

甘孜 - 理塘构造带金矿床控矿构造及成矿规律

张 颖, 刘 雷*

中国建筑材料工业地质勘查中心宁夏总队, 宁夏 银川

收稿日期: 2025年9月11日; 录用日期: 2025年10月14日; 发布日期: 2025年10月24日

摘 要

甘孜 - 理塘构造带作为三江特提斯复合造山带的关键构造单元, 是川西地区最重要的金矿集中区之一。本文综合前人有关区域地质调查、矿床地质特征、同位素地球化学及构造演化数据资料, 总结了该构造带内金矿床的主要控矿构造与成矿规律。金矿化主要受控于NW向韧性剪切带、次级断裂破碎带及层间滑脱构造, 赋矿围岩以上三叠统曲嘎寺组蛇绿混杂岩为主。成矿流体具有变质水与大气降水混合特征, 成矿物质主要来源于围岩地层中的火山 - 沉积建造。成矿作用与印支期洋壳俯冲、燕山期弧陆碰撞及喜山期陆内转换构造演化过程耦合, 形成了以类卡林型和造山型为主的金矿类型。

关键词

甘孜 - 理塘构造带, 金矿, 控矿构造, 成矿规律

Ore-Controlling Structure and Metallogenic Law of Gold Deposits in the Ganzi-Litang Tectonic Belt

Ying Zhang, Lei Liu*

Ningxia General Team, China Building Materials Industry Geological Survey Center, Yinchuan Ningxia

Received: September 11, 2025; accepted: October 14, 2025; published: October 24, 2025

Abstract

As the key tectonic unit of the Sanjiang Tethys composite orogenic belt, the Ganzi-Litang tectonic belt is one of the most important gold ore concentration areas in western Sichuan. In this paper, the regional geological survey, geological characteristics of the deposit, isotopic geochemistry and tectonic evolution are summarized, and the metallogenic and ore-controlling structure style and metallogenic law of the gold deposits in the structural belt are systematically analyzed. The results

*通讯作者。

文章引用: 张颖, 刘雷. 甘孜-理塘构造带金矿床控矿构造及成矿规律[J]. 地球科学前沿, 2025, 15(10): 1396-1402.
DOI: 10.12677/ag.2025.1510129

show that the gold mineralization is strictly controlled by the NW-trending ductile shear zone, the secondary fault fracture zone and the interlayer slip structure, and the ore-bearing surrounding rock is dominated by the ophiogreen mixed rocks of the Upper Triassic Qugasi Formation. The ore-forming fluids are characterized by the mixing of metamorphic water and atmospheric precipitation, and the minerals are mainly derived from volcanic-sedimentary formations in the surrounding rock strata. The metallogenesis was coupled with the indosinian oceanic crust subduction, the Yanshanian arc-continent collision and the intracontinental transformation tectonic evolution process of the Himalayan period, forming a gold deposit type dominated by Carlin-like and orogenic types.

Keywords

Ganzi-Litang Tectonic Belt, Gold Mine, Ore-Controlling Structure, Metallogenic Law

Copyright © 2025 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

三江特提斯复合造山带是全球特提斯构造域东段的关键组成部分, 记录了古特提斯洋演化、弧陆碰撞及陆内造山的完整过程[1][2]。甘孜-理塘构造带作为三江特提斯东缘的主缝合带之一, 经历了从洋盆扩张、俯冲消减到陆内造山的复杂演化, 发育了阿加隆洼、嘎拉、雄龙西等典型金矿床[3]-[5]。前人对这些金矿床的主要地质概况和成矿特征开展了较深入的研究, 提出甘孜-理塘构造带内的金矿床成矿流体主要来源于大气降水, 成矿物质主要来自上三叠统曲嘎寺组(T_{3q})蛇绿混杂岩, 矿床的形成主要与区域构造-流体-物质演化过程相关[3]-[5]。然而, 目前对这些金矿床的主要控矿构造及成矿规律的系统总结仍显不足。因此, 本文重点综合目前有关甘孜-理塘构造带金矿床的矿床地质特征、成矿时代、成矿物质来源、控矿构造等文献资料, 结合区域构造演化特征, 初步总结了甘孜-理塘构造带内金矿床的主要控矿构造特征与成矿规律, 为深入认识造山型金矿成矿理论及成矿规律提供资料。

2. 地质背景

甘孜-理塘构造带北起青海玉树, 南至四川木里, 主要呈反“S”型展布(图 1), 宽度 10~30 km, 是古特提斯洋甘孜-理塘洋盆闭合后的产物[5][6]。其构造演化可划分为四个阶段: 洋盆扩张阶段(晚二叠世-早三叠世): 甘孜-理塘洋盆形成, 发育卡尔蛇绿岩组(P_2-T_1)和瓦能蛇绿岩组(T_{3w}), 包含枕状玄武岩、堆晶辉长岩、放射虫硅质岩及浊积岩[7][8]。俯冲消减阶段(晚三叠世): 洋壳向西俯冲, 形成义敦岛弧火山岩带, 伴随高压变质作用, 蛇绿岩套被肢解为构造岩块[2][9]。弧陆碰撞阶段(晚三叠世末-白垩纪): 义敦岛弧与扬子地块碰撞, 形成 NW 向逆冲推覆构造及韧性剪切带、蛇绿混杂岩与外来岩块叠置[10][11]。陆内造山阶段(新生代): 受印度-亚欧大陆强烈碰撞的影响, 发生 NW 向走滑剪切, 形成喜山期次级断裂破碎带, 控制金矿体定位[12]。

区域构造以甘孜-理塘断裂带为主, 该断裂带延伸长度大于 800 km, 主要由亚火-卓西断裂、擦岗隆洼-古鲁断裂和坐景寺-昂给断裂三条主干断裂组成。由于甘孜-理塘构造带经历了多期次构造演化事件, 导致该断裂带性质复杂, 主要由一系列平移走滑带、推覆构造带、逆冲断裂带、韧性剪切带、脆性破碎带和断陷盆地组成, 是甘孜-理塘金矿床分布的重要控矿构造之一。区内构造线方向以南北向为主, 分布有多个轴向为南北向的紧闭褶皱和同斜倒转褶皱。区域地层以三叠系为主, 分布广、厚度大, 其岩

性主要由海相浅变质沉积 - 火山沉积岩系组成。其中, 上三叠统曲嘎寺组(T_3q)是带内最重要的赋金层位, 曲嘎寺组主要由超基性岩、基性火山岩、硅质岩以及浅变质泥岩/砂岩、炭质板岩、结晶灰岩等组成, 具有非史密斯地层特征[6] [13]。区内岩浆岩以印支期基性 - 超基性岩为主, 构成蛇绿岩套的主体; 燕山期仅发育少量同碰撞花岗岩, 与金矿化关系不密切[11] [14]。区域变质作用以低绿片岩相为主, 局部发育蓝闪石片岩相, 变质程度自西向东递减[5] [15]。热液蚀变作用广泛发育, 与金矿化相关的硅化、碳酸盐化、绢云母化等受构造带控制明显[3] [4]。

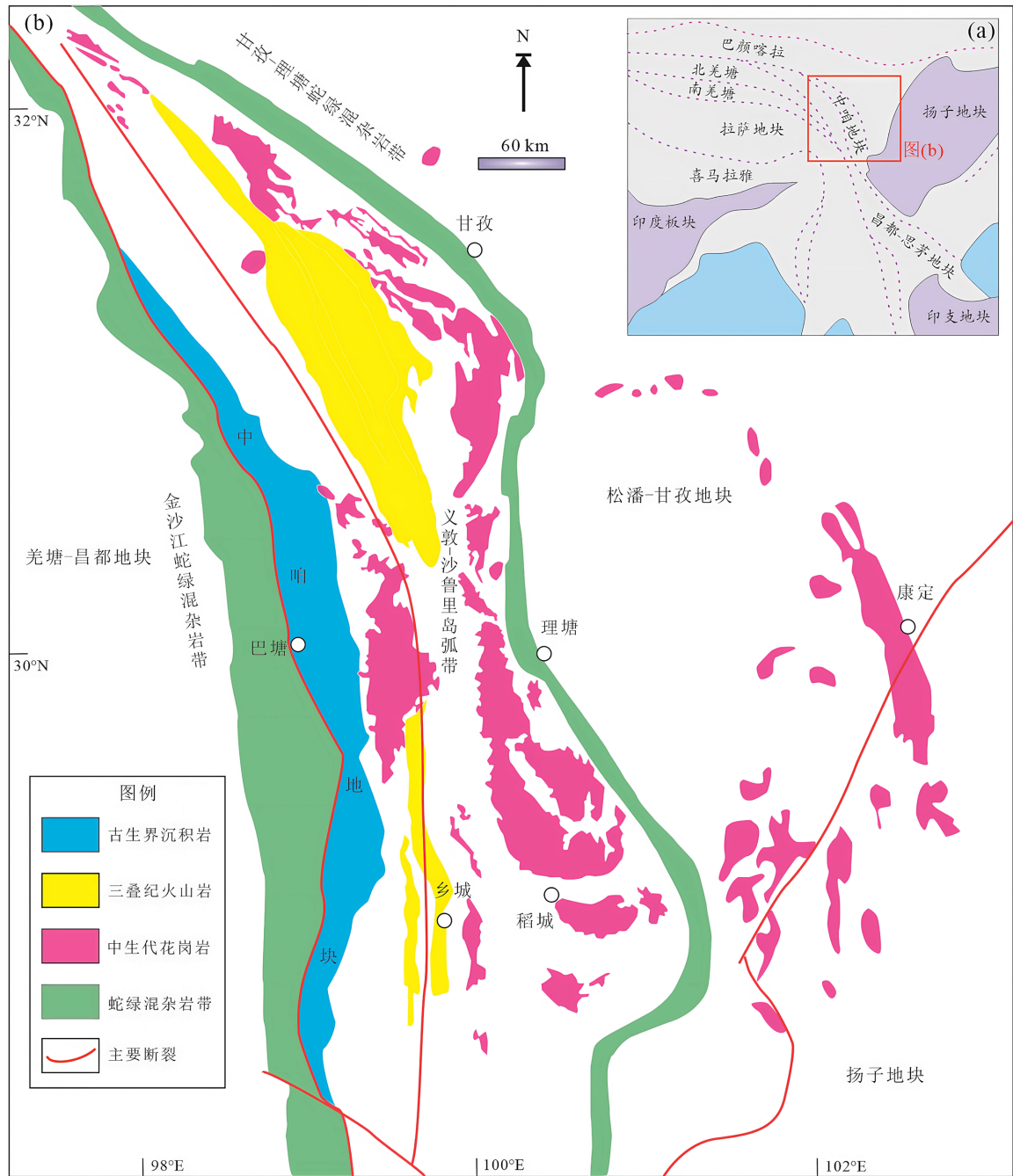


Figure 1. Tectonic location (a) and geological map (b) of Ganzi-Litang tectonic belt (modified from [16])
图 1. 甘孜 - 理塘构造带大地构造位置图(a)和地质简图(b) (改编自[16])

3. 成矿控矿构造特征

3.1. 区域构造控矿格局

甘孜-理塘构造带的金矿化主要受三级构造体系控制。

一级导矿构造：NW 向甘孜-理塘深大断裂带，延伸长度大于 700 km，切割深度可达岩石圈。该断裂带控制了金成矿带的展布，为成矿流体远距离运移提供通道[5] [10]。

二级配矿构造：NW 向次级韧性剪切带(如嘎拉剪切带、阿加隆洼剪切带)，其长度可达数十至数百千米，宽度为数百米至 2 km，主要控制了区内矿田的分布[3] [4]。

三级容矿构造：脆性断裂破碎带、层间滑脱带及节理裂隙系统，宽度为数米至数十米，它们控制了矿体的形态与产状[17] [18]。

3.2. 典型矿床控矿构造解析

3.2.1. 阿加隆洼金矿床

阿加隆洼金矿床位于甘孜-理塘构造带中段南端，赋存于日则-萨马隆洼深大断裂的喜山期次级阿加隆洼剪切破碎带(走向 NE 20°~45°，倾角 51°)。破碎带具“两带夹一楔”结构，即中央为糜棱岩带(宽 20~50 m)，两侧为碎裂岩带(宽 50~100 m)，发育张性透镜体、节理密集带及石英-碳酸盐脉[3]。矿体呈串珠状、透镜状沿破碎带展布，长轴与断裂走向一致(图 2)，受张性裂隙控制明显，显示浅成伸展环境成矿特征。镜下可见早期成岩黄铁矿被后期毒砂围绕生长，反映多期构造-流体活动[3]。

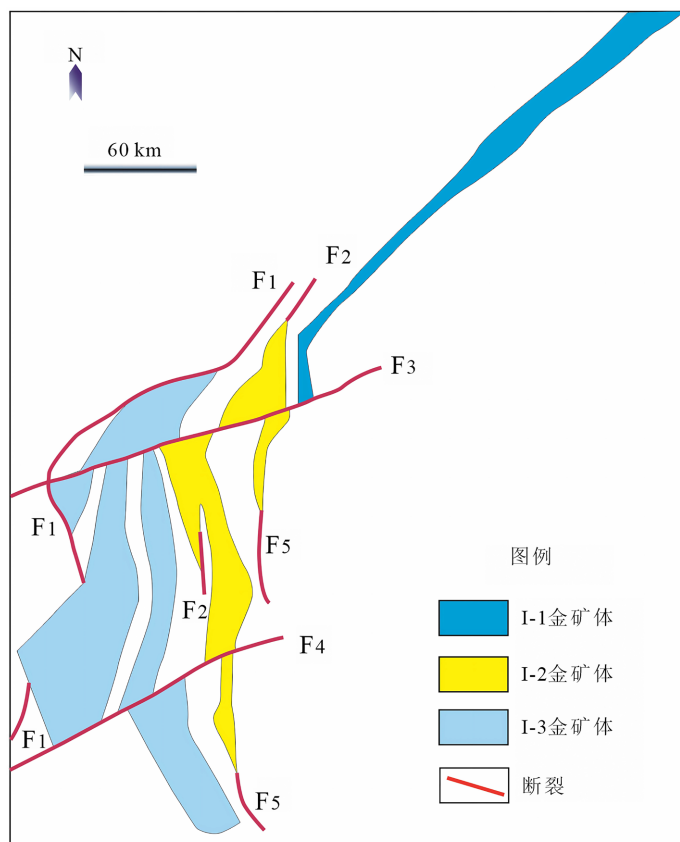


Figure 2. Planar graph for ore body I of Ajialongwa gold deposit (modified from [3])

图 2. 阿加隆洼金矿床矿体 I 平面图(改编自[3])

3.2.2. 嘎拉金矿床

嘎拉金矿床位于甘孜-理塘构造带北段转折部位, 受控于 NW 向嘎拉韧性剪切带(走向 330°, 倾角 50°~70°)。剪切带由糜棱岩、千糜岩及劈理带组成, 发育 S-C 组构、旋转碎斑系及压力影构造。矿体与千糜岩劈理一致, 呈似层状、透镜状, 向东北陡倾, 金品位从剪切带中心(5~8 g/t)向边缘(1~3 g/t)递减, 显示韧性剪切带对矿化的分级控制[4] [5]。剪切带中心黄铁矿 As 含量(1.2%~3.5%)显著高于边缘(0.3%~0.8%), 反映流体在剪切带内的分异富集[12]。

3.2.3. 雄龙西金矿床

雄龙西金矿床受控于 NW 向层间滑脱构造, 发育于曲嘎寺组炭质板岩与硅质岩接触带。滑脱带呈波状起伏, 产状与地层一致(走向 310°, 倾角 30°~40°), 发育顺层石英脉、网脉状硫化物及揉皱构造。矿体呈似层状、扁豆状, 沿滑脱面分布, 厚度 1~5 m, 金品位 2~5 g/t [11]。滑脱构造形成于燕山晚期(157±14 Ma), 与区域伸展作用同期[9]。

4. 成矿规律

4.1. 成矿时代与构造演化耦合

甘孜-理塘构造带金矿成矿时代主要可划分为两期。

燕山晚期(177~149Ma): 以嘎拉金矿床为代表, 其 K-Ar 年龄为 158±12 Ma~177±14 Ma, Rb-Sr 等时线年龄为 157±14 Ma, 与义敦岛弧碰撞后的伸展作用时限一致[4] [9]。

喜山期(40~26 Ma): 以阿加隆洼矿床为代表, 矿区内构造破碎带形成于印度-欧亚大陆晚碰撞阶段, 流体包裹体均一温度显示成矿于浅成环境[2] [3]。成矿时代与构造演化阶段的耦合关系显示, 金矿化发生于区域应力场从挤压转为伸展的转换期。

4.2. 成矿流体与物质来源

4.2.1. 流体地球化学特征

阿加隆洼矿床成矿流体为低温(120°C~215°C)、低盐度(0.18%~6.16% NaCleqv)的 NaCl-H₂O 体系, 气相成分以 H₂O (91.80%~97.63%)和 CO₂ (2.015%~7.297%)为主, 具弱还原性(还原参数 0.087~0.230), 其 δD 为-124.243‰~-114.968‰, δ¹⁸O 为-1.56‰~1.91‰, 指示浅部循环的大气降水[3]。

嘎拉矿床流体温度稍高(180°C~240°C), 盐度为 1.2%~6.1% NaCleqv, δD 为-126.368‰~-121.342‰, δ¹⁸O 为 8.24‰~9.89‰, 显示变质水与大气降水混合的特征。流体包裹体中 CO₂ 的 δ¹³C 为-11.3‰~-2.1‰, 暗示碳源为海相碳酸盐岩与有机碳的混合[4]。

4.2.2. 成矿物质来源

前人的硫同位素研究表明, 阿加隆洼矿床硫化物 δ³⁴S 为-13.249‰~-8.091‰, 具明显的负值, 指示硫来自围岩有机质还原或火山-沉积环境的细菌还原[3]。嘎拉矿床 δ³⁴S 为-9.2‰~-4.9‰, 峰值为-7‰~-5‰, 暗示其硫源为变质火山岩与沉积岩的混合[4]。

铅同位素显示, 上述两个矿床的 ²⁰⁶Pb/²⁰⁴Pb 为 18.0001~18.6688, ²⁰⁷Pb/²⁰⁴Pb 为 15.5105~15.6908, ²⁰⁸Pb/²⁰⁴Pb 为 38.1313~38.9771, 具有铀铅富集的特征, 表明铅主要来源于上三叠统曲嘎寺组蛇绿混杂岩[3] [4] [19]。

4.2.3. 矿化蚀变与元素分带

甘孜-理塘构造带内的金矿化往往伴随热液蚀变, 自矿体中心向外依次为:

1) 硅化带: 石英呈细脉状、团块状, Au 品位 3~8 g/t, 伴生毒砂、含砷黄铁矿。

- 2) 碳酸盐化带: 铁白云石、方解石呈网脉状, Au 品位 1~3 g/t, 伴生辉锑矿、闪锌矿。
- 3) 绢云母化带: 绢云母呈鳞片状, Au 品位<1 g/t, 为蚀变外晕[3] [20]。

5. 成矿模式与找矿方向

5.1. 多期构造 - 流体 - 成矿耦合模式

根据前人研究成果, 结合区域构造演化与成矿规律, 本文总结了甘孜 - 理塘构造带金矿的成矿模式:

- 1) 矿源形成阶段(P₂-T₃): 甘孜 - 理塘洋盆沉积形成富 Au 的蛇绿混杂岩及浊积岩, Au 背景值达 5~10 ppb。
- 2) 矿质活化阶段(T₃-J): 弧陆碰撞引发区域变质, 矿源层中的 Au 被变质流体萃取, 沿 NW 向断裂运移, 形成初始富集。
- 3) 成矿阶段(K-E): 陆内伸展作用形成次级破碎带, 流体与大气降水混合, 在减压、降温条件下于构造虚脱部位沉淀成矿。
- 4) 改造阶段(N-Q): 表生氧化作用使金进一步富集, 形成氧化矿帽[2] [3]。

5.2. 找矿标志与勘探方向

5.2.1. 找矿标志

- 1) 构造标志: NW 向断裂带与 NE 向次级断裂交汇部位, 韧性剪切带与脆性破碎带叠加区, 层间滑脱构造发育段。
- 2) 蚀变标志: 硅化、碳酸盐化、绢云母化组合蚀变带, 褐铁矿化、孔雀石化等氧化蚀变。
- 3) 地球化学标志: 土壤 Au 异常(>50 ppb), As-Sb-Hg 组合异常, 岩石中 Au > 1 ppb 且 As > 100 ppm [5] [21]。

5.2.2. 重点勘探区域

- 1) 阿加隆洼 - 雄龙西矿集区: 关注喜山期剪切破碎带与硅化带叠加区, 扩大类卡林型金矿资源量。
- 2) 嘎拉 - 错阿矿集区: 侧重燕山晚期韧性剪切带深部及旁侧次级断裂, 寻找造山型金矿盲矿体。
- 3) 通宵 - 理塘蛇绿岩带: 探索蛇绿混杂岩与碎屑岩接触带的层控型金矿[5] [21]。

6. 结论

甘孜 - 理塘构造带金矿受 NW 向韧性剪切带、次级断裂破碎带及层间滑脱构造三级控制, 赋矿于上三叠统曲嘎寺组蛇绿混杂岩, 具“构造控矿、层控为主”特征。成矿流体为变质水与大气降水混合, 成矿物质主要来自围岩, 同位素组成显示壳源特征, 成矿时代与区域构造演化阶段耦合。

参考文献

- [1] 邓军, 杨立强, 王庆飞, 等. 三江特提斯复合造山与成矿作用研究进展[J]. 岩石学报, 2011, 27(9): 2501-2509.
- [2] 侯增谦, 莫宣学, 杨志明, 等. 青藏高原碰撞造山带成矿作用[J]. 中国地质, 2006, 33(2): 237-251.
- [3] 张珣, 王庆飞, 张静, 等. 川西甘孜-理塘缝合带阿加隆洼金矿床地质特征及成因探讨[J]. 岩石学报, 2012, 28(2): 691-701.
- [4] 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.
- [5] 邹光富. 甘孜-理塘板块缝合带研究的新进展[J]. 四川地质学报, 1995, 15(4): 257-263.
- [6] 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.

-
- [7] 于远山, 戴宗明, 游再平, 等. 1:25 万甘孜县幅区域地质调查报告[R]. 成都: 四川省地质调查院, 2001.
- [8] 魏永峰, 罗森林. 甘孜-理塘结合带中段蛇绿岩的地质特征[J]. 四川地质学报, 2003, 23(3): 134-140.
- [9] 张能德, 曹亚文, 廖远安, 等. 四川甘孜-理塘裂谷带地质与成矿[M]. 北京: 地质出版社, 1998.
- [10] 付小方, 应汉龙. 甘孜-理塘断裂带北段新生代构造特征及金矿成矿作用[J]. 中国地质, 2003, 30(4): 413-418.
- [11] 夏廷高. 四川省甘孜-理塘金矿成矿带成矿模式与开发模式研究[D]: [博士学位论文]. 成都: 成都理工大学, 2006.
- [12] 郇伟静, 袁万明, 李娜. 川西甘孜-理塘金矿带形成条件的矿物电子探针与裂变径迹研究[J]. 现代地质, 2011, 25(2): 261-270.
- [13] 严松涛, 刘肇昌, 李文昌, 等. 甘孜-理塘蛇绿混杂岩带中段火山杂岩物质组成及其洋盆演化史[J]. 岩石学报, 2009, 25(10): 2593-2606.
- [14] 刘陇强, 郭旭升, 董毅, 等. 甘孜-理塘蛇绿混杂岩带中段火山岩同位素年代学及其地质意义[J]. 地质学报, 2010, 84(12): 1729-1738.
- [15] 袁新, 郑荣才, 文华国, 等. 甘孜理塘蛇绿混杂岩带新龙段构造变形特征[J]. 地质学报, 2012, 86(7): 1090-1102.
- [16] Wang, L. (2022) Metallogenic Regularity and Exploration Targets in the Ganzi-Litang Belt. *Ore Geology Reviews*, **144**, Article ID: 105118.
- [17] 邱扬帆, 张成江, 陈建平, 等. 甘孜理塘构造带北段金矿成矿构造地质特征及其成矿规律[J]. 矿物学报, 2015, 35(S1): 707-708.
- [18] 钟俊靖, 陈建平, 邱扬帆, 等. 甘孜-理塘断裂带中部金矿成矿控矿构造特征分析[J]. 矿产与地质, 2016, 30(2): 201-207.
- [19] Zartman, R.E. and Doe, B.R. (1981) Plumbotectonics—The Model. *Tectonophysics*, **75**, 135-162.
[https://doi.org/10.1016/0040-1951\(81\)90213-4](https://doi.org/10.1016/0040-1951(81)90213-4)
- [20] 肖军, 孙传敏, 刘严松, 等. 四川甘孜-理塘断裂带中段阿加隆洼金矿围岩蚀变特征及与金矿化关系[J]. 地质与勘探, 2008, 44(6): 8-12.
- [21] 邹光富, 毛英. 四川甘孜嘎拉金矿地质特征及矿床成因研究[J]. 黄金, 2007, 28(5): 9-13.