

第3章 基于PBL的人工智能人才培养

本章将深入探讨人工智能人才的培养目标,明确未来 AI 从业者应具备的知识结构、技能水平以及职业素养。同时,我们将聚焦于一种特别有效的教育模式——STEM-PBL(Science, Technology, Engineering, and Mathematics-ProjectBased Learning),分析其如何通过整合跨学科知识和实际应用场景来促进学习者的主动参与和深入理解,进而实现上述培养目标。

3.1 人工智能人才的培养目标

3.1.1 培养人工智能人才的背景

人工智能(AI)已经从一个学术研究领域迅速转变为推动社会进步和经济发展的核心力量。在这样的背景下,全球各国纷纷将 AI 视为战略重点,出台了一系列支持政策和发展规划,旨在抢占这一前沿科技的制高点。然而,尽管 AI 技术的应用场景日益广泛,但能够胜任相关工作的专业人才却相对匮乏,这不仅制约了 AI 产业的发展速度,也影响了其对其他行业的赋能效果。面对这一挑战,教育界需要积极响应市场需求的变化,探索适应新时代需求的人才培养模式。

传统工科教育侧重于传授特定领域的基础知识和技术技能,但在面对 AI 这样跨学科、综合性强且变化快速的领域时,显得力不从心。因此,新工科教育应运而生,如图 3-1 所示展示的是 2017 年教育部高等教育司发布的《教育部高等教育司关于开展新工科研究与实践的通知》。该文件是关于推动新工科研究与实践的指导性通知,明确指出高等教育在我国高等教育中的重要地位,并强调深化工程教育改革、建设教育强国,对服务和支撑我国经济转型升级具有重大意义。这份文件的发布标志着国家层面对新工科教育的高度重视,旨在通过新工科教育模式的探索和实践,培养更多适应未来科技发展需求的高素质工程技术人才。

新工科教育强调多学科交叉融合,注重培养学生解决复杂工程问题的能力,并鼓励创新思维与实践动手能力的同步提升。它不仅关注学生的技术素养,还重视人文社会科学知识的学习和社会责任感的培养,力求塑造出既懂技术又具备广泛视野和社会意识的新一代工

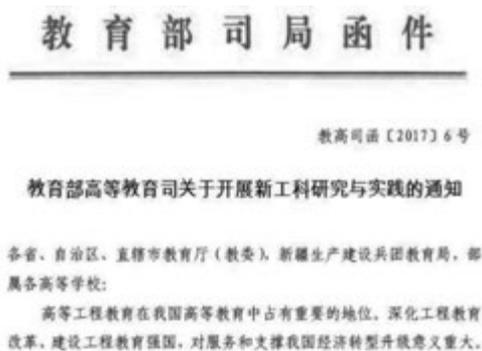


图 3-1 教育部新工科行动计划



工程师和技术专家。特别是在 AI 人才培养方面,新工科教育提供了更为灵活和针对性的教学框架。通过引入如 STEM-PBL(科学、技术、工程、数学与基于项目的学习相结合)等先进教学方法,新工科课程可以更好地模拟真实工作环境中的项目开发流程,使学生能够在实践中掌握最新的 AI 理论和技术。同时,这种教育模式也促进了软技能的发展,如团队协作、沟通表达以及终身学习的态度,这些都是未来 AI 从业者不可或缺的重要素质。

表 3-1 详细列出了当前一些前沿的新兴技术,如人工智能、大数据分析、物联网、云计算等,并且探讨了这些技术在传统工程领域中的潜在应用方向,包括但不限于土木工程、建筑设计、水利工程等领域。这种跨学科的融合不仅有助于促进理论研究与实际工程实践之间的紧密结合,而且对于培养学生的综合技能和创新能力具有重要意义。

表 3-1 “新工科”专业改革类项目

类 型	内 容
人工智能类	土木、建筑、水利、海洋类
大数据类	能源、电气、核工程类
智能制造类	食品、农林类
计算机和软件工程类	环境、纺织、轻工类
电子信息、仪器类	生物、医药类
机械类	数学、物理、化学、力学类
自动化类	安全、公安、兵器类
航天航空、交通运输类	医工结合类
矿业、地质、测绘类	工科与人文社科交叉类
材料、化工与制药类	

新工科的“新”主要包括三方面:新兴、新型和新生。

(1) **新兴**指的是在高校书中新出现的、前所未有的新书。是什么样的新书呢?主要有两类,第一类是新的产业变革下产生的新科学、新技术、新专业书,例如,中国科学院开设的脑科学与智能技术、生物芯片技术等这样的书,它可以面向不同专业的同学普及开设;第二类是摒弃传统灌输式教学被动式学习的一些书,用新的教学方法,如 PBL 模式、STEM 模式,以及探究式教学法等新型教学方法开发的新书。这些书贴近真实生活,将让同学们以探究体验的方式来学习工程知识。

(2) **新型**是指对传统工科的内涵拓展、人才培养目标的转变、发展模式的创新和标准的提升。所以这一点也告诉同学们,不仅要关注当下工程领域的新革命、新前沿、新技术,而且要了解传统工程领域的极限和弊端,在这样的基础上才能进行创新和发展。同时要非常清楚通过学习我们想成为什么样的人,国家和社会需要什么人才,我们个人的特质或优势又是什么。只有这两点结合起来,才能设立自己的成长目标。

(3) **新生**是指通过不同工程学习的交叉复合以及工程学科和其他学科之间的交叉融合等,衍生出来的新的学科内容。所以要分析自己所学的专业,了解本专业在新工科体系下的定位是什么,同时要拓展了解在未来的产业中我们的学科有可能与哪些学科存在重大的交叉和融合。这些都有助于我们对自己学科在宽度上和广度上有一个更明晰的坐标定位,也帮助我们拓展未来的职业和发展方向的选择机会。此外,还有一点非常值得我们关注,就是要学习和了解那些能够和大多数学科进行交叉融合的重要学科,例如人工智能。它就像一



一个新引擎,只要和其他学科一融合一碰撞,就能够点燃、赋能、活化一些传统的学科和技术。

所以,新工科教育改革就要求同学们学会在研究和实践中去学习跨学科、跨专业的工程知识,并能够将它们融会贯通,试图解决现实工程领域的问题。

3.1.2 人工智能人才的培养目标——人文素养

此次新工科教育改革最本质的核心目标就是要培养具有研究和实践能力,能够解决现实工程问题,具有人文情怀和高度社会责任感的工程创新型人才。由此看来,新时代的工程创新人才不仅是能够掌握应用跨学科专业技术的复合型人才,还需要有较强的创新能力、变化能力、自主学习能力以适应未来的技术变革,更重要的是,作为一名科技工作者,必须具有充实而丰盈的内心世界,才能用科技去实现和履行对人类社会高度的人文关怀和社会责任感。

在以往我国的工程教育中,往往只重视让学生掌握科学技术,忽视了科学伦理的培养,以及工程技术本身所蕴含的文化要素问题,著名的工程教育专家李培根院士指出:对工程类学生来说,文化缺失则意味着内心世界的缺失。经济学家许小年也曾有惊世之语:内心世界的缺乏或者虚弱,是当下我国创新能力低下的一个重要原因。因而,培养新工科背景下的创新能力很重要的一个方面就是通过工程教育文化来塑造工科学生的内心世界并培养其人文素养,在本书学习过程中,希望在研究和实践中读者能够体验并领悟以下几种工程人才必备的人文素养。

第一是体验到善。善和人的生存紧密联系在一起,是人类社会所追求的状态,所以善是工科学生内心世界应当具备的最基本的品质,技术本身无善恶,大多数情况下技术都是有益人类的,但是还是存在着有人把技术用在恶的上面。如图 3-2(a)所示的桥是 20 世纪美国纽约长岛公园大道上建造的两百多座天桥,这条大道通往著名的琼斯海滩,天桥的桥洞高度只有 9 英尺,这样的设计是为了阻止公共汽车上公园大道。而公共汽车是穷人用得最多,这条大道主要是为了方便开小汽车的中产阶级自由行驶,所以我们可以看到这是建造商罗伯特·摩西的阶级偏见,也是工程师缺乏善的表现。



图 3-2 关注人类社会的重大问题

作为一名工程人才要关注人类社会的重大问题,敢于担当,敢于做大事,通过技术创新惠及人类长远生存。如图 3-2(b)所示,Google 的热气球项目致力于让全世界每一个角落都能连接网络,这显然彰显了技术创新普惠大众的善;哥伦比亚大学建筑学学生(如图 3-2(c)所示)发明的救灾户外应急灯被联合国广泛应用到 70 多个国家的救援中,也彰显出其关注民生的社会责任感。所以,柏拉图之善的理念值得我们在本书中去深刻地体会。



第二是体验到**自由**。自由是任何人追求的境界,与技术相关的自由包括目的自由。人活在自然中,周围的世界都是由“便利”和“困难”共同编织起来的网。人对“便利”的追求其实也是对自由的追求,且没有止境,这种追求要通过技术革新来实现。李培根院士说,技术的目的是自由,体现在为了人类的发展,也体现在技术工作者自身的自由发展,技术是人自我实现的不断展现。技术的自由还包括过程的自由。只有在思想活跃、不被禁锢的“自由空气”下,一个人的思想才能放飞,创新才会奔涌而发。因而,希望大家共同创造自由的自己,自由的氛围,让创意灵光在课堂中,在小组讨论中蓬勃生长。

第三是体验到**批判性思维**。批判精神是马克思主义最重要的精神遗产。工业的发展过程不断体现了对传统常规模式、手段等的否定和超越,工程技术的原始创新、颠覆性创新尤其需要批判性思维。如数字化技术、人工智能技术的发展,到底对未来的生产结构、生产方式会产生什么样的影响。这类问题需要我们用批判性思维去想象。现在设计开发一种新产品,需要设计者用批判性思维去审视产品目前存在的需求和问题的质疑,才有可能导致重要的创新。例如,汽车的开发者就应当想到物联网、数字化、智能化等技术的迅速发展,会改变汽车司机的需求。司机有可能完全没有认识到这些,但设计师必须考虑到。只有这样的批判性思维,才能够考虑到产品开发的功能边界。

第四是要体验到**超越**。优秀的人一般具备强烈的“自我意识”,这种自我意识包括两个方面,即“反思”与“超越”,如图 3-3 所示。超越就是超出自身之外,反思就是从外部返回自身。优秀的工程师如果不能超越自身去思考问题,那就是一个缺乏自我意识的工匠。有创造性的技术工作必然要超越自然现实和需求现实。此外,技术还可以帮助人超越时空,如增强现实(AR)、虚拟现实(VR)等技术,能够让人超越时空,进入人类构想的梦幻世界。

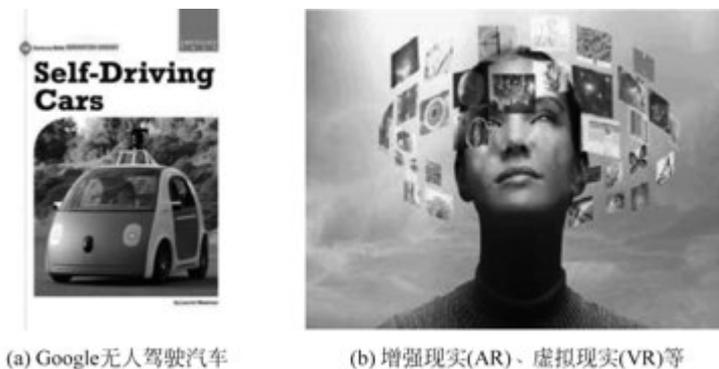


图 3-3 优秀的人应具备“自我意识”

所以,工程师要有超越专业学科的意识,也就是要有跨学科的整合应用技术和知识的能力。任何一个小产品,都涉及多学科的技术。例如,2018年 Google 推出的无人驾驶出租车业务,它颠覆和超越了出租车仅作为交通工具的范畴,变成了一个有小型办公室+购物中心+娱乐场所的交通工具。

在后续章节中将以项目设计的方式,让来自不同专业学科背景的同学,以组成团队小组的方式来学习人工智能的科学与技术。在这个过程中,大家一定要有超越自己的思想、超越自己的专业、超越工程现实问题的意识和理念。才能够更好地领会新工科教育所要培养的创新型人才的内涵。



3.1.3 人工智能人才的培养目标——创新素养

创新素养包括4个维度,这里将引用教育学家朱永新提出的“四维”创新人才的定义。所谓“四维”创新人才,就是具有创新意识、创新思维、创新技术和创新人格的人才。

第一层次是**创新意识**,指的是对推崇创新、追求创新、以创新为荣的观念和意识的培养。例如,现在大众创业万众创新的理念可能每个同学都耳濡目染,不仅对创新的理念不排除,而且愿意去尝试参与,这就说明已经接纳和具备了这种创新意识和观念。所以,来选修这门书的同学已经在行动上证明了具有创新意识。

第二层次是认知心理学家提出的“改善心智模式”(Improving Mental Models),指的就是**创新性思维**。它具有5个明显的特征:积极的求异性、敏锐的观察力、创造性思维、独特的知识结构以及活跃的灵感。在创新思维中,创造性思维是创新型人才的重要标志,是培养创新智能结构的最重要环节(创新力的核心就是需要结构化知识和反思性学习),因此本书中有大量的研究和实践,目的是训练大家的创造性思维。

第三层次是**创新技能**,反映的是学生创新行为技巧的能力,包括信息加工能力、一般工作能力、动手能力或操作能力、熟练掌握和运用创新技法的能力、创新成果的表达能力和表现能力以及物化能力等。从能力的分类来看,创新技能属于可迁移技能,必须通过大量的实践训练获得。

一个优秀的工程项目设计,学生要经历发现问题、文献分析、理论知识建构、实验或调查访谈、资料整合加工、作品成型、成果应用推广、研究成果转化到创业实践等实施过程,而这一系列步骤恰恰是同学们在各个层次的创新技能在真实工程实践中的演练和提升。所以这本书是让读者在现实的工程实践项目中去学习。在每个阶段,读者可以反思检验自己训练和学习了哪些技能,还有哪些创新技能是还没有去训练和提升的,可以在书后的科创竞赛和实践中去弥补和完善的。这些技能只有在长期的训练中才能够被熟练地掌握和应用,才能够长期内化为习惯,从而提升和转化为创新人格。

第四层次是**创新人格**,这是创新人才的最高层次。创新的过程不仅是智力的活动,更需要创新情感的动力。远大的理想、坚强的信念以及强烈的创新激情都是创新情感的组成部分。

除此之外,创新成就的大小也在一定程度上取决于学生个体创新人格的差异。创新人格包括独立、自信、持之以恒、勇于进取和探索、勤奋、果断、有责任感、富有想象、有好奇心以及一丝不苟等良好人格特征。这些创新人格往往需要学生沉浸在科创的实践中才能领悟并培养。

3.1.4 人工智能人才的培养目标——人工智能素养

随着人工智能(AI)技术在社会各个领域的广泛应用,AI素养已经成为信息时代不可或缺的能力之一,培养具备人工智能素养的公民已成为教育体系的重要目标。人工智能素养是指个人能够批判性地评估、有效沟通并协作使用人工智能工具的一组综合性能力。2024年9月,联合国教科文组织(UNESCO)发布《学生人工智能能力框架》和《教师人工智能能力框架》。本节基于这两个框架阐述了人工智能素养的内涵和要求。



为了确保学生能够在智能社会中成为负责任且有创造力的公民,《学生人工智能能力框架》提出了4个核心维度:以人为本的思维方式、人工智能伦理、人工智能技术与应用以及人工智能系统设计。这4个维度横跨理解、应用和创造3个层次,旨在帮助学生建立全面而深入的人工智能知识体系,并鼓励他们在实际生活中积极运用所学知识解决问题,如表3-2所示。

表 3-2 UNESCO 发布的《学生人工智能能力框架》

	理 解	应 用	创 造
以人为本的人工智能意识	人类能动性	人类问责	人工智能社会公民素养
人工智能伦理	具身伦理	安全负责的应用	设计伦理
人工智能底层技术与应用	人工智能基础	应用技能	创作人工智能工具
人工智能系统设计	智能系统问题界定	人工智能架构设计	反馈与迭代

根据《学生人工智能能力框架》:①以人为本的人工智能意识,强调学生的主体地位,引导他们思考人类能动性、社会包容性和环境可持续性问题;②人工智能伦理,教导学生识别并处理 AI 带来的潜在风险,如隐私泄露、算法偏见等;③人工智能底层技术与应用,使学生掌握基本的技术操作技能,同时了解其背后的原理;④人工智能系统设计,培养学生的创新能力,让他们参与到 AI 系统的规划与开发过程中。

在实践中,具体措施包括:①强化批判性思维,学校应支持学生成为 AI 的积极共创者,通过案例分析、模拟法庭等方式,让学生学会从多个角度审视 AI 的应用价值;②消除误解,帮助学生认识到并非所有问题都能由 AI 解决,而是需要结合人类智慧进行综合判断;③参与标准制定,鼓励学生遵守相关法律法规,并为未来可能出现的新规范贡献自己的见解。

为了更好地辅助学生的人工智能素养提升,教师也需要不断提升自身的人工智能能力。为此,《教师人工智能能力框架》定义了5个关键领域,涵盖了获取、深化和创造3个阶段共15种具体能力模块,如表3-3所示。

表 3-3 UNESCO 发布的《教师人工智能能力框架》

	获 取	深 化	创 造
以人为本的人工智能意识	人类能动性	人类问责	人工智能社会的社会责任
人工智能伦理	基本伦理原则	安全负责的应用	合作制定伦理规则
人工智能基础与应用	基本伦理原则,人工智能原理及应用基础	应用技能	用人工智能创作
人工智能与教学法整合	人工智能辅助教学	人工智能与教学整合	人工智能支持教学法变革
人工智能支持教师专业发展	人工智能赋能终生专业学习	人工智能增进组织学习	人工智能支持专业能力跃迁

根据《教师人工智能能力框架》:①在以人为本的人工智能意识方面,教师应理解并强调人工智能是由人类主导的,意识到保持人类能动性的重要性,并深入探讨人类在正确部署与使用人工智能方面的责任,包括批判性地审视夸大宣传以及尊重数据隐私等伦理规则,同时积极参与并促进包容性社会建设,通过批判性和同理心倡导人工智能伦理规范,解决从设计到使用的伦理问题。②对于人工智能伦理,教师需要培养对伦理问题的基本理解,如保护人权、个人数据安全、语言文化多样性等方面,将基本伦理规则内化为实践,确保教育中安全



且负责地使用 AI,尊重知识产权及其他法律规定,并积极引导关于 AI 伦理的社会讨论,参与到相关规则的制定中以适应不断发展的伦理需求。③在人工智能基础与应用上,教师需掌握基本概念和技术,如模型训练、算法工作原理及其主要类别,能够选择适合特定任务的 AI 工具,熟练运用这些工具进行教学活动,加深对各类技术的理解,考虑其伦理影响,并创造性地使用 AI 工具来支持个性化学习路径的设计,探索新的教学方法和技术融合。④当涉及人工智能教学法时,教师要学会识别并利用 AI 工具的优势,规划课程内容、实施教学及评估学生表现,巧妙地将 AI 融入以学生为中心的教学设计中,增强师生互动,培养学生的批判性思维和解决问题的能力,推动传统教学模式向更加智能化的方向转变,开发创新性的教学策略,如沉浸式学习场景和支持跨学科探究。⑤在人工智能促进教师专业发展方面,教师认识到 AI 可以作为持续自我提升的重要手段,帮助他们评估自身需求并设定个性化学习目标,参与协作式专业学习社区,分享资源,互相支持成长,形成集体智慧,不仅限于个人层面的应用,还致力于引领整个教育机构或行业的变革,使 AI 成为推动教育现代化的关键力量。

综上所述,《教师人工智能能力框架》旨在全面覆盖教师所需的各种 AI 相关知识、技能和价值观,确保他们在智能化时代背景下能够有效地开展教育教学工作,并为学生树立良好的榜样。相关措施包括:①终身职业发展,教师应当借助 AI 技术支持下的个性化学习平台,持续更新专业知识,制定适合个人成长的职业规划;②组织化学习,通过在线社区或线下研讨会等形式,与其他教育工作者分享资源,共同探索新的教学方法;③转型升级,鼓励教师根据实际情况调整课程内容,灵活运用 AI 工具改进教学质量,推动教育模式向更加灵活高效的方向演进。

在新工科背景下,工程人才具备的人工智能素养包括三方面:一是正确理解人工智能的科学伦理观,二是提升对人工智能技术的理解力,三是人工智能落地场景的洞察力。人工智能,不仅是新工科的一级学科,而且会向工科的所有学科专业渗透。AI 是一个跨学科的新兴技术领域,例如,它可以和数学、计算机科学、物理学、生物学、心理学、社会学、法学等学科专业教育的交叉融合,从而产生新的技术和新的学科方向。因而不同专业背景的学生都可以通过学习人工智能,提升自身的 AI 素养,同时了解自己未来工作的行业领域的潜在的发展机遇。这需要加强和普及人工智能教育,特别是面向广大专业学生,面向广大群众开放的通识教育,同时整合协调学校资源和社会资源,培养符合我国创新驱动战略发展的智能科技工程创新人才。相应地,我国各部门,尤其是教育部,也推出了一系列关于 AI 教育的政策,如表 3-4 所示。

表 3-4 教育部 AI 教育方面的政策

时 间	政 策	重 点 关 注
2017.10	国务院发布《新一代人工智能发展规划》	人工智能基础理论研究、关键共性技术研究、基础支撑平台开发、智能化基础设施建设
2017.12	《关于深化产教融合的若干意见》	国务院办公厅印发,鼓励企业支持人工智能学科专业建设
2018.1	《普通高中课程方案和语文等学科课程标准(2017年版)》	在“新课标”改革中,正式将人工智能、物联网、大数据处理划入新课标



续表

时 间	政 策	重 点 关 注
2018.4	《高等学校人工智能创新行动计划》	激励高等教育机构开设人工智能专业与课程,培育高级人工智能人才;协助高校与企业联手,打造人工智能实验室与研究中心,加强产、学、研一体化;促进高校在人工智能基础理论、算法模型等领域进行研究,增强自主创新能力
2024.11	《关于加强中小学人工智能教育的通知》	明确了人工智能教育的六大主要任务和举措,包括构建系统化课程体系、实施常态化教学与评价、开发普适化教学资源、建设泛在化教学环境、推动规模化教师供给和组织多样化交流活动,强调在 2030 年前基本普及中小学人工智能教育

在政策的推动下,教师专业发展也得到了重视。教育部门倡导教师参与 AI 相关的培训和研讨,以提升他们运用 AI 技术进行教学的能力。通过这些措施,教师不仅能够更好地理解 AI 技术,还能将其有效地融入教学实践中,从而提高教学质量和学生的学习效果。此外,教育部门还鼓励教师参与跨学科的项目研究,以促进不同学科间的知识融合和创新思维的培养。综上所述,我国教育部门在人工智能素养培养方面采取了积极的措施,旨在通过政策引导和实践推动,培养出能够适应未来社会需求的人工智能人才。这些措施不仅有助于提升教师的专业素养,也为学生提供了更多接触和学习 AI 技术的机会,为我国的教育现代化和人工智能产业的发展奠定了坚实的基础。

《中国人工智能发展报告 2018》调研显示,有 82.32% 的受访者认为人工智能能够帮助他们提高对相关行业的认识,有 74.41% 的受访者表示已经学习了相关 AI 知识和技术。报告还显示,大部分的受访者对人工智能的学习热情较高,61% 的受访者每周学习人工智能知识的时间为 10~20 小时。可见,大多数人乐于接受人工智能产品,乐于学习人工智能技术,人工智能全面教育的时代已经到来!

3.2 人工智能通识课程学习模式: 基于 STEM-PBL

鉴于人工智能领域具有极强的前沿性和实践性,必须促进产业界、高校及研究机构之间的产、学、研合作,以达成教育与企业间的协同效应,共同培养人才。应将企业现场的实际需求作为人工智能创新项目选题的关键参考,并与学校内负责创新创业指导的部门以及行业内的企业专家携手合作,确保学生在人工智能领域的学习成果能够得到有效的转化和应用。

STEM 教育作为一种影响全球工程教育的新理念,逐渐成为国内学者学习研究的热点。然而,如何实现 STEM 教育在高等教育中的本土化设计,国内研究聚焦理论探讨较多,实证研究较少,导致理论在指导实践过程中存在诸多困惑和盲点。因此,本书提出了一种基于 STEM 教育理念的 PBL 教学模式设计,即聚焦工程创新、工程人文、AI 素养的人才培养目标设计、注重探究-实践-交流的科学研究程序、依据循证教学的多维多层评价设计以及促进产学融合、专业与通识融合的环境保障设计。

3.2.1 STEM 教育的核心理念

源自美国的 STEM 教育,是一种旨在培育学生工程创新素养,以学科融合为根本特点



的教育理念。该教育模式致力于培养学生在科学(Science)、技术(Technology)、工程(Engineering)和数学(Mathematics)这四大“基础学科”及其相关交叉领域,运用跨学科知识解决实际问题的能力。美国国家研究委员会(NRC)强调,大学STEM教育改革的核心在于“跨学科融合”“基于证据的教学”以及“主动学习”。首先,跨学科整合思维是STEM教育的重要前提。朱莉·汤普森·克莱因(Julie Thompson Klein)将STEM跨学科整合课程划分为三个层次:多学科、交叉学科和超学科。在实际操作中,多学科课程通常表现为对不同学科的简单拼接,学科间的融合程度较低;而交叉学科课程则根据解决问题的目标,选择并整合多学科知识,进行结构化重构,有助于提升学生的创新力;超学科课程则着重于超越单一学科视角,基于批判性反思构建超学科文化,代表了STEM课程整合的最高目标。因此,交叉学科和超学科课程有效地突破了传统学科的界限,将科学、技术、工程和数学等学科融合成一个全新的学习体系。赫希巴奇(Herschbach)提出,常见的STEM整合方法是消除学科间的界限,通过活动或项目来形成连贯且有组织的课程结构。在这一过程中,如何在打破的学科间找到平衡点、构建新的课程结构,对一线教师和政策制定者来说是一个新的挑战。为了应对这些挑战,教师需要对完成项目问题所需的跨学科知识进行梳理和结构化整合,确保在每个阶段学科间知识的系统性连接,并保持知识的均衡覆盖和交叉,以助于学生创造性地解决问题。

其次,依据循证的教学实践是STEM教育的重要保障。作为一种专业活动,教育应当依托于证据(Evidence-Based)或者至少从证据中提取信息(Evidence-Informed),并将这些应用于学生学习、教师教学以及教育政策的制定。美国本科STEM教育质量评估指标制定委员会提出,学生STEM能力的培养必须依赖于基于证据的STEM教育实践,即循证教育实践EBEP(Evidence-Based Education Practice)。因此,国家本科STEM教育评估涵盖了对教学活动的监测,包括学生学习体验,以及对教学环境的监测,包括学习机会和环境。在微观层面,STEM课程设计由国内学者余胜泉强调,重视STEM课堂问题或项目中学科知识的内在联系,关注学生在解决问题和完成任务时的认知活动,并强调收集和利用学习过程中的所有证据,以促进教学评估诊断和学生核心素养的提高。这涉及三个层面的循证:①教学内容设计应基于“项目问题”的证据;②教学方法的选择应有利于学生探究推理的循证;③教学评价方式应反映学习活动全过程的发展性评价。

再次,主动学习的有利环境是STEM教育的重要驱动。融合“跨学科整合”和“循证教学”特色的STEM课程,展现了“学生中心”和“实践中心”的教学理念,其理论基础是建构主义和认知科学的教学实践(Sanders,2009),为学生主动学习创造了有利条件。R. J. Sternberg在《认知心理学》中提出,个体在构建认知结构时的主动性至关重要,而Vogotsky则强调了学习者的社会文化历史背景在认知过程中的重要性,并提出了“最近发展区”理论。STEM教学不仅为学习者提供了激发认知好奇心的现实情境,还帮助学习者通过积极构建跨学科知识来解决问题的路径和方法,重视科学探究、工程实践、交流强化的教学流程,为学生提供了探究、发现、协作的科学程序和群体动力,增强了个体主动寻找自己的“最近发展区”的学习动力,从而获得学习的意义,促进了学习效果的提升和转化。

综上所述,融合跨学科的思维、依据证据的教学方法,以及基于建构主义和认知科学的主动学习构成了STEM教育理念的核心要素。关键在于如何通过教学活动的策略性设计,



有效地促进学生在创新素养等高级能力上的成长,这要求我们精心挑选合适的教学模式。

3.2.2 基于 STEM 教育理念的 PBL 教学模式

教学模式与教学方法和策略不同,它是一个旨在实现特定教学目标或学习成果的学习环境系统。一个全面的教学模式包括教学目标、实现这些目标的步骤、学习反应的原理以及学习过程中的社会支持系统等关键部分。教学模式的特点在于它强调基于充分证据的教学实践、与课程目标的紧密结合以及信息技术的应用。PBL(项目式学习)是一种以学生为中心的教学模式,它专注于学习过程,起源于1918年由克伯屈(William Hurd Cobbler)提出的“设计教学法”。PBL鼓励学生通过探究活动,寻找与现实世界紧密相关的学习切入点,并通过小组合作进行长期的开放性探究,完成设计、规划、问题解决、决策、作品制作和成果分享等环节,最终实现知识构建和能力增强。PBL教学模式的四大核心要素包括内容、活动、情境和结果。PBL模式着重于解决真实世界的问题,并融合了斯腾伯格(R. J. Sternberg)的建构主义学习理论、杜威(John Dewey)的实用主义教育理论以及布鲁纳(Jerome Seymour Bruner)的发现学习理论。从学习的本质和理论基础来看,PBL继承了STEM教育的特征,成为培养学生跨学科素养的关键学习模式(Nashon, 2014; 夏雪梅, 2019),并且在提升学生对STEM学科主动学习的自我效能感、创造力和适应性方面表现出显著效果(Springer L, 1999)。

采用PBL学习方法的STEM教育理念教学模式,充分发挥了STEM教育的“跨学科整合”“循证教学”和“主动学习”的特点,帮助学生融合科学、技术、工程和数学等领域的知识与技能,进行科学探索、工程操作和交流提升等学习活动,从而培养学生的STEM素养、创新能力和人文素养等关键素养。该模式以项目设计为核心,通过跨学科知识的综合应用,引导学生深入探索问题和验证方法,总结答案并创新理解,提高高级思维能力。同时,基于STEM教育理念的PBL教学模式,不仅是一个包含内容与目标、过程与方法的综合教学体系,也是一个动态、发展、可验证的完整教学过程:跨学科的探究和课堂内外的互动实践展现了教学动态发展的潜力,师生紧密的互动和深入的问题探讨,展现了教学协同创新的和谐发展,学习成果的可视化和学生创新能力的可测量性,也证明了循证教学的有效性。

观察教学模式的特点,PBL教学模式,基于STEM教育理念,展现了五大特质:探究性、实践性、协同性、综合性和循证性。探究性在问题解决时,通过科学原理和方法进行研究;实践性则体现在教学和学习活动中,涉及跨学科解决实际问题的实践;协同性表现在教师与学生、学生与学生之间的合作教学和学习;综合性则涉及科学、工程、技术和数学等跨学科知识的综合运用;循证性则体现在整个教学过程和评价方法上,基于科学证据的设计。穆斯塔法(Mustafa)等人的STEM整合课程研究元分析显示,PBL(项目式学习)是目前实施STEM整合课程中最广泛采用的学习方式。

总结起来,PBL项目学习的特点有三个,分别是:以教师为中心转变为以学生为中心,以课本为中心转变为以项目为中心,以课堂为中心转变为以实践为中心。PBL项目式学习在教学目标、教学内容、教学形式和参与程度方面,都与传统教学存在差异,对比汇总如表3-5所示。



表 3-5 项目学习的特点

比较项目	传统教学	项目教学
教学目标	掌握知识与技能	运用知识与技能
教学内容	考虑学科的系统性与完整性	根据具体项目要求来定,可能涉及跨界跨学科,有针对性
教学形式	教师教为主,学生被动学习,无法满足个性化需求	学生在教师指导下主动学习,可通过编队分组将不同知识、性格、任务差异的学生组合教学
参与程度	参与程度低	强调团队小组合作,参与整个教学过程的设计、实施与评价

可以看出,在教学目标上,传统教学是让学生掌握知识与技能,而项目教学是让学生学会运用知识与技能在教学内容上;传统教学考虑学科的系统性与完整性,而项目教学根据具体项目要求来定,可能涉及跨界跨学科,有针对性。在教学形式上,传统教学以教师教为主,学生被动学习,无法满足个性化需求;而项目教学的学生在教师指导下主动学习,可通过编队分组将不同知识、性格、任务差异的学生组合教学,学生扮演不同角色,各个学生因材施教,实现个性化教育。在参与程度上,传统教学中学生参与程度低;而项目教学强调团队小组合作,参与整个教学过程的设计、实施与评价。

3.2.3 基于STEM教育理念的PBL教学模式设计

1. 设计理念

基于STEM教育理念的PBL教学的设计理念,是一种以促进学生主动学习和能力提升为宗旨,强调学生“创新学”和教师“创新教”的教学模式。“创新学”是通过情境学习、问题学习与探究学习,促进学生在“增加课程投入”后实现高阶思维能力的提升;“创新教”则是通过跨学科课程重构、产学研融合、多维循证评价,鼓励教师为“激发学习参与”而进行的教学行为改革,最终达成培养具备更高的创新创业能力和跨界整合能力的工程科技人才的目标。而“创新学”与“创新教”的有效实施依赖于教与学课程生态的有效整合。

2. 设计路径

这部分以人工智能创新项目设计为场景,进一步阐述基于STEM教育理念的PBL教学模式的设计路径。教学模式是一个环境系统,它包括教学原理、教学目标、教学内容、教学过程乃至教学组织共同构成的系统操作样式,如图3-4所示。基于STEM的AI通识课程PBL教学模式是以跨学科整合、循证教学、主动学习为教学设计主线;以培养具有工程创新素养、工程人文素养和AI素养的工程创新人才为教学目标;以学生设计开发一个AI创新项目所开展的工程研究实践为教学内容;以课程铺垫、科学探究、工程实践、交流强化四环节为教学过程;以多主体参与、多形式共存、教学相长的多维循证体系为教学评价;以促进产与学融合、专业与通识融合的环境为教学保障的模式。

(1) 聚焦三大素养的人才培养目标设计:基于STEM教育理念的PBL教学着重培养学生的工程创新素养、人文素养和AI素养,通过清晰界定课程目标避免课程的形聚神散。其中,工程创新素养聚焦分析、评估、创造等高阶思维能力的培养,突出工程通用素养向工程创新素养转化;工程人文素养注重培育“领悟善、体验自由、超越和批判性思维”的心智,促进学生学业适应性;AI素养包括“正确理解AI科学伦理观,提升AI技术理解力,增强AI落

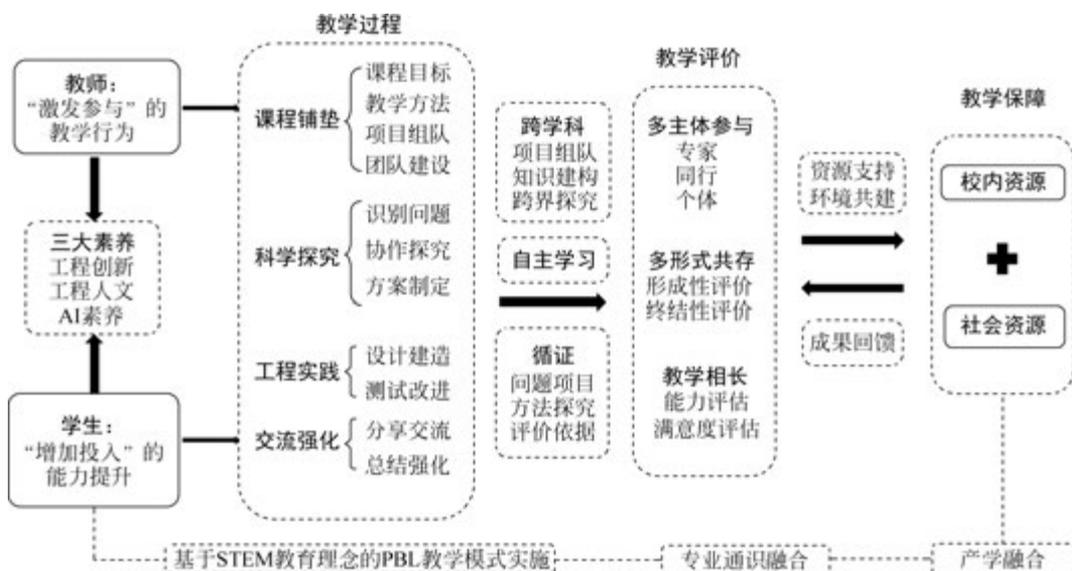


图 3-4 基于 STEM 教育理念的 PBL 教学模式设计路径

地场景观察力”三方面能力,帮助学生探索未来职业的可能性。

(2) 注重探究-实践-交流的科学程序设计: 基于 STEM 教育理念的 PBL 教学以项目作为课程教学的载体,以设计作为课程教学的过程,以跨学科知识、技能的创造性应用作为课程教学的宗旨。以 AI 通识课程为例,教学内容涵盖人工智能、产品原型设计、工业设计、创新创业等统一的知识版块及不同项目涉及的交叉学科知识领域;教学程序设计包含课程铺垫、科学探究、工程实践和交流强化 4 个步骤:课程铺垫主要做好课程目标、教学方法、项目组队和团队建设,营造良好的学习环境;科学探究是通过产业调研和实地走访完成识别问题、协作探究和方案制定三个学习环节;工程实践包含设计建造和测试改进两个实践流程;交流强化以学生项目路演、跨专业跨界师资团队教学指导的方式,帮助学生结构化反思学习。以上 4 个步骤项目根植于真实世界,创设了探究学习、问题学习、合作学习的有利环境,有效激发学生主动学习的心理动能。

(3) 依据循证教学的多维多层评价设计: 基于 STEM 教育理念的 PBL 教学模式,其循证教学的特性决定了实施多主体参与、多形式共存、教学相长的多维评价体系。学生的学习成果有设计方案、实物装置、视频展示、软件系统和研制报告以及路演汇报和回答问题情况,这些证据反映了项目实践全过程,能够有效监测教与学的实际效果。多主体参与是指专家评价、同行评价和个体评价并行(专家包括行业专家、教务部门人员与教师团队,同行指同班和同组同学,个体评价指学生自我评价);多方式共存是指形成性评价与终结性评价并举(项目研究推进阶段性汇报是形成性评价的依据,项目成果的质量、推广成效都是终结性评价的内容);教学相长指向师生共同发展的评价体系构建,通过建立对学生能力和课程满意度的评估体系,为教师了解课程成效、改进目标提供资料,促进师生共同成长。

(4) 促进产学融合、专业与通识融合的环境保障设计: 基于 STEM 教育理念的 PBL 教学模式立足人才培养、科学探究和教育管理的实际需求,建立起教育与产业的对话机制:一方面,通过与行业协会企业等共同构建 STEM 教学实训基地、学生创新项目设计平台、开发



课程项目池等形式使前沿的产业成果成为宝贵的教学资源,增加学生的工程实践与技术体验,提高学生创新项目设计能力;另一方面,结合“挑战杯”“互联网+”等竞赛,通过校园内部资源与社会资源的创新整合,邀请行业投融资专家对课程成果进行创业落地、投资孵化,实现学校与社会协同育人,帮助学生建立学习世界与工作世界的同频共振,构建产学研融合、专业与通识融合的教学生态,为STEM教育的本土化实践提供环境保障。

3.2.4 基于STEM教育理念的PBL教学实施路径

1. 实施步骤

一般来说,项目学习流程包括项目介绍(项目描述)→项目解析→项目实施→项目小结→[拓展提高]→成果推广。第一阶段是项目介绍或项目描述,通过广泛的市场调研和行业研究来选择项目组感兴趣的产品品类。第二阶段是项目解析,通过广泛的竞品分析、痛点分析、需求分析、战略分析等方法来确定出产品的概念化设计。第三阶段是项目实施,这个阶段包括产品原型设计、产品的交互、产品的技术、产品包装、产品制作、产品运营等完整的产品生命周期。第四阶段是项目小结,是将项目成果进行包装展示的阶段。这个过程涉及项目的文案撰写、项目路演、项目宣传等,可以锻炼学习者掌握商品营销的能力。第五阶段是拓展提高,是在获得市场反馈后对项目产品的修正提高阶段。第六阶段是成果推广,制作出成熟的产品,进而正式发布推广到市场中。以上各个阶段是螺旋式循环反复进行的。

2. 团队建设

在工科领域,PBL团队建设涉及的角色一般包括产品经理、项目经理、软件工程师、硬件工程师、结构工程师、测试工程师和采购工程师。

(1) 产品经理:根据用户的需求确定开发何种产品,编写《产品需求规格说明书》。

(2) 项目经理:组织项目的市场分析和需求管理工作,组织评审,审核评审结果;协调项目组内各角色之间、项目组与外部角色的协同合作关系。

(3) 软件工程师:根据《产品需求规格说明书》进行软件系统整体架构的分析和设计,编写《软件方案设计说明书》,完成代码编写以及单元测试,参与代码审查。

(4) 硬件工程师:根据《产品需求规格说明书》进行硬件整体架构设计,包括硬件平台的设计与关键器件选型,制作《硬件方案设计说明书》,完成原理图设计、PCB制作、BOM单与软硬件接口文件等的撰写。

(5) 结构工程师:根据《产品需求规格说明书》进行产品外观与机械结构的设计。

(6) 测试工程师:负责测试的策划,组织编写测试用例与《测试报告》,监督测试质量,执行测试计划,参加测试用例的评审,实施测试。

(7) 采购工程师:负责物料采购,新物料的供应商开发、样品申请,产品打样以及交期跟踪等工作。

在设计领域,《人人都是产品经理》中把项目组规划为以产品经理为核心的众多角色成员。围绕产品经理,有多个团队和职能模块。如产品团队包含视觉、交互、UE(用户体验)、前端、用研、运营等职能,负责产品的设计、用户体验研究及日常运营。商业团队涵盖服务、销售、市场等,主要承担产品的市场推广、销售及客户服务工作。技术团队涉及架构、开发、编码、功能测试、性能测试、SCM(软件配置管理)、运维、DBA(数据库管理员)、SA(系统管理



员)等,负责产品的技术实现与维护。支撑团队有行政、法务、财务、老板等,提供行政事务、法律、财务等方面的支持保障,如图 3-5 所示。

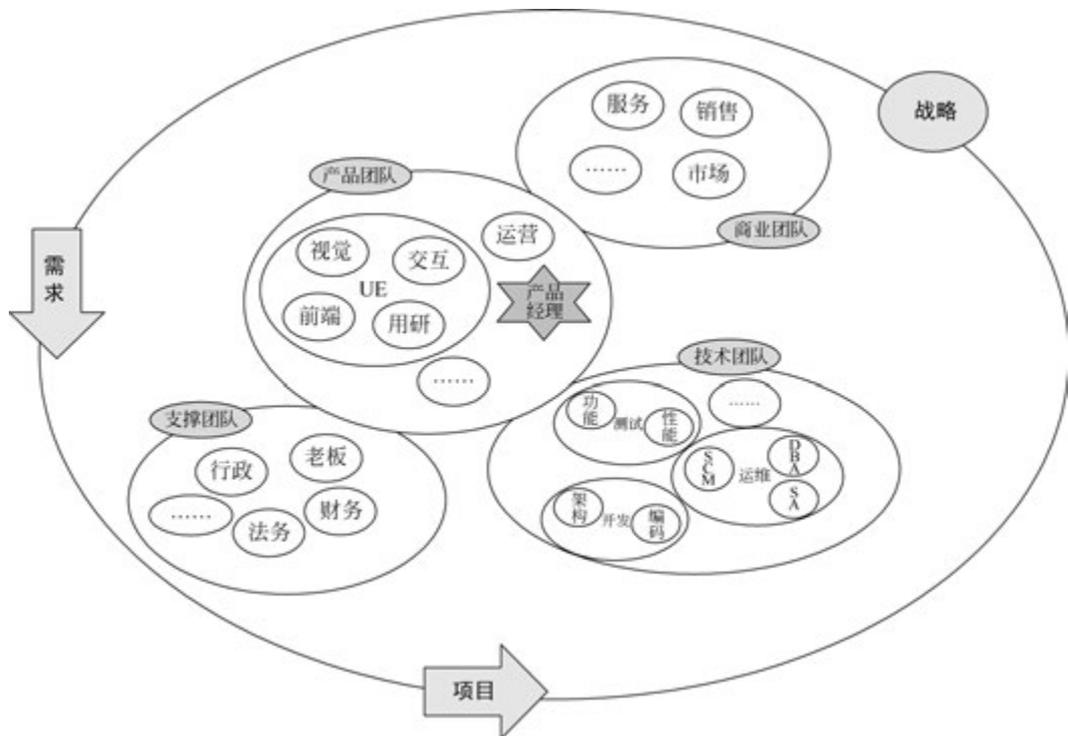


图 3-5 设计领域项目团队建设

“双创”教学过程要体现“新”,学生具有自学“新”技能的能力,具有适应“新”团队的能力,具有接触“新”产业的能力。在教学过程中,通过融合不同专业的学生,组建不同项目团队,引入产业知识,让学生有机会接触不同的知识背景、团队、产业及需求,培养学生多方面的适应能力。项目教学中的教师不以直接帮助学生解决问题为主要内容,而是通过间接的方式对学生起到参考、启发、引导的作用,把问题解决的最终选择权留给学生。学生变被动为主动,积极将“双创”思维运用到教学过程。

以此,在人工智能创新项目的设计过程中,流程既体现了普通产品的普遍特性,也体现了其特殊性。在设计环节,必须重视人工智能技术在产品内的双向信息沟通功能,以及产品的亲民性和易用性。人工智能产品并不仅是软件,还涵盖了数据采集、人机交互等扩展系统。人工智能创新项目的设计必须掌握人工智能所要结合的行业知识,必须进行市场调查,以完成需求分析。同时,需要从多个视角进行可行性分析,包括竞争优势、市场机遇、团队优势等,以完成可行性报告。此外,需要掌握产品的营销策略,规划产品的营销、运营和收益等策略。这些都需要项目团队进行角色分配,各尽其责。

项目学习的成功离不开一个优秀的导师团队。这个团队必须具备强大的人工智能专业知识,以确保教学的质量;他们还需要具备广泛的社会交往技巧,以便能够获取和连接各种所需的资源;同时,导师团队应充满热情、耐心、爱心和好奇心等人文素质,这样才能赢得学生的信任和喜爱。此外,导师们还应具备规划、策划、管理、审美和文案等多方面的能力,以



便能够有效地指导学生如何包装项目并转化成果。新工科的概念源于产业的实际需求,只有将这些需求融入人工智能的教学中,学生才能将理论与实践相结合,激发新的创意和思路,发挥新工科教育的真正价值,培养出具有创新和创业精神的学生。因此,还需要邀请产业界和投融资领域的专家担任实践导师,让学生能够直接面对社会的多样化需求。

在团队中,是否存在着至关重要、不可替代的核心角色?确实存在。那就是产品经理。产品经理负责领导和管理项目启动的流程。流程管理确保了人工智能创新项目设计作品能够按时完成,并合理分配任务。在产品开发的每个阶段,从定性到定量的一系列方法和步骤,都伴随着清晰的交付文档。产品经理自始至终参与其中,全程引导。因此,成为一位产品经理,必须具备坚定的责任感和顽强的毅力。

在本书中,项目组可以大概分为产品经理、技术开发和交互设计三个团队,如图3-6所示。产品经理团队要求的能力点是策划、沟通和眼光,职能是负责需求设计导向与流程监督要求。产品经理的主要职责分为两项:评估产品机会和定义要开发的产品。评估产品机会,就是要把握复杂的市场/用户需求,确定产品的价值、可用性和易用性。技术开发团队要求的能力点是逻辑、算法,职能是与伙伴沟通合作并承担技术开发工作。要求在整个学习过程中密切留意算法等技术细节,并完成相关代码等开发工作。交互设计团队要求的能力点是敏锐感官、审美、创造力,职能是与伙伴沟通合作并承担交互开发工作。要求在整个学习过程中更加注重UI、交互等技术,并完成相关UI设计开发、宣传、记录工作。



图3-6 人工智能创新项目设计项目的团队建设

因此,每个学生在创新创业教学过程中发挥不同作用,扮演不同角色,各个学生因材施教,实现个性化教育,在学习过程中相互协作,共同体验项目过程。强化学生个人能力的呈现、沟通能力的培养和团队精神的培育。总之,在整个过程中,不同学生扮演不同的项目角色发挥个人特长,通过团队合作共同完成教学项目的开展。

需留意,在项目团队运作期间,为了确保团队顺畅运作,成员们需兼任一些事务性职责,例如,担任财务、公益、宣传、知识产权等专员。其中,财务专员管理团队的财务流动和支出事宜,公益专员维护团队的社会责任,宣传专员处理团队的媒体宣传任务,而知识产权专员则负责保护和转化项目成果。

在项目组角色分配时,测试系统可作为团队构建的辅助工具。团队角色理论包括贝尔宾理论,以及MBTI的16种性格类型和DISC的27种角色类型。本书使用DISC理论并归类为四型人格测试,涵盖支配型、影响型、谨慎型和稳健型,如图3-7所示。调查发现,多数成功者倾向于支配型与影响型的结合,即兼具深思熟虑与积极行动,两者得分均较高且均衡。拥有这样性格特质的学生,适合担任领导职务,例如产品经理。



图 3-7 以测试系统指导进行团队建设

3. 实施流程

产品从构思到完成涉及众多阶段,这些阶段并非简单的线性连接,而是彼此间存在迭代的联系。尽管不同产品可能经历不同的阶段,但它们大致上都遵循图 3-8 中展示的流程。

下面看看几个关键阶段的具体工作。

项目启动报告标志着流程的起点,随后依据市场需求来定义产品。在项目立项的环节,必须针对产品的特性,确立应用背景,进行立项分析,制定成本预算,开展竞品分析,规划研发周期,并组建项目团队。此阶段的关键在于协助团队明确产品的定位并获得共识,以便团队成员在后续阶段能够基于分析和理解需求来开展工作。此阶段的成果是《项目立项报告》。

随后进入评审阶段,确保产品的可行性和市场需求的匹配。掌握市场情况是产品开发的基础,新产品的开发不仅涉及技术创新,还要求研究、适应、满足乃至创造市场需求。市场需求分析主要涉及评估市场规模和潜在需求量,包括确定目标市场、地理区域的目标市场,考虑消费限制条件,以及估计市场规模。因此,首要任务是通过调查和分析来获取用户需求,并据此定义产品需求,这包括需求获取、需求分析、需求定义以及整个过程中的需求变更。

评审通过后,进行产品确认,分为软件方案设计、硬件方案设计和外观结构设计三个主要方向。在软件方案设计中,经过软件方案评审后,完成软件设计、单元测试,并进行代码重构优化。嵌入式软件设计与开发过程中的设计是指软件系统的体系结构、数据结构、模块等,在需求和代码之间建立桥梁,开发过程是指软件工程师按照系统设计去编码开发并进行单元测试、代码检查优化等工作。硬件方案设计包括硬件方案评审、原理图制作、PCB 设计、

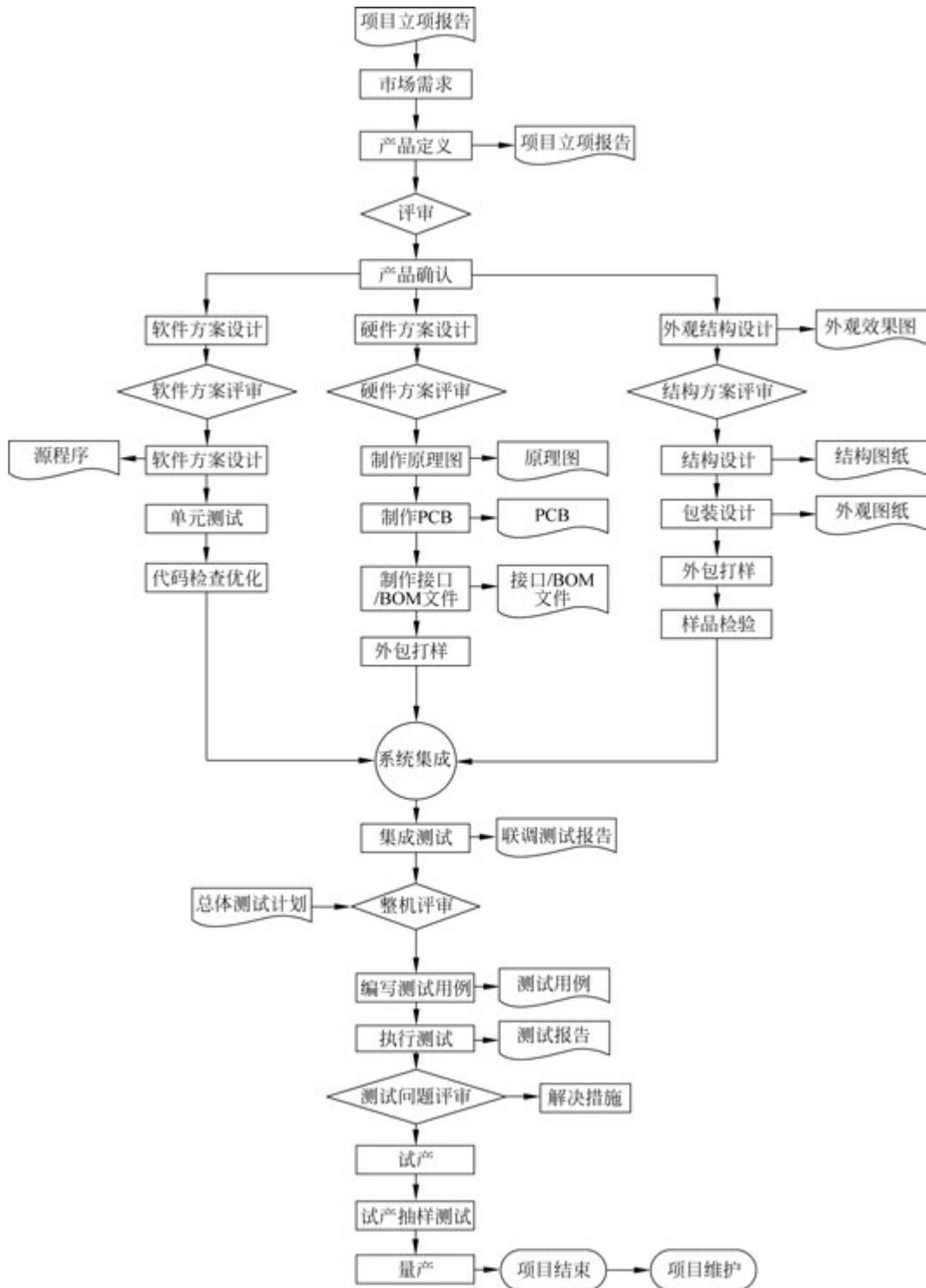


图 3-8 基于 STEM 教育理念的 PBL 教学实施流程



样板和 BOM 文件的制作,以及外包打样。外观结构设计则涵盖结构方案评审、结构设计、包装设计、外包打样和样品验收。各个部分完成后,进行系统集成,形成完整的产品系统。

在后续的集成测试阶段旨在确保各模块间的协同运作,并满足既定的功能与性能指标。初始步骤包括制定一份详尽的联调联试报告,该报告将作为测试流程及结果的正式记录。继而,将组织一次全面的评审会议,邀请项目相关各方参与,共同对测试结果进行评估,以确保软件质量达到既定标准。测试阶段本身是一个系统化的过程,它不仅涉及测试用例的编写,还包括测试用例的执行、测试报告的评审以及测试过程中发现缺陷的处理。测试用例的编写需详尽且具有针对性,确保覆盖所有潜在的使用场景及边界条件。在执行测试时,将严格遵循测试用例,记录测试过程中的各种情况,包括成功与失败的案例。测试报告的评审是关键环节,它涉及对测试结果的深入分析与讨论,以判断软件是否已具备进入下一阶段的条件。最终,对于测试过程中发现的任何缺陷,将进行详尽的记录与分类,并制定相应的解决策略,以确保缺陷能够得到及时且有效的处理。

在项目实施的最后阶段,将开展一次小规模的生产活动,其主要目的是对整个生产流程的可行性与效率进行验证。该阶段的实施能够识别并解决生产过程中出现的潜在缺陷或问题,确保产品在进入大规模量产之前,生产流程的顺畅性和正确性。该环节对于保障产品质量和提升生产效率具有决定性意义,它有助于研究团队预先识别潜在风险,并采取相应的预防及改进措施。

在整个项目完成之后便进入了项目的维护阶段,这个阶段的主要任务是持续地为产品提供必要的支持和改进。通过精心设计的流程步骤以及对各个关键节点的详细规划和管理,能够确保产品开发过程的顺利进行,从而有效地保障产品的质量和性能。