

基于拉曼光谱技术的毒品检测仪器研究*

郝凤龙 姜玲玲 于海辉 李彬 张涛 柴智 范黎

(公安部第一研究所 北京 102200)

摘要:为提升我国禁毒装备的水平,自主研发了用于毒品检测的拉曼光谱安检仪,阐述了仪器系统的硬件及软件平台设计思想、主要技术参数及特点。利用毒品甲基苯丙胺和卡西酮、易制毒化学品三氯甲烷、丙酮、哌啶及乙醚、易燃易爆品甲醇和乙醇,对仪器的基本性能进行检验。实验结果表明,该仪器可以准确测定8种物质的拉曼谱图,综合匹配系数均高于92%,不存在误报和漏报。拉曼光谱安检仪具有良好的稳定性和准确性,能够满足禁毒一线的实际需要。

关键词:毒品犯罪;禁毒;拉曼光谱;毒品检测

中图分类号: TN06 **文献标识码:** A **国家标准学科分类代码:** 140.3025

Research on drug detecting instrument based on raman spectroscopy

Hao Fenglong Jiang Lingling Yu Haihui Li Bin Zhang Tao Chai Zhi Fan Li

(The First Research Institute of Ministry of Public Security of China, Beijing 102200, China)

Abstract: In order to enhance the level of China's anti-drug equipment, we independent research and develop drug detecting instrument based on Raman spectroscopy. The design idea of hardware and software platform, main technical parameters and characteristics of the instrument system are expounded. The performance of the instrument was tested by drug methamphetamine and cathinone, precursor chemicals chloroform, acetone, piperidine and ether, flammable and explosive products methanol and ethanol. The results show that the Raman spectra of eight kinds of materials can be measured accurately, and the comprehensive matching coefficients are all higher than 92%. There are no false positives and false negatives. The instrument has good stability and accuracy, and meets the practical needs of the anti-drug front-line.

Keywords: drug crimes; drug control; Raman spectroscopy; drug detection

1 引言

根据《中华人民共和国禁毒法》第二条之规定:“毒品,是指鸦片、海洛因、甲基苯丙胺(冰毒)、吗啡、大麻、可卡因以及国家规定管制的其他能使人形成瘾癖的麻醉药品和精神药品”^[1]。当前,全球毒品问题仍处于加速扩散期,中国毒品形势依然严峻复杂,国内制毒、贩毒、吸毒问题日益突出,这对我国经济发展、社会稳定、人民健康等多方面造成严重危害。根据历年的《中国毒品形势报告》和《中国禁毒报告》显示,全国累计登记吸毒人员、全国共破获毒品刑事案件、缴获各类毒品以及抓获毒品犯罪嫌疑人数量等方面均有不同程度的变化,本文对2011~2015年间的的数据进行了统计^[2],如表1所示。

表1 2011~2015年间全国毒品犯罪情况统计表

年份	全国累计 登记吸毒 人员/万人	全国共破 获毒品刑 事案件/万起	缴获各类 毒品/t	抓获毒品犯罪 嫌疑人/万人
2011	179.4	10.17	21.4	11.24
2012	209.8	12.2	45.1	13.3
2013	247.5	15.1	71.4	16.82
2014	295.5	14.59	68.95	16.89
2015	234.5 (现有)	16.5	102.5	19.4

收稿日期:2016-11

* 基金项目:十二五“国家科技支撑计划项目”查缉、管控毒品违法犯罪核心技术研究与装备研究“(2013BAK14B00)项目资助

从表1中可看出,在2011~2015年间,各项数据总体呈现上升趋势,特别是全国缴获各类毒品的数量,5年间增长近5倍。这里需要指出的是,全国累计登记吸毒人员数量在2011~2014年间呈现稳定增长之势,而2015年出现下降,原因是2015年的数据排除了戒断3年未发现复吸人数、死亡人数和离境人数,因此更准确表达全国现有吸毒人数。参照国际上通用的吸毒人员显性与隐性比例,实际吸毒人数远大于此。分析表明,我国毒品问题持续发展蔓延,加强禁毒已刻不容缓,禁毒工作面临严峻挑战。

随着毒品犯罪手段的隐蔽化、智能化和网络化,禁毒工作急需更先进的技术装备作为保障,因而研发真正能够用于禁毒实战一线的检测技术和装备成为首要任务。虽然已有X射线检测、质谱分析、拉曼光谱、离子迁移谱、中子探测等多种毒品检测技术^[3],但真正用于一线的技术装备极少。其中,基于拉曼光谱技术的毒品检测仪器因具有无损、快速、准确给出被测物质的化学成分信息等特点,得到科研单位和用户的一致青睐。

2 拉曼光谱技术及仪器开发

2.1 拉曼光谱技术

拉曼光谱得名于印度科学家 C. V. Raman(拉曼)。1928年,拉曼从实验观察到单色的入射光投射到物质中后产生散射,通过对散射光进行谱分析,首先发现散射光除了含有与入射光相同频率的光外,还包含与入射光频率不同的光。以后人们将这种散射光与入射光频率不同的现象称为拉曼散射。拉曼散射效应和分子结构紧密相关,是一种能表征分子结构信息的指纹光谱^[4]。近年来,随着科技的发展,特别是激光技术的迅速发展^[5-7],激光拉曼光谱仪在性能方面日臻完善。目前,拉曼光谱已广泛应用于安全检查^[8]、禁毒^[9]、刑侦、消防、治安、海关稽私、珠宝鉴定、文件检验^[10]、石油化工和制药等领域,得到科研工作者的重视,国内外多家单位均开展了拉曼光谱技术方面的研究工作^[11-13]。

2.2 拉曼光谱仪器开发

由公安部第一研究所自主研发的 FISCAN® RS-A1 拉曼光谱安检仪是一款用于爆炸物、毒品和危险化学品快速识别的分析仪器。该仪器系统设计的核心思想是将系统的性能、稳定性、检测时间和可扩展性作为设计目标,合理地将系统各项功能分配给用户和仪器,从而实现系统的最佳匹配。在安检和禁毒一线使用的检测仪要具有很强的实时性和可靠性,因而需采用嵌入式操作系统。微软公司推出的 Windows CE 嵌入式操作系统(WinCE)是一个功能强大的嵌入式实时多任务操作系统,具有实时性强、稳定性高、专用性强、扩展性强以及内核规模小等^[14]优点,能够满足拉曼光谱安检仪的各方面要求。因此,这里选用 WinCE 作为安检仪的嵌入

式操作系统,该系统设计包括硬件平台设计和软件平台设计两部分。

拉曼光谱安检仪主要由激发光源、光学采集系统、分光系统及信号采集与数据分析系统组成。由于拉曼散射很弱,要求光源强度大,因此该仪器采用激光光源。另外,为满足检测系统的快速、安全、小型化等要求,采用检测速度较高的色散型拉曼光谱仪。对硬件平台的开发主要包括主板、电源板与按键板3个部分,其中主板实现对光谱数据的采集及对激光器的控制,电源板实现系统的上电控制,按键板实现用户对系统的控制。

软件平台用以实现对数据的处理、分析、人机交互及仪器的测控等功能,该仪器采用 Microsoft Visual Studio 2005(C++)作为软件开发环境来实现上述功能。根据用户需要,可以定制爆炸物数据库、毒品数据库、危险化学品数据库等多种库,同时支持用户添加新的物质,仪器检测时间小于10s,兼容多种采样模式,仪器示意如图1所示。



图1 拉曼光谱安检仪

拉曼光谱安检仪由主机、激光开关钥匙、拉曼探头、样品池、触控笔等部分组成,主要技术参数是激光波长为785 nm、激光功率最高为500 mW(线性可调)、拉曼探头聚焦光斑小于等于2 mm,工作距离为6 mm。该仪器的主要特点是:1)不直接接触样品,可透过玻璃、塑封袋、饮料瓶等透明、半透明容器检测;2)采用移动式拉曼探头设计,可随时随地抽出,方便不规则样品检测;3)操作简单,仪器面板和拉曼探头上均设置一键式扫描按钮,便于操作;4)配备应急按钮和激光钥匙开关,多重人身安全保护;5)同时支持交流电供电及电池供电,电池持续供电时间大于5 h,便于安检和禁毒一线的实际使用。

本文重点介绍拉曼光谱安检仪在毒品检测方面的研究成果。目前,该仪器已经包含20多种易制毒化学品数据库,以及甲基苯丙胺(冰毒)、氯胺酮、咖啡因、盐酸海洛因、乙酰可待因、可卡因、卡西酮等几十种毒品及精麻药品数据库,建库工作仍在持续进行中。

3 实验结果及讨论

为了检验拉曼光谱安检仪的性能,本文选择两种毒品甲基苯丙胺和卡西酮、4种易制毒化学品三氯甲烷、丙酮、哌啶及乙醚、两种易燃易爆品甲醇和乙醇作为测试物,分别适量选取各种物质密封于透明的玻璃瓶中,并置于样品池内逐一进行检测,检测结果如图2~9所示。

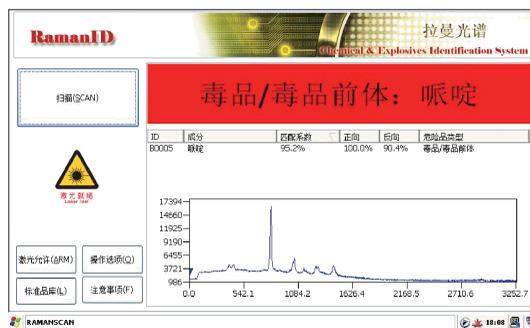


图6 哌啶

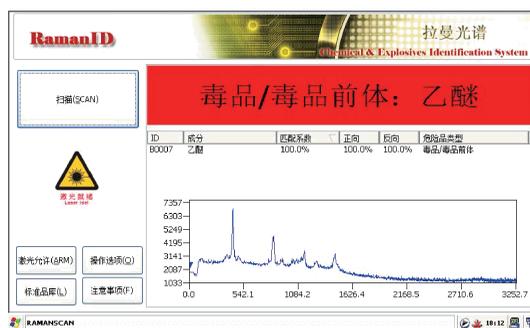


图7 乙醚

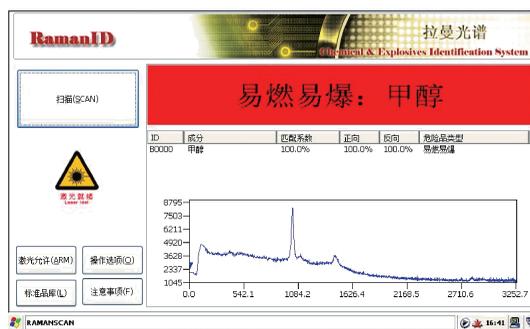


图8 甲醇



图9 乙醇

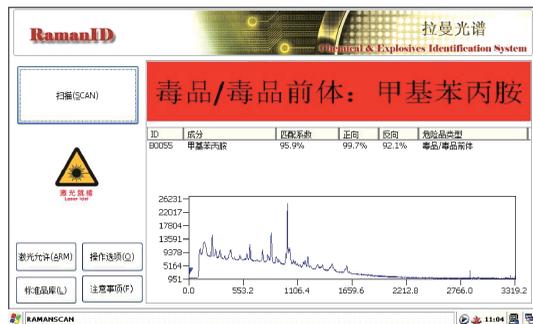


图2 甲基苯丙胺

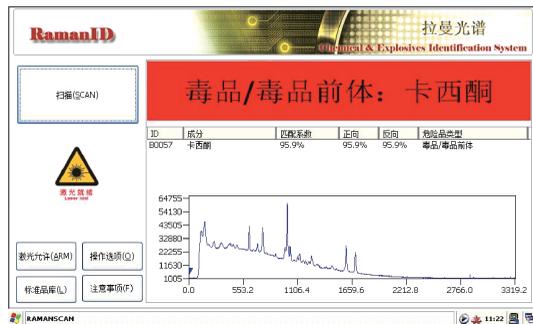


图3 卡西酮

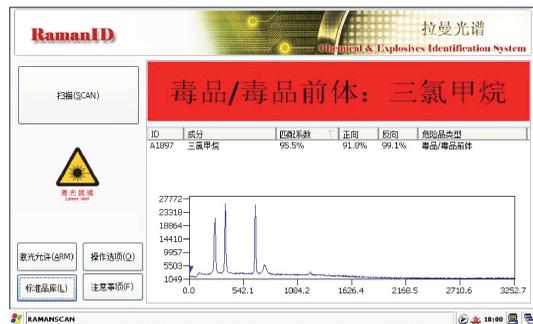


图4 三氯甲烷

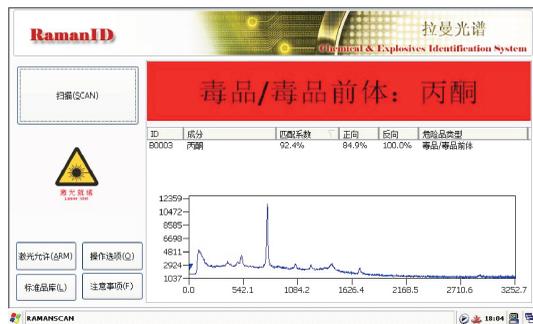


图5 丙酮

从图中可以看出,前6种物质的检测结果均报警为毒品/毒品前体,后两种物质的检测结果均报警为易燃易爆,报警物质名称准确,不存在误报,各种物质的拉曼谱峰清晰可辨。对检测的拉曼光谱和拉曼光谱数据库做相似度计算,得到正向、反向、综合匹配系数,8种物质的匹配系数如表2所示。

表2 8种物质匹配系数

物质名称	正向(%)	反向(%)	综合匹配系数(%)
甲基苯丙胺	99.7	92.1	95.9
卡西酮	95.9	95.9	95.9
三氯甲烷	91.8	99.1	95.5
丙酮	84.9	100	92.4
哌啶	100	90.4	95.2
乙醚	100	100	100
甲醇	100	100	100
乙醇	100	100	100

从表2中数据得出,8种物质的综合匹配系数均高于92%,进一步证明了检测结果的准确性,其中乙醚、甲醇及乙醇的各项匹配系数均为100%,达到了最理想的检测效果。为了进一步检验仪器测试的稳定性及误报、漏报情况,对甲基苯丙胺、丙酮和甲醇各进行了50次重复测试实验,实验结果均未出现漏报及误报情况,表明仪器具有良好的稳定性及检测准确性,能够满足禁毒实战现场毒品快速识别和缉查的需要。

4 结论

自主研发的拉曼光谱安检仪可以准确测定毒品、易制毒化学品及易燃易爆品等危险品,各种物质的拉曼谱峰清晰可辨,不存在误报和漏报,表明仪器具有良好的检测性能,能够满足禁毒实战一线的实际需要,具有良好的应用前景。今后要不断补充毒品数据库,继续提升仪器的品质。禁毒是全社会的共同责任,国家有关部门要进一步高度重视,齐心协力,不断提升禁毒装备水平,在全国进出口的重点口岸、高速卡口、戒毒中心等场所配备更多的毒品检测仪器,加大对毒品的查缉力度,共铸禁毒、

防毒、拒毒、戒毒的钢铁长城,坚决遏制毒品犯罪的发展蔓延势头。

参考文献

- [1] 李云鹏. 我国“毒品”定义之思考[J]. 中国人民公安大学学报:社会科学版,2012(3):83-87.
- [2] 国家禁毒委员会办公室. 2015年中国毒品形势报告[EB/OL]. http://www.nncc626.com/2016-02/19/c_128733646.htm. 2016-02-19.
- [3] 黄圣铃,刘峻,尤晓明. 科技手段在禁毒装备中的应用[J]. 云南警官学院学报,2011(4):44-46.
- [4] 张涛,孙丹,闻健明,等. 基于拉曼光谱的易制毒化学品轨迹综合查缉装备[J]. 警察技术,2016(4):8-10.
- [5] 于萍,薛向尧. 激光发射系统光束指向检测方法研究[J]. 电子测量与仪器学报,2014,28(11):1185-1189.
- [6] 应欢,王少平. 提高脉冲激光测距精度的方法研究[J]. 电子测量技术,2014,34(10):25-28.
- [7] 周美丽,白宗文. 基于2D-PSD的激光位移测量系统设计[J]. 国外电子测量技术,2015,34(2):64-66.
- [8] 王红球,张丽,王璐,等. 拉曼光谱在安检领域中的应用[J]. 光散射学报,2012(4):367-370.
- [9] 耿莹莹,李亚飞,刘湘祁,等. 便携式拉曼光谱仪在毒品和易制毒化学品快速检测中的应用[J]. 光散射学报,2015,27(1):44-48.
- [10] 任重远. 拉曼光谱法在变造文件检验中应用的实证研究[D]. 上海:华东政法大学,2015.
- [11] 邹文龙,蔡志坚,吴建宏. 便携式拉曼光谱仪发展综述[J]. 光学仪器,2011(6):86-90.
- [12] 邱凌,张丹丹,贾晓宇,等. 拉曼光谱法快速检测吡啶硫酮锌的研究[J]. 光散射学报,2015,27(3):250-255.
- [13] 王拓,戴连奎. 重整汽油在线拉曼分析系统开发与工业应用[J]. 仪器仪表学报,2015,36(6):1202-1206.
- [14] 高磊,王洪滨,张欢. Windows CE系统开发高级编程与典型实例[M]. 北京:中国电力出版社,2011.

作者简介

郝凤龙,男,1985年出生,黑龙江绥化人,博士,工程师,主要研究方向为反恐、禁毒理论与装备。

E-mail:haofenglong110@126.com