

综 述 (87 ~ 92)

化学战剂的分析测试进展

边 归 国

(福建省环保局总工办, 福建 福州 350003)

摘 要: 综述了气相色谱、液相色谱、红外光谱、色质联用、生化传感器、核磁共振、军用侦毒设备、分光光度计、毛细管电泳等仪器对化学战剂分析测试的应用进展情况。

关键词: 化学战剂; 环境保护

中图分类号: N36

文献标识码: A

文章编号: 1006-3757(2004)02-0087-06

化学武器问世以来,一直遭到全世界爱好和平人士的反对。国际社会为禁止化学武器作了不懈的努力,但大批的化学武器尚未销毁,而且恐怖分子使用化学战剂恐怖袭击随时可能发生,如东京地铁沙林事件。化学战剂袭击,不仅造成人员与动物大量死亡,形成大面积的染毒区和毒剂云团传播地带,还会使空气、水源、设施等染毒。如果使用植物杀伤剂,还能造成森林、植被、农作物的大量毁灭,从而破坏生态平衡,破坏生物链、影响整个地球的环境,导致人与自然的严重失衡^[1]。化学、生物、放射性或核(CBRN)物质常被称为“大规模杀伤性武器”或“WMD”。截止至 2000 年 2 月 23 日,蒙特里 WMD 恐怖主义数据库中收集了自 1900 年以来的 687 个案例。其中 1999 年的 175 例占总数的 25% 以上,每起事件中涉及的 WMD 物质类型都很引人注目。除美国的炭疽事件外,世界范围的其他恐怖事件只有 14 起涉及生物武器,而五分之一的恐怖事件涉及了化学品。恐怖事件中涉及的大多数 WMD 物质是低档的、不宜用作战剂的,甚至是家庭用品。在所有使用了 WMD 物质的恐怖事件中,使用最多的是刺激性毒剂。在 39 起使用 WMD 物质的恐怖事件中,刺激性毒剂就占了 20 起。其次是“毒药”,使用过 3 次。其他毒剂,如氰化物使用过 2 次。刺激性毒剂只有 1 次是用于恶作剧,而炭疽恶作剧则有 82 次。除了恶作剧,只有一次事件涉及炭疽,而且是企图拥有。与此类似的是,只有很少的几次事件涉及真正的

战剂,如蓖麻毒素(1 起恐吓活动,并的确拥有)或沙林(2 次恶作剧)^[2]。

化学武器主要包括 6 大类 14 种。其中神经性毒剂包括沙林(CB)、梭曼(GD)、塔崩(GA)、维埃克斯(VX)等;糜烂性毒剂或发泡剂包括芥子气(H)、路易氏气(L)等;全身中毒性毒剂包括氢氰酸(AC)、氯化氰(CK)等;失能性毒剂包括毕兹(BZ)等;窒息性毒剂包括光气(CG)、双光气(DP)等;刺激性毒剂包括亚当斯气(DM)、西阿尔(CR)、西埃斯(CS)等;以及其它的植物杀伤剂。神经性毒剂是已知化学战剂中毒性最大的,而前苏联研制出新的一类神经性毒剂—诺维切克的毒性更强。这种毒剂可能以二元化形式存在,其组分、副产物或者溶剂可能具有毒性并产生附加的毒性。这些物质也可能影响毒剂挥发或者穿透皮肤的速度,毒剂的液体和蒸汽都是有毒的,并且能够在暴露后数分钟内造成人员死亡。神经性毒剂具有干扰乙酰胆碱酯酶并破坏神经系统的功能,其主要作用在骨骼肌、一些器官和中枢神经系统,这些化合物和农业用的有机磷杀虫剂类似,但是致死毒性远大于它们。资料表明,诺维切克在最佳条件下比 VX 效能高 5 ~ 8 倍^[3]。由于化学战剂毒性强,影响面大,所以必须采用快速先进的分析测试仪器进行分析。

1 色谱法

配以积分仪、火焰光度检测器(FPD)、P 型滤光

收稿日期:2003-12-15; 修订日期:2004-02-02。

作者简介:边归国(1952-),高级工程师,福建省环保局总工程师办公室主任,主要从事分析化学研究。

片(526 nm)、PB-10(内径 0.3 mm ×25 m)弹性石英毛细管色谱柱,可以对沙林、梭曼、塔崩、芥子气、S-(2-二异丙基氨基乙基)甲基硫赶磷酸乙酯(VX)、甲氟磷酸环己酯、俄罗斯 VX 等化学战剂进行测定. 色谱条件为:柱温 40 ,恒温 2 min,以 10 /min 速率升至 100 ,以 20 /min 速率升至 140 ,再以 5 /min 速率升至 200 . 进样口及检测器温度为 250 ,柱前压 150 kPa,进样量 14 μL 分流进样,分流比为 10:1. 氢气为载气:110 mL/min,空气:100 mL/min,尾吹气:13 mL/min. 由于沙林的挥发度大,在低温下可检测,VX 和俄罗斯 VX 沸点高,在 160~170 出峰. 在 40~200 之间,选用不同升温速率进行优化实验. 在选定的色谱条件下进行分析,结果乙酰甲胺磷与 7 种战剂及其杂质分离较好,互不干扰,因此选用其为内标. 该法模拟染毒大米、面粉中化学战剂的测定,其相对误差为 2.0%~12.0%,8.10%~27.3%,相对标准偏差分别为 0.90%~6.10%,3.95%~16.80%,最低检出浓度为 0.01~2 $\mu\text{g/g}$ ^[4]. 刘石磊等^[5]研究了土壤基质中路易氏剂及其水解产物的检测方法、水相巯基化衍生条件、绘制外标工作曲线、建立土壤基质的提取方法. 所用方法对多种不同土壤基质中的路易氏剂进行提取,表明方法适用性良好. 除长春土样的活性过强,回收率在 60%左右外,其余土样的回收率均在 90%以上,相对标准偏差均小于 12%,对土壤中路易氏剂的最小检出浓度为:0.5 mg/kg. Bruce A^[6]采用固相微萃取方法测定了路易氏剂,进一步提高了检测的灵敏度. 王延东等^[7]为了侦检残留的痕量芥子气,用脉冲火焰光度检测器(PFPD)气相色谱分析方法,以邻苯二甲酸二乙酯(DEP)作溶剂捕集样品,该方法可检测 0.25 $\mu\text{g/mL}$ 的芥子气,标准样品浓度在 0.25~1.00 $\mu\text{g/mL}$ 范围的标准曲线是一过零点的线性拟合曲线,它的相关系数大于 0.995. 该方法分析速度快,色谱运行一次仅需 0.65 min. 用标准曲线法定量,每隔 2 周或测 500 个样品应对标准曲线重新校正. 对于诺维切克毒剂的检测,军用方面未见报道,民用方面可获得专门设计、用于定性检测磷酸酯蒸汽的比色管,也许可以用 PID 和火焰电离检测器来检测该类毒剂. 但是不知道这些战剂在战场上是否具有可被检测的蒸汽压.

用一萘硫酚作衍生剂,柱前衍生高效液相色谱法测定芥子气生产工艺的处理废水中芥子气的含量. 试样中的芥子气用正己烷萃取,萃取溶液在碱性

的乙醇水溶液中进行衍生反应,反应的衍生物用正己烷萃取后,以外标峰面积法在 HPLC 上进行测定. 当样品中芥子气含量在 0.1~1.0 mg/L 时,测定的相对标准偏差不大于 5%,回收率在 96%~101.4%范围内($n=5$),芥子气的检测限量为 $2.6 \times 10^{-10} \text{g}$ ^[8].

2 红外光谱法

傅立叶红外光谱法比以往的其他色散型光谱法有许多明显的优点,主要有:很高的测量精度、杂散光低、高分辨率、光通量大、信号多路传输、测定速度快和测量波段宽等,因而使傅立叶变换红外光谱法在应用上极大地提高了光谱的质量,灵活性也大大增强. 战争中使用的战剂包括神经性、糜烂性、全身中毒性、失能性、窒息性、刺激性等以及其它植物杀伤剂 6 大类,可被 FTIR 定性鉴定的有:沙林 1 019、1 304、926 cm^{-1} ,维埃克斯 2 979、1 049、941 cm^{-1} ,梭曼 1 019、1 304、1 327 cm^{-1} ,塔崩 1 042、1 003、1 327 cm^{-1} ,光气 848、1 828、2 362 cm^{-1} ,氢氰酸 3 342、3 280、1 435 cm^{-1} ,氯化氰 2 220、2 584、2 998 cm^{-1} ,芥子气 1 212、1 296、2 972 cm^{-1} ,路易氏气 1 559、934、1 628 cm^{-1} .

近年来便携式 FTIR 的出现,给“反恐”和“防化学武器”提供了新的监测手段^[9]. 便携式 FTIR 主要是对气体污染物进行测定,由芬兰生产的 GASMET-DX 具有较强的软件和硬件配置. 由于其干涉仪采用角隅立方镜系统,使得仪器的体积更加小巧轻便,另外干涉仪配有 HeNe 激光准直定位系统,自动温度控制器保证了仪器的精度. 仪器内部与气体接触的部位均涂有金或铑等贵金属,抗腐蚀性强. GASMET-DX 仪器设有 4~10 m 的固定光程,可使用交直流作为工作电源. 内置红外吸收特征标准谱库,其计算机分析软件具有谱库自动查询功能,可以从基本光谱库中自动匹配出适合的气体成分,对未知气体进行识别,可以同时显示 50 个成分的分析结果和吸收曲线. 仪器的响应时间从 5~120 s,测量气体浓度从 mg/m^3 至百分含量. 测量精度为:检出限小于 2%最小标定量程,大多数组分的检出限都低于 1mg/m^3 ;线性偏离小于 2%量程;总交叉干扰小于 4%量程,实现了现场快速测定和在线实时监测,是反恐怖活动中对化学战剂的识别与监测的有效工具^[10]. Beil A^[11]采用远红外遥感法测定了大气中的化学试剂.

3 色-质联机法

美国环保局已制定了用 GC/MS 联用技术检测空气中有害污染物的标准分析方法. 其方法采样分析流程为: 采样—解吸附—气相色谱—质谱仪.

禁止化学武器组织规定, 明确鉴定一个化合物至少需要有两种不同的分析技术. GC/MS 联用技术适合于能气化的纯样或复杂混合物的分析, 灵敏度高, 具有 CIMS、EIMS 两种波谱测定功能, 并能提供色谱保留数据. 其中 CIMS 主要提供化合物的分子量信息, EIMS 提供化合物的结构信息, 而色谱保留数据可以用于区分异构体成分. GC/MS 最适合化学战剂核查相关化合物的分析, 是化学武器核查不可缺少的测试手段^[12]. 使用直接的 MS 分析, 能在几秒钟内完成快速的侦检. 一旦化学战剂被检测出来, 为了确定和定量检测 CW 战剂, 或完成空气、地面和水样的超痕量分析, 将启动 GC/MS 分析. 所有分析都是自动化的, 仅需很少的操作培训. 在所选的离子监测模式中, 仪器对所选的化合物允许在微微克和毫微微克进行 GC/MS 分析. Viking 仪器公司已经开发成功的战场用检测和鉴别化学战剂的移动式系统. 其全部部件都装在军用加固的箱子中. 这些箱子已模块化以便使仪器既可用在装甲车上, 又可用在高速机动的多功能轮式车上. 当车辆在行进中, 通常使用直接的 MS 分析, 就能在几秒钟内完成快速的侦检. 由于具有很高的灵敏度和通过化学战剂库对化合物进行实时鉴别能力, 这种移动式 GC/MS 系统对于战场上 CW 战剂的监测来说, 具有无法比拟的优越性^[13]. GC/MS 技术在毒剂定量分析方面的研究也日趋增多, 利用质谱的选择离子检测器对毒剂特征离子进行定量分析, 可以大大提高质谱仪的抗干扰能力和灵敏度. 李志军^[14]对芥子气进行定量分析, 以 2.0 倍噪声作为仪器的检测限, 芥子气的检测限 7×10^{-11} g. 芥子气的定量结果表明, 外标法和内标法所测定的结果同在一个数量级上, 通过对相同浓度样品进行 3 次重复进样, 发现外标法和内标法的最大误差分别为 13.9% 和 2.3%, 说明外标法测定结果的重复性要比内标法差, 在实际应用中, 以内标法较好. 而用 MS 选择离子检测方法对芥子气的最小检测浓度达到 $0.24 \mu\text{g}/\text{mL}$, 在此浓度下其响应值可达 4 210, 比微量芥子气的传统分析方法 DB3 法和 T-135 法的最小检测浓度要高. 胡绪英等^[15]建立了水和粮食中沙林、梭曼、塔崩、甲氟磷酸

环己酯、S-(2-二异丙基氨基乙基)甲基硫赶膦酸乙酯 (VX)、俄罗斯 (VX) 和芥子气的 GC、GC-MS-SIM (离子选择) 分析方法. 染毒水样经二氯甲烷提取, 提取液在氮气流下浓缩至 1 mL, 染毒粮食样用蒸馏水提取, 提取液离心后过 C18 固相柱, 乙睛洗脱, 然后用 GC-MS-SIM 测定, 7 种化学战剂监测离子 (m/z): 63、67、69、70、84、86、99、109、114、125、133. 该法前处理较简便、净化效果好, 方法灵敏, 适用于军粮、饮水中微量化学战剂的分析. 作者^[10]对恐怖活动中常见的 9 种化学毒剂的 GC-MS 测定条件予以报道.

LC/MS 联用仪对于极性大、热不稳定、难挥发组分及生物大分子可进行较好的分离鉴定. 它可以用于水样和水萃取物的直接分析, 防止漏掉被检测组分, 是化武核查水平测试手段之一^[16].

4 生化传感器

美国研究人员探索化生防护的新途径, 打算将 Artemis 和计划中的联合报警与报告网络 (JWARN) 系统联结在一起, 使这种先进的侦检、识别和警报系统更容易为军事和民用化学、生物防事故部队所广泛使用. 而目前这些具备不同反应能力、配备不同装备的机构会阻碍联合行动^[17].

Artemis 计划到 2007 年才会生产, 该系统投入使用后, 将较大地提高防护水平, 因为它采用了最新式的化学—生物传感装置, 并与最新的分析软件相连, 能获得较快的检测结果. 这些传感器大小不一, 形状各异, 具备不同层次的性能. 可以进行 0 ~ 40 km 范围内的侦检 (与识别). 海军已受命主管此项目, 但 Artemis 是一个联合参与的项目, 为了保证这个新系统能适用于所有机构, 他们将直接向军事人员和民用执法、火灾和救援部门的同行征求设计意见. Artemis 还处于计划和论证阶段, 该项目提供的主要特点是: 能实现从搜索、检测到跟踪、识别生物、化学化合物或气体的自动转换. 主要功能包括测绘和监测化学云团或羽烟的方向, 包括在化学、生物攻击或事故过后构建最新风向模型, 预测有毒物质的漂移方向. 另一种重要识别能力是移动间的表面沾染预测、分析土壤样品. Artemis 通过更高效更精确的传感器和现场分析能力, 降低误报率.

5 核磁共振 NMR

采用水溶液样品制备的操作指导程序, 10 mL 水样, 用 $3 \times 5 \text{ mL}$ CDCl_3 萃取, 萃取液用无水硫酸钠

干燥后,高纯 N_2 气流浓缩至 0.6 mL,进行 NMR 测试;萃取后的水层减压旋转蒸干,残渣用 0.6 mL D_2O 溶解,进行 NMR 测试。O/OB 各 2 mL 用高纯 N_2 气吹干溶剂后,用 0.6 mL $CDCl_3$ 溶解,进行 NMR 测试。 1H NMR 测试参数,探头内径:5 mm;观察频率: 1H (499.882 MHz);谱宽:5 000 Hz;数据点:32 k;累加次数:500 ~ 1 000;脉冲序列:s2pul;预饱和; 90° 脉冲:28.5 μs ;脉冲倾角:30 $^\circ$;增益:20;实验温度:25 $^\circ C$ 。 ^{31}P (1H) NMR 测试参数,探头:5 mmBB;观察频率: ^{31}P (202.364 MHz);谱宽:25 000 ~ 50 000 Hz;数据点:32 k;累加次数:2 000 ~ 4 000;脉冲序列:s2pul; 90° 脉冲:12.5 μs ;脉冲倾角:36 $^\circ$;增益:35;去偶方式:宽带全去偶;去偶功率:45 dB;实验温度:25 $^\circ C$ [18]。为配样工作需要,闫秀云 [19] 等建立了用于禁止化武公约附表及相关化合物的 1H NMR 定量分析方法,对加入化合物的样品纯度进行分析,水样用 1,4-二氧六环作内标物,有机溶剂样用磷酸三乙酯作内标物。该方法准确、快速、不须纯样品作对照。经 4 个化合物的纯度分析与 GC 方法对照得到满意的结果,有较好的精密度和重复性。比低场仪器样品用量少,各峰分离度好。

6 军用侦毒设备

海湾战争期间,美军将可检测微量神经性毒剂、糜烂性毒剂等毒剂的 60 辆德制“狐式”核生化”防护装甲车装备部队。而英制化学战剂监测器的重量仅为 1.5 kg,主要用于侦检神经性毒剂与皮肤糜烂性毒剂,其优点是不用化学试剂,结构简单,单手操作,在 -30 ~ 50 $^\circ C$ 气温下使用,一只 6 V 电池可连续使用 6 ~ 10 h,在海湾战争中,美国紧急征订了 3 800 台。美军在海湾战各期间还装备了 M9 液态化学战剂侦检纸。战时,士兵臀部、小腿部,上衣与钢盔上都贴有这种纸条,用它侦检液态神经性和皮肤糜烂性毒剂,美军装备部队的化学战剂侦检箱和水化学战剂侦检箱,灵敏度均很高。装备单兵的微型化学战剂侦毒器,体积小,重量轻,战时佩带在士兵左上衣袋上,用于探测神经性毒剂、芥子气与路易氏气,可发出连续性声、光报警信号 [20]。

前苏、美、英、法等国已列装了能侦检各类战剂的侦检器与报警器。美军在 90 年代初装备液态战剂自动侦检报警器,能对战剂的液滴和液态气溶胶颗粒侦检、报警。美军正在研制可与基地和野战阵地化学报警网络相连的远程侦检器,利用激光、雷达和红

外光谱,可侦检 4.8 km 以内的微量化学战剂。北约盟军设在前西德的一机构,多年来一直从事气态、液态化学战剂检测仪与报警器的研究、发展和生产,研制的 BXICD 的单兵用小型化学战剂检测仪可检测四类战剂。前苏军有 GSA-12 型和 GO-27 型 2 种侦检仪,并装备了自动报警器。英军的检测器可检测表面上与空气中的化学战剂,灵敏度高,作用迅速。英军新研制出一种化学战剂自动侦检器,可检测神经性战剂的蒸气和气溶胶,还能侦检氢氰酸的攻击浓度。前西德的 MM-1 型化学侦察车,可检测空气中或表面上的战剂及放射性污染。法国、芬兰、丹麦、瑞典等国也都有战剂侦检器。荷兰正在研究芥子气的检查、剂量测定和生物监测措施,由美国陆军提供资助 [21]。将激光雷达技术与光谱分析技术相结合进行化学战剂监测,探测灵敏度高,可以实时遥测和显示。波长可调谐激光器为多种化学战剂监测提供了理想的光源,整机正处于研制阶段 [22]。

7 分光光度法

研究使用 721 分光光度计,间二硝基苯比色法定量测定染毒空气中西埃斯(CS),方法快速、简便、灵敏、可靠。CS 浓度在 0 ~ 12 $\mu g/mL$ 范围内符合比耳定律,检测灵敏度为 1 $\mu g/mL$,测定相对误差小于 5% [23]。利用色谱专用柱 C18MT 型样品净化富集柱,将水中微量 BZ 富集于柱上,通过分光光度法之一桔黄 IV(金莲橙-00)试剂法,研究发现 C18MT 样品净化富集柱对 BZ 吸附能力较强,吸附率可达到 89.99%。同时,通过用 C18MT 柱富集 BZ,用溶剂洗脱,氮气吹干,使金莲橙-00 法的分析灵敏度从 1 mg/L 达到 0.005 mg/L,有效提高了其检测能力,适用于 BZ 的痕量分析 [24]。

8 毛细管电泳法

毛细管电泳(CE)以其高效、快速、样品用量少、成本低等优点越来越赢得人们的青睐。由于 CE 应用范围广并适合于大气等基质中微量有机物的测定,利用 CE 对路易氏剂的水解产物进行分析,同时还利用毛细管区域电泳技术配合紫外可见光检测法对溶剂中的有机砷酸和无机砷酸进行研究,缩短分析时间的同时也显著提高了灵敏度 [25]。

9 结语

自美国“911”事件后,人们对生物、化学、毒素等

快速侦检方法十分关注,在装备了 GC-MS 联用仪、实时定量 PCR 仪、毛细管电泳及荧光标记细胞分选仪、细菌分类检测仪等精密分析仪器的实验室中,可对可疑样品进行检测和鉴定.但大型仪器的检测、鉴定、操作复杂,时间长,且不能携带至现场使用,对未知样品甚至有无从下手之感.从反恐怖活动需要来说,发展现场可用的、便携式的、快速、通用和专用及鉴别用的技术、试剂、方法和设备,是更迫切的任务^[26].

参考文献:

- [1] 郁保宁,朱勇兵.战争污染与环境保护[J].环境保护,2002,(11):46-48.
- [2] 赵钦.WMD恐怖主义数据库与恐怖事件分析[J].国外防化科技动态,2001,(12):21-27.
- [3] 李可中.美国人介绍前苏联神经性毒剂——诺维切克[J].国外防化科技动态,2000,(10):14-17.
- [4] 冯翠玲,周永新,胡绪英.染毒粮食中7种化学战剂的气相色谱分析方法[J].分析化学,2000,28(10):1245-1247.
- [5] 刘石磊,周世坤,刘景全.土壤基质中路易氏剂的检测方法[J].防化研究,2001,(2):41-43.
- [6] Bruce A, Tomkin. Determination of lewisite oxide in soil using solid-phase microextraction followed by gas chromatography with flame photometric or mass spectrometric detection[J]. J Chromatogr A, 2001, 909:13-28.
- [7] 王延东,王秀凤.气相色谱法测定 DEP 中的芥子气一种新型 PFPD 检测器侦检痕量芥子气[J].国外防化科技动态,2001,(3):15-18.
- [8] 刘英莉,张瑞源,徐晖.衍生高效液相色谱法测定废水中芥子气研究[J].防化研究,2001,(2):37-40.
- [9] 边归国.环境科学中傅立叶变换红外光谱法的应用[J].分析测试技术与仪器,2003,9(3):136-140.
- [10] 边归国.化学武器的识别与监测[J].山东环境,2003,(3):31-32.
- [11] Beil A, Baum R. Detection of chemical agents in the atmosphere by passive IR remote sensing [J]. Proc. SPIE-Int Soc Opt, 1999, 3856:44-56.
- [12] 陈志升. GC-MS 在化学战剂核查水平测试中的应用[J].防化研究,1997,(4):1-6.
- [13] 李志军,赵莹雪,左言军.有机质谱在我国防化领域的应用及展望[J].防化研究,2002,(3):65-69.
- [14] 李志军. GC-MSD 定量分析芥子气[J].防化研究,2000,(2):36-39.
- [15] 胡绪英,周永新,冯建林.水和粮食中化学战剂的分析[J].分析测试学报,2000,19(3):37-39.
- [16] 杨风仙.第五轮 OPCW 国际联试水样中的 LC/MS 分析[J].现代有机质谱技术及应用,1999,118-121.
- [17] 李铁虎.美国研究人员探索化生防护的新途径[J].国外防化研究科技动态,2001,(8):8-10,18.
- [18] 黄桂兰,闫秀云,刘景全.第10次 OPCW 水平考试样品的核磁共振分析[J].防化研究,2002,(3):17-20.
- [19] 闫秀云,黄桂兰,严玖凤.¹H NMR 用于样品纯度定量分析[J].现代科学仪器,2000,(5):60-61.
- [20] 广昌.当代化学生物武器的发展及其医学防护(下)[J].人民军医,1994,(12):4-5.
- [21] 王新斋.国外化学武器医学防护进展[J].前卫医学情报,1991,7(5):163-165.
- [22] 刘兴新,李燕兰.国外军用固体激光技术发展现状[J].激光与红外,2000,30(1):7-10,41.
- [23] 邹必佑.染毒空气中西埃斯测定的研究[J].防化研究,2002,(3):13-16.
- [24] 聂静,张玉芝. BZ 污染水净化后的富集与检测[J].防化研究,2000,(4):19-21.
- [25] Cheicanta R L. Arsenic-containing signature compounds from the hydrolytic decomposition of lewisite by capillary electrophoresis[J]. Pro ERDEC Sci Conf Chem Boil Def Res, 1997, 671-678.
- [26] 马立人,何为,刘志红.反恐怖活动及生物和化学战剂的检测[J].现代科学仪器,2002,(1):19-24.

The Progress of the Analytic Testing of Chemical War Agents

Bian Gui-guo

(Fujian Environmental Protection Bureau, Fuzhou 350003, China)

Abstract : The chemical war agents used by terrorists are featured by strong toxicity and considerable influence extent, not only cause devastating deaths of animals and humankind, but also bring about terrible environmental pollution. Therefore, it is imperative to adopt quick and advanced instruments for analysis and testing to conduct identification and testing. This article expounds the progress of analytic testing made by various instruments and equipment such as GC, HPLC, IR, GC-MS, Biochemical sensor, NMR, Spectrophotometry, Military equipment, CE.

Key words : chemical war agents; environmental protection

Classifying number : N36



《分析测试技术与仪器》简介

《分析测试技术与仪器》是经国家科委批准向国内外公开发行的技术性季刊(刊号:ISSN 1006 - 3757, CN 62 - 1123/O6),由中国科学院综合计划局、中国科学院兰州分院分析测试中心和中国科学院兰州化学物理研究所主办。

本刊服务对象主要是在科研、教育系统隶属的分析测试中心、开放实验室、各行各业分析测试实验室以及国外相应部门等从事科学研究分析测试工作的人员、教师及有关行业的科技工作者。

本刊一般提供封二(封面的背面)、封三(封底的背面)、封底、内页广告等版位。广告的版面规格通常有整版和半版,但封二、封三、封底只刊登整版广告,参考价格为:

封底:5000~5500元;

封二:3500~4000元;

封三:3000~3500元;

内页版位:1500~2000元。

以上均为彩色印刷的价格。

编辑部地址:兰州市天水路342号 中国科学院兰州化学物理研究所

邮 编:730000

联系人:张晓鸿 电话:(0931)8277660 传真:(0931)8277088

http://FXCQ.chinajournal.net.cn E-mail:FXCS@ns.lzb.ac.cn