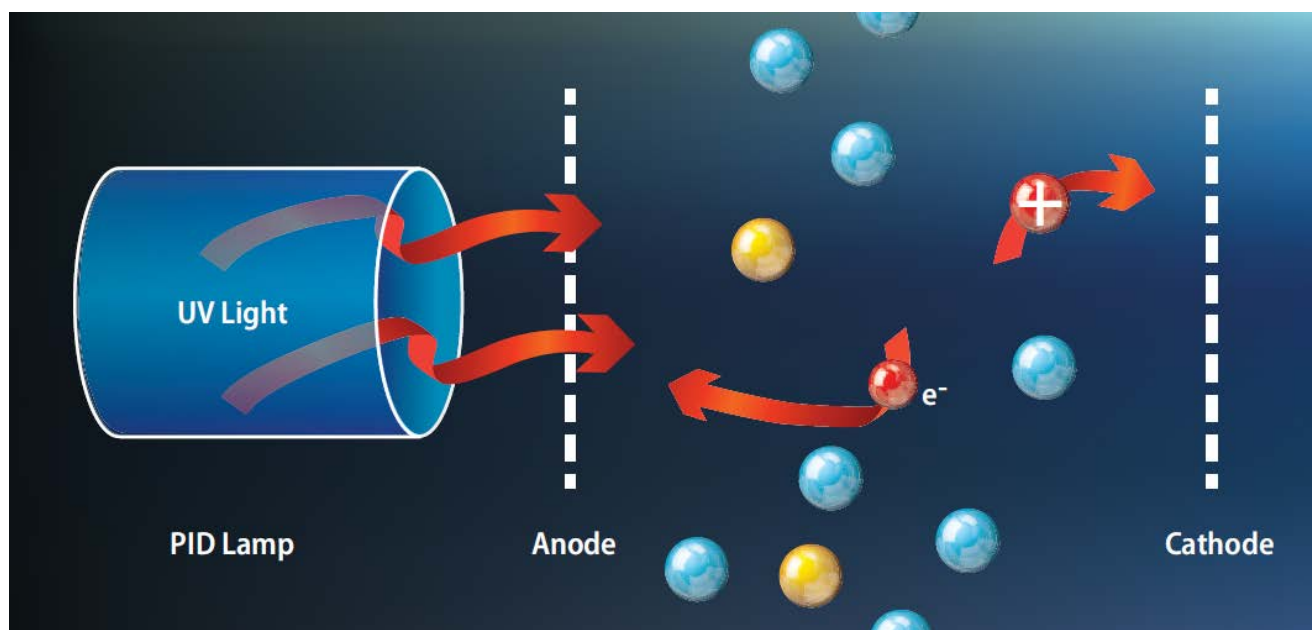


### 光离子检测仪（PID）原理与应用

#### 光离子技术原理

光离子检测仪（以下简称PID）能有效地用于多种有害物质的检测，最大程度保护使用者的安全。市面上检测有害物质的方法有很多种，和其它方法比较起来，PID原理具有响应速度快、操作简单、维护方便、体积小及检测精度高等优势，经常用于检测挥发性有机化合物（VOCs）。

PID检测仪采用光致电离的原理来检测气体，当PID灯照射到待检测气体时，气体吸收能量被激活产生离子游动，失去电子(e-)的物质变成带正电荷的离子，这个过程被称之为电离作用，下图可以帮助我们理解光致电离的过程。



大多数元素和化合物都可以被离子化，但所需能量有所不同，而这种将化合物离子化的能量被称之为“电离能”（IP），它以电子伏特（eV）为计量单位，对于气体和蒸汽来说，一般IP的范围从7eV - 16eV不等，IP为7eV的物质则非常容易被电离，IP介于12eV - 16eV的物质则非常难被电离。常见物质的电离能（IP）如下：

物质名称	电离能（IP）
苯	9.25
己烷	10.13
甲苯	8.82
苯乙烯	8.47
甲基乙基（酮）	9.51
二甲苯	8.65
磷化氢	9.87

#### PID Lamp

PID电离化学物质时会产生一个微弱的电流，该电流与物质浓度成比例，换算成ppm显示在屏幕上。PID用紫外灯来电离化学物质，紫外灯的尺寸与普通手电筒灯泡近似，发出足够强度的红外光电离化学物质。一个

10.6eV灯可以电离所有IP低于10eV化学物质。当然，10.6eV灯也能电离所有9.8eV灯可电离的物质。有少数物质(如甲醇、甲醛等)需要使用11.7eV灯才能电离，而11.7eV灯由于原理性缺陷导致寿命极短(几个月)，因此很多使用者使用其它方法来测量这类物质。

### PID 能测量哪些物质

PID检测有机化合物比如苯、甲苯和二甲苯，也可检测某些无机物，比如NH<sub>3</sub>。通常来说，被检测化合物包括C原子，即可被PID检测到，当然也有特例，比如CH<sub>4</sub>、CO是不能被PID检测到的。下列常见物质是可以用PID来检测的，包括：

- 苯
- 甲苯
- 氯乙烯
- 正己烷
- 异丁烯
- 航空燃油
- 苯乙烯
- 丙烯醇
- 硫醇
- 三氯乙烯
- 全氯乙烯
- 磷化氢

### PID 不能测量哪些物质

- 空气(N<sub>2</sub>, O<sub>2</sub>)
- CO<sub>2</sub>
- CO
- SO<sub>2</sub>
- 天然气(甲烷)
- HCl
- HF
- SF<sub>6</sub>
- 臭氧

### 响应因数

理论上，用被测目标气体的标准气来标定PID是最恰当的，然而实际操作过程中，有的现场的危害物质是混合物，或特定的标准气体很难在市场上购买到，为了解决上述问题，我们引入响应因数的概念。当一个化合物被光电离探头电离时，产生一个电流。这一响应是特定化合物的固有特性，是由其分子结构决定的。不同的化学物质，其响应曲线的斜率各不相同，我们以异丁烯为标准，因为它的电离性能处于大多数VOC中间，另外，低浓度的异丁烯既不易燃也没毒副作用。所以，响应因数定义为探头对异丁烯的响应与探头对样气的响应的比率。举例说明如下：

操作者正在使用一台经异丁烯标定过的检测仪，且响应因数默认异丁烯。当使用这台仪表采集硫化氢气体时，显示读数为 100 ppm。由于硫化氢的响应因数是 3.46，则硫化氢的实际浓度为：

$$\text{硫化氢的实际浓度} = 3.46 \times 100 \text{ ppm} = 346 \text{ ppm}$$

### 临界限值 (TLV) 和允许暴露限值 (PEL)

PID关于VOC的默认报警值是基于异丁烯而设定，如果使用者检测其它气体，需要根据被检测气体的TLV/PEL来重新设定报警值，该类接触限值可以参考ACGIH, NIOSH, OSHA等相关标准。

### 指示器和分析仪

一种常见的误区认为PID是分析仪，在某个泄漏的现场，使用者期待PID告知哪种具体的有机化合物（物质名称）存在，其实不然。PID是一种高灵敏度的检测工具，但不能识别现场到底是甲苯泄漏还是煤油泄漏，比如，PID能告诉你现场是否有有害物质存在，但不能告诉你这些物质组分名称及对应占比。PID识别蒸气浓度的典型应用过程如下（氯乙烯为例）：

1. 使用PID默认的异丁烯作为基准
2. 检测同时记录仪表上的读数
3. 通过标牌或MSDS识别具体物质，如果标牌或MSDS显示被测物质是氯乙烯
4. 重新设置PID的响应因数为氯乙烯，此后显示屏的读数就是氯乙烯实际浓度

### 职业健康

由于PID可以检测非常低的化合物浓度，是危害评估中最快速、有效的诊断工具。PID虽然不能用于辨别具体物质名称，但广泛用于危害源识别及已知有害物质评估。尤其是某些特定场合的化工原料泄漏，可以用PID迅速地判断有害物质是否存在，并参考特定物质的响应因数，来获取准确的浓度值。

### 密闭空间

工业生产会产生很多毒气、蒸气及副产品，进入密闭空间前，通常用标准四合一检测仪评估进入风险，但当环境更加复杂时，需要采用PID来评估，可发现更多的潜在风险，从而更大程度保证使用者的安全。

### 泄漏检测

通常，人们很难通过嗅觉来识别是否有泄漏，因为泄漏过程中的浓度往往比较低。PID经常用来检测低浓度的泄漏，最低可达1ppm或者更低。由于PID响应迅速，也可用于泄漏源的查找，作业过程总，使用者需要佩戴适当的PPE装备，根据浓度变化寻找泄漏源，浓度越高离泄漏源越近。

### 安全区域监控

在有有害物质泄漏的现场，通常用PID来监控及界定安全区域，达到实时动态监控的目的。比如，某现场发生甲苯泄漏事故，10:50分，附近100米处界定线处检测甲苯浓度为5ppm，11:05分，相同位置检测甲苯的浓度为10ppm，由于区域内甲苯浓度上升，需要安全工作人员重新界定安全区域的界限，以便将相关人员疏散至更远、更安全的地点。

### 喷溅轮廓界定

发生意外的有害物质喷溅时，救援或处置过程中经常伴随大量的水及泡沫产生，液体等物质混合在一起，导致事故鉴定人员无法判断喷溅的范围或轮廓，这时可以用PID来鉴定有害物质喷溅轮廓或影响范围，因为PID对水、泡沫等没有反应。

### 残留治理

有害物质喷溅或泄漏经常污染水或土壤，对周围环境产生长期的毒副作用，PID可以用来分析土壤样品中的残留有害物质，快速判定残留是否符合环境法规。

综上，PID具有响应速度快、操作简单、维护方便、体积小及检测精度高等特点，经常用于：

- 石油石化
- 化学工业
- 一般工业
- 国土安全
- 环境保护
- 消防特警

