

介紹

1. 使用範圍：

潛水人員，由於身體可能長時間或經常性暴露於高水壓環境中，致使過多之氣體溶解於血液或組織中而形成過飽和之狀態。當完成水底作業後，自高水壓之作業環境，回復至正常大氣壓之過程中，體內之溶解氣體，將逐漸自血液或組織中釋放出，再經由靜脈端之血液流至肺部排出體外。此時，如能依正常減壓程序緩慢上升(減壓)時，則全部溶解氣體可順利排出體外；惟當因故採取快速上升(或減壓)時，則溶解於體內組織中之過飽和氮氣，將會快速釋放累積形成氣泡，並蓄積於組織之空隙內而直接對細胞造成傷害，亦成阻礙血液循環引發缺血與缺氧等現象，此時所產生之臨床症狀與組織病變即為減壓症。

一般涉及潛水相關作業主要有漁撈，海事工程打撈，深海鑽探、爆破、水中觀測，海底採石與民間潛水等。

2. 名詞解釋：

- (1) 潛水作業：係指使用潛水器具之水肺或水面供氣設備等，於水深超過十公尺之水中實施之作業。
- (2) 潛水監督員：乃為具多年潛水作業實務與豐富經驗，且熟悉潛水作業計畫與潛水緊急應變處理程序之現場作業主管，其職責乃為召集編訂潛水計畫，負責任務分配、指揮監督與指導等主要作業職掌。
- (3) 潛水員：乃為瞭解潛水計畫、程序與目的，且適合負起於海底下處理特定水中任務者，作業前除應組合並檢查潛水系統外，作業中更應隨時通報水下工作狀況與環境變化。
- (4) 救援潛水員：乃於潛水作業進行過程中，已著妥潛水裝備待命，隨時準備下水支援之潛水人員；其任務平時主要為監聽潛水通訊系統，以便必要時能依潛水監督員之指示，下水救援。
- (5) 助理潛水員：乃為協助潛水員共同施行水下作業，其任務亦包括協助潛水員著裝與檢查潛水裝備，協助潛水員隨時監測環境危害與變化，並使用氧氣分析儀檢查氧氣分壓隨時保持於安全範圍內。

- (6) 潛水頭盔：乃為混合氣水面供氣潛水系統使用之深海頭盔，由玻璃纖維與金屬骨架所組成，具調節器與氣體流量控制閥，屬水密性設計，可確保潛水員在最大作業深度300呎時之作業安全。
- (7) 臍帶組：為供氣管、通訊線、測深管、安全索以及熱水管之管線組合，連接控制至潛水員間之保命安全裝置。其彎曲度應良好，長度分為150呎使用(正浮力)，與300呎及600呎作業用(負浮力)。
- (8) 擠壓症：乃為潛水人員於下潛過程中，因下潛速度過快，體內多數腔竇因波義效應，體積過速收縮而於超過其最小體積極限時，週邊之軟組織因向內擠壓，致產生組織拉傷，水腫與出血等症狀者稱為擠壓症。
- (9) 氮迷醉：乃於下潛期間，當呼吸高壓空氣中之氮氣分壓超過2.5大氣壓以上時，所引發之快速迷醉現象稱之。其症狀乃為愉快感、多話、妄想、反應遲頓、喪失記憶嚴重時，行動完全失去控制，近而失去知覺。氮昏醉之嚴重性，隨下潛深度之增加而愈趨增大。
- (10) 氮氣潛水：深度超過120呎之深海長期潛水作業，為避免氮迷醉現象，特將高壓空氣中之氮氣改成氮氣稱之。然，作為深度超過450呎之潛水作業，高壓氮氣將引發震顫、抽痙、腹瀉、腹絞痛、精神異常、意識不清，甚至死亡等高壓神經症候群(亦稱氮氣震顫)。
- (11) 氧氣中毒：乃因呼吸氧氣過量或過長呼吸時間所引發之中毒現象，氧氣中毒之發生乃與氧氣分壓高低、暴露時間長久與個人體質有關。通常發生氧中毒時，祇要離開該環境即可，而不需治療。

危害

潛在危害、災害類型、災害防止對策：

潛水事故所造成之傷害約70%以上均為體內惰性氣體(主要為氮氣)氣泡所引發之減壓症，潛水人員於下潛期間高分壓之氮氣將逐漸溶解於組織內至飽和為止，而當潛水人員上浮時，原溶於組織內之氮氣即再由組織內釋放成氮氣氣泡，並非組織間隙或血管內形成壓迫堆積與阻塞，產生潛水減壓病。

潛水人員於潛水過程中，其所造成之健康危害依水壓變化通常可分如下四個時期，而每個時期之危害亦有其差異：

1. 下潛期：下潛期之潛在危害包括擠壓症(包括潛水衣擠壓、頭盔擠壓、耳部擠壓、腔竇擠壓、牙齒擠壓、面鏡擠壓以及肺部擠壓等，約佔美國海軍1968～1981年間潛水意外事件之21.9%，其中以耳擠壓最常發生)；氮迷醉(即馬丁尼現象，每下潛15公尺相當於一杯馬丁尼酒之效應)與高壓神經症候群等。
2. 水底期：水底期之潛在危害包括缺氧症，氧氣中毒、二氧化碳中毒與一氧化碳中毒等因氣體失調所造成之危害。其中以氧氣中毒最高，約佔14.7%；二氧化碳中毒次之占1.9%；缺氧症則占0.7%；而以一氧化碳中毒最低僅為0.4%。
3. 上升期：上升期之潛在危害主要肇因於上升速度過快而引起之減壓病，一般暴露之作業環境，其壓力愈高或暴露時間愈久時，愈容易造成減壓症。減壓症一般分為第一型(輕微型，以關節痛最為常見)，第二型(嚴重型，已影響及中樞神經、視覺、聽覺、知覺與運動神經、以及呼吸腸胃、脊椎神經、心臟血管系統等，且亦可能於上升期間發生劇烈之肌肉或骨骼痛等現象)與慢性型等三種。第一型主要為氣泡充填於皮下組織、關節或肌肉間；第二型則充填於神經系統、呼吸系統與心臟血管系統。所有減壓病之發病期間均極短，常於潛水作業結束後，症狀即行出現，快則5分鐘內發病，慢則僅達6小時，然所有減壓病患者，約90%將於6小時內發病。
4. 任何期：潛水作業期間即自開始下潛，進行水底作業至地面等階段，常將面對各種危害，包括低溫症、驚恐症、水中不自覺溺斃症，耳朵感染以及海中生物(動、植物)傷害等項。
 - (1) 低溫症：分輕度低溫症(體溫降至33-35度間)；中度低溫症(體溫降至30-33度間)與嚴重低溫症(即體溫已降至30度以下)。一般言之，在21度水中從事輕度作業可不穿潛水衣，然低至7度時，則應穿乾式潛水衣且混合空氣應先加溫，方可禦寒，但於攝氏5度以下水中作業，如無任何保護，將約於1小時內因失溫而死亡。
 - (2) 不知覺溺斃症：乃事先過度換氣之潛水作業人員，於完成水中作業而回升至接近水面時，血液內二氧化碳之累積量尚不足以刺激呼吸中樞，且此時之血液內氧分壓又急速下降而造成腦缺氧，甚至喪失知覺之症狀，本症之預防對策乃為嚴禁潛水前實施過度換

氣。此外，潛水人員常因突發事件包括設備故障、同伴意外離散，供氣中斷，遭海中生物襲出或海潮與水流變急等情況而恐慌，引發過度換氣，嚴重者造成腦部缺氧等，致失常或無法作正確判斷，因而溺斃者高達40%。

- (3) 耳道感染：乃為潛水人員之常見疾病，除肇自污染物，耳垢與細菌感染等原因外，潮溼與過敏體質者易發生中耳炎，頭頸部附近淋巴腺則容易腫大。
- (4) 海中生物傷害：至於可能侵襲潛水人員之水中生物，包括食人魚類，帶刺魚類，腔腸動物類、貝類、章魚類、棘皮動物類與毒性動物等。
- (5) 物理性傷害：除了上述所提危害與減壓症之潛在危害外，海底作業涉及高水壓與需呼吸高濃度氣體等危害，亦面臨高低溫、體力消耗如管線敷設時，水中海底之變化，亦將使潛水人員暴露於各種危險之作業環境中，且隨敷設管線之長度之增加，且海平面高度，海底水壓潮溼變化，潮差與海浪等變化，致衍生管線有壓力差之現象，而引發吸入管線內或受衝撞擊而造成意外傷害事件。
- (6) 慢性組織病變：職業潛水人員經長期潛水工作後，除可能發生急性意外傷害外，亦可能罹患慢性異常組織病變，包括長骨骨骼系統(異壓性骨死)；呼吸系統(肺功能降低)與精神神經系統(精神神經系統衰退)等。然影響慢性減壓病之因素極多，主要有性別、年齡、肥胖、脫水、運動、體能、水溫、喝酒、二氧化碳分壓之增高、個人病史、潛水方式與深度；重覆潛水、多次潛水與潛水後立即飛行等因素。

作業程序

潛水人員於從事任一階段之作業時，均應依照如下之水中作業九大步驟進行之：

1. 確認(作業內容)：應依(5W/H)，即why(為何做)、what(應造成何種成效)、who(確認業主與相關人員或單位)、when(工作之進行期間)、where(施工地點與環境)與how(如何達成任務)。
2. 作業環境資料收集與研判：確認任務後，應自各種管道或前赴現場實地查勘，收集並研判資料以徹底瞭解作業場所之環境情況，包括地形圖、海圖、海底地形、天候圖、海況統計表，航道與船舶流量條件，

風浪、潮汐與海流，水溫、海底地質，海中生物障礙物以及緊急支援與應變情況等。

3. 訂定作業計畫：水中潛水，應先規劃各作業階段所需使用之潛水人員、船隻、機具、器材、潛水設備與方法，開始或停止作業條件或基準，以及各不同施工單位間之連繫協調要求事項。
4. 選擇最適潛水技術：水面供氣式潛水作業，因使用繫帶與水面連接，增加通訊與救生容易之安全性乃為最正確之職業潛水技術。但如經分析研判後，仍決定採用一般空氣潛水(無具有簡便、舒適、機動性高度特點，但並不適合職業潛水人員使用，大多供緊急狀況或無法使用水面供氣等極少數情況)時，即應考慮(1)潛水深度(超過50呎水深處不可使用)與水中停留時間(2)作業內容與水中游走距離(3)海況：包括海浪、海流(超過每秒50公分，不可採用)、海底地形、地質、地物、水溫、能見度、污染物與障礙物等。
5. 組織潛水隊成員：一般潛水隊乃由潛水監督員(潛水總監)、潛水員、救援潛水員、助理潛水員，供氣系統操作員以及減壓艙操作員，記錄員等組成，選取成員時，除應考量潛水技術、個性、經驗、嗜好、習慣等因素外，主要應考量及團隊合作之精神與意願。
6. 任務分配：潛水作業開始前，潛水總監應向所有潛水隊成員說明每個人之任務與水中作業要點與注意事項，並要求各潛水隊成員重覆口誦乙次。又，完成任務後，潛水隊成員應與總監報告與檢討作業中所面臨之困難或問題，並研討因應對策，以供下次作業改善作業之依循。
7. 準備必要作業設備、機具與船舶：依據異常氣壓危害預防標準第53條規定應配下潛或上浮使用之安全索，且依減壓站之停留深度以木標或木條作記號。又，依第54條之規定，使用水面供氣設備者應確實檢點潛水器，供氣管、信號索與安全索；使用緊急用氣瓶外之水肺供氣者，充檢點潛水器及第52條規定之壓力調節器；使用水肺以外之氣瓶供氣者，於檢點潛水器、供氣管信號學、安全學及第52條規定之壓力調節器。

此外，應依採用供氣潛水系統之不同特性準備必要設備包括供氣系統、潛水頭盔、臍帶組，供氣與通信控制總成，和潛水通信機、個人潛水裝備，減壓艙潛水針與吊放架以及工作所需之機具設備與運輸工具等。

8. 執行潛水任務：

- (1) 水面期：開始進行潛水作業前之水面上任務應包括組裝、測試與著裝等項。此時，應依潛水計劃進行潛水裝備之組裝、測試與檢查，重點為供氣系統、臍帶組與控制箱過信系統等項，並應確認緊急備用氣瓶功能之正常，潛水人員體能與精神狀況之良好，不致引發體溫失控與中樞神經受高壓所造成之影響。
- (2) 下潛期與水下作業期：應依下述步驟進行之：
 - A. 確認救援潛水員除頭盔與配重帶外，均已完成著裝程序，隨時待命。
 - B. 確定減壓艙已準備妥當備用，內艙保持擬潛水最大深度之壓力。
 - C. 以潛水艙作業時，當潛水作業人員進入潛水艙後，即將其吊至水面，並於完成浮力平衡與檢查後，通知載台開始依每分鐘120呎之速率下潛。
 - D. 當將呼吸空氣下沈深度達60呎時，依計劃改為氮氣混合氣，但此時通信聲音將改變，且亦將感覺呼吸氣體溫度較低。
 - E. 如潛水作業人員感覺寒冷時，應通知水面人員經由臍帶組供給熱水至潛水衣。
 - F. 依潛水計劃進行水下作業，作業中應避免因超過預期作業深度與時間而發生之危險。如環境或情況與原計劃內容不同且可能危及潛水作業人員時，應立即通知載台作必要之處理。
- (3) 上升期(含水中減壓階段)
 - A. 完成預定作業後，即應返回潛水艙內，然後再依每分鐘30呎之速率上升，如強烈水流或因其它特殊因素影響上升速率時，即應通知載名，採取必要措施因應之。
 - B. 如執行水中減壓潛水時，則依計劃減壓步驟，逐次停留各減壓站，實施水中減壓。惟，如身體存有不適現象時，即應立即通知載台採取緊急措施。
 - C. 如採取水面減壓艙減壓(屬較安全與舒適之減壓程序，但可能增長減壓時間與氧氣之消耗)時，潛水員仍需先完成必要之水中減壓，並於潛水作業人員呼吸純氧達20分鐘後，即換呼吸空氣5分鐘，以避免發生氧中毒。潛水作業人員上岸後，應於3分鐘內卸裝。並依中樞神經反應檢查後，進入減壓艙，然後

再依減壓表時間，進行艙內減壓程序。

(4) 完成作業。

相關法令、標準

1. 勞工安全衛生法第五條：

(1)~(6)、(8)、(9)略

對下列事項應有符合標準之必要安全設備：

(7)防止輻射、高低溫、噪音、振動與異常氣壓等引起之危害。

對勞工就業場所之通道、地板、階梯或通風、採光、照明、保溫、防濕、避難、急救、醫療及健康及安全設備應妥為規劃，並採取必要之措施。

2. 勞工安全衛生法第十一條：異常氣壓作業，應規定減少工作時間，並在工作時間中予以適當休息。

3. 異常氣壓危害預防標準第十四條：水面供氣之潛水作業應對每一潛水勞工分別設置調節用氣槽及備用氣槽(槽內空氣壓力維持1.5倍最大潛水深度壓力)。

4. 異常氣壓危害預防標準第十五條：水面供氣之潛水作業應設空氣清淨裝置，流量計及壓力表。

5. 異常氣壓危害預防標準第三十七至五十七條：實施潛水作業應僱用合格勞工，置連絡員救援潛水員作業現場主管，採取安全衛生管理(含特殊危害預防事項告知，潛水時間、減壓時間、氧氣減壓、空氣減壓、上浮速率、監督勞工使用安全索、作業前對器具、設備、人員裝備等之檢查…等)備置必要器材設備(如減壓艙、緊急用氣瓶、安全帶、緊急用水肺、信號索、水中計時器、深度表、潛水刀救生衣…等)，警告標示、個人防護具，並加管理。

6. 異常氣壓危害預防標準第五十八至六十一條：從事潛水作業，應依潛水深度供氣方式工作環境特性，供給適用設備，並加維護、保養與檢查清潔工作。

5. 異常氣壓危害預防標準第七十八至九十三條：提供之減壓艙應符規定，並加管制，使用時應依規定，減壓艙應設主艙、副艙並設供氣系統，材質與配備應符規定，並設置通風與警告、標示設施。

災害案例

案例一

張先生為24歲男性職業潛水員，因探勘任務需要，須連續下潛至水深5公尺的海域三次。第一次下潛時，該員即感覺鼓氣平衡不夠順暢，但仍然嘗試繼續下潛，因在抵達海底時，這種不順暢感覺似乎消失不少。當他浮至水面時，耳部就感到有些脹痛感，但他仍不以為意。第二次下潛時，同樣的情形依然發生，但在海底時，這種異狀的感覺似乎減輕不少。

當開始第三次下潛時，因感到中耳無法平衡，於張員嘗試加大鼓氣之力量，突然右耳劇烈疼痛而且伴隨有嘶嘶的耳鳴聲，於是張員立即上升至水面，且在右耳即發現有血流出，故該員即立刻轉送至醫院，經耳鏡檢查後發現鼓膜上部有一明顯的穿孔，又見中耳組織內有血塊與水腫，整個鼓膜亦有嚴重充血情形，於是該員以右耳、中耳氣壓傷，等三類之診斷住院，在住院期間接受保守療法而聽力檢查發現約有20分貝之聽力減退。經三週後，待鼓膜癒合後方行出院。

災害發生原因：

1. 下潛時，外部水壓與耳朵內部氣壓平衡造成傷害。
2. 罹災者下潛過速。

改善對策：

1. 作業中發現異常狀況時，應立即停止作業，並做必要檢查。
2. 應加強作業人員異常氣壓作業安全訓練

參考資料

1. 行政院勞工委員會，民國80年，台北，勞工安全衛生法。
2. 行政院勞工委員會，民國80年，台北，勞工安全衛生施行細則。
3. 行政院勞工委員會，民國83年，台北，營造安全衛生設施特性。
4. 行政院勞工委員會，民國84年，台北，職業災害實例。
5. 行政院勞工委員會，民國86年，台北，異常氣壓危害預防標準。
6. 海下技術協會，民國85年，台北，海下技術講座等。