

燃煤烟气体积热值比的提出及应用

张金柱, 吉金芳, 梁新磊, 商永强

(华电郑州机械设计研究院有限公司, 河南 郑州 450015)

摘要: 火电厂炉后环保系统设计中, 烟气量是一项重要参数, 正常设计中无法判断设计取用烟气量的大小。本论文通过燃煤分析, 提出燃煤烟气体积热值比, 即每千克燃煤产生的烟气量与收到基低位发热量的比值。湿基燃煤烟气体积热值比按照无烟煤、贫煤、烟煤、褐煤的顺序呈现逐渐变大的趋势, 影响不同煤种烟气体积差别的主要因素为燃煤中收到基全水分。干基燃煤烟气体积热值比与燃煤成份关系不大, 在较小范围内变化。在设计过程中, 通过计算燃煤烟气体积热值比可以判断本工程设计采用的烟气量是偏小还是偏大, 从而指导后续设备选型中烟气量裕量选择。

关键词: 燃煤; 烟气体积热值比; 烟气量; 裕量; 低位发热量

中图分类号: TK16 文献标识码: A

DOI: 10.16146/j.cnki.rndlgc.2016.11.020

引言

在火力发电厂设计工作中, 众所周知, 设计煤质的选取应十分慎重, 设计煤质的选取关系电厂锅炉选型设计、制粉系统选型设计、炉后烟气治理设施的选型设计等。若电厂设计煤质选择偏差太大会导致机组实际运行过程中偏离设计工况, 机组运行不稳定, 效率低下, 烟气治理不达标等问题。在项目建设时, 烟气量往往通过对设计煤质进行燃烧计算得到, 得到的烟气量是否有代表性, 是偏小了还是偏大了, 无法判断, 只能通过设置烟气量裕量来满足正常运行要求。急需提出一种燃煤指标来判断对应煤质烟气量的情况, 本文提出燃煤烟气体积热值比, 通过该数据可以准确判断燃煤烟气量的情况, 并可以判断燃煤的合理性, 同时采用该参数可以估算出烟气量、烟尘浓度、 SO_2 浓度等数据。

1 设备选型相关规定

在进行火力发电厂设计时, 根据规程要求, 主要

设备选型时的烟气量裕量选择如下:

引风机选型: 引风机的基本风量应按燃用设计煤种锅炉在最大连续蒸发量时的烟气量、制造厂保证的空气预热器运行一年后烟气侧漏风量及锅炉烟气系统漏风量之和确定。引风机的风量裕量不宜低于10%, 宜另加10~15℃的温度裕量。

除尘器选型: 除尘器的烟气流量应为燃用设计煤种在锅炉最大连续蒸发量工况下的空气预热器出口烟气量, 另加10%的裕量; 烟气温度应为燃用设计煤种在锅炉最大连续蒸发量工况下的空气预热器出口烟气温度加10~15℃的温度裕量。

烟气脱硫、脱硝: 设计处理烟气量宜按锅炉最大连续蒸发量工况下设计煤种或校核煤种的烟气条件, 取大值, 可不另加裕量。

引风机风量变化会引起风机运行工况点偏离设计工况, 导致风机效率下降, 引起电机功率升高。常规静电除尘器选型要求烟气流速低于1.2 m/s, 常规布袋除尘器一般控制滤袋过滤风速要求低于1.1 m/min, 现在的超低排放滤袋要求过滤风速低于0.9 m/s。湿式静电除尘器设计风速为低于2.6 m/s。当烟气量增加, 烟气流速超过设计值均会导致除尘效率的显著下降, 烟尘排放浓度升高。常规脱硫设计中烟气流速选取3.5~4.5 m/s, 考虑到脱硫塔顶部除雾器的运行效果, 烟气流速应尽量控制在4.2 m/s以下。研究表明, 在石灰石-石膏湿法烟气脱硫系统中, 随着烟气量变大, 烟气流速提高, 会略微增加脱硫塔内汽液传质能力。但是由于烟气量增大液气比减小, 脱硫效率会降低。烟气流速高也会导致除雾器运行效果不好, 脱硫出口烟气带水严重。火电厂SCR烟气脱硝工程设计反应器空塔流速为4~6 m/s, 催化剂孔内流速一般要求低于7 m/s。烟气量大、烟气流速高会导致烟气停留时间减少, 脱硝效率降低, 催化剂磨损加剧。

收稿日期: 2016-04-29; 修订日期: 2016-05-03

作者简介: 张金柱(1981-), 男, 宁夏中卫人, 华电郑州机械设计研究院有限公司高级工程师。

以上设备及系统在烟气量选择时都很慎重,因为烟气量直接影响最终的设计成品,进而影响总投资。当实际烟气量大于设计烟气量时,设备运行工况偏离设计工况,导致设备运行效率低下及最终烟气排放环保不达标。当实际烟气量小于设计烟气量时,会导致投资浪费。随着环保标准的不断提高,对除尘、脱硫、脱硝的性能要求不断提高,烟气量、烟气流速选取更加重要,如果烟气量、烟气流速选择错误,则可能导致最终环保不达标。

2 影响烟气量的因素

在电厂设计时,根据煤质的收到基低位发热量及锅炉参数计算出锅炉计算耗煤量 B_j 。再根据燃煤的成份计算每千克燃煤烟气体积,最后用锅炉计算耗煤量乘以每千克燃煤烟气体积得出总的烟气体积。最后总的烟气体积跟每千克燃煤烟气体积、锅炉计算耗煤量、烟气温度的、过量空气系数有关系。正常来说烟气温度的、过量空气系数、锅炉吸热量都是可以根据设备参数确定的,并没有问题。所以主要影响烟气量的是每千克燃煤烟气体积和燃煤收到基低位发热量,其中每千克燃煤烟气体积与最终的烟气量成正比,燃煤收到基低位发热量与最终的烟气量成反比。

由于燃煤成分变化,产生的烟气量波动很大,在进行工程设计时一般选定设计煤种、校核煤种,在后续设备选型中都需要考虑烟气量的选型裕量,避免实际运行中由于燃煤的波动引起烟气量波动而超出了设备的处理能力。但是很难判断出设计煤种、校

核煤种产生的烟气量是偏大还是偏小,故而设计后期可能存在两种情况:如果设计煤种和校核煤种对应的烟气量偏大,再叠加上设备选型烟气量裕量系数,导致设备选型出力偏大,造成投资浪费运行不经济;如果设计煤种和校核煤种对应的烟气量偏小,设备选型烟气量裕量系数还按照常规习惯取值,最终导致设备选型出力偏小,实际运行达不到设计性能,影响全厂运行面临二次改造。故而现在设计中急需提出一项指标,用来判断设计时选用的设计煤种、校核煤种对应的理论计算烟气量是偏大还是偏小,以指导后续设备选型中烟气量裕量系数的选择。

为此,本文提出“燃煤烟气体积热值比”,是指燃煤产生 1 KJ 收到基低位热量所产生的烟气体积大小,计算公式为:

$$\text{燃煤烟气体积热值比} = \text{每千克燃煤烟气体积} \div \text{燃煤收到基低位发热量} \times 10^5$$

其中,每千克燃煤烟气体积, Nm^3/kg ; 燃煤收到基低位发热量, kJ/kg 。

该数值表示燃煤产生相同发热量时相应产生的烟气量的大小,在相同的锅炉系统中该数值越高,表示燃用该煤质产生的烟气量越大。

3 煤质分析

为了区分其中最终水分的影响,分别对标态、湿基、 $\text{O}_2 6\%$ 状态下的烟气体积热值比和标态、干基、 $\text{O}_2 6\%$ 状态下的烟气体积热值比进行比较,结果如表 1 所示。

表 1 不同种类煤质燃煤烟气体积热值比

Tab. 1 Volume and heating value ratios of the flue gases produced in combustion of various coal ranks

序号	项目	无烟煤	贫煤	烟煤	褐煤	
1	样本数量/个	13	37	29	12	
2	烟气体积热值比 (标态、湿基、 $\text{O}_2 6\%$)	最小值	37.15	36.43	36.71	39.31
		最大值	40.18	42.67	42.97	44.16
		平均值	38.96	39.28	39.62	41.49
		波动范围/%	-4.65 ~ 3.13	-7.25 ~ 8.63	-7.35 ~ 8.45	-5.25 ~ 6.44
3	烟气体积热值比 (标态、干基、 $\text{O}_2 6\%$)	最小值	35.52	33.81	33.88	34.55
		最大值	38.53	39.65	39.26	38.33
		平均值	36.88	36.68	36.43	36.65
		波动范围/%	-3.68 ~ 4.49	-7.82 ~ 8.10	-7.00 ~ 7.77	-5.73 ~ 4.59

根据以上分析可知,燃煤的烟气体积(标态、湿基、 O_2 6%)与烟气热值的比值在一个较小的范围内波动,并且按照无烟煤、贫煤、烟煤、褐煤的顺序呈现逐渐变大的趋势。燃煤的烟气体积(标态、干基、 O_2 6%)与烟气热值的比值变化很小,且与燃煤类型关系不大。

分析原因首先燃煤中碳、氢、硫等元素产生热量及产生的烟气体积比例是不同的,不同的煤种其中各元素的构成不同,故而烟气体积热值比肯定是有差别的。另外,由于燃煤中收到基全水份并不产生

热量,水份越高收到基低位发热量越小。但是收到基全水份最终都会转化为烟气中的水蒸气,所以对湿基烟气体积的贡献很大,水份越高湿基烟气体积越大。所以,最终燃煤中收到基全水份对湿基烟气体积热值比的影响很大,收到基全水份数值越高,湿基烟气体积热值比越大。而收到基全水份对于干基烟气体积没有影响,所以全水份对干基烟气体积热值比的影响变小,导致各燃煤类型干基烟气体积热值比变化不大。不同燃煤类型烟气体积热值比分布曲线如图1所示。

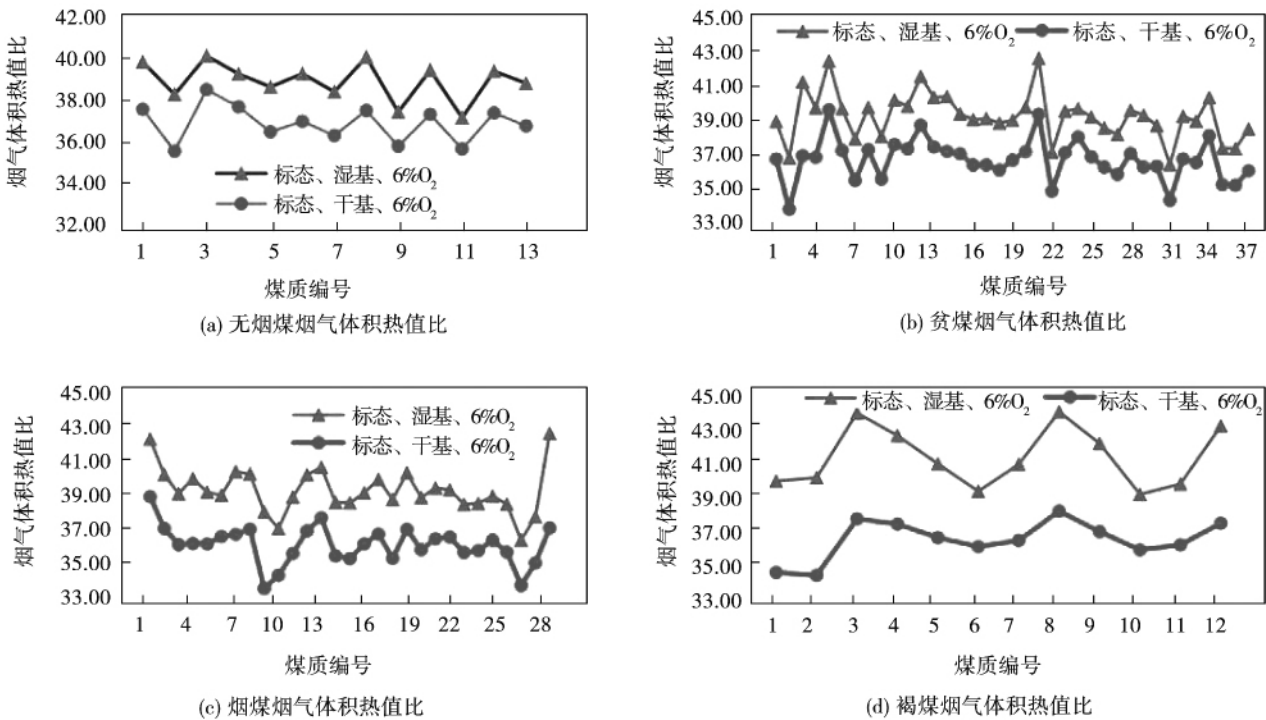


图1 不同煤质燃煤烟气体积热值比分布曲线

Fig. 1 Curves of the distribution of the volume and heating value ratios of the flue gases produced in the combustion of various coal ranks

无烟煤样本共13个,烟气体积热值比(标态、湿基、 O_2 6%)均处在37~40.5的区间内,占比为100%;贫煤样本共37个,烟气体积热值比(标态、湿基、 O_2 6%)处在37~40.5区间的共有31个,占比为84%;烟煤样本共29个,烟气体积热值比(标态、湿基、 O_2 6%)处在38~41区间的共有25个,占比为86%;褐煤样本共12个,烟气体积热值比(标态、湿基、 O_2 6%)处在39~43区间的共有9个,占比为75%。所有91个样本,烟气体积热值比(标态、干

基、 O_2 6%)处在34~38区间的共有81个,占比为89%。

设计院在进行设计中,收到煤质资料之后可以用烟气体积热值比进行核算,将计算得到的数值与对应煤质类别的平均值进行对比,当计算得到的值偏小时应注意在后续设计中选取烟气体积裕量系数应大一点,否则会出现设计烟气体积偏小,实际烟气体积过大而导致系统运行不正常或环保不达标等问题。当计算得到的值偏大时,说明采用该煤质计算得到

的烟气量偏大,在后续设计中选取烟气量裕量系数应小一点,不宜选择过大裕量,否则会存在设计浪费。

4 结 论

主要影响烟气体积的是每千克燃煤烟气体积和燃煤收到基低位发热量,其中每千克燃煤烟气体积与最终的烟气量成正比,燃煤发热量与最终的烟气量成反比。得出结论:

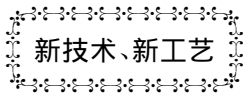
燃煤烟气体积热值比 = 每千克燃煤烟气体积 ÷ 燃煤收到基低位发热量 $\times 10^5$

根据分析可知,燃煤的烟气量(标态、湿基、 O_2 6%)与燃煤收到基低位发热量的比值在一个较小的范围内波动,并且按照无烟煤、贫煤、烟煤、褐煤的顺序呈现逐渐变大的趋势。影响不同煤种烟气体积差别的主要因素为燃煤中收到基全水分。燃煤的烟气量(标态、干基、 O_2 6%)与燃煤收到基低位发热量的比值变化很小,且与燃煤类型关系不大。

参考文献:

- [1] 汪毅,黄静,汪永祥.用煤发热量推导的烟气量公式计算火电除尘效率[J].电力勘测设计,2014(5):48-50.
WANG Yi, HUANG Jing, WANG Yong-xiang. The dust removal efficiency of a thermal power plant calculated by using the amount of flue gases derived from the heat quantity produced in combustion of coal [J]. Electric Power Survey & Design, 2014(5):48-50.
- [2] 孟志浩,俞保云.燃煤锅炉烟气量及 NO_x 排放量计算方法的探讨[J].环境污染与防治,2009,31(11):107-109.
MENG Zhi-hao, YU Bao-yun. Exploratory study of the methods for calculating the amount of flue gases and NO_x emissions from a coal-fired boiler [J]. Environmental Pollution and Prevention, 2009, 31(11):107-109.
- [3] 汪永祥,王德彬.采用低位发热量计算烟气量方法的探讨[J].吉林电力,2008(5):11-14.
WANG Yong-xiang, WANG De-bin. Exploratory study of the method for calculating the amount of flue gases by using the low heating value [J]. Jilin Electric Power, 2008, 10(5):11-14.

(刘瑶 编辑)



三菱和日立整合热能业务

据《Gas Turbine World》2014年5~6月刊报道,Mitsubishi和Hitachi已合并并成立了新的合资企业公司,即,三菱日立动力系统。

新的合资企业公司集成其燃气轮机生产线、专业蒸汽和涡轮技术以及工业销售合同。

日立的燃气轮机覆盖大约在15 MW(例如16.9 MW功率,34.3%效率的H-15)到110 MW(例如112.44 MW功率,38.2%效率的H-80)之间的功率谱。

三菱的燃气轮机覆盖大约在115 MW(例如113.95 MW功率,34.9%效率的M501DA)到470 MW(例如470 MW功率,41.0%效率的M701J)之间的功率谱。

由于三菱和日立的合并,新公司的燃气轮机覆盖在15 MW到470 MW之间的功率谱,从而明显提高了新公司在世界市场的竞争能力。

(吉桂明 摘译)

potassium element will exceed 95.18% and 85.12% respectively. **Key words:** wet method pretreatment, chlorine and potassium element, lixiviation rate, citric acid, sodium hydroxide

生物质电厂 3 种管材的耐腐蚀研究及爆管分析 = **Study of the Corrosion-resistant Performance of Tubes in a Superheater in a Biomass Power Plant and Analysis of the Tube-rupture-caused Corrosion** [刊, 汉] / ZHANG Hong-liang, LIU Zi-han (Chemistry Research Institute, Electric Power Science Academy, Guangdong Power Grid Co. Ltd., Guangzhou, China, Post Code: 510080), LI Yu-chun, WANG Wei (College of Chemical and Biological Engineering, Changsha University of Science and Technology, Changsha, China, Post Code: 410114) // Journal of Engineering for Thermal Energy & Power. -2016, 31(11). -106 ~ 111

A high temperature oxidation dynamics experimental study and a high temperature corrosion dynamics study were performed of the main materials of the tubes in a superheater in a biomass power plant, their features in high temperature corrosion were analyzed and on this basis, the cases of tube rupture at the site of the biomass power plant were tested and analyzed. It has been found that the rupture of tubes in the superheater in the biomass power plant is caused by the material at the outside of tubes directly corroded by strong corrosive alkali metal chloride, forming ashes having a low melting point to accelerate an advance damage to the material. In addition of the high temperature creep and a deterioration in the quality of steam in a short time period etc. factors, the rupture of tubes in the superheater results eventually. On the basis of the features of relevant influencing factors being analyzed, pertinent material protection methods were proposed. **Key words:** biomass power plant, superheater, alkali metal chloride, tube rupture, protection method

燃煤烟气体积热值比的提出及应用 = **Putting-forward and Applications of the Volume and Heating Value Ratio of Flue Gases Produced in Combustion of Coal** [刊, 汉] / ZHANG Jin-zhu, JI Jin-fang, LIANG Xin-lei, SHANG Yong-qiang (Huadian Zhengzhou Mechanical Design Research Institute Co. Ltd., Zhengzhou, China, Post Code: 450015) // Journal of Engineering for Thermal Energy & Power. -2016, 31(11). -112 ~ 115

Recently, the ultra low emissions are required in thermal power plants in China, the performance of flue gas environmental protection equipment items at the tail portion of existing boilers are requested to be improved continuously and an even higher standard for design of environmental protection equipment items is proposed. As an important parameter, the flue gas flow speed seems more and more important. Through an analysis of coal burned, a ratio between the flue gas volume and the heating value of coal burned was proposed, i. e. a ratio between the flue gas volume produced by each kilogram of coal burned and the as-received basis low heating value. Through this ratio, one can know clearly the flue gas volume produced by various coal ranks. In the design process, through calculating the volume and heating value ratio of coal burned, one can make a judgement whether the flue gas volume adopted in the design of a project is excessively small or large, therefore offering guidance for subsequently choosing the allowance of the flue gas volume in type selection of equipment items. **Key words:** coal combustion, flue gas volume and heating value ratio, flue gas flow rate, allowance, low heating value