

现场与实验室氨气检测方法比对研究

刘琪*, 徐绍岩, 韩敏

(长治市盛鑫煤矿技术服务有限公司, 长治 046000)

摘要: **目的** 本研究旨在比较和评估现场与实验室两种氨气 (NH_3) 检测方法的性能和适用性。**方法** 采用 C16 便携式 NH_3 气体检测仪和 GBZ/T 160.29-2004 氨的纳氏试剂分光光度法, 对 5 个不同浓度 (9.3~148.8 mg/m^3) 的 NH_3 标准气体进行了 10 次重复测定。**结果** C16 便携式检测仪在现场应用中表现出极高的线性关系 ($r=0.9998$), 与标准气体浓度高度相关; 而 GBZ/T 160.29-2004 方法在实验室分析中提供了更高精度的测量值。两种方法的相对标准偏差和相对误差均小于 $\pm 5\%$, 显示出良好的精密度和准确度。**结论** C16 便携式检测仪适用于现场快速检测和应急响应, 而 GBZ/T 160.29-2004 方法更适合于需要高精度的实验室分析。本研究为选择合适的 NH_3 检测方法提供了科学依据, 对提高环境监测和职业健康评估的质量具有重要意义。

关键词: C16 便携式检测; NH_3 气体; 氨的纳氏试剂分光光度法; 检测结果

Comparative study on on-site and laboratory ammonia detection methods

LIU Qi^{1*}, XU Shao-Yan, HAN Min

(Changzhi Shengxin Coal Mine Technical Service Co., Ltd., Changzhi 046000, China)

ABSTRACT: Objective This study aims to compare and evaluate the performance and applicability of two ammonia (NH_3) detection methods in the field and laboratory. **Methods** The C16 portable NH_3 gas detector and GBZ/T 160.29-2004 ammonia Nessler's reagent spectrophotometric method were used to perform 10 repeated measurements of 5 different concentrations (9.3~148.8 mg/m^3) of NH_3 standard gases. **Results** The results showed that the C16 portable detector exhibited a highly linear relationship ($r=0.9998$) in field applications, which was highly correlated with the concentration of standard gases; The GBZ/T 160.29-2004 method provides higher precision measurement values in laboratory analysis. The relative standard deviation and relative error of both methods are less than $\pm 5\%$, demonstrating good precision and accuracy. The research conclusion indicates that the C16 portable detector is suitable for rapid on-site detection and emergency response, while the GBZ/T 160.29-2004 method is more suitable for laboratory analysis that requires high precision. **Conclusion** This study provides a scientific basis for selecting appropriate NH_3 detection methods, which is of great significance for improving the quality of environmental monitoring and occupational health assessment.

KEY WORDS: C16 portable detection; NH_3 gas; Nessler's reagent spectrophotometric method for ammonia; detection result

0 引言

在职业卫生和工业安全领域, 氨气 (NH_3) 作为一种重要的

化学物质, 其浓度监测对职业健康和环境保护具有重要意义。传统实验室分析方法虽然精确度高, 但操作复杂, 不适宜现场快速检测。近年来, 随着便携式检测技术的发展, 现场 NH_3 检

* 通信作者: 刘琪, 工程师, 检验科科长, 研究方向: 实验室检测。E-mail: gywyh111@163.com

*Corresponding author: LIU Qi, Engineer, Head of the Inspection Department, Changzhi Shengxin Coal Mine Technical Service Co., Ltd., Changzhi 046000, China. E-mail: gywyh111@163.com

测变得可行和高效。本研究针对 C16 便携式 NH₃ 气体检测仪和 GBZ/T 160.29-2004 氨的纳氏试剂分光光度法进行了全面的对比分析,旨在评估和比较这两种方法在不同条件下的性能,以指导现场与实验室 NH₃ 检测的最佳实践。

1 材料与方法

1.1 实验仪器

本文以美国 ATI 公司生产的 PortaSens II C16 便携式气体检测仪和上海棱光技术有限公司生产的 Alpha-1860AS 分光光度计实验仪器为主。C16 便携式仪器:适用于现场 NH₃ 监测,其技术特点包括:最小量程 0~500 ppm,最大量程 0~2000 ppm,分辨率达到 1 ppm。内置泵流量为 400 cm³/min,确保了稳定且高效的样本采集。精度方面,C16 保持 ±5% 的测量值误差,能在 -25~55℃ 温度范围内以及 0%~95% 的相对湿度(无冷凝)条件下正常工作,展现了其在极端环境下的可靠性^[1]。另一方面,Alpha-1860AS 分光光度计则是实验室 NH₃ 检测的重要工具,其精确度和稳定性适合于进行更为细致的氨气分析。分光光度计的主要优势在于其高精度的光谱分析能力,适用于对 NH₃ 含量进行精确量化。

该技术参数的对比揭示了 C16 便携式仪器在现场快速检测中的应用价值,以及 Alpha-1860AS 分光光度计在实验室精密分析中的关键作用,为氨气监测方法的选择提供了重要参考。

1.2 材料

在本次实验中,两种检测方式所需的材料如下所示。稀释气体: N₂, 纯度 ≥99.99%, 由杭州杭氧股份有限公司提供。氨标准气体(纯度 ≥99.99%, 大连特种气体有限公司): 用于校准和检测准确性。无氨水(纯度 ≥99.9%, 国药集团化学试剂有限公司): 用于制备和稀释试剂, 确保无 NH₃ 污染。硫酸: ρ(H₂SO₄) = 1.84 g/mL, 分析纯, 用于制备硫酸吸收液, 由西陇科学股份有限公司提供。盐酸(分析纯, 国药集团化学试剂有限公司): ρ(HCl) = 1.18 g/mL, 用于试剂的 pH 调节。硫酸吸收液: c(1/2H₂SO₄) = 0.01 mol/L, 用于氨的吸收。纳氏试剂(分析纯, 上海阿拉丁生化科技股份有限公司提供): 用于 NH₃ 的定量分析。酒石酸钾钠溶液(使用分析纯试剂自制): ρ = 500 g/L, 用于试剂的制备。盐酸溶液: c(HCl) = 0.1 mol/L, 用于试剂的 pH 调节和氨的释放。氨标准储备液: ρ(NH₃) = 1000 μg/mL, 用于制备标准使用溶液, 由国家标准物质研究中心提供, 有证标准物质。氨标准使用溶液: ρ(NH₃) = 20 μg/mL, 用于实验分析^[2]。

1.3 原理

C16 便携式气体检测方法采用电化学传感器原理, 通过 NH₃ 与传感器电极反应产生电流变化进行测量, 其测量范围为 0~2000 ppm, 分辨率为 1 ppm, 能在 -25~55℃ 温度范围及

0%~95% 相对湿度环境下工作, 精度达到 ±5%。该原理依赖于 NH₃ 在电极表面的氧化或还原反应, 电流的变化与 NH₃ 浓度成正比, 从而实现快速、准确地现场 NH₃ 测量。

相比之下, GBZ/T 160.29-2004 采用氨的纳氏试剂分光光度法, 这是一种基于化学反应的光谱分析方法。当 NH₃ 与纳氏试剂反应时, 产生特定颜色的复合物, 其吸光度与 NH₃ 浓度成正比。使用分光光度计测量该吸光度, 通过标准曲线计算 NH₃ 浓度。这种方法的精确度高, 但需要精细的化学操作和严格的环境控制, 适用于实验室条件^[3]。

通过比较这两种方法的检测原理, 可以明确它们在应对不同环境和测量要求时的适用性与局限性, 为选择合适的 NH₃ 检测技术提供科学依据。电化学传感技术适用于现场快速检测, 而分光光度法更适合于实验室中的精确分析。

2 结果与分析

2.1 C16 便携式气体检测方法检测结果的线性关系

本研究制备了质量浓度分别为 9.3、18.6、37.2、74.4、148.8 mg/m³ 的 NH₃ 标准气体, 使用 C16 便携式气体检测仪进行了 10 次以上的重复实验, 以评估其检测性能的线性关系。

实验数据显示, C16 仪器在不同浓度 NH₃ 气体的检测中表现出良好的线性关系^[4]。具体来说, 对于 9.3 mg/m³ 的 NH₃, C16 显示的平均浓度为 9.8 mg/m³; 对于 18.6 mg/m³ 的 NH₃, 显示平均浓度为 20.6 mg/m³; 对于 37.2 mg/m³ 的 NH₃, 显示平均浓度为 35.8 mg/m³; 对于 74.4 mg/m³ 的 NH₃, 显示平均浓度为 71.3 mg/m³; 而对于 148.8 mg/m³ 的 NH₃, 显示平均浓度为 142.1 mg/m³。具体如表 1 所示。回归分析结果表明, 检测值与标准值之间的线性关系具有高度相关性, 如图 1 所示, 其线性回归方程如下所示: $Y=0.9428X+1.5583$ (相关系数 $r=0.9998$), 表明检测值与标准值之间几乎呈完美线性关系。以上结果证实, C16 便携式 NH₃ 气体检测仪在不同浓度范围内具有良好的线性响应, 能够准确反映 NH₃ 气体的实际浓度。这对于现场快速检测 NH₃ 浓度提供了有效和可靠的工具, 特别是在需要实时监测和快速响应的应用场景中^[5]。通过这种线性关系的分析, 可以进一步确认 C16 便携式气体检测仪在 NH₃ 检测中的适用性和可靠性。

2.2 方法的精密度和准确度

两种方法均使用相同浓度的 NH₃ 标气进行了 10 次实验, 以确保实验条件的一致性和结果的可比性^[6]。如表 2 与表 3 所示。

2.3 两种方法比对

两种方法均对不同浓度的 NH₃ 标气进行了 10 次测定, 以评估在相同实验条件下的表现。如表 2~3 所示。图 2 和图 3 分别显示了两种方法的线性关系图, 展示了测量值与标准气体浓度之间的相关性, 线性回归方程如下所示。

表 1 便携式气体检测方法实验结果

Table 1 Experimental results of portable gas detection methods

标准浓度(mg/m ³)	平均显示浓度(mg/m ³)	测量次数
9.3(标准一)	9.8	10
18.6(标准二)	20.6	10
37.2(标准三)	35.8	10
74.4(标准四)	71.3	10
148.8(标准五)	142.1	10

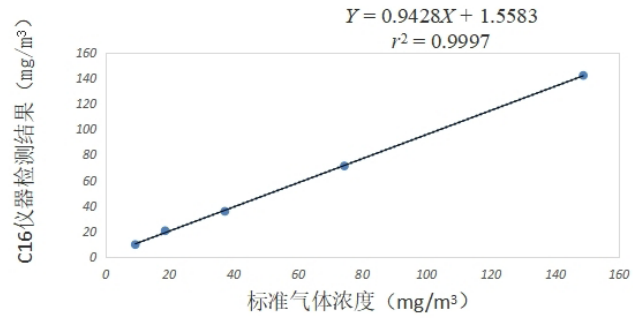


图 1 检测值与标准值之间的线性关系

Fig.1 Linear relationship between detection value and standard value

表 2 C16 便携式气体检测仪的实验结果

Table 2 Experimental results of C16 portable gas detector

标准浓度 (mg/m ³)	检测结果(mg/m ³)										相对标准偏差 RSD(%)	平均值 (mg/m ³)	相对误差 (%)
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10			
9.3	9.62	9.06	9.88	10.15	10.08	9.46	9.61	9.58	9.18	9.23	3.9	9.58	3.1
18.6	20.02	19.80	18.56	18.12	19.45	18.03	20.08	20.26	19.23	20.15	4.4	19.37	4.1
37.2	36.89	37.54	38.42	38.13	38.06	37.46	37.58	37.91	36.98	37.09	1.4	37.61	1.1
74.4	75.12	73.86	74.45	74.89	75.86	73.98	74.12	74.36	75.03	74.95	0.83	74.66	0.35
148.8	148.42	150.86	149.56	148.33	149.52	148.84	147.98	148.03	148.16	149.06	0.61	148.88	0.05

表 3 GB/T 160.29-2004 氨的纳氏试剂分光光度法的实验结果

Table 3 Experimental results of GB/T 160.29-2004 Nessler's reagent spectrophotometric method for ammonia

标准浓度 (mg/m ³)	检测结果(mg/m ³)										相对标准偏差 RSD(%)	平均值 (mg/m ³)	相对误差 (%)
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10			
9.3	9.56	9.12	9.38	9.86	9.55	9.43	9.35	9.28	9.61	9.24	2.3	9.44	1.5
18.6	19.12	18.86	19.01	17.98	18.66	18.12	19.23	18.84	19.03	19.93	2.9	18.88	1.5
37.2	36.82	37.35	38.11	37.9	37.91	36.83	37.15	37.29	36.53	36.88	1.5	37.29	0.23
74.4	74.84	73.65	74.03	74.29	75.36	73.49	73.94	74.00	74.89	74.62	0.81	74.31	-0.12
148.8	148.03	150.42	149.33	147.96	148.91	148.65	147.23	147.52	147.74	148.69	0.64	148.45	-0.24

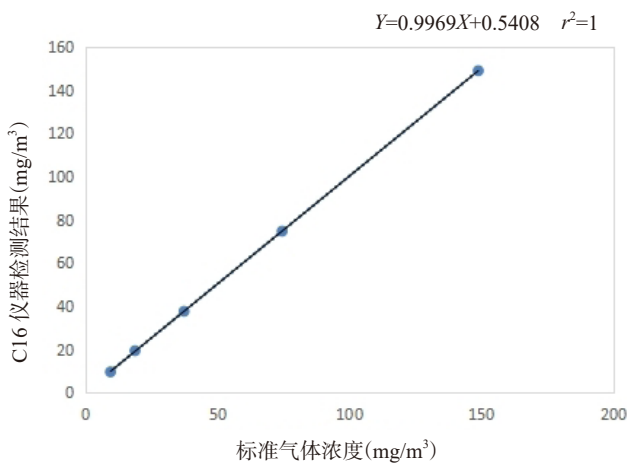


图 2 标准气体和 C16 检测结果的线性关系

Fig. 2 Linear relationship between standard gas and C16 detection results

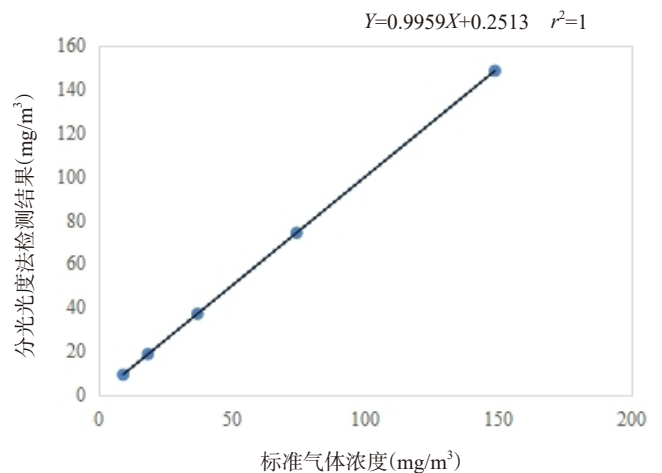


图 3 标准气体和分光光度法检测结果的线性关系

Fig. 3 Linear relationship between standard gas and spectrophotometric detection results

$Y=0.9969X+0.5408$ (图2标准气体和C16检测结果平均值);
 $Y=0.9959X+0.2513$ (图3标准气体和分光光度法检测结果平均值)。

两种方法相关系数线性关系极高,表明两种方法对NH₃的测量具有极高的相关性和准确性。分别对两种方法每个浓度点10次测量进行了相对标准偏差和相对误差的计算。

在对两种方法的10次实验结果进行统计分析后,发现两种方法在各浓度级别上计算的相对标准偏差和相对误差均小于±5%,显示出优良的精密度和准确度,均在可接受范围内。两种方法比较分光光度法比快速检测法精度稍高^[7]。

C16便携式NH₃气体检测仪在现场快速检测中表现出色,而GBZ/T 160.29-2004纳氏试剂分光光度法则在需要高精度测量时更为适用。两种方法各有优势,选择时应根据具体应用场景和需求进行决策。C16仪器的高度线性关系和易于操作的特性使其成为现场应急响应和快速监测的理想选择,而GBZ/T 160.29-2004方法则更适用于实验室环境中的精确分析工作。通过深入的数据分析和对比,本研究为NH₃检测方法的选择提供了坚实的科学依据。

2.4 评定两种方式存在的优势与局限性

C16仪器的优势在于其便携性和快速响应性,能够在现场即时提供NH₃浓度读数,这对于现场日常监测和紧急情况下的快速反应至关重要。此外,C16仪器的操作简便,不需复杂的实验室设置,适合非专业人员使用。其检测的高线性关系表明了其在不同浓度下的可靠性,而较低的操作和维护成本也使其在广泛应用中更具经济效益。然而,C16仪器的局限性也不容忽视。首先,电化学传感器可能会受到现场环境因素如温度和湿度的影响,这可能需要额外的校准和环境控制措施^[8]。其次,传感器的寿命和漂移问题可能会影响长期监测的稳定性和准确性,需要定期更换传感器以保证测量质量。

对于GBZ/T 160.29-2004纳氏试剂分光光度法,其优势在于提供了极高的准确度和重复性,这得益于实验室环境下严格的过程控制和高精度的仪器设备。该方法能够进行更为精细的NH₃量化,尤其是在低浓度级别上,适用于科研和职业卫生监测领域,对于数据质量和法规遵从性有较高要求的场景。然而,纳氏试剂分光光度法的局限性主要体现在其操作的复杂性和对实验条件的严格要求。这一方法需要专业的实验室设备和训练有素的操作人员,以确保化学试剂的正确处理和分析过程的精确性^[9]。此外,该方法的步骤繁多,耗时长,不适合快速现场测试,而且试剂和废物的处理也需要考虑环保和安全问题。

通过对C16便携式NH₃气体检测仪与GBZ/T 160.29-2004氨的纳氏试剂分光光度法的综合评估,本研究揭示了两种方法在应对不同NH₃检测需求时的适用性^[10]。C16仪器在现场应用中展现了显著优势,而GBZ/T 160.29-2004方法则更适用于要

求高精度和高数据质量的实验室环境。选择合适的NH₃检测方法时,需要综合考虑测试的目的、环境、成本以及操作人员的技术能力,以实现最优的检测效果。

3 讨论与结论

本研究通过详尽的实验设计和数据分析,对C16便携式NH₃气体检测仪和GBZ/T 160.29-2004氨的纳氏试剂分光光度法的性能进行了深入的对比研究。C16仪器凭借其便携性、操作简便性和快速响应能力,在现场快速检测方面表现出明显优势,而GBZ/T 160.29-2004方法则以其高精度和高重复性在实验室精确分析领域占据一席之地。两种方法各有千秋,在实际应用中应根据具体需求、环境条件和成本效益进行恰当选择。本研究的结果对于改进NH₃检测技术和制定相关工作流程提供了科学依据,对促进职业卫生和环境监测工业安全领域的技术进步具有重要意义。

参考文献

- [1] 门南方,井巍,门北方,等.现场与实验室挥发有机物检测方法的比对研究[J].油气田地面工程,2021,40(11):8-10.
- [2] 张鑫欣,陈婧,陈万义,等.食品中同一目标微生物不同检测方法之间的比对研究进展[J].食品安全质量检测学报,2021,12(23):9077-9085.
- [3] 王碧玲,刘宗江,邹立成,等.相变蓄热装置热性能测试方法比对研究[J].建筑热能通风空调,2021,40(09):76-79,60.
- [4] 赵婧,李赛赛,白承宗,等.基于GB、IEC、UL标准的比对及直流低压熔断器分断能力试验方法研究[J].电器与能效管理技术,2023(12):71-76.
- [5] 林熙戎.多参数水质仪海洋环境水质监测方法比对测试与研究[J].工业技术创新,2023(04):97-105.
- [6] 宋钊,陈迪.生态环境检测实验室现场采样质量管理技术数字化研究与应用[J].质量与认证,2021(06):59-60,64.
- [7] 邓猛.固定污染源现场废气的氨逃逸检测方法研究[J].中国资源综合利用,2022,40(12):62-65.
- [8] 李磊,何丹峰,缪映京,等.玻璃热工光学现场和实验室检测方法检测结果的一致性验证[J].玻璃,2023,50(05):31-34.
- [9] 尹榕慧,冯轶华,肖祥春,等.综合布线系统检测实验室间比对方案研究[J].标准科学,2021,(08):123-128.
- [10] 田霖,赵燕君,仪忠勋,等.洁净环境生物污染检测实验室间比对研究[J].中国医药生物技术,2023,18(04):328-332.

作者简介

刘琪,工程师,检验科科长,研究方向:实验室检测。