

# Reform of Experimental Teaching in Network Engineering

Ming Zhu, Guangwei Xu, Zhen Zhang

School of Computer Science and Technology, Donghua University, Shanghai  
Email: zhuming@dhu.edu.cn, gwxu@dhu.edu.cn, 2171796@mail.dhu.edu.cn

Received: May 1<sup>st</sup>, 2018; accepted: May 17<sup>th</sup>, 2018; published: May 24<sup>th</sup>, 2018

---

## Abstract

With tides of times characterized by “Internet Plus”, “Made in China 2025”, AI, and blockchain, “Emerging Engineering Education (3E)” has become a new benchmark in the field of engineering education. Improving experimental teaching, which lets engineering education return to engineering, is an important step for the implementation of the “3E” scheme in network engineering education. The paper has deepened previous research results, summing up the cruxes of the matter and profoundly analyzing the intrinsic links between problems and solutions. It puts forward a new idea characterized by 1) learning from CCNA curriculum system, 2) heuristic teaching, 3) stereoscopic experimental system, and 4) virtual platform for reform of experimental teaching in network engineering.

## Keywords

Emerging Engineering Education (3E), Experimental Teaching, CCNA Curriculum System, Heuristic Teaching, Stereoscopic Experimental System, Virtual Platform

---

# 网络工程实验教学改革

朱 明, 徐光伟, 张 震

东华大学计算机科学与技术学院, 上海  
Email: zhuming@dhu.edu.cn, gwxu@dhu.edu.cn, 2171796@mail.dhu.edu.cn

收稿日期: 2018年5月1日; 录用日期: 2018年5月17日; 发布日期: 2018年5月24日

---

## 摘 要

伴随着以“互联网+”、“中国制造2025”、人工智能、区块链为特征的时代浪潮,“新工科”成为工

程教育领域的新号角。提高实验教学,让工程教育回归工程是网络工程教育施行“新工科”改革的重要环节。本文在前人研究成果的基础上进行了深化,总结了困境症结,深刻剖析了问题与解决办法之间的内在连接,提出了以借鉴思科CCNA课程体系、启发式教学、立体实验体系、虚拟平台为特征的网络工程实验教学改革新思路。

## 关键词

新工科, 实验教学, 思科CCNA课程体系, 启发式教学, 立体实验体系, 虚拟平台

Copyright © 2018 by authors and Hans Publishers Inc.

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

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



Open Access

## 1. 引言

伴随着以“互联网+”、“中国制造 2025”、人工智能、区块链为特征的时代浪潮,“新工科”成为工程教育领域的新号角。历史已经证明,每次工业革命的产生都推动着教育的根本性变革,并创建相应的教育体系[1]。网络工程教育作为典型的“新工科”,其改革进程自然应当自始至终贯穿“新工科”内涵。其中,提高实验教学、让工程教育回归工程是网络工程教育施行“新工科”改革的重要环节[2]。传承“应对变化、塑造未来”的建设理念,以创新、融合、共享为途径,培养多元创新型人才[2]是改革实验教学的方法论。潘志安等人认为实验内容脱节于市场需求、实验本身没有考虑对学习成果的检验和鞭策,需要引入思科 CCNA 课程体系并且建立一种反馈式的教学模式[3]。张万礼认为实验过程内容单一,提出一种多层次的实验内容构建模型[4]。杨畅认为实验设备昂贵是制约实验教学发展的原因,应当创建仿真的网络基础技术实验室[5]。笔者综合了前人的发现,梳理了当前网络工程教育存在的典型问题,并归纳为四大方面:培养内容重“学”轻“术”,培养过程缺实践、少启发,实验内容内涵单薄,实验平台落后。

## 2. 当前存在的问题

### 2.1. 培养内容重“学”轻“术”

培养内容没有重视新技术的引入,内容结构比例失衡。随着新科技成果的不断涌现,网络工程教育的培养内容必须紧跟市场,并不断地调整和优化[6]。当前的培养内容对经典知识进行了精心编排,忽视了新技术的传授,使得内容的结构不平衡:经典知识的比重大,新技术的比重小。在这种失衡的结构下,学生对流行技术的了解普遍滞后,学生对技术的使用表现为繁琐的部署方式、粗糙的代价权衡、低效的生产过程。

此外,培养内容没有面向企业,内容覆盖存在盲区。当前,网络工程专业的毕业生面临的直接挑战是对口的就业问题,这说明学生的技术能力不能和企业对接[5]。波音公司曾为此列出了他们亟需的工程师必备素质详单[6],更凸显了工程教育在“教”与“用”上的错位格局。企业开发侧重技术生产的效率、可分工协作的技术体系、可快速开发的技术工具、可降低错误的约定习惯,由于培养内容缺乏这些要素,学生很难适应工业生产的需求。

### 2.2. 培养过程缺实践、少启发

评价导向不在实践上。实践性强是网络工程专业的一大特征,学生的实践能力弱,与评价导向紧密相关。当前以笔试为主的评价方法,并不能正确引导学生在实践能力上的发展。评价的导向指向哪里,

学生的功力就用在哪儿，以理论为中心的导向不仅妨碍了学生在实践能力上的提高，更偏离了专业实践性强的特征。

同时，培养过程不注重启发性。经典网络知识体系的完备性伴随着天然的闭合性，学生不会主动思考网络技术的成因。同时，学生被灌输、被记忆的现象比较常见。技术的起源从何而来，技术的发展因何而起，对于学生来说无从答起。缺乏对技术源头的理解，“只知其然，而不知其所以然”，学生对技术的“舶来品”听之任之，可以想见学生的职业生涯好比“无源之水、无土之木”且不可持续发展。

### 2.3. 实验内容内涵单薄

体现在三个方面。首先，单一知识点的验证性实验太多。当前的网络工程课程实验，大多是对单一知识点的验证性实验[4]。通过验证性实验，理论知识能够得到一个直观的感性认识，但是，网络技术的应用从来都不是一个知识点的独立运用，也不是知识点间的简单拼凑。网络技术的应用需要学生正确把握知识点间的共性和协同点。过多的验证性实验，使学生的认知能力始终局限在单个知识点内，从而使学生缺乏综合运用知识的能力。

其次，实验内容割裂了技术的整体性。当前的实验内容过度地强调知识点的学习，而忽视了技术的整体性。技术的形成和发展源自需求的提出和自身的演化，有着其自身的运动规律。技术当中的知识点仅仅是为方便教学而作的提炼和总结，机械地学习零散的知识点，割裂了技术的整体性。学生不能理解技术的来龙去脉、不能形成对技术的完整认知、不能对技术的发展有一个整体的把握。

最后，实验内容简单。当前，综合性实验的方案已经延续多年，设计方法、集成方式和目前企业使用的一套方法差别太大。例如，在代码量上就有很大的差别。量变引发质变，代码量大的工程在语法约定、目录结构、程序设计等方面表现出明显的专业性，需要学生遵循书写规范、全面把握模块间的作用关系、准确记忆细节的分布位置。由于缺乏这些要素的训练，学生面对大体量工程时显得力不从心。

### 2.4. 实验平台落后

网络设备单一。网络工程专业的学习离不开网络设备的支撑，一般的上机实践环境做不到多样网络设备的提供，学生对各种网络设备的理解只能停留在书本上。单一的网络设备制约着实验内容的丰富性，实验内容只能停留在局域网组建、综合布线、连通性测试等方面，难以胜任网络的协议、架构、系统、安全测试等方面的教学与研究[4]。

由于网络设备资源紧张，学生对某一网络设备进行调试时，对单一设备具有独占性，而学生所从事的实验可能仅仅是简单的验证性实验，导致设备的利用效率不高。

## 3. 应对问题的举措

### 3.1. 借鉴思科 CCNA 课程体系的内容

“行业指导、企业参与”是“新工科”改革的一大内涵[2]，是解决培养内容结构失衡、扫除培养盲区的关键之举，而思科 CCNA 课程体系与这一内涵不谋而合。思科 CCNA 是由思科公司推出的评价标准，用于检验网络技术工作者的技能水平。该认证是互联网领域的国际权威认证，并享有广泛地认可。思科 CCNA 课程体系紧贴行业发展前沿，与市场紧密结合，使学生学有所用、增强就业竞争力[3]。借鉴思科 CCNA 课程体系的内容，可以精准地解决当前培养内容中的结构失衡和培养盲区问题。

### 3.2. 建立积木、拼图、故障式的测试案例库进行启发式教学

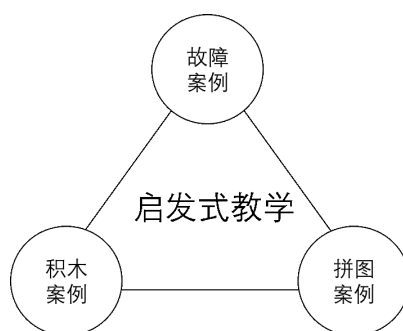
“强化教学实验、科学实践”，是“新工科”改革的重要要求[2]。为此本文采用了图 1 所示的启发

式教学方式,通过设计相关知识点的测试案例库,检测学生对知识的理解和掌握程度,促使学生主动实践、启发式思考[3]。① 建立积木式离散的测试案例。对于多模块的网络编程项目,为了考察学生对特定模块的作用的理解及模块之间的协同关系,将模块内容平铺地放置在一个文件夹中,让学生将文件按正确的层次结构合理放置,考察学生对模块的理解程度;② 建立拼图式空缺的测试案例。对于完整的可正常运行的网络编程项目,删除项目当中的一部分内容,让学生补充缺失的内容,考察学生对项目的配置能力;③ 建立故障式错误的测试案例。对于可正确执行的网络编程项目,改错项目当中的某一内容,让学生更正项目中的错误,考察学生对项目的纠错能力。这类以实践为基础、以启发为特征的测试案例,促使学生主动实践、主动启发,精准地改善当前培养过程当中缺乏实践及启发的问题。

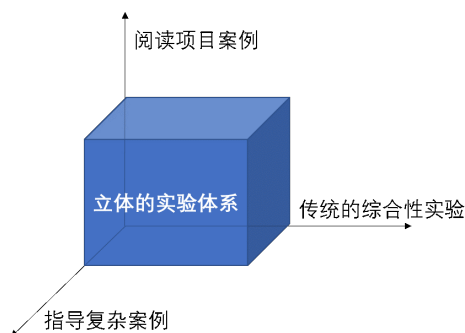
### 3.3. 建立立体的实验体系

在原有的以“传统的综合性实验”为一维空间的基础上,增加了“阅读项目案例”、“指导复杂案例”两个新的维度,丰富了旧有单薄的实验内涵,构造出新的立体的实验体系,如图2所示。

“将产学研资源转化为育人优势”,是“新工科”改革的重要途径[2]。革新传统的以实践为单一内涵的实验,将“读源码”、“学案例”补充进来,丰富实验维度,构建立体的实验体系。① 通过课程设计开展综合性实验。课程设计要求学生综合运用所学知识,完成具备系统特征的程序设计。通过课程设计,能够改善学生对单一知识点的理解,促使学生进一步掌握知识点之间的连接,能够精准地解决单一验证性实验过多的问题。② 阅读开源的项目案例。实验内容不是一味地埋头实践,“他山之石,可以攻玉”。



**Figure 1.** Setting up experimental cases characterized by component, blank, and faulty encourages students to think deeply  
**图 1.** 建立积木、拼图、故障式的实验案例库,促使学生启发式思考



**Figure 2.** The stereoscopic representation of the experimental system  
**图 2.** 实验体系的立体图形表述

通过开源项目展开学习,培养学生阅读代码的能力。开源案例的背后是真实全面的需求,需要处理项目建设过程中完整的技术问题,能够培养学生对技术的完整见解,可以精准地改善当前忽略技术整体性的问题。③ 聘请企业讲师指导复杂案例。实验内容水平的提升,依赖于传道解惑的老师。“人尽其才,物尽其用。”企业有着成熟的技术积累和开发经验,企业讲师更适合向学生指导复杂案例。聘请企业讲师指导复杂案例,利用企业的技术优势,能够训练学生应对复杂项目的能力。

### 3.4. 建立虚拟的全能网络实验平台

“创建虚拟学习环境(Virtual Learning Environment, VLE)”,是“新工科”改革在教学模式上的前沿探索[1]。以实验平台虚拟化作为突破口,是解决当前实验平台落后和试验“新工科”理念的一石二鸟之举。革新实验平台,重点从两个方面着手:① 构建丰富设备类型的网络实验平台[4]。网络实验平台应该提供包括交换机、路由器、防火墙、网桥等网络设备和不同类型的网络电缆,尽可能满足教材内容涉及到的各种硬件设备。② 构建虚拟化的网络实验平台[5]。网络设备的价格昂贵,并且用于实验的网络设备容易出现资源紧张但利用率不高的情况。构建虚拟化的网络实验平台,通过软件模拟网络设备的工作细节,节省了设备的采购成本,降低了学生的实验门槛,有效地改良了实验平台落后的问题。

## 4. 结语

传承“应对变化、塑造未来”的建设理念,以创新、融合、共享为途径,培养多元创新型人才,是网络工程教育顺应“新工科”改革的同脉之举。提高实验教学,让工程教育回归工程是网络工程教育施行“新工科”改革的重要环节。面对培养内容、培养过程、实验内容,实验平台的不足之处,笔者认为思科 CCNA 课程体系与“新工科”改革的内涵不谋而合,借鉴该体系是优化培养内容的最佳举措;建立积木、拼图、故障式的测试案例库以启发式教学响应了“新工科”改革的重要要求,产生了以实践为基础、以启发为特征的培养过程;建立立体的实验体系是“新工科”改革途径的具体实践,丰富了传统的单薄的实验内涵;建立虚拟的网络实验平台是“新工科”改革在教学模式上的前沿探索,是改善平台落后的着手方向。笔者本着有的放矢的原则,侧重剖析问题与解决办法之间的内在连接,力求论述过程兼具全面性和深刻性,为网络工程实验教学改革提供新方案。

## 基金项目

上海市教育科学研究项目(C160076),东华大学教学改革项目。

## 参考文献

- [1] 周开发,曾玉珍. 新工科的核心能力与教学模式探索[J]. 重庆高教研究, 2017, 5(3): 22-35.
- [2] 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.
- [3] 潘志安,王金峰,王茂发. 基于思科认证的网络工程课程实验教学内容探讨[J]. 黑龙江科技信息, 2014(14): 153-153.
- [4] 张万礼. 计算机网络实验教学改革[J]. 阴山学刊, 2017, 31(3): 126-128.
- [5] 杨畅. 基于思科网院的高职计算机网络基础课程教学的探究[J]. 办公自动化, 2014(24): 38-39, 53.
- [6] 王硕旺,洪成文. CDIO: 美国麻省理工学院工程教育的经典模式——基于对 CDIO 课程大纲的解读[J]. 设计艺术研究, 2009, 28(4): 116-119.

**知网检索的两种方式：**

1. 打开知网页面 <http://kns.cnki.net/kns/brief/result.aspx?dbPrefix=WWJD>  
下拉列表框选择：[ISSN]，输入期刊 ISSN：2160-729X，即可查询
2. 打开知网首页 <http://cnki.net/>  
左侧“国际文献总库”进入，输入文章标题，即可查询

投稿请点击：<http://www.hanspub.org/Submission.aspx>

期刊邮箱：[ae@hanspub.org](mailto:ae@hanspub.org)