

LK-4 有害气体检测仪的研制

张伟, 裴著革*, 李官贤, 张华山, 杨丹凤, 刘焕亮, 晁福寰

(军事医学科学院卫生学环境医学研究所, 天津 300050)

摘要:目的 研制一种可检测空气中 CO、SO₂、H₂S 和 NO₂ 4 种气体浓度的一体化小型多功能有害气体快速检测仪, 以适用于公共场所、突发事件及平时空气卫生的监测。方法 设计的 LK-4 有害气体检测仪为 4 通道泵吸式采样, 气体传感器检测被测气体产生相应的电信号, 信号采集放大后转换为标准信号, 逐一送入模数转换电路被中央处理器读取, 经程序计算分析后结果在液晶屏上显示, 并对检测结果储存和打印。结果 LK-4 有害气体检测仪主要技术指标: 体积为 230 mm × 80 mm × 210 mm; 工作温度为 -20 ~ 50 °C; CO 测定范围为 0 ~ 625.0 mg · m⁻³, 最低检出限为 0.1 mg · m⁻³; SO₂ 测定范围为 0 ~ 28.0 mg · m⁻³, 最低检出限为 0.1 mg · m⁻³; H₂S 测定范围为 0 ~ 40.0 mg · m⁻³, 最低检出限为 0.1 mg · m⁻³; NO₂ 测定范围为 0 ~ 41.0 mg · m⁻³, 最低检出限 0.2 mg · m⁻³。结论 LK-4 有害气体检测仪具有检测结果准确、精密度高、小型便携、一体化组合、检测结果可储存和打印、稳定性好等特点, 可对空气中常见有害气体进行快速检测。

关键词: 有害气体; 检测; 仪器

中图分类号: R122.1 文献标识码: A 文章编号: 1001-5248(2006)04-0258-04

CO、SO₂、H₂S、NO₂ 是空气中常见的有害气体, 低浓度时可对呼吸系统产生危害, 高浓度时, 可致人昏迷直至死亡^[1-3]。目前快速检测空气中有毒有害气体多采用便携式仪器进行检测, 该仪器多为进口, 价格较昂贵, 且多为单个项目的检测^[4]。为快速检测突发事件、公共场所及平时特殊军事环境中有害气体^[5-9], 我们研制了一种可连续检测空气中 CO、SO₂、H₂S、NO₂ 4 种气体浓度, 对检测结果储存和打印的一体化小型多功能有害气体快速检测仪(LK-4 有害气体检测仪), 并对检测结果进行了评测。

1 材料和方法

1.1 样机设计与原理 (1) 样机外形: 设计为便携式和台式两用结构机箱, 体积为 230 mm × 80 mm × 210 mm。4 种传感器装在一密闭盒中, 采样泵将被测气体吸入, 流过传感器后排出盒外。仪器前面板上配置有显示被测气体浓度的液晶数码显示器、指示被测气体的指示灯、指示仪器处于打印状态和采样泵供电电压的指示灯; 其下方为触摸式气体选择

键、开关键和打印键按钮。气体选择键每按一次改变一种气体, 可分别静态监测 CO、H₂S、SO₂、NO₂ 气体浓度的变化。仪器的后面板上装有仪器供电充电器插口、打印机接口、泵电源开关及泵电源充电器插口。(2) 内部结构与检测原理: LK-4 有害气体检测仪备有低噪音微型采样泵, 由检测 4 种气体的传感器、信号调整电路、数据处理电路、打印接口和液晶显示器组成。信号调整电路是将传感器输出的电压或电流信号加以放大并将信号的零点和范围整定为所要求的数值。数据处理电路中, 4 种气体的电压信号经多路采样器送入 A/D 转换器, 转换为数字, 再经线性处理后送入显示器, 同时通过打印接口送入微型打印机。由液晶显示器显示各种气体的浓度, 电发光二极管指示气体的种类。(3) LK-4 有害气体检测仪采用的气体传感器及其性能: 根据检测原理、测量范围、分辨率、反应时间等因素进行综合分析筛选出检测 4 种气体的传感器, 其主要性能指标见表 1。

1.2 试剂与仪器 (1) 标准气体: CO、H₂S、SO₂、NO₂ 标准气体均为国家标准物质中心产品。(2) 仪器: GXH-3011A CO 分析仪, 北京电脑技术应用研究所生产; H₂S、SO₂、NH₃ 监测仪, 均为美国 INTERSCAN 公司生产。

作者简介: 张伟(1973-), 男, 大本, 实验师。从事空气卫生检测工作。

* 通讯作者

表1 LK-4有害气体检测仪4种气体传感器的性能指标

性能指标	CO传感器	SO ₂ 传感器	H ₂ S传感器	NO传感器
生产厂家	英国 CITY公司	英国 CITY公司	英国 CITY公司	英国 CITY公司
工作原理	电化学式	电化学式	电化学式	电化学式
测量范围	0~625.0 mg·m ⁻³	0~28.0 mg·m ⁻³	0~40.0 mg·m ⁻³	0~41.0 mg·m ⁻³
分辨率	0.1 mg·m ⁻³	0.1 mg·m ⁻³	0.1 mg·m ⁻³	0.2 mg·m ⁻³
工作温度	-20 ~ 50	-20 ~ 50	-40 ~ 50	-20 ~ 50
工作湿度	15%~90%	15%~90%	15%~90%	15%~90%
重复性	±1%	±1%	±1%	±1%
过滤器类型	H ₂ S/NOx/SOx	H ₂ S		
反应时间	<40 s	<40 s	<30 s	40 s

1.3 方法 通过与已知浓度气体进行对比及影响因素和干扰因素试验,检测LK-4有害气体检测仪的准确度,受温度、湿度影响程度和抗干扰情况。

1.4 统计学处理 试验结果进行F检验和t检验。

2 结果与讨论

2.1 LK-4有害气体检测仪检测结果的准确性 在传感器检测范围内,分别配制已知不同浓度的4种气体于聚脂袋中,用LK-4有害气体检测仪进行检测,结果见表2。试验结果提示,LK-4有害气体检测仪检测结果与已知浓度气体比较差异无显著性($P>0.05$),表明检测结果具有准确性。

2.2 LK-4有害气体检测仪检测结果的精密度 用LK-4有害气体检测仪分别测定CO、H₂S、SO₂、NO₂气体,在仪器稳定后连续检测10次,检测结果分别为CO:75.5±0.1 mg·m⁻³;H₂S:19.3±0.1 mg·m⁻³;

SO₂:19.3±0.1 mg·m⁻³;NO₂:17.0±0.1 mg·m⁻³,其精密度分别为CO:99.86%;H₂S:99.48%;SO₂:99.48%;NO₂:99.41%,表明检测结果具有较高的精密度。

2.3 温度和湿度对LK-4有害气体检测仪检测结果的影响 在64L透明密闭的玻璃柜中分别进行了温度和湿度影响因素试验,结果见表3。在所试验的温度和湿度范围内,温度和湿度对检测结果无明显影响,各温度和湿度组之间差异无统计学意义($P>0.05$),表明检测结果具有较高的稳定性。

2.4 干扰实验 在64L透明密闭的玻璃柜中,分别加入CO、SO₂、H₂S、NO₂并提高其浓度,以观察不同气体对LK-4有害气体检测仪检测结果的影响。结果见表4~7。

从表4可见,SO₂、H₂S、NO₂3种气体对CO的检测结果无明显影响,各气体组CO浓度与CO起始浓

表2 LK-4有害气体检测仪检测结果与已知气体质量浓度比较(mg·m⁻³, $\bar{x} \pm s$)

气体	检测结果				
CO	0.1±0.1(0.0)	14.1±0.9(12.5)	27.4±1.3(25.0)	69.4±0.8(59.1)	113.0±11.3(100.0)
H ₂ S	2.7±0.4(0.0)	5.3±0.2(4.6)	9.1±0.8(10.6)	24.0±1.3(22.5)	28.5±0.6(27.0)
NO ₂	0.2±0.2(0.0)	11.3±1.4(10.2)	20.4±1.6(20.0)	31.3±2.5(31.3)	37.3±1.2(39.9)
SO ₂	0.2±0.2(0.0)	13.3±1.7(14.5)	27.2±4.0(29.0)	42.6±2.3(43.5)	54.2±1.7(63.8)

注:()为已知气体质量浓度

表3 各种气体在不同温度和湿度时的检测结果(mg·m⁻³, $\bar{x} \pm s$)

气体	温度()			湿度(%)		
	4.0	20.0	40.0	25	50	90
CO	65.3±4.2	65.3±4.0	65.3±3.9	42.5±5.5	43.4±5.5	43.0±5.8
SO ₂	21.4±2.8	21.1±2.8	21.14±2.2	32.6±5.1	32.6±5.1	32.3±4.8
H ₂ S	19.1±3.2	18.5±3.3	18.4±3.5	19.5±1.5	19.7±1.7	19.4±1.7
NO ₂	20.5±2.1	20.5±1.6	20.54±1.9	25.7±4.5	25.7±4.3	25.2±4.3

度比较差异无统计学意义 ($P > 0.05$)。

从表5可见,当玻璃柜中的 H_2S 为 $1.7 \text{ mg} \cdot \text{m}^{-3}$ 时,对检测 SO_2 结果的影响较小,相差仅为 2.40% ;当玻璃柜中 H_2S 达到 $2.7 \text{ mg} \cdot \text{m}^{-3}$ 时,对检测 SO_2 结果的影响较大,相差为 16.87% 。当玻璃柜中 NO_2 为 $0.5 \text{ mg} \cdot \text{m}^{-3}$ 时,对检测 SO_2 结果的影响较小,相差为 1.18% ;当玻璃柜中 NO_2 为 $1.8 \text{ mg} \cdot \text{m}^{-3}$ 时,对检测 SO_2 结果的影响较大,相差为 24.08% 。 $30.6 \text{ mg} \cdot \text{m}^{-3}$ CO 对检测 SO_2 结果没有影响。

从表6可见,当玻璃柜中的 NO_2 为 $0.8 \text{ mg} \cdot \text{m}^{-3}$ 时,对检测 H_2S 结果的影响较小,相差为 1.15% ;当

表4 不同气体对 CO 气体干扰结果 ($\bar{x} \pm s$)

干扰气体 ($\text{mg} \cdot \text{m}^{-3}$)	CO ($\text{mg} \cdot \text{m}^{-3}$)
$SO_2 \ 5.3 \pm 0.4$	34.9 ± 2.4
$H_2S \ 2.7 \pm 0.2$	35.1 ± 2.9
$NO_2 \ 6.7 \pm 0.5$	35.0 ± 2.4

注:CO 起始质量浓度为 (35.1 ± 2.5) $\text{mg} \cdot \text{m}^{-3}$

表5 不同气体对 SO_2 气体干扰结果 ($\bar{x} \pm s$)

干扰气体 ($\text{mg} \cdot \text{m}^{-3}$)	SO_2 ($\text{mg} \cdot \text{m}^{-3}$)	相差 (%)
CO		
30.6 ± 0.8	23.7 ± 1.1	0.00
H_2S		
1.7 ± 0.0	23.1 ± 1.4	2.40
2.4 ± 0.0	22.6 ± 1.4	4.81
2.7 ± 0.0	19.7 ± 1.1	16.87
NO_2		
0.5 ± 0.0	23.4 ± 1.1	1.18
0.8 ± 0.0	22.3 ± 1.4	5.99
1.8 ± 0.0	18.0 ± 0.6	24.08

注: SO_2 起始质量浓度为 (23.7 ± 1.1) $\text{mg} \cdot \text{m}^{-3}$

表6 不同气体对 H_2S 气体干扰结果 ($\bar{x} \pm s$)

干扰气体 ($\text{mg} \cdot \text{m}^{-3}$)	H_2S ($\text{mg} \cdot \text{m}^{-3}$)	相差 (%)
CO		
29.3 ± 2.5	13.1 ± 1.1	0.00
NO_2		
0.8 ± 0.0	12.9 ± 0.9	1.15
1.8 ± 0.0	11.0 ± 1.1	15.10
2.7 ± 0.0	10.6 ± 0.8	18.62
SO_2		
1.5 ± 0.0	11.3 ± 1.1	12.80
3.0 ± 0.0	10.9 ± 1.1	16.25
4.6 ± 0.0	10.3 ± 0.9	20.92

注: H_2S 起始质量浓度为 (13.1 ± 1.1) $\text{mg} \cdot \text{m}^{-3}$

玻璃柜中 NO_2 为 $2.7 \text{ mg} \cdot \text{m}^{-3}$ 时,对检测 H_2S 结果的影响较大,相差为 18.62% ;玻璃柜中 3 个浓度的 SO_2 对检测 H_2S 影响都较大。 $29.3 \text{ mg} \cdot \text{m}^{-3}$ CO 对检测 SO_2 结果没有影响。

从表7可见,当玻璃柜中的 H_2S 为 $1.0 \text{ mg} \cdot \text{m}^{-3}$ 时,对检测 NO_2 的结果无影响;当玻璃柜中 H_2S 为 $2.3 \text{ mg} \cdot \text{m}^{-3}$ 时,对检测 NO_2 结果的影响较大,相差为 9.28% 。当玻璃柜中 SO_2 为 $0.5 \text{ mg} \cdot \text{m}^{-3}$ 时,对检测 NO_2 结果的影响较小,相差为 3.04% ;当玻璃柜中 SO_2 为 $1.1 \text{ mg} \cdot \text{m}^{-3}$ 时,对检测 NO_2 结果的影响较大,相差为 37.44% 。 $29.8 \text{ mg} \cdot \text{m}^{-3}$ CO 对检测 NO_2 结果没有影响。

表7 不同气体对 NO_2 气体干扰结果 ($\bar{x} \pm s$)

干扰气体 ($\text{mg} \cdot \text{m}^{-3}$)	NO_2 ($\text{mg} \cdot \text{m}^{-3}$)	相差 (%)
CO		
29.8 ± 2.6	6.6 ± 0.6	0.00
H_2S		
1.0 ± 0.0	6.6 ± 0.6	0.00
1.5 ± 0.0	6.4 ± 0.4	3.04
2.3 ± 0.0	5.9 ± 0.4	9.28
SO_2		
0.5 ± 0.0	6.4 ± 0.6	3.04
0.8 ± 0.0	5.5 ± 0.4	15.68
1.1 ± 0.0	4.1 ± 0.6	37.44

注: NO_2 起始质量浓度为 (6.6 ± 0.6) $\text{mg} \cdot \text{m}^{-3}$

上述试验结果表明,本研究设计的 LK-4 有害气体检测仪的检测结果准确、精密度高、多功能一体化、体积小易操作,适应于突发事件,公共场所及平时环境中 CO、 SO_2 、 H_2S 、 NO_2 的检测。从干扰实验中看出, SO_2 、 H_2S 、 NO_2 相互之间有一定影响,尚有待进一步解决。

参考文献:

- [1] 张道方,杨晓燕,刘建兵,等.典型室内空气污染及其防治措施分析[J].能源研究与信息,2003,19(4):198.
- [2] 吴建新,朱林根.一起硫化氢气体急性中毒事故的调查报告[J].海峡预防医学杂志,2003,9(5):20.
- [3] 杜青平,孟紫强.二氧化硫对大鼠肺泡细胞和肺泡灌洗液的生化效应[J].环境科学学报,2003,23(6):829.
- [4] 张维森,江朝强,刘薇薇,等.交警呼出气中一氧化碳的快速监测[J].中国工业医学杂志,1999,12(6):335.
- [5] 张永良,郑世英,智强,等.卫生坑道工作环境调查[J].环境与职业医学,2006,22(3):274.
- [6] 蔡丽红,张国东,郭洪涛,等.一起急性 H_2S 中毒事故调



- 查报告 [J]. 工业卫生与职业病, 2005, 31(6): 429.
- [7] 张永良, 郑世英. 卫生坑道的微小气候及空气质量 [J]. 职业与健康, 2002, 18(5): 100.
- [8] 张伟, 袁著革, 李官贤, 等. 华北某坑道进驻人员前后空气质量调查与评价 [J]. 解放军预防医学杂志, 2005, 23(4): 269.
- [9] GB 3768-1999. 屯兵坑道环境卫生学要求 [S]. 北京: 中国人民解放军总后勤部, 1999.

DEVELOPMENT OF LK-4 DETECTOR FOR DETECTING HARMFUL GASES

ZHANG Wei, XI Zhur-ge, LI Guan-xian, ZHANG Hua-shan, YANG Dan-feng, LIU Huan-liang, CHAO Fu-huan

(Institute of Hygiene and Environmental Medicine, Academy of Military Medical Sciences, Tianjin 300050, China)

Abstract : Objective To develop an integrated and multi-functional detector for harmful gases including CO, SO₂, H₂S and NO₂ in the air, so as to provide the use for air sanitary monitoring. **Methods** The detected gas was collected by four-channel pump-type sampling device and the gas concentration was detected by gas sensor. The electrical signal from gas sensor was collected and magnified, then converted into standard signal. The signal got by central processing unit through analog-digital conversion unit could be showed on liquid crystal display, and could be stored and printed after the signal was analysed by the program. **Results** The main technical specifications of the LK-4 detector were as follows, size: 230 mm × 80 mm × 210 mm; working temperature: -20 ~ +50, CO detection range: 0 ~ 625.0 mg · m⁻³, the lowest detection limit: 0.1 mg · m⁻³; SO₂ detection range: 0 ~ 28.0 mg · m⁻³, the lowest detection limit was 0.1 mg · m⁻³; H₂S detection range: 0 ~ 40.0 mg · m⁻³, the lowest detection limit was 0.1 mg · m⁻³; NO₂ detection range: 0 ~ 41.0 mg · m⁻³, the lowest detection limit: 0.2 mg · m⁻³. **Conclusion** LK-4 detector for harmful gases was portable, integrated and highly stable. The detected results could be stored and printed, so the detector could detect common harmful gases in the air.

KEY WORDS : harmful gas; detection; instrument

(收稿日期: 2005-04-18; 修回日期: 2005-07-15)

紧贴需要 夯实基础 ——广州军区下大力抓好防疫骨干培训工作的

针对当前日益严峻的卫生防病形势,为进一步统一部队各级卫生机构思想,明确“十一五”卫生防病工作方向,提高基层卫生防疫技术骨干队伍的整体防疫防护能力,促进部队医疗卫生机构全面建设,2006年5月23日,广州军区在疾病预防控制中心举办了第1期卫生防疫技术骨干轮训班,来自全区9个大单位和机关直属团以上单位的20余名防疫技术骨干参加了首期轮训。轮训班采取集中理论学习、单位经验交流、分组科室实习、先进单位观摩等

方式,介绍了全区卫生防病形势、任务和要求,传授了部队卫生防疫工作的基本方法,普及了基层各种常用的防疫技术,推广了先进单位的成功经验。根据计划,军区将在此次轮训后,准备利用2年时间,分6期,对全区部队特别是重点部队的卫生防疫技术骨干,进行一次全面的轮训,以提高军区基层部队卫生防疫的整体水平。

广州军区联勤部卫生部 林海波、赵冲 报道

(收稿日期: 2006-06-22)