

# 海工平台的压力容器设计

施 磊

(中远船务(启东)海洋工程有限公司 海工研发中心, 江苏 启东 226251)

**摘 要:**文章通过介绍海工平台压力容器的主要组成部件,详细分析了压力容器的设计过程,并对设计结果进行了建模,提出了设计重点需要注意的地方,为我国的压力容器的设计研究提供一定的借鉴。

**关键词:**海工平台;压力容器;设计

**中图分类号:**U674.38

**文献标识码:**A

**文章编号:**1671-9891(2017)01-0035-04

## 0 引言

海上浮式生产储油外输平台(以下简称“海工平台”)是海洋工程中不可缺少的重要组成部分,也是油田开发过程中不可缺少的核心单元。它是通常与钻井平台或者海底采油系统组成一个完整的采油、原油处理、成品油的储存和卸油外输系统,把来自油井中的原油经海底管线、单点或多点输油管线输送至海工平台上的油、气、水处理工艺模块,经去除渣滓、脱水、脱气处理后的合格原油储存在货油舱中,然后再经由油船的定期靠泊将加工后的成品油运输到陆地上的炼油厂,最后提供给用户使用的一个过程。<sup>[1-2]</sup>压力容器作为海工中常用的液体、气体、固体储存和介质分离、处理的容器,广泛应用在各类海工船舶中。压力容器作为平台上的重要设备之一,其设计、制造、安装等水平的高低,直接决定了海工平台的设计水平和使用寿命等。现在国内许多设计公司已能独立设计、开发压力容器,但是对于一些关键部件,如内件,还缺乏设计能力,本文详细说明了压力容器的设计过程,以为同行提供参考。

### 1 压力容器主要组成部件的设计要求

压力容器是内部或外部承受气体或液体压力,并对安全性有较高要求的密封容器。压力容器主要为圆柱形,少数为球形或其他形状。海工平台的压力容器有许多分类,本文主要针对卧式容器进行研究分析。如图 1 所示,卧式压力容器的主要组成部件有:筒体、封头、管嘴、内件、人孔、基座等。

(1)筒体,其作用主要是承受压力和盛装介质的部件,设计的材质、壁厚大小等需要根据工作的介质、压力等因素来确定。对于长度过长或者压力较大的筒体,在其中间部位还需要增加补强圈等部件。其他部件都是基于筒体来设计的,例如管嘴、封头、人孔、基座等都是设计连接在筒体上的,所以筒体的设计极其关键。

(2)封头,其作用主要是使筒体成为一个完整的封闭容器而设计。其材质筒体一样,但是厚度一般比筒体略厚。封头可以通过直接焊接或者法兰连接方式连接于筒体上,这两种方式各有优势,焊接方式能够减少泄露点,法兰连接方式可以方便拆卸,以起到维修的作用。封头上同样也可以设计管嘴、人孔等其他部件。

(3)管嘴,其作用主要是使其中的介质按照工艺设计的要求,满足各个船舶系统的工作需要。管嘴作为压力容器实现其主要功能的主要部件,其数量、位置、尺寸等都需要严格遵循管嘴的设计原则。

(4)内件,安装在压力容器内部,以满足压力容器的分离、过滤、储存等功能要求。内件包含有分布器、隔板、冲砂管、锌块等。

(5)人孔,其功能是能够让安装、维修、操作人员方便进入设备内部。

收稿日期:2016-11-20

作者简介:施磊(1982—),男,江苏南通人,中远船务(启东)海洋工程有限公司海工研发中心工程师,硕士。

(6)基座 支撑整个压力容器,并能够让压力容器方便、快捷地安装在船舶平台的工作区域内。

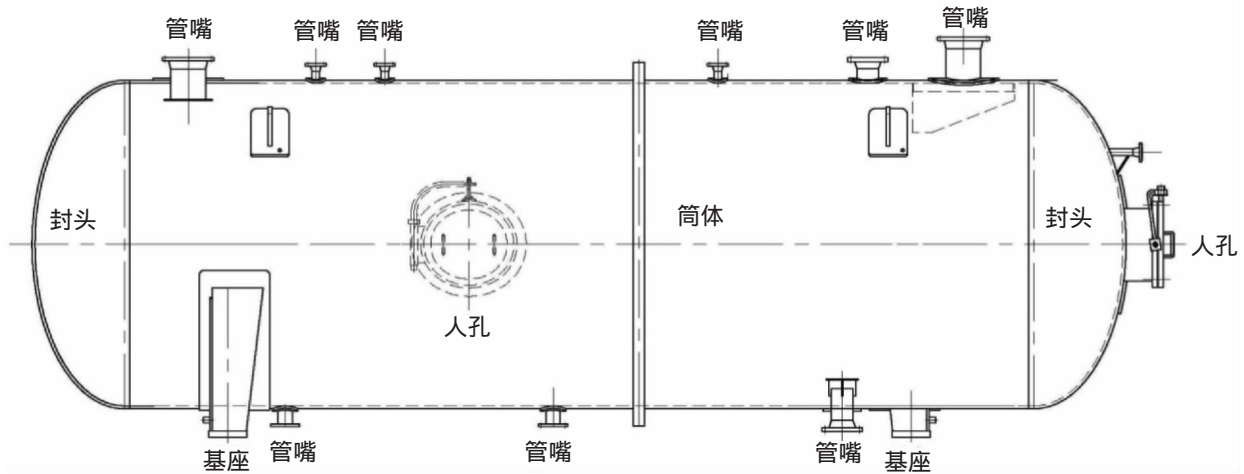


图 1 卧式压力容器

## 2 压力容器的设计

### 2.1 设计标准及软件

现阶段国内设计公司主要使用的标准是 ASME\_ -1( 阿斯米标准第八卷)压力容器建造规则。<sup>[3]</sup>目前国内对于压力容器的设计主要使用的是 PV Elite 软件,此软件具有高度集成性、智能化和便捷性。设计人员只需要将设计的基本条件,如:设计压力、设计温度、材质、形式等信息规划好后,软件会自动根据所选用的标准,形成最终的设计方案。卧式压力容器的一般设计原则是:建模从左到右。基本设计参数包括设计压力、温度等信息,需要按照设计要求填入。输入完成以后,就可以完整地设计一个压力容器模型了。

### 2.2 设计参数

压力容器的基本设计参数要求如表 1 所示。

表 1 压力容器基本设计参数

设计标准	容器介质	冲击试验	设计压力 (barg)	操作压力 (barg)	测试压力 (barg)	设计温度 (℃)	操作温度 (℃)	风载荷 (m/s)	爆炸载荷 (barg)	总容量 (m <sup>3</sup> )	操作容量 (m <sup>3</sup> )	允许腐蚀厚度 (mm)
ASME VIII/PED/ DNV-OS-E201	可燃气体、液体、 固体混合物	冲击力 34J(-7°)	最低 FV (真空)/ 最高 17.7	8.2	26.55	-0.07	60	43.6	0.66	139	82	3

由表 1 可见,压力容器的设计参数主要分为四类:介质、压力、温度、外部载荷、容量。

(1)介质,决定了压力容器筒体、封头、管嘴等部件的材质。如表 1 介质是可燃气体、液体和固体混合物,这些介质是有腐蚀性和挥发性,所以筒体的材质就需要选用 SA 240 UNS S31803 双相不锈钢材质。如果介质是水或者空气一类普通介质,就可以选用 A516 Gr 70N 碳钢材料。所以,设计初始就需要根据介质类型,把压力容器的主体材质确定。这是压力容器设计的基础。

(2)压力,分为设计压力、测试压力、操作压力。每一项对于压力容器的设计来说都有不同的作用,而且此三项又有相互依存关系。设计压力是压力容器内最高的压力,其必须高于压力容器的操作压力。测试压力是压力容器完工后的测试压力,此数值一般是 1.5 倍的设计压力。压力决定了筒体、封头等部件的材料厚度。根据表 1 的数值,通过 PV Elite 计算出的壁厚是 28mm。如果将设计压力修改为 FV(真空)/10,操作压力修改为 5,测试压力 15,那么通过计算,壁厚就降到 25mm。所以,压力值的设计和选定决定了材料的厚度。

(3)温度,分为设计温度、操作温度。温度的具体数值也关系到材质的选择和材质的厚度。一般一个压力值对应介质的相应温度值,比如说蒸汽的设计压力为 1 公斤,那么与此对应的温度就是 100℃。所以,温度和压力也有相互对应关系,介质不同数值也不同。所以,温度的选取一定要根据压力数值来确定。

(4)外部载荷,表 1 中列出了两种外部载荷,风载荷和爆炸载荷,但实际上载荷还有许多种,如波浪载荷

等。设计过程中,需要根据规格书或者船东要求,进行有效的选取。外部载荷最主要对于压力容器的基座设计有影响,决定了基座的大小、材质等。

(5)容量 表 1 里列出了两种容量,分别是总容量和操作容量。总容量决定了压力容器的大小,非常直观,容量数值越大,压力容器的尺寸就越大。操作容量是指压力容器在实际生产过程中的容量,为了保证操作时的安全性和冗余性,一般操作容量不允许大于总容量。

### 2.3 设计建模

根据这些参数,再使用 PV Elite 软件进行设计建模,到最后形成相应的压力容器模型。在设计过程中,需要充分考虑每个组成部件的设计参数和设计条件,以避免相应的设计缺陷。压力容器的一般设计建模原则是从左到右,主要建模过程是:设置接管是否控制 MAWP;设置内压,确保所有的厚度符合要求;添加操作介质;设置外压;添加加强圈或加厚元件;添加接管。对所有设计参数综合考虑完整并确认后,需要对整体的容器性能进行相应的动态模拟分析,以确定压力容器的设计能否满足相关要求,如图 2 所示。

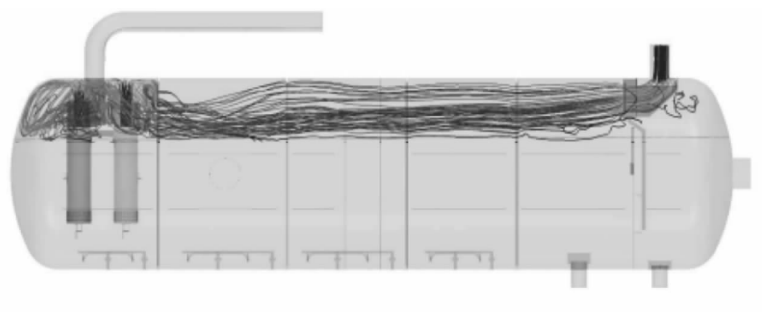
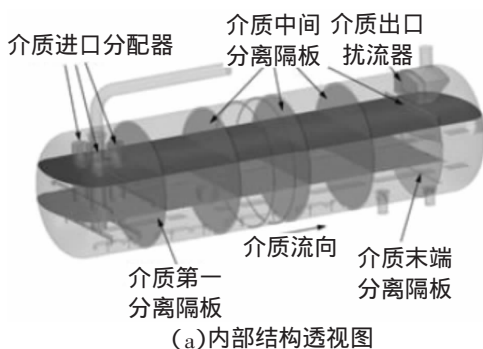


图 2 动态分析图

如图 2(a)中可以看出设备筒体、进口分配器、介质分离隔板、出口扰流器等部件的直观设计位置,并且在容器内模拟出了横向油水汽三相的分离面,可以清晰地看到油水分界面和油气分界面。在这个内部结构透视图中,可以分析出筒体部分的受力情况以及各个部分接触的介质情况,也能分析出分离隔板孔的位置是否能够满足分离要求。

图 2(b)则分析了高压气体在罐体内的流动情况,可以表示气流动态,红色以及气体集中聚齐范围。通过这个高能分析图,就可以考虑筒体、管嘴的部分加强,来满足气流的应力要求。

### 2.4 设计结果

在综合考虑了各个设计参数,并运用软件建模、计算等步骤后,最终形成一个完整的压力容器图纸。如图 3 所示,包含了各个部件的位置尺寸、参数信息、要求等,以供生产使用。

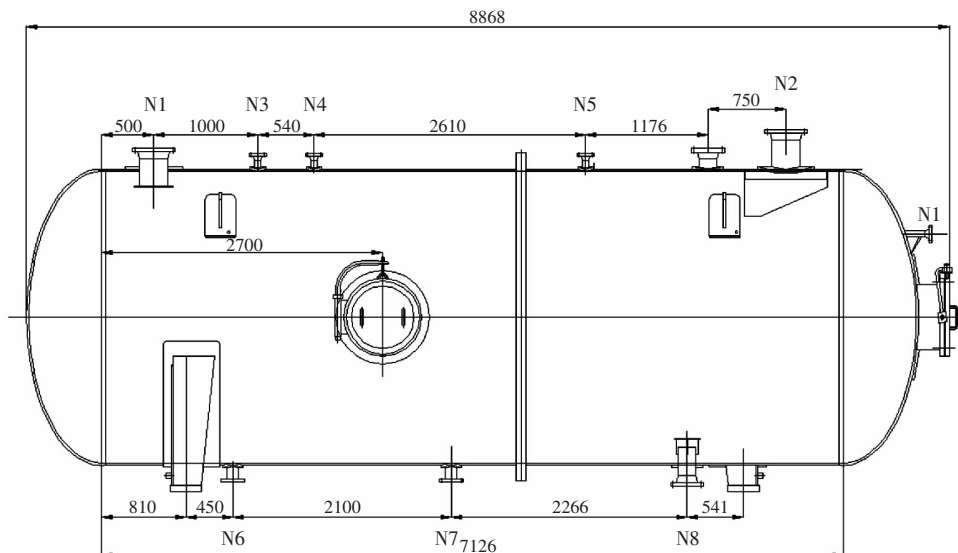


图 3 压力容器设计图纸

在实际的设计过程中,应特别注意以下几点。

(1)设计压力。设计压力应该包含工作压力、设备静压、风载荷、爆炸载荷等。尤其是如果设备静压、爆炸载荷容易被忽略,由此设计出的筒体、管嘴等承压部件的材料厚度会降低,这样就会产生无法满足正常工作的工作压力,从而使压力容器容易变形、开裂等严重的后果。所以,对于设计压力这一关键性参数一定要综合考虑,避免产生设计缺陷。

(2)管嘴位置。管嘴位置的布置需要根据工艺、生产要求进行。如介质的进口和出口应分布在容器的两端,泄放口一般布置在容器的底部,压力、温度等仪表口布置在容器侧面等。如果布置不合理,会导致压力容器的设计无法满足工作要求,不能有效地分离、过滤所需要的介质,压力、温度等仪表也无法探测到准确的实际数值。

(3)人孔位置。人孔是让人员能够方便地进入容器内部,对内件进行安装、维修、维护使用的。所以,人孔的位置及其重要,需要考虑内部的具体情况进行布置。如果人孔布置不合理,人员进入容器内部后,无法对相应的内件等进行安装和维护,就会大大减少容器的工作寿命。

(4)基座强度。基座是压力容器的唯一固定方式,需要承受来自设备内部压力、外部压力、震动等一系列外部力。要使压力容器能够固定在原工作位置,并不产生相关的剧烈震动,基座的强度尤为重要,也是保证压力容器能否正常工作的关键部件。设计时就必须完全考虑容器所会受到的各种外部力,不能有遗漏。

### 3 结束语

作为在海工船舶中最常使用的设备之一,压力容器最主要的功能是对工作介质的存储、分离、热交换等。压力容器的设计、生产、安装等的合理性和先进性,直接决定了海工船舶的先进性和服务年限。现在国内许多设计公司已能独立设计、开发压力容器,但是对于一些关键部件(如内件等)还缺乏设计能力,希望本文可以对我国压力容器的设计研究提供一定的借鉴。

### 参考文献:

- [1]刘海霞.深海半潜式钻井平台的重量控制探讨[J].中国海洋平台,2011(6):9-15.
- [2]徐志海.海洋平台建造中重量、重心控制的意义和基本方法[J].船舶设计通讯,2011(127):12-15.
- [3]崔维成.超大型海洋浮式结构物水弹性响应预报的研究现状和发展方向[J].船舶力学,2002(1):73-90.

## Design of Pressure Vessels for Offshore Platform

SHI Lei

(Oceanic Engineering Research & Development Centre, COSCO (Qidong) Offshore Co., Ltd.,  
Nantong 226251, China)

**Abstract:** The article, through introducing the main components of a pressure vessel on offshore platform, analyzes the design process of the pressure vessel in detail, carries out modeling for design results, and puts forward the key points of the design to be noted, which offers certain reference for the design and research of pressure vessels in our country.

**Key words:** Offshore platform; Pressure vessel; Design