

西部大开发中的天然气工业

——加快天然气开发利用,培育新的经济增长点

李士伦* 张 斌 唐晓东 戴 磊

(西南石油学院)

李士伦等. 西部大开发中的天然气工业. 天然气工业, 2001; 21(1): 1~4

摘 要 从环保和优质能源出发, 21 世纪将是天然气世纪。中国天然气工业形势喜人, 天然气资源潜力很大。近 10 年来, 我国天然气探明储量以年均 $1\,200 \times 10^8 \text{m}^3$ 的速度增长, 天然气产量以年均 10% 的速度增长, 并正加紧输气管道和下游配套设施的建设。发展天然气工业已逐渐成为国民经济发展的新经济增长点。西部地区六大含油气盆地天然气资源量占陆上天然气总资源量的四分之三, 加快这些地区的天然气资源的开发利用是我国西部大开发的重要组成部分, 也是实施西气东输工程的物质基础。文章介绍了天然气在燃料和化工原料方面的广泛用途和对西部地区发展经济的促进作用, 结合西部地区的实际情况, 提出了天然气资源(干气、液化石油气和稳定轻烃)直接利用、化工利用方向和技术路线, 指出了实施的技术经济可行性, 最后提出了西部地区就地利用天然气资源的几点看法。

主题词 西部地区 天然气 开发 综合利用 方案 分析

21 世纪将是天然气世纪

世界天然气工业正在加速发展, 从环保和优质能源出发, 21 世纪将是天然气世纪。天然气既是一种洁净高效的优质燃料, 又是一种用途广泛的有机化工原料, 天然气成为世界三大支柱能源之一。由于其具有环保和经济的双重意义, 在世界一次能源结构中的比重不断上升。

从 20 世纪 70 年代到 90 年代的 20 年间, 全世界天然气储量、产量快速增长, 天然气产量增幅达 64%, 大大超过了原油 8% 的增幅。据世界天然气权威机构预测, 到 2015 年, 天然气在总能源构成中将达到 29%~30%, 超过煤炭而成为第二大能源。

截至 1998 年 1 月 1 日, 世界天然气剩余储量为 $144.05 \times 10^{12} \text{m}^3$, 天然气探明的剩余可采储量按热当量计已经超过了石油。世界天然气销售量从 1974 年到 1995 年, 20 年间也增长了 67%, 1998 年世界商品气总量达 $2.343\,3 \times 10^{12} \text{m}^3$, 比上年增长 2%, 天然气总贸易量为 $4502 \times 10^8 \text{m}^3$, 其中管运输送气 $3\,372 \times 10^8 \text{m}^3$, 液化天然气 $1\,130 \times 10^8 \text{m}^3$, 世界上已形成了北美、欧洲和亚洲三大天然气市场。

天然气长输管线达 $140 \times 10^4 \text{km}$, 占油气总管线的 74.8% (北美除外), 液化气国际贸易蓬勃发展。

天然气利用可分燃料和原料两大类, 天然气作为化工原料利用的消费量与全球天然气总消费量的比例在 10% 以下, 但生产了门类众多的化工产品, 年产量已达 $1.6 \times 10^8 \text{t}$ 以上。

西部天然气资源丰富

1. 中国天然气工业形势概况

我国陆地和海洋沉积岩面积 $449.1 \times 10^4 \text{km}^2$, 共发育了 280 个中生代沉积盆地和 3 个古生界沉积岩分布区。据 1994 年第二次资源评价, 我国油气资源是: 石油 $906 \times 10^8 \text{t}$, 其中陆上为 $660.5 \times 10^8 \text{t}$, 陆上石油的可采资源 $145 \times 10^8 \text{t}$; 天然气总资源量 $40 \times 10^{12} \text{m}^3$, 其中陆上 $29.5 \times 10^{12} \text{m}^3$, 我国油气资源具有很大的潜力, 陆上探明的程度, 石油仅 1/4, 而天然气还只有 6%~7%。

根据中国石油天然气集团公司 1998 年资料, 累计探明天然气可采储量 $1.177\,4 \times 10^{12} \text{m}^3$, 剩余可采储量 $7\,879 \times 10^8 \text{m}^3$, 其中气层气剩余可采储量 $6\,834 \times 10^8 \text{m}^3$, 气层气的储采比高达 70 1。

西部地区六大含油气盆地(塔里木、准葛尔、吐哈、柴达木、鄂尔多斯和四川盆地)天然气资源量 $22.4 \times 10^{12} \text{m}^3$, 占陆上天然气资源量的 76%。

2. 天然气工业发展势头很好

* 作者简介请见本刊 1996 年第 6 期。地址: (637001) 四川南充。电话: (0817) 2642937。

(1) 输气管网建设加快。近十年来,我国探明天然气储量年均以 $1\,200 \times 10^8 \text{ m}^3$ 以上的速度增长,年产量平均以 10% 以上的速度增长,并着手解决中下游的配套建设。以中国石油天然气集团公司为例,生产的天然气仅为建成产能的 68%。一批区域性管网建成,为市场开拓奠定了基础,中国石油天然气集团公司输气管线总长度为 9 972 km,初步建成了三类区域性管网,包括川渝地区的环形管网,陕甘宁气区的放射性管线,其中主要有陕京长输管线、陕西靖边—西安和靖边—银川的管线;其它一些区域性管网,如大庆朝阳沟—哈尔滨、鄯善—乌鲁木齐、彩南—石西—克拉玛依、塔中—轮南、华北永清—北京等,总长超过 2 750 km。正在建设中的天然气管线有新疆—上海、重庆—武汉、青海—兰州等长输管道及其配套管网。

(2) 四川天然气勘探开发的前景十分乐观。远景资源量 $7.98 \times 10^{12} \text{ m}^3$,占陆上天然气资源的 26%,经过 40 余年的勘探,四川盆地内四川石油管理局和西南石油局等单位已获得的天然气探明储量 $5138 \times 10^8 \text{ m}^3$,截至“八五”末,天然气探明程度仅 6.6%,剩余可采储量储采比现已达 30:1。1999 年产气 $76 \times 10^8 \text{ m}^3$,约占全国陆上天然气产量的 40%,累计向社会提供商品气超过 $1\,600 \times 10^8 \text{ m}^3$ 。

(3) 长庆气田——我国目前陆上最大整装气田之一。长庆气田位于我国第二大沉积盆地——鄂尔多斯盆地中部,它的发现与探明引起了国内外广泛的关注,目前已成为向北京供气的主要气源地。现盆地勘探面积 $3.2 \times 10^4 \text{ km}^2$,二次资源评价天然气资源为 $4.17 \times 10^{12} \text{ m}^3$,经研究认为可达 $8 \times 10^{12} \text{ m}^3$ 。从 1988 年 12 月陕参 1 井获得工业性气流,到 1999 年底,已累计获得天然气探明储量 $3\,405 \times 10^8 \text{ m}^3$,其中下古生界奥陶系 $2\,384 \times 10^8 \text{ m}^3$,上古生界砂岩近 $1\,000 \times 10^8 \text{ m}^3$,控制储量 $1\,567 \times 10^8 \text{ m}^3$,预测储量 $4\,268 \times 10^8 \text{ m}^3$ 。该油气区进入了“油气并举,协调发展”的新阶段,正向万亿大气区目标奋进。

(4) 新疆勘探领域广阔。全疆沉积盆地面积 $78.4 \times 10^4 \text{ km}^2$,天然气资源 $10.495 \times 10^{12} \text{ m}^3$,占陆上天然气资源量的 35%。天然气勘探在塔北隆起获得重大突破。最近已发现并探明迄今为止我国最大的整装优质天然气田—克拉 2 气田,含油气面积 47.1 km^2 ,探明储量为 $2\,506.1 \times 10^8 \text{ m}^3$ 。塔里木盆地累计探明储量 $5\,040 \times 10^8 \text{ m}^3$,探明程度仅为 4.8%,勘探前景乐观,现正向探明天然气储量 $1 \times 10^{12} \text{ m}^3$ 的目标奋进。

总之,我国天然气资源探明程度低,储量增长潜力大,预计在今后一个时期内,天然气储量增长将处于一个高峰时期,并有可能在 2015 年达到高峰。我国中西部地区天然气资源丰富,加快西部天然气的勘探开发与利用,是西部大开发战略的重要内容,也是实施“西气东输”工程的物质基础。

天然气工业的发展机遇

西部地区天然气工业发展既符合区域经济协调发展的政策,又符合发展能源工业的政策。国家的一系列战略决策,为我国培育天然气工业这个新的经济增长点提供了政策依据和行动指南,我们应抓住机遇,充分利用国家的重视和支持,争取多方面的优惠条件,把天然气的勘探开发和综合利用提上一个新的台阶。作为燃料利用,天然气是洁净高效的优质燃料,其应用几乎遍及国民经济各个领域;作为化工原料利用,近代世界已逐步形成具有特色的甲烷化学与化工。从天然气中可以分离获得甲烷(又称为甲烷气、干气)、液化石油气(主要由丙烷和丁烷组成)和稳定轻烃(其组成为 C_5^+),天然气凝液(NGL)是石油化工的主要原料之一。

天然气作为化工原料利用的消费量比例虽还不小,但生产门类众多的化工产品数量却很可观,除了一些产量较少的一次产品(甲烷氯化物、乙炔等)直接由甲烷气制取外,作为大宗的两种化工产品——合成氨和甲醇,则是天然气经合成气($\text{CO} + \text{H}_2$)间接制取的,以甲烷气为原料生产合成氨和甲醇的产量分别占两种产品总产量的 85% 和 90%,构成了天然气化工利用的核心。天然气经合成气转化为液体燃料的新技术,也为经济地开发和利用边远地区天然气开辟了新的途径。用天然气凝液(NGL)为原料生产的乙烯占全球乙烯总产量的 40%。拓展下游、多元发展是调整产业结构、构筑新的经济增长点、提高效益、增强企业抗风险能力的重要途径。

天然气综合利用方案探讨

加快天然气工业的发展,关键在于天然气资源的综合利用。发展西部地区的天然气工业,除了“西气东输”外,还应考虑到国内外将投入大量的财力、人力和物力到西部大开发的经济建设中。因此,应坚持天然气资源就地直接利用(天然气进城,液化石油气和 C_5^+ 轻烃合成民用燃料下乡)、发展天然气化工,开拓下游高附加值产品,真正将资源优势转变成经济优势的原则,这对于加快西部经济的发展,改善

西部地区的自然环境和生态环境, 实现可持续发展战略具有更重要的意义。

1. 天然气资源的直接利用途径(见表 1)

表 1 天然气资源的直接利用途径

资 源	直接利用途径
干 气	民用燃料, 发电, 供热, 汽车燃料
液化石油气	民用燃料, 汽车燃料, 金属切割气
C ₅ ⁺ 轻油	民用合成燃料, 调和汽油, 溶剂油

干气、液化石油气作为民用燃料和汽车燃料, 对

于像重庆、兰州、乌鲁木齐等大气污染极为严重的一些西部中心城市具有重要的环保意义。干气、液化石油气取代燃煤作为家用燃料以及发电、供热取暖, 作为汽车代用燃料, 能够有效地改善这些污染严重城市的大气质量。液化石油气和 C₅⁺ 轻烃合成民用燃料, 则能够改善边远地区小城镇居民的燃料结构, 对恢复植被、保持西部地区的生态平衡具有重要意义。C₅⁺ 轻烃切割生产溶剂油具有较好的经济效益。

2. 天然气资源的化工利用途径(见表 2)

须指出, 在表 2 所示的天然气资源化工利用途径中, 干气经甲醇制取烯烃即 MTO 工艺路线或干气

表 2 天然气资源的化工利用途径

资 源	化工利用途径	是否工业化
干 气	干气→ 甲醇→ 乙烯	国内外已完成中试
	干气→ 合成氨→ 尿素、硫铵、硝铵等	成熟工艺
	干气→ 甲醇、低碳混合醇 甲醇直接利用: 民用燃料, 汽车代用燃料, 甲醇植物生长促进剂, 溶剂等; 低碳混合醇: 汽车代用燃料, 精细化工原料等; 甲醇化工利用: 二甲醚、醇醚燃料、甲醛与聚甲醛, 甲胺, 甲酸甲酯, 醋酸及醋酐, 碳酸二甲酯, 草酸二甲酯, 甲醇蛋白等	成熟工艺
	液化石油气	成熟工艺
液化石油气	丙烷→ 丙烯: 丙烯制丙烯腈, 丁辛醇, 异丙醇, 二异丙醚; 正丁烷→ 顺酐→ 1, 4 丁二醇, 不饱和聚酯树脂, 农药, 富马酸, 苹果酸等; 1, 4 丁二醇化工利用: 四氢呋喃, γ- 丁内酯, N- 甲基吡咯烷酮, N- 乙烯基吡咯烷酮, 聚对苯二甲酯丁二醇酯, 聚氨酯, 丁炔二醇, 丁烯二醇等等; 异丁烷: MTBE, 甲基丙烯酸及其酯类, MBS 树脂等	成熟工艺
C ₅ ⁺ 轻烃	C ₅ ⁺ 馏分→ 异戊二烯、间戊二烯和双环戊二烯	国内正在开发

直接制取烯烃的 GTO 工艺路线, 这两项技术是当今世界天然气化工利用最先进的技术之一, 国内外已完成中试, 其能否工业化关键在于低廉的原料气来源。干气制合成氨和尿素是国内外化工利用天然气的最大用户, 我国化肥进口量占世界市场的 1/4。天然气是合成氨的理想原料, 成本比煤、渣油、焦等生产的化肥低得多。合成氨主要用于生产尿素、硫铵和硝铵等化肥。干气合成甲醇, 其生产能力已占世界总能力的 80%; 以天然气为原料, 甲醇投资费用仅为煤的 1/3, 重油的 1/1. 89。

在甲醇利用方面, 可以直接利用甲醇作为汽车代用燃料、民用燃料和甲醇植物生长促进剂, 以扩大甲醇消费途径。甲醇作为汽车代用燃料的优点是安全, 汽车相撞不会爆炸, 辛烷值高, 抗爆震性能好, 排出废气少。作为植物生长促进剂, 不同浓度甲醇溶液喷施不同农作物, 可降低作物在阳光下对水的需求量, 从而大量增产。对沙漠及中西部干旱地区农业, 意义更

重大。处理某些作物, 可增收, 有的高达 100%。甲醇溶液的肥效近几年来已引起国内外重视, 这是它的一个潜在的大用途, 2 吨 16% 甲醇溶液等于 1 吨尿素的肥力。

在甲醇化工方面, 由甲醇脱水制二甲醚。二甲醚是一种优良的气雾剂, 性质类似于液化石油气, 亦可作为民用燃料和柴油代用燃料。醇醚燃料是一种正在兴起的民用燃料。由甲醇经甲醛制备的聚甲醛是重要的化工原料, 越来越有代替有色金属和合金材料的趋势, 广泛用于汽车、电子、电气、轻工、军工等领域, 需求量很大, 经济效益又显著, 生产聚甲醛可填补我国目前无大规模生产装置的空白。甲胺在农药、医药、染料、橡胶、纺织、饲料等工业应用广泛, 是精细化工重要原料; 新用途是合成胶炸药、植物生长调节剂和高能燃料, 二甲胺是合成液体火箭推进剂的主要原料, 它的新用途还在不断地开发, 潜在市场较大。甲酸甲酯作为化工中间体的应用, 有着广泛的潜力。由

甲醇生产的醋酸及醋酐,前者是一种有机酸,用途广泛,涉及各个领域,主要用于生产醋酸乙烯、苯二甲酸及醋酸纤维等;后者最重要的应用是乙酰化剂和脱水剂,用醋酐乙酰化为醋酸纤维素的最大用途是制造照相软片、纤维、塑料、香烟过滤咀和涂料;在医药上醋酐广泛用于合成药物的中间体,特别是生产阿司匹林和 4-乙酰氨基酚。碳酸二甲酯(DMC)是重要的有机化工原料,可制备苯甲醚(是食用香料,抗氧化剂,塑料加工稳定剂)、二甲基对苯二酸(用于有机合成,医药、香料、染料等)、聚碳酸酯(制备高级绝缘、高级薄膜片、录像磁带和合成纤维等)、二甲基芳基胺(制备

染料、香料、植物保护剂等)。DMC 也是有发展前途的汽油添加剂和柴油添加剂。草酸二甲酯是重要的有机合成中间体,广泛用于化工、医药、农药、染料等领域。

由干气合成的低碳混合醇,可作为汽车代用燃料(如甲基燃料和乙基燃料),经精馏提纯可获得经济价值极高的乙醇、丙醇和丁醇等精细化工产品。对现有的甲醇生产装置,调整操作参数,改用合成低碳混合醇催化剂,即可生产低碳混合醇。

在初步经济分析基础上,对天然气资源部分利用方案的评价结果见表 3。

表 3 干气、液化石油气的部分利用方案的评价结果

方 案		经济效益指标	风险程度	市场需求量
干 气	甲醇	低于行业基准水平	较大	疲软
	低碳混合醇	高于行业基准水平	很小	较大
	聚甲醛	略高于行业基准水平	较大	大
	甲醇汽油	大大高于行业基准水平	很小	大
	碳酸二甲酯	大大高于行业基准水平	很小	较大
	压缩天然气汽车	高于行业基准水平	很小	西部地区需求量大
液化石油气	综合型液化气工厂	略高于行业基准水平	较小	大,但竞争剧烈
	切割气	高于行业基准水平	很小	油田内部及周边市场
	液化石油气汽车	高于行业基准水平	很小	西部地区需求量大
C ₅ ⁺ 轻烃	合成民用燃料	高于行业基准水平	很小	西部地区需求量大

本着坚持天然气资源就地直接利用,发展天然气化工,开拓下游高附加值产品的原则,对西部地区天然气资源综合利用提出如下看法:

(1) 天然气进城,液化石油气和 C₅⁺ 轻烃合成民用燃料下乡。对于重庆、兰州、乌鲁木齐等大气污染极为严重的一些西部中心城市,应大力发展干气、液化石油气作为民用燃料和汽车燃料,以便能够有效地改善这些污染严重城市的大气质量,提高人民身体健康水平。液化石油气和 C₅⁺ 轻烃合成民用燃料,能够改善边远地区小城镇居民的燃料结构,对恢复植被,保持西部地区的生态平衡具有重要意义。

(2) 扩大甲醇消费途径。积极推广甲醇汽油代用燃料,在固定式柴油机械上采用密度调整法开发、推广 M20 甲醇柴油代用燃料。由于西部地区气候干燥,宜推广应用 M3、M5 和 M10 甲醇汽油(不含甲醇汽油增溶剂),夏季以 M5、M10 两种规格的甲醇汽油为主,其余季节以 M3、M5 甲醇汽油为宜。对于有廉价甲醇汽油增溶剂(如混合苯、低碳混合醇等)资源的地区,则可以推广 M15、M20 甲醇汽油。

(3) 甲醇溶液的肥效近几年来已引起国内外重

视,甲醇植物生长促进剂可降低作物对水的需求量,从而大量增产,这对西部地区沙漠及干旱地区农业,意义更重大。建议化工、农业等部门联合开发不同浓度甲醇的甲醇植物生长促进剂。

(4) 对现有甲醇厂进行技术改造,能够灵活生产甲醇和低碳混合醇,以增强抵抗市场风险能力。

(5) 将四川或新疆现有自然条件好的甲醇厂(约 10×10⁴t/a,以干气作为原料)扩建为 30×10⁴t/a 的大型甲醇化工厂,生产一系列的甲醇化工产品,例如二甲醚、醇醚燃料、甲醛与聚甲醛,甲胺,甲酸甲酯,醋酸及醋酐,碳酸二甲酯等。

参 考 文 献

1 唐晓东,张斌等.吐哈油田天然气资源利用研究.西南石油学院学报,1999;(1)

(收稿日期 2000-06-05 编辑 王瑞兰)

ABSTRACTS AND AUTHORS

NATURAL GAS INDUSTRY IN WESTERN REGION DEVELOPMENT—QUICKENING GAS DEVELOPMENT AND UTILIZATION TO BRING UP A ECONOMIC GROWTH POINT

Li Shilun, Zhang Bin, Tang Xiaodong and Dai Lei(Southwest Petroleum Institute). *NATURAL GAS IND.* v. 21, no. 1, pp. 1~ 4, 1/ 25/ 2001. (ISSN 1000 – 0976; **In Chinese**)

ABSTRACT: In consideration of enviromental protection and the optimization of energy resources, the 21st century will be the natural gas century. The situation of the natural gas industry in China is gratifying and natural gas resource potential is tremendous. In recent 10 years, in China the proved gas reserves increase by an average of $1\ 200\times 10^8\text{m}^3$ a year and the gas production increases by an annual average of 10% as well as the gas pipeline and downstream corollary istallation are in course of construction intensively. The progress of the natural gas industry has become a new economic growth point of national economy gradually. The gas resources in 6 oil- and gas-bearing basins in the western amount to 75 percent of the land total gas resources, therefore to quicken the development and utilization of the gas resources in these regions is an important component part of the western region devlopment of China and is also the material base of implementing “Western Gas Eastward Transportation” engineering. On the basis of stating the wide uses of natural gas in fuel and industrial chemicals and its effect on economic growth in the western region, the trend and technological methods of utilizing the natural gas resources (dry gas, liquefied petroleum gas and stable natural gas liquids) are proposed, the feasibility of implementing the technological and economic conditions is pointed out and several ideas of locally using the natural gas resources in the western region are also proposed in combination with the practical situation of the region.

SUBJECT HEADINGS: Western region, Natural gas, Development, Comprehensive utilization, Project, Analysis

Li Shilun's introduction: See V. 16, no. 6, 1996 Add: Nanchong, Sichuan(637001), China Tel: (0817) 2642937

EARLY ACCUMULATION AND LATE SEAL — THE BASIC CHARACTER OF GAS RESERVOIRS IN WEST SICHUAN DEPRESSION

Wang Jinqi(Southwest Petroleum Bureau of Chi-

na National Star Petroleum Corporation). *NATURAL GAS IND.* v. 21, no. 1, pp. 5~ 12, 1/ 25/ 2001. (ISSN 1000– 0976; **In Chinese**)

ABSTRACT: In West Sichuan Depression, the hydrocarbon sources of T_3 are abundant and the sandstones in it are developed. According to calculation, the total gas generation quantity of T_3 in the depression is as large as $(270\sim 432)\times 10^{12}\text{m}^3$ and the gas generation intensity at the principal portion of the depression is as high as $100\times 10^8\text{m}^3/\text{km}^2$. Hydrocarbon-expelling conditions are good because the source beds and reservoir beds are interbedded and there are numerous traps with various types in the depression. Before compactification of reservoir, the oil and gas migrated to paleouplift and the other traps and then accumulated when a general compactification occurred to the reservoir, the “Deep Basin Gas” with a large area was formed in the center of the depression; and the early accumulated oil and gas were sealed by super compactification at last. A large number of rises, folds, faults and fractures formed during Himalayan movement made a peak reservoir formation happened. There are two types of gas reservoir, i. e. the recomposed fractured gas reservoir (T_3) and the red-formation long-distance source secondary gas reservoir(J), in the depression. The principal factors determining the scale of gas reservoir were the early accumulation and the grade of hydrocarbon abundance sealed and fixed by the super compactification; in other words, it was restricted by the law of the early accumulation and late seal. In short, the formation mechanism and exploration countermeasure of the two gas reservoirs are emphatically expounded in the paper.

SUBJECT HEADINGS: Sichuan Basin, West, Early accumulation, Deep basin gas, Super compact seal, Recomposed fractured gas reservoir, Long-distance source secondary gas reservoir.

Wang Jinqi's introduction: See v. 20, no. 1, 2000 Tel: (028) 3332305—3310

PETROLEUM SYSTEM IN ZHEDONG CENTRAL ANTICLINAL ZONE OF XIHU DEPRESSION

Ye Jiaren (China University of Geosciences) and Gu Huirong (Research Institute of Planning and Design of Shanghai Offshore Oil Bureau). *NATURAL GAS IND.* v. 21, no. 1, pp. 13 ~ 17, 1/ 25/ 2001. (ISSN 1000– 0976; **In Chinese**)