

## “老科学家学术成长资料采集工程”系列报道③

徐光宪,1920年生于浙江绍兴。1944年毕业于上海交通大学化学系,1951年获美国哥伦比亚大学博士学位,研究方向为量子化学。回国后一直在北京大学任教。1980年当选为中国科学院院士。现任北京大学化学与分子工程学院教授。历任北京大学原子能系(后改为技术物理系)副主任、稀土化学研究中心主任、国家自然科学基金委员会化学科学部主任、中国化学学会理事长、中国稀土学会副理事长等职。1994年获首届何梁何利基金“科学与技术进步奖”,2005年再次荣获何梁何利基金“科学与技术成就奖”。荣膺2008年度国家最高科学技术奖。

## “举重若重”徐光宪

■叶青 朱晶

在多年的科研生涯中,徐光宪为了适应国家的需要和安排,曾多次改变科研方向。他在稀土化学研究方面取得的成就,使我国的稀土分离技术和产业化水平跃居世界首位。他提出的串级萃取理论,在世界上都处于领先水平,为我国在稀土元素的开发利用作出了重要的贡献。

## 情系报效祖国

徐光宪对科学研究的热爱以及执着,始发于他在少年时期受父亲和母亲的影响。

徐光宪的父亲徐宜况熟悉中国古代算术,爱好围棋,徐光宪从小就跟着父亲学棋,并解答父亲出的算术题目。这激发了他最初对科学的兴趣。由于受父亲的影响,徐光宪一直比较喜欢数理化。长期下围棋,也训练了徐光宪的逻辑思维能力。下棋输了,对徐光宪坚持求学起了鼓励和支持作用。徐光宪铭记母亲的教导,一生都很勤奋,无论是学习还是工作。

徐光宪的整个求学生涯,大多是在他半工半读的情形下坚持完成学业的。在上海交大的本科学业是一边读书,一边晚上做家教,并积极争取奖学金坚持完成学业的。大学毕业两年后,徐光宪参加并通过了国民政府教育部在全国各地区公开招考出国留学的考试,于1947年底只身赴美,先到圣路易城的华盛顿大学化工系学习,一个学期后到哥伦比亚大学研究生院的暑期班就读,以第一名的成绩,获得校助教奖学金。他的夫人高小霞也来到美国,在纽约大学半工半读。

1951年3月,徐光宪获物理学博士学位,导师和学校再三提出留任讲师,并许诺生活待遇可以大幅改善,夫人可以专心攻读博士学位。但那时抗美援朝已经开始,美国总统提出法案,可以给中国留学生美国国籍,但禁止回到新中国。这个法案要等待美国参议院和众议院的通过才能生效。这时,徐光宪夫妇俩抓紧商量,高小霞说科学虽然没有国界,但科学家有祖国。于是毅然决定放弃夫人攻读博士学位的机会,并克服重重困难,于1951年5月回到祖国。一个半月后法案通过,在美留学生便不许回国了。

## 致力教书育人

徐光宪学成回国后,一直在北京大学工作,既从事大学教学,也做科学研究。这两种角色他都演绎得十分成功。在徐光宪看来,讲课比天大。

在北京大学工作几十年来,徐光宪一共讲过物理化学、物质结构、原子核物理导论、量子化学、高等量子化学、化学统计力学、分子光谱理论、配位化学、萃取化学、高等无机化学、串级萃取理论、铅铋萃取化学等12门不同的课程。多年来,他讲课从不迟到,而且他认为:“从学生的脸上,看到他们对我的讲课是满意的,我就感到很高兴,很幸福。我从小喜欢数理化,抱定科学报国的理想。这个理想终于能够逐步实现,感到非常幸福。”

徐光宪的许多课程开设都是同科研需求结合起来的,在教学中引入自己研究的新成果,在研究中介绍所需领域的基本理论和知识。不仅如此,他还为编写教材的需要进行科学研究,期望能让学生在课程学习之后,进一步提升研究能力。比如在进行稀土萃取研究时,稀土萃取需要用到稀土萃取方面的基本原理。于是,徐光宪就把这些萃取方面的基本原理以及稀土方面的基本问题编成教材和讲义讲给研究团队的人员听,使得参加研究工作的人不被动,让他也对这个问题的比较全面地了解。另外,通过讲授和讨论,让团队成员能够独立思考,也能够有创造性地提出

## 问题。

不同于一般教材介绍该领域理论与研究成果的一般模式,徐光宪除了在书中及时反映国际学术界的最新研究成果之外,还为了教材编写进行了专门的科学研究。在编写《物质结构》教材第二版时,徐光宪用  $nxc\pi$  四个数来描述包括原子簇在内的无机和有机分子的结构类型,提出了原子价的新概念。这些研究成果反映在教材之中。此外,徐光宪与王祥云花了很大力气去搜集或者自己用计算机计算各种原子和分子轨道的能级,尽量使这些能级固定量化,以代替第一版《物质结构》中定性的原子或分子轨道能级图。

## 立足国家目标

科学研究方向的选择和确定,对于研究者而言,至关重要。在徐光宪看来,个人的研究兴趣以及对研究前沿的把握固然重要,但最关键的是,科学研究既要立足于基础研究,还要面向国家目标。

正是基于这种胸怀祖国的立足点,徐光宪在科学研究中四次改变了科研方向,先是从事量子化学到络合物化学,再转入核燃料萃取方向,接着是稀土分离,最后又回到量子化学方向。而将研究方向的改变转化为契机的能力,又使得徐光宪在诸多研究领域取得了创新。

徐光宪认为,如果始终坚持一个方向是最好的,但是科学研究应该时刻关注国家目标,做研究工作如果没有国家的需要,就是无本之木、无源之水,没有根基。科学研究除了立足于前沿领域的基础研究,还要思考纯化学研究如何衍生出应用价值,考虑其远期的应用背景,使基础研究的成果尽可能应用到实际中去,产生社会和经济效益。

科学研究的国家目标深刻地影响了徐光宪科学研究方向的几次转型。从量子化学到络合物化学,再到核燃料化学与萃取化学,及至稀土元素的分离与提纯,无不体现了徐光宪科学研究服务于国家目标的理念。从稀土萃取分离基础研究到稀土材料设计、制备和应用,徐光宪涉及的研究领域都是他胸怀国家目标的结果。

虽然徐光宪研究方向多变,但是他善于将此转变成为契机,每次转变方向时都能够找准新的研究领域。正如黎乐民所言,徐先生一再改变研究方向,自然会遇到很多困难,但是徐先生迎难而上,把研究方向多变的困难转化为在多个领域取得巨大成绩的契机。而实现这种转换,没有独特的研究视角、对前沿问题的总体把握,以及顽强的进取精神,是无法做到的。

选题虽然要面向国家目标,倡导技术应用与技术经济优势,但是最为根本的还是基础研究。徐光宪强调,不深入到基础研究,应用研究也不可能做好,所以作应用研究要立足于基础。没有基础研究,引进国外的技术需要付出很大的代价。并且,自己的基础研究不行,就没能力消化,更谈不上创新。

徐光宪的稀土研究,一直是抓住稀土研究领域的重大问题和基础性问题。徐光宪对于应用研

究的课题,比如研究镨钕分离,首先还是要把镨钕分离的机理弄清楚,接着又提出了串级萃取理论。他并没有因为接受了镨钕分离的应用研究任务,就单单做镨、钕分离这项工作,而是深入到基础研究。

徐光宪一生情系稀土研究。除了最为专长的稀土分离基础研究领域与稀土配位化学,以及稀土生物化学、稀土功能材料,他对稀土研究的其他领域也非常关注,如稀土光谱学、稀土激光晶体、稀土储氢材料等,并倾心扶持。他还多次向国家建议将稀土基础研究列为重大项目,并特别强调稀土基础研究是学科发展的前沿领域,综合性强,而且国际研究也很活跃,具有重要应用背景,通过努力有助于将中国的稀土资源转化为技术经济优势。这些无不体现了他对国家科学技术与经济发展目标的关注。

## 创新科研体系

徐光宪的研究视野非常广泛,其研究涉及化学研究的多个领域。化学学科的特殊性,使他形成了自己独特的认知风格与研究方法。

在化学研究领域,徐光宪有多学科的坚实基础,这使得他在多次科研方向发生转向后仍能取得突出成果:在上海交大打下牢固的化工基础,使得他后来进行稀土分离时很快便提出了稀土串级理论;在物理化学方面的基础,使他在转到络合物化学方面后又很快打破国际学术界对碱金属和碱土金属的固有观念;在哥伦比亚大学时

徐光宪院士曾说:“如果把科学家分为几类,有举重若轻的,有举轻若重的,那么我都不是,我属于‘举重若重’的一类人。”

期的量子化学研究,又促使徐光宪在进行稀土研究时,不仅只考虑实际应用,还注重基础理论研究。在不同研究领域的深厚功底,促成了徐光宪在考虑问题时能从多个角度进行思考。

徐光宪对化学学科的独特性、化学与物理之间关系以及化学研究的前景进行了细致思考,这是他进行科学方法创新的基石。

他认为化学反应以及化学与反应相关的分子结构与性质研究,是化学独特的研究对象与问题领域,化学在该领域形成了自己的理论,因而化学学科有独特性以及广阔研究前景。同时,徐光宪也强调,化学通过借用物理学领域的研究方法而取得理论和方法的变革。物理学的理论和技术、数学方法及计算机技术在化学中的应用,使

## 延伸阅读

借中国科协的学术成长资料采集项目之机,我也梳理了一下,我究竟有哪些基本的理念和价值观?我的成长主要依靠什么?

1. 我的认识。人是有智慧的社会动物。一个人离开社会是不能生存的。因此产生“三感”: (1) 社会责任感。我从出生到成年,受父母养育之恩、师长教导之德,和家乡贤达文化的培育。我吃的、穿的、住的都是前人劳动的成果。我能安全快乐地活着,是受国家和军队的保护。所以成年以后,要以同样的劳动和贡献来回报父母、师长、国家和社会。这是我,也是每一个中国人必须履行的社会责任感。(2) 时代幸福感。我们中国人自鸦片战争以来,受尽帝国主义的欺凌和日本军国主义的侵略,经过无数革命先烈和共产党人的奋斗和牺牲,才于1949年成立共产党领导下的新中国,使中国人民站了起来。又经过艰难曲折,才走到改革开放的道路,逐渐迈向中华民族伟大复兴。我们要有身处中华复兴时代的幸福感,我们要热爱我们的祖国。(3) 历史使命感。中华复兴还要走很长的路,当前中国还有许多问题有待解决。这个历史的重担落在年轻人身上,年轻人要有这个光荣的历史使命感。

2. 我的价值观。我认为人生的目的是:要使最大多数的人民共同富裕,共同幸福。

3. 成功的要素。个人的成功是指对国家民族作出有益的贡献,当然也包括个人的成就和家庭的幸福。成功的要素5分是勤奋,2分是才华,3分是机遇。每个人在一生中,总会遇到不少机遇,但能否抓住机遇,则决定于你是否有准备。要使自己有准备,还是需要勤奋。我给自己的天赋和才华打算是中上,但勤



得20世纪下半叶的化学不再是纯粹的实验科学,有了实验和理论两种研究方法。到了21世纪,化学又增加了第三种研究方法,模型和计算机模拟,这些都对现代化学的发展起了很大的推动作用。

因此,徐光宪在配位化学、萃取化学和稀土科学研究等多个领域进行研究时,都注重以探讨物质结构和性质的关系作为研究的着眼点;他适时地将量子力学的计算方法与光谱仪器用于稀土配合物结构研究;他注重数学模型的设计、改进计算工具与计算技巧,并力求通过简单方法获得所需信息,并给科学研究带来启示。

利用分类学进行思维创新和方法创新,是徐光宪研究方法的另外一大特点。通过徐光宪自己的多维分类法,对化学研究对象进行分类,他能够及时地把握研究前沿,时刻保持对学科前沿问题的敏锐感知,准确地寻找到化学研究前沿与化学研究领域的重要问题与研究价值。

徐光宪善于及时引入最新的研究方法与技术手段。上世纪60年代以前,他主要用平衡移动方法研究萃取机理,包括测定萃取物的组成、活度系数以及萃取平衡常数,研究萃取过程中的溶剂效应和水相组成的影响等。上世纪70年代以后,他根据学科发展的情况,使用了更多的研究手段,并拓宽了研究范围,在萃取物的红外光谱、

固体萃取物的合成及结构测定,萃取过程中微乳液的形成,以及多核、异核或混配萃取物的生成方面,都取得突出成果。他还将谱学方法有效地应用于溶剂萃取研究,开创了谱学方法研究萃取化学的诸多分支领域。

## 专注团队培养

早在科研生涯之初,徐光宪就意识到科研团队的重要性,努力培养具有特色的研究团队,强调团队合作,鼓励学生尝试新的想法,注意培养和提拔年轻一代。正因如此,团队成员才能勇于大胆提出问题,同时又通力合作,因而取得了出色的成就。

他的团队研究人员在谈及对徐光宪的印象时,最深刻的无一不是徐光宪对学生的鼓励和提携。在讨论问题时,徐光宪提出自己的想法之后,

都会强调这仅仅是自己的看法,让团队成员勇敢地多提自己的意见。黄春辉院士认为,虽然在很多情况下,徐光宪的意见和想法是正确的,但是他这种做法鼓励学生进行独立思考,激发了他们的创新能力,对学生的成长很有好处。

徐光宪特别注重锻炼学生和助手,并尽可能地将各种机会提供给学生。黎乐民曾回忆,他与徐光宪一起进行量子化学研究以后,1982年中国第一次组织量子化学代表团参加国际会议,这次会议本应由徐光宪参加,但徐光宪推荐黎乐民;在北京大学稀土材料化学及应用国家重点实验室成立的时候,徐光宪自己没有当主任,而是推荐了黎乐民,说他很有才华,适合担任。在召开国际稀土会议时,本应参加的徐光宪推荐了严纯华,给他提供与国际同行进行交流的机会。

徐光宪营造的这种宽松、鼓励型的科研氛围,使得在进行稀土元素分离研究时,团队成员能很好地进行分工合作,研究时也从来不计较个人得失。比如李标国带领金天柱、高松等一行人员下厂进行研究,后来严纯华也加入工厂研究;黎乐民、吴瑾光做理论方面的工作;黄春辉针对下厂研究出现的问题,所需的基本数据在实验室进行基础研究工作。团队人员分工协作,十分融洽。

在这种宽松融洽的研究氛围之下,徐光宪培养了不少优秀的学者:在稀土化合物的电子结构方面取得成就的黎乐民于1991年当选为中国科学院院士;从事研究光电功能材料方向的黄春辉于2001年当选为中国科学院院士;高松在磁性配位化学和光电功能材料方面,与性能研究,高核分子的结构与磁性,纳米金属团簇的化学制备和磁性研究方面取得重要突破,并于2007年当选中国科学院院士。从事稀土分离和纳米功能材料研究的严纯华于2011年当选为中国科学院院士。

在获得2008年度国家最高科学技术奖之后,徐光宪谦虚地感叹,自己获奖是研究团队共同努力的结果,而他现在倍感欣慰的是,他的学生都已超越了他,例如黎乐民在量子化学领域、黄春辉在稀土配位化学和光电功能材料方面、高松在分子磁体方面、严纯华在重稀土萃取与纳米稀土功能材料的合成方法学方面都取得了优秀的成果,青出于蓝而胜于蓝。而徐光宪的这种团队培养理念也被团队成员传承下去。

(作者叶青系中国科学院中国现代化研究中心副研究员,朱晶系华东师范大学哲学系副教授)

## 我对学术成长的认识

■徐光宪

整理的完整笔记,至今保存着。回国后可以根据需要,随时开设这些课程。我希望今天的研究生也能做到这一点。(2) 重视做习题。大量做习题就能消化学到的知识,变为自己的智慧,是以后解决实际问题的提前训练。(3) 移花接木,举一反三。在一门学科中成功的规律可以移到另一门。例如力学中放大原理移植到微波领域,发明 Maser = Microwave Amplification by Stimulated Emission Radiation (用受激发射使微波放大)。Maser 技术移植到光波领域,就发明激光 = Laser = Light Amplification by Stimulated Emission Radiation。(4) 科研创新 16 法。

6. 当前科学的发展有两大趋势。一是学科的高度分化,二是理论的高度统一。1900年是500门学科,2000年是5000门,100年增加到了10倍。估计到2100年的100年中还将增加到10倍,到50000门。2050年约为20000门,50年中增加15000门。我们中国人占世界人口的五分之一,至少应该创建3000门新学科。

7. 创建系统化学。化学是20世纪发展最快的一级基础学科之一。1900年在《美国化学文摘》(CA)上登录的,从天然产物中分离出来并确定其组成的,和人工合成的已知化合物只有55万种,到1945年达到110万种,经过45年翻了一番;到1970年为236.7万种,经过25年,又翻一番。此后新化合物增长的速度大大加快,到2011年9月14日CA登录的新化合物已达11685万种,比1970年增长50倍。没有一门其他科学能像化学那样在过去的110年中,创造出如此众多的新物质,如此丰富的实验材料,但缺乏系统的理论总结,因此我建议中国人应该来作这个总结,创建系统化学。



① 上世纪80年代徐光宪与学生们在一起讨论工作。

② 2010年12月,徐光宪院士接受采访时近照。

③ 1949年5月,徐光宪、高小霞夫妇在哥伦比亚大学Alma Mater铜像前。