

高速公路沥青路面长期车辙模拟

梁晓龙¹, 董侨¹

1. 交通学院, 东南大学, 江苏, 南京

简介: 车辙是沥青混凝土路面特有的一种破坏形式, 表现为轮迹带下的带状凹槽和两侧的隆起现象, 它的出现不仅影响行车舒适性, 而且威胁行车安全性。本模型的目的在于模拟路面车辙随时间的发展过程, 分析车辙发展的影响因素。然而, 对路面车辙的准确预估需要需要精确的路面温度场模拟, 以及选择合适的沥青混合料蠕变模型。本模型首先进行路面温度场的模拟, 考虑太阳辐射和气温的实时变化, 得到温度在路面结构内的分布状况; 然后定义随温度变化的路面力学及蠕变参数, 施加等效车轮荷载, 得到路面车辙随时间的变化规律。通过“温度耦合”多物理场来实现传热模块和结构力学模块的多物理场耦合。



图 1. 沥青路面车辙病害

计算方法: 本模拟中沥青混合料的蠕变模型采用 COMSOL 内置的 norton-bailey 模型, 它是典型的时间硬化蠕变模型, 即蠕变变形 ϵ_{cr} 是温度 T 、应力 q 和时间 t 的函数, 模型表达式如下:

$$\frac{\partial \epsilon_{cr}}{\partial t} = A \left(\frac{\sigma_{eff}}{\sigma_{ref}} \right)^n e^{\frac{-Q}{RT}} m \left(\frac{t + t_{shift}}{t_{ref}} \right)^{m-1}$$

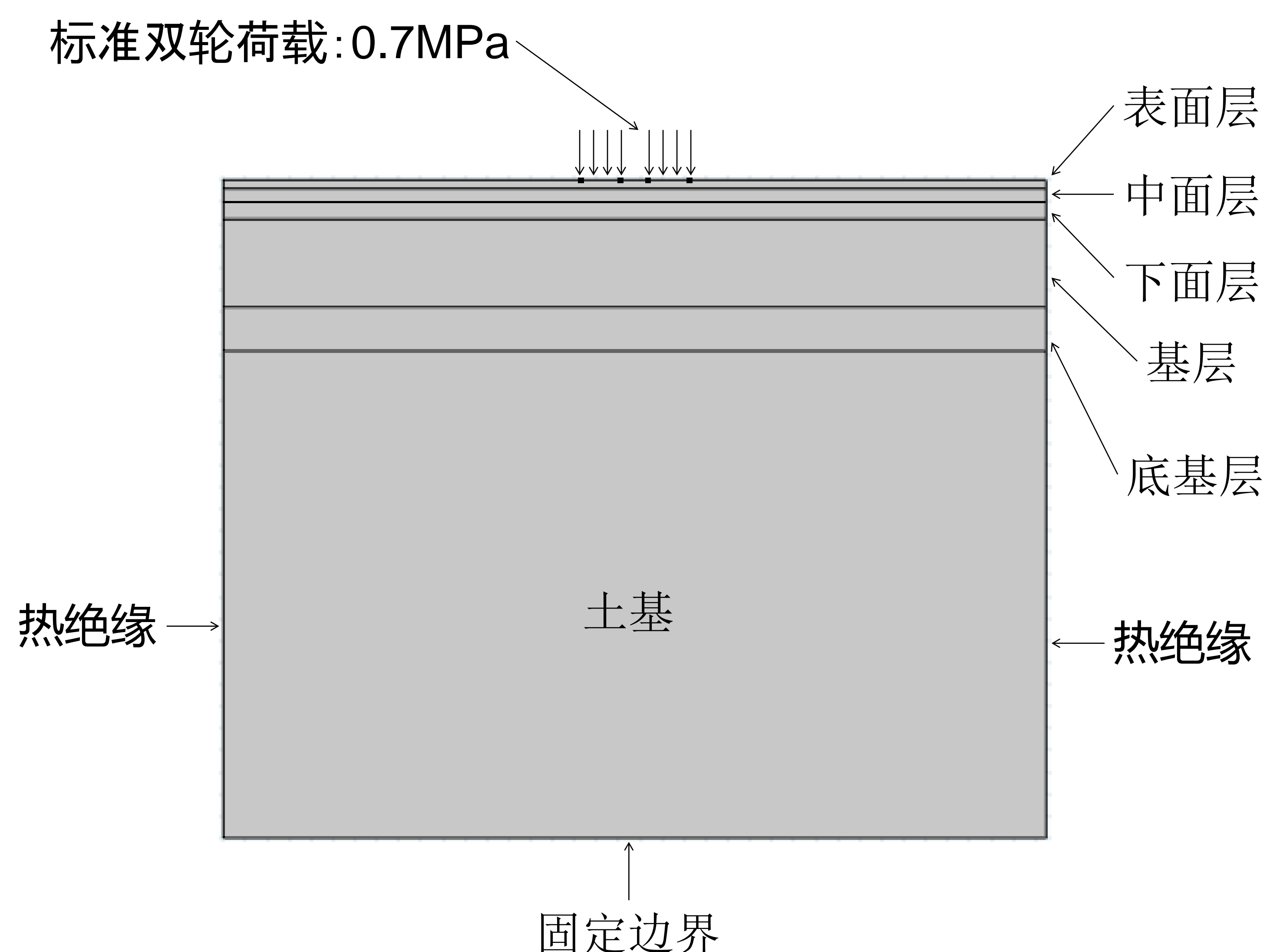


图 2. 路面结构模型以及边界条件

结果: 图3为模拟得到的沥青路面车辙变形图, 可以看到路面的下凹以及轮迹两侧的隆起变形, 模拟效果较好; 图4为路面的车辙变形总量随时间的变化规律, 可以看到一天内温度变化和交通量变化对车辙变形的影响, 也可以看到较长时间内总的车辙增长情况。

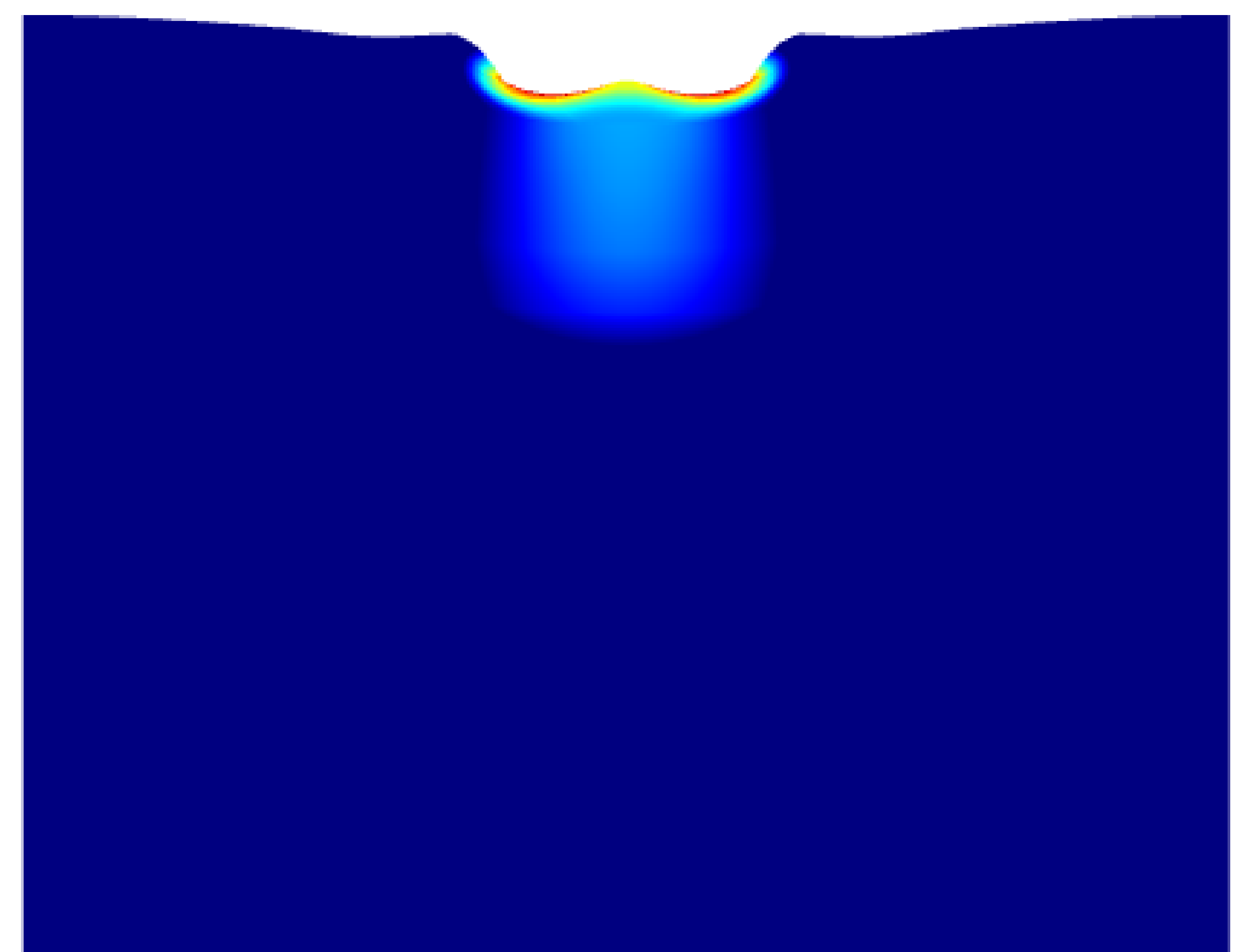


图 3. 沥青路面车辙变形模拟效果图

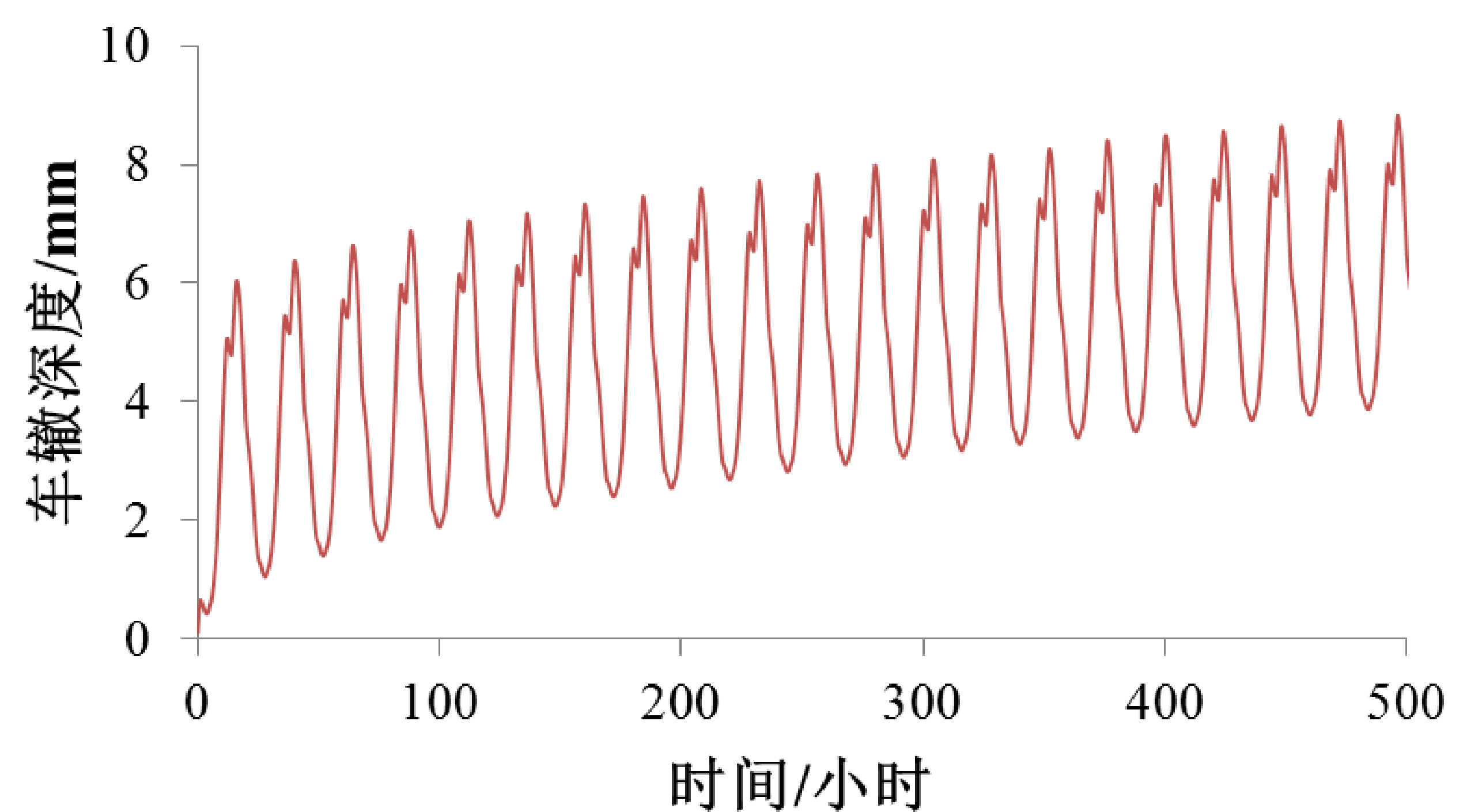


图 4. 车辙深度随时间变化曲线

结论: 本模型能够展示路面车辙随时间的发展过程, 研究不同因素对车辙发展的影响。它可以为交通部门在高温季节调整交通流或收取高温通行费提供重要的依据; 有助于道路工作者研究路面车辙产生的机理, 提出车辙的防治措施; 另外, 对路面车辙的精确预估有利于养护部门提前制定路面养护计划, 从而提高路面使用寿命、节约路面养护费用。

参考文献:

1. 李辉, 沥青路面车辙形成规律与温度场关系研究[D]. 东南大学 (2007)
2. 万军, 沥青混凝土路面车辙发展规律探讨[D]. 东南大学 (2006)
3. 邱自萍, 高模量沥青混凝土抗车辙行为数值模拟[D]. 长安大学 (2009)