

2020年度国家科技奖获奖项目巡礼(上)

国家自然科学奖一等奖项目“纳米限域催化”

化学反应过程，这样精准调控

本报记者 喻思南



包信和(左二)与团队成员在实验室。

谢震霖摄

编者按：中共中央、国务院日前在北京隆重举行国家科学技术奖励大会。2020年度国家科学技术奖共评选出264个项目、10名科技专家和1个国际组织，我们从中选取了两项国家自然科学奖一等奖和一项国家技术发明奖，报道这些获奖项目取得的重要突破，展示科研人员自立自强、勇攀科技高峰的风采，敬请关注。

怎样精准设计催化剂，让催化反应更高效？如何用更加高效、低碳的方式，从煤中获得烯烃和芳烃等化工原料？随着“纳米限域催化”概念的提出，我们向解决这些困扰化学家的科学难题迈进了一大步。

“纳米限域催化”是中国科学院大连化学物理研究所(以下简称大连化物所)包信和院士带领团队，历经20余年的研究结晶。凭借对催化理论发展的重要贡献，该成果成为荣获2020年度国家自然科学奖一等奖的两个项目之一。

创立“纳米限域催化”概念，为催化剂精准设计打开一扇窗

催化在自然界普遍存在。2000多年前，中国人就懂得用酒曲(生物酶催化剂)酿酒。现代化工产品生产更加离不开催化，比如，氮和氢在高温高压和催化剂下合成的氨，是化肥工业和基本有机化工的主要原料。然而，催化反应发生的过程和催化作用机理长期以来一直被视为“黑匣子”。

揭示催化过程，有助于为精准设计催化剂提供理论支撑，从而帮助科学家实现梦寐以求的目标：精准调控化学反应过程。

在催化反应过程中，反应物分子一般要与催化剂发生化学作用。为获得更好的催化效果，在很长一段时间里，科学家依靠实验试错的方式探索催化剂。这就好像炒菜，咸了加水、淡了加盐，最终选择一种较好的方案。至于原料是怎样变成产品的，往往只能依靠逻辑推理来想象。

随着研究的深入，科学家发现，在原子层面，催化剂表面电子排列不同，反应就可能不一样。于是，科学家试图通过表面结构调控的方法，来理解催化机理，设计所需要的催化剂，进而精准控制催化反应过程。

历经多年研究和实践，借助

纳米尺度的空间限域效应，包信和研究团队对体系电子能态进行调控，实现了对催化性能的精准调控，提出狭义的“限域催化”概念。之后，他们将该概念拓展至二维和界面相互作用的电子调控体系，定义和创建了具有广泛意义和普适性的“纳米限域催化”概念，这为精准调控化学反应的性能和反应路径打下了坚实基础。

如今，“纳米限域催化”成为催化研究的热点，包信和团队发表的相关研究论文他引超过3万次，许多国际团队跟随开展研究，并在催化选择氧化和高效加氢等多个重要催化体系中得到验证。

摒弃传统的技术路线，实现了高选择性一步制取低碳烯烃

在“纳米限域催化”概念指导下，包信和团队的一些成果从实验室走向工业试验。比如，近百年来，以煤为原料直接获得乙烯、丙烯、丁烯等低碳烯烃，国际上普遍采用费托合成技术。该技术首先让煤气化形成合成气，在适当条件和催化剂的作用下，再进一步合成碳氢化合物。受限于催化作用原理，低碳烃选择性理论极限为58%。同时为了满足加氢脱硫反应的需要，工艺上要消耗水、耗能的水煤气变换过程制备氢，这一过程还放出大量二氧化碳。

从“纳米限域催化”概念出发，包信和团队另辟蹊径，将控制反应活性和产物选择性的两类催化活性实现解耦，创制了一种新型复合的双功能催化剂体系。这样一来，他们从原理上摒弃传统费托合成路线，实现了高选择性一步制取低碳烯烃。

基于该创新成果，包信和团队与大连化物所刘中民院士团队以及陕西延长石油(集团)有限责任公司合作，建成世界首套千吨级规模的煤经合成气直接制低碳

烯烃工业试验装置。2019年，该装置完成单反应器试车，一氧化碳单程转化率超过50%，低碳烯烃选择性优于75%，多项重要参数超过设计指标。2020年成功完成全流程试验，进一步验证了该技术路线的先进性和可行性。

了解包信和团队制取低碳烯烃的思路后，德国一家著名跨国化学公司的一位资深专家说：“这个点子为什么我们没先想到？”包信和回答说：“你们想到的点子蛮多了，也该轮到我们的了。”

包信和的底气来自于团队长期的原创积累。“包老师对研究课题的要求很高。他一直强调，想要获得学术界认可，就要做那些独一无二的工作。”包信和团队成员、大连化物所研究员潘秀莲告诉记者。

20多年潜心研究，实现从“0”到“1”关键跨越

1995年，从德国学成归国后，包信和加入大连化物所，研究如何利用煤炭转化制备化学品。从一开始他就瞄准催化中的关键科学问题——解耦催化的“黑匣子”。

包信和团队在“纳米限域催化”领域耕耘了20多年。他说，

大的“0”到“1”突破，往往是由许多小的“0”到“1”的研究积累起来的。不论大小，心里一定要有做原始创新的梦想，即使最终达不到预期，哪怕只是往前推动一点点，积累起来也会有巨大的进展。

2006年，在将纳米粒子填充到碳纳米管的过程中，研究团队发现，碳纳米管内外的纳米粒子活性存在较大差别。这一现象引起包信和的注意，他通过大量研究发现：碳纳米管独特的纳米级管腔结构及其电子限域环境，导致管内物质性质改变，甚至诱导管内物质产生了新的特性。基于系统的基础研究，包信和提出了“碳纳米管限域”的概念，研究视野就此打开。

“天上掉馅饼，我们也要接得住。”包信和说，一次实验现象转瞬即逝，只有脑中一刻不停地在琢磨，才可能敏锐意识到其中的科学问题。

纵观研究历程，许多发现偶然中有必然。一名学生在做制备烯烃的交流展示时，一个实验数据中烯烃的选择性超过了70%，该数据给包信和留下了深刻的印象。因为按照传统理论，选择性不可能这么高。于是，请学生重复实验，确认实验操作无误、数据可靠后，包信和判断这方面值得深入研究。一次次的实验后，他们发现了其中的奥秘，抓住了影响合成气直接制取低碳烯烃选择

性的关键，并取得了突破性进展。这些工作进一步推动了团队对纳米限域催化原理的认识。

“做好研究，导师要与学生在一起，坚持到研究第一线。”包信和认为。在大连化物所，他的办公室就在实验室，当上研究所长后也是如此。团队成员邓德会2007年从四川大学本科毕业后，进入大连化物所，师从包信和从事催化相关研究。他热爱钻研，有困惑总能很快找到老师、得到解答，这让他短时间内快速成长。

“学生知识积累不够，但通常最了解实验的细节。老师不到一线和学生讨论，就不能发现、提炼问题，真正做出原创成果。”包信和说。

包信和团队成员、大连化物所研究员傅强告诉记者，有时候，包老师在实验室的时间比学生还长。“经常晚上10点了，还在与我们探讨当天的实验。”

尽管“纳米限域催化”解释了很多催化现象，也在高效催化剂的设计研制中得到了很好的验证，但包信和表示，该概念成为成熟的普适理论还需要做大量的工作，揭开催化的“黑匣子”仍然任重道远。他希望，未来通过深入系统研究，将该概念进一步完善，使其更加公式化，从而在精准设计催化剂上更具有普遍意义的指导价值。

解码完整技术体系，牵头制定了具有我国自主知识产权的AVS系列国家标准。2016年，AVS2颁布为国家标准；2018年，全球超高清联盟将AVS2采纳为国际标准；2019年，我国率先发布面向8K超高清的新一代编码标准AVS3，开启引领发展的新纪元。

建立完整产业链，成果应用于多个领域

在引领编解码标准的同时，相关技术发明也成功落地。

2006年，我国编解码芯片出货量占比仅为1%。10年后，这一数字已提升至62%。2019年，海思在全球首发基于AVS3标准的8K—120帧率超高清编解码芯片，引领了新一轮编解码芯片产业升级，开创了我国超高清视频产业全球领先发展的新局面。

与此同时，项目组建立了从技术标准到芯片终端再到系统应用的超高清视频完整产业链，推动了“十四五”重点产业超高清视频产业的快速发展，在广播电视、终端制造、互联网等领域得到了广泛的应用。

马思伟说：“除了支撑我国首个超高清频道CCTV4K的开播等重大应用，我们的成果还应用到创维、海信、腾讯等公司研制的产品中，近3年累计新增销售额71.09亿元，新增利润10.38亿元，拉动产业规模近千亿元。”

高文表示，未来5年将是超高清视频产业领先国际发展的重要机遇期，超高清视频编解码技术将支撑国家《超高清视频产业发展行动计划》，为我国超高清视频产业的快速、健康、持续发展提供强技术保障。“我们相信，拥有最大消费市场、具备最全产业链的中国超高清产业，能够打造超高清核心竞争力，服务全球，引领世界。”

创新谈

作为拓展人类认知边界、攻克关键核心技术的“特种兵”，科技工作者要坚定创新自信，敢于异想天开、勇闯无人区，达到前人不能达到的高度、做出超越前人的原创性成果

习近平总书记在参观国家“十三五”科技创新成就展时强调，当前，我国已经开启全面建设社会主义现代化国家新征程，科技创新在党和国家发展全局中具有十分重要的地位和作用，全国广大科技工作者要面向世界科技前沿、面向经济主战场、面向国家重大需求、面向人民生命健康，坚定创新自信，紧抓创新机遇，勇攀科技高峰，破解发展难题，自觉肩负起光荣历史使命，加快实现高水平科技自立自强，为建设世界科技强国、实现中华民族伟大复兴作出新的更大贡献。

习近平总书记的重要讲话，极大增强了广大科技工作者的创新自信，为他们勇攀科技高峰、加快实现科技自立自强注入了强劲的精神动力。

自信，对于探索自然奥秘、破解技术难关尤为重要。著名物理学家爱因斯坦曾经说过，自信是向成功迈出的第一步。作为拓展人类认知边界、攻克关键核心技术的“特种兵”，科技工作者要坚定创新自信，敢于异想天开、勇闯无人区，达到前人不能达到的高度、做出超越前人的原创性成果；如果缺乏创新自信，就很容易凡事“看别人有没有做出来”，最后只能跟在别人后面亦步亦趋，很难在科学发现和技术攻关中有所建树。当前，国际竞争日益激烈，单边主义、保护主义上升，我们更要把原始创新能力提升摆在更加突出的位置，努力实现更多“从0到1”的突破。实现这一点，尤其离不开创新自信。

坚定创新自信，我们有基础。新中国成立以来特别是党的十八大以来，广大科技工作者锐意创新、接续奋斗，我国科技事业取得历史性成就、发生历史性变革。重大创新成果竞相涌现，一些前沿领域开始进入并跑、领跑阶段，科技实力正在从量的积累迈向质的飞跃，从点的突破迈向系统能力提升。世界知识产权组织发布的《2021年全球创新指数报告》显示，我国创新能力综合排名上升至世界第十二位。回顾历史，不难发现，我国的科技积累比以往任何时期都要雄厚，创新实力比以往任何阶段都要强大。

坚定创新自信，我们有条件。近年来，科研经费投入持续快速增长，2020年全社会研发投入支出达2.44万亿元，占国内生产总值比重为2.4%；科技人才队伍持续壮大，研发人员总量连续8年稳居世界首位，科技领军人才不断涌现，青年才俊快速成长；仪器设备不断更新换代，重大科技基础设施从少到多、从跟踪学习到自主创新，其数量、建造规模和覆盖领域逐步扩大。今昔对比，我国科技创新的各种要素、条件从来没有像今天这样齐备精良。

坚定创新自信，我们有制度保障。党的十八大以来，以习近平同志为核心的党中央大力推进科技体制改革，科技体制改革全面发力、多点突破、纵深发展，科技体制改革主体架构已经确立，重要领域和关键环节改革取得实质性突破。继续坚持科技创新和制度创新“双轮驱动”，以问题为导向，继续深化各项改革，我国的环境会越来越好，制度保障会越来越强大。

“自信人生二百年，会当水击三千里。”全国广大科技工作者不断增强创新自信，在科技无人区大胆探索、勇敢前行，一定能够创造出无愧于前人、无愧于时代的累累硕果。

坚定创新自信 勇攀科技高峰

赵永新

新闻速递

首届青年科技发展与战略论坛召开

本报电 首届青年科技发展与战略论坛日前在北京召开。论坛面向国家重大需求，围绕“生物安全”“人工智能”“碳中和”等开展讨论。论坛由中国科学院青年创新促进会主办。论坛发起人之一、中国科学院青年创新促进会理事长施一研究员介绍，青年创新促进会成立于2011年，是中国科学院对全院35岁以下青年科技人才进行综合培养的创新举措，旨在通过提升青年科技人才的科研活动组织能力和综合素质，造就新一代学术、技术带头人。(冯华)

我国海洋新兴产业整体态势向好

本报电 在日前召开的2021世界科技海洋大会上，我国首个《中国海洋新兴产业指数报告》正式发布。报告相关指数由青岛海洋科学与技术信息研究院联合国家海洋信息中心、万链指数(青岛)信息科技有限公司研究推出，旨在监测我国海洋新兴产业发展态势。指数利用文本识别模型，从全国1.5亿市场主体中，实现了海洋新兴产业相关企业的识别和分类。研究显示，2018年1月至2021年9月，海洋新兴产业指数由100增长到134，表明在国家海洋强国战略等利好刺激下，我国海洋新兴产业整体呈现向好态势。(刘诗瑶)

OPPO与西安电子科大合建实验室

本报电 OPPO与西安电子科技大学电子工程学院合作建设的天线技术联合实验室日前挂牌，双方将围绕终端天线技术，探索基础理论和前沿工程问题。该联合实验室是OPPO面向未来推动底层技术研发、布局的重要举措，将为智能终端新形态的探索提供关键技术储备。近年来，OPPO先后与浙江大学、清华大学、北京大学医学部等成立了联合创新中心。OPPO相关负责人表示，面向5G与万物互融的趋势，公司将继续扩大与高校合作，聚焦5G、AI、健康、影像等领域，推动产学研融合，促进科技成果转化。(李云超)

国家技术发明奖一等奖项目“超高清视频多态基元编解码关键技术”

让眼前的世界更真实

本报记者 吴月辉

2021年的春节联欢晚会，中央广播电视总台在8K超高清试验频道做了首次8K直播，被观众誉为“视觉盛宴”。那次直播使用的AVS3编解码标准正是由北京大学牵头、产学研用数十家单位历经20年时间合作研发的。

日前，“超高清视频多态基元编解码关键技术”成果荣获2020年度国家技术发明奖一等奖。

4K、8K分辨率，意味着视频清晰度更高了

随着人们对视频的清晰程度、视频帧率、色彩还原、细节呈现等指标提出更高的要求，超高清视频已成为新的发展趋势。

中国工程院院士、北京大学教授、AVS工作组组长高文说，超高清视频是具有4K或8K分辨率、符合高帧率、宽色域、高位深、高动态范围等五维信息体系的新一代视频，是继数字化、高清化之后的新一轮重大技术革新。

4K、8K分辨率，意味着什么？

简单来说，就是视频清晰度更高了，看得更清楚了。高文从技术指标上解释：分辨率的每次迭代，就是画面的像素点数量升级——点阵横纵各提高2倍，所以总数共提高4倍。由此，分辨率每升级一档，就意味

着看到的影像又清晰了4倍。

超高清视频时代，帧率、色彩精度等视频质量参数越来越高，但也意味着视频的数据量变得越来越大。例如，1秒钟50帧的4K超高清视频原始数据量约为12GB比特，存储卡很快就存满了。因此，数据压缩是视频存储、传输非常重要的需求之一。

“我们的视频解码技术就是把电视台的视频数据进行大力度的压缩，然后通过网络传送到每个家庭的电视上，电视机终端再将数据还原回去。这时，观众看到的视频是和电视台原来的视频效果完全一样的。”高文说。

他打了一个比方：“就好比你在商场看到了一个非常漂亮的大鱼缸，里面有水也有鱼。你想要把它买回家，一种办法是连鱼缸带水一起拉回去，但这样成本和风险都比较大；另一种办法是先抽掉一大部分水，然后运回家，再把水重新灌满。我们做的工作就是把水抽掉。”

20年科研攻关，构建完整技术体系

视频解码技术是超高清视频产业链的基础与核心，贯穿内容生产、网络传输和终端显示三大环节，对高清视频产业的健康持续发展具有基础性、决定性影响。

我国在视频解码标准技术方面的研究起步较晚，核心技术曾长期被国外把控，导致产业受制于人。

转折出现在2002年。那一年，国外专利组织对中国DVD企业收取昂贵的专利费，造成中国DVD产业大受打击。同年，原信息产业部科学技术司发文成立数字音视频编解码技术标准工作组，即AVS工作组，高文教授出任组长，北京大学等4家单位参与其中，开启了我自主知识产权的编解码技术标准新篇章。

“当时技术挑战是非常大的。”高文坦言，“数字电视的诞生和发展也就40年左右的时间，这当中的前10年，中国基本上没有参与。”看似简单的“抽水”“灌水”，要做到精准无误可不容易。高文说：“这里最大的技术难题，就是如何区分有用和没用，把没用的东西抽掉，有用的留下来。”

围绕这些技术难题，高文带领团队展开了艰难的攻关。北京大学教授、AVS工作组视频组组长马思伟说：“这20年当中，我们每3个月都会召开一次技术交流会，经常开一个通宵，有时甚至持续到第二天上午继续讨论。”团队成员们常常为了一个方案或者一项技术辩论，争得面红耳赤。

“真理往往越辩越明。”高文说，“在这种不断互相争论的过程中，有些东西就慢慢形成了明确的方向或者结论。”

经过20年的不懈努力，科研团队成功构建了具备自主知识产权的超高清视频编