



Proceedings of the 4<sup>th</sup> International Symposium  
on CBM / CMM in China

2004 第四届国际煤层气论坛

论文集

**主办单位**

国家煤矿安全监察局  
美国环保局

**Sponsors**

U.S. Environmental Protection Agency  
State Administration of Coal Mine Safety, P.R.China

**承办单位**

煤炭信息研究院

**Organizer**

China Coal Information Institute

1-2 December, 2004

2004年12月1-2日

Kunlun Hotel · Beijing, China

昆仑饭店·北京

## 煤层气发电技术及我国煤层气发电现状

郭娟彦, 蒋东翔, 赵 钢

(清华大学热能工程系)

**摘要:** 煤层气是与煤层伴生的天然气, 一直是我国煤矿安全生产的隐患, 而且也是一种温室气体。我国煤层气资源丰富, 若能用于发电,  $\text{NO}_x$ 、 $\text{SO}_2$  和飞灰排放量均大大小于燃煤电厂, 一举多得, 效益显著。发电设备包括内燃机、燃气轮机、蒸汽轮机, 结合联合循环、热电联产, 它们有各自的优点和适用范围。此外, 本文还简单介绍了世界各国的煤层气发电项目开展情况, 经过对比总结, 对我国在煤层气发电方面存在的问题进行分析。

### 1 利用煤层气发电的意义

煤层气 (Coalbed Gas) 又称煤层甲烷 (Coalbed Methane 简称 CBM), 是煤层中以腐质为主的有机质在成煤过程中形成, 并以吸附状态赋存于煤层和邻近岩石中微孔隙内表面的自储式天然气, 其主要成分是甲烷, 此外还含有  $\text{N}_2$ 、 $\text{O}_2$ 、 $\text{CO}_2$  等气体。在矿井采掘过程中, 煤层气会从煤层大量溢出, 涌入地下工程(巷道、采煤工作面等), 这就是俗称的“瓦斯”, 井下瓦斯含量超标时会引起爆炸, 造成人员伤亡和财产损失。煤层气不止是煤矿安全生产的隐患, 其中的甲烷也是一种温室气体, 其温室效应约为  $\text{CO}_2$  的 21 倍。长期以来我国的煤层气一直被作为煤矿灾害气体排放到大气中, 造成了极大的能源浪费和环境破坏。若能利用煤层气发电, 就能将矿区抽放的煤层气转化为电能。纯甲烷的热值约为  $35.53\text{MJ}/\text{m}^3$ , 若按发热量计算,  $1000\text{m}^3$  甲烷相当于 1.26 吨标准煤。与燃煤相比, 煤层气燃烧后灰分为燃煤的  $1/148$ ,  $\text{SO}_2$  为  $1/700$ ,  $\text{CO}_2$  为  $3/5$ , 环境效益相当显著。因此利用煤层气发电, 有着及其重要的意义。

我国煤层气资源非常的丰富, 根据中国煤田地质总局 (1998) 的煤层气资源评价结果, 全国煤层甲烷含量大于  $4\text{m}^3/\text{t}$ 、埋藏深度 2000m 以浅的煤层气资源总量为  $143369.44 \times 10^8 \text{m}^3$ , 其中含气量大于  $8\text{m}^3/\text{t}$  的富甲烷煤层的煤层气资源量占 86.8%, 埋深 1500m 以浅的煤层气资源量占 64.56%, 含气量较高且埋深浅, 对煤层气的开发利用相当有利。

在矿井煤层气抽放方面, 出于安全因素考虑, 我国从 50 年代开始即抽放煤层气, 至 90 年代以后有了较大发展。1992 年矿井煤层气抽放量为 5.34 亿  $\text{m}^3$ , 至 2002 年及增长至 11.46 亿  $\text{m}^3$ 。随着煤层气应用技术的发展, 开展煤层气抽放的矿井将会越来越多, 煤层气抽放量也会进一步增加。

煤层气可以分为以下几种: 未开采煤矿地区的煤层气被称为 VCBM, 其甲烷浓度高

煤锅炉，其中的 15% 已经改为燃煤和煤层气的混合燃烧锅炉，每年可减少 67.5 万 t 的甲烷、378 万 t 的 CO<sub>2</sub>、2.88 万 t 的 SO<sub>2</sub>、0.14 万 t 的 NO<sub>x</sub> 和 12.3 万 t 飞灰的排放。

### 3.5 英国

英国是较早开发矿井煤层气发电技术并较大规模应用的国家。规模最大的是 Harworth 煤矿发电厂，装机容量为 15MW，采用联合循环发电系统，包括两台拉斯 TB5000 燃气轮机和一台由余热锅炉蒸汽驱动的 7MW 蒸汽轮机。近年来，英国的一些公司如 Alkane energy, Octagon Energy 以及 StateGas，都积极地寻求从报废矿井开发煤层气的方法。Octagon Energy 在南约可郡安装了一台 5MW 的发电机，用的是从废矿以浅的工作面排放的甲烷。Alkane energy 公司正在开发一系列的绿色能源区，主要是从废弃矿井工作面抽取煤层气，该公司有 5 个能源区开始运行，其中，Shirebrook 区供应一座 9MW 井口发电站，Steetley 区供应一座 6MW 的发电站；Wheldale 区供应一座 10MW 的发电站。

### 3.6 美国

美国的煤层气主要采用地面井的办法开采，浓度较高，因此主要输入天然气管道，与天然气联合使用。在矿井煤层气的使用方面，美国的西北燃料公司在俄亥俄州的 Nelms 矿的 1 号井建立煤层气发电设备，利用中等质量的煤层气发电，装机容量为 9×675kW，每天可消耗煤层气 6370m<sup>3</sup>。

## 4 我国煤层气发电项目建设中存在的问题及障碍

由于煤层气近年来受到越来越多的重视，我国的煤层气发电技术也有了快速的发展，建成了一大批煤层气发电项目，然而，与世界先进国家相比，我国在煤层气发电方面还存在很多不足：

### 4.1 煤层气开采技术落后

目前我国煤层气抽放的主要目的是保证煤矿的安全生产，主要使用井下抽放技术，开采技术落后，得到的煤层气浓度约为 30%~60%，浓度不高且随着开采环境的变化而发生波动，用于发电效率较低。我国虽然井下煤层气抽放量较大，但抽放率较低，在 108 个进行煤层气抽放的矿井中，抽放率只有 10% 左右。

At present, CMM extraction in China mainly aims to guarantee the production safety. With existing extraction technology, concentration of extracted CMM could only reach 30%-60% and would also fluctuate in line with the mining status. Moreover, the fluctuating concentration would cause low efficiency or even suspension of the generators.

煤层气大部分都

Although domestic CMM power generators were applied, they still have limitations, such as limited capacity, low efficiency and unstable operation.

北地区。其中产量最高的井组为山西沁水盆地的高阶煤试验井组，日产量可 1000m<sup>3</sup> 以上，但其他大部分井组都由于产量过小而关停。

### 4.2 国产发电机组制造技术有限

我国利用国产内燃机发电已经获得成功，相对于国外设备价格较低，但国产内燃机装机功率较小，均在兆瓦级以下，而且使用矿井煤层气发电时，由于煤层气浓度随时发生变化，发电机效率较低，有时甚至停机，目前我国煤层气发电项目中所需的发电机组