

# 基于 Pro/E 的钻塔结构设计及有限元分析

刘芳霞, 王汉宝

(中国地质科学院勘探技术研究所, 河北 廊坊 065000)

**摘要:** 论述了利用 Pro/E 软件对钻塔进行结构设计和三维建模, 并利用 Pro/MECHANICA 模块对所建模型进行结构仿真和有限元分析, 对不同的结构进行对比, 得到最优化的尺寸结构。

**关键词:** Pro/E; 钻塔; 有限元分析; 优化设计

**中图分类号:** P634.3\*4 **文献标识码:** A **文章编号:** 1672-7428(2007)S1-0062-03

**Desing and Finite Element Analysis on Drilling Tower Structure Based on Pro/E /Liu Fang-xia, WANG Han-bao**  
(The Institute of Exploration Techniques, CAGS, Langfang Hebei 065000, China)

**Abstract:** Structural design of drilling tower and 3D modeling by Pro/E software are stated, structural simulation and finite element analyses are made on the model based on Pro/MECHANICA. Through the contrast among different structures, the optimized dimensions are decided.

**Key words:** Pro/E; drilling tower; finite element analysis; optimized design

近 10 年来,随着计算机辅助技术的不断发展,三维机械设计和制造软件功能不断完善,应用日趋成熟,传统的二维软件逐渐被三维软件所代替。

Pro/E 是一个 CAD/CAE/CAM 集成化的机械设计软件,该软件具有单一数据库,全相关,以特征为基础的参数式实体建模和尺寸参数化等特点,在装配模式下,所有的零件装配干涉一目了然。在该软件环境下,可以进行钻塔、钻架或桅杆的三维实体建模,然后对模型进行装配干涉检查、结构仿真、有限元分析、优化尺寸等程序,能够较直观地把错误消灭在设计阶段。

## 1 钻塔的总体设计方案

实践证明:降低钻塔的自重始终是钻塔发展过程中的重要问题。钻塔是钻探设备的重要组成部分,在设计中要求钻塔结构强度大,安全性好。同时,要求钻塔自重轻,移动性好,制造成本低。而这几项指标要求是相互联系,相互影响的,为了更好解决这些指标之间的关系,需要对钻塔进行精确的计算。

当前国内大多数企业已经广泛应用 CAD 技术,但也只是停留在辅助绘图的阶段上。钻塔结构的强度,稳定性计算还常采用传统的手算方法,而不进行变形的定量计算。本文尝试在 Pro/E 软件环境下对

SPJT-300 型拖车式水文水井钻机的钻塔进行建模、结构仿真、有限元分析。

钻塔属于三维空间结构,如图 1 所示,在 Pro/E 平台下初步设计模型,其设计理念是采用一种自上而下的设计模式,是一种新颖、高效的设计理念,这种设计方法是在明确产品从上而下的设计条件、限制和规格等要求后,将这些设计规范传递给每一个子组件与零件中,以保证结构的一致性。由于 Pro/E 具有单一数据库和全相关性等特点,在设计过程中只要有任何一部分数据改动,都会传到整个设计中,并自动更新所有的工程文件,这样就极大地简化了设计过程。

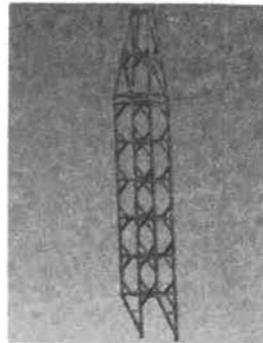


图 1 钻塔三维示意图

收稿日期:2007-05-30

作者简介:刘芳霞(1954-),女(汉族),陕西商州人,中国地质科学院勘探技术研究所高级工程师,力学专业,从事探矿工程科研管理工作,河北省廊坊市金光道 77 号;王汉宝(1983-),男(汉族),宁夏人,中国地质科学院勘探技术研究所技术员,机械设计与制造及自动化专业,从事勘探设备研究工作。

## 2 钻塔的结构仿真和有限元分析

### 2.1 装配图的干涉检查, 结构仿真

根据方案的设计, 绘制出钻塔的零部件三维模型, 组装成装配图。在装配的过程中 Pro/E 会对装配的零部件进行干涉检查, 并绘出干涉区域的大小, 其智能技术可以自动给出模型修改意见, 设计人员也可以根据自己的设计意图, 修改模型, 消除干涉。

### 2.2 有限元分析

结构仿真可以让设计人员评估、理解和优化产品在现实的环境中静态和动态的机构性能, 此过程是在 Pro/MECHANICA 的模块下进行的, 其优势是可以让结构工程师将精力集中在设计工作上, 在设计初期就结合了分析, 从而缩短整个设计周期, 从而降低了设计成本。

(1) 简化模型, 去掉次要结构, 加快分析速度。其简化后的模型见图 2。

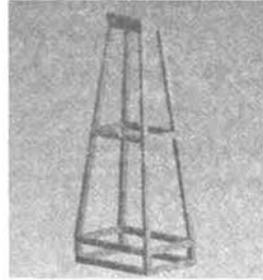


图 2 简化后的模型

(2) 在 Pro/MECHANICA 中定义材料属性, 如杨氏模量、泊松比、密度、热膨胀因子等物理参数, 见图 3。

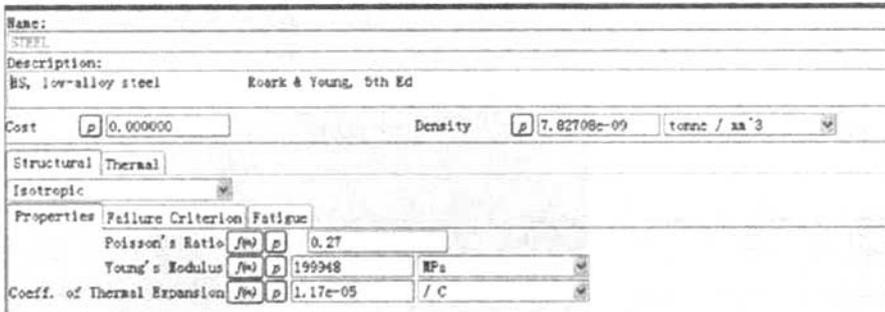


图 3 Pro/MECHANICA 中材料属性定义界面

(3) 定义约束和载荷, 在钻塔的塔脚定义约束, 自由度为 0, 在塔顶设置载荷 24 t, 见图 4。

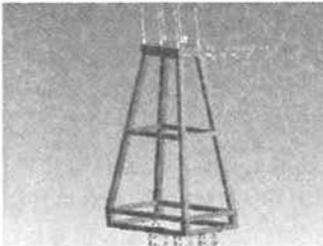


图 4 定义约束和载荷示意图

(4) 运行有限元分析, 查看分析结果 (见图 5), 我们可以看到应力最大值为 488.9 MPa, 最大位移为 7.1 mm。

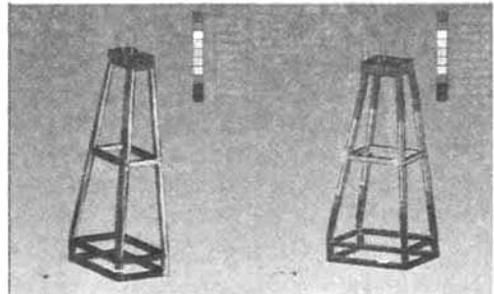


图 5 有限元分析结果

为进一步优化机构, 确保万无一失, 我们加大立柱的尺寸, 一方面可以增大的立柱截面积, 另一方面可以抵消危险截面的应力集中, 然后对其进行有限元分析 (见图 6), 应力最大值降为 243.2 MPa, 最大位移为 3.6 mm。

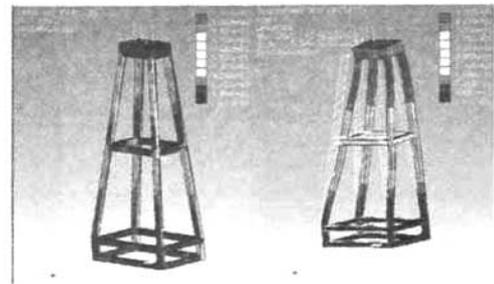


图 6 增大立柱尺寸后的有限元分析结果

### 2.3 结论分析

以上进行了钻塔的结构仿真和有限元分析,从分析结果可得出以下结论。

(1)在图5、6中,查看结构的最大应力点,做局部加强,这样既可强化钻塔的结构强度,又兼顾了钻塔的自重。

(2)由软件计算的数值明显小于手工计算的结果,其原因在于:第一,我国机械行业普遍采用的各种设计手册类工具书资料,计算方式比较保守;第二,目前我们采用的有限元分析软件大多数从美国等发达国家引进,计算方式比较先进,求证的设计值比较接近实际情况。

(3)通过有限元分析软件分析取得的数据应通过实验验证,以取得对分析结果的修正系数,作为企业自己的设计参数。

## 3 结语

(上接第61页)

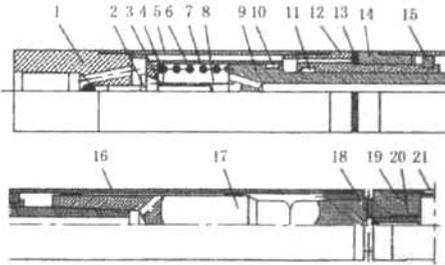


图1 冲击器的结构原理

1—上接头,2—配水阀,3—阀簧调节垫片,4—锤簧调节垫片,5—外缸,6—锤簧,7—阀座,8—阀簧,9—活塞,10—密封圈,11—密封圈,12—上中接头,13—调整垫圈,14—下中接头,15—悬挂环,16—外管,17—冲锤,18—单向球阀,19—砧子,20—阀座,21—岩心管

### 3 冲击器的特点

(1)冲击器采用阀式反作用工作原理,即依靠冲洗介质的压力推动冲锤活塞举锤,靠压缩弹簧伸张冲击做功,产生冲击力,因此,冲击功的大小主要

利用三维CAD和相应的CAE等先进设计软件可以大大缩短钻探设备设计周期,提高设计水平,降低设计成本。本文对钻塔进行结构仿真和有限元分析,得到了最优的设计结果。

目前,国内钻塔在产品结构的合理性、产品的耐用性等方面与国外还有很大差距,现在也有很多厂家已经开始在产品设计中使用Pro/E,但仅仅停留在三维建模阶段,并没有发挥出Pro/E软件的强大功能,因此有必要对Pro/ENGINEER的功能进一步挖掘,以提高我国钻塔的设计水平和产品质量。

### 参考文献:

- [1] 李家宝. 结构力学[M]. 北京:高等教育出版社,2001.
- [2] 祝凌云,等. Pro/E运动仿真和有限元分析[M]. 北京:人民邮电出版社,2004.
- [3] 二代龙震工作室. Pro/Mechanism. Pro/MECHANICA Wildfire 2.0[M]. 北京:电子工业出版社,2006.

决定于锤簧。

(2)减小活塞液力腔的作用面积以减少水量,从而减小动力介质对孔壁的冲刷,有利于松散软层孔壁的的稳定,从而充分发挥了潜孔锤取样钻的优点,但面积过小所需要的泵压就会增大。

(3)动力介质水不直接流经孔底可避免水对岩心的冲蚀和污染。

(4)冲击器双簧(阀簧和锤簧)同心并联排放控制时差,延迟启闭配水阀,可获得最大冲击能量。

(5)具有防空打机构,即:当遇到紧急情况提升钻具时,即使来不及关闭动力水,冲击器停止冲击动作,从而保护钻具不受损坏,避免岩心(土心)由于冲击振动而脱落。

(6)自动泄水功能,即:提升钻具时,中接头上泄水孔自然打开,钻杆内的水随着钻杆提升过程自然排出管外,方便钻杆拧卸,同时可避免提钻产生孔底抽吸,有利于孔壁稳定。