维普资讯 http://www.cqvip.com

云南环境科学 2005，24（增刊）：206－208 CN53－1093/X ISSN1006－947X

燃煤锅炉烟尘烟气监测中的技术问题及探讨

杨春伟，余永琼 （昆明铁路局环境监测站，云南 昆明 650011）

摘 要：对锅炉排放的污染物进行监测可评判锅炉消烟除尘技术、燃烧状况、污染排放是否符合国家标准，同时，也可检验锅炉设备技术指标、司炉人员操作技能并为管理者提供相关科学依据。通过对各相关参数的测试、计算、分析，提出一些建议供相关部门参考。

关键词：燃煤锅炉；烟尘烟气；监测技术

中图分类号：X83 **文献标识码**：A **文章编号**：1006－947X（2005）增刊－0206－03

大气中的污染物主要来源于各种工业与民用的燃煤锅炉、窑炉和茶炉等，排放的污染物中主要有烟尘、二氧化硫、氮氧化物、一氧化碳等。锅炉烟尘的产生主要是由于燃料燃烧不完全所至，加装消烟除尘装置是防治锅炉烟尘污染的有效措施之一，测试锅炉的目的是检查烟尘和其它有害物质排放浓度，以及烟气黑度和锅炉房噪声等指标是否符合国家或地方政府现行的排放标准要求，以便正确评价现有消烟除尘技术和设备的性能与使用现状，为环境管理，评价大气环境质量，鉴定或验收污染源治理设备提供科学依据，同时接受有关部门的委托，为合理处理污染事故、污染纠纷提供必要的依据。我国锅炉排污执行 GB13271－2001《锅炉大气污染物排放标准》，监测方法采用 GB5468－91《锅炉烟尘测试方法》。监测的基本要求是必须在锅炉设计出力达到 70% 以上的情况下进行，但在实际监测过程中，不少锅炉的出力和锅炉烟囱高度、烟囱直径等项指标是达不到该标准要求的。

1 燃煤锅炉各项指标的测试分析

1.1 烟道气压力

一般情况下，测孔在风机前吸入式烟道中，静压为负，而全压可能为负也可能为正，测孔在风机后的压入式烟道中，静压为正值。但在烟道系统中因后部都串联较高的烟囱产生负压，可起到一个风机的作用，因而风机至烟囱之间的烟道静压和全压大都为负值。

1.2 烟尘浓度

锅炉炉排煤层厚度因燃煤种类、煤质等不同有所差异，煤粉多的无烟煤和贫煤，因着火困难，煤层可稍厚些，一般为 100～160mm，因此，必须要求厚煤层、慢送煤、大风量。但对于挥发份较高又易结焦的煤，煤层厚度可控制在 60～120mm，同时应做到薄煤层、快送煤、小风量。采用等速采样重量法测定烟尘浓度时，测量结果是否准确、是否具有代表性，在很大程度上取决于测试开孔位置选择的合理与否。此外，采样断面的烟气流速一般应大于 5m/s[1]。

1.3 烟气中的过剩空气系数

锅炉供氧（风）是由鼓风机、引风机正常运行来实现的，煤的燃烧与鼓风量是否匹配、合理，是影响锅炉燃烧状况好坏的关键。锅炉在实际燃烧过程中，必须供给比理论空气量要多的空气，才能使燃料得到充分燃烧。烟气中的过剩空气系数 α 值越大，说明实际供给的空气量比理论计算的空气量越大，炉膛内的氧气就越充足，但由于大量冷空气进入炉膛，会降低炉膛温度，反而不利于燃烧。当然，α 值会受到管道漏风的影响，因此我国对 α 值的规定为：燃煤层锅炉 α 值为 1.8，窑炉 α 值为 1.5。张家港市环境监测站对 10 多台 DZL 型 1－4 蒸 t/h 锅炉烟尘监测时选择 3 种不同的锅炉出力对烟气 α 进行测定对比，结果如表 1 所示[2]。

收稿日期：2003－10－27

作者简介：杨春伟，男，（1965～），工程师，发表论文 40 余篇，现在昆明铁路局环境监测站从事环境监测工作。

维普资讯 http://www.cqvip.com

表1　不同出力时烟气α值的实测结果

实际出力	烟气氧量（%）	过量空气系数α
<0.5	17~20	7~21
0.5~0.7	14~17.5	3~6
>0.7	12~15	2.3~3.5

在实际出力只有设计出力的50%左右时，采用旋风除尘器测得的烟尘排放浓度一般为150~400mg/Nm^3，如果以过剩空气系数和锅炉出力影响系数K值折算，锅炉烟尘的排放浓度没有能达到国家标准的[2]。

1.4　漏风对热效率的影响

当锅炉炉膛漏风严重时导致火焰中心偏移，如炉膛底部漏风严重，火焰中心会发生上移，在此种情况下，炉膛的热负荷就会分布不均，因而，导致燃烧不完全，烟道通风也会受热而使吸收热量降低。漏风对热效率的影响很大，漏风增加10%，热效率就降低2~3%，多耗煤3~4%[1]。

1.5　烟道中SO_2的采样

燃煤中的硫包括有机硫、硫铁矿硫和硫酸盐硫，其中有机硫、硫铁矿中的硫约占煤中全硫分的70%~90%，燃烧后生成SO_2，硫酸盐中的硫为不可燃硫而进入灰分中。一般情况下烟道中的SO_2气体分布是比较均匀的，因此，一般在接近烟囱断面中心位置处定点采样即可。

1.6　噪声测点的确定

锅炉鼓、引风机噪声测点应设在距鼓、引风机1m处，高度为1.5m。锅炉房外环境噪声应在锅炉房边界线1m处，依初测结果声级每涨落3dB布一个测点。如果与居民相邻时，应取居民住宅中心处为测量点，此时标准值应比室外标准低10dB。

2　有关锅炉测试参数的探讨

2.1　操作的影响

对同一台锅炉而言，不同的司炉人员由于责任心和操作技术熟练程度不同，煤燃烧效果大不一样。因此，当不同司炉人员操作时，对锅炉烟尘、烟气的监测结果会产生一定的影响。

2.2　不同监测现场的影响

在监测现场，由于场地的限制，距离鼓、引风机、变径管等处距离太近会影响监测结果，有时测试孔附近烟道内有隔板，也会引起烟道内烟气的扰动。因此，如何规范采样点位和现场单位提供必要的监测平台及司炉人员的积极配合等，对监测结果的影响十分突出。

2.3　风机风量的影响

鼓、引风机风量大小对除尘器的除尘效率影响极大，当含尘气流以12~25m/s的速度由进气管进入旋风分离器时，气流将由直线运动变为圆周运动，旋转气流的绝大部分沿器壁筒体呈螺旋形向下朝锥体流动，形成外旋气流，但当含尘气流的速度过低时，则会严重影响除尘器的除尘效率。在标准状态下，林格曼1级的烟尘浓度相当于0.25g/m^3，2级相当于0.7g/m^3，3级相当于1.2g/m^3，4级相当于2.3g/m^3，5级相当于4~5g/m^3[3]。但笔者的实际监测结果有较大的出入。

2.4　旋风除尘器的影响

由于旋风除尘器只能去除5μm以上的颗粒物，同时，要求旋风除尘器入口处的颗粒浓度不能过高，比如：以GB13271-2001《锅炉大气污染物排放标准》的一类标准100mg/m^3，二类标准250mg/m^{3}作为排放口浓度，分别代入除尘器效率公式计算（若除尘器效率按90%计），就可以反算出除尘器入口烟尘浓度Ci1和Ci2的适宜范围。见下式：

$$90\% = \frac{100 - Ci1}{CI1} \times 100\% \qquad CI1 = 1000\text{mg/m}^3$$

$$90\% = \frac{250 - Ci2}{CI2} \times 100\% \qquad Ci2 = 2500\text{mg/m}^3$$

由此可见，旋风除尘器对入口烟尘浓度的要求远比高效除尘器严格，尤其是细颗粒较多的气体。通常层燃式锅炉出口平均烟尘浓度一般低于4000mg/m^3，10μm以下烟尘颗粒也低于10%，所以，对于烟尘排放浓度执行二级标准的中小城市来说，选用旋风除尘器是能够达标排放的，但在当地政府执行一类标准的地区，选用旋风除尘器的中小型燃煤锅炉就不一定都能达到排放标准了。

2.5　除尘系统管路的影响

由于大多数锅炉房空间狭小，设备拥挤，除尘系统过于紧凑，易造成管路上下转弯，左右变动，特别是有的锅炉房在除尘器进口处安置弯头，使进气口气流不能平直均匀，除尘器内流场紊乱，内外涡旋相互干扰，导致除尘效率明显下降。监测结果表明，在旋风除尘器型号相同的情况下，在进气口附近设置90°弯头会使除尘器效率比未设置弯头时下降2~3%左右；除尘器漏风5%，除尘效率降低50%；若漏风多，除尘效率降为零；积灰斗积灰超过灰斗容积的2/3，除尘效率降为零[1]。此外，除尘效率还会随着使用时间逐年下降。

2.6　锅炉运行负荷和使用年限的影响

据有关资料介绍，当锅炉燃烧负荷率为60%时，烟尘排放浓度仅为额定负荷的30%，当为

维普资讯 http://www.cqvip.com

80%时，烟尘排放浓度上升到额定负荷的65%。此外，依据《环境监测规范》的要求，监测锅炉烟尘时除对锅炉的运行负荷有要求外，还对锅炉的使用年限有要求。

表2 锅炉影响系数K值表

负荷率(%)*	70<75	75~<80	80~<85	85~<90	90~<95	>95
运行三年内的K值	1.6	1.4	1.2	1.1	1.05	1
运行三年以上的K值	1.3	1.2	1.1	1	1	1

*锅炉负荷率 $=\frac{\text{实际出力}}{\text{额定出力}}\times 100\%$

3 评价与建议

锅炉监测结束后，除了给出监测报告外，还应给使用单位做出一个评价意见，内容应包括测试的结果是否符合国家标准和要求，还应加强某些方面的工作，某些作法值得提倡和发扬等。因此，应根据监测的各项参数进行全面的分析，提出意见或建议，有利于被监测单位改进工作，提高锅炉设备的使用效率。笔者认为应从以下几个方面进行分析：

(1) 当过剩系数α值小于2时，说明锅炉运行接近正常；当过剩系数α值大于2时，测点处氧含量过高，而过剩系数α值过高主要说明运行负荷低，燃烧不充分，大量氧没有被利用，管道或除尘器可能漏风，鼓风机风量过大，监测孔密封不严，如果是在负压系统采样，大量空气将被采进来，从而使过剩系数α值偏高。

(2) 链条炉排是一种前饲式炉子，煤的燃烧是在移动的过程中完成的，燃烧工况稳定，热效率较高，运行操作方便，劳动强度较低，烟尘排放浓度也低，属于单面着火方式，运行时燃料无需自身扰动，沿炉排长度方向燃料层有明显的分区。由于着火条件不好，拨火又必需人工操作，因此，它不适于烧水分很大、灰分又多、结焦性很强的煤质。

(3) 链条炉排的炉片老化、变形或脱落，易造成间隙过大，使燃烧工况变坏、漏煤、飞灰增多。炉排间隙被灰渣粘结也会影响燃烧状况。另外，炉膛保温性能变坏，炉膛温度下降，黑烟也会增多。此外，很多旋风除尘器运行一段时间后，由于局部磨损穿孔，焊缝老化变形，紧固螺母拉动，垫圈腐蚀破碎等，都会使气密性大大降低。所以，建议使用单位必须经常检查并及时维修。

(4) 锅炉燃烧状况还受到当地大气压力、周围环境状况、煤质、锅炉工的操作技能等因素的影响，故有些锅炉在平原地区使用时，排放的烟尘浓度、蒸发量等都能达到国家标准，但在高原地区，蒸发量、烟尘排放浓度等就不一定都能达标排放了。

(5) 锅炉的正常燃烧受供给空气中氧气含量的限制，氧气只能通过鼓风机从空气供给，而空气过剩系数的大小只能根据燃煤的煤质，由锅炉工在长期运行实践中通过总结，摸索出规律，从而供给与燃料、炉型相适应的空气量。在有的单位，为避免噪声超标，有相当一部分锅炉房的鼓风机、引风机共同设置在一个房间内，由于增加了吸声材料，使整个空间变小，虽然噪声降低了，但新鲜空气难于通过鼓风机进入炉膛燃烧，造成煤质燃烧不完全。因此，在加煤时，因燃料过多，煤层较厚，炉排缺氧，使受热分解而产生的挥发分也多，应加大鼓风量，同时解决好鼓风机房的新鲜空气补给量，当燃烧恢复正常后，由于炉温回升，煤层变薄，就应当减少进风量。通过监测，可给司炉工提供一个合理的参数。

(6) 由于少数单位领导对除尘设备缺乏足够的认识，认为只要选用国家环保部门推荐或定点生产的，施工质量达到要求，就算过了烟尘达标排放这一关了。殊不知再好的设备也是三分设备，七分管理，更何况旋风除尘器还有易磨损、易漏风、易堵塞等缺点。因此，完善各项规章制度是做好设备管理工作的关键，而且多数锅炉房对旋风除尘器的管理大都无专人负责，很多人不懂除尘设备的运行原理、性能，不做运行检修、保养纪录，在笔者的调查中，还有个别锅炉工，人为将除尘器灰斗完全打开，而使除尘器失去除尘作用，虽然减少了自己除灰的工作量或避免清灰时对自身造成的污染，但给环境造成了污染。因此，需要加强岗位责任制的监督管理，并设专职或兼职环保人员负责定期检查、督促，填写运行记录，按时负责保养和维护等。设备管理人员必需对锅炉的概况、除尘系统等详细资料（图纸、设备型号、出厂年、月等）、烟尘测试数据、设备维修等情况，建立台帐记录，确保设备的正常运转。

(7) 由于锅炉烟气的湿度比较低，一般都在6%以下，而温度比较高，所以，在筒体、灰斗、连接管、排灰阀和落灰管等处极容易出现结露，因此，必须定期清理，保持畅通。

（下转第205页）

维普资讯 http://www.cqvip.com

2.2 氢氧化钠溶液的影响

正常用0.1%氢氧化钠作稀释液，当用成0.5%以上的氢氧化钠作稀释液时，加入显色剂后有时出现淡红色有时不显色，在较高温度（35～40℃）下放置40 min后，与空白色泽不易区别，6批样品的吸光度都非常小，算得的浓度值均小于检出限；异烟酸配制中2%氢氧化钠用成2mol浓度，结果也不显色；总氰化物的测定中氢氧化钠用错浓度，或氢氧化钠配制中出错，当氢氧化钠浓度过高时显色成不同于正常显色时的颜色加热后变淡或变成无色。1%氢氧化钠吸收液用成高浓度的，异烟酸配制中2%氢氧化钠用成高浓度的氢氧化钠，0.1%氢氧化钠稀释液用成高浓度氢氧化钠溶液等都会造成显色不明显或不显色。当吸收液用较高浓度的氢氧化钠时，加缓冲液前应以酚酞为指示剂，滴加盐酸溶液至红色褪去。配药时用错氢氧化钠溶液浓度则要重配重新分析。

2.3 操作不当的影响

在分析一些项目时，加入药品没有摇匀接着加入另一样药品，只要定容时摇匀，可能不会使结果有太大的影响，但有些项目影响就非常大，如总氰化物测定中在加入氯胺T后没有摇匀直接加显色剂，实验证明，测定结果小于样品的实际结果几倍。

2.4 操作中速度的影响

氰化物以HCN存在时易挥发，因此，从加缓冲液后，每一步骤都要迅速操作，并随时盖严塞子，操作过程中有时比色管盖没盖、操作者操作太慢、中间有事放置时间太长等都会使显色失败。

3 讨论

对各类样品进行重复6次的测定，正规的分析所得结果平均值为0.101mg/l，其相对标准偏差为0.0012，加标回收率为94.9～104%，所得值准确可靠。从分析结果看总氰化物受药品和人为的影响非常大，因此分析中每次工作曲线应和往次比较，看看是否有明显变化，有明显变化则要查明原因再重新分析。每批水样都应该做加标实验，加标回收率合格与否能有效地检验药品和操作过程是否正常，有效保证分析结果的准确可靠。加标回收率不合格水样必须重新测定。

Analysis on Impact on Monitoring Conditions of Total Cyanide

LIU Xue－ting

(Yunnan Bureau of hydrograph and water resource, Kunming Yunnan 650118, China)

Abstract: The paper compares and analyzes 8 kinds of conditions to determine the factors that impact the chromogenic reaction when monitoring total cyanide, and discusses how to get accurate and credible results.

Key words: monitor; total cyanide; chromogenic impact

(上接第208页)

Discussion on Technology of Monitoring Smoke Dust from Coal Fired Boilers

YANG Chun－wei, YU Yong－qiong

(Station of Environmental Monitoring of Kunming Railway Bureau, Kunming Yunnan 650011, China)

Abstract: To monitor the pollutants from the boilers can assess if the dust collection technology, combustion condition, and pollutants discharge can meet the national standard, these also provide related scientific base for technological index of testing the boilers and operation. The paper points out some suggestions as references by testing, calculation and analysis.

Key words: coal fired boilers; smoke dust; monitoring technology