

浅析铸造车间除尘 系统设计及除尘设备选择

机械工业第六设计研究院有限公司□李怀明 秦洪建 刘新江

摘 要 本文通过对目前大多数铸造车间设备除尘存在的问题进行分析,提出除尘系统设计及除尘器选用的一些见解,并给出了铸造车间整体环境治理的一些办法,对于铸造车间的通风除尘设计具有一定的借鉴意义。

关键词 铸造车间 通风除尘 系统划分 系统设计 除尘器

随着各级政府推出的环保法律法规要求、居民环保意识的增强以及企业社会责任意识的逐步强化,近些年来我国铸造企业环保设施的投入以及环保设施的档次均有所提高,少数单位环保设施和投入已达到国际先进水平。但还必须清醒地认识到我国整体铸造企业的环保设施现状,多数小型铸造企业为了应付环保部门检查,简单配备除尘设施,事实上基本不开,造成污染严重。

在工业发达国家,铸造厂用于环境保护的投资占整个铸造厂设备投资的20%~30%,而我国只占约5%~8%,有相当多的企业甚至不足3%。据测算,以气态污染物为例,我国铸造行业每年排放废气约380亿 m^3 ,粉尘排放约190万吨。因为工艺的差别,铸造行业的生产过程的烟气成份非常复杂,除各类粉尘外,另含有二氧化碳、一氧化碳、硫化物、氮氧化物、苯胺等化学类烟尘等。总体来说,目前我国铸造行业大多数生产过程的烟气排放难以稳定地达到国家规定的排放标准,污染十分严重。我国铸造行业“十二五”发展规划要求大幅度降低铸造能源消耗,减少铸造企业的废物、废气排放;在“十一五”基础上,节能10%,减排15%。因此,行业除了应加大结构调整力度外,还要依靠科技、创新机制,大力发展环境科学技术,以技术创新

促进环保工作的进步。大气污染物的控制与治理,已是关乎铸造行业发展的生死存亡的重大问题。

1 铸造车间的尘源

(1) 熔炼过程(冲天炉、中频感应电炉、电弧炉、精炼炉等)产生的生产性烟尘。

(2) 旧砂再生过程(破碎、筛分、冷却)中产生的生产性粉尘,芯砂烘干过程中产生的生产性粉尘:

- 1) 混砂机混砂时产生生产性粉尘;
- 2) 铸件浇注时大面积散发热蒸汽及少量 CO 、 CO_2 等有害气体;
- 3) 铸件抛丸清理时产生粉尘;
- 4) 砂轮机打磨铸件时产生粉尘。

2 铸造车间除尘设备选用原则

(1) 应根据国家排放标准,粉尘的起始浓度、分散度、密度、工况比电阻、亲水性、粘性、毒性、爆炸性以及气体温度、湿度、化学成分等物理化学特性等因素合理选用除尘设备及其过滤材料。保证含尘气体经过除尘设备净化后达标排放,标准要求高的地方,要选用高效率的除尘设备。

(2) 如除尘设备入口粉尘浓度大, 要求选用高效率的除尘设备, 甚至可以考虑除尘设备的多级串联使用。

(3) 选用的除尘设备在使用中不应产生二次污染。

(4) 在寒冷地区, 湿式除尘器不应室外布置, 否则应采取保温或加热措施。

(5) 要结合铸造车间工艺设备的布置特点及操作要求来选用除尘设备, 整个系统必须结构简单, 运行可靠和维修方便, 还要考虑设备投资、运行管理费用和使用寿命。

(6) 理想的除尘设备必须用处理烟气量的大小, 压力损失的大小和除尘效率的高低来综合衡量。

3 除尘技术的发展

一般用于空气烟尘处理的除尘器包括惯性除尘器、旋风除尘器、水膜除尘器、文丘里管除尘器、静电除尘器和袋式除尘器。其中, 由于除尘效率及设备投资等因素的影响, 惯性除尘器、旋风除尘器等机械式除尘设备在高效除尘场合已经基本不再使用, 水膜除尘器和文丘里管式除尘器的应用也比较少。静电除尘器除尘性能受粉尘比电阻的支配, 一般来说, 粉尘的比电阻值在 $10^4 \Omega \cdot \text{cm} \sim 5 \times 10^{10} \Omega \cdot \text{cm}$ 属正常操作范围, 如低于此范围则易产生再飞扬, 而高于此范围则易发生反电晕现象, 并使除尘性能下降。由于粉尘比电阻与粉尘化学成分直接相关, 所以静电除尘在某些场合不能适用。而袋式除尘器由于其除尘机理使得其不仅除尘效率很高, 而且不受粉尘化学组成、颗粒分散度等因素的影响。因而世界上高效除尘技术越来越倾向于使用袋式除尘。

4 铸造车间常用除尘器类型

目前铸造车间常用除尘器类型有: 湿法除尘

(冲天炉除尘、新砂烘干除尘), 如喷淋除尘器、水膜除尘器、水浴式除尘器、泡沫除尘器、冲激式除尘器、自激式除尘器等; 各种旋风除尘器; 袋式除尘器。

湿法除尘器结构简单、可耐高温、占地面积小、制作成本低, 但由于烟气与水并不浸润, 虽然经过水浴处理, 仍有烟尘被排入大气, 因而满足不了环保要求。当冲天炉采用湿法除尘时, 烟气中的氧化物与水作用生成微酸, 特别是某些企业炉料中加入萤石还会产生一定量的氢氟酸, 对金属形成了一定腐蚀性, 影响除尘设备及整个系统的使用寿命。另外, 存在用水量增加、冬天结冰、水的二次污染、下水道堵塞、沉淀淤泥难以清除等问题, 冲天炉湿法除尘系统在 20 世纪末已被淘汰并被禁用, 但在多数中小型企业中还是较为常见。

旋风除尘器体积小、结构简单; 虽然造价低、阻力小, 但只能适用于大颗粒物的分离, 而小于 $10 \mu\text{m}$ 的粉尘则继续排入大气, 造成污染。所以, 它耗电虽少, 但排放的粉尘浓度达不到国家规定的要求, 因此, 单纯采用旋风除尘器根本满足不了环保要求, 应该被禁用。

20 世纪 80 年代后期, 袋式除尘技术在我国得到了开发和应用, 但由于当时的除尘器结构、零部件质量、滤料适用性受限等原因, 导致袋式除尘系统使用寿命短、清灰效果差、滤袋易板结和烧坏, 造成滤袋调换频繁, 运行成本很高。20 世纪 90 年代初, 国内开始引进国外工业炉窑排放治理技术与装备, 同时自主研发成功了各种高温滤料和常温滤料, 袋式除尘技术有了长足的进步, 但由于系统设计、粉尘捕集方式、装备制造质量等原因, 与国外相比仍有较大差距。

国家“十一五”科技支撑计划“绿色制造关键技术与装备——机电行业重点污染控制技术与装备”的“工业炉窑高效袋式除尘装置技术及

成套设备研究”项目，高度关注不断趋严的环保标准（把颗粒物排放指标目标定为 $\leq 30\text{mg}/\text{Nm}^3$ ），结合资源再生，采用先进适用技术，使袋式除尘技术又得到了提高。经检测，其排放烟尘浓度 $\sim 20\text{mg}/\text{m}^3$ ，达到了国际先进水平。另外随着滤料的不断发展，如新型烧结板的开发和投入使用，可使经过该种滤料的除尘器后的空气中含尘浓度保持在 $5\text{mg}/\text{m}^3$ 以下（经监测颗粒物排放浓度为 $1.35\text{mg}/\text{Nm}^3$ ），净化后的空气可直接排放在车间。

5 铸造车间除尘设计应注意的问题

(1) 车间位置

工厂总体设计时，在兼顾布局合理、物流顺畅的前提下尽可能地将污染源最多的铸造车间设计在整个厂区的下风口。

(2) 预留除尘设备位置

车间平面布置时应在满足产量和工艺流程的前提下同时结合建筑、结构和防尘等要求综合考虑，在合适的位置留出除尘设备的位置。

(3) 密闭尘源并进行整个车间的环境治理

对于扬尘较多的区域，尽可能将污染源密闭。例如最近几年的铸造车间在设计时，尽量把熔化、落砂、砂处理及清理工部与车间其他部分隔开，布置在单独的厂房内，防止车间内互相污染，把尘源分散的浇注、切割浇冒口和清理区域通过合理的工艺路径设计，相对集中布置，以便设置集中的除尘设施。

车间各跨采用自然通风与机械强制排风相结合的方式，通过设置天窗和屋顶风机以保证车间换气次数的要求。为了防止气流倒灌入车间，屋顶天窗在可能的条件下尽量设置挡风板。

经调研，紧靠屋顶轴流风机达到整个车间通风换气比较困难，这是因为粉尘随气流上升的时在自身重力作用下，在车间的 $7\text{m}\sim 9\text{m}$ 高度时达到了平衡，形成了悬浮层，经大量的实验和气流

模拟发现，屋顶天窗（或屋脊通风器）由于抽力更大，很容易将粉尘排出。但是在冬季，特别是在寒冷地区，当门窗封闭时，车间没有进风，天窗一样不起作用。因此最近在车间设计时，引入送新风系统，通过合理设置天窗和屋顶风机改善车间环境，但在寒冷地区需考虑新风的加热。

为了解决冬季新风加热能耗增大的问题，目前国内几个先进的除尘厂家推出了除尘工作站，除尘工作站靠气流自上而下，形成一个气流循环，可以覆盖一定面积的工作区域进行空气净化，经除尘工作站净化的空气，粉尘排放浓度可达 $5\text{mg}/\text{m}^3$ 以下。

(4) 合理划分系统

系统划分应便于管理运行和安全生产。同时工作、粉尘性质相同，可合用一个通风除尘系统。但目前有些企业看到，从落砂、砂再生到再生后的旧砂斗，就一套除尘系统，导致系统风量很大。落砂机能力远远大于后续的砂再生能力，造成落砂时间短，再生时间长，整个除尘器一直处于工作状态。虽然一次投资是少了很多，但日常运行费用却浪费了很多。

合理地划分系统，是铸造车间除尘系统设计的关键环节。

(5) 正确的系统设计

根据环境保护部 2013 年公布数据，按照环保产品、环境服务和资源循环利用等大环保的分类方法，我国环保产业从业机构约 2.4 万家，粗略估计目前全国从事与铸造除尘的企业数千家之多。然而这数千家企业中对除尘系统设计又是良莠不齐。

目前铸造车间除尘设备制造和安装千差万别，大部分现场现买钢材、现场卷圆、焊接、制作、安装，除尘管路任意连接，也有在除尘公司制作好，现场安装的。一些优秀企业是在公司制作、装配、试车后再拆装送往安装现场的。还有在大多数安装现场未看到除尘系统图和安装图

的,更不用提系统设计了。

一个完整的除尘系统是需要详细计算每段的阻力、连接三通的阻力以及阻力平衡计算,通过调整管径的办法使系统阻力达到平衡,确定合适的风机全压,从而保证系统稳定、节能运行,平衡状态不仅能保证各并联支管的风量要求,而且可尽可能不装设调节阀门,对减少系统阻力和降低系统造价也较为有利。设置调节阀门多利少,不仅会增大系统阻力,而且会增加管内积尘,甚至有导致风管阻塞的可能。

对于每个扬尘点,尽可能设置密闭或半密闭除尘罩,以减少系统处理风量,另外选择合适的过滤风速,以达到节能效果。传统布袋除尘器,过滤风速不宜超过 1.2m/min ,但最近国内引进开发一些新型布袋除尘器,在系统设计合理的前提下,可适当提高过滤风速。例如某企业中频炉的除尘过滤风速为 $1.1\text{m/min}\sim 1.3\text{m/min}$,粘土砂处理除尘系统的过滤风速 $1.5\text{m/min}\sim 1.6\text{m/min}$,树脂砂的砂处理除尘系统的过滤风速甚至达到 $1.7\text{m/min}\sim 2\text{m/min}$ 。

(6) 合适除尘器结构形式

目前铸造车间使用的袋式除尘器(主要是长袋)主要有:机械振打式(多用于小型除尘器)、反吹风式、脉冲喷吹式等。早期的机械振打式除尘器滤袋使用天然纤维,由于清灰效率低,振打结构复杂,且容易损伤滤袋,应用受到较大限制。反吹风袋式除尘器曾广泛使用,但因其清灰能力差,过滤风速低,运行阻力大,维护工作量大,特别是耗钢量大,相当一段时间内很少使用。随着对除尘效果监测、清灰机理的认识的逐步变化,近年来认为,反吹风清灰压力小,可充分利用布袋表面的粉饼层,使排放浓度稳定,因此,反吹风清灰方式目前又逐渐增多。脉冲袋式除尘器因属强效清灰型,清灰效果好,过滤效率高,设备阻力相对低,其结构为单元模块式组合,可灵活布置,运行管理自动化控制水平高,

经过多年的实践和改进提高,目前应用最为广泛。但此类除尘器滤袋使用时间均不长,且换袋较为困难,受换袋高度限制,长袋式除尘器很难在车间内布置。见图1。

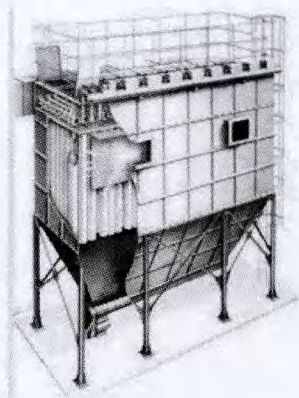
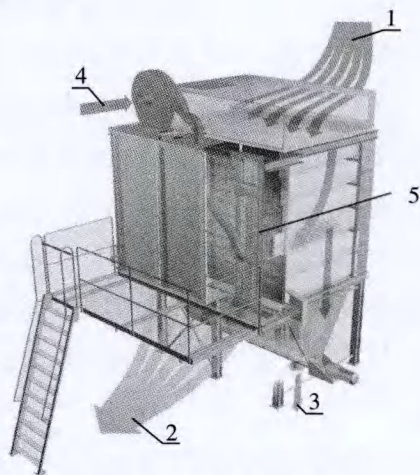


图1

旁插式扁袋除尘器,是近年来发展起来的新型袋式除尘器,扁布袋结构,便于室内布置,旁插换袋方便,且不受室内空间高度的限制,除尘器一般上进气,下排气,顺流外滤式,除尘效率高,结构紧凑,处理风量大,与长袋式除尘器相比占地面更小,维修量小,运行安全稳定可靠等,因此2014年来在铸造车间应用逐步广泛,有脉冲式喷吹清灰和反吹风离线清灰两种方式,如图2所示。



1-含尘气体; 2-洁净气体; 3-废灰;
4-大气反吹; 5-移动小车

图2

另外筒形折叠式脉冲除尘器（滤筒式除尘器），如图3所示，在铸造车间也一度大规模推广应用。根据使用情况结合铸造车间粉尘性质，最终检验为效果较差。这是因为铸造车间生产时粉尘浓度大、磨琢性较强、比重较大等，滤筒褶皱间灰尘难以清除，减少了有

效过滤面积，从而增大除尘器运行时过滤阻力，降低系统风量，影响除尘点的排风效果，造成扬尘点灰尘外溢，恶化车间环境。同时这种情况还会造成滤料两侧的压力增大，严重时甚至可以造成滤筒的破坏，因此不建议在铸造车间使用。



图3

6 除尘器的日常管理和维护

优秀的系统设计、一流的除尘设备是必要的前提条件，除尘器的日常管理和维护是车间除尘系统正常运行的重要保障。

现在多数企业只简单地注重生产，对工艺设备的日常维护都粗枝大叶，对配套的公用设备基本不检修和维护，因此建议铸造企业加强除尘系统日常维护管理，制定详细的设备维护规程及维护检查制度，并在除尘器的操作规程中明确清灰周期及操作方法，保证除尘系统的正常工况。建议有条件的企业购置少量测试工具，比如风速仪、压差计和皮托管等，设专人定期对通风除尘设备进行测试，这样可以准确把握设备运行的真实状况，及时解决一些常见的除尘问题。

目前一些有实力的环保设备企业逐步扩展业务链，与铸造企业搞联合生产，铸造企业在购买某家除尘设备后，除尘厂家派人到现场进行日

常维护管理和清灰，铸造企业付劳务费的方式，充分利用了环保企业的技术优势，在无锡等几个铸造企业这种合作模式效果较好。

7 结论和建议

铸造车间除尘系统的设计、除尘设备的选用是个复杂的系统工程，随着环保要求的日益严格，铸造车间除尘系统的改造升级是未来大多数企业所面临的一项重大任务，如何做好这项工程，笔者认为要做到以下几点：

(1) 合理划分除尘系统，注重系统设计，选择合适的除尘厂家及除尘设备，合理权衡一次投资和日常运营的关系；

(2) 注重车间整体环境的改善，除了固定工位的通风除尘外，还要对整个车间的环境进行治理；

(3) 理性选择新技术、新设备和新材料。

(收稿日期：2015-06-03)