西藏甲马铜多金属矿床成矿模式*

Ore-forming Model of Jiama Ore Deposit in Tibet

邓 军[1] 潘凤雏[1] 李胜荣[1] 姚 鹏[2] 王庆飞[1]

(1 中国地质大学，北京 100083；2 成都地质矿产研究所，四川 成都 610081)

Deng Jun[1], Pan Fengchu[1], Li Shengrong[1], Yao Peng[2], Wang Qingfei[1]

(1 China University of Geosciences, Beijing 100083, China；2 Chengdu Institute of Geology and Mineral Resourses, CAGS, Chengdu 610081, Sichuan, China)

摘 要 甲马矿床存在 5 类矿体：一是产于层夕卡岩带即多底沟组碳酸盐岩与林布宗组细碎屑岩过渡带中的层状－似层状矿体；二是产于多底沟组顶部的似层状－脉状矿体；三是产于林布宗组底部的似层状、透镜状矿体；四是产于斑岩体(脉)内外接触带的矿体；五是产于蚀变破碎带中的矿体。上述 5 类矿体，是同生断裂活动及相关热流体活动发生、发展和演化的统一产物，表明矿床具有五位一体成矿模式。

关键词 喷流交代夕卡岩 同生断裂 成矿模式 西藏甲马

西藏甲马喷流交代夕卡岩型铜多金属矿床地处特提斯－喜马拉雅巨型构造带之冈底斯构造成矿带陆缘火山-岩浆弧中部，其形成和演化与该弧的弧内盆地即甲马盆地的形成和演化相关。它是西藏首次确认的喷流型矿床，在青藏高原具有典型性和代表性（潘凤雏等，1997）。本文应用构造-流体-成岩-成矿系统新思路（翟裕生等，1997，1999），以构造和流体作用为纲，较为系统地研究了同生断裂的成岩成矿作用，建立了矿床的五位一体成矿模式。

1 成矿地质背景

甲马矿床及其外围地区(下称甲马地区)地层总厚达 2 万余米，其中与成矿关系密切的有叶巴组($J_{2-3}y$)、多底沟组（J_3d）和林布宗组（K_1l）。叶巴组广泛分布于甲马弧内沉积盆地的南北两翼，呈近东西向展布，由火山–沉积岩夹碳酸盐岩组成。多底沟组是甲马矿区重要含矿岩系，为一套岩性较稳定的台缘生物礁相碳酸盐沉积，顶部夹大理岩和含矿夕卡岩。林布宗组属滨海–浅海相与潮坪相沉积，以泥质板岩、砂质板岩为主，底部夹透辉长石岩及灰岩和多金属矿体。

褶皱和断裂构造均十分发育，区域构造线呈近东西向展布，夹于两套地层之间的主要含矿层即层夕卡岩随地层褶皱而褶皱。矿区主要矿体的形态受褶皱控制。晚侏罗至早白垩世时，矿区多组同生断裂强烈活动，成为喷流成矿的决定性因素。

岩浆岩广泛发育，与区域构造线一致展布。区域火山活动主要为燕山期，火山岩赋存于叶巴组中。侵入岩同位素年龄集中分布于 38～144 Ma。

* 本文由国家自然科学基金(40172036)、国家重点基础研究发展规划项目(1999043206)、国土资源部专项研究计划(20010103)和教育部科学技术研究重点项目(01037)联合资助

第一作者简介 邓军，男，1958 年生，教授，博士生导师，主要从事区域构造、成矿流体及成矿作用动力学的教学科研工作。

2　五类矿化（体）特征

按照矿床中矿体的赋存情况、产出部位及成因可分为下列五类（图 1）。

2.1　产于层夕卡岩带中的矿体

主矿体严格受地层层位控制，产状与地层一致。矿体呈层状、似层状产于多底沟组与林布宗组过渡带热水交代(层)夕卡岩中；总长约 4200 m，总体走向 300 °；据钻孔资料，延伸平距已大于 1500 m。地表见矿厚度 1～35.45 m。夏工普以东矿体以 Cu＋Mo 和 Cu、Mo＋Pb＋Zn 为主，以西则以 Pb 和 Cu＋Pb＋Zn 为主；由地表至深部，出现 Cu＋Pb＋Zn、Cu＋Pb 至 Cu＋Mo 的变化趋势。矿体在走向和倾向上的品位变化均有富－贫－富或贫－富－贫的规律。

2.2　产于多底沟组顶部碳酸盐岩中的矿体

指产于主矿体之下的赋存于夕卡岩化大理岩及层夕卡岩中的矿体。矿体在碳酸盐岩中顺层产出，其产状多与碳酸盐岩相同，在地表及深部多呈似层状，少数呈透镜状和脉状断续分布，深部可见多层矿体（层）。矿石中有用元素以 Cu、Cu＋Mo 和 Cu＋Pb 为主，少数为 Pb＋Zn、Cu＋Pb＋Zn。该类矿体与主矿体差别是赋矿岩石的主体不同，前者成矿以充填作用为主，后者以交代作用为主。

2.3　产于林布宗组底部的矿体

赋存于主矿体之上的热水沉积透辉长石岩及硅化板岩中。呈似层状、透镜状产出，其产状与林布宗组板岩一致。矿（化）体长数米至上千米不等。有用元素为 Cu、Mo、Pb、Zn、Au、Ag 等，以 Cu 为主。

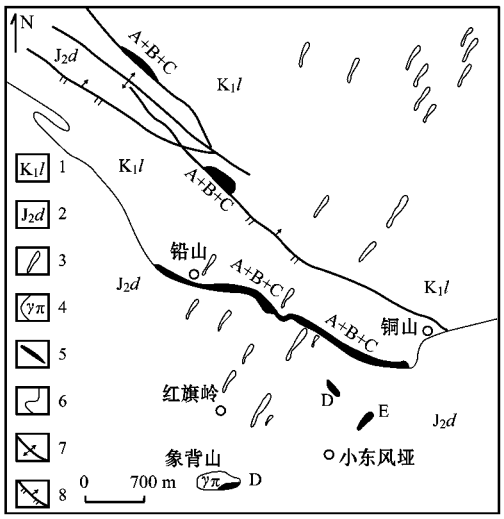


图 1　甲马铜多金属矿床地质构造略图

1－林布宗组；2－多底沟组；3－中酸性脉岩；4－花岗斑岩体；5－Cu(Mo,Pb,Zn)矿体；6－地质界线；7－逆断层；8－平移断层

2.4　产于斑岩体(脉)内外接触带的矿体

以分布于矿床南部的象背山花岗斑岩矿体为代表。含矿岩体侵位于多底沟组碳酸盐岩（大理岩）中。矿体赋存于岩体东南边缘的夕卡岩带和蚀变斑岩体内接触带中。长约 300 m，宽约 50 m。容矿岩石为蚀变花岗斑岩及石榴石夕卡岩。矿床类型属斑岩-夕卡岩型。此外，矿床内还发现蚀变的呈 NNE 向展布的酸性岩脉含矿，岩脉侵位于夕卡岩或大理岩中。此类矿体的形成可能是主成矿期形成的 NNE 向同生断裂再次活动，引发岩浆侵入活动，并通过岩浆热水流体对有利围岩的萃取、蚀变作用而成矿。

2.5　产于蚀变破碎带中的矿体

主要与 NNE 向或近 SN 向蚀变破碎带有关。在多底沟组内部的 NNE 向或近 SN 向褐铁矿化蚀变破碎带中，多赋存金矿化体，少数为铜（钼）、铅、锌矿体。矿（化）体最长可达 700 m，其形成与中酸性脉岩的侵入密切相关。

3 五位一体成矿模式

3.1 成矿作用分析

喷流成岩-成矿作用的研究表明（Cavarretta et al., 1982；Marching et al., 1982；韩发等，1999），热水循环系统的成矿作用是一种中低温地球化学作用，热水温度在 70～350℃，最高可达 400℃，是发生在岩石圈或者与水圈沟通形成循环系统的异常水体的成矿作用。包括 3 种类型，即热水沉积成矿作用，热水动力成矿作用和热水充填交代成矿作用。以下按照上述思路对甲马矿床的成矿作用作进一步分析。

控矿条件分析表明，晚侏罗世－早白垩世，甲马地区演化到弧内沉积盆地阶段。随着岩浆“底辟”上升，盆地强烈拉张，产生区域性同生断裂，为海水进行深循环作用、产生热水流体创造了条件。在流体系统产生之初，溶解于其中的成矿物质较少，物理化学障发育也不充分。此阶段热水活动在矿区主要表现是：① 发育线状分布的生物礁，形成数套礁灰岩；② 同生断裂活动导致海底多级次局限还原性洼地的形成，从而在热水活动间歇由正常沉积作用形成含碳不纯灰岩；③ 随流体及同生断裂持续活动，在礁灰岩及含炭不纯灰岩之上形成数层热水沉积透辉长石岩，与之互层产出的是黑色页岩系。此阶段矿化作用较弱，仅形成次要多金属矿体。透辉长石岩和黑色页岩系的形成造成很好的岩性圈闭，为热水流体进一步循环萃取矿质提供了良好条件。

随着循环热水流体不断演化，萃取矿质作用不断加强。当热水流体循环到盆地基底弧火山岩（主要矿源岩）及盆地地层时，对 Cu、Pb、Zn、Mo 等成矿元素进行了反复活化和萃取，这些金属元素与 Cl^-结合形成稳定易溶氯络合物并以此形式搬运。

矿质浓度不断加大的含矿流体沿着同生断裂自下而上运移，进入多底沟组礁灰岩与先期形成的透辉长石岩和黑色页岩系的接触带，并沿该接触带向下流动，渗透、溶蚀、交代礁灰岩，形成热水交代夕卡岩（主要为层夕卡岩）及有利容矿空间。在交代过程中，礁灰岩及含炭不纯灰岩中大量有机物产生热分解使大量 S^{2-}进入溶液，与 Cu、Pb、Zn 等元素的氯络合物相遇，形成黄铜矿、方铅矿、闪锌矿等矿物并从溶液中沉淀出来，形成矿体。正是热水交代夕卡岩的形成才极大地改变了含矿热液物理化学条件，从而造成有利矿质沉淀条件。

在沉积-成岩期构成的主成矿期，形成了矿床内 3 类矿体，即 A 类、B 类和 C 类。

在成岩-成矿过程中，同生断裂起着决定性作用。主要表现在对含矿热液的驱动作用、输导作用、排泄作用和矿质堆积作用。NWW 向同生断裂是沟通主要矿源场（盆地基地弧火山岩）和储矿场（多底沟组和林布宗组接触带）的中介。同时，在与 NNE 向和 NEE 向同生断裂交汇处构成良好储矿场。在主成矿期，萃取矿质作用和沉淀矿质作用都严格受到同生断裂活动控制。沿 NWW 向同生断裂带分布着长达 4200 m 的层夕卡岩带及主矿体，该带蚀变、矿化最强烈；在断裂带两侧，蚀变、矿化逐渐减弱，尽管也形成 B 类和 C 类矿体，但二者的规模远不能同 A 类主矿体相比。

主成矿期，在形成 A、B、C 3 类矿体的同时，远离 NWW 向主同生断裂（热水活动通道）的沉积岩，特别是多底沟组碳酸盐岩，由于受到含矿热流体的影响，逐渐从区域性的“冷水矿源层”发展为“热水型矿源层”。从矿床整体来看，这种矿源层可能主要受 NNE 向同生断裂活动的控制。

主成矿期后的喜山中晚期，由于印度板块和冈底斯陆块接触闭合并全面碰撞，导致上部地壳选择性地部分重熔，产生区域性强烈的岩浆活动。受此影响，NEE 向和 NNE 向的同生断裂又开始了新一轮活动，产生小型斑岩体侵入和中酸性脉岩体沿 NNE 向断裂组成群侵入。在构造和岩性有利部位，岩浆热液在斑岩体内部形成细脉浸染型矿（化）体，而在外接触带交代碳酸盐岩形成夕卡岩型矿体（D 类）。此外，在碳酸盐岩内的许多构造破碎带，受热液活动影响，亦产生了广泛的蚀变矿化作用并形成 E 类矿（化）体。此期成矿对 A、B、C 类矿体有一定影响，主要表现在：脉岩穿过矿层时，使金属矿物粒度加大；在主矿体局部地段产生成矿元素的重新分配，主要表现为富集作用。

3.2 五位一体成矿模式

甲马矿床的形成具有多期多阶段性特点。上述 A、B、C、D、E 5 类矿体的形成受到同生断裂系统的发生、发展和演化的控制，因而在成因上联系非常紧密，反映出矿床具有五位一体成矿模式(图 2)。

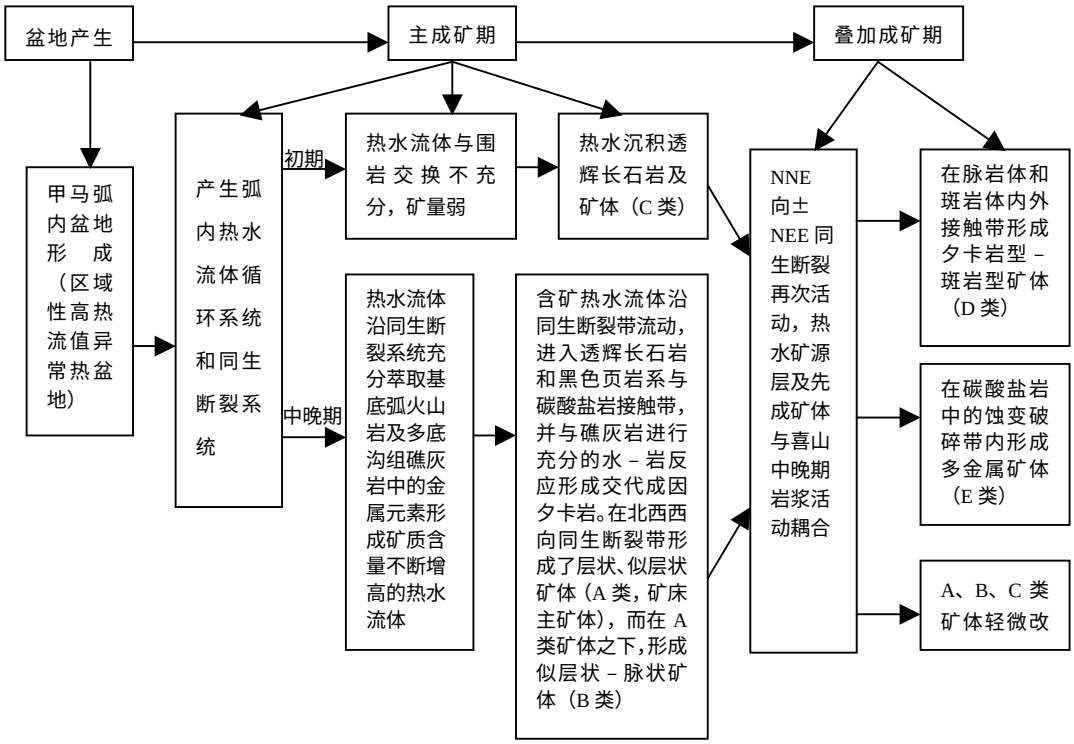


图 2　甲马矿床五位一体成矿模式

参　考　文　献

韩发，孙海田. 1999. Sedex 型矿床成矿系统．地学前缘，6（1）：139～162．

潘凤雏，粟登奎，姚鹏，等．1997. 西藏甲马喷流夕卡岩型铜多金属矿床地质特征．西藏地质，18（2）：62～72．

姚鹏，杜光树．1999. 西藏甲马多金属矿床容矿岩石的地球化学特征及其成因初步研究．特提斯地质，23：46～56．

翟裕生，邓军，李晓波．1999. 区域成矿学．北京：地质出版社. 45～51．

翟裕生，张湖，宋鸿林，等．1997. 大型构造与超大型矿床．北京：地质出版社. 1～6．

Cavarretta G，Gianelli G，Puxeuddu M．1982. Formation of authigenic minerals and their use as indicators of the physicochemical parameters of the fluid in the Larderello-Travale geothermal field．Economic，Geology，77：1071～1084．

Marching V，Gundlach H，Möller P，et al．1982. Some geochemical indicators for discrimimination between diagenetic and hydrothermal metalliferous sediments．Marine，Geology, 50：241～256．