

# 面向“双碳”战略目标的水利工程学生创新创业能力培养模式探索

——以武汉大学为例

尹家波<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>水资源工程与调度全国重点实验室(武汉大学), 湖北 武汉

<sup>2</sup>武汉大学水利水电学院, 湖北 武汉

收稿日期: 2023年5月25日; 录用日期: 2023年7月4日; 发布日期: 2023年7月13日

## 摘要

面向“碳达峰碳中和”等国家重大战略目标, 当前迫切需要研究水利工程领域学生的创新创业能力培养机制。结合武汉大学的实际情况, 建议基于“先创新、后创业”的创新创业教育理念, 打通人才培养的“产学研用”全链条, 促进学生的就业创业工作。以校企联合培养为驱动力, 从多学科交叉融合的课程体系、多方位的协同育人平台、多方式教学模式三个方面构建协同培养模式。遵循复合应用型拔尖创新人才的培养目标, 促进工程教育与国际接轨, 提高武汉大学水利专业人才的培养质量, 为实现“双碳”战略目标输送一大批优秀人才。结合水利行业需求, 依托“未来地球”科技攻关项目, 通过跨学科国际合作、参加国际学术会议和创新创业赛事, 提高学生的国际化视野和跨文化沟通能力。

## 关键词

碳达峰, 碳中和, 气候变化, 水利工程, 人才培养

# Cultivating Innovation and Entrepreneurship Ability of Hydraulic Engineering Students under the “Dual Carbon” Strategic Goal

—A Case Study of Wuhan University

Jiabo Yin<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>State Key Laboratory of Water Resources Engineering and Management, Wuhan University, Wuhan Hubei

<sup>2</sup>School of Water Resources and Hydropower Engineering, Wuhan University, Wuhan Hubei

## Abstract

Facing major national strategic goals such as “carbon peaking and carbon neutrality”, an innovation and entrepreneurship training mechanism for hydraulic engineering students is urgently needed. Based on the actual situation in Wuhan University, it is suggested to establish the chain of “production, education, research and application” of talent training based on the concept of “innovation first, entrepreneurship later”, with the aim of promoting students’ employment and entrepreneurship ability. Driven by the joint training mechanism of school-enterprise collaboration, the training model is constructed from three aspects: curriculum system of interdisciplinary integration, multi-directional education platform and multi-mode teaching. To achieve the goal of composite application-oriented top-notch innovative talents, it is important to improve the quality of engineering education to be in line with international standards. By improving the training quality of water conservancy professionals in Wuhan University, a large number of outstanding talents will be cultivated to support the strategic goal of “double carbon”. It is urgent to improve students’ ability based on the needs of the water conservancy industry, which can rely on the “Future Earth” science and technology project. Through interdisciplinary and international cooperation, undergraduates can improve their international vision and cross-cultural communication ability.

## Keywords

Carbon Peaking, Carbon Neutrality, Climate Change, Hydraulic Engineering, Talent Cultivation

Copyright © 2023 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

工业革命以来，人类经济活动快速发展，温室气体和气溶胶颗粒物排放量不断增加，改变了地球系统的辐射收支平衡及水碳循环过程，导致全球温度快速升高。全球“趋暖”效应改变了大气边界层的热力和动力环境，影响了降水、蒸散发、径流、陆地水储量等气象水文过程，进而加剧了未来水资源短缺及时空分布不均等问题。同时，气候变暖改变了全球陆地生态系统的结构，进而减缓或加剧气候变化。气温快速升高可能造成未来干旱等极端水文事件的频率和强度持续增加，威胁我国水安全、粮食安全和生态系统可持续发展。当前，预测和评估未来气候变化下极端水文事件的演化过程及其潜在风险，成为国际水科学领域的前沿研究热点和重大挑战之一，是关系国家水资源战略、生态环境战略和社会经济发展战略的关键性科学问题。2020年9月22日，习近平主席在联合国大会一般性辩论上向全世界宣布，“中国将提高国家自主贡献力度，采取更加有力的政策和措施，二氧化碳排放力争于2030年前达到峰值，努力争取2060年前实现碳中和”。时隔一年，2021年9月21日，习近平主席在同样场合再次强调，“中国将力争2030年前实现碳达峰、2060年前实现碳中和，这需要付出艰苦努力，但我们会全力以赴”，充分表达了我国实现这一战略目标的决心。当前亟需研究变化环境下的水文循环过程及演化机制，尤其是探明气候系统变化对极端水文事件的影响内因及驱动机理，该议题不仅对应对气候变化、制定减排战

略措施及促进可持续发展均具有重要价值，也是我国实现“双碳”目标的重要科学技术支撑。

我国水利工程领域相关专业是贯彻落实国家“双碳”战略目标的重要技术支撑和专业保障，如何提高水利领域学生的创新能力和创业素养是关系国家重大战略的关键所在，本文将结合武汉大学的实际情况，探讨如何提升新时期的水利类学生创新创业能力。

## 2. 中国提出“双碳”战略的背景及意义

未来几十年，受到国内外因素的共同影响，中国生态文明理念、美丽中国及碳中和目标所引领的经济转型，将被视为新的增长路径——多目标协同发展的蓝图。我国设定的碳中和目标，将对全球升温幅度控制在 $1.5^{\circ}\text{C}$ 之内的国际进程做出重大贡献，是最“经济有效”的路径之一。当前，全球应对气候变化形势紧迫，日益严峻的气候危机是摆在全人类面前的又一场严峻大考，需要世界各国协同行动、携手应对。2015年通过的《巴黎协定》指明了全球应对气候变化的最新努力方向，是保护地球家园需要采取的最低限度行动。中国作为世界上最大的发展中国家，向国际社会作出实现“双碳”战略目标的庄严承诺，将为全球能源与气候治理合作注入强大动力，为世界创造巨大的绿色低碳发展机遇，是构建人类命运共同体的重要举措。国内外学者采用多模式-多成员气候模式发现，通过可持续发展战略控制二氧化碳排放量，将本世纪末的全球升温速率控制在 $1.5^{\circ}\text{C}$ 以内，将显著减少洪水、干旱、热浪等极端灾害对未来社会经济和生态系统的破坏力。未来气候变暖情景的全球水碳循环变异机制更趋复杂，国内外学者结合地球系统模式、动态植被模型和全球水文模型，假定不同的碳排放情景及社会经济发展路径，模拟了21世纪全球陆地水储量、极端高温及地表主要碳通量，发现本世纪末高温-热浪复合事件的发生频率和强度显著增加，平均每年影响14~17亿人口和13~20万亿美元；复合事件增长的主要驱动力为气温升高，但是未来水分条件会成为制约陆地生态系统碳汇的重要约束力，且其胁迫作用超过极端高温。为了进一步诊断非一致性条件下高温与干旱事件的联合变化过程，学者们构建了高温强度与干旱强度的二元时变模型，并考虑社会经济系统的动态属性，定量评估了复合事件对人口和GDP的影响，发现未来变暖情景下复合灾害对低收入群体和农村造成更大威胁。

实现碳中和是一项复杂的系统工程，要处理好发展与减排、整体与局部、短期与中期长期的关系，而持续科技创新和培养公民环保意识是实现经济社会发展和“双碳”目标的关键。当前，我国要加大教育投入，培养学生的创新能力，为低碳技术和体制机制创新培养大量科技人才，提升我国在全球气候治理领域的话语权。

## 3. 全球变暖背景下的新兴科学技术难题

在全球变暖背景下，暴雨、干旱、洪涝、野火、高温热浪等灾害频繁发生，对社会经济发展和生态系统碳汇产生了重要影响[1][2]。本文以干旱和洪水为例，论述全球变暖背景下的旱灾研究前沿。干旱是最具破坏性的自然灾害之一，具有长期和广泛的社会经济影响。干旱事件产生的原因很复杂，而且它持续时间较长，影响的范围较广，破坏力也很强，一定程度上会对自然环境产生破坏，并对社会经济的发展造成阻碍。干旱常常被划分为气象干旱、水文干旱、农业干旱以及社会经济干旱。气象干旱是干旱事件中备受关注的重要类别，它是其他三类干旱的基础：气象干旱事件发生时，往往会有降水较少、气温较高等现象发生，而这可能会进一步造成土壤水分不足，影响农作物的生长发育，则会引发农业干旱；如果还造成了河湖径流和地下水的大量减少，有可能会引发水文干旱；当这些现象对人类的社会活动造成一定影响时，则可能引发社会经济干旱，并对碳汇造成重要影响。以往对干旱事件的监测一般使用的是地面测站，这种方法存在着诸多缺陷，首先，监测站点在时空分布不均、站点建设及站点维护的投入较大、部分站点数据缺失、部分区域数据匮乏等。而随着卫星遥测和数据反演技术的快速发展，基于

GRACE 重力卫星的定量观测产品能够提供较宽的覆盖范围和更高的时空分辨率,从而有效弥补了地面测站监测的上述缺陷。陆地水储量是指储存在地表以及地下的全部水分,代表了陆地上的总可用水量,是水循环的重要组成部分。研究者在通过重力卫星定量观测并反演得到的数据来对于旱事件进行评估的过程中发现,基于陆地水储量异常的干旱强度指数在做到监测干旱事件的同时,还能够大规模捕捉地表通量的时空变化。全球大多数地区的观测资料表明:21世纪以来极端降水频次和强度显著上升,进而引发了城市内涝、泥石流等一系列水灾害,全球每年损失超过300亿美元。中国是受气候变暖影响最大的发展中国家之一,近年来连续遭受极端灾害侵袭,例如:2020年长江发生流域性大洪水,造成直接经济损失近700亿元;2021年7月,河南省遭受特大暴雨袭击,1481.4万人受灾,农作物受灾面积1620.3万亩,直接经济损失超过1200亿元。

降水是水文循环的关键变量和重要因子,大气边界层水热条件的变化对水循环过程产生重要影响,进而改变了洪水、干旱等极端水文事件的时空属性,对人类社会和生态系统的可持续发展造成严峻挑战[3][4][5]。关于极端水文事件的相关研究日益受到关注,从初期的趋势分析发展到对其演变机理的探索与实践,走过了一条不平凡的道路。在全球变暖干旱事件越来越频繁的背景下,当前迫切需要结合“双碳”战略目标识别未来全球极端水文事件演变的趋势,并对其对社会经济的影响进行评估。

#### 4. 面向“双碳”战略目标的本科生培养路径

武汉大学水利水电学院历史悠久,开办有水利水电工程、水文与水资源工程、港口航道与海岸工程、农业水利工程等国家一流本科专业,拥有水利工程、控制科学与工程2个一级学科博士学位授权点,形成了以水利工程一级学科为主体的完整的人才培养体系。2017年,“水利与土木矿业”学科群入选首轮一流学科建设名单。2022年,水利工程学科入选第二轮“双一流”建设学科。依托学院的学科优势,建有水资源工程与调度全国重点实验室、水利水电工程国家级实验教学示范中心、水工岩石力学教育部重点实验室、海绵城市建设与水系统科学湖北省重点实验室、水安全保障湖北省协同创新中心、水利部泵站测试中心等多个国家和省部级科研平台。学院参与了三峡、小浪底、南水北调和西电东送等国内大型水利水电工程的科学研究和技术咨询工作,取得了一大批国内领先、国际先进的科技成果。作为国家水利类人才培养的重要基地,迫切需要提高本科生的培养质量,助力国家实现“双碳”战略目标。结合武汉大学水利水电学院的实际情况,建议从以下几方面着手。

##### 1) 构建“多元化、高水平”学术科研-思政育人复合型师资队伍

主动适应学科发展趋势和国家“双碳”战略需求,按学科方向重点研究全球气候变化、结构工程、河流工程、智慧水利、城市水利、生态水利等学术方向的育人模式和科技前沿,按团队组建教研室,创新“学院-团队-思政”的育人模式,联通教学与科研,推进“产科教融合、校地企协同”,培养教师实践创新和实践育人能力;推动长江水利委员会、长江电力、汉江集团、湖北清江公司等业内龙头企业和武汉大学水利水电学院建立常态化育人机制,依托具体工程应用项目和技术研发课题,基于校企联合模式培养本科生的爱国情操和团队协作能力。

##### 2) 产科教融合,建设“实验-理论一体”育人共享平台

依托武汉大学水资源工程与调度全国重点实验室、水利水电工程国家级实验教学示范中心、水工岩石力学教育部重点实验室、海绵城市建设与水系统科学湖北省重点实验室等重要基地,以“互(物)联网+足尺及原位试验场”为基础,建设“实验-理论一体”实践育人共享平台,探索“多主体合作、多形式投入”共建模式,汇聚足尺及原位试验设施优质资源;结合水利行业需求开展研究生思政教育,提出面向“双碳”战略目标的人才培养模式和课程思政体系。

##### 3) 提出面向“双碳”战略目标的实践育人与就业价值引领机制

瞄准“碳达峰碳中和”、“长江大保护”和“生态文明建设”等国家重大战略，面向“新工科”建设和中国水利事业发展的新形势，提出有专业特色的校企协同育人机制；对接国家第四次工业革命建设标准，探索“教学-竞赛-科研-实践”四融合的水利类专业双创型本科生培养新模式，实现理论教学与学科竞赛和创新创业等实践环节的有效贯通，提高学生的工程实践与创新能力；基于“先创新、后创业”的创新创业教育理念，打通学生培养的“产学研用”全链条，依托“双碳”战略研究相关的科技攻关项目提高学生的多学科交叉研究能力和国际竞争力，促进水利类本科生的就业创业工作。

## 5. 面向“双碳”战略目标的研究生培养路径

培养创新能力强的新时代研究生需要结合具体的研究案例，针对武汉大学水利水电学院的客观情况，建议开设“全球变化与水碳循环研究前沿”公开课。本课程瞄准国家“碳达峰碳中和”战略目标，结合武汉大学水文水资源专业博士生培养体系的实际特点，与英国牛津大学合作，联合创新国际化教学方法，优化武汉大学水文水资源学科的研究生课程体系，激发研究生的创新潜能，产出高水平原创研究成果，培养一批具有国际视野的拔尖创新人才，以更好地服务“碳达峰碳中和”、“一带一路”和“长江经济带建设”等国家战略。

该课程以研究为主，引导研究生以中国森林、湿地和水体等典型生态系统为研究对象，结合机器学习、植被遥感与光能利用率模型，重构中国陆域的碳源汇数据集；基于大气热力理论和植被生理学效应，解析“大气-陆面-植被-土壤”之间的水碳耦合关系；提出耦合大气动力机制的极端水文事件预测模型，驱动天气气候模式和全球陆面模式，预估中国生态系统碳源汇的时变响应路径及其社会经济效应。针对专业学位硕士、学术型硕士和博士研究生等不同类型，应该根据学生的实际情况调整研究课题，让每一名研究生都能参与到创新性研究课题。

依托开课程，指导研究生聚焦“全球变化与水碳循环”研究前沿，提出全球或区域尺度的水碳循环新理论新方法，鼓励学生在领域内国际权威期刊发表高水平论文；学术会议：支持研究生参加中国水论坛、AGU、EGU等国内外学术会议，提高研究生凝练科学问题、学术汇报和跨文化交流能力；推动建立武汉大学水利水电学院和牛津大学水科学研究中心的常态化交流机制，推动建立学者学生互访交流机制，切实提高武汉大学水利水电学院研究生的国际合作能力。

## 6. 结语

瞄准“碳达峰碳中和”国家重大战略目标，面向“新工科”建设和中国水利事业发展的新形势，当前迫切需要提出有武汉大学特色的水利工程领域学生的创新创业能力培养机制。针对武汉大学水利水电学院的实际情况，建议基于“先创新、后创业”的创新创业教育理念，打通人才培养的“产学研用”全链条，促进学生的就业创业工作。水利工程领域的人才培养需要依托具体的工程案例才能较好实施，建议与三峡集团、长江水利委员会等单位合作，以校企联合培养为驱动力，从多学科交叉融合的课程体系、多方位的协同育人平台、多方式教学模式三个方面构建水利类学生的协同培养新模式。建议结合武汉大学新工科建设的切实需求，遵循复合应用型拔尖创新人才的培养目标，促进工程教育与国际接轨，提高武汉大学水利专业人才的培养质量，为实现“双碳”战略目标输送一大批优秀人才。结合水利行业需求，建议依托“未来地球”科技攻关项目，通过跨学科国际合作、参加国际学术会议和创新创业赛事，提高本科生的国际化视野和跨文化沟通能力。

## 基金项目

国家自然科学基金(52242904)、武汉大学研究生导师育人方式创新项目、武汉大学学位与研究生教育教学改革研究项目、武汉大学“教育教学改革”建设引导专项(本科教育质量建设综合改革子项目)、武汉

大学研究生研究学分课程建设项目等资助。

### 参考文献

- [1] 尹家波, 郭生练, 顾磊, 等. 中国极端降水对气候变化的热力学响应机理及洪水效应[J]. 科学通报, 2021, 66(33): 4315-4325.
- [2] 尹家波, 郭生练, 王俊, 等. 基于贝叶斯模式平均方法融合多源数据的水文模拟研究[J]. 水利学报, 2020(11): 1335-1346.
- [3] 尹家波, 郭生练, 吴旭树, 等. 两变量设计洪水估计的不确定性及其对水库防洪安全的影响[J]. 水利学报, 2018(6): 715-724.
- [4] 尹家波, 郭生练, 王俊, 陈杰, 张权, 顾磊, 杨妍, 田晶, 熊立华, 张尧. 全球极端降水的热力学驱动机理及生态水文效应[J]. 中国科学: 地球科学, 2023, 53(1): 96-114.
- [5] 尹家波, 郭生练, 杨妍, 陈杰, 顾磊, 王俊, 何绍坤, 吴泊洋, 熊景华. 基于陆地水储量异常预估中国干旱及其社会经济暴露度[J]. 中国科学: 地球科学, 2022, 52(10): 2061-2076.