

# 气相色谱仪电子捕获检测器的清洗方法

王争争\*, 郭明刚, 张琦

(蒙牛乳业(焦作)有限公司, 焦作 454000)

**摘要:** 气相色谱仪电子捕获检测器是一个有选择性的高灵敏度的检测器, 已成为目前在食品检验、动植物体内的农药残留量和环境检测领域中应用最多的检测器之一。电子捕获检测器对杂质十分敏感, 放射源表面污染时, 使放射源电离能力下降, 从而使直流电压和恒频率方式的检测器基流下降或恒电流方式的检测器基频增高; 另外, 杂质可以直接俘获检测器中的电子, 使基流下降或基频增高; 两者最终均导致灵敏度降低。本研究总结了电子捕获检测器的清洗方法, 氮气热清洗检测器可以除去轻微的化学污染; 在室温条件下, 甲醇清洗检测器可以除去石墨碎屑、色谱柱碎末; 在检测条件下使用甲醇热清洗检测器可以降低噪音。

**关键词:** 电子捕获检测器; 清洗; 杂质

## Cleaning methods of electron capture detector for gas chromatographer

WANG Zheng-Zheng\*, GUO Ming-Gang, ZHANG QI

(Mengniu Dairy Industry (Jiaozuo) Co., Jiaozuo 454000, China)

**ABSTRACT:** Electron capture detector of gas chromatograph is a selective and highly sensitive detector, which has become one of the most widely used detectors in the fields of food inspection, pesticide residues and environmental detection. The electron capture detector is very sensitive to impurities. When the surface of the radioactive source is polluted, the ionizing capacity of the radioactive source is reduced, which makes the detector base current of DC voltage and constant frequency drop or detector base frequency of constant current increase. In addition, impurities can capture electrons directly in the detector, making the base flow drop or the base frequency increase. Both of them eventually lead to a decrease in sensitivity. This paper summarized the cleaning methods of electron capture detector. Nitrogen thermal cleaning detector can remove slight chemical contamination. At room temperature, methanol cleaning detector can remove graphite fragments and chromatographic column fragments. Under test conditions, heat cleaning the detector with methanol can reduce noise.

**KEY WORDS:** electron capture detector; clean; impurities

## 1 引言

气相色谱仪电子捕获检测器是一个有选择性的高灵敏度的检测器, 它只对具有电负性的物质, 如含卤素、硫、磷、氮的物质有信号, 物质的电负性越强, 检测器的灵敏

度越高。电子捕获检测器对杂质十分敏感<sup>[1]</sup>, 放射源表面污染时, 使放射源电离能力下降, 从而使直流电压和恒频率方式的检测器基流下降或恒电流方式的检测器基频增高; 另外, 杂质可以直接俘获检测器中的电子, 使基流下降或基频增高; 两者最终均导致灵敏度降低。由于电子捕获检

\*通讯作者: 王争争, 工程师, 主要研究方向为食品工程方面的研究和检验。E-mail: 546199993@qq.com

\*Corresponding author: WANG Zheng-Zheng, Engineer, Mengniu Dairy Industry (Jiaozuo) Co., Jiaozuo 454000, China. E-mail: 546199993@qq.com.

测器线性范围窄, 往往因受复杂性组分浓度的影响或使用不当引起检测器污染, 导致检测器性能下降。

目前, 对于受污染的检测器一般采用热清洗法、热水蒸气法和氢气还原清洗法<sup>[2-6]</sup>, 此类方法适用于检测器的轻微污染, 而热水蒸气法操作麻烦(若用自动进样器可减轻一些工作量), 占用时间长, 清洗一次需 1~2 d, 近年已较少使用; 氢气还原清洗法, 需要氢气在高温条件下操作, 容易泄漏引起爆炸, 比较危险。对于污染严重的检测器, 以往的方法是将检测器拆下, 在放射源  $\text{Ni}^{63}$  处于封闭状态的情况下, 用甲醇和丙酮超声清洗, 或者将检测器经过拆卸取出放射源进行处理。检测器超声清洗法, 拆卸安装比较繁琐, 技术要求高, 达不到原来的工作状态; 检测器拆卸处理放射源的技术要求更高, 成功率只有 30%, 而且处理后放射性同位素  $\text{Ni}^{63}$  将会流失, 缩短检测器的使用寿命, 更为严重的是拆卸处理过程中放射源  $\text{Ni}^{63}$  暴露于外环境中, 污染周围环境, 危害人体健康。

为此, 根据电子捕获检测器的结构和特点, 以 Varian 450-GC 电子捕获检测器为例, 在不拆卸检测器和放射源  $\text{Ni}^{63}$  的情况下, 利用甲醇冲洗及甲醇还原的方法对受污染的检测器进行处理, 使检测器的性能得到恢复, 并处于正常工作状态。以期为在不拆分检测器的前提下对检测器进行清洗, 提高检测器的性能。

## 2 注意事项

电子捕获检测器中封闭有放射源  $\text{Ni}^{63}$ , 半衰期为 100.1 a, 主要用于制造  $\beta$  放射源<sup>[7]</sup>。因发生  $\beta$ -衰变而发射能量为 67 keV 电子。主要污染因子为穿透屏蔽容器的  $\beta$  射线及  $\beta$  射线打在容器上产生的韧致辐射, 属于 V 类放射源。

放射源发射出来的射线具有一定的能量, 可以破坏细胞组织, 从而对人体造成伤害<sup>[8-12]</sup>。当人受到大量射线照射时, 可能会产生诸如头昏乏力、食欲减退、恶心、呕吐等症状, 严重时会导致机体损伤, 甚至可能导致死亡; 但当人只受到少量射线照射时, 一般不会有不适症状, 也不会伤害身体。

为阻止辐射, 操作电子捕获检测器后应用肥皂彻底地洗手, 严格遵守安全操作规程, 工作现场张贴电离辐射警示标志。

## 3 故障的判定

仪器基线漂移严重, 噪音大, 基线不稳定, 信噪比下降, 重复性差<sup>[13-29]</sup>, 表明仪器出现故障。

## 4 清洗方法

为了解决日常检测过程中遇到的问题, 保持较好的

仪器检测状态, 保证仪器长时间的稳定性, 提高检测效率, 保证结果的准确性, 下面详细说明 3 种检测器的清洗方法。

### 4.1 氮气热清洗

氮气热清洗是通过加热的方法清除电子捕获检测器的部件上沉积的化学污染物。

在长时间检测样品时, 样品中的杂质会在检测器中慢慢积累, 化学污染物沉积在放射性薄片和检测池陶瓷绝缘体上, 影响检测器的灵敏度以及检测器的噪音, 对检测结果的准确性造成影响。

通过以下操作可以去除化学污染物、清洁检测器:

避免检测器破坏, 在设定检测器温度高于室温之前, 必须有载气通过检测器的检测池。

①从检测器上拆下色谱柱, 用无孔的密封压环和螺帽封闭电子捕获的柱接口。

②设置检测器尾吹流量 30~50 mL/min, 升高检测器温度到 350~400 °C。

③当检测器加热至设定温度时, 监控其输出信号。信号最初将逐渐增加, 随后因为化学污染从检测器表面蒸发而逐渐降低。

④使检测器的温度保持在设定温度的水平上, 直到信号达到一个稳定的水平。稳定的信号表明检测器上的污染已经通过这种方法尽可能的被清除了。

⑤设定检测器在正常的操作温度, 使载气通过检测器过夜来稳定检测器。如果必要的话检查并重新调整接触电位。

氮气热清洗是一种比较方便快捷的清洗方法, 针对一般的化学污染物清洗效果较好, 在日常使用气相色谱仪的过程中经常使用, 是最基本的检测器维护方法。

### 4.2 甲醇清洗

甲醇清洗是通过用甲醇冲洗检测器内部, 将检测器中的石墨碎屑、色谱柱碎末等杂质冲洗出来。

在使用气相色谱仪的过程中, 根据检测项目的不同, 需要使用不同的色谱柱, 而反复拆卸安装色谱柱时, 色谱柱的石墨密封压环受到挤压, 石墨密封压环挤压变形会产生石墨碎屑, 随着色谱柱的拆卸安装, 石墨碎屑容易进入检测器。

同样, 由于毛细管色谱柱的材质为石英, 比较脆弱, 在反复拆卸安装色谱柱时, 使用不同的色谱柱在检测器的 300 °C 高温下, 色谱柱的末端容易断裂产生细小的碎末残留在检测器中。

石墨碎屑和色谱柱碎末一旦进去检测器, 将影响检测器的电压信号, 造成检测器响应信号趋势变大, 仪器重复性差。由于石墨耐高温(石墨的熔点为 $(3850\pm 50)$  °C, 沸点为 4250 °C), 即使经超高温电弧灼烧, 重量的损失很小, 热膨胀系数也很小, 同样石英耐高温(石英熔点为

1750 °C), 无法通过加热的方法来清除石墨碎屑和色谱柱碎末。

检测器中的石墨碎屑和色谱柱碎末, 会造成色谱图基线漂移严重、噪音大、基线不稳定、进样重复性差、峰变高等现象, 影响检测结果的准确性。

针对 Varian450-GC 气相色谱仪, 可以在不拆卸检测器的情况下, 用甲醇来清洗检测器, 将石墨碎屑、色谱柱碎末等杂质冲洗出来:

①将仪器温度全部降到室温, 关闭仪器, 断开电源。

②从检测器上拆下色谱柱, 用一支新的 5 mL 注射器安上 1 mL 的针头(5 mL 针头插不进检测器上端排气口), 吸取 5 mL 色谱纯甲醇, 插入检测器上端排气口, 推动注射器使甲醇清洗检测器并从检测器中流出, 检测器下面用烧杯接流出的废液。

③重复清洗直至检测器中的杂质清洗干净, 如果污染严重可以多清洗几次。

④清洗完毕, 用 5 mL 针管将检测器吹干。

⑤用无孔的压环和螺帽封闭电子捕获的柱接口, 设定检测器在正常的操作温度, 使载气通过检测器过夜来稳定检测器。

甲醇清洗是针对检测器中的石墨碎屑和色谱柱碎末等固体杂质的清洗方法, 方法比较繁琐, 在日常使用气相色谱仪的过程中较少使用, 当检测器中有石墨碎屑、色谱柱碎末等杂质时使用。

### 4.3 甲醇热清洗

甲醇热清洗是一种在线的清洗方法, 此方法可以用于还原被轻微氧化的检测器, 降低检测器的噪音。

在使用气相色谱仪时, 氮气是一种最常用的载气。工业规模制氮有 3 类: 即深冷空分制氮、变压吸附制氮和膜分离制氮。由于使用的氮气来源不同, 氮气的纯度不一, 部分氮气纯度小于 99.999%。

而在使用气相色谱仪的过程中, 经常由于氮气纯度不高, 或者操作失误将空气带入氮气, 造成检测器被氧化、检测器噪音升高、响应信号不稳定、重复性差等现象, 影响检测结果的准确性。

针对 Varian450-GC 气相色谱仪, 可以在不拆卸检测器的情况下, 在高温条件下, 通过甲醇的还原性来还原被氧化的检测器:

①设定气相色谱仪在正常的工作条件下, 电子捕获检测器在正常的操作温度, 监视其输出信号。

②用 10  $\mu$ L 进样针吸取 1~5  $\mu$ L 甲醇(色谱纯), 从电子捕获检测器上端排气口打入检测器, 同时监视输出信号。

③重复操作直至输出信号降低到正常可接受的范围。

④设定检测器在正常的操作温度, 使载气通过检测器过夜来稳定检测器。

通过甲醇热清洗电子捕获检测器之后, 标准品的峰面积随着噪音的降低, 会有一定程度的降低, 如果检测样品时, 连续几天同一浓度的标准品的峰面积与刚刚甲醇热清洗电子捕获检测器之后的峰面积无明显变大, 即可认为电子捕获检测器已经稳定。如果检测样品时, 连续几天同一浓度的标准品的峰面积与刚刚甲醇热清洗电子捕获检测器之后的峰面积对比, 逐渐增大, 说明电子捕获检测器未稳定, 可以每天检测样品之前, 用甲醇热清洗电子捕获检测器, 直到电子捕获检测器稳定。

甲醇热清洗是一种比较方便快捷的清洗方法, 针对被轻微氧化的检测器有较好的还原作用, 在日常使用气相色谱仪的过程中经常使用。

## 5 清洗效果分析

通过以上清洗, 可以清除检测器的化学污染、石墨碎屑、色谱柱碎末, 还原被氧化的检测器、降低检测器的噪音。

### 5.1 氮气热清洗效果

氮气热清洗前, 色谱图中会出现化学污染产生的干扰峰, 干扰峰与目标峰重合会影响检测的准确性, 通过氮气热清洗除去化学污染之后, 色谱图中的干扰峰消失。

### 5.2 甲醇清洗效果

甲醇清洗前, 电子捕获检测器的色谱图基线漂移大、噪音高、基线不稳定, 且重复性差, 峰面积逐渐变大。通过载气热清洗不能将电子捕获检测器中石墨碎屑、色谱柱碎末等杂质去除, 只能短时间维持良好的仪器状态, 运行一段时间就会出现重复性差, 基线不稳等现象, 影响仪器的正常运行及检测的准确性。通过甲醇清洗除去电子捕获检测器中石墨碎屑、色谱柱碎末等杂质后, 色谱图由原来的基线漂移大、噪音高、基线不稳定等现象变得色谱图基线平直、稳定, 重复性好, 峰面积稳定, 可以长时间维持良好的仪器状态。检测器中清洗出的杂质, 如图 1 所示; 清洗前后的色谱图对比, 如图 2 所示。

### 5.3 甲醇热清洗效果

甲醇热清洗前, 由于色谱柱的柱流失在检测器上的残留, 以及气体纯度不够对电子捕获检测器的轻微氧化, 仪器运行一段时间就会出现噪音高的现象, 通过载气的热清洗难以还原检测器, 不能改善噪音高的情况, 影响检测的准确性。通过甲醇热清洗可以去除色谱柱的柱流失在检测器上的残留, 可以还原被轻微氧化的电子捕获检测器, 使噪音降低、基线平稳。清洗过程中的噪音监视, 如图 3 所示。



图 1 检测器中清洗出的杂质  
Fig. 1 Impurities detected in the detector

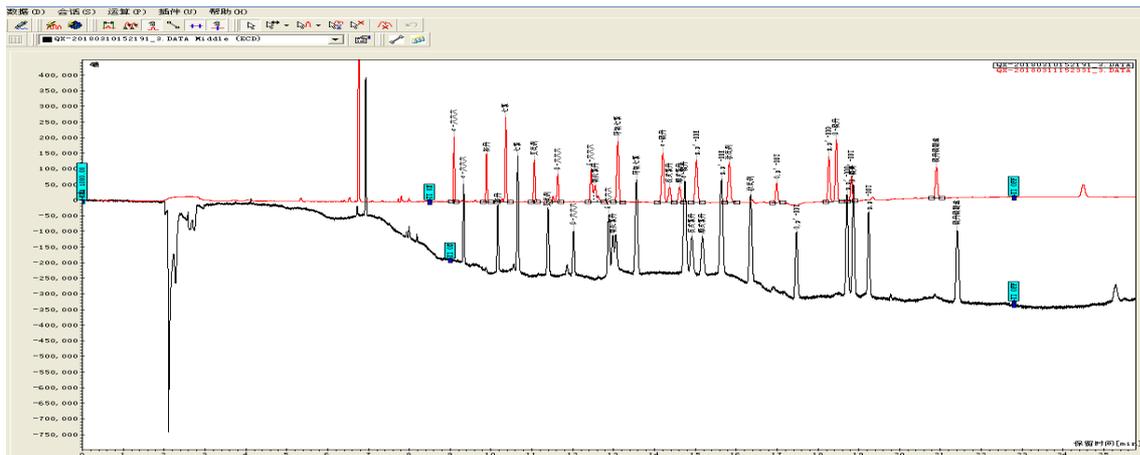


图 2 清洗前后的色谱图对比  
Fig. 2 Comparison of chromatograms before and after cleaning



图 3 清洗过程中的噪音监视  
Fig. 3 Noise monitoring during cleaning process

## 6 小 结

近年来随着气相色谱仪的发展, 电子捕获检测器在分析领域得到了广泛的应用, 而检测器的污染也成为实际工作中不可避免的问题<sup>[30-48]</sup>。电子捕获检测器的污染一般有 3 种情况: (1)被测组分中的杂质造成的化学污染; (2)断色谱柱、石墨碎屑等固体杂质; (3)检测器的轻微氧化。以上污染会造成仪器基线漂移严重, 噪音大, 基线不稳定, 信噪比下降, 重复性差。只要进行妥善的清洗便可恢复检测器的性能。

本文的 3 种清洗方法, 在不拆卸检测器的情况下, 清除检测器中的杂质, 避免了因拆卸处理造成检测器的损坏或性能的降低, 减少了不必要的损失。通过以上方法可以清除检测器的化学污染、石墨碎屑、色谱柱碎末, 还原被氧化的检测器、降低检测器的噪音, 使仪器基线平直稳定、重复性好、噪音降低、信噪比良好。

### 参考文献

- [1] 张晓东, 孙峰, 郑祺. 电子捕获检测器被污染后处理方法[J]. 中国卫生检验杂志, 2001, 11(4): 485-485.  
Zhang XF, Sun F, Zheng Q. Electron capture detector contaminated post processing method [J]. Chin J Health Lab Technol, 2001, 11(4): 485-485.
- [2] 柯华, 郑申西, 林捷, 等. 气相色谱仪电子捕获检测器的故障排除及日常维护[J]. 中国卫生检验杂志, 2009, (5): 1161-1161.  
Ke H, Zheng SX, Lin J, *et al.* Troubleshooting and routine maintenance of gas chromatography electron capture detector [J]. Chin J Health Lab Technol, 2009, (5): 1161-1161.
- [3] 张洪年. SP-2305F 型气相色谱仪电子捕获检测器的使用和故障分析[J]. 分析仪器, 1980, (2): 67-73.  
Zhang HN. Application and fault analysis of electron capture detector for SP-2305F gas chromatograph [J]. Anal Instrum, 1980, (2): 67-73.
- [4] 王凤午. 气相色谱仪电子捕获检测器污染处理的点滴经验[J]. 海洋地质前沿, 1994, (3): 21-21.  
Wang FW. Experience of gas chromatography electron capture detector for pollution treatment [J]. Marine Geol Front, 1994(3): 21-21.
- [5] 胡军. GC-9A 系列气相色谱仪所用电子捕获检测器的原理与使用[J]. 六盘水科技, 1994, (1): 21-27.  
Hu J. Principle and application of electron capture detector used in GC-9A series gas chromatograph [J]. Liupanshui Sci Technol, 1994, (1): 21-27.
- [6] 张艳, 程淑华. 国产 Ni<sup>63</sup> 在 GC-7AG 型气相色谱仪/电子捕获检测器上的调试和应用[J]. 宁夏农林科技, 1999(3): 51-52.  
Zhang Y, Cheng SH. Commissioning and application of domestic Ni<sup>63</sup> in GC-7AG gas chromatograph/electron capture detector [J]. Agric Forestry Sci Technol Ningxia, 1999, (3): 51-52.
- [7] 园丁. 什么是放射源, 放射源有什么危害? [J]. 污染防治技术, 2016, (2): 58.  
Yuan D. What are radioactive sources and what are the hazards of radioactive sources? [J]. Pollut Prev Control Technol, 2016, (2): 58.
- [8] 田立泉, 张忠卫, 刘辉. 浅析放射源的可能危害[J]. 河北环境科学, 2003, (1): 17-19.  
Tian LQ, Zhang ZW, Liu H. Analysis of possible hazards of radioactive sources [J]. Hebei Environ Sci, 2003, (1): 17-19.
- [9] 潘自强. 放射源安全管理中一些问题的讨论. 辐射防护, 2002, 22(5): 257-262.  
Pan ZQ. Discussion on some problems in the safety management of radioactive sources [J]. Radiat Protect, 2002, 22(5): 257-262.
- [10] 沈健, 倪伟冬, 陈香, 等. 放射源在中小企业使用中的安全防护研究[J]. 环境科学与管理, 2015, 40(3): 64-66.  
Shen J, Ni WD, Chen X, *et al.* Research on safety protection of radioactive sources in small and medium sized enterprises [J]. Environ Sci Manag, 2015, 40(3): 64-66.
- [11] 曹宏, 翟建青, 禹克伟, 等. 小型密封放射源的安全管理探讨[J]. 中国辐射卫生, 2008, 17(4): 469-470.  
Cao H, Zhai JQ, Yu KW, *et al.* Discussion on safety management of small sealed radioactive sources [J]. Chin J Radiol Health, 2008, 17(4): 469-470.
- [12] 林森. 远离放射源的伤害[J]. 百科知识, 2014, (13): 21-24.  
Lin S. Far away from radiation damage [J]. Encycloped Knowledge, 2014, (13): 21-24.
- [13] 吴方迪. 色谱仪器维护与故障排除[M]. 北京: 化学工业出版社, 2001.  
Wu FD. Maintenance and troubleshooting of chromatography instruments [M]. Beijing: Chemical Industry Press, 2001.
- [14] 刘仲明. 气相色谱仪维修技术[M]. 北京: 化学工业出版社, 1990.  
Liu ZM. Maintenance technology of gas chromatograph [M]. Beijing: Chemical Industry Press, 1990.
- [15] 邹月利, 徐雅琴, 白靖文, 等. 浅谈实验室气相色谱仪的使用与维护[J]. 实验科学与技术, 2013, 11(5): 236-238.  
Zou YL, Xu YQ, Bai JW, *et al.* Discussion on the use and maintenance of laboratory gas chromatograph [J]. Exp Sci Technol, 2013, 11(5): 236-238.
- [16] 周建钟, 文先红. 气相色谱仪的维护与故障排除[J]. 实验室科学, 2012, 15(6): 176-178.  
Zhou JZ, Wen XH. Maintenance and troubleshooting of gas chromatograph [J]. Lab Sci, 2012, 15(6): 176-178.
- [17] 孙建国, 陆建锋, 王绍利, 等. 气相色谱仪日常维护和常见故障排除[J]. 计量与测试技术, 2011, 38(4): 33-33.  
Sun JG, Lu JF, Wang SL, *et al.* Routine maintenance and common troubleshooting of gas chromatograph [J]. Metrol Test Technol, 2011, 38(4): 33-33.
- [18] 李青原, 闫淑莲, 邵建群, 等. 气相色谱仪在实验教学中的常见故障分析处理与日常维护[J]. 医学教育管理, 2016, (s1): 199-201.  
Li QY, Yan SL, Shao JQ, *et al.* Common fault analysis and routine maintenance of gas chromatograph in experimental teaching [J]. Med Edu Manag, 2016, (s1): 199-201.
- [19] 李瑞, 青青, 夏宝丁, 等. 气相色谱仪常见故障分析及日常维护[J]. 计量与测试技术, 2018, (2): 92-95.

- Li R, Qing Q, Xia BD, *et al.* Common fault analysis and routine maintenance of gas chromatograph [J]. *Metrol Test Technol*, 2018, (2): 92–95.
- [20] 常虹. 气相色谱仪常见故障分析及处理[J]. *科技创新导报*, 2010, (22): 104.
- Chang H. Analysis and treatment of common faults in gas chromatograph [J]. *Sci Technol Innov Herald*, 2010, (22): 104.
- [21] 张亚秋, 郭琳. 气相色谱仪常见故障分析[J]. *分析仪器*, 2008, 2008(1): 64–66.
- Zhang YQ, Guo L. Analysis of common faults in gas chromatograph [J]. *Anal Instrum*, 2008, 2008(1): 64–66.
- [22] 赵沛文. 气相色谱仪的使用及常见故障处理[J]. *广东建材*, 2012, 28(12): 76–78.
- Zhao PW. Application of gas chromatograph and common troubleshooting [J]. *Guangdong Build Mater*, 2012, 28(12): 76–78.
- [23] 熊德琴. 气相色谱仪在使用中常见故障的处理[J]. *实验科学与技术*, 2008, 6(4): 149–150.
- Xiong DQ. The common faults of gas chromatograph in use are dealt with [J]. *Exp Sci Technol*, 2008, 6(4): 149–150.
- [24] 龚良. 气相色谱仪在使用中的常见故障及处理措施[J]. *科技与企业*, 2012, (15): 305–305.
- Gong L. Common faults and handling measures of gas chromatograph in use [J]. *Technol Enterp*, 2012, (15): 305–305.
- [25] 谢康. 气相色谱仪使用过程中常见故障及处理措施[J]. *科学之友*, 2012(9): 28–29.
- Xie K. Common faults in gas chromatograph operation and treatment measures [J]. *Friend Sci Amateurs*, 2012, (9): 28–29.
- [26] 陈扬. 气相色谱仪在使用过程中的故障分析与处理措施[J]. *商品与质量·学术观察*, 2011, (6): 101–102.
- Chen Y. Failure analysis and treatment measures of gas chromatograph in use [J]. *Commod Qual: Acad Observat*, 2011, (6): 101–102.
- [27] 秦涛, 高雪, 韩真. 气相色谱仪气路常见故障及处理措施[J]. *生命科学仪器*, 2013, 11(4): 14–17.
- Qin T, Gao X, Han Z. Common faults and treatment measures of gas path of gas chromatograph [J]. *Life Sci Instrum*, 2013, 11(4): 14–17.
- [28] 郭秀玉. 农残检测中气相色谱仪常见故障及解决方法[J]. *现代农业*, 2017, (3): 46.
- Guo XY. Common faults of gas path in gas chromatograph and treatment measures [J]. *Mod Agric*, 2017, (3): 46.
- [29] 王志波, 刘纯. 使用气相色谱仪检测过程中常见问题解析[J]. *现代化农业*, 2017, (12): 43–44.
- Wang ZB, Liu C. Analysis of common problems in the use of gas chromatograph [J]. *Mod Agric*, 2017, (12): 43–44.
- [30] 郑雪红, 郑爱榕, 曹建平. CP-3800 气相色谱仪的使用与日常维护[J]. *分析仪器*, 2012, (3): 99–101.
- Zheng XH, Zheng AR, Cao JP. Application and routine maintenance of CP-3800 gas chromatograph [J]. *Anal Instrum*, 2012, (3): 99–101.
- [31] 徐军, 刘瑞斌, 杨金辉, 等. Agilent 6890N 型气相色谱仪的日常维护[J]. *实验室科学*, 2009, 2009(2): 155–158.
- Xu J, Liu RB, Yang JH, *et al.* Routine maintenance of Agilent 6890N gas chromatograph [J]. *Lab Sci*, 2009, 2009(2): 155–158.
- [32] 张杰克, 陈治水, 薛成军, 等. GC-2014C 气相色谱仪常见故障分析与处理[J]. *医疗卫生装备*, 2014, 35(7): 158–158.
- Zhang JK, Chen ZS, Xue CJ, *et al.* Fault analysis and treatment of GC-2014C gas chromatograph [J]. *Chin Med Equip J*, 2014, 35(7): 158–158.
- [33] 伊丽君. GC-2014C 气相色谱仪常见故障分析与处理[J]. *中小企业管理与科技(下旬刊)*, 2015, (2): 322–322.
- Yi LJ. Analysis and treatment of common faults in GC-2014C gas chromatograph [J]. *Manag Technol Small Medium Enterp (Late Issue)*, 2015, (2): 322–322.
- [34] 朱之鹏. GC-2014C 气相色谱仪的常见故障与处理方法[J]. *工业*, 2015, (8): 209–209.
- Zhu ZP. Common faults and handling methods of GC-2014C gas chromatograph [J]. *Industry*, 2015, (8): 209–209.
- [35] 张晨曦, 廖翼涛, 赵慧晖, 等. GG-3000 气相色谱仪故障及处理[J]. *甘肃科技*, 2014, 30(3): 58–59.
- Zhang CX, Liao YT, Zhao HH, *et al.* Malfunction and treatment of GG-3000 gas chromatograph [J]. *Gansu Sci Technol*, 2014, 30(3): 58–59.
- [36] 王琴. SP3420 型气相色谱仪常见故障分析及处理[J]. *分析实验室*, 2010, (s1): 223–225.
- Wang Q. Analysis and treatment of common faults of SP3420 gas chromatograph [J]. *Anal Lab*, 2010, (s1): 223–225.
- [37] 刘海涛, 武峰, 刘瑞东, 等. SP3420 型气相色谱仪的故障检修[J]. *氮肥与合成气*, 2009(5): 25.
- Liu HT, Wu F, Liu RD, *et al.* Troubleshooting of SP3420 gas chromatograph [J]. *Nitrogen Syngas*, 2009, (5): 25.
- [38] 郭鹏. SP-9800 气相色谱仪常见的故障及检修[J]. *湖北电力技术监督*, 2001, (4): 22–24.
- Guo P. Common faults and troubleshooting of SP-9800 gas chromatograph [J]. *Hubei Electric Power Technol Superv*, 2001, (4): 22–24.
- [39] 刘迎春. SP-9800 气相色谱仪的应用[J]. *湖北电力技术监督*, 2001, (5): 26–27.
- Liu YC. Application of SP-9800 gas chromatograph [J]. *Hubei Electric Power Technol Superv*, 2001, (5): 26–27.
- [40] 姜涛, 许智林, 吕鹏, 等. GC-17A 型气相色谱仪常见故障分析及排除[J]. *仪器仪表与分析监测*, 2005, (4): 28–30.
- Lou T, Xu ZL, Lv L, *et al.* Analysis and troubleshooting of common faults in GC-17A gas chromatograph [J]. *Instrum Anal Monit*, 2005, (4): 28–30.
- [41] 张丽华, 张鸣. 岛津GC-16A 型气相色谱仪故障排除一例[J]. *化学分析计量*, 2003, 12(1): 48–49.
- Zhang LH, Zhang O. Troubleshooting of SHIMADZU GC-16A gas chromatograph [J]. *Chem Anal Measure*, 2003, 12(1): 48–49.
- [42] 齐凤海. 岛津 GC-14B 气相色谱仪故障检修一例[J]. *现代仪器与医疗*, 2006, 12(1): 58–58.
- Qi FH. Troubleshooting of Shimadzu GC-14B gas chromatograph [J].

- Moe Instrum Med Treat, 2006, 12(1): 58-58.
- [43] 端木禾. 102G 型气相色谱仪的常见故障分析[J]. 实验室研究与探索, 1996, (3): 77-78.
- Duan MH. Analysis of common faults of 102G gas chromatograph [J]. Lab Res Explorat, 1996, (3): 77-78.
- [44] 禹向东. 日本岛津 GC-8A 等系列气相色谱仪常见故障分析[J]. 现代仪器与医疗, 2004, 10(5): 56-57.
- Yu XD. Analysis of common faults of Shimadzu GC-8A series gas chromatograph [J]. Mod Instrum Med Treat, 2004, 10(5): 56-57.
- [45] 周承强, 焦志峰, 刘克萍, 等. 岛津 GC-14C 气相色谱仪故障分析[J]. 广东化工, 2012, 39(10): 84-85.
- Zhou CQ, Jiao ZF, Liu KP, *et al.* Malfunction analysis of Shimadzu GC-14C gas chromatograph [J]. Guangdong Chem Ind, 2012, 39(10): 84-85.
- [46] 王伟庆, 吴少尉. 气相色谱仪 GC450 常见故障分析及解决办法[J]. 中国化工贸易, 2013, (10): 268-268.
- Wang WQ, Wu SW. Common failure analysis and solutions of gas chromatograph GC450 [J]. China Chem Trade, 2013, (10): 268-268.
- [47] 李建军. GC-2000 II 型气相色谱仪的故障分析与处理[J]. 山西科技, 2015, 30(3): 79-81.
- Li JJ. Fault analysis and treatment of GC-2000 II gas chromatograph [J]. Shanxi Sci Technol, 2015, 30(3): 79-81.
- [48] 余珠花, 王展. GC-122 型气相色谱仪使用中常出现的问题及分析[J]. 粮食加工, 2005, 30(2): 60-61.
- She ZH, Wang Z. Problems frequently occurred and analysis in the use of GC-122 gas chromatograph [J]. Grain Process, 2005, 30(2): 60-61.

(责任编辑: 武英华)

### 作者简介



王争争, 工程师, 主要研究方向为食品工程方面的研究和检验。  
E-mail: 546199993@qq.com

## 食品安全风险评估与风险监测

食品安全问题是“食物中有毒、有害物质对人体健康影响的公共卫生问题”。食品安全要求食品对人体健康造成急性或慢性损害的所有危险都不存在, 是一个绝对的概念, 降低疾病隐患, 防范食物中毒的一个跨学科领域。食品安全中的风险评估是根据各个国家的具体条件来进行判定的, 其中, 人与动物的健康安全情况均在考量范围内。食品安全不仅关系人类与动物的生命健康, 也会关系整个社会经济的可持续发展, 与国家的国际形象和政府形象也有所关联, 更是衡量一个政府执政能力的重要判断指标。

鉴于此, 本刊特别策划了“**食品安全风险评估与风险监测**”专题, 专题将围绕**(1)危害识别、(2)危害特征描述、(3)暴露评估、(4)风险特征描述、(5)区域性风险监测、(6)风险管理**等方面。或您认为本领域有意义的问题综述及研究论文均可, 专题计划在 2019 年 5 月出版。

本刊主编国家风险评估中心吴永宁研究员邀请有关食品领域研究人员为本专题撰写稿件, 综述、研究论文和研究简报均可。请在 2019 年 3 月 30 日前通过网站或 E-mail 投稿。我们将快速处理并经审稿合格后优先发表。

投稿方式(注明专题):

网站: [www.chinafoodj.com](http://www.chinafoodj.com)

E-mail: [jfoodsqa@126.com](mailto:jfoodsqa@126.com)

《食品安全质量检测学报》编辑部