

有机化学的探索之旅与科学教育思考

——吴养洁院士访谈录

吴养洁 张一鸣

编者按：吴养洁院士长期从事物理有机化学、金属有机化学、大环化学以及有机合成化学等领域的研究与教学工作，2003年当选为中国科学院院士。他培养了丁奎岭院士、常俊标院士等杰出科学家，为我国化学事业输送了大批领军人才。为此，《中小学科学教育》特别专访了吴养洁院士，请他分享自己数十年来从事科学研究和教书育人工作的思考和感悟。

《中小学科学教育》：您是如何关注到有机化学这个领域并选择将它作为自己的主要研究方向的？

吴养洁：化学的世界充满了不可思议，除了神奇的化学反应能让人眼花缭乱以外，化学世界的单质能够让你应接不暇，因为它们都具有特点，有的还“身手不凡”。有机化学是化学家族中最大的分支，世界上每年合成近百万种新化合物中70%以上是有机化合物，因为它们具有特殊功能而用于材料、能源、医药、生命科学、农业、食品、石油化工、交通、环境科学等与人类生活密切相关的各行各业中，直接或间接地为人类提供大量的必需品。例如在20世纪90年代，我们团队因发现紫杉醇的抗癌作用而推动了它的全合成研究。为了将其开发为药物，发展了各种不同的合成方法和路线。21世纪在复杂天然产物的全合成研究方

面，还会有更大的发展。

随着科学和技术的发展，有机化学与各个学科又互相渗透，形成了许多交叉学科，比如生物有机化学、物理有机化学、量子有机化学、海洋有机化学等。未来的有机化学研究有两个值得关注的研究方向：一是研究能源和资源的开发利用；二是研究和开发新型有机催化剂，模拟酶催化下的高速高效且温和的反应方式。

《中小学科学教育》：从您的教育经历和观察来看，我国的科学教育存在哪些主要问题？

吴养洁：从化学学科来看，化学工作是国家建设的重头戏，因此要培养高层次的专业人才，它就显得格外重要。我曾向学生介绍获诺贝尔化学奖的李远哲先生对中国教育的忧虑和看法。李远哲先生说，“如果我们今天要提出

作者简介：吴养洁，中国科学院院士，郑州大学化学学院教授（郑州 450001）；张一鸣，人民教育出版社编辑，博士后科研工作站站博士后（北京 100081）。

一个危害教育最深的传统遗产，那便是由‘科举制度’留下来的考试文化，用考试来衡量教育的效果。每个学生花很多时间看各种例题，参加模拟考试，做很多习题，通常在学校与家长的配合下，艺术课减少了，体育课没有了，睡眠的时间减少了，好奇心与创造力也都消失了，也就是说在升学主义挂帅的制度下，我们不再好好‘教育’学生，只是努力‘训练’他们成为解决考卷上的问题的‘技工’”。爱因斯坦曾说过，“被放在（教育）首要位置的永远是独立思考和判断的总体能力的培养，而不是获得特定的知识”。由此可见，我们看重的“考试文化”与爱因斯坦所强调的恰好相反。

杨振宁先生针对中国学生缺乏创新精神和学习方法上存在弊端的现象也曾说过：“美国学物理的方法与中国学物理的方法不一样。中国学物理的方法是演绎法，先有许多定理，然后进行推演；美国对物理的理解是从现象出发，倒过来的，物理定理是从现象中归纳出来的，是归纳法。演绎法是考试用的方法，归纳法是做学问的办法。做学问的人从自己的具体工作分析中抽象出来，这样所注意的就是那些与现象接近的东西。”杨振宁先生谈到一个非常重要的、有关教育的基本方向问题。我们都知道，在逻辑思维中，演绎法是缺少创造的，不幸的是，我们的学生几乎从小到大、从本科到博士，学习和掌握得极其娴熟的就是演绎法。正因如此，我们培养出来的学生都是各种奥林匹克竞赛中的高手。但在发现、发明和创造上，就明显跟国外的学生差距很大。东方教育文化习惯于让学生虚心地向权威、老师和书本学习，学生从小就训练得要听从老师和父辈的教诲。但这种教育方式的不足之处是学生太胆怯，缺乏自信，在老师、权威、书本面前不敢提出挑战。所以，一定要鼓励学生在课堂上提问题，让学生有超越老师的勇气和信心。

《中小学科学教育》：您觉得理想的科学课堂应该是什么样子的？

吴养洁：根据我作为化学教师的经验，化学教学不仅要让学生关注物质的物理性能，如物质的状态（是固态、液态还是气态），以及所含能量的多少、用途、物质的化学性质等，还要让学生在实验中看到物质的变化。有机物质数量众多，每年化学家转变、创造的新化合物都超过100万种。我对学生说：“在发展新型的转变方式来制造新分子方面，还有大量的工作等着你们去做。”要让学生不仅听得懂，也对有机化学产生兴趣，还对未来化学的发展有新的认识。教师在教学中，要把学科的框架向学生讲清楚，特别是核心的概念有哪些，以及这些概念之间的逻辑关系。把这些东西给学生讲清楚了，再告诉学生以后如何去学习，怎样去突破这个框架。没有一个学科是成熟的，任何一个学科都存在有待解决的问题，都要去探索、研究。可以适时引入讨论式、启发式的教学模式，培养学生主动思考、大胆质疑的精神。

学化学要做很多实验，要让学生从动手做起，每天瓶瓶罐罐倒来倒去，这也需要高超的手艺，需要花费很多时间才能得到数据。如今，随着化学仪器的发展，很多实验可以用仪器自动完成。这就有了跨学科发展的问题，原来有的学生不太重视数学的学习，现在就不行了。数学学好了，大脑就灵活了，它能培养人的灵感。在做实验问题上，一定要让学生亲自动手，这是“笨功夫”。只有“笨功夫”做好了，才能出真功夫。如果这些功夫都没练好，就想去创新，那不符合规律，也不会成功。

《中小学科学教育》：也就是说，理想的科学课堂既要有概念和逻辑的教学，也要有动手实践能力的培养，让学生用跨学科的思维和手段创造性地解决问题。

吴养洁：是的。化学的逻辑思维更多体现在原理的学习上，不能把学习数学、物理的方法照搬到化学学习上，化学有相当一部分内容是学元素化学，需要博闻强记。

《中小学科学教育》：您认为“只有状元学生，没有状元老师”，您培养出了众多优秀的学生，他们的成长经历对于我们现在的拔尖创新人才培养都有哪些启示？

吴养洁：我的“状元”学生就是上海交通大学校长、中国科学院院士丁奎岭。丁奎岭15岁考入郑州大学化学系，1984年即将毕业时被免试推荐为我的硕士研究生，1987年成为我的第一名博士研究生。1995年他就已经受聘为郑州大学教授，随后到日本东京工业大学访问学习，回国后又到中国科学院上海有机化学研究所（以下简称“上海有机所”）任副研究员。丁奎岭到上海有机所后主要从事手性催化研究，这个研究方向时热时冷，后来研究方向转冷时有些同行就退出了研究，他却坚持干。短短几年，他带领的团队通过创新研究，在国际上首次提出了手性催化剂“自负载”概念，也就是让催化剂自动组装、变成固体再利用，解决了催化剂回收利用的难题。原来一个生产流程需要25公斤催化剂，现在只需要0.5公斤，成本大幅度下降，这是他到上海有机所后第一个创新研究成果。在二氧化碳研究方面，很多人花费大量资金和人力对二氧化碳加压处理，储存到地下。丁奎岭把二氧化碳作为一种资源进行转化利用，他带领团队通过十多年的攻关，使二氧化碳变废为宝，制备出需求量很大的化工原料，为工业化生产和解决污染问题提供了新的解决方案。

丁奎岭还是个很有远见和领导力的人。在担任上海有机所所长期间，他不仅自己潜心研究，还时刻关注国际学科前沿以及青年人才的培养和成长。他当时选派50多名极具发展潜

力的优秀博士毕业生前往世界著名实验室继续科研工作，除了给每人资助20万元生活费，还为他们缴纳“四金”，对他们的归属没有任何限制。用他的话说，不仅要为上海有机所培养人才，还要为上海国际科创中心培养人才。

《中小学科学教育》：在指导学生的过程中，您具体是怎么做的？能否举例谈一谈。

吴养洁：我从1979年开始与同事共同指导硕士研究生，从那时起，我主张把科研引入教学中，与学生一起走进化学的“迷宫”。我不会直接向学生解密，而是让学生参与整个过程。先给学生建造“迷宫”，“迷宫”里充满了谜团，谜团就是真实的研究问题。例如，为了让学生体验研究全过程，我选定“冠醚合成新方法”作为研究课题进行创新研究。这项课题难度很大，1987年克拉姆（Ram）、莱恩（Lehn）和佩德森（Pedersen）正是因为成功合成冠醚而共同获得了诺贝尔化学奖。冠醚最大的特点就是能与正离子，尤其是与碱金属离子络合，并且随环的大小不同而与不同的金属离子络合。冠醚的这种性质在合成上极为有用，使许多在传统条件下难以发生甚至不发生的反应能顺利进行。冠醚合成属于精细有机合成，20世纪60年代美国杜邦公司已发表了冠醚合成方法，但该方法反应的时间很长，后期处理也比较麻烦，很难实现工业化的批量生产。针对这些缺陷和问题，我们团队发明了一种新的合成方法，通过在密闭体系中加热反应物，以适当提高反应压力，使之在使用一般溶剂的情况下，实现反应温度的提高，从而加速反应，并且可实现工业化批量生产。

在教学中为学生指正确的“路”是一个非常重要的内容。在化学研究中，“迷宫”无处不在，并以各种形式存在，实验的过程就是一次又一次的尝试过程。每次都以为自己走在一条正确的路上，对那条路满怀期待，可等到数

据出来，却往往发现自己并没有找对那条正确的路。于是回来，重新出发。这是一种来来回回的探寻，像走迷宫一样迷人。作为教师，要注重培养学生的问题意识，引导他们关注特定研究领域的核心问题、前沿问题。鼓励学生举手提问题，甚至是尖锐的问题。同时鼓励学生主动与专家学者交朋友，认真谦虚地对待学术交流。老师也要努力向年轻一代的学生看齐，要跟上他们的思维，不然就无法和年轻人交流对话。在传授给年轻人知识的同时，也借助年轻人的活力，反哺自己原有的知识体系。

从我的教育经历来看，无论是从复旦大学毕业做助教，还是在莫斯科大学攻读博士研究生，老师都注重化学实验课的训练。老师经常一整天和学生待在实验室，老师和学生关系很好，有时达到无话不谈的程度。

《**中小学科学教育**》：对于中小学的科学老师，您有什么期望？

吴养洁：“师者，所以传道授业解惑也。”无论哪位科学家的成就有多大，学术有多精，地位有多么崇高，都是从普通学生成长起来的，都离不开老师的教导、培养。教师要注重对学生做人和做学问两方面的教育，善于发现和调动学生的潜能。给学生上课是一件快乐的事，要充分准备教案，持续探索有效的授课方法。

从我教大学化学课的经验来看，上化学课离不开实验，教学与实验是相辅相成、相互促进的。如果大学老师只关注科研而不做教学，

那他的知识面可能会比较窄。现代科学发展的方式决定了像笛卡尔和帕斯卡那样的百科全书式的思想家越来越少，通常每个科学家的精力决定了他们只能将注意力关注在某一个点上，能够专攻两三个方向的很少见。而在教学中恰恰相反，除了极个别的专业课，一般基础课所涉及的知识面非常广。课程的教学内容可以事先备课，但是最关键的是培养学生发现问题、提出问题以及解决问题的能力，这些知识和能力是无法提前准备的。

老师不仅要讲知识本身，还要讲知识在实验、科研中的应用，这方面的知识和经验都是平时在实验和科研中积累的，不是书本中能学到的。这就要求老师不仅要有广阔的知识面，而且要对专业知识有一定深度的了解和研究，这对搞科研会有很大的启发和促进作用。人们所掌握的各种知识都不是孤立的，经过人的思维会成为体系，触及每个知识点时都会迸发出火花、灵感和联想。

《**中小学科学教育**》：最后，请您给《中小学科学教育》期刊留一段寄语。

吴养洁：简单地说，化学家的神圣使命就是研究和认识自然界中的各种物质，探索化学变化的各种新途径，创造自然界不曾存在的各种新物质。让我们共同努力，做好中小学科学教育，培养祖国化学创新人才！

（责任编辑：穆建亚）