

试验研究

火力发电厂碳排放测算方法和减排措施研究

索新良 王鹏辉

(华电电力科学研究院 东北分院,辽宁 沈阳 110000)

摘要:如何测算和降低火力发电厂碳排放量已经成为许多学者的重要研究课题。本文阐述了碳排放量测算方法和计算过程的注意事项。从燃煤、燃油、脱硫剂和厂用电率等方面分析了减少 CO₂ 排放的方法,减排效果明显。为在 2017 年更好地进行年碳交易,电厂应积极组织碳排查,及时摸清排放情况。

关键词:碳排放;火力发电;碳排放测算;碳减排分析

中图分类号:X2

文献标识码:A

文章编号:1006-8759(2017)02-0017-03

RESEARCH ON CALCULATION METHOD OF CARBON EMISSION AND EMISSION REDUCTION MEASURES IN THERMAL POWER PLANT

SUO Xin-liang, WANG Peng-hui

(Huadian electric power research institute dongbei branch, Shenyang, 110000, China)

Abstract:How to measure and reduce the carbon emissions of thermal power plants has become an important research topic of many scholars. This paper expounds the method of carbon emission calculation and the calculation process of attention. The method of reducing CO₂ emission is analyzed from the coal, fuel, desulfurization agent and plant power consumption rate and other aspects, and the emission reduction effect is obvious. In order to better carry out the carbon trading in 2017, the power plant should actively organize the investigation of carbon, and in a timely manner to find out the situation of emissions.

Key words:Carbon emission;Thermal power plants;Carbon emission measurement;Carbon emission reduction analysis.

CO₂ 作为造成全球气候变暖的“罪魁祸首”,其性质及减排技术的研究越来越引起学者的重视。在我国,CO₂ 的排放主要来自于化石燃料的燃烧。而煤炭作为化石燃料在我国一次能源消费结构中占有绝对的主体地位^[1],在 2014 年煤炭消费量占能源消费总量的 66.0% 以上,而我国的天然气储量和产量都比较贫乏,每年都需要依赖大量进口。同时从我国的石油储量和产量方面来讲,供需矛盾很大^[2]。火力发电厂发电、供热主要以燃烧

煤炭为主,其在 2004 年占煤炭消费总量的 50% 以上^[3]。研究测算火力发电厂碳排放量及分析其减排方法和措施具有重要意义。

1 碳排放测算方法

在对某电厂进行碳排查时,首先得确定该厂的核算边界。核算边界以电厂法人界为界,识别、测算边界内所有生产设施产生的 CO₂ 排放。CO₂ 的排放源包括化石燃料燃烧排放、脱硫过程排放、电厂外购入电排放。其中化石燃料包括发电燃煤、锅炉辅助燃烧(启动及稳燃)所用燃料油、厂区办公用车及生产用车所耗油。

1.1 化石燃料 CO₂ 排放量测算

化石燃料 CO₂ 排放量测算公式为:

$$E=AD \times EF^{[4,5,6]} \quad (1)$$

其中:E 为 CO₂ 排放量;AD 为活动水平;EF 为排放因子。

1.1.1 活动水平

活动水平的测算公式为:

$$AD=FC \times NCV \quad (2)$$

其中:FC 为化石燃料的消耗量;NCV 为化石燃料的平均低位发热值。

在实际统计中,化石燃料统计方法有月消耗量、年消耗量两种,部分电厂细化到统计日消耗量。化石燃料的平均低位发热值根据消耗量的统计方法测算得出月平均值、年平均值。月平均低位发热值、年平均低位发热值为日平均低位发热值加权平均所得,权重为燃料日消耗量;为简化测算,年平均低位发热值也可按月平均低位发热值加权平均得到,其权重为燃料月消耗量。燃煤的统计量以入炉煤量为准,辅助用油以运行台账统计为准,办公及生产用车燃油以加油发票为准。燃煤低位发热值每天至少测量一次^[7],用油低位发热值电厂一般不进行试验测量,其值以国家测定数据为准。

1.1.2 排放因子

$$EF=CC \times OF \times 44/12 \quad (3)$$

其中:CC 为化石燃料的单位热值含碳量;OF 为化石燃料的碳氧化率;44/12 为二氧化碳与碳的分子质量比。

燃油的单位热值和碳氧化率以推荐值进行测算^[5]。

燃煤单位热值含碳量计算公式为:

$$CC_{煤} = \frac{C_{煤}}{NCV_{煤}} \quad (4)$$

其中:CC_煤 为燃煤单位热值含碳量,C_煤 为燃煤的元素含碳量。

燃煤单位热值含碳量以月统计为准,年平均单位热值含碳量以月平均值加权平均得到,权重为燃煤量。而元素碳含量对于大部分电厂未进行测算,无法获得。对此可根据燃烧煤种采取缺省值^[5],也可根据文献[8]、[9]、[10],由经验拟合公式算得干燥基碳含量,再换算到收到基。公式为:

$$C_d=35.411-0.199V_d-0.341A_d-0.412S_{d,d}+1.632Q_{gr,d} \quad (5)$$

经过大量数据比对,实测 C_d 值与拟合 C_d 之差一般在 2.00 % 以内。

碳氧化率计算公式

$$OF_{煤}=1-\frac{G_{渣} \times C_{渣}+G_{灰} \times C_{灰}/\eta_{除尘}}{FC_{煤} \times NCV_{煤} \times CC_{煤}} \quad (6)$$

其中:G_渣、G_灰 为炉渣、飞灰产量,C_渣、C_灰 为炉渣、飞灰含碳量,η_{除尘} 为除尘器除尘效率。

炉渣、飞灰计算中,可按年计算,也可按月计算,除尘器除尘效率由厂家提供,若电厂对除尘器做过性能试验或进行过技术改造工作,除尘效率以试验结果为准。部分电厂厂区炉渣飞灰为外包,没有对炉渣飞灰产量进行统计,对此可根据文献[11]进行估算,公式为:

$$G_{lz} = G_m \left\{ A_{ar} + \frac{Q_{net,v,ar} \times q_4}{33870 \times 100} \right\} \quad (7)$$

其中 G_{lz} 为灰渣总产量,G_m 为燃煤量,A_{ar} 为收到基灰分,Q_{net,v,ar} 为收到基低位发热量,q₄ 为固体未完全燃烧热损失。

灰渣、飞灰量分配根据炉型进行分配,分配比例见文献[4]。q₄ 由锅炉厂家提供。电厂在投产后基本都做过锅炉性能试验或锅炉技术改造工作,设计值与实测值偏差较大,实际计算中 q₄ 以试验结果为准。

1.2 脱硫过程 CO₂ 排放测算

对于燃煤机组,都配备有脱硫装置。脱硫过程所用脱硫剂有效成分为碳酸盐,所以脱硫过程也会产生 CO₂,其计算公式为:

$$E_{脱硫}=CAL \times EF_k \quad (8)$$

其中:E_{脱硫} 为脱硫过程的二氧化碳排放量,CAL 为碳酸盐消耗量,EF_k 为脱硫剂排放因子,k 为脱硫剂类型。

脱硫过程 CO₂ 排放测算过程,脱硫剂转化率取 100 %,脱硫剂排放因子按文献[4]进行计算。

1.3 净购入电力 CO₂ 排放测算

净购入电力 CO₂ 排放测算公式为:

$$E_{电}=AD_{电} \times EF_{电} \quad (9)$$

其中:E_电 为净购入电力 CO₂ 排放量,AD_电 为净购入电力量,EF_电 为净购入电力排放因子。其排放因子根据国家主管部门最新公布的区域电网排放因子计算。

2 减排分析

2.1 燃煤 CO₂ 减排分析

在对电厂的实际碳盘查中,发现部分电厂炉渣含碳量高达 15%,炉渣含碳量过高,造成发电煤耗增加。而飞灰含碳量是决定固体未完全燃烧热损失 q_4 的关键因素。飞灰含碳量每提高 1%,根据不同机组容量,供电煤耗提高 0.8~2.09 g/kWh^[12]。以一台 600 MW 机组燃烧烟煤,机组年利用小时数视 5 000 h 为例,飞灰含碳量降低 1%,供电煤耗视为降低 0.8%,由经验值知一吨烟煤排放两吨 CO₂,全年 CO₂ 可减排约 4 800 t,减排量可观。所以降低炉渣、飞灰含碳量,提高碳氧化率,对降低发电、供热煤耗,减少 CO₂ 排放活动水平具有重要意义。降低炉渣飞灰含碳量可通过改变火焰中心高度、延长燃料在炉膛的停留时间,在燃烬区适当提高氧量,降低煤粉细度、合理调整配风,燃烧煤种上尽量选择接近于设计煤种。

提高除尘效率有利于提高碳氧化率。对于除尘效率的提高,可以通过调整除尘器的排烟温度,避免烟气结露,粘结在电除尘器上,导致除尘效率降低,同时控制烟气流速,减少二次扬尘;在平时维护中应定期检查除尘系统中管道、除尘器本体保温和密封情况,不合格处及时更换处理。

2.2 燃油 CO₂ 和外购电 CO₂ 减排分析

燃油分为锅炉辅助用油和办公、生产用车用油。对于锅炉辅助用油主要用于锅炉启动、运行稳燃。减少辅助用油可通过加强运行技术人员专业知识和提高操作能力,减少机组非停次数,提高机组低负荷稳燃技术。条件允许下,可优化改造点火装置,降低起机燃油量。

机组投产后外购电主要用于厂区机组全停时所用。减少外购电需减少机组停机次数。

2.3 脱硫过程 CO₂ 减排分析

在测算脱硫过程 CO₂ 排放量时,脱硫剂转化率取值为 100%,实际中并未达到。以一台 600 MW 机组燃烧烟煤,机组年利用小时数视为 5 000 h,脱硫为湿法脱硫,脱硫效率为 95% 为例,一台机组一年消耗脱硫剂约 4 wt,脱硫效率提高 1%,脱硫剂耗量减少约 500 t,CO₂ 排放减少约 200 t。

脱硫剂对于湿法脱硫来说,设定适当的 PH 值和维持 PH 值的稳定是提高脱硫效率的关键因素;调整合适的液气比,可以保证浆液与 SO₂ 的充分接触;在保证脱硫效率的同时可适当增加高位

循环泵的运行时间,进而可以增加浆液与 SO₂ 的接触时间;加强监视氧化风机向吸收塔的供气,使氧化反应趋于完全,提高除尘效率的同时,可有效预防喷嘴堵塞。对于干法脱硫,可以提高脱硫剂与燃煤混合均匀性,适当降低脱硫剂细度。

2.4 单位供电量 CO₂ 排放量减排分析

在对电厂盘查的过程中发现,部分电厂厂用电率在 5% 以上。对于相同上网电量,降低厂用电率和供电煤耗,进而减少发电量和燃煤耗量,最终对减少 CO₂ 排放具有重要意义。可以通过生产厂区优化照明布置,更换高效节能照明设施等方法降低厂用电率;而辅机运行方式合理与否对机组的厂用电量、供电煤耗影响也很大。

2017 年全国将全面实行碳交易,为此电厂应及时请相关权威单位对自身进行碳排放情况摸查,电厂应划分单独的相关部门、相关责任人负责展开碳排放计算基础资料的收集工作。为真实、准确反映电厂排放量,建议核查近几年排放情况,同时相关数据搜集部门应规范日常数据管理,防止数据缺失影响后期计算。

3 总结

在计算电厂碳排放时,数据须真实可靠,入炉煤化验等数据台账收集须规范。计算过程最大可能的细化,同时在辅助油耗量、脱硫剂耗量等数据统计上尽可能分机组进行,便于对比机组间排放情况,后期有利于机组优化。

机组运行中,通过各种手段降低炉渣飞灰含碳量、提高除尘效率,进而降低燃煤 CO₂ 排放量;对于燃油,可以通过对运行技术人员专业操作技能培训,稳定低负荷机组运行,减少机组非停次数;提高脱硫过程脱硫效率可以减少脱硫剂消耗量,进而降低因脱硫产生的 CO₂ 排放;可以通过优化厂区照明设备和辅机运行方式,以此降低厂用电率,最终达到 CO₂ 的减排。

参考文献

- [1] 裴忠勋. 展望煤气化在我国的发展[J]. 可持续发展, 2002, 6:34-35.
- [2] 索新良. CaO-Fe (NO₃)₃ 对锦界煤焦-CO₂ 气化特性的影响研究[D]. 保定: 华北电力大学, 2013.
- [3] 龙世健. 火力发电厂温室气体排放控制[J]. 云南电力技术, 2005 (5):31-32.

(下转第 26 页)

工频电场强度:从表 2 及图 3 中可以看出,东枣线在通过非居民区导线最低允许高度为 6.5m 时,线下距地面 1.5 m 高处,工频电场强度最大值为 7.353 kV/m,随着距离的增加工频电场逐渐降低,到距离线路中心 12 m(边导线外 6.5 m 处)工频电场强度降到 4 kV/m 以下,因此,应将边导线外 6.5 m 以内区域设置为电磁环境安全防护范围,在此范围内不得再修建永久居住的房屋。

线路通过居民区导线最低允许高度为 7.5 m 时,线下距地面 1.5 m 高处,工频电场强度最大值为 5.908 kV/m,随着距离的增加工频电场逐渐降低,到距离线路中心 11.5 m(边导线外 5 m 处)工频电场强度降到 4 kV/m 以下。因此,应将边导线外 5 m 以内区域设置为电磁环境安全防护范围,在此范围内不得再修建永久居住的房屋。

工频磁感应强度:从表 2 及图 4 得出,对于东枣线改接线最不利塔型 JC2 (线间距为(6/-6.5/6.5)m),在通过非居民区导线最低允许高度为 6.0m 时,线下距地面 1.5 m 高处工频磁感应强度最大值为 13.965 μT ;在居民区导线最低允许高度为 10 m 时,线下距地面 1.5 m 高处工频磁感应强度最大值为 9.035 μT ;均满足评价标准(0.1 mT)要求。

4 结论

距离 220 kV 东枣线线路中心距离越远,其电

磁环境影响越小。

220 kV 输电线路经过非居民区时,将边导线外 6.5 m 以内区域设置为电磁环境影响安全防护范围;在经过居民区时,将边导线外 5 m 以内区域设置为电磁环境影响安全防护距离。

5 防护措施

输电线路经过居民区时,应尽量抬高导线高度,以降低其对居民的电磁环境影响^[5]。

在电磁环境安全防护距离范围内,禁止修建房屋。

对工程所在地区的居民进行有关输变电工程环境保护知识的宣传和教育,消除他们的畏惧心理^[6]。

参考文献

- [1] 李晓星,社军凯,黄川友,殷彤.110kV 高压输电线路相互并行时电磁环境影响研究[J].水电能源科学,2011,29(6):175-176.
- [2] 环境保护部辐射环境监测技术中心.《电磁环境控制限值》(GB8702-2014)[S].中国环境科学出版社,2014.
- [3] 环境保护部辐射环境监测技术中心.《环境影响评价技术导则-输变电工程》(HJ24-2014)[S].中国环境科学出版社,2014.
- [4] 周扬.220kV 高压输电线路电磁辐射水平及防护距离预测 [J].环境监测管理与技术,2007,19(3):46-48.
- [5] 鄂雄,聂定珍,万保权,张广州.架空送电线路的电磁环境及其污染影响[J].高电压技术,2000, 26(5):24-26.
- [6] 王凤英,王文兵.高压输变电工程的电磁影响及防治对策[J].电力环境保护,2008, 24(3):54-56.
- [7] 国家发展和改革委员会.《中国发电企业温室气体排放核算方法与报告指南(1)》[R].北京:2013.
- [8] 《省级温室气体清单编制指南(试行)》[R].石家庄:省计量监督检测院,2012.
- [9] 高广生.中国温室气体清单研究[M].北京:中国环境科学出版社.
- [10] 中国国家标准化管理委员会. GB/T 213-2008 《煤的发热量测定方法》[S].北京:中国标准出版社,2008.
- [11] 方文沐.《燃料技术问答(第三版)》[M].北京:中国电力出版社,2005,P451.
- [12] 于实,李丰田.《煤质检测分析新技术新方法 with 化验结果的审查计算实用手册》[M].北京:当代中国音像出版社,2011,P1064.
- [13] 王经纬.概述煤质分析结果判断与审查 [J].《黑龙江科技信息》,2012,28: P34.
- [14] 中华人民共和国国家经济贸易委员会. DL/T 5142-2002 《火力发电厂除尘设计规程》[S].北京:中国电力出版社,2002.
- [15] 王世昌.电站主流煤粉锅炉飞灰含碳量升高对供电煤耗的影响计算与分析[J].节能,2011(1):37-40.

(上接第 19 页)