



童年是希望的播种期，家乡那“平日水田鱼成群，雨后小溪鱼欢畅”的自然生态环境给陈锦祥教授留下太多美好的回忆；也正是在这种充满泥土气息的乡村自然环境中，培养了他自然朴实、热爱劳动、坚韧不拔的性格，一直陪伴着他走上事业的成功之路。如今，陈教授离开家乡已经三十多年，蓦然回首，发现所走过的科研之路，先后涉及了孩提时曾经向往的“生物、电子、土木”这三大领域；而研究的方向竟然都紧紧围绕着生态材料的开发！是巧合，还是童年时播下的种子的发芽，成长？

倾情生态材料 引领甲虫仿生

——访甲虫仿生材料研究先驱、东南大学陈锦祥教授

与生态材料的不解之缘

陈教授生在东阳乡村的一个木匠世家，从小就喜爱动植物，但当时信息不畅，并不了解生物学。考大学时，他想报浙大的土木工程，遭父亲反对，第一志愿就选择了浙江理工大学的电子工程，后被纺织纤维工程专业录取。23岁那年，陈教授获得了硕士学位，其后留校任教十余年，主要从事与天然纤维——蚕丝相关的教学和科研工作。并于1997年获得日本政府奖学金，前往京都工艺纤维大学留学深造。在攻读博士学位的同时，陈教授开始踏上了研究甲虫前翅仿生轻质复合材料的征程，并为他今后在这一研究领域的学术地位奠定了坚实的基础。

为了感受世界一流研究机构的学术氛围，2001年他就任于日本宇宙航空研究开发机构，主要从事新型节能减排材料的强度解析研究；2006年又成为东京大学“创新型仿真软件”巨型课题的研究成员，从事为“绿色制造”提供仿真工具的研发工作；2008年引进为东南大学土木学院教授，从事以玄武岩纤维及轻质仿生材料为重点的生态材料开发工作。

回顾这三十多年的拼搏和进取，陈教授惊讶地发现：“自己所走过的路，在不知不觉中已先后涉及了孩提时曾经向往过的生物、电子及土木领域。由于蚕丝本身也是一种典型的生态材料，因此，尽管所经历的研究领域各异，但巧合的是研究内容均涉及生态材料！”

踏着时代的节拍，迎着革故鼎新的风帆，作为自然之子的陈教授，比谁都更加珍惜与生态材料结下的不解之缘。回到祖国怀抱后，陈教授现在在东南大学首个学术特区——城市工程科学技术研究院这一高水准的平台上，为其开拓的仿生研究成果转化为生产力

而孜孜不倦地工作着。

开拓甲虫前翅的仿生研究

大自然处处充满神奇，自然进化中，每一种生物都会对其拥有的结构与功能进行优化。因此，很多动植物往往会具有精妙绝伦的生物结构或具有特殊功能。这便是仿生研究最基本的出发点。常见的仿生应用事例有蜂窝板（结构仿生），雷达（功能仿生）等。

大家知道蜂窝板早已工业化生产，但严格地说蜂窝板的生物原型是蜂窝芯，而不是蜂窝板。“或许当初就是因为参照了这一生物原型，至今人们在制作蜂窝板时，先单独制作蜂窝芯和面板，再通过多体成型制成蜂窝板！”陈教授接着说，“或许大家难以相信，甲虫前翅有一个完整的，真正一体化的有柱蜂窝三夹板结构。”（本文题记的背景图，左边为去了一面板时有柱蜂窝结构的三维模型，中、右图为生物原型。）

作为一位该领域的专家，陈教授说起专业知识来更是滔滔不绝：“其实，生物设计技术之精湛让你叹为观止——纵向剖开小柱，你可发现强化纤维有序致密地分布于其间，小柱中的纤维以直线或螺旋线等方式巧妙地与上，下层中的纤维连接在一起，而且这种连接是连续有机地遍布在以千为单位的小柱之间；即便是这么细小的小柱，其中心部分为蛋白质，强化纤维只分布在最能起抗弯作用的小柱外层；小柱能极其有效地提高叠层复合材料层间的剥离强度。这一天然的生物体的杰作，令万物之长的人类也难以仿制！”

说到这儿，陈教授的脸上流露出了些许喜悦与

自豪，他接着说：“自然界的这些魅力，特别是甲虫前翅结构中一体化蜂窝结构，就象巨大的磁场，一直吸引着我们。最近，我们通过学科的交叉融合，终于开发了一体化有柱蜂窝技术，并成功试制了世界上第一块一体化有柱蜂窝板！”阅云山万里，沉气度万千！我想，此时此刻，挂在陈教授脸上的喜悦与自豪，何尝不是大自然对他这十余年不解努力的回报！

现在陈教授正以这一核心技术为中心，从基础、应用两方面着手深化研究，我们也期待陈教授能获得更大的突破。

掀起甲虫前翅仿生研究高潮

在陈教授引领下，全球的甲虫仿生研究悄然掀起，在此，简单介绍他的开发历程及全球相关的研究成果。

陈教授说，虽然甲虫前翅内存在几丁质纤维的事实早在一百多年前就已有报道，对甲虫前翅内纤维不同叠层方式等也早有报道。但历史上曾误认为甲虫前翅为无生命的物质，因此，对其研究较少。仿生材料的研究多限于模仿甲虫前翅中的叠层方式，及前翅的曲率（面）等水平上。

陈教授从1997年开始研究甲虫仿生材料开发工作，他花了大半年时间，用当时先进的ESEM（环境生物电子显微镜）拍摄并冲印了数以千计的甲虫结构照片，终于发现了以小柱-蜂窝为芯层的轻质一体化天然蜂窝结构。陈教授发现的甲虫前翅内部的三维结构，不仅在仿生学上，而且在甲虫形态研究学上也属首次。早期的论文主要发表在日本材料学会的《第28回FRPシンポジウム》（1999.03）和中日的《第3次日中复合材料学术会议》（1999）上，其后的期刊论文发表在《材料》（2000），《日本机械学会论文集》，中国的《Insect Science》（2001），《中国复合材料学报》及英国的《Composite Structures》等刊物上。陈教授在发表论文的同时，非常注重将研究成果产业化：最近，他以一体化有柱蜂窝板的制备技术为中心，申请了约10项专利。其中，国际PCT专利申请的答复是：对所要求的10项权利条款，均具有“新颖性、创造性及工业应用性”。这些专利技术可广泛应用于家具、建筑、交通及航天航空等领域。

值得一提的是，在2000年重庆大学的陈斌教授等报道了在甲虫前翅的层状纤维中存在“钉柱”的观点。其实“钉柱”应该就是陈教授所报道的小柱根部。其后，国内的南京航空航天大学、沈阳鼓风机集团有限公司、美国的堪萨斯大学、丹麦科技大学等一些研究者从甲虫或仿生的角度对陈锦祥教



授的研究成果进行了引用。同时为加拿大Filippo A. Salustri所创办的Xiki网站“Biomimetic design”中录用为典型仿生案例。直到去年，在德国的Entomologie heute期刊上仍有类似的有关小柱结构的报道。

生态打印技术

除了在甲虫仿生领域，陈教授在其它诸多领域也有着非凡成就。暂不提他远在海外时沉甸甸的收获，就仅举一例他回国后的又一重要发明吧。

陈教授凭借其前述多学科交叉研究的丰富经验，针对现行打印机打印过程中会发出难闻的气味，特别是气味中含有人们所熟悉的致癌物，如苯、醛、苯乙烯等现状，陈教授发明了一种生态打印方法及打印头装置。本发明只需要单一的普通打印纸，无需使用墨粉或墨水就能够达到打印效果。因此，无臭味及致癌物质产生，具有极好的低碳节能效果及社会效益。他风趣又自信地说：“这一打印技术与中国古代的四大发明中的造纸术和活字印刷术一脉相承，无论从科学还是应用上都非常有意义，期望能成为继我国古代四大发明中造纸术和活字印刷术后的又一大发明。”

后记

这是一位令人肃然起敬的学者，他言行一致，并有着坚毅的信念。当要结束对陈教授采访之时，又想起了陈教授的这些极具产业前景的科研成果却仍“待字闺中”，深感于我国科技产业化的力度和深度的欠缺。

十二五规划正式起航，对于科技来说，提高自主创新能力，建设创新型国家是我们转变经济发展方式、构建和谐社会的关键。而作为一个有着高度社会责任感的科学家来说，陈教授非常希望与有识之士参与合作，以加快将其发明成果转化为生产力的进程，为祖国的科技事业作出更大的贡献。