

JB

中华人民共和国行业标准

JB/T 4780—2002

液化天然气罐式集装箱

Tank containers for liquefied natural gas

2002-11-28 发布

2003-03-01 实施

国家经济贸易委员会 发布

公 告

二〇〇二年第 89 号

公布《液化天然气罐式集装箱》 压力容器行业标准

国家经贸委批准《液化天然气罐式集装箱》为压力容器行业标准,标准编号 JB/T 4780—2002,现予公布,自 2003 年 3 月 1 日起实施。

该项标准由全国压力容器标准化技术委员会出版、发行。

中华人民共和国国家经济贸易委员会

二〇〇二年十一月二十八日

目 次

前言	Ⅱ
引言	Ⅲ
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	2
4 总则	3
5 技术要求	4
6 试验方法	12
7 检验规则	14
8 标志、标识	15
9 出厂文件	17
附录 A(规范性附录) LNG 罐箱定期检验	18

前 言

本标准为首次发布。

本标准符合国家质量监督检验检疫总局《压力容器安全技术监察规程》、中国船级社《集装箱检验规范》、国际铁路联盟《国际铁路危险货物运输规则》以及国际海事组织《国际海运危险货物运输规则》和《1972年国际集装箱安全公约》的规定。

本标准的附录 A 为规范性附录。

本标准由新疆广汇实业投资(集团)有限责任公司提出。

本标准由国家经济贸易委员会批准。

本标准由全国锅炉压力容器标准化技术委员会归口。

本标准由全国锅炉压力容器标准化技术委员会移动式压力容器分技术委员会组织起草。

本标准主要起草单位:新疆广汇实业投资(集团)有限责任公司、张家港市圣达因化工机械有限公司、上海化工装备有限公司、上海交通大学、中国船级社武汉规范研究所、江西制氧机厂、西安车辆厂、吉化集团机械有限责任公司、上海市锅炉压力容器检验所。

本标准主要起草人:杨阳、汪荣顺、周伟明、向东、杜绍林、魏勇彪、王海涛、方闯、赵产兴、占华、李琅、郑继承、崔明辉、汤晓英。

本标准委托全国锅炉压力容器标准化技术委员会负责解释。

引 言

随着国民经济和科学技术的日益发展以及人类对环境保护意识的不断增强,天然气作为一种清洁能源和重要化工原料,其应用范围不断扩大。实施“西气东输”工程,是“十五”期间我国优化能源供给、保障能源安全和实现国民经济可持续发展战略的重要举措。

作为国家“西气东输”管线工程的重要补充,在新疆维吾尔自治区政府的支持下,新疆广汇实业投资(集团)有限责任公司成功开发了液化天然气储运技术,并向全国锅炉压力容器标准化技术委员会移动式压力容器分技术委员会提出了编制本标准的建议。

为贯彻国务院颁布《危险品管理条例》的有关精神,确保液化天然气缸式集装箱产品的安全可靠,全国锅炉压力容器标准化技术委员会寿比南会同政府有关主管部门国家质量监督检验检疫总局锅炉压力容器安全监察局高继轩,铁道部运输局张进德、海涛,交通部水运司罗德麟、陈正才和中国船级社工业产品部王海涛等共同参加了本标准的编制工作。

本标准的制定遵循了广泛参与和协商一致的原则,体现了标准化工作服务于市场、服务于国家经济建设的宗旨。

液化天然气罐式集装箱

1 范围

本标准规定了液化天然气罐式集装箱(以下简称 LNG 罐箱)的技术要求、试验方法、检验规则、标志和标识以及 LNG 罐箱定期检验等要求。

本标准适用于设计压力不大于 1.0MPa,真空绝热型的 LNG 罐箱。

本标准所提出的要求是基本要求,符合本标准的 LNG 罐箱可适用于公路、铁路和水路运输以及这些运输方式之间的联运。

2 规范性引用文件

下列文件中的条款通过本标准的引用而成为本标准的条款。凡是注日期的引用文件,其随后所有的修改单(不包括勘误的内容)或修订版均不适用于本标准,然而,鼓励根据本标准达成协议的各方研究是否可使用这些文件的最新版本。凡是不注日期的引用文件,其最新版本适用于本标准。

- GB 150 钢制压力容器
- GB/T 1413—1998 系列 1 集装箱 分类、尺寸和额定质量
- GB/T 1835—1995 集装箱角件的技术条件
- GB/T 1836—1997 集装箱代码、识别和标记
- GB 3198—1996 工业用纯铝箔
- GB 6654—1996 压力容器用钢板
- GB 9969.1—1998 工业产品使用说明书 总则
- GB/T 14976—1994 流体输送用不锈钢无缝钢管
- GB/T 16563—1996 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 18442—2001 低温绝热压力容器
- GB/T 18443.1—2001 低温绝热压力容器试验方法 容积测量
- GB/T 18443.2—2001 低温绝热压力容器试验方法 真空度测量
- GB/T 18443.3—2001 低温绝热压力容器试验方法 漏率测量
- GB/T 18443.4—2001 低温绝热压力容器试验方法 漏放气速率测量
- GB/T 18443.5—2001 低温绝热压力容器试验方法 静态蒸发率测量
- JB 4708 钢制压力容器焊接工艺评定
- JB/T 4709 钢制压力容器焊接规程
- JB 4728 压力容器用不锈钢锻件
- JB 4730 压力容器无损检测
- JB 4744 钢制压力容器产品焊接试板的力学性能检验
- JB/T 4746 钢制压力容器用封头
- 压力容器安全技术监察规程(1999 版) 原国家质量技术监督局颁布
- 锅炉压力容器压力管道焊工考试与管理规则(2002 版) 国家质量监督检验检疫总局颁布
- 压力容器使用登记管理规则(1993 版) 原劳动部颁布
- 在用压力容器检验规程(1990 版) 原劳动部颁布
- 材料与焊接规范(1998) 中国船级社颁布

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本标准。

3.1

液化天然气 liquefied natural gas

一种在液态状态下的无色流体,其主要组分为甲烷,组分中可能含有少量的乙烷、丙烷、氮和通常存在于天然气中的其他组分。

3.2

高真空多层绝热 high vacuum multi-layer insulation

在 LNG 罐箱的外壳与内容器夹层空间内设置多个绝热材料间隔的防热辐射屏,在使用温度下真空夹层内的压力低于 1.0×10^{-2} Pa 所形成的绝热方式。

3.3

真空粉末绝热 vacuum powder insulation

在 LNG 罐箱的外壳与内容器夹层空间内充填多孔性微粒绝热材料,在使用温度下真空夹层内的压力低于 2.0×10^{-1} Pa 所形成的绝热方式。

3.4

工作压力 operating pressure

工作压力指在正常工作情况下,内容器顶部可能达到的最高表压力,单位为 MPa。

3.5

设计压力 design pressure

设定的内容器顶部的最高表压力,与设计温度一起作为设计载荷条件,其值不低于内容器工作压力与 0.1MPa 之和,单位为 MPa。

3.6

设计温度 design temperature

本标准所指的设计温度为下列含义:

- a) 对于内容器、内部元件及接触液化天然气的组件为其可能达到的最低金属温度,该温度为所盛装液化天然气的沸点,同时还应满足试验工况的要求,取二者的较低值,单位为 $^{\circ}\text{C}$;
- b) 对于外壳及外部元件为在使用环境条件下的最低金属温度,单位为 $^{\circ}\text{C}$;
- c) 对于内容器与外壳连接的元件,如支撑、进液管和排液管等为这些元件可能达到的极限温度,单位为 $^{\circ}\text{C}$ 。

3.7

内容器 inner vessel

本标准所指的内容器为 LNG 罐箱中盛装液化天然气的承压容器。

3.8

外壳 outer shell

本标准所指的外壳为 LNG 罐箱中与内容器组成真空夹层的承受真空的外部壳体。

3.9

静态蒸发率 static evaporation

LNG 罐箱达到 90%~100% 额定充满率,内部静置的液化天然气(或液氮)在大气压下达达到热平衡后,24h 内自然蒸发损失的液化天然气(或液氮)质量和 LNG 罐箱有效容积下液化天然气(或液氮)质量的百分比,换算为标准状况下(0°C , 101325Pa)蒸发率值,单位为%/d。

3.10

封口真空度 sealed-off vacuum degree

LNG 罐箱在抽真空结束且完成封口时,夹层在常温状态下的真空度,单位为 Pa。

3.11

真空夹层漏气速率 vacuum interspace leak rate

单位时间内漏入真空夹层的气体量,单位为 $\text{Pa} \cdot \text{m}^3/\text{s}$ 。

3.12

真空夹层放气速率 vacuum interspace outgassing rate

真空夹层内绝热材料、器壁表面等在单位时间内放出的气体量,单位为 $\text{Pa} \cdot \text{m}^3/\text{s}$ 。

3.13

真空夹层漏放气速率 vacuum interspace outgassing and leak rate

LNG 罐箱真空夹层漏气速率和真空夹层放气速率之和,单位为 $\text{Pa} \cdot \text{m}^3/\text{s}$ 。

3.14

无损贮存时间 time of ventless storage

LNG 罐箱内容器按额定充满率充装液化天然气,其气相与大气相通,静置并达到热平衡,补液至额定充满率,且关闭气相阀门后,内容器压力开始上升到安全阀起跳所需经历的时间。

3.15

额定充满率 specified filling rate

LNG 罐箱允许达到最大充装液化天然气的体积与内容器的几何体积之比。

3.16

额定质量 rating

LNG 罐箱的空箱质量与额定充满率下盛装液化天然气质量之和。

3.17

主要受压元件 major pressure parts

指 LNG 罐箱内容器的筒体、封头、补强圈和公称直径大于或等于 250mm 的凸缘、接管和管法兰。

3.18

安全附件 safety attachments

指紧急切断装置、导静电装置、安全泄放装置、压力表、阻火器和液面计等。

4 总则

4.1 LNG 罐箱的设计、制造、试验、检验和验收除应符合本标准的规定外,还应遵守国家颁布的有关法令、法规和规章。

4.2 LNG 罐箱的设计、制造单位应持有国家安全监察机构颁发的相应资格证书。

4.3 LNG 罐箱制造单位应按型号进行样箱型式试验,由中国船级社颁发可移动罐柜认可证书。

4.4 LNG 罐箱制造单位在按型号完成样箱型式试验后,应通过全国锅炉压力容器标准化技术委员会的技术评审,且将设计总图、罐体图、管路图、型式试验和技术评审报告报国家安全监察机构批准,方可投入正式生产。

4.5 进口 LNG 罐箱应符合本标准的规定。若进口 LNG 罐箱的技术性能超出了本标准规定的范围,应通过全国锅炉压力容器标准化技术委员会的技术评审,且经国家安全监察机构和中国船级社批准后,方可投入使用。

4.6 设计单位应对 LNG 罐箱的设计文件的正确性和完整性负责,设计文件应至少包括以下文件:

- a) 设计计算书(包括主要受压元件强度计算、内容器安全泄放量计算、内容器容积计算、支撑结构计算、热力计算及框架的计算等);

- b) 设计图样;
- c) 设计说明书;
- d) 试验大纲;
- e) 使用说明书。

4.7 LNG 罐箱的制造单位应按设计图样进行制造,如需要对原设计进行修改,应取得原设计单位认可。对影响产品性能、安全的设计图样的修改以及材料的代用还需经设计图样定型批准单位批准后,方可实施。

4.8 制造单位的检验部门在制造过程中和完工后,按本标准和图样的规定对 LNG 罐箱进行各项具体检验和试验,并出具检验报告,且对报告的正确性和完整性负责。

4.9 每台 LNG 罐箱至少应具有下列技术文件备查,保存期限不得少于 7 年。7 年后若用户需要可转交用户保管。

- a) 制造工艺图或制造工艺卡;
- b) 材料证明文件及材料表;
- c) 焊接工艺文件;
- d) 焊接记录;
- e) 焊工的识别标记;
- f) 无损检测报告;
- g) 压力试验报告;
- h) 内容器及夹层检漏报告;
- i) 真空夹层漏放气速率测定报告;
- j) 抽真空及封口真空度记录;
- k) 标准中允许制造厂选择项目的记录;
- l) LNG 罐箱框架外形尺寸在制造过程中及完工后的检验记录;
- m) LNG 罐箱的竣工图;
- n) 中国船级社颁发的可移动罐柜认可证书(正本)。

4.10 制造单位在 LNG 罐箱产品质量符合本标准和图样的要求后,须填写产品质量证明书,且取得检验机构确认后交付用户。

5 技术要求

5.1 一般要求

5.1.1 LNG 罐箱内容器壳体成型后的厚度不得小于图样规定的最小厚度,且不得小于 3mm(不含腐蚀裕量)。

5.1.2 LNG 罐箱应设置应急处理文件存放装置。

5.1.3 用于铁路运输的 LNG 罐箱在额定充满率下,至少能吸收典型机械震动所产生的 4 倍额定质量的冲击力。

5.2 材料

5.2.1 罐体材料

5.2.1.1 罐体用材料的质量及规格应符合《压力容器安全技术监察规程》(1999 版)第 10 条的规定,并符合相应国家标准和行业标准的规定。

5.2.1.2 罐体主要受压元件用材料应进行复验,合格后方可使用。LNG 罐箱制造单位应对所用材料、材料标志及材料质量证明书的真实性与一致性负责,否则不得使用。

5.2.1.3 内容器的材料,其材料标准常温下屈服点(或 0.2% 屈服强度)与标准抗拉强度下限值之比不得大于 0.85。对奥氏体不锈钢的伸长率(δ_5)应不小于 35%,其他材料的伸长率(δ_5)应不小于 20%。

5.2.1.4 内容器和管路用材料,应与液化天然气相容,并具有良好的低温韧性。对于选用厚度大于4mm奥氏体不锈钢板,制造单位在定货时应注明为压力容器用钢板,以保证钢板表面缺陷处的厚度不小于钢板的允许最小厚度,对厚度不大于4mm的钢板,设计时应注明钢板表面质量的组别。

5.2.1.5 锻件应符合 JB 4728 的规定且不低于Ⅲ级。

5.2.1.6 外壳用碳素钢和低合金钢材料应符合 GB 6654—1996 的规定,且还应考虑最低设计温度下的冲击试验的要求。

5.2.1.7 受压元件采用国外材料时,应符合下列要求:

- a) 应选用国外压力容器规范允许使用且国外已有成熟使用经验的材料,其使用范围应符合材料生产国相应规范和标准的规定,并有该材料的质量证明书。
- b) 制造单位首次使用前,应按 JB 4708 进行焊接工艺评定和按《锅炉压力容器压力管道焊工考试与管理规则》进行焊工考试,并对材料的化学成分、力学性能进行复验,满足使用要求后,才能投料制造。
- c) 技术要求不得低于国内相应材料的技术指标;当不符合国内相应材料的技术指标时,应通过全国锅炉压力容器标准化技术委员会技术评审。

5.2.1.8 内容器的板材复验内容至少包括:逐张检查钢板表面质量和材料标志;按炉复验钢板的化学成分;按批复验钢板的力学性能和冷弯性能;逐张进行超声检测,合格等级不低于 JB 4730 规定的Ⅱ级。奥氏体不锈钢板可免做超声检测。

5.2.1.9 主要受压元件的材料在下料或分割时,应及时进行材料标记移植,并有标记移植记录。

5.2.2 框架材料

5.2.2.1 角件应符合 GB/T 1835—1995 中的有关规定,且有质量证明书。角件制造厂应获得中国船级社认可。

5.2.2.2 角柱、端梁及侧梁用钢板、型材应具有良好的可焊性和韧性,且有质量证明书。

5.2.2.3 框架材料在设计温度下,应有足够的强度和冲击韧性,且还应满足 GB/T 16563—1996 中试验的要求。

5.2.3 绝热材料

5.2.3.1 真空多层绝热用铝箔应符合 GB 3198—1996 的规定。

5.2.3.2 真空多层绝热体中的绝热材料应采用导热系数小、放气率低的脱脂玻璃纤维布、植物纤维纸或尼龙网等材料。玻璃纤维布的含脂量应不大于 0.1%(重量比),否则应进行脱脂处理。

5.2.3.3 真空粉末绝热用膨胀珍珠岩(珠光砂)应符合下列要求:

- a) 粒度:0.1mm~1.2mm;
- b) 堆积密度:30kg/m³~60kg/m³;
- c) 含水率:低于 0.3%(重量比);
- d) 导热系数(在常压下、温度 77K~310K 时的平均值):小于或等于 0.03W/(m·K)。

5.2.3.4 采用真空粉末绝热时,可在粉末中添加阻光剂,阻光剂应具有良好的化学稳定性,且均匀分布在粉末中。

5.2.3.5 真空夹层中冷侧放置的低温吸附剂应采用在低温、真空状态下吸附性能好的分子筛或活性炭。热侧可放置吸氢剂。

5.2.3.6 绝热材料宜采用阻燃材料,且在使用中不会过度老化。

5.2.4 焊接材料

5.2.4.1 LNG 罐箱用焊接材料应符合相应标准的要求,且具有质量证明书和清晰、牢固的标志。

5.2.4.2 内容器用焊接材料应进行熔敷金属力学性能的复验。

5.2.5 其他材料

LNG 罐箱用其他材料应符合设计图样的要求。与低温受压元件相焊接的非受压元件材料,其低温

韧性及焊接性能应与相焊受压元件相匹配。

5.3 设计

5.3.1 设计载荷

LNG 罐箱设计时应考虑以下载荷：

- a) 内压、外压和最大压差；
- b) 装载量达到额定质量时的液柱静压力；
- c) 运输或吊装时的惯性力；
- d) 支座、框架及支撑件与罐体连接部位或支承部位的作用力；
- e) 连接管道和其他部件的作用力；
- f) 罐箱自重及正常工作条件下或试验条件下盛装液化天然气或液氮的重力载荷；
- g) 温度梯度或热膨胀量不同引起的作用力；
- h) 压力急剧波动引起的冲击载荷；
- i) 冲击反力，如由流体冲击引起的作用力等；

5.3.2 惯性力

在设计 LNG 罐箱时，其在运输工况中所承受的惯性力按下列要求考虑：

- a) 运动方向：额定质量乘以两倍的重力加速度($2Rg$)；
- b) 同运动方向成直角的水平方向：额定质量乘以重力加速度(Rg)，当不能确定其运行方向时，则额定质量乘以两倍的重力加速度($2Rg$)；
- c) 垂直向上：额定质量乘以重力加速度(Rg)；
- d) 垂直向下：额定质量乘以两倍的重力加速度($2Rg$)。

上述载荷均匀施加于罐体的形心。设计时，这些载荷可按等效压力考虑。

5.3.3 设计压力

内容器的设计压力应符合 GB 150 的有关规定。

5.3.4 设计温度

确定内容器、内部元件以及接触液化天然气组件的设计温度时，应考虑罐体抽真空烘烤时受到的最高温度和所装液化天然气或试验介质的沸点；外壳的设计温度应符合《压力容器安全技术监察规程》(1999 版)中第 35 条规定。

5.3.5 厚度附加量

LNG 罐箱罐体的厚度附加量按 GB 150—1998 中 3.5.5 的规定确定，当内容器采用不锈钢材料制造、且装载的液化天然气无腐蚀性时，其腐蚀裕量可不考虑。外壳的腐蚀裕量不小于 1mm。

5.3.6 额定质量

5.3.6.1 LNG 罐箱的额定质量一般不大于 30480kg，最大不得大于 34000kg。

5.3.6.2 当额定质量大于 30480kg 时，应按超重的额定质量进行型式试验。

5.3.7 框架

5.3.7.1 LNG 罐箱框架的外部尺寸和公差应符合 GB/T 1413—1998 中表 1 的规定，罐体和各种附件均不得超出框架外部尺寸。

5.3.7.2 角件定位尺寸应符合 GB/T 1413—1998 中附录 A 的有关规定，角件所在位置应与角件的标记相一致。

5.3.7.3 底部结构、端部结构和侧部结构均应符合 GB/T 16563—1996 中 5.3~5.5 的规定。

5.3.7.4 框架应进行刚度和强度的计算，且满足使用和试验的要求。

5.3.7.5 LNG 罐箱不允许设置叉槽。

5.3.8 罐体

5.3.8.1 罐体设计除应符合 GB 150 的有关规定外，还应满足《国际海运危险货物规则》(2000 版)中 6.

7.4.3 和 6.7.4.4 条的规定。

5.3.8.2 内容器壳体选用除标准钢以外的其他钢材时,内容器壳体的计算厚度除按 GB 150 的有关规定计算外,还应按式(1)进行计算,取两值中的较大值。

$$\delta_1 = \frac{21.4 \times \delta_0}{\sqrt[3]{\sigma_b \times \delta_s}} \dots\dots\dots(1)$$

式中:

- δ_1 ——内容器壳体的计算厚度,mm;
- δ_0 ——内容器壳体选用标准钢时的最小厚度,mm;其值应按下列规定:
当内容器内直径不大于 1800mm 时, δ_0 不小于 5mm;
当内容器内直径大于 1800mm 时, δ_0 不小于 6mm。
- σ_b ——内容器壳体选用钢板的标准抗拉强度下限值,MPa;
- δ_s ——内容器壳体选用钢板的伸长率,%。

注:标准钢——指标准抗拉强度下限值(σ_b)为 375MPa、标准常温屈服点(σ_s)为 235MPa,伸长率 δ_s 为 26%的碳素钢。

5.3.8.3 内容器和外壳应按 0.1MPa 进行外压稳定性校核。

5.3.8.4 内容器气压试验的试验压力应不小于内容器设计压力的 1.15 倍,且不小于 0.3MPa。

5.3.8.5 罐体的内容器气压试验前,应按式(2)进行应力校核:

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

式中:

- σ_T ——试验压力下内容器壳体的应力,MPa;
- p_T ——内容器的试验压力,MPa;
- D_i ——内容器壳体的内直径,mm;
- δ_e ——内容器壳体的有效厚度,mm。

σ_T 应满足下列条件: $\sigma_T \leq 0.8\sigma_s(\sigma_{0.2})$

$\sigma_s(\sigma_{0.2})$ ——内容器壳体材料在试验温度下的屈服点(或 0.2%屈服强度),MPa。

5.3.8.6 LNG 罐箱一般不设置防波板。如运输过程中出现充满率为有效容积的 20%~80%情况时,其内容器设计时应考虑设置防波板,每个防波段的容积一般不大于 7.5m³,防波板与内容器的连接应采用牢固的结构,防止产生裂纹和脱落。

5.3.9 绝热层

5.3.9.1 应对 LNG 罐箱的绝热支撑结构应进行有限元应力分析和传热计算,其结果应能满足使用和试验的要求。

5.3.9.2 结构设计中应减少应力集中和过大的温度梯度。内容器和外壳的连接结构应简单、牢固。

5.3.9.3 LNG 罐箱的静态蒸发率应符合表 1 的规定。

表 1 LNG 罐箱静态蒸发率指标

有效容积 V m ³	蒸发率(上限值)(%/d)			
	高真空多层绝热		真空粉末绝热	
	液氮	液甲烷	液氮	液甲烷
10	0.48	0.30	0.73	0.46
15	0.42	0.26	0.68	0.43
20	0.37	0.23	0.63	0.39
25	0.34	0.21	0.58	0.37

表 1(续)

有效容积 V m ³	蒸发率(上限值)(%/d)			
	高真空多层绝热		真空粉末绝热	
	液氮	液甲烷	液氮	液甲烷
30	0.32	0.20	0.54	0.34
35	0.30	0.19	0.50	0.31
40	0.29	0.18	0.46	0.29
50	0.24	0.15	0.38	0.24

5.3.9.4 真空夹层设置的真空检测装置、真空阀门应符合以下要求：

- a) 真空阀门和真空接头的漏气速率应符合图样规定的要求；
- b) 真空阀门和真空接头应采用保护装置，出厂检验后应铅封；
- c) 真空规管不准产生明火，并装设保护罩；
- d) 真空规管应标明测量调节参数，且有质量证明书。

5.3.10 安全泄放量和额定充满率

5.3.10.1 LNG 罐箱的安全泄放量应按式(3)进行计算。

$$W_s = \frac{2.61(650-t)\lambda A_r^{0.82}}{\delta q} \dots\dots\dots(3)$$

式中：

- W_s ——LNG 罐箱的安全泄放量,kg/h;
- q ——在泄放压力下液化天然气的气化潜热,kJ/kg;
- λ ——常温下绝热材料的导热系数,kJ/(m·h·℃);
- δ ——保温层厚度,m;
- t ——泄放压力下液化天然气的饱和温度,℃;
- A_r ——内容器的受热面积,m²;对标准椭圆形封头的内容器, $A_r = \pi D_o(L + 1/3D_o)$;
- D_o ——外径,m;
- L ——总长,m。

5.3.10.2 LNG 罐箱额定充满率应不大于 90%。液化天然气在无损贮存过程中,其液体所占体积不得超过 98%。

5.3.11 安全附件

5.3.11.1 用于 LNG 罐箱的安全阀、紧急切断阀及液面计的制造单位应持有国家安全监察机构颁发的许可证。未取得制造许可证资格单位制造的安全阀、紧急切断阀及液面计不得安装在 LNG 罐箱上。

5.3.11.2 LNG 罐箱的安全附件应至少包括安全阀、紧急切断装置、液面计、灭火器、阻火器、导静电装置和压力表等。

5.3.11.3 内容器应至少设置 2 个并联且可互为切换的全启式安全阀。

5.3.11.4 安全阀的开启压力为设计压力的 1.05 倍~1.1 倍,回座压力应不低于开启压力的 0.9 倍。

5.3.11.5 当真空绝热层失效或处于火灾情况下时,安全阀的泄放能力应足以将内容器的压力限制在不超过设计压力的 1.2 倍的范围内。

5.3.11.6 安全阀的最小排气截面积应按式(4)进行计算。

$$A \geq \frac{W_s}{7.6 \times 10^{-2} CK p_d \sqrt{\frac{M}{ZT}}} \dots\dots\dots(4)$$

式中:

A ——安全阀的最小排放截面积, mm^2 ;

对于全启式安全阀, 即 $h \geq \frac{1}{4}d_1$ 时: $A = 0.785d_1^2$

h ——安全阀的开启高度, mm ;

d_1 ——安全阀最小流道直径(阀座喉部直径), mm ;

W_s ——LNG 罐箱的安全泄放量, kg/h ;

C ——气体特性系数, 可按下式求取:

$$C = 520 \sqrt{k \left(\frac{2}{k+1} \right)^{\frac{k+1}{k-1}}}$$

k ——气体绝热指数, $k = C_p/C_v$;

K ——安全阀的额定泄放系数, 与安全阀结构有关, 应根据实验数据确定;

无参考数据时全启式安全阀可按 $K = 0.60 \sim 0.70$ 选取;

M ——液化天然气的摩尔质量, kg/kmol ;

p_d ——安全阀的排放压力(绝压), $p_d = 1.1p_s + 0.1$, MPa ;

p_s ——安全阀的整定压力, MPa ;

T ——安全阀排放时的液化天然气温度, K ;

Z ——液化天然气在操作温度压力下的压缩系数。

5.3.11.7 LNG 罐箱装卸用气相和液相的管路上应装设紧急切断装置, 且在装卸、遇火或发生意外移动时, 紧急切断装置应能快速关闭。在非装卸时, 紧急切断阀应处于闭合状态。紧急切断装置一般由紧急切断阀、远程控制系统和易熔塞自动切断装置组成。

5.3.11.8 紧急切断装置应符合下列要求:

- 易熔塞的易熔合金熔融温度为 $70^\circ\text{C} \pm 5^\circ\text{C}$;
- 油压式或气压式紧急切断阀应保证在工作压力下全开, 并持续放置 48h 不致引起自然闭止;
- 紧急切断阀自始闭起, 应在 10s 内闭止;
- 紧急切断阀制成后应经耐压试验和气密性试验合格;
- 受油压或气压直接作用的部件, 其耐压试验压力应不低于罐体设计压力的 4 倍, 保压时间应不少于 10min; 耐压试验前、后, 分别以 0.1MPa 和罐体设计压力进行气密性试验。

5.3.11.9 液面计应根据液化天然气特性、设计压力和设计温度正确选用。

5.3.11.10 应装设可靠的导静电装置, 且有明显标志。

5.3.11.11 压力表测量范围为 1.5 倍~3.0 倍最高工作压力, 精度等级应不低于 2.5 级, 表盘直径应不小于 100mm。

5.3.11.12 泄压排放气体应通过阻火器集中排放。阻火器的设置应不影响安全阀的正常排放。

5.3.12 管路

5.3.12.1 管路的设计和制作应避免热胀冷缩、机械颤动或振动所引起的损坏。

5.3.12.2 通过夹层的管路在设计时应符合下列要求:

- 选用低温韧性良好, 导热系数小的材料;
- 充分考虑由于内容器与外壳在制造和使用过程中的温度变化而引起的温差应力, 必要时可设置补偿结构;
- 管路连接应采用全焊透的焊接接头, 并尽量采用等壁厚焊接接头。

5.3.12.3 LNG 罐箱装卸用气相和液相的管路上应至少配备串联在一起的三个独立的关闭装置, 其位置应符合下列要求:

- 第一个是紧急切断装置, 安装在尽可能靠近外壳的位置;

- b) 第二个是截止阀；
- c) 第三个是盲法兰或等效装置。

5.3.12.4 对于两端均可关闭且可能存有液化天然气液体的液相管路,应设置自动泄压装置。

5.3.12.5 螺杆式低温截止阀均应顺时针旋转关闭,其他形式的低温截止阀应标明开启和关闭的方向。

5.3.12.6 低温阀门的基本参数应与设计温度、设计压力及管道通径相匹配,且有质量证明文件。

5.3.12.7 低温阀门应具有良好的密封性能,在使用状态下开启灵活。

5.3.12.8 LNG 罐箱的管路及管路配件的破裂强度下限值至少应为内容器设计压力的 4 倍。

5.3.12.9 管路及附件的设计应能防止在运输、装卸过程中被损坏。

5.3.12.10 低温截止阀的设计应防止意外开启。

5.4 冷热加工成形

5.4.1 受压元件用材在加工前应进行材料标记移植,内容器上不得采用硬印作为材料标记、焊工标记及其他标记。

5.4.2 焊缝坡口宜采用机械加工。如果用火焰切割时,应清除坡口及其母材两侧表面 20mm 范围内(以离坡口边缘的距离计)的氧化物、油污、熔渣及其他有害物质,坡口表面不得有裂纹、分层、夹杂等缺陷。

5.4.3 内容器和外壳的筒体成形后,其厚度应符合 GB 150—1998 中 10.2.1 的规定。

5.4.4 封头应整体成形,其成形后的厚度和形状偏差应符合 JB/T 4746—2002 中 6.3 的规定,直边部分不允许存在纵向皱折。先拼板后成形的封头,拼接焊缝的内表面以及影响成形质量的外表面拼焊焊缝,在成形前应将焊缝余高打磨至与母材齐平,且成形后拼接焊接接头应进行 100% 射线检测。

5.4.5 筒节长度应不小于 300mm。相邻筒节的纵焊缝中心线间的外圆弧长以及封头拼接焊缝与相邻筒节纵焊缝中心线间的外圆弧长不得小于 100mm。

5.4.6 A、B 类焊接接头对口错边量不得大于 $\delta_s/4$ mm,在焊接接头环向和轴向形成的棱角度小于或等于 $(\delta_s/10+2)$ mm,且不大于 5mm。

5.4.7 内容器的同一断面上最大内径与最小内径之差应小于或等于 $1\% D_i$;当被检断面位于开孔中心一倍开孔内径范围内时,则该断面最大内径与最小内径之差应不大于该断面 $1\% D_i$ 与开孔内径的 2% 之和。

5.4.8 外壳按 GB 150—1998 中 10.2.4.11 的规定检查圆度。

5.4.9 罐体上凡被补强圈、垫板、支座等覆盖的焊接接头经无损检测合格后方可覆盖,覆盖前应打磨至与母材齐平。

5.4.10 罐体直线度允许偏差应小于或等于罐体长度的 1‰。

5.4.11 罐体纵焊缝不宜布置在筒体横截面中心线与最低点连接半径的左右两侧各 20° 范围内。

5.5 焊接

5.5.1 所有施焊的焊工应有相应的资质,且在有效期内。

5.5.2 焊接结构除应符合 GB 18442—2001 中附录 A 的规定外,还应符合图样的规定。

5.5.3 当碳素钢和低合金钢焊件温度低于 0°C 时,应按 JB/T 4709 的有关规定进行预热。当奥氏体不锈钢焊件温度低于 -5°C 时,不允许施焊。

5.5.4 罐体和框架焊接前,应按 JB 4708 和《材料与焊接规范》(1998 版)中第 3 篇第 3 章的规定进行焊接工艺评定。

5.5.5 焊缝表面的形状尺寸及外观应符合下列要求:

- a) A、B 类接头焊缝的余高 e 应小于或等于 1.5mm;
- b) C、D 类接头的焊脚,在图样无规定时,取焊件中较薄者的厚度;
- c) 补强圈的焊脚,当补强圈的厚度不小于 8mm 时,其焊脚等于补强圈厚度的 70%,且不少于 8mm;
- d) 焊缝表面不得有裂纹、咬边、气孔、弧坑和飞溅物;
- e) C、D 类焊缝与母材呈圆滑过渡;

f) 在罐体上焊接的临时吊耳和拉筋的垫板等,应采用与壳体相同或在力学性能和焊接性能方面相似的材料,并用相适应的焊材及焊接工艺进行焊接。临时吊耳和拉筋的垫板割除后,留下的焊疤必须打磨光滑,打磨后的厚度应不小于该部位的设计厚度,并按图样规定进行表面检测。

5.5.6 内容器应按《压力容器安全技术监察规程》(1999版)和《材料与焊接规范》(1998)第3篇制作产品焊接试板,并按JB 4744的规定进行检验与评定。

5.5.7 同一部位的焊接接头返修不宜超过两次。如返修次数超过两次,返修前均应经制造单位技术总负责人批准,返修次数、部位和返修情况应记入质量证明书中。

5.5.8 角件与角柱连接处的焊缝应进行相当于 $1/2$ 额定质量乘以重力加速度($R_g/2$)的拉力试验。

5.6 组装

5.6.1 罐体组装前,外壳内表面、内容器外表面、真空夹层内的管路等零部件表面应除净油脂,用清洁干燥的白色滤纸擦抹脱脂表面进行检查,以无油脂痕迹和锈斑为合格。

5.6.2 低温吸附剂放置、多层绝热体缠绕和真空粉末绝热材料装填。

5.6.2.1 缠绕多层绝热体时,应避免防辐射膜之间直接接触。

5.6.2.2 多层绝热的层密度应符合图样的要求,绝热层不允许脱落。

5.6.2.3 真空粉末绝热材料装填前,应有防沉降措施。

5.6.3 真空夹层漏气速率应符合表2的规定。

表2 真空夹层漏气速率

有效容积 V, m^3	漏气速率, $Pa \cdot m^3 \cdot s^{-1}$	
	高真空多层绝热	真空粉末绝热
$V \leq 10$	$\leq 2 \times 10^{-7}$	$\leq 6 \times 10^{-7}$
$10 < V \leq 50$	$\leq 6 \times 10^{-7}$	$\leq 2 \times 10^{-6}$

5.6.4 真空夹层漏放气速率应符合表3的规定。

表3 真空夹层漏放气速率

有效容积 V, m^3	漏放气速率, $Pa \cdot m^3 \cdot s^{-1}$	
	高真空多层绝热	真空粉末绝热
$V \leq 10$	$\leq 2 \times 10^{-6}$	$\leq 2 \times 10^{-5}$
$10 < V \leq 50$	$\leq 6 \times 10^{-6}$	$\leq 6 \times 10^{-5}$

注:测试高真空多层绝热真空夹层漏放气速率的状态应满足:外壳和内筒体的温度与环境温度差的绝对值小于 $5^{\circ}C$,开始真空度应优于 $1 \times 10^{-2} Pa$;测试粉末真空夹层漏放气速率的状态应满足:外壳和内筒体的温度与环境温度差的绝对值小于 $5^{\circ}C$,开始真空度应优于 $5 Pa$ 。

5.6.5 真空夹层封口真空度应符合表4的规定。

表4 封口真空度

有效容积 V, m^3	封口真空度, Pa	
	高真空多层绝热	真空粉末绝热
$V \leq 10$	$\leq 5 \times 10^{-3}$	≤ 1
$10 < V \leq 50$		≤ 2

5.6.6 罐体的纵向中心线垂直平面与框架的纵向中心线垂直平面应重合,偏移量应不大于 $5mm$ 。

5.6.7 外部管路和附件应合理布置。所有管路和附件的标识应清晰明了,且标明其用途。

5.6.8 真空夹层安全泄放装置应设有保护盖。

5.6.9 液面计应有足够的精度,安装牢固,其露出罐体外的部分应有保护措施。

5.6.10 紧急切断装置的管路安装完毕后,应进行气压试验。试验压力不低于内容器设计压力的 1.5 倍,保压时间应不少于 10min。压力试验完成后,以设计压力进行气密性试验,不得泄漏。

5.6.11 罐体与框架连接的所有支撑均应满焊,且焊接牢固、可靠。对于无法焊接的缝隙,应采取防腐蚀措施。

5.6.12 LNG 罐箱组装并经检验合格后,其内容器和管路系统内应进行氮气置换处理,罐内含氧量应小于 3%,且保留(0.02~0.05)MPa 余压出厂。

5.7 无损检测

5.7.1 无损检测人员应持有相应有效资格证书。

5.7.2 罐体内容器的 A、B 类焊接接头应按 JB 4730 进行 100% 射线检测,其合格等级不低于 II 级。

5.7.3 罐体外壳的 A、B 类焊接接头应按 JB 4730 进行 20% 局部射线检测,其合格等级不低于 III 级。

5.7.4 经射线检测的焊接接头,如有不允许的缺陷,应在缺陷清除干净后进行补焊,并对该部分采用原检测方法重新检查,直至合格。进行局部探伤的焊接接头,发现不允许的缺陷时,应在该缺陷两端的延伸部位增加检查长度,增加的长度为焊接接头长度的 10%,且不小于 250mm。若仍不合格,则对该条焊接接头做 100% 检测。

5.7.5 罐体内容器、外壳的 C、D 类焊接接头和框架的角柱与端梁、角柱与侧梁,框架与罐体连接支撑件的焊接接头,临时吊耳和拉筋的垫板割除后留下的焊疤应按 JB 4730 的规定进行 100% 表面检测,其合格等级为 I 级。

5.7.6 罐体外壳上凡被补强圈、垫板、支座等覆盖的焊接接头应按 JB 4730 进行 100% 射线检测,其合格等级不低于 III 级。

6 试验方法

6.1 试验顺序

6.1.1 LNG 罐箱应先进行结构强度试验,后进行技术参数检测。

6.1.2 LNG 罐箱若做碰撞试验,则 LNG 罐箱的低温性能应以碰撞试验后的测试结果为准。

6.2 气压试验

6.2.1 内容器组装合格后应进行气压试验,试验压力应符合 5.3.8.4 的规定。

6.2.2 气压试验用气体应为干燥的氮气、空气或其他惰性气体,试验系统压力应保持平稳,试验用气体温度应符合设计图样规定。

6.2.3 气压试验时,应缓慢升压。当达到试验压力的 10% 时,保压 5min~10min,对连接部位及焊接接头进行检查;如无泄漏或其他异常现象可继续升压到规定试验压力的 50%;如仍无异常现象,其后按试验压力的 10% 逐级升压到试验压力,保压 30min;然后降至设计压力,保压足够时间,同时观察有无异常现象。

6.2.4 在升压过程中,不得在试压场地进行作业和检查。

6.2.5 在保压过程中不得采用连续加压以维持试验压力不变的做法。

6.2.6 有压力时,不得紧固螺栓或进行修理。

6.2.7 内容器在试验时,内容器无目视异常变形、泄漏及异常响声为合格。

6.2.8 试验完毕后,应缓慢将气体排尽。

6.3 气密性试验

6.3.1 所有附件、安全附件全部安装完毕后,进行气密性试验。试验压力为设计压力。

6.3.2 气密性试验的保压时间不得少于 30min。

6.3.3 气密性试验时,罐体和管路系统经检查,无泄漏为合格。

6.4 堆码试验

6.4.1 本试验是验证满载 LNG 罐箱在海洋船舶运输条件下,在箱垛中出现偏码时的承载能力。

6.4.2 堆码试验的要求和方法应符合 GB/T 16563—1996 中 6.2 的规定。

6.5 顶角件起吊试验

6.5.1 本试验是验证 LNG 罐箱经受由四个顶角件垂直起吊的能力,同时验证 LNG 罐箱在起吊作业时承受罐内载荷在加速作用下所产生的各种力的试验。

6.5.2 顶角件起吊试验的要求和方法应符合 GB/T 16563—1996 中 6.3 的规定。

6.6 底角件起吊试验

6.6.1 本试验是验证 LNG 罐箱由四个底角件起吊的能力。

6.6.2 底角件起吊试验的要求和方法应符合 GB/T 16563—1996 中 6.4 的规定。

6.7 外部纵向栓固试验

6.7.1 本试验是验证 LNG 罐箱在两倍的重力加速度作用下,承受外部纵向栓固作用的能力。

6.7.2 外部纵向栓固试验的要求和方法应符合 GB/T 16563—1996 中 6.5 的规定。

6.8 内部纵向栓固试验

6.8.1 本试验是验证 LNG 罐箱的罐体和框架对内部介质所导致的纵向惯性力的承受能力。

6.8.2 内部纵向栓固试验的要求和方法应符合 GB/T 16563—1996 中 6.6 的规定。

6.9 内部横向栓固试验

6.9.1 本试验是验证 LNG 罐箱的罐体和框架对内部介质所导致的横向惯性力的承受能力。

6.9.2 内部横向栓固试验的要求和方法应符合 GB/T 16563—1996 中 6.7 的规定。

6.10 横向刚性试验

6.10.1 本试验是验证 LNG 罐箱承受船舶在航行中所产生的横向推、拉的能力。

6.10.2 横向刚性试验的要求和方法应符合 GB/T 16563—1996 中 6.8 的规定。

6.11 纵向刚性试验

6.11.1 本试验是验证 LNG 罐箱承受船舶在航行中所产生的纵向推、拉的能力。

6.11.2 纵向刚性试验的要求和方法应符合 GB/T 16563—1996 中 6.9 的规定。

6.12 载荷传递区试验(可选项)

6.12.1 本试验是在静态状况下,模拟 LNG 罐箱已知载荷传递区在动态作业时仅部分接触运输车辆,底角件与旋锁间的空隙部分不传递载荷时的状况。

6.12.2 载荷传递区试验的要求和方法应符合 GB/T 16563—1996 中 6.10 的规定。

6.13 步道试验(可选项)

6.13.1 验证由工作人员在步道上作业所产生载荷的承受能力的试验。

6.13.2 步道试验的要求和方法应符合 GB/T 16563—1996 中 6.11 的规定。

6.14 扶梯试验(可选项)

6.14.1 验证扶梯对工作人员在其上作业时产生载荷的承受能力的试验。

6.14.2 扶梯试验的要求和方法应符合 GB/T 16563—1996 中 6.12 的规定。

6.15 碰撞试验

LNG 罐箱的碰撞试验方法、评定标准应符合主管部门的有关规定,经主管部门同意可用应力分析计算代替碰撞试验。

6.16 容积测量

LNG 罐箱内容器几何容积的测量方法按 GB/T 18443.1—2001 的规定。

6.17 封口真空度、常温下夹层真空度、低温下夹层真空度的测量

LNG 罐箱封口真空度、常温下夹层真空度、低温下夹层真空度的测量方法按 GB/T 18443.2—2001 的规定。

6.18 漏气速率测量

LNG 罐箱漏气速率的测量方法按 GB/T 18443.3—2001 的规定。

6.19 真空夹层漏放气速率测量

LNG 罐箱真空夹层的漏放气速率的测量方法按 GB/T 18443.4—2001 的规定。

6.20 静态蒸发率测量

LNG 罐箱静态蒸发率的测量方法按 GB/T 18443.5—2001 的规定。

7 检验规则

7.1 检验分类

LNG 罐箱的检验分为逐台检验、批量检验和型式试验。

7.2 逐台检验

7.2.1 LNG 罐箱经逐台检验合格后方可出厂。

7.2.2 检验项目应按表 5 的规定。

7.3 批量检验

7.3.1 同型号的 LNG 罐箱,按生产顺序,以不多于 50 台为一批。每批中随机抽取 1 台为批量检验样箱。

7.3.2 若批量检验样箱检验不合格,应在该批中再抽取 1 台进行检验,仍不合格时应逐台进行检验。

7.3.3 批量检验的项目按表 5 的规定。

7.4 型式试验

7.4.1 LNG 罐箱有下列情况之一的,应进行型式试验:

- a) 产品定型;
- b) 正式生产后,如结构、材料或工艺有重大改变,可能影响产品主要性能的。

7.4.2 型式试验的项目按表 5 的规定。

表 5 检验项目

检验项目	逐台检验	批量检验	型式试验
框架焊接质量	★	★	★
外部尺寸	★	★	★
外观表面质量	★	★	★
封口真空度	★	★	★
漏气速率	★	★	★
漏放气速率	★	★	★
气压试验	★	★	★
气密性试验	★	★	★
静态蒸发率	—	★	★
实际容积	—		★
空箱质量	—	★	★
低温下夹层真空度	—	★	★
堆码试验	—	★	★
顶角件起吊试验	—	★	★
底角件起吊试验	—	★	★
外部纵向栓固试验	—		★
内部纵向栓固试验	—		★

表 5(续)

检验项目	逐台检验	批量检验	型式试验
内部横向栓固试验	—		★
横向刚性试验	—		★
纵向刚性试验	—		★
载荷传递区试验(可择性)	—		★
步道试验(可择性)	—		★
扶梯试验(可择性)	—		★
碰撞试验	—		★
★表示应进行检验(试验)的项目。			

8 标志、标识

8.1 一般规定

8.1.1 LNG 罐箱的代码、识别和标志应符合 GB/T 1836—1997 的规定。

8.1.2 LNG 罐箱标记应字迹工整,牢固永久,清晰易见,且不同于罐体颜色。

8.1.3 LNG 罐箱标记额定质量和空箱质量用的字体高度应不小于 50mm,其余标记用字体高度应不小于 100mm。

8.1.4 额定质量超过 30480kg 的 LNG 罐箱应有超重标志。

8.2 标记内容

8.2.1 LNG 罐箱应有以下标记内容:

- a) 箱主代号、箱号及核对数字;
- b) 尺寸类型代号;
- c) 箱主和制造厂铭牌:

制造厂铭牌的内容至少应包括下列内容:

- 产品型号名称;
- IMDG 箱型;
- IMO 罐柜型号;
- 执行标准;
- 制造国名;
- 批准国名;
- 批准号;
- 制造厂名;
- 质量技术监督部门的监检标记;
- 中国船级社的检验标记;
- 质量技术监督部门的注册编号;
- 压力容器制造单位许可证编号;
- 产品编号;
- 制造日期;
- 设计压力;
- 设计温度;
- 耐压试验压力;

- 安全阀开启压力；
- 安全阀排放量；
- 装载介质；
- 容积；
- 首次耐压试验日期及识别证明；
- 罐体材料；
- 外壳/内容器的标准钢(低碳钢)等效厚度；
- 最近一次定期检验的年、月和试验压力；
- 进行最近一次定期检验的专家硬印；
- “绝热型”或“真空绝热型”；
- 绝热系统的效能(热流量),W；
- 允许运输的无损贮存时间(标准维持时间)、天数或小时；
- 初始压力(MPa)；
- 充装量(%)；
- 经营人名称；
- 最大允许额定质量,kg；
- 空罐质量(皮重),kg；
- 实际无损贮存时间(实际维持时间),天数或小时。

d) LNG 罐箱应有下列永久性标记：

- 船级社徽记；
- 国际集装箱安全公约(CSC)安全合格牌照。

8.2.2 LNG 罐箱的海关牌照、国际铁路联盟(UIC)标记应分别符合中华人民共和国海关和国际铁路联盟(UIC)的有关规定。

8.2.3 LNG 罐箱应有以下通用永久标记：

- 安全标记；
- 首次耐压日期,____年____月；
- 试验压力,单位为 MPa 或 Bar；
- 设计压力,单位为 MPa 或 Bar；
- 总容量,单位为 m³ 或 L；
- 下次进行耐压试验日期,____年____月；
- 设计温度,℃。

8.2.4 凡装有登顶梯子的 LNG 罐箱应有箱顶防电击警示标记,警示符标记应设在梯子附近。警示符图形为黄底上黑色标记,周边是黑框。闪电箭头的高度至少为 175mm。警示标记的黑边框外侧每侧长度不得小于 230mm。

8.2.5 高度超过 2.6m 的 LNG 罐箱必须设有两个高度标示符,其位置距箱顶 1.2m,距右端 0.6m 以内处,也可以直接设在箱体下方。高度标示符采用黄底黑字,周边是黑框。上部的高度数字以米为单位,精确到小数点后一位,此值应不低于箱体的实际高度。下部英制尺寸按英寸取整,但不低于箱体的实际高度。此标示黑框外缘测得的尺寸不得小于 155mm×115mm,标记符上的数字应尽可能大,字迹清晰。

8.2.6 铭牌内容采用压印、雕刻、浮雕等永久硬印标记方法进行标记,标记用的字体高度至少为 3mm。

8.2.7 LNG 罐箱操作箱内应粘贴有标明管路及阀门用途等标志,流程示意图、液面对照表、无损贮存时间—压力曲线图等图表。

9 出厂文件

9.1 LNG 罐箱出厂文件至少应包括：

- 产品质量证明书；
- 产品竣工图；
- 强度计算书；
- 使用说明书；
- 监检证书；
- 可移动罐柜认可证书(副本)；
- 备品备件清单。

9.2 产品质量证明书至少应有下列内容：

- 产品合格证；
- 产品铭牌的拓印件；
- 材料标记核对单；
- 外部尺寸检验报告；
- 焊接接头无损检测报告；
- 内容器气压试验报告；
- 气密性试验报告；
- 封口真空度检测报告；
- 真空夹层漏放气速率检验报告。

9.3 产品使用说明书除符合 GB/T 9969.1—1998 的规定外,还应有下列内容：

- 产品型号及技术特性指标；
- 介质特性和使用说明；
- 管路及阀门用途及流程的示意图、液位对照表、无损贮存时间—压力曲线图。

附 录 A
(规范性附录)
LNG 罐箱定期检验

A. 1 总则

A. 1.1 本附录规定了在用 LNG 罐箱定期检验的基本要求。

A. 1.2 LNG 罐箱首次使用前,应按照《压力容器安全技术监察规程》(1999 版)和《压力容器使用登记管理规则》(1993 版)的规定,办理注册登记。

A. 1.3 定期检验包括罐体检验和框架结构检验。罐体和安全附件的定期检验由具有罐箱检验资格的压力容器检验单位(以下简称压力容器检验单位)负责,框架及结构的定期检验由中国船级社负责。

A. 2 定期检验分类

A. 2.1 定期检验分年度检验、中间检验及全面检验三种。

A. 2.2 若 LNG 罐箱有损坏、腐蚀、渗漏、变形以及裂纹,或有其他影响其安全使用的缺陷时,应进行附加检验和试验。附加检验和试验应根据该罐箱的损坏情况而定,可不考虑定期检验周期的规定。

A. 3 定期检验周期

A. 3.1 年度检验每年一次,由压力容器检验单位负责。

A. 3.2 中间检验每 2.5 年一次,由压力容器检验单位和中国船级社共同负责。

A. 3.3 全面检验每 5 年一次,由压力容器检验单位和中国船级社共同负责。

A. 3.4 LNG 罐箱在定期检验周期届满之前允许使用,但使用期限不得超过定期检验周期届满后的 3 个月。

A. 4 基本要求

A. 4.1 年度检验

A. 4.1.1 对罐体、管路及管路附件、阀门等零部件进行检查,并检测内罐在使用温度下真空夹层的真空度,按表 A.1 评价。

表 A. 1

绝热方式	真空夹层真空度, Pa	结 论
高真空多层绝热	$\leq 1 \times 10^{-2}$	继续使用
	$> 1 \times 10^{-2}$	需重抽真空
真空粉末绝热	$\leq 2 \times 10^{-1}$	继续使用
	$> 2 \times 10^{-1}$	需重抽真空

A. 4.1.2 罐体与框架的连接情况检查。

A. 4.1.3 法兰螺栓、螺母的紧固情况检查。

A. 4.1.4 安全泄放装置、紧急切断装置、压力表、液面计和其他附件的检查或校验。

A. 4.1.5 使用情况调查和运行记录检查。

A. 4.1.6 年度检验工作完成后,由压力容器检验单位签发压力容器检验报告。

A.4.2 中间检验

A.4.2.1 LNG 罐箱应按以下要求进行检查：

- a) 检查罐体外壳外表面是否有疤痕、腐蚀、磨损、凹陷、变形、裂纹及渗漏等影响运输安全的缺陷；
- b) 标记是否齐全、清晰、完整；
- c) 油漆是否脱落。

A.4.2.2 管路及辅助装置应按以下要求进行外部检查及操作试验：

- a) 检查管路、阀门及密封垫有无腐蚀，以及其他诸如渗漏等影响货物的装卸和运输安全的缺陷；
- b) 所有的紧急切断装置和阀门均无腐蚀、变形和任何影响其正常操作的损坏和缺陷。紧急切断装置(包括远程控制系统和紧急切断阀)应能够正常操作；
- c) 其他附件处于完好状态。

A.4.2.3 安全泄放装置是否按规定进行定期校验。

A.4.2.4 测量装置的压力表、液面计等是否按规定进行定期校验。

A.4.2.5 检查框架、罐体支撑及其他连接件是否存在腐蚀、变形、凹陷以及裂纹等其他影响罐箱栓固、堆放、起吊安全的缺陷。必要时采用堆码试验、内部栓固及顶部及底部起吊试验确认结构的有效性。

A.4.2.6 LNG 罐箱应进行气密性试验。

A.4.2.7 检查安全泄放装置、罐箱接口等标记及有关牌照内容是否符合有关要求。

A.4.2.8 中间检验完成后，由压力容器检验单位签发压力容器检验报告，并由中国船级社签发可移动罐柜定期检验报告。

A.4.3 全面检验

A.4.3.1 全面检验除包括中间检验的要求，还应进行罐体绝热性能检查。

A.4.3.2 检测罐体的静态蒸发率，若测试结果符合本标准 5.3.9.3 的要求，则可以继续使用。真空夹层绝热性能失效的 LNG 罐箱，经采取有效措施进行修复和重抽真空后，其罐体的静态蒸发率测试后符合本标准 5.3.9.3 的要求，则 LNG 罐箱仍可以继续使用，否则，该 LNG 罐箱不能继续使用。

A.4.3.3 全面检验时应进行罐体的气压和气密性试验。

A.4.3.4 全面检验完成后，由压力容器检验单位签发压力容器检验报告，并由中国船级社签发可移动罐柜定期检验报告。

A.4.3.5 停用 1 年或 1 年以上的 LNG 罐箱，在使用前应进行全面检验。

A.4.4 附加检验和试验根据 LNG 罐箱损坏和破坏的程度，决定附加检验和试验的范围，并至少包括中间检验的要求。

A.5 罐体安全状况等级

根据 LNG 罐箱检验结果，按《在用压力容器检验规程》(1990 版)的规定进行综合分析评价，确定罐体的安全状况等级。