

五、附件目录

立足中国绿色发展、贡献全球环境治理的 环境学科博士生培养体系构建与实践 成果总结

一、背景及主要解决的研究生教育实践问题

我国绿色发展及国际全球环境治理需求日益高涨，为环境学科博士生培养带来新的机遇和挑战。国际环境学科前沿愈加清晰，逐渐向不同尺度环境问题的交互影响、不同介质环境污染的复合作用两大研究领域聚焦。绿色发展和生态文明理念在我国逐步成熟并写入宪法，相继实施大气、水和土壤污染防治行动计划，对立足中国绿色发展的高层次人才需求更加明确。从全球来看，无论是应对气候变化的重大挑战，还是实现 2030 年可持续发展目标，都需要世界各国联合行动，我国在全球环境治理中将扮演日益重要的角色，因此对具有全球视野的高层次人才需求更加迫切。

与学科前沿发展以及国家和全球重大需求相比，我国环境学科传统的博士生教育还存在若干短板。如何立足中国绿色发展，培养具有“顶天立地”学术创新力和国际胜任力的复合型、创新性、国际化博士人才是我国环境学科博士生培养所面临的重大教育实践问题。

1、**学术创新能力与环境学科前沿发展需求尚不匹配**。环境学科前沿日趋朝着多学科交叉、多介质耦合、多尺度协同的方向发展，一流的博士生教育需要引导博士生抢占和引领学科前沿，并为其开展前沿研究夯实知识和技能基础。短板表现在博士生课程不能体现最新科技进展、研究选题以“跟跑”为主、在国际顶尖期刊发表论文数量少、创新性成果少。

2、**工程实践能力与中国绿色发展重大需求尚不匹配**。我国计划在 2020 年打赢污染防治攻坚战和 2035 年基本实现美丽中国的战略目标，要求培养出具备系统思维和工程实践能力、并能在解决实际问题中发掘理论和技术突破机会的高素质人才。短板表现在博士生研究选题“顶天”与“立地”衔接不够、研究以实验室和中试实验为主，成果难以转化。

3、**国际胜任力与全球环境治理核心素养需求尚不匹配**。在环境问题全球化背景下，培养全球环境治理人才是世界各国的需求。全球环境治理人才不仅应具有环境相关专业知识，更应具有跨文化交流和工作能力。短板表现在高水平博士生英文课程少、国际留学博士生比例和质量偏低、与世界一流大学联合培养机制缺乏。

针对以上问题，以“立足中国绿色发展、贡献全球环境治理”为宗旨，秉承“顶天立地、学术创新、国际胜任”理念，构建并实践了目标明确、机制创新、成效显著的环境学科博士生培养体系，引领我国环境领域高层次人才培养。

二、环境学科博士生培养体系的构建与实践

1. 以五个课堂建设为基础，提升博士生专业核心素养

全面推进以课程教学、海外研修、成长社区、创新公益、就业实践为主体内容的五个课堂建设，实现贯穿全学程的价值塑造、能力培养和知识传授“三位一体”教育，提升博士生专业核心素养，为其开展“顶天立地”的论文研究提供基础和支撑。

课程教学第一课堂。重构面向环境学科前沿的课程体系，夯实博士生基础理论知识。针对前沿研究所需的跨学科、跨介质等基础理论知识，开设了《产业生态学》、《环境传质学》等7门打破单一学科和介质壁垒的研究生课程。定期修订课程大纲，融入最新科研成果，提高课程挑战度、新颖性和前沿性，如《气溶胶力学》新增了新粒子生成理论，《环境系统建模理论与复杂模型》新增了大数据分析方法。同时，邀请海外名师直接参与课程教学，强化全英文学科前沿课程建设，如美国工程院院士 Bruce Logan 等3位国际一流教授长期主讲3门课程。（附件 1.1-1.3）

海外研修第二课堂。建立多渠道高质量国际交流平台，提升博士生国际学术视野和跨文化交流能力。整合国家、学校和学院三个层次的资源，大力支持海外访学研修和参加会议，如环境学院专门安排经费累计240万元支持50多人次前往哈佛、耶鲁、剑桥等世界名校访学研修。近15年来，环境学院博士生出境交流人次大幅提升，涨幅达6.9倍。

成长社区第三课堂营造全方位学习环境，促进博士生零距离接触环境学科学术和实践前沿。自2007年发起“清华环境论坛”和“环境学术沙龙”系列活动，目前已分别举办100余场和400余场报告，前者主讲人为国内外学术大师、政要、知名企业家等，后者主讲人为学术思想活跃的中青年学者。博士生既了解环境领域的新理论新技术、全球环境问题的新变化新视角、环保产业和环境管理的新动向新需求，又可获得顶级学术期刊主编、编委和知名教授对英文论文写作和投稿的实用指导。

创新公益第四课堂构建环境科技服务社会的平台，培育博士生创新能力和社会责任感。学生先后自发组建了**绿色协会**和**清源协会**2个公益类社团，并双双入选学校“十佳社团”，为学生把所学知识应用于环保公益事业提供了平台，多名博士生在协会中担任会长、理事等骨干职务。绿色协会还作为唯一的集体单位荣获2009年“绿色中国年度人物”。

就业实践第五课堂面向国家生态环境保护一线需求，助力博士生明确职业发展和成才路径。长期开展博士生社会实践和就业实践基地建设，10余年来建立了上海市政工程设计院、中国建筑西南设计院等14个面向环境学科重点行业和部门的**就业实践基地**。2011年发起了与杰出校友面对面的“环环相扣”活动，可近距离感受校友的奋斗历程和人生感悟。（附件8）

2. 以顶天立地科研为导向，激发博士生学术创新能力

以五个课堂支撑博士生“顶天立地”的论文选题和研究，将科研优势转化为博士生学术创新能力培养的优势。

鼓励博士生聚焦**环境学科前沿**开展论文研究。鼓励博士生围绕多学科交叉、多介质耦合、多尺度协同的环境学科前沿选题，以第一作者/共同第一作者身份产出原创性、引领性的研究成果。同丹开展大气污染与国际贸易和健康等**学科交叉**研究，首次定量揭示了全球贸易活动中隐含的PM_{2.5}跨界污染的健康影响，在Nature发表成果，入选2017年中国重大科学、技术和工程进展；郑光洁揭示了重霾污染期间大气**多介质**环境中颗粒物硫酸盐迅速生成的化学机制，在Science

Advances 发表成果；郑馨竺在**全球尺度**揭示了金属需求与经济发展的关系，在 Nature Geoscience 发表成果；田思聪开展 CO₂ 捕集与生物质废物利用前沿技术研究，获 2017 年瑞士**乔诺法青年研究奖**。（附件 5、9）

引导博士生聚焦**国家重大需求**开展论文研究。引导博士生针对我国不同发展阶段生态环境保护的重大需求持续开展研究，为国家决策提供理论、技术和政策支持。针对我国**酸雨污染治理**重大需求，连续 12 位博士生聚焦该领域开展研究，形成了“理论创新—技术突破—决策支撑”系列成果，由此提出的“两控区”划分方案被国务院采纳并取得了举世瞩目的治理成效。近 20 年来，特别是水专项实施以来，超过 100 位博士生围绕太湖、滇池、京津冀等重点流域和区域的水**污染防治**问题选题，“真刀实枪”开展科技攻关和工程示范，为我国水环境质量的改善提供有力技术支持。针对我国频发的水污染事件，14 位博士生持续开展**水污染事故应急**技术研究，为 30 多起重大水污染事件的成功应急处置提供技术支持。这些博士毕业生已成为我国知名高校和科研院所、国家部委和环保产业界的中坚力量。2012 年起，环境学科**试点招收工程博士生**，探索以解决工程实际问题为主线、导师现场指导论文的环境工程领军人才培养新模式。目前已招收 7 批 24 名来自国内大型环保企业的高管和技术骨干，包括**桑德集团**董事长、**北控水务集团**执行总裁等，已有 6 人顺利毕业获得学位。此外，依托烟气多污染物控制技术与装备**国家工程实验室**、清华苏州**环境创新研究院**以及与日本丰田、法国威立雅、碧水源、北控水务等国内外知名企业共建的 16 个**联合研发中心**，建设博士生科研成果**生产试验和转化平台**，为其创新创业提供空间。（附件 2.1-2.3、3-8）

支持博士生聚焦**全球环境问题**开展论文研究。中国是环境领域所有国际公约的缔约国，以维护国家利益的高度使命感为驱动，将多学科综合交叉的优势转化为服务国家新兴需求的优势，积极布局博士生开展系统性、前瞻性、针对性的科学研究，为《联合国气候变化框架公约》、《巴塞尔公约》、《斯德哥尔摩公约》、《关于汞的水俣公约》等国际公约的谈判和履约提供科学依据、技术和决策支持。近 20 年来，多名博士生致力于气候变化领域决策支持研究，毕业生王灿教授已经作为我国代表团核心专家参加了 10 余年历次气候谈判；20 位博士生围绕《**斯德哥尔摩公约**》履约的理论基础、技术原理和决策支持开展研究，支撑了《中国履行 POPs 公约国家实施计划》的制定；6 位博士生开展汞排放清单、控制技术与国际谈判支撑关键技术等方面研究，在我国签署和履行《**关于汞的水俣公约**》及相关谈判中发挥了重要作用。

3. 以一流学科建设为支撑，扩大博士生教育国际影响

以五个课堂为基础、顶天立地科研为导向的培养模式推广用于留学博士生教育，并以“双一流”建设为支撑，通过开设全英文博士项目、培育与世界一流大学的博士生联合培养项目等方式提升环境学科博士生教育的国际化水平。

开设清华大学**第一个全英文博士项目**。2015 年，环境学科率先开设全英文博士项目，并配套建立健全培养方案和保障机制；制定留学博士生**录取规程**，增加网络**视频面试**，确保留学生“量”和“质”双提升；加强**全英文博士生课程**建设，以有海外留学经历青年教师为骨干，为留学生新开 17 门高质量课程；学位论文质量和毕业要求等执行与中国博士生相同的**严格标准**，实现**中外学生趋同管理**。目前，近半数留学博士毕业生回到本国高校和科研院所工作并成为教学科研中坚力量，如 Rasool Mahar 现任巴基斯坦 Murhan 工程技术大学教授、环境工

程系系主任，Kim Hyun 现任韩国 Coway 环境技术研究所高级研究工程师；另一些毕业生则进入政府部门和国际组织任职，如 Jeremy Schreifels 和 Maria Ancora 分别在美国环境保护署和亚洲开发银行担任资深技术官员。

培育博士生**国际交流和联合培养项目**。从 2000 年起，与环境领域一流大学荷兰 Wageningen 大学开展博士生联合培养，毕业生刘毅现任清华大学教授、党委书记，钟丽锦现任能源基金会（美国）北京办事处总裁特别助理。2008 年，与日本东北大学、东京大学，韩国高等科技学院、浦项工业大学及同济大学等联合发起了中日韩区域环境与可持续发展博士生项目，迄今已连续举办 11 年。

4. 以全程规范管理为原则，保障博士生教育卓越质量

针对博士生培养特点，建立了对中外博士生同等适用、涵盖培养全过程的质量管理体系，对导师选拔和培训、招生、入学教育、五个课堂、资格考试、选题报告、最终学术报告、论文写作和答辩等各个环节建章立制，采取了一系列有特色的做法。

导师选拔和培训。定期组织年轻导师培训和研讨，邀请以院士、杰青和长江学者为代表的资深教授传授经验、答疑解惑，夯实博士生培养的导师基础。同时，在教研所、研究团队中，资深教授与年轻教师组成导师组，发挥“传帮带”作用。

招生。率先试点“申请—审核”制，通过**专业考试**考察学生专业知识的深度和广度、逻辑思维和书面表达能力，通过**综合面试**考察学生的基本素养、学术志趣和口头表达能力，把好博士生质量第一关。

入学教育。为新生安排包括学科特色教育、前沿讲座、学术能力训练、学术规范与伦理、实验技术与安全培训、校友座谈等内容的入学教育，帮助博士生快速适应并融入新的学习和科研氛围。

最终学术报告。最早实行博士生**最终学术报告**制度，已持续实施近 20 年。博士生在论文送审前须面向本学科全体博士生导师做学术报告，汇报论文内容、创新点和成果。到场导师给出匿名评价，2/3 以上导师评价论文达到博士学位要求方可送审。平均不通过率约 8%，形成了质量保证的威慑力。通过学院的严格把关，近 5 年环境学院 22 份博士论文获校级**优秀博士论文**。（附件 1.4、4）

三、研究成果的创新点

1、**实现五个课堂三位一体教育，增强博士生培养的理念自信**。在环境学科重构博士生课程体系，以课堂教学、海外研修、成长社区、创新公益和就业实践五个课堂作为载体，实践价值塑造、能力培养和知识传授“三位一体”教育理念。

2、**引导论文选题顶天立地并重，增强博士生培养的学术自信**。以五个课堂建设带来的专业核心素养提升为基础，引导博士生论文选题聚焦国家重大需求与国际前沿，扎根中国大地培养一流人才，激发博士生的学术创新力和学术自信。

3、**创建全英文博士的培养模式，增强博士生培养的国际自信**。以高质量英文课程建设为基础，开设清华大学第一个全英文博士项目，并形成中外博士生趋同培养模式，为留学博士生打上“清华烙印”，显著提高博士生培养的国际化水平。

4、**构建全过程的质控保障体系，增强博士生培养的质量自信**。建立了博士生培养全过程质量保障链，以严格的最终学术报告等制度确保高质量的博士论文和博士毕业生，有效促进博士生教育质量的跃升。

四、 推广应用成果与贡献

1、**贡献中国绿色发展。**为我国生态环境保护工作各条战线输送了大批高质量的博士毕业生。2000年以来，近 2/3 博士毕业生进入北京大学、同济大学、北京师范大学、南京大学、清华大学、中国科学院、中国环境科学研究院等高校和科研院所工作；17%的毕业生进入国家各级政府机关、军队及所属事业单位工作；13%进入中国石油集团、中国节能环保集团公司等国有大型企业工作，如水务行业 60% 一线企业的高管毕业于清华大学环境学院，其中约 50% 是博士毕业。

2、**贡献全球环境治理。**近 20 年来，环境学科博士生开展理论、技术和政策方面的系统研究，为我国《联合国气候变化框架公约》、《巴塞尔公约》、《斯德哥尔摩公约》和《关于汞的水俣公约》谈判和履约提供支撑。一批博士毕业生在国家部委相关部门组织协调或作为核心专家直接参与公约谈判，如：李高任国家发展和改革委员会应对气候变化司司长，在《联合国气候变化框架公约》谈判和履约中承担重要职责；杨小玲曾任环境保护部 POPs 履约办公室处长，现任生态环境部宣教司副司长；黄俊担任《斯德哥尔摩公约》PFOS/F 评估专家组专家；王书肖担任《关于汞的水俣公约》最佳可得技术/最佳环境实践专家组主席。

3、**引领培养模式改革。**环境学科教授 30 余人次应邀在全国性会议围绕博士生课程建设、论文选题、质量保障、全英文博士项目等主题作大会发言交流，辐射兄弟院校近 300 所。北京师范大学、北京理工大学、江南大学等 10 余所院校专程组队调研和交流环境学科博士生培养经验。部分经验已被一批院校借鉴和采纳，如北京师范大学、吉林大学、湖南大学等 30 余所院校环境学科相继实施博士论文最终学术报告。此外，发起并连续 12 年举办的“全国环境博士生学术会议”已成为国内环境领域博士生学术交流的顶级平台，120 多所大学派出共 1600 多位博士生参会。

2、**工程博士培养推广。**探索并形成了环境工程领军人才的培养模式。2012 至 2017 年，全校 8 个院系共招收工程博士生 89 人，其中环境学院占 1/4 以上；已授予学位 12 人，其中环境学科 6 人，比例达 50%。连续 4 届举办“工程博士高峰论坛”，在全国环保产业界产生重大影响，为兄弟院校和业界所关注和借鉴，并为教育部 2018 年决定扩大工程博士培养规模提供了重要支撑。