都江堰：可持续水利工程的典范

科技文明探源

◎本报记者 崔 爽

约公元前100多年，汉王朝太史公司马迁受命撰写史书，行遍大江南北，当他驻足于水流迅疾的岷江之畔、离堆之上，一座工程深深地震撼了他。在《史记·河渠书》里，他为后世留下了关于都江堰最早的记载：“于蜀，冰凿离堆，辟沫水之害。”

如今，这座工程已经2279岁了。它早已与岷江融为一体，湍急的江水被其“驯服”，化作大大小小的河流，润泽成都平原广袤沃土，灌溉面积超过一千万亩。

作为世界上现存最古老、规模最大、维护最完整的灌溉工程之一，2000年1月，都江堰被联合国教科文组织列入世界文化遗产。这个唯一以水利为主题的世界文化遗产以它悠久的历史、独有的科学文化价值被永久保留和尊重。

都江堰风光。**视觉中国供图**

无坝引水工程的经典

都江堰位于四川省成都市，据传由战国时期秦国蜀郡郡守李冰及其子于公元前256年主持始建。

整个都江堰枢纽可分为渠首和灌溉水网两大系统，其中渠首包括分水工程“鱼嘴”、溢洪排沙工程“飞沙堰”、引水工程“宝瓶口”三大主体工程。

“鱼嘴”因其形如鱼嘴而得名。它位于江心，把岷江分成内外二江。外江在西，又称“金马河”，是岷江正流，主要用于行洪；内江在东，是人工引水总干渠，主要用于灌溉，又称“灌江”。“鱼嘴”决定了内外江的分流比例，是整个都江堰工程的关键。

内江取水口宽150米，外江取水口宽130米，利用地形、地势使江水在“鱼嘴”处按比例分流。春季水量小时，四成流入外江，六成流入内江，以保证春耕用水；春夏洪水期，水位抬高漫过“鱼嘴”，六成水流直奔外江，四成流入内江，使灌区免受水淹。这就是所谓“分四六，平潦旱”。此外，在古代还会使用杩槎（用来挡水的三脚木架）来人工改变内外两江的分流比例。

“都江堰是中国古代无坝引水工程的经典，创造出与自然和谐共存的水利形式，是具有独特美学意境的水工建筑。”中国水利学会水利史研究会会长、中国水利水电科学研究院副总工程师谭徐明说。

据她介绍，无坝引水是中国古代水利工程最基本的建筑形式，其主要特点是规划上的科学性，它充分利用河流水文以及地形特点布置工程设施，使之既满足引水或通航的需求，又不改变河流原有的自然特性。古代都江堰渠首及以下的各级渠道均为无坝引水的工程形式，与天然河道类似的渠系集灌溉、防洪、水运和城市供水等功能于一体。

“都江堰利用岷江地形修筑，以最少的工程设施，实现了引水与水量的节制。”谭徐明说，渠首段河流的地形、河流水文和水力学特性与每一处工程设施的功用是协调运作的整体，共同决定了都江堰引水、排洪和排沙的能力。一方面河道地形决定了各工程设施的布置；另一方面通过工程措施可以保持河床地形的相对稳定，这体现了都江堰在规划方面的卓越成就。

英国学者李约瑟曾在《四川——自由中国的心脏》中写到都江堰：“将超自然、实用、理性和浪漫因素结合起来，在这方面任何民族都不曾超过中国人。”

传统中国的自然观

在人类文明的进程中，水利活动始终扮演着重要角色。

都江堰不仅是古代工程的奇迹，更是一座饱含中国水利技术、传统文化的博物馆。

“中国水利工程的规划理念和技术内核少有征服自然的意识，其蕴含的生命力和文化的魅力来自于对自然与河流的尊重。”谭徐明说，都江堰也是“历史模型”，最具象地展示了成功的水利工程如何从尊重自然、利用自然中获益，其对社会和区域环境又有怎样的贡献。

在都江堰的建设中，以石、木和竹为主的建筑材料和河工构件均直接源于自然，“这类因地制宜、就地取材的工程形式与河流环境融为一体，暗含着古代人水利规划与建筑形式的自然观。”谭徐明说。

站在今天回望，我们该如何认识和理解都江堰？

谭徐明给出她的解释：“我们的视野不应局限在水利工程本身的历史，而要将它与区域乃至国家的历史联系起来，放大到它所惠泽的成都平原去理解；同时也不应局限于都江堰的竹笼、杩槎之类的工程技术，而应从中领略传统水利的科学内涵，以及由它所创造出的水工美学的意境。”

另外，认识都江堰，不能忽略都江堰独有的文化现象。“都江堰堪称世界上管理最好的古代水利工程，历史时期都江堰已经具有现代流域水资源一体化管理的机制，灌区管理还扩展到区域公共设施的管理。”谭徐明进一步解释，都江堰2000多年的延续是工程的延续，更是管理的延续，由水利的延续管理衍生出区域文化，“这个文化是非常实实在在的。”

早在汉代，朝廷就已设官员专门对都江堰进行管理。明清时期在渠首所在地灌县设官署，行政长官明代为水利佥事，清代称水利同知。四川省、成都府及灌区各县则有专管官员，负责岁修和用水管理。

在谭徐明看来，成都平原从都江堰这座伟大的工程获益长达2000多年，是古代哲人“天人合一”自然观的最好诠释，是对今人可持续发展理念的最好例证。从对江河的利用与改造，到水利工程的未来，都江堰留给后人的财富远远超越了工程本身。生于成都，长于成都，谭徐明对都江堰灌区十分熟悉，也充满感情，“都江堰造就了成都平原的河流，成都大大小小的河流都属于都江堰的水系。我家推开窗户就是一条小河，上面有拱桥。府河和南河（锦江）是我们游泳和端午看龙舟比赛的地方。”

跨越时空的科学性

2021年4月，中国人民银行发行“中国能工巧匠金银纪念币”，其中一枚5克金币以李冰和都江堰为题材，背面图案就是都江堰水利主体工程，并辅以文字“深淘滩、低作堰”。

“深淘滩、低作堰”是刻在都江堰二王庙石壁上的治水“三字经”，与“遇弯截角、逢正抽心”的河工“八字诀”一起被奉为都江堰的传世准则。前者是古人从无数经验教训中凝练出的都江堰工程技术规范，后者则不仅适用于都江堰，而且是治理堆积性（增坡性）河流的普遍性法则，被后世遵循。

“美国到1936年才从治理密西西比河下游的经验认识到截弯取直是正确的法则。在这以前，普遍认为取直后洪流将径奔下游，使下游流率增大，水位抬高，因而是不利的。殊不知当弯道和捷径同时存在下，两道并流，增加了河槽临时蓄水的容量，只会使下游洪水流率和水位减低。而我都江堰2200年前就已建立了这个治河法则。”我国著名水利工程专家黄万里在《论都江堰的科学价值与发展前途》中写道。

从设计和建造开始，都江堰就没有被视作一劳永逸的工程。从一开始，都江堰便有了维护制度，被称为“岁修”。这是一项复杂的系统工程，必须要在每年极短的枯水期内完成。

清末，西方现代建筑材料和技术传入中国，1935年，“鱼嘴”部分首先改用混凝土浇筑，这种永久性的工程结构让都江堰省去耗费人力的“岁修”，此后，“金刚堤”“鱼尾”“飞沙堰”陆续换掉了竹笼卵石材料，改为混凝土浇筑，古老的都江堰与现代建筑材料结合在一起。

2018年，经国际灌溉委员会评定，都江堰被确认为世界灌溉工程遗产。

据谭徐明介绍，中国目前有19处灌溉工程遗产，其中浙江有17处、四川有2处。“通过19项灌溉遗产的申报和保护，我们发现了很多以前不知道的水利工程，使很多濒于消亡的灌溉工程得到保护，使优秀的水利技术得到认识和传承，并且感受到中国水利工程的确文化深厚，认识到历史不只在教科书上，而是实实在在地存在于大地上。”谭徐明说，都江堰既是一座有着悠久历史意义的水利工程，又是一座自然造化与人工斧凿浑然天成的建筑物；其巨大效益延续至今，是人与自然和谐相处的水利工程的典范。

一生献给电子对抗事业

——追记中国工程院院士、国防科技大学教授凌永顺

留声机

◎本报记者 张 强
通 讯 员 王丹宇

7月2日，我国电子对抗领域著名专家、中国工程院院士、国防科技大学电子对抗学院教授凌永顺，因病医治无效在北京逝世，享年86岁。

作为我国电子干扰技术领域的开创者和奠基人，凌永顺提出等离子体隐身和主动红外干扰方法，解决了雷达、红外组合对抗重大技术难题，在等离子体干扰、战略弹道导弹中段隐身、战略弹道导弹再入段突防、对抗红外热成像等关键技术上取得多项开创性研究成果。

二次入伍，报国从军终不悔

“由于国家的需要，我走上了科研道路。”凌永顺曾回忆道。

初中毕业时，凌永顺考到了邻县的中学。两县离得较远，每当要去学校时，凌永顺天不亮就要起床，背上干粮、行李与同学一起结伴步行，经常一走就是一天。虽然求学路艰苦，但他的成绩却一直很好，考卷经常被学校拿来展览。1956年，他以优异成绩考入北京师范大学物理系。

1960年，凌永顺大学毕业后被分配到哈尔滨军事工程学院当见习助教，成为一名军人。从那时起，他就与我国的国防科技事业结下了不解之缘。

20世纪70年代末，中央军委批准成立电子工程学院（国防科技大学电子对抗学院前身）。这时候，已转业回家的凌永顺还是安徽电力设计院的一名秘书。

1980年初，正忙着整理文件的凌永顺被院长的一通电话喊到了办公室，上级就调动他进入电子工程学院当军校教员征求他的意见。凌永顺本可以去另外一所学校当校长，但他没有去。“部队的同志关系比较亲密，我喜欢那个环境。”就这样，1980年，凌永顺重新穿上军装，第二次入伍参军。

20世纪80年代，电子对抗领域的技术快速发展，并在西方军队里被普遍运用。而我们国家在这个领域还存在很多空白，急需更多的科研力量参与，物理功底扎实的凌永顺开始关注这个方向。

此时，凌永顺已经40多岁。俗话说，人过三十不学艺，但他却不信这个邪。他觉得，能在有生之年为祖国的国防科技事业作出贡献才是人生最大的幸福。

勇闯禁区，甘做科研急先锋

1987年，凌永顺作出了一个重大抉择：开展等离子体隐身的科学研究。这在当时是一个世界级的科研难题，如果能将其攻克将使我军弹道导弹突防的能力大幅提升。

面对这个难题，凌永顺打起十二分的精神。当时，这项课题在国内尚未开展，研发基础几乎为零。没有可参考的专业材料，他就跑遍了各大图书馆，前前后后查阅了好几百万字的基础理论素材；没有实验室，他就带着科研组挤在一间简陋狭小的旧仓库里做试验；没有试验仪器，他就自己动手设计，用“土办法”研制等离子体发生器。

1989年，凌永顺带领几个同事开始了攻克世界性科研难题的科研实验。在2500多摄氏度的“火柱”旁，他们进行了一系列有关材料的高温试验。为了获得准确数据，凌永顺能靠“火柱”多近就多近。一次试验下来，他就像在水里浸过一样，浑身上下都被汗水湿透。同时，高温条件下产生的大量紫外线使他的皮肤出现了许多黑斑，脸上也长出了一颗颗小疙瘩。洗脸时，小疙瘩一擦就破。

半年多的试验做下来，凌永顺的身体受到了严重的损害，并进行了多次手术治疗。但他却觉得一切都值得，用他自己的话说：“能把这项难题攻克，就是少活几年也值得。”

凭着这股子劲头，从立项到取得突破性、开创性成果，他们仅用了两三年的时间。在攻关过程中，凌永顺和同事们解决了研究成果在某种武器装备自卫性电子战系统中的实际应用问题，使我国成为继美、苏（俄）之后第三个拥有这种特殊干扰技术的国家。

1992年，这项名为等离子体气悬体的项目获得国家技术发明二等奖。1997年11月，凌永顺成为我国电子对抗领域第一位院士，被誉为我国电子信息技术领域重要的开创者和奠基人。

此时，凌永顺已年过花甲，面临退休。但是，他却不甘心躺在功劳簿上。用现在的话说，这位花甲老人不愿“躺平”。他要把科研成果转化为战斗力。

醉心科研，病榻之上不停歇

电子对抗是一门高度复杂的技术。在这个领域，凌永顺始终保持着对该领域技术创新和理论研究的高度热情。

这些年，凌永顺先后获得国家技术发明二等奖1项、国家科技进步二等奖4项、全军科技进步一等奖4项、全军科技进步二等奖3项。2006年，他带领的团队获得军队科技创新群体奖。他研发的成果不仅在军事领域受到广泛应用，也在民用领域发挥了积极作用。

然而，就在他每天雷打不动地醉心科研时，病魔也在一步步向他逼近。

身体不是没有发出过警告，长时间的身体不适加上长期失眠，家人和学生都曾劝他去医院做个全面检查，可是凌永顺依旧坚守在科研岗位上。

2009年，凌永顺身体频频亮起红灯，不得不去医院做检查。不幸的是，各项检查结果都提示他已身患癌症。医生叮嘱凌永顺，一定要好好休息，但是他满脑子想的依旧都是科研，甚至还根据治疗时产生的灵感，酝酿了一个新的科研项目。自2009年开始，癌症纠缠了他4年，也折磨了他4年，却并没有磨灭他的斗志，更没有磨灭他对工作的热情。漫长的岁月里，他当过教员，做过行政，年过不惑才正式开始科研之路。一直到去世前不久，凌永顺还处于工作状态。他曾说：“从事科研一定要有良好的学风，要严谨求实，实事求是、甘于奉献。”

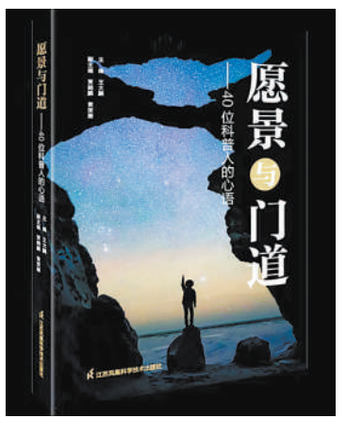
汇聚新时代科普生动实践

——评《愿景与门道：40位科普人的心语》

字里行间

◎邹 贞

科普“需要从实践中孵化出一批批可推而广之的硕果”，广大科普工作者急需“来自一线科普的鲜活经验”，这是天文学家、资深科普作家、中国科普作家协会原副理事长卞毓麟研究员在《愿景与门道：40位科普人的心语》一书序言中发出的呐喊。



主编：王大鹏
出版社：江苏凤凰科学技术出版社
出版时间：2023年5月

5月，《愿景与门道：40位科普人的心语》在江苏凤凰科学技术出版社正式出版。该书由中国科普研究所副研究员王大鹏担任主编，邀请了张双南、汪诘、谭先杰等40位科普达人，从科普理念、创作与表达、分科之“法”三个角度和读者分享了各自的科普心路历程，总结经验、思考得失，为更多有志于从事科普工作的人士提供借鉴参考。党的二十大报告强调，高质量发展是全面建设社会主义现代化国家的首要任务。在新的历史条件下，科普的理念、手段、方式、体制和环境都发生了新的变化，需要以更高的站位、更宽的视野，来推动科普工作实现由“量”到“质”的创新提升。

新时代，开展高质量科普需要足够的信心和耐力。几年前，科普作家李淼曾在媒体上坦言“做科普比做科研还难”，因为做科普不像做科研，有一套完整的程序，科普工作更多需要靠科普工作者自己去摸索。

失败，往往成为阻碍相关人员持续开展科普的重要原因之一。我们常说“失败是成功之母”，但是，科学界还有另一个说法，叫“胜利者效应”。2017年，《科学》杂志刊登了一项研究成果，指出大脑中存在一条介导“胜利者效应”的神经环路，它决定着“先前的胜利经历，会让之后的胜利变得更加容易”。从这个角度来说，本书中的精彩分享除了展示经验，还具有更深的意义和价值，它有助于科普工作者从失败走向成功，从一次成功走向更多更广泛的成功。

新时代，开展高质量科普需要良好的科普生态。《关于新时代进一步加强科学技术普及工作的意见》强调，要“强化全社会科普责任”，广大科技工作者要“发挥自身优势和专长，积极参与和支持科普事业，自觉承担科普责任”。在书中，我们看到不同年龄、不同领域、不同身份的科技工作者，如中国航空学会名誉副理事长张聚恩、中国气象局公共气象服务中心原气象服务首席朱定真、北京协和医院妇科肿瘤中心主任医师谭先杰、中国人民大学附属中学物理教师李永乐、科普视频创作人周哲等人，就实现新时代科普高质量发展集聚一堂，畅所欲言，彰显了科技工作者的科普责任感和使命感，体现了科技工作者的科普主动性和创造力，也从侧面展示了当下科普工作的良好生态。

新时代，开展高质量科普需要新的有效举措。根据中国科普研究所发布的报告，2020年我国公民具备科学素质的比例达到10.56%，比2010年增加了7.29个百分点。在公民科学素质显著提升以及公众获取互联网信息更为便捷的背景下，如何将科普工作做得有趣、有料、有启发性？针对这一问题，本书的作者从不同角度积极回应。北京交通大学物理国家级实验教学示范中心副教授陈征提出，要从战略层面认清时代之变、世界之变和学习之变，在战术层面把握好科学传播、科技宣传和科学教育的不同目的和特点；青年科普作家孙亚飞认为，应从“漫灌式”科普向精准科普转变，不以受众群体体量大为唯一考量标准，应促进科普从业者和受众之间的互助，扩大科普队伍内部的合作；网络大V“奥卡姆剃刀”认为，科普要与时俱进，要适应快节奏阅读方式，学会开门见山、直奔主题，在最短的时间抓住受众。

（作者系中国科普研究所副研究员）

600余件器物展现文房艺术之美

近日，“赓续文脉——中国文房艺术展”在中国工艺美术馆·中国非物质文化遗产馆开幕，展出古代及当代文房器物600余件。图为游客正在欣赏展品。

本报记者 **周维海**摄