

GB51160-2016 《纤维增强塑料设备和管道 工程技术规范》之纤维增强塑料设备

石家庄开发区技源科技有限公司

李国树

2017.6.16

石家庄开发区技源科技有限公司

一、制定新国标的指导方针

- 编制的指导原则：先进性、安全性、合理性。
- 根据目前国内纤维增强塑料（玻璃钢）设备和管道工程的现状，积极采用国际标准和国外的先进标准，按照技术先进、经济合理、安全适用的原则编制。

二、新国标的特点

- 新国标的突出特点：
 - 1、覆盖面广，同时包含了设备和管道，是一部大而全的标准，全文268页。
 - 2、规定全面，包含材料、设计、制造、安装、质量验收等内容。
 - 3、与国际标准接轨，主要参考EN13121，EN13923，同时参考了ASME RTP-1，ASME X标准。

二、新国标的特点

- 4、与国内实际情况接轨。深入了解多家企业的实际工程经验。参编企业中包括了冀州中意、江铜贵溪冶炼厂、德阳双全、广州纤力等玻璃钢制造企业。

三、国内外标准对比

- 1、国内玻璃钢设备标准
- 2、国外玻璃钢设备标准
- 3、本次规范设备的定位

石家庄开发区技源科技有限公司

1、国内玻璃钢设备标准

- 目前国内现行的涉及玻璃钢贮罐与容器的标准主要有以下三本：
 1. 《玻璃钢化工设备设计规定》 HG/T 20696-1999。
 2. 《纤维缠绕增强塑料储罐》 JC/T587（产品标准）。
 3. 《耐化学腐蚀现场缠绕大型玻璃钢容器》 HG/T3983-2007（产品标准）。

石家庄开发区技源科技有限公司

- 目前国内现行的立式贮罐行业标准为 JC/T587-2012 《纤维缠绕增强塑料贮罐》只适用于常压贮罐、《耐化学腐蚀现场缠绕大型玻璃钢容器》HG/T3983是产品标准，不涉及到设计计算部分。

石家庄开发区技源科技有限公司

- 《玻璃钢化工设备设计规定》HG/T 20696-1999在发布后，在一段时间内为玻璃钢行业的发展起到了指导作用，但随着原材料不断更新，性能不断提高，制造工艺日趋完善、制造设备更新换代，而设计理论也有了长足的进步，原有的规定很多已过时，而且其中存在一些缺陷和错误；

石家庄开发区技源科技有限公司

2、国外玻璃钢设备标准

- 1)、美国系列的标准:
- 2)、欧洲系列的标准

石家庄开发区技源科技有限公司

美国系列的3个标准

- 1、美国系列的3个标准：
- （1）、ASME RTP-1 《Reinforced Thermoset Plastic Corrosion Resistant Equipment》-增强热固性塑料耐腐蚀设备，由美国机械工程师协会制定的标准，是一部涉及热固性增强塑料耐腐蚀设备的设计、产品制造、材料性能、构造要求、检测、实验方法等为一体的国际权威设计规范。
- （2）、ASME boiler & pressure vessel code Section X Fiber-reinforced plastic pressure vessels, 美国机械工程师协会（ASME）锅炉压力容器制造标准 第X卷 纤维增强塑料压力容器

美国系列的3个标准

- (3)、ASTM D3299玻璃纤维缠绕增强热固性树脂耐腐蚀贮罐
- Standard Specification for Filament-Wound Glass-Fiber-Reinforced Thermoset resin Corrosion-Resistant Tanks
- 该标准适用于大气压下贮存腐蚀性化学材料的圆柱体地面安装的立式贮罐，贮罐是由聚酯或乙烯基酯树脂接触成型或纤维缠绕工艺制造。标准对贮罐材料、性能、设计、结构、尺寸、公差、工艺和外观等提出了要求。不适用于设计使用压力超过静水压，真空或贮存液体超过自蒸发温度的贮罐。

石家庄开发区技源科技有限公司

美国系列的3个标准

- 这三个标准的使用范围为：（1）ASTM D3299只针对于常压贮罐，（2）ASME RTP-1适用于压力(正压、负压)低于15Psi（0.1Mpa）的玻璃钢防腐蚀设备，（3）ASME Section X则适用于压力低于高压容器，

欧洲系列的2个标准

- (1)、 BS EN 13121-3 GRP tanks and vessels for use above ground - Part 3: Design and workmanship;-地上用玻璃纤维增强塑料 (GRP)储罐和容器. 第3部分:设计和施工

欧洲系列的2个标准

- (2)、EN13923缠绕FRP压力容器材料、设计、制作和试验标准，适用范围低于20Mpa，温度在-30℃~120℃的玻璃钢压力容器。不含运输、双壁罐、负压容器一级爆炸、含放射性的容器。

3、本标准的定位

- 由于前些年纤维增强塑料设备工程技术的国家标准缺失，技术门槛低，以及产品的低价恶性竞争，导致产品制造的低水平、低质量、低使用寿命，大大影响了纤维增强塑料设备的声誉，对行业造成了不良影响。

石家庄开发区技源科技有限公司

3、本标准的定位

- 根据纤维增强塑料设备的实际应用需要，国内标准急需扩大涵盖范围，规范设计过程，提高材料的要求，提高产品的质量检验要求。以便更好的和国际市场接轨。

3、本标准的定位

- 本规范在主要技术要求方面，与国际领先标准相对接，将纤维增强塑料设备与管道的设计、材料、制造、安装、质量检验、工程验收、使用维护等方面提升为全过程质量控制的工程技术理念，更为系统化、规范化，实施性强。

3、本标准的定位

- 与国际标准接轨，主要参考EN13121，EN13923，同时参考了ASMERTP-1，ASMEX标准。
- 与国内实际情况接轨。深入了解多家企业的实际工程经验。参编企业中包括了冀州中意、江铜贵溪冶炼厂、德阳双全、广州纤力等玻璃钢制造企业。

石家庄开发区技源科技有限公司

四、新国标的设备内容解读

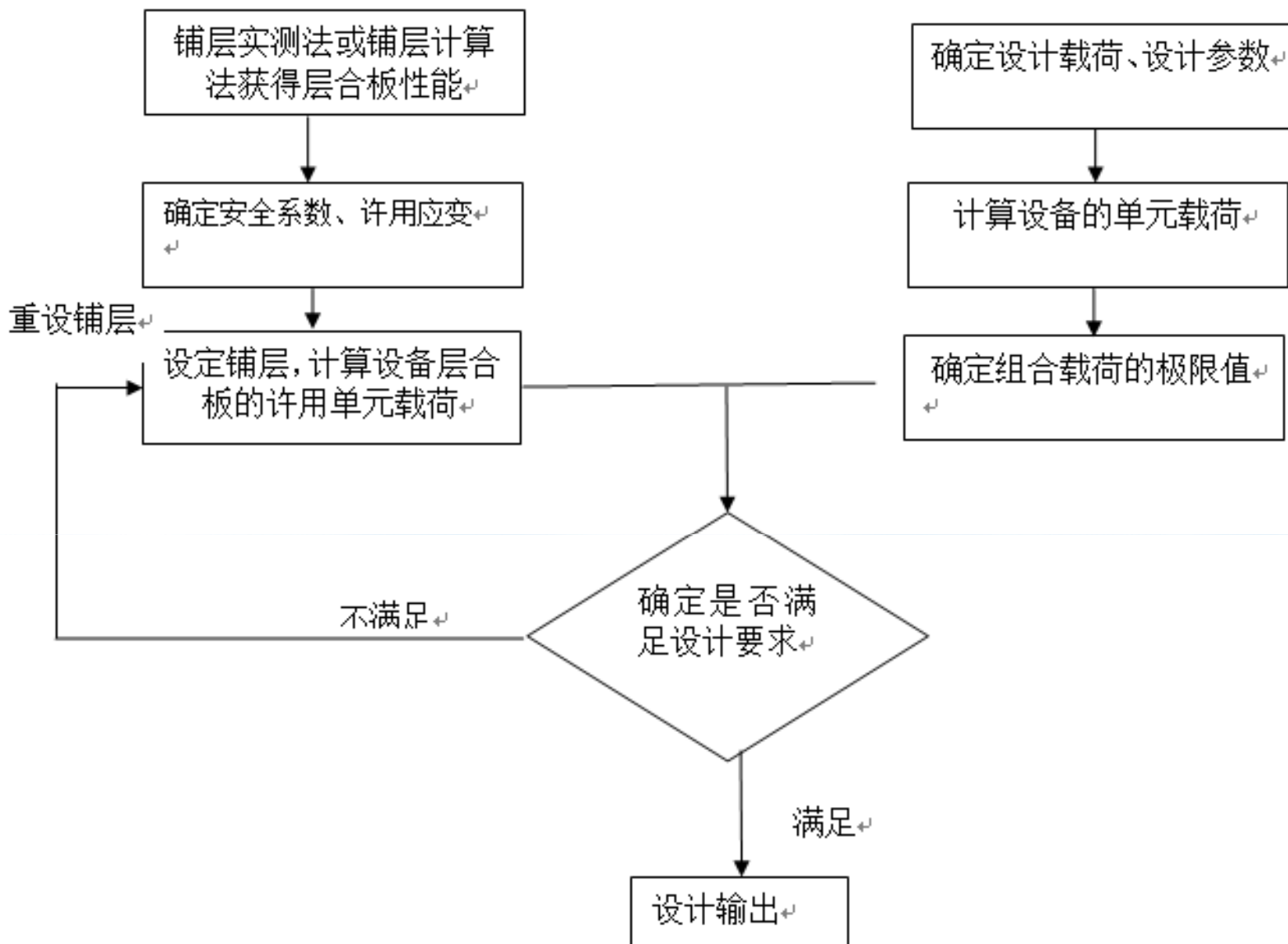
- 本标准涵盖了纤维增强塑料设备和管道的材料、设计、制造、安装、质量检验、工程验收等方面，确保纤维增强塑料设备和管道工程技术的发展更为规范化、系统化，并可与国外先进标准相对接，以获得更好的经济效益和社会效益。

纤维增强塑料设备内容解读

- 4.3单层板性能和层合板性能（4.3.1~4.3.8）
- 5设备设计
- 10 安装（10.2设备安装）
- 附录C卧式容器设计
- 附录D法兰设计
- 附录E地锚设计
- 附录F敞口贮罐顶部加强法兰规格

石家庄开发区技源科技有限公司

设备设计流程



石家庄开发区技源科技有限公司

4.3 单层板性能和层合板性能

- 1、单层板的力学性能
- 单层板的力学性能宜通过铺层实测法确定，也可采用铺层计算法，但应满足相关规定。
- 2、层和板的力学性能
- 两种方法确定层和板的力学性能：
- 铺层实测法和铺层计算法

4.3 单层板性能和层合板性能

- 铺层计算法计算单元拉伸刚度和拉伸强力

1) 层合板的单元拉伸刚度和单元拉伸强力应分别按下列公式计算：↵

$$X_{lam} = n_1 W_1 X_1 + n_2 W_2 X_2 + \dots + n_i W_i X_i \quad (4.3.2-1) \quad \leftarrow$$

$$U_{lam} = n_1 W_1 U_1 + n_2 W_2 U_2 + \dots + n_i W_i U_i \quad (4.3.2-2) \quad \leftarrow$$

式中： X_{lam} ——层合板的单元拉伸刚度（ N/mm ）；↵

U_{lam} ——层合板的单元拉伸强力（ N/mm ）；↵

n_i ——第 i 单层板的层数；↵

W_i ——第 i 单层板的纤维单位面积质量（ kg/m^2 ）↵

X_i ——第 i 单层板的单元拉伸模量 [$N/(mm \cdot kg/m^2)$]；采用纤维缠绕层，当缠绕角小于 15° 、计算环向拉伸模量时，应取值为 0；当缠绕角大于 75° 、计算轴向拉伸模量时，应取值为 0；↵

U_i ——第 i 单层板的单元拉伸强度 [$N/(mm \cdot kg/m^2)$]。↵

4.3 单层板性能和层合板性能

- 铺层计算法计算拉伸模量

ρ) 层合板的拉伸模量应按下列公式计算：↵

$$E_{lam} = X_{lam} / t_d \quad (4.3.2-3) \quad \leftarrow$$

$$t_d = \sum_{i=1}^n t_i \quad (4.3.2-4) \quad \leftarrow$$

$$t_i = \left(\frac{1}{\rho_g} + \frac{(100 - m_g)}{m_g \times \rho_r} \right) \times W_i \times 10^3 \quad (4.3.2-5) \quad \leftarrow$$

式中： E_{lam} ——层合板的拉伸模量 (MPa)；↵

t_d ——层合板的结构层计算厚度(mm)；↵

t_i ——第 i 层单层板的结构计算厚度(mm)；↵

m_g ——第 i 层单层板的纤维质量百分含量值；↵

W_i ——第 i 单层板的纤维单位面积质量 (kg/m^2)；↵

ρ_r ——树脂固化后的密度 (kg/m^3)；↵

ρ_g ——纤维的密度 (kg/m^3)。↵

石家庄开发区技源科技有限公司

4.3 单层板性能和层合板性能

3) 层合板的弯曲模量应按下列公式计算:↵

$$E_b = \frac{1}{t_d^3} \sum_{i=1}^n W_i X_i [12(h_i - h_0)^2 + t_i^2] \quad (4.3.2-6) \quad \leftarrow$$

$$h_0 = \frac{\sum_{i=1}^n W_i X_i h_i}{\sum_{i=1}^n W_i X_i} \quad (4.3.2-7) \quad \leftarrow$$

式中: E_b ——层合板的弯曲模量(MPa); ↵

W_i ——第 i 单层板的纤维单位面积质量 (kg/m^2); ↵

X_i ——第 i 单层板的单元拉伸模量 [$\text{N}/(\text{mm} \cdot \text{kg}/\text{m}^2)$]; ↵

h_i ——第 i 层单层板的中心与层合板中心 (图 4.3.2) 的距离(mm); ↵

h_0 ——层合板的中性面与层合板中心的距离(mm)。↵

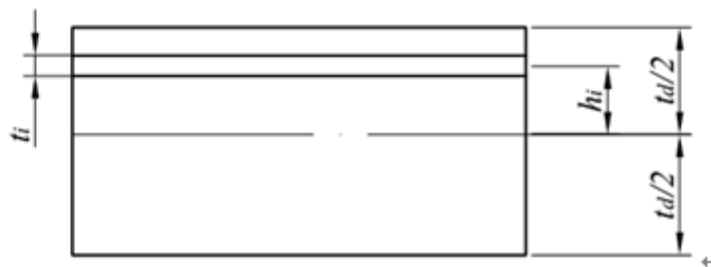


图 4.3.2 第 i 层单层板的中心与层合板中心的距离 h_i 示意图↵

石家庄开发区技源科技有限公司

4.3 单层板性能和层合板性能

采用铺层实测法的规定

2 当采用铺层实测法时，单层板和层合板性能检测应符合下列规定：

- 1) 试验样板应按设计铺层制作，每个检测项目的加工试样不应少于 15 个；
- 2) 单层板和层合板性能检测项目应符合表 4.3.2-1 的规定；

表 4.3.2-1 单层板和层合板性能检测项目

检测项目		单层板	层合板
拉伸性能	单元拉伸强度	√	—
	单元拉伸模量	√	—
	单元拉伸强力	—	√
	单元拉伸刚度	—	√
弹性模量	拉伸模量	—	√
	弯曲模量	—	√
剪切强度	层间剪切强度	○	○
	搭接剪切强度	√	√
	剪切强度	—	√

注：“√”表示应检项目；“○”表示宜检项目；“—”表示无需检测项目

设备的安全系数

- 4.3.3 设备力学性能的设计安全系数确定，应符合下列规定：
 - 1 设计安全系数应按下列公式计算：
 -
 - $$K = 2 \times K_1 \times K_2 \times K_3 \times K_4 \quad (4.3.3-1)$$
 - $$F = 2 \times K_1 \times K_2 \times K_3 \times \sqrt{K_4} \quad (4.3.3-2)$$

安全系数

- K——设计安全系数，不得小于6.0；
- F ——屈曲安全系数，不得小于4.0；
- K1——材料性能的试验和验证分项设计系数；
- K2 ——化学环境的分项设计系数；
- K3 ——设计温度和树脂热变形温度（HDT）影响的分项设计系数；
- K4——层合板长期性能的分项设计系数。

石家庄开发区技源科技有限公司

材料性能的试验和验证系数K1

- 1 当设计所用层合板力学性能值采用铺层计算算法确定、单层板性能采用本规范表4.3.1中的性能值时，K1取值应符合下列规定：

材料性能的试验和验证系数K1

- 2 当设计所用层合板力学性能值采用铺层计算法确定、单层板性能采用铺层实测法确定或单层板性能采用原有的铺层实测法数据，但对该单层板性能采用5个数据一组的试验验证，获得5个试样的平均值和去掉5个试样中最大值和最小值后的3个试样的平均值，两个平均值的小者应大于该单层板性能数据时，应取1.1。

材料性能的试验和验证系数K1

- 3 当设计所用层合板力学性能值采用铺层实测法，并从试验室模拟试样上取样，每项性能检测数据不应少于15个进行试验验证时，应取1.1。
- 4 当设计所用层合板力学性能值采用铺层实测法，并从设备样品上取样，每项性能检测数据不应少于15个进行试验验证时，应取1.0。

化学环境的分项设计系数K2

- 化学环境的分项设计系数的取值，应符合本规范附录A的规定

温度影响分项设计系数K3

- 4.3.6 设计温度和树脂热变形温度（HDT）影响的分项设计系数 应按下式计算，且取值范围应为1.0~1.4：

$$K_3 = 1.0 + 0.4 \frac{T_d - 20}{HDT - 40} \quad (4.3.6)$$

- 式中： ——设计温度；
- ——树脂的热变形温度。

层合板长期性能长期性能系数K4

增强材料类型	拉 伸		弯 曲
	短期载荷	长期载荷	长期载荷
纤维布	1.00	1.30	1.90
短切原丝毡	1.00	2.40	2.40
纤维缠绕（环向）	1.00	1.30	1.40
纤维缠绕（轴向）	1.00	1.60	1.70

石家庄开发区技源科技有限公司

层合板长期性能长期性能系数K4

- 应符合下列规定：
 - 1 当同时采用短切原丝毡、纤维布、纤维缠绕纱制造层合板时，K4值应按主要纤维成分取值；
 - 2 当计算屈曲安全系数 F 时，K4值应采用弯曲值；
 - 3 当计算设计安全系数 K ，载荷中同时有拉伸和弯曲时，K4值应取拉伸值。

安全系数

- 2 当无法确定分项设计系数时，设计安全系数不得低于10.0，屈曲安全系数不得低于5.0。

设计许用应变

- 4.3.8 设备层合板许用应变的确定应符合下列规定：
 - 1 树脂许用应变 应按下式计算，且不得大于表4.3.8-1中的规定值：
$$\varepsilon_{ar} = 0.1 \times \varepsilon_r$$
- 式中： ——树脂的许用应变(%)；
- ——树脂浇铸体的断裂延伸率(%)。

设计许用应变

- 2层合板的许用应变应按下式计算：

- $$\epsilon_{lam} = \frac{U_{lam}}{K \times X_{lam}} \quad (4.3.8-2)$$

- 式中：——层合板许用应变值；
- ——层合板单元拉伸刚度(N/mm)；
- ——设计安全系数，
- ——层合板单元拉伸强力(N/mm)。

设计许用应变

- 3 设备层合板的许用应变 应取树脂许用应变和层合板的许用应变中的小值。当无法确定树脂许用应变和层合板的许用应变时，许用应变应按0.001取值。

4.3.8 设备许用单元载荷

- 设备层合板的许用单元载荷应按下式计算

5 设备层合板的许用单元载荷应按下式计算：

$$[q] = \varepsilon_d \times X_{lam} \quad (4.3.8-3)$$

式中：[q]——设备层合板的许用单元载荷(N/mm)。

第5章 设备设计

- 5.1.一般规定
- 5.2.载荷和作用
- 5.3.设备计算
- 5.4.结构设计

5.1、一般规定

1)设计压力与计算压力

设计压力：设备顶部的最高压力

计算压力：设计压力与静液压之和

设计温度

2) 设计温度与金属设备的不同

正常工作情况下的最高或最低使用温度。

- (1) 国家标准《压力容器》GB 150-2011 为：
 - 设计温度（第3.1.7条）：容器在正常工作情况下，设定的元件的金属温度（沿元件金属截面的温度平均值）。设计温度与设计压力一起作为设计载荷条件。

设计温度

- (2) 行业标准《玻璃钢化工设备设计规定》HG/T 20696-1999的定义为：
- 玻璃钢温度（第1.7.4条）：指容器受压元件沿截面的平均温度。在任何情况下，玻璃钢元件的表面温度不得超过玻璃钢材料的允许使用温度。
- 设计温度（第1.7.5条）：指玻璃钢设备在正常操作情况和相应设计压力下设定的受

设计温度

- 压元件的玻璃钢温度，其值不得低于玻璃钢元件可能达到的最高温度。容器的设计温度是指玻璃钢壳壁的设计温度。
- (3) 在EN 13121-3-2008+A1-2010中定义为：
- 设计温度 (T_s)：设备设计的最高或最低温度，由用户决定

设计方法与安全系数

- 3) 设计方法与安全系数
- 纤维增强塑料设备设计方法包括规则设计法、分析设计法、试验验证设计法，所列几种设计方法在现行国家标准《压力容器》GB 150-2011、《固定式压力容器安全技术监察规程》TSG R0004-2009中均有涉及，本章主要针对规则设计法进行规定。

设计方法与安全系数

- 纤维增强塑料设备的设计安全系数的选择与成型工艺、载荷条件、材料性能分散性等很多因素有关，国内外标准中的规定大相径庭。为便于设计，在参考各标准基础上，本规范给出了最小安全系数和失效压力。

铺层设计

- 4)、铺层设计
- 主要包括：纤维及制品（织物）类型，树脂、引发剂及配合比，铺层的次序、方向和层数，成型和固化工艺，树脂或纤维含量以及允许偏差等。
- 纤维增强塑料层合板属各向异性的复合材料，其特点是强度具有方向性，同时

铺层设计

- 弹性模量低。铺层设计时需要注意：纤维铺设方向应与主承力方向一致，这样可以最大限度利用纤维的高强度特性；为了避免拉剪、拉弯耦合引起的翘曲变形，结构层应按均衡对称形式设计；相同铺层应沿厚度均布，这样可以提高层间强度而避免分层。

筒壁结构

- 5)、设备的筒壁划分
- 由内衬层、结构层和外表层组成，并应符合下列规定：
 - (1) 内衬层，厚度不应小于2.5mm，
 - 内表面层应采用表面毡，树脂含量应大于85%，厚度不应小于0.3mm；
 - 次内层宜采用短切原丝毡、缝编织物、喷射纱，树脂含量不应低于65%。

- 1 内表面层采用表面毡，在《玻璃钢化工设备设计规定》HG/T 20696-1999规定树脂含量不小于90%，而在ASTM D3299-2010中规定为80%。根据调查和验证，本规范确定为不低于85%。

石家庄开发区技源科技有限公司

- 2次内层采用短切原丝毡、缝编织物、喷射纱，在《玻璃钢化工设备设计规定》HG/T 20696-1999规定树脂含量为70%~80%、《耐化学腐蚀现场缠绕玻璃钢大型容器》HG/T 3983-2007规定大于70%，而ASTM D3299-2010规定内表面层和次内层总树脂含量大于70%。根据调查和验证，本规范确定为不低于65%。

石家庄开发区技源科技有限公司

结构层

- (2) 结构层可选用缠绕纱、短切原丝毡、缝编织物、喷射纱、纤维布等单一或几种增强材料的组合，可选用缠绕、喷射和手糊工艺成型，且应符合下列规定：
 - 结构层厚度应由计算确定；
 - 结构层采用玻璃纤维时，其含量应符合本规范第4.3.1(4)条(款)的规定。

结构层

- 结构层可采用缠绕纱、短切原丝毡、缝编织物、喷射纱、纤维布等单一或几种增强材料的组合。在《耐化学腐蚀现场缠绕玻璃钢大型容器》HG/T 3983-2007规定结构层树脂含量25%~40%，《玻璃钢化工设备设计规定》HG/T 20696-1999规定为30%~40%，而ASTM D3299-2010规定缠绕成型的结构层纤维含量50%~80%（相当于20%~50%树脂含量）。

石家庄开发区技源科技有限公司

结构层

- 国内目前纤维增强塑料设备主要以缠绕成型为主，因此本规范中设备筒壁的结构层以缠绕成型为主，在铺层设计中可根据结构性能的需要，增加纤维织物，如为提高轴向强度采用单向纤维布；由于结构层的铺层选用情况比较复杂，本规范无法给出统一数据。

外表层

- (3) 外表层的设计应符合下列规定：
- 当设备暴露在腐蚀环境时，应采用表面毡增强，树脂含量不应低于85%；
- 当有防紫外线照射要求时，所用树脂应添加紫外线吸收剂；
- 外表面层的最外层应采用无空气阻聚树脂或胶衣树脂；
- 外表面层厚度不宜小于0.3mm。

外表层

- 外表层采用表面毡，在《玻璃钢化工设备设计规定》HG/T 20696-1999规定外表层树脂含量 $\geq 90\%$ 。本规范规定同内表面层一样，不低于85%。

关于防腐蚀富树脂层的规定

- 计算强度时，不应计入内衬层和外表层厚度；
- 计算外压失稳、自重载荷时应按设备总厚度计入。

5.2、载荷和作用

- 有关载荷内容是在现行国家标准《压力容器》GB 150-2011规定的载荷基础上，对纤维增强塑料设备设计时所应考虑的各种载荷以及在设备不同状态下载荷的组合作了规定。

5.2、载荷和作用

- 考虑4种设计载荷的组合：
- 1) 安装
- 2) 压力试验
- 3) 正常工作
- 4) 非正常工作

安装工况

- 设备空重
- 吊装载荷
- 附件的重力载荷
- 操作人员安装和操作时产生的载荷

石家庄开发区技源科技有限公司

压力试验

- 设备空重
- 试验压力
- 试验时液柱静压力
- 风载荷
- 局部载荷
- 偏心载荷
- 附件的重力载荷

石家庄开发区技源科技有限公司

正常工作

- 内压、外压或最大压差
- 介质的重力载荷
- 设备空重
- 雪载荷
- 偏心载荷
- 作用在支座、支耳及其他附件的局部载荷
- 冲击载荷

正常工作

- 温度梯度或热膨胀量不同引起的载荷
- 操作人员安装和操作时产生的载荷
- 附件的重力载荷
- 风载荷或地震载荷+25%风载荷的重力载荷的较大值

非正常工作

- 取正常工作时的载荷，加开、停工或工作中断时可能产生的某一种类型载荷的超载。

5.3 结构计算

- 3.1 计算内容主要涉及了圆筒体在内、外压力载荷、设备自重、介质液柱静压力、检修附加载荷、风载荷、雪载荷以及各种载荷的组合作用下的计算；在外压作用下的圆筒体的轴向屈曲、环向屈曲以及轴向和环向组合压缩载荷作用下的计算；带内部或外部加强圈的圆柱壳的计算和圆锥形壳体的计算。

5.3 结构计算

- 1 筒体计算：对筒体受内压、外压情况下的计算作出规定。
- 2 封头计算：对各种形式的封头（如锥形、椭圆形、圆形等）受内压、外压的情况下的计算作出规定。
- 3 对开孔补强计算作出规定。
- 4 其他（拼装设备及特殊细部构造图等）作出规定。

5.3.1 筒体计算

1 最大环向单元载荷应按下列公式计算：✚

$$q_{\oplus} = p_D \times \frac{D}{2} \quad (5.3.2-1) \quad \text{✚}$$

$$p_D = PS + PH \quad (5.3.2-2) \quad \text{✚}$$

式中： q_{\oplus} ——最大环向单元载荷（N/mm）；✚

p_D ——计算压力（MPa）；✚

D ——设备内径（mm）；✚

PS ——最大允许压力（MPa）；✚

PH ——液柱静压力（MPa）。✚

构成圆筒壁厚的层合板环向承载能力应满足下式：✚

$$q_{\oplus} \leq [q_{\oplus}] \quad (5.3.2-3) \quad \text{✚}$$

石家庄开发区技源科技有限公司

5.3.1 筒体计算

2 组合轴向载荷计算应符合下列规定：↵

1) 由内压引起的轴向单元载荷应按下列公式计算：↵

$$q_{x,p} = p_D \times \frac{D}{4} \quad (5.3.2-4) \quad \leftarrow$$

↵

$$p_D = PS + \frac{P_\epsilon}{\sqrt{K_4}} \quad (5.3.2-5) \quad \leftarrow$$

$$p_D = PS + \frac{P_\epsilon}{K_4} \quad (5.3.2-6) \quad \leftarrow$$

式中： $q_{x,p}$ ——由内压引起的轴向单元载荷(N/mm)；↵

p_D ——计算压力 (MPa)，当筒体受压时应按式 (5.3.2-5) 计算，当筒体受拉时应按式 (5.3.2-6) 计算；↵

P_ϵ ——短期的压力载荷 (MPa)；↵

石家庄开发区技源科技有限公司

5.3.2封头计算

- 3.2对纤维增强塑料设备圆锥壳和锥形封头、碟形封头、椭圆形封头等规定了计算内容和方法。
- 本规范中对于封头的外压系数取与筒体相同，在计算公式中已考虑了安全系数。

5.3.3实例

- 例：本规范式（5.3.11-1）和（5.3.11-2）：

- $$p_c = 0.242 \times E_s \times \left(\frac{r}{R} \right)^2 \quad (2)$$

- $$\frac{p_c}{p_D} \geq F \quad (3)$$

- 式中F为屈曲安全系数，按本规范第4.3.3条第2款的规定可取5。

5.3.3实例

- 而在《玻璃钢化工设备设计规定》HG/T 20696-1999公式（4-14）中为：

- $$[P] = \frac{2E\delta_e^2}{R_0^2 m \sqrt{3(1-\mu^2)}} \quad (4)$$

- 式中：[P]——碟形封头许用外压（MPa）
- m——屈曲安全系数为15。
- 两个公式对比后发现本规范中更偏于安全

5.3.4 平封头计算

- 锥顶角大于 150° 的锥形封头应按平封头设计。
- 给出的平板厚度计算公式是基于材料的泊松比 $\nu=0.3$ 时，既考虑了平板材料的最大允许膜载荷（拉伸的或压缩的），同时受力平板的挠度不大于平板厚度的1.5倍。

5.3.4 平封头计算

- 平板计算中确定的边界条件至关重要，使用时应将实际计算的平板的边界约束条件准确简化成本规范中规定的四种形式之一。
 -

5.3.5层合板长期性能的系数 K_4

- 在本规范中很多计算公式中引用了本规范第4.3.7条的“层合板长期性能的分项设计系数 K_4 值”概念。

5.4结构设计

- 1、平底
- 2、支腿式支座
- 3、环式支座
- 4、悬挂式支座
- 5、裙式支座
- 6、鞍式支座
- 7、连接缝

5.4结构设计

- 8、开孔补强
- 9、接管形式
- 10、加强圈
- 11、进液出液管
- 12、人孔
- 13法兰连接
- 14、配件设计

5.4.1 结构设计

4.1 平底设备的结构示意图和本节中涉及到的支座、加强圈、接缝、开孔补强、接管示意图只表示典型结构，设计、制造单位可根据设备的具体形式采用其他结构，但其强度、刚度及耐腐蚀性等要满足技术要求。

5.4.2

- 4.2设备支座及底部转角部分的结构参考了《耐化学腐蚀现场缠绕玻璃钢大型容器》HG/T 3983-2007、《玻璃钢化工设备设计规定》HG/T 20696-1999等标准中的有关内容。

5.4.3

- 4.3 设备筒体连接及筒体与封头的连接部分的结构参考了《玻璃钢化工设备设计规定》HG/T 20696-1999等标准中的有关内容。

5.4.4

- **4.4**设备接管及开孔处的补强部分的结构参考了《玻璃钢化工设备设计规定》HG/T 20696-1999等标准中的有关内容。
-

附录C 卧式容器的设计

- 以鞍座支撑的卧式容器设计在本规范中将卧式容器简化为受均布载荷作用的外伸简支梁。

附录C 卧式容器的设计

- 卧式容器鞍座的设计应符合下列规定：
- 1 鞍座包角宜为 180° ，不得小于 120° ；
- 鞍座包角大小不仅直接影响鞍座处圆筒截面上的应力分布，而且影响卧式容器的稳定性与容器-支座系统的重心高低。鞍座包角小，则鞍座重量轻，但是容器-支座系统的重心较高，且鞍座处圆筒上的应力较大。由于纤维增强塑料的弹性模量较低，建议采用 180° 鞍座包角。

石家庄开发区技源科技有限公司

附录C 卧式容器的设计

- 2 鞍座中心线与封头切线的距离不宜大于筒体半径的0.5倍与封头切线间距的0.2倍中的较小者，任意两个鞍座之间的距离不应大于筒体直径的1.5倍；
- 3 鞍座的形状应与卧式容器外形相吻合；
- 4 容器在水平方向上应能自由移动；
- 5 鞍座与筒体之间的缓冲层应选用最小厚度为6mm的橡胶板或其他低弹性模量材料。

附录D 法兰设计

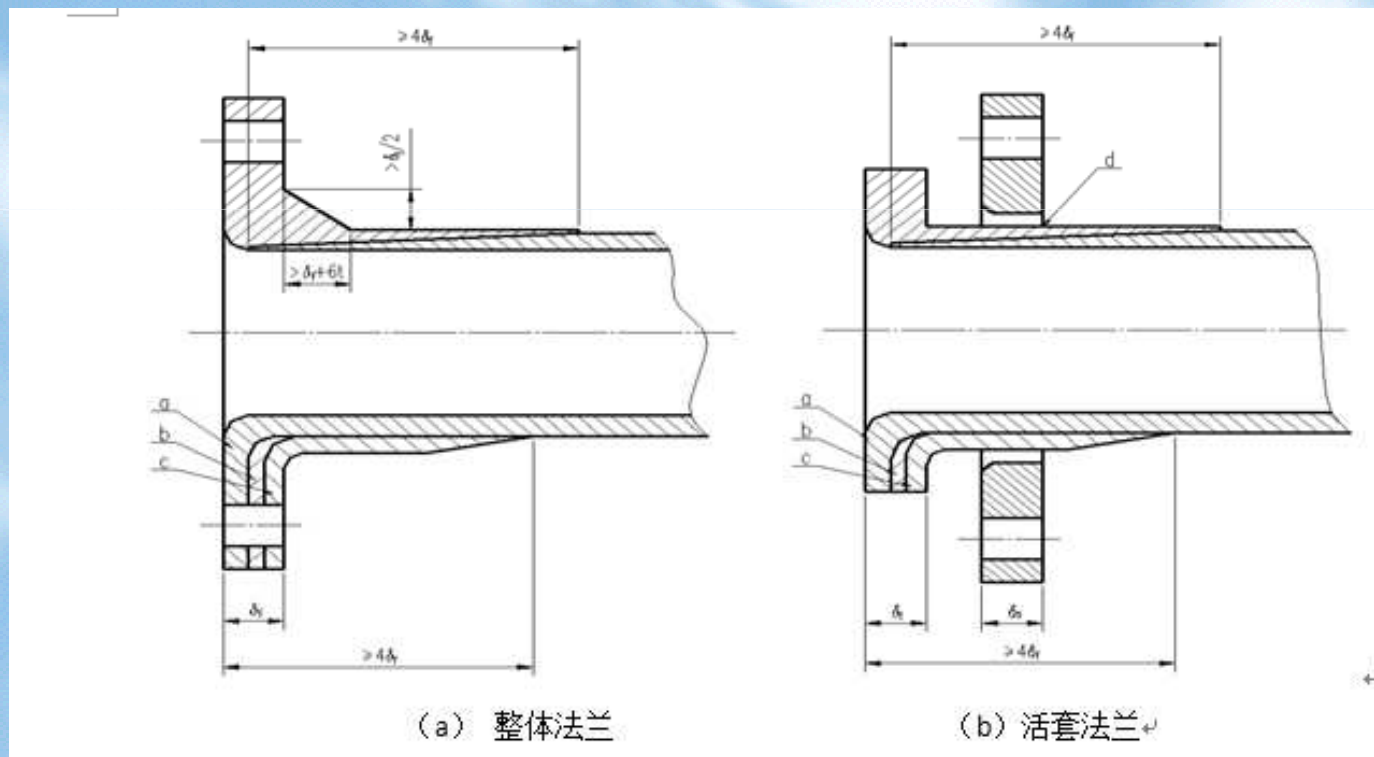
- 法兰安全系数的选择与载荷条件、成型条件、设计条件等因素有关。目前国内部分标准中安全系数取8~16；在ASME RTP-1-2013标准中，对类型 I 与类型 II 法兰（两者结构、厚度不同）许用应力分别取1800Psi与3000Psi；

附录D 法兰设计

- 在《BS EN 13923-2005中，安全系数取不小于4；德国AD压力容器规范，安全系数取大于4；日本FRP协会《手糊法玻璃钢耐腐蚀设备产品标准》FRPSC001中规定法兰安全系数取不小于8；国内《玻璃钢化工设备设计规定》HG/T20696-1999中机械缠绕安全系数取8，综合国内外标准，考虑到国内制造现状，法兰安全系数取8。

附录D 法兰设计

- 纤维增强塑料法兰可分为整体法兰和活套法兰



石家庄开发区技源科技有限公司

附录E 地锚设计

- 对于规则容器、贮罐，其地锚的设计方法有两种，一种是环向缠绕地锚的设计，另一种是二次粘接地锚设计。假设地锚远离容器顶部、底部封头或刚性支撑圈，该假定考虑了局部载荷的最大值，故偏于保守。一般讲径向和环向的总应力很大部分是由于弯曲造成的，而且在实际结构中紧固地锚通常位于靠近筒体与底部连接部分的加强区域。

附录E 地锚设计

- 主要参考ASMERTP-1附录

石家庄开发区技源科技有限公司

附录F 敞口贮罐顶部加强法兰规程

- 附录F中内容制定主要参考ASTM D3299第6.3.3节，只考虑了可控因素。其他大的载荷，如风载或地震载荷等，需要另行计算。
 -

谢谢!

李国树

手机：13513386930

电话：0311-83016397

Email: Guoshu_li@163.com

石家庄开发区技源科技有限公司