发展规划资讯

FA ZHAN GUI HUA ZI XUN

2018 年 9 月 20 日
第 3 期
（总第 3 期）
东北石油大学
发展规划处主办

本 期 目 录

本期寄语.....1

新工科建设“三部曲”.....3

复旦共识.....3

天大行动.....6

北京指南.....10

“新工科”研究与实践项目指南简介.....14

新工科与新范式：概念、框架和实施路径（摘选）.....17

二、新工科基本概念.....17

三、新工科教育范式.....17

四、汕头大学工程教育范式转变和新工科建设路径的思考.....24

五、新工科和新范式的讨论.....40

网址：校园网—发展规划处主页　　摄影：赵秀波　　编辑：郑丽芹　　审核：马云阔

本期寄语

本期资讯介绍了新工科建设的“三部曲”——复旦共识、天大行动、北京指南的内容，摘选顾佩华的文章，文章明确阐释新工科的概念和范式，并以汕头大学为例，具体阐释了新工科、新范式的实施路径，对我校的新工科建设有重要的借鉴和指导意义。

结合学校实际，要做好新工科建设，编者认为应该从思想上实现三个转变：

1. 由“个体意识”向“共同体意识”转变

学校各院系（部）在相对独立的管理模式下，在“放管服”政策的激励下，非常关注自身的发展，这是好事，但要注意破除圈子意识，强化大局意识，由各院系（部）的“个体意识”向学校的“共同体意识”转变，“使只限于学校内部、学院内部甚至系和专业内部的教育改革与创新，成为开放式、全方位、所有利益相关方参与和协同互动、可持续、全面的融合创新。”学校可以构建“东油命运共同体”——对内，各院系（部）密切关联，相互学习，相互促进，相互支撑，集中优势力量共同打造精品项目；对外，与所有利益相关方建立有效互动，实现共享共赢。

2. 由“无中生有”向“有中生优”转变

这个转变是针对教师队伍的。所谓大学者，非谓有大楼之谓也，有大师之谓也。教师是立校之本，我们要实施的改革和建设，都离不开教师队伍，所以教师队伍建设值得学校耗费最大的财力、物力、人力和精力，全力以赴。(1) 目前学校引进了部分高端人才，值得注意

的是，把人才引进来是教师队伍建设的第一步，与“高端人才”配套的培养计划一定要跟上，今年本科生入学的是“千禧宝宝”，引进的高端人才也是我们心头上的“千禧宝宝”，需要用心呵护、精心培养，使其成长得更加优秀，真正发挥“高端”的引领作用。(2) 现有的教师队伍良莠不齐，必须下大力气整治，该清理出列的决不能姑息。学校的态度就是风向标，很容易形成某种“导向”，所以，处理过程要万分谨慎，执行决定要坚决而彻底，不给反面形象留余地。

3. 由“新瓶子装旧酒”向“新瓶子酿新酒”转变

“改革”最怕的就是仅仅贴上一个“改革”的标签，在表面上糅合出“改革”的模样，但实质并没有发生相应的变化。一个“酿”字，凸显的是从无到有的创造，是由内而外的改变，更是攻坚克难的真抓实干。目前，学校的改革发展面临重重困难，很多方面都急需“酿”的决心和魄力，这就要求我们每一位东油人，尤其是身处管理岗位的干部，坚决摒弃怠政庸政、不作为或做花样等恶习流弊，立足自身职责，认真思考学校的“现在与未来”，积极主动地参与学校的“建设”和“改革”，说真话，做真事，敢负责，勇担当，以学校发展为己任，为学校的“现在与未来”做出应有的贡献。

借着综合改革的东风，学校应该扎实、深入推进新工科的建设，努力跟上我国高校改革大潮，适应时代发展需求，使学校能够在严峻的形势下，觅得发展契机，进一步提升综合实力，更好地服务行业和区域经济社会发展。

新工科建设“三部曲”

复旦共识

（来源：高教司　2017 年 2 月 23 日）

高等教育发展水平是一个国家发展水平和发展潜力的重要标志。习近平总书记指出，“我们对高等教育的需要比以往任何时候都更加迫切，对科学知识和卓越人才的渴求比以往任何时候都更加强烈”。当前世界范围内新一轮科技革命和产业变革加速进行，综合国力竞争愈加激烈。工程教育与产业发展紧密联系、相互支撑。为推动工程教育改革创新，2017 年 2 月 18 日，教育部在复旦大学召开了高等工程教育发展战略研讨会，与会高校对新时期工程人才培养进行了热烈讨论，共同探讨了新工科的内涵特征、新工科建设与发展的路径选择，并达成了如下共识：

1．我国高等工程教育改革发展已经站在新的历史起点。国家正在实施创新驱动发展、“中国制造 2025”“互联网+”“网络强国”“一带一路”等重大战略，为响应国家战略需求，支撑服务以新技术、新业态、新产业、新模式为特点的新经济蓬勃发展，突破核心关键技术，构筑先发优势，在未来全球创新生态系统中占据战略制高点，迫切需要培养大批新兴工程科技人才。我国已经建成世界最大规模的高等工程教育，工程教育专业认证体系实现国际实质等效，国家统筹推进世界一流大学和一流学科建设，为加快建设和发展新工科奠定了良好基础。

2．世界高等工程教育面临新机遇、新挑战。第四次工业革命正以指数级速度展开，我们必须在创新中寻找出路。发达国家的历史经

验证明，主动调整高等教育结构、发展新兴前沿学科专业，是推动国家和区域人力资本结构转变、实现从传统经济向新经济转变的核心要素。为应对金融危机挑战、重振实体经济，主要发达国家都发布了工程教育改革前瞻性战略报告，积极推动工程教育改革创新。我国高等工程教育要乘势而为、迎难而上，抓住新技术创新和新产业发展的机遇，在世界新一轮工程教育改革中发挥全球影响力。

3．我国高校要加快建设和发展新工科。一方面主动设置和发展一批新兴工科专业，另一方面推动现有工科专业的改革创新。新工科建设和发展以新经济、新产业为背景，需要树立创新型、综合化、全周期工程教育“新理念”，构建新兴工科和传统工科相结合的学科专业“新结构”，探索实施工程教育人才培养的“新模式”，打造具有国际竞争力的工程教育“新质量”，建立完善中国特色工程教育的“新体系”，实现我国从工程教育大国走向工程教育强国。

4．工科优势高校要对工程科技创新和产业创新发挥主体作用。总结继承工程教育改革发展的成功经验，深化工程人才培养改革，发挥自身与行业产业紧密联系的优势，面向当前和未来产业发展急需，主动优化学科专业布局，促进现有工科的交叉复合、工科与其他学科的交叉融合，积极发展新兴工科，拓展工科专业的内涵和建设重点，构建创新价值链，打造工程学科专业的升级版，大力培养工程科技创新和产业创新人才，服务产业转型升级。

5．综合性高校要对催生新技术和孕育新产业发挥引领作用。发挥学科综合优势，主动作为，以引领未来新技术和新产业发展为目标，

推动应用理科向工科延伸，推动学科交叉融合和跨界整合，产生新的技术，培育新的工科领域，促进科学教育、人文教育、工程教育的有机融合，培养科学基础厚、工程能力强、综合素质高的人才，掌握我国未来技术和产业发展主动权。

6．地方高校要对区域经济发展和产业转型升级发挥支撑作用。主动对接地方经济社会发展需要和企业技术创新要求，把握行业人才需求方向，充分利用地方资源，发挥自身优势，凝练办学特色，深化产教融合、校企合作、协同育人，增强学生的就业创业能力，培养大批具有较强行业背景知识、工程实践能力、胜任行业发展需求的应用型和技术技能型人才。

7．新工科建设需要政府部门大力支持。教育部、有关行业主管部门和各级政府应对新工科建设进行重点支持，推动体制机制改革，加强政策协同、形成合力，在优化相关领域专业结构、改革培养机制、强化实习实训、加强师资队伍建设等方面出台更多的支持措施，为新工科人才培养提供良好的政策环境。

8．新工科建设需要社会力量积极参与。打造共商、共建、共享的工程教育责任共同体，深入推进产学合作、产教融合、科教协同，通过校企联合制定培养目标和培养方案、共同建设课程与开发教程、共建实验室和实训实习基地、合作培养培训师资、合作开展研究等，鼓励行业企业参与到教育教学各个环节中，促进人才培养与产业需求紧密结合。

9．新工科建设需要借鉴国际经验、加强国际合作。扎根中国、放眼全球、办出特色，借鉴国际先进理念和标准，明确新工科教育未来发展的重点和方向，分析新工科人才应具备的素质，构建新工科人才能力体系，培养具有国际视野的创新型工程技术人才。加强国际交流与合作，将“中国理念”“中国标准”注入“国际理念”“国际标准”，扩大我国在世界高等工程教育中的话语权和决策权。

10．新工科建设需要加强研究和实践。我们将共同启动“新工科研究与实践”项目，围绕工程教育的新理念、学科专业的新结构、人才培养的新模式、教育教学的新质量、分类发展的新体系等内容开展研究和实践。我们将携手更多高校共同探索新工科的内核要点和外延重点，充分发挥基层首创精神，边研究、边实践、边丰富、边完善。我们将以更宽的视野、更大的勇气、更高的智慧、更强的担当来推进新工科建设，推动形成广泛共识，凝聚各方合力，为建设工程教育强国做出积极贡献。

天大行动

（来源：高教司　2017 年 4 月 12 日）

工程改变世界，行动创造未来，改革呼唤创新，新工科建设在行动。当前世界范围内新一轮科技革命和产业变革加速进行，我国经济发展进入新常态、高等教育步入新阶段。2017 年 4 月 8 日，教育部在天津大学召开新工科建设研讨会，60 余所高校共商新工科建设的愿景与行动。与会代表一致认为，培养造就一大批多样化、创新型卓

越工程科技人才，为我国产业发展和国际竞争提供智力和人才支撑，既是当务之急，也是长远之策。

我们的目标是：到 2020 年，探索形成新工科建设模式，主动适应新技术、新产业、新经济发展；到 2030 年，形成中国特色、世界一流工程教育体系，有力支撑国家创新发展；到 2050 年，形成领跑全球工程教育的中国模式，建成工程教育强国，成为世界工程创新中心和人才高地，为实现中华民族伟大复兴的中国梦奠定坚实基础。为此目标，我们致力于以下行动：

1. 探索建立工科发展新范式。根据世界高等教育与历次产业革命互动的规律，面向未来技术和产业发展的新趋势和新要求，在总结技术范式、科学范式、工程范式经验的基础上，探索建立新工科范式。以应对变化、塑造未来为指引，以继承与创新、交叉与融合、协同与共享为主要途径，深入开展新工科研究与实践，推动思想创新、机制创新、模式创新，实现从学科导向转向以产业需求为导向，从专业分割转向跨界交叉融合，从适应服务转向支撑引领。

2. 问产业需求建专业，构建工科专业新结构。加强产业发展对工程科技人才需求的调研，做好增量优化、存量调整，主动谋划新兴工科专业建设，到 2020 年直接面向新经济的新兴工科专业比例达到 50%以上。大力发展大数据、云计算、物联网应用、人工智能、虚拟现实、基因工程、核技术等新技术和智能制造、集成电路、空天海洋、生物医药、新材料等新产业相关的新兴工科专业和特色专业集群。更新改造传统学科专业，服务地矿、钢铁、石化、机械、轻工、纺织等

产业转型升级、向价值链中高端发展。推动现有工科交叉复合、工科与其他学科交叉融合、应用理科向工科延伸，孕育形成新兴交叉学科专业。

3. 问技术发展改内容，更新工程人才知识体系。将产业和技术的最新发展、行业对人才培养的最新要求引入教学过程，更新教学内容和课程体系，建成满足行业发展需要的课程和教材资源，打通“最后一学里”。推动教师将研究成果及时转化为教学内容，向学生介绍学科研究新进展、实践发展新经验，积极探索综合性课程、问题导向课程、交叉学科研讨课程，提高课程兴趣度、学业挑战度。促进学生的全面发展，把握新工科人才的核心素养，强化工科学生的家国情怀、全球视野、法治意识和生态意识，培养设计思维、工程思维、批判性思维和数字化思维，提升创新创业、跨学科交叉融合、自主终身学习、沟通协商能力和工程领导力。

4. 问学生志趣变方法，创新工程教育方式与手段。落实以学生为中心的理念，加大学生选择空间，方便学生跨专业跨校学习，增强师生互动，改革教学方法和考核方式，形成以学习者为中心的工程教育模式。推进信息技术和教育教学深度融合，建设和推广应用在线开放课程，充分利用虚拟仿真等技术创新工程实践教学方式。完善新工科人才“创意-创新-创业”教育体系，广泛搭建创新创业实践平台，努力实现 50%以上工科专业学生参加“大学生创新创业训练计划”、参与一项创新创业赛事活动，建设创业孵化基地和专业化创客空间，推动产学研用紧密结合和科技成果转化应用。

5. 问学校主体推改革，探索新工科自主发展、自我激励机制。充分发挥办学自主权和基层首创精神，增强责任感和使命感，改变“争帽子、分资源”的被动状态，只争朝夕，撸起袖子加油干。利用好“新工科”这块试验田，推进高校综合改革，建立符合工程教育特点的人事考核评聘制度和内部激励机制，探索高校教师与行业人才双向交流的机制。工科优势高校、综合性高校、地方高校要根据自身特点，积极凝聚校内外共识，主动作为、开拓创新，开展多样化探索。

6. 问内外资源创条件，打造工程教育开放融合新生态。优化校内协同育人组织模式，通过建立跨学科交融的新型机构、产业化学院等方式，突破体制机制瓶颈，为跨院系、跨学科、跨专业交叉培养新工科人才提供组织保障。汇聚行业部门、科研院所、企业优势资源，完善科教结合、产学融合、校企合作的协同育人模式，建设教育、培训、研发一体的共享型协同育人实践平台。推广实施产学合作协同育人项目，以产业和技术发展的最新成果推动工程教育改革，到 2020 年，争取每年由企业资助的产学合作协同育人项目达到 3 万项，参与师生超过 10 万人。

7. 问国际前沿立标准，增强工程教育国际竞争力。立足国际工程教育改革发展前沿，研判发达国家工程教育新趋势、新策略，以面向未来和领跑世界为目标追求，提出新工科人才培养的质量标准。深化工程教育国际交流与合作，既培养一批认同中国文化、熟悉中国标准的工科留学生，又鼓励具备条件的高校“走出去”，面向“一带一路”沿线国家培养工程科技人才、工程管理人才和工程教育师资。完善中

国特色、国际实质等效的工程教育专业认证制度，将中国理念、中国标准转化为国际理念、国际标准，扩大我国工程教育的国际影响力，实现从“跟跑并跑”到“并跑领跑”。

新工科建设是一个长期探索和实践的过程，我们将立足当前、面向未来，因时而动、返本开新，以动态的、发展的思维深入探索，以“踏石留印、抓铁有痕”的精神扎实推进。我们将以天大的魄力、天下的情怀砥砺前行，增强服务国家战略和区域发展的责任担当，增强工程教育改革发展的自信，汇聚起建设工程教育强国的磅礴力量。

北京指南

（来源：新华网　2017 年 6 月 13 日）

“大业欲成，人才为重”。新工业革命加速进行，新工科建设势在必行。以新技术、新产业、新业态和新模式为特征的新经济呼唤新工科建设，国家一系列重大战略深入实施呼唤新工科建设，产业转型升级和新旧动能转换呼唤新工科建设，提升国际竞争力和国家硬实力呼唤新工科建设。6 月 9 日，教育部在北京召 开新工科研究与实践专家组成立暨第一次工作会议，全面启动、系统部署新工科建设。30 余位来自高校、企业和研究机构的专家深入研讨新工业革命带来的时代新机遇、聚焦国家新需求、谋划工程教育新发展，审议通过《新工科研究与实践项目指南》，提出新工科建设指导意见。

1. 明确目标要求。深入贯彻习近平总书记系列重要讲话精神和治国理政新理念新思想新战略，全面落实立德树人根本任务，面向产业界、面向世界、面向未来，以一流人才培养、一流本科教育、一流专

业建设为目标，以加入《华盛顿协议》组织为契机，以实施“卓越工程师教育培养计划 2.0 版”为抓手，把握工科的新要求、加快建设发展新兴工科，持续深化工程教育改革，培养德学兼修、德才兼备的高素质工程人才，探索形成中国特色、世界水平的工程教育体系，加快从工程教育大国走向工程教育强国。

2. 更加注重理念引领。坚持立德树人、德学兼修，强化工科学生的家国情怀、国际视野、法治意识、生态意识和工程伦理意识等，着力培养“精益求精、追求卓越”的工匠精神。树立创新型工程教育理念，提升学生工程科技创新、创造能力；树立综合化工程教育理念，推进学科交叉培养；树立全周期工程教育理念，优化人才培养全过程、各环节，培养学生终身学习发展、适应时代要求的关键能力。全面落实“学生中心、成果导向、持续改进”的国际工程教育专业认证理念，面向全体学生，关注学习成效，建设质量文化，持续提升工程人才培养水平。

3. 更加注重结构优化。加强工程科技人才的需求调研，掌握产业发展最新的人才需求和未来发展方向，优化学科专业结构。一方面加快现有工科专业的改造升级，体现工程教育的新要求；另一方面主动布局新兴工科专业建设，积极设置前沿和紧缺学科专业，提前布局培养引领未来技术和产业发展的人才，争取由“跟跑者”向某些领域的“领跑者”转变，实现变轨超车。

4. 更加注重模式创新。完善多主体协同育人机制，突破社会参与人才培养的体制机制障碍，深入推进科教结合、产学融合、校企合作。

建立多层次、多领域的校企联盟，深入推进产学研合作办学、合作育人、合作就业、合作发展，实现合作共赢。推动大学组织创新，探索建设一批与行业企业等共建共管的产业化学院，建设一批集教育、培训及研究于一体的区域共享型人才培养实践平台。探索多学科交叉融合的工程人才培养模式，建立跨学科交融的新型组织机构，开设跨学科课程，探索面向复杂工程问题的课程模式，组建跨学科教学团队、跨学科项目平台，推进跨学科合作学习。强化工程人才的创新创业能力培养，完善工科人才“创意-创新-创业”教育体系，以创新引领创业、创业带动就业，广泛搭建创业孵化基地、科技创业实习基地、创客空间等创新创业平台，提升工科学生的创新精神、创业意识和创新创业能力。探索个性化人才培养模式，鼓励学生在教师指导下，根据专业兴趣和职业规划，选择专业和课程，给学生个性化发展提供更加广阔的空间。探索工程教育信息化教学改革，推进信息技术与工程教育深度融合，创新“互联网+”环境下工程教育教学方法，提升工程教育效率，提高教学效果。扎根中国、放眼全球，推进工程教育国际化，围绕“一带一路”战略实施，构建沿线国家工科高校战略联盟，共同打造工程教育共同体，提升我国工程教育国际影响力和对国家战略的支撑能力。

5. 更加注重质量保障。加强工程人才培养质量标准体系建设，制定发布理工科专业类人才培养质量标准，作为专业设置、专业建设、教学质量评估的基本遵循。按照新工科建设要求，研制新兴工科专业质量标准，引导高校依据标准制定和优化人才培养方案。建立完善中

国特色、国际实质等效的工程教育专业认证制度，把专业认证作为建设一流本科的重要抓手和基础性工程，用国际实质等效的标准引导专业教学，不断改进和提高专业人才培养质量。制订符合工程教育特点的师资评价标准与教师发展机制，探索与新工科相匹配的师资队伍建设路径，强化教师工程背景，对教师的产业经历提出明确要求并积极创造条件。推动高校形成内生的、有效的质量文化，强化生命线意识，将质量价值观落实到教育教学各环节，将质量要求内化为全校师生的共同价值追求和自觉行为。

6. 更加注重分类发展。促进高校在不同层次不同领域办出特色、办出水平，工科优势高校要对工程科技创新和产业创新发挥主体作用，综合性高校要对催生新技术和孕育新产业发挥引领作用，地方高校要对区域经济发展和产业转型升级发挥支撑作用。努力培养不同类型的卓越工程人才，全面提升工程教育质量。

7. 形成一批示范成果。各类高校要审时度势、超前预判、主动适应、积极应答，根据办学定位和优势特色，深入开展多样化探索实践，努力在以下若干方面大胆改革、先行先试，实现重点突破，形成一批能用管用好用的改革成果：

建设一批新型高水平理工科大学；

建设一批多主体共建共管的产业化学院；

建设一批产业急需的新兴工科专业；

建设一批体现产业和技术最新发展的新课程；

建设一批集教育、培训、研发于一体的实践平台；

培养一批工程实践能力强的高水平专业教师；

建设一批跨学科的新技术研发平台；

建设一批直接面向当地产业的技术创新服务平台；

形成一批可推广的新工科建设改革成果。

“新工科”研究与实践项目指南简介

《新工科研究与实践项目指南》分为五部分 24 个选题方向。

一、新理念选题

结合工程教育发展的历史与现实、国内外工程教育改革的经验和教训，分析研究新工科的内涵、特征、规律和发展趋势等，提出工程教育改革创新的理念和思路。包括：

1. 新工科建设的若干基本问题研究

2. 新经济对工科人才需求的调研分析

3. 国际工程教育改革经验的比较与借鉴

4. 我国工程教育改革的历程与经验分析

二、新结构选题

面向产业、面向世界、面向未来，对传统工科专业进行改造升级，开展新兴工科专业建设的研究与探索等，推动学科专业结构改革与组织模式变革。包括：

5. 面向新经济的工科专业改造升级路径探索与实践

6. 多学科交叉复合的新兴工科专业建设探索与实践

7. 理科衍生的新兴工科专业建设探索与实践

8. 工科专业设置及动态调整机制研究与实践

三、新模式选题

在总结卓越工程师教育培养计划、CDIO 等工程教育人才培养模式改革经验的基础上，深化产教融合、校企合作的人才培养模式改革、体制机制改革和大学组织模式创新。包括：

9. 新工科多方协同育人模式改革与实践

10. 多学科交叉融合的工程人才培养模式探索与实践

11. 新工科人才的创新创业能力培养探索

12. 新工科个性化人才培养模式探索与实践

13. 新工科高层次人才培养模式探索与实践

四、新质量选题

在完善中国特色、国际实质等效的工程教育专业认证制度的基础上，研究制订新工科专业人才培养质量标准、教师评价标准和专业评估体系，开展多维度的质量评价等。包括：

14. 新兴工科专业人才培养质量标准研制

15. 新工科基础课程体系（或通识教育课程体系）构建

16. 面向新工科的工程实践教育体系与实践平台构建

17. 面向新工科建设的教师发展与评价激励机制探索

18. 新型工程教育信息化的探索与实践

19. 新工科专业评价制度研究和探索

五、新体系选题

分析研究高校分类发展、工程人才分类培养的体系结构，提出推进工程教育办出特色和水平的宏观政策、组织体系和运行机制等。包括：

20. 工科优势高校新工科建设进展和效果研究

21. 综合性高校新工科建设进展和效果研究

22. 地方高校新工科建设进展和效果研究

23. 工科专业类教学指导委员会分类推进新工科建设的研究与实践

24. 面向“一带一路”的工程教育国际化研究与实践

复旦共识、天大行动和北京指南，构成了新工科建设的“三部曲”，奏响了人才培养主旋律，开拓了工程教育改革新路径。使命重在担当，实干铸就辉煌。我们将深入系统地开展新工科研究和实践，从理论上创新、从政策上完善、在实践中推进和落实，一步步将建设工程教育强国的蓝图变成现实，建立中国模式、制定中国标准、形成中国品牌，打造世界工程创新中心和人才高地，为实现“两个一百年”奋斗目标和中华民族伟大复兴的中国梦做出积极贡献！

新工科与新范式：概念、框架和实施路径（摘选）

（来源：《高等工程教育研究》　2017 年 9 月　作者：顾佩华）

二、新工科基本概念

新工科可以理解为科学、应用科学、工程科学和工程实践的创新与进步、不同学科交叉与交融，所形成的新兴工程学科或领域、新范式和新工科教育等综合概念。新工科涉及现代工科领域的新定义、新认识、新工程范式、新工科教育、新工程研究与创新、新工程实践等多方面。

以工程教育**新理念、新模式、新方法、新内容、新质量**等作为学校新工科建设和教育改革的基本内容，构建新工科专业或改造现有专业，培养新经济和满足学校所服务的产业所需要的新型工程技术人才。新工科人才培养应该使学生掌握更先进的知识包括自然科学、数学、工程科学、人文社科、专业和学科等方面的知识；具备综合能力包括应用所学知识解决实际工程问题、工程设计、创新创造创业能力、团队、沟通交流和领导能力、终身学习能力以及专业所涉及的核心技能和职业态度等。

三、新工科教育范式

（一）新工科教育范式的基本框架

确定新工科教育范式的基本框架，应该考虑学校层面的工程教育所涉及范围、内容和内涵。参考吴爱华等提出的新工科的核心内容即新理念、新结构、新模式、新质量、新体系，引用李茂国等提出的“融合创新”范式作为新工科教育范式。“融合创新”体现了现代工程教

育的协同创新、理工和多学科融合、产学融合、校企融合、在线—新媒体—移动学习与校园内培养的融合、教研学融合等多方面创新的相互融合和促进，使只限于学校内部、学院内部甚至系和专业内部的教育改革与创新，成为开放式、全方位、所有利益相关方参与和协同互动、可持续、全面的融合创新。如图 1 所示，是作者对新工科教育范式框架基本内容的初步认识，涉及新工科教育的理念、培养模式、教学方法、教学内容、质量标准等方面。虽然现在还无法证明这些方面是否能构成工程教育新范式的基本元素，但这都是直接关系到建设新工科专业和改造现有专业（包括跨学科专业）等教育教学改革的基本内容。将各种创新工程教育的理念、质量标准、模式、培养体系、教育教学方法，以及不断更新的教学内容，与理工和多学科融合、产学融合、校企融合、教研学融合等相结合，形成新工科教育范式的基本框架。随着新工科教育研究与实践的深入，新工科教育范式的框架和涉及的内容会更加清晰、合理和全面。下面是对融合创新范式涉及的主要元素的简单描述。

新理念：工程教育要贯彻落实创新、协调、绿色、开放、共享的新发展理念，全面创新工程教育观。立德树人，培养具有综合人文素养和卓越工程能力的现代工程技术人才。一是树立创新工程教育理念，深化工科教育改革，注重学生的工程和科技创新能力的培养、多学科和跨界领导力的培养；二是树立全面综合的工程教育理念，改变工科专业过窄过细的弊端，加强跨学科、多学科知识和能力、人文和管理能力、运用所学知识解决真实世界复杂工程问题的综合能力培养；三

是要树立全周期工程教育理念，培养学生树立对产品、系统和过程全生命周期的系统工程观；四是要以更加开放和广阔的视野，立足当前需求、面向未来、面向国际，以学生为中心，建设贴近业界、聚焦需求、结果导向、持续改进的工程教育。

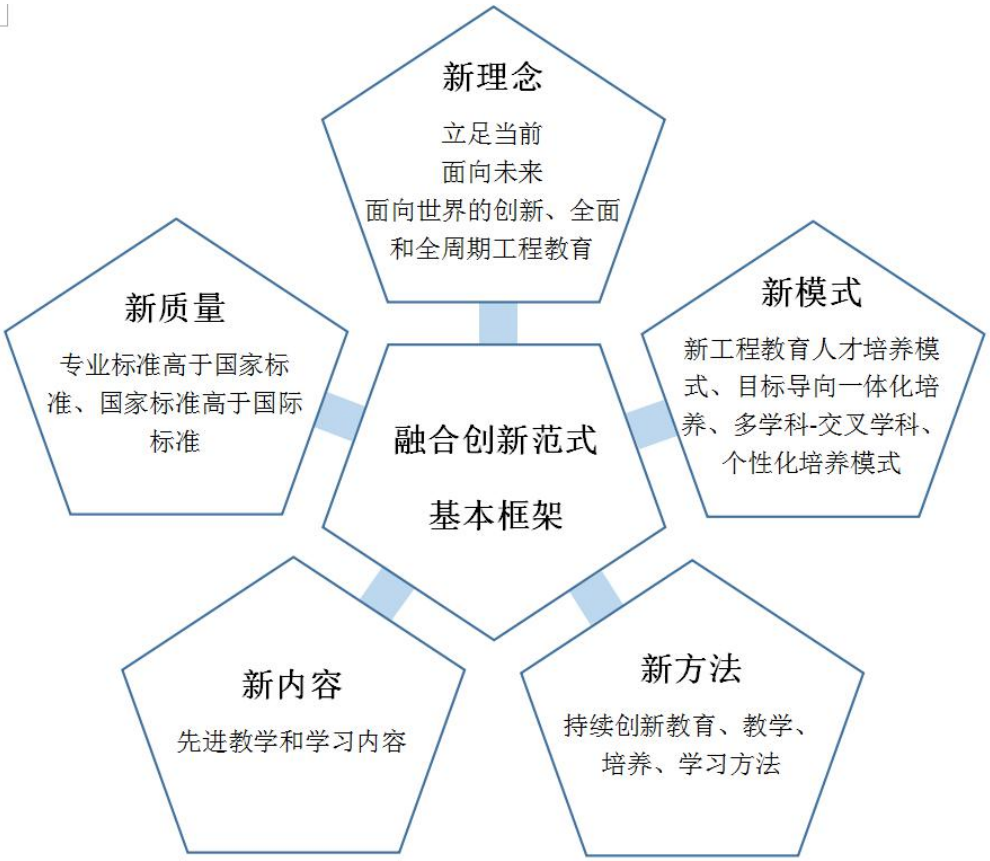

图 1　融合创新范式的基本框架

新模式：建立工程教育新模式至少应该包括：一是总结中国工程教育改革经验，借鉴符合国情的国际上成功的工程教育模式，创建中国特色、世界水平的人才培养新模式；二是综合国际工程专业认证要求的知识、能力和职业素质，根据科技、产业和社会发展，分析未来工程技术人才应具备的知识、能力和技能、职业素质等；三是根据产业和现代工程师职业的需求，确定人才培养目标和毕业要求，制定系统化、整体化的人才培养计划和课程体系，将创新创造创业能力贯穿

到整个人才培养过程中，营造创新型工程师培养的生态系统，不断发展适应和引领工程发展的工程教育，培养从研发、设计、建造到运行的多元化、创新型的现代工程技术人才。

新方法：在新理念的指导下，根据工程教育新模式的需求，创新工程教育、教学培养方法和手段。根据培养计划，制定详细课程、教学内容和学习结果。根据课程内容和学习结果的要求，整合教学资源，包括互联网开放教学资源，如 MOOC、其他网络和数字化教学资源；及时吸收新的教学和人才培养经验和手段，创新教育、教学和学习方法。鼓励教师采用体验式学习（Experiential Learning）、基于项目的学习（Project-Based Learning）、基于问题的学习（Problem-Based Learning）、探究式学习（Inquiry-Based Learning）、各种主动学习方法，运用案例教学、翻转课堂等教学方法。随着科技和社会进步，教师与学生在学习习惯、学习方法和工具使用等会有差别，教师群体应该与时俱进，适应和使用新的、先进的教学和学习工具、先进的教学方法。将先进方法、工具和学习内容集成起来，完善人才培养体系。应该广义理解新方法，它既包括传统意义的教学和学习方法，也包括现代的教育方法。教育、教学和学习的方法将随着脑科学、认知科学和学习科学（Science of Learning）研究的不断深入而发展，更加科学的新方法将会不断出现，工程教育应及时探索和应用这些科研成果，提高教育、教学和学习质量和效果。

新内容：有了新理念、新模式、新方法，还必须有先进教学和学习内容。快速发展的科学与技术，促进知识更新和新知识产生，因此

要求教学和学习内容特别是涉及快速发展的工程科技领域的专业内容应及时更新，体现当前科技发展的新成果和新知识。以笔者为例，当年在大学时代学习的机械制造工程专业内容与今天制造业广泛使用的数字化设计和制造技术、加工和成型技术、3D 打印和智能控制等技术所需要的知识和能力要求完全不同了。当代工业使用的互联网技术、大数据、人工智能、云计算、新材料、3D 打印、虚拟现实、信息物理系统等，要求工程教育的知识体系、能力水平、技能和工具使用、职业素质不断更新。教师可通过科研、学术交流、职业发展、学术休假等方式和机会，及时和不断地提高学术水平、各种能力和更新知识。教师应掌握最先进的知识和能力，以保证教学内容与现代企业和社会发展要求的知识和能力相匹配。

有了新理念和新模式，如果课程内容不及时更新，学生学到的知识比较陈旧，缺乏现代工业需要的工程能力、技能和学习习惯，就无法满足当前和将来企业的需求，这样的教育也无法满足现代企业对工程技术人才的要求。所以，不断更新教师教学和学生学习内容至关重要。

为了在制度上保障学生学习的内容体现当今时代的先进水平，学校和专业必须制度性定期修订课程计划，定期更新课程内容，将本领域最新的发展、最新科研成果（尚未写入教科书）及时介绍给学生，使他们学到的知识是当时最先进的。当学生走上工作岗位后，会发现他们的知识、能力和技能有用武之地。此外，教育和教学行政管理部门要建立一个体制机制，定期审查和改革教学内容，及时更新教学内容和教学手段。

新质量：建设工程教育强国，工程教育必须具有国际竞争力，代表国际最先进的水平和最高的质量标准。因此需建立国家工程教育的质量标准和质量保障体系，推动建立行业人才培养和要求的标准，包括专业培养标准。根据这些标准和要求，学校制定工科专业的培养标准，从而形成国家、行业、学校的质量标准和保障体系。工程认证标准是国家和行业标准中的重要组成部分，根据国家发展的需要，工程认证标准既要满足国际等效的要求如“华盛顿协议”的相关规定，也要体现国家对工程科技人才更高要求的需要。为了确保工程教育教学的高水平和高质量，学校的专业质量标准应该超过国家的教学质量标准和认证标准，而国家的教育质量和认证标准应该超过国际认证标准的要求。

需要说明的是，**新理念、新模式、新方法、新内容、新质量中的“新”的含义包括“新”和“创新”**，从这些方面构造融合创新的工程教育新范式的基本框架，希望能够体现新工科教育在专业层面包括多学科和跨专业培养和改革的需要考虑的基本内容。对在这五个“新”的理解应该是相对的，比如“结果导向”概念并不新，但是作为工程教育实践，由于很多学校包括发达国家的工程教育没有实施或实现，从实践的角度看仍然是比较新的。因此上述的五个方面的“新”，可以理解为某些方面的新，或者是新工科建设提倡的教育改革的新要求，不一定是在绝对意义上“新”。此外，随着科学技术和工程的发展与进步、教育进步和社会发展，将会有更新的理念、模式、方法、内容和质量标准出现，以动态和发展看待这些“新”的含义，有助于从聚

焦概念转向聚焦实质性新工科教育和新范式的内涵和内容。

（二）基于融合创新范式框架建立新工科专业和改造现有专业

新工科教育改革包括两个大的方面：①建设新工科专业或专业方向，②根据新工科教育范式的框架改造现有专业。后者就是以新的理念、新的模式、新的方法、新的内容和新的质量标准来改造现在的工科专业教育。无论是办新工科专业还是改造现有专业，目标都是培养好学生。在办好本专业的同时，要考虑到跨学科、多学科、校企和产学研、教研学等融合创新和人才培养。根据每个学生的具体情况，尽可能提供个性化的培养。比如机械工程专业的学生中，有的喜欢智能机器人，有的对新能源应用感兴趣。机械工程专业可设立多个专业方向，满足学生个人学习和事业选择方面的需求。如果现有专业和专业方向无法满足某些优秀毕业生的学习志向，应鼓励学校为这样的学生，提供既符合其个性化发展的专业培养计划，又满足专业质量标准的新工科专业教育。在这方面，Stanford 2025 值得认真学习和参考。

吴爱华等对设立新工科专业或者改造现有专业提供了指导，面向未来的技术和产业的重点领域如：空天、海洋、信息技术和安全（大数据、AI、网络安全）、生命科学、核工业技术、智能制造等领域，进行新工科建设和对现有专业的教育改革。新的科技进步使传统产业发生了深刻变化，对工程技术人才的需求也发生了很多变化。比如现代制造业需要的人才，应该掌握数字制造、创新设计、增材制造、工业机器人、人工智能等方面的先进技术。对于地方大学，应根据地方产业需求，改造现有的专业，使学生有良好就业前景，支撑地方工业

和经济发展，这是新工科建设的重要内容。

无论是工科优势高校、综合性高校还是地方高校，新工科教育注重学生的创新创造和创业能力培养，而这些能力的培养不能只依靠一门课程，要贯穿到培养计划中的相关环节，可以预见新工科教育培养的毕业生，其技术创业率会有大幅度提高，有些院校的创业率一定能够跻身亚洲乃至世界的最高水平。

四、汕头大学工程教育范式转变和新工科建设路径的思考

（一）OBE-CDIO 工程教育范式转变案例

20 世纪 80 年代开始，世界上很多国家和地区的工业界都意识到，当时工科毕业生解决工程实际问题的能力不足。当时的工程教育主要以工程科学知识学习为主，对学生工程实践经历、产品设计能力、团队精神、沟通能力、创新能力、特别对解决复杂工程问题能力的培养不够；因此学校开展各种工程教育改革，如“回归工程”的教育理念，加强学生工程设计能力培养，基于问题和基于项目的学习，工程师社会责任感，可持续发展等方面的培养等。这些改革可以理解为对当时工程教育范式的转变的尝试。中国作为工程教育大国，基于国情和国家需求，多年来主动开展各种工程教育改革，如：微电子学院、软件学院、工程教育认证、卓越计划、CDIO、实践教学、创新创业等，这些工程教育改革和实践，就是工程教育范式转变的典型实例。

2004 年成立的 CDIO 协作组织是由 MIT 和几所瑞典大学通过几年教育改革实践，在总结教育改革经验和成果基础上成立的。基于 CDIO 工程教育框架，多个学校实施教育改革，形成工程教育范式转

变的成功案例。

2005 年汕头大学在总结国内外工程教育改革的经验基础上，开展了基于 CDIO 工程教育改革。CDIO 工程教育实质上是培养未来工程师的创新教育框架，它主要包括工程教育愿景和核心理念，一个 CDIO 大纲和一套实施 CDIO 教育改革的标准。CDIO 的 380 多条能力大纲（或者称为预期学习结果－intended learning outcome），是工科学生的专业知识外，对学生能力和职业素质较全面的要求，它包含了毕业生从事工程师工作的综合能力要求。CDIO 的 12 条标准是实施 CDIO 工程教育综合改革实践和评估的准则，这 12 项标准能够确定 CDIO 改革特征，作为教育改革与评估的原则，设立国际通行的基准与目标，构建促进教学持续提升的框架。

CDIO 工程教育框架、CDIO 大纲和 CDIO 标准构成专业层面的系统改革，它为学生提供一个建立真实世界产品、过程和系统全周期培养背景环境，CDIO 实质上回答两个问题：①在现代产业环境下，工程师需要哪些知识、能力、态度（职业素养）；②学校如何培养学生这些知识、能力和职业素养。这就是 CDIO 框架的整体思路。

汕头大学在应用 CDIO 实现结果导向工程教育改革（OBE-CDIO）的过程中，建立了一套实施路线图、模板、工具、三级项目和设计导向等，是汕头大学对工程教育改革的贡献。路线图是从根据企业需求、认证标准和专业定位，定义专业综合培养目标（包括培养目标、毕业要求和专业特色）；根据专业综合培养目标，细分成系统培养标准；根据培养标准建立一体化的课程培养计划；从培养计划分解具体课程、

教学和学习方法；根据国家、学校和专业质量要求，建立教学质量保障系统，进行教学质量评估等。作为毕业生竞争力的一个指标，学校跟踪改革前后学生毕业后的就业变化，自 2006 年实施 OBE-CDIO 改革后，每届工学院毕业生的就业率和起始薪酬都比广东工科毕业生平均高。特别是毕业时的工资，在实施教育改革前平均工资低于广东省工科毕业生的平均值，2010 年后（2006 年实施 CDIO 培育模式和课程计划），每年平均工资高出广东省工科毕业生平均工资 8~20%以上。

（二）汕头大学的工程教育范式转变总结

汕大的工程教育范式转变尝试具有以下特征：

（1）以学生为中心，可适应培养

从毕业生的就业率和就业质量上看，毕业生能够满足企业的用人要求。

教学方法比较先进，体现企业、产业和教育主管部门的要求。

适应学生个性化学习要求（鼓励学生双学位、主辅修、跨专业选课等）。

特别注意培养学生自主学习、适应新环境和新挑战的能力。

（2）融合通识和专业培养

学校建立了 18 个通才培养目标和一组专业目标（专业自定）。通才目标是通过学校层面的必修和选修课程体系、书院培养、服务学习（公益学分），配合体育、科技竞赛等方面的课外活动的培养。五个工科专业采用的结果导向的一体化课程体系，保证专业知识和工程能力在 4 年中完成培养。

（3）教学和质量保障体系

除了满足工程教育认证和教育部教学质量要求外，学校借鉴欧洲管理发展基金会工商管理认证标准和英国大学教学质量保障系统，建立了一套校内教学质量管理和质量保障体系。

表 1　比较新工科教育范式的基本框架和 CDIO 教育改革特点

融合创新范式框架	STUOBE-CDIO	注解
新理念	学生为中心、结果导向、持续改进等	基本符合，需要扩充
新模式	CDIO 能力大纲、一体化培养体系等	需要加强创业能力培养
新质量	工程认证质量标准和特色培养	需要扩充与完善
新方法	基于项目、3 级项目、设计导向，教学案例	一定差距
新内容	思维教育和移动编程等	较大差距

汕头大学 OBE-CDIO 工程教育改革在新理念、新模式、和新质量方面比较接近新工科教育范式的要求；在新方法方面尚有差距，特别是翻转课堂、现代化教学手段等方面要进一步提高。在学习内容更新方面特别是在高科技相关领域方面差距较大，结论和毕业生反馈的结果比较吻合，在新工科建设过程中，在这些方面要下大功夫改进。

（三）汕头大学新工科建设的技术路径

基于 2005~2017 年教育改革的经验和教训，通过认真学习新工科文件包括“复旦共识”、“天大行动”、“北京指南”和教育部高教司的领导讲话、已经发表的文章，以融合创新工科教育范式基本框架为指导和参照，下面是汕头大学新工科建设路径的初步思考（参考图 4）。

1．根据“天大行动”，问产业需求办专业

多数工科毕业生希望找到一个与所学专业相关的工作，对于希望技术创业的学生，了解企业和市场需求也很重要。调研企业、行业对专业人才的具体要求，包括专业知识、与企业工作相关的各种技能和能力，创新和创业能力、工程技术人员的综合素质等，以此作为设置和改造专业（包括跨学科和多学科专业）和制定相应的培养计划的参考和依据。根据美国高等教育协会 2013 年对企业的调查发现，95%接受调查的企业优先聘用能够为企业创新做贡献的毕业生。因此系统调查本专业所服务的产业界需求，对指导专业建设、毕业生的就业、服务和支撑产业发展都有重要意义。

在专业的设置方面要采用开放的态度，尽量给学生提供多学科和跨学科专业学习、双学位和主辅修等机会，从 Stanford2025 和香港科技大学个性化专业设置的发展趋势判断，将来会愈来愈多的学生带着很强的个人兴趣或者事业使命到大学学习，如果现有专业不能很好的满足学生个人的学习意愿，在满足专业培养标准和学校要求的同时，应尽可能为学生提供个性化的专业学习。

以新理念为指导，充分了解产业当前和将来的人才需求，针对学生的学习要求和职业发展目标，学校的定位、相关学科的水平和专业特色和培养能力，确定所办专业、专业方向和规模。

2．以新理念和新模式为指导，调研利益相关方和比较目标基准（Benchmarking），确定专业综合培养目标体系

如图 2 所示，专业综合培养目标体系的建立至少包括三个方面：注：不同学校（同一学校不同专业）的专业综合培养目标可能不同，

除了在培养目标和专业特色方面可以体现外，在毕业要求方面也应该有所体现。虽然都要满足工程认证的毕业要求，不同类型和水平的学校，具体要求和水平应该有所不同。

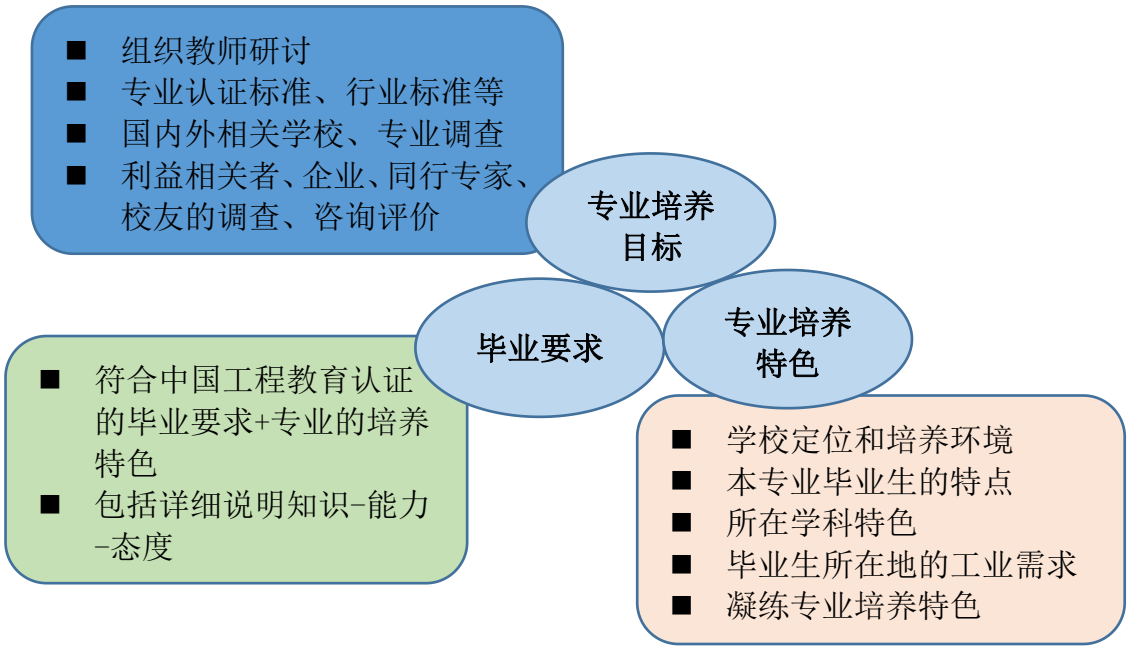

图 2　专业综合培养目标包括专业培养目标、毕业要求和专业特色

（1）培养目标定位在毕业 5 年后，毕业生从事本专业相关工作应该能够担当的责任，比如在一个产品制造公司工作 5 年后，应该达到产品开发技术部门负责人的能力和水平。

（2）毕业要求是学生毕业时达到的水平，比如工程教育认证的 12 条毕业要求或者 12 条加上其他方面的要求。

（3）专业特色，体现本专业独特的地方，如团队管理和沟通能力强，或者工程设计和创新能力等。不同的学校和专业的要求不同，在专业特色方面应该有所体现。

具体工作和过程至少应该包括：

（1）教师团队学习和研讨工程教育认证通用和补充标准，提取

专业培养目标和 12 条毕业要求等重要内容。

（2）调研主要用人单位（问卷调查和访谈）、调研校友（根据需要可以调查 3 年、5 年和 10 年内毕业生）等利益相关方。

（3)选择国内 Benchmark 学校专业和境外 Benchmark 学校专业，分析比较关键指标体系和数据。

（4）建立初步专业培养目标、毕业要求、专业特色。

（5）广泛征求意见，包括征求国内外专家、校友和企业的意见，经相关委员会审核通过，根据学校质量保障体系规定，最后确定专业综合培养目标体系。

3．根据新模式的要求和专业综合培养目标体系，分解细化为专业培养标准（Intended Learning Outcome-ILO），把握精准度

培养标准或 ILO 包括知识、能力和技能、工程师职业素质，并且按照 Bloom Taxonomy 确定知识掌握的水平（1~6 级）。比如“华盛顿协议”或“中国工程教育认证标准”中毕业要求第一条能够将数学、自然科学工程基础和专业知识运用于解决复杂工程问题。为了能培养学生这个能力，需要将这条要求分解成知识点和能力级，这个细化和分解过程就是建立详细的培养标准。专业知识可以参照专业要求，如电子专业可以参照中国电子专业教学指导委员会规范和标准，或者参考 IEEE 的电子专业知识要求，分解到课程体系，可以在课程和教学环节中直接培养。对于专业知识以外的能力和职业素质要求包括创新、创造和创业能力要求，380 多条新版 CDIO 大纲应该可以覆盖。对于专业知识掌握程度的要求，可以参考使用 Bloom 认知分类法

（Remembering，Understanding，Applying，Analyzing，Evaluating，Creating）。关于能力和技能分类要按照职业的要求分级，无论是知识、技能还是能力都是在毕业时掌握的，所以要将 4 年的知识、能力和技能、职业素质要求的成长轨迹和课程培养计划设计好，保证毕业时的知识、能力和技能、职业素质都达到预期要求。因此，精准的培养计划和考核培养结果非常重要。

学生培养的一个重要部分是人格和三观的塑造，这是人才培养的重要核心。不可能用一门课程完成，应该作为工程师职业素质部分或工程人才培养的特别要求，贯穿在整个培养计划中，包括课外活动。

4．建立课程体系和培养计划

课程体系和培养计划是一个整体，根据专业知识与能力等的培养连续性和相关性，将课程分成课程群，如机械设计制造及自动化专业中的产品设计与制造、流体－传热－热力学、控制与自动化等课程群。根据培养标准（ILC）和 Bloom 及能力的分级，每个课程群都要列出核心知识、能力和技能要求，以及如何保证和展示这些核心知识和能力已经达到。对课程群中每门课程，确定课程目标、学习内容和结果，根据学习内容和掌握程度，确定学习结果的评价方法。

为了更好实现核心知识、能力和技能、以及专业素质的培养，对一个专业包括跨学科和多学科专业，整体希望通过一个或多个实际工程项目的实施和培养，全面展示学生的整体专业能力和水平、综合工程设计和创新能力、以及工程实践能力。每个课程群都要有一个项目，也可以是综合课程设计项目，通过做课程群的项目，培养学生的课程

群的核心知识、能力和技能、职业素质。对于每门课，特别是核心课程，鼓励有一个课程层面的项目作为载体，通过这个项目培养学生这门课的核心知识、能力和技能、职业素质。如图 3 所示三级项目的鱼骨图。

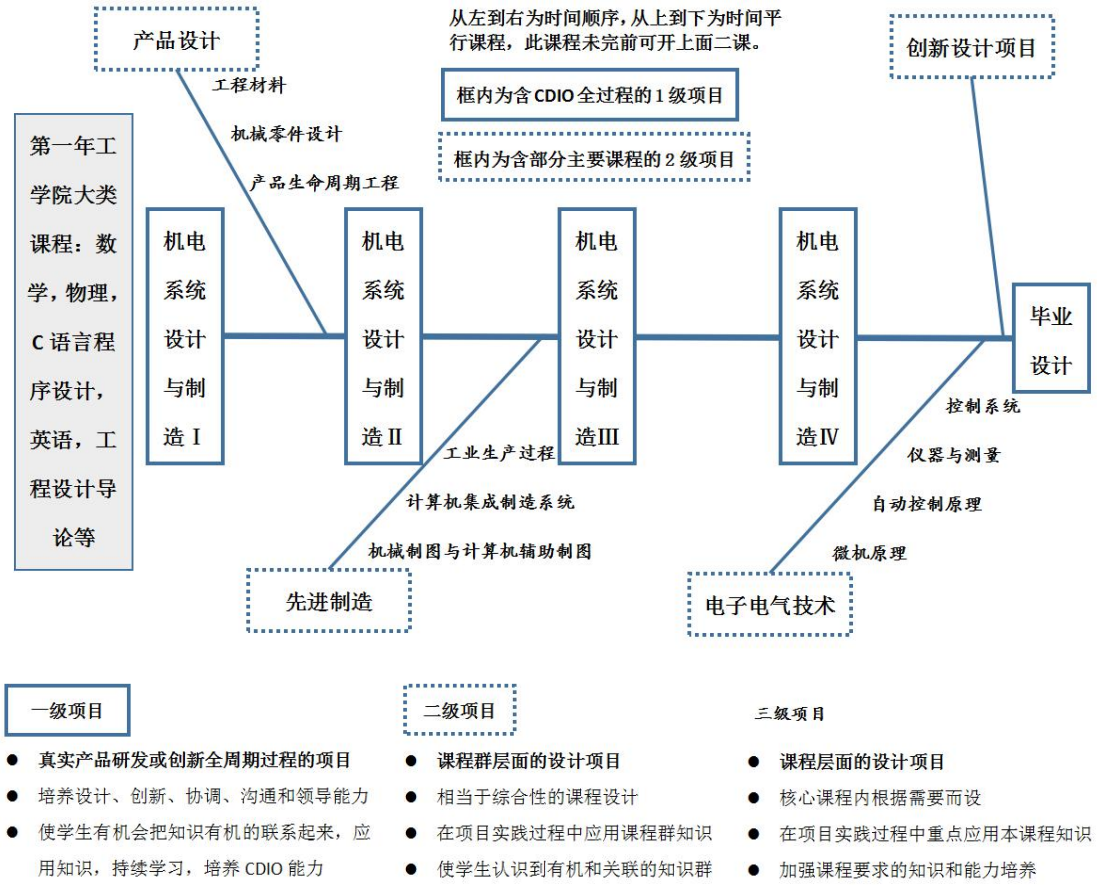

图 3　课程体系的组织和三级项目鱼骨图

除了课堂学习外，学校的其他教育和培养环节如课外科技创新竞赛、工程扶贫项目、体育和户外拓展项目、朋辈互助学习等等，都应与专业培养标准对照，形成全面立体化的人才培养体系，实现立德树人的整体培养目标。

5．以新方法和新内容为指导，确定课程、课程内容、课程档案和课件

所有知识的学习、能力和技能的培养都要通过课程和具体的教学

活动完成，每门课的课程内容、ILO（知识、能力、技能等）、每节课的计划和课件、试验、ILO 的测验和考试等。将每门课程的 ILO 组合在一起，就是整个专业的培养结果（Outcome）。

问技术发展改造教学内容，问学生的志趣来改变培养方法。新工科教育范式包括新方法和新内容，这两项与课堂教学直接相关。先进的教学和培养方法会激发学生的学习兴趣，促进学生主动学习和自主学习，因此选择的教学方法和辅助工具对于课程学习效果有直接的影响。为了提高学生主动学习的能力和动力，以及学习效率，鼓励使用翻转课堂教学，基于问题、基于项目、探究式学习、体验式学习、各种主动学习方法，使学生养成主动学习的习惯。为学生提供各种学习工具、参考课件与资料，有助于学生自主学习和时间管理的能力培养，提高学习的兴趣和能力。

课程教学和学习内容的先进性至关重要，特别是专业课程内容更要及时更新，至少体现当前的科技进步和发展。这就要求教师不但要将自己和其他科研成果及时介绍给学生，也需要系统更新教学内容，更新自己的知识和提高学术和教学水平。对于快速发展的行业，企业可能掌握当时的先进技术和知识，从企业聘用经验丰富和专业水平高的实践型教师，邀请企业界的工程师或技术人员给学生开讲座，也可以弥补课程内容更新周期带来的知识滞后问题。总之，教学内容的先进性，应该反映当前和将来的发展。

为了教学内容和教学质量的连续性和持续改进，每一门课程都要有完整的教学档案。汕头大学的工学院教学档案包括：教学大纲；课

堂教案和课堂 PPT；作业题目、小测验题目、考试题目、概念口试题目、实验报告及评分标准与说明；学生的学习成果包括：作业、小测验答题、考试答题、实验档案、项目设计档案等，一般存档两份最好、两份中等、两份较差的样件等；访谈题目，访谈结果分析（视不同课程而定）；调查题目，调查结果分析（视不同课程而定）；课程学习目标的评估及分析；教师反思报告等。这些档案不但能够作为工程专业认证的重要支撑材料和证据，当改变课程授课教师的情况下，不会因换人而影响教学质量。

6．根据新质量标准，建立工科专业的教学质量保障体系

工程教育的教学质量保障体系至少包括三个方面：

（1）国家教育主管部门的教学质量评估和保障制度；

（2）工程教育专业认证；

（3）学校教学质量保障体系包括专业教学质量保障制度。

作为一个原则，建议学校内工程专业的质量标准高于学校层面教学质量要求和国家工程教育认证的标准，学校的要求超过国家教育质量的标准，国家的教育质量要求包括专业认证标准应该超过国际工程教育专业认证标准。用这样的理念指导建设专业教育教学质量标准和保障体系，保证每个教学环节、每门课程、整体培养质量持续改进和提高。

为了建立和实现高标准专业的质量要求，以问国际前沿立标准的态度，研究国际工程教育发展的前沿包括新知识、新能力、新政策和新标准，在此基础上制定符合国情并且更高的质量要求。专业的质量保障要落实到日常的教学活动和管理中，全面规范教学和培养活动，

不断完善培养过程质量监控系统，使得教师和教学行政服务人员自觉执行质量保障措施，建立详细的教学过程数据档案，以现代化的数据分析和过程控制手段持续改进教学质量，保证专业的教育教学的质量标准高于工程教育专业认证标准的要求。

根据新建和改造现有专业的实际情况，将以上 6 步实施路径再细分为更详细和便于操作的路线图。虽然在实施路径中没有将协同创新、理工和多学科交叉融合、产学合作、校企合作、教研学融合等单独列出，这些方面的内容应该在设计详细路线图中体现。如前所述，新理念和新模式主要指导和应用于 1~4 部分，新方法和新内容主要指导第 5 部分，虽然新质量的实施重点是第 6 部分，实际上新质量要用于整个过程中。在设计专业的详细实施路线图时，以融合创新工程教育范式的基本框架为指导和对照分析每一步，有助于新工科改革在教育实践中得到落实。

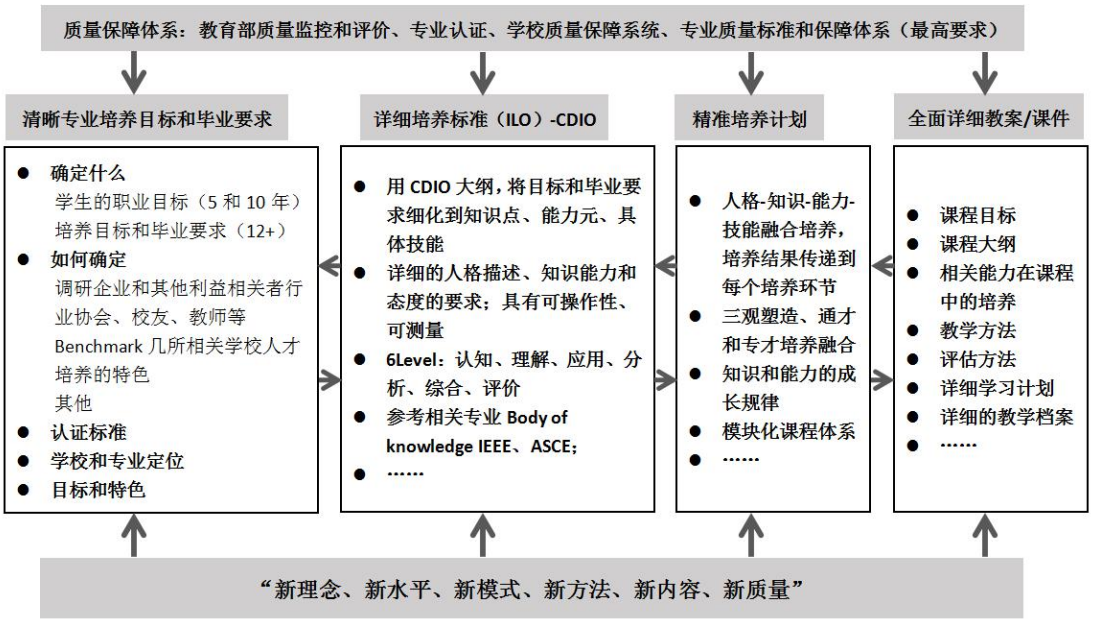

图 4　汕头大学新工科建设的技术路径示意图

（四）新工科建设的组织实施建议

根据汕头大学 OBE-CDIO 工程教育改革的经验和教训，当技术路线确定后，组织实施是工程教育改革成功的关键。与科研工作的性质不同，教师教学的兴趣需要培养和鼓励。教育改革实质上是需要教师给自己确定更高的教学标准，在教学和学生培养方面付出更多的时间和精力，以便达到自己设计的更高考核标准，这是一个比较有挑战的命题。因此新工科教育改革的组织者要清醒认识到这个挑战，及时出台相关政策，鼓励教师自愿投入新工科教学改革，这是保证顺利实施的关键因素之一。

1．学校的承诺和支持是新工科建设的保障

学校领导要承诺支持新工科建设，整合校内外资源，打造新工科教育改革的新生态。新工科专业需要跨学科、跨专业、跨学院、产学研合作、校企合作等培养，为学生提供一个全面、丰富和现代化、多元化的培养生态环境。学校不但要协调学校内各个相关学院的参与、提供资金的支持，还要制定相关政策包括教师考核和激励等方面都要考虑建设新工科的特殊性。与普通教学任务相比，新工科建设需要更多的时间和精力的投入和克服各种挑战。成立学校层面包括学院领导参加的领导小组，协调学校相关部门、出台相关政策和配套资源，推动新工科专业建设和用新工科教育范式改造现有专业的工作。

2．建立工业指导委员会

根据所设立新工科专业或改造现有专业的需要，建立一个工业指导委员会（Industrial Advisory Council/Committee，IAC）协助和指导

新工科建设。工业界的直接参与不但加强了学校和工业界的联系，工业专家的知识和经验也是新工科教育教学改革重要的资源。

在 IAC 的指导和帮助下，根据学校毕业生的去向和所在地区的工业发展情况，较详细调研产业当前和将来的科技、产品和服务发展的需求，包括对人才的知识、能力和专业素质的要求等，有了这些和其他数据，对推动建设工作非常重要。

此外应该充分发挥校友和校友负责的企业和部门的作用，给新工科教育改革提供更多外部联系和支持，包括办学和人力资源、校企和产学合作的支持。

3．建立新工科教育指导委员会

根据需要建立一个新工科教育指导委员会（Emerging Engineering Education Advisory Committee，新工科教指委），指导新工科教育改革过程。根据学校情况和需要，委员会的专家可以主要由校外专家参加或组成，根据情况包括工科教育高水平大学/专业或同类大学的专家、工业界、科技界、和国外专家组成。委员会可以协助学校新工科建设，包括听汇报、提建议、审核建设方案、参与教育质量和水平评估等工作。委员会也能起到与外界的沟通与交流作用。

4．学院、系和专业组织实施计划

无论建设新工科专业或专业方向，还是改造现有专业，新工科教育改革是整体专业的全面系统改革，需要院长的支持和系主任亲自领导，院长和系主任都是第一责任人。专业培养涉及四个方面：本系负责的专业相关课程、通识课程、基础课程（数学、物理、化学、生物

等）、和课外活动包括科技创新活动。本专业的课程，按照课程群组织教研小组（Subject/AreaCommittee），负责课程群内的课程改革。对于专业外的课程和培养，需要学校领导小组和教学主管部门的协调和帮助。

5．建立新工科专业建设（改造）工作组

该工作组以系主任为组长、专业负责人、教研小组负责人和教学骨干为主要成员，负责实施新工科建设的具体工作，参考新工科建设技术路线，设计实施方案、制定建设和实施的行动计划、确定所需要的资源、协调校内外的工作等等。整个专业教育改革的关键是整体化和系统的思维，制定较全面的计划，调动全专业所有教师参与。与新工科建设技术路线不同的是，新工科的实施过程不能简单认为就是按照技术路线时间顺序的线性过程，而是立体交叉的复杂的组织路线图。比如在制定新工科建设计划过程中，组织几个骨干教师，选择他们负责的课程作为试点课，尝试新教学方法和更新教学和学习内容，从而取得经验，为后续的整体改革过程打基础，在选择和进行试点课程时，其他新工科改革还要同步进行。

6．教师发展、教学评估、质量保证组织

在新工科建设过程中，教师的发展和水平的提高非常重要。教师发展包括提高教学能力和水平、学习新的教学方法、更新教师自己的知识体系，参与企业调研和实践，提高工程实践能力，以便更新教学内容和提高教学质量。学校的教师发展中心、教学质量评估单位应该积极地为教师提供必要的支持和帮助。在试点过程中，教学评估方面

及时参与课程改革工作，为试点课程提供教学质量保障，确保教师能够成功的完成试点课程，总结课程改革的成功经验，用于后续的改革实践。

根据汕头大学工程教育改革的经验，为了有效实施上述技术路线，有两个方面的工作非常关键：

其一，学校各级领导的决心和承诺。新工科教育改革是学校全方位的改革，除了教学方面的改革包括跨学科和多学科方面的教学与人才培养，还有教师的聘任、考核、资源分配等方方面面的改革，涉及到每位参与的教师和员工，触及的利益也是多方面的，有成功的案例作为参考，但是没有捷径可走。本科教学与科研工作有本质的区别，办好本科教育要靠大多数教师和员工的积极性，至少是多数任课教师的积极参与。学校主要领导的决心和承诺是改革成功的关键因素之一；学院院长和系主任（包括跨学科和多学科专业相关学院院长和系主任）的全力推动是新工科教育改革成功的关键因素之二，本科教学改革涉及到专业所有课程的每一位教师，院系领导的日常推动是必要条件；骨干教师和多数教师的积极参与是成功的关键因素之三，骨干教师虽然没有行政职务，他们的带头作用非常重要。院系领导鼓励学术和学科带头人和教学骨干积极参与新工科教学改革，成功完成试点课程，对全面推动新工科建设提供成功的基础。此外，在这个过程中要发挥校友和学生的促进作用，让学生意识到这个新工科改革的直接目的就是培养好他们，他们需要有主人翁的精神和责任感。

其二，在实施新工科改革的技术路线的过程中把握精准度。工程

师在日常工程工作中清楚的知道，精准和精确是工程的生命线。对工程教育而言，精准度也是关键。从确定专业综合培养目标、分解和确定培养标准（ILO）、课程计划和培养体系、每门课程教学方法和课程内容，到教学质量保证系统和评估等每一步的准确程度决定了最终的培养质量和水平。将新理念、新模式、新方法、新内容、新质量扎扎实实和尽量精准的落实到位，就一定能够培养出新一代创新型工程技术人才。

汕头大学在过去的 OBE-CDIO 改革基础上，将按照新工科教育的融合创新范式的基本框架，以新理念为指导、尝试工程人才培养新模式、建立专业教育教学质量的新标准、探索和使用先进的教学方法、手段和工具，激发学生主动学习的兴趣，提高学生自主学习能力，保证学习效率和效果，及时更新和建设课程教学的新内容，采用创新的方法为学生提供本专业和跨学科的新知识，使学生掌握专业和学科领域的前沿；拓宽和营造更好的办学环境，更加主动开展理工、人文和多学科交叉融合、产学和校企合作与协同创新、教研学融合等，开放办学，加强国际合作和交流，进一步凝练汕头大学工程教育特色，实施国际化、精细化、个性化、多元化的现代新工科教育。

五、新工科和新范式的讨论

（1）广义的理解新工科应该从整个新工程学的角度思考，其内涵极其丰富，泛指整个工程学科和体系、新工程范式；对现代工程、学科、科研、工程教育等的全新理解。目前聚焦的新工科教育，是面向经济社会发展、面向未来、面向世界的全新工科教育体系和范式。

无论建设新兴工科专业，还是改造现有专业，都要考虑根据新工科教育的内涵，参考近年来工程教育改革的成功经验，坚持立德树人，培养现代中国特色的工程科技人才。

（2）以新工科教育整体理念为基础，组织系统研究新工科，创新性实施新工科教育改革。在工科优势高校、综合性大学和地方大学实施新工科教育改革，需要不同的方法和实施手段；当培养理念和目标确定后，要具体的落实到课程计划、知识学习、能力和素质的培养；结合专业知识要求（机械工程、计算机技术、土木工程专业知识等等），CDIO 的 380 条的能力大纲和 12 条标准，应该能够在实施新工科教育改革当中发挥重要作用。

（3）新工科教育是全面系统性的教育改革，是对整个工科专业包括跨学科和多学科的改革，涉及专业定位、培养目标、学生毕业要求、专业特色、培养标准、结果导向的课程计划、每门课程和教学活动的学习结果、考核与评价等。而这些改革都体现在教师和学生之间的各种教育活动如课堂、实验室、项目的实施、科教和产学的融合实践，聚焦人才培养质量和水平的命题上，最终还是要把学生培养好。所以新工程建设不仅是理念和概念，更应该以科学的态度认真推进和实施课程和课堂教育改革的各项工作。

（4）研究型大学特别是双一流建设大学，在实施新工科建设中有多种选择，从新办工科专业、新专业方向、本—硕—博连读、多学科和跨专业培养、双学位和主辅修，到科技创新创业等等；研究型大学应该营造一个融合教育、科技创新和创业、多元化、现代化的新型

大学生态环境。尽量为本科生提供参与高水平科研和科技创新的机会，鼓励本科生和研究生通过科研和技术研发取得知识产权，积极开展技术创业。

（5）对于地方高校，不能盲目办新专业，更要避免用“新瓶子装旧酒”，新工科教育提倡用融合创新工程教育范式改造现有专业；比如在机械设计制造及自动化专业实施新工科教育改革，结合地方制造业发展对数字化和智能技术的需求，从培养理念、培养模式、课程内容、教学和学习方法、培养质量标准等方面全部改革和提高，培养出现代制造业需要的工程技术人才。

（6）对于希望提高现有工科专业人才培养水平和质量的高校，可以用融合创新工程教育范式对现有专业进行改造和提升，提高学生的知识水平、专业技能、工程设计与解决复杂工程问题能力、创新创业、团队和沟通交流能力、领导多学科团队和跨界整合资源能力等。虽然专业名称没有改变，但是专业培养的理念、模式、教学方法、学习内容和水平、质量标准都有了根本的改变和提高。

（7）在新工科教育改革过程中要避免领导热情高，普通教师冷淡，学生不关心的状态。新工科教育的实施需要学校领导和师生员工的共同努力，建立健全配套政策、制度以及学校文化，确保改革成功。