

# 中国煤层气赋存特点与勘探方向

翟光明(中国工程院院士) 何文渊

中国石油天然气集团公司咨询中心

翟光明等. 中国煤层气赋存特点与勘探方向. 天然气工业, 2010, 30(11): 1-3.

**摘 要** 中国煤层气资源十分丰富, 特点表现为含煤盆地多、含煤层系多、煤种全、煤层气藏类型多。埋藏深度浅于 1 000 m 的资源量达  $14.27 \times 10^{12} \text{ m}^3$ , 是目前煤层气开发的主要对象。当前国家配套扶持政策基本到位, 是我国发展煤层气的重要机遇期。加快煤层气发展, 首先要认识其赋存特点, 选准富集区, 探好目标区。近年来的研究成果表明, 中国煤层气主要富集在 5 类地区: 区域含煤区构造高点、直接盖层稳定分布的上斜坡区、凹中隆构造的火山岩活动区、浅层封闭条件好的低煤阶与厚煤层发育区、断裂活动次生割理发育区。目前, 我国尚处于煤层气开发的初期, 勘探开发前景广阔。通过对不同煤阶具体指标的分析并结合上述 5 类富集区的特点, 提出了 I 类目标区 6 个、II 类目标区 5 个、III 类目标区 7 个。其中沁水盆地南部晋城地区、鄂尔多斯盆地东南部吉县—韩城地区、准噶尔盆地东南部昌吉—大井地区是近期 3 个千亿立方米煤层气储量规模的有利区; II 类和 III 类目标区将成为中国煤层气中长期发展的重要领域。

**关键词** 中国 煤层气 富集区 勘探开发 目标区 赋存特点 资源量

DOI: 10.3787/j.issn.1000-0976.2010.11.001

煤层气是煤层中吸附的甲烷和少量的其他气体。我国煤层气勘探和开采试验始于 20 世纪 90 年代, 经过近 20 年的探索, 已在煤层气资源评价、地质理论和勘探技术等方面取得了丰硕的成果, 初步储备了煤层气开采的工艺技术, 特别是实用的浅层空气钻井技术和先进的定向羽状水平井技术, 大大提高了煤层气勘探开发效益。

截至 2009 年底, 全国探明煤层气地质储量为  $1\,852.4 \times 10^8 \text{ m}^3$ , 其中沁水盆地南部为  $1\,317 \times 10^8 \text{ m}^3$ , 占总量的 67%。全国地面开采共钻煤层气井 3 600 余口, 投产 1 682 口, 其中水平井 100 余口, 已建成产能  $25 \times 10^8 \text{ m}^3$ , 年产气量为  $10 \times 10^8 \text{ m}^3$ 。开发主要集中在沁水盆地南部和鄂尔多斯盆地东部<sup>[1]</sup>。另外, 井下抽采已达  $61.7 \times 10^8 \text{ m}^3$ , 但利用量仅  $17.7 \times 10^8 \text{ m}^3$ , 利用率为 28.7%。当前国家的配套扶持政策基本到位<sup>[2]</sup>, 是发展煤层气的重要机遇期。加快煤层气发展, 首先要认识其赋存特点, 选准富集区, 探好目标区。

## 1 中国煤层气赋存的特点

据国土资源部 2006 年全国油气资源评价成果, 45

个主要含气盆地埋深浅于 2 000 m 的煤层气资源量约为  $36.8 \times 10^{12} \text{ m}^3$ , 其中可采资源量为  $10.9 \times 10^{12} \text{ m}^3$ , 沁水、鄂尔多斯等 8 个主要盆地每个盆地的煤层气资源量均大于  $1 \times 10^{12} \text{ m}^3$ , 资源量共约  $26 \times 10^{12} \text{ m}^3$ , 占全国总量的 70%, 主要位于我国中西部地区。埋藏深度浅于 1 000 m 的资源量达  $14.27 \times 10^{12} \text{ m}^3$ , 是目前煤层气开发的主要对象。

煤层的含气性通常用吨煤含气量、吸附饱和度、甲烷浓度和资源丰度等 4 个要素来衡量: ①含气量是吨煤所具有的气体量, 它是煤层气资源量的决定要素; ②资源丰度是煤层含气量与煤层厚度的综合反映; ③吸附饱和度是与煤层气可采性有关的一个含气性要素; ④甲烷浓度是评价含气质量的主要标准<sup>[3]</sup>。

从地域分布分析, 煤层平均含气量以华南聚气区为最高, 其次为东北聚气区和华北聚气区, 西北聚气区最低; 各区的甲烷浓度较为接近, 由高到低依次为华南、华北、西北和东北聚气区; 各聚气区的平均资源丰度相差比较悬殊, 西北聚气区显著高于其他地区, 其次为东北聚气区, 华北略低于东北, 华南最低; 平均吸附

**作者简介:** 翟光明, 1926 年生, 中国工程院院士, 石油地质学家; 1950 年毕业于北京大学地质系, 历任原石油工业部地质勘探司总地质师、司长, 中国石油天然气总公司石油勘探开发研究院院长, 第十五届世界石油大会秘书长, 全国油气资源评价首席科学家等职; 担任本刊第六届编委会顾问。地址: (100724) 北京市六铺炕。E-mail: zhaigm@cae.cn

饱和度以东北聚气区为最高,华南次之,再为华北,西北最低(表 1)。

表 1 全国聚气区煤层平均含气性统计结果表

含气性要素	聚 气 区			
	华北	华南	东北	西北
含气量/ $\text{m}^3 \cdot \text{t}^{-1}$	9.34	13.40	9.10	6.00
资源丰度/ $10^8 \text{ m}^3 \cdot \text{km}^{-2}$	1.24	0.95	1.63	3.19
甲烷浓度	91%	92%	90%	90%
吸附饱和度	42%	52%	53%	30%

从含气层系分析,石炭—二叠系、上二叠统、中一下侏罗统含气性数据较多,具有较好的代表性;其他时代则相对较差。综合分析结果认为,北方主要盆地的石炭—二叠系含气性较好,是主要盆地最重要的含气层系。

对深度分布的研究结果表明,控制煤层含气量的主要因素是煤岩组分、上覆地层的有效厚度、煤级和断裂等。其中前 3 个因素制约作用普遍,是区域性的控制因素;断裂等构造因素在较小范围内作用显著。在一定的地区内,处于埋深较小的瓦斯风化带内,煤层含气量与埋深的关系密切。深部煤层含气量与煤阶有着密切的关系,而与深度关系则不明显。

按煤阶分布情况分析,高煤阶贫—无烟煤Ⅲ类煤( $R_o = 1.9\% \sim 2.5\%$ )资源量为  $7.8 \times 10^{12} \text{ m}^3$ ;占 21.1%;中煤阶气—瘦煤( $R_o = 0.7\% \sim 1.996\%$ )资源量为  $14.3 \times 10^{12} \text{ m}^3$ ,占 38.9%;低煤阶—长焰煤( $R_o < 0.7\%$ )资源量为  $14.7 \times 10^{12} \text{ m}^3$ ,占 40%。

含气量大于  $6 \text{ m}^3/\text{t}$  是煤矿瓦斯爆炸的引发点,以含气量  $6 \text{ m}^3/\text{t}$  作为界限,大于  $6 \text{ m}^3/\text{t}$  的煤层气资源量约为  $19.76 \times 10^{12} \text{ m}^3$ ,占全国煤层气资源量的 54%,其煤炭资源量为  $1.62 \times 10^{12} \text{ t}$ ,仅占 29%。如果以含气量大于  $6 \text{ m}^3/\text{t}$  作为实施“先采气,后采煤”的界线,既不影响“十一五”煤炭产量,又可遏制瓦斯灾害(表 2)。

表 2 全国煤炭、煤层气资源量分布表

大区	含气量小于 $6 \text{ m}^3/\text{t}$		含气量大于 $6 \text{ m}^3/\text{t}$	
	煤炭资源 量/ $10^8 \text{ t}$	煤层气资源 量/ $10^8 \text{ m}^3$	煤炭资源 量/ $10^8 \text{ t}$	煤层气资源 量/ $10^8 \text{ m}^3$
东部区	8 843	37 530	2 519	26 733
中部区	9 656	47 364	8 016	108 446
西部区	19 395	79 502	3 818	29 413
南方区	1 647	6 146	1 803	32 962
合计	39 541	170 542	16 156	197 554

## 2 中国煤层气的主要聚集类型

从当前已经开展工作的煤层气区煤层气分布特点看,主要有以下 5 种聚集类型:

1) 区域含煤区构造高点是高产富集有利部位。处于盆地后期构造抬升部位,次生割理发育,渗透性好,煤层埋藏相对较浅,压实作用较弱;在上覆有利盖层条件下,滞水环境中煤层割理裂隙尚未矿化,煤层气藏未被水打开;两翼是烃类供给的指向区,易形成高渗透率、高含气量、高饱和度的高产富集区。

2) 直接盖层稳定分布的上斜坡煤层气高产条件优越。煤层后期埋藏浅,抬升幅度大,次生割理发育,压实作用弱,渗透性好,发育区域分布稳定的直接盖层,处于滞水封闭环境,煤层割理尚未被方解石等矿化充填,甲烷风化带宽度窄,处于承压水封闭状态;下倾部位有充足的烃类补给,具备形成高渗透率、高含气量、高饱和度的有利条件,如沁水盆地南部、宁武盆地南部。

3) 封闭条件好的浅层,低煤阶、厚煤层有利于煤层气富集。尽管煤层煤阶低,生气量和含气量低,但巨厚煤层弥补了低含气特点,只要有好的盖层条件,阻止上覆水沿煤层割理形成动力流,上倾部位压实作用减小,煤层吸附饱和度高,可形成高渗透率、高饱和度气藏。盆地陡坡中浅部煤层埋深适中,位于煤层气运移指向区,吸附饱和度较高,煤层渗透性较好。另外,经构造抬升,煤层埋藏适中的向斜区,也是煤层气高产富集的有利部位,如二连盆地霍林河地区。

4) 断裂活动次生割理发育区是煤层气聚集有利场所。尽管煤层埋藏深,但在局部构造高部位断层活动使得煤层次生割理发育,渗透性好,存在高渗透带,游离气与吸附气并存,如准噶尔盆地五彩湾地区。

5) 凹中隆构造的火山岩活动区有利于煤层气高产。区域火山岩侵入煤层,加剧了煤层的生气作用;火山岩墙又起到了有利的遮挡作用。后期火山岩体冷却,导致煤体收缩,有利于次生割理形成,渗透性变好;火山岩直接接触带多变成天然焦,不利于煤层气富集;在有利的直接盖层条件下,甚至后期构造抬升,煤层变浅,形成高产富集有利区块,如辽宁阜新盆地刘家区块。

此外,也不能忽视煤层气解析形成的游离气运移到煤系地层其他沉积岩中(如砂岩、碳酸盐岩等)形成的天然气聚集。勘探过程中,注意兼探。

## 3 煤层气重点有利勘探目标区

在总结煤层气富集规律及含气特点的基础上,首先建立了一套不同煤阶选区评价技术指标体系(表 3)。

表 3 煤层气选区评价技术指标体系表

评 级	有 利	较有利	不 利
资源丰度/ $10^8\text{ m}^3\cdot\text{km}^{-2}$	$>1.5$	$0.5\sim1.5$	$<0.5$
煤层单层厚度/m	低煤阶( $R_o<0.7\%$ )	$>10$	$5\sim10$
	中高煤阶( $R_o>0.7\%$ )	$>5$	$1.5\sim5$
含气量/ $\text{m}^3\cdot\text{t}^{-1}$	低煤阶( $R_o<0.7\%$ )	$>4$	$2\sim4$
	中高煤阶( $R_o>0.7\%$ )	$>8$	$5\sim8$
吸附饱和度	$>70\%$	$50\%\sim70\%$	$<50\%$
地解比(临界解吸压力与原始地层压力的比值)	$>0.5$	$0.2\sim0.5$	$<0.2$
原始渗透率/mD	低煤阶( $R_o<0.7\%$ )	$>1$	$0.5\sim1$
	中高煤阶( $R_o>0.7\%$ )	$>0.5$	$0.1\sim0.5$
有效应力/MPa	$<15$	$15\sim25$	$>25$
埋深/m	$<1\ 000$	$1\ 000\sim1\ 500$	$>1\ 500$
构造发育情况	构造简单、煤体结构保持完整或轻度破坏、处于构造斜坡带	少量断层、煤体结构中度破坏、处于构造斜坡带	断层发育、煤体结构严重破坏
水文地质条件	低煤阶( $R_o<0.7\%$ )	低矿化度、水动力弱径流	中低矿化度、水动力弱径流—径流
	中高煤阶( $R_o>0.7\%$ )	高矿化度、水动力弱径流—滞留,简单易降压	高矿化度或水动力径流
		中低矿化度、水动力弱径流—径流,排水量较大	低矿化度、水动力径流,水动力复杂,排水量大

通过对不同煤阶具体指标的分析,根据 5 类富集区的特点,在全国共优选出 18 个有利目标区:分别是晋城、吉县—韩城、神木、横山堡、宁武南、盘关、格目底、萍乐、昌吉、大井、乌尔禾、乌审旗、三江—穆棱河、霍林河、伊敏等。其中Ⅰ类目标 6 个,Ⅱ类 5 个,Ⅲ类 7 个,总面积  $5.47\times10^8\text{ km}^2$ ,煤层气资源量  $6.48\times10^{12}\text{ m}^3$ ,这些地区将是下一步煤层气的有利勘探方向。其中Ⅰ类区块资源量为  $3.63\times10^{12}\text{ m}^3$ ,资源量大,分布在沁水、鄂尔多斯、准噶尔和宁武盆地,煤层气地质条件较好,是煤层气近中期储量和产量的现实目标区;Ⅱ类和Ⅲ类区块共有资源量  $2.87\times10^{12}\text{ m}^3$ ,分布在吐哈盆地、三塘湖盆地、二连盆地、滇东黔西地区和萍乐盆地,具备中远期储量增长潜力,是储量后备接替区块。其中沁水盆地南部晋城地区、鄂尔多斯盆地东南部吉县—韩城地区、准噶尔盆地东南部昌吉—大井地区是近期 3 个千亿立方米煤层气储量规模有利区。

4 结论

我国煤层气资源十分丰富,其特点表现为含煤盆

地多、含煤层系多、煤种全、煤层气藏类型多。由于中国含煤盆地类型和聚煤环境差异大,后期构造运动改造强烈,使我国十分丰富的煤层气资源蕴藏在非常复杂的地质环境中。主要有 5 种类型的煤层气富集:区域含煤区构造高点、直接盖层稳定分布的上斜坡区、凹中隆构造的火山岩活动区、浅层封闭条件好的低煤阶与厚煤层发育区、断裂活动次生割理发育区。目前,我国尚处于煤层气开发的初期,勘探开发前景广阔。通过分析提出的 18 个有利目标区将成为我国未来煤层气展开工作的主战场。

参 考 文 献

[1] 胡文瑞,翟光明,李景明. 中国非常规油气的潜力和发展[J]. 中国工程科学,2010,12(5):25-29.  
[2] 赵庆波,田文广. 中国煤层气勘探开发成果与认识[J]. 天然气工业,2008,28(3):16-18.  
[3] 李五忠,田文广,陈刚,等. 不同煤阶煤层气选区评价参数的研究与应用[J]. 天然气工业,2010,30(6):45-47.

(收稿日期 2010-11-02 编辑 赵 勤)