|  |  |
| --- | --- |
| **创客模式：高等工程教育与产业实践融合的驱动力**  **徐思彦1 王德宇2,\* 李正风3**  （1. 清华大学科学技术与社会所，北京 100084；2. 清华大学基础工业训练中心，北京 100084；3. 中科院学部-清华大学科学与社会协同发展研究中心，北京 100084） |  |

**摘要：**近年来兴起的创客运动，以开源分享、跨界合作与动手实现为主要特征。基于文献调研、参与式观察与深度访谈，本文分析了创客运动在中国的发展与演化，并探讨了在“大众创业，万众创新”的国家发展战略背景下，创客模式所驱动的工程教育与产业相融合的机遇与挑战。借助创客活动，产业资源对工程教育的影响逐渐扩展到多个层面，包括资源支撑、科技服务、项目筛选、实践教学环境等。相对应的，工程教育也为产业提供了人才、创新力、智慧资源的基础。结合创客式的活动特征及其社群属性，进一步加强工程教育与产业的结合，是促进创新型工程人才培养和加快产业创新升级的良好途径。

**关键字：**创客模式；创客教育；工程教育；大众创新；产业转型

**【中图分类号】＊＊＊ 【文献标识码】\* 【论文编号】＊＊＊ 【DOI】＊＊＊**

**一 产业变革背景下的创客运动**

**1 创客运动的兴起**

创客的概念来自于国外。在工程教育领域薄弱的美国，创客运动被视为一种让人们重新重视工程技术教育的路径，而得到了政府的大力支持。奥巴马总统宣布每年6月18日为创客日[1]。Fab Lab也被写入政府计划[2]。

自2006年开始，美国创客在参加欧洲黑客聚会时将“创客空间”的概念带回美国，出现了诸如西岸的Noisebridge与东岸的NYCResistor等创客空间。在此后的几年间，全世界范围内，出现了许多“创客空间”。即创客们分享设备和知识的物理空间。根据不同的社区形态，社区型创客空间，TechShop与Fab Lab等不同模式。创客运动的升温源于几方面不同的因素：以Arduino为代表的开源硬件平台的出现，降低了普通人进行硬件设计与开发的门槛。自2006年开始，在著名科技出版社O’Reilly Media的推动下，《爱上制作》杂志问世，聚集了一批DIY制作爱好者。“制汇节”（Make Faire）也成为了全球各地创客们分享发明与理念的平台。在这些不同因素的影响下，以Web2.0为代表的互联网生产模式逐步渗透到了实物领域。

在西方，创客更多与创新的民主化联系起来。这个依靠居住社区、互联网等实体与在线媒体平台形成的社群，不断壮大发展的原动力在于，个人定制化设计与快速成型技术的结合，促进了思想实物化后的交流沟通。创新力在大众中迅速传播，促进了整体创新水平的提升，激发了原创性项目的产生，因而也提升了社群的吸引力。同时这也是为何全球较为具有吸引力的创客群体的发起人往往是媒体人。

**2 创客的内涵与特征**

创客一词来源于英文单词“Maker”。字面意思为“做东西的人”。最早成长于欧美广泛普及的DIY（自己动手做）文化。对于“Maker”的内涵，不同人有不一样的理解。最早提出“Make”一词的是《制造》杂志的主编Dale Dougherty对创客给出的定义是“捣鼓实体素材的人。这些人希望可以通过制造主动参与到世界的改造过程中，而不是全盘接受已有的解决方案。捣鼓的对象可以是食物、衣服也可以是小硬件。” 如果说Hack（黑客行为）代表了软件时代的趋势，即用聪明的办法解决问题。为什么不能改变生活中的物品。《连线》杂志前主编克里斯·安德森认为创客是那些使用信息时代的生产方式改造传统制造业的创新者[3]。其特点是以互联网的资源开放共享、无明确利益目标，大规模线上与线下的协作。而Fab Lab的创始人，麻省理工学院比特与原子中心的主任Neil Gershenfeld则强调了实物与信息之间相互转换的能力[4]。

“创客”并不是一种严格的职业定义。人人都是某些领域的“爱好者”，也可以是另一些领域的“专家”。尽管人们对于创客有不同的理解，在这些概念中都有分享了一些共同的特征，如开源、共享与跨界。从个体角度，创客是一种身份认同。而从产业的角度来看，物联网等领域的硬件创新刚刚处于起步阶段，也有从外部为其注入创新灵感的需求。在产业和社区的双重推动下，创客运动在世界范围内迅速扩展。截止至目前，全世界范围内的创客空间已经超过1600多个[5]。

因此创客的核心元素至少涉及到：1）对实体素材进行开发、2）常将不同领域的素材排列组合在一起，3）常跨领域寻求不同的需求的解决方案，4）常利用开源软硬件以加快迭代速度、5）通过分享将开发成果发布在全球化社区中。

**二 中国创客运动的发展与演化**

**1 创客运动的发展阶段**

2008年，在一批开源硬件爱好者的推动下，在国内形成开源硬件社区。引入国内后被翻译为“创客”。2015年，李克强总理访问柴火创客空间后，“创客”在国内迅速升温。在国内的一些媒体报道中，“创客”容易被等同于“创业者”。

中国创客运动发源于国内最早期的开源硬件社区。如果说2012年是开源硬件的引爆年，那么，从全球范围来看，2013年是硬件领域创新活动活跃的一年。有了Pebble智能手表等成功的先例。Kickstarter上的创客项目如雨后春笋一般涌现出来。相比较而言，这些与商业价值、经济利益相离较远的创客文化开源与分享的价值观在中国的教育体系中得到了更好的传承。

在创客活动中，套件（kits)是入门级创客经常使用的工具。创客套件有不同的特点和功能：电子、机器人、金属。过去，套件往往和模型制作联系在一起。而在创客文化中，开发与使用套件是人们自主学习的一种有效方式。套件不仅是未被组装的产品，也是一套通过动手制作来了解一件事基本原理的机会。一组优秀的套件还会起到孕育社群的功能。爱好者们会围绕套件建立学习社群，分享技巧与经验，与开源社区知识共享理念一致。开源硬件也为套件引入更多技术元素。使其自然转向了教育。

目前对创客教育有两种不同的理解。一种面向K12教育，注重过程。一种面向产品创新，注重结果。对于高校而言，引入创客模式是一种教育范式的改变。在国内高校，设计院系与工程院系都有涉及创客教育。传统的工程教育对应的是工业时代精细分工的工作模式，相较而言，设计院系与创客的概念更模糊。

**2 创客运动的发展方向（分类）**

中国形成了北京、上海、深圳三个创客生态圈。从选址上看，三地创客分别始于中关村、静安寺及华强北三个重要的地标，同时也形成了鲜明的地方特色。北京创客空间前身为FlamingoEDA开放空间，起于开源硬件与新媒体社区。最早聚焦于科技与设计的跨界项目制作。北京创客的特点逐渐转变为创业引导与资源整合。上海是创客文化最早起步的城市。中国的第一个创客空间“新车间”诞生于上海的联合办公空间“新单位”，由创客文化的积极推动者李大维发起。“新车间”主要服务的对象为技术爱好者。“新车间”至今仍保持由志愿者运营。2013年诞生于同济大学创意设计学院的Fab Lab同样保留了社区化运营的特质。在珠三角地区，硅谷的硬件加速器Haxlr8r (现更名为Hax Accelerator) 迁址深圳电子市场聚集的华强北，也反映出长久以来累积的制造业优势，在全球创客运动中都扮演着重要的角色。深圳市也是第一个将“创客”提升到城市文化高度的城市。而放眼西部地区，也有包括成都创客坊（现也称为木牛流马创客空间）、西南交大创客空间等实体组织，聚集一批在文化创意、开源硬件、快速成型设备等领域具有专长和兴趣的人士。

**三 创客模式适用的工程教育与产业发展新挑战**

**1 问题导向的学习与结果导向的教学**

近年来，国内高校院所通过引入以学生为中心的教学方法，广泛推广问题为导向的学习（problem based learning，PBL）以及结果为导向的教学（Outcome based education，OBE），并相比传统教学模式，取得了显著的差异化效果。然而，在这些学习模式为学生带来更具吸引力的内容，促使学生更加主动地参与到学习活动中的同时，这种学习模式下的师生关系，为教学活动组织者提出了挑战：在基于开放问题的学习活动中，如何全面地考虑到不同学习者产生的高度定制化的学习需求，以及由此派生出的千万种知识域（knowledge domain）[6]。有别于传统大规模讲座式教学，问题为导向的学习活动，可以通过投入大量的师资，或是让学生的角色，从被动学习，向主动探究，同侪启发的教导者角色转变来作为教学质量保障[7]。但这些方法，往往适用于小规模教学试点，大规模推广常受到教学条件，师资等因素的限制。

除了教学资源的不匹配，问题为导向的学习活动设计，关键因素之一是问题的提出与定义。精心定义的问题，能够启发学生思考，并正确引导学生主动探索教学预期的知识域，达成计划的教学目标[8]。与此同时，随着信息获取渠道的大大拓展，问题设计保持足够的挑战性和创新性，也成为保障学生对学习内容投入精力的重要因素。这不仅是对师资规模的挑战，也是对教学内容组织能力的挑战。

**2 产业实践与实习**

工程教育是跨学科的综合性教育。长期以来，国内各领域企业与高校建立多种形式的合作关系，并联合进行人才培养新模式的尝试。一些高校将企业实习纳入培养体系，或通过引入企业实践项目，邀请企业导师驻校带领学生进行研学实践。这些项目都为学生提供了暴露于产业实际问题的机会，充分发掘学习者个人特质，专长，兴趣。

产业实践项目的设计与实施，需要企业与学校双方分别投入优势资源，共同开发。这需要企业安排专门的团队，配合高校教学团队，将企业问题进行归纳及简化，形成适合于学生参与的项目。由于企业实践环节往往围绕企业关键业务流进行，教师在识别业务流方面，需要企业人士的支持。因此形成校企协同的实践教学设计团队，成为必然选择的路径[9]。

**3 开源运动下培育全球化竞争力**

工程实践教学从零散的技能型训练，向系统性的综合能力训练转变。传统教学模式的规模效益，已经被现代化教育技术所支撑的定制化学习模式所取代。这种变化也为教学内容的组织提出了新的要求。互联网将全球智慧资源无缝递送至学生的个人信息终端，取代了传统知识传授模式对书本、课堂的依赖。同时，这一网络遍及全球，不断消弭因地域产生的信息壁垒，形成一个全球化的网络社区。进而借助开源运动所带来的知识共享模式，软硬件产品开发的速度和质量大幅提升，人们可以很容易地学习到前人的成果，并将自己的成果共享出来，为开源项目添砖加瓦。因此这样的知识生态，对传统项目开发方式带来了巨大的挑战，学生甚至可以在课堂上随时借助互联网寻找最新的知识，来挑战教师准备的教学内容。在这一背景下，工程教育中创新力培养的内容基础，以及产业革新的动力源泉，需纳入全球开源社区的丰富智慧资源，从而持续保持教学项目的国际竞争力。

**4 新兴的分布式制造模式**

安德森认为，人类的生产方式每隔几代就会发生改变。从蒸汽到电力，标准的流水线到精益生产再到电脑。与20世纪的工业格局不同，如今，人们共同使用新的生产工具，发动一场自下而上的革命。大规模生产模式（mass production）解决了低成本大批量规格相同或相近产品的加工制造问题，但随着市场需求逐步向定制化、个性化方向转变，传统大规模生产模式已应对复杂多变的订单。随之而来的是DIY模式，以创客的表现形式再次流行。市面上迅速出现不同种类的快速制造设备，如3D打印设备、桌面级铣床、激光切割机、小型焊机、小型木工设备等。这些设备使得产品的制造环节，从原本专门型企业，下放到终端用户，而互联网，尤其是开源社区，所带来的图纸、设计方案、问答案例等智慧资源，则使得终端用户进行产品设计成为可能。然而，由于缺少体系化的产品设计与制造管理，终端用户定制化所带来的诸多问题，例如成本控制、质量控制、设计缺陷等，无法被用户忽视。因此，怎样将集中式与分布式两种生产模式各自的优势资源和流程架构结合起来，成为未来大规模定制化生产（mass customization）的发展方向。这其中必将经过两类生产模式所运用的资源类型以及资源参与方式的高度融合，当代学生则需要从工程教育阶段，开始全面了解这些新兴模式的特点，并通过实践来探索二者融合的机制。

表1 集中式批量生产与分布式客制化生产模式对比

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | 工业革命 | 个人制造 |
| 制造范式 | 大规模生产（mass production） | 大规模定制生产（mass customization） |
| 通讯工具 | 电报、电话 | 互联网、网上社区、搜索与排名算法 |
| 竞争资源 | 产能 | 个人技能及知识 |
| 生产资料 | 大型设备、重型装备 | 柔性生产线、个人制造设备、开源硬件 |
| 传播模式 | 集中生产 + 物流系统配送 | 网络式知识派发 + 分布式生产 |
| 劳动力 | 工人通过流水线参与生产 | 消费者自主设计、定制、远程控制加工 |
| 产品特点 | 高市场占有率 | 细分（利基）市场（Niche market） |

**四 创客促进产学合作的路径选择**

结合当地创客团队及社群的需求，各地创客空间所发挥的功能有所差异，也以不同的形态为创客群体提供服务。其基本形态一般为具有实体加工条件的场地，相关加工工具、设备等。同时，创客的社群性决定了创客空间一般需要具备研讨空间。该空间可大可小，亦可与加工区域共用，但其存在的意义在于，具有相同兴趣的人能够方便地进行分享、交流与讨论，这一过程中获得的社交认同感，是创客群体保持黏着度的重要因素。

国家对众创活动的重视，促使国内以创客为形式的创新活动进入新的快速发展期。包括高等教育、传统制造业、资本市场等各个领域，都开始关注并大力投入创客运动的发展中。这也为新时期高校工程教育质量的提升，提供了新的机会。

结合工程教育的人才培养目标，当下各个高校通过引入产业导师、与企业共建前沿的演示系统（Demo System）、派驻到企业进行实习等形式，来提升高校工程实践教学的质量。工程教学方案和内容的设计，注重对学生的价值、能力、知识等方面的培养，目标是针对工程伦理、问题定义与解决能力、前沿国际视野、产业实践经验等方面进行提升。

**1 创客支撑的量产企业向设计密集型企业的转变**

我国制造业的飞速发展，造就了一批以订单加工为主要经营业务的生产制造企业。这些企业根据每年订单数量和产品要求，投资更新生产设备，并组织工人投入到批量生产的工作中。然而随着国内人力成本的迅速提升，以及企业对国际竞争力提升、自主知识产权战略发展等方面的需求日益增强，许多企业开始关注并积累具有原创性的设计，从而形成自主品牌的产品，摆脱代工生产模式对品牌授权商的依赖。

这些传统企业的转型过程，需要密集的产品设计资源，而与此同时，高校学生在工程实践学习中，也需要结合实际问题或项目开展。借助创客形式的活动，学生从定义问题出发，通常经过需求分析、概念设计、原型制造等过程，能够形成较为完整的产品方案。在这些环节当中，企业派驻工程师、中层管理人员等专业人士，作为创客导师在各个环节引导学生，使开发内容与真实需求、实际条件相吻合。因此，创客活动成为联结学生实践学习与企业产品开发两者需求的桥梁。这之中，学校教师辅助学生与企业协商知识产权等事宜，并事先做好约定，学生成果可以在合约范围内继续进行孵化，最终可以实现一定的社会价值，形成学生、企业双赢的格局。

**2 产业问题情境下的工程实践——初创企业发展经验**

以实际问题为背景开展的学习活动，不仅在对学生吸引力方面具有优势，在学习活动中参与者所受的训练以及技能的提升，都优于传统的基于知识点的单向教学模式所达到的效果。引入初创企业，安排其技术、产品、市场等职能负责人参与到学生组成的项目团队（project team）中。教师可协助将初创企业面临的实际问题进行归纳重整，作为创客团队工作切入点，提出解决方案并探讨其可行性，形成双方互利的合作模式[10]。创客模式保证了学生在探索中遵循实际条件的约束，在发散创新的同时考虑可行性因素。而创客活动的开放性与共享性，使得参与学习的教师与学生，能够在分享成果的过程中获得更强的成就感，从而提升学生对学习活动的投入，并加强能力训练的长效影响。

**3 产业资源与多元化创新项目之间的互利互促**

产业界为创新项目提供资源支持，同时也依靠自身的经验，为项目的迭代改进提供参考。通过这一渠道，产业前沿内容形成了对高校工程教育体系的补充，让学生能够有机会结合产业最新发展动向进行学习与研究。产业实践环境，从基础工程训练开始导入进学生学习过程中，可以有效营造工程问题产生、分析、论证、解决的完整语境。其中教师与企业导师共同为学生的发展提供指导，形成学术与应用实践相结合的培养环境。而联合产业评价在内的多元化学习成果评价，也有利于学习者结合学习活动，更全面了解学习目标和学习任务的完成情况。工程教学中通过设置同侪评价、教师评价、社会评价三个方面的内容检验机制，让学习成果在前沿性、学术性、社会价值等多方面接受评估，寻找提升空间，实现校园与产业无缝对接。

另一方面，高校创新项目为产业提供了更多具有原创性的产品开发素材。这些来自校园的学生作品，在需求发现、创意实现方式、使用模式拓展等方面，往往超越了产业中所开发的产品。企业的设计部门，往往囿于多年成熟产品开发的经验，而在大胆的颠覆式创新方面力不从心，这可以得到学生创客群体的补足。

与此同时，学生创新项目——无论是课程实践作业，还是独立开发的产品——往往每件独具特点，有着丰富的多样性。产业界与这些在校项目对接，为项目提供创意实现服务，则是对企业满足定制化需求能力的巨大挑战。因此，创新资源保障层面的产学结合，是推动企业向未来大规模定制化生产转型的重要途径。

**4 教学指导人员与企业员工的创客化**

在传统高等教育，尤其是工程教育中，教师多扮演知识传授者的角色。而随着维基、在线课程等不同形式的知识保存与传播模式的兴起，学习方法，教学方法也将彻底改变。例如，建构主义所提出的为学习过程创造情境，由学习者从问题出发自主探寻解决路径的过程，与创客式的产品开发过程极为相像。这些都为教师等指导人员提出了新的要求：一方面，在自身定位方面，要把握好从知识传授者向知识归纳者，以及从学习组织者向学习引导者的转变；另一方面，学习者自主探索过程中，在不同领域所触及到的问题千变万化，范围更广，因此教学指导人员需要不断拓展知识领域，把握学习内容发展前沿，并完善自身知识体系，从而应对创客式开放探索学习过程的需求。

对于企业来说，一线员工的创新意识与创造力，在提高业务效率，改善产品服务质量，拓展发展路径等方面常起到重要作用。以深圳某公司为例，通过定期组织内部创客马拉松活动，鼓励员工开发产品套件，从而为产品线的拓展，提供了丰富的素材。同时，该公司约30%员工为产品开发人员，将这些马拉松活动中产生的产品创意进行完善，设计配套说明文档和案例教程，得到成熟的产品套装。由此该公司的套件类产品，得以在保持零件种类不做大的变动的情况下，持续推出新的套件，满足不断增长的市场需求。而对于较为传统的企业，也可通过创客活动，激发员工的创新精神，培养其在问题中寻求独特解决办法的创造力，为解决企业发展问题提供思路。

**5 将普通人培养成创客，将创客培养成具有创新素养与技能的新一代工程师**

自组织的创客活动，与校园中成体系的人才培养，具有不同的特征和关注重点。前者强调内容的开放性和创新型，对试错的宽容度更高；后者强调在活动或项目开发中，完成明确的培养目标，取得学习成效。同时，创客式人才培养对试错具有宽容度，但更强调试错过程中的经验总结与学习。因此，两者在活动目标上既存在差异，又形成互补。普遍意义上的创客教育能够激发人们的创造热情，将普通人变成创造爱好者，培养为创客；高校、普教中的校园创客教育，则通过知识建构、技能训练、价值塑造，将具有创造热情的学生创客培养成为新一代的工程师，注入工程领域，改善人才结构。

**五 结语**

在一定意义上，创客文化在中国是一个未完成的一次新文化启蒙，由爱好迅速转向创业或产业应用。创客运动与当下最热的大众创新之间存在自关联，但两者之间也不能完全等同。创客本身不是产业，却与各个产业的需求和发展紧密相连。创客代表的是长尾的创新，是对现有状况的深度优化。长尾创新在开放创新能带来许多优势，是产业转型与结构调整的优质驱动力量。创客不仅是单独的个体，也是通过开放来提高社群创新能力的一种群体形态。这种形态可以存在于社区、校园、企业、城市等不同尺度之中。同时，需要注意的是，创客运动体现了一种源自于草根的创造活力，创客社区的原始形态就是由松散、自组织形态的社区发展而来。因此，如何维护这种自下而上的创造力，是一个需要在文化、组织和制度多个层面关注的问题。

————————

**参考文献**

[1]The White House. A Nation of Makers[OL]. 2015. <https://www.whitehouse.gov/nation-of-makers>

[2] Peter, T. Making the 3rd Industrial Revolution. The Struggle for Polycentric Structures and a New Peer-Production Commons in the Fab Lab Community[M]. FabLabs: Of Machines, Makers and Inventors, 2013.

[3] Anderson, C. The new industrial revolution[J]. Wired magazine, 2010(18-02):11-13.

[4] Neil, G. How to make almost anything[J]. Foreign Affairs, 2012(91.6):43-57.

[5] Wikipedia, the free encyclopedia. Hackerspace[OL]. 2015. <https://en.wikipedia.org/wiki/Hackerspace>

[6] Mohd-Yusof, K., Helmi, S. A., Jamaludin, M. Z., Harun, N. F. Cooperative Problem-Based Learning (CPBL) A Practical PBL Model for a Typical Course [J]. iJET,2011,6(3):12-20

[7] Felder, R. M., Silverman, L. K. Learning and Teaching Styles in Engineering Education [J]. Engineering Education,1988, 78(7): 674-681

[8] Jamaludin, M. Z., Mohd-Yusof, K., Harun, N. F., Hassan, S. A. H. S. Crafting Engineering Problems for Problem-Based Learning Curriculum [J]. Procedia - Social and Behavioral Sciences,2012(56):377-387

[9] Lamancusa, J. S., Zayas, J. L., Soyster, A. L., Morell, L., Jorgensen, J. The Learning Factory: Industry-Partnered Active Learning[J].Journal of Engineering Education,2008(1):1-8

[10] Mohd-Yusof, K., Phang, F. A., Helmi, S. A. How to develop engineering students’ problem solving skills using cooperative problem based learning (CPBL) [J]. QScience Proceedings (World Congress on Engineering Education 2013) 2014:30

**Maker: Driving Force of Collaboration between Higher Engineering Education and Industry Practices**

**XU Si-yan1 WANG De-yu2,\* LI Zheng-feng**

*(1. Institute of Science, Technology and Society, Tsinghua University, Beijing 100084, China; 2. Fundamental Industry Training Center, Tsinghua University, Beijing 100084, China; 3. Tsinghua University-CASAD Research Center for Synergetic-development of Science and Society, Beijing, 100084, China)*

**Abstract:** makerspaces. The uprising maker movement features the ecology of open-source, cross-disciplinary collaboration as well as hands-on practices. The article made analysis of the evolvement of maker movement in China, based on literature reviews, participative observation and intensive interview. The article also discussed about the opportunities and challenges in maker movement driving the collaboration of engineering education and industry practices, under the state-level strategy of ‘entrepreneurship in general public and innovation in people’. Through maker-style activities, resources from industry are having influence over engineering education on various levels, including supportive resources, technological consultancy, project selection, environment for practical learning activities, etc. Correspondingly, engineering education provides talents for industry with their ability to make, to innovate, and to create. The objective of this article is to provide alternatives for utilizing the advantages of maker activities as well as the societal features of makers to enhance the collaboration between engineering education and industry practices, so as to promote the cultivation of engineering talents with innovative proficiency, and to boost the upgrading of industry.

**Keywords:** maker movement, maker education, engineering education, innovation in general public, industry upgrade

**————————**

作者简介：王德宇，硕士，助理工程师，清华大学基础工业训练中心创新开放实验室。主要研究方向为高校创客教育、工业与系统工程。邮箱：wdy@tsinghua.edu.cn。

收稿日期：2015年9月30日

编辑：＊＊