧化标志

原生金矿床在地表氧化作用下, 金属矿物会发生氧化分解, 形成氧化矿或铁帽, 褐铁矿化是最常见

的氧化现象[40]。褐铁矿颜色鲜艳(黄褐色、褐红色), 在地表易于识别, 其形成与原生硫化物(黄铁矿、毒砂等)的氧化分解有关, 氧化过程中金元素会发生次生富集, 使得褐铁矿化区域的金品位往往高于原生矿石。因此, 地表褐铁矿化露头是寻找金矿的直接有效标志, 对其进行采样分析可快速判断矿化潜力。

4.5. 民采点标志

矿区内民采点的分布具有一定的规律性, 通常集中在已发现金矿化的区域, 这些区域矿石品位相对较高, 易于开采[41]。民采过程中留下的矿洞、废石堆等遗迹, 为找矿工作提供了重要线索, 对民采点的矿石和废石进行采样分析, 可快速了解该区域的矿石类型、品位和矿化特征, 进而圈定找矿靶区。

4.6. 地球化学标志

区内单元素 Au、As、Hg 异常具明显相关性(见图 6), 与已发现矿化体及构造蚀变套合较好。

普查区 Au 异常主要分布于普查区中部和普查区西部, 其他地方零星分布。在中部主要分布于 F1、F2 断裂交汇部位及其偏西位置, 沿 F2 断裂向南延伸大致有顺 F2 分布的迹象, 地层主要为泥盆系危关组一段(D₁₋₂w¹)的绢云母、砂质板岩, 局部夹块状砂岩、千枚岩, 其中侵入辉绿岩, 后经变质蚀变; 泥盆系危关组二段(D₁₋₂w²)的中-厚层状变质长石石英砂岩、砂岩、岩屑砂岩夹板岩; 异常强度高、梯度大, 有三级异常浓度中心, 已知金矿床分布于此。西部 Au 异常沿北北东-南南西断裂的东盘呈近南北向展布; 出露地层主要为泥盆系危关组一段(D₁₋₂w¹)的绢云母、砂质板岩, 局部夹块状砂岩、千枚岩; 异常强度稍低, 有三级浓度。

普查区 As 异常主要分布在普查区中部 F1、F2 断裂交汇处及其西部, 总体上沿 F2 断裂带及其西盘展布, 地层主要为泥盆系危关组一段(D₁₋₂w¹)的绢云母、砂质板岩, 局部夹块状砂岩、千枚岩, 其中侵入蚀变辉绿岩其中侵入辉绿岩, 后经变质蚀变; 泥盆系危关组二段(D₁₋₂w²)的中-厚层状变质长石石英砂岩、砂岩、岩屑砂岩夹板岩; 异常强度高、梯度大, 有三级异常浓度中心, 已知金矿床分布于此。

5. 成矿过程探讨

金子沟金矿床位于甘孜-理塘结合带南段, 该带构造演化与成矿耦合关系已被高精度年代学数据约束。甘孜-理塘洋于晚泥盆世-石炭纪张开, 中三叠世-晚三叠世早期(245~230 Ma)大规模向西俯冲, 形成幔源性基性脉岩; 晚三叠世末-早侏罗世洋盆闭合, 进入弧-陆碰撞挤压阶段; 早-中侏罗世(190~160 Ma)构造体制由挤压转为伸展, 发育大量韧-脆性剪切带与张性裂隙, 为成矿提供动力条件; 新生代受青藏高原隆升影响, 矿区快速剥蚀并形成表生氧化带[42] [43]。

本次研究厘定成矿时序: 辉绿岩侵位为 245~230 Ma, 属俯冲期产物; 主成矿时代为早-中侏罗世(190~160 Ma), 与辉绿岩时差 30~70 Myr, 非同期形成; 表生改造始于约 20 Ma 以来。成矿发生在碰撞后挤压-伸展转换阶段, 为典型浅成热液成矿事件[44] [45]。

矿区辉绿岩与金矿化空间密切相关, 地球化学显示: SiO₂ = 39.19%~48.30%, 属拉斑玄武质基性岩, 富铁贫碱, 里特曼指数 < 3.0, 具俯冲带幔源特征; 岩石亏损 Nb-Ta-Ti、富集 LILE, 为俯冲流体交代的富集地幔熔融产物, 无明显地壳混染; 伴生 Au-As-S-Ag 与矿化正相关, 可提供部分成矿物质, 但非成矿流体直接来源(见表 1)。

辉绿岩并非成矿同源岩浆: 侵位与成矿时差显著、岩浆源区与成矿流体性质不匹配、矿体严格受构造裂隙控制。其核心功能为优质赋矿围岩、地球化学障与初始矿源层, 高脆性利于流体储集, 富 Fe-Mg 易发生硫化物沉淀, 驱动金富集[46]。

矿床为中低温浅成热液型, 受俯冲-碰撞-伸展全过程控制, 是构造转换、岩浆预富集、流体循环

萃取耦合的结果。

6. 结论

(1) 金子沟金矿床位于甘孜-理塘结合带南段, 赋矿地层主要为中下泥盆统危关组, 矿区构造以褶皱和断层为主, 北东向节理、劈理是主要容矿构造, 辉绿岩脉(中三叠世形成)是主要赋矿岩石和矿源岩。

(2) 矿床矿石类型以矿化蚀变辉绿岩为主, 矿石矿物组合为石英-黄铁矿-毒砂-自然金, 成矿温度约 300℃, 属中低温浅成热液型矿床, 成矿受“构造-岩浆-流体”协同控制。

(3) 提炼出 6 类找矿标志, 分别为侵入岩标志(蚀变辉绿岩脉)、构造标志(北东向节理、劈理及断层接触带)、围岩蚀变标志(毒砂+黄铁矿+硅化+碳酸盐化组合)、地表氧化标志(褐铁矿化露头)、地球化学找矿标志, 金为直接找矿标志, 砷汞元素为间接找矿标志和民采点标志, 为区域找矿提供了明确指引。

基金项目

四川省自然资源厅 2023 年设立基金项目支持, 项目编号 DZ202301。

参考文献

- [1] 莫宣学, 路凤香, 沈上越, 等. 三江特提斯火山作用与成矿[M]. 北京: 地质出版社, 1993.
- [2] 侯增谦, 宋玉财, 李政, 等. 青藏高原碰撞造山带 Pb-Zn-Ag-Cu 矿床新类型: 成矿基本特征与构造控矿模型[J]. 矿床地质, 2008, 27(2): 123-144.
- [3] 严松涛, 吴青松, 李虎, 等. 甘孜-理塘蛇绿混杂岩带中段理塘地区混杂岩物质组成及其洋盆演化史[J]. 中国地质, 2021, 48(6): 1875-1895.
- [4] 张磊. 甘孜-理塘金矿带磷灰石裂变径迹热历史模拟及成矿响应[J]. 地质论评, 2023, 69(3): 653-665.
- [5] 张文林, 席孝义, 余旭辉, 等. 四川木里梭罗沟金矿床成因讨论: 来自年代学和硫、铅同位素的约束[J]. 地球化学, 2021, 50(5): 442-462.
- [6] 普若辰. 四川省木里县菜园子金矿床地质特征与成因研究[D]: [硕士学位论文]. 成都: 成都理工大学, 2020.
- [7] 许龙. 四川木里耳泽金矿床流体包裹体研究及成因探讨[D]: [硕士学位论文]. 成都: 成都理工大学, 2016.
- [8] 李文昌, 潘桂棠, 侯增谦, 等. 西南“三江”多岛弧盆-碰撞造山成矿理论与勘查技术[M]. 北京: 地质出版社, 2010.
- [9] 邹光富, 毛君一. 甘孜-理塘断裂带构造演化与金矿的关系[J]. 成都理工学院学报, 1998, 25(2): 127-134.
- [10] 燕旒, 张静, 袁万明, 等. 川西甘孜-理塘结合带嘎拉金矿床同位素特征及成矿作用研究[J]. 岩石学报, 2013, 29(4): 1347-1357.
- [11] 韩兆诣. 甘孜-理塘结合带南段玄武岩特征及构造意义[D]: [硕士学位论文]. 绵阳: 西南科技大学, 2018.
- [12] 闫全人, 王宗起, 刘树文, 等. 西南三江特提斯洋扩张与晚古生代东冈瓦纳裂解: 来自甘孜蛇绿岩辉长岩的 SHRIMP 年代学证据[J]. 科学通报, 2005, 50(3): 256-264.
- [13] 四川省地矿局. 四川省区域地质志[M]. 北京: 地质出版社, 1991.
- [14] 刘书生, 范文玉, 聂飞, 等. 四川木里梭罗沟金矿床地质特征及控矿因素分析[J]. 黄金, 2015, 36(6): 8-13.
- [15] 杨永飞, 刘书生, 聂飞, 等. 四川木里梭罗沟金矿床流体包裹体研究及矿床成因[J]. 矿床地质, 2019, 38(2): 261-276.
- [16] 宁括步, 毛世东, 梁龙飞, 等. 川西甘孜-理塘结合带碳酸盐岩碳氧同位素特征[J]. 沉积与特提斯地质, 2018, 38(3): 106-112.
- [17] 邓军, 王庆飞, 李龚健, 等. 复合造山和复合成矿系统: 三江特提斯例析[J]. 岩石学报, 2016, 32(8): 2225-2247.
- [18] 尹川, 邓洪军, 刘图强, 等. 菜园子铜金矿床地质特征及找矿标志[J]. 四川地质学报, 2017, 37(1): 44-46+56.
- [19] 程熙棚. 甘孜-理塘构造带南段锰矿床成矿模式研究[D]: [硕士学位论文]. 成都: 成都理工大学, 2016.
- [20] 四川省地矿局区域地质调查大队. 区域地质调查报告(贡岭幅) [R]. 1984.
- [21] 魏永峰, 罗森林. 甘孜理塘结合带中段非史密斯地层的划分及组分特征[J]. 沉积与特提斯地质, 2004, 24(4): 21-30.

- [22] 李海兵, 杨经绥, 许志琴, 等. 阿尔金断裂带印支期走滑活动的地质及年代学证据[J]. 科学通报, 2001, 46(16): 1333-1338.
- [23] 曾强, 刘虹强, 朱华, 等. 木里县唐央穹隆瓦厂组构造变形研究[J]. 四川有色金属, 2019, (1): 27-30.
- [24] 曲国胜. 剪切带金矿成因——阿尔泰造山带中剪切带型金矿预测[J]. 大地构造与成矿学, 1991, 15(3): 225-232.
- [25] 汪劲草, 李帅, 余何, 等. 韧性剪切带型金矿三阶段构造成矿模式——以广东河台金矿床为例[J]. 大地构造与成矿学, 2020, 44(1): 20-29.
- [26] 袁万明, 石准立, 朱晓燕, 等. 青藏高原东缘甘孜-理塘金矿带构造-成矿时代的锆石裂变径迹约束[J]. 矿床地质, 2020, 39(5): 987-1002.
- [27] 杜金锐. 四川梭罗沟金矿床地质特征与成因初探[D]: [硕士学位论文]. 成都: 成都理工大学, 2012.
- [28] 韩波. 硅化蚀变在黔西南卡林型金矿成矿过程中的作用初探[J]. 矿物学报, 2015, 35(S1): 207-208.
- [29] 王自国, 王秀娟, 胡世利, 等. 浅析硅化蚀变带在河西金矿成矿过程中的作用[J]. 金属矿山, 2008(5): 86-88+92.
- [30] 刘家军, 郑明华, 刘建明, 等. 嘎拉金矿床成矿流体特征及成矿作用[J]. 岩石学报, 2009, 25(11): 2855-2864.
- [31] 陈柏林, 董法先, 李中坚, 等. 韧性剪切带型金矿成矿模式[J]. 地质论评, 1999, 45(2): 186-192.
- [32] 侯华江. 浅成低温热液型金矿床地质特征分析及研究现状[J]. 世界有色金属, 2016(22): 174+176.
- [33] 张德会. 浅成热液成矿系统模型研究评述[J]. 地球科学进展, 1996, 11(6): 563-568.
- [34] 池国祥, Jayanta G. 加拿大 Abitibi 绿岩带 Donalda 金矿近水平含金石英脉的显微构造分析及其对成矿流体动力学的指示[J]. 地学前缘, 2011, 18(5): 43-54.
- [35] 苏文超. 滇黔桂卡林型金矿成矿流体特征[J]. 岩石学报, 2018, 34(5): 1563-1574.
- [36] 陈懋弘. 基于成矿构造和成矿流体耦合条件下的贵州锦丰(烂泥沟)金矿成矿模式[D]: [博士学位论文]. 北京: 中国地质科学院, 2007.
- [37] 王成辉, 王登红, 黄凡, 等. 中国金矿集区及其资源潜力探讨[J]. 中国地质, 2012, 39(5): 1125-1142.
- [38] 李建威. 造山型金矿床含金硫化物热液交代过程研究进展[J]. 地球科学进展, 2018, 33(12): 1234-1245.
- [39] 秦燕, 王成辉, 王登红, 等. 中国金矿床成矿年代学研究进展[J]. 地球学报, 2023, 44(4): 581-598.
- [40] 燕旒. 川西嘎拉金矿床成矿作用研究[D]: [硕士学位论文]. 北京: 中国地质大学(北京), 2012.
- [41] 四川省地矿局四川省地质矿产公司. 四川省木里县菜园子矿区铜金矿勘探报告[R]. 2016.
- [42] 朱利东, 李虎, 代雪健, 等. 甘孜-理塘蛇绿混杂岩带晚三叠世洋岛型岩石组合识别及其对甘孜-理塘洋盆构造演化的制约[J]. 地质通报, 2023, 42(10): 1615-1626.
- [43] 朱利东, 严松涛, 吴青松, 等. 甘孜-理塘蛇绿混杂岩带晚三叠世构造演化——来自理塘地区勇杰岩体地球化学、年代学的制约[J]. 地质通报, 2025, 44(4): 567-578.
- [44] 王庆飞, 张静, 龚庆杰, 等. 川西甘孜-理塘结合带金矿成矿作用与构造-岩浆耦合[J]. 地质学报, 2014, 88(5): 890-902.
- [45] 张静, 王庆飞, 邓军, 等. 甘孜-理塘结合带南段金矿成矿流体特征与成矿机制[J]. 矿床地质, 2015, 34(3): 456-468.
- [46] 杜丽娟, 等. 右江盆地南缘辉绿岩容矿金矿床地球化学研究[D]: [博士学位论文]. 贵阳: 贵州大学, 2018.