 DOI: https://doi.org/10.12345/smg.v7i1.23245

Analysis of geological characteristics and ore control factors of Longjiang copper deposit in Laos

Bin Wang [1] Wei Jiang[1]* Yuhao Pu[2]

1. The 7th Geological Brigade of Sichuan Province, Leshan, Sichuan, 614000, China;
2. Panzhihua Water Conservancy Bureau, Panzhihua, Sichuan, 617067, China

Abstract

Laos is rich in mineral resources and is an important part of the Tethys metallogenic area,magmatic rock, surrounding rock alteration, and ore body characteristics, and the ore control factors are analyzed.

Keywords

Tethys metallogenic domain; Changshan metallogenic belt; Longjiang Copper Mine

老挝龙江铜矿矿床地质特征与控矿因素分析

王彬 [1] 江伟 [1]* 普玉浩 [2]

1. 四川省第七地质大队，中国 · 四川 乐山 614000
2. 攀枝花市水利局，中国 · 四川 攀枝花 617067

摘　要

老挝矿产资源丰富，是特提斯成矿域的重要组成部分，龙江铜矿属于长山成矿带，多期次的岩浆活动提供了丰富的物质来源、热液及储矿空间。本文从地层、构造、岩浆岩、围岩蚀变、矿体特征等方面介绍了老挝龙江铜矿矿床地质特征，分析了控矿因素，认为铜矿属于矽卡岩型铜矿床，受物源、热动力、构造等控矿条件制约，在多组构造交汇及矽卡岩化发育地段，是成矿热液上升和矿质沉淀的有利空间，往往形成富厚矿体，具备较大的找矿前景。

关键词

特提斯成矿域；长山成矿带；老挝龙江铜矿；矿床地质特征；控矿因素

1 引言

老挝作为特提斯成矿域的重要组成部分，位于特提斯造山区南东段，是我国西南三江特提斯构造域和华南加里东褶皱带向南或南西的延伸，也是两大构造带相交接的地带，构成了老挝特有的左斜“T”字形构造格局。跨昌都—思茅—南邦和印支成矿省，其大地构造位置处于欧亚板块与印度板块缝合线东侧，在地质历史上，构造—岩浆活动强烈，形成丰富的矿产资源，铁、铜、铅、锌、锡、金、煤、钾盐、蓝宝石为优势矿种。

2 区域成矿背景

老挝赛松本龙江铜矿位于中南半岛印支地块（Ⅱ级）中北部长山地块（也称长山褶皱带）（Ⅲ级）南部南长山火山弧（也称甘蒙 - 顺化火山弧）西端（Ⅳ级），向西邻近奠边府—黎府缝合带，向南紧靠色潘—三岐缝合带。长山成矿带北以兰江为界，南以岘港—老挝车邦一线为界，主要沿越、老交界的长山花岗岩带呈北西向展布，是一个发育于断褶带基础上的成矿带。带内主要出露古生代地层，伴有多次岩浆侵位。成矿与花岗岩浆活动关系密切，以 Fe-Cu-Au 矿化为特点。早奥陶世早—三叠世长山成矿带处于板块活动 - 成矿演化阶段，成矿作用受制于洋陆转换体制的演化，主要发育与俯冲边界成矿作用相关的金属矿床成矿系统。自加里东期以来，多期次花岗岩—闪长岩类及各类火山岩组成了复杂构造—岩浆岩带，岩浆岩及火山活动是成矿的主导因素，不仅为成矿作用提供了丰富的物质来源，也提供了热液及储矿空间。

前人研究表明，矿区受特提斯洋演化影响控制，中晚古生代为活动岛弧，二叠纪时为一碰撞造山岩浆带。此外，带内还发育有奥陶—志留纪产三叶虫化石的复理石沉积岩系。

【作者简介】王彬（1989–），男，中国四川乐山人，硕士，工程师，从事金属与非金属矿产地质勘查研究。

【通讯作者】江伟（1988–），男，中国四川资阳人，硕士，工程师，从事金属与非金属矿产地质勘查研究。

矿区及附近属华南 - 印支地层大区、印支地层区之长山地层分区，区内主要出露古生代地层，较老地层为早古生代的钙碱性火山岩和含三叶虫复理石沉积，分布在矿区北部和南部，晚古生代为灰岩、火山—沉积岩系，是矿区及附近地区出露的主要地层，中生代为陆相红色碎屑岩沉积，分布于矿区东北部等地区，古近—新近纪主要为泥质砂和少量泥灰质沉积并有褐煤层出现，分布在山间谷地。矿区及周边地区位于南长山岩浆弧上，地史上属于主动大陆边缘，伴随色潘—三岐洋的发展和消亡，发生多期次的岩浆侵入和火山喷发作用，形成了沿 NW-SE 向展布岩浆岩带，区内岩浆活动强烈、岩石类型丰富。据林方成等研究，色潘—三岐带原洋壳向北俯冲可能发生于志留纪末—泥盆纪初，闭合于石炭纪末期，发育南长山泥盆—石炭纪活动陆缘—火山岛弧型钙碱性岩浆岩和晚石炭世—早二叠世碰撞造山花岗岩。矿区及周边位于长山地块，该地块历经加里东、海西及印支—喜山期造山运动，故又称长山褶皱带，尤其前石炭纪地层因强烈褶皱而成线状构造并普遍发生低绿片岩相区域动力变质。

矿区及周边位于老挝长山成矿带上，该成矿带历经了古生代、中新生代强烈的构造运动和岩浆活动，为成矿作用提供了强大的热动力和成矿物质来源，成矿条件非常有利，因此也形成了与岩浆活动有密切关系的诸多矿产，如矽卡岩型的铁矿、斑岩型—岩浆热液型铜金矿、与 S 型花岗岩有关的锡钨矿、超基性岩浆分异型铜镍矿、热液石英脉型金矿、残余型砂金锡矿等。

3 矿床地质特征

龙江铜矿位于长山褶皱带西段的南长山火山弧西部，发育（泥质）碳酸盐岩地层，并夹火山岩和碎屑岩，矿区内岩浆活动强烈，大量发育火山岩和侵入岩，岩浆岩分布面积占矿区总面积约一半。矿区也受多期构造事件影响，构造变形强烈，发育 NW-SE 向线型构造，同时也使地质体发生了不均匀的区域动力和动力变质。

3.1 地层

通过地质填图及工程编录，参考相关文献报告，经综合研究，在矿区内划分出 3 个组级岩石地层单位。

A 组分布于矿区南西部，呈 NW-SE 向展布，厚度大于 700m。由若干安山质火山喷发与火山—沉积作用旋回的产物组成，主体岩性为青灰色安山质（沉）凝灰岩，局部夹安山质凝灰岩和炭质泥（板）岩。

B 组分布于矿区中部，呈 NW-SE 向展布，厚度 2000~2700m。为一套滨—浅海沉积的泥灰岩、砂泥质灰岩夹炭泥质灰岩、炭质泥岩，局部变质成大理岩或板岩。

C 组分布于矿区南东部，呈北东东 - 南西西向、近东西向展布，厚度大于 2000 米。岩性为灰色粉砂岩、粉砂质板岩—深灰、浅灰色泥灰岩，底部为粉砂岩、砂质粉砂岩，见夹安山—英安质凝灰岩，向上碎屑岩—碳酸岩旋回变薄。

第四系松散堆积物发育，主要为几乎遍布全矿区的残坡积物和沿沟谷分布的坡洪积物。残坡积层一般厚 20~30m，局部可达 50m，自上而下一般由腐植层 - 粘土层 - 碎砾石粘土层—碎砾石层组成，碎砾石成分与基岩岩性相关，矿层之上覆残坡积层中常发育残积氧化矿。

3.2 构造

矿区无论火山地层还是沉积地层，均受碰撞挤压而严重掀斜，呈北东陡倾状产出，但在矿区南东部，地层转向北陡倾，近东西走向，形成枢纽向北陡倾的倾竖向斜构造，表明 NE-SW 向挤压运动是有右旋性质的。发育韧性剪切带，并且呈 NW-SE 向展布，也是矿区 NW-SE 向线型构造的组成部分，对矿区的成岩成矿起控制作用。F_1 韧性断层自北西向南东贯穿全矿区，它既是控制火山地层与沉积地层的边界断层，也控制侵入岩体分布于其上盘，同时控制了南部铜矿床的分布。F_2 韧性断层则对北部铜矿床起了控制作用。

3.3 岩浆岩

矿区位于南长山岩浆弧上，岩浆活动强烈，有多期岩浆活动，早期为安山质岩浆喷发活动，中晚期为闪长质—斜长花岗质和二长花岗质岩浆侵入活动，形成了占矿区近一半面积的各类岩浆岩石。

脉岩发育有石英岩脉、方解石脉和辉绿辉长岩脉。前二者在南矿段铜矿床内及附近十分发育。

3.4 围岩蚀变

火山地质和沉积地层均受到了区域动力变质作用的改造，变质岩石类型有大理岩、变砂岩、变粉砂岩、板岩及变安山质火山碎屑岩等。代表性变质矿物组合为方解石 + 绢（白）云母 + 石英、绢云母 + 绿泥石 + 石英，为低绿片岩相变质。

受侵入岩体热力及挥发份影响，按影响变质作用的因素可区分出热接触变质和接触交代变质两种接触变质作用类型，前者发育于变质碎屑岩石（粉砂质板岩、千枚岩、变砂岩等）为围岩的岩体外接触带，形成斑点板岩、云母角岩及长英质角岩；后者发育于变质碳酸盐岩石（大理岩类）为围岩的岩体外接触带，形成石榴石透辉石岩、透辉石大理岩等，并有铜铁铅锌多金属矿化，在北矿段，它是铜矿的赋矿岩性。

动力变质作用可分为早期浅构相韧性剪切动力变质和晚期表构相脆性动力变质两亚类动力变质作用，均呈线状发生。

在矿区北、南铜矿床内及附近均见有较明显的蚀变现象，主要为碳酸盐化和硅化，宏观上的表现形式为非碳酸盐岩质岩石遇酸起泡或变硬变脆，大量发育方解石、石英质细（网）脉。

3.5 矿体特征

硫化物型铜矿体主要分布于矿区中部 56~35 勘查线之间，矿体多呈似层状、脉状或透镜状赋存于矽卡岩化蚀变带

内，大致平行产出。矿体总体走向与矽卡岩化蚀变带基本一致，为 NW-SE 向。矿体倾角自西北到南东、从上至下呈现由陡变缓趋势。残坡积型铜矿体主要分布于矿区中部 40~7 勘查线和 19~31 勘查线之间，呈近水平的似层状、透镜状赋存于第四系残坡积层内。

3.5.1 硫化物型矿体特征

矿体呈似层状赋存于矽卡岩化蚀变带内。矿体走向为 NW-SE，倾向为 NE，倾角变化较大，24 线最陡，倾角为 72°，12 线最缓，倾角为 46°，其余勘查线上倾角介于 49°~56° 之间。矿体沿走向最大长度为 280.00m，沿倾向最大延深为 266.00m，最小延深为 69.00m。

矿体单工程最大厚度为 31.66m，最小厚度为 1.03m，平均厚度为 12.93m。矿体厚度变化趋势为自西而东、由上至下厚度变薄，厚度变化系数为 123%，属较稳定型。矿体品位变化总体趋势为自西而东由富变贫，品位变化系数为 119%，属较均匀型。矿体共伴生有用组分主要为 Zn，其次为 Au、Ag。容矿岩石主要为透辉石矽卡岩和透辉钙铝榴石矽卡岩。矿体顶板围岩主要为透辉石大理岩和蛇纹石化大理岩，底板围岩为矽卡岩 [1]。

3.5.2 残坡积型矿体特征

矿体呈似层状赋存于第四系残积层内，其形态与基岩风化面基本一致。矿体走向为 NW-SE 向，倾角总体较缓，4 线以西，向 NE 缓倾，倾角介于 0°~20° 之间，0 线以东，向 SW 缓倾，倾角 3°~11°。矿体沿走向最大长度为 480m，沿倾向延伸最宽为 120m（0 线），最窄为 72m（16 线）。矿体单工程最大厚度为 26.67m，最小厚度为 1.03m，平均厚度为 6.78m，厚度变化总体趋势为中间厚（16 线），向东、西两侧变薄。矿体单工程平均品位 Cu 最高为 8.08%，最低为 0.66%，矿体平均 Cu 品位为 1.57%，品位变化表现为中间高，两侧相对变贫。矿体伴生有用组分主要为 Au、Ag，分布极不均匀。矿体内部结构较复杂，存在膨大狭缩、分支复合现象，在 20 线、12 线和 4 线均出现两层矿体分支，两层矿体之间夹石最大厚度为 9.97m，最小为 3.15m，夹石成分为残坡积砾石和黏土。

3.5.3 矿石特征

硫化矿矿石中的主要金属矿物有黄铁矿、黄铜矿、磁铁矿、闪锌矿，还可见微量的磁黄铁矿、赤铁矿，以及微量的次生硫化物矿物，如蓝辉铜矿、斑铜矿、辉铜矿和铜蓝等。脉石矿物种类较多，主要有透辉石、碳酸盐矿物、石榴石、长石、蛇纹石和绿泥石，其次为少量石英、硅灰石、绿帘石、透闪石等。

氧化矿矿石中的主要金属矿物有黄铁矿、黄铜矿、赤铁矿、褐铁矿，还可见微量的闪锌矿、磁黄铁矿，以及微量的次生硫化物矿物，如蓝辉铜矿、斑铜矿、辉铜矿和铜蓝等。脉石矿物主要有石英、黏土矿物、透辉石、石榴石、云母和长石，其次为少量绿泥石、绿帘石、透闪石和锆石等 [2]。

矿石结构主要为他形粒状结构，其次为半自形粒状结构。此外，两种及两种以上矿物之间的结构还有交代结构、包含结构等。矿石中金属矿物主要呈块状构造、浸染状构造，其次为充填脉状构造等。矿石中有益组分主要为 Cu、Zn、S，其次为 Au、Ag；矿石的主要成分主要为 SiO2、CaO、Al2O3、MgO、Fe 等。

4 控矿因素

综合矿床地质、控矿构造、矿石矿物蚀变组合特征等成矿地质条件，初步认为矿床成因类型为矽卡岩型铜矿床。

4.1 成矿的物源条件

矿区内碳酸盐岩与中酸性岩浆交代作用形成矽卡岩，产生大量金属硫化物，使岩石中含金、银、铜、铅、锌丰度值较高。区域岩浆、构造活动亦提供了部分物源，为区内成矿提供了有利的条件。

4.2 成矿热动力条件

区域构造—岩浆活动为成矿提供了热动力，印支期岩浆活动不仅提供了部分矿源，而且为成矿作用提供了热能。促使含矿溶液和流体循环系统的形成，促进元素的活化迁移，并在适宜的物理化学条件下成矿 [3]。

4.3 成矿构造条件

矿区位于长山成矿带，构造活动强烈，形成了规模庞大的构造破碎带，构造具有多期性和继承性活动特征，促成铜等多金属的活化迁移和多期成矿叠加，有利于成矿作用的进行。

综合矿区地层、岩浆岩、构造、地球物理、地球化学、矿石矿物蚀变组合特征等地、物、化成矿地质条件，认为矿床类型为矽卡岩型铜矿床。在多组构造交汇及矽卡岩化发育地段，是成矿热液上升和矿质沉淀的有利空间，往往形成富厚矿体。

5 结论

①龙江铜矿为长山成矿带上较为典型的矽卡岩型铜矿床，物源条件、热动力条件、构造条件为主要控矿因素。②硫化物型矿体呈 NW-SE 向似层状赋存于矽卡岩化蚀变带内，残坡积型矿体其形态与基岩风化面基本一致，呈 NW-SE 向，倾角总体较缓。③矿区勘查程度较低，勘查工作主要局限在矿区中部的矽卡岩蚀变带内，除此之外，区内还有大片区域也具有较好的找矿前景。如矿区东部和南部分布有大面积的上石炭统大理岩和中—酸性火山岩，具有寻找火山喷流型铜（金）矿的较大潜力，具备较大的找矿前景。

参考文献

[1] 郑才贤,谢升浪,韩斌辉,等. 东昆仑加嗡地区金铜矿地质特征及找矿方向 [J]. 中国锰业, 2024, 42 (05): 40-45+52.

[2] 黄绍明. 云南元江红龙厂铜矿成矿规律及找矿标志 [J]. 现代矿业, 2024, 40 (04): 58-62.

[3] 资桂云,周守余,吴李奇,等. 赞比亚谦比希矿床(西矿体)成矿规律控矿因素与成因探讨 [J]. 矿产与地质, 2023, 37 (03): 429-439.