



# 中华人民共和国国家标准

GB/T 26978.1—2011

## 现场组装立式圆筒平底钢质 液化天然气储罐的设计与建造 第1部分：总则

Design and manufacture of site built, vertical, cylindrical,  
flat-bottomed steel tanks for the storage of liquefied natural gases—  
Part 1: General

2011-09-29 发布

2012-03-01 实施



中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局  
中国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 .....	2
4 概念选用 .....	5
4.1 储罐类型 .....	5
4.1.1 单容罐 .....	5
4.1.2 双容罐 .....	6
4.1.3 全容罐 .....	6
4.1.4 薄膜罐 .....	6
4.2 风险评估 .....	10
4.2.1 概述 .....	10
4.2.2 罐址选择 .....	10
4.2.3 储罐类型预选 .....	10
4.2.4 危害识别 .....	10
4.2.5 方法 .....	11
4.2.6 变化 .....	11
4.2.7 作用确定 .....	12
4.2.8 风险分布图 .....	12
5 质量保证与质量控制 .....	12
6 健康、安全和环境计划 .....	12
7 总体设计依据 .....	12
7.1 概述 .....	12
7.1.1 责任 .....	12
7.1.2 性能指标 .....	12
7.1.3 极限状态和许用应力理论 .....	13
7.1.4 抗震设计 .....	13
7.1.5 密闭性 .....	13
7.1.6 与主容器和次容器的接口 .....	13
7.1.7 最高设计液位 .....	14
7.1.8 冷却 .....	14
7.1.9 基础 .....	14
7.1.10 基础加热系统 .....	14
7.1.11 混凝土罐热防护系统 .....	15
7.1.12 围堰 .....	15
7.1.13 雷电 .....	15
7.2 保护系统 .....	15

7.2.1	仪表	15
7.2.2	压力和真空保护	16
7.2.3	防火	17
7.3	作用(荷载)	17
7.3.1	概述	17
7.3.2	正常作用	17
7.3.3	偶然作用	18
7.3.4	作用组合	19
8	检查与维护	19
附录 A (资料性附录)	常见的烃类纯净气体的主要物理常数	20
附录 B (规范性附录)	设计资料	21
附录 C (规范性附录)	地震分析	22
附录 D (资料性附录)	储罐加热系统	24
附录 NA (资料性附录)	本部分与 EN 14620-1:2005 技术性差异及其原因	25
参考文献		28

## 前 言

GB/T 26978《现场组装立式圆筒平底钢质液化天然气储罐的设计与建造》分为以下五个部分：

- 第1部分：总则；
- 第2部分：金属构件；
- 第3部分：混凝土构件；
- 第4部分：绝热构件；
- 第5部分：试验、干燥、置换及冷却。

本部分为 GB/T 26978—2011 的第1部分。

本部分按照 GB/T 1.1—2009 给出的规则起草。

本部分修改采用 EN 14620-1:2006《现场组装立式圆筒形平底钢质操作温度介于 0℃～-165℃ 的冷冻液化气储罐设计和建造 第1部分：总则》(英文版)。主要差异如下：

保留了与液化天然气有关的内容，删除与液化石油气、乙烯、乙烷和类似的碳氢化合物以及液氧、液氮、液氩储存等相关的内容。

增加了附录 NA(资料性附录)，其中给出了技术性差异及其原因的一览表，以供参考。

为了便于使用，本部分以法定计量单位为主，非法定计量单位的相应值标在其后的括号内。

本部分的附录 B、附录 C 为规范性附录，附录 A、附录 D、附录 NA 为资料性附录。

本部分由全国石油天然气标准化技术委员会液化天然气分技术委员会(SAC/TC 335/SC 1)归口。

本部分负责起草单位：中海石油气电集团有限责任公司。

本部分参加起草单位：中国石油股份有限公司唐山 LNG 项目经理部、中国成达工程公司、中国石油天然气管道工程有限公司、中国石化集团中原石油勘探局勘察设计研究院、中石油天然气与管道分公司。

本部分主要起草人：殷虹、何涛、曹闯明、付昱华、赵旭青、王杰夫、孙青峰。

# 现场组装立式圆筒平底钢质 液化天然气储罐的设计与建造

## 第1部分：总则

### 1 范围

本部分是关于现场组装的地上立式圆筒平底钢质主容器的液化天然气储罐设计与建造的技术规范。如果设置次容器，次容器可由钢质或混凝土或二者的组合体制成。本部分不包括仅由预应力混凝土制成的内罐。

本部分为在施工、试验、试运行、操作(包括故障)以及停止使用期间“容器”的结构设计规定了原则和适用规则。如果辅助设备诸如泵、泵井、阀、管路、仪表、扶梯等不影响储罐的结构设计，则本部分不对其提出相关要求。

本部分适用于设计储存两相状态下(即液体和蒸发气)大气压沸点低于环境温度产品的储罐。通过冷却产品，使其在等于，或略低于其大气沸点的温度，并使储罐内处于微过压，以保持液相和气相间的平衡。

本部分适用于最大设计压力不大于 50kPa (500mbar) 的储罐。对于更高的压力，可参见 EN 19443，第1部分—第5部分(参考文献[3]、[4]、[5]、[6]、[7])。

需要储存的气体，其操作范围应介于 0℃—165℃之间。

储罐用于大量储存低沸点的液化天然气(LNG)。

注：液化天然气一般特性参见 GB/T 19204—2003，液化天然气中常见纯净气体的主要物理特性参见附录 A。

由于可能涉及到的储罐尺寸和构造种类繁多，因此本部分的要求不能涵盖设计和施工的所有细节。对某一特定设计未提供完整要求的部分，宜在获得买方授权代表批准的前提下，由设计者提供设计方案和细节，安全性等同于本部分要求。

本部分规定了储罐的概念、选择和总体设计考虑的一般要求。

### 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 19204—2003 液化天然气一般特性(EN 1160:1997, IDT)

GB/T 26978.2—2011 现场组装立式圆筒平底钢质液化天然气储罐的设计与建造 第2部分：金属构件

GB/T 26978.3—2011 现场组装立式圆筒平底钢质液化天然气储罐的设计与建造 第3部分：混凝土构件

GB/T 26978.4—2011 现场组装立式圆筒平底钢质液化天然气储罐的设计与建造 第4部分：绝热构件

GB/T 26978.5—2011 现场组装立式圆筒平底钢质液化天然气储罐的设计与建造 第5部分：试验、干燥、置换及冷却

EN 1991-1-4 欧洲标准 1 对结构物的荷载 第1-4部分：风的荷载(Eurocode 1, Actions on

structures—Part 1-4; Wind actions)

EN 1991-1-6 欧洲标准 1 对结构物的荷载 第 1-6 部分:一般荷载——执行中的荷载  
(Eurocode 1; Actions on structures—Part 1-6; General actions—Actions during execution)

EN 1992-1-1:2004 欧洲标准 2 混凝土结构设计 第 1-1 部分:一般规则和建筑物规则  
(Eurocode 2; Design of concrete structures—Part 1-1; General rules and rules for buildings)

EN 1997-1:2004 欧洲标准 7 土木技术设计 第 1 部分:总则 (Eurocode 7; Geotechnical design—Part 1; General rules)

EN 1998-1:2004 欧洲标准 8 抗震结构设计 第 1 部分:一般规则、地震荷载和建筑物规则  
(Eurocode 8; Design of structures for earthquake resistance—Part 1; General rules, seismic actions and rules for buildings)

ENV 1998-4:1998 欧洲标准 8 抗震结构的设计规定 第 4 部分:筒仓、储罐和管道 (Eurocode 8; Design provisions for earthquake resistance of structures—Part 4; Silos, tanks and pipelines)

### 3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件:

#### 3.1

作用 action

- a) 施加在结构上的一组力(荷载)(直接作用);
- b) 因温度变化、湿度差异、不均匀沉降或地震等引起的变形或加速度(间接作用)。

#### 3.2

环形空间 annular space

自支撑式储罐的内壁与外壁或外罐之间的空间。

#### 3.3

基础底板 base slab

支撑储罐的连续式混凝土基座(包括地面式或架空式)。

#### 3.4

蒸发 boil-off

通过储罐周围的绝热层导热使冷冻液体蒸发的过程。

#### 3.5

围堰 bund wall

在围绕储罐相当远的距离处用泥土或混凝土建造的低矮构筑物,以容纳溢出的液体。

#### 3.6

聚合物隔气层 polymeric vapour barrier

加强的或不加强的聚合物层,应用于混凝土上作为产品蒸发气、水蒸气的隔离层,有时用作隔液层。

#### 3.7

承包商 contractor

与买方就储罐的设计、建造、试验和试运行达成协议的公司。

#### 3.8

设计压力 design pressure

最大容许压力。

#### 3.9

设计负压 design negative pressure

最大容许负压(真空)。

## 3.10

**金属设计温度** design metal temperature

金属部件的设计最低温度。

注：该温度可能是最低设计温度（对主容器而言）或较高的计算温度。

## 3.11

**双容罐** double containment tank

双容罐由具有一个液密性的和气密性的主容器组成，该主容器是建在液密性的次容器内的单容罐。见 4.1.2。

## 3.12

**基础** foundations

所有用于支撑储罐及其内部储存物的结构单元，由底板、环墙或桩组成。

## 3.13

**全容罐** full containment tank

全容罐由一个主容器和一个次容器组成，此二者共同构成一个完整的储罐。主容器应是一个储存液体产品的自支撑式、钢质、单壁罐。见 4.1.3。

注：次容器正常操作条件下储存蒸发气，并确保在主容器泄漏时可控的排放蒸发气。

## 3.14

**危害** hazard

可能产生危害的事件，包括有害健康的卫生条件、人身伤害、财产损失、产品或环境破坏、经营损失或债务增加等。

## 3.15

**内罐** inner tank

金属自支撑式圆筒形主容器。

## 3.16

**绝热空间** insulation space

储罐环形空间以及储罐底部或顶部容纳绝热材料的体积。

## 3.17

**衬里** liner

紧贴混凝土外罐内侧安装的金属板，不会渗透产品蒸发气和水蒸气。

## 3.18

**承载绝热层** load bearing insulation

具有特殊性能的绝热层，能将荷载转移至适当的承载结构上。

## 3.19

**气象资料** lodmat

最低日平均环境温度

注：平均温度是最高和最低温度之和的一半。

## 3.20

**最高设计液位** maximum design liquid level

储罐运行期间的最高液位，用于确定静态下的罐壁厚度。

## 3.21

**最高正常操作液位** maximum normal operating level

储罐正常运行期间的最高液位。通常是第一个高液位报警的设定值。

3.22

薄膜 membrane

薄膜罐的薄金属主容器。

3.23

薄膜罐 membrane tank

由薄膜(主容器)和承载绝热层以及混凝土储罐共同组成一个整体、组合型的储罐结构。

3.24

最低设计温度 minimum design temperature

由买方规定的产品的设定温度,储罐根据此条件进行设计。

注:此温度可能低于产品的实际温度。

3.25

运行基准地震(OBE) operating basis earthquake (OBE)

不会造成损坏,不影响重新启动和可以继续安全操作的最大地震活动。

注:此级别的地震不会损害运行的整体性,能够保证公共安全。

3.26

外罐 outer tank

由钢材或混凝土构成的自支撑式圆筒形次容器。

3.27

买方 purchaser

向承包商下达储罐设计、建造和试验订单的公司。

3.28

主液体容器 primary liquid container

单容罐、双容罐、全容罐或薄膜罐的一部分,在正常操作条件下用来储存液体的容器。

3.29

产品蒸发气隔离层 product vapour barrier

聚合物蒸发气隔离层或衬里,以防止产品蒸发气从罐罐内泄漏。

3.30

环梁 ringbeam

罐壁下面的环形支承。

3.31

翻滚 roll-over

不可控制的储存液体剧烈运动,以消除不同密度下层状液体的不稳定状态,并释放出大量的产品蒸发气。

3.32

罐顶 roof

罐壁或罐顶顶部的结构,抑制蒸发气压力,使罐内物质不与大气接触。

3.33

安全停运地震(SSE) safe shutdown earthquake (SSE)

基本失效保护功能(failsafe)和机械装置设计能承受的最大地震活动。

注:允许造成永久性损坏,但无整体性和包容性的损伤。若未经过仔细检验和结构评估,该储罐将不能继续使用。

3.34

次液体容器 secondary liquid container

储存液体的双容罐、全容罐或薄膜罐的外部容器。



## 3.35

**自支撑式储罐** self supporting tank

在适用的情况下,设计用于承载所储存液体的静态压力和蒸发气压力荷载的容器。

## 3.36

**设定压力** set pressure

使压力释放装置初次打开的压力。

## 3.37

**罐壁** shell

金属立式圆筒。

## 3.38

**单容罐** single containment tank

单容罐由一个储存液体产品的容器(主液体容器)组成,该主液体容器应为自支撑式钢质圆筒形储罐。

见 4.1.1。

注:产品蒸发气储存在主容器或金属外罐内。

## 3.39

**吊顶** suspended roof

支承顶部内绝热层的结构。

## 3.40

**试验压力** test pressure

试验过程中罐内的气压。

## 3.41

**热防护系统(TPS)** thermal protection system (TPS)

绝热和液密性结构,用来保护外罐免受低温影响。

注:举例包括底部和底角(见 7.1.11)。

## 3.42

**蒸发气容器** vapour container

在正常操作条件下单容罐、双容罐、全容罐或薄膜罐储存蒸发气的部分。

## 3.43

**罐墙** wall

混凝土立式圆筒。

## 3.44

**隔气层** vapour barrier

防止水蒸气和大气中其他气体进入绝热材料或外罐的隔离层。

## 4 概念选用

## 4.1 储罐类型

## 4.1.1 单容罐

单容罐由一个储存液体产品的容器(主液体容器)组成,该主液体容器应为自支撑式钢质圆筒形储罐。

产品蒸发气应储存在:

——容器的钢质拱顶内；

——或，当主液体容器是一个敞开的杯状体时，储存在包围主液体容器的气密金属外罐内，金属外罐仅设计用于储存产品蒸发气及支撑和保护绝热层。

注1：根据蒸发气储存和绝热的方式不同，单容罐分为多种形式。

每个单容罐的周围应筑有围堰，以容纳可能泄漏的产品。

注2：有关单容罐的例子，见图1。

#### 4.1.2 双容罐

双容罐由具有一个液密性的和气密性的主容器组成，该主容器是建在液密性的次容器内的单容罐。

在主容器泄漏的情况下，该次容器应按照能装存主容器中的所有液体进行设计。主容器与次容器之间的环形空间应不大于6.0 m。

注1：次容器顶部是敞开的，因此无法防止产品蒸发气的逸出。主容器与次容器之间的环形空间可用一个“防雨罩”遮盖，以防止雨水、雪、尘土等进入。

注2：有关双容罐的例子，见图2。

#### 4.1.3 全容罐

全容罐由一个主容器和一个次容器组成，此二者共同构成一个完整的储罐。主容器应是一个储存液体产品的自支撑式、钢质、单壁罐。

主容器应为：

——或在顶部开口，在此情况下，主容器不储存产品蒸发气；

——或配备拱顶，以便储存产品蒸发气。

次容器应是一个具有拱顶的自支撑式钢质或混凝土储罐，其设计应同时满足以下要求：

——在储罐正常操作条件下，作为储罐的主要蒸发气容器（此情况适用于顶部开口的主容器），并支撑主容器的绝热层；

——在主容器泄漏的情况下，装存全部的液体产品，并保持结构上的气密性。可以进行排气，但应对其进行控制（通过卸压系统）；

主容器和次容器之间的环形空间不应大于3.0 m。

注1：在次容器外部安置有绝热层的全容罐也应符合上述要求。

注2：有关全容罐的例子，见图3。

#### 4.1.4 薄膜罐

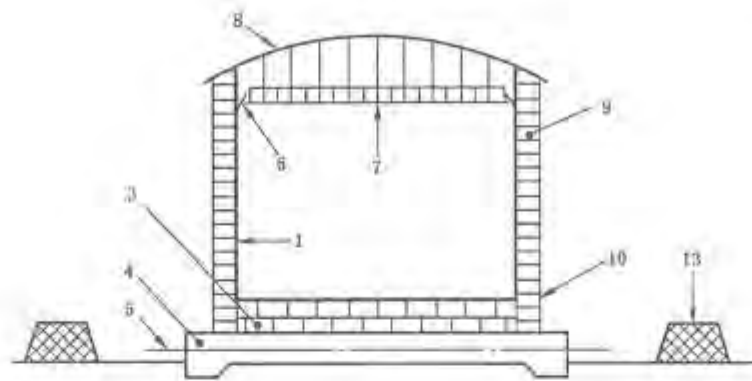
薄膜罐由一个薄的钢质主容器（即薄膜）、绝热层和一个混凝土罐共同组成，构成一个整体的复合结构。该复合结构应能储存液体。

作用在薄膜上的全部静液压荷载及其他荷载均应通过承载绝热层转移至混凝土罐上。

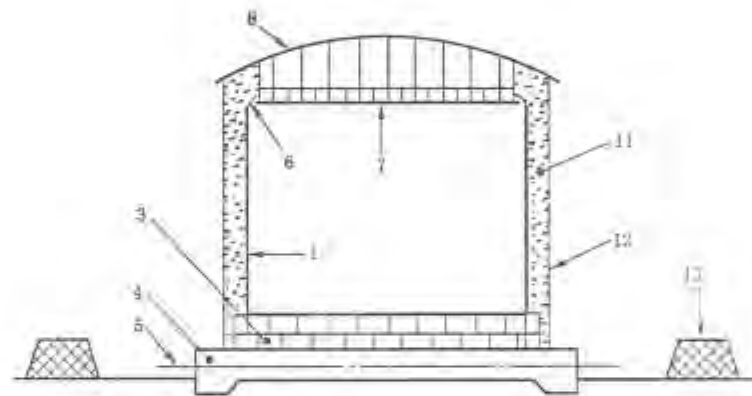
蒸发气应储存在储罐顶部，该储罐顶部既可以是类似的复合结构，也可以由气密拱顶和吊顶上的绝热材料构成。

注：有关薄膜罐的例子，见图4。

应按照在薄膜泄漏时能够装存液体设计混凝土罐和绝热系统。



a)



b)

图例:

1—主容器(钢质);

3—底部绝热层;

4—基础;

5—基础加热系统;

6—柔性绝热密封;

7—吊顶(绝热);

注: EN 14620-1 中没有图例 2。

8—顶(钢质);

9—罐壁外部绝热层;

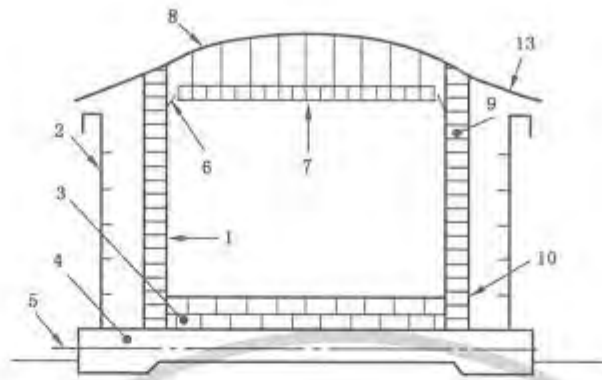
10—外部水汽隔层;

11—松散充填的绝热层;

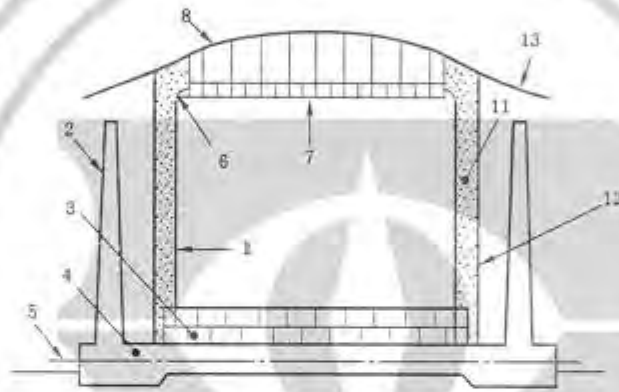
12—外钢壳(不能装存液体);

13—围堰。

图 1 单容罐图



a)



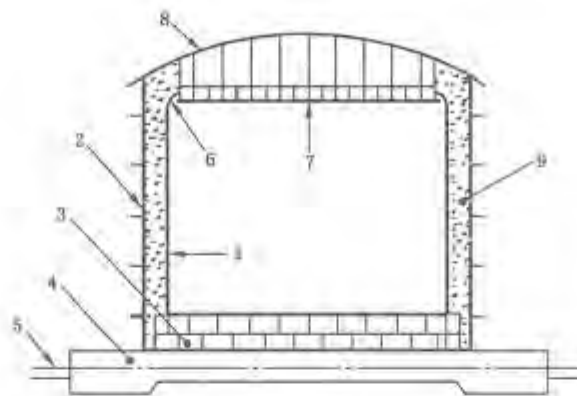
b)

图例:

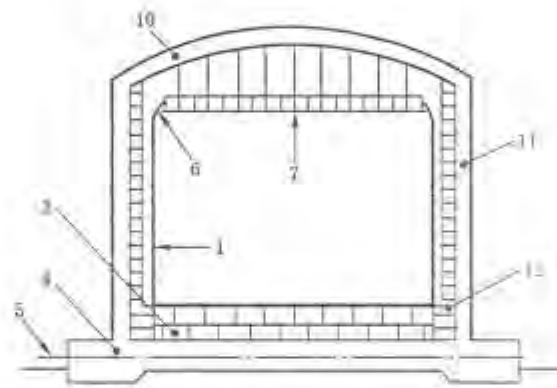
- 1—主容器(钢质);
- 2—次容器(钢质或混凝土);
- 3—底部绝热层;
- 4—基础;
- 5—基础加热系统;
- 6—柔性绝热密封;
- 7—吊顶(绝热);

- 8—顶(钢质);
- 9—外部绝热层;
- 10—外部水汽隔层;
- 11—松散充填绝热层;
- 12—外壳(不能装存液体);
- 13—防雨罩。

图 2 双容罐图



a)



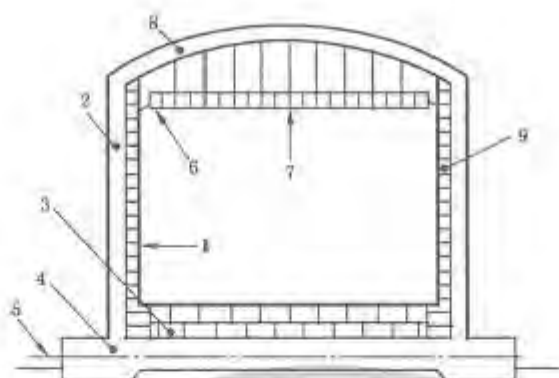
b)

图例:

- 1—主容器(钢质);
- 2—次容器(钢质);
- 3—底部绝热层;
- 4—基础;
- 5—基础加热系统;
- 6—柔性绝热密封;

- 7—吊顶(绝热);
- 8—罐顶(钢质);
- 9—松散充填绝热层;
- 10—混凝土顶;
- 11—预应力混凝土外罐(次容器);
- 12—预应力混凝土外罐内侧的绝热层。

图 3 全容罐图



图例:

- |              |                    |
|--------------|--------------------|
| 1——主容器(薄膜);  | 6——柔性绝热密封;         |
| 2——次容器(混凝土); | 7——吊顶(绝热);         |
| 3——底部绝热层;    | 8——混凝土顶;           |
| 4——基础;       | 9——预应力混凝土外罐内侧的绝热层。 |
| 5——基础加热系统;   |                    |

图 4 薄膜罐图

## 4.2 风险评估

### 4.2.1 概述

应根据风险评估结论选择储罐类型。

买方应负责风险评估(指定/证明风险标准)。

注:评估可由咨询公司执行,可能需要承包商提供协助。

### 4.2.2 罐址选择

在危害识别之前,应选择罐址。一般讲,储罐应设置在接收和供应源之间连接管道尽可能短的位置。也应考虑其他要求,例如,地方法规和安全距离(临近的装置和设施边界)、现场条件和土壤条件,可能发生的地震荷载及管道路由等。

### 4.2.3 储罐类型预选

应主要根据储罐的周围环境预选储罐类型。

注:在人口或设施有限的“偏远”地区,比较适合选择单容罐。对于其他地区,可选择双容罐或全容罐或薄膜罐。

主要构件的材料、钢材或混凝土和用于设计的详细数据,如:入口/出口、架空的或地面式的基础、以及保护系统等均应加以选择,以便为风险评估提供充分的资料。

风险评估应证明风险对装置边界线内外的财产和生命的危害是可以接受的。

风险评估程序应从危害识别研究开始。

### 4.2.4 危害识别

危害识别研究不仅应针对储罐的正常运行阶段,还应针对储罐设计寿命内的所有其他阶段(设计、建造、冷却、运行、停止运行,甚至可能是报废)。至少应考虑下列各项:

a) 对储罐整体性的外在威胁:

- 1) 自然/环境(雪、地震、强风、闪电、洪水、高温);
- 2) 基础设施(飞机失事,来自临近设施的冲击如火灾、爆炸、运输);

- 3) 场地平面布置(装置的火灾和爆炸、泄压阀起火、建筑和交通等);
  - 4) 操作原则/经验和设备失常。
- b) 对储罐整体性的内在威胁:
- 1) 机械故障,如:热冲击、腐蚀、基础冻胀、法兰泄漏;
  - 2) 设备故障(泄压阀、液位计等);
  - 3) 操作和维护不当(装料过满、翻滚、泵脱落、过压等)。
- c) 储罐整体性发生故障的后果:
- 1) 对现场外的人员的影响(蒸发气/液体的泄漏、火灾和爆炸);
  - 2) 对现场人员的影响(蒸发气/液体的泄漏、火灾和爆炸);
  - 3) 环境损害(泄漏的蒸发气/液体、火灾);
  - 4) 对邻近装置的影响(装置的损害);
  - 5) 对设施其他部分的影响(撞击影响、生产损失)。

#### 4.2.5 方法

##### 4.2.5.1 概述

风险评估应采用概率统计法或确定性方法。

##### 4.2.5.2 概率统计法

应包括:

- 列出源于外部和内部的潜在危害清单;
- 收集故障率的相关数据;
- 确定上述危害频率;
- 确定对事件后果的影响及可缓解措施的概率;
- 检验潜在冲击影响;
- 确定每项危害后果;
- 通过将频率与后果相乘,并加上所有的情况进行风险确定;
- 风险等级与预先确定目标值的比较。

##### 4.2.5.3 确定性方法

包括:

- 列出危害清单;
- 建立可信的方案;
- 确定结果;
- 确认限制风险的必要安全改进措施的合理性。

#### 4.2.6 变化

##### 4.2.6.1 可能的变化

在储罐/设备使用期限内,应注意危害情况可能发生的变化,以避免将来安全措施或缺失。

注:其他设施可能建造在储罐附近或装置边界线外,在发生较大变化的情况下,可能要对潜在的风险和损害进行重新评估,也可能需要采取改进措施。

##### 4.2.6.2 基于研究结果的变化

应对风险评估结果进行慎重评价,如果必定发生变化,则应重新进行风险评估。

#### 4.2.7 作用确定

风险评估应能识别设计储罐时应考虑的关键因素,还应识别偶然作用(泄漏、火灾、爆炸等)。

#### 4.2.8 风险分布图

当地方主管部门提出要求,可通过多个方案确定的结果计算风险分布图。应依据针对泄漏物质导致的死亡、火灾热辐射和爆炸超压的特定标准来确定有效距离。根据事故发生率和气象条件(风向、稳定性等)的影响,计算出每个方案对离活动一定距离的某一点的作用。把坐标网格放置在围绕活动的区域上,并为每个网格点标出所有方案的作用,应形成一个三维( $x$ 、 $y$ 、风险)图。

注:通常,通过连接分布图中的等风险点(如,每年 $10^{-4}$ 、 $10^{-5}$ 和 $10^{-7}$ 的致死率),将三维图简化成为二维图,形成风险分布图。可通过与权威机构的协商来制定风险标准。

### 5 质量保证与质量控制

储罐的设计、材料采办、施工和试验应构成一体化的质量管理体系。

注:推荐 GB/T 19001—2000 中提供的指南。

### 6 健康、安全和环境计划

承包商应为储罐的设计、施工和试运行制定一个与买方所确定的整体目标一致的健康、安全和环境(HSE)计划,该计划应包括责任、符合国家或地方的法律与法规的活动,还应规定设计和施工期间对人员、安全和环境保护的安全操作规程。

### 7 总体设计依据

#### 7.1 概述

##### 7.1.1 责任

按附录 B 的要求,买方应负责提供储罐设计技术说明书。

承包商应负责储罐的设计、采办和施工。

买方与承包商应就责任界面划分达成协议,例如预试运行和试运行。

鉴于钢材、混凝土和绝热构件的设计是由几方分别进行的,因此,正确理解工作和责任的划分非常关键,从而保证储罐的最终设计完整。应明确各设计方之间的报告关系,由一方负责各工程设计之间的总协调。

注:例如,整个储罐结构的温度分布和荷载可从数据资料中得到。

##### 7.1.2 性能指标

储罐应按照下列要求进行设计:

- 在正常操作条件下,储存液体和蒸发气;
- 按规定的流量灌注和排放;
- 控制蒸发,并在异常情况下可以排放到火炬或排放口;
- 保持规定的压力操作范围;
- 防止空气和湿气进入,但真空泄放阀必须使用的异常情况除外;



- 蒸发符合规定,并且外表面的水凝结/结霜是最小化的。应预防基础冻胀;
- 设定的事故作用引起的损害是有限的,并将不会引起液体损失。

### 7.1.3 极限状态和许用应力理论

通常,有关建筑物和结构的欧洲标准均以极限状态理论为依据。

对于钢质储罐和绝热系统,已取得了使用极限状态的有限经验。因此,在本部分上述构件的设计,应既可使用习惯的许用应力理论,也可使用极限状态理论。详见 GB/T 26978.2—2011 和 GB/T 26978.4—2011。

对于极限状态理论,应使用如下两种状态:

- 适用性极限状态(SLS),这是根据正常荷载条件下应用于功能能力或耐久性能标准确定的。
- 最终极限状态(ULS),这是根据事故作用下失效、大型性位移或出现接近失效的应变等风险确定的。

### 7.1.4 抗震设计

买方应评估地震活动概率,以便按照 7.3.2.2.13 和 7.3.3.3 的规定来确定地震地面运动特性,以及确定运行基准地震(OBE)和安全停运地震(SSE)的相应的反应谱。

主容器应按照其被灌注至最高正常操作液位时,能承受 OBE 和 SSE 作用进行设计。

如果使用次容器,该次容器应按照其内未装存液体时能承受 OBE 和 SSE 作用进行设计。次容器的设计也应按照在 OBE 作用下,能够满足装存全部液体(最大正常操作液位)的要求。

薄膜罐的薄膜应按照能承受 OBE 作用进行设计。在 SSE 作用下,薄膜可能发生故障,但混凝土罐,包括拐角保护系统,应能装存液体。

需要的现场调查应考虑下列内容:

- 区域地震、构造学和地质学;
- 根据已知断层和震源区域的情况,推测在液化天然气设施的设计寿命期可地震区划的震频率和最大震级;
- 根据震源确定场地位置;
- 场地区域的地下地质状况;
- 包括附近震源影响的地面运动的衰减。

应对 OBE 和 SSE 的水平分量反应谱和垂直分量反应谱进行研究。然而,垂直分量反应谱的坐标值不得小于相应水平分量反应谱坐标值的 50%。

对于单容罐、双容罐和全容罐,主容器设计应按照在 OBE 和 SSE 作用下能够满足装存液体的要求。

对于薄膜罐,薄膜或混凝土外罐,包括底部/拐角保护系统,均应能够装存液体。

地震分析应符合附录 C 中的相关要求。

### 7.1.5 密闭性

钢板应认为具有液密性和气密性。

如采用聚合物隔气层,其液密性和气密性应予以验证。

如没有液密性衬里,预应力混凝土结构的液密性应由混凝土结构中的最小受压区厚度来确定。

注:详见 GB/T 26978.3—2011。

### 7.1.6 与主容器和次容器的接口

#### 7.1.6.1 入口与出口

注:基于严重泄漏风险被降至最低的原则,所有入口和出口宜经由储罐的顶部,有必要使用罐内泵排出产品液体。

在使用底部入口和出口的情况下,应遵守下列事项:

- 应安装远程操作内部关断阀,或;
- 底部连接件应设计为主容器的一部分。第一个阀门应为远程操作型,并焊接到底部连接件上,不允许使用法兰连接件。

对于薄膜罐,入口和出口仅能经由储罐顶部。

#### 7.1.6.2 其他连接件

与主容器和次容器的其他连接件(如导向器,支撑)应尽量减少。

#### 7.1.7 最高设计液位

主容器罐壁设计液位以上的最小安全超高(freeboard)为 300 mm。

注:该高度的确定宜考虑到地震期间允许的液体晃动。

#### 7.1.8 冷却

应设置储罐的冷却管道系统。该系统的设计应能保持规定的冷却速率。应采用喷嘴或其他适合的方法/装置,以保证液体的充分蒸发/均匀分布。

#### 7.1.9 基础

基础的设计应满足能够吸收储罐及其连接件的沉降要求,通常使用下列类型:

- 浅基础(带有混凝土环梁或混凝土底板基础的储罐座);
- 桩基础(地面式或架空式的桩上基础底板)。

应进行土壤和地震学调查,以便确定土壤的性质和土工特性。

土壤调查应按照 EN 1997-1:2004 的要求进行。结构的抗震性应符合 EN 1998-1:2004 和附录 C 的要求。

注 1:可能要求使用减震材料或其他装置减轻地震导致的后果。

经与买方协商,承包商应确定储罐的最大允许整体和不均匀沉降量。承包商应证明所有的储罐构件均可吸纳这些沉降。

应对储罐使用期间各阶段(施工、水压试验和使用等)的实际沉降进行监测。监测频率应与预定的时间和与荷载相关的沉降变化率相匹配。

在储罐的建造和试验期,当沉降量与预计值不同时,承包商应调查原因并采取补救措施,以防止未来的损害,并应同买方商议。

注 2:当储罐使用期间的沉降状态与预计的不同时,建议买方与承包商协商。

应避免基础冻胀。

注 3:需要时,为基础配备加热系统。

注 4:基础可能是架空式的,以便在地面和基础底板之间留有允许空气流通的间隙。在此情况下,可能不需要使用加热系统。承包商宜证明可获得充分的空气流通,且能防止基础底板上的长期冷凝和结冰。

注 5:更多有关基础的详细资料,见 GB/T 26978.3—2011,附录 B。

#### 7.1.10 基础加热系统

基础加热系统的设计应使基础在任何位置上的温度不低于 0℃。在一条加热带或回路发生故障时,加热管路的布置和加热系统的备用仍能满足上述要求。

热输出量至少应由两个温控器控制。其中一个温控器应设置在可能出现低温的区域。各温控器在操作盘上应有数据显示,同时显示和发出低温报警。

注:加热系统详细资料参见附录 D。

### 7.1.11 混凝土罐热防护系统

注：对于混凝土次容器（例如全容罐和薄膜罐），在刚性基础墙连接的部位，可安装热防护系统（TPS），以防止基础墙连接或基础底板内出现不可控的裂纹。该情况可能在主容器泄漏时发生。TPS覆盖着整个储罐底部及罐墙较低部分。TPS可由钢板（双层底板）和绝热材料（双容罐和全容罐）或液体隔离层及绝热材料（薄膜罐）构成。

TPS垂直部分的高度取决于温度分布和刚性拐角的变形能力。材料选择及设计要求应符合 GB/T 26978.2—2011 及 GB/T 26978.4—2011 相关条款。

### 7.1.12 围堰

单容罐应与围堰结合使用。围堰内容积应能够容纳储罐内全部储存物。此拦蓄区及围堰应设计成永久液密性。所使用的材料应能够阻止产品泄漏。应考虑到在不使产品液体溢出的情况下，排除聚集在围堰内的雨水和消防水。

混凝土围堰应符合 GB/T 26978.3—2011 的要求。

### 7.1.13 雷电

应防止雷电对储罐的影响。

## 7.2 保护系统

### 7.2.1 仪表

#### 7.2.1.1 概述

应满足以下最低要求：

- 应安装仪表，以保证储罐安全可靠的试运行、操作/维护和停运，并配有足够的在线备用仪表；
- 在可能的条件下，储罐正常运行期间应能对仪表实施维护；
- 检测数据应传输到控制室/操作人员。

#### 7.2.1.2 液位

储罐至少应安装两个高精度、独立的液位计，以防止储罐发生溢流。每个液位计系统应设有高位报警器、高/高位报警器及关断装置。

注：鉴于此要求，在储罐设计中不必考虑溢流。

#### 7.2.1.3 压力

作为最低要求，储罐上应安装探测超高压或超低压力的仪表。该系统的操作应独立于正常压力测量系统。

#### 7.2.1.4 温度

作为最低要求，应在储罐适当位置安装永久性的温度测量仪表，能监控以下温度：

- 测量不同深度的液体温度。相邻两个传感器间的垂直距离不应超过 2 m；
- 蒸发气空间温度（如需要，测量吊顶下方和上方的温度）；
- 主容器壁及底部（用于冷却/升温控制）。

#### 7.2.1.5 防止翻滚

注 1：同一座储罐内储存不同组分及密度的产品时，储罐内可能发生翻滚现象。

防止翻滚措施:

- 使用密度测量系统监测,罐内液体不同高度的密度。当超过一定的设定值时,该系统会发出报警信号。在此情况下,应采取措施防止翻滚(例如混合)。密度测量系统与液位计系统应相互独立运行;
- 在储罐底部和顶部之间,设置间断或连续的循环系统。

注2: 鉴于此要求,储罐设计不需考虑翻滚工况。

#### 7.2.1.6 火灾和气体

应考虑安装火灾和气体探测系统。

#### 7.2.1.7 主容器的泄漏检测

主容器应安装泄漏检测系统。该系统应基于下列任一系统:

- 温降;
- 气体探测;
- 压差测量。

#### 7.2.1.8 绝热空间监测系统

如果绝热空间与主容器隔离(例如薄膜罐),应安装绝热空间监测系统。

该系统应:

- 通过分析置换气体组分,探测产品蒸发气(薄膜泄漏);
- 通过向绝热气相空间充入惰性气体,以保证正常运行期间蒸发气浓度保持在可燃下限的30%以下;
- 控制绝热气相空间与主容器空间之间的压差,防止薄膜破损。该系统应设计成“失效保护”。

### 7.2.2 压力和真空保护

#### 7.2.2.1 概述

储罐操作压力与设计压力之间应留有足够的余量,以避免不必要的排放。

应按正常运行和非正常运行情况分别设计释放能力(压力和真空)。也应考虑关联设施的故障,例如工艺装置、排放或火炬系统等。

注1: 通常情况下,压力泄放阀和真空泄放阀是彼此分开的,但也可能组合。

对于全容罐,压力泄放阀应设计成能释放内罐泄漏产生的蒸发气。

注2: 压力释放系统的尺度可用第一圈壁板上一个直径为20 mm孔的泄放量来确定。

#### 7.2.2.2 压力泄放阀

应根据产品蒸发气总流出量和单阀泄放量设定值(set points)计算出需要的压力泄放阀的数量。此外,出于维护需要,应安装一个备用阀。

入口管线应从合适的位置穿过吊顶,这样在泄放条件下防止冷蒸发气进入外顶及吊顶之间的暖区。

#### 7.2.2.3 真空泄放阀

应根据空气总进入量和单阀泄放量设定值计算出真空泄放阀数量。此外,出于维护需要,应安装一个备用阀。

真空泄放阀应允许空气直接进入位于罐顶部下方的蒸发气空间。

### 7.2.3 防火

需要对防火系统进行审核,审核时应考虑以下潜在火灾:

- 局部火灾;
- 泄放阀火灾;
- 邻近装置(包括其他储罐)的火灾。

### 7.3 作用(荷载)

#### 7.3.1 概述

应符合 7.3.2 至 7.3.3 中所列的正常及偶然作用。

#### 7.3.2 正常作用

##### 7.3.2.1 永久作用

混凝土、钢材及绝热构件、管路、配件、辅助设备及固定设备的自重。

预应力局部效应,例如锚固区域及破裂应力(bursting stresses),见 EN 1992-1-1:2004。

##### 7.3.2.2 可变作用

###### 7.3.2.2.1 产品荷载

产品静液压荷载。

###### 7.3.2.2.2 外加荷载

顶部外加荷载:

——固定罐顶投影面积上的均布荷载 1.2 kPa。

注 1: 此荷载不宜与雪荷载及内部负压荷载组合。

——作用于平台及通道上的均布荷载 2.4 kPa。

——作用在平台或通道上任何位置一块(300×300)mm<sup>2</sup> 面积上的集中荷载 5 kN(1 N=0.102 kgf)。

注 2: 在建造与维护期间,吊顶上的最小均布荷载推荐为 0.5 kPa。

###### 7.3.2.2.3 风荷载

应参考国家数据库或 EN 1991-1-4 选定适当的风荷载值。

###### 7.3.2.2.4 雪荷载

应参考国家数据选定适当的雪荷载值。

###### 7.3.2.2.5 绝热系统压力

在适用的情况下,主容器及次容器的设计均应考虑绝热系统施加的压力(包括珍珠岩粉)。

###### 7.3.2.2.6 内部设计压力

买方应规定内部设计压力。

###### 7.3.2.2.7 内部设计负压(真空度)

买方应规定内部设计负压。

#### 7.3.2.2.8 沉降荷载

储罐及其基础的设计应考虑到在使用寿命期间预计可能发生的基础最大总沉降和不均匀沉降。

#### 7.3.2.2.9 管道连接

管路连接荷载应由买方规定,或由负责该管路设计的承包商确定。

#### 7.3.2.2.10 施工荷载

应根据 EN 1991-1-6 的规定考虑建造施工期间所有可能的荷载情况。

#### 7.3.2.2.11 水压及气压试验

水压及气压试验应符合 GB/T 26978.5—2011 的规定。

#### 7.3.2.2.12 热效应

应考虑在施工、试验、冷却、正常或非正常操作及预热时所有可能的热效应。

#### 7.3.2.2.13 运行基准地震(OBE)

储罐设计应能承受运行基准地震地面运动(见 7.1.4)。

注:参照 EN 1998-1:2004,运行基准地震相当于极限损坏状态。参照 ENV 1998-4:1998,运行基准地震相当于使用(完整性)极限状态。

运行基准地震地面运动应是 50 年期内超越概率 10%(重现期 475 年)的 5% 阻尼反应谱表示的运动。

在设计的结构、结构系统、或构件保证阻尼值非 5% 的临界值区域,运行基准地震反应谱应根据 EN 1998-1:2004,3.2.2.2(3)中的调整系数作相应调整。适合的阻尼值应根据:

——应使用 ENV 1998-4:1998,1.4.3 中的阻尼值。用于垂直脉冲作用影响的阻尼值应与用于水平脉冲作用影响的阻尼值相同。

包括土壤-结构系统阻尼在内,按照 EN 1998-1:2004,3.2.2.2(3)进行的阻尼调整,应限制到 0.7。根据 ENV 1998-4:1998,非弹性特性系数  $q$  应设定为 1。

### 7.3.3 偶然作用

#### 7.3.3.1 主容器泄漏

对于有次容器的储罐,次容器应按照可以装存主容器最大液体量的条件进行设计。应假定次容器被逐渐充满。同样的原理也适用于薄膜罐。除大量产品泄漏外,还应该对导致“冷点”的少量产品的泄漏后果进行调查研究。

#### 7.3.3.2 管路连接件泄漏

应考虑管道法兰、阀门可能的泄漏,及其对罐顶或罐壁产生的影响。

注:对于此类泄漏情形,可设想是衬垫损坏。

设计时应考虑可能泄漏的区域与储存的液体接触,或通过收集/排放产品对该区域进行保护。

#### 7.3.3.3 安全停运地震(SSE)

储罐设计也应能承受安全停运地震地面运动(见 7.1.4)。

注:参考 EN 1998-1:2004 及 DD ENV 1998-4:1998,安全停运地震(SSE)视为等同于最终极限状态。

SSE地面运动应是50年期内超越概率为1%(重现期1975年)的5%阻尼反应谱表示的运动,下列例外:

“例外”:如果在储罐-流体-基础系统脉冲模式基本周期(TD)时,5%阻尼概率SSE反应谱纵坐标超过下面段落中确定的SSE地面运动谱相应纵坐标,则应将SSE地面运动取作为下列段落中确定的SSE地面运动。

确定的SSE地面运动应是从地区内已知的活动断层上的特性地震计算的5%阻尼反应谱百分位的第84位的最高位。确定性方法仅允许在沿板块边界的地震高发区,该地区的主要活动断层的位置和特性已通过地质和地震学调查确定。

不考虑用于确定5%阻尼的SSE地面运动谱的方法,该谱不必大于5%阻尼的OBE谱的两倍。

在设计结构、结构系统,或组件保证阻尼值非5%临界值区域,SSE反应谱应根据EN 1998-1:2004,3.2.2.2(3)中的调整系数做相应调整。适合的阻尼值应根据:

——应使用EN 1998-4:1998,1.4.3中的阻尼值。用于垂直脉冲作用影响的阻尼值,应与水平脉冲作用影响的阻尼值相同。

——土壤-结构相互作用:对于传递(晃动)模式,阻尼系数基本与储罐材料和土壤-结构相互作用无关,且不应大于0.5%。

包括土壤-结构系统阻尼在内的,按照EN 1998-1:2004,3.2.2.2(3)进行的阻尼调整应限制到0.53内。

根据ENV 1998-4:1998的规定,非弹性特性系数 $q$ 不应大于1,除非按EN 1998-1:2004及DD ENV 1998-4:1998调整是合理的。

#### 7.3.3.4 外部火灾和爆炸

买方应规定外部火灾及爆炸范围。

#### 7.3.4 作用组合

上述所列的正常作用应按照EN 1991-1的规定进行组合,以便将在施工、试验、冷却、正常操作及预热期间所发生的所有可能的作用的组合纳入设计之中。任何单一荷载状况下正常作用的组合只应与一个偶然作用进行组合。

## 8 检查与维护

承包商应指明今后需要更加注意的关键事项,以便于编写相应的储罐检查与维护程序。

附 录 A  
(资料性附录)

常见的烃类纯净气体的主要物理常数

A.1 液化天然气一般特性见 GB/T 19204—2003。

A.2 表 A.1 给出了常见的烃类纯净气体的主要物理常数。买方宜确定存储液化天然气的性质。

表 A.1 常见的烃类纯净气体的主要物理常数

名称	化学 分子式	摩尔质量/ (g/mol)	沸点/ ℃	沸点时 气化潜热/ (kJ/kg)	沸点时 液体密度/ (kg/m <sup>3</sup> )	沸点时 气体密度/ (kg/m <sup>3</sup> ×10 <sup>-2</sup> )	1 m <sup>3</sup> 液体 释放出气体体积 (在 15 ℃, 0.1 MPa 下)
正丁烷	C <sub>4</sub> H <sub>10</sub>	58.123	-0.5	385	601	270	239
异丁烷	C <sub>4</sub> H <sub>10</sub>	58.123	-11.7	366	593	282	256
丁二烯	C <sub>4</sub> H <sub>6</sub>	54.091	-4.5	417	650	255	279
丙烷	C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>	44.096	-42.0	425	582	242	311
丙烯	C <sub>3</sub> H <sub>6</sub>	42.080	-47.7	437	613	236	368
乙烷	C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>	30.069	-88.6	487	546	206	482
乙炔	C <sub>2</sub> H <sub>2</sub>	26.054	-103.7	482	567	208	493
甲烷	CH <sub>4</sub>	16.043	-161.5	509	422	181	680

注 1: 商业丁烷是 N-丁烷与异丁烷的混合物, 该混合物还含有少量丙烷和戊烷。  
注 2: 商业丙烷含有少量乙烷与丁烷。



**附录 B**  
**(规范性附录)**  
**设计资料**

**B.1 买方确定的资料**

买方应确定以下设计资料：

- 工作范围(包括预试运行、干燥、置换及冷却)；
- 储罐类型；
- 设计及设定压力；
- 灌注/排放速率；
- 意外情况(例如：溢出、火灾及爆炸)；
- 设计寿命；
- 储罐位置布置图；
- 储罐容积(净容积或总容积)；
- 环境资料(包括周围环境、最低/最高气温)；
- 工艺流程图(PFD's)、工艺流程与仪表图(P & ID's)；
- 主容器的金属设计温度；
- 储存液体的相关性质,包括相应的密度、温度及易燃性；
- 防止翻滚的措施(安装密度表,采用连续的产品循环)；
- 允许的蒸发率及环境条件；
- 内部正、负设计压力；
- 最高正常操作液位；
- 压力及真空释放设计数据(流量)；
- 特定作用如：地震、风、爆炸、冲击、火灾、连接管路/罐嘴荷载；
- 管道及使用仪器仪表要求。

注：买方还可提供现场具体土工及地震资料。当然,按承包商的意见,可能需要提供其他的资料。

**B.2 买方与承包商协商的资料**

买方与承包商应就以下条款协商一致：

- 承包商为风险评估提供的协助；
- 适用的国家或地方法律及法规的确认；
- 不同泄漏情况的后果；
- 绝热监控系统最大允许置换流量(薄膜罐)；
- 试运行程序；
- 预计的储罐沉降及今后要进行的检查。

附录 C  
(规范性附录)  
地震分析

C.1 概述

应采用下列方法之一:

- 静态设计;
- 动态设计。

注 1: 对于峰值地面加速度不大于 0.05g 时,两种方法皆可采用。对于大于 0.05g 峰值地面加速度,推荐使用动态设计方法。

在运行基准地震的情况,储罐设计应保证地震发生期间或之后能维持运行。

在安全停运地震的情况:

- 对于单容罐、双容罐和全容罐,液体均应由主液体容器盛装。计算的晃动波高不应超过最高正常操作液位以上的安全超高(freeboard);
- 对于薄膜罐,液体应由薄膜或混凝土外罐装存,包括底部/折角保护系统。

注 2: 如果使用极限状态理论,可结合使用调整的分项安全系数。如使用许用应力理论,可增加许用应力。

C.2 储罐结构分析

对于储罐的静态分析,应使用 EN 1998-1:2004 中 4.3.3.2(横向力分析法)。

对于动态设计方法,应参照 ENV 1998-4:1998。

对于地震高发地区,可能需要采用更先进的方法,如模态反应谱分析法和非线性方法,包括 EN 1998-1:2004 中 4.3.3.3 和 4.3.3.4 中定义的时程分析法。

C.3 储罐结构和液体建模

当液体压力直接作用于储罐结构时,应以计算模型为基础,进行储罐结构的动态分析,包括储罐的固有频率和振动模式,以及液体的固有频率和振动模式(对流模式和水平冲击模式、垂直冲击模式)。对于所有相关的振动模式,应计算出储罐的水平力、垂直力和倾覆力矩。

注 1: 有关建模和分析方法指南,应使用 EN 1998-1:2004 和 ENV 1998-4:1998。

注 2: 考虑储罐和/或液体的单振动模型,以单个自由度系统的响应之和可以计算动态响应,或使用包括液体结构交互作用的储罐和液体有限元模型来计算。单自由度模型及其特性,包括阻尼作用,参考 ENV 1998-4:1998。可以采用直接时间积分方法或模式叠加方法技术计算响应。

C.4 储罐结构响应

C.4.1 概述

应按照运行基准地震和安全停运地震分别引起的水平力和垂直力计算储罐结构响应。

应计算下列响应参数:

- 由一阶对流振动模式引起的液体波高;

——由液体自重和受对流、冲击和储罐呼吸引起的动液压直接或间接作用于罐壁部分产生的：

- 环向应力；
- 剪切应力；
- 纵向应力。

由液体自重和受对流、冲击(水平的)和储罐呼吸(垂直的)引起的动液压直接或间接作用于罐基础部分产生的：

- 剪切应力；
- 法向应力。

#### C.4.2 地震隔离

地震隔离器应是可监测的,还应考虑可替换性。地震隔离器应在运行基准地震事件中及之后有效且未损坏;对于安全停运地震事件,应允许由地震引起的损坏,至于其有效性没有严格限定。

注1:地震隔离可用于影响储罐结构在水平和/或垂直振动模式中的动态特性,

注2:应注意与晃动模式(如二阶或三阶)和冲击及结构对流响应之间可能的交互作用。

#### C.5 验收标准和限制条件(非薄膜罐)

##### C.5.1 对于运行基准地震

应采用下列标准和限制条件:

- 储罐应有足够的安全超高(freeboard),以防止由晃动波浪引起的溢出或碰到吊顶。储罐内晃动波高度的计算方法,见 ENV 1998-4:1998。
- 不允许储罐水平滑动,安全系数应取 1.5。

##### C.5.2 对于安全停运地震

应采用下列标准和限制条件:

- 对于非锚固储罐,确定阻力时考虑引发提升的储罐最大宽度(按径向测量)为储罐半径的 7%。
- 不允许储罐水平滑动,摩擦系数应以文献或试验为依据。安全系数应取 1.0。

#### C.6 直立锚(非薄膜罐)

竖向固定储罐结构的必要性应基于储罐的倾覆稳定性、内部压力导致的提升力以及对环形板提升限制条件的评估。直立锚和罐壁附件的设计应能够承受由内部压力和地震或风力而产生的所有竖向罐壁荷载,并将这些荷载传递到基础上。锚及其附件的设计应能够承受非均匀热辐射引起的位移。对于正常的弹性设计,预埋件和附件的设计应能够承受锚产生的屈服力。

附录 D  
(资料性附录)  
储罐加热系统

如允许储罐下的土壤过冷,霜冻就会渗入地下,土壤中形成冰晶体(主要在细粒土中),冰晶体生长产生高膨胀力,导致抬高和破坏储罐或储罐部件(如储罐底部连接)。为防止此种情况发生,需要在基础上设置并运行加热系统。

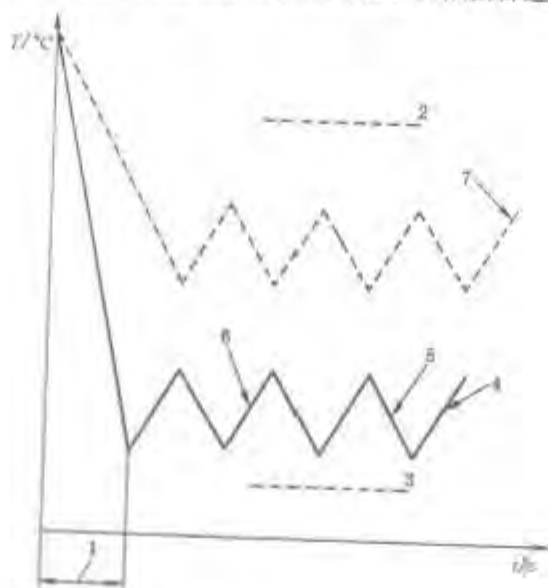
若使用自动调节启停加热系统,自动启停开关系统宜能激活加热系统,并确保储罐基础的最冷部位在 $+5\text{ }^{\circ}\text{C}$ 至 $+10\text{ }^{\circ}\text{C}$ 的温度范围之间,储罐基础的其他部位温度可略高一些。

换言之,可使用恒定瓦数加热系统将储罐基础最冷部位维持在 $5\text{ }^{\circ}\text{C}$ ,有 $1\text{ }^{\circ}\text{C}$ 的“盲区”。

应对整个加热系统的温度进行监控。典型的“低温警报”设定值为 $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ ，“高温警报”设定值为 $+50\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。

经常监测加热系统的性能十分重要,因其能在第一时间显示储罐泄漏的信号。发生泄漏时,位于泄漏处附近的控制器显示温度急速下降。因此建议每天记录控制器读数。

当使用自动调节加热系统时,异常情况的另一信号是加热周期或者热力消耗的变化。这也会导致开/关时间随之改变。通常,加热系统 $40\%$ 到 $60\%$ 的时间运行,如果突然变成 $100\%$ 的时间被激活运行,则表示加热系统出现了问题或发生泄漏。建议无论加热系统是否被激活都进行日常记录,见图 D.1。



图例:

- 1—冷却阶段;
- 2—(高温)报警设定值;
- 3—(低温)报警设定值;
- 4—控制传感器;
- 5—关闭加热;
- 6—开启加热;
- 7—其他传感器。

图 D.1 典型加热时间记录曲线

## 附录 NA

(资料性附录)

## 本部分与 EN 14620-1:2006 技术性差异及其原因

表 NA.1 给出了本部分与 BS EN 14620-1:2006 技术性差异及其原因的一览表。

表 NA.1 本部分与 BS EN 14620-1:2006 技术性差异及其原因

序号	本部分的 条款编号	技术性差异	原因
1	1	删除“不含储存液化氧、氮和氢的储罐。” 删除“用于储存大量低温沸点的碳氢化合物产品和氨的储罐,一般被称为“冷却液化气”(RLG)储罐。罐内应储存的代表性产品有:甲烷、乙烷、丙烷、丁烷、乙烯、丙烯、丁二烯(此范围包括液化天然气和液化石油气的产品)。”;改为“储罐用于储存大量低沸点的液化天然气(LNG)。” 删除“注:上述气体特性参见附录 A,以及液氧、液氮、液氢及液氩”;改为“注:液化天然气一般特性见 GB/T 19204—2003,常见烃类纯净气体的主要物理特性见附录。”	本部分修改采用 EN 14620-1:2006,保留与液化天然气有关的内容,删除与液化石油气、乙烯、乙烷和类似的碳氢化合物以及液氮等相关的内容,删除内容以适应修改采用。
2	2	增加“GB/T 19204—2003 液化天然气一般特性(EN 1160:1997,EDT)”。	本部分增加的规范性引用文件。
3	4.2.4c)	删除“有毒”	本部分修改采用 EN 14620-1:2006,保留与液化天然气有关的内容,删除与液化石油气、乙烯、乙烷和类似的碳氢化合物以及液氮等相关的内容,删除内容以适应修改采用。LNG 是无毒液体。
4	4.2.8	“有毒”改为“泄露”。	
5	4.2.8	删除“注:许多国家都有法定风险标准,也可通过与权威机构的协商来制定此类风险标准。”改为“可通过与权威机构的协商来制定风险标准。”	本部分修改采用 EN 14620-1:2006,重新起草后适用于中国。
6	5	“推荐 EN ISO 9001 中提供的指南”改为:推荐 GB/T 19001—2000 中提供的指南。	原标准已经采标转化为国标。
7	7.1.2	删除“注:在环境温度可能降至低于产品温度(寒冷气候中的丁烷罐)的特定地区,当使用吊顶时,外罐顶内侧会出现冷凝。冷凝产品会进入环形空间并引发一些问题,可做一些特殊安排,将产品转移至内罐中,或选择其他的罐顶绝热系统。”	本标准储存液体为液化天然气。
8	7.1.3	删除“详见 EN 14620-2 和 EN14620-4”;改为“GB/T 26978.2—2011 和 GB/T 26978.4—2011。”	EN 14620-2 和 EN 14620-4 拟修改采用为国标“GB/T 26978.2—2011 和 GB/T 26978.4—2011。”同上

表 NA.1 (续)

序号	本部分的 条款编号	技术性差异	原因								
9	7.1.4	删除“推测在冷冻液化气设施的设计寿命期间地震活动的重现率和最大震级”；改为“推测在液化天然气设施的设计寿命期间地震活动的重现率和最大震级”。	本标准只适用于 LNG。								
10	7.1.5	删除“详见 EN 14620-3”；改为 GB/T 26978.3—2011。	EN 14620-3 拟修改采用为国标“GB/T 26978.3—2011”。								
11	7.1.9	删除“注 5；见标准 EN 14620-3”；改为“见标准 GB/T 26978.3—2011”。	EN 14620-3 拟修改采用为国标“GB/T 26978.3—2011”。								
12	7.1.11	删除“EN 14620-2 及 EN 14620-4”；改为“见标准 GB/T 26978.2—2011 及 GB/T 26978.4—2011”。	EN 14620-2 和 EN 14620-4 拟修改采用为国标“GB/T 26978.2—2011 和 GB/T 26978.4—2011”。								
13	7.1.12	删除“EN 14620-3”；改为“GB/T 26978.3—2011”。	EN 14620-3 拟修改采用为国标“GB/T 26978.3—2011”。								
14	7.2.1.5	删除“注 1(例如 LNG 和 LPG)”。	本标准为 LNG 标准，无需注明。								
15	7.2.2.1	删除“设计储存有毒产品的储罐禁止向大气排放。” 删除“设计储存无毒产品的储罐，其操作压力与设计压力之间应留出足够的余量以避免不必要的排放。”改为“储罐操作压力与设计压力之间应留有足够的余量，以避免不必要的排放。”	LNG 是无毒液体。								
16	7.3.2.2.2	删除“注 3；在环境温度降低至储罐设计温度以下的地区，外罐顶部内侧可能出现冷凝，冷凝能对吊顶产生影响（应视板的设计而定），还可导致产品液体聚集在某些双壁罐的环形空间内。”	本部分修改采用 EN 14620-1:2006，保留与液化天然气有关的内容，删除与液化石油气、乙烯、乙烷和类似的碳氢化合物以及液氮等相关的内容。删除内容以适应修改采用。 液化天然气储罐所处的环境温度不会降低至液化天然气储罐设计温度。								
17	7.3.2.2.3	删除“EN 1991-1-4”；改为“应参考国家数据选定适当的风荷载值”。	风荷载应该采用储罐所在国地区的数据。								
18	7.3.2.2.12	删除“EN 14620-5”；改为“GB/T 26978.5—2011”。	EN 14620-5 拟修改采用为国标“GB/T 26978.5—2011”。								
19	附录 A.1	增加“液化天然气一般特性见 GB/T 19204—2005。”	本部分增加的规范性引用文件。								
20	附录 A.2	删除“液化气可以定义为标准大气压下沸点温度低于 0℃ 的产品。” 删除“表 A.1 给出了常见纯净气体的主要物理常数”；改为“表 A.1 给出了常见的烃类纯净气体的主要物理常数。” 删除表 A.1 中 <table border="1" style="margin-left: 20px;"> <tr> <td>氮</td> <td>NH<sub>3</sub></td> <td>17 030</td> <td>33.3</td> <td>1 367</td> <td>682</td> <td>905</td> <td>910</td> </tr> </table>	氮	NH <sub>3</sub>	17 030	33.3	1 367	682	905	910	本部分修改采用 EN 14620-1:2006，保留与液化天然气有关的内容，删除与液化石油气、乙烯、乙烷和类似的碳氢化合物以及液氮等相关的内容。删除内容以适应修改采用。
氮	NH <sub>3</sub>	17 030	33.3	1 367	682	905	910				

表 NA.1 (续)

序号	本部分的章条编号	技术性差异	原因																		
21	附录 A 中表 A.1	删除表 A.1 第 1 行第 7 列中“沸点时气体密度 $\text{kg}/\text{m}^3 \times 10^{-3}$ ”,改为“沸点时气体密度 $\text{kg}/\text{m}^3 \times 10^{-2}$ ”。																			
22	附录 A 中表 A.1	<p>删除表 A.1 第 3 列中</p> <table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <thead> <tr> <th>摩尔质量/(g/mol)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>58.123</td></tr> <tr><td>58.123</td></tr> <tr><td>54.091</td></tr> <tr><td>44.096</td></tr> <tr><td>42.080</td></tr> <tr><td>30.069</td></tr> <tr><td>28.054</td></tr> <tr><td>16.043</td></tr> </tbody> </table> <p>改为</p> <table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <thead> <tr> <th>摩尔质量/(g/mol)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>58.123</td></tr> <tr><td>58.123</td></tr> <tr><td>54.091</td></tr> <tr><td>44.096</td></tr> <tr><td>42.080</td></tr> <tr><td>30.069</td></tr> <tr><td>28.054</td></tr> <tr><td>16.043</td></tr> </tbody> </table>	摩尔质量/(g/mol)	58.123	58.123	54.091	44.096	42.080	30.069	28.054	16.043	摩尔质量/(g/mol)	58.123	58.123	54.091	44.096	42.080	30.069	28.054	16.043	原标准 EN 14620-1 表 A.1 中的单位错误,本部分在修改采用时改为正确的单位,原标准 EN 14620-1 表 A.1 中数值错误,本部分在修改采用时改为正确数值。
摩尔质量/(g/mol)																					
58.123																					
58.123																					
54.091																					
44.096																					
42.080																					
30.069																					
28.054																					
16.043																					
摩尔质量/(g/mol)																					
58.123																					
58.123																					
54.091																					
44.096																					
42.080																					
30.069																					
28.054																					
16.043																					
23	附录 B	删除“——储存液体的相关性质,包括相应的密度、温度、毒性及易燃性”中的“毒性”。	本标准储存液体为无毒液体 LNG。																		
24	参考文献[2]	删除“EN 1473,液化天然气设备与安装 陆上装置设计”,改为“GB/T 22724—2008 液化天然气设备与安装 陆上装置设计”。	原标准已经采标转化为国标																		

参 考 文 献

- [1] GB/T 22724—2008 液化天然气设备与安装 陆上装置设计
- [2] EN 1998-5 欧洲标准 8:抗震结构设计 第5部分:地基、挡土结构和土工技术问题
- [3] EN 13445-1:2002 非燃气式压力容器 第1部分:总则
- [4] EN 13445-2:2002 非燃气式压力容器 第2部分:材料
- [5] EN 13445-3:2002 非燃气式压力容器 第3部分:设计
- [6] EN 13445-4:2002 非燃气式压力容器 第4部分:制造
- [7] EN 13445-5:2002 非燃气式压力容器 第5部分:监测和测试
- [8] GB/T 19001—2000 质量管理体系 要求(ISO 9001:2000)
- [9] EN 1991-1-1 欧洲标准 1:结构上的荷载 第1-1部分:一般荷载 建筑物的密度、自重和外加荷载
- [10] EN 1991-1-2 欧洲标准 1:结构上的荷载 第1-2部分:一般荷载 火灾对建筑的影响
- [11] EN 1991-1-3 欧洲标准 1:结构上的荷载 第1-3部分:一般荷载 雪荷载
- [12] EN 1991-1-5 欧洲标准 1:结构上的荷载 第1-5部分:一般荷载 热荷载