

# BANSIGHT

10號刊//2024年5月

## 替代燃料 - 液化天然氣

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、分析與數據，為航運與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制定基礎。

#### 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。

本指引將重點討論液化天然氣(LNG)。液化天然氣多年來一直做為被運送之貨物,同時也是運送船舶直接使用的燃料。然而,本文僅探討以液化天然氣作為燃料的船舶。由於其環保效益、可用性提升,以及作為可靠之船用燃料的成熟技術,對於各種船舶類型而言,液化天然氣也成為備受歡迎的傳統化石燃料替代品。液化天然氣是一種化石燃料,可能不符合未來在淨零碳排放上的要求和期待。因此,液化天然氣通常被視為在其他淨零碳排放替代燃更為普及之前的過渡方案。

就法律框架而言,液化天然氣燃料將受到《國際船舶使用氣體或其他低閃點燃料安全章程》(IGF)的規範,特別是有關燃料加注、儲存和船上處理方面。



## 儲存

做為燃料使用的液化天然氣主要採用兩種不同的儲槽：「C」型加壓槽和薄膜式儲槽。C型加壓槽是透過壓力來儲存液化天然氣，通常裝設在船舶甲板，而且占用大量的空間。薄膜式儲槽則通常設置於船體內部，僅依靠隔熱材料，將液化天然氣的溫度維持在沸點以下。

由於液化天然氣不易於低溫條件下保存於儲槽內，最終可能因出現某種形式的熱能傳輸，而造成液化天然氣沸騰。這種在熱能傳輸可能來自於船舶航行使貨物受到擾動，或是來自儲槽周圍環境的熱傳導，導致液化燃料轉變成氣態，致使儲槽內部的壓力增加。若無法維持儲槽的正確壓力，將導致燃料從釋壓閥意外洩漏。這不僅浪費燃料並對環境造成破壞，同時有發生釋壓閥在釋放過高壓力後無法再度密封的風險，並可能造成整座儲槽洩漏。為防範這種情況發生，操作員應慎重考慮：

1. 使用熱成像攝影機找出冷區，確保儲槽之熱層和低溫管路狀態良好，避免熱能傳輸至儲槽，並在儲槽/管路出現升溫狀況時，修復任何損壞的隔熱層。
2. 監控儲槽的壓力，儲槽壓力越高，液化天然氣的溫度就越高，通過定期消耗液化天然氣可以將儲槽維持在低壓和低溫條件。然而，若租船人在液態燃料價格低於液化天然氣時尋求降低燃料成本，這可能會在雙燃料船舶上引起船東與租船人間的問題。燃燒較為便宜的液態燃料，而不消耗任何液化天然氣，這會導致液化天然氣儲槽的壓力（和溫度）攀升。如果僱船人要求燃燒液態燃料，應該瞭解船舶有必要消耗液化天然氣，才能維持儲槽溫度和壓力。

## 燃料加注

液化天然氣的固有屬性和低溫特質，與傳統燃料截然不同，因此，在加注過程中轉移液化天然氣，存在著安全隱憂，也因此產生了需要減緩的風險。

為了因應這些新的風險和危害，需要謹慎規劃並且進行相容性研究。不論液化天然氣是從船舶至船舶、岸上至船舶、還是卡車至船舶傳輸，都需要針對各種燃料加注情境，規劃具體的作業流程，此外，為確保作業順利進行，亦需要實施相容性評估。透過這些可靠的研究和流程，可以確保在發生液化天然氣可能洩漏或爆開事件時，使儲槽傳輸系統能夠恢復到安全的狀態，並停止液化天然氣流動。為此，請務必：

1. 在船舶設計階段即應確定船上儲槽的加注情況瞭儲槽的燃料裝載量和裝載速度限制，以及適合該作業的傳輸系統。
2. 船上儲槽可接收的最大流量以12 m/s為限。
3. 若發生緊急關閉(ESD)事件時，應考慮壓力驟增的可能性。
4. 測漏裝置可以提供適當的偵測範圍，迅速找出洩漏處。
5. 選用具額定安全完整性等級(SIL)的儲槽傳輸設備，確保設備不會「需求時失效」。
6. 安排船上人員進行安全流程訓練，確保所有人知道危險區位置，而且不得在燃料加注區域點火，以免釀成風險。
7. 使用鄰近設置的水霧幕，能確保任何少量洩漏液化天然氣都能迅速蒸發，而且儲槽結構體與低溫液體「隔離」。
8. 船舶間的燃料加注作業結束後，仍應持續監控且留意船舶的繫泊狀況，以降低爆開的風險。這道步驟通常是相容性評鑑的其中一環，但操作人員仍需謹慎留意，以防止液化天然氣洩露而可能需要緊急關閉的情況。
9. 在操作之前，先進行ESD系統測試。
10. 在燃料加注作業期間，判定是否允許同步操作(SIMOPS)。

## 處理

由於液化天然氣的低溫特性及在大氣條件下的表現，需要將其保存在密閉系統，並運用與ESD系統相連接的氣體偵測系統進行監控以防止洩漏。若因燃料加注、保養或維修之故，需要破壞密閉系統或任何液化天然氣管路，務必先使用惰性氣體針對系統進行排氣，這是因為惰性氣體在低溫條件下不會液化或凍結。因此，氮氣在此處是首選的氣體。再者，當開啟系統進行保養作業時，必須在注入液化天然氣之前進行乾燥、排氣與惰性處理。

## 安全

由於液化天然氣具有低溫特性，一旦與空氣、地面或水接觸便會開始蒸發。因此，若發生洩漏的情況，液化天然氣對於環境的長期影響會較少。然而，液化天然氣會形成氣體雲，並隨著氣體升溫而逐漸散開，這種氣體雲，取決於蒸發速率，起初可能是冷氣體。由於冷氣體的密度大於空氣，因此冷氣體會滯留在甲板附近，造成人員受傷或接觸到著火源的可能性升高。低溫液化天然氣可能導致人員受到冷燒傷。處理液化天然氣的所有人員必須瞭解這種危險，我們建議公司備妥急救程序，以因應人員不慎暴露於液化天然氣中。

## 緊急應變

雖然已備有多道措施以防範事故和事件的發生，但緊急事件可能在任何時間及任何情況下發生。唯有在先行規劃和備妥實用程序，且相關人員已通過訓練和定期演習熟悉這些程序的情況下，才可能有效因應緊急事件的發生。

### 實施緊急應變措施時，應包括下列計畫目標：

- 搶救及治療受傷人員
- 維護他人安全
- 盡可能減少財產和環境受到的損害
- 掌握整個事件

### 對於液化天然氣的具體使用，務必針對不同情境備妥因應程序和訓練，包括：

- 來往船舶發生衝突和撞擊（碰撞）
- 液化天然氣釋出
- 排氣
- 火災
- 傳輸期間洩漏

用於處理液化天然氣火災的主要滅火材料為水、乾粉、泡沫和惰性氣體系統。如果無法有效控制氣體的洩漏，則撲滅氣體火災可能會造成其他的危害。因此，只有止住洩漏來源，才能有效防止可能形成爆炸性環境的氣體繼續堆積。



## 水

隨手可得的水，對於暴露於輻射或直接受火焰衝擊的表面來說，是極好的冷卻劑。此外，水可採噴霧形式輻射遮罩以保護消防人員。切勿將水用於燃燒中的液化氣體池，因為這會導致液體更快速蒸發而提高燃燒速度。水最適用於下列情況：

- 撲滅噴射燃燒的氣體，但這並非是理想的
- 在燃燒前，使用水炮驅散蒸氣雲
- 在燃燒前，用水保護甲板以免受到低溫洩漏的影響
- 在燃燒後，使用水炮保護起火點附近的鋼製結構和管路
- 協助撲滅二次火災（這需要良好的協調，因為高通量水炮若定位錯誤，可能傷及船上的船員）

## 化學乾粉

化學乾粉是透過在燃燒過程中吸收自由基來滅火，但不具冷卻效果，這意味著氣體可能在接觸周圍的高熱表面時，有可能再度燃燒。使用化學乾粉滅火前，應先用水冷卻高熱區域，以防止此類風險發生。化學乾粉絕不能與噴灑的水混合使用。

化學乾粉最適用的情況：

- 撲滅噴流火焰
- 撲滅通風管桅火災
- 撲滅甲板火災

## 泡沫

發生池火時（液化天然氣池起火），使用高膨脹性泡沫可抑制熱輻射，並降低蒸發速率，然而，泡沫至少要累積至一到兩公尺的深度才能發揮作用，因此只適用於封閉區域或圍堤區域。泡沫最適用的情況如下：

- 適用於最高兩公尺的圍堤式液化天然氣池火災
- 適用於液化天然氣池以提高蒸發速率，並驅散蒸氣雲

## 惰性氣體系統

在船上使用氮氣或二氧化碳，可將氧氣稀釋至無法助長火勢的濃度，對於撲滅封閉空間火災最為有效。惰性氣體系統最適合用於：

- 封閉空間，只要有足夠高的惰性氣體流速，該空間隨即能惰性化
- 通風管桅和豎管火災

惰性氣體釋放至封閉空間之邊界時，需要採取冷卻措施，確保在氧氣重新進入該空間時，不會再度起火。

有關替代燃料相關風險的進一步考量因素，可參閱我們的[脫碳指南](#)。

## 更多資訊

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。