

山东沿海港口锂电池储能系统 水路安全运输指南

山东海事局组织编写

2024年10月

目录

序言	2
1 术语和定义	3
1.1 锂离子电池	3
1.2 电池单体	3
1.3 电池组	3
1.4 电池模块	3
1.5 电池簇	3
1.6 货物运输组件	3
1.7 货物集装箱	4
1.8 锂电池储能集装箱	4
1.9 锂电池储能柜	4
1.10 锂电池储能系统	4
2 锂电池储能系统水运运输条件	4
2.1 分类和编号	4
2.2 一般要求	5
2.3 锂电池储能集装箱电池及构造要求	6
2.4 锂电池储能柜电池及构造要求	7
2.5 锂电池储能系统箱体和包装要求	8
2.6 检验检测机构要求	9
3 托运程序	11
3.1 锂电池储能集装箱的标牌和标记	11
3.2 锂电池储能柜的标记、标志和标牌	12
3.3 锂电池储能系统电量及防短路要求	13
3.4 托运订舱要求	13
3.5 船舶载运危险货物申报和报告要求	14
4 装箱要求	14
5 装载要求	14
5.1 码头资质要求	15
5.2 船舶适装要求	15
5.3 集装箱船上的积载隔离要求	15
5.4 散杂货船（或多用途船）上的积载要求	16
6 应急处置指南	16
6.1 船舶应急防备建议	16
6.2 船舶应急反应建议	16
7 引用文件	18
附录-柜体强度试验要求	19

序言

锂电池在水路运输中被划分为第 9 类危险货物，具有能量密度大、使用寿命长、荷电保持能力强等诸多优点，但由于锂电池本身存在热失控的风险，在运输过程中，可能由于不恰当的包装、装卸、系固、运输等原因诱发热失控状态，引起火灾等事故。锂电池储能系统相较于一般的锂电池类货物，具有能量密度更高、结构更复杂的特点，一旦失火难以短时间内扑灭，对水路运输安全造成严重威胁。

国际公约、法律法规及相关技术标准对单独运输、安装在设备上运输或与设备包装在一起运输的锂电池、锂电池组做出了明确的包装、积载和隔离要求。由于技术要求较为复杂，生产企业、港口及运输企业在锂电池储能系统的包装、运输规定等方面仍存在疑问。为指导安全、高效水上运输大型锂离子电池储能产品，山东海事局组织青岛海事局包装危险货物监管创新工作室、有关企业和研究机构等，会同中国船级社编制了本指南，系统梳理了国际海事组织《国际海运危险货物规则》《1972 年国际集装箱安全公约》，联合国《关于危险货物运输的建议书规章范本》《试验和标准手册》，以及《便携式电子产品用锂离子电池和电池组安全技术规范》（GB31241-2022）、《电力储能用锂离子电池》（GB/T 36276）、《预制舱式锂离子电池储能系统技术规范》（GB/T 44026-2024）等标准，提出了锂电池储能系统的水路运输分类、包装、装箱、运输和应急等方面的安全技术要求和相关建议。

本指南为推荐性，适用于指导山东沿海各港口出运锂电池储能系统的船载危险货物申报和运输，不适用于使用梯次电池、有安全缺陷或损坏的锂电池类危险货物运输。本指南不作为行政执法的依据。

需要特别指出的是，本指南引用的公约及法律法规等要求为强制性规定，在山东沿海各港口出运锂电池储能系统时，应遵守相关公约及法律法规的最新要求，本指南也将适时进行更新。

山东沿海港口锂电池储能系统水路安全运输指南

1 术语和定义

本指南中的锂电池均指锂离子电池。

下列术语和定义适用于本指南。

1.1 锂离子电池

依靠锂离子在正极和负极之间移动实现化学能与电能相互转化的装置，并被设计成可充电。

注：该装置包括电极、隔膜、电解质、容器和端子等。

1.2 电池单体

由一个正极和一个负极组成且两个电极之间有电位差的单一的、封闭的电化学装置。

1.3 电池组

用电路连接的两个或多个单体电池组合而成准备使用的组合体。

注 1：电池组装有使用所需的装置，例如：外壳、电极、标记或保护装置。

注 2：电池包、电池模块或集成电池视为电池组。

1.4 电池模块

由电池单体采用串联、并联或串并联连接方式，且只有一对正负极输出端子的电池组合体，还可能包括外壳、管理与保护装置等部件。

1.5 电池簇

由电池模块采用串联、并联或串并联方式，且与储能变流器及附属设施连接后实现独立运行的电池组合体，还包括电池管理系统、监测和保护电路、电气和通讯接口等部件。

1.6 货物运输组件

货物运输组件系指公路罐车或货车、铁路罐车或货车、多式联运货物集装箱

或可移动罐柜，或多元气体容器（MEGCs）。

就本指南而言，货物运输组件系指多式联运货物集装箱。

1.7 货物集装箱

具备下列条件的货物运输装备：

- a) 具有足够的强度，在有效使用期内能反复使用；
- b) 适用于一种或多种运输方式运送货物，途中无需倒装；
- c) 设有供快速装卸的装置，便于从一种运输方式转到另一种运输方式；
- d) 便于箱内货物装满和卸空；
- e) 内容积大于或等于 1m^3 (35.3ft^3)。

注：此术语既不包括车辆也不包括一般包装。

适用时应根据经修正的《1972年国际集装箱安全公约》（CSC）予以批准。

1.8 锂电池储能集装箱

采用本指南 1.7 定义的货物集装箱作为载体，被设计为移动供电装置，含有锂离子电池组的储能系统。

1.9 锂电池储能柜

被设计为移动供电装置，含有锂离子电池组的储能系统，其使用耐久、坚固的外壳作为载体，载体为不满足本指南 1.7 定义的非货物集装箱。该系统净重通常大于 400kg，体积大于 3m^3 。

1.10 锂电池储能系统

在坚固箱体或柜体内集成安装锂离子电池阵列、电池管理系统和辅助系统，结合布置在该箱体或柜体内部或外部的储能交流器、变压器等设备，能独立实现电能存储、转换及释放的设备组合。

2 锂电池储能系统水运运输条件

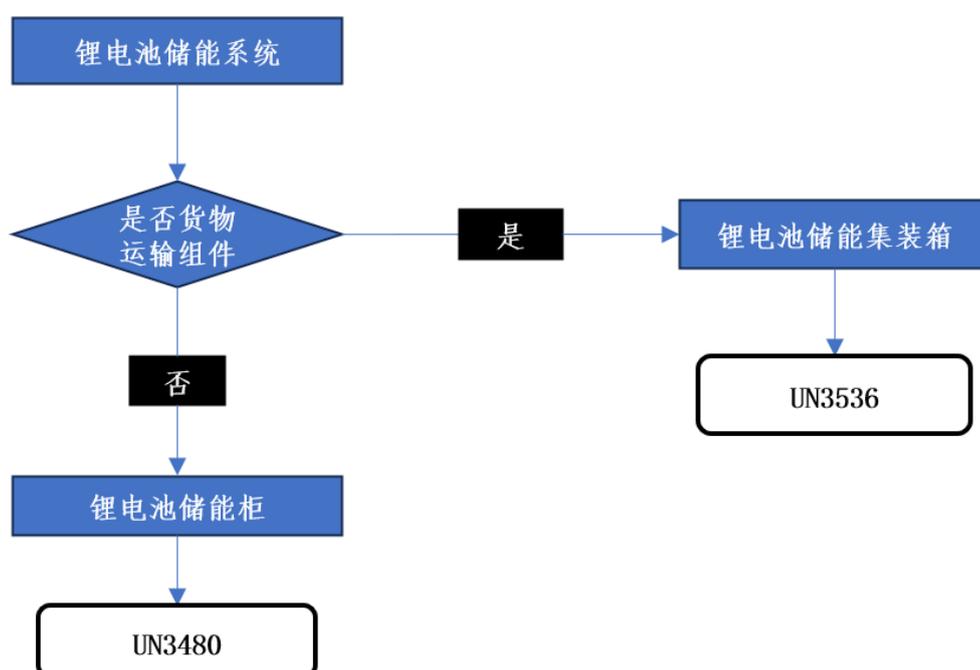
2.1 分类和编号

2.1.1 锂电池储能集装箱适用于安装在货物运输组件中的锂离子电池组，其设

计仅用于向货物运输组件外部提供电源。根据《国际海运危险货物规则》，为第9类危险货物，联合国编号为3536，正确运输名称为安装在货物运输组件中的锂离子电池组。

2.1.2 锂电池储能柜适用于以耐久、坚固的外壳作为载体的锂离子电池组，被设计为移动供电装置，用于向储能柜外部提供电源。根据《国际海运危险货物规则》，为第9类危险货物，联合国编号为3480，正确运输名称为锂离子电池。

2.1.3 锂电池储能系统分类流程图。



2.2 一般要求

2.2.1 经过证实，每个电池单体和电池组的型号均符合《试验和标准手册》第三部分第38.3节各项试验的要求。

2.2.2 每一电池单体和电池组都应装有安全排气装置，或在设计上能防止在正常运输的条件下受力破裂；

2.2.3 每一电池单体和电池组都装有防止外部短路的有效装置；

2.2.4 每个包含多个并联电池单体或电池单体系列的电池组，都装有防止反向电

流造成危险所需的有效装置(例如二极管、保险丝等)；

2.2.5 电池单体和电池组的制造必须有高质量的管理方案保证，包括：

- .1 设计和产品质量方面的组织结构和人员责任说明；
- .2 相关的检查和试验、质量控制、质量保证和使用的程序作业说明；
- .3 程序控制应包括防止和发现在电池单体制造过程中出现内部短路的相关活动；
- .4 质量记录，如检查报告、试验数据、校准数据和证书等。应保存试验数据，在主管当局要求时提供；
- .5 管理审查，确保质量管理方案的有效运作；
- .6 文件控制和修订程序；
- .7 对不符合上文 2.1.1 中所述试验型号的电池单体和电池组，采取控制措施；
- .8 对相关人员的培训方案和资格审查程序；和
- .9 确保最终产品没有损坏的程序。

2.3 锂电池储能集装箱电池及构造要求

2.3.1 锂电池应满足以下试验要求：

2.3.1.1 电池单体应通过联合国《试验和标准手册》第三部分第 38.3 节 T.6 挤压/撞击试验、T.8 强制放电试验。

2.3.1.2 电池模块应通过联合国《试验和标准手册》第三部分第 38.3 节 T.1 低气压试验、T.2 高低温试验、T.3 机械振动试验、T.4 机械冲击试验、T.5 外部短路试验和 T.7 过充试验（如适用）。

2.3.1.3 当仅对电池簇（额定能量不超过 6200Wh）进行试验时，应符合联合国《试验和标准手册》第三部分 38.3.3.1（f）要求，应通过 T.3 机械振动试验、T.4 机械冲击试验、T.5 外部短路试验以及适用时的 T.7 过充试验。

2.3.1.4 电池簇（大于 6200Wh），应符合联合国《试验和标准手册》第三部分 38.3.3.1（g）要求。电池簇的结构必须足够坚固，能够承受正常运输过程中可能遇到的冲击和振动。

2.3.2 锂电池储能集装箱应满足本指南 1.7 的要求。

- 2.3.3 锂电池储能集装箱箱体如采取隔热结构，则隔热材料应阻燃。
- 2.3.4 锂电池储能集装箱箱体应包含固定电池组的刚性材质的支架或柜子，支架或柜子应通过铆接、栓接或焊接等方式牢固固定在箱体内部，支架和柜子及其紧固件应有足够的强度，能够承受电池的载荷和在运输过程中产生的惯性力载荷而不产生影响安全的变形或损坏。电池架如采用栓接，应有相应的防松措施。箱体设计、制造、检验、试验等均应符合经修正的《1972 年国际集装箱安全公约》《国际海运危险货物规则》《集装箱法定检验技术规则》的规定。
- 2.3.5 锂电池储能集装箱经检验合格后取得的检验合格标记和安全合格牌照或铭牌，其内容及张贴应符合《1972 年国际集装箱安全公约》《国际海运危险货物规则》和《集装箱法定检验技术规则》的要求。通过定期检验的集装箱的检验合格标记和下次检验日期应标记于其安全合格牌照上或靠近安全合格牌照处。
- 2.3.6 锂电池储能集装箱内装载锂电池及附属装置的重量不应超过货物运输组件的最大允许载重量。
- 2.3.7 锂电池储能集装箱安全正常操作中必须的危险货物(如灭火系统和空调系统)须妥善地系固或安装在储能集装箱中，此时，这些危险货物无须遵守 IMDG Code 相关要求。锂电池储能集装箱安全正常操作中非必须的危险货物禁止在储能集装箱内运输。

2.4 锂电池储能柜电池及构造要求

- 2.4.1 锂电池应满足以下试验要求：
- 2.4.1.1 电池单体应满足本指南 2.3.1.1 的要求。
- 2.4.1.2 电池模块应满足本指南 2.3.1.2 的要求。
- 2.4.1.3 电池簇（不超过 6200Wh）应满足本指南 2.3.1.3 的要求。
- 2.4.1.4 电池簇（大于 6200Wh）应满足本指南 2.3.1.4 的要求。
- 2.4.2 锂电池储能柜柜体结构强度要求。
- 2.4.2.1 锂电池储能柜柜体应包含固定电池或电池组的支架，支架应牢固的固定在箱体内部。支架及其连接件在其所允许的最大负荷下，能够承受在运输过程中

产生的惯性力载荷而不产生影响安全的变形或损坏。

2.4.2.2 锂电池储能柜柜体由坚固的材料制成，一般由钢制等材料制成，材料能够承受一定的外力和冲击。柜体如采取隔热结构，则隔热材料应阻燃。

2.4.2.3 柜体的结构设计应考虑吊装、运输过程中可能遇到的各种工况，包括：起吊、系固、堆码（适用时）和可能的跌落。结构应具备足够强度，以防止在运输过程中发生变形或损坏。

2.4.2.4 如托运人将储能柜柜体作为坚固的外包装，则柜体强度、内部支架及其连接件强度应按照附录 A 柜体强度试验要求进行验证，其中内部支架及其连接件强度也可通过有限元分析计算的方法来验证其承受各惯性力载荷的能力。采用分析计算时，计算结果中的最大应力应不高于材料的屈服强度，连接件的最大剪应力不超过所选取的连接件材料的屈服强度除以 2.5 的安全系数，最大拉应力不超过所选取的连接件材料的屈服强度除以 1.2 的安全系数。

2.4.3 锂电池储能柜柜体的设计、制造、试验应满足本指南的要求，可委托检验机构对柜体的设计、制造、检验、试验等提供指导和检验服务，并出具相关证明资料。

2.5 锂电池储能系统箱体和包装要求

2.5.1 锂电池储能集装箱箱体应满足本指南 2.3 条中相关条款要求，并持有检验机构出具的集装箱检验证书和集装箱安全牌照批准证明书。

2.5.2 锂电池储能集装箱箱体如因改装导致结构改变，应经检验机构确认改装符合要求后，重新颁发检验证书。

2.5.3 锂电池储能柜包装要求：

- a. 坚固的外包装；
- b. 保护外罩（如完全封闭的或木制的板条箱）；或
- c. 托盘或其他搬运设备。

电池单体或电池组须紧固以防止意外移动，电极不得承受其他堆放物品的重量。

2.5.3.1 托运人可将锂电池储能柜柜体作为坚固的外包装，也可在锂电池储能柜

外额外添加坚固的外包装。

2.2.3.2 除坚固的外包装外，锂电池储能柜还应具有保护外罩或托盘或其他搬运装置：

2.5.3.2.1 具有保护外罩：指在电池柜体外使用额外保护层，其目的是提供额外的防护，以防止在运输过程中可能遇到的物理损害。如采用保护外罩，则可以是以下几种形式之一：

- 1) 完全封闭的外罩：指的是一个完全封闭的结构，如一个坚固的塑料或金属箱或其他任何能够提供足够强度和保护的材质制成的容器，它能够将储能柜完全包裹起来，提供全方位的保护。
- 2) 木制板条箱：一种常见的运输保护容器，由木板条制成，通常通过金属紧固件或木楔连接固定。这种类型的外罩为储能柜额外提供了一个坚固的外壳，能够承受一定的冲击和堆叠压力。
- 3) 其他类型的保护性外罩：保护外罩还可以是其他设计，如纤维板箱。如储能柜柜体已通过试验验证其具备坚固、耐碰撞和抗冲击的性能，包装护罩可以是能承受运输过程中的气候和环境条件，如防水、防潮、防尘等功能的保护篷布。

2.5.3.2.2 如采用托盘或其它搬运装置，托盘或其它搬运装置应足够坚固，能够支撑储能柜的重量，并且在运输过程中保持稳定。托盘或搬运装置应与储能柜的尺寸、形状和重量相匹配，确保在搬运和运输过程中的安全性和稳定性。

2.6 检验检测机构要求

2.6.1 锂电池单体和锂电池组检测要求

2.6.1.1 为水路运输锂电池储能系统出具报告的检测机构应具备国家法定的相关资质，并获取以下相应认证认可资质和能力之一：

.1 中国检测机构和实验室资质认定（CMA），或；

.2 中国合格评定国家认可委员会认可（CNAS），或；

.3 国际实验室认可合作组织认证（ILAC-MRA）。

2.6.1.2 检测机构应当按照国际公约、国家有关规定的检测规程或者方法、数据传输与保存等要求进行检测，其出具的检测报告应明确产品型号、检测方法、判定标准、检测起讫日期、检测结论等信息，并在检测报告上标注已获取的资质认证标志。

2.6.1.3 检测机构应当在资质认定或认可的检测能力范围内，依据相关标准或者技术规范规定的程序和要求，出具检测数据、结果，其以下内容应与认定的结构化能力范围相符：

.1 出具报告的实验室名称、地址；

.2 认可的授权签字人及领域；

.3 资质认定的检测项目；

.4 检测标准或者检测方法。

2.6.1.4 检测机构及其人员对其出具的检测报告负责，依法承担民事、行政和刑事法律责任。

2.6.2 锂电池储能集装箱箱体的检验要求

2.6.2.1 锂电池储能集装箱箱体应通过国家海事管理机构认可的船检机构检验，并持有船舶检验机构出具的集装箱检验证书和集装箱安全牌照批准证明书。

2.6.2.2 对储能集装箱箱体的每一个设计类型签发型式认可证书，证明该设计类型符合适用法规和本指南的要求。对检验合格储能集装箱箱体、储能柜柜体签发检验证书。

2.6.2.3 对于试验合格的储能集装箱箱体，检验机构应出具试验报告，试验报告应至少包括以下内容：

.1 检验机构名称和地址；

.2 制造厂名称和地址；

.3 产品种类；

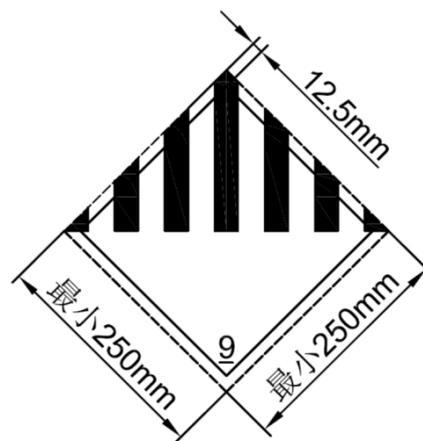
- .4 试验报告日期;
- .5 产品名称和产品型号;
- .6 规格参数;
- .7 试验项目和试验结果。

3 托运程序

3.1 锂电池储能集装箱的标牌和标记

3.1.1 锂电池储能集装箱内的电池不受标志或标记要求的约束。

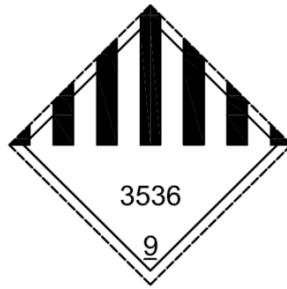
3.1.2 锂电池储能集装箱应在箱体每侧各张贴一个第9类危险货物标牌,须做到其在海水中至少浸泡3个月后储能集装箱上的标牌和标记仍清晰可辨,标牌应贴在底色与其本身颜色对比鲜明的位置,否则应有虚或实线边框。标牌须是与水平线呈45°角(菱形)放置的正方形。最小尺寸须为250mm×250mm(到标牌的边缘),内边缘线须与边缘线平行且相距12.5mm。上半部分为7条竖直条带;黑色。



第9类危险货物标牌

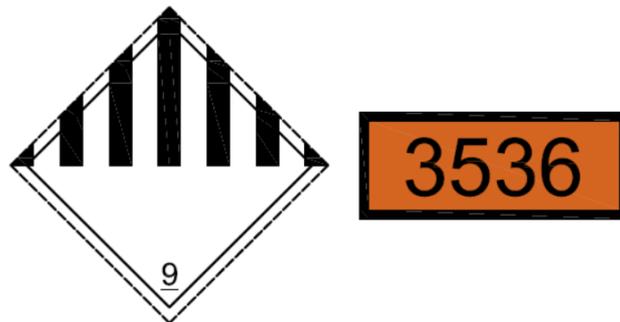
3.1.3 锂电池储能集装箱须显示以黑色数字表示的联合国编号,数字高度不小于65mm,且:

- .1) 在符号与危险类别号之间的区域,与白色底色形成鲜明对比,并不影响标牌其它要素;



或

.2) 显示于高不小于 120mm，宽不小于 300mm，四周带有 10mm 黑框的桔黄色长方形板上，位置紧靠标牌。



3.1.4 锂电池储能集装箱如带保护罩运输，导致标牌、标记未能清晰可见时，则标牌和标记应复制到保护罩外面。

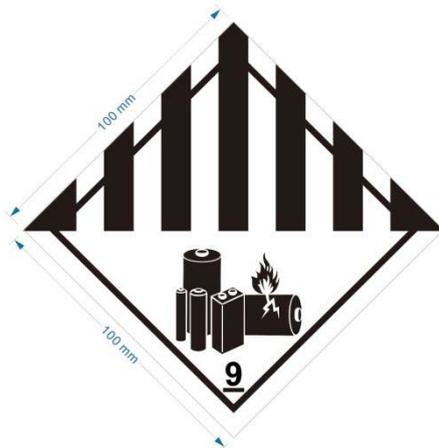
3.2 锂电池储能柜的标记、标志和标牌

3.2.1 锂电池储能柜内的电池不受标记或标志要求的约束。

3.2.2 锂电池储能柜柜体两侧应张贴正确运输名称“锂离子电池”和冠以字母“UN”的联合国编号 3480，字母“UN”和联合国编号字高不小于 12mm，标记须清晰可辨易识别，颜色应与背景色形成鲜明对比。示例如下：

锂离子电池，UN3480

3.2.3 锂电池储能柜柜体上应张贴锂电池标志。标志须粘贴在与其颜色对比鲜明的背景处，或须画有虚或实外缘线。标志为与水平线呈 45° 角(菱形)放置的正方形，最小尺寸须是 100mm x100mm。在形成菱形的边缘内须有一条线，内边缘线须与标志边缘线平行且相距 5mm。



3.2.4 包件标记要求:

- .1 须清晰可见且易识别;
- .2 须做到在海水中浸泡 3 个月以上标记内容仍清晰可辨。在考虑适当的标记方法时, 还须考虑所用包装材料及包件表面的耐久性;
- .3 须和包件外表面的背景形成鲜明的颜色对比; 和
- .4 不得与可能大大降低其效果的其他包件标志放在一起。

3.2.5 锂电池储能柜如带保护罩运输, 导致标志、标记、标牌未能清晰可见时, 则标志、标记、标牌应复制到保护罩外面。

3.2.6 锂电池储能柜采用通用货物集装箱、台架箱或经专门设计的框架集装箱运输时, 标牌、标记应满足本指南 3.1.1、3.1.2、3.1.3 的要求。

3.3 锂电池储能系统电量及防短路要求

3.3.1 锂电池储能系统运输过程中电池的荷电状态 (SOC) 建议不大于 50%。

3.3.2 锂电池类危险货物应采取有效措施防止电池或电池组在运输过程中损坏、短路。锂电池储能集装箱或锂电池储能柜中每一电池簇的电池模块之间应采取断开电池维护开关、串联装置等措施断开电池外部连接, 电池管理系统 (BMS)、储能变流器 (PCS)、中央控制系统 (MGCC)、能量管理系统 (EMS) 等电器设备应处于关闭断电状态。

3.4 托运订舱要求

3.4.1 托运人订舱托运时应当告知承运人以下货物信息：

- .1 前面冠以英文字母“UN”的联合国编号；
- .2 正确运输名称；
- .3 货物的危险性质；
- .4 锂电池储能系统内部锂电池的荷电状态；
- .5 锂电池储能系统内部锂电池和（或）锂电池组通过联合国《试验和标准手册》第 38.3 节规定试验的测试报告（带 38.3.5 节规定的试验简介）；
- .6 锂电池储能集装箱箱体有效检验证证书或锂电池储能柜柜体强度证明资料。

3.5 船舶载运危险货物申报和报告要求

3.5.1 拟交付船舶载运的锂电池储能系统托运人应当在交付载运前向承运人说明所托运的危险货物种类、数量、危险特性以及发生危险情况的应急处置措施，提交以下货物信息，并将下列信息报告海事管理机构：

- .1 危险货物安全适运声明书；
- .2 货物安全技术说明书（MSDS/SDS）；
- .3 船舶检验机构签发的锂电池储能集装箱箱体的有效检验证证书；
- .4 装箱证明书（锂电池储能柜使用集装箱运输时）。

3.5.2 船舶载运锂电池储能系统进出港口，储能系统应符合海上安全运输要求，并向海事管理机构报告进出港口、停留时间等事项，提交船舶适装证书等材料，并经海事管理机构许可后方可进出港口。

4 装箱要求

4.1 锂电池储能柜采用通用货物集装箱、台架箱或经专门设计的框架集装箱运输时，或锂电池储能集装箱通过专门设计的框架集装箱运输时，装箱作业应满足海运危险货物集装箱装箱安全技术要求（GB 40163-2021）的相关要求。

5 装载要求

5.1 码头资质要求

5.1.1 锂电池储能系统应在有第 9 类危险货物、锂电池类货物或锂电池储能系统作业资质的码头，开展装卸作业。

5.1.2 锂电池储能系统在码头的堆存作业应遵守《港口作业安全要求》（GB 16994.3-2021）第 4 章总体要求和第 7 章堆存作业要求的相关条款，锂电池储能集装箱和装载锂电池储能柜的通用货物集装箱、台架箱或经专门设计的框架集装箱不应与易燃易爆危险货物集装箱堆存在同一堆存区域。

5.2 船舶适装要求

5.2.1 载运锂电池储能系统的船舶需持有船检机构签发的《符合证明》（适装证书、安全与环保证书等），表明船舶具有载运第 9 类危险货物、锂电池类货物或锂电池储能系统的资质。

5.2.2 载运锂电池储能系统的船舶应遵守相应的航行、停泊、作业法律法规的规定，落实海事管理机构规定的安全保障措施。

5.3 集装箱船上的积载隔离要求

5.3.1 锂电池储能系统在集装箱船上的积载应当符合《国际海运危险货物规则》、《符合证明》（适装证书、安全与环保证书等）的要求。在符合上述要求的前提下，建议锂电池储能系统避免紧邻装有第 2.1、3、4、5 类危险货物的集装箱，在水平方向至少隔开一个箱位或船舶货舱壁。

5.3.2 锂电池储能系统建议舱面积载，垂直方向的积载不应超过船舶甲板的最大承重。舱面积载时，甲板消防水灭火系统应可有效覆盖货物所在位置，并可达到持续降温的效果。如舱内积载时，建议避免积载于紧邻舱底和舱壁位置，且不应积载于仅设置有固定式二氧化碳灭火装置的货舱内，可积载于增配其它适合扑灭锂电池类危险货物火灾的装置的货舱内。

5.3.3 锂电池储能系统在合理可行条件下建议尽量保持阴凉、远离热源积载，以避免因环境温度升高引发锂电池热失控。

5.4 散杂货船（或多用途船）上的积载要求

5.4.1 锂电池储能系统在散杂货船（或多用途船）上的积载应当符合《国际海运危险货物规则》、《国际海运固体散装货物规则》（如适用）、《符合证明》（适装证书、安全与环保证书等）的要求。

5.4.2 锂电池储能系统在散杂货船（或多用途船）上积载时，积载位置应配有系固锚点，系固锚点要有足够强度，储能集装箱或储能柜应牢固系固，并由船检机构出具关于锚点和系固强度的检验证书或证明。

5.4.3 除装在货物运输组件中的锂电池储能柜外，锂电池储能柜应单层积载，货物上方不宜搭载其它货物。

5.4.4 锂电池储能系统在散杂货船（或多用途船）上积载时，还应遵守本指南5.3.3的要求。

6 应急处置指南

6.1 船舶应急防备建议

6.1.1 建议船舶配备水灭火系统等，覆盖锂电池储能系统积载处所。建议船舶配备消防绝缘鞋、绝缘手套、消防电绝缘服等绝缘消防员装备。建议配备有毒、可燃气体检测器和测温设备，根据货物积载实际情况，实时监测锂电池货物温度。

6.1.2 船舶应根据锂电池储能系统的危险特性编制相应的事故应急处置方案并配备应急救援器材、设备和物资。应急处置方案宜包括火灾、爆炸、泄漏、中毒、灼伤等事故类型的应对措施。

6.1.3 船舶运输期间，船员应定期对装有锂电池储能系统的集装箱或装货区域进行安全巡视，发现异常时及时采取应对措施。

6.2 船舶应急反应建议

6.2.1 当监测到锂电池储能系统的温度处于持续上升状态且有烟雾产生或着火时，应立即评估火灾紧急程度，根据实际情况启动应急预案，采取合适的消防措施：

.1 冷却：使用水或水雾进行冷却是常见的方法。水可以吸收热量，降低电池温度，减慢或停止热失控反应。但应避免将大量水直接冲击在电池上，防止引起短路或热失控。

.2 灭火：一般情况下，采取水灭火，是当前最有效的消防措施，但要注意防止触电，建议消防人员佩戴绝缘手套、消防绝缘靴等防护用品。对于无法用水扑灭的火灾，可以使用干粉或特定的锂电池灭火剂（如七氟丙烷、全氟己酮等），这些灭火剂可以抑制锂电池的内部反应从而扑灭火焰。

.3 隔离：将燃烧的电池与其他电池或可燃物隔离，防止热失控的传播和火势蔓延。

.4 控制可燃气体：锂电池火灾可能会产生可燃气体，应采取措施控制气体的扩散，并在安全条件下进行通风，应注意防范因通风导致的火势扩大或爆燃。

.5 安全防护：确保所有参与灭火的人员穿戴适当的个人防护装备，包括防火服、呼吸器和防护眼镜。

6.2.2 当使用大量水来灭火时，应评估舱内或甲板面大量积水形成的自由液面对船舶稳性的影响，因此可以在消防操作的同时排出多余的水，同时评估因失火造成货物绑扎失效时，货物向一侧移动可能造成的大倾角倾斜对船舶稳性的影响。

6.2.3 持续监控：即使火灾看似已经扑灭，也应持续监控现场，因为锂电池可能会在冷却后复燃。可以使用热成像相机或其他检测设备监控电池的温度。

6.3 由于锂电池火灾的特性，没有单一的“最有效”方法适用于所有情况。有效的火灾扑救策略需要根据火灾的规模、位置、涉及的电池类型以及其他现场条件来定制。因此上述应急建议中包含的相关措施仅供参考，不能用作应急处置的全面指南。在处理锂电池火灾时，应始终优先考虑人员的安全，并保持船舶强度和稳性。

7 引用文件

《国际海运危险货物规则》(International Maritime Dangerous Goods Code),
国际海事组织

《1972 年国际集装箱安全公约》(International Convention for Safe
Container, 1972), 国际海事组织

《试验和标准手册》(Manual of Tests and Criteria), 联合国

《集装箱法定检验技术规则》, 中华人民共和国海事局

GB 31241-2022 便携式电子产品用锂离子电池和电池组安全技术规范

GB/T 36276-2018 电力储能用锂离子电池

GB 40163-2021 海运危险货物集装箱装箱安全技术要求

GB/T 44026-2024 预制舱式锂离子电池储能系统技术规范

GB 16994.3-2021 港口作业安全要求

附录-柜体强度试验要求

A. 1 一般要求

A. 1.1 试验前，柜体内部支架及连接件等内部结构应按设计要求安装完毕。

A. 1.2 试验时，内部配载宜按设计要求进行分布，允许使用铅粒袋等配重物来达到试验要求的配载质量。

A. 2 试验要求

试验项目	试验方法 ¹	试验结果
跌落试验	a) 柜体装载至其最大允许总质量，负荷应分布均匀； b) 应跌落在坚硬、无弹性、光滑、平坦和水平的表面上； c) 选取底部被认为是最脆弱易损的部位作为受冲击点； d) 跌落高度为 1.2 m。	无内装物损失，柜体 无影响运输安全的损 害。
底部提升试验²	a) 如设有叉槽，则柜体装载至其最大允许总质量的 1.25 倍，负荷应分布均匀；叉尺深入叉槽长度的 3/4；每一可能的进叉方向均进行试验，每个进叉方向升降 2 次。 b) 如设有底部起吊点，则柜体装载至其最大允许总质量的 2 倍，然后平稳地由底部起吊点同时起吊，避免明显的加速度的出现，悬吊 5 分钟，然后再放到地面上。	无内装物损失，柜体 无影响运输安全的永 久性变形。
顶部提升试验²	a) 柜体装载至其最大允许总质量的 2 倍，负荷分布均匀。 b) 平稳地由顶部起吊点同时起吊，避免明显的加速度的出现，悬吊 5 分钟，然后再放到地面上。	无内装物损失，柜体 无影响运输安全的永 久性变形。
注： 1. 柜体上如设有绑扎系固装置，应进行系固装置拉力试验，试验拉力应为额定承载能力的 1.5 倍。 2. 底部提升试验适用于装有底部提升装置的柜体。顶部提升试验适用于装有顶部提升装置的柜体。		