

文章编号:1007-6735(2011)05-0508-03

大型直立设备现场安装辅助装置设计及有限元验证

苏文献, 季 鹏

(上海理工大学 能源与动力工程学院, 上海 200093)

摘要: 针对石化行业的大型直立圆柱壳设备的现场安装方式,设计一种新型的现场安装辅助装置,在此基础上应用有限元分析软件 ANSYS 对该辅助装置进行验证,结果表明:新型现场安装辅助装置的强度和刚度均能满足工作状况的需要,对实际应用具有参考意义。

关键词: 直立设备; 安装辅助装置设计; 有限元验证

中图分类号: TQ 051 **文献标志码:** A

Structural design and finite element verification of auxiliary device for installation of large vertical equipment

SU Wen-xian, JI Peng

(College of Energy and Power Engineering, University of Shanghai for Science and Technology, Shanghai 200093, China)

Abstract: Considering the installation of vertical cylindrical shell equipments in large petrochemical industries, a new type of auxiliary device for installation of large vertical equipments was designed. Its stiffness and strength were analyzed by using finite element analysis software ANSYS. The results show they can meet the working requirements in of practical constructions. The design is of referential value to engineering applications.

Key words: vertical equipment; design of auxiliary installation device; finite element verification

石化行业大型立式设备的现场安装,目前常用的安装方法是将设备进行必要的加固,再用大型吊车提升设备上部进行焊接及焊后热处理。该方法需要使用大量的吊车台班,吊车的租赁成本大约为10万元/台班,安装成本较高;同时,在进行焊缝的热处理时吊车的吊装力无法准确计算,安装难度大且很难保证安装质量。因此,有必要设计一种大型直立设备现场安装辅助装置,笔者在设计这样一种结构的基础上,采用有限元分析软件 ANSYS 对其进行分析验证,解决上述大型直立设备安装过程中存在的问

题,同时提高安装精度,降低安装成本和安装难度。

1 结构设计

1.1 设计要求

a. 对接环焊缝的焊接

具有自动对心的功能,以满足对接的上下筒体间的同轴度要求;具有调整上下筒体间缝隙的功能;强度要足以稳定地支撑上部筒体的重量;刚度要保证不引起筒体局部失稳,且上下筒体的变形均在允

收稿日期: 2010-09-08

作者简介: 苏文献(1967-),男,副教授。研究方向:过程设备设计。E-mail: digestsu@163.com

许的范围内。

b. 热处理过程

满足热处理加热范围的需要;刚度要保证不引起筒体自身失稳,且上下筒体的变形均在允许的范围内;保证热处理装置的布置需要,提供必要空间的同时尽可能多地为热处理装置的安装提供便利;强度要足以稳定地支撑上部筒体的重量。

1.2 设计流程

本着操作方便,降低成本的原则确定的结构设计方案如图1所示。图2是安装实例示意图。

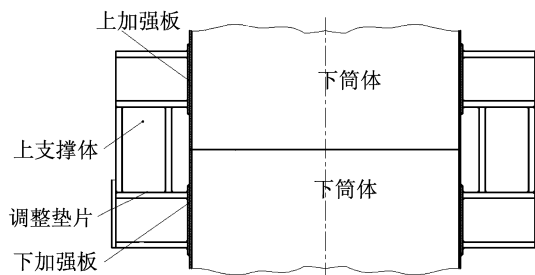


图1 结构设计方案示意图

Fig.1 Structure design project

其中,上支撑体呈L型,均匀分布在上加强板外围,并固定在上加强板上,相应地下支撑体均匀分布在下加强板外围,并固定在下加强板上;上下支撑体相连,形成C型结构。在4~8个上下支撑体的连接处设有垫片。

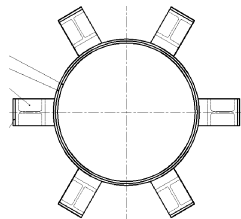


图2 安装实例示意图

Fig.2 Example for installation

在现场安装过程中采用的结构由上下加强板以及一组均布于环焊缝四周的C形支撑部件组成,C形支撑部件分为上下支撑体两部分,分别焊接在上下加强板上,上下加强板分别焊接在上下筒体外围。上下支撑体有一组配合面可以实现安装中的定位,以保证上下筒体的同轴度。在上下支撑体间可以通过调整垫片的数量和规格来调整上下筒体间的间隙,以满足焊接工艺的需要。定位和间隙调整完成后,将上下支撑体焊接为一体。上下支撑体间的焊缝焊接完成后,即可去掉吊车,进行筒体的环焊缝的焊接和焊后热处理。在环焊缝的焊接和热处理过程中

完全由该安装辅助装置支撑上筒体。

本结构设计方案可降低安装难度,提高安装质量,同时减少吊车台班的使用,降低安装成本,增强设备安装企业的经济竞争力。在焊接和热处理的整个安装过程中,上下筒体通过由上下加强板以及一组均布于环焊缝四周的C形支撑部件构成的安装辅助装置支撑。同时具备上下筒体自动定位,保证上下筒体同轴度和调整焊接坡口间隙的功能。另外C形支撑部件的数量和分布方式可以根据需要灵活调整。

2 有限元验证

2.1 建立几何模型

对结构^[1]进行必要的简化,采用UG软件建立结构的实体模型。以圆柱壳轴线与位于两个支撑体正中间的筒体母线定义一平面。整个结构的几何形状、约束条件和载荷都关于这个平面对称,所以取整个结构的一半进行计算,建立模型,如图3所示。

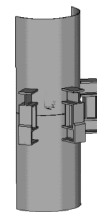


图3 结构实体模型

Fig.3 Finite element analysis model

2.2 定义单元属性

参考GB 150—1998钢制压力容器标准,结构材料选用Q345R,其弹性模量为206 GPa,泊松比为0.28。

2.3 单元类型选择及网格划分

采用ANSYS提供的SOLID95单元^[2]。该单元是一种20节点的实体单元,适用于有曲面边界等不规则形状的计算模型。生成的有限元网格模型见图4。



图4 有限元网格模型

Fig.4 Meshed model

2.4 边界条件的确定

有限元计算中,边界条件的确定对最终的计算

结果有着较大的影响.而在实际问题中,约束情况往往很复杂,需要在一定程度上进行简化^[3-4].

在圆柱壳上截面施加 1.7 MPa 的压力载荷.位移边界条件:为了限制整个结构的轴向位移,在圆柱壳下面的截面上所有节点进行全约束,对称面上所有节点的环向位移约束为零.施加载荷和位移边界条件后的模型见图 5.最后进行有限元静力求解.

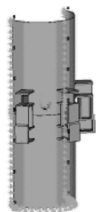


图 5 施加载荷和位移边界条件的模型

Fig.5 Model applied loads and displacement boundary conditions

2.5 静力结果分析

求解后,采用 ANSYS 软件对生成的结果进行后处理,图 6 是结构在载荷下的应力场和应变场.可以看出,受力最大处位于辅助装置上半部分与直立装置连接处,最大应力为 10.829 MPa,远小于该材料的许用应力 170 MPa,同时,该结构的最大变形量为 0.084 mm,满足工作要求.

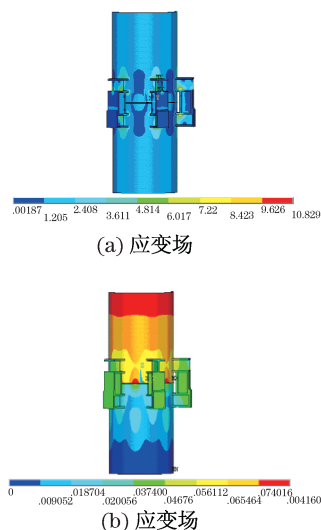


图 6 结构在载荷下的应力场和应变场

Fig.6 Structural strain field and stress field

2.6 特征值屈曲分析

考虑圆柱壳上截面施加的压力载荷可能产生的稳定性问题,在该结构进行有限元静力求解之后,进行特征值屈曲计算.

由弹性力学有限元法,计算结构稳定安全系数的特征值方程为

$$([K] + \lambda[S])\{\psi\} = 0 \quad (1)$$

式中, $[K]$ 为总弹性刚度矩阵,即小位移的线性刚度矩阵; $[S]$ 为总几何刚度矩阵,也称初始应力刚度矩阵; λ 为特征值或稳定安全系数; $\{\psi\}$ 为特征位移向量^[5].

求解式(1),即得结构的屈曲特征值,这里采用 ANSYS 提供 Block Lanczos 法求解.

虽然特征值屈曲分析方法未考虑结构非线性和初始缺陷的影响而只考虑了较理想的结构,但由于该方法计算简单,并且是非线性屈曲分析计算结果的上限,因此,目前仍被广泛采用^[6].

在圆柱壳上端截面上施加 1 MPa 的压力载荷,计算所得特征值屈曲模态图如图 7 所示.由计算结果可得临界载荷为 513.444 MPa,远大于实际施加的载荷 1.7 MPa,所以该架构不会发生失稳现象.

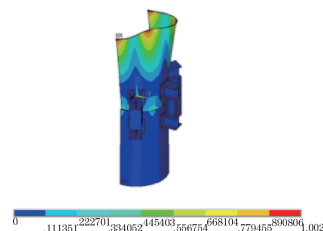


图 7 特征值屈曲模态图

Fig.7 Eigenvalue buckling mode

3 结束语

针对大型直立设备现场安装过程中所存在的问题,提出了一种解决方案,以某石化公司一塔器为例,设计了一种大型直立设备现场安装辅助装置,并对其可行性和有效性进行了有限元验证,结果表明其强度、刚度均能满足工作情况的需要.

参考文献:

- [1] 耿焕然.大型立式设备现场拼装焊缝焊后热处理稳定性分析[J].机械设计与制造,2005(11):122-124.
- [2] 王国强.实用工程数值模拟技术及其在 ANSYS 上的实践[M].西安:西北工业大学出版社,1999.
- [3] 余伟炜,高炳军.ANSYS 在机械与化工装备中的应用[M].2版.北京:中国水利水电出版社,2005.
- [4] 龚曙光.ANSYS 基础应用及范例解析[M].北京:机械工业出版社,2004.
- [5] 洪武,关振群,李云鹏,等.有限元分析与 CAE 技术基础[M].北京:清华大学出版社,2004.
- [6] 朱伯芳.有限单元法原理与应用[M].2版.北京:中国水利水电出版社,1998.