

# 井下可调节防砂节流器模型设计

李国强 张跃 李庆军 李建

(中国石油长城钻探工程有限公司苏里格采气项目部, 盘锦 124010)

**摘要** 为了更好地实现气井区块数字化无人管理模式, 增强气井生产过程动态研究特性, 以现有节流器为出发点, 设法改变气嘴内部构造。由孔洞式变为缝隙, 充分利用缝隙的可调节性, 连通套管、节流器气嘴、地面压力装置, 借助地面压力调控系统, 来实现对节流器气嘴缝隙宽窄的调节, 从而实现不同时期定压、定量的生产过程。同时利用气嘴内部强大的“负压差”来实现气嘴清洗, 解决砂堵问题。因此, 不仅延续了井底防治水合物形成的方法, 解决了不更换气嘴就能调节气量、排水生产等功能; 而且还能时刻测算出井底套压, 降低作业成本。为下一步数字化区块无人管理提供了可能。

**关键词** 气井 节流器 防砂 可调节 气嘴变形

**中图分类号** TE358.1; **文献标志码** A

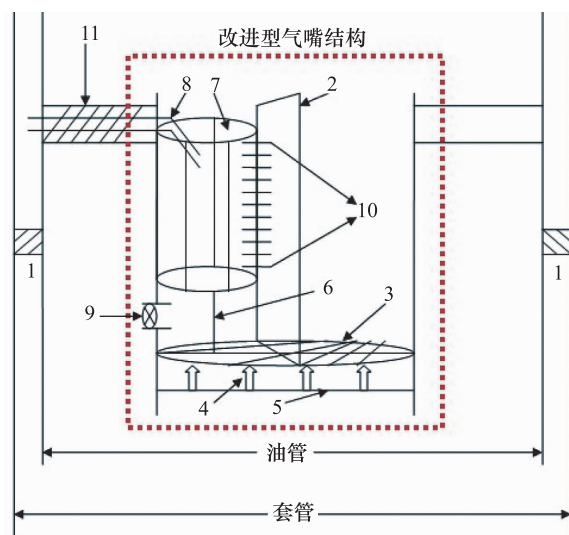
常规井下节流器一般采取孔洞式节流, 成功地利用地热来实现了井下防治水合物的形成, 但它不具备地面节流的可调节性。在气井不同的生产时期, 气井的生产规律是不同的, 要求气嘴的大小也不一样, 而采取打捞节流器更换气嘴的成本又太高, 况且更换的气嘴也不一定适合气井的生产规律。在气井分析研究方面, 只能提供有限的科研资料, 限制气井生产制度的机动性。因此常规井下节流器虽然实现了水合物的防治, 但仍需进行改进。本文就是充分利用现有井身结构, 改变气嘴内部构造, 利用地面压力系统来实现地下气嘴大小的自动调节功能。

## 1 物理模型设计

本节流器在不改变原有井底节流器结构理念的前提下, 针对气嘴进行重新设计改造, 图1为改进型气嘴结构示意图<sup>[1]</sup>。

下面分别进行描述改进型气嘴是如何做到防砂、调节气量、排水生产的全过程。

(1) 防砂: 改进型气嘴主要是通过图1中的“9:



1—封隔器, 2—分割板, 3—活动底板, 4—弹簧, 5—底板, 6—拉杆, 7—压差伸缩圆筒, 8—细管, 9—厚状陶瓷网圆孔进气孔, 10—条形调节气孔, 11—可膨胀封隔胶皮

图1 改进型气嘴结构示意图

厚状陶瓷网圆孔进气孔”来进行井底防砂, 针对陶瓷网砂堵现象, 采取关井恢复平衡后, 利用图1中的“7: 圆筒”膨胀瞬间产生负压差(即气嘴内的压力大于井底套压)来实现清沙功能。

(2) 气量调节: 主要是通过图1中的7、8、10来实现气井产量的自动调节; 首先“8: 细管”是和已封隔的上部套管连接, 而地面套管接有压力控制装

置,同过控制压力装置中的压力,将系统里面的气体通过“8:细管”进入“7:圆筒”,“7 圆筒”上顶部固定,下底部可伸缩,利用井底套压与圆筒内的压差,实现“7 圆筒”的下底部伸缩,再经过“10:条形调节气孔”实现气量的地面可控调节。

(3) 排水调节:主要是利用图 1 中的 8、7、6、3、4 来实现敞放排水生产的。首先“8:细管”的来气增大,导致“7:圆筒”膨胀,带动“6:拉管”推动“3:活动底板”向下移动,导致“3:活动底板”和“2:分割板分开”产生合适的缝隙,来实现井底排水生产的。

2 实现气量调节的数学模型

调节气量大小主要与节流前后压力和孔板面积有关。节流前后压力与流量的关系如下公式所示<sup>[2]</sup>:

$$q_{sc} = \frac{40.8 P_1 d^2}{\sqrt{r_g T_1 Z_1}} \sqrt{\left(\frac{k}{k-1}\right) \left[ \left(\frac{P_2}{P_1}\right)^{\frac{2}{k}} - \left(\frac{P_2}{P_1}\right)^{\frac{k+1}{k}} \right]}$$

根据上面物理模型,设在极限范围内,压差伸缩圆筒单位压差的伸缩距离为  $\Delta x$  m,圆形气嘴直径  $d$  m,共有  $n$  条缝隙,每条缝隙宽度  $\Delta l$  m,则圆筒有效面积为:

$$\Delta S = (n \Delta l) \Delta x。$$

而孔板气嘴的有效面积是:  $S = \frac{\pi d^2}{4}。$

由于两者有效面积  $\Delta S = S$ ,则联合上面三个公式计算得出:

$$q_{sc} = \frac{163.6 P_1 (n \Delta l) \cdot \Delta x}{\pi \sqrt{r_g T_1 Z_1}} \sqrt{\left(\frac{k}{k-1}\right) \left[ \left(\frac{P_2}{P_1}\right)^{\frac{2}{k}} - \left(\frac{P_2}{P_1}\right)^{\frac{k+1}{k}} \right]} \times$$

$$(P_{内} - P_1)。$$

其中定义:

$$A = \frac{163.6 P_1 (n \Delta l) \cdot \Delta x}{\pi \sqrt{r_g T_1 Z_1}} \sqrt{\left(\frac{k}{k-1}\right) \left[ \left(\frac{P_2}{P_1}\right)^{\frac{2}{k}} - \left(\frac{P_2}{P_1}\right)^{\frac{k+1}{k}} \right]}$$

从公式中可以得出:在本物理模型下,在节流前后压力不变的情况下,流量与压差伸缩圆筒内的

压力成正比,即与地面压力控制系统内的压力成正比,从而很简略地进行调控。

3 存在问题及解决办法

3.1 “细管”与油管连接问题

本设想采取化学药剂融化油管管壁,以实现细管连通功能。细管内置弹簧片,和化学药剂,弹簧伸缩与节流器销钉连接,当节流器座封时,细管内置弹簧拉伸,挤破内置化学药剂,使化学药剂与油管管壁连接,融化管壁以实现导通。细管内部结构如图 2 所示<sup>[3-5]</sup>。

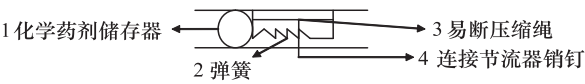


图 2 细管内部结构示意图

3.2 密封性问题

改进型油嘴的封闭性问题主要包括“7 压差伸缩圆筒”与“2 分割板”的密闭性,“2 分割板”与“3 活动底板”的密闭性问题。

针对“2 分割板”与“3 活动底板”的密闭性问题,采取闸板阀原理及增加活动底板的启动压力,采取膨胀性有机材料制造,很容易给予解决。

而“7 压差伸缩圆筒”与“2 分割板”的密闭性问题,解决方法较复杂,主要是既要它能运动又要密封,无疑加大了难度系数,但仍然可以实现。原理如图 3 所示:

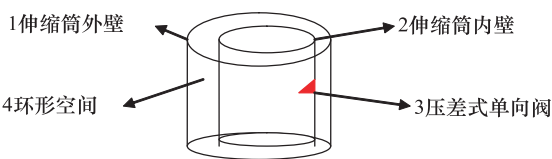


图 3 压差伸缩圆筒内部示意图

原理简述:“1 伸缩筒外壁”采取压差式膨胀材料,“2 伸缩筒内壁”就是一般性密闭性钢板材料,“3 压差式单向阀”就是伸缩筒内部压力出现变化时,“3 压差式单向阀”开启,“4 环形空间”气量通过单向阀流出,“1 伸缩筒外壁”收缩,圆筒在压力差下

自由移动。可能。

4 结论

本文提出可调节防沙节流器的设计想法及模型,原理上实现了地下节流,地面调控,反推井底套压、防砂等功能。但在实际产品的研发实验中仍然会存在这样那样的问题,比如本文提到的油套管封隔、节流器密封、细管与油管连接、节流器解封重下等问题。

但是,可调节防沙节流器的出现必将成为一种趋势,为今后气井管理、无人气田的建设提供一种

参 考 文 献

- 1 王锦生. 气井井下节流器工艺技术. 石油天然气学报,2005;27(3):510—511
- 2 王 宗,李颖川,余朝毅,等. 气井井下节流动态预测. 天然气工业,2005;26(2):117—119
- 3 吴革生,王效明,韩 东,等. 井下节流技术在长庆气田试验研究及运用. 天然气工业,2005;25(4):65—67
- 4 杨川东. 采气工程. 北京:石油工业出版社,1997:44—232
- 5 陈汝培,余汉成. 井下节流工艺在低渗透气田的应用. 天然气与石油,2009;27(2):1—4

Downhole Adjustable Choke Modeling Sand

LI Guo-qiang,ZHANG Yue,LI Qing-jun,LI Jian

(Department of Sulige Gas Project of CNPC Great Wall Drilling Company,Panjin 124010,P. R. China)

[Abstract] In order to achieve better gas block no management of digital and strengthen the dynamic of gas well production characteristics, as a starting point the existing choke, try to change the internal structure of gas nozzle from the hole into a slot-type, take full advantage of the gap adjustable, connectivity casing, restrictor gas nozzle, ground pressure equipment, pressure control system with the ground, the gas nozzle restrictor regulation of gap width to achieve different periods of constant pressure, the quantitative production process are achieved. While taking advantage of the internal gas nozzle powerful "negative pressure" to achieve the gas nozzle cleaning, sand plug solve the problem. Therefore, the idea of not only the continuation of the bottom control hydrate formation method to solve the gas nozzle can be adjusted without changing gas, water production and other functions, but also to measure the bottom set of time pressure, reduce operating costs. Digital blocks for the next unattended possible.

[Key words] gas well restrictors sand control adjustable gas nozzle deformation