

# 南鄂尔多斯环形构造及其水文环境意义浅析

伍跃中 雷学武 李健强 张 转

(西安地质矿产研究所, 西安 710054)

摘要: 卫星遥感图像上清楚地显示南鄂尔多斯环形构造的存在。该环形构造是滇藏涡旋构造、甘青涡旋构造、鄂尔多斯地块、扬子地块四个反向齿轮状咬合旋转构造的组成部分之一; 是上新世末以来青藏高原快速隆升, 印度板块向北不断推挤和周围刚性地块的阻挡、限制的综合结果。南鄂尔多斯环形构造确实存在顺时针旋转运动, 同时还存在地块翘倾运动, 且目前正处于西北翘起, 向东南倾伏的构造运动状态。该环形构造的存在及其构造活动对鄂尔多斯盆地地下水分布以及黄土高原水土流失具有明显的控制作用。

关键词: 南鄂尔多斯环形构造; 卫星图像; 新构造运动; 地下水; 水土流失

## 0 引言

鄂尔多斯盆地位于我国西北地区东部, 处于黄河中游, 地跨陕、甘、宁、蒙、晋五省(区), 面积 36.5 万 km<sup>2</sup>。盆地内蕴藏着丰富的能源和矿产资源, 其中: 煤、气、油、盐资源总储量均占全国的 20% 以上, 是我国重要的能源化工基地。由于该区地处温带干旱半干旱区, 降雨稀少, 因此一方面水资源短缺是建设能源化工基地, 发展工农业生产的重要制约因素; 另一方面该区荒漠化和水土流失严重, 生态环境脆弱, 大量开采地下水, 必将加剧生态环境的恶化。所以合理勘探开发地下水资源与保护生态环境必须两者兼顾, 协调发展。

鄂尔多斯盆地南部大型环形构造是区内引人注目的重要的地质构造现象。本文主要采用最新制作的 Landsat TM543 假彩色合成图像(图 1), 系统分析该环形构造的形态特征、形成机制, 并简要分析其对地下水分布和水土流失的控制作用。这对鄂尔多斯盆地地下水勘查和生态环境保护具有十分重要的意义。

## 1 南鄂尔多斯环形构造图像特征

地质界对鄂尔多斯盆地南部大型环形构造早有发现, 并冠以不同的名称。中国地质科学院(1981)根据遥感影像的形态特征, 提出了陕甘宁大圆环; 朱照宇等(1994)<sup>[1]</sup>称其为黄土高原中央环状构造; 李建华等(2001)<sup>[2]</sup>称之为南鄂尔多斯环形构造, 并论述了其西侧弧形断裂带的运动特征以及环形构造的形态。但均未分析环形构造地块的翘倾运动特征, 而且由于各自研究目的的不同, 均没有具体分析环形构造对地下水分布及水土流失的控制作用。

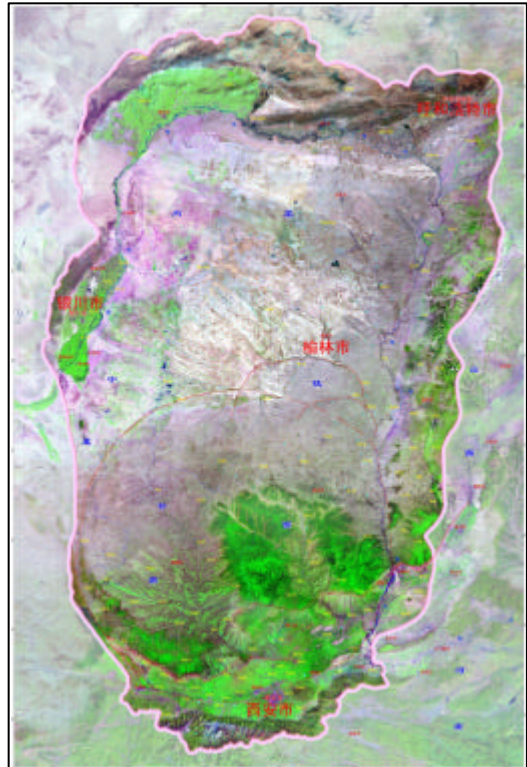


图 1 鄂尔多斯盆地卫星影像图

鄂尔多斯盆地 1:50 万 TM543 假彩色合成卫星图像 (图 1) 显示, 鄂尔多斯盆地现今地貌特征为: 北部主要为沙漠高原, 总体呈色彩较均一的浅灰色; 南部黄土高原发育一大型环形构造, 由深灰色、绿色、浅绿色环块状色斑组成。环形构造边缘由白色带状砂梁、弧形山地、弧形断裂、弧形水系围限而成。直径 380km, 面积约 11 万 km<sup>2</sup>。该环形构造北自靖边经城川、海子梁、定边向沙城一带呈弧形延伸, 为一砂梁地貌, 长 170km; 西自红井子向南经萌城、大堡子、固原、泾原、华亭、陇县、凤翔、岐山一带, 由长 400km 的弧形低山组成; 南自岐山向北东方向, 经乾县、口镇、阎良、合阳、韩城至禹门口, 长 310km, 由近东西向和北东向两组呈雁行式分布的弧形断裂组成; 东自禹门口往北, 沿黄河、青涧河等环状水系构成周长 1100km 的南鄂尔多斯环形构造。环形构造北部、西部边界十分清楚, 环形规整、其弧度近圆形; 东部边界较隐晦, 南部边界受新生代断陷破坏呈折线状。环形构造边缘分布着万药山、白于山、马鞍山、钱家山、堡子山、太白山、云雾山、红砂石梁、大统山、南湾岭、大台山、五峰山、钻天岭、将军山、东太白山、黄龙山和牡丹山, 比高 400~600m, 形成呈四周较高, 向内拗陷的特点。

环形构造内部发育洛河和泾河两大水系, 其间被子午岭分隔。泾河水系明显受北北东和北北向两组规模相当的共轭断裂控制; 洛河水系则受北西向断裂控制较明显, 近南北向断裂控制作用减弱。东部黄河则受北北东和北北西向两组规模相近的共轭断裂控制, 呈近南北向。显示新近纪以来该区北西向、北东向、北北东向和近东西向断裂活动较为强烈。环形构造东北边缘由无定河构成的半圆环应属大圆环的次级环形构造, 与大环形构造类似亦表现为北部边界清晰, 南部隐晦。

## 2 南鄂尔多斯环形构造的形成及其活动性

鄂尔多斯盆地是奠基于震旦纪—古生代沉积盖层之上的印支造山后的多旋回叠合盆地<sup>[3]</sup>, 是在华北台块的次级构造单元——鄂尔多斯台块拗陷的基础上, 经过前中生代、中生代及新生代的复杂地质演化后形成的。燕山运动后, 鄂尔多斯地块整体上升, 由一个中生代拗陷区变为菱形隆起, 呈一浅碟状高原, 它的四周是北东、东西和部分北西向的裂谷系。渐新统仅分布于鄂尔多斯地块的西北侧, 说明地块处于西倾东翘的掀斜状态。喜马拉雅运动使鄂尔多斯断块周围的裂谷发育已臻成熟, 每条裂谷由若干个地堑斜列构成。鄂尔多斯盆地主体则表现为以北部上升, 南部相对下降, 沉积了厚度不等的上新统红色泥岩。中新统与上新统主要沉积区仍集中分布于鄂尔多斯地块之西侧。此时高原以中卫—离石断裂为界开始出现南北分异。

上新世末, 青藏高原上升到 1000m 的高度, 早更新世、中更新世、晚更新世分别上升到 2000, 3000 和 4000m 高度 (李吉均等, 1979)。随着印度板块向北不断推挤, 南鄂尔多斯刚性地块受到的北东方向的挤压作用迅速加强; 由于南鄂尔多斯地块的阻挡, 以及周围早已固结的刚性地块的限制, 造成西侧断裂系向东南收缩形成弧形帚状断裂束, 并造成撒开部分的北西西-北北西向断裂左旋走滑、北西-南东向断裂右旋走滑、收敛部分逆冲挤压的特征, 与之相对应, 南鄂尔多斯地块则呈顺时针旋转, 并最终形成大型环形构造 (图 2)<sup>[2]</sup>。早、

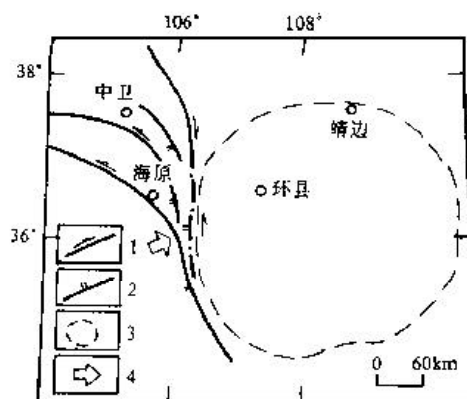


图 2 青藏高原东北隅弧束断裂运动模式

1 走滑断裂; 2 逆断裂; 3 环形构造; 4 主压应力方向

中更新世，渭河断陷加剧，沉积厚度达 1744.5m，同时在环形构造南及东南部发育北东向、近东西向两组断裂系，形成一系列斜列的断阶与断隆。两组断裂系共同改造并控制了环形构造东南部边界。又根据全球定位系统（GPS）监测结果，青藏高原东部及邻区存在呈顺时针旋转的滇藏涡旋构造；青藏高原北部及邻区存在呈逆时针旋转的甘青涡旋构造<sup>[4]</sup>。前人也证实，鄂尔多斯地块与扬子地块亦存在前者顺时针，后者逆时针的反向齿轮状咬合旋转<sup>[8]</sup>。这种宏观、区域应力背景与南鄂尔多斯环形构造形成的应力分析结论是一致的。

南鄂尔多斯环形构造在其形成和演化过程中，同时存在顺时针旋转和地块掀斜式翘倾摆动。环形构造内部上新世古河道多为北东向和近东西向；更新世早期以南东东向为主，而更新世中期以后，以南东—南南东方向为主。古河道逐渐偏转的现象，反映出环形构造顺扭的形迹(朱照宇等,1994)。上述现象也反映了地块经历了由西南（西）抬升东北（东）下降到西北抬升东南下降的变化。目前环形构造西、西北部边界清晰，东、东南部边界模糊说明地块仍处于西北翘起、东南倾伏的状态。

中、晚更新世，该区普遍堆积厚 100~200m 的黄土层，晚更新世至全新世，大幅度间歇性抬升，至使区内各主要河流分别形成了 ~ 级阶地，从各阶地的高程看，区内新构造运动有逐渐减弱，上升幅度逐渐减少的趋势(朱照宇等,1994)。

### 3 南鄂尔多斯环形构造对地下水及水土流失的控制作用

#### 3.1 南鄂尔多斯环形构造对地下水的影响

鄂尔多斯盆地是一个周边以深大断裂为界，由中、古生界不同岩类构成的大型构造沉积盆地，其中白垩系碎屑岩孔隙-裂隙含水层系统是区内主要含水层系统。白垩系盆地是嵌套在鄂尔多斯盆地内部的次级中生界盆地，平面形状似矩形，南北延伸 640km，东西宽 200~265km，面积为 13.21 × 104km<sup>2</sup>。总体为不对称箕状（向斜）盆地，东翼宽缓、西翼狭窄稍陡，南北两地跷起，拗陷中心位于西侧的天环向斜南北一线（图 3）。如前所述，由于白于山以北近东西向的构造隆起以及南鄂尔多斯环形构造的影响，改变了白垩系含水层系统的水文地质条件。

由于环形构造是一种旋扭构造，其边界均为剪切扭性断裂，即具有阻水作用。又由构造应力造成的环形构造外部边界均向下向环形中心收敛呈倒锥形<sup>[9]</sup>，目前南鄂尔多斯环形构造地块正处于西北部翘起、东南部倾覆状态，使得其西部及北部边界趋向于近直立状态，于是强化了该环形构造北部的白于山分水岭和西部六盘山分水岭的阻水作用，导致鄂尔多斯白垩系盆地被分割成南北两个地下水子系统。其中鄂尔多斯盆地北部白垩系基岩大部分裸露或被砂砾石层覆盖，地势平坦，具有较好的大气降水入渗补给条件，且新构造运动对其破坏较小，因此地下水资源较丰富；相反，南部为厚层黄土覆盖区，且新构造运动对该区影响相对较大，断裂构造和环形构造较发育，地表沟谷水系发育、切割深，大气降水绝大部分以地表径流形式排泄至区外。另一方面，由于环形构造及白于山地下分水岭等

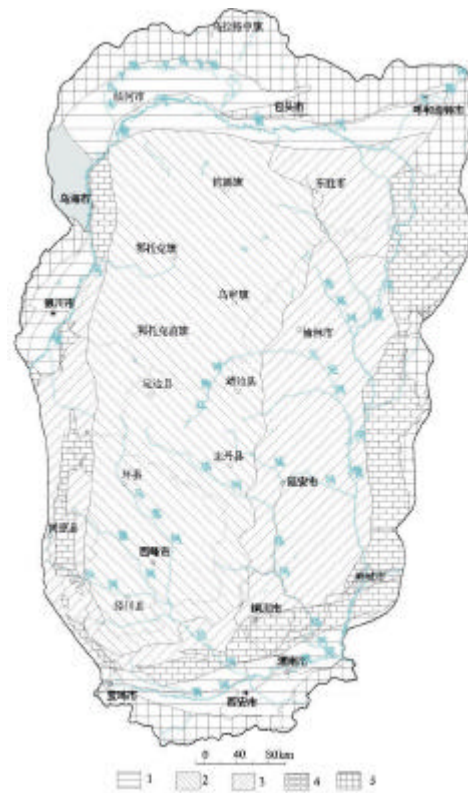


图 3 鄂尔多斯盆地含水系统结构示意图

1. 断陷盆地第四系孔隙水
2. 白垩系碎屑岩孔隙-裂隙水
3. 石炭-侏罗系裂隙水
4. 寒武-奥陶系岩溶水
5. 前寒武系基岩裂隙水(据侯光才)

系基岩大部分裸露或被砂砾石层覆盖，地势平坦，具有较好的大气降水入渗补给条件，且新构造运动对其破坏较小，因此地下水资源较丰富；相反，南部为厚层黄土覆盖区，且新构造运动对该区影响相对较大，断裂构造和环形构造较发育，地表沟谷水系发育、切割深，大气降水绝大部分以地表径流形式排泄至区外。另一方面，由于环形构造及白于山地下分水岭等

的阻水作用,一定程度上切断了该区与北部地区白垩系地下水以及周边地下水的水力联系,因此该区地下水赋存条件较差。

### 3.2 南鄂尔多斯环形构造对黄土高原水土流失的控制作用

根据黄土高原水土流失调查结果:水力侵蚀最剧烈区分布在晋陕黄河峡谷区及吴旗县周围;强度侵蚀区分布于志丹、延长、永和一线以北特别是东胜、白于山一带;中等侵蚀区分布于六盘山以东、子午岭、黄龙山以北的延安地区及吕梁山山地与黄土丘陵过渡地带;黄土塬区及东南部地区则为轻度或微度侵蚀区。若不考虑黄河峡谷强烈水流冲蚀影响,黄土高原水土流失存在西北部程度最剧烈、中部中等、东南部较轻微的由西北部向东南部明显减弱的趋势。造成上述现象的根本原因正是南鄂尔多斯环形构造处于西北部翘起、东南部倾覆的构造运动状态所致。又王永焱等<sup>[5]</sup>和孙建中等<sup>[6]</sup>都指出了黄土内部结构及其抗侵蚀能力的分带性。这些分带以东北-西南方向的延展为主,愈向东南的分带抗侵蚀能力愈强,说明东北-西南向的构造线对它们有控制作用;但同时也可看出,这些分带还在一定程度上受到西北-东南向构造的影响,各带都在陕甘界上偏转方向,由东北-西南向转为东-西向,进而呈西北-东南向<sup>[7]</sup>。

## 4 结论

(1) 南鄂尔多斯环形构造是青藏高原东部及邻区滇藏涡旋构造(顺时针旋转)、北部及邻区的甘青涡旋构造(逆时针旋转)以及鄂尔多斯地块(顺时针旋转)、扬子地块(逆时针旋转)四个反向齿轮状咬合旋转构造的组成部分之一。南鄂尔多斯环形构造是上新世末以来青藏高原快速隆升,印度板块向北不断推挤和周围刚性地块的阻挡、限制的综合结果。

(2) 南鄂尔多斯环形构造不但存在顺时针方向的旋转运动,同时还存在地块的掀斜式翘倾摆动,目前处于西、北部翘起,东、南部倾伏状态。

(3) 由于南鄂尔多斯环形构造的存在,特别是目前处于西北部翘起、东南部倾伏构造运动状态,一定程度上改变了鄂尔多斯白垩系盆地地下水的赋存状态,白于山以北地下水较丰富,以南相对较贫乏。

(4) 新近纪以来,南鄂尔多斯环形构造西北部翘起、东南部倾伏的翘倾摆动是造成该区北部、西北部水土流失程度最剧烈、中部中等、东南部较轻微的主要原因之一。

## 参考文献

- [1] 朱照宇,丁仲礼.1994.中国黄土高原第四纪古气候与新构造演化[M].北京:地质出版社.
- [2] 李建华,申旭辉.2001.3,青藏高原东北隅弧束断裂与南鄂尔多斯环形构造[J].地震地质,23(1):(116-121).
- [3] 任纪舜,王作勋等.1999,从全球看中国大地构造——中国及邻区大地构造图简要说明[M].地质出版社
- [4] 李廷栋,2002.7,青藏高原地质科学研究的新进展[J].地质通报,第21卷第7期
- [5] 王战,2001.6 黄土层构造差异成因及其对自然环境的影响[J].安全与环境学报,第1卷第3期
- [6] Wang Yongyan, Sadao Sasajima, Teng Zhihong, et al. The loess in China and its stratigraphic sequence[A]. In: Wang Yongyan and Sadao Sasajima, eds. The New Development of Loess Studies in China[C]. Xi'an: Shaanxi People's Press (in Chinese), 1985. 5~8
- [7] Zhao Jingbo. Erosion of loess and its conservation[A]. In: Sun Jianzhong and Zhao Jingbo, eds. Quaternary of Loess Plateau in China[C]. The series of the XIII INQUA Congress. Beijing: Science Press (in Chinese), 1991. 206~214
- [8] 王战, 地块的吊筛式摆动[A]. 载于陈述彭主编, 地球系统科学——中国进展·世纪展望[M] 1998, 中国科学技术出版社, P314-315.
- [9] 王战, 四川地块的扭动与翘倾运动——探讨扭动同吊筛式摆动的关系[J]. 西安地质学院学报, 1987, 9(1): 59—68