云南三江造山带近东西向构造特征及其研究意义

管　烨[1)]　王安建[2)]　曹殿华[2)]　秦德厚[3)]

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) 云南地质矿产研究所, 昆明, 650011

内容提要　对地球物理位场进行处理分析的结果表明, 在云南三江造山带近南—北向为主的构造框架背景中, 存在有多处与之相互正交或斜交的近东—西向构造, 这些近东西方向展布的构造呈现出隐伏或深部构造特点。在布格重力异常影像中表现为大波长、幅值低的深部构造带特征; 地质上表现为一系列近东—西向出现的断裂、岩体和矿床的成带分布; 遥感解译结果则表现出在三江造山带内有多条平行展布的浅埋深东西向隐伏构造带。本文结合地质、地球物理地震波速信息等资料, 对该区近东西向构造特征及分布规律进行探讨后提出三江地区存在的近东西—向展布的近东西向构造可能是青藏高原主碰撞造山后, 各块体物质向东南挤出的深部物质流变构造的反映, 也可能是在三江造山带挤压碰撞及走滑拉张环境下的伸展构造或老构造的再活化。它的形成机制可能类似于青藏高原南部南—北向伸展构造(裂谷)。近东—西向构造的深入研究和成因再认识对于深入分析云南三江地区复杂的地质构造, 区域地壳演化历史, 特别对是重新认识区域成矿规律、指导找矿具有重要意义。

关键词　造山带　布格重力　航磁　成矿规律　云南三江

云南三江造山带位于东经 98°～102°, 北纬 22°～29°。大地构造位置处于欧亚和冈瓦纳两大板块主碰撞造山带的东部, 是特提斯构造活动带背景下, 镶嵌于多个大小不等的中间陆块及其两大陆块之间不同时期裂解、拼合和增生的产物。该区周边块体变形强烈, 壳幔厚度发生变化, 同时也是挤压、拉张和剪切都同样强烈的构造部位。在高原内部主碰撞带所发生的众多地质作用在该区除发生方向上的转变外, 同时还应有一定的继承性。青藏高原南—北向裂谷的存在及机制研究(Tapponnier and Molnar, 1982, 1986; Yin et al., 1994, 1997)启发并扩展了笔者等对三江造山带内东—西向构造带的研究思路。

对地球物理位场进行的处理分析结果表明, 在云南三江造山带近南—北向为主的构造框架背景中, 存在有多处与之相互正交或斜交的东西向构造。本文所探讨的东—西向构造类似于调整构造(adject structure), 但其动力学机制却有所不同, 主要是为区别与三江地区主体构造走向而定义。在云南三江造山带中的近东—西向构造有学者已经注意到。如地球物理和卫星数字图像解译资料表明兰坪盆地存在近东—西向深部隐伏构造及环形构造(段建中, 1999; 陈广浩等, 2000; 薛春纪等, 2002)。利用布格重力异常计算的滇西地区莫霍面等深线图, 反映滇西北地壳由南往北逐渐增厚, 莫霍面等深线呈近东—西向展布, 指示深部可能存在近东—西向构造(罗君烈等, 1994; 葛良胜等, 1999)。航磁测量结果揭示出几乎与重力资料相吻合的深部隐伏构造带, 主要表现为正负异常等值线东—西向的明显鞍形或扭曲(葛良胜等, 1999)。卫星数字图像解译显示出了主体的近南—北向构造, 而且平行展布间隔约 30 km 的近东—西向隐伏构造带也清晰可见(葛良胜等, 1999)。而关于三江地区南—北向地壳构造骑跨东—西向地幔构造的"立交桥"结构在众多文献中均有所提及, GPS 及天然地震的研究都反映出三江地区深浅物质运动方向的不一致性(胡鸿翔等, 1996; 刘福田等, 2000; 钟大赉等, 2001)。以上文献多从找矿角度研究东西向构造的特点, 并认为该类构造多为老的基底构造或与矿产相关的局部构造。

注: 本文为国家 973 项目(编号 2002cb412607)和国家科技攻关计划课题(编号 2001BA609A-5)以及国土资源部专项计划课题(编号 200010101)的成果。

收稿日期: 2003-10-25; 改回日期: 2004-05-16; 责任编辑: 章雨旭。

作者简介: 管烨, 男, 1964 年生。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。通讯地址: 100037, 北京百万庄大街 26 号, 中国地质科学院地质研究所。

© 1994-2010 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

从早期的研究到现在的大陆动力学机制研究中, 很多学者认为该区是大陆强震最为活跃的地区, 印度板块与欧亚板块的碰撞造成青藏高原物质东流及周边块体强烈变形, 三江地区是高原物质东流的重要通道。深部上地幔活动的作用, 是该区断裂构造的重要因素。在区域水平构造运动中, 由于块体边界活动而形成的拉张和破碎薄弱地带, 成为地幔热活动的有利场所而引起地幔上隆, 尽管它在地壳活动构造的形成发展中不占主导地位, 但却加剧了地壳上部的裂隙和伸展作用, 使该区主断裂趋于可能的拉张环境(周真恒等, 1997; 李峰等, 1999; 季建清等, 2000; 姜朝松等, 2000; 段建中等, 2000) 。本文认为在三江造山带内存在的东西向构造是隐伏的深部区域构造, 是在喜马拉雅期运动以来再活化的古老块体边界构造及上地幔物质变化的反映。它的存在影响了上、中、下地壳及上地幔, 是在南北向为主的伸展应力下的拉张调整构造, 并拌随有东西向成带的岩浆岩出露, 并有发育不全的裂谷构造迹像。

重力及磁力位场是地球的重要物理场, 可以直接反映从地表到地心的物质质量及磁力特征分布, 而且还包含了地球内部各界面起伏的信息。结合地球物理的地震波速等信息资料以及地质综合信息对该区大地构造特征及分布规律进行探讨, 深入分析云南三江地区复杂的地质构造, 频繁的岩浆活动, 了解区域地壳演化历史, 特别是从地质学角度对大地构造格局划分及东—西向构造进行评价具有重要意义, 同时有助于重新认识区域成矿规律指导找矿的深入研究。

1　云南三江造山带东—西向构造的地球物理特征

图版Ⅰ-1 为云南三江地区布格重力异常影像及等值线图。从布格重力异常图及自由空间重力异常图等地球物理图件(袁学成, 1996; 蒋福珍等, 1994; 蒋福珍, 2002; 方剑, 2002) 资料上可见, 云南三江北部处于青藏高原周边大型重力梯级带的东南位置, 该区南部应属于中国大陆区域重力场三级台阶的中部弧形区域内。三江地区布格重力异常值整体为负值, 自北西向东南从- 480×10^{-5}～- 60×10^{-5} m·s^{-2}。该区大部分为正常的均衡重力, 在南北部地区各有一低、高均衡重力异常, 对应的地理位置在南部为临沧—孟海, 北部为中甸东边进入四川。其莫霍界面深度(由重力、地震联合反演而得) 的分布特征也与重力场分布特征类似。莫霍面等深线图上呈现由南东的 30 km 向北西的 65km 倾斜的鼻状形态, 也即由北西方向向南东方向逐渐变薄。三江北部地区存在一个地壳较厚地带, 截断或扭转了喜马拉雅地壳陡变带。而此区的岩石圈为减薄地区, 厚度仅为 60～80 km, 这可能是该区处于大陆块体拼接带上, 其岩石圈速度较低, 软流圈流变性较强, 是大陆中较脆弱且易于流动变形的区域。利用云南三江地区 1∶1000000 布格重力数据及 1∶1000000 航磁数据进行位场平面数据处理, 分别采用了滤波及东西向微分处理方法, 梯度模计算方法, 数据上延处理等方法(王谦身等, 2001) 。随后对结果数据进行影像处理, 其目的是更大限度地突出重力及航磁数据的特征, 进而综合多信息资料对云南三江地区的线形构造格局进行判读解译, 并探讨其地质特征及动力学机制。从图 1 中可见, 云南三江地区布格重力异常均为负值, 总体上为北低南高, 北部 26 °以北为青藏高原边缘的巨大重力梯度带, 并在此地沿东西及北东向延伸, 该特征表明其深部的 MOHO 面发生急剧变化, 形成北深南浅的地壳厚度斜坡变化。南部的重力异常等值线逐渐变稀, 相对变化平缓, 等值线总体上依沿东—西向延伸, 表明该地区的地壳以及上地幔依然为东—西向的构造体制。即地壳以及上地幔的厚度、形态变化特征沿东西向展布。云南三江地区地表地质构造与地形地貌为南北向连续伸展的特点, 但对应的深部构造和地球物理特征, 在方向上却表现了较大的变化。

图版Ⅰ-3 为云南三江地区重力梯度模影像图。该图可清晰地显示出该区南北向线形构造的展布以及与之交叉的线性构造特征。图版Ⅰ-3a 中最为明显的为澜沧江断裂带, 其从北自南连续展布, 规模巨大。其次金沙江—哀牢山断裂带反映明显, 但连续性不佳, 中间有多处断错现象。其他以丽江—盐源、永胜—程海、中咱—乔后等为代表的北西、北东等构造带均有明显的表现。尤为值得注意的是重力构造解译时, 在原地质图上很少显现的与区域主体构造线呈近于垂直关系的北东向或近东西向构造显现出来。在澜沧江断裂带以西地区有多条东西向构造的形迹, 如昌宁附近向西的构造, 临昌以南的构造影像特征。在思茅盆地内也有多处东西向构造展布的重力梯度模影像。这些构造影像特征延展规模多数较为短小, 而且明显受控在南北向大的构造框架内, 并未发育出各自的构造块体之外。在 26 °以北地区, 垂直于三江造山带有两条断续的东西向构造带形迹出现, 它们多数是在主要构造附近, 并有错断部分南北

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

向主要构造的可能。

将向上延拓 30 km(图版Ⅰ-3b) 有显示的重力解译构造与原始平面的梯度模比较发现三江地区构造展布具有分区分带性, 由北向南, 北部在金沙江转弯处一带存在有较大规模的东西向展布隐伏构造存在。向南在 26 附近北东向构造与北西向构造在此区交汇并发生转向, 显示又一条带状东西向隐伏构造存在。继续向南, 在 24 ～25 间区域, 近东西向构造由缅甸向东一直延续到楚雄附近, 该沿线正处于三江构造蜂腰部位, 该线以南红河断裂带、哀牢山断裂带、澜沧江断裂带、怒江断裂带等成帚状向南展开。

图版Ⅰ-4 为云南三江地区部分航磁异常影像图。该图可清晰地判读出红河断裂带、澜沧江断裂带、怒江断裂带以及多条南北向、北北东向的断裂系统。通过上延、微分等处理解释后的航磁构造仍然有东西向构造的形迹出现。与重力信息比较, 航磁反映的地质构造深度信息更多地在地壳层次, 由此可推断在三江造山带的南部, 即进入思茅盆地后东西向构造主要表现为浅部特征。

2 东西向构造的地质证据

在重磁处理解释中发现的三江造山带展布特征已被大量的相关资料所证实。但有关的动力学机制及地质解释始终没有统一的认识。而由于云南三江地区深部地球物理资料的研究精度所限, 对东西向构造的研究始终没有引起足够的重视。据遥感解译结果表明该区确实存在一系列隐伏的东西向或近东西向构造带, 并具有明显的规律性。

地质背景研究表明, 三江地区处在一个多陆块边缘不断破碎裂解、又相继拼合的复杂地带, 又是青藏高原东南部的大转弯处, 多条缝合带在此区发生转折并汇聚与滇西狭窄的南北向构造带中。从原特提斯的消失, 到古特提斯洋的闭合, 基本奠定了三江地区的大地构造总体格局, 虽无足够的证据表明这些洋盆的具体走向, 但从区域特提斯的演化可以认为它们总体是以东西向构造线为主体的。而印度板块向北东强烈的挤压碰撞构成了该区构造应力及演化的基础。

据云南省地质矿产局(1990) 阐述, 沿大姚盆地北部边界—鹤庆—兰坪一线, 区域内存在有一些东—西向展布的老地层, 古生代地层也是有此现象; 在该区域内, 还有一系列的喜马拉雅期碱性岩体出露。岩体的出露分布沿东—西向呈带状展布; 在鹤庆地区有一组近东—西向断层存在, 且第三纪盆地沿近东—西向展布。而在兰坪盆地内也有一系列东—西向排列的构造的存在。笔者等继续考察已知矿床分布情况时发现, 该区带上, 构造、盆地、岩体及矿床等分布均延宽约 30～40km 的纬向展布(图版Ⅰ-2) 。并且从遥感及地形地貌图上可见金沙江在此区由南北流向突然转成近东西, 并进入四川攀枝花矿产区。种种迹像表明, 该区带应是一个东—西向构造带。该带与重力影像解译图上判读的 26. 5 带即兰坪—鹤庆—攀枝花隐伏构造带相对应。地球物理深部资料表明该区域正处于三江地幔斜坡变化区, 同时也是云南三江近南北向构造与北东向构造交汇的主要区域。地震活动强烈, 大地热流值较高, 地应力方向开始发生转向, 多种地质作用的结果, 很可能造成原来近东西向的古老构造再活化, 从而反映在地表形成一系列的东西向构造。

进一步研究表明, 在地球物理位场解译图上所显示的多条东西向构造形迹, 通过地质等综合信息分析均有所证明(图版Ⅰ-2) 。地质图上判读在撒营盘—石羊一线中—新生代盆地存在东—西向褶皱构造; 永平县卓潘碱性岩体, 姚安正长岩体总体在一个纬度带上, 岩体本身也呈东—西向展布; 该带对应的重力影像图中的 25 附近即永平—姚安—大理东西向隐伏构造带。该东西向构造带沿线有众多的东西向断裂发育, 并集中在三江主造山带内。该带内喜马拉雅期碱性岩体及矿床分布同样呈近东西向条带分布。继续向南至 24. 5 附近澜沧江流向突然发生东—西向转弯, 沿此纬线西边的高黎贡山变质岩带在该纬度附近消失, 预示着又一条隐伏的东西向构造存在的痕迹。重力位场解译图上该带特征不如北部的两条明显, 但在航磁影像图中有较明显的线形构造存在。说明其深部特征减弱, 浅部或基底构造发育的可能性增多。

再向南, 进入思茅盆地区域后, 重力位场影像显示的东西向构造形迹减弱, 航磁解译则出现几条近东西向的构造影像。它们对应的云南东部昆明附近的安宁盆地形态呈东—西向, 其南北都有东—西向断层; 南盘江—通海—峨山—新平—大红山—老王寨一系列东—西向的断层和褶皱; 在老王寨金矿区无论地层、断层、超基性岩体都呈东—西向。遥感及地形地貌表明, 哀牢山、高黎贡山及思茅盆地墨江—普洱一线, 存在明显的影像(含色调、色斑、影纹) 差异等, 均表明有东西向构造存在的迹像。

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

3　认识与结论

按“大陆逃逸”观点(Molnar and Tapponnier, 1975), 三江地区的构造演化是与青藏高原的隆升及构造演变密不可分的, 它是高原物质向东南方向流动的通道。据 PN 波速度各向异性研究结果(黄金莉, 2003), 该区 PN 快波方向呈左旋运动, 并与 GPS 测量结果相近。由此推测的可能是欧亚板块与印度板块的碰撞挤压, 致使青藏高原物质向东南逃逸。而且在印—欧板块碰撞区域的青藏高原南部快波方向大致为东西向, 与最大水平压应力方向(南北向)垂直。而模型实验的结果正与之相符。

三江地区低速层埋藏较浅, 壳内低速层不及高原发育, 地壳平均 S 波速度大于青藏高原。岩石层厚度较薄。低密度、低速层的产生主要是由于地壳介质中存在着物质的部分熔融和相变等, 反映出它的岩石层相对为脆性, 在挤压下其内部容易发生断裂。三江地区同时受到西边块体和东边块体两个方向的水平挤压, 加上较浅的上地幔低速层成为岩石层活动的“软垫”, 为断裂产生和活化提供了力源。也反映出这一地区的地壳重力具有均衡补偿的特点, 所以地壳构造活动也比较活跃, 大地震活动发生较多。

由此我们可以设想, 三江地区深部物质向东南向的运动是主要的动力学机制。深部塑性物质自北向南产生厚度的变化, 由此反映出位场中近东西向的展布的异常特征(图版Ⅰ-1)。同时在地壳及浅部, 因其刚性的特点, 三江地区东西向的挤压会导致南北向的拉张, 而该区在众多走滑构造调节下, 很可能促使刚性物质在垂直主应力的东西向产生构造演变, 从而形成了东—西向的调整构造。正是由于该动力学机制, 深部的物质与浅部物质具有了可以进行交换的通道, 该机制所产生的构造演变在三江地区控制了新生代以来的碱性岩浆岩的分布以及矿床、点的东—西向分布趋势(王登红等, 2002)。

由上所述, 三江地区存在有东西向构造, 或者从一定意义上, 可以认为是调整构造。它在一定程度上反映了喜马拉雅期以来的构造活动, 而且与青藏高原的演化有着直接的关系。本文从地球物理学的角度进一步研究三江地区的东—西向构造的深部机制, 并认为该机制极有可能是控制深、浅部物质交换的通道。而且在三江地区近东—西构造在北部发育较为明显。它们主要是 28 纬线处的中甸—小西构造带, 26.5 纬线处的兰坪—鹤庆构造带, 25 纬线附近的永平—姚安—大理构造带。众所周知的青藏高原南—北向裂谷的存在(Tapponnier and Molnar, 1982, 1986; Yin et al., 1994, 1997), 已有广泛的研究。在三江地区的东西向构造是否是高原构造演变在该区的延伸? 笔者等认为三江地区近东西向的构造形态一种可能是深部老构造及岩石圈起伏变化所引起, 因其在布格重力异常处理中显示出波长较大, 辐值较弱的特点。所以有理由认为它是深、中浅三个层次上均有新发展的构造, 具有一定的继承性。另一种可能是碰撞挤压环境下, 深部物质向东南方向“逃逸”而引发浅部伸展构造或老构造的再活化, 由此产生发育不全的裂谷构造。其产生的原因与青藏高原的南北向裂谷的存在可能是同一性质的动力学机制。众所周知, 三江造山带以喜马拉雅期为主的构造—岩浆—成矿作用占有主导地位, 东西向构造的深入研究认识必将对三江地区的地质作用、有关成矿规律、构造机制解释等提供基础, 并具有重大意义。

致谢　在成文过程中, 高锐、李朋武研究员对该文提出了宝贵意见, 张季生研究员及贺日政博士在地球物理算法上给予了大力支持; 项目组成员在野外工作中提供了大量的帮助, 在此表示忠心的感谢。

参　考　文　献

陈广浩, 张湘炳. 2000. 滇西地区线性断裂构造格局与金矿成矿特征及找矿方向. 大地构造与成矿学, 24(增刊): 58～62.

段建中. 1999. 滇西三江地区新生代走滑(转换)会聚构造特征. 云南地质, 18(2): 99～111.

段建中, 谭筱虹. 2000. 滇西三江地区新生代主要走滑断裂性质及特征. 云南地质, 19(1): 8～23.

方剑. 2002. 中国海及邻域重力场特征及其构造解释. 地球物理学进展, 17(1): 42～49.

葛良胜, 杨嘉禾, 郭晓东, 邹依林, 陈树新, 张晓辉. 1999. 滇西地区(近)东西向隐伏构造带的存在及证据. 云南地质, 18(2): 155～167.

胡鸿翔, 林中洋, 边银菊, 王春镛, 朱良保. 1996. 滇西地区壳幔过渡带性质的研究. 地震学报, 18(4): 444～450.

黄金莉, 宋晓东等. 2003. 川滇地区上地幔顶部 Pn 速度细结构. 中国科学(D 辑), 33(增刊): 144～150.

季建清, 钟大赉, 张连生. 2000. 滇西南新生代走滑断裂运动学、年代学、及对青藏高原东南部块体运动的意义. 地质科学, 35(3): 336～349.

季建清, 钟大赉, 张连生. 2000. 青藏高原东南部新生代挤出块体西边界. 科学通报, 45(2): 128～134.

姜朝松, 周瑞琦, 周真恒, 王瑜. 2000. 滇西地区及邻区构造单元划分及其特征. 地震研究, 23(1): 21～29.

蒋福珍. 2002. 三江地区重力场特征和岩石圈构造. 武汉大学学报·信息科学版, 27(2): 122～126.

蒋福珍, 方剑. 1994. 用重力方法研究青藏高原地体划分. 地球物理学报, 37(增刊 1): 131～138.

李峰, 段嘉瑞. 1999. 滇西地区板块—地体构造. 昆明理工大学学报, 24(1): 30～35.

刘福田, 刘建华, 何建坤, 游庆. 2000. 滇西特提斯造山带下扬子地块

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

的俯冲板片. 科学通报, 45(1): 79～84.
罗君烈, 杨荆舟. 1994. 滇西特提斯的演化及主要金属矿床成矿作用. 北京: 地质出版社. 149～239.
王登红, 杨建民, 闫升好, 徐珏, 陈毓川, 薛春纪, 骆耀南, 应汉龙. 2002. 西南三江新生代矿集区的分布格局及找矿前景. 地球学报, 23(2): 135～140.
王谦身, 安玉林. 2001. 青藏高原东部玛多—沙马地区的重力场与深部构造. 地球物理学进展, 16(4): 4～10.
薛春纪, 陈毓川, 杨建民, 王登红, 杨伟光, 杨清标. 2002. 滇西兰坪盆地构造体制和成矿背景分析. 矿床地质, 21(1): 36～44.
袁学诚. 1996. 中国地球物理图集. 北京: 地质出版社.
云南省地质矿产局. 1990. 云南省区域地质志. 北京: 地质出版社.
钟大赉, 丁林, 刘福田, 刘建华等. 2001. 造山带岩石层多向层架构造及其对新生代岩浆活动制约——以三江及邻区为例. 中国科学(D辑), 30(增刊): 1～8.
周真恒, 向才英. 1997. 云南深部热流研究. 西北地震学报, 19(4): 51～57.

References

Chen Guanghao, Zhang Xiangbin. 2000. Linear features and gold mineralization in western Yunnan Provnice, China. Geotectonica et Metallogenia, 24(Supp.): 58～62 (in Chinese with English abstract).

Duan Jianzhong. 1999. The feature of cenozoic strike-slip fauit in the Sanjiang river area of west Yunnan. Yunna Geology, 18(2): 99～111(in Chinese with English abstract).

Duan Jianzhong, Tan Xiaohong. 2000. The nature and feature of Cenozoic main strike-slip fault in the Sanjiang area of west Yunnan. Yunna Geology, 19(1): 8～23 (in Chinese with English abstract).

Fang Jian. 2000. Gravity feature and tectonic interpretation China Sea and it's adjacent regions. Progress of Geophysics. 17(1): 42～49 (in Chinese with English abstract).

Ge L S, Yang J H, Guo X D Zhou Y L, Yang S X, Zhang X H. 1999. The hidden EW-structure existing north-western Yunnan and the evidence. Yunnan Geol., 18(2): 155～167 (in Chinese with English abstract).

Hu Hongxiang, Lin Zhongyang, Bian Juyin, Wang Chunyong Zhu Liangbao. 1996. The study of crust and mental zone in Western Yunnan. Acta Seismology Sinica, 18(4): 444～450 (in Chinese with English abstract).

Huang Jinli, Zhao Dapeng, Zheng Sihua. 2002. Lithosphere structure and its relationship to seismic and volcanic activity in southwest China. J. Geophy. Res., 107(B10): 2255.

Ji Jianqing, Zhong Dalai, Zhang Liangsheng, 2000. Kinematics and dating of Cenozoic strike-slip faults in the Tengchong area, west Yunnan: implications for the block movement in the southeastern Tibet Plateau. Scientia Geologica Sinica, 35(3): 336～349 (in Chinese with English abstract).

Jiang Chaosong, Zhou Ruiqi, Zhou Zhenhen, Wang Yu. 2000. Division of tectonic elements in West Yunnan and its neighboring regions and their feature. Journal of Seismological Research, 23(1): 21～29 (in Chinese with English abstract).

Jiang Fuzhen. 2002. Gravity field character and lithosphere tectonic in Sanjiang region. Geomatics and Information Science of Wuhan University, 27(2): 122～126 (in Chinese with English abstract).

Li Feng, Duan Jiarui. 1999. Plate terrane tectonics of the west Yunnan. Journal of Kunming University of Science and Technology, 24(1): 30～35 (in Chinese with English abstract).

Monlnar P, Tapponnier P, 1978. Active tectonics of Tibet. J. Geophys. Res., 85(5): 361～375.

Tapponnier P, Molnar P, Armijo R. 1982. Propagation extrusion tectonics in Asia: new insights from simple experiments with plasticine. Geology, 10: 611～616.

Tapponnier P, Mercier J L, Armijo R. 1986. On the mechanics of the collision between India and Asia. Collision Tectonics, 115～157.

Wang Denhong, Yang Jianmin, Yan Shenghao, Xu Jue. 2002. Cenozoic ore concentration areas in the Sanjiang Region, SW: Tectonic Setting and Exploration. Acta Geoscientia Sinica, 23(2): 135～140.

Xue Chunji, Chen Yuchuan, Yang Jianmin, Wang Denghong, Yang Weiguang, Yang Qingbiao. 2002. Analysis of ore-forming background and tectonic system of Lanping Basin, western Yunnan Provnice. Mineral Deposits, 21(1): 36～44 (in Chinese with English abstract).

Yin A and Harrison T M. 2000. Geologic evolution of the Himalayan—Tibetan orogen. Annu. Rev. Earth Planet. Sci., 28: 211～280.

Yin A, Harrison T M, Ryerson F J, Chen W, Kidd W S F, Copeland P. 1994. Tertiary structural evolution of the Gangdese thrust system, southeastern Tibet. J. Geophys. Res., 99(18): 175～201.

Yin A, Kong X. 1997. Spacing of N—S rifts in Tibet implies lithospheric ectension. Eos(Trans-action, American Geophisical Union), 78: F173.

Zhou Zhenheng, Xiang Caiying, Qing Yunxi, Zhao Jinming. 1997. Study on deep heatflow in Yunnan, China. 19(4): 51～57 (in Chinese with English abstract).

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

East—West Structures in the Sanjiang Region, Western Yunnan and Their Implications

GUAN Ye[1], WANG Anjian[2], CAO Dianhua[2], QIN Dehou[3]

1) *Institute of Geology, Chinese Academy of Geological Sciences, Beijing*, 100037

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

3) *Yunnan Institute of Geology and Mineral Resources, Kunming, Yunnan*, 650011

Abstract

An analysis of the geophysical field shows that there are several nearly east—west structures in the Sanjiang (i.e. three rivers: the Jinsha, Nujiang and Lancang rivers) orogenic zone. These east—west structures are buried and deep lying, showing characteristics of the long wave-length and low amplitude in the Bouguer gravity anomaly map. They are reflected as a series of nearly east—west faults, plutons and ore deposits on the geological map, and as a number of shallow-buried parallel structure zones on the remote sensing images. Based on data of geology, geophysics and seismic velocity, it is suggested that these east—west structures may be the rheomorphic structures of deep materials squeezed out southeastward from the blocks after the collision orogeny of the Qinghai—Tibet Plateau. Or they may have resulted from the re-activation of the extensional or old structures in the compression—collision and strike-slip settings of the Sanjiang orogenic zone. They may have the same formation mechanism as the north—south extensional structures (rifts) in the southern Qinghai—Tibet Plateau.

Key words: orogenic zone; Bouguer gravity anomaly; aeromagnetic anomaly; mineralization; Sanjiang region; Yunnan

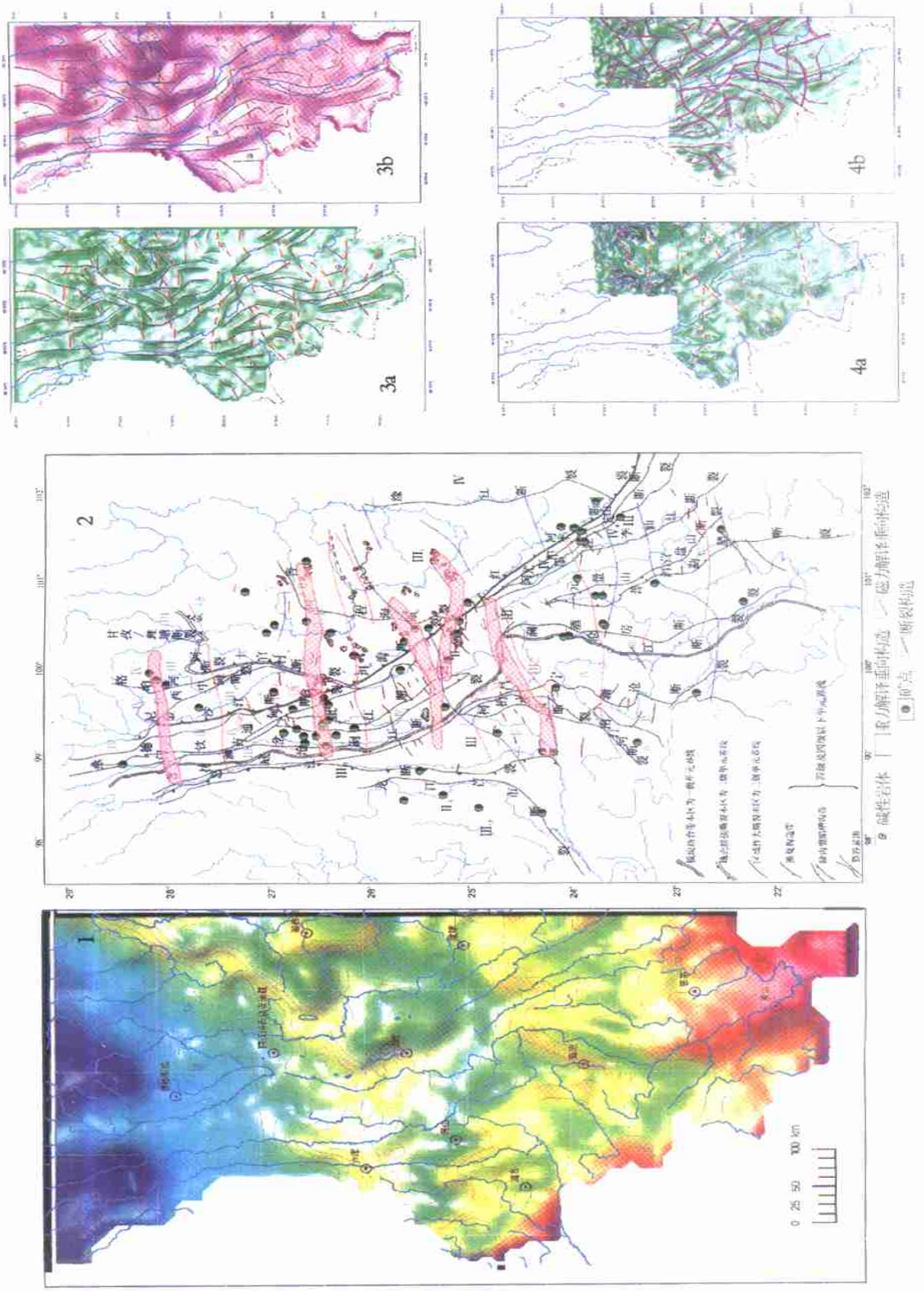
鄂尔多斯盆地北缘—晋北区煤中微量元素赋存特征及其洁净潜势

王文峰　秦　勇　姜　波　傅雪海

中国矿业大学资源与地球科学学院, 江苏徐州, 221008

基于采自鄂尔多斯盆地北缘—晋北区 16 个原煤样中 43 种元素的测试分析, 通过因子分析、聚类分析研究了这些元素的赋存状态, 并据 4 个洗煤厂精煤样与两个模拟洗选实验精煤样的分析, 探讨了煤中相对富集的有害元素的洗选洁净潜势。结果表明: ① Br 与 Ba 有较强的有机亲和性, Cd、Cs、Zn、Pb 与 Hg 部分与有机质有关, 其他元素主要与矿物有关。元素 Mo、P、Pb、Zn、Cs 及硫与两种主因子正相关, 反映其赋存状态的复杂性。有些在其他岩类中被认为彼此关系不大的元素(Be 与 S, Sb 与碳酸盐矿物), 在煤中却紧密共生。② 多数煤样中矿物主要由粘土矿物(高岭石)构成。Ta、Th、Ti、Sc、REE、Hf、U、Se、W、V、Nb、Mo、Al、P、Cr、Pb 及 Zn 等主要赋存在高岭石中, 而 K、Rb、Cs 及 Na 主要与伊利石有关。③ 物理洗选能不同程度地脱除煤中有害元素。S、As、Sb、Se、Mo、Pb、Cd 及 Hg 在研究区部分煤样中明显富集, 存在环境危害潜势, 但通过物理洗选, Hg 与 As 的脱除程度较高, 脱除率大于 60%, Sb 以及部分以无机相赋存的 Cd、S、、Pb, 脱除率大于 30%。Se 与 Mo 的脱除程度较低, 可考虑通过煤的深度破碎来洗选脱除。而部分以有机相赋存的 S、Pb、Cd 及 Hg 可考虑用配煤的方法来降低其含量。④ 聚类分析结合因子分析能快速有效地推测大量煤样中微量元素主要的赋存状态, 多数有害元素的洗选脱除率数据与它们被分析的赋存状态基本一致, 说明数理统计分析可以预测煤中有害元素在洗选过程中的洁净潜势。

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net



© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net