

Research of Velocity on Electric Submersible Motor Shell Corrosion and Erosion

Wenxian Xie¹, Cheng Yao¹, Jincheng Wang¹, Lijun Zhang², Guanlin Zhang²

¹Shengli Oil Production Plant of Shengli Oilfield Company, Sinopec, Dongying

²College of Electromechanical Engineering, China University of Petroleum, Qingdao

Email: zlj-2@163.com

Received: May 21st, 2013; revised: Jun. 10th, 2013; accepted: Jun. 17th, 2013

Copyright © 2013 Wenxian Xie et al. This is an open access article distributed under the Creative Commons Attribution License, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

Abstract: The simulation model of electric submersible motor configuration is built by solidworks software. The flow field of outer surface of electric submersible motor and boundary conditions are also established by means of fluent software. At the same time, the grid division of model is carried out. Numerical simulation results show that the velocity, which is located in the place between the outer surface of electric submersible motor and casing inwall hohlraum, is maximum, and there is some turbulence in changing diameter, which increases the corrosion and erosion of electric submersible motor shell.

Keywords: Electric Submersible Motor; Velocity; Corrosion; Numerical Simulation

流速对潜油电机壳体腐蚀与冲蚀的研究

谢文献¹, 姚 诚¹, 王锦程¹, 张立军², 张冠林²

¹中石化胜利油田分公司胜利采油厂, 东营

²中国石油大学机电工程学院, 青岛

Email: zlj-2@163.com

收稿日期: 2013 年 5 月 21 日; 修回日期: 2013 年 6 月 10 日; 录用日期: 2013 年 6 月 17 日

摘 要: 利用 Solidworks 软件, 建立了潜油电机外形的仿真模型。利用 Fluent 软件, 建立了潜油电机外表面的流场域和边界条件, 并进行了网格划分。数值模拟结果表明, 在潜油电机外表面与套管内壁的环空处的流速极大, 并且在变径处产生一定的湍流, 加剧了对潜油电机壳体金属表面的腐蚀与冲蚀。

关键词: 潜油电机; 流速; 腐蚀; 数值模拟

1. 引言

当油田开发进入到特高含水期以后, 潜油电泵将是一种主要的开采举升方式。随着油田的开发, 含水级别不断上升, 出砂、腐蚀、冲蚀、结垢等问题逐渐显现严重。其中, 潜油电泵的腐蚀与冲蚀对其高效应用影响很大。影响潜油电泵腐蚀和冲蚀的原因有很多, 如含水的上升、井液矿化度、流速、套损、深度

增加等^[1]。目前, 井液矿化度对潜油电机腐蚀的研究较多^[2,3]。而流速的变化对潜油电机壳体的腐蚀与冲蚀研究的比较少, 然而流动腐蚀与冲蚀却是引起潜油电机外壳破坏的重要原因, 若高速流体中含有固体颗粒, 将使金属表面腐蚀更加严重。介质的流动不但促使壳体冲蚀加剧, 而且严重影响流动腐蚀的机制。随着腐蚀和冲蚀的发展, 流道结构发生改变, 进而引起流动腐蚀形态的变化。这种恶性循环发展的结果, 一

方面,使得流动冲蚀加剧;另一方面,导致流动腐蚀形态的多样化和复杂化。

另外,高速流动的流体对潜油电机外表面构成强烈的冲刷,除了使管道承受一定的冲刷力、促进腐蚀反应的物质交换外,还将抑制致密保护膜的形成,影响缓蚀剂作用的发挥,尤其是在电机外壁已不光滑的条件下,局部的流速可能远远高于整体流速,而且还可能出现紊流,紊流对腐蚀和冲蚀速率有着重要影响。

2. 潜油电机外表面流场 fluent 分析

2.1. 潜油电机外形的建模

根据已知的 $5^{1/2}$ 套管尺寸(外径 139.7 mm, 内径 127.3 mm)以及潜油电机的外表面尺寸,利用 solidworks 建模得到潜油电机的大体形状及在套管中的位置分别如图 1 和图 2 所示。

2.2. 潜油电机壳体表面流场的 Fluent 分析

1) 流场域的建立

将 solidworks 三维模型导入 Fluent 软件^[4,5]内,利用 fill 命令将潜油电机外表面与套管内壁环空间填充流体,然后抑制掉实体模型,得到流场域,如图 3 所示。

2) 流场域的网格划分

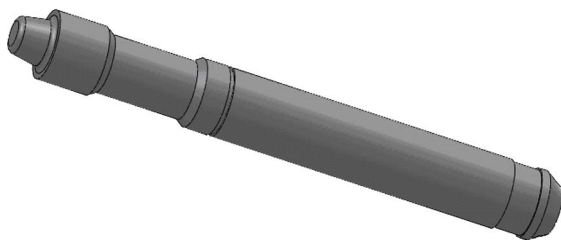


Figure 1. Three-dimensional map of submersible motor
图 1. 潜油电机三维图

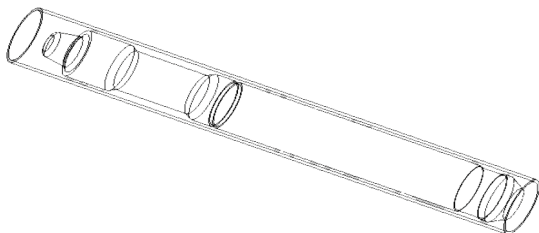


Figure 2. Schematic diagram in the casing of submersible motor
图 2. 潜油电机在套管内示意图

进入 mesh 编辑窗口,建立流体的出口与入口(既 outlet 与 inlet),定义网格尺寸,由于环空间的尺寸只有 6 mm,因此设置网格的尺寸为 3 mm,自动划分的网格如图 4 所示。

3) 创立边界条件及计算

进入 setup 界面,选择流体材料为 gasoil-liquid,然后边界条件入口处的流速为 3 m/s、温度为 60℃,出口压力系数设置为 1,温度为 50℃。创立初始条件,最后设置步长及计算次数。

2.3. 数值模拟结果

通过软件后处理可以得到潜油电机外表面流场的矢量图和潜油电机外表面流速的云图分别如图 5 和图 6 所示。根据所得到的流速云图可以看出,在潜油电机外表面与套管内壁的环空处的流速极大,最大处可达到 17 m/s。

3. 流速对壳体腐蚀与冲蚀的影响分析

介质的流动对冲刷与腐蚀有两种作用:质量传递效应和表面切应力效应。因此流体流速在冲刷与腐蚀过程中起着重要作用,并直接影响冲刷与腐蚀的机制。随流速的提高,氧、二氧化碳等腐蚀剂的传质变得容易,从而与金属表面充分地接触,促进腐蚀;另

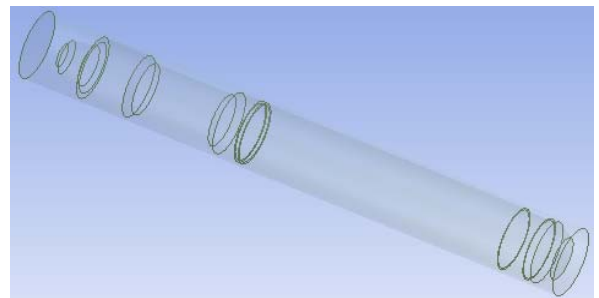


Figure 3. The flow field of outer surface
图 3. 模型流场域图

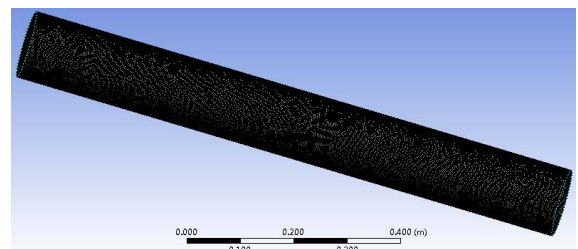


Figure 4. The grid division of model
图 4. 流体域的网格划分示意图

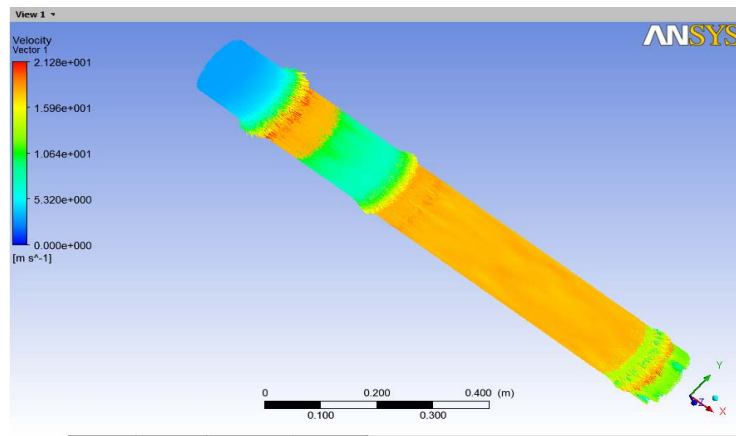


Figure 5. Vector diagram of electric submersible motor outer surface flow field
图 5. 潜油电机外表面流场矢量图

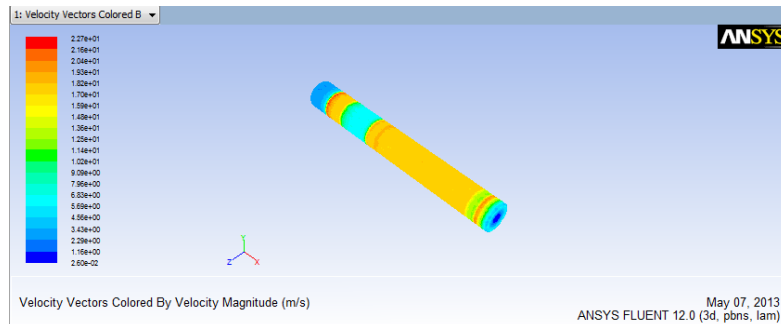


Figure 6. Velocity nephogram of electric submersible motor outer surface
图 6. 潜油电机外表面流速云图

外，液流冲击金属表面，随流速的提高，在悬浮固相颗粒作用下，切力矩作用增强，将腐蚀产物不断从金属表面剥离，并且在金属基体上产生划痕，使腐蚀加剧。

由图 6 可知，在潜油电机外表面与套管内壁的环空处流速最大可达 17 m/s，远高于考虑散热和井液温度等影响后潜油电机外表面所允许的最大临界流速，因此在井下腐蚀液体及砂粒的协同作用下增大了电机外表面的腐蚀。

另外，湍流对潜油电机外壳腐蚀的影响主要表现在：当流速很小时，流体分层流动，互不混合，称为层流，或称为片流；逐渐增加流速，流体的流线开始出现波浪状的摆动，摆动的频率及振幅随流速的增加而增加，此种流况称为过渡流；当流速增加到很大时，流线不再清楚可辨，流场中有许多小漩涡，称为湍流。当流体流经电机表面变径处时，流速会产生很大的突变，同时流体在变径处截面处，会产生回流，与原来的流体相混合，破坏原来的层流状态，形成湍流。

湍流不仅加速了腐蚀剂的供应和腐蚀产物的转移，而且增加了流体与电机表面金属之间的剪切应力。这种应力会将金属腐蚀产物(包括保护膜)从基体上拉、撕开并冲走，同时流体中砂粒不规则地剧烈冲击电机表面金属，促进冲刷腐蚀。由图 5 可得，在变径处会产生一定的湍流，会对电机表面金属的腐蚀造成极大的影响。

4. 结论

通过以上分析可以看出，潜油电机壳体腐蚀与冲刷的主要原因是由于套管环形空间截面较小，在大排量下，增大了电机表面液体的流速。由潜油电机外表面流场的 Fluent 分析可知，在电机外表面与套管内壁间的狭小环空内，流体的流速高达 17 m/s，远高于潜油电机外表面与套管内壁的环空处所允许的最大临界流速；同时，在密封圈及变径处会出现一定的湍流现象，这都会加速潜油电机外壳金属表面的腐蚀与冲刷。

参考文献 (References)

- [1] 李兵, 崔晓霖, 杨英平. 潜油电泵井腐蚀机理研究及保护[J]. 内江科技, 2010, (2): 67, 89.
- [2] 刘恒, 丁学光, 赵大龙, 赵永武. H_2S 腐蚀对潜油电泵机组的影响[J]. 石油化工腐蚀与防护, 2009, 26(2): 27-29.
- [3] 庞向东, 刘军, 梅思杰, 迟毅. 在含 CO_2 油井中潜油电泵机组耐腐蚀性研究[J]. 应用科技, 2003, 30(2): 56-58.
- [4] 付强, 朱荣生, 李维斌. 扭曲叶片离心泵叶轮内三维湍流数值模拟[J]. 排灌机械, 2005, 23(3): 14-16.
- [5] 沈海涛, 郑水英, 应光耀. 圆柱形叶片潜油离心泵流场的三维数值分析[J]. 流体机械, 2005, 33(12): 12-15.