一链双翼三转变：项目导向的自动控制原理教学新范式

岳 萍　郑 骊　汪潇浦文　冯丹彤
成都工业学院机器人学院，四川 成都 611730

[摘要]《自动控制原理》是自动化类专业的核心课程，长期存在概念抽象难建直觉、实验偏验证难练设计、过程评价粗放难促投入三个问题。课程组提出并实践“一链双翼三转变”教学范式：以真实工程问题为牵引，把章节知识重组成“识别-建模-分析-设计验证”的工程工作流；自主开发免编程的虚拟仿真平台，同步建设含 600 余分钟教学视频、知识图谱、案例库与 AI 智学的智慧课程体系，形成课堂内外相互支撑的两个载体；依托“成工智学”平台采集全过程学习数据，把平时成绩由印象计分改为数据计分。近三年的实践表明，学生获学科竞赛国家级奖项 25 项、省级奖项 30 项，相关专业就业率保持在 92% 以上，课程相继建成四川省线下一流课程与省级课程思政示范课程。文末归纳了四条可复制经验，并讨论了仿真与实体实验配比、跨课程数据贯通两个有待研究的问题。

[关键词]自动控制原理；项目式学习；虚拟仿真；智慧课程；过程性评价
DOI：10.33142/fme.v7i10.20719　　中图分类号：G641　　文献标识码：A

One Chain, Two Wings, Three Transformations: A New Paradigm for Teaching Project-oriented Automatic Control Principles

YUE Ping, ZHENG Li, WANG Xiaopuwen, FENG Dantong
School of Robotics, Chengdu Technological University, Chengdu, Sichuan, 611730, China

Abstract: "Principles of Automatic Control" is a core course for automation majors, which has long been plagued by three problems: abstract concepts that are difficult to build intuition, experimental verification that is difficult to practice and design, and extensive process evaluation that is difficult to promote investment. The course group proposed and practiced the teaching paradigm of "one chain, two wings, and three transformations": taking real engineering problems as the driving force, reorganizing chapter knowledge into an engineering workflow of "identification - modeling - analysis - design verification"; Independently developing a programming free virtual simulation platform, synchronously constructing a smart curriculum system consisting of over 600 minutes of teaching videos, knowledge graphs, case libraries, and AI intelligent learning, forming two carriers that support each other inside and outside the classroom; Relying on the "Chenggong Zhixue" platform to collect learning data throughout the entire process, the usual grades will be changed from impression scoring to data scoring. Practice in the past three years has shown that students have won 25 national level awards and 30 provincial level awards in subject competitions, and the employment rate of related majors has remained above 92%. The courses have been successively established as first-class offline courses and provincial-level ideological and political demonstration courses in Sichuan Province. At the end of the article, four replicable experiences were summarized, and two issues that need to be studied were discussed: the matching of simulation and physical experiments, and the integration of cross course data.

Keywords: automatic control principle; project-based learning; virtual simulation; smart curriculum; formative assessment

引言

《自动控制原理》是自动化等专业的学科基础核心课程。课程承担着由数学与电路基础向控制系统设计过渡的枢纽作用，内容直接支撑工程教育认证毕业要求中的“问题分析”“设计/开发解决方案”“使用现代工具”等指标点。

课程本身并不薄弱。团队自 2019 年起持续建设，已获批四川省地方应用型示范课程、四川省线下一流课程与省级课程思政示范课程，2024 年建成校级智慧课程，2025 年出版数字云教材。但建设投入并未自动换来学习成效的同等提升。问卷、作业与实验数据分析、平台行为追踪以及用人单位回访反复提示同一个事实：学生能复现超调量、

Copyright © 2026 by authors and Viser Technology Pte. Ltd.

调节时间的计算过程，却说不清“开环增益调大之后响应会怎样变化”；能按步骤完成验证性实验，却很少有机会自己提出指标、选择参数并承担设计后果。症结不在知识讲没讲，而在知识如何被组织、被使用与被检验。为此，课程组自 2022 级起重构课程，提出“一链双翼三转变”：用一条工程工作流重组知识，用两个自建载体支撑课堂内外，用三类可核查的过程数据衡量转变。本文阐述其逻辑、路径与成效。

1 教学困境的三个层面

1.1 会算不会想

在课程有限学时内要覆盖时域分析、根轨迹法与频域分析三种方法，讲授按教材章节顺序推进。三种方法在教材中并列成三个板块，学生容易把它们当成三套独立的解题套路，而不是同一系统的三种观察角度。更困难的是动态过程无法直接观察：由传递函数可以算出响应曲线，但“反馈”“稳定性”“阻尼”缺少可感知的物理对应，学生记住的是公式而不是直觉。课堂缺少“看得见、调得动、马上看到结果”的载体，概念只能停在纸面上。

1.2 会做题不会做事

实验以验证性接线与读波形为主，得到一条曲线即告完成。真实的设计流程——明确指标、选择结构、整定参数、测试验证、比较方案、改进迭代——被压缩成最后一步。学时与场地是硬约束：实体装置每次容纳的组数有限，参数调整与等待稳态的时间以十分钟计，一学期内学生很难完成第二轮迭代。没有可快速试错的环境，学生自然倾向于“做对一次就交”，设计能力的训练无处落地。

1.3 要我学而非我要学

课下遇到疑难时缺少可按薄弱点检索、能反复回看的碎片化资源，答疑集中在课间与微信群，教师难以规模化回应个体差异。还有评价问题：现行大纲规定期末考核占 60%、平时成绩占 40%，比例短期内难以调整；而这 40% 长期依据考勤与作业完成度等粗颗粒指标计分，学生平时的思考、尝试与协作基本不被看见。用什么计分，学生就往什么方向投入，这一条对学习行为的塑造远大于课堂上的反复强调。

2 总体设计

“一链”回答知识如何组织：打破章节壁垒，把课程重组成“识别-建模-分析-设计验证”的工程工作流，让学生经历一次微缩的工程实践，知识在项目推进中被需要，而不是按目录被安排。

“双翼”回答课堂靠什么支撑：一翼是自主开发的虚拟仿真平台，承担课堂内的情境呈现与即时反馈；另一翼是智慧课程体系，承担课堂外的资源供给与智能辅导。两翼自建，案例可随产业与学情更新，数据可回流教学改进，不必受制于外部工具的改版与停用。

“三转变”回答成效如何衡量：把“从会套公式到会建直觉”“从会做题到会做事”“从要我学到我要学”落到可核查的过程数据上——直觉体现于调参前后的预判与解释，做事体现于设计迭代记录与方案比较，主动性体现于检索、回看与自测的行为轨迹。

三者并非并列：一链决定学生经历什么，双翼决定经历能否发生，三转变决定经历是否被记录与评价。

3 改革实践

3.1 铸一链：按工程工作流重组教学内容

重组后，课程以一个贯穿全学期的工程对象为主线。以温度控制系统为例：先观察被控对象的响应现象，形成对惯性、滞后与振荡的感性认识（识别）；再由机理或实验数据建立传递函数与状态空间模型（建模）；继而在时域、根轨迹与频域之间切换，判断稳定性并评价稳态与动态性能（分析）；最后提出性能指标、设计控制器、验证抗扰动能力并比较不同方案的代价（设计验证）。三种分析法由此不再是分别背记的三章内容，而是回答同一问题时可以替换的三副眼镜。综合设计与验证环节的学时占比随之提高（见表 1）。

表 1　教学内容重组前后对照（学时，斜杠后为重组后）

工作流环节	重组前的对应章节	学时
现象识别与对象建模	控制系统的数学模型	8/8
时域：稳定性与动态性能	时域分析	12/10
根轨迹：参数变化的影响	根轨迹法	6/6
频域：稳定裕度与性能对应	频域分析	10/10
状态空间初步	现代控制基础	4/4
控制器设计与方案权衡	系统校正	8/8
项目式迭代实验	验证性实验	8/10

项目选题强调在地性。课程组把四川清洁能源装备制造等区域产业场景，以及科研项目与学科竞赛成果转化为结构化教学项目。真实背景带来的不只是兴趣，还有教材中刻意回避的工程约束——执行机构饱和、传感器噪声、模型参数不确定、成本与可靠性的权衡。这些约束正是高阶工程能力的生长点，也是课程思政得以自然嵌入的接口。

3.2 强双翼之一：自主开发虚拟仿真平台

平台的第一原则是降低操作门槛，学生不需编写代码，也不需搭建硬件，只需完成参数配置即可获得直观效果，做到“参数一改、结果立现”。第二原则是贴着工程建，每个项目以真实工程对象为背景，而非抽象的示例系统。第三原则是贴着知识点建，项目明确对应核心知识点与能

Copyright © 2026 by authors and Viser Technology Pte. Ltd.

力指标，界面简洁，结果可导出用于报告与互评（见表 2）。

表 2　虚拟仿真平台的代表性实验项目

实验项目	工程背景与知识点	训练能力与思政触点
合成塔温控	化工与清洁能源装备反应温度控制，大惯性大滞后；对象建模、PID 整定、抗扰动设计	慢对象整定训练耐心与严谨；失控后果不可逆，强化安全意识与责任担当
火箭回收仿真	着陆段姿态与轨迹控制，多约束强扰动；状态空间建模、稳定性与鲁棒性分析	不确定条件下做设计，训练“留有余量”的系统思维；航天强国、科技报国
通用对象仿真	典型一阶、二阶及高阶对象，可配置；时域、根轨迹、频域三种方法对照	打通三种方法关联，建立动态直觉；多视角求证涵养辩证思维

平台的价值集中在三点。其一，降低门槛，学生的注意力放在“为什么这样变”而不是“怎么把程序调通”。其二，缩短反馈周期，从一周后批改的实验报告压缩到一两秒内的曲线刷新；即时性改变了学生的行为，课堂讨论也从“结果对不对”转向“为什么会这样”。其三，支持失败，学生可反复尝试，每次参数调整与迭代都被记录，既成为过程性评价的证据，也使失败从需要回避的结果变成可分析的材料。

3.3 强双翼之二：智慧课程体系

智慧慕课是资源底座。课程组累计录制教学视频 600 余分钟，按知识点切片并与课程结构对应，承担三项功能：课前预习，把课堂时间释放给研讨；课下答疑，把“问老师一次”变成“随时可学多次”；个性补偿，按薄弱点推送不同片段与练习。

知识图谱是关联中枢，把知识点之间的前修与支撑关系可视化：学生能看到当前知识点在整门课中的位置，不再孤立地学；教师据此定位班级共性薄弱点并推送适配资源。案例库把区域产业场景、科研项目与竞赛成果转化为结构化教学案例，与仿真项目、慕课视频相互索引，让真实工程约束持续进入课堂。AI 智学承担辅导助手角色，提供智能问答、即时反馈与个性化练习推荐，并把学习行为数据回流至学情画像。

四者协同带来的关键变化使课下学习变得可见：观看进度、回看热点、问答记录与自测结果接入学情分析，教师据此判断哪些知识点需要回炉、哪些内容可以少讲，这在一定程度上缓解了规模化教学中个性化辅导不足的矛盾。

3.4 促三转变：以过程数据做实平时成绩

改革不追求调整 60%与 40%的比例结构，着力点放在改计分依据。四个平时观测点全部接入平台数据：实验占 20%，由仿真平台的迭代记录、装置验收结果与组间互评综合确定；单元测试占 10%，依托平台自动批阅与错题画像；课堂表现占 5%，依据平台互动与发言记录；课后作业占 5%，按质量与规范性分档计分（见表 3）。

表 3　课程考核体系构成与计分依据

考核环节	权重	计分依据	育人指向
课堂表现	5%	平台互动与发言记录	敢于表达、求真务实
课后作业	5%	平台批阅与分档计分	严谨规范的工程习惯
单元测试	10%	平台自动批阅与错题画像	及时补缺、持续改进
实验	20%	仿真迭代记录＋装置验收＋组间互评	精益求精、责任担当、协作共赢
平时成绩小计	40%	全过程数据记录	把过程变成可衡量的成长
期末考核	60%	卷面成绩	系统思维、终身学习

价值引领被写进计分依据，而不是停留在教案里：实验评分要求写明设计权衡的依据与代价，避免“参数碰对了就满分”；装置验收要求回应“该方案在真实工况下会不会失效”；互评要求区分个人贡献，防止搭便车。过程不被计分，学生的投入方向就不会改变，这是三个转变能够落地的保障。需要说明的是，数据计分并不等于自动计分，教师仍需对迭代记录中的异常做人工复核，平台的作用在于让原本不可见的投入变得可查、可比、可追溯。

4 课程思政的融入路径

课程思政追求“盐溶于水”的有机融合，与高阶工程能力培养同向同行，课程已获批四川省课程思政示范课程并建成省级课程思政示范团队。思政元素嵌入“用仿真解决贴近产业的复杂工程问题”的全过程：参数微调中亲历“失之毫厘、谬以千里”，培育精益求精的工匠精神；合成塔温控中温度失控后果不可逆，强化“防患于未然”的风险意识与责任担当；多约束方案权衡训练工程系统思维与辩证思维；火箭回收与清洁能源装备等在地问题的求解，让学生树立“强国有我”的使命感与专业自豪感；团队互评中明确承担设计后果，涵养诚信与协作意识。

这类嵌入之所以不显生硬，是因为它并非知识点之外附加的环节，而是真实工程约束本身所携带的价值要求。学生在权衡成本、可靠性与响应速度时，实际上已经在做价值判断。

5 数据驱动的教学改进机制

“一链”与“双翼”的持续运转依赖数据。依托虚拟仿真平台、智慧课程体系、数字云教材与“成工智学”平台，课程形成了“感知-分析-决策-优化”的教学闭环：感知环节全程记录操作轨迹、设计迭代、测试结果与学习行为；分析环节基于数据生成知识掌握度与能力短板画像；

Copyright © 2026 by authors and Viser Technology Pte. Ltd.

决策环节由教师推送个性化资源、实施精准辅导；优化环节以评价数据反哺教学策略，动态调整讲授重点与实践安排。

这一机制改变了两端的节奏。对学生而言，反馈从“期末才知道学得怎样”变成“每次调参立即看到结果”。对教师而言，教学决策从凭经验判断转向看数据说话：某一轮授课的数据显示，班级在稳定裕度与动态性能的对应关系上错误集中，教师随即增加了一次对照实验，相应压缩了纯推导的讲授时间。这类调整不必等到学期末的学生评教。

6 改革成效

6.1 从会套公式到会建直觉

学生能够主动在时域、频域与根轨迹之间切换视角，调参之后能预判响应走向并说明判断依据。该能力向竞赛迁移的效果明显：近三年学生在 CIMC“西门子杯”中国智能制造挑战赛、全国大学生智能汽车竞赛等赛事中获国家级奖项 25 项、省级奖项 30 项。

6.2 从会做题到会做事

学生开始主动提出指标、反复整定参数、比较方案后再定稿，每一次迭代都留在平台记录里。就业端的数据印证了这一变化：在就业形势趋紧的背景下，相关专业就业率仍保持在 92%以上，稳居全校前列；用人单位反馈毕业生“上手快、能独立承担调试任务”。学生社团“工控创新社”2024 年获评校级优秀社团，学习投入由课内延伸到课外。

6.3 从要我学到我要学

课下遇到疑难时，学生习惯于检索并回看视频片段，或求助 AI 智学；观看进度与回看热点成为教师调整讲授重点的依据。平时成绩改为依数据计分之后，过程投入与课程成绩的相关性明显增强，投入的多寡在成绩上有了可见的区分度，这在以往以考勤为主的计分方式下难以实现。

6.4 课程建设与推广

课程建设呈现清晰进阶：2019 年获校级线下一流课程与课程思政示范课程，2020 年获四川省地方应用型示范课程，2021 年获四川省线下一流课程，2022 年获四川省课程思政示范课程，2024 年建成校级智慧课程，2025 年数字云教材出版。团队获全国电子信息类专业高校教师智慧教学案例竞赛全国总决赛一等奖、二等奖，建成省级课程思政示范团队。该模式已在本校自动化专业多门核心课程推广，仿真平台可移植至同类课程，慕课依托智慧树面向校内外开放。

7 可复制经验与讨论

第一，问题要真实。痛点应从课堂可观察的现象中凝练，而不是从技术出发反向寻找场景。虚拟仿真、知识图谱等手段若先于问题出现，很容易沦为展示性建设。

第二，知识要重组成工作流。章节顺序服务于知识体系的完整性，工作流服务于能力的形成，改革的关键是把后者显性化，让学生知道此刻所学要回答什么问题。

第三，载体要自建可控。自建的仿真平台与课程体系可保证案例随产业更新、数据回流教学改进，也避免了外部工具停用或改版带来的被动。

第四，评价改革不必等待比例调整。在总评比例难以变动的条件下，先把计分依据改为过程数据，学生的投入方向同样会改变。这条经验对同类课程具有直接的借鉴价值。

仍有两个问题需要进一步研究。一是仿真与实体实验的配比：仿真降低了门槛并提高了迭代频次，但装置带来的噪声、接线错误与真实时延等经验不可替代，如何在有限学时内确定二者的最优组合，仍需通过对照实验加以检验。二是跨课程迁移的数据标准：目前的学情数据主要服务于本课程，若要在专业层面形成贯通的能力画像，需要统一数据采集口径与描述方式，这涉及课程群层面的协同。

8 结语

“一链”让知识有了工程的样子，“双翼”让课堂内外都有了可依靠的支撑，“三转变”让改革成效看得见、说得清。课程由此从知识传授的场所转变为能力锻造的训练场。改革仍在推进，下一步将在仿真与实体实验的协同、专业课程群的数据贯通两个方面继续探索。

[参考文献]

[1]胡寿松.自动控制原理[M].7 版.北京:科学出版社,2019.
[2]中国工程教育专业认证协会.工程教育认证标准[S].2022.
[3]顾佩华,胡文龙,陆小华,等.从 CDIO 到 EIP-CDIO:汕头大学工程教育与人才培养模式探索[J].高等工程教育研究,2008(1):12-20.
[4]李志义.解析工程教育专业认证的成果导向理念[J].中国高等教育,2014(17):7-10.
[5]钟登华.新工科建设的内涵与行动[J].高等工程教育研究,2017(3):1-6.
[6]林健.工程教育认证与工程教育改革和发展[J].高等工程教育研究,2015(2):10-19.
[7]周开发,曾玉珍.新工科的核心能力与教学模式探索[J].高等工程教育研究,2017(4):22-28.

作者简介：岳萍（1980—），女，山东淄博人，副教授，山东大学控制科学与控制工程专业毕业，现就职于成都工业学院机器人学院，从事专任教师工作。

Copyright © 2026 by authors and Viser Technology Pte. Ltd.