DOI:10.16410/j.issn1000-8365.2020.06.020

铸造车间环境治理的研究与实例应用

任现伟
(洛阳古城机械有限公司,河南 洛阳 471023)

摘　要:随着铸造设备向机械化、自动化与智能化方向的加速迈进,特别是近些年来,我国铸造行业在高端熔炼、造型和浇注等设备的自主研发与引进利用等方面的不断投入,在提高了铸件质量和产量的同时,也逐渐地改变着以往人们对铸造生产热、脏、累的认知和态度。但是,从总体来看,多数铸造企业仍需在环境治理方面进一步加大力度,以持续减少生产过程中污染物的排放,探索出适合自身发展的创新驱动之路,加快向绿色铸造进军的步伐,促进行业转型升级和可持续发展目标的实现。本文在分析了铸造车间主要污染物来源及其特性之后,针对铸造车间的粉尘和噪声污染,研究了相应的治理途径和方法,重点介绍了某铸造车间在环境治理方面的成功经验和改善效果。

关键词:铸造车间;粉尘;噪声;环境治理;绿色铸造;可持续发展

中图分类号:TG243　　**文献标识码**:A　　**文章编号**:1000-8365(2020)06-0579-05

Research on Environmental Control of Foundry Workshop and Application Example

REN Xianwei
(Luoyang Gucheng Machinery Co., Ltd., Luoyang 471023, China)

Abstract: In recent years, with the casting equipment to the acceleration of mechanization, automation and intelligent direction, foundry industry in high-end equipment of China, including smelting, molding and pouring of independent research and development and introduce the use of inputs, while improves the casting quality and production, also gradually change the previous people's perception of casting production and hot, dirty, tired and attitude. However, on the whole, most foundry enterprises still need to make further efforts in environmental governance, in order to continue to reduce the emission of pollutants in the production process, explore an innovation-driven road suitable for their own development, accelerate the pace of green foundry, and promote the industry transformation and upgrading and the realization of sustainable development goals. After analyzing the main sources of pollutants and their characteristics in the foundry workshop, the corresponding treatment approaches and methods were studied for the dust and noise pollution in the foundry workshop. The successful experience and improvement effect of environmental treatment in a foundry were mainly introduced.

Key words: foundry workshop; dust; noise; environmental control; green casting; sustainable development

从加工环境来看,铸造生产有别于冷轧、冷挤压和冲压等在低于再结晶温度下使材料发生塑性变形的冷加工成形工艺。不论是运用焦炭、电力还是天然气作为动能,铸造过程都是将金属等原材料熔炼、浇注,并在铸型中凝固冷却后获得具有一定功能要求的铸件热加工成形工艺。由于在铸造加工中伴随着对材料的加热、放热过程以及与之相适应的金属液处理、浇注、铸件落砂等一系列工序[1],都必然会给环境带来一定的影响。

在对铸造车间污染物治理的时候,需要重点关注和解决的是:悬浮的 PM2.5 及更细微的颗粒物与气态的有机混合物(如气溶胶)以及超过 85 dB(A)以上的噪声对生产场所和大气环境的污染[2]。即使很多铸造设备本身具备滤烟、除尘、降噪等功能,或者已经在车间局部加装了环保设备,然而大部分效果却十分有限。原因是各种铸造环保设备大多都是单独运行的,缺乏治理区域和设备之间的相互衔接,不能实现整体、全面与科学治污、标本兼治的效果[3]。

1　铸造车间主要污染物来源及其特性

在铸造生产过程中,常见的污染物主要有粉尘、烟气和噪声 3 大类[4]。在通常情况下,把直径尺寸<0.1 μm 的污染物称为烟气;大于 0.1 μm 则归

收稿日期:2020-03-25

作者简介:任现伟(1980-),河南洛阳人,工学学士,高级铸造工程师,机械工程师.主要从事铸造工艺和材料的研究、开发与应用方面的工作.电话:13525453437,
E-mail: lyrenxianwei@163.com

类为粉尘。在铸造车间,由于粉尘和烟气往往会在同一场所同时出现,也可被同一类环保设备同时进行治理,而且被治理后最终都呈现为大小不同的粉尘颗粒物,这些粉尘颗粒物的直径尺寸在治理前后又难以测量。故在以下分析中将这两种污染物全部归类为粉尘。

1.1 铸造车间粉尘来源及其特性分析

按照产生来源的不同,铸造生产中产生的粉尘可以被分为有机和无机两大类。树脂、涂料、固化剂等辅助材料以及熔炼、浇注设备和烘干窑产生的粉尘一般为有机粉尘;而硅砂、煤粉、膨胀土等混砂材料以及废钢、生铁、石灰石、增碳剂等炉料产生的粉尘一般为无机粉尘。这些粉尘分别又具有不同的物理和化学特性。

粉尘的物理性质有分散度、可燃性和荷电等,其中最为关键的是分散度的大小。分散度也被称为粒度分布,可用分组粒径的百分数表示。粉尘粒度越小,分散度越大,反之则分散度越小。从基础医学的角度分析,粉尘颗粒直径尺寸如果大于 10 μm,就很难直接进入人体,对人体不会造成太大的危害;铸造环保除尘设备的选用也主要依据粉尘颗粒物的分散度来确定。冲天炉或中频感应电炉相对于其他铸造设备产生的粉尘更为特殊,虽然大部分粉尘直径尺寸都在 50 μm 以上,但是仍有相当一部分的粉尘直径尺寸在 5 μm 左右,甚至局部不乏大量存在有 2 μm 以下的粉尘颗粒。因此,对于熔炼设备来讲,更需要使用高效率除尘设备清除直径较小的粉尘。

具有化学性质的粉尘主要是来自于铸造车间内使用的呋喃树脂、有机酯固化剂和二甲胺等化学制剂[5]。分散度高的粉尘颗粒小、比重轻,可以较长时间在低空中悬浮;经高温金属液作用的具有化学性质的粉尘毒性较大,而且随着其浓度的增加,对人体的危害性也会逐渐增强;同时,由于高温作用、表面的电荷作用、声波震动以及磁力等作用,使粒子互相碰撞后落下而发生大量凝聚。这些粉尘中含有大量游离态、化合态的 SiO_2。在未经环保设备处理的生产车间,喷丸室内的二氧化硅含量可高达 50%,混砂机处和感应电炉处的二氧化硅含量也可分别达到 40%和 15%左右。人们如长期处于大量铸造粉尘环境中,极易引发尘肺病等相关疾病。

此外,粉尘的危害与它的浓度密切相关。一般来讲,浓度越高,可吸入量越多,对环境的危害也越大;从原环境中脱离的、不易吸水和比重较小的固体微粒可能更易飞扬和长时间的悬浮在空气中,其浓度越高,引起污染的程度就越大,污染环境的速度也就越快。

1.2 铸造车间噪声来源及其特性分析

噪声是一种公害,具有公害的特性;同时,它作为声音的一种,也具有声学等特性。简单地说,噪声具有一切声学的特性和规律。但是噪声对环境的影响主要和它的强弱有关,噪声越高,影响也就越大。由于大功率空气压缩机、熔炼电炉、混砂机、抛丸机、砂轮机和研磨机等设备的使用,使得噪声的主要来源大部分都集中在压缩空气供应单元以及熔炼、混砂、喷丸和研磨等加工工序。一般铸造车间的噪声都要求控制在 85 dB(A)以下。如果噪声过大,在没有采取必要的防护措施下直接暴露在生产场所,就会让员工产生胸闷、烦躁症状,严重的可能导致身体机能失调,最终对听觉器官造成极大的伤害[6]。长时间在高噪声强度的环境中工作可导致操作性耳聋,即职业性耳聋。引起操作性耳聋的发病机理与暴露在噪声中的时间长度、噪音强度和频率直接相关。承受噪声时间越长、强度和频率越高,操作性耳聋的发病率也就越高[7]。

2 铸造车间粉尘治理

由于铸造车间的粉尘来源比较分散,整体治理起来难度很大。因此,只有在充分认识到粉尘的来源和特性后,才能有针对性的进行预防和治理。首先,要从铸造车间的各个工序的局部入手,对不同部位的污染物进行有针对性的防治;然后,再从整个铸造车间出发,做好整体和全面的污染治理。在环保设备的布置和改造过程中一定要做好各类除尘设备和治理区域的互相匹配和衔接工作,切勿因某个工序局部的改造不力影响整个车间全面的治理效果。

2.1 袋式除尘器的应用

袋式除尘器是一种干式滤尘装置,因其具有除尘效率高、处理风量大、适应性强、可以捕集不同性质的粉尘、便于粉尘回收、结构简单、工作稳定、维护简单等特点[8],能有效的分离铸造生产过程中的各类粉尘。袋式除尘器的工作原理是:从进风口进入的富含粉尘的气体,在挡风板的作用下,气流向上流动,流动速度降低,在惯性力的作用下,部分颗粒尺寸偏大的粉尘会被直接从气体中分离出来落入灰斗底部;当气体进入滤袋过滤区时,气体穿过滤袋,粉尘被阻留在滤袋的内表面,净化后的气体经出风口排出。袋式除尘器由于除尘效率高,基本不会造成二次污染,便于回收烟尘中的颗粒物等特点,在国内外烟气治理领域内的应用越来越广,几乎占到所用铸

造环保设备总量的80%。

根据铸造设备排放的烟气浓度、含尘气体的流量以及粉尘的分散度、性质、黏度、浸润性的不同,需要选择的袋式除尘器的种类和规格也不尽相同。因此,确定合适的袋式除尘器是治理烟气污染的关键[9]。选型计算的方法有很多,通常来讲,在计算前应清楚烟气的基本参数,如含尘气体的流量、浓度、性质以及粉尘的分散度等;在此基础上,就可以计算出处理气体量、过滤风速、气体阻力和过滤面积;再根据计算结果选择相应的设备类别和型号。某铸造车间在2019年技改中放弃了以往分散除尘的老旧设备,在浇注、落砂和研磨等工序均采用了袋式除尘器作为各类粉尘污染物的治理设备[10]。以下是某铸造车间浇注工序在选型前进行的计算过程和结果。

2.1.1 处理气体量的计算

计算袋式除尘器所需的处理气体量时,首先要明确工况条件下的气体量,即实际通过袋式除尘器的气体总量,并且还应加上除尘器本身的漏风量。这些数据是根据已有车间的实际运行经验或检测数据资料确定的。该铸造车间因为在浇注工序缺乏必要的参考数据,当时是按浇注过程中产生的气体量,再加上集气罩混进的空气量来计算的。浇注工序正常生产状态下,测量单位时间内需要处理的气体量为58 m^2,加上约30%的从集气罩混进的空气量,总的过滤面积为:58+58×30%≈75 m^2。

2.1.2 选取过滤风速

过滤风速的大小主要取决于含尘气体的性质和特点。脉冲袋式除尘器的过滤风速一般在1.2～2.1 m/s左右,多数反吹风袋式除尘器的过滤风速在0.8～2.0 m/s之间,玻璃纤维袋式除尘器的过滤风速约为0.5～0.8 m/s。因该铸造车间采用的是反吹风袋式除尘器,在结合了实际的铸造车间布局和以往的应用实践经验后,将过滤风速设定为1.2 m/s。

2.1.3 气体阻力计算

袋式除尘器的阻力主要有3个方面:①来自滤料的阻力,约为50～130 Pa;②来自滤袋表面上沉淀的粉尘层的阻力,约为未经使用的干净滤布阻力的4～6倍;③设备结构的阻力,即气体从进入除尘器直至排出除尘器过程中受到设备本身的阻挡而产生的阻力。需要特别注意的是,设备本身结构的阻力会随过滤风速的增大而提高。在已知过滤风速为1.2 m/s的情况下,求得气体阻力大体在130～250 Pa。由于该车间浇注工序的袋式除尘器采用了下进风方式,并在入口内部的前端加装了旋风离心装置;加之过滤风速不高,只有1.2 m/s;气流上升速度为0.9 m/s,接近公认的更能发挥除尘器使用性能的1 m/s。因此,将该袋式除尘器的气体阻力设定为计算值的偏下限,取值为140 Pa。

2.1.4 计算过滤面积和确定袋式除尘器的规格

首先,依据通过除尘器的总气量和预定的过滤速度计算出总的过滤面积。在总过滤面积确定后,又计算了单条滤袋的过滤能力。在此基础上,计算和确定了袋式除尘器的总体尺寸和规模。需要特别注意的是,在滤袋加工过程中,因滤袋要固定在短管或花板之上,甚至还要直立起来固定在袋帽上,所以滤袋两端一般需要缝制成双层,双层缝制的那一部分因阻力成倍的加大基本失去了过滤作用;有的滤袋中间还要安装固定环,同样这一部分也基本失去了过滤作用。

计算过程如下:在浇注工序,确定使用反吹风滤袋除尘器,滤袋直径为0.292 m,长度为3 m,其公称过滤面积为0.292×3.14×3=2.75 m^2,扣除上述没有过滤作用的0.22 m^2,其实际净过滤面积只有2.75-0.22=2.53 m^2。由此可见,某铸造车间浇注工序计算出的滤袋没有过滤作用的面积占到了滤袋总面积的8%0.22/2.75×100%=8%)。所以,在设计和选型中应特别注意其标出的过滤面积是指净过滤面积还是公称过滤面积。在已知需要处理的总气体过滤面积为75 m^2和单条除尘布袋的有效除尘面积为2.53 m^2后,计算所需的滤袋数量为:75/2.53=29.64≈30条。考虑到滤袋在滤袋室内的布局、过滤风速与气体阻力以及局部可能存在不易察觉的轻微漏风现象的影响和为了充分满足除尘需求,最终将其所需滤袋数量折合为32条。当然,如果是多滤袋室的除尘器,根据需要在确定了每个滤袋室的滤袋数目后,再据此计算出整个除尘器所需的滤袋室个数。具体的计算结果如表1所示。

表1 袋式除尘器的计算结果
Tab.1 Calculation results of bag filter

总过滤面积/m^2	风速/$m·s^{-1}$	气体阻力/Pa	滤室数量(个)	单条滤袋长度/m	单条滤袋过滤面积/m^2	滤袋数量(条)
75	1.2	140	1	3	2.53	32

适用于铸造车间环境治理的袋式除尘器的种类很多,如何做好选型工作是满足达标排放的关键。如设备规格选择过小会影响生产,无法满足环保要求;反之,又会造成不必要的浪费和损失。因此,其选型计算就显得特别重要。正确的计算结果可为选型做出重要的科学依据,从而有效地避免因选型不当造成的不匹配现象。

2.2 分室停风脉冲喷吹技术的应用

分室停风脉冲喷吹清灰除尘器由灰斗、上箱体、中箱体、下箱体等部分组成,其中上、中、下箱体为分室结构,并由可编程序控制仪对排气阀、脉冲阀及卸灰阀等进行全自动控制。清灰过程是先切断净气出口风道,使滤袋处于无气流通过的状态(分室停风清灰)。然后开启脉冲阀,用压缩空气进行脉冲喷吹清灰,在切断阀关闭的时间内,可以保证在喷吹后从滤袋上剥离的粉尘沉降至灰斗内,避免了粉尘在脱离滤袋表面后再次随气流附集到相邻滤袋表面的现象。分室停风脉冲喷吹清灰技术克服了常规脉冲除尘器和分室反吹除尘器的缺点,具有漏风率小、清灰能力强、排放浓度低、能耗少、除尘效率高和运行稳定可靠等特点。采用分室停风脉冲喷吹清灰技术后,喷吹一次就可达到清灰的目的,因而可延长喷吹清灰循环周期,降低清灰能耗和气压消耗;同时,也可相应减缓滤袋与脉冲阀的疲劳程度,从而成倍地提高滤袋与阀片的寿命;检修换袋也可在不停系统风机、正常运行条件下分室逐一进行。

中频感应电炉各工作部位产生的粉尘量和温度显著不同,且混杂有各种炉料熔化过程中产生的烟雾。加料过程中,主要是回炉料、废钢及生铁等产生的扬尘,要求粉尘不扩散、不污染电炉周边工作环境为标准,因此需要的风量不大。加电熔过程中,需要将炉料加热至熔化状态,经调整化学成分后,最终满足浇注要求的出炉温度[11];在这个过程中,要求烟尘能够被及时、足量排出,但又不至于带走过多的炉体热量以保证熔炼的循环周期;而在吹氧期间,不仅要求除尘系统能够迅速地将粉尘和废气排走,又必须保证炉体有合适的吹炼温度。因此,在加电熔过程中,对除尘系统的要求较多。进入还原期,吹氧告一段落,粉尘和烟气量会逐渐减少,需要的风量也会随之降低;在出炉时,主要排放物则是包括碳元素在内的化学元素烧损产生的烟气和少量扬尘,需要的风量也不会很大。

某铸造车间在中频感应电炉上采用分室脉冲喷吹清灰技术制作的除尘设备。在该除尘设备上辅以布袋除尘器[12],采用下进风、中过滤、上出风的顺流工作原理,在显著增强了除尘效果的同时,大大降低了设备自身的阻力,克服了常规分室和脉冲除尘器的缺点,使得该电炉除尘设备涵盖了国内外除尘实用技术和实践经验积累。在电炉除尘器系统上配备了前仰后翻式液压翻转罩和炉前旋转式球化侧吸尘罩,用来解决熔化、调整化学成分、保温、出炉和冲入法球化时产生的大量烟尘[13]。同时,又在电炉除尘设备前端增加了旋风除尘器和冷风器,针对性的对电炉工作过程中产生的大量烟气进行火花捕捉和降温,以保证进入电炉除尘器的烟气没有明火,温度也可以得到充分的降低,保证了进入电炉除尘器的烟气温度低于150 ℃,避免了对常温针刺毡除尘布袋的损伤和发生火险隐患。他们还通过活动接头将每套电炉的吸尘罩连接到了除尘设备的主管路上。粉尘经过除尘器过滤后从主管路上落入料斗中,然后定时从料斗中卸出收集的粉尘颗粒物。与此同时,经过过滤的洁净气体通过烟囱和风机可以直接排放到大气中。经过该除尘设备过滤后,排放到大气中的污染物排放浓度均能符合GB16297-1996《大气污染物综合排放标准》的基本要求,同时满足T/CFA 030802-2-2017《铸造行业大气污染物排放限值》要求中的1级排放级别。在生产过程中经持续监测,每平方米的各主要污染物和颗粒物的实际排放浓度均低于该标准的限定毫克数。

3 铸造车间噪声治理

铸造车间的每一道工序几乎都会产生噪声。如果噪声强度在正常的范围内,在做好适当的劳动防护的前提下,对听觉器官是不会造成损害的。相对来说,首先需要治理的是声级强度高、频率广、持续时间长的噪声[14]。第一类为机械噪声,如:射芯机、造型机、震动落砂机、喷丸机和打磨用砂轮机等机械设备作业时因摩擦、碰撞而发出的噪声;第二类为空气动力噪声,如:鼓风机、通风机、风动砂轮等设备进、排气发出的噪声。

3.1 消声法

针对射芯机、打磨用砂轮机以及风机排出的噪声,可以在其周围安装碳钢或不锈钢消声器用来消除空气动力性噪声,消声器在允许气流通过的同时还可以减弱气流再生噪声。如风道消声器是一种通过共振腔与管道开孔相联而成的结构,当声音在管道中传播至共振腔内小孔的交点处时,声阻发生突变,一部分噪声能够被反射回去,另一部分则被传入共振腔和共振腔小孔内;在声压作用下,小孔内的空气柱会产生振动从而消耗声能。在共振频率及其周围,空气柱的振动速度会达到峰值,因此消耗的声能最多、消声量也最大。某铸造车间在热芯盒射芯工位和砂轮机打磨室内分别安装了耐粉尘、耐高温、耐腐蚀的高压排气不锈钢消声器,该消声器具有对气流的阻力小、阻力系数低等优点,在实际生产过程中起到了有效的消声效果。经长期反复测量,射芯工位和砂轮机打磨室外的噪声分别平均为80 dB(A)和55 dB(A)。

3.2 隔音法

隔音法是将多台同功能、同类型、使用在同一工作范围内的设备,归拢安置在同一相对密闭的具有隔音效果的空间内,是减少和降低总体噪音的一种方法。某铸造企业在压缩空气供应单元将4台不同型号的压缩空气机全部集中安装到了距离铸造车间仅一路之隔的机房内,并在机房内靠近压缩机主机的部位设置了丁基橡胶类型的止震板,有效的降低了压缩机运行过程中因机械传动和震动发出的噪声。在这4台压缩空气机全部开启正常运行的情况下,对噪声进行了多次测量和对比,基本都在70～95 dB(A)。

4 整改建议

某铸造车间虽然在环境治理方面取得了一些值得肯定的成效,但是从车间整体出发,并没有真正做到将所有对环境有影响的污染源部位进行全方位的治理。建议从以下几个方面采取对策,继续加以改善。

(1)虽然在压缩空气供应单元采用了隔音法后,有效的降低了压缩机运行时产生的噪声,但是测量出的最高噪声值有时候已经超过了85 dB(A)。下一步,考虑在压缩空气供应单元的墙壁和天花板上安装浅色吸音棉作为隔音材料,进一步降低噪。

(2)部分通风除尘管道的弯道半径设计过小,不仅严重制约了气体流经管道内的风速,而且加剧了粉尘中颗粒物对弯道的冲击与磨损,长期高负荷的运行可能导致该部位被磨穿产生泄露风险[15]。因此,也要进行设计变更,如增大弯道半径。

(3)通过长期的观察,发现有些噪声是人为造成的。如员工把铸件从一个周转箱转移到另一个周转箱时,存在远距离抛扔铸件的现象,这一现象在某些工位已经成为了一种习惯,致使铸铁件在相互碰触时发出清脆、持久的撞击声。因此,需要对员工进行教育,避免撞击声污染的同时,也可减少铸件磕碰伤缺陷的产生。

(4)尽量找出整个车间所有的污染源,有针对性地进行改造。如铸件连同回用砂在进入落砂滚筒的加水工位前,在流转过程中沸腾起来的粉尘、回炉料输送过程中扬起的粉尘等等,虽然这些污染并没有超出标准要求,但也必须给予充分重视。

(5)从总体上考虑如何将车间内分散的各类环保设备,有机地连接为一个网络整体[16],实现全面和科学治污,达到标本兼治的效果,同时减少日常点检、保养、维护和管理的耗时与成本。

5 结束语

只有在充分认识了铸造车间环境污染物的来源和特性的基础上,结合已有的车间实际环境治理经验进行总结分析后,才能有针对性的对污染进行预防和治理。对于环境治理的薄弱环节和不足之处,要成立专门的整改小组,研究对应的方案和措施。要特别注意环保设备选型工作的重要性和科学性,通过系统计算、评审和借鉴以往成功经验的前提下确定设备的类别和型号,避免选型不当造成后期大量变更所带来的损失。整改完成后,要在实际运行过程中验证环境治理效果。只有这样,才能真正将所有对环境有影响的污染源部位进行全方位的治理,促进可持续发展目标的实现。

参考文献:

[1] 吴继忠. 中国铸造业的环保问题 [J]. 铸造,2009,58(10):1038-1040.

[2] 魏华胜,周锦照,陈润莲. 铸造车间砂处理机械化系统的除尘及噪声治理[J]. 华中理工大学学报,1993(5):113-115.

[3] 任现伟. 铸造企业发展趋势与发展战略的研究分析 [J]. 企业改革与管理,2019(13):217,219.

[4] 胡建人,何芝梅. 铸造工艺和型砂对环境的影响[J]. 铸造,2004(12):1035-1039.

[5] 朱纯熙,何芝梅,卢晨. 铸造工作者应重视二恶英和呋喃的环境污染问题[J]. 铸造,2002(8):502-504.

[6] 李晖,赫丽莉. 铸造生产噪声对工人健康影响的调查[J]. 齐齐哈尔医学院学报,2006(9):1097-1098.

[7] 王晓辉,赵扬,贾海波. 铸造厂噪声作业工人职业健康检查的结果分析[J]. 中国医药指南,2017,15(24):287-288.

[8] 鲁永杰. 铸造行业绿色铸造技术发展战略 [J]. 铸造,1999(S1):70-76.

[9] 刘洪,周恩俊. 小型树脂砂铸造车间通风除尘的改进措施[J]. 现代铸铁,2014,34(2):57-60.

[10] 李转宁,李梦兰,曾静,等. 某机械制造厂铸造车间通风除尘技术研究[J]. 企业技术开发,2017,36(12):48-50.

[11] 任现伟. 铸铁车间应用中频感应电炉的策略分析 [J]. 中国铸造装备与技术,2019,54(5):9-11.

[12] 李怀明,秦洪建,刘新江. 浅析铸造车间除尘系统设计及除尘设备选择[J]. 机械工业标准化与质量,2015(7):20-24.

[13] 姚雪飞. 浅谈铸造车间通风除尘设计分析 [J]. 世界有色金属,2016(9):186-187.

[14] Matthew F. Kluesener,石岩. 铸造车间里的噪声控制[J]. 黑龙江冶金,1995(1):34-36,13.

[15] 任现伟. 通风除尘设备在铸造车间的实例应用 [J]. 设备管理与维修,2019(14):113-114.

[16] 任现伟. 基于ERP系统的铸造企业管理创新研究 [J]. 企业改革与管理,2019(15):32-33.