

# 气体浓度%LEL、%VOL、PPM 和 $\text{mg}/\text{m}^3$ 换算

在工业安全、环境监测和在线分析仪表中，%LEL、%VOL、PPM 和  $\text{mg}/\text{m}^3$  是常见的气体浓度单位。理解它们的含义并掌握相互间的换算方法，对正确解读仪表读数、评估风险至关重要。

## 一、常用单位详解

### 1.1 %LEL（爆炸下限百分比）

**含义：**指可燃气体在空气中能够发生爆炸的**最低体积浓度**的百分比。

**用途：**专门用于**可燃气体**（如氢气、甲烷、丙烷等）的监测。

**关键概念：**每种可燃气体的爆炸下限（LEL）是一个固定值。当空气中该气体浓度达到其爆炸下限时，即为 **100%LEL**。

**安全阈值：**通常警报设定在 **20%LEL**（一级警报）和 **50%LEL**（二级警报）。



1.2 %VOL（体积百分比）

含义：气体在混合气体中所占的**体积百分比**。  
用途：用于描述浓度较高的气体，如 O<sub>2</sub>（氧气）、CO<sub>2</sub>（二氧化碳）、N<sub>2</sub>（氮气）等。  
换算基准：1%VOL = 10,000 ppm。

1.3 PPM（百万分之一）

- 含义：按体积计，一百万份混合气体中某种气体的份数。
- 用途：常用于测量**低浓度有毒有害气体**，如 H<sub>2</sub>S（硫化氢）、CO（一氧化碳）、NH<sub>3</sub>（氨气）等。
- 特点：无量纲单位。

1.4 mg/m³（毫克每立方米）

- 含义：单位体积空气中某种气体的**质量**。
- 用途：环保、职业卫生领域常用，用于表示大气污染物或工作场所中有害物质的浓度。
- 特点：受温度和压力影响，因为气体的体积会随温压变化。

二、气体参数扩展表

2.1 常见可燃气体爆炸下限（LEL）表

气体名称	化学式	分子量(g/mol)	爆炸下限(LEL, %VOL)	爆炸上限(UEL, %VOL)
氢气	H <sub>2</sub>	2.016	4.0%	75.6%
一氧化碳	CO	28.01	12.5%	74.2%
甲烷	CH <sub>4</sub>	16.04	5.0%	15.0%
乙烷	C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>	30.07	3.0%	12.4%
丙烷	C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>	44.10	2.1%	9.5%
正丁烷	C <sub>4</sub> H <sub>10</sub>	58.12	1.8%	8.4%

气体名称	化学式	分子量 (g/mol)	爆炸下限 (LEL, %VOL)	爆炸上限 (UEL, %VOL)
乙烯	C <sub>2</sub> H <sub>4</sub>	28.05	2.7%	36.0%
丙烯	C <sub>3</sub> H <sub>6</sub>	42.08	2.0%	11.1%
乙炔	C <sub>2</sub> H <sub>2</sub>	26.04	2.5%	82.0%
苯	C <sub>6</sub> H <sub>6</sub>	78.11	1.2%	8.0%
甲苯	C <sub>7</sub> H <sub>8</sub>	92.14	1.1%	7.1%
甲醇	CH <sub>3</sub> OH	32.04	6.0%	36.5%
乙醇	C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> OH	46.07	3.3%	19.0%
丙酮	C <sub>3</sub> H <sub>6</sub> O	58.08	2.5%	12.8%
氨气	NH <sub>3</sub>	17.03	15.0%	28.0%
硫化氢	H <sub>2</sub> S	34.08	4.3%	46.0%

2.2 常见有毒气体职业接触限值

气体名称	化学式	分子量 (g/mol)	PC-TWA (mg/m <sup>3</sup> )	IDLH (ppm)
一氧化碳	CO	28.01	20	1500
硫化氢	H <sub>2</sub> S	34.08	10	100
氨气	NH <sub>3</sub>	17.03	20	300
氯气	Cl <sub>2</sub>	70.91	1	10
氯化氢	HCl	36.46	7.5	50

气体名称	化学式	分子量 (g/mol)	PC-TWA (mg/m³)	IDLH (ppm)
氟化氢	HF	20.01	2	30
二氧化硫	SO <sub>2</sub>	64.06	5	100
二氧化氮	NO <sub>2</sub>	46.01	5	20
苯	C <sub>6</sub> H <sub>6</sub>	78.11	3	500
甲醛	CH <sub>2</sub> O	30.03	0.5	20



### 三、单位换算详解与计算举例

#### 3.1 %LEL 与 %VOL 的换算

核心公式：

$$\%VOL = (\%LEL \div 100) \times \text{LEL 值}(\%VOL)$$

举例：计算甲烷的浓度

- 1. 已知甲烷的爆炸下限（LEL）为 5.0%VOL。
- 2. 这意味着：100%LEL = 5.0%VOL。
- 3. 那么，1%LEL = 5.0%VOL ÷ 100 = 0.05%VOL。
- 4. 计算：若仪表显示甲烷浓度为 20%LEL，其对应的%VOL 浓度为：  
20%LEL = 20 × 0.05%VOL = 1.0%VOL

快速换算表（常见气体）：

气体	爆炸下限（LEL， %VOL）	1%LEL 对应的 %VOL
甲烷（CH <sub>4</sub> ）	5.0%	0.05%VOL
氢气（H <sub>2</sub> ）	4.0%	0.04%VOL
丙烷（C <sub>3</sub> H <sub>8</sub> ）	2.1%	0.021%VOL
一氧化碳（CO）	12.5%	0.125%VOL

3.2 %VOL 与 PPM 的换算

核心公式：

1%VOL = 10,000 ppm  
1 ppm = 0.0001%VOL

举例：

2.5%VOL 的 CO<sub>2</sub> 是多少 ppm?  
2.5%VOL = 2.5 × 10,000 = 25,000 ppm  
50 ppm 的 H<sub>2</sub>S 是多少 %VOL?  
50 ppm = 50 × 0.0001 = 0.005%VOL

3.3 PPM 与 %LEL 的换算

换算路径：PPM → %VOL → %LEL

核心公式：

%LEL = (PPM ÷ 10,000) ÷ LEL 值(%VOL) × 100

举例：已知氢气浓度为 800 ppm，求其%LEL

1. 氢气的 LEL = 4.0%VOL。
2. 先将 800 ppm 转为 %VOL:  
 $800 \text{ ppm} = 800 \div 10,000 = 0.08\% \text{VOL}$
3. 再计算 %LEL:  
 $\%LEL = (0.08\% \text{VOL} \div 4.0\% \text{VOL}) \times 100 = 2.0\% \text{LEL}$

### 3.4 mg/m³ 与 PPM 的换算（重点与难点）

核心公式：

$$\text{mg/m}^3 = (\text{PPM} \times M) \div 22.4 \times (273.15 \div (273.15 + T)) \times (P \div 101325)$$

公式解析：

- M: 气体分子量 (g/mol)
- T: 环境温度 (°C)
- P: 环境压力 (Pa)
- 22.4 L/mol: 理想气体在标准状态 (0°C, 101.325 kPa) 下的摩尔体积。

简化计算（标准状态）：

在标准状态 (0°C, 101.325 kPa) 下，公式简化为： $\text{mg/m}^3 = \text{PPM} \times (M \div 22.4)$

举例 1：标准状态下换算

已知一氧化碳 (CO, 分子量 28) 浓度为 50 ppm, 求其  $\text{mg/m}^3$ 。

$$\text{mg/m}^3 = 50 \times (28 \div 22.4) = 50 \times 1.25 = 62.5 \text{ mg/m}^3$$

举例 2：非标准状态下换算

已知在 25°C、一个标准大气压 (101325 Pa) 下，二氧化硫 (SO<sub>2</sub>, 分子量 64) 浓度为 10 ppm, 求其  $\text{mg/m}^3$ 。

1. 使用完整公式:  
$$\text{mg/m}^3 = (10 \times 64) \div 22.4 \times (273.15 \div (273.15 + 25)) \times (101325 \div 101325)$$
2. 计算步骤:
  - $(10 \times 64) \div 22.4 = 640 \div 22.4 \approx 28.57$
  - $273.15 \div 298.15 \approx 0.916$
  - $28.57 \times 0.916 \times 1 \approx 26.17 \text{ mg/m}^3$

**重要提醒：**从  $\text{mg/m}^3$  反推 PPM 时，使用公式的逆运算即可。现场监测时，如果温压与标准状态差异大，必须进行温压补偿，否则数据会产生偏差。

## 四、综合应用与常见术语

### 4.1 实际场景应用

假设某化工厂监测点显示：

- 甲烷：15%LEL
- 氧气：20.5%VOL
- 一氧化碳：35 ppm
- 硫化氢：5.5 mg/m<sup>3</sup>（温度 30℃）

**问题：**判断各数值含义及风险。

1. 甲烷 15%LEL：远低于一级报警值（通常 20%LEL），目前安全。
2. 氧气 20.5%VOL：在正常空气含氧量（约 20.9%）附近，安全。
3. 一氧化碳 35 ppm：需对照国家标准（如 8 小时加权平均容许浓度 PC-TWA 为 20 mg/m<sup>3</sup>），换算为 mg/m<sup>3</sup> 后评估。
4. 硫化氢 5.5 mg/m<sup>3</sup>：需换算为 ppm 并与职业接触限值（如 10 ppm）比较。

### 4.2 关键术语解释

- **灵敏度：**仪表对气体浓度微小变化的反应能力。
- **检测精度：**仪表读数值与气体真实浓度的接近程度。
- **报警精度：**实际报警触发浓度与设定报警值之间的偏差。
- **重复性：**在相同条件下多次测量同一浓度气体，结果的一致性。
- **响应时间（T90）：**从气体接触传感器到显示值达到真实浓度 90%所需的时间，是衡量仪表反应速度的关键指标。

总结与要点

1. **明确单位用途：**%LEL 用于可燃气体，%VOL 用于高浓度气体，PPM 用于有毒气体，mg/m<sup>3</sup> 用于环保质量浓度。
2. **牢记关键换算：**
  1. 1%VOL = 10,000 ppm
  2. %VOL = (%LEL / 100) × LEL 值
  3. mg/m<sup>3</sup> 与 PPM 的换算需考虑分子量、温度和压力。
3. **查阅物性参数：**进行换算前，务必查清气体的**爆炸下限（LEL）**和**分子量（M）**。
4. **注意环境条件：**特别是进行 mg/m<sup>3</sup> 与 PPM 换算时，非标准状态必须进行温压补偿。

掌握这些单位的含义和换算，能够帮助您更准确地进行安全评估、环境监测和仪表数据解读，为安全生产和环境保护提供可靠的数据支持。