

一种新型气体射流净化装置设计

陈叔平¹, 刘志东², 刘振全¹, 林 莉³

- (1. 兰州理工大学 石油化工学院, 甘肃 兰州 730050;
2. 国家低温容器质量监督检验中心, 甘肃 兰州 730000;
3. 兰州市锅炉压力容器检验所, 甘肃 兰州 730000)

摘 要: 气体射流净化装置利用液体静压使净化液循环, 并通过卷吸、射流使气液混合, 实现净化。要求液面高度能保证净化液的自流, 射流管内气体处于湍流状态, 混合气流速度应达到连续射流所需的临界速度。该装置克服了传统泵送循环的缺点, 尤其适用于用酸、碱等腐蚀性介质作为净化液的系统。

关键词: 射流; 气体; 净化; 设备

中图分类号: TQ 028.2⁺5

文献标识码: A

文章编号: 1006-7086(2003) 03-0160-03

DESIGN OF A NEW GAS JET PURIFYING DEVICE

CHEN Shu-ping¹, LIU Zhi-dong², LIU Zhen-quan¹, Lin Li³

- (1. Lanzhou University of Science & Technology, Lanzhou 730050, China;
2. National Quality Supervision & Testing Center of Cryogenic Vessels, Lanzhou 730000, China;
3. Inspection Institute of Boiler & Pressure Vessels, Lanzhou 730000, China)

Abstract: The gas jet purifying device makes use of differential static pressure to circulate purifying liquid, mixes liquid with gas through entraining and jetting, and finally realizes purifying of gas. The liquid level must be high enough to assure the gravity circulation of liquid. In the jet pipe, the flowing gas holds a turbulent state. The two-phase flow of gas and liquid should reach the critical speed necessary for a continuous jet. Some defects of traditional pump-feed circulation are overcome. It is especially suitable for systems using erosive substances (such as acid, alkali) as purifying liquid.

Key words: jet; gas; purifying; device

1 引 言

气体净化是气体生产及应用过程中的重要环节, 其目的是通过各种物理及化学的作用脱除气体中的各种有害杂质, 提高纯度, 满足后续工艺环节对气体品质的要求或达到各种商品气体质量标准的规定。

气体的杂质可能来自原料气本身, 也可能是生产过程中某些工艺环节的二次污染。气体的净化工艺将随气体的种类、生产工艺、杂质成分和含量及气体最终品质的要求而异。净化工艺的选择在保证气体品质的前提下要求简单、易操作、易维修、压损小, 同时避免对环境的污染。喷淋法是气体净化中的常用方法。净化液选用因气体的种类及需脱除杂质的成分而异, 且在一定范围可重复使用。深冷装置中空气冷却及净化, 用醇胺类溶剂(如乙醇胺、二乙醇胺等)净化天然气中的 H_2S 及水, 用次氯酸钠净化乙炔气中的 H_2S 及 PH_3 等^[1~3]。该净化方法需要用泵来循环净化液, 即将净化液打到塔顶喷淋, 气体自下而上流动, 气液混合。实际使用中带来一些问题, 尤其是酸碱等腐蚀性介质需要耐酸泵, 投资大, 可靠性差。利用液体静压使净化液循

收稿日期: 2003-04-21.

基金项目: 甘肃省科技攻关项目(GS022-A52-080)。

作者简介: 陈叔平(1964—), 男, 浙江省新昌人, 高级工程师, 从事化工及低温设备的教学及科研工作。

环,并通过射流使气液混合净化的装置克服了泵送循环的缺点,获得了很好的效果,尤其适用于用酸碱作为净化液的系统。

2 气体射流净化装置结构原理

图1是该装置的结构简图。待净化的气体——射流气体由进气口进入射流管,在吸入室处卷吸通过自循环流入的净化液,气液混合;在射流管出口处混合气体产生自由射流,并进一步均匀混合,通过物理化学作用,实现气体的净化;通过除沫器,气液分离,然后气体由出气口排出,结束净化。吸入室浸泡在净化液中,离液面有一定的高度,该高度通过计算确定。净化液在液体静压的作用下,通过阀门、冷却器、净化液循环管流入吸入室,完成自循环并冷却。净化过程为放热反应,使净化液温度升高,故在其自循环过程中需要冷却。整个净化过程在一个净化塔内完成,具有净化液自循环,气体射流净化的特征。根据气体净化的质量要求及所含杂质的情况可以多级串联,实现多级净化,获得更高的气体纯度。

3 理论计算

3.1 气体在管内的流态确定

气体在管内的流速及雷诺数由式(1)和式(2)确定

$$c = \frac{Q}{A} \quad (1)$$

$$Re = \frac{cd \rho_g}{\eta} \quad (2)$$

式中 c 为流速, m/s ; Q 为流量, m^3/s ; A 为截面积, m^2 ; d 为管道直径, m ; ρ_g 为实际状态的气体密度, kg/m^3 ; η 为动力黏度系数, $\text{Pa} \cdot \text{s}$ 。

为使管内气流处于湍流状态,雷诺数 $Re > 2\,200$ 。

管内气液接触后由离散的气泡状态转到连续的射流状态,其临界速度由式(3)确定^[4]

$$\frac{c_r \sigma \rho_g}{\rho_l (\rho_l - \rho_g)} = 1.3 \frac{g^2 \sigma}{d^2 (\rho_l - \rho_g)} \quad (3)$$

式中 c_r 为临界速度, m/s ; σ 为液体的表面张力系数, N/m ; ρ_l 为液体的密度, kg/m^3 ; g 为重力加速度, m/s^2 。

要使管内产生连续的射流,应满足 $c > c_r$ 。

3.2 管内压力降

气体卷吸液体并混合后在管内产生压力降,其值为 $p - p_1$, 见图2。压力降及出口断面的参数由下面一组公式计算确定,气液混合物看作二相均匀流。

$$m_1 = m_g + m_l \quad (4)$$

$$x_g + x_l = 1 \quad (5)$$

$$p - p_1 = \frac{1}{\frac{x}{\rho_{g1}} + \frac{1-x}{\rho_l}} c_1^2 - \rho_g c^2 \quad (6)$$

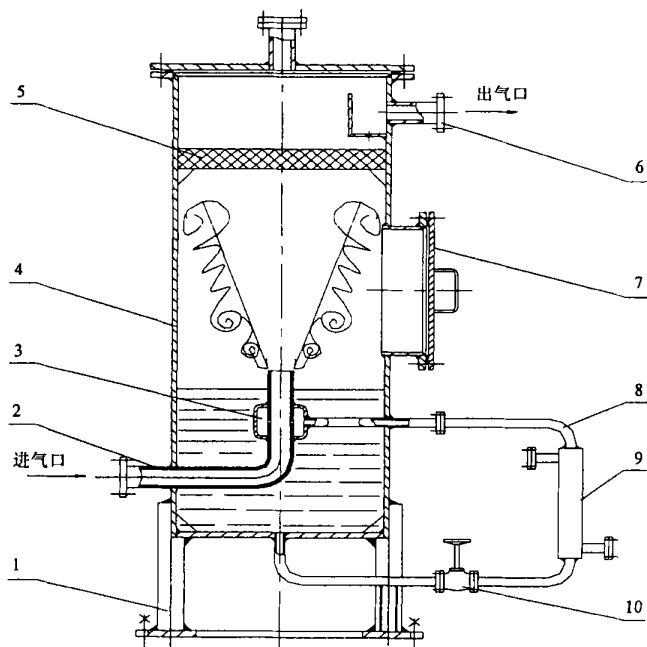


图1 气体射流净化装置简图

1. 支座; 2. 射流管; 3. 吸入室; 4. 塔体; 5. 除沫器; 6. 出气口; 7. 人孔; 8. 净化液循环管; 9. 冷却器; 10. 阀门。

$$A c_1 \frac{1}{\frac{x}{\rho_g} + \frac{1-x}{\rho}} = m_1 \tag{7}$$

$$p^1 \frac{1}{\rho_g} = R_g T \tag{8}$$

式中 m_g 、 m_l 和 m_1 分别为气体、液体及混合气体的质量流量, kg/s; x_g 、 x_l 分别为气体及液体的质量成分; ρ_1 为气体混合后出口处的密度 kg/m³。

3.3 净化液的流量

在液体静压作用下净化液出口的流速及流量按式(9) 和式(10) 计算

$$c_l = \sqrt{2gh} \tag{9}$$

$$m_l = \mu A_l \sqrt{2gh} \tag{10}$$

式中 c_l 为净化液出口流速, m/s; μ 为系数; A_l 为净化液出口截面积, m²; h 为液面高度, m。计算简图如图 2 所示。

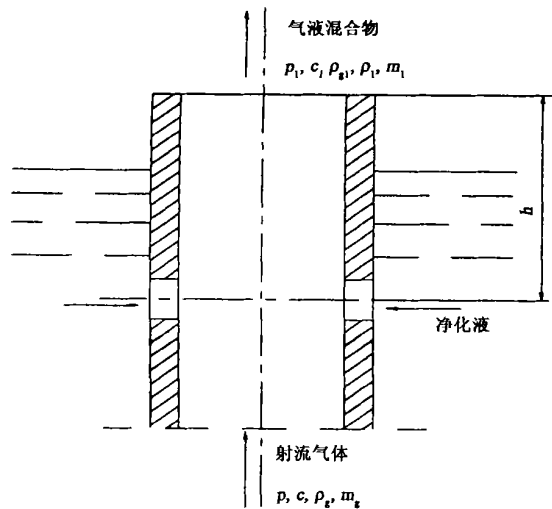


图 2 计算简图

4 使用效果

该装置应用到乙炔气的净化中取得了非常好的效果。用电石制取的乙炔气中含有硫化氢、磷化氢等有害杂质,用硫酸净化^[3],整个装置用 PVC 材料制成。使用结果表明:乙炔气的纯度提高了约 1.5%,压力降与原泵送循环系统基本相当,节省投资近 2 万元。

5 结 论

气体射流净化装置通过静压自流循环及射流混合后实现净化,与传统泵送循环相比的优点有:① 气液混合更加均匀,相互间的物理化学作用更充分,净化效果好;② 射流管为等径管,管口接近自由射流,压力损失小;③ 取代传统的泵循环系统,无机械运动件,结构简单,操作方便,可靠性增强,减少了维修费用;

④ 节省泵的投资,尤其是酸、碱等腐蚀性介质时其泵的价格很高,在这种情况下,使用该装置的经济性更加突出。

参考文献:

[1] 李化治·制氧技术[M]·北京:冶金工业出版社,1996.37~42.
[2] 吕佐周,王光辉·燃气工程[M]·北京:冶金工业出版社,1999.240~299.
[3] 毕自圭,孟昭光·乙炔发生器[M]·北京:机械工业出版社,1989.17~22.
[4] 戴干策,陈敏恒·化工流体力学[M]·北京:化学工业出版社,1988.668~678.