

曹艳芝, 郭少青, 高丽兵. 以 Hg^{2+} 离子为前驱体标定煤热解气中气相元素汞量[J]. 岩矿测试, 2017, 36(6): 581 - 586.
CAO Yan-zhi, GUO Shao-qing, GAO Li-bing. Using Hg^{2+} as a Precursor to Calibrate Gaseous Elemental Mercury from Pyrolysis of Coal[J]. Rock and Mineral Analysis, 2017, 36(6): 581 - 586. [DOI: 10.15898/j.cnki.11-2131/td.201703070027]

以 Hg^{2+} 离子为前驱体标定煤热解气中气相元素汞量

曹艳芝, 郭少青*, 高丽兵

(太原科技大学环境与安全学院, 山西 太原 030024)

摘要: 汞易挥发且通常以气态形式在大气环境中迁移转化, 检测汞在气相中的含量可为汞的治理工作提供依据, 但检测气相汞的技术并不成熟。该项工作需要准确地对气相元素汞量进行测定, 而测定的前提是必须具备准确、可靠的标定方法。本研究提出以 Hg^{2+} 离子为前驱体标定煤热解气中气相元素汞量的方法。该方法是基于水溶液中 Hg^{2+} 可被还原剂定量还原成元素汞蒸汽的原理, 实现对气相元素汞量的标定。与传统的基于饱和蒸汽原理的标定方法相比, 该方法的优点是取样时不易受温度影响, 易于精确控制汞量, 且避免了实验室内储存汞蒸汽所造成的汞污染。以测定四种煤在热解过程中元素汞的释放量为例考察了本方法的准确性, 结果表明本方法具有较好的重复性和适应性。与美国 Ontario - Hydro 方法分析的结果进行对比, 两种方法的相对标准偏差均小于 3.0%, 说明本研究的标定方法的可靠性较高。

关键词: Hg^{2+} ; 气相元素汞; 标定; 热解气

中图分类号: O614.243; TQ533

文献标识码: A

汞是一种在自然界中分布极广的剧毒性的微量元素, 它具有挥发性和累积性, 对人体和环境的危害众所周知, 因此对汞污染和汞控制技术的研究已经引起人们的高度重视, 并且取得了一定的进展^[1-5]。随着汞控制技术的发展, 也带动了汞分析技术的发展。目前测量固体及液体样品中汞含量的方法已比较成熟, 如国家标准 GB/T 16659—2008 用于煤中汞含量的测定, 美国环保署标准 EPA1631 用于水中汞含量的测定等方法, 得到了较广泛的应用^[6-7]。由于汞易挥发且通常以气态形式在大气环境中迁移转化^[8-12], 因此汞的分析技术已由过去的单纯检测固体和液体发展到检测气体。

目前对气体中汞的检测方法主要有 EPA29、EPA101A 和安大略法等, 这些方法主要是采用以吸收液吸收或吸附剂吸附然后进行检测。例如, 燃煤电厂气态汞的现场采样和分析方法中应用较广的就是安大略法、连续分析仪和吸附管法, 杨立国等^[9,13]

采用安大略法对我国燃煤电厂的汞排放特性进行了检测, 任建莉等^[14]研究了燃煤电厂烟气净化设施对于汞排放特性的影响规律。近年来出现了可直接检测气相中汞含量的仪器, 将被检气体直接通入仪器进行检测。由于要求仪器能够直接检测气体, 因此需要仪器具备连续测量模式或半连续测量模式, 以使得仪器在气体连续通入的过程中能够连续或半连续给出测量信号^[8,14-15]。上述的半连续测量模式是指仪器的富集装置将气体中的汞定时富集然后进行检测, 而连续测量模式则不需汞富集装置, 而是气体直接被检测。然而, 无论哪种测量模式, 其准确测量的前提是必须具备准确、可靠的标定方法。

一些在线监测装置由于现场环境和监测条件等因素的改变, 亦需要经常进行标定。目前国际上发展了多种标定方法。如美国 Spectra Gases 公司研制出一种高压、大容量的汞标准气瓶, 气瓶中充入空气作为平衡气体, 标定浓度最高达 $60 \mu g/m^3$; Tekran

收稿日期: 2017-03-07; 修回日期: 2017-06-20; 接受日期: 2017-08-03

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(41372350); 山西省青年科技研究基金项目(201701D221229)

作者简介: 曹艳芝, 硕士研究生, 讲师, 从事化石能源中汞等微量元素在热转化过程中的迁移规律研究。

E-mail: caoyz@tyust.edu.cn.

通讯作者: 郭少青, 博士, 教授, 从事煤中汞等微量元素在煤转化过程中的迁移规律研究。E-mail: guosq@tyust.edu.cn.

公司和 Thermo Scientific 公司分别推出 Model 3310 型和 Model 81i 型动态配气法汞气标定系统, 标定浓度范围分别为 $0.5 \sim 1000 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 和 $3 \sim 50 \mu\text{g}/\text{dscm}$ 。但汞标准气瓶法价格昂贵, 且标注气体积有限, 只能进行有限次标定就须更换新的标气瓶, 而动态配气法也存在汞源部件昂贵、流量难以精确控制等不足, 两种方法都需要复杂的汞气处理系统来处理标定时产生的含汞废气。施娟等^[16]提出了一种基于饱和蒸汽原理标定的方法, 但是这种方法存在汞蒸汽污染以及汞蒸汽的量易受温度影响的问题。本文针对上述汞气标定系统存在的不足, 提出了一种以 Hg^{2+} 离子为前驱体的汞气标定方法, 并通过在线原子荧光光谱仪测定四种煤样在热解过程中元素汞的释放量, 考察了本标定方法的重复性和准确性。实验结果表明, 该标定方法可靠性高、重复性好, 同时解决了汞气标定过程中的再污染问题, 且实验系统结构简单、成本低, 为在线测汞仪提供了一种新的标定方法。

1 实验部分

1.1 仪器与主要试剂

SK2003 型原子荧光光谱仪(北京金索坤公司), 工作条件为: 负高压 380 V, 灯电流 30 mA, 载气流量 800 mL/min, 辅助气流量 600 mL/min。

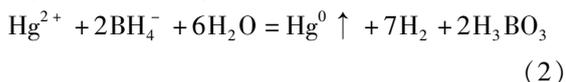
在位还原装置: 自制的带有进口、出口的密闭容器, 进口处设有注射针管可插入的橡皮膜。

标准汞溶液: 钢铁研究总院研制; 硼氢化钾: 购自天津大茂化学试剂厂; 氯化亚锡: 购自湖北巨圣科技有限公司。

四种煤样分别取自于山西省的大同市、阳泉市、朔州市、忻州市, 分别标记为 1#、2#、3# 和 4#。这四种煤样来自于山西省不同地区, 能够代表山西省内煤矿分布的主要特征。

1.2 Hg^{2+} 在位还原原理

Hg^{2+} 为液态汞离子, 其可被还原剂还原为气态元素汞蒸汽。硼氢化钾与氯化亚锡为常用的液态汞离子的还原剂, 其可按下述反应方程式快速反应生成气态的元素汞蒸汽:



反应生成的气态元素汞蒸汽, 随即可逸出反应体系, 在载气的带动下进入原子荧光光谱仪检测器。需要注意的是, 在此要使用过量的还原剂, 以确保

Hg^{2+} 完全转化为气态元素汞蒸汽。同时还需要指出的是, 根据反应方程式(2), 硼氢化钾在还原 Hg^{2+} 的同时可产生氢气。因此, 在有氧气存在的环境下, 应尽量避免使用硼氢化钾, 以避免爆鸣现象的发生。

1.3 气相元素汞的标定

将配制好的不同浓度的标准汞溶液分别置于自制的在位还原装置中。将在位还原装置的进口接载气(在此要使用与待标定体系相同的载气及载气流速), 出口接原子荧光光谱仪检测器。待原子荧光光谱仪检测器稳定后向在位还原装置中注入可与标准汞溶液过量反应的硼氢化钾或氯化亚锡。由载气将产生的气态元素汞蒸汽携带至原子荧光光谱仪检测器, 同时由计算机记录原子荧光光谱仪检测器对不同浓度的标准汞溶液所产生的气态汞蒸汽的响应信号值。将不同浓度的标准汞溶液折算成不同的汞量, 并对相应的响应信号制作标准曲线。该方法的优点是液态取样, 溶液的浓度和体积在室温范围受温度影响很小, 取样时溶液体积也较气体体积容易控制, 因此所取汞量易于精确控制。

1.4 煤热解气中气相元素汞的测定

煤样在热解装置中进行热解, 热解气体直接通入原子荧光光谱仪的检测器, 由检测器检测热解气中的元素汞并由计算机记录响应信号值。具体热解装置及热解过程见文献[17]。将响应信号值代入标准曲线即得煤热解气中的元素汞量。

2 结果与讨论

2.1 煤样品的分析结果

煤样的工业分析和元素分析数据以及汞含量见表 1。

表 1 煤样的工业分析、元素分析以及汞含量

Table 1 Proximate and ultimate analyses, and Hg contents of four coals

煤样 编号	Hg 含量 (ng/g)	工业分析 (%)			元素分析 (% daf)				
		V_{daf}	A_{as}	M_{as}	C	H	N	S	O^a
1#	179	8.70	12.71	1.31	91.73	3.26	1.21	0.18	3.62
2#	441	37.48	22.55	2.53	71.75	5.82	1.40	0.62	20.41
3#	92	50.21	5.90	0.53	65.91	5.71	1.52	1.18	25.68
4#	213	31.05	13.71	0.28	82.76	5.04	0.83	2.36	9.01

注: as—收到基(以 Hg^{2+} 离子为前驱体标定煤热解气中气相元素汞量); daf—干燥无灰基; a—差减法。

2.2 煤热解过程中元素汞的释放信号

煤中含有微量污染元素汞, 汞易于挥发, 在燃烧

过程中煤中的汞会伴随着燃烧过程而释放到大气中^[18-21]。据报道,煤燃烧发电是大气汞污染的重要来源,其约占汞人为释放源的三分之一^[14,19]。基于此,对煤中汞的研究引起人们的重视。煤中的汞在热解过程中的释放量是研究汞污染控制的重要数据。其可用 Ontario - Hydro (OH) 溶液吸收方法间接获得,也可利用在线汞检测系统直接获得。本文用在线原子荧光光谱仪直接检测四种煤样热解过程中元素汞的释放信号,并用本研究提出的标定方法进行标定以得到元素汞的释放量。

将 0.5 g 煤样置于固定床热解反应器中,热解反应器在温控器控制下由室温程序升温至设定温度,煤样在氮气保护下逐渐热解产生热解气,元素汞也随之逐渐逸出。煤热解气由流速为 300 mL/min 的氮气带出反应器进入原子荧光光谱仪检测器,由检测器对元素汞进行实时连续检测并每半秒钟记录一个荧光强度值。煤样热解实验结束后,由计算机对检测器记录的荧光强度值在热解时间范围内积分即得元素汞的响应信号值。图 1 为 1#煤样在热解过程中元素汞的释放荧光强度值随时间的变化曲线(横坐标为时间,纵坐标为荧光强度值),在该时间范围内积分即得元素汞的响应信号值。其他煤样的原子荧光光谱仪响应信号值也用此法获得。

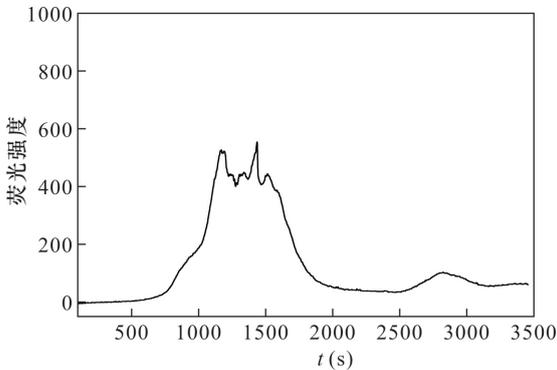


图 1 1#煤样热解过程中元素汞的释放荧光强度值随时间的变化曲线

Fig. 1 The intensity of elemental mercury with time during pyrolysis of 1# coal sample

2.3 标准曲线的制定

选择与 2.1 节中煤热解过程相同的载气以及流速作为制定标准曲线的载气及流速(氮气,流速为 300 mL/min)。在此选用体积为 50 mL 的在位还原装置,将浓度为 0、10、20、50、100 和 200 ng/mL 的标准汞溶液 5 mL(对应的汞量分别为 0、50、100、250、

500 和 1000 ng)分别置于在位还原装置中。将在位还原装置进口联接载气,出口联接原子荧光光谱仪检测器。待装置气密性检测良好且汞检测系统稳定后将氯化亚锡溶液(可与在位还原装置中的标准汞溶液过量反应)由注射器注入在位还原装置。在位还原的气态元素汞随之由载气带入原子荧光光谱仪检测器,该检测器对元素汞进行实时连续检测并每半秒钟记录一个荧光强度值。待荧光强度值降至基线水平并保持平稳,检测器则停止检测。由计算机对检测器记录的荧光强度值在检测时间范围内积分即得元素汞的响应信号值。不同汞量标准汞溶液的响应信号值见表 2。将表 2 中不同汞量的响应信号值为横坐标,其对应的汞量为纵坐标作图,得到标定所用的标准曲线,线性回归方程为 $M = 0.2029S - 11.162$,回归系数为 0.9994,式中 M 表示汞的质量 (ng), S 表示响应信号值(10^{-3} 荧光强度值)。

表 2 不同汞量标准汞溶液的响应信号值

Table 2 Signals of the standard solutions with different Hg concentrations

汞量 (ng)	元素汞信号值 (10^{-3})	汞量 (ng)	元素汞信号值 (10^{-3})
50	287.515	500	2486.493
100	620.925	1000	4984.910
250	1315.655		

2.4 煤热解过程中元素汞的释放量

将表 3 中不同样品的响应信号值(S)代入线性回归方程 $M = 0.2029S - 11.162$,得每种样品在热解过程中元素汞的释放量。由表 3 的数据可知,煤在热解过程中元素汞的释放量约为原煤中汞含量的 80% 以上,说明在热解过程中煤中的汞易于释放到气相中,这与多数研究者的研究结果相符^[22-24]。

表 3 在位原子荧光光谱法与 Ontario - Hydro 法的比较

Table 3 A comparison of the analytical results from on-line AFS and Ontario-Hydro method

样品编号	Hg 含量 (ng/g)	响应信号值 (10^{-3})	原子荧光光谱法测定的汞量 (ng)	Ontario - Hydro 法测定的汞量 (ng)	相对标准偏差 (%)
1#	179	844.563	160.2	164.5	2.5
2#	441	2083.597	411.6	405.8	1.5
3#	92	471.966	84.6	82.5	2.5
4#	213	1069.305	205.8	210.5	2.2

2.5 方法精确度检验

为检验上述标定方法的准确性,采用美国标准

ASTM D6784 的 Ontario - Hydro 溶液吸收方法分析四种样品热解气中元素汞的含量^[25-26],分析结果列于表3。两种方法的相对标准偏差均小于3.0%,两种方法所得结果的差距较小,表明该标定方法的可靠性较高。

2.6 方法重复性及适应性检测

为检验本方法的重复性,将1#煤样重复进行3次实验且每次实验均单独进行标定,3次实验测定元素汞的释放量结果分别为157.1 ng、163.2 ng和158.3 ng,与表3所示的1#煤样汞的释放量值的相对标准偏差均小于2.0%,说明本方法的重复性较好。

为检验本方法对载气流速的适应性,在100、200、400和600 mL/min的载气流速下进行标定实验,所得标准曲线的线性回归系数分别为0.9975、0.9983、0.9992和0.9985,均大于0.99。上述结果说明本标定方法对载气流速具有较强的适应性,可在较宽的流速范围内工作。

为检验本方法对载气气氛的适应性,分别以氩气、二氧化碳和空气为载气,气体流速均为300 mL/min的条件下进行标定实验,所得标准曲线的线性回归系数分别为0.9956、0.9979和0.9981,同样均大于0.99。上述结果说明本研究的标定方法对载气气氛也具有较强的适应性。

3 结论

本研究通过以 Hg^{2+} 为前驱体标定煤在热解过程中元素汞的释放量,实验得到标准曲线的线性良好,线性相关系数均大于0.99,且实验结果具有较好的准确性。采用本研究方法所得的四种煤样热解过程中元素汞的释放量的测定值与ASTM D6784 (Ontario - Hydro)方法所得测定值的标准偏差均小于3.0%,说明本方法的精确性较好。同时,单样品在不同条件下的实验结果表明本方法具有较好的适应性。因此,这种标定方法可准确地标定热解气中的气相元素汞量,为今后研究煤热解气中气相元素汞量提供了一种可靠的测定方法。

与传统的汞蒸汽标定方法相比,本研究方法的优点是液态取样。由于溶液的浓度和体积在室温范围受温度影响较小,且溶液体积较气体体积易于控制,因此与气态取样相比,液态取样汞量易于精确控制,为汞蒸汽的标定提出了一种新的更有效的标定方法。采用此方法标定气相元素汞量,可以有效地解决汞蒸汽标定法中汞蒸汽易污染以及汞蒸汽量易

受温度影响的问题,这为气相元素汞连续排放监测系统提供了一种新的标定方法。

4 参考文献

- [1] Liu S H, Yan N Q, Liu Z R, et al. Using bromine gas to enhance mercury removal from flue gas of coal-fired power plants [J]. Environmental Science & Technology, 2007, 41: 1405 - 1412.
- [2] Luo G Q, Yao H, Xu M H, et al. Identifying modes of occurrence of mercury in coal by temperature programmed pyrolysis [J]. Proceedings of the Combustion Institute, 2011, 33: 2763 - 2769.
- [3] Xu P, Luo G Q, Zhang B, et al. Influence of low pressure on mercury removal from coals via mild pyrolysis [J]. Applied Thermal Engineering, 2017, 113: 1250 - 1255.
- [4] Cao Y, Gao Z Y, Zhu J S, et al. Impacts of halogen additions on mercury oxidation, in a slipstream selective catalyst reduction (SCR), reactor when burning sub-bituminous coal [J]. Environmental Science & Technology, 2008, 42(1): 256 - 261.
- [5] 刘曙, 李晨, 诸秀芬, 等. 上海口岸进口煤炭总汞含量的分布特征 [J]. 岩矿测试, 2014, 55(5): 730 - 736.
Liu S, Li C, Zhu X F, et al. Distribution characteristics of total mercury in imported coals at Shanghai port [J]. Rock and Mineral Analysis, 2014, 55(5): 730 - 736.
- [6] 王书肖, 孟阳. 燃煤飞灰中汞的渗滤特性 [J]. 清华大学学报(自然科学版), 2013, 53(5): 673 - 678.
Wang S X, Meng Y. Mercury leaching potential in fly ash [J]. Journal of Tsinghua University (Science and Technology), 2013, 53(5): 673 - 678.
- [7] 林方芳, 袁东星, 刘锡尧, 等. 福建深沪湾不同环境样品中总汞和甲基汞含量的分布 [J]. 应用海洋学学报, 2013, 32(3): 425 - 431.
Lin F F, Yuan D X, Liu X Y, et al. Distribution of total mercury and methyl mercury contents in samples collected from different environments of Shenhui Bay, Fujian [J]. Journal of Applied Oceanography, 2013, 32(3): 425 - 431.
- [8] Gao L B, Guo S Q, Wei X X, et al. The effect of atmosphere on elemental mercury release during thermal treatment of two bituminous coals [J]. Journal of the Brazilian Chemical Society, 2016, 27(12): 2210 - 2215.
- [9] 杨立国, 段铎锋, 王运军, 等. 新式整体半干法烟气脱硫技术的脱汞实验研究 [J]. 中国电机工程学报, 2008, 28(2): 66 - 71.
Yang L G, Duan Y F, Wang Y J, et al. Investigation on depriving of mercury during novel integrating semi-dry flue gas desulfurization [J]. Proceedings of the Chinese

- Society for Electrical Engineering, 2008, 28(2): 66-71.
- [10] 武成利, 曹晏, 李寒旭, 等. 循环流化床燃煤锅炉中的汞迁移研究[J]. 燃料化学学报, 2012, 40(10): 1276-1280.
Wu C L, Cao Y, Li H X, et al. Study on mercury migration in a circulating fluidized bed combustion boiler [J]. Journal of Fuel Chemistry and Technology, 2012, 40(10): 1276-1280.
- [11] Ancora M P, Zhang L, Wang S X, et al. Meeting minamata: Cost-effective compliance options for atmospheric mercury control in Chinese coal-fired power plants [J]. Energy Policy, 2016, 88: 485-494.
- [12] Liu L, Duan Y F, Wang Y J, et al. Experimental study on mercury release behavior and speciation during pyrolysis of two different coals [J]. Journal of Fuel Chemistry and Technology, 2010, 38(2): 134-139.
- [13] 杨立国, 段钰锋, 杨祥花, 等. 燃煤电厂汞排放特性实验研究[J]. 东南大学学报(自然科学版), 2007, 37(5): 817-821.
Yang L G, Duan Y F, Yang X H, et al. Mercury emission characteristics from coal-fired power plants [J]. Journal of Southeast University (Natural Science), 2007, 37(5): 817-821.
- [14] 任建莉, 周劲松, 骆仲决, 等. 煤中汞燃烧过程析出规律试验研究[J]. 环境科学学报, 2002, 22(3): 289-293.
Ren J L, Zhou J S, Luo Z Y, et al. Study of mercury emission during coal combustion [J]. Acta Scientiae Circumstantiae, 2002, 22(3): 289-293.
- [15] Guo S Q, Yang J L, Liu Z Y. Characterization of Hg in coals by temperature-programmed decomposition-atomic fluorescence spectroscopy and acid-leaching techniques [J]. Energy & Fuels, 2012, 26: 3388-3392.
- [16] 施娟, 蔡小舒, 陈军. 汞气质量浓度在线测量标定方法研究[J]. 动力工程学报, 2014, 34(1): 39-44.
Shi J, Cai X S, Chen J. Study on calibration method for on-line measurement of mercury vapor [J]. Journal of Chinese Society of Power Engineering, 2014, 34(1): 39-44.
- [17] 郭少青, 杨建丽, 刘振宇. 热解气氛对晋城煤中汞析出的影响[J]. 燃料化学学报, 2008, 36(4): 397-400.
Guo S Q, Yang J L, Liu Z Y. Influence of atmosphere on mercury release during Jincheng coal pyrolysis [J]. Journal of Chemistry and Technology, 2008, 36(4): 397-400.
- [18] Antoszczyszyn T, Michalska A. The potential risk of environmental contamination by mercury contained in Polish coal mining waste [J]. Journal of Sustainable Mining, 2016, 15: 191-196.
- [19] Schofield K. Mercury emission control from coal combustion systems: A modified air preheater solution [J]. Combustion and Flame, 2012, 159: 1741-1747.
- [20] Iwashita A, Tanamachi S, Nakajima T, et al. Removal of mercury from coal by mild pyrolysis and leaching behavior of mercury [J]. Fuel, 2004, 83: 631-638.
- [21] Ohki A, Sagayama K, Tanamachi S, et al. Release behavior of mercury during mild pyrolysis of coals and nitric acid-treated coals [J]. Powder Technology, 2008, 180: 30-34.
- [22] Liu L, Duan Y F, Wang Y J, et al. Experimental study on mercury release behavior and speciation during pyrolysis of two different coals [J]. Journal of Fuel Chemistry and Technology, 2012, 38(2): 134-139.
- [23] 李扬, 张军营, 何北惠, 等. 煤热解气化过程中汞的形态转化和释放规律[J]. 工程热物理学报, 2008, 29(10): 1775-1779.
Li Y, Zhang J Y, He B H, et al. Mercury speciation and volatility during coal pyrolysis and gasification [J]. Journal of Engineering Thermophysics, 2008, 29(10): 1775-1779.
- [24] 王鹏, 董勇, 喻敏, 等. 煤中汞赋存形态及其热解时析出规律研究[J]. 燃料化学学报, 2014, 42(2): 146-149.
Wang P, Dong Y, Yu M, et al. Mercury occurrence mode in coal and its release behavior during pyrolysis [J]. Journal of Fuel Chemistry and Technology, 2014, 42(2): 146-149.
- [25] Kellie S, Duan Y F, Cao Y, et al. Mercury emissions from a 100-MW wall-fired boiler as measured by semicontinuous mercury monitor and Ontario Hydro Method [J]. Fuel Processing Technology, 2004, 85(6): 487-499.
- [26] Laudal D L, Brown T D, Nott B R. Effects of flue gas constituents on mercury speciation [J]. Fuel Processing Technology, 2000, 65(99): 157-165.

Using Hg^{2+} as a Precursor to Calibrate Gaseous Elemental Mercury from Pyrolysis of Coal

CAO Yan-zhi, GUO Shao-qing*, GAO Li-bing

(School of Environment and Safety, Taiyuan University of Science and Technology, Taiyuan 030024, China)

Abstract: Mercury is easily volatile and vaporizes in air. The monitor of mercury in gas phase provides insight for developing advanced Hg control technologies. However, the analytical method of gas mercury is rudimentary. In order to determine the gas mercury content, a reliable calibration method is needed. This study provides a method of calibrating gas mercury from pyrolysis of coal with Hg^{2+} as a precursor. The method is based on the principle that Hg^{2+} in aqueous solution can be quantitatively reduced by reductant into elemental mercury vapor to determine the calibration of mercury content in gas phase. Compared with the conventional calibration method based on the saturated vapor principle, this method eliminates the influence of the sampling temperature, the quantity of mercury during sampling can be easily controlled, and pollution of the gaseous mercury stored in the laboratory is avoided. To illustrate the accuracy of the calibration method, the quantity of elemental mercury emission during pyrolysis of four coals were determined. Results show that the method has good reproducibility and adaptability. Compared with the Canadian Ontario-Hydro method, the relative standard deviations of both methods are less than 3.0%, indicating a high reliability of this calibration method.

Key words: Hg^{2+} ion; gaseous elemental mercury; quantitative calibration; pyrolysis gas

《岩矿测试》2018年征订启事

国内统一刊号: CN 11-2131/TD 国外发行代号: BM4089 国际刊名代码 CODEN: YACEEK
国际标准刊号: ISSN 0254-5357 国内邮发代号: 2-313 广告许可证: 京西工商广字 20170136 号

《岩矿测试》于1982年创刊,是中国地质学会岩矿测试技术专业委员会和国家地质实验测试中心共同主办的专业性学术期刊。本刊秉承严谨求实办刊作风,以发表优秀的地质与地球化学分析研究成果为核心目标,报道国内外地质科学、环境保护、石油化工、冶金及相关领域的基础性、前瞻性和创新性研究成果,着力满足读者对学科生长点、研究方向、发展趋势等方面的文献需求。征稿领域:元素分析,岩石矿物分析与鉴定,同位素,勘查地球化学,矿床地质,矿产综合利用与评价,海洋地质(海洋油气与固体矿产地质、海洋环境与灾害地质、古海洋地质),环境地质学,农业地质学等。主要栏目:进展与评述、岩石矿物分析、标准物质研制、生态环境研究、同位素分析与年代学研究、矿产资源实验技术与应用等。文章体裁:综述类、研究类、应用类、快报(快讯)等。

《岩矿测试》是中文核心期刊(地质学类),中国科技核心期刊,中国期刊方阵双效期刊。荣获2015年度科学出版社“期刊出版质量优秀奖”,入选《中国学术期刊评价研究报告(2015-2016)》的“RCCSE中国核心期刊”。被《化学文摘》、《文摘杂志》、《剑桥科学文摘》、《乌利希期刊指南》、《史蒂芬斯数据库》、《分析文摘》、《日本科学技术振兴集团(中国)数据库》、《中国科学引文数据库》(CSCD)、《中国期刊网》(CNKI)、《万方数据——科技化期刊群》等国内外检索系统收录。

《岩矿测试》为双月刊,大16开,由科学出版社出版;国内定价40.0元/册,全年240.0元。漏订的读者可与编辑部联系。

《岩矿测试》采编系统: <http://www.ykcs.ac.cn> 电话: 010-68999562 E-mail: ykcs_zazhi@163.com
通讯地址: 北京市西城区百万庄大街26号,国家地质实验测试中心(邮编100037)