

悬浮焙烧炉内嵌逆流柱型风帽阻力特性研究

王一同^{1,2}, 高鹏^{1,2,3}, 唐志东^{1,2,3}

1. 东北大学资源与土木工程学院, 辽宁沈阳110819;
2. 难采选铁矿资源高效开发利用技术国家地方联合工程研究中心, 辽宁沈阳110819;
3. 东北大学轧制技术及连轧自动化国家重点实验室, 辽宁沈阳110819

中图分类号: TD45; TF57 文献标识码: A 文章编号: 1001-0076(2023)03-0075-07
DOI: 10.13779/j.cnki.issn1001-0076.2023.03.008

摘要 采用床层压降—气量法, 系统地开展了内嵌逆流柱型风帽在悬浮焙烧炉运行过程中的阻力特性研究。通过冷态实验探索了风帽数量以及风帽芯帽管小孔数量对内嵌逆流柱型风帽布风装置阻力特性的影响, 并根据相似理论推导出不同温度条件下内嵌逆流柱型风帽的阻力特性。结果表明: 内嵌逆流柱型风帽布风装置的阻力随着风帽数量和风帽芯管小孔数量的增多而减小, 颗粒临界风量随着矿石颗粒粒度的增大而增大, 而矿石床层高度对临界风量的影响较小, 研究结果为悬浮焙烧炉工业化生产过程中操作参数的设计及优化提供了理论和数据支撑。

关键词 悬浮焙烧炉; 内嵌逆流柱型风帽; 阻力特性; 临界风量

铁矿资源^[1]是人类工业发展和国家建设的基础, 是推动我国经济建设可持续发展的物质保障, 充分利用矿产资源问题已经成为关系中国经济发展和现代化建设全局的重中之重。我国铁矿资源禀赋差、富矿储量不足3%、平均全铁品位为34.5%, 远低于世界平均水平。截至2022年, 我国查明铁矿资源储量达852.19亿t, 但复杂难选铁矿资源所占比例较高, 仅微细粒赤铁矿、褐铁矿、菱铁矿等典型复杂难选铁矿石储量达200亿t以上^[2], 采用常规的磁选与重选技术^[3-4]难以获得较好的技术经济指标。基于以上现状, 东北大学提出了复杂难选铁矿石“预氧化—蓄热还原—再氧化”磁化焙烧预处理新理念, 形成了复杂难选铁矿石预富集—悬浮磁化焙烧—磁选联合新工艺, 并研制了实验室型、半工业及工业型悬浮磁化焙烧装备, 完成了我国鞍钢、酒钢、辽宁三和、海南矿业和塞拉利昂、阿尔及利亚等20余种矿石实验室及半工业实验, 均获得了良好的焙烧效果和分选指标^[5-6]。

虽然悬浮磁化焙烧技术^[7-9]实现了贫杂赤铁矿、菱铁矿、褐铁矿^[10]等复杂难选铁矿资源的高效利用, 并且具有良好的分选指标, 但是在悬浮炉工业化生产中还存在一些问题亟待解决, 如床料混合不均匀、布风装置漏渣、风帽易受磨损等。这些因素会影响悬浮

焙烧炉的稳定运行及焙烧效率。内嵌逆流柱型风帽^[11-14]布风装置具有良好的强度和刚度, 在悬浮焙烧炉运行过程中对布风板上层矿石物料具有良好的支撑性; 内嵌逆流柱型风帽布风装置的阻力特性不仅能使其均匀密集地分配气流, 还能使出口气流具有较大的动能, 这些优点使悬浮焙烧炉内矿石物料具有良好流态化效果, 从而使矿石物料的还原反应更加充分; 另外因内嵌逆流柱型风帽布风装置阻力产生的压降能够避免矿石物料倒流到风室, 解决了悬浮焙烧炉漏渣问题。但内嵌逆流柱形风帽布风装置的阻力大小需适中, 若阻力过大, 则风机电耗过大增加成本, 若阻力过小, 则会产生漏渣和流化不均的现象, 因此开展不同参数情况下内嵌逆流柱型风帽布风装置的阻力特性研究, 可为悬浮焙烧炉工业化生产过程中操作参数的设计及优化提供理论和数据支撑。

1 实验装置与研究方法

1.1 实验装置

本文自行搭建了一套可视流态化焙烧冷态实验系统, 整个装置由流态化腔室主体系统、气体供给系统、压力采集系统、除尘系统4部分组成。实验所用

收稿日期: 2023-04-25

基金项目: 国家自然科学基金(52130406, 52104251)

作者简介: 王一同(1997—), 男, 硕士研究生, 研究方向为难选铁矿的高效清洁利用。

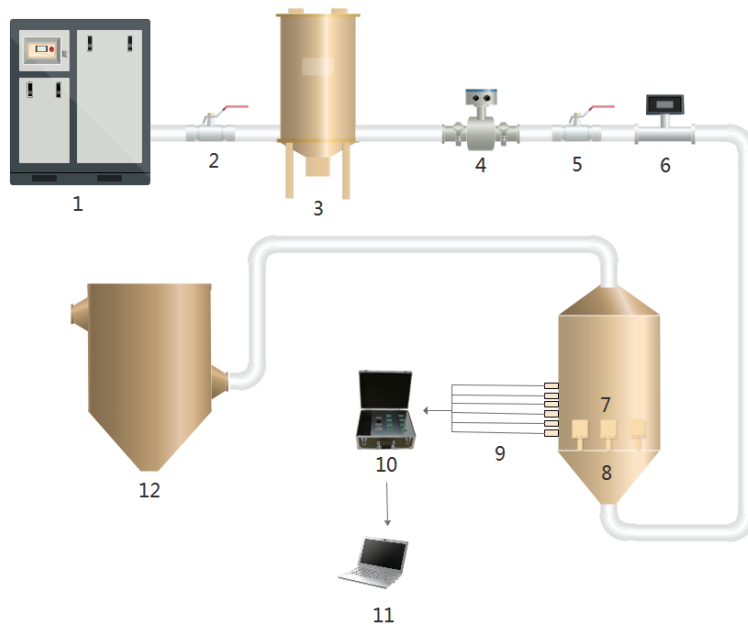
通信作者: 高鹏(1982—), 男, 教授, 博士生导师, 主要从事复杂矿产资源高效利用技术研究。

流态化腔室主体系统分为玻璃腔室、布风板和风室 3 部分三者通过法兰结构连接。玻璃腔室长×宽×高为 390 mm×390 mm×1 500 mm, 在玻璃腔室一侧距底部 133 mm 处轴向设置 6 个间隔 100 mm 的测压螺纹孔(所测压降为最高点与最低点的静压损失), 两侧分别设进料口和出料口, 进料口为 120 mm×120 mm, 出料口为 116 mm×116 mm 的盲板结构, 风帽芯管内径 20 mm, 风罩内径 50 mm, 芯管小孔内径 2 mm, 每排芯管小孔周向等距开设 6 个, 风帽外罩周向等距开设 8 个内径为 2 mm 的小孔。气体供给系统为螺杆式空气压缩机, 提供的压缩空气最大压强可达 0.7 MPa, 压缩空气经储气罐、稳压阀和转子流量计进入反应器。

压力采集系统包括差压变送器(CGYL-300b 型压力传感器, M20×1.5 外螺纹)和 CGCJ-800 多功能信号采集箱, 差压变送器将测量得到的压力信号转化成电信号, 多功能信号采集箱将电信号与数字信号进行转换, 并将转换所得的数字信号送入计算机进行分析得到最终的压差信号。冷态实验装置如图 1 所示, 流态化腔室主体系统如图 2 所示。

1.2 实验原料

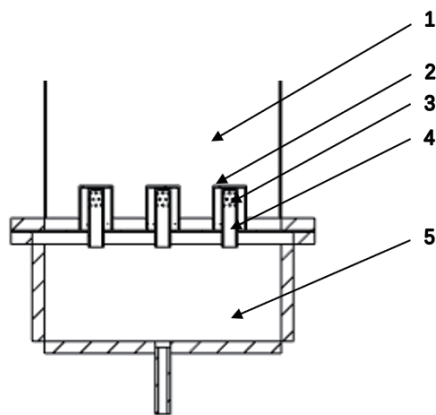
实验所用的 A、B、C 和 D 四种铁矿石分别取自海南、云南、内蒙古及山西。四种铁矿石平均粒径分为 0.061、0.093、0.141、0.166 mm, 实验所用气体为压缩空气。表 1 为实验物料的物理性质。



1—空气压缩机; 2—控制阀 1; 3—储气罐; 4—稳压阀; 5—控制阀 2; 6—转子流量计; 7—内嵌逆流柱型风帽; 8—风室; 9—压力传感器; 10—压力信号采集箱; 11—计算机; 12—除尘装置

图 1 冷态实验系统示意图

Fig. 1 Schematic diagram of the cold state experimental system



1—流态化腔室; 2—风罩; 3—芯管小孔; 4—芯管; 5—风室

图 2 流态化腔室主体结构示意图

Fig. 2 Schematic diagram of the main structure of the fluidization chamber

表 1 实验物料的物理性质

Table 1 Physical properties of the test materials

固体物料	粒度 /mm	体积平均 粒径/mm	真密度 / $(\text{kg}\cdot\text{m}^{-3})$	表观密度 / $(\text{kg}\cdot\text{m}^{-3})$	堆积密度 / $(\text{kg}\cdot\text{m}^{-3})$
A	-0.074+0.053	0.061	3 250	1 530	1 750
B	-0.106+0.074	0.093	3 310	1 680	1 360
C	-0.15+0.106	0.141	3 894	2 560	1 890
D	-0.18+0.15	0.166	3 562	1 890	1 627

1.3 操作方法

本实验采用床层压降—气量法, 系统地开展了内嵌逆流柱型风帽在悬浮焙烧炉运行过程中的阻力特性研究。操作方法为: 首先打开空气压缩机和压力采集系统, 检查系统是否漏气并对压力采集系统进行标

定,检查完毕后打开控制阀1和2,气体经空气压缩机进入储气罐中然后通过稳压阀、转子流量计进入流态化腔室中,稳定3 min后,打开开关,压力信号采集箱将采集的压力信号转化为数字信号储存在计算机中,再由计算机计算出流态化腔室内物料床层上下的压力损失即压降。采集时间为10 s,采集间隔为0.0125 s。关闭空气压缩机和压力采集系统,清空腔室内物料,对所得数据进行分析,采用降速法,根据测定床层压降与流化风量的关系曲线计算得出不同条件下流态化腔室内物料达到初始流态化状态所需的流化风量(临界风量)。

1.4 数据分析方法

根据工程上的阻力计算公式得出风帽阻力系数 ξ :

$$\Delta P = \xi \frac{\rho v^2}{2} \quad (1)$$

式(1)转换得:

$$\xi = \frac{2\Delta P}{\rho v^2} \quad (2)$$

式中: ξ 为风帽阻力系数; ΔP 为风帽阻力,Pa; v 为风帽出口平均流速,m/s; ρ 为流过风帽的介质密度, kg/m^3 。

据王文仲等人^[15]给出的风帽阻力系数研究方法,本实验流态化腔室内的物料流动可视为不可压缩黏性流体的稳定等温的有压运动,实验考虑雷诺数 Re 准则,即 $(Re)_{\text{冷}}=(Re)_{\text{热}}$,同时也必然满足欧拉数 Eu 准则 $(Eu)_{\text{冷}}=(Eu)_{\text{热}}$ 。

$$Re = \frac{\rho v l}{\mu} = \frac{v l}{V_0} \quad (3)$$

式中: μ 为流过风帽的介质动力黏性系数, $\text{Pa}\cdot\text{s}$; l 为风帽出口小孔的特征长度,m; V_0 为流过风帽的介质运动黏性系数, m^2/s 。

$$Eu = \frac{\Delta P}{\rho v^2} \quad (4)$$

根据 $(Re)_{\text{冷}}=(Re)_{\text{热}} \rightarrow (Eu)_{\text{冷}}=(Eu)_{\text{热}} \rightarrow (\xi)_{\text{冷}}=(\xi)_{\text{热}}$ 可通过冷态实验得到的风帽阻力系数,再得到热态工况下的风帽阻力系数 ξ 。

2 实验结果与讨论

2.1 风帽数量与芯管小孔数量对布风板阻力特性的影响

风帽数量与风帽内部的结构对布风板整体的阻力特性有很大的影响,因此本实验通过改变布风板上风帽的个数和风帽芯管小孔数量来探究内嵌逆流柱型风帽布风装置的阻力特性。固定实验条件如下:风帽芯管小孔统一选择12个,布风板上风帽数量分别为5、9、16。根据实验数据得出不同风帽数量条件下对应的矿石床层压降—流化风量特性(见图3)。

固定实验条件如下:布风板风帽数量统一为9,风

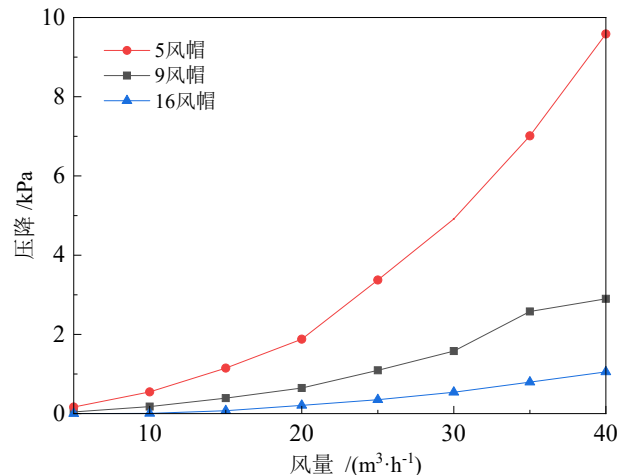


图3 不同风帽数量对应的床层压降—流态化风量特性
Fig. 3 Bed pressure drop—fluidization airflow characteristics for various number of wind caps

帽芯管小孔数量分别为6、12、18。不同芯管小孔数量条件下对应的床层压降—流化风量特性见图4。

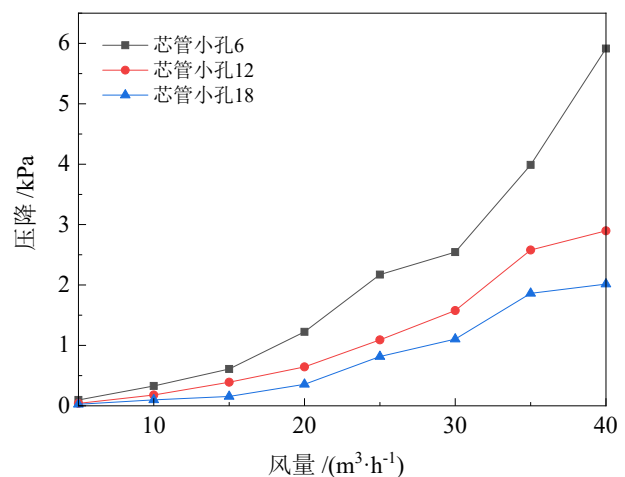


图4 不同芯管小孔数量对应的床层压降—流态化风量特性
Fig. 4 Bed pressure drop—fluidization airflow characteristics for various number of core tubelets

由矿石床层压降—流化风量特性可知:任何条件下,布风板的阻力都随流态化风量的增大而增大。当布风板上风帽数量由16个减少到5个时,床层最大压降由1.05 kPa增加到9.58 kPa。由此可见,随着风帽数量的减少,布风板整体阻力增大(床层压降增大)且在大流量区的变化幅度较大;当风帽内芯管小孔由18个减少到6个时,床层最大压降由2.01 kPa增加到5.91 kPa。由此可见,随着芯管开孔数量的减少,风帽阻力逐渐增大(床层压降增大)且在大流量区的变化幅度较大。

2.2 雷诺数和风帽阻力系数的计算

悬浮焙烧炉在处理不同矿石时所需要的温度不同,因此不同温度下风帽的阻力对悬浮焙烧炉的高效

运行有着重要影响。固定实验条件如下:布风板风帽数量统一为9,风帽芯管小孔数量分别为6、12、18,流化风量为60 m³/h。根据不同温度下的雷诺数(表2)得出同芯管小孔对应的温度—阻力系数特性(见图5)。

表2 不同温度下的雷诺数
Table 2 Reynolds number at different temperatures

温度/℃	400	500	600	700	800	900	1000
雷诺数	2 346.59	1 867.75	1 533.46	1 284.79	1 100.56	954.44	836.83

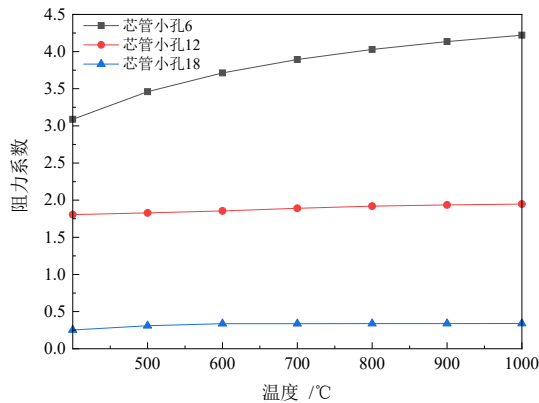


图5 不同芯管小孔对应的温度—阻力系数特性
Fig. 5 Temperature-drag coefficient characteristics for various mandrel bores

由不同芯管小孔对应的温度—阻力系数特性图可直接得出不同温度下任一参数的风帽阻力系数,例如,当温度为700℃时以上三种不同条件的布风板的阻力系数分别为3.89、1.89、0.33,进而可得到不同温度下任一参数的风帽阻力,为悬浮焙烧炉工业化生产过程中操作参数的设计及优化提供了数据支撑。

2.3 初始床层高度对临界风量的影响

初始矿石床层高度是影响流态化腔室内流态化效果的影响因素之一。固定实验条件如下:以矿石粒度选-0.074+0.053 mm、布风板风帽数量选9、风帽芯管小孔数量选6为例。测量初始床层高度分别为30、35、40和45 cm时的床层压降。根据实验数据得出不同初始床层高度对应的压降—流化风量特性(见图6)。

由过压降—流化风量特性可知:在上述实验条件下,不同初始床层高度的物料达到初始流态化所需的风量即临界风量为20 m³/h。说明初始床层高度对流态化腔室内物料的临界风量影响不大。随着初始床层高度由30 cm增大到45 cm,床层最大压降由1.45 kPa增大到2.32 kPa,这是因为随着床层初始高度增大,床内物料总量增多,导致单位面积上流态化室内颗粒数量增大,从而对应的床层压降增大。

2.4 物料粒度对临界风量的影响

物料粒度也是影响流态化腔室内物料流态化效

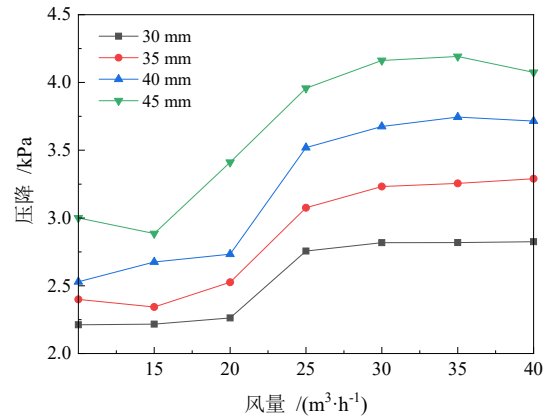


图6 不同初始床层高度对应的压降—流化风量特性
Fig. 6 Pressure drop-fluidization airflow characteristics for various initial bed heights

果的影响因素之一。固定实验条件如下:以初始床层高度选35 mm、布风板风帽数量选9、风帽芯管小孔数量选6为例。测量矿石粒度分别为-0.074+0.053、-0.106+0.074、-0.15+0.106和-0.18+0.15 mm时的床层压降。根据实验数据得出不同矿石粒度对应的压降—流化风量特性(见图7)。

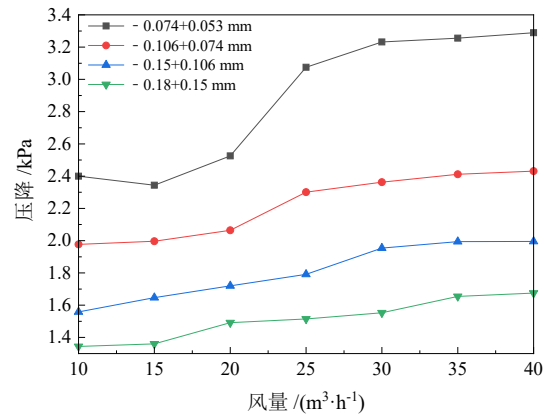


图7 不同矿石粒度对应的压降—流化风量特性
Fig. 7 Pressure drop-fluidization airflow characteristics for various ore particle sizes

由压降—流化风量特性可知:在上述实验条件下,四种不同粒度的物料达到初始流态化所需的风量即临界风量分别是20、20、25和30 m³/h。说明随着矿石粒度的增大,流态化腔室内物料达到初始流态化所需的风量逐渐增大。随着物料粒度由-0.074+0.053 mm增加到-0.18+0.15 mm,床层最大压降由3.29 kPa减小到1.67 kPa,主要原因为矿石粒度的增大导致了颗粒重力的增大以及单位体积内物料重量的减小,因此导致每单位颗粒流态化所需的气体牵引力增大且床层压降减小。

2.5 风帽数量对临界风量的影响

风帽数量是影响流态化腔室内流化效果的影响因素之一。固定实验条件如下:初始床层高度为

35 mm、矿石粒度为 $-0.074+0.053$ mm、风帽芯管小孔数量为6。风帽数量分别为5、9、16。根据实验数据得出不同数量风帽对应的压降—流化风量特性(见图8)。

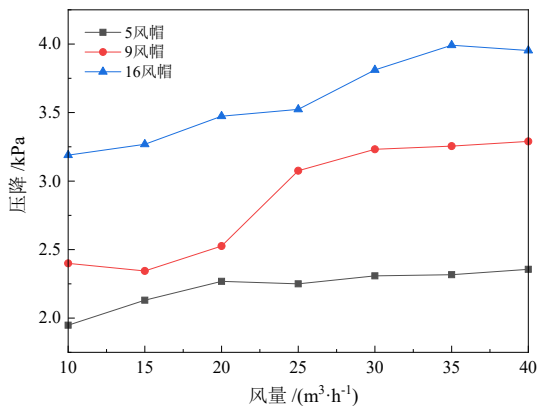


图8 不同数量风帽对应的压降—流化风量特性
Fig. 8 Pressure drop-fluidization airflow characteristics for various numbers of wind caps

由压降—流化风量特性图可知:在上述实验条件下,不同风帽数量的布风板使流化床内物料达到初始流化所需的风量即临界风量是不同的,5风帽的布风板的临界风量为 $20\text{ m}^3/\text{h}$,9风帽的布风板的临界风量为 $25\text{ m}^3/\text{h}$,16风帽的布风板的临界风量为 $35\text{ m}^3/\text{h}$,由此可知,随着风帽数量的增大,流态化腔室内物料达到初始流化状态所需的临界风量增大。主要原因是随着风帽数量的增多导致布风板开孔率增大,从而导致同一风量下风帽出口的平均风速减小。

2.6 风帽芯管小孔数量对临界风量的影响

风帽芯管小孔数量是影响流化室内流化效果的影响因素之一。固定实验条件如下:初始床层高度为35 mm、矿石粒度为 $-0.074+0.053$ mm、风帽数量为9。风帽芯管小孔数量分别为6、12、18。根据实验数据得出不同数量芯管小孔对应的压降—流化风量特性(见图9)。

由压降—流化风量特性图可知:在上述实验条件下,不同芯管小孔数量的风帽使流化床内物料达到初始流化所需的风量即临界风量不同,6芯管小孔的临界风量为 $35\text{ m}^3/\text{h}$,12风帽的临界风量为 $30\text{ m}^3/\text{h}$,18风帽的临界风量为 $25\text{ m}^3/\text{h}$,上述内容反映出随着风帽芯管小孔数量的增多,流态化腔室内物料达到初始流化所需的风量即临界风量变小。主要原因是随着风帽芯管小孔数量的增多导致风帽阻力减小,从而导致同一风量下风帽出口的风速增大。

3 结论

(1)风帽的个数与风帽内部的结构对布风板整体的阻力特性有很大的影响。任何条件下,布风板的阻力都随流态化风量的增大而增大。随着风帽数量的

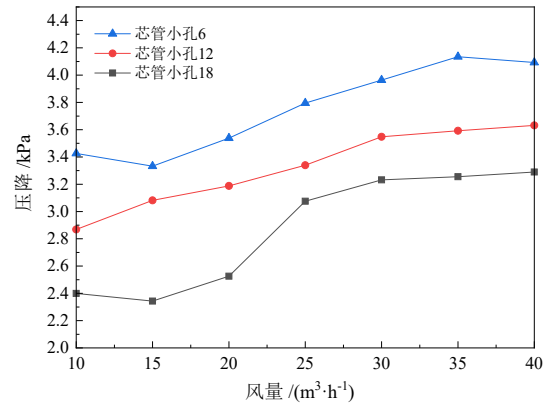


图9 不同数量芯管小孔对应的压降—流化风量特性
Fig. 9 Pressure drop-fluidization airflow characteristics for various number of core tube holes

减少,布风板整体阻力增大(床层压降增大)且在大流量区的变化幅度较大;随着芯管开孔数量的减少,风帽阻力逐渐增大(床层压降增大)且在大流量区的变化幅度较大。

(2)根据雷诺数准则可得出不同数量芯管小孔在不同温度时所对应的阻力系数,为内嵌逆流柱型风帽在悬浮焙烧炉的实际运用提供参数。

(3)床层高度对流态化腔室内物料的临界风量影响不大;随着矿石粒度的增大,流态化腔室内物料达到初始流态化所需的风量逐渐增大。主要原因为矿石粒度的增大导致了颗粒重力的增大,因此每单位颗粒流化所需的气体牵引力增大。

(4)内嵌逆流柱型风帽布风装置在悬浮焙烧炉的工业化生产中实现了对悬浮焙烧炉内气固两相流动状态的精准调控,不仅对矿物颗粒在流态化腔室内的焙烧还原反应、矿物转化、多相流动及传热传质有着重要作用,也为悬浮焙烧炉的工业放大、结构优化以及安全运行提供了相关理论基础和技术指导。

参考文献:

- [1] 韩跃新,孙永升,李艳军,等.我国铁矿选矿技术最新进展[J].金属矿山,2015(2):1-11.
HAN Y X, SUN Y S, LI Y J, et al. Latest progress in iron ore beneficiation technology in China[J]. Metal Mine, 2015(2): 1-11.
- [2] 刘杰,周明顺,翟立威,等.中国复杂难选铁矿的研究现状[J].中国矿业,2011,20(5):63-66.
LIU J, ZHOU M S, ZHAI L W, et al. Research status of complex and refractory iron ores in China[J]. China Mining Magazine, 2011, 20(5): 63-66.
- [3] 张宗旺,李健,李燕,等.国内难选铁矿的开发利用现状及发展[J].有色金属科学与金属,2012,3(1):72-77.
ZHANG Z W, LI J, LI Y, et al. Current situation and development of selecting iron mines for exploitation in China[J]. Nonferrous Metals Science and Engineering, 2012, 3(1): 72-77.
- [4] CHENG L, BASU P, CEN K. Solids circulation rate prediction in a pressurized loop-seal[J]. Chemical Engineering Research & Design, 1998, 76(6): 761-763.
- [5] 王文仲.循环流化床锅炉风帽及布风板的实验与数值模拟研究[D].

- 北京: 中国科学院研究生院, 2009.
- WANG W Z. Experimental and numerical simulation study on wind cap and air distribution plate of circulating fluidized bed boiler [D]. Beijing: Graduate University of Chinese Academy of Sciences, 2009.
- [6] 王攀, 孙键, 李绚天, 等. 循环流化床锅炉 Loop Seal 型返料装置的实验研究 [J]. 化工机械, 1999(4): 3-7+26.
- WANG Q, SUN J, LI X T, et al. Experimental study on the Loop Seal type return device of a circulating fluidized bed boiler [J]. Chemical Engineering Machinery, 1999(4): 3-7+26.
- [7] 陈逸. CFB 锅炉 U 型阀内气固流动特性的数值模拟与实验研究 [D]. 上海: 上海交通大学, 2012.
- CHEN, Y. Numerical simulation and experimental study on gas-solid flow characteristics in U-shaped valve of CFB boiler [D]. Shanghai: Shanghai Jiao Tong University, 2012.
- [8] 彭莉, 李洪钟, 朱庆山. U 型阀结构下颗粒流态化排料的数学模型 [J]. 过程工程学报, 2012, 12(3): 382-387.
- PENG L, LI H Z, ZHU Q S. Mathematical model of granular flow discharge under the structure of u-shaped valve [J]. Journal of Process Engineering of China, 2012, 12(3): 382-387.
- [9] 徐钊. 循环流化床锅炉 U 型回料阀调节特性的研究 [D]. 上海: 上海交通大学, 2013.
- XU Z. Research on the regulation characteristics of U-shaped return valve for circulating fluidized bed boiler [D]. Shanghai: Shanghai Jiao Tong University, Shanghai, 2013.
- [10] 杨雪平. CFB 炉膛风帽区域与回料阀内两相流动特性的研究 [D]. 上海: 上海交通大学, 2009.
- YANG X P. Study on two-phase flow characteristics in tuyere cap region and return valve of CFB boiler [D]. Shanghai: Shanghai Jiao Tong University, 2009.
- [11] BASU P, BUTLER J. Studies on the operation of loop-seal in circulating fluidized bed boilers [J]. Applied Energy, 2009, 86(9): 1723-1731.
- [12] HENG L, BASU P. Effect of pressure on loop seal operation for a pressurized circulating fluidized bed [J]. Powder Technology, 1999, 103(3): 203-211.
- [13] BOTSIO E, BASU P. Experimental investigation into the hydrodynamics of flow of solids through a loop seal recycle chamber [J]. Can. J. Chem. Eng., 2005(83): 554-558.
- [14] LI C J, LI H Z, ZHU Q S. A hydrodynamic model of loop-seal for a circulating fluidized bed [J]. Powder Technology, 2014, 252(1): 14-19.
- [15] BASU P, CHENG L. An analysis of loop seal operations in a circulating fluidized bed [J]. Chemical Engineering Research & Design, 2000, 78(7): 991-998.

Study on Resistance Characteristics of Embedded Counterflow Column Type Wind Caps in Suspension Roaster

WANG Yitong^{1,2}, GAO Peng^{1,2,3}, TANG Zhidong^{1,2,3}

1. School of Resources and Civil Engineering, Northeastern University, Shenyang 110819, China;

2. National-local Joint Engineering Research Center of High-efficient Exploitation Technology for Refractory Iron Ore Resources, Shenyang 110819, China;

3. State Key Laboratory of Rolling and Automation, Northeastern University, Shenyang 110819, China

Abstract: The resistance characteristics of the inline counterflow column type wind caps during the operation of suspension roaster was systematically investigated based on the bed pressure drop-air flow method. The influences of air flow and numbers of small holes in the core cap tube on the resistance characteristics of the air distribution device with embedded counter-current column type wind caps were explored by cold tests, and the resistance characteristics of the embedded counter-current column type wind caps under different temperature conditions were deduced according to similar theory. The results showed that the resistance of the air distribution device with embedded counterflow column type wind caps decreased with the increase of the number of wind caps and the number of small holes of the wind cap core tube. The critical airflow increased with the increase of ore particle size while having a small influence on the ore bed height. The research results provide theoretical and data support for the design and optimization of operating parameters in the industrial production of suspension roasting.

Keywords: suspension roaster; embedded counterflow column type wind cap; resistance characteristics; critical fluidization speed

引用格式: 王一同, 高鹏, 唐志东. 悬浮焙烧炉内嵌逆流柱型风帽阻力特性研究[J]. 矿产保护与利用, 2023, 43(3): 75-81.

WANG Yitong, GAO Peng, TANG Zhidong. Study on resistance characteristics of embedded counterflow column type wind caps in suspension roaster[J]. Conservation and Utilization of Mineral Resources, 2023, 43(3): 75-81.

投稿网址: <http://kcbhyly.xml-journal.net>

E-mail: kcbh@chinajournal.net.cn



作者简介:

王一同(1997—), 男, 山东烟台人。2020年6月毕业于山东科技大学, 获学士学位(矿物加工工程专业)。2020年9月于东北大学攻读硕士学位(矿物加工工程专业), 师从高鹏教授, 研究方向为悬浮焙烧炉风帽阻力特性与布风均匀性研究。2022年9月获逢石科技奖学金。



通信作者简介:

高鹏(1982—), 男, 山东梁山人, 教授、博士生导师, 国家级青年人才项目入选者, 国家重点研发计划项目首席科学家。现任东北大学资源与土木工程学院副院长、难采选铁矿资源高效开发利用技术国家地方联合工程研究中心副主任、国家级虚拟仿真实验教学中心主任。担任 International Journal of Minerals, Metallurgy and Materials、中南大学学报(自然科学版)、金属矿山等期刊编委及青年编委。主要从事国家战略金属矿产资源高效开发利用需求开展理论与关键技术研究, 在难选多金属铁矿资源清洁高效利用、含铁固废资源化及碎磨新方法等学科前沿及工程领域取得多项科研成果。近五年主持国家重点研发计划项目、国家自然科学基金重点项目、国家自然科学基金面上项目、企业重大开发项目等科研项目 30 余项。发表学术论文 100 余篇, 出版专著 3 部; 授权国际及国家发明专利 40 余项, 其中作为项目负责人以及团队骨干实施科技成果转化 6 000 余万元, 在海内外建成多项难选铁矿资源氢基矿相转化示范工程。获国家科技进步二等奖 1 项、省部级科技奖励一等奖 3 项、省级教学成果一等奖 1 项以及辽宁省青年科技奖。