

院士文库·厦门大学专辑

田昭武院士论著选集

——拓宽视野的电化学



厦门大学出版社

XIAMEN UNIVERSITY PRESS

院士文库·厦门大学专辑

田昭武院士论著选集

—— 拓宽视野的电化学



厦门大学出版社

XIAMEN UNIVERSITY PRESS

图书在版编目(CIP)数据

田昭武院士论著选集:拓宽视野的电化学/田昭武著. —厦门:厦门大学出版社,2007.10
(院士文库·厦门大学专辑)

ISBN 978-7-5615-2873-0

I. 田… II. 田… III. 电化学-文集 IV. 0646-53

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2007)第 149159 号

厦门大学出版社出版发行

(地址:厦门大学 邮编:361005)

<http://www.xmupress.com>

xmup@public.xm.fj.cn

厦门昕嘉莹印刷有限公司印刷

(地址:厦门市前埔东路 555 号 邮编:361009)

2007 年 10 月第 1 版 2007 年 10 月第 1 次印刷

开本:889×635 1/16 印张:29.5 插页:7

字数:980 千字 印数:1~1 000 册

定价:98.00 元

本书如有印装质量问题请直接寄承印厂调换



○ 1984年，时任厦门大学校长的田昭武陪同邓小平同志视察校园



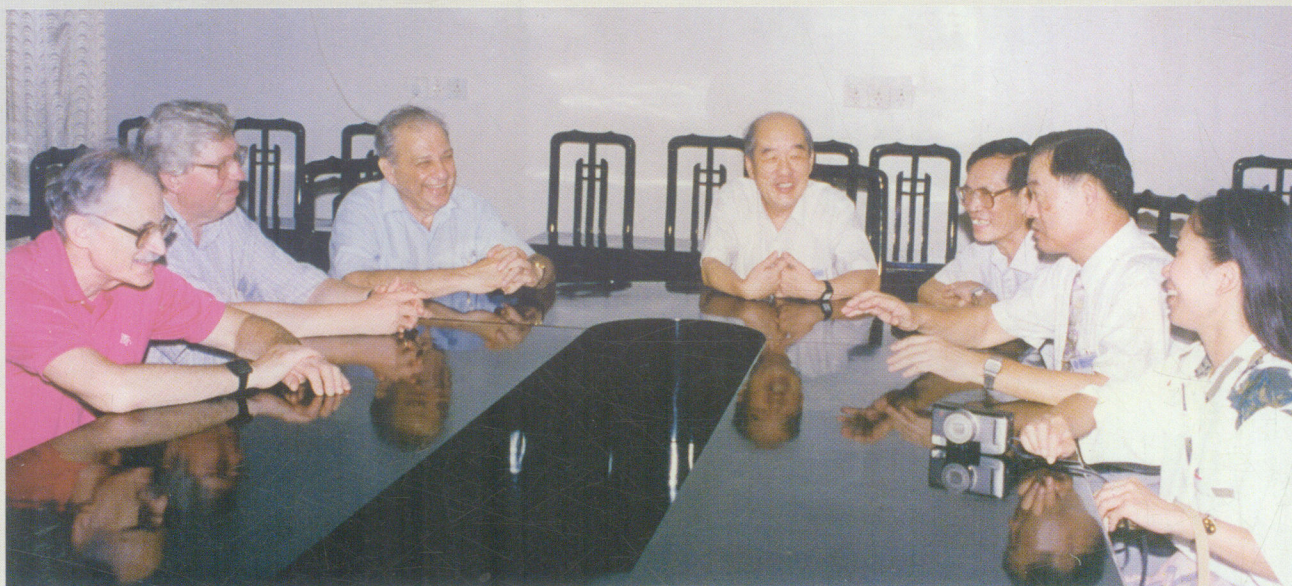
○ 2003年出席第九届全国政协常委会



○ 1982年，与法国尼斯大学校长签署两校合作协议



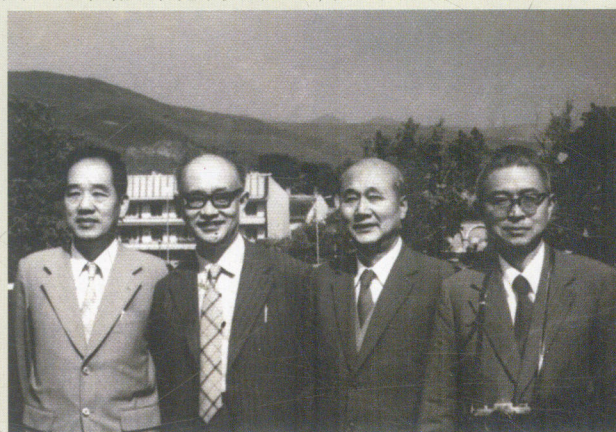
○ 1984年被英国威尔士大学授予名誉理学博士学位



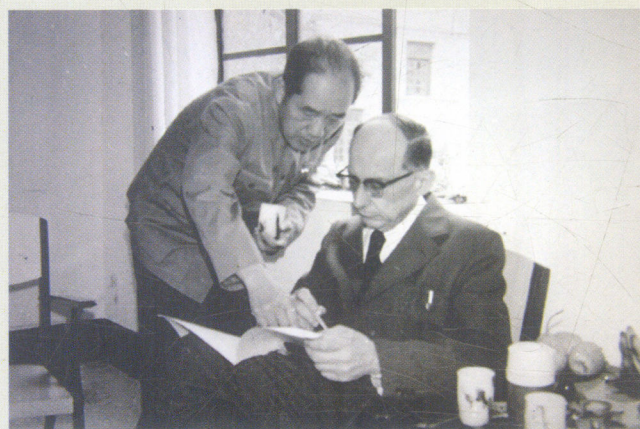
○1995年, ISE46th年会著名科学家交流。
左起: IUPAC主席A.J.Bard, 德国Fritz-Haber研究所所长G.Ertl教授(2007年诺贝尔化学奖得主), 诺贝尔化学奖得主R.A.Marcuss



○46th国际电化学ISE年会主席在开幕式上致辞(1995年)



○1978年中国代表团首次参加ISE学术年会,
左起分别为田昭武、查全性、吴浩青、杨文治



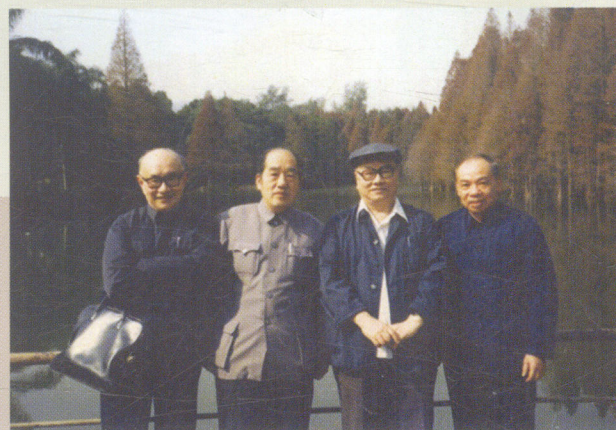
○邀请原国际电化学会主席Yeager教授来校讲学



○与德国Tributsch教授在学术会议上



○1984年 访问英国南安普敦大学。
左起: 田昭武, 原ISE主席Fleischmann、Peter博士、林祖赓



○参加学术活动时与好友合影
左起: 查全性、田昭武、唐有祺、林尚安



○ 陪老师蔡启瑞院士泛舟西湖（1982年）



○ 与老师钱人元院士合影



○ 左起为徐光宪、吴浩青、田昭武



○ 与唐有祺院士游览鼓浪屿



○ 师谊永存——与老师、同学合影
前排左起：田昭武、卢嘉锡、蔡启瑞、周绍民、后排左一张乾二



○ 与课题组部分成员讨论科研方向。
左起：田昭武、孙世刚、林昌健、苏文煨、林祖赓、陈衍珍、林仲华



○ 寄希望于下一代（出席厦门市少年科技创新评选活动）



○ 与斯诺克台球“神童”丁俊晖切磋球艺

温
馨
家
庭



○ 1942年初中毕业

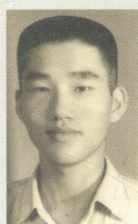


○ 高中阶段

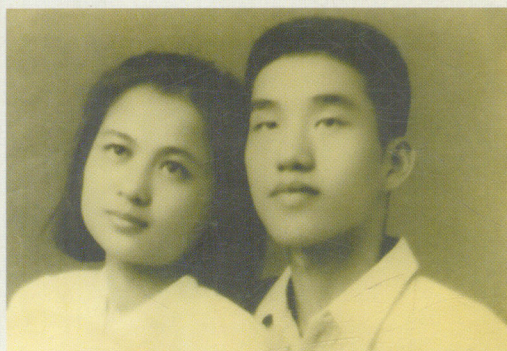


○ 大学暑期全家合照

前排右起：父亲、外祖母、母亲、后排右一田昭武



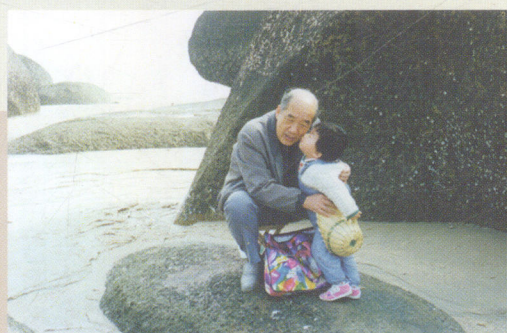
○ 1951年的田昭武



○ 同心永爱——与夫人高秋辉结婚照（1952年）



○ 相濡以沫（文革中摄）



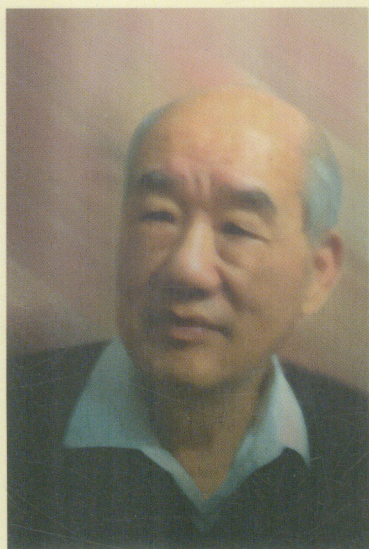
○ 爷孙俩说悄悄话——与小孙子田原



○ 天伦之乐



○ 思考



田昭武 1927年生，厦门大学教授，中国科学院院士，第三世界科学院院士，英国威尔士大学名誉理学博士。历任厦门大学校长、中国化学会理事长、国际电化学会副主席、国际电化学学会第46届年会主席、《Electrochimica Acta》副主编。他注重学科交叉渗透，强调基础理论及研究方法创新以及电化学技术的实际应用。当前研究领域为超级电容器、芯片实验室、微系统制造及微米纳米技术。

《院士文库·厦门大学专辑》出版说明

院士,是国家的宝贵财富,是推动科技进步和经济社会发展的重要力量。

在全国1 000多位“两院”院士中,厦门大学有11位。他们是:化学化工学院的蔡启瑞、田昭武、张乾二、黄本立、万惠霖、赵玉芬、郑兰荪、田中群;生命科学学院的唐仲璋、唐崇惕、林鹏。而在计算机、材料科学、海洋生物等研究领域,厦门大学还引进了新的人才机制,先后聘请了10余位双聘院士。

几十年来,这些院士辛勤耕耘于科学园地,孜孜努力于科研创新,不仅为国家培养了大批专业人才,而且为我国科学技术的繁荣与发展做出了突出的贡献。他们的科学精神,他们的聪明智慧,他们的创新成果,不仅是厦门大学的宝贵财富,也是全体教育、科研工作者学习的榜样。

1931年,著名教育家梅贻琦在出任清华大学校长时曾经这样说过:“所谓大学者,非谓有大楼之谓也,乃有大师之谓也。”回顾厦门大学创办与发展的历程,人们不能不对此感同身受,钦服之至。

86年前,在我们国家和民族处于贫穷落后、灾难深重的年代,陈嘉庚先生基于“教育救国”的理念,毅然倾资创办了厦门大学。他在发起人会议上慷慨陈述:“今日国势危如累卵,所赖以维持者,惟此方兴之教育与未死之民心耳。”“民心不死,国脉尚存,以四万万之民族,决无甘居人下之理。”

为了不甘居人下,为了实现“南方之强”的目标,厦门大学在创办之初,就十分注重招揽名师执教,并把“研究高深学术,养成专门人才,阐扬世界文化”作为自己的三大任务。一时之间,群贤毕至,名流云集,如文学家鲁迅,动物学家何博礼,植物学家钟心煊,数学家姜立夫,化学家刘树祺,物理学家朱志滌等等。这些国内第一流的名师为厦大的初创和人才培养奠定了良好的基础。

此后,一代代的名师前赴后继,悉心传道、授业、解惑,培养出包括物理学家谢希德、经济学家许涤新、化学家卢嘉锡、数学家陈景润、遗传学家方宗熙、水生物学家伍献文等在内的一大批很有影响力的专业人才,他们为国家的进步和科学的发展做出了不可磨灭的贡献。

“名师出高徒”。名师的传承、交流、融汇正是一所国际高水平大学生生不息的源泉。今天,厦门大学化学化工学院能够拥有8位院士,在全国高校化学化工学院中名列前茅,能够在物理化学的三个分支学科——催化化学、电化学、结构与量子化学领域,形成自己的创新优势和研究特色,并蜚声海内外;而在生物学研究领域,3位院士能够在寄生虫及红树林研究方面独树一帜,这不能不说与名师间的传承效应、群体效应有很大的关系。另一方面,“双聘院士”的引进,不仅弥补了厦大在一些研究领域的薄弱环节,而且为不同高校和科研机构之间的学术交流提供了一个很好的“平台”。毫无疑问,这些院士的创新精神和学术影响力,已远远超出了自己的专业领域,而成为不同领域科学工作者不可或缺的科学素养。

厦门大学出版社历来把弘扬科学精神和出版优秀的学术著作,作为自己矢志追求的目标。为了展示“两院”院士国际领先的学术水平和求实探索的科学精神,同时也为了向学界提供更为系统、完整的专业论著,厦门大学出版社决定倾力编辑、出版一套《院士文库》丛书;而首编便是即将呈现在读者面前的《院士文库·厦门大学专辑》。

该专辑所选论著有的发表时间较为久远,有的作者已经去世。在编辑出版时,我们既注重整套专辑及丛书风格的统一,又注重时代痕迹的保留。为此,在重新录入时,对书眉、标题字体以及参考文献的格式加以统一;但对发表在上个世纪不同杂志上的论文则依然保留了当时的简化字、字符、量纲以及体例,尽量使其原汁原味。

希望本文库的出版能对相关学科的科研起到一定的推动作用,尤其能使后辈学人从中汲取科学的营养,领略院士们的治学精粹,为学术的传承与创新“牵线搭桥”,为新一代大师的不断涌现推波助澜。

如是,则读者幸甚,作者幸甚,编者幸甚!

本书缘起

为庆贺田昭武院士从教 60 年暨八秩华诞,经由先生早年高足林祖赓教授、陈衍珍教授及林仲华教授等人发起,倡议出版《田昭武院士论著选集——拓宽视野的电化学》,以为后学参考、学习、借鉴。此举得到厦门大学校方及厦门大学化学化工学院全力支持。

田昭武院士致力电化学科学及其周边学科研究,成果累累。至今发表论文 160 余篇,获得发明专利 20 余项。本书荟集其中最具代表性之重要科研著作,包括论文 53 篇,发明专利 12 项,充分展现作者立意探索,创新求实,与时俱进,不断超越之科学精神。根据成果类型,入选论文(包括专利)划分为如下十组,并针对每组论文简要说明研究时代背景及内容特色。

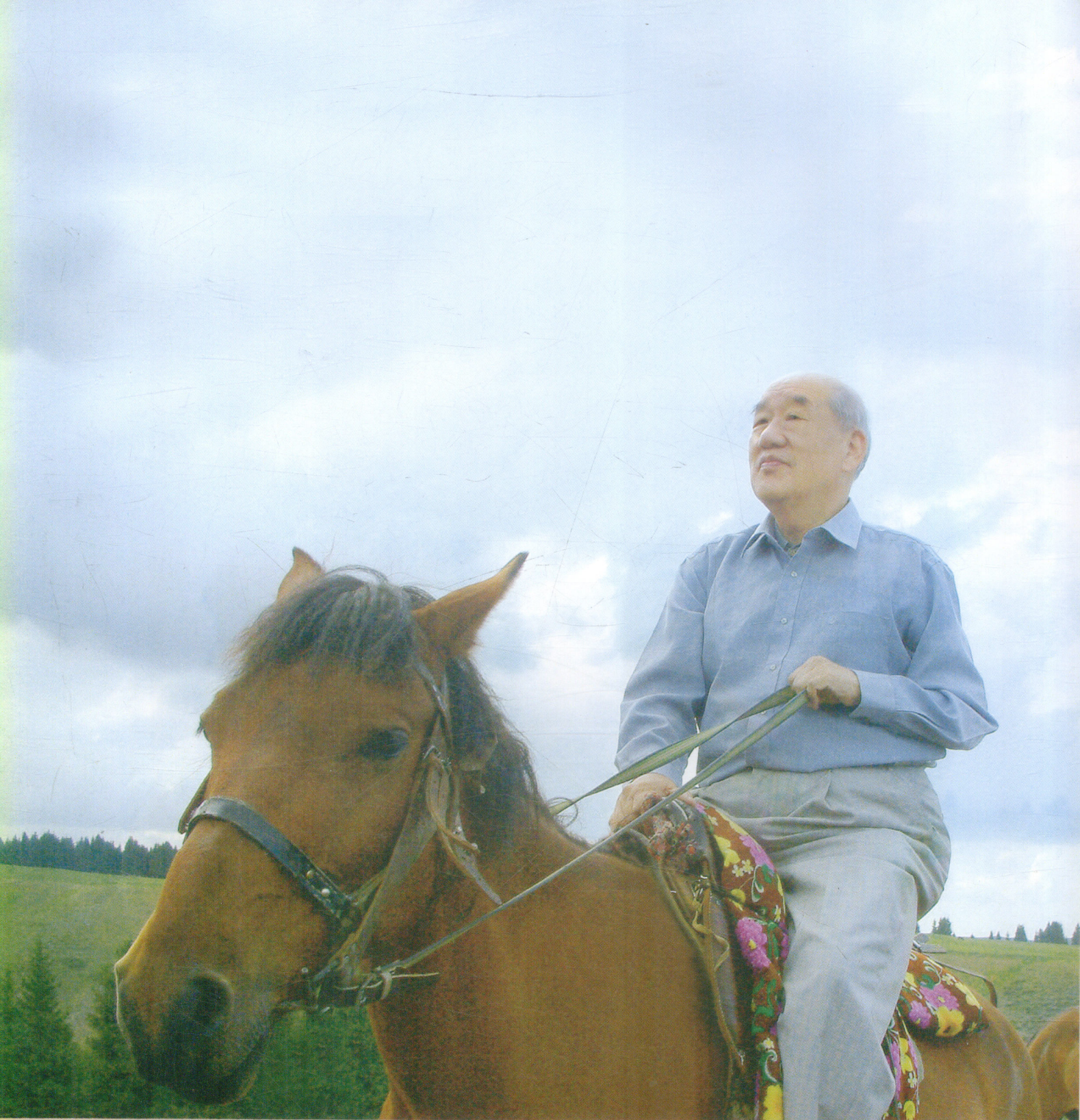
- A. 现代电化学评论
- B. 电化学动力学基础理论研究
- C. 电化学研究方法和仪器研究
- D. 化学电源的研究
- E. 金属腐蚀与防护研究
- F. 导电聚合物研究
- G. 谱学电化学研究
- H. 电化学扫描隧道显微镜研究
- I. 微纳米复杂三维加工的约束刻蚀剂层技术研究
- J. 生物芯片研究

本书编辑要求严谨,入选论文、专利均经先生审定,时间跨度长达半个世纪。为规范版面,经出版社建议,作者同意,依照原稿重新排版,字符量纲悉按原样,俾使尽量保存旧貌。但重排后版面照片清晰度有所下降,专利内容亦有所删节以节约版面。幸每篇论著首页均注明出处,包括出版刊物、卷页及年代,便于读者需要时查找原文。

倘此书之出版能予青年侪辈有所启迪,当不负大师一片真诚,殷殷厚望。

《田昭武院士论著选集》选编组

2007 年 6 月



○ 极目抒怀 跃马南山（2004年摄于新疆南山牧场）

代序

田昭武

几年前中国科学院为编辑《科学的道路》一书而向院士们征求自我选题的《院士自述》，我曾以《浅谈继承与创新的一些体会》为题，略述自己在科学道路上取得成果的经历与体会，以供青年学子借鉴。今出版《论著选集》一书以检阅成果，用意相似，乃以此文为《代序》。

浅谈继承与创新的一些体会

珍惜当前现实的任何机遇

抗日战争胜利前夕，1945年夏天，我考入厦门大学化学系。有幸师从卢嘉锡，钱人元，蔡启瑞等几位名师，在他们的熏陶指引下我不仅学到了化学专业知识，更重要的是领会了名师治学的精粹和要领，为以后的科学事业打下基础。1949年我从大学毕业，正当新中国刚刚成立。这个时候既没有留学深造的机会，也还没有招收研究生的制度，能够被留校当助教已经是我最佳的机遇了。对于现在大学毕业生可以面对更多选择而言，也许这是个遗憾。但是我认为机遇人人不同，不要攀比埋怨或等待，关键看你能不能充分抓住当前现实的机遇并好好利用，不要辜负任何机遇。我任大学助教讲师的头六年，利用担任物理化学的助教和挑起讲授物理化学及物质结构两门课程的重担的机会，认真把物理化学概念和方法钻研掌握得更为深透。既把这两门较困难的课程教好，又在以后的科研和教学工作中不断融会贯通，反复运用，在科研工作中形成自己的特色，体现了教学和科研的相辅相成，相得益彰。

卢嘉锡先生从事化学，但又精通数学；钱人元先生除了化学以外，物理学和电子学知识也非常丰富；蔡启瑞先生从事物理化学，又很熟悉有机化学。他们分别在量子化学、高分子物理和催化化学等方面形成各自特色而成为我国学术界泰斗。虽然我没有机会成为他们的研究生，但是他们渊博的跨学科知识和科学事业成就对我的思想影响很大。耳濡目染，我也认识到了跨学科的重要性，深知必须注重学科交叉才能形成自己的特色。我只是有幸得到他们的言教身教的众多学生之一，但是我认为这就是我难得的机遇。

文革浪费了科研工作者不少时间，实验室和图书馆都去不成，可说是很坏的境遇。所幸的是我没有让时间全部浪费。从某种意义上说，文革中我没有什么事情可做，时间空出来，也算是一种机遇。在文革之前刚刚出现晶体管收音机，而我当时实验仪器用的还是电子管。我就利用文革时间到福州的街头买晶体管等零件回家，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，从中认识晶体管的运用。为什么文革都没能使我放弃实验，那是因为我从来都把学习和实验看成是一种乐趣。

我珍惜且不辜负当时的各种机遇，努力在工作中提高自己，从而创造出后来的更好的机遇。20世纪80年代开始，我当选为中科院学部委员（院士），有机会在院士活动中向更多的科学前辈广泛地学习，又有机会在国际学术活动和国际学术组织中以及主办国际会议时与大量国外同行切磋交流。所以我认为：不要辜负机遇，机遇也不会辜负你。

坚持自学 注重交叉学科

我在科技领域已经工作了五十五年，回顾当年学生时代所接触的科技领域和学到的知识比起现在我

所工作的科技领域和所需的知识而言,可说是小巫见大巫。科学技术和社会都在迅猛发展,工作中随时需要新的知识以克服新的困难。学生时代所学的只是基础知识和自学的门路,更多的是要依靠以后在工作中的自学。1955年时我开始研究电化学动力学,当时仪器设备很缺乏,大部分要靠我们自己组装,困难确实很大。但是,这也是一种锻炼,促使我们在电子学的理论和实践两方面有针对性地自学和提高。自学确实花的时间更多,摸索起来更加困难,但是目的性和实用性却更强,所以会有更深的体会。50年代起,电子学从电子管发展到晶体管、集成电路以至大规模集成电路,我们结合电化学科研发展的需要,坚持自学跟上电子学的发展。

1956年,我被派到南京去听东德电化学专家讲学,兴冲冲踏上北上的列车。因为东德专家迟迟不来,我就跑到南京书店去找书看,在那里我买到了我正需要的《数理方程》和《热传导理论》两本书。因为我曾在实验中遇到的奇特的电化学“自催化”实验现象尚未为人们所认识,亟需从数学和物理的理论上对电化学扩散的问题进行解析,而电化学扩散问题和热传导问题都属于数学的抛物线数理方程问题。两个多月过去了,东德专家终于没来,我唯一的一次脱产进修机会落空了,所幸的是我另有收获。我利用这段时间掌握了数理方程和热传导这两门理论知识,回厦门后把它们运用到电化学的科研中,经过实验比较和论证,解决了自催化电极过程理论分析,在《中国科学》上发表论文《自催化电极暂态过程理论分析》。有了电子学技术和数理方程这两种工具,我们课题组的电化学科研开辟出了一条新的路子,形成自己的学科特色。首创了选相调辉法和选相检波法,研制成功“电化学综合测试仪”,并交付投产为全国电化学同行首次提供了国产的仪器,还出版了专著《电化学研究方法》,进一步树立起了自学和跨学科的信心。后来,我结合电化学科研发展的需要,继续自学半导体物理、光谱学、扫描隧道显微技术以及微系统技术等等,使自己的视野更加扩大。我特别愿意接触电化学学科以外的学者并向他们学习,积极应邀参加化学以外的多学科学术会议,例如多次参加微米纳米技术会议。在这些会议参加者之中,就学科而言我是少数派,甚至是唯一的化学学者,但是在会议中从化学的角度谈谈自己的看法,也听取其他学科的报告,相互交流,收获很大。

科学技术的继承与创新

创新的基础是正确地继承

科学技术总不是尽善尽美,必须不断地创新才能向前发展,所以说创新是科学技术的灵魂。创新的过程就是在继承的基础上发展的过程。读书或听课当然是为了继承前人科学技术成就,但切不可不加思考地全盘接受。一位好的教师在介绍一个成果(定律、公式、结论等等)的同时,还会指出其局限性(前提、假设、简化等等),启发学生在继承的基础上去发展超越。听卢嘉锡先生精彩讲课是一个紧张而享受的过程,因为他对每一个成果的来龙去脉推演得非常清晰,把前提、假设和简化条件都交代得一清二楚。学生必须全神贯注地抓住他这种启发式教学的每一句话,才能够真正理解。这样,学生不仅了解到科学知识的现状,而且还知道它的不足和可以改进和创新的方向和路子,这才算正确地继承了前人的科技成就。听他讲课是我思想最活跃的时候,也使我对物理化学产生极大的兴趣。后来我自己讲课和自学的时候也都把来龙去脉和局限性尽可能交代清楚,而不把课本的知识说成尽善尽美,免得误导学生们不加思考地全盘接受。古人说尽信书不如无书,其实听课也是如此。我有个习惯,听课时有疑问的问题就在笔记本打问号,在课后的时间里再寻找机会解疑。看待一个问题或一个事物,心里总想有没有更好的可以取代,尽可能地找机会去实践,验证。科学的怀疑态度并不是狂妄自大,而是在继承的基础上推陈出新,不断发展,最终推动整个科学领域的发展进步。

对先进的新事物要敏感和热情

创新要以当代最先进成就为基础,要不断追踪当代最前沿的事物。早在1978年,我们国内用的计算机不但体积大,部件多,而且可靠性较差。当时我有幸初次到英国参加国际电化学会议,发现国外已经有了微型的个人电脑。微电脑及其语言对我而言都是新事物,国内尚未引进,而且当时价格近500英镑。经过慎重分析,最终冒着售后服务不便的风险,大胆用国家给我支配的仅有的外币买了一台。为了回国后能顺利用上,我放弃了参观野生动物园的好机会,留在旅馆里看着说明书一步一步地核对。回国后,当时国

内罕见的这台微电脑引起了电子工业部的极大重视,而且也对厦大和其他兄弟高校的科研发挥了很大作用,我感到很欣慰。

迎难而上选择科研方向和立题是关键

1949年大学毕业以后,我一直关注国际的科学发展动态,并且寻找自己的研究方向。50年代初正值苏联科学院著名电化学家弗鲁母金院士专著《电极过程动力学》出版,我意识到电极过程动力学是现代电化学发展的核心,在理论和应用上都有广阔的前景。由于电池电动势较容易准确测定,所以早年电化学曾在热力学方面有过辉煌的成就。然而电极过程动力学是与电极体系界面的复杂性相关,牵涉的学科也很多,比起均相或一般的多相体系的动力学困难得多,我国在这个领域的研究几乎是空白。经过一番慎重考虑,我选定了电化学。我知道科学需要创新,要敢于踏入人迹罕至的富矿带。

科研立题的水平与难度是密切相关的。扫描隧道显微镜(STM)由诺贝尔奖获得者发明后,初期只应用于固体/气体系统,能否用于含水溶液的电化学系统是受关切而有争论的问题。以往能分辨分子水平的实验技术都不宜于电化学系统现场,而且电极反应的电流会严重干扰扫描隧道显微镜的微弱隧道电流,这个难关能否克服?当时我向国家自然科学基金委申请《电化学扫描隧道显微镜》课题,以求弥补当年缺乏电化学现场分子水平空间分辨表征手段的缺陷,当时就有人质疑其可行性。我也认识到其中的困难将会很大,但是这个课题的重要性,又促使我下定决心大胆闯一闯。在课题组攻关之下,很快研制出电化学现场的扫描隧道显微镜,在1991年的STM国际会议上提出研制的电化学现场的扫描隧道显微镜仪器设计和初步实验成果,引起重视。在次年英国皇家学会主办的主题为《高分辨率固液界面》的Faraday Discussion会议上我被邀请作报告。我认为,不入虎穴焉得虎子,较高水平的课题成功率不高,但是水平不高的立题决不可能得到高水平的成果。除了考虑水平以外,立题还必须充分考虑其必要性和合理性。至于难度的问题,必须有艰苦奋斗“十年磨一剑”的思想准备。

敢于逆向思维,化不利为有利

在微加工刻蚀中,化学刻蚀技术因其各向同性扩散而导致刻蚀分辨率不高已是公认的事实,不如现有各种具有方向性的物理射线束二维刻蚀。然而,射线束二维刻蚀,如硅平面加工和LIGA技术都难以制作三维复杂图形,射线束逐点加工虽然可用以制造三维模板,但花时间太长而不宜于批量生产工件。1991年我想到可否发挥化学刻蚀扩散很慢的特点,发明一种具有特色的高分辨率三维复杂图形刻蚀新技术。平常三维复杂工件可以用铣刀移动位置和深度铣制而成。如果有无数支微米尺度的铣刀按三维复杂图形的位置和深度布置好,同时开动,就可以快速加工出三维复杂的工件,然而这样的加工机械不可能制造出来。化学刻蚀剂接触工件表面也能像铣刀一样地“切削”。但如何能把化学刻蚀剂按三维复杂图形的位置和深度布置?这就导致我们提出约束刻蚀剂层技术(Confined Etchant Layer Technique,简称CELT):首先,在三维复杂图形的模板表面用电化学反应生成化学刻蚀剂,再利用预置在溶液中的化学捕捉剂与上述化学刻蚀剂迅速反应而缩短其寿命至毫秒以下。这样短寿命的刻蚀剂只能扩散微米级的距离,所以被紧紧地约束在靠近模板表面的薄层内,成为按三维复杂图形布置的无数支化学“铣刀”。当它向工件逼近时,工件就被加工出与模板互补的三维复杂图形。这种加工方式的特点是具有“距离敏感性”,所以每次从三维复杂图形模板加工复制到工件的信息量特别大。如果用二维的掩模加工,信息量相对小得多,必须用许多掩模进行多次的套刻叠加,才能加工出近似于三维复杂图形的工件。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。

以上只是简略地谈谈我对创新的一些看法。比较全面地概括应该是“立志、奋斗、创新、求实”四个方面。限于篇幅,对立志、奋斗和求实三方面就不细说了。如果青年读者从我的看法中有所借鉴,我将感到十分欣慰。

田昭武自述 吴清玉整理

2005年1月

摘自《科学的道路》(中国科学院院士工作局 编撰)

目 录

《院士文库·厦门大学专辑》出版说明

本书缘起

代序

A. 现代电化学评论

- 探讨电化学界面的原子—分子世界..... 田昭武(3)
- 电化学基础研究的进展..... 田昭武 苏文煊(9)
- Advanced Electrochemistry and Electroanalytical
Chemistry in China Zhaowu Tian, Zhonghua Lin and Bingwei Mao(16)
- 微系统科技的发展及电化学的新应用 田昭武 林华水 孙建军 周勇亮 祖延斌 田中群
罗 瑾 林仲华 谢兆雄 胡维玲 胡涌刚 苏文煊(28)
- 微米尺度固液体系的物理化学问题和创新契机 田昭武 林华水 周勇亮 田中群 蒋利民(36)
- 微系统和微制造中的化学创新 田昭武 林华水 周勇亮 田中群 蒋利民 吴剑鸣(40)

B. 电化学动力学基础理论的研究

- 自催化电极过程的理论分析 田昭武(47)
- Theoretical Analysis on the Faradaic Impedance in the Case in Which
the Electrode Reaction Involves an Adsorbed Substance Tian Zhao-wu(田昭武)(53)
- New Methods for Obtaining the Equivalent Circuits of Concentration
Polarization Impedances Tian Zhao-wu(田昭武)(61)
- Autocatalytic Electroreduction of Iodate
in Acidic Solution Tien Chao-wo(田昭武), Lin Tsu-keng(林祖康), Chen Yen-chen(陈衍珍)(68)

C. 化学研究方法和仪器的研究

- 电极充电曲线繁用仪 田昭武 林祖康 陈衍珍(79)
- DHZ-1 型电化学综合测试仪 田昭武 陈体街 林仲华 穆纪千 杨鸿枢(84)
- 电位控制脉冲电流法..... 田昭武 胡荣宗(102)
- DD-1 型电镀参数测试仪 田昭武 蔡加勒 邱贞花 朱海坤 林福龄 颜恩柔(110)
- Effect of Suppression Efficiency on Sensitivity
in Ion Chromatography Z. W. Tian, R. Z. Hu, H. S. Lin and W. L. Hu(118)
- High-performance Electrochemical Suppressor
for Ion Chromatography Z. W. Tian, R. Z. Hu, H. S. Lin and J. T. Wu(124)
- A New Approach to Coulometry for Flow-Through Systems L. Y. Bao and Z. W. Tian(128)
- 一种高性能流动体系电流检测器..... 包立源 田昭武(134)
- 新型无泵阀毛细等速电泳仪的研制..... 杨书农 李元山 胡荣宗 田昭武(138)

D. 化学电源的研究

E. 金属腐蚀与防护研究

F. 导电聚合物的研究

G. 谱学电化学研究

2

- 铂电极在氯化钾溶液中电化学行为的 STM 和 EMUV/VRS 方法研究 罗 瑾 林仲华 田昭武(276)
- Quantum Chemistry Studies on Electronic Properties of CN^- Adsorbed
on Silver Electrodes W. F. Lin, Z. Q. Tian, S. G. Sun and Z. W. Tian(280)
- Quantum Chemistry and *in Situ* FTir Spectroscopy Studies on Potential-dependent
Properties of Co Adsorbed on Pt Electrodes Wen-Feng Lin, Shi-Gang Sun,
Zhong-Qun Tian and Zhao-Wu Tian(285)
- Molecular-Level Investigations of Different Types of Coadsorption
at Ag Electrodes by Raman Spectroscopy Z. Q. Tian, W. H. Li, Z. H. Qiao,
W. F. Lin, and Z. W. Tian(295)
- Surface Raman Spectroscopic Investigation of Pyridine Adsorption at Platinum
Electrodes-effects of Potential and Electrolyte Wen-Bin Cai, Chun-Xing She, Bin Ren,
Jian-Lin Yao, Zhao-Wu Tian, Zhong-Qun Tian(304)

H. 电化学扫描隧道显微镜(ECSTM)研究

- A New Electrochemical Scanning Tunneling Microscope Z. W. Tian, X. D. Zhuo, J. Q. Mu, J. H. Ye,
Z. D. Fen, B. W. Mao, C. L. Bai and C. D. Dai(317)
- A New Method of STM Tip Fabrication for In-Situ Electrochemical
Studies B. W. Mao, J. H. Ye, X. D. Zhuo, J. Q. Mu, Z. D. Fen and Z. W. Tian(322)
- Cu 在 HOPG 上电化学沉积的原子分辨 ECSTM 现场观测 李春增 谢兆雄 毛秉伟 卓向东
穆纪千 叶建辉 冯祖德 田昭武(326)

I. 微纳米复杂三维加工的约束刻蚀剂层技术(CELT)研究

- Confined Etchant Layer Technique for Two-dimensional Lithography
at High Resolution using Electrochemical Scanning Tunnelling
Microscopy Zhaowu Tian, Zude Fen, Zhongqun Tian, Xiangdong Zhuo and Jiqian Mu,
Chunzhen Li, Huashui Lin, Bin Ren, Zhaoxiong Xie and Weiling Hu(331)
- 复杂三维超微图形的复制加工技术的困难及对策 田昭武 田中群 林仲华 谢兆雄(342)
- Measurement of Concentration Distribution of Electrogenenerated
Etchant Using an Electrochemical Probe Technique Lian Yong Su, Jin Luo,
Zhong Hua Lin, Zhao Wu Tian(347)
- 用于三维超微图形复制加工的约束刻蚀剂层技术研究 谢 雷 罗 瑾 毛秉伟 田昭武(349)
- Studies on Silicon Etching Using the Confined
Etchant Layer Technique Yanbing Zu, Lei Xie, Bingwei Mao and Zhaowu Tian(353)
- Three-Dimensional Micromachining for Microsystems
by Confined Etchant Layer Technique J. J. Sun, H. G. Huang, Z. Q. Tian, L. Xie,
J. Luo, X. Y. Ye, Z. Y. Zhou, S. H. Xia, Z. W. Tian(361)
- 约束刻蚀剂层技术用于半导体 GaAs 抛光整平
的研究 黄海苟 孙建军 蒋利民 刘品宽 孙立宁 田中群 田昭武(370)
- Three-Dimensional Micro-Fabrication on Copper
and Nickel L. M. Jiang, Z. F. Liu, J. Tang, L. Zhang, K. Shi,
Z. Q. Tian, P. K. Liu, L. N. Sun, Z. W. Tian(374)
- A Comparative Study on Electrochemical Micromachining of n-GaAs and p-Si by Using
Confined Etchant Layer Technique Li Zhang, Xin Z. Ma, Mi X. Lin, Yu Lin,
Guo H. Cao, Jing Tang and Zhao W. Tian(382)