

# 钻井废水处理新工艺的研究与评价

崔盈贤<sup>1</sup>, 唐晓东<sup>1,2</sup>, 陈 信<sup>3</sup>, 胡星琪<sup>1,2</sup>, 肖黄飞<sup>3</sup>, 孟科全<sup>1</sup>, 廖湘莉<sup>4</sup>

(1. 西南石油大学化学化工学院, 四川成都 610500; 2. 西南石油大学油气藏地质及开发工程国家重点实验室, 四川成都 610500; 3. 中国石油西南油气田公司天然气研究院, 四川成都 610213; 4. 中石油管道工程公司天津分公司, 天津 300280)

[摘要] 石油天然气资源的勘探开发, 为人们带来宝贵的清洁能源, 同时也带来了环境污染问题。在油气生产过程的诸多环节中, 钻井过程产生的污水和废弃泥浆是最大的污染源。作者对比了常用钻井废水处理方法的特点, 提出了一种新的钻井废水处理方法, 利用存在于内燃机尾气中的大量富余热量, 实现废水的瞬时干燥。通过理论计算, 该工艺运行费用低, 设备简单, 尤其适用于海上平台及钻井液处理运输不便的地区。

[关键词] 钻井液; 喷雾干燥; 废水处理

[中图分类号] X703.1; X741 [文献标识码] B [文章编号] 1005-829X(2008)12-0056-03

## Research and evaluation of the new technology of well drilling wastewater treatment

Cui Yingxian<sup>1</sup>, Tang Xiaodong<sup>1,2</sup>, Chen Xin<sup>3</sup>, Hu Xingqi<sup>1,2</sup>, Xiao Huangfei<sup>3</sup>, Meng Kequan<sup>1</sup>, Liao Xiangli<sup>4</sup>  
(1. College of Chemistry and Chemical Engineering, Southwest Petroleum University, Chengdu 610500, China; 2. State Key Laboratory of Oil and Gas Reservoir Geology and Exploitation, Southwest Petroleum University, Chengdu 610500, China; 3. Natural Gas Research Institute, Southwest Oil and Gas Field Corp. of PetroChina, Chengdu 610213, China; 4. Tianjin Branch Co., China Petroleum Pipeline Engineering Co., Tianjin 300280, China)

**Abstract:** The exploration and production of oil/gas resources bring the problem of environmental protection while providing the clean energy for human beings. The wastewater and mud produced during well drilling is the largest source of pollution in a great many links of oil/gas producing processes. The processing technologies of well drilling are compared, and a new processing technology of well drilling is proposed. And when well drilling diesel engine operates, there is a mass of excess heat in the end gas. This process can be used in the wastewater instantaneous desiccation. Based on theoretical calculation, this process lowers the running costs, simplifies the equipment, and is especially suitable for being used on the offshore platform and in places where the transportation of well drilling mud is not convenient.

**Key words:** drilling mud; spray drying; wastewater treatment

钻井废水是钻井液、采出液、地下水或原油等与生产污水混合后的产物, 其组成、性质及危害与钻井液类型、处理剂组成有关, 主要来源包括机械污水、冲洗污水、钻井液污水、作业污水(包括固井、压裂酸化、修井、洗井等井下作业产生的污水等)。油气田钻井污水、废弃泥浆已成为石油天然气工业的主要污染源<sup>(1,2)</sup>。如果不对这些污染物进行有效处理, 将导致对土壤、地表和地下水的污染, 对环境造成严重

的影响和破坏, 随着国家对环保要求的日益严格, 解决钻井废液的污染问题已成为石油工业环境保护的重要研究课题之一。

目前, 钻井废水处理主要有化学处理法、电絮凝处理法、生化处理法——地层渗透处理法、钻井废水的深度处理方法等<sup>(3-12)</sup>, 但上述方法都各存在一定不足。笔者提出一种新的钻井废水处理工艺——喷雾干燥法。用钻井柴油机尾气中的大量富余热量, 实

现废水的高温干燥,还可达到传统方法泥浆沉降分离脱除废水的目的。同时由于高温干燥,还可把钻井废水中的有害成分转化为危害性小或无害的物质,起到灭菌效果。内燃机尾气主要成分为  $\text{CO}_2$ 、 $\text{H}_2\text{O}$  和  $\text{N}_2$ ,其物理性质见表 1。

表 1 内燃机尾气的物理性质

温度/ ℃	密度/ ( $\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$ )	热导率/ ( $10^{-5}\cdot\text{J}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}\cdot\text{℃}^{-1}$ )	比热/ ( $\text{kJ}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{℃}^{-1}$ )	导温系数/ ( $10^{-2}\cdot\text{m}^2\cdot\text{h}^{-1}$ )
0	1.295	8.207	1.043	6.08
100	0.950	11.263	1.068	11.10
200	0.748	14.445	1.097	17.60
300	0.617	17.418	1.122	25.16
400	0.525	20.516	1.151	33.94
500	0.457	23.615	1.185	43.61

注:大气压为 0.1 MPa。

## 1 喷雾干燥技术

喷雾干燥是使液态物料经过喷雾进入热的干燥介质中转变成干粉的过程,该技术已被工业界广泛接受,其特点是可以把初始状态为含固的液体通过特殊设计的雾化器雾化后再与干燥介质接触,在短时间内完成蒸发干燥而获得干燥的产品。喷雾干燥技术已在化学、食品、医药、农药、陶瓷、水泥、水产、林业、冶金等工业生产中广泛应用。

### 1.1 喷雾干燥机理

喷雾干燥分 2 个阶段:恒速干燥阶段及降速干燥阶段。恒速干燥阶段,蒸发过程发生在颗粒表面,蒸发速度由蒸汽与颗粒之间的温度差决定,颗粒温度可认为是进入空气的湿球温度。在这个过程中,水分通过颗粒的扩散速度大于或等于蒸发速度,以保持颗粒表面处于湿润状态;当水分通过颗粒的扩散速度不再能维持颗粒表面的饱和时,内部扩散速度就成为控制因素并进入降速阶段,在这个阶段,蒸发过程发生在表面以内的某个面上,当蒸汽扩散速率慢于蒸发速率时,蒸汽便在颗粒内生成,形成中空状喷雾干燥颗粒。

### 1.2 喷雾干燥技术可行性分析

油田钻井机每天产生大量的柴油机尾气,通常内燃机尾气温度在 500~600 ℃,假设取温度差 390 ℃,可粗略求得 1 m<sup>3</sup> 尾气所放出的热量,计算公式见式(1):

$$Q=Cm\Delta t \quad (1)$$

式中: $Q$ ——放出的热量, kJ;

$C$ ——比热,  $\text{kJ}/(\text{kg}\cdot\text{℃})$ ;

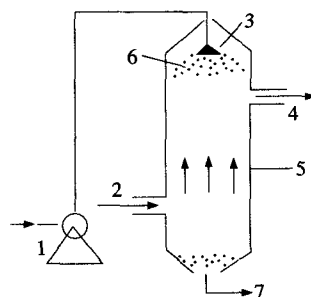
$\Delta t$ ——温差, ℃;

$m$ ——质量, kg。

尾气主要成分按  $\text{CO}_2$ 、 $\text{N}_2$ 、 $\text{H}_2\text{O}$  计,粗略求得尾气所放热量  $Q=650$  kJ。若此热量用于加热 20 ℃ 的水,使之变成 100 ℃ 的水蒸气,水吸收的热量为两部分:(1)20 ℃ 的水变成 100 ℃ 的水所吸收的热量,(2)100 ℃ 的水变为 100 ℃ 的水蒸气所吸收热量。查水的比热为 4.2  $\text{kJ}/(\text{kg}\cdot\text{℃})$ ,汽化热 40.8  $\text{kJ}/\text{mol}$ ,则可求得 1 m<sup>3</sup> 尾气可蒸发掉约 250 g 的水。若油田钻井用柴油每天以 3 t 计,则可产生约 50 000 m<sup>3</sup> 尾气,一般作为废气排放,若加以利用,变废为宝,可以 100% 蒸发掉 12 t 的水,因此,该技术无论从应用上还是运行成本上都可行。

## 2 工艺设计方案

先将油田生产过程中产生的钻井废液先聚集于废水池,由泵输送废液进入干燥装置;当钻井废液经过喷头喷出时,废液分散成小颗粒,极大地增加了液体颗粒的表面积,微粒状液滴在高温气流中会瞬时气化,工艺流程见图 1。



1—压力泵;2—高温烟气;3—喷头;  
4—低温烟气;5—干燥筒;6—细液滴;7—固体  
图 1 尾气干燥泥浆废水流程

## 3 工艺特点

以喷雾干燥的原理利用柴油机尾气的余热处理钻井废水具有以下特点:(1)喷雾干燥过程属于物理变化,其处理效果与泥浆成分及浓度均无关,故工艺可靠性高;(2)采用该工艺,省去了传统方法中分离废水再进行净化的过程,节约成本;(3)钻井废液经过高温烟气干燥,还可达到灭菌的效果,气化的液体若冷却回收,其色度、pH、COD 都有所改善;(4)以尾气余热供废液蒸发干燥用时不需要额外再供应燃料,运行费用极低;(5)喷雾干燥过程中尾气与废液直接接触传热,无需任何传热的中间环节,传热速度及效率均极高,热量损失很少,控制也简单;(6)设备简单,主要为废液池、干燥筒、雾化喷头,节省设备投资。

根据喷雾干燥原理只要相应参数控制合适,待

处理的废液将以瞬时干燥的方式转化为水蒸气以及一些挥发性气体。水蒸气和挥发性气体则随尾气逸出。为能有效地去除喷雾干燥过程中挥发的有害气体,在低温烟气出口还可设活性炭吸附装置,以防止对环境的二次污染。

#### 4 喷雾干燥设备选择

##### 4.1 喷头选择

喷头是干燥塔的关键部分,该工艺采用压力式喷头<sup>[13]</sup>,见图2。

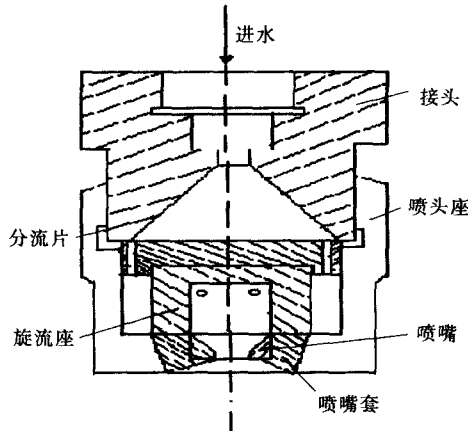


图2 雾化喷头结构

##### 4.2 干燥设备参数

装置处理量为 0.5 m<sup>3</sup>/h(若处理泥浆,设备分离出的渣泥平均含水率≤20%),干燥水蒸气随尾气达标排放(可外加活性炭吸附装置)。通过理论计算,其设备基本参数见表2。

表2 喷雾干燥装置基本参数

项目	数值
喷嘴处的液膜平均速度/(m·s <sup>-1</sup> )	68.4
尾气量/(kg·h <sup>-1</sup> )	5435
干燥时间/h	1.96
干燥塔直径/m	1.8
干燥塔有效高度/m	4.49

#### 5 经济评价

以莲花 000-X2 井,固液分离 2 800 m<sup>3</sup> 含水 80%的钻井废液为实例,对比了土壤固化法与喷雾干燥工艺处理钻井废液的经济性。结果表明,采用喷雾干燥工艺处理钻井废液,充分利用了钻井机械柴油机产生的尾气热量,设备简单,节约了固液分离费用、废水处理费、部分转运费及运输费,粗略估算,

较土壤固化工艺,节约成本 71.5%。

#### 6 结论

(1)该工艺采用高温烟气干燥,具有高温灭菌的作用,干燥后水蒸气对环境污染小。

(2)以莲花 000-X2 井做为实例,粗略估算了该工艺的经济性,与土壤固化法相比,节约成本 71.5%。

(3)该工艺采用钻井机械运转时存在于尾气中的大量富余热量进行废水处理,为尾气变废为宝找到了一条很好的途径,具有广泛的应用前景。

#### [参考文献]

- [1] 张雷,欧阳峰,廖千家骅. 我国钻井废水处理研究进展[J]. 中国环保产业,2007(6):30-34.
- [2] 魏平方,邓皓,邹斌. 含油污水处理技术与发展趋势[J]. 油气田环境保护,2000,10(1):34-36.
- [3] 肖遥,王蓉莎,李凡修,等. 钻井污水絮凝处理实验研究[J]. 石油与天然气化工,2000,29(6):323-326.
- [4] 李爱阳,朱志杰. PAC 絮凝-膜分离法处理油田废水的研究[J]. 工业水处理,2008,28(2):20-22.
- [5] 王兵,徐辉. 钻井废水的可生化性研究[J]. 西南石油学院学报,2006,28(3):96-98.
- [6] 鲁红升,黄志宇,赵非. 催化氧化法治理钻井废水的研究[J]. 能源环境保护,2005,19(1):25-27.
- [7] 雷信明,杜国勇,李志平. 用土壤处理钻井废水的研究[J]. 石油与天然气化工,2007,36(4):341-343.
- [8] 张太亮,黄志宇,莫军,等. 油气井低密度钻井废液的无害化处理技术研究[J]. 天然气工业,2006,26(11):90-92.
- [9] Thew M T, Smyth I C. Development and performance of oil-water hydrocyclon separators: a review [M]. London: The Institution of Mining and Metallurgy, 1998: 25.
- [10] 王鑫,郭书海,李凤梅,等. 稠油废水生物处理主要影响因素分析[J]. 环境科学研究,2006,19(4):42-46.
- [11] Sander B, Hovemann F, Scherling K. Dewatering of petroleum-containing sludges with recovery of the oil component [P]. US 4417976, 1981.
- [12] 王波,陈家庆,梁存珍,等. 含油废水气浮旋流组合处理技术浅析[J]. 工业水处理,2008,28(4):87-92.
- [13] 于才渊,王宝和,王喜忠. 干燥装置设计手册[M]. 北京:化学工业出版社,2005:130-182.

[作者简介] 崔盈贤(1979—),2006级在读博士,从事稠油开采及废水处理研究。电话:028-83030365,E-mail: cuiyixian@yahoo.com.cn.

[收稿日期] 2008-08-21(修改稿)