

基于 MD_Nastran 的双卡套管接头性能分析

廖仲生 兰丕祥 邓晓帆 叶元杰 侯凤媛

(厦门大学 物理与机电工程学院, 福建 厦门 361005)

摘要: 双卡套管接头各组件形成密封的过程是典型的边界条件高度非线性问题。文中基于 MD_Nastran 的 SOL600 模块对某型 12 mm 内径的双卡套管接头进行了隐式非线性分析, 确定了该型双卡套管接头形成有效密封后各组件的应力大小、应力分布等关键性能参数, 为该型双卡套管接头的改进和后续研发提供了有益的参考。

关键词: 双卡套管接头; 有限元; 隐式非线性分析; 密封性能

中图分类号: TH131.9 TP391.7 **文献标识码:** A **文章编号:** 1672-4801(2013)02-048-04

卡套管接头由于具有结构紧凑、免焊接、密封性能好等优点, 目前广泛用于中小口径管道的密封。而双卡套管接技术在传统的单卡套管接技术的基础上将密封功能和对卡套管的抓紧功能分开, 分别对前、后卡套进行设计优化, 从而在充分保证了管接头优秀密封性能的前提下有效降低了装配扭矩, 提高了管接头的易装配性; 通过后卡套对卡套管的抓紧, 有效地提高了管接头的抗振动、抗冲击性能。双卡套管接技术是未来卡套管接技术的发展方向。但由于双卡套管接头组件特别是后卡套的几何形状复杂, 并且各组件间具有多组接触, 是典型的边界条件高度非线性问题, 无法通过理论计算求得各组件在形成密封过程中的变形、应力、接触等性能指标以供改进和设计参考。

为此, 本文以某型 12 mm 内径的双卡套管接头为例, 基于有限元分析软件 MD_Nastran 的 SOL600 模块对其进行了隐式非线性分析, 有效地揭示了双卡套管接头形成有效密封的过程, 验证了该型双卡套管接头的性能特点, 为该型管接头的技术改进提供了有益的参考。

1 双卡套管接头的结构和工作原理

双卡套管接头组件(如图 1 所示)包括卡套管、后卡套、前卡套、卡套螺母、卡套管接头。在装配管接头时, 旋紧卡套螺母, 卡套螺母通过与后卡套接触的驱动面推动后卡套发生轴向位移, 后卡套将前卡套推入到卡套管接头和卡套管之间形成主密封; 由于后卡套(如图 2 所示)先进的几何形状, 在螺母驱动面和前卡套锥面的共同作用下后卡套朝径向产生铰链作用, 从而形成对卡套管强有力的抓紧, 这将有效提高管接头的抗振动、

抗冲击性能; 同时, 这种铰链作用可大大减小作用在卡套螺母上的轴向反力, 从而大大减小了管接头的装配扭矩^[1]。

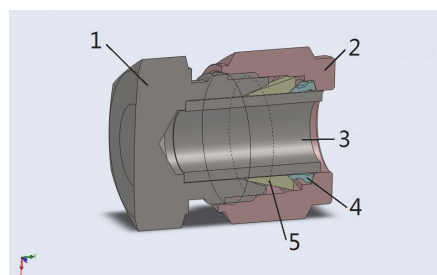


图 1 双卡套管接头的结构

1. 卡套管接头; 2. 卡套螺母; 3. 卡套管; 4. 后卡套; 5. 前卡套

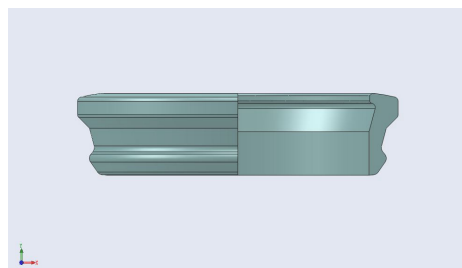


图 2 后卡套的结构

2 双卡套管接头的隐式非线性分析

2.1 有限元模型的建立

由于双卡套管接头组件形状较为复杂, 而 Patran 的建模效率相对较低, 故先在 CAD 软件 Solidworks 中建立管接头组件的三维模型, 装配好并将其保存为 igs 格式导入 Patran 进行后续的前处理。由于双卡套管接头实现有效密封的关键在于前后卡套与其他组件配合产生恰当的变形, 故为简化分析对模型进行了适当的简化: 去掉了螺母与卡套管接头的螺纹, 去掉了各组件上不必要的圆角和倒角, 并对卡套管接头和卡套螺母上

作者简介: 廖仲生(1988—), 硕士研究生, 研究方向: 机电一体化、有限元分析。

非关键的结构进行了简化(如图3所示)。

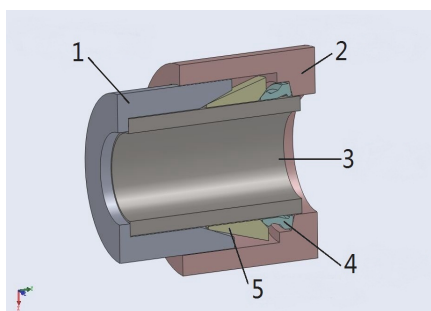


图3 双卡套管接头的简化结构

1.卡套管接头; 2.卡套螺母; 3.卡套管; 4.后卡套; 5.前卡套

由于双卡套管接头组件均为轴对称结构,为减小运算量,可在圆周方向上取一小部分代替整体进行分析。因管接头形成高质量密封的关键在于各组件之间良好的配合变形,对有限元模型的变形能力有较高的要求,故此实体模型应选用六面体网格(Hex)。相较于四面体网格^[2, 3]:

1) 相同模型,相同单元尺寸控制下,六面体单元数量比四面体要素少得多,这样在运算时也可大幅降低求解的时间和内存的消耗;

2) 六面体单元较四面体单元可控制性强;

3) 六面体单元计算精度比普通四面体单元要高。

基于上述条件,有限元分析模型如图4、图5所示。

划分的单元数和节点数如表1所示。

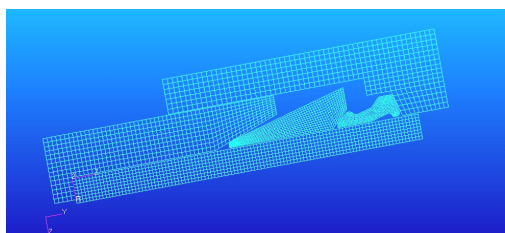


图4 双卡套管接头的网格划分情况

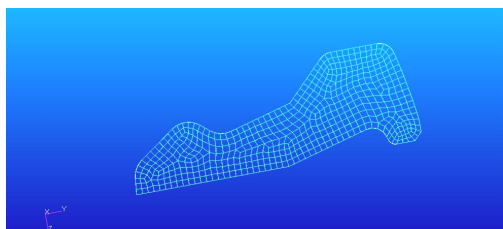


图5 后卡套的网格划分情况

2.2 材料特性

各组件材料特性如表2所示。

表1 双卡套管接头各组件的单元数和节点数

双卡套管接头组件	单元数	节点数
卡套管	840	1908
后卡套	533	1190
前卡套	761	1664
卡套螺母	511	1168
接头本体	595	1336

表2 各组件材料特性

组件	材料	弹性模量/GPa	泊松比
卡套管	316L	193	0.3
后卡套	316L	193	0.3
前卡套	316L	193	0.3
卡套螺母	316L	193	0.3
接头本体	316L	193	0.3

在实际工业应用中,为降低后卡套与卡套螺母之间的摩擦系数,对卡套螺母的驱动面进行了镀银处理;为提高后卡套的使用寿命,对后卡套进行了全表面渗碳处理。

2.3 约束及边界条件

比对管接头模型、简化模型、以及最终的有限元分析模型,由于在此仅取简化管接头模型圆周方向上的一小部分进行分析,故:

1) 应用柱坐标约束模型周向的转动;

2) 应用柱坐标约束卡套管接头一端的轴向移动;

3) 以12 mm的双卡套管接头的安装为例,根据安装手册的指导,需用手拧紧后再用扳手旋紧 $1\frac{1}{4}$ 圈,根据螺纹折算为轴向位移1.58 mm。为简化分析,在此已将螺纹去掉,故对螺母施以轴向1.58 mm的位移。

2.4 接触对的定义

由于管接头各组件的基体材料均为316不锈钢,在此将5个组件均定义成可变形接触体;根据各接触体网格的疏密程度,按先密后疏的顺序先后依次定义可变形接触体:后卡套、前卡套、卡套管、管接头、卡套螺母,并依次分别定义其摩擦系数为:0.25、0.35、0.35、0.35、0.1;为减小运算量,仅需定义可能发生接触的部位,并通过接触表定义接触对和偏斜系数,如图6所示^[4]。

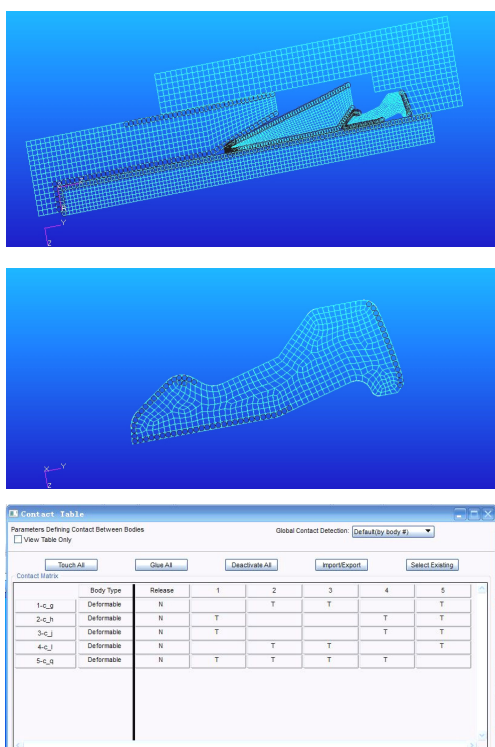


图6 接触定义

2.5 提交分析

MD_Nastran SOL600 模块的求解流程如下:

- 1) 将 MD_Nastran 的数据文件 jid.bdf 读入 IFP(input file processor);
- 2) 在 IFP 内将 MD_Nastran 的数据文件转换并生成 MSC_Marc 的数据文件(jid.marc.dat);
- 3) 若数据文件正确, 执行 MSC_Marc 求解, 生成.t16 结果文件。

3 分析结果

读取.t16 结果文件并完成相关的后处理, 分析结果如图 7~图 10 所示。

该型双卡套管接头在卡套螺母旋紧 $1\frac{1}{4}$ 圈(即螺母施以 1.58mm 轴向位移)后:

- 1) 如图 7 所示, 管接头整体的最大应力为 584 MPa, 略大于材料的强度极限 550 MPa;
- 2) 如图 8 所示, 管接头整体的最大应力出现在后卡套上, 并且后卡套上有多处较大的应力集中, 因此, 为保证管接头使用寿命, 应对后卡套进行强化处理, 如全表面渗碳;
- 3) 如图 9 所示, 卡套管与前、后卡套接触的位置上存在明显较大的应力, 分别为 268 MPa 和 218 MPa, 这将分别保证管接头具备良好的密封

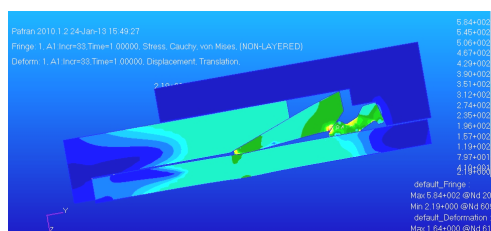


图7 管接头整体应力情况

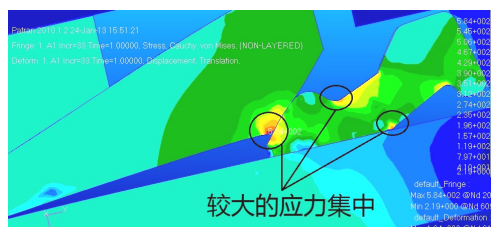


图8 后卡套上有明显较大的应力集中

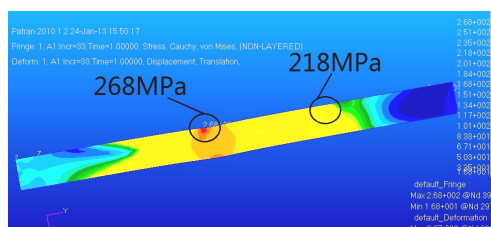


图9 卡套管的应力情况

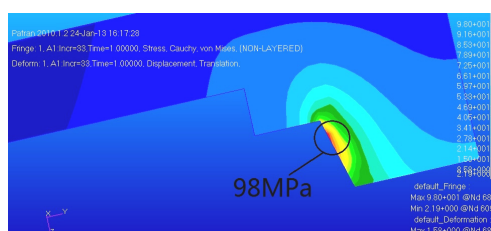


图10 卡套螺母的应力情况

性能, 和抗振动、冲击性能;

- 4) 如图 10 所示, 由于后卡套适度地外张变形, 大大减小了作用在卡套螺母驱动面上的轴向反力, 卡套螺母上的应力为 98 MPa, 远远小于材料的屈服极限 200 MPa, 这将有效地降低管接头的装配扭矩, 提高了管接头的易装配性并延长了管接头的使用寿命。

4 结束语

由分析结果可知, 该型双卡套管接头具备良好的密封性能, 可靠的抗振动、冲击性能, 易装配性能, 较长的使用寿命。通过基于 MD_nastran SOL600 模块的隐式非线性分析, 可以有效地模拟双卡套管接头形成密封的过程并求解过程中管接头各组件的应力、形变等情况, (下转第 56 页)

