

电磁力作用下金属小车的减速刹车过程研究

李晓南, 刘国强

中国科学院电工研究所, 工程电磁场研究部, 中关村北二条6号, 北京市, 100190

引言: 利用惯性力学和电磁学, 研究了一个金属小车沿着磁铁铺就的轨道, 做减速直线运动。其中, 小车也可以看成是携带等量的磁铁剩磁, 而沿着铁磁轨道减速运动。通过赋予小车一个初速度, 例如 100 m/s, 然后再根据实际情况、赋予它一个特征密度, 即小车有了一定的质量。当认为小车沿水平方向的轨道减速运动, 忽略重力、空气阻力等其他一些影响因素时, 小车将只受电磁洛伦兹力的作用, 而逐渐减速到零。

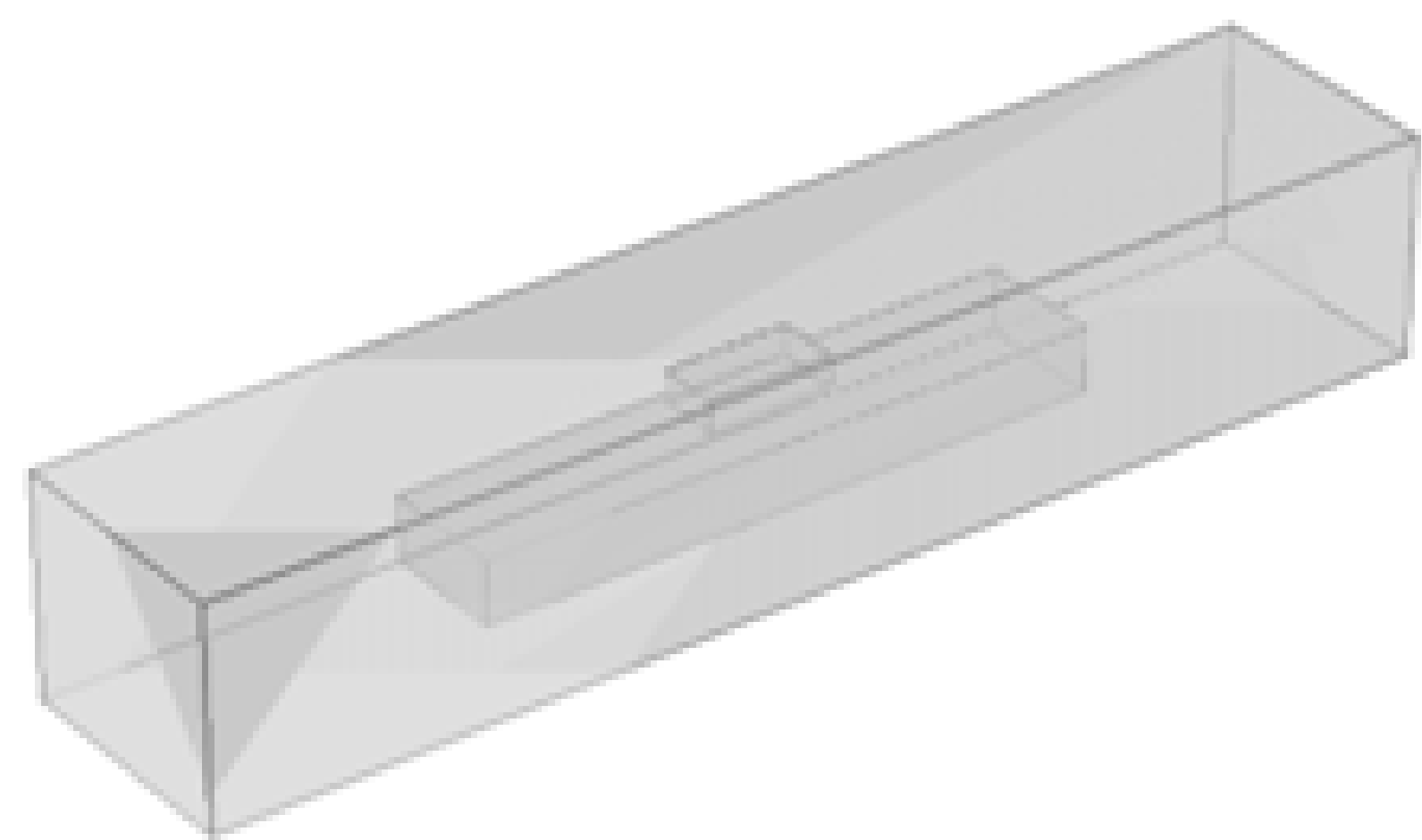


图 1. 金属小车和磁体轨道模型

计算方法: 利用 COMSOL Multiphysics®, 建模过程中, 主要用到了“磁场和电场(mef)”和“全局常微分和微分代数方程(ge)”接口, 涉及到的动力学和电磁学方程为:

$$\frac{dv}{dt} = \frac{F}{m}$$

$$\vec{F} = \int_{V_{vehicle}} \vec{J}_{induced} \times \vec{B} dv$$

$$J_{i,y} = \sigma (v_z \cdot B_x - v_x \cdot B_z)$$

图 2. 电流密度和洛伦兹力公式

图 1 是小车和磁铁轨道的模型。图 2 所示的公式中, v 为小车速度, F 为洛伦兹力, J 为感应产生的涡流, B 为外加磁场。

结果: 图 3 为小车加速度随时间的变化。

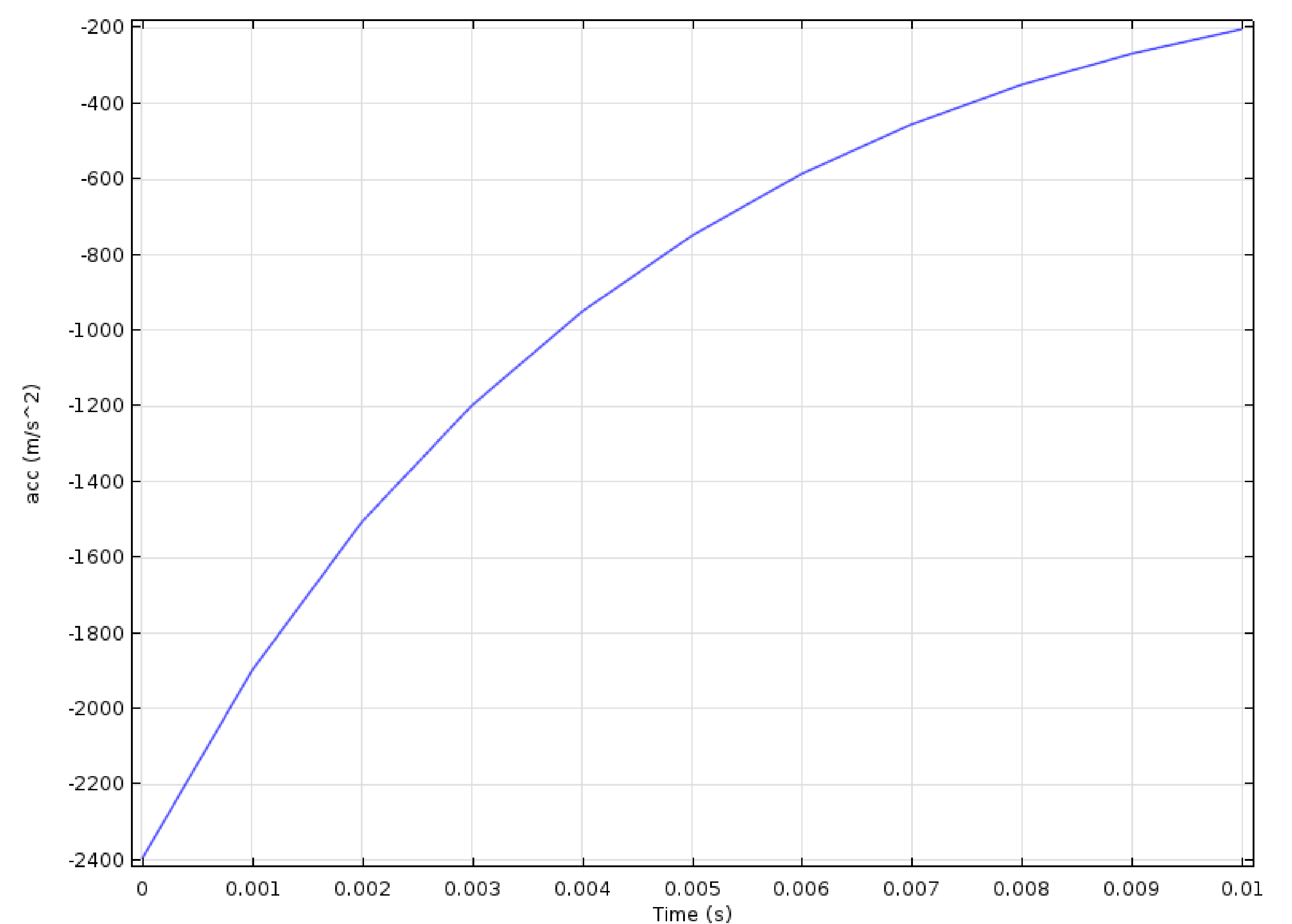


图 3. 刹车过程计算结果

结论: 由于单面磁体轨道的刹车距离不理想, 未来考虑再增加两个侧面磁体阵列, 以提高减速效率。

参考文献:

1. 魏延鹏 等, 薄壁圆筒冲击屈曲吸能行为的实验与数值模拟研究, 兵工学报, S2, 2014