

全球化视域下科普教育与科学思维创新：实践、挑战与机遇

崔映宇

同济大学医学院细胞生物学系，上海

摘要：在全球化日益加深的今天，科普教育在推动科学知识的国际传播和科学思维的创新发展中扮演着至关重要的角色。本文深入分析了科学普及与科学思维的基本概念、高阶思维类型及科学思维品质，并探讨了全球化背景下科普教育面临的挑战与机遇。通过生命医学专业的教学和科研成果的科普展示，本文提出了在科普活动中陶养和提高受众科学思维能力的新途径，旨在促进国际科技交流与合作，推动全球科学文化的繁荣发展。

关键词：全球化；科普教育；科学思维；创新思维；挑战与机遇；国际合作

Science Popularization Education and Scientific Thinking Innovation in the view of Globalization: Practices, Challenges and Opportunities

Yingyu Cui

Department of Cell Biology, School of Medicine, Tongji University, Shanghai

Abstract: In today's increasingly globalized world, science popularization education plays a crucial role in promoting the international dissemination of scientific knowledge and innovation of scientific thinking. This article deeply analyzes the basic concepts, higher-order thinking types, and scientific thinking qualities of science popularization and scientific thinking, and explores the challenges and opportunities faced by science popularization education in the context of globalization. Through the presentation of teaching and research achievements in the field of life and medicine, this article proposes methods to cultivate and enhance the scientific thinking ability of the audience in science popularization activities, aiming to promote international scientific exchange and cooperation, and promote the prosperity and development of global scientific culture.

Keywords: Globalization; Science popularization education; Scientific thinking; Innovative thinking; Challenges and opportunities; International cooperation

1 引言

第四次工业革命-信息技术和人工智能的快速发展和迭代,使地球上不同国家人民之间的心智距离迅速拉近,数智化浪潮席卷全球,人类居住的蓝色星球成为名副其实的地球村,人类命运共同体理念正日趋深入人心、不断成熟和完善。在此背景下,科学普及成为促进国际科技交流与合作、推动全球科学文化繁荣发展、使地球村村民共享科技发展红利的一个至关重要的时代课题。

2 核心概念界定与理论建构

2.1 科学普及

科学普及(Science popularization),简称科普,泛指利用各种媒介以浅显、通俗易懂的方式,让公众接受自然科学知识、推广科学技术应用、倡导科学方法、传播科学思想、弘扬科学精神,进而提升公众科学素养和认知水平等文化活动的统称。是一种针对社会大众的科学技术普及教育活动。内容涵盖古今中外的科学新发现、新理论及新技术,促进社会各阶层人民的科学文化知识有效积累,满足普罗大众对科技文化和科学精神的需求。

科普教育通常由社区的专业人士、科学家、学术共同体和/或其他有关的组织者和大众共同参与完成,通过科学家或专业人士宣传、展示和科普其各自领域内的公理、经典理论、里程碑事件和/或最新研究前沿进展,为相关组织的科学探索和技术应用提供信息和建议,主要解决民众的科学技术问题,提升大众的科学思维,提高其科学素养。

科普实践是科学创新和技术迭代升级道路上的一种有效补充,让人们在传播自然科学、技术进步和科学文化知识的过程中感受最新发现的魅力,提高其科学素养、使其掌握获取信息的最佳途径,以便能从这个全新的时代中获得最大的发展,从而提高其生活幸福感。

2.2 科学思维

2.2.1 思维

思维是人脑对事物进行概括的间接反应过程,以感知为基础又超越感知界限的所有认知和/或智力

活动的统称,旨在探索和发现事物内部的本质联系和规律,常借助表情和/或语言相互交流,是认知过程的高级阶段,也是一种认知工具。

2.2.2 科学思维

科学是人类研究自然现象,发现其规律的基础上形成的知识系统,以及获得这些知识系统的认识过程和在此过程中所利用方法的统称。科研目的在于揭示事物各种现象的本质,认识其运动和发展规律,并从感性认识上升到理性认识,以便于科学传播。科学思维就是人脑认识事物本质属性和规律的一种理性工具[1],是从科学视角认知客观事物的本质属性、内在规律及相互关系的高级方式,是人们内化了的思维体系,包括观察、比较和分类、分析和综合、归纳、概括、抽象和升华等。

2.2.3 高阶思维

科学研究离不开高阶思维,理解其内涵主要有三种视角。哲学视角,主要指有高阶思维能力的人所具备的特征;心理学视角,主要反映高层次的认知过程及其发生机制;教育学视角,主要反映高阶认知过程的表现。整合心理学和教育学两个视角,认为高阶思维指发生在较高认知水平层次上的认知活动[2],需要经历从批判性思维(发现真问题)到创造性思维(发散性思考可行的解决方案)再到批判性思维(收敛性思考选择最优解)的认知过程,方能实现真正意义上的创新。基于不同视角、运用多种方法、通过多个侧面进行思考,形成问题解决的多种方案、多种路径,并经历推理、评价、分析和预测等批判性分析过程,进行方案、路径的选择和优化。

2.2.3.1 逻辑思维

逻辑思维是人们在认识事物过程中借助于概念、判断、推理反映现实的过程。运用科学的抽象概念、范畴揭示事物的本质,表达认识现实的结果。逻辑思维是一种确定的,前后一贯的,有条理、有根据的思维;在逻辑思维中,要运用到概念、判断、推理等思维形式和比较、分析、综合、抽象、概括等方法,而掌握和运用这些思维形

式和方法的程度，也就是逻辑思维的能力。简之，逻辑指思维的确定性和有序性，是人类认知过程中必须遵循的思维规则。

2.2.3.2 批判性思维

批判性思维不是批判，更不是否定，而是“面对相信什么或做什么而做出的反省性和合理性的思维”[3]，表现为理性谨慎的反思，据已有知识提出自己的观点，并基于证据和逻辑对观点进行评估，得出合理结论的思维能力（thinking skills）和思维倾向（thinking dispositions）或思维习惯（habits of mind）。具体能力包括分析论点、主张或证据，用归纳推理或演绎推理进行推论、判断或评价，做决策或解决问题等过程。包括思维开放、思想公正、寻求理性、充满好奇、希望得到充分的信息、具有灵活性、尊重他人等人格品质。对学生或科普对象而言，“信什么”即获取知识，“做什么”即问题解决，这正是目前中小学教育和高等教育所要培养学生的两种基本核心能力，也是科普教育应秉持的基本学理。

2.2.3.3 创新性思维

创新性思维是在学习科学知识、解决科学问题和科学创造活动中，根据一定的目的，运用一切已知信息，在新颖、独特且有价值地（或恰当地）产生某种创意或产品的过程中表现出来的智能品质或能力，是思维发展的高级阶段，是人类一切发明、发现和创造活动的智慧之源[1]。将已有的知识和经验加以改组、综合和重构/塑，灵活地创造出超越常规又有效地解决问题的方法。因此，新颖性和价值性是创新性思维的本质特点。新颖性是指无论在思路的选择、思考的技巧、思维的方法，还是在思维的结论，都具有独特之处。价值性主要指能够有效解决问题，既可以体现为社会价值，也可以体现为个人价值。创新性思维是直感与想象的交叉，创意之源泉，创新之基础，创造之前提，是一个发散思维和收敛思维辩证统一的过程。一个真正的创新至少需要一次发散思维及其前后两次收敛性思维的靶向和锚定方能实现，但发散思维是核心。提示科普教育过程中激发听众兴趣和想象，引领其进行头脑风暴，是实现科普教育目的的重要手段。

综之，高阶思维至少包括逻辑思维、批判性思维和创新性思维三类。其中，逻辑思维是后两者的基础和前提，乃科学思维的底层逻辑、是规则，高阶思维（批判性思维和创新性思维，乃至系统性思维等）是逻辑思维基础上的提升和精进。

2.2.4 品质

科学思维品质是在学习科学知识以及研究和解决科学问题过程中逐渐形成和发展出来的、直接影响工作效率的个体智力和思维特征，包括敏捷性、灵活性、深刻性、批判性和独创性等五个方面。敏捷性，指思维过程的速度或迅速程度，体现在思维的反应速度和正确性两方面。灵活性，指思维活动的灵活程度，体现在思维反应的方向、过程灵活，迁移能力强。深刻性，即逻辑性，反映思维的抽象程度和逻辑水平，体现在思维活动的广度、深度和难度。批判性，指思维过程中保持客观、公正、开放、理性，严格评估材料信息源的真实性程度、精细地检查思维过程的品质，包括分析性、策略性、全面性、独立性和正确性等方面。独创性，表现为善于独立思考，善于创造性地发现问题和解决问题，主要反映在发散性、独特性和新颖性等方面。

2.2.5 核心要素

作为公民核心素养的科学思维，主要指科学思维能力，包括提出假说，模型构建，推理论证，创意、创新和创造等。

2.2.5.1 提出假说

提出假说是一种认知手段和思维方式外现，是引导学生根据对研究对象某表型特征的仔细观察和结果记录统计，尝试建立自变量和因变量之间相关性的一种初步实验或实践过程，是后续设计实验、验证关系的基础和前提，是科学探究的起点[4]。

2.2.5.2 模型构建

模型构建是据研究问题和情境，对客观事物概括和抽象的基础上构建易于研究、能反映事物本质特征及共同属性的理想模型、理想过程、理想实验和科学概念的过程，也是一种认知手段和思维方式。助于学生抓住事物的关键要素，加深对概念、

过程和系统的理解，锤炼自身的系统思维能力。

模型构建能力包括两个层次：（1）模型理解能力，即理解模型的要素与结构，运用模型解释、解决问题；（2）模型建构能力，即确定本质要素的结构、功能、关系，形成与真实系统一致或基本一致的模型。前者是后者的基础，后者是前者的深化和运用。

2.2.5.3 推理论证

科学教育研究和实践中的科学推理，是指从已知的科学命题得出新命题的思维形式或过程，需要运用多种高水平认知工具的复杂活动过程，不仅包括逻辑学中的归纳推理、演绎推理和类比推理，还包括比较与分类、分析与综合等批判性思考，以及控制变量、组合、概率、相关、因果等推理论证过程。在科学教育领域，研究者常常用科学论证代替批判性思维。

科学论证（Scientific argumentation）是引用来源可靠的公共数据和/或资料来支持自己或反驳他人论点的过程。科学论证能力是以科学知识为媒介，积极面对问题，对所获得的数据资料进行解释说明，提出自己的论点，反思自己和他人论点的不足并提出反论点，同时反驳他人的质疑和批判的高阶思维能力。

2.2.5.4 创意、创新和创造

创新思维即创造性思维，不仅是创意、创新和创造的认知工具基础，更是创业的基础和前提。主要表现为发散性思维，能“从不同角度分析、思考问题，提出新颖而有价值的观点和解决问题的方法”“能对不同观点、结论和方案进行质疑、批判、检验和修正，进而提出创造性见解和方案。”

2.3 科普及科学思维陶养和提高

科普的目的是传播科学文化知识，而科学文化知识是前人和科普工作者本人自身科研实践成果的结晶和升华，是科技工作者科研思维和实践成果集大成者，因此，科普绝不应该仅仅是一个个已发表科研成果结论的堆叠和单向传输，而应该是引领科普对象追溯前人重大科研发现的思维轨迹或回溯自身重大科研发现的思维过程、帮助听众理解相应科

研成果的理论意义甚或应用场景，以激发其热爱科学的兴趣、满足其好奇心，进而提升其科学素养和认知水平。

那么，科普过程中如何启迪、陶养和提高受众的科学思维能力和水平呢？下面结合本人生命医学专业相关的教学学术和科学学术方面的研究内容和成果简释如下：

2.3.1 生命和生物

生命是物质（主要是蛋白质和核酸）运动的一种形式，生物作为有生命的客观存在（living beings），是开放的相对稳态系统，是物质、信息和能量在特定时空的表演。生命科学试图揭示生命奥秘和生物生理稳态维持的本质、机制、规律或稳态失衡下的调控机制。生命的运动属性决定了生物表型和基因型的确定性是相对的，不确定性和/或不稳定性才是生物必须直面的本真。

2.3.2 病毒是生物吗？

“病毒是生物吗？”是一个古老而又有争议的话题，特别是新冠病毒（Corona Virus Disease 2019, COVID-19）肆虐和奥密克戎株（Omicron）流行期间，学生“宅”家“网”课时，有不少学生课后问到此问题。有同学说“是”，有同学说“不是”。这是学生联系学习和生活实际，对高中生物学相关知识的反思和再思考，是学生自主学习和思考的生动体现。教师应该抓住这样的“契机”，给予积极鼓励和引导，以启迪、陶养学生们的逻辑思维、批判性思维和创新思维能力。可以通过以下三个步骤或问题进行引导启迪：

（1）请学生说明或写出支撑其“病毒是生物”或“病毒不是生物”结论的推理过程，给出相应的大前提、小前提和结论（三段论），考察和训练学生的逻辑思维能力。学生根据高中生物教材中，“生物”区别于“非生物”的七大基本特征（一“严”二“代”三“生长”，应激生殖记心上，遗传变异是特性，适应环境和影响），可以构建出其各自个性化的演绎推理过程，从而训练其逻辑思维能力。

(2) 请学生挖掘“病毒是生物”或“病毒不是生物”判断的隐含假设，隐含假设的挖掘需要谨慎反思，是批判性思维能力的一个重要考察维度。

(3) 如何修饰假设和/或前提，使结论更合理、严谨，成为一个无懈可击的好结论（吐尔敏论证模型），或考虑构建全新的可替代结论[5]等。

通过上述连环三问的引导，可以激发并训练学生的逻辑思维、批判性思维和创新性思维能力。

2.3.3 松树斗霜傲雪，何以四季常青？

“松”居“岁寒三友”之首。陈毅诗云“大雪压青松，青松挺且直。要知松高洁，待到雪化时。”陶铸著《松树的风格》礼赞其坚强意志和崇高品质。这些关于“松树”的文化精品成了一种精神象征，激励着一代代优秀中华儿女无私报国、服务人民、投身于振兴和复兴中华伟业中。人们崇敬“松”，也对其四季常青、斗霜傲雪的奥秘充满好奇。我就是“松”的追随者之一，将自己的科学学术研究锚定在马尾松树皮提取物生物活性成分的细胞和分子机制探究（癌症和心脏方向）。

我们的研究发现：松和环境接触的树皮和松针中均含丰富的黄酮类化合物-原花青素（多酚家族成员），其结构基元-二苯色原酮上羟基位置的不同不仅与其抗氧化和清除活性氧自由基能力的强弱相关，其聚合度也与其自身在体稳定性、生物可利用度密切相关[6]。该成分在越艰苦恶劣的环境中表达越丰，其抗氧化和清除活性氧自由基活性使“青松不老”。活性氧自由基是生命最基本的结构和功能单位-细胞中线粒体代谢的中间产物，其量的精密调控决定着细胞的生死。研究发现原花青素能剂量-时间依赖地抑制不同癌细胞的体外增殖并诱导其凋亡，甚至缓解荷瘤小鼠的癌肿、延长小鼠生存时间，并且能通过线粒体习服低温保护大鼠离体心脏[7]。原花青素不同剂量、不同作用时间对癌细胞和正常大鼠心脏细胞的不同生物学效应的发现过程是训练学生逻辑思维和批判性思维能力的自身科研实践素材，而下一步这些效应分子机制的探索和揭示则是训练本科生创新性思维能力的至佳选题。因为不仅有高阶思维能力的陶养和提高，更有松树崇高

精神的激励和陶冶。

2.3.4 癌症可治愈吗？

癌症是一种以细胞恶性分裂增殖失控为特征的细胞疾病，也是癌基因、抑癌基因和癌转移相关基因、甚或表观遗传修饰密切协同的分子疾病，临床称占位性病变。至目前为止，国际上尚无有效治愈癌症的临床方法，因为没有灵敏高效的早期诊断分子检测标记（marker），一旦查出即处于“中晚期”，最常用的方法就是“手术切除、化疗和放疗”，近年出现的靶向治疗、免疫治疗效果堪忧，基因治疗更是遥遥无期。通常“术后生存期”超过5年的患者即被认为已临床治愈。因此，人们往往谈癌色变，一旦被临床检验确证患癌，几乎等于被判了“死刑”。更有人认为，当今临床“癌症患者三分之一被吓死，三分之一被过度医疗致死，还有三分之一死于癌症及相关并发症。”并认为对于癌症的临床治疗，现代医学已经走进死胡同，根本思想就是错误的，怎么可能指望把癌症治好？将这样的观点，作为“癌的细胞和分子基础”单元学习后的开放性问题，抛给学生进行头脑风暴，请学生提供各自观点。评估赋分值7，依据可参照以下标准：观点明确（1分），论据充分（不少于3个）（3分）、论证过程逻辑清晰、严谨（3分）。以此激发学生或科普受众的兴趣，积极参与讨论，以陶养和提高其发散性（创新性）思维和逻辑思维能力就是一种效果不错的科普手段。

3 挑战和机遇

全球化和数字技术深度交织的当下，科普正面临前所未有的复杂局面，挑战与机遇并存。

首先，信息过载与算法推荐催生的“信息茧房”会弱化批判性科学思维的培养，进而可能大大削弱公众科学判断力，伪科学借助情绪化叙事抢占传播高地，如新冠谣言常比科学事实更易引发群体共鸣。其次，全球科普资源失衡依然严峻，发达国家依托元宇宙、AI科普构建前沿教育场景，而发展中国家仍受困于基础资源短缺，加剧了知识获取的代际鸿沟。更深层次的矛盾在于，传统单向知识灌

输的教学和科普模式难以培养公众应对科学不确定性的创新思维能力。

转机蕴藏于技术创新与协作范式之中：元宇宙技术将气候变化等复杂系统转化为公众的沉浸式认知体验，AI驱动的“精准科普”可实现个性化学习路径优化。跨国公民科学项目通过分布式数据采集，使公众从知识接收者转变为科研参与者。全球性危机更成为科普转型催化剂，世界卫生组织（WHO）与社交媒体合作推出的病毒科普短视频，验证了娱乐化传播与科学严谨性的融创新机。

未来机遇在于将科学思维创新嵌入日常生活和学习——通过社交媒体议题讨论、在线游戏化学习、两“性”一“度”课堂教学场景设计等，培养受众的逻辑推理与证据评估能力，使其成为公众抵御信息噪音的核心素养。唯有构建包容共享的科普生态，才能在不确定性时代推动科学理性的深层启蒙。

综之，“科技创新、科学普及是实现创新发展的两翼，要把科学普及放在与科技创新同等重要的位置。”科学普及是国家创新体系的重要组成部分，如何做到两翼齐飞，将教育科技人才培养一体推进，是新时代赋予高校教师的神圣使命和义不容辞的职责，让我们以新修订的《科学技术普及法》为行动纲领，肩负起科普的社会责任，积极开展科普活动、多参与国际科普交流，共同构筑创新发展的坚实基础，共同促进人类命运共同体建设，推动全球科学文化的繁荣，造福地球村村民。

4 结论

本文简释了科普和科学思维的基本概念及二者间的关系，联系曾经的社会生活热点、个人科研实践和教学实践的心得体会，分享了科普活动中陶养和提高受众的科学思维创新和科学素养提升方面的具体方法，供同行参考或镜鉴，助力科普受众在科学素养方面的茁壮成长，促其成为热爱科学并能应

用科学的合格社会公民、国家兴旺发达的高素质建设者和地球村和谐生态文明的守护者、科学文化繁荣的奉献者和建设者，从而促进国际科学交流与合作，推动全球科学文化繁荣发展。

致谢

本文为上海市教育科学规划项目（No. C19154）的部分研究成果。

参考文献

- [1] 胡卫平. 深入理解科学思维，有效实施课程标准[J]. 课程·教材·教法 2022, 42(8): 55-60.
- [2] King FJ, Goodson L, Rohani F. Higher order thinking skills [EB/OL] [2022-05-03]. http://cala.fsu.edu/files/higher_order_thinking_skills.pdf.
- [3] Ennis, RH. A taxonomy of critical thinking skills and dispositions. In Joan Boylloff Baron and Robert J. Sternberg (Eds.). Teaching Thinking Skills: Theory and Practice [M]. New York: Freeman, 1987.
- [4] Xiaolu Zhang, Mengqi Li, Yingya Li, Jiao Feng, Yingyu Cui. Effects of Pinus massoniana bark extract on the size of HeLa cells via Nesprin-2 pathway[J]. Curr Cancer Rep 2020, 2(1): 41-47.
- [5] Ennis RH. Critical thinking: A streamlined conception, in Davies M & Barnett (Eds) The palgrave Handbook of Critical Thinking Higher Education [M]. New York: Palgrave Macmillan, 2015, p36.
- [6] Zeng Yan-Xi, Wang Sen, Wei Lu, Cui Ying-Yu, Chen Yi-Han. Proanthocyanidins: Components, Pharmacokinetics and Biomedical Properties [J]. American J Chin Med 2020; 48(4):813-869.
- [7] 崔映宇, 李梦琪, 李响, 李俊, 陈义汉. 马尾松树皮提取物在制备移植器官保存液中的应用[P]. 2020-04-14, 中国, ZL 2017 1 0685544. X.

