



# 中华人民共和国国家标准

GB/T 26978—2021

代替 GB/T 26978.1—2011, GB/T 26978.2—2011, GB/T 26978.3—2011,  
GB/T 26978.4—2011, GB/T 26978.5—2011

---

## 现场组装立式圆筒平底钢质低温 液化气储罐的设计与建造

Design and manufacture of site built, vertical, cylindrical,  
flat-bottomed steel tanks for the storage of cryogenic liquefied gas

2021-12-31 发布

2022-07-01 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 .....	V
引言 .....	ⅢV
1 范围 .....	1
2 规范性引用文件 .....	1
3 术语、定义、符号和缩略语 .....	3
3.1 术语和定义 .....	3
3.2 符号 .....	6
3.3 缩略语 .....	9
4 基本规定与总则 .....	9
4.1 储罐类型 .....	9
4.2 总体设计依据 .....	13
4.3 保护系统 .....	16
4.4 作用 .....	17
4.5 检查与维护 .....	19
4.6 质量管理、环境管理和职业健康安全管理 .....	19
5 金属构件 .....	19
5.1 一般要求 .....	19
5.2 材料 .....	19
5.3 设计 .....	23
5.4 制造 .....	37
5.5 焊接工艺 .....	50
5.6 焊接 .....	52
5.7 检验 .....	53
5.8 气压升顶 .....	58
6 混凝土构件 .....	59
6.1 材料 .....	59
6.2 荷载组合 .....	60
6.3 设计要求 .....	60
6.4 施工要求 .....	61
6.5 衬里 .....	61
7 绝热构件 .....	62
7.1 概述 .....	62
7.2 绝热材料的设计、性能、测试和选择 .....	62

7.3 绝热保护-隔气层 .....	65
7.4 绝热系统设计 .....	66
7.5 绝热系统的安装 .....	70
8 试验、干燥、置换和冷却 .....	71
8.1 水压试验和气压试验 .....	71
8.2 干燥、置换和冷却 .....	74
8.3 停运 .....	75
附录 A (资料性) 中间加强圈设计示例 .....	76
附录 B (资料性) 薄膜上的荷载 .....	78
附录 C (资料性) 绝热材料 .....	79
附录 D (资料性) 绝热材料检测方法 .....	82
附录 E (资料性) 主要绝热材料验收 .....	85
E.1 罐底承压泡沫玻璃砖 .....	85
E.2 膨胀珍珠岩 .....	87
E.3 玻璃棉 .....	89
E.4 弹性毡 .....	90
E.5 沥青毡 .....	90
附录 F (资料性) 主储罐底部绝热——极限状态理论 .....	91
附录 G (资料性) 储罐绝热系统施工安装 .....	92
G.1 罐底绝热安装 .....	92
G.2 环形空间绝热安装 .....	92
G.3 吊顶绝热安装 .....	93
G.4 罐顶空间低温管线绝热安装 .....	93
参考文献 .....	94
图 1 单容罐图 .....	10
图 2 双容罐图 .....	11
图 3 全容罐图 .....	12
图 4 薄膜罐图 .....	13
图 5 典型的罐底板布置 .....	25
图 6 薄膜的设计流程图 .....	28
图 7 典型的罐壁-罐顶受压面积 .....	34
图 8 典型的带有绝热构件的罐顶接管 .....	36
图 9 穹顶片几何尺寸测量部位 .....	39
图 10 罐底边缘板几何尺寸测量部位 .....	40
图 11 罐壁几何尺寸测量部位 .....	41
图 12 向外和向内的棱角 .....	43

图 13	用于测量棱角的量规	43
图 14	吊顶示意	45
图 15	三层板搭接示意图	46
表 1	产品存储温度下储罐钢材的类型	20
表 2	钢材牌号和存储温度下限	20
表 3	最小夏比 V 型缺口冲击试验能量	22
表 4	蒸发气容器所使用钢材	22
表 5	设计许用拉应力	23
表 6	低温低合金钢、低镍钢、9%镍钢的分项荷载和材料系数	24
表 7	罐壁最小厚度	26
表 8	S-N 曲线的系数 $k$ (假定为正态分布)	31
表 9	顶端角环的最小尺寸	34
表 10	植焊钉力学性能	36
表 11	穹顶片几何尺寸允许偏差	39
表 12	罐底边缘板几何尺寸允许偏差	40
表 13	壁板几何尺寸允许偏差	41
表 14	半径允许误差	42
表 15	设计与竣工纵断面之间的最大偏差	42
表 16	焊接接头位置上局部变形的允许误差	43
表 17	立缝位置上的最大错边量	44
表 18	壁板组装错边量	48
表 19	底圈壁板内表面任意点半径允许偏差	49
表 20	壁板焊接接头角变形	49
表 21	壁板凹凸变形	49
表 22	温度较低时的保温时间	53
表 23	主容器和次容器的焊接接头检验	54
表 24	罐壁焊接接头射线/超声检测	55
表 25	蒸发气隔层/衬里的检验	55
表 26	蒸发气容器壁板焊接接头射线照相/超声波检验范围	56
表 27	偶然作用的分项荷载系数	60
表 28	裂缝要求	61
表 29	水压试验要求	72
表 A.1	壁板尺寸表	76
表 B.1	静荷载	78
表 B.2	周期荷载	78
表 B.3	偶然荷载	78

表 C.1	单容罐和双容罐 .....	79
表 C.2	全容罐 .....	80
表 C.3	薄膜罐 .....	80
表 D.1	热阻性能检测 .....	82
表 D.2	力学性能检测 .....	82
表 D.3	耐温性能检测 .....	83
表 D.4	水和水蒸气的渗透率检测/水和水蒸气的影响检测 .....	83
表 D.5	浸设在低温液化气环境中材料性能检测 .....	83
表 D.6	化学特性检测 .....	84
表 D.7	阻燃性/对火反应检测 .....	84
表 E.1	泡沫玻璃砖主要性能要求 .....	85
表 E.2	泡沫玻璃砖随温度变化的导热系数性能要求 .....	85
表 E.3	泡沫玻璃砖尺寸、外观检验样本大小和合格判定 .....	86
表 E.4	泡沫玻璃砖出厂检验抗压强度和导热系数样本大小和合格判定要求 .....	87
表 E.5	珍珠岩矿石性能检验 .....	88
表 E.6	珍珠岩矿石粒度筛分 .....	88
表 E.7	膨胀珍珠岩粉末性能检验 .....	88
表 E.8	膨胀珍珠岩粉末粒度筛分 .....	89

## 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。

本文件代替 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》、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》和 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》，本文件将 GB/T 26978—2011(所有部分)合并整合修订为一个文件。除结构调整和编辑性改动外，主要技术变化如下：

- a) 更改了储罐类型的定义(见 4.1, 2011 年版的第 1 部分第 4 章)；
- b) 删除了储罐风险评估章节(见 2011 年版的第 1 部分第 4 章)；
- c) 删除了工程建设单位或买方的责任要求(见 2011 年版的第 1 部分第 7 章)；
- d) 更改了极限状态和许用应力理论的规定, 并更改了极限状态理论两种状态的定义描述(见 4.2.3, 2011 年版的第 1 部分第 7 章)；
- e) 增加了地震设计需提供地震安评报告、场地地震动参数和地震影响系数特征参数, 更改了垂直分量反应谱的坐标值不应小于相应水平分量反应谱坐标值的 65%(见 4.2.4, 2011 年版的第 1 部分第 7 章)；
- f) 更改了密闭性的规定(见 4.2.5, 2011 年版的第 1 部分第 7 章)；
- g) 增加了基础与隔震系统的规定和技术要求(见 4.2.9)；
- h) 更改了混凝土储罐热防护系统的高度要求(见 4.2.11, 2011 年版的第 1 部分第 7 章)；
- i) 增加了薄膜罐的其他要求(见 4.2.13)；
- j) 更改了永久作用、可变作用的参考规范和要求(见 4.4.2、4.4.3, 2011 年版的第 1 部分第 7 章)；
- k) 更改了偶然作用的规定(见 4.4.4, 2011 年版的第 1 部分第 7 章)；
- l) 删除了“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。”(见 2011 年版的第 1 部分第 7 章)；
- m) 删除了“质量保证与质量控制”(见 2011 年版的第 1 部分第 5 章)；
- n) 更改了“健康、安全和环境计划”(见 4.6, 2011 年版的第 1 部分第 6 章)；
- o) 更改了钢材分类、新钢材分类的夏比 V 型缺口冲击、最大设计许用应力等要求(见 5.2, 2011 年版的第 2 部分第 4 章)；
- p) 更改了螺栓、管道构件材料选取等要求, 引用国内标准(见 5.2, 2011 年版的第 2 部分第 4 章)；
- q) 更改了罐底边缘板的最小宽度要求, 更改了罐底中幅板的最小直边长度要求, 增加了吊顶设计荷载要求, 增加了吊顶两侧允许压差要求, 更改了管嘴设计要求, 更改了罐体锚固系统表面腐蚀余量要求, 增加了穹顶、吊顶、衬板、热角保护、内罐底板、内罐壁板、附件的组装偏差和预制要求(见 5.3, 2011 年版的第 2 部分第 5 章、第 6 章)；
- r) 更改了焊工、焊接操作工及探伤人员的资质认证、焊接工艺评定、无损检测的引用标准, 更改了罐壁板环焊缝接头 RT 检测比例(见 5.5, 2011 年版的第 2 部分第 7 章)；
- s) 增加了气压升顶的相关要求(见 5.8)；

- t) 删除了附录 B 确定薄膜上的荷载与疲劳曲线(见 2011 年版的第 2 部分附录 B);
- u) 更改了混凝土材料设计、施工及验收标准(见 6.1.1,2011 年版的第 3 部分 6.2);
- v) 更改了预应力系统、低温钢筋的参考规范(见 6.1.2,2011 年版的第 3 部分 6.3);
- w) 更改了荷载设计值、荷载影响和几何参数参考规范(见 6.2,2011 年版的第 3 部分 7.2);
- x) 删除了液密性部分(见 2011 年版的第 3 部分 7.3);
- y) 删除了附录 A 材料、附录 B 预应力混凝土储罐(见 2011 年版的第 3 部分附录 A、附录 B);
- z) 新增了预应力系统设计的要求(见 6.3.1);
- aa) 增加了预应力混凝土外罐的抗震设防分类要求、罐壁设计要求、罐壁最小受压区高度的最低要求(见 6.3.2);
- bb) 增加了桩和桩帽应在适用性极限状态下进行裂缝宽度校核及裂缝控制要求(见 6.3.3);
- cc) 更改了混凝土保护层厚度参考规范(见 6.3.6,2011 年版的第 3 部分 8.7);
- dd) 更改了最小配筋面积要求(见 6.3.7,2011 年版的第 3 部分 8.8);
- ee) 增加了罐壁结构强度设计要求(见 6.5.2);
- ff) 删除了施工缝部分(见 2011 年版的第 3 部分 8.5);
- gg) 删除了钢筋混凝土围堰部分(见 2011 年版的第 3 部分 8.9);
- hh) 删除了模板与系杆部分(见 2011 年版的第 3 部分 9.3);
- ii) 删除了混凝土定位垫块的要求(见 2011 年版的第 3 部分 9.4);
- jj) 删除了混凝土养护的要求(见 2011 年版的第 3 部分 9.5);
- kk) 删除了误差部分(见 2011 年版的第 3 部分 9.6);
- ll) 删除了涂层相关内容(见 2011 年版的第 3 部分第 10 章);
- mm) 增加了主要绝热材料验收要求(见 7.2.5 和附录 E);
- nn) 删除了隔气层外罐形成的防护结构对 GB/T 26978.3—2011 第 9 章的引用(见 2011 年版的第 4 部分第 5 章);
- oo) 增加了全容罐绝热系统各构件设计的要点(见 7.4);
- pp) 增加了绝热系统安装的一般要求、罐底绝热安装要求、环隙空间绝热安装要求、吊顶绝热安装要求和罐顶空间低温管线绝热安装要求(见 7.5 和附录 G);
- qq) 更改了绝热材料的检测方法,统一为国内标准(见附录 D,2011 年版的第 4 部分附录 B);
- rr) 增加了丁烷、乙烯、乙烷等低温液烃储罐的水压试验要求(见 8.1.1.2,2011 年版的第 5 部分 4.1.2);
- ss) 更改了储罐试验水质的要求(见 8.1.1.4,2011 年版的第 5 部分 4.1.4);
- tt) 增加了水压试验前,对管道和内罐支撑的检查(见 8.1.1.5);
- uu) 更改了圆周检查中沉降观测点要求,补充 1/4 试验液位高度时的沉降观测(见 8.1.1.6.1,2011 年版的第 5 部分 4.1.6.1);
- vv) 更改了充水中时间的要求(见 8.1.1.7,2011 年版的第 5 部分 4.1.7);
- ww) 增加了负压试压中试验合格后打开进气阀要求(见 8.1.1.2);
- xx) 增加了干燥方案满足 SY/T 4114 的规定(见 8.2.2);
- yy) 更改了置换中氧浓度要求(见 8.2.3,2011 年版的第 5 部分 5.3);
- zz) 更改了冷却中相关要求(见 8.2.4,2011 年版的第 5 部分 5.4)。

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、中国寰球工程有限公司北京分公司、中国石化

工程建设有限公司、中国石油天然气管道工程有限公司、中石化中原石油工程设计有限公司、北京市燃气集团有限责任公司。

本文件主要起草人：张超、扬帆、张博超、段品佳、许佳伟、刘博、肖立、武铜柱、彭延建、杜亮坡、刘洋、刘海霞、苏展、高贤、陈团海、张平、郭琦、孟庆鹏、黄欢、武学勇、毕晓星、陈峰、王若冰、李晓琳、王成硕、王文焘、计宁宁、李金光、赵铭睿、陈瑞金、夏梦莹、银永明、钟曦、李斌、范嘉堃、李阳、郝思佳、张建强、邱灶杨、赵建伟、明红芳、陈锐莹、姜夏雪、杨文刚、邢楠、衣鹏、陈晖、宋坤、张奕、冯伟。

本文件于2011年首次发布为GB/T 26978.1—2011、GB/T 26978.2—2011、GB/T 26978.3—2011、GB/T 26978.4—2011和GB/T 26978.5—2011，本次为第一次修订。

## 引 言

为了规范国内低温液化气储罐的设计与建造,促进国内低温液化气储罐行业的发展和标准化,需建立一种基础性的国家标准。

低温液化储罐用于储存两相状态下(即液体和蒸发气)标准沸点低于环境温度的产品。通过冷却产品,使其温度等于或略低于标准沸点,并使储罐处于微正压,以保持液相和气相间的平衡。

低温液化气储罐的建设过程包括设计、施工、试验、试运行、操作(含故障)和停止使用。本文件根据以上情况,制定低温液化气储罐的设计建造原则。

低温液化气储罐包括主体结构和辅助设施。辅助设施不会影响储罐的整体结构设计,因此本文件只对储罐主体结构的设计进行了规定。

低温液化气储罐所使用的材料目前已基本实现国产化,因此本文件中涉及的材料均为国家标准及ISO标准牌号。如储罐材料设计时参考其他国外标准,可采用相关标准中引用的牌号等同替代国家标准牌号。

# 现场组装立式圆筒平底钢质低温 液化气储罐的设计与建造

## 1 范围

本文件规定了现场组装的地上立式圆筒平底钢质主容器储罐(含金属构件、混凝土构件、绝热构件等)设计、建造和安装的一般要求,描述了储罐的试验、干燥、置换和冷却的程序和方法。

本文件适用于存储温度范围介于 $-165\text{ }^{\circ}\text{C}\sim 0\text{ }^{\circ}\text{C}$ 的低温液化气体,包括液化天然气(LNG)和低温液化石油气(LPG)等低温冷冻烃,其组分主要为甲烷、乙烷、丙烷、丁烷、乙烯、丙烯等。

本文件适用于最大设计压力不大于 $50\text{ kPa}$ 的储罐。

本文件不适用于主容器为混凝土的储罐。

## 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 150.2—2011 压力容器 第2部分:材料
- GB/T 150.3 压力容器 第3部分:设计
- GB/T 193 普通螺纹 直径与螺距系列
- GB/T 229 金属材料 夏比摆锤冲击试验方法
- GB/T 709—2019 热轧钢板和钢带的尺寸、外形、重量及允许偏差
- GB/T 985.1 气焊、焊条电弧焊、气体保护焊和高能束焊的推荐坡口
- GB/T 1220 不锈钢棒
- GB/T 2518 连续热镀锌和锌合金镀层钢板及钢带
- GB 3097 海水水质标准
- GB/T 3531 低温压力容器用钢板
- GB/T 5224 预应力混凝土用钢绞线
- GB/T 6478 冷镦和冷挤压用钢
- GB/T 9145—2003 普通螺纹 中等精度、优选系列的极限尺寸
- GB/T 12459 钢制对焊管件 类型与参数
- GB/T 13401 钢制对焊管件 技术规范
- GB/T 13480 建筑用绝热制品 压缩性能的测定
- GB/T 14370 预应力筋用锚具、夹具和连接器
- GB/T 19001 质量管理体系 要求
- GB/T 23248 海水循环冷却水处理设计规范
- GB/T 24001 环境管理体系 要求及使用指南
- GB/T 24510 低温压力容器用镍合金钢板
- GB/T 24511 承压设备用不锈钢和耐热钢钢板和钢带