

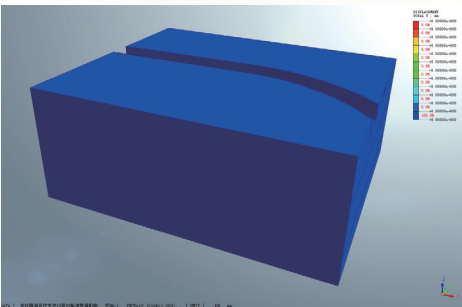
3.2 位移及应力云图

模型选取了 5 个施工阶段进行分析，具体情况如表 5 所示：

(1) 第一阶段：初始状态

管道埋设后，既有河流施工和管道安装回填完成后，管道和地层结构的位移及应力清零，初始状态位移云图如图 3 所示。

图 3 初始状态位移云图

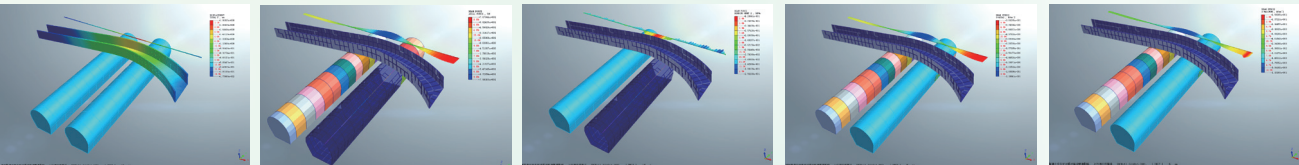


阶段	模拟场景	模拟条件
第一阶段	既有河流施工和管道埋设完成后	位移清 0
第二阶段	隧道上行洞开挖施工，接近航油管道正下方	围岩应力释放 70%
第三阶段	隧道上行洞开挖施工，穿越航油管道下方	围岩应力释放 100%
第四阶段	隧道下行洞开挖施工，接近航油管道正下方	围岩应力释放 70%
第五阶段	隧道下行洞开挖施工，穿越航油管道下方	围岩应力释放 100%

表 5 模拟 5 个施工阶段

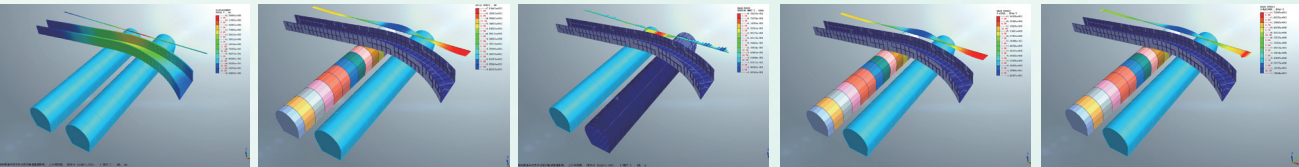
(2) 第二阶段：隧道上行洞开挖接近航油管道

从图 4 可知，铁路隧道上行洞向航油管道方向开挖施工，地层扰动和围岩应力变形引起地层内航油管道发生沉降变形。当开挖至航油管道正下方时，土层应力释放 70% 后完成洞内支护，航油管道最大位移 1.97 毫米。



(a) 位移云图 (b) 轴向内力云图 (c) 弯矩云图 (d) 轴向应力云图 (e) 最大应力云图

图 4 上行洞开挖接近管道模拟情况



(a) 位移云图 (b) 轴向内力云图 (c) 弯矩云图 (d) 轴向应力云图 (e) 最大应力云图

图 5 上行洞开挖穿越管道模拟情况

(3) 第三阶段：隧道上行洞开挖穿越航油管道

从图 5 可知，上行洞隧道开挖穿越航油管道正下方并远离后，洞内支护完成，土层应力释放 100%，航油管道最大位移 2.31 毫米。