

# 生物质直燃锅炉烟气污染源强的确定

葛光荣

(中煤科工集团西安研究院 环保所 陕西 西安 710054)

**摘要:** 生物质直接燃烧发电(简称生物质发电)是世界上仅次于风力发电的清洁可再生能源发电技术。中国现行审批体制将环境影响评价规定为项目核准备案的前置条件,而该类项目在可行性研究阶段所能提供的工程技术资料并不满足环评需要,因此如何在该阶段合理确定烟气排放浓度,进而评价治理措施的合理性,可行性,预测大气环境影响,均成为该类项目环评报告编制及评审的重点问题。由于国家尚未颁布相关计算规范,环评在如何确定该类项目烟气排放源强的问题上仍存在较大分歧。本文拟以某 $1 \times 30$  MW 生物质发电项目为例,提出综合运用类比法、物料衡算法、实测法及查阅相关实验资料法确定生物质直燃锅炉烟气源强的方法,以期探索相关规范尚未颁布情况下的解决方案。

**关键词:** 生物质; 直燃; 源强

中图分类号: TK223.32; TD849

文献标识码: A

文章编号: 1006-6772(2013)05-0099-04

## Determination of smoke gas pollution source intensity for biomass direct-fired boiler

GE Guangrong

(Environmental Protection Institute, Xi'an Research Institute of China Coal Technology & Engineering Group Co., Ltd., Xi'an 710054, China)

**Abstract:** Biomass direct-fired power generation is the second most important renewable energy power generation technology, wind power generation is the first one. Currently, environmental impact assessment is regarded as a precondition of project to approve and set up a file management in China. The engineering data provided in the feasibility study phase can't meet the requirements of EIA engineering analysis. How to reasonably determine the concentration of flue gas emission, thus evaluate the feasibility and rationality of the evaluation methods, and forecast the impact of atmospheric pollution, have become prevail problems during the preparation and review of EIA reports. There is still no related evaluation specifications in China, EIA have great differences in ascertaining the flue gas emission source. Taking one  $1 \times 30$  MW biomass power generation project as example, determine the biomass direct-fired boiler smoke gas source method based on the connection of analogy method, material balance algorithm, measurement method and relevant experimental data method, with an aim to improve the related specifications that have not been promulgated in China.

**Key words:** biomass; direct-fired; source intensity

收稿日期: 2013-08-14 责任编辑: 孙淑君

作者简介: 葛光荣(1980—)男, 陕西永寿人, 工程师, 主要从事采掘、火电环境影响评价和相关科研工作。E-mail: ggeglory@gmail.com。

引用格式: 葛光荣. 生物质直燃锅炉烟气污染源强的确定[J]. 洁净煤技术, 2013, 19(5): 99-102, 111.

## 0 引言

近年来,随着 GB 13223—2011《火电厂大气污染物排放标准》<sup>[1]</sup>的颁布实施,自 2012-01-01 起,单台出力 65 t/h 以上采用生物质燃料的发电锅炉必须执行“双 100”规定,即 SO<sub>2</sub>、NO<sub>x</sub>(以 NO<sub>2</sub> 计)新建锅炉烟气排放质量浓度均不超过 100 mg/m<sup>3</sup>。由于国家现行审批体制将环境影响评价规定为项目核准备案的前置条件,导致该类项目在可行性研究阶段所能提供的工程技术资料并不能满足环评工程分析的需要,因此如何在该阶段合理确定烟气排放浓度,进而评价治理措施的合理性、可行性、预测大气环境影响,均成为该类项目环评报告编制及

评审的重点问题。依据《环境影响评价技术方法》<sup>[2]</sup>相关内容,结合某 1×30 MW 生物质发电项目环境影响报告书的源强确定过程,笔者提出综合运用类比法、物料衡算法、实测法及查阅相关实验资料法确定生物质直燃锅炉烟气源强。

## 1 类比法确定大气污染源强

类比法是用与拟建项目类型相同的现有项目的设计资料或实测数据进行工程分析的常用方法。采用此法时,为提高类比数据的准确性,应充分注意分析对象与类比对象之间的相似性和可比性。笔者收集到运行生物质发电项目锅炉烟气竣工环保验收数据(未采取脱硫脱硝措施),见表 1。

表 1 运行生物质电厂锅炉烟气污染物排放统计<sup>[3]</sup>

项目	测点 编号	标态烟气流量/ (m <sup>3</sup> ·h <sup>-1</sup> )	PM <sub>10</sub> 质量浓度/ (mg·m <sup>-3</sup> )	SO <sub>2</sub> 质量浓度/ (mg·m <sup>-3</sup> )	NO <sub>x</sub> 质量浓度/ (mg·m <sup>-3</sup> )	监测时间	监测部门
项目 A (120 t/h)	1	80025	10	38	130	2013-04-11	某市环境监测中心站
	2	67566	30	25	172		
	3	75278	6	22	170		
项目 B (120 t/h)	1	149904	26	21.3	142	2013-04-13	某市环境保护监测站
	2	158090	28	25.9	138		
	3	150866	25	21.6	166		

表 1 中 120 t/h 锅炉与拟建项目规模相同,并且采用了同一种炉型,具备类比基本条件。分析表中数据不难发现,其标态烟气量范围为 67566 ~ 158090 m<sup>3</sup>/h,对应 PM<sub>10</sub>排放质量浓度在 6 ~ 30 mg/m<sup>3</sup>,SO<sub>2</sub>排放质量浓度在 21.3 ~ 38 mg/m<sup>3</sup>,NO<sub>2</sub>排放质量浓度在 130 ~ 172 mg/m<sup>3</sup>。

在采用类比法确定项目源强的过程中,由于监测数据偏差较大,如相同规模锅炉烟气量相差近 1 倍等,致使采用类比法确定源强的方法不可行。出现上述波动的主要原因如下:

1) 同为 120 t/h 锅炉但烟气量相差近 1 倍,主要因为:①测点的安装位置不同可能导致监测偏差;②运行风机风力不同(运行工况不同)导致烟气流量不同;③不同监测部门使用的监测仪器系统误差及操作误差。

2) 不同电厂的燃料组成、配比不同,导致燃料元素分析数据偏差较大<sup>[4]</sup>,特别是在热值发生变化时烟气量会发生较大变化,影响其运行期监测浓度数值<sup>[3]</sup>。

3) 根据现场调查结果,在不同季节往往燃用不同的燃料<sup>[5]</sup>(尽管设计燃料有固定的配比,但实际

运行中并不会严格按照配比添加燃料,“来什么烧什么”的现象非常普遍)。

4) 雨季及干旱季节或来料水分含量变化时都会引起单位燃料的热值发生变化<sup>[6]</sup>,为保证锅炉功率,带动汽轮机发电,燃料进料量会发生较大变化,影响烟气排放数据。

5) 尽管评价不能直接采用上述类比数据,但根据类比资料的共同特征,评价可据此初步确定以下原则:

①为尽可能精确确定项目源强,必须在充分分析所用燃料的基础上,以燃料定产污<sup>[7]</sup>,最大限度提高预测精度。

②不同型号锅炉的烟气数据仅作为参考,不能以此确定项目源强。

③类比资料中生物质锅炉烟气的 SO<sub>2</sub> 排放质量浓度在 21.3 ~ 38 mg/m<sup>3</sup>,NO<sub>2</sub> 排放质量浓度在 130 ~ 172 mg/m<sup>3</sup>,NO<sub>2</sub> 超标概率 100%。可见类比的实测数据显示了现有生物质锅炉在不采取相关治理措施的前提下,其烟气 NO<sub>2</sub> 排放并不达标;尽管其 SO<sub>2</sub> 排放浓度达标,但由于所燃用燃料不同,判断项目是否脱硫需进一步论证。

④根据东北师范大学环境科学研究所 2013 年关于《桦甸凯迪生物质能发电厂(2×30 MW)工程环境影响评价环境信息公告》及《敦化凯迪生物质能发电厂(2×30 MW)工程环境影响报告书第二次公示》的内容,为确保烟气排放达标,上述 2 个项目均采用炉内喷钙脱硫技术方案,使 SO<sub>2</sub> 排放质量浓度控制在 100 mg/m<sup>3</sup> 以下,满足标准的限值要求。

⑤考虑到近期国内同类项目对 SO<sub>2</sub> 控制采取了相关措施,NO<sub>2</sub> 不采取脱硝措施全部超标的事实,按照“环发[2006]82 号,第(五)条(3)结合生物质发电项目的发展现状,明确严格的污染防治措施,确保污染物排放符合国家和地方规定的排放标准”文件精神,环评应在脱硫脱硝问题上,从严采取措施,即必须采取相应的脱硫、脱硝措施,才能确保烟气排放达到现行 GB 13223—2011《火电厂大气污染物排放标准》中表 1 标准限值。

⑥脱硫脱硝工艺在可研、设计等基础上进行必要论证,结合项目实际选用最佳方案。

## 2 物料衡算法确定大气污染源强

因项目可研文件提供的基础资料比较详实且对生产工艺熟悉,在遵循上述“以燃料定产污,最大程度提高预测精度”等原则基础上,评价优先采用物料衡算法计算大气污染物排放量,并用类比实测数据进行校核。某项目燃料元素分析数据见表 2<sup>[8]</sup>。

由于国内外目前并没有针对生物质锅炉的锅炉烟气污染专用计算方法(及参数),在经过专家咨询,并且与项目锅炉设计部门的沟通后,参照《环境影响评价工程师职业资格登记培训教材火电行业》<sup>[9]</sup>中指定的计算公式经适当修正确定某项目环评的污染源,具体见表 2。

表 2 某项目燃料元素分析

项目	桑枝	杂灌	油菜秆	茶叶枝	稻秆	稻壳	设计混合燃料
C <sub>ar</sub> /%	34.50	29.40	30.49	33.09	31.96	38.80	31.224
H <sub>ar</sub> /%	4.63	3.74	4.13	4.27	4.34	5.11	4.070
O <sub>ar</sub> /%	30.49	25.66	26.53	24.04	27.95	33.15	26.967
N <sub>ar</sub> /%	0.43	0.15	0.32	0.98	0.62	0.28	0.303
S <sub>C,ar</sub> /%	0.05	0.04	0.06	0.05	0.07	0.03	0.046
S <sub>t,ar</sub> /%	0.10	0.08	0.13	0.12	0.16	0.07	0.097
A <sub>ar</sub> /%	1.85	0.97	3.40	2.50	9.97	11.79	2.822
M <sub>t</sub> /%	28.00	40.00	35.00	35.00	25.00	10.80	34.518
M <sub>ad</sub> /%	3.70	7.24	5.44	6.27	5.40	4.88	6.199
V <sub>daf</sub> /%	82.19	82.34	77.78	78.46	80.57	80.41	81.327
Q <sub>net,ar</sub> /(MJ·kg <sup>-1</sup> )	12.22	9.80	10.30	11.63	11.15	14.12	10.671
混合配比	0.14	0.55	0.11	0.06	0.08	0.06	1.000

### 2.1 烟尘

每台锅炉的烟尘排放量按式(1)计算

$$M_A = B_g \times \left(1 - \frac{\eta_c}{100}\right) \times \left(\frac{A_{ar}}{100} + q_4 Q_{net,ar} \times \frac{10^{-2}}{3.3870}\right) \times \alpha_{fn} \quad (1)$$

式中, M<sub>A</sub> 为烟尘排放量 t/h; B<sub>g</sub> 为锅炉连续最大出力工况时的燃煤量 t/h; η<sub>c</sub> 为采用的除尘效率, % (项目取 99.8%); A<sub>ar</sub> 为燃煤的收到基灰分, 2.822%<sup>[10]</sup>; q<sub>4</sub> 为锅炉机械未完全燃烧的热损失, %; 与炉型和煤质等有关,按锅炉制造商或工艺设计计算的数据(取 2); Q<sub>net,ar</sub> 为燃煤的收到基低位发热量 10671 kJ/kg; α<sub>fn</sub> 为锅炉烟气带出的飞灰份额, % (取 0.8)。

每台锅炉烟尘实际排放浓度(除尘器出口处)按式(2)计算

$$C_A = \frac{M_A \times 10^9}{V_g \times 3600} \quad (2)$$

式中, C<sub>A</sub> 为烟尘排放质量浓度, mg/m<sup>3</sup>; M<sub>A</sub> 为锅炉的烟尘排放量 t/h; V<sub>g</sub> 为锅炉除尘器出口处标准状态下的干烟气流, m<sup>3</sup>/s。

与排放标准相比较时,烟尘排放浓度应表示为

$$C'_A = C_A \times \frac{\text{设计过剩空气系数(或实测过剩空气系数)}}{\text{标准规定的过剩空气系数}}$$

锅炉烟气带出的飞灰份额与锅炉型式有关,应由锅炉制造商提供数据,本次计算取 0.2。

### 2.2 SO<sub>2</sub>

每台锅炉的 SO<sub>2</sub> 排放量(t/h)按式(3)计算

$$M_{SO_2} = 2B_g \times \left(1 - \frac{\eta_{s1}}{100}\right) \times \left(1 - \frac{q_4}{100}\right) \times \left(1 - \frac{\eta_{s2}}{100}\right) \times \frac{S_{t,ar}}{100} \times K \quad (3)$$

式中, η<sub>s1</sub> 为除尘器的脱硫率, % (静电除尘,取 0%); S<sub>t,ar</sub> 为燃煤的收到基可燃硫, 0.046%; K 为燃

煤中的硫燃烧后氧化成 SO<sub>2</sub> 的份额(项目取 0.85); η<sub>s2</sub> 为烟气脱硫装置的脱硫率 % (炉内喷钙脱硫系统取 65%);

式(3)中其他符号的意义见烟尘公式。

烟囱出口处干烟气条件下的 SO<sub>2</sub> 排放质量浓度按式(4)计算

$$C_{SO_2} = \frac{\sum M_{SO_2j} \times 10^9}{\sum V_{gj} \times 3600} \quad (4)$$

式中 C<sub>SO<sub>2</sub></sub> 为烟囱出口处 SO<sub>2</sub> 排放质量浓度 mg/m<sup>3</sup>; M<sub>SO<sub>2j</sub></sub> 为接入烟囱的第 i 台锅炉的 SO<sub>2</sub> 排放量 t/h; V<sub>gj</sub> 为接入烟囱的第 j 台锅炉在烟囱出口处标准状态下的干烟气量 m<sup>3</sup>/s。

### 2.3 NO<sub>x</sub>

目前氮氧化物尚无简单的计算公式,项目采用锅炉设计单位提供的类比锅炉实测数据(≤200 mg/m<sup>3</sup>)<sup>[11]</sup>。小时或日平均浓度时 NO<sub>2</sub>/NO<sub>x</sub> = 0.9; 计算年平均浓度时 NO<sub>2</sub>/NO<sub>x</sub> = 0.75。

$$M_{NO_x} = \frac{C_{NO_x} V_g \times 3600}{10^9} \times (1 - \eta_{NO_x}) \quad (5)$$

式中 C<sub>NO<sub>x</sub></sub> 为标准状态下的 NO<sub>x</sub> 排放质量浓度 mg/m<sup>3</sup>; M<sub>NO<sub>x</sub></sub> 为 NO<sub>x</sub> 排放量 t/h; V<sub>g</sub> 为标准状态下的干烟气量 m<sup>3</sup>/s; η<sub>NO<sub>x</sub></sub> 为烟气脱硝效率(SNCR 脱硝系统效率 50%)。

### 2.4 干烟气量

计算标准状态下的污染物排放浓度需知道标准状态下的干烟气量,无实测数据时,干烟气量近似计算方法如下:

$$V_s = B_g \left( 1 - \frac{q_4}{100} \right) \left[ \frac{Q_{net,ar}}{4026} + 0.77 + 1.0161(\alpha - 1) V_o \right] / \quad (6)$$

理论空气量在有元素成分分析时,用式(7)计算

$$\begin{aligned} V_o &= 0.0889(C_{ar} + 0.375S_{ar}) + \\ &\quad 0.265H_{ar} - 0.0333O_{ar} \quad (7) \\ V_{H_2O} &= B_g [0.1116H_{ar} + 0.0124M_{ar} + \\ &\quad 0.0161(\alpha - 1) V_o] / 3.6 \\ V_g &= V_s - V_{H_2O} \end{aligned}$$

式中 B<sub>g</sub> 为每台锅炉连续最大出力工况时的燃料消耗量 t/h; q<sub>4</sub> 为机械未完全燃烧热损失,项目取 2%; Q<sub>net,ar</sub> 为燃煤收到基低位发热量 kJ/kg; α 为除尘器出口过剩空气系数,项目取 1.4; V<sub>H<sub>2</sub>O</sub> 为每台锅炉排放湿烟气中水蒸气含量 m<sup>3</sup>/s; V<sub>o</sub> 为燃烧每千

克煤的理论空气量 m<sup>3</sup>/kg; 气体燃料 m<sup>3</sup>/m<sup>3</sup>; H<sub>ar</sub> 为燃煤收到基氢含量 %; M<sub>ar</sub> 为燃煤收到基水分 %。

### 2.5 计算结果

某电厂锅炉大气污染物排放情况见表 3。

表 3 电厂锅炉大气污染物产、排量

计算项目	设计混合燃料
小时干烟气量/m <sup>3</sup>	121855.2
秒干烟气量/m <sup>3</sup>	33.85
烟尘产生量/(t·h <sup>-1</sup> )	0.83
烟尘排放量/(t·h <sup>-1</sup> )	0.00160
烟尘排放质量浓度/(mg·m <sup>-3</sup> )	13.14
SO <sub>2</sub> 产生量/(t·h <sup>-1</sup> )	0.022486
SO <sub>2</sub> 排放量/(t·h <sup>-1</sup> )	0.0079
SO <sub>2</sub> 排放浓度/(mg·m <sup>-3</sup> )	64.59
NO <sub>2</sub> 产生量/(t·h <sup>-1</sup> )	0.02437
NO <sub>2</sub> 排放量/(t·h <sup>-1</sup> )	0.0122
NO <sub>2</sub> 排放质量浓度/(mg·m <sup>-3</sup> )	<100

## 3 实测法确定大气污染源强

该方法是通过选择相同或类似工艺实测一些关键的污染参数。根据前述论证,实测法仅能确定部分原则,而不能直接给定拟建项目的具体源强数据。

## 4 实验法确定大气污染源强

实验法是通过一定的实验手段来确定一些关键的污染参数。已经委托有资质的部门测定并给出燃料检测报告,依此确定物料衡算法的关键基础数据和污染参数。

## 5 查阅参考资料分析法

由于该方法所得数据的准确性很难保证,加之大气评价工作等级为二级较高,因此不推荐采用<sup>[12-15]</sup>。

综上所述,某锅炉烟气源强核算综合运用类比法、物料衡算法、实测法及查阅相关实验资料法进行确定。环评确定的锅炉干烟气量为 121855.2 m<sup>3</sup>/h,在类比烟气量数据范围 67566 ~ 158090 m<sup>3</sup>/h 之内。在不考虑脱硫脱硝效率的情况下,SO<sub>2</sub> 产生质量浓度为 184.53 mg/m<sup>3</sup>,NO<sub>2</sub> 质量浓度 < 200 mg/m<sup>3</sup>,因此拟建项目需要采取相应的脱硫脱硝措施,确保烟气排放达标。

(下转第 111 页)

