

人物简介—田昭武院士

田昭武，著名物理化学家，厦门大学教授，中国科学院院士。1927年6月田昭武出生于中国福建省福州市，1945年高中毕业因成绩优秀被保送至厦门大学化学系，大学时期，师从卢嘉锡、钱人元、蔡启瑞等多位名师，在他们的学术熏陶及指引下不仅全面把握了化学专业知识，更能深刻领会名师治学精髓和要领，为日后科学事业的发展打下深厚基础。

一、从化学基础课教学到致力于电化学研究

1949年田昭武毕业留校任卢嘉锡教授的助教，1953年升为讲师并开始讲授化学系的主课《物理化学》，1954年开始主讲《物质结构》，同时还担任《物理化学实验》的课程负责人。在讲授这些高年级基础课程的同时，田昭武一直关注世界化学学科的进展，例如他从前苏联著名科学家A. H. DpyMKNH1952年的《kinetics of electrode process in Russian》及1954年P. Delahay的《New Instrumental Methods in Electrochemistry》这两本专著中，洞察到电化学将从热力学进入动力学研究的新阶段：电化学研究在“电流”和“电位”两个基本参数之外引进了第三参数“时间”（及其衍生参数“阻抗”），在电化学反应的初始阶段研究电极过程，开启了电极过程动力学研究的重要发展阶段，是电化学研究的主流，而当时中国在这个领域还几乎空白。他毅然选择电化学作为自己的研究方向，并在该领域取得一系列成果。如他在1956年开展暂态实验中发现一个奇特的实验现象：在恒电位条件下电流先出现一个极小点，而后迅速增大，而在恒电流时，电极电位会先出现一个极大点而后衰减。这一特异的暂态现象，与当时已知的各类电极过程截然不同。他通过深入系统分析，并利用自行研制的电化学仪器，从实验上验证了他首次提出的“自催化电极过程”理论，并发表了他的第一篇电化学研究论文。

此后，在电化学学科发展过程中，他始终站在学科的最前沿，从经典（E-i-t）电化学研究到现代电化学（例如光电化学和谱学电化学等）研究，在理论、研究方法和应用三方面都做出诸多开创性的工作。回溯田昭武的成长及70多年的教书和科学研究，他所积淀的大量宝贵经历和丰厚的人生体验，值得后辈学习借鉴。

二、善于学习的科学家

在人的一生中特别是青少年时代价值观的形

成过程，榜样的作用是决定性的。田昭武童年和少年时期，受到家庭环境的熏陶，初步奠定了他的性格。他父亲是个清贫老实的书生，一辈子喜欢写诗，教育子女要凡事靠自己努力，不争不抢；而他大哥是个聪明勤奋的人，高中毕业便获得全福建省仅有的两名清寒奖学金之一，后到上海交通大学攻读水利工程，毕业后适逢抗日战争回到福建，为闽江水利和桥梁建设贡献自己的才能。耳濡目染，田昭武立志要做一个不与人争权夺利，而按自己的兴趣，发奋学习、默默耕耘的人。中学阶段正值艰苦的抗日战争时期，民族苦难深重，更坚定了他通过科技改变国家命运的志向。

人生的机遇稍纵即逝，而田昭武恰恰是最善于抓住机遇的人。1956年，田昭武被派到南京去听民主德国电化学专家讲学，在等待专家到来期间，他就跑到南京书店买到了《数理方程》和《热传导理论》两本书。然而两个月过去了，民主德国专家最终没来，唯一的一次脱产进修机会落空了，但在这期间他读完了这两本书。回厦门后把相关知识运用到电化学的科研中，经过实验比较和论证，系统地解决了他当时碰到的自催化问题，完成自催化电极过程理论分析。文革期间学校实验室和图书馆都去不成，但田昭武并没有让时间浪费掉，他在福州的街头买晶体管等零件，自己动手组装收音机和万用电表，反复研究各种晶体管收音机电路图，精通晶体管电路知识，为后来研制一系列电化学科学仪器打下了坚实的基础。虽然“文革”期间实验室被关闭了5年之久，田昭武仍然可在短时间内研制出锌-空气电池，并提出一系列多孔电极极化理论，这在上世纪七、八十年代兴起的燃料电池研究热潮中仍属于前沿研究，甚至对当今电化学能源研究也有重要的指导意义。

善于学习，尤其是自学多学科的知识是成功的关键。无论从事理论教学还是科学研究，田昭武总是结合电化学科发展的需要，在化学学科的基础上，注重交叉学科，继续自学许多跨学科的知识，例如电子学、半导体物理、谱学、计算机、数理方程以及微系统技术等等，使自己的视野更加扩大，解决问题的手段更加多样化。

他精通电子学、晶体管电路使得厦门大学电化学研究开辟了一条新的路子, 形成自己的学科特色, 他带领团队首创了电化学研究中的选相调辉法和选相检波法, 研制成功“电化学综合测试仪”, 并交付批量生产, 为全国同行首次提供了强有力的国产电化学科学仪器。这是中国的第一台大型、综合性强、集成电路化的电化学测试仪器。零部件全部采用国产材料, 其主要仪器功能范围和部分技术指标超过国外进口的同类仪器, 达到国际水平。“DHz-1 型电化学综合测试仪”、“电极过程和等效电路的理论研究”、“电化学测试仪器及电化学研究方法”等 3 项成果均荣获 1978 年全国第一次科学大会奖。他以“DHz-1 型电化学综合测试仪”的原理和研究方法为基础, 举办了多次全国电化学培训班, 培养了大批电化学研究的骨干, 推动了中国的电化学学科发展。

三、独特的创新意识

科研选题的创新深度与难度是一对相伴相生的矛盾, 田昭武认为, 不入虎穴焉得虎子, 高水平的课题研究难度大成功率通常不高, 但低水平的课题决不可能得到高水平的成果。电化学扫描隧道显微镜技术 (ECSTM) 和约束刻蚀剂层技术 (CELT) 正是他挑战高水平研究课题的很好例子。

1991 年, 田昭武在 STM 国际会议大会报告中首次提出研制电化学现场扫描隧道显微镜仪器设计以及初步实验成果, 引起国际同行重视。“扫描隧道显微镜”是一种利用量子理论中的隧道效应探测物质表面结构的仪器, 它于 1981 年由 G. Binnig 及 H. Rohrer 在 IBM 位于瑞士的苏黎世实验室发明, 两位发明者因此与 E. Ruska 分享了 1986 年诺贝尔物理学奖。扫描隧道显微镜使人类第一次能够实时观察到物质表面单个原子的排列状态与表面电子行为有关的物理化学性质, 在表面科学、材料科学、生命科学等领域具有重大意义和广泛的应用前景, 被国际科学界公认为 20 世纪 80 年代世界十大科技成就之一。但因电化学体系的法拉第电流严重干扰扫描隧道显微镜的微弱隧道电流, STM 初期只局限于固体 / 气体系统。1988 年田昭武领导的课题组提出研制“电化学扫描隧道显微镜”, 当时有人质疑其可行性。课题组攻克了一系列技术难关, 创制了 ECSTM 仪器系统及独特的 ECSTM 扫描针尖, 成功地实现了电化学体系超高空间的表面原子结构观察, 填补当时缺乏电化学现场电极表面分子水平空间分辨的表征手段, 使中国的电化学研究水平步入当时国

际上少数几个能够从事 ECSTM 研究的国家行列, 并成为原位研究电化学体系的重要技术之一。

此外, 在纳米科技时代, 微电子机械系统 (MEMS)、超大规模集成电路、精密光学系统等高技术产业发展迅速, 功能性器件的微型化和集成化程度越来越高, 这些新兴的高科技产业给电化学加工带来了巨大的机遇和变革。借助光刻技术制备三维微 / 纳结构, 在精密电铸的基础上发展出了 ULSI、LIGA、电化学加工 (EFAB) 等加工方法。除了模板电铸方法, 采用扫描电化学电池显微镜 (SECCM) 成功用于金属纳米线及纳米结构的加工。另外, 采用纳米电极、电化学扫描探针和超短电压脉冲, 在金属表面也实现了微纳结构的加工。电化学加工必须满足 3 个基本要求: 微纳米尺度的加工精度、复杂面型和三维结构以及批量化生产。基于光刻技术的 LIGA、EFAB 等技术难以生产具有连续曲面的复杂三维微纳结构, 而 SECCM 和 USVP 等直写技术因加工效率低而难以实现批量化生产。由于工件需要作为阳极或阴极, 电化学加工只适用于导电性良好的金属材料。如何满足上述 3 个基本要求, 同时突破适用材料的限制, 拓展至半导体或绝缘体材料, 电化学加工需要寻找新的突破口。

“拓宽视野、学科交叉”, 这是田昭武先生科研创新的一大亮点。田昭武提出的约束刻蚀剂层技术 (CELT) 是先三维复杂图形模板的表面利用电化学 (或光化学) 反应生成刻蚀剂, 再利用预先配置在溶液中的化学捕抓剂与模板表面生成的刻蚀剂迅速反应而缩短其寿命至毫秒级以下, 化学刻蚀剂只能扩散微米级的距离, 因此被约束在三维模板表面的薄层内, 即所谓的约束刻蚀剂层。化学刻蚀技术原有的“扩散速度慢且无方向性”的缺点却在 CELT 技术中变为“距离敏感性”的优点。因而可在金属和半导体材料表面制造超微三维复杂构件, 突破了只能制造简单三维构件的限制, 该技术可与主流的 IC 和 LIGA 二维微加工技术媲美, 并成为与之互补的新技术。1992 年, 田昭武应邀参加英国皇家学会的第九十四届国际法拉第讨论会 (主题为高分辨率的液固界面), 作为大会第三个报告人, 他提出能够制造超微三维复杂构件的 CELT, 引起与会者的极大关注。且 CELT 技术目前已发展成为具有厦门大学特色的学术研究方向之一。

四、关注学科发展动向, 推动中国电化学发展

作为学科带头人之一, 田昭武高度驾驭电化

学学科的现状与发展方向。他与吴浩清院士、查全性院士等专家一直注重促进国内电化学学科整体水平的发展，并率先举办了多次电化学培训班，邀请专家来华讲学，派遣留学生出国学习，编写教材，申办国际大会，创办期刊等一系列活动，极大地推进了中国电化学学科的发展。

1977年对电化学尤其是电源电化学方面的人才有着持续需求的国家第四机械工业部委托举办全国首个“电化学研究方法短训班”，依托电化学综合测试仪成功投产，短训班实验课配合示范操作测试仪对常用电极进行了稳态和暂态实验，通过理论和实验的紧密结合，短训班取得了成功。此后，沉闷多年的中国电化学界出现了雨后春笋般的兴旺局面，许多参加培训班的青年才俊后来都成为所在单位的学科带头人，因此此次短训班被戏称为中国电化学之“黄埔军校”。

1978年他访问英国南安普敦大学，注意到该校谱学技术应用到电化学的势头领先于世界。田昭武很早就认识到传统电化学的不足在于“能量分辨率”和“空间分辨率”低，难以研究电极的微观结构和过程机理，需要发展高能量分辨率的谱学电化学和高空间分辨率的扫描探针技术。这一时期，他预见到，电化学的任务是在液固界面可变强电场下研究其结构及动力学，这是一个复杂而艰难的任务，其中将形成一系列与电化学交叉的边沿学科，这已经被近年来电化学学科发展所证实。回国后田昭武积极选派留学生，并邀请南安普敦大学专家来华讲学，并于1985年受国家教委委托举办“电化学现代实验技术研究班”，推动全国电化学研究再上一个台阶。

他以1977年全国首个“电化学研究方法短训班”的讲稿为基础，应科学出版社的约稿，于1984年出版专著《电化学研究方法》(科学出版社)。书中许多研究实例来自他及厦门大学化学系电化学教研室多年的研究成果，极具学术价值，已成为中国电化专业的本科生、研究生及广大电化学科工作者的重要教材或参考书，是中国电化科学经典著作之一。《电化学研究方法》以其独具特色的内容，为研究者提供了一系列非常实用的理论研究工具，在电化学理论和应用之间搭起一座桥梁，使得读者在复杂的电化学现象面前，能通过该书介绍的知识迅速找到解决问题的途径和方法，此后，该书多次作为全国性电化学短训班的教材，对中国电化学科科研和教学起了很大的作用。该书获科学出版社优秀图书奖，并在西德国际博览会的书展中获得国际同行好评。

1988年，田昭武和吴浩青、查全性两院士多

次商讨本学科发展前景，决定共同发起成立中国化学会电化学专业委员会，并创办《电化学》期刊，作为广大电化学科人员交流的园地。该刊被中国科学院文献情报中心和中国科技信息研究所遴选为中国核心期刊，并先后被美国化学文摘CA、美国EBSCO数据库和全球最大的同行评议数据库Scopus收录，由最初的季刊发展为现在的中英文月刊。

在他和中国电化学界同仁的努力下，中国电化学科水平不断取得进步，为了进一步提升中国电化的整体水平，在田昭武和其他电化学同仁争取和努力下，1995年，国际电化学会第46年年会在中国厦门成功举办，田昭武教授任大会主席。为了让更多中国学者参与国际会议，中国电化第8届年会同时在厦门召开。当时对于大部分中国人来说，出国参加大型学术会议还是比较难的事。这次国际会议812人参会代表中，国外代表就有510人，占63%，论文912篇，创下历届国际电化年会之最。诺贝尔化学奖获得者R. A. Marcus教授，IUPAC主席A. J. Bard教授，德国Fritz-Haber研究所所长Ertl(2007年诺贝尔化学奖获得者)等应邀出席会议并在大会作专题报告，田昭武教授在大会上作了“中国电化进展”的报告。本届ISE年会是国际电化首次选址在中国举行的大型、高层次学术会议，从一个侧面反映了中国电化科学的研究水平和总体力量已在国际上占有一定地位，会议成功举办产生了多方面积极影响。一大批优秀的中青年电化学家崭露头角，国际影响度的提升，推进中国电化学科发展方兴未艾。

借此次国际电化学术年会在厦门召开之机，田昭武促成厦门大学举办“电化高级研讨班”，该研讨班主要对象为教师，以某一学科领域的最新发展、最新成果或亟待解决的问题为主要内容，通过学习研讨和交流，达到加速培养本学科带头人的目的，取得极大的成功和长远的效果。田昭武教授于1996年当选为国际电化学会副主席。

五、具有强烈社会责任感的科学家

田昭武长期以来都十分关注社会热点中的科学问题，如汽车能源消耗、碳排放等等。早在2003年田昭武先生就在中国人民政治协商会议全国委员会提案建议发展电动公交车，之后多次在中科院《院士建议》提议发展电动汽车并对其具体鼓励措施给与建议，2010年还担任“国家十二五战略性新兴产业发展重点咨询研究—新能

源汽车产业发展战略研究”项目领导小组成员，对国家新能源汽车发展提出积极建议。2014年完成中科院咨询项目开拓电动汽车大众市场的难点和对策，对电动汽车发展的补贴政策提出建议。如今，已96高龄的他依然响应国家绿色低碳交通发展需要，针对城市交通问题如高峰拥堵、电动汽车充电难、绿色氢能以及光伏在城市交通领域应用瓶颈等问题提出建议。他承担中国科学院关于面向绿色低碳城区交通新局能源结构咨询项目，对城市交能融合过程中遇到的问题提出全新的发展建议，助力实现碳中和。当然他更希望全社会都能够树立绿色交通观念，为中国实现碳达峰、碳中和做出贡献。如此高龄依然活跃在为社会热点建言献策实属罕见。

此外，为了鼓励跨学科研究，他于2009年发起并捐资80万(经配套和捐款总共200万)设立“田昭武交叉学科奖励基金”，面向厦门大学在学科交叉研究方面表现优异的课题组和个人。并于2017年捐资发起“厦门大学化学化工学院田昭武教育发展基金”，内设三个奖项。“中国电化学学会期刊奖”；“田昭武能源电化学青年奖(Zhaowu Tian Prize for Energy Electrochemistry)”，委

托国际电化学学会代管，奖励世界范围内40岁以下在能源电化学领域有突出贡献的科学家；“清寒奖学金”，面向厦门大学奖励品学兼优家境较困难的学生，他大哥当年获得全省仅2名的清寒奖，激励他一生，因此特意取这个名字，鼓励广大学子能够不受外界影响，刻苦努力，投身学习和科研。

从小家庭教育养成了田昭武谦逊的性格。他在中学迷上化学，抗日战争时期，民族灾难进一步强化了他对科技改变国家命运的认识以及大学时期名师对他的科学观和人生观的影响，还有他坚持一生的超强自学能力和跨学科的不凡视野。这些正是田昭武成为著名大科学家最本质的条件。几十年的教学科研生涯，他始终如一，不改初心。他自己说他将科研当作乐趣，并且活到老学到老，生命不息，奉献不止。正如他自己总结的，从社会获得的为分母，回报社会的为分子，人这一生不应当只想着如何索取，而应当想着如何回报社会，做大分子，做大人生分数值，近百岁高龄的田昭武，依然在不断做大自己的人生分数值。

供稿 吴清玉 林华水 林昌健