

课题完成单位：能源学院

完成人：高建民，冯冬冬，赵义军，罗磊，闫欢

## “双碳”背景下基于PDGP的

# 研究生创新人才培养体系建设

课题来源：校级2022年重点研究课题

“碳达峰、碳中和（双碳）”作为现阶段国家能源战略目标，具备学科组合多样化、课题项目丰富化、能源形式多元化等特征，因此对传统的研究生培养模式提出严峻挑战，亟需建立全新的研究生人才培养体系，提高目标指向性和战略引领性，实现研究生培养与“双碳”战略目标的精准对接。提出PDGP（Project-Discipline-Group-Postgraduate）培养模式，即构建“项目-学科-团队-研究生”的跨尺度培养体系；形成以课程体系构建为基础、校内联动机制为枢纽、校外实践与创新双平台建设为关键抓手、新时代“双碳”思政教育为精神内核的综合培养模式。

关键词

研究生培养、教学改革、碳中和、创新平台、思政教育



### 1. 研究背景

2021年7月12日教育部印发《高等学校碳中和科技创新行动计划》（教科信函〔2021〕30号）通知，要求利用3-5年时间，在高校系统布局建设一批碳中和领域科技创新平台，汇聚一批高水平创新团队，不断调整优化碳中和相关专业、学科建设，推动人才培养质量持续提升，实现碳中和领域基础理论研究和关键共性技术新突破。2022年4月19日教育部印发《加强碳达峰碳中和高等教育人才培养体系建设工作方案》（教高函〔2022〕3号），再次强调以高等教育高质量发展服务国家碳达峰碳中和专业人才培养需求的重要性及必要性，要积极推进高等教育高质量体系建设，提高碳达峰碳中和相关专业人才培养质量。

研究生教育是高等教育体系中培养高层次创新人才的最高阶段和主要形式，是实施创新驱动发展战略和建设创新型国家的重要基石，也是建设碳达峰碳中和高质量人才培养体系的核心任务之一。习近平总书记就研究生教育工作作出重要指示，特别强调指出，要瞄准科技前沿和关键领域，加快培养国家急需的高层次人才。习总书记的指示进一步肯定了研究生教育的战略地位和功能定位，为新时代研究生教育改革指明了方向，提供了根本遵循。碳达峰碳中和作为国家现阶段最重要的能源战略，也是研究生教育应服务的战略目标，为此必须建立健全“双碳”背景下的高质量研究生人才培养体系。

碳中和将带来一场由科技革命引起的经济社会环境的重大变革，是中国第一次真正意义上在变革中与发达国家同场竞技，其意义不亚于三次工业革命。碳达峰碳中和的需求多样性对传统的研究生培养模式提出了严峻挑战，需要建立全新的研究生人才培养体系，提高目标指向性和战略引领性，实现研究生培养与“双碳”战略目标的精准对接。如何提高学科专业方向建设和研究生人才培养与重大需求的契合度是建立“双碳”背景下研究生人才培养体系必须解决的关键问题。基于上述问题，本项目组提出PDGP（Project-Discipline-Group-Postgraduate）培养模式，即构建“项目-学科-团队-研究生”的跨尺度培养体系。依托于碳达峰碳中和和能源战略提出的重大基础研究项目开展学科建设，在发挥大团队、大平台、大项目的科研优势的基础上，提高学科建设的针对性并为以课题组为单位的科研团队指明研究方向，实现战略目标的精准传递和具象转化。课题组进一步细化研究目标，确定研究内容，并根据研究生的个人具体情况制定专属的培养方案，提高学生科研课题与目标需求的契合度，培养具有自主创新意识和高水平创造能力的研究生人才。

基于此，本项目组深刻学习了教育部、国家发改委、财政部联合制定出台的《关于加快新时代研究生教育改革发展的意见》有关精神，并充分解读了《哈尔滨工业大学加快新时代研究生教育卓越发展行动计划》，基于PDGP体系，制定出了一套具有学校学院学科特色的研究生杰出人才培养模式，服务国家能源战略，面向国民经济主战场。通过本项目的实施，为“十四五”国家研究生教育由大到强转变目标的实现做出贡献，为我国如期实现“碳达峰、碳中和”目标提供稳定助力。



## 2.国内外研究现状

碳中和科技革命势必会对世界各国、各领域造成广泛而深刻的影响，为应对这场百年未有之大变局，迎接挑战，把握机遇，亟需更多高端科研水平、高度文化自信的优秀创新型人才贡献卓越力量。

研究生是实现科技强国的重要保证，也是加快推进碳达峰碳中和建设的主力军，近年来国内外高校不断加强面向碳中和科技革命的研究生教育建设，着力培养服务于碳中和的高水平创新型人才。2021年10月27日，由东南大学和英国伯明翰大学共同倡议发起的“碳中和世界大学联盟”在南京正式成立，以充分发挥大学基础研究深厚和学科交叉融合的优势，加快构建大学碳中和人才培养体系和科技创新体系，深入推进世界大学之间的合作交流，全面开展碳中和科技领域高水平人才联合培养和科学研究，并主动加强应对气候变化的国际合作。PDGP模式是“双碳”背景下提出的全新人才培养体系，旨在促进重大项目需求与研究生科研课题的精准对接，消除跨尺度联合人才培养体系的隔阂与阻力，从而为碳达峰碳中和建设事业输送源源不断的高质量创新型人才。越来越多的高校开始建设联合培养体系，加强校企合作，深化产教融合，打造面向碳中和时代背景的“产-学-研”一体化的研究生人才培养模式。

**国内研究生培养体系建设**方面，清华大学在2020年首次召开研究生教育发展大会，会议强调，要高度重视研究生教育对于培养高层次人才的重要意义；深化对研究生教育规律的认识；全面深化教育领域综合改革，突出系统性、协同性和整体性；加强学科建设，倡导科教融合、产教融合。东南大学吴啸教授提出碳中和背景下研究生课程培养体系的构建方案，包括拓宽专业核心课程，设置专业课程模块，加强研究型课程建设，构建立体多维的实践课程体系，以此夯实研究生碳中和专业基础，培养研究生碳中和实践创新能力。山东财经大学邬彩霞指出基于碳中和理念的研究生教育体系构建重点在于，打造提升研究生碳中和创新能力的教育平台，探索导师层面碳中和领域研究生科研实践培养新模式。



**国外研究生培养体系建设**方面，以英属哥伦比亚大学为代表的加拿大高校从两方面着手培养碳中和专业研究生，一方面是教学研究相结合培养学生绿色可持续发展理念，另一方面是开展政策导向型实践活动培养学生碳中和创新能力；麻省理工学院为应对碳中和科技革命，以跨学科背景为人才培养、科学研究的基本理念，注重跨学科、跨机构的交流与合作，成立跨学科研究院；伍斯特理工学院及马里兰商业大学联盟也积极推进导师跨学院授课及组建交叉学科创业团队；此外，斯坦福大学和新加坡国立大学通过完善本科-研究生多层次课程教育体系，加快碳中和专业人才队伍的建设。德国联邦教育与研究部从低碳教育、低碳人才培养、低碳研究等多方面采取举措支持德国能源研究计划。

“双碳”背景下基于PDGP的卓越研究生人才培养体系建设，是在党中央、国务院关于碳达峰碳中和的重大战略部署、教育部《高等学校碳中和科技创新行动计划》、《哈尔滨工业大学加快新时代研究生教育卓越发展行动计划》等政策的支持下，一方面将基于哈工大多学科交叉融合的底蕴和积淀，立足能源动力专业的学科特点以获得重要发展机遇；另一方面，如何在“十四五”碳达峰的关键期内加快构建高校碳中和科技创新体系和人才培养体系，成为学科建设和发展面临的挑战。

### 1.主要研究内容

- (1) 高校研究生培养模式的现状分析;
- (2) PDGP研究生创新人才培养模式的构建;
- (3) 研究生“双碳”专业课程体系建设;
- (4) PDGP模式下研究生创新发展平台的搭建;
- (5) PDGP培养模式中不同尺度间的桥梁构筑;
- (6) 基于“双碳”背景的研究生思政教育建设。

### 2.理论突破

(1) **高校研究生培养模式的理论研究。**“双碳”专业人才培养应立足能源战略牵引的重大基础研究项目,切实为解决卡脖子的自然科学及工程技术问题服务。目前一些院校的研究生培养机制以推进碳中和战略目标实现为发展定位,但在实际建设过程中仍存在诸多问题,如“新瓶装旧酒”,培养模式仍沿用传统体系,没有进行针对性的教育教学改革;缺乏项目依托,学生课题研究的目标指向性不强,难以完成科研成果的有效转化;培养方案定式化,与实际科研需求匹配度较低;没有以学生为中心,不能调动研究生的主观能动性,抑制学生个性化发展。充分研究现阶段各高校针对碳中和目标的研究生培养体系建设现状,充分吸纳成功的人才培养途径,改进现存问题。

(2) **研究生“双碳”专业课程体系建设的理论研究。**建立新时代“双碳”课程体系的前提是相应学科建设的充足发展。哈尔滨工业大学“碳中和”科技创新创业教育涉及多个学科和专业,结合相关专业基础和学科建设规划,由能源、电气、建筑、化工、环境和管理等相关专业组建“碳中和科学与工程”学科,按照能源生产、输送、消费全流程,依次从“源、网、荷、储”四个方向来开展系列学科建设工作。充分发挥各学院/学科基础研究深厚和学科交叉融合的优势,多年来面向国际学术前沿和国家重大需求,坚持理论研究与技术创新并重。在“源-网-荷-储”的技术格局/链条上形成了工程特色突出、理工结合紧密的学科优势与特色,相关研究方向(零碳能源动力技术与装备、零碳能源互联网系统、减碳城镇化背景下智能绿色城市与建筑、全尺度多元能量存储与转化技术、集成耦合与优化技术)的前期布局与深度开展将成为本学科组建与快速发展的天然优势与基础。上海交通大学“碳中和”发展研究院,依托上海交通大学突出的跨学科优势、雄厚的研究基础和丰富的合作经验,研究院以“碳中和”高端智库和“碳中和”技术促进为主要功能定位,对内积极推动能源、环境、信息、管理和金融等优势学科的交叉融合,对外广泛开展与政府、企业和国际各方的协同合作,实现基于学科交叉的科学研究和产学研的有机结合,旨在建设成为国内权威高端的“碳中和”智库和具有国际影响力的“碳中和”研究机构。

将“双碳”融入研究生培养不仅需要科研课题方面着手,还必须借助于专业课程,课程是完成教学任务,实现学校、专业培养目标的根本保证。以能源动力学科为例,碳中和目标的实现既需要培养出具有宏观能源政策制定评价能力的人才,也亟需扎实掌握各领域先进低碳能源技术的研究型人才,如:零碳能源、零碳原料/燃料与工艺替代、二氧化碳捕集/利用/封存、集成耦合与优化技术等,解决碳中和领域的关键科学问题和工程瓶颈。这就要求在课程体系构建中拓宽专业基础、加强多学科领域交叉、系统整合相近课程;同时也要增进产学研合作,鼓励研究型和多维实践课程,使各门课程在知识面、科学研究和能力培养方面相互补充。



### 3. 实践举措

(1) **碳中和交叉学科平台建设的实践创新。**依托哈尔滨工业大学“源-网-荷-储”的交叉学科优势，完善碳中和人才培养方案、教学大纲、课程体系、教师队伍及激励政策建设。鼓励有碳中和相关科研项目、经验丰富的青年教师积极参与研究生创新创业教学和指导工作，并作为教师今后职称晋升、考核评聘及奖励评优的重要条件，对于教学业绩突出、创新创业教育成果突出的教师予以表彰奖励。制定详细的“碳中和”学科培养方案，辅以创新学分认定制度，在毕设课题对接战略项目的基础上，激发学生参与更多的“双碳”创新创业项目的积极性，并对成果突出的学生及指导教师予以表彰奖励。制定并完善面向碳中和科技革命的教学大纲，通过构建碳中和背景课程体系，为研究生从事相关科研工作提供更具针对性的专业技术及理论体系支持。

着力打造高水平科技攻关平台，加快紧缺人才培养。推动参与或组建碳达峰碳中和相关国家实验室、全国重点实验室和国家技术创新中心，引导高等学校建设一批高水平国家科研平台，加强气候变化成因及影响、生态系统碳汇等基础理论和方法研究。推动组建碳中和领域关键核心技术集成攻关大平台。组建一批重点攻关团队，围绕化石能源绿色开发、低碳利用、减污降碳等碳减排、碳零排、碳负排关键技术攻关、加快先进适用技术研发和推广



应用。联合能源学院、电气学院、化工学院、建筑学院、环境学院、交通学院共同建立国家储能技术产教融合创新平台、打造可持续智慧能源系统协同中心，与哈电集团共同筹建低碳热力发电技术与装备全国重点实验室。加快储能和氢能相关学科专业建设。加快碳捕集、利用与封存（CCUS）相关人才培养。针对碳捕集、利用与封存技术未来产业发展需求，能源学院、化工学院相关学科专业课程及研究生培养课题，促进低碳、零碳、负碳技术的开发、应用和推广，为产业提质扩能储备人才力量。

(2) **研究生课程思政教育的实践创新。**项目执行期间将课程思政作为研究生思政教育的主要载体，深入挖掘碳中和专业课程潜在育人意义，坚定学生的理想信念，培养学生的爱国情怀。在专业课程的教学中，深入贯彻以理念育人、价值塑造为本的教学方针，与思政课程同向同行，教育引导大学生树立共产主义远大理想和中国特色社会主义共同理想。加强文化育人，传承“八百壮士”精神，发扬哈工大“规格严格、功夫到家”传统。项目小组成员坚持核心价值观引领，立德树人，扎实“大师+团队”传-帮-带的教育文化传承模式，开展了《燃烧生成物低碳清洁控制》、《分布式智慧能源》、贺信精神融入课堂教学等一系列课程思政活动。在课程思政过程中，以教学设计的“三个转变”为核心，即以教为主向以学为主转变、以课堂教学为主向课内外结合转变、以结果评价为主向结果过程评价结合转变。对于专业知识传授以及课程思政教育，不能只是局限于教师的讲解，因此，教学设计中采用综合型教学方法，在教学过程中以课堂教学为主线，结合专题研究报告环节，采用立体化教学模式，将理论教学、案例教学、网络支持、实践培养等多种方式相结合，经典系统与现代科学技术最新发展深度融合，深化立德树人的教育理念，培养学生综合素养和解决实际问题的能力。

以《燃烧与热化学转化技术》课程为例，在授课过程中将燃烧设备的设计改进、二氧化碳的减排技术以及污染物控制技术等知识点与“碳中和”相关政策及最新技术应用进展相结合，紧扣立德树人的根本任务，以科研先辈们不畏困难、艰苦奋斗的精神和脚踏实地、默默奉献的事迹为引导，实现课堂思政。秉承优良校风，增强百年强校学子在“碳中和”进程中的使命感。秉承哈工大“规格严格、

功夫到家”的校训，引领学生在学习与科研实践中不断改革创新，努力追求卓越。在课堂教学中以秦裕琨院士的事迹为例，引导学生学习老一代“八百壮士”的高尚品格和道德情操，牢固树立学生以“碳中和”工作为己任的优秀思想道德和政治素质，锤炼在新领域、新使命中开拓创新的作风，为中国实现“双碳”目标贡献卓越力量。在课堂讲授式教学的基础上，增加专题讨论、大作业（小组合作）、翻转课堂等环节，着重训练学生的自主学习能力和创新创造能力，强化团队合作意识，提升自身综合素质，为实现“两个一百年”奋斗目标和中华民族伟大复兴的中国梦作出新的更大贡献。

## 03

## 主要结论、实践成果及应用价值

### 1.主要研究结论

#### (1) DGP研究生培养模式的枢纽机制。

建立学校-学院-课题组多级平台协调联动机制，成立校院对接专项工作小组，是保障PDGP研究生培养模式顺利开展的枢纽机制。

在学校层面，建立项目导向机制，实现战略需求的具象转化，根据项目需求提供政策支持并指导学院进行针对性学科建设方案改革，同步推进教学评价体系改革，充分调动项目参与教师及研究生的主观能动性；在学院层面，由院领导牵头组建以学院骨干教师为核心的学科教育

教学改革小组，根据碳中和能源战略引导的项目需求加快推进学科建设工作，统筹协调各课题组优势方向，对项目中涉及的重难点问题进行攻关；导师团队开展专项研讨，紧跟学校、学院布局规划，围绕碳中和背景创新人才培养的目标，为研究生制定个性化培养方案，在精准对接战略需求基础上全面提升研究生综合素质。

(2) PDGP研究生培养模式的重要抓手。研究生创新实践平台建设是实现PDGP研究生培养模式的重要抓手。创新创造能力是研究生从事科学研究必备的基本素养，也是新时代研究生教育改革的重点。对PDGP研究生培养模式，每一个环节都离不开创新与创造，创新是整个体系运转的核心驱动力。因此，PDGP模式下创新平台必须是多尺度，全链条的，不仅是提升研究生创新精神、创业意识与创造能力，也是对校-院-组三级平台的协调运转提出新要求，政策保障、资源配置、具体指导共同支撑PDGP模式创新发展平台的建立。此外，创新平台的搭建必须基于教学主渠道，且不能是短期、运动式的，只关注成果输出，而必须是全过程、自始至终的，注重能力的不断生成、厚积薄发。

(3) PDGP研究生培养模式的精神内核。立德树人是新时代背景下高等教育的根本任务，思政教育是落实立德树人的重要途径和必需环节。课程思政教育是PDGP研究生培养模式的精神内核。碳达峰碳中和是我国现阶段主要的能源战略，是建设社会主义现代化强国的重要组成部分，“双碳”背景下的研究生培养不仅应重视专业素质和能力的提升，还应落实好立德树人的根本任务，坚定学生的理想信念，培养学生的爱国情怀。在专业课程的教学中，应深入贯彻以理念育人、价值塑造为本的教学方针，教育引导树立共产主义远大理想和中国特色社会主义共同理想，让爱国主义精神在学生心中牢牢扎根，培养德智体美劳全面发展的社会主义接班人。



## 2.主要实践成果

### (1) 论文成果

- **冯冬冬**, 张宇\*, 尹胜君, **赵义军**, **高建民**. 能源动力类专业课程思政建设的探索与实践, 高教学刊(双一流·中文核心期刊), 2024年9期.
- 张宇, **高建民**, **冯冬冬**\*. 高校碳中和学科“党建-育人-发展”人才教育体系建设. 黑龙江教育(高教研究与评估), 2024(已录用).
- **高建民**, 张宇\*, **冯冬冬**, **赵义军**, 闫欢. “双碳”背景下PDGP研究生创新人才培养体系, 高教学刊(双一流·中文核心期刊), 2024(已录用).

### (2) 指导学生竞赛获奖

- 2023年“建行杯”第九届中国国际“互联网+”大学生创新创业大赛黑龙江赛区银奖(指导教师:**高建民** 董鹤鸣)
- 2023年“建行杯”第九届中国国际“互联网+”大学生创新创业大赛黑龙江赛区银奖(指导教师:杜谦 **冯冬冬** 张宇)
- 2023年第二届中国研究生“双碳”创新与创意大赛二等奖(指导教师:**冯冬冬**)
- 2023年第五届全国大学生可再生能源优秀科技作品竞赛三等奖(指导教师:**冯冬冬**)
- 2023年第二届零碳未来创新大赛三等奖(指导教师:**冯冬冬** 张宇)
- 2022年第十三届“挑战杯”黑龙江省大学生创业计划竞赛铜奖(指导教师:**冯冬冬** 张宇)

### (3) 教学成果奖

- 帅永, **高建民**, 何玉荣, 翟明, 温风波, 张昊春, **赵义军**, 罗磊, 宋彦萍, 姜宝成, 王洪杰, 谈和平. 国家教学成果奖二等奖, 2023年
- **赵义军**. 哈尔滨工业大学首届“大思政课”教育教学创新大赛实践思政赛道(实践思政赛道一等奖), 2024年

### (4) 其他实践成果

- **冯冬冬**、**赵义军**、**高建民**. 2022年全国文化科技卫生“三下乡”活动示范项目(哈尔滨工业大学“碳达峰碳中和”能源发展助力乡村振兴项目, 全国100项, 全省仅3项, 仅2所高校, 哈工大唯一)
- **高建民**. 卓越工程师学院“双碳班”完成第一轮建设
- **高建民**. 2022年北方地区冬季清洁取暖支持项目 提请上级建议被采纳 哈尔滨市政府发函致谢
- 碳中和科学与工程学科通过审批

## 3.推广应用价值

由本项目核心团队发起, 构建出一套成型的基于“双碳”背景的PDGP研究生创新人才培养体系, 以“学院-学校-全省-全国”模式扩大影响力, 形成“碳中和”科技专业知识和创新能力相结合。以本项目组为样板向更大受众面进行推广, 推进教育教学改革, 源源不断地输送出优质创新型人才。

### 1.项目研究中主要问题

(1) **配套平台资源有待进一步拓展完善**：充分发展多层次教育教学研究生创新人才培养平台，拓展平台载体，丰富科研教学资源是构建“碳中和”背景下PDGP研究生人才培养模式的有效方式和重要保障，但在项目实施过程中受团队规模及项目周期等限制，相应的实验实训平台、创业课程及创业培训开展有待进一步加强。

(2) **项目实践推广范围有待进一步拓展**：研究项目预期形成“以点带面，逐步辐射”的推广效果，但现阶段校内范围各学院创新人才平台建设及配套教学改革模式有待进一步协调统一，限制了PDGP研究生人才培养模式的推广辐射效应；全省及全国范围内各高校的创新创业教育开展情况差异较大，因此辐射带动效应的形成具有一定难度。

### 2.研究建议

(1) 在PDGP培养模式的基础上构建完善的创新驱动下研究生教育改革体系，建立“夯实基础、创新驱动、私人订制、点面辐射”的人才培养模式，这是哈工大建立新百年世界一流背景下杰出人才培养的一种新的探索与实践。传承和发扬哈工大“规格严格、功夫到家”的校训精神，汲取现代教育思想的精髓和《关于加快新时代研究生教育改革发展的意见》中的指引，培养一批创新创业能力强的杰出创新型人才，不断扩大辐射面，源源不断向国家输送高水平研究生，使我校成为高层次人才培养的重要基地。

(2) 与杰出人才培养模式相适应的研究生导师培养实现体制上转变，由“灌输科研方法-督促研究进展”转向“自主衡量课题方向与自身能力-创新思维主导科研进程”。同时加强对于管理模式建设，利于创新人才脱颖而出的育人环境和各项制度建设，保障了组内 硕士-博士之间的互通性、教学理念的先进性和改革方案的有效性。

(3) 通过典型同学作为标杆向全队其他研究生辐射，基础一般的学生可以选择跟随典型同学或师兄师姐从事科研工作，点面指导，分梯度提高自己的科研水平。实现“基础研究-科研能力-创新思维”的逐步转化，且相比于导师直接灌输的方法，通过典型同学辐射，使其更加主动获取对应知识，提高科研创新的积极性。在不断的努力之下也能独立开展对应课题内容，达到不输于典型同学的效果。梯度发展符合专业技能由弱变强的发展规律，同时对于组内氛围、学生之间关系的增进起到十分重要的作用，队员之间团结友爱。通过一定周期的发展，研究组整体也成为学院“树立典型”对象，可以将团队的研究生改革方案向学院推广，实现整个学院的“点面辐射”过程，推动全院乃至全校的研究生教育体系改革，为国家和社会培育出一批有一批具有坚实专业基础、敢于创新的杰出人才。

