

· 成果简介 ·

重大国际合作项目实施成效与经验

——2010年度化学科学部重大国际合作结题项目成果介绍

黄宝晟 陈拥军

(国家自然科学基金委员会化学科学部, 北京 100085)

[关键词] 重大国际合作, 项目成果, 介绍

国家自然科学基金重大国际合作项目是支持实质性国际合作研究的重要项目类别。化学科学部在重大国际合作项目的组织实施工作中, 把握平等合作、互利互惠、突出重点的原则, 坚持以我为主的目标, 努力通过重大国际合作项目的实施, 有效利用国际科技资源, 推动我国化学领域基础研究和人才培养实现跨越式发展。“十一五”期间化学科学部根据基础性、交叉性、牵引性和互补性等原则, 确定了化学科学领域的国际交流与合作鼓励研究领域^[1], 在此基础上资助了 24 项重大国际合作研究项目。化学科学部与国际合作局共同遴选重大国际合作研究项目, 既注重项目的科学性、创新性和前沿性, 又兼顾合作基础及合作的必要性和互补性。在项目后期管理尤其是结题验收评议过程中, 化学科学部考察项目取得研究成果的同时, 也关注到项目在国际合作实践中开展的多种合作交流方式对实质性合作研究的促进作用, 后者为更有效地实施重大国际合作研究项目积累了经验和基础。本文以 2010 年结题的两项重大国际合作项目为例概述重大国际合作研究项目的研究成果及其开展的各种交流合作方式在实质性国际合作研究中的作用。

1 表面催化光解水制氢及氢散射动力学之研究——中美重大国际合作项目

中国科学院大连化学物理研究所分子反应动力学国家重点实验室杨学明研究员, 根据自己研究团队的优势条件和基础, 在美国国家科学基金会的“电子化学和表面催化领域——国际研究和教育合作团队”项目 (Partnership for International Research and Education—Electron Chemistry and Catalysis

at Interfaces, 简称 PIRE—ECCI) 的基础上, 提出以中方为主的“表面催化光解水制氢及氢散射动力学之研究”合作研究项目。杨学明研究小组的优势在于具有很强的理论研究能力, 在此合作项目中努力通过与实验研究的结合, 促使该研究小组成为一支国际上研究分子与表面相互作用的重要团队。而美国加州大学圣巴巴拉分校多年从事表面动力学研究, 无论在技术、经验和理论方面在国际同行中均名列前茅, 有很多值得学习和借鉴的经验。因此该项目体现出强强合作、优势互补的特点, 2006 年获得科学基金重大国际合作项目的资助。

1.1 研究目标及科学意义

项目的主要研究目标是通过中美双方合作, 在大连建立起飞秒双光子表面电子能谱, 以及原位探测表面光化学反应产物的实验装置, 并在此基础上研究表面光催化动力学以及氢原子与表面的相互作用动力学, 为氢能源相关的光催化等技术提供理论基础。

光催化制氢反应是杨学明研究小组的研究重点之一, 它具有重要的科学意义, 特别是近年来, 在光催化制氢的研究方向上, 各国科学家都在围绕提高效率上努力研究并取得很大的进展, 催化光解水制氢已经成为一个相当重要和热门的研究课题。由于光催化是一个复杂的过程, 而目前的研究往往限于表面电子结构与催化特性的关系, 对催化过程的研究不够, 因此杨学明研究小组希望发展原位的探测方法, 以探测表面水分子在受到光照射后从表面产生的原子和分子的技术, 并结合飞秒双光子表面电子能谱的技术, 研究表面光催化效率与表面电子激发态结构和动力学的相关特性。通过这些科学

本文于 2011 年 7 月 28 日收到。

问题的研究,可以更加深入地理解光催化分解水的机理,为寻找更有效的光催化剂提供扎实的理论基础。

1.2 合作研究成果

通过实质性合作取得了重要成果。项目实施期间,中美双方进行了多种形式的实质性交流与合作,完成了大型装置的研制,并用多种设备开展了与能源科学相关的表面化学动力学研究,发表论文 30 多篇,其中双方合作发表的研究论文 9 篇,在具有重要影响的美国科学院院刊 *PNAS* 上发表 3 篇论文,在英国 *Chem Sci* 上发表 1 篇论文。

该项目经过实验装置建设和人员培养,取得了研究光催化动力学和表面动力学研究的经验,培养出一支实验与理论相结合的研究队伍,初步形成了国际上具有一定地位的大连光催化动力学研究基地。该项目具有重要创新性的成果主要有如下 3 个方面:

(1) 表面光化学实验装置的研制。建立了飞秒时间分辨双光子光电子谱仪器和表面光化学动力学研究装置,合作双方已经利用新装置开展了实验研究工作。两台先进的实验仪器为发展表面科学提供了新的技术平台。第一套“时间分辨双光子光电子谱仪器”用于研究原子与表面相互作用,由项目组自行设计,目前整套仪器已用于实验研究工作;第二套“表面光化学动力学研究装置”,是基于高灵敏度原位质谱技术的表面光化学动力学实验装置,可以原位高灵敏地探测光化学或光催化反应产生的初始产物和能量状态,研究表面光化学和光催化反应的机理。

(2) 水分子光解动力学的研究。该项目在利用多种方法研究水分子光解离过程方面取得了重要成果。水分子在气相条件下的光解离动力学是研究复杂的光催化解离的重要基础。杨学明研究小组利用氢原子里德堡态飞行时间谱和分子束技术,以及自行研制的窄线宽可调真空紫外光源,在转动量子态分辨的水平上研究了 H_2O 分子的光解动力学,取得了重要的创新成果。首次从量子态-态分辨层次上揭示了涉及 4 个势能面耦合的非绝热解离动力学。他们还研究了 H_2O 其他电子态的解离动力学进行了深入研究,得到了许多前人没有观测到的有趣的实验结果,该结果发表在美国科学院院刊 *PNAS* 上。另外,该项目还采用分子束-氢原子里德堡态飞行时间谱技术,研究了水分子双光子激发经由 D 电子态的解离动力学,测量到 D 态的预解离寿命为 13.5 飞秒。这项工作发表在 *J Chem Phys* 杂志上。

(3) 甲醇在 TiO_2 表面上的解离研究。该项目在光催化过程研究中也取得重要进展,利用自行研制的实时双光子光电子能谱方法,研究了单分子层甲醇覆盖的 $TiO_2(110)$ 在紫外光照射过程中的双光子光电子能谱的变化,结合高分辨扫描隧道显微镜实验,得到了吸附在 5 配位钛原子上的甲醇光催化解离的直接证据,消除了多年的争议。这项研究成果发表在英国皇家学会的 *Chem Sci* 杂志上,并被 *Science* 评为亮点文章。

1.3 合作交流形式及作用

项目实施期间开展了多种形式的学术交流,有力促进了实质性合作及人才培养。中美双方在协议的基础上制定了相关任务书,商定人员交流和研究生培养计划,根据上述任务组织实施了如下工作:

(1) 经常性交流。双方项目负责人和学术骨干之间建立了经常性的联系,随时通过通讯网络交流研究进展,协调工作,商讨解决问题的方法,使得合作基础不断加深,向长期合作方式过渡。

(2) 双边实质性合作。双方每年互派研究人员开展合作研究,美方来华合作的研究人员 25 人次。合作对于发展大连的表面动力学实验研究技术起到重要作用。中方在新仪器的设计与调试阶段,美方提供了相关经验和细节,如产生振动激发的分子束源和电子探测技术,以及 NO 和 H_2 分子的多光子共振电离探测技术,美方派人参加了仪器的调试和改进。其次,通过交流获得了有关制备各种金属和氧化物纳米催化表面的技术。此外,在表面理论研究方面中方也从学术交流中获得有关模型设计和计算方法等经验,使中方较全面地掌握了表面科学实验研究的技术细节、表面动力学理论方法和计算技术等。合作加快了大连飞秒双光子表面能谱仪研制速度,整个装置的研制只用了 2 年时间。

作为研究生教育的合作,根据双方协议,杨学明小组接受了美国研究生来到中国学习,增进了美国青年学者对中国科学水平的了解,为建立长期的合作与交流奠定基础。

(3) 定期召开双边专题学术研讨会。通过双边学术研讨会促进中美双方研究人员及学生之间的交流互动。2007 和 2009 年由中方主办召开了“多相催化和表面化学”及“表面科学和异相催化”为主题的两次双边会议;2008 和 2010 年由美方主办召开了“催化和表面动力学”以及“表面科学”为主题的两次双边会议,双方交流了最新研究进展。为加强国际学术交流和提高中国在该领域的国际地位,杨

学明研究团队还主办了第10届国际量子反应散射会议和第23届国际分子束研讨会,扩大了主办方在国际学术界的影响,也为我国该领域科研人员提供了国际交流和了解最新研究进展的机会。

2 发展研究芯片实验室和细胞的物理化学方法——中法重大国际合作项目

厦门大学田中群院士与法国合作的项目“发展研究芯片实验室和细胞的物理化学方法”于2006年获得科学基金重大国际合作项目的资助。合作双方都有很强的研究实力,与田中群院士合作的法方负责人 Christian Amatore 教授是国际生物物理化学和生物电化学的开拓者之一,在生物电化学,特别是单细胞电化学领域有非常丰富的经验。

2.1 研究目标及科学意义

中法合作双方共同致力于芯片实验室、物理化学、纳米/微米技术和细胞生物学等交叉学科领域的创新研究。以芯片实验室为平台,基于物理化学原理,发展了微流驱动和电泳聚焦等技术,控制细胞和分子在微管道的运动,在与生物相容的纳米材料上生长细胞,通过物理化学/生物化学刺激控制细胞的繁殖行为,发展相关显微光谱学检测技术等研究方法,并用超微电极等方法研究细胞间通讯和识别。

2.2 合作研究成果

通过该项目的实施,双方建立了具有国际先进水平的厦门大学-巴黎高师联合实验室——纳米生物与化学国际联合实验室(XiamENS: NanoBio-Chem),并获国家科技部授予的“国家级国际联合研究中心”,大大推动了中法国际科技合作。经过双方共同努力,完成了研究目标——“发展用于生命科学领域和体系的新物理化学方法与技术,建立芯片实验室并完成其集成功能、超微电极等电化学方法与微流控芯片的联用、控制细胞在微管道组装的生物相容纳米材料上的生长、芯片实验室微流控和分离单元与便携式表面增强拉曼光谱仪的联用”。该项目取得了一系列创新性科研成果,申请专利6项,在 *Nature*, *JACS*, *Angew Chem Int Ed* 和 *Anal Chem* 等国际学术刊物上发表论文41篇,其中与法方合作发表的研究论文8篇。应邀在国际学术会议上作大会特邀报告3人次、主题报告2人次、会议邀请报告49人次。该项目具有重要创新性的成果表现为如下方面:

(1) 通过合作,成功地搭建了电化学单细胞研究系统,并利用该系统开展单细胞囊泡释放和氧化

应激的电化学等多方面的研究,采用金属/分子/金属结的电化学-机械可控裂结法(MCJB法)制备金属/分子/金属结,研究分子体系的电子传递,解决了经典体系的一些电化学基本问题。

(2) 结合表面增强拉曼光谱方法、密度泛函计算方法研究电化学还原反应体系;发展微流控芯片技术研究干细胞分化及生物医学材料;突破现有表面增强拉曼光谱的局限,提出并建立了具有完全知识产权的壳层隔绝纳米粒子增强拉曼光谱方法,拓展了增强拉曼光谱的应用范围。

2.3 合作交流形式及作用

该项目启动以来,中方参与研究的人员有2名中国科学院院士、4名国家杰出青年科学基金获得者、8名教授、4名副教授;法方参与人员包括1名法国科学院院士、3名教授、5名副教授。双方课题组的研究生投入了该项目的研究。

(1) 双边实质性合作。中法双方开展了有规划的实质性合作。在项目实施的第1个年度,法国巴黎高师安排2名教授和1名博士生先后访问厦门大学,分别进行了1—2周的合作与交流。厦门大学也派出副教授、博士后和硕士生各1人前往巴黎高师开展为期6—12个月的学术访问和科研合作。合作双方全面开展了微电极电化学及超快电化学、微纳米加工技术及细胞芯片技术等方面的研究,在国内建立相关技术,并以此为基础开展多方面研究。这些交流有力促进了双方技术交流与传递,为项目的顺利开展奠定了很好的研究基础。在项目实施的第2个年度,法国巴黎高师安排2名教授访问厦门大学,并分别进行了2周和1周的合作与交流。厦门大学也派出博士生赴法方开展科研合作,在法方主要开展利用树枝状大分子与金属基底的相互作用组装有序分子自组装层方面的研究。法方项目负责人 Christian Amatore 教授在项目实施的第2个年度前后4次访问厦门大学,每次都长时间与国际联合实验室的中方教授和学生们进行详细认真的讨论和指导。此后中方又派出2名博士后到法国巴黎高师的联合实验室法方课题组进行合作研究。项目实施4年期间中方外派人员的回国,带来了相关技术和经验,有效促进了双方合作研究目标的实现。

(2) 厦门大学-巴黎高师联合实验室和国家级国际联合研究中心。项目实施过程中建立的联合实验室建立了项目联络人定期通报交流、中长期互派人员访问、每年举办双边研讨会等机制。实验室正在逐渐发展成为高素质人才培养基地、促进中法乃

至中国与欧洲科技交流与合作的基地,并进一步将该实验室发展成为高新技术产业转化基地。法国国家科学研究中心已正式通过对 CNRS-LAI-XiamENS 第 2 阶段(2011—2014)的支持。这些活动不仅对全面加强中法联合实验室的建设及该国际科技合作项目的研究具有十分重要的推动作用,同时为建立更广泛的国际科技合作与交流也提供了新的契机。联合实验室培养了一批具有高科研素质和国际性视野的科技人才队伍,例如,中法双方联合培养的博士后有 5 人、博士生 4 人。项目实施期间中方课题组已培养博士生 27 名、硕士生 53 人。

(3) 定期举办中法纳米生物化学国际研讨会。项目启动以来,中方于 2007 年 10 月在厦门大学成功地举办了“第一届中法纳米生物化学国际研讨会”,除合作研究项目的中法双方研究人员之外,会议还特别邀请一些欧美和国内的化学与生物交叉领域的科学家参加,会议代表共 41 人。其中法方及欧美其他国家的科学家共计 15 名,中方 26 名,不包括研究生。会议规模虽小、但层次较高。法国科学院院士 C. Amatore,中国科学院院士田昭武、汪尔康、黄本立和田中群,法国国家科研中心化学部主任 F. Secheresse 教授、法国驻北京大使馆科技专员 I. Morellon 女士、法国驻广州领事馆科技参赞 D. Marty-Dessus 博士出席会议。该会议主要是围绕芯片实验室、物理化学、纳米/微米技术和细胞生物学等交叉学科领域,深入探讨发展创新物理化学方法及在细胞生命问题研究中的应用等问题。会议积极地推进双方建立更为密切的科研合作关系,有力促进了厦门大学及我国化学界与欧洲化学界的合作与交流,并扩大了我国科学家的影响。

2008 年 9 月,合作双方在法国巴黎举行了“第二届中法纳米生物化学研讨会”。该会议参加人员包括法国巴黎高等师范学校 PASTEUR 实验室研究人员、厦门大学固体表面物理化学国家重点实验室代表团以及来自美国和瑞士等国的专家代表团。会议内容主要是汇报 CNRS-LAI-XiamENS 联合实验室的工作并就未来研究目标和方向进行策划。双方通过大会报告、邀请报告、墙报等形式进行深入全面的交流,还通过圆桌会议的形式讨论中法国际重大研究项目在实施过程中的有关技术细节,特别是单细胞电化学检测系统建立中碰到的难题,商讨解决问题的途径,设计新的实验方案等。从会议内容来看,联合实验室中法双方在经历了最初的两年适应期之后,合作已经有序开展起来,项目的广度和深度都有所增加。该会议的召开十分有利于推动双方

的合作更为深入和全面,对加强中法联合实验室的建设也有着十分重要的意义。

“第三届中法纳米生物化学国际研讨会”经双方主任及顾问委员会协商后决定,会议规模缩小为双边主任的碰头会,并结合 2009 年 8 月在厦门大学举办的第 60 届国际电化学会卫星会议——“纳米电化学和光谱电化学”而进行。这次学术交流对于加强国际联合实验室的建设,促进厦门大学以及我国化学界与欧洲化学界的合作具有重要意义。

之后合作双方又协商“第四届中法纳米生物化学国际研讨会”组织工作。他们将进一步加强双方在相关学科前沿领域更深层次、更加系统的科研合作,在更高水平上将物理化学方法较为广泛地拓展至生命科学领域,在提高双方国际竞争力的同时为科学发展做出更大的贡献。

如上两项重大国际合作项目均体现出如下几个特点:(1) 强强合作,优势互补。中方负责人都是国内各自领域实力很强的科学家,国外合作方也都是该领域国际上很有影响的科学家或团队,双方围绕共同的研究目标各施所长;(2) 双方突出合作研究的实质性、规划性、深入性和长期性。为实现合作研究目标,双方从教授互访到研究生交流进行了合理规划,保证了研究人员在对方实验室必要的工作时间,我方取长补短通过在国内建立创新研究装置、研究平台或研究基地开展创新性研究,切实推进实质性研究;(3) 双方合作研究成果显著。双方合作研究取得的科研成果发表在相关领域最有影响的国际刊物上,如 *Nature*, *PNAS*, *JACS*, *Angew Chem Int Ed* 等,在国际上产生了重要影响,部分研究工作被 *Science* 评为亮点文章;(4) 合作交流形式多样,有力促进了实质性研究。中外双方探索了多种方式的国际交流与合作方式,为长期实质性合作奠定了基础,为进一步合作攻关解决科学难题找到了和谐互利的方式,合作深度和广度不断增加,为重要创新性成果的产生创造了有利条件。合作中,我方人员得到培养和锻炼,形成了理论与实验相结合的人才队伍。总之,国家自然科学基金重大国际合作研究项目的实施为促进我国基础研究跨越式发展,为培养我国有较强国际影响的研究团队发挥了积极的作用。

参 考 文 献

- [1] 陈拥军,黄宝晟,梁文平. 国家自然科学基金对我国化学科学领域国际合作与交流的资助与展望. 中国科学基金, 2010, 24(4): 211—215.

(上接 8 页)

改变社会风气的必由之路。

第二是平等待人。助人为乐,人人平等世人皆知,但是真正做到这点很不容易。我在这方面可能有些特点,所以找我的人很多,因为帮助了别人,别人取得成就,国家受益,我自己也有成就感。

第三是要正确认识自己。一个人往往攀高不攀低,而自寻烦恼,要多看别人的长处才不会自寻苦恼,否则老觉得自己委屈,而不快乐。

第四是不要妒忌。妒忌是万恶之源,妒忌会造成不团结,妒忌会造成互相拆台,以至可以办成的事办不成。对单位或部门来说,也是一样,由于妒忌怕别人超过自己,就想办法压制对方,这样受害的不是个人,而是国家,这可能是当前我国存在的主要问题之一。

我国的制度是主管说了算,如果这位领导妒忌心很强,就怕别人超越自己,他必然拆别人的台,使那个有本事的人留不住,因而这个单位就会每况愈下,成为武大郎开店,一代不如一代。

所以作为一个有志青年,要尽力发挥自己的才智,不要和别人攀比,更不要存在妒忌心,否则就是自寻苦恼,生活不会快乐。

最后,我想给年轻人说几句话。我的复杂经历使我养成了海纳百川、包容和容忍的性格。由于我们这代人在少年时期饱受战乱之苦,所以感到中国必须富强起来,别人才不敢欺负,从而培养出坚定的爱国信念。据说媒体调查,中国的幸福指数不高,其中有些年轻人不太了解过去,往往和发达国家的同龄人相比,于是对现状有些不满意。我建议从娃娃时期就应该学习点中国的历史,使他们知道中国之

所以有今天,来之不易,而鼓舞他们继续努力,才能使我们这个经济大国走向强国。你们这一代将要实现在2020年把中国建设成创新型国家并在本世纪中叶实现中华民族伟大复兴的宏伟目标,你们应该立下这个伟大的“强国之志”。没有志气,就没有做事的动力和克服困难的毅力。这是第一点。

第二点要说的是,做学问要实事求是才能学出真本事,否则是“自欺欺人”。我们过去有句经常说的话:“只有吃得苦中苦,才能做得人上人”。这是几十年来,我最深刻的体会。中国当前正提倡创新型国家,却很少有真正的创新,所生产的产品,往往不能领先于世界,只能跟着别人的后面爬行。真正有影响的创新,来源于扎扎实实的基础研究。在这种“浮躁,急于求成”的社会环境里,很少有人心甘情愿、潜心从事基础研究工作,因而我们很难在科学技术上有原创性的突破。希望在座诸位有更多的人在这方面做出更大的努力取得更多的成果,中国的科学技术能否领先于世界,就靠你们这年轻的一代,年轻一代能否充分发挥作用,除了依靠每个人的努力以外,也要靠科技体制和教育制度的改革。

第三点要坚持中华民族优良的传统——勤劳、勇敢、节俭。现在各国的提前消费理念造成目前的金融危机,一个国家不重视生产,不可能致富,提前消费造成国家财政的人不敷出,造成社会不稳定。我国之所以有今天,就是靠着全国人民的勤劳、节俭和改革开放政策。就是国家富裕了,也要艰苦奋斗,这是中华民族的优良品德。

希望同学们在学习和研究中,胸怀强国之志,实事求是,艰苦奋斗,就可以“有志者,事竟成”!

DISCUSSION ON HOW TO DO SCIENCE

Shi Changxu

(National Natural Science Foundation of China, Beijing 100085)

(下转 33 页)

ACHIEVEMENT AND EXPERIENCE IN IMPLEMENTING MAJOR INTERNATIONAL JOINT RESEARCH PROGRAM —Project Review of the Major International Joint Research Program in Chemistry of NSFC in 2010

Huang Baosheng Chen Yongjun

(National Natural Science Foundation of China, Beijing 100085)

Key words major international joint research, project result, introduction