

高压静电场对猪舍空气净化作用的影响

李永明 陈绍孟 徐子伟*

浙江省农业科学院畜牧兽医研究所, 杭州 310021

摘要 选择仔猪保育舍安装高压静电场设备, 研究其对猪舍空气负离子和粉尘含量的影响。结果表明, 保育舍安装高压静电场设备, 猪舍电晕线正下方、猪栏呼吸高度以及通道空气负离子含量均显著提高 ($P < 0.01$); 密闭猪舍开启高压静电场设备后, 空气中粉尘总量和直径 $\leq 1 \mu\text{m}$ 、 $1.0 \sim 2.5 \mu\text{m}$ 、 $\leq 2.5 \mu\text{m}$ 、 $2.5 \sim 4.0 \mu\text{m}$ 、 $\leq 4 \mu\text{m}$ 、 $4 \sim 10 \mu\text{m}$ 、 $\leq 10 \mu\text{m}$ 、 $> 10 \mu\text{m}$ 粉尘含量分别比开启前下降 62.55% ~ 65.47% ($P < 0.01$) 和 66.67% ~ 72.27%、55.56% ~ 58.82% ($P < 0.01$)、66.50% ~ 72.04% ($P < 0.01$)、59.09% ~ 63.64% ($P < 0.01$)、65.99% ~ 71.43% ($P < 0.01$)、58.99% ~ 61.19% ($P < 0.01$)、62.76% ~ 66.95% ($P < 0.01$)、62.35% ~ 64.20% ($P < 0.01$)。由此可见, 猪舍使用高压静电场技术, 能增加空气负离子含量, 降低粉尘含量, 改善猪舍空气质量。

关键词 猪舍; 高压静电; 负离子; 粉尘

随着规模化养猪业的发展, 猪舍空气质量已成为影响猪群生产性能和健康水平的重要因素, 正日渐受到重视。粉尘是猪舍内的主要空气污染物之一。它可通过刺激皮肤和皮脂腺、传播病原微生物、吸附有害气体和细菌毒素、损害呼吸道黏液纤毛系统的结构和清除功能等多种途径危害猪群健康。目前养猪生产中减少舍内空气粉尘浓度的方法主要有通风换气、饲料添加油脂、饲料制粒、液体饲喂、喷雾液体等。本试验研究了高压静电场对猪舍空气负离子和粉尘含量的影响, 旨在为该技术在畜禽健康养殖中的推广应用提供依据。

1 材料与方法

1) 试验猪舍。选择 2 幢保育舍作为试验猪舍, 双列式高床半漏缝地板, 水泥实体地面区宽度 2 m。

2) 高压静电场设备。高压静电场设备主要由高压电源、控制器、电晕线等组成。电晕线安装在猪舍纵向实体地面中间位置上方, 电源输出电压为 -35 kV, 控制器设置为以 15 min 为周期自动循环间歇工作。

3) 试验设计。试验分 2 个阶段进行。第一阶段: 选择 1 幢保育舍在猪群腾空消毒 1 周后, 空栏检测

空气负离子含量。开启高压静电场设备前, 在猪舍前中后和左中右等不同方位各选取多个高度测定空气负离子含量作为本底, 开启设备后主要是: ①在电晕线正下方 50、100、150、200 cm 处分别测定负离子含量; ②在猪栏内呼吸高度电晕线正下方和侧方 50、100、150、200 cm 处分别测定负离子含量; ③在通道前中后不同位置离地 150 cm 高度处检测负离子含量。第二阶段: 在保育舍正常饲养仔猪时检测空气粉尘含量。试验期间 2 幢猪舍均门窗密闭, 饲喂粉状饲料, 自由采食、自由饮水。在开启设备前和设备正常运行 1 周后, 上午 9 点左右在通道前中后不同位置离地 150 cm 高度处检测空气粉尘含量。

4) 测定指标与方法。负离子含量采用 NKMH-103 型正负离子检测仪测定, 粉尘含量采用 TSI 8533 粉尘仪测定。

5) 数据处理。采用 SPSS16.0 软件对数据进行差异显著性检验。

2 结果与分析

1) 高压静电场对空气负离子含量的影响。电晕线下方不同位置及猪舍通道空气负离子含量检测

收稿日期: 2017-10-31

基金项目: 现代农业产业技术体系建设专项资金; 浙江省重点研发计划项目(2016C02054-7)

* 通讯作者

李永明, 男, 1972 年生, 硕士, 研究员。

结果见表 1。开启高压静电场设备前空气负离子含量(本底值)为 293 个/cm³,开启设备后负离子含量急剧升高,在电晕线正下方 50、100、150、200 cm 处,分别比开启前增加 5 788、1 391、439 和 252 倍($P < 0.01$);空气负离子含量随与电晕线距离的增加而迅速下降,不同位置间差异极显著($P < 0.01$)。猪舍通道上方 150 cm 处空气负离子含量也极显著高于本底值($P < 0.01$)。

猪群呼吸高度位置空气负离子含量检测结果见表 2。在电晕线正下方和侧方 50、100、150、200 cm 处负离子含量分别比设备开启前增加 323、285、217、134 和 86 倍($P < 0.01$);空气负离子含量随侧向距离的增加而下降,不同位置间差异极显著($P < 0.01$)。

2)高压静电场对空气粉尘含量的影响。2 幢猪舍空气粉尘含量测定结果见表 3、4。保育舍空气粉尘由各种不同直径的微粒组成,且各种粒径并不均匀分布。在开启设备前,2 幢猪舍空气中直径 $\leq 10 \mu\text{m}$ 的粉尘占总粉尘的 44.71%~47.08%,直径 $\leq 4 \mu\text{m}$ 的粉尘占直径 $\leq 10 \mu\text{m}$ 粉尘的 53.87%~56.25%,直径 $\leq 1 \mu\text{m}$ 的粉尘占直径 $\leq 4 \mu\text{m}$ 粉尘的 91.11%~91.67%。开启设备 1 周后,空气中各种

粒径的粉尘含量均显著降低。2 幢猪舍空气中粉尘总量和直径 $\leq 1 \mu\text{m}$ 、1.0~2.5 μm 、 $\leq 2.5 \mu\text{m}$ 、2.5~4.0 μm 、 $\leq 4 \mu\text{m}$ 、4~10 μm 、 $\leq 10 \mu\text{m}$ 、 $> 10 \mu\text{m}$ 粉尘分别比开启前下降 62.55%~65.47% ($P < 0.01$)、66.67%~72.27%、55.56%~58.82% ($P < 0.01$)、66.50%~72.04% ($P < 0.01$)、59.09%~63.64% ($P < 0.01$)、65.99%~71.43% ($P < 0.01$)、58.99%~61.19% ($P < 0.01$)、62.76%~66.95% ($P < 0.01$)、62.35%~64.20% ($P < 0.01$)。

3 讨 论

1)高压静电场对空气负离子含量的影响。高压静电场在工业上已广泛应用于除尘、喷漆、植绒等领域,但在畜禽舍环境控制中的应用尚不多见。本试验采用的是负高压静电场,电晕线连接高压电源的负极,在电晕线与猪舍建筑物、地面、设备设施之间形成一个高压静电场;电晕放电使电极线周围气体发生雪崩式电离,产生大量的负离子;空气中的粉尘与负离子相碰撞和扩散使粉尘带负电荷,在高压静电场库仑力作用下荷电的粉尘粒子向建筑物、地面、设备设施等作定向运动并沉积从而起到清除

表 1 电晕线正下方不同位置及通道空气负离子含量检测结果

个/cm³

本底	电晕线正下方				通道
	50 cm	100 cm	150 cm	200 cm	
293 ± 96F	1 696 091 ± 89 094A	407 667 ± 32 633B	128 643 ± 12 524C	73 818 ± 12 656D	106 750 ± 7 444E

注:同行标注的不同大写字母表示差异极显著($P < 0.01$),表 2 同。

表 2 猪群呼吸高度空气负离子含量检测结果

个/cm³

本底	距电晕线正下方距离/cm				
	0	50	100	150	200
293 ± 96F	94 929 ± 5 030A	83 875 ± 4 703B	63 733 ± 5 910C	39 385 ± 10 689D	25 286 ± 2 563E

表 3 猪舍 A 空气粉尘含量检测结果

总量	粉尘微粒直径/ μm								
	≤ 1	1.0~2.5	≤ 2.5	2.5~4.0	≤ 4	4~10	≤ 10	> 10	
开启前/ (mg/m ³)	5.285 ± 1.279A	1.167 ± 0.267A	0.018 ± 0.003A	1.185 ± 0.267A	0.088 ± 0.009A	1.273 ± 0.269A	1.09 ± 0.181A	2.363 ± 0.440A	2.922 ± 0.846A
开启后/ (mg/m ³)	1.979 ± 0.664B	0.389 ± 0.125B	0.008 ± 0.001B	0.397 ± 0.126B	0.036 ± 0.008B	0.433 ± 0.132B	0.447 ± 0.129B	0.88 ± 0.25B	1.1 ± 0.428B

注:同列标注的不同大写字母表示差异极显著($P < 0.01$),下同。

表 4 猪舍 B 空气粉尘含量检测结果

总量	粉尘微粒直径/ μm								
	≤ 1	1.0~2.5	≤ 2.5	2.5~4.0	≤ 4	4~10	≤ 10	> 10	
开启前/ (mg/m ³)	3.991 ± 0.641A	0.963 ± 0.133A	0.017 ± 0.002A	0.980 ± 0.135A	0.077 ± 0.006A	1.057 ± 0.139A	0.822 ± 0.109A	1.879 ± 0.24A	2.112 ± 0.406A
开启后/ (mg/m ³)	1.378 ± 0.343B	0.267 ± 0.083B	0.007 ± 0.001B	0.274 ± 0.084B	0.028 ± 0.004B	0.302 ± 0.086B	0.319 ± 0.070B	0.621 ± 0.142B	0.756 ± 0.216B

粉尘的目的。高压静电场除尘效率与空气中负离子含量有关,负离子含量越高,空气中粉尘荷电的概率和荷电量越大,清除粉尘效果越好。负离子含量与放电极结构设计、放电电压等因素有关。孙英浩等^[1]报道永磁放电极能大幅提高自由电子和负离子的浓度,促进细小气溶胶颗粒的荷电,改善对细小气溶胶颗粒的捕集效率。北京市劳动保护科学研究所^[2]在皮毛车间上方设置电晕线,连接 30~70 kV 负高压后,空气负离子浓度从 5.74 万个/cm³(本底)提高至 12 万~51 万个/cm³。张振军等^[3]在地下商场上方安装电晕线,连接 7 kV 负高压,空气负离子浓度从 65 个/cm³(本底)增加至 31 250 个/cm³。朱玉成等^[4]在厂房上方安装电晕线,连接 120 kV 负高压,空气负离子浓度可达 100 万个/cm³以上。蒋耀庭等^[5]在军用舰艇舱内安装电晕线,接通 10 kV 负高压电源,空气负离子浓度从 76.7 个/cm³(本底)增加到 38 800 个/cm³。本试验采用 35 kV 负高压、线性放电极,接通电源后 15 min,在电晕线下方不同位置、猪栏内呼吸高度、通道上方负离子浓度达 2.5~169.6 万个/cm³,与文献报道类似。舍内空气中保持一定数量的负离子浓度,可保障粉尘电荷尽可能多地被清除。

2) 高压静电场对空气粉尘含量的影响。文献报道工矿企业使用独立结构的高压静电除尘器除尘效率一般在 90% 以上;皮毛车间安装电晕线使粉尘浓度下降 64%~94%^[2];地下商场安装电晕线,空气总悬浮微粒浓度降低 13.64%~78.93%^[3];厂房上方安装电晕线除尘效率可达 90% 左右^[4];军用舰艇舱安装电晕线悬浮微粒浓度降低 89.5%^[5]。周永安^[6]在矿井安装高压静电场设备,粉尘浓度降低 60.0%~94.7%。徐鑫等^[7]在鸡舍安装高压静电场设备,舍内粉尘浓度降低 35.9%。刘滨疆^[8]报道高压静电场设备能使猪舍空气粉尘含量降低 40%~70%。彭继^[9]报道在中央空调系统加装静电除尘段,对尘埃粒子的净化效率为 70.5%~95.7%。石明杨等^[10]报道高压静电场用于公路隧道除尘,效率在 80% 以上。本试验保育舍安装高压静电场设备,空气总粉尘浓度降低 62.55%~65.47%,在文献报道范围内。

对于动物健康而言,不仅要关注空气粉尘含量,更应关注粉尘的粒径分布。不同粒径的粉尘随气流沉降在呼吸系统的不同部位,对动物健康的危害程度也不同。直径大于 10 μm 的粉尘粒子可被

动物的鼻毛、分泌物和黏膜滤除而沉降在动物鼻腔;直径小于或等于 10 μm 的粉尘(可吸入性粉尘)能穿透咽喉部进入气管,其中直径小于或等于 4 μm 的粉尘(呼吸性粉尘)能进入肺泡,直径在 4~10 μm 的粉尘主要沉降在上呼吸道。本试验中,可吸入性粉尘约占总粉尘的一半;呼吸性粉尘约占可吸入性粉尘的一半;呼吸性粉尘绝大多数为直径小于 1 μm 的细颗粒。研究表明,静电除尘器对大颗粒物的收集效率可高达 99.9% 甚至更高,但对于粒径在 0.1~1.0 μm 范围内的细颗粒,由于其难以荷电,收集效率较低^[11]。本试验猪舍开启高压静电场设备后,2 幢猪舍内不同粒径的粉尘含量均显著下降,清除效率与粉尘粒径无显著相关性,对直径小于或等于 1 μm 粉尘的清除效率甚至更高,值得深入研究。

4 结 论

在猪舍上方安装高压静电场设备,能显著增加空气负离子浓度,降低各种粒径粉尘含量,改善猪舍空气质量。

参 考 文 献

- [1] 孙英浩,许德玄,米俊锋,等.永久磁铁放电极电晕放电的磁增强放电特性及其对细小粉尘荷电的影响[J].河北大学学报(自然科学版),2007,27(6):634-637.
- [2] 北京市劳动保护研究所.静电控制大空间皮毛粉尘[J].劳动保护,1980(5):16-19.
- [3] 张振军,张瑞娟.人工空气离子化改善西安唐城百货大厦地下商场空气质量评价[J].静电,1995,10(2):38-41.
- [4] 朱玉成,程翠荣,曹国财,等.大空间内环流静电除尘技术的应用[J].劳动保护,1995(11):40-41.
- [5] 蒋耀庭,潘丽娜,金德林.人工负离子净化舰艇舱内空气的效果研究[J].环境与健康杂志,1999,16(5):277-279.
- [6] 周永安.离子化空气在矿山的应用[J].江西理工大学学报,1981(4):77-89.
- [7] 徐鑫,卢真真,刘继军,等.自动防疫系统对冬季鸡舍空气净化效果[J].农业工程学报,2010,26(5):263-268.
- [8] 刘滨疆.环境安全型猪舍空气安全控制技术及应用[J].猪业观察,2014(9):70-74.
- [9] 彭继.静电除尘技术在中央空调系统净化改造中的应用[J].建筑节能,2013,41(4):1-5.
- [10] 石明杨,任刚,崔兴华,等.公路隧道静电除尘技术应用现状[J].湖南交通科技,2013,39(4):137-140.
- [11] 熊桂龙,李水清,陈晟,等.增强 PM_{2.5} 脱除的新型电除尘技术的发展[J].中国电机工程学报,2015,35(9):2217-2223.