

粒子加速器是如何守护国门的

小溪

“海关”代表着一个国家的国门，守护国门的意义重大，因为这与国家的安全及经济利益息息相关。海关不仅要查禁没有正常出入境手续的偷渡者、过关人员携带的走私物品，还需查禁出入境货物中夹藏的武器、毒品，甚至还有核材料及爆炸物品等。

人员出入境通常用X光安检仪辅以人工安检进行，在大型集装箱已成为货物流通最主要载体的当今，世界各国海关均面临严峻的货物安检问题。如果全靠人工对所有的集装箱开仓查验，那就只能是一种状态——无论机场、港口还是陆地出入境通道，短时间内就会被海量集装箱塞满而陷入瘫痪。而因海运具有运量大、费用低等突出优势，货物的海运在国际贸易中占大份额。国际上以20英尺长的集装箱作为运量的标准单位(Twentyfoot Equivalent Unit, 缩写为TEU), 其余规格的集装箱则折合为20英尺的进行计算。通常，一艘大型集装箱货轮一般可装载约8000 TEU, 可以想象，全世界各国海关每年的集装箱吞吐量是多么惊人。

中国的第一个集装箱码头1978年在天津港建成，20年后的1997年，全国港口的集装箱年吞吐量已超过1000万TEU，而2007年就达到了1亿TEU，这个里程碑级的数字正是中国迈向世界港口强国的标志。近些年的“全球前20大集装箱港口排名表”显示出中国集装箱年度吞吐量在全球所占的份



图1 装满集装箱的货轮

额已不可小觑。

国门靠什么来守护？各国海关如何解决面临的严峻问题？出入境人员的安检使用的是一般的X射线装置，对人体及所携带的物品进行透视扫描后可以识别出隐藏的工具、武器、液体、货币、毒品和其他违禁品。这类安检仪的X射线辐射剂量对人体是安全的，但这样剂量等级的X射线无法穿透厚型钢板制作的集装箱。

海关检查集装箱的方法包括人工检查、使用能识别爆炸物或药物的警犬、使用能识别核材料的辐射监测装置以及能检测各种违禁品的射线型扫描成像装置。射线扫描技术能使集装箱处于“透明”状态，通过射线扫描可获得货物材料的能量谱，迅速将夹藏在集装箱中的违禁物品识别出来。

采用钴-60或铯-137放射源(平均能量1.25 MeV的)产生的伽玛射线可以穿透15~18厘米的钢板，而要穿透30~40厘米的钢板则需要用能量5~10 MeV的X射线，这样高能量的X射线只能由粒子加速器产生了。法国、德国、英国等国家在20世纪80年代后期开始研制基于粒子加速器的高能X射线集装箱检测装置，第一套实用装置1991年安装在法国巴黎的戴高乐机场。

由于受海量集装箱过关的压力，世界上已有越来越多的海关使用高能X射线集装箱检查装置。这类装置由粒子加速器、扫描设备，以及高性能的探测器、数据分析、X射线成像等系统组成。检查的流程并不繁复，待检的集装箱经过高能X射线检查装置接受X射线扫描，经探测器、数据分析系统记录及分析数据，所获结果与海关数据库中货主申报的过关货物性质进行精细比对，判别是否具有安全隐患或违禁物品，如武器、爆炸物、毒品、核材料以及未经申报的货物等。装置的X射线成像系统

还使海关人员在获得相关检查数据的同时通过电子显示屏直观地了解集装箱内货物的细节。没发现问题的便可直接通过;如果有疑问就需进入特定区域再经海关复检,每个集装箱的查验时间仅需几十秒至几分钟。

基于粒子加速器的高能X射线集装箱检查装置现已成为各国海关打击走私、非法贸易、有组织犯罪和恐怖主义的主要工具,其空间分辨率3~5毫米,穿透范围20~45厘米,对比敏感度1%~4%,吞吐量20~200 TEU/小时。

中国于20世纪90年代初开始自主研发高能X射线集装箱检测系统,1999年5月世界上首套采用粒子加速器辐射源的车载移动式集装箱检查系统研制成功,同年6月又完成了组合移动式系统。该年年底,由清华“同方威视”生产的固定式检测系统在天津东港海关投入运行。

国家标准《无损检测用电子直线加速器工程通用规范(GB/T 30371-2013)》、国家标准《无损检测用电子直线加速器(GBT 20129-2015)》陆续颁布生效,标志着中国的无损检验加速器技术和产品进入了国际领先行列。中国生产的大型集装箱检测设备,因技术、质量及售后服务等方面的优势成为世界集装箱检测系统行业三个最强供货商之一(另两个强



图2 待检集装箱通过高能X射线检查装置

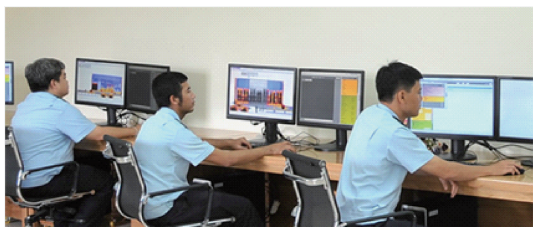


图3 海关人员通过电子显示屏监查集装箱内货物



图4 通过高能X射线检查装置的集装箱图像

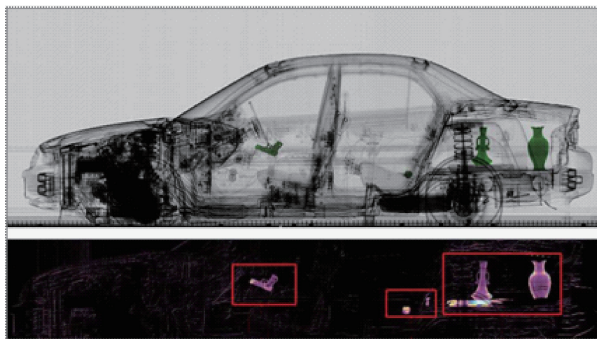


图5 藏匿的武器及文物识别

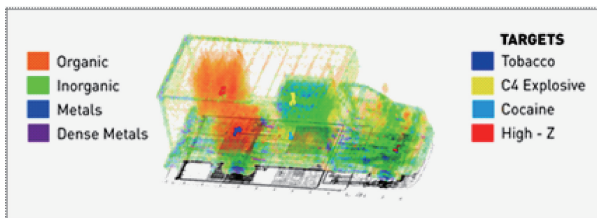


图6 藏匿的烟草、炸药、毒品、各类材料识别



图7 藏匿的偷渡者识别

手为德国、美国)。如今,仅“同方威视”的相关产品已出口到世界上150余个国家。

随着相关技术的发展,高能X射线集装箱检查装置可做到体积更小、重量更轻、功耗更低、穿透力更大、安全性更高、扫描速度更快、物质分辨功能更强、透视图像更加稳定清晰等。海关可根据不同的检查需求,自主选择多能、高能、低能、无机物单显、有机物单显等多种图像显示方式,也可选择显示X射线透射灰度图像或彩色识别图像,识别各类违禁嫌疑物品将更方便快捷。与此同时,其他无损扫描



图8 安装在天津港物流中心的国产高能X射线集装箱检测系统



图9 出口多个国家的各类国产集装箱检测系统

集装箱货物的新方法也正在探索之中,例如使用中子、 μ 介子扫描等。

科技前沿的粒子加速器技术、探测技术、强大

的数据获取、数据处理技术不仅在航空航天、工业探测、医疗成像等领域获得了广泛的应用,还对维护国土安全作出了重要贡献。向守护国门的忠诚卫士——粒子加速器致敬!

(本文采自高能所微信公众号,有修改。
本文图片均来自网络。)

参考文献

- ① Accelerators for Society
<http://www.accelerators-for-society.org/>
- ② Accelerator physicists design cargo X-ray scanner
<https://www.symmetrymagazine.org/article/may-2013/accelerator-physicists-design-cargo-x-ray-scanner>
- ③ SLAC Physicists Help Design, Build Cargo X-ray Scanners
<https://www6.slac.stanford.edu/news/2013-05-16-X-ray-Cargo-Scanner.aspx>
- ④ Accelerator apps: Cargo scanning High-energy X-rays search containers
<https://www.symmetrymagazine.org/article/august-2010/accelerator-apps-cargo-scanning>
- ⑤ X-Ray Cargo Inspection: Status and Trends
<https://www.osti.gov/biblio/21289597>

封底说明

我国首个火星探测车“祝融号”

2020年7月23日,在我国西昌卫星发射中心,“天问一号”火星探测器搭乘长征五号遥四运载火箭升空,开始了一段长途之旅,目标是人类早已心驰神往的火星。经过长时间的旅行,2021年5月15日“天问一号”探测器在火星表面成功着陆,使我国成为第二个派探测器登陆火星的国家。2021年5月22日,登陆器释放了一辆火星车到达火星表面,开始了对火星这个神奇世界的探索。我国这次首次在火星执行任务的火星车叫“祝融号”,是从全球众多征名中遴选的。祝融是我国上古神话中的火神,这次我国首个火星车以“祝融号”来命名,其寓意我国的星际探索的火

种,指引着人们不断探索和自我超越。“祝融号”火星车高1.85米,重240千克。搭载了火星表面成分探测仪、多光谱相机、导航地形相机、次表层探测雷达、表面磁场探测仪、气象测量仪等科学设备,这些仪器设备将用于对火星信息的获取与分析。“祝融号”火星车装配有6个车轮,且每个车轮都能够独立驱动和转向。火星车采用了主动悬架,设计上具有避障功能,用以应对火星表面复杂的环境。“祝融号”的设计寿命为3个火星月,相当于大约92个地球日。目前,“祝融号”正在火星广袤的荒原进行科学考察,让我们遥祝它一切顺利,并期待有更多的好消息传来。