

# 局限空間沉默殺手-沼氣

吳治忠

## 壹、前言

經常聽聞新聞報導，某場所發生局限空間危害，初步推斷危害主因可能是沼氣。甚麼是沼氣?如何造成危害?如何依照法規進行預防?

「職業安全衛生設施規則」第 29-1 條第二款規定，雇主使勞工於局限空間從事作業前，應先確認該空間內有無可能引起勞工缺氧、中毒、感電、塌陷、被夾、被捲及火災、爆炸等危害，有危害之虞者，應訂定危害防止計畫，並使現場作業主管、監視人員、作業勞工及相關承攬人依循辦理。前項危害防止計畫，應依作業可能引起之危害訂定有關「局限空間內氧氣、危險物、有害物濃度之測定」。條文中並沒有提及沼氣需要測定，沼氣是屬於那一類危害?又應如何防止沼氣危害?

## 貳、沼氣生成條件

沼氣有許多英文稱呼，如：marsh gas、swamp gas 或 bog gas，是在含水環境形成之生物性有機氣體，通常自然發生於河流濕地、沼澤或泥炭沼澤等地型。

沼氣是各種有機物質在隔絕空氣(即厭氧條件)空間，並在適宜的溫度、濕度下，經過微生物的發酵作用後，所產生有機物質腐壞後之混合氣體。

許多局限空間設置在地平面以下，與土壤緊密相接，如因年久失修自然崩壞或地震、樹根侵蝕形成裂縫，造成沼氣排擠進入其局限環境內，形成久久不散的高濃度氣體。

## 參、可能產生之危害因子

審視行政院環境保護署(於 2023 年 8 月更名為環境部)89 年委辦計畫：「封閉垃圾場復育綠美化執行成效評估」(主持人張添晉教授)報告指出，垃圾場地下氣體包括：氮、氧、氫、氨、一氧化碳、二氧化碳、甲烷、甲苯、庚烷、氫、苯、丙酮、乙醛、硫化氫等等。掩埋初期(0-3 個月)，甲烷、二氧化碳、氮氣各占 5%、88%、5.2%；掩埋第 3 年(42-48 個月)，甲烷、二氧化碳、氮氣各占 48%、51%、0.4%。4 年後，甲烷以及二氧化碳占據主要氣體空間(表 1)。

工業界常發生的沼氣問題在於廢水不當蓄留。一般工業廢水富含硫化物物質，其污水會遭硫酸還原等細菌分解成為工業類沼氣，主要成分為甲烷及硫化氫。另外也有一些案例是在工業沼氣池中，發現含大量氮氣、磷化三氫、乙醛、丙酮等具危害之氣體。

沼氣成份中，甲烷具可燃性與爆炸風險、窒息性中毒，硫化氫會造成急性中毒，高濃度二氧化碳會導致慢性昏迷。另外，由於各類氣體均來自厭氧環境，整體氧氣含量偏低。

不論是含有可燃、毒性或缺氧氣體，其結果都會對局限空間內作業勞工形成生命危害。

| 氣體   | 化學式             | 濃度 (vol%) | 氣體  | 化學式   | 濃度 (vol%) |
|------|-----------------|-----------|-----|---|-----------|
| 甲烷   | CH <sub>4</sub> | 0-85      | 硫化氫 | H <sub>2</sub> S                              | 0-70      |
| 二氧化碳 | CO <sub>2</sub> | 0-85      | 乙醛  | CH <sub>3</sub> CHO                           | 150 ppm   |
| 一氧化碳 | CO              | 2.8       | 丙酮  | C <sub>2</sub> H <sub>6</sub> CO              | 100 ppm   |
| 氨    | NH <sub>3</sub> | 0-0.35    | 苯   | C <sub>6</sub> H <sub>6</sub>                 | 0.08      |
| 氫    | H <sub>2</sub>  | 0-3.6     | 氬   | Ar  | 0.01      |
| 氧    | O <sub>2</sub>  | 0-31.6    | 庚烷  | C <sub>7</sub> H <sub>16</sub>                | 0.45      |
| 氮    | N <sub>2</sub>  | 0-82.5    | 甲苯  | C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> CH <sub>3</sub> | 0.09      |

表 1 行政院環境保護署「封閉垃圾場復育綠美化執行成效評估」報告，顯示掩埋 4 年後垃圾場存在之危害氣體。

#### 肆、善用儀器進行危害預防

一般缺氧作業主管擁有的基本設備是四用氣體偵測器(圖 1)，可以偵測氧氣濃度、一氧化碳、硫化氫及可燃性氣體等 4 種基本數據。而這幾種數據，恰巧也是沼氣成分中，對現場人員傷害最大的危害因子。如果現場作業主管更加謹慎，亦可使用手提式氣相層析質譜儀，協助檢定多種危害氣體。

除了主要偵測的項目：硫化氫、甲烷、二氧化碳、一氧化碳、缺氧外，如果使用氣相層析質譜儀，建議可進一步觀察氮、氫、氨、庚烷、氬、苯、丙酮、乙醛等等氣體濃度，提早發覺其他可能的氣體危害。

局限空間中危害氣體的測定技術，八分靠儀器二分靠經驗，但只要善用氣體偵測儀器，都可以減少危害氣體造成傷亡的機率。



圖 1 善用四用氣體偵測器可以減低沼氣造成的危害機率。

## 伍、結語

近年來，世界各國為發展環保電能，會由政府單位主動推行沼氣事業，取得更多可燃氣體來源。此同時，在沼氣事業工作的員工也面臨更多的沼氣危害，這是我國職業安全衛生主管機關未來要防範的問題。

沼氣對人們生活影響有好有壞，善用之則受益、忽略之則受害，對於工作環境不能避免接觸沼氣的勞工，事業單位應該設置專業人員(至少要有合格的缺氧作業主管)及配備良好的偵測儀器，才能確實保護作業人員的健康與安全。

按：吳治忠，中華民國工業安全衛生協會講師。