

西藏甲玛-卡军果推-滑覆构造系特征

钟康惠^{1,2)}, 李磊³⁾, 周慧文⁴⁾, 白景国⁵⁾, 李伟⁶⁾, 钟婉婷¹⁾, 张勇强¹⁾,
蔺吉庆¹⁾, 郑凡石¹⁾, 黄小雨¹⁾, 陆彪¹⁾, 雷波¹⁾

- 1)成都理工大学地球科学学院, 四川成都 610059;
- 2)国土资源部构造与成矿成藏重点实验室, 四川成都 610059;
- 3)中国地质科学院矿产资源研究所, 北京 100037;
- 4)海南省地质调查院, 海南海口 570206;
- 5)四川省冶金地质勘查院, 四川成都 610051;
- 6)安徽省地质调查院, 安徽合肥 230001

摘要: 通过矿区填图和路线调查, 结合室内研究, 指出: ①甲玛-卡军果推-滑覆构造系由印度-欧亚板块碰撞引发, 具有递进变形、自盆地中心向边部推覆、新盖老等特点, 强变形于 50 Ma±。②推覆体下盘为叶巴组构造岩系; 推覆体由上侏罗统和下白垩统碳酸盐-碎屑沉积岩系构成, 主体为轴面北倾的复式褶皱, 自南而北分为前部带、中部带和后部带。滑覆构造系推覆形成的复背斜轴部高位岩块失稳向北滑覆形成, 自南而北分为后部带、中部带和前部带。③导致矿区蚀变的主要岩浆活动发生于推覆强变形后的松弛期, 上侵受近南北向基底断裂和推覆断裂联合控制, 就位受控于前部带推-滑覆褶断系, 其后发生多次构造-岩浆-成矿液叠加, 造就甲玛铜多金属矿床。

关键词: 西藏甲玛-卡军果推-滑覆构造系; 构造特征; 形成机制; 形成时代; 控岩控矿

中图分类号: P542.3; P511.4 文献标志码: A doi: 10.3975/cagsb.2012.04.03

Features of Jiama(Gyama)-Kajunguo Thrust-gliding Nappe Tectonic System in Tibet

ZHONG Kang-hui^{1,2)}, LI Lei³⁾, ZHOU Hui-wen⁴⁾, BAI Jing-guo⁵⁾, LI Wei⁶⁾, ZHONG Wan-ting¹⁾,
ZHANG Yong-qiang¹⁾, LIN Ji-qing¹⁾, ZHENG Fan-shi¹⁾, HUANG Xiao-yu¹⁾, LU Biao¹⁾, LEI Bo¹⁾

- 1) College Of Earth Sciences, Chengdu University of Technology, Chengdu, Sichuan 610059;
- 2) Ministry of Land and Resources Key Laboratory of Structure and Metallogenic Accumulation, Chengdu, Sichuan 610059;
- 3) Institute of Mineral Resources, Chinese Academy of Geological Sciences, Beijing 100037;
- 4) Hainan Institute of Geological Survey, Haikou, Hainan 570206;
- 5) Sichuan Institute of Metallurgical and Exploration, Chengdu, Sichuan 610051;
- 6) Anhui Institute of Geological Survey, Hefei, Anhui 230001

Abstract: Based on reconnaissance survey and geological mapping as well as comprehensive literature review and laboratory study, this paper presents the following conclusions: Firstly, the Jiama-Kajunguo thrust-gliding nappe tectonic system, which resulted from the Indo-Asia collision, deformed successively from the central part of the basin toward the margin, the new layer overlay the old one, and the greatest deformation occurred around 50 Ma±. Secondly, the footwall block of the nappe is the Yeba group tectonite, the nappe consists of the upper Jurassic and

lower Cretaceous carbonate and siliciclastics, the main part that is a complex fold with axial plane trends northward and can be divided into the fore-, mid- and post-parts from south to north structurally. The rock mass was located in the gliding nappe system at the top of the anticlinorium axis due to gravitational disequilibrium, which caused the hanging-wall block overlying the nappe to slip toward the north; the gliding nappe system is also divided into the fore-, mid- and post- parts from the south to the north in this paper. At last, the magmatic activities that induced the ore-forming alteration of the Jiama(Gyama) deposit happened during the releasing stage after the contraction stage of the thrust-gliding nappe tectonic system, and the upward migration of the magma was collaboratively controlled by the NS-trending basement faults and the thrusts. The magmatic rock that was emplaced finally in the fore-part of the thrust-gliding nappe tectonic system experienced multiple structural-magmatic-mineralization superimposition and generated the superlarge Jiama(Gyama) Cu polymetallic deposit.

Key words: Jiama(Gyama)-Kajunguo thrust-gliding nappe tectonic system; structural feature; formation mechanism; formation age; factors controlling rocks and deposits

推覆构造及其相伴的滑覆构造,是非常普遍的构造型式,广泛分布于碰撞造山带、陆内造山带、前陆盆地等多种构造环境(李钧辉等, 2000; 刘细元, 2003; 沙绍礼等, 2004; 梁积伟等, 2006; 王仁山, 2006; 杜菊民等, 2006; 李亚林等, 2006; 陈国华等, 2007; 张达景等, 2007; 王锋等, 2007; 严叔澜等, 2008; 马宗晋等, 2008; 侯增谦等, 2008)。对岩浆侵入和铜、铅、锌、钨、金、银、铁等金属成矿活动有重要控制作用(刘细元, 2003; 沙绍礼等, 2004; 陈国华等, 2007; 侯增谦等, 2008)。

甲玛铜多金属矿床是今年公益勘察带动商业勘探探明的超大型矿床,与驱龙铜矿床一起被称为拉萨经济圈重要的矿业双子星(唐菊兴等, 2010)。随着研究的深入,有关甲玛矿床地球化学(应立娟等, 2012)、岩浆与成矿关系(秦志鹏等, 2012)、矿床成因(周云等, 2012)均已详作阐述,但对矿区及其区域构造一直未有反映最新研究成果论述,相关认知虽然栗登奎(私人交谈)曾认为铜山后山存在有南向北的推覆,主体停留在“一断一背”(任云生等, 2002)的水平上。

自中国黄金集团 2006 年整合甲玛矿权进行勘查以来,作者通过矿区系统填图和区域路线地质调查,结合室内相关研究,初步厘定并为勘查工作证实:甲玛矿床处于甲玛-卡军果推滑覆构造系前部,受推覆构造前部带褶皱、断裂和滑覆体前部带控制,有力地指导了矿床勘查工作,对勘查突破的取得起到了重要作用。为进一步深化甲玛铜多金属矿床的综合研究,总结区域成矿规律,指导区域找矿。将相关成果整理发表十分必要。然而有关构造与成岩成矿问题须作系统探讨,方能说清,故本文谨着力探

讨甲玛-卡军果推滑覆构造系基本特征,以奠定其它相关问题(另文专述;钟康惠等, 2012)讨论的基础。

1 区域地质概况

研究区处于南冈底斯弧盆系中北部(图 1),侏罗纪至白垩纪为弧后裂谷,随后经历了碰撞造山、陆内伸展等演化阶段。

伴随雅鲁藏布江洋俯冲,研究区所在区域处于弧后裂谷盆地,先形成中下侏罗统叶巴组($J_{1-2}y$)岛弧双峰式火山沉积岩系(>17000 m),其后相继形成上侏罗统碎屑碳酸盐岩系(>1700 m),白垩系碎屑岩系(>5100 m)(图 2)。其中叶巴组火山沉积岩系已发生韧性变形,成为构造岩系(另文专述)。

伴随雅鲁藏布江洋的关闭,研究区发生侏罗-白

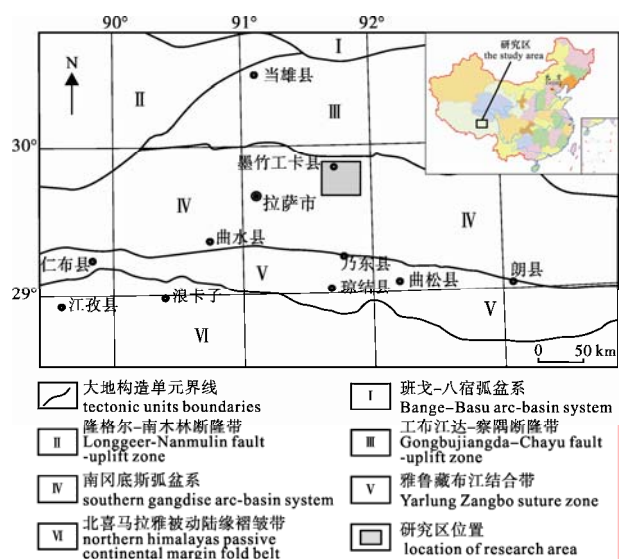


图 1 研究区大地构造位置图
Fig. 1 Tectonic location of the study area

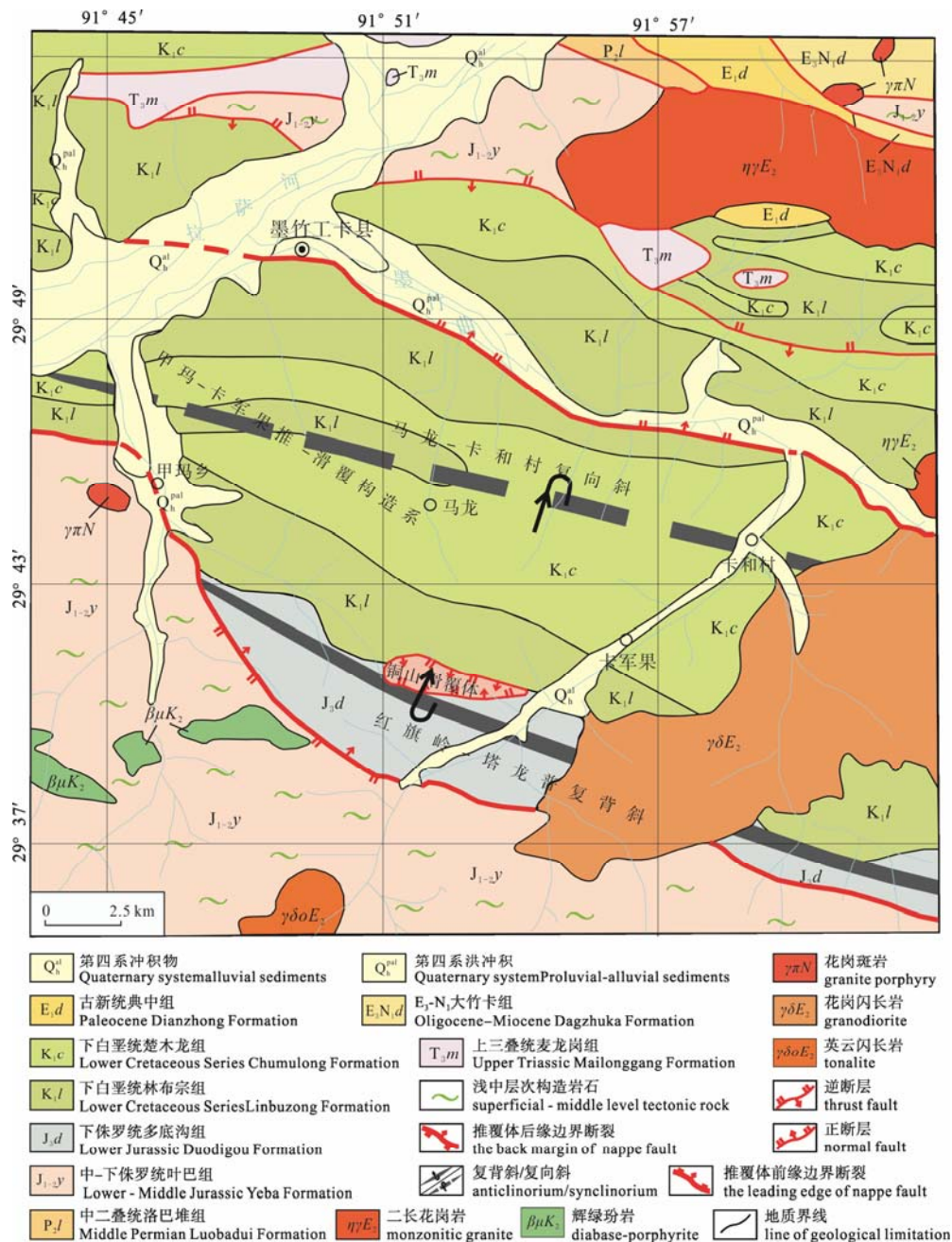


图2 西藏甲玛-卡军果推-滑覆构造系地质略图(作者新编西藏 1/100 万地质图, 未发表)
 Fig. 2 Geological sketch map of Jiama(Gyama)-kajunguo thrust-gliding nappe tectonic system in Tibet

歪系岩层推覆叠缩, 形成推覆-滑覆构造系。其后发生大规模中酸性岩浆侵位(45 Ma±), 导致以上侏罗统多底沟组为代表的碳酸盐岩系广泛发生砂卡岩化, 紧邻的下白垩统林布宗组碎屑岩发生角岩化。

碰撞后至中新世, 研究区发生多期中酸性岩浆侵入活动, 但强度明显减弱, 并以中新世岩浆活动最为广泛, 多呈岩株、岩枝、岩脉。

2 甲玛-卡军果推-滑构造系概况

作者厘定的甲玛-卡军果推-滑覆构造系(见图 2),

主体由多底沟组、林布宗组、楚木龙组碳酸盐碎屑岩系组成, 大体从北面的墨竹曲一带开始, 沿江日阿-金布拱铲式断裂带向南叠缩推覆, 南北宽约 20 km, 东西向延伸尚未最终确定, 仅厘定了甲玛沟至斯布沟一段, 长约 30 km。

在推覆构造前(南)部, 红(旗岭)-塔(龙普)斜歪-同斜倒转复式背斜北翼, 发育铜山滑覆构造。滑覆体由多底沟组、林布宗组碳酸盐岩碎屑岩系构成, 分布于铜山头—莫古朗沟—布朗沟一带, 南北向最大残宽约 1.5km, 东西向残长约 5km, 面积约 4 km²。

3 推覆构造特征

推覆构造自南而北可分为前缘带、前部带、中部带和后部带四个部分(图 3, 4)。

3.1 前缘带及主推覆面

前缘带为主推覆断裂前方, 变形发生于受推覆作用影响的准原地岩系中, 宽度约 3 km, 表现为一系列叠瓦状逆冲断裂及夹持的发育逆冲型小褶曲的构造岩片相互叠置, 相伴发育松弛伸展期的基性岩脉。

前缘带构造岩片的褶曲(皱), 尺度不大, 宽约 70 m±。具有多期韧性、韧脆性-脆性变形构造岩的晚期面理褶皱的特征, 其轴面向北倾斜, 显示向南推挤的褶皱变形。

在甲玛选厂南西, 由主推覆面下盘前锋带流纹岩质岩片褶曲(图 5, 表 1)中, 可观察到:

①被后期面理置换改造较强的具有两期动向的长英质残斑系, 显示其经历过多期韧性变形; ②三期层次逐渐变浅的面理置换, 各期面理置换保留的无根褶皱枢纽产状各异, 显示韧-脆性变形阶段应力场的非共轴性; ③普遍发育的指示主压应力 σ_1 近直立的膝折, 代表了隆升阶段层次更浅的韧-脆性变形; ④露头上发育的节理构造, 代表后期的脆性变形。

作为主推覆面的江日阿-金布拱断裂(即区域上的热干松多断裂), 向北倾斜, 地表倾角为 $41^\circ \sim 45^\circ$, 具有上陡下缓特征。沿断裂带可见由钙质胶结的“砾岩”(如象背山北垭口), 前人将其作为所谓“伸展不整合”的证据(西藏自治区地质调查院局, 2007; 周祥和曾庆高私人交谈), 然而仔细观察发现这种所谓“砾岩”的砾石棱角分明, 成分复杂, 应是与多底沟

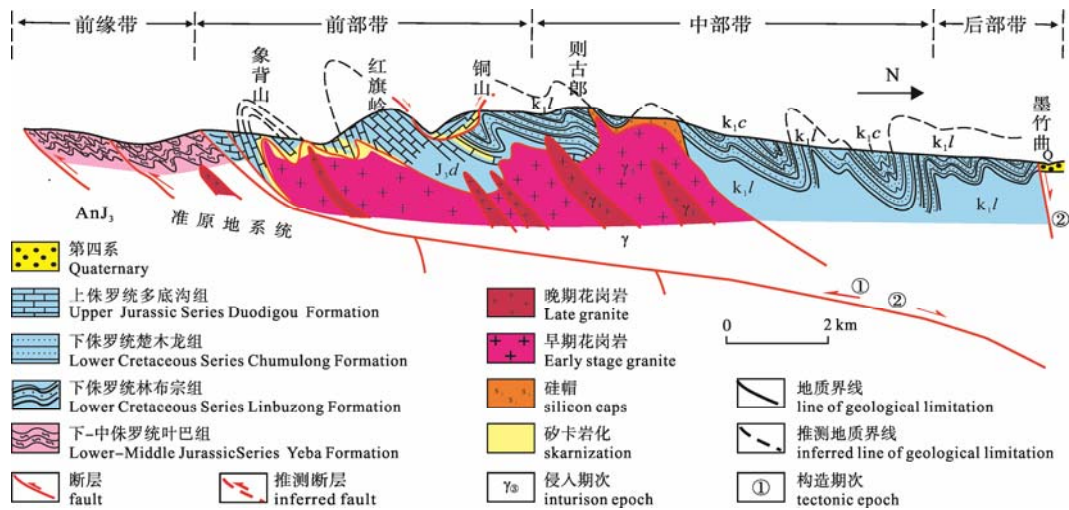


图 3 推-滑覆构造系象背山-铜山-墨竹曲路线示意剖面图
Fig. 3 Route profile of Xiangbeishan-Tongshan-Mozhuqu thrust-gliding nappe tectonic system

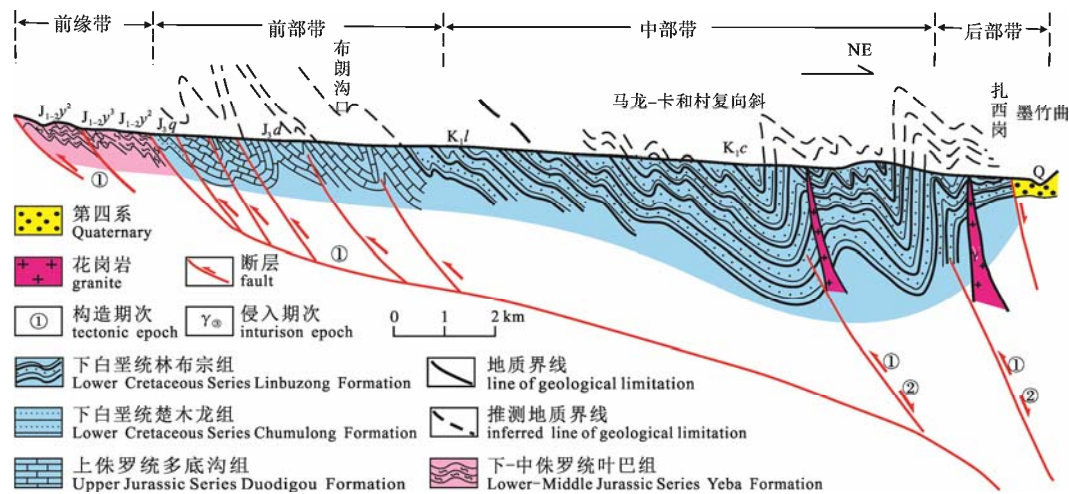


图 4 推-滑覆构造系斯布沟路线示意剖面图
Fig. 4 Route profile of Sibugou thrust-gliding nappe tectonic system

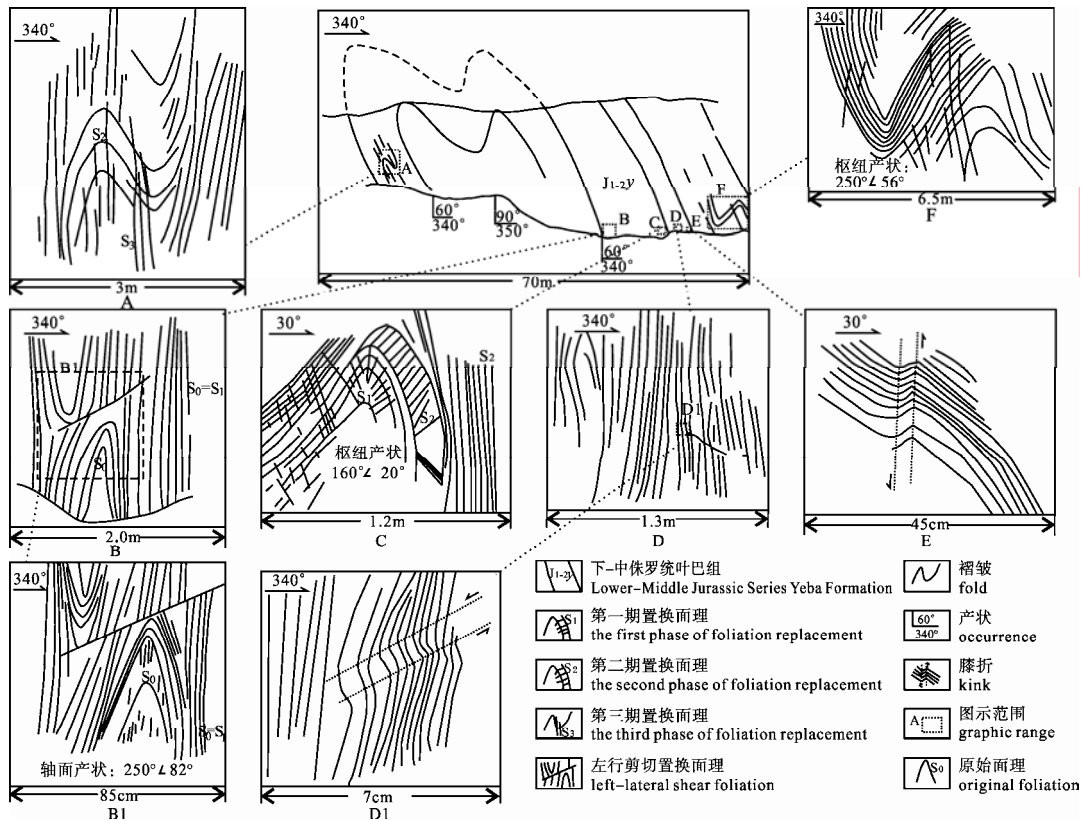


图 5 甲玛选厂南西流纹质岩片中同斜倒转背斜构造特征

Fig. 5 Features of homoclinal-overturned anticline rhyolite rock sheet structure in SW-trending Jiama(Gyama) concentrator plant

表 1 推覆构造不同部位变形构造类型特征

Table 1 Features of deformation structure type in different structural parts of nappe

	前缘带(准原地系统)	前部带	中部带	后部带
脆性	节理构造 斜歪-同斜褶皱 叠瓦状逆冲断裂	节理构造 不同规模斜歪-同斜褶皱 层间剪切破碎带	纵、横向节理 不同规模斜歪-同斜褶皱 逆冲断裂	节理构造
脆-韧性	三期层面理置换 无根褶皱 指示 σ_1 近直立的膝折 碳酸盐岩方解石残斑系	逆冲剪切带 碳酸盐岩糜棱岩化 不完全面理置换 膝折	膝折 不完全面理置换 强干层细颈及石香肠化 节理折射	小幅褶曲
韧性	被后期面理置换改造较强的具 有两期动向的长英质残斑系晚 期面理褶皱	片理或层理“S”型、“Z”型正滑褶曲	“Z”型、“S”型正滑褶曲 条带状强硅化角岩揉皱	

组表生溶蚀有关的次生砾岩(图 6)。

紧邻主推覆面的多底沟组中厚层碳酸盐岩片理发育, 肉眼可见方解石残斑系, 显示其经历了脆韧性变形。

上述表明江日阿-金布拱断裂带并非所谓“伸展不整合界面”, 而是一个地道的构造界面, 上、下盘构造变形层次明显不同, 结合上盘岩系变形的几何学特征, 构成甲玛-卡军果推覆构造的主推覆面。

3.2 前部带

前部带位于主推覆面上盘, 向北延至则古朗山南坡-布朗沟一线, 最宽约 5.5 km, 由多底沟组碳酸盐岩和林布宗组碎屑岩组成的红(旗岭)-塔(龙普)复式背斜构成(图 7, 见图 3 和图 4)。

红塔背斜为整个推覆构造的主背斜, 核部为多底沟组碳酸盐岩, 翼部为林布宗组碎屑岩, 北东翼倾向北东, 倾角 $30^\circ \sim 40^\circ$; 南西翼近核部向南西倾, 向南转向北东倾, 倾角 $50^\circ \sim 70^\circ$; 轴面倾

向东北。

红塔背斜南翼发育红山头次级同斜向斜和象背山次级同斜倒转背斜(图 8); 北翼发育夏工普-莫古朗次级同斜倒转向斜和牛马塘、莫古拉-乃拉冈等次级倒转背斜。

由于地表碎石覆盖, 林布宗组碎屑岩普遍硅化-角岩化且脆性变形的节理发育, 其内部构造难以识别, 仅识别出塔龙尾一条韧脆性断裂, 表现为碳酸盐岩强烈糜棱岩化, 方解石脉大量发育, 并伴少量脉状砂卡岩化, 片理产状显示断裂向南陡倾。

对勘探剖面进行研究发现, 在红塔背斜翼部发育一系列向南中陡倾的逆冲断裂, 垂向视距距可达 100 余米(图 9)。



图 6 象背山北垭口次生角砾岩
Fig. 6 Secondary breccia in north strip of Xiangbeishan

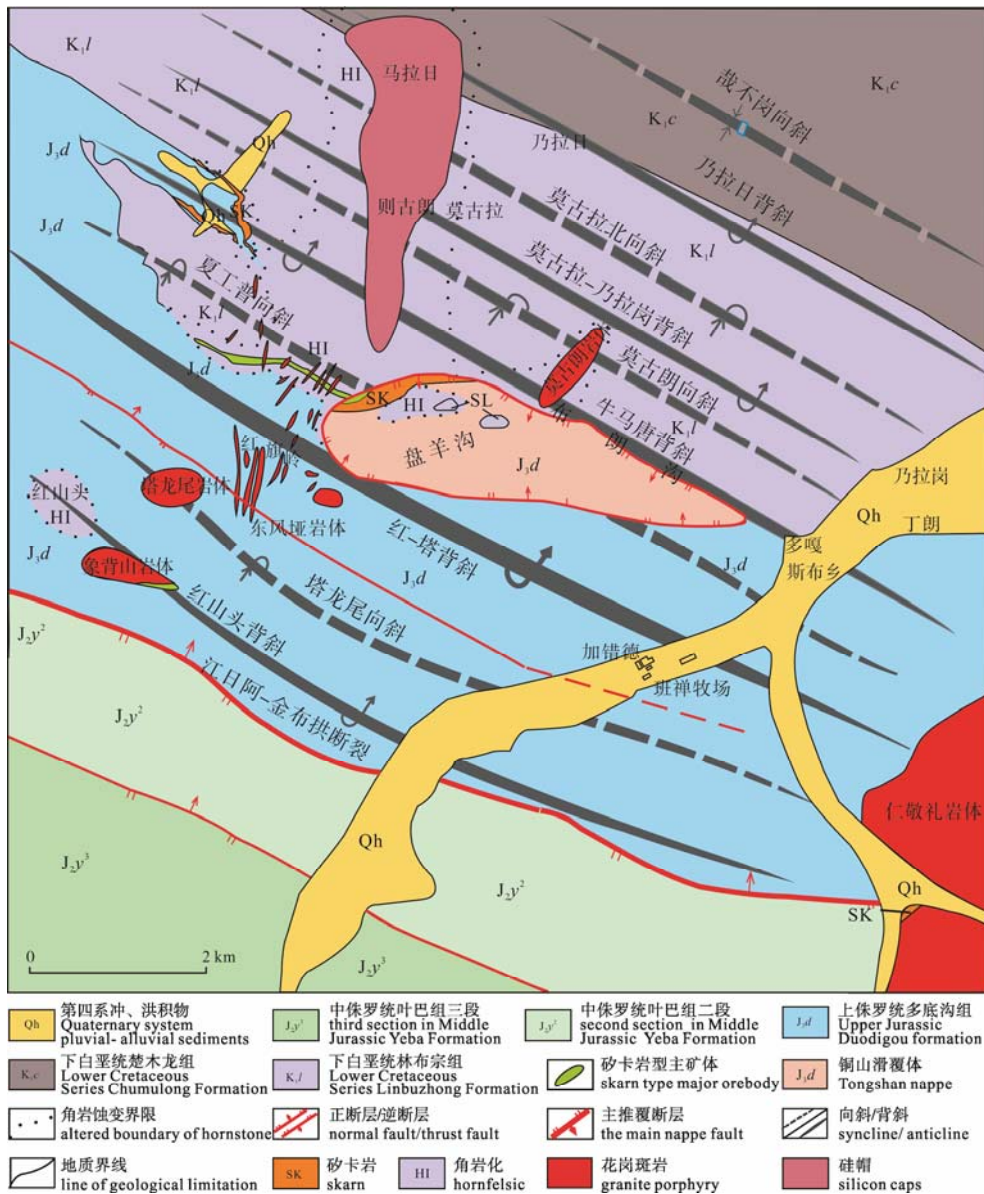


图 7 推-滑覆构造系前缘-前部带构造纲要图(据唐菊兴等, 2011)
Fig. 7 Structural outline map of forepart of leading edge thrust-gliding nappe tectonic system



图 8 前部带的大型同斜倒转背斜摄于八一牧场东山 (方位: 右手 20°)

Fig. 8 Large size homoclinal-overturned anticline in fore-belt of nappe taken in east mountain of Bayi pasture (position: right hand 20°)



图 10 前部带灰岩中的“Z”型方解石脉 TWQ10(380949, 3286584), 剪切带产状 125°∠35°(右手, 175°)

Fig. 10 “Z” type calcite vein in fore-belt of nappe near TWQ10, shear zone attitude 125°∠35°, right hand 175°

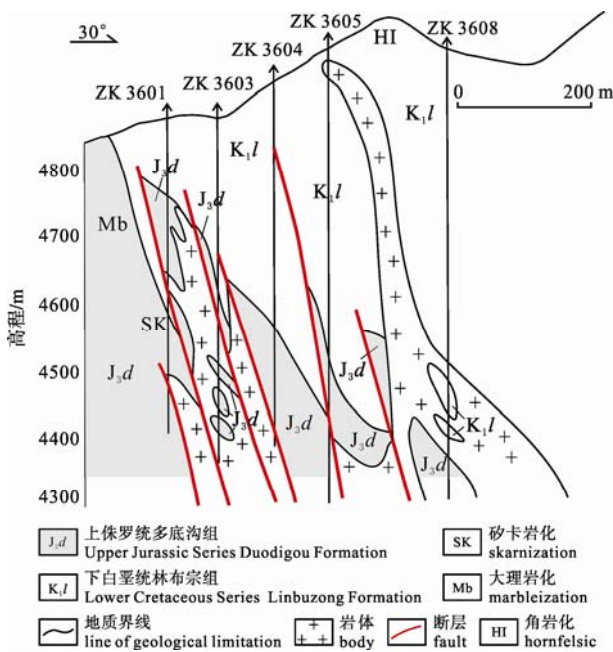


图 9 甲玛勘探剖面反映的推覆体前部带断裂

Fig. 9 Fore-belt faults of nappe reflected by Jiama(Gyama) prospecting profile

前部带普遍不均匀发育有与褶皱变形相关的纵、横向及层间破碎带。在纵、横节理密集带, 常为负地形。如夏工普下游, 沿牛马塘次级背斜斜部发育的纵向节理密集带, 易给人以断裂的感觉。在多底沟组碳酸盐岩中常见规模不等的层间剪切破碎带。

尽管前部带的脆性变形主体反映逆冲推覆作用, 但普遍可见反映后期伸展正滑的露头小尺度片理或层理“S”型、“Z”型褶曲, 在塔龙尾断裂带, 还可见反映先期逆冲后期正滑的“Z”型方解石脉(图 10),

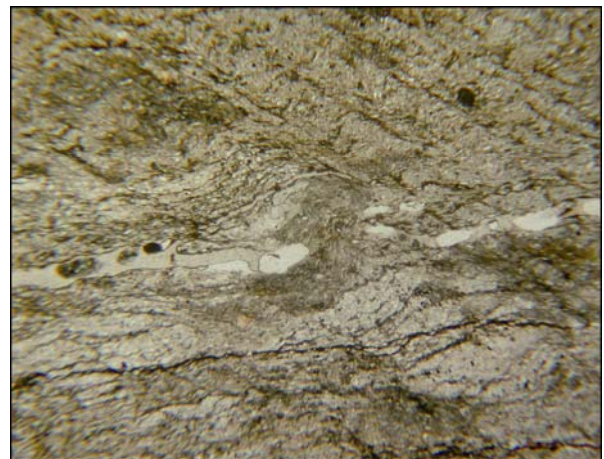


图 11 前部带的不全面理置换现象

HSG04D-1(378122,3285898)标本镜下照片.D=6.5mm, A Fig. 11 Incomplete foliation replacement in fore-belt of nappe HSG04D-1 sample under microscope

表明在推覆体形成后, 区域存在过伸展作用。

尽管前部带的变形以脆性变形为主, 但也常见不均匀分布的反映较深层次韧脆性变形的碳酸盐岩糜棱岩化、不全面理置换、膝折等现象(图 11)。

3.3 中部带

中部带位于则古朗以北、墨竹曲以南约 2.5 km 范围内, 宽 7~9 km, 由以楚木龙组碎屑岩为核、林布宗组为翼的马龙-卡和村斜歪-同斜倒转复向斜构成(见图 3, 4)。

马龙-卡和村复式向斜(见图 2), 南西正常翼总体向北东倾, 倾角 30°~40°, 北东翼较短, 向北东陡倾, 倾角 80°~90°, 轴面倾向北东。

马龙-卡和村复式向斜南西正常翼发育若干规模不等、样式相似的轴面倾向北东的次级向斜和次

级背斜。

在路线剖面上,可识别少量向北东陡倾,先期逆冲后期正滑的断裂,沿断裂常有中酸性岩脉贯入。

与前部带相似,和推覆褶皱相关的纵、横向节理发育,可见顺层剪切引起的不同岩性层组合中的相对强干层的细颈化、石香肠现象,以及节理折射现象。

在褶皱翼部常见指示顺层正滑的“Z”型、“S”型褶曲,显示推覆构造形成后出现过区域伸展。

除上述脆(塑)性为主的变形外,常见反映较深层次脆性变形的膝折现象;在卡和村北,云母长英粉砂质岩石露头上见不完全面理置换现象;在则古朗可见条带状强硅化角岩的膝折和揉皱现象。这些显示,现存的推覆体不仅在推覆形成时,具有一定的埋深,而且在岩浆活动导致砂卡岩化、角岩化后仍有一定埋深。

3.4 后部带

后部带位于墨竹曲—拉萨河一线以南,宽约 2.5 km,由总体产状平缓,仅发育小幅褶曲的林布宗组、楚木龙组碎屑岩构成(见图 3, 4)。

墨竹曲河谷宽阔,北岸陡峻,断层崖发育,显示墨竹曲为一地堑,堆积了较厚的第四系。

4 滑覆构造特征

铜山滑覆体残存部分,西界在铜山山头东侧(海拔 5200 m±)扬起,东界在布朗沟口一带(海拔 4300 m±),主体在铜山一带,残厚约 1000 m。滑覆体自南而北大致可分为后部带、中部带、前部带(图 12, 表 2)。

4.1 滑床及滑覆面

滑覆体是在推覆形成红-塔背斜后,背斜顶部岩块失稳向北下滑形成的。主滑覆面之下的滑床为红-塔背斜北翼的多底沟组和林布宗组。

滑覆面总体为一向北倾斜的不规则斜钩状。后缘为系列中陡北倾的滑面;中部渐缓;前部为因大

量岩片上冲或下插形成的复杂构造界面,总体成“蛇吞蛙式”齿状铰合形态(见图 12 和表 2)。

在铜山头西南侧,盘羊沟头至东风垭一带,后缘滑动面清晰可见,产状 $30^\circ \angle 45^\circ$,与滑床多底沟组碳酸盐岩的产状 $187^\circ \angle 55^\circ$ 明显不协调。滑动带广泛发育碳酸盐化,零星砂卡岩化、孔雀石化;滑床岩石蚀变微弱;向滑覆体后缘内部则广泛发育脉状、网脉状、囊状砂卡岩化。

在铜山头北侧,滑覆体前缘上冲岩片与滑床角岩化、硅化的林布宗组间发育宽约 30 m 的断裂带,断面产状 $180^\circ \angle 55^\circ$ 。断裂内砂卡岩、角岩团块混杂,可见至少两期片理,普遍发育褐铁矿化,显示在滑覆体形成后,岩浆热液贯入导致多底沟组砂卡岩化、硅化后,还发生过多期构造变形。

对勘探剖面进行研究发现,滑覆体前缘下部存在多个向斜下方向插入滑床的岩片,这是岩片前缘边界相连,构成滑覆体前缘与滑床之间铰合界面(图 13)。

4.2 后部带

滑覆体后部带见于铜山山头南坡至东风垭一带,宽约 500 m,由众多尺度不同的多底沟组碳酸盐岩块堆垛构成(见图 12, 表 2)。

岩块内平行于滑动面的剪断裂,岩块间冲挤形成的“逆冲”断裂及其它界面,构成复杂的断裂网络。岩块中可见轴面指示上冲的“S”型褶曲以及等厚褶曲,“M”型褶皱,局部可见重褶曲。

后部带碳酸盐岩普遍大理岩化,砂卡岩化,多呈脉状,团块状、网脉带、层纹状、囊状,较大的囊状砂卡岩常,见铜铅锌(金银)矿化。这些囊状矿化体是老华泰龙公司的主采矿体,但规模一般不大,也不连续。

4.3 中部带

中部带构成滑覆体的主体,也构成铜山东部主体,宽约 1.5 km,由顺层褶叠的林布宗组碎屑岩和多底沟组碳酸盐岩岩片构成(见图 11, 表 2)。

角岩化的林布宗组碎屑岩位于上部,因碎石覆

表 2 滑覆构造不同部位变形构造类型特征

Table 2 Features of deformation structure type in different gliding nappe structure parts

	前部带	中部带	后部带
滑覆体构造	岩块上冲引起的“Z”型褶曲; 轴面南倾的斜歪-同斜褶曲; “飞来峰”; 上冲引起的劈理构造	堆积平卧褶曲; 平卧褶皱上翼,轴面北倾的次级褶曲; 岩片冲挤的“S”型逆冲褶曲 断裂系统;节理	张性为主的断裂网络; “S”型上冲褶曲以及等厚褶曲,“M”型褶皱,局部可见重褶曲
滑覆体形成后构造	反应后期伸展松弛变形的正滑“Z”型正滑褶曲	断块推挤局部引起平卧褶皱轴面重褶曲	

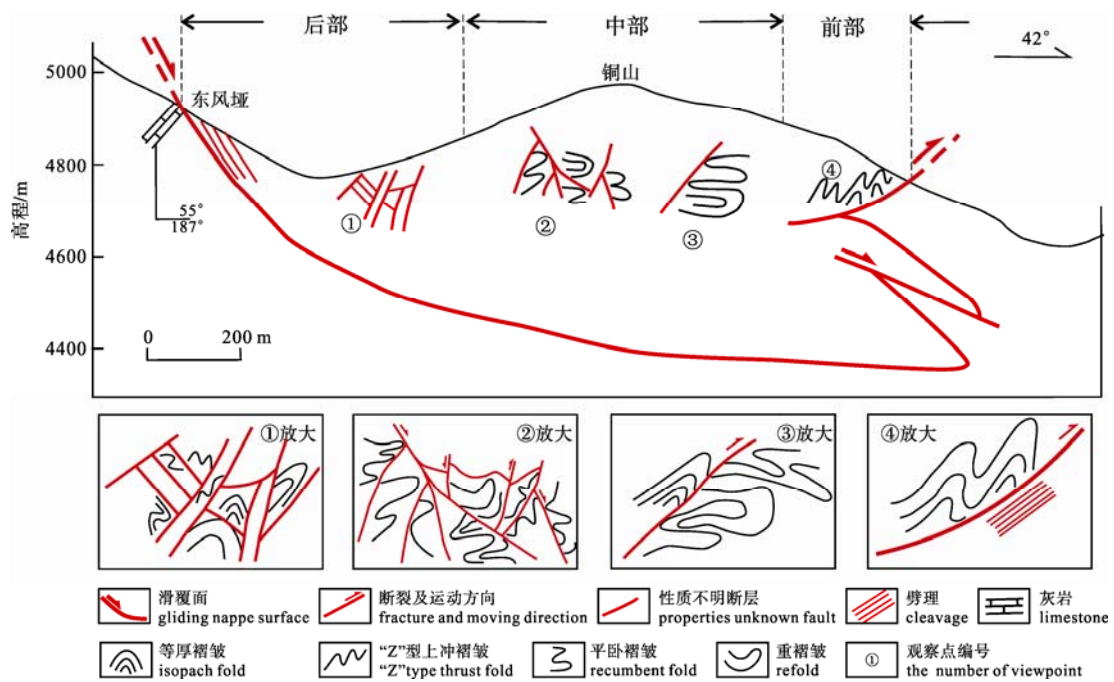


图 12 铜山滑覆体示意剖面图
Fig. 12 Sketch profile of Tongshan gliding nappe

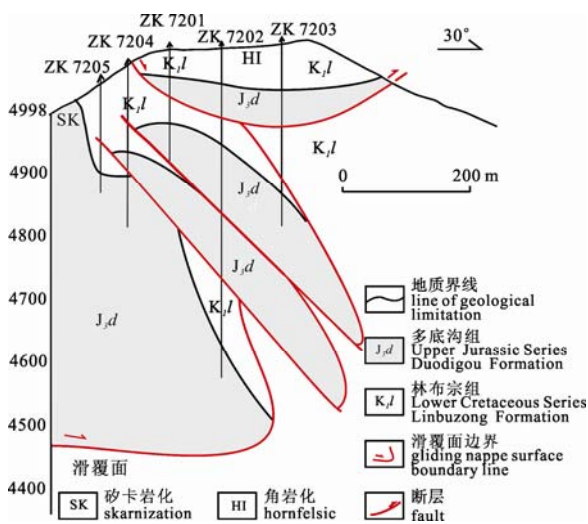


图 13 滑覆体前缘岩片上冲与下插及其形成的较合界面
Fig. 13 Dorsal edge formed by uprush and underthrust of leading edge of gliding nappe

盖，构造面貌难以识别。下部多底沟组碳酸盐岩片中广泛发育顺层褶皱形成的不同尺度的平卧褶皱，近前部带岩片中亦可见反映岩片冲挤形成的“S”型褶皱。岩片间的界面则构成较为复杂的断裂系统。

在滑覆体东部，布朗沟南坡，除广泛可见不同尺度的平卧褶皱外，在一些平卧褶皱上翼，还可见轴面北倾的次级褶皱；在盘羊沟西坡，个别平卧褶皱显重褶皱特征。这些反映滑覆体形成后，可能受到反向推挤。

在铜山—东风垭山脊上，位于多底沟组中的近

南北向花岗岩脉，节理发育，显片理化面貌，反映在岩脉侵位后遭受过变形。

中部带碳酸盐岩岩块较为完整，砂卡岩化一般不强。

4.4 前部带

前部带分布于铜山北坡至莫古朗一带，宽约 300 m，由以多底沟组碳酸盐岩为主的上冲或(斜)下插岩片构成(见图 11, 12 及表 2)。

在地表，多为上冲岩片，常发育反映上冲的规模不同的“Z”型褶曲，或轴面南倾的褶皱。在铜山北坡下部，可见因剥蚀而成的多底沟组碳酸盐岩“飞来峰”。

在勘探剖面上，可识别出若干向斜下插入滑床的岩片。

在露头上常见显示正滑的“Z”型小褶曲，显示滑覆体形成后出现过伸展松弛环境。

前部带，在铜山西坡一带，上冲岩片下部近冲断裂附近碳酸盐岩发生强烈砂卡岩化、矿化，构成甲玛 II 号矿体；向东砂卡岩化迅速减弱。至莫古朗一带，即使多底沟组碳酸盐岩直接与莫古朗岩体接触，也未见砂卡岩化，反映莫古朗岩体为代表的岩浆活动，不是引起矿区砂卡岩化的岩浆活动。

5 讨论

5.1 关于推-滑覆构造的形成机制

甲玛-卡军果推-滑覆构造系发育于厚度大于

20000 m 弧后裂谷火山-沉积岩系上。其中, 叶巴组火山沉积岩厚可达 17000 m, 其上的碳酸盐-碎屑岩系厚可达 7000 m(不包括可能剥蚀掉的楚木龙组以上地层, 据 1/25 万区调报告资料), 使得多底沟组之下的叶巴组具备了发生韧性变形的条件。

在裂谷背景下(J-K), 基底广泛发育高角度正断层, 形成堑-垒构造, 成为控制沉积的生长断层, 并相伴发育与盆地走向大角度相交的横向断层。在地堑盆地中将形成厚大的火山-沉积岩系。当上覆沉积岩系厚度达到 10000 m 左右时, 在沉积盆地中心较大载荷、盆地伸展等作用下, 加上裂谷的高地热梯度背景, 长英质岩石就可能发生上部岩层向盆地中心运动的韧性拆离剪切。

印度-欧亚板块碰撞事件强大的推挤作用, 先存裂谷沉积层系相对于基底和长英质火山岩系而言为软弱层; 盆地中心因厚大的沉积岩实体构成非自由边界, 盆两侧则因沉积层相对较薄, 甚至缺失, 而成相对自由边界, 于是先存裂谷时期的正断层发生反转, 沉积盖层与基底之间, 发生上层向盆地边部的拆离剪切, 进而褶皱推覆隆升, 构造层次不断变浅, 相对较新的沉积层系推覆于老的地层之上, 最终进入完全的脆性域。

因此, 甲玛-卡军果推-滑覆构造应系印度-欧亚板块碰撞引发, 具有递进变形、自盆地中心向边部推覆、新地层盖老地层特点。

5.2 关于推-滑覆构造的形成时限

区域性推-滑覆构造的形成必须有区域性重大挤压事件。印度-欧亚板块碰撞是白垩纪后的重大挤压事件。

袁万明等(2007)在研究念青唐古拉山以西的南木林地区曾获得 51 Ma 的磷灰石裂变径迹年龄, 显示在 51 Ma 时地壳有过幅度不大的隆升。

作者在推覆体前缘带采集的长英质糜棱岩样品, 获得斜长石 Ar-Ar 85.05 ± 0.84 Ma、 45.66 ± 0.46 Ma 两个加权平均坪年龄; 达布一带花岗岩基锆石 LA-ICP-MS 侵位年龄 45.7 ± 0.7 Ma(另文专述), 在新编的西藏地质图上, 侵位于推覆构造带的仁敬里岩体为 γE_2 与达布一带的岩基同期, 反映 45 Ma \pm 区域岩浆活动广泛而强烈。Ar-Ar 法多反映构造相关强的热活动, 在甲玛获得的 45.66 ± 0.46 Ma 的斜长石 Ar-Ar 法年龄应是隐伏岩体侵位的反映。鉴于岩浆活动只可能发生于强变形后的松弛期, 有理由推断, 甲玛-卡军果推覆构造强变形年龄大致为 50 Ma, 与印度-欧亚碰撞事件相关。

5.3 关于推-滑覆构造与成岩成矿

甲玛矿区地表及钻孔所见的岩浆岩均为中新世(锆石 U-Pb 14.81 ~ 16.27 Ma; 秦志鹏等, 2011)侵入的岩枝、岩脉。鉴于与其中规模较大的莫古朗岩体接触的多底沟组碳酸盐岩, 也未发现矽卡岩化, 表明甲玛矿区广泛的矽卡岩化另有原因。

甲玛矿区 1/5 万高精度磁测成果显示, 大体在红-塔复背斜轴部和象背山次级背斜轴部位置存在东西方向延伸不远, 长轴分别约 6 km、4 km 的腰形高磁异常, 表明深部存在较大岩体, 且岩浆上侵因受到基底横向断裂和推覆断裂联合控制而未向东、西漫散, 就位则受到推覆褶断系的控制。同时发生于强变形后松弛期的岩浆活动, 由于推覆体上覆岩层的重荷与屏蔽, 以及构造开启性的限制, 大规模侵位的高度受限; 其期后热液沿推-滑覆构造褶断与褶皱相关节理裂隙、层间(尤其多底沟组与林布宗组间)剪切破裂系统向南斜向上侵, 引起多底沟组碳酸盐岩广泛矽卡岩化、大理岩化及早期矿化, 林布宗组则发生角岩化、硅化。推覆构造中部带条带状强硅化角岩中存在膝折现象, 而石英质岩石即使在 300 $^{\circ}$ C 时, 塑性强度也为 100 MPa, 相当于 3 km 埋深; 逆冲推覆构造形成于 3 ~ 5 km(何绍勋等, 1996), 表明当时埋深至少在 3 km 以上。

其后, 由于构造活动的脉动性或幕次性, 构造通道的统一性及构造变形的继承性, 相继发生多次强度不同但总体不大的挤压与伸展变形, 先存蚀变岩破裂系统不断形成和发展, 伴随程度不同的广义同位叠加成矿作用。与不同形式矿化共生的石英的 HAESRDQ 年龄变化于 13.8 ~ 39.2 Ma(未刊资料); 铜山—东风垭山脊锆石 LA-ICP-MS 为 14.8 Ma 的二长花岗岩脉, 被密集节理破坏等事实, 可佐证这一判断。

随着中新世高原强烈隆升, 表壳伸展, 研究区原有构造开启性增强, 中酸性岩浆活动广泛侵位, 形成岩脉、岩枝, 相伴较强矿化。矿区大量 15 Ma 左右的辉钨矿 Re-Os 年龄数据(李光明等, 2005; 应立娟等, 2010, 2011)反映了本阶段成矿的事实。

6 结论

综上所述, 可以得到以下几点基本结论:

1) 甲玛-卡军果推-滑覆构造系发育于南冈底斯弧盆系弧后裂谷巨厚火山-沉积岩系上, 由印度-欧亚板块碰撞引发, 具有递进变形, 自弧后裂谷盆地中心向边部推覆, 新地层盖老地层特点, 强变形年龄约 50 Ma。

2)甲玛-卡军果推-滑覆构造系由上侏罗统多底沟组、下白垩统林布宗组和楚木龙组碳酸盐-碎屑沉积岩系构成。推覆构造下盘为经多期韧性、韧-脆性变形的叶巴组构造岩系。推覆构造主体由轴面北倾的红塔复背斜和龙马-卡和村复向斜构成,自南而北可分为前部带、中部带和后部带。铜山滑覆构造系推覆形成的红塔复背斜轴部高位岩块失稳向北滑覆形成,自南而北可分为后部带、中部带和前部带。

3)甲玛-卡军果推-滑覆构造系中主要岩浆侵位发生于强变形后的松弛期,上侵受裂谷盆地近南北向基底断裂和推覆断裂联合控制,就位受到前部带推覆褶皱系控制,期后热液奠定了矿区蚀变与矿化(尤其蚀变)基础,其后多幕次构造-岩浆热液(尤其中新世)叠加,造就甲玛多金属矿床。

致谢:研究工作得到了西藏自治区地质矿产勘查开发局、西藏自治区地质调查院、西藏地质队、西藏华泰龙矿业开发有限责任公司等单位领导和专家的支持,野外工作得到了项目组相关人员的大力配合,研究过程中与成都理工大学刘肇昌教授、西藏自治区地质矿产勘查开发局多吉院士、周详教授级高工、中国地质科学院矿产资源研究所唐菊兴研究员、西藏自治区地质调查院刘鸿飞院长、张金树高工、西藏第六地质大队粟登奎高工、西藏区调队曾庆高高工进行了大量有益的讨论,审稿专家和编辑部老师为论文的最终定稿付出了大量心血,在此一并致以衷心的感谢。

参考文献:

陈国华,周显荣,罗贤春. 2007. 赣中金山岭推覆构造特征及其控矿作用[J]. 中国西部科技, (16): 17-18.

杜菊民,张庆龙,杜松金,徐士银,毕素萍. 2006. 内蒙古中部石拐侏罗纪陆相含煤盆地构造变形[J]. 煤田地质与勘探, 34(6): 8-11.

何绍勋,殷嘉瑞,刘继顺. 1996. 韧性剪切带与成矿[M]. 北京:地质出版社: 89-95.

侯增谦,宋玉财,李政,王召林,杨志明,杨竹森,刘英超,田世洪,何龙清,陈开旭,王富春,赵呈祥,薛万文,鲁海峰. 2008. 青藏高原碰撞造山带 Pb-Zn-Ag-Cu 矿床新类型:成矿基本特征与构造控矿模型[J]. 矿床地质, 27(2): 123-144.

李光明,刘波,屈文俊,林方成,余宏全,丰成友. 2005. 西藏冈底斯成矿带的斑岩-矽卡岩成矿系统:来自斑岩矿床和矽卡岩型铜多金属矿床的 Re-Os 同位素年龄证据[J]. 大地构造与成矿学, 29(4): 483-490.

李钧辉,刘益辉. 2000. 峡江地区推、滑覆构造特征及成因机制探讨[J]. 华东地质学院学报, 23(2): 124-128.

李亚林,王成善,伊海生,刘志飞,李勇. 2006. 西藏北部新生代大型逆冲推覆构造与唐古拉山的隆起[J]. 地质学报, 80(8): 1118-1131.

梁积伟,解东宁,何明喜,王志战. 2006. 华北盆地南部构造样式分析[J]. 石油实验地质, 28(5): 414-418.

刘细元. 2003. 江西萍乡一带中-新生代构造特征及其意义[J]. 地质调查与研究, 26(4): 233-240.

马宗晋,曲国胜,李涛,赵瑞斌,许建东. 2008. 准噶尔盆地盆山构造耦合与分段性[J]. 新疆石油地质, 29(3): 271-277.

任云生,张金树,范文玉,蔡朝阳. 2002. 西藏甲玛铜多金属矿床远景预测[J]. 地质与勘探, 38(5): 30-43.

秦志鹏,多吉,汪雄武,刘鸿飞,周云,彭惠娟. 2012. 西藏甲玛铜多金属矿二长花岗岩斑岩岩浆-热液过渡特征及成矿意义[J]. 地球学报, 33(4): 501-509.

秦志鹏,汪雄武,多吉,唐晓倩,周云,彭惠娟. 2011. 西藏甲玛中酸性侵入岩 LA-ICP-MS 锆石 U-Pb 定年及成矿意义[J]. 矿床地质, 30(2): 340-348.

沙绍礼,殷质豫,夏抱本. 2004. 滇西北新生代逆冲推覆构造[J]. 云南地质, 23(2): 154-163.

唐菊兴,王登红,汪雄武,钟康惠,应立娟,郑文宝,黎枫估,郭娜,秦志鹏,姚晓峰,李磊,王友,唐晓倩. 2010. 西藏甲玛铜多金属矿床地质特征及其矿床模型[J]. 地球学报, 31(4): 495-506.

王锋,赵红格. 2007. 鄂尔多斯地块西部构造研究中几个值得注意的问题[J]. 中国地质, 34(3): 392-399.

王仁山. 2006. 略论福建大田含煤区推覆体下找煤[J]. 能源与环境, (6): 20-21.

西藏自治区地质调查院局. 2007. 1:25 万拉萨市幅区域地质调查报告(地质部分)[R]. 拉萨:西藏自治区地质调查院局.

严叔澜,陈绵琨,朱振道,刘颀. 2008. 准噶尔盆地南缘阿什里地区地质构造基本特征[J]. 沉积与特提斯地质, 28(3): 25-29.

应立娟,唐菊兴,王登红,郑文宝,秦志鹏,张丽. 2011. 西藏甲玛超大型铜矿区斑岩脉成岩时代及其与成矿的关系[J]. 岩石学报, 27(7): 2096-2012.

应立娟,王登红,唐菊兴,畅哲生,屈文俊,郑文宝,王焕. 2010. 西藏甲玛铜多金属矿辉钼矿 Re-Os 定年及其成矿意义[J]. 地质学报, 84(8): 1166-1174.

应立娟,郑文宝,王崴平,冷秋锋,丁帅. 2012. 西藏甲玛铜多金属矿硫同位素地球化学研究[J]. 地球学报, 33(4): 519-527.

袁万明, 杜杨松, 杨立强, 李胜荣, 董金泉. 2007. 西藏冈底斯带南木林地区构造活动的磷灰石裂变径迹分析[J]. 岩石学报, 23(11): 2911-2917.

张达景, 胡健民, 蒙义峰, 郑孟林, 付茂兰. 2007. 塔里木盆地西南部齐姆根逆冲推覆构造的特征及其与油气的关系[J]. 地质通报, 26(3): 266-274.

周云, 唐菊兴, 秦志鹏, 彭惠娟. 2012. 西藏甲玛铜多金属矿床成因研究-来自流体包裹体的证据[J]. 地球学报, 33(4): 485-500.

References:

CHENG Guo-hua, ZHOU xian-rong, LUO Xian-chun. 2007. Feature and Ore-controlling role of Mid-Jiangxi jin shan ling nappe structure[J]. Science and Technology of West China, (16): 17-18(in Chinese).

DU Ju-min, ZHANG Qing-long, DU Song-jin, XU Shi-yin, BI Xu-ping. 2006. Tectonic deformation of Jurassic Shiguai coal basin in central Inner Mongolia[J]. Coal Geology & Exploration, 34(6): 8-11(in Chinese with English abstract).

HE Shao-xun, YIN Jia-rui, LIU Ji-shun. 1996. Ductile shear zone and metallogenic[M]. Beijing: Geological Publishing House: 89-95(in Chinese).

HOU Zeng-qian, SONG Yu-cai, LI Zheng, WANG Zhao-lin, YANG Zhi-ming, WANG Zhu-shen, LIU Ying-chao, TIAN Shi-hong, HE Long-qing, CHEN Kai-xu, WANG Fu-chun, ZHAO Cheng-xiang, XUE Wan-wen, LU Hai-feng. 2008. Thrust-controlled, sediments-hosted Pb-Zn-Ag-Cu deposits in eastern and northern margins of Tibetan orogenic belt: Geological features and tectonic model[J]. Deposit Geology, 27(2): 123-144(in Chinese with English abstract).

LI Guang-ming, LIU Bo, QU Wen-jun, LIN Fang-cheng, SHE Hong-quan, FENG Cheng-you. 2005. The Porphyry-Skarn Ore Forming System in Gangdese Metallogenic Belt, Southern Tibet: Evidence from Molybdenite RE-OS Age of Porphyry-Type Copper Deposits and Skarn-Type Copper Polymetallic Deposits[J]. Geotectonica et Metallogenia, 29(4): 483-490(in Chinese with English abstract).

LI Jun-hui, LIU Yi-hui. 2000. The Inquisition of Character of Nappe and Detachment Structure and Mechanism of Cause of Formation in Xiajiang Area[J]. Journal of East China Geological Institute, 23(2): 124-128(in Chinese with English abstract).

LI Ya-lin, WANG Cheng-shan, YI Hai-sheng, LIU Zhi-fei, LI Yong. 2006. Cenozoic Thrust System and Uplifting of the Tanggula

Mountain, Northern Tibet[J]. Acta Geologica Sinica, 80(8): 118-1131(in Chinese with English abstract).

LIANG Ji-wei, XIE Dong-ning, HE Ming-xi, WANG Zhi-zhan. 2006. Structural Style of the Southern North China Basin[J]. Petroleum Geology & Experiment, 28(5): 414-418(in Chinese with English abstract).

LIU Xi-yuan. 2003. Mesozoic-Cenozoic Tectonic Character and It's Geological Meaning in Pingxiang, Jiangxi Province[J]. Geological Survey and Research, 26(4): 233-240(in Chinese with English abstract).

MA Zong-jing, QU Guo-sheng, LI Tao, ZHAO Rui-bing, XU Jian-dong. 2008. Tectonic Coupling and Segmentation of Marginal Structural Belt in Junggar Basin[J]. Xinjiang Petroleum Geology, 29(3): 271-277(in Chinese with English abstract).

REN Yun-sheng, ZHANG Jin-shu, FAN Wen-yu, CAI Zhao-yang. 2002. Prospective Forecasting of Jiama Copper-Polymetic Ore Deposit, Tibet[J]. Geology and Prospecting, 38(5): 30-43(in Chinese with English abstract).

QIN Zhi-peng, Dorji, WANG Xiong-wu, LIU Hong-fei, ZHOU Yun, PENG Hui-juan. 2012. Characteristics and Significance of Magmatic-Hydrothermal Transition in Jiama(Gyama) Monzonite Granite-porphyry, Tibet[J]. Acta Geoscientica Sinica, 33(4): 501-509(in Chinese with English abstract).

QIN Zhi-peng, WANG Xiong-wu, Dor Ji, TANG Xiao-qian, ZHOU Yun, PENG Hui-juan. 2011. LA-ICP-MS U-Pb Zircon Age of Intermediate-Acidic Intrusive Rocks in Jiama of Tibet and Its Metallogenic Significance[J]. Mineral Deposits, 30(2): 340-348(in Chinese with English abstract).

SHA Shao-li, YING Zhi-yu, XIA Bao-ben. 2004. The Cenozoic Thrusting Nappe in Northwest Yunnan[J]. Yunnan Geology, 23(2): 154-163(in Chinese with English abstract).

TANG Ju-xing, WANG Deng-hong, WANG Xiong-wu, ZHONG Kang-hui, YING Li-juan, ZHENG Wen-bao, LI Feng-ji, GUO Na, QIN Zhi-peng, YAO Xiao-feng, LI Lei, WANG You, TANG Xiao-qian. 2010. Geological Features and Metallogenic Model of the Jiama Copper-Polymetallic Deposit in Tibet[J]. Acta Geoscientica Sinica, 31(4): 495-506(in Chinese with English abstract).

The Tibet Autonomous Region Geological Survey Institute. 2007. 1:250000 Lhasa regional geologic reconnaissance report (geological part)[R]. Lhasa: The Tibet Autonomous Region Geological Survey Institute(in Chinese).

- WANG Feng, ZHAO Hong-ge. 2007. Some Important Problems on the Structural Study of the Western Ordos Block[J]. Geology in China, 34(3):392-399(in Chinese with English abstract).
- WANG Ren-shan. 2006. On Coal-Finding under Nappe in Datian Coal-Bearing Area, Fujian Province[J]. Environment & Energy, (6): 20-21(in Chinese).
- YAN Shu-lan, CHEN Jing-kun, ZHU Zhen-dao, LIU Xie. 2008. Geological Structures in the Ashi region, Xinjiang[J]. Sedimentary Geology and Tethyan Geology, 28(3): 25-29(in Chinese with English abstract).
- YING Li-juan, TANG Ju-xing, WANG Deng-hong, ZHENG Wen-bao, QIN Zhi-peng, ZHANG Li. 2011. Zircon SHRIMP U-Pb Dating of Porphyry Vein from the Jiama copper Polymetallic Deposit in Tibet and Its significance[J]. Acta Petrologica Sinica, 27(7): 2096-2012(in Chinese with English abstract).
- YING Li-juan, WANG Deng-hong, TANG Ju-xing, CHANG Zhe-sheng, QU Wen-jun, ZHENG Wen-bao, WANG-Huan. 2010. Re-Os Dating of Molybdenite from the Jiama Copper Polymetallic Deposit in Tibet and Its Metallogenic Significance[J]. Acta Geologica Sinica, 84(8): 1166-1174(in Chinese with English abstract).
- YING Li-juan, ZHENG Wen-bao, WANG Wei-ping, LENG Qiu-feng, DING Shuai. 2012. Stable Isotopes Geochemistry of the Jiama(Gyama) Copper Polymetallic Deposit in Tibet[J]. Acta Geoscientica Sinica, 33(4): 519-527(in Chinese with English abstract).
- YUAN Wan-ming, DU Yang-song, YANG Li-qiang, LI Sheng-rong, DONG Jin-quan. 2007. Apatite Fission Track Studies on the Tectonics in Nanmulin area of Gangdese terrane, Tibet plateau[J]. Acta Petrologica Sinica, 23(11): 2911-2917(in Chinese with English abstract).
- ZHANG Da-jing, HU Jian-min, MENG Yi-feng, ZHENG Meng-lin, FU Mao-lan. 2007. Characteristics of Qimugen thrust nappe structure in the southwestern Tarim basin, Xinjiang, China, and its relationship with hydrocarbon[J]. Geological Bulletin of China, 26(3): 266-274(in Chinese with English abstract).
- ZHOU Yun, TANG Ju-xing, QIN Zhi-peng, PENG Hui-juan. 2012. A Study of Fluid Inclusions and Their Constraints on the Genesis of the Jiama(Gyama) Copper Polymetallic Deposit in Tibet[J]. Acta Geoscientica Sinica, 33(4): 485-500(in Chinese with English abstract).

国际地质科学联合会(IUGS)官员访问 中国地质科学院

2012年5月15日,应中国地质科学院董树文副院长邀请,国际地科联(IUGS)秘书长彼特·鲍勃罗斯基(Peter Bobrowsky)博士和国际地科联理事桑帕特·坦多(Sampat Tandon)博士访问中国地质科学院。期间,就国际地科联秘书处迁址中国一事进行了接触交流,P. Bobrowsky 秘书长和 Sampat Tandon 理事给出了详尽可行的建议,还参观了国家科技基础条件平台北京离子探针中心和深部探测技术与研究专项办公室。

此次国际地科联官员来华是赴廊坊中国地质科学院地球物理地球化学勘查研究所,考察由地球物理地球化学勘查研究所王学求研究员与美国地质调查局 Davis Smith 博士共同负责的国际地科联“全球地球化学基准委员会”四年工作评估的。据国际地科联章程相关规定,国际地科联组织了4名国际专家组成评估组,包括评估小组负责人、国际地科联理事 Sampat Tandon 博士,评估小组秘书、国际地科联秘书长 P. Bobrowsky 博士,香港大学 Xiangdong Li 博士和董树文研究员。评估工作于5月14日顺利完成。