

?的地方，請作者確定。

近來在航運業內有一熱門話題：「如何防止空氣污染」。這個問題其實已經困擾香港這個地區多年了，基本原因是區內的工業區排放看不見的物質是主因，如氮氧化物 (NO_x)、硫氧化物 (SO_x)、二氧化碳等。煙和廢氣排放物是完全不同的東西，汽車、輪船和飛機噴出的煙是看得見的東西，所以如果煙是黑色的話，便令人感覺討厭，導致投訴多多。

現在讓我們探究一下空氣如何被污染。

氮氧化物和煙霧

氮氧化物和硫氧化物是石化燃料，例如石油、煤炭，燃燒時的氣體成份，它與水產生反應，並造成酸雨。氮氧化物和硫氧化物於大氣中可淤積酸性物，雨水正常是有微酸的，酸鹼值 (pH)大約是 5；但酸雨是低於 3 的，與醋無異。

平流層上空的溴氧是一貴重的輻射緩衝層，當地面層溴氧上升至約 100 ppb (十億分之...??) 時，會對人類健康構成危害，地面溴氧層是光化學煙霧 (Smoke + fog = Smog) 的主要成份。當有一層暖空氣呈現於強烈陽光及困於較冷空氣下，在大氣低層出現一連串化學作用，因而產生光化學煙霧，在此條件下溴氧直接產生。

額外溴氧是經由石化燃料燃燒釋放氮氧化物的結果，氮氧化物被排放於大氣中趨向氧化而變成二氧化氮 (NO₂)，這二氧化氮是褐色氣體，較氧化氮(NO)更為有害。

氧化氮和二氧化氮混合揮發性有機化合物在陽光下產生光化學煙霧，這煙霧包括地面溴氣、其他有機化合物、乙醛 (aldehydes) 和細微粒子。

硫氧化物

燃燒石化燃料而排放出硫氧化物會危害人類呼吸系統、植物、動物和建築物，二氧化硫比空氣重，積聚至約 500 ppb 時會有窒息氣味感覺，對較為易受感染的人可會造成死亡。一般大氣中的二氧化硫含量少於 10 ppb 的。

揮發性有機化合物

當運輸、裝載和卸載原油或石油產品時釋放出來的炭氫氣便是揮發性有機化合物 (VOC)，它是汽化的炭氫物。二氧化氮和氧化氮與揮發性有機化合物產生反應造成地面層溴氣或在陽光下成為光化學煙霧。這些有毒成份的煙霧會危害人類的呼吸系統，植物和動物，除此之外，揮發性有機化合物的甲烷 (CH₄) 成份是溫室氣體的一部份，其釋放促進全球暖化的原因。

冷凍劑氟氯烴(Freons/CFC) 和哈龍氣體 (Halons) 是經由鹵化產生的炭氫化合物，而這化合物是破壞大氣平流層上空的溴氧層，這些物質稱為消耗溴氧物。燃燒含有污染

物的燃料和不當焚化物料會釋放其他有毒氣體和化合物。

二氧化碳

二氧化碳的形成一方面是自然的，如生物的腐敗、森林大火、火山爆發和呼吸；另一方面，工業及運輸上使用的石化燃料也可發出二氧化碳，這也是溫室氣體的主要成份。比例上它有五成造成全球暖化，其他的五成則由 18% 甲烷、6% 地面層溴氣及氧化氮，和釋放 24% 的鹵化冷凍劑及救火劑產生的二氧化碳。

國際海上防止由輪船污染公約內的附件 VI

鑑於空氣污染嚴重，包括排放破壞臭氧層的物質，國際海事組織已通過，並於 2005 年 5 月 19 日全球實施的 1973/78 年，經 1995 年協議修訂的國際海上防止由輪船污染公約內的附件 VI 有關空氣污染的國際規例。這規例的說明是：

- ✘ 規定由柴油引擎排放的氮氧化物上限，
- ✘ 規定燃油內的含硫量上限和指定特殊的硫氧化物釋放控制區 (SECA)，
- ✘ 禁止故意排放消耗溴氧化物，
- ✘ 規定船上的焚化爐標準和禁止在船上焚化某種物料，
- ✘ 強制規定使用揮發性有機化合物氣體回收系統 (適用於油輪裝載油貨時)，
- ✘ 引入添加燃油的管制，和
- ✘ 引入燃油合成的管制。

這個附件 VI 的規定，適用於所有 400 總噸及以上的船舶。這些船舶若然航行國際航程必須通過檢驗，並須持有國際防止空氣污染證書 (IAPPC)，證書有效期為 5 年，在這 5 年內必須通過年檢確保船舶遵守附件 VI 的規定。

400 總噸以下的船舶需由有關當局製定自己的法律來管制，香港特別行政區政府海事處已發出《商船(防止空氣污染)規例》，香港附屬法例第 413 章，內容與國際公約大致相同，其中一環提及香港防止空氣污染證書 (HKAPPC)，這規例已於 2008 年 6 月 1 日生效實施。

柴油引擎的管制

除了只作應急用途外，於 2000 年 1 月 1 日或以後安裝於船上，或經重大改裝的，用作推進的超逾 130 千瓦的柴油引擎受到氮氧化物排放的管制，鍋爐和氣體渦輪機(吹疏車)並不在這規定之內。

氮氧化物的排放上限

柴油引擎額定曲軸轉速的氮氧化物排放上限須控制如下表：

引擎額定轉速 (n) 以每分鐘曲軸轉速 (rpm)	允許氮氧化物的最大排放量 (g/KWh)
少於 130 轉	17.0
130 – 1999 轉	$45 \times n^{-0.2}$

例如：一部推進柴油引擎的額定轉速是 720 rpm，根據上表的公式算出最大排放量是 12.1 g/KWh。其基本計算過程如下：

$$\begin{aligned} \text{氮氧化物的最大排放量} &= 45 \times 720^{-0.2} \\ &= \log 45 + (-0.2) \log 720 \\ &= 12.071 \approx \underline{12.1 \text{ g/KWh}} \end{aligned}$$

720 log	2.85733
x	-0.2
	-0.571466
45 log	1.65321
12.071 A-log	1.081744

產生的氮氧化物量是依靠溫度的，於高溫中，空氣中的氮氣連同燃料內的氮氣與氧氣結合形成主要的氧化氮；當溫度高逾 1600°C 時，氧化氮的形成率提升得很快，結果，當廢氣經過排氣系統放出了大氣層，大量氧化氮轉變成為二氧化氮，在當前週遭條件驅使下，氧化氮與二氧化氮在大氣層內不斷交替互換，這些氧化氮和二氧化氮是為氮氧化物 (NO_x) 的組別。

硫氧化物的管制

無論使用那一類機械，所有輪船用的燃油含硫量最大上限是 4.5% m/m。

註： m/m 表示一重量的基礎比較，即每質量為多少質量(mass per mass)；4.5% m/m 意謂 1 公噸?燃油的最大含硫量是 45 公斤。

建立硫氧化物釋放控制區 (SECA)，在這控制區內管制排放硫氧化物更為嚴格，對近岸海域構成破壞的硫污染起了環保作用效益。在硫氧化物釋放控制區內的規定是：

- 燃油含硫量為 1.5% m/m，或
- 輪船的全部廢氣含硫氧化物份量為 6.0 g/KWh。

請注意，這份有關空氣污染的國際公約只是針對柴油引擎排出而看不見的廢氣排放物，而不是針對引擎噴出的煙的顏色的。

林傑船長, Master Mariner, M.I.S.