

发挥本科教学质量国家标准对新工科建设的推动作用

蒋宗礼 姜守旭

摘要：制定教学质量国家标准是本届教指委最重要的任务，这项工作是建立我国高等本科教育标准体系的基础。目前推进的新工科建设旨在提高高等工程教育质量，主动适应新技术、新产业、新经济发展和建成工程教育强国的需要。发挥教学质量国家标准在新工科建设中的推动作用具有重要意义。本文将从引导基本观念更新、强调准确定位、以能力为要求三方面进行讨论。

关键词：教学质量国家标准；新工科；人才培养

本科教学质量国家标准的缺失对我国高等教育质量的影响已经显现出来，为改变这一局面，教育部将这项任务作为本届专业类教学指导委员会最重要的任务。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，形成了“复旦共识”；2017年4月8日，又在天津大学召开新工科建设研讨会，明确了“新工科”建设行动路线（“天大行动”）；2017年6月10日，正式发布《新工科研究与实践项目指南》（“北京指南”），引导开展新工科研究与实践。所有这些表明，大力推进高等教育改革，应对新一轮科技革命和产业变革的挑战，主动服务国家创新驱动发展和“中国制造2025”“互联网+”等重大战略实施，加快工程教育改革创新，培养造就一大批多样化、创新性卓越工程科技人才，是教育改革的方向。在这个历史时期，本科教学质量国家标准需通过强化标准和质量意识，来引导理念更新，推动新工科建设。

一、引导人才培养基本观念的更新

国家标准有着特殊的地位，要体现人才培

养新理念，要通过其重要作用的发挥，引导各专业点实现人才培养基本观念的快速更新，跟上时代发展的步伐。

一是引导专业点从面向学科办专业转向面向社会具体需求办专业。在精英化教育阶段，无论专业说明还是专业规范，都是以专业支撑学科知识体系的完整性为追求加以表述的，从而就有了专业核心课程、专业知识结构，核心课程中就有了核心知识点，考试就有了知识点的覆盖率等。但是到了大众化教育阶段，必须转向面向社会需求办专业，既要知道社会对该专业类的总体需求，更要引导专业点去研究这个总需求中自己培养的人才所要面向什么样的具体需求。专业类的总体需求对应专业类主干学科的整个问题空间，或者是其主要问题空间，而具体专业点培养人才未来将面对的只能是这个问题空间的子空间。这个子空间体现了专业点所在的学校、拥有的师资、所招收的学生的特点，从而形成该专业点培养人才的特点，以达到提高人才培养效率、“扬长以求卓越”的目的。

二是强化专业办学以学生为中心的基本思想，而不是以教为中心，一切为了学生的发展，

蒋宗礼，北京工业大学教师教学发展中心工作委员会主任、教授，教育部高等学校计算机类专业教学指导委员会副主任委员，第六届高等学校教学名师奖获奖者。

为了学生未来能够更好服务社会。显然这些需求不仅仅是技术性的，还有更多非技术性的。因而专业需从外延发展为主转向内涵发展，改变原来以学校发展为重心的专业建设追求，需要更多地考虑社会的未来和学生的未来。所以，要真正理清本专业培养的人才具体将满足什么样的社会需求——问题子空间，并按照求解该子空间问题的需求设定一个具体的、非口号性目标，该目标应指出学生在毕业5年左右将能够承担什么样的任务（处理的问题类型、层次和主要服务面向等）。在此基础上，设计毕业时的要求（毕业要求），并按照这些要求达成的需要设计课程体系，实施教育。

三是既然是以学生为中心，就要讲究产出导向，改变原来课程导向的做法。也就是从强调对学生的“输入”，转向强调学生身上体现出来的“产出”，即从CBE转向OBE。事实上，CBE的教育思想源于面向学科的精英教育（间接面向社会需求），强调的是某专业的学生需要掌握该专业支撑学科的哪些基本内容。OBE的教育思想源于直接面向社会需求的大众化教育，强调学生未来要解决什么样的问题，因此需要具备什么样的能力，也就是从“知识”的传输，转向了“解决问题的能力”的产生，强调的是教学活动在“能力达成”上的作用。这就要求教学大纲不能仅仅要求涵盖哪些知识点，强调知识点的完整性，而是要明确以什么样的知识为载体，让学生掌握哪些思想和方法，培养出什么样的能力，并且这些目标要与毕业要求直接关联（甚至是毕业要求指标点的直接体现）。

四是建立完善的基于评价的持续改进机制。该机制的基本原理是全面质量管理理论PDCA，即计划(Plan)、执行(Do)、评价(Check)、改进(Action)。它包括四大机制、三方面的达成评价、三方面的改进。评价为基础，要求评价的数据是合理的，分析是到位的；机制为保障，通过建立一套规范的处理流程，并明确定义该流程涉及的相关人员以及各自承担的角色，通过完善的机制，保证相应的工作持续有效；

改进为目标，要求必须基于评价进行改进，做到改进有根有据，据评而改；成果是追求，强调改进的效果在学生身上产生出来，改进课堂教学，改进毕业要求，改进培养目标，做到面向产出，追求效果。四大机制包括校内质量监控机制、毕业要求达成评价机制、毕业生跟踪反馈机制、社会评价机制。质量监控机制主要监控从培养方案制订到课程教学落实与评价的全过程，保障质量达到要求；毕业要求达成评价机制在于监控毕业要求的达成情况，促进课程目标和毕业要求的不断改进，提高其达成度；毕业生跟踪反馈机制主要用于监控培养目标的合理性和实现情况，以及毕业要求的达成度；社会评价机制通过调查分析包括用人单位在内的社会信息，评价培养目标的合理性和实现情况，通过改进培养目标的合理性，改善其实现情况。

二、强调准确定位

首先必须明确，工科本科教育的基本定位是解决“复杂工程问题”，既不是“广义工程问题”，更不是“狭义工程问题”，而且“复杂工程问题”，这是有着明确定义的(7个特征)。

按照上节所述，教学质量国家标准中给出的是“专业类的培养目标”，既不是某个专业的培养目标，更不是某个高校的某个专业点的培养目标，各个专业点需要根据自己的实际情况，确定一个具体的培养目标。也就是说，培养目标需要体现本专业点所培养人才具体的问题子空间指向，而不是整个专业（学科）的问题空间。

其次，我们曾经习惯于用专业培养目标描述学生毕业时达到的目标，甚至只是将培养目标作为一种（也许是二三十年后的）愿景，作为一种期望。更有甚者，会将对优秀毕业生的期望作为整个专业人才培养的目标，在一定程度上混淆了专业培养方案追求的人才培养目标和学生个人的发展。因此，出现了口号型、混搭式的目标。下面的写法比较典型，不能满足

要求。

本专业培养适应国家经济建设和社会发展需要的、德智体全面发展的、具有扎实的xxx学科理论基础和良好的学科素养，获得xxx（如，工程师）的基本训练，知识面宽，外语应用水平较高，具有xxx专业良好的科学素养和较强的工程实践能力的高级xxx专门人才。毕业生适宜到科研部门、教学单位、厂矿企业、事业单位、技术和行政管理部门从事xxx方面的教学、科学研究与工程开发工作；可以继续攻读xxx学科及相关学科的硕士学位。

为了紧跟形势，有时还会在“高级xxx专门人才”的前面加上“国际化”“具有创新能力的国际化”或者“具有创新、创业能力的国际化”等溢美之词，或者进一步将“高级专门人才”改为“领军人才”或者“领袖人才”。如果这样定位，毕业要求就必须有相应的支撑，教学活动要支持“领军人才”“领袖人才”素质和能力的形成，但专业相关的毕业要求、课程体系并没有相应的体现。

另外一个问题是，“科学研究与工程开发”是需要不同的培养体系支撑的，不能误以为一些学生毕业后考取了研究生，未来就将从事“科学研究”工作。实际上，特别是工程教育，有多少学生在毕业后去从事“科学研究”呢？基于这样的理解，这里的“科学研究”是不切实际的，也是很难得到毕业要求和课程体系支持的。如果是从泛化的意义理解“科学研究”所指的内容，则表明定位是不具体的。因为绝大多数毕业生所做的“研究”实际是与“科学研究”不同的工程研究或技术研究。

最后是要注意区分专业培养方案追求的目标和学生个人的发展，不能将学生个人发展作为本专业的目标。

这里建议培养目标要给出基本定位，要反映毕业5年左右在工作中具有的基本素质、专业能力（能承担的任务）等。例如，可以用这样一段话描述一个具体的计算机科学与技术专业点的人才培养目标。

本专业培养计算机领域的工程应用型专门人才，他们遵纪守法，具有良好的社会与职业道德，社会和环境意识强，有能力服务社会；具有应用型复杂计算系统的设计、开发、应用所需的数学与自然科学基础知识、计算机科学与技术学科基础理论、专业知识、良好的学科素养和工程开发素养；能够针对应用问题设计计算解决方案，并承担系统的开发、应用任务；具有口头和书面表达能力，能在团队中有效发挥作用；可持续发展能力强，有能力继续学习以适应不断发展的需要。

该目标不仅给出了“工程应用型”的基本定位，还相应地确定了毕业生擅长从事应用型复杂计算系统的设计、开发、应用等工作。

必须强调，就像“研究型”并不代表“高水平”，“应用型”并不意味着“低水平”，本科“应用型”专业人才培养聚焦的也是“复杂的工程问题”，只不过这些问题更多地呈现“应用”的特征，多与“应用系统”相关。决不能将“应用型人才”等价于“广义的工程问题”的求解者，更不能等价于“狭义的工程问题”的求解者。

三、以能力培养作为基本要求

这里说的“人才培养基本要求”指“毕业要求”，目前的教学质量国家标准都是按照思想政治和德育、业务、体育三方面给出的。这里要注意的是，毕业要求要支持培养目标达成，要清晰、具体、可衡量，要体现能力要求，要面向全工程周期。考虑到在国家“一带一路”倡议大框架下的国际接轨要求，教学质量国家标准的制定不妨考虑体现我国国际等效的工程教育专业认证标准中的毕业要求要义，这12条是一个框架，它们不仅明确了聚焦点，更体现了“全工程周期”的要求。

（1）工程知识：能够将数学、自然科学、工程基础和专业用于解决复杂工程问题。学生学习这些知识，在于能够运用这些基本原

理并且通过分析去解决问题，包括要掌握问题的描述方法、描述语言、分析思想、分析方法，达到会用专业语言、能描述问题和过程（含建模）、基于描述推理、分析改进等。也就是说，学生要具备运用这些知识的能力和素质。如计算机类专业的计算思维能力、算法设计与分析能力、程序设计与实现能力、系统设计与实现能力、系统分析与评价能力等，这些都应体现在专业制定的毕业要求中。

（2）问题分析：能够应用数学、自然科学和工程科学的基本原理，识别、表达并通过文献研究分析复杂工程问题，以获得有效结论。要求学生能够应用数学、自然科学和工程科学的基本原理发现相关领域的复杂工程问题，并能给出问题的形式化描述，再通过查阅文献研究分析该问题的国内外研究现状，以获得解决该问题的有效结论。要掌握基本方法、能够进行程序与算法分析、系统关键问题识别与分析、分析综合参考文献，包括多矛盾中主要矛盾提取与折中处理。

（3）设计/开发解决方案：能够设计针对复杂工程问题的解决方案，设计满足特定需求的系统、单元（部件）或工艺流程，并能够在设计环节中体现创新意识，考虑社会、健康、安全、法律、文化以及环境等因素。设计/开发解决方案一般需要建立适宜的抽象模型，设计/开发需要在建模过程中体现出创新性、创造性，这正好体现了复杂工程问题的第三个特征。至于是否在设计环节中考虑了社会、健康、安全、法律、文化以及环境等因素，需要体现在与设计/开发解决方案有关的教学环节的考核中。学生要学习归纳描述用户需求、理解问题的基本处理方法、关注系统的局限性、把握系统设计与实现的关键环节与参数、实现多方案分析与评价、论证方案的合理性。

（4）研究：能够基于科学原理并采用科学方法对复杂工程问题进行研究，包括设计实验、分析与解释数据，并通过信息综合得到合理有效的结论。要求学生能够基于科学原理并采用科学方法探索（发现/评估）复杂工程问题的解

决办法，会用基本的实验工具开展实验、设计实验并撰写方案、提取与分析数据、规范地表述实验结果。设计实验是指设计用于评估解决办法是否有效的手段，结论是指对复杂工程问题解决办法的评估结果。

（5）使用现代工具：能够针对复杂工程问题，开发、选择与使用恰当的技术、资源、现代工程工具和信息技术工具，包括对复杂工程问题的预测与模拟，并能够理解其局限性。开发、选择与使用恰当的技术、资源、现代工程工具和信息技术工具是为了解决复杂工程问题而不是简单地使用。当问题的真实场景无法在实验室再现时，还需要对复杂工程问题进行预测和模拟。学生要能够理解所用技术、资源、工具的局限性，以及因此导致的预测和模拟所得结论的局限性。学生需要根据性能与适应范围选择工具和开发环境、设计模拟测试环境与数据、对子系统（模块）进行模拟测试、集成系统并对系统进行模拟测试等。

除了上述5项技术性要求外，剩余的7项毕业要求均为非技术性要求，它们是为了满足“工程设计与开发建设”整个生命周期的需要，可以理解为面向“全工程周期”。

（1）工程与社会：能够基于工程相关背景知识进行合理分析，评价专业工程实践和复杂工程问题解决方案对社会、健康、安全、法律以及文化的影响，并理解应承担的责任。工程的作用在于为社会服务。所以，作为一名未来的工程师，必须考虑工程与社会的关系。在校期间，就必须建立强烈的意识，在进行工程设计与开发建设中要了解相关要求、能将工程置于社会及其持续发展之中。必须注意并且能够评价工程对社会、健康、安全、法律以及文化的影响。

（2）环境和可持续发展：能够理解和评价针对复杂工程问题的专业工程实践对环境、社会可持续发展的影响。环境和可持续发展是工程设计和开发建设中必须考虑的另一个问题。学生必须建立起一个意识，不能就工程说工程，不能把眼光局限于“工程本身”，不能只看到

眼前，要考虑环境问题、未来的发展问题，要协调好局部与全局、当代与未来等关系。在校期间就要培养他们基本的环境和持续发展意识，要关注这些问题在系统的更新换代中和在设计实现中的表现。

(3) 职业规范：具有人文社会科学素养、社会责任感，能够在工程实践中理解并遵守工程职业道德和规范，履行责任。工程技术人员必须具有良好的职业素质和伦理道德，要有社会责任感，要时刻牢记自己的责任。“工程”在于造福人类，要最大限度地避免带来负面影响。在校期间，要培养学生的人文社会科学基本修养、社会责任感、职业责任意识与道德操守，使他们能够明晰并履行自己的责任、关注工程的社会效益。

(4) 个人和团队：能够在多学科背景下的团队中承担个体、团队成员以及负责人的角色。团队意识和能力是现代工程设计与开发建设中必备的意识 and 能力，这一意识和能力的培养必须贯彻整个教育教学活动中，落实到相应的教学环节中，甚至要刻意设计相应的教学环节，使学生明了自己在团队中的责任，能合作共事，并且具备一定的组织能力。

(5) 沟通：能够就复杂工程问题与业界同行及社会公众进行有效沟通和交流，包括撰写报告和设计文稿、陈述发言、清晰表达或回应指令。同时，具备一定的国际视野，能够在跨文化背景下进行沟通和交流。沟通不仅是团队内的沟通，还有与业界同行和社会大众的沟通。沟通是双向的，沟通也是具有多种形式的。国

际化要求工程技术人员能够在跨文化背景下进行沟通和交流，这都需要在人才培养方案中安排相应的教学活动给予落实。所以，专业需努力培养学生口头和书面表达能力、基本外语能力，要使学生掌握了解国际发展的途径和方法，将工程的设计和开发建设置于国际背景下。

(6) 项目管理：理解并掌握工程管理原理与经济决策方法，并能在多学科环境中应用。工程设计与开发建设是一种特殊的项目，通常都会涉及多个学科，而且管理的高效和经济效益（以及社会效益）是必须考虑的内容。因此，在校期间就需要让学生掌握工程管理原理与经济决策方法，关注工程设计和开发建设的成本与经济效益，要根据专业相关工程开发的实际需要设置相应的多学科环境。

(7) 终身学习：具有自主学习和终身学习的意识，有不断学习和适应发展的能力。终身学习能力对现代工程师来说是必不可少的，这一点对信息与计算机类专业的工程师来说尤为重要。所以，要让学生具备自主学习的能力和基础，强化他们自主学习的意识和意愿，使他们能够比较顺利地学习和运用不断出现的新技术、新方法，提高自身的持续发展能力。

这 12 条，是 OBE 基本思想的集中体现，这些要求是能力产出，而不是知识输入。因此，要求各个专业将自己专业的毕业要求真正分解落实到具体的教学活动中，并进行落实结果的恰当评价。

[责任编辑：余大品]