

笑氣(N₂O)之特性探討

台北海大 助理教授 王固祺

一、前言

笑氣 (N₂O, nitrous oxide, 又名一氧化二氮或氧化亞氮) 為無色氣體, 它的味道為甜味。暴露於笑氣中會短時間導致智力, 視聽能力, 手的靈活度降低。長期接觸可引起維生素B群缺乏症, 肌肉麻痺等。人可能因為在吸入笑氣時氧氣過少而引起突然的窒息, 經常吸入笑氣, 被證明會產生神經毒性, 損害腦部。

笑氣通常以加壓液化的形式儲存, 而且它的主要安全隱患在於它是一種有分解性的麻醉劑。在正常儲存時, 它是很穩定的, 使用起來也很安全。但是如果錯誤地使用, 它會很容易分解而且很有可能爆炸。液態的笑氣是有機物的良好溶劑, 不過用它製成溶液有可能會生成一些對外界刺激敏感的爆炸性物質。笑氣物性如表一

表 1 N₂O的主要物理性質

性質	數值
化學式	N ₂ O
分子量 (Da)	44.01
熔點 (°C)	-91°C
沸點 (°C)	-89°C
液態密度	122.28 kg/m ³
氣態密度 (25°C), 空氣 =1	1.8122 g/L (水 =1)
氣壓 (20°C)	5.15 MPa

吸入內含高濃度一氧化氮 (NO)及一氧化二氮(NO₂)的笑氣, 會導致其他急性中毒症狀, 包括變性血紅素症及化學性肺炎等, 若因職業上長期暴露或長期濫用, 則可能產生慢性中毒。在呼吸系統方面, 因吸入而產生呼吸困難、胸悶及咳嗽等症狀; 心臟血管系統可能因吸入過量而產生胸痛、胸悶以及頭暈等症狀。神經系統方面則可能出現產生焦慮、煩亂、混亂、抽搐、意識不清及昏迷等症狀。

笑氣濫用的危險性包括: 缺氧引發心率不整; 直接由高壓鋼瓶吸入笑氣, 造成口部凍傷及肺泡破裂引發縱膈積氣, 與酒精合併使用造成吸入性肺炎; 及跌倒而造成頭部外傷等。笑氣對臭氧

層之破壞有威脅性。不純物NO與NO₂合稱NOX，所帶來的酸雨，對森林、湖泊殺傷力大。

二、笑氣的醫療應用

笑氣的藥理性作用：

1. 笑氣通過呼吸道進入人體體內從而產生作用，能抑制中樞神經興奮性神經傳導，對意識水平產生輕微的抑制，能夠保持連續自主的呼吸及對物理刺激和語言指令做出相應反應的能力，治療過程中，患者保持清醒，沒有喪失意識，保護性反射活躍，並能配合治療。
2. 笑氣對呼吸道無刺激，對心、肺、肝、腎等重要器官功能無損傷。
3. 笑氣不通過肝臟代謝，在體內不經過任何生物轉化或降解，不與人體組織結合，主要通過肺排除（99.996%），無儲積作用。
4. 笑氣的鎮靜作用強而麻醉作用弱，短時間內吸入即產生作用，停止吸入後幾分鐘作用消失。

由前述說明，我們知道笑氣在常溫常壓下為無色、無味氣體，於醫療使用上須與O₂併用，但因本身的效力無法達到深度的手術麻醉，故一般僅用於手術前的麻醉誘導或牙科手術，若與其他麻醉藥併用，有加乘作用。

笑氣應用於醫療方面，必須經醫師指示或經麻醉師之使用，過度吸入大量笑氣，將造成呼吸道刺激或者可能造成困倦或暈眩。若不小心而發生危害效應時，應將患者移向新鮮空氣處，若無呼吸，立即施行人工呼吸；若因皮膚接觸而造成凍傷或凍僵，立即以大量溫水沖洗，不可使用熱水；若接觸眼睛，立即以大量清水沖洗15分鐘以上。

笑氣是短效的吸入性全身麻醉劑，吸入約15到30秒即可產生欣快感，並可持續2到3分鐘。會使與維生素B₁₂合成及代謝有關的酵素失去活性，因而影響有維生素B₁₂參與的正常生理功能。長期使用會產生末梢神經及脊髓病變，出現手麻、腳麻、無力走路、立體感完全喪失等症狀，或產生巨大型紅血球貧血症、嗜中性白血球及血小板過少等，並可能產生精神異常，如嗜睡、抑鬱或精神錯亂等。因醫療使用氧化亞氮時，都會加入70%-80%的氧氣，但時下青少年則未使用氧氣，常與酒精或其他藥物併用，容易有中毒危險，會造成嚴重身心傷害。吸食「笑氣」成癮患者，四肢會呈現肌萎縮狀態：雙手蜷縮，雙腳無法行走，連在輪椅上坐一會兒都會覺得累，只能躺著，吃飯、喝水、上廁所都需要別人照顧。長期吸入「笑氣」會引起大腦脫髓鞘的病變，包括導致腦部中樞神經系統處於缺氧狀態，因而帶來損壞；最明顯就是有些人大劑量使用後會出現軟癱，這是因為遠端的神經末梢受到損傷，腿不能走路，手不能拿東西。

笑氣消除緊張與恐懼，自1840年代Dr. Horace wells使用於牙科手術，迄今已有一百七十多年的歷史，是現代醫學上被持續使用最古老的藥用氣體之一。濃度5%到25%的笑氣，可以讓人感

到全身放鬆、手腳麻麻的感覺。濃度25%到55%的笑氣，則有鎮靜、止痛的作用，會感到全身溫熱，較無疼痛感，且對周圍環境聲音較無感覺。

笑氣應用於醫療鎮靜麻醉方面，它的優點：

1. 患者經笑氣麻醉可以消除對口腔治療的恐懼感以及心理障礙，並保持一種愉快、放鬆的就診狀態。
2. 對呼吸道無刺激，有味甜、草莓芳香味或甜蛋糕芳香味，受術者特別是兒童，樂於接受。
3. 結束後笑氣會安全代謝掉，並不會經由人體吸收。
4. 十分安全，對心肺功能等重要器官不會損害。
5. 不會睡著，全程都是醒著的，醫師可以和患者對話。
6. 笑氣麻醉速度快，約在2分鐘至3分鐘後感受到放鬆與疼痛減低的效用。
7. 術後2-3分鐘即可下床行走，休息10-20分鐘即可回家。

圖為笑氣鎮靜的限制（有以下症狀的朋友不建議使用）：



三、笑氣之其他用途

笑氣的工業及食品用途：

台灣是半導體製造大國，在半導體業製程中，需要笑氣輔助化學氣相沉積或原子層沉積使用，可成長二氧化矽薄膜、氮氧化矽等含氮薄膜生長，根據2018年的統計資料，笑氣使用量高達1.2萬公噸；而且進口量從2016年到2018年間成長了將近一倍。

在工業用途上，除了半導體業外，也常用作改裝汽車的助燃劑，以及在食品工業的應用，經常被用於奶油加工，例如奶油發泡、噴氣式罐裝食品等，以笑氣打發的乳製品口感較為滑膩疏鬆，而且奶油經過壓縮笑氣處理，奶油體積變大，容易做造型，可以順利浮在咖啡上。

去年5月29日食藥署已預告，為與國際管理趨勢一致，以往被列為食品原料管理的笑氣，將改列為食品添加物管理，目前食品添加物的使用，是根據《食品衛生安全管理法》（簡稱食安法）中訂有「食品添加物使用範圍及限量暨規格標準」，該標準於添加物之使用品項、適用範圍、使用限量及規格標準皆有明確規範可作。

新制將於今年7月1日實施後，將配合廢止「食品用一氧化二氮衛生標準」，而食品級氣體（包含氮氣、二氧化碳等）納入食品添加物管理，食品添加物必須要在標示上載明，若未依規定標示，將依法開罰最高300萬元。

四、結論

對環境而言，氮氧化物，當然也包括笑氣，是一類溫室氣體。因此，氮氧化物是控制溫室氣體排放時（比如京都議定書）的主要對象。笑氣是排在二氧化碳、甲烷之後的第三大溫室氣體。它所能造成的溫室效應的效果大約是二氧化碳的300倍。在自然條件下，笑氣主要從土壤和海洋中排出。人類耕作、生產、使用氮肥、生產尼龍還有燃燒化石燃料和其他有機物的過程增加了笑氣的排放量。

這些年，笑氣悄悄流入市面，並被包裝成「派對助興」的催化劑。這無色微甜的便宜氣體，看似沒有立即成癮性，但2019年長庚醫院研究團隊發表報告，確診多名青少年因吸食笑氣而癱瘓的案例。大部分使用者有多重藥物使用之情形，如併用K他命、搖頭丸等，因此共病憂鬱及幻聽妄想之比例偏高。其實笑氣具有一定的危險性，使用與存放皆需小心，不可自行任意使用，否則將會造成危險，嚴重將傷及人命，平時需熟悉安全資料表之規定，以備緊急救護之用，有關部門已對「笑氣」濫用可能導致的成癮性、耐受性、身體危害性等展開評估，並研究適當的管控措施，防止其蔓延給社會帶來更多危害。

五、醫用笑氣的仿單

XXX公司氧化亞氮

【成分】

本品所含氧化亞氮(Nitrous Oxide，俗稱笑氣)應在99.0% (v/v) 以上。)

型態：液化氣體。

【性質】

根據文獻記載，氧化亞氮是無色而略帶甜味及臭味的氣體，在20°C一個大氣壓下時，1mL可溶於1.5mL水或0.4mL酒精。

【作用及臨床藥理】

一、作用：

氧化亞氮是一個吸入性麻醉劑。它是一個作用弱的麻醉劑，它的最低肺泡濃度（Minimum alveolar concentration, MAC）值是110%。氧化亞氮具有止痛效應，但是無法使肌肉鬆弛。氧化亞氮必須和氧氣一起使用，否則會發生組織缺氧（hypoxia）。

二、藥效學特性：

氧化亞氮對中樞神經的麻醉作用（人體、老鼠）雖然很小，但是會抑制人類及猴子的聽覺、視覺、觸覺、痛覺。氧化亞氮的作用效果如下：

- （一）單獨使用氧化亞氮無法達到有效的麻醉效果，故必須與其他麻醉劑或藥物合併使用（例如：類鴉片類止痛劑、鎮定劑、肌肉鬆弛劑或其他吸入揮發性麻醉劑）。
- （二）只要在不低氧氣及碳酸瓦斯殘留的情況下，心律不會有變化，對腎上腺素也無感受性（人體）。
- （三）對鼻咽頭氣管的刺激較少，造成咽頭痙攣的危險性較少，且不會增加氣道分泌物，不會抑制氣管纖毛運動（人體）。
- （四）在麻醉開始初期，唾液分泌會增加，麻醉越深此種狀況便減少。食道或是胃腸的蠕動，並不會受到影響，消化液也正常分泌（兔子）。

三、藥理學特性

氧化亞氮用於維持麻醉，以及在次麻醉劑濃度下可用於止痛。麻醉時，通常與30%以上的氧氣同時使用來配合其他吸入性或靜脈注射劑。由於缺乏效力，氧化亞氮單獨作為麻醉劑使用時，並沒有令人滿意的效果，但是與其他藥物合併使用時可以顯著的減少其劑量。

氧化亞氮如果使用於含空氣密閉空腔的病人，會產生惡化作用，因為氧化亞氮會擴散而導致壓力增加。這種作用在有氣胸（pneumothorax）時會危及到呼吸，或是在頭部受傷後出現顱內空氣（intracranial air）。

當麻醉結束，停止使用氧化亞氮後，可能會發生組織缺氧，因此必須給予數分鐘額外的氧氣，以防止血氧過低（hypoxaemia）。使用麻醉機時，應特別注意避免組織缺氧，機器應該要加入防缺氧裝置。病人需要長時間暴露於氧化亞氮時，不論採用連續或間歇性給藥，都可能因為維他命B12的作用受到干擾而導致巨大型血紅素貧血。對神經的毒性作用可能不會先發生血液性質的改變。白血球的形成可能會受到抑制。

評估血漿中維他命B12的濃度於可能缺乏的病人，包含老年人，飲食不佳或素食者，以及有

貧血病史者。氧化亞氮不應該連續給予超過24小時，或是超過四天而沒有就近監督或血液學的監控。

四、藥物動力學

1. 給予人體吸入氧化亞氮後，初始時會大量且快速吸收（約 1000 毫升 / 分），隨著時間，吸收會快速減少，20 ~ 30 分鐘後便幾乎達到飽和，之後只會吸收極少量。排泄的狀況也和吸收相同。
2. 氧化亞氮吸入後血液 / 氣體分佈係數很低，大部分被吸入的氧化亞氮以原形態，快速地經由肺部排出，少量會分佈至皮膚。

【適應症】 吸入性全身麻醉、鎮痛

【用法用量】

1. 氧化亞氮和氧氣混合，可以用於導入麻醉及維持全身麻醉。不過現在主要用來做其他吸入性麻醉或靜脈麻醉之輔助劑，以減少這些麻醉劑之用量。
2. 氧化亞氮和氧氣在低於麻醉濃度下合用，可以用於緊急醫療婦科其他痛的手術，包含牙科手術，可以有止痛與安眠效果。
3. 使用 70% 氧化亞氮與 30% 氧氣可以用於導入麻醉，同樣或更稀釋的濃度可以用來維持。和氧氣混合用於止痛時，氧化亞氮佔 25 ~ 50%。可依照使用目的及患者狀況，適當的增加氧氣濃度。

【用藥禁忌】

1. 與 propofol 合併使用時，交互作用會使麻醉作用增強。可能會引發麻醉作用增強、收縮期血壓、擴張期血壓、平均動脈壓及心輸出量低下，因此在併用時，應慎重投藥，例如減低 propofol 的給藥劑量。
2. 氧化亞氮和其他麻醉氣體並用時，會有加總作用。fentanyl 和氧化亞氮並用時，會導致心跳速度和心臟輸出降低。

【警語】

1. 使用氧化亞氮於下列狀況時，應慎重投藥：
 - (1) 氧化亞氮會造成維他命B12的不活性化，延長或頻繁使用氧化亞氮有可能引起造血機能障礙及神經障礙，請仔細觀察患者，若有上述症狀產生時，請予以補充維他命B12等適切處置。
 - (2) 造血機能障礙者 [恐出現明顯副作用]。
 - (3) 耳管狹窄症、氣胸、腸閉塞、氣腦症等，體內有密閉腔的患者，其密閉腔容量及內壓會產

生變化。

2. 氧化亞氮麻醉時：

(1) 麻醉開始時，吸氣中氧氣濃度應超過30%。麻醉開始時，為避免氧化亞氮的肺內殘氣造成稀釋，應充分進行脫氮。

(2) 麻醉結束時，為避免氧氣缺乏症，應繼續給予幾分鐘純氧。

3. 缺氧性麻醉是危險的，所以氧化亞氮的使用，必須給予至少 20%~30% 以上的氧氣。氧化亞氮會擴散而充滿體腔，因此用於下列狀況時，要特別小心，例如腹部膨脹 (abdominal distension)，中耳閉塞 (occlusion of the middle ear)，氣胸 (pneumothorax)，或是在心包膜 (pericardium) 或腹膜 (peritoneum) 的類似空穴。

4. 腦部攝影檢查 (encephalography) 中或後，也要特別小心注意。長時間使用氧化亞氮來麻醉時，必須給予氧氣來預防肺泡氧氣濃度減少，而導致擴散性低血氧的現象。除了上述的注意事項，等量的氧化亞氮與氧氣不可以用於病人頭部受傷無知覺時，頰面受傷 (maxillofacial injuries)，減壓病 (decompression sickness)，或是重度安眠藥給藥患者 (sedated)。目前已知氧化亞氮有可能被濫用。

(1) 對行為能力的影響：

使用氧化亞氮為麻醉劑之後，當天不得駕駛、喝酒，並在醫師同意下始得服用鎮定劑或安眠藥。

(2) 對硬脊膜外腔麻醉 (Epidural anaesthesia) 的影響：

氧化亞氮在充滿氣體的體腔會擴散，而且會使注入硬脊膜外腔空間的空氣泡增加體積，這會導致不一致的局部麻醉而產生不恰當的麻醉作用。在硬脊膜腔注入氣體的情況下，不建議使用氧化亞氮；除非能準確掌握，並限制硬脊膜腔的氣體輸注量。

(3) 對施用者的危險性 (Hazard to user)：

當使用氧化亞氮於麻醉時，保持有效的去除與通風系統，以避免氧化亞氮的毒害是必須的。高風險區域包含手術室，產房，牙科手術等。職業性傷害會導致骨髓與神經傷害，對暴露於氧化亞氮下之女性工作者，有增加流產率及減少受孕率之可能。

(4) 維他命B12缺乏 (vitamin B12 deficiency)：

未經診斷缺乏臨床症狀的維他命 B12 缺乏患者單次使用氧化亞氮之後，發生神經功能失調的現象曾有案例報告。可能有維他命 B12 缺乏的高危險群，包括老年人、營養不良、素食和曾有貧血的人，建議於使用氧化亞氮前先行評估。

【副作用】

1. 氧化亞氮的重大副作用是造血機能障礙（顆粒球、血小板的減少等）（頻率不明）；由於可能有顆粒球、血小板的減少等的造血機能障礙出現，因此長期使用的患者應進行血液檢查，若有上述症狀產生時，請立即中止用藥。
2. 其它的副作用是手術後會有噁心感或嘔吐，精神神經系統則是末梢神經障礙，兩者的發生頻率皆不明。
3. 氧化亞氮的主要併發症是不同程度的組織缺氧。長時間使用會發生巨大型紅血球貧血症 (megaloblastic anaemia) 及周圍神病變 (peripheral neuropathy)。抑制白血球的形成也可能發生。由於氧化亞氮會擴散進入含有空氣的體腔，因此會有壓力與體積增加的風險。

(1) 對血液的影響 (Effect on the blood) :

氧化亞氮與維他命B12有交互作用，這是因為阻斷了維他命B12輔助酵素的甲基化作用，而導致甲硫胺酸(methionine)與四水合葉酸(tetrahydrofolate)的缺乏。代謝的結果顯示可能是兩者同時或其中之一被除掉。由於氧化亞氮的干擾DNA的合成作用，骨髓的白血球與紅血球的生成作用會被阻斷。在使用氧化亞氮24小時的病人身上可以見到紅血球形狀改變與白血球的生成受阻。在正常骨髓的病人，成熟顆粒血球的儲存量，可以維持暴露於氧化亞氮3天仍然保持正常，而不會白血球缺少(leucopenia)。但超過4天或以上時，會造成顆粒性白血球嚴重缺乏 (agranulocytosis)。

(2) 對神經系統的影響 (Effect on the nervous system) :

神經障礙主要是神經鞘病變與神經病變，發生於長期濫用氧化亞氮者。類似的作用會發生在醫院內重複使用氧化亞氮的病人。這些神經障礙被認為主要是氧化亞氮誘發的甲硫胺酸缺乏作用。

臨床上未出現維他命B12缺乏（所需要的甲硫胺酸合成輔酶）症狀的病人之神經病變，可以在單次使用氧化亞氮的麻醉時觀察到脊髓神經病變及亞急性合併退化症 (Myeloneuropathy and sub acute combined degeneration)。

【注意事項】

- 一、 需注意氧化亞氮會因為重複攝取，而產生依存性。
- 二、 有報告指出，本劑的體內密閉腔內壓上升作用有可能會引起中耳內壓的上昇至鼓膜破裂。
- 三、 有報告指出，進行仰臥位的顱骨切開術時，本劑的體內密閉腔內壓上升作用，有可能會引起壓力性氣腦症。

四、對填塞所使用的氣體會留存於玻璃體內眼部手術患者，不應投與。本劑的體內密閉腔內壓上升作用會引起眼壓急速上升，恐有失明之虞。

五、保存氧化亞氮應注意下列事項：

- (一) 本劑擴散至cuff內後會引起cuff內壓上升，恐會引起cuff的變形、破裂、或其他問題，請特別小心注意。
- (二) 有報告指出，因職業需要而長期暴露在本劑下的女性，自然流產率偏高，因此使用本劑時請特別注意換氣通風。
- (三) 有高濃度氧化亞氮存在，且有可燃物存在的部位，請勿使用電刀(electric scalpel, mes)等易引火設備。
- (四) 由於為液化氣體，因此使用時請讓容器站立。
- (五) 避免容器因倒下、跌落等而對容器產生衝擊。
- (六) 閥門等直接接觸到氣體的地方，都需注意有無油脂、有機物的附著。
- (七) 使用時，請慢慢將閥門完全打開，適當使用後，也請將閥門閉緊。
- (八) 萬一麻醉氣體洩漏或是氣體從安全閥流出時，請小心不要凍傷，並將容器移至通風的安全場所，並迅速和購入廠商連絡。

【懷孕與授乳】

1. 對孕婦（3個月以內）或有可能懷孕之婦女，需事先判斷治療上之益處勝過危險性，始可投與。

[經動物實驗有致畸形之報告]

2. 氧化亞氮對老鼠有胎兒毒性作用，然回顧歷史文獻，無氧化亞氮對人類胎兒有毒性作用報告。

【過量】

1. 長期使用的患者應進行血液檢查，若有顆粒球、血小板的減少等的造血機能障礙症狀產生時，請立即中止用藥。
2. 一般來說，健康人的外科手術可以給予氧化亞氮 24 小時不會造成傷害。如果超過 24 小時，給予 30 毫克亞葉酸 (folinic acid) 可以保護造血系統。如果分次給予氧化亞氮，每次間隔少於 3 天時，對 DNA 的作用仍然會有積蓄作用。

【物質安全性資料】 詳細說明參考-勞委會製作頒佈之GHS版物質安全資料表 (序號：3613號)

一、不相容事項：如：容器內含高壓氣體，請遠離油污，並於通風良好處使用並隔離所有引燃源。

二、儲存特殊注意事項：

1. 須於固定好要使用時方可移去閥帽。

2. 貯存或使用時，鋼瓶必須適當固定。
3. 不使用或空瓶時必須將閥關閉。
4. 空瓶需標示並與實瓶分開。
5. 檢查容器是否有清楚的標示。
6. 遠離不相容性物質。
7. 保持容器緊閉，遠離熱、火花、明火和強氧化劑。
8. 禁止吸煙、暴露在非覆蓋（防爆）光源及明火中。
9. 儲存於原容器中
10. 儲存在陰涼、乾燥及通風良好的區域。
11. 低於 40°C 下儲存。
12. 限量貯存，貯存期間不可超過有效期。
13. 避免容器物理性損壞和定期測漏。

三、若發生洩漏，應注意下列事項：

1. 隔離危害區域，並禁止非相關人員進入。
2. 人員需待在上風處並遠離低窪地區。
3. 進入局限空間前，先做好通風。

【包裝】

- 內容積70公升容積鋼瓶，其充填重量至少應達42公斤
- 內容積47公升容積鋼瓶，其充填重量至少應達30公斤
- 內容積43.3公升容積鋼瓶，其充填重量至少應達25公斤
- 內容積40公升容積鋼瓶，其充填重量至少應達25公斤
- 內容積24公升容積鋼瓶，其充填重量至少應達15公斤
- 內容積10公升容積鋼瓶，其充填重量至少應達5公斤
- 內容積3.4公升容積鋼瓶，其充填重量至少應達2公斤

【儲存條件】

本藥應儲存於在陰涼、乾燥及通風良好的區域。

【類別】本藥限由醫師使用。

衛署藥製字第XXX 號。

製造廠名稱：XXX

廠址：XXX

六、參考文獻

- [1] 維基百科，「一氧化二氮」，<https://zh.wikipedia.org/wiki/%E4%B8%80%E6%B0%A7%E5%8C%96%E4%BA%8C%E6%B0%AE>。
- [2] 「一氧化氮物質安全資料表」，<http://www.ee.ncu.edu.tw/aboutee/docs/data/%A6M%AE%60%AA%AB%BD%E8%A6M%AE%60%BC%C6%BE%DA%B8%EA%B0T%B8%EA%AE%C6%AEw/DATA/MSDS/FISO0027.PDF>。
- [3] 林純吉醫師，「笑氣(Nitrous oxide)與其他麻醉性氣體引起之中毒及其續發症」，第三版。
- [4] 宏理氣體，「氮氣使用的介紹」，宏理國際股份有限公司，<http://www.goodgas.com.tw/chuansheng/front/bin/cglist.phtml?Category=109169>。
- [5] 馬大元、高譽誠、魯思翁，「笑氣(氧化亞氮)濫用」，台灣精神醫學，第16卷，第3期，第243-247頁，2002年。
- [6] 林佳谷，「被奴役的氮氣」，<http://www.fengtay.org.tw/ap/envList.aspx?id=1151>。
- [7] 李灝銘，「氮氧化物之防制技術簡介」，2019.06.19，<http://setsg.ev.ncu.edu.tw/Portals/1/108/%E6%B0%AE%E6%B0%A7%E5%8C%96%E7%89%A9%E4%B9%8B%E9%98%B2%E5%88%B6%E6%8A%80%E8%A1%93%E7%B0%A1%E4%BB%8B.PDF>。
- [8] 田曉華，「醫用氣體GMP轉型升級 開創健康照護新天地」，管理知識中心，<https://mymkc.com/article/content/21539>。
- [9] 游智傑，「笑氣治療」，天氣醫院，http://www.tcmg.com.tw/ym/knowledge/knowledge_2_detail.php?Key=312&clD=3&keyword=。
- [10] 衛生福利部食品藥物管理署，「氧化亞氮(笑氣)」，2019.4.24，<https://www.fda.gov.tw/TC/siteListContent.aspx?sid=10774&id=29297>。
- [11] 新華社廣台部，「笑氣」，風傳媒，2017.7.9，<https://www.storm.m>