

缺氧作業危害及事例介紹

行政院勞工委員會
勞工安全衛生研究所

目錄

缺氧作業危害	1
一、 前言	1
二、 何謂缺氧	1
三、 什麼是缺氧危險作業	2
四、 缺氧危險場所的潛在危害	4
五、 缺氧危險場所作業的特性	6
六、 哪些人可能從事缺氧作業	7
缺氧災害案例	8
一、 景美某地下管線缺氧	8
二、 地層湧出有害氣體	8
三、 自來水加壓站災害	9
四、 污水處理廠管道硫化氫中毒	9
五、 某電力管道瓦斯突出	10
六、 醬菜廠災害	10
七、 造紙廠硫化氫中毒	10
八、 快速道路涵洞施工發生一氧化碳中毒	10
九、 北投溫泉槽災害	10
十、 某人孔缺氧災害	10
十一、 氮氣運送	10

圖目錄

圖一：氧氣含量與人體.....	2
圖二：各類常見缺氧危險場所.....	3
圖三：地層氣體噴出.....	8
圖四：一氧化碳自管道吸入.....	9
圖五：污水湧出硫化氫.....	9

表目錄

表一：常見之缺氧危險場所以及危害氣體	3
表二 缺氧危險場所之有害氣體	4
表三 缺氧危險場所之可燃性氣體	5

缺氧作業危害

一、前言

缺氧作業為局限空間中重要潛在危害之一，在大部分的局限空間中皆可能發生缺氧危害。缺氧作業一般屬非經常性作業，多為從事檢修、維護、清潔、安裝設施等臨時性作業，許多化工廠將槽體內部檢修作業外包，電力、電訊機構則將人孔涵洞內部作業外包，包商僱用之勞工流動性高，對局限空間作業安全程序不熟練，在雇主與勞工對可能缺氧之環境皆未能確實了解其危害時，經常發生缺氧災害，在過去發生之缺氧案例中又常有其他有害氣體之並存，甚至該場所中存在潛在之火災爆炸危險等。

缺氧作業因多屬局限空間作業，故出入口可能較狹小，通風不良，救援不易，甚至救援人員如未能使用防護具情形下自身也成為罹災者。

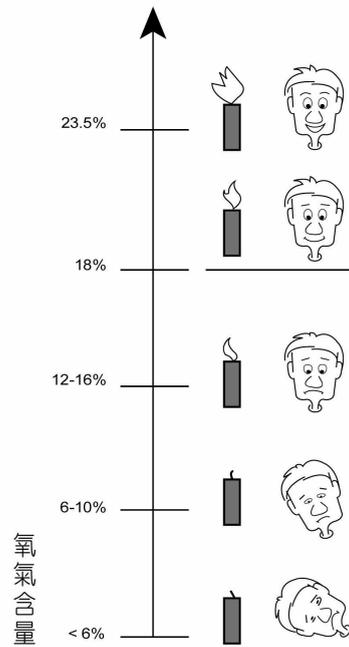
簡而言之，缺氧作業常面臨作業環境變化多端、雇主與勞工不能明確辨識危險、救援不易等問題。

二、何謂缺氧

依缺氧症預防規則之定義，缺氧係指空氣中氧氣濃度未滿百分之十八之狀態。眾所周知人體需要靠氧氣來與身體內的糖類或脂肪反應而產生能量，氧氣缺乏時，人體將會窒息死亡。

若氧氣含量低 16% 於時會影響人類的判斷力、呼吸能力或造成呼吸迅速衰竭，低至 6% 時會引起呼吸困難，並在數分鐘內即可腦死甚至致命(請參閱圖一)，因此氧氣含量低於 18% 的狀態時，即需攜帶供氣式呼吸防護具方可進入該作業空間。

人體腦部活動時，血液中氧氣分壓需要維持 60mmHg 以上，但如果吸入一口無氧的空氣，此時血液中氧氣分壓將瞬間下降至 40mmHg 以下，無氧之血液在一秒內即可達腦部，使腦部無法運作，故一般而言只要吸入一口氧氣濃度低於 6% 的空氣，人就可能瞬間倒下。



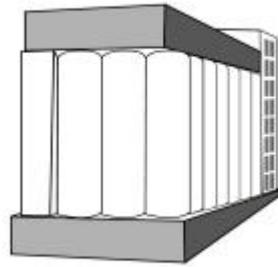
圖一：氧氣含量與人體

三、什麼是缺氧危險作業

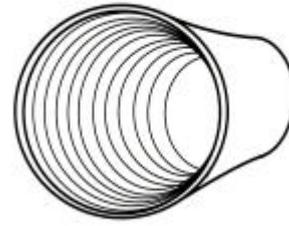
依照法規所述所謂缺氧危險作業係指在缺氧危險場所從事之作業，法規中已詳細列舉，此處不再詳列，某些常見場所如下。



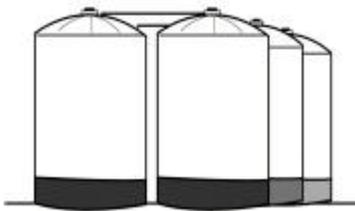
圖(A) 人孔



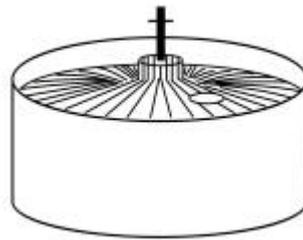
圖(B) 集合式筒倉



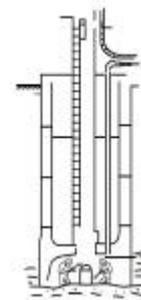
圖(C) 地下管道



圖(D) 儲槽



圖(E) 消化池



圖(F) 沉箱

圖二：各類常見缺氧危險場所

各場所中常見有害氣體見表一。

表一：常見之缺氧危險場所以及危害氣體

常見之缺氧危險場所	常見之危害氣體
船艙、穀倉、發酵槽，或飼料儲存、果蔬爛熟、蕈類栽培使用之倉庫、地窖。	硫化氫、缺氧空氣、二氧化碳、可燃性氣體等。
工廠中之： 暗渠、集塵器、烤漆爐、分離槽、蒸煮槽、焦塔槽、散漿機、粉碎機、空氣壓縮機、煙囪之水洗塔、廢水沉澱池； 管道、儲槽、鍋爐、壓力容器、冷凍庫、反應槽或其內壁易氧化之設施內部； 儲存廢液、煤炭、鐵屑、木屑、魚油等易消耗氧氣之設施內部。	缺氧空氣、氮氣、一氧化碳、硫化氫、二氧化硫、可燃性氣體及製造處置使用之物質產生之危害氣體等。
下水道、水井、坑井、隧道、地下監測房、豎坑、渠溝、人孔、開口沉箱、涵洞、地下室。	缺氧空氣、甲烷、硫化氫、一氧化碳、二氧化碳、二氧化硫、可燃性氣體等。

垃圾掩埋場、沉澱槽、廢液處理槽、消化池、人孔、高溫爐。	缺氧空氣、硫化氫、甲烷、二氧化硫、可燃性氣體等。
溫泉儲槽	硫化氫
電器、儀器機房	滅火劑

四、缺氧危險場所的潛在危害

由缺氧症預防規則中可發現，缺氧危險場所可能發生因生物、化學物質耗氧、化學物取代氧，也可能因地層中化學反應及生物活動產生二氧化碳、硫化氫、甲烷等氣體，也可能發生一氧化碳中毒。

所謂缺氧作業以狹義而言，可能係指空氣中缺乏氧氣，但實際上可能缺氧之場所尚可能有許多其他有害氣體並存，並非單純缺乏氧氣。因此缺氧作業場所危害認知上常因潛在危害因子多重而複雜，導致雇主與勞工對危害認知發生困難。以下即對各種相關有害氣體作一概略性介紹。

表二 缺氧危險場所之有害氣體

物質名稱	短時間時量 平均容許濃 度 STEL	最高容許濃 度 Ceiling	暴露徵兆及症狀	健康危害效應
一氧化碳 (Carbon Monoxide) 無色、無味 氣體	52.5 ppm	-	頭痛、噁心、虛脫、 心跳不規則、反應遲 鈍、失去意識、行為 舉止變化	50 ppm 以上 1.5-4 小 時工作效率會降低， 200 ppm 以上會劇烈 頭痛，2000ppm 以上 會喪失意識及死亡， 高於 5000 ppm 數分 鐘內會致死
硫化氫 (Hydrogen Sulfide)無色 氣體或液 體、臭蛋味	-	10 ppm	暈眩、頭痛、流淚、 刺激感、肺水腫、支 氣管肺炎、消化不 良、失去意識	100-150 ppm 下暫時 性失去嗅覺，200- 250 ppm 嚴重性刺激 頭痛噁心嘔吐，300- 500 ppm 1-4 小時後 可能會死亡，高於 500 ppm 快速失去意 識及死亡；過度暴露 時應在醫生指示下使 用亞硝酸戊酯作為解 毒劑；硫化氫洩漏造

				成勞工一人以上罹災需於 24 小時內向檢查機構報告
二氧化碳 (Carbon Dioxide)無色無味氣體	5000 ppm	-	呼吸心跳加速、頭痛、發汗、喘氣、頭昏、眼花、凍傷	高濃度 (8-15 莫耳百分率) 引起噁心、嘔吐，過久會喪失意識，大量吸入會導致循環衰竭而昏迷致死
氨 (Ammonia)強刺激味、腐蝕性氣體	75 ppm	-	刺激鼻咽眼睛、不適、灼傷、凍瘡	於 20-25 ppm 會覺得刺激不適、133 ppm 的濃度暴露會造成刺激鼻咽，超過 500 ppm 會嚴重刺激鼻、咽、眼睛，1500 ppm 會造成胸部緊急呼吸困難及致命的肺水腫
滅火劑			視使用滅火劑種類而定	

表三 缺氧危險場所之可燃性氣體

物質名稱	爆炸下限/ 爆炸上限	不相容物質	滅火須知
硫化氫 (Hydrogen Sulfide) 無色氣體或液體、臭蛋味	4.0% / 4.4%	氧化劑、 金屬、 金屬氧化物	因硫化氫極毒，應於上風處著全面防護裝備、自安全距離或保護區域滅火；硫化氫可能聚集於低窪處，並沿地面傳播產生回火；硫化氫之逸散可能形成爆炸性混合物應注意止洩；需使用不產生火花接地且抗腐蝕的通風系統；排氣口直接通到室外；避免外洩物進入下水道或狹隘空間。 滅火材料：化學乾粉、二氧化碳、水霧、酒精泡沫。
一氧化碳 (Carbon Monoxide) 無色、無味氣體	12.5% / 74.2%	鎳、鐵、鉻 (爆炸性金屬碳化物)、鹼金屬或鹼土金屬、鋁粉、硫、氯 (可能形成光氣)、溴、三氟化溴	一氧化碳易與空氣混合形成易燃或爆炸混合物，在燃燒範圍內會因靜電或足夠能量引燃，蒸氣會傳播遠處若引燃會回燒，應於安全許可下將鋼瓶移離火場，以水霧冷卻暴露於火場內的容器。如無法立即關掉外洩氣流不可撲滅火焰。

		(爆炸性反應)、氧化物等	
甲烷 (Methane) 無色無味或 微甜油味氣 體	5.0% / 15.4%	強氧化劑、鹵素 化合物	除了於高濃度下會驅離氧氣造成缺氧外，甲烷於局限空間累積時，會有爆炸危險，滅火時滅火人員應儘可能著消防衣帶正壓式空氣呼吸器及，噴水霧冷卻火場中的容器，大火時使用無須人控制的水帶控制架，如不可行，應速自火場撤離。 滅火材料：化學乾粉、二氧化碳、水霧
氨(Ammonia) 強刺激味、 腐蝕性氣體	15.5% / 25%	酸、氧化劑、金 屬鹵化物、銀化 合物、汞、鹵 素、環氧乙烷、 鈣、硝基氯苯、 乙醛、次氯酸	鋼瓶不可超過 40 ，貯槽安全閥響起或因著火變色時應立即撤離；消防人員必須配戴 A 級氣密式化學防護衣及空氣呼吸器，噴水保護嘗試停止溢漏人員；容器受熱可能破裂或爆炸，應盡快噴水冷卻容器、管線和儲槽，但不可直接加在洩漏源上，可能會加速揮發和增加溢漏。滅火前先阻止溢漏因為氨蒸氣會與空氣形成爆炸性混合物而再引燃，滅火後可能仍有爆炸性氣體存在，應先檢測其空氣中濃度。 滅火材料：化學乾粉、二氧化碳

五、缺氧危險場所作業的特性

由以上的描述中可以發現缺氧危險場所存在之危害因子眾多，且缺氧危險作業大部分又都是臨時性作業居多，作業人員不易於進入前立即判斷確認該場所之危害因子，甚至常常只認為可能缺氧，而忽略其他問題。

部份人員雖有某些環境可能缺氧之認知，但因處理方式錯誤而發生災害，例如誤以為該環境放置一段樹枝樹葉即可產生氧氣、灑水即可促進空氣流通、以電扇加以通風等，因處理錯誤也發生多起死亡災害。

再者，缺氧危險場所環境常在短時間內發生改變，例如地下人孔坑道常四通八達，氣流不定，原本可能並非缺氧狀態，但可能氣流改變瞬間帶來缺氧空氣或有害氣體；故其環境改變迅速也常令人措手不及。

此外人員在缺氧危險場所作業時，萬一發生危險常因環境隱蔽而不易被發現，往往錯過急救之機會。即使被發現，又可能因救援人員對該環境之危害不了解而一同

成為罹災者；有時救援人員又因並無緊急救難設備而無法救援。

六、 哪些人可能從事缺氧作業

在理論上凡是可能在缺氧危險場所作業之人員皆有可能從事缺氧作業，較常見者為電力、電訊工程之作業者，汙泥槽、溫泉槽之清理人員，營造業地下室、地下道之作業人員，工廠管槽維修人員等皆為高危險群。

缺氧災害案例

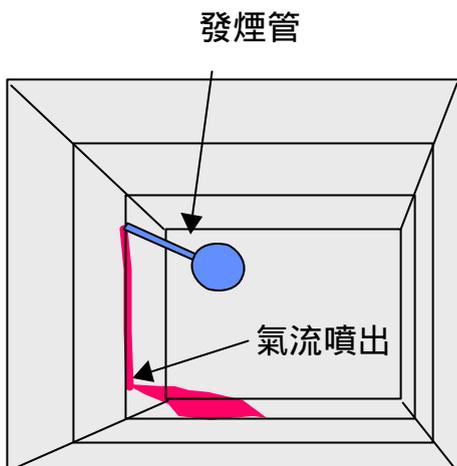
一、景美某地下管線缺氧

台北市景美區(現為文山區)，勞工進入地下人孔工作，其他人員找尋時並無回應，因位於消防隊附近，故消防隊員取防護具進入協尋，協尋前某消防員等待時探頭內望，即覺身體無法控制而下墜，經一旁其他人員拉住，稍事休息後恢復。消防員進入後尋得人員，但已不治。經測量後發現氣流極不穩定，有時缺氧，有時正常，因地下管道極長且四通八達，無法查明，故缺氧原因不明。

二、地層湧出有害氣體

台北市某新建電訊人孔，勞工夜間作業，工作為整修人孔口之高度，因工具掉入，勞工進入撿拾，稍後人孔外人員發現進入之勞工蹲踞狀，呼叫無回應，即進入處理，進入時由梯上跌下，其他人員見狀又進入一人，也跌下，即請求 119 支援，死亡二人，重傷一人。

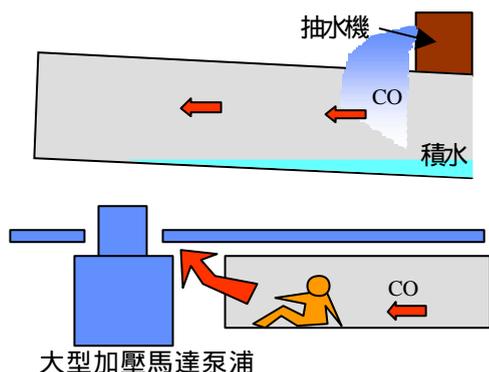
第二日前往時，因人孔已開放一夜，故封閉至第三日再測，發現人孔口氧氣 7%，深度三公尺之地下涵洞底部氧氣 0%、二氧化碳 14%，甲烷 5.5%。經持續通風後，人員進入以發煙管量測，發現預鑄混凝土之地下涵洞某一接縫處有氣流突出，以塑膠袋採樣量測發現與上述量測數據相近，故該環境為地層中氣體由接縫處噴出至涵洞中，導致缺氧環境。



圖三：地層氣體噴出

三、自來水加壓站災害

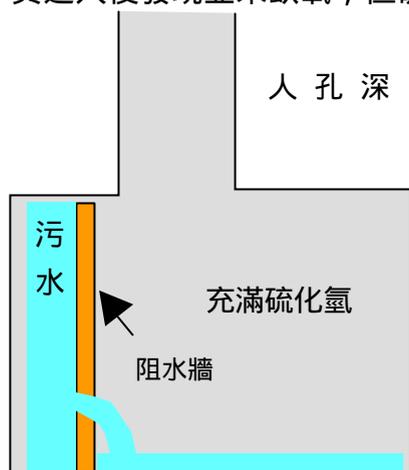
某新建自來水加壓站，因管線進水，勞工從事抽水作業，該員未回家故工地人員加以尋找，發現勞工父子二人倒於地下室內直徑將近一公尺之管線中，其中尚有樹枝樹葉等，室外之汽油抽水馬達已因油料耗盡而停機。死者為一氧化碳中毒之症狀，研判室內有大型自來水抽水機之馬達風葉帶動氣流，造成地下室負壓，導致室外汽油馬達之含一氧化碳廢氣被吸入管線，而人員可能於管線內處理事務而中毒。



圖四：一氧化碳自管道吸入

四、污水處理廠管道硫化氫中毒

污水處理場增建管道，勞工進入深度約九公尺之人孔，未按時回地面，發現時倒於人孔口中，經使用防護具救出後已回天乏術，死亡兩人。檢查員使用供氣式防護具進入後發現並未缺氧，但硫化氫當時為 130ppm 左右，為管道底部汙泥中發出。



圖五：污水湧出硫化氫

五、某電力管道瓦斯突出

某電力管道施工中，四人中午於涵洞中休息，突然四人裸身奔出，衣物燒毀，後調查發現為瓦斯管線因車輛輾壓或其他工程重壓造成瓦斯突出，遇火源而發生災害，四人送醫後皆因燒傷面積過大而死亡，纏訟數年。

六、醬菜廠災害

某醬菜淹漬廠，勞工進入長寬高各約三公尺之槽內搬運醬菜，槽體頂端為開放式，但仍造成五人死亡之案例。調查發現該場所並未缺氧，但二氧化碳濃度高達9%。故坑口開放之空間仍可能造成災害。

七、造紙廠硫化氫中毒

某造紙廠處理槽，勞工進入維修處理時，倒於槽中遭溺斃。調查發現有極高濃度硫化氫。

八、快速道路涵洞施工發生一氧化碳中毒

北市快速道路施工時地下涵洞施工，發生勞工七人一氧化碳中毒。調查發現勞工於不通風之地下涵洞使用內燃機，雖於人孔口放置電扇通風，但因並無對流，仍造成多人一氧化碳中毒。

九、北投溫泉槽災害

某年北投地區連接發生七件清洗溫泉槽汙泥而造成之硫化氫中毒災害，調查發現作業開始時，因先排放槽中溫泉，新鮮空氣吸入，開始時並無硫化氫，但作業開始後因攪動溫泉汙泥，攪動後硫化氫逐漸釋出而造成災害。

十、某人孔缺氧災害

某電力管道人孔發生缺氧災害，調查發現係為壓氣工法將空氣壓入地層，將地層中氣體擠出，擠出之缺氧空氣由人孔排出，造成該人孔缺氧。

十一、氮氣運送

某工廠以氮氣運送易爆炸之穀類細粉，勞工進入清理，原使用供氣式防護具，

但因悶熱而暫時脫下，因及早發現而重傷一人，其他類似工廠則發生原因相同之死亡災害。