



DOI:10.12404/j.issn.1671-1815.2403390

引用格式:孟荣荣,刘仓,南小影,等.金属打磨粉尘捕集装置结构设计及防护性能仿真[J].科学技术与工程,2025,25(2):871-878.

Meng Rongrong, Liu Cang, Nan Xiaoying, et al. Structural design and simulation of protection performance of metal grinding dust capture device[J]. Science Technology and Engineering, 2025, 25(2): 871-878.

金属打磨粉尘捕集装置结构设计及防护性能仿真

孟荣荣^{1,2*}, 刘仓^{1,2*}, 南小影^{1,2}, 王明^{1,2}, 杜文霞^{1,2}, 邢亚飞^{1,2}

(1. 兵器工业卫生研究所安全与卫生工程研究室, 西安 710065; 2. 陕西省职业病危害工程防护技术指导中心, 西安 710065)

摘要 人工手持打磨工具打磨作业时会产生大量粉尘,目前普遍采用负压捕集装置将粉尘限制在密闭空间,并使含尘气流定向通过除尘装置加以净化,以解决粉尘散发问题。为解决某铝件打磨车间通风防护设施效果欠佳,导致作业间粉尘无序扩散问题,提出了一种适用于小型铝制件打磨作业的“U型条缝”粉尘捕集装置结构设计方案,通过有限元模拟仿真分析方法研究了该装置的粉尘防护效果。仿真结果表明:该装置左右两侧条缝宽度为2 cm,后侧条缝宽度为5 cm,排风量为3600 m³/h,内部气流通道结构为不对称斜收口结构时,控制面风速较为均匀,人员呼吸带平均风速达到1.3 m/s,且内部气流通道噪声相对较小,粉尘防护效果较好。该装置“U型条缝”罩口和内部气流通道组合式设计可有效捕集打磨过程产生的粉尘,降低作业场所粉尘浓度,可为手工打磨场所粉尘防护提供借鉴。

关键词 金属打磨; 粉尘捕集; 结构设计; 防护性能; 仿真模拟

中图分类号 X964;

文献标志码 A

Structural Design and Simulation of Protection Performance of Metal Grinding Dust Capture Device

MENG Rong-rong^{1,2*}, LIU Cang^{1,2*}, NAN Xiao-ying^{1,2}, WANG Ming^{1,2}, DU Wen-xia^{1,2}, XING Ya-fei^{1,2}

(1. Institute for Hygiene of Ordnance Industry Safety and Health Engineering Research Laboratory, Xi'an 710065, China;

2. Occupational Disease Hazard Engineering Protection Technology Guidance Center of Shaanxi Province, Xi'an 710065, China)

[Abstract] Manual grinding with hand-held tools generates a lot of dust, currently, it is common to use negative pressure trapping device to limit the dust in the confined space, and make the dusty airflow directed through the dust removal device to be purified to solve the problem of dust dissemination. In order to solve the problem of ineffective ventilation and protection facilities in an aluminum grinding workshop, which led to the uncontrolled spread of dust between operations, a structural design of a “U-shaped slit” dust collection device for the grinding process of small aluminum parts was proposed. Finite element simulation and analysis method was used to investigate the dust prevention and control effect of the device. The results show that: when the device on both sides of the slit width is 2 cm, the rear side of the slit width is 5 cm, the air volume is 3 600 m³/h, and the internal airflow channel structure is an asymmetric slanting closure structure, the control surface of the wind speed is more uniform, average wind speed of personnel breathing zone reaches 1.3 m/s, in the same time, the noise of the internal airflow channel is relatively small and the dust particle trapping effect is better. It is concluded that the size of the device’s “U-shaped slit” and the internal airflow channel structure design can effectively capture the dust generated during the sanding process, reduce the concentration of dust in the workplace, and provide a reference for the protection of dust in the sanding place.

[Keywords] metal grinding; dust collection; structural design; protective properties; numerical simulation

抛光、打磨、抛丸等表面处理工艺作为机械加工工艺中的基础性生产工序,被广泛应用于机械、航天、汽车、通信、计算机和零件等制造行业。铝件抛光打磨作业场所产尘量严重,打磨产生的金属粉尘若不能及时清除,不仅给环境带来污染,还会磨损机械设备,严重的可能引发尘肺病危害职工健

康^[1],甚至可能引起粉尘爆炸威胁作业人员的人身安全^[2]。人工手持打磨工具进行打磨时会产生大量粉尘,目前普遍采用的粉尘防护方法主要是通过控制金属粉尘集中在密闭空间并加以通风使含尘气流通过除尘装置进行净化,改进打磨工艺革新打磨设备并辅以个体防护。

收稿日期: 2024-05-08; 修订日期: 2024-11-26

基金项目: 国防科工局专项科研项目(GFJ2023-02)

第一作者: 孟荣荣(1995—),女,汉族,河北衡水人,硕士,工程师。研究方向: 职业病危害工程防护与治理。E-mail: 806058797@qq.com。

* 通信作者: 刘仓(1988—),男,汉族,陕西渭南人,硕士,高级工程师。研究方向: 职业病危害工程防护与治理。E-mail: GCFH521@163.com。

打磨车间主要通过全面通风系统、局部排风系统控制粉尘扩散。其中全面通风系统通过风管连接整个车间,为车间提供新鲜风流,但若某处发生故障,就会引起整个系统瘫痪;局部排风系统效果不一,常用的局部排风罩,其安装部位位于作业点的上方或侧方,作用是经由管道将含有高浓度有害物质的气流进行吸收并经过净化过滤装置处理后排出车间,由于打磨粉尘惯性作用,普通排风罩效果不佳;固定式吸尘打磨台利用排风系统,将打磨过程产生的大部分粉尘吸走,能有效防止粉尘的扩散,从而净化车间空气,降低车间粉尘的危害,但因其结构尺寸、粉尘特性、通风方式及风量等不同,集尘效果也不尽相同。

对于打磨粉尘产生及扩散规律、捕集及净化等,中外学者都进行了相应的研究,林浩宇等^[3]通过流体力学软件研究了打磨粉尘扩散及人员呼吸带粉尘浓度与组合式打磨台下吸罩及侧吸罩风量分配的关系;张国梁等^[4]以轨道列车厢体打磨车间为研究对象,对不同条件下的流场和颗粒运动轨迹进行模拟,分析了砂轮转速、风量等因素对角磨机集尘罩集尘效果的影响。蒋仲安等^[5]研究了尘源、粒径及风速等因素对打磨粉尘分布规律的影响;余盛兵等^[6]利用数值模拟方法研究表明保证集尘罩内风流畅通是提高捕集效果的关键;林大建等^[7]以打磨车间木粉尘为研究对象,研究了罩口形状、高度及通风量对下吸罩捕集性能的影响;张志福^[8]通过对复合材料工件打磨车间通风系统的设计研究,从通风形式、除尘器及风机选择方面提出了改善工人操作环境的办法,解决了该厂房粉尘超标和空气流通不畅的问题,保证了操作人员的身体健康。

综上所述,诸多学者对于粉尘分布及运移规律进行了大量研究,且分析了影响粉尘分布及防尘效果的影响因素,但对于适用于现场的具体防尘设备结构设计研究较少。鉴于此,现以铝件加工厂房打磨间为研究对象,提出一种适用于小型铝制件打磨工序的“U型条缝”粉尘捕集装置结构设计方案。

计算流体力学(computational fluid dynamics, CFD)是数值数学和计算机科学结合的产物,诸多学者运用相关软件模拟分析了特定条件下的流体运动^[9-11]。本文研究根据铝件加工厂房打磨间现场布局及几何尺寸,结合工艺特点建立该装置几何模型,利用CFD数值模拟软件,以罩口及控制面风速、噪声、粒子运动轨迹为参考进行粉尘防护性能评估,在不同条缝宽度、风量、内部气流通道结构的情况下,通过数值模拟,最终确定该装置的优选结构设计方案,实现对金属打磨粉尘的有效捕集与控制。

1 打磨间现状及粉尘捕集装置设计

1.1 打磨间现状

铝件加工厂房打磨间主要进行小型铝制件打磨,铝粉具有质轻、粒径小、漂浮力高的特性,极易受到惯性力及环境气流的干扰,扩散至整个车间,造成生产环境中铝粉浓度增大,燃爆事故风险增高,增加作业人员罹患铝尘肺风险。打磨工作台目前设置一套局部排风系统,工作台靠墙距离台面6.5 cm处设置矩形侧吸罩,罩口尺寸650 mm × 50 mm,现场布置情况如图1所示。

针对当前局部排风系统选用的矩形侧吸罩粉尘防护效果进行检测,测点布置如图2所示,风速检测结果如表1所示。



图1 打磨间现状

Fig. 1 Status of the grinding room

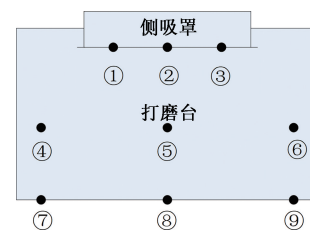


图2 风速测点布置图

Fig. 2 Layout of wind speed measurement points

表1 各测点风速值

Table 1 Wind speed value at each measurement point

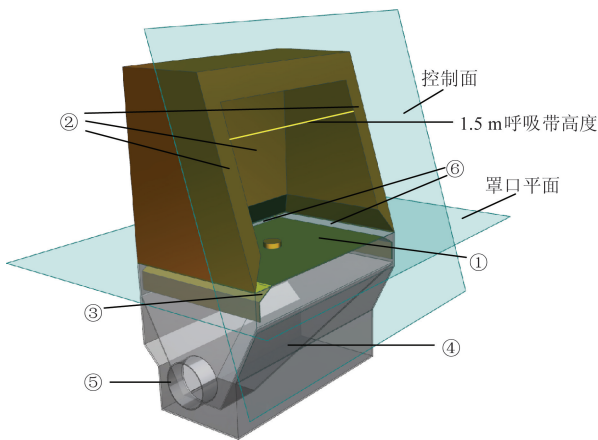
测点编号	风速范围/(m·s ⁻¹)	风速平均值/(m·s ⁻¹)
①	28.9 ~ 29.3	29.1
②	28.3 ~ 28.6	28.4
③	30.2 ~ 30.3	30.3
④	0.51 ~ 0.54	0.53
⑤	0.60 ~ 0.71	0.66
⑥	0.42 ~ 0.49	0.45
⑦	0.12 ~ 0.19	0.16
⑧	0.35 ~ 0.37	0.36
⑨	0.12 ~ 0.13	0.13

由表1可知,原有侧吸罩在操作台面⑦、⑨测点形成的风速分别为0.16 m/s、0.13 m/s,控制点风速<1 m/s,不满足WS/T757—2016《局部排风设施控制风速检测与评估技术规范》^[12]及GB/T 16758—2008《排风罩的分类及技术条件》^[13]中控制风速的最低要求,粉尘控制效果不佳,且操作台面未设置围挡,不能有效防止大颗粒粉尘飞溅。

为解决上述问题,在不影响工艺操作要求的前提下,通过优化设计粉尘捕集装置结构,研发通风防护和打磨作业一体化的打磨台,以实现手工打磨作业粉尘有效防护。

1.2 粉尘捕集装置结构设计

针对打磨过程产生的高速粉尘,为防止其扩散至作业空间,提出一种粉尘捕集装置设计方案,在传统打磨台基础上优化通风系统结构,采用更有效的三面围挡环形下吸式气流组织,解决现有通风装置的弊端。充分利用粉尘比空气密度重及碰撞反射的物理特性,在粉尘碰撞及下落过程中气流组织将其捕捉。台面采用U型条缝设计,实现打磨粉尘的全方位捕捉,并通过设计均匀合理的控制面风速,保证对铝粉逸散的有效控制,降低通风防护装置对人员作业工艺的干涉。粉尘捕集装置模型如图3所示。



1为装置主体;2为楔形挡板;3为溜槽;4为内部气流通道;
5为排风管道;6为U型条缝排风口

图3 粉尘捕集装置模型图

Fig. 3 Model diagram of dust capture device

如图3所示,产品设计时根据作业人员身高进行操作舒适度及防碰撞设计,并结合工件最大尺寸确定粉尘捕集装置台面尺寸,由于切削力作用,打磨粉尘扩散有明显的方向性,主要向打磨工件前方及左右两侧扩散,为防止打磨粉尘由于初动能较高及惯性作用碰撞壁面发生反弹,将该装置侧面及背板设计为楔形结构,发生物理碰撞时能够通过反射改变运动方向,竖直降落至排风口附近,经排风气流作用收集。同时,台面两侧排风口设计为溜槽结

构,便于清理台面沉积的磨屑及粉尘颗粒物。

通过合理的“U型条缝”尺寸和内部气流通道结构设计,在操作台面排风口处形成合理的“下吸式气流”,结合适宜的操作开口面尺寸,可在开口面至孔板的空间(人员操作空间)内形成由外而内的单向均匀流,确保人员打磨操作过程均在气流控制有效范围内,逸散的铝粉被气流捕捉,进入排风净化系统。

根据前期现场调研,遵循实际工艺需求及人员操作习惯,确定装置主体、楔形挡板及溜槽尺寸,基于已验证计算模型,进行条缝口尺寸、风量、内部气流通道结构对防护性能的影响研究。

2 流场仿真

2.1 物理模型

对粉尘捕集装置进行气流组织模拟分析,该打磨作业现场运用气动角磨机进行打磨作业,将角磨机进行简化,建立物理模型(图3),粉尘捕集装置尺寸为1.2 m×0.8 m×1.8 m,角磨机转速200 rad/s。

2.2 控制方程

气体流动数学模型主要用来确定气体的速度场和压力分布。本文研究气体流动控制方程组采用三维稳态不可压Navier-Stokes方程,湍流流动采用工程上应用最广的k-ε双方程模型,模型内只考虑动量传输,忽略传热,具体形式如下。

(1)连续方程。

$$\frac{\partial}{\partial x_i}(\rho u_i) = 0 \quad (1)$$

式(1)中:ρ为气体密度,kg/m³;u_i为流体在x、y、z方向上的速度,m/s;x_i为x、y、z方向上的坐标,m;i取1,2,3。

(2)运动方程。

$$\frac{\partial}{\partial x_i}(\rho u_i u_j) = \frac{\partial p}{\partial x_i} + \frac{\partial}{\partial x_i} \left[(\mu + \mu_t) \left(\frac{\partial u_j}{\partial x_i} + \frac{\partial u_i}{\partial x_j} \right) \right] \quad (2)$$

式(2)中:μ_t为湍流粘性系数,Pa·s;p为湍流有效压力,Pa;μ为层流粘性系数,Pa·s;u_j为流体在x、y、z方向上的速度,m/s;i,j=1,2,3;i≠j。

(3)k方程。

$$\frac{\partial}{\partial x_i}(\rho u_i k) = \frac{\partial}{\partial x_i} \left[\left(\mu + \frac{\mu_t}{\sigma_k} \right) \frac{\partial k}{\partial x_i} \right] + G_k - \rho \varepsilon \quad (3)$$

式(3)中:k为湍动能,m²/s²;ε为湍动能耗散率,m²/s²。

(4)ε方程。

$$\frac{\partial}{\partial x_i}(\rho u_i \varepsilon) = \frac{\partial}{\partial x_i} \left[\left(\mu + \frac{\mu_t}{\sigma_\varepsilon} \right) \frac{\partial \varepsilon}{\partial x_i} \right] + \frac{C_{\varepsilon 1}}{k} G_k - C_{\varepsilon 2} \rho \frac{\varepsilon^2}{k} \quad (4)$$

$$\mu_t = C_\mu \rho \frac{k^2}{\varepsilon} \quad (5)$$

$$G_k = \mu_t \frac{\partial u_j}{\partial x_i} \left(\frac{\partial u_j}{\partial x_i} + \frac{\partial u_i}{\partial x_j} \right) \quad (6)$$

式中: G_k 为剪切力变化产生的湍动能变化率; $C_{\varepsilon 1}$ 、 $C_{\varepsilon 2}$ 、 C_{μ} 、 σ_{ε} 、 σ_k 为常数, 分别取 1.44、1.92、0.09、1.3、1.0。

2.3 边界条件

本次模拟研究中, 各边界条件设置如下: 湍流模型选择标准 $k-\varepsilon$ 双方程模型, 入口边界条件定义为 Inlet-Velocity, 湍流强度 5%, 出口边界条件定义为 Outflow, 粉尘防护装置台面及楔形挡板设置为 Wall, 该车间打磨工序使用的砂轮转速为 12 000 r/min, 砂轮边界设置为 Moving Wall, 绕中心轴顺时针旋转线速度为 78.5 m/s, 前期现场调查过程中发现, 作业人员需在短时间内变换打磨方向对工件进行全方位立体打磨, 且每班作业工件形状及大小不同, 可能在台面任意位置进行打磨作业, 因此在实际打磨过程中会形成遍布作业台面的粉尘散发区域, 因此将整个工作台面作为产尘源, 喷射源类型为 Surface, 根据现场实际调查, 当班铝制件打磨作业粉尘最大产生速率为 0.001 kg/s, 因此本次模拟研究中, 按最大产生率计算, 将总质量流率设为 0.001 kg/s。

基于前期模拟计算结果, 装置主体、楔形挡板、溜槽均为固定结构及尺寸, 本文研究采用条缝尺寸、风量及内部气流通道结构作为变量分析粉尘防护性能的影响因素。

3 结果分析

3.1 条缝宽度对防护性能的影响

条缝罩口宽度直接影响着排风罩的作用范围, 增大罩口尺寸会有效地提高捕集效率, 但当尺寸过大时, 颗粒运动距离越长, 捕集效果则会下降; 当尺寸过小时, 粉尘颗粒运动距离不够, 粉尘颗粒群还保持着出射状态下的无规则运动状态, 这对于之后的粉尘颗粒沉降分离造成了困难, 降低了整个集尘装置的工作效率。因此需合理安排环形条缝尺寸达到均匀风流的效果, 为研究条缝尺寸对防护性能的影响, 控制其他条件均相同, 条缝尺寸作为单一变量, 分别对三种设计方案表 2 下粉尘防护装置防护性能进行数值模拟, 结果如图 4 所示。

表 2 条缝尺寸设计方案

Table 2 Strip Seam Sizing Design Programs

方案组别	后侧条缝宽度/cm	左右两侧条缝宽度/cm
方案 1	5	2
方案 2	4	2
方案 3	4	3

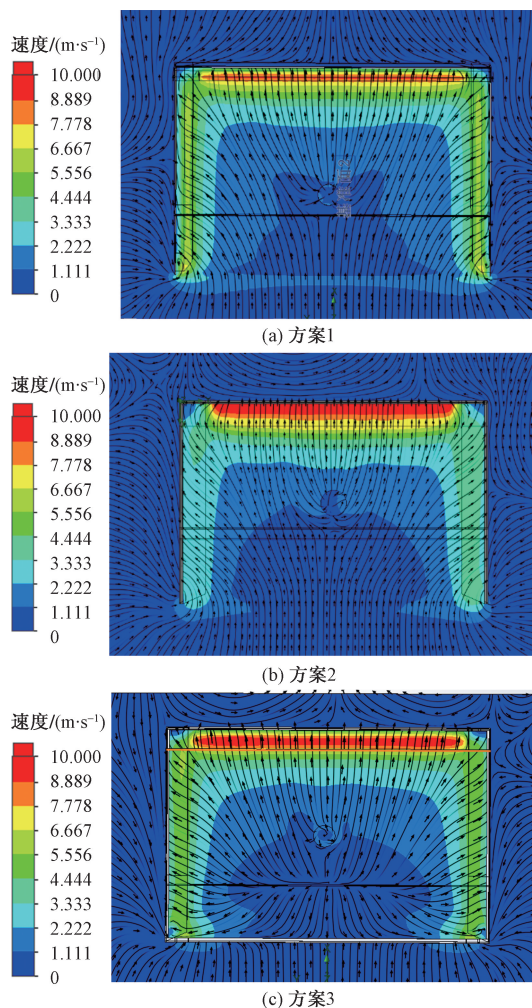


图 4 环形罩口风速分布云图

Fig. 4 Cloud view of wind speed distribution at the mouth of the annular hood

由图 4 可知, 三种不同条缝宽度设计方案下, 环形罩口平面速度分布情况均呈现出后侧风速较大, 两侧风速较小的特点, 且罩口周围速度呈梯度分布, 即由条缝处向中间操作台延伸方向速度逐渐减小, 在条缝口处风速最大, 随着与条缝罩口距离增大, 风速逐渐减小, 在装置开口面处速度值最小。方案 1 速度分布相对均匀, 没有明显的局部速度峰值, 而方案 2 及方案 3 速度分布不均匀, 中心区域速度较高, 形成一个明显的局部速度峰值。

充分考虑粉尘捕集装置的经济性、操作方便性、粉尘捕集效果等因素, 结合现场实际条件, 选择方案一进行捕集装置结构的进一步设计。

3.2 风量对防护性能的影响

在实际工作中, 为有效捕集粉尘, 应根据尘源周围空气运动的速度、粉尘的有害程度, 使排风罩在该处造成一个吸收速度 (称为控制风速), 要在尘源点造成一定的控制风速, 必须有相应的罩口风速

(罩口面风速)。对一定形式的排风罩,风量愈大,罩口风速愈大,控制风速也愈大,粉尘就容易被捕集。本研究分别对风量为 $2\ 880\ \text{m}^3/\text{h}$ 、 $3\ 600\ \text{m}^3/\text{h}$ 、 $4\ 320\ \text{m}^3/\text{h}$ 三种条件下粉尘捕集装置的防护性能进行数值模拟。结果如图5所示。

由图5可知,当风量不同时,三种不同风量条件下粉尘捕集装置操作开口面(控制面)风速均呈垂直阶梯分布,随着与工作面距离的增大,风速呈下降趋势,距离工作面越近,风速最大,在装置顶部速度降为最低。随着风量的增大,可以看出,控制面相同位置风速明显增大,垂直阶梯分布趋势没有明显变化,但水平方向风速分布趋于均匀。由于风量为 $3\ 600$ 、 $4\ 320\ \text{m}^3/\text{h}$ 时,控制面风速整体 $>1\ \text{m/s}$,符合WS/T757—2016《局部排风设施控制风速评估技术规范》中控制风速的最低要求,考虑装置的经

济性及技术性等因素,选取 $3\ 600\ \text{m}^3/\text{h}$ 作为设计风量进行进一步研究。

3.3 内部气流通道结构对防护性能的影响

粉尘经条缝口捕集后随气流影响及惯性作用进入装置内部气流通道,通过风管连接净化装置。通过前期研究发现,内部气流通道结构对气流有一定影响,结构设计不合理可能造成内部气流组织杂乱,从而影响装置捕集性能,同时造成空气动力学噪声过大,引发新的职业病危害。

为确定粉尘捕集装置内部气流通道最佳设计结构,本研究运用CFD软件模拟三种不同结构时内部气流通道风流分布,模型如图6所示。模拟过程中,除以上三种结构不同之外,保持风量、打磨转速、尘源设置等均相同,通过比较控制面风速分布并结合空气动力学噪声及操作可行性等方面,优选出最佳结构。

通过模拟得出三种结构下控制面风速分布云图如图7所示,人员作业时,呼吸带高度约为 $1.5\ \text{m}$,因此选取控制面 $1.5\ \text{m}$ 高度处提取风速数据测量其风速分布,对比结果如图8所示。

由图7可以看出,三种不同内部气流通道结构下控制面风速分布有一定差异,结构1控制面风速垂直方向呈梯度分布,靠近顶端风流速度梯度较密集,速度下降较快,有利于实现对特定区域的高效控制;相比之下,结构2与结构3风速分布趋势大致相同,呈现四周风速大,中间风速小的特点,其中结构3风速分布更为均匀,这种均匀的风速分布对于

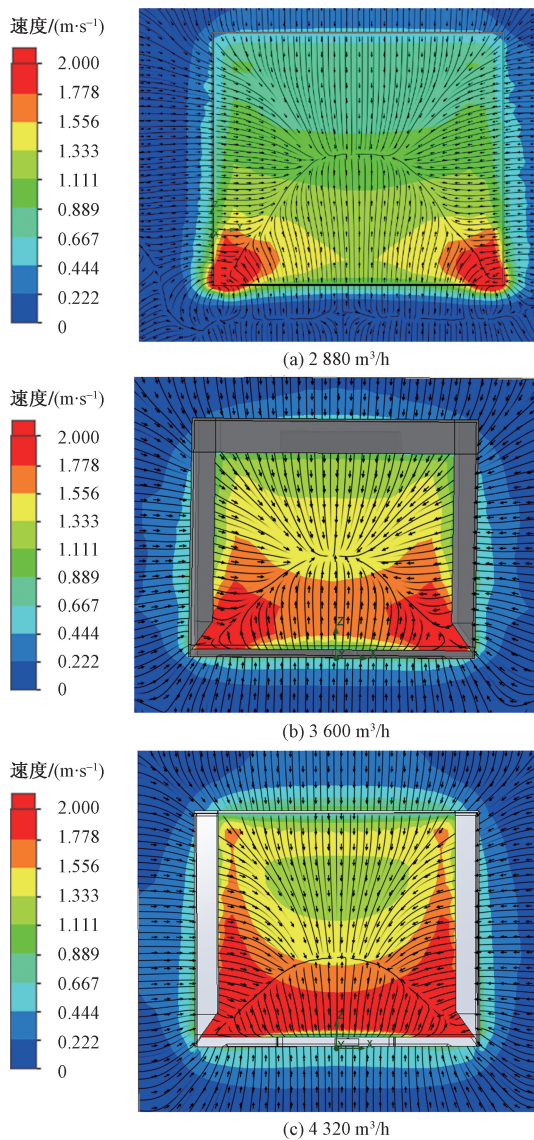


图5 控制面风速分布云图

Fig. 5 Control surface wind speed distribution cloud

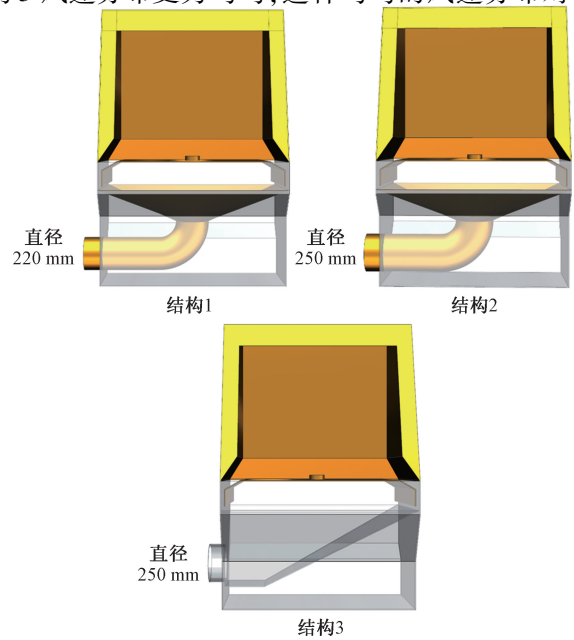


图6 不同内部气流通道结构几何模型图

Fig. 6 Geometric modeling of different internal airflow channel structures

整个空间内的气体流动具有积极影响,能够确保粉尘捕集的均匀性和有效性。

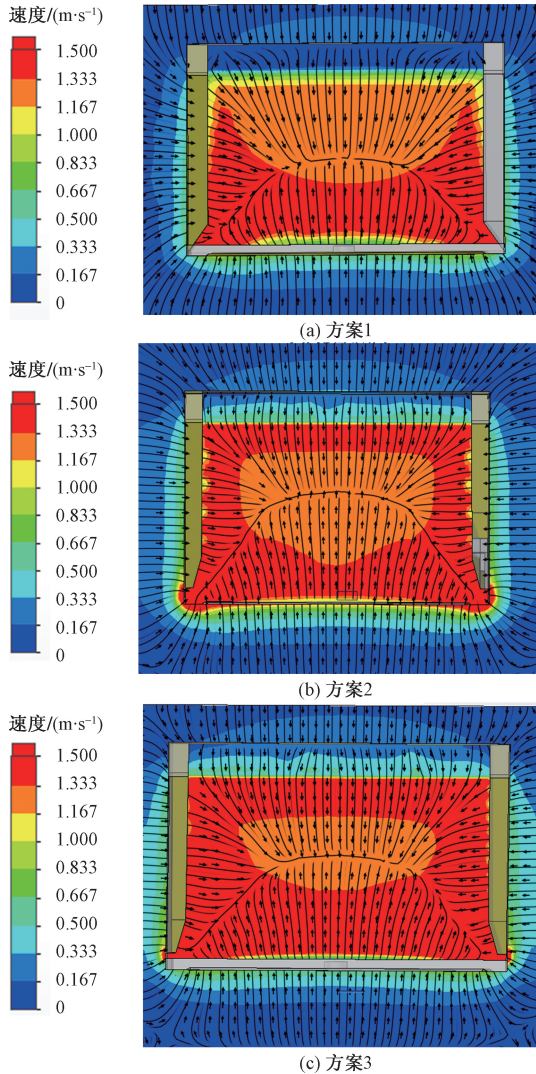


图7 不同内部气流通道结构下控制面风速分布云图
Fig. 7 Control surface wind speed distribution cloud under different internal airflow channel structure

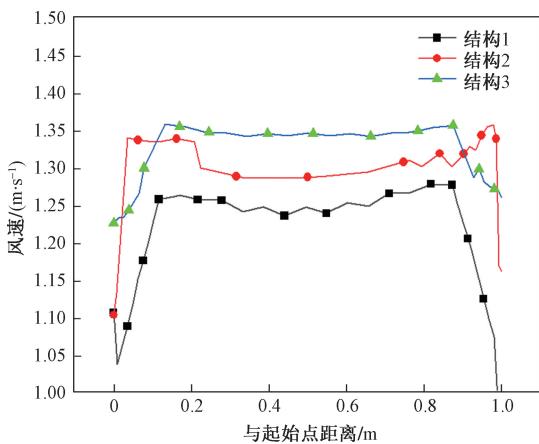


图8 控制面1.5m人员呼吸带风速分布折线图
Fig. 8 Control surface 1.5m personnel breathing zone wind speed distribution line graph

通过截取人员呼吸带风速数据可以得知,三种结构下水平方向风速分布较为均匀,且风速值均大于1 m/s,控制风速满足要求,可达到较好的捕集效果。其中,结构3风速均值较高且更为均匀。

气体在密闭空间高速流动时会产生空气动力学噪声,合理的结构设计能够有效减小噪声产生。本文研究中,三种不同内部气流通道结构下腔内噪声分布如图9所示。由图9可知,三种结构下由于

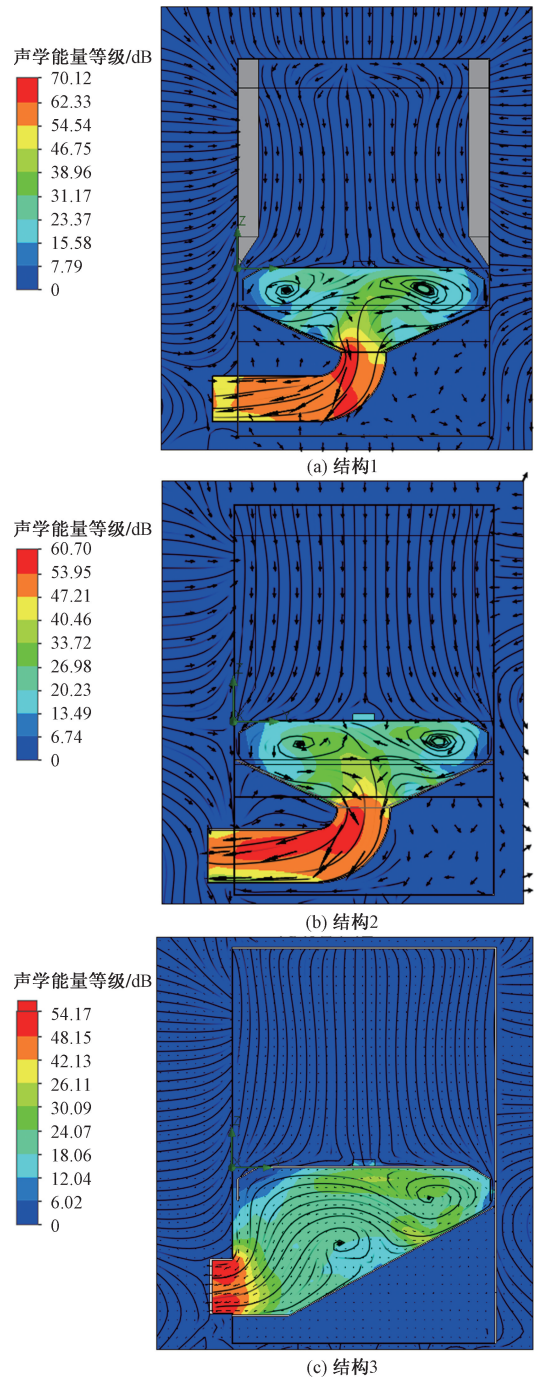


图9 不同内部气流通道结构下噪声分布云图
Fig. 9 Noise distribution cloud under different internal airflow channel structures

气体流速突变造成弯管内壁噪声较其他区域显著提高,将气流通道设置为斜收口不对称结构(即结构3)时,气体流速变化相对平缓,噪声相对较低。噪声最大值对比图如图10所示,三种结构下腔内噪声最大值分别为70.12 dB(A)、60.07 dB(A)和54.17 dB(A),均小于职业接触限值。

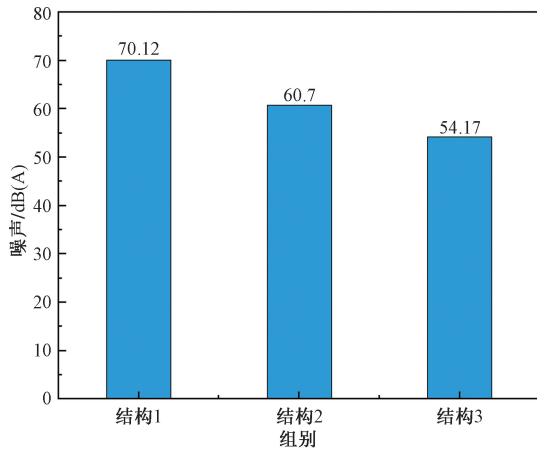


图10 不同内部气流通道结构下最大噪声对比图
Fig. 10 Comparison of Maximum Noise with Different Internal Airflow Channel Structures

对内部气流通道分别为三种结构时粉尘粒子运动轨迹进行分析,结果如图11所示。图11表明,三种结构下粉尘粒子均在气流带动下,大部分被装置捕集,少部分逸散至作业空间,其中,通过后侧条缝口被捕集的粒子数较多,这是由于打磨时粉尘由于惯性作用运动的主方向为后侧。

综合控制面风速分布、噪声值及粒子运动轨迹,选取结构3为最佳内部气流通道结构。

4 结论

通过对某打磨场所粉尘捕集装置结构设计及CFD数值模拟计算,对不同结构参数的装置进行流场仿真分析,可得出以下结论。

(1)打磨场所现有的粉尘防护设施为侧吸罩,其控制点风速 < 1 m/s,不满足标准规定的控制风速的最低要求,粉尘控制效果不佳,且操作台面未设置围挡,不能有效防止大颗粒粉尘飞溅,需设置合理有效的防护设施控制打磨产生的粉尘。

(2)条缝口尺寸、通风量、内部气流通道结构等因素都会影响粉尘捕集装置的防护性能。后侧条缝尺寸为5 cm,两侧条缝尺寸为2 cm、通风量为3 600 m³/h且内部气流通道为不对称斜收口结构时,罩口风速分布较均匀,大部分粉尘能够被捕集且产生的噪声较小,粉尘防护性能较好。

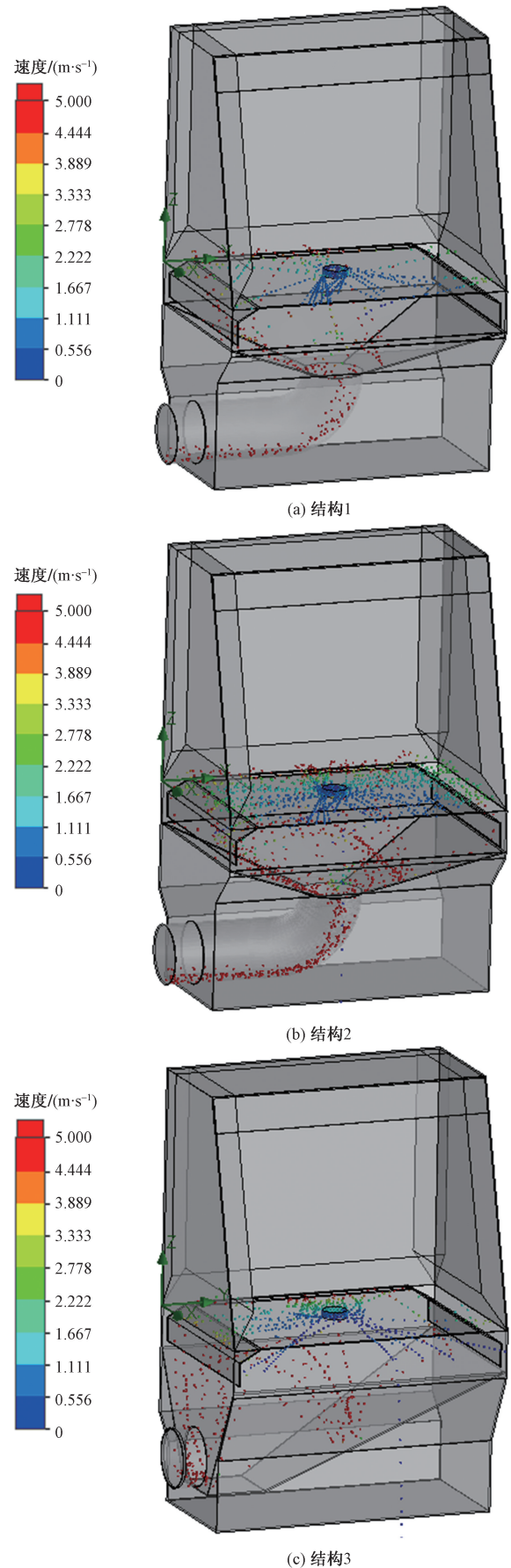


图11 粉尘粒子运动轨迹图

Fig. 11 Dust particles trajectory diagram

参 考 文 献

- [1] 王佩,周洁琼,杨斌. 腻子打磨车间颗粒浓度分布规律研究[J]. 涂料工业, 2020, 50(2): 62-68.
Wang Pei, Zhou Jieqiong, Wang Bin. Study on the Distribution Regularity of Particle Concentration of Putty in Sanding Workshop [J]. Paint & Coatings Industry, 2020, 50(2): 62-68.
- [2] 张小良,叶圣军,沈倩. 抛光铝合金粉尘爆炸参数及防爆研究[J]. 工业安全与环保, 2015, 41(12): 9-11.
Zhang Xiaoliang, Ye Shengjun, Shen Qian. Research on polished aluminum alloy dust explosion parameters and prevention methods [J]. Industrial Safety and Environmental Protection, 2015, 41(12): 9-11.
- [3] 林浩宇,蒋仲安,杨斌,等. 组合式通风打磨台风量对粉尘效果的影响[J]. 中国安全生产科学技术, 2018, 14(11): 160-165.
Lin Haoyu, Jiang Zhongan, Yang Bin, et al. Influence of air volume of combined ventilated sanding table on dust effect [J]. China Production Safety Science and Technology, 2018, 14(11): 160-165.
- [4] 张国梁,蒋仲安,陈记合,等. 打磨作业过程金属粉尘扩散特性及集尘罩除尘效果[J]. 中南大学学报(自然科学版), 2021, 52(11): 3813-3825.
Zhang Guoliang, Jiang Zhongan, Chen Jihe, et al. Metal dust diffusion characteristics and dust hood effect during grinding operation [J]. Journal of Central South University (Science and Technology Edition), 2021, 52(11): 3813-3825.
- [5] 蒋仲安,高康宁,陈记合,等. 移动式打磨作业粉尘分布规律及其影响因素[J]. 中南大学学报(自然科学版), 2019, 50(5): 1028-1034.
Jiang Zhongan, Gao Kangning, Chen Jihe, et al. Dust distribution rule and influencing factors in mobile grinding operation [J]. Journal of Central South University (Science and Technology Edition), 2019, 50(5): 1028-1034.
- [6] 余盛兵,吴飞涯. 抛光机吸尘罩的优化设计[J]. 轻工机械, 2013, 31(3): 78-80, 83.
Yu Shengbing, Wu Feiya. Optimal design of polishing machine's dust hood [J]. Light Industry Machinery, 2013, 31(3): 78-80, 83.
- [7] 林大建,张志丹,黄小路. 下吸罩结构参数对木粉尘控制模拟及正交优化[J]. 科学技术与工程, 2023, 23(12): 5358-5366.
Lin Dajian, Zhang Zhidan, Huang Xiaolu. Simulation and orthogonal optimization of wood dust control by structural parameters of downdraft hood [J]. Science Technology and Engineering, 2023, 23(12): 5358-5366.
- [8] 张志福. 通风除尘在复合材料打磨上的设计应用[J]. 科技创新与应用, 2016(15): 35-36.
Zhang Zhifu. Ventilation and de-dusting design for composite sanding applications [J]. Technology Innovation and Application, 2016(15): 35-36.
- [9] 闪顺章,王从陆. 焊接烟尘扩散数学模型研究[J]. 中国安全生产科学技术, 2018, 14(6): 117-181.
Shan Shunzhang, Wang Conglu. Study on numerical model for diffusion of welding fume [J]. Journal of Safety Science and Technology, 2018, 14(6): 117-181.
- [10] 舒心予. 铸造打磨工位的岗位通风与空气幕隔尘的气流组织研究[D]. 上海: 东华大学, 2019.
Shu Xinyu. Research on the air distribution of local ventilation and air curtain dust isolation in grinding stations [D]. Shanghai: Donghua University, 2019.
- [11] 陈记合,蒋仲安,王明,等. 卸矿站风流流场及粉尘浓度分布规律的数值模拟[J]. 科学技术与工程, 2018, 18(9): 210-214.
Chen Jihe, Jiang Zhongan, Wang Ming, et al. Numerical simulation of dust concentration distribution regularity in ore unloading station [J]. Science Technology and Engineering, 2018, 18(9): 210-214.
- [12] 国家安全生产监督管理总局. 局部排风设施控制风速检测与评估技术规范: WS/T 757—2016[S]. 北京: 人民卫生出版社, 2016.
State Administration of Work Safety. Technical specification for testing and evaluation of controlled air velocity in localized exhaust facilities: WS/T 757—2016[S]. Beijing: People's Medical Publishing House, 2016.
- [13] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局/中国国家标准化管理委员会. 排风罩的分类及技术条件: GB/T 16758—2008[S]. 北京: 人民卫生出版社, 2008.
General Administration of Quality Supervision, Inspection and Quarantine of the People's Republic of China/ Standardization Administration of the People's Republic of China. The classification and technical specification of exhaust hood: GB/T 16758—2008 [S]. Beijing: People's Medical Publishing House, 2016.