

科技是第一生产力,科技的竞争归根到底是科技人才尤其是创新人才的竞争。培养科技创新人才,要从小抓起。培养青少年中的科技爱好者,即是为国家孕育科技后备人才,今日的小科技爱好者,可能就是明日的大科学家。如何培养?开展科技活动,让青少年在“做”中“学”,是最好的办法。在全国范围内的中小学里开展科技活动,是普及、是广撒网。置身科技活动的过程中,青少年的科学兴趣得以激发、科学方法得以培育、科学素养得以提升。组织科技竞赛,则是提升、是收鱼。科技竞赛既是激励和推动科技活动在学校蓬勃开展的一种手段,也是选拔具有科技创新潜质的科技后备人才的一种途径。

基于此,各国对青少年科技竞赛都非常重视,竞赛的开展也十分广泛。美国的科学人才选拔赛(始于1942年)、英特尔国际科学与工程大赛(始于1950年)、头脑奥林匹克竞赛(始于1976年)、FLL青少年机器人竞赛(始于1998年),瑞典的斯德哥尔摩青少年水奖竞赛(始于1997年),欧盟青少年科技竞赛(始于2003年)是其中的翘楚。

在我国的青少年科技竞赛中,也已形成中国青少年科技创新大赛(始于1982年)、“明天小小科学家”奖励活动(始于2000年)等品牌竞赛。有研究表明^[1],这些竞赛的开展,在增强参赛青少年科学兴趣、提升其科学素质方面确实发挥了作用。但也要看到,与国外历史悠久的竞赛相比,如美国的科学人才选拔赛、英特尔国际科学与工程大赛,我国竞赛在机制方面尚有需完善之处。

青少年科技竞赛机制可从审查、筛选和激励等多角度进行考察。审查,即资格认定,决定哪些申报者有机会参赛;筛选,即择优,即根据设置的标准来认定哪些为优胜;激励,即奖励,通过物质或精神的奖励来激发参赛者的热情,从而达到竞赛设计者的初始目标。

本文选取性质上具有可比性的美国科学人才选拔赛、英特尔国际科学与工程大赛与中国青少年科技创新大赛、“明天小小科学家”

奖励活动,从筛选机制角度进行比较,并在此基础上探讨我国青少年科技竞赛活动筛选机制的改进措施。

1 竞赛筛选机制的概念

20世纪80年代,国际上兴起对竞赛理论的研究,开始是对竞赛模型和竞赛设计的研究,随后又聚焦到竞赛机制上,因为竞赛机制影响到竞赛作用的发挥和参赛者的行为,进而影响到竞赛设计者目标的实现程度。

但关于“竞赛机制”,至今学界尚无统一的定义。本研究参考黄河等人的研究^[2],将之定义为引导、调节、控制竞赛系统中参赛者、组织者、实施者行为的过程和方式,包括竞赛审查机制、筛选机制和激励机制。

其中,竞赛筛选机制,是指为完成竞赛任务而设置的选拔最合适的个人或团队的方式,包括竞赛阶段的类型、筛选形式、评审环节和评审标准等。

竞赛阶段的类型主要分为单一阶段和多阶段两种。在单一阶段竞赛中,参赛者为夺取奖励,只需付出一次努力;而在多阶段竞赛中,参赛者为赢得最终奖励,需通过几个阶段的努力。根据各阶段参赛者人数是否相同,多阶段竞赛可分为淘汰赛(elimination contest)和循环赛(repeated contest)。在淘汰赛中,一个阶段的参赛者仅有部分进入下一阶段;而在循环赛中,各阶段的参赛者人数相同。事实上,多阶段竞赛常为淘汰赛形式,如政治选举、招聘、体育竞赛、选拔性考试等,因此,参赛者需为获得进入下一阶段的有限“门票”而努力,不然将被淘汰出局。此时,“门票”成为奖励的一种形式。阿麦盖石(Amegashie)认为,多阶段淘汰赛不仅能够准确地筛除不合格的参赛者,而且还能降低竞赛的组织成本^[3]。多阶段淘汰赛的这个特点使其被广泛地应用在各个领域。

按照竞赛筛选形式的不同,竞赛可分为集中(pooling)和分组(grouping)竞赛两种。集中竞赛,指所有参赛者都在一起为奖励而互

相竞争；分组竞赛，指参赛者分成组，同组成员竞争该组中的奖励。

此外，按照评审环节的不同，竞赛可分为单环节及多环节评审。在评审标准上，不同赛事则各不相同。

2 中美青少年科技竞赛筛选机制的比较

基于竞赛筛选机制的内涵，我们从竞赛的阶段、筛选形式、评审环节以及评审标准4个维度对美国国际科学与工程学大赛（以下简称 ISEF）、美国科学人才选拔赛（以下简称 STS）与我国的青少年科技创新大赛（以下简称 CASTIC）、“明天小小科学家”奖励活动（以下简称 APFS）的竞赛筛选机制进行对比分析。

2.1 竞赛阶段类型的比较

由表1可见，以上4项竞赛采用的都是多阶段竞赛类型。ISEF 规格最高，为国际性

竞赛，各国国内层层选拔中胜出的选手到美国参加决赛。CASTIC 是中国国内规模最大的青少年科技赛事，经过校级、区县级、地市级、省级竞赛筛选后，优胜者进入全国决赛。APFS 与 STS 类似，都是经过初评、复评（半决赛），选拔出优胜者参加终评（决赛）。

2.2 筛选形式的比较

在筛选形式上4项竞赛有所不同。

ISEF 采用的是分组竞赛，按17个学科分组，由大赛评委选出各学科中的优胜者，另外再选出团队项目的获胜者。CASTIC 采用的也是分组竞赛方式，它按小学、初中、高中3个学段分组，各学段再按13个学科分组竞赛，由大赛评审委员会对入围项目按个人项目和集体项目，分学段和学科来进行评选。

STS 与 APFS 类似，采用先分组后集中的筛选形式，初评阶段为学科分组竞赛，此后阶

表1 中美青少年科技竞赛筛选机制的对比

竞赛名称	竞赛阶段类型	筛选形式	评审环节	评审标准
美国国际科学与工程学大赛 (ISEF)	多阶段竞赛： 各国国内校级、市级、州级、全国大赛、国际决赛	分组竞赛： 按学科分组	多环节评审： 决赛采用项目展示、项目问辩、成果评审、核心会议评定等环节	个人项目评审标准：创造力、科学思维成熟度/项目目标达成度 ^① 、项目深入程度、研究技能、项目阐释清晰度 团队项目评审标准：在上述标准中加入“团队协作情况” ^④
美国科学人才选拔赛 (STS)	多阶段竞赛： 初评、复评、终评	先分组，后集中： 初评阶段按学科分组评审，此后为集中竞赛	多环节评审： 决赛采用项目展示、项目问辩、讨论交流等环节 ^②	研究能力、科学创造力、创新思维和将科学知识付诸实践的能力 ^⑤
中国青少年科技创新大赛 (CASTIC)	多阶段竞赛： 校级、区县级、地市级、省级以及全国赛	分组竞赛： 按学段、学科分组	多环节评审： 决赛采用项目展示、项目问辩、成果评审、技能测试、素质测评等环节	科学性、创新性、实用性 ^⑥
“明天小小科学家”奖励活动 (APFS)	多阶段竞赛： 初评、复评、终评	先分组，后集中： 初评阶段按学科分组评审，此后为集中竞赛	多环节评审： 决赛采用项目展示、项目问辩、成果评审、知识水平测试、综合素质考察等环节	科研能力、科研潜力、综合素质 ^⑦

①如果是工程类项目，此评审维度为“项目目标达成度”。

②STS 在 20 世纪 70 年代之前的决赛都有一个学术能力测试环节，后来出现具有公信力的 SAT 测验之后，这一测试环节被取消，改为要求参赛者在申报时提交在校成绩证明等材料。

段为集中竞赛。

STS 的初评委员会由约 100 名评委组成, 评委均是杰出科学家和数学家。STS 将学科分为 15 类, 初评评委按照学科分为 15 个小组, 每个初评小组至少由 3 位科学家或数学家组成, 负责对各组参赛者的研究报告进行评估。初评成绩由研究报告评分、在校成绩单评估(在班级中的相对位次、SAT 成绩)、参赛者在报名表中对各项问题的回答、教师的推荐信、科学家对项目独创性情况的说明等来综合评定, 其中研究报告权重最大。评委据此标准选出 300 名选手进入复评。复评的评审委员会采取会议集中讨论的方式, 依据项目的技术价值、参赛者的成就以及项目的原创性等对选手进行综合评定, 挑选出他们认为具有科学家潜质的选手进入终评。因复评、终评选手以及最终的大奖选手均不按学科比例产生, 因此, STS 最终属于集中竞赛方式, 只是在初评阶段利用了分组竞赛方式。

APFS 的竞赛筛选方式与 STS 相似。APFS 聘请国内重点高校和科研机构的教授或研究员组成评审委员会, 负责初评、复评和终评的评审工作。初评按学科分组方式进行, 每个选手至少有 3 位评委来评分, 以平均分作为初评成绩。初评成绩排名前 200 的选手入围复评。复评聘请约 35 位评委, 通过评委独立评价、集中交流、综合评定 3 个环节, 并结合初评成绩, 形成复评成绩, 排名前 100 的选手进入终评。终评聘请约 50 位教授、研究员和院士承担评审任务, 通过项目问辩、成果评审、知识水平测试、综合素质考察等环节来评选出等级奖, 并在一等奖中评选出 3 名“明天小小科学家”称号获得者。

2.3 评审环节的比较

为使评审工作公正、合理、科学, 以上 4 项竞赛的决赛采取的都是多环节评审方式。

ISEF 决赛的评审环节包括项目展示、项目问辩、成果评审(按照表 1 中所列的评审标准来评分)、核心会议评定(会议由各学科评委主席主持, 确定各学科优胜者以及大奖获得者)等环节。

CASTIC 决赛的评审包括项目展示、项目问辩、成果评审、技能测试、素质测评等环节。

APFS 决赛的评审包括项目展示、项目问辩、成果评审、知识水平测试、综合素质考察等环节, 比 CASTIC 少一项技能测评环节。

STS 的决赛活动较为特殊, 40 名决赛选手被邀请参加每年 3 月在华盛顿举办的为期 5 天的科学人才培训活动, 这是评委们第一次与选手见面, 通过与选手的交流讨论、项目问辩等环节评选出前 10 名作为获奖者。在这个过程中, 每个决赛选手与 3~4 名评委组成的评委组一起交流讨论。值得一提的是, 评委关注的重点不是项目成果, 而是考察参赛者是如何进行科学思维的, 判断参赛者是否具有像科学家那样思考问题、设计试验以及应对挑战的能力。在此期间, 参赛者的研究项目将在美国科学院对公众做两天的展示。评委们不仅会询问选手有关研究的具体细节, 例如试验的设计、研究方法、数据分析, 也要就参赛者在展示期间如何向公众解释自己的研究进行评价, 以考察参赛者传播科学的技巧和能力。

2.4 评审标准的比较

以上 4 项赛事由于竞赛目标有所不同、评审对象存在差异, 因而评审标准也不尽相同。

ISEF 和 CASTIC 的竞赛目标都是选拔出优秀科技成果, 相应地, 评审标准便聚焦在参赛者的科研能力和成果的创新性上。

ISEF 的评审标准包括创造力、科学思维成熟度、项目深入程度、研究技能、项目阐释清晰度等。创造力, 指解决问题的方法、新设备的设计或构造等方面的创新性。科学思维成熟度, 指阐释问题的清晰度、能否明确问题的限制条件并予以合理解决、研究计划的有序性、得出结论的依据是否充分、是否意识到数据的局限性及进一步研究的保障条件、引用的是科学文献还是普通文献。项目深入程度, 指项目是否在既定目标的范围内完成、解决问题的彻底性、研究过程记录的完整性、是否意识到还有其他的解决途径或理论、项目花费时间、对所研究领域的科学文献的熟悉度。研究技能, 指解决问题所必需的实验、计算、观察

和设计技能、项目实验的完成地点、项目是独立完成还是得到他人指导。项目阐释清晰度,指项目汇报呈现的条理性、清晰度,书面材料对重要内容、数据以及研究结果的表述清晰度,展板对项目呈现的程度等^[4]。

CASTIC 的评审标准包括科学性、创新性、实用性。科学性,指选题意义、方案合理性、方法正确性和理论可靠性。创新性,指新颖程度、先进程度与技术水平。实用性,指社会效益、经济效益及应用与推广前景。

ISEF 与 CASTIC 不同之处在于,ISEF 更注重考察从研究计划、研究过程报告中反映出来的参赛者的科研创造力、研究技能,而 CASTIC 更注重科技成果的实用性,即该项发明或创新技术可预见的社会、经济效益,以及课题研究的影响范围、应用意义与推广前景。

STS 与 APFS 的竞赛目标在于选拔具有科学潜质的后备人才,相应地,其评审标准便聚焦在对参赛者科研能力和创新思维的评价上。STS 评审标准包括研究能力、科学创造力、创新思维、将科学知识付诸实践的能力。APFS 的评审标准与此相似,包括科研能力、科研潜力、综合素质。两者不同处在于 APFS 借助在终评时的知识水平测试来考察参赛者对科学知识的掌握情况,而 STS 在终评时没有这一环节,STS 凭借参赛者在校成绩单和 SAT 成绩来评价参赛者对科学知识、技能的掌握程度。STS 对参赛者的评价信息主要来自于参赛者提交的科技作品、项目问辩,以及科学家与参赛者的面对面交流讨论。

2.5 讨论

综上所述,我国的 CASTIC、APFS 分别与 ISEF、STS 在竞赛阶段类型、筛选形式上基本一致,在评审环节、评审标准上则有所不同。

CASTIC 比 ISEF 增加了技能测试、素质测评环节,ISEF 比 CASTIC 多了核心会议评定环节。技能测试和素质测评的设置,是希望考核参赛者的实际动手能力和科学知识水平,以防

止提交的科技成果有作假行为,以此帮助评委们做出更为公正的评价。但是,也应看到这两个环节增加了大赛组织工作的工作量和难度,也给参赛者带来了不小的压力和负担。如何借助其他更简便的方式来考察参赛者的诚信度,值得进一步研究。

APFS 和 STS 两者都有项目展示、项目问辩环节,不同的是,APFS 比 STS 多了一个知识水平测试环节。

值得一提的是,STS 的评委与参赛者面对面交流讨论环节不同于项目问辩,它更加注重平等性,会跳出参赛项目提出一些关于哲学和一些假设的问题,甚至是尚无人知道答案的问题,以观察选手独立思维的能力,考察选手是否具备像科学家那样思考问题、设计实验以及应对挑战的能力。

APFS 的综合素质考察环节,形式上也是评委与参赛者面对面,貌似与 STS 的讨论交流环节相似,但内质却并不相同。APFS 的综合素质考察主要采取评委问参赛者答的形式,但没考虑到评委与参赛者的平等性,这一点从会场布置上也能看出。现场是 5~6 位评委坐成一排,参赛者孤立地坐在对面的一张椅子上,仿佛犯人受审。这种布置本身就已透露出一种非平等性,同时,也容易使参赛者产生压力感、紧张感,不利于其发挥。

比较 4 项竞赛的评审标准,可以发现 ISEF、STS 的评审标准更为清晰,考察的维度更广,更重视评价参赛者的创新思维品质和是否遵循科学的研究程序和方法。

由于 APFS 是以甄别、选拔有科学潜质的优秀高中生为主要目的,因而决赛中的筛选方式、评审标准如何能较好地达成这一目标是值得深入研究的课题。尤其是综合素质考察环节,如何在短短的数十分钟之内,甄别出选手是否具备科学潜质是一件非常困难和有挑战的事情。北京航空航天大学数学与系统科学学院学术委员会主任李尚志教授认为^①,创设一

^①虽然这些观点是针对大学自主招生考试时学生口试环节而言的,但由于大学自主招生考试口试也是在短时间内甄别、挑选优秀学生,因此与 APFS 目标有相似之处,故笔者认为可以借鉴其做法。

种轻松的氛围是非常必要的,应以轻松的对话和聊天方式来进行综合素质考察^[8]。

另外,评委作为评审的主体,其来源也是一个值得讨论的问题。ISEF、STS的评委,没有区域限制,来自各地。CASTIC和APFS的省级竞赛评委主要限于各省,全国决赛评委则往往以北京、上海等地评委为主,来自其他省份的评委有若干,但比例太小。本课题组对部分省级竞赛组织管理者进行访谈时,他们有一个共同的希望,即实现各省评审专家的共享,从而有效避免某些参赛学生的家长与评委私自联系致使竞赛有失公正的情况发生。

3 对我国青少年科技竞赛筛选机制的改进建议

基于上述4项竞赛筛选机制的比较结果及讨论,我们提出如下改进建议,供青少年科技竞赛主办机构和学界参考。

(1) 重新研究CASTIC的技能测试、素质测评环节,审视设置二者的必要性与合理性,研究有没有其他更为简便的方式来考察参赛者的诚信度。另外,研究如何更好地借助项目资料评审、项目问辩以及提高综合素质考察的有效性来达成筛选目的。

(2) 细化CASTIC、APFS的评审标准,拓展评审维度,科学设定各评审标准的权重,更为关键的是,将评审的重心从评价项目成果本身转移到评价参赛者的创新思维品质、从考察研究的结果转移到考察研究过程。

(3) 评委与参赛者的交流讨论,首先,应注意以轻松的对话和聊天方式来进行,在聊天之中观察选手对科学是否有兴趣、基础知识掌握得如何、能否将所学的知识与现实生活结合起来;其次,可提出一些较复杂的科学问题,不要求选手一开始就给出正确答案,而是引导他们经历试验、观察、思考、猜想以及不断纠错的过程去得出自己的答案,以考察他们的科学探究能力;此外,也可提出一些尚无人知晓答案的科学问题,启发选手去思考,提出自己的猜想或实验设计方案,以考察选手的思维

方式和应对挑战的能力。

(4) 就APFS的综合素质考察环节而言,评委要从心理上改变居高临下的态势,重视给参赛者创设自然、平等的心理氛围。评委与参赛者的座位安排,可由“审判”式,改为“圆桌会议式”,2~3位参赛者与3~4位评委坐在一起集体交流讨论,评委们通过观察参赛者参与讨论的情况,来评价其思维品质,判断其是否具备科学潜质。

(5) 扩大CASTIC省级竞赛评委的选择范围,实现各省评审专家共享,并适当增加中学骨干科技教师在省级评委中的比例。因为中学科技教师对学生的科学知识和技能水平更为了解、对科技作品的真实性更有发言权。与此同时,也应加强对省级竞赛评委的培训工作,以确保评审结果的公正与合理。

参考文献

- [1] 李晓亮. 中国青少年科技竞赛活动对科学教育的影响[J]. 中国科学技术月报, 2011(5).
- [2] 黄河, 付文杰. 竞赛机制设计研究回顾与展望[J]. 科学决策, 2009(1): 75-86.
- [3] Amegashie, JA. The Design of Rent-Seeking Competitions: Committees. Preliminary and Final Contests [J]. Public Choice, 1999, 99: 63-76.
- [4] 中国科普研究所, 中国科协青少年科技中心, 北京师范大学课题组. 美国青少年科技教育活动概览[R]. 2010: 83.
- [5] 比特通讯网. 五名中国高中生入围英特尔科学人才探索奖[EB/OL]. (2002-02-01) [2011-06-14]. <http://telecom.chinabyte.com/474/1431474.shtml>.
- [6] 全国青少年科技创新大赛网站. 关于第26届全国青少年科技创新大赛申报工作的通知[EB/OL]. (2011-04-01) [2011-06-12]. <http://castic.xiaoxiaotong.org/News/View.aspx?ArticleID=14340>.
- [7] “明天小小科学家”奖励活动网站. 第十一届“明天小小科学家”奖励活动评审规则[EB/OL]. [2011-6-14]. <http://mingtian.xiaoxiaotong.org/public/AboutUs.aspx?ColumnID=1012000002>.
- [8] 李尚志. 北航怎样选拔尖子生[J]. 数学文化, 2010 (创刊号): 65-67.

(责任编辑 谢小军)