

积极开发煤层气资源, 保护人类生态环境

To Develop the Coal Gas Resources and Protect the Human Ecologic Environment

杨陆武

(中联煤层气有限责任公司 北京 100011)

万 斌

(中国长城铝业公司)

煤层气是赋存在煤层中以甲烷为主要成分的烃类气体, 是一种非常优质的能源资源, 也是一种会造成严重后果的温室气体。由于它经常在煤矿开采过程中造成瓦斯事故, 故通常被集中排放到大气中。我国是世界上第一大产煤国和煤炭消费国, 严重失衡的能源结构不仅使我国成为世界上第一大煤层甲烷排放国和第二大 CO_2 排放国, 而且大量燃煤产生的其他污染气体如 SO_2 、 NO_x 、烟尘等极大地污染了大气环境, 造成了严重的生态破坏。

研究表明, 自工业革命前以来的 200 多年, 人类活动使大气中的 CH_4 、 CO_2 和 N_2O 等温室气体的大气含量分别增加了 145%、30% 和 15%, 其结果是直接导致了地表增暖和海平面上升。自 19 世纪末的 100 年中, 全球平均气温上升了 0.3~0.6℃, 预计如果没有减少温室气体排放的特殊政策措施, 到 2100 年全球平均气温将上升 1~3.5℃, 同时由于海洋热膨胀和冰川、极冰区的融化, 全球平均海平面将上升 15~95cm(张志强和孙成权, 1999)。而且由于温室气体的大气驻留周期长, 即使其浓度可以稳定, 在几十年内气温还将继续上升, 海平面在今后的几百年里仍将继续上升。以燃煤为主要能源形成的 SO_2 是重要的气溶胶成分, 它不仅通过太阳辐射和红外辐射的吸收和散热直接影响气候, 而且还通过改变云的微物理过程和性质而间接地影响气候。同时, SO_2 还是大气中主要的成酸要素, 形成的酸雨对人类生态环境造成极大危害。空气中的 SO_2 的浓度和总悬浮微粒浓度的上升, 使人类呼吸系统发病率上升和治疗时间延长, 严重影响了人类身体健康。

我国煤层气资源非常丰富, 长期以来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。美国在煤层气产出机理和开采技术上的突破使煤层气作为优质能源的属性得到了最大程度的开发。由于煤层气在地质和地理上与煤炭的统一性, 更由于在下游利用和管道输送上与常规气的一致性, 使得开发煤层气具备了战略经济基

础。从环境效应上来说, 开发利用煤层气可以有效地遏止甲烷排放量, 降低煤炭消费比例, 不仅对改善地方空气质量、缓解全球气候变化具有重要意义, 而且可以保障能源和资源安全, 是实现可持续发展的重要战略举措。

一、煤层气是优质的绿色能源, 也是后果严重的温室气体

1. 煤层气作为优质能源的绿色意义

煤层气以表面吸附的形式赋存于煤体中, 其基本组成成分为高纯度甲烷(CH_4 含量超过 95%), 另含少量 CO_2 和 N_2 。矿井瓦斯实际上就是煤层气和空气的混合气体。在热值上, 煤层气与常规天然气相当, 发热量在 8 000~9 000 大卡以上, 每 1 000 m^3 煤层气相当于 1 吨燃油或 1.25 吨标准煤。与其他化石能源相比, 其绿色意义主要表现在:

(1) 基本上不含硫, 因此对输送装置和终端设备腐蚀破坏性较小。

(2) 燃烧后很少产生污染物, SO_2 和烟尘排放量极低, 对空气质量影响较小。

(3) 燃烧后的废气仍然是一种气态肥料, 能够增强植物的光合作用, 对大棚农作物具有提高产量和缩短生长期的明显作用。

(4) 因其本身是一种温室气体, 故开发利用煤层气可减少甲烷排放, 是缓解全球气候变暖最有效的手段之一。

2. 煤层气的温室效应

煤层气的主要成分甲烷对进入大气的太阳辐射能、红外线具有很强的吸收能力, 而且以其温度向外发射红外辐射, 因而具有“加热”效应。在大气中甲烷是最为丰富的烃类成分, 它通常还要参与一系列的化学反应, 这一系列反应涉及臭氧(O_3)、 H_2O 、氢氧化物(HO_x)、氮氧化物(NO_x)、甲醛、卤烃、氯氟烃、氯气及 SO_2 等多种大气成分, 其中最重要的反应如下:

(1) $\text{CH}_4 + \text{OH} \rightarrow \text{CH}_3 + \text{H}_2\text{O}$, 在对流层 CH_4 通过与 OH 反应而被清除, 但反应生成的水汽不仅是另外一种温室气体, 而且该反应作为平流层水汽的重要来源还影响着许多重要的大气物理和化学过程。

(2) $\text{CH}_4 + \text{Cl}_2 \rightarrow \text{CH}_3\text{Cl} + \text{HCl}$, CH_4 与 Cl 反应生成 HCl 和 CH_3Cl , HCl 不像游离 Cl_2 那样对 O_3 有吸收能力, 因此某种程度上缓解了 Cl 对 O_3 的破坏作用, 实际上直接影响了大气的氧化动力学特征; 但这个反应的另外一种产物 CH_3Cl 却是一种重要的温室气体。

(3) 卤烃、氯氟烃、氯气及 SO_2 等都直接或间接受到 CH_4 和 OH 浓度的影响, 因此也直接或间接影响到大气温室效应, 增强了甲烷温室效应的影响。

如果以原子为基准, 甲烷的加热效应是 CO_2 的 25~30 倍, 以重量为基准则达 70 倍 (Clayton, 1998)。1990 年甲烷对全球变暖的作用占 18%, 仅次于 CO_2 的 66% (Schultz, 1998); 但甲烷在大气中的停留时间只有 10 年左右, CO_2 的驻留周期为 120 年 (50~200 年), 因此减少甲烷扩散可以比控制 CO_2 排放更快并且更为有效地缓解气候变化 (李崇银, 1995; Schultz, 1998)。

二、开发利用煤层气可以有效地缓解温室效应

1. 开发煤层气可以直接减少甲烷排放量

据估算, 全球每年散入大气的甲烷估计有 $525 \times 10^{12} \text{g}$ (约 $733 \times 10^9 \text{m}^3$), 扣除土壤吸收和 OH 反应对甲烷的清除作用, 净增量仍有 $44 \times 10^{12} \text{g}$ (李崇银, 1995)。研究表明, 在 20 世纪以前, 甲烷浓度相对稳定, 保持在 700×10^{-9} 左右, 但目前已超过 1700×10^{-9} (毕思文, 1998), 这其中有相当一部分是煤层气贡献的。有报道认为, 煤层气的贡献可达 10%~20% (Clayton, 1998)。

煤层气的扩散包括采煤集中排放、断层自然逸散、露头自然逸散、水循环逸散等 4 种方式。根据联合国调查统计, 我国仅采煤集中排放的甲烷量就达 194 亿 m^3 , 占世界总煤层甲烷排放量的 1/3, 并且仍以每年 1.7 亿 m^3 的速度增加; 在波兰的采煤区, 大气中甲烷浓度可达 100ppmv, 将近高于矿区周围地区的 5 倍。从地质体中自然逸散的煤层气也不容忽视, 例如, 在美国 Black Warrior 盆地的某条断层出露带甲烷排出量达 $10 \times 10^6 \text{g/yr}$; 在 San Juan 盆地某条沿河床区域达 $13 \times 10^9 \text{g/yr}$ 。如此惊人并且仍在快速增长的甲烷扩散量和扩散速度如果在扩散之前能够得到有效遏制, 则至少可以抵消世界每年 $44 \times 10^{12} \text{g}$ 的大气甲烷净增量, 维持大气甲烷浓度水平不变。其中最有效的办法就是利用地面垂直钻井技术在煤炭采出地面之前抽采煤层气, 使之变害为利。

美国的经验表明, 地面开发煤层气不仅技术上可行, 而且由于煤层气是优质、高效洁净能源, 开发活动本身就具有较好的经济效益, 美国 1997 年煤层气年产量已超过 $300 \times 10^8 \text{m}^3$, 相当于我国当年常规天然气总产量的 1.5 倍。

2. 大量利用煤层气可以间接降低 CO_2 排放量, 缓解温室效应

大气中的 CO_2 从 1800~1985 年由 275×10^{-4} 增至 345×10^{-4} (体积浓度), 1960~1984 年平均年差 1.04×10^{-4} , 而近几年平均年增长 1.5×10^{-4} , 每年约增长 10%, 到下世纪中叶可能增加 1 倍 (毕思文, 1998)。根据国际原子能机构公布的数据, 1995 年世界上 CO_2 总排放量仅为 $22 \times 10^9 \text{t}$, 其中美国 (23.7%) 和中国 (13.6%) 排放量分居世界前二位, 约占世界排放总量的 40% (张志强和孙成权, 1999)。研究表明, 大气中的 CO_2 主要来自燃煤, 每吨煤燃烧可以产生 18m^3 的 CO_2 , 仅中国 80 年代平均年燃煤 4.3 亿吨, 到 2000 年将燃煤约 7.6 亿吨 (毕思文, 1998), 届时由于燃煤将直接向大气排放 $1.4 \times 10^{10} \text{m}^3 \text{CO}_2$ 。

减少 CO_2 的唯一有效途径就是降低能源结构中的煤炭比例, 发展洁净煤技术。这个问题在我国尤为突出。表 1 为我国的能源消费构成与世界平均水平的对比, 表中的数据表明, 我国长期以来过分依赖煤炭资源, 造成了能源结构的严重失衡, 燃煤产生了大量温室气体, 严重恶化了气候形势。必须尽快寻找洁净能源, 降低煤炭消费比例。

煤层气是现实可行的替代能源。我国煤层气资源丰富, 开采技术基本成熟, 大规模开发利用煤层气是降低煤炭消费、减少 CO_2 排放量的重要途径。

表 1 中国和世界能源结构对比

能源构成	煤	石油	天然气	水电与核能
中国	74.6	17.6	2.0	5.8
美国	24.2	39.1	26.72	9.9
世界平均	26.9	39.5	23.6	10

三、在煤炭高消费地区利用煤层气作为替代能源, 是改善空气质量最为有效的手段

1. 煤层气与煤炭的共生关系决定了煤层气替代煤炭的直接性和合理性

从地质条件上来说, 煤层气和煤是共生在一起的, 因此具有地质和地理位置上的一致性; 从经济关系上来说, 煤和煤层气同属于能源经济体系的不同层次, 因而具备产业改造的技术基础和经济基础; 而大气污染严重地区一般都是煤炭高消费地

区,如我国的太原、沈阳、西安、重庆等地,如果在这些地区首先发展煤层气,以煤层气作为替代能源对煤炭经济结构和产业结构进行适当调整,污染治理将首先在污染最严重的地区得到最有效的体现。因此煤层气与煤炭的共生关系决定了煤层气替代煤炭的直接性和合理性,更决定了用发展煤层气改善空气质量的可靠性和有效性。

2. 利用煤层气,减轻大量燃煤造成的空气污染

据1997年环境监测,我国城市空气污染严重:全球10座污染最重的城市中,有5座来自中国;北京城市空气质量基本处于四类水平;62%的城市 SO_2 、36.2%的城市氮氧化物、72%的城市总悬浮颗粒物超过国家二级标准;71.7%的南方城市出现过酸雨。70年代初,美国环保局估计,在美国由于空气污染所造成的经济损失每年近205亿美元,全国每人平均超过100美元。我国从80年代开始逐年增加,到2000年后大气污染所造成的经济损失每年将达到200多亿元,占国民收入的1.2%左右。空气污染主要是由大量燃煤造成的。进一步的研究分析表明,我国燃煤所释放的 SO_2 占全国总排放量的87%, CO_2 占71%, NO_x 占67%,粉尘占60%。大量燃煤排放的 SO_2 和 NO_x 已经在我国形成了极大的危害。酸雨区域扩大,已超过国土面积的40%,并且正在蔓延。截止1990年,全国因煤炭开采造成约30万公顷土地塌陷,且每年新增塌陷地1.33~2.0万公顷;矸石积存达30亿吨,占地1.2万公顷,且仍以年新增1.3亿吨速度堆存;矸石还自然排出大量烟尘、 SO_2 、 H_2S 、 CO_2 等有害气体,严重污染大气环境(余力等,1999)。

根据统计,全球每年排放 SO_2 的估计量9000万吨(Andreae, 1989),其中由化石燃料燃烧造成的为8000万吨。1995年我国能源消费总量13亿吨标准煤,其中煤炭消费量为7亿吨(标准煤),当年我国 SO_2 排放总量2200万吨左右,烟尘排放总量1900万吨,其中因为燃煤形成的分别为1914万吨和1606万吨。根据热值计算,1 m^3 的煤层气相当于1.25kg标准煤或1.86kg原煤,以煤层气代替生活用煤,每方煤层气可减少 SO_2 排放约100~300g,减少烟尘5~10g;以煤层气代替工业锅炉,每方气可减少烟尘100~400g。如果年产200亿方煤层气用于替代煤炭能源,可以间接减少 SO_2 排放约200~600万吨,减少烟尘排放约200~800万吨。因此,利用煤层气降低燃煤比例改善空气质量是非常有效的。

四、我国现阶段开发利用煤层气的迫切性和可行性

1. 是保证环境安全和资源安全的现实需要

我国能源结构极不合理,一方面大量依靠燃煤造成了严重的空气污染和温室效应,给我们的生存

环境造成了极大的压力;另一方面又花费大量资金在采煤时将优质能源(煤层气)集中排放到大气中,使本来就日趋严重的温室现象雪上加霜,不仅白白浪费了大量洁净能源,对后备资源安全形成威胁,而且对环境安全构成了严重的挑战。因此尽快合理开发煤层气是我国现阶段保证环境安全和资源安全的现实需要。

2. 是开展环境外交的现实需要

我国是全球气候变化框架会议的签字国,在努力减轻国内环境压力、治理环境污染的同时,我们还承担着维护全人类的生存环境、减缓全球气候变化的相应国际义务。因此正视自身环境问题,采取切实可行的环境保护计划是我们开展国际环境外交的前提。开发利用煤层气既是现实的能源优化行为,同时又是有效的环境保护手段,更是实际可行的环境外交策略。

3. 我国现阶段开发利用煤层气的可行性

我国煤层气资源非常丰富,埋深2000米以浅的煤层气资源量达30~35万亿立方米,与常规天然气资源量相当。在资源分布上,煤层气与常规气具有很好的互补性,目前表现出良好开发潜势的煤层气主要分布在常规天然气资源缺乏、下游市场发达的中东部地区,开发这些地区的煤层气首先具备资源和市场基础。通过10多年的努力,我们已经培养了一支在科研、勘探、开发及技术和组织管理上都掌握了国际先进水平的专业队伍。我国政府对煤层气事业给予了极大的关注和扶持,专门成立了煤层气国家专门公司——中联公司,并赋予一系列优惠政策,为有序化、规范化、标准化发展煤层气产业提供了强有力的组织保障。中联公司成立后,首先在山西沁水盆地取得了勘探突破,在550 km^2 范围内获得了近1000亿立方米的储量,即将投入开发。有丰富的资源基础、有力的政府扶持、可靠的作业组织保障、基本成熟的开发技术、可供开发的储量基地和广阔的利用市场环境,更由于煤层气对资源安全、环境安全及可持续发展的重要意义,我国的煤层气产业必将在近5~10年内开始飞速发展。

主要参考文献

- [1] Clayton, 李贵中译. 煤层气地球化学述评. 煤层气, 1998(3)、(4)
- [2] Schultz, 丁述理译. 美国环保机构对煤层气开发的推动作用. 煤层气, 1998(1)
- [3] 毕思文. 地球科学系统与可持续发展. 地质出版社, 1998
- [4] 李崇银. 气候动力学引论, 气象出版社, 1995
- [5] 王先彬. 开发能源资源的思考与选择. 科学通报, 1999(5)
- [6] 余力等. 煤炭资源开发与利用新方法——煤炭地下气化技术. 科技导报, 1999(4)
- [7] 张志强, 孙成权. 全球变化研究十年新进展. 科学通报, 1999(5)

(责任编辑 王宏章)