

太原掀斜构造特征及其成因分析

王启亮¹, 员孟超², 王海生³

(1. 山西水利职业技术学院, 山西 运城 044004; 2. 山西省地球物理化学勘察研究院, 山西 运城 044004; 3. 山西煤炭地质勘察研究院, 山西 太原 030001)

摘要: 在对太原掀斜构造形迹分析的基础上, 通过节理统计, 以板块构造和大陆动力学理论为基础, 研究了古构造应力场特征和构造演化历程。结果表明: 太原掀斜构造由东山背斜、西山向斜和太原断陷组成。中生代以来的构造演化可分为中生代晚期、古近纪及新生代晚期三个阶段。主体构造, 即东山背斜、西山向斜以及相伴生的南北向褶曲等都是在中生代晚期北东—南西向右旋力偶作用下形成。区内等距分布的北东东向至东西向的正断层组等次级构造及太原断陷的雏形形成于古近纪北东—南西向左旋力偶。在新生代晚期北西—南东向拉张应力作用下, 太原断陷进一步拉张下陷, 形成现今构造格局。不同时期应力场和板块构造动力系统不尽相同, 但它们之间有继承的特点, 其形成演化与区域大陆动力学条件转化和演化一致。

关键词: 构造演化; 古构造应力场; 构造形迹; 太原掀斜

中图分类号: P542 **文献标识码:** A

太原掀斜构造由东山背斜、西山向斜和太原断陷组成, 在以往的构造研究中将其称为“古交掀斜”(山西省地矿局, 1989)或“太原西山掀斜”(孔宪祯等, 1978)。前者将太原断陷划为晋中新裂陷, 且具有多期活动的特点, 其形成演化与板内构造体制一致。根据山西板内构造单位划分, 太原掀斜构造为山西台隆() 吕梁—五台隆褶带() 内的一个V级大地构造单位, 东南以交城大断裂带(含田庄断裂)为界(图1), 呈北东向展布, 与晋中新裂陷相邻。西界为西社断层、神堂断层、南塔断层、寨立断层, 总体呈南北向展布。北界和东北界为隆起带边界, 为一个西陡、东和东南平缓的近似三角形的掀斜构造。笔者以交城大断裂带作为级构造单位的界线, 而太原断陷为太原掀斜构造的一个更次一级的构造单位。前人对太原掀斜构造存在

不同的认识。例如, 东山、西山分离的时间, 太原掀斜构造在区域构造中的意义, 以及与其他地区煤田的对比意义等。所以, 对太原掀斜构造的研究, 不仅具有区域地质方面的理论意义, 而且对于认识西山煤田含煤构造也具有重要价值。

1 构造形迹展布特征

研究区内的地层分布北老南新, 总体向南南东缓倾(图1)。太原掀斜构造主体由东山背斜和西山向斜构成, 是山西省的重要煤矿区。东山矿区地层总体走向为北北西向, 局部受构造影响稍有偏转, 背斜较为宽缓, 地层倾角为 $5^{\circ} \sim 15^{\circ}$; 西山向斜为东缓西陡的复式向斜, 主要构造格架为南北向构造、北东东向平行断裂及东西向构造。

收稿日期: 2010-03-19; 修回日期: 2010-06-28

基金项目: 山西省国土资源厅项目“太原东山矿区地质环境调查”(200513)

作者简介: 王启亮(1964-), 男, 山西临猗人, 副教授, 硕士, 从事环境地质教学与研究。E-mail: wql.976@163.com

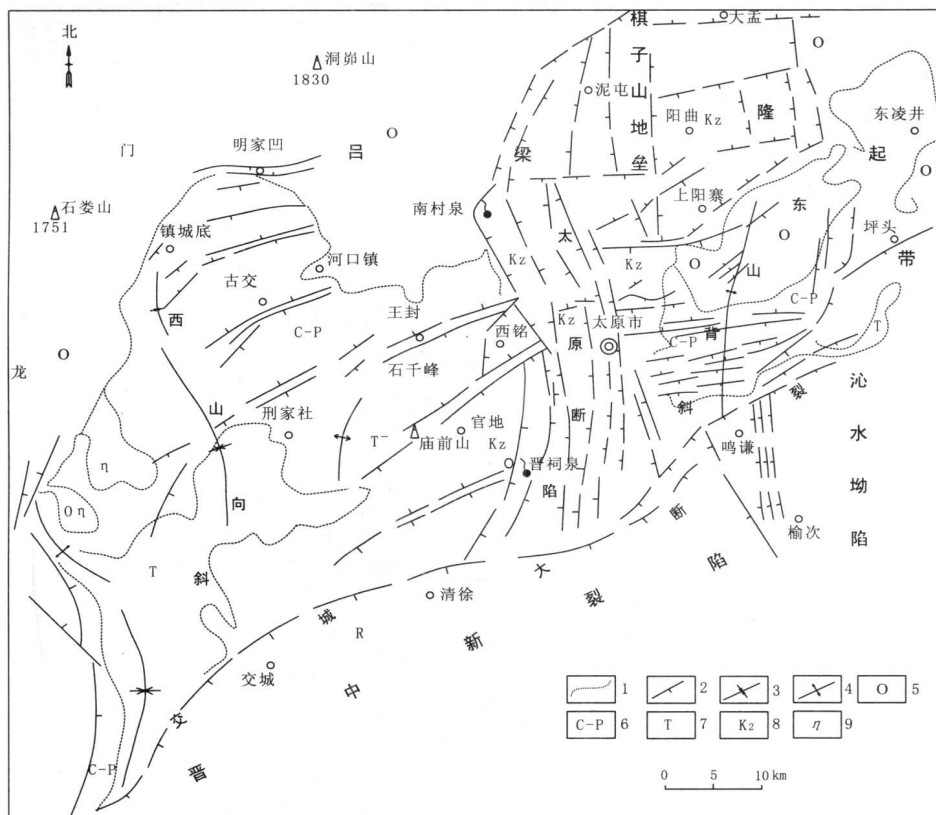


图1 太原掀斜构造略图

Fig. 1 Geological map of Taiyuan tilting structure

1. 地层界线; 2. 断层; 3. 背斜; 4. 向斜; 5. 奥陶系; 6. 石炭—二叠系; 7. 三叠系; 8. 新生界; 9. 碱性侵入体

1.1 东山背斜

东山背斜为一轴向北北东, 向南或南南西倾斜的倾伏背斜, 地层总体走向为北北西向, 局部受构造影响, 走向近南北或北西。在此背景下还发育着次级褶皱和断裂, 次级断裂则以近东西向的断裂为主, 多为高角度正断层, 近东西向断裂也将矿区切成 8 大条块和若干中小条块, 次级褶皱仅存在于被断裂分割的条块内。

断裂断距一般为 5~60 m, 大者 80~150 m。大体为后李家庄、丈子头村、杨家峪村、观家峪村、山头村等五组, 呈近等距状分布。第二组和第五组呈断阶向南下落, 第一、三组和四组以地堑或地垒的形式展布, 平面上单组断层均为左行雁列。第二组向东为东山背斜翘起所阻, 第三组、四组、五组均与交城大断裂带斜接。

次级褶皱有两组: 其一位于主体背斜的西翼, 为轴向北北西的宽缓褶皱(背斜和向斜), 被新生界掩盖; 其二分布在主体背斜的倾伏端, 为一组轴向北西至

北北西的短袖褶皱, 呈右行雁列, 似弧形构造。

1.2 西山向斜

西山向斜为一个由石千峰向斜、马兰向斜和水峪贯向斜等组成的复式向斜。主要构造线为南北向、北东东向及东西向。其中, 南北向构造是控制该区形态的重要构造形式, 呈右行雁列。大型南北向褶皱贯穿于该区的中部和西部, 构成东缓西陡的复式向斜煤盆地。在此背景上发育着一系列断层和褶皱。

断裂以北东东向及东西向为主, 均为正断层, 断距为 5~150 m, 大者 250~300 m。主体分布在明家畛、镇城底、古交、王封、官地和碾底等地, 分 6 组, 呈近等距分布, 总体为地堑和地垒, 南侧呈断阶下落。王封断层组延伸最长, 并与太原断陷中的三给地垒、东山区的丈子头断层组相接。碾底断层组向东通过王家峰地垒与山庄头断层组相接。

次级褶皱为波幅小的平缓褶皱, 有两组: 一组分布在西山主体向斜的两翼, 轴向北北东或北北西; 一组分布在主体向斜的转折端, 轴向北东东, 呈左

行雁列式展布。如，清徐县城以北的迎南风向斜等。

1.3 太原断陷

太原断陷位于西山向斜东侧，由北而南分别以西铭断裂、晋祠断裂和交城大断裂为界，是由喜马拉雅山运动产生的拉张应力在东西山翼部发生断陷

形成。北部断陷切割了系舟山拗陷西侧与滹沱河新裂陷相接，南以田庄断层（即交城大断裂带中段）与晋中新裂陷毗邻。断陷的东西两侧均为断裂下陷，下陷幅度为北浅南深。其中，北部西浅东深，南部东浅西深，构造形迹以断裂为主（图 2）。

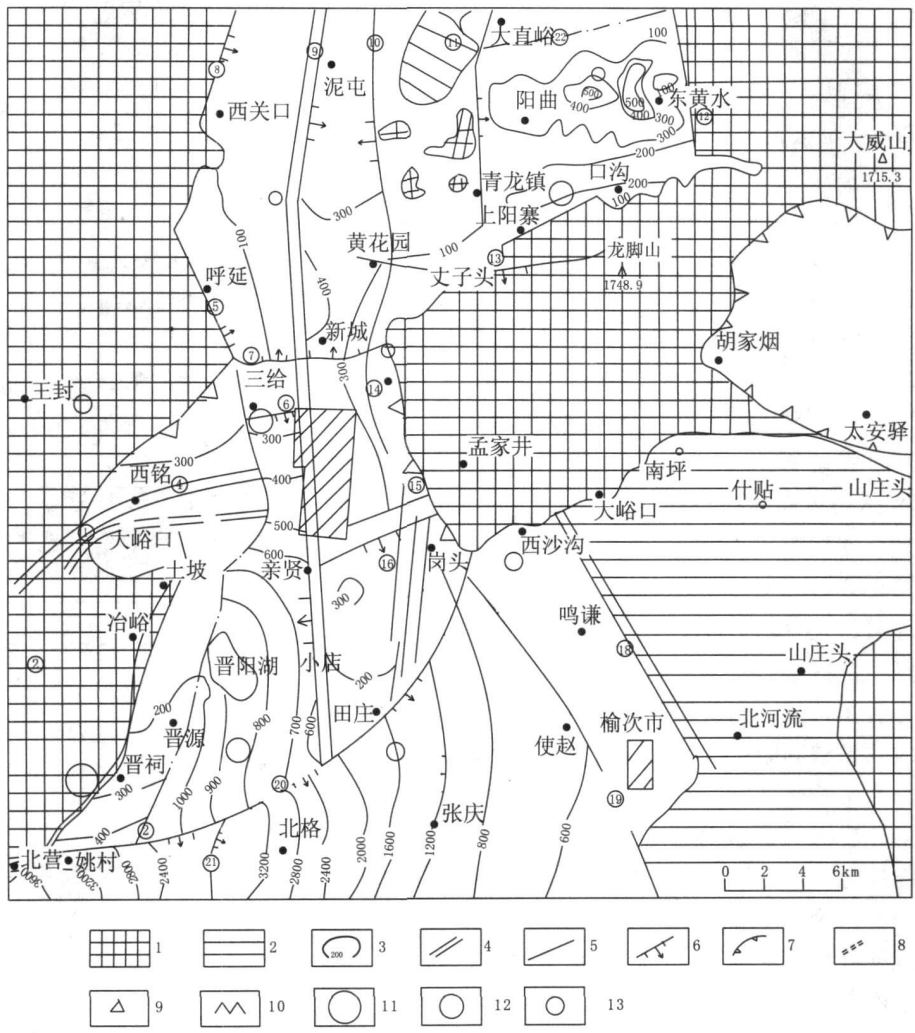


图 2 太原断陷构造图

Fig.2 Sketch of Taiyuan fault depression structure

1. 强烈隆起区；2. 轻微隆起区；3. 沉降区及新生界厚度等值线；4. 全新世活动断裂；5. 隐伏活动断裂；6. 更新世活动断裂；7. 盆地边界；8. 晚更新世隐伏断裂；9. 工程场地；10. 地震区；11. $M=6.0\sim6.9$ ；12. $M=5.0\sim5.9$ ；13. $M=4.0\sim4.9$ ；①. 晋祠断裂；②. 南堰断裂；③、④. 大虎峪在垒断裂；⑤. 柴村断裂；⑥、⑦. 三给地垒断裂；⑧. 山根底断裂；⑨. 新城亲贤断裂；10、11. 棋子山断裂；12. 系舟山西麓断裂；13. 上阳寨断裂；14. 东山山前断裂；15、16. 王家峰地垒断裂；17. 西沙沟断裂；18. 王湖断裂；19. 北田断裂；20. 田庄断裂；21. 龙家营断裂；22. 马坡头地垒南缘断裂

断裂主要有近南北向、北东向、近东西向 3 组。以近南北向（含北北东向和北北西向）为主，分布在东西边缘及断陷内。北东向分布在南北边缘。断陷内的三给地垒和王家峰地垒为近东西向。这些断层皆为

正断层，近期仍在活动。田庄断层是晋中新裂陷中的隐伏大断裂。根据钻孔揭露，两盘新生界的厚度相差较大，说明了该断层向下延伸较大，具有深成断层性质。北盘厚约 1 000 m，南盘厚约 2 800 m，基岩垂

直落差可达 1 800 m, 是交城大断裂带的延伸部分, 将其作为太原断陷与晋中新裂陷的分界构造。

2 古构造应力场特征

2.1 节理特征

太原地区沉积盖层形成于古生代和中生代, 普遍发育有共轭剪节理。在东山和西山隆起区, 节理极其发育, 产状变化也很大。东山区按节理走向, 主要有: $330^{\circ} \sim 350^{\circ}$ 、 $65^{\circ} \sim 90^{\circ}$ 、 $30^{\circ} \sim 60^{\circ}$ 等三组, (表 1)。通过分析其间关系可分为 3 期: 第一期 $30^{\circ} \sim 60^{\circ}$; 第二期 $330^{\circ} \sim 350^{\circ}$; 第三期 $65^{\circ} \sim 90^{\circ}$ 。西山区按节理的组合关系可划分为 6 组 3 套“X”剪节理: 一套由北北东向与北北西向组成; 另一套由北东向与北西西向组成。据野外观测, 前者受后者制约, 并切割利用后者。另外, 还有一套由北西西向与近东西向组成, 并切割利用前两者。

根据野外考察和节理相互切割或限制的关系, 并结合纵弯褶皱、断层等构造形迹特征对其进行分期配套, 本区共有 3 期(套)平面共轭剪节理: 第一期(套)节理最为发育, 形成最早, 为中生代晚期, 节理间相互切割关系和错动方向所指示的最大挤压应力方向为近东西向, 这与研究区形成的近南北向、北北东向的褶皱和断层的最大主应力方向相一致; 第二期(套)节理锐夹角所指最大挤压应力方向为近南北向, 在区内还形成近北东东向及东西向的高角度正断层等; 第三期(套)节理锐夹角所指最大挤压应力方向为北东—南西向, 本期节理多切割其他节理或被其他期次的节理所限, 形成时间最晚, 为新生代晚期, 该产生的拉张应力在东西山翼部发生断陷。西山区和东山区中生代以来各期共轭剪节理的主应力方向平均值见表 1。

2.2 古构造应力场分析

经野外考察和综合分析可知: 第一期共轭剪节理的最大主应力方向平均值为 $272^{\circ} \pm 12^{\circ}$; 该期构造应力场发生于中生代晚期的燕山运动, 其地球动力学背景是太平洋—库拉板块与华北大陆板块之间的相互作用, 由此向板内传递逐渐衰减的侧向挤压力, 这在山西省境内普遍存在(杜建平, 1991)。山西省位于板缘作用影响区西缘, 具有与东部相似的应力状态, 但其变形强度要小; 第二期共轭剪节理的最大主应力方向平均值为 $3^{\circ} \pm 15^{\circ}$; 构造应力场的地球

动力学背景为欧亚板块挤压以及新太平洋体系中东亚大陆边缘裂解的两种效应联合作用。进入新生代以来, 山西省区域构造应力场面貌发生了重大变化, 地史时期中占统治地位的近东西挤压被近南北向挤压及东西向伸展所代替(关英斌等, 2001); 第三期共轭剪节理的最大主应力方向平均值为 $36^{\circ} \pm 9^{\circ}$; 形成于新生代晚期。新近纪以来, 华北地区主要受北西—南东向的伸展作用, 并辅以北东—南西向的挤压, 该期应力场的地球动力学背景归结于印度板块、欧亚板块和太平洋板块之间的相互作用(冯益民等, 2002; 徐锡伟, 1989), 山西地堑系就是在这一应力场作用下鄂尔多斯块体向北运动(国家地震局, 1988)、太行山块体向南运动形成的大型北北东向右旋剪切带。它是在中生代构造格局的基础上发展起来的, 是水平作用力与深部莫霍面隆起的脉冲联合作用的结果(关英斌等, 2001)。

表 1 共轭剪节理统计分析结果

Tab. 1 Statistics analysis results of conjugated shear joint

地 区	世 代	主应力方向平均值	
		σ_1	σ_3
西山区	第 1 期	$278^{\circ} \pm 8^{\circ}$	$185^{\circ} \pm 2^{\circ}$
	第 2 期	$356^{\circ} \pm 18^{\circ}$	$89^{\circ} \pm 1^{\circ}$
	第 3 期	$27^{\circ} \pm 7^{\circ}$	$300^{\circ} \pm 2^{\circ}$
东山区	第 1 期	$265^{\circ} \pm 15^{\circ}$	$355^{\circ} \pm 12^{\circ}$
	第 2 期	$10^{\circ} \pm 11^{\circ}$	$285^{\circ} \pm 7^{\circ}$
	第 3 期	$35^{\circ} \pm 11^{\circ}$	$312^{\circ} \pm 8^{\circ}$

3 构造成因及演化阶段

研究区晚古生代(前华力期)为稳定华北陆块的一部分, 形成东西向和南北向隆起带(山西省地矿局, 1989), 这是太原掀斜构造形成的基础。根据前述古构造应力场分析结果可知, 本区构造成因演化经历了中生代晚期、古近纪和新生代晚期三个重要发展阶段。

3.1 中生代晚期

中生代晚期以来东亚滨太平洋的板块构造运动表明, 华北大陆板块与太平洋—库拉板块的起初相对运动是晚中生代以来最显著的一次构造挤压变动, 挤压方向为近东西向, 由此形成了北东—南西向的右旋力偶。研究区早期构造形迹的形成与此力偶的

性质和时代是一致的, 该力偶的最大主应力方向为近东西向, 可形成近南北向褶曲。东山背斜、西山向斜以及相伴生的南北向褶曲都是在这个力偶的作用下产生的, 它们发育了完全一致的构造形迹, 是研究区的主体构造, 同时也成为沁水坳陷的西北翼。本区该期形成的北北西向—北西向右行雁列的短轴褶曲是主体构造的伴生构造。

3.2 古近纪

进入古近纪后, 大陆动力学条件发生变化, 山西区域构造应力场从东西向挤压应力变为近南北向挤压应力, 这个变化可能源于西伯利亚陆块的向南推进等, 其最大主应力方向为近南北向, 由此产生北东—南西向的左旋力偶。该力偶在山西省内产生了 3 个隆坳带及其间的大断裂带。本区次级构造主要为近等距分布的北东东向—东西向的正断层组, 以及相伴生的北东向左行斜列的短轴褶曲。断层组是由一系列左行雁列的单个正断层构成的地堑或地垒, 或以断阶向南下落, 这一特征表明次级构造是在古近纪北东—南西向左旋力偶作用下形成的。根据西山煤田南缘派生构造分析, 交城大断裂带也具有左旋平移特征 (桂学智, 1986)。

燕山期“太原断陷”与东山和西山连在一起并处在东山背斜和西山向斜的转折部位, 进入古近纪以来, 在北东—南西向左旋力偶的作用下, 形成近南北向张性断裂, 并在东山区丈子头村一带形成小型近东西向“鼻状构造”, 这又是东山区上新统 (N_2) 和第四系下更新统 (Q_1) 的沉积边界线, 由此奠定了太原断陷的雏形。据钻探揭露, 太原断陷基底顶部地层为二叠系, 晋中新裂陷基底顶部地层为上三叠统延长组 (T_{3y})。两个地区地层沉积的差异表明: 两者分属于不同的构造单位, 前者属吕梁—五台隆褶带, 后者属晋东南坳褶带。

3.3 新生代晚期

新生代晚期, 随着印度板块的北移加快, 以及与欧亚板块和太平洋板块的共同作用, 近南北向右旋力偶突破大断裂带的限制, 在大范围内产生北西—南东向的拉张应力, 致使交城大断裂带反向活动, 西北盘抬升, 东南盘下降, 形成晋中新裂陷, 田庄断层也随之下陷为隐伏断裂, 太原断陷利用其近南北向方位也进一步拉张下陷 (杨国华等, 2002)。交城大断裂下盘上升的同时, 出现强烈的掀斜作用, 从而使西山向斜西陡东缓。在研究区的北部和西部发

育有北纬 38 断褶带和东经 112 断褶带 (形成于晚古生代以前), 使东山背斜东北部翘起, 向南或南西倾状, 形成了现今的构造格局。根据中国地震局第一形变监测中心有关山西及邻近地区水准测量资料分析, 太原断陷现代构造运动仍为下降趋势 (邢作云等, 2006), 包含地下水位下降因素在内, 其下降速率高达 6.5 mm/a, 在三给地垒与东山山前断裂与田庄断裂的交汇处 (晋祠、北格村一带) 为太原地区地震群活动区 (图 2)。

4 结论

太原掀斜构造由东山背斜、西山向斜和太原断陷组成, 属山西台隆 () 吕梁—五台隆褶带 () 内的一个 V 级大地构造单位。通过节理统计分析, 对研究区古构造应力场进行了恢复。该区构造成因演化为: 中生代晚期, 在北东—南西向右旋力偶作用下形成主体构造; 古近纪, 在北东—南西向左旋力偶作用下形成次级构造和太原断陷的雏形; 新生代晚期, 太原断陷在北西—南东向的拉张应力作用下进一步拉张下陷, 形成如今的构造格局。东山背斜、西山向斜、太原断陷形成早晚不同, 其应力场和板块构造动力系统也不尽相同, 但他们之间有继承的特点。

参考文献 (References):

- 山西地质矿产局. 山西省区域地质志 [M]. 北京: 地质出版社, 1989.
- Shanxi Geology and Mineral Resources Bureau. Regional Geology of Shanxi Province [M]. Geology Press, Beijing, 1989.
- 孔宪祯. 20 世纪山西煤田地质及勘查研究新进展 [M]. 太原: 山西科学技术出版社, 1988.
- Kong Xianzhen. The Latest Exploration And Research of Coal Geology in Shanxi Province in the 20th Century [M]. Shanxi Science and Technology Press, Taiyuan, 1988.
- 杜建平. 山西太古代—中生代古构造应力场 [J]. 现代地质, 1991, 5 (4): 335-364.
- Du Jianping. Shanxi Archean-Mesozoic Tectonic Stress Field [J]. Geoscience, 1991, 5 (4): 335-364.
- 关英斌, 李海梅. 太原地区构造格局及演化 [J]. 辽宁工程技术大学学报, 2001, 20 (1): 32-35.
- Guan Yingbin. Li Haimei. The Regional Tectonic

- Framework and Evolution of Taiyuan [J]. Journal of Liaoning Technical University, 2001, 20 (1): 32-35.
- 冯益民, 曹宣铎, 张二朋, 等. 西秦岭造山带的演化、构造格局和性质 [J]. 西北地质, 2003, 36 (1): 1-10.
- Feng Yimin, Cao Xuanduo, Zhang Erpeng, et al. The Evolution, Structural Pattern And Nature of The Orogenic Belt in West Qinling [J]. Northwest Geology, 2003, 36 (1): 1-10.
- 徐锡伟. 山西地堑系的新构造活动特征及形成机制 [M]. 北京: 地震出版社, 1989.
- Xu Xiwei. The Features of New Tectonic Movement And Formation Mechanism of Graben System In Shanxi [M]. Seismological Press, Beijing, 1989.
- 国家地震局, 鄂尔多斯课题组. 鄂尔多斯周缘活动断裂系 [M]. 北京: 地震出版社, 1988.
- The State Bureau of Seismology, The Topic-based Group in Ordos. The Peripheral Active Fault System in Ordos [M]. Seismological Press, Beijing, 1988.
- 桂学智. 太原西山煤田南部北东—北北东向断裂形成机理探讨 [J]. 山西地质, 1986, 1 (2): 153-158.
- Gui Xuezhi. Approach to The Formation Mechanism of the NE-NNE Fracture in the North of the Xishan Coalfield in Taiyuan [J]. Shanxi Geology, 1986, 1 (2): 153-158.
- 何世平, 任秉琛, 姚文光, 等. 甘肃、内蒙古北山地区构造单元划分 [J]. 西北地质, 2002, 35 (4): 30-34.
- He Shiping, Ren Bingchen, Yao Wenguang, et al. The Division of Tectonic Units in Gansu And the North Mountain of Inner Mongolia [J]. Northwestern Geology, 2002, 35 (4): 30-34.
- 邢作云, 邢集善, 赵斌. 华北地区深部构造特征 [J]. 地质科技情报, 2006, 25 (6): 17-23.
- Xing Zuoyun, Xing Jishan, Zhao Bin. Characteristics of Deep Structure in North China [J]. Geological Science and Technology Information, 2006, 25 (6): 17-23.
- 杨国华, 王敏, 韩月萍, 等. 山西断裂带活动趋势与动态特征 [J]. 中国地震, 2002, 18 (2): 148-155.
- Yang Guohua, Wang Min, Han Yueping, et al. The Activity Trend And Dynamic Characteristics of the Fault Zone in Shanxi Province [J]. Earthquake In China, 2002, 18 (2): 148-155.

Characteristics and Its Formation Analysis of Taiyuan Tilting Structure

WANG Qi-liang¹, YUN Meng-chao², WANG Hai-sheng³

(1. Shanxi Hydraulic Vocational College, Yuncheng 044004, Shanxi, China; 2. Shanxi Survey Research Institute of Geophysics and Geochemistry, Yuncheng 044004, Shanxi, China; 3. Shanxi Coal Geology Pioneering Institute, Taiyuan 030001, Shanxi, China)

Abstract: Based on the analysis of the structural features of Taiyuan tilting and joint statistics, and the plate tectonics and continental dynamics theory, the characteristics of the ancient tectonic stress field and its evolutionary process are analyzed. It show that Taiyuan tilting is composed of Dongshan anticline, Xishan syncline and Taiyuan rift. Since the Mesozoic era, the tectonic evolution process can be divided into three stages: the late Mesozoic, Paleogene and the Late Cenozoic. The main structure, including the Dongshan anticline, Xishan syncline and the accompanying north-south fold, was formed under the function of the northeast-southwest dextral couple in the late Mesozoic. The sub-structures of the normal faults and the prototype, distributed equidistantly in the east of the northeast to westeast in the region, were formed under the function of the northeast-southwest L-couple in Paleogene. In the Late Cenozoic, as the northwest-southeast tensile stress, tensile and subsidence further formed the current tectonic pattern of Taiyuan rift. The stress field is different from plate tectonic dynamic system in different periods, while they have the characteristics of hereditary, and its formation and evolution process agree with conditional transformation and evolution of regional continental dynamics.

Key words: tectonic evolution; ancient tectonic stress field; structural features; Taiyuan tilting structure