

青少年科技创新后备人才鉴别模式

辛 兵*

(中国科协青少年科技中心, 北京 100863)

[摘 要] 鉴别和评估青少年科技创新后备人才是科技教育实践的重要任务。本文围绕以何种模式鉴别、各鉴别模式的特质两个问题展开探索, 梳理和比较国内外相关实践工作, 发现测评、竞赛—筛选、培养—筛选是三种科技创新后备人才鉴别的主要模式, 其鉴别的特质各有指向且随着实践发展变化。在此基础上尝试建构了多要素、多方法、多阶段、多维度的青少年科技创新后备人才的鉴别体系, 并提出了实践建议。

[关键词] 青少年 科技创新后备人才 鉴别模式 测评工具

[中图分类号] N4 **[文献标识码]** A **[DOI]** 10.19293/j.cnki.1673-8357.2021.06.004

青少年科技创新后备人才的选拔培养是我国当前发展的重要任务之一。2020年9月, 习近平总书记在科学家座谈会上的讲话指出:“好奇心是人的天性, 对科学兴趣的引导和培养要从娃娃抓起, 使他们更多了解科学知识, 掌握科学方法, 形成一大批具备科学家潜质的青少年群体。”^[1] 如何从青少年群体中有效选拔具有培养潜力的“苗子”, 是科技教育实践中需要解决的重要问题。本文聚焦这一问题, 从两个角度尝试展开探索与讨论: 一方面是以何种模式鉴别人才; 另一方面是每种模式对应鉴别哪种特质人才。通过对国内外科技创新后备人才培养实践工作的梳理和比较展开分析, 发现当前青少年科技创新后备人才的鉴别工作主要通过三类模式完成, 分别是测评、竞赛—筛选和培养—筛选。每种模式评鉴指向的主要能力有所差别, 评鉴导向也在随着实践推进而调整。本

文将对这三类模式展开详细分析, 并在此基础上围绕青少年科技后备人才鉴别体系的建立提出建议, 为科技教育研究者、管理者和实践者提供参考。

1 以测评为主的鉴别模式

纵观科技创新后备人才鉴别历史, 围绕创新的测评始终是一种主要方式。测评工具从以智力为导向, 逐渐发展到以创新思维过程、领域创造力和综合能力为导向。

1.1 以智力为导向的测评工具

智力是人们成功解决某一问题或完成某一任务的基础。智力的核心是思维, 包括基本思维和高阶思维。基本思维包括抽象思维和形象思维, 高阶思维包括批判性思维和创造性思维。在这些思维中, 抽象思维、形象思维和批判性思维属于基础素质, 创造性思维则是核心素质。因此, 主要测评基础思维

收稿日期: 2021-11-20

* 作者简介: 辛兵, 中国科协青少年科技中心主任、研究员, 研究方向: 科技教育, E-mail: kpcbsxinbing@163.com。

能力的智力测验可以作为鉴别科技创新后备人才的工具之一。有研究表明：具有创造性的成年科学家在一般的智力测验中都取得了相当高的分数^[2-3]，这一研究结果在学生群体中也得到了验证^[4]，即学生的智商是预测创造力的一个有力的因素，因为科技创新活动需要正确的理解、清晰的思路、丰富的想象、严密的推理等。但是鲁索（Russo）的研究发现，在解决未来问题项目的创造力得分上，儿童的智商差异和创造力得分并非显著相关。间隔6个月再次测量，高智商组儿童和正常儿童的创造力得分也没有差异^[5]。美国心理学家韦克斯勒（Wechsler）也曾收集过诸多诺贝尔奖获得者青少年时代的智力资料，结果发现这些获奖者大多数并非高智商，而是中等或中上等智商，但是其人格和个性与常人有很大差异^[6]。因此，考察智力可以作为择优筛选高创造力学生的其中一项指标参考，但并不是构成创造力的唯一决定因素。

1.2 以创新思维过程为导向的测评工具

创新和创造力是一对密不可分的不同概念，创造一词的不确定性造就了创造力内涵的多元观点。在创造力理论的基础上对青少年具有科学创造力的创新能力进行剖析，是研究者所采取的一种较为常见的研究模式。创造力产品并不是一蹴而就的，瓦拉斯（Wallas）认为创造力属于个人心理历程，是一个解决问题的过程，提出了创造性过程需要经历准备、酝酿、明朗和验证四个阶段；奇凯岑特米哈伊（Csikszentmihalyi）则认为创造力是由个体、领域、学问三要素互动产生的结果，提出创造性过程包括准备、酝酿、醒悟、评价和细化五个阶段^[7]。胡卫平认为以创造性过程为导向的创造力测验，主要有发散思维测验和聚合思维测验。创新思维是创新能力的核心，以创新思维过程为导向的鉴别科技后备人才的测评，其实考察的是个

体是否具有创新特质的思维并最终将内在整合成外化成果的能力。

1.3 以领域创造力为导向的测评工具

在针对创造力的研究中，诸多学者认为创造力具有领域特定性，不同领域创造力表现形式不同。研究人员开发了一些特定领域的创造力测评工具，如语言创造力、音乐创造力、美术创造力、科学创造力、数学创造力、技术创造力等，又如，青少年科学创造力测验^[8]、技术创造力测验^[9]等。另外，一些研究者开发了领域特殊性的自评量表。例如，考夫曼（Kaufman）和贝尔（Baer）要求241名大学生对自己在九个层面的创造力进行评价，经因素分析得出三个因素：移情/交流方面的创造力（人际关系、交流、解决个人问题和写作）、“动手做”的创造力（艺术、工艺和身体创造力）和数学/科学创造力（数学或科学创造力）^[10]。许多研究越来越重视对不同领域创造力的测评，这就为评价个体的创造力提供了全面的指标。

1.4 以综合能力为导向的测评工具

基于斯滕博格（Sternberg）的创造力理论，有部分学者认为创新能力也是一种“融合”的能力，具有多维度的特点。从20世纪80年代开始，学界对于创造力的研究已经转向了认可创造力是一种综合体的认知，以汇合取向作为研究切入点，证明创造力是一个系统的概念，而非脱离某个知识领域去研究的，其表现是多元化和具体化的。创新人才心智模式理论提出，国内外心理学界的相关理论和实证研究表明，人类从事创造性活动所需要具备的核心特质可以归纳为六种心智，包括专门领域知识心智、内在动机心智、多元文化经验心智、问题发现心智、专门领域判断标准心智以及说服传播心智。在创新人才成长过程中，知识和经验心智是基础，标准判断、问题发现和内在动机心智是动力^[11]。

基于对测评工具及其发展趋势的分析, 科技创新后备人才的测评可以综合考虑知识、思维(基础思维、批判性思维和创造性思维)、动机和创造性人格等方面。

2 以竞赛—筛选为主的鉴别模式

以竞赛—筛选为主体的科技创新后备人才选拔模式, 主要是通过高难度的竞赛筛选智商高且具有高创新意识的青少年个体。具体来说, 此类形式多以科学大奖赛和学科奥赛这两者中的一项作为主线开展。这种选拔模式可以在较短时间内进行大规模且有目的的选拔, 一推出就受到了各国的热捧并被大力发展。以下以美国与中国的竞赛体系为例进行说明。

2.1 美国科技创新后备人才竞赛体系

早在 1942 年, 美国就举办了科学天才奖 (Science Talent Search), 从此, 美国逐渐建立了比较完善的针对初中和高中学生创新后备人才选拔的竞赛体系, 最具有代表性的竞赛除科学天才奖外, 还有美国数学竞赛 (American Mathematics Competition)、再生元国际科学与工程大奖赛 (Regeneron International Science and Engineering Fair)、科学奥林匹克竞赛 (Science Olympiad)、美国少年突破性挑战赛 (Breakthrough Junior Challenge)、FTC 科技挑战赛 (FIRST Tech Challenge)、全美科学碗 (National Science Bowl), 赛事的对象、目的、内容和评审方式见表 1。

表 1 美国科技创新后备人才竞赛体系

竞赛名称	对象	目的	内容	评审方式
科学天才奖	美国应届高中毕业生	发现具有科技创造力的美国青年	自然科学、工程技术、行为与社会科学、生物和医学等方面	进入决赛的学生将接受知名科学家、学者组成的委员会评审。除要考核基础学习、科研创新等方面的突出表现, 也要考核领导能力、协作能力等内容
美国数学竞赛	全球学生, 8 年级以下学生可参加 AMC8; 10 年级以下学生可参加 AMC10; 12 年级以下学生可参加 AMC12。AMC10 和 AMC12 成绩优异者参加美国数学邀请赛 (AIME)	通过解决富有挑战的问题, 提高学生数学学习兴趣及解决问题能力	数理能力	由哈佛大学、麻省理工学院、普林斯顿大学等高校专家研发试题, 其考试内容涵盖初中 (6~8 年级) 和高中 (9~12 年级) 阶段的数学知识和解题技巧
再生元国际科学与工程大奖赛	面向全球 70 余个国家和地区的 9~12 年级中学生	鼓励学生团队协作, 开拓创新, 长期专一深入地研究自己感兴趣的课题	所有自然科学和部分社会科学内容	1 000 余位不同科学领域专家作为评委对学生进行封闭问辩评审。评委分为经过严格高标准筛选的大奖评委和专项奖评委
科学奥林匹克竞赛	美国初中和高中学生	考察学生综合素质以及分析问题、解决问题的能力团体科学竞赛	科学、技术、工程和数学的许多不同领域	既有笔试项目也有动手搭建的项目。每个学校队伍人数不少于 15 人, 一个项目最多 2 人组成一队 (极少个别项目允许 3 人)。比赛最终将决出初中组与高中组的团体名次和每个项目的个人名次
美国少年突破性挑战赛	全球 13~18 周岁在校学生	激发学生有创意的思考和学习科学	从物理、数学和生命科学中选择任意一条原理或者概念等	不同地区的赛事结构不同, 参赛队伍可能会通过不同的方式晋级。例如, 有些地区是从资格赛晋级区域/州锦标赛, 而其他一些地区则从联赛到联赛锦标赛到区域/州锦标赛

续表 1

竞赛名称	对象	目的	内容	评审方式
FTC 科技挑战赛	全球 14~18 岁高中生	推进科学、技术、工程和数学(STEM)发展	参赛团队不仅需要面临设计、建造、编程和操作机器人等一系列完整的流程,还需要有一定的商业意识	比赛是在一块 3.66m×3.66m 的正方形软泡沫垫铺成的场地上进行,围墙高大约 0.3m,长 3.66 m,宽 3.66m。随机选出两支队伍组成一个联盟,和另一个联盟对抗。联盟被指定为“红色”或“蓝色”
全美科学碗	美国初中和高中学生	鼓励学生深入研究科学和数学领域并在未来从事相关领域工作	涵盖物理、化学、生物、地球科学、能源和数学等在内的一系列科学学科	答题形式共分成问答题和附加题两种。比赛时,两队各四名队员同时上场,在裁判念出问答题时,每位队员均可以在 5 秒内抢答但不可以讨论。答对的团队可以获得一道附加题,队员可以相互讨论在 20 秒内出答案

全美竞赛体系构建已有近 80 年的历史,是一种比较成熟的创新人才发掘和供给模式,上述各个竞赛虽然在对象、目的、内容和评审方式上有所差异,但都以培养提高参赛者的科学兴趣、科研能力为目标,激发青少年的科学灵感和科学热情,更为青少年学生创新思维和能力的展现提供舞台。

2.2 中国科技创新后备人才的竞赛体系

我国青少年科技竞赛活动自 20 世纪 80 年代起,至今已初步形成了以中国青少年科技创新大赛、全国五项学科竞赛和全国青年科普创新实验暨作品大赛等为代表的科技竞赛体系(见表 2)。这些科技竞赛活动的开展增强了青少年对科学的兴趣,引领他们崇尚科学、投身科学。

表 2 中国科技创新后备人才竞赛体系

竞赛	对象	目的	内容	评审方式
中国青少年科技创新大赛	小学、初中、高中学生	推动全国青少年科技实践活动蓬勃发展,培养青少年科技创新精神,提升科学素养	竞赛和展示交流青少年学生科技实践创新成果	评分类别包括选题所体现的科学性和创新性;研究方法选取的科学性、新颖性和独创性;研究结果的科学价值、可靠性以及数据处理、分析的逻辑性和研究结果表达的清晰型;研究过程以及记录资料的完整性、规范性、研究方案实施的可靠性和独立参与度;答辩的表现等几个方面综合评价
全国中学生五项学科竞赛	高中生	激发中学生学习科学的兴趣,为学生提供相互交流和学习的机会;选拔和培养基础学科拔尖创新后备人才,为参加国际学科奥林匹克竞赛选拔参赛选手;促进中学学科教学改革	数学、物理、化学、生物学和信息学	学科竞赛实行全国联赛和全国决赛两级赛制。通过笔试、实验考试和机考(信息学)等方式,重点测评参赛学生学科知识的掌握和运用情况,考察学生的运算技巧、逻辑思维能力,检验学生动手实验操作和理论与实际结合解决问题的能力,以及运用信息技术解决实际问题的能力等
全国青年科普创新实验暨作品大赛	中学生、大学生	促进科学思想、科学精神、科学方法和科学知识的传播和普及	展示来自全国范围内参赛青年的创新思维和技术成果	分赛区比赛评审工作由分赛区承办单位组织。各分赛区推荐每组命题第一名作品入围全国总决赛。全国总决赛评审工作对入围决赛的作品从真实性、科学性、创新性、实用性等多方面开展比赛

我国各类科技竞赛从国情出发,以多元的举办模式激发青少年挑战自我的热情,将选手们富有创意的科学思维呈现在比赛过

程中,鼓励青少年绽放出特有的光芒,同时也展现了科技与教育相结合的强大力量。

研究中美两国典型的科技竞赛项目发

现，尽管两国开展竞赛的历史有所差异，但两国都在如火如荼地开展创新后备人才的筛选与培养，以公平公正为原则，都能有效地遴选出目标群体并加以奖励和开展追踪研究。未来在赛什么、怎么赛、怎么管的高质量竞赛—筛选鉴别模式构建上尚可持续思考与实践。

3 以培养—筛选为主的鉴别模式

以培养—筛选为主体的纵向选拔体系，是一种时间相对较长的科技创新人才鉴别模式。这种鉴别模式的主要宗旨是“以培促测、培测结合”的教育理念，虽耗时较长，但可以长时间考察学生的发展和潜能，一定程度上可以更有效地选拔科技创新后备人才，很多国家都在实践探索。

3.1 美国以培养—筛选为主的鉴别模式

2017年5月，美国推出一种动态电子档案——“新模式”（A New Model）作为新的高中生评价体系。这个评估体系是由近百所顶尖私立高中成立的能力素养成绩单联盟（Mastery Transcript Consortium, MTC）联合推出的，该评价体系包含8项能力和61项子能力，通过动态的、持续追踪的电子档案形式全面评估学生的创新素质。该评价体系目前已获得美国大学申请系统（Coalition for Access, Affordability, and Success, CAAS）的支持，作为美国教育界测评学生创新素质的重要尝试，是完善培养体制的又一重要举措。

此外，美国精英学校主要有私立精英高中、州长学校和特殊高中三种，在招生时采取严格的选拔标准，从“入口”和“起点”方面严把质量关，尤为重视学习能力、综合素质和学业成就。州长学校还要求学生具备一定的情感和心理成熟度，教师的推荐信或评价表也是学校看重的申请条件。

3.2 英国以培养—筛选为主的鉴别模式

20世纪80年代以来，英国实施了国家课程，强调学生创新精神和实践能力的培养，特别是科学领域创造力的培养。《学校课程框架》中明确提出了发展创新思维，了解世界群体和个人，养成正确道德观念等教育目标的具体要求。基于项目的学习（Project Based Learning）培养模式^[12]，旨在引导学生在实际项目中探究和解决复杂问题，同时，综合运用多种评估方式，以保护学生的创造性潜能的发展和塑造，重点培养学生的创新意识、创新思维和创新技能三方面素质。

英国官方出台的创新人才鉴别指南提出发现创新人才的常用方法有两种。一是提名制，主要包括同学提名、家长提名，是为了增加发现创新性后备人才的概率，避免人才流失。二是利用创造性行为核对表，创造性领域研究者对创造性人才的行为特征进行了研究，并形成了创造性行为核对表，能够帮助发现潜在的创造性人才，特别是针对学业成就比较低但具有一定创造性潜质的学生，行为核对表对发现创新后备人才的意义更大。

3.3 澳大利亚以培养—筛选为主的鉴别模式

澳大利亚制定和实施了一系列促进创新、文化教育和就业技能发展的战略和政策（Creative State 2025, Creative Australia-National Culture Policy），已经开始分析创新、批判性和创造性思维之间的相互关系，以及学校如何培养创造能力，如探究性、坚持、想象力、协作和纪律。2008年的《澳大利亚青年教育目标墨尔本宣言》（Melbourne Declaration on Educational Goals for Young Australians, MCEETYA）标志着国家教育方法在创造力方面的变化，预示着教育中基于艺术的传统创造力向国际化、跨学科和经济价值转变。澳大利亚政府的就业、教育和培训常

设委员会对创新和创造力开展的调查，是为了确保满足未来注重创新和创造的需求。

澳大利亚培养—筛选为主体的创新人才鉴别标准，大致包括全面的综合智能、特殊的学术能力、创造性思维能力、领导能力、艺术表现与体育运动能力等若干方面。通过客观标化测试（水平、智力、创造性测试等）和主观评估（对家长、老师、同辈、本人的测试）进行综合评定，经历提名—审查—观察三个阶段，以此来鉴别学生的创新潜能。

3.4 日本以培养—筛选为主的鉴别模式

2002年4月初，日本在公共教育中引入了新的国家课程，包括“综合学习时期”（Period of Integrated Study）教师必须设置适合每个学生的创造力课程，目的是帮助学生培养发现问题和解决问题的能力。经济合作与发展组织（Organization for Economic Cooperation and Development, OECD）的一份报告称，日本每10年修改一次课程，并以教学实践为依据，定期更新课程。在新课程改革中，日本提出以培养21世纪的能力更新教学和学习——除了知识，还应包括跨学科技能、解决问题和创造力、培养良好学习习惯。2020—2022年实施的新课程强调主动学习策略，围绕三大支柱发展学生能力：学习的动力，并将学习应用于生活；获得知识和技术的技能；具备思考、判断和表达能力，并在此基础上进行创新人才的培养。

为衡量学生学习成果，在小学、初中和高中实施国家学业成绩测试。小学在五年级和六年级对四科（日语、社会研究、数学和科学）进行考试。初中阶段所有年级对五科（日语、社会研究、数学、科学和外语）进行考试。对于高等教育，2013年10月，教育振兴委员会以一种全方位、全面地评估能力、动机和态度的方法，从成绩单、论文、演讲和入学考试等多方面评估学生综合能力。

3.5 中国以培养—筛选为主的鉴别模式

我国培养—筛选为主体的青少年创新人才选拔体系主要以中国科学技术协会与教育部共同组织的中学生科技创新后备人才培养计划（简称“英才计划”）为代表。2013年起，中国科学技术协会与教育部开始共同组织实施“英才计划”，目的在于选拔一批品学兼优、学有余力的中学生走进大学，在著名科学家的指导下参与科学研究、学术研讨和科研实践等活动，使学生持续被名师“点亮”、将科学志趣转化为志向，进而储备一批具有学科特长、创新潜质的优秀中学生。学生选拔包括中学推荐、学科潜质测试、确定面试名单、导师面试及高校确认、备案五大环节，之后学生进入培养阶段。这样的选拔程序体现了知识、思维、动机和人格四方面的素养。“英才计划”在实践中积累了丰富的经验，学员的选拔形式多样、科学公正。在培养过程中，组成了高水平的科技工作者培养团队，实施了“导师”培养模式，组织了国际国内高水平科学文化交流活动，推进了“英才同学会”建设。“英才计划”的五环节人才遴选以及培养过程中各种平台的搭建，是高校与中学科教结合联合发现和培养青少年科技创新后备人才的有效模式。

4 结语

综上所述，三类模式都能有效地选拔出青少年科技创新后备人才，各类模式在能力鉴别导向方面越发趋近相同。三类模式从具体情境、覆盖群体、实践过程等方面均有各自特征，都是实践工作的重要组成部分。基于此，本文建议构建多要素、多方法、多阶段、多维度的科技创新后备人才的鉴别体系，并在实践工作中遵循以下原则：第一，鉴别内容聚焦科技创新后备人才的必备特征，在考查基本思维（包括形象思维和抽象思维）、

批判思维（包括批判性思维能力和倾向）、知识理解（具有广博和精深的知识结构，能够深度理解和灵活应用所学的知识和方法）、动机因素（包括内在动机和成就动机）的基础上，重点考查创新思维和创新人格；第二，鉴别方法要针对不同的情境和领域，综合考虑问卷测量法、行为观察法、产品评估法和自我报告法；第三，遵循科技创新后备人才的成长规律，要充分考虑早期探索阶段、兴

趣显露阶段、才干浮现阶段的差异；第四，要综合考虑创造性的过程、创造性的产品和创造性的个人，对低龄青少年着重考虑创造性的人格和过程，而随着青少年年龄的增长和阶段的提升，加大对其创造性产品评估的比重。该鉴别体系适用于各阶段科技创新后备人才的鉴别和评估，也可为不同阶段的科技后备人才的培养提供支撑，可以支持实践工作的持续开展。

参考文献

- [1] 习近平. 在科学家座谈会上的讲话 [M]. 北京: 人民出版社, 2020.
- [2] Barron F, Harrington D M. Creativity, Intelligence, and Personality[J]. Annual Review of Psychology, 1981, 32(1): 439-476.
- [3] Batey M, Furnham A. Creativity, Intelligence, and Personality: A Critical Review of the Scattered Literature[J]. Genetic, Social, and General Psychology Monographs, 2006, 132(4): 355-429.
- [4] Kogan N, Pankove E. Long-term Predictive Validity of Divergent-thinking Tests: Some Negative Evidence[J]. Journal of Educational Psychology, 1974, 66(6): 802.
- [5] Russo C F. A Comparative Study of Creativity and Cognitive Problem-solving Strategies of High-IQ and Average Students[J]. Gifted Child Quarterly, 2004, 48(3): 179-190.
- [6] 林崇德. 培养和造就高素质的创造性人才 [J]. 北京师范大学学报 (社会科学版), 1999(1): 5-13.
- [7] Csikszentmihalyi M. Creativity: Flow and the Psychology of Discover and Invention[M]. New York: Harper Collins, 1996.
- [8] Hu W, Adey P. A Scientific Creativity Test for Secondary School Students[J]. International Journal of Science Education, 2002, 24(4): 389-403.
- [9] 胡卫平, 万相涛, 于兰. 儿童青少年技术创造力的发展 [J]. 心理研究, 2011, 4(2): 24-28.
- [10] Kaufman J C, Baer J. Creativity and Reason in Cognitive Development[M]. Cambridge: Cambridge University Press, 2006.
- [11] 衣新发, 蔡曙山. 创新人才所需的六种心智 [J]. 北京师范大学学报 (社会科学版), 2011(4): 31-40.
- [12] 鲍枫, 王以宁. 英国高校数字媒体人才培养模式研究及其启示 [J]. 外国教育研究, 2011, 38(12): 44-49.

(编辑 颜 燕)