

## 化学战剂的早期报警：一种基于CO<sub>2</sub>激光束 吸收的新装置原理

所有化学报警装置的目的都在于为部队提供尽可能长的时间——这是为穿戴防毒面具、防毒衣、开动集体防护系统等防护器材所必需的。

### 早期报警的效用

现有的化学报警装置能侦检一个点上毒云的存在。这些仪器已人所共知。但是，由于一些特殊的原因：毒云的大范围扩散——由于微气候的变化，包括温度梯度在内的土壤的性质、植物的影响，使得各局部报警装置只能保护一微小的区域。现代战斗部队展开所涉及的大范围防护，要求配置一个地面探测器网。

为了减少这些装置的数目，简化这样的网络，用单一仪器来取代这些探测器看来是有效的。这种单一仪器可探测出大范围区域内的任何一块毒云。这就是化学战剂遥感的第一个目标。

另一个目标是早期报警，亦即同配置在同一位置的现场报警器相比较，报警时间延长。

### 军事要求

几年前，法国陆军参谋部就要求研制一种早期报警装置。主要性能要求如下：

- 能侦检以微细气溶胶状态存在的化学战剂蒸气；
- 必须至少能侦检神经毒剂；
- 具备较好的灵敏度（下面将考察这一点）；
- 仪器必须做成一件式（电源除外）；

细胞改良植物品种。

### 结束语

到2000年激光技术将会怎样呢？根据上面种种分析和推测，可以简单地归结为：

1. 到2000年，激光将会象半导体、计算机技术那样，在人类生活上，已是不可缺少的东西。
2. 到2000年，激光不但在地面上发挥其威力，在空间和水下也将创造它的奇迹。

- 探测距离必须至少等于2km (或更远) ;
- 响应时间必须尽可能短;
- 装备的大小和重量必须能由一辆轻型车载运, 如果可能的话在车上操作。

### 初步研究, 原理选择

考虑过用于遥感的几种方法, 最主要的是光学方法, 它们应用光和化学战剂之间的相互作用: 吸收、散射和衍射。

然而, 一些理论上的方法要受到某些实际问题的限制:

——大气路程的范围须尽可能地长; 这就须要选择位于较好的大气窗口的那些波长的光, 仪器探测部件的选择也要取决于此。

——灵敏度必须高; 这就排除了某些方法, 例如喇曼散射法。

——最后一点是, 目前或可预见的将来的工艺水平使得可以在一短时间内制造出绝大部分合用的部件。

这些考虑已导致产生这样的想法: 最好的方法是测量大约  $10\mu\text{m}$  波长红外光的吸收。这个波长位于较好的大气窗口, 并且, 许多化合物, 特别是神经毒剂由于C-O键的振动, 在这一光谱区域存在着强烈的吸收带。

可能有两种方法:

——首先是被动法, 它运用背景的天然光发射被毒云的吸收, 再经适当的滤光器过滤。该法简单, 它的应用只需一个终端 (一个接收器), 但它的灵敏度低, 并且依赖于天然发射中红外波段的强度, 而这种波段在夜间是很低的。

——其次是主动法, 它使用一个红外源。经典光源的光亮度低, 且要使非相干光源发射波段很窄和不产生发散的光束是困难的。使用激光光源较为有利, 原因有二: 激光器的天然发射产量高, 用它可得到波段很窄的相干光束。最后, 在研究工作一开始时就知道,  $\text{CO}_2$  激光器能发出位于  $9\sim 11\mu\text{m}$  之间的上百条谱线, 它们位于可良好探测的光谱区域。

因此, 探测器的原理如下: 一台  $\text{CO}_2$  激光器光源 (最好是可调谐的) 通过一个光学装置向大气发出一束很窄的光束。该光束被反射或反向散射 (经由一个适当的装置) 并返回到与发射器置于同一位置的探测器。如果一团吸收该波长光的毒云越过光路, 则被探测器接收到的光的减弱就可以使毒云得到侦检。

### 使用 $\text{CO}_2$ 连续波激光器的可行性研究

事实上, 问题是很复杂的: 大气 (特别是低层大气) 是很不均匀的; 许多现象, 象折射率的变化、对流运动、微粒的存在都要干扰光的传播。这整个现象叫大气闪烁。必须要排除它。

另一方面, 许多化合物在  $9\sim 11\mu\text{m}$  之间都有一个吸收带, 要侦检就须将毒剂和这些化合物 (叫干扰物) 相区分。

为了排除大气闪烁并将毒剂与干扰物加以区分, 就须要同时发射至少两条激光谱线, 并且测量这两条谱线在通过大气后的吸收差异。

这样, 第一个样机就制成了: 发射器由两台连续波  $\text{CO}_2$  激光器组成, 它们的功率大约为  $0.5\text{W}$ 。每个激光器发出一条谱线, 它们的波长在对化学战剂和干扰物进行光谱研究后选定。

每束光均以严格固定的频率被斩波，为较后的区分作准备。两束光在一个光学装置中混合，对着反射器的方向发送入大气，反射器是由立体角反射器镶嵌而成的。反射后，光束回到接收器，经过一个光学装置，被均分并由一台铁电探测器加以探测。两个电信号被放大，它们比例的最终变化可作为侦检信号。

该样机在实验室和野外的使用均已证明了这个办法的可行性。

由于太大、太重以及需要人工反射器，因此，该仪器在军事上是不能接受的。

需有待于激光技术的新进展，以便有一个新的光源，这种光源体积小、重量轻、输出功率大，可以不要人工反射器，并以天然反射器——树木、墙壁等取代人工反射器。

### DETADIS 仪器目前研究状况

六年前，一种新型激光器——TEA CO<sub>2</sub>激光器在法国实验室进行了研究。在这种激光器中，用电进行激励并在大气压下进行横向放电。在这样的条件下，小的气体体积就能得到很高的脉冲功率。作为代表，对于一个容积大约300或400cm<sup>3</sup>的腔，脉冲功率可达0.5MW，脉宽为50ns，波长10.6μm。

在这同时，一些新的红外探测器被发现，例如，致冷的HgCdTe探测器。

一种运用可调谐TEA激光器和HgCdTe探测器的新样机已由法国一家公司（CILAS, Compagnie Industrielle des Lasers）制造出来，并在实验室和野外进行了考察。

首批试验结果是很令人感兴趣的：天然目标的反向散射可以获得一个很好的侦检信号。目前的主要工作是系统研究某些化学战剂和干扰剂的吸收带，以便选择更好的激光谱线用于侦检。化学战剂和污染剂的鉴别必须通过吸收带的形状识别技术来完成，而这项任务又由装在探测器内的一个微处理机来承担。

初步大小为50~60dm<sup>3</sup>，重约40kg（不包括电源）。

### 灵敏度问题

用这种方法，要得到以浓度C<sub>t</sub>值表示的灵敏度值是困难的。

红外探测装置运用Beer定律原理，而仪器的响应是C·l乘积的函数（l是光束在毒云中的路径长度）。

在这种情况下，浓度的单位为mg/m<sup>3</sup>/m，或更简化为mg/m<sup>2</sup>。

由于缺乏在毒云大小方面的假设，要给出一个浓度测量是不可能的。

### 简要结论

通过毒剂云团对红外光的吸收原理侦检化学战剂方法的可行性已经得到证明。

一种型号的仪器现正处于探索性发展阶段；该仪器在几年内将可用来侦检探测器周围2km圆形区域内的化学战剂，响应时间少于1分钟，并有一个好的灵敏度。

译自Proc.Int.Symp.Protection Against Chemical Warfare Agents, 1983, P.71~74.

丁前星 译 张承铨 校