

基于 Solidworks 的钻机底座有限元分析

马红月, 刘子厚, 李斌, 崔鹤田, 高淑芳

(河北建勘钻探设备有限公司, 河北 石家庄 050031)

摘要:根据 5000 m 钻机底座的实际结构和特点, 建立三维模型, 使用 ANSYS Workbench 对底座模型加载, 在不同工况下对底座进行有限元分析, 完成钻机底座的整体静态特性分析, 判定底座是否满足强度、刚度需求。

关键词:钻机底座; 有限元分析; Solidworks

中图分类号: P634.3⁺1 **文献标识码:** A **文章编号:** 1672-7428(2014)02-0048-04

Finite Element Analysis on Rig Substructure Based on Solidworks/MA Hong-yue, LIU Zi-hou, LI Bin, CUI He-tian, GAO Shu-fang (Hebei Jiankan Drilling Equipment Co., Ltd., Shijiazhuang Hebei 050031, China)

Abstract: According to the actual structure and the characteristics of 5000m rig substructure, three-dimensional model was established which was loaded by the use of ANSYS Workbench, based on the finite element analysis on the substructure under different conditions, the analysis was completed on the static characteristics of the rig substructure to determine whether the substructure meet the requirements of strength and stiffness.

Key words: rig substructure; finite element analysis; Solidworks

钻机底座是钻井工程的关键装备, 是大型的金属钢结构件, 组件多, 受力复杂, 而且工作环境一般比较恶劣, 对其进行强度、可靠性、疲劳分析是十分必要的, 因此底座设计计算一直备受世界石油装备领域的关注。本文以 5000 m 钻机底座为例, 运用 Solidworks 软件建立底座实体模型, 导入 ANSYS Workbench, 按照 API 规定的工况进行分析, 完成底座的强度校核。

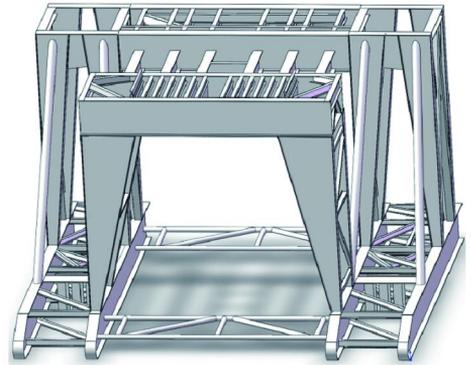


图1 底座实体模型

1 钻机底座模型建立

在工程计算中, ANSYS 可以进行精确计算, 建模一般是将钻机井架和底座简化为梁和线单元, 这种建模完全简化底座结构特点, 网格简单, 对于大规模的空间钢架结构的钻机底座而言, ANSYS 建模不科学, 大量的关键点的建立, 由低到高的建模过程, 随时都会出现错误, 增加建模的难度。

本文以 Solidworks 建模, 建立底座的实体模型, 依据底座实际底座的要求, 去掉次要承载元件; 在模型特征中删除螺纹、尖角倒角等对模型影响不大的特征, 如果是装配体载入 ANSYS, 再导入之前需要做干涉检查, 保证各零部件之间不存在干涉现象^[1], 分析更真实的反应各元件受力情况。图 1 为在 Solidworks 中建立的 5000 m 钻机底座实体模型。

2 Solidworks 的模型导入 ANSYS Workbench

本文以 Solidworks13.0 和 ANSYS Workbench14.5 研究数据之间转化。ANSYS Workbench 是 ANSYS 公司开发的新一代协同仿真环境, 包括 CAE 建模工具 DM, 分析工具 DS, 优化模块 DX; 并能与其它 CAD 软件无缝共享模型和数据, 能够实现不同来源 CAD 数据的装配和参数化管理, CAD 模型导入成功率高, 减少出错率缩短设计和分析流程。^[2] Solidworks13.0 和 ANSYS Workbench14.5 间无缝链接如图 2 所示。

操作步骤:在 Solidworks13.0 中建立好的模型如图 1 所示; ANSYS Workbench 14.5——选择 Analysis System——Import Geometry 就可以把模型完整的

收稿日期: 2013-10-17; 修回日期: 2013-11-11

作者简介: 马红月(1984-), 男(汉族), 河北石家庄人, 河北建勘钻探设备有限公司工程师, 机械电子工程专业, 硕士, 从事石油水井设备研发与制造工作, 河北省石家庄市建华南大街 58 号, mahongyue1224@163.com。



图 2 Solidworks13.0 和 ANSYS Workbench14.5 链接

导入到 ANSYS Workbench 中,在 Solidworks 的模型导入 ANSYS 中的单位要一致,在 ANSYS 中分析中输入密度为 $7850 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$,弹性模量为 $2.1 \times 10^{11} \text{ MPa}$,泊松比为 0.3,重力加速度为 9.8 m/s^2 。

3 钻机底座静力分析

3.1 工况分析

钻机底座在运输过程中,会拆分成小的零件,然后在钻井施工现场进行组装和调试。钻机井架与底座在运移、安装、起升及钻井操作过程中承受很多种载荷作用,承受的载荷在一定程度上具有不确定性^[3],且在钻井过程中,会受到钻杆的力的作用,由于井下的环境复杂,各种作用力难以预测,只有设置出合理的载荷,且合理的分配这些载荷,才能真实的反应钻机底座是否安全^[3]。根据现场调研及有关文献,钻机井架底座所承受的载荷主要包括:转盘最大载荷、额定立根载荷、满立根 + 风载荷、卡钻载荷。这 4 种钻机底座所受到的载荷,是对钻机底座影响最大的因素,是判断底座能否正常工作的前提。只有确定了钻机底座的工况分析,才能更加深入的了解底座,以便在后续设计中提高底座强度。各工况载荷如下:

转盘最大载荷 = 钻机、钻塔自重 + 3150 kN 转盘载荷;

额定立根载荷 = 钻机、钻塔自重 + 1800 kN 满立根载荷;

满立根 + 风载荷 = 钻机、钻塔自重 + 最大风速 47.8 m/s ;

卡钻载荷:钻机、钻塔自重 + 5000 kN。

3.2 网格划分

网格划分是有限元分析的前提,workbench 默认的设置一般可以满足小部件的要求,对于本文研究的底座,需首先对部分零件进行独立网格划分。根据多次的分析,本文选定【Relevance】= 0,【Element Size】= 200,网格平滑【Smoothing】为中级【Medium】,网格过渡【Transition】选择快速过渡【Fast】。

导入的模型划分网格后如图 3 所示。通过对钻机底座的网格划分,得到 152194 个节点,373154 个

单元,采用实体单元进行体结构网格划分,将焊接点作为关键点,一共产生了 12362 个关键点。

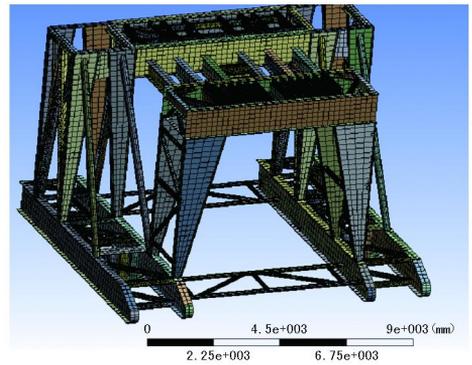


图 3 底座网格划分

3.3 转盘最大载荷

AISC 新规范中许用应力设计规定的安全系数是 1.67,井架和底座主承载杆件材料为 16Mn 或 Q345,屈服极限为 345 MPa,即许用应力为 207 MPa。对于井架及底座 207 MPa 即为 60% 材料屈服应力^[5]。

结构的位移计算很重要,验算结构的刚度就是验算结构的位移是否超过了允许的位移限制值,对于梁的挠度,其许可值以许可的挠度与梁跨厂之比为标准,对于底座结构体去 1/700,同时指出,对于一般的钢结构体,强度要求如能满足,刚度一般也能满足,在设计工作中,刚度要求比起强度要求来,常处于次要地位。

边界条件为底座基面下层全约束,转盘最大载荷为 3150 kN,平均分配在转盘梁上为 787.5 kN,得到位移和应力分析图(图 4~6)。

由图 4、图 5 可以看出,在转盘最大载荷工况下,位移发生的量为 1.99 mm,最大变形发生在转盘梁的中线,其它位置的变形量很小;从图 6 可知,最大应力发生在转盘梁和电机底座的焊接处为 151 MPa,其余单元应力较小,由分析可知在此工况下底座满足使用要求。

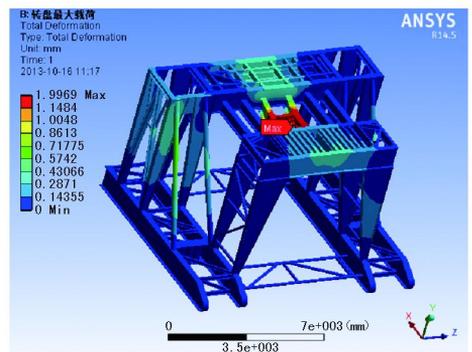


图 4 位移变化图

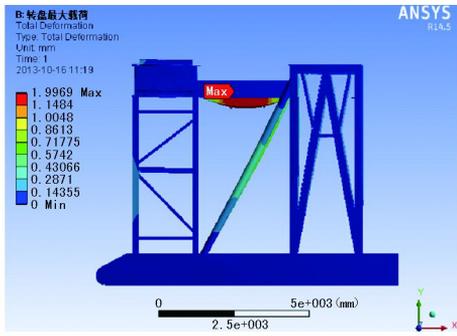


图5 Z向位移变化图

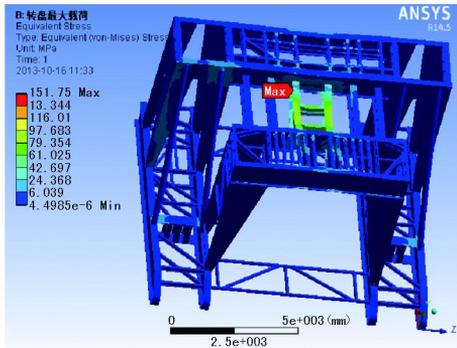


图6 应力分布图

立根盒梁在满立根工况下,发生最大位移量为 2.0 mm,最大位移发生在立根盒梁横梁中间部位;最大应力为 152 MPa,小于许用应力 206 MPa,符合整体强度与各个构件强度要求。

3.5 满立根 + 风载荷

分析得在最大风速下风压为 1.78 kPa,最大风速对立根产生的力为 289 kN,风对底座的作用力作用在迎风面,得到位移和应力分析图(图 9、图 10),在分析时选择  Pressure,选中所有迎风面即可知在此工况下产生的最大位移 3.2 mm,满足整体刚度要求,由图 10 可知在此工况下的最大应力为 106.9 MPa,低于材料的许用应力 206 MPa,满足使用要求。

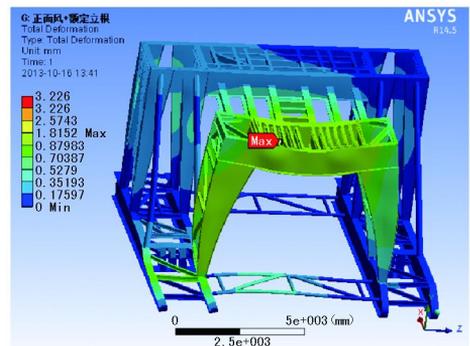


图9 位移变化图

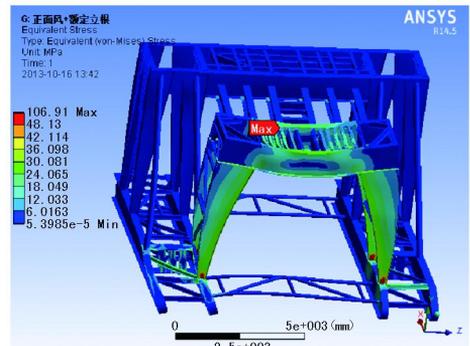


图10 应力分布图

3.4 额定立根载荷

边界条件为底座基面下层全约束,额定立根载荷 1800 kN,均匀作用在立根盒梁上,得到位移和应力分析图(图 7、图 8)

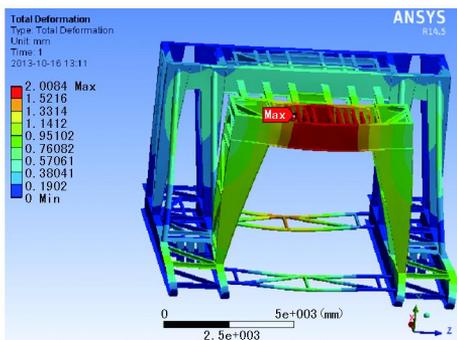


图7 立根盒梁位移变化

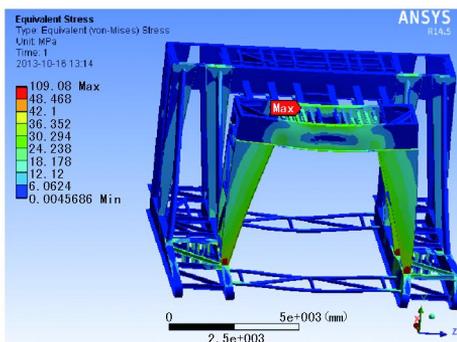


图8 立根盒梁应力分布

3.6 卡钻载荷

井下条件难以预测,钻井过程中会卡住钻头,甚至钻头断裂,这个过程中大钩负载最大,此时全部作用力作用在底座上,如果结构失稳,损失严重,因此卡钻载荷分析很重要,设定最大力为 5000 kN。

由图 11 得出,底座在载荷作用下产生的最大位移为 1.99 mm,满足底座整体的要求,载荷通过钻塔人字架传递到底座上,底座与钻塔的铰链连接处是承受载荷的主要部件,而底座的后铰链承受的应力水平高于前铰链处的应力,由图 12 可知,底座在载荷作用下的最大应力为 134.6 MPa,小于材料的

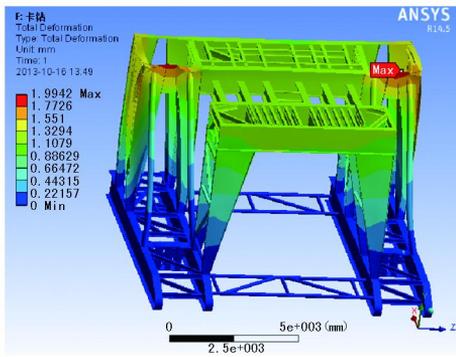


图 11 位移变化

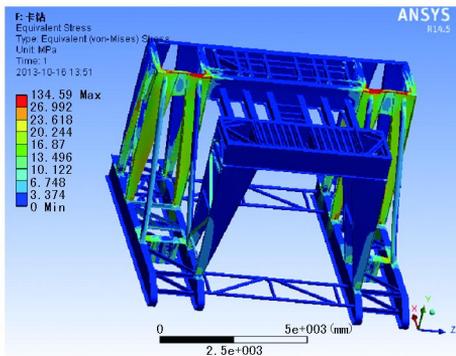


图 12 应力分布图

需用应力 206 MPa。

4 结语

以 5000 m 钻机底座为研究对象,对底座进行简化,运用 Solidworks 软件建立底座实体模型,导入 ANSYS Workbench,利用大规模网格划分,根据《钻井和修井结构规范》(API Spec 4F)钻机底座载荷工况,对 5000 m 钻机底座系统进行了静态特性分析,验证了底座满足强度和使用要求。此外,本文的研究方法对于钻机底座的设计也有一定的参考价值。

参考文献:

- [1] 詹俊永. Solidworks 导入实现 ANSYS 参数化建模[J]. 金属加工, 2010, (4): 71.
- [2] 田文涛, 贺小华. SolidWorks 与 ANSYS 软件数据交换文件应用研究[J]. 现代制造工程, 2008, (7): 45.
- [3] 徐永清. 双升式钻机井架及其底座静力学分析[J]. 石油矿采机械, 2011, 40(3): 52.
- [4] 王文涛. 12000m 特深井钻机底座大规模单元有限元分析[D]. 陕西西安: 西安石油大学, 2012.
- [5] API Spec 4F, 钻井和修井结构规范[S].

我国建立起海域“可燃冰”基础理论

《中国国土资源报》消息(2014-01-21) 依托国家调查专项,在分析南海天然气水合物调查资料数据的基础上,历时 5 年研究,我国重大基础研究计划(973 计划)项目“南海天然气水合物富集规律与开采基础研究”取得重要进展,近日通过了科技部组织的验收。

项目首席科学家、广州海洋地质调查局总工程师杨胜雄介绍说,“南海天然气水合物富集规律与开采基础研究”项目利用国家调查专项获取的海量资料,先后开展了 3 个有针对性的补充调查航次。在此基础上,重点围绕我国南海北部陆坡天然气水合物有关的成藏条件、成藏过程动力学、成藏富集规律等关键科学问题开展深入研究,取得了一系列重要研究成果和创新性认识,首次建立起我国南海天然气水合物基础研究系统理论。

(1) 提出了渗漏型天然气水合物重要概念。根据成因类型,将天然气水合物矿藏划分为扩散型和渗漏型两种。其中,扩散型水合物分布广泛,饱和度相对较低;渗漏型水合物产出集中、含量高,在局部地区甚至可观测到块状天然气水合物。研究认为南海北部具备形成上述两种类型水合物的地质条件,两者具有密切的成藏关系。

(2) 揭示了南海北部天然气水合物富集规律。研究认为,我国南海北部天然气水合物在空间展布上,受断层控制明显,横向上具有南北成带的特征。研究团队创新性地提出了南海北部两个主要水合物成矿带,其中第一成矿带位于 800~1300 m 水深范围的新生代大型沉积盆地发育的区域,以热解气源水合物为主要类型,部分为混合气源;第二成矿

带位于水深大于 2000 m 的新生代中小型沉积盆地发育的古斜坡区域,以生物气源水合物为主。

(3) 首次提出了天然气水合物成核机制的笼子吸附假说。该假说预测了天然气水合物在成核过程中,首先形成水合物非晶相的新观点。这一假说与国际同类假说相比,能够更为准确地描述水合物晶体的形成过程。在此基础上,研究团队还建立了笼子识别方法,并定量确认非晶相的存在,实测出天然气水合物成核发生时溶解甲烷的临界浓度为 0.05 摩尔分数(约每立方纳米 1.7 个分子)。由此验证了笼子吸附假说,受到了国际同行的高度关注。

(4) 建立了南海北部天然气水合物的综合识别方法。在天然气水合物地球物理响应机理研究上,发现纵横波速度增量是识别水合物引起的高速异常的重要参数,并利用精细处理的纵横波速度增量剖面能够准确刻画水合物空间分布形态。在地球化学及生物学机理研究方面,首次获得了水合物稳定带中不同甲烷相态的微生物及宏生物组合特征,以及冷泉环境下氧化-还原界面附近生物地球化学响应特征。

(5) 开展了南海北部天然气水合物开采基础理论研究,采用主流的数值模拟方法——格子 Boltzmann 方法对天然气水合物分解过程的流动特性进行研究,深入讨论了其多相流动机理及相关基础物性理论,针对南海北部典型天然气水合物藏,分别从微观、介观及宏观角度,成功揭示了目前常用的天然气水合物开采方法的传热和传质机理。

该项目的实施,还开展了国家深水油气工程技术研发基地及天然气水合物创新团队等的建设。