

云南兰坪—思茅盆地中轴构造带的特征及其研究意义

管 焱¹ 王安建² 李朋武¹ 曹殿华³ 刘俊来⁴

(1. 中国地质科学院地质研究所, 北京 100037;

2. 中国地质科学院全球矿产资源战略研究中心, 北京 100037;

3. 中国地质科学院矿产资源研究所, 北京 100037;

4. 中国地质大学地质过程与矿产资源国家重点实验室, 北京 100083)

摘要:笔者利用云南西部已有的 DSS 地震测深、石油反射地震资料的再解释,并通过地球物理、地球化学以及矿产等资料的综合分析,对滇西兰坪—思茅盆地内的中轴构造带的构造特征进行了深入分析。研究表明兰坪—思茅盆地内的中轴构造带是一条近南北走向的集断裂带、伸展构造、深部隆起为一身的大型构造带。地震测深的速度结构及反射地震剖面表明,中轴构造带在思茅盆地南部存在有深部地幔的上隆现象,该构造带内的断裂系统倾向在盆地南北有差异。研究发现该构造带与矿床、侵入碱性岩体及区域地化异常分布有密切的关系。结合地质构造分析研究,表明该构造带是一多期活动的重要构造带,具有伸展走滑的性质;中轴构造带在形成、演化过程中被近东西向的多条直线型断裂所错断,从构造形态上看与大洋中脊有相似的展布特征。该构造带对盆地的构造演化以及矿产形成具有重要控制作用。

关键词:中轴构造带;地球物理;反射地震;DSS

中图分类号:P315.2

文献标识码:A

文章编号:1000-3657(2006)04-0832-10

云南西部兰坪—思茅盆地地处欧亚板块与印度板块的结合部位,为特提斯构造域东段的组成部分。该盆地位于金沙江—哀牢山断裂带与澜沧江断裂带之间,是三江褶皱带的一部分^[1-2]。它是在澜沧江洋和金沙江洋消亡后发展起来的一个中生代陆内盆地^[3]。沿盆地中央发育有南北—北北西向隆起带,地质研究表明兰坪—思茅盆地东西岩石建造及基底存在差异;该隆起带被一对同生断裂所夹持的纵贯南北的隆起,在兰坪盆地称雪邦山隆起带,一般认为是夹持在泚江断裂和弥沙河断裂间,在思茅盆地称营盘山隆起(亦称无量山—营盘山隆起),夹持在普洱—勐腊断裂和把边江断裂间。由于这些断裂延伸稳定,切割较深,具长期活动性质,并居于盆地中部,亦称“中轴”断裂带^[4]。对于该构造带不同学者将其描述定性不同,有的学者^[5]将其大地构造性质称之为“堑沟”,李雷等^[4]着眼于中轴带的岩浆、幔热、水热异常、变质作用,将

其称之为兰坪—思茅中轴构造热变质隆起带。也有学者^[6]认为中轴构造带,对古生代基底,特别是中、新生代以来盆地性质、演化、沉积相、岩浆变质作用及热液活动均有明显控制作用;沿中轴带,中生代盆地深度裂陷,沉积厚度巨大。一般认为中轴构造带为一长期活动的构造—岩浆—热活动带,沿中轴构造带有碱性玄武岩和拉斑玄武岩组成的中生代火山岩出露,直到近代,其仍是温泉、地震活动的集中地带,为一幔热与水热异常区;盆地中部的金矿多沿该构造带及其两侧分布。也有学者^[7]认为中轴带为深切至地幔的深大断裂带,并均对应于软流圈或莫霍面隆起带,是源于深部的岩浆和成矿流体向上运移的良好通道,常形成以中轴构造带为中心的水热循环系统,控制了区域矿带的分布,形成许多沉积改造型铜铅锌银等多金属矿床。由此可见,中轴构造带是该区一条十分重要的导、控矿构造。研究该构造的深部特征如产状、切割深

收稿日期:2005-12-27;改回日期:2006-06-10

基金项目:国家 973 项目(2002cb412607);国家科技攻关计划项目(2001BA609A-5);国家自然科学基金重点项目(40334035)和国土资源部重点科技专项计划项目(200010101)资助。

作者简介:管焱,男,1964 年生,博士,研究员,主要从事深部地球物理探测及计算机技术应用研究;E-mail:guanyie@cags.net.cn。

度、属性等将对深入了解该区的构造格局及成矿的控制作用具有十分重要的意义。

以往的研究多从沉积建造、岩石和矿产等方面证明中轴构造带内断裂系统的存在,对中轴构造带具体形态展布、断裂位置及倾向等特征描述也不统一,并大多缺少深部地球物理证据支持。本文综合利用云南地区的地震资料,通过反射地震成像方法及地震测深速度模型的再解释,细致描述了滇西兰坪—思茅盆地内的速度结构及几何形态,并结合二维

重力资料处理,力图在岩石圈地壳三维空间内揭示中轴构造带的分布位置、断裂倾向及延深规模等构造特征,同时参考地质、地球化学和其他地球物理资料对中轴构造带及其两侧地区的地壳结构特征和成矿规律进行研究。

1 中轴构造带的地质特征

1:20 万数字地质图所显示的兰坪—思茅盆地断裂系统分布(图 1)清晰地表明,以中轴构造带为界,盆地东西两侧断

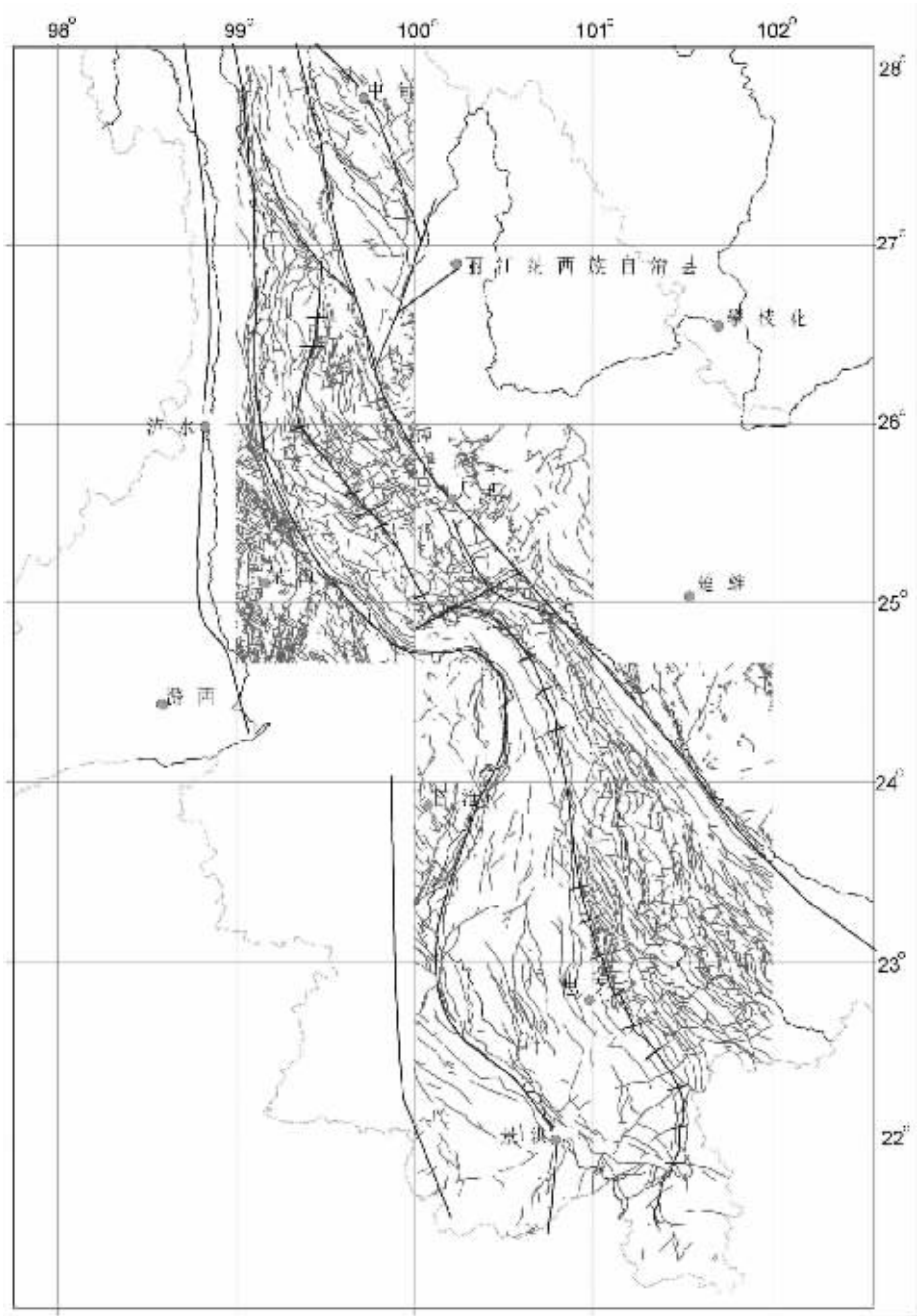


图 1 兰坪—思茅盆地断裂构造分布(据 1:20 万数字地质图修编)

Fig.1 Distribution of faults in the Lanping-Simaobasin (modified from the 1:200 000 digital geological map of China)

裂构造分布存在明显差异;在思茅盆地的中东部线性断裂构造密度较大,盆地西部线性断裂构造分布明显减少。在整个兰坪—思茅盆地内东、西两部分断裂的总体展布方向有所不同;盆地东侧以北北西向为主,很少发育其他方向的线性构造;盆地西侧以北北西向为主,但发现有北北东向、北东东向断裂。在两盆地内从北至南,一系列的近东西向线性构造分带发育,该现象与笔者早期在有关该区东西向构造论文^[4]中解译的构造位置基本重合,并且这些近东西向的线性构造多集中在盆地的中东部。近东西向的线性构造集中分布带在多处错断中轴构造带,使中轴构造带的展布形式类似大洋中脊,显示出中轴构造带具有纵向伸展、横向走滑的表现形式。

兰坪—思茅盆地特征研究^[4]表明在盆地形成前,以兰坪—勐腊中轴断裂为界,盆地东、西两部分因基底不一,并由此决定了兰坪—思茅盆地在中新生代内部演化发展的差异。中—新生代以来兰坪—思茅盆地以中轴构造带为中心,两侧的沉积建造及其沉积环境依然具有极大的差别;盆地西侧主

要为海相、海陆交互相沉积;盆地东侧由海相、浅海相逐步过渡到以陆相为主。

兰坪—思茅盆地中—新生代为一拉张型的地洼盆地^[4]。中生代—新生代早期,兰坪—思茅盆地总体上受挤压剪切作用,沿边界断裂发生走滑,在盆地中部表现为拉张,沿中轴构造带有深源岩浆活动的发生;该时期,兰坪—思茅盆地仍表现为东、西部的差异。中轴构造带附近有火山活动出现,时代为中生代早期、古近纪及第四纪,并伴有热动力变质,第四纪在盆地中轴构造带附近的普洱、通关等地火山岩以橄榄玄武岩为主属碱性玄武岩系列,是拉张型地洼盆地地壳拉张的结果^[4]。

从喜山期开始,兰坪—思茅盆地及周缘地区开始整体快速隆升,盆内及盆缘断裂表现为走滑特征,形成一系列小型拉分盆地。中轴构造带的活动也达到高峰,同时伴有大量火山活动,中酸性为主的火山岩浆大量喷发及浅成岩脉侵入,出现深源碱性岩浆侵入(如永平卓潘、巍山和普洱喜山期岩体)等(图2)。

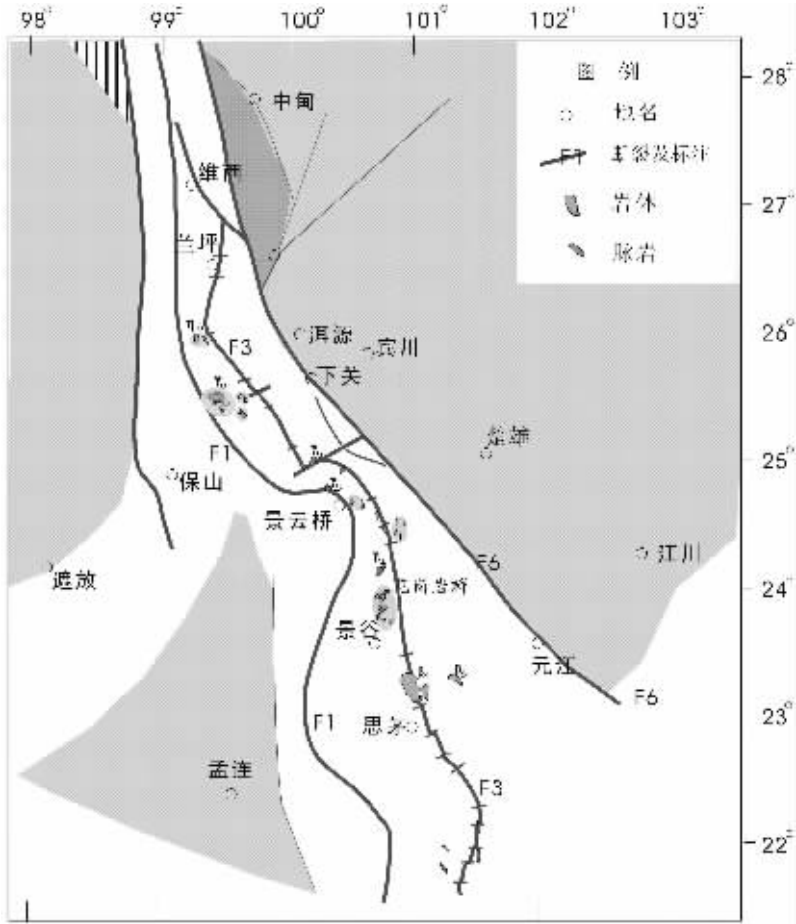


图 2 兰坪—思茅盆地碱性岩体及脉岩分布图

F1—澜沧江断裂带;F3—中轴断裂带;F6—红河断裂带

Fig.2 Distribution of alkaline intrusions and dike rocks in the Lanping-Simao basin.

F1-Lancangjiang fault; F3-Middle axial fault; F6-Red River fault

2 深部地球物理特征

近年来中国地质工作者在该地区做了大量的研究工作(图 3),包括人工地震测深^[11~16]、天然地震资料的区域三维速度结构反演^[17~20],揭示出云南地区地壳结构的一些重要特征。

利用重力、航磁等位场数据进行的反演计算也获取了大量的深部构造及 MOHO 起伏等地壳结构二维特征^[12]。同时在思茅盆地为寻找油气资源,中石化组织实施了部分的反射地震剖面,这些资料对于深入了解该地区的深部地质特征提供了较详细的构造及影像信息。

从该区百万尺度的布格重力异常变化(图 3-A)及 MOHO 起伏形态来看(图 4),兰坪盆地深部为莫霍面向 NNE 倾的地幔斜坡带;重力剩余异常显示(图 3-B)沿澜沧江东侧呈现一个条带状重力高值带;对应于兰坪—思茅盆地的西部总体为重力高带;该带北起维西,南至勐腊,与之对应的是低缓串珠状航磁异常^[21]。思茅盆地深部为地幔隆起区,莫霍面起伏明显,并存在次级隆起和拗陷;布格重力高值主要位于盆地西侧,重力低带大致位于盆地中心,基底埋深 7.5~9 km;以无量山—普洱“中轴”断裂带为界,东部为拗陷带,西部为隆起带。

水平重力梯度模及不同延拓高度的线性构造解译结果^[22]表明,在兰坪—思茅盆地边缘近南北向的澜沧江断裂以及北西向的哀牢山—红河断裂清晰展现,在这两条断裂带的中间有一明显的线性构造在重力解译过程中引人注目。该构造近

南北向延展,规模较大;在兰坪盆地内,该构造北起维西,以北北西向与澜沧江断裂带平行向南伸展,在思茅盆地内以近南北向弧型展布至勐腊;该构造位于兰坪—思茅盆地的中部。粗略的定义该构造较陡,倾向在该构造带的南北部分表现不一致。在近地表深度内,该构造在兰坪盆地内北段为近直立并东倾,南段为近直立并倾向南南西;在思茅盆地内,该构造在北段为近直立向西倾,南段表现为近直立倾向东。

DSS 地震测深剖面所表现的上中地壳速度结构为,在孟连—元江(图 5-B)剖面线上景洪断裂与澜沧江断裂之间的区域是大范围高速体,这与该区域地表出露大面积印支期花岗岩相一致。可以看出,大范围的高速异常可以延续到中下地壳。澜沧江断裂以东到思茅附近存在一与思茅盆地对应的低速异常,澜沧江断裂东倾,并可能是控制着盆地形态的基底层断裂。中轴构造带在低速异常正上方,其倾向及延伸深度在此没有十分明显的显示。但该带对应的下方有明显的高速物质隆起。从把边江断裂以东到哀牢山断裂约 100 km 的范围存在一较大的低速异常区,该异常区的厚度与把边江断裂以西盆地的低速异常厚度形成对比,表明以中轴构造带为界,盆地东部沉积厚,西部基底上隆。该低速异常有延伸到中下地壳的趋势,说明这一低速异常很可能与中下地壳的动力作用有关,即该低速异常是地质时期岩浆上涌过程的“化石”。普洱和建水附近广泛分布的火山喷发物也佐证了这一点^[23]。

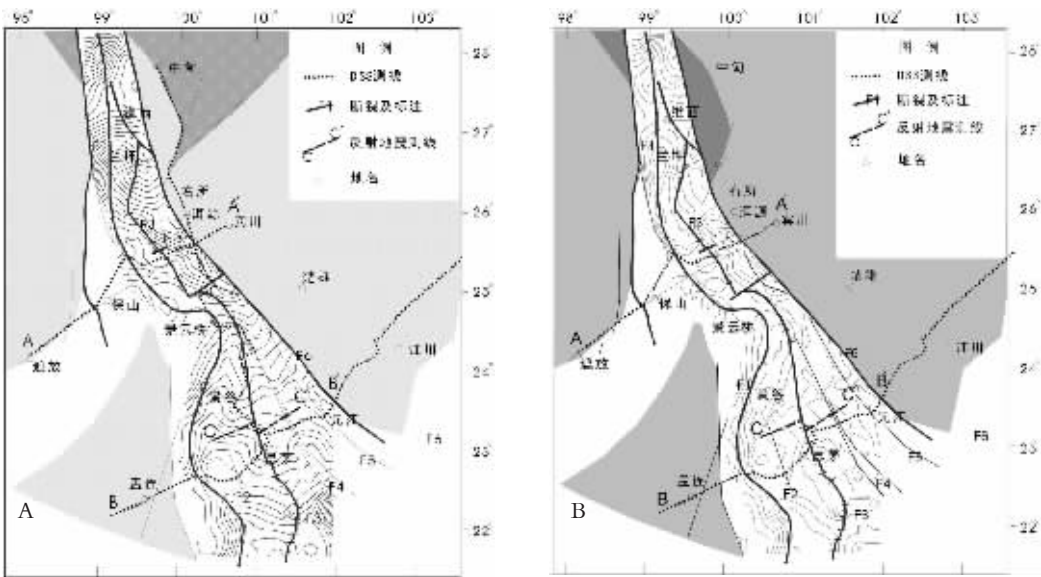


图 3 滇西三江地区 DSS 测线、反射地震测线及主要断裂位置分布(构造据参考文献[29])

A—背景等值线为布格重力异常;B—背景等值线为剩余重力异常;实线为正异常;虚线为负异常

F1—澜沧江断裂带;F2—普文断裂带;F3—中轴断裂带;F4—把边江断裂;F5—哀牢山断裂带;F6—红河断裂带

Fig.3 Location of DSS lines, seismic reflection profile and major faults in the Sanjiang area, western Yunnan (structures modified from^[29])

A—Bouguer gravity anomaly; B—Residual gravity anomaly. The solid lines denote normal anomaly;dashed lines denote negative anomaly

F1—Lancangjiang fault; F2—Puwen fault; F3— Middle axial fault; F4—Babianjiang fault; F5—Ailaoshan fault; F6—Red River fault

孟连—元江剖面上在普洱—思茅长期活动的强地震区(带)下方存在明显的基底凹陷,在凹陷的两侧分别为无量山断裂与普文断裂,该凹陷深约 6 km;在该区的基底层下又存在速度 6.3 km/s 的高速区,而且它所处的深度大约是震源深度,估计因高速物质的活动,造成该处地壳应力的积累与失衡,从而造成一系列地震的发生^[5]。该基底凹陷以及其下对应的高速区范围正是中轴构造带所处的区域,表明该构造带是一个构造活动的区域,并且与更深部的 MOHO 起伏异常及构造变化有着密切的关系。

陈学波等^[5]在研究三江构造带基底构造特征中表明,把边江断裂与其相距 15 km 左右的另一断裂平行展布,基底也由两条倾向北东的阶梯式断裂组成,它是兰坪—思茅褶皱带东部中生界与古生界基底最深拗陷区。沿该断裂分布着串珠状狭长裂陷盆地;断裂向北北西延伸,至景东北与无量山断裂复合。无量山—普洱断裂深达下地壳,构造形态表现为盖层与基底断层在普洱及镇源附近皆倾向东,陡倾角;在石箐附近倾向南西。无量山西边界断裂倾向东,基底倾向西。

遮放—宾川剖面(图 5-A)剖面线上澜沧江断裂下方无明显速度异常,推测其原因可能是该断裂位于岩浆囊正上方。无量山断裂倾向北东,切割较深。陈学波等^[5]在对该剖面基底断裂研究后认为,中轴构造带内的云龙—永平断裂倾向北东,

走向北北西。黄连铺断裂倾向西南,断距 1 km,走向北北西。思茅盆地地震测深速度(图 6-A)^[5]及浅层反射剖面图像清晰地勾画出思茅盆地下的深部构造信息。反射剖面图(图 6-B)表明普洱下方有一组向东、西倾斜的反射波组连续而巨大,并有向下地壳延续的迹象。普洱下方的该组反射震相表明了盆地内中隆的存在,且其规模巨大,并以较缓的角度向深部扩展,与其他方向的反射波组形成不整合关系;与孟连—元江地震测深 DSS 剖面比较后,可以获知该反射波组所对应的正是 DSS 剖面所反映的高速体位置所在。反射影像清晰地表明以普洱为界西侧的反射波组多向西倾斜,东侧的则正好相反。该图也反映出思茅盆地东西分块的特点,在普洱断裂以西浅层反射强,深层反射弱;该线以东正好相反。这说明思茅盆地东西的沉积组合差异较大,构造性质也有所不同。

地震测深(图 6-A)还反映出思茅盆地深部 MOHO 面在盆地中部附近有高速的物质起伏,表示地幔物质的上隆。其形态为双峰起伏,而中间的凹部对应着中轴构造带部位。通过兰坪—思茅盆地内已有的众多地球物理特征及地质资料表明,所谓中轴构造带应为一个构造断裂带组合。在兰坪盆地内表现为重力位场异常的高低分界线,沿分界线一系列的断裂带沿北北西向分布,具体位置应北起维西乔后断裂,经兰坪沿泚江断裂向南,过云龙、黄连铺、珠街,并绕过公狼

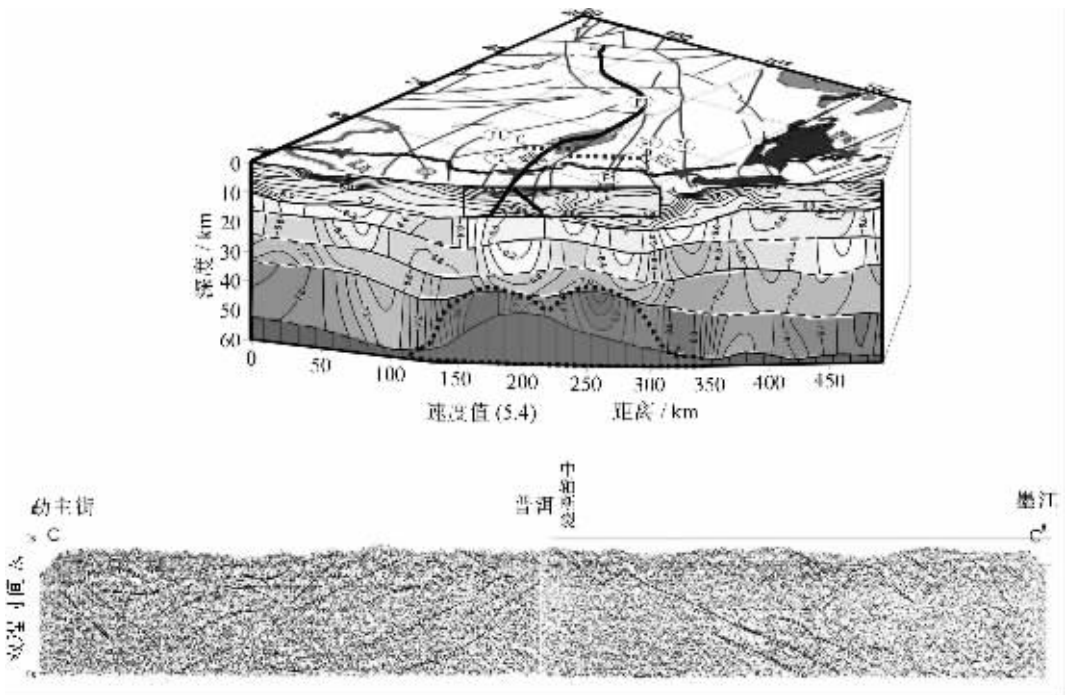


图 6 孟连—元江 DSS 地震测深速度剖面及思茅反射地震时间剖面图
Fig.6 DSS velocity structure of profile Menlian-Yuanjiang (A) and seismic reflection time section from 0 to 6s of the Simao basin (B)

弧。遮放—宾川地震测深剖面清晰地表明中轴带东西两侧盆地基底厚度存在明显差别，中轴断裂构造带内断裂总体倾向西。

在思茅盆地内,中轴构造带主要表现为在普洱地区基底层下有巨大的高速物质隆起,对应与该区深部还有地幔的上隆,似乎暗示着深部幔源物质的上涌。中轴断裂构造带以西、把边江断裂以东思茅盆地东西两部分的沉积厚度有明显差异。沿无量山—普洱—勐腊断裂带与把边江断裂之间多条断裂平行排列,它们总体近直立向南西倾斜,走向北北西—近南北,与澜沧江断裂带走向基本并行。

3 中轴构造带与矿化和地球化学的关系

在兰坪—思茅盆地内矿产(图 7-a)和地球化学异常(图 7-b)多集中在盆地的西部地区,沿中轴构造带展现出一个 Pb、Zn、Cu、Au、Ag 组合的串珠状异常带。铅、锌、铜、汞、膏盐矿床(点)断续分布,一系列热水沉积,沉积改造型铜、铅、锌以及含铜或含铅锌的菱铁矿矿床等构成近南北向的矿化带。兰坪盆地有三山铜银铅锌矿、金顶超大型铅锌矿床、兰坪金满中型铜矿床、云龙羊厂中型铅锌铜多金属矿床、永平厂街—水泄中型铜矿床以及建基、庆福含铜菱铁矿等矿床;兰坪盆地构造复杂,成矿作用研究可将兰坪—思茅盆地分为 3 个近南北向的构造带与相应的 3 个矿化带^[25-26],而盆地中部复式向斜带与兰坪—云龙铅锌、铜、汞、膏盐矿(化)带在空间

范围上是一致的。

在原地矿部一些重点研究项目成果中重点讨论了位于兰坪—思茅拗陷带西侧的维西—无量山—景洪近南北向的地质体为一重要矿化区,该区具有裂隙带特征;裂隙带西界为澜沧江深断裂,东界为维西—景洪大断裂,其位置范围主要在兰坪思茅盆地的西部。

尹汉辉等^[4]通过对兰坪—思茅盆地沉积建造、岩相古地理、岩浆活动、卫星影像及成矿作用的研究证实,位于兰坪—思茅盆地中央的中轴构造带主要活动于喜马拉雅期,具有壳—幔规模的穿透性质,它一方面与兰坪—思茅盆地的边缘断裂一起长期控制盆地的形成和演化,另一方面,它又是深源熔体、流体及部分成矿物质向浅部地壳运移的通道,为盆地内成岩、成矿作用提供了有利条件。大多研究者认为兰坪盆地的成矿时期为燕山—喜山期^[2,10,25-28]。

思茅盆地内铜矿及物质的产出多集中在中轴构造带附近,如思普含铜菱铁矿、西萨铜矿,新山铅、锌(铜)、菱铁矿等矿床,景谷登山海、景东民乐等的部分层位还发育有浸染状沉积成岩型铜矿化层或铜矿。毫无疑问,沿中轴构造带存在一个重要的贱金属成矿带。同时中轴(断裂)构造带及其两侧也是金矿化集中分布区^[4]。沿中轴构造带火山活动的出现,使地温梯度增高,热动力增强,地下水大幅度增温和循环上升。大量成矿物质由地壳深部带到地表,为成矿提供了充足的物质和热源,形成矿产富集带。

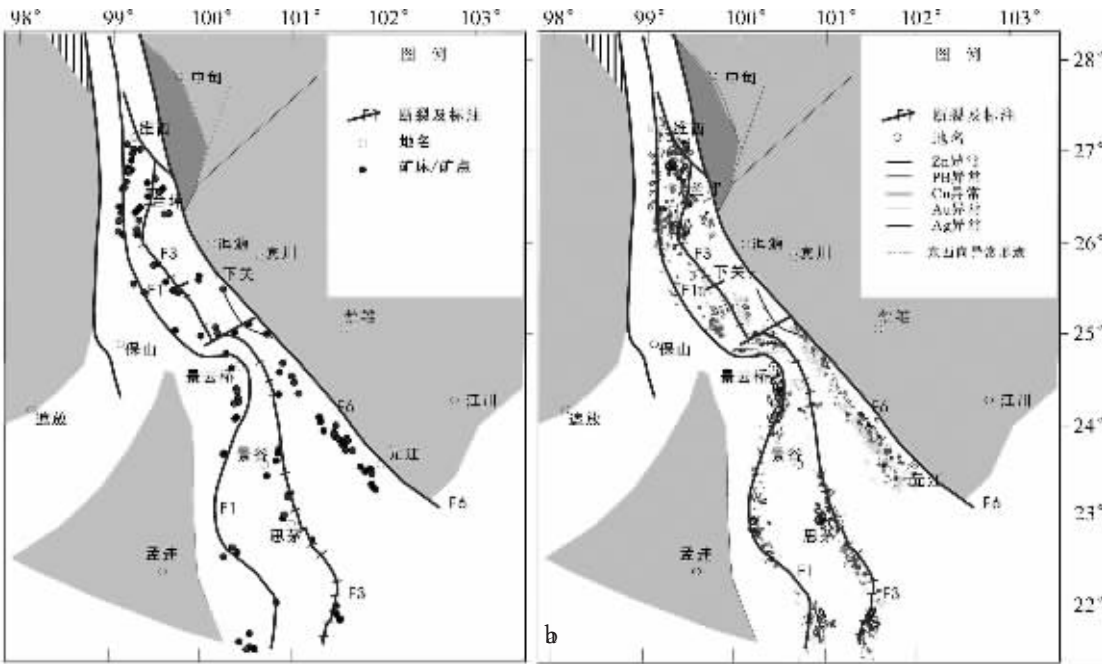


图 7 滇西兰坪—思茅盆地矿床/点分布(a)及地球化学异常分布(b)

Fig.7 Distribution of mineral deposits (occurrences) (a) and geochemical anomalies (b) in the Lanping—Simao basin, western Yunnan

3 结 论

中轴构造带是发育于兰坪—思茅盆地中部规模巨大的狭长隆起带之边缘断裂构造带,其北交维西乔后断裂带,经过兰坪沿泚江断裂向南,过云龙、黄连铺、珠街等地,绕过公狼弧,沿无量山—普洱—勐腊断裂带伸展。该带走向与澜沧江断裂带基本并行并共同构成盆地西部裂陷带。中轴构造带在思茅盆地为盆地中隆裂陷带的断列系统。该断裂带近南北—北北西向沿展,在多处被近东西向的线性构造分割错断,展布形态上类似大洋中脊的展布特征。

中轴构造带在兰坪盆地为一系列断裂带组成,断裂带总体近直立并向东微倾,在思茅盆地该带多表现为深部构造隆起活动带,带内地表多条断列组合总体向西倾斜,并下切至中地壳;该带在思茅盆地上地壳内为一巨大的高速隆起带,在中地壳为地震波速西高东低的界线,为一规模巨大的隆起带上的断裂系统。MOHO 面在“中轴构造”隆起带下起伏,显示为地幔隆起区,并且在东西方向上起伏有差异。

该带控制着兰坪—思茅盆地东西部不同的沉积演化历史,同时沿中轴有不同时期的火山活动,中酸性为主的火山岩浆大量喷发及浅成岩脉侵入;出现有喜山期的深源碱性岩浆;普洱—思茅现代强地震活动带正处于该带的南部。由此笔者认为中轴断裂带是一经历了多期地质事件的构造带,碱性岩及玄武岩的出现表明该构造带具有深部伸展性质,是深部物质向地表运移的通道。

中轴构造带是内生金属矿产的富集区带,著名的金顶超大型铅锌矿床即产于此带中。该构造断裂带北段以 Cu、Pn、Zn、Ag 地球化学异常为主,中段以 Au 为主,南段则以 Ag、Cu 为主的地化异常带。矿产在中轴构造带北段以铜、铅、锌多金属分布为特征,南段以铜、银矿化为主。矿产年代以喜山期为主,同时还有印支期,由此可见中轴构造带也是该区自中生代以来多期活动的一条重要的控矿及导矿构造。

致谢:本文成文过程中,姜春发、高锐研究员给予有益的指导,薛爱民、李秋生研究员帮助分析地震资料,在此表示感谢。

参考文献 (References):

[1] 罗君烈. 滇西特提斯造山带的演化及基本特征 [J]. 云南地质, 1990,9(4):247~290.
Luo Junlie. The evolution and basic characteristics in the Tethys of western Yunnan [J]. Yunnan Geology, 1990,9 (4):247 ~290 (in Chinese with English abstract).
[2] 王义昭, 李兴林, 段丽兰, 等. 三江地区南段大地构造与成矿[M]. 北京:地质出版社, 2000.
Wang Yizhao, Li Xinglin, Duan Lilan, et al. Tectonic and Metallogensis in the Southern Three River Area [M]. Beijing: Geological Publishing House, 2000(in Chinese with English abstract).
[3] 朱创业, 夏文杰, 伊海生. 兰坪—思茅中生代盆地性质及构造演化

[J].成都理工学院学报, 1997,24(4):23~30.
Zhu Chuangye, Xia Wenjie, Yi Haisheng. The tectonic nature and evolution of Mesozoic Lanping—Simao Basin[J]. Journal of Chengdu University of Technology, 1997,24(4):23~30(in Chinese).
[4] 李雷, 马远. 滇西金矿初步研究[J].有色金属矿产与勘查,1994, 3 (6):328~334.
Li lei, Ma Yuan. A preliminary study of gold deposits in western Yunnan[J]. Geological Exploration for Nonferrous Metals,1994,3(6): 328~334(in Chinese with English abstract).
[5] 程裕淇. 中国区域地质概论[M].北京:地质出版社, 1993.
Cheng Yuqi. An Introduction to the Regional Geology of China [M].Beijing: Geological Publishing House, 1993 (in Chinese with English abstract).
[6] 张泰身, 和浪涛. 兰坪—思茅盆地“中轴断裂”及其对金矿区域成矿的控制[J].大地构造与成矿学, 2000, 24(增刊):63~66.
Zhang Taisheng, He Langtao. Regional gold mineralization controlled by the Lanping—Simao depression middle aixs fault [J]. Geotectonica et Metallogenia, 2000, 24 (supp.):63~66 (in Chinese with English abstract).
[7] 李文昌, 莫宣学. 西南“三江”地区新生代构造及其成矿作用[J].云南地质, 2001,20(4):333~346.
Li Wenchang, Mo Xuanxue. The Cenozoic tectonics and metallogenesis in the “Three River” area of southwest China [J]. Yunnan Geology, 1994, 20 (4):333~346. (in Chinese with English abstract).
[8] 管焯, 王安建, 曹殿华, 等. 云南三江造山带近东西向构造特征及其研究意义[J].地质学报, 2004, 78(4):494~498.
Guan Ye, Wang Anjian, Chao Dianhua, et al. East—west structure in the Sanjiang region, SW Yunnan and their implications [J]. Acta Geologica Sinica, 2004, 78(4):494~498(in Chinese with English abstract).
[9] 陈广浩, 张湘炳. 滇西地区线性断裂构造格局与金矿成矿特征及找矿方向[J].大地构造与成矿学,2000,24(增刊):58~62.
Chen Guanghao, Zhang Xiangbin. Linear features and gold mineralization in western Yunnan Province, China[J]. Geotectonica et Metallogenia. 2000, 24(supp.):58~62(in Chinese with English abstract).
[10] 尹汉辉, 范蔚茗, 林舸, 等.滇西地洼构造与成矿[M].长沙:中南工业大学出版社, 1993.
Yin Hanhui,Fan Weiming,Lin Ke, et al. Diwa Structures and Metallogenesis in Western Yunnan [M]. Changsha:Central South University Press, 1993(in Chinese).
[11] 胡鸿翔, 陆涵行, 王椿镛, 等.云南地区地壳结构的爆破地震研究 [M].地球物理学报, 1986, 29(2):133~144.
Hu Hongxiang, Lu Hanxing, Wang Chunyong, et al. Explosion investigation of the crustal structure in western Yunnan Province[J]. Acta Geophysica Sinica. 1986,29 (2)133~144 (in Chinese with English abstract).
[12] 阚荣举, 林中洋.云南地壳上地幔构造的初步研究[J].中国地震, 1986,2(4):50~61.
Kan Rongju, Lin Zhongyang. A preliminary study on crustal and upper mantle structures in Yunnan [J]. Earthquake Research in

- China, 1986, 2(4): 50~61 (in Chinese).
- [13] 阚荣举, 赵晋明. 腾冲火山地区的壳幔构造[A]. 见: 陈运泰, 等主编. 中国固体地球物理学进展[C]. 北京: 海洋出版社, 1994. 23~30.
- Kan Rongju, Zhao Jiming. Crust-Mantle Structure of Tengchong Volcanic Area[A]. In: Chen Yunta, et al (eds.). Advances in Solid Earth Geophysics in China [C]. Beijing: Ocean Press, 1994. 23~30 (in Chinese).
- [14] 林中洋, 胡鸿翔, 张文彬. 云南地区地壳上地幔速度结构特征的研究[J]. 地震学报, 1993, 15(4): 427~440.
- Lin Zhongyang, Hu Hongxiang, Zhang Wenbin. The investigation of velocity structure of the upper mantle in Yunnan region[J]. Acta Seismologica Sinica. 1993, 15 (4): 427~440 (in Chinese with English abstract).
- [15] 胡鸿翔, 高世玉. 云南地区地壳浅部基底速度细结构的研究[J]. 中国地震, 1993, 19(4): 356~363.
- Hu Hongxiang, Gao Shiyu. The investigation of fine velocity structure of the basement layer of earth's crust in western Yunnan region[J]. Earthquake Research in China, 1993, 19(4): 356~363 (in Chinese with English abstract).
- [16] 胡鸿翔, 李学清. 云南地区孟连—思茅—马龙剖面的基底速度细结构[A]. 见: 陈运泰, 等主编. 中国固体地球物理学进展[C]. 北京: 海洋出版社, 1994. 100~106.
- Hu Hongxiang, Li Xueqing. The investigation of fine velocity structure of the basement layer of earth's crust along Menglian—Simao—Malong Profile in Yunnan Region[A]. In: Chen Yuntai, et al (eds.). Advances in Solid Earth Geophysics in China[C]. Beijing: Ocean Press, 1994. 100~106.
- [17] Jinli Huang, Dapeng Zhao, Sihua Zheng. Lithosphere structure and its relationship to seismic and volcanic activity in southwest China [J]. J. Geophys. Res. 2002, 107(B10): 2255.
- [18] 黄金莉, 宋晓东, 汪素云. 川滇地区上地幔顶部 Pn 速度细结构[J]. 中国科学(D 辑), 2003, 33(增刊): 144~150.
- Huang Jinli, Song Xiaodong, Wang Shuyun. The investigation of fine Pn velocity structure of upper mantle in Western Yunnan Region[J]. Science in China(Series D). 33(supp.): 144~150 (in Chinese).
- [19] Wang Chunyong, Chan W W, Mooney W D. Three-dimensional velocity structure of crust and upper mantle in southwestern China and its tectonic implication[J]. J. Geophys. Res, 2003, 108 (B9): 2 442.
- [20] 王椿镛, Mooney W D, 王溪莉, 等. 川滇地区地壳上地幔三维速度结构研究[J]. 地震学报, 2002, 24(1): 1~16.
- Wang Chunyong, Mooney W D, Wang Xili, et al. Study on 3-D velocity structure of crust and upper mantle in Sichuan-Yunnan Region, China [J]. Acta Seismologica Sinica, 2002, 24 (1): 1~16 (in Chinese with English abstract).
- [21] 王宝禄, 李文昌. 维西—景洪裂陷带初步研究 [J]. 云南地质, 2001, 20(1): 39~45.
- Wang Baolu, Li Wenchang. A preliminary study on the Weixi—Jinghong fault depression zone [J]. Yunnan Geology, 2001, 20(1): 39~45 (in Chinese with English abstract).
- [22] 白志明, 王椿镛. 云南地区上部地壳结构和地震构造环境的层析成像研究[J]. 地震学报, 2003, 25(2): 117~127.
- Bai Zhiming, Wang Chunyong. Tomographic investigation of the upper crustal structure and seismotectonic environments in Yunnan Province [J]. Acta Seismologica Sinica, 2003, 25 (2): 117~127 (in Chinese with English abstract).
- [23] 陈学波, 李金森, 赵静娴. 三江构造带基底构造特征与强震活动关系[A]. 见: 中国固体地球物理学进展—庆祝曾融生教授诞辰七十周年[C]. 北京: 海洋出版社, 1994. 41~54.
- Chen Xieshen, Li Jinshen, Zhao Jingxian, et al. The basement structural characteristics of Sanjiang Structure belt and its relationship with strong earthquakes [A]. In: Chen Y T, et al (eds.). Advances in Solid Earth Geophysics in China [C]. Beijing: Ocean Press, 1994. 41~54 (in Chinese).
- [24] 张中杰, 白志明, 王椿镛, 等. 三江地区地壳结构及动力学意义: 云南遮放—宾川地震反射/折射剖面的启示[J]. 中国科学(D 辑), 2005, 35(4): 314~319.
- Zhang Zhongjie, Bai Zhiming, Wang Chunyong, et al. Crustal structure in the Three-river Region and its geodynamic implication—An example from Zhefang—Binchuan deep seismic profile in Yunnan area[J]. Science in China(Series D). 2005, 35(4): 314~319 (in Chinese).
- [25] 李峰, 甫为民. 兰坪盆地区域成矿特征初析 [J]. 西南矿产地质, 1991, 5(1): 25~33.
- Li Feng, Pu Weimin. Analysis of regional geological characteristics and metallogenesis in Lanping Basin[J]. Southwest Geology and Mineral Resources, 1991, 5(1): 25~33.
- [26] 李峰. 兰坪—思茅盆地铜矿床区域控矿因素[J]. 有色金属矿产与勘查, 1994, 3(6): 321~327.
- Li Feng. The regional ore-controlling factors of copper deposits in the Lanping—Simao basin [J]. Geological Exploration for Non-ferrous Metals. 1994, 3(6): 321~327 (in Chinese with English abstract).
- [27] 尹汉辉, 范蔚茗, 林舸. 云南兰坪地洼盆地演化的因素及幔壳复合成矿作用[J]. 大地构造与成矿学, 1990, 4(2): 113~124.
- Yin hanhui, Fan Weiming, Lin Ke. Deep processes and mantle-crust compound mineralization in the evolution of the Lanpin—simao Mesozoic—Cenozoic Diwa Basin in western Yunnan, China [J]. Geotectonica et Metallogenia, 1990, 4(2): 113~124 (in Chinese with English abstract).
- [28] 薛春纪, 陈毓川, 杨建民, 等. 滇西兰坪盆地构造体制和成矿背景分析[J]. 矿床地质, 2002, 21(1): 36~44.
- Xue Chunji, Chen Yuchuan, Yang Jianmin, et al. Analysis of ore-forming background and tectonic system of Lanping basin, western Yunnan Province [J]. Mineral Deposits. 2002, 21 (1): 36~44 (in Chinese with English abstract).
- [29] 陈炳蔚, 王铠元, 刘万熹, 等. 怒江—澜沧江—金沙江地区大地构造[M]. 北京: 地质出版社, 1987. 204.
- Chen Bingwei, Wang Kaiyuan, Liu Wanxi, et al. Geotectonics in Nujiang—Lanchangjiang—Jingshajiang Region [M]. Beijing: Geological Publishing House, 1987. 204 (in Chinese).

Characteristics of the middle axial tectonic belt in the Lanping–Simao basin, western Yunnan, and its research significance

GUAN Ye¹, WANG An-jian², LI Peng-wu¹, CAO Dian-hua³, LIU Jun-lai⁴

(1. *Institute of Geology, Chinese Academy of Geological Sciences, Beijing 100037, China*

2. *Research Center for Strategy of Global Mineral and Resources, Chinese Academy of Geological Sciences, Beijing 100037, China*

3. *Institute of Mineral Resources, Chinese Academy of Geological Sciences, Beijing 100037, China*

4. *State Key Laboratory of Geological Processes and Mineral Resources, School of Earth Sciences and Mineral Resources, China University of Geosciences, Beijing 100083, China*)

Abstract: An intensive study has been conducted of the tectonic characteristics of the middle axial tectonic belt in the Lanping–Simao basin, western Yunnan, through reinterpretation of available DSS (deep seismic sounding) data and petroleum seismic reflection data and an integrated analysis of geophysical, geochemical and mineral resources data. Study indicates that the middle axial tectonic belt in the Lanping–Simao basin is a nearly N–S–trending large-scale tectonic belt integrating the fault zone, extensional structure and deep-seated uplift. The velocity structure of seismic sounding and seismic reflection profile indicate that mantle upwelling occurred at depth in the southern Simao basin of the middle axial tectonic belt. There is difference in dip direction of the fault system in the tectonic belt south and north of the basin. This tectonic belt is closely related to the distributions of mineral deposits, alkaline intrusions and regional geochemical anomalies. On the basis of the above study, combined with the tectonic analysis, the authors think that this tectonic belt is characterized by multi-stage activity and shows the extensional strike–slip characters. During the formation and evolution, the middle axial tectonic belt was dislocated by several nearly E–W–trending linear faults and has the distribution characteristics similar to those of the mid-ocean ridge in terms of the tectono–morphology. The tectonic belt has an important controlling effect on the tectonic evolution of the basin and formation of mineral deposits.

Key words: middle axial tectonic belt; Lanping–Simao basin; geophysics; reflection seismic data; DSS, FSS

About the first author: GUAN Ye, male, born in 1964, received a doctor degree at the Chinese Academy of Geological Sciences, his research interests include geophysical survey of the Earth's interior and study of computer technology application; E-mail: guanye@cags.net.cn.