

# 数值模拟涂层保护法保护碳钢电位分布

向斌<sup>1</sup>, 江露<sup>1</sup>

重庆大学, 化学化工学院, 大学城南路55号, 沙坪坝区, 重庆市, 400030

**引言:** 钢结构设备在实际应用中容易受到腐蚀, 特别是在酸性介质中更甚。常见防腐方法有阴极保护和涂层防腐。其中, 涂层防腐除防腐外还有良好降温、防红外的功能。

**结果:** 从图3 Q235钢在硫酸介质中的电解质电位分布可看出, 电势从阳极向阴极降低, 与实际情况相符合。图4中, 3600s 后铁钉(阳极)表面电势分布图表明尖端电位较高, 说明尖端部分更易受到腐蚀。

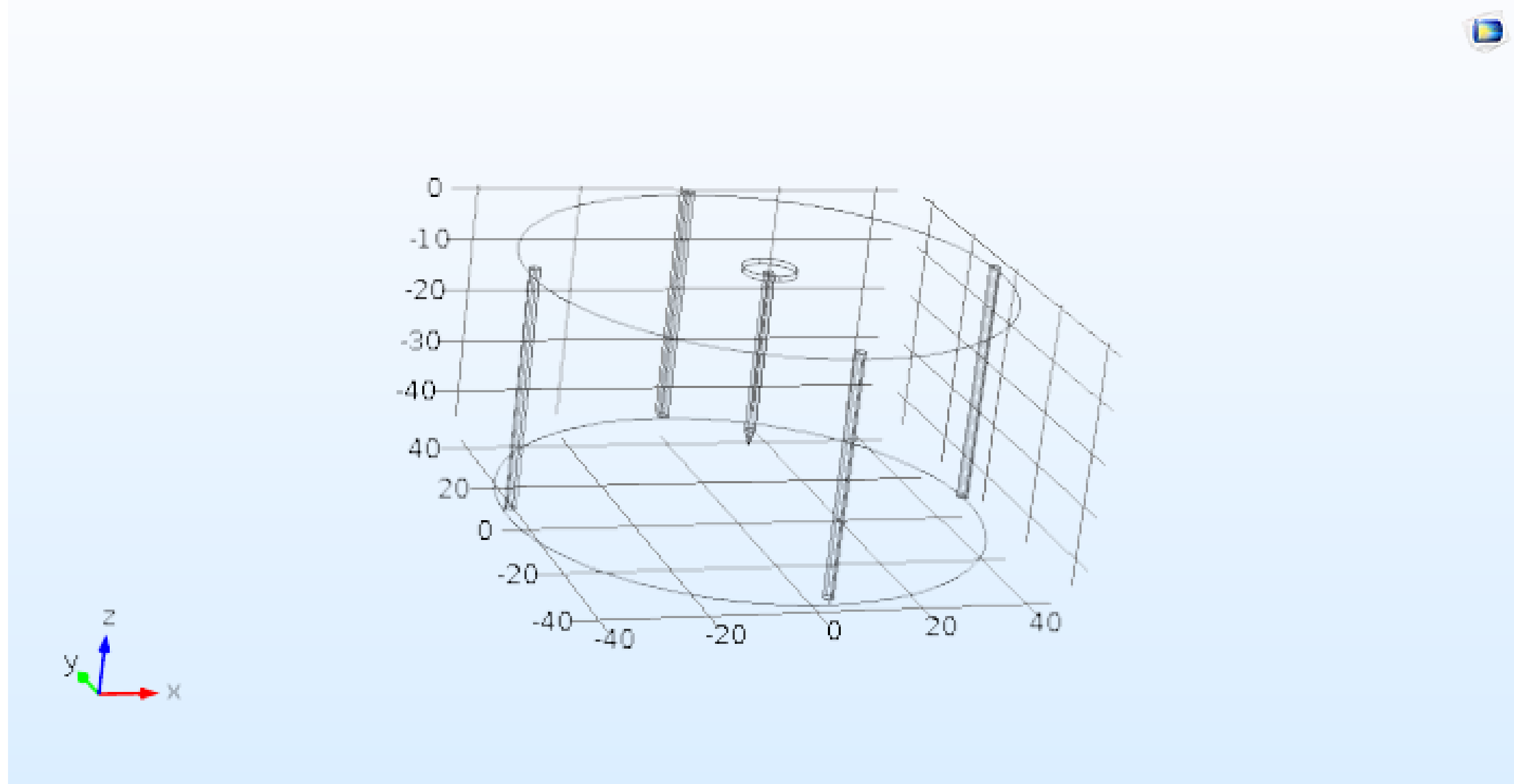


图 1. 碳钢几何模型

**计算方法:** 使用“二次电流分布”接口描述电极反应, “稀物质传递”接口描述亚铁离子输运。

(1) 二次电流分布物理场

假设: 电解质浓度变化可以忽略; 电中性假设:

$$\nabla(-\kappa\nabla\phi_l) = 0$$

阳极表面发生反应:  $Fe - 2e \rightarrow Fe^+$

浓度依赖动力学方程描述其电极反应过程:

$$i = i_0 \left( c \exp\left(\frac{\alpha F \eta}{RT}\right) - c \exp\left(\frac{-\alpha F \eta}{RT}\right) \right)$$

阴极表面发生反应:  $H^+ + 2e \rightarrow H_2$

BV 方程描述其电极反应过程:

$$i_{loc} = i_0 \left( \exp\left(\frac{\alpha_a F \eta}{RT}\right) - \exp\left(\frac{-\alpha_c F \eta}{RT}\right) \right)$$

(2) 稀物质传递物理场

假设: 电中性假设和浓度不变

$$\nabla(-\kappa\nabla\phi_l) = 0$$

稀物质传递机理采用电场迁移

$$N_i = -D_i \nabla c_i - z_i u_{m,i} + c_i u$$

边界	类型	参数			
1	阳极	$i_{Fe0}(A/m^2)$	$E_{Fe0}(V_{SCE})$	$\alpha_{Fe}$	$\beta_{Fe}$
		$5.77 \cdot 10^{-4}$	-0.4378	0.5	1.5
2	阴极	$i_{H0}(A/m^2)$	$E_{H0}(V_{SCE})$	$\alpha_{H2}$	$\beta_{H2}$
		10	0.0178	0.5	0.5

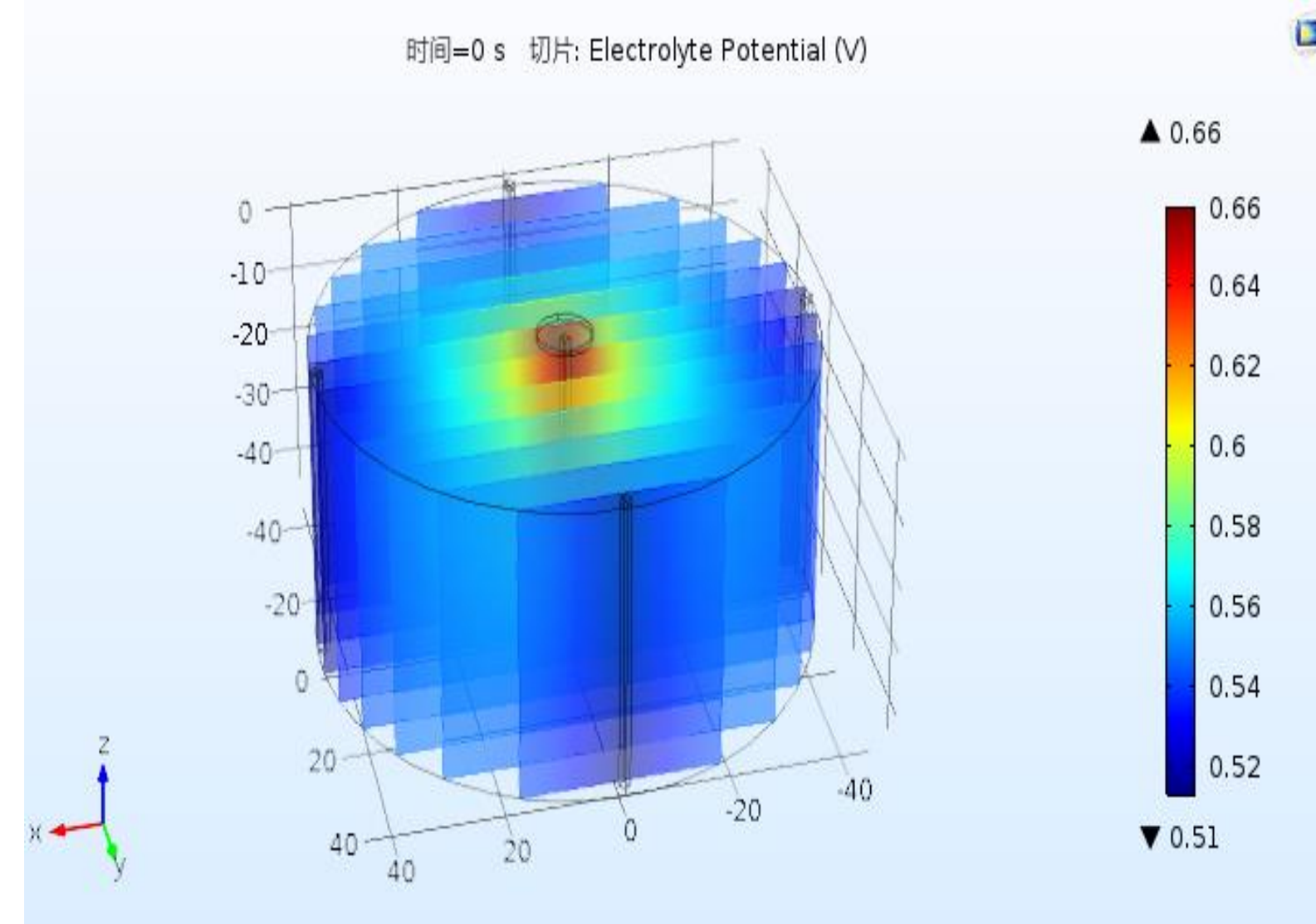


图 3. t=0s 时, Q235钢在硫酸介质中的电解质电位分布图

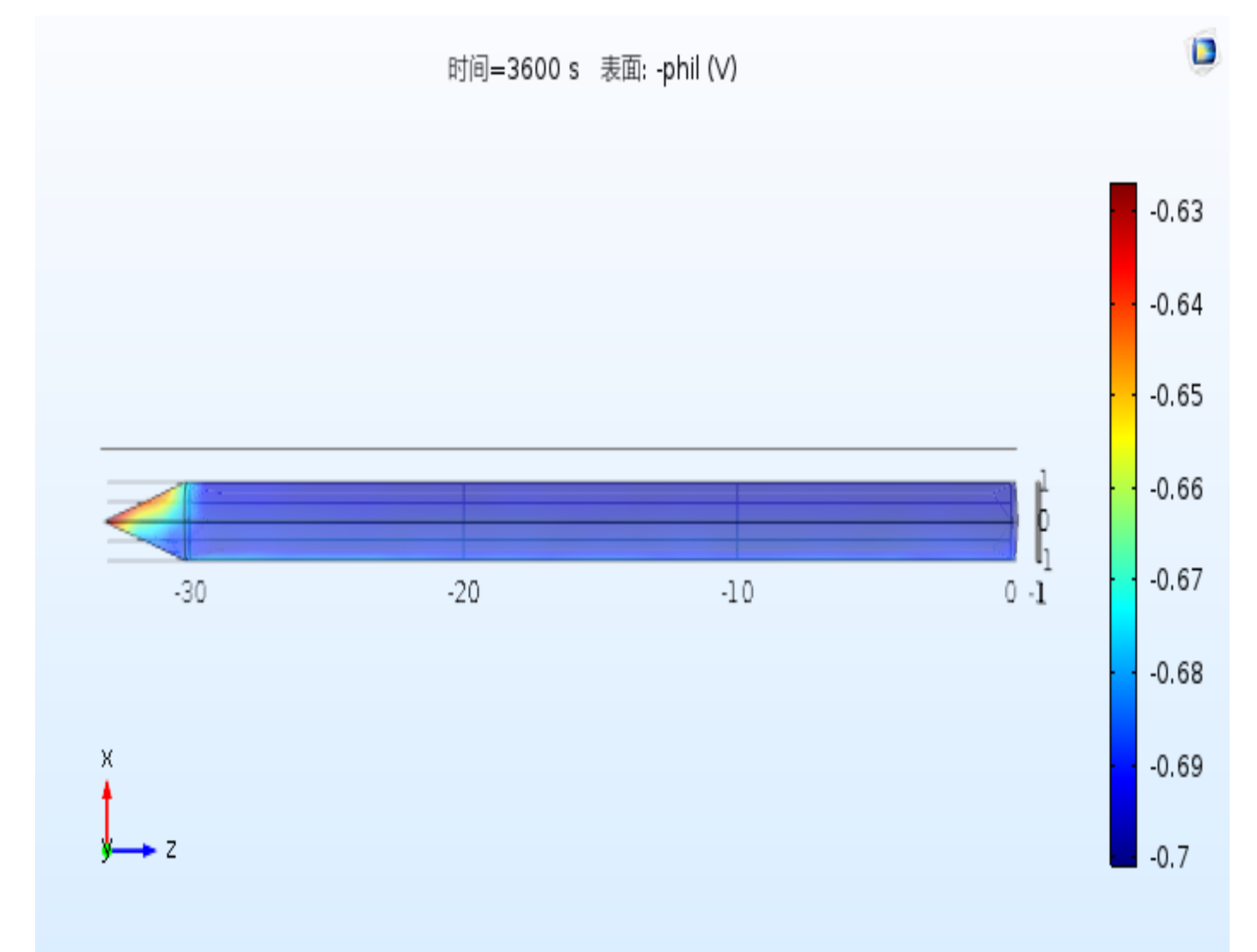


图 4. 3600s 时阳极活性表面电势分布图

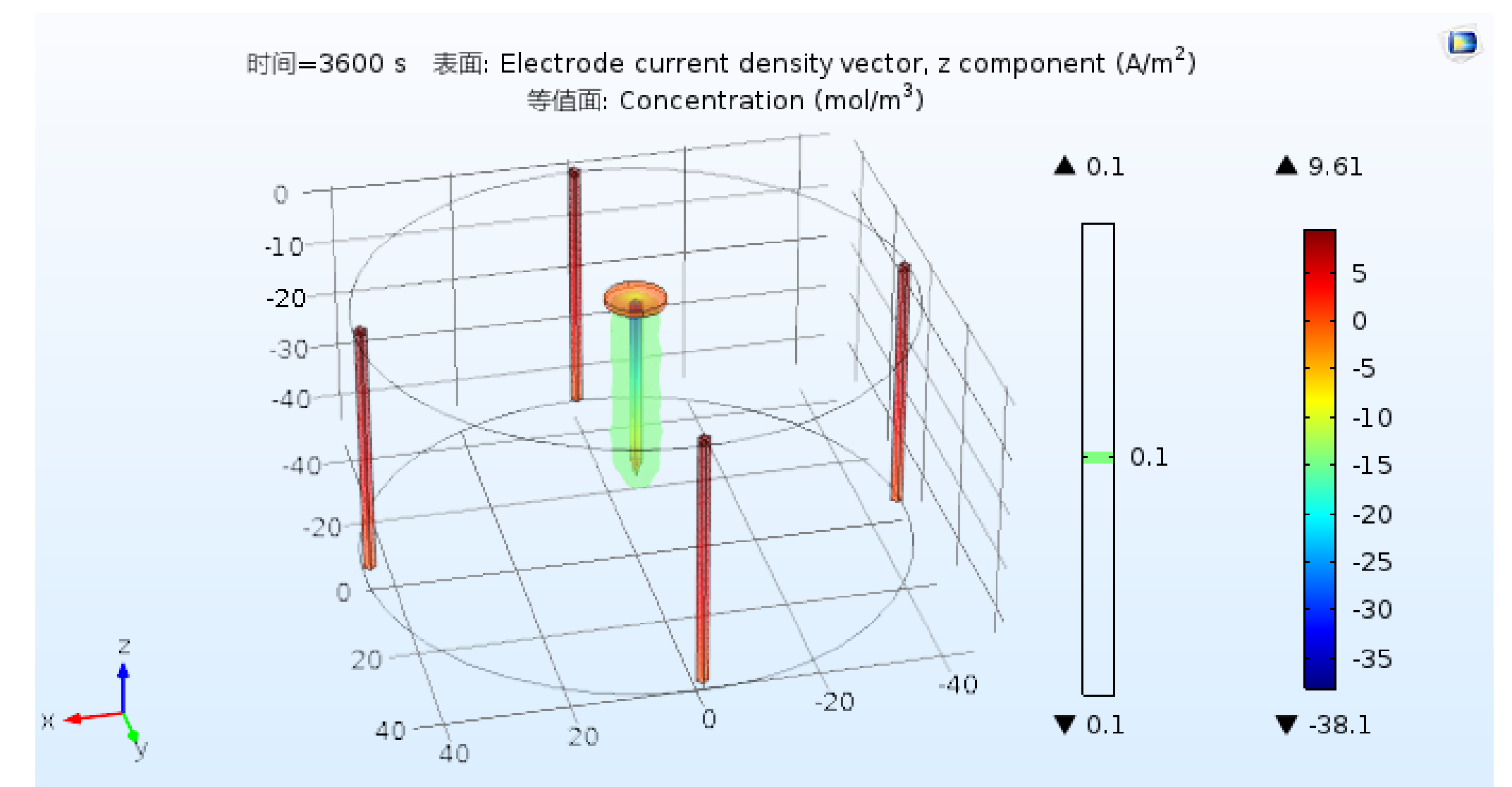


图 5. t=3600s 时, Q235钢在硫酸介质 0.1mol/m<sup>3</sup> 亚铁离子的浓度等值面

**结论:** COMSOL Multiphysics® 在模拟研究腐蚀状态下金属表面的电位分布方面具有一定的可靠性。在后期阶段准备仿真 SiO<sub>2</sub>@ATO 涂层状态下Q235钢的腐蚀情况, 分析涂层对碳钢的缓释效果。

## 参考文献:

- Sergio Lorenzia et.al, Cathodic protection modelling of a propeller shaft, Corrosion Science, 108, 36 - 46 (2016);
- Guangxing Bai, et.al, An internal state variable mapping approach for Li-Plating Diagnosis, Journal of Power Sources, 323, 115-124 (2016)