

TGLW220 × 660 型冲洗液离心机转鼓的强度分析

冯美贵¹, 朱迪斯¹, 翁 炜^{1,2}, 黄玉文¹

(1. 北京探矿工程研究所, 北京 100083; 2. 中国地质大学(北京), 北京 100083)

摘要:对自行研制应用于地质钻探的 TGLW220 × 660 型冲洗液离心机的转鼓建立了三维实体模型, 利用有限元分析软件对其在正常工况下的整体结构进行了三维有限元分析与模拟仿真。分析结果表明, 离心机转鼓在正常工况下的强度满足要求; 传统理论强度校核进一步验证了转鼓设计的合理性和安全可靠, 为 TGLW220 × 660 型冲洗液离心机在现场安全使用提供了重要的理论依据。

关键词:冲洗液; 离心机; 转鼓; 三维有限元分析; 仿真; 强度校核

中图分类号: P634.4 **文献标识码:** A **文章编号:** 1672 - 7428(2014)03 - 0041 - 03

Analysis on the Strength of TGLW220 × 660 Flushing Fluid Centrifuge Drum/FENG Mei-gui¹, ZHU Di-si¹, WENG Wei^{1,2}, HUANG Yu-wen¹ (1. Beijing Institute of Exploration Engineering, Beijing 100083, China; 2. China University of Geosciences, Beijing 100083, China)

Abstract: 3D entity model was set up for TGLW 220 660 flushing fluid centrifuge drum that is self-developed and used in geological drilling; using finite element analysis software, 3D finite element analysis and simulation were made on the whole structure of the drum under normal working conditions. The simulation analysis results show that the strength of the centrifuge drum under the normal working conditions can meet the construction requirements and the strength checking based on traditional theory further validates the rationality and reliability of rotary drum design, which provides the important theory basis for the safe use of TGLW 220 660 centrifuge in construction site.

Key words: flushing fluid; centrifuge; drum; 3D finite element analysis; simulation; strength checking

离心机在地质钻探过程中用于冲洗液固液相分离, 作为一种冲洗液固控设备^[1~4], 在地质钻探作业中有着非常重要的作用。目前地质钻探现场广泛使用的是卧式螺旋离心机, 我们在自行研制的 350 规格离心机的基础上, 经过多次的优化改进设计, 在中国地质调查局组织实施的国家地质矿产调查评价项目“柴达木地区矿产勘查钻探工艺技术集成研究与示范”资助下, 针对柴达木地区地层特性和钻探要求, 研制出了处理量为 0.5 ~ 2 m³/h, 小型化、轻型化、模块化并易于搬迁的 TGLW220 × 660 型离心机。由于 TGLW220 × 660 型离心机的转鼓、螺旋推进器、箱体、机罩、机架等主要部件遵循小型化、轻型化设计, 并且转速较高, 在现场使用过程中, 确保离心机的安全可靠^[5]尤其重要。转鼓是离心机的重要部件, 因此有必要对 TGLW220 × 660 型离心机的转鼓进行强度分析, 避免过高的应力使旋转的转鼓发生崩裂, 引起严重的安全事故。本文主要用有限元模拟仿真分析方法和传统理论强度分析分别校核 TGLW220 × 660 型离心机转鼓设计的合理性和可靠性。

1 TGLW220 × 660 型离心机转鼓有限元分析

1.1 三维有限元实体模型建立

1.1.1 转鼓基本参数

1.1.1.1 转鼓结构和工作参数

TGLW220 × 660 型离心机的转鼓结构和工作参数为: 内径 $D = 220$ mm, 壁厚 $t = 6$ mm, 有效总长度 $L = 660$ mm, 长径比 $L/D = 3$, 半锥角 $\alpha = 9^\circ$, 转鼓转速 $n = 3000$ r/min, 外形为圆柱锥形。

1.1.1.2 转鼓材料特性

转鼓材料为 0Cr18Ni9, 许用应力为 205 MPa。

1.1.2 转鼓三维模型简化

本文研制的 TGLW220 × 660 型离心机的转鼓三维实体模型见图 1。从图 1 可以看出, 转鼓是轴对称结构, 转鼓承受的负载也对称于旋转轴。由于转鼓焊接部位已达到足够的刚度, 因此对进行 TGLW220 × 660 型离心机的转鼓进行三维有限元模拟仿真分析时可将模型简化处理为整体结构, 将螺钉螺栓等连接处及工艺孔变为整体; 在一些非应力集中或非重点分析的地方去除圆角和倒角, 去除不影响刚度的

收稿日期: 2013 - 10 - 08; 修回日期: 2013 - 11 - 08

基金项目: 中国地质调查局地质大调查项目“柴达木地区矿产勘查钻探工艺技术集成研究与示范”(12120113032600)

作者简介: 冯美贵(1981 -), 女(汉族), 河南泌阳人, 北京探矿工程研究所工程师, 机械工程专业, 硕士, 从事大口径旋挖钻具、孔底动力钻具及钻井液固控系统的研发工作, 北京市海淀区学院路 29 号, rosy03250186@126.com。

凸台结构,简化后得到图2所示的三维实体模型。

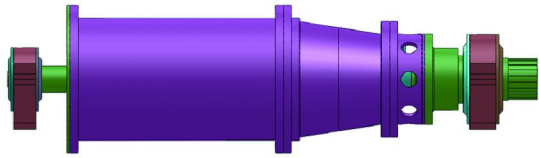


图1 TGLW220 × 660型离心机转鼓三维实体模型

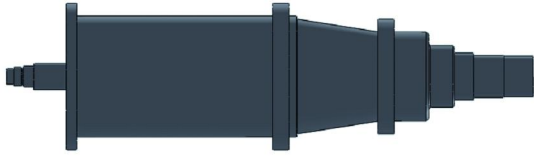


图2 TGLW220 × 660型离心机转鼓简化后三维模型

1.1.3 有限元分析的边界条件

TGLW220 × 660型离心机的转鼓是轴对称结构,它是靠转鼓圆柱锥两端的轴承支撑且绕轴承面转动的,因此在转鼓圆柱筒端和锥筒端盖枢轴的轴颈与轴承接触处施加轴承支撑约束;并且分别在转鼓柱筒端盖、锥筒端盖最外侧施加滑杆约束,以约束转鼓轴向移动。

1.1.4 转鼓载荷

1.1.4.1 转鼓自身质量产生的离心力

在分析中,高速回转下的转鼓鼓体本身质量所产生的离心力以角速度的形式施加于转鼓的有限元三维模型上,即:

$$\omega = 2\pi n/60 = 2\pi \times 3000/60 = 314 \text{ rad/s} \quad (1)$$

式中: n ——转鼓转速,3000 r/min。

1.1.4.2 转鼓内冲洗液质量产生的离心力

在离心力作用下,冲洗液沿径向运动对转鼓壁形成方向垂直于转鼓内表面的压力。圆柱筒中的冲洗液在筒壁内表面产生的离心力为:

$$p_c = (1/2)\rho_c \omega^2 (R^2 - R_0^2) = 0.195 \text{ MPa} \quad (2)$$

式中: p_c ——转鼓筒中被分离冲洗液的密度,1085 kg/m³; R ——转鼓内半径,0.11 m; R_0 ——转鼓回转时冲洗液环的自由表面半径,0.092 m。

转鼓锥段筒体壁上和转鼓大端盖的任意半径处仍用上式,垂直于转鼓作用面处内表面以线性载荷施加到有限元模型上。

1.1.5 转鼓网格划分

TGLW220 × 660型离心机的转鼓网格划分后的三维有限元模型如图3所示。模型中,网格单元大小为16 mm,公差为0.80 mm,最终有限元模型节点总数35806,单元总数18485。并通过对网格高宽比和雅可比的分析,得到了螺旋输送机网格质量较好的结论。

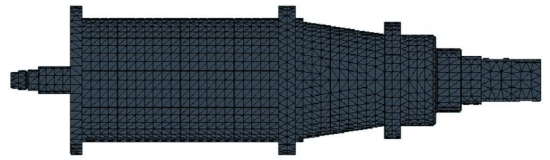


图3 简化转鼓网格划分后的三维有限元模型

1.2 转鼓有限元模拟仿真结果分析

在正常工况下,对TGLW220 × 660型离心机的转鼓离心机进行模拟仿真分析,得到应力-应变、安全系数、位移仿真云图分别见图4~7。

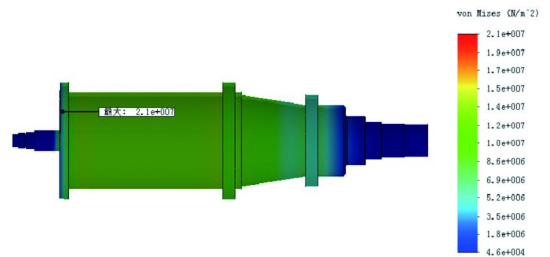


图4 TGLW220 × 660型离心机的转鼓 Von - Mises 应力云图

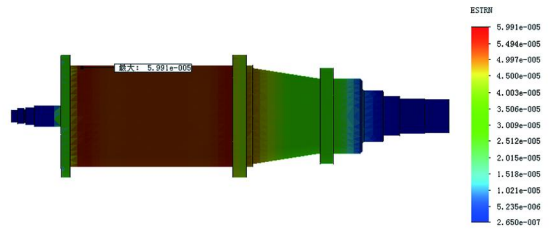


图5 TGLW220 × 660型离心机的转鼓应变云图

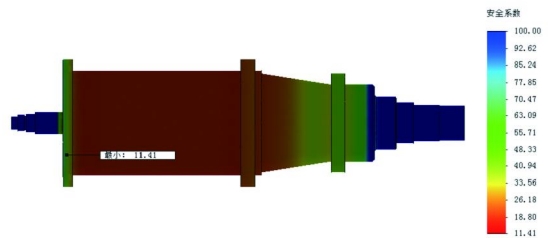


图6 TGLW220 × 660型离心机的转鼓安全系数云图

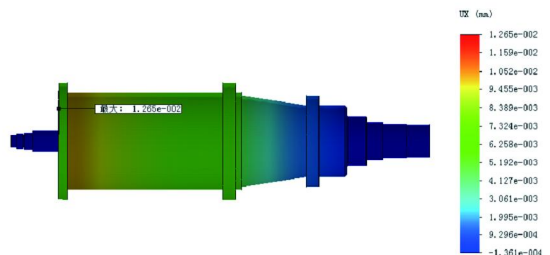


图7 TGLW220 × 660型离心机的转鼓轴向位移云图

由应力云图可知,最大应力为21 MPa;由转鼓安全系数云图可知,转鼓的最小安全系数为11.41,在靠近大端鼓底的柱形筒体的内壁上,并且整个圆柱体上的应力水平都比锥段筒体、顶盖和转鼓底的

应力高,最大应力小于材料的许用应力 205 MPa。由此可知最大径向位移和最大轴向位移均在允许变形范围内,表明转鼓的工作过程是安全可靠的。由应变云图可知,圆柱形筒体向外扩张,转鼓在正常工作状态下,最大径向位移发生在筒体上,转鼓变形不明显,满足刚度要求。由轴向位移云图可知,靠近大端盖的柱形筒体的内壁上值为 0.01265 mm。

因此从 TGLW220 × 660 型离心机的转鼓三维有限元模拟仿真分析结果可以得出,在正常工况下转鼓满足强度要求,表明在现场使用过程中,离心机的转鼓是安全可靠的。

2 TGLW220 × 660 型离心机转鼓的传统理论强度校核验算

2.1 转鼓旋转时转鼓内的环向应力

TGLW220 × 660 型离心机的转鼓正常旋转时转鼓内的环向应力^[6]可分为:空转鼓旋转时鼓壁内的环向应力、圆柱锥形转鼓内由冲洗液等载荷离心压力产生的鼓壁环向应力 2 种情况。

2.1.1 空转鼓旋转时鼓壁内的环向应力

$$\sigma_1 = 10^{-9} q \rho_1 r_2^2 \omega^2 = 9.88 \text{ MPa} \quad (3)$$

2.1.2 圆柱锥形转鼓内由冲洗液等载荷离心压力产生的鼓壁环向应力

$$\sigma_3 = \frac{10^{-9} \omega^2 \rho_2 (r_1^2 - r_3^2) r_1}{2\delta \cos \alpha} = 3.61 \text{ MPa} \quad (4)$$

式中: q ——鼓壁开孔引起的表观密度减小系数,1;
 ρ_1 ——转鼓材料密度,7.85 g/cm³; r_2 ——转鼓壁平均半径,113 mm; ω ——转鼓旋转角速度,314 rad/s;
 ρ_2 ——冲洗液的密度,1.085 g/m³; r_1 ——转鼓内半径,110 mm; r_3 ——冲洗液环的内半径,92 mm;
 δ ——转鼓壁厚度,6 mm; α ——半锥角,9°。

2.2 转鼓强度验算

圆柱锥形转鼓的环向总应力:

$$\delta_2 = \sigma_1 + \sigma_2 / K = 13.49 \leq [\sigma] \quad (5)$$

式中: K ——焊缝系数,0.95; $[\sigma]$ ——转鼓材料

0Cr18Ni9 的许用应力,取 $0.33\sigma_b = 171.6 \text{ MPa}$,
 $0.50\sigma_s = 102.5 \text{ MPa}$ 两值中的小者,即 $[\sigma] = 102.5 \text{ MPa}$ 。

以上传统理论强度校核验证了 TGLW220 × 660 型离心机在正常工况下,转鼓的设计是合理、安全可靠的;同时也进一步验证了利用有限元分析方法进行强度校核的可靠性和直观性。

3 结论

(1) 本文用有限元分析方法对 TGLW220 × 660 型离心机的关键部件转鼓建立了三维实体模型,进行了三维有限元分析与模拟仿真;分析结果得出,在正常工况下 TGLW220 × 660 型离心机的转鼓满足强度要求,表明在现场使用过程中,TGLW220 × 660 型离心机的转鼓是安全可靠的。

(2) 利用传统理论强度分析方法对 TGLW220 × 660 型离心机的关键部件转鼓进行了校核验算,验证了转鼓的安全性,同时也验证了三维有限元模拟仿真分析方法的可靠性和直观性。

(3) 传统理论强度分析和三维有限元分析与模拟仿真同时验证了本文研制的 TGLW220 × 660 型离心机转鼓设计的合理性和安全可靠,为 TGLW220 × 660 型离心机在现场安全使用提供了重要的理论依据。

参考文献:

- [1] 贾军. 中国大陆科学钻探先导孔及扩孔钻井泥浆工艺[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程), 2013, 40(3): 57-60.
- [2] 龚伟安. 钻井液固相控制技术与设备[M]. 北京:石油工业出版社, 1995. 49-53, 316-322.
- [3] 韩滨. ZYK-160 型钻井液固控系统的设计与研究[D]. 黑龙江大庆:大庆石油学院, 2007.
- [4] 张金昌, 刘凡柏, 冉恒谦, 等. 2000 m 地质岩心钻探关键技术与装备[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程), 2012, 39(1): 3-6.
- [5] 孙启才, 金鼎五. 离心机原理结构与计算[M]. 北京:机械工业出版社, 1987. 130-209.
- [6] JB/T 8051-2008, 离心机转鼓强度计算规范[S].

鲁南小口径岩心钻探创新纪录

中国国土资源报消息(2014-03-13) 近日,山东省枣庄台儿庄地区煤炭调查钻台现场传来消息:由山东一勘院 104 机台施工的 ZK002 钻孔顺利终孔,终孔孔深 2222.13 m,打破了山东省第三地质矿产勘查院于 2009 年 11 月利用国产钻机、钻具以小口径岩心钻探所创造并保持至今的 2188.28 m 的鲁南地区孔深纪录。

相关地质资料显示,这一钻孔位于枣庄的台儿庄峰城境

内,是煤矿资源、水文地质资料兼备的综合性水文地质孔。该孔地层以砾石层和胶结砾岩为主,含煤硫化段零星分布。由于砾石层覆盖较深、蚀变比较严重,孔壁坍塌掉块严重,钻孔弯曲控制比较困难,钻进时效低,施工难度较大。山东一勘院采用金刚石绳索取心、液动潜孔锤钻进工艺,多级钻孔结构和满眼钻具组合,历时 280 天完成施工任务,终孔孔径 75 mm,孔深 2222.13 m。