

焦坪矿区南部瓦斯构造控制规律

许满贵¹, 马正恒¹, 邹 憬², 崔秀伟¹

(1. 西安科技大学 能源学院, 陕西 西安 710054; 2. 中石油勘探开发研究院 廊坊分院, 河北 廊坊 065007)

摘 要: 煤层瓦斯是含煤地层经历多次构造演化的地质体, 只有掌握区域构造演化史, 才能够掌握矿井瓦斯赋存规律。运用区域构造演化理论, 阐述了焦坪矿区大地构造位置、沉积层序及构造演化史。在此基础上系统研究了构造及其演化对煤层瓦斯赋存的控制作用。研究结论对矿井瓦斯灾害防治和煤层瓦斯抽放利用有重要的理论指导意义。

关键词: 焦坪矿区南部; 瓦斯赋存; 构造演化; 控制作用

中图分类号: TD 713

文献标志码: A

焦坪矿区南郊陈家山矿和下石节矿属于高瓦斯矿区, 煤层巨厚, 含气量大, 顶、底板岩层还含有油和气, 属全国少见的“煤、油、气”共生矿区。绝大部分煤层易自然发火, 发火期一般3~6个月, 最短的只有24 d。矿井瓦斯涌出量大、变化大, 是影响煤矿安全生产的最主要因素。先后于2001与2004年发生两起特大瓦斯爆炸事故, 造成重大人员伤亡。随着开采强度的加大、开采深度的增加, 瓦斯灾害威胁呈现出强劲的上升趋势。瓦斯赋存及涌出等均受到地质因素的影响和控制。从地质构造及其演化方面, 研究矿区瓦斯地质规律, 对于指导矿井防灾、减灾以及瓦斯抽放利用有重大意义。

1 矿区大地构造位置

焦坪矿区地处陕西省铜川市西北, 属于北东—南西向延展近300 km的侏罗纪黄陇煤田的一部分, 位于该煤田东北部, 东以煤层露头为界, 西至马栏、转角与彬县矿区相邻, 南抵庙湾, 北隔建庄隆起与店头矿区毗邻。矿区位于鄂尔多斯盆地南缘。

鄂尔多斯是一个由古生代地台和中新生代内陆拗陷叠合而成的克拉通盆地, 是我国第二大沉积盆地, 沉积厚度达5 000 m, 由上古生界碳酸岩盐、海陆过渡煤系地层和中生代内陆拗陷河湖体系三套沉积盖层组成^[1-3]。盆地自下而上发育有石炭—二叠系、三叠系及侏罗系三套含煤岩系, 是世界十大含煤盆地之一, 煤系地层长期深埋地下, 具有良好的生气、储气条件^[4-6]。

2 地层层序及构造演化特征

据钻探和井巷揭露资料, 矿区地层由老到新为上三叠统永坪组(T_3y), 下侏罗统富县组(J_{1f}), 中、下侏罗统延安组(J_{2y}), 中侏罗统直罗组(J_{2z}), 下白垩统(K_1)及第四系(Q)。中下侏罗统延安组为本区煤系地层, 共含1号、2号、3号、4号四组煤层, 4⁻²号煤层为主采煤层, 4⁻¹号和3⁻²号煤层局部可采, 其余均为不可采煤层。4⁻²号煤层厚0~34.88 m, 一般8~12 m, 厚度变化总体受沉积古地形及地壳不均衡沉降控制, 表现出中浅部厚、深部薄, 东部厚、西部薄, 向斜厚、背斜薄的特点^[7]。该区构造演化主要分为印支期、燕山期和喜山期等3个阶段, 图1为相应的三期古构造应力场。

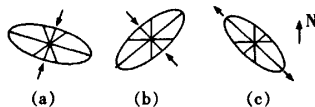


图1 区域古构造应力—应变场演化示意图

Fig. 1 Diagram of regional tectonic stress-strain evolution

(a) $-P_1 \sim T_3$ (b) $-T_3$ 晚期 $-E_1$ (c) $-E_2$ 以来

• 收稿日期: 2010-05-10

基金项目: 陕西省自然科学基金项目(2007E230); 陕西省教育厅专项基金项目(08JK352)

通讯作者: 许满贵(1972-), 男, 陕西宝鸡人, 博士, 副教授, 主要从事安全技术及工程教学及科研工作。

2.1 古生代沉积及构造演化

华北地区下奥陶纪之前为海相沉积,下奥陶纪为浅海相灰岩沉积。之后上升为古大陆,上奥陶纪、志留纪和泥盆纪遭受风化剥蚀,无沉积。约 1 亿年之后,植物开始出现,石炭纪时已具有相当规模,此时为陆相沉积环境。

石炭—二叠纪时巨形沉积盆地形成。沉积层序基本为本溪组(C_{2b})—太原组(C_{3t})—山西组(P_{1s})—下石盒子组(P_{1sh})—上石盒子组(P_{2sh})—石千峰组(P_{2s}),太原组(C_{3t})开始出现第一次大规模聚煤运动。太原组(C_{3t})大地构造稳定,下石盒子组(P_{1sh})时沉积环境动荡,大地构造从稳定到活跃,发生海西运动,华北板块与西伯利亚板块拼合。

2.2 中生代沉积及构造演化

三叠纪时,鄂尔多斯是以延安为中心的内陆湖泊,焦坪地区为滨湖地带。主要沉积有泥岩、砂岩、油页岩等,为稳定的河湖相陆内沉积。三叠纪上部延长群共分五段,最上段为瓦窑堡煤系,下为生油层,最下为浅湖相储油层,表明发生湖退。上三叠纪(T_3)到下侏罗纪(J_1)发生剥蚀,无沉积,此时盆地上升为黄土高原的一部分。下侏罗纪(J_1)晚期又开始下降,沉积物为富县组花斑泥岩,为古风化壳沉积,之后出现延安组。此时,全球第二次大的聚煤作用开始。焦坪矿区煤层就是在这一时期形成的。

焦坪地区延安组之上沉积有直罗组(J_{2z}),其上有安定组(J_{2a})。中侏罗纪(J_2)末期,地壳又一次整体上升,上侏罗纪(J_3)时为陆相,无沉积,上侏罗纪(J_3)地层在此缺失。早白垩纪(K_1)时又开始下沉,沉积有宜君砾岩,上为洛河砂岩,其上又有以石灰岩为主的凤凰山砾岩。此后,地壳再次上升,到晚白垩纪,无沉积。

晚三叠世末发生的印支运动,动力作用路线为北北东向,以挤压为主。在矿区形成了北西与北东向两组共轭交角较大的节理,遭受风化剥蚀后,形成了一系列北东、北西向古地形地貌。印支运动对本区的控制作用在于形成聚煤古环境,进而影响瓦斯赋存。

侏罗纪末至白垩纪初发生了对本区影响巨大的燕山运动,区内的主要构造格架完成于这一时期。早燕山运动继承了印支期古地理条件,形成北东及北西向同沉积构造。而发生于早白垩世末的晚燕山运动,应力场的以南东—北西向为主,构造变动剧烈,造成盆地沉积作用终止。此时,焦坪地区成为区域应力集中带,侧挤强烈,同时又受区域左行扭动的影响,使得矿区东南部抬升,西北部沉降,形成单斜构造,而且挤压使原北东向构造得到继承性加强,同时还产生了北西向的张节理与近东西、南北向的两组共轭剪节理。

2.3 新生代沉积及构造演化

第三纪以上的沉积物无明显成岩作用,为沉积层,之后第三纪、第四纪为松散层沉积。

第三纪中晚期发生的喜山运动使挤压方向由燕山期的北西向为主转变为北东向,盆地南部主要表现 NW—SE 向的伸展运动,在这一应力场长期作用下,区内燕山期形成的各种构造形迹受到不同程度的牵动而开启,向张性演化,导致焦坪矿区断裂以正断层为主。

3 地质构造及分布特征

整体上为一波状起伏的单斜构造。侏罗纪及其上、下地层均倾向北西,延安组底面标高从矿区东南缘的 1 400 余米,向西北方向降低至 700 m 以下;浅部地层倾角较大,可达 20°以上。深部则减缓至 10°以下。

区内构造以起伏不大的宽缓褶皱为主,构造线以东西、北东向为主,次为北北东向。褶曲一般宽 2~5 km,轴长 12~45 km,幅度 40~200 m,倾角 2~10°。随地层由老到新褶皱的幅度、倾角均变小;区内断层不甚发育,落差超过 10 m 的大中型断层不到 3 条,煤矿生产中所揭露的断层多为小型正断裂。方向以北东、北西向为主,主要集中在煤层变化带和煤层沉积较厚部位,具有矿区浅部较为发育,往深部逐渐减少的趋势。

如图 2 所示,北东和北西向的褶皱相互交织,海西—印支旋迴阶段均已存在,具有明显的长期性与继

承性发育特点。燕山旋迴早期,同沉积褶皱的性质十分明显,他们对富县组及延安组地层、煤层的形成与赋存,均起到了重要的控制作用^[8-10]。

1) 北东向褶皱(见图2):该区不仅出现延安组对富县组、以及延安组上部对下部地层的沉积超覆,而且也存在直罗组对延安组的超覆。说明北东向的同期褶皱是逐步加强的,随着沉积作用的发展,拗陷的范围不断扩大,相邻隆起的范围不断缩小。由于同时受到逆时针方向扭动作用影响,各时期的沉积中心,依次向西北方向迁移,造成拗陷东南翼较大,西北翼较小,甚至产生弧顶微向西北弯曲的现象。

2) 北西向褶皱:尽管北东向褶皱在矿区居于主导地位,但北西向褶皱仍十分明显,如图2所示。分析延安组和富县组的厚度和岩相资料,同样显示出其同期褶皱性质。北西向褶皱的继承性表现为,它是在海西-印支旋迴的北西向形变的基础上发展起来的,且北西向构造可能是侏罗纪以前的主要构造,后期遭受北东向构造的改造。

3) 北东与北西向褶皱特点:①从沉积特性分析,北东向和北西向褶皱构造发育都具有长期性的特点,同沉积性质十分明显。在成煤后期仍继承性发展,只是晚期燕山运动使北东向褶皱相对强化。在褶皱表现形式上显示了居于主导地位,同时因受到燕山运动逆时针扭动作用的影响,其方向趋于北西西向;②北东向与北西向褶皱剖面上均为较开阔型褶皱,平面上具有斜列式排列的特点,两组构造相互交织、复合。北东向褶皱向西南方向倾斜,北西向褶皱向北西方向倾斜,愈向深部,褶皱愈不明显;③两个方向的向斜区均具有煤系地层沉积厚,煤层厚度大的特点,而背斜则相反。

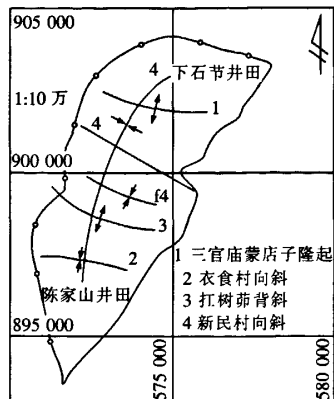


图2 焦坪矿区构造纲要图

Fig.2 Outline of Jiaoping mining structure

4 构造及其演化对瓦斯赋存的控制作用

瓦斯作为一种气体地质体储存在煤岩层孔隙及裂隙中,构造对其影响巨大。构造变动所形成的研究区两向褶皱均具有继承性同沉积发育特征。一般而言,相似的沉积构造条件下,相对于同期褶皱而言,向斜部位的地层厚度较大,更有利于煤层的发育,本区就存在这种情况。燕山运动使矿区整体隆起,地层强烈分化剥蚀,东南部煤层露头,上覆地层变薄,瓦斯大量排放,形成浅部瓦斯风化带和低瓦斯区^[11-13]。

区内虽无大的断层发育,但多期构造运动形成大量裂隙和小断层,且煤层与上、下地层物性差异大,在构造应力和重力的综合作用下易发生流变,使得其本身也比较破碎。主采4⁻²号煤层围岩封闭性差,不利于瓦斯保存,但裂隙发育导致老顶砂岩具有很强的储气性。区内瓦斯75%来自围岩,仅25%来自煤层,煤层与直接顶及老顶一起构成了统一的含气层。

通过筛选研究区位于瓦斯正常带内的20个瓦斯钻孔,对其瓦斯含量进行统计,得到各钻孔所对应的煤层瓦斯含量值,如表1所示。据此可绘制矿区瓦斯含量分布图,可以看出,区内瓦斯分布与煤系地层厚度分布具有明显的一致性。将瓦斯分布图与区内主要构造进行叠加,得到矿区瓦斯含量与构造叠加图,见图3,这就非常直观的反映了构造对瓦斯含量及分布的控制作用。

表1 4⁻²号煤层瓦斯含量分布表
Tab.1 4⁻² coal gas content distribution

钻孔号	1 204	1 406	1 602	1 604	2 001	893	8 910	8 916	8 924	8 925
瓦斯含量/ $\text{m}^3 \cdot \text{t}^{-1}$	5.6	7.26	2.80	1.17	0.69	3.20	2.62	1.44	2.16	2.39
钻孔号	8 930	8 931	502	601	801	补 803	802	702	8 955	8 948
瓦斯含量/ $\text{m}^3 \cdot \text{t}^{-1}$	1.61	1.51	1.59	1.68	1.44	2.65	2.33	2.09	2.26	4.3

区内向斜处煤系厚度大,物质来源充分,瓦斯含量大,并且小断层、裂隙发育,瓦斯得以大量聚集。从图3中可以看出:瓦斯含量及其在平面上的分布明显的显示了同一构造部位,即向斜轴部,此区域瓦斯含

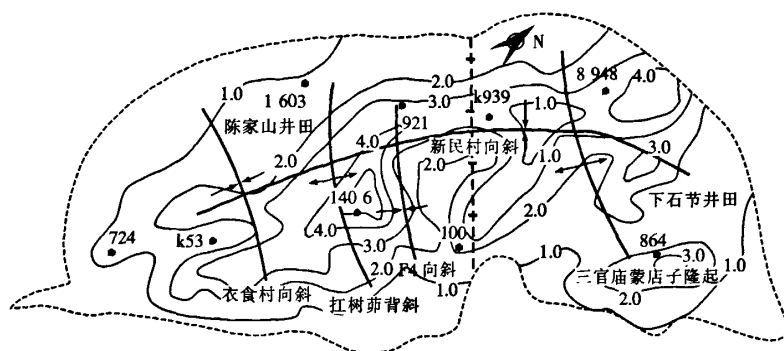


图3 研究区瓦斯含量与构造叠加图

Fig. 3 Superimposed map of gas content and structure

量普遍较高。瓦斯高值区主要集中在井田中部,与新民村向斜一致,呈条带状展布。矿区东部瓦斯含量高值区与 F4 向斜的展布方向一致,轴线为北西向;井田西部的高值区走向基本与新民村向斜一致。

5 结 论

1) 鄂尔多斯盆地为刚性稳定地块,一定程度上抵消了构造运动对其影响,导致矿区构造以宽缓褶皱为主,断层较少发育。

2) 从地层层序及构造演化方面看,成煤前的古地理环境对煤的沉积起到了很大的控制作用,矿区主要构造形态为北东、北西两向褶皱,且都具有长期性、同沉积的特点。

3) 本区主要构造演化分为印支期、燕山期和喜山期。印支期对煤层及瓦斯的控制在于形成聚煤古环境,进而影响煤层瓦斯赋存;晚燕山运动,造成盆地沉积作用终止,构造变动剧烈,区内的主要构造格架主要完成于这一时期;喜山期应力作用表现为伸展运动,构造形迹受到不同程度的牵动而开启,向张性演化,导致矿区断裂以正断层为主。

4) 区内瓦斯分布与主要褶皱的展布具有明显一致性;多期构造变动使得区内小断层、裂隙发育。煤层顶底板岩层裂隙导致直接顶无法形成对煤层的有效封盖,但同时使得老顶成为良好的储气层。煤层与直接顶、老顶构成了统一的含气层。

参考文献 References

- [1] 中国煤田地质总局. 鄂尔多斯盆地聚煤规律及煤炭资源评价[M]. 北京:煤炭工业出版社,1996.
China National Administration of Coal Geology. Coal-accumulating regulation and coal resources evaluation in Ordos basin [M]. Beijing: China Coal Industry Press, 1996.
- [2] 杨俊杰. 鄂尔多斯盆地构造演化与油气分布规律[M]. 北京:石油工业出版社,2002.
YANG Jun-jie. Structural evolution and distribution of oil and gas in Ordos basin [M]. Beijing: Petroleum Industry Press, 2002.
- [3] 夏玉成,侯恩科. 中国区域地质学[M]. 徐州:中国矿业大学出版社,1996.
XIA Yu-chen, Hou En-ke. China regional geology [M]. Xuzhou: China University of Mining and Technology Press, 1996.
- [4] 徐黎明. 鄂尔多斯盆地构造应力场特征及其构造背景[J]. 大地构造与成矿学, 2006, (4): 455-462.
XU Li-ming, ZHOU Li-fa, ZHANG Yi-kai. Characteristics and tectonic setting of tectono-stress field of Ordos basin [J]. Geotectonica et Metallogenia, 2006, (4): 455-462.
- [5] 陈凌. 从华北克拉通中、西部结构的区域差异性探讨克拉通破坏[J]. 地学前缘, 2010, (1): 212-228.
CHEN Ling. Significant structural variations in the Central and Western North China craton and its implications for the craton destruction [J]. Earth Science Frontiers, 2010, (1): 212-228.
- [6] 李文厚. 鄂尔多斯盆地南部侏罗系延安组沉积体系研究[D]. 西安:西北大学, 2007.

- LI Wen-hou. Research on the sedimentary system of Yan'an formation in the Southern of the Ordos Basin[D]. Xi'an:North-west University, 2007.
- [7] 孟昭平. 铜川焦坪矿区油气显示及成因探讨[J]. 西安科技大学学报, 1989, 9(1): 51-56.
MENG Zhao-ping. Research on the display and genesis of oil-gas in Tongchuan Jiaoping mine area[J]. Journal of Xi'an University of Science and Technology, 1989, 9(1): 51-56.
- [8] 滕吉文. 鄂尔多斯盆地上地壳速度分布与沉积建造和结晶基底起伏的构造研究[J]. 地球物理学报, 2008, (6): 1 753-1 766.
TENG Ji-Wen. Velocity distribution of upper crust, undulation of sedimentary formation and crystalline basement beneath the Ordos basin in North China[J]. Chinese Journal of Geophysics, 2008, (6): 1 753-1 766.
- [9] 丁晓琪. 鄂尔多斯盆地西南缘延安组层序地层分析[J]. 成都理工大学学报(自然科学版), 2008, (6): 681-685.
DING Xiao-qi. Sequence stratigraphy analysis of Yan'an Formation in the southwest of Ordos Basin[J]. Journal of Chengdu University of Technology(Natural Science Edition), 2008, (6): 681-685.
- [10] 刘 枢. 鄂尔多斯盆地西南缘侏罗纪煤田构造控煤分析[J]. 煤田地质与勘探, 1982, (6): 1-10.
LIU Shu. Law of structural control coal in the South-Western Jurassic coalfield of the Ordos basin[J]. Coal Geology & Exploration, 1982, (6): 1-10.
- [11] 曲星武. 焦坪矿区煤层自燃因素[J]. 西安科技大学学报, 1987, 7(2): 1-8.
QU Xing-wu. The cause of spontaneous combustion of coal beds in Jaoping mining area[J]. Journal of Xi'an University of Science and Technology, 1987, 7(2): 1-8.
- [12] 郑国璋. 鄂尔多斯盆地-高原转型期区域动力学背景[J]. 地球科学与环境学报, 2008, 30(2): 144-148.
ZHEN Guo-zhang. Dynamic mechanism of transition from basin to plateau in ordos[J]. Journal of Earth Sciences and Environment, 2008, 30(2): 144-148.
- [13] 贾建称. 沁水盆地晚古生代含煤沉积体系及其控气作用[J]. 地球科学与环境学报, 2007, 29(4): 374-382.
JIA Jian-chen. Coal depositional system and its controlling role of coalbed methane in late paleozoic of Qinshui basin[J]. Journal of Earth Sciences and Environment, 2007, 29(4): 374-382.

Gas structure controlling laws in Jiaoping southern mining area

XU Man-gui¹, MA Zheng-heng¹, ZOU Jing², CUI Xiu-wei¹

(1. College of Energy Science and Engineering, Xi'an University of Sci. & Tech., Xi'an 710054, China;

2. CNPC Exploration and Development Research Institute Langfang Branch, Langfang 065007, China)

Abstract: Seam gas is a geological body which experiences multi-period tectonic evolution. Only to grasp the history of regional tectonic evolution, can we grasp the gas occurrence regularity of mining area. Using regional tectonic evolution theory, the article elaborated the geotectonics location, depositional sequences and the history of tectonic evolution of Jiaoping mining area. Based on this, studied the control law of structure and its evolution to gas occurrence. Conclusions have important theoretical significance for prevention and control of mine gas disaster and gas drainage.

Key words: mining area of southern Jiaoping; gas occurrence; tectonic evolution; control action

* Corresponding author: XU Man-gui, Associate Professor, Xi'an 710054, P. R. China, Tel: 0086-29-, E-mail: xumg@xust.edu.cn