

陈吕军：记取环保心，大地谱华章

本刊记者 林新

抱朴守拙潜学研，工程装备补短板

热情洋溢，精力旺盛，一双犀利有光的眼睛，一口越地特有的讲话方式，这是陈老师给我留下的第一印象。

陈吕军是标准的“三清人”，今年恰逢入学40年。在清华求学十三载，因为学习成绩出类拔萃，陈吕军被评为北京市“三好学生”、清华大学十优研究生、十佳博士毕业生等。他毕业后留校，一直没有离开清华，可以说是“土生土长”的清华人。

1983年秋，陈吕军从浙江上虞春晖中学考入清华大学。春晖中学是一所历史名校，依城傍水，湖光山色，由上虞乡贤经亨颐先生创办，朱自清、丰子恺、夏丏尊等都曾任教于此。“虽说清华在1977年就设立了我国首批环境工程专业，但当年在报考志愿时，我对环境专业并不了解”，陈吕军坦言，“当然，要完全了解并掌握这门学科，也是一段漫长的旅程。”也许从那一刻起，环保已开始厚植于他的人生底色了。

当年从白马湖到清华园，从懵懂少年到天之骄子，十三年清华潜心求学，他积累了扎实的专

业基础。硕士、博士研究生阶段，陈吕军师从钱易先生。钱老师的学术思想和对事业的执着追求深刻影响了陈吕军，他下定决心要投身于水污染治理事业中。在科研实践中，陈吕军意识到我国环境工程装备技术起步晚，受限于国外设备的高昂价格，也不能获得技术转让。为了赶超国际水平，更重要的是为能在国内落地应用，在钱老师指导下，陈吕军将博士论文方向瞄准工程化、装备化，将博士论文研究确定为“氧化沟污水处理工艺及设备成套化”。

为此，陈吕军常年扎根于实验室和工程现场，埋头苦干，从各种氧化沟的构型，再到曝气机里各种零部件，他必须搞清楚原理，自己画好图，亲自跑加工厂。功夫不负苦心人，十年矢志不渝，他主导研发了我国氧化沟污水处理工艺及成套化设备技术，获六项国家专利；研制了YHG系列水平轴转刷曝气机及成套设备，形成了十几种产品，能满足我国不同规模和不同水质的氧化沟污水处理厂需要，应用于几万吨至几十万吨级的工业和城市污水处理，获国家发明三等奖。

从陈吕军骄人的求学生涯中，



陈吕军

清华大学环境学院教授，博士生导师，现任清华大学生态文明研究中心常务副主任，清华大学循环经济研究院副院长。被授予有突出贡献中青年专家称号，享受国务院政府特殊津贴。

我们看到了一位清华“学霸”身后的十三年寒窗苦读，也仿佛看到了心无旁骛、埋头苦干的清华工科人的底色。

初心不改多襟抱，成果转化闯通途

肩负学校科技开发与成果转化的重任，响应时代的召唤，陈吕军于1998年担任清华大学科学技术开发部副主任。他干一行爱一行，努力发挥好学校在横向科技

工作中的窗口和桥梁作用，积极推动科学技术转化为现实生产力。

1999年，清华成立合资公司——北京永新环保有限公司，陈吕军受聘担任公司董事、总经理，投入环保产业蓝海，带领公司完成了我国第一个绿色生态小区——北京北潞春绿色生态小区污水回用示范工程研究，此后相继完成百余项环保工程。

在此期间，陈吕军念念不忘将污水处理设备国产化的理想，一直跟踪研发主流污水处理技术和设备。他认识到我国新型污水处理工艺技术，包括厌氧技术、MBR、曝气生物滤池等，都经过了学习国外、引进设备、设计自产+进口工艺包、初步掌握、改进技术、全面替代进口、再到大面积推广应用的过程。上世纪90年代末，陈吕军与胡纪萃教授等师生一道，成功开发了升流式厌氧污泥反应器（UASB）工艺中的核心设备，推动了UASB国产设备化的进程。他组织团队开展了膜生物反应器（MBR）工艺的中试项目，逐步积累了工作经验。当时国内MBR工艺用到的中空纤维膜都是从日本引进的，价格昂贵，他与校友企业海南立昇紧密合作，在保持膜材料高性能的同时，将国产膜价格降到早期进口膜的1/4，不断推动MBR技术和膜丝制造技术的发展，同时为国

内污水处理厂尾水提标和给水厂技术改造提供了一项重要技术支持。

2003年，陈吕军受清华大学委任，作为副院长参与到浙江清华长三角研究院的筹建中，担负更广阔的省校合作重任。筹备期间，面对缺人缺钱缺办公场所等多种困难，他不等不靠，发扬浙商的“四千精神”：走遍千山万水，想尽千方百计，说尽千言万语，吃尽千辛万苦。团结带领广大科技工作者和干部员工，逐步探索形成适合浙江特色的“长三院创新发展模式”，优化科技资源配置，促进科技成果转化，实现科技与经济融合发展。

除承担研究院大量筹建日常工作外，陈吕军还满怀抱负，创办了生态环境所和浙江省水质科学与技术重点实验室。现任所长刘锐研究员，深情回忆起创业那一段难忘的岁月：

“2006年，我还在日本工作，陈老师专门联系我，说国内经济社会快速发展，对环境保护技术需求迫切，邀请我回国一道筹建生态环境研究所。于是，2007年我回国，在陈老师的指导下组织



陈吕军参加清华大学第八届研究生运动会跳远比赛

创建生态环境所，2011年建设浙江省水质科学与技术重点实验室。研究所建立之初，没有任何资金支持，科研条件非常艰苦，但陈老师踌躇满志，带着我们走到浙江各地市开展项目对接调研。”

“陈老师早在15年前就强调，我们在浙江研究要高度重视环境新污染物的防控，以省重点实验室为载体，为浙江的水质安全保障做出贡献，为切实解决嘉兴水质性缺水难题、保障嘉兴水安全贡献清华人的智慧和力量。”刘锐告诉记者，“陈老师当年为建设研究所做了很多牺牲，也受了很多委屈，他说要对嘉兴每一条河流和每一个园区如数家珍，要成为‘嘉兴的环科院’。我牢记着，也一直在努力去做。”



陈吕军深入工业园区现场



企业实验室研讨

如今，刘锐接过陈吕军的接力棒，生态环境所从无到有，已从小苗长成参天大树。2018年，生态环境研究所获评浙江省“千村示范万村整治”工程和美丽浙江建设突出贡献集体，2020年获评嘉兴市“五水共治工作先进集体”。

潜心耕耘十八年，绿色化工结硕果

进入新世纪，我国环境污染形势越发严峻，湖泊蓝藻爆发，城市雾霾频发，连喝上干净的水、呼吸上新鲜的空气都可能遇到困难。陈吕军也越来越焦虑，深深体会到导师钱易先生常说的：“做环保，我们没有成就感。”环保老前辈曲格平先生曾把环保人比喻成唐吉珂德，陈吕军像一个骑士，带着高度的责任感和事业心，常常喊起向环境污染宣战的口号，与污染行为进行顽强搏斗。

2005年是陈吕军不惑之年，

作为乡贤，更作为环保专家，他应上虞市政府邀请，承担了《浙江杭州湾上虞精细化工园区循环经济规划》，项目旨在探索园区绿色循环转型。对此，陈吕军心有志志，毕竟那时循环经济、工业生态学尚处于学界引进探讨阶段，但他对新领域饶有兴趣，因为此时，他隐约感到单纯靠末端治理独木难支，没想到由此拉开了与上虞园区合作十八年的序幕。

2005年以来，陈吕军带领团队，以上虞经济技术开发区为依托，相继开展了国家科技支撑计划课题、自然科学基金项目等多项攻关研究。其中，《染料医药化工园区清洁生产与循环经济关键技术开发与应用》获得了2021年度中国循环经济协会科技成果一等奖。现在，上虞园区不仅是全球最大的分散染料研发及生产基地、全球最大的喹诺酮抗生素研发及生产基地，也是国家生态文明示范区(生态工业园区)，

形成了产业结构低碳化、生产制造绿色化、节能减排高效化、资源利用循环化的良好发展态势。

同时，陈吕军带领团队将循环经济技术模式、工业生态学模式等推广应用到芜湖经开区、北京经开区等近30个园区，取得了广泛的经济效益、社会效益和环境效益。

扎根一个园区十八年的艰难和坚持，既是在真正践行“把论文写在祖国的大地上”，也是无数智慧和汗水的结晶！

赓续工业生态学，迈向学科新征程

作为一名从事水污染防治的专家，在职业生涯早期的十几年里，陈吕军一直致力于攻克高浓度难降解废水治理的难关，无论是聚焦工程设备化还是工艺研发改造，他在多年摸索中发现，“头痛医头，脚痛医脚”难免顾此失彼。他带领团队研究表明，上虞

园区2016年园区的末端治理成本高达13亿，占园区产值的2.3%，2011-2019年，单位经济投入实现的COD和氨氮的减排量分别下降43%和70%，换句话说，末端治理边际效应锐减，难以为继。

他意识到，解决环境问题，末端治理是初级阶段，只有摸清生产过程的物质流、能量流，才能在源头和过程中减排，实现清洁生产才是根本之策。为此，针对上虞园区，他提出生产过程和基础设施统筹，建立产业共生，从全生命周期优化物质与能量流动，推动园区实现经济发展与资源消耗、污染排放的脱钩。实际上，这就是工业生态学的基本原理和应用。钱易先生早在上世纪90年代就积极跟踪国外研究动态，大力推动中国工业生态学发展，也是陈吕军的引路人。如果说2005年陈吕军是误打误撞上循环经济，那么后来他就是主动作为，将工业生态学引入园区实践。

在2016年6月5日世界环境日上，钱易先生在题为“从龙须沟治理到生态文明建设”的主旨报告中，指出要从单一过程和末端治理向多过程、多系统链接和生态产业系统的转变，并指明今后努力的方向，即要建设生态工业，从源头减少污染产生，从全生命周期实施工业污染防治。

今天，陈吕军再回味导师的



浙江杭州湾上虞经济技术开发区

话，更觉得如同当时的一盏明灯，是系统工程思维的转变。陈吕军接过导师的接力棒，投身于工业生态学的教学实践。随着对工业生态学的理解加深，陈吕军提出了“四个三”密码：

三个基本问题：所研究的社会经济系统物质、能量是如何流动的？这个过程产生了什么样的环境影响？如何综合优化调控？

三个研究实践层面：企业、企业间、区域层面；

三个基本方法：物质流分析、生命周期评价、投入产出方法；

三个基本观念：系统观、动态观、效率观。

陈吕军始终心系工业园区的绿色发展，聚焦于两个关键科学问题，即有限空间内产业活动与资源能源环境系统间的协同机制，及园区资源能源提效与减污降碳

协同的调控方法，他提出要重视工业生态学在工业园区的三个重点应用，即物质能量代谢、环境影响评估和减污降碳协同管理。

陈吕军将教学科研与实践相结合，面向双碳战略目标，他带领团队从2个园区开始，发展到106、213和1600个园区，自主开发靶向减排模型，建立大样本、高分辨基础数据库，揭示了63%的工业园区温室气体排放特征及减排途径，提出了减污及节水的技术路径、潜力及成本，并形成了产业结构优化和生态效率提升的政策建议，成果支撑国家决策“开展碳达峰试点园区建设”。

随着学科发展，陈吕军认识到，围绕工业生态学的发展方向和目标，需要坚持“人与自然和谐共生”这一条主线，找准“有意识并理性地去探索和维护可持



陈吕军（左）与导师钱易先生（2023年9月摄）



陈吕军带《工业生态学》课程学生到唐山钢铁厂现场教学

续发展的方法”这一学科定位。立足经典的“学科密码”，随着学科发展，为面向“实体经济为支撑的现代化产业体系”，陈吕军又提出了新“四个三”密码：

生产、生活、生态“三生融合”，即推进集约高效的产业圈、宜业宜居生活空间、气清水秀土净的生态空间有机融合发展，互利“共生”；

系统观、动态观、效率观相统一，即推进全要素、全过程、全链条、全领域的系统观，迭代优化、转型升级、新旧动能转换、与时俱进的动态观，涵盖产业效率、资源效率、碳生产率、生态效率的效率观，以正“三观”；

智能化、绿色化、融合化，即推进数据资源转化、信息化、数字化、智能化迭代，产城融合、数智融合，与绿色化融合协同发展，“三化”赋能；

完整性、先进性、安全性，

即推进全产业链的完整性，产业基础高级化和产业链现代化的先进性，强基础补短板的安全性，“三性”跃升。

在工业生态学领域，他立足园区，深耕多年，推陈出新，守正创新，积极推动学科迈上新台阶。

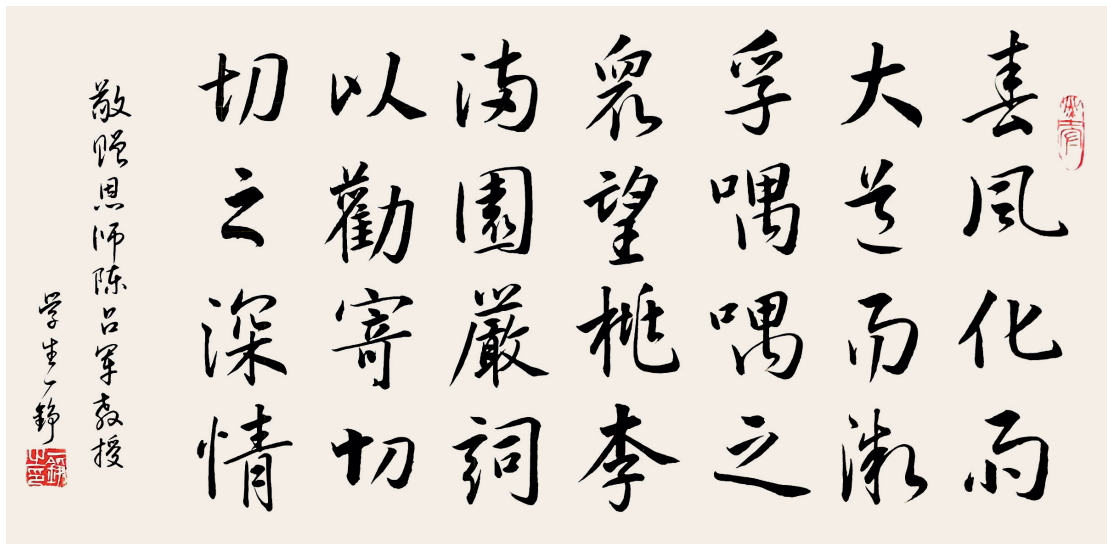
如果说钱易先生是可持续发展、循环经济、工业生态学、生态文明等方面的“大先生”，那作为学生的陈吕军，数十年如一日，只愿做好“传承人”。

绿色大学知行行，生态文明谱新篇

1998年，在钱易院士、郝吉明院士等前辈积极倡导下，清华大学率先提出建设“绿色大学”，将可持续发展理念融入到大学人才培养、学科建设和校园建设的各个环节。钱易先生与北大唐孝炎先生共同组织编写了《环境保

护与可持续发展》一书，她在清华全校开设《环境保护与可持续发展》通识教育课程，该课程被评为国家级精品课程。

2015年，钱易院士与清华大学各院系14位教师一起联合开设了全校公共课《生态文明十五讲》，这些课程大大拓展了环境学科的内容。如今，接力棒传递到陈吕军手中，他及时组织修订《生态文明十五讲》，出版《生态文明理论与实践》，内容与时俱进，更加丰富，将环境保护和生态文明的种子播撒在学生心中。自2016年4月16日清华大学生态文明研究中心成立以来，陈吕军一直担任副主任，协助钱易院士、贺克斌院士做好智库工作，组织发挥环境学院、人文学院、低碳能源实验室等交叉学科科研优势，提升生态文明研究水平，建构完整、科学的生态文明理论体系，探讨生态文明的建设途径，推动



2023年毕业直博生吕一铮书法

清华大学绿色校园建设,为国家、地方生态文明建设提供理论和决策依据。

陈吕军将《环境与发展》《工业生态学》等课程应用扩展到了双碳战略、区域可持续发展、工业园区绿色低碳发展之中,将生态文明和可持续发展融入课程之中,强调工业发展为人类生活带来丰富多彩的同时,也带来了大量的环境问题,只有走可持续发展才是光明大道。

2009年,在绿色大学建设中,陈吕军带领团队应用膜生物反应器技术,在紫荆公寓建设两座校园中水处理站。中水站对约30%的校园污水进行净化处理,处理后的中水回用于紫荆公寓冲厕、校园绿地灌溉,成为学校绿色教育实践基地和北京市节水教育基地,每年有大量学生在中水站进

行教学实践和科研工作。

春风化雨身力行,立德树人守初心

如果说环保对陈吕军而言,是骨子里的一份使命、一种执着,那么教书育人,就是融入血液的一份事业、一种热爱。

陈吕军老师自毕业留校以来,从事于不同工作岗位。他为人热情,上课生动,引人入胜,如洪钟大吕,如春风化雨,言辞恳切,发人深省,听陈老师的课是一种陶醉。他以其渊深的学识在学问上指点着学生们的迷津,更以其高洁的品格指引着学生们的为人处世。至今,陈吕军老师已培养硕士研究生54名,博士研究生12名,很多学生已经成为环境领域或各自工作岗位的中流砥柱。

今年刚跨出清华园大门的吕

一铮博士,讲述了他的故事。

“犹记特等奖学金答辩会上,我有幸邀请陈老师作为我的介绍人致开场词,当时的场景历历在目,老师的话语声声在耳——‘让他在清华园自由地飞翔’。现在想来,在陈老师门下的这段时光,我从一名科研小白起步逐渐具备了独立科研能力,从一名不谙世事的学生起步逐渐融入了社会,最终褪去了对未来的迷茫而坚定了奉献公共服务事业的志向,这一路幸有陈老师指点迷津,遮风挡雨。未来的人生道路上,将永远勉励我正直而顽强地前进。”

薪火相承,推陈出新,是陈吕军化雨春风的最好证明。脑海里,突然冒出老校长梅贻琦那句名言,“所谓大学者,非谓有大楼之谓也,有大师之谓也。”