

鋰離子電池火災——行業指南與會議設法化解相關風險

鋰離子電池（鋰電池）起火可能難以撲滅。此外，一些不常發生的外加誘因可能導致鋰電池發生熱失控（導致存儲的能量劇烈釋放並產生易燃有毒氣體的連鎖反應），從而可能導致具有嚴重後果的大規模熱事故。



在某些情況下，著火可能會延遲，並且可能發生蒸汽雲爆炸，這樣的破壞力可能比火災更強。鋰電池起火後，不需要額外的氧氣也能持續燃燒，而且在火焰熄滅後，還能繼續產生大量熱量，並有再次起火的風險。

行業指南

貨物事故通知系統（CINS）的航運公司成員最近發佈了一套新的關於使用集裝箱運輸鋰電池的指南。該指南是由國際保賠集團（IG）、國際貨物裝卸協調協會（ICHCA）和聯運保賠協會（TT Club）結合相關行業專家的意見共同合作制訂。[可點擊此處查閱該指南。](#)

該指南指明了相關風險和預防措施，並為供應鏈中的所有相關方提供了提高運輸安全方面的建議。該指南並不旨在解決廢舊或受損電池的問題，而是描述了鋰電池的工作原理，運輸監管方式及其危險性。指南介紹了熱失控的風險，並指出過熱、充電不當、短路、電池內部缺

陷或損壞均可能觸發熱失控。換言之，熱失控可以在沒有事先徵兆或者在外部事件（如撞擊損壞或火災）的情況下，在電池內部開始。

指南還介紹了貨物的包裝要求，以及在海運過程中需要承受的壓力。應當避免集裝箱內的堆放的貨物移位，但如果確有發生，則妥善包裝應該仍會提供一定的保護，從而降低電池受損和發生熱失控的風險。指南還提到了荷電狀態和電池狀況的問題。值得注意的是，指南中援引的研究指出，較高的荷電狀態與更強的能量釋放和更猛烈的火勢存在關聯，而較低的荷電狀態則產生更大的蒸汽雲爆炸風險。空運要求電池荷電狀態最高不超過 30%，而該指南認可這一限制的價值和相關性。

船舶甲板上方或下方的集裝箱積載需要遵守《國際海運危險貨物規則》（IMDG 規則）的相關要求。該指南認為鋰電池貨物積載應遠離熱源，與其他危險貨物隔離，並且積載於可以有效部署消防措施的位置。

指南中的相關章節詳細介紹了鋰電池火災的發展演變過程及其對於火災探測、回應和滅火的影響。指南最後關於防損的幾個章節介紹了相關培訓、程序、瞭解客戶的重要性，並提出了未來提升運輸安全的建議。隨著相關知識、經驗和技術的不斷發展，指南將會作出修訂。對於鋰電池運輸的參與者，特別是需要更好地瞭解所運輸貨物的海員而言，該指南是必讀材料。

CINS 預計將會發佈下一步的指南——B 部分（檢查清單和合規），C 部分（風險評估和應急回應），D 部分（培訓和安全意識計畫）。

行業會議

國際保賠集團、CINS 和聯運保賠協會還於 3 月 15 日在倫敦聯合舉辦了題為“物流供應鏈中的鋰電池”的行業會議，共有超過 130 名來自監管機構、集裝箱和車輛承運人、火災調查和消防專家以及其他相關方的代表參加了會議。會上的介紹並討論涵蓋指南中以及下文涉及的許多方面。預計該合作將有助於各方在鋰電池風險應對和控制方面作出更明智的決策。

需求和船舶運輸的增長

鋰電池具有比傳統電池更高的能量-重量比和更低的放電率，這意味著鋰電池在需要再次充電之前可以使用更長時間。隨著移動技術引領世界，鋰電池廣泛應用於大多數可攜式電子設備，對鋰電池的需求日益增長。這些設備以及電池本身都是集裝箱運輸的常見貨物。根據預測，鋰電池需求增長最快的領域是在綠色轉型過程中用作動力源，特別是用於電動車；而電動車將由車輛運輸船和滾裝客船運輸。到 2030 年，全球鋰電池需求量預計將激增五倍以上。

火災事故和船上風險

無論起因如何，船上發生任何火災都屬於嚴重事故，而且很多火災可能很難控制和撲滅。從目前已知的案件來看，很少有鋰電池被確認為電動車運輸火災的起火源，車輛運輸船和滾裝客船上的許多起嚴重火災也僅涉及傳統燃油車。但是，隨著電動車運輸量的增加，風險也會相應提高，並且如果此類車輛受到其他火源的影響，火勢可能會愈發猛烈。陸地上已經發生許多電動車起火事故，畫面觸目驚心（見下文連結）。

集裝箱運輸風險同樣也在增加。不僅含有鋰電池的集裝箱內貨物的數量日益增加，而且錯誤申報的可能性也在上升。錯誤申報的電池是近期造成集裝箱船起火的最常見原因之一。此外，值得注意的是，船舶本身的載貨量也在增加（集裝箱船目前可運載超過 24,000 TEU 單位，車輛運輸船即可運載超過 9,000 CEU 單位），只要其中有一個單位出現問題，就能引發火災。

火災探測和消防難題

鋰電池火災探測和消防的最佳做法仍在持續研究中，其中一些在上文所述的指南和下文的連結中提有所涉及。鋰電池可能會發生熱失控的早期跡象包括白色蒸汽（釋放氣體）和爆裂聲，因此車輛甲板層的視頻和音訊監控可能變得尤為重要，因為火災探測速度是控制任何火災的關鍵。傳統煙霧探測設備可能效果不佳。電池會被嚴密地包裹在車輛或容器中。

現有滅火劑（例如二氧化碳）由於缺乏冷卻效果，因此其有效性存疑。熱失控會持續產生熱量和可燃氣體，而有效控制火勢可能需要大量的水。但是，這可能給船舶造成穩性風險，特別是在車輛運輸船和滾裝客船上。岸上消防人員可能需要提醒這些風險。船舶經營人還對“一次性”系統的最佳使用方法提出了疑問，例如是否一次性施放所有二氧化碳，而不留任何滅火劑應對復燃風險。有集裝箱船經營人正在與船級社討論，如果二氧化碳本身無法有效滅火，是否可以使用二氧化碳系統噴水。船舶在港期間，艙門或艙蓋處於開放狀態下尤其容易發生事故，因為這會減緩將空間封閉和使用固定式滅火系統的能力。大型集裝箱船上的消防能力越來越受到關注，Gard 一直在努力 [解決](#)該問題。

至關重要的一點是避免人員受到傷害，正因為如此，瞭解火災可能涉及鋰電池具有關鍵意義。如上文所述，鋰電池起火有時可能形成蒸汽雲爆炸風險，還會產生有毒氣體。這種蒸汽不該被誤認為傳統火災中的煙霧。船員不是專業的消防員，使用手持消防設備或大型滅火毯（在某些研究性試驗中被用於覆蓋車輛）可能被認為過於危險。在未穿戴合適的消防服和呼吸器的情況下，當然不應嘗試使用。在使用這些裝備時，必須考慮到時間有限，而且船員必須能夠安全撤離火災現場，而在煙霧瀰漫並且車輛間空隙狹小的環境下，可能難以辨識方向。很多集裝箱船經營人正在投資配置法定要求之外的消防設備，例如可以（在高處）穿透集裝箱的設備，而船員只需要在危險區域待上一小會兒將該設備與集裝箱連接。船級社也正在提供表示額外消防水炮和水幕的船級附加標誌。

最後，船長可能認為最安全的處理方式（特別是在封閉貨艙內）是使用固定式滅火系統，嘗試控制火勢，直到專業救援人員抵達現場。這些系統的維護和測試，以及周邊區域的冷卻（以限制熱擴散）均非常重要。通過消防演習做好防災準備仍然是關鍵，並且船上針對鋰電池火災的消防心態可能需要更偏向控制火勢，而非滅火。鑒於法定消防培訓較為籠統，船舶經營人可能發現，需要岸上專家即時指導船員如何應對火災情況。

監管挑戰

鋰電池風險方面的法規也構成了一些挑戰。問題的部分原因是風控措施的實施速度趕不上風險格局（特別是因為技術和環保驅動因素）的變化速度，尤其是法規管控措施從範圍劃定、討論、達成一致到最終實施可能需要數年時間。

船舶監管

2021年，[國際海事組織（IMO）海上安全委員會（MSC）第103次會議](#)同意，需要對《海上人命安全公約》（SOLAS公約）進行修訂，以提高集裝箱船的火災探測、控制和滅火能力。該工作計畫的目標是修改2028年起新造船舶的消防探測和控制要求。

針對2026年起新造滾裝客船的消防能力的SOLAS公約[修正案草案](#)將於2023年6月提交MSC第107次會議審議。露天甲板將需要安裝固定式火災探測和消防系統，所有搭載車輛的處所均需安裝視頻監控。

目前沒有針對電動車專用運輸船的法定消防安全要求。代表大型製造基地的部分IMO成員國已經向IMO提交提案，建議修改運輸電動車和非傳統燃料車的船舶的消防安全要求。有一成員國引用的消防測試提到了消防水噴淋系統的一些成功案例，另一成員國則提到了[高膨脹泡沫](#)的使用。在[MSC第105次會議](#)上，IMO批准了開展進一步工作，以填補SOLAS公約關於上述車輛消防安全的空白。

滾裝客船上的車輛充電會造成額外風險，因為過充可能觸發熱失控。船上充電目前不受規制，而擁有電動車的乘客對該項服務的期望越來越高。

貨物監管

IMDG規則作為安全運輸的基本準則，已經相當複雜和具有挑戰性。該規則的遵守和解讀需要一定的專業能力和知識水準。該規則每兩年修訂一次，每次修訂都是一項挑戰。其中的特殊規定尤其具有挑戰性，因為托運人可能利用這些條款來避免將某些貨物作為危險品進行處理和申報。SP188旨在適用於危險性較低的鋰電池，並且基於電芯或電池的重量和斷電情況，儘管還需要適用其他條件。更基本的觀點認為，鑒於鋰電池具有的風險，IMDG規則對鋰電池的分類（最低風險級第九類—雜項危險品）並不恰當。

IMDG 規則 SP961 規定，在滿足相關條件的情況下，該規則不應對車輛處所和滾裝處所內運載的電動車普遍適用（因此在裝于集裝箱內時不適用）。[IMO 貨物與集裝箱運輸分委會（CCC）第 8 次會議](#)上討論了成員國提出的用新規定替換該特殊規定的提案，並成立了通信小組，負責審議應對該等危險的修正案和措施。

與空運不同，目前尚未對船上鋰電池的荷電狀態作出規定。IMO 的一個成員國已經向 IMO 建議，為電動車設定 30% 的剩餘電量上限。

受損或有缺陷的鋰電池存在較高的短路風險，可能引發熱失控。這種鋰電池不應該進行運輸，但是在未來數年內，將會出現更多二手、翻新或二次使用的鋰電池，包括二手電動車內的鋰電池。相關法規的缺失意味著部分承運人可能會乾脆禁止鋰電池的運輸。但是，這可能只會鼓勵一些肆無忌憚的托運人不如實申報。

兆瓦時級移動式電池儲能系統（BESS）的大小可能各有不同，但是可以做成集裝箱尺寸。這些系統可以實現**太陽能**和**風能**等可再生能源的大規模存儲，然後在客戶最需要電力時釋放能量。目前已經有人在與船級社接洽，以評估用船舶運輸這些系統可能帶來的特殊風險。

結論

鋰電池運輸量正在以驚人的速度增長。承運人、保險公司、行業協會和專家正在對快速變化的風險格局作出反應。最重要的一點是，他們正在通力合作，以更好地瞭解風險，提高風險意識，並分享有效的風險控制措施。鑒於修改法規需要時間，這項工作具有至關重要的意義。法規仍然會發揮重要作用，但是上文所提及的指南和會議也是行業主體同時相互合作尋求更好的自我保護的良好例證。關鍵是瞭解所運輸的貨物、客戶以及可採取的控制措施。

快速變化也有望帶來新技術的誕生，從而有助於更好地控制風險。在理想情況下，相關設備或裝置本身將使用新技術，從而使電池管理系統可以在不良反應波及船舶之前更有效地對其進行遏制，或至少能夠提醒船上人員正在出現的問題。如有需要，船上和集裝箱內的感測器以及新型滅火劑也有望變得更加成熟和有效。但是，供應鏈不應該把在很多方面由整個社會造成的問題留給船舶和船員去解決。

拓展閱讀/有用連結

報告

MCA 關於電動車運輸的指南：

[MGN 653 \(M\) 滾裝客運渡船上搭載的電動車](#)

EMSA 關於非傳統燃油車運輸的指南：

[關於滾裝處所內非傳統燃油車運輸的指南](#)

NTSB 關於電動車內鋰電池火災對緊急響應人員的安全風險的報告

[電動車鋰電池火災對緊急相應人員的安全風險](#)

ABS 船級社關於電動車運輸的最佳實務

[船舶運輸電動車最佳實務](#)

美國海岸警衛隊安全警示

非法裝載廢棄鋰電池的集裝箱發生鋰電池火災：

[美國海岸警衛隊海上安全警告：鋰電池火災](#)

海水入侵導致電動車電池受損：

[美國海岸警衛隊海上安全警告：海水入侵導致電動車電池受損](#)

研究

歐洲海事安全局（EMSA）貨物安全（Cargosafe）項目：旨在基於對集裝箱貨物火災的安全風險研究，尋找經濟實惠的貨物火災風險控制方案。

[集裝箱船安全](#)

LASH FIRE 國際研究專案：旨在顯著降低滾裝船上的火災風險。

[CFIS 2023 海上消防安全會議](#)

丹麥消防和安全技術研究院測試：旨在探測和撲滅渡輪車輛甲板上電動車內電池起火

[DBI 關於渡輪上電動車電池起火的新知識](#)



作者： Mark Russel
副總裁兼貨物理賠負責人