



## PID 在缉毒等刑事调查中的应用

### 毒品中产生的化学物质

在过去的几年中贩毒案件数量戏剧性地增加，这些毒品会生产大量的甲基苯丙胺和其它的有毒物质。在制作这些毒品的过程中还产生大量未得到确认的副产品，很好地应用这些化学物质需要有一个具备广阔化学知识的专家，事实上却并非如此，这就导致了在制毒和贩毒过程中存在大量化学物质泄漏及污染的情况。

### 检测是减少危险因素的关键

毒品的制造过程会产生许多化学物质，这些有毒有害的化学残留物严重危害人体的健康，制造这些物质的少数专家也要求对现场作必要的检测，以此来保护他们自身的安全。只有对制毒和贩毒场所的残留物浓度水平得出调查结果后，我们才能知道是否安全。由于毒品加工点是第一现场，我们常常要对此做出迅速的决策。我们采用的最好方法是使用连续的检测器并提供及时的现场读数。采用便携式检测器不仅能提供个人的全面保护，而且能减少花费。对于已经暴露在缉毒场所的执法人员来说进行体格检查的花费要接近六位数。

### “惠斯通”电桥传感器测量毒品中的可燃性和毒性物质

在毒品中，我们不但能发现许多可燃性的化合物蒸汽，而且有许多 ppm 水平的有毒化学物质。执法小组使用的检测器大多数使用的是普通的传感器，而“惠斯通”电桥传感器在对毒品的检测中会存在很多的问题：

- 1、这种传感器只能检测可燃气体和某些易挥发的可燃蒸汽。当有毒蒸汽不可燃时，它就无能为力了。
- 2、它不能检测那些低饱和蒸汽压和高闪点的化学物质。
- 3、需要采取 ppm 水平的毒性检测时，“惠斯通”电桥传感器就不能满足该检测要求。
- 4、制毒过程中所使用的化学物质会对“惠斯通”电桥传感器产生不可逆转的毒害，导致不能对 LEL 气体得出正确的响应。

### PID 检测器检测可燃气和有毒气体的可靠性

PID（光离子化检测器）是不会中毒、灵敏度高的有毒化学物质和易燃气体检测器，可以检测毒品中的这

些物质。PID 检测器和其它的传感技术能出色的检测出毒品中挥发的许多化合物。对此有较好的灵敏度，PID 不仅如此，还能发现遗留下来的化学污染物源头。

- 1、PID 能检测可燃和非可燃的气体、液体及其蒸汽。
- 2、PID 能比惠斯通电桥传感器提供更好的保护，它能检测低蒸汽压/高闪点的化学物质。
- 3、高精度的和高灵敏度的 PID 帮助我们确定毒性，并能提供 ppb 水平的低浓度数据。
- 4、在缉毒调查中，RAE 公司的 PID 产品不会像惠斯通电桥传感器那样有中毒的可能。

### 1、惠斯通电桥传感器是基于甲烷而设计制造的

带有惠斯通电桥传感器的可燃气体检测器常用来检测安菲他命（一种兴奋剂）中的可燃溶剂和化学物质，大多数是酮和醚类。然而，小尺度的分子更容易被检测到，像涂料稀释剂，炭的轻馏分，科尔曼燃油，甚至汽油等。尽管这些溶剂都是可燃物，但是，惠斯通电桥传感器没有足够的灵敏度来对它们进行精确的检测。执法人员在没有检测仪器时只能用看和闻的办法来检测这些物质，检测仪的使用将使他们对自己的主观判断失去信心，惠斯通电桥传感器由两个简单的燃烧小元件组成，一个是有催化珠的反应电炉，另一个是参比电炉。当气体进入传感器，有催化剂的电炉会使可燃气体催化燃烧，从而释放出热量，与参比电炉相比电阻产生变化，从而得出响应数据。它不能检测毒品中的不可燃气体及蒸汽，像氯仿、三氯化磷和固体挥发物（像苯乙酸、胡椒醛和碘等）。

### 2、高闪点蒸汽扩散困难、响应小

高闪电/低蒸汽压的气体很难扩散到惠斯通电桥传感器中，因为用以防止传感器自身起火的火焰捕集器能阻挡住这种难挥发蒸汽，而它对甲烷、乙烷、丙烷这样的小分子就不会有阻挡作用。这种难挥发的有机蒸汽重而稠密，很难通过火焰捕集器而



到达燃烧珠,即使有少量的蒸汽到达燃烧珠仪器也不会有太大的响应。

在缉毒调查中我们常能检测到的低蒸汽压 (<10mm Hg)高闪点蒸汽(>32°C)有以下几类:

乙酸类	乙酸酐
苯甲醛	氯 苯
苯腈	甲酰胺
矿物溶剂	石脑油
苯乙酸	胡椒醛
甲苯胺	

### 3、惠斯通电桥传感器不能达到 ppm 级的灵敏度

惠斯通电桥传感器目前在缉毒调查中测量的范围为 0~10000ppm, 读数以 20ppm 为一个增量。精度为满刻度的±10%, 即 1000ppm。在许多毒品中我们常能发现乙酸乙酯这种物质, 它的 TWA 为 400 ppm, 有的有毒气体 TWA 更低, 只有 10ppm 左右。我们由此可有清楚的知道精度为 1000ppm 传感器是不能满足在毒品调查中检测有毒气体要求的。

### 4、秘密试验室中常见物质对 LEL 传感器的危害

在理想环境中, LEL 传感器能检测许多试验室中发现的有毒化学蒸汽, 然而这些蒸汽对 LEL 传感器有极大的破坏作用。长期和短期的毒害都会对 LEL 传感器造成损坏。不幸的是, LEL 传感器不知道其使用的环境是否有害。当 LEL 失效后, 其检测的读数就显示为零。

#### 毒品中具有可使 LEL 传感器快速中毒的物质:

- 含铅化合物: 乙酸铅
- 磷酸盐和含磷化合物: 红磷, 三氯化磷

这些化合物只要几个 ppm 的量就足以将 LEL 传感器形成不可逆转的退化或失效。

#### 毒品中具有使 LEL 传感器缓慢中毒的物质:

- 氢化物: 氨气, 磷胺
- 卤代烃: 氟利昂, 氯化氢

尽管这些化合物对 LEL 传感器造成的毒害是可恢复的, 只要传感器长期暴露在这种气氛中, 那么检测器的输出最终也将变为零, 对可燃气体没有响应。(更多的信息

可参考 TN-144)

### 什么是 PID

PID 就是光离子化检测器, 它是一个灵敏度极高的广谱的类似于一个低浓度的 LEL 检测器, 用于检测 VOCs (挥发性有机物) 和其它有毒气体, 检测浓度从 1ppb 到 10000ppm 范围的多种化合物。

### PID 如何工作

PID 用一个紫外灯光源将进入检测器的化学物质光离子化为带电的正负离子, 检测器感受到这些离子通过放大电路, 以 ppm 的浓度显示在仪表上。检测后的离子化气体又重新组合成与原来结构相同的分子, 所以 PID 不会破坏样品气体分子, 不会改变样品气体的分子结构, 组成成分 (像 MiniRAE 2000 和 ppbRAE)。PID 检测器在检测毒品时不会有中毒的可能, 也不像 LEL 检测器那样需要有火焰捕集器一类的防火装置, 因为它不产生火焰, 本身就是十分安全的产品。PID 检测器对低蒸汽压/高闪点的化学物质响应快速, 使用安全, 当灯未能点亮时检测器将发出警报, 操作人员就知道检测器未正常工作。只要重新启动即可使用。

### IP 电离能

理论上讲, 所有的化学物质都可以被电离, 但它们需要不同的能量才能被电离, 这种能把分子电离的最小能量分别是它们各自的电离能, 用电子伏特来表示。如果样品的 IP 值小于等于灯释放的电子伏特能量, 那么该样品就能被电离。大多数 PID 的灯采用的是 10.6eV 的灯。PID 是基于各种化学物质的 IP 值来检测的, 所以 PID 也可以检测许多不可燃的化学物质。

### PID 精确度是 LEL 传感器的 10 倍

PID 是一个对碳氢化合物灵敏度相当高的传感器, 它能检测到 ppm 水平的 VOCs。PID 是一款独特的可以检测总挥发性有机物的检测器。LEL 传感器会有中毒和损坏的危险, 而 PID 没有这样的情况, 因为它采用的是光学技术。目前 PID 技术的突破性进展使得它有更强的竞争力。PID 的精



度为 10%，即它的读数为 1000ppm 时，被测物质浓度就在 900-1100ppm 之间。若 LEL 检测的读数为 1000ppm 那么被测物质实际浓度在 0-2000ppm，因为 10%的 LEL 浓度就相当于 1000ppm 的浓度。

### PID 和 LEL 传感器检测实验室气体 voc 的性能对比

化合物名称	10.6PID	LEL
乙酸	不好	不好
乙酸酐	良好	不好
丙酮	良好	良好
氨	良好	一般
醋酸胺	不能	不能
甲酸胺	不能	不能
苯甲醛	良好	不能
苯	良好	良好
氯苯	良好	不能
苯氰	良好	不能
溴苯	良好	不好
正丁胺	良好	良好
氯仿	不能	不能
乙二醚	良好	良好
乙酸乙酯	良好	良好
乙醇	不好	良好
甲酰胺	良好	不能
氟利昂	不能	不能
汽油	良好	良好
正己烷	良好	良好

由表可知，PID 的各项性能均优于 LEL。如果我们结合两个传感器的优势，在以上化合物中我们可以检测毒品中含有的 34 种化合物。

在线式 PID 可为毒品检测提供 10%LEL 以内的保护。从目前毒品中可能存在的气体来看，大约有 29 种可燃气体或蒸汽，用我们 10.6eV 的 PID 能检测出其中的 27 种。毒品中存在的这些化学物质及其混合物不一定能立即显现出来。我们用异丁烯标定的 PID 去检测未知的化学混合物，它对不同组分不同比例的化学物质会有不同的灵敏

碘化氢	良好	不能
氯化氢	不能	不能
碘	良好	不能
异丙醇	良好	良好
异黄樟素	良好	无数据
醋酸铅	不能	不中毒
氯化汞	不能	不能
甲醇	不能	良好
甲胺	良好	良好
石脑油	良好	不能
硝基乙烷	不能	良好
钡	不能	不能
苯丙酮	良好	无足够数据
苯乙酸	良好	不能
磷化氢	一般	一般
三氯化磷	良好	不中毒
红磷	不能	不中毒
胡椒醛	良好	不能
吡啶	良好	良好
醋酸钠	不能	不能
重铬酸钠	不能	不能
氢氧化钠	不能	不能
STOD 溶剂	良好	不好
硫酸	不能	不能
甲苯	良好	良好
Toluene, o-	良好	不能

度，CF 值就是用来统一量化不同化合物相对于异丁烯的灵敏度。（详细资料参考 TN-106）在未知毒品环境检测中我们采用 PID 检测器来检测 LEL，我们以 10%LEL 的化学物质浓度作为 PID 的报警点。例如，我们在一个复杂的毒品环境中，设定 250ppm 为 PID 报警点，它相当于该环境中混合气体 10%LEL 的可燃气体报警点，那么在 10.6 的灯下，PID 可提供 27 种化合物的保护。以此类推，报警点为 250ppm 时提供 26 种化合物的保护；500ppm 时为 19 种；1000ppm 时为 18 种。RAE 建议您设定



250ppm 为 PID 的高报警点，作为 10%LEL 的警 报。

表 1

名称	CF	LEL%	LEL 对应的 ppm 浓度	10%LEL 的 ppm 浓度	10%LEL 单位的异丁烯
乙酸	22.00	4	40000	4000	182
正己烷	4.3	1.1	11000	1100	256
乙醇	12.00	3.3	33000	3300	275
石脑油	2.8	0.9	9000	900	321
异丙醇	6.00	2	20000	2000	333
乙酸乙酯	4.6	2	20000	2000	435
乙酸酐	6.10	2.7	27000	2700	443
磷化氢	3.9	1.79	17900	1790	459
溴苯	0.60	0.5	5000	500	833
Stoddard 溶剂	0.71	0.8	8000	800	1127
四氢呋喃	1.70	2	20000	2000	1176
甲酰胺	4.00	5	50000	5000	1250
汽油	1.00	1.4	14000	1400	1400
正丁胺	1.10	1.7	17000	1700	1545
氨	9.70	15	150000	15000	1546
苯丙酮	0.5	0.8	8000	800	1600
苯乙腈	0.60	1	10000	1000	1667
二乙基醚	1.10	1.9	19000	1900	1727
二氯甲苯	0.6	1.1	11000	1100	1833
黄樟精油	0.4	0.8	8000	800	2000
甲苯	0.5	1.1	11000	1100	2200
苯	0.53	1.2	12000	1200	2264
丙酮	1.10	2.5	25000	2500	2273
吡啶	0.68	1.8	18000	1800	2647
苯甲醛	0.50	1.4	14000	1400	2800
邻甲苯胺	0.50	1.5	15000	1500	3000
甲胺	1.2	4.9	49000	4900	4083
甲醇	无相应	6	60000	6000	不能测
硝基乙烷	无相应	3.4	34000	3400	不能测



### PID 应对有毒气体的决策方针

在毒品中，我们能轻易的发现大约 48 种气体，蒸汽，液体和固体物质，PID 能看到其中的 32 种物质。目前有很多的混合物和化合物不能立即明显的检测出来。当检测未知化合物和混合物时，仪器默认异丁烯的灵敏度。PID 对不同的化学物质有不同的 CF 值，不同的化学物质相对于异丁烯有不同的 CF 值。（详细信息参考：TN-106）采用 PID 来检测有毒气体，如何来设定 CF 值使得这些保护比 LEL 更完全。（详细信息参考 AP-221）注：RAE 公司的 PID 采用 RAE 公司专门的 CF 值。查看表 2：异丁烯当量的毒品中含有的有毒气体暴露极限表有以下注意事项

- 持续检测磷化氢最好用专门的磷化氢电化学传感器

表 2：异丁烯当量的实验室有毒气体暴露极限表

名称	CF	暴露极限 (EL)	异丁烯单位的 EL 值
磷化氢	3.9	0.3	0.077
三氯化磷	4.0	0.5	0.125
乙酸	22.00	10.00	0.455
乙酸酐	6.10	5	0.820
碘	0.10	0.10	1.000
二氯甲苯	0.60	1	1.667
苯乙腈	0.60	1.040	1.733
苯	0.53	1.000	1.887
苯甲醛	0.50	2.000	4.000
正丁胺	1.10	5	4.545
甲酰胺	4.00	20.000	5.000
氨	9.70	50.000	5.155
吡啶	0.68	5.000	7.353
甲胺	1.2	10	8.333
邻甲苯胺	0.50	5	10.000
石脑油	2.80	100.000	35.714

- PID 检测有毒气体其报警点设置为 1ppm，它能为你提供从碘到丙酮范围内的 22 种化学物质的保护
  - 报警点设置为 5ppm 时,它能提供从甲酰胺到丙酮间的 16 种化学物质的保护
  - 报警设置点为 10ppm 时 ,它能提供从邻甲苯胺到丙酮间的 12 种化学物质的保护
- PID 能检测其他的一些实验室化学物质，包括：

溴苯，三羟苯基苯丙稀酮，苯丙酮，苯乙酸，胡椒醛，氢碘酸。有些物质无反应极限。**注：**在缉毒调查中我们推荐用户设定 5ppm 为报警点

在毒品调查中，使用 RAE 公司的 PID 设置 5ppm 为报警点时，没有警报情况下我们无需任何呼吸防护，因为我们是安全的。

异丙醇	6.00	400.000	66.667
乙醇	12	1000.000	83.333
乙酸	4.6	400	86.957
Terahydrofuran	1.7	200.000	117.647
汽油 92 号	1.00	300.000	300.000
甲苯	0.50	200	400.000
干洗溶剂汽油	0.71	500.000	704.225
丙酮	1.10	1000.000	909.091
溴苯	0.60	NONE	NEL
异黄樟素	0.4	NONE	NEL
苯丙酮	0.5	NONE	NEL
苯乙酸	0.4	NONE	NEL
胡椒醛	0.4	NONE	NEL
氢碘酸	4.0	NONE	NEL

#### 用 PID 就可检测氨和磷化氢

PID 能轻易的检测出氨和磷化氢这样



## 应用指南 AP-220

的氢化物。PID 能持续的检测氨的浓度，不象





电化学传感器会有中毒的可能。(详细资料可参考 AP-201) 同样, 当磷化氢被离子化时就能被 PID 检测到, 对磷化氢有很好的特性并有很高灵敏度的电化学传感器更适合于检测磷化氢, 因为磷化氢的暴露极限只有 0.3ppm。

RAE 公司适合于毒品调查使用的 PID 检测器和多气体检测器

## 多气体检测器结合了 PID 传感器

RAE 检测器结合了 PID (0-2000ppm) 和其它四种传感器, 它能为我们提供针对毒品气体危害的可靠保护。它的内置泵使检测器反应更加快速, 在缉毒调查过程中, MultiRAE Plus 是一款十分有效的仪器。

## ToxiRAE II 口袋式 PID

这款检测器能放在口袋中, 型号 PGM-30 是目前世界上最小的 PID 检测器。

## ToxiRAE II 氨或磷化氢检测器

ToxiRAE 能安装氨气或磷化氢传感器, 如使用 PID 传感器就不可以更换。当配置磷化氢电化学传感器检测磷化氢时它能检测到 0.01ppm 的磷化氢。

## MiniRAE 2000 PID 检测器

MiniRAE 2000 是最好的一款用来检测和调查 0~10000ppm 范围内有机蒸汽的检测器, 它有强劲的采样泵, 最好的“盖格”计数器, 能很方便的发现泄漏的化学物质及其泄漏点。

## ppbRAE PID 检测器

它是我们目前为止最灵敏的 PID 检测器, 它在 1ppb ~200ppm 范围内能读到 1ppb 的浓度, 这意味着它能检测到嗅觉以下的浓度, 这就使它成为了一款能追踪毒品中低浓度有毒气体的优秀工具。

## 参考信息:

ACGIH, 2000 TLVs and BEIs, ACGIH, Cincinnati, OH, 2000 Chandler, David, Ph.D.; Chemical Hazards of Clandestine Drug Laboratories, Falkenthal, Greg;

“Clan Labs: A Modern Problem,” Fire Engineering, 9/97, pp 41-58 Henderson, eRobert E.; “Principles of Confined Space Gas Detection” in Applications and Technical Notes Guide, RAE Systems, 2000.

Maslansky, Carol J.; Maslansky, Steven P; “Combustible Gas Indicators” in Air Monitoring Instrumentation, Van Nostrand Reinhold, New York, 1993

Network Environmental Systems; Clandestine Laboratory Operations and Safety Field Guide, Rancho Cordova, CA, 1997

NIOSH: Pocket Guide to Chemical Hazards, NIOSH Publications, Cincinnati, OH 1994

RAE Systems: Correction Factors and Ionization Potentials (TN-106)

RAE Systems: TN-144: Handling LEL Sensor Poisons

Wrenn Christopher A.; AP-201: Measuring Ammonia with PIDs, RAE Systems, Sunnyvale, CA.

Wrenn Christopher A.; AP-211: PIDs for continuous Monitoring of VOCs, RAE Systems, Sunnyvale, CA.

Wrenn Christopher A.; AP-221: Using PIDs for Assessment of Exposure risk in Unknown Environments, RAE System, Sunnyvale, CA