

团 体 标 准

T/CCIASD 10008—2023

集装箱式船用 LNG 燃料装置

Containerized marine LNG fuel system

2023-10-26 发布

2023-11-01 实施

中国集装箱行业协会 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.....	2
4 通用要求.....	2
5 材料.....	3
6 设计.....	5
7 安全附件、仪表和装卸附件.....	12
8 电气防爆及安全监控要求.....	14
9 制造.....	15
10 试验方法.....	18
11 检验规则.....	19
12 标志、标识.....	21
13 出厂文件.....	21
14 存储、运输.....	23
参考文献.....	24

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。

本文件由中国集装箱行业协会罐箱专委会提出并归口。

本文件主要起草单位：中车长江车辆有限公司、中车长江运输设备集团有限公司、宏远航运有限公司、中国船级社武汉规范研究所、中国海洋石油气电集团、武汉市锅炉压力容器检验研究所、厚普清洁能源（集团）股份有限公司、南通中集能源装备有限公司、成都国光电气股份有限公司、中船澄西（泰州）装备科技有限公司。

本文件主要起草人：何远新、卢海、刘凤伟、费锦华、田海勇、胡跃明、雷青平、方闯、金家坤、侯星星、徐亮、张荣旺、苗小超、常心洁、吴卫东、林晓辉、陈来生、李泞、马本勤。

本文件为首次发布。

集装箱式船用 LNG 燃料装置

1 范围

本文件规定了集装箱式船用LNG燃料装置的通用要求，材料，设计，安全附件、仪表和装卸附件，电气防爆及安全监控要求，制造，试验方法，检验规则，标志、标识，出厂文件和存储、运输等要求。

2 规范性引用文件

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

GB/T 150（所有部分） 压力容器

GB/T 1413 系列 1 集装箱 分类、尺寸和额定质量

GB/T 1835 系列 1 集装箱 角件

GB/T 1836 集装箱代码、识别和标记

GB/T 14976 流体输送用不锈钢无缝钢管

GB/T 16563 系列 1 液体、气体及加压干散货罐式集装箱技术要求和试验方法

GB/T 18443（所有部分） 真空绝热深冷设备性能试验方法

GB/T 24511 承压设备用不锈钢和耐热钢钢板和钢带

GB/T 26929 压力容器术语

GB/T 35201 系列 2 集装箱 分类、尺寸和额定质量

NB/T 10558 压力容器涂敷与运输包装

NB/T 47010 承压设备用不锈钢和耐热钢锻件

NB/T 47013.1 承压设备无损检测 第 1 部分：通用要求

NB/T 47013.2 承压设备无损检测 第 2 部分：射线检测

NB/T 47013.4 承压设备无损检测 第 4 部分：磁粉检测

NB/T 47013.5 承压设备无损检测 第 5 部分：渗透检测

NB/T 47013.11 承压设备无损检测 第 11 部分：X射线数字成像检测

NB/T 47013.14 承压设备无损检测 第 14 部分：X射线计算机辅助成像检测

NB/T 47014 承压设备焊接工艺评定

NB/T 47018.1 承压设备用焊接材料订货技术条件 第 1 部分：采购通则

NB/T 47018.2 承压设备用焊接材料订货技术条件 第 2 部分：钢焊条

NB/T 47018.3 承压设备用焊接材料订货技术条件 第 3 部分：气体保护电弧焊钢焊丝和填充丝

NB/T 47018.4 承压设备用焊接材料订货技术条件 第 4 部分：埋弧焊钢焊丝和焊剂

NB/T 47059—2017 冷冻液化气体罐式集装箱

JB/T 4732 钢制压力容器—分析设计标准（2005年确认）

TSG 07 特种设备生产和充装单位许可规则

TSG R0005 移动式压力容器安全技术监察规程

中国船级社.船舶应用天然气燃料规范，2021

中国船级社.材料与焊接规范

中国船级社.集装箱检验规范

3 术语和定义

GB/T 150.1、GB/T 150.4、GB/T 16563、GB/T 18443、GB/T 26929、NB/T 47059 和《船舶应用天然气燃料规范》—2021 界定的术语和定义以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

集装箱式船用 LNG 燃料装置 containerized marine LNG fuel system

采用可更换集装箱的形式为 LNG 动力船供应燃料的装置（以下简称“燃料装置”）。

3.2

整体式船用 LNG 燃料罐式集装箱 integral type marine LNG fuel tank container

为 LNG 动力船舶提供天然气燃料的可更换式专用罐式集装箱。

3.3

分离式船用 LNG 燃料罐式集装箱 split type marine LNG fuel tank container

罐箱本身仅包含实现充装泄液、压力液位指示、罐体温度指示等功能以及其他所必要的工艺管路和部件的船用 LNG 燃料罐箱。

3.4

燃料供应管路撬装装置 fuel supply pipeline skid-mounted device

布置在 LNG 动力船舶上，与分离式船用 LNG 燃料罐箱联合使用，为船舶供应气态天然气燃料的模块化的管路撬装装置（以下简称“撬装装置”）。

4 通用要求

4.1 集装箱式船用 LNG 燃料装置可为整体式船用 LNG 燃料罐式集装箱或分离式船用 LNG 燃料罐式集装箱与撬装装置组合的两种模式。

注 1：下文中部分条款同时适用整体式船用 LNG 燃料罐式集装箱和分离式船用 LNG 燃料罐式集装箱，统称燃料罐箱。

注 2：燃料罐箱范围包括罐体、管路、安全附件、汽化器、仪表、装卸附件、增压器、缓冲罐、接头处所（简称“冷箱”）或操作箱、框架等。

注 3：撬装装置范围包括框架、管路、阀件、汽化器、增压器、缓冲罐、仪表、安全附件、接线箱等。

注 4：燃料罐箱的罐体界定范围如下：

- a) 罐体与管路焊接连接的第一道环向接头的坡口端面；

- b) 罐体与管路、安全附件以及仪表螺纹连接的第一个螺纹接头端面，法兰连接的第一个法兰密封面，专用连接件或者管件连接的第一个密封面；
- c) 罐体开孔部分的承压盖及其紧固件；
- d) 罐体与非受压元件的连接焊缝。

注5：管路包括所有与罐体直接连接的管子与管件、撬装装置内的管子和管件、设备间的连接软管。

4.2 本文件适用于给海船或内河船舶供应燃料，罐体内容器的设计压力不大于 1.2MPa，内容器几何容积在 $5\text{m}^3\sim 52.6\text{m}^3$ 之间，罐体绝热方式为真空多层绝热的燃料装置。

4.3 本文件不适用于罐体材料为有色金属、非金属或国防军事装备等有特殊要求的燃料装置。

4.4 燃料罐箱的设计、制造单位应按 TSG 07 取得国家有关主管机构颁发的压力容器相关资质证书，同时符合船舶检验机构的相应规定。

4.5 燃料罐箱的设计、制造单位在满足 4.4 要求时，进行撬装装置的设计、制造时无需另行取得相应资质。其他单位进行撬装装置的设计、制造时，应按 TSG 07 取得国家有关主管机构颁发的压力管道相关资质证书，同时符合船舶检验机构的相应规定。

4.6 燃料装置的设计委托方应以书面形式向设计单位提出燃料装置的设计条件，设计条件除 NB/T 47059—2017 中 4.2.1 的要求外，还应包含以下内容：

- a) 燃料装置的结构形式；
- b) 燃料装置在船舶上的固定方式等；
- c) 燃料装置在船舶的布置形式、罐箱供应燃料时是否堆码等；
- d) 燃料供应工艺流程。

5 材料

5.1 一般要求

5.1.1 罐体选用材料应符合 TSG R0005、GB/T 150.2、《船舶应用天然气燃料规范》—2021 以及相应国家标准或行业标准的规定。

5.1.2 罐体和管路的材料应按 NB/T 47059 和《船舶应用天然气燃料规范》—2021 的规定进行低温冲击试验。

5.1.3 受压元件材料制造单位应在材料的明显部位做出清晰、牢固的出厂钢印或采用其他可追溯的标志。

5.1.4 燃料罐箱和撬装装置制造单位应取得受压元件材料制造单位的质量证明书，材料质量证明书的内容应齐全、清晰并且印制可以追溯的信息化标识，加盖材料制造单位质量检验章。

5.1.5 燃料罐箱和撬装装置的制造单位从非材料制造单位取得罐体和管路用材料时，应取得材料制造单位提供的材料证明书原件或加盖了材料经营单位公章和经办负责人签字（章）的复印件。

5.1.6 境外牌号材料和新材料的使用应符合 TSG R0005 及《船舶应用天然气燃料规范》—2021 的有关规定。

5.1.7 板材、锻件、管材等主要元件的材料制造单位应取得船舶检验机构船用产品工厂认可或主管部门认可的其他资质文件。

5.1.8 非金属零件或含非金属元件的零件应由供应商附带无石棉检测报告或无石棉申明。

5.2 罐体材料

5.2.1 钢板

5.2.1.1 内容器用钢板

5.2.1.1.1 内容器用钢板一般采用奥氏体不锈钢材料，应符合 GB/T 24511 和《船舶应用天然气燃料规范》—2021 的规定，且以固溶状态交货。热轧钢板表面加工类型不低于 1D 级，冷轧钢板表面加工类型不低于 2B 级。

5.2.1.1.2 内容器受压元件用钢的力学性能应符合 NB/T 47059 和《船舶应用天然气燃料规范》—2021 的要求。

5.2.1.1.3 燃料装置的船用产品材料检验时，当材料在应力—应变曲线上无明显的屈服应力，采用 0.2% 规定塑性延伸强度。

5.2.1.1.4 当采用 NB/T 47059 和《船舶应用天然气燃料规范》—2021 以外的钢材时，应符合本文件和相应材料标准的规定。

5.2.1.2 外壳用钢板

5.2.1.2.1 外壳应采用耐低温材料。

5.2.1.2.2 当燃料罐箱布置在开敞甲板或半围蔽处所时，若内容器上所有开口均高于最高可能液位，则外壳可不必满足 5.2.2.1 条的要求。

5.2.2 钢锻件

5.2.2.1 内容器用不锈钢锻件应符合 NB/T 47010 和《船舶应用天然气燃料规范》—2021 的规定，锻件级别应不低于 III 级。

5.2.2.2 外壳用不锈钢锻件应符合 NB/T 47010 和《船舶应用天然气燃料规范》—2021 的规定。与罐内介质接触的锻件级别应不低于 III 级，其余锻件级别应不低于 II 级。

5.2.3 钢管和管件

5.2.3.1 钢管用材料应符合 GB/T 150.2 的规定，且应符合 GB/T 14976 和《船舶应用天然气燃料规范》—2021 的规定。

5.2.3.2 管件应符合相应标准的规定。当管件采用钢锻件时，应符合 5.2.3 的规定。

5.2.3.3 奥氏体不锈钢管采用冷成形加工成型时，其成形后的铁素体测量值应不大于 15%。

5.2.4 焊接材料

5.2.4.1 罐体用焊接材料应符合 NB/T 47018.1~NB/T 47018.4 及《材料与焊接规范》的规定，且有清晰、牢固的标志，并附有质量证明书。

5.2.4.2 焊接材料的选用应考虑焊接接头力学性能与罐体母材的匹配，且应符合 TSG R0005 和《船舶应用天然气燃料规范》—2021 的规定。

5.2.4.3 焊接材料应按 NB/T 47014 和《船舶应用天然气燃料规范》—2021、《材料与焊接规范》的要求进行焊接工艺评定，评定结果经主管单位审查合格后方可使用。

5.3 框架材料

5.3.1 角件、端梁、侧梁及支撑等用钢板、型材应有良好的可焊性、足够的强度和冲击韧性，且符合相应材料标准的规定。

5.3.2 框架应通过传热计算或试验证明不会因燃料泄漏而遭受不可承受的低温，否则框架应采用耐低温材料制造。

5.3.3 框架的角柱、端梁及侧梁等主要受力构件，在-40℃时应具备足够的冲击韧性。进行夏比V型缺口冲击试验时，试验温度为-40℃，3个标准试样冲击吸收能量平均值（KV₂）应不小于27J。

5.3.4 框架和支撑等材料应考虑外界环境的腐蚀作用和环境温度的影响。

5.4 其他

5.4.1 外购件应符合相应的国家标准或行业标准的规定，且有质量证明文件或产品合格证。

5.4.2 进口阀门等压力管道元件还应符合国家主管部门的相关规定。

5.4.3 紧固件应符合相应国家标准或行业标准的规定。

5.4.4 密封垫片应根据工作压力和温度正确选用，且符合相应标准的规定。当采用四氟乙烯垫片时，应选用膨胀或填充改性型聚四氟乙烯垫片。

5.4.5 角件应符合 GB/T 1835 的规定，并满足-40℃的低温冲击试验要求，合格指标不低于21J，且有质量证明书。

5.4.6 燃料罐箱其他材料应符合设计图样的要求。

6 设计

6.1 一般要求

6.1.1 燃料装置的设计除应符合本文件的要求外，还应符合 NB/T 47059、《船舶应用天然气燃料规范》—2021、《集装箱检验规范》等标准和规范的规定。

6.1.2 罐体、管路、安全附件、仪表及装卸附件等的布置应合理可靠，且满足使用和安全的要求。

6.1.3 燃料罐箱和撬装装置所承受的设计载荷应通过计算或试验来确认。

6.1.4 燃料罐箱和撬装装置在设计时应考虑适当的防护措施，以防止在纵向、横向受到冲击或侧翻而造成的损坏或介质的泄漏。

6.1.5 国际联运和搭载在国际航行船舶上的燃料罐箱应符合相关国际公约的规定。

6.1.6 存在铁路运输工况的燃料罐箱，其原型箱的结构强度及刚度应能承受满载时在铁路运输中所经历的典型机械振动而产生的4倍额定质量乘以重力加速度的冲击力。

6.1.7 燃料罐箱的罐体设计使用年限应不少于20年。

6.2 设计文件

6.2.1 燃料罐箱的设计文件除符合 NB/T 47059—2017 中 6.2.1 的规定外，还应至少包括下列文件：

- a) 管道温度应力分析报告，包括管路结构描述、载荷工况分析计算、管路疲劳校核等；
- b) 电气布置及接线图等设计图样；

- c) 出厂检验试验大纲,包括焊接工艺要求、原材料复验、罐体外观和结构尺寸、无损检测、产品焊接试板、耐压及气密性试验、低温性能试验、冷箱泄漏试验等检测和试验要求。

6.2.2 设计总图上除 NB/T 47059—2017 中 6.2.3 规定外,还应至少包括下列内容:

- a) 产品在船舶上的安装位置及摆放方向、固定形式及要求;
- b) 额定充满率(或装载极限);
- c) 主管部门规定的其他有关要求。

6.3 尺寸、公差和额定质量

燃料罐箱的外部尺寸、公差和额定质量应符合 NB/T 47059—2017 中 6.3 的规定。

6.4 罐体设计

6.4.1 一般要求

6.4.1.1 罐体应基于可能产生的失效模式进行设计。

6.4.1.2 罐体强度计算和外压稳定性校核时,采用规则设计的应符合 GB/T 150.3 或主管部门认可的其他公认设计准则的规定,采用分析设计的应符合 JB 4732 的规定。

6.4.1.3 当罐体强度按 GB/T 150.3 计算时,局部应力分析可按 JB 4732 的规定进行。

6.4.2 载荷

6.4.2.1 罐体设计时应考虑下列载荷:

- a) NB/T 47059—2017 中 6.4.2.2 和 6.4.2.3 规定的载荷;
- b) 静横倾载荷;
- c) 晃荡;
- d) 风载荷、波浪冲击和甲板上浪对开敞甲板上罐体的影响;
- e) 船舶浸水产生的载荷。

6.4.2.2 罐体与其系固装置在运输工况中承受的惯性力载荷应按照下列要求转换成等效静态力:

- a) 运动方向:最大质量的与 2 倍乘以重力加速度;
- b) 与运动方向垂直的水平方向:最大质量乘以重力加速度(当运动方向不明确时,为最大质量的 2 倍乘以重力加速度);
- c) 垂直向上:最大质量乘以重力加速度;
- d) 垂直向下:最大质量的 2 倍乘以重力加速度。

罐体与其系固装置在船舶应用工况中承受的惯性力载荷应按照下列要求转换成等效静态力:

- e) 沿船长方向:最大质量的 2 倍乘以重力加速度;
- f) 沿船宽方向:最大质量乘以重力加速度;
- a) 垂直向上:最大质量乘以重力加速度;
- b) 垂直向下:最大质量的 2 倍乘以重力加速度(含重力效应)。

6.4.2.3 罐体设计时,外压载荷应符合下列规定:

- a) 内容器的外压载荷应由设计者根据对于在制造、运输、装卸、检验试验或者其他工

况中，可能出现的最大内外压力差确定；

- b) 真空绝热罐体外壳的外压载荷不得小于 0.1MPa。

6.4.2.4 罐体符合 NB/T 47059—2017 中 6.4.2.5 规定时，可免除疲劳分析。

6.4.3 设计温度

6.4.3.1 设计温度应符合 NB/T 47059—2017 中 6.4.3 的规定。

6.4.3.2 最低设计金属温度应符合 NB/T 47059—2017 中 6.4.4 的规定。

6.4.4 压力

6.4.4.1 设计压力

6.4.4.1.1 内容器设计压力按下列规定确定：

- a) 内压应不小于下列情况中工作压力的最大值：
- 1) 充装、卸料、供气工况的工作压力；
 - 2) 设计温度下介质的饱和蒸汽压（表压）。
- b) 内容器的设计压力应分别满足 TSGR0005 和《船舶应用天然气燃料规范》—2021 的要求；
- c) 外压应不小于在制造、运输、装卸、检验与试验或者其他工况中可能出现的最大内外压力差，且不小于 0.04MPa。

6.4.4.1.2 外壳设计压力按下列规定确定：

- a) 内压应不小于外壳防爆装置设定的排放压力。
- b) 外压不小于 0.1MPa。

6.4.4.2 计算压力

6.4.4.2.1 内容器受压元件计算压力应不小于设计压力、液柱静压力、等效压力与 0.1MPa 之和。

6.4.4.2.2 液柱静压小于设计压力的 5% 时，可忽略不计。

6.4.4.3 等效压力

等效压力应符合下列规定：

- a) 等效压力应不小于按照 6.4.2.2 规定的各个方向的惯性力除以对应方向的内容器有效截面面积所得值的最大值；
- b) 等效压力不小于 0.035MPa。

6.4.5 焊接接头系数

6.4.5.1 内容器的焊接接头系数取 1。

6.4.5.2 外壳的焊接接头系数取 0.85。

6.4.6 许用应力

6.4.6.1 当罐体承受压力载荷时，采用规则设计的罐体，其材料许用应力分别按 GB/T 150.2 和《船舶应用天然气燃料规范》—2021 中 4.2.15 的规定选取。

6.4.6.2 采用规则设计的罐体，局部采用分析设计时，材料许用应力按 GB/T 150.2 的规定选取。

6.4.6.3 螺栓材料在不同温度下的许用应力按 GB/T 150.2 和相应材料标准的规定选取。

6.4.7 腐蚀裕量

腐蚀裕量应符合 NB/T 47059—2017 中 6.4.9 的规定。

6.4.8 罐体厚度要求

6.4.8.1 罐体的设计厚度应不小于 GB/T 150.3 和《船舶应用天然气燃料规范》—2021 确定的罐体计算厚度与腐蚀裕量之和。

6.4.8.2 罐体受压元件成形后，应保证设计要求的最小厚度。

6.4.8.3 罐体的最小厚度在换算为基准钢厚度后，应符合 NB/T 47059—2017 中 6.4.10.1 的要求。

6.4.9 充满率

6.4.9.1 充满率应符合 NB/T 47059—2017 中 6.4.11 的规定。

6.4.9.2 装载极限应符合《船舶应用天然气燃料规范》—2021 中 4.6 的规定。

6.4.9.3 燃料罐箱应根据使用工况使用相应的充满率和溢流口。

6.4.10 最大允许充装量

6.4.10.1 燃料罐箱的最大允许充装量应满足罐箱允许的承载能力，并满足 6.4.9 的要求。

6.4.10.2 当燃料罐箱运输和供气过程中不能满足 6.4.9.1~6.4.9.2 的要求时，应降低初始充装量。

6.4.11 真空绝热性能

6.4.11.1 罐体静态蒸发率应符合 NB/T 47059—2017 中 6.4.13 的规定。

6.4.11.2 维持时间应满足燃料罐箱预期最大运输周期的要求，同时具有一定的安全裕量储备；且保证在船上维持时间不小于 15 天。

6.4.12 夹层的真空性能

6.4.12.1 真空夹层漏气速率应符合 NB/T 47059—2017 中 6.4.14.1 的规定。

6.4.12.2 真空夹层漏放气速率应符合 NB/T 47059—2017 中 6.4.14.2 的规定。

6.4.12.3 常温下真空夹层封结真空度应符合 NB/T 47059—2017 中 6.4.14.3 的规定。

6.4.12.4 夹层真空性能应满足 5 年真空使用年限的要求。

6.4.13 耐压试验

6.4.13.1 真空夹层内的管路应尽可能与内容器一起进行耐压试验，耐压试验应采用水压试验。

6.4.13.2 内容器与外壳组装前，内容器耐压试验压力最低值按式（1）和式（2）中的较大值确定：

$$p_T = 1.3(p + 0.1) \dots\dots\dots (1)$$

$$p_T = 1.5p \dots\dots\dots (2)$$

式中：

p_T ——试验压力，MPa；

p ——内容器设计压力，MPa。

6.4.13.3 内容器与外壳组装完毕且建立夹层真空后，内容器耐压试验压力最低值按式（3）和式（4）中的较大值确定。

$$p_T = 1.3(p + 0.1) - 0.1 \dots\dots\dots (3)$$

$$p_T = 1.5p - 0.1 \dots\dots\dots (4)$$

6.4.13.4 当采用大于上述规定的耐压试验压力时，应在内容器耐压试验前校核各受压元件在试验条件下的应力水平。内容器元件应按式（5）校核最大总体薄膜应力 σ_T 。

$$\sigma_T = \frac{p_T (D_i + \delta_e)}{2\delta_e} \dots\dots\dots (5)$$

式中：

σ_T ——试验压力下圆筒的最大总体薄膜应力，MPa；

p_T ——试验压力，MP；

D_i ——圆筒的内直径，mm；

δ_e ——圆筒的有效厚度，mm。

6.4.13.5 内容器试验最大总体薄膜应力 σ_T 应满足下列条件：

$$\sigma_T \leq 0.9 R_{p0.2} \dots\dots\dots (6)$$

$$\sigma_T \leq \max \{0.75 R_{eL}, 0.5 R_m\} \dots\dots\dots (7)$$

式中：

R_{eL} ——内容器材料在试验温度下的屈服强度，MPa。

$R_{p0.2}$ ——内容器材料 0.2%规定塑性延伸强度，MPa。

R_m ——内容器材料在试验温度下的抗拉强度，MPa。

6.4.14 泄漏试验

6.4.14.1 每台燃料罐箱组装完毕后应进行泄漏试验，试验方法包括气密性试验、氦检漏试验等。

6.4.14.2 采取气密性试验时，试验压力取内容器的设计压力，试验介质应为干燥清洁的空气、氮气或其他惰性气体。

6.4.14.3 采用氦质谱检漏时，其漏气速率指标等试验相关要求应在设计文件中注明。

6.4.15 结构设计

6.4.15.1 一般要求

设计时，应考虑内容器、外壳在制造和工作过程中因温度变化而引起的温差应力集中处，必要时应设置补偿装置。

6.4.15.2 焊接结构

焊接结构应符合 GB/T 150、NB/T 47059 和《船舶应用天然气燃料规范》—2021 的规定。

6.4.15.3 人孔及检查孔

罐体一般不设置人孔或检查孔。

6.4.15.4 夹层支撑

6.4.15.4.1 支撑结构及其受其反力作用的壳体局部应有足够的强度与刚度。

6.4.15.4.2 支撑结构在压、弯组合载荷下，应有足够的稳定性。

6.4.15.4.3 支撑结构至少能够承受 6.3.2.2 规定的惯性力载荷。

6.4.15.5 绝热设计

绝热设计应符合 NB/T 47059—2017 中 6.4.17.8 的规定。

6.4.15.6 防波板设置

防波板应符合 NB/T 47059—2017 中 6.4.17.8 的规定。

6.5 结构件的连接

结构件的连接应符合 NB/T 47059—2017 中 6.6 的规定。

6.6 框架、支座、起吊和系固件以及附件的设计

6.6.1 框架设计应考虑以下载荷及其可能的最苛刻的组合。

- a) 在 6.4.2.2 规定的惯性载荷工况下，罐体、附属设备等对框架的作用力；
- b) GB/T 16563 规定的试验载荷；

6.6.2 框架、框架与罐体连接件的强度、刚度应符合 GB/T 16563 的要求。

6.6.3 支座和框架的设计应考虑外界环境的腐蚀作用。

6.6.4 支座、框架以及起吊和系固件的设计应避免对罐箱的任何部位造成不适当的应力集中。

6.6.5 支座（支架、框架和低支撑平台等类似设施）应能满足使用要求。

6.6.6 燃料罐箱不应设置叉槽。

6.6.7 燃料罐箱应在支架或框架上设置永久的起吊和系固部件，否则应通过加强板固定到罐体上。

6.6.8 燃料罐箱角件所在位置和定位尺寸应符合 GB/T 1413 或 GB/T 35201 的规定。

6.6.9 框架的结构尺寸、附件的设计及试验应符合 GB/T 16563 的要求。

6.6.10 燃料罐箱应设置文件筒。

6.7 冷箱

6.7.1 冷箱材质应能耐低温损伤。

6.7.2 冷箱应为气密结构。

6.7.3 燃料罐箱的冷箱可设置快开气密门。

6.7.4 冷箱结构应足够稳固，以使其能承载可能出现的载荷工况。

6.7.5 冷箱应设有通风进出口，与船上通风系统相连接。

6.8 管路

6.8.1 管路系统的设计结构应避免热胀冷缩、机械颤动、振动或各附件之间存在相对运动等所引起的损坏，必要时应考虑补偿结构和紧固装置。

6.8.2 管路的设计压力应不低于管路系统的工作压力和内容器的设计压力。管路的公称压力应不小于管路的设计压力，且应在承受 4 倍管路系统工作压力时不致破裂。

6.8.3 两端均可关闭且有可能存留液体的管路，应设置安全阀，其整定压力应不超过 1.5 倍的管路系统工作压力。

6.8.4 管路的设计应能防止阀门被意外开启，在运输及装卸过程中不致脱卸或损坏。管路的设计应尽可能将需要操作的阀门、需要校验的仪表设置在易于操作、维修、更换的位置。

6.8.5 管子、管件之间的连接应采用焊接连接，焊接接头应优先采用全焊透对接接头形式。

6.8.6 承插焊接接头只适用于外径小于等于 50mm 和设计温度不低于 -55℃ 的仪表管路和端部敞开的管路。

- 6.8.7 仪表管路与主管路之间的连接应采用焊接连接；仪表与管路的连接可采用螺纹接头连接，且管路外径不大于 25mm。
- 6.8.8 真空夹层内的管路连接应为焊接结构，且采用等壁厚、全焊透的对接接头。
- 6.8.9 管路部件中的法兰组件等的压力等级应与管路的压力等级相匹配。对于除端部敞开管路以外的管路，当设计温度低于-55℃时，仅可采用带颈对焊法兰；当设计温度低于-10℃，公称尺寸大于 100mm，不得采用套焊法兰，公称尺寸大于 50mm，不得采用承插焊法兰。
- 6.8.10 管路上应清楚标明各个接口和附件的用途。管路阀门应标明介质流向，截止阀应标明开启和关闭方向。
- 6.8.11 装卸管路应符合 NB/T 47059—2017 中 6.4.17.6 的规定。
- 6.8.12 超压泄放管路应符合 NB/T 47059—2017 中 6.7.9 的规定。
- 6.8.13 燃料罐箱内的顶部喷淋管（或装置）应能在充液时使内容器尽量被均匀冷却，喷淋孔截面积总和不少于喷淋管截面积。
- 6.8.14 自增压器管路应符合 NB/T 47059—2017 中 6.7.11 的规定。
- 6.8.15 压力测量管路应符合 NB/T 47059—2017 中 6.7.12 的规定。
- 6.8.16 压差式液位测量管路应符合 NB/T 47059—2017 中 6.7.13 的规定。
- 6.8.17 溢流管路的设置应符合下列规定：
- 入口高度应符合 6.4.9 的规定；
 - 出口端应设置可指示低温液体流出的装置（温度变送器或液位开关等）和可远传操作的阀门；
 - 出口朝向应避免造成对操作人员和燃料罐箱的安全造成危害。
- 6.8.18 管路的耐压试验原则如下：
- 夹层内部管路以及与罐体无法截断的外部管路可与罐体一同进行耐压试验，管路耐压试验压力与罐体相同。
 - 无法与内容器一起进行耐压试验的管路，应单独进行耐压试验，其耐压试验压力不低于式（9）的计算值：

$$P_T = 1.5p \dots\dots\dots (8)$$

式中：

P_T ——试验压力，单位为兆帕（MPa）；

p ——管路设计压力，单位为兆帕（MPa）；

6.9 抽真空与真空度检测装置

- 6.9.1 真空阀门和真空接头的漏气速率应与罐体真空夹层的漏气速率相匹配。
- 6.9.2 真空阀门、真空接头和测真空装置应设置保护装置，当设置在封闭的接头连接处所内时，可认为等同设有保护装置。
- 6.9.3 应采用不会产生火花的真空规管。
- 6.9.4 真空规管的测量范围应与设计图样要求相匹配，且有质量证明书和合格证。

6.10 自增压器和汽化器

6.10.1 自增压器和汽化器的压力等级应不低于内容器的设计压力,所选用的材料应与充装介质相容,且考虑使用工况中的振动和材料的热胀冷缩等影响。

6.10.2 自增压器的汽化量应能满足设计排液速率的要求,汽化器的汽化量应能满足设计用气量的要求。

6.10.3 自增压器和汽化器的结构设计应避免液体或气体的偏流。

6.11 撬装装置

6.11.1 撬装装置的管路及元件的公称压力应不低于燃料罐箱管路公称压力。

6.11.2 撬装装置的管路应满足 6.8.1~6.8.10 的要求,并按 6.8.18 b) 中的要求进行耐压试验。

6.11.3 撬装装置的框架及围护材质应能耐低温损伤。

6.11.4 撬装装置的框架及围护应与船舶有牢固的连接结构,并保证其满足 6.4.2.2 中在船舶应用中承受的等效惯性力载荷。

7 安全附件、仪表和装卸附件

7.1 一般要求

7.1.1 装置的安全附件、仪表和装卸附件的设置,除应符合 NB/T 47059、《船舶应用天然气燃料规范》—2021 和本标准的规定外,还应满足设计文件的要求。

7.1.2 安全附件包括:超压泄放装置(安全阀)、外壳防爆装置、紧急切断装置及导静电装置等。

7.1.3 仪表包括:压力测量装置(含压力表)、液位测量装置(含液位计)、温度测量装置、可燃气体探测器、火灾探测器等。

7.1.4 装卸附件包括:装卸阀门、装卸软管、快速装卸接头(以下简称“快速接头”)等。

7.1.5 装卸附件与管路之间的连接应尽量采用焊接连接或法兰连接。

7.1.6 当附件之间存在有相对运动时,应设置必要的支撑或紧固装置。

7.2 内容器超压泄放装置

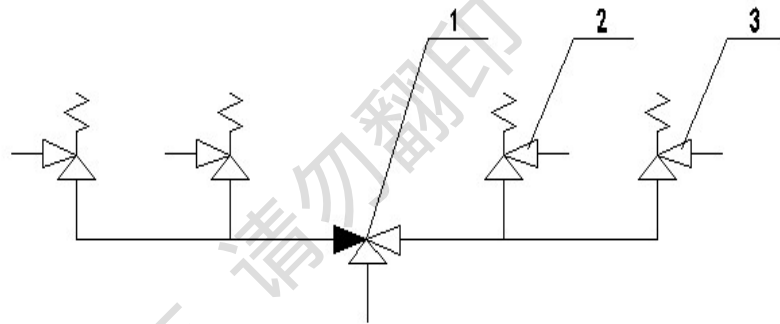
7.2.1 内容器的超压泄放装置应为全启式安全阀

7.2.2 内容器的超压泄放装置应按图 1 设置,并满足下列要求:

a) 主安全阀的整定压力应符合 TSG R0005 和《船舶应用天然气燃料规范》—2021 的要求。

b) 任何情况下应保证至少有一组超压泄放装置与内容器保持连通,并且每一个安全阀或爆破片装置的排放能力均满足按非火灾条件考虑时内容器的安全泄放要求,每一组超压泄放装置的排放能力均满足按火灾条件考虑时内容器的安全泄放要求。

7.2.3 内容器超压泄放装置的排放能力应不小于内容器安全泄放量,内容器安全泄放量及超压泄放装置的排放能力计算方法应符合 NB/T 47059—2017 中附录 C 和《船舶应用天然气燃料规范》—2021 中 4.5.3 的规定。



标引序号说明:

- 1——切换阀;
- 2——主安全阀;
- 3——辅助安全阀。

图 1 安全阀与安全阀组合超压泄放装置设置示意

7.3 外壳防爆装置

外壳防爆装置的设置应符合 NB/T 47059—2017 中 7.3 的规定。

7.4 紧急切断装置

紧急切断装置的设置应符合 NB/T 47059—2017 中 7.4 的规定。

7.5 导静电装置

7.5.1 导静电装置的设置应符合 NB/T 47059—2017 中 7.5 的规定。

7.5.2 每对法兰间应设置跨静电连接线。

7.5.3 燃料罐箱与船舶连接的导静电连接端子应便于在船上快速拆装。

7.6 压力测量装置

7.6.1 压力表应符合 NB/T 47059—2017 中 7.6.2 的规定。

7.6.2 其他压力测量装置的选用和设置应符合以下要求:

- a) 应与罐体内的介质相适应, 且满足使用工况要求;
- b) 应符合相应的国家标准或行业标准的规定;
- c) 安装位置应便于操作人员观察和清洗, 且应避免受到辐射热、冻结或震动等不利因素的影响;
- d) 安装结构应牢固可靠, 防止其脱落。

7.6.3 压力测量装置检定应符合以下要求:

- a) 压力测量装置应按照国家计量部门的有关规定进行定期检定;
- b) 压力测量装置安装前应进行检定, 检定合格后应加铅封锁定。

7.7 液位测量装置

7.7.1 液位计应符合 NB/T 47059—2017 中 7.6.3 的规定

7.7.2 液位测量装置的选用和设置应符合以下要求:

- a) 应根据充装介质、设计压力和设计温度等设计参数正确选用；
- b) 指示应灵敏准确，安装结构牢固；
- c) 应采用防爆型液位测量装置；
- d) 应设置在便于观察和操作的位置，其允许的最高安全液位应做出明显的标志。

7.8 温度测量装置

7.8.1 燃料罐箱的罐体应设置至少以下一种温度测量方案：

- a) 至少在罐体内的底部、中部及最高允许液位下方的顶部 3 个位置设置温度测量装置；
- b) 对于增压燃料排放的罐体，在底部出液管路上设置 1 个温度测量装置。

7.8.2 温度测量装置的测量范围应与充装介质的工作温度、工作压力相适应。

7.8.3 温度测量装置应按照国家计量部门的有关规定进行定期检定。

7.9 其他电气、控制、测量装置

其他电气、控制、测量装置应满足以下要求：

- a) 资质证书应满足主管部门要求；
- b) 电气元件防爆等级应满足《船舶应用天然气燃料规范》—2021 的要求；
- c) 电压、电流、测量范围、精度等级等技术参数应满足相关标准规范和设计文件的要求；
- d) 安装结构应牢固、可靠。

7.10 装卸和连接附件

7.10.1 装卸阀门

7.10.1.1 装卸阀门应符合 NB/T 47059—2017 中 7.7.1 的规定。

7.10.1.2 装卸阀门应取得特种设备相关认证，并取得船用产品证书。

7.10.2 连接附件

7.10.2.1 燃料罐箱与船舶、分离式燃料罐箱与撬装装置之间采用软管连接时，软管应符合 NB/T 47059—2017 中 7.7.2 和《船舶应用天然气燃料规范》—2021 的规定。

7.10.2.2 燃料罐箱与船舶、分离式燃料罐箱与撬装装置之间采用非软管连接时，连接机构应保证良好的气密性和可调整性。

7.10.2.3 供气管路的快速接头应为干式接头，并且流经LNG的接头应符合《船舶应用天然气燃料规范》—2021 第 5 章的要求。

7.10.2.4 其他管路连接宜采用快速接头，其结构形式与流经的介质相适应。

7.10.2.5 供气管路快速接头需进行 30Hz 振动泄漏测试，且共振频率大于 35Hz 以上。

8 电气防爆及安全监控要求

8.1 防爆要求

燃料装置应按在船上所处位置进行危险区域划分,并按所在危险区域的防爆类别和温度组别要求选用电气设备和电缆。具体按《船舶应用天然气燃料规范》—2021 第 11 章的要求进行。

8.2 通风要求

封闭的燃料装置应设有通风的进出接口,通风能力及气体要求按《船舶应用天然气燃料规范》—2021 第 10 章进行。

8.3 安全监控要求

8.3.1 燃料装置的控制、监控、安全系统应符合《船舶应用天然气燃料规范》—2021 的要求。

8.3.2 设置合适的仪表设备,能够就地或远程对重要参数进行读数,以确保对整个气体燃料系统(包括加注)的安全管理。

8.3.3 独立燃料舱的每个燃料舱接头处所内的污水阱,应设有液位指示器和温度传感器。污水阱高液位时应发出报警,低温指示应触发安全系统。液位指示器仅用于显示报警状态。

8.3.4 燃料罐箱的电气元件与船舶对接应集中采用可拔插的快速接头,且其防爆等级应按 8.1 中的规定。

8.3.5 安全监测装置应具备实时采集,并可通过无线方式将监测数据传输到远程监控平台,实现对装备监测功能。安全监测装置设计和选型须满足不低于 Ex ib II BT1 的防爆要求,外壳防护等级为 IP67 级。

8.3.6 对于冷箱、双壁管(通风管道),其内部通风失效时应触发安全系统。

8.3.7 安全控制应至少包括以下项点:

- a) 罐体压力;
- b) 罐体液位;
- c) 罐体温度(或出液口温度);
- d) 溢流管液体检测(温度或液位);
- e) 汽化器出口温度;
- f) 供气口压力;
- g) 循环水进口温度;
- h) 循环水进口压力;
- i) 压缩空气压力;
- j) 污水阱温度;
- k) 污水阱液位;
- l) 冷箱可燃气体报警;
- m) 冷箱火灾报警;
- n) 冷箱风压。

8.3.8 燃料罐箱必要的检测元件,应将信号集中传送至船舶安全中心。

9 制造

9.1 一般要求

燃料装置制造的一般要求应符合 NB/T 47059—2017 第 8 章的规定。

9.2 罐体

9.2.1 焊接接头分类

罐体的焊接接头按 NB/T 47059 中 8.2.1 节进行分类和记录。

9.2.2 材料复验、分割与标志移植

9.2.2.1 符合下列条件之一的材料应按炉号复验化学成分，按批号复验力学性能，且复验结果应符合相应材料标准或设计文件的要求：

- a) 罐体用 IV 级锻件；
- b) 不能确定材料质量证明书的真实性或者对材料的性能和化学成分有怀疑的内容器主要受压元件材料及外壳封头、筒体用材料；
- c) 主要受压元件采用境外材料；
- d) 设计文件要求进行复验的材料。

9.2.2.2 罐体的板材、锻件、型材、管材除非经主管部门同意免除冲击试验，否则应进行冲击试验。采用奥氏体不锈钢时，需固溶状态交付，对于板材，冲击试验温度为 -196°C ，取横向试样，最小平均冲击能量值为 27J；对于锻件和型材，冲击试验温度为 -196°C ，取纵向试样，最小平均冲击能量值为 41J；对于管材，冲击试验温度为 -196°C ，最小平均冲击能量值为 41J。

9.2.2.3 制造受压元件的材料应有可追溯的标记。在制造过程中，如原有标记被裁掉或材料分割时，应在材料切割前完成标记移植。

9.2.2.4 材料分割可采用冷切割或热切割方法。当采用热切割方法分割材料时，应清除表面熔渣和影响制造质量的表面层。

9.2.2.5 内容器主要受压元件不应采用硬印作为材料移植标记、焊工标记及其他标记。

9.2.2.6 材料复验还需按 NB/T 47059、《船舶应用天然气燃料规范》—2021、《集装箱检验规范》等标准规范进行。

9.2.3 封头、筒体

制造罐体的封头、筒体的表面质量、几何尺寸、接头坡口、焊接接头形式及尺寸等要求按 NB/T 47059—2017 中 8.2.3~8.2.4 进行。

9.2.4 焊接

9.2.4.1 罐体的焊接除按 NB/T 47059—2017 中 8.2.5 的要求进行外，还需按《船舶应用天然气燃料规范》—2021 的要求进行焊接工艺评定等工作。

9.2.5 产品焊接试件

9.2.5.1 罐体按每 50m 左右的对接焊缝制备一次产品焊接试样，且应能代表各个焊接位置。

9.2.5.2 制备产品焊接试样及试样的力学性能检验的要求，应符合规定 NB/T 47059—2017 中 8.2.6 和《船舶应用天然气燃料规范》—2021 中 13.3.5 的要求。

9.2.6 无损检测

9.2.6.1 无损检测方法

9.2.6.1.1 罐体的无损检测方法包括射线检测、磁粉检测和渗透检测。射线检测应至少符合 NB/T 47013.2、NB/T 47013.11 或 NB/T 47013.14 的规定；磁粉检测应至少符合 NB/T 47013.4 的规定；渗透检测应至少按 NB/T 47013.5 的规定。

9.2.6.1.2 制造单位或无损检测机构应按设计图样要求和 NB/T 47013.1 的规定制定罐体的无损检测工艺。

9.2.6.2 内容器无损检测比例及技术要求

9.2.6.2.1 A、B类对接接头应进行 100%射线检测。

9.2.6.2.2 工艺人孔筒节与人孔封头的合拢B类焊接接头无损检测的检测方法和要求应符合设计图样的规定。

9.2.6.2.3 先拼板后成形的凸形封头上所有拼接接头还应进行 100%表面检测。

9.2.6.2.4 内容器上C、D、E类焊接接头应进行 100%表面检测。

9.2.6.2.5 内容器上临时吊耳和拉筋垫板割除并修磨后留下的焊疤，应进行表面检测。

9.2.6.2.6 内容器无损检测的技术要求应符合下列规定：

- a) 射线检测技术等级应不低于相应检测方法的AB级，其合格级别不应低于 I 级；
- b) 渗透检测合格级别应不低于 I 级。

9.2.6.3 管路无损检测比例及技术要求

9.2.6.3.1 真空夹层内，其对接接头应按NB/T 47013.2 进行 100%射线检测，射线检测技术等级应不低于AB级，其合格级别应不低于 I 级。

9.2.6.3.2 外部管路，其对接接头应按NB/T 47013.2 进行 100%射线检测，射线检测技术等级应不低于AB级，其合格级别应不低于 II 级。

9.2.6.4 其他无损检测要求

其他无损检测要求应符合 NB/T 47059 中 8.2.7 的规定。

9.2.7 热处理

热处理应符合 NB/T 47059—2017 中 8.2.8 的规定。

9.2.8 清洁要求

清洁要求应符合 NB/T 47059—2017 中 8.2.9 的规定。

9.2.9 组装要求

组装要求应符合 NB/T 47059—2017 中 8.2.10 的规定。

9.2.10 吸附剂的安装

吸附剂安装应符合 NB/T 47059—2017 中 8.2.11 的规定。

9.3 管路制造

管路制造应符合 NB/T 47059—2017 中 8.3 的规定。

9.4 框架

燃料装置框架应符合NB/T 47059—2017 中 8.4 的规定。

9.5 氦质谱检漏

燃料装置氦质谱检漏应符合NB/T 47059—2017 中 8.5 的规定。

9.6 涂敷

罐体的涂敷应符合 NB/T 10558 和设计文件的规定。

9.7 撬装装置制造

9.7.1 撬装装置的管路制造应符合 9.3 节中的要求。

9.7.2 撬装装置框架和围护的制造应符合设计文件的规定。

9.7.3 撬装装置应按冷箱要求进行气密试验（适用时）。

10 试验方法

10.1 试验顺序

10.1.1 当需要进行冷冲击试验时，应在内容器制造完工且无损检测合格后进行。

10.1.2 内容器的耐压试验应在内容器制造完工且无损检测合格后进行。

10.1.3 罐体所有焊接工作完成后，方可进行抽真空夹层的氦质谱检漏试验。

10.1.4 外部管路的耐压试验和泄漏试验应在罐体耐压试验合格，外部管路制造完工，将所有安全附件、仪表、装卸附件安装齐全，且无损检测合格后进行。

10.1.5 燃料罐箱在结构强度试验和碰撞试验完成后，方可进行低温性能试验。

10.1.6 有热处理要求的内容器，耐压试验应在热处理完成后进行。

10.1.7 分离式燃料系统应在各部件完成各项试验后，整体进行管路的耐压试验和泄漏试验。

10.2 耐压试验

10.2.1 试验准备

燃料罐箱内容器耐压试验准备应符合 NB/T 47059—2017 中 9.2.1~9.2.4 的规定。

10.2.2 耐压试验基本要求

燃料罐箱内容器耐压试验应采用液压试验，基本要求应符合 NB/T 47059—2017 中 9.2.5 的规定。

10.2.3 液压试验

10.2.3.1 液压试验的试验介质一般采用水，必要时，也可采用不会导致发生危险的其他液体。试验时，液体的温度应低于其闪点或沸点，且有可靠的安全措施。

10.2.3.2 液压试验温度应符合 GB/T 150.4 和设计图样的规定。

10.2.3.3 液压试验应符合下列规定：

- a) 内容器顶部应设排气口，充液时应将罐内的空气排净。试验过程中，内容器外表面应保持干燥；
- b) 当内容器壁温与液体温度接近时，才能缓慢升至设计压力，确认无泄漏后继续升压到规定的试验压力。保压时间一般不少于 2h，然后将压力降至设计压力，保压足够长的时间以对所有焊接接头和连接部位进行检查；
- c) 液压试验完毕后，应将液体排尽并用压缩空气将内容器内部吹干，并清除杂物。当

无法完全排净吹干时，对奥氏体型不锈钢制罐体，应控制水中的氯离子不超过 25mg/L。

10.2.3.4 液压试验合格要求：液压试验过程中，内容器无渗漏、无可见的变形和异常的响声为合格。

10.2.4 管路耐压试验

10.2.4.1 管路应进行气压试验。

10.2.4.2 试验所用的气体应为干燥洁净的空气、氮气或其他不溶性惰性气体。

10.2.4.3 气压试验应有安全防护措施，试验时，试验单位的安全管理部门应派人进行现场监督。

10.2.4.4 气压试验温度应符合 GB/T 150.4 和设计图样的规定。

10.2.4.5 试验时压力应缓慢上升，至规定试验压力的 10%，保压 5min，并对所有焊接接头和连接部位进行泄漏检查；确认无泄漏后，再继续升压到规定试验压力的 50%，如无异常现象，其后按每级为规定试验压力的 10%，逐级升压至规定试验压力，并保压 2h；然后将压力降至设计压力，保压足够时间进行检查。检查期间压力应保持不变，不应采用连续加压的方式维持试验压力。气压试验过程中不应带压紧固螺栓或向受压元件施加外力。

10.2.4.6 气压试验合格要求：气压试验过程中，管路无异常响声，经肥皂液或其他可靠的检漏方法检查无漏气，无可见的变形为合格。

10.2.4.7 当管路无法整体一起进行气压试验时，应对每一支路管路分别进行试验。

10.2.4.8 对于不能承受试验压力的部件，如管路安全阀和容器安全阀，可卸下相应阀门，加装堵头，试验完成后再装回相应部件，并进行气密试验。

10.2.4.9 撬装装置中的管路耐压试验应按 10.2.5.1~10.2.5.3 节进行。

10.3 冷箱气密试验（适用时）

10.3.1 本试验是验证冷箱的气密性，防止可燃气体在船上危险区域泄漏扩散。

10.3.2 当冷箱完成制造后，向冷箱内部加压至 0.02MPa，保压 0.5h，压力无明显变化，无明显泄漏点，冷箱无明显变形为合格。

10.4 其他检验与试验

其他检验与试验应符合 NB/T 47059—2017 中第 9 章的相关规定。

11 检验规则

11.1 检验分类

燃料罐箱的检验分为逐台检验、批量检验、型式试验。

11.2 逐台检验

11.2.1 燃料罐箱应逐台检验，合格后方可出厂。

11.2.2 逐台检验项目按表 1 的规定。

11.3 批量检验

11.3.1 同一定型设计的燃料罐箱，按生产顺序，以不多于 50 台为一批。每批中随机抽取一台为批量检验样箱。

11.3.2 若批量检验样箱检验不合格，则在该批中再抽取 2 台进行检验，仍不合格时应逐台进行检验。

11.3.3 批量检验的项目和要求按表 1 的规定。

11.4 型式试验

11.4.1 型式试验分为样箱型式试验和低温性能型式试验。

11.4.2 样箱型式试验由主管部门核准或批准的试验机构进行。样箱型式试验的项目要求按表 1 的规定。燃料罐箱制造单位在设计产品定型或停产两年以上恢复生产时，应试制至少 1 台样箱进行型式试验。

11.4.3 低温性能型式试验

样箱型式试验项目完成后，应进行真空绝热罐体的低温性能型式试验。试验由国家特种设备安全监督管理部门核准的型式试验机构进行，并出具低温型式试验报告和证书，低温性能型式试验项目按表 1 的规定。

11.5 检验项目

按表 1 规定的项目进行出厂检验、批量检验和型式试验。

表 1 逐台检验、批量检验和低温性能型式试验

序号	检验项目	检测内容	逐台检验	批量检验	型式试验
1	几何尺寸检查	框架尺寸、罐体外形尺寸、罐体及其附件与框架装配尺寸	★	★	★
2	外观表面质量检查	油漆、涂装、标记、标识、铭牌	★	★	★
3	附件检查	安全附件、仪表、装卸附件	★	★	★
4	冷冲击试验（适用时）	10.4	▲	▲	▲
5	清洁度测量	10.4	▲	▲	▲
6	耐压试验	10.2	★	★	★
7	气密性试验	10.4	★	★	★
8	内容器几何容积测定	10.4	—	—	★
9	空箱质量检测	10.4	—	—	★
10	封结真空度测量	10.4	★	★	★
11	漏气速率测量	10.4	★	★	★
12	漏放气速率测量	10.4	★	★	★
13	静态蒸发率测量	10.4	▲	★	★
14	维持时间测量	10.4	—	—	★
15	安全附件试验	10.4	—	—	★
16	堆码试验	10.4	—	★	★
17	吊项试验	10.4	—	★	★

表 1 逐台检验、批量检验和低温性能型式试验（续）

序号	检验项目	检测内容	逐台检验	批量检验	型式试验
18	吊底试验	10.4	—	★	★
19	外部纵向栓固试验	10.4	—	—	★
20	内部纵向栓固试验	10.4	—	—	★
21	内部横向栓固试验	10.4	—	—	★
22	横向刚性试验	10.4	—	—	★
23	纵向刚性试验	10.4	—	—	★
24	载荷传递区试验（可选项）	10.4	—	—	★
25	步道试验（可选项）	10.4	—	—	★
26	扶梯试验（可选项）	10.4	—	—	★
27	碰撞试验	10.4	—	—	★
28	冷箱气密试验（适用时）	10.3	★	★	★

注：有“—”标记的项目为可不做的项目；有“★”标记的项目为需检验或试验的项目；有“▲”标记的项目为由供需双方协商确定的项目。

12 标志、标识

- 12.1 燃料罐箱的标志应符合 GB/T 1836 的规定。
- 12.2 堆码小于 213360kg，横向刚性小于 150kN 的燃料罐箱，应按相关标准进行标识。
- 12.3 产品铭牌的格式与内容应符合 TSG R0005 及相关船用设备的规定。
- 12.4 国际联运燃料罐箱的铭牌应满足主管部门的要求。

13 出厂文件

13.1 燃料罐箱的制造厂应向使用单位提供以下技术文件和资料：

- a) 竣工图样（总图和罐体图），竣工图样上应有设计单位许可印章（复印章无效），且加盖竣工图章（竣工图章上标注制造单位名称、制造许可证编号、审核人的签字和“竣工图”字样）；当制造中发生了材料代用、无损检测方法改变、加工尺寸变更等，制造单位应按照设计单位书面批准文件的要求在竣工图样上作出清晰标注，标注处有修改人的签字及修改日期；
- b) 产品合格证（含产品数据表）；
- c) 产品质量证明文件；
- d) 产品铭牌的拓印件或者复印件；
- e) 特种设备制造监督检验证书、罐式集装箱证书、船用产品证书；
- f) 强度计算书；
- g) 应力分析报告（需要时）；
- h) 罐体安全泄放量、超压泄放装置排量和爆破片泄放面积的计算书；
- i) 产品使用说明书；
- j) 风险评估报告；

k) 备件、附件清单和相应的质量合格证明。

13.2 燃料罐箱产品质量证明文件至少包含下列内容：

- a) 主要受压元件材料质量证明书和材料清单；
- b) 质量计划；
- c) 受压元件（封头、锻件等）为外购或外协件时的产品质量证明文件；
- d) 罐体外观及几何尺寸检验报告；
- e) 罐体焊接记录；
- f) 罐体无损检测报告；
- g) 罐体焊后热处理报告及自动记录曲线（有热处理工序时）；
- h) 罐体耐压试验报告；
- i) 气密性试验或其他泄漏试验报告；
- j) 真空性能检测报告（含封结真空度检测、真空夹层漏放气速率检验）；
- k) 框架检验报告；
- l) 罐体气体置换检验报告；
- m) 产品制造变更报告；
- n) 钢板、锻件超声检测报告（需要时）；
- o) 安全附件、仪表及装卸附件的质量证明文件；
- p) 其他必要的产品质量证明文件。

13.3 撬装装置的制造厂应向使用单位提供以下技术文件和资料：

- a) 竣工图样，竣工图样上应有设计单位许可印章（复印章无效），且加盖竣工图章；当制造中发生了材料代用、无损检测方法改变、加工尺寸变更等，制造单位应按照设计单位书面批准文件的要求在竣工图样上作出清晰标注，标注处有修改人的签字及修改日期；
- b) 产品合格证（含产品数据表）；
- c) 产品质量证明文件；
- d) 产品铭牌的拓印件或者复印件；
- e) 船用产品证书；
- f) 强度计算书；
- g) 产品使用说明书；
- h) 备件、附件清单和相应的质量合格证明。

13.4 撬装装置的产品质量证明文件至少包含下列内容：

- a) 主要受压元件材料质量证明书和材料清单；
- b) 质量计划；
- c) 外购或外协件时的产品质量证明文件；
- d) 外观及几何尺寸检验报告；
- e) 焊接记录；
- f) 无损检测报告；
- g) 焊后热处理报告及自动记录曲线（有热处理工序时）；

- h) 耐压试验报告；
- i) 气密性试验或其他泄漏试验报告；
- j) 产品制造变更报告；
- k) 安全附件、仪表及装卸附件的质量证明文件；
- l) 其他必要的产品质量证明文件。

14 存储、运输

14.1 本条中规定的存储是指燃料装置完工后，交付客户前在工厂的存储过程。本条中规定的运输是指燃料装置完工后，由制造厂运输至客户场地的过程。

14.2 燃料装置的存储、运输应符合 NB/T 47059—2017 中 13 的规定。

参 考 文 献

- [1] ISO 21013-3: 2006 Cryogenic vessels—Pressure—relief accessories for cryogenic service —Part 3: Sizing and capacity determination
 - [2] Lemmon EW, Huber ML, McLinden MO, Reference fluid thermodynamic and transport properties, NIST standard reference database 23 Version 9.0. Physical and Chemical Properties Division 2010
 - [3] CGA S-1.2—2005 Pressure relief device standards Part 2 — cargo and portable tanks for compressed gases
 - [4] IGF—2015 The International Code of Safety for Ships using Gases or Other low-flash point fuels
 - [5] 中华人民共和国海事局.内河船舶法定检验技术规则, 2019
 - [6] 中华人民共和国海事局.内河天然气燃料动力船舶法定检验暂行规定, 2018
 - [7] 中国船级社.钢质内河船舶建造规范, 2016
 - [8] 中国船级社.钢质海船入级规范, 2021
 - [9] 中国船级社.散装运输液化天然气船舶构造与设备规范, 2021
 - [10] 中国船级社.内河散装运输液化天然气船舶构造与设备规范, 2017
 - [11] 中国船级社.液化天然气燃料加注作业指南, 2021
 - [12] 中国船级社.低温管路应力分析指南, 2017
-