

The Research Progress of Magmatism and Mineralization of Himalayan in the Gandise Metallogenic Belt, Tibet

Chaoqiang Jiang

College of Earth Sciences, East China University of Technology, Nanchang Jiangxi
Email: 491227055@qq.com

Received: Jan. 27th, 2016; accepted: Feb. 13th, 2016; published: Feb. 16th, 2016

Copyright © 2016 by author and Hans Publishers Inc.

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

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



Open Access

Abstract

The Gandise Metallogenic Belt is one of the most important resources in the base in our country, the degree of geological work is relatively low, and it is located between the class—nujiang suture zone and yarlung zangbo river suture zone. Affected by the plate subduction and collision, the magmatic activity of the Gandise Metallogenic Belt is strong; and the arc of volcanic zone formed copper, lead, zinc, molybdenum, gold polymetallic ore deposit combinations in the Gandise Metallogenic Belt. The distribution of the east-west deposit has gathered in the local area distribution characteristics, and on the area formed five super-large ore concentration area: Xiongcun copper and gold mine area, Tinggong-Chongjiang Cu-polymetallic mine zone, Jiama-Qulong-Bangpu Cu-polymetallic mine zone, Mengyaa-Dongzhongla-Yagui Cu-polymetallic mine zone, Chengba-Nuri W-Mo-Cu-polymetallic mine zone. On the basis of previous studies, this paper attempts to summarize the new development of research for the magmatism and mineralization in the Himalayan period in the Gandise Metallogenic Belt, and provide basis of further geological prospecting evaluation work deployment and prospecting breakthrough.

Keywords

Magmatism, Mineralization, Himalayan, Gandise, New Progress

西藏冈底斯成矿带喜山期岩浆作用与成矿研究新进展

江超强

东华理工大学地球科学学院, 江西 南昌
Email: 491227055@qq.com

收稿日期: 2016年1月27日; 录用日期: 2016年2月13日; 发布日期: 2016年2月16日

摘要

西藏冈底斯成矿带是我国最重要的资源接续基地之一, 其地质工作程度相对较低, 位于班公湖-怒江缝合带与雅鲁藏布江缝合带之间。受板块俯冲和碰撞作用的影响, 冈底斯成矿带内岩浆活动强烈, 在冈底斯火山-岩浆弧带形成了铜、铅、锌、钼、金多金属等矿床组合, 东西向分布的矿床在局部区域具有成群聚集的分布特征, 在区域上形成了5个超大型矿集区: 雄村铜金矿集区, 厅宫-冲江铜多金属矿集区, 甲玛-驱龙-邦铺铜多金属矿集区, 蒙亚啊-洞中拉-亚贵拉多金属矿集区, 程巴-努日钨钼铜矿集区。本文在前人研究的基础上, 试图总结西藏冈底斯成矿带在喜山期岩浆活动与成矿作用等方面的研究新进展, 为冈底斯成矿带作进一步进行地质勘查评价工作部署及找矿突破提供依据。

关键词

岩浆作用, 成矿作用, 喜山期, 冈底斯, 研究新进展

1. 引言

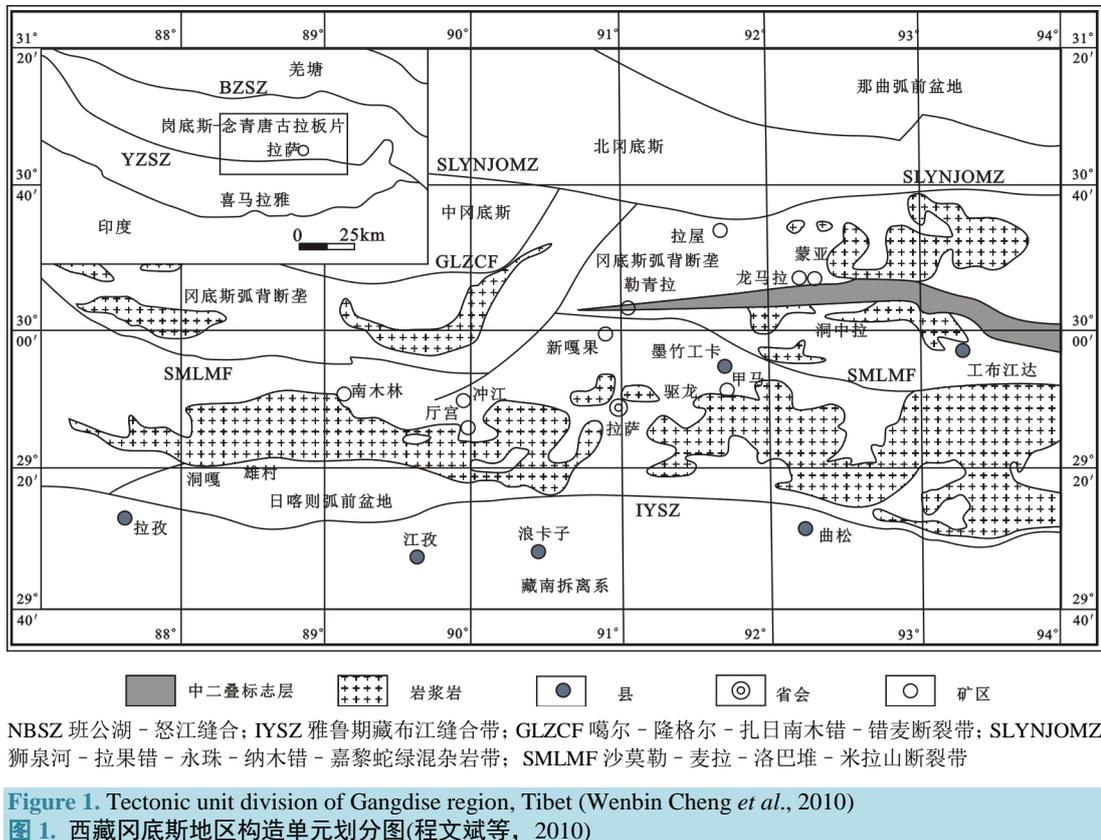
西藏冈底斯成矿带是位于雅鲁藏布江结合带与班公湖-怒江结合带之间的世界级巨型铜多金属成矿带, 其中冈底斯岩浆弧是最重要的Ⅲ级成矿带, 研究程度最高在拉孜县-工布江达县长约 600 km, 宽约 90 km 范围内, 已发现并评价了 5 个超大型矿集区: 雄村铜金矿集区, 厅宫-冲江铜多金属矿集区, 甲玛-驱龙-邦铺铜多金属矿集区, 蒙亚啊-洞中拉-亚贵拉多金属矿集区, 程巴-努日钨钼铜矿集区 [1] [2]。矿床的形成与岩浆活动关系密切, 赵涵对冈底斯成矿带中-新生代成矿规律研究认为, 冈底斯东部发育典型斑岩型、矽卡岩型等热液矿床为主组成的 Cu-Mo-Pb-Zn-Ag 成矿系列; 中部发育以斑岩型矿床为主的 Cu-Au-Ag-Mo 成矿系列; 西部发育斑岩、浅成低温热液型等矿床为主的 Cu-Au-Zn 成矿系列, 并且通过统计得出西藏冈底斯成矿带的成岩成矿年龄绝大多数为喜山期 [3]。

不过, 目前的找矿进展主要集中于冈底斯中东段, 对于冈底斯西部, 由于自然条件和工作程度的制约, 对区内岩浆类型和成矿作用还缺乏系统的认识。冈底斯西部, 如措勤地区, 成矿条件优越, 已发现的矿床与岩浆作用关系密切, 但除了少数矿床被发现外, 目前尚未取得找矿新突破。而晚白垩系——第四纪岩浆岩与成矿作用明显, 已被众多地质学者所公认, 同时, 随着找矿工作的不断深入, 找矿难度越来越大, 成矿发生在地质时期的哪个阶段, 什么类型的岩浆岩成矿最有利等制约找矿的重大难题, 缺乏岩浆作用与成矿关系的统一认识, 进而又影响和制约着内生成矿作用的研究与成矿预测。因此, 本文在前人研究的基础之上, 试图总结西藏冈底斯成矿带喜山期岩浆作用与其成矿研究的新进展, 以便为后续的研究工作提供依据。

2. 地质背景

西藏冈底斯构造-岩浆成矿带位于班公湖-怒江结合带与雅鲁藏布江结合带之间(如图 1 所示), 被认为是班公湖-怒江特提斯大洋向南、雅鲁藏布江新特提斯弧后洋盆向北俯冲及其碰撞作用的产物 [4]。

西藏冈底斯发育的最初基础是一个古老的陆壳, 但是经历被动陆缘、活动陆缘(陆缘火山弧)、碰撞造



山、陆内伸展走滑等演化阶段。因为各演化阶段均有相应的地层系统的叠合，致使冈底斯成矿带陆壳结晶基底到新生界均有发育，但以被动陆缘期的三叠系——白垩系分布最广。区域地层从前寒武到第四系均有出露，但受构造活动的影响，不同地区地层存在不同程度的缺失[5]。

西藏冈底斯构造线总体走势近东西向，因为区域长期走滑效应，次级构造线多呈北西西向，深部应有北东向隐伏构造。区域断裂带主要发育两条巨型断裂带，它们分别为米拉山巨型断裂带和嘉黎巨型断裂带，除此之外还发育一系列规模相对较小的断裂。在空间上，所有断裂错综复杂，构成“米”字型，反映了本区的基本构造格架[6]。区域性褶皱构造大多近东西向延伸，主要有色日绒 - 巴嘎复式背斜、桑巴背斜褶皱、达躺 - 舍嘎松多向斜褶皱、叶嘎花多 - 玉弄花多褶皱组合、爬多拉向斜褶皱、巧朵 - 郎弄褶皱等。

区域岩浆侵入主要发生于燕山晚期与喜山期，其中古新世-始新世为冈底斯岩浆活动最剧烈的时期；区域火山喷发活动主要发生于早 - 中侏罗世、早白垩世、晚白垩世 - 始新世；另外，石炭纪 - 二叠纪火山岩在在冈底斯弧背断隆带上亦有所发育[6]。

区域内矿床的形成与岩浆活动密切相关，燕山晚期 - 喜山期岩浆主要分布在西藏冈底斯中带及南带，而矿床也基本上沿着这两带分布，从西到东依次形成的矿集区有雄村铜金矿集区，厅宫 - 冲江铜多金属矿集区，甲玛 - 驱龙 - 邦铺铜多金属矿集区，程巴 - 努日钨钼铜矿集区，蒙亚啊 - 洞中拉 - 亚贵拉多金属矿集区，发育主要包括石英闪长岩、二长花岗岩、花岗闪长斑岩、花岗斑岩、石英斑岩和细晶岩等中酸性侵入岩，含矿斑岩以二长花岗斑岩为主，花岗斑岩次之；矿床类型以斑岩型、矽卡岩型和热液型为主[1] [4] [7] [8]。

3. 喜山期岩浆作用研究新进展

根据近几年来人们对西藏冈底斯成矿带的岩浆活动进行研究，认为冈底斯成矿带中的喜山期岩浆活

动主要受到了印度 - 亚洲大陆对接碰撞作用的影响, 从而使该区域火山活动和岩浆活动频繁, 发育了大量分布广泛、类型齐全的深成岩、浅成岩和喷出岩; 并将其划分为 3 个演化阶段: 主碰撞陆陆汇聚阶段(65~41 Ma)、晚碰撞构造转换阶段(40~26 Ma)、后碰撞地壳伸展(25~0 Ma)阶段, 与之对应发育了主碰撞造山、晚碰撞构造转换和后碰撞伸展 3 期强烈的岩浆作用[9]-[16]。

赵涵等根据岩浆岩分布特征, 将冈底斯成矿带划分出 4 个岩浆岩亚带: 革吉 - 措勤 - 纳木错构造岩浆岩亚带; 班戈 - 扎西则构造岩浆岩亚带; 念青唐古拉弧背断隆构造岩浆岩亚带; 拉达克 - 冈底斯 - 下察隅 - 墨脱构造岩浆岩亚带[3]。另外, 李光明对冈底斯铜多金属成矿带进行研究, 认为亚洲 - 印度大陆碰撞造山作用而引发了喜山期强烈的弧火山喷发和大规模的中酸性岩浆岩侵位, 其中以 55 Ma~42 Ma 左右为中酸性侵入岩浆活动的高峰期[11]。

3.1. 侵入岩

西藏冈底斯侵入岩以喜山早期最为发育, 主要分布于冈底斯中带及南带地区, 侵入岩以中 - 酸性岩石类型最多, 分布最广, 而基性 - 超基性侵入岩仅在区内零星分布[6] [8] [10] [12] [14] [15] [17]-[19]。

中 - 酸性侵入岩主要呈复式岩体(基)、岩株、岩墙、岩脉等形式产出, 岩石类型主要为闪长岩、花岗闪长岩及花岗岩、花岗斑岩等。古新世酸性侵入岩岩性主要为具 S 型花岗岩特征的二长花岗岩和正长花岗岩, 为一套古新世大陆碰撞造山期或期后形成的同构造侵位的产物。成岩时代以喜山早期为主, 自西向东侵入岩年龄具有由老变新的趋势。

冈底斯成矿带仅零星分布有始新世基性 - 超基性侵入岩, 其多以岩脉或小岩株形式产出, 多为岩浆分异至晚期的产物, 岩石类型主要为纯橄岩、橄榄岩、辉长岩、苏长辉长岩、辉绿岩、辉长闪长岩等。

莫宣学等[20]将冈底斯花岗岩带大致分为 3 个亚带: 北带、中带和南带, 而喜山期花岗岩主要分布在南带(如图 1 所示)。各带的岩石类型和时代都有差别, 但是各带之间并无截然的界线。其中北带成岩时代主要集中在 130~100 Ma, 中带侵位时间主要为燕山期与喜山期。而南带处于隆格尔 - 工布江达断隆带以南地区, 构成冈底斯花岗岩带的主体, 主要由岩基与大的复合岩体组成, 并且有同时代大规模的中酸性火山岩带相伴, 它们共占冈底斯岩浆岩带总面积的 60% 以上。南带喜山期主要由 3 类岩石构成: 同碰撞花岗岩类(约 65~45 Ma), 同碰撞 - 后碰撞强过铝花岗岩(约 56~8 Ma, 主要在该带北侧及东、西段)、含铜斑岩带(约 8~12 Ma), 其中同碰撞花岗岩类出露面积最大。

前人冈底斯岩浆岩带南带花岗岩测年数据以及董昕等[21]对噶尔布达岩体、冈仁波齐岩体、噶尔岩体、狮泉河西岩体等岩体进行了 7 套实测数据, 成岩年龄数据直方图(如图 2 所示)。可以看到冈底斯岩浆岩带南带花岗岩的形成年龄主要集中在 70~40 Ma, 峰期年龄为 50~40 Ma。冈底斯中段侵入岩的时代较为集中, 为 55~45 Ma, 高峰期集中在约 50 Ma 的始新世(如图 3 所示)。岩体的形成时代较为一致。

刘峰等[22]对拉萨地体东南缘东冈底斯带的花岗岩进行了详细的野外地质观察, 基于侵入关系划分出了 5 期花岗岩。锆石 U-Pb 定年揭示, 5 期花岗岩的形成年龄分别为 63 Ma、51 Ma、50 Ma、29 Ma 和 26 Ma。前三期花岗岩在冈底斯带其它地区也有广泛分布, 而后两期花岗岩仅在研究区出露, 这很可能说明拉萨地体东南缘从渐新世以来经历了与冈底斯带其它地区不同的构造演化历史。

曲晓明等[19]对西藏冈底斯进行野外地质调查, 并结合锆石 U-Pb 年龄测定和岩石化学成分分析, 发现西藏冈底斯碰撞造山带晚中新世发育两套埃达克岩。一套呈 NS 向岩墙产出, 锆石 U-Pb-LA-ICP-MS 年龄为 15.6~16.8 Ma, 不含矿; 另一套呈岩株产出, 锆石 U-Pb SHRIMP 年龄为 14.0~15.3 Ma, 伴随着大规模的斑岩型铜钼矿化。这两套埃达克岩含矿与不含矿的原因, 包含了源区物质组成和岩浆生成条件这两个方面的差异。

浦东对冈底斯东段古新世 - 始新世的花岗岩类进行岩相学、地球化学、大地构造环境及成矿专属性研

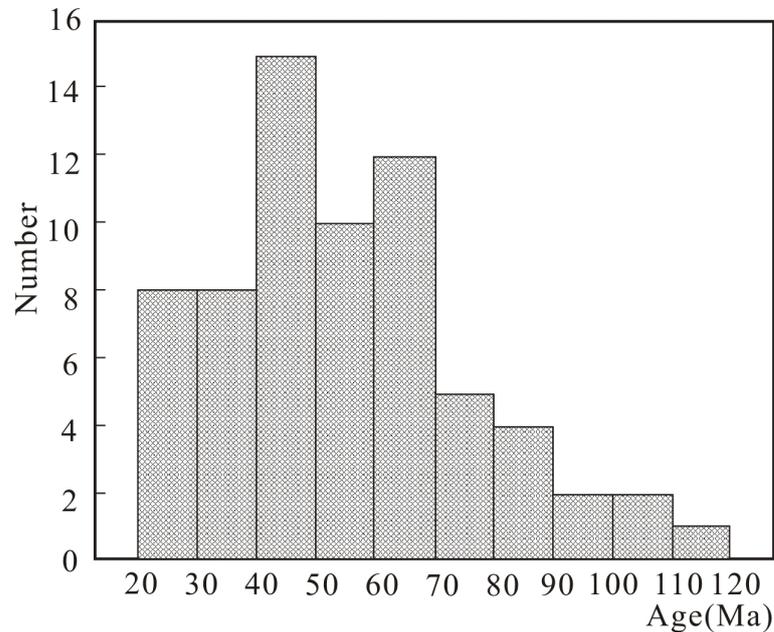


Figure 2. The normal distribution of the granite age of the middle Gangdise region (Xin Dong, 2008)

图 2. 冈底斯带中段花岗岩的年龄正态分布图(董昕, 2008)

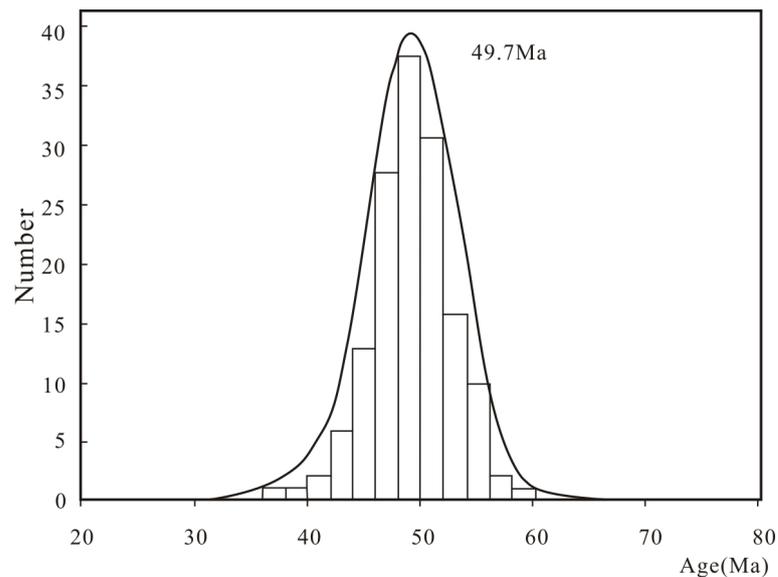


Figure 3. The statistical histogram of Cenozoic age of western Gangdise region (Xin Dong, 2008)

图 3. 冈底斯西段新生代年龄统计直方图(董昕, 2008)

究, 结果表明花岗岩类为准铝-过铝质特征, 属于高钾钙碱性岩石, 源区的部分熔融程度较高。古新世花岗岩类为变质泥岩、砂岩部分熔融的产物, 始新世花岗岩类为角闪岩部分熔融的产物。冈底斯东段古新世-始新世花岗岩类形成于印度-欧亚板块陆陆碰撞阶段, 成矿专属性表现为 Cu、Mo 等。

由此可见, 西藏冈底斯成矿带的侵入岩是以燕山早期为主, 北带、中带、南带地区均有分布, 其中以南带地区发育最为广泛; 中段成岩年龄集中分布在 40~70 Ma, 西段成岩年龄集中分布在 45~55 Ma, 而南段成岩年龄集中分布在 40~50 Ma, 成岩年龄由北往南、自西向东有逐渐变新的趋势。岩性中-酸性

岩岩石为主, 如闪长岩、花岗闪长岩及花岗岩、花岗斑岩等, 主要以岩基、岩株、岩墙等形式产出; 少量的基性-超基性侵入岩产出, 如纯橄岩、橄榄岩、辉长岩等, 以岩脉、小岩株形式产出。

3.2. 火山岩

冈底斯喜山期火山岩集中集中分布在两条区域断裂(同波-唐巴-热木杠-冬古拉逆冲断层和塔玛-约得-渡布脆韧性-韧性剪切带)之间(如图4所示), 火山岩以林子宗火山岩为典型代表, 岩性以中酸性为主, 活动时间主要为喜马拉雅早期。其成因是于晚白垩世末至始新世早中期受雅鲁藏布江洋壳向冈底斯的俯冲、消亡和接踵而至的弧-陆碰撞作用的影响, 在冈底斯构造带南缘发育有规模空前的陆缘火山喷发活动, 其代表了冈底斯地区火山活动的鼎盛期, 是冈底斯火山-岩浆岩带上分布最广, 厚度最大的一套俯冲-碰撞型火山岩[1] [14] [15] [17] [18] [23]-[25]。

林子宗火山岩为一套中酸性火山岩, 通常被认为是印-亚大陆主碰撞过程的火山作用响应。该群自下而上可分为典中组、年波组和帕那组: 典中组厚火山岩以安山质岩石为主体, 时代为 64.5 Ma~58 Ma。年波组火山岩为流纹岩-英安质火山碎屑岩、钾玄岩及玄武粗安岩, 时代为 58 Ma~56.4 Ma。帕那组由巨厚的高钾流纹质熔接凝灰岩组成, 时代为 48.7 Ma~43.9 Ma [6] [15] [25]。林子宗群火山岩包括典中组、年波组、帕那组三个组级单位, 每个组火山岩浆旋回基本一致, 即表现为中基性→中酸性→酸性→偏碱性演化的特点, 形成一套钙碱性系列火山岩, 从早期到晚期有从低钾向高钾演化的趋势[24]。

岳相元等[26]对赛利普地区新生代火山岩 Sr, Nd, Pb 同位素资料分析, 总结了赛利普喜山期火山岩同位素组成在时代和岩石组合上存在的规律性变化。总体上, 随时代逐渐变新, Sr, Pb 同位素为递增, Nd 同位素为递减趋势, 火山岩中地壳物质贡献明显增加。另外, 岳相元等[26]对冈底斯岩浆岩带综合进行研究, 认为从东段到西段, 典中组火山岩中钾质、铝质含量增高, 岩浆源区陆壳成分有增加的趋势。从岩石年龄上看, 东段与西段的典中组火山岩在形成时间有一定的差异, 即西段典中组火山岩岩浆活动

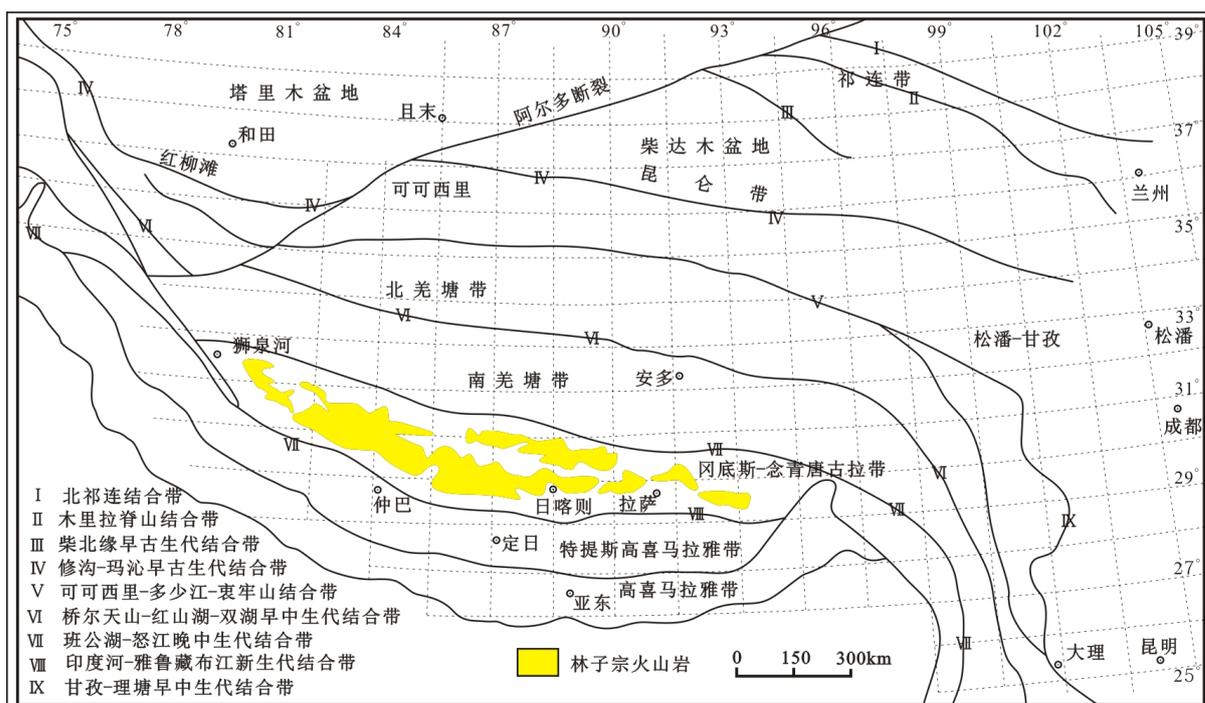


Figure 4. The Lin Zizong group volcanic rock distribution of the Gandise Metallogenic Belt (Qiaolin Wang et al., 2011)

图4. 西藏冈底斯成矿带林子宗群火山岩分布图(王乔林等, 2011)

在晚白垩世晚期已经开始且西段时间早于东段大约 18 Ma, 之后岩浆活动逐步向东迁移, 一直持续到古新世, 也反映出, 措勤地区典中期火山活动持续的时间更长。

张巨等[27]在前人研究的基础上对布嘎寺中基性火山岩进行野外地质调查及全岩地球化学分析, 并对该构造背景、源区性质及岩石成因做了进一步的研究和探讨, 认为西藏措勤地区布嘎寺组火山岩是一套钾质到超钾质的岩石, 根据化学组成可以分为中酸性和中基性火山岩。且火山岩具有轻稀土元素强烈富集、大离子亲石元素和高场强元素不同程度富集、弱负钫异常等地球化学特征, 形成于青藏高原碰撞后的陆内拉张环境, 可能是富集的上地幔和地壳不同深度不同层次的岩石不同程度部分熔融的产物。

陈希节等[9]对冈底斯中段日喀则地区的闪长玢岩岩墙进行研究, 通过锆石 U-Pb 定年、元素地球化学和 Sr-Nd-Hf 同位素特征, 认为日喀则闪长玢岩具有埃达克质岩石的地球化学亲缘性; 埃达克质岩浆是由基性新生下地壳发生部分熔融, 沿着断层和裂谷向上侵位而形成。

综上所述, 冈底斯成矿带喜山期火山岩主要受构造断裂带控制, 成岩时代主要集中分布在 45~65 Ma, 成岩时代自下而上有逐渐变新的趋势; 岩性以中酸性为主, 如安山岩、流纹岩等, 从早期到晚期有从低钾向高钾演化的趋势。

冈底斯成矿带喜山期侵入岩、火山岩成岩年龄之所以具有多阶段性, 主要是因为该地区受到了印度-亚洲大陆对接碰撞作用的影响, 而碰撞又可以划分为 3 个阶段, 从早到晚依次为主碰撞陆陆汇聚阶段、晚碰撞构造转换阶段、后碰撞地壳伸展阶段, 从而使冈底斯成矿带侵入岩、火山岩活动频繁, 为成矿作用提供了必要条件。

4. 成矿研究新进展

冈底斯成矿带喜山期岩浆成矿作用与亚洲-印度陆陆碰撞造山密切联系, 具有高度的耦合性, 可划分为三期主要成矿作用: ① 主碰撞期(65~41 Ma)的主碰撞造山成矿作用; ② 晚碰撞期(40~26 Ma)的晚碰撞转换成矿作用; ③ 后碰撞期(25~0 Ma)后碰撞伸展成矿作用[2] [10] [28] [29]。另外, 闫学义等[24]提出以冈底斯东段泽当大型钨铜钼矿形成模式为例, 提出冈底斯成矿带 68~23 Ma 走滑型陆缘转换成矿新认识, 闫学义等[30]认为冈底斯成矿带是陆缘走滑转换成矿作用的结果, 早碰撞期(68~38 Ma)表现为“会聚走滑”, 晚碰撞期(30~13 Ma)表现为“离散走滑”。

根据近几年的研究结果, 冈底斯成矿带可进一步分为 3 个成矿亚带: ① 北部的勒青拉-蒙亚阿-亚贵拉银铅锌多金属矿成矿亚带, 矿床类型以矽卡岩型为主, 次有斑岩型和热液脉型。② 中带为朱诺-厅宫-驱龙铜钨铅锌矿成矿亚带, 以发育一系列大中型斑岩型铜钨矿或斑岩型-矽卡岩复合型铜(钨)多金属矿床为特征。③ 南带为雄村-克鲁-冲木达铜金矿成矿亚带, 矿床类型以矽卡岩型铜金矿床为主, 次有斑岩型钼矿和浅成低温热液型铜金矿。

赵涵等[3]对典型矿床雄村、驱龙、甲玛铜矿床进行了深入的研究, 将冈底斯成矿带铜多金属矿床划分了 3 个铜多金属矿成矿系列: ① 与冈底斯双向俯冲引起的岛弧岩浆活动有关的 Cu-Au-Ag 成矿系列; ② 与主碰撞造山期的壳/幔混源中-酸性岩浆侵入活动相关的 Cu-Mo-Au-Ag 成矿系列; ③ 与后碰撞伸展期高钾质碱性-钙碱性岩浆系列侵入活动相关的 Cu-Mo-Au-Ag-Pb-Zn 多金属成矿系列, 并对冈底斯成矿带重要铜多金属矿床成矿成岩时间进行了不完全统计表(如表 1 所示)。另外, 刘云飞等[12]认为矿床的产出受到新特提斯洋壳俯冲作用、弧-陆碰撞作用和碰撞造山期后伸展走滑作用的影响, 分别形成了岩浆型矿床系列及喷流型矿床系列; 低温浅成热液型、矽卡岩型及蚀变岩型矿床系列; 斑岩型、隐爆角砾岩型、剪切带型及矽卡岩型矿床系列这四大成矿系列。

郑有业等[8]对冈底斯斑岩成矿建立了新模型, 指出含矿岩体为多期次侵入的复式小斑(杂)岩体, 矿区大规模蚀变与矿化并非围绕某一小斑岩体分布, 而成矿物质及成矿流体也不是直接来源于浅侵位的小

Table 1. Important Cu-polymetallic deposit diagenesis and mineralization ages of the Gandise Metallogenic Belt
表 1. 冈底斯成矿带重要铜多金属矿床成岩成矿年龄

矿床名	样品	岩性	Re-Os(Ma)	U-Pb(Ma)	40Ar/39Ar(Ma)	K-Ar(Ma)
雄村	锆石	花岗闪长岩		179±5		
	锆石	含矿玢岩		173±3		
	辉钼矿	细脉浸染状铜矿石	173.2 ± 2.7			
舍索	锆石	花岗闪长岩		116.21 ± 0.91		
	辉钼矿	透辉石矽卡岩矿石	115.7 ± 1.3			
日阿	锆石	二长花岗斑岩	90.1			
	金云母				87.69 ± 0.64	
吉如	锆石	黑云母二长花岗岩	48.68 ± 0.49			
	辉钼矿		48.30-50.8			
冲木达	辉钼矿		40.3 ± 5.6			
沙让	辉钼矿		51 ± 1.0			
明则	黑云母	黑云母二长花岗岩			28.2 ± 0.33	
驱龙	辉钼矿		16.23 ± 0.60			
	辉钼矿		15.99 ± 0.32			
	锆石			17.0 ± 0.2		
	锆石			16.38 ± 0.4		
厅宫	辉钼矿		15.49 ± 0.36			13.5 ± 0.3
	黑云母	花岗闪长斑岩				
	锆石	二长花岗斑岩		17.0 ± 0.6		
	全岩	二长花岗斑岩				16.5
朱诺	辉钼矿		13.72 ± 0.62			
达布	辉钼矿		14.53 ± 0.80			
汤不拉	锆石	花岗闪长斑岩		19.88 ± 0.38		
	锆石	花岗斑岩		19.72 ± 0.20		
冲江	辉钼矿	矿化二长花岗斑岩	14.8 ± 0.3			
	锆石	二长花岗斑岩		16.8 ± 0.8		
	锆石	闪长玢岩		14.6 ± 0.7		
白容	角闪石	似斑二长花岗岩				16.9 ± 2.4
	绢云母	矿化二长花岗斑岩				11.5 ± 0.2
	黑云母	花岗闪长斑岩				11.80 ± 0.2
甲玛	辉钼矿		15.70 ± 0.36			
	辉钼矿		15.24 ± 15.81			
	辉钼矿		15.41			

斑岩体，而是来源于地壳下部 10 km 左右二次岩浆房的多次泵出。在相同环境下，小岩体侵入的期次越

关。赵俊兴等[37]通过对沙让斑岩钼矿的成矿斑岩地球化学特征进行分析,认为成矿作用分析沙让斑岩型钼矿的形成有两个独有的条件:高氧逸度—高演化的岩浆和有古老陆壳物质加入到岩浆源区中。

幸存林等首次对洞中松多矿床的成因进行了初步的探讨,认为洞中松多铅锌多金属矿床是构造—岩浆等长期活动的结果,断裂构造为铅锌多金属矿床的成矿物质提供了运移通道和富集空间,燕山晚期—喜马拉雅早期的深层岩浆为矿床提供了主要成矿物质和热源,属于矽卡岩型—热液改造矿床。另外,崔晓亮等[38]对矿床的成因和找矿标志等进行了归纳和总结,认为洞中松多铜多金属矿为喷流沉积改造型铅锌多金属矿床。

杨成业等[39]对丁青扎格拉金矿床矿区地质特征、矿体特征及矿石特征研究,分析了矿床的类型和成矿作用,初步认为该矿床属脉状—破碎蚀变型矿床。

4.2. 厅宫—冲江铜多金属矿集区

厅宫—冲江铜多金属矿集区位于冈底斯成矿带东段的中亚带,成岩成矿年龄在 17~13 Ma。

杜等虎等[40]通过精确的 SIMS 锆石微氧同位素和 LA-MC-ICPMS 锆石 Hf 同位素分析,认为该岩体可能起源于新生地壳的部分熔融或者楔形地幔部分熔融形成的岩浆发生分异结晶后的产物,而与成矿作用有关的斑岩伴随上述地质事件形成,其就位受 SN 向正断层系统与 EW 向逆冲/正断层系统联合控制。

张伟等应用 MapGIS 及 MRAS 对该区地球化学资料进行信息提取,圈定出 Cu 异常及 Cu、Ag、Pb、Zn 累加指数异常,为下一步勘查工作提供了指导作用,为矿产资源调查提供了丰富的信息。

钟婉婷等[41]对色日普金矿床中含石英脉流体包裹体进行了岩相学、显微测温、激光拉曼探针以及氢氧同位素分析,认为成矿流体主要来源于大气降水和具有显著岩浆贡献的携带金属成矿物质的热液混合的产物。

4.3. 程巴—努日钨钼铜矿集区

程巴—努日钨钼铜矿集区位于冈底斯南部扎囊—桑日之间。分布的克鲁、劣布、冲木达、陈坝和程巴等中到大型 Mo(Cu)、Cu-Au、Mo 矿床,构成斑岩—夕卡岩、热液脉状铜钼(金)或钼(铜)多金属成矿系列,成岩成矿年龄在 40~20 Ma。

周利敏等[42]通过对程巴岩体副矿物的研究,并结合主微量、Sr-Nd 同位素地球化学数据的分析,认为程巴岩体较之其他冈底斯含矿斑岩富 Th, 锆石和独居石中的 Th 含量也偏高,这一特征与岩浆演化程度无关,反映岩浆源区或岩浆在演化过程中有高 Th 富集端元组分的加入。孙祥等[43]对程巴—明则斑岩型与夕卡岩型矿床的进行研究,认为程巴—冲木达花岗闪长岩中发育的暗色微粒包体可能具有相同的岩浆源区及成因,暗示区域发生了幔源镁铁质岩浆与壳源长英质岩浆的混合作用,这种壳幔作用方式导致了克鲁—冲木达矿带斑岩型 Cu-Mo 矿化。

兰双双等[44]认为具有岛弧性质的火山岩为铜多金属矿床的形成提供了主要的物质来源,其成矿作用主要集中在似斑状黑云二长花岗岩和黑云二长花岗岩阶段,部分闪长岩和石英闪长岩岩体中也含矿。

程超杰等[45]根据克鲁矽卡岩型矿床成矿规律、矿区地质资料及矿床矿物共生组合及其穿插关系、围岩蚀变等,认为燕山晚期的构造运动促使石英二长闪长岩上侵,岩体定位后残余岩浆和含矿热液与含钙质围岩发生相互作用,由于温度、压力、浓度等的变化,使成矿物质在有利的成矿部位富集成矿。

江化寨等[46]通过对层矽卡岩型铜钨钼矿体地质特征、矿石质量、矿石类型、矿床成因及找矿标志等研究和分析,西藏努日矿区显示出热水环流和深部侵入岩浆热液的叠加和富集成矿作用特点。

吴昌烜等[47]对努日矿床 Cu-W-Mo 矿段含铜石英脉中黑云母 Ar 同位素年龄进行研究,认为努日矿区内存在两期成矿作用,但是彼此相互独立,并未在 Cu-W-Mo 矿段发生叠加。结合矿区的构造背景,努日 Cu-W-Mo 矿段形成于晚碰撞成矿阶段。闫国强等[48]对努日白钨矿床微量和稀土元素地球化学特征进

行研究,成矿流体主要来源于上地壳,成矿物质来源于始新世黑云母花岗岩,成矿流体运移的过程中混入了部分大气水,压力降低,初始平衡体系被破坏,导致流体发生了沸腾,最终导致大量 Ca^{2+} 与 WO_4^{2-} 结合形成了巨量的白钨矿。

4.4. 甲玛 - 驱龙 - 邦铺铜多金属矿集区

甲玛 - 驱龙 - 邦铺铜多金属矿集区位于冈底斯成矿带东段的中亚带,成岩成矿年龄在 17~13 Ma,矿床类型为斑岩 - 矽卡岩型为主。

郑文宝等[49]提出甲玛铜多金属矿床成矿作用可能与幔源 C-H-O 流体有关,总结出甲玛铜多金属矿床成矿模型。另外,秦志鹏等[50]认为成矿物质来源有两种可能:地幔物质的岩浆及叶巴组火山岩。提出气液蚀变 - 成矿模式,岩浆热液过渡阶段,不混溶阶段形成的超临界流体,分离形成低密度的气相和高盐度的流体相。

赵涵等[28]通过对驱龙铜矿床成矿流体、稳定同位素等的研究,得出成矿年龄为 16.41 ± 0.48 Ma,并认为驱龙矿床是以斑岩为主的斑岩 - 夕卡岩型矿床,其成矿流体主要来源于岩石圈深部熔离,同时又以混合天水、地下水等流体为特征,成矿体系伴随流体的混合从封闭体系转变为开放体系。成矿物质同样主要来源于岩石圈深部,并混合随地下水流体活化迁移而来的围岩中的物质。

周雄等[51]通过对邦铺矿区地质特征、矿石结构、构造、矿石化学成分的研究,将矿床的成矿过程分为三个期,即岩浆晚期、热液成矿期和表生期。其中,热液成矿期又分三个阶段,钼铜硫化物阶段、铅锌成矿阶段和表生期。

4.5. 雄村铜金矿集区

雄村铜金矿集区矿床类型以斑岩型为主,位于冈底斯成矿带中段南部,其成矿作用比其它的矿集区都早,不属于喜山期成矿,矿床主要为铜金矿床。

郎兴海等[52]认为雄村矿区存在两期成矿作用,即中侏罗世早期(166.9~179.3 Ma)和中侏罗世晚期(157.8~165.8 Ma)。早期成矿作用(中侏罗世早期)与 170~184 Ma 侵位的角闪石英闪长玢岩有关,形成雄村 II 号、III 号矿体、V 号矿化体。晚期成矿作用(中侏罗世晚期)与 162.4~172.9 Ma 侵位的晚期含眼球状石英斑晶的角闪石英闪长玢岩有关,形成雄村 I 号矿体、IV 号矿化体和洞嘎金矿。因此,雄村铜金矿集区于喜山期形成的的矿床极为有限,主要形成于燕山期。

由上述表明,冈底斯成矿带 5 个超大型矿集区中的矿床,其成矿年龄从西到东有逐渐变新的趋势;喜山期岩浆成矿作用与板块碰撞造山具有密切的联系,具有高度的耦合性;矿床系列、成矿种类与矿床所发育的岩石类型密切相关,具成矿专属性。

5. 结语

冈底斯成矿带以其独特的地质背景、构造 - 岩浆发展演化过程、巨量的矿产资源,已然成为国内外地质学界研究的焦点和热点。随着对西藏冈底斯成矿带喜山期岩浆活动及成矿作用研究的逐步深入,发现巨量的铜铅锌银金银多金属成矿带受控于古特提斯洋和新特提斯洋发展演化,经历了复杂的地质 - 构造 - 岩浆演化过程。因此,在研究冈底斯成矿带喜山期大规模成矿作用的同时,必须重视对喜山期的岩浆活动、成矿作用的研究,研究岩浆活动对冈底斯成矿带地壳发展演化的贡献和对喜山期花岗质岩浆活动可能具有的重大影响,这必将有助于我们更全面深入地理解冈底斯成矿带喜山期大规模的成矿作用。

参考文献 (References)

- [1] 唐菊兴,多吉,刘鸿飞,等. 冈底斯成矿带东段矿床成矿系列及找矿突破的关键问题研究[J]. 地球学报, 2012,

33(4): 393-410.

- [2] 张遵遵, 李泽琴, 王奖臻, 等. 西藏冈底斯成矿带中铅锌矿床的成矿特征[J]. 地质找矿论丛, 2013, 28(1): 34-40.
- [3] 赵涵. 冈底斯成矿带中 - 新生代铜矿成矿规律研究[D]: [硕士学位论文]. 成都: 成都理工大学, 2012: 11-14.
- [4] 王保弟, 郭琳, 王立全, 等. 中冈底斯成矿带查个勒矿床含矿岩体的年代学及成因[J]. 岩石学报, 2012, 28(5): 1647-1662.
- [5] 陈毓川, 王登红, 朱裕生, 等. 中国成矿体系与区域成矿评价[M]. 下册. 北京: 地质出版社, 2007: 801-814.
- [6] 王立强. 西藏邦铺式钼多金属矿床 - 兼论冈底斯成矿带东段钼多金属矿床成矿规律[D]: [博士学位论文]. 北京: 中国地质科学院, 2013: 27-28.
- [7] 宋小琴, 钟康惠, 聂国永, 等. 西藏冈底斯成矿省 IV-V 级成矿区带划分及矿产地质特征[J]. 四川有色金属, 2013: 23-30.
- [8] 郑有业, 孙祥, 郑海涛, 等. 西藏冈底斯小斑岩体演化与成矿[J]. 西北地质, 2012, 45(4): 165-174.
- [9] 陈希节, 许志琴, 孟元库, 等. 冈底斯带中段中新世埃达克质岩浆作用的年代学、地球化学及 Sr-Nd-Hf 同位素制约[J]. 岩石学报, 2014, 30(8): 2253-2268.
- [10] 段连峰, 李为, 郑远川, 等. 西藏冈底斯南缘碰撞后渐新世成矿作用——来自帕南钼矿床的 Re-Os 同位素年龄证据[J]. 岩石矿物学杂志, 2014, 33(2): 307-316.
- [11] 李光明, 余安全, 张丽. 西藏冈底斯铜多金属成矿带基于 MRAS 资源评价系统的成矿预测[J]. 地质与勘探, 2009, 45(6): 645-653
- [12] 刘云飞. 西藏冈底斯成矿带浅成低温热液矿床成矿作用[D]: [博士学位论文]. 北京: 中国地质大学, 2013: 31-32.
- [13] 孙建东, 孙燕, 赵志强. 浅析冈底斯成矿带斑岩型铜矿床成矿模式[J]. 矿物学报, 2009(S1): 468-469.
- [14] 王扬. 西藏冈底斯中东段斑岩铜矿成矿规律与成矿预测[D]: [硕士学位论文]. 成都: 成都理工大学, 2012: 13-14.
- [15] 杨毅. 西藏冈底斯成矿带典型矿床硫同位素地球化学特征[D]: [硕士学位论文]. 成都: 成都理工大学, 2012: 15-17.
- [16] 张红. 冈底斯成矿带东段岩金成矿规律与找矿方向[D]: [硕士学位论文]. 成都: 成都理工大学, 2011: 9-18.
- [17] 程文斌, 顾雪祥, 唐菊兴, 王立强, 吕鹏瑞, 钟康惠, 刘晓吉, 高一鸣. 西藏冈底斯 - 念青唐古拉成矿带典型矿床硫化物 Pb 同位素特征——对成矿元素组合分带性的指示[J]. 岩石学报, 2010, 26(11): 3350-3362.
- [18] 刘严松. 冈底斯成矿带尼木-墨竹工卡地区斑岩铜矿成矿规律研究[D]: [博士学位论文]. 成都: 成都理工大学, 2012: 17-18.
- [19] 曲晓明, 江军华, 辛洪波, 陈华. 西藏冈底斯造山带几乎同时形成的两套埃达克岩为什么一套含矿一套不含矿[J]. 矿床地质, 2010, 29(3): 381-394.
- [20] 莫宣学, 董国臣, 赵志丹, 周肃, 王亮亮, 邱瑞照, 张凤琴. 西藏冈底斯带花岗岩的时空分布特征及地壳生长演化信息[J]. 高校地质学报, 2005, 11(3): 281-290.
- [21] 董昕. 西藏冈底斯带西南部新生代花岗岩年代学与地球化学[D]: [硕士学位论文]. 北京: 中国地质大学, 2008: 13-14.
- [22] 刘峰, 张泽明, 董昕, 于飞, 王伟, 贺振宇, 林彦嵩, 严溶. 青藏高原冈底斯带东南部新生代多期岩浆作用及其构造意义[J]. 岩石学报, 2011, 27(11): 3295-3307.
- [23] 郭明估, 刘建华, 巫晓兵, 李宏涛, 张浒, 侯春秋. 西藏冈底斯成矿带某盆地铀矿化地质特征与找矿方向[J]. 四川地质学报, 2011, 31(2): 209-211.
- [24] 王乔林. 冈底斯西段林子宗群火山岩的地球化学特征及锆石年代学研究[D]: [硕士学位论文]. 北京: 中国地质大学, 2011: 18-21.
- [25] 张金树. 冈底斯成矿带东段三大斑岩型矿床地质特征及区域控岩控矿模型研究[D]: [博士学位论文]. 成都: 成都理工大学, 2012: 17-19.
- [26] 岳相元, 马润则, 付小文, 韩文文, 李湘玉. 西藏措勤 - 赛利普地区新生代火山岩同位素组成及源区性质探讨[J]. 新疆地质, 2011, 29(4): 457-461.
- [27] 张巨, 马润则, 岳相元, 李娜. 西藏措勤布嘎寺组中基性火山岩特征及成因[J]. 成都理工大学学报, 2011, 38(2): 204-210.
- [28] 赵涵, 肖渊甫, 程超杰, 周丽芹, 张世铭, 龚婷婷. 西藏冈底斯成矿带新生代铜多金属矿成矿系列及成矿作用[J]. 矿物学报, 2011(S1): 435-436.

- [29] 赵涵, 肖渊甫, 胡涛, 郗秋勇, 周丽芹, 程超杰, 孙建东. 西藏驱龙斑岩型铜矿床成矿模式研究[J]. 地质与资源, 2011, 20(3): 210-216.
- [30] 闫学义, 黄树峰, 杜安道. 冈底斯泽当大型钨铜钼矿 Re-Os 年龄及陆缘走滑转换成矿作用[J]. 地质学报, 2010, 84(3): 398-406.
- [31] 王立强, 顾雪祥, 唐菊兴, 王焕, 程文斌, 景亮兵, 向浩予. 西藏蒙亚啊铅锌矿床成矿流体来源及特征[J]. 成都理工大学学报(自然科学版), 2011, 38(1): 67-75.
- [32] 魏博, 程顺波, 庞迎春. 西藏蒙亚啊铅锌矿床成矿年龄及其地质意义[J]. 华南地质与矿产, 2010(1): 14-19.
- [33] 费光春. 西藏洞中拉热液型铅锌矿床成矿作用研究[D]: [博士学位论文]. 成都: 成都理工大学, 2010: 83-89.
- [34] 白景国. 西藏墨竹工卡县洞中拉铅锌多金属矿床控矿构造研究[D]: [硕士学位论文]. 成都: 成都理工大学, 2010: 46-48.
- [35] 费光春, 温春齐, 周雄, 吴鹏宇, 温泉. 西藏洞中拉铅锌矿床石英激光探针 $40\text{Ar}-39\text{Ar}$ 定年及地质意义[J]. 矿物岩石, 2010, 30(3): 38-43.
- [36] 黄克贤, 郑远川, 张松, 李为, 孙清钟, 李秋耘, 梁维, 付强, 侯增谦. 西藏亚贵拉矿区两期岩体 LA-ICP-MS 锆石 U-Pb 定年及地质意义[J]. 岩石矿物学杂志, 2012, 31(3): 348-360.
- [37] 赵俊兴, 秦克章, 李光明, 李金祥, 肖波, 陈雷. 冈底斯沙让斑岩钼矿成矿地质作用及其构造背景浅析[J]. 矿床地质, 2010, 29(S1): 345-346.
- [38] 崔晓亮, 刘婷婷, 景明. 西藏工布江达县洞中松多铅锌矿床地质特征及成因初探[J]. 科技资讯, 2012(7): 83-84.
- [39] 杨成业, 钟康惠, 王成林, 于涛, 张明山, 卫晓阳, 樊炳良, 钟财丽. 西藏丁青扎格拉金矿床地质特征及成矿机理[J]. 有色金属工程, 2015, 5(5): 75-78.
- [40] 杜等虎, 杨志明, 李秋耕, 刘云飞, 格桑平措, 王海勇. 西藏厅宫矿区始新世斑岩的厘定及其地质意义[J]. 矿床地质, 2012, 31(4): 745-757.
- [41] 钟婉婷, 李应栩, 李光明, 张林奎, 李玉彬, 董随亮, 张晖. 西藏冈底斯成矿带达布矿区色日普金矿流体包裹体研究[J]. 地质学报, 2015, 89(3): 599-607.
- [42] 周利敏, 侯增谦, 郑远川, 李为. 藏南程巴岩体副矿物研究: 岩浆源区的指示[J]. 岩石学报, 2011, 27(9): 2786-2794.
- [43] 孙祥, 郑有业, 吴淞, 游智敏, 伍旭, 李森, 周天成, 董俊. 冈底斯明则 - 程巴斑岩 - 夕卡岩型 Mo-Cu 矿床成矿时代与含矿岩石成因[J]. 岩石学报, 2013, 29(4): 1392-1406.
- [44] 兰双双, 汪雄武, 李光明, 张俊成, 雷传扬. 西藏克鲁 - 冲木达矿集区晚白垩世花岗岩类地质地球化学特征及成矿潜力浅析[J]. 沉积与特提斯地质, 2012, 32(4): 76-85.
- [45] 程超杰. 西藏克鲁铜矿床地质特征及区域成矿预测[D]: [硕士学位论文]. 成都: 成都理工大学, 2012: 32-36.
- [46] 江化寨, 曾海良, 吴志山. 西藏山南努日矿区层砂卡岩型铜钨钼矿床地质特征及深部找矿预测[J]. 地质与勘探, 2011, 47(1): 71-77.
- [47] 吴昌烜, 郑远川, 张松, 付强, 徐培言. 冈底斯南缘努日 Cu-W-Mo 多金属矿床黑云母 Ar-Ar 定年及其地质意义[J]. 地质学报, 2015, 89(9): 1673-1682.
- [48] 闫国强, 丁俊, 黄勇, 李光明, 戴婕, 王欣欣, 白景国. 西藏努日白钨矿床微量和稀土元素地球化学特征——对成矿流体与矿床成因的指示[J]. 矿物学报, 2015, 35(1): 88-94.
- [49] 郑文宝, 唐菊兴, 汪雄武, 王焕, 应立娟, 钟裕锋, 钟婉婷. 西藏甲玛铜多金属矿床金矿地质特征及成矿作用[J]. 吉林大学学报: 地球科学版, 2012, 42(S1): 181-194.
- [50] 秦志鹏. 西藏甲玛铜多金属矿床成因模式[D]: [博士学位论文]. 成都: 成都理工大学, 2013: 124-125.
- [51] 周雄. 西藏邦铺钼铜多金属矿床流体包裹体研究[D]: [硕士学位论文]. 成都: 成都理工大学, 2012: 118-119.
- [52] 郎兴海. 西藏雄村斑岩型铜金矿集区成矿作用与成矿预测[D]: [博士学位论文]. 成都: 成都理工大学, 2012: 151-154.