



文章栏目：大气污染防治

DOI 10.12030/j.cjee.202007040

中图分类号 X513

文献标识码 A

邱俊, 陈强, 李建龙, 等. 数值模拟滤筒中负载尘饼对脉冲喷吹清灰效果的影响[J]. 环境工程学报, 2021, 15(3): 1067-1074.
QIU Jun, CHEN Qiang, LI Jianlong, et al. Numerical simulation of the effect of dust cake loading in filter cartridge on pulse injection[J]. Chinese Journal of Environmental Engineering, 2021, 15(3): 1067-1074.

数值模拟滤筒中负载尘饼对脉冲喷吹清灰效果的影响

邱俊, 陈强, 李建龙*, 吴代赦

南昌大学资源环境与化工学院, 南昌 330031

第一作者: 邱俊(1984—), 男, 博士研究生。研究方向: 环保工艺与设备。E-mail: 1942760689@qq.com

*通信作者: 李建龙(1988—), 男, 博士, 副教授。研究方向: 大气污染控制技术与装备。E-mail: jlli@ncu.edu.cn

摘要 脉冲喷吹清灰进行滤筒的再生是实现除尘器稳定、高效、长期运行的必要环节, 对滤筒脉喷清灰性能的研究具有重要意义。目前, 对脉喷过程的数值模拟普遍基于干净的滤筒, 负载尘饼对喷吹过程的影响尚考虑不足。以滤筒除尘器装置为研究对象, 考察滤筒负载尘饼对脉冲喷吹性能的影响, 建立了脉冲喷吹的 CFD 数值模型用其对清灰流场进行模拟, 并进行了实验验证。结果表明: 脉冲喷吹压力在滤筒内自下而上蓄积, 滤筒尘饼负载量越多, 则滤筒内部蓄积的压力越大、喷吹强度越高、均匀性越好、穿过滤筒的喷吹气流越少; 与固定尘饼负载量(喷吹过程尘饼不剥离)相比, 考虑尘饼剥离的情形下脉喷后期的气流出现了明显上升; 尘饼剥离条件下的脉喷性能介于尘饼负载固定与干净滤筒二者之间, 且相对接近于尘饼负载固定的情形。以上结果可为脉喷清灰除尘器的设计提供参考。

关键词 除尘器; 滤筒清灰; 脉冲喷吹; 尘饼; 数值模拟; 计算流体力学

煤炭、建材、水泥、电力等行业均会产生大量的粉尘颗粒物排放^[1], 采用除尘装置收集工业排放粉尘具有重要意义。滤筒除尘器具有除尘效率高、阻力适中、价格低、占地面积小等优势, 在除尘领域应用广泛^[2]。脉冲清灰是除尘器滤筒再生的重要环节, 其性能的优劣直接关系到除尘器的稳定运行^[3]。脉冲喷吹因其时间短促、影响因素多、气流速度变化快等特点, 其清灰机理至今尚无明确定论, 常以喷吹压力作为评判喷吹强度的重要指标^[2,4]。

数值模拟作为实验测试的有效补充, 对于揭示脉冲喷吹流场具有重要意义。滤筒是滤袋的一种特殊形式, 二者的过滤与清灰工艺相似^[1]。党小庆等^[5]利用 CFD 方法对 $\phi 160 \text{ mm} \times 6\,000 \text{ mm}$ 的滤袋的脉冲喷吹清灰过程进行了数值模拟, 分析了滤袋内壁压力随时间的变化规律, 对比了滤袋内各部位压力的分布大小。汪钰^[6]采用 CFD/CSD 耦合计算方法, 研究了脉冲清灰过程中喷吹管入口流量、喷嘴个数及其类型对滤袋除尘器清灰性能的影响, 获得了袋式除尘器脉冲清灰装置的性能优化方法。张情等^[7]采用 Fluent 数值模拟方法研究了诱导喷嘴条件下 $\phi 325 \text{ mm} \times 660 \text{ mm}$ (外径 \times 高度) 滤筒内压力的变化规律, 分析了脉冲喷吹气流在滤筒内的动压与静压的转变规律, 考察了滤筒内各部位的脉冲清灰效果。胥海伦等^[8]采用数值计算模拟了开口散射器对滤筒除尘脉冲清灰的作

收稿日期: 2020-07-05; 录用日期: 2020-10-05

基金项目: 国家自然科学基金资助项目 (51704166); 南昌大学研究生创新专项 (CX2019109)

用机制,揭示了不同尺寸散射器条件下滤筒内的流场特征。万凯迪等^[9]采用 CFD/CSD 单向耦合计算对滤袋的脉冲喷吹过程进行了模拟,考虑了滤袋的变形对喷吹流场的影响,得到了不同工况下滤袋壁面峰值压力和最大反向加速度曲线,分析了喷吹压力、喷吹距离、喷嘴直径、滤袋长度等因素对脉冲喷吹效果的影响。董一杰等^[10]采用三维 CFD 研究了滤袋除尘器低能耗脉冲喷吹过程,揭示了喷嘴附近与滤袋内部流场特征。

脉冲喷吹的数值模拟实现了脉喷清灰作用机制的探究与清灰效果的定量评价,然而,对脉冲喷吹的模拟普遍基于干净的滤筒/滤袋所开展,对尘饼负载影响喷吹过程的考虑不足。本研究采用数值模拟手段考察了尘饼负载条件下滤筒除尘器的脉冲喷吹过程,探究了总过滤阻力为 50~2 000 Pa 时,干净滤筒、尘饼形成后喷吹气流压力的时空演变、穿过滤筒风量等变化规律,考察了负载尘饼对滤筒脉冲喷吹性能的影响,以期揭示除尘器滤筒的脉喷清灰作用机制提供参考。

1 模型的构建

1.1 实验系统

模拟基于脉冲喷吹除尘器实验系统开展,系统结构如图 1 所示。实验除尘器箱体尺寸(长宽高)为 1 225 mm×750 mm×1 550 mm。内部垂直安装滤筒,长度为 660 mm、直径为 240 mm。滤筒为无纺布长绒棉涤纶材质,滤料厚度为 0.6 mm。喷嘴安装在滤筒的正上方,喷嘴内径为 12 mm,喷吹高度 250 mm。喷吹所用气包容积为 19.4 L,初始气包压力为 0.5 MPa,喷吹时长设定为 150 ms。压力测点布设在滤筒内壁位于滤筒高度 1/2 的位置,所用传感器为压电陶瓷高频动态压力传感器 MYD-1530A($\phi 7\text{ mm}\times 17\text{ mm}$)。

1.2 几何模型的构建与简化

由于滤筒为中心轴对称结构,为节省计算量,将其简化为二维。同时,将矩形箱体简化为体积相等的圆柱形箱体,保持各部位高度一致,计算得到简化的柱形箱体的水平截面半径为 541 mm。除尘器实际进出口直径为 150 mm,按照面积相等的原则将其简化为高度 5.2 mm 的环形出入口,以便于代入轴对称模型中。简化后的模型如图 2 所示。

1.3 模拟的边界条件与初始值

采用计算流体力学 CFD 软件进行流场计算,边界条件的设置见图 2。模拟设定喷吹过程的流体为可压缩、非稳态、等温、湍流的状态。喷吹过程不考虑粉尘的运移,忽略滤筒的形变。选用 Realizable $k-\varepsilon$ 湍流模型求解,采用压力-速度耦合算法。

脉冲喷吹过程:喷吹气流从滤筒上方的喷嘴喷出,通过实验测试获得喷嘴出口瞬间的压力变化(在气包初始压力 0.5 MPa、脉冲宽度 0.15 s、喷嘴直径 12 mm 条件下)。然后对压力

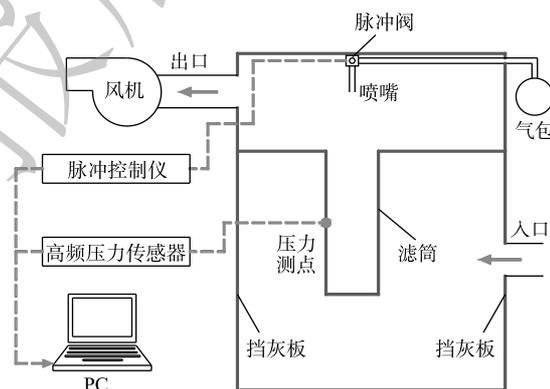


图 1 实验系统示意图

Fig. 1 Schematic diagram of experimental system

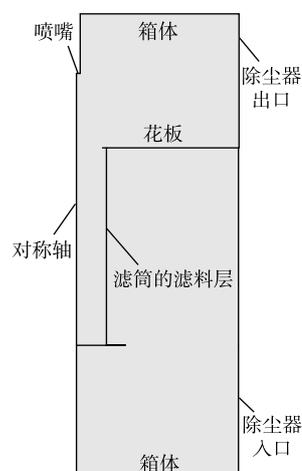


图 2 几何模型及边界条件

Fig. 2 Geometric model and boundary conditions

随时间的变化曲线进行分段拟合,获得喷嘴出口的压力 P 随时间 t 变化的函数(式(1))。将该函数以UDF的形式导入求解器进行计算,时间步长设置为0.0002s。

$$P = \begin{cases} 0 & t < 0.0010 \\ 64.464t^3 - 26.569t^2 + 3.761t - 0.004 & 0.0010 \leq t < 0.1641 \\ -65.107t^2 + 20.183t - 1.389 & 0.1641 \leq t < 0.1843 \\ 27.441t^2 - 13.954t + 1.767 & 0.1843 \leq t < 0.2382 \\ 0 & t \geq 0.2382 \end{cases} \quad (1)$$

式中: P 为喷嘴出口压力, kPa; t 为时间, s。

多孔介质区(滤料层)的计算是通过在标准的流体方程附加一个动量源 Δp 来实现(式(2)),该动量源包括黏性损失和惯性损失项。

$$\Delta p = -\left(\frac{\mu}{\alpha}v + C_2\frac{1}{2}\rho v^2\right)\Delta m \quad (2)$$

式中: μ 为层流黏度, Pa·s; α 为渗透率, m^2 ; C_2 为压强跃升系数, m^{-1} ; v 为法向速度, $m\cdot s^{-1}$; Δm 为介质厚度, m; ρ 为空气密度, $kg\cdot m^{-3}$ 。

对于有限厚度的多孔介质的黏性损失项可用达西定律表示,而对于多孔介质内部速度较低的流动,其惯性损失项可忽略^[11]。经测试,所用滤料的厚度为0.6mm,在过滤风速为 $0.5\text{ m}\cdot\text{min}^{-1}$ 时,压降为17.9Pa,其黏性损失系数 $1/\alpha$ 为 $2.0\times 10^{11}\text{ m}^{-2}$ 。

1.4 模拟方案设计

为考察尘饼附着对脉冲喷吹的影响,将尘饼所产生的附加动量源并入滤料的附加动量源以简化模拟。忽略尘饼厚度的影响,即已知干净滤料条件下,黏性阻力系数为 $k_s=1/\alpha=2\times 10^{11}\text{ m}^{-2}$,求得在附着尘饼使得总过滤阻力 ΔP_t 为1000Pa(过滤风速 $0.5\text{ m}\cdot\text{min}^{-1}$)时,对应的总黏性阻力系数 $k_{1000}=111.7\times 10^{11}\text{ m}^{-2}$ 。同理求得,总过滤阻力 ΔP_t 为17.9、50、100、200、500、2000Pa的黏性阻力系数(k)分别为 2×10^{11} 、 5.6×10^{11} 、 11.1×10^{11} 、 22.3×10^{11} 、 55.7×10^{11} 、 $222.9\times 10^{11}\text{ m}^{-2}$ 。

考虑到尘饼在脉喷清灰过程逐渐剥离,因而 k 随时间变化,且遵从对数尘饼剥离模型(logarithmic cake release mode)的变化^[12]。由此得到在清灰前总过滤阻力为1000Pa、清灰后17.9Pa的理想清灰过程中,黏性阻力系数 $k_{1000-17.9}$ 随时间 t 的变化函数为 $k_{1000-17.9}=(-19.99\ln t - 26.681)\times 10^{11}\text{ m}^{-2}$ 。确定以上条件,模拟考虑尘饼逐渐剥离的脉喷清灰过程。

2 结果与分析

2.1 数值模拟验证

网格划分采用结构化网格,划分后网格节点总数为10000个、元素11500个。为了验证网格独立性对网格进行加密,加密后网格节点总数为23400个、元素21300个。网格加密前后的滤筒内壁中间观测点数据如图3所示,二者曲线几乎吻合,可认为加密前网格已达到网格独立性要求,为本研究所采用。滤筒内壁中间观测点的实验值见图3,经对比可知,模拟值与实验值的总体变化趋势一致,吻合良好,区别在于实验结果的数值波动较大。这可能由于脉冲喷吹过程滤筒筒壁受脉冲喷吹的冲击波作用发生振动,引起传感器的振动,而数值模拟过程未考虑滤筒筒壁振动的影响。

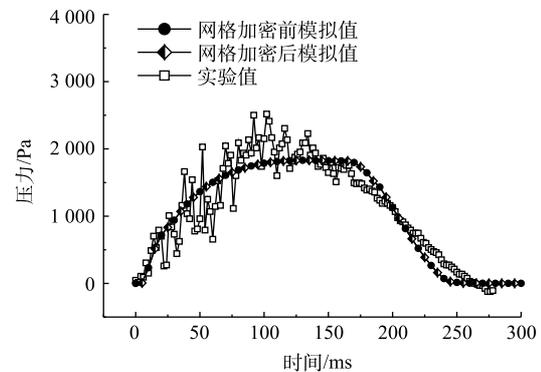


图3 实验与模拟数据对比

Fig. 3 Comparison of experimental and simulated data

2.2 喷吹压力的时空分布

图4为干净滤筒在初始气包压力0.5 MPa、脉冲宽度0.15 s、喷嘴直径12 mm条件下,脉冲喷吹过程中除尘器内静压力云图与流线图。由图4可知,喷吹气流自喷嘴喷射后,卷吸周围空气发生气流扩张并进入滤筒内部。在滤筒内,从压力的空间分布可以看出,喷吹气流静压自滤筒的底部向上蓄积,滤筒底部蓄积较高的静压、而顶部静压较低。在滤筒顶部(即靠近滤筒的开口附近),压力显著低于中下部区域,可推知清灰“死区”易发生在此处。而喷吹压力在水平方向(滤筒径向)梯度很小,从压力分布随时间的变化分析可知,滤筒内压力首先整体持续升高,至 $t=0.080$ s时基本达到稳定,持续至 $t=0.170$ s时刻后减弱。

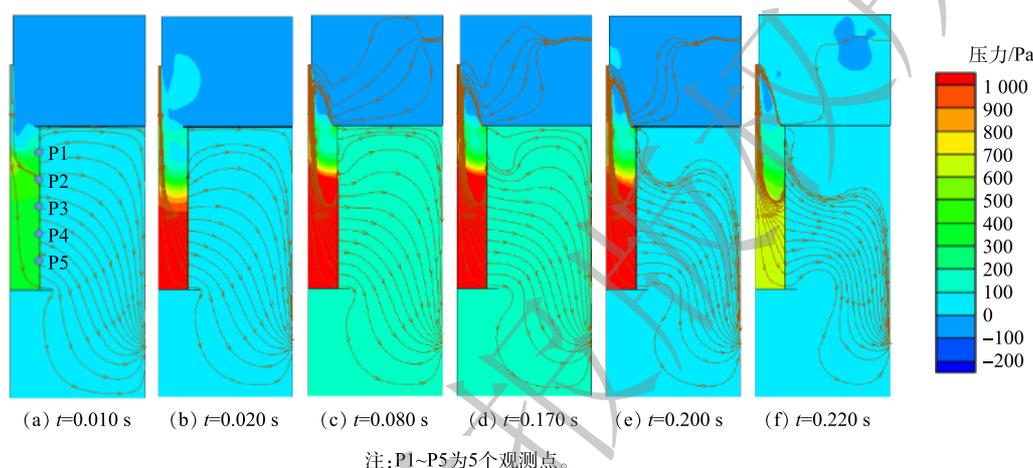


图4 脉冲喷吹过程中干净滤筒的除尘器内压力云图与流线图

Fig. 4 Pressure cloud and streamline in dust collector during pulse-jet cleaning under clean filter cartridge

为定量比较滤筒内各部位的的压力变化,选取5个观测点(P1~P5,参见图4中 $t=0.010$ s对应的分图),自上而下等间距依次分布在滤筒内壁。图5为所选取的观测点在脉冲喷吹过程中的静压随时间的变化。由图5可知,脉冲喷吹启动后,各测点发生了不同程度的上升,在 $t=0.080$ s时基本达到稳定,又在 $t=0.170$ s时开始减弱(与压力云图的分析一致)。其中,P1点上升最小,最大值约187.0 Pa;P2次之,其最大值约855.4 Pa;P3~P5相近且压力最大,P3、P4、P5观测点最大压力为1 830.5、1 893.2、1 896.6 Pa。经分析可知,滤筒上部区域的压力梯度大,而中下部区域压力梯度很小。

2.3 尘饼对喷吹压力的影响

为了对比滤筒负载尘饼对喷吹压力的影响,设定总过滤阻力 ΔP_f 为50~2 000 Pa,在此条件下,对滤筒负载尘饼进行了脉冲喷吹模拟分析。图6为 $t=0.080$ s时, ΔP_f 分别为50、200、1 000和2 000 Pa的情形下,除尘器内压力云图与流线图。由图6可知,在各尘饼负载量的情况下,喷吹压力在滤筒内均为自下而上蓄积;压力在滤筒下部大、上部小;滤筒上部靠近开口附近的压力显著低于滤筒内部区域;且尘饼负载量越大,滤筒上部的小压力区域空间越小。由此可认为,随着滤

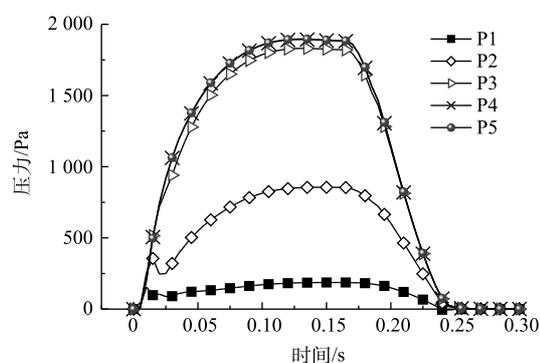


图5 干净滤筒条件下各测点脉冲喷吹压力随时间的变化

Fig. 5 Evolution of pulse-jet pressure with time at measurement points under clean filter cartridge condition

筒负载尘饼量的增加，滤筒内蓄积的喷吹压力越大，滤筒上部难清灰区域的脉冲喷吹强度得到提升。

为定量比较尘饼负载量对喷吹的影响，考察了 P1~P5 观测点在脉冲喷吹过程中的静压随时间的变化，如图 7 所示。在总过滤阻力 ΔP_f 分别为 50、100、200、500、1 000、2 000 Pa 的条件下，滤筒内壁观测点最大压力分别为 2 059.2、2 208.1、2 310.9、2 386、2 414.3、2 428.9 Pa(均分布在压力几乎无差异的 P3~P5 观测点)。在 ΔP_f 为 2 000 Pa 时，对应的最大喷吹压力是 ΔP_i

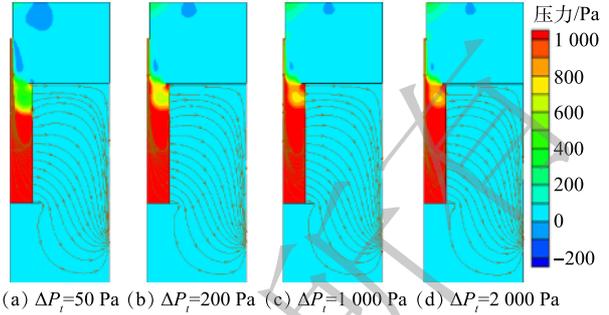


图 6 不同尘饼负载量条件下除尘器内压力云图与流线图
Fig. 6 Pressure cloud and streamline in the dust collector under different dust cake conditions

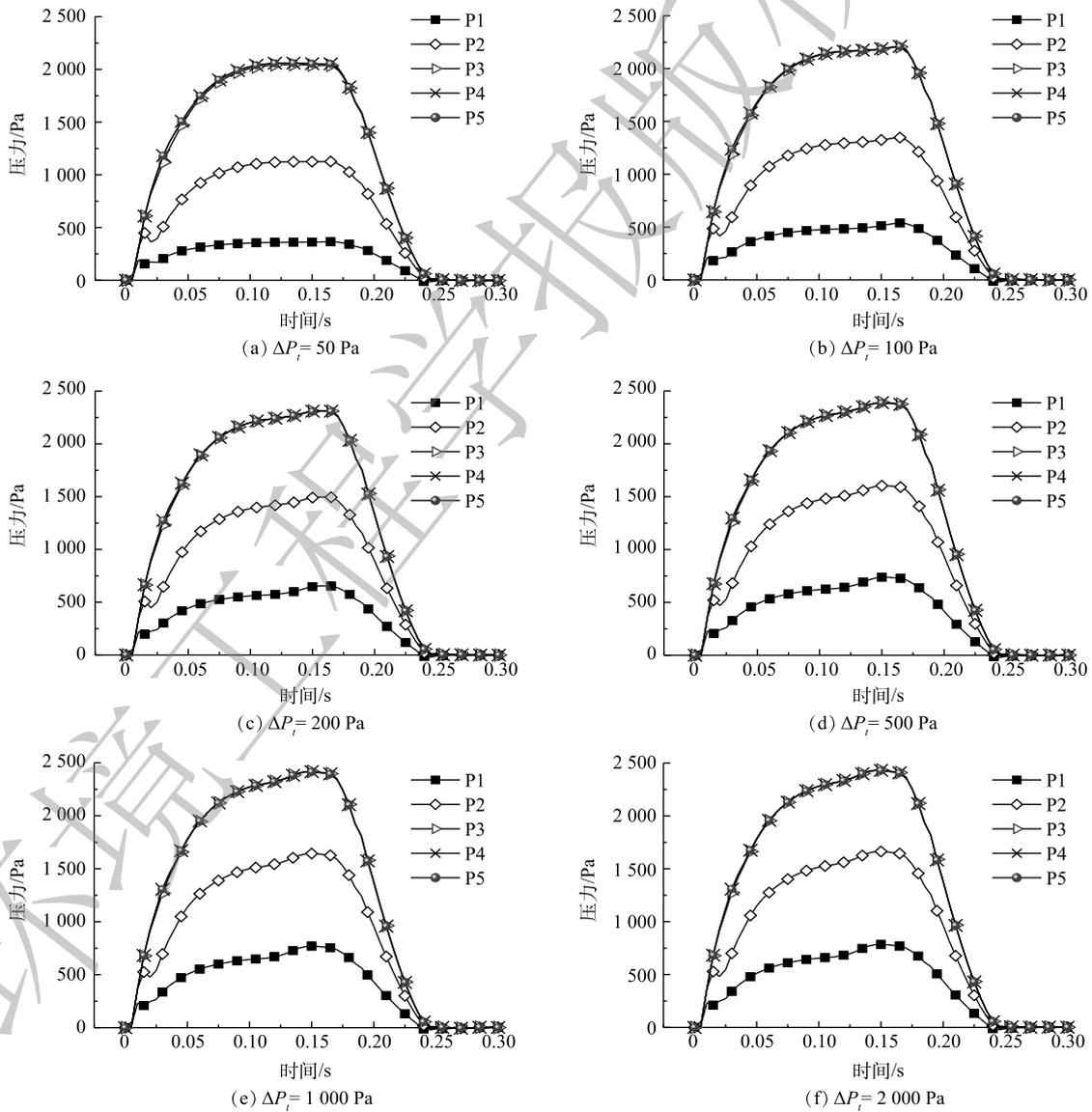


图 7 不同尘饼负载量条件下各测点脉冲喷吹压力随时间的变化

Fig. 7 Change of pulse-jet pressure with time at each measurement points under different dust cake loading conditions

为 17.9 Pa(干净滤筒)条件下的 1.28 倍; P2 测点的压力次于 P3~P5 测点; P1 测点的压力最小, 最大值分别为 365.6、538.2、654.3、737.4、769.1、785.2 Pa。在 ΔP_f 为 2 000 Pa 的条件下 P2 和 P1 观测点的最大喷吹压力分别是干净滤筒条件下的 1.94、4.20 倍。由此可见, 滤筒尘饼负载量越多则各观测点压力越大, 且负载尘饼对滤筒上部位置脉冲喷吹压力的影响最大。

SIEVERT 等^[13]的研究结果表明, 对滤料的脉冲喷吹存在一个约 400~500 Pa 的临界值, 达到此临界值才能产生有效清灰。对照本研究的结果, P1 测点在 ΔP_f 为 17.9 Pa(干净滤筒)和 50 Pa 条件下均未达到临界值, 而在更高总过滤阻力条件下则达到临界值。由此可知, 若仅仅采用干净滤筒进行脉冲喷吹研究, 容易对清灰预期效果产生误判, 错认为未达到清灰临界值, 而实际负载尘饼条件下的脉冲喷吹压力会高于干净滤筒条件。

为考察尘饼在脉喷清灰过程中逐渐剥离对喷吹压力的影响, 模拟了清灰前总过滤阻力为 1 000 Pa、清灰后 17.9 Pa 的理想清灰过程, 即尘饼剥离的过程 (ΔP_f 为 1 000~17.9 Pa 的情形)。观测点的静压随时间的变化如图 8 所示。由图 8 可知, 考虑尘饼剥离情形下的脉冲喷吹压力随时间的变化趋势与尘饼固定的情形类似, 均在脉冲喷吹启动后上升, 在 $t=0.080$ s 时基本达到稳定, 又在 $t=0.170$ s 时刻开始减弱。喷吹压力的最大值分布在 P3~P5 测点, 约为 2 299.3 Pa; P2 测点次之, 约 1 472.6 Pa; P1 测点最小, 最大值约 635.8 Pa。

将 ΔP_f 为 1 000~17.9 Pa 条件下喷吹压力的演变与分布单独与 ΔP_f 为 1 000 Pa 和 17.9 Pa(干净滤筒)对比, 可发现 ΔP_f 为 1 000~17.9 Pa 时喷吹压力与 ΔP_f 为 1 000 Pa 的喷吹压力接近。由此说明, 考虑尘饼剥离的情况与仅考虑尘饼负载而不剥离的情况接近, 但与干净滤筒的情形相差甚远。

2.4 尘饼对喷吹性能的影响

脉冲喷吹的性能一般可用喷吹强度和喷吹的均匀性来表示。各测点正压力峰值的平均值常用于作为喷吹强度的指标, 而峰值的变异系数可作为喷吹均匀性指标^[11, 14-15]。平均值越大则表明喷吹强度越大, 而变异系数越小则表明均匀性越好。

图 9 为不同尘饼负载量条件下脉冲喷吹的强度对比。由图 9 可知, 随着尘饼负载量的增加, 脉冲喷吹强度增加, 喷吹的均匀性得到改善。在干净滤筒情形下, 脉冲喷吹强度为 1 332.5 Pa, 在尘饼负载 ΔP_f 为 1 000、2 000 Pa 条件下, 喷吹强度分别达到 1 932.4、1 948.0 Pa。而在尘饼剥离情形下(即 ΔP_f 为 1 000~17.9 Pa)喷吹强度为 1 800.7 Pa。结合喷吹均匀性的对比可知, 从喷吹性能的角度, 考虑尘饼剥离的情形与仅考虑尘饼负载而不剥离的情形接近, 且与干净滤筒的情况相差较大。因此, 对于脉冲喷吹性能的研究不应忽略滤料负载尘饼的影响。

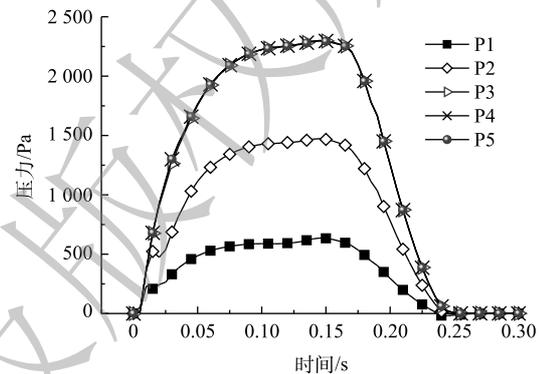


图 8 尘饼剥离条件下各测点脉冲喷吹压力随时间的变化

Fig. 8 Change of pulse injection pressure with time at each measurement point under dust cake stripping condition

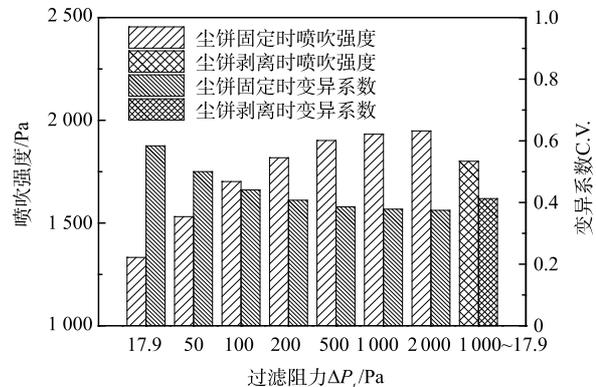


图 9 不同尘饼负载量条件下脉冲喷吹性能对比

Fig. 9 Comparison of pulse-jet cleaning performance under varying dust cake conditions

2.5 尘饼对气流流量的影响

不同尘饼负载量条件下穿过滤筒的气流流量如图10所示。由图10可知,尘饼负载越多(ΔP_i 越大),则穿过滤筒的气流越少;在干净滤筒条件下,脉冲喷吹穿过滤筒的气流流量大于喷嘴出口提供的气流流量,而当 ΔP_i 达到50 Pa后,穿过滤筒的气流流量小于喷嘴提供的喷吹气量。值得注意的是,在尘饼剥离的条件下(ΔP_i 为1 000~17.9 Pa)下,脉冲喷吹的后期出现了流量的增加,这主要是由于尘饼剥离后期黏性阻力出现明显的下降,对风流的阻力明显降低。

根据以往经验,在尘饼负载越多的情况下,相同脉冲喷吹条件造成的尘饼剥离会越多。根据本文的模拟结果,尘饼负载量大的情况下,滤筒内蓄积的压力大而通过滤料的风量小。因此,本课题组认为,穿过滤筒的气流流量并不能作为清灰效率的直接指标。当喷吹压力蓄积很大时,尽管通过滤筒的流量很小,但脉冲喷吹对于尘饼的剥离作用很强。

3 结论

1) 脉冲喷吹压力在滤筒内自下而上蓄积,上部压力梯度大而中下部几乎没有压力梯度;滤筒尘饼负载量越多,则滤筒内部蓄积的压力越大、喷吹强度越高、均匀性越好。

2) 负载尘饼量越多,则穿过滤筒的喷吹气流越少;脉冲喷吹过程中,尘饼负载量固定时(喷吹过程尘饼不剥离)不同尘饼负载量条件下穿过滤筒的气流均表现为一致的先上升再下降趋势,但在考虑尘饼剥离的情形下,脉冲喷吹后期的气流出现了明显的上升。

3) 考虑尘饼剥离条件下的脉冲喷吹性能介于尘饼负载固定与干净滤筒二情形之间,且接近于尘饼负载固定情形,而与干净滤筒情形相差较大。因此,对于脉冲喷吹性能的研究不应忽略滤料负载尘饼的影响。

参考文献

- [1] 张殿印,王纯.脉冲袋式除尘器手册[M].北京:化学工业出版社,2011.
- [2] 杨燕霞,张明星,秦文茜,等.脉冲喷吹内置锥形滤筒的清灰性能[J].中国粉体技术,2019,25(1):76-80.
- [3] 李建龙,王安琪,范博,等.除尘器脉喷清灰影响阶段的粉尘分级排放特征[J].安全与环境学报,2018,18(1):315-319.
- [4] 秦文茜,张明星,康彦,等.脉冲喷吹金属滤袋的压力分布影响因素分析[J].环境工程学报,2020,14(2):465-472.
- [5] 党小庆,刘美玲,马广大,等.脉冲袋式除尘器喷吹气流的数值模拟[J].西安建筑科技大学学报(自然科学版),2008,40(3):403-406.
- [6] 汪钰.袋式除尘器脉冲清灰非稳态数值模拟及性能优化[D].南昌:南昌大学,2011.
- [7] 张情,钱云楼,毕远霞,等.诱导喷嘴改进滤筒清灰效果的数值模拟[J].环境工程学报,2014,8(7):2975-2979.
- [8] 胥海伦,周苗苗,张情,等.开口散射器对滤筒除尘脉冲清灰效果的影响[J].环境工程学报,2017,11(8):4647-4652.
- [9] 万凯迪,王智化,胡利华,等.袋式除尘器脉冲喷吹清灰过程的数值模拟[J].中国电机工程学报,2014,34(23):1-7.
- [10] 董一杰,张磊,张松.低能耗脉冲喷吹袋式除尘器的三维数值模拟及工程应用[J].环境工程学报,2020,14(3):761-771.

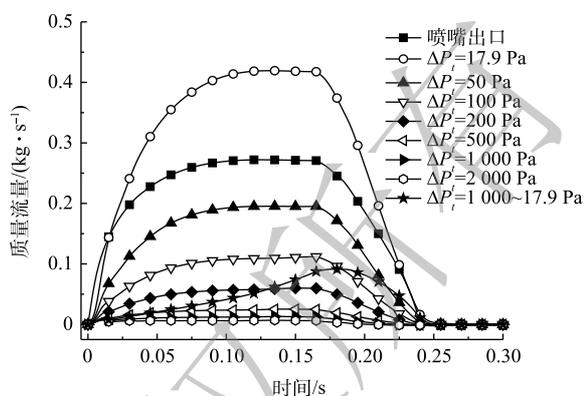


图10 不同尘饼负载量条件下进入滤筒的气流流量对比
Fig. 10 Comparison of air flow into filter cartridge under different dust cake loading conditions

- [11] LI J L, WANG P, WU D S, et al. Numerical study of opposing pulsed-jet cleaning for pleated filter cartridges[J]. *Separation and Purification Technology*, 2020, 234: 116086.
- [12] FERER M S, DUANE H. A simple model of the adhesive failure of a layer: Cohesive effects[J]. *Journal of Applied Physics*, 1997, 81(4): 1737-1744.
- [13] SIEVERT J, LOFFLER F. Fabric cleaning in pulse-jet filters[J]. *Chemical Engineering & Processing Process Intensification*, 1989, 26(2): 179-183.
- [14] 颜翠平, 张明星, 吕娟, 等. 脉冲喷吹大风量滤筒除尘器的清灰变化过程研究[J]. *环境工程学报*, 2016, 10(2): 829-834.
- [15] WU Q Q, LI J L, WU D S, et al. Effects of overall length and od on opposing pulse-jet cleaning for pleated filter cartridges[J]. *Aerosol and Air Quality Research*, 2020, 20: 432-443.

(责任编辑: 靳炜)

Numerical simulation of the effect of dust cake loading in filter cartridge on pulse injection

QIU Jun, CHEN Qiang, LI Jianlong*, WU Daishe

School of Resources, Environmental and Chemical Engineering, Nanchang University, Nanchang 330031, China

*Corresponding author, E-mail: jlli@ncu.edu.cn

Abstract Pulse-jet cleaning for filter cartridge regeneration is essential to realize stable, effective, and long-term operation of dust collectors. Numerical studies on pulse-jet cleaning are commonly based on clean filters and give insignificant consideration of the impact of dust cake loaded on the filter cartridge on the cleaning. To address this, this work investigates the effect of dust cake loaded on the filter cartridge on the performance of pulse-jet cleaning. A CFD numerical model for pulse-jet cleaning was established to simulate the jet airflow field, which is verified by an experiment. Results show that the pulse jet pressure accumulated from the bottom to the top of the filter cartridge. With more dust cake covered on the filter cartridge, higher pressure inside the filter cartridge, greater pulse-jet cleaning intensity, better uniformity, and decreased pulsed jet airflow penetrating the filter were observed. Compared to the case whereby the dust cake was fixed (not peeled off during the pulse-jet cleaning process), the airflow obviously increased in the later period of pulse jetting by considering dust cake peeling off during cleaning. The pulse-jet cleaning performance by considering the dust cake peeling off was between those with fixed loaded dust cake and with clean filter cartridge and closer to the former case. This study can provide references for the design of pulse-jet cleaning dust collectors.

Keywords dust collector; filter cartridge cleaning; pulsed jet; dust cake; numerical simulation; computational fluid dynamics