

# 高效卧式过滤设备高压大型化模块研究

陈朝胜, 米力田

(中国石油工程设计有限公司西南分公司, 四川 成都 610017)

**摘要:** 现有过滤设备无论在使用压力还是在处理量上均无法满足西气东输工程的要求, 介绍了高效卧式过滤设备。通过对过滤器结构分析、设备各部分的流态分析, 解决了过滤设备工艺模块化、结构模块化、系统模块化方面的问题, 在此基础上编制了卧式过滤器工艺及结构计算程序, 使过滤设备设计水平进一步提高。可供储运工艺设备专业参考。

**关键词:** 过滤设备; 模块化; 计算程序

**文章编号:** 1006-5539(2005)05-0046-03

**文献标识码:** B

## 0 前言

目前我国气田及集输系统上使用的高效卧式过滤设备其使用压力在 1.6~6.4 MPa 之间, 单台设备的处理量在  $10 \sim 200 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ 。随着塔里木气田开发, 西气东输工程的建设, 现有分离除尘设备无论在使用压力, 还是单台设备的日处理能力都达不到要求, 为此提出了“高效分离除尘设备高压大型化模块研究”课题。

## 1 高压大型化工艺模块

卧式过滤器内流体的工艺过程为: 原料气从进气管进入过滤器, 经过分配管束将气体分散到各个滤管外层空间, 然后到达各个滤管的外表面, 经滤层过滤后的天然气通过滤层进入滤管芯管, 再汇集到集气腔, 最后, 经过过滤器净化处理后的天然气从出气管排出过滤器进入下游管网, 详见图 1<sup>[1]</sup>。

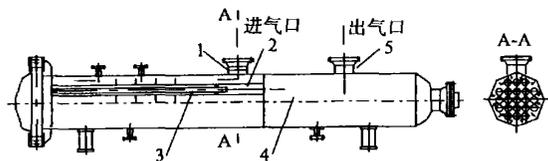


图 1 卧式过滤器流体工艺简图

1. 进气管; 2. 分配管束; 3. 滤管; 4. 集气腔; 5. 出气管

### 1.1 对卧式过滤器内流体流态进行分析

进出口管内气体流态按紊流状态的水力光滑区进行设计, 其流态如图 2<sup>[2]</sup>:

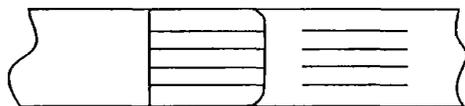


图 2 进出管道内气体流态图

进出口管道内径可按下式计算<sup>3</sup>:

$$d_j = \sqrt{\frac{Q_G}{0.785 V_i}} \quad (1)$$

式中  $d_j$ ——卧式过滤器进出口管内径, mm;

$Q_G$ ——在工作状态下气体流量,  $\text{m}^3/\text{s}$ ;

$V_i$ ——卧式过滤器进出口管处气流速度,  $\text{m}/\text{s}$ 。

$$Q_G = \frac{P_o T Z Q_o}{86\,400 T_o P} \quad (2)$$

式中  $Q_o$ ——标准状态下气体流量,  $\text{m}^3/\text{d}$ ;

$P_o$ ——标准状态下气体压力, MPa;

$T_o$ ——标准状态下气体温度, K;

$Z$ ——气体压缩系数;

$P$ ——工作条件下气体压力, MPa;

$T$ ——工作条件下气体温度, K。

### 1.2 对分配管束区气体流动状态进行分析

从进气口出来的气体在进入分配管束后体积扩

收稿日期: 2004-09-10; 修回日期: 2004-11-19

作者简介: 陈朝胜(1977-), 男, 四川荣县人, 助理工程师, 学士, 主要从事天然气储运工艺及设备研究、机械设计工作。电话: (028)86014605。

大, 气流流速下降, 雷诺数下降到  $Re < 2000$  范围, 流体由于管束对流态的影响, 会在分配周围形成旋流, 详见图 3, 在分配管尾部流体被卷起离散的旋涡, 详见图 4, 流动压力降增加<sup>4</sup>。

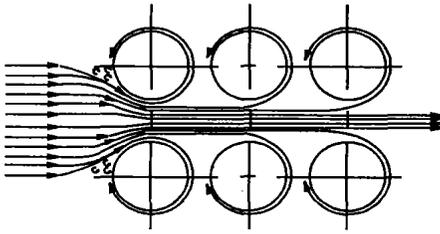


图 3 分配管束内流体涡流

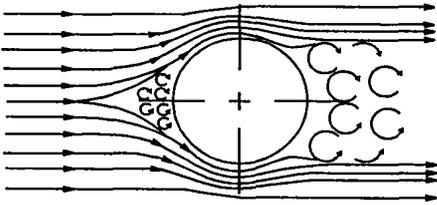


图 4 分配管尾部的旋涡

### 1.3 对滤芯滤层内流体流态进行分析

气体在滤层内的流动状态类似于渗流状态, 在解渗流理论问题时, 可以采用以下列渗流速度  $V$  为特征的虚构流动<sup>5]</sup>。

$$V = \frac{q}{F} \quad (3)$$

式中  $q$ ——液体的体积流量;

$F$ ——渗流面积。

1856 年法国工程师达西建立了渗流速度和压力梯度之间呈线性关系的渗流定律。在实验的基础上确定了

$$V = \frac{k}{\mu} \cdot \frac{\Delta p}{\Delta l} \quad (4)$$

式中  $k$ ——渗透率;

$\Delta p$ ——长度为  $\Delta l$  的孔隙介质区间的压力损失;

$\mu$ ——流体的动力粘度;

$\Delta l$ ——毛细孔长度。

(4)式中  $\Delta p$ ,  $\Delta l$  及  $\mu$  均已知,  $k$  可通过滤芯滤层的渗流试验得出。

## 2 结构模块化

结构模块化的核心是合理布置滤芯。滤芯的布

置应当遵循的两个原则: 一个是尽量满足滤芯进气压力、流量均衡; 另一个就是尽可能利用过滤器筒体内的有限空间, 即在同一截面积内尽量多布置滤芯。

现有过滤器滤芯布置方式有两种, 即等边形布置方式和矩形布置方式, 见图 5, 6。

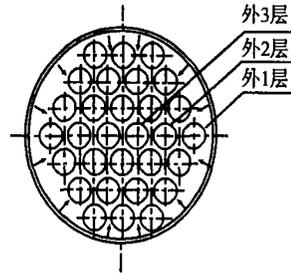


图5 等边形布置方式

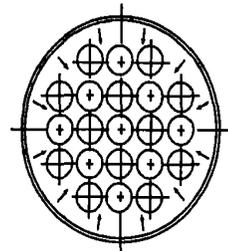


图6 矩形布置方式

矩形布置方式在有效利用横截面积上是不如等边形布置, 但是它能较好的满足工艺原则, 即滤芯进气除从周向进气外, 还能实现纵向进气, 使滤芯进气更加均匀。

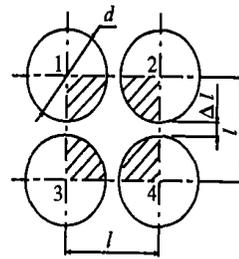


图7 纵向进气及环流间距图

从图 7 可看出, 采用矩形布置方案所形成的纵向进气空间只给供一个滤芯全面积有关, 其供气效果也仅受供气空间尺寸和滤芯长度影响, 其供气均匀程度也比采用等边形布置方式的周向进气优越。

本研究课题是在国内外现有方法的基础上总结了一种较为精确实用的程序计算方法。

## 3 系统模块化

过滤系统工艺仪表流程如图 8 所示。

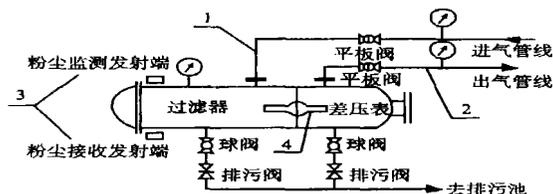


图8 系统工艺仪表流程图

1. 进气系统; 2. 排气系统; 3. 粉尘测量及排放系统; 4. 差压测量系统

从图8可看出卧式过滤设备系统模块主要由四部分组成: 进气系统、排气系统、粉尘测量及排放系统、差压测量系统。

现有卧式过滤系统均没有粉尘测量系统, 国内外也没有现存的仪表可选用。本课题经过多方面努力与核工业部有关单位一起采用射线间接测量仪表, 基本上解决了这一问题, 其安装方式如图8所示。该仪表的一次仪表为射线发射和接收系统, 二次仪表为声光、报警及计算机显示和处理系统。

本试验采用的差压测量系统的一次仪表为现场差压显示仪表, 二次仪表为差压变送及计算机显示报警系统。经近一年使用效果良好。

#### 4 卧式过滤器工艺及结构计算程序的简介

计算程序编制应遵循三个原则: 一是符合高效

卧式过滤器设备模块化工艺设计的特点; 二是在所有 Windows 系统上均可以使用; 三是实用性、通用性很强, 对于工艺设计人员只需稍加培训就能独立使用和操作。

计算程序的功能主要有四方面: 一是对高效卧式过滤器设备模块中的工艺管道(输气管道)进行设计计算; 二是对高效卧式过滤器设备模块中的工艺接口管(如过滤器进出口管道)进行设计计算; 三是对高效卧式过滤器设备模块中的过滤面积及滤芯个数进行设计计算; 四是对高效卧式过滤器设备模块中主要的工艺结构尺寸进行设计计算。

#### 参考文献:

- [1] 米力田. 在役天然气分离除尘设备效果分析研究[R]. 成都: 中国石油集团工程设计有限责任公司西南分公司, 2002. 73-79.
- [2] 钱汝鼎. 工程流体力学[M]. 北京: 北京航空航天大学出版社, 1989. 263-278.
- [3] 李虞庚. 天然气长输管道工程设计[M]. 北京: 石油大学出版社, 1994. 174-204.
- [4] 戴荣. 流体力学[M]. 北京: 人民教育出版社, 1983. 198-232.
- [5] 顾慰慈. 渗流计算原理及应用[M]. 北京: 中国材料工业出版社, 2000. 2-21.