

锂离子电池火灾——行业指南与会议设法化解相关风险

锂离子电池（锂电池）起火可能难以扑灭。此外，一些不常发生的外加诱因可能导致锂电池发生热失控（导致存储的能量剧烈释放并产生易燃有毒气体的连锁反应），从而可能导致具有严重后果的大规模热事故。



在某些情况下，着火可能会延迟，并且可能发生蒸汽云爆炸，这样的破坏力可能比火灾更强。锂电池起火后，不需要额外的氧气也能持续燃烧，而且在火焰熄灭后，还能继续产生大量热量，并有再次起火的风险。

行业指南

货物事故通知系统（CINS）的航运公司成员最近发布了一套新的关于使用集装箱运输锂电池的指南。该指南是由国际保赔集团（IG）、国际货物装卸协调协会（ICHCA）和联运保赔协会（TT Club）结合相关行业专家的意见共同合作制订。[可点击此处查阅该指南](#)。

该指南指明了相关风险和预防措施，并为供应链中的所有相关方提供了提高运输安全方面的建议。该指南并不旨在解决废旧或受损电池的问题，而是描述了锂电池的工作原理，运输监管方式及其危险性。指南介绍了热失控的风险，并指出过热、充电不当、短路、电池内部缺

陷或损坏均可能触发热失控。换言之，热失控可以在没有事先征兆或者在外部事件（如撞击损坏或火灾）的情况下，在电池内部开始。

指南还介绍了货物的包装要求，以及在海运过程中需要承受的压力。应当避免集装箱内的堆放的货物移位，但如果确有发生，则妥善包装应该仍会提供一定的保护，从而降低电池受损和发生热失控的风险。指南还提到了荷电状态和电池状况的问题。值得注意的是，指南中援引的研究指出，较高的荷电状态与更强的能量释放和更猛烈的火势存在关联，而较低的荷电状态则产生更大的蒸汽云爆炸风险。空运要求电池荷电状态最高不超过 30%，而该指南认可这一限制的价值和相关性。

船舶甲板上方或下方的集装箱积载需要遵守《国际海运危险货物规则》（IMDG 规则）的相关要求。该指南认为锂电池货物积载应远离热源，与其他危险货物隔离，并且积载于可以有效部署消防措施的位置。

指南中的相关章节详细介绍了锂电池火灾的发展演变过程及其对于火灾探测、响应和灭火的影响。指南最后关于防损的几个章节介绍了相关培训、程序、了解客户的重要性，并提出了未来提升运输安全的建议。随着相关知识、经验和技术的不断发展，指南将会作出修订。对于锂电池运输的参与者，特别是需要更好地了解所运输货物的海员而言，该指南是必读材料。

CINS 预计将会发布下一步的指南——B 部分（检查清单和合规），C 部分（风险评估和应急响应），D 部分（培训和安全意识计划）。

行业会议

国际保赔集团、CINS 和联运保赔协会还于 3 月 15 日在伦敦联合举办了题为“物流供应链中的锂电池”的行业会议，共有超过 130 名来自监管机构、集装箱和车辆承运人、火灾调查和消防专家以及其他相关方的代表参加了会议。会上的介绍并讨论涵盖指南中以及下文涉及的许多方面。预计该合作将有助于各方在锂电池风险应对和控制方面作出更明智的决策。

需求和船舶运输的增长

锂电池具有比传统电池更高的能量-重量比和更低的放电率，这意味着锂电池在需要再次充电之前可以使用更长时间。随着移动技术引领世界，锂电池广泛应用于大多数便携式电子设备，对锂电池的需求日益增长。这些设备以及电池本身都是集装箱运输的常见货物。根据预测，锂电池需求增长最快的领域是在绿色转型过程中用作动力源，特别是用于电动车；而电动车将由车辆运输船和滚装客船运输。到 2030 年，全球锂电池需求量预计将激增五倍以上。

火灾事故和船上风险

无论起因如何，船上发生任何火灾都属于严重事故，而且很多火灾可能很难控制和扑灭。从目前已知的案件来看，很少有锂电池被确认为电动车运输火灾的起火源，车辆运输船和滚装客船上的许多起严重火灾也仅涉及传统燃油车。但是，随着电动车运输量的增加，风险也会相应提高，并且如果此类车辆受到其他火源的影响，火势可能会愈发猛烈。陆地上已经发生许多电动车起火事故，画面触目惊心（见下文链接）。

集装箱运输风险同样也在增加。不仅含有锂电池的集装箱内货物的数量日益增加，而且错误申报的可能性也在上升。错误申报的电池是近期造成集装箱船起火的最常见原因之一。此外，值得注意的是，船舶本身的载货量也在增加（集装箱船目前可运载超过 24,000 TEU 单位，车辆运输船即将可运载超过 9,000 CEU 单位），只要其中有一个单位出现问题，就能引发火灾。

火灾探测和消防难题

锂电池火灾探测和消防的最佳做法仍在持续研究中，其中一些在上文所述的指南和下文的链接中提有所涉及。锂电池可能会发生热失控的早期迹象包括白色蒸汽（释放气体）和爆裂声，因此车辆甲板层的视频和音频监控可能变得尤为重要，因为火灾探测速度是控制任何火灾的关键。传统烟雾探测设备可能效果不佳。电池会被严密地包裹在车辆或容器中。

现有灭火剂（例如二氧化碳）由于缺乏冷却效果，因此其有效性存疑。热失控会持续产生热量和可燃气，而有效控制火势可能需要大量的水。但是，这可能给船舶造成稳性风险，特别是在车辆运输船和滚装客船上。岸上消防人员可能需要提醒这些风险。船舶经营人还对“一次性”系统的最佳使用方法提出了疑问，例如是否一次性释放所有二氧化碳，而不留任何灭火剂应对复燃风险。有集装箱船经营人正在与船级社讨论，如果二氧化碳本身无法有效灭火，是否可以使用二氧化碳系统喷水。船舶在港期间，舱门或舱盖处于开启状态下尤其容易发生事故，因为这会减缓将空间封闭和使用固定式灭火系统的能力。大型集装箱船上的消防能力越来越受到关注，Gard 一直在努力 [解决](#) 该问题。

至关重要的一点是避免人员受到伤害，正因为如此，了解火灾可能涉及锂电池具有关键意义。如上文所述，锂电池起火有时可能形成蒸汽云爆炸风险，还会产生有毒气体。这种蒸汽不该被误认为传统火灾中的烟雾。船员不是专业的消防员，使用手持消防设备或大型灭火毯（在某些研究性试验中被用于覆盖车辆）可能被认为过于危险。在未穿戴合适的消防服和呼吸器的情况下，当然不应尝试使用。在使用这些装备时，必须考虑到时间有限，而且船员必须能够安全撤离火灾现场，而在烟雾弥漫并且车辆间空隙狭小的环境下，可能难以辨识方向。很多集装箱船经营人正在投资配置法定要求之外的消防设备，例如可以（在高处）穿透集装箱的设备，而船员只需要在危险区域待上一小会儿将该设备与集装箱连接。船级社也正在提供表示额外消防水炮和水幕的船级附加标志。

最后，船长可能认为最安全的处理方式（特别是在封闭货舱内）是使用固定式灭火系统，尝试控制火势，直到专业救援人员抵达现场。这些系统的维护和测试，以及周边区域的冷却（以限制热扩散）均非常重要。通过消防演习做好防灾准备仍然是关键，并且船上针对锂电池火灾的消防心态可能需要更偏向控制火势，而非灭火。鉴于法定消防培训较为笼统，船舶经营人可能发现，需要岸上专家即时指导船员如何应对火灾情况。

监管挑战

锂电池风险方面的法规也构成了一些挑战。问题的部分原因是风控措施的实施速度赶不上风险格局（特别是因为技术和环保驱动因素）的变化速度，尤其是法规管控措施从范围划定、讨论、达成一致到最终实施可能需要数年时间。

船舶监管

2021年，[国际海事组织（IMO）海上安全委员会（MSC）第103次会议](#)同意，需要对《海上人命安全公约》（SOLAS公约）进行修订，以提高集装箱船的火灾探测、控制和灭火能力。该工作计划的目标是修改2028年起新造船舶的消防探测和控制要求。

针对2026年起新造滚装客船的消防能力的SOLAS公约[修正案草案](#)将于2023年6月提交MSC第107次会议审议。露天甲板将需要安装固定式火灾探测和消防系统，所有搭载车辆的处所均需安装视频监控。

目前没有针对电动车专用运输船的法定消防安全要求。代表大型制造基地的部分IMO成员国已经向IMO提交提案，建议修改运输电动车和非传统燃料车的船舶的消防安全要求。有一成员国引用的消防测试提到了消防水喷淋系统的一些成功案例，另一成员国则提到了[高膨胀泡沫](#)的使用。在[MSC第105次会议](#)上，IMO批准了开展进一步工作，以填补SOLAS公约关于上述车辆消防安全的空白。

滚装客船上的车辆充电会造成额外风险，因为过充可能触发热失控。船上充电目前不受规制，而拥有电动车的乘客对该项服务的期望越来越高。

货物监管

IMDG规则作为安全运输的基本准则，已经相当复杂和具有挑战性。该规则的遵守和解读需要一定的专业能力和知识水平。该规则每两年修订一次，每次修订都是一项挑战。其中的特殊规定尤其具有挑战性，因为托运人可能利用这些条款来避免将某些货物作为危险品进行处理和申报。SP188旨在适用于危险性较低的锂电池，并且基于电芯或电池的重量和断电情况，尽管还需要适用其他条件。更基本的观点认为，鉴于锂电池具有的风险，IMDG规则对锂电池的分类（最低风险级第九类—杂项危险品）并不恰当。

IMDG 规则 SP961 规定，在满足相关条件的情况下，该规则不应对车辆处所和滚装处所内运载的电动车普遍适用（因此在装于集装箱内时不适用）。IMO 货物与集装箱运输分委会（CCC）第 8 次会议上讨论了成员国提出的用新规定替换该特殊规定的提案，并成立了通信小组，负责审议应对该等危险的修正案和措施。

与空运不同，目前尚未对船上锂电池的荷电状态作出规定。IMO 的一个成员国已经向 IMO 建议，为电动车设定 30% 的剩余电量上限。

受损或有缺陷的锂电池存在较高的短路风险，可能引发热失控。这种锂电池不应该进行运输，但是在未来数年内，将会出现更多二手、翻新或二次使用的锂电池，包括二手电动车内的锂电池。相关法规的缺失意味着部分承运人可能会干脆禁止锂电池的运输。但是，这可能只会鼓励一些肆无忌惮的托运人不如实申报。

兆瓦时级移动式电池储能系统（BESS）的大小可能各有不同，但是可以做成集装箱尺寸。这些系统可以实现太阳能和风能等可再生能源的大规模存储，然后在客户最需要电力时释放能量。目前已经有人在与船级社接洽，以评估用船舶运输这些系统可能带来的特殊风险。

结论

锂电池运输量正在以惊人的速度增长。承运人、保险公司、行业协会和专家正在对快速变化的风险格局作出反应。最重要的一点是，他们正在通力合作，以更好地了解风险，提高风险意识，并分享有效的风险控制措施。鉴于修改法规需要时间，这项工作具有至关重要的意义。法规仍然会发挥重要作用，但是上文所提及的指南和会议也是行业主体同时相互合作寻求更好的自我保护的良好例证。关键是了解所运输的货物、客户以及可采取的控制措施。

快速变化也有望带来新技术的诞生，从而有助于更好地控制风险。在理想情况下，相关设备或装置本身将使用新技术，从而使电池管理系统可以在不良反应波及船舶之前更有效地对其进行遏制，或至少能够提醒船上人员正在出现的问题。如有需要，船上和集装箱内的传感器以及新型灭火剂也有望变得更加成熟和有效。但是，供应链不应该把在很多方面由整个社会造成的问题留给船舶和船员去解决。

拓展阅读/有用链接

报告

MCA 关于电动车运输的指南：

[MGN 653 \(M\) 滚装客运渡船上搭载的电动车](#)

EMSA 关于非传统燃油车运输的指南：

[关于滚装处所内非传统燃油车运输的指南](#)

NTSB 关于电动车内锂电池火灾对应急响应人员的安全风险的报告

[电动车锂电池火灾对紧急相应人员的安全风险](#)

ABS 船级社关于电动车运输的最佳实务

[船舶运输电动车最佳实务](#)

美国海岸警卫队安全警示

非法装载废弃锂电池的集装箱发生锂电池火灾：

[美国海岸警卫队海上安全警告：锂电池火灾](#)

海水入侵导致电动车电池受损：

[美国海岸警卫队海上安全警告：海水入侵导致电动车电池受损](#)

研究

欧洲海事安全局（EMSA）货物安全（Cargosafe）项目：旨在基于对集装箱货物火灾的安全风险研究，寻找经济实惠的货物火灾风险控制方案。

[集装箱船安全](#)

LASH FIRE 国际研究项目：旨在显著降低滚装船上的火灾风险。

[CFIS 2023 海上消防安全会议](#)

丹麦消防和安全技术研究院测试：旨在探测和扑灭渡轮车辆甲板上电动车内电池起火

[DBI 关于渡轮上电动车电池起火的新知识](#)



作者：Mark Russel
副总裁兼货物理赔负责人