

实践驱动的拔尖创新人才培养

——以色列“特比昂”项目研究

文雯 周璐 杨皓麟

摘要:以色列的拔尖创新人才培养与军事需求密切相关,形成了以“特比昂”项目为代表的实践驱动下的拔尖创新人才培养模式。文章首先概要介绍以色列教育与科技整体发展情况,以及在科技创新方面的优势和挑战;重点剖析“特比昂”项目选拔机制、课程设置、实践训练等方面的特点;进一步阐述以色列拔尖创新人才培养面临的挑战,包括国际竞争压力、科技发展依赖外资和基础教育质量下降等问题;最后提出对我国拔尖创新人才培养的启示,包括采用综合评价选拔不同类型天赋学生、依托实践项目培养学生真实场景中的创新能力、帮助学生建立长远职业规划等。

关键词:拔尖创新人才;科技人才;本科教育;以色列;大学课程

中图分类号:G649

文献标志码:A

DOI:10.3969/j.issn.1672-3937.2024.05.06

以色列国土面积约 2.5 万平方公里(大约相当于北京市和天津市的面积总和),人口 900 余万,却以在科技领域的创新声誉而引人瞩目,是世界闻名的“创业之国”。在各类全球创新国家排行榜中,以色列常年位居前列,其强大的科技创新实力与狭小的国土和不足千万的人口形成了鲜明的对比。以色列非常重视科技投入,2020 年研发经费占国内生产总值(GDP)比重 5.35%,居全球第 1 位。^[1]根据哥伦比亚广播公司的调查结果,以色列高科技公司创造了以色列 GDP 的 15%、出口额的 43%,相关从业人员缴纳了全国所得税的 25%。^[2]以色列的重要

产业包括信息技术(网络安全、人工智能等),生物医疗(药物开发、医疗设备等),农业技术(灌溉系统、温室技术等),能源技术(新能源汽车等)和航空航天(军事卫星等)。^[3]以色列的科技实力主要归功于人才培养,尤其是一批优秀科学家、工程师等创新人才的突出贡献^[4],包括 13 名诺贝尔奖获得者和 5 名图灵奖获得者^[5]。

科学和管理学把创新分为颠覆式创新(radical innovation)和渐进式创新(incremental innovation)两类:颠覆式创新指在技术、商业模式、流程或产品方面有重大和变革性突破,从而在行业或社会中产生重大引领性转变;渐进

作者简介:文雯,清华大学教育研究院教授(北京 100084);周璐(通讯作者)、杨皓麟,清华大学教育研究院博士研究生(北京 100084)

基金项目:国家社会科学基金教育学重点课题“‘冷门绝学’基础学科的人才培养体系研究”(编号:AIA220018)

式创新指通过不断对现有产品、流程或服务进行细微、针对性的改进,以提高性能、功能、效率和整体用户体验。^[7]以色列的高科技产业集中在少数行业,并且以小微企业和某一细分领域“独角兽”的初创企业为主,是渐进式创新模式的典范。^[8]本文结合以色列军事需求与拔尖创新人才培养密切相关的特殊背景,从人才的选拔、培养、职业发展、挑战等方面进行分析,以期为我国拔尖创新人才培养提供一定参考。

一、以色列教育与科技整体情况

以色列作为中东地区唯一的发达国家,其教育整体水平在中东地区遥遥领先。2018年人口识字率约为97.8%,在中东国家排名第一。^[9]2022年,25~64岁人群中拥有高等教育经历的人口约占51%,远高于我国(约18%),略高于人口相近的发达国家瑞士和瑞典,与美英日韩等发达国家基本处于同一水平(见图1)。^[10]教育制度上,以色列实行十二年义务教育(5~16岁),提供从幼儿园到高中的免费公立教育,学生从高二开始分流到三种不同类型的高中(普通高中、综合高中、职业高中),只有普通高中的毕业生参加大学入学考试。大学本科学制三年,硕士学制两年。绝大多数高中毕业生完成兵役后再开始大学学习,本科生平均毕业年龄为28岁。^[11]

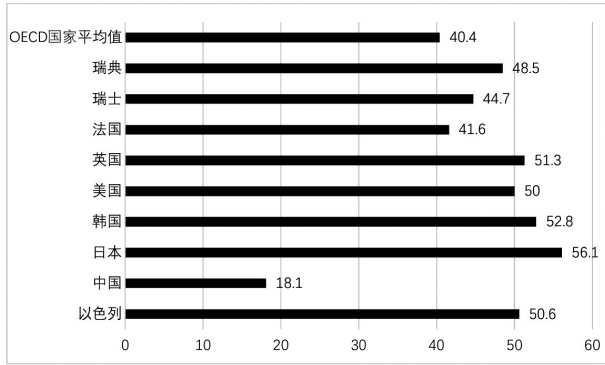


图1 2022年各国25~64岁人口中受过高等教育的比率(单位:%)

以色列政府投入大量资源发展教育。根据OECD《教育概览2023》的数据,2020年以色列教育经费占GDP的6.4%,与美英大致持平,高于人口相近的发达国家瑞士和瑞典,也高于中日韩等东亚国家和OECD国家平均值(见图2)。2020年以色列高等教育支出占GDP的1.4%,与OECD国家平均值持平,略高于我国(1.38%)。

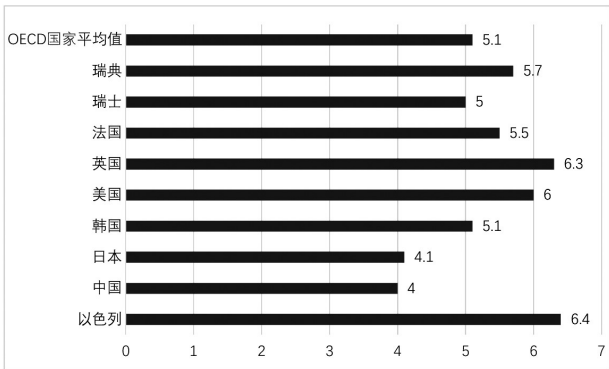


图2 2020年各国教育经费占GDP的比率(单位:%)

以色列的科技发展高度依赖美国和其他跨国资本,几乎是作为美国在中东地区“海外飞地”的一枝独秀。根据以色列创新局的估算,2021—2022年外国投资者在以色列投资份额至少为75%~80%,本土投资者(包括政府)只占很小的比率。^[12]以色列也是OECD国家中唯一一个由外国企业资助50%以上研发经费的国家。多项世界级技术成果都诞生于美国企业在以色列的研发中心:第一部商业手机诞生于摩托罗拉公司的以色列研发中心,Windows XP操作系统是由微软公司以色列研发中心开发的,奔腾四处理器是英特尔在以色列的分公司设计、开发和生产的。Netafim、CheckPoint等以色列本土企业更擅长滴灌系统、网络防火墙、铁穹导弹防御系统等与本土需求密切相关的产品设计与开发。

以色列享有的创新创业国际声誉一方面归功于其教育体系培养了大量活跃于全球的科技创新人才,另一方面归功于美国和其他跨

国资本出于地缘政治、提升本国劳动力质量、基础设施等方面的考量在以色列投入的大量资源。在总结以色列拔尖创新人才培养经验的过程中,需要意识到,我国自主培养科技创新人才的目标和条件与以色列截然不同,因此对其做法不可一味照搬,而需要细致考察育人举措与政治、经济、社会文化背景的内在联系。

二、拔尖创新人才培养计划

以色列实行全民兵役制度,男性公民义务兵役为3年,女性公民义务兵役为2年,绝大部分高中毕业生完成兵役后再开始大学学习。^[13]由于战争频仍的特殊国情,高等教育阶段的拔尖创新人才培养主要依托国防军的“学术储备计划”,遴选成绩(重点考查数学、物理、科学等科目)排在前1%的高中生,入选者获得大学资助,可以选择先进入大学学习国防军优先资助的专业,将义务服役的时间推后,并在完成义务服役后额外增加3年兵役时间。“学术储备计划”稳定运行多年,目前已经形成一套较为成熟的培养体系,是以色列在高等教育阶段培养拔尖创新人才的“主阵地”。^[14]

“学术储备计划”人才项目建立于20世纪50年代,早期的培养目标是军事医务人员,之后逐渐扩大到工程师、科学家、法律专家、政治学家等。在以色列首任总理大卫·本-古里安(David Ben-Gurion)的推动下,国防军成立了专门的科学部队,通过研发高技术武器和培养高技术军人,以弥补以色列在与中东阿拉伯国家的战争中人口较少、资源有限的劣势。^[15]“学术储备计划”即定位在青年服役前或服役过程中识别、培养和任用优秀科学家和工程师的拔尖创新人才遴选项目。包括三个子项目:培养军事技术人才的“高地”项目(Psagot)、培养中东区域国别研究人才的“百合花”项目(Havatzalot)和培养拔尖创新人才的“山巅”项目(Talpiot,国内

常译作“特比昂”或“塔尔皮奥特”,以下称“特比昂”项目)。

“高地”项目入选者主修电气工程或计算机科学,毕业后进入以色列国防军各机构服役5~6年,是以色列国防军科学部队的中坚力量。“百合花”项目入选者主修中东研究,并辅修数学、哲学、计算机科学、经济学中的一个专业,就读期间接受大量军事情报训练,毕业后直接进入以色列军事情报部门服役5~6年。^[16]“特比昂”项目是“学术储备计划”中的顶峰,其选拔出的学生是全国同龄人中“万里挑一”甚至“十万里挑一”的人才,旨在通过“特区化”培养,推动军事、经济、社会发展中的关键性创新。从1979年项目设立至今,全部毕业生仅1000人左右。近年来由于以色列人才外流较为严重,录取率放宽到万分之五左右。

三、拔尖创新人才选拔

“学术储备计划”的招生选拔测试Gibush尽量避免考查学生过去掌握的知识,重点关注快速学习新技能的能力、面对挑战时的进取心、抗压能力、团队合作能力等。^[17]第一轮是认知能力测试,主要考查短时间内大量处理数学、物理新知识的能力,从数百名候选人中筛选出几十名。第二轮是由心理测试和个人面试组成的个人特质测试,面试官大约有8~10人,由以色列国防部研发部门官员、现役高级军官组成,主要考查学生在压力下的表现和个人创造力潜质。面试问题通常超出高中生的已有知识,考查学生面对未知问题时是否拥有化未知为已知的思考方式,以及是否具备挑战困难问题的勇气。此外,将学生服务国家、军队的个人意愿和职业规划纳入考虑,并影响入选之后的方向分配。^[18]最后一轮是团队合作测试,通常由2~3名“特比昂”项目毕业生作为观察员,记录学生在小组合作中的表现。十几名候选人组成一个

临时团队,在紧迫的时间和有限的设备条件下完成设计、创造类的任务,如使用儿童积木建造特定建筑物、提出尽可能多的使用鞋子的方法等。^[19]

总体而言,“特比昂”项目的选拔呈现出两大突出特点。一是评价内容的综合性。拔尖创新人才可能拥有不同类型的天赋,如语言、逻辑、动手实践、艺术等,以色列的“学术储备计划”选拔分为多个轮次,根据候选人的个人天赋、兴趣等,将他们分配到不同项目,如数理基础好且拥有创新潜质的学生进入“特比昂”项目学习数学、物理和计算机科学,语言天赋出色且在社会科学方面有潜能的学生进入“百合花”项目。综合性的评价选拔也可以更好地评价学生的非智力性因素,如坚韧的意志品质、团队合作能力等,这些非智力性因素在拔尖创新人才成长过程中具有重要作用。同时,选拔不仅仅考查学科知识和智力能力,还注重考查意志品质、个人志向和团队合作能力。二是考试评委的多元化。话语权最高的面试官来自人才的直接使用方——政府和军队。例如,以色列武器与技术发展管理局(MAFAT)负责“特比昂”项目的跨部门协调、实践培训和资源支持,同时也是以色列先进武器技术研发的核心部门,每年招募大量研发人才;军队人员则大多是以色列海陆空三军的高级军官,他们对实战中遇到的技术问题了如指掌。在团队合作能力测试阶段,面试官全部由“特比昂”项目毕业生组成,他们对这一项目培养人才的各类特质最为熟悉,并能够通过“同类”的敏感嗅觉识别出潜在的优秀候选人。

四、拔尖创新人才培养

(一)学位项目

“特比昂”项目采取封闭的“特区式”人才培养模式。入选学生在耶路撒冷希伯来大学完

成3年学习,毕业后直接获得中尉军衔,进入以色列国防军精锐部队服役6年,或者进入耶路撒冷希伯来大学或魏茨曼研究所进行研究生阶段深造后再完成服役。耶路撒冷希伯来大学为“特比昂”项目设置了专门的学位项目(见表1),以色列武器与技术发展管理局则负责该项目的军事训练和实践培训。根据以色列国防军统计,大约有1/3的“特比昂”项目毕业生获得计算机科学学位。^[20]

表1 “特比昂”项目入选学生可选的学位项目

专业代号	学位/专业
2051	物理学+数学双学位
2052	主修物理学+辅修计算机科学+数学
2057	主修物理学+辅修数学
2058	计算机科学+物理学双学位
2059	数学+计算机科学双学位+辅修物理学
2061	主修计算机科学+辅修物理学
2065	主修数学+辅修物理学

(二)课程体系

“特比昂”项目为培养军事科技人才而设立,课程体系呈现出区别于传统研究型大学的特色。其一,课程强度大。课程门数约为普通学位的1.5倍。在日常课程学习之外,“特比昂”项目学生还需要在军事训练上投入大量时间精力,三年本科学习中几乎没有暑假。“特比昂”项目不设置专门的淘汰机制,但每年有近1/4的入选者因无法适应课程与军事训练的高强度压力而退出。^[21]其二,自由空间小。由于以色列国防需求和计算机产业发展需求集中在计算机安全、计算机软件等方向,课程开设和学术研究方向也狭窄单一,聚焦在数学、物理和计算机学科,自由选课空间小。其三,课程颗粒度大。课程内容的编排从实际需求出发,将多门传统课程的知识内容整合到一门课程中,单门课程的信息密度很大(见表2)。与清华大学计算机专业(170学分/66~70门)比较,“特比昂”

项目计算机专业的总学分接近但课程门数只有清华大学的一半。^{[22][23]}其四,弱化通识课。弱化通识教育的做法是以色列大学的通行做法。在犹太复国主义思潮的影响下,以色列的高等教育人才培养目标呈现出较强的社会本位取向,一定程度上忽视学生个性化发展的需求。以色列大学生相较于其他国家同龄人社会经验丰富,通识教育一定程度上用校园外的经历代替了校园内的课堂学习。普通学生在完成三年服役后,还会用一年左右时间进行环游世界的退伍旅行。^[24]其五,团队合作的学习方式。几乎所有课程都进行小组学习,学生彼此之间产生高强度的竞争与合作,同时拥有深刻的团队情谊。在 24 小时相处的环境中,当班级里的一部分人进度更快,其他人就会自觉努力跟上他们的步伐,从而让学生学得更快、更深。^[25]其六,较

强的应用导向。以“从线性代数到 iPhone: 电气工程与系统工程导论”课程为例,其课程目标描述了可测量的绩效指标。如表 3 所示,中美顶尖研究型大学将课程目标表述为学生在该领域知识和能力的增值,以及该课程与先修课程或后续课程在知识上的关联。而“特比昂”项目对课程目标的表述则是清晰的“岗位任务”,即学习这门课程将能够胜任军队中的哪些工作,是根据现实工作场景的需要进行课程知识的选择与组织。这反映出以色列与中美在拔尖创新人才培养上的理念差异:以色列希望优秀人才毕业后能够立刻服务军队,将三年所学知识快速“变现”;而中国和美国则将本科阶段视为研究型人才夯实基础的阶段,主要为后续深造积累必要的知识和能力。长远来看,中美研究型大学的课程知识选择与组织方式更能

表 2 “特比昂”项目课程体系与普通学位项目课程体系对比(以学位项目 2061 为例)

	“特比昂”项目 2061 (主修计算机科学+辅修物理学)		同校普通计算机科学学位项目 3009	
	学分数量	学分比率	学分数量	学分比率
通识课程	0 学分,贯穿三年的军事训练	0	8 学分“基石”课程,包括人文、社科和实验科学,约 2 门	6%
数理基础课	75 学分,约 12 门,其中 38 学分数学课,37 学分物理课	47%	31 学分数学课,约 5 门	22%
专业必修课	23 学分,约 13 门,另有 3 门 0 学分课程	15%	44 学分,约 10 门	31%
专业选修课	21 学分,均为专业选修课,约 5 门	13%	25 学分,均为专业选修课,约 5 门	18%
辅修专业或跨专业课程	40 学分,包括“特比昂”项目特设课程	25%	32 学分	23%
总计	159 学分,约 33 门课程	—	140 学分,约 22 门课程	—

表 3 以色列与中美顶尖研究型大学相似课程目标对比

以色列“特比昂”项目“从线性代数到 iPhone: 电气工程与系统工程导论”课程目标	麻省理工学院“信号与系统”课程目标	清华大学“信号与系统”课程目标
1. 学生能够分析各种线性系统(电气、机械等)频率。 2. 学生能够分析通信系统,完成以下任务:模拟信号表征、将信号数字化、调制与解调信号、计算信噪比。 3. 学生能够分析信号检测系统,完成以下任务:选择最佳滤波器、检测信号阈值、计算检测概率和误报率。	1. 从真实世界的信号或通信系统中完成建模。 2. 运用数学和计算方法分析所建立的系统模型。 3. 理解和解释系统分析的结果,并运用到反馈和控制、通信和信号处理中。	1. 提高信号分析的能力。掌握从变换域分析信号的方法,在傅里叶级数的基础上进一步学习从变换域分析非周期信号、分段连续信号和奇异信号(函数)。 2. 提高系统分析的能力。理解线性时不变系统,将对系统的认识提高到电路和网络之上,理解微分方程的物理意义,特别是理解系统函数零极点对于理解系统特征的重要意义。

“颠覆式”创新人才创造成长空间,同时也为交叉学科、新兴学科人才的发展提供了更坚实的支撑。

(三)军事训练为依托的实践培养

军事训练构成了“特比昂”项目培养过程中不可或缺的一部分,其重要性不亚于大学内的课程。军事训练穿插在周末、节假日和日常学习中,帮助学生不断反思自己的课程学习目标,同时也让他们快速成长为合格的军人。

在价值塑造方面,军事实践激发了青年学生强烈的使命感,促使他们怀抱着爱国热情勇敢挑战未知的问题。美国 CNBC 电视台制作人格威茨(Gewirtz)访谈了大量“特比昂”项目毕业生,他们形容自己的工作“每天都竭尽全力做到最好,因为我的工作可能意味着生死攸关……我在试图保护我的家人和战友”“作为一个 18、19 岁的孩子,在很小的时候就接触到了生死攸关的军事秘密,让我很快意识到作为机器的一部分,自己有多重要”。^[26]军事训练还能帮助“特比昂”项目学生在清晰的需求驱动下快速明确自己的学习目标和职业发展方向,并在真实项目中激发志趣,推动他们发挥自己的创新潜能。例如,一位投身航空航天事业的“特比昂”项目毕业生曾在实地考察中参观了“以色列太空计划”的项目,“我清楚地记得在电视上观看 Ofek-3 卫星发射的场景,现在我亲眼目睹了 Ofek-4 卫星的发射,我明白了这就是我想做的事,我想成为其中的一份子”,完成三年的本科课程学习后,他在服役的六年中为 Ofek-5 卫星开发了相机,为以色列国防部提供中东地区的高分辨率卫星图像。^[27]由于研究课题都是以色列国防军当前面临的真实挑战,“特比昂”项目学生能在极短的周期内获得自己研究成果或研究进展的反馈。根据学习科学的相关研究,这种及时、可测量的反馈对学习动机具有显著的促进作用。^{[28][29]}

在能力培养方面,学生运用所学知识技能解决国防领域的实际问题,问题解决能力和创新能力不断得到锻炼。例如,在第一学年和第二学年的军队访问活动中,学生接受坦克操作训练、舰艇驾驶训练、跳伞训练等,经历“不同类型的普通应征入伍者将接受的军事训练的总和”,熟悉以色列国防军的各部门。^[30]在充分了解军队各部门运行机制和面临的技术难题后,学生针对训练期间确定的军事需求提出技术解决方案,完成一个独立研究项目。例如,坦克自动射击系统“Trophy”的设计就是“特比昂”项目学生的独立研究项目成果,至今仍在以色列军队中发挥重要作用。^[31]“特比昂”项目学生针对自己发现或军官提出的问题拟定解决方案、制定预算、撰写实施计划,并邀请军官来评判这些解决方案的可行性并讨论是否付诸实施。在这一过程中,学生的研究能力、问题提出和解决能力、沟通表达能力和团队合作能力都得到了锻炼。

在知识传授方面,军事训练使“体验式学习”成为现实,实现了知识技能的“近转移”和“远转移”。体验式学习指教育者创设一个课堂知识与现实世界相结合的情境,学生能够在其中运用知识和技能。学生在某一情境下学到的知识和技能内化成理解工具,使其面临其他情境时能够加以运用。^[32]对于“特比昂”项目学生而言,军事训练期间尝试解决与本专业密切相关的问题是一种知识技能的“近转移”,毕业后在服役期间解决综合性更强、难度更大的问题甚至于服役结束后投身学术研究或创业则是知识技能的“远转移”。以色列武器与技术发展管理局是“特比昂”项目的主管部门,并在军事训练中负责为学生创设体验式学习的情境——“作战演示系统”(Operational Demonstrators)。这一系统被学生评价为“颠覆性自下而上创新的关键实验室”。^[33]由于参与研发的新技术无法在

未经验证的情况下投放战场,因此作战演示系统成为了操作验证、反馈调整的试验田,原型技术在这里仿真或应用后会得到调整。体验式学习不仅帮助学生拓展了思维(mind),而且拓宽了心态(mindset),让他们在日后的挑战中能以积极成长的心态面对挫折,并相信环境的可改变性。项目毕业生在服役结束后可能投身创业或就职于与服役时期不同的领域行业,但体验式学习带来的“远转移”能够帮助他们在全新的情境中发挥出自己积累的才能。

表 4 “特比昂”项目军事训练

学年	军事训练内容 ^①
第一学年	<ul style="list-style-type: none">• 开学前基础培训(约 12 周)• 军事培训, 参观以色列国防军的不同单位和分支机构(约 5~6 周, 安排在夏季)• 军官培训课程
第二学年	<ul style="list-style-type: none">• 访问以色列国防军各个分支机构, 以了解当前在科技方面的主要问题和需求• 伞兵训练
第三学年	<ul style="list-style-type: none">• 学习军事工程、雷达、天线和军事通信方面的特殊课程• 在希伯来大学学习历史、犹太思想、阿拉伯研究等人文社会科学课程• 通过面试来确定毕业后在以色列国防军的部门和岗位

五、拔尖创新人才的职业发展

在结束九年的服役后,“特比昂”项目毕业生活跃在以色列的各领域关键岗位。其中 1/3 留在以色列国防军,从事军事相关研究开发工作,少数进入战斗部门。根据以色列政府统计,“特比昂”项目毕业生中约 10%获得以色列国防奖、空军指挥官奖和军事情报负责人奖等军队杰出贡献奖。^[34]1/3 进入学术界,他们中的大部分会获得政府的持续资助前往美国顶尖研究型大学深造,优秀毕业生代表包括 2010 年菲尔兹奖获得者埃隆·林登施特劳斯(Elon Lindenstrauss)、2003 年哥德尔奖获得者约阿

夫·弗罗因德(Yoav Freund)等。^[35]还有 1/3 进入私企或创业。以色列政府和军队鼓励“特比昂”项目毕业生将服役期间的知识产权成果应用于个人创业,并积极推动本国创业者完成融资。多位“特比昂”项目毕业生成为计算机安全、金融科技等领域全球独角兽的创始人。^[36]

“特比昂”项目毕业生在私企工作和创业中的成功与该项目在以色列的特殊地位息息相关。首先,拥有突出的智力资本。他们是全国同龄人中的佼佼者,其智识能力、身心素质、团队合作能力等方面都非常拔尖,在以色列社会拥有很高的认可度,部分以色列科技企业的顶级岗位甚至会在招聘中说明“仅限‘特比昂’项目毕业生”。^[37]其次,拥有强大的社会资本。该项目招生规模小,迄今毕业生仅 1000 余人,以战友会等组织形式助力形成了一个强联系的社会网络。曾有社会学者将以色列全民兵役制度下形成的人际网络称为以色列青年的某种“军事资本”,它是军队中习得的技能(人力资本)、军队中建立的社会联系(社会资本)和军队中形成的行为准则(文化资本)的总和。^[38]“特比昂”项目毕业生通过建立内部论坛、每年举办聚会等方式维持这个“精英俱乐部”的内部联系。^[39]以色列的高科技企业集中在网络安全、金融科技等几个细分领域,顶尖科技人才的聚集也进一步强化了“特比昂”项目作为毕业生社会联系纽带的作用。此外,以色列高科技企业发展高度依赖外国风险投资,而声名在外的“特比昂”项目恰恰为毕业生提供了背书,并通过内部社会关系网络减小“特比昂”项目毕业生参与的初创企业、融资企业与外国风险投资企业的信息差,“通过‘特比昂’关系网可以便捷可靠地获取企业账簿之外的信息”^[40]。“特比昂”项目毕业生由于在以色列国防军较长的服役经历,深度了解军队和政府需求,在获取政府投资方面也拥有更大优势。

六、当前挑战

以色列的拔尖创新人才培养面临以下重大挑战。其一,高科技发展集中在少数几个行业领域,近年来受到国际竞争压力的影响,创新人才岗位减少,人才流失问题逐渐严重。根据以色列风险投资研究中心的统计,2021年,以色列网络安全、金融科技、食品科技和物联网四大领域获得的投资额占全年投资总额的66.3%。^[41]尽管以色列在全球创新指数等指标排名中位居世界前列,但其作为一个科技强国有别于美国和中国的庞大国家科技体系,而只是少数领域的“偏科生”,因此其科技生态系统处于相对脆弱的位置。近年来,以色列受到东亚国家和西欧国家在资金和市场上的竞争挤压,本国高科技企业的人才需求不复之前的快速增长。根据2022年世界知识产权组织“全球创新指数”排行榜,以色列创新指数居全球第16位(中国排名第11位),相较于2019年下降了6名。^{[42][43]}另外,根据以色列创新局的统计,2013年以色列初创企业的融资额是巴黎的5倍、伦敦的2倍,但由于欧洲创新生态系统的快速发展,2022年伦敦初创企业融资额已经超过以色列,巴黎也已接近以色列。^[44]以色列一直将本国定位为“小而美”的创新中心,区别于美国和中国这种庞大的“创业之国”。以初创企业融资额计算,过去十年中以色列是全球排名第6的创新中心,仅次于旧金山、纽约、波士顿、北京、上海,但其他“小而美”的创新中心如新加坡、首尔等正在快速追赶以色列,对以色列的经济发展造成很大的竞争压力,拔尖创新人才的“出口端”也面临无法容纳足量人才的压力。^[45]拔尖创新人才不可避免地流失到其他国家或行业。

其二,以色列科技发展高度依赖外国资本,大量拔尖创新人才为跨国公司工作,本土企业并未完全享受到科技人才红利。根据以色列创

新局的估算,2021—2022年,外国投资者在以色列投资份额至少为75%~80%,本土投资者(包括政府)只占很小的比率。以色列也是OECD国家中唯一一个外国企业资助50%以上研发经费的国家。这样的发展特色使得以色列以相对有限的劳动力数量、市场容量和基础设施条件获得了全球高科技产业链中重要的位置,同时也使得以色列的科技产业处在国际政治经济形势变化的高风险中。例如,2023年,以色列与哈马斯的战争使大量外国投资者望而却步,暂停或放缓对以色列的投资,导致高薪工作岗位减少,对以色列经济长期发展产生负面影响。^[46]此外,以色列的本土高科技企业从拔尖创新人才中获得的收益远小于跨国公司。根据相关统计,以色列工业界和学术界的合作超过85%由跨国公司承担,仅IBM和微软两家就占到一半左右。^[47]以色列是众多跨国公司(尤其美国主导的跨国公司)在中东的重要基地,但大规模本土企业的发展并没能完全享受到本土科技人才红利。

其三,近年来以色列的基础教育质量下降,为拔尖创新人才培养带来优质生源不足的隐患。根据2022年的PISA测试结果,以色列学生的数学和科学成绩低于OECD平均水平,且近十年来分数持续下降。^[48]2022年,46%的中小学校长认为学校教学能力因缺乏师资而受到限制。^[49]在此背景下,“特比昂”项目等拔尖创新人才培养项目录取条件虽然不断放宽,但仍然面临优质生源不足、学生无法承受项目学习压力而中途退出等问题。

七、结语

我国是一个工业体系完备、市场规模巨大的大国,对创新人才的需求呈多层次、宽领域的特点,既需要“从零到一”开辟新领域的颠覆式创新人才,也需要从当前实践中发现问题、改

进问题的渐进式创新人才。在培养渐进式创新人才方面,以色列积累了大量的成功经验,提振了国家的科技实力,助力以色列发展成为“小而美”的创业之国,其人才培养经验有值得我国借鉴的地方。

第一,综合性的考查方式有利于多元拔尖创新人才的甄别。拔尖创新人才可能拥有不同类型的优秀天赋,以色列的“学术储备计划”项目选拔分为多个轮次,可根据候选人的个人天赋、发展兴趣等将他们分配到不同项目。综合性的选拔方式也可以更好地筛选出学生的非智力品质和能力。例如,坚韧的意志品质、团队合作能力等特质在拔尖创新人才成长过程中非常重要。我国未来也可以在少数高水平大学试点单列招生通道,针对不同类型的拔尖高中学生,采用综合性评价的方式单独招生,招录具有特殊天赋的天才、偏才、怪才,实施贯通培养,将本科阶段成绩优异、能力突出的拔尖学生推荐免试硕博连读。

第二,以实践项目为依托,在价值塑造、能力培养、知识传授等方面发挥传统课堂讲授难以替代的优势。对于“特比昂”项目的学生来说,直接参与军事训练和军事研发工作极大地激发了他们的使命感和责任心。了解实践中亟待解决的问题也帮助学生加深对课程知识的理解,明确自己学习的目标,激发挑战性学习、研究性学习的热情。正是基于对现实问题需求的深刻了解,以色列的拔尖创新人才才能够发现现实中的各种“改进点”,不断进行创新。现在我国拔尖创新人才培养(尤其是工程教育)中较为欠缺的一环正是从现实需求中提炼出科学或工程问题并完成建模,学生在各种科研训练中大多只是解决已经完成了提炼建模的问题。学生在科研训练中提升的是解决学术前沿问题的能力,而非从现实情景中发现问题、提炼问题、“转译”成学术问题(即完成建模),并把

学术上的前沿成果再次转化成实践应用的能力。长此以往,“工科教育理科化”的弊病就凸显出来。事实上,我国高等教育实践中已经积累了许多实践育人的本土经验,如“真刀真枪搞毕业设计”的优良传统。^[50]1958年,清华大学水利系的本科毕业班学生就在教师和资深工程师的共同指导下完成了密云水库的设计工作,真正把所学知识综合运用到解决实际问题中,既帮助学生理论联系实际提升专业水平,又锻炼了学生艰苦奋斗、脚踏实地的意志品质。

第三,帮助学生建立长远的职业规划,为拔尖创新人才提供终身发展支持。“特比昂”项目的学生有机会在以色列国防军各部门轮转工作,并在接受军事训练的过程中逐渐探索个人职业发展路径。在完成三年的本科课程学习后,学生的发展方向大致确定,在接下来的六年服役时间里真正在关键岗位上承担重要责任。目前,我国拔尖创新人才培养中对职业规划的引导仍然不足,没有给予学生在重点行业、重点单位实习实践的充足机会。学生缺乏职业规划的意识和能力,工作行业和地域的选择经常是到毕业时“跟风”的临时决策。建议在培养过程中增加学生了解重点行业、重点单位的机会,吸引更多拔尖创新人才投身国家战略需求的关键岗位。例如,部分科研院所和国有企业可以从前沿课题中提取设计“微型课题”邀请有创新潜质的学生参与,或者在寒暑假邀请学生进行短期实习实践,让学生在校期间对国家需求、社会动态的了解不局限于走马观花的“参观”,而是实际性的“参与”。

总的来说,以色列在拔尖创新人才培养方面取得了较大的成功,积累了许多有效的实践经验。但考虑到以色列国情与我国有很大不同,需要对以色列的经济、科技、教育等方面背景全面了解后,选择性地借鉴部分做法。同时,我国拔尖创新人才培养多年来也积累了大量

的实践和做法,这些本土性的经验更值得被挖掘和总结,从而探索出根植于中国国情的拔尖创新人才培养模式。

注释:

①该部分内容综合参考格威茨(2015)和阿涅利(Arieli, 2019)著作中相关内容。目前无法从公开渠道获得该部分的官方书面文件。

参考文献:

[1]World Bank. Research and development expenditure – Israel[EB/OL]. [2024-02-27].<https://data.worldbank.org/indicator/GB.XPD.RSDV.GD.ZS?locations=IL>.

[2][46]DORON B. High-tech continues to blossom, but the rest of Israel's economy can't keep up[EB/OL]. (2021-03-22) [2024-02-27]. <https://www.calcalistech.com/ctechnews/article/hjxdx2smq>.

[3]张倩红. 以色列蓝皮书:以色列发展报告(2021)[M]. 北京: 社会科学文献出版社, 2022:162.

[4]AKIRAV O, COHEN G. From a peripheral town to the Silicon Valley of northern Israel[J]. Israel affairs, 2023,29(6): 1-20.

[5][47]Fraiberg S. Start-up nation: studying transnational entrepreneurial practices in Israel's start-up ecosystem[J]. Journal of business and technical communication, 2017, 31(3): 350-388.

[6]HANNA D. The overview of gifted education in Israel in terms of rate of receiving international prizes Israelis and Jews living elsewhere?[J]. Journal for the education of gifted young scientists, 2013, 1(1): 1-7.

[7]ETTLIE J E, BRIDGES W P, O'KEEFE R D. Organization strategy and structural differences for radical versus incremental innovation[J]. Management science, 1984, 30(6): 682-695.

[8]BREZNITZ D. Innovation and the state: political choice and strategies for growth in Israel, Taiwan, and Ireland[M]. New Heaven: Yale University Press, 2007: 41.

[9]UNESCO. Israel: Education and Literacy[R]. Montreal: UNESCO, 2019.

[10][11]OECD. Education at a Glance 2023[R]. Paris: OECD, 2023.

[12][44]Israel Innovation Authority. The state of hi-tech 2023[EB/OL]. (2023-12-03)[2024-02-27].<https://innovationisrael.org.il/en/report/a-global-comparison/>.

[13]胡茹萍. 以色列教育初探[J]. 台湾国际研究季刊, 2012, 8(2): 149-172.

[14][15][16]GIL B, ISAAC B. The academic reserve: Israel's fast track to high-tech success[J]. Israel studies review, 2019, 34(2): 75-91.

[17]YAAKOV L. Elite Military Intelligence cadets complete training[N/OL]. Jerusalem Post, 2013-11-11[2024-02-27].<https://www.jpost.com/defense/elite-military-intelligence-cadets-complete-training-331197>.

[18]INBAL A. Why Israel is a hub of innovation and entrepreneurship[M]. New York: Harper Collins Publishers, 2019:135-136.

[19]Ministry of Defense Israel. Nurturing future generations [EB/OL]. [2023-12-04]. <https://english.mod.gov.il/About/Innovative-Strength/Pages/Nurturing-Future-Generations.aspx>.

[20][25][26][27][39][40]JASON G. Israel's edge: the story of Talpiot[M]. Jerusalem: Gefen Publishing House, 2015:23-29,44-56,123-134.

[21]范玉芳, 雍成纲. 以色列军队的科技精英教育计划及其借鉴意义[J]. 国防科技, 2023, 44(2): 109-114.

[22]The Hebrew University of Jerusalem. Degree Talpiot Program(2061)-Bachelor's[EB/OL]. (2023-11-22)[2024-02-27]. <http://catalog.huji.ac.il/pages/WebChugInfoNew.aspx?year=2023&faculty=2&entityId=520°reeCode=61&language=en>.

[23]文雯, 周璐, 芮振华, 等. 形似与神异:中美研究型大学课程体系比较[J]. 高等工程教育研究, 2022(1): 175-181.

[24]DADON A. The wandering Israeli: from soldier to backpacker[EB/OL]. (2019-01-31)[2024-02-27].<https://www.talknsave.net/backpacking-in-israeli-culture/#:~:text=It%20allows%20Israeli%20young%20adults,are%20in%20years%20to%20come>.

[28]SÉVERINE E, ERIC J. Digital game-based learning: Impact of instructions and feedback on motivation and learning effectiveness[J]. Computers & Education, 2013, 67(2): 156-167.

[29]VICTOR L, CHING -HUEI C. Promoting science learning in game-based learning with question prompts and feedback[J]. Computers & Education, 2016, 103(10): 134-143.

[30]DOUGHERTY G M. Accelerating military innovation: lessons from China and Israel[EB/OL]. (2020-09-10)[2024-02-27].<https://www.dasadec.army.mil/News/Article-Display/Article/>

2342531/accelerating-military-innovation-lessons-from-china-and-israel/.

[31]CHRISTOPHER R. How an elite military school feeds Israel's tech industry[EB/OL]. (2007-07-06) [2024-02-27]. <https://www.wsj.com/articles/SB118368825920758806>.

[32]约瑟夫·E. 奥恩. 教育的未来:人工智能时代的教育变革 [M]. 北京: 机械工业出版社, 2019:102-108.

[33]JENNIFER M. Review of 'Israel's edge: the story of the IDF's most elite unit—Talpiot.' [N]. Huffington Post, 2016-05-07(3).

[34][35][36]ABIGAIL L. The idf incubator for Israel's future CEOs[EB/OL]. (2017-08-28) [2024-02-27]. <https://www.israel21c.org/the-idf-incubator-for-israels-future-ceos>.

[37][38]SWED O, BUTLER J. Military capital in the Israeli hi-tech industry[J]. Armed forces & society, 2015, 41(1): 123-141.

[41]Research Center. IVC industry analytics[EB/OL]. (2022-06-01) [2024-02-27]. <https://www.ivc-online.com/Research-Center/IVC-Industry-Analytics>.

[42]World Intellectual Property Organization. Global

Innovation Index 2019: Creating Healthy Lives—The Future of Medical Innovation[R]. Geneva: World Intellectual Property Organization, 2019.

[43]World Intellectual Property Organization. Global Innovation Index 2022: What is the future of innovation-driven growth? [R].Geneva: World Intellectual Property Organization, 2022.

[45]Israel Innovation Authority. Israel's state of high-tech: a global comparison[R].Jerusalem: Israel Innovation Authority, 2022.

[48]GAVRIEL F. Israeli 10th graders still struggling, but dodge global post-COVID drop-off — study[N/OL]. The Times of Israel, 2023-12-14[2024-02-27]. <https://www.timesofisrael.com/israeli-10th-graders-still-struggling-but-dodge-global-post-covid-drop-off-study/>.

[49]HANNA D. The failure of gifted education in Israel[J]. Journal of gifted education and creativity, 2023,10(3): 141-155.

[50]本刊评论员. 真刀真枪搞毕业设计[J]. 前线, 1965(7): 3-4,11.

Cultivation of Top-notch Innovative Talents Driven by Practical Demands —A Study of the Talpiot Project in Israel

WEN Wen ZHOU Lu[✉] YANG Haolin

(Institute of Education, Tsinghua University, Beijing 100084, China)

Abstract: The cultivation of top innovative talents in Israel is closely related to military needs, forming a practical demand-driven mode represented by the Talpiot project. Firstly, this paper provides an overview of the overall development of education and technology in Israel, as well as the advantages and challenges in technological innovation. Secondly, the paper focuses on the Talpiot project as a representative of cultivating top innovative talents, examining its selection mechanism, curriculum setting, and practical training characteristics. Furthermore, it discusses the challenges facing Israel's cultivation of top innovative talents, including international competitive pressure, dependence on foreign investment for technological development, and declining quality of basic education. Lastly, based on the analysis and considering China's practical situation, the paper offers insights into the cultivation of top innovative talents in China, proposing suggestions such as using comprehensive evaluation to select different types of gifted students, relying on practical projects to cultivate students' innovation ability in real scenes, and helping students establish long-term career planning.

Keywords: Top-notch innovative talents; Science-technology talents; Undergraduate education; Israel; College curriculum

编辑 吕伊雯 校对 王亭亭