

反恐怖安全检测技术的物理基础^{*}陈心中[†] 徐润君 吴礼林

(中国人民解放军汽车管理学院物理教研室 蚌埠 233011)

摘要 反恐怖安全检测技术已成为人们的热门话题.安全检测技术的诞生和发展离不开物理学家的贡献.物理学为反恐怖安全检测孕育了多种手段和方法.文章简要介绍了 X 射线探测、 γ 射线探测、四极共振分析、脉冲式快中子分析、离子迁移率光谱测量、毫米波探测、声学探测、磁场探测、电磁脉冲探测等安全检测技术的物理基础.

关键词 反恐怖,安全检测,物理基础

THE PHYSICS OF ANTI-TERRORIST SAFETY INSPECTION TECHNOLOGY

CHEN Xin-Zhong[†] XU Run-Jun WU Li-Lin

(Physics Teaching and Research Section of Automobile Management Institute of the PLA, Bengbu 233011, China)

Abstract Anti-terrorist safety inspection technology has become a hot topic. The birth and development of anti-terrorist safety inspection technology are the contribution of physicists, because physics provides various ways to perform safety inspection. This paper briefly describes the basis of technologies such as X-ray and γ -ray detection, quadrupole resonance analysis, pulsed fast neutron analysis, ion mobility spectrometry, millimeter wave detection, acoustic inspection, magnetic field deflection and electromagnetic pulse detectors.

Key words anti-terrorism, safety inspection, physical basis

美国“9.11”事件发生后,反恐怖安全检测技术已成为人们的热点话题.要把恐怖活动遏制在未遂状态,对爆炸物、武器、毒品以及恐怖人员的探测、监视、识别显得格外重要.利用警犬不失为一种好办法,但人们把更多的目光投注在当今物理、化学、生物等科学检测技术上.实际上化学、生物等仪器的分析又离不开物理原理和物理手段.因此,“怎样及时、有效地发现爆炸物、武器、毒品以及恐怖人员”,是对物理学提出的极为艰难而富有挑战性的课题.由于爆炸物的主要成分(碳、氮、氧和氢)与大部分衣服和塑料相近,恐怖分子只需 0.5kg 的爆炸物即可使波音 747 飞机在高空粉身碎骨;塑料炸药又可制成任何形状(如镶嵌在衣物中的薄片等),因此不能仅从重量和形状来确定是否为爆炸物.用于港口、机场、车站的安全检测系统,既要求速度快、准确率高,又不能被恐怖分子的简易反探测措施欺骗.显然,一般的物理方法不易满足反恐怖安全检测的需要.

面对着爱好和平人们的期待目光,物理学家和工程师们提出了许多方案.

1 X 射线探测技术

X 射线探测已被广泛应用于港口、机场、车站的行包检查.其实,X 射线探测技术从诞生到发展都离不开物理学家的贡献.众所周知,1895 年,德国物理学家伦琴(W. C. Röntgen)在研究稀薄气体放电时发现了穿透力很强的 X 射线.1963 年,美国物理学家科马克(A. M. Cormack)发表了数据重建图像的数学方法,可以将 X 射线探测器测得的数据转换为数码信号,送进电子计算机进行处理,经过排列重建,以图像的形式显示在计算机的荧光屏上.1972 年,英国 EMI 公司的电子工程师洪斯菲尔得(G. N. Hounsfield)在科马克的数据重建图像数学方法的基础上发明了 X-CT 技术(CT 是“电子计算机断层扫描”英文“computed tomography”的缩写),它可以清晰

* 2002-03-27 收到初稿,2002-04-26 修回

† 通讯联系人, E-mail: cxzxj@ahhb.net

地显示人体器官各种断面的“切片”图,使医学影像技术发生重大变革.1979年,科马克和洪斯菲尔得因此获得诺贝尔医学奖.不久,CT技术从医学影像诊断推广应用到工业中.现代工业CT不但用于工业设备或部件的无损检测,也可用于生产过程的在线实时质量监控和安全检测,当然也可用于反恐怖安全检测.虽然反控安全检测中的CT与医用CT、工业CT检测的目的不同,检测指标和措施不同,但都是基于射线与物质相互作用的原理.

射线穿越物体时,由于产生光电子及光子散射等物理过程,相当部分的入射光子被物质吸收,一束初始强度为 I_0 的 X 射线(或 γ 射线)穿越厚度为 d 的均匀物质后,其强度减弱为

$$I = I_0 e^{-\mu d},$$

式中 μ 是物质吸收系数,与物质的成分、结构及其密度等因素有关.将旅客的行包置于样品检测台上,用 X 射线对被测行包的某层面进行照射,测得衰减后的 X 射线强度和其他物理量,可得到该层面各部位的吸收系数、物质密度等信息,经计算机快速处理,可使这些信息还原为反映这一层面内部情况的图形,并将所测得的数据与预存的爆炸物有关数据进行比较,就可确定行包中是否含有爆炸物.

X 射线透视成像原理已被广泛用于安全检测.新型的 X 射线探测器,能够根据各位置测得的数据,由计算机处理后自动地为不同形状和密度的有机材料或金属材料加上不同的“伪彩色”,并对某些有特定密度、尺寸和形状的物品给予提示,发出警报.这种成像系统工作效率高,行包或车辆在经过检测点时,其中的物品在操作员面前的荧光屏上清晰可见(图1).

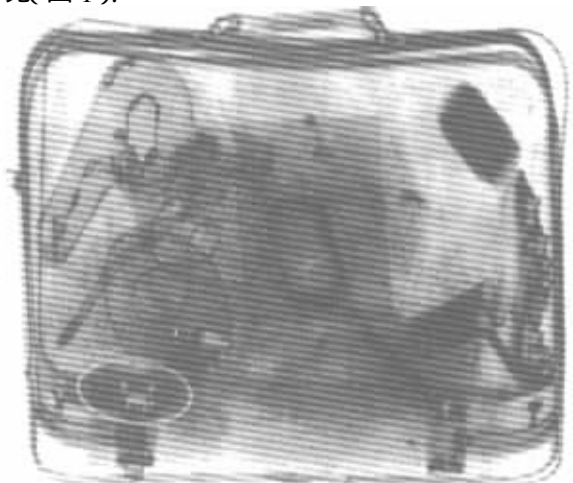


图1 行包中的物品清晰可见

除 X 射线透视成像探测技术外,还有 X 射线反散射探测技术.当低剂量 X 射线照射在人体和物品上时,由于康普顿散射效应,碰撞出电子.对于低原子数的物质(如人体组织)反弹出的电子较多,在监视器上显示为亮点,而金属物(如手枪、刀具等)在监视器上则显示为暗区.例如 X 射线反散射探测器生成的图像可以清楚地显示出卡车内的偷渡者(图2)和塞在轮胎中的毒品(图3).

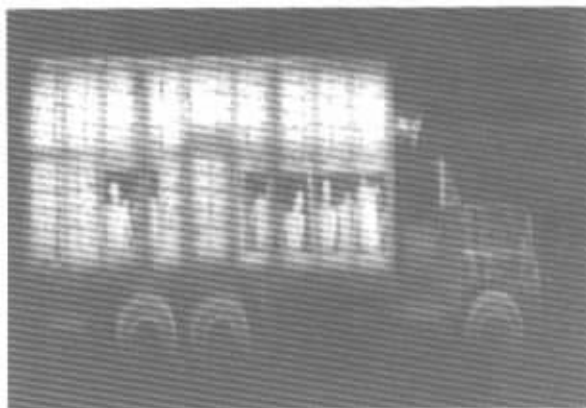


图2 藏在车厢内的偷渡者

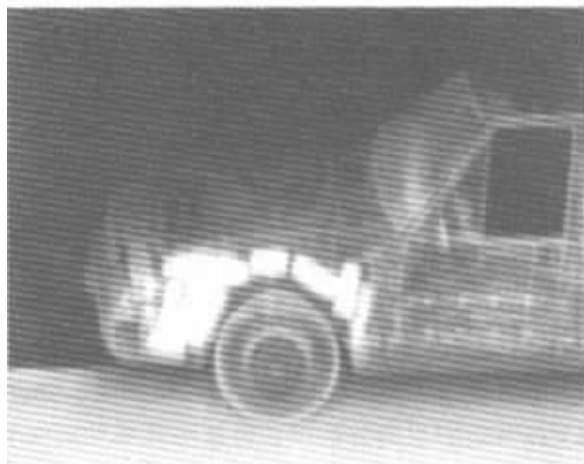


图3 藏在轮胎内的毒品

人们无需担心 X 射线探测技术是否会对人体产生不良影响.因为在 3s 的探测时间内人体仅受到 $3\mu\text{rem}$ 的辐射剂量,而且能量只沉积在人体的皮肤或几厘米的表层上,远小于医院 X 透视时 $3 \times 10^4 - 3 \times 10^5 \text{rem/h}$ 的辐射剂量.

2 γ 射线探测技术

γ 射线的成像探测技术的基本原理与 X-CT 相似,只是以 γ 射线替代 X 射线.由于 γ 射线的穿透力更强,生成的图像质量更好.

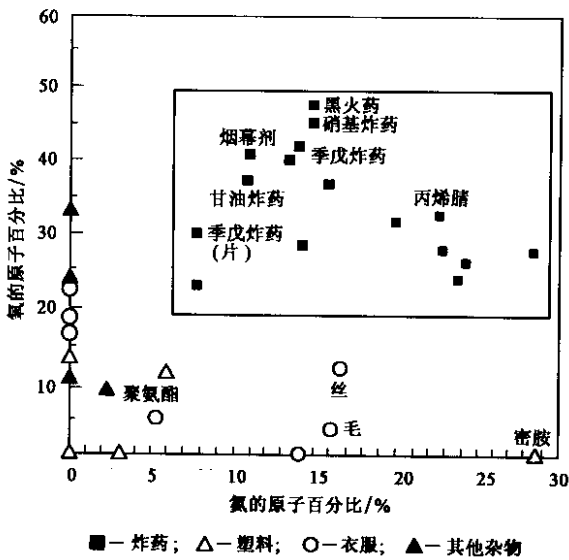


图5 各种材料的氮、氧原子百分比相关图

独检查大量的行李.其次,该系统虽然属于非成像系统,但有些虚影图案也有助于提供行包中可疑化合物的位置.该系统的缺点是不适宜对人体进行检查.

5 离子迁移率光谱测量技术

许多化学物质(如炸药、毒品等违禁物品)发散的汽化物或粒子会附着在衣服、行包、皮肤、容器和纸张等表面.利用经过特殊处理的吸收材料擦拭这些物品表面,能够收集残留的化学物质的微粒.经过萃取后加热成气相,或直接从待测物(毒品、爆炸物)周围提取气相样品,送入离子迁移率光谱仪中,毒品或爆炸物的汽化物被电离而带电荷.爆炸性物质变成负离子,而麻醉性物质(如海洛因和可卡因)变成正离子.当这些离子在受控的电场内移动时,由于不同物质的分子大小和结构不同,移动的速度也不同.根据离子移动速度的方向和大小可用于识别物质.

巴林杰公司利用离子迁移率光谱测量法已开发出两种离子扫描探测器,典型的分析时间少于8s(IONSCAN型)或15s(SABRE型),告警的误报率较低,一般为10%—15%.其缺点是需人工操作来采集样品.

6 毫米波探测技术

物理学的研究表明,不同物体或不同温度的同一物体辐射电磁波的情况不同,辐射波的波长范围不同,各种波长的能量也不同.反恐安全监测中的毫

米波技术是以人体自然的宽频谱电磁辐射为基础进行的.由于人体辐射的毫米波强,可使传感器得到较强的信号,而人员随身携带的隐藏物品在较亮的人体背景衬托下显示为暗色,以此可用于监视、区分人体和携带的物品,可以在一定的距离探测到枪支和毒品,理论上能透视建筑物的墙壁.这是一种被动探测方法,检查者无需主动发出探测波,因此被检查者无需担心电磁辐射对人体的影响,而且图像不显示人体的隐私部分,受到被检查者欢迎.

根据同样的物理原理,将毫米波、超声波和红外接收器组成混合探测装置,再结合计算机图像处理技术,检测效果将大大提高,若制成便携式,则更便于警察和特种部队使用.

7 其他探测技术

7.1 声学探测

一些畏罪潜逃者、偷渡者常常铤而走险,躲在大型车厢或集装箱内企图瞒天过海,一些被恐怖分子绑架劫持的人质有时也被禁闭在车厢内运往远处.通过高灵敏度的声学探头(或地震探头),可在大型车辆的外面探测到隐藏在车内的人的轻微动静甚至心跳,以便发现藏匿在车中的人员.该系统已在实验室条件下得到理论验证,有望在今后5—10年内部署应用.

7.2 磁场探测

早在秦始皇修建阿房宫时就已经用到了磁石吸引铁磁物质的原理,用磁石垒筑成阿房宫的门,从而防止携带刀、戟等武器的人员进入阿房宫.随着科学技术的发展,用磁场方法探测隐藏的武器变得越来越精确.例如,可以首先对地球磁场被动取样,然后用高灵敏度的磁力计测量被检物品引起的磁场微小变化,将测量到的数据与危险物品(枪支、刀具等铁磁性危险物品)的磁场变化数据对比,可以判断被检者是否携带了武器.一些精密的磁场探测系统在收集数据时,还可利用数据重建图像的方法描绘出人体从头到脚的磁场轮廓,与非携带武器的人体磁场轮廓对比,就可以确定所带武器的存放位置和类型.当然,这一技术只能测定铁磁物质.

7.3 电磁脉冲探测

美国国家标准和技术研究所最近发布消息说,他们正与国家司法研究所和联邦航空局联合开发一种在人群中探测武器携带者的技术.这种新技术包括一种类似雷达的装置,它向人群发射脉冲低强度

电磁波,一般的衣服对电磁波的反射率较小,而藏匿在衣服下的枪、刀和塑料炸药等物品对电磁波的反射率较大。接收装置将接收到的电磁波反射信号通过一组光学仪器聚集到硅晶片上,并转化为图像显示在计算机的荧光屏上,从而可发现武器携带者。这一武器探测器的样机将在2002年底前研制出来。

7.4 人体生物特征识别的物理方法

人的某些特征(如声音、面孔、指纹、掌纹、人眼虹膜等)因人而异,因此利用物理方法搜集人体的各种生物特征,也可有助于追踪、搜捕犯罪嫌疑人。例如,每个人的说话声音不同,有各自的共振频率模式,将其转化成数码,可通过对比、分析,进行识别。

利用数码相机拍摄被监视人的面部照片,测量几个角度的面部曲线,将之数字化,提取某些关键点的数据,与数据库中恐怖分子的相应数据进行三维比较,可以进行人员识别。

用红外相机拍摄人面部热成像图,与已存数据库对比。

拍摄人的掌纹图、指纹图,与已存数据对比。

利用人眼虹膜识别技术。虹膜是指眼睛瞳孔周围的一道有色彩的圆圈,人出生一年半以后,眼睛的虹膜就终生保持不变,而且结构复杂,虹膜的可变项可达260项,千变万化,各人不同,即使是双胞胎也不同,也无遗传性,使用摄像机捕捉样本,然后由软件来对所得数据与储存的模板进行比较。

目前,一些基于物理学原理的人体生物特征识别技术已被实际应用,例如,辨声法在比利时用于跟踪嫌疑犯,面孔识别法被用于美国得克萨斯州的部分自动柜员机,在美国佛罗里达州坦帕市的闹市区建筑物上安装了一些摄像镜头,系统中的软件可以

自动将来往人群的面孔与系统中预先存入的3万张犯罪嫌疑人的面孔数据进行比较,而发出告警。斯洛伐克共和国建立了世界上最大的掌纹数据库;指纹识别方法更被许多国家的执法部门使用,等等。当然,使用这些方法一般都需要预先向系统输入犯罪嫌疑人的有关数据,而且不同的方法也有不同的缺陷,所以应注意使用条件。例如,利用辨声法时要考虑因疾病或其他因素使人声音发生改变或利用录音作假的情况,利用掌纹或指纹辨别时,手掌与手指必须洁净;用红外相机拍摄面孔时必须注意喝酒后人的面部热辐射发生了改变;用可见光相机拍摄面孔有时可能会把外表极像的两人搞错。因此,人类生物特征识别的物理方法还正在不断探索和改进中,从目前情况看,虹膜识别技术比较安全可靠,在国外有一定的推行发展趋势。

综上所述,物理学为反恐怖安全检测孕育了多种手段和方法,在今后的道魔相争中,世界和平更需要物理学的贡献。

参 考 文 献

- [1] 褚圣麟. 原子物理学. 北京:人民教育出版社,1982[Zhu S L. Nuclear Physics. Beijing: People Education Press, 1982(in Chinese)]
- [2] 段金梅,唐伟国,马予振. 物理与生活教学手册. 北京:高等教育出版社,1995[Duan J M, Tang W G, Ma Y Z. Education Manual of Physics and Living. Beijing: Higher Education Press, 1995(in Chinese)]
- [3] 物理编辑部等. 物理、技术与现代社会. 上海:上海科技教育出版社,1996[Editorial Office of WULI *et al.* Physics, Technology and Modern Society. Shanghai: Shanghai Sciences and Technology Press, 1996(in Chinese)]