

江苏省火力发电机组二氧化碳排放量估算

孙栓柱, 代家元

(江苏方天电力技术有限公司, 江苏南京 211102)

摘要:通过对火力发电机组二氧化碳排放量核算3种方法的详细解析,总结了排放因子法、物料衡算法、实测法的特点,结合江苏省电力行业机组结构状况及行业统计数据,如发电量、煤耗等,最终选取排放因子法,估算了全省年度二氧化碳排放量及二氧化碳排放因子。

关键词:火力发电机组;二氧化碳排放量;排放因子法

中图分类号:X511

文献标志码:B

文章编号:1009-0665(2014)01-0065-03

为了进一步激励企业降低排放水平,用更低成本实现碳减排目标。2011年10月,国家发改委确定北京、天津、上海、重庆、广东、湖北、深圳等7省市进行碳交易试点工作,计划在2013年正式实施试点工作,电力行业作为最大的二氧化碳排放源,被纳入范围已成定局。由于燃煤火力发电企业既存在能源消耗产生的二氧化碳排放,又存在脱硫工艺过程中产生的二氧化碳排放,二氧化碳排放量的统计过程比较复杂^[1,2]。另外由于国内对二氧化碳的排放核算工作开展较晚,国内应用的排放因子数据目前基本参照国际机构公布的排放因子,而这些排放因子是国外机构根据国外的煤质及火电机组燃烧情况研究得出的,与国内实际情况并不完全吻合,完全套用该算法可能与实际情况存在一定的偏差。因此,需要对电力行业的二氧化碳排放量统计方法进行研究,进而分析火力发电行业二氧化碳总排放量,为科学制定碳排放控制目标、合理分配碳交易配额奠定基础。

1 火力发电机组二氧化碳排放量计算方法

目前国际或国家组织制定的二氧化碳排放量核算原理主要有物料守恒法、实测法和排放因子法,其中以排放因子法为主。目前国际上最主要的3种核算标准ISO14064:2006、PAS2050、《温室气体协议:企业核算和报告准则》(GHG)的基本原理均以排放因子法为主。

1.1 排放因子法

排放因子法主要通过排放因子计算二氧化碳的排放量,而排放因子目前均由专业机构根据以往的数据统计得出的经验值,专业机构包括中国国家统计局、政府间气候变化专业委员会(IPCC)、英国环境、食品及农村事务部(DEFRA)等。目前我国应用的排放因子也是基于IPCC提供的《2006年IPCC国家温室气体清单指南》的数据。

排放因子是为电力企业消耗的各类燃料提供一组缺省排放因子,用于估算不同类别燃料类型的电力企业二氧化碳排放量,根据燃烧的燃料不同,缺省排放因子也不同,计算公式^[3]如下:

$$E_{\text{CO}_2} = C_{\text{m,燃料}} \times EF_{\text{CO}_2} \quad (1)$$

式中: E_{CO_2} 为二氧化碳排放量; $C_{\text{m,燃料}}$ 为燃烧的燃料热量(TJ); EF_{CO_2} 为二氧化碳排放因子,按燃料类型给出的二氧化碳排放因子(kg/TJ)为:

$$EF_{\text{CO}_2} = EF_{\text{C}} \times O \times \frac{44}{12} \times q \times 10^{-6} \quad (2)$$

式中: q 为燃煤热值(kJ/kg); EF_{C} 为碳排放因子(kg/GJ),代表单位热值化石燃料含碳量,在理想的燃烧条件下,燃料中所含碳将全部转化为二氧化碳; O 为碳氧化因子,代表煤中碳元素转换成二氧化碳的百分比例。据IPCC公布的统计数据,锅炉未完全燃烧损失大致为0.6%~6.6%,主要包括飞灰含碳量、灰渣含碳量2种形式,IPCC机构默认的煤种碳氧化因子为0.98^[4]。

对于二氧化碳,排放因子主要取决于燃料的碳含量。燃烧条件(燃烧效率、在矿渣和炉灰等物中的碳残留)相对不重要。其中碳排放因子计算模型可简化为:

$$EF_{\text{C}} = C_{\text{C,燃料}} / q \times 10^4 \quad (3)$$

式中: $C_{\text{C,燃料}}$ 为燃料的固定碳含量(%); q 为燃煤热值(kJ/kg)。修正后二氧化碳排放因子、二氧化碳排放量计算公式分别为:

$$EF_{\text{CO}_2} = C_{\text{C,燃料}} \times O \times \frac{44}{12} / 100 \quad (4)$$

$$E_{\text{CO}_2} = C_{\text{m,燃料}} \times C_{\text{C,燃料}} \times O \times \frac{44}{12} / 100 \quad (5)$$

1.2 物料衡算法

根据物质守恒定律,在生产过程中对于某种特定元素和物质是守恒的。火电行业的二氧化碳排放主要包括燃料燃烧过程排放和脱硫过程排放两方面。即:

$$E_{\text{CO}_2} = E_{\text{CO}_2, \text{燃烧}} + E_{\text{CO}_2, \text{脱硫}} \quad (6)$$

式中: $E_{\text{CO}_2, \text{燃烧}}$ 为燃料燃烧过程产生的二氧化碳排放量;

$E_{\text{CO}_2, \text{脱硫}}$ 为脱硫过程的二氧化碳排放量。

(1) 燃料燃烧的二氧化碳排放量。能源燃烧排放的二氧化碳来自燃料燃烧过程中的碳释放, 二氧化碳的排放量取决于燃料中的含碳量。在燃烧过程中, 大部分碳立即以二氧化碳的形式排放, 而少部分碳是其他形式排放例如颗粒物烟灰或灰渣中的碳, 其中未氧化的碳不计入温室气体排放总量中。

(2) 脱硫过程的二氧化碳排放量。当脱硫系统中脱硫剂采用 CaCO_3 时, 无论是干法还是湿法, 则在脱硫系统生产工艺过程中将会产生二氧化碳的排放, 可通过脱硫系统进出口在线监测系统数据以及脱硫系统其他参数推算脱硫过程中二氧化碳排放量。

1.3 实测法

实测法即针对电力企业的实际排放数据开展大量的实际测量工作, 记录排放烟气中二氧化碳的排放浓度、排放烟气量等主要参数数据, 从而计算单个电力企业的二氧化碳排放量。

$$E_{\text{CO}_2} = \varphi_{\text{CO}_2} \times V_{\text{标干}} \times 44/22.4 \quad (7)$$

式中: φ_{CO_2} 为烟气中二氧化碳含量; $V_{\text{标干}}$ 为标干状态下烟气体积量。

1.4 3种方法对比分析

物料衡算法相对于排放因子法、实测法, 计算过程相对复杂, 涉及的环节、因素也较多, 部分数据(如飞灰含碳量、脱硫剂耗用量等)统计较为困难; 而实测法是通过开展现场试验工作计算得到机组排放量, 现场工作最大, 且由于流场分布复杂等不利因素, 使得各类测速仪器、流量仪表无法有效应用于烟气量的测量^[5,6], 应用实测法统计出来的二氧化碳排放量较难保证其准确性; 排放因子法作为国内外二氧化碳排放量的首选核算方法, 计算结果的准确性相对较高, 且计算过程较其他2种方法相对简单。

2 江苏省火力发电机组二氧化碳排放量估算

鉴于上述分析, 文中选取排放因子法来估算江苏省火力发电机组二氧化碳排放量。

2.1 火力发电机组装机结构分析

江苏省火力发电机组以大型燃煤机组为主, 其中截至2012年底, 135 MW及以上燃煤发电机组占比达84.36%, 如图1所示。其中燃煤机组中, 以湿法脱硫机组为主, 约占87.64%, 如图2所示。

2.2 火力发电行业排放因子估算研究

江苏是煤炭资源的匮乏省份, 省内火电机组燃用动力煤绝大部分从外省(如山西、安徽等)引进, 火电机组掺烧褐煤情况非常普遍, 尤其是在电煤供需失衡时。近4年全省火电燃用动力煤成分分析如表1所示。

考虑到江苏火电行业中135 MW及其以上容量机

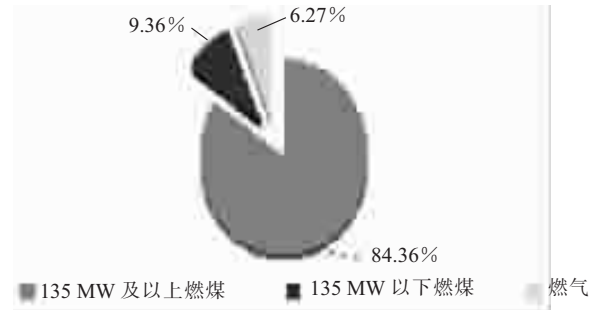


图1 江苏省火力发电机组装机结构

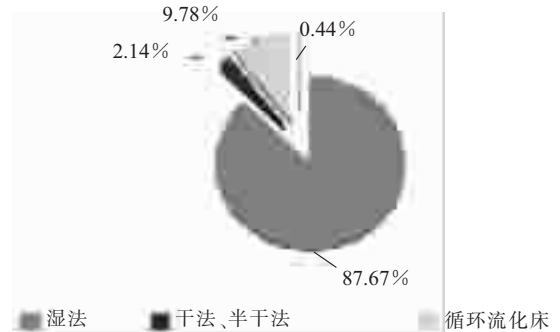


图2 江苏省燃煤发电机组脱硫设施情况分析

表1 江苏省2009~2012年火力发电燃煤情况

年度	收到基低位发热量/(kJ·kg ⁻¹)	收到基固定碳/%	空干基全硫/%
2009	19 811.4	52.4	0.81
2010	19 777.1	52.3	0.79
2011	19 602.0	51.9	0.74
2012	20 055.1	53.1	0.76

组比例达到84.36%, 机组的燃烧效率普遍偏高, 故碳氧化因子按照0.98计算, 得到近4年江苏省火电机组二氧化碳排放因子, 如表2所示。

表2 江苏省2009~2012年火电机组二氧化碳排放因子

年度	收到基低位发热量/(kJ·kg ⁻¹)	收到基固定碳/%	二氧化碳排放因子/(kJ·kg ⁻¹)
2009	19 811.4	52.4	1.884
2010	19 777.1	52.3	1.879
2011	19 602.0	51.9	1.865
2012	20 055.1	53.1	1.908

2.3 火力发电行业年度二氧化碳排放量估算

2.3.1 火力发电行业指标

“十一五”期间, 江苏省火电装机容量飞速发展, 发电量也保持高速增长, 但随着600 MW, 1000 MW等级大机组新建投产以及替代小机组的关停, 全省火电行业的供电煤耗却一直均在下降, 表3即为2009~2011年期间江苏省火电机组上网电量、供电煤耗等数据如表3所示。

2.3.2 二氧化碳排放量

表3 江苏省2009~2011年火电机组上网电量和煤耗情况

年度	上网电量×10 ⁹ / (kW·h)	平均供电煤耗 / [g·(kW·h) ⁻¹]
2009	2797	315.7
2010	3166	313.0
2011	3735	311.8

江苏省二氧化碳排放量计算公式为:

$$B_{\text{标煤}} = W_{\text{上网}} \times b_{\text{供电}} \quad (8)$$

$$B_{\text{原煤}} = B_{\text{标煤}} \times 29271 / q_{\text{全省}} \quad (9)$$

$$E_{\text{CO}_2} = B_{\text{原煤}} \times EF_{\text{CO}_2, \text{年度}} \quad (10)$$

其中: $W_{\text{上网}}$ 为全省火电机组上网电量; $b_{\text{供电}}$ 为全省火电机组平均供电煤耗; $B_{\text{标煤}}$ 为全省火电行业动力煤量(标煤); $q_{\text{全省}}$ 为全省火电行业燃煤平均热值; $B_{\text{原煤}}$ 为全省火电行业动力煤量(原煤); $EF_{\text{CO}_2, \text{年度}}$ 为年度二氧化碳排放系数。计算结果如表4所示。

表4 江苏省2009~2011年火电机组二氧化碳排放量估算

年度	二氧化碳排放因子 / [kg·(kW·h) ⁻¹]	二氧化碳排放量×10 ⁴ /t
2009	0.879	2.458
2010	0.871	2.756
2011	0.868	3.243

* 以电量计。

可以看出,随着发电容量的不断增大,江苏省二氧化碳排放量近几年一直保持10%以上的增长幅度,在燃用动力煤基本没有大的变化的同时,随着供电煤耗的下降,以电量计的二氧化碳排放因子维持持续下降趋势。

采用上述排放因子法,相对于实测法等可以简便快捷地统计出江苏省火电机组二氧化碳排放量,为全省开展碳交易试点、进行碳配额分配奠定了基础。

3 结束语

首先简要介绍了排放因子法、物料衡算法、实测法等3种二氧化碳排放量计算方法的计算模型,然后对3种方法进行了对比分析,最后结合江苏省火电行业数据,估算了全省火电行业2009~2011年二氧化碳排放量及排放因子,为电力行业“十二五”期间二氧化碳排放量计算统计提供理论基础,也为后续二氧化碳减排方案论证和实施提供了详实的数据支撑。

参考文献:

- [1] 吴晓蔚. 火电行业温室气体排放因子测算与排放量估算及减排对策[D]. 南京:南京信息工程大学,2010.
- [2] 刘焕章. 电站锅炉温室气体排放量的计算[J]. 热能动力工程,2007,22(6):23-27.
- [3] IPCC. 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories[R],Cambridge:Cambridge University Press 2006.
- [4] IPCC. IPCC Fourth Assessment Report. Climate Change 2007: The AR4 Synthesis Report[R].Cambridge:Cambridge University Press,2007:1-15.
- [5] 刘鸿,周克毅. 锅炉飞灰测碳仪的技术现状及发展趋势[J]. 锅炉技术,2004,35(2):35-38.
- [6] 白江文,魏威,周强,等. 烟气排放连续监测系统及其常见故障分析处理[J]. 江苏电机工程,2011,30(3):78-80.

作者简介:

孙栓柱(1973),男,江苏徐州人,高级工程师,从事火力发电在线监测方向研究工作;
代家元(1985),男,河南信阳人,助理工程师,从事火力发电在线监测方向研究工作。

Research on the Estimation of Jiangsu Thermal Power Plant Carbon Dioxide Emissions

SUN Shuanzhu, DAI Jiayuan

(Jiangsu Frontier Electrical Power Technology Co. Ltd., Nanjing 211102, China)

Abstract: Based on in-depth comparison of three different carbon dioxide emission accounting methods for coal-fired thermal power units, including the emission factor method, material balance method and experimental method, the main characteristics of the three methods are summarized in this paper. Then through analyzing the structural and statistical data, such as power generation and coal consumption of the power units in Jiangsu province, the emission factor method is adopted as a preferred method, and with this method, estimation of the carbon dioxide emission and carbon dioxide emission factors of Jiangsu province is performed.

Key words: thermal power unit; carbon dioxide emission; emission factor method

努力超越 追求卓越