

# 醇胺法工艺模型化研究进展评述

陈 赓 良

(西南油气田分公司天然气研究院, 四川 成都 610213)

**摘 要:** 评述了近十多年来醇胺法工艺模型化研究的进展状况, 并指出当前值得注意的发展动向是: a) 在热力学模型基础上向动力学模型发展; b) 提高热力学模型预测精度的基本思路是立足电解质溶液理论, 补充必要的实验数据, 然后利用 P-R 状态方程和电解质双液模型加以处理; c) 有关酸性气体—醇胺溶液体系的若干物理化学参数(如亨利常数、扩散系数等等)的准确度对预测模型的精度也有重要影响, 并开展了大量实验研究; d) 热力学模型是以逐级气液相平衡为基础, 而动力学模型中则是分为气相传质速率与液相传质速率分别处理, 欲提高模型的预测精度, 必须准确地测定(或确定)气、液两相的传质系数。

**关键词:** 天然气; 炼厂气; 醇胺; 脱硫; 脱碳; 模型化

**中图分类号:** TE644; TB24

**文献标识码:** A

## 1 热力学模型的基本思路

醇胺法工艺的模型化研究始于 20 世纪 70 年代, 目前文献中已报导的模型甚多, 但所有热力学模型的基本思路是一致的, 其要点可归纳如下<sup>[1]</sup>:

a) 按 Lewis 气液吸收双膜理论,  $H_2S$  与各种醇胺的反应都可认为是瞬时反应, 即在液膜内极窄的锋面就可完成反应, 而且在界面和液相中处处达到平衡。但醇胺与  $CO_2$  的反应则情况完全不同, 一乙醇胺(MEA)、二乙醇胺(DEA)和二异丙醇胺(DIPA)与  $CO_2$  的反应属快反应, 大体上能在膜内反应完毕; 而甲基二乙醇胺(MDEA)与  $CO_2$  的反应则有相当一部分  $CO_2$  需在液本体内继续反应。

b) 酸性气体被醇胺液吸收的传质过程理论上是受气体物理溶解的亨利常数所控制, 但在吸收过程中又伴随有多种化学反应, 后者的影响以化学增强因子( $E$ )来表示。 $E$  不仅与醇胺及其反应产物的浓度、溶质及溶剂的浓度和扩散系数、反应的化学计量系数、溶质的界面浓度等条件有关, 也与反应的模式有关。

c) Hatta 提出可根据不同反应模式来确定  $E$

值。用以区别反应模式的参数称为无因次吸收准数( $\sqrt{M}$ ), 此准数的涵义为边界层液膜厚度与反应层厚度之比。准数值  $\gg 1$  为在液膜内即可完成的快反应,  $CO_2$  与 MEA 和 DEA 的反应属此类型;  $0.3 < \text{准数值} < 3$  为中速反应,  $CO_2$  与 MDEA 的反应大体属此类型。

d) 酸性气体在液膜和液本体内的传质在本质上是一个物理扩散的过程, 受 Stokes-Einstein 方程所控制。但由于在扩散过程中同样伴随有化学反应, 处理此类影响的基础是 Debye-Huckel 方程, 但此方程仅适合极稀的强电解质溶液。对于酸性气体—醇胺溶液体系, 需以同时考虑近距离 Van de Waals 类型交互作用的电解质规则双液(NRTL)模型(Nonrandom Two-Liquid Model)来修正活度系数<sup>[2]</sup>。

按上述理论分析, 醇胺溶液吸收酸性气体的传质过程可以用图 1 来表示。酸性气体组分( $j$ )通过气液界面的传质量或传质速率( $F$ )受方程(1)和(2)所控制:

$$F_{jy} = k_{jy}(y_j^b - y_j^i) \quad (1)$$

$$F_{jx} = E_j k_{jx}(x_j^i - x_j^b) \quad (2)$$

式中:  $k$  表示传质系数;  $x, y$  分别表示液相和气相中

收稿日期: 2003-10-22; 修回日期: 2004-02-09

作者简介: 陈赓良(1940-), 男, 浙江镇海人, 教授级高工, 主要从事天然气处理与加工技术开发工作。电话: (028)

85636992。

©1994-2019 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

未反应  $j$  组分的摩尔分数; 上标  $i, b$  则分别表示气液界面和本体;  $E$  表示化学增强因子对传质过程的影响。

根据物料平衡关系可得到方程:

$$F_{jy} = F_{jx} \quad (3)$$

如果已知气液两相接触的温度、压力和组成等参数时, 要求解方程(3)中的  $y_j^i$  和  $x_j^i$  尚需建立另一个方程, 后者则为热力学模型的基础——相平衡关系方程。根据亨利定律:

$$y_j^i = H_j x_j^i \quad (4)$$

式中:  $H_j$  表示亨利常数。

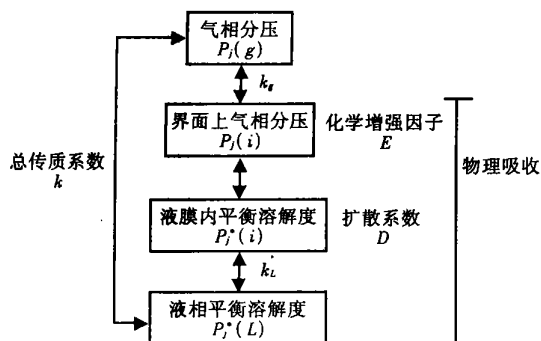
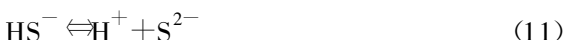
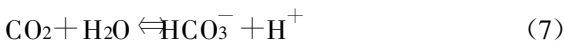
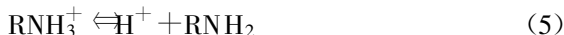


图 1 气液传质过程示意图

## 2 拟平衡常数模型

1976 年 Kent 和 Eisenberg 首先提出了拟平衡常数的概念以简化计算, 并据此建立了第一个热力学模型(K-E 模型)。在  $H_2S-CO_2$ -醇胺- $H_2O$  体系中至少存在以下 7 个化学反应平衡关系式:



在拟平衡常数(K-E)模型中, 假定反应方程(5)~(11)的平衡常数分别为  $K_1 \sim K_7$ , 其中  $K_3 \sim K_7$  这 5 个平衡常数均取自文献值<sup>[3]</sup>, 而醇胺的质子化反应(5)以及醇胺与  $CO_2$  反应生成氨基甲酸酯的反应(6)的平衡常数  $K_1$  与  $K_2$  则通过实验数据拟合得到。考虑到醇胺法工艺基本上都在 pH 值为 8

~10 的范围内操作, 且  $K_1 \sim K_7$  的数量级有很大差别, 从而大大简化了计算。

K-E 模型的特点是简单易行, 但 1980 年以来的实践表明其精度远不能满足工程上的要求。因此, 模型的立论虽然正确, 但必须逐一解决以下矛盾才能提高其精度。

a) K-E 模型的精度完全依赖于实测数据的准确度, 但受实验室测定条件的限制, 不同研究者测定的结果往往存在很大差异。例如 MDEA- $H_2S$  体系在酸气负荷低于 0.1 (mol/mol) 的条件下(吸收塔顶条件), 由 Huang 测定的  $H_2S$  分压比 Jou 的数据高 4 倍以上<sup>[4]</sup>。

b) 用来建立模型的数据都是在醇胺水溶液(或添加一定量物理溶剂)中测定的平衡溶解度, 把诸多反应动力学因素的影响完全归并到拟合而得 2 个拟平衡常数  $K_1$  和  $K_2$  之中, 因此也影响了模型的精度; 而且随着选择性脱硫工艺的发展, 工程上需要处理的是大量非平衡吸收的问题, 后者与塔板上气液接触的动力学条件密切相关。

c) 欲建立准确的预测模型不仅需要高精度的平衡溶解度数据, 也需要比较准确的物理化学参数, 如在工况要求范围内  $H_2S$ 、 $CO_2$  在各种醇胺溶液中的扩散系数与亨利常数; 各种醇胺水溶液的密度与粘度等等。

d) 随着配方型选择性脱硫溶剂的迅速发展, 醇胺溶液的组成变得颇复杂, 导致液相中的化学平衡关系也受到大量不同物种的影响(包括正、负离子, 两性离子以及化合物等), 后者又进一步影响化学增强因子的确定和液相中未反应酸性气体的传质推动力。

## 3 电解质模型

1981 年 Deshmukh 和 Mather 提出以电解质溶液理论来修正离子强度对溶液中化学反应平衡的影响, 并据此建立了处理酸性气体在醇胺溶液中平衡溶解度的第一个电解质模型(D-M 模型)。在此基础上, 对于混合胺或添加有物理溶剂的醇胺溶液等较复杂的体系又相继提出了 Austgen-Rochelle 模型(1989)、Li-Mather 模型(1994)和 Zhang-Zhao 模型(1999)<sup>[5]</sup>。同时, 20 世纪 90 年代, 美国气体研究院(GRI)和气体加工者协会(GPA)联合主持了一项“酸性气体处理与硫磺回收”(AGT/SR)研究规

划<sup>[6]</sup>,其中也包括对电解质模型的全面深入研究以提高其预测精度,部分研究成果已反映在 AMSIM 软件的 4.0 版本之中。其基本研究思路见图 2。

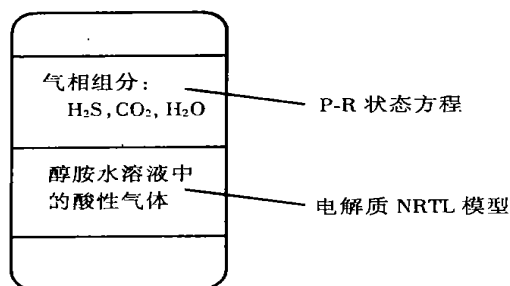


图2 电解质模型平衡关系示意图

根据亨利定律,气相组分的气液平衡关系以方程式(12)表示:

$$y_j \Phi_j^V P = H_j x_j \gamma_j^L \quad (12)$$

式中:  $H_j$  是亨利常数;  $P$  是系统压力;  $x_j$  和  $y_j$  分别表示组分在液相与气相中的摩尔分数;  $\Phi_j^V$  和  $\gamma_j^L$  分别表示气相中的逸度系数与液相中的活度系数。求解方程式(12)时,逸度系数用 P-R 状态方程计算。当气相中存在 2 种酸性气体组分时, P-R 状态方程中的常数  $a$  和  $b$  则由混合规则计算出二元交互作用系数。

液相中存在的大量化学反应的平衡常数与活度系数密切相关。在 K-E 模型中所有反应的活度系数均被假定为 1,而将体系非理想性所产生的所有偏差都修正到选择的拟平衡常数之中,这种处理方法对模型精度的影响甚大。在电解质模型中,化学反应平衡常数与活度系数、化学计量系数的关系以方程式(13)表示:

$$K = E E_j (x_j \gamma_j)^{\beta_j} \quad (13)$$

式中:  $K$  表示某一反应的平衡常数;  $E$  表示以体积摩尔浓度为基准的离子强度;  $E_j$  表示以组分  $j$  摩尔分数为基准的离子强度;  $x_j$ 、 $\gamma_j$  分别表示  $j$  组分在液相中的摩尔分数和活度系数;  $\beta_j$  则表示  $j$  组分在该反应中的化学计量系数。

在求解方程(13)的过程中,反应温度、酸气负荷和醇胺浓度均视为平衡常数  $K$  的函数。在处理混合胺体系时,  $K$  值将受到混合溶剂效应的影响,后者用方程式(14)加以修正:

$$K = Q \times K^0 \quad (14)$$

式中:  $K$  表示混合胺体系的平衡常数;  $Q$  表示溶剂效应修正系数;  $K^0$  则表示单一醇胺体系的平衡常

数。

在 AGT/SR 研究规划中,也考虑了化学增强因子( $E$ )对传质速率的影响,后者根据 Rangwala 等提出的假一级反应模式为基础来处理 MEA 或 DEA 与  $\text{CO}_2$  的反应。将  $E$  定义为:

$$E = k_L / k_L^0 \quad (15)$$

式中:  $k_L$  和  $k_L^0$  分别表示存在和不存在化学反应时的液相传质系数。

## 4 物理化学参数的测定与关联

若干物理化学参数,如  $\text{H}_2\text{S}$ 、 $\text{CO}_2$ 、MEA、DEA、MDEA 等在醇胺水溶液中的液相扩散系数;  $\text{H}_2\text{S}$ 、 $\text{CO}_2$  溶解于醇胺水溶液中的亨利常数;醇胺水溶液本身的密度与粘度等等,对预测模型的精度也有重要影响。关于这些参数近年来的研究成果可大致归纳如下:

a) 采用以  $\text{N}_2\text{O}$  模拟  $\text{CO}_2$  的方法,在 293 ~ 368 K 的温度范围内测定了  $\text{N}_2\text{O}$  在 MDEA、DEA、混合胺水溶液和  $\text{H}_2\text{O}$  中的液相扩散系数,不同研究者测定的数据通过改进 Stokes-Einstein 方程关联得到了满意的结果。

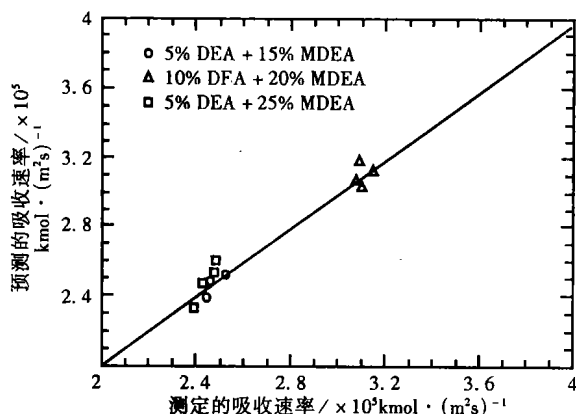
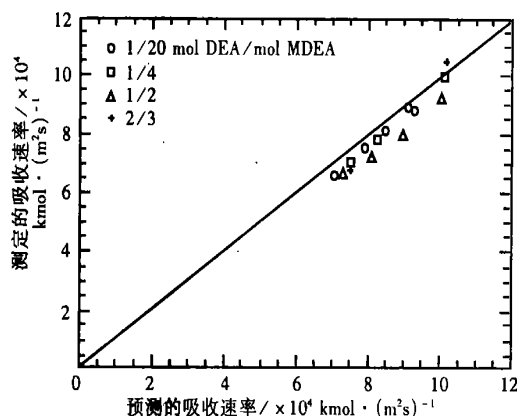
b) 按上述同样原理,在 293 ~ 353 K 的温度范围内测定了  $\text{N}_2\text{O}$  在 MDEA、DEA、混合胺水溶液中的亨利常数,并依此结果来估计  $\text{CO}_2$  的亨利常数。

c) 没有合适的模拟方法来估计  $\text{H}_2\text{S}$  在醇胺水溶液中的液相扩散系数和亨利常数,因而在 298 ~ 333 K 的温度范围内,测定了  $\text{H}_2\text{S}$  在以 HCl 完全质子化的 MDEA、DEA 水溶液中的亨利常数,测定结果能满意地关联成一个半经验的单参数模型。

d) 在 293 ~ 368 K 的温度范围内,测定了  $\text{H}_2\text{S}$  在  $\text{H}_2\text{O}$  中的液相扩散系数,不同研究者的测定数据通过改进的 Stokes-Einstein 方程关联也得到满意的结果。

e) Hikita 等在 1980 年报导过 DEA 的液相扩散系数;Snijder 等在 1993 年又报导了 MDEA 的液相扩散系数,这些数据均可通过改进的 Stokes-Einstein 方程成功地关联。

Rinker 等以 Higbie 渗透理论研究  $\text{H}_2\text{S}$ 、 $\text{CO}_2$  在 MDEA/DEA 混合胺水溶液中的吸收速率时,应用上述成果所建模型的预测数据与实验数据之间的偏差不超过 5%<sup>[17]</sup>,在类似的条件下  $\text{H}_2\text{S}$  的吻合程度比  $\text{CO}_2$  更高(见图 3 和图 4)。

图 3  $\text{CO}_2$  在混合胺水溶液中的吸收速率(298 K)图 4  $\text{H}_2\text{S}$  在 50% 混合胺水溶液中的吸收速率(298 K)

## 5 动力学模型(传质速率模型)

近十多年来以 MDEA 为主体的配方型溶剂(formulated solvent)发展十分迅速<sup>[8]</sup>,且已按不同的原料气和净化气要求,形成了加强选吸、脱硫脱碳、脱有机硫等不同类型的配方型溶剂。尤其对于后 2 种类型的配方型溶剂(如混合胺、Sulfinol-M 等),其配方在某种意义上是根据原料气条件、净化气要求、以及相应的处理工况而“量体裁衣”定制的。因此,立足于气液平衡和液相化学反应平衡的热力学模型必须与传质速率相结合,才能全面反映选择性吸收工艺的本质,这就是近年来醇胺法工艺模型化研究由热力学模型向动力学模型发展的背景,因而动力学模型的实质就是传质速率模型。

### 5.1 物料平衡与传质速率

动力学模型与热力学模型最本质的区别在于:以平衡溶解度为基础的热力学模型考虑的是逐级气/液相平衡,吸收塔内的每块塔板均被视为理想状态,而实际的塔板效率是按经验设定的;而在动力学

模型中则是分为气相传质速率与液相传质速率分别处理,两相间的传质量通过反映物料平衡关系的方程(3)相关联。

### 5.2 相平衡关系

动力学模型认为决定传质速率的关键因素不是酸性气体的平衡溶解度,而是其中的物理溶解度。因此,上文介绍的酸性气体亨利常数的测定与关联也是提高动力学模型精度的重要环节。

### 5.3 化学反应动力学对传质的影响

对于醇胺溶液吸收酸性气体的过程,处理  $E$  与传质速率的关系主要有 3 种模型:膜模型、渗透模型(Higbie)和表面更新模型(Danckwerts),它们的主要区别在于对真实传质过程的理解各不相同,但从实用意义上分析膜模型较为理想。近年来由湿壁塔测定的液相传质系数(方程式(2)中的  $k^0$ )与溶质组分液相扩散系数( $D$ )之间的关系看,只要将膜模型中的  $D$  修改为渗透模型中使用的  $\sqrt{D}$ ,大多数情况下均能较精确地预测液相化学对气液界面上传质速率的影响。

### 5.4 化学反应平衡的影响

根据电解质溶液理论,液相化学平衡关系对传质的影响是通过活度系数来反映的(方程式(13))。在存在大量化学反应的体系中,直接测定各种离子的活度系数(或二元交互作用系数)非常困难。当前正在发展的研究思路是:通过测定酸性气体—醇胺水溶液体系某种依数性的变化程度,再回归数据而拟合出活度系数<sup>[9]</sup>。

### 5.5 其它影响因素

板式塔或填料塔的传质特性取决于气、液相传质系数和气液接触面积,而传质系数和接触面积又都是气、液相流量、设备几何尺寸、设备流体力学性质等参数的函数。处理此类函数关系需开展大量研究。但迄今为止,只对泡罩塔进行过较系统的研究<sup>[10]</sup>;对筛板塔与浮阀塔仅在此基础上作了少量补充,故可供工程设计使用的数据极为有限。然而,为了更有效地利用配方型溶剂来达到改进选择性和节约能量的目标,这些设计参数是不可或缺的。鉴此,预期这也将是醇胺法工艺模型化研究的一个重要发展方向。

## 6 结论

a)当前醇胺法工艺模型化研究最值得注意的发展动向是:在热力学模型基础上向动力学模型发展。

b)提高热力学模型预测精度的核心问题是:在高离子强度与低酸气负荷的工况条件下,解决气液相平衡和液相化学平衡对酸性气体—醇胺溶液体系平衡溶解度的影响。

c)有关酸性气体—醇胺溶液体系的若干物理化学参数,对预测模型的精度也有重要影响。近年来针对这些参数测定的研究工作也取得了很大进展。

d)与热力学模型不同,动力学模型需要考虑气液相平衡、化学反应平衡、反应动力学、吸收塔传质特性以及气、液两相中物料的物理化学性质等 5 个方面的影响因素。虽然建立模型的基本思路与热力学模型相一致,但处理这些影响因素的原则与方法则完全不同。

### 参考文献:

- [1] 朱利凯,陈赓良.天然气处理与加工[M].北京:石油工业出版社,1997.237-267.
- [2] Posey M, Rochelle G T. A non-random two-liquid model systems[R]. Presented at the AIChE Spring National Meeting, New Orleans 1996.
- [3] 朱利凯,陈赓良.硫化氢和二氧化碳在二异丙醇胺、甲

基乙二醇胺水溶液中平衡溶解度的数学模型[J].石油学报(油气加工),1987,3(2):73-82.

- [4] Posey M, Rochelle G T. Modeling CO<sub>2</sub> and H<sub>2</sub>S solubility in MDEA and DEA: Design implications[A]. Proceedings of 75<sup>th</sup> GPA Annual Convention, Tulsa, Oklahoma 1996. 80-91.
- [5] Zhang Z Z, Zhao G X. An electrolyte model for amine based gas sweetening process simulation[A]. Proceedings of the 78<sup>th</sup> GPA Annual Convention, Tulsa, Oklahoma 1999. 25-30.
- [6] Savidge J L, Huffmaster M A. GRI/GPA research program in the physical properties of acid gas and aqueous alkanolamine mixture[A]. Proceedings of the 74<sup>th</sup> GPA Annual Convention, San Antonio, Texas. 119-125.
- [7] Rinker E B, Ashour S S. Acid gas absorption in aqueous solutions of mixed amines[A]. Proceedings of the 78<sup>th</sup> GPA Annual Convention, Tulsa, Oklahoma 1999. 102-108.
- [8] 陈赓良.炼厂气 CT 配方型脱硫溶剂的开发与应用[J].炼油设计,2000,30(11):53-55.
- [9] Chang H T, Posey M. The thermodynamics of alkanolamine-water solutions from freezing point measurements[J]. Ind. Eng. Chem. Res., 1993, 32(10): 2324-2335.
- [10] Weiland R H. Mass-transfer rate-based simulation of amine treating-applying GRI/GPA research results to plant operations[A]. Proceedings of the 75<sup>th</sup> GPA Annual Convention, Tulsa, Oklahoma 1996. 109-114.

## 2005 年《化肥设计》征订启事

《化肥设计》1962 年创刊,系经国家科委批准,由中国五环化学工程公司(原化工部第四设计院)主办,国内外公开发行的国家级综合科技杂志。

办刊宗旨:系统报导中国化肥(氮、磷、钾、复合肥)工业的设计、科研、生产、建设、管理等领域的新技术、新工业、新设备、新材料、新产品;推广引进技术的消化吸收和国产化经验;交流技改节能成果;介绍国外化肥领域的新技术及其发展动态。

主要栏目:专题综论 化学工程 设计技术 生产技术 施工技术 技术开发 技改节能 热能工程 软件应用 工程经济 环境保护 科学管理 技术讲座 国外技术

读者对象:从事氮、磷、钾、复合肥等化肥工业的设计、科研、生产、建设、管理等部门的技术人员。

《化肥设计》双月刊,大 16 开,每期定价 10 元,全年 6 期定价 60 元。国内统一刊号 CN42—1424/TQ,国际标准刊号:ISSN 1004—8901。可在全国各地邮局(所)订购,邮发代号:38—175。错过邮局订阅机会的读者可直接与编辑部联系,订单备案。

地址:(430079) 武汉市洪山区卓刀泉路 271 号(原化工部第四设计院内)

电话/传真:(027)87501441

开户名:中国五环化学工程公司

开户行:工商银行武汉洪山科技小区办 账 号:3202006909000069489

### OIL & GAS TREATING AND PROCESSING

#### Comparison Between the Experimental Units for Natural Gas Hydrate

Zhou Yue, Chen Baodong, Zhang Bin(College of Mechanical Engineering, Liaoning University of Petroleum & Chemical Technology, Fushun, Liaoning, 113001, China) **NGO**, 2004, 22(4): 25-27

**ABSTRACT:** Natural gas hydrate is a kind of analogous ice "cage" crystal hydrate. The early research on the hydrate is mostly to resolve the jam problems in the pipelines and equipments in the oil and gas industry production. Following large numbers of finds in the sea and frozen earth zone, natural gas hydrate, as a new kind of potential energy sources, has won wide attentions. Its practical applications have spread from the initial oil and natural gas industry to some domains such as the chemical industry, energy resources and environmental protection and so on. The experimental units are the bases to investigate hydrate and provide basic data for application of natural gas hydrate. Hydrate's experimental units can be divided into dynamic method's experimental unit and static method's experimental unit according to the experimental means. Through comparing and studying of the two kinds of experimental units structures, performance index, efficacy and so on, the respective application characteristic can be concluded and the various functions of the experimental units can be exploited adequately. In the future study, the appropriate experimental units may be chosen according to the requests to develop more thorough research.

**KEY WORDS:** Natural gas hydrate; Experimental unit; Comparison

#### Analysis on Test Run of Skid-mounted Dehydration Unit of Propak Company in Da-Wo Gas Pipeline

Liang Ping, Wang Daxun (Chongqing Oil Higher Junior College, Chongqing, 400042, China)

Liang ling (Chongqing Gas Well, Chongqing, 400000, China)

Tang Ke (China Airline Oil Material Chongqing Branch Co., 400011, China) **NGO**, 2004, 22(4): 28-31

**ABSTRACT:** In order to improve the current situation of Da-Wo gas pipeline, skid-mounted gas dehydration units were partially imported from Propak Company of Canada. Taking the unit at Shihe Dehydration Station for example, described are its process flow, design parameters and technical requirements. Based on test run, analyzed are main process parameters, operation process and reasonableness in operation, and evaluation and suggestions are made for the units from the angle of on-site operation.

**KEY WORDS:** Natural gas pipeline; Skid-mounted dehydration unit; Process flow; Design parameter; Test run

#### Application of MERICHEM Fiber Film Technology to Catalyst Gasoline Refinement

Luo Wanming, Li Da, Tian Jinguang, Ren Cailing, Han Lei, Liu Hongbo, Di Yanqin (Yan'an Refinement Industrial Group Co., Luochnan, Shaanxi, 727406, China) **NGO**, 2004, 22(4): 32-36

**ABSTRACT:** In order to reduce Mercaptan content to meet new national quality requirements of gasoline, MERICAT<sup>SM</sup> fiber film technology is selected for catalyst gasoline refinement in Yan'an Refinery after comparison between Sweetening alkaliness-II and MERICAT<sup>SM</sup> technique. This technology has been applied in 0.4Mt/a catalyst units of Yan'an Refinery. The results of application show that its technical process is simple, operation is easy, the effect of mercaptan removal is considerable, product quality is stable and capital investment and operation cost are low. It is especially suitable for update of original units.

**KEY WORDS:** Sweetening; Mercaptan; Alkaliness-II; Fiber film; Application

#### Review on Progress of Modeling Research on Hydramine Technique

Chen Gengliang (PetroChina Southwest Oil and Gas Field Branch Natural Gas Technology Research Institute, Luzhou, Sichuan, 646002, China) **NGO**, 2004, 22(4): 44-48

**ABSTRACT:** Reviewed is the progress of modeling research on Hydramine Technique in last over 10 years and listed are some important development trends necessary to pay more attention.

**KEY WORDS:** Natural gas; Refinery gas; Hydramine; H<sub>2</sub>S removal; CO<sub>2</sub> removal; Modeling

### INSTRUMENTATION AND AUTOMATATION

#### Summary on Multiphase Fluid Measurement Technology

Lv Yuling, He limin (Oil University S&T and Constructional Engineering College, Dongying, Shandong, 257061, China) **NGO**, 2004, 22(4): 52-54

**ABSTRACT:** Reviewed are recent research development in multiphase fluid measurement technology and described are measurement methods and current situation of the technology, such as recognition of flow pattern, measurement of void fraction and flow rate. Briefly summarized is the developing trend of this technology, which is important for multiphase fluid measurement.

**KEY WORDS:** Multiphase fluid; Measurement; Flow pattern; Void fraction; Flow rate

### MACHINERY AND EQUIPMENT

#### Study on Fault Diagnosis of Centrifugal Compressor Vibration Fault Based on Wavelet Analysis

Gao Songzhu, Pu Jianing (The People's Liberation Army Logistic Engineering College, Chongqing, 400016, China)

Zuo Songtao (PetroChina Southwest Oil & Gas Field Branch Gas Transportation Management Department, Chengdu, Sichuan, 610215, China) **NGO**, 2004, 22(4): 61-63

**ABSTRACT:** In order to diagnose the vibration fault of centrifugal compressor introduced are the characteristics of wavelet analysis and the principle of wavelet transform. Making use of discrete orthogonal wavelet, analyzed are the vibrational signals of centrifugal compressor's rotor in normal and abnormal operating conditions, the signals are decomposed into many layers, its mutation and unsteady signals are separated from steady periodic ones and the final objective is carried out.

**KEY WORDS:** Wavelet analysis; Centrifugal compressor; Vibration; Fault diagnosis