

有一个场景大家都很清楚：教师问学生“有没有问题”，学生总回答“没有”，可一到做题或做实验时，学生总是出现各种问题。为什么不能自己发现问题，非要等别人问或做作业时才能暴露问题？不仅如此，中国学生还普遍存在“三无”问题——无问题、无想法、无论证。

实际上，这是批判性思维的缺失。

“北京大学本硕博、教授、博士生导师。”“对学生的基础知识和成绩无要求。”“实验无须长时间重复操作。”“若每周工作15小时以上，保证发表1F(影响因子)大于4的论文(一作/共一)。”……看到这样的招生广告，彼时还是华中科技大学同济医学院药学专业大一学生的程先志，第一反应就是“画饼”。

他问遍了学长、学姐。“画饼，这绝对是画饼。”几乎所有人给出的答案都惊人的一致。

换了别人也许就放弃了，但残存的一丝好奇心驱使程先志走进了华中科技大学同济医学院药学院教授吴肇勃的课题组旁听，又通过测试进入了课题组。

一次大胆的选择，让程先志创下了课题组本科生最快发论文的记录——进组才一年多，大二暑假时，他作为共同第一作者的第一篇论文发表在生物学领域顶刊《核酸研究》上。

吴肇勃是怎么帮他做到的？

一张“古怪”的试卷

2018年，吴肇勃从加拿大回国，加入华中科技大学。因为刚入职，研究生还没到位，他就想挑选几名本科生到实验室里做科研。

但是，怎么选择合适的本科生开展研究？是看学习成绩、高考分数，还是看学生的表达能力？吴肇勃觉得都不是很合理。“我开始认真琢磨科研究竟需要哪些能力。最后，去伪存真、辩证分析、快速决策等能力跃入我的脑海中。”

他给学生设计了一套看起来有点“古怪”的试卷。“什么考试不仅开卷，还可以一周后交卷？”程先志心里暗爽。可一拿起试卷，他傻了眼。

“要想跑好清华这一程，我想得在下面三个方面做好准备……”题目呈现了一段清华大学本科生在开学典礼上的发言。第一部分是观点论证。出题人要求评估这段论证存在的错误，如推理错误、假设错误、因果关系错误等，并尝试修改。

第二部分考察抽象类比，用生活中常见事物命名和解释某一模型，阐述选择的理由，并思考可能存在的不足之处。第三部分考察创新思维，第四部分考察信息收集、辩证思维与中文写作，第五部分考察英文写作。

“感觉不太像以往见过的考试，像是考察逻辑，又不是逻辑。”程先志的疑惑，最初吴肇勃也有。“一开始，很难定义这是一种什么能力。”吴肇勃说。

直到2019年参加教师岗前培训时，吴肇勃才意识到，原来这种能力就是批判性思维。

仅对科学本质的认识而言，西方有逻辑实证主义、证伪主义、社会历史主义等许多思想流派，而我国的思想流派则星光黯淡。“其中一个重要原因在于我国教育长期偏重知识的记忆性学习，缺少对批判性思维的系统性培养，这不利于我国思想家的成长与活跃。”华中科技大学客座教授董毓在培训时如是说。而批判性思维在国外经历了漫长的发展。当代最新的理念把批判性思维看作是一个探究和创新导向的思维过程，它能帮助人们认知、明辨、决策和解决问题，对创新起到促进作用。

董毓师从国际非形式逻辑和批判性思维协



解决“三无”问题

批判性思维要进入下一程

■本报记者 温才妃

图片来源:视觉中国

会创始人大卫·希契科克。从2011年起，他每年暑假都从加拿大飞往中国开办批判性思维培训班。“对于中国学生来说，批判性思维最重要的是能帮助他们解决普遍存在的‘三无’问题——无问题、无想法、无论证。”董毓指出。

2020年8月到12月，《中国科学报》以《研究生为何提不出问题》为题刊发报道，开设相关专栏，在高教界引起强烈反响，也引起批判性思维研究人士的关注。

批判性思维与形式逻辑有着本质不同。“比如，二者最大的区别之一是形式逻辑仅关注从前提到结论的推理，追求唯一、确定的结论，是标准答案式的思考方式，而批判性思维正是从问题开始进行多样化的探究，有助于提问和发散思考。”董毓说。

“我发现，批判性思维的路线图与科研进程是相对应的。科研最开始是提出一个合适的科学问题，而批判性思维的第一步也是理解主题。”吴肇勃解释道。

想到这里，吴肇勃一下子就干劲儿了，买了董毓的《批判性思维十讲》教材，结合慕课，开始相对系统地学习批判性思维。

为了“吓跑”部分学生

2021年，吴肇勃正式用批判性思维挑选本科生进组。笔试、面试难度大，其实“本意也是‘吓跑’一些学生，因为会被笔试、面试‘吓跑’的学生，日后遇到科研难题岂不是更要‘落跑’？”吴肇勃笑着说。

在加大挑战度的同时，还得保证有人报名。于是，他在招生广告上加上了“对学生的基础知识和成绩无要求”“实验无须长时间重复操作”“保证本科期间发表1F大于4的论文”等内容。不久前，吴肇勃在上海贤达学院召开的全国批判性思维大会上，揭开了“选人”的秘密。

显然，这是一个“勇敢者的游戏”，反而更能激发名校学生的挑战欲。报名人数由第一年的个位数，增加到如今的二三十人，挑选的范围越来越大。

吴肇勃的语言能否兑现？学生进组后，他好像暂时“忘记”了这件事，而是又给课题组买了好几本《批判性思维十讲》，让学生们结合慕课进行学习。

“我们的研究特点是实验上手较快，但如何分析海量数据，从中找到最合适的研究问题则比较

困难。”吴肇勃说。

刚进组的一两个月，程先志和同学们没有做任何实验，而是按照吴肇勃的要求看文献。因为“科研的入门是对文献的批判性阅读。学生通过文献阅读，了解领域发展的脉络是什么、存在哪些没有解决的问题，已有的技术、积累可以怎样解决问题。这是一个综合分析、论证评估的过程。否则，有些学生会盲目相信文献，而忽略文献中的夸大之处和隐含问题。”吴肇勃告诉《中国科学报》。

硅基电路中，编码器的定义是将信号或数据进行编制，转换为可用以通信、传输和存储的信号形式的设备。在阅读文献的过程中，华中科技大学同济医学院临床医学专业本科生谢天赐发现有DNA电路中的编码器都是以信号输出为终点，而不是以DNA输出，这样的编码器很难参与下游电路的反应，无法实现编码器功能。

“运用批判性思维中的‘澄清观念’，我们发现这是DNA电路领域中一个亟待解决的问题，最后构建了以DNA输出、可以参与下游反应的真正的DNA编码器。”上述成果发表在生物学领域顶刊《核酸研究》上，谢天赐是论文的第一作者。

CRISPR-Cas12a是一个常用的基因编辑和分子诊断工具。通过阅读文献，华中科技大学同济医学院临床医学专业本科生许杰发现了基因编辑工具CRISPR-Cas12a活性差的问题。“我们运用批判性思维中的‘问题分析’，分解了CRISPR-Cas12a的组成要素，找到了影响活性的关键因素，使得其核酸检测能力提升超过1000倍。”这一成果发表在分析化学领域顶刊《分析化学》上，许杰为论文第一作者。

4年过去，该课题组共有29人次的本科生以第一/共一作者发表SCI论文23篇。本科生每人负责一个独立的课题。“他们不再是实验室的‘螺丝钉’或‘打工人’，而是转变为主人公心态，真正去设计实验甚至设计课题。”吴肇勃说。

那些质疑“画饼”的声音，一下子销声匿迹了。

不能简单开成一门课

这期间还有一个小插曲——察觉到学生看书、看视频的效率有点低，2021年吴肇勃为药学院硕博试验班开设了一门必修课“科学思维与研究方法”，讲批判性思维的基本概念。2022年，这门课进一步拓展为整个同济医学院的选修课“批判性思维与科研创新”。很快，这门课又进入了华中科技大

学创新教育与批判性思维研究中心的视线。

华中科技大学是我国批判性思维研究的大本营。2014年，在中国科学院院士、华中科技大学教授杨叔子的牵头下，华中科技大学教授刘玉、董毓等发起筹建了教育部高等学校文化素质教育指导委员会批判性思维与创新教育分指导委员会。

然而10年过去，这一委员会至今仍未“去筹”。望文生义的理解让很多人谈“批判性”色变。如果不是2021年两院院士大会上对“批判性思维”进行正名，不少人都建议董毓将批判性思维改名处理。

与此同时，一些打着批判性思维旗号“挂羊头卖狗肉”的课程，在培训界活跃起来。“我和冒名的、被阉割的‘批判性思维’斗了10年。”董毓回忆道。

2017年，华中科技大学成立创新教育与批判性思维研究中心，由中国工程院院士李培根挂帅。赶上了人工智能的热潮，批判性思维再次被推向风口浪尖。只不过，这一次是正向的，高教界开始反思学习方式，并认为未来的学习方式不再是知识性学习，而是包括批判性思维在内的高阶能力培养。

如果批判性思维有全面推广的可能，它将是什么样子？董毓不止一次想过这一幕。“如果按照习惯的做法，到哲学系以逻辑学科推广，那么批判性思维课程很可能异化为脱离实际的逻辑课程。”

“如果这种狭隘和追求标准答案式的课程大量开设，虽然可以迅速完成‘批判性思维’的课程建设，但对创新教育并没有实质性帮助，反而可能阻碍创新能力的培养。”

……

刘玉也觉得，是时候该给高校“打个样儿”了。2023年春季，华中科技大学计划在全校推出批判性思维小班课。此前，他们开设了一批批判性思维课程，接着在学校内部找试点，“主要是在本科生创新创业学院——启明学院的创新实验班开展，并且规定将批判性思维开设为其必修课程”。刘玉说。

小班课的第一步就是培训师资。这一次，吴肇勃和同事系统学习了由董毓主讲的批判性思维。吴肇勃顺理成章地成为9名小班课教师中的一员。

“亲自教学后，我发现批判性思维并不是拿着董老师的教材简单开一门课就可以。”吴肇勃说，“如果只停留在了解批判性思维是什么上，而缺少实际应用，那么知识内容很快就会被遗忘。更好的方法是在了解批判性思维的基础

全国首个脑机接口专业方向正式招生——本科生怎么学习脑机接口

■本报记者 陈彬

今年秋季学期刚开始，天津大学便对外宣布，该校正式开设全国范围内的首个脑机接口专业并启动招生选拔。目前，该专业首批招收的20名学生已经由原专业转入脑机接口专业就读。

在很多人看来，脑机接口这样“高大上”的技术，似乎不该是本科教育涉足的领域。事实上，我国对于脑机接口相关领域的教育也基本起始于研究生阶段。此次天津大学在本科生群体中进行脑机接口专业教育的初衷是什么？本科生能否掌握相关知识？对于这些学生，天津大学又有怎样的期待？

培养出合格人才的关键不在培养阶段

只要对目前医学领域科技发展趋势有了了解的人，就不会对“脑机接口”一词感到陌生。“脑机接口技术是在大脑与外部设备之间建立直接信息通路，这将颠覆人机交互模式、革新人类生产生活方式，也是促进国防、医疗、教育等诸多领域未来产业发展的关键核心技术。”接受《中国科学报》采访时，天津大学医学院副院长杨佳佳表示，目前世界主要大国都在前瞻部署脑机接口的未来科技与产业，试图抢占新领域、新赛道的发展先机。

这成为了天津大学设立脑机接口专业方向的大背景。

据悉，天津大学的脑机接口专业方向由该

校未来技术学院与医学院联合共建，汇集校内医学部、电气自动化与信息工程学院、微电子学院等优势资源，通过入校后二次选拔的方式招收学生。

至于为何要从大一学生中招生，该校未来技术学院常务副院长原续波解释，目前我国现有的脑机接口领域人才培养主要从研究生阶段开始。这导致学生的本科四年无法接触脑机接口领域的核心知识，其相关知识传授只能从研究生阶段开始。

“这就意味着学生最少要花费7年时间，才能掌握脑机接口的相关知识，无形中大大拉长了学生的培养周期。”原续波说，相比之下，如果从本科阶段就开始培养，学生只需要4年时间就能对脑机接口形成系统性的认识。

然而，4年的本科学习是否足以让学生掌握足够的知识呢？

对此，杨佳佳直言，此前由于本科阶段无法直接学习脑机接口相关内容，而研究生培养年限通常为2.5~3年且有科研创新的培养要求，这导致其培养的系统性略显不足。“可以说，能否培养出合格脑机接口人才的关键并不在于培养阶段，而是具体的培养过程本身。”

她表示，作为高度交叉的新型学科，脑机接口需要从业人员具备电子、信息、材料、生物、医学等多学科交叉知识，以及多学科融通的新型思维方式和技术创新能力。“如何能在本科阶段达

到以上人才培养目标，对我们来说是一项需要面临的挑战。”

贯穿4年的项目式教学

时下，天津大学脑机接口专业首批招收的20名学生正式开始了专业学习。他们是在200多名“竞争者”中优中选优、成功“晋级”的。

“我们的选拔流程包括综合测试、专家面试等环节。选拔过程中，除了重视数学、物理及相关竞赛的成绩外，我们会重点关注学生的自主学习能力、解决问题能力、创新能力等多方面的综合能力与素质。”原续波说。

比如在面试中，考官会要求学生分享一次自己参与且印象深刻的比赛，说明自己在参赛团队中的角色、当时遇到了何种困难和挑战，以及最终解决困难的策略等，以此考察学生的组织能力、团队合作能力和创新性思维能力。

对于学生综合能力的构建，也会渗透到培养过程的每一个环节。

比如在课程设置上，除了通识课程以及思政类课程外，学生的核心专业课程知识体系会被重组，以新型项目式课程的形式展开教学。杨佳佳解释说，以大一阶段开设的《脑机接口I》项目式课程“认知增强的意念小球”为例，课程将引导学生自主完成该项目，由此串联起工程设计、电路基础、单片机原理与接口技术、信号处理等方



脑机接口科研团队开展相关教学实验。受访者供图

面的专业知识。

这样的项目式课程将贯穿学生本科四年全过程，由此培养学生的跨学科知识学习和应用的工程思维与工程整合能力，激发学生的学习兴趣。

除课程外，天津大学校内各学院的国家级科研基地也会向学生开放，鼓励学生开展课外科创活动和校企结合的科研活动。

“总之，脑机接口专业将发挥学校的工科优势，为学生多样化发展提供灵活、有利的平台。”原续波说。

构建校企协同的教学生态

具备了与脑机接口相关的跨学科知识储备和综合素质的学生，其未来发展路径是多样化的。

“通过4年学习，我们希望能给学生打下足够的学科基础，开辟多种就业方向。”杨佳佳说，该专业的学生可以在脑机接口、医疗器械、人工智能、集成电路、智能控制等相关企业或研发机构，从事脑机接口产品的开发、设计、测试、生产

上，通过专业课程、科研实践加以配合。”

批判性思维融入专业教学

把批判性思维与专业教学融合，又会产生哪些神奇的反响？

程先志分享了一次实验课上的趣事。在DNA凝胶电泳实验课上，有一组同学的DNA上样缓冲液(loading buffer)用完了，他们看到另一边摆放的蛋白质上样缓冲液，便将它加入到DNA样品中，结果却令他们大失所望，凝胶上没有出现期望中的DNA条带，不得不重新准备样品再次进行实验。

“这是他们没有完全理解上样缓冲液的意义，以为灵活处理了实验中出现的错误，结果聪明反被聪明误，闹出了笑话。”吴肇勃的同事、华中科技大学同济医学院药学院教授刘俊军指出，在本科生的很多实验课程中，尽管教师强调实验原理，但学生往往仅关注教材所列的操作步骤，很少深入探究实验原理。运用批判性思维中的“澄清观念意义”，刘俊军让学生们看到了探究实验原理的简单方法和举一反三的好处。

在“物理化学实验”课程上，几乎所有学生印象最深的都是盐的积分溶解热的测定实验。

实验的计算式只有一个分数式，分母里有一个温度变化的量。积分溶解热的定义提示温度不变，也就是分母里的这个量似乎应该为0。多数人没有考虑到分母为0的异常，不对实验的计算式进行质疑。“这就是批判性阅读能力欠缺的一种表现。”刘俊军说。

“刘老师从积分溶解热的定义出发，一步步将计算式的不同项拆开，让我们从澄清观念的角度明白，实验方案中，温度变化的过程和定义里要求的温度不变的过程本来就不一样，只是有人巧妙地依据热力学原理设计了一个求积分溶解热的方法方案。”程先志说，在搞清楚原理后，他们有一种豁然开朗的感觉，明白了实验为什么要这样操作，也知道了当实验条件改变时，甚至实验对象改变时，可以怎样设计和实施实验。

相比开设批判性思维课程，把批判性思维与专业教学融合属于“高难度动作”，刘俊军为何要执着于此？

原因并不复杂。“有一个场景，大家都很清楚：教师问学生‘有没有问题’，学生总是回答‘没有问题’，可一到做题或做实验时，学生总是出现各种问题。为什么不能自己发现问题，非要等别人问或做作业时才能暴露问题，这让我感到有这种强烈的感觉。后来在培训中我才明白，这是批判性思维的欠缺。”刘俊军告诉《中国科学报》。

“融合了批判性思维，我们便知道为什么要学这些知识，这些知识是怎么来的，用这些知识能解决什么问题，学完之后能力上有哪些提升……从前学生不会思考这些，很多人觉得拿到学分就是上课的目的。”他补充道。

刘俊军在学生中做了一个小调查，学生的普遍反馈是融合批判性思维的课程，实验课比理论课的效果更好。

这与董毓的预判相吻合。“实验是研究性学习的一种，而研究性学习从问题到分析再到结果，是唯一一个从实践中思考学习的方式，区别于偏重思考的阅读、写作。”

“在药学院，对很多基础知识的深刻理解最终都可以落实到应用场景中。结合批判性思维，学生可以触类旁通地在大学生创新创业计划中解决科研问题，提升解决实际问题的能力。这时，就会有一股促使学生自主学习的强大驱动力，这让我认为有必要在专业教学中引入批判性思维。”刘俊军告诉《中国科学报》。

在吴肇勃看来，“在未来，批判性思维与专业教学的结合，可以参考课程思政的路线。”

对此，董毓表示同意。“大量的学科教学还是通讲，学生即便掌握了知识，仍然不会去思考知识的局限性。教师只有自己学习了批判性思维，才能将其渗透在专业教学中，比如注意到知识的局限性，启发学生进行多样化思考。事实上，进行科学论课时，尤其要注意替代观点和反例。”

等工作，也能在高校、科研院所、临床机构从事教学、科研或者管理工作，甚至可以在政府机关从事与本专业相关的政策规划、标准制定、质量监管和社会服务等工作。

“当然，学生也可以自主创业，将知识和技能转化为实际的产品或服务，成为满足国家与市场需求并创造社会经济价值的企业家。”她说。

如此多样的就业出路，以及脑机接口本身贴近医疗实践的属性，决定了该专业的人才培养必须与产业相结合。

“我们希望构建一个校企协同的教学生态，并与企业建立联合实验室、创新中心，组织实习项目，提供多种类型的实习岗位；同时邀请行业总师担任企业导师，为学生提供实践指导和行业洞察，帮助学生规划未来的发展路径，助力学生成长与发展。”杨佳佳说。

她介绍说，在校内，该专业将依托天津大学创新创业学院(宣怀学院)背后广大的企业以及校友资源，为学生提供实践教学帮助；在校外，他们已经与包括中国电子、航天科工、华为、联影等在内的多家国内领军企业、科研院所、临床医院建立联合实验室或创新中心，为学生提供充足的实习机会、实践经验和就业机会。

尽管如此，杨佳佳依然认为，如何与产业界以及科技界进一步深度合作，仍是一个需要认真思考的问题。

“我们希望未来能从产业界获得更多技术支持，软硬件资源以及真实项目经验，增强学生的实际操作能力，同时也希望能与国际知名高校和科研机构建立合作关系，进行人员交流、联合研究等，拓宽学生的国际视野。”她说，此外，脑机接口作为新兴行业，希望能在行业内部推动相关标准、伦理和规范的建立，提高整个领域的人才培养水平。

“我们希望站在未来的角度，确保自己培养出的人才可以更好地适应未来需求。”杨佳佳说。