

文章编号: 2095-1663(2024)06-0043-10 DOI: 10.19834/j.cnki.yjsjy2011.2024.06.05

# 基于国家重大科技项目的研究生培养模式研究

## ——以长鹰无人机为例

张 凤<sup>1a</sup>, 马永红<sup>1b</sup>, 张飞龙<sup>2</sup>

(1. 北京航空航天大学 a. 科学技术研究院; b. 人文社会科学学院, 北京 100191;

2. 山西大学 马克思主义学院, 太原 030006)

**摘要:** 研究生教育是支撑中华民族伟大复兴的重要软实力,在百年未有之大变局背景下,中国必须通过教育、科技、人才一体化发展,建设研究生教育强国。但当前还存在一系列体制机制障碍,使得教育、科技、人才的合力尚未完全形成。承担国家重大科技项目是高校有组织科研的重要载体和实现形式,以长鹰无人机为代表的国家重大科技项目实现了教育、科技、人才的深度融合,不仅成功研制了国家关键技术领域的重大型号,还培养出一大批为国家服务的拔尖人才。出于提高研究生教育质量和发挥研究生科技创新生力军作用的双重考虑,通过单案例分析的方法,对参与项目的总工程师、教授、研究生进行深入访谈和实地调研,对收集的数据进行分析,探究在长鹰无人机这一国家重大科技项目实施过程中,拔尖创新人才是如何培养的,识别出多元主体、支撑条件、组织形式、运行方式、质量保障等重要因素,进一步建构出基于国家重大科技项目的研究生培养模式。

**关键词:** 科教融合; 研究生教育; 教育、科技、人才一体化; 国家重大科技项目

**中图分类号:** G64

**文献标识码:** A

### 一、引言

教育、科技、人才是经济社会发展的关键支柱,党的二十大报告对“实施科教兴国战略,强化现代化建设人才支撑”进行深刻阐述,专章进行部署,强调“教育、科技、人才是全面建设社会主义现代化国家的基础性、战略性支撑”,充分彰显了党中央对科教工作的重视之深、期待之切和谋划之远<sup>[1]</sup>。因此,提高教育质量,增强科技实力,培养创新人才,通过三者融合发展释放更大合力,将为中华民族伟大复兴

提供重要支撑。

随着中国研究生教育制度的不断完善,研究生已具有学习者和研究者的双重身份,不仅是被教育的对象,还是科技创新的重要生力军。通过科教融合的方式培养研究生,是推动教育、科技、人才融合发展的重要抓手,不仅有利于提高研究生教育的培养质量,而且有利于推动科学技术的突破和高层次创新人才的培养。

国家重大科技项目是为了实现国家目标,由政府牵头,通过核心技术突破和资源集成,开展综合性研究,在一定时限内完成的重大战略产品、关键共性

**收稿日期:** 2024-06-12

**作者简介:** 张凤(1982—),女,河北衡水人,北京航空航天大学科学技术研究院副研究员,博士。

马永红(1966—),女,安徽安庆人,北京航空航天大学人文社会科学学院教授,博士生导师;北京市哲学社会科学研究生教育改革与发展研究基地首席专家。

张飞龙(1993—),男,山西大同人,山西大学马克思主义学院讲师,博士,通讯作者。

**基金项目:** 国家社科基金教育学重大项目“科技自立自强背景下高校有组织科研研究”(VIA230005);北京航空航天大学2023年卓越工程师培养改革战略研究课题重点项目“企业课题库建设与学生培养衔接机制研究”

技术和重大工程<sup>[2]</sup>,对推动科学技术事业发展和增强综合国力有重要意义。承担国家重大科技项目是高校有组织科研的重要载体和实现形式,高校通过牵头或参与实施国家重大科技项目服务国家战略,同时国家战略工程项目为高校提供大量创新资源,促进高校与国家力量的深度融合、双向赋能,有利于高校通过有组织科研全面调动资源,整合创新要素,加速创新进程<sup>[3]</sup>。

20世纪末两极格局瓦解,世界处于百年未有之大变局。国家有关部门(使用总体单位,需求方)为维护国家核心利益,迫切需要加强国家的制空权、制海权与制信息权的建设。而一款长航时、高分辨率的无人侦察飞行器则可以较好满足国家需求。这类飞行器留空时间长,作业覆盖区域广,机动性和自主性强,将在空间攻防和信息对抗中发挥重要作用<sup>[4]</sup>。为此,使用单位历经两年多的需求论证和技术可行性论证,将国家需求转化为研制单位能够理解、执行的上千个技术指标,特别是明确了长航时、高空、远程、隐身等核心指标要求,该项目被国家立项支持。北京航空航天大学(简称“北航”)通过竞标获得牵头单位资格。2000—2009年,北航协调60余家参研和配套单位共同组成“国家队”,最终圆满完成了这项具有国家战略意义的重大科技项目,并成功研制出我国第一款中空高空长航时无人机——长鹰<sup>[5]</sup>。长鹰无人机建立了我国完全自主的无人机系统技术体系,不仅产生了巨大而持久的经济效益和社会效益,同时在研究生培养方面也结出了硕果,以研究生身份参与长鹰无人机研制的成员,绝大部分成长为我国无人机行业的核心技术骨干,对国防与军队现代化作出了重大贡献,长鹰无人机在人才培养方面的经验对当前我国关键核心技术领域的拔尖创新人才培养具有重要的参考价值。

参与科研项目已经成为研究生培养过程中的重要环节,但人才培养效果参差不齐,同时成熟的、可被参考的模式尚未建立。当前我国研究生教育高质量发展还存在一系列体制机制障碍,迫切需要通过教育、科技、人才一体化发展方式,破除体制机制障碍,激发拔尖创新人才培养的活力。长鹰无人机项目在没有经验、没有参照的情况下,克服重重困难,以组织化、集约化的方式培养出大批心怀国之大者的拔尖创新人才,有力支撑了我国长航时无人机系列关键技术的发展。长鹰无人机项目以有组织的科研创造了独特的研究生培养模式,在知行、产教、使

命等方面实现教育、科技、人才的有机协同,探索出了一条高效并可持续的高层次人才培养道路。

因此,本文通过对长鹰无人机培养研究生的模式进行单案例分析,对基于国家重大科技项目形成的研究生培养模式进行解构和建构,尝试回答为什么国家重大科技项目会培养出大批拔尖创新人才?国家重大科技项目与其他项目相比,在人才培养方面有什么特殊意义?在此基础上进一步探究国家重大科技项目研究生培养模式的关键要素及作用机理。这不仅有利于加强教育、科技、人才一体化过程中资源整合、协同育人和可持续发展,同时有利于加强拔尖创新人才自主培养,为我国关键核心技术攻关提供人才支撑。

## 二、文献回顾

研究生教育是最高的教育层次,具有独特的研究属性和创新属性,往往通过一定的教育教学和科研训练,培养研究生探究不确定性知识和领域的能力。研究生培养模式是指研究生培养过程中具有规律性的运行方式和运行机制。受到制度、资源、目标、评价等要素的影响,研究生教育培养模式十分复杂。宏观来看,按照不同的培养主体,研究生培养模式主要有政府主导型、高校主导型、研究生主导型和社会(企业)主导型等模式,按照人才培养类型的不同定位,主要有研究型、复合型、应用型三种模式<sup>[6]</sup>。在国外,法、英、德、美四国博士生培养模式较为典型,主要为教学型、研究型、专家型、综合型四种模式<sup>[7]</sup>。在宏观层面,关于研究生培养模式的研究已经形成了培养目标、入学形式、培养方式和质量评价四维度的分析框架<sup>[8]</sup>。具体来看,不同的研究生教育主体在实践中形成了多样化、个性化的研究生教育模式,如中国科学院探索的“项目引导式”模式以及“在科研实践中培养博士生”的动态培养模式<sup>[9]</sup>。德国形成了典型的学徒式研究生培养模式,日本形成了独特的论文博士培养模式<sup>[10]</sup>。上述模式均在一定程度上提高了研究生的研究能力和创新能力。由此可见,研究生培养模式十分多样化,未来有进一步多元且下沉的趋势,随着院系、团队等研究生教育主体的主体性不断强化,研究生教育模式在微观层面的探索日趋深化。

通过国家重大科技项目培养研究生是研究生教育高质量发展的重要途径之一。随着高校更多地承

担社会责任,特别是在科技与教育一体化程度不断加深的背景下,研究生有越来越多的机会参与国家重大科技项目。国家重大科技项目有战略性、系统性、牵引性等立项要求,在研究生的科研训练和综合能力培养方面具有显著优势。张淑林等认为研究生参与重大科技项目是高水平大学高层次人才培养的一大特色,对研究生创新能力的培养具有不可替代的作用,所以应该建立起研究生承担或者参与国家重大科技项目的体制机制<sup>[11]</sup>。林青国等认为参与国家重大科技项目是研究生成长为高水平创新型人才的重要途径,并通过问卷调查发现研究生参加国家重大科技项目的主观意愿高达 93.6%<sup>[12]</sup>。由此可见,国家重大科技项目是非常宝贵并具有独特优势的教育资源。通过对相关文献的回顾可以发现,学术界基本认可国家重大科技项目对研究生培养具有不可替代的重要作用,但是当前研究生参与国家重大科技项目仍具有一定的随机性,学界对国家重大科技项目的育人功能尚未形成清晰的认知,尤其是对以国家重大科技项目为代表的研究生培养模式的讨论较少,其发生的过程还是个“黑箱”,作用机理和关键要素也尚待探讨,本研究拟从微观层面探讨基于国家重大科技项目的研究生培养模式,以期进一步推进教育、科技、人才一体化发展。

三、研究设计

(一)研究方法

本研究采用探索性单案例研究方法,原因如下:第一,本研究旨在回答国家重大科技项目“为什么”与“怎么样”实现高层次创新型研究生培养,其背后的机理与规律有待挖掘、探索,因此需要采用能够挖掘规律、构建理论的探索性案例研究方法<sup>[13]</sup>。第二,本研究选择的长鹰无人机案例,满足了国家重大型号需求,是重大科技突破与原始创新<sup>[14]</sup>,并且以研究生身份参与项目的人员均已成长为相关领域高级工程师、教授、企业“掌门人”等高层次创新型人才,具有较强说服力,案例具有一定典型性,符合理论抽样的原则<sup>[15]</sup>。

(二)数据收集

本研究主要通过实地调研和访谈的方式收集数据,访谈统筹整个系统的总(副)设计师,重点访谈有指导研究生任务的工程师和教授,以及以研究生身份参与项目的学生,总计调研 29 次、共 26 人次(部

分人员进行多轮访谈),整理录音 2815 分钟,形成文稿 20.14 万字(见表 1)。

表 1 资料类型及来源

| 资料类型       | 资料来源                                                  |
|------------|-------------------------------------------------------|
| 访谈(F)      | 总(副)设计师(2 人)、工程师(4 人)、教授(5 人)、参与研制的研究生(9 人)、技术人员(6 人) |
| 实地调查(S)    | 2021 年 3 月 18 日                                       |
| 非正式情境聊天(L) | 6 次与项目团队成员非正式情境聊天                                     |

四、基于国家重大科技项目研究生培养模式的构成要素

本研究拟在微观层面探讨通过参与国家重大科技项目培养研究生的模式,与宏观的理解不同,在微观层面主要探讨这种研究生培养模式的鲜明特征及主要做法。通过对分析回收的数据进行三级编码,解构出基于国家重大科技项目研究生培养模式的构成元素,进一步分析这些元素的作用机制,得出该模式的初步框架,在此基础上深入分析该模式的特殊性,进而建构出基于国家重大科技项目的研究生培养模式。

(一)资料分析

采取程序化扎根理论的方式,逐级进行开放编码、主轴编码、选择性编码以呈现数据所讲述的“故事”。程序化扎根理论要求研究者与事件、现象、资料持续深度互动,从而发现新的理论,因此,本研究严格按照程序化扎根理论的要求,深入访谈情景,对理论与现实进行多次循环,力求客观、准确,从而提高内部一致性和可信度。最终本研究发现 33 个范畴,14 个主要范畴,5 个核心范畴(见表 2)。

本研究的开放编码在调研过程中进行,案例研究中调查对象的非语言特征是理论构建的重要组成部分,因此,开放编码与访谈、调查同时进行有利于保证所构建理论的科学性和有效性。经过对比、整合,共形成 67 个有效概念,通过归纳得出 33 个范畴。主轴编码是在开放编码基础上,分析范畴之间的联系与区别,对具有相同性质的范畴归为一类,由此实现对现象的进一步抽象。经过对比与分析,归纳出 14 个主要范畴。选择性编码是在前两轮编码基础上,识别出能够统领所有范畴的核心范畴,从而



实现对复杂现象的理论化阐释。经过多轮次讨论与分析,得到多元主体、支撑条件、组织形式、运行方式、质量保障五个核心范畴。

表2 三级编码

| 核心范畴 | 主要范畴  | 范畴                      |
|------|-------|-------------------------|
| 多元主体 | 责任主体  | 导师、项目负责人、课题团队           |
|      | 非责任主体 | 工程师和技术人员、供应商、项目使用方      |
| 支撑条件 | 共同目标  | 齐心协力、认知相近               |
|      | 协作意愿  | 相互协调、联合培养、和谐相处          |
|      | 信息联系  | 定时定期沟通、集中交流研讨           |
| 组织形式 | 有组织   | 明确的研究方向、明确的研究内容、明确的时间节点 |
|      | 自由探索  | 科研兴趣、面向未知               |
| 运行方式 | 筛选进入  | 宽容试错的态度,科研热情、创新能力       |
|      | 任务分配  | 个性化的任务分配、一定难度水平的任务      |
|      | 有序执行  | 推动项目进展、完成规定任务           |
|      | 效果评估  | 及时反馈                    |
|      | 调整改进  | 相互调试、调整与改进              |
| 质量保障 | 制度支持  | 制度倾斜、针对性措施              |
|      | 资源支撑  | 人才资源、物质资源、社会资源          |

## (二)基于国家重大科技项目研究生培养模式的构成要素

当前,基于国家重大科技项目的研究生培养模式的构成元素尚不明确,对构成元素的研究属于探索式研究,本研究通过对访谈数据进行质性分析,识别出基于国家重大科技项目的研究生培养模式的构成要素有多元主体、支撑条件、组织形式、运行方式、质量保障。

### 1. 多元主体

通过多元主体的合力培养高层次创新人才是如今研究生教育的应有之义<sup>[16]</sup>。虽然进行了形式多样的探索,但是多元主体联合培养总是存在“两张皮”的困顿,难以真正释放社会对于研究生培养的合力。基于国家重大科技项目的研究生培养模式以创新链将多元主体联结,实现知识创生、技术传递及组织互通,形成了深度联结。多元主体主要包括导师、

项目负责人、课题团队等责任主体,以及负责基础研究的科研人员、负责工程研制的工程师和技术人员、供应商、项目使用方等非责任主体,这些主体之间的交互形成了基于国家重大科技项目的科技人才培育生态。

导师是研究生培养的第一责任人,导师与学生是一种紧密的合作关系,在参与国家重大科技项目过程中,导师起到了不可替代的引导和决策作用,对研究生是否能够参与国家重大科技项目、参与的深度及类型以及参与过程中的指导和培养起着决定性作用。项目负责人负责项目的整体规划、组织监督和监督管理,统筹协调各方面资源,确保项目顺利进行,对研究生培养具有重要的影响力。虽然参与研究生直接指导的次数较少,但是总负责人发挥着榜样力量以及指引着我们前进的方向,总是会在关键的时候起到关键的作用(F10)。除此之外,研究生所在的课题团队也是核心的责任主体,在完成课题任务的过程中,研究生与课题团队成员有密切的合作、沟通,这实质上是知识、技能、情感流动的过程,在这个过程中不断输入知识、技能,进而实现身份构建,成为知识、技能输出者,成长为科技创新人才。

国家重大科技项目是个复杂性系统工程,需要多主体的合作、配合,科学探索的首创性与科技攻关的突破性要求这支团队覆盖多学科、多领域并且具备基础研究、工程研制、质量管理等多种功能,由此,一支大规模、多层次、高质量的“国家队”应运而生<sup>[14]</sup>。与社会合作共享是大学的使命,对于履行培养高素质创新人才和促进科技创新十分重要<sup>[17]</sup>。与传统的实验室培养模式不同,研究生参与国家重大科技项目往往需要和这支“国家队”沟通、配合,甚至互通有无,才能推动国家重大科技项目顺利进行。在参与国家重大科技项目的过程中,研究生在“大团队”中与不同主体以不同方式互动且国家重大科技项目具有鲜明的去中心、去权威的特征,形成平等、团结的氛围,在管理机制上较为灵活、民主。社会交换理论认为导师与学生是一种紧密的合作关系,所形成的科研团队具有良好的合作基础,更容易形成“给予—回报—给予”的互惠正反馈内循环<sup>[18-19]</sup>,研究生在与多元主体互动的过程中不断增强创新能力。除了科研能力和实践能力,参与项目的研究生绝大部分还具有良好的合作、沟通、人际、演讲等能力,每一个零件都需要成千上万次的讨论、试验,而

每一次试验都要和技术人员对接,这对于学生来说是在学校难以得到的训练,特别考验他们的合作能力和沟通能力,同时取得阶段性成果的时候,需要向上级、组织汇报,这对学生来说是很大的考验,但同时也潜移默化地提高了他们的演讲能力(L03)。国家重大科技项目往往需要覆盖多学科、多领域的科研人员完成基础研究和理论研究,这些人员往往具有深厚的理论功底,掌握着本学科领域最前沿的理论、技术,研究生有大量机会与他们学习、交流,可以快速、便捷地汲取知识,不仅使研究生能更直观了解其所研究项目的全貌,还提高了其实践转化能力。

## 2. 支撑条件

基于国家重大科技项目的研究生培养模式从根本上看是一个新的组织系统。依据巴纳德的系统组织理论,组织是一个开放的协作系统,由一系列子系统组成,一个组织系统能否成功组建主要取决于三个条件:共同目标、协作意愿、信息联系。

基于国家重大科技项目的研究生培养模式的目标是在完成项目研制基础上,推进科技发展与人才培养。国家重大科技项目的研制发挥了人才培养与科技发展的“中介”效应,人才培养与科技发展支撑着国家重大科技项目的完成,培养的人才同时是科技突破的生力军,是科技人才的源头活水,并且为科技长远发展提供了无限动力。长鹰项目组建并培养了一支十分精良的队伍,现在国内无人机领域,无论研制什么型号,无论在哪个单位,基本上都受过长鹰研制过程的锻炼,这在人才培养方面的意义远比一个型号更重要、更深远、更持久(F03)。虽然参与国家重大科技项目的不同主体的目标可能是多元化的,但是完成项目研制这个共同目标发挥了巨大的凝聚作用,将科技发展与人才培养目标凝聚在一起,将多元主体的认知凝聚在一起,形成了高度的相互认同感,有助于他们齐心协力完成目标,这是基于国家重大科技项目的研究生培养模式是否可以长期可持续发展的关键。

在共同目标指引下,多元主体产生拔尖创新人才协同培养的意愿,这一意愿要转化为实质的行为,还要取决于协作共识、互补性与依赖性等<sup>[20]</sup>。在参与国家重大科技项目过程中,多元主体在国家力量的促进下,共同解决国家发展的重大理论与技术问题,并且培养、发掘拔尖创新人才对企业、科研院所、高校均具有长远利益,在人才培养方面具有强烈的

协作共识。长鹰项目由校长亲自协调,重视程度极高,又由于是高校牵头,少了很多官僚主义,所以在研制过程中形成了很浓厚的尊重科学、尊重规律的作风,没有甲方、乙方之分,没有上级、下级之分,没有老师、学生之分,因为以前谁都没有型号研制经验,所以我们没有把学生当成“小白”,反而是当成合作者,遇到问题一起讨论一起解决,形成了创新共同体,很多重要的突破都来自学生的灵光闪现,直到如今我们还和许多当时参与项目的学生保持良好的联系和合作,成了“一辈子的好朋友”(F22)。同时在参与项目过程中,高校与其他主体在人才培养方面具有互补性和依赖性,有利于多元主体和谐共处,表现在高校为人才培养提供制度支持、平台资源、基础知识等,而其他主体则是在问题需求、科研视野、社会交往、就业机会等方面提供多元化保障。由于生产方式的差别,多元主体在长期生产实践中验证已有研究成果,并进一步提出针对现实的、重大的、代表未来技术方向的发展需求。在社会交往及成果落地转化等方面,科研院所、企业相较于高校具有很大的优势,所以在实践能力、应用能力方面对研究生培养有着不可替代的作用。

基于国家重大科技项目的研究生培养目标和培养意愿依靠有效的信息沟通来实现。信息沟通机制在一定程度上决定基于国家重大科技项目的研究生培养模式的效果和效率。国家重大科技项目有着严格的信息沟通机制以及明确的责任划分及推进方式,对项目一体化组织实施的工作方案,明确定期调度、节点控制、协同推进的具体方式,包括在立项前期进行多轮预讨论、沟通、策划,建立起一定的共识,在研制过程中定期集中交流、专题研讨、信息共享、检查报告等。在讨论过程中,没有身份的区分,也没有绝对的权威,一切以解决问题为标准,所有人拧成一股绳,几乎是完全公平、客观地去讨论技术问题,直到现在都很难再见到这种平等、民主的氛围,总设计师提出的方案经常被否决,学生提的想法也有机会被验证(L01)。在国家重大科技项目强大的信息沟通机制中融入研究生培养环节,并建立起平等、包容、反馈及时、不断迭代寻求整体最优的信息沟通机制,对培养拔尖创新的研究生至关重要。

## 3. 组织形式

基于国家重大科技项目的研究生培养模式,是一种典型的有组织科研,聚集了关键科研创新要素,

打造出新的科研网络组织体系。在自由探索的基础上,面向国家重大战略需求,坚持问题导向目标导向,聚集多元主体,协调平衡有组织科研和自由探索的关系,实现自由探索与有组织科研并重的战略预判式、框架指南式的研究生培养模式,不断提高研究生教育质量。

首先,基于国家重大科技项目的研究生培养模式是典型的有组织科研形式,表现为明确的研究方向,明确的研究内容,明确的时间节点等。明确的研究方向有助于研究生培养,特别是为其学术训练提供清晰的发展路线,有助于其高效地规划进度,从而深入参与科研项目。明确的研究方向还有利于研究生与相关领域的研究者建立起紧密的学术共同体,为其长远发展奠定基础。明确的研究内容有助于研究生聚焦研究领域和问题,快速获取需要的知识和技能,更高效地参与科研项目,提高科研产出的质量和水平。同时明确的研究内容需要研究生针对性地解决具体问题,所以需要其具备较高水平的批判能力和解决问题的能力,进而促进其综合能力提升。明确的时间节点有利于研究生合理规划时间和精力,为研究生提供正反向反馈及压力与成就双重激励,促进其优化与完善研究内容,不断增强其科研动力。

其次,基于国家重大科技项目的研究生培养模式也包括自由探索的形式,表现为研究生在参与项目过程中引发新的思考、寻找新的方向,从而开展一系列基于项目的研究。研究生以学习者的身份进入国家重大科技项目,作为新兴科技创新力量,虽然多数已有科研项目的参与经验,但是真正以主要研究人员身份参与项目,并承担一定的研究任务,对多数研究生来说是全新的体验,所以需要团队、导师、前辈的“传帮带”。这样不仅可以最大程度发挥集体的力量,同时团队也会给研究生安排力所能及的任务,避免研究生承受因环境变化、任务艰难带来的阵痛。同时,由于研究生往往承担基础性的任务,对课题进展并非起决定性作用,所以有更多试错和自由探索的空间。在自由探索中,研究生投入较多精力,获得研究乐趣,最终也提高了科研能力。

#### 4. 运行方式

基于国家重大科技项目的研究生培养模式的运行实施机制,主要包括筛选进入机制、任务分配机制、执行实施机制、效果评估机制、改进调整机制。

研究生能否参与国家重大科技项目受到院校层面、学科、导师等因素的制约,因此,要探索自上而下与自下而上相结合的,面向国家重大需求与产业发展需求的研究生筛选进入机制。进入项目后,根据研究生研究特长和兴趣,结合任务难度水平,考虑研究生在任务中的可持续发展,本着宽容试错的态度进行个性化的任务分配,既要发挥研究生科研热情 and 创新能力推动项目进展,同时通过完成一定难度水平的任务提高研究生科研能力。在执行任务过程中,探索自上而下的平台建设、研究团队支持机制以及自下而上的学生团队生成机制,打通“学研产”的创新链条。在模式治理上,加强宏观统筹协调的同时积极落实“放管服”改革,结合全流程管理目标,根据不同类型的任务,实施长周期评价,在项目前端、中端、后端建立具有适应性和创新性的人才质量、服务保障等效果评估机制。在上述运行方式基础上,不断进行基于国家重大科技项目的研究生培养新体系、新机制、新模式的迭代,促进研究生快速成长为拔尖创新人才,实现长期可持续发展。

#### 5. 质量保障

实施基于国家重大科技项目的研究生培养模式,需要构建相应的保障机制,要针对各类国家重大科技项目的多样化、复杂性特征,提供人才培养方面的制度、资源支持和保障,最大程度激发多元主体参与研究生人才培养的积极性,提高研究生教育质量,促进科技、教育、人才“三位一体”发展。

国家重大科技项目集聚了“国家队”的力量,是一个汇集拔尖创新资源的创新生态系统,为研究生的培养提供了坚实的保障。首先,国家重大科技项目为研究生的科研提供有力的制度保障,国家重大科技项目服务于国家重大战略,同时研究生教育越来越多地和国家发展、社会进步结合在一起,并且开始承担更多的社会功能,主要表现在通过提高基础研究组织化水平,凝练重大和关键科学问题,从而加快实现重大原始创新突破。因此,国家、高校为研究生参与国家重大科技项目出台了一系列制度,并通过制度支持来提高产业参与研究生培养的积极性,从而提高优秀创新人才培养水平,从根本上解决优秀创新人才自我提升的能力和素质问题。其次,国家重大科技项目为研究生提供丰富的资源保障,国家重大科技项目将人才资源、物质资源、社会资源等在地市场需求和政府引导下,向研究目标汇聚并相互



作用形成结构复杂的资源系统。国家重大科技项目的成功研制,人才是第一资源。研究生作为特殊的人才资源,与其他人才相比,其参与国家重大科技项目不仅是创造知识的过程,更是接受训练、在实践中应用、检验知识的过程,在这个过程中,他们收获知识、精进技能,不断提高创新能力。研究生作为特殊的人才资源,与其他人力资源以及物质资源相互联系,国家重大科技项目需要组建一支素质优良、结构合理的人才队伍。研究生有大量机会与不同学科、不同岗位的人才对接,在这个过程中不断学习与交流,同时更了解所负责研究部分的上游与下游,不仅能更全面地学习核心知识、技能,还能学会从宏观视

野把握全局工作,自下而上与自上而下相结合地推进科研。同时,国家重大科技项目还拥有强大的物质资源和社会资源支撑,研究生有机会接触最前沿的技术,使用最先进的设备,同时受到组织、社会的大力支持,这些外在的保障和支持对研究生完成科研任务,培养创新能力具有重要作用。

## 五、基于国家重大科技项目的研究生培养模式及特征

### (一)基于国家重大科技项目的研究生培养模式

根据上述关键要素进一步构建了基于国家重大科技项目的研究生培养模式(见图1)。

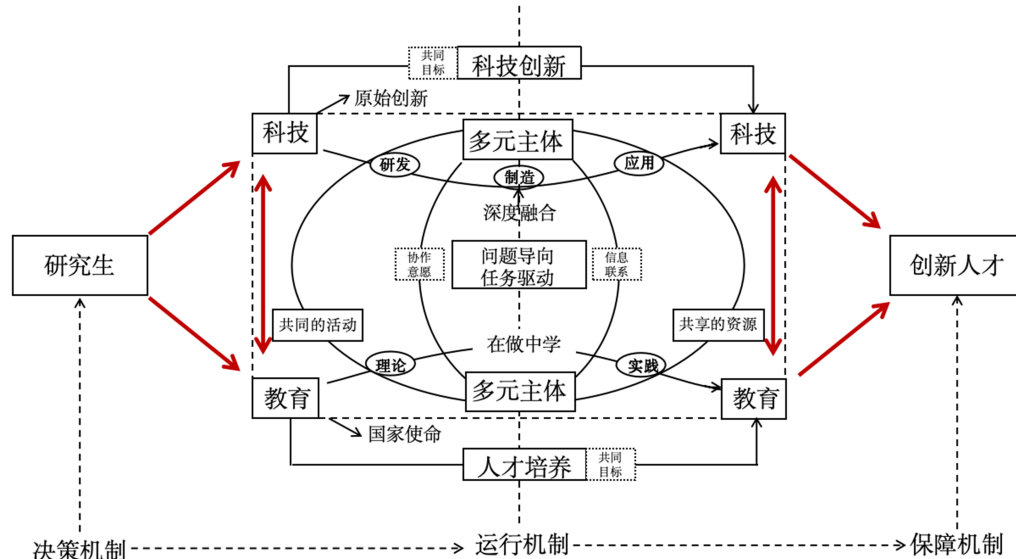


图1 基于国家重大科技项目的研究生培养模式

首先,基于国家重大科技项目的研究生培养模式以问题为导向,任务为驱动。问题是创新的起点和动力,在研究生培养中的优势不言而喻。潘懋元先生曾指出问题研究的重要性:“应在问题研究中开辟理论与实践结合的新路<sup>[21]</sup>。”美国的研究型大学将基于问题的学习(Problem-Based Learning, PBL)视为培养创新人才的重要途径,并掀起了轰轰烈烈的改革,取得一系列积极的效果<sup>[22]</sup>。在国家重大科技项目研制过程中,研究生面对的问题具有精确性、紧迫性、创造性,全面提高研究生各项能力,不是在未知世界漫无目的摸索,而是有精准的突破点,要求研究生在某一领域长期深耕,实现理论与实践多次循环,形成将学术前沿成果产业转化和工程应用的能力。同时,需要在规定时期内完成规定任务,环环相扣,要求研究生具有顶层思维,并且具有高度的主

动性和自我管理能力。国家重大科技项目是以完成任务为驱动,研究生在其中承担一部分基础性、试验性,同时,也是原始创新发生点的任务,围绕着任务,研究生要调动资源展开探究、实践、思考、运用等一系列活动,明确的目标有利于研究生聚焦国家战略需要,瞄准关键核心技术攻关,持续发力,在完成任务过程中节节取胜有利于增强研究生的信心和持续研究动力。

其次,基于国家重大科技项目的研究生培养模式是全贯通式的支撑。不同于其他科研项目,国家重大科技项目需要从0到1的原始创新,需要研究生在关键核心技术领域长期深耕,甚至终身投入,这就能真正做到从需求中发现问题,将问题上升为理论,在实践中检验理论,在这个由理论到实践,再由实践到理论的反复过程中,促进研究生个人成长以

及与科技创新各个环节、节点的有机融合,真正发挥科教融合培养研究生的关键作用。

再次,基于国家重大科技项目的研究生培养模式是全链条式的培养。国家重大科技项目具有创新链更长的特点,往往从原始创新到关键技术到工程应用到产品生产全覆盖,涉及从基础研究到产业化的创新驱动发展、从研发到制造到应用的全过程,包括从0到1的原始创新、从1到N的成果转化。研究生参与其中可以形成宏观科研视野,有利于培养其综合创新能力。

最后,基于国家重大科技项目的研究生培养模式的运行需要多元参与主体树立共同目标,建立良好的协作意愿,保持畅通的信息联系,将教育、科技、人才深度融为一体,真正发挥科研的科技人才培养功能和教育的科技人才培养功能,为社会提供大批多样化的潜在创新人才<sup>[23]</sup>,这些人才又对科技进一步发展和下一代科技人才培养奠定坚实基础,真正做到教育、科技、人才的一体化和可持续发展。

## (二)基于国家重大科技项目的研究生培养模式的特征

国家重大科技项目在人才培养方面具有一系列特殊性,这既是基于国家重大科技项目的研究生培养模式独特的优势,也是其与传统研究生教育模式的本质区别,决定了基于国家重大科技项目的研究生培养模式具有长期性、有效性以及广泛适用性等。推动研究生教育过程中学习与研究高度融汇、科研与产业深度融合、使命与情感双向融通,这是基于国家重大科技项目的研究生培养模式最典型的特征,这些特征之间相互联结,推动教育、科技、人才向着深度一体化方向发展。

首先,基于国家重大科技项目的研究生培养模式推动研究生知行合一、在做中学,有利于理论与实践融汇,突破传统教育模式理论与实践简单相加,真正做到理论与实践多次循环、螺旋上升。“长鹰”以全新的总体设计为起点,综合权衡与全面协调、反复迭代与多轮逼近,形成中国自主研发的大型长航时无人机飞行平台的原型机,实现了从0到1的创新(S)。研究生在参与过程中耳濡目染地培养创新精神,同时国家重大科技项目注重系统性推进理论与实践的发展,这为研究生培养理论与实践的统一提供了前提与条件,同时是基于国家重大科技项目的

人才培养最重要的特点之一,是对传统研究生培养模式“科”“教”分离困顿的突破,实现了知行合一、在做中学,对高层次创新型人才培养具有不可替代的意义。在参与国家重大科技项目过程中,研究生有大量机会将新理论、新知识应用于实践中,并在实践中得到直接且快速地检验,从而进一步完善理论,实现理论与实践的共同推进。

其次,基于国家重大科技项目的研究生培养模式在科研与产业深度融合的过程中,培养既具有扎实基础知识,又具有前沿产业视野的复合型人才。产业链条包括链条的环节构成与链条不同环节的地理空间分布两个方面<sup>[24]</sup>。基于国家重大科技项目的研究生培养模式将产业链、创新链、人才链紧紧结合在一起,一方面,表现为围绕着产业链布局人才培养,参与项目的研究生需要紧紧围绕产业链进行一系列学习、探究,产业链各个环节的需求和变化,会快速体现在人才培养过程中,将研究生专业学术素养应用在生产实践中,并在锻炼生产实践经验基础上进一步培养研究生的专业学术素养,最终完成原始创新。在国家重大科技项目中,研究生通常负责基础性、重复性、试验性质的工作,这类工作一方面很枯燥、辛苦,需要付出大量时间和精力,另一方面许多重要的发现就是在这些重复的工作中找到的,可以说研究生的工作在国家重大科技项目中非常重要并且不可替代(F12、F17)。同时高校、科研院所、企业也会针对这些专门人才做好“引育用留”,使培育出来的人才进一步深度赋能产业链,促进科技进步与人才成长的长期、可持续发展。另一方面,表现为产业链改变人才培养的地理空间分布,研究生的培养不仅仅限于高校范围内,会频繁往来于实验室、外场、企业,与导师、技术人员同吃同睡、彻夜讨论,一年365天有300天在外场,回北京反而成了“出差”(F21)。研究生在与行业、产业对话的过程中加强了多场域学习与研究,提高了沟通、交流、表达等方面的能力,促进综合能力发展。

最后,基于国家重大科技项目的研究生培养模式在完成国家使命中锤炼本领、完善人格,国家重大科技项目激发的爱国主义价值观对研究生科研能力的提高有着不可忽视的作用<sup>[25]</sup>。基于国家重大科技项目的研究生培养模式与基于学科体系的课堂教学以及基于好奇心的自由探索相比展现出独特的优



势,在参与项目过程中,学生获得了更广阔的学术视野以及来自真实任务的实践体验<sup>[26]</sup>,国家重大科技项目往往来源于国家的战略需求,是关系国家生死存亡和未来发展的关键布局,承载国家使命、代表国家意志,研究生参与其中会受到潜移默化的影响,激发其高度的使命感和责任心,以更饱满的热情投入研究,增强凝聚力和抗挫折能力,从而完成艰巨的任务。在参与过程中,研究生会将个人理想与科研同国家发展紧密联系,高度的责任感与使命感促使其克服重重困难。参与国家重大科技项目需要研究生做更多创造性的工作,所以对研究生的精神与价值观有着较高要求,需要其具有坚持不懈以及勇于探索的精神,才能在解决一个又一个问题中锻炼科研能力(F25)。

## 六、启示与建议

### (一)有效利用国家重大科技项目的育人资源,为更多研究生提供参与国家重大科技项目的机会

参与国家重大科技项目是研究生提高科研能力的最佳途径之一。建议以开放共享的理念引导研究生有组织、有规划地参与国家重大科技项目。

随着教育、科技、人才一体化进程的推进,国家重大科技项目的教育属性逐步被了解、重视。国家重大科技项目在一定意义上是一个创新汇聚的系统,以国家重大需求以及关键领域突破为牵引,进行理论和实践的探索,是一个促进科技进步与发展的过程。在这个过程中,不仅将人才汇聚起来发挥合力,同时给予学习者大量的理论资源和实践锻炼机会,培育了大量具有创新潜能的未来领军人才,在一定程度上发挥了教育的功能,所以通过国家重大科技项目培养研究生,真正推动了教育、科技、人才一体化,对科技创新发展、研究生教育高质量发展均有着不可替代的意义。

为最大程度发挥国家重大科技项目的人才培养价值,要有组织、有规划地引导研究生参与国家重大科技项目。在决策机制方面,要从理念上加强开放共享。研究生主要通过导师或者以课题组的方式加入国家重大科技项目,具有较高的进入壁垒。建议建立更多“开源”机制,鼓励国家重大科技项目管理部门以及课题组发布适合研究生完成的任务,或者高校成立专门的基础科学中心,将基础研究问题分解、降维,通过“揭榜挂帅”的方式,引导有志向、有研

究基础的研究生申报或参与到国家重大科技项目,以参与和科研训练为主,同时争取为国家重大科技项目的完成贡献一份力量。从组织上加强各级各类教育管理部门和科技管理部门的深度合作,将人才培养作为国家重大科技项目的职责,加强过程导向,鼓励研究院所、国家实验室、企业等承担国家重大科技项目的主体探索研究生访学制度,引导研究生深度参与国家重大科技项目,给予研究生更多的试错空间,激发研究生创新活力,在锻炼科研能力的同时为国家重大科技项目作出应有的贡献。

### (二)发挥国家重大科技项目系统性、综合性的特点,培养研究生宏观的科研视野

全链条式研究生培养对培养高层次应用型人才有着不可替代的作用,将理论探索与创新、技术发明、工程设计、产品制作与生产工艺各个环节结合起来,研究生参与其中一个或者多个环节,并接受其他环节的正向反馈,进而形成宏观科研视野,得到系统性、综合性锻炼。但在实际培养环节,全链条式培养需要协调多元主体,投入大量资源,难度非常大。国家重大科技项目的主体单位以及配套单位一般情况下具有强大的组织和协调能力,在解决研究生全链条培养的外部困难上具有先天优势,并且自成链条,为研究生培养提供强大的保障与支持,可有效避免“只见树木不见森林”的弊端。

为真正发挥国家重大科技项目在研究生培养中系统性、综合性的优势与特点,建议学校在承担国家重大科技项目时,强化与上下游企业、科研院所、社会组织的共同育人目标,并在此基础上加强协作意愿和信息沟通,为研究生多场域学习与研究提供便利。同时导师在指导研究生参与国家重大科技项目研究时,有组织引导研究生点面结合,既要从整体上把握行业、领域现状,又要加强对上下游环节的了解,根据研究生研究兴趣精准寻找突破点。在全链条参与过程中,研究生创新思维、学术视野、研究方法等得到真正的提高,不仅有效利用国家重大科技项目的育人资源,同时真正发挥研究生的科研生力军作用。

### (三)在完成真实任务过程中促进理论与实践的螺旋上升,实现项目研制和人才培养的多赢局面

全贯通式研究生培养能引导研究生从需求中发现问题,将问题上升为理论,在实践中检验理论,在这个由理论到实践,再由实践到理论的反复过程中,研究生能发现真问题、解决真问题,完成严谨的科学

训练,使研究生明白好的研究不是“想”出来的,而是“做”出来的,有助于研究生学以致用、用以促学、知行合一。国家重大科技项目往往是完成从0到1的原始创新,这既需要研究生在理论上进行突破,同时也要快速地在试验中进行检验,这就使得研究生的训练不是“仿真”“模拟”,而是真正的“应用”“解决问题”,这对训练研究生多重能力、培养其毅力与勇气有很大帮助,在这个过程中研究生得到了宝贵的训练,同时研究能力随之提高。

为提高研究生参与国家重大科技项目的效率,建议在研究生教育过程中,加强课堂教学和科学研究的连贯性,促进课堂上学习的知识、研究中运用的技术、实际中锻炼的能力,三者协调统一,良性促进。为引导研究生有效参与国家重大科技项目,加强保障机制,探索在学位管理、毕业要求中将参与国家重大科技项目并完成规定任务量作为标准之一。鼓励参与项目的企业、科研院所与研究生双向考察、选择,在研究生有就业意向的情况下,进一步以学徒、委培、实习等方式建立紧密联系。同时研究生要提高参与积极性,珍惜参与国家重大科技项目的机会,学会从不同主体、不同领域习得多元知识、能力、价值观,贯通理论与实践、知识与技能、情感与价值观,通过参与国家重大科技项目获取更多养分,成长为复合型人才。

#### 参考文献:

- [1] 朱杰. 推进教育、科技、人才“三位一体”融合发展[J]. 中国高等教育, 2023(9): 10-13.
- [2] 中国政府网. 国家科技重大专项[EB/OL]. (2013-03-22) [2022-11-12]. <https://www. most. gov. cn/ztzl/zdxx/zxjs/index. html>.
- [3] 欧阳桃花, 郑舒文, 张凤, 等. 研究型大学服务国家战略工程研究: 以长鹰无人机原始创新为例[J]. 科学学与科学技术管理, 2023, 44(01): 20-37.
- [4] 马东立, 张良, 杨穆清, 等. 超长航时太阳能无人机关键技术综述[J]. 航空学报, 2020, 41(3): 34-63.
- [5] 欧阳桃花, 麻强, 郑舒文. 中国无人机产业从跟跑到并跑的技术跨越[J]. 数据, 2021(9): 31-34.
- [6] 梁传杰, 毕姗姗. 研究生培养模式研究之反思[J]. 研究生教育研究, 2015(01): 11-15, 62.
- [7] 陈学飞. 西方怎样培养博士: 法、英、德、美的模式与经验[M]. 北京: 教育科学出版社, 2002: 2-5.
- [8] 胡玲琳. 我国高校研究生培养模式研究[D]. 上海: 华东师范大学, 2004.
- [9] 马明霞. 中国科学院博士生培养模式研究[D]. 武汉: 华中科技大学, 2017.
- [10] 杨德广. 高等教育学概论[M]. 上海: 华东师范大学出版社, 2010.
- [11] 张淑林, 裴旭, 陈伟. 以重大科技项目为牵引 创新研究生培养机制[J]. 中国高等教育, 2007(2): 38-40.
- [12] 林青国, 吴素英, 王静娴, 等. 研究生参与国家科技重大专项研究状况调查与分析[J]. 北京教育(高教), 2016(11): 74-76.
- [13] Eisenhardt K M. Building Theories from Case Study Research[J]. Academy of Management Review, 1989, 14(4): 532-550.
- [14] 郑舒文, 欧阳桃花, 张凤. 高校牵头国家重大科技项目科研组织模式研究: 以北航长鹰无人机为例[J]. 科技进步与对策, 2022, 39(10): 11-20.
- [15] 凯瑟琳·M. 埃森哈特, 梅丽莎·E. 格瑞布纳, 张丽华, 等. 由案例构建理论的机会与挑战[J]. 管理世界, 2010(4): 125-130.
- [16] 张飞龙, 于苗苗, 马永红. 科教融合概念再构及研究生教育治理[J]. 中国高教研究, 2020(11): 31-37.
- [17] 卢晓中. 科教融汇视角下高校教学与科研更好结合当论[J]. 中国高教研究, 2023(11): 32-38.
- [18] Yan Z, Wang T, Chen Y, et al. Knowledge Sharing in Online Health Communities: A Social Exchange Theory Perspective[J]. Information & Management, 2016, 53(5): 643-653.
- [19] 蒋兴华, 柴诗咏, 范心雨, 等. 国家重大科技项目创新绩效的主要影响因素及其作用机制: 基于科研团队主体视角的实证分析[J]. 科技管理研究, 2023, 43(18): 8-14.
- [20] 谭春平, 王烨. 基于第四方物流的物流园组织系统创新影响因素研究: 系统组织理论与战略联盟视角[J]. 商业经济与管理, 2017(04): 28-40.
- [21] 潘懋元. 在“问题研究”中开辟理论与实践结合的新路[J]. 高等教育研究, 2000(5): 4-5.
- [22] 刘宝存. 美国研究型大学基于问题的学习模式[J]. 中国高教研究, 2004(10): 61-63.
- [23] 阎光才. 学校教育与科技人才培养[J]. 中国高教研究, 2023(10): 17-24.
- [24] 李晓华. 新质生产力的主要特征与形成机制[J]. 人民论坛, 2023(21): 15-17.
- [25] 张飞龙, 马永红, 张凤. 参与国家重大科技项目提高理工科研究生科研能力的路径研究[J]. 中国科技论坛, 2024(01): 105-115.
- [26] 施一公. 立足教育、科技、人才“三位一体”探索拔尖创新人才自主培养之路[J]. 国家教育行政学院学报, 2023(10): 3-10.

(下转第 117 页)

## An Analysis of the Reassignment and Withdrawal Mechanism of PhD Students in the University of Toronto, Canada

CAO Liping

*(Institute of Natural Culture, China University of Geosciences(Beijing), Beijing 100083, China)*

**Abstract:** The reassignment and withdrawal system is an important means to improve the quality of doctoral education, and the system used in Canada is comparatively perfect. With the University of Toronto as an example, the doctoral student reassignment and withdrawal in Canada occurs mainly at such key points as student admission, curriculum design, qualifying examination, comprehensive examination and final oral examination. Based on the whole process concept, this university has developed a doctoral student reassignment and withdrawal mechanism, the main contents of which are the organizational mechanism, operational mechanism, and guarantee mechanism. As a result, a comparatively rigorous management system has been formed. With reference to the Canadian experience, this paper suggests that Chinese universities should have a correct understanding of the whole process-featured reassignment and withdrawal at the conceptual level, attach importance to annual progress review at operational level, and establish a comprehensive support service system at the guarantee level, so as to improve the mechanism of reassignment and withdrawal of doctoral students in China.

**Keywords:** reassignment and withdrawal; doctoral students; the University of Toronto; training quality

(上接第 52 页)

## A Study on the Postgraduate Training Mode in the Context of Major National Sci-Tech Programs ——With the Changying UAV as an Example

ZHANG Feng<sup>1a</sup>, MA Yongong<sup>1b</sup>, ZHANG Feilong<sup>2</sup>

*(1. a. Institute of Science and Technology; b. School of Humanities and Social Sciences, Beihang University, Beijing 100191, China;  
2. School of Marxism Studies, Shanxi University, Taiyuan 030006, China)*

**Abstract:** Postgraduate education is an important part of soft power to support the great rejuvenation of the Chinese nation. In the context of profound changes unseen in a century, China must build itself into a strong country in postgraduate education through the integrated development of education, science and technology, and human resources. However, there are still some institutional obstacles that prevent the synergy of education, science and technology, and talent from being fully formed and released. The implementation of major national science and technology programs is an important carrier and realization form of organized scientific research in higher education institutions. Changying UAV, a representative of national major science and technology programs, has realized the deep integration of education, science and technology, and talented professionals, which has not only successfully developed major models in national key technology fields, but also cultivated a large number of top-notch talent to serve the country. In order to improve the quality of postgraduate education and to give full play to the role of postgraduates as a sci-tech force, this paper, by using the single-case analysis method, conducts in-depth interviews with the chief engineer, professors, and postgraduates involved in the program and carries out on-site research, analyzes the collected data to explore how top-level innovative talented professionals are cultivated during the implementation of the Changying UAV national key scientific and technological program, and identifies important factors such as multiple players, enabling environment, institutional form, mode of operation, and quality assurance. Furthermore, it develops a postgraduate education mode based on the needs of national major science and technology programs.

**Keywords:** science and education integration; postgraduate education; multi-talented professionals good at both education and sci-tech; national major sci-tech projects