

引射器在气田上的应用

胡 锦, 陈宇波, 曾 文, 李 珣

(中国石油工程设计有限公司西南分公司, 四川 成都 610017)

摘 要: 介绍了引射器在国内外气田以及加注系统上的应用情况, 引射器的工作原理、结构, 提出了引射器的设计计算方法。指出引射器理论研究和设计计算是成熟的, 已经在国内外推广使用, 有较高的经济价值, 特别适用于双产层或多产层气田和具备高低压气源的气田。

关键词: 引射器; 气田; 喷射系数

文章编号: 1006-5539(2008)03-0059-04

文献标识码: A

0 引言

引射器是能将两股不同压力的流体互相混合, 并发生能量交换, 以形成一股居中压力混合流体的装置。其特点是: 引射器本身不需要燃料作为动力, 结构简单, 制造费用不高, 安装简易, 操作方便。

早在 20 世纪 50 年代初, 前苏联和美国在引射器的理论研究和试验方面作了大量工作。前苏联将引射器用在伏尔加河流域的气田上, 美国将引射器用在得克萨斯洲施特刺顿气田的双产气井, 代替了投资和操作费用大很多倍的惯用压缩设备。罗马尼亚于 20 世纪 60 年代根据气田情况, 合理采用了引射器集气, 在六个气田上安装 46 组引射器, 取得了良好效果。20 世纪 70 年代, 在西德的平泰蒙天然气田上, 较长时间以来安装的气体引射器就很好的证明了它费用低。20 世纪 80 年代, 四川石油设计院对引射器作了专题研究, 取得了较大成果, 在四川泸州气田广泛使用了一批引射器。目前, 国内不少气田处于中后期开采, 低压气井大量使用压缩机增压, 不少气田都存在高、低压产气层, 完全具备使用引射器的条件。

1 引射器的基本原理、结构简介及主要设计计算

1.1 基本原理^[1]

天然气引射器主要结构部件有工作喷嘴、接受室、混合室、扩散室等(见图 1)。引射器增压气体的基本原理是: 高压气流通过引入管经过喷嘴进入混合室, 低压气流通过引射入口进入混合室, 两者在混合室内混合后发生能量交换, 速度均衡, 并伴随着低压气流的压力升高。混合后的气流由混合室进入扩散室, 低压气流压力进一步升高(高压气流压力降低), 低压气获得增压, 在扩散室出口处, 混合流体的压力高于进入接受室时引射流体的压力。

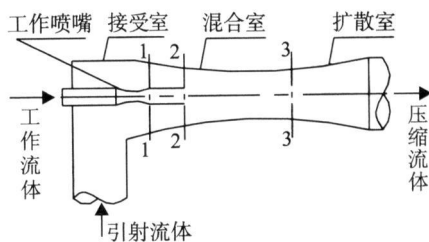


图 1 引射器结构原理示意图

1.2 结构简介

引射器由工作流体进口法兰、工作喷嘴和接受

收稿日期: 2007-08-21

作者简介: 胡 锦 (1981-), 男, 四川成都人, 工程师, 学士, 主要从事天然气储运研究、机械设计工作。电话: (028) 86014924

©1994-2017 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

室、引射流体进口法兰、混合室、扩压室、压缩流体出口法兰组成 (见图 2)。

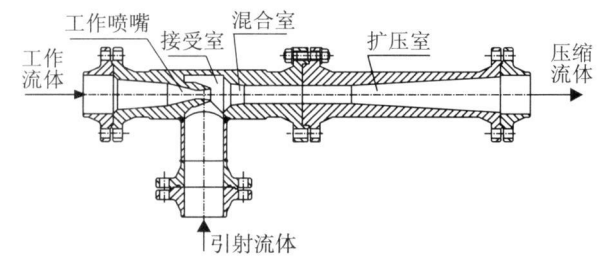


图 2 引射器结构示意图

1.3 主要设计计算

1.3.1 喷射系数 μ 的计算

$$\mu = \frac{-B + \sqrt{B^2 - 4AC}}{2A}$$

式中 $A = \left(\frac{1}{\varphi_3} - 0.5\right) \frac{V_c}{V_p} - (\varphi_2 \varphi_4 - 0.5) \frac{V_H}{V_p} N$

$$B = 2 \left(\frac{1}{\varphi_3} - 0.5\right) \frac{V_c}{V_p}$$

$$C = - \left[\frac{K_p}{2(K_p + 1)} \varphi_1^2 \varphi_2^2 \lambda_{PH}^2 \frac{P_p}{\Delta P_c} \left(\frac{1}{\varphi_3} - 0.5\right) \frac{V_c}{V_p} \right]$$

$$\Delta P_c = P_c - P_H$$

$$N = \frac{\frac{f}{f_*}}{\frac{f}{f_*} - 1/q_H} \quad [3]$$

式中 φ_1 ——工作喷嘴的速度系数, $\varphi_1 = 0.95$
 φ_2 ——混合室的速度系数, $\varphi_2 = 0.975$;
 φ_3 ——扩压室的速度系数, $\varphi_3 = 0.9$
 φ_4 ——混合室入口段的速度系数, $\varphi_4 = 0.925$
 V_c ——引射器后混合流体的比容, m^3/kg
 V_H ——引射器前引射流体的比容, m^3/kg
 V_p ——引射器前工作流体的比容, m^3/kg
 K_p ——工作流体的绝热指数;
 λ_{PH} ——截面上工作流体的折算等熵速度;

P_p ——工作流体的静压力, N/m^2 ;
 f ——圆柱形混合室出口处混合流体的截面积, m^2 ;
 f_* ——喷嘴临界截面上工作流体的截面积, m^2 ;
 q_H ——截面上工作流体的折算质量速度。

1.3.2 主要截面尺寸^[4]

喷嘴临界截面面积, m^2

$$f_* = \frac{G_p a_{p*}}{K_{pII} P_* P_p}$$

高压气进口面积, m^2

$$f_p = \frac{G_p V_p}{W_p}$$

喷嘴出口面积, m^2

$$f_1 = \frac{f_*}{q_H}$$

混合室出口截面面积 (对于天然气引射器和天然气喷射压缩器), m^2

$$f = \frac{P_p f_* (1 + u/\theta)}{P_c q_3}$$

混合室入口面积 (对于天然气引射器), m^2

$$f_2 = \beta f$$

扩压室出口截面面积, m^2

$$f_3 = \frac{G_p (1 + u)}{P_c W_c}$$

式中 P_c ——混合流体的静压力, N/m^2 ;

q_3 ——3—3截面上混合流体的折算质量速度;

β ——混合室锥形部分起端截面面积与终端截面面积之比压缩器 $\beta = 1$ 引射器 $\beta = 2 \sim 3$

G_p ——工作流体的质量流量, kg/s ;

W_c ——扩压室出口截面上混合流体的速度, m/s ;

1.3.3 计算示例 (见表 1~2)^[5]

表 1 原始数据

井 名	油压或套压 /MPa	温度 /K	气量 / $10^4 m^3 \cdot d^{-1}$	输压 /MPa	说明
高压井	5.0	288	20	3.1	压力为绝对压力
低压井	2.0	288	4	3.1	压力为绝对压力

表 2 计算结果

计算参数	U 喷射系数	D_p 喷嘴入口截面直径 /m	D_{p*} 喷嘴临界截面直径 /m	D_{f1} 喷嘴出口截面直径 /m	D_2 混合室入口截面直径 /m	D_3 混合室出口截面直径 /m	D_4 自由流束直径 /m	D_c 扩压室出口直径 /m
计算结果	0.206	0.035 59	0.015 02	0.015 38	0.021 82	0.021 82	0.025 62	0.050 70

2 引射器工作能力的主要损失与效率

在相同引射器中,两股具有不同初速度的同轴流体因为混合而发生的撞击损失是引射器工作能力的主要损失,撞击损失与流体开始混合时速度之差的平方成正比。显然增加引射流体进入混合室的速度可以减少撞击损失。

引射器的优劣是用效率来衡量的,引射器的效率是用引射流体所获得的工作能力与工作流体所损失的工作能力之比来表示的:

$$\mu = \frac{u(\epsilon - \epsilon_H)^{1/2}}{\epsilon - \epsilon}$$

式中 ϵ , ϵ_H , ϵ ——工作、引射和压缩流体的单位工作能力。

在工作物体与周围介质相互作用为可逆的情况下。也就是在工作物体的滞止参数可逆的变到周围介质的参数情况下。一个单位质量的工作物体(如 1 kg 气体)所可能作的功叫单位工作能力。

3 引射器的应用

3.1 气田应用^[7]

3.1.1 主要优点

提高流体的压力而不直接消耗机械能是引射器的根本特点。所以在有富裕压力的条件下,采用它比采用机械增压设备(如压缩机)简单、成本低;例如 1 套 5.0 MPa 工作气量 $20 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ 的引射器造价约 3 万元,而相同处理量的压缩机造价要超过 300 万元,而且系统复杂,每天要消耗大量的燃料(或电能)。

3.1.2 安装流程

3.1.2.1 单井流程

本流程适用于同一气田具有高、低压气层的集输系统(见图 3)。

3.1.2.2 集气站流程

本流程适用于同一集气站具有高、低压气源的集输系统(见图 4)。

3.1.3 使用效果

对低压气增压从而起到加速采出低压气的“增

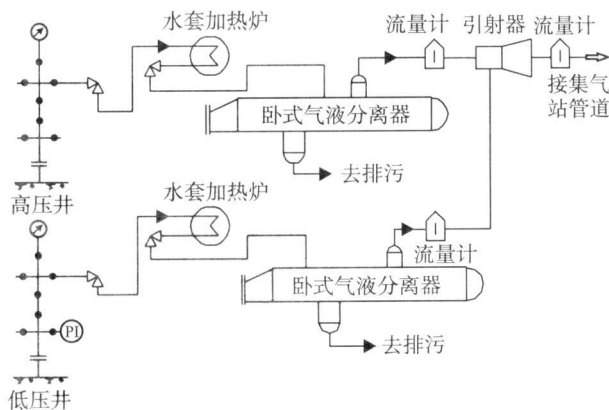


图 3 单井引射器安装流程示意图

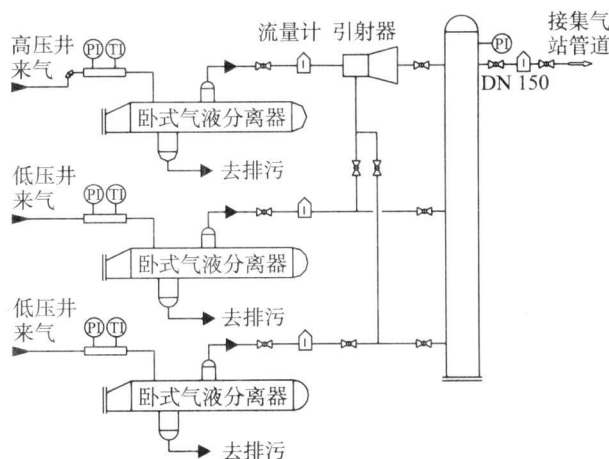


图 4 集气站引射器安装流程示意图

产”作用。例如某气田的阳七井,高压井 1.8 MPa 低压井 0.25 MPa 采用引射器后混合气压力升到 0.5 MPa 低压气井由原来日产 $2 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ 增加到 $2.9 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ 美国芝加哥双产层气田,高压井压力 9.8 MPa 气量 $1.5 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ 低压井压力 7.1 MPa 能引射带动的低压气量 $0.5 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ 罗马尼亚布列维瓦格三层产气田,较深气层井深 2 400 m 较浅气层井深 1 200 m 其使用引射器 46 组,增产 10% 左右。引射器能使间隙生产井变成连续生产井,或者缩短关井周期,争取多采气。

3.2 加注系统的应用^[8]

3.2.1 流程简介

加注系统流程(见图 5)。

3.2.2 使用效果

引射加注系统主要应用在磨溪气田地面建设工

程,收效显著,提高效率,节约成本。

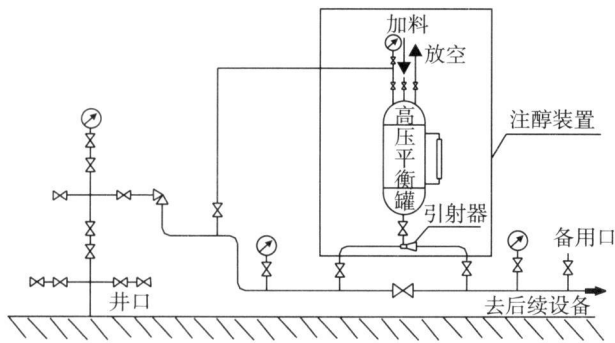


图 5 加注系统流程

4 结束语

综上所述,天然气引射器理论研究和设计计算是成熟的,已经在国内外推广使用,有较高的经济价值。特别适用于双产层或多产层气田和具备高低压

气源的气田。实践证明,只要根据现场实际情况,用程序算出来的各参数是足够可靠的。如果基本参数改变,其它特性参数也将随之改变。

参考文献:

- [1] GB 50350—2005 油气集输设计规范[S].
- [2] Landau L D Lifsh ite E M 流体力学[M]. 北京: 世界图书出版社, 1999
- [3] 王新月, 杨清真. 热力学与气体动力学基础[M]. 西安: 西北工业大学出版社, 2004
- [4] 张鸿雁, 张志政. 流体力学[M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2002
- [5] 胡荣祥. 天然气引射器的研制报告[R]. 成都: 四川石油勘察设计研究院, 1983 11-12
- [6] 周雪漪. 计算水力学[M]. 北京: 清华大学出版社, 1995
- [7] 黄汝桥. 天然气引射器与喷射压缩机[R]. 成都: 四川石油勘察设计研究院, 1982 4-25
- [8] GB 50251—2003 输气管道工程设计规范[S].