

# 吹气对喷嘴板脉冲萃取柱脉冲振幅测量的影响

景山<sup>1</sup>, 吴秋林<sup>1</sup>, 王悦云<sup>2</sup>, 陈靖<sup>1</sup>

(1. 清华大学核能与新能源技术研究院, 北京 102201; 2. 核工业第二研究设计院, 北京 100840)

**摘要:** 实验考察了5个喷嘴板脉冲萃取柱系统吹气条件下的真实振幅与表观振幅之间的关系。实验结果表明: 在吹气条件下, 由于吹气系统及脉冲萃取柱内气体被压缩, 吸收掉了脉冲腿中部分液体的体积变化, 使实验测量的柱内真实振幅值与无吹气条件下计算的真实振幅值间的偏差加大。

**关键词:** 脉冲萃取柱; 吹气; 表观振幅; 真实振幅

中图分类号: TQ028.3 文献标识码: A 文章编号: 1000-6931(2007)05-0537-03

## Effect of Air Purge on Measurement of Pulsed Amplitude for Pulsed Extraction Column

JING Shan<sup>1</sup>, WU Qiu-lin<sup>1</sup>, WANG Yue-yun<sup>2</sup>, CHEN Jing<sup>1</sup>

(1. Institute of Nuclear and New Energy Technology, Tsinghua University, Beijing 102201, China;  
2. Beijing Institute of Nuclear Engineering, P. O. Box 840, Beijing 100840, China)

**Abstract:** The research concerns in the relationship between apparent pulsed amplitude and real pulsed amplitude for five systems of pulsed extraction column with air purge system. It is shown that the measured real pulsed amplitude is less than the calculated real pulsed amplitude derived from the ratio of the moving liquid volume in the pulsed leg to the sectional interface area of the extraction column without air purge system, and it is due to the air in the air purge system and extraction column is compressed.

**Key words:** pulsed extraction column; air purge; apparent pulsed amplitude; real pulsed amplitude

脉冲萃取柱作为液液萃取分离设备已广泛应用于乏燃料后处理及高放废液分离处理流程中<sup>[1]</sup>。大量研究及工业运行经验表明, 脉冲振幅是影响萃取柱效率及安全运行的重要因素, 同时也是对脉冲萃取柱实行自动控制的必要参数。因此, 对脉冲萃取柱内真实振幅  $A$  的准确在线检测极为重要。

对玻璃体脉冲萃取柱的真实振幅, 可通过卡尺准确测量; 对不锈钢柱体, 在无吹气条件下的主要测量手段是先测量脉冲腿中的表观振幅  $A_{leg}$ , 再根据脉冲腿的横截面积  $S_{leg}$  与脉冲萃取柱横截面积  $S_c$  之比, 即由  $A = S_{leg} A_{leg} / S_c$  来求得真实振幅  $A$ 。目前, 吹气法已成为国内在线检测脉冲萃取柱水力学参数的首选, 但吹气对脉冲萃取

柱的真实振幅测量影响的研究工作尚未见报道。

本工作在 5 根玻璃体喷嘴板脉冲萃取柱中,采用不同吹气杯个数和不同连续相介质,实验考察吹气对脉冲萃取柱真实振幅测量的影响。

## 1 实验设备

喷嘴板脉冲萃取柱系统由喷嘴板脉冲萃取柱(玻璃制品)、气体脉冲发生系统、两相液体输送系统和吹气测量系统等 4 部分组成。实验所采用的 5 个脉冲萃取柱的柱径  $D$ 、板段高度  $H$ 、脉冲腿内径  $D_{leg}$ 、板支撑柱直径  $D_c$  和板数  $n$  列于表 1。所用标准喷嘴板的板开孔率为 23%,柱中板间距为 50 mm。表 1 所列  $S_c$  与  $S_{leg}$  之比由  $S_c/S_{leg} = (D^2 - D_c^2)/D_{leg}^2$  计算得到。

表 1 中,柱 1 是 TRPO 萃取柱,有机相连续,因此,在下扩大段安装 4 个吹气杯;柱 2 是 TRPO 洗涤柱,有机相连续,在下扩大段安装 2 个吹气杯,仅测量界面和柱重;柱 3 是冠醚萃取柱,有机相连续,因此,在下扩大段安装 4 个吹气杯;柱 4 是冠醚洗涤柱,有机相连续,在下扩大段安装 2 个吹气杯;柱 5 是镱反萃柱,水相连续,在下扩大段安装 1 个吹气杯,主要用于测量柱重。吹气系统的气体管线长度随安装的需要来布置。吹气杯的设计尺寸参见文献[2]。

实验时,主要通过调节气体旋转阀的转速来调气体脉冲的频率和改变气源压力来调节振幅值的大小。当脉冲频率和气源压力恒定时,把喷嘴板脉冲萃取柱上扩大段改为与柱径相同的玻璃管,将连续相注入到有机相出口高度附近,用卡尺来测量柱中真实振幅  $A$ ,同时也记录脉冲腿中的表观振幅值  $A_{leg}$ 。

## 2 结果和讨论

### 2.1 $A_{leg}$ 和 $A$ 之间关系

图 1 示出 1.16、1.33 和 1.5 Hz 时 5 根脉冲柱中  $A$  值和脉冲腿中的  $A_{leg}$ 。可见,在吹气条件下,对喷嘴板脉冲萃取柱系统,脉冲频率对  $A_{leg}$  与  $A$  间的关系无影响。因此,在对脉冲振幅标定时,可固定脉冲频率,调节气源压力来改变振幅大小,在不锈钢脉冲萃取柱中可测量脉冲腿中  $A_{leg}$ ,但必然存在一真实振幅值相对应。

### 2.2 $A_{leg}/A$ 与 $S_c/S_{leg}$ 之间的关系

图 1 中各曲线斜率的倒数 ( $A_{leg}/A$ ) 和表 1 中的  $S_c/S_{leg}$  列于表 2。可见,在吹气条件下,测量的  $A_{leg}$  与  $A$  的比值一般大于  $S_c$  与  $S_{leg}$  的比值。

当柱高  $H$  近似相同和有机相连续(柱 1 和柱 3 及柱 2 和柱 4)时,随着柱径的增大,  $(A_{leg}/A)/(S_c/S_{leg})$  值减小,但均大于 1;当柱径近似相同和有机相连续(柱 1 和柱 2 及柱 3 和柱 4)时,随  $H$  增大,  $(A_{leg}/A)/(S_c/S_{leg})$  增加,并大于 1;对柱 5,因水相连续,在下扩大段安装 1 个吹气杯,此时的  $(A_{leg}/A)/(S_c/S_{leg}) \approx 1.0$ ,与无吹气条件下的常用测量方法接近。

可见,在吹气条件下,通过测量脉冲腿中的表观振幅按截面积之比来推算柱中真实振幅的方法与实验所测量的真实振幅间的偏差较大。

### 2.3 结果分析

脉冲萃取柱在无吹气条件下运行时,液体是不可压缩的,脉冲腿内液体体积的变化对应于脉冲柱内体积的变化,因此,可通过脉冲腿的表观振幅来计算脉冲柱内真实振幅。这样,可在高放条件下,利用超声波技术对脉冲腿中的液面变化进行实时测量来实现对脉冲柱内真实振幅的在线测量[3]。

表 1 喷嘴板脉冲萃取柱的结构参数

Table 1 Structure parameters for five pulsed extraction columns

柱名称	$D$ / mm	$H$ / mm	上扩大段	下扩大段	$D_{leg}$ / mm	$D_c$ / mm	$S_c/S_{leg}$	$n$	连续相	下扩大段 吹气杯数
柱 1	100	7 160	$\phi 200$ mm $\times$ 200 mm	$\phi 200$ mm $\times$ 600 mm	37.5	10	7.04	147	30% TRPO/煤油溶液	4
柱 2	100	2 250	$\phi 200$ mm $\times$ 400 mm	$\phi 200$ mm $\times$ 400 mm	37.5	10	7.04	50	30% TRPO/煤油溶液	2
柱 3	50	6 040	$\phi 100$ mm $\times$ 200 mm	$\phi 150$ mm $\times$ 600 mm	25	10	3.9	135	正辛醇	4
柱 4	50	1 350	$\phi 150$ mm $\times$ 400 mm	$\phi 150$ mm $\times$ 400 mm	25	8	3.9	26	正辛醇	2
柱 5	50	4 790	$\phi 150$ mm $\times$ 400 mm	$\phi 150$ mm $\times$ 600 mm	25	8	3.9	98	水	1

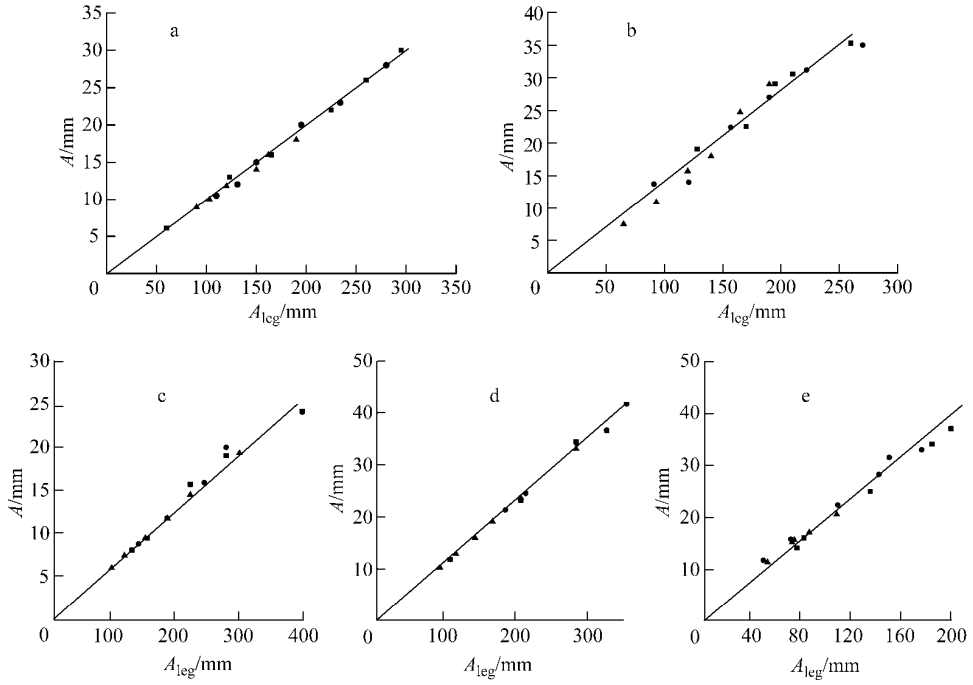


图1 柱中  $A_{leg}$  和  $A$  的关系

Fig. 1 Relationships between  $A$  and  $A_{leg}$  in different columns

a——柱1; b——柱2; c——柱3; d——柱4; e——柱5    ■—— $f=1.16$  Hz; ●—— $f=1.33$  Hz; ▲—— $f=1.50$  Hz

表2  $A_{leg}/A$  与  $S_c/S_{leg}$  之间的关系

Table 2 Relationship between  $A_{leg}/A$  and  $S_c/S_{leg}$

柱名称	$A_{leg}/A$	$S_c/S_{leg}$
柱1	10.1	7.04
柱2	7.2	7.04
柱3	11.5	3.9
柱4	6.68	3.9
柱5	3.95	3.9

在吹气条件下,脉冲腿内液体体积变化不仅引起脉冲柱内液体体积变化,而且使得在吹气杯和相应的气体管道中的气体压缩,这样就会吸收掉脉冲腿中部分液体的体积变化,造成脉冲萃取柱内真实振幅减小。而且,随着吹气杯数量和相应气体管线的长度增加,根据脉冲腿中表观振幅计算出的脉冲萃取柱内真实振幅与实验测量的真实振幅值间的偏差将增大。

脉冲萃取柱的高度增加,柱内的气泡所占的体积相应增加,这样,除了吹气杯和相应的气体管道中气体压缩影响外,沿柱高方向均匀分布的气泡体积也被压缩,同样也可以吸收掉脉冲腿中液体体积变化,造成了脉冲萃取柱内真实振幅的减小。而且,随着柱高度的增加,真实振幅减小的幅度相应增大。

在同样吹气速度和吹气杯数条件下,随着柱径的减小,柱内气体含率(气体所占体积比)增加,柱内真实振幅值衰减幅度也相应增大。

### 3 结论

在吹气条件下,由于吹气管线和吹气杯及脉冲萃取柱内的气体被压缩,从而吸收掉了脉冲腿中部分液体的体积变化,这样,造成了实验测量的柱内真实振幅与无吹气条件下计算的真正振幅值间的偏差加大。

### 参考文献:

[1] 姜圣阶,任风仪. 核燃料后处理工学[M]. 北京: 原子能出版社,1995:377.

[2] 陈靖,徐世平,吴秋林,等. 吹气法在线测量脉冲萃取柱参数研究[J]. 原子能科学技术, 2001, 35(增刊): 34-40.  
CHEN Jing, XU Shiping, WU Qiulin, et al. On-line measurement of pulsed column parameters by air purge[J]. At Energy Sci Technol, 2001, 35(Suppl.): 34-40(in Chinese).

[3] 袁世颐. 乏燃料后处理中试厂间接式和非接触式测量仪表的研究及应用[J]. 核科技进展, 2005,11(3): 24-32.