

# 《汽车试验技术》课程试验开发构想与实践

刘杰<sup>1</sup>, 贾晓玲<sup>2\*</sup>, 陈慧<sup>1</sup>

<sup>1</sup>上海电机学院汽车工程系, 上海

<sup>2</sup>同济大学电子科学与技术系, 上海

收稿日期: 2024年11月6日; 录用日期: 2024年12月16日; 发布日期: 2024年12月25日

## 摘要

在普通高校汽车专业《汽车试验技术》教学过程中, 课程试验在培养学生试验设计和验证能力起着重要作用。首先本文以课程试验为研究对象, 从课时分配, 试验内容, 资源开发, 模式创新和考核体系构建等角度出发, 结合汽车行业发展趋势和专业课程教学特点, 分析了教学目标和具体要求; 其次, 根据分析结果设计并开发出三个全新课程试验, 编制了试验指导手册并给出了相应的创新考核方法, 并在上海电机学院汽车专业本科教学中进行了试点, 改进和推广。最后, 通过2017~2019届本科课程学情数据分析, 充分验证了课程试验方案的合理性, 有效性和创新性。

## 关键词

汽车专业, 课程, 试验, 开发, 实践

# Conception and Practice of Experimental Development of Automobile Engineering Courses

Jie Liu<sup>1</sup>, Xiaoling Jia<sup>2\*</sup>, Hui Chen<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Department of Automobile Engineering, Shanghai Dianji University, Shanghai

<sup>2</sup>Department of Electronic Science and Technology, Tongji University, Shanghai

Received: Nov. 6<sup>th</sup>, 2024; accepted: Dec. 16<sup>th</sup>, 2024; published: Dec. 25<sup>th</sup>, 2024

## Abstract

In the teaching process of "Automobile Testing Technology" in automobile majors in ordinary universities, course tests play a particularly important role in cultivating students' abilities in test

\*通讯作者。

文章引用: 刘杰, 贾晓玲, 陈慧. 《汽车试验技术》课程试验开发构想与实践[J]. 创新教育研究, 2024, 12(12): 492-502.

DOI: 10.12677/ces.2024.1212919

design and verification. Firstly, in this article the course test in the automobile major was taken as the research object. From these perspectives including course-hours allocation, test content, resource development, mode innovation and assessment construction, combined with the development trends in the automobile industry and the characteristics of course teaching, the objectives and requirements were analyzed in detail. Secondly, based on the above analysis results, three new course test were designed and developed, a test guidance manual was compiled, and innovative related assessment methods were proposed as well. All tests were attempted, improved and promoted further in the undergraduate teaching in Shanghai Dianji University. Finally, through the analysis of the course learning data of undergraduate students from 2017 to 2019, the rationality, effectiveness and innovation of tests for the course were fully verified.

## Keywords

Automobile Engineering, Course, Test, Development, Practice

Copyright © 2024 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

## 1. 引言

科学研究中，实验指检验理论或假设而对研究对象进行的操作行为；而试验是对研究对象的结论事先未知，只能采用测试手段来获取或验证该研究对象结论的操作行为。需要指出：只须前提条件和操作步骤一致，不同实验者重复实验所得结论必定相同；而试验则通过改变前提条件和操作步骤获得不同结论，来探索研究对象的内在规律并总结出一般性结论。由此可见，从汽车工程专业角度出发，实验是一种理论验证行为而试验是一种科学研究方法，其试验结论可积累和抽象成理论并反过来通过实验重复证实。

一方面，结合以上有关汽车工程专业试验和实验讨论，同时考虑到高校汽车工程专业课程的车辆实践教学要求，以及汽车行业新技术层出不穷且更新换代越来越快的发展趋势，现今汽车工程专业理论知识教学后的课程实践已大部分衍变为课程试验而较少课程实验；另一方面，由于以工业产品来命名，作为机械工程大类汽车工程专业，往往体现出跨领域，多学科和重应用的特点，因此除了完成理论基础教学外，如何将课程试验与理论知识有机结合起来，取得理论指导试验，试验反过来巩固理论知识理解的双向螺旋上升的教学效果？这是值得深入研究的课题。

因此，为了能培养出符合培养计划要求的汽车试验工程师，需要对传统的课程实验进行理念，方案以及内容上的改进和提升。

## 2. 课程试验的研究现状

首先，从教学理念角度出发，寇发荣(2013)等[1]以培养高素质应用型创新人才为目标，采用了专家指导，教考分离，学科交叉，教授导学和实践实习等多方法综合运用，使得汽车专业人才培养质量得到了普遍提高。任春(2023)等[2]探讨汽车类专业电工电子技术课程建设及教学问题，提出以成果导向“理虚实相结合、线上线下一体化”课程。以上文献虽未涉及具体的专业教学内容，但对汽车工程专业课程试验的改善有借鉴意义。

其次，针对课程试验的教学模式，孟庆雨(2016)等[3]将德国应用技术(Fachhochschule, 简称FH)教育模式应用于汽车诊断技术的专业课程实验，形成了面向应用、自主创新和团队合作的特色培养模式。其开放定制实验设备，丰富的大众手册和技术资料，以及全过程全方位长周期综合考核办法的教学经验尤

其值得重视。汪震(2020)等[4]针对开放性实验教学模式,提出基于目标或情景下自主研习和自主设计,但开放性教学理念落实会遇到师资和资源困难。

最后,近年课程实验教学方法被讨论得较多,主要涉及虚拟仿真技术在课程实验的应用,包括袁伟光(2015)等[5]将 ADAMS 虚拟仿真应用于《汽车理论》实验教学;2019年,王哲[6]针对《汽车试验技术》实现了八个试验数字化虚拟仿真的硬件和软件的开发;李琳辉(2020)等[7]基于 Matlab/Simulink 开展了《控制原理与应用》虚拟仿真实验设计和智能小车综合实验教学;廖菊香(2021)等[8]针对新能源汽车《电工电子技术》课程,开发了实验硬件和软件教学资源,将《电工电子技术》理论与实验结合成一体化教学模式;张营(2021)等[9]合理安排《电动汽车》理论教学与课内实践教学,明确了专业知识结构同时促进了教学相长效果;朱宗晓(2021)等[10]基于微缩智能车、赛道以及 Unity3D 软件技术,开发了自动驾驶课程实验仿真教学网站,实现了端到端实时开放式教学服务;李王争(2022)等[11]提出任务,行动和角色总体思路,将课程体系化,结构化和导向化,实现了专业复合型技术人才的培养;吴光强(2023)等[12]利用三维数字技术,从虚拟拆装,测试和检修三方面对课程实验分析而有效提升学生对教学内容的掌握程度;张智明(2023)等[13]搭建了 Solidworks 虚拟实验场景,协同汽车工程专业课进行贯通式学习液压传动知识,提升了专业素养效果和教学效果。

综上所述,车辆专业(尤其新能源汽车方向)课程试验的研究往往集中于教学管理,方式和方法,对专业课程试验的创新开发,包括:结合新能源汽车的新技术,新标准和新内容涉及不多。本文将针对汽车专业中试验技术相关的课程试验开展研究,从课程教学课时安排,试验内容,资源开发,模式创新和考核体系构建等方面探讨课程实验的开发全过程,从而培养出满足汽车行业发展新趋势,特别是新能源汽车行业发展要求的高素质试验应用型人才。

### 3. 课程试验分析

#### 3.1. 课时分配

按照 2022 版《汽车试验技术》教学大纲,课程主要包括:试验理论,试验分析和课程试验等三部分内容,其中课程试验部分车辆工程专业分配了 3 试验 6 学时;而新能源汽车专业分配了 6 试验 12 学时。

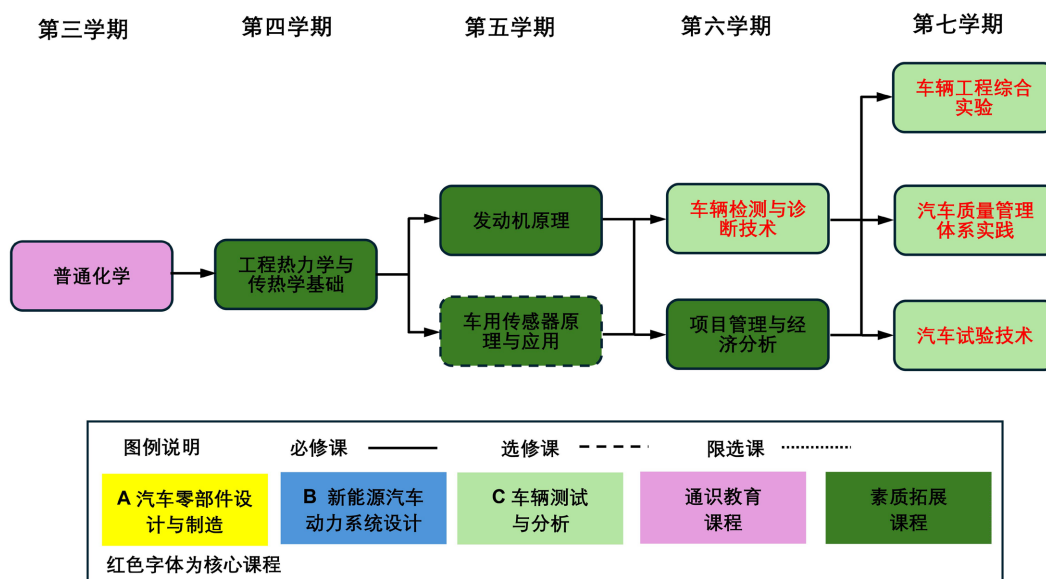


Figure 1. Vehicle engineering major  
图 1. 车辆工程专业

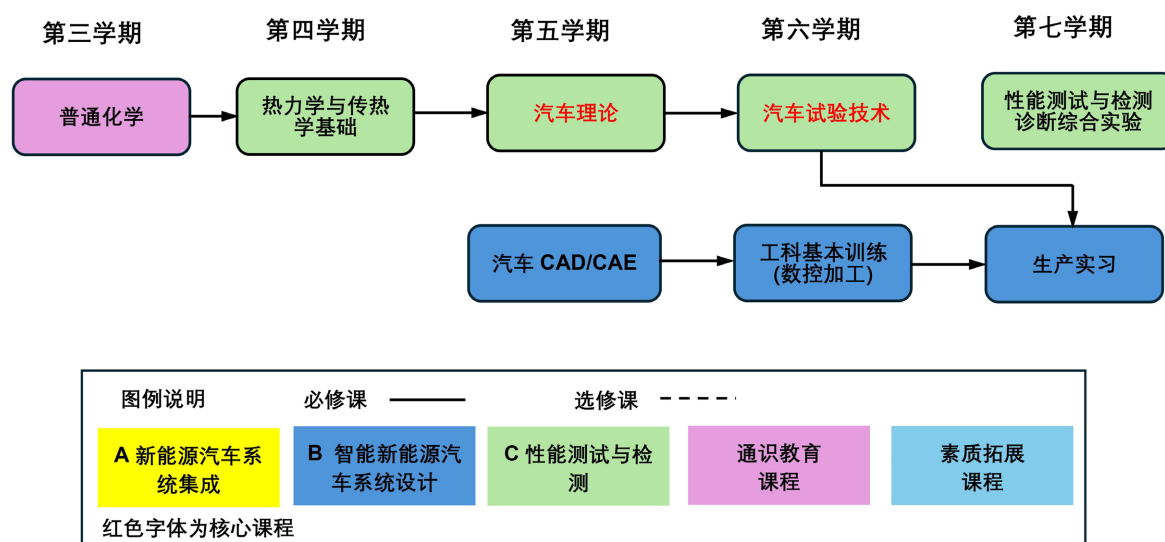


Figure 2. New energy automobile major

图 2. 新能源汽车专业

### 3.2. 项目内容

如图 1 和图 2 所示, 在第七学期开设的专业综合实验(车辆为综合实验; 新车为性能测试与检测诊断综合实验)已包含完整的整车动力性, 制动性和操稳性试验, 所以《汽车试验技术》课程试验应避免与其重复设立, 且需结合本课程内容和两个专业特点及发展现状开设其他整车性能探究性试验, 比如: 整车检视, 振动, 噪声或舒适性等。

对比 2017 版《汽车试验技术》教学大纲, 车辆和新车课程试验与综合实验内容出现大部分重叠, 同时考虑到两专业课程试验的具体要求不同, 结合课程理论教学内容, 2022 版《汽车试验技术》大纲作了创新性调整, 重新定义并开发以下 3 个新课程试验, 每个试验分为机械和电气各 1 个, 按照相应的课时分配, 车辆选作 3 个而新车需完成全部 6 个:

#### 一、物理参数测量试验(误差理论)

基于误差理论完成机械或电气类各 1 个物理量测量任务:

1) 首先, 充分复习巩固测量误差理论知识和表达流程;

2) 其次, 利用现有度量, 传感和配套仪器等测量工具, 包括: 皮尺, 直尺, 卡尺, 高度尺, 卷尺, 电子秤, 称重液压车, 扭力扳手, 流量计, 压力计, 应变片, 热电偶, 应变仪, 万用表, 温度枪, 声级计, 阻抗分析仪, 示波器和电流钳等完成不少于 2 组且每组不少于 15 次数据测量;

3) 最后, 根据试验误差理论处理所测数据并给出置信度 50%, 68% 和 99% 的误差试验结果表达。

#### 二、传递参数测定试验(相似理论)

基于相似理论完成机械或电气各 1 个典型二阶延迟系统传递参数的试验测定:

##### 1) 机械

假定整车是一个质量  $M$ , 弹簧  $K$  和阻尼  $C$  的二阶延迟系统。

① 首先, 车内中控或后地板布置有加速度传感器的车辆通过三角减速块而被施加一个位移阶跃输入, 测得输出响应曲线经过两次积分得到位移超调量和响应时间等即可算出三个参数;

② 其次, 根据试验相似理论建立一个 Matlab/Simulink 两轮仿真模型;

③ 最后, 更换另一高度三角减速带测得响应曲线来验证仿真模型的正确性。

## 2) 电气

假定电机或电控等车载电气系统是一个电阻  $R$ ，电容  $C$  和电感  $L$  的二阶延迟系统。

① 首先，使用信号发生器给此电气系统施加电压阶跃输入，测量其输出电流或电压信号，通过响应超调量和响应时间推算出其三个参数；

② 其次，根据试验相似理论建立一个 Matlab/Simulink 仿真模型；

③ 最后，更换输入电压幅值得测得响应曲线来验证仿真模型正确性。

## 三、响应分析试验(数据处理)

基于数据处理理论完成静态和动态响应分析试验：

### 1) 静态响应分析

① 首先，在弯道制动工况下，通过车辆方向盘，人为稳态输入 3 个固定阶跃转向角(配转向盘测试仪)，通过测量车辆(配陀螺仪)侧向加速度(角)或横摆角加速度(角)等 2 组时域响应数据；

② 其次，根据汽车理论中有关操稳性知识和正态分布  $N$  的 3 倍标准差概率统计分析，判断是否满足一元线性回归分析的条件后，采用最小二乘法确定回归方程(包括：回归系数和常数项的数值和方差)并进行显著性检验；

③ 最后，利用回归方程给出车辆操稳性的判断，预报和控制参数分析等。

### 2) 动态响应分析

① 动态输入半正弦波振幅，在半正弦路上，通过测量车辆(转向盘和中控面板配有加速度传感器)时域响应数据并进行数据预处理(包括：野点剔除，消除趋势项)；

② 其次，经过离散傅里叶变换得到转向盘和中控面板的频谱后分析二者的主要频率成份；

③ 最后，对所得频谱数据做功率谱密度分析，给出其频响特性分析并判断二者间是否存在共振频率。

综上所述，开发以上 3 试验过程中，充分考虑了新能源汽车的普及，汽车行业新技术的发展，以及智能驾驶等控制理论在汽车工程教学中的应用，尤其在汽车试验技术中体现了新理念，新认知和新探索。

## 3.3. 资源开发

试验室资源基本可以分为试验用车辆，测量工具和试验场地等三部分内容：

首先，试验车辆采用了如图 3 丰田混动和图 4 北汽纯电动试验车各 1 辆；



Figure 3. Hybrid Electric Vehicle 06

图 3. 纯电动试验车 06

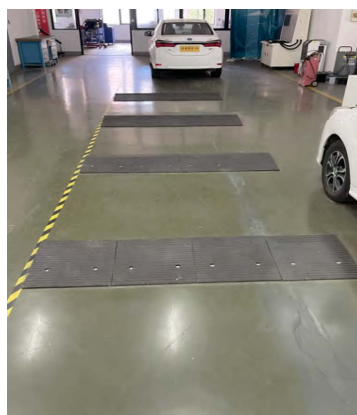
其次，借助汽车实验室原有用于传统车辆试验的测量工具，并添加了部分电测量仪器(如：阻抗分析仪等)和工具(如：差分探头等)，可满足试验一(1 和 2)和试验二(2)的大部分基本需求；为解决试验二(1)传

递参数测量，购置了 2 种不同高度的减速带，为完成试验三(2)动态响应分析试验，购置了 2 种高度的半正弦减速带，并且如图 5 和图 6 所示，充分利用了汽车试验室一楼 L 型空余场地完成了以上两套减速带的布置，安装和调试工作。



**Figure 4.** Battery Electric Vehicle 08

**图 4.** 纯电动试验车 08



**Figure 5.** Ramp Belt in test 2(1)

**图 5.** 试验二(1)阶跃输入带



**Figure 6.** Half-sin belt in test 3(2)

**图 6.** 试验三(2)半正弦输入带

最后,如图7所示,试验三(1)试验场地可临时封闭借用工业中心C楼,材料楼和研究生公寓间围绕花坛的三角形场地,满足试验三(1)静态响应分析试验需要,即转向盘转向角阶跃输入车身横向加速度(角)输出响应。



Figure 7. Triangle test field in red line  
图7. 红线试验三(1)三角形场地

### 3.4. 模式创新

考虑到汽车工程系试验条件和学生基础,并结合由浅入深地应用试验理论解决试验问题的试验教学要求,本课程特设立团队试验实践环节,具体将授课班级30人按照每组5人分6组,每2组30分钟内完成1个试验,这样2课时90分钟可以完成全部的3个试验,剩余课时可以用来数据处理和撰写试验报告。至于试验内容,则可从三个新开发试验中选作1个或2个题目,根据试验要求查询试验相关资料和标准,制定试验方案及大纲,选取合适测试工具,仪器和相应数据处理方法,按试验步骤分工合作而开展试验研究工作,其中产教融合特色主要体现于试验研究过程中,一方面,任课教师可根据学生的试验研究需求提供试验分析和数据处理等相关知识和方法的指导,另一方面,聘请大众厂或零部件厂试验专业技术人员以讲座,参观和现场等方式指导学生完成试验项目,有效提高学生试验研究素养并培养学生的汽车工程设计验证能力,在表1所示2017~2019本科教学中目标4和5的达成度指标收到了显著效果。

### 3.5. 考核体系

根据2022版《汽车试验技术》课程大纲,课程试验考核包括两部分,涉及平时操作和试验报告:

1) 毕业要求4(研究)对应考核指标点4.3(能够对实验结果进行分析、解释,通过信息综合得到解决汽车工程领域的复杂工程问题的合理有效的结论),具体对应课程目标4(掌握汽车总成及零部件的试验数字信号测量,分析和处理理论并用于一般规律的探索和试验研究,主要包括:信号频谱分析和数字滤波等),要求掌握汽车试验技术的试验数据处理和分析相关理论,技术和方法,主要包括:静态试验数据处理,动态试验数据处理,试验信号处理和幅值域信号处理等,总考核成绩比例10%;

2) 毕业要求5(使用现代工具)对应考核指标点5.2(能够针对具体的复杂汽车工程问题,选择与使用恰当的技术、资源、现代工程工具和信息技术工具),具体对应课程目标5(了解典型汽车试验方法,设备

及操作，并能利用 Labview、Matlab、SPSS、Excel 或 Origin 等试验研究软件建立台架并开展试验研究，包括：试验标准及资料搜集整理，计划及大纲的制订，试验数据的采集，记录，分析和后处理)，要求在任课教师和企业专业技术人员的指导下，学生能根据试验要求设计合理的试验方案，选取并熟悉各种测试仪器步骤和处理试验数据的试验分析能力，总考核成绩比例 10%。

#### 4. 课程试验效果分析

基于以上课程试验研究的教学设计，按照如图 8 所示课程目标 4 和 5 分别对应的评价依据和成绩比例，针对 2017~2019 三届本科生开展了汽车试验技术的课程试验教学对比和改进验证工作，这里目标 4 的实验占 10%，目标 5 占 10%。

序号	课程目标	评价依据及成绩比例(%)			成绩比例(%)
		平时20%	实验20%	期末考核60%	
1	目标1	10%		15%	25%
2	目标2	10%		15%	25%
3	目标3			30%	30%
4	目标4		10%		10%
5	目标5		10%		10%
合计		20%	20%	60%	100%

期末考核形式

闭卷笔试 开卷笔试 小论文  
报告 作品 上机  
技能操作 其他（请注明）。

Figure 8. Achievement level of the tests of the automobile testing technology course

图 8. 汽车试验技术课程试验达成度

1) 为了验证以上课程试验新方案，2017 届未采用而 2018 和 2019 届采用了以上课程试验方案，2017~2019 三届本科生目标 4 和 5 达成度教学考核数据统计如表 1:

Table 1. Statistical data of achievement in tests' goals for undergraduate students in 2017~2019

表 1. 2017~2019 届本科生课内试验目标达成度统计数据

年份	课程目标	课程目标 4	课程目标 5
	毕业要求	毕业要求 4.3	毕业要求 5.2
本科 2017	满分分值	5 + 10	15
	实际分值	3.55 + 5.16	9.22
	目标达成度	0.58	0.61
本科 2018	满分分值	5 + 10	15
	实际分值	4.66 + 6.77	10.71
	目标达成度	0.76	0.71
本科 2019	满分分值	5 + 10	15
	实际分值	4.57 + 6.28	12.49
	目标达成度	0.72	0.83

### 2) 2017~2019 三届本科生个体目标 4 达成度统计分析

如表 1 中, 车辆 2017, 2018 和 2019 三届中变化为: 0.58 -> 0.76 -> 0.72, 前后对比变化幅度相对较大, 特别在车辆 2017 低于 0.6, 除了因为采取新方案和相应新措施, 具体为: 针对试验数字信号测量, 分析和处理加强实例练习, 补充大量的设计题目, 采用边讲边练, 以练促学的方式, 所以车辆 2018 届该目标达成度提升了 18 个百分点至 0.76, 对比验证前述 3.2 节新方案和新措施积极有效。此外相比车辆 2018, 如图 9 所示车辆 2019 下降了 4 个百分点处于正常随机稳态波动范围。

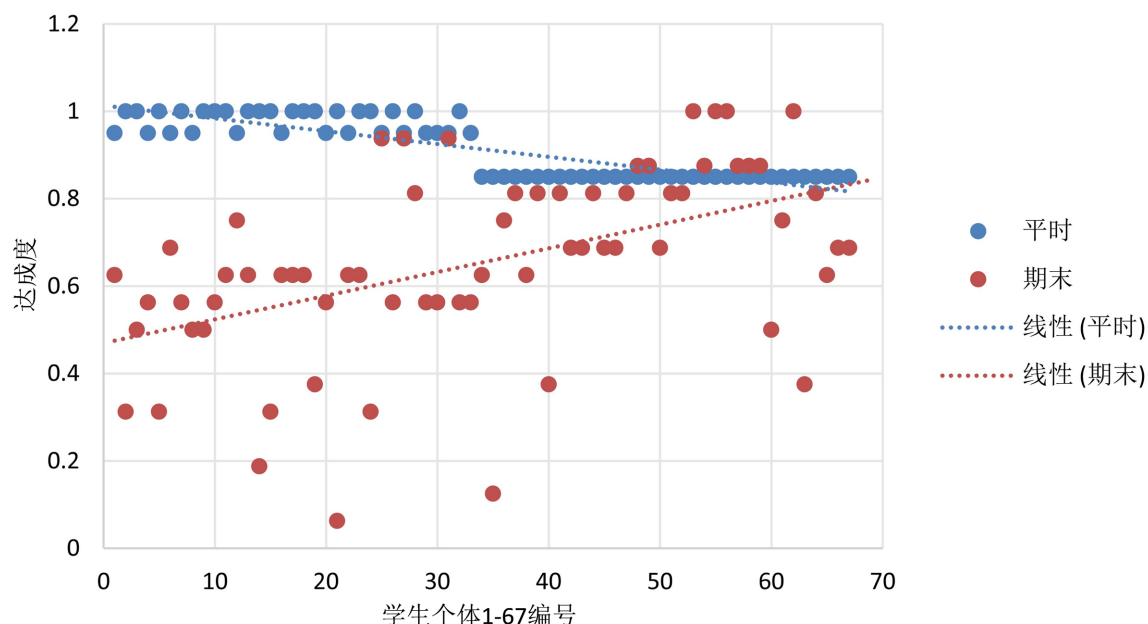


Figure 9. Statistical data of achievement in experiments goals No. 4 in 2019

图 9. 课程目标 4 的 2019 届学生个体目标达成度统计分析

### 3) 2017~2019 三届本科生个体目标 5 达成度统计分析

课程目标 5 具体考核要求在任课教师和企业专业技术人员的指导下, 学生能根据试验要求设计合理的试验方案, 选取并熟悉各种测试仪器步骤和处理试验数据的试验分析能力。如表 1 中, 车辆 2017, 2018 和 2019 三届中变化为: 0.61 -> 0.71 -> 0.83, 前后对比变化幅度相对较大, 特别在车辆 2017 低至 0.61, 为此采取了前述 3.2 节新方案和如下相应新措施:

a) 试验方案设计中, 训练学生在深入理解汽车试验理论的基础上, 增加更多的试验案例分析, 训练学生灵活运用理论涉及的知识点, 即在汽车试验验证计划中的实际案例讲解中, 结合前面学习的试验误差理论, 相似和正交理论及数据处理等具体操作过程。因此授课过程中要强调试验理论与试验验证之间、以及各个相关知识点之间的关联性。可以引导学生利用思维导图的方式, 建立试验方案所涉及知识点之间的关联;

b) 在平时试验中, 增加更多的指导和监督, 训练学生灵活运用数理统计等工具所涉及的知识, 即在汽车试验验证计划中的实际案例讲解中, 结合前面学习的试验数据处理理论 - 正交理论及数据处理等具体操作过程。因此, 授课过程中重点强调试验理论与试验数据验证之间、以及各个相关知识点之间的关联性。

因此, 车辆 2018 届提升了 10 个百分点至 0.71, 相比车辆 2017, 如图 10 所示车辆 2019 持续提升了 22 个百分点至 0.83, 说明所采取 3.2 节的新方案和新措施持续有效。

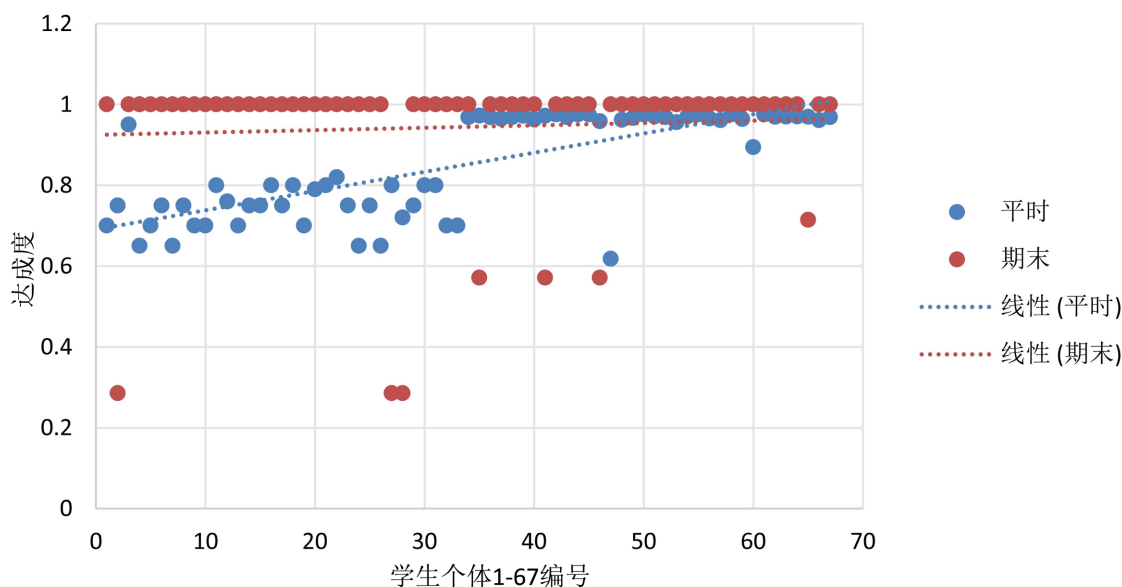


Figure 10. Statistical data of achievement in experiments goals No. 5 in 2019

图 10. 课程目标 5 的 2019 届学生个体目标达成度统计分析

## 5. 结论

本文聚焦于将试验作为一种理论或技术研究手段或方法,将其贯穿于汽车试验技术课堂教学过程中,在汽车工程本科生教学培养计划中,进行了区别于汽车综合实验和课程设计的创新式教学理念设计和内容安排,特别突出了新能源汽车工程或汽车行业技术中试验的多学科,多领域和综合运用特点。

在教学模式上,创新地将理论教学与试验探究有机结合起来,从全新角度出发,使学生对汽车试验技术内涵的产生更深层次的理解,取得理论见诸于学生实践的试验研究,反过来试验研究促进了学生对理论知识的深入理解的双螺旋上升的良好教学效果。

## 参考文献

- [1] 寇发荣,魏若男,王勇智. 基于高素质应用型创新人才培养的汽车工程专业改革研究与实践[J]. 中国科教创新导刊, 2013(35): 17, 19.
- [2] 任春,杨雪峰,刘升. 面向新能源汽车的电工与电子技术理虚实一体化课程设计[J]. 高教学刊, 2023, 9(9): 109-112.
- [3] 孟庆雨,靳文瑞. 基于德国 FH 教育模式的汽车诊断技术实验课程建设[J]. 实验室研究与探索, 2016, 35(3): 201-204, 270.
- [4] 汪震,李建华,郑晋军. 基于创新人才培养模式的汽车工程专业开放性实验课程探索与实践[J]. 时代汽车, 2020(17): 33-34.
- [5] 袁伟光,王强,仝光. 虚拟样机仿真技术在《汽车理论》课程教学的应用研究[J]. 太原城市职业技术学院学报, 2015(1): 149-150.
- [6] 王哲. 《汽车试验技术》数字化虚拟仿真实训的开发与探索[J]. 数字通信世界, 2019(5): 266.
- [7] 李琳辉,杨晓莉,连静,等. 汽车工程“控制原理与应用”课程实验教学研究[J]. 实验室科学, 2020, 23(5): 63-66.
- [8] 廖菊香,向庆忠. 新能源汽车电工电子技术的教学资源开发[J]. 时代汽车, 2021(10): 47-48.
- [9] 张营,江城城,孔令建. 职业本科教育背景下的课内实践课程开发——以电动汽车技术为例[J]. 农机使用与维修, 2021(12): 149-150.
- [10] 朱宗晓,郭佳琪,李可心,等. 基于虚拟样机的微缩智能车仿真教学实验开发[J]. 中国现代教育装备, 2021(13): 58-60, 69.

- [11] 李王争, 姜能惠. 汽车制造与试验技术专业对接职业标准的课程体系开发[J]. 汽车实用技术, 2022, 47(16): 146-151.
- [12] 吴光强, 何东伟. 虚拟样机及虚拟试验在汽车专业课程教学中的应用分析[J]. 机械管理开发, 2023, 38(10): 61-62, 67.
- [13] 张智明, 赵治国, 张娟楠, 等. 汽车液压传动虚拟实验教学平台设计及案例分析[J]. 汽车实用技术, 2023, 48(24): 156-163.