



中华人民共和国国家标准

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

Design and manufacture of site built, vertical, cylindrical,
flat-bottomed steel tanks for the storage of liquefied natural gases—
Part 5: Testing, drying, purging and cool-down

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 1

4 水压试验和气压试验 1

 4.1 水压试验 1

 4.1.1 一般规定 1

 4.1.2 各种类型储罐的试验要求 1

 4.1.3 附加要求 2

 4.1.4 水质 2

 4.1.5 实施条件 3

 4.1.6 充水过程中的检查 3

 4.1.7 充水 3

 4.2 气压试验 3

 4.2.1 正压试验 3

 4.2.2 负压试验 4

 4.2.3 排空检查 4

5 干燥、置换和冷却 4

 5.1 程序 4

 5.2 干燥 4

 5.3 置换 4

 5.4 冷却 5

6 停运 5

附录 A（资料性附录） 储罐的冷却 6

附录 NA（资料性附录） 本部分与 EN 14620-5:2006 技术性差异及其原因 7

参考文献 9

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 5 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 5 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 14620-5:2006《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 5 部分：试验、干燥、置换及冷却》(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氨、液氧、液氮及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 A、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 355/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、中国石油天然气管道工程有限公司。

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

本部分主要起草人：殷虹、王成、曲忠奎、王印泽、童正露、赵旭青、付昱华、陈晖。

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

1 范围

本部分规定了液化天然气(LNG)储罐的试验、干燥、置换及冷却要求。

本部分适用于现场组装的立式、圆筒、平底、钢质、操作温度介于 0℃～-165℃之间的液化天然气储罐的设计和建造。

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 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

3 术语和定义

GB/T 26978.1—2011 中确立的术语和定义适用于本文件。

4 水压试验和气压试验

4.1 水压试验

4.1.1 一般规定

应进行水压试验，应通过水压试验证明：

——设计和建造完工的储罐能够装存介质(无泄漏)；

注：此条不适用于薄膜罐。对于薄膜罐，焊接工作完成之后，代之以氨检漏试验。储罐内部的焊缝上涂刷氨敏感性涂剂。氨气进入绝热空间，一旦氨气泄漏，氨气将与涂剂作用，涂剂颜色由黄色变为蓝色。为校验试验结果，在薄膜上开设基准孔，保证检查方法的正常使用。封闭所有泄漏点以后，进行另一项试验。储罐内侧的涂剂采用真空清理的方法清除。可以参见 NF A 09-106 的注释。

——基础能够承受储罐内介质产生的荷载。

4.1.2 各种类型储罐的试验要求

对于不同的储罐类型，应按照表 1 进行水压试验。

承包商应准备一份技术要求，包括所有要进行的试验工作。试验结果应以文件形式记录下来。

表 1 水压试验要求

介质	单容罐	双容罐	全容罐	薄膜罐
LNG	储罐(Ⅳ类钢): PH(见注 1)	内罐(Ⅳ类钢): PH	内罐(Ⅳ类钢): PH	
		钢外罐(Ⅳ类钢): PH	钢外罐(Ⅳ类钢): PH	
		外罐 (预应力混凝土): 不试验(见注 2)	外罐 (预应力混凝土): 不试验(见注 2)	外罐 (预应力混凝土): PH(见注 2)
注 1: PH 表示部分高度水压试验。 注 2: 预应力混凝土外罐不需要进行水压试验,参见 GB/T 26978.3—2011 中 A.2。				

4.1.3 附加要求

- 应符合下列附加要求:
- 部分高度水压试验中,内罐试验液位应等于 1.25 倍的最高设计液位乘以 LNG 的设计密度。应将内罐试验用水全部用于外罐试验;
 - 外罐进行水压试验时,应采取适当的防水措施,防止试验用水进入底部绝热层;
 - 环形空间充液过程中应控制和调节水位,防止内罐和环形空间出现液位差;
 - 罐壁和罐底上的所有附件焊接就位后,方可进行水压试验。水压试验之后不允许再焊接;
 - 采用膨胀珍珠岩做绝热材料的储罐,应在膨胀珍珠岩充填之前进行水压试验;
 - 承包商应保证水质,不会对钢部件或混凝土产生损害。

4.1.4 水质

- 应证明试验用水的适用性。应特别关注可能出现的腐蚀。
- 应考虑下列类型的腐蚀:
- a) 一般腐蚀;
 - b) 电化学腐蚀。
- 注 1: 电化学腐蚀(淡水和海水)是一种电化学形式的腐蚀,即一种金属或合金与另一种具有不同电化学电位的金属或合金在电流导通状态下产生的腐蚀。两种金属处于同一电解液和电路中。金属焊接后可导致焊缝、热影响区(HAZ)、钢板母材之间成分的差异。由于阴极材料区域的电流影响,极性最强的阳极材料区域将会发生腐蚀现象。
- c) 局部腐蚀(蚀损斑,沉淀腐蚀及细菌腐蚀)。
- 注 2: 在形成局部电池的环境下将产生局部腐蚀现象:
- a) 存在沉淀物或固体物;
 - b) 存在硫酸盐还原菌;
 - c) 含氧量低的部位。
- 海水中含有沉淀或固体物时,在水压试验过程中可能沉淀到钢材表面,发展成局部腐蚀电池。这将导致高腐蚀穿透速率。
- 注 3: 9%镍钢制作的储罐采用海水进行水压试验,腐蚀现象主要与以下因素有关:
- a) 钢板母材、焊缝、热影响区之间的电化学腐蚀;
 - b) 海水中含有固体或沉淀物时,形成腐蚀电池导致局部腐蚀;

- c) 硫酸盐还原菌的作用,形成酸性腐蚀环境并可能产生氢;
- d) 不锈钢内部部件和法兰外部密封面的保护;
- e) 去除或避免海水排放后残留的干性矿物质沉淀物。

宜对阴极保护的需求进行研究,防止电化学腐蚀和减少一般性腐蚀。阴极保护促使阴极反应,如果同时存在 H_2S ,在缺氧(在沉淀物下面)条件下将产生氢气,从而增加氢致裂纹产生的危险。

设计阴极保护系统时,应考虑避免出现氢脆。

如果水质不能满足要求,应考虑其他采用添加适当缓蚀剂的试验方法。

应考察并研究排放水对环境的影响。

4.1.5 实施条件

试验开始之前,应清理储罐。应去除焊缝上全部飞溅及焊渣,同时应除掉建造过程中遗留的材料、部件或临时安装的设施。

试验过程中应使用永久性或临时性压力泄放系统。压力泄放系统应具有足够的泄放能力,保证储罐试验正压和负压不大于设计中规定的压力。应使用水柱压力计测量压力。

注:可以使用腐蚀缓蚀剂。

4.1.6 充水过程中的检查

4.1.6.1 圆周检查

充水前,应在储罐外表面安装下述标记:

- 直径 ≤ 10 m 的储罐,4 个标记;
- 直径 > 10 m 的储罐,8 个标记。

双容罐和全容罐的内罐也应制作标记,以便在观测外罐时,也能同时监测内罐的沉降。

应保证储罐的标记在储罐喷漆后依然可见或可用。

应在充水和排水过程中对储罐沉降进行监测。至少应在储罐液位达到 1/2、3/4 试验液位高度时和达到试验液位高度时对储罐进行沉降监测。

4.1.6.2 罐底面平整度检查

当预计储罐罐底的不均匀沉降量大于 30 mm 时,例如筏板基础,应采取措施以便监测储罐中心的沉降。

注:可以使用测斜仪。

4.1.7 充水

应依据供水能力和设备条件以及底部土壤条件,确定充水速度。

储罐内的试验用水充满至最高液位后应至少保持 24 h。在试验过程中,应对罐壁焊缝进行外观检查,观察是否出现泄漏。

对于敞口储罐,位于试验液位以上的全部焊接接头,应采用真空箱试验检查其严密性。

如果安装有锚固件,应在水位达到某个固定高度(至少达到最高设计液位的 70%)对锚固件进行调整。

充水过程中,应将沉降观测数据与预先的计算值进行比较。如果两者之间出现差异,应向参与基础设计的土木地质专家咨询(见 GB/T 26978.1—2011 中 7.1.9),并通知买方。

4.2 气压试验

4.2.1 正压试验

气压试验的试验压力应等于 1.25 倍的储罐设计压力。试验压力应施加在水位以上的气相空间内,

但内罐敞口的双壁罐气压试验之前,内罐的试验用水可以全部或部分排放。

应考虑下列试验要求:

——将安全阀开启压力调节至试验压力,或设置一套临时压力泄放系统,防止压力超过试验压力。

当达到试验压力以后,应至少维持 30 min。之后,将压力降低至设计压力;

——试验条件下,应对所有焊缝进行肥皂液检漏试验;

注 1: 如果焊接接头已做过真空检漏试验,可以用外观检查代替肥皂液检漏试验。

——试验过程中,不允许开展任何修补工作;

注 2: 修补工作应在试验后进行,并进行单独的真空箱检漏试验。

——应降低压力并将安全阀开启压力调节至设计压力。安全阀的设定压力应通过泵送空气至气相空间的方法予以验证。

4.2.2 负压试验

负压试验的试验压力应等于储罐设计负压。

注 1: 不做最低保压时间要求。一旦试验压力达到设计负压,立刻结束试验。

注 2: 负压试验宜在储罐内仍有水的状态下进行,防止罐底和热保护系统(TPS)出现抬升现象。

应考虑下列试验要求:

——应安装真空安全阀并将其开启压力调节至试验压力,或设置一套破真空系统,防止负压超过试验负压;

——应封闭除真空安全阀之外的所有开孔。通过降低水位或使用空气抽气器达到试验所需负压;

——应降低负压并将真空安全阀开启压力调节至设定压力。真空安全阀的设定压力应通过抽水或使用空气抽气器的方法予以校验。

4.2.3 排空检查

储罐处于常压状态下,完成排空、干燥、清理工序后(去除全部的残留物和污泥,并清扫干净),应考虑下列试验要求:

——如果安装有锚固件,应再次检查锚固座的压紧程度;

——向空罐内通入空气达到设计压力,如果安装有锚固件,应对基础进行检查,是否出现抬升;

——应检查罐底是否出现异常现象,并再次对所有底部焊缝进行真空箱试验;

——如果设置罐底接头,应对所有焊缝进行 100%外观检查、100%渗透试验或磁粉检测;

——安装在混凝土外罐内表面上的金属衬里,应做外观检查。

5 干燥、置换和冷却

5.1 程序

应编制储罐干燥、置换和冷却的程序。置换和冷却应连续进行并应在程序中考考虑当任意一个阶段出现中断时的应急方案。

5.2 干燥

储罐干燥后,罐内介质最高露点为 $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。

注: 当环形空间填充膨胀珍珠岩时,允许环形空间的最高露点为 $-8\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。

对罐底绝热空间不做要求。

5.3 置换

应在 LNG 注入储罐之前,使用惰性气体对储罐进行置换。

注 1: 一般采用氮气。

氧浓度符合下列规定时,才允许停止置换:

——LNG 储罐,9%。

对罐底绝热空间不做要求。

对于关键部位[内罐罐底和罐顶,拱顶空间和环形空间的底部(如果有)],应设置取样点,证明已按照要求完成置换工作。

注 2: 对于全容罐,置换顺序宜为从内罐向环形空间进行,防止在内罐上受到向内的压力。

注 3: 由于使用氮气等惰性气体,可能会导致冷却过程中钢材出现低于设计温的过冷现象,例如,LNG 储罐可能达到 $-180\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。因此强烈推荐在冷却前,采用 LNG 蒸发气置换氮气,防止可能出现的过冷现象。

LNG 注入储罐时,可以产生大量的闪蒸气。所有可能产生蒸发气的空间应安装足够能力的闪蒸气排放装置(引至火炬或放空)。

5.4 冷却

应对主容器的冷却予以控制,防止冷却过程中出现较大的温差。应监控内罐或薄膜钢材的温度,使之保持在允许范围之内。

注: 更多详细资料,参见附录 A。

6 停运

承包商应做好所有必要的部署,保证储罐可以安全停运。应针对可能出现的停运工况制定操作规程。如果需要停运,停运程序应由采购方考虑。

原则上,停运程序与试运程序相同,只是与试运的正常工序相反。

如果出现储罐泄漏或其他异常情况,应采取特殊措施确保安全停运。

附 录 A
(资料性附录)
储罐的冷却

通常使用液化气进行冷却。

宜仔细考虑冷却工艺和设备的设计,防止钢板中出现较大的温差,从而产生较高的应力。上述温差应力与弯曲、焊接等机械载荷产生的应力组合在一起,可能会高到引发裂纹。冷却过程中,上述裂纹现象在冷却过程中检测不到,因此可能导致泄漏。

最好的解决办法是在储罐顶部设计一套带有喷淋装置的环形管路。宜根据操作压力和进料管线流量确定的冷却速度设计环形管路。

宜在储罐的罐壁和罐底安装监控用测温元件。测温元件宜合理布置,保证关键点的温差测量。

对于内罐,典型的冷却速度如下:

- 内罐的冷却速度为 3 °C/h,最大冷却速度为 5 °C/h;
- 罐壁或罐底上任意两个相邻热电偶之间的最大温差为 30 °C。

对于薄膜罐,采用下述冷却速度:

- 薄膜的冷却速度为 10 °C/h,最大冷却速度为 15 °C/h;
- 罐壁或罐底上任意两个相邻热电偶之间的最大温差为 50 °C。

附 录 NA

(资料性附录)

本部分与 EN 14620-5:2006 技术性差异及其原因

表 NA.1 给出了本部分与 EN 14620-5:2006 技术性差异及其原因。

表 NA.1 本部分与 EN 14620-5:2006 技术性差异及其原因

序号	本部分的 章条编号	技术性差异	原 因
1	1	将“冷冻液化气”改为“液化天然气”	本部分修改采用 EN 14620-5:2006;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氨等相关的内容。
2	2	删除“EN 14620-1:2006”,改为“GB/T 26978.1—2011”。	EN 14620-1 修改采用为国标“GB/T 26978.1—2011 同上
	3		
3	4.1.1	删除“可以参见 NF A 09-107 的注释”,改为“可以参见 NF A 09-106 的注释”。	原标准有误 4.1.1“可以参见 NF A 09-107(用氨酸进行的密封检验.渗漏定位法.气孔法的注释)”与“参考文献[4] NF A 09-106:1979 氨检漏试验 通过压力变化确定泄漏位置”不一致。
4	4.1.2	删除表 1 中与 LNG 无关的乙烷、乙烯储罐相关要求。	本部分储存液体为液化天然气。
5	4.1.2	删除表 1 中“* 对于薄膜罐,不能进行水压试验。为确保基础能够承受储液重量以及储罐的完整性,在绝热层和薄膜安装前,应完成混凝土外罐的水压试验。”	这段话是针对乙烷、乙烯薄膜罐相关要求,不适合本规范。
6	4.1.2	表 1 中“注 2:预应力混凝土外罐不需要进行水压试验,参见 EN 14620-3:2005 中 A.2”改为“注 2:预应力混凝土外罐不需要进行水压试验,参见 GB/T 26978.3—2011 中 A.2。”	原标准有误,EN 14620-3:2005 中 A.2 为 EN 14620-3:2006 的草案,现在 EN 14620-3:2006 已经正式生效并转化为国标。
7	4.1.3	删除第一款“全高度水压试验”相关内容。	本部分修改采用 EN 14620-5:2006;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氨等相关的内容。
8	4.1.3	删除“——应根据如上所述的部分水压试验要求选取薄膜罐的试验液位;”	这段话是针对乙烷、乙烯薄膜罐相关要求,不适合本规范。
9	4.1.7	删除“EN 14620-1:2006 中 7.1.9”,改为“GB/T 26978.1—2011 中 7.1.9”	EN 14620-1:2006 修改采用为国标“GB/T 26978.1—2011”
10	5.3	将第一段“碳氢化合物进入储罐之前”修改为“LNG 注入储罐之前”。	本部分储存液体为液化天然气。

表 NA.1 (续)

序号	本部分的 章条编号	技术性差异	原 因
11	5.3	删除第二段与 LNG 无关的丁二烯、丁烷、丙烯、丙烷、乙烯、乙烷、氮储罐的氧浓度要求。	本部分储存液体为液化天然气。
12	5.3 注 3	删除丁烷储罐、丙烷储罐的设计温度的过冷举例； 删除“储存介质热蒸气”改为“LNG 蒸发气”。	
13	5.3	删除“碳氢化合物注入储罐时”，改为“LNG 注入储罐时”。	

参 考 文 献

[1] 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

[2] 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

[3] 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:绝热部件

[4] NF A 09-106:1979 氨检漏试验 通过压力变化确定泄漏位置

中 华 人 民 共 和 国
国 家 标 准
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
GB/T 26978.5—2011

*

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(100013)
北京市西城区三里河北街 16 号(100045)

网址 www.spc.net.cn

总编室：(010)64275323 发行中心：(010)51780235
读者服务部：(010)68523946

中国标准出版社秦皇岛印刷厂印刷
各地新华书店经销

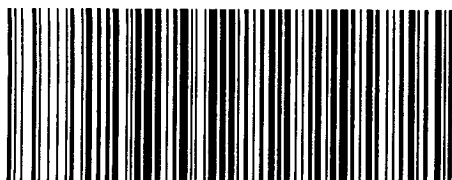
*

开本 880×1230 1/16 印张 1 字数 19 千字
2012 年 2 月第一版 2012 年 2 月第一次印刷

*

书号：155066·1-43991 定价 18.00 元

如有印装差错 由本社发行中心调换
版权专有 侵权必究
举报电话：(010)68510107



GB/T 26978.5-2011