

赣榆 - 焦作由东向西深部挤压带^{*}

张加桂

(国土资源部环境地质研究所 北京)

摘 要 赣榆-焦作由东向西深部挤压带是作者提出的新观点。深部挤压发生在上地幔和下地壳,由黄海下部上地幔的扩张作用产生。从大量的地球物理、浅层构造、应力和应变资料反映它的存在。该带控制了大量强烈地震的发生,预测将来会有强烈地震发生在挤压带的北侧,推测挤压带深部有大量的地热资源。

关键词 深部挤压带 赣榆 焦作

深部挤压带是通过江苏赣榆、山东菏泽、河南封丘和焦作的一条 EW 向构造带。在 70 年代所制作的构造体系图上^[1],将该带作为纬向构造体系的一部分;在 90 年代的文献中^[2],将该带称为“黄河 EW 向隐伏构造带”,但没有清楚地阐述其构造特征、活动性质和方式。该带北侧曾发生过一系列强烈地震。因此,对该带进行深入的研究,有着极其重要的理论和实际意义。笔者通过地球物理资料、浅部构造对该带的反映,经分析、研究,得出该带是由来自黄海的由东向西的深部挤压形成的,这种挤压控制了其北侧强震的发生。由于挤压轴的位置通过江苏赣榆和河南焦作,将其称为赣榆 - 焦作由东向西深部挤压带(图 1)。

1 深部挤压带存在的证据

1.1 地球物理资料对该带的反映

由东向西挤压的一个重要证据是在连云港-泗水深地震测深剖面上^[3],郯庐断裂在地壳深部以 73°的倾角向西倾斜。在白垩纪,郯庐断裂为裂谷,其深部产状应近于直立,或倾向于其东边的板块碰撞带。如今所表现的向西倾斜应是受地幔深处由东向西舌头状挤压作用所致。

根据五莲 - 临沭 - 宿迁转换波测深剖面^[3](图 2),可以确定挤压深度、位置。剖面上, M 面(即莫霍面)以上各界面均向上弯曲, M 面以下各界面均向下弯曲, M 面本身略向上弯曲,因此剖面上的深部层位呈透镜状增厚。这种增厚不应是 SN 向挤压所致, SN 向挤压只能使地壳增厚和 M 面向下弯曲,并在地表形成 EW 向山脉。只有由东向西的挤压作用才能导致这种透镜状增厚。挤入层位主要是 M 面与 M₁ 面之间的上地幔,增厚体的轴线通过郯城北。

在随县 - 安阳地震测深剖面上^[4],郑州与汲县间有一明显的 M 面上隆,上隆顶点位于黄河河道与新乡之间。同样在郑州 - 济南深地震测深剖面上^[5],那里的 M 面向上弯曲,而 M 面以下的 8.4 速度界面向下弯曲,上地幔顶部受由东向西挤压呈透镜状增厚。

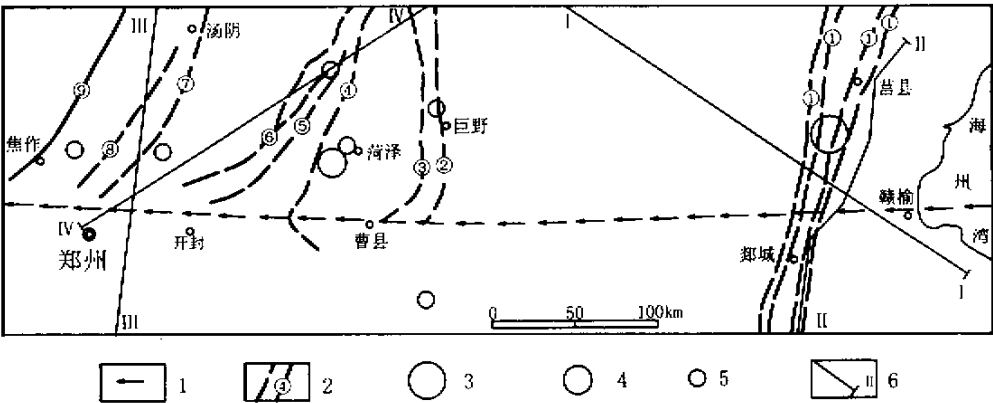


图 1 赣榆 - 焦作由东向西深部挤压带及其浅部构造显示图
Fig.1 Map of the westward deep thrust zone across Ganyu and Jiaozuo
and its appearance of superstructures
1 - 深部挤压带轴线及挤压方向 2 - 浅层弯曲断裂 3 - 8_{1/2}级地震 ;
4 - 7.0 级地震 5 - 6.0 - 6_{3/4}级地震 6 - 地震测深剖面线

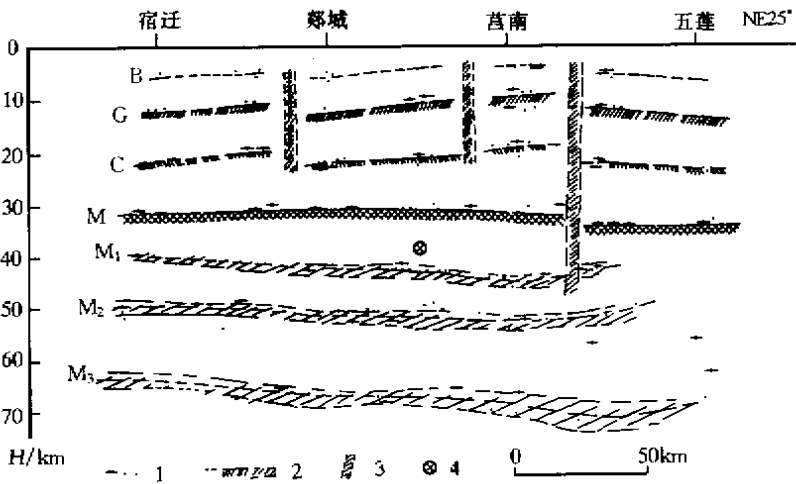


图 2 五莲-临沭-宿迁转换波测深剖面图
Fig.2 Section profile from converted waves sounding across Wulian Linshu and Suqian
(据邵学钟等 略有补充)
1 - 转换点 2 - 转换界面 3 - 深断裂 4 - 深部挤压中心位置

重力和航磁测量结果也有明显反映。深部重力异常显示该带为正异常带^[6];由重力资料反演的地壳厚度在该带变薄;开封 - 焦作一带,重力异常线和地壳等厚度线均表现出向西的弯曲;反映由东向西挤压作用的存在。深部磁异常表现为异常低,说明深部物质的挤入,

致使热异常增高,而磁异常降低。

1.2 浅部构造对该带的反映

郯庐断裂在郯城附近显示向西弯曲的形态(图 1),而且宽度在通过此带处明显变小,第四纪以来有多期强烈逆冲推覆^[7],这反映了浅部物质受到深部由东向西挤压作用的牵引,从而发生伴有挤压作用的由东向西的运动。

巨野断裂、曹县断裂、黄河断裂、长垣断裂、汤东断裂和汤西断裂等一系列 NE 或 NNE 向断裂,在接近挤压带时均表现为向西的偏转^[8,9],而且汤东断裂和汤西断裂等正断层在挤压带表现为挤压性质。据较新资料^[2],聊城—兰考断裂在通过该带时也呈明显的向西弯曲,也反映了深部由东向西挤压牵引作用的存在。

深部物质的挤入致使浅部发生拉张,从而形成开封坳陷等呈 EW 向延伸的坳陷带,海州湾在拉张作用下发生沉降而形成向西弯曲的岸线。

1.3 深部挤压带的现今表现

地应力测量和形变测量结果均显示挤压作用现今仍存在。在挤压带的南北两侧,郯庐断裂附近的应力方向不同,北侧为 NE 向挤压,南侧为 NW 向挤压^[10],在郯庐断裂带东边,北侧物质相对作向 SW 方向的位移,南侧物质相对作 NW 向位移^[11]。这反映现代深部由东向西的挤压作用牵引浅部层位向西运动。

2 由东向西挤压作用的动力来源

太平洋板块向欧亚大陆的俯冲挤压作用是由东向西深部挤压作用的动力来源。俯冲挤压作用导致弧后扩张,形成与俯冲带近于平行的边缘海^[12]。这种扩张作用是不均匀的,在海州湾附近的南黄海表现得非常强烈,在早第三纪形成了近 EW 向(NEE 向)的南黄海北部断陷盆地和南黄海南部—苏北断陷盆地^[13,14]。晚第三纪以来扩张作用减缓,弧后广阔的边缘海代替了断陷盆地^[14],但海州湾附近的扩张作用仍比两侧强烈,形成了海州湾附近较广阔、较深的海域^[13]。表部的扩张是上地幔挤压、上隆引起的^[14],挤压方向与海州湾的弯曲方向一致,由东向西。上地幔挤压由太平洋板块的俯冲作用产生,因此,它便是由东向西深部挤压作用的动力来源。

3 由东向西挤压带与地震的关系

挤压带北侧为著名的 EW 向地震带,历史上发生有莒县 1668 年 8_{1/2} 级、菏泽 1937 年 7 级和 6_{3/4} 级、郯城南 1622 年 6 级地震、汲县东公元 344 年 6 级地震和修武 1587 年 6 级等强烈地震,现今中、小地震仍沿北侧频繁发生。

地震带是由深部挤压作用控制的。NNE 或 SN 向断裂受深部挤压牵引作用而呈弯曲形态,断裂的弯曲部位是应力集中部位。而且由东向西的挤压致使断裂闭锁,导致应力向挤压带传递并高度集中,最后终于因大量释放能量而发生强震。而在挤压带北侧,断裂的走向变成了 NE 向或 NEE 向,与区域近 EW 向挤压应力方向呈较小的交角,易于发生剪切滑动而释放能量,因此是容易发生地震的地方(图 3)。

这些强烈地震的一个重要特点是,地震形成的地表断裂不大,如菏泽 1937 年 7 级和 6_{3/4} 级地震在地表找不到相匹配的地震断层。说明地震的发生除了受垂向断层运动控制外,还

应受到了近水平的深部层间滑动控制,这种深部层间滑动尤其在深部界面有起伏的地方作用强烈,因为有起伏的地方也是应力易于集中的地方(图4)。

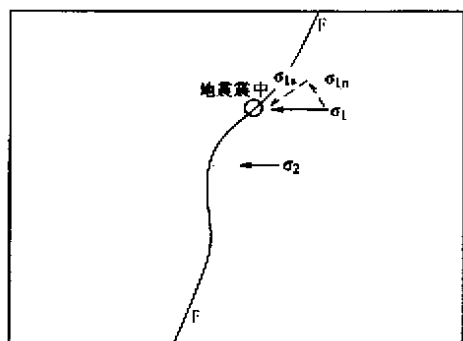


图3 深部挤压带地震应力示意图

Fig.3 Schematic map of seismic stress along the deep thrust zone

F - 断裂; σ_1 - 区域应力; σ_{1s} - 剪应力分量;
 σ_{1n} - 正压力分量; σ_2 - 深部挤压应力

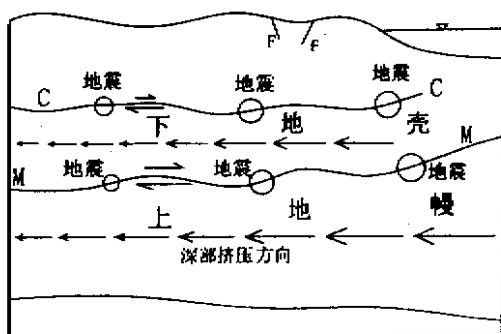


图4 挤压带深部层间滑动控震示意图

Fig.4 Schematic map of slip along deep discontinuation to control earthquake under deep thrust zone

由东向西深部挤压带控制了区域地震的孕育和发生。预测未来地震仍将发生在该带与NNE或NS向断裂交汇的北侧,而且重复周期应比以前认识的要短。因此,应注意对断裂在挤压带北侧向西拐弯部位的地震监测。

在弄清了该区域地震的孕育、发生和分布规律之后,可选择避开地震震中一定距离的地方作为相对稳定的“安全岛”,进行工程建设。

深部热物质的挤入,必然会带来大量的地热资源,因此应注意该带地热资源的开发前景。

参 考 文 献

- 1 中国地质科学院. 中华人民共和国构造体系图(1:4 000 000). 北京: 地图出版社, 1976.
- 2 胡长和, 许坤福. 1937 菏泽地震. 北京: 地震出版社, 1991. 80-101.
- 3 国家地震局《深部物探成果》编写组. 中国地壳上地幔地球物理探测成果. 北京: 地震出版社, 1986. 332-345.
- 4 胡鸿翔, 陈学波, 张碧秀, 宋文荣, 肖志江, 河正勤. 我国中原地区随县-安阳剖面地壳结构特点. 见: 国家地震局科技监测司编. 中国大陆深部构造的研究与进展. 北京: 地质出版社, 1988. 48-60.
- 5 张成科, 赵金仁, 任青芳, 张先康, 祝治平. 豫北及其外围地区地壳上地幔结构研究. 地震地质, 1994, 16(3): 243-253.
- 6 史志宏, 殷秀华, 魏梦华, 刘占波, 张玉梅. 华北地区的地壳深部结构与地震活动. 地震科学研究, 1983(5): 30-36.
- 7 曾秋生. 郯庐断裂带新生代的构造及应力场特征. 见: 中国地震学会地震地质专业委员会编. 中国活动断裂. 北京: 地震出版社, 1982. 161-105.
- 8 山东省地质矿产局. 山东省区域地质志. 北京: 地质出版社, 1991.
- 9 河南省地质矿产局. 河南省区域地质志. 北京: 地质出版社, 1984.
- 10 国家地震局《中国岩石圈动力学地图集》编委会. 中国岩石圈动力学地图集. 北京: 中国地图出版社, 1989. 59.
- 11 应立, 郭良江. 郯城-庐江断裂带的现代构造活动特征. 见: 中国地震学会地震地质专业委员会编. 中国活动断裂. 北

- 京 地震出版社 ,1982 ,112 ~ 117 .
- 12 中国科学院海洋研究所海洋地质研究室.黄东海地质.北京 科学出版社 ,1982 2 ,17 20.
- 13 中华人民共和国地质矿产部《中国海区及邻域地质-地球物理系列图》编图委员会.中国海区及邻域地质-地球物理系列图(1:5 000 000)及说明书.北京 地质出版社 ,1992.
- 14 杨森楠 杨巍然.中国区域大地构造学.北京 地质出版社 ,1985 247、250 ~ 251 .

The Westward Deep Thrust Zone across Ganyu and Jiaozou

Zhang Jiagui

(*Institute of Environmental Geology , MLR , Beijing*)

Abstract The existance of a westward deep thrust zone is for the first time advanced by the author. The deep thrust which acted mainly on the upper mantle and lower crust and strongly affected the superstructures was formed by the westward spreading of the upper mantle under the Yellow Sea. The deep thrust zone and its characteristics were disclosed on the basis of a variety of geophysical data ,surface tectonic features ,and the data of stress and strain. Many strong earthquakes distributed on the northern side of the zone were controlled by the deep thrust. It is predicted that the strong earthquakes will occur on the northern side of the zone in future ,and that there exist rich geothermal resources along the zone.

Key words 深部挤压带 Ganyu Jiaozuo