

影响压力容器安全性的几个设计参数的确定 ——对 GB 150 修改补充的建议

王 澎, 范海峰, 刘 俊

(中国石油工程设计有限公司西南分公司, 四川 成都 610017)

摘 要: 压力容器的设计应遵循国家颁布的法规、标准、规程和规范。通过压力容器长期设计工作实践的总结, 对 GB 150 和 JB/T 4731 中计算内径、许用应力、筒体补强宽度及卧式容器附件质量等设计参数在特定条件下的确定原则有了新的理解。这几个参数在特定条件下如果确定不当, 将影响压力容器的安全性。通过对实例的分析比较, 提出了较为科学安全的确定原则和对 GB 150 修改补充的建议。

关键词: 压力容器; 标准; 计算内径; 许用应力; 补强宽度; 附件质量

文章编号: 1006-5539(2007)05-0049-03

文献标识码: A

0 概述

目前压力容器设计所遵循的标准是 GB 150—1998《钢制压力容器》^[1]。设计计算中所涉及的各种参数, 如设计压力、设计温度、许用应力、壳体计算内径等都是按该标准的规定来确定的。所使用的设计计算软件大多是“全国化工设备设计技术中心站”编制的“过程设备强度计算软件包”, 简称为 SW6。在通常情况下, 按 GB 150 和 SW6 来进行设计和强度计算是没有问题的。但是在某些特定的情况下, 如果仍然生搬硬套的用标准要求来确定设计参数, 按 SW6 的输入提示输入设计数据, 那么就有可能导致所设计的容器在强度和刚度上得不到保证, 以致造成安全上的问题。下面我们就几个设计参数的取值和使用 SW6 进行计算时容易忽略的问题进行分析和研究。

1 特定条件下设计参数确定的原则

1.1 计算内径的确定

GB 150—1998《钢制压力容器》和其它一些设计规范中, 在计算壳体的壁厚时, 其公式中的计算内

径通常取设计图纸上壳体的内径。这对于设计压力不大、腐蚀裕量较小、壳体内径较大的压力容器来说是合理的。但对于设计压力较大、腐蚀裕量较大而壳体内径较小的压力容器来说, 就可能导致通过设计计算所确定的壳体厚度, 在设备刚投入使用时是满足强度要求的, 当设备使用一段时间后有可能就不能满足强度要求了。下面举例说明。

一台容器, 设计压力为 28.5 MPa 设计温度为 100℃、腐蚀裕量为 6 mm 筒体内径为 500 mm 材质为 16 MnR 焊接接头系数取 1.0 许用应力取 157 MPa 钢板负偏差按 0 mm 考虑。

按 GB 150—1998《钢制压力容器》进行设计计算: 计算厚度为 49.91 mm 设计厚度为 55.91 mm 名义厚度取 56 mm。

当该容器使用一段时间后, 其内壁产生了腐蚀, 当腐蚀量达到 5.9 mm 时, 此时容器筒体的内径实际上已不是 500 mm 而是 511.8 mm。此时, 我们再用 GB 150—1998 的公式来进行计算, 则其计算厚度为 51.09 mm。前后比较两者的计算厚度相差了 1.18 mm。此时容器筒体的实际壁厚为 50.1 mm, 比所需的计算厚度少 0.99 mm, 筒体壁厚不满足强度要求, 继续使用该容器是不安全的。

由此可见随着容器使用时间的推移, 其腐蚀量

收稿日期: 2006-12-07

作者简介: 王 澎 (1962-), 男, 四川成都人, 高级工程师, 学士, 主要从事石油化工压力容器设计工作。电话: (028) 86014450。

©1994-2017 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. <http://www.cnki.net>

的不断增长,壳体的内径是在不断增大的,所需的计算厚度也要相应增加,因此应预先予以考虑。在进行强度计算时壳体的计算内径应扣除腐蚀裕量值,即计算内径应取为: $D_i = D + 2C_2$ 。

1.2 许用应力值的确定

钢板的许用应力因板厚的不同其值会有所不同。以 16 M_nR 为例,当钢板的使用温度(即容器的设计温度)为 100℃,板厚 6~16 mm 时,许用应力 170 MPa;板厚 >16~36 mm 时,许用应力 163 MPa;板厚 >36~60 mm 时,许用应力 157 MPa;板厚 >60~100 mm 时,许用应力 153 MPa;板厚 >100~120 mm 时,许用应力 150 MPa。

因此,钢板的许用应力在某一厚度范围内,其值是相同的,当超过某一厚度值时,许用应力就会发生变化,并且随着板厚的增加其许用应力值减小。

GB 150—1998《钢制压力容器》中规定,封头和筒体的加工裕量是由制造厂根据制造工艺来确定的^[1],因此,设计图纸上所标注的名义厚度是没有考虑加工裕量的。制造厂用于制造壳体的钢板厚度往往比设计图纸上的名义厚度要厚,对于需要热加工成形的壳体通常增加的厚度在 10% 左右。如果名义厚度处于某一钢板厚度范围的中间,制造厂在考虑了加工裕量后所采用的钢板厚度仍然在这一厚度范围时,制造成形后的壳体肯定能满足设计强度的要求。如果名义厚度处于某一钢板厚度范围的高限时,制造厂在考虑了加工裕量后所采用的钢板厚度就进入了钢板的另一厚度范围。这时,钢板的许用应力值就比设计时所选的许用应力值低,制造成形后的壳体就有可能满足不了设计强度的要求。下面举例说明。

一台容器,设计压力为 27.6 MPa,设计温度为 100℃,腐蚀裕量为 2 mm,筒体内径为 600 mm,材质为 16 M_nR,焊接接头系数取 1.0,许用应力取 157 MPa,钢板负偏差按 0 mm 考虑。

按 GB 150—1998《钢制压力容器》对筒体进行设计计算:计算厚度为 57.82 mm,设计厚度为 59.82 mm,名义厚度取 60 mm。在考虑加工裕量的情况下,制造厂的投料厚度肯定大于 60 mm。我们假设投料厚度为 64 mm 或 66 mm,GB 150—1998 规定只要壳体加工成形后的厚度不小于其名义厚度减钢板负偏差就算合格,我们再假设该设备的筒体成形后的厚度刚好为 60 mm,从制造、检验和验收的角

度上讲这台设备筒体的最终厚度是符合 GB 150—1998 要求的。但是,由于实际的投料厚度超过了 60 mm,此时钢板的许用应力已经不是 157 MPa,而是 153 MPa。按此许用应力对筒体进行设计计算,其计算厚度为 59.48 mm。而实际上筒体此时的有效厚度为 58 mm,小于筒体的计算厚度 59.48 mm,因此该筒体的强度是不满足 GB 150—1998 要求的;另一方面,随着筒体计算厚度的增加,其开孔补强所需的补强面积也会相应增加,同时筒体的多余面积会减少。如果设计时的开孔补强面积没有富余量的话,那么开孔补强的最终结果就不能满足 GB 150—1998 的要求。使用这样的容器是不安全的。

因此,在设计时对许用应力的选取,不仅要考虑材质、使用温度和板厚这些因素,而且对潜在的加工裕量也要考虑。当壳体的名义厚度处于板厚范围的上限或靠近上限时,如果加上潜在的加工裕量后其值已在另一板厚范围内,则许用应力取另一板厚范围的许用应力值。

1.3 筒体补强宽度的确定

按 GB 150—1998《钢制压力容器》并用 SW6 进行开孔补强设计计算时,有效补强宽度 B 是取 $2d$ 和 $d+2\delta+2\delta_0$ 两者中的较大值^[1]。当筒体有效多余面积 (A_1)、接管有效多余面积 (A_2)、焊接金属截面积 (A_3) 和有效范围内的另加补强面积 (A_4) 之和大于或等于筒体开孔所需补强面积 (A) 时,则容器的开孔补强核算是满足标准要求的,容器是安全的。这对于通常情况来说是没有问题的,但是,对于离筒体端部很近并且是通过增加筒体厚度来满足补强要求的开口来说,就可能出现问题了。如果开口接管的中心线到筒体端部的距离小于 $B/2$,那么筒体的实际补强宽度是小于按 GB 150—1998 和 SW6 所确定的有效宽度,这样筒体实际的有效多余面积就小于 A_1 ,总的补强面积就可能不满足开孔补强的要求。

因此,在进行开孔补强设计计算时,对于离筒体端部很近的开口必须核算其中心线到筒体端部的实际距离是否大于 $B/2$ 。如果该距离小于 $B/2$,则应在计算 A_1 时扣除多计入的那部分补强面积,在扣除这部分补强面积后,如果 $A_1 + A_2 + A_3 + A_4$ 仍大于或等于 A ,则容器的安全性能得到保证,否则应调整结构尺寸后重新进行开孔补强设计计算。

1.4 卧式容器附件质量的确定

按 JB/T 4731—2005《钢制卧式容器》^[2]和 SW6 进行卧式容器强度和稳定性校核计算时,容器质量是由壳体质量、操作介质质量(或液压试验液体质量)和附件质量所组成。所谓附件质量就是设计图纸上人孔、法兰、接管和内构件等的质量之和。但是在设计中人们往往容易忽略直接支撑在容器壳体上的操作平台的质量,因为在容器的设计图纸上操作平台通常是不出现的。没有考虑操作平台质量而稳定校正好合格(也就是说没有富余量)的卧式容器,在制造厂进行液压试验时是不会有问题的。但是,当容器在使用现场安装上操作平台后,如果再进行液压试验或进行运行操作时,容器则会因失稳而发生破坏。

因此,在卧式容器稳定性校核计算时,附件质量必须考虑直接支撑在容器壳体上的操作平台的质量,只有这样才能确保容器的安全运行。

2 结论与建议

2.1 结论

选取了腐蚀裕量、特别是其值较大时,压力容器壳体计算中的计算内径应计入腐蚀裕量值,这样才

能避免壳体壁厚不满足强度要求的情况。

由于 GB 150—1998 中许用应力是按钢板或钢管厚度范围来给定的,因此当壳体的名义厚度处于钢板或钢管划分许用应力的壁厚范围上限时,则应将壳体制造加工裕量值计入,重新选取许用应力进行壁厚计算。

当压力容器筒体上的开孔位于其端部附近时,如实际补强宽度不满足 GB 150—1998 和 SW6 规定的有效补强宽度,则计算中必须扣除补强宽度的不足部分。

支撑在卧式容器壳体上的操作平台和其它附件的质量,必须在其稳定性计算时计入其容器质量中。

2.2 建议

建议 GB 150—1998 在再版修订时将特定条件下的设计参数选取应考虑的这些因素,列入 GB 150—1998 及 JB/T 4731—2005 中,以完善标准的内容和执行标准的正确性,从设计上保证压力容器的安全可靠。

参考文献:

- [1] GB 150—1998 钢制压力容器[S].
- [2] JB/T 4731—2005 钢制卧式容器[S].