

研究生精品课程简介

课程名称：车辆性能数字仿真技术 课程代码：0300015 年均选课人数：71

开课学院：机械与车辆学院 授课教师：刘辉、韩立金、杜巍

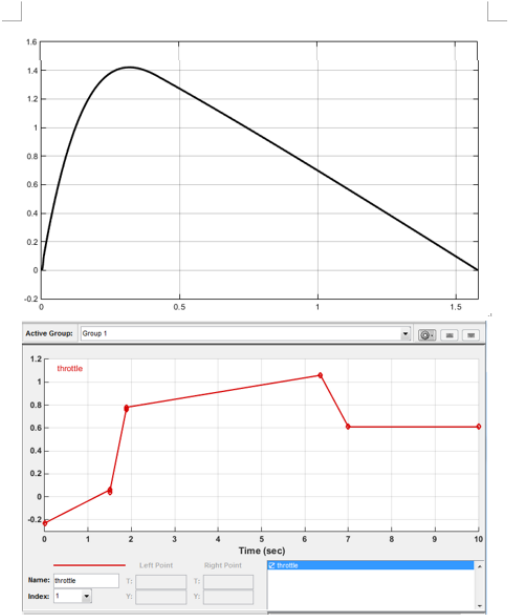
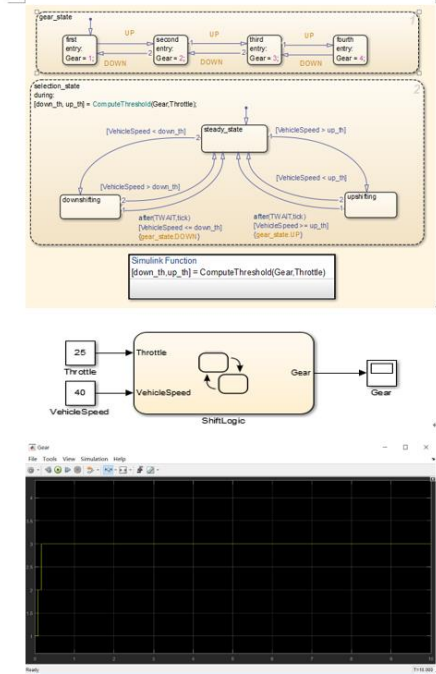
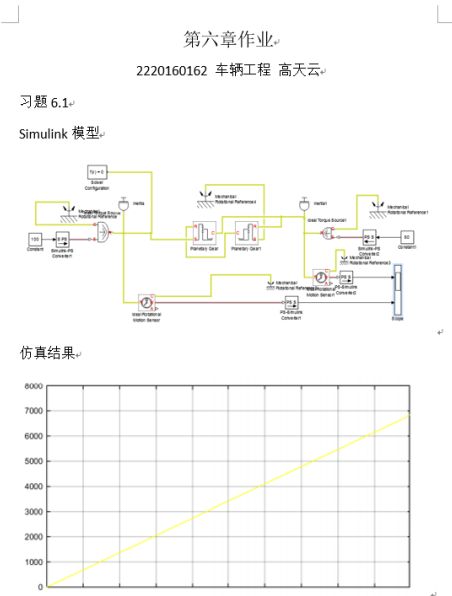
项目	内容
教师 风范	<p>刘辉教授一直从事坦克装甲车辆传动理论研究、技术创新和产品研制等工作，取得多项成果，用于国家“高新工程”和重点型号研制，有力支撑了我国坦克装甲车辆创新发展。主持重大背景预研课题、国防 973 课题等近 20 项，作为核心成员参与制定国防装备《2030XX 车辆动力发展战略》、《2035 年 XXX 车辆动力技术发展报告》等。获国防科技进步一等奖 2 项（分别排 3，排 13）和二等奖 1 项（排 2），国家技术发明一等奖 1 项（排 4，通过评审委员会评审）。获授权发明专利 21 项，软件著作权 5 项，发表 SCI/EI 收录 20/76 篇，入选中国科技期刊 2016 年度优秀论文（全国 90 篇）。担任 ICAE 2016、IEEE ICARM 2018 等多个国际会议分会场主席。入选 2012 年教育部新世纪优秀人才计划，任中国机械工程学会机械设计分会委员，中国汽车工程学会越野车分会委员等学术兼职。</p> <p>教学工作中，注重立德树人，根据工程学科的特点，深入浅出，结合应用案例生动形象的开展课堂教学。以人才培养和教学质量为根本，主讲本科生课程《车辆仿真技术》，研究生课程《车辆动力学》、《车辆性能数字仿真技术》，深受学生喜爱和好评。</p>
课程 思政	<p>在教学工作中，坚持党的方针路线，通过车辆工程领域技术的发展进步，使学生了解我国科技建设的重大成果成就，结合实验室在国防领域取得的重大成果奖励，激发学生的爱国主义精神，开展国防教育。要求学生知悉和理解车辆仿真技术的发展历史，以及技术发展历程中车辆仿真技术的创新与发展的推动力，具有追求创新的意识；掌握车辆仿真技术的基本概念和知识；知悉车辆仿真技术发展的前沿和趋势，对于车辆仿真技术发展水平、面临的挑战有正确认识。</p> <p>帮助学生树立正确的人生观和价值观，以严谨的治学态度开展科研工作，培养学生勇于攻坚克难，迎难而上的无畏精神。通过具体案例的指导教学和练习，使学生具备利用科研工具开展科学研究的基本能力和创新能力。</p>
前沿	<p>（将最新科研学术成果或生产实践/社会实践案例的作为教学内容的情况，500 字）</p> <p>授课教师将车辆工程技术领域的基础知识、典型案例、前沿科技成果进</p>

<p>知识</p>	<p>行认真梳理，形成系统、合理的授课知识体系，使学生掌握车辆性能数字仿真技术的基本理论和前沿技术，掌握典型车辆仿真商业软件的使用方法，具备独立进行车辆性能相关技术仿真和分析的能力。</p> <p>将课题组荣获国家科技进步二等奖的液力变矩器的相关模型引入到课堂，使学生了解我国在坦克传动领域的重大成就，并对技术成果的关键知识点和难点进行讲解，引导学生进行思考和分析。</p> <p>将混合动力技术的相关建模、设计、仿真、分析等内容总结成教学案例，针对仿真中的关键难点和问题进行讲解。</p> <p>引导学生结合自己的科研课题，开展车辆仿真大作业的团队项目，并进行项目答辩。使学生能将所学的仿真技术应用于课题研究，独立完成科研课题的部分研究工作。</p>
<p>创新思维</p>	<p>(如创新性、批判性、颠覆性思维的培养过程，1000字)</p> <p>本课程教学理念先进，探讨有利于研究生培养的教学方法。采用案例式、分层次的教学方法，让学生通过教学案例能够举一反三；并通过分组完成大作业来检验学生对课程的掌握程度，促进培养学生团队合作精神；将科研成果应用于教学案例中，引导学生思考知识的生产过程，注重总结方法技巧，将基础理论与专业知识结合，以分析、解决问题为导向。注重学生创新思维、批判思维的培养和能力的提升。</p> <p>第一，案例式教学。通过具体案例的展开分析，从提出问题，到分析问题、重新认识问题、阐述问题、提出问题的解决途径、效果评估，直到最终解决问题，使学生掌握科学的思维方式。将液力变矩器、机电复合传动、液压传动等科研成果的典型模型应用于教学，通过演示模型、原理动画等直观通俗易懂的方式教授给学生，让学生通过亲自实践来体验研究的过程的乐趣。针对课程的重要知识点，例如车辆建模、仿真算法、纵向动力学、横向动力学、垂向动力学等都建立仿真案例，使学生在完成案例的过程中掌握模仿真的步骤与方法。</p> <p>第二，积极全面的课堂互动。本课程包含系统建模和仿真的基本理论，车辆动力性、平顺性、操控稳定性和燃油经济性仿真，Simulink、Amesim、AVL\Cluise等车辆仿真软件的应用。使学生掌握车辆仿真的基本技能，并在课堂教学的基础上能够举一反三，将所学的基础理论知识和车辆仿真技能应用于课题研究，能够提出问题的创新解决思路，并促进学生更快更顺利的适应研究生独立进行科学研究的工作方法和模式。在课堂案例的教学过程中，学生需要随堂完成相应的案例程序，遇到问题随时可以进行讨论分析，提高了学生的学习兴趣。</p> <p>第三，多样的考核评价方式。本课程要求学生掌握数值仿真算法，理解</p>

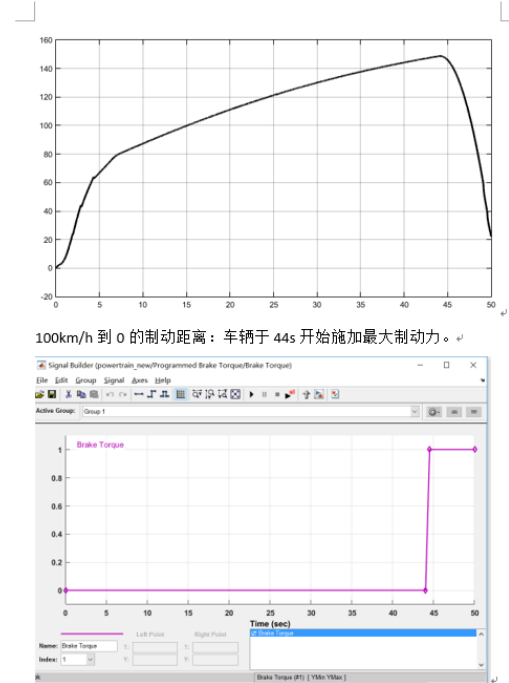
	<p>数学本质，能够使用建模基本方法和仿真算法解决基本的数学建模和仿真问题；能够运用建模和仿真的基本理论对车辆典型仿真任务，如行驶过程动力性、平顺性和燃油经济性等问题进行仿真规划，理解车辆行驶过程，并具备数学描述、机理建模的能力；熟练使用 Simulink 软件建立车辆性能仿真模型并完成仿真；能够了解车辆性能评价指标，应用仿真基本知识和数学和力学基础，对所获取的技术信息进行归纳总结，能够对车辆行驶过程动力性、经济性、平顺性等仿真结果进行评价和分析，能够针对主要参数对性能的影响进行仿真分析。针对上述教学目标提出了上机实操+卷面考试+团队作业及演讲+平时作业的综合考核模式，旨在促进学生加强动手能力、团队合作能力、解决实际问题能力。</p>
<p>学习 效果</p>	<p>(典型的学习效果，800 字。此项属于选择项)</p> <p>本课程在学生进入研究生进行科学研究的启蒙阶段，指导学生学会针对实际工程问题，进行数学建模、分析求解，针对复杂的工程应用对象，采用科学计算软件进行建模仿真，帮助学生形成基本的科研素养，掌握基本的科研工具。在课程学习过程中，从最简单的微分方程求解，逐步到车辆动力学性能仿真，由浅入深，深入浅出，学生能够更快的理解和掌握车辆仿真的本质。通过本课程的学习，学生在以下方面有了明显的进步和提示：</p> <ol style="list-style-type: none"> 1、高等数学在工程领域的应用，有了更深刻的认识，并进一步巩固了基本理论知识； 2、车辆动力学的基本理论和知识，以及关键知识点的掌握，通过自己建模、仿真和结果分析，深入掌握车辆动力学的基本规律； 3、掌握了多个科学计算和车辆仿真软件的基本应用，能够独立建立仿真模型，并进行模型调试和结果分析； 4、通过团队合作，共同完成车辆技术领域某一特定方向的建模、仿真和结果分析的任务，掌握了基本的分析问题、建模仿真、结果分析、解决问题的能力； 5、为后续进行课题研究奠定的基础。
<p>学院 意见</p>	<p>(内容真实性、是否同意校园网展示等)</p> <p style="text-align: right;">学院领导： 年 月 日</p>

附件：

1、学生作业



下图是车辆的速度-时间图，从图中可见，车辆从 0 到 100km/h 的加速时间为 15s。



100km/h 到 0 的制动距离：车辆于 44s 开始施加最大制动力。

2、大作业展示



车辆性能数字仿真技术课程作品展示

基于Cruise的车辆燃油经济性仿真分析

小组成员: 李世雄 2220176193 裴伟业 2220176219
孙文迪 2220176220 张艳松 2220170263

项目介绍:

一、仿真总体介绍

仿真任务

- 某4×2后轮驱动车辆
- 燃油经济性仿真分析

仿真平台Cruise特点

- 模块化的建模理念, 快速搭建车辆模型
- 内置汽车工程应用计算任务, 便于车辆燃油经济性仿真
- 电动汽车及混合动力汽车的开发
- 同时支持双向仿真和单向仿真

项目/方案 → 生成车辆模型 → 输入参数
物理连接 → 逻辑连接 → 计算任务
设计计算 → 运行计算 → 结果输出

二、模型参数与建模过程

模型参数

参数名称	数值
轴距	2700mm
前悬架	双叉臂
后悬架	多连杆
转向系统	电动助力转向
制动系统	盘式
传动系统	手动
发动机	汽油
变速箱	手动
轮胎	普通

信号总线连接示意图

三、仿真条件设定与结论分析

仿真工况

NEDC循环工况

循环一: 四个市区工况单元组成
平均车速19km/h, 最大车速50km/h
每个循环单元行程行驶距离1.013 km
4个循环的总行程距离4.052 km

循环二: 一个市区工况单元组成
平均车速25 km/h, 最大车速120km/h
每个循环行程行驶距离6.953km

车速限制验证

- 蓝线代表仿真车速
- 两根红线代表仿真工况所限制的最大和最小仿真车速
- 仿真车速严格限制在最大车速和最小车速之间
- 车速限制达到了仿真的要求

影响燃油经济性因素的仿真结果及分析

(1) 汽车总质量对燃油经济性的影响

车辆总质量 (kg)	1700	1800	1900	1950	2100
燃油消耗率 (L/100km)	5.48223	5.56019	5.62629	5.70605	5.80507

(2) 空气阻力对燃油经济性的影响

空气阻力系数 (Cd)	0.284	0.284	0.284	0.271	0.271
燃油消耗率 (L/100km)	5.46223	5.55175	5.57852	5.42523	5.50214

(3) 胎压、车速对燃油经济性的影响

总体上, 胎压越高越省油, 在各档位上, 随速度增加, 油耗先降低, 在达到某一车速后油耗增加。路况良好的条件下, 尽量选用高档, 车速在70-80km/h, 能够有效降低油耗。

四、提高燃油经济性的改进措施

- 汽车重量是影响燃油经济性的主要因素, 汽车重量得到了改善燃油经济性。
- 减少空气阻力能改善燃油经济性, 其空气阻力系数的微小变化能极大改变油耗, 因此减少迎风面积, 从空气动力学角度降低风阻系数的车辆, 可以减少油耗, 提高燃油经济性。
- 当负载和道路条件允许时, 应尽量在高档、最佳车速区域行驶。车辆一旦进入高档, 70-80km/h加速车速条件下行驶时, 油耗最低。
- 驾驶员对油门踏板的踩踏量有直接影响, 正确的踩踏方法能减小油门行程, 合理控制车速和档位合理的油门行程, 合理控制车速和档位合理的油门行程。
- 除了以上因素外, 提高发动机以及传动部件的效率, 降低传动损耗, 尽量减少不必要的制动等, 也可以有效减少油耗, 提高燃油经济性。

机械与车辆学院

整车七自由度平顺性仿真

小组成员: 胡江、王曦、闫炳、刘存玺

项目介绍:

建立如图2所示整车七自由度模型, 假设车体前后左右相互对称, 即各单轮质量、刚度与阻尼相等, 左右轮路面输入相同, 假设处于静态平衡位置时各悬架力为0, 各位移量为0。根据上述模型, 写出整车模型的力学方程:

左前悬架的力: $F_{p1} = -k(Z - a_1\theta_1 - \frac{1}{2}b_1\theta_2 - Z_1) - c(Z - a_1\theta_1 - \frac{1}{2}b_1\theta_2 - Z_1)$

右前悬架的力: $F_{p2} = -k(Z - a_1\theta_1 + \frac{1}{2}b_1\theta_2 - Z_1) - c(Z - a_1\theta_1 + \frac{1}{2}b_1\theta_2 - Z_1)$

左后悬架的力: $F_{p3} = -k(Z + b_2\theta_1 - \frac{1}{2}b_2\theta_2 - Z_2) - c(Z + b_2\theta_1 - \frac{1}{2}b_2\theta_2 - Z_2)$

右后悬架的力: $F_{p4} = -k(Z + b_2\theta_1 + \frac{1}{2}b_2\theta_2 - Z_2) - c(Z + b_2\theta_1 + \frac{1}{2}b_2\theta_2 - Z_2)$

式中: θ_1 为俯仰角, 单位为rad, θ_2 为侧倾角, 单位为rad, Z_1 、 Z_2 分别为左前、右前、左后、右后轮的位移。

根据牛顿第二定律:

$$M\ddot{Z} = -F_{p1} + F_{p2} + F_{p3} + F_{p4}$$

$$I_y\ddot{\theta}_1 = -F_{p1}a_1 - F_{p2}a_1 + F_{p3}b_2 + F_{p4}b_2$$

$$I_z\ddot{\theta}_2 = -F_{p1}\frac{1}{2}b_1 + F_{p2}\frac{1}{2}b_1 - F_{p3}\frac{1}{2}b_2 + F_{p4}\frac{1}{2}b_2$$

$$m_{s1}\ddot{Z}_1 = -F_{p1} - k_s(Z_1 - q(t + \frac{b_1}{v}))$$

$$m_{s2}\ddot{Z}_2 = -F_{p3} - k_s(Z_2 - q(t))$$

$$m_{s3}\ddot{Z}_3 = -F_{p2} - k_s(Z_3 - q(t + \frac{b_1}{v}))$$

$$m_{s4}\ddot{Z}_4 = -F_{p4} - k_s(Z_4 - q(t))$$

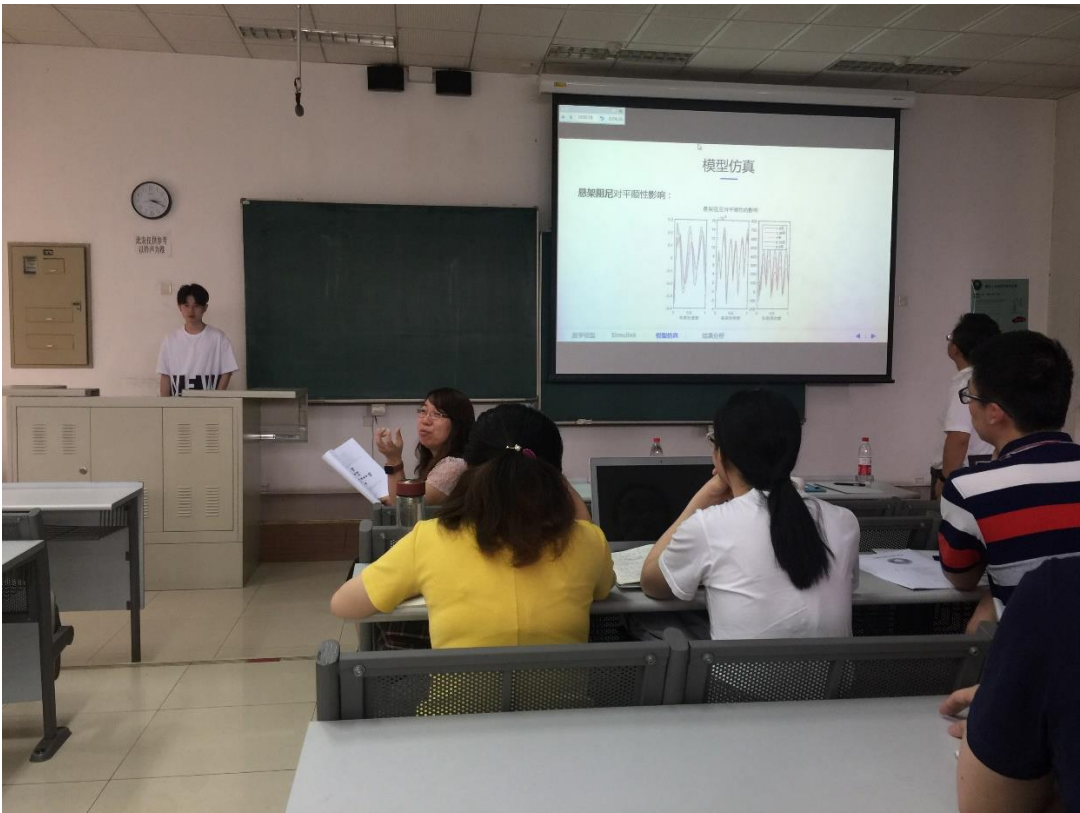
式中: m_p 、 m_y 、 m_z 、 m_{s1} 、 m_{s2} 、 m_{s3} 、 m_{s4} 分别为左前、右前、左后、右后轮的质量, $q(t)$ 为路面输入高程位移。

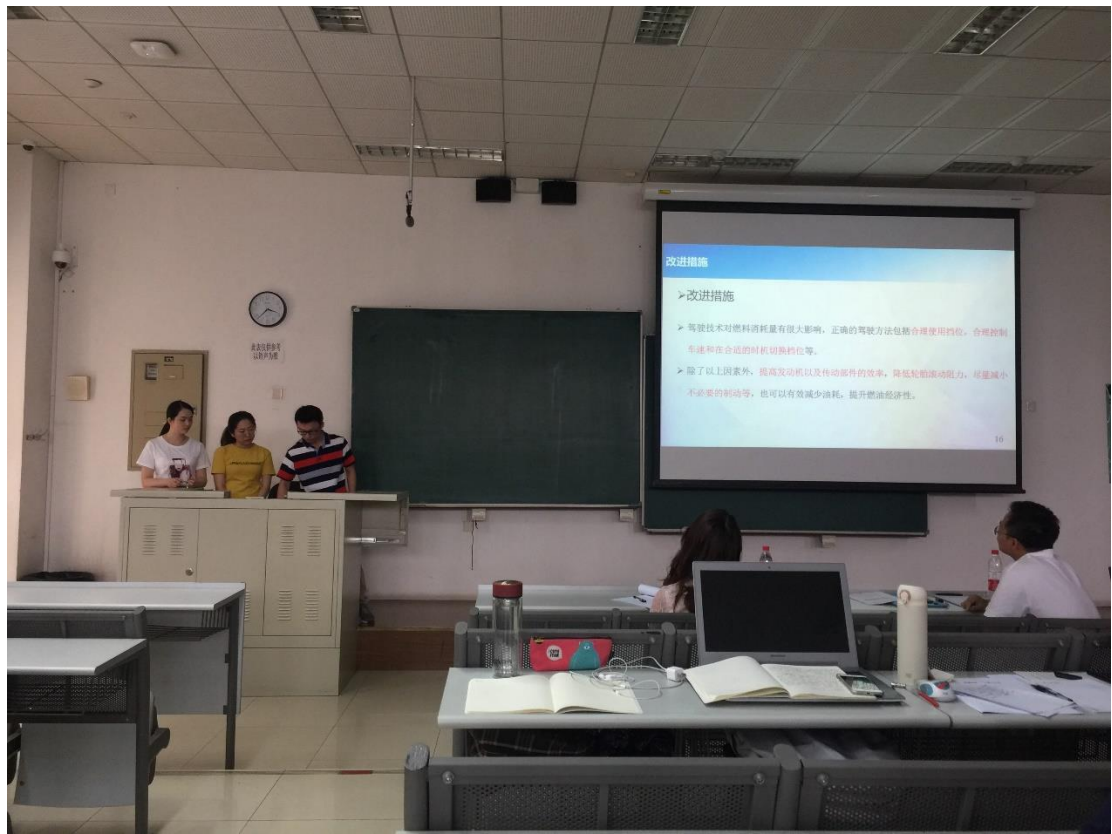
因为仿真时假设左右轮路面输入相同, 故不考虑侧倾角加速度对平顺性的影响, 保持路面和车速不变, 改变悬架刚度系数, 令 $k_s = [10000, 22700, 36000]$, 分别进行仿真, 可以得到

保持路面、车速和悬架刚度不变, 改变悬架阻尼系数, 令 $c = [3000, 6000, 9000]$, 分别进行仿真, 可以得到

机械与车辆学院

3、项目汇报





识别下方二维码可参与课程的互动评价：



对研究生课程建设任何意见建议，请联系研究生院培养办公室：mayc@bit.edu.cn