

火力发电厂 NO、SO₂ 排放量的计算及其在综合模型下的数据拟合

焦进垒¹, 郭建民²

(内蒙古工业大学能源与动力工程学院, 内蒙古 呼和浩特 010050)

摘要:火力发电厂的气体污染物, 主要包括 NO、SO₂ 等, 所以, NO、SO₂ 的含量的确定是决定一个电厂排污等级的重要参数, 也是确定火力发电厂排污费用的主要依据。本文结合《全国排污系数普查结果》引入了确定污染物的新方法——排污系数法。通过此方法对火电厂所产生的 NO、SO₂ 进行了定量分析, 并在此基础上引入了 NO、SO₂ 综合条件下的拟合模型, 通过具体的算例确定了拟合系数以及拟合曲线, 得到了很好的效果。

关键词: 火电厂; 排污系数法; 数据拟合

中图分类号: X820.2

文献标识码: A

文章编号: 1006-8759(2014)03-0051-03

CALCULATION ABOUT THE DISCHARGE AMOUNT OF NO、SO₂ IN THERMAL POWER PLANT AND DATA FITTING BASED ON THE INTEGRATED MODEL

JIAO Jin-lei, GUO Jian-min

(1. Juhua Group Corporation, Quzhou 324004; 2. Hangzhou Jingyang Environmental Protection and Technology Limited Company, Hangzhou 310013; 3. Zhejiang Gongshang University, Hangzhou 310035)

Abstract: The gaseous pollutant of the power plant, NO and SO₂ occupying a large proportion. So to determine the contains of NO and SO₂ is a very important parameter for the decision of pollution grade, and it's also a important parameter for the power plant's charges for disposing pollutants. In this article we recommend a new way to define the pollutants' contaminant levels based on the 《results》, and introduces a new method to determine the contaminant of pollutants----the pollutants' proportion. We quantitative analysis of the pollutants for this method, and lead into the integrated model of NO、SO₂, and then we use the calculation examples determine the correlation coefficient and received better results.

Key word: power plant; the pollutants' proportion; data fitting

引言

根据《2009年电力行业节能减排通告指出》^[1], 2009年底, 全国全口径发电设备容量 8.74 亿 KW, 其中火电 6.51 亿 KW, 比上年增长 8%, 约占

总容量的 74.49%, 可见, 火力发电热仍然承担着我国主要的电力供应任务。随着国家环保政策的不断出台, 电力行业的污染问题愈来愈引起人们的重视。这其中的 NO、SO₂ 等气体污染物的排放检验显得格外重要。

随着《第一次全国污染源排污系数普查》的顺利完成, 通过对其中一些数据的修正及精确化, 这

就为我们更好的定量检测污染物提供了一个更为科学,更精确的依据。本文通过传统的测量的基本方法之一,经验系数法,引入到 NO、SO₂ 等气体污染物的测量中,引出了基于排污系数的新方法——排污系数法^[2]。对于火力发电厂 NO、SO₂ 排放量做了较为精确的定量分析。

我们知道,火电厂所产生的气体污染物主要是 NO、SO₂,所以,本文在最后引入了火力发电厂的 NO、SO₂ 综合气体排放模型,结合排污系数法所确定的污染物的总量,运用 matlab 进行了数据的拟合,通过算例确定了拟合系数,取得了很好的效果。

1 NO 的产生

1.1 火力发电厂 NO 的产生机理

由于燃煤中含有大量的 N 元素,当煤在燃烧时会产生大量的氮氧化物,其中,主要的是 NO 和 NO₂,而 NO 占所产生氮氧化物的比例为 $\varepsilon=90\% \sim 95\%$,所以,我们只研究 NO 的生成机理以及含量的计算。一般来说,火力发电厂 NO 的生成主要有热力型、燃料型、快速型三种主要形式。

热力型 NO_x 是燃烧时空气中的 N₂ 和 O₂ 在高温条件下反应生成的 NO_x; 燃料型 NO_x 是燃料中的氮化合物经热分解再和空气中的氧进行反应生成; 快速型 NO 主要是燃料中碳氢化合物在燃料浓度较高的区域燃烧时所产生的烃与空气中的 N 反应,形成的 CN 和 HCN 等化合物继续被氧化而生成的 NO。

1.2 燃煤电厂的 NO₂ 排放测算方法

经验算法^[3],该方法是根据生产过程中的消耗单位质量原料所产生的污染物的排污系数与所消耗的原料来确定污染物的量:

$$G_i = K_i \times W_i \quad (1)$$

式中: G_i 为污染物的年排放量, kg/a;

K_i 为污染物排放系数, kg/t;

W_i 为燃料消耗量, t。

在火力发电厂生产过程中,由于煤炭的燃烧产生 NO_x 污染物,所以,结合《第一次全国污染源普查工业污染源产排污系数手册(第十分册)》所记录的煤烧过程中的 NO_x 的排污系数即可计算其排放量,进而可以得知 NO 的年排放量。

$$N_s = \varepsilon N_k \times N_p \quad (2)$$

式中: ε 为 NO 所占 NO_x 总量的比例系数;

N_s 为 NO_x 污染物的年排放量, kg/a;

N_k 为排放系数;

N_p 为年耗煤量, t/a。

2 SO₂ 的产生

2.1 SO₂ 的产生机理

煤中 S 元素燃烧时与空气中的氧气结合,生成 SO₂。所以,火力发电厂又是二氧化硫等有害气体的主要排放源,排放的有害气体进入大气,形成酸雨等有害物质,造成大气污染,使大气环境日益恶化。目前 SO₂ 的排放量的测量方法主要有现场实测法、物料守恒法,和排放系数法,其中,实测法是通过实际测量废气的排放量及其所含污染物的浓度,计算其中某污染物的排放量;物料守恒法即生产过程中投入系统的物料总量必须等于产出的产品量和物料流失量之和;排放系数法是根据生产过程中单位产品的经验排放系数进行计算,求得污染物排放量的计算方法。

排放系数法因其操作简单,测量快速,所以应用广泛:

$$S_s = (-0.227S_{ar}^2 + 1.789S_{ar} + 0.002) \times S_p \quad (3)$$

式中: S_s 为 SO_x 污染物的年排放量, kg/a;

S_{ar} 为收到基硫分(取 2.5%);

S_p 为年耗煤量, t/a。

3 综合拟合

由于 S、N 等元素在煤炭中是均匀分布的,所以我们认为煤燃烧时所生成的气体污染物也是均匀分布在排放的气体中,那么,我们可以对于这两种气体在污染气体中的含量进行拟合。

有害气体排放的目标函数, NO 和 SO₂ 的排放, NO 和 SO₂ 的排放,综合模型为^[4]:

$$E = \sum_{j=1}^M \sum_{i=1}^N \left[10^{-2} (a_i + \beta_i + \gamma_i P_i^2) + \xi_i \exp(\lambda_i P_i) \right] \quad (4)$$

式中: E 为污染物气体排放量, 10 t/h; P_i 为机组工作时的输出功率, mw; α 、 β 、 γ 、 ξ 、 λ 为燃煤机组 i 的污染气体排放量系数。 i 为不同种类污染气体的个数, j 为机组的个数。我们可以看到,只要求得各个拟合系数,我们就可以得到拟合曲线,这对于分析火力发电厂的污染物排放及其相对分布是很重要的。

4 算例分析

我们以国信扬州发电有限公司 (以下简称 GX-电厂)4 台 600 MW 机组^[5]为研究对象,其标准煤耗量见表 1:

表 1 GX 电厂的标准煤耗量

负荷/MW		工况						
		630	600	540	480	420	360	300
标准煤耗率	bs1/(gce/kwh)	311.00	311.02	311.10	315.23	318.38	324.67	338.82
标准煤耗量	f1/(tec/h)	195.93	186.61	167.99	151.31	133.72	116.88	101.65
标准煤耗率	bs2/(gce/kwh)	310.01	310.57	311.42	314.66	321.20	326.44	340.62
标准煤耗量	F2/(tec/h)	195.31	186.34	168.17	151.04	134.90	117.52	102.19
标准煤耗率	bs3/(gce/kwh)	302.03	302.35	306.73	309.43	312.78	318.03	328.09
标准煤耗量	F3/(tec/h)	190.28	181.41	165.63	148.53	131.37	114.49	98.43
标准煤耗率	bs4/(gce/kwh)	304.70	304.42	307.45	311.10	315.70	320.44	330.85
标准煤耗量	f4/(tec/h)	191.96	182.65	166.02	149.33	132.59	115.36	99.26

通过上表数据可以算得年煤耗量见表 2:

表 2 年标准煤耗量 单位:10⁴t

负荷/MW	工况						
	630	600	540	480	420	360	300
1# 机组年耗煤量	169.28	161.23	145.14	130.73	115.53	100.98	87.83
2# 机组年耗煤量	168.75	161.00	145.30	130.50	116.55	101.54	88.29
3# 机组年耗煤量	164.40	156.74	143.10	128.33	113.50	98.92	85.04
4# 机组年耗煤量	165.85	157.81	143.44	129.02	114.56	99.67	86.07

所以,由(2)、(3)公式可得年产生的 NO、SO₂ 见表 3:

表 3 NO、SO₂ 排放量 单位:10⁴kg

负荷/WM		工况						
		630	600	540	480	420	360	300
1# 机组	NO	152.35	145.11	130.63	117.66	103.98	90.88	88.05
	SO ₂	7.91	7.53	6.78	6.11	5.40	4.72	4.10
E ₁	NO+SO ₂	160.26	152.64	137.41	123.77	109.38	95.60	92.15
2# 机组	NO	151.88	144.90	130.77	117.45	104.90	91.93	79.46
	SO ₂	7.88	7.52	6.79	6.09	5.44	4.74	4.12
E ₂	NO+SO ₂	159.76	152.42	137.56	123.54	110.34	96.67	83.58
3# 机组	NO	147.96	141.07	128.79	115.50	102.15	89.03	76.54
	SO ₂	7.68	7.32	6.68	5.99	5.30	4.62	3.97
E ₃	NO+SO ₂	155.64	148.39	135.47	121.49	107.4	93.65	80.51
4# 机组	NO	149.27	142.03	129.10	116.12	103.10	89.70	81.48
	SO ₂	7.75	7.37	6.70	6.02	5.35	4.65	337.72
E ₄	NO+SO ₂	157.02	149.40	135.80	122.14	108.45	94.35	81.48
	Σ _i	632.68	602.85	546.24	490.94	435.62	380.27	337.72



(上接第 44 页)

[17] Beshkova, D.M., et al., Pure cultures for making kefir. Food Microbiology, 2002, 19(5): p.537~544.
 [18] 崔宗均, 李美丹, 朴哲, 等. 一组高效稳定纤维素分解菌复合系 MCI 的筛选及功能[J]. 环境科学, 2002, 23(3): p.36~39.
 [19] 陈敏, 郭鹏, 宋晓岗. 选育高效降解木质素优势混合菌的研究[J]. 中国造纸, 1998(3): p.40~45.
 [20] 林捷, 谭兆赞, 罗伟诚. 利用木薯渣进行纤维素分解菌混合发酵工艺研究[J]. 安全与环境学报, 2005, 5(6): p.26~29.

运用 matlab 拟合程序, 结合综合模型可得到模型中的各个拟合参数值。由于所提供的数据量有限, 我们只能进行基于两个拟合参数的线性拟合。其中,

$$\alpha_i = 1.0e+003 \times 5.9352; \beta_i = 1.0e+003 \times 0.094$$

5 结论与前景展望

本文成功的将排污系数法引入到火力发电厂 NO、SO₂ 的计算中, 通过对相关系数的确定得出了较为精确的计算式。结合具体的算例成功的求得了国信扬州发电总公司 NO、SO₂ 的排放量, 经比较, 与测量的实际排放量比较接近。所以, 排污系数法是一种较为直接快捷的测量火力发电厂污染物的方法。

由于 NO、SO₂ 在火力发电厂排放气体中的相对含量是保持平衡的, 所以本文引入了基于 NO、SO₂ 的综合气体排放模型, 并结合具体算得的数值, 在 matlab 环境下成功的实现了数据的拟合, 算得了相关的拟合系数, 为进一步研究火力发电厂气体污染物的排放模型提供了依据。

参考文献

[1] 《2009 年电力行业节能减排通告指出》[R]. 2009.
 [2] 马凤哪, 程伟琴. 发电厂 NO_x 排放特性分析及总量估算方法探讨[J]. 广州. 广州化工, 2009.
 [3] 徐沛, 周凤, 孙军. 浅析污染物排放量的计算方法[J]. 云南环境科学, 2005.
 [4] 王欣, 秦斌, 阳春华, 吴敏. 基于混沌遗传混合优化算法的短期负荷环境和经济调度[J]. 中国电机工程学报, 2006, 6.
 [5] 金晓雷. 发电厂负荷优化分配的算法研究[D]. 万方数据, 2010.
 [6] 王玲. 基于 MATLAB 的数据曲线拟合[N]. 天津职业院校联合学报, 2009, 9.

[21] 侯文华, 李政一, 杨力, 等. 利用酒糟生产饲料蛋白的菌种选育[J]. 环境科学, 1999, 20(1): p.77~79.
 [22] 陈庆森, 刘剑虹, 潘建阳, 等. 利用多菌种混合发酵转化玉米秸秆的研究[J]. 生物技术, 1999, 9(4): p.15~19.
 [23] 席北斗, 刘鸿亮, 孟伟. 垃圾堆肥高效复合微生物菌剂的制备[J]. 环境科学研究, 2003, 16: 58.
 [24] 席北斗, 刘鸿亮, 黄国和, 等. 复合微生物菌剂强化堆肥技术研究[J]. 环境污染与防治, 2003, 5: 264.