

doi: 10.19388/j.zgdzdc.2023.05.07

引用格式: 黄岚,蔡焕花,冯绍平,等. 宜洛煤田高山南部勘查区构造特征及区域构造演化分析[J]. 中国地质调查, 2023, 10(5): 50–56. (Huang L, Cai H H, Feng S P, et al. Analysis of tectonic characteristics and regional tectonic evolution of Southern Gaoshan exploration area in Yiluo coalfield[J]. Geological Survey of China, 2023, 10(5): 50–56.)

宜洛煤田高山南部勘查区构造特征及区域构造演化分析

黄岚^{1,2}, 蔡焕花^{1,2}, 冯绍平^{1,2}, 赵玉洁^{1,2}, 宋伟利^{1,2}, 梁凌霄³

- (1. 河南省地质矿产勘查开发局第一地质矿产调查院, 河南 洛阳 471023;
2. 河南省金银多金属成矿系列与深部预测重点实验室, 河南 洛阳 471023;
3. 河南省地质矿产勘查开发局第四地质勘查院, 河南 郑州 450001)

摘要: 宜洛煤田高山南部勘查区属华北地台北缘坳陷区, 断层构造较发育。为了厘清高山南部勘查区的构造特征及其对煤层的影响, 通过对区内二维地震、钻探资料以及野外地质资料的综合分析, 探讨了勘查区构造特征及构造演化规律, 认为区内构造变形主要包括印支期、燕山期和喜马拉雅期3个阶段, 断层构造主要有印支期近EW向断层、燕山晚期NW向推覆构造及喜马拉雅期NE向张性断层, 对勘查区内煤层均有较大破坏, 在勘查区东部二₁煤层中存在“二层楼”现象。研究可为宜洛煤田下一步寻找煤炭资源提供新的思路 and 找矿靶区。

关键词: 宜洛煤田; 构造特征; 逆冲推覆构造; 构造演化

中图分类号: P618.11; P613

文献标志码: A

文章编号: 2095–8706(2023)05–0050–07

0 引言

宜洛煤田位于豫西宜阳及伊川境内, 区内构造发育, 对煤层的赋存状态有着重要影响。近年来, 前人对宜洛煤田推覆构造特征^[1–4]、含煤岩系的沉积环境^[5]、煤变质程度^[6]、深部勘探区构造控煤特征^[7]、水文地质及工程地质条件^[8–9]等方面进行了较为详细的研究, 发现区内逆冲推覆构造发育, 含煤建造遭到破坏, 煤层的变质程度增高, 增加了地质勘查工程布设的难度, 也对后期煤层开采过程中矿井规划及安全生产产生了严重影响。前人对宜洛煤田北部矿区的研究较多, 但尚未深入探讨高山南部勘查区的构造特征。2006—2014年, 河南省地质矿产勘查开发局第一地质矿产调查院开展了宜洛煤田高山南部勘查区的二维地震、钻探、测井等

地质普查工作^[10], 本文通过综合分析高山南部勘查区内的二维地震、钻探以及野外地质调查资料, 对勘查区的构造特征及其构造演化规律进行了研究, 旨在为宜洛煤田深部找煤及生产提供依据。

1 区域构造背景

高山南部勘查区大地构造位置属于华北地台(I级)、滏临台坳(II级)、伊川—汝阳断陷(III级)中的宜南半坡山断垒区(IV级)^[10]。其中伊川—汝阳断陷盆地为主要的石炭纪—二叠纪聚煤盆地, 形成于伊川—汝阳断陷盆地后期的半坡山断垒, 夹于锦屏山断层、三门峡—田湖断层、殷桥断层和宋店—伊川断层之间, 呈菱形断块。

高山南部勘查区位于半坡山断垒的东南边缘。半坡山断垒受来自南西方向推覆断层构造的影响,

收稿日期: 2022–05–17; 修订日期: 2022–09–08。

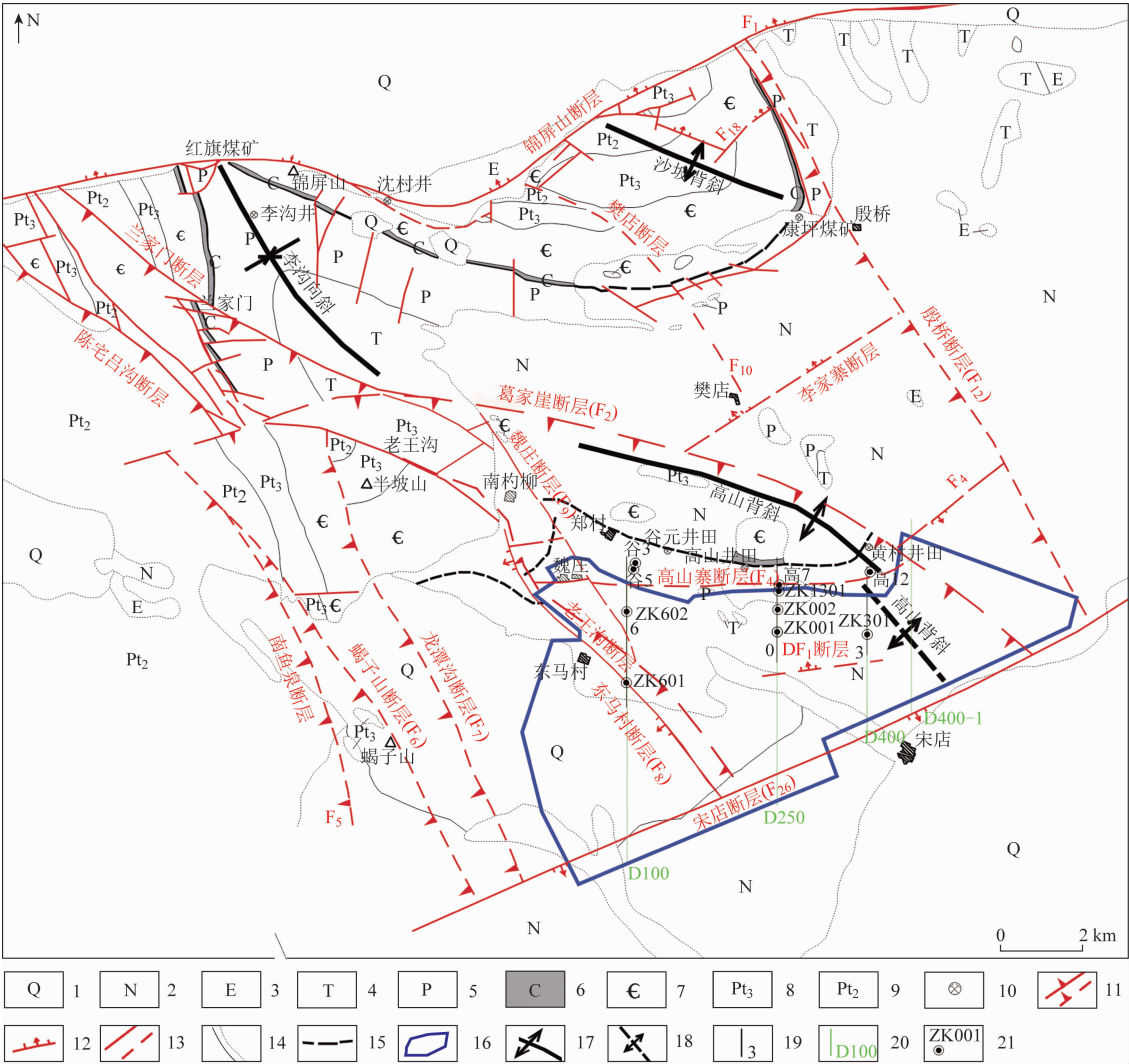
基金项目: 河南省2009年度地勘基金项目“河南省伊川县高山煤普查(编号: 2010–79–3)”及2021年全国矿产资源国情调查项目“河南省宜洛煤田深部煤矿矿区矿产资源国情调查(编号: 410327020)”联合资助。

第一作者简介: 黄岚(1984—), 女, 工程师, 主要从事矿产勘查及研究工作。Email: 791002756@qq.com。

通信作者简介: 冯绍平(1984—), 男, 高级工程师, 主要从事金属、非金属矿产勘查及矿床研究等工作。Email: 15896511935@163.com。

形成几个近平行的逆冲断层(陈宅吕沟、蝎子山、龙潭沟、魏庄、兰家门、葛家崖及殷桥断层)^[1-2,4,7]和逆

冲岩席组成的推覆断块,断块中残留着被断层破坏的杨店背斜、李沟向斜和高山背斜(图 1)。



1. 第四系; 2. 新近系; 3. 古近系; 4. 三叠系; 5. 二叠系; 6. 石炭系; 7. 寒武系; 8. 新元古界; 9. 中元古界; 10. 矿井; 11. 实测及推测逆冲断层; 12. 正断层; 13. 其他实测及推测断层; 14. 角度及平行不整合界线; 15. 实测及推测煤层露头; 16. 勘查区; 17. 背斜; 18. 向斜; 19. 勘查线及编号; 20. 二维地震测线及编号; 21. 钻孔及编号

图 1 宜洛煤田区域地质简图^[10]

Fig.1 Regional geological sketch of Yiluo coalfield^[10]

区域地层属华北地层区沱池—确山地层小区^[10],出露地层自老到新分布有中元古界熊耳群、汝阳群、洛峪群,古生界寒武系、石炭系、二叠系,中生界三叠系,新生界古近系、新近系及第四系。

2 勘查区构造特征

勘查区内地表多被新生界掩盖,仅在北部高山矿区出露古生界寒武系、石炭系、二叠系。据勘查区内的钻探资料分析,揭露深部地层有元古宇北大尖

组和中生界三叠系。区内构造较发育,主要为印支期近 EW 向断层、燕山晚期 NW 向逆冲推覆构造及喜马拉雅期 NE 向张性断层^[11](图 1)。印支期的 EW 向高山寨断层(F₄)使北邻高山矿区的二₁煤层断降 400 余米,为区内主要可采煤层,产状相对稳定。

2.1 褶皱构造

勘查区内仅发育高山背斜,被逆冲断层改造破坏,在西北端木栏沟一带仰起,东南端黄村井田一带倾伏。受倾伏端影响,二₁煤层发生东南方向的弧形偏转。高山背斜轴部出露新元古界洛峪群三

教堂组和下古生界寒武系,南北两翼均被断层破坏。北翼发育葛家崖断层,断层以北出露上二叠统,南翼出露中寒武统一上寒武统、石炭系和二叠系,地层被高山寨断层破坏,断陷后上盘地层仍向南倾斜。

2.2 断层构造

勘查区断层构造较发育,可分为三期:印支期为近 EW 向断层,以高山寨断层(F_4)为代表;燕山晚期为 NW 向逆冲推覆构造,以东马村、魏庄及葛家崖断层为代表;喜马拉雅期为 NE 向断层(宋店、 DF_1 断层),断层均对区内煤层有较大破坏。勘查区断层特征见表 1。

表 1 勘查区断层特征

断层名称	断层性质	产状			落差/m
		走向	倾向	倾角/(°)	
高山寨	正断层	EW	南	$60^{\circ} \sim 70^{\circ}$	280 ~ 420
葛家崖	逆断层	NWW	南西	$50^{\circ} \sim 75^{\circ}$	1 100 ~ 2 400
魏庄	逆断层	NW	南西	未测	>100
东马村	逆断层	NW	南西	未测	>100
宋店	正断层	NEE	南南东	$65^{\circ} \sim 75^{\circ}$	>500
DF_1	正断层	EW	南	$50^{\circ} \sim 70^{\circ}$	0 ~ 65

2.2.1 高山寨断层(F_4)

通过地质调查研究,发现高山寨断层在高山寨北侧横贯本区,走向 EW 向,延伸 30 km,形成高山、谷元(郑村、魏庄)、黄村井田的南部边界。通过分析勘查区钻探资料,发现高山寨断层(F_4)表现为上石盒子组砂岩与寒武系灰岩断层接触,断距约 280 m。受高山寨断层影响,勘查区北邻高山矿区的二₁ 煤层随断层下降了超过 400 m。

2.2.2 葛家崖断层(F_2)

据宜洛煤田黄村井田的钻探资料^[12] 分析,葛家崖断层北东盘出露二叠系和下三叠统,西南盘出露新元古界三教堂组,两侧地层极不协调,断层倾角变化较大,属逆冲断层。勘查区内的煤系地层明显被葛家崖断层切割、牵引,发生逆时针位移。受断层和高山背斜倾伏端影响,在黄村井田以东区域可能存在新的井田。通过高山南部勘查区二维地震资料解译(图 2),可清楚地反映葛家崖断层的埋深情况,可见断层造成了地层重复,二₁ 煤层形成“两层楼”现象,上层埋深 900 ~ 1 300 m,下层埋深约 3 000 m。

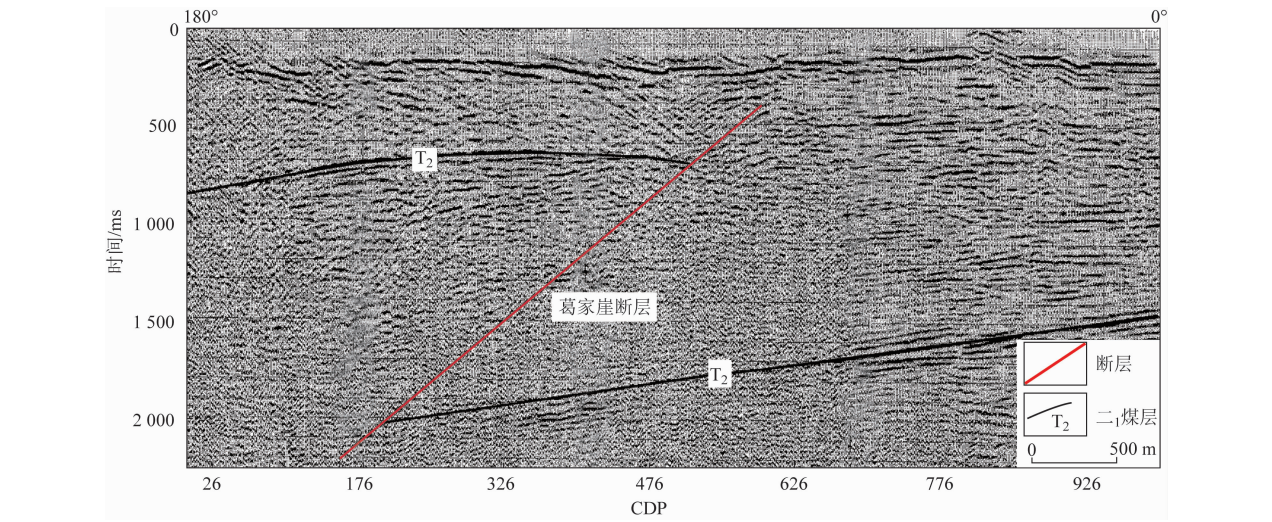


图 2 勘查区 D400-1 线二维地震时间剖面

Fig. 2 2D seismic time section of line D400-1 in the exploration area

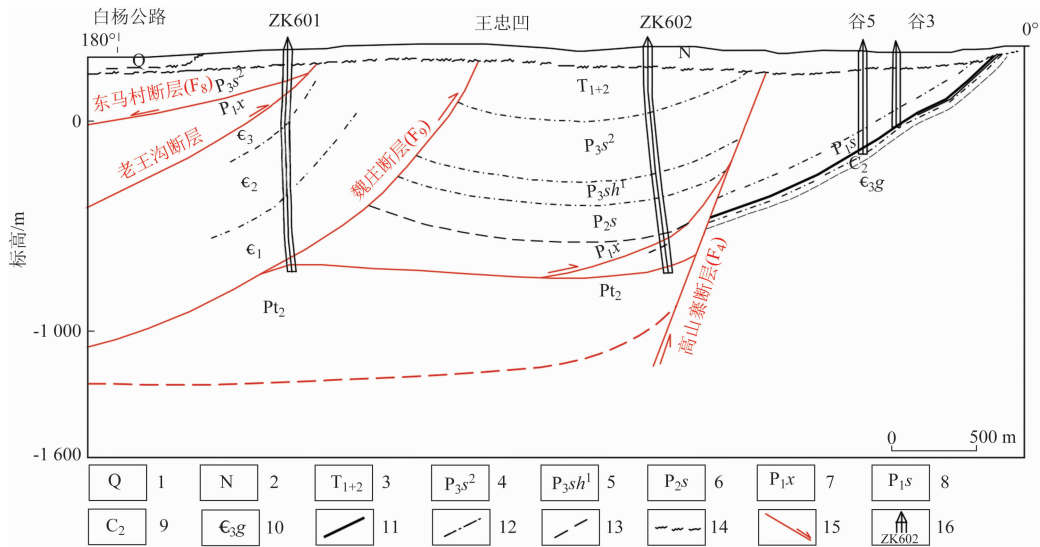
2.2.3 魏庄断层(F_9)及东马村断层(F_8)

魏庄断层(F_9)与区域上的兰家门、南杓柳断层相接,和西部的东马村断层呈 NW 向等间距展布,寒武系灰岩被推覆到石炭系一二叠系铝土矿和煤系之上,表现为一组逆冲推覆构造。魏庄断层(F_9)和东马村断层(F_8)之间形成地垒,并产生低序次断

层,受两组断层影响煤层被破坏且产状极不稳定。通过综合分析勘查区 ZK601 孔和 ZK602 孔的钻探资料(图 3)和二维地震资料(图 4),ZK601 孔浅部出现两个地层不连续的构造点,为地层从南西向北东方向低角度滑动所致,与地表的东马村断层和老王沟断层相扣合;深部出现的两个构造点是魏庄

断层(F_9)的反映,两构造点间的下石盒子组含煤地层为推覆过程中形成的构造夹块(图 3)。ZK602 孔在深部也见有明显的构造点,同样是逆冲推覆构造的反映,受高山寨断层(F_4)的阻挡,该推覆体前缘顺着断面向上尖灭。另根据二维地震资料分析,

在深部约 1 500 m 处可能存在一个主推覆构造面,与 ZK601 和 ZK602 钻孔深部揭露的魏庄断层(F_9)、东马村断层(F_8)和老王沟断层形成完整的逆冲推覆构造体系,为一自南西向东北方向推覆、上陡下缓的犁式断层带。



1. 第四系; 2. 新近系; 3. 下三叠统一中三叠统; 4. 上二叠统石千峰组土门段; 5. 上二叠统上石盒子组平顶砂岩段; 6. 中二叠统上石盒子组; 7. 下二叠统下石盒子组; 8. 下二叠统山西组; 9. 石炭系; 10. 上寒武统崑山组; 11. 二₁煤层; 12. 整合界线; 13. 平行不整合界线; 14. 角度不整合界线; 15. 断层及编号; 16. 已施工钻孔及编号

图 3 第 6 勘查线地质剖面
Fig. 3 Geological section of exploration line 6

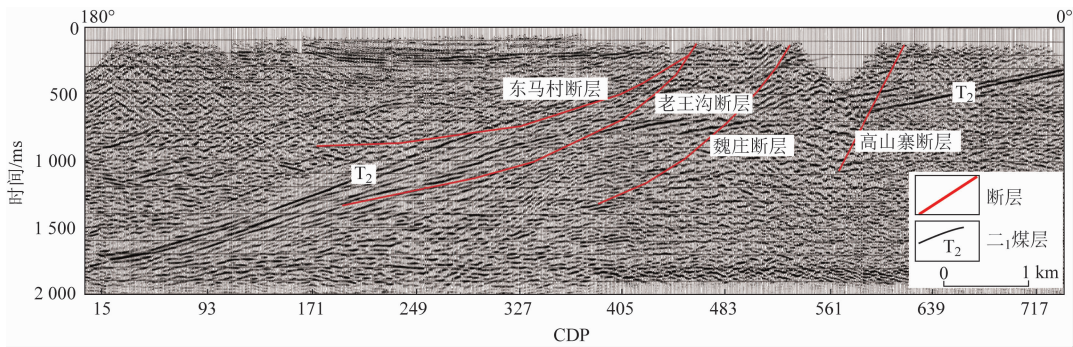
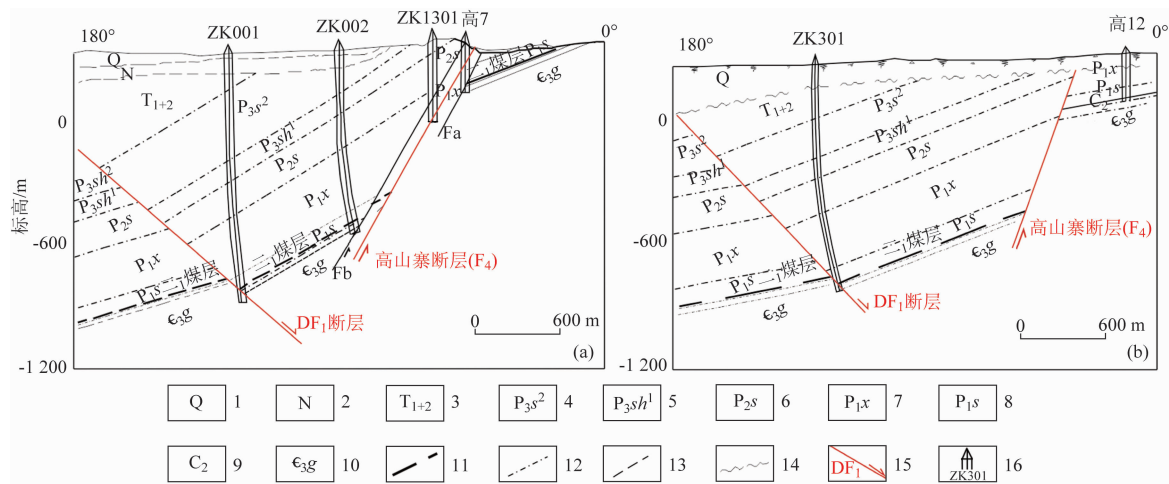


图 4 勘查区 D100 线二维地震时间剖面
Fig. 4 2D seismic time section of line D100 in the exploration area

2.2.4 DF₁ 断层

通过综合分析 ZK001、ZK301 钻孔资料(图 5)和二维地震资料(图 6),可以看出 DF₁ 断层为正断层,走向近 NW 向、倾向南,倾角 50°~70°,断距 35~50 m,延展长度约 3 km。ZK001 钻孔资料表明,DF₁ 断层深部为山西组下部的深灰色泥岩(P_{1s})与寒武系崑山组(ϵ_{3g})的白云质灰岩相接触,形成 10 余米破碎带,缺失山西组底部及太原

组、本溪组等地层,近断层处白云质灰岩有明显的碎裂现象,构造裂隙发育,充填有碳质。ZK301 钻孔资料表明,DF₁ 断层深部为山西组二₁煤层直接与寒武系接触,地层缺失山西组底部及太原组、本溪组。断层处岩石为角砾岩,厚 20 余米,主要为白云质灰岩、石英、方解石及少量燧石灰岩,呈角砾状分布,具有明显的挤压和揉皱现象,不规则裂隙发育,多充填方解石脉。



1. 第四系; 2. 新近系; 3. 三叠系中下统; 4. 上二叠统石千峰组土门段; 5. 上二叠统上石盒子组平顶砂岩段; 6. 中二叠统上石盒子组; 7. 下二叠统下石盒子组; 8. 下二叠统山西组; 9. 石炭系; 10. 上寒武统固山组; 11. 二₁煤层; 12. 整合界线; 13. 平行不整合界线; 14. 角度不整合界线; 15. 断层及编号; 16. 已施工钻孔及编号

图 5 第 0 (a) 与第 3 (b) 勘查线地质剖面

Fig. 5 Geological sections of No. 0 (a) and No. 3 (b) exploration lines

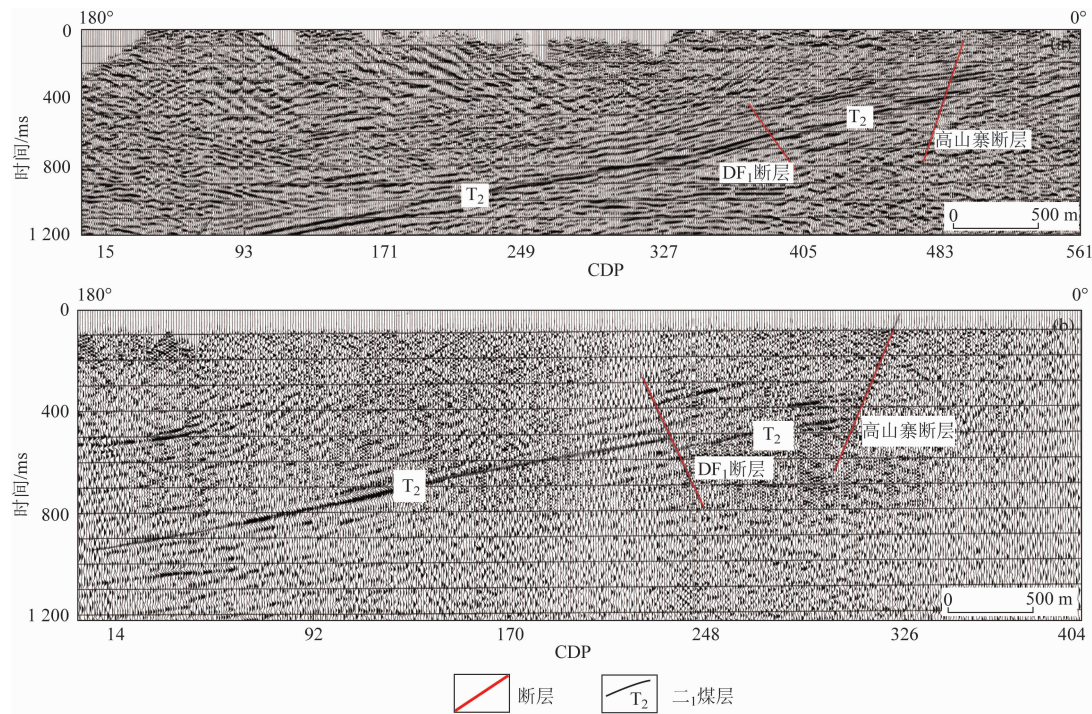


图 6 勘查区 D250 线 (a) 与 D400 线 (b) 二维地震时间剖面

Fig. 6 2D seismic time sections of line D250 (a) and D400 (b) in the exploration area

2.2.5 宋店断层(F₂₆)

宋店断层(F₂₆)为勘查区隐伏断层,走向 NE 向,倾向南东,倾角 65°~75°,落差大于 500 m。沿宋店—伊川一线延展,东段大体与伊河河道走向平行。该断层和区域上的锦屏山断层为同期产物。

3 区域构造演化

太古宙到古元古代期间,登封群和太华群组成了勘查所处华北地台古老的结晶基底^[13]。中元古代—三叠纪为本区盖层的形成阶段,前期(中元古

代—新元古代)为地壳由相对活跃向相对稳定状态转变的过渡时期^[14],沉积熊耳群、汝阳群、洛峪群和震旦系,少林运动结束了华北地台元古宇的沉积,改变了地台表层岩石的构造形态,由大规模的塑性形变逐渐转化为以发育深大断层为主的脆性形变,地壳运动的主要形式也由水平运动转化为垂直运动;后期(寒武纪—三叠纪)为稳定地台阶段^[14],发育寒武纪浅海相碳酸盐建造,之后沉积了晚古生代石炭纪和二叠纪煤系地层,其中加里东期的南北挤压俯冲造成华北地台处于全面抬升状态,使得区内缺失志留系、泥盆系、下石炭统等地层^[3,15],地层沉积间断达 150 Ma^[15],这次长时间的抬升为晚古生代的成煤奠定了良好的基础。宜洛煤田在华力西期地壳又经历了一次抬升,造成上二叠统上石盒子组顶部缺失沉积九煤段(70 ~ 100 m)^[11],与石千峰组底部平頂山砂岩之间呈平行不整合或微角度不整合接触。

晚三叠世到第四纪,宜洛煤田地壳由相对稳定转变为相对活跃状态,表现为板内构造变形,包括印支期、燕山期、喜马拉雅期 3 个构造变形阶段,地壳进入了一个新的演化时期,勘查区内发生逆冲推覆、大幅度升降和裂陷。印支期—燕山期的构造运动改造了本区构造原有的古老展布格架,基本上形成了现在的构造形态。

结合区域构造演化特征及勘查区构造特征,勘查区煤田主要经历了印支、燕山、喜马拉雅 3 期构造运动:早期(印支期)受到来自华北地台西南缘北东—南西方向的强大挤压,促成 NW 向李沟向斜、沙坡背斜、高山背斜的形成,同时发育了 EW 向的张性断层高山寨断层(F_4);中期(燕山晚期)构造应力场转换,在 NW—SE 向构造应力作用下产生顺时针挤压扭动,形成了半坡山断垒,并改变了原有褶皱构造的方位和形态,在旋扭体系的内部,产生陆内板块效应,受一组 X 型 NW 向断层的阻挡,在顺时针的应力场中,产生了沿 NW 向断层的反时针扭动并拉开了已形成的 EW 向张性断层,进而发育了蝎子山断层(F_6)、龙潭沟断层(F_7)、东马村断层(F_8)、魏庄断层(F_9)、葛家崖断层(F_2)、殷桥断层(F_{12})等一系列 NW 向、NNW 向的逆冲断层带(图 1,图 3,图 4),以及其分割出的呈叠瓦状分布排列的菱形推覆断块,分布于褶皱构造中的石炭纪—二叠纪煤系地层也被一并卷入逆冲推覆构造体系,局部作反时针位移,形成本区阶梯状菱形井田的煤田地质格局;晚期(喜马拉雅期)发生强烈的断陷

作用,形成呈 NE 向展布的宋店断层(F_{26})和 DF_1 断层,其中宋店断层切割改造了早期形成的 NW 向、NNW 向逆冲推覆构造体系,勘查区现今的构造格局逐步形成。

4 结论

(1)结合区域地质构造,通过对勘查区二维地震及钻探资料综合研究分析,区内断层构造较发育,主要有印支期近 EW 向高山寨断层,燕山晚期 NW 向东马村、魏庄及葛家崖逆冲推覆构造,以及喜马拉雅期 NE 向张性断层(宋店断层、 DF_1 断层)。

(2)勘查区内构造变形主要包括印支期、燕山期和喜马拉雅期 3 个阶段,地壳发生逆冲推覆、大幅度升降和裂陷,形成了本区阶梯状菱形井田的地质格局。

(3)受高山寨断层影响,勘查区高山矿区浅部二₁煤层断陷 400 余米,同时受逆冲推覆构造沿地层薄弱带逆冲影响,勘查区西部二₁煤层出现缺失,东部受葛家崖逆断层影响,二₁煤层出现“两层楼”现象,为下一步寻找煤炭资源提供了新的思路和找矿靶区。

致谢: 本文得到河南省地质矿产勘查开发局第一地质矿产调查院教授级高级工程师汪江河及河南省地质矿产勘查开发局第一地质矿产调查院第一届青年地质论坛交流会专家们的指导和建议,在此一并深表谢意!

参考文献(References):

- [1] 石铨曾,尚玉忠,庞继群,等.河南省宜洛煤田区的推覆构造[J].河南地质,1990(3):21-27.
Shi Q Z, Shang Y Z, Pang J Q, et al. Nappe structure in Yiluo coalfield of Henan province[J]. Henan Geology, 1990(3):21-27.
- [2] 田惠娟,陆拴喜,李恩花.宜洛预测区推覆体下找煤浅析[J].中州煤炭,2008,30(2):34-35,66.
Tian H J, Lu S X, Li E H. Search for coal under nappe in Yiluo prediction area[J]. Zhongzhou Coal, 2008, 30(2):34-35, 66.
- [3] 高永彬.白杨—高山区滑动构造下找煤浅析[J].中州煤炭,2009,31(1):33-34.
Gao Y B. On searching for coal under slide-structure in Baiyang-gaoshan Area[J]. Zhongzhou Coal, 2009, 31(1):33-34.
- [4] 高永彬.宜洛矿区深部构造特征浅析[J].中州煤炭,2010,32(2):20-21,69.
Gao Y B. Analysis on structural features in the deep of Yiluo mining area[J]. Zhongzhou Coal, 2010, 32(2):20-21, 69.
- [5] 刘彬堂.宜洛煤田二叠系下统山西组沉积环境分析[J].西部探矿工程,2006,18(4):121-122.
Liu B T. Sedimentary environment analysis of Shanxi Formation of

- Lower Permian in Yiluo Coalfield[J]. West - China Exploration Engineering, 2006, 18(4): 121 - 122.
- [6] 雷华友. 宜洛煤田煤变质程度显著性差异影响因素分析[J]. 煤炭技术, 2010, 29(8): 122 - 124.
- Lei H Y. Analysis on influencing factors of significant difference of coal metamorphism degree in Yiluo Coalfield[J]. Coal Technology, 2010, 29(8): 122 - 124.
- [7] 罗锐. 宜洛煤田深部勘探区构造控煤特征分析[J]. 中国煤炭地质, 2014, 26(8): 64 - 68.
- Luo R. Structural coal controlling features in deep part exploration area of Yiluo Coalfield[J]. Coal Geology of China, 2014, 26(8): 64 - 68.
- [8] 杨参参, 苗全芸, 申青春, 等. 宜洛煤田水文地质条件分析及防治水建议[J]. 煤炭科技, 2016, 37(3): 41 - 43.
- Yang S S, Miao Q Y, Shen Q C, et al. Analysis of hydrogeological conditions and suggestions on water control in Yiluo Coalfield[J]. Coal Science & Technology Magazine, 2016, 37(3): 41 - 43.
- [9] 秦志强. 宜洛煤田深部勘探区水文地质及工程地质条件分析[J]. 能源与环境, 2020, 42(9): 109 - 112.
- Qin Z Q. Analysis of hydrogeological and engineering geological conditions in the deep exploration area of Yiluo Coalfield[J]. China Energy and Environmental Protection, 2020, 42(9): 109 - 112.
- [10] 冯绍平, 汪江河, 刘耀文, 等. 河南省伊川县高山煤矿普查报告[R]. 洛阳: 河南省地质矿产勘查开发局第一地质矿产调查院, 2014.
- Feng S P, Wang J H, Liu Y W, et al. General Survey Report of Gaoshan Coal Mine in Yichuan County, Henan Province [R]. Luoyang: The First Institute of Geology and Mineral Resources Investigation, Henan Bureau of Geology and Mineral Resources Exploration and Development, 2014.
- [11] 袁泽东. 豫西地区大地构造特征及其演化[J]. 煤炭技术, 2010, 29(3): 167 - 170.
- Yuan Z D. Yuxi area tectonic characteristics and evolution[J]. Coal Technology, 2010, 29(3): 167 - 170.
- [12] 周作荣, 杨阳, 禹志加, 等. 河南省伊川县高山煤核査区资源储量核査报告[R]. 洛阳: 河南省煤田地质局二队, 2010.
- Zhou Z R, Yang Y, Yu Z J, et al. Resources and Reserves Verification Report of High Mountain Coal Verification Area in Yichuan County, Henan Province [R]. Luoyang: The Second Team of Henan Coal Geology Bureau, 2010.
- [13] 郭熙年, 唐仲林, 李万程, 等. 河南省晚古生代聚煤规律[M]. 武汉: 中国地质大学出版社, 1991: 141 - 194.
- Guo X N, Tang Z L, Li W C, et al. The Late Palaeozoic Coal - Accumulating Laws in Henan Province[M]. Wuhan: China University of Geosciences Press, 1991: 141 - 194.
- [14] 吴海东. 豫西上、下石盒子组(P2-3)沉积旋回特征及聚煤环境[D]. 焦作: 河南理工大学, 2010.
- Wu H D. The Sedimentary Cycles Characteristics and Coal - Accumulating Environment of Upper and Lower Shihezi Formations (P2-3) Western Henan [D]. Jiaozuo: Henan Polytechnic University, 2010.
- [15] 王永哲. 河南板内大地构造演化及区域动力学背景分析[J]. 中州煤炭, 2009, 31(6): 30 - 32.
- Wang Y Z. Analysis on intra - plate tectonic evolution and regional dynamics background of Henan province[J]. Zhongzhou Coal, 2009, 31(6): 30 - 32.

Analysis of tectonic characteristics and regional tectonic evolution of Southern Gaoshan exploration area in Yiluo coalfield

HUANG Lan^{1,2}, CAI Huanhua^{1,2}, FENG Shaoping^{1,2}, ZHAO Yujie^{1,2}, SONG Weili^{1,2}, LIANG Lingxiao³

(1. First Survey Institute of Geology and Mineral Resources of Henan Geo - exploration and Mineral Development Bureau, Henan Luoyang 471023, China; 2. Gold and Silver Polymetallic Metallogenic Series and Deep Prediction Key Laboratory in Henan Province, Henan Luoyang 471023, China; 3. Fourth Institute of Geology and Mineral Exploration of Henan Geo - exploration and Mineral Development Bureau, Henan Zhengzhou 450001, China)

Abstract: Southern Gaoshan exploration area of Yiluo coalfield belongs to Mianlin depression area in North China Platform, with relatively developed fault structures. In order to clarify the structural characteristics of the exploration area in Southern Gaoshan and the influence on coal seam, the authors discussed the structural characteristics and tectonic evolution regularity of the exploration area, based on the comprehensive analysis of 2D seismic data, drilling data and field geological data. It is considered that the tectonic deformation in the area mainly includes three stages: Indosinian, Yanshanian and Himalayan. The fault structures mainly include the nearly EW trending faults in Indosinian Period, NW - trending nappe faults in Late Yanshanian and NE - trending tensile faults in Himalayan, which have greatly damaged the coal seams in the exploration area. The phenomenon of “two - storey building” exists in the 2 - 1 coal in the east of the exploration area. This research could provide new ideas and prospecting target areas for the further findings of coal resources in Yiluo coal field.

Keywords: Yiluo coalfield; tectonic characteristics; thrust nappe structure; tectonic evolution

(责任编辑: 魏昊明)