指导性文件
GD035-2026

中　国　船　级　社

船舶氢燃料加注作业指南

2026

2027 年 1 月 1 日 生效

北　京

目　录

第 1 章 通　则 1

第 1 节 一般规定 1
第 2 节 加注要求 3
第 3 节 加注模式 7

第 2 章 设备和操作 10

第 1 节 一般规定 10
第 2 节 加注连接设备 10
第 3 节 安全设备 12
第 4 节 辅助设备 12
第 5 节 可移式燃料罐换罐设备及其操作 13
第 6 节 金属合金储氢燃料罐加注压缩氢燃料设备及其操作 14
第 7 节 液化氢燃料加注设备及其操作 14

第 3 章 安全保护 16

第 1 节 人员保护 16
第 2 节 火灾和爆炸防护 16
第 3 节 安全管理 18

第 4 章 风险评估 19

第 1 节 评估方法 19
第 2 节 灾害接受衡准 20
第 3 节 风险接受准则 21
第 4 节 安全间距 22

第 5 章 操作程序 25

第 1 节 一般规定 25
第 2 节 准备阶段 25
第 3 节 连接与测试 26
第 4 节 加注阶段 28
第 5 节 完成阶段 30
第 6 节 可移式燃料罐换罐操作程序 31
第 7 节 金属合金储氢燃料罐加注压缩氢燃料操作程序 33
第 8 节 液化氢燃料加注操作程序 35

第 6 章 应急响应 39

第 1 节 一般规定 39
第 2 节 氢泄漏事故 39
第 3 节 氢火灾事故 40
第 4 节 事故救援 40

附录 1 船舶氢燃料加注流程图 42

附录 2 检查表 47

附录 3 加注交付单 **57**

第1章 通 则

第1节 一般规定

1.1.1 一般要求

1.1.1.1 《船舶氢燃料加注作业指南》（以下简称本指南）旨在向氢燃料加注负责人、操作者和相关人员提供技术参考，以使得船舶氢燃料加注作业规范、高效、安全地进行。

1.1.2 适用范围

1.1.2.1 本指南适用于船舶在沿海和内河码头或主管机关指定水域进行本节1.1.3.3所述氢燃料的加注作业，采用的加注方式包括岸基加氢站加注、移动式加氢设施加注、可移式燃料罐换罐等。

1.1.2.2 加注作业还应满足主管机关相应法规和管理规定的要求。

1.1.3 定义

除本节明确规定者外，中国船级社（以下简称“CCS”）《船舶应用氢燃料指南》[①]的相关定义适用于本指南。

1.1.3.1 压缩氢：系指以高于标准大气压的压力所储存的气态氢。

1.1.3.2 液化氢：系指已在低温下液化的氢，即处于低温液态的氢。

1.1.3.3 氢燃料：系指本节1.1.3.1所述的压缩氢燃料和/或本节1.1.3.2所述的液化氢燃料。

1.1.3.4 压缩氢气燃料罐：系指用于储存压缩氢气燃料的容器。

1.1.3.5 氢气瓶：系指公称压力不大于70MPa，用于储存压缩氢气的可重复充装气瓶。氢气瓶是压缩氢气燃料罐的一种，包括公称压力小于或等于35MPa的气瓶和大于35MPa小于或等于70MPa的气瓶两种类型。

1.1.3.6 金属氢化物：系指通过氢气与储氢合金反应生成的固体材料。

1.1.3.7 金属合金储氢：系指采用镧系、钛系、钒系等过渡金属与氢气反应生成的金属间氢化物的储氢方式，通过加热等方式可将氢气释放出来。

1.1.3.8 金属合金储氢燃料罐：系指由燃料罐外壳、金属氢化物、泄压装置、加热和冷却介质管路、截止阀和其他附属装置及内部组件构成的，以氢气作为唯一对外传输介质且可重复充装的储氢容器。

1.1.3.9 液化氢燃料罐：系指用于储存液化氢燃料的容器。

1.1.3.10 可移式燃料罐：系指非永久安装在船舶上的氢燃料罐，具有确定的容量，配备用于燃料调节的服务部件和储存氢燃料所需的结构部件。可移式燃料罐应设计为在无需拆除其结构设备的情况下即可卸下至岸上充装，其还应包含用于转移及在满载/空载条件下固定的结构部件。公路罐车、铁路罐车和中型散装容器不应视为可移式燃料罐。

1.1.3.11 加注：系指从加注设施将氢燃料传输至受注船的作业过程。

1.1.3.12 换罐：系指一种通过更换可移式燃料罐实现受注船燃料补给的加注方式。

① 凡是本指南中未注明版本号的引用文件，均为其最新版本。

1.1.3.13 受注船：系指接受氢燃料加注服务的船舶，通常为氢燃料动力船舶。

1.1.3.14 加注设施：系指具有氢燃料储存和传输功能的装置，该装置可为固定式加氢站（如岸基加氢站）或移动式加氢设施（如加氢车、移动撬装式加氢装置）。

1.1.3.15 岸基加氢站：系指可为受注船加注氢燃料的陆上固定设施，一般包括增压系统、氢储存系统、加氢机、加注连接设备等。

1.1.3.16 加氢车：系指可在码头向受注船提供氢燃料加注服务的车辆，一般包括储氢装置、加注装置。

1.1.3.17 移动撬装式加氢装置：系指可在码头向受注船提供氢燃料加注服务，由一个或多个可移动的底座（盘）上设置的增压装置、储氢装置、加注装置、连接管线和安全设施等的总称，其本身不具备移动或走行功能。

1.1.3.18 加氢机：系指可为受注船等提供加注服务，具备充装、控制功能，可按需配置计量和计价等装置的专用设备，一般用于岸基加氢站。

1.1.3.19 氢加注装置：系指可为受注船等提供加注服务，具备充装、控制功能，可按需配置计量装置的专用设备，一般用于移动式加氢设施。

1.1.3.20 加氢枪：系指安装在加注软管末端，用于连接受注船加注系统加氢口的部件。

1.1.3.21 干式快速接头：系指可在不使用螺栓的情况下，以安全的方式将加注设施的软管加注系统与受注船的汇管快速连接和断开的一种机械装置。该接头主要由加注端和受注端两部分组成。

1.1.3.22 紧急切断（ESD）：系指在特定情况下，有效地停止所有与氢燃料加注相关的操作和 驳运设备，终止氢燃料加注并使加注系统处于安全状态的操作。

1.1.3.23 紧急脱离系统（ERS）：系指能够通过激活紧急脱离装置使受注船与加注设施连接管路安全分离的系统。

1.1.3.24 紧急脱离装置（ERC）：系指通过在预设截面施加外力，或在紧急情况下手动/自动激活以实现连接设备与船舶连接管路干式脱离的装置。该装置为紧急脱离系统的主要部件。

1.1.3.25 拉断阀：系指安装在加注软管或金属连接软管上主要用于保护软管的安全设备，当加注过程中超过该装置张拉极限时，能安全断开软管，并通过两端自动封闭的阀门防止氢燃料从软管中泄漏。

1.1.3.26 绝缘法兰：系指防止管道间、软管或加注臂间有电流通路的装有绝缘衬片、衬套和垫圈的专用法兰。

1.1.3.27 负责人：系指对加注作业进行总体控制的人员。

1.1.3.28 限制区域：系指加注设施、受注船的加注站和船岸连接管路周围的区域，在加注期间该区域不允许无关人员进入，且不得有点火源。该区域根据风险评估确定。

1.1.3.29 警戒区域：系指为防止无关船舶、其它活动进入或靠近加注作业区域而设置的区域。

1.1.4 缩略语

（1）ESD（Emergency shutdown）紧急切断

（2）ERS（Emergency Release System）紧急脱离系统

（3）ERC（Emergency Release Coupler）紧急脱离装置

（4）SDS（Safety Data Sheet）安全技术说明书

（5）IMO（International Maritime Organization）国际海事组织

（6）IR（Individual Risk）个人风险

（7）SR（Social Risk）社会风险

（8）PQU（Physical Quantity Unit）物理量单位

第2节 加注要求

1.2.1 一般要求

1.2.1.1 完整的船舶氢燃料加注过程可分为计划阶段、操作前准备和操作阶段，各阶段主要流程和对应指南内容如下：

（1）计划阶段主要对应本节中兼容性评估和本指南第 4 章风险评估的要求。

（2）操作前准备主要对应本指南第 2 章设备和操作和本指南第 3 章安全保护的要求。

（3）操作阶段主要对应本指南第 5 章中加注操作和操作完成阶段的要求以及本指南第 6 章应急响应的要求。

1.2.1.2 氢燃料加注作业的同时不应进行如下操作：

（1）装卸货作业；

（2）乘客上下船；

（3）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其他活动（如动火、机械加工、为受注船充电）。

1.2.2 加注设施和受注船

1.2.2.1 加注设施及其使用应满足国家和行业的相关标准、规范与法规的有关规定。

1.2.2.2 在营运期间内，加注设施所有人/经营人/操作人员应确保加注设施处于安全和适用状态，按照相关标准、规范和法规等要求及时检验维护。

1.2.2.3 在进行加注作业时，加注设施和受注船应处于稳定状态（如停车锁定、受注船舶系泊等），并考虑外界条件对加注作业的影响。

1.2.2.4 加注设施应设有船舶加注作业所必需的设备。

1.2.2.5 加注设施配备的加注作业操作手册应满足本指南的要求。

1.2.2.6 加注设施所有人或经营人应妥善保存加注作业的记录文件，保存期限不少于1年或主管机关要求的时限。

1.2.2.7 受注船应满足船舶航行区域技术法规和船级社规范的要求。

1.2.3 人员资质和能力

1.2.3.1 作业人员应进行必要的安全生产知识培训、专业技术培训和实操培训，以熟悉有关的安全生产规章制度和安全操作规程，掌握本岗位的安全操作技能。

1.2.3.2 作业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。

1.2.3.3 作业人员应具备一定的事故应急处置能力，包括氢泄漏、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等。

1.2.3.4 加注作业应指定一名负责人来指导和控制整个加注作业过程。负责人可为加注设施经营人或者相关管理人员等。该负责人应：

（1）具有氢燃料货物装卸或氢燃料加注经验；

（2）熟悉作业区域及周围的地理情况；

（3）掌握氢事故应急处理技术，包括熟悉用于应急响应计划的设备和资源；

（4）熟悉氢燃料加注作业操作流程。

1.2.3.5 加注作业时船岸双方的涉氢处所或其远程监控处所应进行值守。

1.2.4 人员职责

1.2.4.1 应为加注设施制定操作人员组织结构图，明确所有相关操作人员（含船端负责人、加注设备操作人员）的角色和职责。

1.2.4.2 如负责人由加注设施经营人以外的其他人担任，这种情况并不表明经营人的义务、要求和责任得以解除或者减轻。

1.2.4.3 加注设施经营人应对加注设施负责，包括人员管理和整个加注过程中的安全及其他的问题。在加注设施和受注船对加注作业达成共识之后方可进行与加注有关的操作。

1.2.4.4 负责人应确保氢燃料加注按照适用要求和流程进行操作，其职责应包括：

（1）确保根据加注作业计划、操作手册的要求进行系泊、加注和解缆操作；

（2）在系泊、加注和解缆操作期间向船长提供建议；

（3）在发生氢泄漏时，确保应急预案的实施；

（4）确保已按照相关要求进行报备；

（5）确保参与加注作业各个环节的人员已清楚自身职责；

（6）确保加注设施与受注船之间靠近并建立有效的通信，且在完成相应的检查之前未进行连接操作；

（7）确保已按照本指南进行加注前后的各项安全检查；

（8）负责人应有权提出以下要求：

① 中止或者结束氢燃料加注作业；

② 针对某些具体的操作修改加注作业计划。

1.2.5 加注作业计划

1.2.5.1 为确保加注作业能安全可靠的进行，加注作业计划应包含设备操作说明、兼容性评估、加注作业程序、安全检查表、安全间距和应急响应计划等必需的资料或信息，可包括以下适用内容：

（1）氢燃料的加注量、加注压力、速率、温度等参数；

（2）氢燃料加注可能发生的事故及处理方法，包括安全设备、个人防护装备和急救措施；

（3）船上气体窒息和低温的危险说明；

（4）加注安全措施和应急响应；

（5）氢燃料加注系统原理图（含受注船储氢系统设备说明）；

（6）加注设施相关设备说明，如：加氢机、加注软管、加氢枪、加注接头、通讯系统等；

（7）加注过程中可安全操作的限制条件，包括天气、燃料温度、压力、速率等；

（8）加注期间应遵守的风险评估确定的风险缓解措施及说明；

（9）危险区域、限制区域和警戒区域的说明，以及在上述区域内受注船、加注设施及相关参与方应遵守的规定；

（10）兼容性评估中涉及加注作业期间的内容；

（11）值班安排；

（12）加注双方的连接、惰化、吹扫、拆除等的协调计划。

1.2.5.2 受注船氢燃料加注作业计划应在加注作业开始之前完成，并由受注船和加注方双方签字同意。

1.2.6 资料信息准备、报批和报备

1.2.6.1 在进行加注作业前，应根据有关规定进行资料信息的准备、报批或报备。

1.2.7 兼容性评估

1.2.7.1 受注船在抵达作业区域进行加注操作前，加注双方应进行受注船和加注设施之间的兼容性评估，兼容性评估应确认以下内容：

（1）码头或加注设施的位置应兼容，考虑船舶碰垫布置、船舶通道和舷梯位置等；

（2）起重设备应满足作业需求，考虑工作负载、工作范围等；

（3）加注软管/加注臂操作范围应满足作业需求，考虑加注作业期间船舶浮态变化；

（4）加注控制和安保系统、加注接头/接口尺寸等应兼容；

（5）加注作业过程中氢燃料、氢气与惰性气体混合气应能被安全排放或处理；

（6）加注操作期间受注船的浮态变化情况不会影响正常加注作业；

（7）各种作业条件下，加注设施和受注船之间的高度差应在加注软管或软管操作设备（吊臂/托架）的可操作范围内；

（8）系泊布置应满足系泊计划要求；

（9）通讯系统/信号应保持一致；

（10）加注系统自身各部件应匹配；

（11）加注设施和受注船的危险区域之间的相互影响，如，受注船透气桅排放口不会位于加注设施操作人员活动范围内和存在点火源的区域内。不可避免时，应在加注作业期间采取额外的限制措施；

（12）用于自动和手动紧急切断（ESD）通信的船岸通讯线路或等效措施应兼容；

（13）应配备避免不兼容的加氢枪与加氢口之间或加注与受注的管路接头之间连接错误的安全设备；

（14）加注前应确认加注设施加氢参数和受注船氢储存容器参数（如容积、温度、压力）等信息，且双方应安全兼容；

（15）拟加注氢燃料的特性参数（如温度、压力、氢含量）应在受注船接受范围内。

1.2.7.2 如无特殊情况，同一受注船采用同一加注设施在相同作业区域的加注作业只需进行一次兼容性评估。专门为定点定航线船舶设计建造的岸基加氢站可不进行兼容性评估。现场条件、设备状态、作业人员、气象水文条件或者同步作业安排发生重大变化时，应视情重新开展兼容性评估。

1.2.8 加注作业区域

1.2.8.1 作业区域的选取应符合有关主管机关或港口当局的规定，选择能进行安全加注作业的区域。受注船所在作业水域应考虑以下因素：

（1）遮蔽条件，尤其是风浪和涌浪的条件；

（2）当前气象条件和气象预报；

（3）加注水域水位或潮汐变化；

（4）与近岸设施的距离；

（5）指定作业区域的适用性；

（6）具有足够的水域活动范围和水深以满足靠离泊时船舶的操纵；

（7）避开水下管道、光纤、人工礁或者历史遗址等位置；

（8）可能发生的紧急情况和应急响应能力；

（9）不会导致泄漏氢气/液化氢的积聚；

（10）其它可能存在的安全隐患；

（11）发生事故后人员安全撤离或外部救助力量及时到达的可能性。

1.2.8.2 采用移动式加氢设施对受注船加注氢燃料时，移动式加氢设施所在码头作业区域应满足CCS接受的标准[①]对作业区域的要求，且还应考虑道路及环境条件（如道路结冰、泥泞）的影响，以保证移动式加氢设施安全到达作业区域。

1.2.8.3 作业区域和人行走道宜设置防滑措施，如敷设防滑层或防滑格栅，并能避免产生静电火花。对于液化氢燃料加注，防滑层或防滑格栅应使用耐低温材料。

1.2.9 加注限制

1.2.9.1 加注作业条件应根据加注作业方式、受注船舶类型、加注作业气象及水文条件等确定，必要时可通过船舶模型试验或数值仿真分析确定。

1.2.9.2 除港口当局或主管机关另有规定外，蒲氏风力大于6级时受注船不应进行加注作业。

1.2.9.3 加注作业的环境温度应处于-40℃～50℃范围内。

1.2.9.4 加注作业宜在白天进行，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。

1.2.9.5 应考虑预测和实际的气象条件对加注作业的不利影响，并应做好相应预案，需考虑因素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、雷电等。

1.2.9.6 应结合加注方法和加注性能目标，根据加氢机/氢加注装置环境温度适应性、预冷氢燃料的能力、氢燃料供应能力（压力和流量）、加注管路压降和热交换能力，以及受注船储氢容量、氢燃料罐类别、初始温度、初始压力等参数确定加注速率和目标压力，并匹配相应的过程控制要求。

1.2.9.7 为压缩氢气燃料罐加注压缩氢燃料的过程中，氢气最高加注速率应满足CCS接受的标准[②]。对于氢气瓶，加注过程中瓶内温度不应超过85℃，瓶内压力不应超过公称工作压力的1.1倍。

1.2.9.8 为金属合金储氢燃料罐加注压缩氢燃料的过程中，应保持对氢气加注的质量流量与温度、冷却系统介质进出口温度以及内部储氢容器温度和压力的监测。氢气最高加注速率不应超过制造商规定的安全限值。金属合金储氢燃料罐内部温度不应超过制造商规定的安全工作允许的温度上限，并避免对储氢合金的吸氢速率产生明显限制，内部压力不应超过制造商规定的额定充氢压力。

1.2.9.9 液化氢燃料加注的过程中，应保持对液化氢加注的质量流量、燃料罐内温度、压力及液位的监测。加注的初始速率须保持一段时间，以用来对系统进行检测和冷却，预冷过程应缓慢进行。燃料罐接近装载极限时，应适当控制补足速率，以防止过充或溢流。加注管路内液化氢流速不应超

① 如《移动式加氢设施安全技术规范》（GB/T 31139-2014）和《加氢站通用要求》（GB/T 43674-2024）。

② 如《氢燃料电池车辆加注协议技术要求》（GB/T 42855-2023）。

过5m/s。

第3节　加注模式

1.3.1　岸基加氢站加注

1.3.1.1 为受注船提供氢燃料加注服务的岸基加氢站应满足CCS接受的标准[①]。

1.3.1.2 岸基加氢站可采用软管和/或加注臂向受注船进行加注。

1.3.1.3 船岸任何一方均应能在紧急情况下启动ESD系统停止加氢。

1.3.1.4 在正式加注作业开始前，应对有关安全装置进行测试。

1.3.1.5 岸基加氢站为受注船加注氢燃料的示意图如本节图1.3.1.5所示。

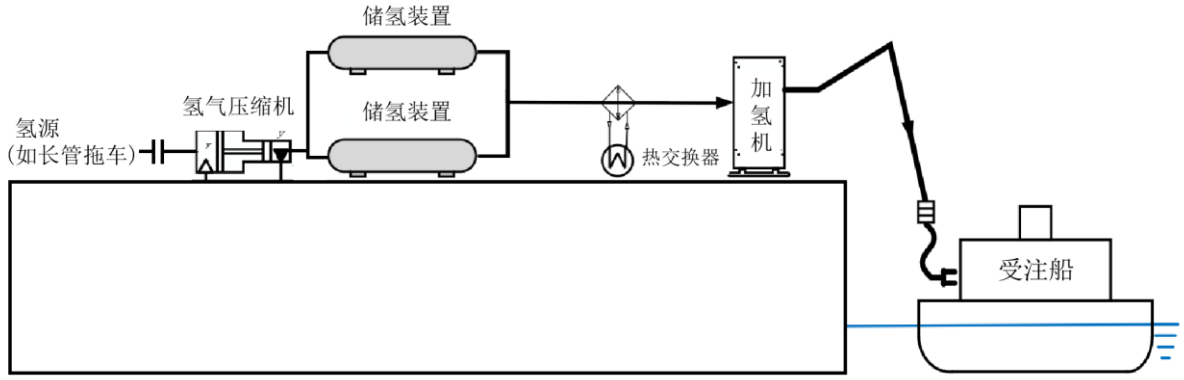


图 1.3.1.5 岸基加氢站为船舶加注氢燃料示意图

1.3.1.6 加注流程可参照本指南附录1中的岸基加氢站对船加注流程图操作。

1.3.2　移动式加氢设施加注

1.3.2.1 为受注船加注氢燃料的移动式加氢设施及码头作业区应满足CCS接受的标准[②]中的适用要求。

1.3.2.2 移动式加氢设施应在作业区域指定专用位置安全稳固地停放，并在整个加注过程确保其稳固停放，应关闭发动机（如设有）并取下钥匙。不应使用利用汽车发动机供电的加注装置。

1.3.2.3 船岸任何一方均应能在紧急情况下启动ESD系统停止加氢。

1.3.2.4 在正式加注作业开始前，应对移动式加氢设施加注的有关安全装置进行测试。

1.3.2.5 码头作业区域应设有加氢车或撬块拖车驶进和驶离路径的标识，使其在紧急情况下能够安全撤离现场。

1.3.2.6 应在码头醒目位置设置风向袋或类似装置以显示实时风向，移动式加氢设施尽可能面向实时上风向停放。

1.3.2.7 码头作业区域应根据风险评估报告设置合理的警戒区域并采取有效风险防控措施，以防止未经授权人员进入，保证加注作业安全。

---

① 如《加氢站技术规范》（GB 50516-2010）（2021 版）、《加氢站通用要求》（GB/T 43674-2024）和《加氢机》（GB/T 31138-2022）。

② 如《加氢车技术条件》（QC/T 816-2009）、《移动式加氢设施安全技术规范》（GB/T 31139-2014）。

1.3.2.8 船舶通过移动式加氢设施进行氢燃料加注作业时，作业区域应布置在码头前沿。开展加注作业前，船舶应当与加注作业单位、码头方共同制定加注方案，落实安全管理措施。

1.3.2.9 移动撬装式加氢装置为受注船加注氢燃料的示意图如本节图1.3.2.9所示。

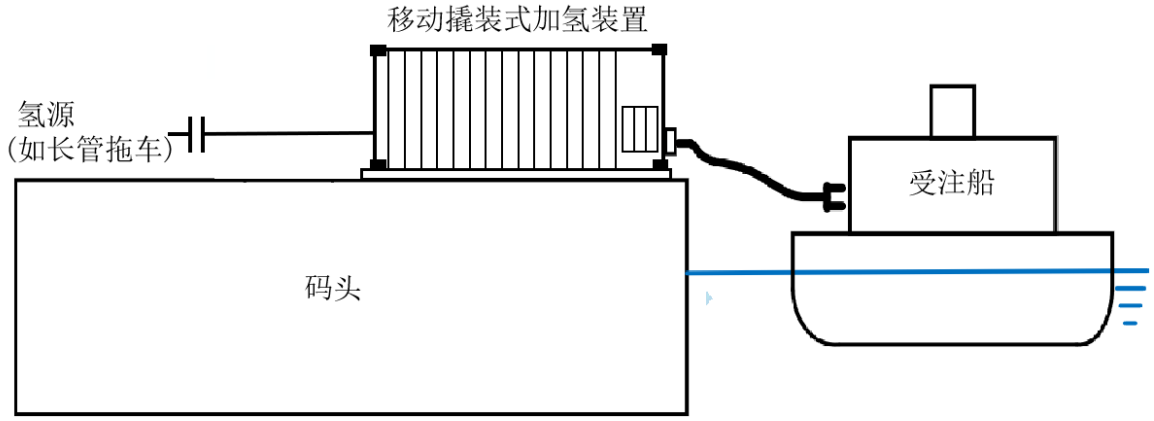


图 1.3.2.9 移动撬装式加氢装置为船舶加注氢燃料示意图

1.3.2.10 加氢车为受注船加注氢燃料的示意图如本节图1.3.2.10所示。

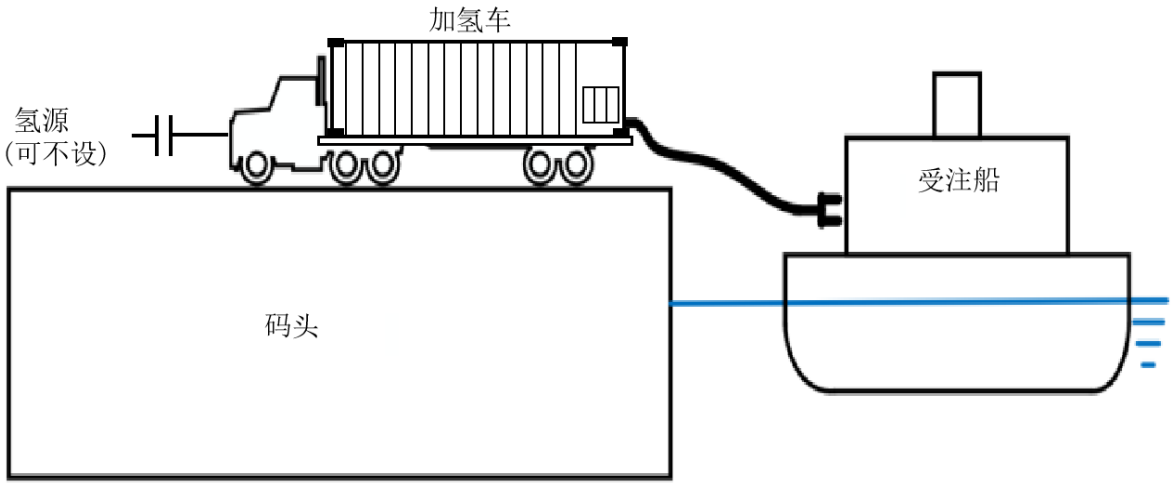


图 1.3.2.10 加氢车为船舶加注氢燃料示意图

1.3.2.11 移动式加氢设施加注流程可参照本指南附录1中的移动式加氢设施对船加注流程图操作。

1.3.3 可移式燃料罐换罐

1.3.3.1 用于储存压缩氢气或液化氢的可移式燃料罐的设计应满足CCS《船舶应用氢燃料指南》的相关要求，且能在不拆除结构设备的情况下进行装卸。对于可移式液化氢燃料罐，其应包含将所储存燃料转化为低温常压状态氢气的部件或系统。

1.3.3.2 用于储存金属氢化物的可移式燃料罐的设计应满足CCS接受的标准①。

1.3.3.3 应采用起吊装置吊装的方式进行可移式燃料罐的装卸，吊装过程应符合船舶靠港码头的吊装管理规定。

1.3.3.4 对于客滚船和滚装船，若可移式燃料罐布置在车辆可达到处所或区域内，也可采用车辆

① 如《移动式储气装置-可逆金属合金吸收氢》（ISO 16111-2018）。

滚装方式进行可移式燃料罐的装卸。

1.3.3.5 港内拆、装可移式燃料罐时，应在专门区域内进行。

1.3.3.6 起吊作业应使用“四点吊”的方法，保证可移式燃料罐四个点均匀受力同时保持受拉状态，应避免对管系和燃料罐造成机械损伤。

1.3.3.7 可移式燃料罐换罐的示意图如本节图1.3.3.7所示。

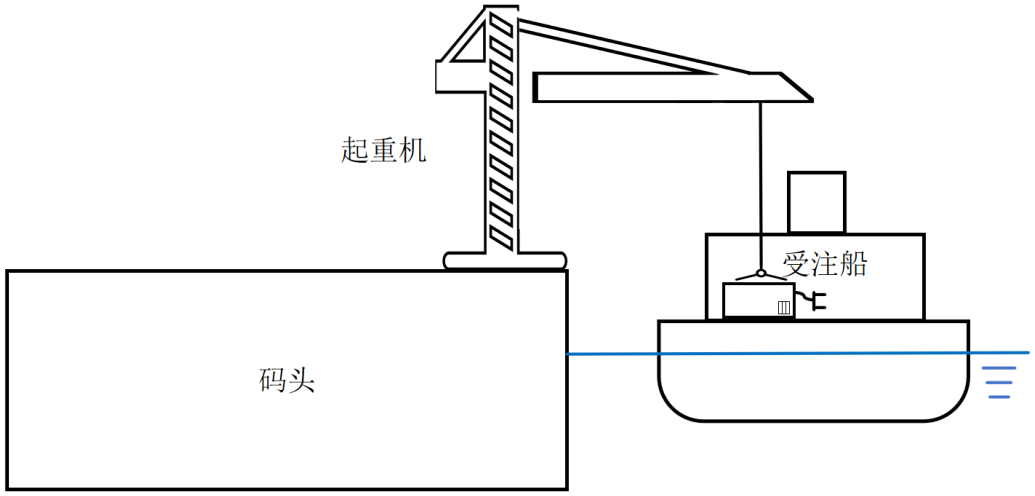


图 1. 3. 3. 7 可移式燃料罐换罐示意图

1.3.3.8 可移式燃料罐换罐流程可参照本指南附录1中的可移式燃料罐换罐流程图操作。

第2章　设备和操作

第1节　一般规定

2.1.1　一般要求

2.1.1.1　本章第2~4节的要求适用于压缩氢气燃料罐加注压缩氢燃料。

2.1.1.2　可移式燃料罐换罐应满足本章第5节的要求。

2.1.1.3　金属合金储氢燃料罐加注压缩氢燃料应满足本章第6节的要求。

2.1.1.4　液化氢燃料加注应满足本章第7节的要求。

第2节　加注连接设备

2.2.1　一般要求

2.2.1.1　加注设施向受注船加注氢燃料时，加注连接设备一般包括加氢机或氢加注装置、软管、软管操作设备（吊臂/托架）、拉断阀、加氢枪、受注船加氢口、加注ESD系统等主要部件，岸基加氢站与受注船ESD连接示意图如本节图2.2.1.1所示。

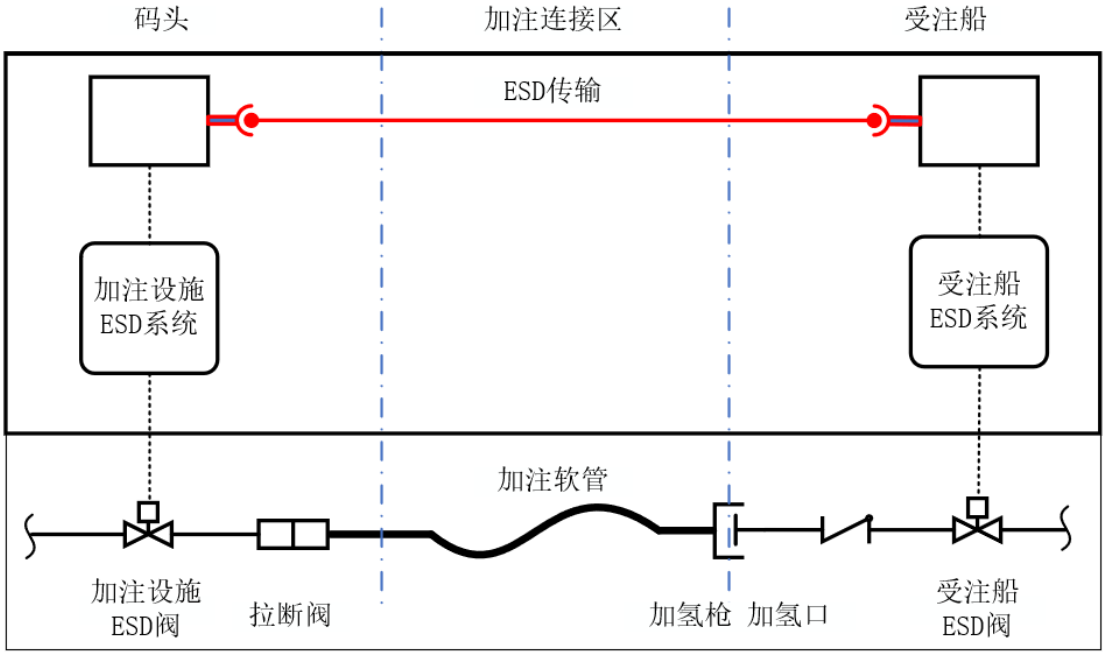


图 2.2.1.1　氢燃料加注 ESD 连接示意图

2.2.1.2　应使用功能正常、技术状态良好的加注连接设备进行加注作业，不得使用损坏、缺失部件等有安全隐患的设备。

2.2.2　软管

2.2.2.1　使用软管操作前，应核查下列永久性标志是否完整有效，并考虑其适用性：

（1）生产商的名字或商标；

（2）生产商的技术标准规格识别码；

（3）工厂测试压力（如：额定工作压力、最大工作压力、最大允许工作压力）；

（4）软管内径、工作温度范围及最小弯曲半径等参数；

（5）生产及检验日期；

（6）软管静电特性及导电性能说明；

（7）设计服务对象类型。

2.2.2.2 软管在用于加注作业之前，应确认其压力、密性等测试数据在软管生产商允许的范围内。

2.2.2.3 软管直径应满足加注速率和加氢枪尺寸要求。

2.2.2.4 软管长度应根据其结构特点、布置情况、加注场景、加注设施和受注船空间距离、加注环境条件等因素综合考虑，且不应通过软管拼接方式满足软管长度要求。

2.2.2.5 在加注系统连接之前，应对每一个软管组件完整性和损坏情况进行目视检查。

2.2.2.6 软管不应扭结、扭曲、扭转和过度弯曲。

2.2.2.7 应严格遵守软管制造商对软管使用寿命、检查和维护的要求。

2.2.2.8 软管拉断阀在发生紧急脱离后，应采取措施避免拉断阀或连接接头直接撞击加注设施/受注船的金属结构，以减小产生火花、人员受伤或机械损伤的风险。

2.2.3 软管起吊装置和支撑

2.2.3.1 应根据软管长度、重量和实际需要配备起吊装置或支撑，软管应避免被过度拉伸。

2.2.3.2 用于软管吊装与加注连接的起吊装置的数量和安全工作负荷应足够。

2.2.3.3 应避免软管起吊装置和支撑成为潜在点火源，潜在点火源包括电火花、电弧、静电、机械碰撞、高温等。

2.2.3.4 软管起吊装置应能通过机械装置进行固定，以使其在加注过程中保持相对稳定。

2.2.4 加氢枪

2.2.4.1 用于向船舶加注氢燃料时，连接受注船加氢口的加氢枪应满足CCS接受的标准[①]。

2.2.4.2 加氢枪应妥善保存，保持清洁，且在使用前应进行必要的检查，确认其处于正常工作状态。

2.2.4.3 对设有阀门操作手柄的加氢枪，还应在安全状态下打开或关闭操作手柄，确认其扭矩和功能处于正常状态。

2.2.4.4 只有当加氢枪与加氢口正确连接时才能进行加氢，并应在安全放空加氢枪与加氢口之间气体之后，才能从加氢口卸下加氢枪。

2.2.5 加氢机/氢加注装置

2.2.5.1 用于向船舶加注氢燃料的加氢机/氢加注装置应满足CCS接受的标准[②]，且氢加注装置安全性能至少应满足加氢机的安全性要求。

2.2.5.2 使用加氢机/氢加注装置前，应按照产品技术要求进行必要的检查，检查内容至少应包括外观结构检查、紧急切断系统、氢泄漏报警和控制系统，以确认其处于正常工作状态。

2.2.5.3 加氢机/氢加注装置或控制室应能实时监测氢燃料温度、压力、加注速率，并在发生异常

① 《燃料电池电动汽车 加氢枪》（GB/T 34425-2017）。

② 如《氢燃料电池车辆加注协议技术要求》（GB/T 42855-2023）、《加氢站通用要求》（GB/T 43674-2024）、《加氢机》（GB/T 31138-2022）和《加氢车技术条件》（QC/T 816-2009）。

时能自动切断加注。

2.2.6 受注船氢系统

2.2.6.1 应对受注船储氢系统（含氢燃料罐或氢气瓶、瓶口阀、瓶尾阀及其他附件）、加注系统（含加氢口及防护帽/盖、阀件、滤器、压力表、传感器），以及系统管路进行外观检查，以确认其是否完好无损伤。

2.2.6.2 检查氢燃料罐或氢气瓶压力就地显示和远程显示压力数值是否一致，且气瓶内氢气压力应不小于2MPa。

第3节 安全设备

2.3.1 拉断阀

2.3.1.1 拉断阀应满足CCS接受的标准①。

2.3.1.2 加注作业开始之前应对拉断阀进行外观检查，以确认是否完好无损伤。

2.3.1.3 应按照制造商要求对拉断阀进行日常检查和测试，测试记录应留存备查。

2.3.1.4 拉断阀安装位置应考虑软管长度和实际操作环境对软管受力的影响，并与系统设计图纸一致。

2.3.1.5 采用移动撬装式加氢装置还应根据需要在各撬装模块之间增设拉断阀。

2.3.2 紧急切断系统（ESD 系统）

2.3.2.1 在加注作业之前，应检查加注设施和受注船ESD系统的动力源是否处于良好状态，并对其进行手动功能和必要的自动功能测试，以确保紧急切断阀能按要求及时关闭。

2.3.2.2 在船岸ESD系统、控制、监测和安全系统等恢复到正常运行状态之前，不应恢复氢燃料加注作业。

2.3.2.3 船岸ESD系统复位前，船岸双方应共同确认相关风险已得到有效控制。

2.3.3 消防系统

2.3.3.1 船岸双方消防设备均应处于即刻可用状态，以随时对火灾等突发事故进行处置。

2.3.3.2 受注船上氢气瓶间或氢燃料罐处所、氢燃料电池处所、氢发动机所在处所、加注站等涉氢处所的固定式灭火系统和灭火器应处于正常状态。

2.3.3.3 受注船氢气泄漏探测报警系统和全船火灾探测报警系统应处于正常工作状态。

2.3.3.4 加注设施相关处所/区域的消防设备应处于正常状态。

第4节 辅助设备

2.4.1 通信系统

2.4.1.1 加注作业过程中应配备可靠有效的通信系统，实现加注设施与受注船之间数据、ESD信

① 如《加氢站氢气阀门技术要求及试验方法》（GB/T 42177-2022、ISO19880-3: 2018）。

息、语音的传输。

2.4.1.2 在系泊和加注的整个过程中，船岸双方应保持良好的通信联络。通信中断、无法保持有效联络时，应停止作业。

2.4.1.3 ESD信息应采用电气或光纤的方式传输，并具有备用的ESD信息通讯系统。

2.4.1.4 一般情况下，船岸双方至少应有以下两种可靠并独立的通信方式：VHF对讲机、手持无线电、直线电话、面对面喊话等。但若加注过程不会被噪音、操作等因素干扰，经船岸双方允许，短时间小规模加注作业通信可仅通过清晰可靠的面对面喊话完成。使用的便携式通讯设备应满足本指南3.2.2的要求，且在加注前应对其功能和工作频段进行测试。

2.4.2 系泊设备

2.4.2.1 应对受注船的缆绳、护舷、绞车及其它系泊设备的过度磨损和损坏情况进行目视检查。

2.4.2.2 受注船应牢固系泊，防止加注作业期间发生过度漂移。

2.4.2.3 系泊设备（如缆绳）的存放和布置应尽可能远离受注船加注设备操作区，且不应影响加注操作人员通行和操作。

2.4.2.4 系泊设备操作时应考虑以下适用的内容：

（1）风；

（2）流/潮汐；

（3）波浪；

（4）过往船只形成的涌；

（5）结冰；

（6）吃水、纵倾和横倾的变化；

（7）确认系泊设备是否存在过度磨损或损坏。

2.4.3 冷却设备

2.4.3.1 应对冷却氢燃料的热交换器冷却液温度和液位情况进行检查。

2.4.3.2 热交换器冷却能力和工作状态应满足受注船对加氢温度限值或加氢速率的要求。

第5节 可移式燃料罐换罐设备及其操作

2.5.1 一般要求

2.5.1.1 本章2.2.2、2.3.1和2.3.3的要求适用于可移式燃料罐换罐。

2.5.1.2 可移式燃料罐换罐时，换罐/加注连接设备一般包括软管、干式快速接头、拉断阀等主要部件，也包括防爆等级与危险区域划分等级相匹配的电气接头。

2.5.1.3 可移式燃料罐与船舶供氢系统之间应通过干式快速接头或类似装置进行连接，并采取适当措施确保长时间的可靠连接。

2.5.1.4 可移式燃料罐与船舶供氢系统之间应设置拉断阀。储存压缩氢或金属氢化物的可移式燃料罐与船舶供氢系统之间的拉断阀应满足本章2.3.1的要求，储存液化氢的可移式燃料罐与船舶供氢系统之间的拉断阀应满足本章2.7.7的要求。

2.5.1.5 可移式燃料罐的起吊装置应根据燃料罐的尺寸、重量和实际需要进行配备，其数量和安

全工作负荷应足够。

2.5.1.6 可移式燃料罐的起吊装置应进行机械固定，以使其在吊运过程中保持相对稳定。

第6节 金属合金储氢燃料罐加注压缩氢燃料设备及其操作

2.6.1 一般要求

2.6.1.1 除本章2.2.6外，本章第1~4节的要求适用于金属合金储氢燃料罐加注压缩氢燃料。

2.6.2 受注船金属合金储氢系统

2.6.2.1 应对受注船金属合金储氢系统（含金属合金储氢燃料罐、阀门及其他附件）、加注系统（含加氢口及防护帽/盖、阀件、滤器、压力表及传感器），以及系统管路进行外观检查，以确认是否完好无损伤，确认无裂缝、鼓包及变形。

2.6.2.2 检查金属合金储氢燃料罐压力就地显示和远程显示压力数值是否一致，且储存时的氢气压力应不高于金属合金储氢燃料罐允许的最高工作压力。

2.6.3 冷却系统

2.6.3.1 除本章2.4.3规定外，向金属合金储氢燃料罐加注压缩氢燃料前，应检查冷却系统供应冷却介质的流量、导电率及温度等关键参数，确认其满足金属合金储氢燃料罐的加氢换热需求。

第7节 液化氢燃料加注设备及其操作

2.7.1 一般要求

2.7.1.1 除本章2.2.4.1、2.2.5.1、2.2.6和2.3.1.1外，本章第1~4节的要求适用于液化氢燃料加注。

2.7.1.2 液化氢燃料加注连接设备通常由软管/加注臂、加注接头和拉断阀等主要部件组成，用于加注设施对受注船进行液化氢燃料加注。

2.7.1.3 软管、加注接头、拉断阀等加注连接设备应设置有效的绝热措施（如真空绝热结构形式）或等效措施，以防止出现空气冷凝和氧气富集。

2.7.1.4 若加注连接设备采用真空绝热结构形式，应设置防止真空失效的保护装置。

2.7.2 软管

2.7.2.1 船用液化氢低温软管应符合公认的标准[①]。

2.7.3 加注臂

2.7.3.1 使用加注臂前应检查其整体情况，并对加注臂上管路、旋转接头等进行外观检查，确认加注臂上各种液压油管无泄漏现象。

2.7.3.2 检查加注臂上所有的惰性气体吹扫接头处于正常状态，无松动现象。

2.7.3.3 加注臂操作前，应确认受注船加注总管在加注臂的工作包络范围内，当受注船处于极限

① 如《低温容器-软管》（ISO 21012）等。

位置时应调整至合适的位置。

2.7.3.4 加注臂接头应与受注船匹配，如不匹配，应采用备用的接管与受注船连接后再与加注臂连接。

2.7.3.5 加注臂连接前，应检查加注臂内是否有异物存在，如有，须进行清除。在确认臂内无异物后方可进行连接操作。

2.7.4 加氢枪、加氢机和氢加注装置

2.7.4.1 用于向船舶加注液化氢燃料时，连接受注船加氢口的加氢枪和用于向船舶加注氢燃料的加氢机/氢加注装置应满足CCS接受的标准[①]，且氢加注装置安全性能至少应满足加氢机的安全性要求。

2.7.5 加注接头

2.7.5.1 加注接头应适合液化氢燃料加注作业，且能承受设计温度和设计压力。

2.7.5.2 对于使用软管的日常加注作业，建议采用干式快速接头。

2.7.5.3 加注接头如采用法兰接头型式，应妥善保存，保持清洁，且在使用前确保所有法兰面都是干燥的。

2.7.5.4 使用加注接头前，应进行必要的检查，确认其密封性能良好，处于正常工作状态。

2.7.6 紧急脱离装置（ERC）

2.7.6.1 ERC应能正常使用，其控制、报警和脱离功能均处于工作状态。加注作业前应检查其完好性。

2.7.6.2 应按照制造商要求对ERC进行日常检查和测试，测试记录应留存备查。

2.7.7 拉断阀

2.7.7.1 拉断阀应在一定外力作用下和/或遥控驱动下能够实现脱离功能，拉断阀切断后溢出的氢应尽可能的少，且不应对周围船体造成低温伤害。

2.7.7.2 拉断阀可参考CCS接受的标准[②]的相关要求。拉断阀及其附件、密封件材料应与液化氢兼容，且在不高于-253℃的温度下满足本指南2.7.7.1所要求的功能。

① 如《液氢加注机安全使用技术规范》（T/CCGA 40010-2021）等。
② 如《船用超低温拉断阀》（GB/T38520-2020）、《液氢阀门通用规范》（GB/T 45027-2024）等。

第3章　安全保护

第1节　人员保护

3.1.1　一般要求

3.1.1.1 在涉氢处所或对涉氢设备进行操作的人员应根据可能的事故后果（如氢火焰热辐射、液化氢低温）选择适当的防护设备以减少可能的人员伤害。

3.1.1.2 进行其他操作时还应根据现场情况选择必要的个人防护装备，如在加注作业区配备适当的便携式氢气探测设备。

3.1.2　个人防护装备

3.1.2.1 参与氢燃料加注作业的人员均应穿戴个人防护装备，包括但不限于：救生衣、防静电服、安全帽、防静电安全鞋等。应配备便携式氢气探测设备和防爆灯具（如必要）。

3.1.2.2 除本节3.1.2.1的要求外，参与液化氢燃料加注作业的人员穿戴的个人防护装备还应能提供低温防护。

3.1.2.3 船岸双方配备的个人防护装备应保存在易于接近并有明显标志的适当处所，并妥善保管以便随时可用。

3.1.2.4 作业人员应通过适当的培训，以熟练掌握相关防护装备的使用方法和其存放位置。

3.1.3　人员管理

3.1.3.1 在船舶完成系泊靠泊后，除加注操作、加注值班、应急响应等加注作业参与人员外，乘客等其他无关人员不应进入限制区域，并远离加注作业区。

3.1.3.2 除工作必需外，应禁止无关人员在船岸之间的限制区域内走动。

3.1.3.3 人员在进入危险区域和限制区域时，不应带入任何潜在的点火源。

3.1.3.4 人员在船岸之间走动时应穿戴救生衣。

3.1.3.5 船岸间应设置提供操作人员使用的安全通道，通道应尽可能远离加注总管和软管，且考虑发生紧急事故时的人员逃生需求。

3.1.3.6 加注作业人员检查和操作时应使用防爆工具。

第2节　火灾和爆炸防护

3.2.1　明火、吸烟和高温设备

3.2.1.1 加注设施和受注船露天甲板区域，以及任何其他可能存在爆炸性气体环境的区域不应进行焊接、动火、吸烟等产生明火的活动。

3.2.1.2 加注设施和受注船在加注作业时不应使用会产生明火的厨房炊具和其他厨具。

3.2.1.3 加注作业区不应存放烟花爆竹等易燃易爆物品。

3.2.1.4 加注过程中需要保持运转的燃烧设备（如发动机、锅炉）排气温度过高，或排气管出现火焰/火星时，应立即停止加注操作。

3.2.2 便携式电气设备

3.2.2.1 在危险区域使用的便携式电气设备应为经认可的合格防爆型设备。

3.2.2.2 用于可能出现混有氢气的爆炸性气体环境的防爆设备的防爆类别和温度组别应不低于IIC，T1。

3.2.2.3 应限制使用软电缆，除非是出于必不可少的作业需求，并符合IEC 60092-502的相关要求。

3.2.2.4 应采取措施避免便携式设备导线遭受任何可能的机械性损伤。

3.2.2.5 加注作业期间应仅使用经认可的合格防爆型设备，并应对可能带入加注作业区的电气电子设备严格管控。受严格管控的电气电子设备包括但不限于以下非防爆电气设备：手电筒、灯具、电池电源、UHF/VHF便携式无线电对讲机、照相机和摄像机、移动电话、运动手环、运动手表、收音机和其他易产生电弧的便携式电气设备。

3.2.3 接地装置

3.2.3.1 当配电板的绝缘电阻监测报警器指示绝缘电阻异常低并报警时，应尽快停止加注操作，查找并隔离故障点，以避免在加注区域形成电火花。

3.2.3.2 应确认加氢设施内所有加氢设备和管路均已妥善接地，接地装置、接地导体、接地线与接地点应保持良好的接触、无松动。接地系统的连接部位之间的电阻值不应大于0.10Ω。静电接地宜与其他接地共用接地体，若采用专用静电接地，则氢气接地电阻不得大于10Ω，液氢接地电阻不得大于1Ω。氢管路上的法兰连接处应采用金属线跨接，跨接电阻应小于0.03Ω。

3.2.4 岸船间电流

3.2.4.1 整个加注管路应保持对船或对地的接地。使用绝缘法兰时，绝缘法兰与加注方之间的所有金属管路保持与加注方接地点的接地连接，绝缘法兰与受注船之间的所有金属管路保持与受注船船体接地。

3.2.4.2 使用跨接电缆时，电缆的连接点应布置于远离加注软管所在限制区域，且跨接电缆应通过防爆开关连接到加注方的接地点，并只有在跨接电缆妥善固定后方可合上开关。跨接电缆应在加注作业之前予以连接，并只有在加注作业完成后方可拆除。

3.2.4.3 应在必要的位置采取绝缘措施以避免形成电气通路，这些位置包括但不限于：系泊缆绳、两船间的舷梯或者跳板、吊索游车和吊钩、固定护舷用的缆绳和链条。

3.2.5 船舶无线电设备

3.2.5.1 加注作业期间，如发射天线区域可能存在可燃气体，则不应进行无线电发射。

3.2.5.2 无线电天线应可靠接地。

3.2.5.3 加注作业期间在加注限制区域内使用VHF和UHF对讲机时，应将其发射功率设置为低功率（小于或等于1W）。

3.2.5.4 岸站对船加注时，如设有直线电话连接，电话电缆应布置在危险区域之外。

3.2.6 气体积聚

3.2.6.1 加注作业区及受注船的固定式气体探测系统和用于氢气泄漏检测的便携式设备应处于正常工作状态。

3.2.6.2 当发生氢泄漏时必须停止加注操作。应在泄漏停止并经气体探测装置检测表明氢气消散，

查明泄漏原因并妥善处理后才能重新开始加注操作。

第3节 安全管理

3.3.1 围蔽处所

3.3.1.1 在氢燃料加注正常作业期间，人员不应进入可能有氢气或易燃气体积聚的氢燃料罐处所或氢气瓶间、燃料罐接头处所、燃料电池处所、氢发动机所在处所、或其他涉氢处所。作业人员因加注操作需要或其他特殊情况下确需进入此类围蔽处所时，应采用固定式或便携式设备确认该处所内具有足够氧气且不存在氢气可燃环境。

3.3.1.2 在氢燃料加注作业期间，起居处所通向开敞甲板的开口应保持关闭。

3.3.1.3 用作人员通道的门应远离气体可能影响的范围，在人员通过以后舱门应立即关闭。

3.3.1.4 具有新风通风功能的空调系统应设置为自循环模式以避免可燃气体意外进入。

3.3.1.5 船舶安全操作手册或类似文件应包含与加注作业相关的安全管理要求和须知。

3.3.2 未经许可的艇筏

3.3.2.1 在进行氢燃料加注作业时，未经许可的艇筏禁止停靠在加注警戒区域内。

3.3.3 安全标志

3.3.3.1 受注船和码头应采用不同警示标志（如警示带和告示牌）对加注限制区域和警戒区域进行标识，水上区域除外。

3.3.3.2 加注限制区域应有显示“禁止烟火”“禁止使用非防爆电子设备”“禁止带火种”的标志。

3.3.3.3 危险区域应有显示“禁止穿化纤服”“禁止穿带钉鞋”的标志。

3.3.3.4 加注作业区域或处所应选用“注意安全”“当心爆炸”“当心火灾”的标志。

3.3.3.5 可能产生触电危险的配电间和电器设备应有显示“当心触电”的标志。

第4章 风险评估

第1节 评估方法

4.1.1 一般要求

4.1.1.1 加注作业风险评估应按照相关标准[①]要求进行，风险评估的目的包括：

（1）减轻或消除可能给人员和环境带来的风险，必要时应提出缓解措施；

（2）为确定加注限制区域和警戒区域提供相关信息和帮助。

4.1.1.2 为达到该目标，加注作业风险评估应至少包括以下几个方面：

（1）船舶抵达前的准备、靠近和系泊；

（2）设备的准备、测试和连接；

（3）氢燃料传输，包括传输过程中可能的拉断阀脱开情况；

（4）完成后设备的拆除；

（5）人员及环境。

4.1.1.3 对于可移式燃料罐换罐作业，本节4.1.1.2中（3）和（4）的要求并不适用，其风险评估还应至少包括以下几个方面：

（1）使用起重设备进行装载/卸载，包括装卸过程中可能造成的损坏；

（2）与船舶供氢系统、监测系统以及透气系统的连接和断开；

（3）设备和系统的测试。

4.1.2 定性风险评估

4.1.2.1 在制定一个新的加注作业程序之前应进行定性风险评估，定性方法包括有“如果-怎么样”（What-if）分析、危险与可操作性分析（HAZOP）、故障类型和影响分析（FMEA）、故障树分析（FTA）和事件树分析（ETA）等。

4.1.2.2 若加注作业为下述3种加注方式之一，并与本指南和相关标准无偏差，则仅需进行定性风险评估：

（1）岸基加氢站对船加注；

（2）移动式加氢设施对船加注；

（3）可移式燃料罐换罐。

4.1.2.3 定性风险评估可参照CCS《氢能驱动船舶风险评估指南》第1~5章执行。

4.1.3 定量风险评估

4.1.3.1 加注作业定量风险评估是对作业活动中发生事故频率和后果进行定量分析，并与风险可容许标准进行比较的系统方法。

4.1.3.2 在以下情况时应进行定量风险评估，包括：

（1）非标准的加注方式；

① 如：CCS《油气定量风险评估指南》、CCS《氢能驱动船舶风险评估指南》《风险管理-风险评估技术》（IEC 31010: 2019）等。

（2）设计、布置和操作与本指南不同；

（3）主管机关要求时。

4.1.3.3 定量风险评估应使用国内外公认的后果分析数学模型，能够计算分析灾害的影响波及范围，通常至少应包括以下危害类型和危害程度计算：

（1）氢气扩散；

（2）热辐射；

（3）爆炸冲击波。

4.1.3.4 定量风险评估也可根据实际需求进行进一步评估，可用于判断整体风险水平（通常定性风险评估不包含）：如评估设计方案和缓解选项，为缩小限制区域和/或警戒区域提供支撑。

4.1.3.5 定量风险评估可参照CCS《氢能驱动船舶风险评估指南》执行。

4.1.4 最低要求

4.1.4.1 本节4.1.2和4.1.3中风险评估的最低要求应包括：

（1）对加注作业可能造成人员伤亡或环境损害的潜在事故/事件进行系统性的辨识；

（2）根据单个、多个人员伤亡和环境损害程度，确定本节4.1.4.1（1）项中事故/事件的最坏后果；

（3）事故/事件造成最坏后果发生的可能性或概率；

（4）风险分析并提出风险控制措施建议。

4.1.4.2 风险评估应由具有合适资质和丰富经验成员构成的小组进行，成员应是风险评估应用、工程设计、应急响应和加注作业等方面的专家。评估小组成员应包括但不限于船舶安全、工艺、材料、电气、仪表、设备以及工艺操作等专业人员，以及计算流体力学（CFD）分析师。

第2节 灾害接受衡准

4.2.1 氢气扩散

4.2.1.1 氢气扩散体积浓度的接受准则应符合本节表4.2.1.1的规定。

蒸气云扩散浓度的接受准则 表4.2.1.1

氢气扩散	体积浓度	备　　注
	2%	氢气爆炸下限的50%

4.2.2 热辐射

4.2.2.1 热辐射热通量和热剂量的接受准则应符合本节表4.2.2.1的规定。

热辐射的接受准则 表4.2.2.1

火灾	热辐射强度最大值（kW/m^2）	热辐射剂量最大值[1]（$[kW/m^2]^{4/3}\cdot s$）	备　　注
	5.0	500	不少于10%的皮肤暴露于火中30秒的情况下，则至少10人二度烧伤。

	5.0	300	不少于10%的皮肤暴露于火中30秒的情况下，建筑物中至少一人二度烧伤。
	32	不适用	持续燃烧期间，暴露于火中的钢结构强度损失（承载能力显著降低）。
注1：热辐射剂量准则基于特定场景假定得到，其中500和300的数值分别基于50人或以上聚集在户外的外部火灾场景和1人在建筑物内部的外部火灾场景。实际计算社会风险值时，可根据船舶实际人员分布对准则进行调整。			

4.2.3 爆炸冲击波

4.2.3.1 爆炸灾害的冲击波压力的接受准则应符合本节表4.2.3.1的规定。

爆炸冲击波压力的接受准则 表4.2.3.1

	损伤对应超压值（Pa）		超压损坏类别
	下限	上限	
爆炸	250	4000	玻璃窗损坏
	5000	10000	门、覆盖层和人员损伤
	15000	20000	建筑物结构严重损坏
	25000	50000	人员严重伤亡

第3节 风险接受准则

4.3.1 一般要求

4.3.1.1 风险评估宜采用本节推荐的风险接受准则。

4.3.1.2 定量风险评估接受准则分为个人风险接受准则和社会风险接受准则，通常应进行个人风险评估，当加注作业风险涉及10人及以上时还应进行社会风险评估。

4.3.2 个人风险接受准则

4.3.2.1 个人风险可容许标准应符合本节表4.3.2.1中的规定。

个人风险（IR）可容许标准表 表4.3.2.1

可容许频率/年	场 所 类 别
$IR \leq 10^{-5}$	1. 加注作业场所（船员、加注操作人员）； 2. 新开发区工业场地（泵房、工厂）。
$IR \leq 10^{-6}$	1.居住类高密度场所（如居民区、宾馆、度假村等）； 2.公众聚集类高密度场所（如办公场所、商场、饭店、娱乐场所等）。
$IR \leq 3\times10^{-7}$	1.高敏感场所（如学校、医院、幼儿园、养老院等）； 2.重要目标（如党政机关、军事管理区、文物保护单位等）； 3.特殊高密度场所（如大型体育场、大型交通枢纽等）。

4.3.3 社会风险接受准则

4.3.3.1 社会风险可容许标准应符合本节图4.3.3.1中的规定。

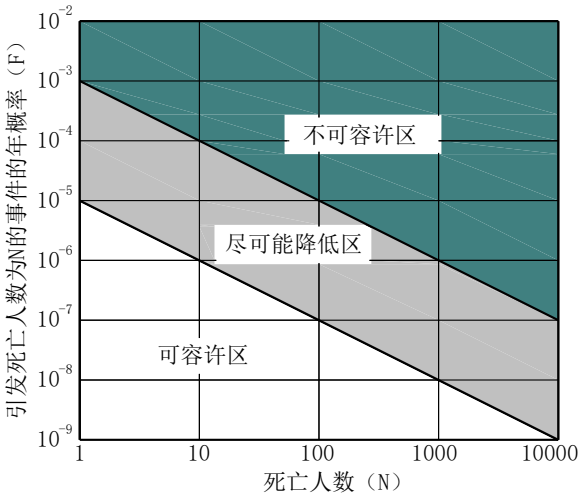


图4.3.3.1　社会风险（SR）可容许标准

第4节　安全间距

4.4.1　一般要求

4.4.1.1 氢燃料加注连接处除设置危险区域外，还应设置限制区域和警戒区域。加注设施对船加注的相关区域划分示意图如本节图4.4.1.1（1）和图4.4.1.1（2）所示。

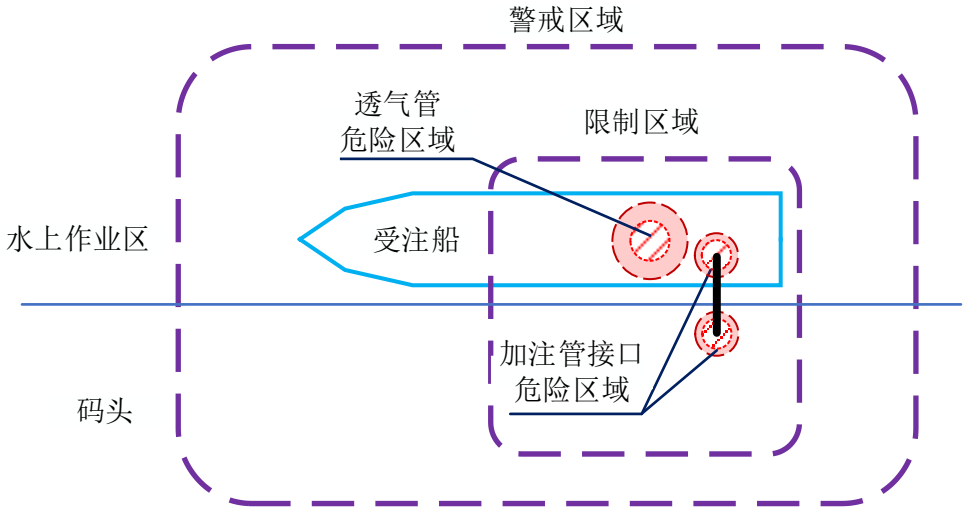


图4.4.1.1（1）　船舶氢燃料加注（非换罐）作业相关区域划分示意图

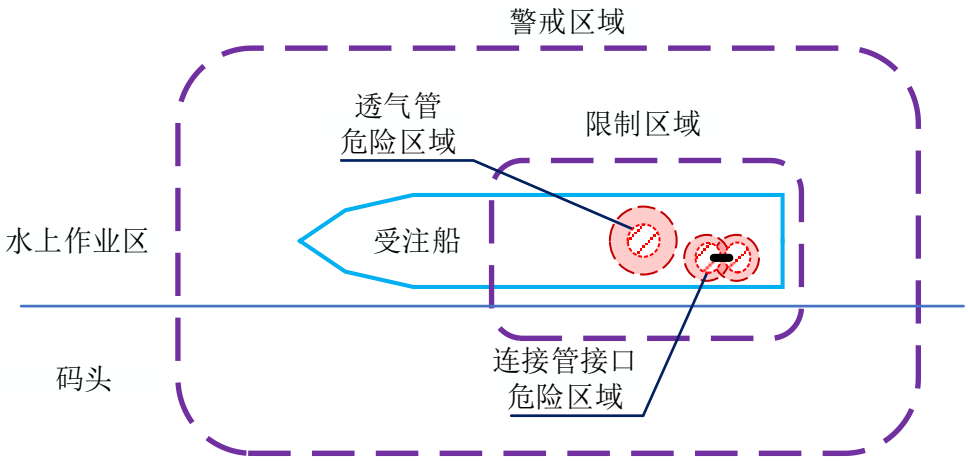


图4. 4. 1. 1（2）船舶氢燃料加注（换罐）作业相关区域划分示意图

4.4.1.2 加注作业时应按本指南3.3.3标识限制区域和警戒区域，并加以监控。非加注期间该区域不作为强制要求。

4.4.1.3 限制区域内仅限必要操作人员进入并对潜在的点火源进行控制，必要操作人员系指对加注作业进行监控和控制的人员。应对警戒区域内的船舶/港口交通进行监控和控制。

4.4.1.4 限制区域和警戒区域的设置将有助于将氢燃料泄漏和点火的可能性降低，并通过物理隔离进一步保护人命和财产安全。

4. 4. 2 危险区域

4.4.2.1 应关注加注相关的危险区域范围和区域内设备布置，危险区域包括以下规定的1类和2类危险区域：

（1）CCS《船舶应用氢燃料指南》中第1篇第9章第2节规定的区域；

（2）其他适用规范[①]规定的危险区域；

（3）加注作业可能产生燃料泄漏的区域。

4.4.2.2 危险区域还应包括岸基加氢站或移动式加氢设施等类似区域，根据风险评估结果和加注流程细节（设备、传输速率和压力），危险区域范围可能会增加。

4. 4. 3 限制区域

4.4.3.1 通常采用确定方法和概率方法确定限制区域的范围。除此之外，还应根据实际作业场景和条件将其他可能存在可燃气体的区域划分为限制区域。

4.4.3.2 确定方法是指限制区域应根据最大可信泄漏/释放场景的可燃气体扩散范围来设置，但应符合国家和主管机关提出的特殊要求。

4.4.3.3 可燃气体扩散范围系指气体/蒸气在大气中达到最低爆炸下限50%时的扩散范围。对氢气而言，空气中氢气的最低爆炸下限值为4%（体积浓度）。

4.4.3.4 选取最大可信泄漏/释放场景应至少包括以下信息：

（1）释放燃料的物理属性；

① 如《加氢站技术规范》（GB50516-2010）（2021 版）、《爆炸危险环境电力装置设计规范》（GB50058-2014）等。

（2）加注现场的气候条件，如风速、风向、湿度、气温。选取的条件应能反映出最恶劣条件下的可燃气体扩散范围；其中对于风速选取应同时考虑风力对于氢气的输送和稀释作用。

（3）蒸气/气体/液体泄漏到地表面的粗糙度；

（4）释放速率、释放方向、存货总量、蒸发率等。

4.4.3.5 限制区域应考虑释放氢气的高度及其扩散高度，例如：人员可能处在垂直高度位置、舱室布置在受注船加注站上方几米位置处等。

4.4.3.6 限制区域设置应考虑建筑物和船舶等大型物体、悬崖和地面凸出等地形结构对扩散路径的抑制或改变。必要时，可通过流体力学软件对限制区域的形状和范围予以验证。

4.4.3.7 概率方法是指采用定量风险评估对预测可能发生具有代表性的潜在释放场景进行分析，从而提出限制区域的范围。该方法通常称为概率法或基于风险方法。

4.4.3.8 除另有安全分析证明或港口当局、主管机关的同意外，加注作业期间限制区域内应：

（1）严禁吸烟；

（2）严禁明火、非防爆的移动电话和相机以及其它非本质安全型便携电气设备；

（3）严禁操作克令吊和其它起重设施。可移式燃料罐换罐所必需的起重设施操作除外；

（4）严禁与加注作业无关的交通工具出现在限制区域内；

（5）严禁其它船舶或航空器（如无人机）进入限制区域；

（6）消除所有可能的点火源；

（7）仅限经批准的工作人员进入限制区域。

4. 4. 4 警戒区域

4.4.4.1 警戒区域应基于船舶/港口操作设置，其设置至少应考虑以下事项：

（1）其它船舶移动；

（2）路面周边交通情况、工业装置、工厂和公共设施；

（3）克令吊和其它装卸设备操作；

（4）建造和维护作业；

（5）无线电通信活动。

4.4.4.2 设置警戒区域范围应参考风险评估的内容。

第5章 操作程序

第1节 一般规定

5.1.1 一般要求

5.1.1.1 本章第1~5节的要求适用于压缩氢气燃料罐加注压缩氢燃料。

5.1.1.2 可移式燃料罐换罐应满足本章第6节的要求。

5.1.1.3 金属合金储氢燃料罐加注压缩氢燃料应满足本章第7节的要求。

5.1.1.4 液化氢燃料加注应满足本章第8节的要求。

5.1.1.5 加注设施和受注船双方在进行首次氢燃料加注的典型操作程序如本节图5.1.1.5所示。

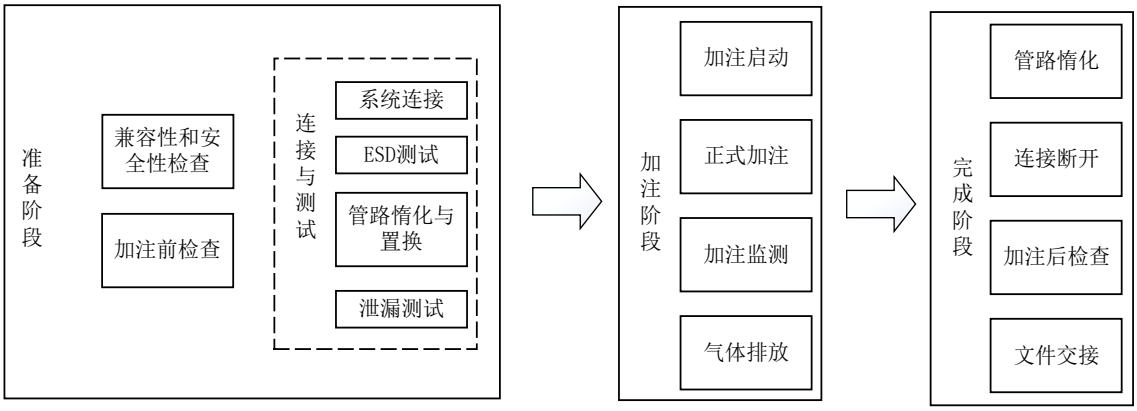


图 5.1.1.5 氢燃料加注的典型操作程序

5.1.1.6 操作程序可根据船岸双方实际情况进行调整，但不应对加注操作安全产生不利影响。

第2节 准备阶段

5.2.1 一般要求

5.2.1.1 准备阶段从受注船与加注设施第一次加注交流开始，直到加注管路连接到加注设施结束。

5.2.1.2 准备阶段旨在准备并完成加注设施与受注船之间的安全连接。

5.2.1.3 准备阶段应确认受注船与加注方具备本指南第1章第2节要求的加注条件。

5.2.1.4 准备阶段应确认人员与设备满足应急响应计划的要求。

5.2.1.5 受注船投入运营前的首次加注还应考虑氢燃料罐或氢气瓶的惰化、氢气置换等准备程序。

5.2.2 兼容性和安全性检查

5.2.2.1 在每次加注作业前应确认以下项目：

（1）在港口的加注作业是否满足港口当局的相关要求；

（2）主管机关、加注方和受注方三方的应急响应计划是否协调一致；

（3）通过风险评估提出的风险控制措施建议是否已封闭；

（4）兼容性评估中各项内容是否已核实（如有）；

（5）加注双方对既定的加注作业程序是否已达成共识；

（6）加注双方对加注及蒸气管理计划（如适用）是否已达成共识；

（7）加注双方对电气绝缘方式是否已达成共识；

（8）是否就作业安全间距划分达成一致；

（9）通讯系统是否畅通，是否已约定通讯语言；

（10）加注作业计划是否经加注双方同意并签字。

5.2.3 加注前检查

5.2.3.1 应对审批文件、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。

5.2.3.2 移动式加氢设施对受注船加注还应满足本指南1.2.8及以下所有要求：

（1）防止移动式加氢设施在加注过程中发生位移的辅助设备或系统（如驻车系统）应安全可靠；

（2）移动式加氢设施应电气接地；

（3）加氢车在停靠后至完成所有加氢操作程序之前，严禁加氢车启动发动机；

（4）应检查加氢车排气管出口是否装有火星熄灭器；

（5）应急响应计划应考虑到多辆加氢车同时出现在加注区域的情况。

5.2.3.3 应按照本指南第2章、第3章的适用要求对储氢、加氢设备、安全保护等系统进行加注前检查，以确保这些设备均处于正常和即刻可使用状态。

5.2.3.4 每次加注前，加注设施与受注船均应按照本指南附录2中的加注准备阶段检查表进行检查，并由加注双方签字认可。

第3节 连接与测试

5.3.1 一般要求

5.3.1.1 操作人员应穿戴和使用个人防护装备并完成人体静电释放后进行加注操作。

5.3.1.2 加注系统连接与测试是为了增加双方连接的可靠性和安全性，并尽可能在早期发现泄漏点，以降低加注阶段氢泄漏事故后果和泄漏分析排查难度。

5.3.1.3 惰化、置换等过程中氢气的排放应满足本章5.4.5的要求。

5.3.2 加注系统连接

5.3.2.1 加注系统中每一管路连接处都应接地。带加氢枪的软管在连接好之前，不应接触任何没有接地的部位，以避免可能出现的电火花。

5.3.2.2 加注软管和加氢枪应提供适当的保护，以避免在吊装和连接过程中受到机械或摩擦损伤。

5.3.2.3 加注软管不得交叉、绕过其他设备或缠绕在其他设备上。

5.3.2.4 在拆下保护帽连接加氢枪和受注船加氢口之前，应确认：

（1）加氢机正常供电，经泄漏诊断后处于正常工作状态；

（2）受注船氢燃料加注站的充装控制阀和岸端加氢管路控制阀均处于关闭状态；

（3）加氢枪和受注船加氢口工作压力和尺寸互相兼容。

5.3.2.5 对采用加氢机与受注船储氢系统之间存在数据交换的通信加注，还应确认以下条件：

（1）具备有效的通信条件；

（2）受注船储氢系统未发出终止信号；

（3）考虑传感器和系统计算偏差的影响后，通信传输的受注船储氢系统初始压力和测量的受注船储氢系统初始压力一致。

5.3.2.6 在连接加氢枪和受注船加氢口时，应保持连接器各接触面无污损、无杂物。

5.3.2.7 加氢枪与受注船加氢口应按照产品说明书要求进行正确连接，并保证紧固可靠。

5.3.2.8 连接完成后，应将软管起吊装置或支撑通过紧急脱扣装置固定在受注船加注站附近，以避免软管超出允许活动范围。连接后应进行静电连接的接地测试。

5.3.3 ESD 连接测试

5.3.3.1 应根据船岸间距、高度差、船舶正常漂移和浮动状态、水位变化等因素考虑ESD连接线的长度。

5.3.3.2 应按本指南2.4.1.3要求正确连接加注设施和受注船之间的ESD系统。

5.3.3.3 受注船和加注设施之间在完成加注系统连接和ESD系统关联后，应对双方ESD系统连接进行手动功能和自动功能测试，以验证用于氢燃料加注ESD连接的有效性、兼容性、可靠性和可用性。

5.3.3.4 应分别对受注船、加注设施中任一方发出的ESD信号进行测试，且均应在设定的时间内安全关闭。测试之前应告知受注船和加注设施双方并征得双方同意。

5.3.4 加注管路的惰化和泄漏试验

5.3.4.1 在加注系统管路连接完毕后，若管内氧的体积浓度小于或等于0.5%（连续2次取样分析测量合格或其他确认方法）可不进行惰化操作，否则应对加注管路进行惰化操作。若氢燃料供应管路是加注管路的一部分，则该部分管路也应进行惰化。对于岸基式加注站，除首次加注或长时间未使用后的加注外，在加注系统管路连接完毕后，可不对加氢站至加氢枪之间的管路进行惰化操作。

5.3.4.2 需进行惰化和置换的加注管路应与不参与加注作业的系统进行可靠隔离，并在隔离装置处设置带有明显警示标志的告示牌。

5.3.4.3 可采用向加注管路充惰性气体（如氮气）然后排出，并多次重复惰化加注管路，并且应满足以下要求：

（1）惰性气体中氧的体积浓度不得超过0.5%；

（2）惰性气体压力应不低于0.2MPa且小于该段管路的工作压力；

（3）惰化应彻底，防止死角末端残留余氧；

（4）惰化后加注管路内氧的含量应至少连续2次分析合格，即加注管路内氧的体积浓度小于或等于0.5%，或者重复充惰排出4次并测氧分析合格后惰化结束。

5.3.4.4 向受注船加注氢燃料之前，若无法确定或证明加注管路不存在泄漏情况，则应采用惰性气体进行泄漏试验，以检查加注管路泄漏情况。较大泄漏风险点包括焊缝和管路连接部位、阀件及其接头、加氢枪及加氢口连接处、仪表接管、拉断阀。

5.3.4.5 用于泄漏试验的惰性气体试验压力可在保证安全前提下根据实际试验条件确定，应在试验压力下至少保持5min，未检出泄漏和无压力降时判定为合格。

5.3.4.6 加注管路在泄漏试验合格后，管内氮气压力应保持不低于0.2MPa且小于该管段工作压力

的安全值。

5.3.5 氢燃料置换

5.3.5.1 在满足惰化要求后，需用氢气对加注管路内的氮气进行置换，以排除加注管路中的氮气。若加注管内留存氮气对受注船的影响在可接受范围内，则加注方和受注方可在协商后不进行该置换操作。

5.3.5.2 可采用向加注管路充入高压氢气然后排出，并重复多次（置换次数取决于充入氢气压力、被吹扫管内氮气压力等因素）的方法置换加注管路内的氮气。

第4节 加注阶段

5.4.1 一般要求

5.4.1.1 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。

5.4.1.2 加注阶段主要包括以下主要操作：加注启动、正式加注、加注过程监测。

5.4.1.3 本节适用于典型加注作业的加注阶段。实际操作如有不同，应确保所有必要作业操作等效于本节的相关要求。

5.4.1.4 加注阶段主要过程及加注压力变化趋势如本节图5.4.1.4所示。

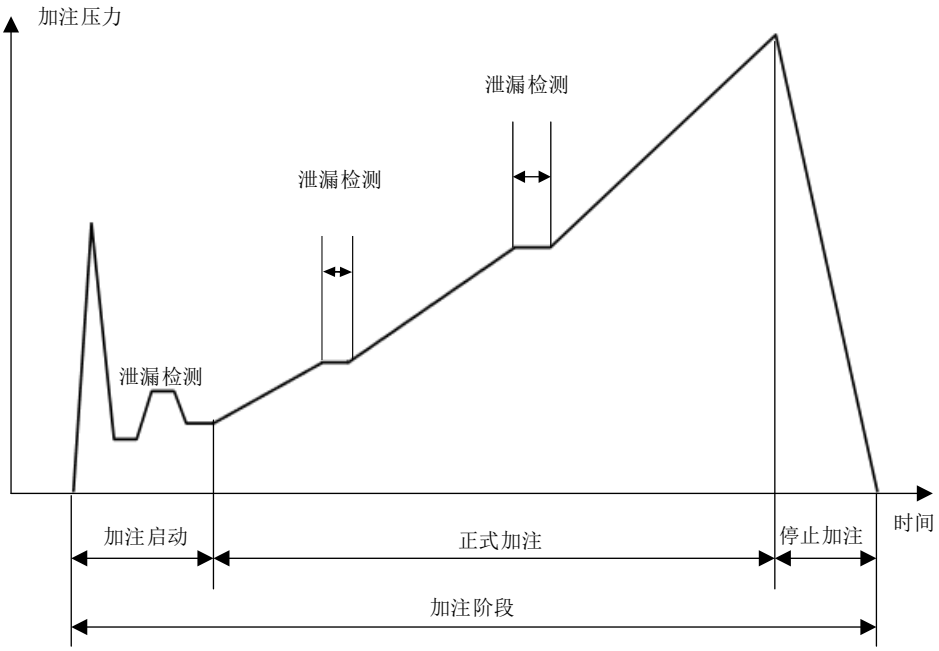


图5.4.1.4 加氢过程示意图

5.4.2 加注启动

5.4.2.1 加注启动主要包括初次气密性检查、船舶储氢系统初始压力测量、体积测量等过程。

5.4.2.2 确认受注船加氢口至储氢容器瓶口阀之间所有加注控制阀均已开启，除加注控制阀之外的其他氢系统控制阀（含加注管路放散阀）均可靠关闭后，加注双方可通过约定的通信方式发出准

备就绪的信号。

5.4.2.3 当非操作人员已经撤离至加注设备操作区域之外，准备就绪的信号已经给出，操作人员可开启加氢机的氢气进气阀。

5.4.2.4 加氢机加氢温度、通信、环境温度、受注船氢燃料罐初始压力等参数满足加注条件后，方可开启加氢机。

5.4.2.5 加注启动过程应至少进行一次泄漏检测。加氢机加注少量氢气至受注船储氢系统后停止加注，5s后查看管路压力变化情况。如果检测出压力迅速下降或怀疑存在泄漏，应停止加注。

5.4.3 正式加注

5.4.3.1 经加注启动气密性检测确认加注管路和受注船储氢系统无泄漏后，可开始正式加注过程。

5.4.3.2 正式加注过程中，操作人员不应随意操作加氢枪，不应擅自远离受注船加注站。

5.4.3.3 在35MPa的加氢过程中，加氢口压力达到10MPa、20MPa和30MPa时，应分别进行一次泄漏检测。在70MPa的加氢过程中，加氢口压力达到20MPa、40MPa、60MPa时，应分别进行一次泄漏检测[①]。也可根据实际情况增加泄漏检测压力和次数。对于岸基加氢站加氢，若受注船及加注连接未发生变更，可不在每次加氢过程中进行泄漏检测，但应结合实际营运情况定期进行泄漏检测以确认设备和加注连接良好。

5.4.3.4 在其他压力的加氢过程中，应参照本节5.4.3.3的要求进行泄漏检测，其中压力大于最大加注压力的工况除外。

5.4.3.5 应按照本节5.4.4要求进行加注监测，出现异常情况应手动或自动触发ESD并立刻停止加注作业，且在检查完毕和消除相应风险之后才能重新启动加注。异常情况包括但不限于：

（1）受注船加注区域气体探测报警（气体浓度高于最低爆炸下限的40%）或火灾探测报警；

（2）加氢机及附近气体探测报警（气体浓度高于最低爆炸下限的40%）；

（3）氢燃料罐或氢气瓶发出高温报警（报警温度阈值设置不高于85℃）和高压报警；

（4）氢燃料罐接头处所或氢燃料罐处所通风失效或气体探测报警（气体浓度高于最低爆炸下限的40%）；

（5）加注管路外层通风导管发出通风失效或气体探测报警（气体浓度高于最低爆炸下限的40%）；

（6）受注船火灾探测系统报警；

（7）环境温度低于-40℃或高于50℃；

（8）加注设施的氢燃料温度超出预冷温度；

（9）氢气压力达到受注船氢气瓶工作压力的1.1倍；

（10）氢气加注的流量或流速超出加注方要求的限值。

5.4.4 加注过程监测

5.4.4.1 正式加注期间加注设施和受注船双方加注作业人员都应对加注作业相关参数和设备运行状态进行持续监测，至少应包括以下监测项目：

（1）氢燃料加注压力；

（2）氢燃料加注流量；

① 判断依据参见《车用压缩氢气纤维全缠绕气瓶定期检验与评定》（GB/T 42626-2023）等相关标准的适用要求。

（3）氢燃料温度；

（4）受注船氢燃料储存系统压力、温度；

（5）受注船氢燃料储存和加注相关处所（如氢燃料罐处所、加注站）气体探测、火灾探测报警系统；

（6）受注船氢燃料储存和加注相关处所通风系统运行状态；

（7）加注系统阀件、管路泄漏情况；

（8）加注连接设备区域内加氢机/氢加注装置等设备的运行状态；

（9）船舶移动、潮汐、水流等因素。

5.4.5 气体排放管理

5.4.5.1 气体排放管理包括惰化、置换、加注过程中气体的排放。

5.4.5.2 惰化和置换过程排放的气体应确保受注船透气桅排放口不会位于加注设施操作人员活动范围内和存在点火源的区域内。否则应采取其他能确保氢气安全排放的措施。

5.4.5.3 加注过程中应实时监控受注船氢燃料罐内的压力和温度以防止安全泄压装置动作。

5.4.5.4 气体排放管理应考虑氢燃料罐类型、作业条件和设备厂家要求。

第5节 完成阶段

5.5.1 一般要求

5.5.1.1 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。

5.5.1.2 当受注船氢燃料罐达到目标压力，以及受注船或加注设施发出停止加注信号时，加注应立即停止，并关闭加氢机加注控制阀。

5.5.1.3 加注设施加氢枪与受注船加氢口安全脱离过程中不应泄漏氢气。

5.5.2 加注管路惰化

5.5.2.1 当加注完成后，为避免管路内残留可燃气体的潜在危害，在关闭所有加注控制阀并从受注船加氢口卸下加氢枪之前，加注管路应进行氢气放散和惰化，具体步骤如下：

（1）将加注管路内高压氢气排出，直至管内压力降至0.2MPa后关闭加注管路放散控制阀；

（2）按照本章5.3.4.3（1）和（2）的要求惰化加注管路。惰化完毕后需在加注双方的加注总管处进行检测，确认氢的体积浓度不超过0.2%，否则应进行二次惰化操作，直到符合规定为止。

5.5.2.2 加注管路惰化完成后，将管路内惰性气体安全放散，直至管内惰性气体压力降低至不低于0.2MPa且小于该管段工作压力的安全值。

5.5.2.3 上述惰化操作可通过远程控制系统在控制室操作。

5.5.2.4 满足本节5.5.3.4要求的受注船可在安全卸下加氢枪后对加注管路进行惰化操作。受注船氢燃料供应管路与加注管路共用的管路可不进行惰化，但应对不惰化的影响进行评估。

5.5.3 加氢枪和加氢口脱开

5.5.3.1 在确认满足本指南附录2中的加注后检查表后，作业人员应缓慢将手柄转至关闭位置，

待加氢枪连接口内部压力充分释放，在确定周围无任何火源后，脱开加氢枪和受注船加氢口。作业人员在操作过程中还应注意管路连接处可能存在的气体压力，避免潜在伤害。

5.5.3.2 确认可将加注软管从受注船上自由移至加注设施后，将加注软管从支撑和防护设施上撤下，软管应放置或固定在规定存放位置。加氢枪盖上防护帽或防护盖后应牢靠固定在专门的支架上。

5.5.3.3 加注软管操作区域不应有任何边缘锐利的物体。

5.5.3.4 若加注系统满足以下所有条件，则可按照加氢枪操作说明在加注管路惰化之前将加氢枪从加氢口卸下：

（1）船岸双方以及加氢枪和加氢口供应商允许在内部存在低压（小于1MPa）氢气时进行脱开操作；

（2）相关文件（如测试数据）、试验或成熟经验能证明加氢枪和加氢口在脱离过程中不会泄漏氢气，且内部带压氢气不会对操作人员造成伤害；

（3）受注船加注站附近不应存在任何点火源（如电点火源、热点火源、机械点火源），且受注船的加注站操作区仅存在船岸双方的加氢枪操作人员。

5.5.4 加注后检查

5.5.4.1 当加注管路放散并惰化结束后，双方加注管路控制阀件都应关闭，且应先关闭远程遥控阀。

5.5.4.2 应对受注船加注站管路及相关仪表进行检查，查看有无泄漏等异常情况。

5.5.4.3 应对受注船氢燃料罐处所的储氢容器、阀门、压力表及加注管路进行外观检查，查看有无泄漏等异常情况。

5.5.4.4 再次核查受注船氢燃料罐内氢气温度。

5.5.4.5 加注双方在加注作业结束后都需要填写加注后检查表，各方签字确认后留存。详见本指南附录2中的加注后检查表。

5.5.5 电缆和通讯断开

5.5.5.1 若双方存在有线的通讯连接，在加注完成之后应断开连接，然后收回。

5.5.5.2 跨接电缆应在加注完成之后拆除连接。

5.5.6 文件交接

5.5.6.1 加注方应填写加注交付单（一式两份），清晰注明加注氢燃料数量和质量，然后由责任人签字确认，交付受注方。两份文件都需要由受注船的负责人签字确认，一份保存在受注船上，另一份送回加注方。加注交付单应至少包含本指南附录3中的氢燃料加注交付单规定的内容。

5.5.6.2 对仅用于特定受注船的专用岸基加氢站，加注交付单包含的内容和形式可根据实际情况确定。

第6节 可移式燃料罐换罐操作程序

5.6.1 一般要求

5.6.1.1 除本节另有说明外，本章其他小节的要求不适用于可移式燃料罐换罐。

5.6.1.2 应对可移式燃料罐到达船上的操作方法进行风险评估并制定程序文件，如吊装、拖车安装等操作，并包含在燃料操作手册中。

5.6.1.3 进入作业现场的水平运输机械应配备火星熄灭装置，作业完毕后应及时撤离作业现场。

5.6.1.4 拆、装可移式燃料罐时，应使用防爆型电气设备和不会摩擦产生火花的工具。

5.6.1.5 作业过程中如遇有闪电、雷雨或附近发生火灾时，应立即停止作业，并对可移式燃料罐作妥善处理。

5.6.2 准备阶段

5.6.2.1 确认受注船与加注方具备本指南第1章第2节要求的加注条件。

5.6.2.2 确认人员与设备满足应急响应计划的要求。

5.6.2.3 对船上和码头的可移式燃料罐进行目视检查，确认罐体及其连接附件完好。

5.6.2.4 确认船上需更换的可移式燃料罐相连的供氢系统全部关断。

5.6.2.5 应按照本指南附录2中的换罐前检查表进行检查，并由加注方和受注方双方签字认可。

5.6.3 拆除作业

5.6.3.1 拆除可移式燃料罐连接系统之前应先检查燃料罐状态是否完好，且确保需拆除的燃料罐不参与任何燃料供应，已关闭与船舶固定装置相连接的所有阀件。

5.6.3.2 用惰性气体对氢连接管路进行吹扫，防止拆卸过程发生氢泄漏。惰性气体的吹扫应满足本章5.5.2.1（2）的要求。对于可移式液化氢燃料罐换罐，若存在因氢连接管路内温度过低而导致惰性气体产生凝固、凝结的可能，应在惰性气体吹扫前使用氢气对连接管路进行吹扫复温。

5.6.3.3 切断连接阀件，拔掉防爆电气插头，断开可移式燃料罐与船舶固定式系统之间的所有连接，拆除燃料罐紧固装置，被拆除的装置应汇集于船方所提供的容器或指定的堆放处，检查所有的连接装置、紧固装置是否被解除。

5.6.4 吊运作业

5.6.4.1 如设有冷箱，在可移式燃料罐起吊之前，应确认罐箱的冷箱内所有设备和管路处于惰化状态。

5.6.4.2 吊运作业前，起吊装置应经空载运转、重载微起吊运和制动试验，确认机具处于良好的技术状态。

5.6.4.3 当非操作人员已经撤离至换罐操作区域之外，准备就绪后可开始吊运作业。

5.6.4.4 垂直起吊可移式燃料罐，查看燃料罐有无在地面或下层箱顶上的拖曳现象。

5.6.4.5 将可移式燃料罐吊离支撑面一定距离后（通常约300mm）应暂停起吊，对吊具与燃料罐连接情况进行检查，在自动化指示装置或目视确认连接牢固后方可继续。

5.6.4.6 将可移式燃料罐提升到足够的高度，并注意周围操作环境，严防碰撞下层或邻位的可移式燃料罐和其他障碍物。

5.6.4.7 可移式燃料罐到位时应轻放，平稳着落，不应通过甩动吊具把燃料罐放置在垂直着落点以外的位置。不应让吊起的可移式燃料罐悬空等待。

5.6.4.8 吊运卸船作业一般应由陆侧向海侧逐位逐层进行，装船作业一般应由海侧向陆侧逐位逐层进行，按照装载计划放置。

5.6.4.9 船舶应适当系泊，以防止在吊运可移式燃料罐时产生过度晃动。

5.6.4.10 吊运作业过程中，应保持船体平衡，船舶纵倾和横倾的角度应不大于船舶的允许倾角3°。

5.6.4.11 吊运作业遇视线不清，或吊具与可移式燃料罐的连接需人工配合操作时，应由专人指挥。

5.6.4.12 可移式燃料罐的起吊装卸，还应满足集装箱装卸和港口集装箱作业相关标准[①]的适用要求。

5.6.5 系固作业

5.6.5.1 可移式燃料罐吊运到船舶指定位置之后，应检查燃料罐及其阀门和附件是否发生损坏、泄漏，确保燃料罐状态完好。

5.6.5.2 最下层可移式燃料罐应牢靠的系固在船舶甲板上，如有堆码情况，上层的燃料罐也应牢靠地固定在下层燃料罐上，同时系固方法不应导致燃料罐发生损坏。

5.6.6 连接作业

5.6.6.1 在可移式燃料罐连接至船舶燃料系统之前，应对罐内温度和压力进行验证，确保燃料罐未发生损坏。

5.6.6.2 连接氢接头、软管以及电气防爆插头，实现可移式燃料罐与船舶固定装置之间供氢系统、透气系统和安保系统的连接。进行测试确保安保系统电气插头连接的有效性，测试结果可通过船舶监控平台的监测数据进行确定。

5.6.6.3 连接过程中应谨慎操作，发现损坏、泄漏等情况应立即报告。

5.6.7 连接后检查

5.6.7.1 应对可移式燃料罐的管路及相关仪表进行检查，查看有无泄漏等异常情况。

5.6.7.2 应在可移式燃料罐投入使用前，对燃料罐和船舶供氢系统之间的管路系统进行气密试验。气密试验应采用氦气或5%氢气与95%氮气的混合气体作为试验介质。对于可移式液化氢燃料罐，若使用混合气体作为试验介质，则应在气密试验完成后，通过氢气对管路系统内的氮气进行吹扫。

5.6.7.3 加注双方在换罐作业结束后都需要填写换罐后检查表，各方签字确认后留存。详见本指南附录2中的换罐后检查表。

5.6.7.4 加注方应填写加注交付单（一式两份），清晰注明加注氢燃料数量和质量，然后由责任人签字确认，交付受注方。两份文件都需要由受注船的负责人签字确认，一份保存在受注船上，另一份送回加注方。加注交付单应至少包含本指南附录3中的可移式燃料罐换罐交付单规定的内容。

第7节 金属合金储氢燃料罐加注压缩氢燃料操作程序

5.7.1 一般要求

5.7.1.1 除本章5.4.1.4、5.4.3.3、5.4.3.4、5.4.3.5和5.4.4.1外，本章第1~5节的要求适用于金属合金

① 如系列 1 集装箱装卸和栓固（GB/T 17382-2023），港口作业安全要求 第 4 部分：普通货物集装箱（GB 16994.4-2023）等。

储氢燃料罐加注压缩氢燃料。

5.7.2 加注阶段

5.7.2.1 除本章第4节的适用要求外，金属合金储氢燃料罐加注压缩氢燃料在加注阶段还应满足本节5.7.2.2至5.7.2.12的要求。

5.7.2.2 在进行本章5.3.4.4要求的惰性气体介质泄漏试验时，试验压力应尽可能接近最大加注压力。

5.7.2.3 加注氢燃料前，应确认冷却系统的冷却介质温度及流量等参数满足加注条件要求，并根据加注速率要求对冷却介质温度和流量进行适当调整。

5.7.2.4 加注氢燃料前，检查加注罐、加氢机、金属合金储氢燃料罐及其冷却系统的压力与温度。

5.7.2.5 对于首次加注，加注氢燃料前应采取适当措施（如抽真空），避免管路中残留杂质气体对金属合金造成毒化。

5.7.2.6 将氢气转化为符合压力和温度要求的状态后，应再次检查设定的氢气质量流量控制值，方可向金属合金储氢燃料罐输送压缩氢燃料。

5.7.2.7 开启加氢阀门和金属合金储氢燃料罐加注接口阀门时应缓慢操作，并应注意监听装置内无异常音响。加注操作应按照加注方的要求执行。

5.7.2.8 如本节5.7.2.2中的惰性气体试验采用氮气作为介质，则加注过程中应进行氢气泄漏检测，泄漏检测的压力和次数应结合加注持续时间、加注压力等实际情况确定。

5.7.2.9 加注过程中，应将金属合金储氢燃料罐内部温度维持在制造商要求的加氢适宜温度范围内，并对金属合金储氢燃料罐的表面温度进行监测。应将冷却系统冷却介质的进出口温度维持在设定温度范围内，温度过高时应自动调节冷却系统进行降温。

5.7.2.10 加注过程中，持续监测金属合金储氢燃料罐内的压力。当压力接近预设目标值时，应逐步降低加注流量。待压力稳定在终止设定值后，立即结束氢气输送。压力的预设目标值和终止设定值应在加注协议中注明。

5.7.2.11 应按照本节5.7.2.12要求进行加注监测，出现以下异常情况应手动或自动触发ESD并立刻停止加注作业，且在检查完毕和消除相应风险之后才能重新启动加注。异常情况包括但不限于：

（1）受注船加注区域气体探测或火灾探测报警；

（2）加氢机及附近气体探测报警；

（3）金属合金储氢燃料罐发出高温、高压报警；

（4）氢燃料罐接头处所或氢燃料罐处所通风失效或气体探测报警；

（5）加注管路外层通风导管发出通风失效或气体探测报警；

（6）受注船火灾探测系统报警；

（7）金属合金储氢燃料罐所在空间的温度低于-40℃或高于65℃；

（8）加注设施的氢燃料温度超出预冷温度（如有）；

（9）加注压力超出制造商允许的范围；

（10）加注流量超出制造商允许的范围。

5.7.2.12 加注过程中，加注设施和受注船双方加注作业人员都应对加注作业相关参数和设备运行状态进行持续监测，至少应包括以下监测项目：

（1）氢燃料加注压力；

（2）氢燃料加注流量；

（3）氢燃料累积加注量；

（4）氢燃料温度；

（5）受注船金属合金储氢燃料罐压力、温度；

（6）受注船氢燃料储存和加注相关处所（如氢区）气体探测、火灾探测报警系统；

（7）加注系统阀件、管路泄漏情况；

（8）加注连接设备区域内设备的运行状态；

（9）冷却系统的阀件、管路泄漏情况；

（10）冷却介质的压力、温度、流量；

（11）船舶移动、潮汐、水流等因素。

5.7.3 冷却系统断开

5.7.3.1 加注作业完成后，应将受注船储氢系统、外部冷却系统中的冷却介质排出。

5.7.3.2 当受注船储氢系统中冷却介质排出后，应断开储氢系统换热管路与外部冷却介质管路的连接。

第8节 液化氢燃料加注操作程序

5.8.1 一般要求

5.8.1.1 除本章5.2.1.5、5.4.1.1、5.4.1.4、5.4.2至5.4.5、5.5.1、5.5.2和5.5.3.4外，本章第2~5节的要求适用于液化氢燃料加注。

5.8.1.2 船舶液化氢燃料加注的典型操作程序如本节图5.8.1.2所示。

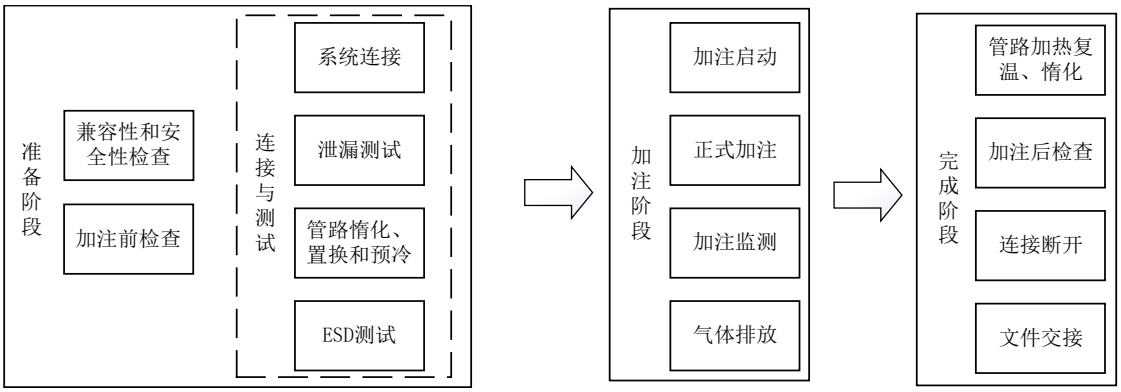


图 5.8.1.2 液化氢燃料加注的典型操作程序

5.8.1.3 本节操作程序适用于受注船日常液化氢燃料加注，受注船的首次加注还需考虑燃料罐的干燥、惰化、置换、预冷等准备程序。

5.8.2 准备阶段

5.8.2.1 每次加注作业前需确认低温保护系统是否兼容，例如水帘和软管鞍座。

5.8.3 加注系统连接

5.8.3.1 加注系统中每一管路连接处都应接地。受注船应在连接处装备绝缘法兰以避免杂散电流导致火灾发生。带接头的软管在连接好之前，不应接触任何没有接地的部位，以避免可能出现的电火花。

5.8.3.2 加注软管布置时，应提供适当的支撑以保持最小的可允许弯曲半径，避免超出软管的弯曲极限。软管任何部位均不应与甲板接触，如布置确有困难，可提供适当的保护措施以避免加注时软管温度过低对甲板造成低温损伤。软管布置设计应留有足够的裕度，以避免因加注设施与受注船之间发生位移而造成损坏。

5.8.4 加注设施加注管路的惰化和置换

5.8.4.1 在加注系统管路连接完毕后，应在加注作业之前，采用合适的惰性气体（如氦气）对加注管路进行干燥、惰化，以去除管路中可能含有的空气和水分。

5.8.4.2 若采用氮气作为惰性气体，在满足惰化要求后，应采用常温氢气对加注管路内的氮气进行置换，以排除加注管路中的氮气。

5.8.4.3 在进行本章5.3.4.4要求的惰性气体介质泄漏试验时，试验压力应尽可能接近最大加注压力。

5.8.4.4 置换过程中，氢气的排空应满足主管机关的相关要求。

5.8.4.5 采用氦气作为惰性气体时，若加注管内留存的氦气对受注船的影响在可接受范围内，则加注方和受注方可在协商后不进行该置换操作。

5.8.4.6 氢气置换后应对加注管路和连接处进行氢泄漏检测。

5.8.5 加注设施加注管路的预冷

5.8.5.1 为防止管路、加注泵及流量计等突受冷应力作用，并产生大量的蒸发气体，应对加注管路进行预冷。

5.8.5.2 预冷初期阶段应采用小流量的低温氢气对连接管路和阀门进行吹扫预冷，吹扫时间应不少于7min，且吹扫过程中应尽量减少结霜。氢气吹扫完成后，应采用液氢预冷，预冷时间应不少于3min。预冷达到的温度应不高于25K。

5.8.5.3 预冷过程中，应实时监控管路温度，若管路出现温降过快或非均匀收缩，应立即降低预冷速率或停止预冷。

5.8.6 ERS 测试

5.8.6.1 应对ERS控制信号和驱动器进行检测和测试，并保持随时可用。

5.8.6.2 应对干式拉断阀进行目视检查，确认其具备可操作的条件。

5.8.6.3 ERS系统的机械脱离装置应被证明是可操作的，且在燃料加注作业正式开始前随时可用。

5.8.7 ESD 连接测试

5.8.7.1 在预冷操作成功完成后，应尽可能进行冷态ESD测试，以确保在正式输送液化氢燃料之前，ESD阀在预期的低温条件下能正常操作。

5.8.8 正式加注

5.8.8.1 加注阶段从加注设施与受注船干燥、惰化、置换与预冷完成、加注设施液化氢加注阀门打开开始，直至加注阶段结束、加注设施加注阀门关闭终止。

5.8.8.2 确保加注作业安全高效、正式加注过程中无液化氢和/或氢气泄漏到环境中。若加注过程中发生氢泄漏，应立即切断液化氢加注。操作人员应关闭受注燃料罐顶部和底部的充装阀门，并远离加注区域。

5.8.8.3 确认受注船加氢口至加注设施液货舱手动阀之间所有加注控制阀均已开启，除加注控制阀之外的其他氢系统控制阀（含加注管路放散阀）均可靠关闭后，加注双方可通过约定的通信方式发出准备就绪的信号。

5.8.8.4 当人员已经撤离加注区域，准备就绪的信号已经给出，加注速率可在系统的实时监控下进行可控的增加，直到达到双方商定的加注速率。该加注速率将一直保持，直到即将完成商定的加注量。加注过程中，双方都应对系统压力、舱容和设备运行情况进行监控。若发现有问题或出现问题的征兆，应立即停止加注作业，直至检查完毕和问题修复之后方可恢复作业。

5.8.8.5 发生通讯失效时，应停止加注作业，直至重新建立有效通讯方可恢复作业。

5.8.8.6 为保持加注设施液货舱和受注船燃料罐内温度相当并减少蒸发气体，在初始加注时需要采用小流量输送方式，通过顶部加注对受注船燃料罐进行预冷降温，整个预冷过程应确保双方的加注管路及附件达到预定的温度。

5.8.8.7 当加注设施液货舱和受注船燃料罐内温度相当及管路充分预冷后，可从顶部缓慢加注方式转换到底部快速加注方式。在顶部缓慢加注时，先开启底部加注阀件再关闭顶部阀件，防止超压现象出现。在加注速率的限制范围内逐渐增大加注泵流量，如受注船燃料罐出现温度和压力偏高现象，可再次转换到顶部加注方式进行预冷降温，也可采用顶部加注和底部加注两种方式交替进行。

5.8.8.8 当受注船燃料罐内的压力高于加注设施液货舱最大允许工作压力时，应采取措施将燃料罐内的压力降至适当水平。

5.8.9 加注补足

5.8.9.1 当受注船液化氢液位接近装载极限时，加注速率应降至商定的补足速率。最后的加注阶段应对受注船的燃料罐液位和压力进行密切监视。当商定的加注量已经达到时，受注船上的工作人员需要通过约定的通讯方式通知加注设施上的工作人员。

5.8.9.2 受注船燃料罐处于高液位时，操作人员应先于ESD系统采取相应动作，切断加注过程以避免燃料罐溢流。

5.8.10 加注过程监测

5.8.10.1 正式加注期间加注设施和受注船双方加注作业人员都应对加注作业相关参数和设备运行状态进行持续监测，至少应包括以下监测项目：

（1）氢燃料加注速率；

（2）燃料罐/液货罐的温度、压力和液位；

（3）燃料罐/液货罐和加注相关处所气体探测报警、火灾探测报警系统；

（4）燃料罐/液货罐和加注相关处所通风系统运行状态；

（5）加注系统阀件、管路泄漏情况；

（6）加注连接设备区域内加氢机等设备的运行状态；

（7）船舶移动、潮汐、水流等因素。

5.8.11 氢气排放管理

5.8.11.1 氢气排放管理包括复温、惰化、置换、加注过程中氢气的排放。

5.8.11.2 复温、惰化和置换过程排放的氢气应确保受注船透气桅排放口不会位于加注设施操作人员活动范围内和存在点火源的区域内。否则应采取其他能确保氢气安全排放的措施。

5.8.11.3 在加注过程中，需实时监控受注船燃料罐内的压力以防止超压引起安全阀起跳。

5.8.11.4 氢气排放管理应考虑舱型、作业条件和设备厂家要求。

5.8.11.5 加注作业无回气时，应在加注过程中实时监控加注设施液货舱压力，防止出现负压损坏舱体结构。

5.8.12 完成阶段

5.8.12.1 完成阶段从加注补足操作完成、关闭氢燃料加注控制阀开始，直至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。

5.8.12.2 应确保加注设施与受注船安全脱离过程中无液化氢或氢气泄漏到环境中。

5.8.12.3 加注完成并关闭氢燃料加注控制阀后，在关闭所有阀件和拆除连接管路之前，为避免连接管路因温度过低而与惰性气体或环境接触产生凝固、凝结和富氧聚集，应使用氢气对连接管路进行吹扫复温。

5.8.12.4 可利用重力或氢气的压力使加注系统中的残液回流至受注船燃料罐或加注设施液货舱。

5.8.12.5 为避免可燃气体残留在管路内可能带来的危害，当加注管路吹扫复温完毕后，应按照本章5.5.2.1（2）要求惰化加注管路。

5.8.13 连接管路断开

5.8.13.1 在确认本指南附录2中的加注后检查表后，确保周围没有任何火源存在，工作人员可断开受注船上的连接管系（液相管和气相管），并进行有效盲断。工作人员应穿戴防护装备（手套和防护服等），迅速断开连接接头。工作人员在操作过程中还应注意可能滴落的低温液体，避免被低温冻伤。

5.8.13.2 若加注设备采用软管，则加注软管从支撑上撤下后，应放置在规定的存放位置。在操作软管的位置不应有任何边缘锐利的物体。

第6章 应急响应

第1节 一般规定

6.1.1 一般要求

6.1.1.1 本章旨在为加注过程典型事故场景提供通用的应对措施和指导方法。

6.1.1.2 应针对加注过程中可能发生的事故（如火灾和爆炸）预先制定应急计划，最大限度地控制或降低其可能造成的后果和影响。

6.1.1.3 事故发生后应根据当地主管机关相应要求启动应急计划，如在中国境内进行加注作业时发生事故，则应按《中华人民共和国安全生产法》等指导原则启动应急计划。

6.1.1.4 停止与事故处理无关的一切作业，做好消防灭火准备。

6.1.1.5 受注方与加注方应做好撤离准备。

6.1.1.6 现场指挥应迅速疏散无关人员及车辆，对周围水域发出示警信号，组织相关人员抢险。

6.1.1.7 应提供氢燃料的化学品安全技术说明书（Safety Data Sheet，简称SDS），以供相关方了解氢燃料特性。

6.1.1.8 应通过适当的培训和演练，确保应急救援相关人员、现场操作人员以及其他与加注作业相关的船员熟悉应急计划。

第2节 氢泄漏事故

6.2.1 一般要求

6.2.1.1 应启动ESD系统，确定泄漏源的具体位置，并根据实际情况快速关闭泄漏源。

6.2.1.2 管路泄漏时，应关闭与泄漏管段相连通的所有阀门。

6.2.1.3 若无法切断泄漏源，应保持现场的半封闭或封闭处所的通风，并立即通知消防部门和报告上级部门。

6.2.1.4 应采取措施防止泄漏的氢燃料对周围设施和人员造成危害。

6.2.1.5 通过气体探测器监测气体扩散情况，检查现场的半封闭或封闭处所是否存在可燃气体，防止爆炸发生。

6.2.1.6 严格控制周围火源，防止氢大量泄漏扩散而引发火灾和爆炸事故。

6.2.1.7 压缩氢燃料大量泄漏时，可启动消防系统，利用灭火系统、水雾系统等，对泄漏点周围设施进行降温及隔离保护，以消除明火、高温表面及静电等引火源。应考虑喷水可能对周围设备带来的不利影响。

6.2.1.8 对于储氢合金或金属氢化物粉尘泄漏，可由带空气呼吸器的操作人员判明泄漏源的具体位置，及时堵漏，操作过程中应尽量保持处所或区域的干燥。

6.2.1.9 对于液化氢燃料泄漏，严禁在泄漏未完全切断前进行维修和堵漏。条件允许时应及时将泄漏源的液化氢排空并转移到安全位置，并对与泄漏有关的工艺系统进行惰化后采取永久性补救措施。若发生大量液化氢泄漏，在泄漏源未切断前，严禁堵漏、维修或盲目扑灭火焰，必要时应立即

通知消防部门和报告上级部门。

第3节　氢火灾事故

6.3.1　一般要求

6.3.1.1 发生氢气着火时，在确保安全的前提下，应及时切断氢泄漏源。

6.3.1.2 若不能立即切断氢源，只要有氢气泄漏，不应急于扑灭氢气火焰。此外，应使氢系统保持正压状态，以防氢系统发生回火。

6.3.1.3 应启动消防水雾系统强制冷却加注作业区域内的着火设备，并考虑水雾对电气设备的不利影响。

6.3.1.4 应采取有效措施，防止火灾扩大，并用消防水雾系统喷射其他引燃物质和相邻设备，对受热辐射或火焰影响的结构和设施进行冷却。

6.3.1.5 及时报警并撤离危险区内人员。存在闪爆风险时，人员应前往较为空旷的位置避险。

6.3.1.6 可采用干粉灭火系统扑灭带压力的喷射火灾。对于金属合金储氢燃料罐所在处所，应采用D类干粉灭火系统或CO_2灭火系统进行灭火。若采用CO_2灭火系统扑灭金属合金火灾，应提前评估其适用性。

6.3.1.7 消防人员应依据公认标准[①]选择和穿戴个人防护装备，并在上风位、喷射火的侧向进行灭火。

第4节　事故救援

6.4.1　消防救援

6.4.1.1 救援人员应按本指南3.1.1的要求穿戴个人防护装备，严禁未穿戴个人防护装备的人员进入可能危害健康的环境中。

6.4.1.2 救援人员应采用本章第3节或相关部门推荐的处理方法，立即采取救援措施，并建立警戒区域，及时疏散警戒区域内的非救援人员。

6.4.1.3 氢火焰肉眼不易察觉，救援人员应佩戴自给式呼吸器，穿防静电服进入现场，注意防止外露皮肤烧伤。

6.4.1.4 如果所在区域存在或疑似存在氢气，救援人员在接触或使用工具接触氢气系统前应接地。

6.4.1.5 紧急情况下，接受过意外事故处理培训的现场人员，可协助消防人员进行救援工作。

6.4.2　医疗救护

6.4.2.1 应及时对烧伤或在爆炸中受伤的人员进行紧急医疗处理，情况严重者应立即送医院治疗。

6.4.2.2 烧伤时，应先用清洁、凉的流动水充分冷却烧伤部位，解脱衣服，如与皮肤粘连时，剪去未粘连部分。充分冷却后，用消毒纱布或干净的布等包裹烧伤面并及时治疗。送医院时，用清洁/无菌敷料松散覆盖，并注意防止低体温。对呼吸道烧伤者，注意疏通呼吸道，防止异物堵塞。

6.4.2.3 冻伤时，将伤者移到暖和的地方，并将衣服解开，用毛巾、毛毯让全身保温，不可搓揉

① 如《消防员个人防护装备配备标准》（XF621-2013）等。

冻伤部位。将冻伤部位浸入37～40℃的温水中，冻伤部位若与衣物粘连，不可强行撕扯，应连同衣物一同浸入温水。不可通过热水浸泡或烤火取暖。

6.4.2.4 窒息时，应将窒息人员移至通风良好处，快速评估人员意识、呼吸和循环，实施心肺复苏并使用AED（如有），并及时就医。

6.4.3 进入限制区域时的保护

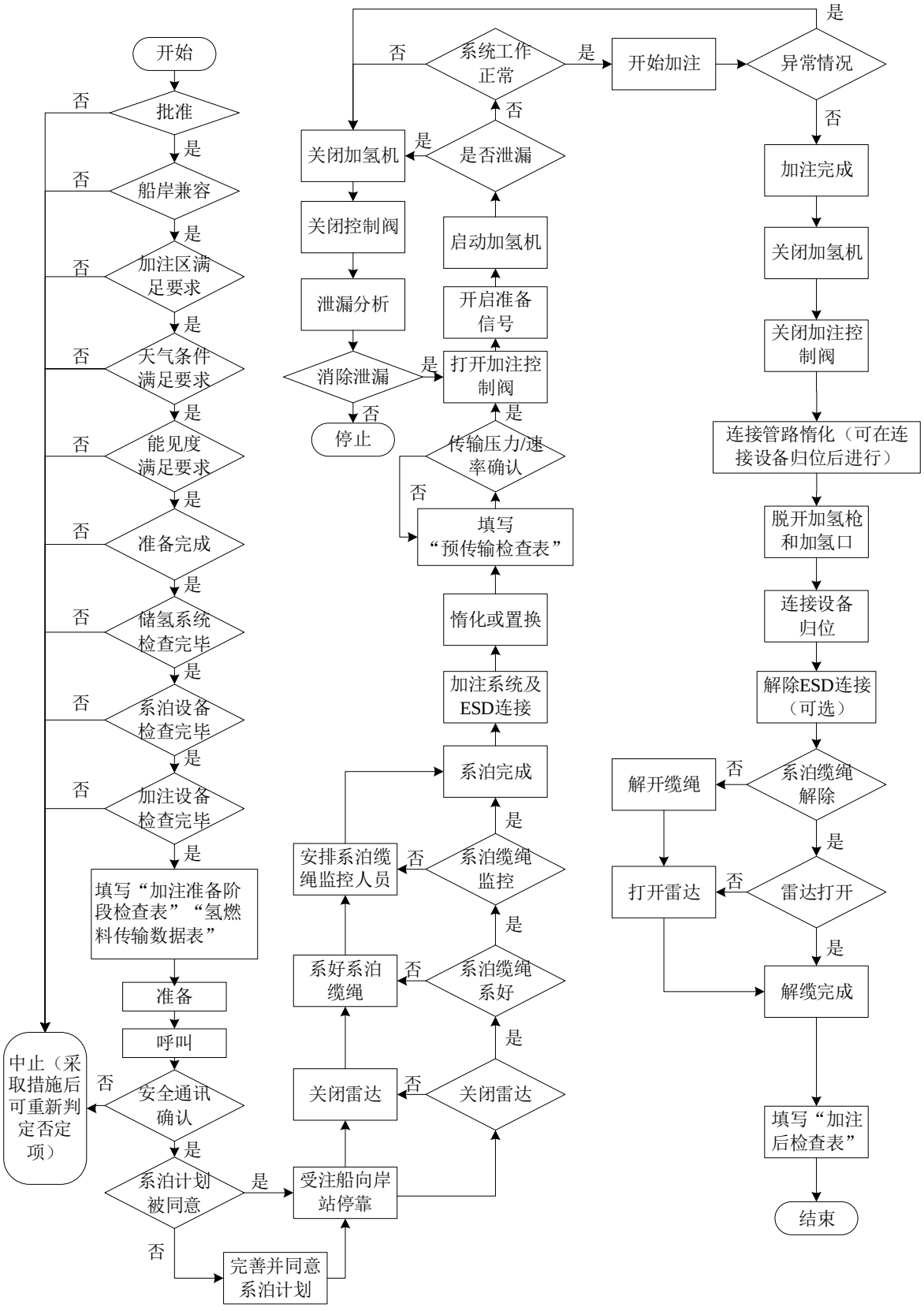
6.4.3.1 救援人员进入限制区域前应进行静电释放，穿戴齐全个人防护装备，并用已校准的便携式直读仪器检测限制区域内的氧含量、氢含量和有毒物质含量。必要时可配备热成像设备确认安全。

6.4.3.2 救援人员进入限制区域内时必须关闭个人通讯工具，限制区域内必须使用防爆对讲机。

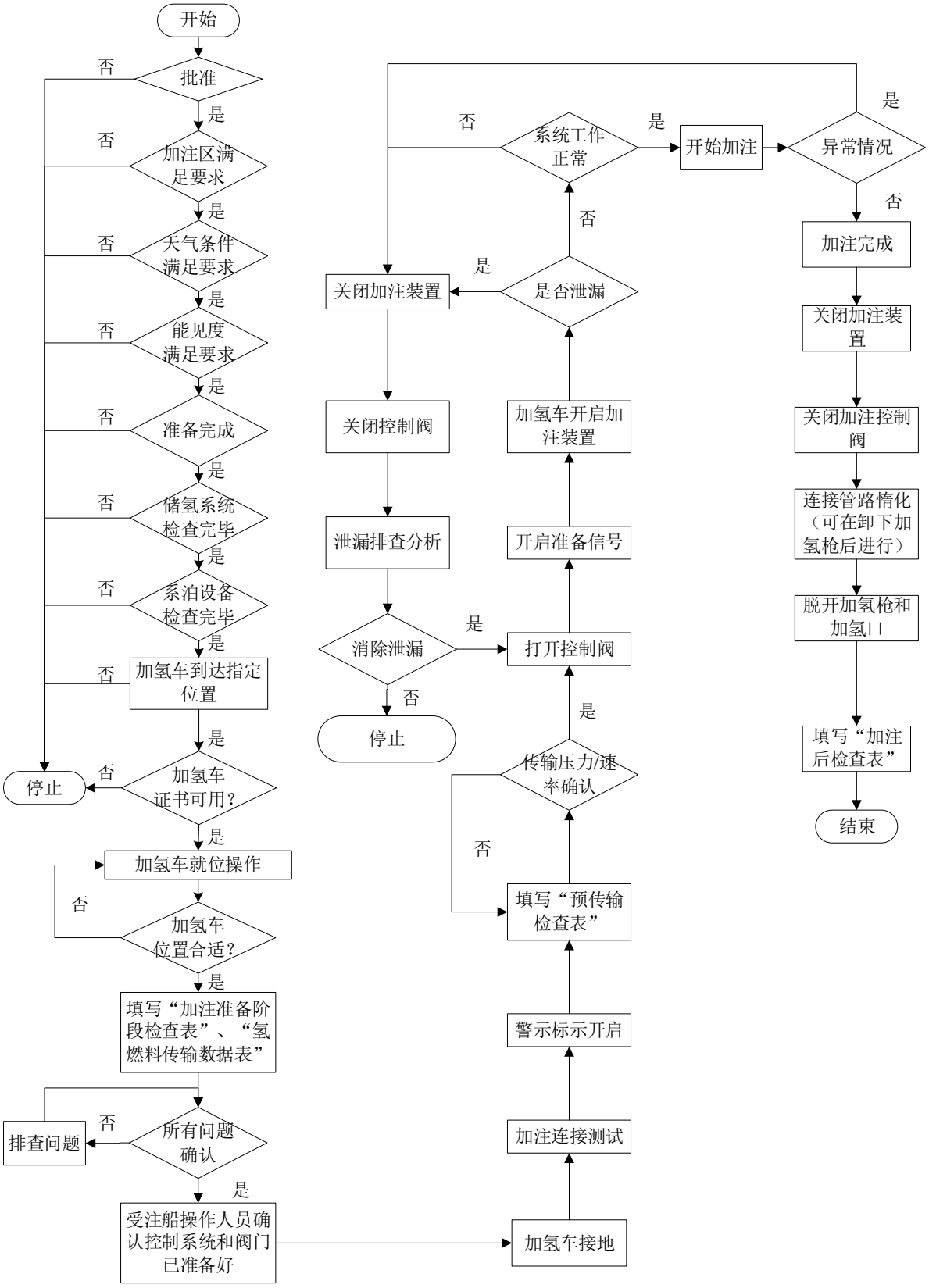
6.4.3.3 应提供救生索等撤离设施供救援人员使用，救援人员应按规定的操作程序操作。

附录1 船舶氢燃料加注流程图

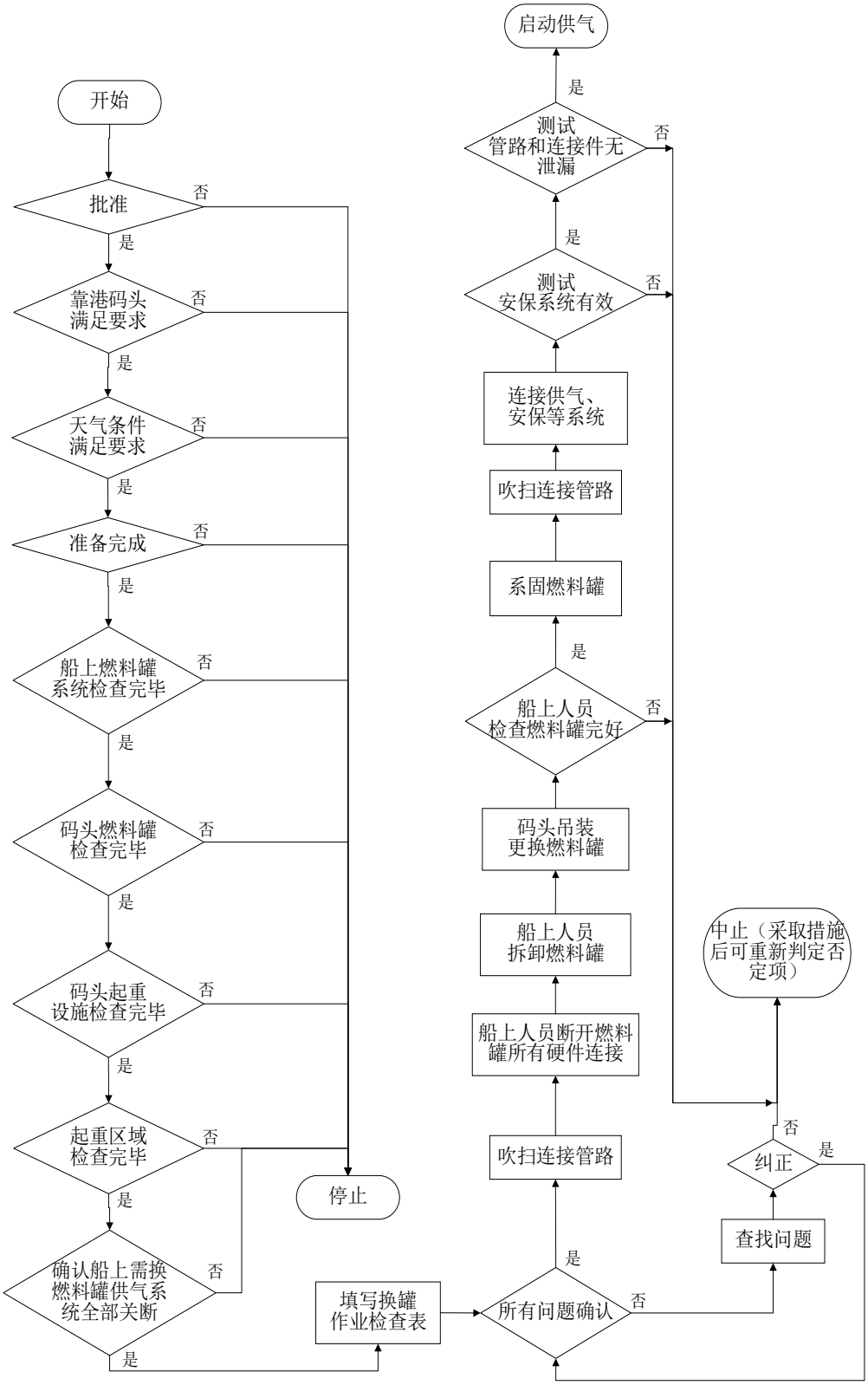
1.1 压缩氢气燃料罐和金属合金储氢燃料罐岸基加氢站对船加注流程图



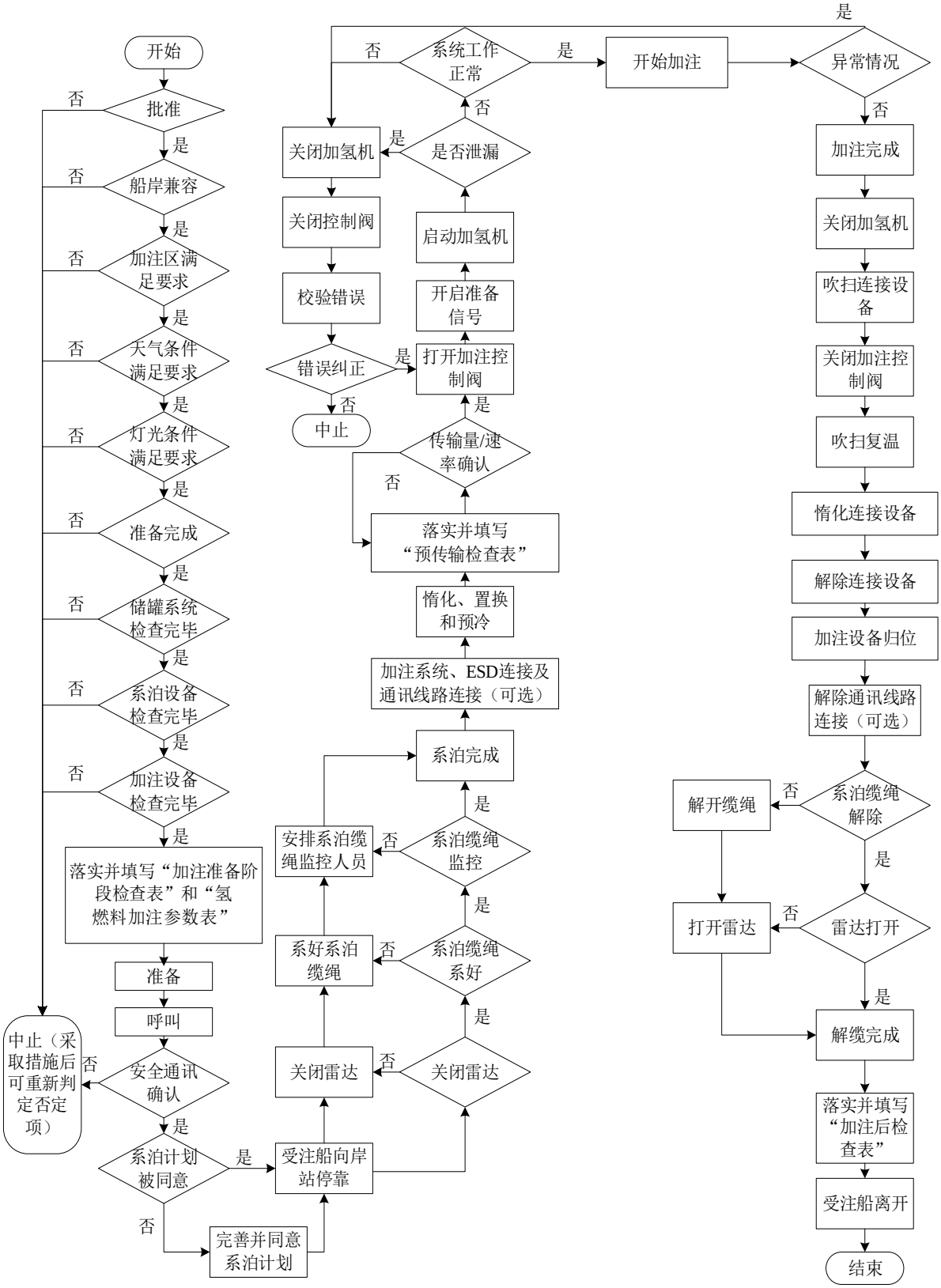
1.2 压缩氢气燃料罐和金属合金储氢燃料罐加氢车对船加注流程图



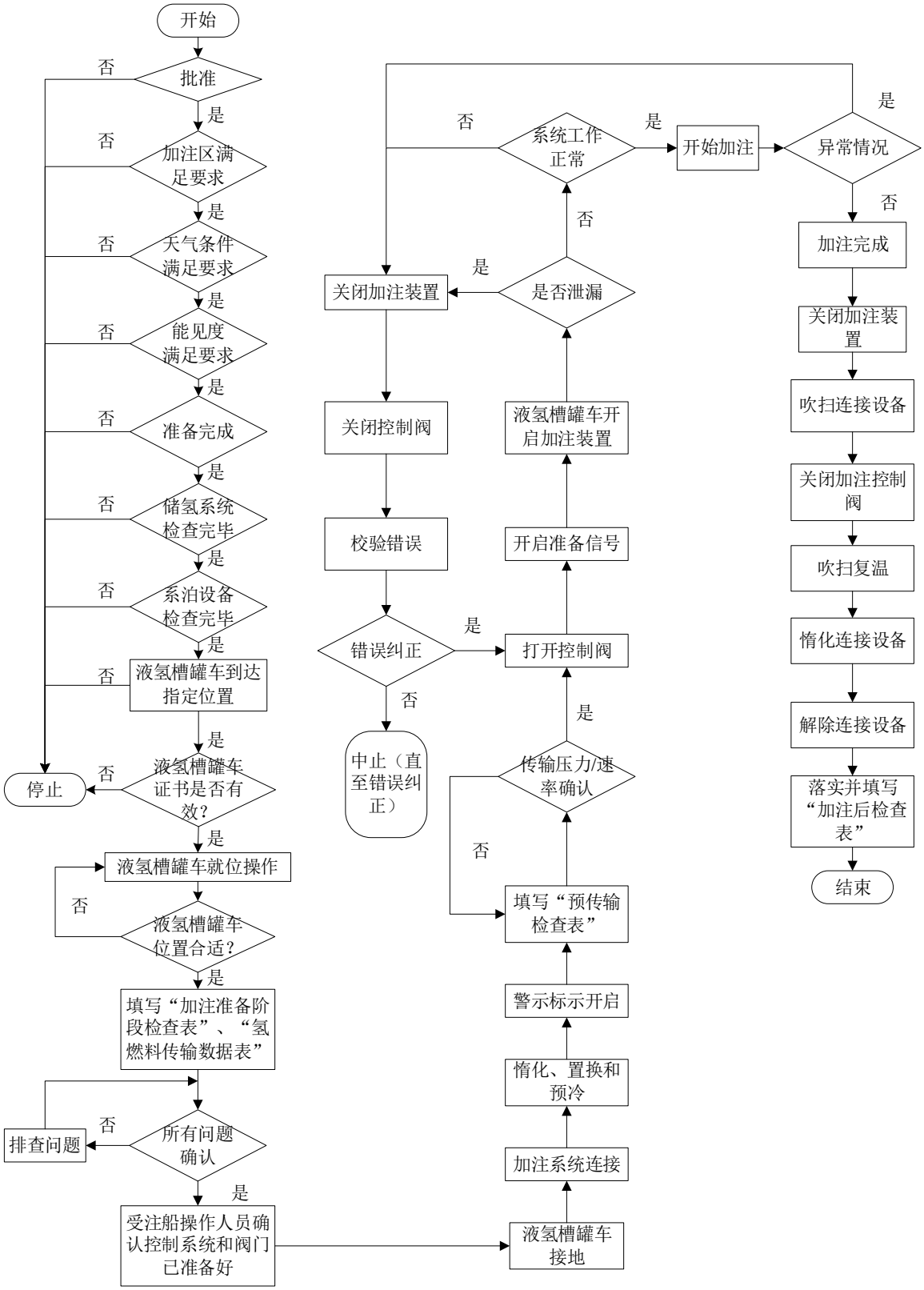
1.3 可移式燃料罐换罐流程图



1.4 液化氢岸基加氢站对船加注流程图



1.5 液化氢加氢车对船加注流程图



附录2 检查表

1.1 岸基加氢站对船加注检查表

A部分：加注准备阶段检查表

计划日期和时间：_____

加注地点（船位）：_____

岸基加氢站：_____

受注船：_____

受注船氢类型（压缩氢、金属合金储氢或液化氢）_____

	检 查 项 目	受注船	岸站	备 注
1	已批准氢燃料加注作业的具体位置和时间			
2	通知主管机关按照相关规定开始氢燃料加注作业			通知时间： hrs
3	遵守主管机关、岸站当地的要求			例如：港口条例
4	所有参与氢燃料加注作业的人员均已经过相应的培训且被指派负责特定的氢燃料加注设备操作和程序			
5	岸站、受注船配有经认可的加注计划和操作手册			
6	作业区域具有足够的能见度			
7	所有的氢燃料加注设备和气体探测设备均经过认证，处于良好的状态且工作正常			
8	岸站和受注船双方已商定加注限制、加注操作和应急响应程序			
9	岸站和受注船双方已商定电气绝缘方式			
10	已商定限制区域			限制区域：
11	遵守点火源相关规定			
12	相关消防设备立即可用			
注：满足条件划√，不满足条件划×，不适用划○。				
签字 岸站代表： 受注船代表：				

B部分：氢燃料传输数据表（本部分应在实际加注操作开始前完成）

注意商定的物理量单位（PQU）：☐MPa ☐kg

商定的开始温度和压力			
	受注船氢燃料罐	岸站储罐	
储罐内初始温度			℃
储罐内初始压力			MPa
有效（剩余）压力或容量			PQU

商定的加注作业				
商定的加注量			——	PQU
商定的加注速率			——	PQU /min
开始加注速率			——	PQU /min
开始加注压力			——	MPa
开始加注温度			——	℃
冷却介质温度（仅适用于金属合金储氢燃料罐加注）			——	℃
冷却介质流量（仅适用于金属合金储氢燃料罐加注）			——	kg/min
商定的最大和最小值				
	最大值	最小值		
加注连接管路压力			——	MPa
氢燃料罐压力			——	MPa
氢燃料温度			——	℃
氢燃料加注速率			——	PQU / min
冷却介质温度（仅适用于金属合金储氢燃料罐加注）			——	℃
冷却介质流量（仅适用于金属合金储氢燃料罐加注）			——	kg/min

C部分：预传输检查表（在实际加注作业开始前应完成本部分）

	检　查　项　目	受注船	岸站	备　注
1	在实际操作前A部分已完成			如适用
2	天气和风浪条件满足要求			
3	受注船安全靠泊、遵守靠泊规定、护舷措施就位			
4	受注船向岸站安全靠泊的方法			
5	相关消防设备立即可用			
6	作业区域照明充分			
7	受注船能向安全和无障碍的方向自主航行			
8	岸站和受注船双方加注作业人员就位			
9	岸站和受注船的操作负责人和监督人员之间已建立有效的沟通方式、通讯语言已商定			VHF/UHF频道： 语言：
				主系统：
				备用系统：
10	急停信号和紧急切断（ESD）程序已商定，经测试，并向所有参与者解释。应急程序和计划以及联系电			急停信号：

	检 查 项 目	受注船	岸站	备 注
	话已告知负责人			
11	限制区域已建立、警示标志正常			
12	限制区域内没有其他船舶、无未经允许人员、无非防爆设备及其他点火源			
13	已建立有效的甲板观察方式			需特别关注系泊、护舷。
14	岸站和受注船均建立有效的氢燃料加注观察方式			需特别关注受注船加注站、加注软管、加氢枪连接和储氢控制站。
15	外门、舷窗和起居舱室通风口按照操作手册已关闭			任何时候它们都不能被锁死。
16	气体探测设备经过运行测试且处于良好的工作状态			
17	遵守点火源相关规定			
18	适当且充足的防护服和设备立即可用			
19	参与连接设备操作的人员及操作区域附近的人员均应穿着防护服并使用相应的设备			
20	所有的遥控阀都维护良好且处于良好的工作状态			
21	储氢系统仪表、高温报警和高压报警均可运行，设置正确且处于良好的工作状态			
22	冷却系统处于良好的工作状态，且与受注船储氢系统换热管路可靠连接，无泄漏			仅适用于金属合金储氢燃料罐加注
23	受注船氢燃料罐在任何时候都应防止超压和超温，持续监测压力和温度且正确设置报警装置			间隔不超过 分钟
24	加氢机上的所有安全和控制设备均经过检查、测试且处于良好的工作状态			
25	压力控制设备、氢燃料加注冷却设备可运行且处于良好的工作状态			
26	加注管路的连接和支撑合适			如适用
27	岸站和受注船的ESD系统，自动阀门或相似的设备已经过测试，处于良好的工作状态，且立即可用。双方的ESD系统已被连接。双方已商定触发ESD系统的参数（加注压力、加注速率、氢燃料温度）			受注船ESD：　　秒 岸站ESD：　　秒
28	已检查拟用于氢燃料加注的管路，未使用的接头已关闭或妥善处理并标识			
29	加注软管，固定管路和支管都处于良好的状态，被正确装配、支撑、正确的连接，经过泄漏测试并确认可进行氢燃料加注			
30	加氢设备和管路均已进行妥善接地，接地电阻检测合格			
31	岸站和受注船之间的加注系统设有干式断开装置/加氢枪			

	检 查 项 目	受注船	岸站	备 注
32	岸站和受注船之间的加注系统设有适合的电气绝缘装置且已就位			
33	加注系统上的干式断开装置/加氢枪已正确连接，且经过目视检查，处于良好的工作状态			
34	已熟悉受注船的防火控制图布置位置			位置：
35	已安装国际通岸接头			如适用
36	告知主管机关和其他在附近的船舶，氢燃料加注作业已开始			
注：满足条件划√，不满足条件划×，不适用划〇。				
签字 岸站代表： 受注船代表：				

D部分：加注后检查表（该部分应在加注作业完成后完成）

	检 查 项 目	受注船	岸站	备 注
1	加注连接设备、固定管路和总管已经过惰化（可在卸下加氢枪后进行），且已准备好断开连接			适用于断开前惰化操作
2	加氢机和加注控制阀已关闭			
3	加氢枪内已安全泄压并准备好脱开加氢枪和加氢口			
4	冷却系统和冷却介质控制阀已关闭			仅适用于金属合金储氢燃料罐加注
5	受注船储氢系统换热管路内的冷却介质已排出，且已准备好断开冷却介质管路连接			仅适用于金属合金储氢燃料罐加注
6	断开冷却介质管路连接			仅适用于金属合金储氢燃料罐加注
7	断开加注连接，并解除限制区域，撤除标志			
8	受注船加注管路惰化			适用于断开后惰化操作
9	主管机关及附近的其他船舶被告知氢燃料加注作业已完成			通知时间： hrs
10	险情和事故已上报主管机关（可选）			
注：满足条件划√，不满足条件划×，不适用划〇。				
签字 岸站代表： 受注船代表：				

1.2 加氢车对船加注检查表

A部分：加注准备阶段检查表

计划日期和时间：_____

加注地点（船位）：_____

加氢车：_____

受注船：_____

受注船氢类型（压缩氢、金属合金储氢或液化氢）_____

	检 查 项 目	受注船	加氢车	码头	备 注
1	主管机关已批准氢燃料加注具体位置和时间				
2	已通知主管机关按照相关规定开始氢燃料加注作业				通知时间： hrs
3	已通知码头即将开始氢燃料加注作业				
4	遵守主管机关的要求				例如：港口规定
5	所有参与氢燃料加注作业的人员均已经过相应的培训且被指派负责特定的氢燃料加注设备和程序				
6	加注位置加氢车可到达，且加氢车总重不超过码头允许的最大值				
7	加注作业区域能见度足够				
8	所有氢加注装置和气体探测设备均经过认证，处于良好的状态且工作正常				
9	双方已商定加注、惰化和置换的操作程序				
10	加氢车和受注船双方已商定电气绝缘的系统和方法				
11	已商定并指定限制区域				限制区域：
12	遵守点火源相关规定				
13	相关消防设备立即可用				
注：满足条件划 ✓，不满足条件划×，不适用划○。					
签字 加氢车代表： 受注船代表：					

B部分：氢燃料传输数据表（本部分应在实际加注操作开始前完成）

注意商定的物理量单位（PQU）：☐MPa　　☐kg

商定的开始温度和压力			
	受注船氢燃料罐	加氢车储氢罐	
储罐内初始温度			℃
储罐内初始压力			MPa
有效（剩余）压力或容量			PQU
商定的加注作业			
商定的加注量		——	PQU
商定的加注速率		——	PQU /min
开始加注速率		——	PQU /min
开始加注压力		——	MPa
开始加注温度		——	℃
冷却介质温度（仅适用于金属合金储氢燃料罐加注）		——	℃
冷却介质流量（仅适用于金属合金储氢燃料罐加注）		——	kg/min
商定的最大和最小值			
	最大值	最小值	
加注连接管路压力			——	MPa
氢燃料罐压力			——	MPa
氢燃料温度			——	℃
氢燃料加注速率			——	PQU /min
冷却介质温度（仅适用于金属合金储氢燃料罐加注）			——	℃
冷却介质流量（仅适用于金属合金储氢燃料罐加注）			——	kg/min

C部分：预传输检查表（在实际传输操作开始前应完成本部分）

	检　查　项　目	**受注船**	**加氢车**	**码头**	**备　注**
1	在实际操作前 A 部分已完成				如适用
2	天气和风浪条件满足要求				
3	受注船安全系泊，遵守系泊规定，护舷措施就位				
4	具有受注船安全靠岸的方法，必要时，船岸之间应有应急逃生路线				
5	相关消防设备立即可用				

6	加注作业区域能见度足够				
7	受注船能向安全和无障碍的方向自主移动				
8	加氢车和受注船双方加注作业人员就位，且全程保持有效观察				
9	加氢车和受注船的操作负责人和监督人员之间已建立有效的沟通方式，通信语言已商定				VHF/UHF 频道： 语言： 主系统： 备用系统：
10	急停信号和紧急切断（ESD）程序已商定，经测试，并向所有参与者解释。应急响应程序和计划以及联系电话已告知负责人				急停信号：
11	限制区域已建立，警示标志正常				
12	限制区域内没有未经允许的人员，设备及点火源				
13	外门、舷窗和起居舱室通风口按照操作手册已关闭				任何时候它们都不能被锁死。
14	气体探测设备经过运行测试且处于良好的工作状态				
15	遵守点火源相关规定				
16	适当且充足的防护服和设备立即可用				
17	参与软管连接和断开的人员及操作区域附近的人员均应穿着防护服并使用相应的设备				
18	紧急脱离装置（含拉断阀）已安装并立即可用				如适用
19	所有的控制阀都维护良好且处于良好的工作状态				
20	加注系统仪表，高温报警和高压报警装置均可运行，设置正确且处于良好的工作状态				
21	冷却系统处于良好的工作状态，且与受注船储氢系统换热管路可靠连接，无泄漏				仅适用于金属合金储氢燃料罐加注
22	受注船氢燃料罐在任何时候都应防止过充，持续监测压力和温度，且正确设置报警装置				间隔不超过 分钟
23	涉氢系统所有安全和控制设备均经过检查、测试且处于良好的工作状态				
24	压力控制设备、氢燃料加注冷却设备可运行且处于良好的工作状态				如适用
25	加氢车和受注船的 ESD 系统，自动阀门或相似的设备已经过测试，处于良好的工作状态，且立即可用				受注船 ESD：秒 加氢车 ESD：秒
26	已检查拟用于氢燃料加注的管路，未使用的接头已关闭并标识				
27	加注软管，固定管路和支管都处于良好的状态，被正确安装、支撑、正确的连接，经过泄漏测试并获准进行氢燃料加注				
28	加氢车和受注船之间的加注系统设有干式断开装置/加氢枪				

29	加氢车和受注船之间的加注系统设有适合的电气绝缘装置且已就位				
30	加注系统上的干式断开装置/加氢枪已就位，经过目视检查，处于良好的工作状态				
31	加氢设备和管路均已进行妥善接地，接地电阻检测合格，且加氢车车轮被楔住				
32	加注作业期间，加氢车发动机熄火				
33	已熟悉受注船的防火控制图布置位置				位置：
34	具有国际通岸接头				如适用
35	告知主管机关和其他在附近的船舶，氢燃料加注作业已开始				
注：满足条件划√，不满足条件划×，不适用划○。					
签字 加氢车代表：　　受注船代表：					

D部分：氢燃料加注后检查表（该部分应在加注作业完成后完成）

	检　查　项　目	**受注船**	**加氢车**	**码头**	**备　注**
1	加注连接设备、固定管路和总管已经过惰化（可在卸下加氢枪后进行），且已准备好断开连接				适用于断开前惰化操作
2	氢加注设备和加注控制阀已关闭				
3	加氢枪内已安全泄压并准备好脱开加氢枪和加氢口				
4	冷却系统和冷却介质控制阀已关闭				仅适用于金属合金储氢燃料罐加注
5	受注船储氢系统换热管路内的冷却介质已排出，且已准备好断开冷却介质管路连接				仅适用于金属合金储氢燃料罐加注
6	断开冷却介质管路连接				仅适用于金属合金储氢燃料罐加注
7	断开加注连接，并解除限制区域，撤除标志				
8	受注船加注管路惰化				适用于断开后惰化操作
9	主管机关及附近的其他船舶被告知氢燃料加注作业已完成				通知时间：　　hrs
10	险情和事故已上报主管机关（可选）				
注：满足条件划√，不满足条件划×，不适用划○。					
签字 加氢车代表：　　受注船代表：					

1.3 换罐检查表

A部分：换罐前检查表

换罐日期和时间：_____

换罐码头：_____

船舶名称：_____

	检 查 项 目	船舶	码头	备 注
1	已批准可移式燃料罐换罐作业的具体位置和时间			
2	通知主管机关按照当地法规开始换罐作业			通知时间：
3	遵守主管机关的要求			如：港口条例
4	所有参与换罐作业的人员均已经过相应的培训且被指派负责特定的设备和程序			
5	船舶、码头配有经认可的换罐计划和有效操作手册			
6	船舶停泊位置可进行吊装作业			
7	吊装作业区域天气、环境良好			
8	已商定并指定限制区域，警示标志正常			限制区域：
9	限制区域内没有其他船舶、未经允许的人员，设备及点火源			
10	参与各方已商定并遵守防止高空坠物的安全程序和减灾措施			
11	所有的强制性消防设备立即可用			
12	适当且充足的防护服和设备立即可用			
13	参与连接设备操作的人员及操作区域附近的人员均应穿着防护服并使用相应的设备			
14	船上可移式燃料罐系统检查完好			
15	码头起重设施检查完好			
16	遵守法规关于点火源的规定			
17	船上需换燃料罐连接系统全部关断。带冷箱燃料罐需保证冷箱内设备处于惰化状态			
18	告知主管机关和其他在附近的船舶，换罐作业已开始			
注：满足条件划 √，不满足条件划×，不适用划〇。				
签字 船舶代表： 码头代表：				

B部分：换罐后检查表（该部分应在换罐作业完成后完成）

	检 查 项 目	船舶	码头	备 注
1	已对可移式燃料罐的管路及相关仪表进行检查，确认无泄漏等异常情况			
2	已对燃料罐和船舶供氢系统之间的管路进行气密试验，确认无泄漏			

3	已确认船舶监控平台可正常接收可移式燃料罐的监测参数			
4	目视检查确认可移式燃料罐与船上透气系统连接正常			
5	目视检查确认可移式燃料罐的系固牢固			
6	解除限制区域，撤除标志			
7	主管机关及附近的其他船舶被告知换罐作业已完成			通知时间：
8	险情和事故已上报主管机关（可选）			
注：满足条件划√，不满足条件划×，不适用划〇。				
签字 船舶代表：　　码头代表：				

附录3 加注交付单

1.1 氢燃料加注交付单[①]

氢作为燃料

船名： 船舶登记号/识别号： 呼号： IMO 编号（如有）： 交付日期：

1. 氢属性

项目名称	单位	数值
氢状态（压缩氢、金属合金储氢或液化氢）	–	
密度	kg/m^3	
加注压力	MPa	
加注温度	℃	
氢燃料罐内温度	℃	
氢燃料罐内压力	MPa	

2. 氢组分

项目名称	单位	数值
氢纯度（摩尔分数）[1]	%	
非氢成分总量	μmol/mol	
杂质浓度		
水（H_2O）	μmol/ mol	
总烃（按甲烷计）	μmol/mol	
氧（O_2）	μmol/mol	
氦（He）	μmol/mol	
总氮（N_2）和氩（Ar）	μmol/mol	
二氧化碳（CO_2）	μmol/mol	
一氧化碳（CO）	μmol/mol	
总硫（按H_2S计）	μmol/mol	
甲醛（HCHO）	μmol/mol	
甲酸（HCOOH）	μmol/mol	
氨（NH_3）	μmol/mol	
总卤化合物（按卤离子计）	mg/kg	
最大颗粒物浓度	mg/kg	
注1：如需通过加注货物取样的方式确认氢纯度，则取样应满足公认标准的要求，如GB/T 44262-2024、ISO 14687-2025等。		

① 氢的属性和成分允许操作人员按照该气体的已知属性和相关的操作限制进行操作。

3. 净总交付量：　　kg，　　MJ

4. 签名（S）

供货方名称、地址和联系方式：

签名：

地点/港口：

日期：

接收方：

1.2 可移式燃料罐换罐交付单

氢作为燃料

船名：　　船舶登记号/识别号：　　呼号：　　IMO 编号（如有）：　　交付日期：

1. 氢属性

项目名称	**单位**	**数值**
氢状态（压缩氢、金属合金储氢或液化氢）	-	
密度	kg/m^3	
罐内温度	℃	
罐内压力	MPa	

2. 氢组分

项目名称	**单位**	**数值**
氢纯度（摩尔分数）	%	
非氢成分总量	μmol/mol	
杂质浓度		
水（H_2O）	μmol/ mol	
总烃（按甲烷计）	μmol/mol	
氧（O_2）	μmol/mol	
氦（He）	μmol/mol	
总氮（N_2）和氩（Ar）	μmol/mol	
二氧化碳（CO_2）	μmol/mol	
一氧化碳（CO）	μmol/mol	
总硫（按H_2S计）	μmol/mol	
甲醛（HCHO）	μmol/mol	
甲酸（HCOOH）	μmol/mol	
氨（NH_3）	μmol/mol	
总卤化合物（按卤离子计）	mg/kg	
最大颗粒物浓度	mg/kg	

3. 燃料罐信息

项目名称	单位	数值
编号	-	
制造厂家	-	
有效容积	m^3	
最大充装质量	kg	
绝热型式	-	
设计压力	MPa	
安全阀起跳压力	MPa	
燃料罐尺寸	mm	

4. 净总交付量： kg， MJ

5. 签名（S）

供货方名称、地址和联系方式：

签名：

地点/港口：

日期：

接收方：