

附件 1：教学设计样例

2021 年黑龙江省课程思政示范课程申报

《现代电路分析与综合》教学设计 ---以基尔霍夫电路定律矩阵形式为例

课程负责人：刘洪臣

2021.07.21

目 录

1. 课程思政建设目标.....	2
2. 课程思政建设内容.....	2
3. 课程思政建设模式.....	3
4. 课程融合式教学模式.....	3
5. 课程考核方式.....	4
6. 网络方程矩阵形式教学设计.....	5
6.1 知识结构.....	5
6.2 教学目标.....	5
6.3 重点难点.....	5
6.4 思政融入.....	6
7. 基尔霍夫电路定律矩阵形式教学实施.....	6
7.1 教学引入.....	6
7.2 教学过程.....	6
8. 结语.....	11

1. 课程思政建设目标

《现代电路分析与综合》是电气工程专业研究生的学位平台课，是电气工程后续相关专业课程学习的关键，对树立学生严肃认真的科学作风和理论联系实际的工程观点，培养学生的科学思维能力、分析计算能力、实验研究能力、科学归纳能力及综合应用能力都具有重要的作用。

以《现代电路分析与综合》课程为载体，坚定学生“不忘科学报国初心，牢记科技强国使命”的理想信念，培养学生科学思维方法和批判性思维能力，培养学生“爱国、创新、求实、奉献、协同”的科学家精神，培养学生精益求精的大国工匠精神，弘扬航天精神、哈工大“八百壮士”精神，激发学生科技报国的家国情怀和使命担当。

2. 课程思政建设内容

深入挖掘课程思政教学资源，建设课程思政案例库，探索课程思政教学模式，提升教师课程思政建设能力，将价值塑造、知识传授和能力培养有机融合，围绕科学家精神、大国工匠精神、航天精神、“八百壮士”精神，以学术大师、兴业英才和治国栋梁为代表，《现代电路分析与综合》课程思政要素与教学单元深度融合设计如图 1 所示。

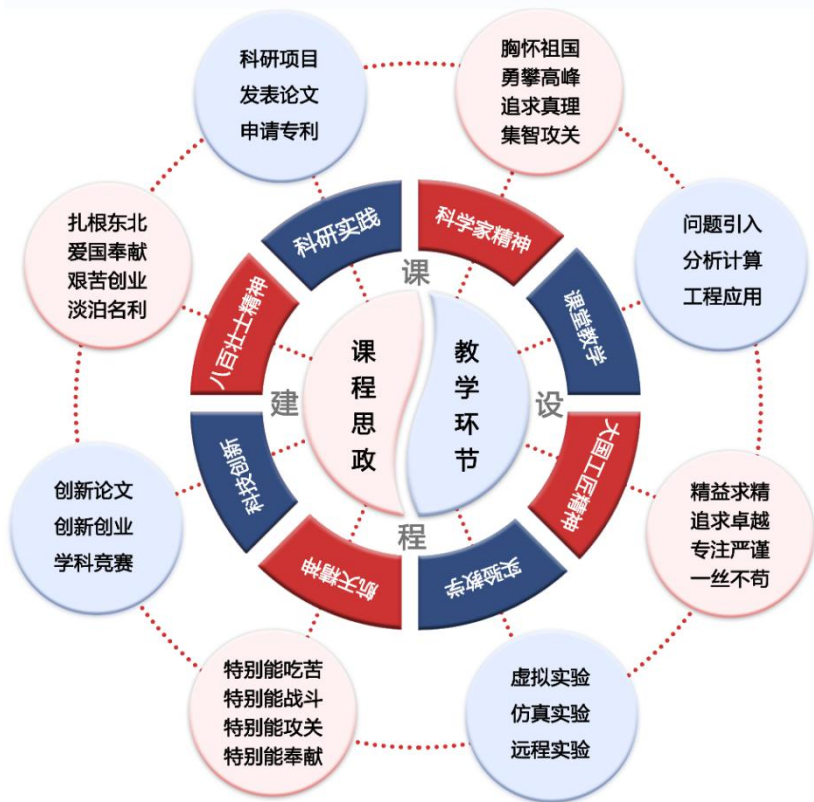


图 1 思政要素与教学单元深度融合设计

网络融合，路径寻优。为了加强课程思政要素与电路教学单元融合深度，提升思政元素与知识点联通效率，本课程研究如何基于数学图论最小生成树理论，

有效解决此网络的最优路径问题；分别设计电路教学单元和课程思政要素各自的连通线图，构成两个网络，然后寻找两个网络之间相互融合的连接支路，根据最优原则选择两个网络之间最短的一条路径；最后利用描红法或多项式算法搜索到思政元素与电路知识点能够连通的全部树集。

3. 课程思政建设模式

本课程以思政教育的价值取向和《现代电路分析与综》课程知识传授为引领的双主线形式，将育人要求和价值观教育融入课程，构建了“德才兼备、四堂融通”的课程思政建设模式，实现“三全育人”，如图2所示。采用线下实体课堂混合式教学与线上同步直播的融合式教学模式，将课程思政元素潜移默化融入《现代电路分析与综合》课程知识点，实现核心价值塑造、综合能力养成和多维知识探究“三位一体”的课程授课目标。



图2 “德才兼备、四堂融通”的课程思政建设模式

4. 课程融合式教学模式

以“创新性”设计教学活动，多措并举激发学生学习兴趣，提升课程教学质量。采用雨课堂进行课堂互动教学，设计课程研讨内容，创新教学方法，融入课程思政，打造以学生为主体、教师为主导的“题问知新、备秀论学”的教学范式，构建“直播+MOOC+雨课堂+翻转课堂+远程实验”的教学融合新模式，如图3所示。课前教师布置课程内容的研讨题目，学生线上线下准备；课中学生讲解讨论、分享收获，教师提问启发总结；课后学生快乐巩固、创新思考。让学生在学电路基础知识的同时，了解现代电路发展历史、发展趋势、研究热点、科学创新及前沿应用，培养学生科学思维方法、批判性思维能力，提高学生正确认识问题、分析问题和解决问题的能力。

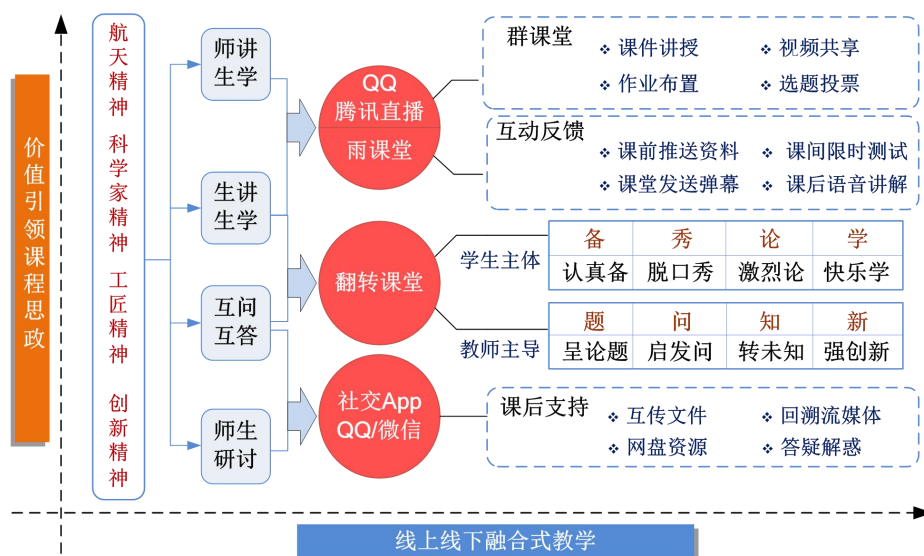


图3 基于MOOC的融合式教学模式

5. 课程考核方式

以“挑战度”制定考核标准，深化过程性评价体系改革，分类考核如图4所示。建立集知识技能、过程方法、思政态度等多维度多元评价考核体系，期末试卷都占50%，其余50%包括线上测试、线下创新、课堂翻转、课后报告等过程性多元化考核。

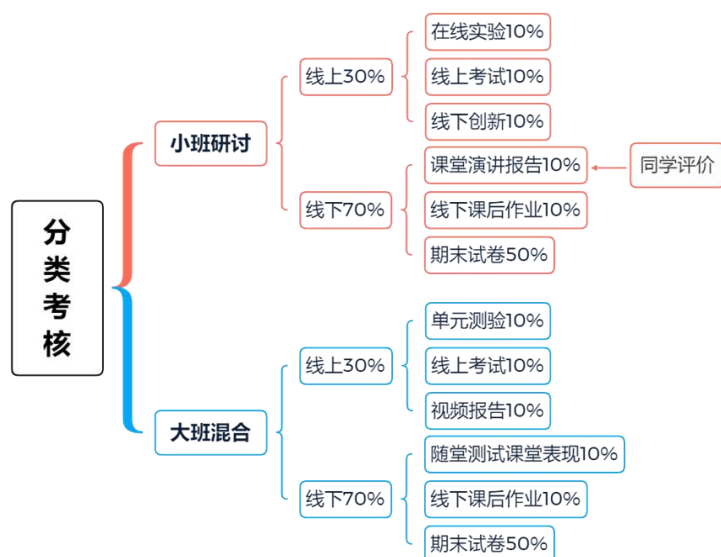


图4 电路课程多元化评价体系

6. 网络方程矩阵形式教学设计

6.1 知识结构

网络方程矩阵形式知识体系如图 5 所示。

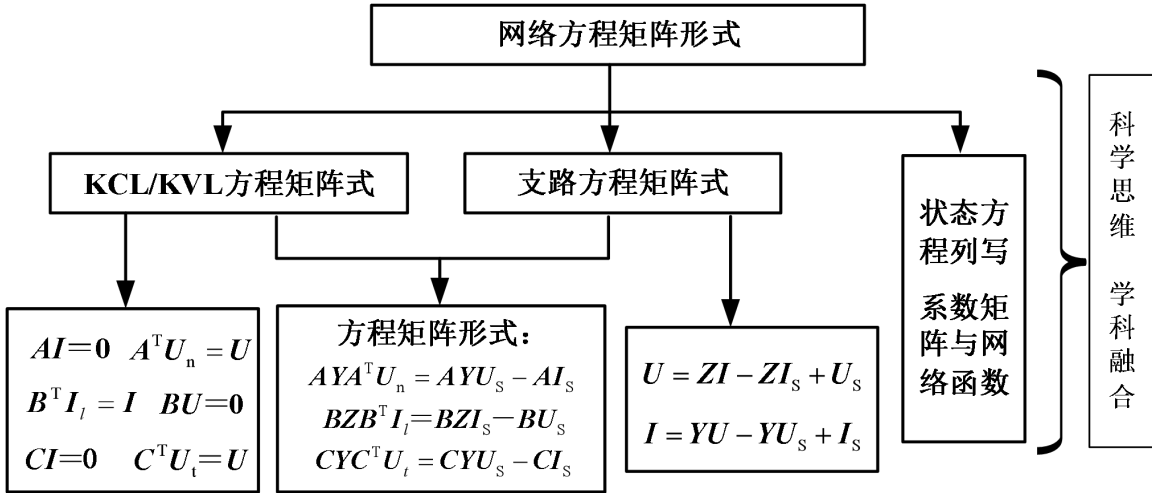


图 5 网络方程矩阵形式知识结构图

6.2 教学目标

课程思政目标：引导学生在工程问题中**发现和提炼科学问题**，建立**科学思维**的方法。敢于进行学科间的交叉和融合能力，大胆创新。深入挖掘电路理论内涵，积极开展基础理论分析。

知识目标：掌握网络图论的基本概念、电路线路图的 *ABC* 三种矩阵表示法，并能熟练应用的 *ABC* 矩阵，列写电路的 **KCL**、**KVL** 方程，广义支路方程，并能灵活应用上述知识进行广义电路分析。

能力目标：建立将一般电路问题线图化的设计思想，并能利用仿真软件对电路进行优化设计，激发学生学习兴趣。加强学科间的融合能力、培养学生在工程问题中**发现和提炼科学问题**的能力。

6.3 重点难点

(1) 教学重点：

- ① 网络的图和树、基本回路和基本割集确定；
- ② 网络图的 *ABC* 三种矩阵表示法；
- ③ **KCL**、**KVL** 方程的矩阵形式；
- ④ 电路方程的矩阵形式。

(2) 教学难点：

- ① 割集的概念和应用；

- ② 已知 BC 矩阵构造电路线图;
- ③ 含复杂元件电路, 矩阵形式电路方程的列写和应用。

6.4 思政融入

(1) **科学家精神**: 在讲解图论起源时, 介绍图论问题起源于欧拉解决的柯尼斯堡 7 桥问题, 同时引入困扰科学家近半个世纪的四色问题, 等实际问题。引导学生在生活中和实际工程问题中**发现和提炼科学问题**, 建立**科学思维的方法**, 培养学生**求实创新、勇攀高峰、敢为人先**的科学家精神。

(2) **“八百壮士”精神**: 电路理论在进行一般电路问题或理论推导时候可借用网络图论的知识, 进行电路方程的列写, 和系统优化设计分析**敢于进行学科间的交叉和融合**, 大胆创新。深入挖掘现代**电路理论内涵**, 积极开展**基础理论分析**, 不畏艰难, 彰显哈工大**“八百壮士”精神**。

7. 基尔霍夫电路定律矩阵形式教学实施

7.1 教学引入

通过图 6 导入本节基尔霍夫电路定律矩阵形式的学习。图中柯尼斯堡 7 桥问题是关于 18 世纪时, 欧洲有一个风景秀丽的小城柯尼斯堡, 那里有七座桥。河中的小岛 B 与河的左岸 C、右岸 D 各有两座桥相连接, 河中两支流间的陆地 A 与 B、C、D 各有一座桥相连接。请问, 一个人该怎么走, 才能一次走遍七座桥, 不重复地回到原点。由此引导学生在生活中和实际工程问题中**发现和提炼科学问题, 建立科学思维的方法**, 也就引出通过图论的视角开展对现代电路理论进行分析。

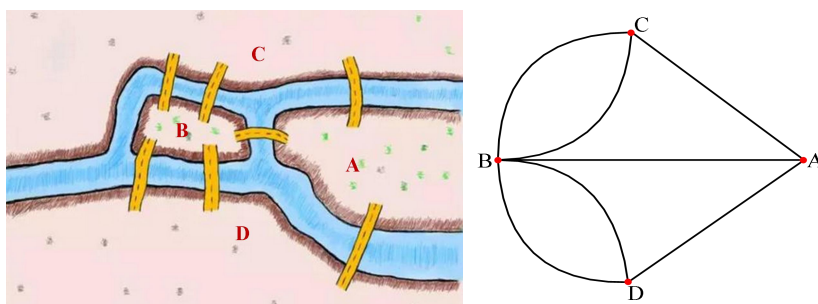


图 6 基尔霍夫电路定律矩阵形式学习导入图

7.2 教学过程

7.2.1 师讲生学讲练结合

在教学过程中首先要考虑的是哪些内容适合于网上教学, 哪些内容适合于线下教学, 需要做好分工。本设计案例是基尔霍夫电路定律矩阵形式内容, 通过复杂电路网络拓扑结构的特征提取, 了解网络线图的形成, 分析树和割集这两个描

述线图的基本概念，明确关联矩阵、基本回路矩阵和基本割集矩阵的列写规则。通过线下课堂师讲生学(如图 7 所示)，学生应掌握 A、B、C 矩阵特点及三者之间的关系。



图 7 师讲生学课堂全景

电桥电路如图 8(a)所示，**复杂问题简单化，透过现象看本质**其连接拓扑结构如图 8(b)所示。

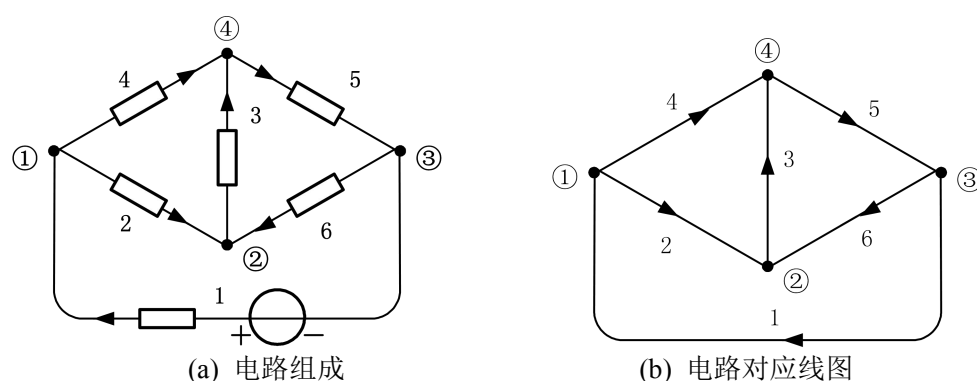


图 8 电路及其线图

取④为参考节点，按照关联矩阵列写规则

$$a_{ij} = \begin{cases} 1, & \text{当支路} j \text{从节点} i \text{联出;} \\ -1, & \text{当支路} j \text{向节点} i \text{联入;} \\ 0, & \text{当支路} j \text{与节点} i \text{不直接相联。} \end{cases}$$

可得电桥电路图的关联矩阵为

$$\mathbf{A} = \begin{bmatrix} -1 & 1 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & -1 & 1 & 0 & 0 & -1 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & -1 & 1 \end{bmatrix} \quad (7-1)$$

取 1、2、3 为树支可得基本回路矩阵和基本割集矩阵分别为

$$\mathbf{B} = \begin{bmatrix} l_1 \\ l_2 \\ l_3 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 0 & -1 & -1 & 1 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 1 & 0 & 1 & 0 \\ -1 & -1 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (7-2)$$

$$\mathbf{C} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & -1 & 1 \\ 0 & 1 & 0 & 1 & -1 & 1 \\ 0 & 0 & 1 & 1 & -1 & 0 \end{bmatrix} \quad (7-3)$$

可见，在一定规则下，矩阵有非常鲜明的特征。由此得到 A、B、C 矩阵分别表示 KCL/KVL 如表 7.1 所示。

表 7.1 基尔霍夫定律的矩阵形式

	关联矩阵形式	基本回路矩阵形式	基本割集矩阵形式
KCL	$\mathbf{A}\mathbf{I} = \mathbf{0}$	$\mathbf{B}^T \mathbf{I}_l = \mathbf{I}$	$\mathbf{C}\mathbf{I} = \mathbf{0}$
KVL	$\mathbf{A}^T \mathbf{U}_n = \mathbf{U}$	$\mathbf{B}\mathbf{U} = \mathbf{0}$	$\mathbf{C}^T \mathbf{U}_t = \mathbf{U}$

7.2.2 翻转课堂实施

融合式教学的翻转课堂实施流程如图 9 所示。

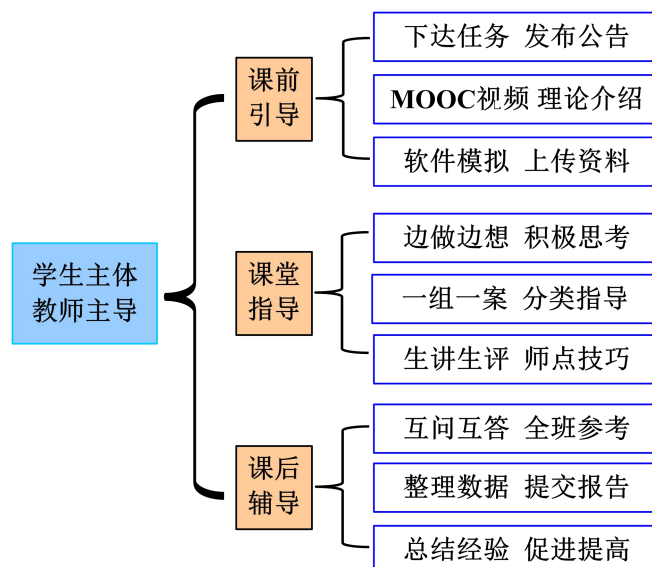


图 9 翻转课堂教学实施流程

(1) 课前准备

针对单纯 MOOC 模式下学生缺少约束以及难以从众多网络资源中选择出适合自己课程的问题，混合式授课模式中采用教师辅助支持的方式。对于基本知识和核心理论，教师在各章节授课前一周统一发布各章的知识要点，知识结构框图，并推荐可供预习的 MOOC 资源；对于应用知识，教师在课堂上讲授一般方法后，推荐案例资源、布置案例分析任务；教师课下支持的基本目标是帮助学生从众多的 MOOC 及网络资源中，选择出适合学生使用的素材，并指定具体学习目标、设制约束，督促学生更好的完成课下自主学习。例如本节课前布置翻转课堂内容——图论在实际中的应用，学生查阅资料如图 10 所示。

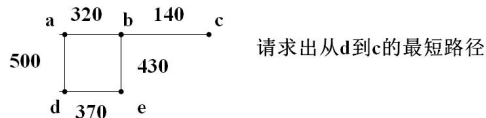
最短航线问题

用点表示城市，两点连线当且仅当两城市有航线。为了求出两城市间最短航线，需要在线的旁边注明距离值。

例如：令 $V=\{a, b, c, d, e\}$ 代表5个城市

$E=\{a b, a d, b c, b e, d e\}$ 代表城市间的直达航线

则航线的线图为：



考试时间安排问题

一个老师需要对期末考试时间进行安排，使得学生们不会有相互冲突的考试。如何解决？

该问题可以建立一个图论模型来解决：待考的课程可抽象为图的顶点，连接两个顶点的边表示至少有一个学生同时选择了这两门课程。

例如：有 a, b, c, d, e, f 六门课程。按照上面方法如何建立线图模型

图论在智能变电站二次安全措施中的应用

智能变电站二次系统的高度网络化，使得二次设备间的信息交互关系隐含不可见，给检修安全措施工作带来不便的问题，可以利用图论知识，探究其在智能变电站二次安全措施中的应用。

主要研究思路：

首先，获取二次系统中的虚回路配置，采用文档对象模型对变电站配置描述文件进行读取和解析；接着，引入图论知识建立用于表达智能电子装置 (intelligent electronic devices, IED) 信息交互关系的网络拓扑模型，并根据检修任务对 IED 进行检修状态区分，建立 IED 状态矩阵，最后，在上述基础上，结合链路安全措施规则，实现安全措施策略的辅助分析，给出安全措施执行意见。

7人排座位问题

举行一个国际会议，有 $ABCDEFGG$ 共7个人。已知：

A 会讲英语；

B 会讲英语和汉语；

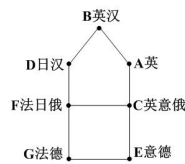
C 会讲英语、意大利语和俄语；

D 会讲日语和汉语；

E 会讲德语和意大利语；

F 会讲法语、日语和俄语；

G 会讲法语和德语。



图论在配电网故障定位中的应用

从配电网结构特点出发，不难发现，配电网结构通常有辐射状网、树状网以及开环运行的环状网。但无论是何种网络结构，均是由开关、配电馈线以及配电变压器组成的连通网络。利用图论的知识，可简化配电网网络组成，进而得到符合图论知识的配电网拓扑描述。

主要研究思路：

首先，根据配电网的有向拓扑结构生成一个可以反映配电网拓扑信息的网络拓扑矩阵 D ；当配电网有故障发生，通过分组服务无线网络通信，馈线终端可将故障信息上传至配电主站，生成故障信息矩阵 F 。然后，对网络拓扑矩阵 D 、故障信息矩阵 F 做算术加运算进而得到故障判定矩阵 P ；最后，再根据具体的故障定位判据对矩阵 P 进行逐一判定，判断配电网发生故障的区间。

培养学生科学家精神，理论联系实际、发现问题、积极思考、应用所学知识解决工程问题的能力，努力达成“两性一度”课程目标。

图 10 图论在实际中的应用资料

(2) 课堂汇报与讨论

课堂汇报：首先在上课之前对每次汇报的同学进行随机分组，本次课程的选课人数是30人，共分成6组，每组5人，每组代表汇报8-10分钟如图11既翻转课堂。





图11 翻转课堂 学生汇报 生讲生评

这样可使每个学生在每次汇报时都会在不同的组中，避免学生长期在一个组内，由于学生学习成绩的差异导致该学生成绩一直是低分或者高分的情况，同时也避免同学之间不好打分的局面。每次汇报时会在各小组中随机选中一个小组中的一个同学进行汇报，汇报题目由老师从指定的5个题目中进行指定，老师会按照课程知识点之间的关联关系和逻辑先后进行指定。

互问互答：这一环节主要是听课的学生要对进行汇报的学生进行提问。汇报的学生需要对同学提出的问题在课堂上进行讲解并与同学进行讨论。

解疑点评：在课堂讨论完成之后，教师对学生的讲解和问题的回答进行综合点评，同时梳理这次课中学生理解不是很好的知识点进行重点强调和讲解。如果学生问题较多，本次课时间不够的话，学生课后通过雨课堂、MOOC或微信进行提问，老师解答。

(3) 随堂测试

学生除了完成线上MOOC中的单元测试外，教师对学生进行线上测试，这部分我们采用“雨课堂”来进行，通过“雨课堂”把测试题目发送到学生手机，学生用手机发送答案。测试前老师也可以先进行知识回顾，通过“雨课堂”查看学生动态、随机点名等功能让老师快速掌握课堂学生学习情况。采用“雨课堂”在线测试方式，将某一阶段的学习内容通过“雨课堂”进行测试，限定学生的答题时间，学生答完题后提交即可知道答题结果。通过“雨课堂”测试及时掌握学生对知识点的掌握情况，如图12所示。



图12 知识回顾和雨课堂测试

(4) 课程报告

在课程进行中，老师布置课程报告，介绍教研室徐承斌老师带领团队当年冒生命危险亲自测量解决大庆实际工程问题，**彰显了哈工大人不畏艰难，勇攀高峰的“八百壮士”精神**。根据最近学习的内容学生选择相关题目进行课程论文的撰写，教师给定一部分撰写题目，学生也可自行选择题目进行撰写，比如图论在现代生活中的应用等期刊论文。此部分综合考查学生应用知识的能力和论文整理及撰写能力。

教学案例可概括为：在整个教学知识体系的设计中，主讲教师以学生为中心，始终贯彻学生学习成效驱动理念，着重培养学生利用电路理论的基础知识解决相应电类问题的能力，培养学生的研究能力和工程应用能力。主讲教师作为辅助者对电路理论的主要知识点进行相应的讲授和指导，并提供有效信息供学生完成布置的学习任务时参考。学生在教师的帮助下可积极主动，自我梳理知识，构建自己的学习模式，完成相应知识点的学习任务。通过这种模式实施的“教”与“学”，既能够使学生更好利用计算思维方法进行自主学习，又便于在掌握相应知识点之后，通过互评使学生之间可再次进行相互的学习与借鉴，拓展并内化了所学的知识，**同时培养学生团队协作精神，锻炼学生通过创新设计，意识到集中力量办大事的航天精神。**

8. 结语

融入课程思政的《现代电路分析与综合》课程高阶教学设计，坚持“以学生为中心，学生学习与发展成效驱动”的教学理念，构建了“MOOC+雨课堂+翻转课堂”融合式教学模式，通过精心筹划，借助先进信息技术教学手段，实现了“**厚基础、强实践、严过程、重创新**”的教学特色。孙天在老师指导下完成了“含源二端口网络等效电路及其传输参数研究”论文，2020 在《电测与仪表期刊》发表。谢堡焯完成的论文《The Applications of Graph Theory in Electric Network》在国际会议 2018 International Conference on Information Systems and Computer Aided Education(ICISCAE2018)发表。陈叹辞同学在刘洪臣教授指导下，对电路分析的观察法和矩阵法进行等效证明，同时也对电网络基本矩阵转置等式进行了证明，相关研究成果已发表在《电气电子教学学报》，如图 13 所示。综上，我们团队设计的融合式教学达到了培养学生工程实践能力和创新能力，提高了学生综合素质，《现代电路分析与综合》课程**具备了高阶性、创新性、挑战度**的金课标准。

