
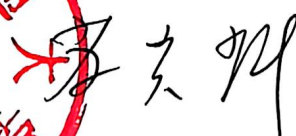




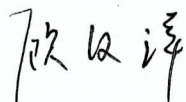

## 专家评鉴意见表

专家姓名	苏光辉	所在单位	西安交通大学 能源与动力工程学院
学历	博士	学科	核工程
职称	教授	职务	院长
联系电话	029-82668722	电子邮箱	sugh@xjtu.edu.cn
所在专业组织	教育部高等学校核工程类专业教学指导委员会		
思想性、 学术性 评鉴意见	<p>由陆道纲教授主编的《二代和三代压水堆核电厂系统与设备（核岛部分）》教材，立足于国家核能安全与发展战略，体现了服务国家重大需求的鲜明导向，紧跟“三代核电”自主化发展进程，填补了华龙一号系统与设备相关教材的空白。教材紧贴核能技术进步，充分反映了我国核能领域的最新成果。</p> <p>教材内容系统覆盖了二代、三代多种核电机型，结构严谨、数据翔实，既注重基础理论的系统性，又突出工程背景下的实际应用，体现出较强的学术深度和前沿性。</p> <p>同时，教材配套建设了慕课、动画等数字化教学资源，内容设计契合工程教学需求，理论与实践融合紧密，适用于高校核工程类专业学生使用。</p> <div style="text-align: center;">  <p>专家签字: </p> <p>专家所在单位盖章: </p> </div> <p style="text-align: right;">2025年 7 月 4 日</p>		

## 专家评鉴意见表

专家姓名	谭思超	所在单位	哈尔滨工程大学 核科学与技术学院
学历	博士	学科	核工程
职称	教授	职务	院长
联系电话	0451-82518088	电子邮箱	tansichao@hrbeu.edu.cn
所在专业组织	教育部高等学校核工程类专业教学指导委员会		
思想性、学术性评鉴意见	<p>由陆道纲教授主编的《二代和三代压水堆核电厂系统与设备（核岛部分）》教材，充分体现了新时代建设核能科技强国的发展理念，突出展示了“能动+非能动”融合路线的国家自主技术成果，体现人类文化知识积累和创新成果，推动课程思政与思政课程同向同行。</p> <p>教材内容覆盖面广，系统兼顾设备结构原理与工程设计，深入浅出地解析了核岛系统，并对比了几种典型堆型的技术特点，实现了“教其然，教其所以然”。教材既注重基础理论的系统性，又紧贴工程实践需求，展现出较强的学术深度与前沿水平，具备广泛的适应性和良好的实用价值。</p> <div style="text-align: right; margin-top: 20px;">  <p style="margin-right: 20px;">专家签字： 谭思超</p> <p>专家所在单位盖章： 核科学与技术学院</p> <p>2025年7月4日</p> </div>		

## 专家评鉴意见表

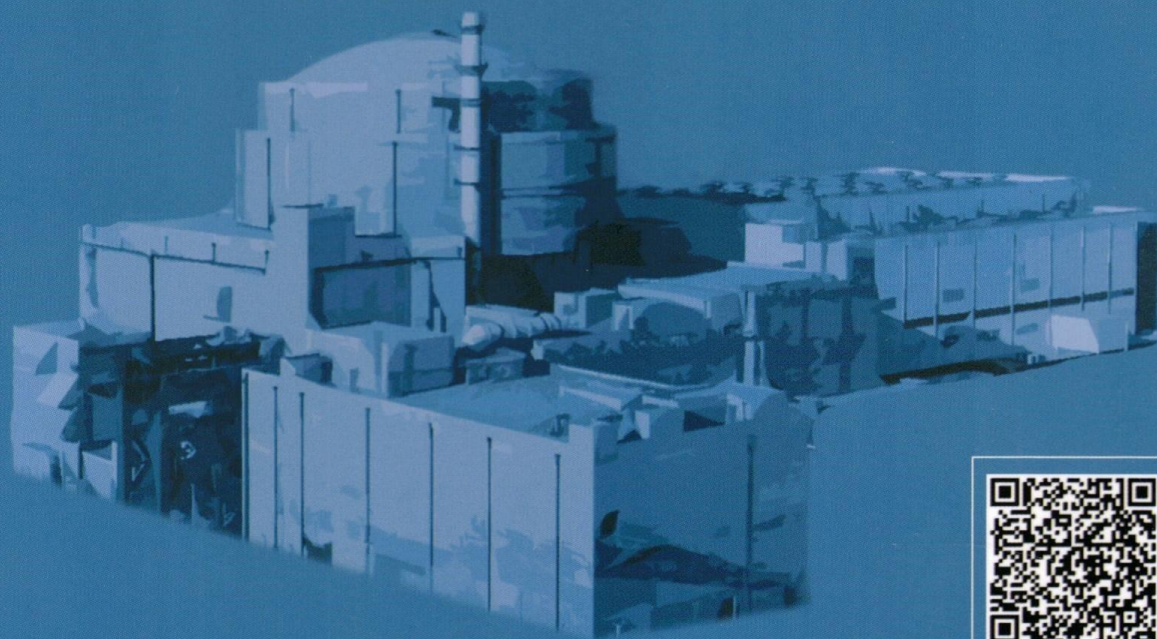
专家姓名	顾汉洋	所在单位	上海交通大学 核科学与工程学院
学历	博士	学科	核工程
职称	教授	职务	院长
联系电话	021-34207674	电子邮箱	guhanyang@sjtu.edu.cn
所在专业组织	教育部高等学校核工程类专业教学指导委员会		
思想性、学术性 评鉴意见	<p>陆道纲教授主编的《二代和三代压水堆核电厂系统与设备（核岛部分）》充分体现我国三代核电技术自主可控的战略成果，展现了“华龙一号”技术路线的系统性知识体系，有利于增强中国教材国际影响力，有利于构建中国自主的知识体系。</p> <p>教材以工程实践为导向，教材内容贴合工程实际，重点突出非能动系统原理，理论基础扎实。教材配有丰富的工程案例和数字资源，便于教师教学与学生自主学习，可以支持“线上+线下”混合教学模式，契合当前高等教育发展趋势。</p> <p style="text-align: center;">专家签字： </p> <p style="text-align: center;">专家所在单位盖章：</p> <p style="text-align: center;">年 月 日</p> <p style="text-align: center;">顾汉洋为上海交通大学机械与动力工程学院 教授</p> <div style="text-align: center;">  <span style="font-size: 2em; vertical-align: middle;">2025.7.7</span> </div>		



全国电力行业“十四五”规划教材

# 二代和三代压水堆核电厂 系统与设备 (核岛部分)

陆道纲 主 编  
李 军 吕雪峰 副主编



数字资源



中国电力出版社  
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

# 荣誉证书

华北电力大学 陆道纲 老师：

在2024年北京高校“优质本科教材”项目评选中，您主编的教材《二代和三代压水堆核电厂系统与设备（核岛部分）》（中国电力出版社）被评为“北京高等学校优质本科教材”。

特发此证。

北京市教育委员会  
二〇二四年十月



# 荣誉证书

华北电力大学吕雪峰老师：

在2020年北京高校“优质本科课程”项目评选中，您讲授的课程“核电厂系统与设备”被评为“北京高等学校优质本科课程”，您被评为“北京高等学校优秀专业课（公共课）主讲教师”。

特发此证！

北京市教育委员会  
二〇二〇年十月



# 荣誉证书

华北电力大学核反应堆工程教学团队：

在北京高校优质本科育人团队评选中，贵团队  
被评为2022年度“北京高校优秀本科育人团队”。

特发此证。

北京市教育委员会  
二〇二二年九月



# 荣誉证书

陆道纲同志：

在教育教学工作中成绩优异，授予  
北京市优秀教师称号。



2022年9月



# 荣誉证书

刘 雨同志：

您指导的本科毕业设计（论文）《快堆多层同轴筒体的窄缝间隙流固耦合作用研究》，获评为2020年北京市普通高校优秀本科毕业设计（论文），您获评为优秀指导教师。

特发此证，以资鼓励。



# 荣誉证书

隋丹婷同志：

您指导的本科毕业设计（论文）《基于CFD的钠冷快堆子通道绕丝搅混系数选取》，被评为2021年北京市普通高校优秀本科毕业设计（论文），您被评为优秀指导教师。

特发此证，以资鼓励。





# 荣誉证书

赵强 在教育部高等学校核工程类专业教学指导委员会

举办的第一届全国核工程类专业青年教师教学比赛中表现优异，

荣获教学比赛优胜二等奖，特颁此证。

教育部高等学校核工程类专业教学指导委员会

(清华大学代章)

2019年7月17日



# 荣誉证书

HONORARY CREDENTIAL



华北电力 大学 张钰浩 老师：

您指导的两组作品在第五届全国高校学生课外“核+X”创意大赛中荣获三等奖，特颁此证。

院士签名：潘自强





# 荣誉证书

CERTIFICATE OF HONOR

华北电力大学郝祖龙老师：

您指导的《核电池：续航超长的“劳模”电源》作品在北京市第四届高校学生课外“核+X”创意大赛中获一等奖，特颁此证。





# 荣誉证书

刘雨同志：

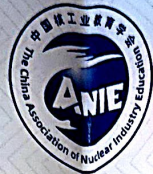
您的论文《基于有限元的同轴双层筒体窄间隙流体壳式振型附加质量计算方法研究》在中国核工业教育学会首届学术年会论文评选中获 **二等奖**。

特发此证，以资鼓励。

编号：2202092

中国核工业教育学会

二〇二二年六月



# 荣誉证书

隋丹婷 同志：

您的论文《高校核工程与核技术专业启蒙课程 “核工程与核技术导论” 思政教学设计》在中国核工业教育学会首届学术年会论文评选中获 **二等奖**。

特发此证，以资鼓励。

编号：2202062

中国核工业教育学会  
二〇二二年六月

# 传承发扬“核工业精神” 铸就核电“大国工程”

——华北电力大学核电厂系统与设备课程思政育人探索与实践

张钰浩 吕雪峰 李向宾 黄美 刘雨 郝祖龙

华北电力大学核科学与工程学院,北京 102206

**[摘要]**华北电力大学针对核工程与核技术、辐射防护与核安全专业学生开设的专业必修基础课程——核电厂系统与设备,具有基础性、引领性作用。该课程在教授学生核电厂系统与设备入门知识的同时,也在课程思政融入专业教学方面进行了探索。一方面,以我国“核工业精神”为主线,进行课程思政案例挖掘,将我国核工业的历史及发展现状与课程思政理念相结合,实现立德树人的思政教育目标;另一方面,基于“大国工程”为蓝图的核电技术发展历史、现状与前景,融合“两弹一艇”“华龙一号”“国和一号”和第四代先进核能技术等重大型号研发成就,传承并发扬核工业精神,铸就大国工匠精神,引导学生紧跟世界科技前沿,激发学生学习核专业的热情,激励学生积极投身核工业,树立为国家建功立业的伟大情怀。

**[关键词]**核电厂系统与设备;核工业精神;大国工匠精神;课程思政

**[中图分类号]** G641 **[文献标识码]** A **[文章编号]** 2095-3437(2023)07-0089-04

习近平总书记在全国高校思想政治工作会议上指出,要坚持把立德树人作为中心环节,把思想政治工作贯穿教育教学全过程,实现全程育人、全方位育人,努力开创我国高等教育事业发展新局面。课程思政旨在使各类课程与思想政治理论课同向同行,培养大学生树立正确的世界观、人生观和价值观,全面提高大学生社会责任感、专业伦理和职业道德水平<sup>[1]</sup>。因此,需要通过核专业课程思政,将核专业知识与价值引领相结合,将行业前沿与学生未来发展相结合,立足学科定位和人才培养目标,基于专业优势建设课程思政体系<sup>[2]</sup>,在专业教学中融入思政教育<sup>[3-5]</sup>。

国内相关高校针对核工程与核技术、辐射防护与核安全等相关核专业学生开设了专业必修基础课程——核电厂系统与设备,这是一门重要的专业核心课程,具有基础性、引领性作用<sup>[6-7]</sup>。开设该课程的目的为:让学生理解并掌握二代压水堆核电厂和三代先进压水堆核电厂核岛关键设备的功能和结构,掌握一回路主系统、辅助系统、安全系统的功能和流程等专业核心知识,了解前沿技术对核能发展的作用与影响,为后续核工程专业核心课程——核反应堆热工分析、核反应堆安全分析等的学习,以及学生毕业后从事核反应堆运行、结构设计、安全分析等工作打下坚实基础<sup>[6]</sup>。该课程不仅教授学生核电厂系统与设备的入门知识,更在课程思政融入专业教学方面进行了探索。基于该课程平台,教授学生我国核电技术发展历史、现状、基础知识,给学生介绍我

国核电发展过程中的典型事迹和榜样,通过“两弹一艇”“华龙一号”“国和一号”等重大型号研发前沿,以及老一辈核工业人艰苦奋斗、甘于奉献的感人事迹,引导学生理解、传承并发扬核工业精神、大国工匠精神,引领学生紧跟世界科技前沿,激发学生学习核专业的热情,激励学生树立为国家建功立业的伟大情怀。

基于以上目标,课程组结合华北电力大学“双一流”学科群能源电力科学与工程,紧跟时代以新能源为主体的“碳达峰、碳中和”目标要求,突出核行业特色,挖掘思政教育资源,在思政育人案例与教学方法等方面进行了探索与实践。

## 一、挖掘以我国“核工业精神”为主线的课程思政案例

课程组基于核电厂系统与设备课程内容,将我国核工业的历史及发展现状与课程思政理念相结合,实现立德树人的思政教育目标。以我国“核工业精神”为主线,对本课程各章节的课程思政案例进行充分挖掘,对应课程思政融入点如表1所示。

在核电厂系统与设备课程教学过程中,充分挖掘我国“两弹一艇”功勋的感人事迹,带领学生重温核工业艰难而光辉的发展历程,学习体会钱三强、王淦昌、邓稼先、彭士禄等100多位院士的光荣事迹,使学生认识到核工业人以国家需要为己任,艰苦奋斗、默默奉献,成功研制出“两弹一艇”——原子弹、氢弹和核潜艇所付出的努力,谱写了波澜壮阔的“两弹一艇”创业史,为实现中华

**[收稿时间]**2021-11-16

**[基金项目]**中央高校“双一流”引导专项(XM2112334)。

**[作者简介]**张钰浩(1990—),男,山东人,博士,副教授,研究方向为核反应堆工程科研与教学。通信作者:刘雨(1990—),男,内蒙古人,博士,讲师,研究方向为核反应堆工程教学。

表1 核电厂系统与设备课程各章节课程思政融入点

序号	章节	课程思政融入点
1	绪论及核电站基础知识	1. 介绍世界核电的发展历史,融入科学家勇于探索、不懈追求的科学精神。 2. 介绍我国核电发展历史,融入我国老一辈核工业人以国家需要为己任,艰苦创业,成功研制出“两弹一艇”的光辉事迹,体现了老一辈核工业人“事业高于一切,责任重于一切,严细融入一切,进取成就一切”的核工业精神。 3. 介绍我国核电发展现状,融入我国研发出具有自主知识产权的三代先进压水堆——“华龙一号”“国和一号”等,并成为我国核电走向世界的“国家名片”,体现了我国新一代核电工作者继承并发扬“核工业精神”,坚持自主创新、不怕困难、勇于奋斗,持续推进先进核能技术研发。 4. 核电具有清洁、低碳、稳定、高效和经济的特点,在2030年“碳达峰”、2060年“碳中和”目标下,愈发成为我国电力基荷电源的最佳选择之一。通过对本章节内容的学习,让学生认识到核电所代表的不仅仅是电,更是和平时保持和拥有强大核科技工业体系、增强核实力的重要途径,其意义重大,从而加强学生学习本专业的使命感、自豪感。
2	反应堆(结构、一回路主系统、核辅助系统等)	1. 通过反应堆相关知识的教学,引导学生深入体会本课程“结构+功能+设计理念”的逻辑脉络,理解核电厂主要系统与设备的基本工作原理和设计理念,具备解决综合性复杂问题的能力。 2. 讲解反应堆系统与设备过程中,将书本上相对枯燥的文字通过丰富的图片、视频展示出来,让学生能直观领略硬核“大国重器”,体会“大核电工业”之美,激发学生学习兴趣和求知欲,帮助学生快速理解并掌握反应堆相关设计的本质原理,从根本上增强学生理论联系实际和学以致用能力。 3. 在课程教学过程中,融入“一次把事情做好”的理念,帮助学生时刻以高度的责任感和端正的态度,做好学习、工作中的每一件事。 4. 通过核电厂设计、运行、检修等内容的教学,引导学生尽早规划职业发展路径,立志本科毕业后在专业领域进一步深造,探索核电发展前沿,实现个人价值。
3	核电厂专设安全设施	1. 在讲授安全注入系统、安全壳喷淋系统、辅助给水系统、安全壳隔离系统等核电厂专设安全设施的功能及流程的同时,融入核安全文化教育,使学生具备“安全高于一切”的职业精神。 2. 融入《中华人民共和国核安全法》相关知识,引导学生提高核安全法治修养,使学生将来走向工作岗位后,能做到坚决避免弄虚作假、违规操作,依法保障核安全。
4	三代先进压水堆技术改进与对比	1. 在传统核电站的设计方案中,为了确保安全,会尽量增加备用的安全系统。“非能动”安全技术走了一条截然相反的路,甚至做起了减法,利用自然的力量,返璞归真,使核电厂运行更可靠、更安全。 2. 通过学习二代、三代核电技术的发展历程等,进一步理解核工程发展中存在的问题及实际需求,并能够根据特定要求,采用创新理念(如“能动+非能动”技术),确定核工程领域复杂工程问题的解决方案,培养学生创新实践能力。 3. 使学生从二代、三代核电发展进程中,认识到科学技术发展不断积累、反馈,进而实现技术迭代进步的历程及其中蕴含的科学发展观。

民族伟大复兴的“中国梦”打下坚实基础。

核工业发展至今,其间既饱含创业艰难百战多的艰辛岁月,又激荡着气壮山河的丰功伟绩,一代又一代核工业人燃烧青春,点燃了原子弹、氢弹绚丽焰火,创造了核潜艇的“硬核”动力,释放了核电站的清洁电力,为实现中华民族伟大复兴保驾护航。“事业高于一切,责任重于一切,严细融入一切,进取成就一切”的核工业精神,是老一辈核工业人留下的精神财富,核工业人以国家需要为己任,用智慧、血汗,乃至生命浇筑核工业人心中最神圣而伟大的强国梦、复兴梦,激励一代又一代的核工业人为之奋斗。

### 二、挖掘以“大国工程”为蓝图的核电技术发展历史与前沿

核电厂系统与设备课程主要讲授我国主要堆型——压水堆核电厂的系统、设备、结构、运行流程等。压水堆核电厂系统组成复杂、设备庞大、类型众多,安全性与可靠性要求高。本课程全面介绍了二代压水堆核电厂一回路主系统的功能、组成、关键设备的结构,核辅助系统和专设安全设施的功能、组成、流程,重要设备特性、运行的基本知识。在这些知识讲授过程中,以我国核电技术发展的重大工程为融入点(见表2),让学生从中认识到,本课程所学习的核电厂关键系统、设备的知识,是老一辈核工业人白手起家、艰苦奋斗而成的结晶,

融入前辈科学家的集体智慧与工程经验,从而铸就了30余年核工业光辉发展历史,引领了我国先进核电技术发展的先进方向。

在讲授核电站基本知识时,教师结合表2所列出的“大国工程”思政元素,带领学生体会国之重器发展的艰辛历程,领略“大核电工业”之美,也让当代青年学生主动探索核电一套套系统设计、一台台设备研发背后的故事——从20世纪50年代我国核能起步阶段的艰难探索,到自主设计秦山30万千瓦核电机组,实现中国大陆核电零的突破,到目前我国“华龙一号”出口海外,四代先进核电技术跻身世界一流。70余年历史跨度间,中国核电机路蓝缕,跬步前行,通过引进、消化、吸收和持续的自主创新,使我国实现百万千瓦级核电站的自主设计、自主制造、自主建设和自主运营,基本形成了完整的核电工业体系,建起了一座座安全、高效、清洁的核电站。

### 三、总结与展望

本文对华北电力大学核电厂系统与设备课程思政育人案例、育人方法进行了探索与实践。将课程思政融入专业教学,一方面让核能相关专业学生在学习第一门专业基础课时,了解我国核工业发展的光辉历史,传承并发扬“核工业精神”;另一方面让学生树立行业使命感和责任感,以“主人翁”的态度学习核电厂系统、设备、结

表2 核电厂系统与设备课程“大国工程”思政元素融入点

序号	“大国工程”	工程简介	思政元素融入点
1	秦山一期核电厂	1991年12月15日,秦山一期成功并网发电,中国大陆核电实现了从无到有、从零到一的突破,被誉为“国之光荣”。	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 中国核工业人不怕困难、自力更生、艰苦奋斗,使秦山核电从“零的突破”到WANO(世界核电运营者协会)综合指数排名世界第一,这是我国核电事业从无到有、从小到大的缩影,推动我国从“核大国”向“核强国”迈进。</li> <li>2. 只有将核心技术牢牢掌握在自己手里,才能不受制于人,在科技高速发展、国际竞争加剧、技术壁垒提高的国际形势下,显得愈发重要。</li> <li>3. 秦山核电厂1号机组运行许可证获准延续至2041年,证明了我国自主研发技术的可靠性、安全性,彰显了中国特色社会主义制度的优越性。</li> </ol>
2	大亚湾核电厂	大亚湾核电厂是中国首座引进国外先进技术、设备和资金建设的大型商用核电厂。它的建设和运行,成功实现了我国商用核电厂的起步目标。我国核电建设实现了跨越式发展。	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 中国核电在坚持核电技术自主研发这一技术路线的同时,也走出了一条“引进—消化—吸收—再创造”的道路。</li> <li>2. “师夷长技以自强”。改革开放以后,我国积极引入、学习国外先进技术以及成熟运行管理经验,实现再创新、再创造,我国关键技术实现“后发先至”。</li> </ol>
3	秦山第二核电厂	秦山第二核电厂是我国首座自主设计、自主建造、自主管理、自主运营的2×650MW商用压水堆核电厂。我国基于此创立了第一个具有自主知识产权的商用核电品牌——CNP650,实现了自主建设大型商用核电厂的重大跨越。	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 融合秦山一期、大亚湾核电厂建设经验,国家制定了“以我为主、中外合作”的方针,并通过自主设计、建设,掌握了核电的核心技术,创立了中国第一个具有自主知识产权的商用核电品牌。中国核工业人,白手起家,建立自己的核电品牌,带动核电关键设备国产化、规模化,体现了“热爱祖国、无私奉献、自力更生、勇于攀登”的核工业精神。</li> <li>2. 代表人物:秦山核电二期工程总设计师——叶奇蓁院士,60岁再次“披挂上阵”,80岁许愿“再干10年”,一生奉献中国核工业,树立了“大国工匠”精神。</li> </ol>
4	“华龙一号”	“华龙一号”是中国在30余年核电科研、设计、制造、建设和运行经验的基础上,根据福岛核事故经验反馈以及中国和全球最新安全要求,研发的先进百万千瓦级压水堆核电技术,是具有完全自主知识产权的三代压水堆核电创新成果。	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 从秦山一期成功并网发电,到“华龙一号”全球首堆投入商运,中国核电技术实现了从相对落后到世界先进。通过引进、消化、吸收和持续自主创新,中国已经实现百万千瓦级核电站的自主设计、自主制造、自主建设和自主运营,基本形成了完整的核电工业体系。</li> <li>2. “华龙一号”核电技术不仅在国内开展批量化生产,同时也成为代表国家核心竞争力的“国之重器”,走向世界。“华龙一号”海外首堆工程——巴基斯坦卡拉奇2号机组正式投入商业运行,成为一张亮眼的“国家名片”。</li> <li>3. 以“华龙一号”总设计师邢继为代表的新一代核电人,坚持发展核电事业,坚守三代核电人的梦想,做强中国核电,传承“大国工匠”精神。“龙是我们中华民族的象征,是龙就要腾飞,也寓意着中国通过自主创新实现发展,引领未来,这个是我们做强中国核电站的初心。”——邢继</li> </ol>
5	“国和一号”	“国和一号”是中国十六个重大科技专项之一,代表着当今世界三代核电技术的先进水平,是中国核电技术研发和产业创新的最新成果。采用“非能动”安全设计理念,与以往的核电技术相比,大幅度地减少了系统设备数量,降低了发生事故的概率,提高了核电站运行的安全性和可靠性。	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. “国和一号”是“引进—消化—吸收—再创造”的典范工程,实现了我国具有自主知识产权的第三代核电技术的再创新、再创造。</li> <li>2. 基于中华优秀传统文化精髓,打造“和文化”理念。善用自然的力量(“非能动”安全技术),尊重科学;使得核电技术更加安全、可靠,与人类和谐共生,为实现“碳达峰、碳中和”目标注入核电力量。</li> </ol>
6	第四代先进核能技术——高温气冷堆、钠冷快堆等	2021年9月12日,国家科技重大专项——华能石岛湾高温气冷堆核电站示范工程1号反应堆首次达到临界状态,机组正式开启带核功率运行。这是我国具有完全自主知识产权、世界首座具有第四代先进核能系统特征的球床模块式高温气冷堆。目前,我国在福建霞浦正在建设第一台600MW示范快堆核电机组,该项目被列为国家重大核能科技专项,是新时期中国核工业发展的标志性工程,将开启我国核能发展的新篇章,对于推进核燃料闭环循环、促进我国核能可持续发展 and 地方经济建设具有重要意义,将是我国核能发展“三步走”战略中关键的环节。	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 我国全面提升示范工程技术应用能力和自主科技创新能力,先后攻克了核电领域多项世界性、行业性“卡脖子”难题,我国在第四代先进核能领域实现了从“跟跑”到“并跑”再到“领跑”的重大跨越。</li> <li>2. 第四代先进核能技术的研发,充分体现出关键核心技术是要不来、买不来、讨不来的,科技人员要树立强烈的创新责任和创新自信,第四代先进核能技术的研发和工程化落地,充分体现了中国新一代核工业人的创新精神和使命感,敢于走前人没走过的路,努力实现关键核心技术自主可控,把创新主动权、发展主动权牢牢掌握在自己手中。</li> <li>3. 坚定“四个自信”。创新是核能技术不断发展的关键驱动力,核能技术的进一步发展对于促进科技进步和社会发展、创造人类美好生活、保卫国家安全、奠定大国地位,具有重要价值。</li> <li>4. 代表人物:“中国快堆之父”徐铨院士,领导设计建造了中国第一座钠冷快堆——中国实验快堆,这种“一生只做一件事”的执着精神,彰显了“大国工匠”的爱国情怀。</li> </ol>

(下转第103页)

是新时代中国特色社会主义教育发展的理论基础和价值遵循。坚持以人民为中心发展教育彰显了中国共产党的人民观,对全面建设社会主义现代化强国和我国教育事业的发展都具有重要的理论价值和现实意义。

[ 参 考 文 献 ]

[1] 习近平.习近平谈治国理政:第二卷[M].北京:外文出版社,2018:189.  
 [2] 马克思,恩格斯.马克思恩格斯文集:第5卷[M].北京:人民出版社,2018:429.  
 [3] 建党以来重要文献选编:第八册[M].北京:中央文献出版社,2011:652.  
 [4] 毛泽东.毛泽东选集:第一卷[M].北京:人民出版社,1991:282-283.  
 [5] 毛泽东.毛泽东同志论教育工作[M].北京:人民教育出版社,1958:1.

[6] 邓小平.邓小平文选:第三卷[M].北京:人民出版社,1993.  
 [7] 习近平.习近平谈治国理政:第一卷[M].北京:外文出版社,2018:191.  
 [8] 习近平.决胜全面建成小康社会 夺取新时代中国特色社会主义伟大胜利:在中国共产党第十九次全国代表大会上的报告[N].人民日报,2017-10-18(1).  
 [9] 习近平.人民对美好生活的向往就是我们的奋斗目标[N].人民日报,2012-11-16(1).  
 [10] 习近平.高举中国特色社会主义伟大旗帜 为全面建设社会主义现代化国家而团结奋斗:在中国共产党第二十次全国代表大会上的报告[N].人民日报,2022-10-26(1).  
 [11] 习近平在全国教育大会上强调 坚持中国特色社会主义教育发展道路 培养德智体美劳全面发展的社会主义建设者和接班人[N].人民日报,2018-09-11(1).

[责任编辑:鹿丹丹]

(上接第91页)

构和运行原理等,使广大青年学生站在国家和民族未来的高度,进一步增强紧迫感,学习老一辈科学家心怀祖国、服务人民、艰苦奋斗的精神,紧跟科技前沿,积极投身祖国核工业建设伟大事业。新一代青年人需带着这一光荣使命,将“核工业精神”传承、发扬下去,投身核电“大国工程”建设,助力实现中华民族伟大复兴“中国梦”。

[ 参 考 文 献 ]

[1] 熊宇.当代大学生责任感培养研究[D].重庆:西南大学,2011.  
 [2] 翟文豹.课程思政建设:逻辑起点、基本前提与实践路径:以行业特色型高校为例[J].现代教育管理,2021(9):35-41.  
 [3] 高海丽.核电工程中思政元素的融入与探索[J].现代职

业教育,2021(20):46-47.  
 [4] 曾令艳,王海明,宋彦萍,等.核动力装置及设备课程思政育人模式教学改革探索与实践[J].高等工程教育研究,2019(S1):87-89.  
 [5] 蔡小春,刘英翠,顾希焱,等.工科研究生培养中“课程思政”教学路径的探索与实践[J].学位与研究生教育,2019(10):7-13.  
 [6] 张钰浩,吕雪峰,李向宾,等.优势融合,方法创新,打造核电厂系统与设备“金课”[J].大学教育,2021(5):170-172.  
 [7] 田文喜,张亚培,陈荣华,等.西安交通大学核电厂系统与设备课程教学研究与实践[J].大学教育,2018(8):52-54.

[责任编辑:苏祎颖]

# 优势融合,方法创新,打造核电厂系统与设备“金课”

张钰浩 吕雪峰 李向宾 牛风雷

(华北电力大学核科学与工程学院,北京 102206)

**[摘要]**文章针对核电厂系统与设备课程的内容特点和教学实际,总结了对学生学习本门课程三个层次要求,重点介绍了华北电力大学核科学与工程学院在本课程教学方面的改革和创新性尝试。应充分利用现有教学资源,将多方优势融入教学,从而进一步实现教学方式方法创新,包括:完善课程体系建设,传统与新型教学方式相结合,采用先进的多媒体技术,融入科研优势;同时,努力推动课堂内外实践与教学的有机结合,将核电厂系统与设备课程打造成为更加丰富、高效、充实的本科教学“金课”。

**[关键词]**核电厂系统与设备;教学改革;教学研究;华北电力大学

**[中图分类号]** G642.3 **[文献标识码]** A **[文章编号]** 2095-3437(2021)05-0170-04

压水堆核电厂是我国核电厂建设的主要堆型,它的系统组成复杂、设备庞大、类型众多,安全性与可靠性要求高。核电厂系统与设备是核科学与工程专业的核心必修课程,该课程作为核工程专业学生的第一门专业基础必修课,是核工程专业主干核心课程——核反应堆物理分析、核反应堆热工分析、核反应堆安全分析等课程的基础。通过学习该课程,学生能够深刻掌握核电厂主要系统设备的基本工作原理和设计理念。本课程讲授的知识是核工程专业的学生走上工作岗位所必须掌握的基本知识,为学生从事核电厂相关工作奠定关键基础。核电厂系统与设备课程全面介绍了二代压水堆核电厂一回路主系统的功能、组成、关键设备的结构,以及辅助系统、专设安全设施的功能、组成、流程、重要设备特性、运行的基本知识(以核岛部分为主);同时也介绍了AP1000反应堆冷却剂系统的功能、组成、各重要设备的结构,非能动堆芯冷却系统、安全壳和安全壳系统,辅助系统的功能、流程、重要设备特性等,并将二代压水堆核电站和AP1000核电站进行比较分析,使学生对大型压水堆核电厂的总体组成、重要系统、关键设备、发展历程有总体了解。

华北电力大学(以下简称“我校”)根据自身特点,以及多年来服务国家战略、突破工程教育瓶颈的“订单+联合”大核电人才培养模式与实践中积累的经验,逐步形成了具有特色的核电厂系统与设备教学体系。

## 一、基于课程特点,把握知识学习层次,有的放矢

核电厂系统与设备课程虽然没有大量繁复的计算公式,但是涉及核电厂全方位结构、系统、运行等,知识点较为庞杂,且不同知识点之间互相关联,反映了反应堆系统的高度复杂性,所以称本门课程为“工科中的文科”也不为过。结合这样的学科特点,学生对于本课程

的学习可分为以下三个层次。

### (一)知识层面

学生掌握核电厂一回路主系统、辅助系统、专设安全设施的系统功能、流程、关键设备特性等,包括系统或部件的组成、数量、关键设计参数,把握其结构特点,知道“是什么”。以反应堆堆芯学习为例,学生首先需学习反应堆堆芯的总体组成、结构、分区方式、换料策略,从堆芯结构组成方面,分别学习燃料组件、燃料元件棒、燃料芯块、包壳、定位格架的结构、功能、数量等;从功能分类方面,学习控制棒组件、可燃毒物组件、中子源组件、阻力塞组件的材料、结构、功能、数量等。在这一层面,学生需要通过理解,结合适当的记忆,对核电厂系统与设备有基础、详细、全面的学习。

### (二)认知层面

通过知识层面的学习,激发学生认知核电厂系统与设备课程的兴趣,引导学生领会关键系统或部件的设计特点。仍以反应堆堆芯学习为例,通过图文并茂、形象生动的多媒体教学课件,让学生直观认识到反应堆的“心脏”——反应堆堆芯的结构设计特点、设计原理,进而引发学生思考:反应堆设计上是如何巧妙地设计冷却剂流道从而带走堆芯释放出的巨大能量的?堆本体是如何从设计上减少堆芯对压力容器的辐照的?这不但能够加深学生对基本知识的理解,更能够让学生将不同章节的知识融会贯通。

### (三)能力层面

基于知识层面、认知层面的理解,引导学生深入体会核电厂系统与设备课程的“结构+功能+设计理念”的逻辑脉络,即真正具备理解核电厂主要系统与设备的基本工作原理和设计理念的能力。引导学生思考:假设自己是核电厂设计师,结合所学习的知识,在设计一个新

**[收稿时间]**2020-03-23

**[基金项目]**华北电力大学本科“双一流”人才培养项目——优质课程建设(XM1906805)。

**[作者简介]**张钰浩(1990-),男,山东滕州人,工学博士,华北电力大学核科学与工程学院讲师,研究方向:核能科学与工程。

型系统时需要考虑哪些方面的因素,如何设计该系统/设备?通过这种方式使学生真正具备解决实际问题的能力,并且激发和培养学生与时俱进、主动跟进核电发展时代前沿的求知欲和能力。

针对本课程的特点,以上三个层次既是对学生学习效果的要求,也是对教师教学的要求。其要求教师不但要把握基本知识的传授,还要考虑如何将晦涩难懂的文字讲得深入浅出,进而启发学生思考核电厂系统与设备相关设计的本质原理,从根本上增强学生理论联系实际和学以致用能力。

## 二、教学方式方法创新,多方优势融入教学

随着时代的飞速发展,信息技术、VR、课堂辅助教学软件等新技术迅速兴起,核工程领域的科研工作不断推进,原有的教学方式、方法面临新的挑战。结合我校核科学与工程学院一线教学工作实际,笔者对教育教学方式方法改革与创新手段分析探讨如下。

### (一)教材、慕课融合创新,完善课程体系

我校核工程与核技术专业、辐射防护与核安全专业自成立以来,采用大亚湾核电站培训教材《900MW压水堆核电站系统与设备》以及《非能动安全先进核电厂AP1000》作为教材,教材内容较为完整,在培养核电人才方面发挥了巨大作用。以上教材适用于工程化培训,并且随着我国具有自主知识产权的第三代核电技术“华龙一号”的快速发展与建设,对一套融合二代、三代核电技术,且具有更为完整知识体系的教材的需求更为迫切。鉴于此,我校核科学与工程学院正在进行相关教材的编著工作。该教材具有两个主要特点:一是对现有知识体系进行梳理、总结,将二代M310、三代AP1000、“华龙一号”核电技术相关的系统与设备有机融合为一体,做到结构清晰,体系完整;二是基于对基础知识的学习,增加二代、三代核电技术相关设计的变化、改进方案等方面的分析、对比,使学生体会核电系统与设备设计的变化、改进及原因,使学生真正具备理解核电厂主要系统与设备的基本工作原理和设计理念的能力。

同时,与教材的编制相配套,组织课程教学团队教师录制慕课,以此作为学生自主学习的重要辅助手段。慕课课程内容经教学团队充分讨论,抽丝剥茧,选取本课题的关键知识点进行慕课课程讲授及制作。每节课时间为15~20分钟,力求每节慕课能够讲透一个关键知识点,作为本课程的重要辅助学习方式,也为传统教育注入了新鲜血液,这是大信息化时代下的新型教学方式。由此,“课堂(线下)—慕课(线上)”教学相结合,课堂不再由单一授课教师主导,课程也不再被单一教学系统所限制,人工教学管理向智能教学管理转变,适应了信息时代背景下对大学本科教育的最新要求<sup>[1]</sup>。

通过创新教材编制、配套慕课制作等手段,我校不但实现了“二代”“三代”核电技术知识的融合,而且实现了“线上”“线下”相结合的新型学习方式,从而建立了一套更为完整、全面的核电厂系统与设备课程教学体系。

### (二)传统与新型教学方式相结合,创新课堂教学方法

本门课程涉及的知识点较多,学习起来有一定的困难,这就要求在学习过程中集中精力,理解各个系统、设备之间的联系。因此,除了传统的教师讲授的教学方法之外,还要探索新型的教学方式,形成师生互动。

应尽量创设小班教学环境和学习条件,注重调动全体学生的学习热情和学习积极性,注重学生创新能力和实践能力的培养,形成自主、开放、有活力的课堂教学氛围<sup>[2]</sup>。在小班教学条件下,可选择部分教学内容进行“翻转课堂”式教学,如“M310主泵三级轴封流量控制原理”“稳压器自动降压系统先导式安全阀开启原理”等内容,让学生建立学习小组,提前布置学生学习、查阅相关资料,做成PPT,并在课上向班级其他同学进行讲授。这样的课程教学活动以学生为中心,让学生基于学习目标去自主学习、独立思考、发现问题并研究解决问题,学生还可以依据自己的兴趣和能力挖掘得更深,拓展得更广<sup>[3]</sup>。同时,教师在这一过程中需要注意加强引领,帮助学生解决自学过程中遇到的问题及难点,师生间形成一种快速有效的沟通和反馈,在讨论中提高学生的思辨能力。

现在的学生大多为00后,具有鲜明的时代特征,如果能掌握他们的沟通方式,无疑会拉近教师与学生的距离,有益于教学。课堂上适当地采用一些风趣幽默的语言,更有助于消除学生在课堂上的瞌睡感,让其更好地沉浸到课堂学习中。

尝试引入智慧教学工具,如“雨课堂”等新型工具,实现课堂上实时答题、弹幕互动,为传统课堂教师师生互动提供一种直接、高效的辅助沟通方式<sup>[4]</sup>。同时,可以将智慧教学工具与慕课等“互联网+教育”方式相结合,实现“课前一课上一课后”每一个教学环节全覆盖。

### (三)多媒体手段、实物模型、VR相结合,提升课堂教学效果

为了强化核电厂系统与设备课程教学效果,增强学生对核电厂系统及重要设备的结构和工作原理的理解,核科学与工程学院专门建设了核电厂系统及重要设备



图1 模型实验室部分模型展示

模型教学实验室,如图1所示,其主要模型包括M310、AP1000堆芯及压力容器结构模型、安全壳结构模型、主泵模型、蒸汽发生器模型、一回路系统模型、二回路系统模型及控制棒驱动机构模型等,也包括课程中重点讲授的关键结构,如燃料组件(及剖视模型)、控制棒驱动机构结构、主泵轴封结构等。此外,学院建设了虚拟现实(VR)实验室,让学生能够深入核电站内部一探究竟。学生通过与核电厂系统及设备实物模型多方位的、立体性的学习,开阔了视野,活跃了思路。

在教学过程中,需充分发挥多媒体技术教学的优势,基于PowerPoint软件设计图文并茂、形象生动的多媒体教学课件、视频等,直观地展示核电厂中各部件结构、系统的组成与功能<sup>[5]</sup>,如“反应堆堆芯启动过程”“蒸汽发生器传热管穿管过程”“装换料过程”“CAP1400模块化施工”等,帮助学生系统的动态运行过程等抽象知识进行直观介绍。同时,充分利用资源,获取核电站系统与设备的实物照片,将书本上的文字对照实物进行学习,让学生直观地看到实际的反应堆结构、部件等,从而让学生更好地理解、掌握各种核反应堆结构及设计、运行原理。

另外,要关注核能领域网站、微信公众号等各类渠道推送的相关信息、案例等<sup>[6]</sup>,将一些课堂上讲过、但很难亲眼见到的过程以视频的形式直观地搬进课堂,如中央电视台推出的《超级工程》《超级装备》等纪录片,均有重大核电工程、核电装备的相关介绍。将以上内容与课堂讲授相应章节有机结合,不但能够有效提升学生学习兴趣与注意力,还能够使学生快速掌握相关知识点,更能让学生在过程中直观感受到“核级”标准之高、要求之严,领略核电大工业之美。

**(四)结合科研优势,拓展学生视野,引导学生思考**

将科研融入教学,在教学过程中适当地对相关研究成果进行展示与引导,将这些最新研究成果融入教学内容,这一方面对学生深入掌握核电厂系统流程和运行原理大有裨益,另一方面也提高了课程的学术意义,有利于激发和提高学生科研方面的兴趣。例如,如图2所示,讲授AP1000非能动余热排出系统时,结合教师所承担的压水堆国家重大专项项目相关内容,给学生展示高速摄像机拍摄的非能动余热排出热交换器工作过程中的

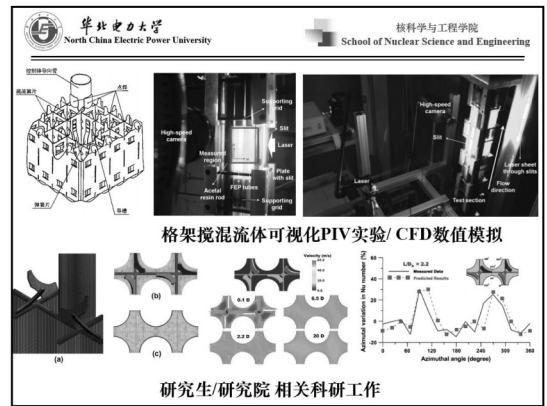


图3 科研成果与教学内容相结合展示示例图

沸腾换热气泡生长、浮升过程,以及第1-3级自动降压系统在内置换料水箱中的冷凝过程等,让学生能够直观看到平时很难观察到的现象,加深学生对关键设备工作原理的理解。在讲授燃料格架设计时,给学生介绍格架搅混翼片的设计研究论文,让学生了解计算流体力学(CFD)方法与实验方法相结合的重要研究方法,让学生提前接触科研,这对规划学习、考研等有所帮助。

将核电当前高速发展形势与教学相融合,不定期地向学生介绍核能行业的最新进展,如AP1000核电站成功商运、“华龙一号”核电站建设情况等。利用课间时间对学生进行核科普,如播放连续举办了四届的“全国高校学生课外‘核+X’创意大赛”历年获奖作品等,对核技术应用、核医学、核能供热等方面进行科普性介绍,以拓宽学生的知识面。通过以上多种手段促使学生主动关注、跟踪当前核电行业的最新发展状况、热点,激发学生的学习兴趣;同时有机结合“课程思政”的相关要求,引导学生提前做好职业生涯规划,为我国核电事业的安全、高效发展贡献自己的力量。

**(五)拓展校外实习基地,课堂内外有机结合**

我校与中国核工业三大央企,即中核集团、中广核集团和国家电投集团建立了密切的合作关系,积极开拓校外实习基地,已与山东核电有限公司、江苏核电有限公司、秦山核电有限公司、中国核动力研究设计院、中国原子能科学研究院、国家电投集团科学技术研究院等国内知名核电企业及科研院所联合建立了学生课外实践基地(如图4所示)。

专业认知实习、校企联合学生工作站实习等能够使学生有机会直接见到核电站实景,核电厂的一线运维人员、培训教师给学生讲解核电厂系统设备的运行原理,学生甚至可以进入核岛厂房、汽轮机厂房等核电厂内部进行零距离学习参观,真正深入一线观察、感受核电厂的工作、生活,把课本上的知识与实际电厂的系统与设备结合起来,从而达到全面深刻地掌握和理解课程知识的目的。

依托“华电大讲堂”等平台,我们邀请核能行业院士、知名专家、学者来做报告,内容涵盖“华龙一号”、钠冷快堆、先进核动力及应用等,这是对课本学习知识的

(下转第176页)



图2 科研成果与教学内容相结合展示示例图

践运用探索[J].当代教育实践与教学研究,2019(17):30-31.

[4] 肖叶枝,王鹏,黄成云,等.基于大数据的在线学习内容个性化精准推荐分析[J].微型电脑应用,2019(7):41-43.

[5] 穆肃,王孝金.在线学习中深层次学习发生策略的研究[J].中国远程教育,2019(10):29-39+93.

[6] 程璐楠,韩锡斌,程建钢.MOOC平台的多元化创新发展及其影响[J].远程教育杂志,2014(2):58-66.

[7] 方嘉文,陈琦.在线学习参与度的影响因素分析:以中国大学MOOC平台为例[J].湖北师范大学学报(自然科学版),2019(3):108-112.

[8] 莫意清.大数据驱动教学创新的思考与实现路径:以《大学生心理健康教育》教学为例[J].现代商贸工业,2019(35):179.

[9] 邓国峰,庞智.大数据技术在高校思想政治教育中的应用研究[J].广西社会科学,2018(6):12-16.

[10] 刘建东.基于移动互联网的药理学学习系统设计开发[J].电子世界,2018(24):76-77.

[11] Hew K F, Cheung W S. Students' and instructors' use of massive open online courses (MOOCs): Motivations and challenges[J]. Educational Research Review, 2014 (12): 45-58.

[12] 麦可思研究院.2019年中国大学生就业报告[R].2019.

[13] 李雯靓.本科、专科与研究生学历者就业差异比较研究:基于高等教育两阶段数据分析[D].武汉:华中师范大学,2015.

[14] 王岩.大学生学习心理问卷的编订[J].天津职业院校联合学报,2019(9):73-77.

[责任编辑:钟 岚]

(上接第172页)

有效补充和拓展,大大拓宽了学生的知识面。

以上课堂内外的有机结合,不但能够加深学生对核电厂系统与设备课程的理解,而且开拓了学生的视野,让他们提前接触企业、了解核电厂工作,为他们尽早规划将来的职业生涯打下很好的基础。



图4 华北电力大学与国内核能企业建立人才培养合作

### 三、总结与展望

本文分析了核电厂系统与设备的课程特点,总结了学生学习该课程的三个层次,重点介绍了华北电力大学核科学与工程学院在本课程教学方面的改革和创新性尝试,具体措施包括:教材、慕课融合创新,完善课程体系;多媒体手段、实物模型、VR相结合,提升课堂教学效果;传统教学方法与新型教学方式相结合,创新课堂教学方法;结合科研优势,拓展学生视野,引导学生思考;

拓展校外实习基地,邀请专家做报告,课堂内外有机结合等。以多种形式、多种方式激发学生的学习兴趣,让学生从知识层面、认知层面更好地掌握本课程知识,进而把握“结构+功能+设计理念”的逻辑脉络,真正具备理解核电厂主要系统与设备的基本工作原理和设计理念的能力。

同时,以上新手段、新方法的引入也对任课教师提出了更高的要求,结合教育部印发的《关于狠抓新时代全国高等学校本科教育工作会议精神落实的通知》(教高函[2018]8号),各高校应严抓本科教育,淘汰“水课”、打造“金课”。这要求任课教师投入更多的精力到教学中,且不断加强培训学习,定期研讨,跟上信息时代高速发展的节奏,这样才能打造更为丰富、高效、充实的本科教学课堂,把核电厂系统与设备这门课程打造成真正的“金课”。

### [参 考 文 献]

[1] 方群,朱战霞.慕课与传统课堂教学方法有机融合的大学课程教学模式初探[J].教育教学论坛,2019(34):183-186.

[2] 马续波.核反应堆物理分析课程教学改革研讨[J].大学教育,2015(11):172-173.

[3] 杨裴裴,陈桂英.微课时期高校翻转课堂教学模式的实践[J].计算机产品与流通,2019(10):177+184.

[4] 姜海丽,孙秋华,赵言诚,等.基于雨课堂的教学实践[J].高教学刊,2019(18):86-88.

[5] 田文喜,张亚培,陈荣华,等.西安交通大学核电厂系统与设备课程教学研究与实践[J].大学教育,2018(8):52-54.

[6] 李向宾,王升飞.案例教学在《核反应堆堆工分析》课程中的应用[J].华北电力大学学报(社会科学版),2011(S2):268-269+273.

[责任编辑:陈 明]