

# 循理探微，智驭电路

## ——经典教学与现代AI融合的《电路原理》 课程创新

丁莹莹\*, 俞洋, 崔渊, 高倩, 陈樱鑫

江苏理工学院电气信息工程学院, 江苏 常州

收稿日期: 2025年7月15日; 录用日期: 2025年8月13日; 发布日期: 2025年8月22日

### 摘要

《电路原理》是面向电类专业本科生的重要专业基础课，也是应用电子技术教育专业的一门核心专业基础课，该专业旨在培养“走上讲台是老师，走进车间是师傅”的新时代“双师型”教师，学校是以工科为主、培养高级应用型人才(含职教师资培养)为特色的地方应用型本科高校。通过引入AI技术辅助教学系统，不仅可以实现个性化学习路径的规划，根据学生的学习进度和能力提供定制化的教学内容和难度调整；还可以进行智能评估与反馈，及时检测学生的学习成效，指出知识盲点，并提供针对性的强化练习。此外，虚拟实验室与AI模拟工具的结合，使学生能够在无实体电路的情况下进行实验操作，增强实践能力。定量数据显示：实验组在电路分析题的得分率(95.3%)显著高于对照组(73.5%,  $p < 0.01$ )。在经典教学与现代AI融合的教学模式下，电路原理教学成效明显，有效实现了教学相长，同时也为其他同类型高校提供了示范。

### 关键词

现代AI, 电类专业, 《电路原理》, 课程创新

# Principle Exploration and Intelligent Circuit Mastery

## —Innovating *Principles of Circuits* Courses through Classic Pedagogy and Modern AI Integration

Yingying Ding\*, Yang Yu, Yuan Cui, Qian Gao, Yingxin Chen

School of Electrical and Information Engineering, Jiangsu University of Technology, Changzhou Jiangsu

\*通讯作者。

文章引用: 丁莹莹, 俞洋, 崔渊, 高倩, 陈樱鑫. 循理探微, 智驭电路[J]. 职业教育发展, 2025, 14(8): 321-329.  
DOI: 10.12677/ve.2025.148387

## Abstract

*Principles of Circuits* is an important professional basic course for electrical engineering undergraduates and a core component of Applied Electronic Technology Education. This program cultivates “dual-qualified” educators—individuals who serve as both classroom teachers and skilled workshop technicians—aligning with the demands of modern technical education. The school is a local applied university mainly focusing on engineering and specializing in the cultivation of advanced applied talents (including vocational teacher training). By introducing an AI technology-assisted teaching system, it is not only possible to plan personalized learning paths, provide customized teaching content and difficulty adjustments based on students’ learning progress and abilities; but also to conduct intelligent assessment and feedback, timely detect students’ learning effectiveness, point out knowledge blind spots, and provide targeted reinforcement exercises. Moreover, the combination of virtual laboratories and AI simulation tools enables students to conduct experimental operations without physical circuits, enhancing their practical abilities. Quantitative data show that the score rate of the experimental group in circuit analysis questions (95.3%) was significantly higher than that of the control group (73.5%,  $p < 0.01$ ). Under the teaching model that integrates classic teaching with modern AI, the teaching effectiveness of *Principles of Circuits* is remarkable, effectively achieving mutual improvement in teaching and learning, and also providing a model for other similar universities.

## Keywords

Modern AI, Electrical Engineering Major, *Principles of Circuits*, Course Innovation

Copyright © 2025 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

教育数字化是主动适应新一轮科技革命和产业变革的必然选择，更是促进更高质量教育公平的必然要求，在推进国家教育数字化战略行动的背景下[1]，人工智能在高等教育中正发挥着日益重要的作用。高等教育迫切需要在育人理念、教学模式、评价体系等各个方面进行深层次改革，塑造“智能”高等教育新生态[2][3]。作为以工科为主、培养高级应用型人才为特色的地方应用型本科高校[4]，培养重心需要从“学知识”向“强能力”转变，教学要从“师生交互”向“师/生/机”深度交互转变，学生要从“被动学习”向“主动学习”转变[5]。《电路原理》作为高等学校电类专业，包括电子、电气、通信等专业的专业基础课，也是应用电子技术教育专业的一门学科专业基础课[6]。课程依托国家一流电子信息专业建设平台，深度融合电子信息基础课程虚拟教研室资源，借力电路虚拟仿真平台与实体实验室的虚实联动支撑体系，构建了多维立体的教学场所。本课程聚焦应用电子技术专业，立足工学电子信息学科框架，属于从事职教师资培养的本科专业。该专业是结合学校应用型本科建设的发展方向，对接电子信息产业发展前沿，面向企业发展对应用型高级专门人才的需求以及国家对中高等职业学校对职教师资培养的需要，培养“上讲台能传道授业，下车间可驭器精工”的新时代“双师型”教师。

## 2. 课程创新——“循理探微，智驭电路”

### 2.1. 循理探微

电路原理课程中涉及众多基础概念和理论，包括基尔霍夫定律、欧姆定律等电路分析理论，且电路分析方法复杂多样。这需要学生在具备一定数学计算能力、理解基本物理概念和物理本质的基础上，根据电路的特点选择合适的分析方法(诸如微积分等)进行求解。在结合 AI 技术的创新模式下，把抽象而基础的概念以直观化、可视化的形式呈现，从而构建一个系统化、网络化的知识体系框架。与此同时，把复杂多变的电路进行简化，帮助学生深入理解电路原理中的微末细节。

### 2.2. 智驭电路

在掌握了电路中基本概念和分析方法的基础上，深度融合生成式 AI 技术与多模态虚拟仿真(如 Multisim 动态建模)，实现复杂电路结构的多维可视化呈现与特性智能诊断。课程依托产教融合真实项目，构建“理论解析 - 仿真验证 - 实体调试”的三阶实训链条。通过导入智能制造企业案例库，引导学生深度理解技术创新对社会发展的驱动效应，并在开放式工程任务(如职教智能教具开发)中淬炼系统思维与跨界创新能力。这种“AI 赋智 + 虚实联动 + 价值引领”的教学范式，为应用电子技术教育专业学生奠定“精理论、强实践、善创新”的复合能力基石，使其未来既能胜任职业院校电路课程教学，又可进行智能制造技术等方面的改造，为未来的职业发展奠定坚实基础。

## 3. 实施过程

本课程创新基于“循理探微，智驭电路”的教学设计，在课前、课中、课后以及考核的各个教学环节中，如图 1 所示：



Figure 1. Diagram of teaching design  
图 1. 教学设计图

### 3.1. 课前：AI 赋能预习，构建电路知识框架

本课程精心策划并组织了教学内容，依托“十三五”江苏省高等学校重点教材《工程电路分析基础》，

科学拆分为电阻电路分析、正弦稳态电路分析和动态电路的时域分析三大模块。在课前预习环节中，通过学习通发布知识点小视频，学生利用碎片化的时间观看简短的视频了解本节课的基本物理概念如基尔霍夫定律、电阻、电容、电感元件等课程核心物理概念。观看完预习视频后，配备简短的测验题，形式包括选择和判断以及填空题。学生完成预习任务后，基于混合推荐算法，主要是学生预习精细化的数据分析，包括学生观看视频的时长、答题时长、答题正确率等信息，逐一匹配知识点标签(如“戴维南定理”)，精准总结出学生薄弱的知识点。任课教师在收到统计数据后，能够迅速而准确地把握学生的学习难点，进而有的放矢地调整和优化授课内容。这种基于数据驱动的教学策略，不仅极大地提升了教学的针对性和实效性，还为学生提供了更加个性化、精准的学习支持。

### 3.2. 课中：AI 辅助教学，深化电路理论实践

基于课程教学内容和学生预习作业中所反馈的知识点难点这两大方面，结合雨课堂 AI 技术，智能推荐并完善相关教学资源，比如 PPT、AR 交互动画、H5 交互页面视频相关实例等，能够快速帮助任课教师本节课教学内容。

例如，在介绍电容器这一基本电路元件时，学生往往对其储能电荷和释放电荷的过程感到抽象且难以理解。传统的教学方式往往难以直观展示电荷这种看不见、摸不着的微观粒子的运动过程。但在实际教学中，用生动形象的动画将这些抽象的概念通过动画或实验视频形象地呈现出来。视频中，电子的运动轨迹、能量的传输过程都被生动地描绘出来，使学生能够直观地看到电容器在充电和放电过程中电荷的流动和能量的转换。而在这个过程中，AI 发挥着不可或缺的作用。它能够精准快速地分析学生的学习需求和掌握情况，自动从庞大的教学资源库中筛选出与电容器储能电荷和释放电荷知识点相匹配的高质量视频。这些视频不仅内容准确、画面清晰，还能通过动画和实验演示，将复杂抽象的电荷运动过程转化为直观易懂的视觉信息，帮助学生更好地理解和掌握这一知识点。在课堂上，雨课堂还可以作为智能助教，协助教师进行签到、点名、推送弹幕等操作，增加课堂互动性。雨课堂所提供的实时课堂数据能够直观快速地反馈学生及时的学习效果，查看课堂问答情况，包括正确率、错题分布以及答题速度等关键指标。基于实时反馈的数据，并结合预习效果，任课教师可以立即调整教学内容和方法，例如发现某道题正确率较低，可以对于错误选项进行即刻的重点讲解或补充分析，确保每一位学生能够跟上课堂节奏，尽可能地避免知识漏洞累计，争取不把课堂的问题遗留到课后解决。

与此同时，实时数据反馈分析机制也鼓励学生更加积极地参与课堂互动。知道自己的回答会被即时统计和展示，学生会更有动力参与讨论和答题，这不仅增加了课堂的活跃度，也促进了学生之间的思维碰撞和相互学习。

### 3.3. 课后：AI 智能复习，巩固复习电路知识

根据课前和课中学生学习情况的反馈，基于 BERT 和 Seq2Seq 模型搭建的智能答疑系统，帮助学生巩固知识。先通过解析自然语言问题，接着匹配电路知识图谱，最后生成结题步骤。在此基础上还会进行相应的知识点迁移。在作业批改方面，基于规则引擎和图像识别技术，客观题可以直接匹配表达式答案，而主观题利用对关键步骤特征提取(如 KCL 方程列写的完整性)，能够快速帮老师批改作业并形成作业报告。这种“数据驱动精准干预、人机协同动态优化”的智能助学闭环，不仅实现了因材施教的规模化落地，更通过释放教师机械性劳动负荷，使其得以聚焦教学设计创新与工程实践指导。

### 3.4. 考核：AI 精准评估，全面检测学习成效

为了全面、客观地评价学生的学习成效，本课程采用“N+1”评价体系，科学全面地评价学生在教学的各个环节，促进其全面发展，总评成绩由期中测试(10%)、平时作业包括线上习题课后作业(20%)、

单元测试(20%)和期末考试(50%)，每个部分检测的侧重点和目标各有不同。

AI技术在N+1考核中的应用，主要体现在对考核过程的智能化管理和优化上。比如基于大数据分析，精准地了解每一位学生的学习习惯、知识点掌握情况，结合平时表现(如作业完成情况、在线互动频率、错题记录等)和期末综合表现给出总评分数，这种评估不仅关注学生的学习成绩，还重视学生学习过程和学习态度以及高阶思维的锻炼。

#### 4. 教学成效

本课程在课前、课中、课后以及考核四个教学环节中适时地使用AI技术，课程以学生为中心，激发学生兴趣。学生自我能力提升方面得到一定程度提高，主要包括：自主学习能力、理论联系实际能力、持续学习动力以及团队合作能力等多个方面。对基础概念与理论的理解进行巩固，掌握电路分析方法并能够根据电路的特点选择合适的分析方法进行求解，灵活解决复杂电路的简化与求解，将理论与实践紧密结合，能够把所学理论知识应用于实践。具体地，本课程采用“N+1”考核方式，课程目标达成情况具体评价方法如下：

$$\text{课程目标达成评价价值} = \frac{\sum \text{对应课程目标各考核环节平均得分}}{\text{对应课程目标考核环节总分}}$$

课程目标达成情况直接评价结果如表1所示：

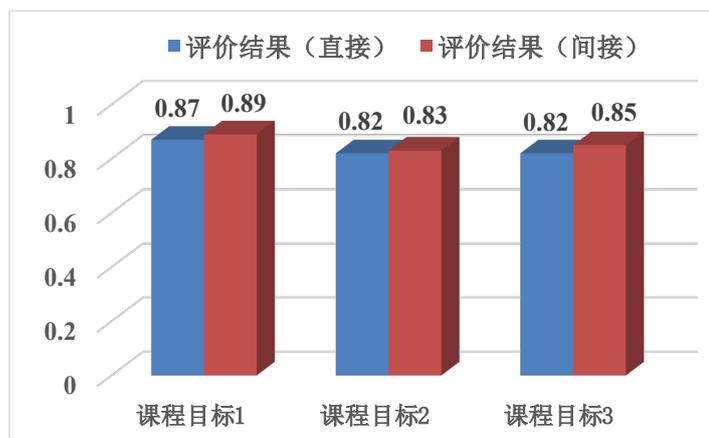
**Table 1.** Evaluation results of course goal achievement degree

**表 1.** 课程目标达成度评价成果

课程目标	支撑毕业要求观测点	总分	实际得分	评价结果
课程目标 1	1.2	35	30.6	0.874
课程目标 2	1.3	40	32.9	0.822
课程目标 3	2.1	25	20.6	0.822

从评价结果中可以看出，从评价结果中可以看出整体课程目标的达成情况较好，其中课程目标1为0.874，课程目标2和课程目标3均为0.822。

此外，为了更好地了解学生使用AI技术进行课程学习后的自我评价情况，设计了对应调查问卷，学生针对具体的问题给出自己相应能力获得的主观评价，结合直接评价和间接评价的结果，如图2所示：



**Figure 2.** Results of course objective achievements

**图 2.** 课程目标达成结果

结果显示,所有课程目标达成情况的间接评价结果均超过了 0.80,说明 2023 级应用电子技术教育专业的学生对课程目标相应能力的获得情况的自我评价较好。同时也看出,每项课程目标直接评价结果和间接评价结果的差值分别为 0.02、0.01 和 0.03,均小于 0.05,说明两种评价方法在整体上一致性较强。

为了更好地衡量结合 AI 教学的效果,采用了对照组和实验组。针对 2023 级电路原理课程所教授的两个专业应用电子技术教育专业(实验组)和物联网技术专业(对照组)分别采用了 AI 融合的教育模式,和传统教学与实体实验的模式。在同样的课时、教材和实验设备情况下,通过对比期末考试成绩、电路故障排除实操测试和学习动机量表分别在认知领域、技能领域等方面对比教学效果。

### 5. 创意特色：虚拟仿真实验平台

除了利用雨课堂智慧课堂外,课程教学过程中还利用了虚拟仿真实验平台,丰富了教学内容与形式,为学生提供了充满挑战与机遇的学习环境,有助于培养高阶思维能力。虚拟仿真实验平台极大地便利了教师的教学工作,它不仅能够帮助配合老师高效地发布实验内容,还能自动进行作业批改与评分,精准地分析并识别出学生在学习过程中的薄弱点。该平台精心设计了八个实验项目,这些实验全面覆盖了教学内容中的核心知识点,巧妙地将理论知识与实践操作相结合。通过这样的实验设计,学生能够亲身参与并体验电路中的基本物理概念,深入理解和掌握电路分析方法。这种理论与实践相结合的教学模式,不仅加深了学生对知识的理解和记忆,还培养了他们的动手能力和问题解决能力,如图 3 所示:

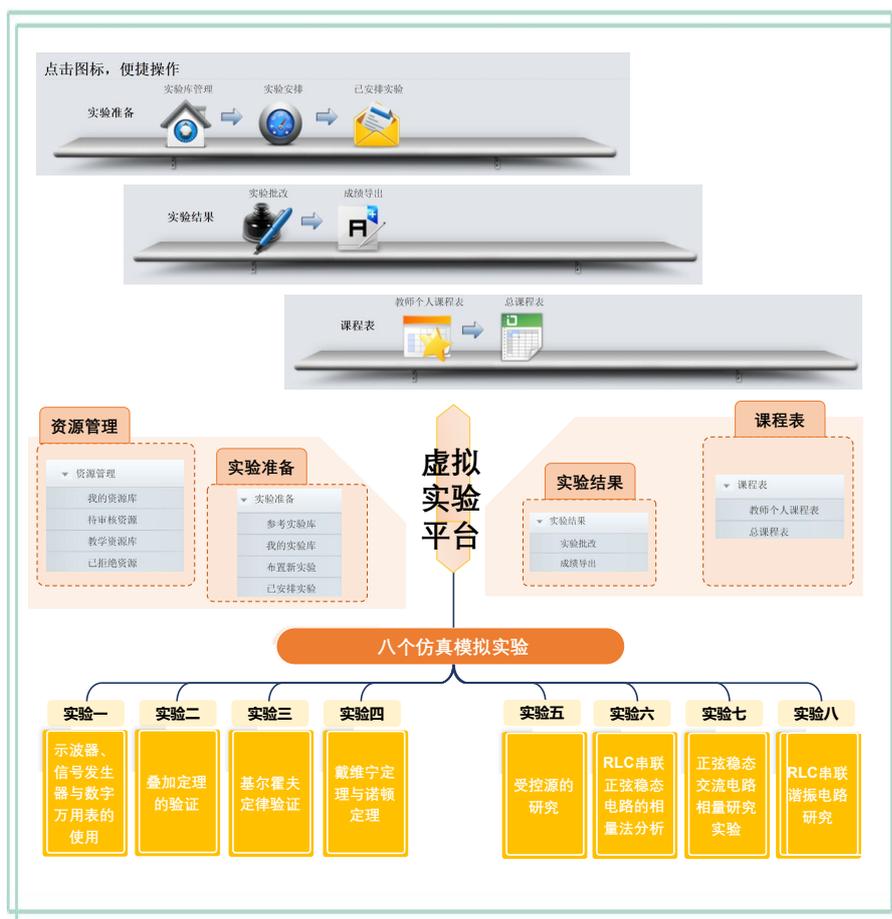


Figure 3. Virtual simulation experiment platform  
图 3. 虚拟仿真实验平台

虚拟仿真实验平台包括资源管理、实验准备、实验结果和课程表四大模块，每个模块内还设有相应内容。在结合 AI 技术过程中，可以完成从电路理论到实际应用中的关键一环，主要包括：

- **智能布局优化：**AI 技术可以通过学习和分析大量的布局数据，自动优化电路板的布局设计。例如，根据信号完整性和抗干扰需求，智能调整元器件的位置和布线路径，从而优化电路板的性能和可靠性。
- **智能电路分析：**利用大数据分析技术，AI 可以对电路的性能进行智能化评估和分析。通过智能电路分析，学生可以快速发现潜在问题和优化方案，提高设计效率和准确性。
- **智能故障诊断：**在虚拟仿真环境中，AI 技术可以实现对电路运行数据和故障信息的智能分析，从而快速识别和定位故障点。这有助于学生在虚拟环境中进行故障排查和修复，提高设计可靠性和稳定性。
- **智能仿真优化：**AI 可以在仿真过程中进行智能优化，根据仿真结果和设计目标，自动调整仿真参数和模型，从而提高仿真效率和准确性。

## 6. 研究局限与未来方向

### 6.1. 虚实实验的互补性挑战

虚拟仿真虽突破时空限制，但其在多感官反馈的传递上存在固有局限，包括触觉缺失(无法模拟导线熔断时的温升变化、继电器吸合震动等物理信号)、嗅觉空白(元器件过载烧毁的特殊气味等安全警示信息难以传递)、实时性偏差(理想化模型无法完全复现实际电路中的电磁干扰现象)。未来将构建混合实验模式，具体地分为基础层、综合层、和融合层。基础层采用虚拟平台完成 80%单元电路验证实验课降低耗材成本，综合层保留 20%实体实验用于复杂系统调试(比如光伏逆变器故障诊断等)，融合层通过 AR 眼镜叠加虚拟数据到实体电路(比如实施显示 PCB 热力图)。

### 6.2. 数字素养差异化的公平性

调研数据显示，农村生源学生(占比 37%)对 AI 工具适应周期较城市生源长。具体表现在虚拟仿真平台操作失误率高和使用 AI 答疑系统频率低。对此未来计划展开“数字鸿沟跨越计划”，具体地：

- **分级预修：**开设《电路仿真数字素养》前置微课，开发离线版轻量化平台；
- **适应性资源包：**制作图文操作手册(包含每个步骤截图)；
- **动态分组策略：**按照数字素养测评结果实施异质分组，设定“技术担当-记录仪-操作员”角色轮换制度。

### 6.3. 算法偏见与信息茧房风险

智能推荐系统存在“马太效应”强化倾向：对薄弱知识点反复推送同类题型(如戴维南定理计算题占比达 73%)，导致学生知识结构碎片化、高阶思维训练不足。未来一方面可以引入  $\epsilon$ -贪婪策略即强制 10%题目来自非关联知识点(如谐振电路题穿插于动态分析训练)，结合添加多样性因子：基于 Shannon 熵优化推荐队列(目标熵值  $> 2.8$ )；另一方面教师人工干预接口：可覆盖推荐结果并标注干预原因。

## 7. 结语

在职业教育数智化转型浪潮中，《电路原理》课程的创新实践直面应用电子技术教育专业建设的核心命题——如何培养“精教学、通技术、善创新”的新时代双师型人才。作为贯通教育链与产业链的关键课程，其既要传承经典理论的教学基因，更需回应智能制造产业对技术复合型师资的迫切需求。本课程创新的价值在于构建了“虚拟仿真为核，AI 赋能为翼、双师素养为魂”的系统育人方案。通过自主搭建电路虚拟仿真实验平台，打破传统实验的设备局限与安全风险，弥合了理论教学与产业实践的时空鸿

沟。借力 AI 技术，同步追踪学生“教学设计与电路工程”双维能力成长，为“上讲台能传道、下车间可精工”的培养目标提供量化支撑。展望未来，“智驭电路”的探索应超越技术工具的应用层面，致力于构建教育价值与产业价值深度交融的职教新生态。当虚拟仿真平台成为连接职教课堂与智能工厂的神经中枢，当电路教师兼具技术传播者与产业创新者的双重身份，职业教育方能真正实现从规模发展向内涵建设的跃迁。这不仅是数智时代赋予电路教育的历史使命，更为深化产教融合、支撑制造强国建设指明了必由之路。

## 基金项目

本工作感谢以下项目的赞助：江苏省高等教育教学改革研究课题(2023JSJG372)；江苏理工学院教学改革与研究项目(11610212418)；常州市科技计划项目(CJ20235056)；常州市领军型创新人才引进培育项目(CQ20230077)。

## 参考文献

- [1] 邢占军, 王晶心. 高等教育数智化转型赋能新质生产力的内在机理与实现路径[J]. 南京社会科学, 2024(12): 155-162.
- [2] 于冰楠, 杨慧. 数智化转型助推开放教育高质量发展路径研究[J]. 现代职业教育, 2023(35): 177-180.
- [3] 吴凡. 人工智能时代下的创新教育探索研究[J]. 职业教育发展, 2024, 13(2): 503-509.  
<https://doi.org/10.12677/VE.2024.132083>
- [4] 曲殿彬, 赵玉石. 地方本科高校转型发展的问题与应对[J]. 中国高等教育, 2014(12): 25-28.
- [5] 李逢庆. 混合式教学的理论基础与教学设计[J]. 现代教育技术, 2016, 26(9): 18-24.
- [6] 陈旭, 杨振波. 面向职业本科的电路原理教学[J]. 教育研究, 2021, 4(6): 46-47.

## 附录

## 《电路原理》课程目标达成情况调查问卷

2023-2024-2 学期

专业：应用电子技术教育 班级：23 电子教育 ZS

序号	目标	内容	达成情况评价等级				
			5	4	3	2	1
1	1	了解电路的组成、实际元件与理想元件的区别，了解电路模型和额定值的意义。					
2	1	熟练掌握电流、电压的参考方向和数值正负的意义及在分析计算电路时的应用；掌握电路中电位的计算。					
3	1	熟练掌握运用关联参考方向概念正确计算电路问题。掌握元件吸收、提供功率的计算和判断。					
4	1	掌握电压源、电流源、受控源的直流电路计算；熟练掌握基尔霍夫定律。					
5	1	掌握电阻、电容、电感元件伏安关系，电容、电感元件储能及电容电压、电感电流的连续性性质。					
6	1	掌握独立的电路方程数的判断；掌握网孔电流法中网孔电流方程的列写。					
7	1	掌握节点电压法中节点电压方程的列写。					
8	1	熟练掌握并应用叠加原理分析电路。					
9	1	掌握单口网络的分解方法以及求解单口网络伏安关系的方法；理解等效概念；掌握单口电阻网络和有源单口网络的等效变换方法。					
10	1	熟练掌握并应用戴维宁及诺顿定理、最大功率传递定理分析化简典型电路。					
11	2	掌握正弦量的三要素；掌握复数的四则运算。					
12	2	掌握阻抗、导纳、感抗、容抗的概念和计算方法；理解基尔霍夫定律的相量形式和元件伏安关系的相量形式。					
13	2	能画出电路相量模型，用相量分析法计算正弦稳态电路；掌握相量图法。					
14	2	掌握正弦稳态电路的有功功率、无功功率、视在功率、复功率、功率因数的概念及其分析计算方法。					
15	2	了解提高功率因数的经济意义；掌握提高功率因数的方法及并联电容的电容值计算；掌握最大功率传递定理的相量法计算。					
16	2	理解正弦稳态网络函数概念，并能做出电路幅频、相频特性曲线。					
17	2	掌握多频率正弦激励电路的电流、电压的计算及其有效值及平均功率计算方法。					
18	2	理解 RLC 串联、并联电路的电压、电流关系及其谐振特性。					
19	3	掌握对称负载星形联接和三角形联接时三相电路中线电压与相电压，线电流与相电流之间的关系，计算方法。					
20	3	了解三相四线制中线的作用和负载的正确接法；掌握对称三相电路功率的计算。					
21	3	了解自感现象和互感现象；识别耦合电感的同名端。					
22	3	掌握耦合电感的串联、并联分析及去耦等效方法；掌握耦合电感电路及空心变压器电路的分析计算方法。					
23	3	掌握理想变压器伏安关系和阻抗变换性质。					
24	3	理解电路的暂态和稳态，激励和响应及时间常数的物理意义。					
25	3	掌握一阶电路零输入、零状态和全响应求解方法，掌握直流一阶电路三要素法；了解二阶电路全响应。					

注：“5~1分”依次代表达成情况“很好、好、一般、差、很差”。