

21岁世界排名前十，他用20年思考“为何学棋”

■本报记者 孙晋

“如果你设计一个游戏，要求是规则尽可能简单，同时其变化尽可能复杂，你会如何设计？”“如果与外星人相遇，语言不通，你通过一个游戏来实现交流，你想用什么游戏？”

2022年，李喆从职业棋手转身成为武汉大学体育部教师，这是他在第一节围棋文化课上设置的两个问题。显然，他想引导学生给出“围棋”这个答案。

李喆，全国冠军暨围棋甲级联赛(以下简称围甲) MVP(最有价值棋手)、世界大赛四强、国际级运动健将，现为武汉大学体育部副教授。当《中国科学报》记者专访李喆时，他正忙着给本科生测50米和立定跳远。

就职业对弈而言，李喆的巅峰期是在2010年，那时他21岁，在国际围棋排名网站Go Ratings上位列世界前十，在中国围棋职业棋手等级分上排名全国第三。

其实李喆心中一直藏着一个疑问：人们究竟为何学棋？十几岁时从武汉到北京之后，尤其是2007年，这种困惑愈发强烈。那时候，他身为围甲武汉黄鹤楼队主教练斩获了七连胜，先后战胜李世石、古力等一众顶尖棋手。为了找到答案，李喆在2012年去了北京大学哲学系就读。

真正改变李喆的，是人工智能(AI)。准确地说，是AlphaGo(人工智能围棋程序)。

“围棋之神”

如果把人类围棋的发展划分为两个阶段，那么一定是2016年之前和2016年之后。

2016年，正是韩国棋手李世石和AlphaGo的对决之年。在那一年，李喆感叹：“如果没有围棋AI，我们永远不知道自己在围棋的天地中究竟处于什么位置。围棋AI是我们唯一的参照者，我们终于不再孤独。”

2017年，柯洁对战AlphaGo Master(AlphaGo的更新版本)前夕，李喆和好友刘星一同奔赴英国伦敦，参加了一次AlphaGo的测试。每天与其对战1到2局。此前Master已在线上对战职业高手取得60比0的全胜战绩，这使得不让子的人机对决失去了胜负悬念。

为了探索AI与棋艺的极限，AlphaGo团队开始测试与人类顶尖棋手的让子对局。在DeepMind(AlphaGo研发机构)总部进行的测试棋中，AI选择将先例倒贴(或让两子黑方贴目)。即便如此，李喆在让子对局中也仅赢一局。自从13岁在围甲胜率过半以来，李喆觉得世界上再没有人能让他两个子。

那时候的李喆并非没有遭受打击，反而很高兴。他看到了一些新的下法，都是以前很难想象的下法。

更早时候，在李世石对战AlphaGo之前，很多顶尖棋手觉得，即便是面对能穷尽围棋所有变化的“围棋之神”，他们的差距不过是让先。

显然，他们都错了。

当年李世石唯一赢了AlphaGo的那一盘棋(第四局“神之一手”)，就是下出了一着完全超出AI当时“棋感预测”的妙手。后来AlphaGo的工程师在纪录片AlphaGo中解释称，AlphaGo给出的结论是，李世石下出“神之一手”的概率只有万分之七。

李喆说，这种机会转瞬即逝，2017年的AlphaGo Zero版本被认为具备对人类顶尖棋手让子的实力。

在AlphaGo出现之前，棋手们提高围棋水平靠的是“逻辑计算+艺术直觉”的经验传承。他们在代代传承中建立了一套“美感”与“大局观”的模糊算法，并在职业竞技中不断纠错、迭代，这才催生了由吴清源与木谷实发起的新布局革命，彻底颠覆了旧时行棋思路。

AlphaGo并不是这样发展的。它的每一步都是基于全局胜率率的结果，是真正的“大局观”，是直接让全局量化处理，而不是从局部拼凑全局。人类过去引以为傲的、依靠经验和直觉构建的“大局观”“策略”与“棋道境界”，在AI依靠数据和概率的计算面前相形见绌。

这让李喆大受震撼：“这正是许多追求棋道的棋士穷其一生去追寻的东西，它标志着对固有思维的突破、对平庸的超越，以及对真理的趋近……它没有自我意识，没有自由意志，没有创造和争夺的欲望。它的那些在我们看来很有创造力的着法，只是它在一局棋中输出的100多次数据中的几次而已。”

“围棋之神”的面貌是怎样的呢？在纵横各19条线的棋盘上，科学家估算出了围棋可能的变化数，也就是2.08乘以10的170次方，这个数字



李喆(左一)给中日韩大学生复盘讲解。受访者供图

远远超过了可观宇宙原子总数。即便是AlphaGo Zero这一代系统，也难以穷尽这种可能性。

在中国古代围棋九品棋品制中，最高境界为一品，被视作近乎通神之境；四品为“通幽”，意指棋手已深入领会围棋深奥棋理；五品为“用智”，指行棋时刻意运筹，依靠智谋取胜。拥有17个世界冠军的韩国棋手李昌镐自认为才达到五品境界。更为棋界津津乐道的，是当年名誉棋圣藤泽秀行的名言：“棋道一百，我只知其五。”

如此看来，AlphaGo及其各种版本，才是更接近“围棋之神”的角色。

AlphaGo之后

早在李世石和AlphaGo对决之前的几个月，AlphaGo击败三届欧洲围棋冠军得主樊麾时，李喆第一时间采访了樊麾。那时候，他主持了一个围棋沙龙。

樊麾坦言：“围棋AI的出现对围棋不是坏事而是好事，它今后可能对围棋的普及、发展、研究起到推动作用。”

李喆也给出了一个判断：“如果不去找bug，剩下的事情就只有跟AI学棋。”

此后的结果印证了李喆和樊麾的判断：2016年之后，人类棋手开始满怀好奇心地钻研AI的新下法；2019年，随着围棋AI KataGo的开源并成为棋手的日常训练工具，人类的Elo等级分(一种用于计算棋手相对技能水平的权威评估方法)天花板被打破。显然，人类棋手通过与AI的对局和复盘，提升了整个职业群体的技术水平。李喆认为，这十年来，人类顶尖棋手水平提升了“接近一先”，提升的速度超过了历史上的任何阶段。

一个定量的比较是，参照Go Ratings网站上的围棋Elo等级分榜单，李昌镐在鼎盛时期的分数为3570分，那是1995年。而今天的排行榜上有28个人超过了这个分数，霸榜者、韩国棋手申真谔的最高分数更是达到了3800多分。虽然等级分存在跨时代的积分膨胀，但这在一定程度上也反映了棋手整体水准的提升。

这正是李喆当年预判的结果：AlphaGo的这些着法，对于人类有巨大的价值。价值的根源在于，AlphaGo用数据的方式给出的选点，人类可以用讲道理的方式来接收，这不仅提升了棋手的围棋技术，更带来了思维方式的提升。尤其是，过去棋手代代摸索出的数百套传统角部定式，其中大量老旧变化被AI证明判断上失准。

在AI出现之前，年轻棋手若想快速提高，往往必须进入北京的中国棋院或首尔的韩国棋院以及高水平的道场，与顶尖对手长期对弈和复盘。围棋AI打破了这种空间上的垄断。如今，一个冲段少年、一名海外棋手，只需一台普通家用电脑，就能随时和实力远超聂卫平、李昌镐巅峰期的AI对弈、精准复盘。

李喆说：“过去，顶尖棋手可能需要花费好几天去琢磨某一种变化，而最终得出的结论还可能是错的；现在，AI只需要10秒钟就能快速给出胜率更优的选择。”

他看到的现实是，当下的顶尖棋手在技术上的差距其实并不大，大家拼的首先是高强度的用功程度，然后是对AI棋局的领悟力——谁能把AI的海量数据真正内化为自身能力，并做到举一反三运用于实战，谁就能脱颖而出。这种内化不是死记硬背，而是面对AI能提出更有效的问题，将AI的具体落子与数据转化为自身的棋感，进而抽象为人类可复现的道理。

其实，在输给计算机“深蓝”后，国际象棋冠军卡斯帕罗夫就预判了这样的场景。他说：“一个

普通人+一台机器+更好的协作流程，不仅胜过单独一台超级机器，还胜过‘强人+机器+糟糕流程’的组合。”

人们因何学习下棋

在输给AlphaGo后，李世石感慨：“这次的经历让我有所成长，我会善用从中所得。我觉得好像找到了下围棋的意义。我认识到，学习围棋是多么正确的选择。”

人们因何学习下棋？李喆有不一样的感受。2024年7月，李喆回到北京大学，在体育教研部研究生毕业典礼上的发言中再次提到了这个问题。他在完成哲学系本科学业后，曾在体育教研部攻读体育人文社会学学科的硕士学位。

他说：“很多年以前，在被称为天才围棋少年的时期，我常常暗自怀疑将人生有限的时间投入这一事物的意义。”

他的疑问是，围棋不就是两个人在一片划定的区域内“石头”的游戏吗？这样的事情本质上有什么意义呢？

作为一名大学教师，李喆首先要思考的是，应该教给学生什么。事实上，他把课堂上的很多时间花在了围棋文化的传播上。

讲到“棋形”时，他会对学生们提出疑问：AI为什么不需要棋形的概念？“棋形”(好形、愚形、裂形等)和“厚薄”“轻重”这些概念属于什么类型的知识？

李喆与AlphaGo的核心研发者黄士杰(Aja Huang)因围棋AI而结缘，成为很好的朋友，他们常就AI问题深度交流。对方告诉李喆，像围棋AI、预测蛋白质折叠的AlphaFold等这种专精类AI，与当前的大语言模型有着完全不同的技术范式。

专精AI能在单一领域碾压人类专家，但更接近“黑箱”，难以用通俗逻辑解释决策过程；通用大模型擅长自然语言生成，但未经专业优化时，在顶尖垂直领域的精度仍有明显差距。

这种技术背景下，李喆有了新的目标。他想知道，专精AI能否帮助人类推动围棋知识本体的进步。比如围棋中传统的“厚薄”“虚实”“轻重”等极为抽象的概念，在AI的量化帮助下，能不能变得越来越精细？如果人类能借助AI将围棋的模糊概念细化，认知境界就会随之提升。

这是一种哲学上的方法论：更精确的描述，意味着更深刻的理解。这就像因纽特人对冰雪有更细致的分辨，阿拉伯人对骆驼有更精确的描述，航海家对风有更多的认识，棋手对围棋的理解同样如此。如果能实现概念的更新，就意味着棋手向AI学到的知识从经验上升为理论。不过这种全新知识生成方式技术门槛很高，简单拼接围棋AI与大模型，只会生成平庸的棋评，根本无法提炼出成体系的概念与理论。

李喆认为，这个命题对应着哲学领域的“概念工程”和AI领域的“可解释性”问题，它不仅关乎围棋知识的提升，更关乎未来很多领域知识生产的新范式。和AlphaGo选择围棋的理由一样，围棋仍然是验证这个路径可行性与解决方法的绝佳试验田。

李喆如今并没有离开围棋对弈。2025年7月1日，在第三届衢州烂柯杯世界围棋公开赛中，他预选赛连赢四局杀入正赛，但在正赛阶段犯了“老棋手”常犯的错误，也就是在读秒阶段因时间紧张而出现失误。

这些对战中的失利，并不妨碍他借助AI去无限接近棋艺的真理，去突破自身认知边界。这大概是“人类因何学习下棋”的答案之一。



崔晓菊 大连化物所供图

甲烷，是最简单的有机分子，也是天然气的主要成分。它无色无味，燃烧时热值高、排放低，在日常生活中几乎无处不在。然而，如何突破其稳定的碳-氢键，在低温下实现甲烷的高效活化与定向转化，直接制备高附加值化学品，而非简单地燃烧供热，一直是科学家孜孜以求的重要课题。

中国科学院大连化学物理研究所(以下简称大连化物所)研究员崔晓菊与甲烷的“相识”始于一次“被动”——当她从老师手中接过这个课题时，也曾心生疑惑。但自那以后，这种气体便贯穿了她的科研生涯。

“科研的密钥，不在于一开始就选对方向，而在于从‘被动’走向‘主动’——只有真的热爱，才能持之以恒地走下去。”崔晓菊说。

从“被动接受”到“主动热爱”

崔晓菊与催化化学的缘分始于本科保送研究生阶段，来自师兄师姐的推荐。“大家常说，大连化物所在催化领域的实力是国内顶尖的。”她笑着回忆，“正是这种学术声誉和平台条件，对我产生了很大的吸引力。”

而真正研究方向的确立，来自导师包信和院士和邓德会研究员的引导。“当时我的课题是甲烷的催化转化，说实话，最初更多是服从导师的安排。”崔晓菊坦诚地说。

甲烷中稳定的碳-氢键，通常需要借助高温(大于600℃)才能被打破。而崔晓菊接到的第一个任务，正是甲烷的低温催化转化。“在研究生开题阶段，导师们建议我去尝试解决甲烷在温和条件下的活化与转化问题。”她回忆道，“如果能降低反应温度，不仅有助于理解碳-氢键活化的本质，还有望开发更加节能的天然气利用技术。”

从那一刻起，崔晓菊便开始了与甲烷的较量。真正的考验很快来临。“在甲烷低温催化转化研究中，找催化剂当然难，但真正让我们头疼的，是怎么把产物‘看清楚、算明白’——定性和定量分析，才是更大的坎。”崔晓菊解释道。

低温下甲烷的活化速率很低，而且产物分布非常复杂。甲醇、甲基过氧化氢、羟甲基过氧化氢、甲酸等多种含氧化合物同时存在，这些产物的沸点、极性、稳定性差异很大，给分离和检测带来了极大挑战。

面对困难，崔晓菊没有退缩。她借助大连化物所研究员李海洋团队的光电离飞行时间质谱和研究员韩秀文团队的液体核磁共振技术，通过多轮结构解析，最终确定了产物的组成，并建立了相应的定量分析方法。“当我们最终通过质谱和核磁共振，清晰地解析出甲基过氧化氢和羟甲基过氧化氢的分子结构时，内心充满了成就感。”崔晓菊说道，“这些产物在以往的研究中，并没有通过多种结构解析手段得到验证。”

正是在这个时候，崔晓菊从“被动接受”转向了“主动热爱”。“在研究逐步深入的过程中，我越来越深刻地体会到，这个领域不仅对能源、化工和可持续发展具有不可替代的战略意义，而且充斥着极具挑战性的科学难题。”她说，“正是这种‘重要’与‘困难’的交织，让我决心一直沿着小分子催化转化的方向走下去。”

向高难度发起挑战

如果说甲烷低温转化是崔晓菊科研生涯的起点，那么“室温下甲烷、氧气和一氧化碳直接偶联制乙酸”则是她科研道路上下一个突破口。在25℃的室温条件下，既要打破甲烷稳定的碳-氢键，又要实现碳-碳键的精准偶联，难度可想而知。

“虽然反应体系在低温条件下具有显著的热力学优势，但受限于甲烷碳-氢键活化能高、氧分子解离难、碳-碳键偶联可控性差等关键科学问题，实现甲烷低温高效定向制乙酸仍面临巨大挑战。”崔晓菊指出了问题所在。

而团队之所以坚信这个体系能在25℃下工作，并非凭空想象。“我们曾经用实验证明了二硫化钼能够在室温下催化甲烷与氧气直接转化为甲醇等碳一含氧化合物。”崔晓菊解释道，“这个结果让我们意识到，在合适的催化剂表面，甲烷的碳-氢键在室温下是可以被活化的。既然甲烷和氧气能在室温下反应，那么将活化后的甲烷与一氧化碳偶联，理论上也可能在室温下生成乙酸。”基于这个信念，团队开发了系列二硫化钼钨合金金属原子催化剂，并发现其中限域钨-铁双原子位点的催化剂，能够在室温下使甲烷高选择性转化为乙酸。

与此同时，团队也在试图提高乙酸的时空收率。“我们系统筛选了多种过渡金属和非金属掺杂的二硫化钼材料。然而大多数掺杂剂要么活性提升不明显，要么破坏了催化剂原本的低温选择性。尤其是在试图增强催化剂对甲烷碳-氢键活化能力的同时，常常会导致难以高效进行碳-碳偶联，乙酸的产率反而下降。”崔晓菊描述那段日子时，语

崔晓菊.. 科研密钥藏在从「被动」到「主动」的转变中

■本报记者 孙丹宁

气仍有些沉重，“有一段时间，我们几乎陷入了‘掺杂一测试一失败一再掺杂’的低效循环，团队压力很大。”

真正的转折点来自团队对质子耦合电子转移机制的深入理解和巧妙运用。“我们意识到，需要形成更强解离甲烷碳-氢键的金属-氧物种，为乙酸生成提供一条低能垒的质子-电子协同通道。”崔晓菊说。

“经过大量组合筛选以及对掺杂元素种类的精细调控，乙酸的时空收率一下子跃升了近6倍，从26.2提升到152.0微摩尔每克每小时，选择性也突破96%。”崔晓菊总结道，“正是那段‘至暗时刻’，给了我们不断试错、深入理解反应机理的机会。”

科研要把握好“度”

回顾自己的科研历程，崔晓菊认为导师邓德会对她的影响最大。“他给我上了最重要的一课：如何做到胆大心细。”她解释道，“所谓‘胆大’，是指在科研选题和思路构建上要敢于突破常规，挑战难题；而‘心细’则是在执行层面，把每一个实验步骤、每一个数据点都做到极致。”

如今，作为导师的崔晓菊正在努力传承这种“胆大心细”的科研精神。“我会鼓励学生提出天马行空的科学问题，但同时要求他们设计周密、逻辑清晰的实验方案；我会支持学生挑战高难度课题，但也会和他们一起分析，通过多轮结构解析，最终确定了产物的组成，并建立了相应的定量分析方法。“当我们最终通过质谱和核磁共振，清晰地解析出甲基过氧化氢和羟甲基过氧化氢的分子结构时，内心充满了成就感。”崔晓菊说道，“这些产物在以往的研究中，并没有通过多种结构解析手段得到验证。”

正是在这个时候，崔晓菊从“被动接受”转向了“主动热爱”。“在研究逐步深入的过程中，我越来越深刻地体会到，这个领域不仅对能源、化工和可持续发展具有不可替代的战略意义，而且充斥着极具挑战性的科学难题。”她说，“正是这种‘重要’与‘困难’的交织，让我决心一直沿着小分子催化转化的方向走下去。”

“随着研究的深入，我们意识到，虽然封装在石墨烯中的金属纳米颗粒本身具有催化活性，但如果能将催化剂制备成整体式电极，不仅能简化电极制备流程、增加机械强度，还有望进一步提升催化性能。”受到此前粉末催化剂成功经验的启发，她尝试将“钨钼”结构从粉末催化剂扩展至宏观的泡沫镍骨架，并设计出独特的双级“钨钼”结构。

这种双级“钨钼”结构不仅充分发挥了石墨烯封装对活性位点的保护作用，同时通过金属中心对石墨烯的电子调控作用，进一步优化了石墨烯钨钼表面的催化活性。此外，该结构还显著增强了整体式电极的化学稳定性，从而在电催化催化二氧化碳分解反应中实现了催化活性与稳定性的双重提升。

通过这次实验，崔晓菊意识到，此前粉末催化剂的研究往往聚焦在纳米尺度的“微观活性”层面，而整体式电极必须统筹宏观、介观和宏观三个尺度的结构协同。“这种跨尺度的协同设计思维，是实现催化剂从‘实验室小试’走向‘工业级应用’的关键。”

而在这些封装工艺的探索中，她也深刻体会到了“把握度”的重要性。石墨烯钨钼层太薄会导致包覆不均，泡沫镍骨架在反应中迅速腐蚀；钨钼层太厚则会严重阻碍金属电子向石墨烯表面的穿透，导致活性位点能力不足、催化活性不佳。“把握好‘度’，就是在‘不够’与‘太过’的钢丝上，找到科研的平衡。”

当被问及如何在忙碌的工作中给自己“充电”时，崔晓菊回答：“最大的‘充电’方式，其实是在工作中获得成就感——当看到一个新的实验现象、收到一份积极的审稿意见或学生取得突破时，那种发自内心的喜悦更能激励我继续前行。”



看“圈”

栏目主持:雨田



许健民 获第70届国际气象组织奖

当地时间6月24日，中国工程院院士许健民在瑞士日内瓦领取了第70届国际气象组织(IMO)奖。该奖项是全球气象界的最高荣誉奖项，每年颁发一次。许健民此次获得的奖金总额为1万瑞士法郎(约人民币8.7万元)，将全部用于中国气象局设立“妈祖”奖。

许健民领导并制定了风云气象卫星发展蓝图，推动风云一号极轨气象卫星和风云二号静止气象卫星研制发射，实现了我国气象卫星从无到有的历史性突破。



陈伟强 全职加盟南京大学

日前，南京大学官网信息显示，美国纽约大学终身教授陈伟强已全职加盟母校，担任南京大学生物医学工程学院院长、教授。

陈伟强出生于1983年，2005年获南京大学物理学专业学士学位，2008年获上海交通大学电气工程专业硕士学位，2014年获美国密歇根大学机械工程博士学位。他是美国心脏学会会士(FAHA)，主要研究方向包括细胞生物物理学、微流体生物芯片和器官芯片、癌症医学等。