

文章编号: 0253-9985(2011)03-0481-08

中国石化煤层气资源发展前景

龙胜祥¹, 陈纯芳¹, 李辛子¹, 叶欣¹, 梁宇²

(1. 中国石化石油勘探开发研究院, 北京 100083 2 怀俄明大学, 美国 怀俄明州 拉默米市 82071)

摘要: 煤层气在美国、加拿大、澳大利亚等国家已形成产业化。国内外煤层气产业发展显示: 煤层气产业发展是一个漫长而曲折的过程; 技术发展为煤层气产业发展的根本; 国家政策扶持, 有利于促进煤层气产业发展; 石油大公司介入, 有利于促进煤层气资源产业快速健康发展。中国石化拥有煤层气资源量逾 $8 \times 10^{12} \text{ m}^3$ 。通过地质条件分析和选区评价, 沁水盆地和顺区块、鄂尔多斯盆地南缘和北部、滇东黔西是近期煤层气勘探重点区域。中国石化应把发展煤层气放到与常规油气同等重要的地位来抓, 采取积极的投资战略。首先, 通过新登区块、与相关地方及企业合作、并购方式扩大国内外煤层气资源基础。第二, 分层实施, 稳步推进, 针对延川南、和顺、织金等已突破或见气区块, 进一步开展评价和井组排采试验, 为下一步大规模建产和生产做好准备; 在鄂尔多斯南缘和北部的相关区块、滇东黔西地区, 选择有利部位, 精心布井勘探, 力争取得更大突破; 探索南华北和西北地区, 扩大勘探领域。第三, 加大科技攻关, 强化组织管理, 建设管理生产科研一体化队伍, 保障中国石化煤层气勘探开发快速健康发展。

关键词: 勘探开发; 发展前景; 资源潜力; 煤层气; 中国石化

中图分类号: TE122.2 **文献标识码:** A

SINOPEC's coal-bed methane development potential

Long Shengxiang¹, Chen Chunfang¹, Li Xinzi¹, Ye Xin¹ and Liang Yu²

(1. SINOPEC Exploration & Production Research Institute, Beijing 100083, China)

(2. University of Wyoming, Laramie, State of Wyoming 82071, USA)

Abstract Large amount of coalbed methane (CBM) is produced in the US, Canada and Australia. From the development of CBM industry at home and abroad, we can see that 1) the development of CBM industry is a long and rough road; 2) favorable policies will help to promote the development of CBM industry; 3) rapid development of CBM industry needs the involvement of big oil companies. SINOPEC has more than 8 trillion cubic meters of CBM resources. Analysis of geology and block screening reveal that the Heshun block in the Qinshui basin, the southern margin and the northern part of Ordos Basin and the eastern Yunnan-western Guizhou region are the key areas for developing CBM in the near term. We suggest Sinopec see CBM as important as conventional oil/gas and adopt positive investment strategies. First, get access to as many as CBM resources both at home and abroad through block leasing, acquisition and cooperation with other companies. Second, treat existing blocks differently. For the Yanchuannan, Heshun and Zhijin blocks which have already found CBM, pilot production and further appraisal should be conducted in order to realize commercial production. For blocks in the northern part and the southern margin of Ordos Basin and in the eastern Yunnan-western Guizhou region, exploration should be deepened in order to make a breakthrough. For blocks in southern North China Basin and Northwest China, exploratory work should be carried out in order to appraise their CBM potential. Third, intensify investment in R&D and build an integrated team of management, production and scientific research to ensure the fast and healthy development of SINOPEC's CBM exploration and production.

Key words exploration and production; development potential; resource potential; coalbed methane; SINOPEC

收稿日期: 2010-09-01; 修订日期: 2011-04-24。

第一作者简介: 龙胜祥 (1959-), 男, 教授级高级工程师, 油气地质与勘探。

基金项目: 国家科技重大专项 (2008ZX05035-006-003); 中国石油化工股份有限公司科技开发部项目 (P10018)。

煤层气(俗称瓦斯)是由煤生成、成分以甲烷为主,主要以吸附状态存在于煤层中的一种非常规天然气,因而其勘探开发技术也不同于常规油气资源^[1-2]。随着人类对油气资源需求的不断加大和常规油气资源剩余量的不断减少,一些国家和大石油公司大力开展了煤层气勘探开发和利用。近年来,我国政府十分重视煤层气资源的开发与利用,众多企业纷纷介入,现煤层气产业化发展势头良好,已进入快速发展轨道^[3-6]。

中国石化拥有较丰富煤层气资源。在我国油气资源供不应求、煤矿开采中瓦斯突出频繁、环境污染日益严重之情况下,作为我国最大企业,中国石化有责任也有能力开发煤层气资源,支持国家经济发展。本文分析了国内外发展过程、中国石化资源潜力、面临的外部条件,认为中国石化煤层气资源发展前景广阔,但不能盲目发展,同时提出了相关建议。

1 国内外勘探开发概况与启示

国外已形成煤层气产业化的国家有美国、加拿大、澳大利亚。美国是世界上开采煤层气最早和最成功的国家,但其煤层气产业化发展经历了长期探索的过程,大致分 3 个阶段。第一阶段是 1953—1980 年,主要开展煤层气理论与技术探索,初步认识到煤层气的排水降压开采过程,1980 年煤层气产量仅 $1 \times 10^8 \text{ m}^3$ 。第二阶段是 1981—1989 年,在美国政府一系列优惠政策推动下,一些公司开展了煤层气理论深化和新技术开发应用,形成了“排水—降压—采气”的开发理论,常规直井水力加砂压裂技术、直井裸眼洞穴完井技术等得到广泛应用,产量稳步提高。第三阶段是 1990 年至今,美国煤层气开发理论不断拓展、新技术不断出现和推广应用,形成了以煤储层双孔导流、中阶煤生储与成藏优势等为核心的煤层气勘探理论体系^[7]。同时,空气钻井技术、氮气泡沫压裂技术、直井裸眼直排技术和水平井开发技术等一系列新技术逐步推广应用,煤层气产量迅速上升,1991 年 $100 \times 10^8 \text{ m}^3$,2008 年 $557 \times 10^8 \text{ m}^3$,对美国天然气市场供应已形成重要的补充。加拿大煤层气勘探经过了较长时间的探索,直到 2002 年才开始煤层气商业化开发,但 2009 年产量估计已超过 $100 \times 10^8 \text{ m}^3$,短短几年就跨越了美国在 20 余年的

发展历程。澳大利亚也进入煤层气商业化开发阶段,2008 年产量达 $36 \times 10^8 \text{ m}^3$ 。

我国煤层气资源丰富,但勘探开发进展不大。20 世纪 80 年代中期,我国开始煤层气概念引进和研究,90 年代初开始地面钻井开采,1995 年原地质矿产部华北石油局在柳林建成第一个实验井组,单井日产量在 $2\,000 \sim 4\,000 \text{ m}^3$,最高产量为 $7\,050 \text{ m}^3$ ^[8]。此后国家成立中联煤公司专营煤层气,中国石油、晋煤集团以及部分外国企业、民营企业积极参与,推动了煤层气产业缓慢发展。截至 2008 年底,煤层气探明地质储量 $1\,343.47 \times 10^8 \text{ m}^3$,资源的探明率极低,仅为 0.36%。地面开发 2005 年才开始,当年产量 $0.3 \times 10^8 \text{ m}^3$,目前全国钻煤层气直井 2 800 余口,多分支水平井 65 口,投产 1 419 口,年产能只有 $15 \times 10^8 \text{ m}^3$,产量约 $7.5 \times 10^8 \text{ m}^3$ 。

国内外煤层气产业的发展,给了我们以下启示:

1) 煤层气产业发展是一个漫长而曲折的过程。美国从 1953 年开始煤层气理论探索,直至 1991 年才实现年产量 $100 \times 10^8 \text{ m}^3$,经历了将近 40 年的发展历程;加拿大、澳大利亚煤层气产业形成之前也经历了漫长的探索过程;我国煤层气开展二十几年,也就近几年形成一定产能和产量,开始见到成效。所有这些告诉我们,煤层气资源勘探开发与利用其实是很复杂的,需要持续投入,慢慢摸索,不断实践,在经历大量曲折乃至失败后才可能成功。

2) 技术发展是煤层气产业发展的根本。美国针对不同盆地煤层气特征,发展形成了不同的技术,如在圣胡安盆地采用裸眼洞穴完井技术,在粉河盆地采用裸眼扩孔技术,在中阿巴拉契亚采取定向羽状水平井等技术。如果加拿大不针对其自身煤层气特点,开发出连续油管大排量氮气压裂技术、水平井开发技术和筛管完井技术,很难说其煤层气产业能快速发展。在技术发展中,开展对外合作,引进先进技术无疑是重要的,但不能机械照搬,更不能求新求全求大,必须根据中国石化各探区实际地质、地理条件,引进和开发适用技术。

3) 国家政策扶持,有利于促进煤层气产业发展。几个成功的国家,在煤层气产业发展初期都推行扶持政策。美国 1980 年出台《能源意外获利法》第 29 条税收补贴政策,鼓励生产商投入煤层气勘探开发。加拿大政府对非常规天然气开发的宏观引导及高气价使投资者转向开发煤层气。澳大利亚“先采气后采煤”政策促进了煤层气快速发展。

4) 石油大公司介入, 有利于煤层气资源产业快速健康发展。如 BP 公司大力发展煤层气产业, 使得煤层气将近占其能源产品总份额 25%, 煤层气资源 $7.5 \times 10^{12} \text{ m}^3$, 比常规天然气资源 ($6.3 \times 10^{12} \text{ m}^3$) 还多; 康菲公司利用其独特技术优势, 成为世界上最大的煤层气生产商。

2 中国石化煤层气资源潜力

煤层气开发一般是采取低成本战略, 因此目前全球仅对 2 000 m 以内的浅层煤层气进行评价。中国石化有 138 个矿区区块埋深在 2 000 m 以内的浅层区域发育煤层, 总含煤面积逾 100 000 km^2 。根据新一轮全国煤层气资源评价结果, 结合近期煤层气和常规油气勘探成果, 初步估计煤层气总资源量达 $8 \times 10^{12} \text{ m}^3$, 主要分布在华北地区、南方地区和西北地区。

2.1 华北地区

华北地区煤层主要发育于石炭—二叠系和侏罗系, 总计煤层气资源量 $23\,000 \times 10^8 \text{ m}^3$ 。其中石炭—二叠系煤层几乎全区发育, 为中、高阶煤, 含气量高, 煤层气地质资源量 $10\,000 \times 10^8 \text{ m}^3$, 是近期重要勘探目标; 侏罗系煤层主要分布在鄂尔多斯盆地, 为中、低阶煤, 含气量低, 煤层气地质资源量 $13\,000 \times 10^8 \text{ m}^3$, 是近期探索目标。

2.1.1 石炭—二叠系煤层发育区

1) 鄂尔多斯盆地

石炭—二叠系煤层在鄂尔多斯盆地广泛发育, 盆地边缘煤层埋深小于 2 000 m, 是近期勘探开发有利地区。几年来, 中石化、中石油、中联煤或独立或联合在东缘区块开展工作, 几乎均取得突破。例如, 2009 年中国石化在延川南区块实施少量二维地震和 2 口煤层气探井, 取得了煤层气相关参数, 其中 1 口井通过排采获得日产量为 $2\,500 \text{ m}^3$, 突破工业气流关。延川南区块勘探和研究成果表明: 山西组 2 号煤层厚度大, 分布稳定, 是主力目标煤层; 10 号煤层厚度较薄, 局部厚, 是次要目标煤层。从煤级看, 矿区主要为贫煤, 其次为焦、瘦煤, 变质程度由北向南、由上至下增高。该区块煤层气含量较高, 2 号煤层含气量平均为 $6.7 \text{ m}^3/\text{t}$; 10 号煤层含气量平均为 $7.4 \text{ m}^3/\text{t}$ 。估计煤层气资

源量 $800 \times 10^8 \text{ m}^3$ 左右。区块地势较开阔, 有利于开发井网的部署。因此延川南区块具有良好的煤层气勘探开发潜力。

2) 沁水盆地

沁水盆地石炭—二叠系煤层气资源丰富, 是当前我国煤层气发展最快最成功的盆地, 其南部已形成一定规模的产能基地。中国石化仅在沁水盆地东北部拥有 1 个区块——和顺区块, 面积近 1 000 km^2 。中国石化 2000 年在该区实施二维地震 38 km, 钻探和顺 1 井, 但未获得成功。2008 年以来, 在该区实施二维地震 204.52 km, 钻探井 4 口 and 排采试验井组 4 口井, 多口井排采出气。太原组 15 号煤在全盆地广泛发育, 在本区处于聚煤中心, 厚度大而稳定, 推测一般 4~6 m, 无尖灭现象, 为煤层气勘探主力目的煤层 (图 1)。15 号煤变质程度具有北高南低的趋势, 从贫煤变化到无烟煤。由于 15 号煤埋深基本上是由东缘和北缘向西南加大, 故其含气量总体为东北部、东南部低, 而中西部高, 变化范围为 $10 \sim 20 \text{ m}^3/\text{t}$ 局部如和 3 井、和 4 井区由于断裂和陷落柱影响, 含气量降到 $10 \text{ m}^3/\text{t}$ 以下。初步估计煤层气总资源量逾 $1\,000 \times 10^8 \text{ m}^3$ 。总体上看, 煤层气勘探潜力大, 当前有利目标位于东部和北部埋深较浅区域。

3) 南华北地区

中国石化在南华北地区有多个区块, 其中平顶山区块面积近 500 km^2 , 煤层气勘探主要目的煤组为山西组己煤组, 厚度在 3~13 m 之间, 区块西南角于宫营—井营一带最厚, 为 5~13 m (图 2)。煤层属肥煤—瘦煤, 煤级变化基本呈带状, 由矿区西南到东北增高, 这种变化与埋藏深度关系不明显, 可能主要是受沿襄郑大断层侵入的岩浆热影响^[9-11]。由图 3 可见己煤组含气量变化范围 $6 \sim 16 \text{ m}^3/\text{t}$ 基本在 $10 \text{ m}^3/\text{t}$ 以上, 含气量随埋深增加的趋势较明显。初步估计, 煤层气资源量约 $500 \times 10^8 \text{ m}^3$, 有一定勘探开发潜力。但 1998—1999 年钻两口煤层气井, 取心发现主要煤层全部为糜棱煤, 证明勘探难度大, 勘探开发主要应在煤层结构相对完整区进行。

2.1.2 侏罗系煤层发育区

侏罗系煤层主要分布在鄂尔多斯盆地, 其中北部和南缘区块具有近期煤层气勘探开发前景。

北部地区面积近 10 000 km^2 。含煤地层主

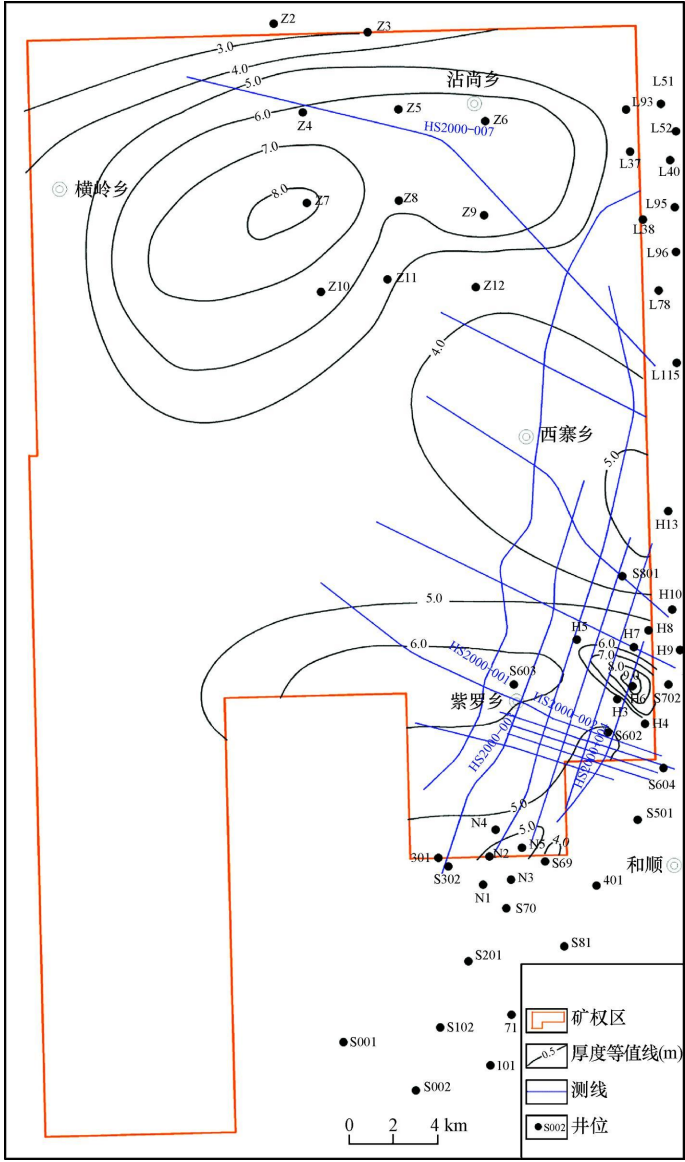


图 1 鄂尔多斯盆地和顺地区 15号煤厚度等值线

Fig. 1 Isopach of the 15th coalbed in the Heshun 15 block, Ordos Basin

要为中、下侏罗统延安组,煤厚 10~35 m;煤变质程度低,烟煤为主,有少量长焰煤,含气量普遍低,多为 1~4 m³/t。煤层气资源量 6 000×10⁸ m³。受构造运动影响较小,外生裂隙不太发育;变质程度低,割理不发育。但是,煤体的渗透性较高,有利于煤层气抽采开发,故该区勘探开发前景较好。

南缘地区面积 3 000 km²。含煤地层为侏罗系延安组,其中 8[#]煤层厚度 0.15~43.87 m,平均 10.64 m,是主要目标煤层。煤的变质程度总体低,南部以长焰煤为主,向北变质程度增高到气煤至肥气煤。区内水帘矿、火石咀矿为高沼矿井,相对瓦斯涌出量分别为 10.19和 18.50m³/t。煤层气资源量可

能逾 1 000×10⁸ m³,有较大勘探开发潜力。

2.2 南方地区

中国石化在南方地区的含煤区块较多,煤层主要发育于古生界,总的特征是:区块多但分散,构造活动强烈,煤体结构遭到较强烈的破坏;煤层演化程度高,含气量高,古生界资源量高达 3×10¹² m³ [10-12]。相对而言,滇东黔西盆地群煤层气资源具有较大勘探开发潜力。

滇东黔西盆地群在油气勘探及煤田勘探过程中,发现许多含气井,主要分布在盘关向斜、格木底向斜、大河边向斜和二塘向斜。煤层发育于上

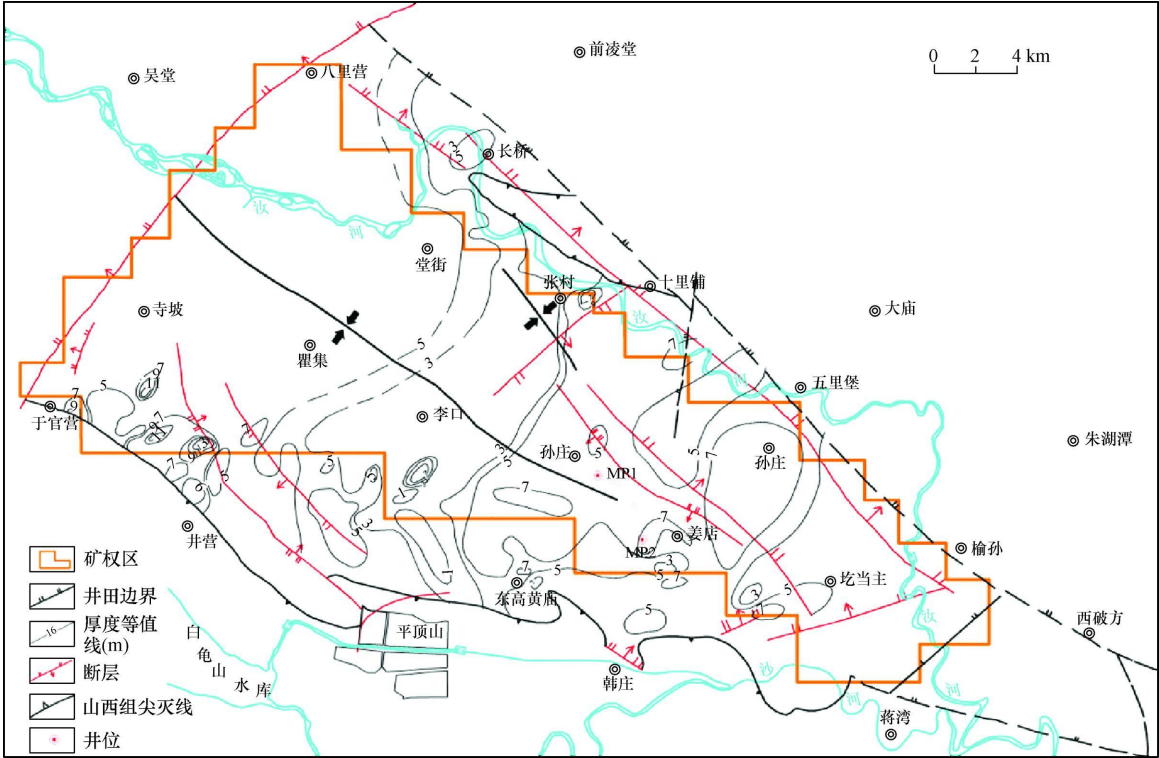


图 2 南华北盆地平顶山区块山西组煤层等厚图

Fig. 2 Isopach of coalbed in the Shanxi Fomation of the Pingdingshan block, southern North China Basin

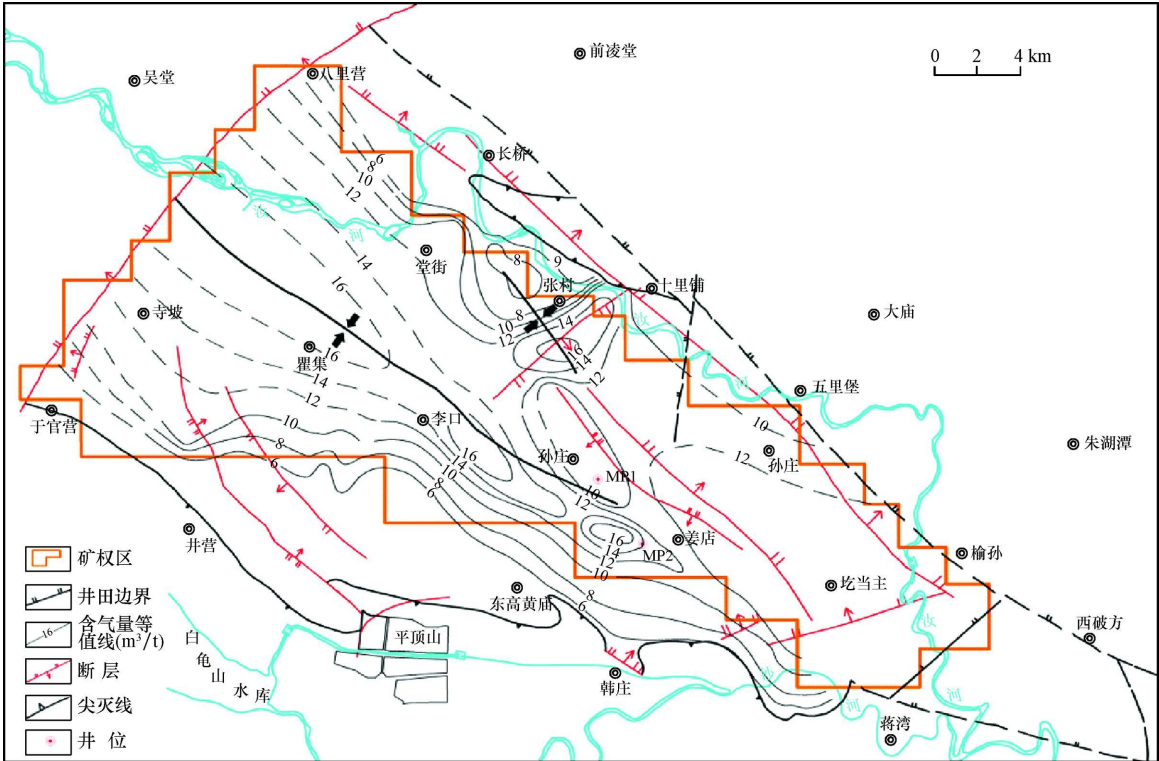


图 3 南华北盆地平顶山区块山西组己煤组含气量等值线

Fig. 3 Contour of gas content of the 6th coalbed in the Shanxi Fomation of the Pingdingshan block, southern North China Basin

二叠统长兴组下部、龙潭组上段的中、下部和下段的中部。含煤地层埋深在向斜中心可达 2 000 m。上二叠统煤层较厚,一般在 20~40 m,最高可达 50 m。煤层纵向分布具有如下特点:含煤层数多,平均在 75~68 层,在格木底向斜多达 108 层;煤层总厚平均 9.23~53.44 m;可采煤层较多,平均 2~26 层,可采煤层厚度平均为 2.90~40.56 m。

滇东黔西盆地群煤层主要为中、高阶煤,二叠系上统煤层含气量平均为 $11.3\text{ m}^3/\text{t}$ 与全国相比处于中等偏上。因此,煤层气资源量大。加之煤层储层吸附量高、可解吸率高,煤层割理发育,构造裂缝适中;煤层气盖层封闭性能良好,处于滞流带承压水封堵环境,煤层气保存条件有利。但是,由于受区域构造运动影响大,原生煤体结构受到一定破坏,勘探开发技术难度增大^[8 13-14]。就目前认识看,织金等 3 个区块后期构造破坏较小,含煤面积近 10 000 km² (图 4),合计可采煤层厚度 15 m 以上,煤层气资源量 $1.5\times 10^8\text{ m}^3$,特别是近期已有织 2 井获工业气流,表明其是相对有利煤层气勘探目标。

2.3 西北地区

中国石化在西北地区的含煤区块主要集中在

准噶尔及其周边。煤层发育在侏罗系中,具有低灰、低硫、低磷、高热质、富含油的特点,以长焰煤、不粘煤和弱粘煤等低阶煤为主(约占 81%),适于煤电、煤化工生产。20 世纪 90 年代以来,美国、澳大利亚和加拿大等国在低阶煤中成功开发了煤层气,为我们开展低阶煤煤层气勘探开发提供了启示^[15-18]。2005 年克拉玛依油田在准东白家海凸起彩 504 井井深 2 567~2 583 m 西山窑组煤层中试获 6 000~7 000 m³ 的高产煤层气流,表明准噶尔盆地深埋的褐煤可以大量生产煤层气^[19]。近年来中国石油在准东南钻探的昌试 1 井、昌试 2 井具有高压、高含气、高饱和的特点,压力系数为 1.2 含气量为 $7\text{ m}^3/\text{t}$ 饱和度为 81%~98%;中国石化在准噶尔柴 3 井褐煤和黑色炭质页岩发育的 672~920 m 井段共发现气测异常 9 层,异常幅度是基值的 8~10 倍,表明褐煤的含气量可能比较高。上述情况表明,中国石化在准噶尔及其周边探区广泛分布低阶煤,其含气量比较高,具有巨大煤层气勘探潜力。

3 勘探开发建议

近年来,我国经济快速发展,拉动了能源需求

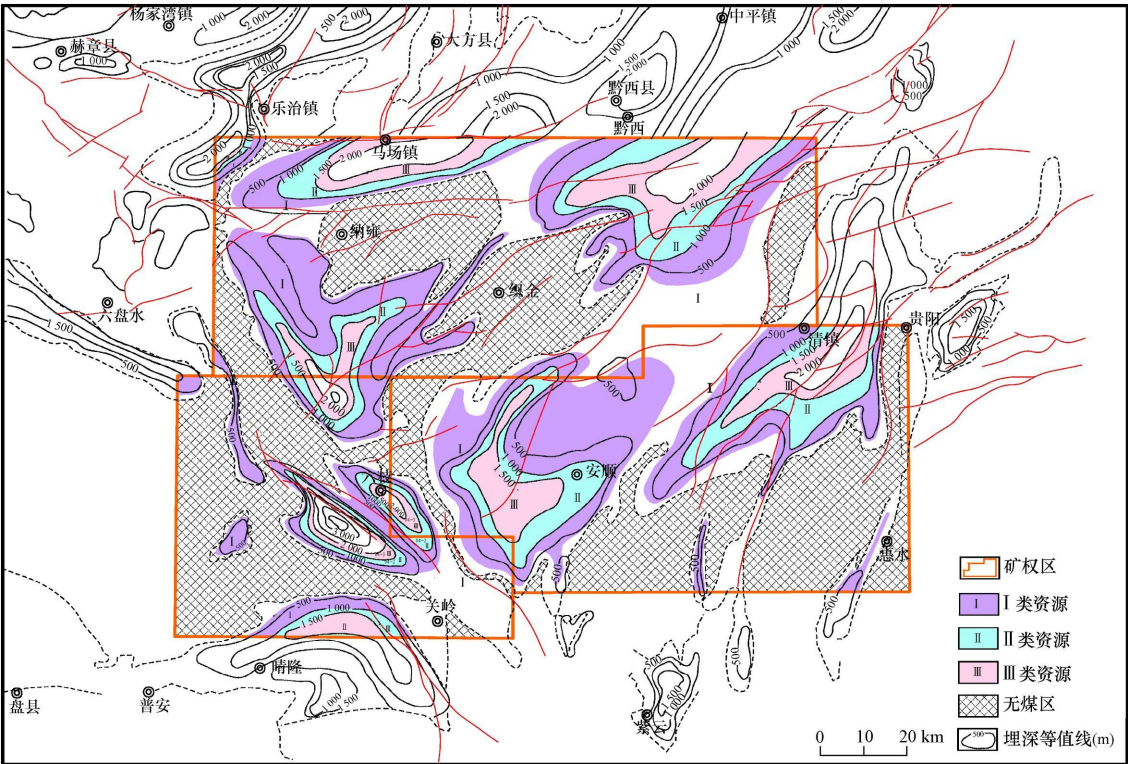


图 4 六盘水盆地群织金-朗岱-安顺地区煤层气资源分布
Fig. 4 Distribution of CBM resources in the Zhijir Langdai-Anshun region in the Liupanshui basins

的高速增长。在环境污染日益严重, 全球正在发展低碳经济的今天, 天然气 (包括煤层气) 更是首选能源和资源^[20-21]。据国家能源战略研究成果, 我国 2020 年天然气需求量将达 $3\,000 \times 10^8 \text{ m}^3$ ^[22-23]。如此大的需求, 为煤层气资源的开发利用提出了迫切要求。国家提出先采气后采煤的方针和煤层气扶持政策, 为煤层气开发利用创造了良好的外部条件。中国石化是中国第一大型企业, 具有雄厚资金和上、中、下游一体化优势, 因此应把发展煤层气放到与常规油气同等重要的地位来抓, 采取积极的投资战略, 通过新登区块和与相关地方、企业合作扩大资源基础, 择优勘探寻求重大突破, 加快建设形成规模产能, 开拓市场增加经济效益, 从而大力发展煤层气产业。

3.1 争取资源, 扩大发展基础

从前面分析看, 中国石化煤层气资源丰富。但是, 优质煤层气资源不多。因此扩大优质资源是当务之急。第一, 针对国内大量未登记区, 加强基础地质工作, 在系统评价基础上, 积极申请区块; 积极对外合作, 努力扩大煤层气资源。第二, 与相关省区市甚至相关煤矿企业等合作, 开展或参与煤层气开采, 保障煤矿安全和保护环境, 同时力争经济效益。第三, 通过并购等方式, 获取其他公司在国内乃至国外煤层气资源。

3.2 分层实施, 稳步推进勘探开发工作

首先, 针对延川南、和顺、织金等已突破或见气区块, 进一步部署参数井, 落实资源, 优选目标; 开展井组排采试验, 研究发展行之有效的开发生产技术, 建立合理的生产制度, 总结生产规律, 为下一步大规模建产和生产做好准备。第二, 在鄂尔多斯南缘和北部的相关区块、滇东黔西地区, 选择有利部位, 精心布井勘探, 力争取得更大突破, 落实新目标, 建立产能建设新基地。第三, 探索南华北和西北地区, 对构造煤煤层气资源区、低阶煤煤层气资源区开展少量的勘探评价和科技攻关, 摸索出地质评价技术和工程技术体系, 进一步拓展煤层气勘探领域。

由于煤层气对于中国石化来说还是新领域, 所以不能急于求成, 在近几年要稳扎稳打, 逐步发展, 更要有应对复杂情况的思想准备和策略、措施。在“十二五”期间, 打基础, 作准备, 解决在哪里发展和如何发展等问题。一方面, 针对中国石

化区块, 分析煤层气资源形成地质条件, 总结分布规律, 研究资源品质, 开展系统的资源评价和经济分析, 优选有利区块, 明确发展方向; 另一方面, 选准试验区, 分析技术难点, 应用不同技术进行试验和集成创新, 配套相应设备, 形成应用技术系列。在“十三五”和“十四五”期间, 成规模, 见效益, 即全面开展勘探开发, 快速提高产量和销售量, 获取良好的经济和社会效益。

3.3 其他建议

1) 加大科技攻关力度。一是针对不同煤层气类型, 开展成藏机理及富集规律研究, 建立其评价方法技术体系; 二是研究煤层气地震采集、处理和解释技术; 三是针对延川南、和顺、织金等区块, 建立煤储层地质模型, 研究煤层气藏有效开采方式; 四是按照小型、适用、低成本原则, 加强与国内外公司合作, 通过引进与自主研发, 尽快形成有效技术。

2) 加大投入, 创新考核制度, 营造煤层气发展的宽松环境。

3) 强化组织管理, 建设一支人员精干、管理高效、执行有力的管理生产科研一体化队伍。

致谢: 本论文是项目组团结合作之成果。在此感谢项目组同事的合作以及公司、研究院各位领导的指导!

参 考 文 献

[1] 李明潮, 梁生正, 赵克镜, 等. 煤层气及其勘探开发 [M]. 北京: 地质出版社, 1996 115-120
Li Mingchao, Liang Shengzheng, Zhao Kejing et al Coalbed methane and its exploration and development [M]. Beijing Geological Publishing House, 1996 115-120

[2] 叶建平, 秦勇. 中国煤层气资源 [M]. 中国矿业大学出版社, 1998. 122-204.
Ye Jianping, Qin Yong. China's CBM resources [M]. Beijing China University of Mining Press 1998. 122-204

[3] 戴金星, 秦胜飞, 夏新宇. 中国西部煤成气资源及大气田 [J]. 地球化学通报, 2002, 12(1): 12-21
Dai Jinxing, Qin Shengfei, Xia Xinyu. Coal formed natural gas resource and large gas fields in the west part of China [J]. Bulletin of Mineralogy Petrology and Geochemistry, 2002, 12(1): 12-21

[4] 张新民, 庄军, 张遂安. 中国煤层气地质与资源评价 [M]. 北京: 科学出版社, 2002 32-46.
Zhang Xinmin, Zhuang Jun, Zhang Su'an. Coalbed methane geology and resources of China [M]. Beijing Science Press 2002 32-46

- [5] 陈孟晋, 张建博. 浅议我国西北低阶煤含煤盆地煤层气的勘探对策 [J]. 石油勘探与开发, 2003 30(1): 18– 21.
Chen Mengjin, Zhang Jianbo. The exploration strategy of coal bed methane of coal basin in low coal rank in northwestern China [J]. Petroleum Exploration and Development 2003 30(1): 18– 21
- [6] 李巧梅, 王瑞英. 低阶煤盆地煤层气勘探的几点思考 [J]. 吐哈油气, 2004(3): 238– 240.
Li Qiaomei, Wang Ruiying. Thinkings about CBM exploration and development in Lower-rank coal basins [J]. Oil & Gas in Tuhabasin 2004(3): 238– 240
- [7] 宋岩, 张新民. 煤层气成藏机制及经济开采理论基础 [M]. 北京: 科学出版社, 2005. 90– 101
Song Yan, Zhang Xinmin. Coalbed methane accumulation mechanism and theoretical basis of economic exploitation [M]. Beijing Science Press 2005. 90– 101
- [8] 傅雪海, 张万红. 吐哈盆地与粉河盆地煤储层物性对比分析 [J]. 天然气工业, 2005 25(4): 38– 39
Fu Xuehai, Zhang Wanhong. Petrophysical correlation and analysis of the coal reservoirs in Tuhabasin and Powder River basin [J]. Natural Gas Industry, 2005, 25(4): 38– 39
- [9] 傅小康, 霍永忠. 低阶煤煤层气富集模式初探 [J]. 中国石油勘探, 2006 11(3): 73– 75.
Fu Xiaokang, Huo Yongzhong. Discussion of enrichment pattern of lower-rank coalbed methane [J]. China Petroleum Exploration 2006, 11(3): 73– 75
- [10] 傅小康, 霍永忠. 美国低阶煤煤层气的勘探开发现状 [J]. 中国煤炭, 2006(5): 75– 76.
Fu Xiaokang, Huo Yongzhong. Status of lower-rank coalbed methane exploration and development of the United States [J]. China Coal 2006(5): 75– 76
- [11] 刘洪林, 李景明. 浅议我国低阶煤地区的煤层气勘探思路 [J]. 煤炭学报, 2006 31(1): 50– 53
Liu Honglin, Li Jingming. Discussion on finding coalbed methane in low-rank coal in China [J]. Journal of China Coal Society, 2006, 31(1): 50– 53
- [12] 李启桂, 谢征康. 湖南煤层气地质特征及远景评价 [J]. 石油与天然气地质, 1996, 17(1): 71– 76
Li Qigui, Xie Zhengkang. Geological feature of coal gas in Hunan and its prospects [J]. Oil & Gas Geology, 1996, 17(1): 71– 76
- [13] 宁正伟, 陈霞. 华北石炭、二叠系煤化变质程度与煤层气聚集性的关系 [J]. 石油与天然气地质, 1996 17(2): 156– 160.
Ning Zhengwei, Chen Xia. Relations between metamorphism and coalbed gas reservoiring of Carboniferous-Permian in north China [J]. Oil & Gas Geology, 1996 17(2): 156– 160
- [14] 张建博, 汪泽成. 中国煤层气勘探开发前景分析 [J]. 石油与天然气地质, 1996, 17(3): 217– 220
Zhang Jianbo, Wang Zecheng. Analysis of coalbed gas exploration and development prospects of China [J]. Oil & Gas Geology, 1996 17(3): 217– 220.
- [15] 王旭, 邹云龙, 秦晓庆, 等. 浅析六盘水亦资孔盆地煤层气勘探开发前景 [J]. 石油与天然气地质, 2004 25(3): 309– 313
Wang Xu, Wu Yunlong, Qin Xiaoping, et al. Prospects for exploration and development of coalbed methane in Yizhong basin in Liupanshui area [J]. Oil & Gas Geology, 2004, 25(3): 309– 313
- [16] 孙万禄, 陈召佑, 陈霞, 等. 中国煤层气盆地地质特征与资源前景 [J]. 石油与天然气地质, 2005 26(2): 141– 146, 154.
Sun Wanlu, Chen Zhaoyou, Chen Xia, et al. Geological features and resource potentials of coalbed methane basins in China [J]. Oil & Gas Geology, 2005 26(2): 141– 146, 154
- [17] 车长波, 杨虎林, 李富兵. 我国煤层气资源勘探开发前景 [J]. 中国矿业, 2008, 17(5): 1– 4.
Che Changbo, Yang Hulin, Li Fubing. Exploration and development prospects of coalbed methane (CBM) resources in China [J]. China Mining Magazine 2008, 17(5): 1– 4.
- [18] 郭利君. 我国煤层气资源勘查开发潜力与政策分析 [J]. 中国矿业, 2005 14(10): 1– 4
Guo Lijun. Prospecting and developing potentiality and policies analysis on China's CBM resources [J]. China Mining Magazine 2005, 14(10): 1– 4.
- [19] 王屿涛, 谢姝. 准噶尔盆地低阶煤煤层气资源及勘探潜力分析 [J]. 新疆石油学院学报, 2002, 14(3): 5– 7, 12
Wang Yutao, Xie Shu. The analysis of the resources and exploration potential of low-rank coalbed gas in Junggar Basin [J]. Journal of Xinjiang Petroleum Institute 2002 14(3): 5– 7, 12
- [20] 贾宽. 我国煤层气开发的经济效益和发展规划措施 [J]. 知识经济, 2010(14): 32– 32
Jia Kuan. CBM development in China's economic and development planning measures [J]. Financial Economy, 2010(14): 32– 32
- [21] 陈本金, 温春齐, 曹盛远, 等. 贵州六盘水煤层气勘探开发有利目标区优选 [J]. 西南石油大学学报, 2010 32(3): 56– 60
Chen Benjin, Wen Chunqi, Cao Shengyuan, et al. Determination of favorable target areas of coalbed methane exploration and production in Liupanshui, Guizhou [J]. Journal of Southwest Petroleum University, 2010 32(3): 56– 60.
- [22] 张政和. 我国煤层气产业发展状况及对策 [J]. 能源政策研究, 2010(2): 32– 37
Zhang Zhenghe. Development of China's CBM industry and related measures [J]. Energy Policy, 2010(2): 32– 37.
- [23] 王占磊, 吴财芳, 李勤. 平顶山矿区影响煤层气含气量的地质因素研究 [J]. 四川地质学报, 2010 30(2): 191– 193.
Wang Zhanlei, Wu Caifang, Li Ba. Geological factor effective on gas content of coalbed gas in the Pingdingshan coalmine [J]. Acta Geologica Sichuan 2010, 30(2): 191– 193.