天然气过滤器气液分离性能的实验研究

李柏松　姬忠礼　陈洪玉
（中国石油大学·北京）

李柏松等.天然气过滤器气液分离性能的实验研究.天然气工业,2007,27(10):123-125.

摘　要　不同气源的天然气不仅含有固体粉尘,还含有水和轻烃等液滴成分,要求过滤分离器具有高效的除液性能,目前对过滤器的气液分离性能研究较少。为此,以癸二酸二辛酯(DOS)为实验介质,采用称重法对天然气过滤器的气液分离性能进行了实验研究。主要考察滤芯表面滤速、气体含液浓度和液滴平均粒径对滤芯压降及过滤效率等方面的影响。结果表明:①气液分离时滤芯的压降变化与气固分离时有较大的不同,气液过滤开始的一段时间里,滤芯的压降缓慢升高,达到临界值后压降迅速升高到某一数值,之后压降基本保持稳定;②气液分离过程中,滤芯具有较好的聚结性能,聚结得到的液体所占比例较大;③丝网对气流中夹带的液滴有一定收集作用,但捕获的液滴所占比例较小;④随着滤芯表面滤速的增加,滤芯的气液分离性能也随之提高;液滴粒径和气体含液量对滤芯的气液分离性能有重要影响,过滤效率随液滴粒径和气体含液量增大而增加。

主题词　天然气　气液分离　过滤　效率　压力降

长期以来,气体中夹带的微小液滴和油雾难以分离是天然气生产、输送过程中的一个突出难题,严重影响到输气工艺以及大型压缩机组、管道内涂层的运行寿命。国内外研究者对气固过滤分离进行了持续、深入的研究。对气液过滤分离,研究者则相对较少,所用的过滤试样主要为平面结构[1-6]。李奎对大型天然气过滤工艺和装置的应用进行了概述,对一些技术改进进行了总结[7]。当天然气含液量较高时,目前还缺乏可靠的理论对滤芯材料的选用以及滤芯结构的改进等方面进行指导。

笔者对卧式天然气过滤器的气液分离性能进行了实验研究。重点研究了气液过滤分离过程中滤芯的压降变化规律、滤芯的聚结性能和捕雾丝网的作用等方面,分析了滤芯表面滤速、气体含液量和液滴平均粒径对滤芯压降及效率的影响,为滤芯结构的优化设计、最佳过滤操作工艺的制定等方面提供了实验依据。

一、实验装置

以现场使用的卧式天然气过滤器为依据,设计了一套实验装置。整个实验系统由雾化系统、分离系统和供风系统组成。实验装置示意图如图 1 所示。

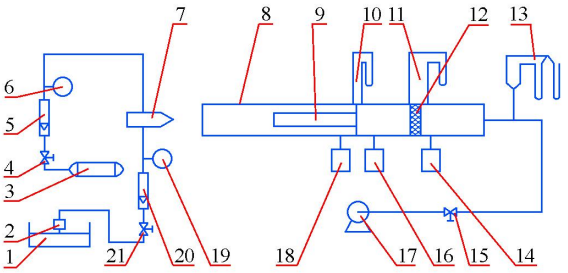


图 1　试验装置示意图

1.储水装置;2.泵;3.压缩机;4.流量调节阀;5.转子流量计;6.压力表;7.雾化喷嘴;8.有机玻璃筒;9.滤芯;10.U 型管压差计;11.U 型管压差计;12.丝网;13.测速皮托管;14.集液瓶;15.流量调节阀;16.集液瓶;17.风机;18.集液瓶;19.压力表;20.转子流量计;21 流量调节阀

1.雾化系统

压缩机提供压缩空气,泵提供液体,压缩空气和液体同时进入喷嘴,将液体雾化成液滴群。通过调节进入喷嘴的压缩空气流量和压力以及液体的流量和压力可以得到不同滴径分布的液滴。雾化液滴粒径的分布采用马尔文粒子分析仪进行测定。

2.分离系统

分离系统由两级组成。为了便于观察选用有机玻璃筒。第一级有机玻璃筒长 1300 mm,内部安装玻璃纤维滤芯,滤芯有效过滤长度 460 mm,外径 86

作者简介:李柏松,1979 年生,博士研究生。地址:(102249)北京市昌平区中国石油大学机电工程学院。电话:(010)89734336,13426437551。E-mail:meclbs@163.com

mm。第二级有机玻璃筒长 700 mm,内装有金属丝网作为捕雾元件。

3.**供风系统**

实验采用负压操作,供风系统采用负压风机。

二、实验介质及实验方法

实验使用的介质为癸二酸二辛酯(DOS),密度为 913 kg/m^3,20 ℃时黏度为 25 mPa·s。这种物质在室温下挥发率极低,因此过滤过程中液体的蒸发可以忽略不计。

滤芯压降和丝网压降由 U 形压差计读出。

液体加入量(W)由称重天平称出。三个集液瓶分别用于收集由装置前部筒壁收集的液体 W_1,滤芯聚结得到的液体 W_2,丝网收集到的液体 W_3。过滤器的效率定义为 $\eta=(W_1+W_2+W_3)/W$;滤芯聚结得到的液体在过滤器收集到的液体中的所占比例定义为 $p_1=W_2/(W_1+W_2+W_3)$;丝网收集液体在过滤器收集到的液体中的所占比例定义为 $p_2=W_3/(W_1+W_2+W_3)$。

实验中所用滤芯其初始状态含有一定量液体。处理方法为:将含有较多液体的滤芯用风机抽出部分液体,直到滤芯中不再有液体被抽出,滤芯的压降也保持不变为止。

三、实验结果及讨论

实验研究了滤芯的表面滤速,液滴的平均粒径,气体含液量对过滤器气液分离性能的影响。

1.**滤芯表面滤速对过滤性能的影响**

为了缩短实验时间,选用了较高的气体含液量(18.5 g/m^3),液滴平均粒径为 20 μm。图 2 给出滤芯压降随时间变化的情况。

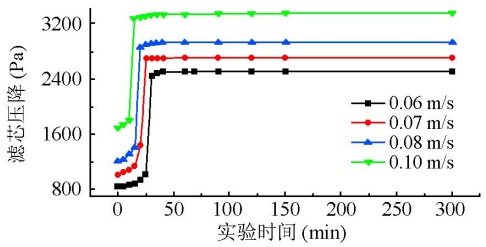


图 2　滤芯压降随时间变化图

开始一段时间,液滴主要沉积在纤维表面,此时沉积在纤维上的液滴对气流在纤维空隙中流动的影响较小,压降变化较为缓慢。随着滤芯中液滴量的增加,当达到一定临界值后,压降迅速升高到某一数值,此后压降基本保持稳定,这时滤芯开始排出液体。此刻滤芯上沉积的液滴、滤芯排出的液体和滤芯出口气流中夹带的液滴三者达到一个相对平衡,滤芯中的含液量基本保持稳定,滤芯的除液效率也保持稳定。

图 3 给出了过滤器除液效率和滤芯聚结液体所占比例与表面滤速关系。过滤器除液效率随着表面滤速的增加而增大。滤芯聚结液体所占比例随滤速增加而增大,且所占比例较大。

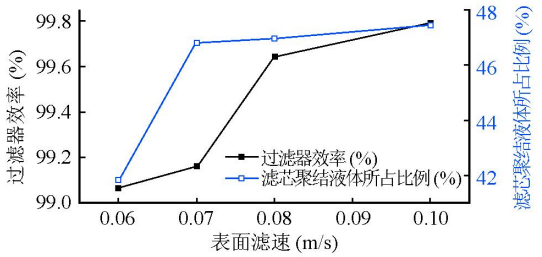


图 3　过滤器效率和聚结液体所占比例与表面滤速关系图

图 4 给出了丝网收集液体所占比例与表面滤速的关系,丝网对气流夹带的液体有一定的捕集作用,但捕获的液滴所占的比例较小(在 0.3% ~0.7% 之间)。

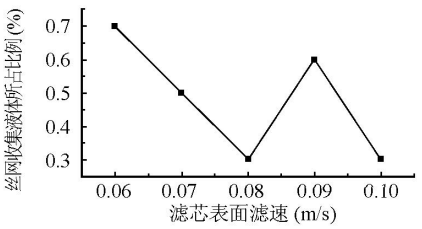


图 4　丝网收集液体所占比例与表面滤速关系图

2.**液滴平均粒径对过滤性能的影响**

表面滤速 0.10 m/s,气体含液量 11 g/m^3 保持不变,变化液滴平均粒径进行实验。图 5 给出了滤芯压降随时间变化情况。可以看出液滴平均粒径对滤芯压降影响较小。

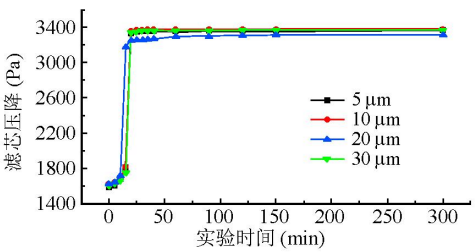


图 5　滤芯压降随时间变化图

图 6 给出过滤器效率和聚结液体所占比例与液滴粒径的关系。随着液滴平均粒径的增大,过滤效

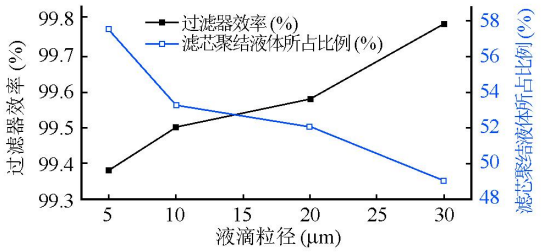


图 6　过滤器效率和聚结液体所占比例与液滴粒径关系图

率有所提高。随着液滴平均粒径增大,聚结得到液体所占比例呈下降趋势。

3.不同含液量对过滤性能的影响

表面滤速 0.10 m/s,液滴平均粒径为 20 μm 保持不变,变化气体含液量进行实验。图 7 给出了滤芯压降随时间变化情况。由图可以看出气体含液量对滤芯压降影响较小。

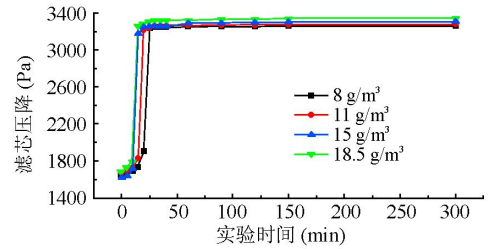


图 7　滤芯压降随时间变化图

图 8 给出过滤器效率和聚结液体所占比例与气体含液量的关系。随着气体含液量的增加,气液分离效率提高。随着气体含液量的增加,滤芯聚结得到液体比例呈下降趋势。

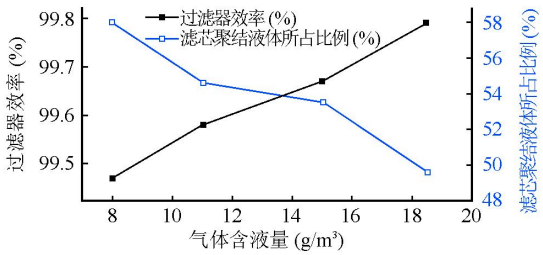


图 8　过滤器效率和聚结液体所占比例与气体含液量关系图

四、结论与建议

(1)气液分离时滤芯的压降变化与气固分离时有较大的不同。气固分离时,滤芯随着过滤时间的增长,压降不断增加。气液分离时,随着过滤时间的增长,滤芯压降会达到一个基本稳定的状态。

(2)气液分离过程中,滤芯具有较好的聚结性能,聚结得到的液体所占比例较大。

(3)丝网捕获的液滴,在过滤器收集到的液体中所占比例较小,但丝网的设置仍是必要的,可以使微小液滴再次聚结。

(4)较高的表面滤速时,过滤器有着较高的过滤效率。因此过滤时可以选择较高的表面滤速,这样不仅有着较好的气液分离性能,而且可以减小过滤器的尺寸。

(5)液滴平均粒径和气体含液量对气液分离性能有重要影响。

参 考 文 献

[1] FRISING T, THOMASA D, BéMERB D, et al. Clogging of fibrous filters by liquid aerosol particles: Experimental and phenomenological modeling study[J]. Chemical Engineering Science, 2005(60): 2751-2762.

[2] RAYOR P C, LEITH D. The influence of accumulated liquid on fibrous filter performance[J]. Journal of Aerosol Science, 2000, 31(1): 19-34.

[3] CONRALA P, SIMAO J, THOMAS D, et al. Clogging of fibre filters by submicron droplets. Phenomena and influence of operating conditions[J]. Aerosol Science 2004(35): 263-278.

[4] LETTS G M, RAYOR P C, Schumann R L. Selecting fiber materials to improve mist filters [J]. Journal of Aerosol Science, 2003(34): 1481-1492.

[5] FRISING T, GUJISAITE V, THOMAS D, et al. Filtration of solid and liquid aerosol mixtures: Pressure drop evolution and influence of solid/liquid ratio[J]. Filtration & Separation, 2004(41): 37-39.

[6] AGRANOVSKI I E, BRADDOCK R D. Filtration of mists on wettable fibrous filters[J]. AIChE, 1998, 4(12): 2775-2783.

[7] 李奎. 大型天然气过滤器的现状与改进措施[J]. 石油矿场机械, 2004, 33(增刊): 124-126.

(修改回稿日期　2007-08-18　编辑　赵　勤)