

## □ 清芬挺秀

分级分区、远近兼顾”的水安全与水环境保护系统防控理念，在国际上获得高度认可。

回顾多年来研究过程中遇到的种种难题，雷晓玲总是提到清华校训“自强不息、厚德载物”。她说，这句话是自己前行的动力，培养了自己身上的一种“闯劲”。那是面对新事物的渴望和追求，面对失败的无所畏惧，还有肩上的责任和担当。

对于未来，雷晓玲描述了这样一幅蓝图：饮水不再是困扰乡村发展的短板，最终带来生态、人文环境的提升，水更清澈了，生活更安稳了，游客来了，旅游兴旺了，乡村富了，人才回归了……

雷晓玲说，这幅图景的实现，还需要多年持续努力，“但奋斗能让梦想成真，我愿和大家一道为梦想奋斗，为乡村振兴加油助力！”

## 柴继杰：从造纸厂走出的顶尖科学家

○沈 是

柴继杰，1997年获中国协和医科大学药物研究所博士学位，后在中国科学院生物物理研究所和普林斯顿大学从事博士后研究。2004—2010年任北京生命科学研究所以研究员、高级研究员，2009—2023年任清华大学生命科学学院教授，2017—2023年任德国马克斯-普朗克植物育种研究所“洪堡教授”。现为西湖大学生命科学学院植物免疫学讲席教授，博士生导师。

2023年8月16日，西湖大学植物免疫学讲席教授柴继杰荣获“未来科学大奖—生命科学奖”。与他一同分享这个奖项的，是中国科学院遗传与发育生物学研究所研究员周俭民，两人在植物免疫上的研究合作，跨度将近20年。颁奖词写道：“奖励他们为发现抗病小体并阐明其结构和在抗植物病虫害中的功能做出的开创性工作。”

柴继杰刚刚入职西湖大学不久，他是中国大陆首位“德国洪堡教授”，且有一段颇为传奇的人生经历。



柴继杰教授

这是一位从造纸厂走出的世界顶尖科学家。

### 纸浆

柴，这个字拆开来看，是“此木”，就是“这个木头”。柴继杰似乎注定和植物有缘。

初中毕业时，他倔强地拒绝接替父亲的岗位。父亲是烤烟的一把好手，在烟草收购站工作，在上世纪70年代末，那是可以领细粮的“国家工作”。

作为热带植物的烟草，想要在辽东半岛存活，得掐准时间。春末在大棚育苗，然后移栽到大田上，两个月可以收割。烟

草茂盛时，比人还高。1980年的夏天，14岁的柴继杰穿梭其间，帮着家里收烟叶子。他没考上重点高中，但无论如何，普通高中他一定要去。

七年后，他从大连轻工业学院造纸专业毕业，被分配到丹东鸭绿江造纸厂，做助理工程师，离家比较近。那份工作，那个专业，他说不上喜欢或不喜欢，只是因为报考大学选专业的时候，稀里糊涂就选了。

把木头变成纸浆，是一个艰难的过程。造纸厂的水循环中有大量微生物，如果不及时处理，在高温下发酵变臭，添加物中还有各种含硫物质，味道难闻。再加上蒸汽和水流的噪音，让人避之不及。

工人们的牌局就是在这样的氛围中进行的，柴继杰偶尔也会加入。虽然他并不觉得造纸厂的环境有多么难以忍受，但隐隐感觉这并不是他想要的生活。

上大学和工作期间，柴继杰曾两次到访北京。他至今仍记得第一次见到立交桥时的震撼，飞驰的汽车、城市的繁华，让他莫名心动。柴继杰回忆说：对当时的普通人来说，最有效也是最好的改变命运的办法，就是读书。

柴继杰对这次突围有着清晰的考虑。首先，他想去北京；其次，他觉得石油化工有行业优势，所以选择报考石油化工科学研究院。他对自己很有信心，他在大学里的考试成绩不错，尤其是化学相关的学科。

柴继杰花了半年时间备考，笔试通过后，石科院专门派人来造纸厂对他考察，对方很疑惑，这名考生居然来自工厂，且已经工作四年。考察人员走之前，留下一句话：“竟是这样的环境。”

柴继杰被应用化学专业录取了。研究生期间的补贴比他在工厂的工资还高，他

很开心。

1994年，他继续读博，考入中国协和医科大学，误打误撞进入晶体学领域。晶体学是一个伏笔，1994年也是一个伏笔。

这一年，人类首次克隆出植物的相关抗病基因。植物没有动物一样的抗体免疫系统，只能通过不断进化获得防御机制，甚至和病原体协同进化。早在上世纪40年代，美国植物病理学家弗洛尔提出著名的“基因对基因”假说。该假说认为当病原体侵入植物时，会释放出“毒性因子”。在很多情况下这些毒性因子会阻碍植物的生长发育，促进病原体生长。但是在有些植物存在相应的受体，会“感知”这些病原体的“毒性因子”，从而引起植物的免疫反应。而这些配体和受体，都是双方基因表达出来的。

另一个伏笔是蛋白质晶体学，柴继杰在博士期间的研究方向。蛋白质是参与所有生命活动的重要成员。本质上，它们通过基因来合成。作为一个“密码本”，基因的序列决定了蛋白质的氨基酸序列。不同的蛋白质有不同氨基酸序列，形成不同排列组合、空间折叠，即蛋白质的三维结构。如果条件合适，蛋白质会形成有序“堆积”，即晶体。

在显微镜下，蛋白质晶体看上去与宝石很像。蛋白质晶体会对X射线产生衍射。通过收集衍射数据，可以计算出蛋白质的三维结构。蛋白质的三维结构对认识其作用机制具有非常重要的意义。

这两个伏笔已经暗暗交织在一起，影响了柴继杰未来的人生走向。尽管读博士期间的柴继杰只是对科研很感兴趣，还谈不上理想。事实上，一直到申请普林斯顿的博士后时，他身上“造纸厂出身”的标签依

然醒目：起点低，基础差，英语也不行。听到类似的声音，柴继杰也不反驳，任凭皱纹在微笑中绽放。

他从来没觉得自己不行。很少有人知道，他考入的那所普通高中，在1983年的夏天，他是唯一考上本科的学生。只是没几年，这所“微不足道”的学校就被撤销了。

他从唯一的一个，成了孤独的一个。

### 冷泉

冷泉颇有禅意，以此命名的一个港湾位于纽约长岛之上。冷泉港实验室始建于1890年，不知见证了多少个跌宕起伏的时代，这里对生命研究的探索一直在持续。

把蛋白样品装入液氮罐，放到后备箱，就可以出发去长岛了。施一公开车，副驾驶坐着柴继杰。柴继杰是施一公的博士后。1998年，施一公正在普林斯顿大学组建自己的实验室，翻到了柴继杰的简历，他觉得这个人很特别，居然在最基层的造纸厂工作了四年，还能再考上研究生。按捺不住好奇心，施一公拨通了北京的电话。他觉得眼前这个比他还大一岁的博士后申请人，能从造纸厂一路坚持下来，一定有他的过人之处。

新入职的两位博士后到普林斯顿大学报到的第一天，施一公在实验室旁边的会议室里，认认真真地讲述了研究课题要求和初步的实验设计，讲完后，其中一位博士后去准备实验了，剩下柴继杰站在那里没有动：“一公，你能不能再讲一遍？”柴继杰问。“你听懂多少？”施一公反问。“我，可能大部分没太听懂……”柴继杰略显尴尬地说。

施一公不得不从头开始，一点一点从基础教起。柴继杰回忆起这段也觉得有

趣：他的生物学实验技术都是施一公亲自传授，绝对的嫡传。他听从了施一公的建议，每天坚持阅读英文报纸及文献，以及，把烟戒了。因为吸烟要下楼，浪费时间。

那些年，在反复开往长岛的小车上，正驾驶和副驾驶位置上的两个人，年龄相仿，一个是普林斯顿最年轻最拼的教授之一，一个是在33岁的时候重拾生物学的博士后。

一个愿意等待奇迹，一个愿意相信奇迹。

等到普林斯顿的樱花五开五落，柴继杰终于找到了做科研的感觉，也发了不错的文章。他自信满满，但依然不敢说有什么梦想。他一度考虑到工业界工作，施一公把他劝住了，对他说了一句：“继杰，你肯定会后悔的。”

当时，北京生命科学研究所（北生所）刚刚组建，在美国招聘独立实验室负责人（PI）研究员，所长是王晓东，也是著名的生物化学家。施一公带着他驱车前往面试地点康涅狄格纽黑文。柴继杰还是坐副驾驶。这一趟旅程之后，他希望自己有“独立驾驶”的机会。

这是北生所第一次招聘PI，一共13位候选人进入最终的面试。一天面试下来，大家投票，6人顺利入选，柴继杰排在第



柴继杰（右2）在德国

七位，个别评委对他的潜力仍然存疑。王晓东问施一公：“柴继杰的潜力究竟如何？你给句话吧。”施一公径直回复：“如果继杰和我竞争同一个高难度课题，我的胜率大约50%。”大家释然。

经过五年的博士后训练，柴继杰在科学研究上已自信满满。回国之前，他找施一公长聊，他说：“施老师啊，我走了以后，谁和你一起做难的课题啊？”而施一公的千言万语，其实早就写入给柴继杰的推荐信里。

## 草木

回国后的第二年，柴继杰又重新点燃了香烟，复吸了。这一年他39岁，已近不惑。

北京生命科学研究所刚成立，也就二十几个实验室，红色四层建筑。柴继杰的实验室在二楼，对面是周俭民的实验室，中间隔着一些共用的实验设备。周俭民致力于研究植物和微生物相互作用机理，接下来即将发生的合作，正是一种植物撮合的——烟草。柴继杰经常和周俭民一起抽烟。柴继杰一次次掐灭烟头，却逐渐燃起了真正的热情——接下来20年他真正要施展的领域——植物免疫。

植物可以说是人类文明的基石之一，特别是农作物。可人类对植物免疫知之甚少，水杨酸就是最有代表性的故事。古希腊人就知道咀嚼柳树皮可以减轻分娩痛苦。直到1828年，化学家从柳树皮中提炼出少量活性成分。1898年，乙酰水杨酸被合成，这就是著名的解热镇痛药物阿斯匹林。

但直到阿斯匹林畅销全球差不多一个世纪后，人类才搞清楚，水杨酸是植物免疫机制中的一种信号分子，最初用来做验

证实验的植物恰好就是烟草。

周俭民和柴继杰开始合作的时候，虽然前人已经提出了“基因到基因”的理论，并通过遗传方法克隆到的一些抗病基因，但植物的这些抗病蛋白究竟是如何工作的，工作机制是什么，基本一片空白。而理解这一机制，对更好利用抗病蛋白具有重要意义。

柴继杰和周俭民从2004年开始合作，直到2007年才有了一些关于抗病蛋白的初步结果。

他们描述了这样一场战斗。一边是番茄中抗性蛋白Pto，一边是病原菌产生的效应蛋白AvrPto。Pto伪装成“空城”，AvrPto像是病原菌的先头部队，一旦先头部队误入空城，城上的Prf蛋白就会燃起烽火，传递战事信号。

这后来被称为“诱饵模型”，他们捕获到了AvrPto-Pto的结合状态，并通过与周俭民实验合作，探索其免疫机制，这项成果发表在*Nature*上。虽然这项工作在认识抗病蛋白作用机理的道路上迈了一步，但这仅仅是万里长征的第一步。

但受限于当时的技术条件，柴继杰和同事在植物免疫领域的探索“沉寂”了好些年，他们也会做一些植物抗病蛋白之外的研究，保持实验室的科研节奏。植物不会动，没有血液循环，但进化出复杂的免疫机制，每一个细胞，就是一个部队。仅仅是在细胞膜上，就有很多蛋白质肩负着对抗病原体的任务，它们像一个个哨兵，守卫着植物健康生长。

神奇的是，柴继杰和团队更多地是用昆虫细胞来表达植物抗病蛋白，表达效果更好。研究植物竟然是借助昆虫细胞，生命进化遥相呼应，正如我们对卑微生命的语



周俭民（前左）和柴继杰（前右）

言描述，常把两者放在一起：草木虫豸。

## 花环

2005年，施一公在清华讲课，台下一位女生提问，问题很精彩，引起了施一公的关注，问她，你是谁的学生？“柴大老板。”女生回答说。“哪个柴大老板？”施一公似乎听懂了，故意反问。“柴继杰，柴大教授！”女生得意地回答。“哦，继杰啊，是我的学生。”施一公故意漫不经心地笑着说。“我们柴老师觉得，他是青出于蓝而胜于蓝！”女生话语里透着几分骄傲。

这段对话，同样让施一公倍感骄傲。直到今天，柴继杰仍是他实验室培养出来的最得意的博士后之一。施一公在很多地方不断重复这个故事，在他看来，“输在起跑线上”并不那么重要，关键还是后程发力。

柴继杰主攻的植物免疫大致分成两个层面，细胞膜上，由膜表面识别受体（PRR）直接识别病原体，包括受体激酶和受体蛋白两种；细胞内，由核苷酸结合和富含亮氨酸重复序列受体（NLR），识别病原体的效应因子，从而引发免疫效应。根据N端结构域不同，NLR又可以分为CNL和TNL。

2013年前后，柴继杰和团队在PRR领域的研究已经取得多项突破，他们发现，不仅是植物免疫、还包括植物生长发育，二聚化是植物受体激酶活化的最小单位，而受体蛋白的活化也遵循“二聚化”的基本规律。这些发现可以为培育广谱抗病作物品种提供理论基础。

2017年又是一个转折点。凭借受体激酶的研究，柴继杰与合作者获得国家自然科学二等奖。同年，柴继杰获得德国“洪堡教席奖”，前往普朗克植物育种研究所继续开展研究。

普朗克植物育种研究所一派田园风光，这所创建近百年的研究所，拥有自己的试验田和温室大棚。每到傍晚时分，柴继杰会如期穿梭在其中，一边快走锻炼身体，戴着耳机听音乐，一边思考这一天的研究工作。以及，他彻底戒掉了香烟。

2009到2023年，柴继杰在清华大学生命科学学院任教14年。在清华，柴继杰经常是第一个到实验室，最后一个走。“我们很怀疑，柴老师有没有逛过清华园。”柴继杰的同事说。

2019年，更大的突破接踵而至。

柴继杰团队揭示CNL类抗病蛋白ZAR1的不同状态，识别到病原体信号时，五个ZAR1蛋白会聚合到一起，形似一朵紫金花。柴继杰和周俭民为它取名为“抗病小体”，这被认为是植物免疫领域里程碑事件。“抗病小体”的激活，会引发植物免疫反应和细胞死亡。

“抗病小体”的外形和施一公研究过的凋亡体有一种呼应，凋亡体是花环形，而两者都可以和细胞死亡相关。看到结构后，柴继杰展现出一种敏锐的直觉，虽然结构相似，但后者功能可能不同。“抗病

小体”的中心有一个凸起的结构，柴继杰猜测可能和细胞膜通道或膜孔有关。

之后，柴继杰和周俭民以及其他老师合作，发现“抗病小体”可以抵达细胞膜，形成钙离子通道，进而引发后续的免疫反应。2020年，柴继杰和团队继续突破，发现TNL类抗病蛋白RPP1四聚化后，会产生全新的核苷类化合物，作为“第二信使”，从而起始植物的免疫和死亡通路。

2022年柴继杰和合作者连续发表五篇关于植物抗病蛋白的文章。快吗？柴继杰对此的回答是：我们为此准备了近20年。

现在，柴继杰和他的团队，已经打好新的实验室，包括几间植物房，播下了种子，包括拟南芥、水稻，还有本氏烟草。这些都是理想的模式植物。

柴继杰画了一张图，上面是植物免疫的各种模式，其中还标注了很多问号。在西湖大学，他要把这些问号拉直，并且探索帮助植物提高免疫的新机制和方法。

曾经，他向往都市生活去考了研究生，但现在他更喜欢草木虫豸。

曾经，他为了能继续上学拒绝烟叶田，但现在却心甘情愿地在实验室种上烟草。

时间给他画了一个圆，就像一个花环。

（转自“西湖大学”公号，2023年8月16日）

## 俞浩：科技探索极限 梦想点亮未来

○刘觅觅

俞浩，追觅科技创始人、CEO，2005级航天航空学院校友。2017年，创立追觅科技。2021年，入选全球最具影响力的商业杂志之一《财富》（中文版）“中国40位40岁以下的商界精英”榜单。

“每分钟15万转，效能提高到58%！”

2017年夏天，经过两年不懈努力，俞浩带领团队终于攻克了高速马达的底层技术壁垒，一举打破国外企业巨头在马达领域的技术垄断，追觅科技由此诞生。

经过六年高速发展，俞浩创立追觅科技的梦想已经照进现实，点亮未来。如今，追觅科技拥有世界一流的高速马达研发和制造技术。同时，通过技术复利，不断拓展，延伸出了无线吸尘器、扫地机器人、智能洗地机和高速吹风机四大品类的



俞浩校友

立体化布局。

所当乘者势也，不可失者时也。在俞浩看来，每家企业的诞生都有着时代的烙印，追觅科技正在拥抱更为广阔的发展空间。

“十年前，企业解决的是科技普适性的问题，而十年后，着眼的则是行业科技化进步的问题、探索未来的问题。”俞浩说，“我对未来我国能够成为世界研发、