



# 中华人民共和国国家标准

GB/T 19204—2020  
代替 GB/T 19204—2003

---

## 液化天然气的一般特性

General characteristics of liquefied natural gas

(ISO 16903:2015, Petroleum and natural gas industries—Characteristics of LNG, influencing the design, and material selection, MOD)

2020-06-02 发布

2020-12-01 实施

---

国家市场监督管理总局  
国家标准化管理委员会 发布



## 目 次

前言 .....	Ⅲ
1 范围 .....	1
2 规范性引用文件 .....	1
3 术语和定义 .....	1
4 缩略语 .....	2
5 LNG 的一般特性 .....	2
5.1 概述 .....	2
5.2 一般特性 .....	2
5.3 物理性质 .....	4
6 健康与安全 .....	6
6.1 概述 .....	6
6.2 置身于低温环境 .....	6
6.3 置身于天然气环境中 .....	7
6.4 火灾预防和消防 .....	7
6.5 颜色 .....	7
6.6 气味 .....	7
7 建造材料 .....	8
7.1 LNG 工业中应用的材料 .....	8
7.2 温度应力 .....	9
参考文献 .....	10





## 前 言

本标准按照 GB/T 1.1—2009 给出的规则起草。

本标准代替 GB/T 19204—2003《液化天然气的一般特性》，与 GB/T 19204—2003 相比，除编辑性修改外主要技术变化如下：

- 修改了规范性引用文件(见第 2 章,2003 年版的第 2 章)；
- 增加了蒸发气、液化石油气、翻滚、沸腾液体膨胀蒸气爆炸等术语和定义(见第 3 章,2003 年版的第 3 章)；
- 增加了 LPG、QRA 等缩略语(见第 4 章,2003 年版的第 4 章)；
- 删除了 LNG 的甲烷、氮气含量范围(见 5.2.1,2003 年版的 5.2.1)；
- 修改了 LNG 的密度范围和密度温度梯度值(见 5.2.2,2003 年版的 5.2.2)；
- 增加了 LNG 的黏度特性(见 5.2.4)；
- 增加了 LNG 实例的蒸气热值及该条文的注(见表 1)；
- 修改了表 1 中 LNG 实例 1 组分(见表 1,2003 年版的表 1)；
- 增加了表 1 中 3 个国内 LNG 实例组分(见表 1)；
- 修改了气体云团的膨胀和扩散相关内容(见 5.3.4,2003 年版的 5.4.2)；
- 增加了关于火灾的预防和保护应遵循的标准及 LNG 火灾灭火器的类型(见 6.4)；
- 增加了关于蒸发气颜色的内容(见 6.5)；
- 修改了用于直接接触 LNG 的主要材料列表(见表 3,2003 年版的表 3)；
- 修改了用于不直接接触 LNG 的主要材料列表(见表 4,2003 年版的表 4)；
- 修改了用于 LNG 工业的其他材料(见 7.1.4,2003 年版的 6.1.3)；
- 修改了温度应力有关内容(见 7.2,2003 年版的 6.2)；
- 删除了附录 A 和附录 B(见 2003 年版的附录 A 和附录 B)。

本标准使用重新起草法修改采用 ISO 16903:2015《石油和天然气工业 影响设计和材料选择的液化天然气一般特性》。

本标准与 ISO 16903:2015 的技术性差异及其原因如下：

- 关于规范性引用文件，本标准做了具有技术性差异的调整，以适应我国的技术条件，调整的情况集中反映在第 2 章“规范性引用文件”中，具体调整如下：
  - 用 GB/T 20368 代替了 NFPA 59A(见第 2 章,6.4)；
  - 用 GB/T 22724 代替了 EN 1473(见第 2 章,6.4)；
  - 增加引用了 GB/T 8423.3—2018(见第 3 章)；
  - 增加引用了 GB/T 24959(见第 5 章)；
  - 增加引用了 GB/T 24962(见第 5 章)；
  - 增加引用了 GB/T 50183—2015(见第 3 章)；
  - 增加引用了 ISO 6568(见第 5 章)；
  - 增加引用了 GB/T 27894.1(见第 5 章)。
- 用引用国家标准中的术语和定义代替 ISO 16903:2015 中的术语和定义；删除了凝析液、天然气凝液术语(见第 3 章)，以适应我国的技术条件，并和国家标准体系一致。
- LNG 密度的计算方法采用 GB/T 24962 代替 ISO 6578(见第 5 章)，以适应我国的技术条件，并和国家标准体系一致。

——修改了 LNG 的黏度范围为  $1.0 \times 10^{-4} \text{ Pa} \cdot \text{s} \sim 2.0 \times 10^{-4} \text{ Pa} \cdot \text{s}$  (见 5.2.4), 以适应我国的技术条件。

本标准做了下列编辑性修改:

——标准名称修改为《液化天然气的一般特性》。

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这些专利的责任。

本标准由全国石油天然气标准化技术委员会(SAC/TC 355)提出并归口。

本标准起草单位:中海油研究总院有限责任公司、中海石油气电集团有限责任公司、中国石油股份有限公司天然气销售分公司、中国石油化工股份有限公司天然气分公司、中国石油西南油气田分公司天然气研究院。

本标准主要起草人:刘向东、郝蕴、刘云、毕晓星、陈峰、黄喆、陈锐莹、蒲宏斌、孙齐、罗勤、张立敏、衣华磊、杨天宇、周伟、静玉晓、郭欣、崔月红、杨泽军、张倩、胡冬、刘人玮、马晨波、郑海敏。

本标准所代替标准的历次版本发布情况为:

——GB/T 19204—2003。

# 液化天然气的一般特性

## 1 范围

本标准给出了液化天然气的一般特性、健康与安全、建造材料。

本标准可做液化天然气领域其他标准的参考,也可供设计和操作液化天然气设施的人员参考。

## 2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件,仅注日期的版本适用于本文件。凡是不注日期的引用文件,其最新版本(包括所有的修改单)适用于本文件。

GB/T 8423.3—2018 石油天然气工业术语 第3部分:油气地面工程

GB/T 20368 液化天然气(LNG)生产、储存和装运

GB/T 22724 液化天然气设备与安装 陆上装置设计

GB/T 24959 冷冻轻烃流体 液化天然气运输船货舱内温度测量系统一般要求(GB/T 24959—2019,ISO 8310:2012,MOD)

GB/T 24962 冷冻烃类流体 静态测量 计算方法(GB/T 24962—2010,ISO 6578:1991,MOD)

GB/T 27894.1 天然气 在一定不确定度下用气相色谱法测定组成 第1部分:分析导则(GB/T 27894.1—2011,ISO 6974-1:2000,IDT)

GB 50183—2015 石油天然气工程设计防火规范

ISO 6568 天然气 气相色谱法简易分析(Natural gas—Simple analysis by gas chromatography)

## 3 术语和定义

GB/T 8423.3—2018 和 GB 50183—2015 界定的术语和定义适用于本文件。为了便于使用,以下重复列出了 GB/T 8423.3—2018 和 GB 50183—2015 中的某些术语和定义。

### 3.1

**液化天然气 liquefied natural gas; LNG**

主要由甲烷组成,可能含有少量的乙烷、丙烷、丁烷、氮或通常存在于天然气中的其他组分的一种无色低温液态流体。

[GB/T 8423.3—2018,定义 2.1.14]

### 3.2

**蒸发气 boil-off gas; BOG**

由于外界的热量引入以及在容器进出料过程中压力变化时的闪蒸等原因,引起液化天然气(3.1)气化产生的气体。

[GB/T 8423.3—2018,定义 5.2.4]

### 3.3

**液化石油气 liquefied petroleum gas; LPG**

常温常压下为气态,经压缩或冷却后为液态的丙烷、丁烷及其混合物。

[GB/T 50183—2015,定义 2.1.4]

### 3.4

#### 翻滚 roll-over

容器(通常为储罐)中不同深度的液化天然气因温度和(或)密度的差异而产生传热、传质,致使分层的液体发生快速的混合并伴随大量蒸发气从液化天然气容器中急剧释放的现象。

[GB/T 8423.3—2018,定义 5.2.7]

### 3.5

#### 沸腾液体膨胀蒸气爆炸 boiling liquid expanding vapour explosion; BLEVE

处于一定压力下饱和和温度附近的液化天然气,因压力系统突然失效而导致该液体急剧气化并释放,产生爆炸特征的现象。

[GB/T 8423.3—2018,定义 5.1.6]

## 4 缩略语

下列缩略语适用于本文件。

BLEVE 沸腾液体膨胀蒸气爆炸(boiling liquid expanding vapour explosion)

LNG 液化天然气(liquefied natural gas)

LPG 液化石油气(liquefied petroleum gas)

QRA 定量风险分析(quantitative risk analysis)

RPT 快速相变(rapid phase transition)

SEP 表面辐射功率(surface emissive power)

## 5 LNG 的一般特性

### 5.1 概述

与 LNG 储运有关的人员,应熟悉该液态的特性及其产生气体的特性。

在 LNG 储运过程中潜在的危险主要起源于其 3 个重要性质。

- LNG 的温度极低。在标准大气压下其沸点约为 $-160\text{ }^{\circ}\text{C}$ (还与其组分有关)。在此温度下,其蒸发气的密度高于周围空气的密度。
- 极少量的 LNG 液体可以转变为很大体积的气体。1 单位体积的 LNG 可以转变为约 600 单位体积的气体。
- 与其他气态烃类类似,天然气具有易燃性。在大气环境下,与空气的混合物的可燃范围约为天然气体积分数的 $5\%\sim 15\%$ 。若蒸发气在密闭空间内聚积,遇点火源将导致爆炸和高压冲击波。

本标准关注 LNG 的特性以及相应的危险性。当评估 LNG 场站的危险性时,设计人员需考虑现场存在的所有系统。通常 LNG 本身不会带来最高危险性,而其他系统,如液化厂的 LPG 制冷剂,或再气化站输出的高压天然气,是整个场站的主要风险。

### 5.2 一般特性

#### 5.2.1 组成

LNG 是以甲烷为主要成分的烃类混合物,其中含有少量的、通常存在于天然气中的乙烷、丙烷、丁烷、氮等其他组分。甲烷及天然气其他组分的物理学和热力学性质可以在有关的参考资料(参见参考文献)和热力学计算手册中查到。虽然 LNG 的主要成分是甲烷,但是不宜以纯甲烷去推断 LNG 的性质。

分析 LNG 的成分时,应特别注意的是要采集有代表性的样品,避免因闪蒸产生伪分析结果。最常用的分析方法是采用专门的 LNG 取样装置,采集未经闪蒸的液体,作为有代表性的样品,进而分析一小股连续蒸发产物。另一种方法是在主要产品气化器出口处取样,该样品可用常规的气相色谱法分析,推荐使用 ISO 6568 或 GB/T 27894.1 中所述的方法。

### 5.2.2 密度

LNG 的密度取决于其组分,通常在  $420 \text{ kg/m}^3 \sim 470 \text{ kg/m}^3$ ,但是在某些情况下可高达  $520 \text{ kg/m}^3$ 。密度还是液体温度的函数,其变化梯度约为  $1.4 \text{ kg}/(\text{m}^3 \cdot \text{K}^{-1})$ 。密度可以直接测量,但通常是利用气相色谱法分析得到的组分计算求得。推荐使用 GB/T 24962 中规定的计算方法。

注:该方法通常称为 Klosek Mckinley 修正法。

### 5.2.3 温度

LNG 的沸点取决于其组分,在大气压力下通常在  $-166 \text{ }^\circ\text{C} \sim -157 \text{ }^\circ\text{C}$ 。沸点随压力的变化约为  $1.25 \times 10^{-4} \text{ }^\circ\text{C}/\text{Pa}$ 。

LNG 的温度通常用铜/铜镍热电偶或 GB/T 24959 中规定的铂电阻温度计测量。

### 5.2.4 黏度

LNG 的黏度取决于其组分,在  $-160 \text{ }^\circ\text{C}$  下黏度范围通常在  $1.0 \times 10^{-4} \text{ Pa} \cdot \text{s} \sim 2.0 \times 10^{-4} \text{ Pa} \cdot \text{s}$ ,大约为水的黏度的  $1/10 \sim 1/5$ 。黏度也是液体温度的函数。

### 5.2.5 LNG 实例

表 1 给出了 LNG 的 6 个实例,以说明不同组成的 LNG 性质的差异。

表 1 LNG 实例

常压下在沸点温度时的性质		LNG 例 1	LNG 例 2	LNG 例 3	LNG 例 3	LNG 例 4	LNG 例 5
摩尔分数/%	N <sub>2</sub>	0.13	0.12	1.79	0.11	0.36	0.11
	CH <sub>4</sub>	99.80	99.84	93.90	90.31	87.20	84.71
	C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>	0.07	0.04	3.26	5.35	8.61	12.33
	C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>	—	—	0.69	3.21	2.74	2.64
	i C <sub>4</sub> H <sub>10</sub>	—	—	0.12	0.59	0.42	0.11
	n C <sub>4</sub> H <sub>10</sub>	—	—	0.15	0.40	0.65	0.10
	C <sub>5</sub> H <sub>12</sub>	—	—	0.09	0.03	0.02	—
摩尔质量/(kg/kmol)		16.07	16.06	17.07	18.14	18.52	18.61
沸点温度/°C		-162.0	-161.9	-166.5	-160.9	-161.5	-160.2
密度/(kg/m <sup>3</sup> )		424.7	424.5	452.4	462.2	470.7	471.1
单位体积液体气化后产生的气体体积 (0 °C 和 101 325 Pa)/(m <sup>3</sup> /m <sup>3</sup> )		590.7	590.6	592	568.9	567.3	649.9
单位质量液体气化后产生的气体体积 (0 °C 和 101 325 Pa)/(m <sup>3</sup> /10 <sup>3</sup> kg)		1 391	1 391	1 309	1 231	1 205	1 199
单位质量气化潜热/(kJ/kg)		525.6	522.5	679.5	673.0	675.5	564.9
单位体积高热值/(MJ/m <sup>3</sup> )		37.75	37.75	38.76	41.96	42.59	42.94
注:以上特性数据是基于实测组分数据的模拟数据。							

### 5.3 物理性质

#### 5.3.1 蒸发气的物理性质

LNG 作为一种可沸腾液体储存于大型绝热储罐中。任何传入储罐的热量都会导致部分液体蒸发为气体,这部分气体称为蒸发气。蒸发气的组分取决于液体的组分。比如,某蒸发气可能含 20% 的氮、80% 的甲烷和微量的乙烷;蒸发气中的含氮量可能是液体 LNG 中含氮量的 20 倍。

当 LNG 蒸发时,氮和甲烷优先气化,剩余液体中摩尔质量较大的烃类含量增大。对于蒸发气,不论是温度低于  $-113\text{ }^{\circ}\text{C}$  的纯甲烷,还是温度低于  $-85\text{ }^{\circ}\text{C}$ 、含 20% 氮的甲烷,其密度均比空气密度大。但在常温常压下,这些蒸发气体的密度约为空气密度的 0.6 倍。

#### 5.3.2 闪蒸

LNG 与其他液体性质相同,当压力降至其沸点压力以下时,例如流过阀门后,部分液体就会蒸发,液体温度也将降到对应压力下的新沸点,称为闪蒸。由于 LNG 为多组分的混合物,闪蒸气体的组分与剩余液体的组分不一样,其原因与 5.3.1 中所述的原因类似。

作为一个参考性数据,在  $1\times 10^5\text{ Pa}\sim 2\times 10^5\text{ Pa}$  压力范围内,且在相应沸点温度下的 LNG,压力每下降  $1\times 10^3\text{ Pa}$ , $1\text{ m}^3$  的液体约产生 0.4 kg 的气体。LNG 为多组分液体,更为精确计算其闪蒸所产生的气体和剩余液体的量及组分都是很复杂的。应采用已证实的热力学方法、工艺模拟软件及合适的数据库,通过计算机进行此类闪蒸计算。

#### 5.3.3 溢出

当 LNG 倾倒至地面上时(事故溢出),最初会剧烈沸腾,然后蒸发速率将迅速衰减至一个恒定值,该值取决于地面的热性质和从周围空气获得的热量。如果将地面进行绝热处理,则这一速率将大幅度降低,如表 2 所示。表中的数据只是作为例子给出,当用于 QRA 分析或详细设计时应进一步校核。

表 2 蒸发速率

材料	60 s 后单位面积蒸发速率 $\text{kg}/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$
砾石	480
湿沙	240
干沙	195
水	190
标准混凝土	130
轻胶体混凝土	65

当溢出发生时,少量液体能转化成大量气体;大气条件下 1 单位体积的液体将转化为约 600 单位体积的气体(见表 1)。当溢出发生在水上时,水中的对流传热非常强烈,足以使扩散范围内的蒸发速率保持不变。LNG 溢出的波及范围将不断扩大,直到溢出液的蒸发速率等于溢出速率为止。

#### 5.3.4 气体云团的膨胀和扩散

最初,蒸发气的温度几乎与 LNG 的温度一样,其密度比周围空气的密度大。蒸发气首先受到重力作用,沿地面上的一个薄层内流动,随后气体从地面吸热升温,到一定程度后便与周围空气混合。蒸发

气被温度较高的空气稀释混合后,混合物温度升高,平均摩尔质量上升。混合物云团比周围空气重,直至充分混合至远低于爆炸极限之下。

当空气中水分含量较大(较高的湿度和温度)时,空气和冷 LNG 蒸气混合,会使空气中的水分冷凝并加热混合物,使混合物变得比空气轻,导致混合气体云团飘浮在空气中。溢出、蒸气云的膨胀和扩散是复杂的课题,通常用计算机模型进行预测,需具备相关能力的机构进行预测。溢出发生之后,由于大气中水蒸气的冷凝作用将产生“雾”云。当这种“雾”云可见时(白天且没有自然雾),且空气中相对湿度足够高时,这种可见“雾”云可用来显示蒸发气体的扩散,并可作为气体与空气混合物可燃性程度的迹象,这是因为这种“雾”云的可见度是湿度和环境温度的函数,但与天然气的泄漏无关。

在压力容器或管道发生泄漏时,LNG 发生节流(膨胀)和气化的同时,以喷射流的方式进入大气中。这一过程伴随着气体与空气强烈混合。大部分 LNG 最初以气溶胶的形式存在于气体云之中。这种气溶胶最终将与空气进一步混合而蒸发。

### 5.3.5 爆燃

对于天然气/空气云团,当天然气在空气中的体积分数为 5%~15%时就可以被引燃和引爆。

### 5.3.6 池火

直径大于 10 m 的 LNG 火池,火焰的 SEP 非常高,应通过实测的正向辐射通量及火焰面积来计算。SEP 取决于考虑火池的尺寸、烟的散发情况以及测量方法。SEP 随着波及范围的增加而降低。给定情况的 SEP 参见参考文献。

### 5.3.7 压力波的发展和后果

在没有约束的混合云团中,天然气以低速燃烧,并在气体云团中产生小于  $5 \times 10^3$  Pa 的小幅度超压。在高度拥挤的空间或受限制的区域(如设备或建筑密集的空间),可能产生较高的压力。

### 5.3.8 密闭空间

在常温下天然气无法通过加压而液化,在约  $-80$  °C 以下才有可能在某个压力下液化。这就意味着被封存在密闭空间内的任何量的 LNG,如在两个阀门之间或密闭容器中,如果允许其升温,其压力就会持续升高,直至密闭系统发生破坏。因此,工厂和设备都应设计有合适尺寸的放空和/或泄压阀。

设计人员需特别留意,避免低温液体被密闭的任何可能性,即使是非常少量的低温液体,包括诸如球阀腔内液体的放空这类细节也需留意。

### 5.3.9 翻滚

在翻滚过程中大量气体可能在短时间内从 LNG 储罐中释放出来;除非采取预防措施或对容器进行特殊设计,否则翻滚将导致容器超压。在 LNG 储罐中可能形成两个稳定的分层或单元,这通常是由于新注入的密度不同的 LNG 混合不充分造成的。在每层内部液体密度是均匀的,但是底层液体的密度大于上层液体的密度。随后,由于输入储罐中的热量、各层间发生传热传质以及液体表面的蒸发,各层密度将达到均衡并且自发混合。这种自发的混合称之为翻滚;相对于储罐气相空间的压力而言,如果底层液体过热(通常正是这样的情况),翻滚的同时气化量也会增加;有时这种增加很快且量大。在少数几个实例中,储罐内部的压力上升的幅度足够大,以至于引起泄压阀的开启。

关于翻滚问题,早期曾假设当上层密度大于下层密度时,才会发生翻转,由此产生翻滚这一术语。近期的研究表明,情况并非如此,而是如前所述的快速混合造成翻滚。潜在翻滚事故发生之前,通常有一段其气化速率远低于正常情况。因此应密切监测气化速率以确保液体没有积蓄热量。如果对此有怀疑,则应采取的措施,循环底层液体至上层,以促进混合。通过良好的库存管理,可以防止翻滚。最好

将来源不同和组分不同的 LNG 分罐储存,或在注入储罐时应充分混合。氮气含量高的调峰型 LNG 装置,在储罐停止进料后,由于氮气更易闪蒸,也可能引起翻滚。经验表明,预防这种类型的翻滚,最好方法是保持 LNG 的含氮量低于 1%,并且密切监测气化速率。

因此,若因 LNG 来源不同等原因,存在分层可能时,应密切监测储罐中 LNG 的密度。一旦发现分层,则应采取缓解措施。

### 5.3.10 快速相变

当温度不同的两种液体在一定条件下接触时,会产生冲击波。当 LNG 和水接触时,RPT 现象就会发生。尽管不会发生燃烧,但会产生类似爆炸的压力波。LNG 泄漏至水面上而引发的 RPT 是罕见的,而且影响也有限。与实验结果相符的一种理论可概述如下:当两种温差很大的液体直接接触时,如果较热液体的温度高于较冷液体沸点的 1.1 倍(以开氏温度表示),后者温度将迅速上升,其表层温度可能超过自发成核温度(此时液体中产生气泡)。在某些情况下,过热液体会通过复杂的链式反应机制在短时间内蒸发,而且以冲击波的速率产生蒸气。

例如,液体之间能够通过机械冲击产生密切接触,将 LNG 或液态氮置于水面上的实验中证实了这种接触会引发快速相变。最近的研究对 RPT 有了更深刻的认识,可量化此现象的严重程度以确定是否需要采取预防措施。

### 5.3.11 沸腾液体膨胀蒸气爆炸

在高于某一压力下的任何处于或接近其沸点温度的液体,如果由于压力系统破裂而突然被释放,都会以极高的速率蒸发。已经发生过这种案例,剧烈的膨胀将破裂容器的大块构件抛出几百米。BLEVE 在 LNG 装置上发生的可能性极小,一是因为储存 LNG 的容器在低压下就会发生破裂(参见参考文献),而且蒸发速率很低;二是由于 LNG 在绝热的压力容器和管道中储存和输送,这类容器和管道本身具有一定的防火能力。

## 6 健康与安全

### 6.1 概述

下面的推荐意见为 LNG 设施运行的有关人员提供指南,但不能取代国家相关法规的要求。

### 6.2 置身于低温环境

#### 6.2.1 低温风险提示

与 LNG 相关联的低温会对身体暴露的部分产生各种影响;如果对处于低温环境的人体未能适当地加以保护,则其反应敏捷度和其他能力将受到不利影响。

#### 6.2.2 操作与冷灼伤

当皮肤与液体 LNG 接触时,可造成类似于灼伤的皮肤起泡现象。LNG 蒸发产生的气体也具有极低的温度,同样会造成冷灼伤。如暴露于这种寒冷气体中,即使时间很短,不足以影响面部和手部的皮肤,但是,类似眼睛一类脆弱的组织仍会受到伤害。人体未受保护的部分不应接触盛有 LNG 而未经保冷的管道和容器,这种极冷的金属会粘住皮肉,如果用力移开则会将皮肉撕裂。

#### 6.2.3 冻伤

严重或长时间地暴露在寒冷的蒸气和气体中会引起冻伤。通常会有局部疼痛给出冻伤预警,但有



时也会感觉不到疼痛。

#### 6.2.4 寒冷对肺部的影响

长时间在极冷的大气环境中呼吸会损伤肺部；短时间暴露会引起呼吸不适。

#### 6.2.5 体温过低

10℃以下的低温都有导致体温过低的危险，对于明显地受到低温影响的人，应迅速地从寒冷地带移开并用温水洗浴使体温恢复，水温应在40℃~42℃。不应利用干热的方法提升体温。

#### 6.2.6 推荐使用的防护服

当装运LNG时，如果可以合理预见到将暴露于LNG的环境之中，应使用合适的面罩或安全护目镜以保护眼睛。触碰任何正在或可能已经与低温的液体或气体接触过的设备或器件时，均应始终佩戴皮革手套。佩戴的手套应当宽松以便在低温液体不慎溅到手套内部或表面时能够迅速脱去。即使佩戴手套，也只能短时间握持或接触设备。

防护服或者类似的服装应是紧身的，最好没有口袋也没有卷边，裤子应穿在鞋或靴子的外面。若防护服被低温的液体或蒸气附着，穿用者在进入密闭空间或接近火源之前应对衣服进行通风处理。操作者应明白：防护服只是在偶然出现LNG溅落时起一定的保护作用，应尽量避免与LNG接触。

### 6.3 置身于天然气环境中

#### 6.3.1 毒性

LNG和天然气是无毒的。

#### 6.3.2 窒息

天然气可以令人窒息。空气中氧气的体积分数通常为20.9%，大气中氧气的体积分数低于18%时，就可能引起窒息。在空气中含高浓度天然气时，由于缺氧会产生恶心和头晕。然而一旦从暴露环境中撤离，则症状会很快消失。在进入可能存在天然气的地方之前，应测量该处氧气和烃类的含量。

即使氧气含量足够高，不会引起窒息，在进入前也应使用专用仪器进行可燃性检测。

### 6.4 火灾预防和消防

在装运LNG时，建议备好干粉（最好是碳酸钾）灭火器。与装运LNG有关的人员应经过使用干粉灭火器扑灭液体火灾的培训。高膨胀性泡沫或泡沫玻璃块可用于覆盖LNG池火，进而极大地降低其辐射作用。应保证水的供应以用于冷却，或在配有设备的情况下用于产生泡沫。但是不应使用水进行LNG的直接灭火。有关防火和消防的设计，应遵守GB/T 22724或者GB/T 20368，以及其他国际标准或国家标准。

灭火器应为干粉型。

### 6.5 颜色

蒸发气是无色的。但当其泄放至大气中时，会因空气中湿气冷凝形成白色云团。

### 6.6 气味

蒸发气是无气味的。

## 7 建造材料

### 7.1 LNG 工业中应用的材料

#### 7.1.1 概述

绝大多数普通建造材料在极低温度条件下,会因脆性断裂而失效。尤其是碳钢的抗断裂韧性在 LNG 温度下(−160 °C)很低。因此用于与 LNG 接触的材料应当验证抵抗脆性断裂性能。

#### 7.1.2 直接接触 LNG 的材料

与 LNG 直接接触而不会变脆的主要材料及其一般应用列于表 3 中,该表尚不完全。

表 3 用于直接接触 LNG 的主要材料及其一般应用

材料	一般应用
奥氏体不锈钢	储罐、卸料臂、螺母和螺栓、管道和管件、泵、换热器
9%镍合金	储罐
镍合金,镍铁合金	储罐、螺母、螺栓
36%镍的铁合金(因瓦合金)	管道、储罐
铝合金	储罐、换热器
铜和铜合金	密封件、磨损面
弹性材料	密封件、垫片
混凝土(预应力)	储罐
石墨	密封件、填料函
氟化乙烯丙烯共聚物(FEP)	电绝缘
聚四氟乙烯(PTFE)	密封件、填料函、轴承面
聚三氟一氯乙烯(Kel F)	轴承面
司太立合金 <sup>a</sup>	轴承面
<sup>a</sup> 司太立合金:Co 55%,Cr 33%,W 10%,C 2%。	

#### 7.1.3 正常操作下不直接接触 LNG 的材料

用于低温状态,但在正常操作下不与 LNG 直接接触的主要材料列于表 4 中,该表尚不完全。

表 4 在正常操作下不与 LNG 直接接触的主要材料

材料	一般应用
低合金不锈钢	滚珠轴承
混凝土(预应力、加强)	储罐
胶体混凝土	防泄漏围堰
木材(轻木、胶合板、软木)	热绝缘

表 4 (续)

材料	一般应用
弹性材料	涂料、胶黏剂
玻璃棉	热绝缘
分层云母	热绝缘
聚氯乙烯	热绝缘
聚苯乙烯	热绝缘
聚氨酯	热绝缘
聚异氰脲酯	热绝缘
砂子	热绝缘
硅酸钙	防泄漏围堰
二氧化硅(玻璃)	热绝缘
泡沫玻璃	热绝缘、防泄漏围堰
珍珠岩	热绝缘

#### 7.1.4 其他

铝材常用于换热器。如果 LNG 中不含会腐蚀铝材的杂质,比如说汞,铝材可以直接接触 LNG。液化装置的管式、板式换热器使用冷箱(钢制)加以保护。

铝材还可用于储罐的内吊顶。

专门设计用于液态氧或液态氮的设备和材料,通常也适用于 LNG。

设计用于 LNG 正常操作条件为较高压力和温度的设备时,也应考虑由于减压而引起内部介质温度的下降。

#### 7.2 温度应力

用于 LNG 设施的大多数深冷装置都会承受从环境温度到 LNG 温度的快速冷却过程。

在此冷却过程中出现的温度梯度将产生温度应力,该温度应力是瞬态的、周期性的,而且应力最大值发生在与 LNG 直接接触的容器壁上。这种应力随着材料厚度的增加而增加,当其厚度超过约 10 mm 时,该应力则应引起关注。尤其对于一些关键部位,可用公认的方法计算转变应力或冲击应力,也可通过实验测其脆性断裂性能。

LNG 设施所承受的极端温度范围,会导致显著的热胀冷缩,配管和结构的设计应为由而产生的位移留有一定余地,以避免出现过高的应力。另外,若管线中仅部分充填 LNG,则由此引起的从管线顶部至底部的温度梯度会产生弯曲应力和永久变形,进而可能导致 LNG 的泄漏,主要发生在法兰连接处。

应针对设备和管线系统开展柔性研究以确保最小柔性要求,防止在各个操作模式下(冷却、升温、瞬态工况等),因温度变化而产生过大的应力。柔性分析应包含所有正常工况、事故工况及特殊载荷工况(重力、风、雪、地震等)。

参 考 文 献

标准

- [1] ISO 6208 Nickel and nickel alloy plate, sheet and strip
- [2] ISO 6578 Refrigerated hydrocarbon liquids—Static measurement—Calculation procedure
- [3] ISO 6974 Natural gas—Determination of hydrogen, inert gases and hydrocarbons up to C8—Gas chromatographic method
- [4] ISO 8310 Refrigerated hydrocarbon and non-petroleum based liquefied gaseous fuels—General requirements for automatic tank thermometers on board marine carriers and floating storage
- [5] ISO 9328 Steel flat products for pressure purposes—Technical delivery conditions
- [6] ISO 9722 Nickel and nickel alloys—Composition and forms of wrought products
- [7] ISO 9723 Nickel and nickel alloy bars

一般特性

- [8] Safety tools for LNG risk evaluation: cloud dispersion and radiation, D. NEDELKA, B. WEISS, B. BAUER (Gaz de France), IGU H812-91, Berlin (July 1991)
- [9] Methodology of Gaz de France concerning matters of LNG terminals, D. NEDELKA, A. GOY (Gaz de France), Paper 1, Session III, LNG 10, Kuala Lumpur (May 1992)
- [10] Grundlagen sicherheitstechnischer Erfordernisse im Umgang mit Flüssigerdgas (LNG), K. A. HOPFER, gwf Gas-Erdgas 130 (1989), S 27-32

LNG 火灾

- [11] Calculation of radiation effects, D. NEDELKA (Gaz de France), EUROGAS Trondheim (May 1990)
- [12] The MONTOIR 35 m diameter LNG pool fire experiments, D. NEDELKA, J. MOORHOUSE, R. F. TUCKER, (Gaz de France, British Gas, Shell Research), Paper 3, Session III, LNG 9, Nice (Nov 1989)
- [13] Fire safety assessment for ISO storage facilities, B. J. LOWESMITH, J. MOORHOUSE, P. ROBERT, Paper 2, Session III, Intern. Conference on LNG (LNG 10), Kuala Lumpur 1992
- [14] Prediction of the heat radiation and safety distances of large fires with the model OSRAMO, A. SCHONBUCHER et al, 7th Int. Symp. on Loss Prevention and Safety Promotion in the process industries, 68-1/68-16, Proceedings, Taormina (1992)
- [15] Das experimentell validierte Ballen-Strahlungsmodell OSRAMO, Teil 1: Theoretische Grundlagen, A. SCHONBUCHER et al, Tü 33 (1992), 137/140
- [16] Das experimentell validierte Ballen-Strahlungsmodell OSRAMO, Teil 2: Sicherheitstechnische Anwendung (Sicherheitsabstände), A. SCHONBUCHER et al, Tü 33 (1992), 219/223
- [17] LNG fire: A thermal radiation model for LNG fires, Topical report, June 29, 1990, Gas Research Institute, 8600 West Bryn Mawr Avenue, Chicago, Illinois 60631
- [18] Thermal radiation from LNG trench fires, Volume III, Final report, September 1982-September 1984, Gas Research Institute, 8600 West Bryn Mawr Avenue, Chicago, Illinois 60631
- [19] Methods of the calculation of the physical effects of the escape of dangerous material, Chapter 6-Heat radiation, G. W. HOFTIJER TNO Organization for Industrial Research-Division of Technology for Society P.O. Box 342, 7300 AH Apeldoorn, Netherlands
- [20] Large scale LNG and LPG pool fires in the assessment of major hazards, GA MIZNER and

J.A.EYRE, Institution of Chemical Engineers Symposium, Series No.71(1982)

[21] DOE/Sandia National Laboratories Coordinated Approach for LNG Safety and Security Research, Briefing to NARUC Staff Subcommittee on Gas July 15, 2007

[22] Dr. Phani K. Raj, Large LNG Fire Thermal Radiation—Modeling Issues & Hazard Criteria Revisited, Technology & Management Systems, Inc, Process Safety Progress, 2005

[23] Phani K. Raj, NFPA 59A Vapor Dispersion & Thermal Radiation Models in the light of New Data Technology & Management Systems, Inc. Burlington, MA 01803 Presented at the AGA-NFPA 59A Standards Workshop Charlotte, NC, 2006

[24] McGrattan K. B., Baum H. R., Hamins A. Thermal Radiation from Large Pool Fires, NISTIR 6546. NIST, 2000

[25] Fire L. N. G. H MALVOS and P. K. RAJ, Thermal Emission and other characteristics of large Liquefied Natural Gas Fires. Process Safety Progress, 2007 September, 26 pp. 237-247

#### 快速相变

[26] Contribution to the study of the behaviour of LNG spilled onto the sea, A. SALVADORI, J. C. LEDIRAISON, D. NEDELKA, (Gaz de France), Session III, LNG 7, Djakarta (May 1983)

[27] Rapid phase transitions of cryogenic liquids boiling on water surface, J. D. SAINSON, C. BARADEL, M. ROULEAU, J. LEBLOND (Gaz de France, ESPCI, ENS), Paper 9, Session II, Eurotherm Louvain (May 1990)

[28] Propagation of vapor explosion in a stratified geometry. Experiments with liquid nitrogen and water, J. D. SAINSON, M. GABILLARD, I WILLIAMS (Gaz de France, Gas Research Institute), CSNI—Fuel Coolant Interaction—Santa Barbara (Jan. 1993)

[29] Evaluation of Rapid Phase Transition between LNG and Water, SAUTER V., GOANVIC J., OBHAR., IGRC 2004

#### 翻滾

[30] LNG stratification and rollover, J. A. SARSTEN. Pipeline and Gas Journal. 1972 Sep., 199 p. 37

[31] Tests on LNG behaviour in large scale tank at Fos-sur-Mer terminal, F BELLUS, Y. REVILLARD, C. BONNAURE, L. CHEVALIER (Gaz de France), Paper 9, Session III, LNG 5 (May 1977)

[32] Management of LNG storage tanks. Stratification, mixing and ageing of LNG, O. MARCEL, A. GIRARDLAOT, P. LANGRY (Gaz de France), Paper 4, Session III, LNG 10, Kuala Lumpur (May 1992)

[33] LNG tank filling: Operational procedures to prevent stratification, M. BAUDINO (SNAM), Paper H5, 16th World Gas Conference, Munich (1985)

[34] A Software Program Designed for the Safe Management of LNG Tanks, O. MARCEL, D. UZNANSKI, J. DUBOST (Gaz de France), Spare Paper, Session III, LNG 11, Birmingham (July 1995)

[35] Recent Advance in the Optimized management of LNG Storage Tank Filling Operations, D. UZNANSKI (Gaz de France), Y. AOYAGI (Osaka Gas), A. BENITO (ENAGAS), paper PO 16, Poster Session, LNG 13, Seoul (May 2001)

[36] Advance LNG Storage Tank management, D. UZNANSKI (Gaz de France), P. VERSLUIJS (Whessoe), Session LNG VI—Storage & Facilities, Third Natural Gas Utilization Topical Conference, AIChE Spring Meeting, New Orleans (April 2003)

[37] How to Operate LNG Receiving Terminals with Flexibility/safety despite the Diversification of Unloaded LNG Qualities, O. GORIEU, D. UZNANSKI (Gaz de France), P. DUPONT (University of Nantes), Paper PO-26, Poster Session, LNG 14, DOHA (March 2004)

[38] CFD Simulation on LNG Storage Tank to Improve Safety and Reduce Cost, K. Koyama (Tokyo Gas Co., Ltd.), Systems Modelling and Simulation—Theory and Applications Asia Simulation Conference 2006, Tokyo (November 2006)

[39] Development of fluid dynamics simulations for LNG storage tanks, M. Maeda (Tokyo Gas Co., Ltd.), Y. Shirakawa (Tokyo Gas Co., Ltd.), Paper PO-50, Poster Session, LNG 15, Barcelona (April 2007)

[40] Stratification and Rollover Simulation to Improve Efficiency and Reduce Cost at LNG Reception Terminals, Y. Shirakawa (Tokyo Gas Co., Ltd.), K. Koyama (Tokyo Gas Co., Ltd.), LNG Journal (February, 2008)

[41] First step in optimizing LNG storages for offshore terminals, Y. ZELLOUF, B. PORTANIER, Journal of Natural Gas Science and Engineering, 2011 October, 3 pp. 582-590

**沸腾液体膨胀蒸气爆炸**

[42] LNG and explosions of BLEVE type, L. MONTENEGRO FORMIGUERA (Catalana de Gas y Electricidad), Gas National Conference XIII, Madrid (May 1987)

**LNG 手册**

[43] Encyclopédie de gaz—L'Air Liquide—Elsevier (1976)

[44] LNG materials and fluids: A users manual of property data in graphic format, National Bureau of Standards, Douglas Man, Boulder, 1977

**LNG 溢出**

[45] Boiling and spreading rates of instantaneous spills of liquid methane on water, D. J. CHATLOS, R. C. REID, Gas Research Institute 81/0045 (April 1982)

[46] Verein Deutscher Ingenieure, Arbeitsblatt VDI 3783, Blatt 1: Ausbreitung von störfallbedingten Freisetzungen, Sicherheitsanalyse

[47] Verein Deutscher Ingenieure, Arbeitsblatt VDI 3783, Blatt 2: Ausbreitung von störfallbedingten Freisetzungen schwerer Gase, Sicherheitsanalyse



中 华 人 民 共 和 国

国 家 标 准

液化天然气的一般特性

GB/T 19204—2020

\*

中国标准出版社出版发行  
北京市朝阳区和平里西街甲2号(100029)  
北京市西城区三里河北街16号(100045)

网址: [www.spc.org.cn](http://www.spc.org.cn)

服务热线: 400-168-0010

2020年6月第一版

\*

书号: 155066·1-64965

版权专有 侵权必究



GB/T 19204-2020