



中华人民共和国国家标准

GB/T 42864—2023

液化天然气的取样设施及取样性能检验

Sampling facilities and sampling performance testing of liquefied natural gas

2023-08-06 发布

2023-12-01 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
引言	IV
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
4 取样方法	3
4.1 通则	3
4.2 直接取样	4
4.3 间接取样	5
4.4 取样方法选取	8
4.5 取样时机	8
4.6 取样点位置	9
5 取样设施技术要求	9
5.1 取样探头	9
5.2 气化器	11
5.3 压力和流量控制回路	12
5.4 缓冲罐	12
5.5 气体样品储气罐	12
5.6 气体样品输送泵	12
5.7 恒压移动活塞式容器	12
5.8 取样容器	13
5.9 取样回路	13
5.10 控制器	13
6 取样设施的测试和验收	13
6.1 出厂测试和验收	13
6.2 适用性检验	14
7 评价	15
7.1 评价时间	15
7.2 评价内容	15
7.3 评价方法	15
7.4 评价结果	17
7.5 其他	17
附录 A (规范性) 气化器换热功率计算	18

A.1 气化显热	18
A.2 气化 1 kg 的 LNG 需要的总热量	18
A.3 气化器功率	18
附录 B (规范性) 气体样品储气罐容积计算方法	19
B.1 吹扫所需气体样品参数	19
B.2 充装钢瓶消耗气体样品参数	19
B.3 气体样品储气罐有效容积	19
参考文献	20
图 1 直接和间接取样方法分类示意图	3
图 2 LNG 取样设施的基本组成	4
图 3 直接取样典型示意图	5
图 4 点式取样典型示意图	6
图 5 连续型累积取样典型示意图	7
图 6 间歇型累积取样典型示意图	8
图 7 取样时机	9
图 8 取样探头示意图	10
图 9 取样探头在水平管道插入方位	10
图 10 气化器结构示意图	11
图 11 恒压移动活塞式容器示意图	13
表 1 主要元件性能测试(示例)	15
表 2 取样操作测试(示例)	16
表 3 维护及质量管理清单	17

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。

本文件由全国石油天然气标准化技术委员会(SAC/TC 355)提出并归口。

本文件起草单位：中海石油气电集团有限责任公司、国家石油天然气管网集团有限公司液化天然气接收站管理分公司、中国石油天然气股份有限公司天然气销售分公司、中石化烟台龙口液化天然气有限公司、中海油石化工程有限公司、中国石油天然气股份有限公司西南油气田分公司天然气研究院、重庆川仪分析仪器有限公司、北京探能科技有限责任公司、四川省产品质量监督检验检测院。

本文件主要起草人：刘冰、张超、邢楠、田靖、陈利、吴健宏、于松涛、熊彬烽、童文龙、周驰、成永强、陈海平、王成硕、周理、陶克、吴宇、郑洪星、孙齐。

引 言

液化天然气(LNG)是超低温、多组分混合轻烃液体,输送及使用过程中极易受压力、温度及环境条件的影响而提前气化。与气态天然气取样相比,LNG的组分、发热量、密度及水露点等品质指标的测定精度在很大程度上取决于LNG取样设施的性能。其中,LNG的提取、气化,气化后天然气样品的收集、分装及其全流程的控制均是关键环节。

除了已经成熟应用的LNG接收站码头用LNG取样设施之外,天然气液化工厂、LNG加注船(站)、气化卫星站、LNG罐箱、浮式液化天然气(FLNG)、浮式再气化装置(FSRU)等环节也需要对LNG组分进行交接计量或品质监控。

本文件为LNG产业链各环节提供LNG取样方法,针对LNG取样设施提出设计、测试验收及使用评价要求,目的是提高LNG取样的代表性及LNG取样设施的稳定性,确保LNG的交接计量与品质监控顺利完成。

本文件不涉及与其应用有关的所有安全问题。在使用本文件前,使用者有责任制定相应的安全和保护措施,并明确其限定的适用范围。

液化天然气的取样设施及取样性能检验

1 范围

本文件规定了液化天然气(LNG)的取样方法、取样设施技术要求、测试和验收及使用性能评价要求。

本文件适用于 LNG 接收站、天然气液化工厂、LNG 加注船(站)、气化卫星站、LNG 罐箱等 LNG 输送时的交接计量和品质监控。

2 规范性引用文件

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

GB/T 13609—2017 天然气取样导则

GB/T 20603—2006 冷冻轻烃流体 液化天然气的取样 连续法

GB/T 24925 低温阀门 技术条件

GB/T 30490 天然气自动取样方法

NB/T 47013.2 承压设备无损检测 第 2 部分:射线检测

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

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气态组分的一种无色液态流体。

3.2

直接取样 direct sampling

在取样介质与分析单元直接连接的情况下的取样。

注:一般用于在线分析。

3.3

间接取样 indirect sampling

在取样介质与分析单元没有直接连接的情况下的取样。

注:一般用于离线分析。

3.4

连续型累积取样 continuous sampling

在 LNG 稳定输送的整个取样时间内,将样品从 LNG 输送管线中连续取出,并对其进行气化处理,之后以恒定流量连续进入气体样品储气罐,在取样结束后由气体样品储气罐输入气体取样容器的方法。

3.5

间歇型累积取样 discontinuous sampling

在 LNG 稳定输送的整个取样时间内,将样品从 LNG 输送管线中连续取出,并对其进行气化处理,之后以恒定的时间间隔或流量间隔定量充入恒压移动活塞式容器的方法。

3.6

点样 spot sample

规定时间在规定地点从气流采集的具有规定体积的样品。

注:是采用点式取样方法获得样品后的简称。

3.7

取样点 sample point

能够从其中采集到有代表性样品的一个部位。

3.8

过冷 subcooling

在给定的压力下降低 LNG 的温度,使之低于其沸点。

3.9

气化 gasify

由液体经蒸发或沸腾转化为蒸气。

3.10

凝析 condensation

烃类混合物从气态转变为液态的物理过程。

3.11

取样探头 sample probe

插入待取 LNG 的输送管线中或通过适配接口安装在 LNG 输送管线上,以便提取 LNG 样品的装置。

3.12

LNG 气化器 LNG sample vaporizer

将从 LNG 输送管线提取到的 LNG 样品完全气化的装置。

3.13

LNG 取样管线 LNG sampling line

从 LNG 输送管线上的取样点到 LNG 气化器之前的管线。

3.14

缓冲罐 accumulator

用于缓冲 LNG 气化时产生的压力波动并使气体混合均匀的装置。

3.15

气体样品储气罐 gas sample holder

连续型累积取样中以恒定流量连续收集 LNG 气化器后天然气样品的储气罐。

3.16

取样容器 gas sample container

间接取样时,用于收集、储存和运输气体样品到分析仪器的容器。

注:也称为取样气瓶,分为固定容积式容器和恒压移动活塞式容器。

3.17

气体样品输送泵 gas sample pump

间歇型累积取样中以恒定时间间隔或流量定量地将 LNG 气化后的样气输送至恒压移动活塞式容

器的装置。

3.18

LNG 输送管线 LNG transfer line

用于输送 LNG 的管线。

4 取样方法

4.1 通则

应在 LNG 连续稳定输送的管线中设置 LNG 取样设施提取部分 LNG 样品,通过气化器将 LNG 样品中的全部组分转化为常温气态天然气,再进行分析。

某些不具备插入取样探头进行 LNG 提取的情况,需采用适配接口,与原取样探头配合进行代表性样品的提取,适配接口通常采用法兰连接形式。

不宜从 LNG 输送管线上直接排液进行封闭式液体定量取样,容易影响代表性和引起安全风险。

LNG 样品气化后应通过快速回路排放到安全点,确保气流连续不断的通过,提高取样代表性,也不应直接排放到空气中。

LNG 交接计量及品质监控中,LNG 取样方法分为直接取样和间接取样,见图 1。

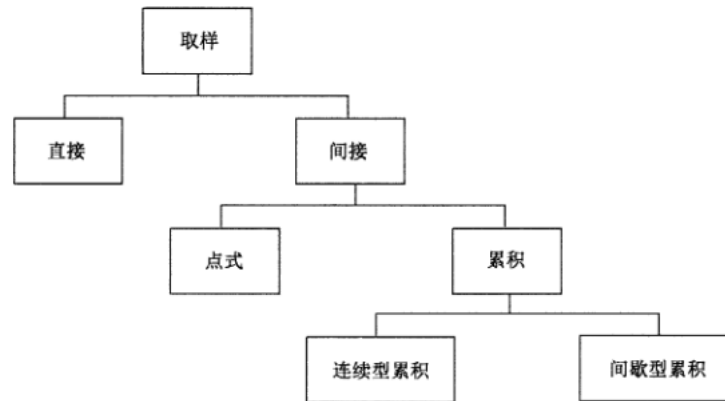


图 1 直接和间接取样方法分类示意图

不同取样方法采用的 LNG 取样设施的基本组成见图 2。

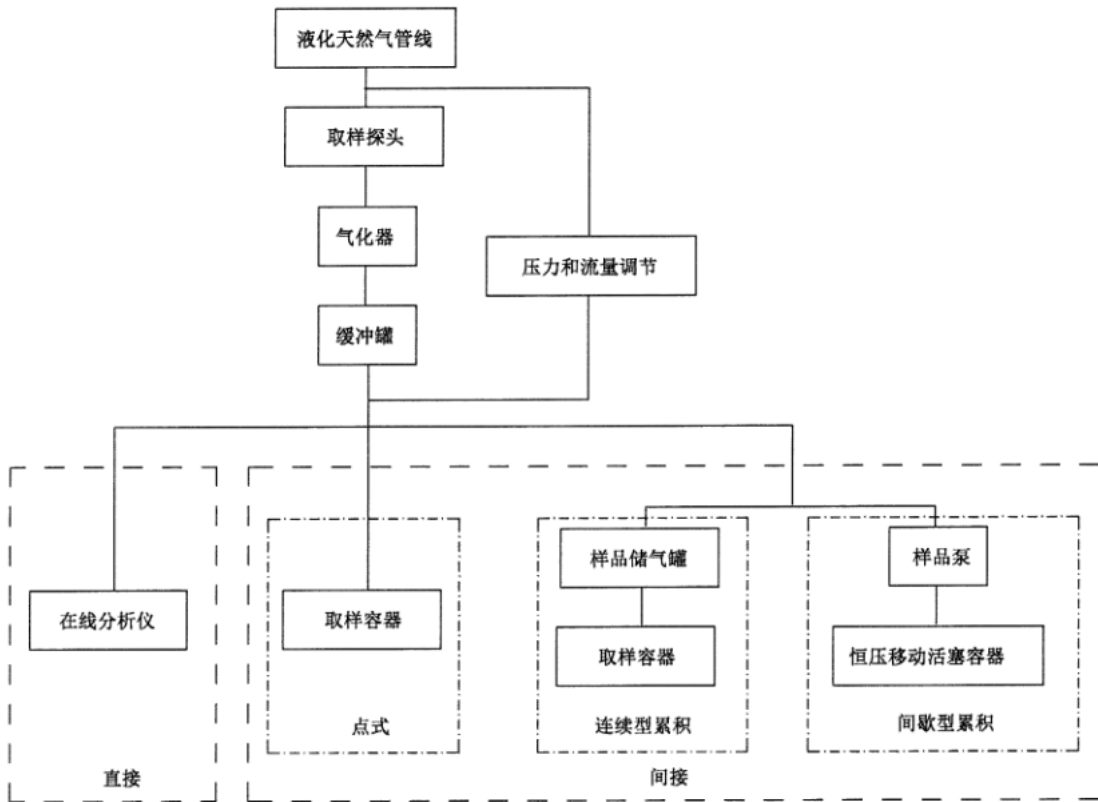
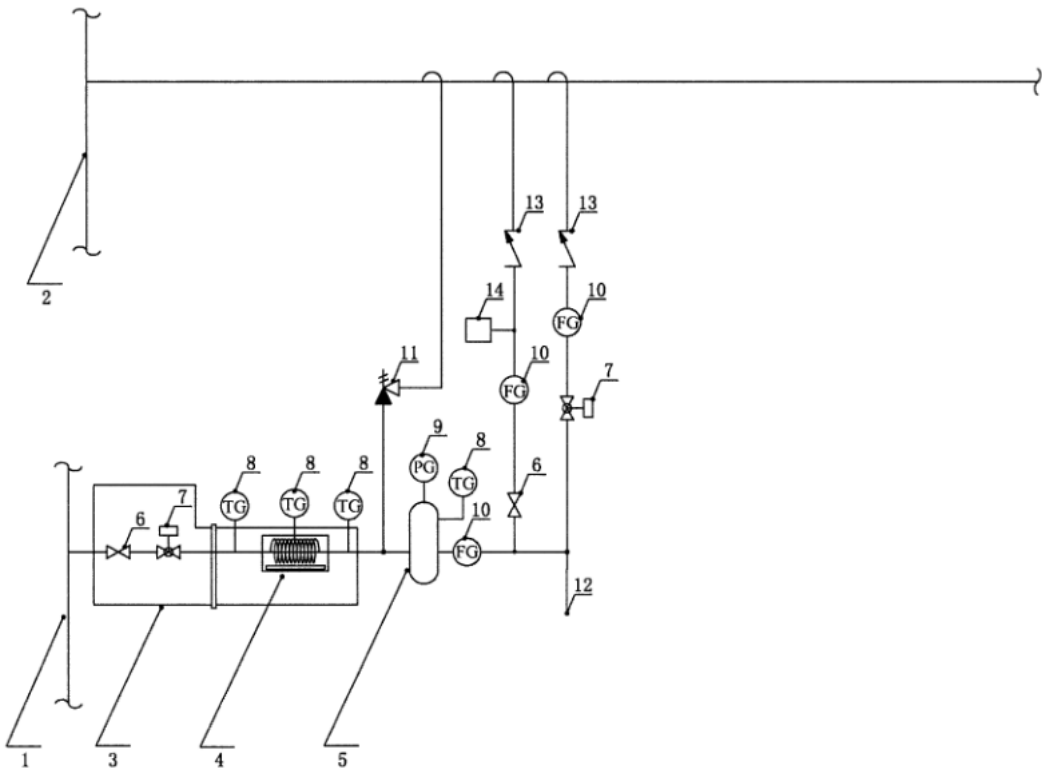


图 2 LNG 取样设施的基本组成

4.2 直接取样

直接取样,见图 3,应通过调节气体排放量控制进入在线分析仪的气体样品流量。

直接取样用 LNG 取样设施应至少包括取样探头、气化器、缓冲罐、压力和流量调节及在线分析仪。



标引序号说明：

- | | | | |
|-------------|---------|-----------|------------|
| 1——液化天然气管线； | 5——缓冲罐； | 9——压力表； | 13——止回阀； |
| 2——天然气管线； | 6——手动阀； | 10——流量计； | 14——在线分析仪。 |
| 3——取样探头； | 7——自动阀； | 11——安全阀； | |
| 4——气化器； | 8——温度计； | 12——点样接口； | |

图 3 直接取样典型示意图

4.3 间接取样

4.3.1 通则

间接取样分为累积取样和点式取样，累积取样分为连续型累积取样和间歇型累积取样。

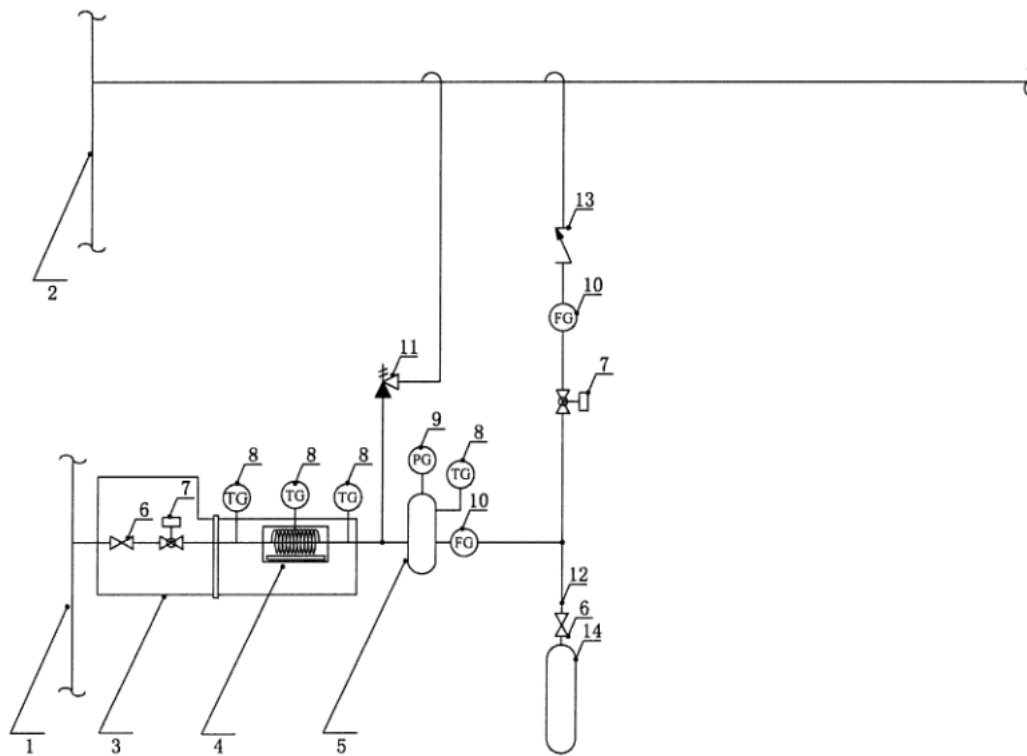
累积取样应符合 GB/T 30490 的要求。

4.3.2 点式取样

点式取样应在 LNG 气化后的稳定气流中完成，设置一定数量快速接头，在不影响其他方法取样的前提下进行。

点式取样一般很少单独使用。若无需在线分析仪器实时监控，可由直接取样简化得到，应至少包括取样探头、气化器、缓冲罐、压力和流量调节设施、取样容器。

点式取样，见图 4，配合其他取样方法使用的接入点见图 3、图 5、图 6 的相关部分。



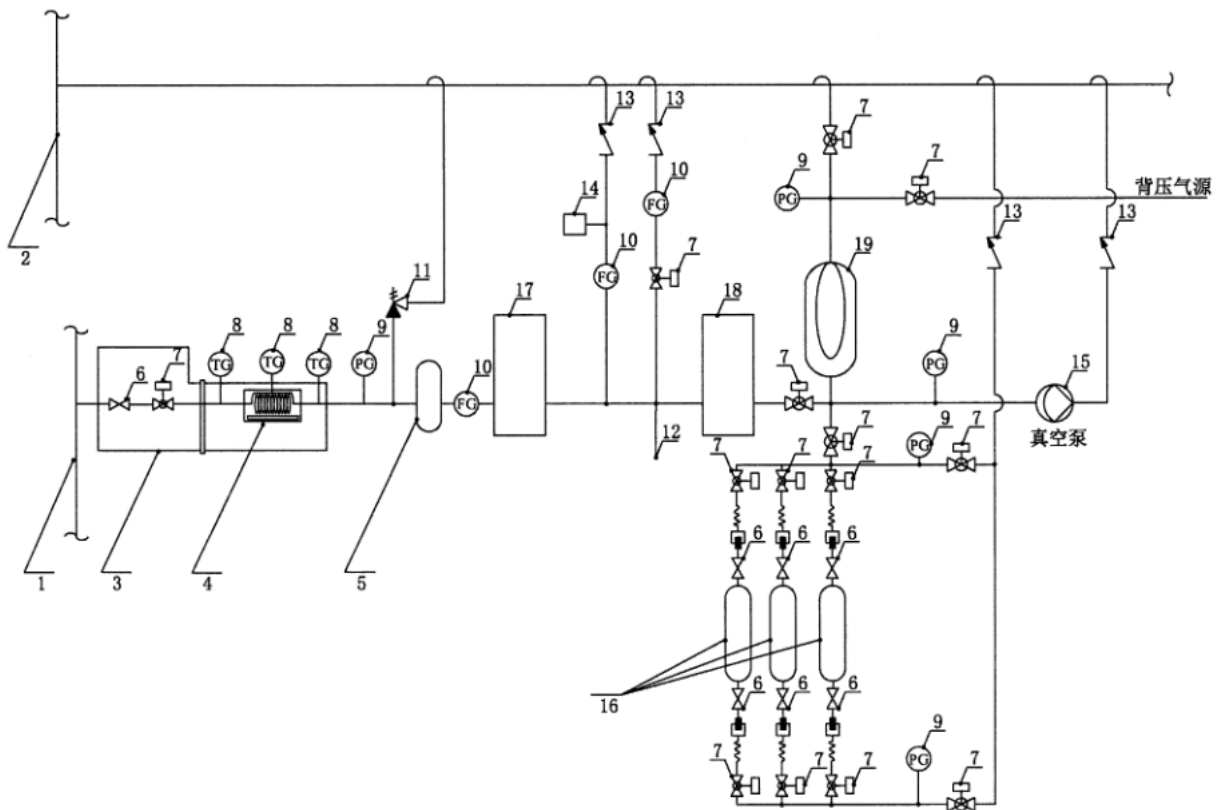
标引序号说明：

- | | | | |
|-------------|---------|-----------|-----------|
| 1——液化天然气管线； | 5——缓冲罐； | 9——压力表； | 13——止回阀； |
| 2——天然气管线； | 6——手动阀； | 10——流量计； | 14——取样容器。 |
| 3——取样探头； | 7——自动阀； | 11——安全阀； | |
| 4——气化器； | 8——温度计； | 12——点样接口； | |

图 4 点式取样典型示意图

4.3.3 连续型累积取样

连续型累积取样，见图 5。



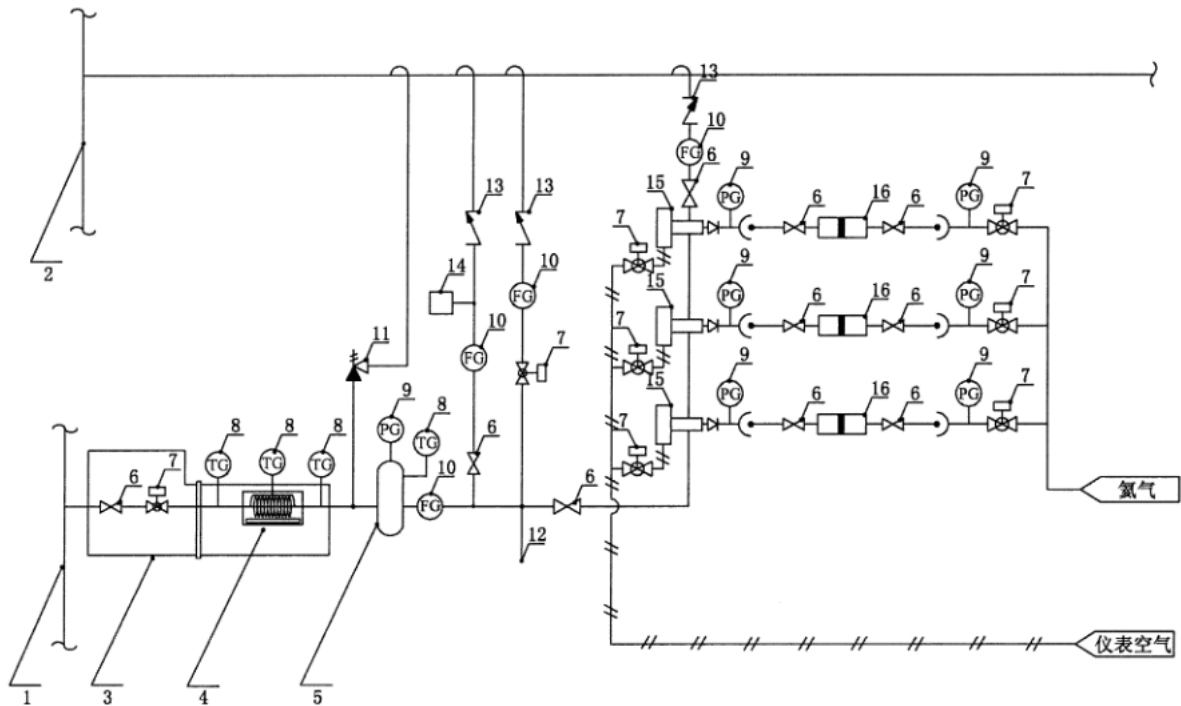
标引序号说明：

- | | | | |
|-------------|-----------|-------------|--------------|
| 1——液化天然气管线； | 7——自动阀； | 13——止回阀； | 19——气体样品储气罐。 |
| 2——天然气管线； | 8——温度计； | 14——在线分析仪； | |
| 3——取样探头； | 9——压力表； | 15——真空泵； | |
| 4——气化器； | 10——流量计； | 16——取样容器 | |
| 5——缓冲罐； | 11——安全阀； | 17——压力控制回路； | |
| 6——手动阀； | 12——点样接口； | 18——流量控制回路； | |

图 5 连续型累积取样典型示意图

4.3.4 间歇型累积取样

间歇型累积取样，见图 6。



标引序号说明：

- | | | | |
|-------------|---------|-----------|----------------|
| 1——液化天然气管线； | 5——缓冲罐； | 9——压力表； | 13——止回阀； |
| 2——天然气管线； | 6——手动阀； | 10——流量计； | 14——在线分析仪； |
| 3——取样探头； | 7——自动阀； | 11——安全阀； | 15——气体样品输送泵； |
| 4——气化器； | 8——温度计； | 12——点样接口； | 16——恒压移动活塞式容器。 |

图 6 间歇型累积取样典型示意图

4.4 取样方法选取

直接取样一般用于取样时机较短的交接计量或需实时监控 LNG 品质的应用场合，间接取样一般用于较长时长的交接计量，两种方法一般配合使用。

某些不具备插入 LNG 取样探头进行 LNG 提取的情况，通常采用点式取样，并在条件允许的情况下配合直接取样使用。

LNG 接收站码头交接计量应采用直接取样和间接取样结合的方式，间接取样应包括点式取样和连续型累积取样(或间歇型累积取样)。

LNG 槽车装卸车、LNG 罐箱充装应采用直接取样方法，宜配合点式取样。

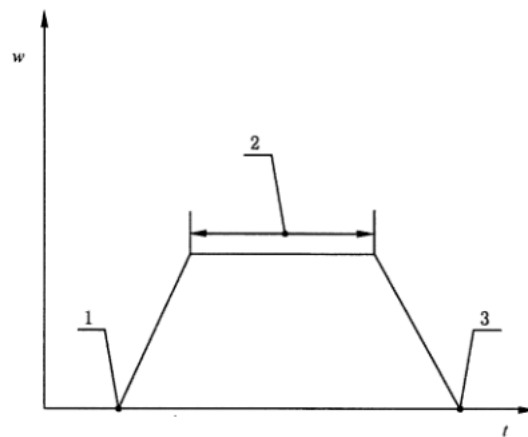
LNG 加注船(站)加注计量宜根据实际条件采用直接取样和点式取样。

应按照 LNG 组分的计量要求，根据取样点的位置、输送管线工况、介质特性合理选择取样方法，并按照图 2 要求确定取样设施的基本组成。

4.5 取样时机

应在 LNG 温度、压力、流量稳定的输送工况确定取样时机，不应包括开始输送时加速阶段和结束输送时减速阶段，见图 7。

所有取样方法均应在该时机内完成。



标引序号说明：

- | | |
|----------------|------------|
| W —— LNG 流量； | 2 —— 取样时机； |
| t —— 输送时间； | 3 —— 输送结束。 |
| 1 —— 开始输送； | |

图 7 取样时机

4.6 取样点位置

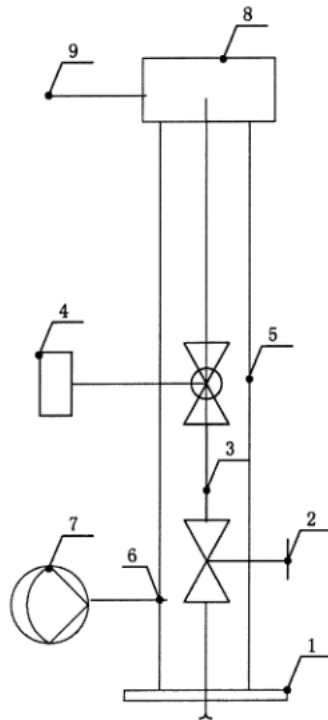
取样点位置的选择如下。

- 宜选择在水平管道上,取样点前后直管段长度要求至少分别为 10 倍和 5 倍的管径。
- 应在流动的 LNG 输送管线中保持取样的代表性,不应在 LNG 输送管线的死区取样。应满足过冷度计算要求。
- 应在流体状态趋于平稳的位置取样,远离任何可能引起压力降的设备(比如孔板、温度计弯头等),最小为管道直径 5 倍的距离。
- 宜选择取样管路短、传输滞后时间短的位置。
- 宜选择取样设施便于安装和维护的位置。

5 取样设施技术要求

5.1 取样探头

5.1.1 取样探头由手动阀、自动阀、气化器、LNG 取样管线及其绝热结构及必要的检测元件组成,见图 8。一般为单向取样,当存在双向流工况时,也可设置为双向取样。交接计量宜采用一用一备配置。



标引序号说明：

- | | |
|--------------|----------|
| 1——管路接口法兰； | 6——真空口； |
| 2——手动阀； | 7——真空泵； |
| 3——LNG 取样管线； | 8——气化器； |
| 4——自动阀； | 9——样气出口。 |
| 5——真空套管； | |

图 8 取样探头示意图

5.1.2 取样探头应进行振动频率计算，且计算结果能够防止取样探头损坏，应抗流速冲击和腐蚀，且不易堵塞。应用于高流速、大尺寸输送管线的取样，可根据共振影响安装加强管保护。

5.1.3 取样探头的设计压力应不低于取样点所在管线的设计压力，取样探头的孔径、内部取样管线的尺寸应与气化器的气化能力相匹配。

5.1.4 取样探头应插到直径 $1/3 \sim 1/2$ 处，取样探头插入方位见图 9：

- a) 在水平管道上取样时，宜从上部插入 ($45^\circ \sim 135^\circ$)；
- b) 在垂直管道上取样时，从侧面插入，介质流向应自下至上。

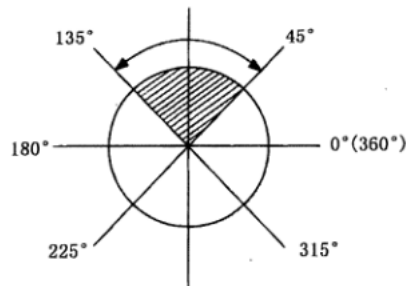


图 9 取样探头在水平管道插入方位

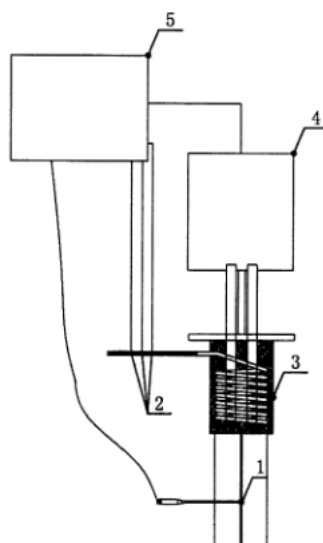
5.1.5 取样探头宜采用法兰连接形式。

5.1.6 为保证 LNG 在进入气化器前不发生提前气化：

- a) 从取样点到气化器之间的距离宜尽量短、取样管线尺寸宜尽量小，并且不宜采用管道变径的连接方式，以避免产生节流效应；
- b) 取样探头中的取样管线及阀门应采用安全、有效、可靠的绝热结构，且便于安装和维护；
- c) 取样探头应符合 GB/T 20603—2006 中附录 A 对过冷度的要求；
- d) 应考虑取样探头中阀门漏热对过冷度计算结果的影响；
- e) 应设置温度检测元件，宜设置压力检测元件。

5.2 气化器

5.2.1 气化器应采用可靠、稳定、安全的换热方式。交接计量宜一用一备配置，基本结构见图 10。



标引序号说明：

- 1——入口温度、压力检测元件；
- 2——出口温度、压力、流量检测元件；
- 3——气化器；
- 4——控温模块；
- 5——电气元件控制器。

图 10 气化器结构示意图

5.2.2 气化器的结构设计应能使 LNG 中的 C_2 及 C_2 以上组分不残留在气化器中。

5.2.3 气化器提供的热量应使 LNG 经过气化和减压后不会产生凝析，气化器出口气体温度宜控制在 $50\text{ }^\circ\text{C}$ 以上。

5.2.4 若取样流速可调节，气化器提供的热量也应可调节，满足对热量变化的需求。

5.2.5 宜设置气化器温度检测和紧急关断设施，包括气化器入口、气化器内部和出口的温度和压力检测仪表。如设置了控制器，控制应采集仪表检测参数，并根据参数异常，具有自动关断 LNG 取样的功能。

5.2.6 气化器的功率计算应考虑被测介质的所有特性，按照附录 A 给出的方法计算，并根据换热方式的不同考虑一定的设计余量。

5.2.7 如气化器采用电加热型式时，应满足安装位置的危险区划分等级。

5.3 压力和流量控制回路

5.3.1 当气化后的样品靠自身压力输送至储气罐(瓶)时,压力和流量控制回路安装在 LNG 样品缓冲罐出口处。

5.3.2 当气化后的样品靠压缩机输送时,压力和流量控制回路安装在压缩机出口处。

5.3.3 压力和流量调节阀的调节能力应大于 LNG 样品气化后的最大流量。

5.3.4 安装在其他位置的压力和流量控制回路应保证样气流量维持恒定状态。

5.4 缓冲罐

5.4.1 应设置缓冲罐,使气化器后样品充分混合,缓解压力波动。

5.4.2 为减小取样滞后时间,缓冲罐容积宜不大于 2.5L。

5.4.3 缓冲罐的结构设计应易于吹扫,并应设置安全阀和压力表。

5.4.4 当缓冲罐所处的环境温度较低时,应采取保温措施,避免缓冲罐内产生凝析效应。

5.5 气体样品储气罐

5.5.1 采用连续型累积取样时,应设置气体样品储气罐。

5.5.2 气体样品储气罐应采用无水封型,若采用固定容积式容器,通常以恒定压力收集样品,并可监控样品收集状态。

5.5.3 气体样品储气罐的容积应大于充装取样容器(或恒压移动活塞式容器)所要求的容积与吹扫储气罐至取样容器之间管线的容积总和。

5.5.4 气体样品储气罐容积与取样时间、取样压力、取样温度有关,容积计算应按附录 B 的方法。

5.5.5 气体样品储气罐在收集气样和置换时应不污染气体样品,应设置安全阀和压力表。

5.6 气体样品输送泵

5.6.1 采用间歇型累积取样时,应采用气体样品输送泵提供稳定外输流量。

5.6.2 气体样品输送泵不应有对样气有任何污染,应采用无油型。

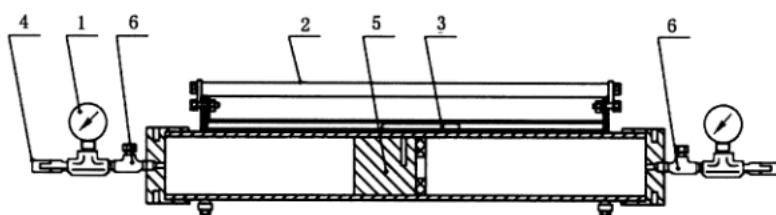
注:气体样品输送泵适用于间歇型累积取样。

5.6.3 气体样品输送泵应与恒压移动活塞式容器一一对应。

5.7 恒压移动活塞式容器

5.7.1 采用间歇型累积取样时,应采用固定容积式容器,一般采用恒压移动活塞式容器。

5.7.2 恒压移动活塞式容器应设有浮动活塞、位置指示器、防爆隔膜、压力表、手提把手、阀门等,结构设计要求不应低于图 11 的示例。其中位置指示器用于指示钢瓶充装体积,压力表用于检测钢瓶内样品压力。



标引序号说明：

- | | |
|-----------|---------------|
| 1——压力表； | 4——阀门； |
| 2——手提把手； | 5——浮动活塞； |
| 3——位置指示器； | 6——防爆隔膜(安全阀)。 |

图 11 恒压移动活塞式容器示意图

5.7.3 恒压移动活塞式容器的浮动活塞，应能够隔绝钢瓶两端独立空间的气体，不相互渗透，使气体的置换不污染气样。

5.8 取样容器

5.8.1 取样容器宜采用体积恒定容器，一般用于点式取样及连续型累积取样。

5.8.2 取样容器应由不锈钢的管材圆筒体和焊接的末端封头构成，每个末端封头应配有一个不锈钢针型阀。

5.8.3 加工完成后的圆柱型容器在结构上应满足耐压要求。

5.8.4 取样容器在结构上应便于吹扫。

5.8.5 取样容器应有足够的容量，即所容纳的气体体积大于测定气体组成所需的样品量。

5.9 取样回路

5.9.1 LNG 气化后的管线宜尽可能短，应对气化后的天然气进行伴热和保温，以避免样品凝析，应符合 GB/T 13609—2017 中 5.2 的规定。

5.9.2 接触到 LNG 及气化后样品的管线(含取样探头)及设备，宜采用不锈钢等，应进行硫钝化处理，管线及设备的材料应与取样方法相适应，对气流中可能存在的组分应为惰性或没有吸附性。

5.9.3 样品传输管线不应有袋形。

5.9.4 样品传输管线宜采用无缝不锈钢管。

5.9.5 应设置压力控制和过压保护装置。

5.9.6 样品不应任意排放。

5.10 控制器

5.10.1 应用于 LNG 接收站码头交接、LNG 槽车充装的取样设施应配备控制器，实现自动取样功能，控制取样压力、温度、流量参数在取样时机内恒定，控制取样、吹扫、充装及联锁关断的自动运行。其他计量场合也可选择控制器。

5.10.2 宜采用可编程逻辑控制器(PLC)进行独立控制，也可采用集散控制系统(DCS)进行控制。

6 取样设施的测试和验收

6.1 出厂测试和验收

6.1.1 通用要求

取样设施的取样探头、气化器、压力容器应按 6.1.2 中要求进行测试和验收。

压力和无损检测过程应有书面程序文件和报告。

6.1.2 静态测试与验收

静态测试与验收包括但不限于：

- a) 数量检查(包括设施包含的附件)；
- b) 外观检验(包括漆面质量、表面光洁度等检验)；
- c) 尺寸检测(包括管线、阀门、设备、仪器仪表及其连接件的形式与尺寸)；
- d) 标牌标识(包括铸造、锻造或打印铭牌标识内容、LNG 取样探头安装方向标识)；
- e) 认证证书(包括低温阀门出厂检验、防爆认证、型式批准认证等)；
- f) 材质证明(包括低温管线、低温阀门的材质)。

6.1.3 压力密封测试

应对取样探头包括的低温管线(插入 LNG 输送管线部分)、阀门及其连接元件进行整体压力密封测试。

压力应不小于最大允许工作压力值的 1.5 倍。测试介质可采用空气、氮气或惰性气体。测试时间至少为 15 min, 压力降不超过试验压力的 1%。

封闭取样探头管线的一端, 探头上阀门全部开启, 另一端缓慢加压, 测试期间, 各连接处不应有可见渗漏和结构性永久变形或损伤。

6.1.4 真空密封测试

如采用真空绝热型式的取样探头, 应封闭取样探头绝热空间的两端, 从绝热空间抽真空接头处进行抽真空操作。

真空压力至少保持在 -90 kPa(表压)。测试时间至少为 10 min。

真空压力不应有变化。

6.1.5 无损检测

LNG 取样探头的不锈钢管与设备、管件连接处的焊缝进行 100% 无损探伤检验, 至少包括 X 射线检测, 应符合 NB/T 47013.2 的规定。

应在完成了所有的热处理、焊接和修复之后进行无损检测。

6.1.6 低温测试

所采用的低温阀门外购件应符合 GB/T 24925 的要求, 并提供出厂检验报告。

取样探头插入到 LNG 输送管线部分应进行低温试验, 建立液氮槽, 配备液氮冷冻剂, 试验温度为 -196 °C。

6.1.7 气体样品储气罐密封测试

应对连续型累积取样采用的气体样品储气罐进行密封测试及外接气源可能污染样品气的泄漏测试。

6.2 适用性检验

为确保 LNG 取样设施所取 LNG 样品具有代表性, 首次应用的 LNG 取样设施, 尤其针对交接计量用设施, 在现场安装使用前, 应进行工厂适用性检验, 参见 EN 12838。

7 评价

7.1 评价时间

主要指 LNG 取样设施安装完成后的现场验收测试(首次评价)和使用过程中的评价。使用过程的评价可根据取样时机,按取样时机前和时机内进行分别评价,也可整体评价。

7.2 评价内容

首次评价是指 LNG 取样设施组成与安装检查。

使用过程的评价包括但不限于主要元件性能测试、取样操作测试、维护及质量管理等。

7.3 评价方法

7.3.1 组成与安装检查

针对不同的取样方法,可根据图 2 进行 LNG 取样设施的组成与安装检查。

LNG 接收站码头计量交接用 LNG 取样设施应至少包含取样探头、气化器、缓冲罐、取样容器、气体样品储气罐(或恒压移动活塞式容器)、在线分析仪及控制器等基本组成的检查,并根据第 5 章进行技术要求检查。

用于 LNG 槽车充装的计量及其他计量应用可结合现场需求进行调整。

7.3.2 主要元件性能测试

完成组成与安装检查后,一般通过检漏液或便携式分析仪对 LNG 取样设施的所有连接部位进行泄漏检测,发现泄漏后应立即进行维修或整改。泄漏检查一般使用氮气作为介质,可从 LNG 取样设施气化器后管线注入氮气,检测管线连接部位的密封情况。

应对主要元件性能进行测试,并评价和记录,测试项目见表 1。

表 1 主要元件性能测试(示例)

检查位置	编号	检查项	检查标准	结果(Y/N)	备注
现场元件与性能	1	显示面板的外观、开关、指示灯	外观良好、指示灯正常指示等	Y	
	2	真空度	符合要求,一般小于-90 kPa(表压)并可长久维持该表压	Y	针对真空绝热结构
	3	温度、压力、流量	开启取样探头后,温度、压力、流量的设定值符合要求(可重点检查气化器入口温度、出口温度、出口压力、气化后流量等)	Y	
	4	在线分析仪	分析仪正常工作(可重点检查标定结果、标准气体有效期、载气等内容)	Y	
	5	仪表空气及其分配设施	连接紧固、无松动、无明显泄漏等	Y	
	6	提供背压的气体及其压力	气体性质及其压力值符合要求等	Y	

表 1 主要元件性能测试(示例)(续)

检查位置	编号	检查项	检查标准	结果(Y/N)	备注
控制器元件与性能	1	控制器上位机(或触摸屏)	显示正常、数据采集及控制联锁功能正常等	Y	
	2	控制器通信	连接线无松动、无破损等保持通信正常	Y	
参数设置	1	吹扫次数	符合要求,一般不小于3次	Y	
	2	收集样气的压力	满足取样时间等要求	Y	
	3	气体样品输送泵间隔时间	满足取样时间等要求	Y	适用于间歇型累积取样
	4	样品容器充装压力	满足分析要求,一般为400 kPa~700 kPa(表压)	Y	
	5	吹扫压力	符合要求,一般为50 kPa(表压)	Y	

正式取样开始之前和取样过程中,还应进行操作测试,并评价和记录,测试项目见表2。

表 2 取样操作测试(示例)

编号	测试内容	测试标准	结果(Y/N)	备注
1	样品容器抽真空及惰性气体吹扫、充装	惰性气体通常采用氦气,抽真空、吹扫和充装压力满足要求	Y	
2	安装样品容器	现场安装样品容器,打开样品容器两端阀门	Y	
3	通信控制	就地/远程操作控制正常	Y	
4	在线分析仪	在线分析仪可正常工作,天然气标准气体验证测试通过	Y	
5	气化器入口温度	确保处于过冷状态,满足过冷度计算,温度值稳定	Y	
6	气化器出口温度	确保气样无凝析	Y	
7	气化器内部温度	提供足够热量,温度值稳定	Y	
8	气化器出口流量	气体流量调节回路正常,流量稳定	Y	
9	取样开始	取样时机内温度、压力、流量稳定,阀门开关正常	Y	
10	点式取样	取样时机内,点样的实验室分析与在线色谱分析仪结果一致	Y	
11	取样结束	样品容器充装正常	Y	

7.3.3 维护及质量管理

应确保 LNG 取样设施资料齐全并及时存档,资料内容应包括产品台账、工厂测试报告、现场测试

报告、验收记录、操作维护手册、备品备件清单等。应为 LNG 取样设施配备专业的操作人员,且操作人员熟悉设备原理及日常操作与维护流程。维护及质量管理清单交接见表 3。

表 3 维护及质量管理清单

序号	项目	标准	备注
1	资料	台账	有独立的台账并存档
2		工厂测试报告	测试人员签章、时间明晰
3		现场测试报告	测试人员签章、时间明晰
4		验收记录	验收人员签字、时间明晰
5		操作维护手册	有手册且存档
6		备品备件清单	有清单且存档
7	人员	配备专业操作维护人员	明确人员且在台账中有记录
8		人员培训已完成	有培训记录且存档
9	体系	质量管理制度	有明确的管理制度

7.4 评价结果

LNG 取样设施性能评价完成后,记录设备的重要信息和评价过程中的所有原始数据并形成评价报告,明确评价结果是否满足 LNG 品质分析要求。对于评价不合格的取样设施,应及时进行维修或改造,合格后方可进行正常的取样操作。

7.5 其他

交接计量的 LNG 取样设施可参考 7.1~7.4 的方法,品质监控的 LNG 取样设施可根据实际设施的配置情况进行评价项目的调整。

附录 A
(规范性)
气化器换热功率计算

A.1 气化显热

气化显热按照公式(A.1)进行计算。

$$H_s = C_p \times (T_2 - T_1) \quad \dots\dots\dots(A.1)$$

式中:

- H_s —— 气化显热,单位为千焦每千克(kJ/kg);
- C_p —— 定压比热容,单位为千焦每千克开[kJ/(kg·K)];
- T_1 —— 取样点温度,单位为摄氏度(°C);
- T_2 —— 气化后温度,单位为摄氏度(°C)。

A.2 气化 1 kg 的 LNG 需要的总热量

气化 1 kg 的 LNG 需要的总热量按照公式(A.2)进行计算。

$$H_t = H_{tr} + H_s \quad \dots\dots\dots(A.2)$$

式中:

- H_t —— 气化 1 kg 的 LNG 需要的总热量,单位为千焦每千克(kJ/kg);
- H_{tr} —— LNG 气化潜热,单位为千焦每千克(kJ/kg);
- H_s —— 气化显热,单位为千焦每千克(kJ/kg)。

A.3 气化器功率

气化器功率按照公式(A.3)进行计算。

$$P = H_t \times F \times 1\ 000/3\ 600 \quad \dots\dots\dots(A.3)$$

式中:

- P —— 气化功率,单位为瓦(W);
- H_t —— 气化 1 kg 的 LNG 需要的总热量,单位为千焦每千克(kJ/kg);
- F —— 取样 LNG 流量,单位为千克每小时(kg/h)。

附录 B

(规范性)

气体样品储气罐容积计算方法

B.1 吹扫所需气体样品参数

吹扫所需气体样品参数按照公式(B.1)进行计算。

$$P_1V_1 = P_1n_1(n_2V + 1\ 000L\pi d^2/4) \quad \dots\dots\dots(B.1)$$

式中:

 P_1 ——吹扫压力(绝压),单位为千帕(kPa); V_1 ——吹扫容积,单位为升(L); n_1 ——吹扫次数; n_2 ——取样容器个数; V ——取样容器容积,单位为升(L); L ——吹扫管线长度,单位为米(m); d ——吹扫管线直径,单位为米(m)。

B.2 充装钢瓶消耗气体样品参数

充装钢瓶消耗气体样品参数按照公式(B.2)进行计算。

$$P_2V_2 = P_2(n_2V + 1\ 000L\pi d^2/4) \quad \dots\dots\dots(B.2)$$

式中:

 P_2 ——取样容器充装压力(绝压),单位为千帕(kPa); V_2 ——充装容积,单位为升(L); n_2 ——取样容器个数; V ——取样容器容积,单位为升(L); L ——吹扫管线长度,单位为米(m); d ——吹扫管线直径,单位为米(m)。

B.3 气体样品储气罐有效容积

气体样品储气罐有效容积按照公式(B.3)进行计算。

$$V_0 = (P_1V_1 + P_2V_2)/P_0 \quad \dots\dots\dots(B.3)$$

式中:

 V_0 ——气体样品储气罐有效容积,单位为升(L); P_0 ——气体样品储气罐充气压力(绝压),单位为千帕(kPa); P_1V_1 ——吹扫所需样品气体参数; P_2V_2 ——充装钢瓶消耗样品气体的参数。

参 考 文 献

[1] ISO 8943 Refrigerated light hydrocarbon fluids—Sampling of liquefied natural gas—Continuous and intermittent methods.

[2] EN 12838 Installations and equipment for liquefied natural gas—Suitability testing of LNG sampling systems.
