ICS 53.060
CCS R21

团 体 标 准

T/CIN 136—2026

氢电混合动力拖轮安全作业规程

Safety operating procedures for hydrogen-electric hybrid tugboats

2026-10-30 发布 2027-01-30 实施

中国航海学会 发 布

目　　次

前言 II
1　范围 1
2　规范性引用文件 1
3　术语和定义 1
4　基本要求 2
5　拖轮作业 2
6　动力装置 3
7　氢气加注、储氢和锂电池充放电 3
8　应急处置 5

前　言

本文件按照GB/T 1.1—2020《标准化工作导则　第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由中国航海学会提出并归口。

本文件起草单位：青岛港国际股份有限公司、青岛港轮驳有限公司、青岛新前湾集装箱码头有限责任公司。

本文件主要起草人：张连钢、苏建光、王心成、张雷、赵晓楠、田昌明、张智璐、徐斌、张蕾、孙腾蛟、潘航、温可欣、李传浩、周兆君、管虎、孙秀良、刘云超、徐清文、颜卓翁、孙烨。

氢电混合动力拖轮安全作业规程

1 范围

本文件规定了氢电混合动力拖轮的基本要求、拖轮作业、动力装置、加氢、储氢和充电操作以及应急处置等作业要求。

本文件适用于氢锂电池混合动力拖轮安全作业。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

GB 4962 氢气使用安全技术规程

GB/T 20042.2 质子交换膜燃料电池 第2部分:电池堆通用技术条件

GB/T 27748.1 固定式燃料电池发电系统 第1部分:安全

GB/T 36276 电力储能用锂离子电池

GB/T 37244 质子交换膜燃料电池汽车用燃料 氢气

GB/T 42729 锂离子电池和电池组安全使用指南

JT/T 300 港口拖轮作业要求

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

氢电混合动力拖轮 hydrogen electric hybrid tugboat

利用锂电池和氢燃料电池作为主要动力供给装置的拖轮。

注：锂电池与氢燃料电池共用直流母线，锂电池电量低于设定阈值时氢燃料电池启动，电能经直流母线供拖轮主机推进及锂电池充电。

3.2

氢燃料电池 hydrogen fuel cell

将氢气与氧化剂中的化学能通过电化学反应直接转化为电能、热能及水的非燃烧式发电装置。

3.3

锂离子电池 lithium ion battery

依靠锂离子在正极和负极之间移动实现化学能和电能相互转化的充放电装置。

注：本文件中锂离子电池以下简称为锂电池。

3.4

氢气加注 hydrogen refueling

指从岸基/水上加注设施向受注船储氢系统传输氢气的作业全过程。

4 基本要求

4.1 作业环境

4.1.1 氢气的工作条件和工作环境应符合 GB 4962、GB/T 37244 的相关规定。
4.1.2 氢燃料电池的工作条件和工作环境应符合 GB/T 37244、GB/T 20042.2、GB/T 27748.1 的相关规定。
4.1.3 氢燃料电池不应在高温、高湿等极端环境条件下使用。
4.1.4 锂电池工作条件和环境应符合 GB/T 36276 的相关规定。

4.2 人员

4.2.1 操作人员应接受专业培训并持有效证件上岗。操作人员应熟悉氢燃料电池、锂电池、安全操作规程及应急处理措施。
4.2.2 操作人员操作全程应穿戴个体防护装备，如安全手套、防护眼镜、工作鞋、工作服等必要防护装备。
4.2.3 操作人员应熟悉设备性能指标，严格执行操作规程。
4.2.4 应定期检查评估操作人员具备合格的操作技能和安全意识。

4.3 设备

4.3.1 氢电混合动力拖轮的燃料电池、锂电池、直流供配电装置、供氢设施等设备应处于正常安全使用状态。
4.3.2 氢电混合动力拖轮锂电池及涉氢区域所有设备应为防爆型，操作设备间与驾驶台等舱室应保持正常通信。

5 拖轮作业

5.1 一般要求

拖轮常规操作及拖带操作应符合JT/T 300的规定。

5.2 作业前

5.2.1 氢燃料电池系统启动前应对供气管路及系统进行吹扫，并确认但不限于：
a) 燃料电池内部设有缓冲罐的，其使用状态正常；
b) 气体监测装置工作状态及监测参数范围正常；
c) 通风设备及空气流速满足要求；
d) 阀门连接部位无异常；
e) 氢气储存容器应处于正常温度及压力范围。
5.2.2 应打开氢燃料电池对应瓶组的瓶口阀及对应电堆主管路上的所有控制阀，高压氢气减压至低压氢气，经过控制阀以及手动球阀到达电堆后启动氢燃料电池。
5.2.3 检查锂电池及所属设备应安全可靠，电池的外观和连接线路应完好，锂电池应处于正常工作状态。
5.2.4 作业前，应由值班驾驶员通知机舱备车，船员就位，驾驶员试车、试舵正常，确认断开充电电缆。

5.3 作业中

5.3.1 氢燃料电池运行期间，涉氢区域应保持通风良好，禁止动火和堆放易燃易爆物品。
5.3.2 拖轮作业中应巡检，包括但不限于以下内容：
a）氢燃料电池外观确保无泄漏、变形或损坏等现象；
b）氢燃料电池性能参数确保在正常范围内，包括但不限于电压、电流、功率等参数；
c）氢燃料电池的运行状态使用专业的监控系统实时监控，包括但不限于电压、电流、温度、压力等关键参数；

d）锂电池作业中满足 GB/T 42729 的相关要求。

5.3.3 当氢燃料电池发生故障或异常时，监控系统出现异常报警，并按下紧急切断装置（ESD）。

5.4 作业后

5.4.1 值班轮机员接到完车指令后，应关闭氢燃料电池机组及控制阀。

5.4.2 拖轮完车后应全面检查，包括但不限于下列内容：

a）氢燃料电池、储氢系统及管路外观确保无泄漏、变形或损坏等现象；

b）氢燃料电池性能参数确保在正常范围内，包括但不限于电压、电流、功率等参数；

c）氢燃料电池的电气连接、管道连接紧固可靠；

d）锂电池外观确保无损坏、弯曲或裂纹等现象。

5.4.3 根据作业能源消耗情况进行必要的锂电池充电（见 7.3）或氢气加注操作（见 7.1）。

6 动力装置

6.1 一般要求

6.1.1 应定期对氢燃料电池、锂电池进行例行检查和维护。包括但不限于检查电池的密封性、性能、工作状态和清洁装置表面等。

6.1.2 氢燃料电池、锂电池维修更换，应由专业人员进行操作，操作人员不应擅自检修、更换。

6.1.3 锂电池故障的情况下应及时与维修人员联系，不应擅自打开锂电池箱盖维护。

6.1.4 不应擅自改装或解剖电池系统和电池箱。非专业人员不得擅自拆卸电池组。

6.2 氢燃料电池

6.2.1 氢燃料电池启动和运行时应按照说明书执行，禁止临界运转，避免突增、突减或过负荷运行。

6.2.2 操作时应持续监控氢燃料电池的工作状态（包括温度、压力和气体流量等）、气体探测装置、水热管理装置、通风装置等，出现异常情况时，应立即停止氢燃料电池运行。

6.2.3 氢燃料电池发生泄漏、火灾或其他紧急情况，应及时切断氢气供应。

6.2.4 氢燃料电池工作时应做好电池的运行状态、维护和检查等记录。

6.2.5 燃料电池工作结束后，应立即缓慢关闭氢燃料电池。应关闭氢气和氧气（空气）供给，释放管路压力并完成吹扫，使氢燃料电池处于安全状态。

6.3 锂电池

6.3.1 充电或放电状态应在电池管理系统正常连接、通信稳定的工作情况下运行。

6.3.2 锂电池充电应使用电压、电流、功率匹配的充电电源。

6.3.3 不应将不同型号或类型的电池进行串联或并联使用。

6.3.4 氢电混合动力拖轮锂电池系统运行工况分为启动、充电、放电、浮充、热备用、停机等。

6.3.5 锂电池操作应满足以下要求：

a) 严格按照操作规程进行。

b) 操作锂电池前，锂电池及所属设备应安全可靠，处于正常工作状态。

c) 锂电池的维护保养：操作人员应按照操作规程进行维护保养工作。定期检查电池的外观、连接线路的完好、及时修复或更换损坏的部分；应定期清理电池的表面、监测电池的温度和电压、定期进行电池的充电和放电测试。

d) 事故处理：锂电池出现异常情况，操作人员应立即停止操作，并采取相应的应急处置措施。应立即切断电源并确保操作人员的安全，报告相关部门，按照应急预案进行处理。操作人员应提前熟悉应急预案，定期进行培训，迅速有效地处理各类事故。

7 氢气加注、储氢和锂电池充放电

7.1 氢气加注

7.1.1 加氢作业参照《船舶氢燃料加注作业指南（2025）》进行，应考虑预测和实际的气象条件对加注作业的不利影响，包括但不限于能见度、风向和风速、波长、波高、周期和方向、雷雨。

7.1.2 氢气加注作业的环境温度应在-40℃～50℃范围内，风力大于 6 级时应停止加注作业，氢气加注作业应在白天进行，并应尽可能避开雾、雨、雪等可能影响能见度的天气和时间段。

7.1.3 船舶氢燃料加注作业应规范、高效、安全地进行，符合相关规范、标准及安全作业要求。

7.1.4 安全加注作业区域应符合港口和主管部门的相关规定。

7.1.5 氢气加注设备操作人员应持有气瓶充装作业证（P 证），证书应在有效期内。

7.1.6 岸基加氢站应采用软管和/或加注臂向受注船进行加注，岸基加氢站应能在紧急情况下关闭岸站侧的紧急截止阀以终止加注。移动式加氢设施加注作业时应在作业区域指定专用位置安全稳固的停放，发动机应处于熄火状态。

7.1.7 氢气加注应按照以下操作规程进行：

a) 氢气加注前，每次加注前对审批文件、预测和实际的气象条件、人员资质和职责、加注限制等加注条件相关要求进行核实和检查，应制定加注准备阶段检查表进行检查，并由加注双方签字确认；

b) 操作人员穿戴劳保用品并完成人体静电释放后进行加注系统连接、测试与加注操作；

c) 加注阶段从加注设施与受注船惰化与置换完成、加注控制阀、加氢枪手柄打开开始，直到加注阶段结束、加注控制阀关闭终止。加注阶段主要包括：加注启动、正式加注、加注过程监测；

1)加注启动，经操作人员气密性检测确认加注管路和受注船储氢系统无泄漏后方可正式加注。在 35 MPa 工况下的加氢过程中，宜在加氢口压力达到 10 MPa、20 MPa 及 30 MPa 时，进行泄漏检测，可根据实际情况增加泄漏检测压力和数量；

2)正式加注期间，加注设施处于稳定静止状态(如停船系锚)，并考虑外界条件对加注作业的影响，加注设施和受注船双方加注操作人员对加注作业相关参数和设备运行状态进行持续监测；

3)加注作业过程及结束时，氢气瓶内温度不应超过 85℃；

d) 完成阶段从加注完成、关闭氢燃料加注控制阀开始，直到受注船和加注设施安全脱离、所有相关文件全部签署完成终止。当受注船氢燃料罐达到目标压力，或受注船、加注设施发出停止加注信号，加注立即停止。操作人员关闭加氢机加注控制阀；

e) 加注后对受注船加注站管路及相关仪表进行检查，对受注船氢燃料罐处所的储氢容器、阀门、压力表及加注管路外观应无泄漏等异常情况；

f) 加注作业结束后，双方填写检查表，并签字确认。

7.1.8 氢燃料加注作业时，不应进行以下操作:

a) 锂电池充电作业；

b) 船舶甲板保养或甲板上作业；

c) 加注作业过程中，加注设施和受注船上除氢燃料加注操作之外，任何可能对氢燃料加注作业造成不利影响的活动(如动火、机械加工、打磨、吸烟等)。

7.2 氢气储存

7.2.1 储氢前应对储氢容器及场所进行检查检测，包括但不限于：

a) 储氢容器完好，无严重腐蚀和损伤；

b) 储氢容器及相关管道、阀门密封、无泄漏；

c) 储氢场所的通风设施正常运行、通风条件良好；

d) 氢气储存容器存放在阴凉、干燥、无易燃易爆物品的地方，远离火源和热源。

7.2.2 储氢后，储氢容器应处于密闭状态。

7.2.3 氢气加注完成后，应对储氢容器进行日常检查和维护，包括但不限于：

a) 定期对储氢容器及相关设施进行安全检查，无氢气泄露，温度、压力在规定范围内，压力表、安全阀、温度计等设备在有效期内，损坏或过期的设备及时更换或维修；

b) 定期对储氢场所进行安全检查和检测；

c) 储氢容器使用前，先打开容器出口阀门，缓慢释放容器内的压力，若瓶内氢气剩余量低于额定阈值时应及时告警，进行燃料加注；

d) 储氢容器及相关设施保持良好的接地，氢气处理过程中避免产生火花或静电；

e) 建立完善的设备档案，记录设备的使用、备件更换、维修和保养等情况；

f) 对操作人员进行定期的储氢安全培训。

7.3 锂电池充放电

7.3.1 选择符合本船舶需求的岸电充电，电源线及插头应保持良好绝缘，容量应符合要求。
7.3.2 充电前应确认充电线路额定电压、电流等与船用充电设备应匹配。
7.3.3 锂电池的充电过程中，操作人员应按照操作说明进行操作并监测电池的温度和电压变化。
7.3.4 放电时，操作人员应按照操作规程进行操作，应监测电池的温度和放电时间。
7.3.5 在充放电过程中，锂电池不应过度充电或过度放电。
7.3.6 接用或拆除岸电前断开充电开关，断开氢燃料电池系统，确认本船岸电、供电设施完好后投切岸电开关，检测确认无电后方可进行接、拆岸电的操作。
7.3.7 切断岸电箱接线柱电源后方可进行接、拆岸电操作，操作时脚下应干燥，不应带电作业。
7.3.8 应将岸电线接于本船专用接线柱或插座上，各船岸电线不应交叉排放。
7.3.9 拔插操作岸电的过程前后，接线柱的绝缘帽必须复位，不应随意丢弃。解除岸电后，空气开关应断开。操作过程中，发现隐患应及时通知船长等负责人。
7.3.10 船上岸电箱应保持良好状态，相序表灯指示应正确。
7.3.11 船舶移泊或作业前应确认岸电线已拆除。
7.3.12 各船舶的岸电缆接线鼻应使用绝缘胶带缠绕至线鼻根部，使露出的铜质部分尽量减小。
7.3.13 遇到台风等恶劣天气时，应将岸电房或者岸电箱的门关闭好，船舶不应接通岸电。
7.3.14 充电记录应包括起始电量、起始时间、结束电量、结束时间等。

8 应急处置

8.1 一般要求

8.1.1 操作人员应熟悉作业场所和工作岗位存在的危险因素防范措施以及事故应急措施。应具备事故应急处置能力，包括但不限于：氢泄漏、火灾等突发事件发生时的人员疏散、意外伤害的预防和紧急救护。
8.1.2 制定应急预案，并组织应急演练。
8.1.3 拖轮在协助他船靠离泊过程中，遇突发情况不能继续作业应第一时间向他船报告，告知他船采取应对措施，同时启动相关应急预案。
8.1.4 应适当采取抛锚、紧急启动备用系统、紧急修复、单车航行等紧急处置措施，保护自身安全。

8.2 氢燃料电池应急处置

8.2.1 氢气泄漏应急处理应包括但不限于：
a) 立即停止氢燃料电池运行，并切断氢气的供应。启动通风系统，减少氢气在船舱内的积聚；
b) 通知船长船员、港口调度、海事部门、应急部门和附近的其他船舶；
c) 严禁使用明火或任何引发火花的设备。
8.2.2 氢气泄漏着火的应急处理应包括但不限于：
a) 按照船上的紧急疏散程序优先撤离相关人员；
b) 按照消防硬件部署要求使用船上的灭火器材或水雾进行紧急自救；
c) 如果火势无法控制，应立即向附近的救援机构发出求助信号；必要时采取弃船等自救措施。

8.3 锂电池应急处置

8.3.1 锂电池的应急处理应符合标准 GB/T 42729 的相关要求。
8.3.2 应设定电池管理系统先行断开电池舱断路器、确认相关人员撤离后，再启动固定式灭火系统进行灭火，通过甲板水灭火系统或水雾喷淋装置（如有）对电池舱持续降温。

8.4 氢气加注应急处置

8.4.1 发生氢气微量泄漏应急处理，应包括但不限于：
a) 警告在减压装置附近的工作人员；
b) 通过氢气探测器查找泄漏位置；
c) 缓慢关闭氢气加注源，不应形成负压。

8.4.2 氢气大量泄漏应急处理，应包括但不限于：：

a）应按规程立即关闭氢气源；

b）在事故现场应使用防爆对讲机、防爆移动电话等通讯工具。抢险救灾工具不应产生火花；

c）如果氢气泄漏已着火，对贮罐和有关管道采取冷却措施，缓慢关闭氢气阀，避免引起回火，并立即启动紧急灭火系统，同时撤离现场人员，并立即报警；

8.5 储氢应急处置

8.5.1 发生储氢容器轻微泄漏应急处理，包括但不限于：

a）应关闭相关阀门，禁止在泄漏点附近明火作业；

b）运行人员加强对泄漏罐的监视，做好周边环境的检测，准备好灭火器；

c）向有关部门报告并通知设备部门和检修公司处理；

d）在安全可控情况下可采取临时措施，待氢罐压力降低后进行置换和检修。

8.5.2 发生储氢容器严重泄漏应急处理，包括但不限于：

a）应关闭相关阀门并立即切断整流柜电源，严禁设备运行；

b）立即疏散周边人员，做好警示；

c）立即向有关部门报告并通知相关部门和检修公司；

d）待罐体压力降低后准备好灭火器进入现场进行置换和检修。

8.5.3 发生氢管道泄漏应急处理，包括但不限于：

a）应关闭相关阀门，隔绝泄漏部分，准备好灭火器；

b）向有关部门报告并通知相关部门和检修公司；

c）压力降低后用氮气进行置换，现场测氢合格后进行检修。

参　　考　　文　　献

[1]　中国船级社 船舶氢燃料加注作业指南（2025）