

# 东北地区煤层气勘探开发现状与前景展望

姜文利<sup>1,2</sup>

(1.中国地质大学(北京)能源学院,海相储层演化与油气富集机理教育部重点实验室,北京100083;2.国土资源部油气资源战略研究中心,北京100034)

摘要:煤层气作为常规天然气的补充能源,在改善我国能源结构,防止煤矿瓦斯事故,保护环境等方面有着重要的战略意义。东北赋煤区煤层以下白垩

统煤层为主,煤层气资源量约为50000亿m<sup>3</sup>

。煤层气资源主要集中在二连盆地、海拉尔盆地及三江2穆棱河地区,取得显著勘探开发成果的地区是辽宁省阜新和沈北等矿区。我国首先获得工业产能并向用户供气的地区,为我国的煤层气产业发展提供了很好的示范作用。针对该区含煤盆地储层特征,开发探索其相适应的工程技术体系将有利的推动我国煤层气产业发展。

东北地区地理范围包括黑龙江、吉林、辽宁以及内蒙东部。该区北、东、西部以国境线为界,南部以兴蒙褶皱系东段为界,地理位置大致相当于乌拉特后旗2赤城2承德2绥中一线。该聚气区以大兴安岭为界可分为两部分。该区煤层气以低煤阶为主。

## 1区域地质概况

东北赋煤区煤层以下白垩统煤层为主。大兴安岭以西的内蒙地区分布着规模不等的聚煤盆地40余个,平均可采煤层总厚达60余m,常有巨厚煤层发育,但侧向不甚稳定且结构复杂。大兴安岭以东的东北地区,各聚煤盆地煤层层数增多,煤层总厚明显减少,含煤6~20层,可采煤层总厚在20m左右。

东北第三纪聚煤盆地规模相对较小,多沿深大断裂带呈串珠状展布,如沿密山-抚顺断裂带分布的虎林、平阳镇、敦化、桦甸、梅河、清源、抚顺、永乐等盆地,沿依兰-伊通断裂带分布的宝泉岭、依兰、五常、舒兰、伊通、沈北等盆地,含煤性较好,常有巨厚煤层赋存,在抚顺、沈北等盆地煤层最后可达90m。

煤级和含气性特征。东北聚煤区以大兴安岭为界,东、西部下白垩统煤级特征有所不同,区域上有自西向东煤级增高的趋势。东端的三江-穆棱河地区煤级最高,普遍达中美级的气煤、肥煤和焦煤;大兴安岭西侧内蒙东部地区煤级最低,普遍为低煤级的褐煤;在二者之间的松辽一带,下白垩统煤以低煤级的长烟煤为主。在岩浆热变质作用下,局部地段下白垩统的煤级出现增高。第三系煤多为褐煤。

东北地区煤层含气性相对稳定,煤层含气量变化范围为5~18m<sup>3</sup>/t,平均为9m<sup>3</sup>

/t;

甲烷浓度

小于94%,平均为

90%;理论含气饱和度介于27%~79%之间,平均为53%;资源丰度为0.5亿~7亿m<sup>3</sup>/km<sup>2</sup>,平均为1.6亿m<sup>3</sup>/km<sup>2</sup>。

## 2资源分布情况

东北地区的煤层气资源量约为50000亿m<sup>3</sup>。东北地区的煤层气资源主要集中在二连盆地、海拉尔盆地及三江-穆棱河地区(表1)。

表1 东北地区含气盆地煤层气资源分布表(据新一轮煤层气资源评价, 2006年)

名称	煤炭资源量 (×10 <sup>8</sup> t)	评价面积 (km <sup>2</sup> )	地质资源量 (×10 <sup>8</sup> m <sup>3</sup> )	资源丰度 (×10 <sup>8</sup> m <sup>3</sup> /km <sup>2</sup> )
二连	6819.69	34853.62	25816.62	0.74
海拉尔	4611.24	12986.09	15957.84	1.23
三江-穆棱河	273.15	2565.03	3103.38	1.21
浑江-红阳	63.10	1196.31	1186.44	0.99
辽西	21.04	155.52	162.19	1.04
敦化-抚顺	24.06	198.22	109.77	0.55
伊兰-伊通	5.56	54.46	52.51	0.96
松辽	5.65	601.00	39.34	0.07
蛟河-辽源	3.30	262.47	29.21	0.11
延边	10.22	135.63	29.12	0.21
大兴安岭	0.37	9.66	0.75	0.08

#### 海拉尔盆地。

海拉尔含气盆地群风化带至煤层

埋深2000m以浅区煤层气地质资源量为 $15957.84 \times 10^8 \text{m}^3$ ，资源丰度为 $1.23 \times 10^8 \text{m}^3/\text{km}^2$ 。1500m以浅可采资源量为 $4503.79 \times 10^8 \text{m}^3$ 。

海拉尔盆地群白垩系上统伊敏组、大磨拐河组和南屯组属陆相含煤地层，在海拉尔盆地群各断陷内均有分布，煤层厚度较大，为煤层气的形成奠定了物质基础。

#### 二连盆地。二连含

气盆地群风化带至煤层埋深2000m以浅区煤

层气地质资源量为 $25816.63 \times 10^8 \text{m}^3$ ，资源丰度为 $0.74 \times 10^8 \text{m}^3/\text{km}^2$ ，可采资源量为 $21026.38 \times 10^8 \text{m}^3$ 。

中下侏罗统阿拉坦合力组自下而上，分为下部含煤组、中部杂色岩组和上部含煤组。下白垩统巴彦花群自下而上分为泥岩段、砾岩段和含煤段。

三江-穆棱河高瓦斯带包括鸡西、双桦、双鸭山、七台河、鹤岗、绥滨、集贤等矿区，其中鸡西矿区和鹤岗矿区高瓦斯矿井和煤与瓦斯突出矿井更为集中。

鸡西矿区。赋煤构造由北部的鸡东拗陷和南部的穆棱拗陷组成；含煤地层为下白垩统城子河组和穆棱组，煤层层数多达60余层，煤层累厚5~20m，以薄煤层为主，中厚煤层次之，煤层间距大，稳定性较差。煤级主要为气煤、长焰煤和焦煤。煤层气资源量合计 $80.25 \times 10^8 \text{m}^3$ ，可采煤层气资源量合计 $15.81 \times 10^8 \text{m}^3$ 。

赋煤构造(鹤岗盆地)为一近南北向延伸、向东倾斜的长形箕状单斜构造；主要含煤地层为下白垩统鹤岗群石头河子组，共含煤40余层，其中含可采和局部可采36层，可采煤层累厚50~80m，多为中厚和厚煤层，个别为特厚煤层，煤层厚度变化大。煤级主要为气煤、肥煤。煤层气资源量合计 $83.35 \times 10^8 \text{m}^3$ ，可采煤层气资源量合计 $21.69 \times 10^8 \text{m}^3$ 。

### 3典型矿区勘探开发现状

辽宁省是我国开展煤层气开发利用的较早的省份之一，1952年，抚顺矿务局利用矿井瓦斯抽放的方法开发利用煤层气，50年间从矿井中直接抽放煤层气近 $40 \times 10^8 \text{m}^3$ ，其中50%~80%的煤层气得以利用(表2)。

表2 辽宁省煤层气资源量统计表

煤田	煤炭保有储量 (×10 <sup>8</sup> t)	煤层气资源量 (×10 <sup>8</sup> m <sup>3</sup> )	可供地面钻井开发煤层气资源量 (×10 <sup>8</sup> m <sup>3</sup> )
阜新煤田	10.7	114.6	86.6
沈北煤田	8.5	40	
铁法煤田	13.46	187.22	100
抚顺煤田	3.23	89.6	64
红阳煤田	4.39	71.9	
合计	40.28	503.32	250.6

#### (1) 阜新煤田

阜新刘家区块已小规模商业化生产，宏地勘公司、辽河石油勘探局在刘家区块开采并已向阜新市居民供气3年。产气井8口，平均单井日产气2000m<sup>3</sup>以上，产量持续稳定，2006年新增钻井20口。

阜新煤矿经过近60年的开采，形成了众多封闭采空区。一方面采空区有大量的煤炭资源尚未采出，另外采空区影响范围内的上部和下部存在有大量的不可采煤炭资源，估算这些采空区及其影响范围内尚有100×10<sup>8</sup>m<sup>3</sup>左右的煤层气资源可以利用。

#### (2) 沈北煤田

到1998年末，煤田保有煤炭工业储量8.5×10<sup>8</sup>t。预测煤田煤层气资源量为40×10<sup>8</sup>m<sup>3</sup>。

#### (3) 铁法煤田

据统计到1999年末，铁法煤田煤炭工业储量13.46×10<sup>8</sup>t。煤层平均煤层气含量为11.4~16.5m<sup>3</sup>/t，煤层气储量为187.22×10<sup>8</sup>m<sup>3</sup>，可供地面钻井开发的煤层气资源为100×10<sup>8</sup>m<sup>3</sup>。

#### (4) 抚顺煤田

煤炭综合含气量分别为26.95、27.85、27.73m<sup>3</sup>/t。根据煤炭储量煤层气含量确定的煤层气资源量为89.6亿m<sup>3</sup>，其中可供地面钻井开发的煤层气资源量为64亿m<sup>3</sup>。

#### (5) 红阳煤田

煤层的煤层气含量从9.4~20.0m<sup>3</sup>/t，煤层气储量71.9亿m<sup>3</sup>。

### 4 实用技术探讨

我国地质情况相对国外复杂很多，单一的技术模式不能满足我国不同盆地的勘探开发需要，针对东北地区提出相适应的煤层气勘探开发技术体系。

#### (1) 多分支水平井钻井和完井技术

CDX多分支井钻井技术适用于煤层厚度大、渗透率低且煤层分布连续的地区，该技术有利于保护环境和节约开发过程中征用土地的面积。MRD钻井技术(中等半径多分支井钻井技术)是先施工垂直井，然后在1200m区域施工定向井。TRD钻井技术(紧密半径多分支井钻井技术)同样是先钻垂直井，然后沿着煤层钻多级侧向水平井眼，如果垂直井眼有多层煤，在这些煤层中均可钻侧向水平井段。

CDX技术不足之处在于成本高，TRD成本低，与单井钻井成本一样，适用深度500~700m，最多可打20个分支，单井成本30万美元，速度很快，不足之处是侧向水平井段最长仅可达200~500m，而CDX技术可以达到1200m。

## (2)欠平衡钻井和泡沫钻进技术

欠平衡钻井技术是将井筒液柱压力降到与地层孔隙流体压力相近甚至更低，使地层流体不断流入井筒并循环到地面而得到控制，能很大程度解决煤储层污染和伤害问题，并且具有效率高(平均钻井周期仅1~3d)、成本低的特点。

由于低煤阶盆地煤层的高渗透性，钻井、完井作业过程中对煤储层的保护显得尤为重要。非煤层段一般采用的钻井液是清水加少量膨润土。完成非煤层段钻井后，一般使用直径177.8mm的套管到煤层顶部。煤层钻进时采用的钻井液是空气加少许泡沫，每钻进30m加4kg水和9L泡沫。并且为了消除钻井过程中产生的储层伤害，通常先在煤层中钻直径152.4mm的井眼，然后扩孔至直径355.6mm，以增加煤层露出的表面积。

## (3)N<sub>2</sub>泡沫压裂技术和空气钻井裸眼洞穴完井

氮气压裂是一项井筒激励的可行技术，在压裂之前，先把低温的液氮加热变成氮气，应用氮气压裂的技术和其它水基压裂是一样的，只是压裂采用的流体是氮气。氮气压裂规模小，压力超过最大主应力和最小应力，以碎裂为主，主要是提高井筒周围裂缝的发育程度，减轻井筒污染带来的影响，避免水基压裂液对储层的伤害。

空气钻井适用于低煤阶高渗区，具有成本低，机械钻速快、钻井周期短，储层伤害和井漏风险小的特点。由于低煤阶煤储层机械强度低，只能利用煤层在应力发生变化时易垮塌的特点造洞穴，或通过机械方法造洞穴，扩大煤层裸露面积，在井筒附近形成渗透率增强带，以达到提高产量的目的。

## (4)井下抽放开发技术

井下抽放可应用水平钻井、斜交钻孔、采空区钻井(在开采区)、垂直钻井(在开采区和未开采区)和水力压裂等技术。美国采用采煤采气一体化技术，大大减少了矿井通风费用，改善了生产安全条件，从根本上防止了瓦斯灾害事故的发生，并向市场销售了大量的优质气体，产生了显著的社会经济效益。

## 5前景展望

我国广大的东北部中低阶煤分布十分广阔，其埋藏浅，渗透性好，高产条件优越。过去低阶煤由于吨煤含气量不高，常常被人忽视其煤层气经济开采的价值。目前中低阶煤富气的理论基础、储层评价方法、含气量测试方法在不断发展，结合室内外研究和现场测试评价工作，能够满足煤层气选区评价的要求。中低煤阶煤层气勘探开发技术，包括辐射状钻井、高角度沿煤层钻井、巨厚煤层洞穴完井、多煤层完井、连续油管作业等技术，虽未在我国煤层气勘探开发中应用，但在常规油气勘探中已有使用，技术本身不存在很大难点，主要是需要结合试验区煤层气地质特点进行技术试验，形成中低煤阶煤层气产能的大突破是可行的。

## 6结论

(1)煤层气的开发利用可以减少矿井的瓦斯爆炸事故发生，改善矿井通风状况，提高矿井生产的安全性；综合利用煤炭伴生资源，增加社会就业。具有调整产业结构、洁净能源开发、促进就业等多重的社会效益和显著的经济效益。

(2)东北地区低煤阶含煤盆地煤层气资源量大。煤层气勘探开发要有大的突破，必须重视低煤阶煤层生物成因气，加强保存条件研究，寻找高含气饱和度、高渗透率地区，在东北地区煤层气勘探一定会取得成功。

(3)煤层气鼓励扶持政策陆续出台，勘探开发关键技术有所突破。针对东北地区不同的含煤盆地储层特征，加大力度开发探索其相适应的工程技术体系将有力的推动我国煤层气产业实现跨越式的发展。

## 参考文献

[1]王红岩，等.煤层气富集成藏规律[M].北京：石油工业出版社，2005.

[2]刘红林，等.我国东北地区煤层气地质特征及资源分布[J].特种油气藏，2004，11(5)：8-12.

[3]周景林，等.阜新市煤层气开发利用的现状与前景[J].煤炭工程，2003，10.

原文地址：<http://www.china-nengyuan.com/tech/102290.html>