

doi:10.6053/j.issn.1001-1412.2025.01.001

西藏郎县扎龙金矿床地质特征及矿床成因

弓晨¹, 郭靖¹, 吕梦鸿², 李小军¹, 韩效斌¹

(1. 中国冶金地质总局第三地质勘查院, 太原 030002;

2. 四川省冶金地质勘查院, 成都 610051)

摘要: 扎龙金矿床位于西藏自治区林芝市朗县与山南市隆子县交界部位, 产于藏南拆离系金梯矿成矿带中。为了解其矿床成因类型并进行进一步的勘探实践, 文章根据野外地质调查和室内研究成果, 对该矿床地质特征、成因、赋矿规律、找矿方向进行了总结与分析。研究表明扎龙金矿床赋存于上三叠统江雄组地层岩性段的断裂带中, 工业类型以含金石英脉型为主, 含金构造蚀变岩型次之。矿床成因为受构造控制的浅成低温热液型金矿。找矿标志为断裂破碎带及毒砂矿化、黄铁矿化、黏土化、硅化等多种围岩蚀变。

关键词: 扎龙金矿床; 地质特征; 矿床成因; 藏南

中图分类号: P618.51 **文献标识码:** A

0 前言

扎龙金矿床位于西藏自治区林芝市朗县与山南市隆子县交界部位, 研究区地处特提斯喜马拉雅构造岩片之间的藏南拆离系金梯矿成矿带^[1]。2002—2004年, 云南省地质调查院完成了隆子县1:25万地质调查研究^[2]。此后, 甘肃省地质调查院、中国冶金地质总局第三地质勘查院等单位先后开展了区域矿调, 为该地区的矿产勘查提供了丰富的资料^[3]。近些年四川省冶金地质勘查院针对扎龙地区开展了较为系统的地质调查工作, 认为区内矿化体深部延伸较好, 具有较好的金多金属矿找矿潜力及远景。笔者根据野外地质调查和室内研究成果, 对扎龙金矿床地质特征、矿床成因、赋矿规律、找矿方向进行了总结与分析, 为该区下一步地质矿产勘查工作提供依据。

1 成矿地质背景

1.1 区域地层

研究区大地构造位置上属于冈底斯-喜马拉雅造山系(Ⅶ)中印度河-雅鲁藏布江结合带(Ⅶ₃)的朗杰学增生楔(Ⅶ₃₋₂) (图1), 夹于仁布-乃东-朗县反向南倾逆冲断裂和拉孜-邛多江-扎日断裂之间。

区域出露的地层为上三叠统宋热组(T_{3s})、江雄组(T_{3jx})和涅如组(T_{3n}) (图2)。宋热组(T_{3s})由北向南依次展布, 岩性以长石石英杂砂岩、板岩、千枚岩为主^[4], 受断裂构造控制可分为5个岩性段(岩片)。其北侧被江雄组逆冲推覆, 南侧以邛多江-扎日断裂与喜马拉雅地块的涅如组断层接触。北侧江雄组岩性组成与宋热组类似, 但其鲍马层序含量较少, 多为薄层的cde、de型层序。且宋热组内的岩片褶皱轴近水平, 岩片走向与地层走向基本一致, 江雄组岩片褶皱轴倾伏向东, 走向近EW, 地层走向为NW或NNW向。根据组内砂岩、泥质岩等各类岩性的比例变化, 共可以划分为4个岩性段, 该区域只有二、三段出露。江雄组北侧以直立构造带与章村组相接。涅如组在区域西南角有少量出露, 向南延出图区, 北侧以区域性断层与朗杰学群宋热组接触, 可划分为5个岩性段, 一、三、五段以变砂岩为主夹少量变泥岩(约30%), 二、四段则以变泥质岩为主, 并多见鲍马层序^[5]。

收稿日期: 2024-07-08; 改回日期: 2025-01-10; 责任编辑: 沈名星

作者简介: 弓晨(1994—), 男, 硕士, 工程师, 从事冶金地质勘查工作。通信地址: 山西省太原市小店区龙城大街107号, 中国冶金地质总局第三地质勘查院。邮政编码: 030002。E-mail: 634341238@qq.com

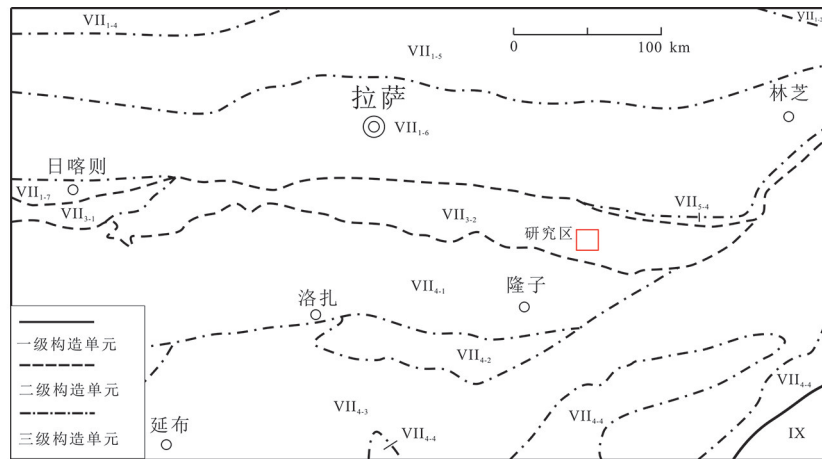


图1 扎龙金矿大地构造位置图^[1]

Fig. 1 Geotectonic location map of Zalong Au deposit

Ⅶ. 冈底斯-喜马拉雅造山系: Ⅶ₁. 达拉克-冈底斯-茶隅弧盆地; Ⅶ₁₋₂. 昂龙岗日-斑戈-腾冲岩浆弧带;
Ⅶ₁₋₄. 措勤-申扎岩浆弧带; Ⅶ₁₋₅. 龙格尔-工布江达复合岛弧带; Ⅶ₁₋₆. 达拉克-冈底斯-下茶隅岩浆弧带;
Ⅶ₁₋₇. 日喀则弧前盆地; Ⅶ₃. 印度河-雅鲁藏布江结合带; Ⅶ₃₋₁. 雅鲁藏布江蛇绿混杂岩带;
Ⅶ₃₋₂. 朗杰学增生楔; Ⅶ₄. 喜马拉雅地块; Ⅶ₄₋₁. 拉札岗日被动陆缘盆地; Ⅶ₄₋₂. 北喜马拉雅碳酸盐台地;
Ⅶ₄₋₃. 高喜马拉雅基地杂岩带; Ⅶ₄₋₄. 低喜马拉雅被动陆缘盆地; Ⅶ₅. 缅甸弧盆系; Ⅶ₅₋₄. 密支那蛇绿混杂岩带; Ⅸ. 印度陆块区

1.2 区域岩浆岩

研究区属雅鲁藏布江-喜马拉雅构造岩浆岩带的中南部,侵入岩出露不多,多为一些基性、超基性岩脉。主要分布于郎杰学群(江雄组、宋热组)中。这些侵入岩脉绝大部分为顺层侵入的岩床,与围岩地层一同褶皱(少数呈岩脉)产出,有的为岩床局部分枝穿层岩脉。岩床的宽度一般0.5~50 m,以2~5 m居多,延长2~5 km,相对稳定。

岩床、岩脉与围岩间的侵入关系清楚,近岩体围岩的热接触变质作用普遍存在,较大的岩体围岩可见角岩化,对围岩产生了不同的蚀变。普遍发育碳酸岩化、绿帘石化和绿泥石化。此外,在部分岩体、接触带和围岩中可见稠密浸染状、脉状、团块状黄铁矿化。

1.3 区域构造

区域构造发育,地质体中存在的构造多为早期构造,目前构造格局(架)的构造则为主期构造,也是晚(后)期构造。主期构造在雅鲁藏布江结合带表现极为强烈,呈似花状正扇形样式,北侧为向北的逆冲叠瓦构造,南侧为向南的逆冲叠瓦构造,属典型的阿尔卑斯式构造^[6]。在两侧的冈底斯地块和喜马拉雅地块上明显减弱。区域上主要显示主期构造,早期构造仅在部分地层中显示,并被主期构造不同程度地改造、破坏,同时反映雅江洋伸展形成-俯冲造山的过程、机制。

早期变形构造可分为顺层剪切变形和隆滑变形。顺层剪切构造变形多见于江雄组,下部强于上部,主要表现在泥质岩中,形成一组极细密的千枚理。上部则多见与千枚理平行的极细石英脉。而隆滑构造变形主要见于江雄组变泥质岩石(千枚岩)中,表现为非常普遍发育的一组较密集的破劈理,与层理以30°~40°角斜交,这种劈理明显切割早期顺层剪切形成的千枚理,产状与之相反,为上层面向下的运动变形,具有区域普遍性。

主期构造F₁-F₆将宋热组切割成一系列近东西向展布的构造岩片,岩片内部的次级断裂及褶皱也特别发育,不同的构造岩片岩性及岩性组合差异较大,重复不多。宋热组多级岩片总体表现为多为向北的复单斜构造,但因各岩片向南逆冲,故各大岩片之间地层排序由北向南变新,岩片内部总体由南向北变新。分隔江雄组和宋热组的边界断层F₁规模、错距较大,自西而东切割了江雄组三段,以该断层限定的江雄组南部杰果岩片又向南逆冲于宋热组北部二个岩片(二、三段)之上,是南部逆冲叠瓦构造区最为重要的一个断层。西段断层带宽仅2 m(覆盖),南倾且角度较小(产状:196°∠36°),两盘地层强劈理化并大范围倒转,向东断层走向近东西,断层带宽约5 m,倾角变陡,为180~187°∠60~75°。

区域性断裂邛多江-卡拉-玉门断裂(F₇)位于

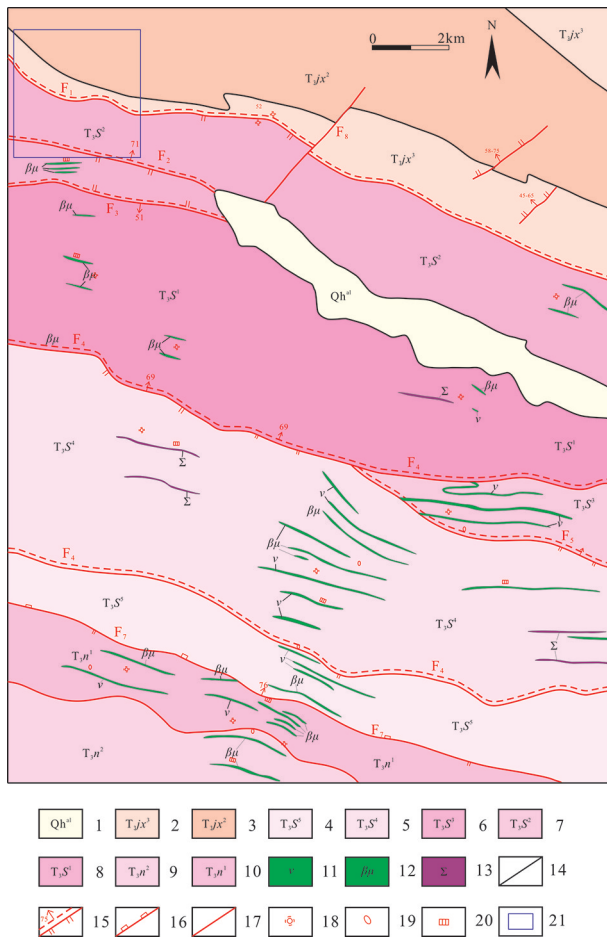


图 2 扎龙金矿区域地质图

Fig. 2 Regional Geological map of Zalong Au deposit

1. 第四系; 2. 江雄组三段; 3. 江雄组二段; 4. 宋热组五段;
5. 宋热组四段; 6. 宋热组三段; 7. 宋热组二段;
8. 宋热组一段; 9. 涅如组二段; 10. 涅如组一段;
11. 辉绿岩; 12. 辉绿(玢)岩; 13. 未分超基性岩; 14. 地质界线;
15. 主期脆韧性逆冲剪切断层及产状; 16. 边界断层;
17. 性质不明断层; 18. 硅化; 19. 碳酸盐化;
20. 黄铁矿化; 21. 研究区

本区幅南西部,是特提斯洋盆消减俯冲、冈底斯陆块与喜马拉雅陆块碰撞的缝合线南部边界。断裂性质为逆断层,兼具左行走滑特征。总体走向 NWW,断面呈波状起伏,在工作区内出露长度约 11 km。断裂倾向 N-NNE,倾角较缓,一般为 30~46°。断裂将北部宋热组第五段逆冲推覆于南部涅如组第一段之上,沿走向可见基性岩脉被左行错断,沿断裂发育挤压破碎带,宽度 50~200 m。主要由碎裂岩组成,带内石英脉杂乱穿插并产生脉褶,褐铁矿化普遍,局部硅化。断裂上、下盘地层褶皱变形发育,断裂附近发育宽度不等的基性岩脉。

2 矿区地质

2.1 地层

矿区分布的地层主要为上三叠统宋热组二段(T_{3s}²)、江雄组二段(T_{3jx}²)、三段(T_{3jx}³)和第四系全新统(Qh^{nl}),由老到新简述如下。

上三叠统宋热组二段(T_{3s}²)。在矿区南部呈 NW-SE 向带状展布,顶部岩性为薄层状泥质板岩、薄-中厚层状长石石英砂岩、石英砂岩,中部岩性为薄-中层状砂岩与薄层状泥质板岩互层产出,二者比例约 2:1,岩性层厚为 3~20 m,底部为一套薄层状泥质板岩。二段产状总体为 NE 或 SW 倾向,倾角 14~78°,局部形成褶皱构造,产状有明显变化,形成宽 5~80 m 的逆冲推覆构造带,带内揉皱、扭曲变形现象强烈,产状凌乱、岩石破碎,发育较多复式褶皱,大量辉绿岩脉顺接触带侵入,顶部与上三叠统江雄组二段(T_{3jx}²)呈断层接触。

上三叠统江雄组二段(T_{3jx}²)。分布于矿区中部,呈 NW-SE 向带状展布,倾向 NW 或 SE,倾角 10~83°,岩性组合为薄-中层状长石石英砂岩、薄层状泥(砂)质板岩互层产出,局部含碳质板岩,砂岩与板岩含量基本相同,岩性层厚 2~10 m。顶部与江雄组三段(T_{3jx}³)呈整合接触。

上三叠统江雄组三段(T_{3jx}³)。分布于东北部,同样呈 NW-SE 向带状展布,顶部薄层状泥质板岩,局部夹薄-中层状石英砂岩、长石石英砂岩,中部岩性为中层状砂岩局部夹少量碳质泥质板岩,底部岩性为大套薄层状泥(砂)质板岩、千枚状板岩夹中厚层状变质砂岩条带。整体产状倾向 NE,倾角 33~68°,由于段内复式褶皱、NE 向断裂构造较为发育,局部产状较为凌乱,变化较大。

第四系全新统(Qh^{nl})。主要为冲洪积物,沿河谷及两侧分布。冲积堆积物以河漫滩相灰色松散砾石、砂、黏土层为主,在较宽缓的河谷中冲积物较细,分选较好,可见二元相结构,同时发育斜层理和水平层理,厚度>5 m。

2.2 构造

该区褶皱构造发育,在矿段南部宋热组二段地层中发育背斜,轴线方向约为 90°。区内多见小型的复式褶皱、尖棱褶皱,褶皱枢纽多与区域断裂 F₁ 产状平行,含矿断裂切穿褶皱,可见其形成时间早于含

矿断裂系统。

区内断裂构造同样发育,覆盖较厚,地表形迹不清,通过部分工程可见。断裂走向以近 SN 向为主,次为 NW-NEE 向。其中近 SW 向断裂是区内主要的导矿、容矿构造。主要构造列述如下:

F₁ 断裂:断续延伸约 1.3 km,宽约 5~12 m,北东段倾向 SE,南西段局部发生倒转,倾角 50~70°,断裂带内岩石主要为蚀变砂岩、泥(砂)质板岩、石英脉等,以碎裂岩化、硅化、绢云母化、毒砂化、褐铁矿化为主,控制着本区 Au-I 矿体展布,为本区的主要含矿构造。该断裂具有多期次继承性特点,表现为先张裂后挤压的特征,为本区含矿热液的的上升和富集提供了通道和空间。

F₂ 断裂:揭露长度约 1.3 km,宽度 7.5~12.8 m,与 F₁ 是同时期形成的一组平行的次级断裂。北东段倾向 SE,南西段局部发生倒转,倾向 NW,倾角 55~75°,由碎裂岩、强硅化砂岩组成,构造内主要表现为碎裂岩化、硅化、黄铁矿化、毒砂化、绢云母化等现象,Au-II 矿带分布于其中。该断裂同样具多期次继承性、先张后压的特征,在张裂的过程中,构造热液上升,金属矿物初步富集,随后发生挤压,原石英脉在挤压下发生破碎,在第二次构造热液活动中金属矿物再次富集、萃取和沉淀,形成金矿体。

F₃ 断裂:为一逆断层,断续出露长约 500 m,宽 7~25 m,截切地层,倾向 NW,倾角一般 53~75°。规模相对较大,由碎裂岩、少量断层泥、构造角砾岩组成,带内断续分布有硅化、褐铁矿化、黏土化现象,强度不一,连续性较差。

2.3 岩浆岩

仅东北部有少量辉绿岩脉顺地层发育,走向为 300~320°,宽 2~5 m,长度约 300 m。

3 矿体地质特征

研究区金矿据其矿化和分布情况可划分为 Au I、Au II 2 条金矿化蚀变带(图 3),近平行产出,间距 30~160 m,沿 NE-SW 向展布,北东段倾向 SE,南西端倾向 NW,与地层大角度斜交,可追索延伸长度 1000~1100 m,金属矿化蚀变主要为黄铁矿化、毒砂化和褐铁矿等,围岩蚀变为硅化、绢云母化等。赋矿地层为上三叠统江雄组,岩性主要为碳质板岩、变质杂砂岩及砂质板岩。与成矿有关的构造主要为多期次活动的 F₁、F₂ 断裂,分别为 I、II 矿体容矿构

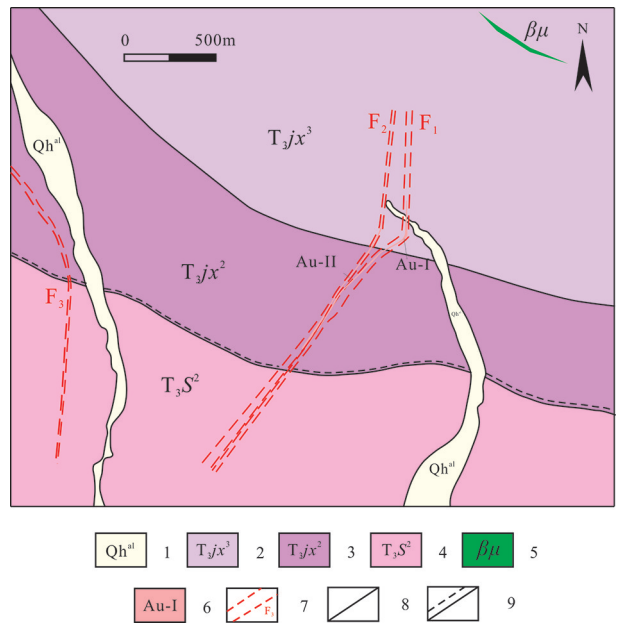


图 3 扎龙金矿矿区地质图

Fig. 3 Geological map of the Zalong Au deposit

1. 第四系冲洪积物; 2. 上三叠统江雄组三段;
3. 上三叠统江雄组二段; 4. 上三叠统宋热组二段;
5. 辉绿岩脉; 6. 金矿脉; 7. 断裂破碎带;
8. 地质界线; 9. 推测平行不整合界线

造。地表未见岩浆岩出露,仅在深部钻孔中见岩浆岩以脉岩形式产出,为辉长辉绿岩、辉绿玢岩等,接触带附近具明显的热液蚀变特征和金矿化显示,如绿泥石化等。矿体特征详述如下:

I 矿体:为主矿体,受 F₁ 断裂控制,呈近 NE-SW 向产出;次要矿体位于主矿体的下部,呈叠瓦状产出。矿体呈脉状、透镜状及似层状,平均真厚度 1.76~5.25 m,厚度变化系数 33.9%,单样 $w(\text{Au})=1.26 \times 10^{-6} \sim 10.16 \times 10^{-6}$,平均品位 2.49×10^{-6} 。赋矿围岩以硅化砂岩、板岩为主,角砾岩,石英脉较发育,围岩中含星点状黄铁矿,金属矿化主要为褐铁矿化、黄铁矿化及少量的毒砂化,蚀变以硅化、绢云母化为主,见少量高岭土化等。

II 矿体:产出于 II 号金矿化蚀变带内,由断层 F₂ 控制。北东段矿体倾向 E 至 SE(100~115°),倾角较陡(55~65°);南西段矿体倾向 W 至 NW(270~285°),倾角陡(60~75°)。真厚度 1.42~5.89 m,平均真厚度 3.3 m,单样 $w(\text{Au})=0.8 \times 10^{-6} \sim 5.3 \times 10^{-6}$,平均品位 1.4×10^{-6} 。赋矿围岩与 I 矿体基本一致,以硅化砂岩、碳质板岩为主,亦有石英脉,围岩中含星点状黄铁矿,金属矿化主要为褐铁矿化、黄铁矿化及毒砂化,蚀变以硅化、绢云母化为主。

4 矿石特征

4.1 矿石类型

矿石工业类型为含金构造蚀变岩和含金石英脉2种类型。区内的主要矿石类型为含金构造石英脉型,其次为构造蚀变岩型。构造石英脉型多分布于构造破碎带,由构造角砾和石英胶结物组成。角砾主要为砂质板岩,其次为碳质板岩,蚀变矿物主要为细粒黄铁矿和毒砂,其次为伊利石、绢云母、绿泥石和碳酸盐。毒砂和黄铁矿是矿石主要的载金矿物,基本无自然金出现。

蚀变岩型矿石主要为受热液蚀变作用的碳质板岩和砂质板岩地层,以及辉绿岩和辉绿玢岩岩脉,分布于断裂带两侧。蚀变矿物主要为浸染状的黄铁矿、毒砂,以及粒状石英、绢云母、绿泥石。

4.2 矿石结构构造

矿石结构复杂,根据矿物颗粒大小和形态对研究区常见的金属矿石结构进行分类,主要有结晶结构、交代结构、压力结构、碎裂结构等。其中结晶结构较为常见,自形结晶结构常见于角砾型矿石的石英矿物颗粒间和石英晶洞,表现为自形长板状的毒砂与立方体黄铁矿和共生,此外晶洞中可见六方柱状自形石英晶体。半自形、他形结晶构造则多见于板岩中,矿物以毒砂、黄铁矿、石英、石墨为主。除结晶结构外,还常见交代结构。其中溶蚀交代结构多见于石英、绢云母中,表现为交代形成的毒砂、黄铁矿。而在辉长岩、闪长岩和白云母花岗岩中则表现为绿泥石交代黑云母、角闪石,石英交代黄铜矿、黄铁矿,绢云母、石英、微粒碳酸盐交代斜长石等。早期的黄铜矿和黄铁矿被石英交代、角闪石斑晶被黄铁矿交代则多形成交代残余结构。此外在微粒黄铁矿、石英附近则可见石墨近似定向的排布形成定向变晶结构(压力结构)。断裂系统中的碎裂岩中则常见碎裂结构,表现为石英沿着裂隙充填。

矿石构造主要有、脉状构造、网脉状构造、浸染状构造、角砾状构造等。细脉状、网脉状构造等多见于断裂带附近的板岩,其因构造作用形成裂隙并被石英、黄铁矿、毒砂等充填形成细脉状构造。当受剪切应力作用又形成密集的节理、劈理或张裂隙,被石英、黄铁矿等填充于其中形成网脉状构造。浸染状构造多分布于蚀变砂质板岩中,表现矿物为微粒-细粒黄铁矿、毒砂。角砾状构造多见于断

裂系统中,为砂质板岩围岩或蚀变型矿石角砾,胶结物主要为石英以及少量的白云母、绢云母、绿泥石等蚀变矿物。

4.3 矿石矿物组成

原生矿石的金属矿物主要为黄铁矿、毒砂,其次为辉锑矿,少量的闪锌矿、黄铜矿、方铅矿。其中黄铁矿是矿区主要的金属矿物,至少为3个世代。第一世代呈自形-半自形微粒状集合体,浸染状分布于围岩地层中,周边多伴有石墨等有机质,为沉积变质成因。第二世代黄铁矿则包裹第一世代黄铁矿生长形成,多具有环带状,此外还有自形程度较好的粗粒独立黄铁矿(4×4 mm),和沿板岩裂隙充填的微粒黄铁矿脉(脉宽2~10 mm),往往与毒砂共生。第二世代的黄铁矿为蚀变热液成因。第三世代黄铁矿则为蚀变矿物,并与毒砂、石英、白云母、绢云母等一起胶结围岩形成角砾或黄铁矿-毒砂-石英脉,是重要的赋矿金属矿物。金属矿物毒砂则多呈半自形或自形的菱形、针状分布于板岩或石英脉中,交代石英、泥质等碎屑物,与黄铁矿共生,是重要载金矿物。辉锑矿、闪锌矿、黄铜矿多存在于石英颗粒间或呈浸染状分布于黄铁矿内部或边部,含量均较少(<0.1%)。褐铁矿主要为表生,集中于地表断裂带附近,呈细小它形粒状集合体或者细脉状分布与石英或板岩裂隙中,部分交代黄铁矿呈其假象产出,总量极少(<1%),是黄铁矿等硫化物氧化的产物。

非金属矿物有石英、白云母、绢云母、伊利石、绿泥石、方解石、石墨等。其中石英为重要载金矿物多与毒砂和黄铁矿等共生,呈它形或者微粒状赋存于板岩围岩、构造角砾中,集合体常呈脉状、网脉状。而白云母、绢云母、伊利石主要分布于蚀变辉绿、辉长岩脉中,含量总体较少。长石主要分布在辉长岩、辉长玢岩、砂质板岩中,多被云母、伊利石交代。石墨为隐晶质,鳞片状,具定向构造。此外,还可于在蚀变辉长岩等岩脉中可见绿泥石。

5 矿床成因

5.1 成矿时序

研究区处板内弧后盆地开合带位置,以陆源“黑色”岩系地层构造蚀变岩为主,表现为碳质板岩、砂质板岩,为金矿床的形成提供了物质基础^[7]。已发现具有工业价值的金矿床主要为构造石英脉型,受构造、地层、区域变质作用、岩脉等因素控制。

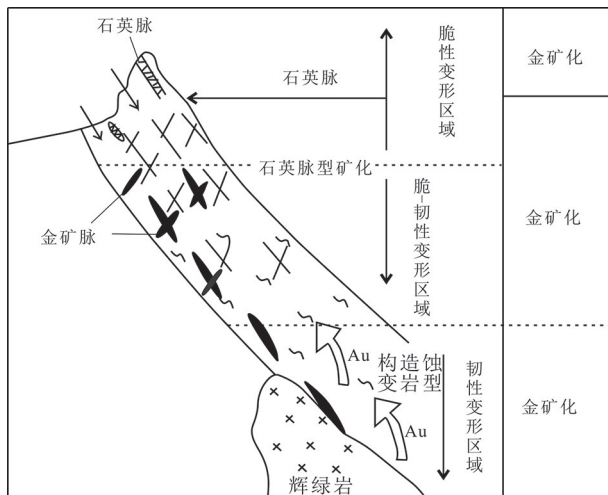


图4 矿区含矿构造多期次活动脆性至韧性变形示意图

Fig. 4 Schematic diagram showing multiple brittle-ductile deformations of ore-bearing structure

矿区内的主要含矿构造为 F_1 、 F_2 ，地表浅部均显示出张扭性的特征，同时控制矿化体向南延伸超过 1.1 km。在经历陆内造山作用后，形成了以穿层为主要特征的弧形断裂。本区含矿断裂活动主体具有多期次、多层次、继承性的特点(图 4)。

成矿前，在南北向拉伸作用下，生成 F_1 、 F_2 张扭性的结构面。一般表现为岩石呈动力破碎性质，如碳质板岩、岩脉呈碎裂状、碎粒粉砂状产出，断裂局部地段具强烈黏土化、高岭土化特征。而成矿期，在南北向挤压应力作用和二次构造活动叠加下， F_1 、 F_2 断裂中深部呈压性、压扭性的特征，一般表现为破碎带挤压片理化带，延展长，且在走向及倾向上呈舒缓波状、膨胀收缩的变化。金矿化在此时产出，断续相连，但基本未超出破碎带的控制范围，局部构造热液顺黑色岩系层间流动和萃取，部分黑色岩系中出现蚀变和金矿化。表现为石英呈致密块状、碎裂状产出，含金硫化物呈条带状、细脉浸染状产于其中，是脉体中金的富集部位。而成矿后期，则表现为断裂对矿脉的破坏。

此外本矿区的弧形构造带内的金矿化普遍具有明显的矿化蚀变垂向分布规律，主要表现为矿床浅部以黄铁矿化为主、金矿化弱，品位低；中深矿床以毒砂化为主、金矿化品位较高；深部深部将蚀变将会更强。通过已施工钻孔可知，区内石英脉金矿由浅部的细脉，往深部脉幅逐步加大，再往深部因硅化蚀变强烈而逐步展现出蚀变岩型金矿的特点。

5.2 矿床成因

区域上研究区位于喜马拉雅板片的北喜马拉雅

被动陆缘-褶冲带，经历了新特提斯洋开、合的全过程，在新特提斯的早期，在裂谷断陷盆地沉积作用的基础上，构造岩浆活动、变质作用和地下水热液活动等一系列的改造，为藏南拆离系金锑矿成矿带的形成提供了极为有利的大地构造环境^[8]。

自三叠纪以来，研究区受陆缘离散作用和陆缘沉降作用，盆地开始形成和发展，并逐步接受了一套以浊流沉积为特征的深水相沉积，同时随同沉积谷带的发育，在台盆转换部位发生中基性岩浆喷发活动，从而构成了含火山岩、热水沉积的次深海—深海环境的三叠系碎屑复理石建造。以细砂质板岩、碳质板岩、粉砂质板岩、变粉砂岩组成的黑色板岩系地层(宋热组、江雄组)为主，伴有浊流沉积为特征，这一套以黑色岩系为主的沉积建造 Au 的丰度值较高，据区域资料其平均值为 1.1×10^{-9} ，极大值 3.6×10^{-9} ，离散性好。与 Au 密切相关的微量元素 As、Sb、Hg 等元素高度富集。黑色岩系地层是金的主要“矿源层”之一^[9]。

此外，黑色岩系中砂质板岩、碳质板岩等岩石碳含量高，碳质对 Au 从酸性热液中沉淀、富集起了很大作用。以此同时不同岩性的过渡带或接触面附近碳酸盐岩的渗透能力强，特别是靠近砂岩、粉砂岩或硅质岩一侧岩石裂隙发育，易在接触面附近构成地球化学障，为矿质的淬取、迁移和沉淀提供了有利条件。由此可见扎龙金矿(化)体多与这些黑色岩系存在着密切的关系。经统计，藏南地区砂金矿(化)点和岩金矿(化)点近百处，其中五分之四与上三叠统有关，侧面显示了藏南金矿具有某些层控的特点。

晚白垩纪以后，受印度板块向北俯冲，藏南特提斯闭，喜马拉雅山脉逐步形成^[10-11]。伴随着陆陆碰撞及后期陆内造山阶段逆冲推覆、滑覆拆离及断陷构造作用影响，区域上形成洛扎断裂^[12]、绒布-古堆断裂、邛多江断裂等一系列长期性、多期次、继承性的东西向构造带。在后碰撞伸展体制下，则发育田巴断裂、洞嘎断裂、勒金康桑断裂、青木竹断裂等南北向张性断裂带。这些构造的存在和叠加复合直接影响了区域性金矿热液的运移、富集，为金矿床的就位提供了良好的通道和场所。研究区内 F_1 、 F_2 断裂带即为此背景下形成，具长期性、多期次特征，其活动直接导致金等成矿元素的多次活化、迁移、再分配，形成的含矿热液，在低压扩容环境下和有利的构造空间析出成矿。

岩浆岩方面，矿区地表仅仅在东北侧出露辉绿岩脉，但在矿体周边钻孔内均见辉绿岩和辉绿玢岩，

单个钻孔累计揭露厚度 0.5~10 m。据区域资料,该区的辉绿(玢)岩中 $w(\text{Au})_{\text{平均}} = 8 \times 10^{-9}$,最高为 44×10^{-9} ,高出区域背景值 5~29 倍^[8],由此可见岩浆岩中 Au 的高背景为金矿的形成提供了物源。除此之外,按熵值增大原理,同时辉绿(玢)岩的侵入提供的热源,使得已有的矿源层中的含矿物质产生活化和运移,并向岩体附近的围岩聚集,形成有用组分的富集。在接触带产生张性裂隙和冷缩节理或断裂和剪切裂隙造成的低压膨胀带,也为含矿热液循环上升及沉淀提供了通道和场所。综合来看该区辉绿岩、辉绿玢岩有可能为金矿提供部分矿质来源,同时为矿源层中金的活化、转移提供热源和富集条件。

除了岩浆作用,三叠系、侏罗系和部分白垩系岩层(体)同时被陆内造山、推覆构造所改造,导致动力(碎裂)变质作用、低温热液变质作用。动力(碎裂)变质作用是金成矿的初始阶段,主要表现为碎裂、硅化,分布于层间破碎带、断裂带,岩石类型主要有碎裂岩、角砾岩、糜棱岩(化),石英脉、变质矿物主要为硅质、绢云母、磷灰石、楣石、黄铁矿、毒砂。而低温热液作用是金成矿的主要富集阶段,是岩浆地下含矿热液由深部向地表运程渗透与围岩发生交代作用形成,主要分布在层间破碎带、断裂带,有各类矿化岩石,主要有硅化、毒砂化、黄铁矿化、方铅矿、闪锌矿、黄铜矿(化)等热液蚀变。

中新世以后,研究区进入陆内造山调整阶段,受东西向伸展作用,形成一系列由近南北向张性、张扭性断裂所控制的断陷盆地和坳垒式构造^[13],并伴随有中基性岩脉的侵入。这期构造岩浆活动,一方面对深源成矿物质进行补充,另一方面使得岩浆水、地下水和地表水相互混合循环,产生以岩浆水为主的混合含矿热液,并对早期形成的矿体、矿化体进行叠加改造,最终形成具有工业价值的矿床。

综上所述,扎龙矿区受独特的构造沉积环境、多期的构造岩浆活动、构造变质作用及地下水热液活动的综合作用,逐步对沉积矿源层进行改造、复合和叠加(图 5),并在有利构造部位成矿,矿床成因属受构造控制的浅成低温热液型金矿。

5.3 找矿标志

研究区金矿受构造控制,且伴随多种蚀变,因此断裂构造系及毒砂矿化、黄铁矿化、黏土化、硅化等蚀变都是找矿的标志。黄铁矿化毒砂硅化碎裂岩,大多数都是矿(化)体。毒砂颗粒细小,含金性较好,多与黄铁矿共生。毒砂、黄铁矿含量与金品位呈正相关关系。地表的毒砂、黄铁矿多氧化为褐铁矿而

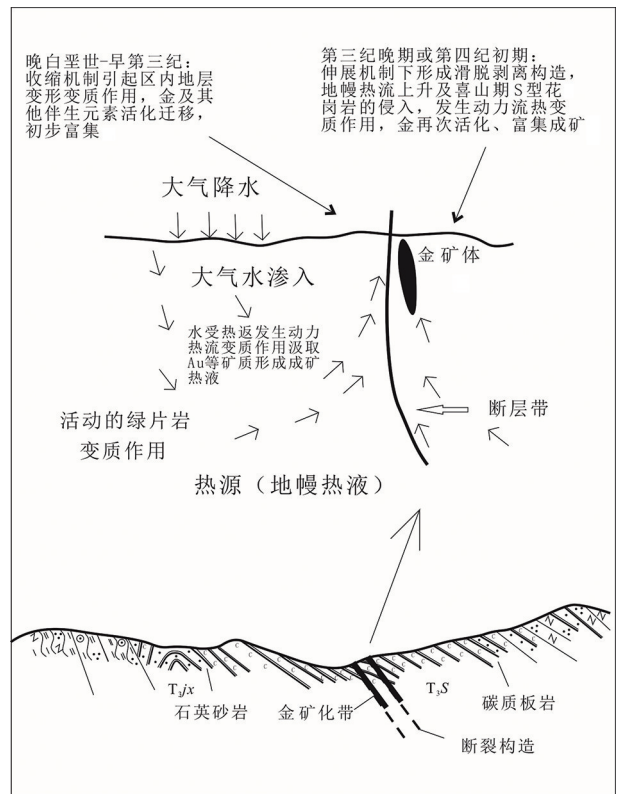


图 5 扎龙金矿成矿模式图

Fig. 5 Metallogenic model of Zalong gold deposit

形成褐红色的“铁帽”,“铁帽”可以作为间接找矿标志。

参考文献:

- [1] 杨竹森,侯增谦,高伟,等. 藏南拆离系铍金成矿特征与成因模式[J]. 地质学报,2006,80(9):1377-1391. DOI:10.3321/j.issn:0001-5717.2006.09.013.
- [2] 黄建国. 隆子县幅 H46C004002 扎日区幅 H46C004003 1/25 万区域地质调查报告[R]. 云南省地质调查院.(2005).
- [3] 韩芳林,加查幅 H46E018011 红旗区幅 H46E019011 民那幅 H46E018011 鲁农幅 H46E020012 三安曲林幅 H46E021012 1/5 万区域地质调查报告[R]. [2024-07-04]. DOI:145911.
- [4] 黄建国. 西藏朗县地区郎杰学群岩石学特征及大地构造环境分析[D]. 昆明理工大学,2005.
- [5] 李祥辉,王尹,徐文礼,等. 试论西藏南部上三叠统复理石郎杰学群与涅如组[J]. 地质学报,2011,85(10):12. DOI:11-1951/P.20110923.1446.011.
- [6] 张占武,张文峰,曾庆高,等. 雅鲁藏布江结合带东段仁布-曲松地层分区上三叠统朗杰学(岩)群层序及构造样式再认识[J]. 沉积与特提斯地质,2014(1):72-80. DOI:10.3969/j.issn.1009-3850.2014.01.010.
- [7] 张刚阳. 藏南金铍多金属成矿带成矿模式与找矿前景研究[D]. 中国地质大学,2012.
- [8] 黄小东. 藏南拆离系江孜-隆子金-铍成矿带成矿规律与找矿方向研究[D]. 成都理工大学,2011.

- [9] 杜光树. 西藏金矿地质[R]. 成都地质矿产研究所. (1993).
- [10] 侯增谦, 李振清. 印度大陆俯冲前缘的可能位置: 来自藏南和藏东活动热泉气体 He 同位素约束[J]. 地质学报, 2004, 78(4): 482 - 482. DOI: CNKI; SUN: DZXE. 0. 2004 - 04 - 006.
- [11] 崔军文, 李朋武, 李莉. 青藏高原的隆升: 青藏高原的岩石圈结构和构造地貌[J]. 地质论评, 2001(2): 53 - 59. DOI: CNKI; SUN: DZLP. 0. 2001 - 02 - 008.
- [12] 刘顺, 夏特, 武梅千, 等. 藏南洛扎地区洛扎断裂构造特征及其地质意义[J]. 现代地质, 2019, 33(1): 12. DOI: 10. 19657/j. geoscience. 1000 - 8527. 2019. 01. 01.
- [13] 王刚, 伊海生, 刘顺, 等. 青藏高原腹地中新世从造山阶段向造高原阶段的转变及其动力学机制[J]. 地球物理学报, 2010, 53(6): 1384 - 1398. DOI: 10. 3969/j. issn. 0001 - 5733. 2010. 06. 017.

Geologic Characteristics and Genesis of Zalong Au Deposit, Langxian County, Tibet

GONG Chen¹, GUO Jing¹, LV Menghong², LI Xiaojun¹, HAN xiaobin¹

(1. *The Third Geological Exploration Institute, China Metallurgical Geology Bureau, Taiyuan 030002, Shanxi province, China;*

2. *Sichuan Institute of Metallurgical Geology Exploration, Chengdu 610051, Sichuan province, China*)

Abstract: The Zalong gold deposit is located at the junction of Langxian County of Linzhi City and Longzi County of Shannan City, occurring in a detachment system-hosted gold-antimony mineralization belt in south Tibet. The article summarizes and analyzes the geological characteristics, genesis, mineralization law, and prospecting direction of the gold deposit based on field investigation and indoor research. The gold deposit is located in the fracture zone in the lithologic section of the Upper Triassic Jiangxiong formation. The industrial ore type is dominated by the gold-bearing quartz vein type, then the gold-bearing tectonic alteration rock type. It is genetically a epithermal gold deposit controlled by structure. Arsenopyritization, pyritization clay grouting and silicification are the prospecting marks.

Key Words: Zalong Au deposit; geologic characteristics; deposit genesis; south Tibet