

# 两种方法测定固定污染源废气中CO的对比分析

江居正

(福建省漳州环境监测中心站, 福建 漳州 363000)

**摘要:**本文主要通过标气校准测定、仪器响应测试、干扰消除等比较定电位电解法和非分散红外吸收法两种方法测定CO的差异性,并对固定污染源企业开展现场比对监测,分析两种方法各自的优势,为固定污染源废气中CO的监测工作提供实用的方法选择。

**关键词:**定电位电解法;非分散红外吸收法;CO;监测

中图分类号:O657 文献标识码:A 文章编号:1009-8143(2026)01-0036-05

Doi:10.3969/j.issn.1009-8143.2026.01.07

## Comparative Analysis of Two Methods for CO Detection in Stationary Source Exhaust Gas

Jiang Ju-zheng

(Zhangzhou Environmental Monitoring Center Station of Fujian Province, Zhangzhou, Fujian 363000, China)

**Abstract:** This study systematically compares the differences between the fixed potential electrolysis method and the non-dispersive infrared absorption method for CO determination. This comparison is conducted through standard gas calibration measurements, instrument response testing, and interference elimination procedures. Furthermore, field comparative monitoring was conducted at stationary emission source enterprises. The analysis aims to identify the respective advantages of each method and provide practical guidance for selecting CO monitoring methods in stationary source exhaust gas.

**Key words:** fixed potential electrolysis method; non-dispersive infrared absorption method; CO; monitor

### 引言

CO是环境空气中一种气态污染物,无色无味,如果人体吸入大量的CO,很容易与体内的血红蛋白生成碳氧血红蛋白,阻碍O<sub>2</sub>的运输,产生中毒症状,严重可损害人体器官,甚至危及生命。中国环境监测总站在全国范围内布设了国控环境空气自动监测站点,对空气中的常规污染因子进行24小时连续在线监测,CO就是国家重点管控的6种污染因子之一。CO的排放主要来源于钢铁、化工、焦化、冶金、电力等固定污染源和机动车尾气排放等移动污染源。近年来,国家大力推动减污降碳工作,施行燃煤锅炉超低排放改造,固定污染源企业通过优化燃烧过程,提高燃烧效率,促进节能减排,进一步

降低了CO的排放,有效减少了能源消耗和碳排放,对于应对全球气候变化、推动可持续发展具有重要意义<sup>[1]</sup>。

环境监测部门测定固定污染源废气中CO主要采用定电位电解法和非分散红外吸收法<sup>[2-3]</sup>。定电位电解法监测设备普及率较高,预热时间短,操作简单,响应速度快,性价比高,但传感器寿命相对较短,且易受其他影响因素的干扰。非分散红外吸收法监测设备抗干扰能力强,能长时间稳定运行,维护成本较低,但缺点是预热时间长,购置费用较高,普及率不如定电位电解法设备等<sup>[4-6]</sup>。

本文主要采用定电位电解法和非分散红外吸收法两种方法进行实验,通过标准气体校准测定、仪器响应测试和干扰气体的消除进行数据比对分

收稿日期:2025-08-18

作者简介:江居正(1988—),男,硕士/工程师,主要研究方向为环境监测。Email:jiangjuzheng10@163.com

析,并在固定污染源企业现场开展比对监测,比较两种方法的优劣,为属地环境管理和环境监测部门执法监测提供依据和参考<sup>[7-8]</sup>。

## 1 实验部分

### 1.1 主要仪器与试剂

自动烟尘气测试仪:3012H型,青岛崂山应用技术研究所以。

非分散红外烟气分析仪:MGA6plus型,北京约克仪器技术开发有限责任公司。

标准气体:8 L,浓度如下:

CO:10.1  $\mu\text{mol/mol}$ 、100.5  $\mu\text{mol/mol}$ 、449.1  $\mu\text{mol/mol}$ 、1 998  $\mu\text{mol/mol}$ ;

C<sub>2</sub>H<sub>4</sub>:50.5  $\mu\text{mol/mol}$ 、100.2  $\mu\text{mol/mol}$ 、399.75  $\mu\text{mol/mol}$ ;

H<sub>2</sub>:50  $\mu\text{mol/mol}$ 、99.85  $\mu\text{mol/mol}$ ;SO<sub>2</sub>:100.2  $\mu\text{mol/mol}$ ;

NO:100  $\mu\text{mol/mol}$ ;NO<sub>2</sub>:100.5  $\mu\text{mol/mol}$ ;

H<sub>2</sub>S:99.9  $\mu\text{mol/mol}$ ;CH<sub>4</sub>:100.3  $\mu\text{mol/mol}$ 。均来自中国计量科学研究院。

### 1.2 实验方法

#### 1.2.1 定电位电解法工作原理

待测气体经过抽气系统进入由电极、电解液和电解槽组成的传感器,其中CO气体通过渗透膜,扩散至电极中的敏感电极表面,发生氧化反应,并产生极限扩散电流。极限扩散电流的大小在一定范围内与CO的浓度成正比,由此可用极限扩散电流来测定CO的浓度值。

#### 1.2.2 非分散红外吸收法工作原理

待测气体经过抽气泵进入仪器,其中CO气体对特定波长的红外光具有选择性吸收,其吸收程度在一定范围内与CO的浓度呈线性关系,吸收关系符合朗伯—比尔吸收定律,由此可根据吸收值来测

定CO的浓度值。

## 2 结果与讨论

### 2.1 CO标准气体的校准测定

首先对两台仪器进行预热,自动烟尘气测试仪需预热约5分钟,非分散红外烟气分析仪需预热约30分钟,然后将浓度为10.1  $\mu\text{mol/mol}$ 、100.5  $\mu\text{mol/mol}$ 、449.1  $\mu\text{mol/mol}$ 、1 998  $\mu\text{mol/mol}$ 的CO标准气体分别通入两台仪器,流量设置为1 L/min,进行CO的校准测定,待读数稳定后读取CO的浓度值,结果如表1所示。结果表明,两种方法的测定结果基本接近,定电位电解法的相对误差在-0.99%~1.49%,非分散红外吸收法的相对误差在-2.29%~2.97%,两种方法的准确度都很高,符合各自标准方法的要求。两种方法测定中高浓度CO的相对误差均较小,而测定低浓度CO的相对误差均较大。

### 2.2 仪器响应测试

开展监测期间仪器进入烟道进行测定需要一定的响应时间。以1 L/min的流速将浓度为100.5  $\mu\text{mol/mol}$ 、449.1  $\mu\text{mol/mol}$ 、1 998  $\mu\text{mol/mol}$ 的CO标准气体分别通入自动烟尘气测试仪和非分散红外烟气分析仪,每隔0.5 min记录一次数据,根据结果绘制响应曲线,如图1至图3所示。结果表明,自动烟尘气测试仪显示的数值在2 min左右趋于稳定,而非分散红外烟气分析仪显示的数值在3 min以前缓慢上升,大约3 min后趋于稳定,故定电位电解法仪器的响应速度相对较快。

### 2.3 干扰因素的消除

#### 2.3.1 C<sub>2</sub>H<sub>4</sub>的干扰

HJ 973-2018《固定污染源废气 一氧化碳的测定 定电位电解法》中提到,C<sub>2</sub>H<sub>4</sub>对CO测定存在干扰。由于C<sub>2</sub>H<sub>4</sub>特殊的理化性质,目前没有有效的技术将其消除。用不同浓度的C<sub>2</sub>H<sub>4</sub>标准气体分别通

表1 定电位电解法和非分散红外吸收法CO标准气体的校准测定

标准气体	标准浓度 ( $\mu\text{mol/mol}$ )	定电位电解法		非分散红外吸收法	
		CO读数( $\mu\text{mol/mol}$ )	相对误差RE(%)	CO读数( $\mu\text{mol/mol}$ )	相对误差RE(%)
CO	10.1	10	-0.99	10.4	2.97
	100.5	102	1.49	98.2	-2.29
	449.1	445	-0.91	448.1	-0.22
	1 998	1 999	0.05	1 999.8	0.09

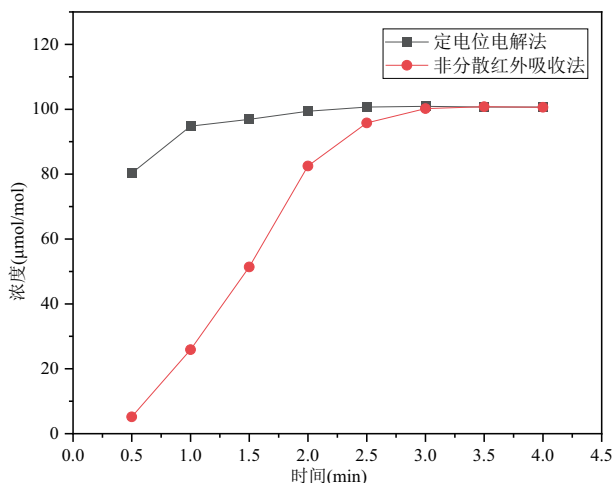


图1 浓度为 100.5 μmol/mol CO 标气的响应曲线

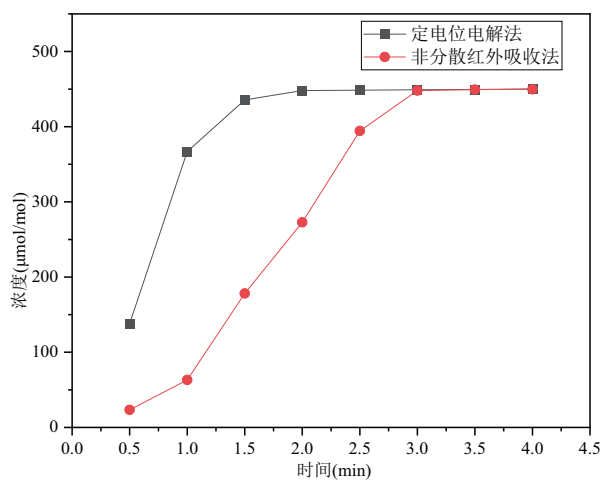


图2 浓度为 449.1 μmol/mol CO 标气的响应曲线

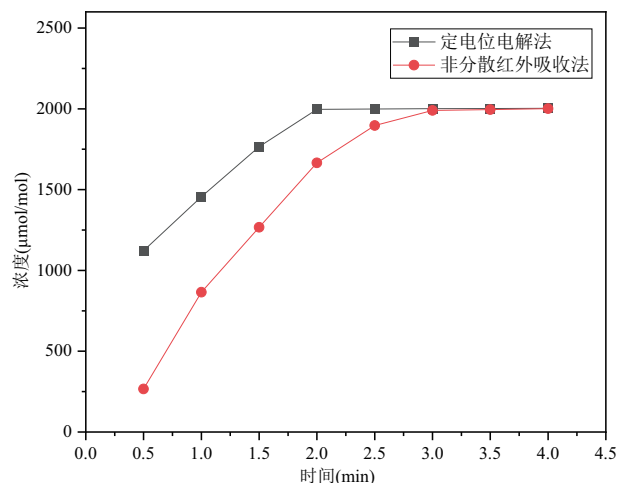


图3 浓度为 1998 μmol/mol CO 标气的响应曲线

入自动烟尘气测试仪和非分散红外烟气分析仪,记录CO的读数,结果如表2所示。结果表明,C<sub>2</sub>H<sub>4</sub>对定电位电解法CO传感器存在一定的干扰,干扰程度随着C<sub>2</sub>H<sub>4</sub>浓度的增大而增大,而C<sub>2</sub>H<sub>4</sub>对非分散红外吸收法不存在干扰。

### 2.3.2 H<sub>2</sub>的干扰

HJ 973-2018里提到,H<sub>2</sub>对定电位电解法测定CO存在干扰响应,且干扰程度较为显著。用两种不同浓度的H<sub>2</sub>标准气体分别通入自动烟尘气测试仪和非分散红外烟气分析仪,记录CO的读数,结果如表3所示。结果表明,H<sub>2</sub>对定电位电解法存在一定的干扰,对非分散红外吸收法则没有影响。由于

表2 C<sub>2</sub>H<sub>4</sub>的干扰测试

标准气体	标准浓度 (μmol/mol)	定电位电解法 CO 读数(μmol/mol)	非分散红外吸收法 CO 读数(μmol/mol)
C <sub>2</sub> H <sub>4</sub>	50.5	3	0
	100.2	8	0
	399.75	12	0

表3 H<sub>2</sub>的干扰测试

标准气体	标准浓度 (μmol/mol)	定电位电解法 CO 读数(μmol/mol)	非分散红外吸收法 CO 读数(μmol/mol)
H <sub>2</sub>	50	7	0
	99.85	13	0

固定污染源废气排放基本不存在CO与H<sub>2</sub>共存的情况,只有极少数个例如炼焦炉废气才会同时排放CO和H<sub>2</sub>,且该行业未对CO排放限值作要求,故大多数情况下固定污染源废气中CO的监测工作可基本不考虑H<sub>2</sub>的影响。

### 2.3.3 其他干扰气体

不同固定污染源排放的废气成分存在差异,废气中一些常见的其他组分可能会对CO的测定产生干扰。为测试干扰的因子,将SO<sub>2</sub>、NO、NO<sub>2</sub>、H<sub>2</sub>S、CH<sub>4</sub>标准气体依次测试自动烟尘气测试仪和非分散

红外烟气分析仪,结果如表4所示。结果表明,HCl对定电位电解法CO的测定存在微弱的干扰,CH<sub>4</sub>对非分散红外吸收法CO的测定存在微弱的干扰,但

都影响不大。常见的其他气体对两种方法CO的测定均基本不存在干扰。

表4 其他气体的干扰测试

标准气体	标准浓度 ( $\mu\text{mol/mol}$ )	定电位电解法 CO读数( $\mu\text{mol/mol}$ )	非分散红外吸收法 CO读数( $\mu\text{mol/mol}$ )
SO <sub>2</sub>	100.2	0	0
NO	100	0	0
NO <sub>2</sub>	100.5	0	0
HCl	99.9	1	0
CH <sub>4</sub>	100.3	0	0.2

#### 2.4 固定污染源废气中CO的比对监测

CO的产生主要来自不完全燃烧,而各行业锅炉燃烧产生CO的量差别也很大,如钢铁等行业的特殊锅炉燃烧产生的CO浓度非常高,如生活垃圾焚烧发电行业CO的排放要求在100 mg/m<sup>3</sup>以下,因此对固定污染源废气中CO的监测准确度要求很高。

选取一家某燃烧生物质工厂进行比对监测。该厂使用湿法脱硫技术,测定其湿度为18.7%,SO<sub>2</sub>

的在线数据基本在5 mg/m<sup>3</sup>以下。为最大程度减少水分的干扰,自动烟尘气测试仪安装加热除湿处理装置,非分散红外烟气分析仪安装烟气采样探管,配合内部制冷器进行预处理,尽可能地消除水分干扰造成的误差<sup>[9]</sup>。采用定电位电解法、非分散红外吸收法与在线监测系统对该厂开展CO连续的比对监测,结果如表5所示。

表5 两种方法对某燃烧生物质工厂废气中CO现场比对监测结果

监测方法	在线监测	定电位电解法	非分散红外吸收法
仪器预热时间(min)	/	5	30
	45	43	44
	47	44	46
CO测定结果	42	38	40
浓度值(mg/m <sup>3</sup> )	40	39	40
	33	35	34
	32	30	31
平均值(mg/m <sup>3</sup> )	40	38	39
相对误差RE(%)	/	4.18	1.67

注:仪器预热时间处“/”表示不将在线监测系统作为比较对象,且本单位不具备监管职责,未对在线监测系统进行测试;相对误差处“/”表示两种方法均以在线监测数据作为约定真值。表6同理。

选取一家某金属家具制造厂进行比对监测。根据在线监测系统数据显示,该厂CO排放浓度较高<sup>[10]</sup>。采用定电位电解法、非分散红外吸收法与在线监测系统对该厂开展CO连续的比对监测,结果如表6所示。

结果表明,在高湿度的环境下,定电位电解法测定结果的相对误差为4.18%,非分散红外吸收法测定结果的相对误差为1.67%。在较高浓度CO的环境下,定电位电解法测定结果的相对误差为

2.74%,非分散红外吸收法测定结果的相对误差为0.69%。两种方法与在线监测比对的结果误差较小,符合固定污染源废气中CO的监测要求<sup>[11]</sup>。

### 3 结论

(1)采用定电位电解法和非分散红外吸收法测定低、中、高浓度CO标准气体时,产生的相对误差在3%以内,说明两种方法测定CO标准气体的准确

表6 两种方法对某金属家具制造厂废气中CO现场比对监测结果

监测方法	在线监测	定电位电解法	非分散红外吸收法
仪器预热时间(min)	/	5	30
CO测定结果 浓度值(mg/m <sup>3</sup> )	423	439	428
	401	425	400
	497	489	487
	466	479	452
	428	439	433
	411	427	408
平均值(mg/m <sup>3</sup> )	438	450	435
相对误差RE(%)	/	2.74	0.69

度较高,符合各自标准方法的要求。

(2)定电位电解法和非分散红外吸收法的响应时间分别是在2 min和3 min后达到稳定,定电位电解法的响应时间较短;建议在现场监测时,启动抽气泵后,两种方法分别在2 min和3 min后仪器稳定再读取并保存数据。

(3)C<sub>2</sub>H<sub>4</sub>和H<sub>2</sub>对定电位电解法测定CO的干扰较大,建议开展执法监测以前确定该工厂排放污染物是否含有C<sub>2</sub>H<sub>4</sub>和H<sub>2</sub>,若有的话则建议采用非分散红外吸收法开展监测。其他常见的气体对两种方法测定CO的影响不大。

(4)在高湿度和高CO浓度的条件下测定固定污染源废气中CO,定电位电解法和非分散红外吸收法的测定结果与在线监测系统数据基本一致,其中非分散红外吸收法的监测结果的相对误差更小。

### 参考文献

[1]唐杰毅.生物质锅炉一氧化碳排放超标原因及控制措施[J].节能与环保,2021,(04):39-40.

- [2]生态环境部.固定污染源废气一氧化碳的测定定电位电解法:HJ 973-2018[S].北京:中国环境科学出版社,2018.
- [3]国家环境保护总局.固定污染源排气中一氧化碳的测定非色散红外吸收法:HJ/T 44-1999[S].北京:中国环境科学出版社,1999.
- [4]白煜,周祥宇,张晓丽,等.定电位电解法和非分散红外法测定误差分析[J].中国环保产业,2016,(04):36-39.
- [5]马素艳.红外气体检测原理在CO检测系统的应用[J].山西化工,2022,42(04):45-46.
- [6]刘顺,张慧丽.一氧化碳非分散红外法性能指标确定方法的探讨[J].环境保护与循环经济,2019,39(02):74-76.
- [7]张晶雯.固定污染源废气监测技术研究[J].山西化工,2024,44(12):252-254.
- [8]凌晖.定电位化学法一氧化碳对二氧化硫的测定影响及分析[J].广东化工,2019,46(9):83-84.
- [9]陈军.污染源监测中遇高浓度一氧化碳时二氧化硫的测定[J].低碳世界,2018,(01):3-4.
- [10]张耀明,谢华南.锅炉燃烧烟气CO在线监测及应用系统研究[J].仪器仪表用户,2025,32(06):14-16.
- [11]生态环境部.固定污染源废气一氧化碳和氯化氢自动监测技术规范:HJ 1403-2024[S].北京:中国环境科学出版社,2024.