

研究报告

秸秆碎料制备作业场所可吸入颗粒物的评估

杨敏杰¹, 丁涛¹, 黄山¹, 周捍东¹, 张英俊², 周曦禾¹

(1. 南京林业大学木材工业学院, 江苏南京 210037; 2. 江苏省电力设计院, 江苏南京 211102)

摘要: 针对发电厂的稻草碎料备料工段,通过筛分法测定了物料颗粒的粒径和分布,同时测定了作业场所空气中 PM_{10} 的浓度,及其中 $PM_{2.5}$ 所占的比例。结果显示:作业场所空气中的 PM_{10} 浓度远高于国家标准的规定值,且其中 $PM_{2.5}$ 所占的比例达 0.01%。建议在作业场所设置合理的除尘装置。

关键词: 稻草碎料; 作业场所; 总悬浮颗粒物(TSP); 可吸入颗粒物(PM_{10}); 可入肺颗粒物($PM_{2.5}$)

中图分类号: S51; X513 文章标识码: B 文章编号: 1001-8654(2012)04-0029-03

Dimension and Concentration of Inhalable Particulates (PM_{10}) during Straw Crushing in a Jiangsu Power Station

YANG Min-jie¹, DING Tao¹, HUANG Shan¹, ZHOU Han-dong¹, ZHANG Ying-jun², ZHOU Xi-he¹

(1. College of Wood Science and Technology, Nanjing Forestry University, Nanjing 210037, Jiangsu, China;

2. Jiangsu Electric Power Design Institute, Nanjing 211102, Jiangsu, China)

Abstract: Workshop air pollution is one of the most visible environmental problems in China. Inhalable particulates, in particular, have recently drawn more attention due to the pronounced influence on air quality and human health. In this study, the concentration and distribution of total suspended particulates (TSP) were investigated during the straw crushing process. The result showed that the concentration of inhalable particulates, with diameter less than $10\ \mu\text{m}$ (PM_{10}), was much higher than the requirement specified by the national standards, and the proportion of particulates with diameter less than $2.5\ \mu\text{m}$ ($PM_{2.5}$) reached 0.01%.

Key words: straw crushing; workplace; TSP; PM_{10} ; $PM_{2.5}$

总悬浮颗粒物(Total suspended particulates, TSP)、可吸入颗粒物(Inhalable particulates, IP、 PM_{10})是衡量大气质量的通用污染指标,同时也是工厂生产作业环境质量的重要评价指标。根据 GB 3095-2012《环境空气质量标准》规定,空气中空气动力学当量直径 $\leq 100\ \mu\text{m}$ 和 $\leq 10\ \mu\text{m}$ 的颗粒物,分别

定义为 TSP 和 PM_{10} 。这些粒径在 $10\sim 100\ \mu\text{m}$ 的颗粒物,可对人们的正常生活、农作物生长、工业机电设备的非正常磨损等,产生一定影响;而粒径 $< 10\ \mu\text{m}$ 的颗粒物,能长时间悬浮于空气中,对大气的能见度和人体健康,产生直接影响^[1]。

在可吸入颗粒物 PM_{10} 的范围中,空气动力学当量直径 $\leq 2.5\ \mu\text{m}$ 的颗粒物,可 100% 深入到细支气管和肺泡内,因而又将其称为可入肺颗粒物($PM_{2.5}$)。因其粒径小,富含大量有毒、有害物质,且在大气中的停留时间长、扩散范围大,因而对人体健康和大气环境质量的影响更大。

收稿日期: 2012-02-10; 修改日期: 2012-06-04

基金项目: 林业公益性行业专项“木材产业升级关键技术与示范”(201004006); 江苏省高校优势学科建设工程资助项目。

作者简介: 杨敏杰(1983—), 男, 南京林业大学木材工业学院硕士研究生。

通讯作者: 周捍东, 男, 南京林业大学木材工业学院教授。

粉尘是木材加工行业的主要污染源,在环境保护和职业健康倍受关注的背景下,木材工业产业升级,大气污染防治和作业环境保护,是迫切需要解决的共性、关键问题之一。目前,业内对于细微粉尘对作业场所空气污染现状及特点方面的研究较少^[2],为此,笔者以秸秆碎料的原料制备工段为例,从作业场所排放含尘气体中细微颗粒物的构成,进行作业环境中呼吸性粉尘浓度测定,以期对作业场所粉尘的控制、除尘系统设计及除尘器选型、提供必要的原始数据。

1 测试对象及方法

1.1 作业工段

试验在江苏省某秸秆发电厂的燃料备料、供料、上料作业工段进行。该备料工段由两台 15 MW 发电机组组成,机组正常生产需燃料约 1 200~1 300 t/d(平均含水率为 20%),车间内堆存场地为 4 500 m²。燃料由稻草、稻壳和废料刨花与树皮屑屑等混合物组成,其质量比为 8 : 1.5 : 0.5。碎料备料工段作业流程如下:

稻草捆→仓存→散捆→晾晒→堆存→运料→上料→锅炉供料仓

1.2 仪器设备

数字粉尘仪,激光粒度分析仪,振动筛分仪,高速自动比表面与孔隙度分析仪。

1.3 取样方法

1) 被测的秸秆碎料样品取自多处料堆,并将多次取样的碎料混合,以避免因颗粒流动程度不一,造成其大小分布不均(离析现象),而影响反映颗粒整体构成的准确性。

2) 作业场所空气采样点的位置和采样数量,按照 GBZ 159-2004《工作场所空气中有害物质监测的采样规范》进行。采样位置选择接近作业者操作岗位的呼吸带。

1.4 测定方法

1.4.1 秸秆碎料的测定

1) 碎料粒径及分布:采用筛分法,按标准筛 20、40、60、120 和 180 目 5 种规格进行测定。

2) 碎料细微颗粒粒度及分布:按照 GB/T 19077.1-2008《粒度分析 激光衍射法 第 1 部分:通则》进行,并统计其粒径分布情况。

3) 粉粒体比表面积:采用气体吸附进行测定。

1.4.2 作业场所空气中 PM₁₀浓度的测定

按照 LD/T 98-1996《空气中粉尘浓度光散射式测定法》进行。

2 结果与分析

2.1 秸秆碎料及细微颗粒的测定

2.1.1 秸秆碎料的粒径及分布

秸秆碎料样品粒径大小的筛分值列于表 1,重复三次,分别为 A、B、C 组。

表 1 秸秆碎料筛分值

Tab. 1 Size distribution of sieved straw particles

分布	筛分值/g			累计/g	比例/%
	A 组	B 组	C 组		
20 目筛上	108.24	161.95	156.59	426.78	93.53
40 目筛上	3.33	3.61	2.02	8.96	1.96
60 目筛上	3.40	5.03	2.58	11.01	2.41
120 目筛上	1.68	3.00	1.54	6.22	1.36
180 目筛上	0.33	0.78	0.36	1.47	0.32
180 目筛下	0.52	0.76	0.56	1.84	0.40
累计质量/g	117.50	175.13	163.65	456.28	100.00
总质量/g	118.54	175.82	164.12	—	—
质量误差/%	-0.88	-0.39	-0.29	—	—

由表 1 可见,绝大部分秸秆碎料位于 20 目筛上(即筛孔径>900 μm),位于 40 目筛下的碎料(筛孔径<450 μm)占 4.51%,位于 120 目筛下(筛孔径<125 μm)的细微颗粒碎料仅占 0.72%。

由秸秆碎料的筛分值可知,即使选择分离效率为 99.5% 的高效旋风分离器,仍然有 0.5% 尚不能被分离的颗粒物,恰为 PM₁₀ 的细微颗粒。可见仅采用旋风分离器进行一级分离,其尾气净化效果难以满足 GB 16297-1996《大气污染物综合排放标准》的要求。

当选用气力输送方式运送秸秆散碎物料时,应采用旋风分离器、袋式除尘器的二级净化方案,或采用旋风-袋式组合式除尘器^[3]。

2.1.2 细微颗粒粒径及分布

试验测定了秸秆碎料中 120 目筛下物的细微颗粒的构成,这部分颗粒是造成空气粉尘污染的主要来源,测试结果如表 2 所示。

细微颗粒粒径分布统计表明:粒径为 7.47 μm 的颗粒占其中质量 10%,粒径≤10 μm 的颗粒(即 PM₁₀)约占 17.13%,粒径<100 μm 以下的颗粒(即

表 2 秸秆碎料细微颗粒(120 目筛下)粒度及分布

Tab. 2 Size distribution of fine straw particles (d<120 mesh)

粒径/ μm	微分/ %	累积/ %	粒径/ μm	微分/ %	累积/ %	粒径/ μm	微分/ %	累积/ %
0.20			2.89	0.83	1.61	41.84	0.08	87.71
0.24	0.00	0.00	3.50	1.74	3.35	50.64	0.00	87.71
0.29	0.00	0.00	4.24	1.31	4.65	61.28	0.00	87.71
0.35	0.00	0.00	5.13	0.81	5.47	74.17	0.00	87.71
0.43	0.00	0.00	6.21	1.63	7.09	89.76	0.00	87.71
0.52	0.00	0.00	7.51	3.00	10.09	108.63	0.00	87.71
0.63	0.00	0.00	9.09	2.96	13.05	131.47	0.00	87.71
0.76	0.00	0.00	11.00	5.31	18.36	159.11	0.00	87.71
0.92	0.00	0.00	13.31	14.20	32.56	192.57	0.00	87.71
1.11	0.00	0.00	16.11	17.51	50.07	233.06	0.16	87.87
1.35	0.01	0.01	19.50	18.50	68.57	282.06	2.09	89.95
1.63	0.17	0.18	23.60	14.28	82.85	341.36	5.55	95.50
1.97	0.36	0.53	28.56	4.24	87.09	413.14	4.06	99.56
2.39	0.24	0.77	34.57	0.53	87.62	500.00	0.44	100.00

粒度 D(4,3)=53.30 μm , D50=16.10 μm , D(3,2)=12.98 μm ,
特征 S.S.A.=0.46 sq. m/cc, D10=7.47 μm , D25=12.25 μm ,
参数 D75=20.99 μm , D90=282.68 μm

TSP)占 87.71%。对应生产线的秸秆碎料中,占质量 0.63%的颗粒为 100 μm 以下的细微颗粒物,是备料工段空气中 TSP 和 PM₁₀ 的来源。

表 2 中测试数据表明:秸秆碎料中约 0.01% 为 PM_{2.5} 的细微颗粒物。当室内原料堆场无任何抑尘和除尘装备时,易使细微颗粒物飘至室外,造成浓度可观的 PM_{2.5} 污染。

2.1.3 粉粒体比表面积

120 目筛下的细微颗粒物表面积达 27.41 m²/g。粉尘的比表面积反映其表面能,是防止粉尘燃爆的重要控制指标。

2.2 作业场所 PM₁₀ 浓度

室内原料堆场和带式运输机上料处,空气中 PM₁₀ 的浓度如表 3 所示。作业场所高粉尘浓度,主要是由原料搬运和上料时的扬尘,以及装载机的排气而造成,加之室内原料堆场和无任何粉尘控制措施。

表 3 备料场所粉尘 PM₁₀ 测定浓度

Tab. 3 PM₁₀ concentration during straw crushing process

指 标	作业点	平均浓度/ (mg · m ⁻³)	采 样	
			流量/ (L · min ⁻¹)	时间/ min
PM ₁₀	原料堆场	92.9	10	10
	上料处	154.2	10	10

按 GBZ 2.1-2007《工作场所有害因素职业接触限值 化学有害因素》中规定:对于木粉尘和其他粉

尘(即 SiO₂ 含量低于 10% 的粉尘),8 h 工作日内,平均允许接触时间的加权平均容许浓度(Permissible concentration-Time Weighted Average, PC-TWA)分别为 3 mg/m³ 和 8 mg/m³。可见,室内原料堆场和带式运输机上料处空气中,PM₁₀ 的浓度远高于国家现行标准的规定。这类粉尘不同于普通的木材加工粉尘,含有灰分和夹带着一定数量的泥沙,可增加作业者患矽肺病的风险。为此,对这一工作场所必须设置引风吸尘及空气净化装置,以改善作业环境。

3 结论

1) 稻草碎料中约有 0.01% 为 PM_{2.5}; 120 目筛下颗粒碎料的比表面积达 27.41

m²/g,有较高的表面能;稻草中灰分占质量的 13.75%^[4],且夹带泥土等杂质。故在稻草碎料制备工段,作业场所的职业健康和防治粉尘燃爆^[5]等作业安全,必须引起足够的重视。

2) 在无任何抑尘或控尘措施的情况下,秸秆发电工厂的室内原料堆场和燃料上料处的 PM₁₀ 浓度分别为 92.9 mg/m³ 和 154.2 mg/m³,远超过国家有关作业场所有害限值的規定。

3) 秸秆碎料中在 120 目筛下(即粒径<125 μm)的细微颗粒碎料占其总质量的 0.72%,单一的高效旋风分离器难以实现其尾气的达标排放,应采用旋风分离-袋式除尘二级除尘或者旋风-袋式组合型除尘^[3]的净化方案。

参考文献:

[1] 李红,曾凡刚,邵龙义,等.可吸入颗粒物对人体健康危害的研究进展[J].环境与健康杂志,2002,19(1):85-89.
[2] 周捍东.我国木材工业粉尘污染的控制现状与进展[J].林产工业,2002,29(6):10-12.
[3] 周捍东.木质碎料旋风-过滤除尘技术与装置的开发与应用[J].林产工业,2002,29(5):40-42.
[4] 刘力,郭建忠,卢凤珠.几种农林植物秸秆与废弃物的化学成分及灰分特性[J].浙江林学院学报,2006,23(4):388-392.
[5] 刘琪,谭迎新.粉尘爆炸基本特性及防爆措施[J].工业安全与环保,2008,34(3):17-18.

(责任编辑 向琴、孟凡丹)