

她勾勒出“碳中和”最优路径图

26岁复旦博士后王怡静入选未来女科学家计划

青年人物

来复旦大学环境科学与工程系读博士的前四年，王怡静没有发表任何成果，她也一度陷入自我怀疑——我是不是不适合从事科研？山重水复疑无路，柳暗花明又一村。在复旦大学开放自由的环境和老师们的支持下，她慢慢沉淀下来，找到了方向。最近，凭借“基于AI技术的全球太阳能与风能发电实现碳中和的优化方案”项目，王怡静入选第九届未来女科学家计划拟支持对象。

“这是一份莫大的鼓舞，惊喜过后，我更意识到肩上的责任。”这个26岁的复旦博士后立志在“碳中和”、清洁能源领域做出更多有意义的成果，为国家碳排放政策、电力系统升级建言献策。作为一名女性科研人员，她也希望用自己的故事告诉更多人：勇敢探索未知，勇敢做自己。

青年报记者 刘昕璐 通讯员 方东妮 殷梦昊

山重水复疑无路，柳暗花明又一村

“一开始我从太阳能入手，后来，又转而研究风。考虑到这两种能源都有间歇性、不稳定的特点，我后来又把它们合并起来研究。”

王怡静至今仍能回忆起见到导师——复旦大学环境科学与工程系青年研究员王戎的第一面。“那时王老师刚从北京回来，背了个很大的包，一下高铁就来到面试的教室。”王怡静本科读的是地理水文专业，当时对如何做科研还很懵懂，只是单纯对王老师的研究很感兴趣。王戎真诚分享了自己的经历。“我觉得他的眼睛里有光，是那种对科研非常纯粹的热爱。”被这种真诚与热爱打动，王怡静更坚定了来复旦走上科研路的决心。

科研要结合国家需求来做，也要愿意为此去尝试和冒险。这是王怡静从导师王戎身上学到的重要一课。从事多学科交叉研究的王戎，曾被质疑做的研究“四不像”，还曾面临经费告急等问题。但这些困难并未能阻碍王戎。他抗住压力，坚持了下来，实现了环境地理学、地球科

学、能源科学等关联信息在“碳中和”领域的集成与创新。

受导师启发，直博期间，王怡静以交叉视角围绕二氧化碳排放开始研究，涉足大气物理、化学、经济学和计算机模拟等多领域，先后开展“中国点源和非点源排放对人口迁移的响应”等多个研究课题。

然而，研究过程中，有的因没得出明显结论而搁浅、有的因数据指标精细程度不够而分析不出理想结果、有的则是在开展历史模拟过程中存在问题……接连的失败，让王怡静一度陷入自我怀疑。“但老师们都很好，不急着我立马交出什么东西，而是一直鼓励我继续钻研。”她分享道。

恰逢党支部开展主题党日活动，她对“绿色循环低碳发展”的理念留下深刻印象。和导师交流后，王怡静想试着从国家发

展现状以及“碳中和”战略出发，开展清洁能源需求与规划的研究。

王怡静从看文献开始，到清洁能源设备的安装、清洁能源数据的收集，再到在全球气候变暖的背景下，了解国家的能源系统、产业结构、技术进步、国家政策制定等因素。“一开始我从太阳能入手，后来，又转而研究风。考虑到这两种能源都有间歇性、不稳定的特点，我后来又把它们合并起来研究。”

从零起步，点滴汇聚，王怡静在国家用电分布不均匀背景下，构建高时空分辨率的优化模型，助力提出国家未来低成本、高效用的清洁能源转型方案。同时，她还在“碳中和”的背景下探索国家太阳能、风能发展的开发潜力，以及它们能在全中国不同地域所起到的经济效用。

发光的时刻，足以抵消所付出的艰辛

在“高分辨率的中国太阳能与风能发电时空布局的评估研究”中，王怡静首次从能源统筹角度提出了我国实现2060年“碳中和”目标的最优路径和路线图，有望解决2060年60%左右的电力需求。

入学复旦两年半，直博生要进入中期考核。那时候，有同学已发表多篇文章，可王怡静当时还处在建模阶段，连文章还没开始写，因此倍感压力。面试环节，她介绍了过去已做的科研工作以及未来的研究规划后，老师们非但没有不让她通过，还给出“优秀”的成绩。

“当时，老师们说我在开展的工作很契合国家重大需求，是一个很有意义的研究课题。”这些鼓励，让王怡静又自信笃定地做下去。

在“高分辨率的中国太阳能与风能发电时空布局的评估研究”中，王怡静首次从能源统筹角度提出了我国实现2060年“碳中和”目标的最优路径和路线图，包括2767大型光伏厂、1066大型陆上风电厂和11个大型海上

风厂的空间点位、建造规模、建设时间、投资需求以及相应的特高压线路和储能等基础设施要求，有望解决2060年60%左右的电力需求，加快构建现代化智慧能源系统，为经济平稳快速发展提供能源保障。

珍贵的硕果往往是慢慢积累而成的。由于对清洁能源发电了解甚少，王怡静从太阳辐射、面板倾斜度和面板转换效率等基础知识入手，解析太阳高度角、方位角等和风光发电相关的原理和评估方法；还精读上百篇重点论文并总结归纳，从重复别人的方法和代码化他人的计算过程，结合多种小时级高空间分辨率的空间地理信息数据，在此过程中不断加入自己的想法实现逐步优化，进而建立专属自己的高时空分辨率的太阳能与风能发电模型系统。

王怡静坦言，有段时间科研出不了成果，经常和自己较劲，“经常做到凌晨两三点，情绪崩溃，哭完后，第二天继续做。”有一次，经过了很长时间的反复尝试和修改，她觉得数据结果还可以，拿给王老师看，可老师觉得还是不行。她心一沉，但手上的活儿却没停下。到了晚上，结果出乎意料地好了很多。

那天，她特意发了条微博：“中午还觉得完全没有希望，到了晚上突然间就感觉见到光明。”科研之路上，有太多这样或大或小发光的时刻，足以抵消所付出的艰辛。

熬过无数个日夜，2023年夏天，王怡静终于发表她的第一篇成果，也是这一年内王戎课题组在Nature(《自然》)上发表的第二篇论文，为国家碳中和提供了新的思路。

/人物名片/

2024年9月，王怡静入职复旦成为一名博士后。此前，她已参与了多个国家级和上海市级项目，发表6篇SCI论文，其中包括作为第一作者在Nature上发表的一篇代表性论文。在学术道路上，她曾获得“复旦大学学术之星”“青年博士生态杰出人才奖学金”，入选“博士后创新人才支持计划”、2023年度“中国气象十大科技进展”(第二完成人)。



王怡静



王怡静和她的导师王戎。

本版均为受访者供图

[未来]

不断充实自己 把手头的项目做下去

“之前我的研究范围是全国，现在计划拓展到全球尺度。”王怡静在这次未来女科学家项目申请书中，写下了科研计划。

写代码、构建模型、跑数据、画图、分析数据……这是王怡静科研中的一大难点，需要反复调试。从“全国”扩展到“全球”，为了得出更令人信服的结果，地域冲突、国际合作等更多综合因素也被纳入其中。交叉研究尽管艰难，她却觉得很有意义。

每天投入科研工作，经常到晚上12点或者更晚回去，隔天9点到10点再继续。“这是从学生慢慢蜕变为一个独立的科

研工作者的过程。”王怡静感到，以前只需专注在科研这件事上就好了，成为博士后，则需要有多件事情并行。

有些人在开始一项课题研究前，会做不少前期准备。但在王怡静这里，她觉得，计划赶不上变化，只要马上行动就好了，“从寻找文献开始，从着手揪出自己想要的的数据开始，在这个分析的过程中抽丝剥茧，越来越多的问题就会慢慢浮现出来。”

“我想趁年轻，多学习、多积累，不断充实自己。”2025年，王怡静将前往法国巴黎学习，也计划把手头的科研项目继续做下去。