

Jiyu Wasi Dizhi De Meikuang Wasi Fangzhi Jishu

基于瓦斯地质的 煤矿瓦斯防治技术

主编 王兆丰 张子敏 张子戊

中国矿业大学出版社

China University of Mining and Technology Press

TD712
W-977

基于瓦斯地质的 煤矿瓦斯防治技术

王兆丰 张子敏 张子戌 主编

中国矿业大学出版社

内 容 简 介

本书收录了瓦斯地质理论研究和基于瓦斯地质理论的煤矿瓦斯防治技术等方面的论文 40 篇,其大多在中国煤炭学会瓦斯地质专业委员会年会上进行交流或宣读,是近几年来瓦斯地质研究及其在煤矿瓦斯防治技术方面应用的研究成果总结,同时也反映了我国在瓦斯地质和瓦斯防治技术方面的研究态势。

全书共包括四部分:区域瓦斯地质、矿井瓦斯地质、瓦斯地质专题研究和瓦斯防治技术专题。

本书可供煤矿工程技术人员、相关专业高校师生学习与参考。

图书在版编目(CIP)数据

基于瓦斯地质的煤矿瓦斯防治技术/王兆丰,张子敏,张子戊主编.—徐州:中国矿业大学出版社,2009.8

ISBN 978-7-5646-0430-1

I. 基… II. ①王…②张…③张… III. 煤矿—瓦斯爆炸—防治—文集 IV. TD712-53

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 130308 号

书 名 基于瓦斯地质的煤矿瓦斯防治技术
主 编 王兆丰 张子敏 张子戊
责任编辑 潘俊成 仓小金
出版发行 中国矿业大学出版社
(江苏省徐州市中国矿业大学内 邮编 221008)
网 址 <http://www.cumtp.com> E-mail: cumtpvip@cumtp.com
排 版 中国矿业大学出版社排版中心
印 刷 徐州中矿大印发科技有限公司
经 销 新华书店
开 本 787×1092 1/16 印张 14 字数 349 千字
版次印次 2009 年 8 月第 1 版 2009 年 8 月第 1 次印刷
定 价 75.00 元

(图书出现印装质量问题,本社负责调换)

前 言

瓦斯地质是 20 世纪 70 年代开辟并发展起来的,是涉及采矿学、岩体力学、流体力学、气体动力学、煤化学、煤田地质学、构造地质学、区域地质学和板块构造理论等学科的一门新交叉学科。

中国煤炭学会瓦斯地质专业委员会成立于 1985 年,挂靠在河南理工大学。瓦斯地质专业委员会成立以来,积极组织本专业的学术交流和学术研讨活动,不断推动瓦斯地质学科的创新和发展,特别是近 10 年来,瓦斯地质理论与技术越来越多地被广大煤矿科技工作者和生产管理者认同和重视,使得该项技术得到了较广泛的应用和发展,取得了一些可喜的成果。

2001 年、2003 年、2005 年和 2007 年,瓦斯地质专业委员会在总结瓦斯地质研究成果的基础上,编辑出版了《瓦斯地质新进展》、《瓦斯地质研究与应用》、《瓦斯地质理论与实践》和《瓦斯地质与瓦斯防治技术进展》四部论文集,广大煤矿科技工作者和工程技术人员对此非常认同,并建议瓦斯地质专业委员会继续出版最新研究成果的论文集。

按照中国煤炭学会瓦斯地质专业委员会第四届工作会议计划,今年将召开第三届瓦斯地质专业委员会第九次全国学术年会。我们以 2008 年、2009 年全国瓦斯地质学术交流成果为基础,同时总结、梳理和吸收了近两年本专业的技术研究和应用成果论文共 40 篇,编辑出版了本论文集,涵盖了区域瓦斯地质、矿井瓦斯地质、瓦斯地质专题研究、瓦斯防治技术专题等 4 方面的最新成果和经验。希望能为进一步推动瓦斯地质专业的不断进步和完善起到积极作用,同时也可供科研、教学及煤矿工程技术人员参考。

本书由王兆丰、张子戌、张子敏任主编。河南理工大学对本书的出版给予了大力支持,在此深表谢意。

由于时间仓促,本书不足之处在所难免,敬请读者批评指正。

中国煤炭学会
瓦斯地质专业委员会
2009 年 7 月

目 录

第一部分 区域瓦斯地质

- 河南省主采煤层瓦斯赋存规律探讨…………… 陈守民,宋志敏,杨晓娜(3)
 焦作煤田煤储层物性特征评价及控气因素…………… 张小东,刘炎昊,张子戊,等(9)
 华蓥山矿区地质构造对煤层瓦斯的控制规律研究…………… 崔洪庆,王永周,汪高举(17)

第二部分 矿井瓦斯地质

- 徐庄滑动构造特征及对瓦斯分布的影响分析…………… 宋志敏,曲艳伟,刁良勋,等(29)
 鸡西矿区瓦斯地质特征及瓦斯防治技术研究…………… 庞贵振,庞贵永,庞贵智(33)
 龙山煤矿煤与瓦斯突出因素分析…………… 卢杰,温英明(38)
 沙曲矿瓦斯地质条件分析及瓦斯赋存规律研究…………… 王凌鹤,李庆源,王建忠(43)
 瓦斯地质在平煤一矿安全生产中的应用…………… 徐守仁,刘红星(49)
 茌巩煤田小里河勘探区煤层瓦斯赋存特征…………… 李元建,许军,杨敏,等(54)

第三部分 瓦斯地质专题研究

- 应用 XRD 对煤微晶结构的研究…………… 宋党育,张晓遼,苏现波,等(61)
 低煤阶煤层瓦斯富集的地质因素研究…………… 曾勇,柯妍,张鑫(67)
 构造复杂突出煤层煤巷快速消突技术分析…………… 周松元(72)
 煤层瓦斯赋存的岩层效应厚度分析…………… 王恩营,高荣斌,庞学文(76)
 潘三矿地质构造对瓦斯突出控制作用探讨…………… 袁军伟,蒋晓改(80)
 滴道盛和煤矿立井煤与瓦斯突出地质原因分析…………… 苏广福,邓相武,付汉东(84)
 贵州省织金煤矿文家坝井田南段瓦斯赋存规律浅析…………… 赵丽娟,秦勇,段宏飞(87)
 重庆三汇矿区构造应力集中区初探…………… 赵德锋,毛飞(91)
 构造煤特征及其判识技术展望…………… 江林华,张玉贵,张子敏,等(95)

第四部分 瓦斯防治技术专题

- 防止钻孔瓦斯燃烧的实验研究…………… 余明高,潘荣锷,贾海林(103)
 煤矿瓦斯地质工作初探…………… 汪高举,雷才国,崔洪庆(107)
 鹤壁六矿深部瓦斯涌出量预测…………… 陈魁奎,宁超,黄波(111)
 煤层瓦斯含量综合分析及预测…………… 殷秋朝,李丰良,张安生(117)
 天池煤矿 15 煤层瓦斯赋存规律研究…………… 李波,刘高峰(123)
 矿井瓦斯抽采是矿井安全高效的重要保障…………… 许福利(131)
 王行庄煤矿二₁、二₂ 煤层瓦斯突出危险性区域预测…………… 王松峰,王国际,田坤云(137)
 采煤工作面瓦斯涌出量动态预测模型研究及应用…………… 王兆丰,陈向军,杨宏民(143)

采掘工作面过保护层切断期间预防瓦斯突出及冒顶事故发生	
对策分析	李荣强,石德忠(149)
采煤工作面煤体瓦斯预评价及瓦斯涌出预测	张海军,刘奇(153)
低位短孔抽采上部邻近层卸压瓦斯研究与应用	李荣强,申子民,王居胜(157)
地质构造带揭煤瓦斯治理技术研究	常兴民,魏民涛,李焕祥,等(163)
高瓦斯综采工作面多元抽放综合治理瓦斯研究	许贵祥,张旭臣(167)
高压力强突出煤层石门揭煤和过煤段防突技术	王念红,刘操(172)
某矿主采煤层煤与瓦斯突出危险性预测	王秀兰,马德元(177)
突出煤层煤巷水力挤出防突技术的研究与应用	陈立伟,刘军,武贵平(184)
U+L 通风在近距离保护层工作面瓦斯治理中的应用	棘理想(189)
内错尾巷在综放工作面瓦斯治理中的应用	王冬平(193)
近距离保护层掘进瓦斯立体抽采技术研究	王德银,彭辉士,袁东升(198)
超近距离保护层开采瓦斯治理的探索	刘庆锋,谢中强(204)
漳平煤业公司文宾山煤矿瓦斯防治初探	赖金生(208)
中马村煤矿瓦斯突出预测敏感指标的研究	王国际,孙文标,田坤云(211)

第一部分

区域瓦斯地质

河南省主采煤层瓦斯赋存规律探讨

陈守民¹ 宋志敏² 杨晓娜³

(1. 河南省国土资源科学研究院 河南郑州 450053;

2. 河南工程学院 河南郑州 451191; 3. 河南理工大学 河南焦作 454000)

摘要: 依据河南省大量的煤层瓦斯资料,结合各主要煤田的实际情况,研究了影响各煤田主采煤层瓦斯赋存的主要地质因素,并进行了纵横向比较和综合分析,阐述了河南省主采煤层瓦斯赋存的基本规律,为研究该区域煤矿的安全生产和煤层气资源开发奠定了必要的基础。

关键词: 煤田;煤层瓦斯;地质因素;赋存规律

近年来,随着我国矿井采掘强度和深度的加大,矿井瓦斯问题尤其是煤与瓦斯突出问题日益严重。在我国,高瓦斯和瓦斯突出矿井占总矿井数的46%,煤矿的重大恶性事故70%~80%都与瓦斯有关。另外,煤层瓦斯(煤层气)也是一种新型的洁净能源,对促进经济社会的发展具有不可估量的作用。河南省煤炭资源丰富,目前已探明的2000 m以浅煤炭资源储量为1130亿t;煤层瓦斯资源也十分可观,初步估算资源量近1万亿m³。因此,研究河南省主采煤层瓦斯赋存规律对煤层瓦斯的预测和防治及开采都具有重要的意义。

1 河南省主采煤层地质特征

依据成煤期前的古构造和成煤期后的大地构造特征,以及含煤建造与煤变质变形的差异性,将河南板内分为三个构造区^[1],由北而南依次为太行构造区、嵩箕构造区和崤熊构造区。太行构造区在燕山晚期形成了NE、NNE向张性断裂体系,并形成了以NE、NNE向断隆和断陷相间排列的构造格局特征,以NE向的高角度正断层为主,形成NE向的地堑、地垒、掀斜断块、裂陷盆,对煤层的赋存起控制作用;嵩箕构造区由断拗断褶及伸展掀斜、剪切平移、表层滑动多期变形叠加而成,受喜山期活动影响,滑动构造对煤层赋存有一定影响;崤熊构造区以NW向规模较大的逆断层为该区构造主要特征,以褶皱—逆冲断裂为特征的构造形式对煤田的展布和赋存起到了控制作用。

河南省含煤地层有上元古界栾川群煤窑沟组、石炭系太原组、二叠系山西组、下石盒子组、上石盒子组、上三叠统谭庄组、下中侏罗统义马组等。其中石炭—二叠系为河南省主要的含煤地层。对煤层有直接侵入式影响的岩浆活动区域主要分布在崤熊构造区北缘的陕澠、宜洛、平顶山和确山煤田,以及太行构造区北部的安鹤煤田和嵩箕构造区的永夏煤田,其中永夏煤田所受影响较为突出。河南省各煤田主采煤层煤的变质程度主要受深成变质作用的影响。北部安鹤煤田,由北向南煤类由肥煤—无烟煤呈有规律的变化;中部山西组二₁煤分布区域大致为济源、焦作、荥巩至永城,以呈NW—SE向的无烟煤带为中心,煤类呈水平分带特征,向南、向北煤变质程度依次降低呈对称展布,分布方向沿NW—SE延展,由南向北变质条带宽度增大。在垂向上,各时代煤的变质程度有自上而下增高的趋势,其中平顶山煤

田表现较为明显。

2 河南省主采煤层分布

对河南省各大含煤区的主采煤层进行分析、研究,其分布情况如下:二₁煤层为省内最主要的可采煤层,也是各矿区主要可采煤层,煤厚为 1.2~37.78 m,煤质良好,层位稳定,多分布在豫北含煤区(如安鹤煤田、焦作煤田等)、豫中含煤区(如偃龙煤田、登封煤田等);二₂煤层主要分布在豫东,是永夏煤田主要可采煤层,厚度为 0~7.67 m,一般为 1.30 m;侏罗系义马组为河南省较为重要的含煤岩系,含煤 3~5 层,是义马煤田主采煤层。其他如豫东地区三₂煤层、平顶山煤田四₂和五₂煤层等为可采或局部可采煤层。

3 主采煤层瓦斯赋存规律探讨

瓦斯是在成煤过程中产生的气体,其赋存与地质因素密切相关,影响煤层瓦斯赋存的主要地质因素^[2-3]有地质构造、煤的变质程度、煤层埋深及上覆有效地层厚度、煤层厚度及其变化、围岩类型及破碎程度、地下水活动、地温等,其中构造因素是所有地质因素中最为重要而直接的控气因素。地质构造对瓦斯赋存的影响,一方面造成了瓦斯分布的不均衡,另一方面形成了有利于瓦斯赋存或有利于瓦斯排放的条件。地质构造中的断层破坏了煤层的连续性,使煤层瓦斯排放条件发生了变化,其中,开放性断层有利于瓦斯的排放,封闭性断层阻碍瓦斯的排放。褶皱的类型、封闭情况和复杂程度,对瓦斯赋存均有影响,当煤层顶板岩石透气性差且未遭构造破坏时,背斜有利于瓦斯的储存,是良好的储气构造;紧密褶皱地区往往瓦斯含量较高。

3.1 河南省各主要煤田瓦斯赋存情况分析

通过对收集到的河南省地质勘查钻孔煤层瓦斯含量和煤矿生产阶段的瓦斯资料进行评价和校正^[4-5],对已掌握的全省 12 个煤田地质勘查期间的 923 个合格钻孔煤层瓦斯样分析,利用 MapGIS 绘图软件编制了各含煤区瓦斯含量等值线图(图 1 和图 2)。

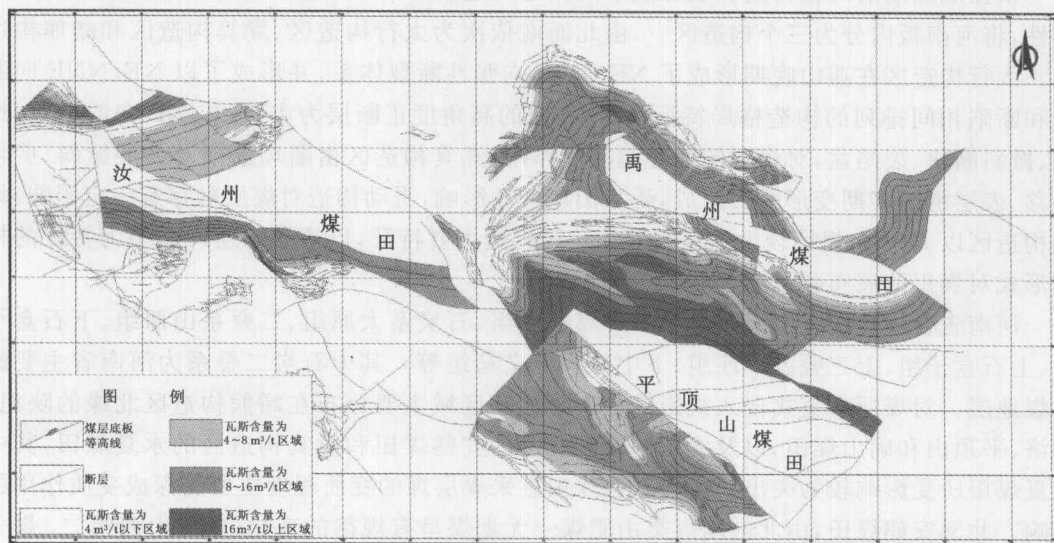


图 1 平顶山—许昌含煤区瓦斯地质图

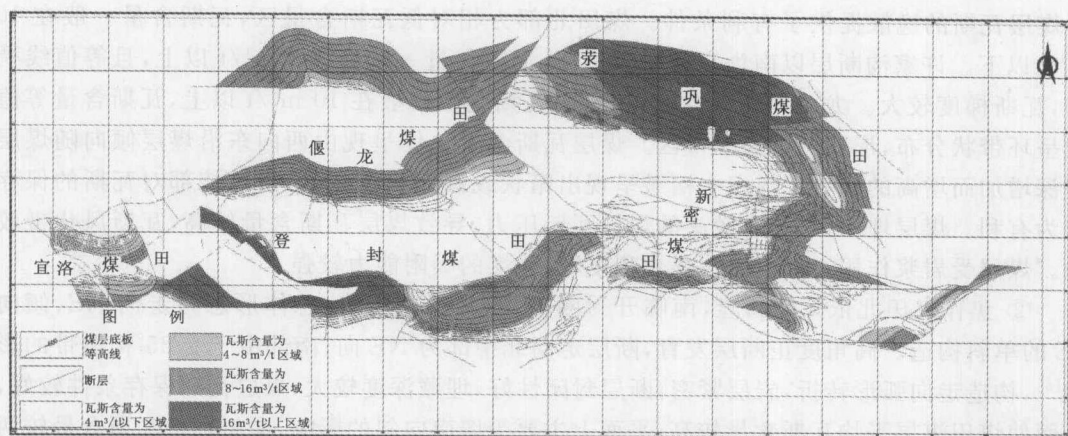


图2 偃龙—郑州含煤区瓦斯地质图

河南全省各煤田煤层瓦斯的总体分布情况如表1所示,可以看出,安鹤、焦作、荃巩3个煤田主采煤层瓦斯含量最高,平均在 $10 \text{ m}^3/\text{t}$ 以上;新安、偃龙、平顶山3个煤田主采煤层瓦斯含量中等,平均值在 $4\sim 7 \text{ m}^3/\text{t}$ 之间;陕滙、新密、登封、临汝、禹州、永夏6个煤田主采煤层瓦斯含量较低,平均值均小于 $4 \text{ m}^3/\text{t}$ 。上述只是对各煤田煤层瓦斯情况的总体评价,而对于一个煤田的不同区段,由于地质条件各异,导致其含气性的局部差异。

表1 河南全省煤田钻孔煤层瓦斯资料一览表

序号	煤田	钻孔数	最大值/(m^3/t)	平均值/(m^3/t)	埋深/m	平均埋深/m
1	安鹤	104	29.90	12.16	149.51~996.83	584.58
2	济焦	86	37.15	15.09	138.72~917.32	488.23
3	陕滙	46	3.12	0.67	29.29~941.21	625.91
4	新安	22	25.84	6.32	161.16~783.42	542.02
5	偃龙	36	14.30	4.99	113.00~666.25	370.48
6	荃巩	90	43.25	12.14	43.69~680.42	297.32
7	新密	114	15.19	2.20	80.76~1 023.39	423.03
8	登封	91	17.94	3.44	80.18~949.65	428.32
9	临汝	45	17.75	2.44	112.2~920.04	477.32
10	禹州	109	16.09	3.54	58.33~985.2	517.20
11	平顶山	83	16.79	5.81	88.5~1 206	738.38
12	永夏	97	14.41	2.56	271.14~943.47	596.14

本文主要从区域构造方面并结合瓦斯含量等值线图,研究全省各主要煤田主采煤层瓦斯的赋存情况。

(1) 太行构造区

① 安鹤煤田位于太行山断隆东侧,为地层走向近南北、倾向东、倾角 15° 的单斜构造,区内 NE、NNE 向的高角度正断层对煤田起控制作用。由于区内断层性质多为张性正断层,

为煤层瓦斯的逸散提供了有利条件。煤田北部为相对低瓦斯含量区,瓦斯含量一般在 $10 \text{ m}^3/\text{t}$ 以下。许家沟断层以南为高瓦斯含量区,瓦斯含量一般都在 $8 \text{ m}^3/\text{t}$ 以上,且等值线稠密,瓦斯梯度较大。龙山井田及龙宫勘探区,瓦斯含量一般在 $10 \text{ m}^3/\text{t}$ 以上,瓦斯含量等值线呈环带状分布,形成两个高异常区。煤层瓦斯含量总体呈现由西向东沿煤层倾向随煤层埋深增加而增高的趋势。煤田中褶皱呈现出箱状或圆弧状的特点,褶皱核部对瓦斯的保存较为有利。煤层埋深大,具有较高的煤层瓦斯压力,导致煤层瓦斯含量较高,瓦斯风化带较浅。煤层受岩浆作用,发生变质,煤化程度较高,煤的吸附能力较强。

② 焦作煤田北依太行断隆,南临开封断陷,东临汤阴断陷,总体形态为走向 NE、倾向 SE 的单斜构造。高角度正断层发育,断层走向北中部为 NE 向;南部由于受 35° 构造带的影响^[6],构造走向弧形转折,岩层紧密,断层封闭性好,埋藏深度较大,煤层瓦斯保存条件较好,从而使煤田煤层平均瓦斯含量较高,平面上主要受墙南向斜的影响,向斜轴部瓦斯含量较两翼高;北部断层为开放性正断层,煤层上覆有效地层厚度较薄,导致煤层瓦斯含量较低,为低瓦斯区。煤变质程度较高,主要为无烟煤,是本区煤层含气量较高的主要因素之一。

(2) 嵩箕构造区

① 根据钻孔资料分析,新安煤田瓦斯含量与煤层埋深呈正相关关系,煤变质程度较深,相应的煤层瓦斯含量也较大。

② 偃龙煤田区内断裂以 NW 向的走滑断层和高角度伸展断层为主,主采煤层瓦斯含量主要受地质构造控制,全区瓦斯含量较低,且大部分处于瓦斯风化带。五指岭向斜轴部受压应力影响,阻隔煤层甲烷逸散,靠近五指岭向斜轴部瓦斯含量逐渐增高。受区域岩浆热作用,煤变质程度较高,但是由于局部地段受岩浆热影响煤变质为超无烟煤,对甲烷的吸附能力骤降,且煤层埋藏较浅,使煤层大部处于瓦斯风化带。

③ 荥巩煤田煤层瓦斯含量由西向东逐渐增加。西部的大峪沟井田分布了吸附能力极低的超无烟煤,煤层基本处于瓦斯风化带,瓦斯含量一般在 $6 \text{ m}^3/\text{t}$ 以下,且瓦斯含量等值线围绕超无烟煤呈环带状展布,呈现自西而东递增的趋势。煤田中部和东部,煤层瓦斯含量随埋深增加而增加,平面上表现为自南向北沿煤层倾向瓦斯含量逐渐增大。煤变质程度较高,具有较强的吸附能力。煤层虽埋深较浅,但是由于受滑动构造的封闭作用^[7-8],瓦斯保存条件较好,造成了煤田主采煤层瓦斯含量较高。

④ 新密煤田主采煤层瓦斯含量普遍较小,且煤层瓦斯含量与煤层埋深相关性极差,主要与煤田内煤层埋藏较浅,且构造发育有关。

⑤ 登封煤田主体构造颍阳—芦店向斜在大金店以西,弧形转折外侧展布的白坪、新登、郟成井田瓦斯含量均较低,一般在 $4 \text{ m}^3/\text{t}$ 以下,因为弧形转折端的外侧属于张应力区,有利于煤层瓦斯的释放,致使煤层瓦斯含量减小。

⑥ 禹州煤田煤层埋深较大,对煤层瓦斯保存有利,但煤层瓦斯含量与煤层埋深的相关性较差;此外,煤层顶板为透气性较好的砂岩,有利于瓦斯的逸散,也是造成煤田主采煤层瓦斯含量较低的原因之一;另外,区内构造发育,破坏了瓦斯的赋存条件,也是造成瓦斯含量偏低的一个原因。

⑦ 永夏煤田位于嵩(箕)徐(淮)E—W 向隆起带上的伸展型构造区,区内煤层瓦斯总体分布受一级构造——永城背斜控制,瓦斯含量沿背斜轴部向东、西随埋深加大而增加。西翼断裂较发育,瓦斯含量小;东翼发育地堑式向斜,煤层甲烷保存条件相对较好,瓦斯含量相对

较高。由于岩浆侵入,使煤层瓦斯含量与煤层埋深的相关性变差,表现为在平面上沿煤层倾向瓦斯含量增加的规律受到干扰,局部出现异常值,引起等值线局部闭合,并造成煤层瓦斯含量普遍较低。

(3) 崤熊构造区

① 陕滢煤田为侏罗系煤层,煤变质程度是主采煤层瓦斯含量的主控因素,变质程度较低,对甲烷的吸附能力较低,相应煤层瓦斯含量也低。

② 临汝煤田基本构造形态受控于秦岭造山带,由于先期的逆冲推覆及后期的伸展作用使煤层分割为孤立断块,且断块内小构造纵横发育,瓦斯逸散严重。

③ 平顶山煤田位于华北板块南缘崤熊构造区 NW 向大型褶皱逆冲带中段前缘的陕(县)平(顶山)断陷区。平顶山矿区煤层瓦斯含量分布基本受构造控制,矿区主体构造李口向斜轴部断裂不甚发育,煤层埋深及上覆有效地层厚度较大,有利于煤层瓦斯保存。两翼处于轴向正断层发育地带,煤层埋藏相对较浅,煤层瓦斯易于逸散。锅底山断层为封闭式的正断层,对于向斜轴部煤层瓦斯向浅部的逸散有阻隔作用。上述控气构造,导致山西组₂煤层瓦斯含量在向斜轴部较高,向两翼方向逐渐降低,翼部的次级褶皱导致瓦斯含量向轴部增大的总趋势产生局部波动。

3.2 河南省主要煤田瓦斯赋存规律总结

根据对影响瓦斯赋存规律的地质因素分析,从全省角度分析总结各主要煤田的瓦斯地质特征,进行横向分析对比,找出其间的差异和联系,进而形成各构造分区煤层瓦斯赋存规律的总体性认识。

通过各煤田瓦斯地质特征的分析比较,得出以下结论:河南省煤层瓦斯含量在纬向上由北而南呈递减的总趋势,这主要受控于秦岭造山带及北纬 35° 高温低压变质带,由于 35° 构造带的次强烈活动,使该带南北沉积环境及赋煤特点存在明显差异,为河南板内主采煤层瓦斯赋存的差异性奠定了基础。焦作、安鹤煤田瓦斯地质条件相似,煤变质程度高,煤层埋藏较深,构造形迹相对较简单,煤层瓦斯保存条件相对较好,为高瓦斯含量区,其中焦作煤田南部小区由于受挤压形成墙南向斜,煤层瓦斯保存较好,致使焦作煤田主采煤层瓦斯含量平均值高于安鹤煤田;新安、偃龙、荥巩煤田煤变质程度较高,为中、高瓦斯含量区,其中荥巩煤田煤层瓦斯受重力滑动构造的封闭作用,致使瓦斯含量高于其他两煤田;新密、登封、临汝、禹州煤田煤变质程度相对较低,且由于受秦岭造山带的影响,在先期逆冲推覆构造的基础上,叠加了后期的伸展构造,构造形迹复杂,煤层瓦斯保存条件较差,为低瓦斯含量区。

4 结语

瓦斯的赋存受地质条件的控制,影响河南省主采煤层瓦斯赋存的地质因素主要有以下几个方面。

① 地质构造——河南省受秦岭—大别构造带和郯庐断裂带两大构造的制约和影响,地质条件复杂,断层和褶皱对瓦斯含量分布有着重要的影响。

② 煤的变质程度——省内主要含煤地层受燕山期和喜山期两期岩浆活动的影响,发生区域变质和接触变质,煤的变质程度较高,对瓦斯吸附能力增强,瓦斯含量相对较高。

③ 埋深——本省煤田煤层瓦斯含量一般来说与埋深呈正相关关系,随埋深的增加,瓦斯压力增大,瓦斯含量增高。

另外,影响瓦斯赋存的地质因素还有上覆地层有效厚度和顶板岩性等,对瓦斯赋存规律

的影响是上述地质因素综合作用的结果。由于河南省复杂的地质环境,今后还需要对主采煤层瓦斯赋存规律做进一步探讨。

参 考 文 献

- [1] 河南煤田地质公司. 河南省晚古生代聚煤规律[M]. 武汉:中国地质大学出版社, 1991.
- [2] 付永乾, 支光辉, 刘文杰. 地质因素对瓦斯赋存及分布的影响[J]. 安全生产与监督, 2007, (1): 30-31.
- [3] 吴观茂, 吴文金, 黄明, 等. 影响煤层瓦斯赋存规律的多地质因素回归分析研究[J]. 煤炭工程, 2007, (11): 79-82.
- [4] 王兆丰, 刘军. 方庄煤矿二₁煤瓦斯赋存规律探讨[J]. 煤炭工程, 2005, (3): 53-55.
- [5] 辽宁省煤炭研究所第一研究室. 直接测定煤层瓦斯含量方法可靠性的估价[J]. 煤矿安全, 1974, 5(5): 24-33.
- [6] 谢洪波, 赵鹏举, 申江, 等. 河南板内 35°构造带的主要特征[J]. 煤田地质与勘探, 2003, 31, (3): 11-13.
- [7] 廉有轩. 论豫西滑动构造的次序及特征[J]. 中州煤炭, 2003, (3): 18-19.
- [8] 王志荣, 郎东升, 刘士军, 等. 豫西芦店滑动构造区瓦斯地质灾害的构造控制作用[J]. 煤炭学报, 2006, 31(5): 553-557.

作者简介:

陈守民(1958~),男,高级工程师,学士。E-mail: smc888858@126.com

焦作煤田煤储层物性特征评价及控气因素

张小东 刘炎昊 张子戌 王利丽 刘浩

(河南理工大学资源环境学院 河南焦作 454000)

摘要: 本文以焦作煤田为研究区,借助于以往资料和本次实验测试结果,研究了主要可采煤层二₁煤储层的煤层结构、煤岩及煤质、孔裂隙性、渗透性、吸附性等物性特征及分布规律,并采用定性与定量相结合的方式,对煤层含气性的变化规律及控制因素进行了探讨。研究表明:焦作煤田二₁煤微孔含量最高,其次是过流孔,而大中孔含量小得多,具有很强的吸附能力和较强的扩散能力,但渗流或层流能力很弱;煤层渗透率较低,且随埋深的增加而减小,但地质构造对煤层渗透性具有一定的影响,且区内煤层压裂处理后渗透性可明显改善;煤层顶底板岩性为煤层气体提供了良好的保存条件;有效埋深、断裂构造对本区煤层含气性具有重要的控制作用,随着有效埋深的增加,含气量先是急剧增大,到了一定阶段后,增大趋势变慢,二者之间具有对数正相关关系。

关键词: 焦作煤田;煤层气;储层物性;含气性;影响因素

焦作煤田地处焦作市东北部,东西长 60 km,南北宽 15 km,含煤面积为 970 km²,是我国优质无烟煤的产地之一,累计探明煤炭资源储量为 44.7 亿 t,保有煤炭资源储量为 26.38 亿 t。煤层气资源蕴藏丰富,据最新的《河南省焦作煤田煤层气资源潜力调查报告》显示,本区在 2 000 m 以浅,风化带以深,含气量为 8 m³/t 以上的可采煤层的煤层气资源量为 1 583.82 亿 m³,资源丰度为 1.27 亿 m³/km²[1],具有良好的开发前景。焦作煤田也是我国煤与瓦斯突出严重的煤田之一,现有 13 对矿井,其中先后有 11 对矿井发生过煤与瓦斯突出,自 1955 年以来共发生较大煤与瓦斯突出 276 次,随着开采深度的增加,煤与瓦斯突出危险性有增大的趋势。

本文通过对煤田的地质构造及煤储层物性特征分析,系统探讨区内煤层含气性变化规律及其主控因素,旨在为本区的煤层气勘探开发和瓦斯防治提供依据。

1 区域构造与地层

焦作煤田位于华北晚古生代聚煤盆地的南部,处于华北板块板内太行构造区太行断隆的南段[2-3],区内地层由老到新有太古宇、中元古界蓟县系、下古生界寒武系和奥陶系、上古生界石炭系和二叠系、中生界三叠系、新生界新近系和第四系。地层总体为一走向 NE—NNE、倾向 SE 的单斜构造,地层倾角为 5°~20°。

区内广泛发育燕山运动以来所生成的各种构造形迹,构造相对复杂,主要以断裂构造为主,褶皱构造表现微弱。断裂构造主要为高角度的正断层,整个煤田以近 EW 向的凤凰岭断层为界分为两个构造带:以南为纬向构造带,构造形迹以轴向近 EW 的褶曲和走向近 EW

的断裂为主;以北为新华夏系构造带,构造形迹以走向 NE 的断裂为主,另有 NW 向断裂和罕见的 NNE 断裂。

2 煤层及煤储层特征

2.1 煤层及围岩

全区共有含煤地层 15 层,煤层平均总厚约 16 m,可采煤层总厚约 9 m,主要可采煤层为山西组二₁ 煤和太原组一₂ 煤层。其中二₁ 煤层全区稳定可采,煤厚为 0~19.64 m,平均为 5.36 m,煤层结构较简单,局部分岔;一₂ 煤层属大部可采的薄—中厚煤层,煤厚为 0~5.14 m,平均为 1.34 m。

根据煤体破坏类型划分,本区煤体结构纵向呈规律性的变化。九里山断层以南的可分为三层:上部一层为厚 0.3~1.0 m 的松软煤层带,中部为厚 3.0~4.5 m 的破坏程度微弱的块状煤带,接近煤层底板发育厚一层 0.25~1.5 m 的夹小块状的松软煤层带;九里山断层以北、北碑断层以东多为粉状,次为碎粒、块状的煤层;九里山断层以北、北碑断层以西以及煤田西部的各井田煤层顶部普遍发育一层为 0.5~2 m 的松软煤层,下部为块状煤层带。煤田东北部的赵固勘探区的煤层多为单一的块状煤带,夹少量粒状煤。

2.2 煤岩及煤质

焦作煤田煤种较为单一,均为高变质程度的无烟煤。其中,二₁ 煤为灰黑—黑色,似金属光泽,以贝壳状断口为主,节理劈理发育,可选性好。煤的宏观岩石学特征以亮煤为主,暗煤次之,夹丝炭和镜煤透镜体或线理状镜煤,煤岩类型以光亮型—半亮型煤为主;显微煤岩成分中有机组含量高,一般大于 86%,且绝大多数为镜质组,占总组成的 80% 以上。镜质组反射率(R_o)为 3.16%~4.70%,为低灰、低硫、高发热量的无烟煤。

一₂ 煤总体与二₁ 煤相似,个别性质稍有差异,但以煤中硫份含量高而显著区别于二₁ 煤。

2.3 孔、裂隙性

煤是具有基质孔隙和裂隙组成的双重孔隙介质。基质孔隙和裂隙的大小、形态、孔隙度、渗透率和连通性决定着煤层气的储集、运移和产出,从而制约了煤层气的渗流和煤层气的产能^[4-5]。

研究区不同井田煤层裂隙发育不均,煤层渗透性差异较大。井下煤层观察发现,煤中存在着大小不等的裂隙,既有穿过整个煤层甚至插入顶底板的大裂隙以及切穿煤层夹矸而终止于煤层顶底板的较大裂隙,也有中止于煤层夹矸仅在煤分层分布的小裂隙以及仅发育于镜煤条带中的微裂隙。裂隙走向主要有 NNW、NE、NNW、NNE 或近于 SN 向(图 1),多为倾角大于 50° 的高角度裂隙,往往两组裂隙共存,其中大裂隙切割小裂隙,同组裂隙成雁型排列,间隔为 0.2~7 cm。局部如古汉山井田煤层出现三组裂隙。

手标本和显微镜下观测发现:二₁ 煤层割理不甚发育,仅在镜煤条带中存在,局部被高岭石或方解石充填或半充填。即使在同一井田,不同地段次生裂隙分布也不同,反映了矿区不同地段煤层裂隙发育的不均一性和渗透性的差异。显微裂隙走向主要为 NE 向、近 EW 向和 NEE 向,与区域断裂构造以及宏观裂隙走向大致相同(图 1,图 2)。

本区二₁ 煤的孔隙率一般为 7%~12%,煤田由东到西、由浅部至深部,煤的孔隙度有增大的趋势。

本次研究中,对不同井田的 24 个煤样采用压汞法进行了孔隙测试(表 1)。二₁ 煤内微

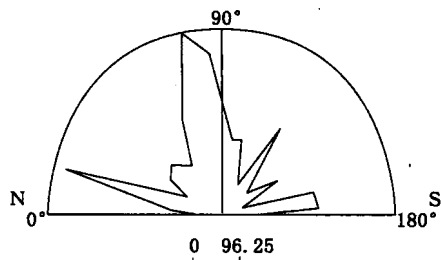


图1 九里山井田二₁煤层显微裂隙走向玫瑰花图

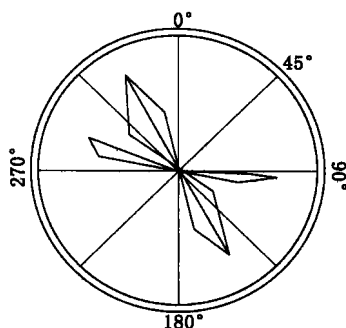


图2 冯营井田二₁煤层宏观裂隙倾向玫瑰花图

孔(10~7.2 nm)比表面积最大,平均为 38 624 cm²/g,其次为过渡孔(100~10 nm),平均为 28 972 cm²/g,大中孔孔径范围尽管分布最宽,但其比表面积要小得多,平均为 1 617 cm²/g;而大中孔、过渡孔孔容基本相当,统计平均值分别为 284.6×10⁻⁴ cm³/g、154.2×10⁻⁴ cm³/g,微孔孔容最小,平均为 82.9×10⁻⁴ cm³/g。各孔径段的孔隙的孔比表面积差比孔容差显著得多,一定程度上反映了二₁煤层中微孔含量最高,其次是过渡孔,两者要远大于大中孔含量。

煤吸附研究表明,一般微孔(<10 nm)构成煤的吸附空间;过渡孔(100~10 nm)构成煤层毛细凝结和扩散区域;中大孔(>100 nm)构成渗流和层流区域。由此可见,焦作煤田二₁煤的吸附能力很强,并且具有较强的扩散能力,但渗流或层流能力很弱。

表 1 焦作煤田二₁煤的孔隙结构参数

项 目		大中孔 (10 000~100 nm)	过渡孔 (100~10 nm)	微 孔 (10~7.2 nm)	合 计
比 表 面 积	cm ² /g	31~11 307	12 370~47 146	16 567~61 745	29 674~90 425
	平均	1 617	28 972	38 624	69 213
	比例/%	0.02~12.50	29.93~47.38	35.35~69.72	
	平均/%	2.27	41.98	55.75	
孔 容	10 ⁻⁴ cm ³ /g	22~2400	45~128	36~128	249~2 671
	平均	284.6	154.2	82.9	521.79
	比例/%	8.4~89.85	7.4~49.22	2.7~41.23	
	平均/%	39.1	37.9	23	

2.4 渗透性

煤层渗透率是煤储层物性特征评价的关键参数,直接影响着煤层气的产出速率和煤层气井的产气历程。煤层渗透率直接受控于煤层中天然裂隙网络的发育程度和开合程度。发育程度又受控于构造演化历史和煤化作用程度,开合程度受现代构造应力场和煤储层压力的综合影响。煤层渗透率测试有多种方法,如实验室测定、地球物理测井曲线换算、煤层透气性系数换算、试井测定和储层数值模拟。不同方法由于测试的原理、方法以及计算点位或