

变 压 吸 附 技 术

在 油 气 工 业 中 的 应 用

唐晓东* 尹代益

(西南石油学院化工系)

景岷雪

(四川石油管理局地质勘探开发研究院)

摘 要 变压吸附技术(PAS)是60年代发展起来的一种气体分离技术。其具有适用气源广,产品纯度高,无环境污染,无设备腐蚀,工艺简单,自动化程度高,节能显著等优点。将该技术用于空气钻井,凝析天然气和原油开采,天然气与油田伴生气净化,富氧 Claus 工艺,轻烃回收及天然气提氮等生产领域,不仅技术可行,而且经济上也较为有利。因此,变压吸附技术在我国油气工业中具有广阔的应用前景。

主题词 变压吸附法 气体钻井 油气开采 气体净化 凝析油回收 氮气回收 硫磺回收

引 言

变压吸附技术(PSA)是60年代发展起来的一种气体分离技术,主要用于 H_2 、 O_2 、 N_2 、He 和 Ar 等气体,以及 CH_4 、 C_2H_4 、 C_2H_2 、 nC_nH_{2n+2} 、 H_2O 、 CO_2 和 CO 等组分的分离、回收和精制。PSA 技术是以压力为热力学参量,加压时气体组分吸附,减压时被吸附组分分解吸,在常温下进行的一种无热源吸附分离过程。其分离机理包括位阻效应、动力学效应和平衡效应^[1],具有适用气源广,产品纯度高,无环境污染,无设备腐蚀,工艺简单,吸附剂寿命长,操作弹性大,易起动,自动化程度高和节能显著等特点,因此在近30年得到了迅速发展^[2]。据统计,1986年国内外已有500套以上大型 PSA 装置在运转,装置最大处理量已达到 $10 \times 10^4 m^3/h$ 。

70年代初,西南化工研究院率先在国内研究开发 PSA 技术,于1981年实现工业化,至今已在国内外开发推广了200余套 PSA 装置,涉及9个方面的应用(见表1)**。目前,国内外尚未见到 PSA 技术在油气工业中的应用报道。我们认为***,PSA- CO_2 、PSA- CO_2/R 、PSA- C_2^+/R 、PSA- N_2 、PSA- O_2 和 PSA- CH_4 等 PSA 技术完全可用于油气工业中的空气钻井,凝析天然气和原油开采,天然气与油田

伴生气净化,富氧 Claus 工艺,轻烃回收及天然气提氮等生产领域。

表1 西南化工研究院开发的 PSA 技术

Table 1. PSA technique exploited by Southwest Chemical Research Institute

装置名称	用途	原料气	原料气处理能力 (m^3/h)	产品纯度 (体积百分比)
PSA- H_2	制纯 H_2	各种含氢混合气	200~100 000	99.000~99.999
PSA- CO_2	制纯 CO_2	各种含 CO_2 混合气	600~100 00	≥ 99.5
PSA- CO	制纯 CO	各种含 CO 混合气	1 200~4 000	≥ 98
PSA- CO_2/R	变换气脱 CO_2	变换气	1 500~500 00	$CO_2 < 0.2$
PSA- C_2^+/R	天然气脱 C_2^+	天然气	200~100 00	$C_2^+ < 100 mg/L$
PSA- O_2	制富 O_2	空气	500~200 00	28~93
PSA- N_2	制纯 N_2	空气	30~6 000	≥ 99
PSA- CH_4	浓缩 CH_4	煤矿瓦斯	500~20 000	50~95
PSA- C_2H_4	浓缩 C_2H_4	乙烯混合物	1 000~5 000	> 50

* 唐晓东,讲师,1963年生,1985年毕业于西南石油学院石油工程系,现在西南石油学院从事石油炼制和天然气加工专业教学与科研工作;曾在刊物上发表过多篇论文。地址:(637001)四川省南充市。电话:(0817)2234412-3079。

** “变压吸附气体分离技术与成套装置”,《产品介绍》,西南化工研究院,1994年。

*** 唐晓东,“PSA 技术在煤层甲烷开发中的应用”,《科研成果报告》,西南石油学院,1994年12月。

PSA 技术用于空气钻井

空气钻井是利用空气作循环介质的一种低压钻井技术。与常规钻井液钻井比较,具有成本低,机械钻速高3~4倍,钻头寿命长,能有效开发低压低渗透储集层,安全钻过严重水敏性地层及漏失层,能很好地保护储层等优点^[3]。但是,当其钻遇天然气层时,易发生井下燃烧和爆炸,烧熔钻铤和钻杆。因此,采用空气钻井时,必须防止井下燃烧与爆炸。目前采取的方法有天然气钻井、空气雾化钻井和洗井液钻井。它们之间的优缺点比较,见表2^[3~5]。

表2 各种循环介质用于空气钻井优缺点比较
Table 2. Comparison of advantages and shortages of all kinds of circulation medium used in air drilling

循环介质	特点	存在的问题
空气	成本最低	井下燃烧、爆炸、卡钻时,用液氮解卡成本高
天然气	无井下燃烧、爆炸	成本高
雾化空气	无井下燃料、爆炸	成本高,对钻具有腐蚀
洗井液	无井下燃烧、爆炸	成本高,对储层有伤害
氮气 (PSA-N ₂)	无井下燃烧、爆炸,成本低(为天然气的1/8,深冷法制N ₂ 的1/2),无腐蚀,不伤害储层	需增加一套PSA-N ₂ 装置

从表2中看出,N₂用于空气钻井时,可克服用空气、天然气、雾化空气和洗井液作循环介质的缺点。N₂由 PSA-N₂装置提供,其成本仅为天然气的1/8和空气深冷法制 N₂的1/2。为降低钻井成本,可先采用空气钻井至天然气层的顶部,然后再用 N₂钻穿储层;将从井筒环空排出的含钻屑的 N₂经除尘器除尘后,循环使用;在 PSA-N₂装置出口安装储 N₂的涂胶气袋,供开钻前和停钻后储 N₂用,如图1所示。

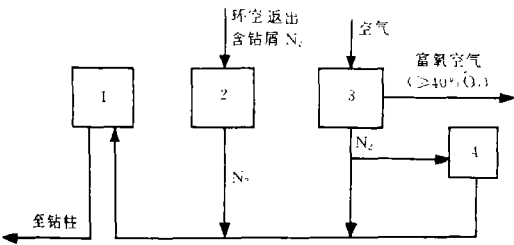


图1 PSA-N₂装置用于空气钻井供气系统
Fig. 1. The usage of PSA-N₂ installation in gas supply system of air drilling.

1. 增压机;2. 除尘器;3. PSA-N₂装置;4. 涂胶气袋

在空气钻井过程中,必须保证井眼清洁,井眼清洗时间应小于或等于0.197 s/m 井深。采用文献[3]中的数据,计算出机械钻速为15.24 m/h。不同井眼尺寸、钻杆尺寸和井深 H 所要求的 PSA-N₂装置(N₂生产能力为200 m³/h)的最低生产时间 $t_{\min}$ (即 N₂从井口经钻柱至钻头喷出时所需 N₂量的生产时间),如图2所示。从图2可看出,在固定井眼尺寸和钻杆尺寸时,最低生产时间 $t_{\min}$ 随井深 H 增加而增加; H 相同时, $t_{\min}$ 随井眼尺寸和钻杆尺寸的增大而延长。

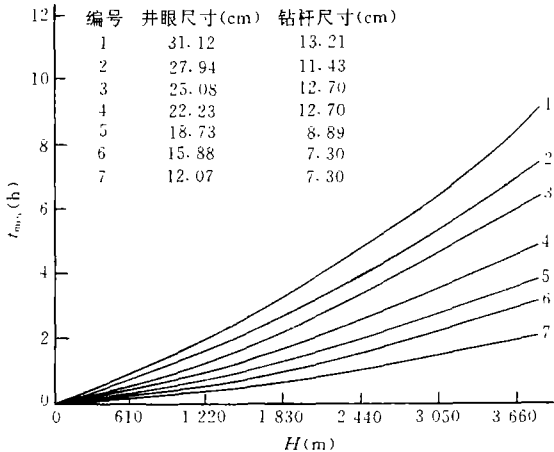


图2 $H-t_{\min}$ 关系
Fig. 2. $H-t_{\min}$ plot.

从图1还可看出,PSA-N₂装置可为钻井用柴油机提供富氧空气,使柴油在气缸内进行富氧燃烧,提高柴油机的指示功率 N_i 和机械效率 η_m ,降低油耗率 g_c ,减少柴油机废气中 CO、HC 和碳烟等有害物质的排放^[6]。以4冲程非增压柴油机和4冲程涡轮增压柴油机为例,它们的 η_m 分别为0.7~0.85和0.80~0.90。若使用35%的富氧空气,二者的 N_i 可增加51%, η_m 分别提高6%~14.4%和3.7%~8.5%, g_c 降低5.6%~12.6%和3.6%~7.8%。由此看来,富氧空气能极大改善钻井用柴油机性能,提高机械钻速,降低钻井成本。

PSA 技术用于凝析气田开发

在开发异常高压凝析气田时,必须维护地层压力高于正常压力(即静水柱压力),以保持良好的储层渗透性,这是获得天然气和凝析油最高采收率的保证。对于凝析油含量大于250g/m³的异常高压凝

析气藏,可采用注天然气、CO₂、烟道气和 N₂ 保持压力的方式开采。其中,注 N₂ 工艺自 80 年代以来已被国外广泛采用,仅美国就有 10 多家公司在 30 多个气田上应用获得成功^{*}。其原因在于 N₂ 来源于空气,资源充足,不受地理环境限制,成本低,使用安全可靠,无腐蚀,对气藏无副作用。与衰竭法相比,注 N₂ 开发可使凝析油、液化气和湿气的采收率分别提高 3.25 倍、1.80 倍和 1.41 倍,凝析天然气采收率提高到 80%~95%⁽⁷⁾。

注气开发的各种气源成本比较,见表 3⁽⁸⁾。PSA 法制 N₂ 的成本仅为目前采用深冷法的 1/2,在国外,其经济生产能力已达 120×10⁴ m³/d。因此,PSA—N₂ 装置用于凝析气田的注 N₂ 开发是完全可行的(注 N₂ 开发使采出气中 N₂ 超标,必须脱除才行)。四川、大庆和塔里木等油气田都存在异常高压凝析气田,均适宜于注 N₂ 开发。因此,在我国及早将 PSA—N₂ 装置用于凝析气田注 N₂ 开发的研究和现场试验意义是重大的。

表3 凝析气田注气开发的各种气源成本比较

Table 3. Cost comparison of various gas sources used in the development of condensate fields by gas injection

气 源	成本(相对值)
天然气	1.0
CO ₂	0.50~0.75
烟道气	0.25~0.75
N ₂ (深冷法)	0.25
N ₂ (PSA 法)	0.125

PSA 技术用于提高原油采收率

目前,CO₂ 已广泛用于提高原油采收率(EOR)。例如美国 1985 年 CO₂ 消费量的 98% 以上用于 EOR^{**},其原因 CO₂ 对原油的羧化作用能使原油粘度大幅度降低,少量 CO₂ 溶于密度为 984.4 kg/m³ 的原油中,可使粘度从 8 000 mPa·s 降至 100 mPa·s 以下。CO₂ 能与原油中 C₁~C₁₀ 组分混相(N₂ 仅与 C₁~C₆ 混相),形成混相驱,采收率高于 N₂ 和天然气混相驱的采收率⁽⁹⁾。但 CO₂ 混相驱受 CO₂ 资源限制。

各种 CO₂ 的来源及含量见表 4。用于 EOR 的 CO₂ 资源最好由所在油田提供,其次才是其它 CO₂ 来源,其它 CO₂ 来源的输送按文献 [11] 的计算,1 000 m³ CO₂ 输送 800 km,成本为 35~40 美元,考虑增产 1 t 原油的 CO₂ 耗量,即原油成本约为 30~80 美元。按现有油价,这种方法仍然可行。

表4 各种 CO₂ 的来源及含量

Table 4. The source and content of all kinds of CO₂

CO ₂ 来源	CO ₂ 含量 (%)
石油溶解气	微量~90
天然气	5~80
天然 CO ₂ 气井	80~99.5
烟道气	10~16
合成氨工业	98~99
石油化工过程	98~99

表 4 中的大部分 CO₂ 气源需经浓缩和精制才能用于 EOR。回收 CO₂ 的常用方法是溶剂吸收法,如 Catacarb 法、Benfield 法、G-V 法、MEA 法、ADIP 法、Fluor 法等^(10,12)。但这些方法的缺点是工艺流程长、设备复杂、能耗高,多数吸收溶剂对设备有腐蚀。使用 PSA 技术从各种富含 CO₂ 的气源中回收 CO₂,节能降耗显著,可完全克服溶剂法不足。例如,PSA 法替代 Benfield 法、MEA 法、低温甲醇法、Fluor 法和 Selexol 法脱碳,综合能耗分别为原来的 4.2%、4.7%、2%、47% 和 40.1%^{***}。为充分利用有限的 CO₂ 资源,可采用 N₂ 推动 CO₂ 混相驱技术开采原油,见图 3。N₂ 推动 CO₂ 混相驱增加了伴生气中 N₂ 和 CO₂ 的含量,必须脱除才能满足管输和用户要求。

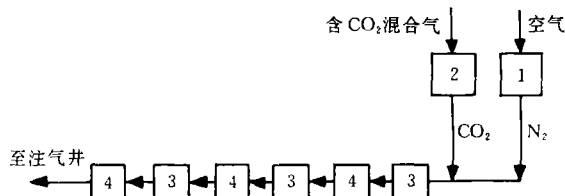


图3 PSA 技术用于 EOR 的原理流程

Fig. 3. The principle of PSA technique used for EOR.

1. PSA—N₂ 装置; 2. PSA—CO₂ (或 PSA—CO₂/R) 装置;
3. 压缩机; 4. 冷却器

* 乐长荣,“提高气藏采收率的方法”,《国外天然气工业研究》,中国石油天然气总公司科技情报所,1992。

** 王开岳,“天然气净化、加工与利用”,《国外天然气工业研究》,中国石油天然气总公司科技情报所,1992。

*** 黄建彬,“变压吸附技术在天然气化工中应用”,《全国天然气综合利用学术会议论文集》,中国化工学会,1990。

PSA 技术用于天然气和油田伴生气净化

天然气和油田伴生气中所含的 CO_2 、 H_2O 一般采用溶剂吸收法脱出。目前天然气脱水的主要方法有 TEG 法、DEG 法、分子筛法(TSA)和 CaCl_2 水溶液法,但它们不同程度存在投资和操作费用高,间歇操作和有废液排放等问题,PSA 法脱水可消除这些不足。采用 PSA 法可同时脱除天然气和伴生气中的 CO_2 和 H_2O 。

对于注 N_2 开发凝析气藏和注 CO_2 开采原油,因采出天然气和伴生气中富含 N_2 、 CO_2 ,降低了气体产品热值,加大了管输负荷,所以必须脱除。采用 PSA— CH_4 、PSA— CO_2 (或 PSA— CO_2/R)装置净化天然气和伴生气,净化气可在操作压力下输出,利于管输和工业使用,优于深冷法脱 N_2 和溶剂吸收法脱 CO_2 。脱除的 N_2 、 CO_2 回注产层,能降低注 N_2 与 CO_2 开发油气田的成本,其原理流程同图3。文献^[13]中 PSA 法用于油田伴生气脱碳的室内实验和理论计算也表明,PSA 法净化富含 CO_2 天然气和伴生气,不仅技术可行而且经济上也极为有利。

PSA 技术用于富氧 Claus 工艺

为了扩大现有 Claus 硫磺回收装置(SRU)的处理能力,可采用富氧 Claus 工艺(COPE 工艺)。COPE 工艺与基于空气的克劳斯 SRU 相比,其生产能力提高 60%~100%,改建费用约占新建 SRU 投资的15%,每生产1 t 硫磺的成本为需要一个带有选择性胺法尾气净化装置(TGCU)用空气时的27%或不需要 TGCU 时的52%^[14]。显然,需增加酸气处理量时,将常规 Claus 工艺改造为 COPE 工艺是一个耗资较少的途径。

目前,COPE 法所需富氧空气中的 O_2 ,由深冷法提供。当采用 PSA— O_2 装置制 O_2 ,或采用 PSA— N_2 装置的副产物(O_2 含量大于或等于40%)的富氧空气时,可使制 O_2 费用减少50%,进而降低现有 Claus 工艺的操作费用。

PSA 法制 O_2 的 COPE 工艺在我国前景看好^[15]。首先可解决贫 H_2S 酸气的直流 Claus 装置稳定运行。当 H_2S 浓度降到35%时,使用40%的富氧空气即可。例如,为维持川东天然气净化总厂引进 Claus 装置所面临的酸气 H_2S 浓度可能降到至50%以下的正常生产时,较为简便的措施就是采用 COPE 法。其次,可提高装置的处理能力。例如40% H_2S 的酸气配以30%的富氧空气即可采用直流法运

行,这样能使垫江分厂 Claus 装置的处理量在原有基础上提高了33%左右。此外,我国近年来进口原油数量不断增加,1993年已超过1 000万 t,预计2000年将超过5 000万 t,进口的中东含硫原油中,其含硫量最高可达3.8%^[16]。要求加工中东原油的企业必须新建扩建加氢脱硫装置和 SRU。对于 SRU,若采用 PSA 法制 O_2 的富氧 Claus 工艺来提高现有 Claus 装置的 H_2S 酸气处理能力是非常经济的。

PSA 技术用于轻烃回收

透平膨胀制冷回收轻烃是当前天然气深加工的主要方法。但是,一般天然气中 C_3^+ 组分含量极少(中坝须二天然气中 C_3^+ 组分仅2.7%左右),因此,现有的膨胀机制冷工艺必须脱除原料气中97.3%的 C_1 、 C_2 ,这显然极不经济。若采用 PSA— C_2^+/R 装置脱除天然气中的 C_1 ,不仅能降低投资和操作费用,而且可大幅度提高装置的处理能力。

在不同吸附操作压力下,PSA— C_2^+/R 装置运转时, C_1 脱除率与其纯度的关系如图4所示。 C_1 脱除率随其纯度的下降和操作压力的提高而增加。因此,PSA 装置用于回收轻烃时,应充分利用天然气管网压力,调整操作参数(如适当延长吸附操作时间),最大限度提高 C_1 和 C_2 脱除率,降低后续设备的生产负荷。

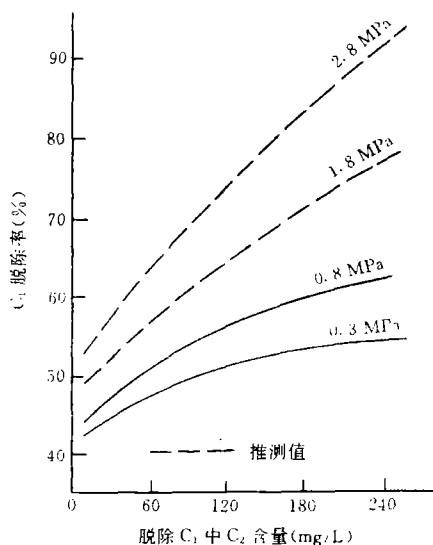


图4 C_1 脱除率与纯度的关系

Fig. 4. The relation between degassing rate and purity of C_1 .

PSA 法用于轻烃回收有两种工艺路线。一是在传统轻烃回收工艺之前,采用 PSA 系统除去原料中大部分 C_1 ,然后用传统工艺回收轻烃,提高装置的处理量,其原理流程如图5所示。例如,管网压力为

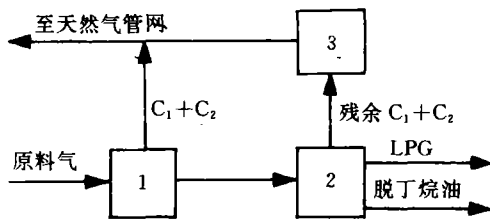


图5 PSA系统加传统轻烃回收工艺原理流程

Fig. 5. PSA System and traditional light ends recovery process.

1. PSA—C₂⁺/R 装置; 2. 传统轻烃回收工艺; 3. 压缩机

知,该过程完全可行。二是由 PSA 装置脱除90%以上的 C₁、C₂,再经脱水、压缩和分离除去残余 C₁和 C₂后,回收 LPG 和脱丁烷油,其原理流程如图6所示。

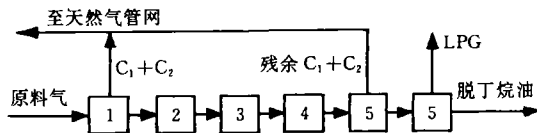


图6 PSA法用于轻烃回收原理流程

Fig. 6. The use of PSA in light ends recovery.

1. PSA—C₂⁺/R 装置; 2. 脱水器; 3. 压缩机; 4. 冷却器; 5. 分离器

3.8 MPa 的中坝须二天然气^[17],采用 PSA—C₂⁺/R 装置后 C₁脱除率以90%计(见表5),进入透平膨胀

表5 PSA—C₂⁺/R 装置进出口气组成

Table 5. The composition of inlet/outlet

gas in PSA—C₂⁺/R installation %

组 分	C ₁	C ₂	C ₃ ⁺	N ₂	CO ₂
进 口	91.02	5.50	2.70	0.301	0.48
出 口	50.34	30.42	15.95	1.67	2.63

机的原料气中 C₃⁺组分由2.704%上升到15.95% (未考虑 C₂脱除率),其处理能力可提高4.55倍,脱除的 C₁仍以 PSA 装置的操作压力输出。从 PSA 装置出来的解吸气必须增压后,才能进入轻烃回收装置,可用脱除气对其压缩(见图5)。由文献[2,17]可

脱除气(C₁、C₂)可直接输往压缩天然气汽车加气站和液化天然气汽车加气站,作为 CNG、LNG 的原料,(见图5、6)。因此,将 PSA、轻烃回收与 CNG、LNG 的原料气净化过程相结合,可更好发挥 PSA 技术的优势。

PSA 技术用于天然气提氦

深冷法用于天然气提氦已有70多年历史,因要创造低温条件,故能耗较高,且设备制造需要价格昂贵的铜、铝和不锈钢等材料。因此人们一直在寻求低消耗的天然气提氦技术。

近二、三十年来,PSA 法分离 H₂成功后,人们也将其用于分离 He,70年代美国就将粗 He 精制由低

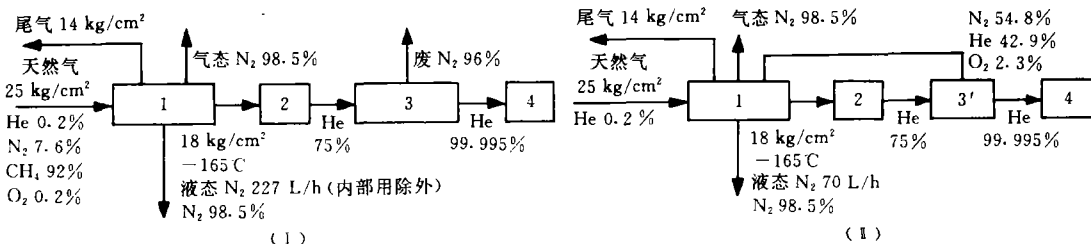


图7 天然气提氦流程

Fig. 7. Extraction of Helium from natural gas.

1. 深冷分离; 2. 脱氮; 3. 低温精制; 4. 液化; 5. PSA

温法改为 PSA 法。图7是文献[18]介绍的两种天然气提 He 流程,表6是其投资与操作费用比较。用 PSA 法代替低温精制,可减少投资4.4%,降低操作费用5.7%。因此,PSA 法用于天然气提 He 在经济上完全可行。

综上所述,PSA 技术在油气田开发中具有广阔的应用前景。但要投入实际运用,首先必须对国内现有的 PSA 技术在油气工业中的应用作深入的技术

表6 投资和操作费用比较

Table 6. Comparison between investment and operating charges

项目	深冷分离+低温精制+液化	深冷分离+PSA+液化
投资(10 ⁶ 日元)	3 619	3 472
投资比较(%)	100.0	95.6
操作费(10 ⁶ 日元)	280.8	264.8
操作费比较(%)	100.0	94.3

和经济论证;其次各油气田的科研生产单位应与开发 PSA 技术的有关单位(如西南化工研究院)合作,对技术成熟的 PSA—N₂、PSA—O₂、PSA—CO₂/R、PSA—CH₄和 PSA—C₂⁺/R 进行整体技术配套研究,开发更大处理量的 PSA—N₂、PSA—CO₂/R、PSA—CH₄和 PSA—C₂⁺/R 装置和处理量大的撬装式 PSA—N₂、PSA—CH₄和 PSA—C₂⁺/R 等装置,以满足油气田生产的需要。

参 考 文 献

- 1 Yang R T. Gas Separation by Adsorption Processes, Butterworth Publishers, 1987
- 2 叶振华. 化工吸附分离过程. 北京: 中国石油化工出版社, 1992
- 3 库珀 L W 等. 空气钻井技术. SPE 6435
- 4 张绍槐等. 保护储集层技术. 北京: 石油工业出版社, 1993
- 5 李改成. 泡沫钻井中的腐蚀现象与泡沫发生器. 煤田地质与勘探, 1992; 20(5): 63~65
- 6 梁从辉. 柴油机应用富氧空气的探讨. 内燃机, 1988; (6): 17~20
- 7 王大均. 氮气和烟道气在油气田开发中的应用. 北京: 石油工业出版社, 1991
- 8 Hydroc Process, 1987; 66(5): 90
- 9 费希尔 W G. 提高原油采收率的方法. 见: 国际油田开发技术会议论文集. 北京: 石油工业出版社, 1985
- 10 张美华. 二氧化碳生产及利用. 西安: 西北大学出版社, 1988
- 11 (苏) 苏尔古切尔 M. П. 著, 卢文瑞等译. 二、三次提高原油采收率方法. 北京: 石油工业出版社, 1993
- 12 周学良等. 碳酸丙烯酯脱除 CO₂ 技术. 杭州: 浙江科学技术出版社, 1985
- 13 滕燕程. 变压吸附法分离富含 CO₂ 油田伴生气工业开发途径的探讨. 石油化工, 1986; 15(4): 240~244
- 14 Goar B G *et al.* Claus plant capacity boosted by oxygen-enrichment process. Oil & Gas J, 1985; 83(39): 39~41
- 15 王开岳等. 富氧克劳斯工艺模型计算结果及其应用. 天然气工业, 1993; 13(2): 82~87
- 16 侯祥麟. 略论我国石油加工科技探索方向. 石油炼制与化工, 1994; 25(1): 1~6
- 17 王志宏等. 中压膨胀机制冷回收轻烃装置简介. 油气加工, 1991(2): 60~64
- 18 陆慕郭. 天然气提氮工业的发展. 石油与天然气化工, 1981; 18(1): 41~45

(审稿人 教授级高级工程师 王开岳
修改回稿 1995—07—10 编辑 王瑞兰)

“九五”我国将大力发展天然气工业

从“九五”开始,我国将大力发展天然气工业,坚持“稳定东部、发展西部、油气并举、扩大开放”的政策,努力改变目前油气比例不协调的状况。这是国家计委副主任叶青日前在“北美天然气工业研讨会”上讲这番话的。

“北美天然气工业研讨会”是由著名国际性的能源及石化公司——阿莫科东方公司主办的。叶青在这次会上作了发言。他说,我国一次能源生产构成中天然气仅占2.0%,因此,大力发展天然气工业的潜力很大,资源也比较丰富。据1993年全国天然气资源评价结果,我国天然气资源量为39万亿立方米,其中陆上30万亿立方米,海上9万亿立方米,而已探明的资源量仅占3%,勘探潜力也很大。从“九五”开始要加快陕甘宁盆地天然气的勘探开发工作和下游利用项目的建设;加快四川盆地天然气勘探开发工作,保持四川天然气工业持续发展。

会议期间,阿莫科东方公司董事长马海捷先生说,天然气是未来的能源,因为它是对环境有利的清洁燃料。目前中国的天然气有资源、有市场,阿莫科愿意就此与中国进行广泛的合作。

白俊良 摘自 《中国信息报》

四川气田建成水治理工程

一个标准的气田水治理工程——卧二十三井回注工程,最近在四川省垫江县建成。它的建成,标志着川东乃至整个四川气田,从此走上了科学治理气田水的道路。

居维清 摘自 《中国石油报》

requirements of natural gas automobile fuels of our country.

SUBJECT HEADINGS: Natural gas, Automobile, Fuel, Quality, Standard.

Shi Jiansheng, senior engineer, graduated from Xi'an Petroleum Institute in 1954; He is long engaged in technical work, and has contribution to balanced drilling, deep drilling and fire extinction of gas well; now he is the general manager of Huayou Natural Gas Ltd. Add: (610051) Fuqing Rd., Chengdu, Sichuan. Tel: (028) 3324911—217433.

Xiao Jingtang (*Natural Gas Information Research Institute of Sichuan Petroleum Administration*):
THE DEVELOPMENT AND RESEARCH OF LOW PRESSURE ADSORPTION STORAGE SYSTEM FOR NATURAL GAS AUTOMOBILE FUELS, NGI 16(2), 1996: 65~69

ABSTRACT: The low pressure adsorption storage system for natural gas automobile fuels is a new technology under development. There are two themes under research, one is developing a kind of adsorbent that can improve the storage of CH_4 ; the other is designing a new, light storage container for natural gas adsorption, and can be used in automobiles. In addition, the heat effects related to adsorption-desorption process, and the affection of heavy hydrocarbon in raw natural gas on adsorption/desorption capacity. At present, active carbon is the most prospective adsorbent and the development of advanced active carbon is to start in England, Japan and Canada.

SUBJECT HEADINGS: Fuel, Natural gas, Low pressure, Adsorption, Adsorbent, Storage facility, Testing, Research.

Chen Changqing (*Xi'an Communication University*), Wu Jianghong, Yan Zhengui, Wang Shuhua:
ANALYSIS OF PHASE CHANGE MULTI-FLOW HEAT EXCHANGER USED IN HYDROCARBON PROCESSING, NGI 16(2), 1996: 70~71

ABSTRACT: In the engineering of hydrocarbon processing and gas liquefaction separation, phase change heat exchange and non-phase change heat exchange are always mixed together. These two kinds of heat exchange have different heat exchange pattern, to design phase change heat exchanger, it's necessary to distinguish the limit between them. Further more, in the high effects, compact heat exchange surface, the determination of phase change coefficient is still unresolved, and the author discussed the problem.

SUBJECT HEADINGS: Light hydrocarbon, Processing, Phase change, Heat exchanger, Dew point, Bubble point.

Tang Xiaodong (*Southwest Petroleum Institute*), Yi Daiyi, Jing Mingxue: **APPLICATION OF TRANSFORM ADSORPTION TECHNIQUE IN OIL-GAS INDUSTRY**, NGI 16(2), 1996: 72~76

ABSTRACT: Transform adsorption technique is a kind of gas separation method started in 1960's. It is suitable to various gas sources and has many other advantages, such as high purity, no pollution and no corrosion of its products, simple process, high automatization and energy-saving. It is proved the application of this technique in air drilling, production of condensate natural gas and crude oil, purification of natural gas and oil-field associated gas, Claus process, light ends recovery and helium extraction is feasible and has economic benefits. Transform adsorption technique has wide applied prospects in China's oil-gas industry.

SUBJECT HEADINGS: Gas drilling, Oil and gas production, Gas purification, Condensate recovery, Helium recovery, Sulfur recovery, Transform adsorption.

Tang Xiaodong, Lecturer, graduated from Southwest Petroleum Institute in 1985; Now he is engaged in teaching and research work of petroleum refining and natural gas processing; He has published several papers. Add: (637001) Nanchong, Sichuan. Tel (0817) 2234412-3079.