

谈压力容器设计中需注意的问题

薛磊,胡志刚,吴春雷,焦艳语,武斌

(青岛畅隆重型装备有限公司,山东 青岛 266700)

摘要:本文通过在压力容器实际设计中需注意的问题研究,结合压力容器设计的实际经验,针对性提出几点建议,有效提高压力容器安全稳定运行,进一步推动压力容器制造技术快速发展,旨在为相关工作提供参考。

关键词:压力容器;设计;注意的问题;原则

中图分类号:TQ1

文献标识码:A

文章编号:1004-7344(2021)39-0128-02

压力容器是化工生产、医药等行业的设备,这种设备没有替代品,十分重要,其具有稳定、安全运行的特点。压力容器设计做为压力容器制造的首要环节,其又是涉及力学、材料学、制造工艺学等多行业、多学科的综合性工作,其压力容器设计的正确合理与否不仅影响设备制造的难易程度,还对后期设备的运行、经济性和安全性有重要影响。本文结合压力容器设计准则和基本要求,结合压力容器设计中材料选择、结构设计、盛装极度和高度危害介质容器的专项要求等对压力容器设计中需注意问题进行归纳汇总。

1 压力容器的设计的准则和基本要求

1.1 压力容器的设计的准则

压力容器事关人们的生命及财产安全,国家颁布以下几个法律条例:

表1 压力容器相关法律条例

法律名称	简称	内容
《中华人民共和国特种设备安全法》	《安全法》	压力容器的行政法规和法律依据,是我国锅炉和压力容器安全监察的基本规范,是锅炉和压力容器安全监察工作的依据和准则
《特种设备安全监察条例》	《条例》	基于安全的技术规范,是对压力容器安全监督提出的最基本的要求
《固定式压力容器安全技术监察规程》	《固容规》	

压力容器国家以及行业标准,是容器制造以及设计的根据,是实现法规要求的技术路径。接受《固容规》监管的容器,必须执行《固容规》1.10 协调标准与引用标准;其余没有被引用的标准,如推荐标准一旦被引用(设计统一规定要求采用、图纸中注明采用等),即视为强制性标准。

1.2 压力容器的设计基本要求

1.2.1 满足工艺性要求

根据使用用途,压力容器有很多不同的类型,如分离容器、反应容器等等,其分别承担化学反应、热交换、物料分离、存储和搬运等作用,这些用途必须通过受压壳体和功能内件实现。因此压

力容器必需基于工作和设计参数、工作条件和工艺用途等诸多方面进行综合考量,满足不同的工艺要求。

1.2.2 基于严格的安全性要求

压力容器操作条件如下:压力的压力状态:真空→高压→超高压;操作温度:-196℃→1000℃;处理介质:多元化,有一些介质易爆,易燃有一些介质含有剧毒,而有一些介质具有腐蚀、辐射作用,品种上百。压力容器操作时承受来自内部以及外部的压力作用,同时还承受局部应力、热应力、交变应力等各种动、静载荷的作用,若发生爆炸,一些带有剧毒且易爆炸的介质向外泄露,可能会引发严重的后果,所以压力容器最基本的要求在于确保工作运行时安全。

压力容器设计有极其严格的安全性要求。

1.2.3 兼顾其经济性和操作性的要求

安全性是压力容器的核心问题,压力容器设置在确保其安全性得到满足的基础上,需要兼顾其制造的经济型和后期运行、检修的成本。制造的经济性主要包括选材要经济合理、制造过程在满足规范的前提下易于成型。后期运行和检修成本主要考虑设备运行效率高、耗能少、便于操作和维护等。通过制造过程的经济化操作,以及节约材料成本,达到容器的长期经济、安全稳定运行。

2 压力容器实际设计中常见的问题

2.1 材料选择方面

压力容器操作条件如下:压力的压力状态:真空→高压→超高压;操作温度:-196℃→1000℃;处理介质:多元化,有一些介质易爆,易燃有一些介质含有剧毒,而有一些介质具有腐蚀、辐射作用。这套设备可以在条件复杂的情况下运作,不同生产条件对设备材料的要求各有不同,所以压力设计的合理选择是重要标准之一。

材料的选用应考虑材料的力学性能(强度、硬度、弹性、塑性、韧性、高温性能等)、物理性能(密度、导热率、线膨胀系数等)、工

艺性能(切削性能、可焊接性、可锻性、热处理后力学性能)和与介质的相融性(耐腐蚀型、抗氧化性)等。

例如:对于高温容器,如其长时间处于 425℃以上时,需考虑材料的石墨化倾向引起的金属组织发生变化和力学性能显著降低而引起钢的脆断,所选择的材料一定是在高温及高强度的条件下稳定运行的。选择低温容器时需考虑材料低温的韧脆特性,在选用低温材料的同时,提出材料的低温冲击要求;对于长时间工作在 420~800℃工作范围内,如选用奥氏体不锈钢材料,需考虑其敏化造成金属组织改变,晶界腐蚀敏感性增强,材料的力学性能改变;对于频繁开车、停车等承受循环载荷的设备,需考虑材料的疲劳特性;对于强腐蚀介质,根据介质的腐蚀程度考虑采用不锈钢、双相钢、钛材等耐腐蚀材料,如厚度大于 8mm 可使用复合钢板;对于具有应力腐蚀介质(如液氨、湿 H₂S、NaHO 溶液等)需考虑材料的应力腐蚀倾向,按 HG/T20581 中 7.8 条的要求提出材料的供货状态、力学性能、碳当量、无损检测等要求;对于剧毒、易爆等极度或高度危害介质,需考虑材料的专项要求等因素。

2.2 结构设计方面

为保证压力容器压力容器的安全性,压力容器结构在设计时需要满足的第一条件就是强度,需考虑结构因素,合理的结构设计不仅便于制造,有利于确保质量的稳定性,有一定影响。压力容器结构设计过程中需满足以下几点需求:

(1) 确保壳体结构的连续性,避免结构突变引起的应力集中。在压力容器中,经常会有结构上的不连续性,这些结构不连续性导致应力集中而产生较大的局部应力,在内外载荷作用下易产生破坏。为了有效避免由于结构不连续而产生的意义,集中在设计时,要对结构形式进行改变。锥壳与壳体连接处采用带圆弧折边的结构、结构突变处或不等厚壳体或封头焊接时采用 1:3 斜度进行削薄或圆弧过渡等措施,防止结构的不连续引起应力集中。

(2) 应力集中或消弱强度的结构要相互错开。设计时优化设计方案,选用焊接应力小结构、应力集中处焊缝要相互错开,避免由于应力的重合而引发的集中应力作用。

(3) 焊接结构注意刚性不易过大,同时需要注意焊接材料时,由于收缩膨胀的关系,应力比较大。此焊接应力会引起受压元件的变形而引起附加的弯曲应力。如采用刚性较大的焊接结构时,设备的工作中材料弹性变形会受到刚性过大的束缚而产生附加应力。

(4) 受热部件以及系统其膨胀不受限制。如受热的卧式容器其鞍座设计时经常设计成仅一端固定,另外的一端或两端滑动结构,并在滑动端底板加工长圆孔,防止设备胀缩引起的二次应力危及设备安全。如固定管板换热器管板与换热管在不同温度梯度下引起的线膨胀量不一致引起的轴向应力破坏、卧式容器外加强圈由于自身刚性过大,在热应力作用下加强圈与壳体温度梯度不同引起焊缝开裂等。此时在容器设计时考虑其结构刚性,如在固定板板换热器轴向应力校核不合格时在壳体上设置柔性膨胀节、采用挠性管板等措施。受热应力较大的卧式容器尽量采用内加强圈等措施,防止局部结构刚性过大引起容器的破坏。

2.3 盛装极度和高度危害介质的专项要求

盛装极度和高度危害介质的压力容器是化工生产最常见的设备,其一旦发生事故,将会引起灾难性后果。故要求设此类压力容器设计者在容设计时依据《固容规》和《压力容器》的规定,由检验、制造、设计等多方面提出要求,确保设备的安全以及稳定。

(1) 材料的专项要求:①以下介绍的材料不可用于急冻以及高危害介质的容器。GB/T8163 中 10、20、Q345D 钢管;GB/T3274 中的 Q235 系列钢板;GB/T24593 和 GB/T21832 中的不锈钢焊接钢管;GB/T14976 中的Ⅲ类和Ⅳ类钢管、铸铁和铸钢材料;②锻件级别符合标准的 4 级及三级需求;③厚度超过 12mm 的单数碳以及低合金钢板需进行超声检测。

(2) 结构设计专项要求:①abd 型容器的焊接接头采用全熔透结构;②接头系数为 1.0;③对焊时容器与管法兰压力大于 2.0MPa;④开孔补强采用整体补强(即增加壳体壁厚)或局部补强整体加强件(厚壁管、锻管),不得使用加强圈;⑤在满足检修条件的前提下,宜选用直径小的人孔等。

(3) 制造和检验专项要求:①容器的焊缝不得咬边;②A 类焊接接头逐台制备焊接试板,并随设备进行热处理;③容器内 A/B 类接头应采用超声检测或射线检测;④容器 ABCDE 的一类接头进行 100% 的渗透检测;⑤低合金钢以及碳素钢的设备,需要焊后进行热处理工作,热处理后的任何返修,应对返修部位重新热处理;⑥设备在耐压试验后应进行泄漏试验等。

(4) 安装使用专项要求:①选用爆破片装置或安全阀的组合,采用封闭式管理,出口处设导管,排出介质置于安全点,并妥善处理;②液位计不允许使用玻璃管液位计和玻璃浮子液位计,液位计有防止泄漏的保护装置。

3 结语

压力容器是具有重大安全隐患的特种设备,其安全性至关重要,所以要求压力容器设计人员熟悉国家相关标准,设计出满足标准和规范的安全性要求、工艺性能要求的产品,提升压力容器实际应用中的稳定性与安全性,保证国家、企业财产的安全性,为工业产业发展奠定坚实基础。

参考文献

- [1] 国家质量监督检验检疫总局.固定式压力容器安全技术监察规程:TSG 21—2016[S].2016.
- [2] 国家质量监督检验检疫总局,国家标准化管理委员会.压力容器:GB/T 150.1~4—2011[S].2011.
- [3] 栗娜.盛装极度和高度危害介质钢制压力容器的设计要点[J].工程技术:文摘版,2019(3):188.
- [4] 吴润庆.压力容器的安全与结构设计[J].应用化工,2005(19):781-784.
- [5] 杨龙,徐俊峰,朱珠凤.浅析压力容器设计存在的问题及解决措施[J].化工管理,2020(3):135-136.

收稿日期:2021-09-04

作者简介:薛磊(1987—),男,汉族,河南三门峡人,本科,工程师,研究方向为压力容器和换热器设计。