

# BANSIGHT

第11號 // 西元2024年7月

## 替代燃料—氨

航運業在力求脫碳與實現淨零排放目標時，面臨到前所未有的挑戰。

航運脫碳不僅是環保的當務之急，同時也是新興的創新領域，反映該產業轉為使用替代燃料的趨勢。



### 本期刊的合作夥伴

Waves Group是一家具有全球影響力的獨立海事與離岸設備顧問公司，提供關鍵性建議、分析和數據，為航運和離岸能源產業提供支援，提高作業信心度以及成果的確定性。

Waves Group的全球應變小組全年無休協助客戶應對計畫方案與各種意外狀況，憑藉多年營運所累積的經驗，我們提供基於詳細技術分析和數據的實用建議，減少不確定性並有效解決問題。

本公司的專業團隊包括了船長、輪機工程師、造船工程師以及海事土木工程師，在火災、海上打撈作業、離岸能源、起重機、替代燃料以及海事數據蒐集與分析領域提供專業的服務。從專案建立、竣工乃至竣工以後，我們都能針對海上事故、糾紛、港口營運、離岸能源基礎設施興建和退役方面提供客戶支援。

本公司在倫敦、南安普敦、新加坡、休士頓以及鹿特丹均設有辦事處，能夠確保我們提供最迅捷高效的全球服務。

液化天然氣(LNG)在目前的過渡性燃料中佔有領先地位,但諸如甲醇與氫氣等幾種有潛力的零排放燃料也正在崛起中,目前仍無法確定未來哪一種會是首選的替代燃料,也可能同時需要多種替代燃料以滿足未來所需。

作為決策的一部分,船東在選擇替代燃料時應盡責查證,包括全面的風險識別與評估。評估過程中應包含數個利害關係人,例如:引擎製造商、燃料供應商、船級社、船體保險公司與船旗國。

應納入考慮的因素包括:

### 1. 對於船上引擎的影響及適用性

應諮詢引擎製造商以確認船上現有引擎是否適用所選用之替代燃料,或需要額外進行改裝。

### 2. 燃料管理

相較於化石燃料,在處理替代燃料時將可能產生不同的危險,因此必須對船員進行適當的培訓,以確保他們能妥善處理替代燃料。

### 3. 健康、安全與環境(HSE)

儘管替代燃料可能對環境帶來顯而易見的效益,但伴隨而來的可能是安全風險的升高。因此,任何替代燃料的使用都應先對其HSE風險進行全面評估,並以此作為船上處置該燃料的安全措施之基礎。

### 4. 品質

由於目前缺乏國際標準化,船東應制定清晰且詳細的燃料規格要求,以確保交付的是合適的燃料。

Britannia的損害防阻部門與Waves Group合作,針對廣受討論的替代燃料提供實用的建議,例如:生質燃料、液化天然氣、甲醇、氨以及氫氣。對於每一種替代燃料的審視,將著重於儲存、處理、燃料加注、安全與緊急處置措施。

本指引將著重於無水氨(本文件後續內容將簡稱為「氨」),無水係指含水量可忽略不計或為零。這種燃料來源的顯著優勢在於燃燒期間不會產生二氧化碳(引燃燃料而產生的任何二氧化碳除外),使其成為實現更環保的海事作業過程中的關鍵角色。此外,氨的豐富供應量以及現有工業化基礎設施,使其成為業界廣為採用的可行選擇。然而,使用氨也並非安全無虞。氨的高毒性會造成嚴重的健康與安全風險,而且生產過程會消耗大量的能源,若不採取永續管理,可能會與以達成的部分環境效益相抵。不僅如此,氨的腐蝕性和儲存要求可能導致船舶之設計和基礎設施面臨到相當的挑戰。

就法律框架層面而言,以氨為燃料可以參照《國際船舶使用氣體或其他低閃點燃料安全章程》(IGF)之指引,特別是有關燃料加注、儲存和船上處理方面。目前相關組織亦著手修訂《國際船舶載運散裝液化氣體構造與設備章程》(IGC章程),以利氨貨物作為燃料使用。

## 儲存

### 以氨為燃料的船舶，通常會使用A型（非加壓）或C型（加壓）燃料艙。

若使用A型燃料艙，船舶必須配備再液化系統以控制蒸發氣(BOG)，使其還原至液體以流回儲存艙。氨在大氣壓力下的沸點為  $-33^{\circ}\text{C}$ 。另外，還可以使用船舶引擎、輔助引擎和鍋爐進行蒸發氣之管理。即使船舶處於停航狀態，亦須進行蒸發氣管理，因此設計上必須能夠處理僅使用輔助引擎/鍋爐時預期會出現的蒸發狀況。

C型燃料艙採取壓力容器設計，設計壓力最高可達18巴，相當於 $45^{\circ}\text{C}$ 時氨的蒸氣壓。

這兩種儲存艙的製造材質必須能夠承受低溫 $-33^{\circ}\text{C}$ 的氨，且須事先規劃以利儲存艙進行清洗和排放。儲存艙在注入液態氨之前必須進行惰化，並審慎選擇燃料艙的位置，如果是C型燃料艙，可安排放置在露天甲板上。採取C型設計的獨立燃料艙，亦可放置在燃料艙連接空間(TCS)，並由此處經由合格的軟管與船舶管路系統連接。

由於能量密度不到傳統燃料的一半，因此需要更大體積的燃料儲存艙，才能提供同等的燃料耐久性。

## 燃料加注

以氨為燃料的船舶受制於IGF章程規範，因此氨的加注過程必須受到嚴格管制。管理加注燃料產生的蒸發氣時，可能需要使用第二條連接軟管（即蒸氣回流管），方可將蒸發氣送回給燃料供應商。

已知氨具有高毒性，負責供氣軟管連接/斷開的作業人員，應穿戴正確的個人防護裝備。其他需要考慮的要點如下：

1. 與燃料供應商密切合作，每一次的燃油加注作業都應單獨規劃，包括：
  - a. 進行綜合性風險評估
  - b. 進行相容性評估
  - c. 制定共同作業計畫
  - d. 針對其他同步作業(SIMOP)制定計畫和風險評估
  - e. 確立溝通管道
2. 在船舶上安裝緊急關斷系統(ESD)，並在燃料加注作業期間，連線至燃油加注源頭的ESD系統
3. 在燃料加注軟管完成連接後，以及開始氨的轉移作業前，先測試ESD系統
4. 在燃料加注源頭安裝過濾器/過濾網，以防止異物進入
5. 在開始加注燃料前，以氮氣清洗軟管，確保其低於氨的爆炸下限(LEL)
6. 在開始轉移氨之前，用氮氣對歧管連接處進行壓力測試，以確認沒有洩漏
7. 與燃料供應商確認最大轉移速率
8. 持續監控燃料艙的液位和壓力，並將燃料艙釋壓閥的功率列入考量
9. 在完成燃料加注作業並斷開連接之前，排空並清洗燃料加注軟管和管路
10. 在整個燃料轉移期間，持續監控船舶的繫泊，避免出現脫纜情況
11. 若船舶與燃料加注源頭分離(脫離)，使用乾式拉斷式接頭/自封式快速釋放裝置，以停止氨轉移作業，並斷開加注軟管
12. 住艙區域應保持正壓，以防止有毒氨氣進入



### 加注站亦應裝設下列設備：

- a. 在加氣歧管上的所有可能洩漏點，裝設適當的機械屏蔽物，包括加注連接處的臨時機械屏蔽物
- b. 自動關閉加注閥的測漏系統
- c. 位於加注歧管上方裝設噴水系統，可減少加注站的有毒蒸氣
- d. 若採用封閉式加注站，需要安裝適當的通風及氣體偵測系統
- e. 在燃料艙連接處下方安裝盛漏盤，用於收集任何洩漏物，並防止水/氨溢出船外

### 處理

為防止有毒蒸氣進入船上人員的活動區域，氨燃料管路應採用雙層管路設計。至於燃料艙連接空間和燃料準備室等區域，由於裝有正確的通風和氣體偵測系統，可能不需要用到雙層管路。雙層管路內部的環形空間應採機械方式通風，將氣體排放至露天安全區域，通常是船舶的通風桅杆。機艙內部的管道必須採用雙層設計。在選擇燃料管路和次級管層的材質時，務必確保耐腐蝕性和耐低溫性。為避免燃料系統不必要的氨排放，系統設計之運行壓力最低應為18巴。此壓力相當於45 °C時的氨蒸氣壓，這是國際船級聯合會規定的溫度範圍內最高的溫度，燃料系統的所有機器應按此溫度範圍進行設計。

船舶應盡可能減少人員逗留於氨設備裝載區域的時間，並嚴格控管人員進出這些空間。

燃料系統的設計必須考量到能夠充分清洗、證明確實潔淨且隔離所有零件，以便人員進行侵入性維護作業。

內燃機燃燒氨氣可能會產生氮氧化物(NOx)，包括二氧化氮(N<sub>2</sub>O)，這是一種強效溫室氣體。選擇性觸媒還原技術雖然能處理氮氧化物的問題，但氨若要成為切實可行的零碳排燃料，引擎製造商必須找出二氧化氮問題的解決方案。

### 安全

氨的安全問題主要在於燃料的毒性。氨是有毒物質，法令明確規範人體接觸氨的上限值。職業安全與衛生協會將此上限值設定為25至50 ppm，因為達到此數值會產生容易察覺的氣味，而濃度若超過300 ppm將會帶來危險的後果。氨具有吸濕性，這意味著它會從最近的水源(包括人體)中吸取水分。這使得眼睛、肺部和皮膚等部位因其本身所具之溼度而最容易受到傷害。一旦氨溶入人體組織，會造成腐蝕性灼傷。另一項疑慮是，液態氨的沸點很低，接觸到皮膚時會造成灼傷。

若不慎接觸到氨，必須使用緊急淋浴設備和洗眼台進行沖洗。

從安全角度而言，相較於將氨保留在船舶上，將溢出的氨排出船外，並在水下排放氨蒸氣是比較好的作法。然而，一般認為氨對水中生物有毒害，將氨排放至海中會對環境造成影響，因此，預期船舶將需要配有一個盛漏盤和獨立儲存艙，以便盛裝氨混合水。

氨在空氣中的可燃性範圍為體積15%至28%，在露天場所不容易燃燒，通常需要明火輔助方可維持燃燒。氨可能在密閉空間內形成爆炸風險，但應注意的是，油污可能提高氨蒸氣的易燃性。因此，沒必要將露天甲板指定為危險區域。置於密閉空間的電氣設備應取得一區作業驗證。



## 緊急應變

氨氣雖然不易燃，但若與空氣相混合，並達到一定濃度且引燃後，可能會爆炸。點燃氨氣需要大量密集的能源。

因氨引發的火災有多種撲滅方法。由於液態氨的溫度極低，直接對著火場噴水，會導致快速蒸發，反而使火勢變得更危險。至於小型火災，建議使用乾性化學品或二氧化碳撲滅。如果火勢龐大，最好採噴水、水霧或適當泡沫進行滅火。

緊急應變計畫需要考量下列情境：

■ 起火

■ 在密閉空間洩漏

■ 大範圍洩漏及人員暴露風險 - 採取之措施包括通風和隔離火源，以防止氣體雲形成。

■ 急救 - 如果因不慎接觸而吸入、攝入和皮膚吸收燃料毒性時。

此外，掌握完備且經驗豐富的專業人力資源在緊急情況下將非常寶貴，特別是在時間緊迫的情況下。

## 更多資訊

如需替代燃料相關風險的進一步考量因素，請參閱我們的[脫碳指南](#)。

欲取得任何進一步資訊，可聯絡損害防阻部門。

### 免責聲明

本損害防阻見解報告係由BRITANNIA STEAM SHIP INSURANCE ASSOCIATION EUROPE出版。截至出版日期為止所收錄的內容據信正確無誤，但本協會對於資訊的完整性或正確性不承擔任何責任。本出版品內容不視為法律建議，會員可隨時聯絡本協會，針對特定事項尋求專業建議。

