[12] 周学忠, 刘宏伟. 采用 ICP-MS/MS 准确测定食品中钙和氯 [J]. 光谱学与光谱分析, 2018, 38(11): 3567-3571.
[13] 林春花, 谢贤清, 刘德永, 等. 电感耦合等离子体串联质谱与电感耦合等离子体质谱法测定蜂蜜中微量硒的对比研究 [J]. 分析科学学报, 2018, 34(5): 596-600.
[14] Balcaen L, Bolea-Fernandez E, Resano M, *et al*. Inductively coupled plasma-tandem mass spectrometry (ICP-MS/MS): A powerful and universal tool for the interference-free determination of (ultra) trace elements—A tutorial review [J]. Analytica Chimica Acta, 2015(894): 7-19.
[15] 常燕, 高一鸣, 魏王慧, 等. 三重四极杆电感耦合等离子体串联质谱法测定超纯盐酸中痕量砷[J/OL]. 理化检验-化学分册, 1-7[2025-06-05]. https://link.cnki.net/urlid/31.1337.TB.20250409.1328.002.
[16] Li J, Zong K, Yan D, *et al*. Accurate determination of trace silver in geological reference materials by inductively coupled plasma-tandem mass spectrometry (ICP-MS/MS) [J]. Journal of Analytical Atomic Spectrometry, 2023, 38(10): 1984-1994.
[17] 蔡松韬, 黄莹秀, 袁亮, 等. 基于反应气混合物的 ICP-MS/MS 测定原油中的钒和镍 [J]. 光谱学与光谱分析, 2025, 45(1): 101-106.
[18] 戴培东, 李志华, 游世文, 等. 电感耦合等离子体串联质谱(ICP-MS/MS)法测定地下水中砷的干扰及校正 [J]. 中国无机分析化学, 2025, 15(2): 185-190.
[19] Bertram J, Esser A, Thoröe-Boveleth S, *et al*. Quantification of 26 metals in human urine samples using ICP-MS/MS in a random sample collective of an occupational and environmental health care center in Aachen, Germany [J]. Journal of Trace Elements in Medicine and Biology, 2023(78): 127161.
[20] GBZ/T 295—2017, 职业人群生物监测方法 [S].
[21] 刘峰, 薛超, 彭杰, 等. ICP-MS 法测定血中铅的优化与应用 [J]. 化学研究与应用, 2025, 37(4): 915-920.
[22] 孙琦, 丁亮, 张卓娜, 等. 直接稀释-KED 碰撞模式-电感耦合等离子体质谱(ICP-MS)法测定人体全血、尿液中 38 种元素 [J]. 中国无机分析化学, 2023, 13(10): 1154-1164.
[23] 吴泽清, 张成龙, 国菲, 等. KED 碰撞模式-电感耦合等离子体质谱(ICP-MS)法测定血液、尿液中 8 种重金属和准金属元素 [J]. 中国无机分析化学, 2024, 14(4): 393-400.
[24] 洪光辉, 王晴晴, 崔喜平, 等. ICP-MS 分析中的干扰及其消除研究进展 [J]. 实验科学与技术, 2021, 19(3): 14-21.
[25] 汤昌海, 李争云, 马微. ICP-MS 法测定尿液中铅、镉、锰、镍和铬 [J]. 工业卫生与职业病, 2016, 42(5): 383-385, 390.
[26] 徐进力, 邢夏, 唐瑞玲, 等. 动能歧视模式 ICP-MS 测定地球化学样品中 14 种痕量元素 [J]. 岩矿测试, 2019, 38(4): 394-402.
[27] 孙梦荷, 刘春峰, 方迪, 等. 三重串联四极杆-电感耦合等离子体质谱(ICP-MS)法测定金属铜/镍/钴中的磷 [J]. 中国无机分析化学, 2025, 15(3): 406-413.
[28] 刘跃, 王记鲁, 林冬, 等. 氨气模式-电感耦合等离子体串联质谱法测定土壤中镉的质谱干扰消除研究 [J]. 中国测试, 2023, 49(10): 90-96.
[29] 蔡松韬, 黄莹秀, 袁亮, 等. 基于反应气混合物的 ICP-MS/MS 测定原油中的钒和镍 [J]. 光谱学与光谱分析, 2025, 45(1): 101-106.
[30] 于亚辉, 王琳, 王明军, 等. 电感耦合等离子体质谱法测定地球化学样品中痕量铑的干扰消除方法探讨 [J]. 冶金分析, 2017, 37(9): 25-32.
[31] 曹淑琴, 陈杭亭, 曾宪津. 电感耦合等离子体质谱中有机试剂的基体效应研究 [J]. 光谱学与光谱分析, 2000, 20(4): 498-500.
[32] 王小燕, 李玉锋, 李柏, 等. 稀释法快速测定人体血液和尿液中多种重金属元素 [J]. 分析试验室, 2010, 29(6): 41-45.

(**收稿日期**: 2025-04-01; **修回日期**: 2025-07-07)

固体吸附剂管采样-溶剂解吸-分光光度法测定工作场所空气中一氧化氮和二氧化氮

杨展鸿, 王伟辉, 林作侃, 张子群, 吴川, 董明, 戎伟丰, 吴邦华
(广东省职业病防治院毒化监测所/广东省职业病防治重点实验室, 广东 广州 510300)

摘要: 目的 建立工作场所空气中氮氧化物(NO 和 NO_2)的固体吸附剂管采样-溶剂解吸-分光光度测定方法。**方法** 空气中的气态 NO 通过三氧化铬氧化管氧化成 NO_2; NO_2 被三乙醇胺浸渍的 5A 分子筛吸附, 溶剂解吸后生成的亚硝酸根, 与对氨基苯磺酸起重氮化反应, 再与盐酸萘乙二胺偶合成玫瑰红色, 在 540 nm 波长下测量吸光度, 进行定量。**结果** 亚硝酸根离子(NO_2^-)在质量浓度 0~0.70 μg/ml 时呈线性关系, 相关系数 r=0.999 3。方法检出限 0.004 μg/ml, 定量下限 0.014 μg/ml; 以采集 3 L 空气按 NO_2 计算, 最低检出浓度 0.05 mg/m^3, 最低定量浓度 0.19 mg/m^3; 以采集 12 L 空气按 NO_2 计算, 最低检出浓度 0.01 mg/m^3, 最低定量浓度 0.05 mg/m^3。氧化管的氧化效率 92.87%~95.96%。固体吸附剂管的采样效率 95.36%~98.43%, 本方法的穿透容量>116.00 μg(300 mg 固体吸附剂), 解吸效率 96.20%~98.15%, 批内精密度(*RSD*)0.98%~4.23%, 批间精密度 1.38%~3.04%, 加标回收率 95.40%~101.96%。样品在室温下至少可保存 14 d。**结论** 本方法适用于工作场所空气中氮氧化物的检测。

基金项目: 广东省医学科学技术研究基金(C2024029)
作者简介: 杨展鸿(1985—), 男, 副主任技师, 主要从事职业卫生采样和检测工作。
通信作者: 吴邦华, 主任技师, E-mail: wubanghua@163.com

关键词：氮氧化物；二氧化氮（NO_2）；一氧化氮（NO）；固体吸附剂管；分光光度法
中图分类号：R135.14；R135.4 **文献标识码**：A **文章编号**：1002-221X(2025)06-0674-05 **DOI**：10.13631/j.cnki.zggyyx.2025.06.019

Measurement of nitric oxide and nitrogen dioxide in workplace air using solid adsorbent tube sampling and solvent desorption spectrophotometry

YANG Zhanhong, WANG Weihui, LING Zuokan, ZHANG Ziqun, WU Chuan, DONG Ming, RONG Weifeng, WU Banghua
(*Guangdong Province Hospital for Occupational Disease Prevention and Treatment*; *Guangdong Provincial Key Laboratory of Occupational Disease Prevention and Treatment*, *Guangzhou*, *Guangdong* 510300, *China*)

Abstract: **Objective** To establish a method for the determination of nitrogen oxides (NO and NO_2) in the air of workplaces by solid adsorbent tube sampling-solvent desorption-spectrophotometry. **Methods** Gaseous NO in the air was oxidized to NO_2 through a chromium trioxide oxidation tube. NO_2 was adsorbed by 5A molecular sieve impregnated with triethanolamine. After desorption by the solvent, the generated nitrite reacted with *p*-aminobenzenesulfonic acid for diazotization and then coupled with naphthylenediamine hydrochloride to form rose red color. The absorbance was measured at a wavelength of 540 nm for quantification. **Results** The results indicated a linear relationship of nitrite ion (NO_2^-) within the mass concentration range of 0—0.70 μg/ml, and the correlation coefficient $r=0.999\ 3$. The detection limit of the method was 0.004 μg/ml, and the lower limit of quantification was 0.014 μg/ml. Based on 3 L of air collected and calculated as NO_2, the minimum detectable concentration was 0.05 mg/m^3, and the minimum quantifiable concentration was 0.19 mg/m^3. Based on 12 L of air collected and calculated as NO_2, the minimum detectable concentration was 0.01 mg/m^3, and the minimum quantifiable concentration was 0.05 mg/m^3. The oxidation efficiency of the oxidation tube was 92.87%—95.96%. The sampling efficiency of the solid adsorbent tube was 95.36%—98.43%. The penetration capacity of this method was more than 116.00 μg (300 mg solid adsorbent), the desorption efficiency was 96.20%—98.15%. The intra-batch precision (*RSD*) was 0.98%—4.23%, and the inter-batch precision was 1.38%—3.04%, the recovery rate of standard addition was 95.40%—101.96%. The samples could be stored at room temperature for at least 14 days. **Conclusion** This method is applicable to the detection of nitrogen oxides in the air of the workplace.

Keywords: nitrogen oxide; nitrogen dioxide (NO_2); nitric oxide (NO); solid adsorbent tube; spectrophotometry

氮氧化物是由氮、氧两种元素组成的化合物，包括氧化亚氮（N_2O）、一氧化氮（NO）、二氧化氮（NO_2）、三氧化二氮（N_2O_3）和四氧化二氮（N_2O_4）等种类。除 NO_2 和 NO 外，其他种类的氮氧化物均不稳定，遇光、热或水分转化为 NO_2 或 NO，而 NO 又会转化成 NO_2。劳动者接触的氮氧化物主要为 NO 和 NO_2 两种[1]。NO_2 是高毒物质[2]，氮氧化物（NO 和 NO_2）为高毒高风险有害因素[3]，对眼睛、皮肤和呼吸、心血管系统均有损伤[4-6]。《工作场所有害因素职业接触限值 第 1 部分：化学有害因素》（GBZ 2.1—2019）规定，工作场所空气中氮氧化物（NO 和 NO_2）的时间加权平均容许浓度 5 mg/m^3、短时间接触容许浓度为 10 mg/m^3[7]。氮氧化物的国标检测方法为利用液体吸收法采样-分光光度法测定[8]，该方法存在采样管携带不方便，不便于个体和长时间采样，样品保存时间短等缺点。有相关研究利用固体吸附剂管采样-溶剂解吸-离子色谱法测定[1,9]，该方法采样方便，灵敏度和准确度高，但存在仪器普及率相对不高，测定时间长，色谱柱易污染等缺点。由于分子筛的硅氧四面体骨架上负电荷形成的电场产生静电引力，而且具有良好的晶体结构均匀对称性和高比表面积，对气体的吸附有高选择性和大吸附量，近年来分子筛的研究和应用已取得很大的进步[10-12]。分光光度计具有灵敏度高、重复性好、操作简单、分析速度快、价格便宜等特点，被广泛应用于各检测领域[13-14]。工作场所空气检测使用分光光度计的标准检测方法有 30 多个，具有重要地位[15]。本研究利用固体吸附剂管采集空气中 NO 和 NO_2，简单方便，可进行长时间采样，样品保存时间长；采用分光光度法测定，操作易行，测定时间短，试剂损耗小。

1 材料与方法

1.1 仪器与试剂 空气采样泵（型号：SKC Pocket Pump 采样器，范围：0.020～0.225 L/min），SKC 公司；气体流量计（范围：0.005～0.500 L/min），Gilian 公司；Multi Reax 漩涡振荡器（范围：0～2 000 r/min），Heidlph 公司；电子天平（MSU125P-CE，感量 0.01 mg），Sartorius 公司；分光光度计（型号：722 S），上海精密科学仪器有限公司；分子筛（5A，3～5 mm），上海有新分子筛有限公司；三氧化铬氧化管（内装 8 g 三氧

化铬砂子)，市售商品；注射器(10 ml)，上海双鸽实业有限公司；一次性水系针头微孔过滤器(孔径 0.22 μm，直径 25 mm)，上海安谱科学仪器有限公司。NO 和 NO_2 标准钢瓶气(浓度定制)，佛山科的气体化工有限公司；亚硝酸根标准溶液(1 000 mg/L)，国家环境保护总局标准样品研究所；三乙醇胺、无水对氨基苯磺酸和冰乙酸(分析纯)，广州化学试剂厂；*N*-1-萘乙二胺盐酸盐(分析纯)，天津市化学试剂研究所。解吸液配制：取 15.00 g 三乙醇胺溶解于 500 ml 超纯水中，稀释至 1 L。显色剂配制：烧杯中加入超纯水 900 ml，加入 5 g 对氨基苯磺酸，于电热板中加热至 60~70 ℃，试剂溶解后凉至室温，加入 0.05 g 盐酸萘乙二胺和 50 ml 冰乙酸，移入容量瓶以超纯水定容至 1 000 ml。

1.2 方法

1.2.1 固体吸附剂管制备 用超纯水浸泡并清洗分子筛至少 3 遍至洗涤液澄清，倒去水分，于干燥箱 100 ℃干燥后用 3.00%的三乙醇胺溶液浸泡 2 h，除去过剩液体并放于通风柜内 2 h 以去除大部分水和溶剂，平铺于干净平盘中，放干燥箱 100 ℃干燥 1 h 后密封瓶装，待用。用长 120.0 mm、内径 6.0 mm 玻璃管，前、后段分别装入 300 和 50 mg 已处理过的固体吸附剂，两段中间用玻璃棉隔离，两端以玻璃棉和弹簧固定分子筛颗粒，胶帽密封待用。

1.2.2 样品采集、运输和保存 参照《工作场所空气中有害物质监测的采样规范》(GBZ 159—2004)[16]，于采样点打开固体吸附剂管胶帽，用硅胶软管将氧化管与固体吸附剂管前端串联，分别进行短时间采样(0.200 L/min 流速采集空气样品 15 min)和长时间采样(0.025 L/min 流量采集空气样品 1~8 h)。将固体吸附剂管带至现场，除不连接空气采样器采集空气样品外，其余操作同样品，为样品空白，每批次样品≥2 个样品空白。

1.2.3 标准系列配制和测定 取 5~8 支具塞比色管，分别加入梯度递增的标准溶液，各加解吸液定容至 1 ml 后加入显色剂 4 ml，摇匀，配制成质量浓度 0~0.70 μg/ml 的亚硝酸根标准系列，显色 15 min，以水作参比，540 nm 波长下测量吸光度。以亚硝酸根质量为横坐标，吸光度为纵坐标，绘制标准曲线或计算回归方程。

1.2.4 样品处理和测定 将吸附剂管中的前、后段吸附剂分别倒入 2 个 10 ml 具塞比色管中，各加入 5.0 ml 解吸液，振荡解吸 10 min，解吸后溶液经一次性水相针头式微孔滤膜过滤，移取 1 ml 滤液于 10 ml 比色管中，加入 4 ml 显色剂，摇匀，显色 15 min，以水作参比，540 nm 波长下测量吸光度。若样品浓度超过测定范围，重新取滤液用解吸液稀释后测定，计算时乘以相应稀释倍数。若测得前段固体吸附剂中 NO_2 含量不高于穿透容量，可不用测定后段固体吸附剂。

1.3 计算

1.3.1 将样品的采样体积换算成标准采样体积：$V_{20}=V_t\times[293/(273+t)]\times(P/101.3)$

1.3.2 计算空气中 NO_2 浓度(mg/m³)：$C_{NO_2}=5(C_1+C_2)V_0/(kDV_{20})$

式中：V_t——在温度为 t ℃，大气压为 P 时的采样体积，L；t——样品采集时的空气温度，℃；P——样品采集时的空气大气压，kPa；C_1、C_2——前、后段固体吸附剂被解吸后 1 ml 解吸液显色时溶液的浓度，μg；5——1 ml 解吸液显色时溶液的总体积；V_0——解吸液总体积，ml；k——NO_2 转化为亚硝酸根的系数，$k=0.63$；D——与样品固体吸附剂中 NO_2 相当的解吸效率(应测定每批固体吸附剂管的空白和解吸效率)，%。

2 结 果

2.1 测定范围 本方法测定条件下，NO_2^- 在质量浓度 0~0.70 μg/ml 时呈线性关系，回归方程 $\hat{y}=0.178\,6\,x+0.014\,7$，相关系数 $r=0.999\,3$。

2.2 检出限、定量下限和最低检出浓度 根据回归方程，吸光度为 0.02 时，计算其对应浓度为 0.006 μg/ml。取 10 支固体吸附剂管，各加入 10 mg/L 的亚硝酸根标准应用液 3 μl 后密封，按本方法保存，放置过夜，测定得到 10 个样品的浓度，计算其标准差。计算 3 倍标准差得到检出限为 0.004 μg/ml(以 NO_2^- 计算)，计算 10 倍标准差得到定量下限为 0.014 μg/ml(以 NO_2^- 计算)。以采集 3 L 空气按 NO_2 计算，最低检出浓度 0.05 mg/m³，最低定量浓度 0.19 mg/m³；以采集 12 L 空气按 NO_2 计算，最低检出浓度 0.01 mg/m³，最低定量浓度 0.05 mg/m³。最低定量浓度 0.19 mg/m³<1% PC-STE(氮氧化物)，最低定量浓度 0.05 mg/m³=1% PC-TWA(氮氧化物)，均满足 GBZ 2.1—2019 中将劳动者实际接触化学有害因素的水平分为 5 级的要求，方便化学有害因素职业接触水平的划分。

2.3 采样效率 将固体吸附剂管后段与空气采样器连接。分别以 0.025 和 0.200 L/min 流量采集质量浓度分别为 5.00 和 10.00 mg/m³ 的 NO_2 标准气体，短时间和长时间各采集 15 min 和 8 h，不同流量、不同浓度各采集 6 组。结果显示，固体吸附剂管的采样效

率为 95.36%~98.43%，符合《职业卫生标准制定指南 第 4 部分：工作场所空气中化学物质测定方法》(GBZ/T 210.4—2008)[17]采样效率>90%的规定。

2.4 穿透容量 室温条件下，以 0.025 L/min 流量采集 8 h 质量浓度为 10.00 mg/m³ 的 NO_2 标准气体。按本方法条件测定前、后段固体吸附剂中 NO_2 的质量。结果显示，后段固体吸附剂中 NO_2 的质量均小于前段固体吸附剂中 NO_2 质量的 5%，未见穿透，提示本方法的穿透容量>116.00 μg(300 mg 固体吸附剂)。见表 1。

表 1 采样效率及穿透容量实验结果

NO_2 浓度 (mg/m³)	流量 (L/min)	n	固体吸附剂中 NO_2 质量均值(μg)			平均采样效率 ($\bar{x}\pm s$, %)
			前段	后段	后/前段(%)	
5.00	0.025	6	60.50	2.00	3.31	96.87±1.73
10.00		6	116.00	5.50	4.74	95.36±1.42
5.00	0.200	6	14.60	0.30	2.05	97.94±1.16
10.00		6	30.50	0.50	1.64	98.43±0.72

2.5 氧化效率 氧化管使用前先进行活化(脱去氧化管两端帽盖，置于干燥箱 100 ℃ 1 h，再置于湿度 30%~70%的干净环境中平衡 1 h)。将氧化管与固体吸附剂管前端串联，并将固体吸附剂管后端与空气采样器连接。分别以 0.025 和 0.200 L/min 流量采集质量浓度分别为 2.50 和 5.00 mg/m³ 的 NO 标准气体，短时间和长时间各采集 15 min 和 8 h。结果显示，氧化管的氧化效率平均为 92.87%~95.96%。见表 2。

表 2 氧化效率实验

NO 浓度 (mg/m³)	流量 (L/min)	n	固体吸附剂中 NO 质量均值(以 NO_2 计)(μg)		平均氧化效率 ($\bar{x}\pm s$,%)
			前段	后段	
2.50	0.025	6	45.50	2.00	95.96±2.85
5.00		6	132.50	9.00	93.52±3.08
2.50	0.200	6	11.30	0.85	92.87±1.69
5.00		6	34.50	2.25	93.55±1.94

2.6 解吸效率和精密度 取制备好的分子筛固体吸附剂管 18 支，每组 6 支共 3 组，分别加入 0.50、9.00 和 17.50 μl 亚硝酸根标准溶液，作为低、中、高质量浓度组，立即密封，室温下放置过夜，于 3~5 d 内重复测定 6 次，同时设吸附剂管空白。结果显示，平均解吸效率 96.20%~98.15%，批内精密度相对标准偏差(*RSD*) 0.98%~4.23%，批间精密度 1.38%~3.04%。见表 3。

表 3 解吸效率和精密度实验

组别	样品数 (个)	加标量 (μg)	测得值 ($\bar{x}\pm s$, μg)	平均解吸效率 (%)	批内精密度 *RSD*(%)	批间精密度		
						测定次数	测定值($\bar{x}\pm s$, mg/m³)	批间 *RSD*(%)
低质量浓度组	6	0.10	$(9.62\pm0.42)\times10^{-2}$	96.20	4.23	6	$(9.53\pm0.29)\times10^{-2}$	3.04
中质量浓度组	6	1.80	1.77±0.02	98.15	0.98	6	1.76±0.02	1.38
高质量浓度组	6	3.50	3.43±0.04	97.91	1.13	6	3.42±0.06	1.64

2.7 加标回收率 取制备好的分子筛固体吸附剂管 3 支，以 0.200 L/min 流量采集现场空气 15 min，将已采集的空气样品按本方法进行前处理，取 1 ml 解吸液进行样品测定，同时各取 1 ml 解吸液分别加入 0.50、1.00 和 3.00 μl 亚硝酸根标准溶液作为低、中、高质量浓度加标样品进行测定。结果显示，加标回收率 95.40%~101.96%。

2.8 稳定性 取固体吸附剂管 30 支分成 5 组，平行采集同一浓度的 NO_2 标准气体后室温下密封保存。于当天，第 3、5、7、14 天分别测定 5 组样品，当天组测定的 NO_2 含量为 100.00%，计算每组样品下降率。表 4 可见，保存 14 d 的样品测定结果平均下降率 3.44%(<10.00%)，提示样品在室温下至少可保存 14 d。见表 4。

表 4 稳定性实验结果

保存时间	样品数 (个)	采集量 (μg)	测定值 ($\bar{x}\pm s$, μg)	下降率(%)
当天	6	1.90	1.88±0.08	0.00
第 3 天	6	1.90	1.85±0.04	1.66
第 5 天	6	1.90	1.89±0.06	−0.52
第 7 天	6	1.90	1.80±0.04	4.12
第 14 天	6	1.90	1.82±0.05	3.44

2.9 现场应用 采用本方法对某企业柴油机设备维修时机械维修工程师岗位空气中氮氧化物浓度进行检测。结果显示 NO 和 NO_2 浓度为 0.22 mg/m³，与现场实际情况相符。

3 结 论

本研究建立了工作场所空气中 NO 和 NO_2 固体吸附剂管采样-溶剂解吸-分光光度测定方法，方法最低定量浓度满足化学有害因素职业接触水平的划分要求，采样效率、氧化效率和解吸效率高，穿透容量大，准确度高，精密度好，样品稳定时间长、易于保存，适合在职业卫生领域推广使用。

(**声明** 本文作者间无实际或潜在的利益冲突)

参考文献

[1] 闫慧芳. 工作场所空气中化学有害因素监测方法 [M]. 北京：应急

(下转第 688 页)

2023 年青海省 6 个市/州诊断出职业性布鲁菌病病例，分布范围最广，应引起高度重视。杨旭欣等[7]报道 2017—2019 年青海省人群布鲁菌病发病率分别为 0.45/10 万、1.81/10 万和 2.72/10 万，呈上升趋势，可能与畜牧相关产业从业人员增加、牲畜交易流通频繁等有关。针对青海省三江源地区的调查显示，人群布鲁菌病防治知识知晓率低，生活和生产活动中存在高危行为[8]。目前尚未见青海省兽医服务行业人群暴露与感染影响因素的相关报道，应进行深入调查并加强干预措施。

近年来青海省职业病防治水平逐步提高，总体服务供给量相对充足，由于区域面积较广，工业企业分布不均衡，存在与云南省类似的职业卫生技术服务机构地区分布不均匀的问题[9]，部分县/区职业健康检查能力不足，服务能力参差不齐，可能影响用人单位获取职业病防治服务的便捷性，同时增加用人单位经济时间成本。

根据青海省职业病危害特征和服务现状提出如下建议。生产性粉尘仍是青海省重点职业病危害，应从源头加以控制，改善工作场所劳动条件[10]；重视职业性布鲁菌病防控，开展专题调查深入分析兽医服务行业从业人员患病原因，以制定适宜的干预措施；加强小微企业的监管，预防化学中毒；以职业病筛查诊治和职业病危害监测评价为重点，持续推动能力建设，提升服务质量，促进不同地区均衡发展，为劳动者提供便捷、优质、高效的职业病防治服务，早期发现职业病病例；督促用人单位严格落实职业病防治职责，保障劳动者职业健康权益。本研究分析已报告的职业病数据，受疑似职业病进入诊断程序率等因素影响，分析结果与真实现状可能存在一定偏倚。

参考文献

[1] 国家卫生健康委职业健康司. 我国新发职业病报告病例数近十年降幅达 58% [J]. 职业卫生与应急救援, 2023, 41(4): 518.

[2] 国家卫生健康委. 2022 年我国卫生健康事业发展统计公报 [EB/OL]. (2023-10-12)[2024-07-23]. http://www.nhc.gov.cn/cms-search/downFiles/8a3994e41d944f589d914c589a702592.pdf.

[3] 刘明, 温贤忠, 王姝, 等. 广东省 2011—2020 年新发职业性尘肺病流行病学特征分析 [J]. 中国职业医学, 2023, 50(4): 472-475.

[4] 蒋恩霏, 储卫忠, 商维维, 等. 2012—2021 年四川省新发矽肺病例流行病学特征分析 [J]. 预防医学情报杂志, 2023, 39(5): 481-492.

[5] 张敏, 王丹, 郑迎东, 等. 中国 1997 至 2009 年报告尘肺病发病特征和变化趋势 [J]. 中华劳动卫生职业病杂志, 2013, 31(5): 321-334.

[6] 周珊宇, 温贤忠, 李旭, 等. 广东省 2006—2016 年新报告职业性尘肺病的流行病学特征 [J]. 环境与职业医学, 2017, 34(12): 1046-1053.

[7] 杨旭欣, 马丽, 李积权, 等. 青海省 2017—2019 年人间布鲁氏菌病流行病学调查分析 [J]. 中国媒介生物学及控制杂志, 2021, 32(1): 56-69.

[8] 马丽, 胡桂英, 杨旭欣, 等. 青海省三江源地区布鲁氏菌病行为知识调查分析 [J]. 中国媒介生物学及控制杂志, 2015, 26(3): 311-313.

[9] 唐艳红, 邢漪, 张永昌. 云南省职业病防治工作现状及对策 [J]. 中国工业医学杂志, 2021, 34(1): 58-61.

[10] 国家卫生健康委员会. 国家职业病防治规划(2021—2025 年) [J]. 中国工业医学杂志, 2022, 35(1): 3-6.

(**收稿日期**: 2024-07-26; **修回日期**: 2024-09-06)

(上接第 677 页)

管理出版社, 2021: 168-171.

[2] 国家卫生部卫法监. 卫生部关于印发《高毒物品目录》的通知 [EB/OL]. (2005-02-07)[2025-03-24]. http://www.nhc.gov.cn/wjw/gfxwj/201304/40a559a0c6554f72bc9e512f5f128c33.shtml.

[3] 广东省职业卫生技术质量控制中心. 广东省职业卫生技术质量控制中心关于印发《广东省职业病危害因素定期检测质量控制技术规范》的通知 [EB/OL]. (2022-04-22)[2025-03-24]. http://www.gdpcc.com/upload/picture/202204/6261f9bccdcf0.pdf.

[4] 严蓉, 张静波, 孙道远, 等. 急性氮氧化物中毒迟发性阻塞性细支气管炎 1 例 [J]. 中国工业医学杂志, 2024, 37(3): 256-258.

[5] 张翼, 周厚荣. 氮氧化物致急性肺损伤的临床特点及研究进展 [J]. 现代医学与健康研究电子杂志, 2023, 7(8): 136-138.

[6] 叶铨秋, 陈晓燕, 鲁玫, 等. VV-ECMO 救治急性氮氧化物中毒致重度 ARDS 1 例报道 [J]. 现代医药卫生, 2023, 39(5): 898-900.

[7] GBZ 2.1—2019, 工作场所有害因素职业接触限值 第 1 部分: 化学有害因素 [S].

[8] GBZ/T 160.29—2004, 工作场所空气有毒物质测定 无机含氮化合物 [S].

[9] 杨展鸿, 王伟辉, 吴川, 等. 固体吸附管采样-离子色谱法测定工作场所空气中二氧化氮 [J]. 中国职业医学, 2018, 45(5): 606-608.

[10] 董海楠, 安百钢, 金实, 等. 分子筛的应用研究概述 [J]. 辽宁化工, 2024, 53(11): 1724-1728.

[11] 马桂林. 分子筛在 NO_x 吸附剂中的应用研究 [D]. 武汉: 武汉工程大学, 2024.

[12] 王金秀, 洪锦德. 物理吸附法表征 5A 沸石分子筛孔径分布的研究 [J]. 中国测试, 2021, 47(9): 1-6.

[13] 刘羿希. 紫外可见分光光度计在食品检测中的应用研究 [J]. 食品安全导刊, 2024, (7): 140-142.

[14] 陈璐, 骆迎华, 林圣光. 紫外可见分光光度计在生态纺织产品检测中的应用 [J]. 纺织检测与标准, 2022, 8(1): 1-4.

[15] GBZ/T 300.1—2017, 工作场所空气有毒物质测定 第 1 部分: 总则 [S].

[16] GBZ 159—2004, 工作场所空气中有害物质监测的采样规范 [S].

[17] GBZ/T 210.4—2008, 职业卫生标准制定指南 第 4 部分: 工作场所空气中化学物质测定方法 [S].

(**收稿日期**: 2025-03-27; **修回日期**: 2025-11-04)