

面向新经济的网络工程产教融合、多元协同育人模式构建与思考

施晓秋 侯胜利 励龙昌

摘要：如何培养适应互联网新技术、新产业与新经济发展的新型网络工程人才，是地方院校网络工程专业共同面临的新挑战。吸纳高校、行业企业、第三方机构和政府等多主体参与，构建产教融合、校际互动、多元协同的网络工程人才培养共同体，实施共性需求与问题的共商、共研，关键环节与资源共建、共创，重大工作与活动共谋、共担，建设成果与利益共享、共赢的新型协同育人机制，可为新经济与新工科建设背景下的网络工程专业建设与人才培养提供一种新路径与新思考。

关键词：新经济；新工科；产教融合；多元协同；网络工程；人才培养

网络工程专业是一个典型的新兴工科专业，旨在为互联网及相关经济产业发展培养高质量的网络工程人才。自2000年教育部以目录外专业批准增设，2012年作为基本专业进入《普通高等学校本科专业目录》，迄今专业点总数已达427个，其中地方本科院校占比达到了95%。随着以互联网为核心、“互联网+”为基本特征的新一轮经济与产业革命的来临，网络工程及其人才需求内涵正在发生重大变化，网络工程专业现有的人才培养体系及其产出与新需求之间出现明显的不一致。如何适应新经济与新产业对工程人才的新需求，不单是网络工程专业，也是众多工程教育类专业所面临的共性问题，教育部为此做出了新工科研究与实践的战略部署^[1,2]。就地方本科院校网络工程专业面临的问题与挑战，本文探索性地提出了由高校、行业企业、第三方机构和政府等多元主体参与组建人才培养共同体，依托切实有效的共商、共建、共享机制，构建产教融合、校际互动、多元协同育人的新模式，以此为新经济与新工

科建设背景下的网络工程专业建设与人才培养提供一种新路径与新思考。

一、新经济对网络工程人才的新需求

网络工程（人才）是运用网络相关的知识与原理、技术与工具，以工程化的思想与方法，进行网络系统及工程问题分析与研究、设计与开发、运维与评价的工程分支（人才）。不断发展与创新的互联网技术、应用与产业为网络工程及其人才需求持续注入了新内涵与新要求。伴随以互联网为载体、大数据为新动能、“互联网+”为突破口的新一轮经济与产业革命，网络系统的功能与架构、管理与运维正在发生相应的重大变革，并因此引发网络工程人才需求的转型与升级。

网络的应用日益丰富，对经济社会的影响力不断扩大。从20世纪80—90年代以联结人与人作为主要目标，以电子邮件、WEB浏览和搜索引擎为代表的信息传递与共享应用；扩大到1995

施晓秋，温州大学教师教学发展中心主任，网络工程系教授；侯胜利，思科系统（中国）公司副总裁；励龙昌，温州大学物理与电子信息工程学院副院长，副教授。电子邮箱：sxq@wzu.edu.cn。

年到 2005 年以联结关键业务中的人、数据与流程为主要目标，以企业资源计划、电子商务、电子政务和网络协同等为标志的业务流程网络化与数字化；再到 21 世纪的第一个十年以优化应用服务与用户体验为目标，以移动社交、商务、金融和娱乐等为重要增长点的移动互联网应用；及至进入 21 世纪的最近十年，以移动互联网、云计算、物联网、大数据技术的融合与创新为驱动，以人、物体、数据和流程的高度互联与融通为目标，以“互联网+各行各业”为主要特征，形成了计算普适、技术融合、应用泛在的数字化空间。互联网与其他产业与领域的融合，催生大量新应用、新模式甚至是新业态的出现，“互联网+工业”引发了以智能制造为核心的新工业革命，“互联网+其他传统行业”带来了现代农业、智慧能源、智能交通、普惠金融、高效物流、智慧医疗、智慧民生、在线教育等新业态的出现与发展。“互联网+”对经济、社会与环境的影响日益深刻与广泛，在互联网的颠覆性影响下，人类社会正迈入新的经济与社会变革时代。

网络系统的功能与架构日益复杂，运维与管理模式正在发生重大变革。就提供的功能而言，从数据传输与通信，扩大到数据的采集、传输、存储、处理和应用全过程。就承载的流量而言，从单一数据发展到数据、语音与视频融合，进一步增加了来自物联网终端的多类型海量实时数据。就计算模式而言，从 C/S 与 B/S，到对等计算、云计算与雾计算，进一步扩大到移动计算与普适计算，同时对计算能力及其透明度的要求越来越高。就底层物理网络而言，互联的技术、设备与终端日益多元，传统互联网、移动互联网与物联网共存，有线与无线、高速与低速、长距与短距网络共存，局域网、城域网与广域网的边界日益模糊。就系统的性能而言，在对有效性、可靠性与安全性要求不断提高的同时，对适应性、敏捷性与可扩展性提出了新要求。就 IT 运维与管理的目标与范畴而言，从立足基础设施为上层业务与应用提供底层的网络传输服务为重心，走向立足上层业务与应用为其提供快速响应和弹性扩展的全数字化服务为重心；从作为 IT 基础

设施的网络平台运维与管理，扩大到了跨越底层物理网络、中间层软件定义网络和上层应用与业务的全系统、全链条、全生命周期的 IT 运维与管理。就 IT 运维与管理的理念与方法而言，正在从以工程技术人员对传统互联网协议与技术的理解与应用为基础，以其对网络互联设备与应用的手工配置与管理为核心，依托简单网络管理软件的人工模式，走向以对物理网络中多元共存的网络协议、技术与方法的理解与应用为基础，以对上层业务与应用中的人、物与数据、流程之间的内在关系、业务逻辑和应用策略的自动化建模与数字化设计为核心，依托软件定义的网络自动编排与调度，以及大数据分析 with 人工智能的手段、方法与工具为辅助的自动和智能管理模式。

网络工程的内涵与外延日益扩大，跨学科知识与思想、技术与方法对于网络工程实践的重要性加大。伴随网络系统所承载的应用日趋多元与融合，网络工程的问题空间日趋复杂，不同应用、需求与工程问题的识别与建模、研究与分析需要多领域、跨学科的知识与方法；不同需求背后涉及的多元应用领域、应用主体与应用模式对于网络的功能与性能、服务与管理模式存在不同的要求，而且相互之间可能存在交叉与冲突，需要借助以跨学科思想与方法为基础的开阔视野与系统思维，在网络系统的设计与管理过程中予以统筹与协调；网络系统及其工程实践对于经济与社会、政治与法律、健康与伦理、环境与可持续发展等的影响日益错综与复杂，这些影响因素都应作为需求的组成部分纳入网络工程的问题空间，从而需要借助对工程与经济、社会、政治、环境、伦理等关系的多元认知和以此为基础形成的“大工程观”，来进行综合分析与评判。网络工程面临的众多问题已经不能用单纯的网络技术来解决，不仅要借助其他工程技术领域的知识与方法，甚至需要借助工程与自然科学，与经济、人文、社会学科之间的交叉、跨界与融通，进行复杂网络工程问题研究与分析、复杂网络系统的设计与管理，以及该过程中多元主体利益与影响因素的折中与平衡。

网络工程人才的要求日益提升，复杂系统

能力与综合素质成为关键。新型网络工程人才更加强调对跨学科知识、技术与方法的融会贯通能力，综合运用网络工程和多学科、跨领域知识、技术与方法，研究与识别复杂网络工程问题、分析复杂网络应用与需求、架构与管理复杂网络系统、实现弹性敏捷网络服务的复杂工程能力；更加强调解决多元矛盾与冲突的系统观、跨界思维与创新能力；更加强调个体持续终身的自主学习与自我发展意识，对网络工程新知识与技术的主动敏感与学习能力，对跨学科知识、思想与方法的持续兴趣与终身学习能力；更加强调对跨区域、跨文化的经济社会结构及其价值体系的认识与评判、鉴别与包容能力，关于网络系统和网络工程实践对于经济与社会、自然与环境等影响及相互作用的分析、思辨与评判能力，以及正确的价值取向与良好的责任担当能力；更加强调多学科交叉、多领域融合环境中的开放与共享意识、沟通与合作能力。

而随着数字化时代的创新加速以及人工智能时代的到来，未来网络工程人才需求不仅将继续发生变化，而且变化周期将进一步缩短。因此，迫切需要建设一种与时俱进、持续更新、动态适应的网络工程人才培养体系与机制，来实现培养目标与毕业要求、培养方案与培养模式、课程与教学内容体系、培养条件与教学资源等的动态调整与优化、持续更新与改进，以满足不断发展与变化的人才需求。

二、地方院校网络工程专业概况

就目前超过 400 家的地方院校网络工程专业点而言，多数办学历史较短，其中办学历史未满十年的专业点超过 200 个，未满五年的接近 100 个。进入“十一五”以来，部分专业点从不同层面和角度对专业建设与人才培养做了有益的探索与实践，并陆续有专业点入选“十二五”国家专业综合改革试点、教育部卓越工程师教育培养计划试点或所在省份的重点、优势或特色建设专业，并积累了一些有益的成果与经验。但是，即使是这些具有良好专业建

设基础与办学成效的专业点，其现有的培养目标、毕业要求也与网络工程人才新需求之间存在不小的差距，相应的培养方案与课程体系、教学资源与条件、培养过程与机制等均难以有效支撑新型网络工程人才培养目标的达成。

为促进网络工程专业的健康快速发展，“十二五”以来教育部高等学校计算机类专业教学指导委员会研制发布了《高等学校网络工程专业规范》，并联合全国高等学校计算机教育研究会，进一步面向地方院校网络工程专业研制发布了《高等学校本科网络工程专业应用型人才指导培养指导意见》。但是，即使参照专业规范、借鉴指导意见进行落实，部分办学历史较短的专业点仍然面临着师资队伍薄弱、课程与教学资源不足、教学条件与平台难以跟进、校企合作难以拓展等困难。面对网络工程人才新需求，这些专业点将面临更大的困难，由其单枪匹马应对挑战的现实可能性不大。但是，对于有强烈发展意愿与改革动力的专业点，这既是严峻挑战，也是重要发展机遇。若能在此过程中，在其内部努力之外，从外部提供一些切实有效的支持与促进，或有助于其抓住变道超车的机遇，实现专业建设水平与人才培养质量的突破。

事实上，面对网络工程人才新需求带来的新挑战，对于所有地方院校的网络工程专业都将是一个重要的关口与发展转折点。若能及时顺应产业发展，调整培养目标，重构人才培养体系，则将在新一轮的竞争与发展中找到新的增长点，甚至是脱颖而出；否则，将面临专业发展难以为继、甚至被淘汰出局的困境。

三、网络工程现有产学研合作育人模式的成效与不足

国内外工程教育改革的成功经验与部分网络工程专业的前期探索均表明，破解高校人才培养与产业人才需求之间的不适应，关键在于有效的产教融合。通过贯穿人才培养关键环节的深度校企合作，建立信息融通、优势互补、

资源共享的产学研协同育人体系，可实现高校人才培养供给与产业发展需求之间的高度契合^[2]。就网络工程专业而言，目前主要有两类校企协同育人模式，笔者将之称为单院校主导模式和企业主导模式。

1. 单院校主导模式

指以某个院校的专业点为主体，根据人才培养需要，主动联合业界企业所实施的产学研协同育人模式。以创办于2008年的温州大学网络工程专业为例，依托与思科系统、思博伦通信等行业领军企业的全方位深度合作，构建实施了“产学研深度联动的网络工程应用型人才培养模式”，并取得显著成效。

但是，这种模式存在两方面的不足：（1）模式本身难以进行大规模的复制性推广。一方面是该模式对院校自身的专业教学团队有相当高的要求，需要其具有非常强的利用企业资源进行合作机制与培养模式设计、落实与持续改进的能力，但相当数量的专业点其师资队伍及相关能力较为薄弱；另一方面是企业的资源有限，即使拥有大量资源且具有高度社会责任感的行业领军企业，也不可能通过简单复制方式提供合作院校的规模扩增，必须寻求一种更加高效、更具规模效益的产学研合作机制。（2）模式所取得的直接成果与经验难以进行切实有效的推广。尽管通过教材、在线课程和专业指导意见白皮书等形式向一些院校进行了分享与推广，并受到高度认同，但实际受益效果并不尽如人意。一是缺乏模式构建与实施过程中的共同参与机制，导致被推广院校的教师对成果与经验所包含的思想与内涵理解不到位，从而吸收与利用打了折扣；二是缺乏有效的共享机制与交流平台，使得成果的推广面与影响深度难以得到拓展。

2. 企业主导模式

指行业企业以推广其技术与产品，扩大其行业与社会影响力为主要目标，主动以某种方式向院校推送教学资源模式。以思科系统、华为、H3C等知名互联网厂商为例，其都通过一种以

各自厂商冠名的网络学院机制，推进与院校网络工程专业点的合作。合作的内容包括课程与实验室建设方案推荐、学生网络技术竞赛与教师技术培训组织等。这种模式在一定程度上促进了一些专业点的专业建设与人才培养，但因此取得重大办学突破或显著质量提升的专业点却为数较少。主要原因在于：（1）该模式缺乏深度有效的产教融合，使得校企协同育人的功能尚未得到充分的发挥。企业在资源推送时存在高度的自主性和一定的盲目性，院校处于单向接受资源的被动状态。校企双方未通过必要的双向互动，基于对人才培养的关键环节与核心问题的共识，将企业所拥有的相关教育教学资源，有针对性地对对应到培养目标建立、培养过程实施、培养条件建设等人才培养的重要环节，围绕这些环节的共同关注进行有针对性的资源推送、建设与利用，导致一方面企业资源得不到充分挖掘与利用，另一方面院校人才培养的一些关键问题仍不能得到有效解决。（2）所提供的课程与教材资源缺乏工程教育应有的教学设计。作为厂家单向推送的教学资源，由于缺乏必要的校企共研与共商，所以没能依据工程教育认证所倡导的OBE理念，立足人才培养目标与毕业要求达成，系统地进行课程教学目标、教学内容、教学方法、考核与评价等必要设计，需要高校自主对企业所推送的资源进行有目的性和针对性的重新选择、设计与利用，但一些接受资源的院校又不具备这样的意识或能力。（3）资源的厂家技术与产品相关性或依赖性过高。对厂家自身技术与产品的关注过多，对网络工程或行业共性技术、思想与方法的聚焦不足，需要通过校企协同开发帮助其消除厂家培训课程的特征或痕迹，使其脱胎成为高校教育教学课程。

四、产教融合、校际互动、多元协同育人的解决思路

面对新经济背景下的网络工程人才新需求与专业建设新挑战，地方院校网络工程专业需要有更加开放与创新的思路与举措。为此，我

们提出了“产教融合、校际互动、多元协同的网络工程人才培养共同体模式”。其基本思路为：立足新型网络工程人才培养及动态适应机制的构建，吸纳有网络工程专业点的本科院校、互联网行业企业与“互联网+”的典型企业、代表性的用人单位、政府相关职能部门以及第三方培训、认证与教育平台服务机构共同参与，以“众创、开放、共享”的互联网思维，建立产教融合、校际互动、多元协同的网络工程人才培养共同体，依托分级协同的组织架构与工作体系，就人才培养的共性问题、关键环节和核心资源，实施校企与校际的共研与共商、共建与共享，建立高度开放、深度融合、动态适应的网络工程人才培养机制，以高质量的网络工程人才培养产出服务于新经济与新产业的发展。共同体建设遵循以下原则：

(1) 目标与问题导向原则。立足新型网络工程人才培养及动态适应机制的构建，坚持需求导向、问题中心、基于产出的建设与改革理念，面向人才培养共性问题、关键环节与核心资源，规划共同体的组织架构，建立分工合作、高效协同的工作体系，实施具有重要引领促进作用与共享价值的项目与活动，并进行项目成果与活动成效的评估。

(2) 开放与适应性原则。以目标与问题为导向，建立共同体组织架构、项目与活动体系、成员组成的开放与适应机制，以适应产业需求的动态发展与人才培养的持续改进。包括：针对新的重大需求、目标或问题，在共同体内增设专门工作小组，或扩大已有专门工作小组的职能；根据新需求、新问题或持续改进的需要，进行项目与活动体系的动态扩展，或实施对已有项目与活动、资源与成果的升级与优化；根据研究问题与工作目标、组织架构或项目与活动体系的变化与调整需要，动态吸收相关背景的企业、机构或政府部门加入共同体。

(3) 共商、共建与共享原则。充分发挥高校、企业、第三方机构与政府职能部门等多元主体的优势互补作用，建立分级协同的共同体组织架构，以专门工作小组为依托，以项目与

活动、专题与会议、网络平台与社区等为载体，调动与整合不同方面的资源，建立共性需求与问题的共商、共研，关键环节与核心资源共建、共创，重大工作与活动共谋、共担，建设成果与利益共享、共赢的新型协同育人机制。

五、网络工程人才培养共同体的建设要点

1. 共同体的组织架构

共同体采用理事会、专家指导委员会，再加若干专门工作小组的分级协同结构。各参与成员单位共同构成理事会，并按照各自所发挥的作用与影响，成为理事会的常务理事或理事，由常务理事中的牵头学校和行业龙头企业担任正、副理事长；理事会下设若干个专门工作小组，分别面向专业建设与人才培养中的不同关键环节与重大问题开展工作，工作小组向常务理事会负责；设立由工程教育或学科领域的知名专家、行业企业、第三方机构和政府职能部门的高管组成的专家指导委员会，为理事会和各专门工作小组提供相关的宏观咨询与决策以及重要资源的调集与协调。

2. 共同体的工作与活动体系

面向专业建设的关键环节、共性问题和核心资源，设立五个专门工作小组有针对性地开展相关工作。

(1) “专业建设总体研究与指导”专门工作小组。其主要职能包括：跟踪产业与技术发展态势，调研行业人才需求，研判产业发展及其人才需求中的重大变化；适应共性的人才需求变化，给出通用培养目标、毕业要求的更新建议；基于通用毕业要求，给出毕业要求指标点分解、培养方案设计与课程教学体系设置的建议与样例；编制或修订供各专业参考与借鉴的人才培养指导意见白皮书；为有需要的专业点提供培养目标与培养方案论证或专业评估服务；为相关机构与部门提供相关的数据、信息与建议。

(2) “课程与教学资源规划与建设”专门

工作小组。其主要职能包括：研究并提供核心课程的设置建议与质量标准，包括课程的教学目标及其对毕业要求和指标点的支撑，教学内容、方法和组织模式，教学资源与平台支撑，教学考核与质量评价方案等；研究并给出核心课程在线资源建设的基本建议与质量要求，并组织共同体内的有关院校与第三方机构，合作实施在线课程建设项目；给出关键专业实践能力培养的实践教学体系设计建议；研究并给出基本实验实践教学项目建议方案，以及虚拟仿真实验教学资源建设方案与质量要求；给出对接新技术与新应用的新课程开设建议与基本建设方案；规划与组织专业课程、教材、项目案例库、虚拟仿真实验教学资源的校企和校际合作开发；组织与协调成员之间的 SPOC 课程开设与学分互认。

(3) “教学平台规划与建设”专门工作小组。其主要职能包括：给出面向核心专业课程与关键实践教学环节的实体实验室建设指导意见与参考方案；规划与组织校企共建、校际共享的网络工程分布式工程实践教学中心建设，制订相应的共建管理制度与共享服务规则；负责第三方在线课程教学平台、实习实践管理服务平台的考察与评估，并给出共享利用的建议与方案；研究给出虚拟仿真实验教学资源与平台的校际、校企共建和开放共享方案，并组织实施。

(4) “创新教育与就业服务”专门工作小组。其主要功能包括：依托共同体内的合作企业，面向互联网新技术、新应用、新产业，以创新成果产业化转化和师生创新创业能力培养与提高为目标，规划并推出面向成员院校的“互联网创客”项目；以赛促学、以赛促教、以赛促产教融合，关注紧密对接新技术、新应用与新产业的创新、创意与创业，进行赛事内涵与形式的扩充与升级；规划与组织面向共同体成员的企业校园实习与就业招聘；在企业与院校之间建立用人需求和毕业生供给信息的收集、管理与流通渠道以及网络服务平台。

(5) “交流与培训服务”专门工作小组。其主要功能包括：组织核心课程、新技术课程相

关的教师教学与工程技术培训；协助教师企业考察、挂职锻炼或项目实践的企业推荐或信息沟通；组织相关主题或专题性的专业建设和课程教学研讨会；以在线讲座方式为学生提供来自行业企业的有关职业规划与就业应聘的指导与培训，为师生提供教学管理与服务平台的使用培训；建设和管理有关的网络交流平台与社区。

基于人才培养共同体的网络工程产教融合、校际互动、多元协同育人模式既是立足网络工程人才新需求和专业建设总体现状的一种现实选择与创新设计，同时也与教育部的新工科建设基本指导思想以及《新工科研究与实践项目指南》之选题“新工科多方协同育人模式改革与实践”高度吻合^[4]。自2016年上半年提出共同体建设设想并实施一年以来，已经在吸纳院校、企业和第三方机构参与，人才培养指导意见白皮书编制，核心课程在线开放资源建设，虚拟仿真实验教学平台构建与运行，学科竞赛组织与承办等方面取得一些进展。借力的新工科建设，后续将进一步扎实推进共同体的机制创新与改革实践，在实现共同体建设目标的同时，也为其他新工科专业的多方协同育人提供经验与借鉴。

参考文献：

[1] 教育部高等教育司. 教育部高等教育司关于开展新工科研究与实践的通知[Z]. 教高司函(2017)6号.

[2] 吴爱华, 等. 加快发展和建设新工科 主动适应和引领新经济[J]. 高等工程教育研究, 2017(1).

[3] 施晓秋, 赵燕, 李校堃. 融合、开放、自适应的地方院校新工科体系建设思考[J]. 高等工程教育研究, 2017(4).

[4] 教育部办公厅. 关于推荐新工科研究与实践项目的通知[Z]. 教高厅函(2017)33号.

[支持项目：浙江省高等教育教学改革研究项目“面向地方院校网络工程专业的校际合作、产教协同育人机制研究与建设”（编号：jg20160156）]

[责任编辑：余大品]