

汽车理论课程平行分层化教学思路研究

王孝鹏

(三明学院机电工程学院, 福建 三明 365004)

摘要:汽车理论课程是车辆工程专业核心课程,其课程内容涉及车辆系统性能分析与跨学科知识点的交叉,在新工科教学理念下,传统教学模式在车辆理论分析、2自由度操纵稳定性模型、平顺性模型等内容上并不能适用于整车研发的实际需求。针对此现实问题,提出利用ADAMS软件驱动汽车理论内容平行化、分层化教学思路研究,采用软件中悬架模型、转向模型、轮胎模型、路面模型、制动及整车模型对汽车理论课程中的各个环节内容提供支撑,打通“理论教学、实践教学、企业研发”3个环节之间的屏障,使学生能够快速运用所学知识投入到生产实践中,同时转换学生思维中的传统车辆设计理念,改善课堂效果,提升教学质量。

关键词:汽车理论;ADAMS软件;教学思路;平行分层化

中图分类号:U461-4;G642 **文献标志码:**A **文章编号:**1673-1891(2019)03-0092-05

Study on Idea of Parallel Stratification Teaching of Automobile Theory

WANG Xiaopeng

(School of Mechanical & Electronic Engineering, Sanming University, Sanming, Fujian 365004, China)

Abstract: Automobile theory is a core course in vehicle engineering program. The contents in this course involve crossover of vehicle system performance analysis and interdisciplinary knowledge points. Under the new engineering education idea, traditional teaching modes cannot be applied to the actual needs for whole vehicle research and development with regard to vehicle theory analysis, two-degree-of-freedom control stability model, and smooth-going model, etc. Aiming at this practical problem, this paper proposes the idea of parallel stratification teaching of automobile theory via ADAMS software. The suspension model, steering model, tyre model, road surface model, brake model and whole vehicle model in the software are used to support each link of the contents in the automobile theory course, and to break down the barriers between “theoretical teaching, practical teaching and corporate research and development”, so as to enable students to quickly apply their knowledge to production practice, while changing students’ traditional idea of vehicle design and improving the teaching quality.

Keywords: automobile theory; ADAMS software; teaching idea; parallel stratification

0 引言

“新工科”包括2层含义:(1)老工科专业中没有的专业;(2)在原有的工科中,要渗透新的说法、标准和理念。汽车理论课程是车辆工程专业核心课程,不同版本的教材内容重复性较高,其内容总体可以划分为3部分:车辆行驶平衡方程,根据平衡方程推导整车的动力性、燃油经济性及制动性能;车辆操纵稳定性,以2自由度操纵模型为基础探讨转向、传动、悬架与整车的关系;车辆平顺性,整车简化为2或4自由弹簧质量模型研究车身垂向加速度、非簧载质量的动行程及车身俯仰角,教材中并

没有介绍7或14自由度整车模型。汽车研究院及整车技术中心在研发整车过程中,主要采用ADAMS软件对整车建模,在整车基础上对各子系统、系统之间的匹配及整车进行虚拟实验仿真,根据整车设计要求对标模型存在的问题,通过优化改进保证整车模型的正确性及精确性,然后再做出整车的物理样机,减少研发成本及周期,同时提升整车的性能。根据“新工科”内涵,传统的汽车理论教学在标准和理念上与实际汽车的研发设计存在严重的脱节,针对此问题提出通过ADAMS多体动力学软件驱动汽车理论课程内容与实践生产研发同步的平行化教学思路改革研究,从根本上打通课堂

收稿日期:2019-04-15

基金项目:福建省中青年教师教育科研专项(JAT170529)。

作者简介:王孝鹏(1983—),男,山西运城人,讲师,硕士,研究方向:车辆系统动力学仿真及控制。

理论与实践之间的屏障,使学生在课堂学习接触的知识理念与企业设计研发保持同步状态^[1-7]。

1 分层化内容解析

国内《汽车理论》教材从内容上看相似度、重复性都较高,同时教材内容与企业研发生产相关性不高。汽车理论课程内容涉及多学科交叉,包括基本的模型简化、数学建模、时频域分析、控制算法等内容,课程纯理论较强;汽车理论课程对前期关联课程要求较好地掌握。以下通过车辆行驶平衡方程、操纵稳定性、平顺性内容进行分层化具体分析。

1.1 行驶平衡方程

汽车行驶平衡方程是汽车理论课程中最基本的方程。汽车行驶过程中,驱动力与行驶阻力保持平衡状态。通过此方程,可以研究整车的动力性、燃油经济性、动力装置参数(发动机功率、各档位及最小/大传动比)、汽车制动性能。在研究过程中发现,通过公式只能对子系统性有广义了解,从设计研发的角度看,实用性并不大。以制动系统为例,通过对制动过程进行理论分析,可以推导出制动距离公式,通过公式可以看出制动距离与制动起作用的时间,最大制动器制动力以及起始车速有关系,至此课程完毕。实际上制动过程中,路面因素,ABS系统的控制算法问题,轮胎特性、整车质量前后轴分配比例等都会与制动过程关联并影响制动性能;根据制动距离公式,可以逆向推导制动力矩,确定制动盘的大小,制动过程中制动盘的受热影响制动效能,制动盘的设计采用有限元模型进行设计验证等细节问题从公式中并不能反映出来。

1.2 操纵稳定性

汽车理论课程中操纵稳定性以线性2自由度模型对整车进行研究,此模型的主要问题是太过粗糙简单,与真实的整车相差较大;操纵稳定性与悬架的关系中,把所有悬架都简化为弹簧质量系统进行分析,实际上不同种类的悬架性能有很大差异,悬架种类包含麦弗逊悬架、双A臂悬架、多连杆悬架、拖拽臂悬架等;从整车的侧倾来看,采用双A臂悬架优势明显;操纵稳定性与转向关系中,转向系统包括齿轮齿条、平行杆式等,不同的转向系统效果也有差异,教材通过直接在车轮上输入转角参数进行分析。ADAMS软件中,可以建立不同种类的悬架模型,在整车环境下,可以替换不同悬架研究其对整车的性能影响,同理可以调用不同种类的转向模型研究转向系统性能,同时还可以通过拓展研究液压助力、电动助力在整车环境下的性能及反向调试。

1.3 平顺性

对于平顺性内容,教材主要把整车简化为单质量弹簧系统模型、双弹簧质量系统模型及摩托车模型。与操纵模型对比,都为简化模型,但平顺性模型能够较好地反映整车的垂向振动状态,ADAMS中平顺性研究与操纵稳定性相似,都是基于整车模型架构下对整车的特性进行分析,图1为FSAE赛车整车教学模型,对操纵平顺及其他性能分析都适用。

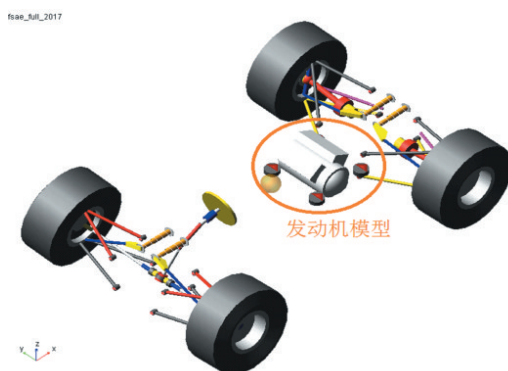


图1 FSAE整车模型

2 平行化教学思路设计

国内整车研发多采用逆向研发,通过逆向工程获取整车的参数,在整车参数的基础上需要对标杆车进行性能分析,性能分析主要集中在底盘悬架特性、整车操纵稳定性及平顺等;对于性能的提升与改进主要采用ADAMS软件进行虚拟的实验仿真,在虚拟实验中发现、解决问题,提升整车性能,同时ADAMS在对应的虚拟实验中可以提取仿真载荷,作为疲劳耐久特性等CAE分析输入数据。通过CAE虚拟实验仿真分析,再做出物理样机,可以提升产品质量、缩短研发周期,与传统的在物理样机上通过实验、改进设计的理念相比有较大的优势。汽车理论中主要以子系统为研究对象,通过对子系统简化建模抽象出数学模型,对其进行定性研究,缺点是模型大都较为粗糙,与实际模型相差较大,只能从宏观上了解其特性;ADAMS软件的优势是子系统及整车模型可以相互组合,模型直观,可以使学生清晰地了解整车的架构、系统参数及系统之间的匹配关系。在研究过程中整车是研究分析各个性能最基本的模型,以整车模型为主。通过对教材内容分析及结合ADAMS软件的特点,设计出平行化课堂教学思路如图2所示。

2.1 虚拟实验平行化

汽车理论教材主要内容为纯理论性分析,涉及实验内容较少。ADAMS软件中包含子系统及整车

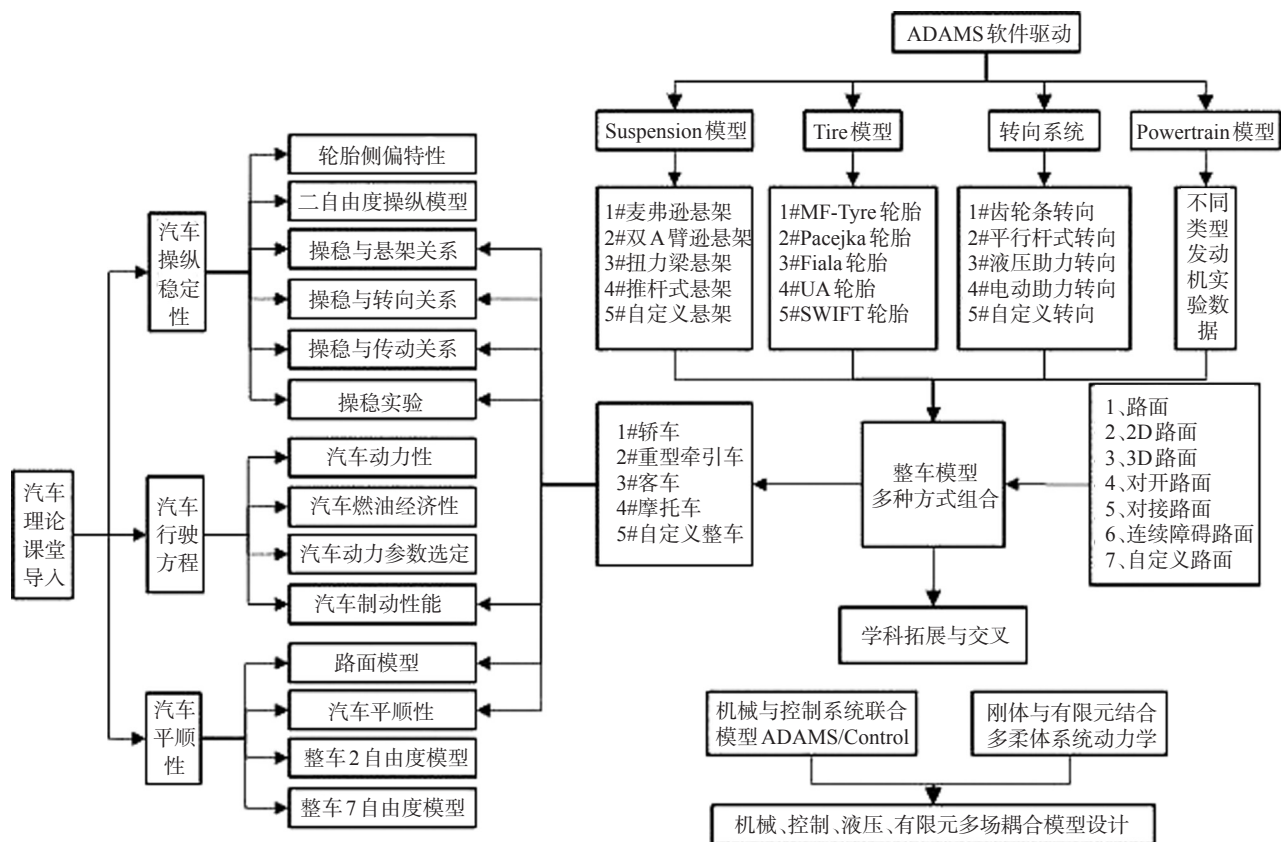


图2 平行化课堂教学思路图

各类型虚拟实验,悬架系统设计过程中,可以进行双轮同向激振、双轮反向激振、单轮激振虚拟实验;悬架系统与转向系统装配成半车可以进行力随遇平衡、转向特性虚拟仿真实验;基于整车模型操纵稳定性及平顺性虚拟仿真实验可以分为3个大类:开环转向虚拟实验、稳态转向虚拟实验、直线仿真及自定义虚拟实验。其中,开环转向虚拟实验包括漂移、蛇形绕桩、角脉冲输入转向、速度脉冲转向、单线移超车、阶跃转向、扫频转向;稳态转向虚拟实验包含弯道制动、定半径转弯、转向回正、弯道松油门等虚拟实验;直线仿真虚拟实验包含加速、制动、匀速行驶、收油门循迹,分析的重点是整车模型的纵向动力学特性。自定虚拟实验针对特殊类型的模型、软件中并没有提供仿真参数,需要教师自己建立仿真的相关参数及模型,图3为连续减速带障碍路面教学案例,路面包含3个减速带,FSAE方程式赛车正通过第2条减速带。虚拟实验通过图片、动画效果可以把实验过程中的动态变化显示出来,提升课堂上学生的注意力及参与学习的兴趣,极大提升课堂效果。

2.2 教师平行化

汽车理论课程学时安排以理论为主,少有甚至没有机会参与实践,实践认知大都安排在第8学

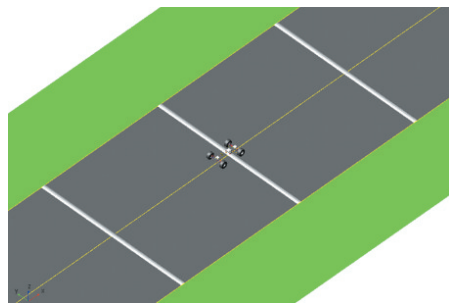


图3 虚拟减速带路面平行化教学案例

期。针对此问题,提出“一课双师”平行化,让企业中参与整车研发、有理论与丰富实践经验的工程师参与课堂讲座;在汽车理论课程中用4~6学时让学生了解企业的发展趋势、设计研发的流程、成熟的设计案例以及ADAMS软件在驱动车辆设计的优势等。目前三明学院与福建海西汽车有限公司及中科动力有限公司在“一课双师”方面有良好的合作与互动。

2.3 考核平行化

文献[8~12]中也提到多种考核方法,但都局限于教改的设想,现实机制架构下操作性很弱,目前较为现实且实用效果较好的方法是增加期中考试次数,且考试答案“不拘一格”。汽车理论课程整体理论性较强,采用2~3次课下期中考试:(1)车辆行

驶平衡方程与整车性能评估分析:通过理论分析及顺序逻辑推导公式实现、采用 Matlab 编程实现、Simulink 系统架构图实现;(2)2 自由操纵模型分析:模型简化与公式推导(教材用)、ADAMS 构建摩托车模型、Simulink 系统图;(3)整车平顺性分析:ADAMS 整车模型、Simulink 四分之一整车、半车、7 自由度整车系统架构。通过课下期中考试,给学生充裕时间,通过查阅相关文献、学习数学计算工具、ADAMS 模型建立分析等多种平行方式与方法完成期中教学考核要求。此考核方式与国外高校相似,通过课程学习及阶段性总结提升学生对教学内容的理解,即使阶段性考核不达标,也可以通过努力在后续考核提升总成绩,避免出现期末考试“一锤定音”的结果。

3 平行化案例设计

悬架是车辆子系统,主要作用是缓解路面不平度对车身造成振动并影响整车的操控性及平顺性。整车在运行过程中,车身可以简化为一个刚性质量,车轮及悬架连接杆件(统称非簧载质量)亦简化一个质量块,车身与4个车轮之间通过螺旋弹簧与减震器连接,此时整车模型可以抽象为垂向弹簧质量模型,如图4所示。弹簧质量模型不分悬架类型,对于麦弗逊、双A臂、多连杆及非独立悬架都适用。图4中 M 表示四分之一车身的质量; m 为车轮及悬架部件质量; U 为主动控制力,在半主动悬架中,此力由阻尼器提供;轮胎为弹性体,分析过程中轮胎模型可简化为弹簧,轮胎刚度为 K_1 ; Z_0 为路面垂向位移,用来对弹簧质量系统输入信号; Z_1 、 Z_2 车轮(非簧载质量)及刚性车身在路面垂向位移输入 Z_0 作用下的运动量。弹簧质量模型的优势是直观性、通用性好,缺点是整车模拟中并不能详细地看出悬架物理结构特性,同时在建模中也会忽略悬架与车身连接处衬套刚度的作用及侧向运动特性,模型较为粗糙。图5为ADAMS软件中建立的双A臂物理悬架模型,从图5中可以看出,悬架包含上下控制臂、转向横拉杆、弹簧减震器的安装位置及不同部件之间的连接约束特性等结构因素,多体悬架模型的优势在于可以完整地考虑悬架的物理结构作用。

主动控制力通过函数施加在车身与下控制臂之间,如图6所示。考虑车身与悬架处的衬套刚度作用,双A臂多体悬架模型由振动台驱动,振动台可以在Y方向的模拟B级路面的垂向位移输入参数,对应图4简化悬架模型中的路面垂向位移 Z_0 ;双A臂悬架模型在运动过程中,不仅可以验证主动

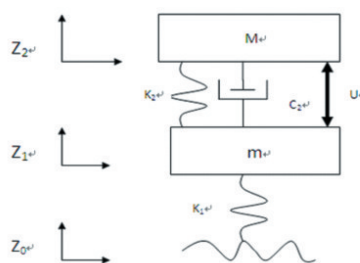


图4 简化悬架模型

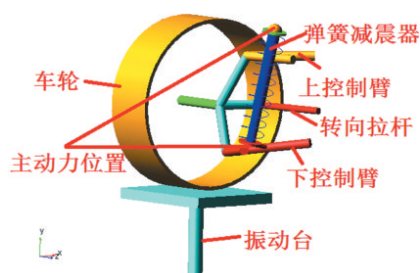


图5 双A臂悬架模型

控制力对车身、悬架车轮振动的控制效果,同时还可以反映出主销内倾、后倾、车轮前束、外倾角四轮定位参数随车轮运动的变化关系。四轮定位参数与转向特性等息息相关,通过参数化双A臂悬架模型,可以对四轮定位参数、弹簧与减震器的安装位置与角度、悬架模型硬点参数进行优化,使悬架在设计标准下达到最优状态。缺点是多体双A臂悬架模型较为复杂,课堂前期准备工作量较大,对教师专业素质有较高的要求;课堂上不宜过多讲解多体悬架模型的建模过程,仅从结构及原理导入课程讲解,效果较好。ADAMS软件的学习可以通过大学生第二课堂及专业公选课学习或课下指导。

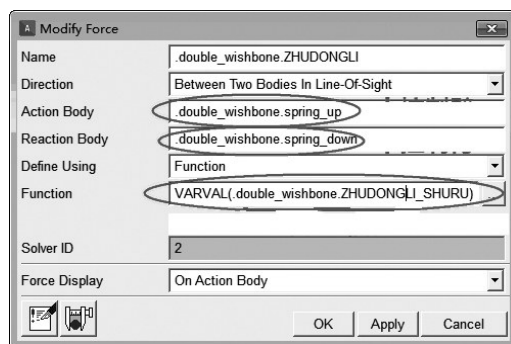


图6 驱动函数

4 结语

ADAMS软件是整车研发中对汽车性能分析设计的重要工具,其最大的优势是自定义整车模型,可以直观体现整车的物理架构及相应参数,保证高精度整车模型。《汽车理论》教材的主要特点是纯理

论性强,涉及学科内容较多,内容拘于表象宏观问题,对于子系统微观研究不深入。采用ADAMS软件中的案例仿真与《汽车理论》教材内容平行化思路相结合的方法,具有如下优点:

(1)从整车或子系统角度出发,可以使学理解模型简化的思路,深入理解数学方程原理,同时可以逆向思考简化后模型存在缺陷对整车的性能的影响;

(2)ADAMS后处理仿真动画及曲线图能更直观地看出系统运动的机理及模型中存在的错误,方便学生在学习找出模型缺陷并及时更正,极大地调动学生的学习兴趣;

(3)通过学科拓展案例,适时地调整及改变学生的观念,提升学习能力及思维的创新性;在实习实践中,消除课堂理论内容与生产实践之间的屏障,快速转变角色,适应新的工作环境。

参考文献:

- [1] 葛平淑,赵秀春,张江燕.汽车理论课程教学改革研究与探索[J].中国校外教育,2017(33):133+140.
- [2] 邓利军,向立明,梅雪晴.战略转型背景下“汽车理论”课程教学改革探讨[J].科技视界,2017(17):74-76.
- [3] 张营,孙宁,左付山,等.发动机原理与汽车理论课程教学改革[J].教育教学论坛,2016(43):114-115.
- [4] 吴明翔.改进汽车理论教学方法的思考[J].教育教学论坛,2016(18):169-172.
- [5] 王靖岳,陈克,岳峰丽.“汽车理论”课程教学改革研究[J].兰州教育学院学报,2016,32(4):89-91.
- [6] 刘婷婷,刘忠民.《汽车理论》课程教学改革探讨[J].教育教学论坛,2015(44):96-97.
- [7] 刘婷婷,田燕萍.基于项目驱动的《汽车理论》课堂教学研究[J].课程教育研究,2015(28):20-21.
- [8] 刘闯,王俊发,鄢万江.“理论+模块”教学方法在“汽车构造”课程中的应用[J].教书育人(高教论坛),2015(9):82-83.
- [9] 鲁力群.项目驱动下的汽车理论课程改革及实践[J].大学教育,2013(16):86-87+118.
- [10] 张京明,崔智全,刘清河,等.提高汽车理论教学效果的方法研究[J].教学研究,2013,36(3):72-74.
- [11] 马宗正,徐平.发动机原理与汽车理论教学方法探讨[J].中国教育技术装备,2013(9):117-118.
- [12] 袁焕,王培玲.发动机原理与汽车理论课程教学方法改革探讨[J].物流工程与管理,2012,34(7):161-162.

(责任编辑:蒋召雪)

(上接第78页)

- [2] 沙磊,王瑞静.青岛市肥胖幼儿发生率和肥胖幼儿体质现状的调查分析[J].山东体育学院学报,2010,26(2):55-58.
- [3] 李绚,江向君,卓慕春,等.广州市天河区学龄前儿童单纯性肥胖发生率及其影响因素[J].职业与健康,2014,30(6):805-808.
- [4] 弋国需.城市、农村学龄前儿童单纯性肥胖流行病学调查[J].中国妇幼保健,2014,29(13):2062-2064.
- [5] 陈晶,曾国章,黄海莹.厦门市9517名学龄前儿童肥胖检出率及原因分析[J].中国儿童保健杂志,2011,19(1):57-59.
- [6] 李辉.儿童肥胖的现状与对策[J].中国医刊,2005,40(5):7-9.
- [7] 康松玲,张凤敏,高淑云,等.天津市单纯性肥胖幼儿现状调查及分析[J].中国健康教育,2005,21(4):251-254.
- [8] 沈艳梅,陆大江.学龄前儿童肥胖危险因素的研究与干预对策[J].沈阳体育学院学报,2008,27(1):47-50.
- [9] 张梅,曲美,白玥,等.儿童单纯性肥胖的影响因素及干预进展研究[J].中国学校卫生,2012,33(1):124-126.
- [10] 时传霞,王瑞静.幼儿肥胖与父母肥胖的关系研究[J].浙江体育科学,2009,31(6):100-102.
- [11] 李培红,王梅.中国儿童青少年身体活动现状及相关影响因素[J].中国学校卫生,2016,37(6):805-810.

(责任编辑:曲继鹏)