

X80管线钢焊接接头局部腐蚀的数值模拟

朱国利, 李亚东, 李焰

中国石油大学(华东), 机电工程学院, 青岛, 山东, 266555

引言: 管道焊接接头往往是管道工程中的薄弱环节。在服役介质中, 焊接接头存在宏观腐蚀电池与微观腐蚀电池耦合的多相电化学反应而引起局部腐蚀, 可能导致整个构件失效, 引发严重的安全事故, 造成重大的经济损失甚至人身伤亡。利用 COMSOL Multiphysics® 多物理场仿真软件的腐蚀模块和二次电流分布接口对 X80 钢焊接接头在 CO₂ 饱和的 NACE 溶液中的电流密度及电位分布进行了仿真。

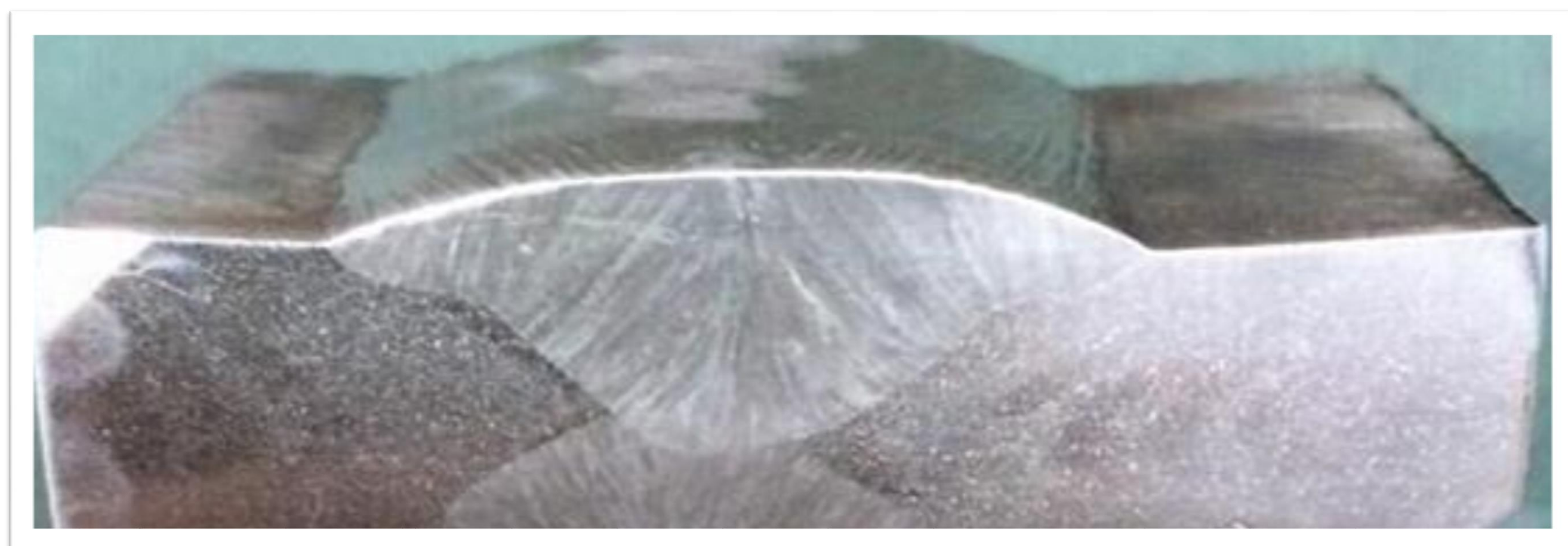


图 1. 焊接接头宏观照片

计算方法: 使用腐蚀模块中的二次电流分布研究不同焊缝、母材面积比下电位、电流密度分布的变化, 以此表征腐蚀状态的变化。

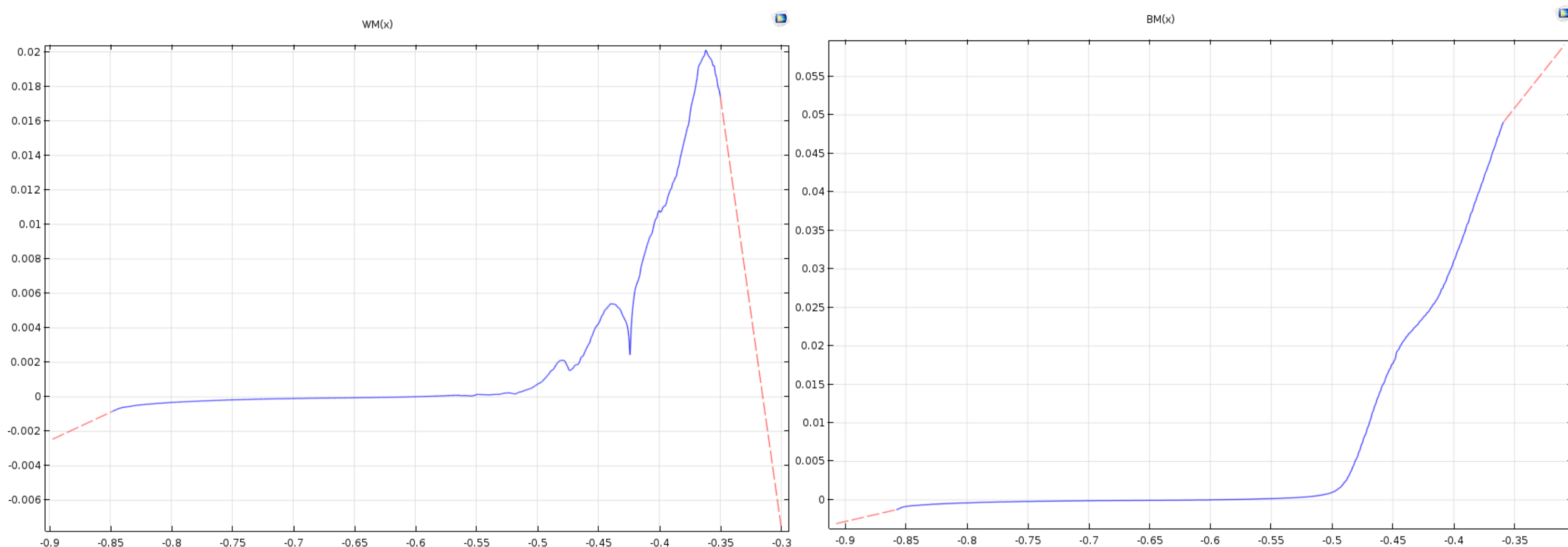


图 2. 焊缝区极化曲线

图 3. 母材区极化曲线

将问题简化为简单的由电解液、焊缝和母材构成的二维图形, 通过内插极化曲线来表征两区域的电化学特性。采用参数扫描调整两者比例。

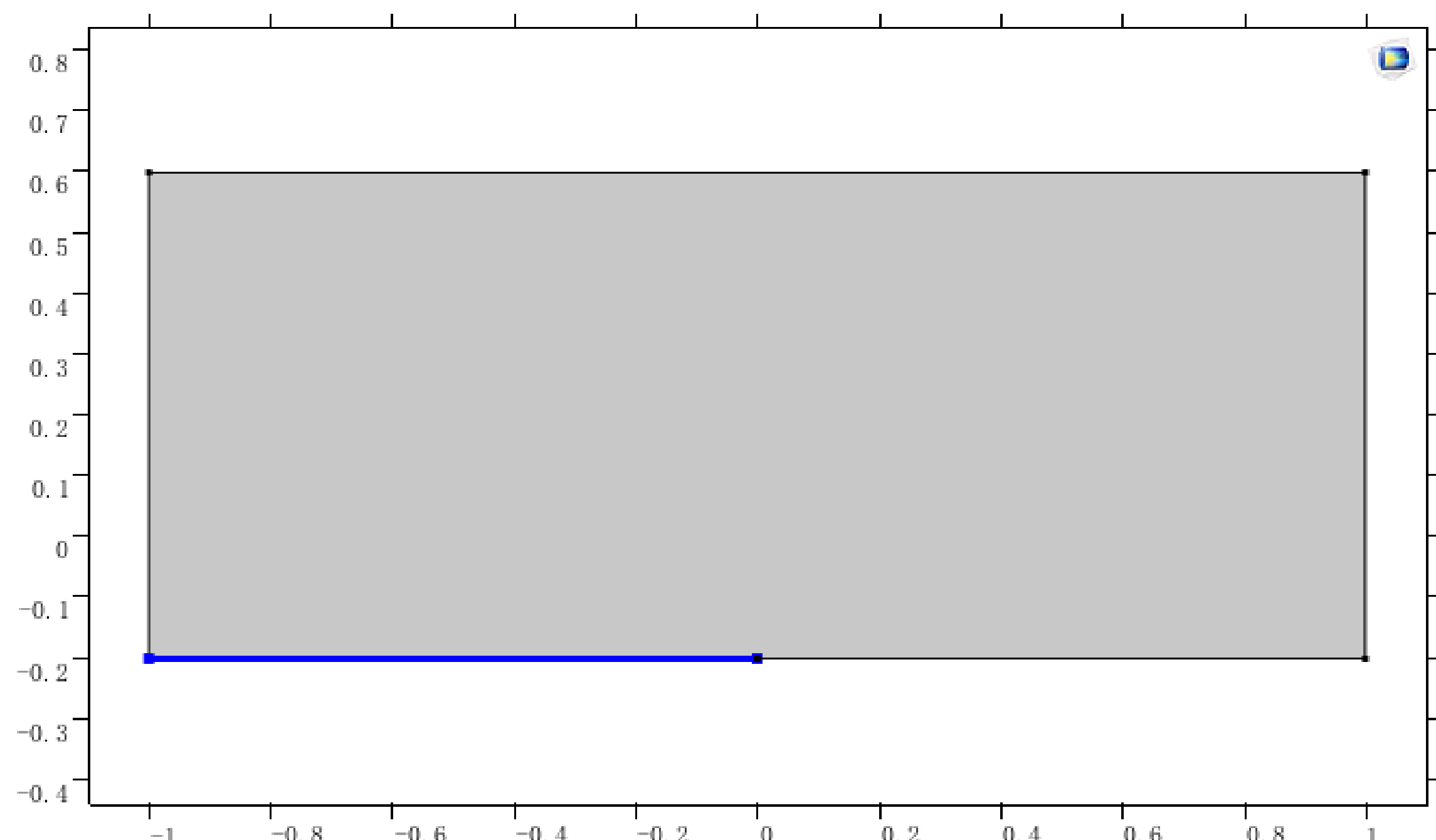


图 4. 简化后的二维几何

结果: 通过计算得到了焊缝: 母材不同比例下的电解质电位, 电流密度分布。

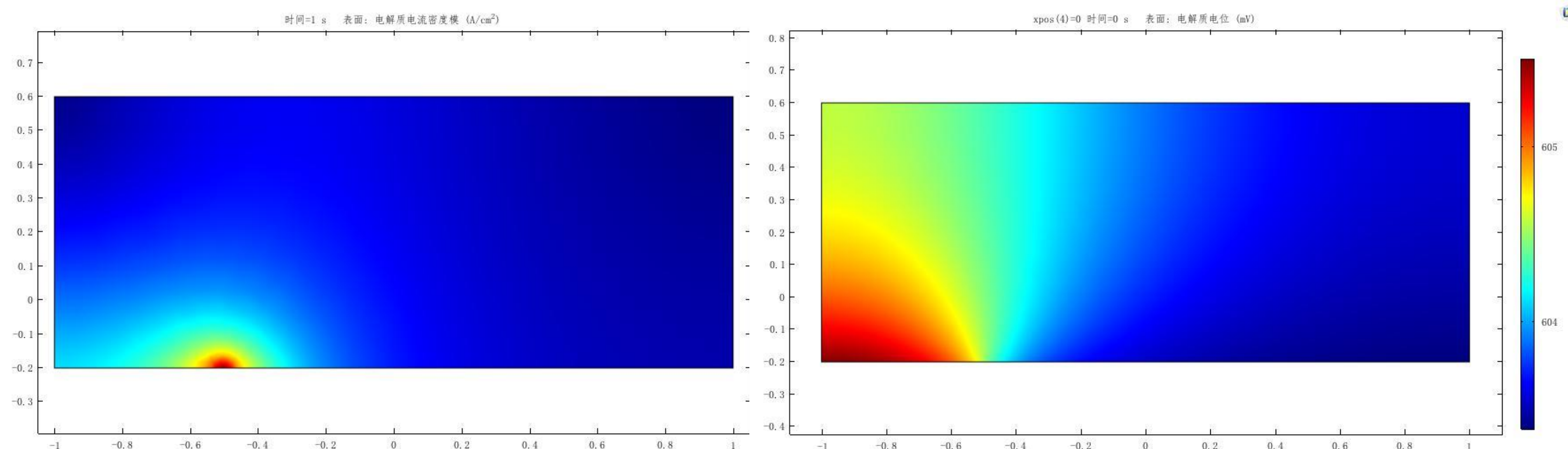


图 5.a 电流密度分布

图 5.b 电位分布

图 5. 焊缝: 母材=1:3

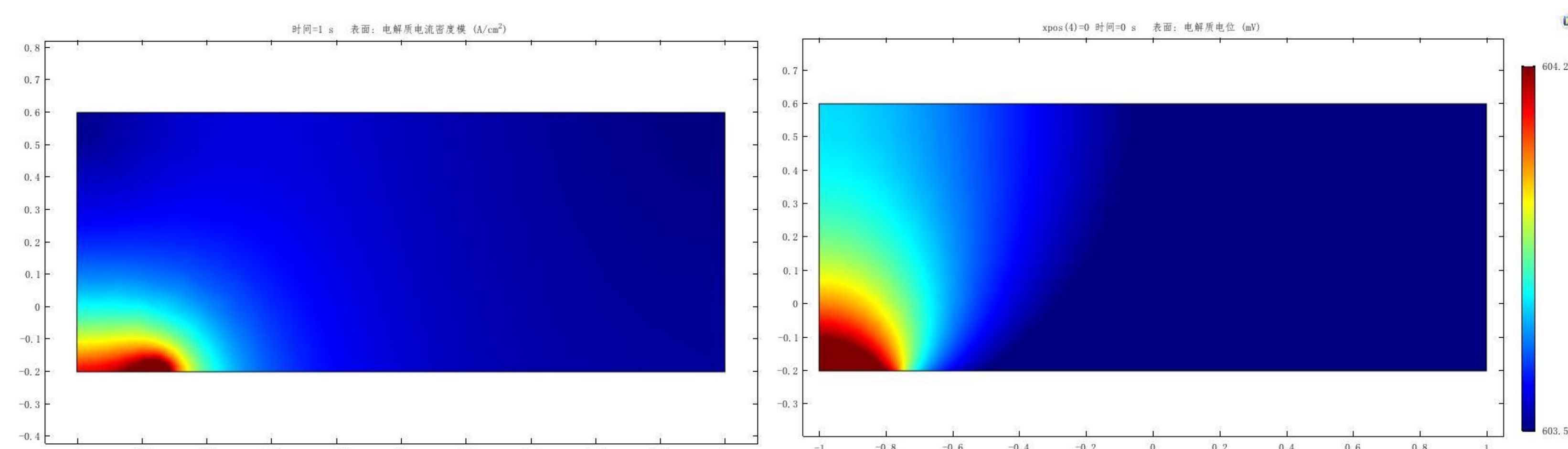


图 6.a 电流密度分布

图 6.b 电位分布

图 6. 焊缝: 母材=1:8

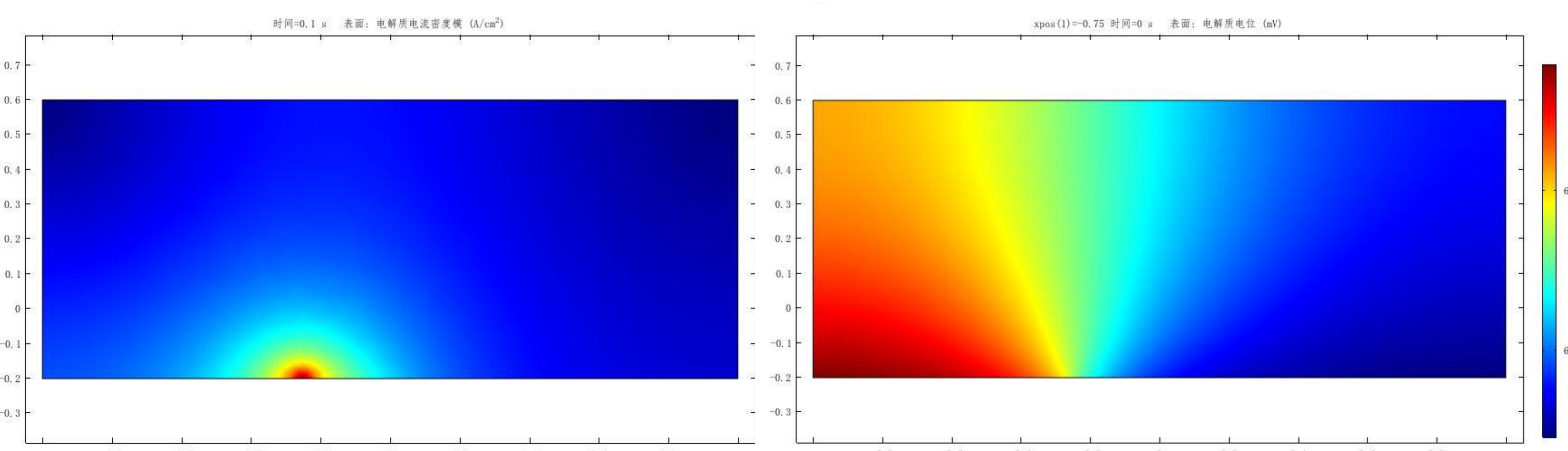


图 7.a 电流密度分布

图 7.b 电位分布

图 7. 焊缝: 母材=1:2

结论: 计算说明, 在不同的焊缝: 母材下, 电流密度和电位的分布有明显差异。下一步将引入变形几何和物质的传递, 进一步研究腐蚀对焊接接头形貌的影响。

参考文献:

1. 贾旭, 等. 南海某海底管道腐蚀原因分析[J]. 全面腐蚀控制, 2013, 27(8): 33
2. 方娜, 等. 海底管道泄漏事故统计分析[J]. 油气储运, 2014, 33(1): 99
3. Zhu J, et al. Galvanic corrosion of a welded joint in 3Cr low alloy pipeline steel[J]. Corrosion Science, 2016, In Press