

Ejector Technology and Its Application in Dispose Processing of Natural Gas

Mingyi Zhang¹, Jing Li¹, Yingyong Zou¹, Wu Liu¹, Peiqi Liu^{2*}, Dapeng Hu²

¹Tarim Oil Field Filiale, China Petroleum and Natural Gas Limited Liability Company, Korla

²Chemical Machinery Institute, Dalian University of Technology, Dalian

Email: *lpq21cn@dlut.edu.cn

Received: Oct. 23rd, 2012; revised: Nov. 16th, 2012; accepted: Nov. 28th, 2012

Abstract: The method of theoretical analysis combining with numerical calculation in this paper has been adopted to design ejector device, and the YaHa oil-gas field has been cited as an example to discuss the advantages of ejector device used in the process of light hydrocarbon recovery from condensate field. The main results and conclusions are as follows: 1) The established numerical model of ejector machine can get the information of internal flow inside the device, so it could be used in the optimization of device structure; 2) The adjustable nozzle of ejector structure can improve the applicability of operational condition and realize regulation for different flow rate; 3) The ejector technology can utilize the high pressure gas with high pressure energy itself to inject the low pressure fluid and greatly reduce the energy consumption of light hydrocarbon recovery, providing a new way for natural gas gathering and transferring process.

Keywords: Oil-Gas Gathering and Transportation; Ejector Technology; The Application of Pressure Energy; Light Hydrocarbon Recovery; Numerical Simulation; Process Simulation

引射技术及其在天然气处理中的应用

张明益¹, 李 静¹, 邹应勇¹, 刘 武¹, 刘培启^{2*}, 胡大鹏²

¹中国石油天然气股份有限公司塔里木油田分公司, 库尔勒

²大连理工大学化工机械学院, 大连

Email: *lpq21cn@dlut.edu.cn

收稿日期: 2012年10月23日; 修回日期: 2012年11月16日; 录用日期: 2012年11月28日

摘 要: 采用理论分析和数值计算相结合, 进行了引射装置设计, 并以牙哈气田为例, 探讨了引射装置用于天然气田轻烃回收工艺时存在的优势, 得出主要结果和结论如下: 1) 本文建立的引射装置数值计算模型能够得到装置内部流场信息, 可用于装置结构的优化; 2) 喷嘴可调引射器结构, 可提高装置工况适用性, 可实现不同流量的调节; 3) 引射技术能够利用高压天然气自身压力能引射低压流体, 大幅度减小凝析气田轻烃回收装置的能耗, 为天然气集输处理提供一个新途径。

关键词: 油气集输; 引射技术; 压力能利用; 轻烃回收; 数值模拟; 工艺模拟

1. 引言

引射器是一种利用高压气体射流效应来实现气体间能量传递和转化的装置。它一般由喷嘴、混合室和扩压室组成^[1], 如图 1 所示。它是利用射流紊动扩

散作用, 来传递能量和质量的流体机械和混合反应设备^[2]。工作时, 一定压力的流体通过喷嘴时, 以一较高速度与较低压力射出, 并低于低压入口压力, 吸入(引射)低压流体, 两股不同压力的流体, 在混合室(喉管)内产生能量和质量交换, 工作流体速度及压力减

*通讯作者。

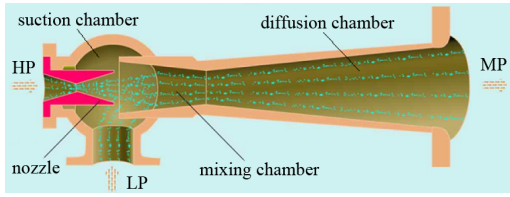


Figure 1. Schematic diagram of ejector machine
图 1. 引射器示意图

少, 被吸流体速度增加, 在混合室出口处两股流体的流速渐趋均匀, 混合流体流经扩散管将部分动能转换为压能, 增压后输出。引射器内部无转动部件, 结构简单, 制造费用低, 工作性能可靠, 安装简易, 维护方便, 密封性好, 有利于输送天然气此类易燃、易爆或是有毒的气体^[3]。高压气体可以作为引射器的工作动力, 直接加以利用, 不需要增加很多辅助设备, 不需要燃料作为动力, 因此它具有较高的综合效益。

上述诸多优点使得静态引射器在国内西北气田^[4]、靖边气田^[5]、长庆气田^[6]均已获得成功应用, 有效实现了低压气井的连续稳定生产。

2. 引射装置设计

2.1. 设计思路

为了保证产品的性能, 课题组首先利用基本理论方法对引射器进行结构设计; 然后, 在初步结构设计的基础上, 利用计算流体力学(简称 CFD)方法对装置结构进行模拟优化; 最后, 利用压缩空气试验的方法进行测试。上述三个步骤能够保证产品性能。

如图 2 所示是课题组采用的喷嘴可调式引射器结构, 该引射器可以实现内部调锥和喷嘴结构的轴向位置移动, 从而改变喷嘴喉部面积和喷射距离, 以适应不同流量或压力工况的运行。喷嘴的调节可提高装置工况适用性, 锥心的调节可实现不同流量的调节。

2.2. 数值模型

引射器设计中, CFD 数值模拟是关键环节。数值

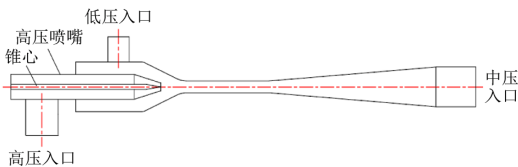


Figure 2. Structure diagram of ejector device
图 2. 喷嘴可调引射器结构示意图

分析时, 针对实际问题, 忽略进出口管道的损失, 由于装置截面为圆形, 文中采用轴对称有限体积法对装置内可压缩气体的高速湍流流动进行模拟。图 3 为引射器网格划分图, 采用四边形网格, 为了提高数值计算的收敛性, 喷嘴和混合区网格进行加密处理。湍流模型采用 Realizable k- ϵ 模型^[7,8]。数值运算在空间域上采用了二阶迎风离散格式, 最后求解方程时采用所有变量联立的耦合式解法^[9]; 管内壁采用壁面函数法^[10]; 介质采用真实气体。

装置进出口边界条件设置为压力边界, 压力值与各管口实际运行压力值相等。

2.3. 计算结果

通过模拟可以得到引射器内部压力、速度、温度和马赫数的分布云图。图 4 为牙哈天然气引射器模拟结果。可以看出, 高压气体在喷嘴出口达到了超音速, 截面变小, 压力降低, 低于低压进口压力, 从而将低压气体引入, 然后在混合段内进行能量传递, 最终达到统一的压力、速度和温度向外传输。利用数值结果可以看出内部流场扰动情况, 以及进出口流量, 从而可以得出不同结构下装置的引射率, 达到结构优化的目的。

3. 引射技术在天然气处理中的应用

凝析气藏是介于油藏和天然气藏之间的一种重要的特殊油气藏类型, 同时产天然气和凝析油, 经济价值很高^[11]。一般来讲, 凝析气处理工艺可由集气、轻烃回收、凝析油稳定和循环注气等部分构成。其中, 轻烃回收工艺包括 J-T 阀节流制冷、外加冷剂或复合制冷等^[12]。如图 5 所示为塔里木牙哈气田采用的节流

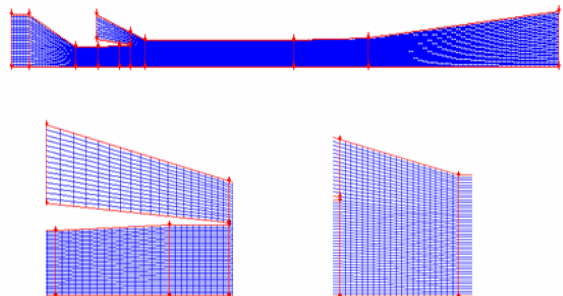


Figure 3. Grid mesh of ejector device
图 3. 引射器网格划分图

引射技术及其在天然气处理中的应用

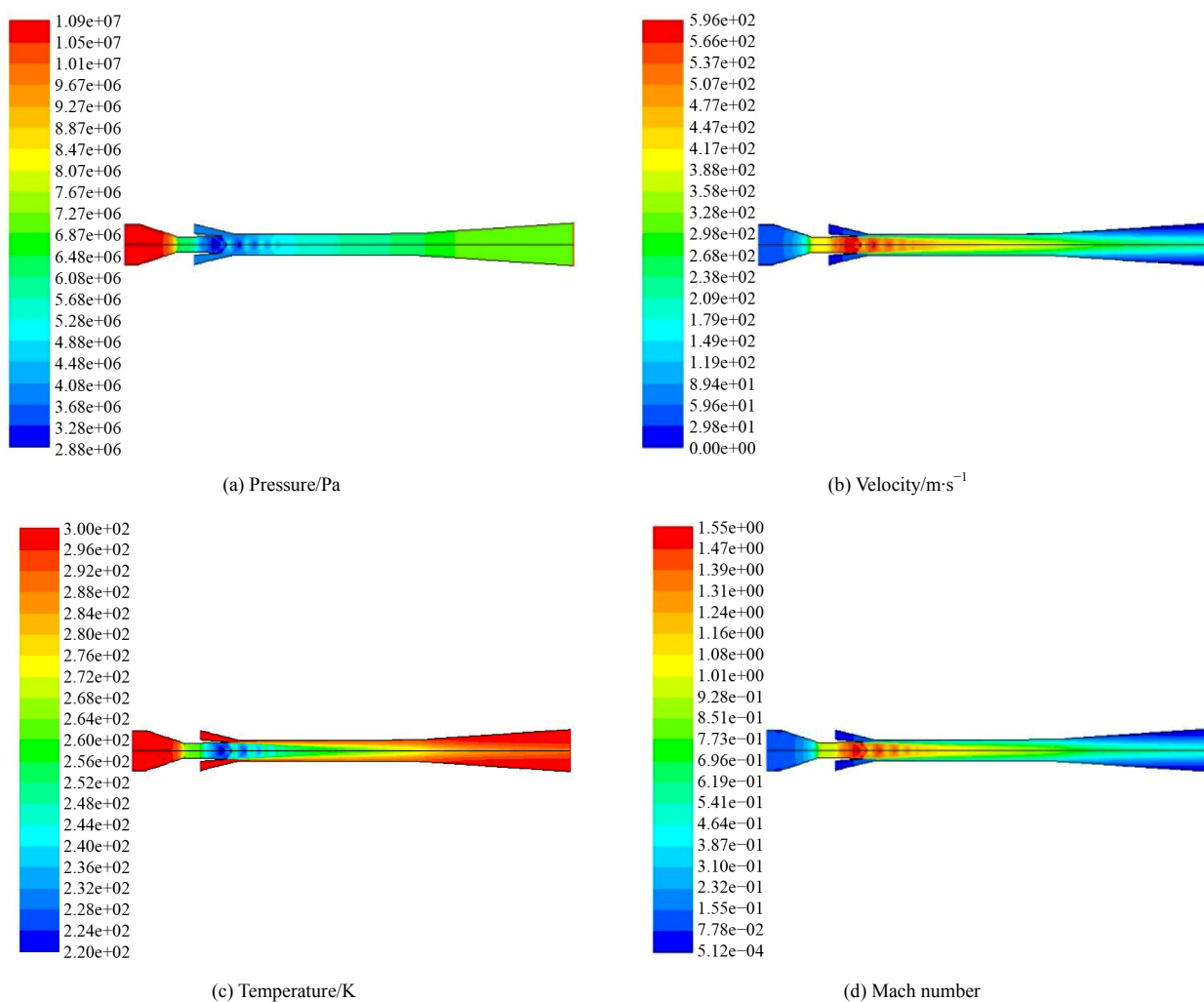


Figure 4. Information of internal flow field in ejector
图 4. 引射装置内部流场信息

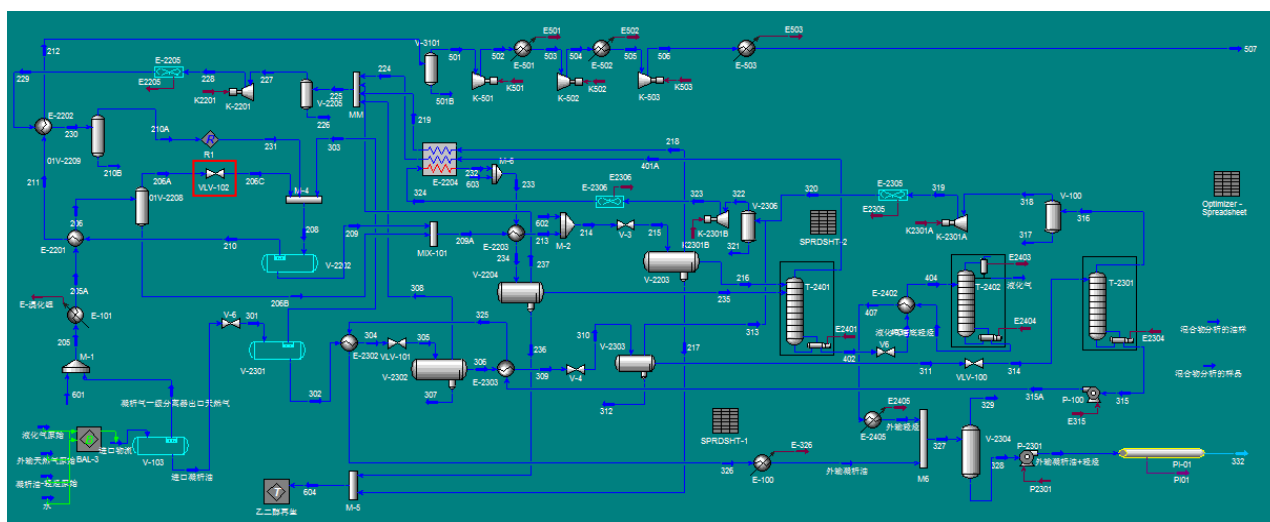


Figure 5. Throttling process of YaHa natural gas field
图 5. 牙哈天然气田节流工艺

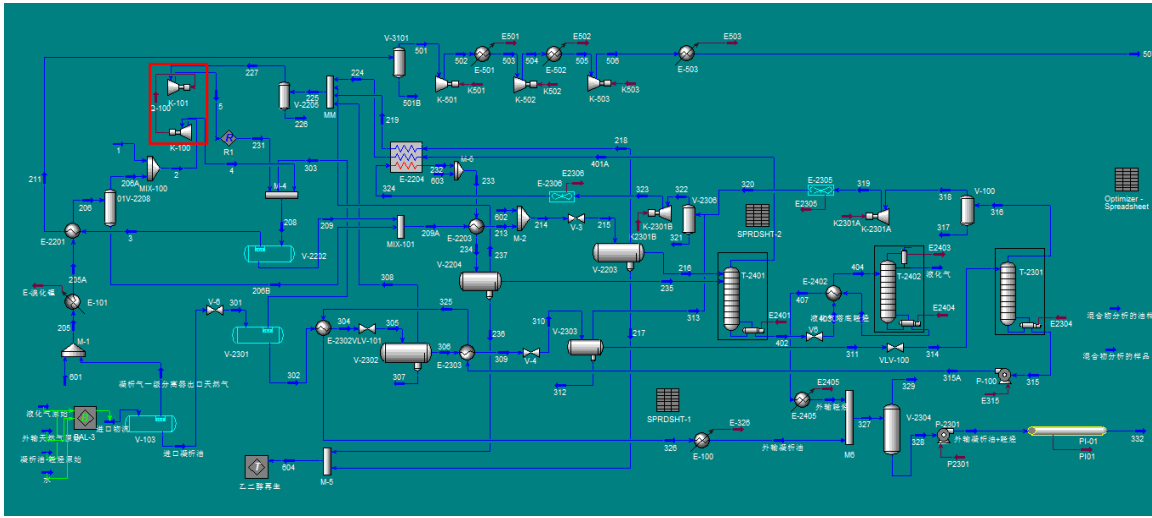


Figure 6. Ejector process of YaHa natural gas field
图 6. 牙哈天然气田引射工艺

制冷处理工艺^[13,14]。其中，红色框部分为节流阀。为了高效回收天然气中轻烃，整个工艺中常将脱乙烷塔等塔顶富气通过压缩系统重新压回到原系统中进行循环回收。这部分气体的总量占总气量的比例较小，但其增压幅度较大。牙哈轻烃回收工艺中，脱乙烷塔等塔顶富气总量约为 28 万方/天，由 1.8 MPa 增压到 7.2 MPa，所需的压缩机功耗约为 714 kW，可见压缩机组的数量和能耗较大。

若将节流工艺改为引射工艺，将低压塔顶气直接引射至脱轻烃时的压力 7.2 MPa。一方面可以高效利用节流前气体自身压力能，另一方面可节省压缩机组的运行费用和维护费用。图 6 为牙哈气田引射工艺流程图，图中红色框内为引射部分。该工艺省去了压缩机组，节省了 714 kW 电能的同时，后期维护费用也将大幅度降低。

4. 结论

采用理论分析和数值计算方法，研究了引射装置设计方法及其在天然气轻烃回收工艺中的作用，得出主要结果和结论如下：

- 1) 数值计算能够得到引射装置内部流场信息，可用于装置结构的优化；
- 2) 喷嘴可调式引射器结构，可提高装置工况适用性，实现不同流量的调节；
- 3) 引射技术能够利用高压天然气自身压力能引射低压流体，大幅度减小凝析气田轻烃回收装置的能

耗，为天然气集输处理提供一个新途径。

参考文献 (References)

- [1] 赵静野, 孙厚钧, 高军. 引射器基本工作原理及其应用[J]. 北京建筑工程学院学报, 2000, 16(4): 12-15.
- [2] 索科洛夫, 津格尔, 黄秋云(译). 喷射器[M]. 北京: 科学出版社, 1977.
- [3] 胡述明. 喷射泵在低压天然气采输中的应用[J]. 石油矿厂机械, 2011, 40(8): 62-64.
- [4] 杨德伟, 林日亿, 王弥康等. 利用喷射器技术输送低压气层天然气[J]. 油气田地面工程, 2005, 24(4): 10-12.
- [5] 张书平, 刘双全, 陈德见. 天然气喷射引射技术在靖边气田的应用试验[J]. 新疆石油天然气, 2008, 8: 113-119.
- [6] 王晓荣, 王惠, 宋汉华等. 实现低压气井增压开采的喷射引射技术[J]. 石油化工应用, 2009, 28(6): 25-27.
- [7] T. H. Shih, W. W. Liou, A. Shabbir, Z. G. Yang and J. Zhu. A new $k-\epsilon$ eddy viscosity model for high Reynolds number turbulent flows. *Compute Fluids*, 1995, 24(3): 227-238.
- [8] J. A. Fernández, J. C. Elicer-Cortés, A. Valencia, M. Pavageau and S. Gupta. Comparison of low-cost two-equation turbulence models for prediction flow dynamics in twin-jets devices. *International Communications in Heat and Mass Transfer*, 2007, 34(5): 570-578.
- [9] B. Van Leer. Upwind-difference methods for aerodynamics problems governed by the Euler equations of gas dynamics. *Lectures in Applied Mathematics*, 1985, 22: 327-336.
- [10] 陶文铨. 数值传热学[M]. 西安: 西安交通大学出版社, 2001: 353.
- [11] 王天祥等. 高压凝析气藏试井技术研究 - 以塔里木盆地牙哈凝析气田为例[J]. 天然气地球科学, 2006, 17(3): 286-291.
- [12] 张红燕等. 凝析气田地面集气工艺技术[J]. 石油规划设计, 2007, 18(2): 25-27.
- [13] 郭野愚. 浅谈牙哈凝析气田集气工艺技术[J]. 石油规划设计, 1999, 10(3): 24-26.
- [14] 裴红等. 牙哈凝析气田地面工艺技术特点[J]. 石油规划设计, 2003, 14(5): 10-12.