

DOI: 10.16750/j.adge.2023.05.001

# “两协同三变革”产教融合自主培养 新时代卓越工程师的探索实践

王 扬 马 骏 赵巍胜

**摘要:** 新时代卓越工程师是多学科融合、现代科学与工程技术的创新人才。阐述了产教融合自主培养新时代卓越工程师的价值意蕴,剖析了产教融合培养新时代卓越工程师的目标定位,结合北京航空航天大学70年来培养卓越工程师的实践,提出了聚焦国家战略急需,以产教融合为牵引,通过强化高校企业“两协同”,深化体制机制、培养要素和评价标准“三变革”,构建“双主体管理、双主导运行、双衔接建设”“融合培养方案、融合导师队伍、融合智慧教育平台”和“革新评价导向、更新评价内容、创新评价体系”的产教融合自主培养卓越工程师路径,健全校企共同招生、共同培养、共同选题、共享成果和师资互通、课程打通、平台融通、政策畅通的“四共”“四通”机制,全面提升卓越工程师自主培养质量。

**关键词:** 产教融合;卓越工程师;研究生教育

**作者简介:** 王扬,北京航空航天大学研究生院综合管理处副处长,卓越工程师产教联合培养研究中心兼职研究员,副研究员,北京 100191;马骏,卓越工程师产教联合培养研究中心博士后,北京 100191;赵巍胜(通讯作者),北京航空航天大学校长助理,研究生院常务副院长,卓越工程师产教联合培养研究中心副主任,教授,北京 100191。

从机械化时代到电气化时代再到信息化时代,卓越工程师始终是推动工程科技创新、创造人类工业文明的重要力量。进入21世纪以来,工程教育和产业发展加速融合,学科专业深度交叉,大量新技术新业态竞相涌现,以人工智能、大数据等为标志的新一轮科技革命和产业变革对新时代卓越工程师提出了更高要求<sup>[1]</sup>。把卓越工程师纳入国家战略人才力量,是以习近平总书记为核心的党中央在党的二十大和中央人才工作会议上作出的重大战略部署<sup>[2-3]</sup>。培养大批卓越工程师是高等学校研究生教育改革的重要任务,必须充分调动高校和企业两个积极性,深化产教融合,全面提升新时代卓越工程师培养质量。

## 一、深刻理解产教融合自主培养新时代卓越工程师的价值意蕴

产教深度融合是世界工业强国培养工程师的共

同显著特征。深化产教融合自主培养新时代卓越工程师,对开创世界变局背景下人类工业文明新篇章,加快建设教育强国、科技强国和人才强国,全面深化研究生教育综合改革具有重要意义。

### 1. 产教融合培养卓越工程师是推动世界工业强国崛起的重要力量

纵观近三百年的全球工程科技创新史,通过产教融合培养的大批卓越工程师,为世界工业强国崛起提供了有力的人才供给。其中美、德、法、英等国的培养模式具有代表性。作为产教融合的起源地,美国大力实施学校与企业合作教育模式,为其经济腾飞作出了巨大贡献<sup>[4]</sup>。德国二元教育模式通过向学生赋予学生和企业员工双重身份满足人才需求,为其汽车、制造业、化工和电气工业等产业发展提供强劲的人才引擎<sup>[5]</sup>。以精英教育模式著称的法国,通过校企共建课程、联合授课等深度合作促进学校的学生更快转变为企业的工程师,催生出以空中客

基金项目:中国研究生院院长联席会2022年研究生教育研究重大课题“新时代卓越工程师培养模式创新实践及推广研究”(编号:ACGS04-2022002)

车等为代表的全球著名产业，有效助力法国成为工业强国<sup>[6]</sup>。英国的“学习-实践-学习”工学交替现代学徒教育模式，为“二战”后英国经济复苏奠定了高质量人才基础<sup>[7]</sup>。实践证明，以产教融合模式培养大批卓越工程师，必将为国家工业兴旺发达和产业创新发展提供强支撑。

2.产教融合培养卓越工程师是实现教育、科技、人才融合共进的重要途径

党的二十大首次把教育、科技、人才进行统筹安排，提出“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”。企业发展需要依靠人才，人才培养需要依靠教育。企业要前移培养环节，深度参与教育的高质量发展，才能为其转型升级、提升全球价值链地位提供充足的人才保障。学校是人才资源供给端，教育也要主动对接产业，精准培养出企业迫切需要的各类人才，支撑产业发展。产教融合培养卓越工程师必将进一步促使人才在教育 and 科技之间更好地发挥连接作用，让教育链、人才链与产业链、创新链有机衔接，推动教育强国、科技强国和人才强国建设的有机统一。

3.产教融合培养卓越工程师是深化研究生教育改革的重要内容

深化产教融合、优化产教资源配置对破解我国研究生教育在规模、结构、模式和质量等方面所面临的新形势新挑战至关重要。作为拥有世界最大规模高等工程教育体系的国家，我国培养了众多高层次工程技术人才，为国家工业进步提供了有力的人才支撑。当前，我国正处于从世界工业大国到世界工业强国的关键转型期，面对亟待突破的“卡脖子”关键领域，高等工程教育改革要聚焦高层次，通过产教融合全方位变革工程硕、博士生培养的教育理念，体制机制和关键路径，全面打造自主培养卓越工程师的“样板间”。2022年9月27日，教育部、国务院国资委在北京航空航天大学（以下简称“北航”）召开卓越工程师培养工作推进会，会上授予北航等18家单位为首批国家卓越工程师学院建设单位，全面开启了以工程硕、博士生教育为主体的新时代卓越工程师培养改革新篇章。

二、精准把握产教融合自主培养新时代卓越工程师的目标定位

研究生教育要肩负起培养新时代卓越工程师的重要使命，“实现产学研深度融合”，“探索形成中国特色、世界水平的工程师培养体系”<sup>[2]</sup>。

1.立足时代要求把握目标定位

习近平总书记强调，要培养大批“爱党报国、敬业奉献、具有突出技术创新能力、善于解决复杂工程问题”的卓越工程师<sup>[2]</sup>。面对新一轮科技革命和产业变革，必须立足“两个大局”，深刻认识培养卓越工程师的重大战略意义。产教融合培养的新时代卓越工程师应当是多学科融合、现代科学与工程技术创新人才，应至少包含三个特质：①情怀浓烈。新时代卓越工程师是具有爱党爱民之情、工程报国之心、敬业奉献之心的红专人才，应当自觉肩负起服务国家高水平科技自立自强的使命责任，把到国家最需要的地方建功立业作为高远志向。②能力突出。新时代卓越工程师是善于解决复杂工程问题、具有引领未来工程科技发展能力的领军领导人才，应当拥有深厚的人文素养和坚实的数理基础，具备从基础学科、应用学科到工程实践的纵向创新能力和多学科融合的横向交叉能力。③追求卓越。新时代卓越工程师是把争创一流作为毕生追求目标的拔尖创新人才，应当全面聚焦卓越，把敢为人先、创新贡献、超越自我等卓越品质镌刻于心、践之于行。

2.立足现实困境把握目标定位

从当前研究生教育来看，卓越工程师培养面临的突出问题是工程技术人才培养与生产实践之间的脱节，主要表现在三个方面：①体制机制存在藩篱。企业深度参与的研究生教育模式尚未形成，高层次新兴技术复合型人才培养能力不足。工程硕、博士生培养以传统的学科化院系制为主，学科分类与社会经济需求不匹配，学科专业壁垒难以应对经济社会快速发展。②培养要素不够融合。现有研究生培养类型的差异性不明确，学术学位研究生与专业学位研究生在培养方案、课程设置、导师指导等方面存在同质化现象，校企导师协作不紧密，理论教学与实习实践脱节，实习实践环节难以有效落实等。

③评价标准不够科学。卓越工程师培养中分层分类评价机制不完善,工程专业学位研究生评价指标体系存在唯论文等倾向,欠缺对工程实践创新能力的考量,对学生的工程实践训练要求落实不够。产教融合培养要坚持问题导向,遵循研究生教育规律,围绕上述关键问题精准提出行之有效的破解路径。

### 3.立足深化改革把握目标定位

培养卓越工程师必须坚持改革创新精神,牢牢把握三个重要立场,全面引领研究生教育高质量发展。①坚持服务国家。必须聚焦国家战略急需,对接区域产业发展布局,校企协同推动有组织的科研和人才培养,服务科教兴国战略、人才强国战略、创新驱动发展战略,助力国家高水平科技自立自强。②坚持系统集成。产教融合培养新时代卓越工程师是一项系统工程,各环节各领域相互交织、相互支撑,必须充分调动政府部门、高校、企业、行业协会等多主体力量,在全过程培养、全链条设计和全要素配置上系统部署。③坚持一流标准。产教融合培养卓越工程师是新时代赋予研究生教育的重大使命,其关键在于聚焦“卓越”,培养精英人才。校企双方要共同投入优质资源、选拔优秀学生、开发核心课程、配备顶尖师资、搭建顶级平台,始终以高标准和高质量培养大批卓越工程师。

### 三、依托产教融合推进新时代卓越工程师自主培养的关键路径

卓越工程师培养改革必须进一步探索产教融合的关键路径,构建校企共同招生、共同培养、共同选题、共享成果和师资互通、课程打通、平台融通、政策畅通的“四共”“四通”机制,加快实现产教供需直接见面、双向对接、长期匹配,不断推动构建中国特色、世界水平的卓越工程师培养体系。

作为新中国第一所航空航天高等院校,北航自1952年建校以来始终是卓越工程师培养改革的先行者和探索者,服务国家、产教融合已成为北航培养人才的鲜明特色。建校初期,学校提出培养红色航空工程师,学生通过“真刀真枪”做毕业设计研制出“北京一号”至“北京五号”。改革开放后,学校

提出培养全面发展的又红又专人才,把科研势能转化为人才培养动能,进一步加大项目在工程设计环节的比重,增加课程实验数量,集中安排实践性教学。进入新世纪,学校成立以培养工科拔尖创新人才为目标的高等工程学院,并以此为起点全面培养面向大工程的领军领导人才。如:依托大型飞机高级人才培训班,培养千余名航空工程师,被誉为“大飞机专项黄埔军校”;依托软件学院,培养了上万名面向国民经济主战场的产业工程师;依托航空发动机研究院等,培养了大批面向国家战略急需的“铸剑”工程师;依托中法工程师学院,培养了800余名具有全球胜任力的国际通用工程师,被誉为“中法两国高等教育合作的典范”。

中央人才工作会议召开以来,学校在总结70年工程科技人才培养史的基础上,聚焦国家战略急需,以产教融合为牵引,强化高校企业“两协同”,深化体制机制、培养要素和评价标准“三变革”,推动建立“四共”“四通”机制,持续推进卓越工程师培养体系重构和流程再造(见图1),打造卓越工程师培养“样板间”。

#### 1.依托“三双”深层次变革体制机制

体制机制是产教融合培养卓越工程师的根本保证。依托产教融合全面提升新时代卓越工程师自主培养质量,必须建立起与之相适应的生产关系。校企要共同理顺产教融合体制机制,构建高校发展有企业参与、企业建设有高校支撑的深度协同模式,依托“三双”深层次变革体制机制。①校企双主体管理。为企业赋予培养权责,通过理事会等制度设计把企业引入管理组织框架,让企业深度参与与学位评定委员会、关键领域专家组、教育教学联合督导组等学术机构工作。校企共商重要决策,共享条件资源,共同组织各类产教对接活动,确保双主体管理作用的充分发挥。②校企双主导培养。打破传统的学科化培养模式,有组织地建立聚焦关键领域、以项目为牵引、以实际工程问题为驱动的全新培养模式。按照“定领域企业-定项目选题-定培养方案”的模式,企业为学生提供基于真实项目的实践课题,学生确定某一领域并匹配相关企业后,选择企业提供的课题,并据此设计个性化培养方案。③校企双

衔接建设。卓越工程师培养要从以学校为主全面转向工学交替，实现理论知识学习和工程实践有机衔接。校企要共同建设与工学交替模式相适应的“真环境”，把企业的创新实验平台建在高校，打造一批企业级的工程技术中心；同时把高校的工程研究实验室搭在企业，形成一批高质量产教融合实践基地，以“真环境”培养学生的“真能力”。

北航面向多个关键领域、联合 20 余家企业院所，高质量建设国家卓越工程师学院，构建校企理事会负责制的新型产学研实体平台（见图 2），有组织地实施工程硕、博士生培养。理事会设置理事长单位和理事单位，制定理事会章程，建立理事会议机制，确保企业全力支持并深度参与人才培养。校

企联合打造工程实践“真环境”，为学生“真刀真枪”做研究提供支撑。学校升级企业端的实习实践基地，同时在校内建成了聚焦国家关键领域的若干工程师技术中心，以集成电路工程师技术中心为例，该中心占地约 3500 平方米，打造了国产装备集成电路工艺线，围绕产业实践中提炼出的前沿基础性问题建设“造芯片”技术实训课程体系，形成与领军企业一线专家全方位互动的“类企业”级工程技术实践平台。学校全面落实工学交替模式，与中国航天科技集团有限公司、中国航天科工集团有限公司、中国电子科技集团有限公司、中国船舶集团有限公司、中国航空发动机集团有限公司等签订战略合作协议，支持企业优秀青年技术骨干入校深造，同时有

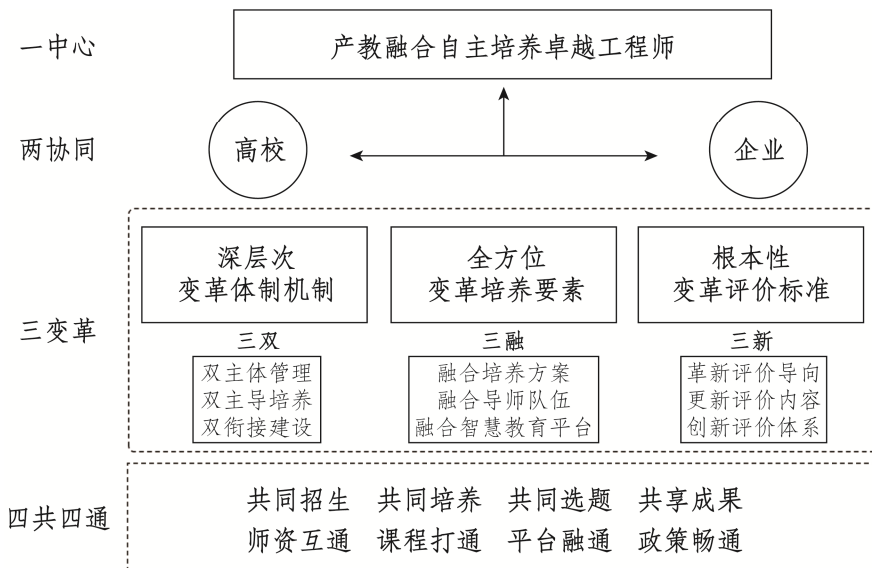


图 1 依托产教融合推进新时代卓越工程师自主培养的关键路径

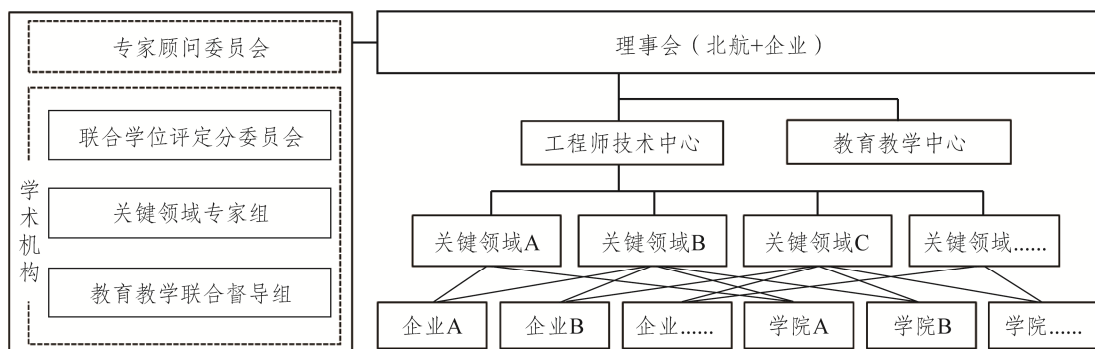


图 2 北航国家卓越工程师学院运行机制

组织地输送学生前往企业一线参与科研生产实践。目前,学校已与有关企业征集实践课题 500 余项,为项目牵引下的人才培养流程优化奠定了基础。

### 2. 依托“三融”全方位变革培养要素

培养要素是产教融合培养卓越工程师的基础支撑。培养人才离不开培养方案、课程教材、导师队伍等核心要素。校企要形成育人共同体,依托“三融”全方位变革培养要素。

①产教融合培养方案。培养方案是卓越工程师培养的行动纲领。高校和企业要联合编制培养方案,把以工程报国为核心的理想信念教育贯穿于全过程,根据关键领域特点提出培养目标,个性化设置满足关键领域人才能力要求的课程模块,从真实工程问题中提炼形成知识体系,把产业界前沿工程科技动态和工程案例项目融入课程教材体系,校企教师共同授课和编写教材,压实实习实践要求和内容。

②产教融合导师队伍。导师是培养卓越工程师的关键力量。培养卓越工程师要实施校企“双导师”制度。在准入标准上,校企建立联合审查机制,侧重考察导师的工程经验和工程能力等。在联合指导上,校企导师要以已有工程实践合作为基础,形成紧耦合、共成长的培养共同体。在互聘互认上,校企要建立高校教师进企业、企业专家来高校的“旋转门”机制,通过人事制度设计畅通校企双方导师的双向流动和协同育人机制,全面提升导师队伍的工程育人水平。

③产教融合智慧教育平台。工学交替模式下学生在校企间频繁切换时空将成为常态,产教融合智慧教育平台是保障跨

时空授课和科研活动顺利进行的有力支撑。要依托中国卓越工程师培养联合体打造智慧教育平台,实现校企融合课程、教材、虚拟实验环境在平台上的开放共享。打造卓越工程师全周期数据库,实现对学生成长轨迹的精准画像,为新时代卓越工程师培养提供大数据支持。

北航制定了“三三制”课程体系和导师队伍建设方案(见图3)。在产教融合课程建设方面,构建了1/3模块由学校主导、1/3模块由校企共建、1/3模块由企业主导的课程体系。目前,企业聚焦关键领域参与开设“AI 开源计算系统前沿技术”等60余门工程实践课程,被《人民日报》等主流媒体报道<sup>[8]</sup>。其中,“领航华为”系列课程以产业界先进技术及实际案例为授课内容,由华为技术公司知名专家讲授;“航空发动机行业文化课”由中国航发7大主机院所和集团总部联合开设。在校企导师队伍建设方面,学校研制了《企业导师评聘方案》,把取得关键技术突破、解决重大工程技术难题和工程人才培养能力等作为重要依据,建立起与卓越工程师培养相适应的导师评聘体系。在师资结构上,直接来源于企业的导师和高校的导师各占1/3,另外的1/3将通过校企“旋转门”产生。目前,学校已遴选300余名总工程师、型号总师等工程技术专家,构成了企业导师库,为开展校企联合培养卓越工程师奠定了坚实的师资基础。

### 3. 依托“三新”根本性变革评价标准

评价标准是卓越工程师产教融合培养改革的

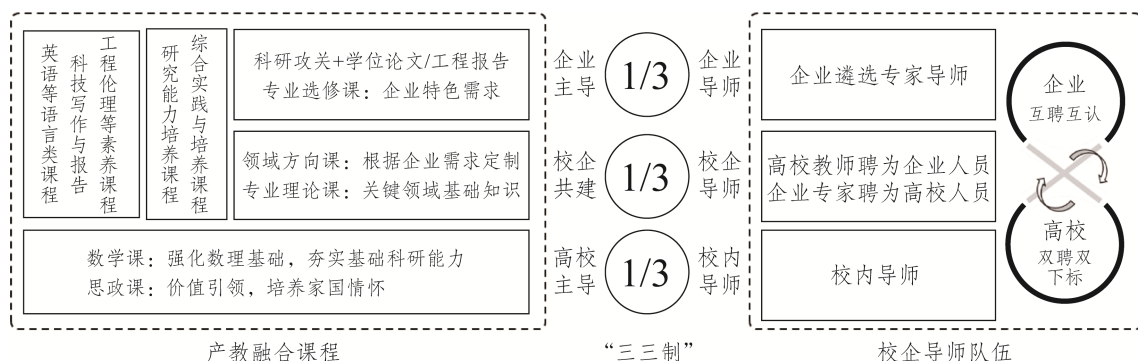


图3 北航“三三制”课程体系和校企“双导师”队伍建设举例

“指挥棒”。校企要充分考虑不同关键领域的差异性和特色,加快建立以创新价值、能力、贡献为导向的人才评价体系,依托“三新”根本性变革评价标准。①革新评价导向。产教融合培养卓越工程师的评价要坚决扭转唯论文、唯奖项等顽瘴痼疾,突出工程性、实践性和创新性,构建以工程能力和创新贡献为核心的评价导向。②更新评价内容。遵循工程教育规律和学生成长成才规律,完善学生全周期成长综合档案,建立以价值情怀、创新实践力、领军领导力、全球胜任力等为核心指标的新时代卓越工程师通用能力标准和关键领域卓越工程师能力标准。③创新评价体系。有机衔接学习阶段评价和职业阶段评价,探索建立与国际接轨的工程师职业资格认证评价标准,向世界推介中国标准,促进卓越工程师的全球认可度和流动性,服务构建人类命运共同体。

北航联合有关高校、企业共同构建工程导向鲜明、指标科学合理的新时代卓越工程师通用能力标准和各关键领域专用能力标准,从入口、过程、出口全面改革学生评价体系。在入口环节,成立校企联合招生组,改变过去只关注知识掌握程度的选拔标准,从优秀应届毕业生和行业技术骨干等一流生源中,选拔工程能力和创新潜质突出的学生进入国家卓越工程师学院。在学位论文开题、中期等关键环节,打破唯分数、纯学术化、脱离工程实际等评价倾向,邀请企业专家参与,重点评估学生在解决工程实际问题中的创新度。在出口环节,出台《研究生申请博士学位创新成果评价规定》,明确发表学术论文不再作为申请硕士学位和博士学位的强制性要求,鼓励学生以真实工程项目的论证、设计或实施为背景进行毕业设计或撰写学位论文。在综合评价环节,学校出台《卓越工程师奖学金管理办法》,充分激励引导学生深入工程实践一线、练就真本领,为后续到企业一线工作和职业资格认证奠定基础。

北航持续深化卓越工程师产教融合培养改革,取得了一系列显著的育人成效。2010年以来,近500

人次研究生获省部级及以上科技成果奖,其中在三大国家级科技奖励中署名130余人;累计40名毕业生入选全国“做出突出贡献的工程硕士学位获得者”、27名毕业生入选全国“工程硕士实习实践优秀成果获得者”,获奖人数居全国第一。每年超过1/2的博士毕业生和1/3的硕士毕业生选择在国防系统就业,毕业生深度参与到载人航天、探月、火星探测、天宫、北斗、国产大飞机等大国工程和国之重器建设工作中,已成为服务国家进步发展的坚强力量。“长征”系列运载火箭、航空发动机的大部分总师、载人航天工程超过1/3的高级技术和管理人员均为北航校友。面向未来,我们要深入贯彻落实党的二十大精神和习近平总书记关于教育、科技和人才的重要论述,把培养新时代卓越工程师作为研究生教育的重要使命,以深层次全方位根本性的产教融合,全面提升新时代卓越工程师自主培养质量,源源不断为党和国家输送大批卓越工程师,为实现高水平科技自立自强、加快建设世界重要人才中心和创新高地提供有力的人才支撑。

#### 参考文献

- [1] 张炜. 工程教育对于技术创新的借鉴: 模式集成与因材施教[J]. 学位与研究生教育, 2022(5): 1-8.
- [2] 习近平. 高举中国特色社会主义伟大旗帜 为全面建设社会主义现代化国家而团结奋斗[N]. 人民日报, 2022-10-26(1).
- [3] 深入实施新时代人才强国战略 加快建设世界重要人才中心和创新高地[N]. 人民日报, 2021-09-29(1).
- [4] 彭林, JESIEK B. 历史制度主义视角下美国产学研合作教育政策变迁研究[J]. 清华大学教育研究, 2021, 42(6): 52-61.
- [5] 蔡跃, 祝孟琪, 张建荣. 德国“二元制大学”模式发展现状及趋势研究[J]. 高等工程教育研究, 2019(6): 180-185, 200.
- [6] 李海南. 法国高等工程教育理念及其现实启示[J]. 湖南科技大学学报(社会科学版), 2022, 25(6): 177-184.
- [7] 李培芳. 英国的工程研究生教育[J]. 学位与研究生教育, 1989(1): 68-71.
- [8] 产教融合 提高学生创新与实践实践能力[N]. 人民日报, 2022-12-04(5).

(责任编辑 周玉清)