

课题完成单位：环境学院

完成人：左薇，詹巍，张军

## 产教融合下环境工程

# 专业学位研究生创新培养模式探索

课题来源：校级2022年面上研究课题

本项目紧密对接长江/黄河生态保护等国家重大战略需求，聚焦环境工程领域高层次应用型人才培养的学科交叉薄弱、实践平台匮乏核心瓶颈，依托中广核-哈工大校企协同平台，构建“理论教学-工程实训-科技攻关”三维联动培养架构；开发融合企业真实案例的模块化课程群；搭建技术研发与成果转化双平台，贯通“技术研发→工程验证→产业应用”链条；评建立以工程实践能力、创新素养、团队协作为核心的质量指标体系，量化考察产教融合成效。最终形成可复制的校企协同育人范式，为生态文明建设锻造兼具国际竞争力、技术攻关力、产业引领力的复合型环境工程人才，赋能国家双碳战略与绿色产业转型升级。

关键词

产教融合；应用型人才；培养模式创新；校企协同育人

近年来，国家生态文明建设与绿色发展战略纵深推进，长江经济带生态保护、黄河流域高质量发展、环渤海综合治理等重大战略对生态环境治理技术创新与高层次应用型人才形成紧迫需求。当前，我国环境工程领域人才培养仍面临三重结构性矛盾：学科壁垒制约知识融合、实践平台缺失弱化创新能力、产业链-教育链衔接断层，难以支撑新形势下污染防治攻坚与产业转型升级对复合型科技人才的迫切需求。深化产教融合作为国家教育改革的战略支点，通过重构“高校科研优势-企业产业资源”双元驱动机制，建立人才供给与产业需求的全周期对接体系，已成为破解人才供给侧结构性矛盾的关键路径。2015年以来，《统筹推进世界一流大学和一流学科建设总体方案》《深化产教融合的若干意见》等政策连续出台，明确要求以产教协同培育创新驱动型高素质人才。在此背景下，本项目依托“中广核-哈工大环境治理联合实验室”校企战略平台，立足长江/黄河大保护等国家需求，深度融合哈尔滨工业大学水资源学科优势与中广核环保产业工程实践资源，聚焦环境工程专业学位研究生培养模式系统性改革<sup>[1,2]</sup>。通过构建“学科交叉-平台共享-协同创新”三维育人生态，重点突破三大核心问题：（1）课程体系重构：以产业链需求牵引前沿课程开发；（2）双导师机制升级：优化校企协同指导模式；（3）成果转化路径创新：强化科技攻关能力培育。旨在打造兼具国际视野、工程素养与技术突破力的生态环境领军人才，实现高等教育供给侧改革与国家战略需求的深度共振。



伴随国家环境保护战略动态调整与经济市场化进程深化，长江/黄河大保护、环渤海攻坚战及粤港澳大湾区生态建设等重大战略实施，对高层次应用型环境工程人才的需求持续攀升。产教融合通过产业与教育双向赋能，同步推进人才培养、科学研究与科技服务，构建“高校输送人才-企业提供平台”的协同生态，已成为高等教育转型的必然路径。



2015年以来，国家密集出台系列政策强化产教融合战略地位：《统筹推进世界一流大学和一流学科建设总体方案》<sup>[3]</sup>明确要求深化产教融合，提升高校对产业升级贡献度；《深化产教融合的若干意见》<sup>[4]</sup>提出促进“教育链-人才链-产业链-创新链”四链衔接；《国家产教融合建设试点实施方案》<sup>[5]</sup>将其定位为人力资源供给侧改革的战略性任务；《专业学位研究生教育发展方案（2020—2025）》<sup>[6]</sup>强调产教融合是专业学位培养的核心特征。政策演进表明：构建产教融合培养体系，对培育科技革命引领者、打造国际人才高地、增强国家

竞争力具有重大战略意义。

本项目面向长江/黄河大保护、环渤海攻坚战等国家重大战略，整合哈工大水环境学科科研优势与中广核水处理技术工程化平台，创新构建产教深度融合的环境工程专业学位研究生培养模式。通过建立“需求对接-能力锻造-评价反馈”三维协同机制：设计校企长效合作制度实现产业需求精准匹配；依托重大科研项目提升研究生创新思维、团队协作与工程实践能力；构建量化评价指标体系（涵盖学科交叉度、战略视野、技术攻坚力）。最终形成“多学科融通-国家战略导向-顶尖工程能力”三位一体拔尖人才培养范式，为破解生态环境领域关键技术瓶颈提供人才支撑。

产教融合在西方国家得到了政府政策支持，通过出台优惠政策以及提供全程化的监督管理与协调沟通，以保障产教融合在顺利推进。早在1901年，英国桑德兰技术学院就采用了“理论→实践→理论”交替的人才培养模式<sup>[7]</sup>，学生先后完成校内课程学习、企业生产实习、校内毕业设计。这种类似“三明治”的教育模式，鼓励学生在学校和企业两个平台上开展学习研究，极大提高了毕业生的实践能力和综合素质。美国辛辛那提大学的学生要想取得工程学位，需要交替完成8个学期的理论学习和5个学期的企业实践，累计5年时间。该模式有效提高了人才培养质量，还推动了整个美国工程师培养体制的改革<sup>[8]</sup>。加拿大则在国家层面成立了合作教育协会（CAFCE），要求会员院校以4个月为单元轮替开展理论知识学习和企业工程实践，以便企业同时接纳来自不同大学的合作教育学生，实施科学规范的工程实践培养<sup>[9]</sup>。最著名的还有美国斯坦福大学的“硅谷”模式，通过强化大学与企业的科研合作、协同创新与成果转化，使得学生可以在校园、企业甚至硅谷中的任何一个角落获得来自大学、企业、政府提供的资源要素<sup>[10]</sup>。德国形成校企协同育人主体下的政府统筹、多方参与的人才培养机制，企业参与联合办学及协同育人的积极性在政府政策引导和支持下得到调动。澳大利亚构建“TAFE”模式，即“学习—工作—再学习—再工作”的循环式终身教育模式。在科教融合领域，许多欧洲国家在传统大学以外积极建设高等教育机构——应用科学大学，以提供专业的技能教育，服务于个体就业和区域劳动力市场需求。应用科技大学关注知识经济和中小企业的的需求，同时重视学生能力提升和就业需要，通过培养学生的科研能力、反思能力和创新能力，为学生适应社会竞争并在岗位中能够持续改进奠定基础。科研与教学相同，在社会发展中发挥着日益显著的作用。应用科学大学致力于开展有助于区域创新和教学质量优化的一系列科研活动。



我国产教融合的培养模式主要体现在通过构建“高校-企业”利益共同体，实现生产与教育一体化<sup>[11]</sup>。以北京航空航天大学杭州创新研究院为例，与吉利集团、海康威视等十余家龙头企业建立了产教融合利益共同体，构建了“721”企业协同实践育人模式。研究院中70%的研究生要在第三学期进入协同育人企业开展实践活动，获得企业平台实践学分；20%的研究生在院企双导师的共同指导下，参与院企联合科研项目，通过在企业 and 研究院双平台框架下的科学研究和沟通协调，锻炼实践能力和沟通协调等综合能力；还有10%的研究生带着研究院的科研成果创业。上海电力大学与大唐中南电力试验研究院、华电电力科学研究院、四川省电科院等行业知名企业构建了“1（上海电力大学）+1（集团或区域）+N（相关企业）”型研究生工作站，组建联合校企导师团队，以企业需求为导向，以企业科技立项为支撑，由研究生与企业导师共同开展科技研发工作。深圳大学在工程硕士研究生的培养中，搭建了政产学研协同育人平台，形成了学校与知名企业、研究机构和海外名校的三维协同育人体系，取得了突出成效。井冈山大学的服务项目育人模式形成了学校、政府、机构、社区的联合培养机制，参与学生成绩评定的多维主体包括：双导师、课程教师、学生、服务对象、项目提供方、项目实施地的社区管理者、项目实施地的居民、其他项目参与者等。多主体协同提升了研究生培养质量，产生了良好的社会效益。

综上，产教融合是国际公认的培养新时代高层次应用型人才的重要途径之一<sup>[12]</sup>，其培养模式多样。然而，当前国内校企合作模式整体上仍存在模式单一、深度不够、评价机制不健全等问题。多数院校与企业的合作更多停留在资源共享和项目合作层面，尚未形成系统性、全流程、可持续的合作机制，亟需探索新型协同创新模式，推动校企双方在课程内容、教学方法及人才评价等方面实现深度融合。

### 1. 产教融合下环境工程高水平研究生专业课程建设

①基于负责人主讲的《清洁生产》课程，调整实践课程结构，引入工业园区的废水零排放工程实际案例，让学生在接近实际的工作环境中进行操作和思考，帮助学生更好地理解设计过程中的挑战和机遇，构建理论与实践融合、多学科知识交叉的高水平课程。

②通过“实战驱动”提升教学水平，企业导师通过设计实际场景的现场视频连线，介绍园区的生产流程及污染物排放情况，将课堂搬到企业生产车间，达到教师-学生-企业专家的现场交流互动，激发学生的学习兴趣，培养学生的实践能力和团队合作精神。

③基于企业需求调研，设计联合开发课程体系，实施企业参与的课程共建机制；构建校企联合的实训基地管理与运行机制，探索订单式培养与项目实训模式；推广虚拟仿真、数字化实验室等现代信息技术在合作教学中的应用，提升实践教学效果。

### 2. 产教融合下环境工程专业学位研究生创新培养模式研究

①设计校企双方权责明确、利益共享的合作制度，明确各方在人才培养中的职责和分工；建立校企合作成效评价指标体系，从课程更新、师资水平、学生就业与技能提升等方面进行综合评估；探索激励机制和风险共担机制，保障合作模式可持续发展。

②通过“项目联动”，依托联合实验室，以研究生为骨干力量，合作承担国家及企业的重大科研项目，深刻感知产业急需的人才、方向与技术，并以此为依据，制定专业学位研究生课题；紧扣专业学位研究生的培养目标，定制个性化培养方案，形成高层次应用型人才培养新范式。

③推进产教融合项目研究成果的落地和转化，丰富专业学位研究生学位论文类别与内容。依托实践基地产教融合项目，围绕跨学科复杂工程项目实践，定期开展课题组研讨，推进研究生实践能力培养从专业基础实践逐步向科研创新实践层次递进。以企业为主体推进科技创新和成果转化，丰富专业学位研究生学位论文的类别与内容。

### 3. 产教融合下环境工程专业学位研究生培养质量评价体系建立

①构建政校企协同的实践教学与评价机制，通过将企业实际需求和职业标准融入评价体系，实现评价标准与行业需求的有机融合。学校应将企业的评价结论视为改进教学的重要依据，通过分析企业反馈问题，及时、精准地制定改进策略。

②为实现科学评价，可采用过程评价与结果评价有机结合的方式。过程评价着重关注学生在实践过程中技能的积累以及核心职业素质的养成。教师可依据学生在完成项目任务时展现出的工作态度、责任心以及在团队协作中的沟通能力、协调能力等多方面表现进行综合考核。除了注重过程性评价和结果性评价这两种主要的评价方式之外，还引入其他多元化的评价手段，例如学生自评、学生互评以及第三方评价等。

③考察专业课程考试分数、企业项目参与程度、团队交流能力评分与企业反馈评分、毕业论文成绩等具体考核指标对产教融合专业学位研究生培养质量的反馈权重，建立以专业知识考核为基础，以职业能力考查为重点，以职业素养评价为补充的评价体系。



为实现研究目标，本课题设计了一系列改革方案和研究方法。首先，在理论构建方面，通过广泛的文献调研与案例分析，深入探讨国内外校企合作的成功经验，同时结合问卷调查和专家访谈，收集校企双方对合作模式的实际需求和宝贵建议。此外，组织专题研讨会，旨在汇聚各方智慧，逐步形成具有多方共识的理论框架，为后续实践提供坚实理论支撑。在模式实施方面，组建专门的校企合作工作组，邀请企业专家和高校教师共同参与课程与实训基地的建设。通过启动校企联合试点项目，在实际操作中检验和完善理论框架及合作模式的可行性。

与此同时，充分利用数字化工具和虚拟仿真平台，探索线上线下混合式教学与实训的新模式，为学生实践能力与创新思维提供更为丰富和现代化的教学手段。在评价与改进机制上，项目计划建立动态反馈机制，对各项合作项目进行定期评估和总结，并引入第三方评估机构，以确保评价结果的客观公正。根据反馈结果，持续对合作方案进行优化调整，力求形成一个良性循环的长效机制，从而不断提升校企合作的整体效益和质量。

为适应新时代高层次环境工程专业学位研究生的人才培养目标，课程《清洁生产》以高水平研究生课程建设为基础，融合产教协同育人的理念，构建理论教学与实践能力协同提升的新型教学体系。课程设计及实践措施具体如下：



### 1. 模块化课程体系

基于负责人主讲的研究生课程《清洁生产》，引入企业在化工、印染、制药等工业园区的废水零排放工程实际案例，在此基础上，进一步深化教学方法改革。采用团队式授课、专家授课、现场授课等多种方式有机结合。团队式授课，是针对一个综合性、复杂性问题，来自各方面的若干位教师一起授课，以实现教学效果。教学团队中有同一学科不同研究方向的教师，也有不同学科、不同研究方向的教师，覆盖不同行业、不同领域和不同生产工艺，针对性更强。授课方式采用教师的联合讲授和学生的集体讨论，既注重课堂内理论知识的学习，又强调学以致用，致力于将所学知识与自己的工作结合起来思考和解决问题。专家授课则可以邀请清洁生产审核企业、专家、环保局人员分别从清洁生产实施的主体、验收、监管层面上讲解企业清洁生产实施过程、验收标准和管理政策，培养学生的辩证思维能力。现场授课通过设计实际场景的现场连线视频，由企业专家介绍工业园区的生产流程及污染物排放情况。将课堂搬到企业生产车间进行现场教学，从企业原辅料能源、生产工艺、生产设备、过程控制、产品、废物、管理、员工八个方面讲解企业清洁生产潜力，提出在技术、环境、经济上可行的清洁生产方案，达到教师-学生-企业专家的现场交流互动，培养学生的实践能力和创新思维。

#### (1) 案例引入，理论联系实际

课程在内容设计上紧密结合当前国家环保政策导向以及重点行业的绿色转型实践，特别选取了化工、印染、制药等工业园区中典型的废水零排放工程案例，贯穿课程教学全过程，构建“理论讲授—案例分析—现场教学—问题研讨”的闭环式教学体系。在具体实施中，教师围绕典型企业清洁生产工程实例，从源头减排、过程控制、末端治理三个维度组织教学内容：①源头减排方面，引导学生分析原辅材料选择、工艺流程优化与原始污染负荷削减等关键环节。例如，在制药企业案例中，探讨通过替代原料、改变反应条件等方式减少有毒中间体的生成，从源头减少污染物排放；②过程控制环节，通过分析企业生产中的中间产物管理、设备密闭循环、在线监测系统等措施，引导学生理解生产过程中污染控制的技术路径和关键节点。比如，在化工园区案例中，介绍多效蒸发、

高效分离、生化反应等过程控制技术的集成与协同；③末端治理阶段，深入剖析废水回用、零排放系统（如浓水焚烧、膜分离、结晶回收等）的技术路线，讨论技术可行性、经济成本与环境效益之间的平衡问题。此外，课程中还设置小组合作环节，让学生围绕一个真实工程案例，自主查阅资料、识别问题、设计清洁生产方案，并进行成果汇报。这一过程培养了学生的工程背景认知能力、跨专业协作能力和综合解决问题的实践能力。通过这种以真实工程案例为支撑的教学方式，课程不仅提高了学生对清洁生产理念的理解深度，也极大增强了其对复杂工程问题的分析、归纳和综合判断能力，真正实现了从“学知识”到“会思考、能实践”的转变。

## （2）多层协作式授课方式

### ①团队式授课：打破学科壁垒，构建复合型知识体系

针对清洁生产课程内容覆盖面广、涉及技术与管理交叉融合的特点，课程构建了跨学科、多专业背景的教学团队，实施团队式协同授课模式。教学团队由来自环境工程、化工工艺、水处理技术、生态环境管理等多个领域的骨干教师组成，按照“模块化教学+主题交叉融合”的设计思路，共同研讨课程结构、统一教学目标、协调教学进度。教学过程中注重多角度呈现问题：如同一案例从工程技术、环保政策、经济可行性等多维角度展开分析，强化学生的系统思维。课堂教学鼓励跨小组交流与观点碰撞，通过“问题导向-多师点评-学生互动”的方式，激发学生的综合分析能力和跨学科知识融合能力。该模式打破了传统“一人讲一门课”的单一结构，有效提升了课程的内容深度与行业覆盖广度，为学生提供了多样化认知路径，助力其构建“技术—管理—政策”一体化的清洁生产知识体系。



### ②专家授课：聚焦政策与实务，搭建校企政联动平台

课程积极引入行业专家资源，实现“课程内容与行业一线同步”。专家授课聚焦于政策实施、实务操作、审核标准等企业实践中的核心问题，帮助学生深化对清洁生产“从规划到执行”的全过程理解。企业专家围绕实际推进过程中遇到的问题展开教学，如清洁生产技术选型难点、成本核算与投入产出评估、设备升级与流程再设计等，结合自身项目经验进行深度解析。通过这种政产学研协同授课的形式，课程实现了从工程技术教学向政策制度与实施路径的延伸，提升了学生对行业生态、政策逻辑和执行机制的整体认知，促进其将知识转化为面向实际问题的应对能力。

### ③现场授课：走进生产一线，强化过程感知与问题意识

为增强学生对清洁生产“如何做、做什么”的实际认知，课程积极探索“虚实结合”的现场教学方式，将课堂教学与企业一线生产过程深度融合：①虚拟现场教学：通过与企业合作，建立线上远程视频连线机制，让学生“身临其境”观看企业生产现场，如污水处理站运行过程、自动化监测系统界面、废水零排放系统的集成结构等。由企业技术负责人实时讲解工艺流程与控制节点，学生可就所见现场进行提问与互动；②实地参访教学：组织学生深入工业园区、重点企业生产现场，围绕“原辅料投入—工艺流程—过程控制—污染治理—废物处置”等各个环节开展系统教学。企业工程师全流程讲解清洁生产潜力评估与优化策略，同时结合生产现场的设备、工艺变化引导学生发现问题、提出改进建议；③现场研讨交流：教师、企业专家与学生在现场开展三方交流，围绕“技术可行性、环境效益、经济成本”综合分析实际清洁生产改进方案，提升学生的系统工程思维与综合决策能力。通过现场教学，不仅强化了学生对理论知识的直观理解，也激发了其对工程实际问题的敏感性与责任意识，进一步推动从“被动学习”向“主动探索”的转变，提升其将知识迁移到实际情境中解决问题的能力。

## 2.产教融合下环境工程专业学位研究生培养模式

通过走访、参访等形式，加强学院与企业之间的联系沟通。教师深入企业中去，学习并了解企业后期发展所需要的人才类型。企业通过派驻技术人员深入学院，与导师沟通交流，与研究生交流，加强互动。依托联合实验室，开展前瞻性技术项目合作。根据国家发展的重大战略部署调整，根据环保行业发展及关键领域未来对人才与技术的不同需求，有针对性、有目的性、有前瞻性地开展科研合作。依托学院与中广核共建的研究生培养实践基地，为学生提供实习锻炼，并通过团队成员与中广核联合承担的横向课题，为研究生开展工程实践研究提供条件，让学生真正参与到环保工程的设计、管理、维护中去，掌握工程知识、工程理念，成为合格的高层次环保工程师。

### (1) 加强校企协同互动机制，构建协同育人共同体

为深入推进产教融合，构建“教育链、人才链”与“产业链、创新链”有机衔接的人才培养机制，本课程依托与中广核等龙头企业的紧密合作，持续推进研究生联合培养实践基地建设，探索校企协同的深层互动机制，全面提升研究生的工程素养与创新能力。



制，本课程依托与中广核等龙头企业的紧密合作，持续推进研究生联合培养实践基地建设，探索校企协同的深层互动机制，全面提升研究生的工程素养与创新能力。

一方面，教师深入企业一线开展调研与技术交流，了解企业在清洁生产、环保工程等领域的关键技术演进、发展瓶颈及未来的人才需求。教师通过参与企业技术评估会、生产流程参观、研发方案研讨等方式，掌握企业实际运行机制和岗位能力要求，从而将工程实际问题融入课程教学和研究生课题指导中，实现教学内容与行业需求

的精准对接。另一方面，企业通过选派经验丰富的技术骨干或中层管理人员入驻学院担任“产业导师”，参与课程授课、项目指导、实践评价等教学环节。他们与学院导师组成“双导师制”指导团队，共同参与研究生的课题设计、项目选题和研究过程指导。企业导师能够从产业前沿和工程实践角度出发，为学生提供实用性强、问题导向明确的研究任务，引导学生聚焦实际工程问题，提升科研的应用价值。在联合培养实践基地中，研究生不仅能够参与环保工程项目的设计、建设与运维全过程，还能通过企业提供的实习平台，亲身体验企业管理流程、质量控制体系及现场工程执行标准。学生在真实工作场景中将所学知识转化为工程实践能力，实现从“学术型”向“应用型”“复合型”人才的有效转变。

### (2) 依托联合实验室深化项目合作，强化科研训练与工程应用融合

为加强研究生科研能力与工程实践的深度融合，学院依托与中广核等企业共建的联合实验室平台，积极开展产学研合作，构建“科研—工程—应用”一体化的研究生态体系。该平台不仅是技术研发的重要基地，更是服务研究生工程能力培养和科研训练的核心支撑。一方面，联合实验室聚焦于国家环保领域重大战略需求和行业技术发展前沿，面向如工业废水深度处理、废物资源化利用、清洁能源系统优化等核心方向，由学院与企业共同凝练课题方向，联合申报科研项目，并组织项目团队联合攻关，形成长期稳定的合作机制。在具体运行中，企业根据其技术生产中面临的实际工程难题，如膜污染控制、零排放系统能耗优化、末端治理技术升级等，向联合实验室发布“技术命题”，并以此作为研究生科研选题的重要来源。学院导师围绕企业提出的关键问题，指导研究生开展课题设计、方案论证、实验验证及中试放大，真正实现以企业“问题清单”驱动“课题清单”，提高研究课题的现实针对性和工程可行性。另一方面，研究生在联合实验室中不仅能够接受系统科研训练，如方案设计、数据采集、实验操作、技术评估等，还能与企业工程师协同完成技术报告撰写、成果转化建议制定等工程应用任务，从而提升综合研究素养与工程表达能力。通过项目共研，不仅有效推动了高水平科研成果的产出与转化，更为研究生提供了一个兼具理论深度与工程广度的科研训练平台，培养其在真实

情境中发现问题、分析问题、解决问题的综合能力，助力其成长为具备技术研发与工程实践双重能力的高层次环保工程人才。

### 3.产教融合环境工程专业学位研究生培养质量评价体系

产教融合的评价指标要突出应用导向和培养高层次应用型人才的质量要求，体现产教融合的本质与专业学位研究生培养的特点。拟通过以下几个类别的具体指标，探讨产教融合环境工程专业学位研究生培养质量评价体系的构建：对于师资队伍，突出教师的实践指导能力，考察师资队伍的实践教学、实践指导的整体效果。培养过程通过案例与实践教学质量、实习实践基地质量、校外参与教学情况等，强调学生的实践能力和行业参与教学情况。学业质量的评估涉及学生综合运用知识技能解决实际问题的能力和水平，强调为培养学生实践能力的过程服务，突出培养的应用性和实践性。评价体系应注重强调研究生教育与行业结合，重视实践能力的培养，突出应用性评价，体现了产教融合的特色，有助于引导高校基于应用型人才培养目标创建特色化的产教融合模式，提升高层次人才的培养质量。用人单位评价是体现专业学位研究生社会评价的一个重要指标，很大程度上体现了产教融合特色，检验了教育与生产的结合程度，具有重要的参考价值。

#### (1) 实践能力导向的过程评价：重过程、重能力，构建全过程评估体系

在学生评价方面，课程坚持“以能力为导向”的评价理念，构建了多维、多元、多阶段结合的过程性评价机制，弱化传统期末考试的单一考核方式，更加注重学生在真实实践情境下的综合表现：

①案例教学与项目汇报：要求学生结合企业实际案例，完成技术分析报告、清洁生产改进方案设计，并进行小组汇报展示，考察其分析问题、提出方案、表达沟通等能力。

②实习总结与过程记录：学生在实习期间需提交实习日志、问题记录、技术总结和阶段反思，全面评估其实践参与深度与岗位适应性。

③现场教学表现与参与度：将学生在现场教学中的观察记录、问题提出、互动交流等行为纳入评分范围，反映其工程观察力与主动思维能力。

该过程评价体系有效推动学生从“理论学习者”转变为“问题解决者”，使评价成为指导学生不断提升实践能力和职业素养的重要手段。

#### (2) 用人单位参与的第三方评价：引入行业视角，构建闭环反馈机制

为了提升评价结果的客观性与行业导向，课程体系积极引入用人单位参与的第三方评价机制，通过以下途径实现与就业市场的精准对接：

①实习单位反馈评价表：由企业导师对学生在实习期间的岗位表现、专业技能、团队协作、责任意识等进行全面评价，作为学生实践表现的重要依据。

②岗位适配度与胜任力评估：通过毕业后跟踪调研或用人单位座谈，了解学生在职场中的技术应用能力、项目推进能力及发展潜力，判断其与岗位需求的匹配程度。

③企业参与课程优化建议：建立企业专家参与课程评审、人才培养方案制定、教学改革评估的常态机制，构建基于行业反馈的持续改进闭环。

通过用人单位的直接评价，课程能够及时捕捉行业对人才的新要求，动态调整教学重点与能力目标，实现从“培养目标—教学实施—就业反馈—方案优化”的全过程闭环管理，持续提升研究生培养质量。



面向国家“双碳”战略和生态文明建设需求，构建了产教深度融合的环境工程专业学位研究生培养体系，以职业能力为导向，建立了“需求牵引-多元协同-个性发展”的培养范式。该模式聚焦水污染防治、固废资源化、土壤修复等国家重大环保领域，通过“三链融合”实现教育链、产业链和创新链的有机衔接。

在课程建设方面，项目主讲教师通过构建多层次实验模块、引入智能化数据分析工具、强化环保产业真实问题导入等措施，显著提升了实验教学的系统性与实践性。依托本项目课程建设体系，获批哈尔滨工业大学首批精品“学科领域+人工智能”技术核心课程建设，积极推动实验教学体系改革，注重实验内容的前沿性、工程性与实用性，取得了良好的教学效果和育人实效，获黑龙江省教学成果奖一等奖、哈尔滨工业大学教学成果奖特等奖。

在人才培养方面，实验教学与课题实践深度融合，指导的本科生、硕士研究生、博士研究生在毕业论文质量、竞赛成果与就业质量等方面均表现突出：指导研究生王振威获评哈尔滨工业大学优秀毕业生，所指导的博士研究生荣获校级优秀博士学位论文（副导师）；毕业生赵晨欣、孙盘飞、陈志伟等人分别在内蒙古生态环境厅、淄博市生态环境局、长江三峡集团等单位的重要岗位就业，体现了教学成果的工程适应力和行业认可度。

在学生创新能力培养方面，依托实验教学中的成果孵化与团队项目指导，取得多项竞赛荣誉：指导学生团队荣获中国国际大学生创新大赛（2024）国家级银奖、黑龙江省金奖；指导项目获得中国国际“互联网+”大学生创新创业大赛省级银奖2项，校级金奖/银奖4项，所有获奖项目均聚焦于环保产业关键技术难题，体现了实验教学紧贴产业需求、突出创新实践导向的鲜明特色。总体来看，项目通过系统化实验教学设计、跨学科融合教学模式与产业问题驱动机制，显著提升了学生的科研创新能力、工程实践能力与综合素质，实验教学效果显著，教学改革成果显现，达到预期建设目标并具备良好推广价值。

本项目围绕“人工智能+环境学科”交叉背景下高层次专业学位研究生的培养目标，聚焦《清洁生产》课程的体系优化与教学创新，构建了融合理论教学、工程实践、产教协同与多元评价为一体的系统化教学改革路径，取得了显著成效。



在课程体系方面，项目以模块化设计为基础，突出案例导向和问题驱动，系统融入国家环保政策与重点行业转型实践，构建“理论讲授—案例分析—现场教学—方案设计”闭环式教学链条，实现了从知识传授向能力培养的转变。在教学组织上，创新实施“团队式教学+专家讲授+现场教学”的多层协作模式，推动学科交叉与产业资源深度融合，显著提升了课程内容的广度、深度与实用性。

在实践教学方面，依托联合实验室与研究生联合培养基地，强化了校企深度协同机制，推动研究

生围绕企业关键技术难题开展课题研究与工程训练，显著增强了学生的问题意识、系统思维与工程创新能力。多项学生科研成果在中国国际大学生创新大赛、“互联网+”创新创业大赛中获得国家级与省级奖项，反映出课程的强实践导向与良好育人成效。



在评价机制方面，建立了以实践能力为导向的多维质量评价体系，引入用人单位的第三方评价机制，实现“过程评价—结果反馈—持续优化”的闭环式管理，确保教学改革举措落地有效，并实现课程建设与行业需求的动态对接。

总体来看，本项目有效提升了课程的系统性、前沿性与工程性，形成了可推广、可复制的环境工程研究生实践教学改革范式，对新时代应用型高层次人才的培养具有重要的示范意义和推广价值。

尽管本项目在课程体系构建、教学组织形式和实践平台建设方面取得了阶段性成果，但仍存在若干不足之处。一是部分教学模块在融合人工智能与环境工程知识体系方面仍有待进一步深化，特别是在数据分析、模型预测等内容的工程应用层面，学生的掌握程度仍显不均衡。二是企业参与课程全过程的机制尚未完全常态化，部分专家资源受限于时间和管理制度，难以形成持续性参与，影响了部分实践教学环节的稳定性。三是在第三方评价方面，目前以学生反馈和用人单位意见为主，尚缺乏系统化数据支撑与长期跟踪机制。

针对上述问题，后续将重点加强人工智能相关技术在课程中的嵌入深度，优化教学资源配置与内容衔接；推动建立校企协同课程共建机制，引导更多企业专家参与教学内容开发与教学实施全过程；同时完善毕业生跟踪与用人单位反馈数据库，提升评价机制的科学性与前瞻性，进一步推动教学改革向纵深发展。

参考文献略

