

矿井井筒罐笼运行对井筒风流影响

徐中南, 蔡康旭

(湖南科技大学 能源与安全工程学院, 湖南 湘潭, 411201)

摘要:在井筒中, 矿井罐笼占据了部分空间. 罐笼在升降运行时可能影响了周围的流场和压力场, 从而导致产生动态局部阻力, 进而影响井下通风系统. 本文以流体动力学作为理论依据, 运用 fluent 数值模拟软件和 CFD 计算模型, 对井筒风速影响下罐笼停止和运行过程进行了模拟与分析. 结果表明, 井筒罐笼运行对井筒风流的影响很小, 它产生的影响区域相对于井筒长度来说, 是可以忽略的.

关键词: 矿井; 罐笼运行; 数值模拟; 井筒风流

中图分类号: TD531.1 **文献标志码:** A **文章编号:** 1672-9102(2015)01-0018-04

Analysis of the effect of cage hoisting in vertical shaft to mine current

XU Zhongnan, CAI Kangxu

(School of Energy and Safety Engineering, Hunan University of Science and Technology, Xiangtan 411201, China)

Abstract: While in the progress of up - and - down movement, the hoisting conveyance which occupies some space of vertical shaft causes piston - effect, leads to the change of the flow field and pressure field around the hoists, and generates frequently local resistance. According to the fluid mechanics, this paper uses the numerical simulation software to simulate the fluent in wellbore of ascending vessel stop and run time under the influence of wind speed CFD calculation model. Results show that shaft hoist vessel run will have impacts on the vertical shaft wind flow, the impact of its area relative to the length of the shaft, is negligible.

Key words: mine; cage running; numerical simulation; wellbore merry

在井筒中, 矿井罐笼占据了部分空间. 罐笼在升降运行时可能影响周围的流场和压力场, 从而导致产生动态局部阻力, 进而影响井下通风系统^[1,2]. 目前研究认为, 在罐笼运行期间, 由于空间受限而引发活塞效应, 井筒内压力发生瞬态变化, 造成通风系统的压力波动, 导致气流运动的动态改变, 对通风系统稳定性有一定的影响^[3-6]. 但是罐笼运行产生的压力、风速波动是局部的, 它相对于整个井筒以及通风系统的具体影响大小并无研究. 因此, 研究矿井井筒罐笼运行对井筒风流以及通风系统整体影响, 对于研究活塞风流对通风稳定性的影响, 完善矿井通风理论, 进而对保证安全生产有着重大的意义.

1 物理模型

取某矿副井罐笼井筒为数值分析实体, 井筒全长 200 m, 井筒断面为圆形, 直径 5 m, 井筒壁面砌碇支护, 表面粗糙度为 0.008. 进风量 11 000 m³/min, 装备单层双罐笼, 双罐相向运行 (即一罐笼提升时另一罐笼下降), 罐笼外形尺寸为长 4 m, 宽 1.2 m, 高 5 m. 具体模型示意图 1.

本模拟通过比较罐笼静止时和罐笼运行时的风流参数, 从而得知罐笼对井筒风流产生影响的大小.

收稿日期: 2014-09-13

通信作者: 蔡康旭(1956-), 男, 河南商城人, 教授, 研究方向: 矿井通风与安全. E-mail: caikangxu@163.com

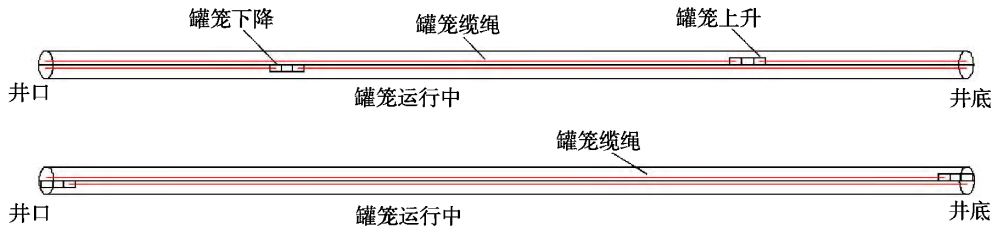


图 1 罐笼运行模型

2 模拟参数

根据实测结果和文献[7-10],确定数值模型边界条件.

1) 紊流模型选择 $k-e$ 二方程紊流模型,模型选择 standard,近壁处理选择 standard wall functions,其它保持默认设置. 求解器选用压力基求解器,其它保留默认设置.

2) Operating Condition 设置中选用重力设置,重力加速度设置为 9.8,方向为 Z 轴,相对密度设置为 0.

3) 边界条件设置:入口(如图 1 井口)设置为质量入流边界,质量流大小为 223.4 kg/s,相对静压设置为 -0.3,湍流定义方式选择 intensity and hydraulic diameter,紊流强度项输入分别为 0.5,水力半径设置为 1.25;出口(如图 1 井底)设置为 outflow 出流边界,出流参数设置为 1,即表示无回流;井筒墙面设置为 Wall 边界,wall motion 设置为 moving wall,运动方式选择 absolute, translational,速度输入为 0;上升和下降罐笼都设置为 Wall 边界,wall motion 设置为 moving wall,运动方式选择 absolute, translational velocity 输入罐笼实际运行速度,分别为 8.5, -8.5 m/s.

3 模拟结果分析

3.1 井筒风流静压与速度模拟结果

首先,静压云图中静压变化值均在 2 400 Pa 左右,与副井井筒 200 m 高度导致的位压大小一致;风速云图中大部分区域风速为 9.5 m/s 左右,与副井的实际风量一致;因此,说明了数值模型的正确性.

分析、对比罐笼停止时和罐笼运行时井筒内静压分布情况,可观察到 2 个明显的特征.其一,两者在井筒长度方向上,颜色量级(表征静压大小)变化幅度都十分均匀;井筒直径方向上,静压相同.即便是罐笼所在的井筒区域也是如此.其二,图 2 与图 3 分别为罐笼停止和运行的静压分布图.两者静压分布规律相同,基本没差异点.

这 2 个特征表明罐笼停止时和罐笼运行时井筒内静压分布是相同的,静压的分布变化基本不受罐笼运行影响.这是因为相对于位压改变导致的静压变化,罐笼运行导致的活塞风压可以忽略.



图 2 罐笼停止静压分布图(Pa)



图 3 罐笼运行静压分布图(Pa)

图 4 和图 5 分别是罐笼停止和运行时的速度云图.对比、分析可知在井筒中,除了罐笼所在区域及其下风口受影响的区域,其它区域风流速度分布非常均匀(9.5 m/s),即不受罐笼运行导致的扰动风流影

响. 且提升罐笼区域和下降罐笼区域风速分布规律相同, 说明与罐笼运行相比, 罐笼阻塞井筒风流才是导致风速扰动的主因.

从局部风速扰动区域和整体风流角度分析. 由图 4 所示, 罐笼停止时, 罐笼导致井筒风流速度混乱部分总共 15 m. 由图 5 所示, 罐笼运行时, 罐笼运行导致井筒风流混乱部分总共 30 m, 即罐笼所在区域(长 5 m)和罐笼下风口 10 m 内区域. 但这相对于井筒 200 m 的长度, 罐笼运行对井筒整体风流扰动的影响较小, 可以忽略.



图 4 罐笼停止速度分布图(m/s)



图 5 罐笼运行速度分布图(m/s)

3.2 井筒风流湍流模拟结果

衡量湍流风流混乱程度大小的一个是湍流强度, 表示湍动能的大小, 一个是湍动能耗散率, 表示湍动能的损失量大小, 即转化为风流温度的能量大小, 可表征湍流导致的局部损失大小.

图 6 和图 7 分别为罐笼停止和运行时的湍流强度云图. 分析、对比可知, 罐笼停止时井筒中湍流强度较大的风流集中在罐笼正下方 5 m 内区域. 罐笼运行时井筒中湍流强度较大的风流集中在罐笼正下方 10 m 内区域. 两者相差不大. 同上文速度分布规律分析的一样, 相对于整个井筒长度而言, 罐笼和罐笼运行对井筒风流的影响很小.

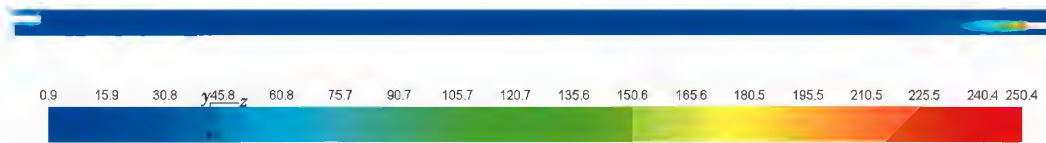


图 6 罐笼停止湍流强度分布图(m²/s²)

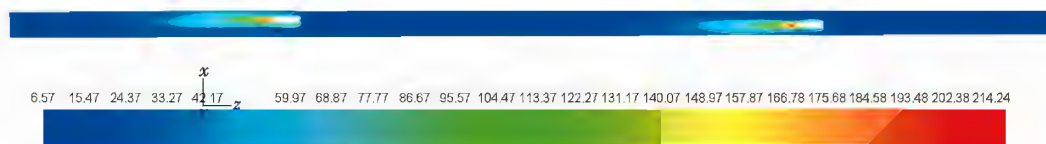


图 7 罐笼运行湍流强度分布图(m²/s²)

图 8 和图 9 分别为罐笼停止和运行时的湍动能耗散率云图. 分析、对比明显可看出两者分布规律基本相同, 而且湍动能耗散率增大区域(浅蓝色部分)只有罐笼正下方 2 m 内, 增加幅度也只是一个颜色量级, 说明罐笼停止或运行对井筒风流湍动能耗散率基本没有影响, 也就是说副井中罐笼运行而产生的局部损失区域、程度都很小.

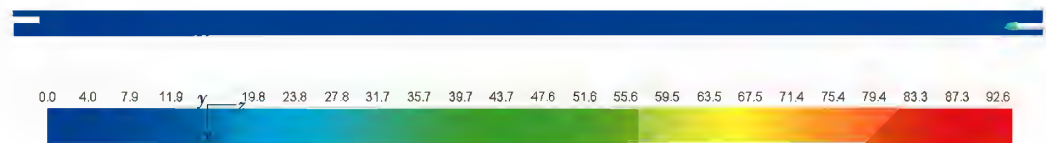


图 8 罐笼停止湍动能耗散率分布图(m³/s³)

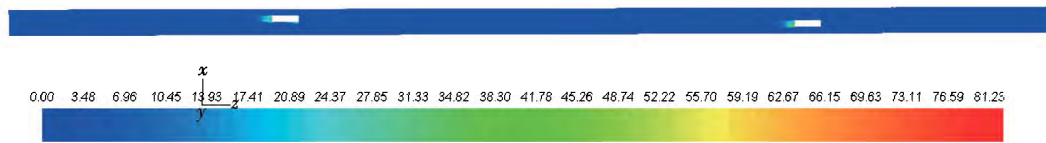


图 9 罐笼运行端动能耗散率分布图(m^2/s^3)

4 结论

1) FLUENT 输出该模型罐笼停止和运行时的井筒出入口截面全压差分别为 66.316 4 和 70.807 4 Pa, 罐笼运行导致阻力增值为 4.491 0 Pa, 影响较小. 从该矿通风阻力报告中得知该矿副井阻力 72 Pa, 又考虑到井筒壁面实际条件比模型壁面更复杂, 所以模拟得出的副井通风阻力值略小于实测值是合理的.

2) 罐笼运行对井筒风流参数的影响很小: 井筒风流的静压变化主要取决于位压改变, 罐笼运行导致的“活塞风压”影响不明显; 与罐笼运行相比, 罐笼阻塞井筒风流才是导致风速扰动的主因; 井筒运行时, 井筒风流的速度扰动影响范围是局部的, 而且它的影响区域相对于井筒长度来说, 是可以忽略的.

参考文献:

- [1] 张国枢, 谭允祯, 陈开岩. 通风安全学[M]. 徐州: 中国矿业大学出版社, 2000: 23 - 27.
- [2] 洪昌寿, 李向阳, 胡鹏华, 等. 铀矿山竖井罐笼运行活塞效应研究及其应用[J]. 采矿技术, 2014, 01: 59 - 62.
- [3] 田峰, 王海桥, 黄俊歆. 矿井井筒运行设备活塞作用理论研究[J]. 黑龙江科技学院学报, 2006, 16(3): 163 - 166.
- [4] 王海桥, 田峰, 黄俊歆, 等. 矿井井筒运行设备绕流的数值模拟[J]. 中国安全科学学报, 2006, 16(9): 29 - 33.
- [5] 田峰. 井筒提升容器运行效应及其空气动力特性研究[D]. 湘潭: 湖南科技大学, 2007.
- [6] 王海桥, 田峰, 施式亮, 等. 矿井井筒提升容器活塞风效应分析及计算[J]. 湖南科技大学报(自然科学版), 2007, 22(3): 1 - 4.
- [7] 田峰, 王海桥, 朱祝龙. 铁路隧道列车相会时活塞风理论计算[J]. 湖南科技大学学报(自然科学版), 2012, 27(4): 121 - 125.
- [8] 王从陆, 吴超, 王卫军. 活塞风数值模拟及在矿内运输巷道中的应用[J]. 安全与环境学报, 2007(3): 120 - 123.
- [9] 王树刚, 刘宝勇, 刘淑娟. 矿内空气非定常流动数值模拟分析[J]. 辽宁工程技术大学学报(自然科学版), 2000, 19(5): 449 - 453.
- [10] 韩占忠, 王敬, 兰小平. Fluent - 流体工程仿真计算实例与应用[M]. 北京: 北京理工大学出版社, 2004: 231 - 236.