

开平煤田煤层气富集成藏及其控制因素

罗跃^{1,2}, 朱炎铭^{1,2}, 钟和清^{1,2}, 王怀劼^{1,2}, 张建胜^{1,2}

(1. 中国矿业大学 资源与地球科学学院, 江苏 徐州 221008;

2. 中国矿业大学 煤层气资源与成藏过程教育部重点实验室, 江苏 徐州 221116)

摘要: 基于开平煤田构造演化背景和煤层气勘探研究结果, 研究了煤层气从生成、储集、运移到聚集的演化过程。结果表明: 在开平煤田的不同构造部位, 由于煤系埋藏条件和后期构造运动改造影响, 煤层气富集成藏模式不同, 主要分为3个类型: 唐山矿W字型、吕家坨矿阶梯型与东欢坨矿V字型。受不同成藏模式的控制, 煤层气含量、压力分布明显不同, 大致呈“西高东低”的趋势。开平向斜的南东翼瓦斯压力普遍较低, 全为低瓦斯矿井; 北西翼瓦斯压力普遍较高, 分布有2个高突矿井和1个高瓦斯矿井。

关键词: 开平煤田; 煤层气; 开平向斜; 埋藏-生气模式; 控制因素

中图分类号: P618.130

文献标志码: A

文章编号: 0253-2336(2012)06-0100-04

Enrichment Deposit and Control Factors of Coal Bed Methane in Kaiping Coalfield

LUO Yue^{1,2}, ZHU Yan-ming^{1,2}, ZHONG He-qing^{1,2}, Wang Huai-meng^{1,2}, ZHANG Jian-sheng^{1,2}

(1. School of Resources and Geosciences, China University of Mining and Technology, Xuzhou 221008, China;

2. MOE Key Lab of Coal Bed Methane Resources and Deposit Process, China University of Mining and Technology, Xuzhou 221116, China)

Abstract: Based on the structure evolution background of the Kaiping Coalfield and the study results of the CBM exploration, the paper had a coal bed a study on methane evolution process from a generation, storage, migration to accumulation. The study results showed that at different structure location of the Kaiping Coalfield, due to the coal measures deposit conditions and the influence of the later structure movement reconstruction, the enrichment deposit mode of the coal bed method would be different and there were three type modes mainly. They were W type in Tangshan Mine, ladder type in Lujiatuo Mine and V type in Donghuantuo Mine. Due to the control by the different deposit modes, the CBM content and pressure distribution would be obviously different and the tendency would be west high and east low generally. The gas pressure in the south-east wing of Kaiping syncline was low generally and the mines there would be low gassy mine in all. The gas pressure in the north-west wing would be high generally and there were two high outburst mines and one high gassy mine.

Key words: Kaiping Coalfield; coal bed methane; Kaiping syncline; deposit and gas generation mode; control factor

我国煤层气资源潜力巨大, 埋深2 000 m以浅的资源量达到 $(30 \sim 35) \times 10^{12} \text{ m}^3$, 约占世界煤层气总资源量的13%, 居世界第二位^[1-3]。而含气量大于 $4 \text{ m}^3/\text{t}$ 的潜在可采煤层气资源量94%集中在中国东部地区的上古生界煤储层中。开平煤田煤层气形成于复杂的地质环境^[4], 由于构造条件对煤层成藏的影响较为复杂, 地质成藏基础研究亟待加强, 准确把握构造条件对煤层气影响, 弄清煤

层气的成藏机制和分布规律, 是实现开平煤田煤层气经济高效开发的必由之路。煤层气作为一种贮存于煤层及其邻近围岩之中的自生自储式非常规天然气^[5-6], 其成藏机理包括煤层气从生成、赋存到运聚和成藏的整个过程, 主要受到构造条件、煤层埋深、煤阶、煤层厚度、含气量、渗透率、煤储层压力、解吸压力和水文条件等7个主控地质因素影响, 而构造又是其中最根本控制因素, 它不仅控制

收稿日期: 2012-02-21; 责任编辑: 曾康生

作者简介: 罗跃(1987—), 男, 江苏徐州人, 硕士研究生。Tel: 13814425805, E-mail: luoyue888@126.com

网络出版时间: 2012-06-15 10:27:00; 网络出版地址: http://www.cnki.net/kcms/detail/11.2402.TD.20120615.1027.201206.100_027.html

引用格式: 罗跃, 朱炎铭, 钟和清, 等. 开平煤田煤层气富集成藏及其控制因素[J]. 煤炭科学技术, 2012, 40(6): .

着含煤盆地及含煤地层的形成和演化, 且控制着煤层气生成、聚集和产出的每个过程^[7]。

1 区域构造演化

煤层气成藏是一个宏观的动态地质演化过程, 实质是在含煤盆地构造演化史^[8]、沉积埋藏史、煤化作用-有机质生气史等宏观地质要素时空演化控制下, 煤层气在含煤盆地中形成、运移、赋存、富集和保存的高效配置过程^[9]。构造演化史是起主导作用的控制要素, 不仅表现在构造对煤层气成藏整个过程所起的直接控制作用方面, 同时也表现在构造通过对其他基本地质要素的影响而间接作用于煤层气成藏。

1) 区域构造特征。开平煤田主体构造为一隔档式褶皱, 轴向大体为 NE 向, 平行排列, 向斜相对开阔, 背斜较紧闭, 多呈不对称状。其中开平向斜规模最大, 总体轴向为 N30 ~ 60° E, 长约 50 km, 宽约 20 km, 总面积约 950 km², 现有 8 对生产矿井分布于两翼。向斜北西翼地层陡倾, 局部直立甚至倒转, 断层较为发育, 总体走向 NE 或 NNE 向, 以走向逆断层为主, 并发育有斜交的扭性断层; 南东翼较缓, 构造较简单, 断裂构造以高角度张性、张扭性正断层为主。

2) 开平煤田的构造类型。开平煤田位于燕山南麓, 在大地构造上处于中朝地台燕山沉降带的东南侧, 主要分布于华北板块东北缘。南与黄骅断陷区相邻, 伸入了华北断拗中; 西与京西断褶束相连; 东与山海关台拱为邻; 北为近 EW 向展布的太古界变质岩系组成核部的马兰峪巨型复式大背斜。

3) 开平煤田不同演化阶段构造活动。开平煤田的煤层在形成之后, 受到多期构造应力场的作用, 其中对矿区构造具有重大影响的主要是燕山期和喜山期。燕山早~中期, 构造应力场表现为 NW-SE 向挤压, 东部开平向斜的北西翼地层多陡立、局部倒转, 并发育与开平向斜同方向的逆断层, 使煤层复杂化。开平向斜转折端受遵化背斜的限制发生偏转, 转为近东西向。燕山晚期~喜山早期, 挤压应力场转为 NNE-SSW 向, 在早期褶皱的基础上产生了叠加作用。开平向斜在此应力场的作用下叠加作用不强, 仅在变形较弱的北东翼之上形成了一组轴向近东西的小型褶皱, 对原向斜的面貌改变不大, 叠加作用表现为西强东弱。

2 开平煤田煤层气成藏模式

在上述区域构造运动的控制下, 煤层经历不同的地质历史埋藏, 逐渐演化到现今的状态。研究表明, 受构造作用, 开平煤田不同地区的煤层经历了不同埋藏作用, 导致不同的瓦斯生成、赋存与逸散过程。概括起来大致可分为 3 种类型: 唐山矿型, 吕家坨矿型和东欢坨矿型, 在此期间, 煤中有机质发生多次不同规模的生气作用, 其导致的煤层特征与生成的气(瓦斯)是目前矿井瓦斯的直接基础。

1) 唐山矿型。唐山矿位于开平煤田北西翼的西南端, 井田内主要构造线绝大部分平行于地层走向, 构造极为复杂^[10]。研究表明, 受地壳运动的控制, 唐山矿型的煤层埋藏历史, 主要经历了 2 次埋藏-生气历史(图 1), 整体上呈不对称的 W 型。

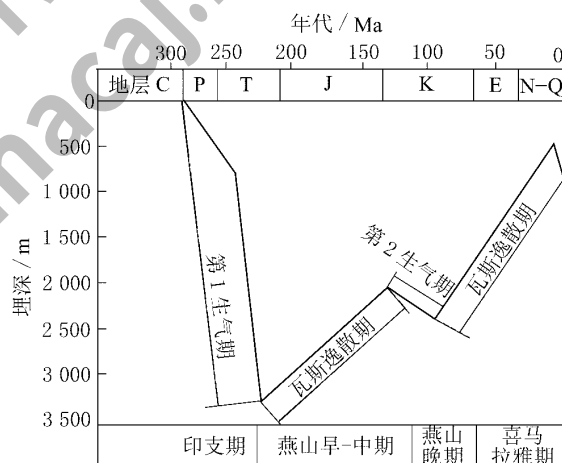


图 1 唐山矿型主煤层的埋藏-生气历史模式

该类型的矿井相对较单一, 是唐山矿所特有的类型, 特别表现在受典型推覆构造的控制。大约到中三叠世末, 煤层达到最大埋深, 约 3 300 m, 煤层受热温度达 115 °C, 到该期末煤级达到气煤阶段(镜质组反射率 R_o 达到 0.8%), 煤中产生大量甲烷(第 1 次生气), 生产的甲烷绝大多数逸散到围岩中, 并进一步散失, 一部分则主要呈吸附态被保留在煤层中。而后, 随着地壳抬升, 煤层埋藏变浅, 原先吸附的瓦斯逐渐散失。

燕山早~中期, 受区域 NW-SE 向的挤压应力场作用, 唐山地区发育了典型的推覆构造, 在推覆作用下, 位于原地系统的唐山矿石炭-二叠纪煤层, 被推覆体上盘断层覆盖而又一次埋深, 到该期

末(大约100 Ma),唐山矿区主煤层埋深约达2 400 m,当时区域地温场异常,唐山矿区煤层的受热温度最高可达150℃(热成因煤层气生成温度高峰值)以上,不少地区煤层达到1/3焦煤阶段(镜质组反射率 R_o 达到1.3%),此时热成因煤层气占主导地位,煤层发生二次生气作用,生成大量的甲烷,补充了煤中的瓦斯,煤中瓦斯主要以吸附态与游离态存在,而后地壳进一步抬升,煤中瓦斯又逐步逸散,但由于推覆构造的覆盖作用,瓦斯逸散缓慢,并使煤中瓦斯逐渐达到现今赋存状态。

2) 吕家坨矿型。吕家坨矿位于开平煤田东南翼中段,井田主体构造是吕家坨背斜^[1]。受区域地质构造演化的控制,吕家坨矿型的煤层主要经历一次埋藏过程,但煤中有机质却经历了2次生气历程(图2),呈现了阶梯状特征。

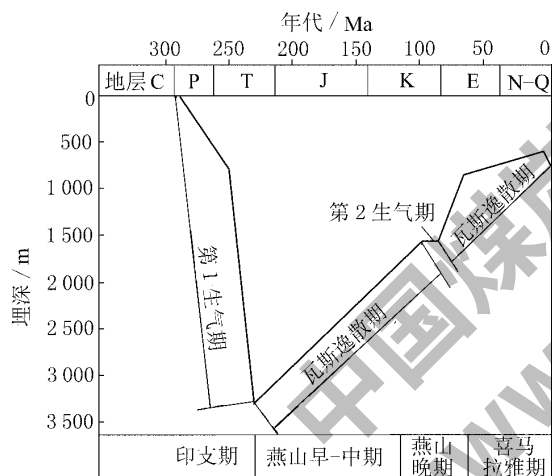


图2 吕家坨矿型主煤层的埋藏—生气历史模式

该类型的矿井在开滦矿区最发育有吕家坨矿、林西矿、钱家营矿、范各庄矿、赵各庄矿、马家沟矿和林南仓矿,其突出表现是不同程度的受燕山期岩浆侵入的热作用,影响范围视岩浆岩侵入规模而定。大约到中三叠世末情况与唐山矿相同。

燕山晚期(100~80 Ma),开滦矿区发生一定规模的岩浆侵入,伴随大量的热量带入,导致区域地温场升高,某些区域煤层的受热温度高达170℃,在烘烤型岩浆热变质作用影响下,煤层变质程度又一次升高,可达到肥-焦煤阶段($R_o = 1.1\% \sim 1.4\%$),虽然整体埋藏较浅,但对煤田石炭-二叠系煤层产生了一定的影响,致使区域上有机质发生成熟演化,煤层发生二次生气作用,生成大量的甲烷,补充了煤中的瓦斯,煤中瓦斯主要以吸附

态与游离态存在,而后地壳进一步抬升,煤中瓦斯又逐步逸散,逐渐达到现今瓦斯赋存状态。

吕家坨矿是该类型的典型代表,由于其处于特殊的构造部位而受岩浆热作用范围相对较广,煤层变质程度相对较高,可达1/3焦~焦煤阶段,这是该矿相对瓦斯涌出量明显较周边的林西矿、范各庄矿和钱家营矿要大且变化复杂的原因之一。

3) 东欢坨矿型。东欢坨矿位于车轴山向斜两翼,车轴山向斜属开平煤田西侧的一个含煤构造,主要受新华夏系构造控制,构造线多呈北东向。受区域构造演化的控制,东欢坨矿型煤层的埋藏-生气历史相对较简单^[2],煤层在形成之后,经历了一次深埋-抬升作用,煤层的受热变质作用主要受控于深成变质作用,煤层表现为主要发生一次生气作用(图3),整体表现为V字型特征。

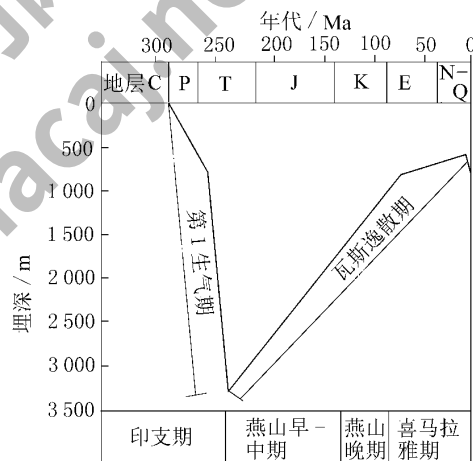


图3 东欢坨矿型主煤层的埋藏—生气历史模式

大约到中三叠世末,煤层达到最大埋深,约3 300 m,煤层受热温度可达120℃,到该期末煤级达到气煤~气肥煤阶段(镜质组反射率 R_o 达到0.8%~0.9%),煤中产生大量甲烷(第1次生气),生产的甲烷绝大多数逸散到围岩中,并进一步散失,另一部分则主要呈吸附态被保留在煤层中。而后地壳抬升,煤层埋藏变浅,原先吸附的瓦斯逐渐解吸而散失,导致煤中瓦斯含量普遍偏低,矿井瓦斯涌出量也明显较小。开滦矿区属于该类型的矿井主要为东欢坨矿和荆各庄矿,均属于煤层瓦斯含量和矿井涌出量较低的矿井。

3 开平煤田煤层气赋存特征

受区域煤层气成藏作用、开平向斜的北西翼和南东翼构造特征及现今气藏控气条件的影响,开平

煤田瓦斯含量、瓦斯压力大致为“西高东低”的态势^[3],如图 4 所示,并随着开采深度的增加,煤层气含量逐步增加,为 4.65%~8.47%,平均煤层含气量 10.2 m³/t,甲烷体积分数 89%,含气饱和度为 59%。从横向上看,开平向斜的南东翼瓦斯普遍较低,全为低瓦斯矿井;北西翼瓦斯普遍较高,分布有 2 个高突矿井和 1 个高瓦斯矿井^[4]。这主要是由于煤层的埋藏深度控制了瓦斯分布的总体轮廓,地质构造控制了局部瓦斯蕴育状态,构造应力集中的区段,瓦斯涌出量大,煤的赋存条件控制了瓦斯梯度和风化带的变化,煤厚变化大、煤层结构破坏严重的区段,瓦斯涌出量大。在水文地质条件复杂的区域,瓦斯涌出量减小^[5]。

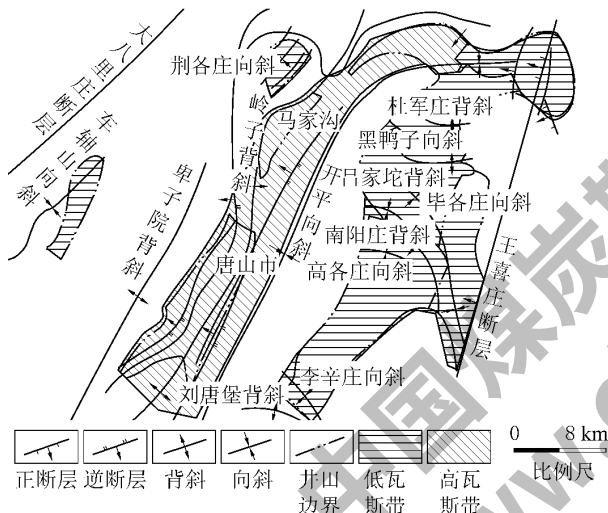


图 4 开平向斜瓦斯赋存特征

4 结 语

开平煤田煤层气受区域构造演化、煤层埋深及水文地质特征等因素控制,使得不同地区的煤层经历了不同埋藏作用,导致不同的瓦斯生成、赋存与逸散过程形成了唐山矿 W 字型、吕家坨矿阶梯状型与东欢坨矿 V 字型 3 种埋藏-生气模式,并呈现煤层气“西高东低”的分布规律。

参考文献:

- [1] Boyer C M. The Coalbed Methane Resources and the Mechanism of Gas Production [M]. Chicago: GRI, 1989.
- [2] 汤达祯, 秦 勇, 胡爱梅. 煤层气地质研究进展与趋势 [J]. 石油实验地质, 2003, 25 (6): 644-647.
- [3] 赵靖舟, 时保宏. 中国煤层气聚集单元研究现状 [J]. 新疆石油地质, 2004, 25 (5): 546-549.
- [4] 李明潮, 梁生正, 赵克静. 煤层气及其勘探开发 [M]. 北

京: 地质出版社, 1996.

- [5] 赵庆波, 孙粉锦, 李五忠. 中国煤层气勘探的新思路 [J]. 天然气工业, 1996, 16 (5): 25-28.
- [6] 吴俊杰, 彭 军. 煤层气成藏机理研究进展综述 [J]. 内蒙古石油化工, 2010 (15): 9-13.
- [7] 方爱民, 侯泉林, 琚宜文, 等. 不同层次构造活动对煤层气成藏的控制作用 [J]. 中国煤田地质, 2005, 17 (4):
- [8] 姜 波, 秦 勇, 琚宜文, 等. 煤层气成藏的构造应力场研究 [J]. 中国矿业大学学报, 2005, 43 (5): 564-569.
- [9] 李文阳, 王慎言, 赵庆波. 中国煤层气勘探与开发 [M]. 徐州: 中国矿业大学出版社, 2003.
- [10] 陈尚斌, 朱炎铭, 袁 伟, 等. 开滦唐山矿推覆构造特征研究 [J]. 煤田地质与勘探, 2011, 39 (2): 7-12.
- [11] 罗 跃, 朱炎铭, 王怀勤. 开平煤田吕家坨矿 7# 煤层断裂构造特征 [J]. 黑龙江科技学院学报, 2011, 12 (3): 93-96.
- [12] 赵 雯, 朱炎铭, 王怀勤, 等. 开滦矿区东欢坨煤矿瓦斯涌出规律分析 [J]. 矿业安全与环保, 2011, 39 (1): 60-63.
- [13] 彭 力. 开滦矿区瓦斯地质的分布规律 [J]. 煤矿安全, 1995, 26 (7): 16-19.
- [14] 周凤增, 洪益清, 冼伟东. 开滦矿区煤与瓦斯赋存规律探讨 [J]. 瓦斯地质与瓦斯防治进展, 北京: 煤炭工业出版社, 2007.
- [15] 彭 力. 开滦矿区瓦斯地质分布规律 [J]. 煤炭科学技术, 2001, 29 (2): 35-38.

(上接第 99 页)

参考文献:

- [1] 刘天放, 李志鹏. 矿井地球物理勘探 [M]. 北京: 煤炭工业出版社, 1993.
- [2] 储绍良. 矿井物探应用 [M]. 北京: 煤炭工业出版社, 1995.
- [3] 程久龙, 祁和刚, 路风光. 工作面复杂构造电磁波 CT 探测研究 [J]. 矿业安全与环保, 2000, 27 (4): 26-27, 62.
- [4] 程久龙, 于师建, 邱 伟, 等. 工作面电磁波高精度层析成像及其应用 [J]. 煤田地质与勘探, 1999, 27 (4): 63-65.
- [5] 于师建, 刘家琦, 韩 波. 采场电磁波透射波场正演数值模拟 [J]. 黑龙江大学学报: 自然科学版, 2007, 24 (6): 712-715.
- [6] 宁书年, 张绍红, 杨 峰, 等. 无线电波层析成像技术及在矿井坑透中的应用 [J]. 煤炭学报, 2001, 26 (5): 468-472.
- [7] 刘广亮, 于师建. 基于质心频移的无线电波透视层析成像 [J]. 地球物理学进展, 2008, 23 (2): 583-587.
- [8] 王家礼, 朱满座, 路宏敏. 电磁场与电磁波 [M]. 西安: 西安电子科技大学出版社, 2004.
- [9] 杨儒贵, 汤姆斯. 电磁场与电磁波 [M]. 北京: 高等教育出版社, 2003.
- [10] 董守华, 王 琦. 层析成像在巷道无线电波透视法中的应用 [J]. 中国矿业大学学报, 2003, 32 (5): 579-582.