

从诺贝尔奖谈创新能力的养成

金 涌

摘要：诺贝尔奖作为科学界的最高荣誉之一，其获奖成果往往代表着人类在各个领域的重大突破和创新。通过分析诺贝尔奖获得者的创新历程、思维方式以及所处的科研环境等因素，可以汲取宝贵的经验，为培养创新能力提供有益的借鉴。这不仅有助于激发科研人员的创新热情和创造力，还能为教育工作者提供指导，助力培养具有创新精神和实践能力的高素质人才，进而提升国家的整体创新能力和竞争力，实现科技强国的目标。

关键词：诺贝尔奖；创新能力；科技强国

“创新是一个民族进步的灵魂，是一个国家兴旺发达的不竭动力，也是中华民族最深沉的民族禀赋。在激烈的国际竞争中，惟创新者进，惟创新者强，惟创新者胜。”习近平总书记的这一论述深刻强调了创新在国家发展中的核心地位。从诺贝尔奖的视角探讨创新能力的养成，对于深入理解创新的本质、推动国家科技进步和人才培养具有重要意义。

一、诺贝尔奖：创新成果的璀璨明珠

（一）从诺贝尔奖看科技进步造福人类

诺贝尔奖作为科学界的至高荣誉，见证了众多推动人类进步的重大发现与发明。从1909年哈伯（Haber）在600℃，20 MP下合成氨，获1918年诺贝尔化学奖；到1913年博施（Bosch）把合成氨商业化并在1931年获诺贝尔化学奖；再到2007年，埃特尔（Ertl）阐

明其表面催化反应机理并于当年获诺贝尔化学奖。再有施陶丁格（Staudinger）提出大分子概念，于1953年获诺贝尔化学奖；齐格勒（Ziegler）和纳塔（Natta）建立聚合催化体系理论和配位聚合催化剂，于1963年获诺贝尔化学奖；等等。诺贝尔奖获奖成果不仅展示了科学家们的卓越智慧，更为化工领域的发展奠定了坚实基础，进而造福人类。合成氨技术的突破使粮食产量大幅增长，得以满足不断增长的人口需求；配位聚合催化剂成就了石油化工中规整性高聚物（如聚乙烯、聚丙烯、顺式聚丁二烯等），形成合成橡胶千万吨级产业。

从多马克（Domagk）发现抗菌药磺胺开创合成药物时代，获1939年诺贝尔生理学或医学奖，到1928年弗莱明（Fleming）发现青霉素可灭葡萄球菌，弗洛里（Florry）、钱恩（Chai）提取出青霉素获1945年诺贝尔生理学

作者简介：金涌，中国工程院院士，清华大学化学工程系教授（北京 100084）。

或医学奖；从鲍林（Pauling）发现纤维状蛋白质螺旋结构和化学键理论，获1954年诺贝尔化学奖；到克里克（Crick）、沃森（Watson）和威尔金斯（Wilkins）提出DNA双螺旋结构，获1962年诺贝尔生理学或医学奖；再到野依良治（Noyori）发现手性催化剂，获2001年诺贝尔化学奖，手性药物的发展显著提升了疗效，为医疗事业带来新的希望。这些成果开辟了分子生物学领域和生物制造产业的无限前景。

（二）从诺贝尔奖看创新的不同特征

诺贝尔奖的获得往往需要有创新、有突破，而创新的原动力在于思维。在不同领域，创新有不同的特征。对自然科学创新来说，值得注意的是创新并不意味着一定要否定旧有的存在，科学创新的特点是新的发现与原有发现并不相悖，如经典力学并不会因为量子力学的出现被否定，因此自然科学领域的创新会开辟一个新天地。对工程科学创新来说，就非常残酷。工程创新一般来讲新的创新成果一定要把旧的代替掉。例如，曾经照相胶片风靡一时，柯达、富士、乐凯主宰全球影像，甚至帮助了抽象派画家崛起，令写实派画家受到质疑。在面对数码成像技术兴起时，柯达和富士对待科技的态度、对待创新的态度截然不同，未积极拥抱新技术和成功转型致使柯达破产。对一个企业来讲，创新不是先进落后的问题，而是生死攸关的问题。工程科学创新是毁灭性创新，需要抓住精髓，不纠缠于枝节问题。

二、创新能力：国际竞争的核心要素

科研创新能力在未来国际竞争中占据核心地位。经济、国防、民族凝聚力及综合国力的竞争，归根结底取决于科技水平、人才素质和创新能力。

（一）自主创新是唯一科学发展模式

应认识到，国力竞争并非单纯取决于财富

积累，过度依赖引资和出让市场可能导致失去自有技术与品牌，陷入依附地位。历史上，我国汽车、洗衣粉等行业在合资过程中就曾遭遇此类问题，外资企业往往不会转让核心技术，使我国企业在技术创新方面面临困境。我们要认识到一流的技术是市场换不来的、买不来的、模仿不来的，只有依靠自主创新，才是唯一科学发展模式。如我国从20世纪70年代开始，从美国环球油品公司（UOP）引进五条十二烷基苯生产线，后来发现全部是用剧毒的氢氟酸作催化剂，是美国已淘汰的技术；20世纪80年代，我国布置下120条彩色电视生产线，发现没有买到彩管技术。引进了彩管生产线，发现电子枪关键技术没有生产特许权。引进了电子枪生产线，发现电视已平板液晶化、等离子化了。

面对激烈的国际竞争，中国需积极探索创新发展之路，注重原始创新与跨越式发展，从生产要素驱动转向创新驱动。如“奇瑞”“吉利”等民营汽车厂，凭借自主创新在市场中崭露头角；我国在石墨烯研究方面取得的成果，也展现了从“跟跑者”向“并跑者”“领跑者”转变的潜力。

（二）综合国力的竞争取决于创新能力

科技竞争、人才竞争是国家间竞争的主要形式。发达国家通过技术垄断、知识产权、环境门槛，来保护其优势地位。通过科技高速发展，获取“比较优势”，垄断高端市场。第二次世界大战爆发前，他们可以通过暴力手段达到目的，但随着近代科技的高速发展这已不是最有利的手段了。

2005年，美国国家科学院发布《立于风暴之上》（*Rising Above the Gathering Storm*）咨询报告，指出随着高级知识的全球扩散及低成本劳动力的出现，美国在市场、科学和技术方面的优势开始受到侵蚀。不强力巩固美国的竞

争力基础，将很快失去自己的卓越地位。2010年，美国科学院、工程院、医学科学院联合签署文件，再次强调这些观点，并称已经是迎击强烈飓风的时候了。2011年，美国总统奥巴马（Obama）发布美国国情咨文，以创新提升美国竞争力，其中4次提到中国，指出一个能更好地教育学生、更重视数学和科学、更多地投资研发和新技术、建设更好的基础设施的中国，已对美国的伟大构成挑战。

世界金融风暴以来美国制定了一系列政策，重新夺回高端制造业为主的实体经济，依靠自身的科技优势，通过发展源于天才科学家和工程师的新做法，为全美公民创造全新的高质量的工作。

三、创新思维：点亮科学发现之路

（一）工程教育要培养创新思维

创新能力的养成离不开创新思维、想象力和思辨力。创新思维要求学生善于抓住问题精髓，避免纠结于枝节，以恰当的精度和朴素原理解决问题。同时，要认识到科学的双刃剑特性，在工程实践中秉持道德修养，从经济学角度优化资源配置，追求经济效益与社会效益最大化。例如，在航天领域，20世纪60年代苏联开始设计出了一种结构非常复杂的火箭，但三次试射都因为一些小失误而失败，美国改变思维方式，简化了火箭的结构从而成功发射了火箭，这体现了不同设计思路下的创新探索。

（二）创新思维的多种方式

在科学研究方法中，演绎法、归纳法和直觉法各有千秋，综合运用三种思维方法，才能实现原创性科学发现。亚里士多德的演绎法从一般原理推导出具体结论，培根的归纳法从特殊事例上升至普遍公理，爱因斯坦的直觉法强调从特殊到一般的直觉性洞察。历史上，开普勒利用第谷·布拉赫（Tycho Brahe）的观测数

据发现行星运动三定律，便是多种方法综合运用的典范。创新往往源于对传统思维的突破，如高斯19岁完成正17边形作图，钱学森、朱光潜等对灵感的阐述，如“人不追求灵感，灵感也不会来”“灵感也不过是熟中生巧，长期积累”等都体现了创新思维的独特性与重要性。

（三）创新思维的变革

善于用新的视角、新的思维方式去看待或解释一个新发现的现象，对从事创新研究的人来说是十分重要的。最典型的事例为：1932年，居里实验室在用铍射线轰击石蜡时，发现辐射仪记录到的粒子数不仅没有减少，反而增加了，于是认为他们从石蜡中打出了质子（即氢原子核）流。1932年1月，他们发表文章报告这一实验现象时，仍把铍射线称之为 γ 射线。后被英国卡文迪许实验室（Cavendish Laboratory）工作的物理学家查德威克（Chadwick）证实铍射线流是中子流，并于1935年获得诺贝尔物理学奖。虽然居里实验室发现了中子，但他们并没有认识到自己的发现是什么，没有很好地理解自己的工作，对实验观察不能用新的视角去思考，与诺贝尔物理学奖失之交臂就十分不应该了。

1932年，美国物理学家卡尔·大卫·安德森（Carl David Anderson）研究宇宙射线时，在“磁场云雾室”的照片中，发现一条轨迹曲率半径与带负电的电子相同，但偏转方向相反的粒子轨迹，并据此深入探索，证明了正电子的存在，由此获1936年诺贝尔物理学奖。当时，居里实验室里有世界最优良的“磁场云雾室”科研设备，他们后来在复查自己的照片时，发现曾多次出现过反电子的轨迹。同样也是虽然观察到了实验现象，但是没有理解它意味着什么，就这样居里实验室再一次与重大科学发现擦肩而过，为变通思考能力的不足付出了惨痛的代价。

再有，居里实验室用慢中子轰击铀时发现一种半衰期为3.5小时的元素，认为它近似镭元素（原子序数57），并认为也许是一种“超铀元素”（原子序数92以上），实际上他们已发现了核裂变，这个半衰期为3.5小时的元素实为裂变产物钷（原子序数70）。虽然约·居里在1935年就预言有核裂变发生，可能还会发生连锁反应，但没有深入认识到上述实验结果，第三次错过重大科学发现。哈恩（Hahn）证实这一半衰期为3.5小时的元素为钷，并证明为核裂变产物，获1944年诺贝尔化学奖。

居里实验室3次错失诺贝尔奖的经历说明，无论实验室有多么昂贵的实验设备，有多雄厚的学术积累（居里实验室曾经三次获诺贝尔奖），但由于知识和经验狭窄单一，导致概念和视域的偏狭，使得推理有局限，想象力缺失，甚至概念混乱，无益于理论假说的产生，反而与重大科学发现无缘。“教育不仅要学生学以致用，更应该教学生学以应变”也是同样的道理。富于创新就必须挑战，摆脱惯性的束缚。

四、创造力：多元素质的综合体现

创造力人人皆有，但创造性行为并非普遍具备。创造力需要充实的知识与经验背景，但知识不等于创造，智力高也未必意味着有创造力。善于创造的人具备多种人格素质，如想象力、联想力、观察力、思辨力、风险承受力、坚持力、执行力和变通力等。

爱因斯坦强调想象比知识更重要，创造性想象能实现“无”中生“有”，如可降解塑料的制造。联想力包括类似联想、延伸联想、逆反联想和因果联想，哥德巴赫猜想的提出就是由一个想象力，一个联想力迸发，提出组成的。观察力包括对小概率现象的观察、对平淡无奇事物的注意、对交叉领域的观察、对跨尺

度现象的观察等。从厘米尺度观察发现水蚤在水面滑行，壁虎在天花板上爬行，难以解释；从纳微尺度观察发现水蚤脚底的微纳米毛刺可滞留气泡，使它踏着气泡浮于水面，壁虎脚底的微纳米毛具有活性细胞组织，靠分子间作用力实现在任意表面上的黏附。这些都是跨尺度行为交互作用的例子。

风险承受力主要表现为：幼童在学习行走、说话等过程，依靠尝试—修改—再尝试直到成功的方法，以出色创造性方式认识世界。成年人面对新事物时，首先以前人理论、公式、经验来规范，据以进行实践，确实提高了成功的把握。这一过程却也是风险承受能力下降，洞察原生新事物能力衰退的过程。学习实践乃是真实知觉和创造过程的本质。

细胞癌基因的研究则充分说明了坚持力的重要性。1910年劳斯（Rous）发现，鸡肉瘤（一种瘤）细胞裂解物，经除菌滤器后，注射到正常鸡体可致癌。他首次提出癌变是由病毒（RSV）引起的，直到20世纪60年代初这一观点被广泛接受，并于1966年他85岁时获诺贝尔生理学或医学奖，时间跨度50多年。

执行力也称为被社会接受力。如受雇于爱迪生的特斯拉，提出三相交流电成就了爱迪生。爱迪生由于有强大的社会资源和影响力，被塑造成全民偶像，特斯拉却遭到人为贬低。1915年特斯拉与爱迪生同时因在电力系统上的贡献，有可能被授予诺贝尔奖时，却遭到两个人同时拒绝。

变通力则要求以新视角看待问题，避免思维定式，居里夫妇在科研中的经历充分说明了这一点。在当今时代，人工智能迅速发展，ChatGPT等技术虽能在一定程度上处理信息，但仍不具备人类的抽象化理解、直觉和顿悟能力。而人类凭借独特的思维能力，在科学研究和创新中发挥着不可替代的作用。例如，在理

论物理的弦论研究中，科学家们通过假设和想象探索微观世界的奥秘；在新型忆阻器阵列的研究中，不断追求类脑计算的突破。

五、创新环境与实践：铸就创新的基石

良好的创新环境对于培养创新能力具有至关重要的作用。创新环境推动着个人与环境的交互作用，如在自然科学基础研究领域，英国著名的卡文迪许实验室在1904至1977年间，共获得24个诺贝尔奖；法国著名巴斯德研究所（Institut Pasteur）在1907至2008年间，共获得10个诺贝尔奖。在工程技术开发领域，美国迪士尼公司注重启发创新、提升想象力，美国爱迪生实验研究所获数项发明专利如电灯、留声机等。

在教育领域，我们应当重视培养学生的综合能力，而不仅仅是传授知识。这意味着教育不仅要关注理论学习，还要鼓励学生参与创新实践，通过实际操作来深化对知识的理解和应用。这样的教育模式能够激发学生的创造力，培养他们解决问题的能力。创新是一个复杂的过程，它涉及到创造历程、产品和环境之间的相互关联。一个优秀的实验室或研究环境可以为科研人员提供必要的资源和支持，包括先进的设备、充足的资金和跨学科的合作机会。在这样的环境中，科研人员能够自由地探索新想法，进行实验，从而推动科学和技术的进步。在实践中，创新往往需要人们积极探索未知领域，善于观察日常生活中的平凡事物，并从中发现关键问题。许多伟大的科学发现和技术创新都是从对日常现象的深入观察和思考中诞生的。勇于突破思维局限也是实现创新的关键。这意味着要敢于质疑现有的知识和理论，勇于尝试新的方法和途径。这种精神鼓励人们不满足于现状，不断追求更好的解决方案。

在创新的过程中，失败是不可避免的。然

而，正如我国科研人员屠呦呦等在萃取青蒿素的过程中所展现的那样，从失败中吸取经验教训，不断调整研究方向和方法，最终能够取得突破。这种坚韧不拔的精神和对失败的正面态度是推动科技进步的重要动力。总之，良好的创新环境、综合能力的培养、积极的探索精神、勇于突破的思维和从失败中学习的态度，这些都是培养创新能力的重要因素。通过这些途径，我们可以培养出更多具有创新精神和实践能力的人才，为社会的发展和进步作出贡献。

六、培养创新人才教育何为

创新能力的养成是一个系统工程，涉及思维方式、知识储备、人格素质、教育环境等多个方面。在当今科技迅猛发展的时代背景下，教育不仅是知识的传授，更是能力的培养和思维的启发。以下从多个角度探讨如何通过教育改革与实践，培养具有创新精神和实践能力的人才。

（一）转变教育目的：从知识传授到能力培养

古代教育以传授知识为核心，而在人工智能迅速发展的今天，获取知识已变得极为便捷。因此，现代教育的目标应从单纯的知识传递转向能力培养，特别是培养学生发现问题、分析问题和解决问题的能力。这种从“知识本位”向“能力本位”的转变，要求教育帮助学生掌握假设推理、猜想验证、跨学科交叉等科学方法，并引导他们学会运用这些方法探索未知领域。与此同时，教育还应注重发挥人脑优势，与人工智能形成互补。人工智能可以高效处理海量数据，但人类的独特优势在于抽象化理解、直觉洞察和创造性想象。因此，教育应注重培养学生超越机器的思维能力，如联想力、想象力和批判性思维。

（二）革新教学方法：从灌输式到互动式

传统的“满堂灌”教学方式容易导致学生被动接受知识，缺乏主动思考的机会。因此，未来的教育应更多采用案例教学法和问题驱动式教学，推动从灌输式教学向互动式教学的转变。例如，教师可以通过讲述诺贝尔奖获得者的创新历程或经典科学发现的故事，让学生了解科学家如何面对失败、调整思路并最终取得成功。这种教学方式不仅能够激发学生的兴趣，还能帮助他们理解创新的过程。同时，借鉴美国高校的教学模式，教师可以先通过实例启发学生，然后组织小组讨论或项目实践，让学生在互动中深化理解。

（三）优化教育环境：营造良好的创新生态

良好的创新环境对于培养创新能力至关重要。卡文迪许实验室和巴斯德研究所之所以能孕育众多诺贝尔奖得主，正是因为它们提供了宽松的学术氛围和丰富的资源支持。因此，学校应创建自由开放的学术氛围，鼓励师生大胆质疑现有理论，勇于尝试新方法，同时容忍失败，为创新者提供心理安全感。此外，现代科学技术的发展越来越依赖多学科交叉融合。学校应打破学科壁垒，促进不同专业之间的交流与合作，推动教育资源的共享与整合。例如，可以设立跨学科研究中心，邀请物理、化学、生物学、计算机等领域的专家共同探讨前沿课题。同时，还应充分利用互联网技术实现资源共享，让更多的学生接触到优质教育资源。

（四）注重人格塑造：培养全面发展的创新者

创新往往伴随着无数次失败，因此培养学生坚持不懈的精神尤为重要。同时，创新意味着挑战未知，这必然伴随着一定的风险。教育应帮助学生树立正确的风险意识，鼓励他们在

面对不确定性时保持冷静，敢于冒险。此外，还要培养他们的变通力，即能够在遇到困难时灵活调整策略，避免陷入思维定式。科学技术是一把双刃剑，其应用既可能造福人类，也可能带来负面影响。因此，教育必须重视学生的道德修养，引导他们在追求创新的同时关注伦理问题。

（五）终身学习理念：适应快速变化的时代

在知识经济时代，新技术、新理论层出不穷，一个人如果停止学习，就会很快落后于时代。因此，教育应倡导终身学习的理念，鼓励学生在毕业后仍然保持学习的热情，不断吸收新知识，提升自身竞争力。教育不仅要教会学生如何应对当前的问题，还要让他们具备适应未来变化的能力。只有持续更新知识结构，拥抱变化与自我迭代，才能在快速变化的时代中立于不败之地。

创新能力的培养是一项长期而复杂的任务，需要教育界、科研机构、企业和政府共同努力。教育目标要从知识传授转向能力培养，充分发挥人脑的优势；教学方法要从灌输式转向互动式，注重案例教学和实践探究；教育环境要营造自由开放的学术氛围，推动跨学科合作；人格塑造要关注学生的坚韧精神、风险承受力和道德修养；终身学习要贯穿始终，帮助学生适应快速变化的时代需求。正如庄子所言：“乘天地之正，而御六气之辨，以游无穷……”我们应从诺贝尔奖获得者的成功经验中汲取智慧，不断优化教育体系，为个人成长、社会发展和国家繁荣贡献力量。唯有如此，才能在激烈的国际竞争中立于不败之地，实现科技强国的伟大目标。

（责任编辑：汤梅）