第 9 卷◆第 4 期◆版本 1.0◆2026 年
文章类型：论文|刊号（ISSN）：2630-4732 /（中图刊号）：561GL001

宁南则木河与黑水河断裂构造成矿条件研究

朱华云[1,2] 王玉[1*] 陈星颖[1] 徐良[1] 成乐乐[1]
1 四川省（非金属）盐业地质调查研究所
2 四川省井矿盐开采工程技术研究中心
DOI:10.32629/gmsm.v9i4.2501

[摘 要] 本研究探讨了两条断裂的几何学、运动学特征及其对成矿的控制作用。研究表明,则木河断裂为一条大型左旋走滑继承性活动断裂,其南段在宁南地区与小江断裂交汇形成宁南拉分盆地。黑水河断裂为北西向次级断裂,与则木河断裂构成“X”型共轭剪切构造格架。两条断裂共同控制了区内铅锌矿床的空间展布,其中则木河断裂作为区域导矿构造,黑水河断裂及其次级断裂作为配矿,容矿构造,形成了主干走滑断裂导矿,次级张性断裂配矿,层间破碎带容矿的构造成矿系统。本研究为宁南地区新一轮找矿突破提供了新的理论视角。
[关键词] 则木河断裂；黑水河断裂；拉分盆地；构造成矿
中图分类号：P542.3 文献标识码：A

Research on the Metallogenic Conditions of the Zemu River and Heishui River Fault Structures in Ningnan.

Huayun Zhu[1,2] Yu Wang[1*] Xingying Chen[1] Liang Xu[1] Lele Cheng[1]
1 Sichuan (Non-metallic) Salt Industry Geological Survey Institute
2 Sichuan Engineering Technology Research Center for Shaft Mining of Rock Salt
[Abstract] This study explores the geometric and kinematic characteristics of the two faults and their controlling effects on mineralization. The research indicates that the Zemuhe Fault is a large-scale left-lateral strike-slip inherited active fault. Its southern section intersects with the Xiaojiang Fault in the Ningnan area, forming the Ningnan pull-apart basin. The Heishuihe Fault is a secondary fault trending northwest, which forms an "X"-type conjugate shear tectonic framework with the Zemuhe Fault. The two faults jointly control the spatial distribution of lead-zinc deposits in the area. Among them, the Zemuhe Fault serves as a regional ore-guiding structure, while the Heishuihe Fault and its secondary faults act as ore-distributing and ore-hosting structures. A tectonic metallogenic system has been formed, where the main strike-slip fault guides the ore, the secondary tensional faults distribute the ore, and the inter-layer fracture zones host the ore. This study provides a new theoretical perspective for a new round of breakthroughs in ore prospecting in the Ningnan area.
[Key words] Zemuhe Fault; Heishuihe Fault; Pull-apart basin; Tectonic metallogenesis

1 引言

四川省宁南县地处川滇交界地带,位于扬子地台西缘,康滇地轴东缘凹陷内,是川滇黔铅锌多金属成矿带的重要组成部分。区内构造活动强烈,则木河断裂与黑水河断裂两条主要断裂带纵横交错,构成了复杂的构造格架,同时也为金属矿产的形成提供了优越的成矿地质条件。则木河断裂是青藏高原东南缘构造边界上的关键性活动断裂之一,属鲜水河—安宁河—则木河—小江断裂系的重要组成部分。该断裂北起四川西昌,南至宁南县金沙江边,全长约120 km,宽2～4 km。黑水河断裂则为北西向展布的次级断裂,与则木河断裂在宁南地区交汇,共同控制着区域的地质演化与成矿作用[1]。

前人对该地区的研究多聚焦于断裂的活动性,地震危险性及地质灾害等方面,而对两条断裂的构造成矿条件研究相对薄弱。本文从构造地质学与矿床学的交叉视角出发,系统分析则木河与黑水河断裂的构造特征及其对成矿的控制作用,试图建立断裂构造与铅锌成矿之间的内在联系,为宁南地区深部找矿和外围找矿提供理论依据。

2 区域地质背景

Copyright © This work is licensed under a Commons Attribution-Non Commercial 4.0 International License.

文章类型：论文|刊号（ISSN）：2630-4732 /（中图刊号）：561GL001

2.1大地构造位置

宁南地区处于扬子板块南部早古生代被动陆缘上近南北向的昆明—昭觉陆架裂陷带的北段，会理—东川拗拉槽北界的天宝山—巧家断裂带附近。区域构造演化经历了多期次，多阶段的复杂过程。元古代东西向拗拉槽和震旦纪—早古生代南北向陆架裂陷，晚二叠世—中新生代南北向大陆裂谷等发展阶段，显生宙的南北向裂谷叠加在东西向拗拉槽裂陷之上，具有横跨式叠加裂谷系的特征[2]。这种多期叠加的构造背景为区内多金属成矿提供了优越的地质条件。

2.2地层与岩浆岩

区内出露地层以震旦系灯影组，寒武系等为主，其中灯影组白云岩是区内铅锌矿床的主要赋矿层位。下寒武统麦地坪段白云岩亦是重要的含矿层位，跑马铅锌矿床即产于该层位中。围岩蚀变主要有硅化，白云石化等。

2.3区域矿产特征

宁南地区位于康滇铅锌成矿带中部，区域内铅锌矿床主要沿甘洛—小江深大断裂带及其分支断裂分布，以中，小型铅锌矿床（点）为主，分布集中，线性分布特征明显。典型矿床包括银厂沟—骑骡沟铅锌矿床，跑马铅锌矿床，蘑菇山铅锌矿床等。这些矿床多属沉积改造型或热液型铅锌矿床，矿体产于白云岩与硅化岩石中，受断裂构造和层间破碎带控制明显。

3 断裂构造特征

3.1则木河断裂

则木河断裂是一条大型左旋走滑继承性活动断裂，位于青藏高原东南缘—川滇菱形地块东边界转折部位。其总体走向北北西，北起西昌，南至宁南县金沙江边，全长约120 km。断裂带由5条斜列式断裂组成，其中大箐断裂—扯扯街断裂是活动最为强烈的一段[3]。

几何学特征。则木河断裂在宁南地区与小江断裂交汇，宁南盆地构成了则木河断裂和小江断裂的分段边界。该盆地为宽约4.5 km的拉分盆地，断裂运动性质以左旋走滑兼具正断运动为主。宁南盆地及小江断裂走向上的弯曲构造共同组成了宁南—巧家拉分区。

运动学特征。则木河断裂总体表现为左旋走滑的运动学特征。据研究，则木河断裂的左旋走滑速率约为6.4±1.0 mm/a。断裂北段和中段晚第四纪滑动速率高于南段，且从晚更新世到全新世，断裂滑动速率呈现降低趋势。北段以粘滑活动为主，南段以蠕滑活动为主。这种分段差异性对成矿作用具有重要影响，南段相对较低的滑动速率和蠕滑特征有利于断裂带的持续开放和成矿流体的长期运移。

深部结构特征。地球物理资料表明，则木河断裂为东倾的板状低速带。深度7.5 km处可以观测到则木河断裂带与小江断裂带交汇处呈现低剪切波速度，这主要受到宁南—巧家拉分区的沉积层影响。安宁河断裂的正应力和剪应力都较高，则木河断裂的正应力和剪应力则都较低。

3.2黑水河断裂

黑水河断裂是金沙江左岸一级支流黑水河流域的控制性断裂。该断裂呈北西向展布，与近南北向的则木河断裂在宁南地区交汇[4]。

关于黑水河断裂的名称，需作如下说明。在部分文献中，该断裂被称为普格—宁南断裂或黑水河断裂带。从构造归属上看，黑水河断裂属于甘洛—小江深大断裂带的次级分支断裂。断裂带沿线岩体破碎，次生灾害发育，反映了其较强的活动性。

3.3两条断裂的构造关系

则木河断裂与黑水河断裂在宁南地区构成X型共轭剪切构造格架。则木河断裂为北北西向的主干走滑断裂，黑水河断裂为北西向的次级断裂。两条断裂的交汇部位，宁南盆地及其周边区域是构造应力最为集中，岩石最为破碎的地带，也是成矿流体最为活跃的区域。

从构造演化的角度看，则木河断裂作为区域性的深大断裂，其活动历史更长，切割深度更大，是控制区域构造格局的主导性断裂。黑水河断裂则是在则木河断裂左旋走滑过程中派生的次级断裂，两者具有成因上的联系。这种主干—次级的断裂组合模式，为成矿物质的运移和就位提供了完整的通道—储集系统[5]。

4 构造成矿地质条件分析

4.1区域构造演化与成矿的耦合关系

宁南地区多期次的构造演化与铅锌成矿具有密切的时空耦合关系。元古代拗拉槽阶段。会理—东川东西向拗拉槽的形成奠定了川滇黔地区的基底构造格局，控制了区域铅锌矿带的宏观分布。震旦纪—早古生代陆架裂陷阶段[6]。南北向陆架裂陷形成了有利成矿的容矿屏蔽岩性组合，灯影组和麦地坪段白云岩成为区内最主要的容矿层位。晚二叠世—中新生代大陆裂谷阶段。深部地幔物质伴随岩石圈伸展裂陷而上涌至表壳，为成矿提供了物质来源和热动力条件。新生代挤压褶皱阶段。岩石圈收缩挤压使裂谷封闭褶皱，聚集于表壳的成矿流体在适宜的构造部位，背斜转折端，张性断裂，层间破碎带等，和具有屏蔽—容矿岩石组合的地层组成的储闭系统中成矿。

这一多阶段构造演化序列表明，宁南地区的铅锌成矿是基底构造控带，裂谷作用供源，褶皱断裂定位的产物，而则木河与黑水河断裂正是新生代挤压褶皱阶段最重要的控矿构造。

4.2则木河断裂的控矿作用

则木河断裂对区内铅锌成矿的控制作用主要体现在以下三个方面。导矿构造作用。则木河断裂作为切割地壳深部的区域性深大断裂，是连接深部成矿物质来源与浅部容矿空间的重要通道。断裂带的左旋走滑运动产生的大规模破碎带为成矿流体的上升提供了通道。研究表明，小江断裂（与则木河断裂相连）为导矿构造。则木河断裂与其具有相似的构造属性和导矿功能。构造应力转换作用。则木河断裂南段在宁南地区转为拉分盆地构造，断裂运动性质由单纯的左旋走滑转变为左旋走滑兼具正断运动。这种运动性质的转变导致了局部伸展环境的形成，有利于成矿流体在断裂带内的汇聚和沉淀。热驱动作用。则木河断

Copyright © This work is licensed under a Commons Attribution-Non Commercial 4.0 International License.

裂带构成深层地热场向地表运移,循环的通道。高温热泉的发育表明断裂带具有较高的地热梯度,这为成矿流体的循环和矿质的活化迁移提供了热动力条件。

4.3黑水河断裂的控矿作用

黑水河断裂作为次级断裂,其控矿作用主要体现在配矿构造作用,容矿构造作用,矿化分带控制作用三方面。

配矿构造作用。黑水河断裂与则木河断裂的交汇部位是成矿流体汇聚的有利地段。次级南北向张性断裂为配矿构造,黑水河断裂在此扮演了类似的角色。容矿构造作用。黑水河断裂及其派生的层间破碎带,次级裂隙为矿体的就位提供了空间。北北西向,近南北向断裂及早期顺层剪切破碎带是重要的容矿构造。矿化分带控制作用。两条断裂构成的X型共轭剪切系统,在空间上形成了构造应力梯度带,控制了矿化的分带性,靠近则木河主干断裂一侧以深源成分为主,远离主干断裂一侧以层控成因为主。

4.4宁南拉分盆地的成矿意义

宁南拉分盆地是本区构造成矿最关键的构造单元,其成矿意义长期未得到充分认识。

拉分盆地是构造,成矿耦合的关键界面。宽约4.5 km的宁南拉分盆地既是则木河断裂与小江断裂的分段边界,也是深部成矿流体从走滑断裂系统向浅部层控系统转换的关键构造界面。拉分盆地的伸展环境导致上覆地层的张裂,为成矿流体提供了垂向运移的通道和侧向扩散的空间。拉分盆地的多期活动性与成矿的多阶段性相匹配。则木河断裂带晚第四纪以来活动性具有时空不均匀性,断裂的周期性活动导致了成矿流体的脉动式运移和矿质的多期次沉淀。银厂沟—骑骡沟铅锌矿床有三期成矿作用,主要形成于晚燕山期以来的脆性变形期,这与拉分盆地的多期构造活动高度吻合。拉分盆地是构造,流体,矿化三位一体的成矿系统。拉分盆地的拉张环境一方面降低了围岩的有效压力,促进了岩石的脆性破裂。另一方面形成了低压区,驱动了深部成矿流体的向上运移。剪切波低速异常表明拉分盆地内沉积层较厚,暗示了长期稳定的构造沉降,沉积,成矿循环[7]。

基于上述分析,本文提出宁南拉分盆地构造成矿模型。在青藏高原东南缘顺时针转动的大背景下,则木河断裂的左旋走滑运动在宁南地区形成拉分盆地。拉分盆地的伸展环境激活了深部成矿系统,成矿流体沿则木河断裂上升,经黑水河断裂及其次级断裂运移,最终在灯影组白云岩的层间破碎带和次级褶皱转折端中沉淀成矿。

5 成矿预测与找矿方向

基于上述构造成矿地质条件分析,提出以下成矿预测和找矿方向。

拉分盆地边缘地带。宁南拉分盆地边缘是构造应力转换带,断裂活动强烈,岩石破碎程度高,是成矿流体最易汇聚和沉淀的部位。重点应关注盆地北缘和南缘与主干断裂交汇的地段。两条断裂的交汇部位。则木河断裂与黑水河断裂的交汇区是构造薄弱带,已有矿化显示明显。骑骡沟倾伏背斜与则木河断裂相切的部位是找矿的有利地段。次级断裂与层间破碎带的复合部位。北北西向,近南北向断裂与灯影组白云岩层间破碎带的复合部位是矿体定位的有利空间。这类构造复合部位在两条断裂之间的地块内广泛发育,具有较大的找矿潜力。深部找矿潜力。考虑到拉分盆地的沉积厚度和深部构造特征,以及已知矿床向深部品位变富的趋势,宁南地区具有良好的深部找矿前景。建议在已知矿床深部开展钻探验证。

6 结论

宁南地区处于扬子地台西缘康滇地轴东缘,位于川滇黔铅锌多金属成矿带中段,多期次构造演化与铅锌成矿具有密切的时空耦合关系。则木河断裂为北北西向大型左旋走滑断裂,在宁南地区与小江断裂交汇形成宽约4.5 km的拉分盆地。黑水河断裂为北西向次级断裂,与则木河断裂构成“X”型共轭剪切构造格架。则木河断裂主要起导矿构造和构造应力转换作用,黑水河断裂主要起配矿和容矿作用,两者共同构成了“主干走滑断裂导矿—次级张性断裂配矿—层间破碎带容矿”的构造成矿系统。

首次提出宁南拉分盆地是本区构造成矿的关键构造单元,拉分盆地的伸展环境为成矿流体的运移和沉淀提供了优越的构造空间和热动力学条件,建立了宁南拉分盆地构造成矿模型。拉分盆地边缘地带,两条断裂交汇部位,次级断裂与层间破碎带复合部位是下一步找矿的重点方向,深部找矿潜力值得重视。

[参考文献]

[1]王明明,陈翰,李圣.则木河,大凉山和小江断裂交会区断裂几何展布及运动特征研究[J].地震学报,2024,46(6):969-981.

[2]钟俊,陈新伟,刘韶,等.则木河断裂活动习性研究综述[J].四川地震,2026,(1):1-15.

[3]杨红英.四川省宁南银厂沟—骑骡沟铅锌矿床构造控矿作用研究[D].成都理工大学,2009.

[4]严冰.四川宁南地区铅锌成矿规律及证据权法成矿预测[D].成都理工大学,2006.

[5]蔺永,王登红,张长青.四川宁南跑马铅锌矿床的成矿时代及其地质意义[J].中国地质,2010,37(2):488-494.

[6]郑加国.宁南—布拖县蘑菇山铅锌矿地质特征及找矿标志[J].世界有色金属,2023,(2):83-85.

[7]赵方彬.则木河断裂带南段断层活动性及致灾效应研究[D].成都理工大学,2023.

作者简介：

朱华云(1981--),男,汉族,四川会理人,本科,高级工程师,从事矿产资源勘查开发研究。

*通讯作者：

王玉(1984--),男,汉族,安徽巢湖人,本科,高级工程师,从事矿产资源勘查开发研究。

Copyright © This work is licensed under a Commons Attribution-Non Commercial 4.0 International License.