创新创业教育从创客做起——以清华大学iCenter为例

1. 引言

以动手制作为核心的创客群体，从欧洲到美国再到中国，经过不断演变和发展，已成为影响国家战略和产业发展的一股力量。创客文化具有较强的包容性，同时又在诸多领域形成专业水平较深的子文化。创客运用机械、电子、软件开发、嵌入式系统、材料、能源、医疗等不同学科的知识，对不同领域或大或小的问题，提出具有创造性的解决思路，并付诸实施，验证成效。清华大学iCenter利用工程训练基地的天然优势，配合学校建设创新人才培养体系的规划，在实践中探索如何将以创新为驱动力的创客模式与现有教育体系融合[1]。本文将从创客文化建设、支撑平台、培养体系等方面，介绍清华大学iCenter的经验。

1. 创客项目生命周期及特点

创客项目可以大致分为产品型项目、兴趣型项目及探索型项目，完善的产品化程度依次降低，而大胆的前沿科技应用程度则依次升高。虽然不同目的的项目开发过程各具特点，但一般的产品开发过程都包括概念设计、工业设计与工程设计、原型验证这几个阶段。对于产品型项目，还会进一步做批量生产、市场推广、产品迭代等[2]。结合创新创业教育对学生能力培养的基本目标，其教学内容以常以这些阶段的特点为基础进行开发。

不同行业的参与，使以创客空间、Fablab、众筹平台、开源硬件社区等实体和虚拟空间为支撑的创客社群逐渐形成一种新的创新生态。学校创新创业教育也处于这个生态链中。通常创客项目以用户为主体，关注不同细分类别用户的具体需求，因而表现出多元化的内涵和目标。这为基于创客模式开发创新创业教学内容，提供了丰富的内容基础。

1. 创客文化驱动基础工程教育的革新

清华大学iCenter脱胎于基础工业训练中心，拥有深厚的工程训练教学基础。在创客文化的推动下，中心从2013年开始着手在传统工程训练课程的基础上，开发以目标为导向的新型课程方案。传统教学方案中，学生参与10天或15天的金属工艺学实践课程，其中包括多种数控加工工艺，如3D打印、激光加工、电火花加工、数控铣等。这些教学内容分别基于一个产品，开展理论学习与学生实践，但相互之间独立进行，不能形成一个完整的产品。经过课程组教师对不同工艺教学内容的再造和整体方案设计，2014年暑期开始以创新产品为学习目标，学生组成团队，结合不同工艺，设计制作产品部件，装配调试成为工艺台灯、工艺钟表、工艺雕塑等[3]。2015年，则结合热动力的斯特林发动机，开展相应教学活动。目前，团队正在开发基于航空涡轮发动机的工程训练教学内容，并将团队研讨、项目管理的工具的运用，融入课程内容，在基础工程训练中，增强了激发学生创意创新能力的环节。

创客常用工具，包括模块化开源硬件、基于开源模式的各类软件、维基格式的知识库、团队协作与项目管理工具等。中心通过开设教学研究项目，探索在基础课程中运用这些工具作为教学素材的实施方案。这类工具的应用，一方面可以帮助学生掌握从事产品开发所需要的基本技能，培养学生独立创新能力，另一方面通过工具使用引导学生形成协作学习、协作工作的基本素质。在如跨学科系统集成设计挑战、现代汽车制造技术、生态文明自行车工坊等课程实践中，学生所运用的维基知识库、635书面头脑风暴法、在线团队任务派发及文件管理平台等，最终积累了可做整理的、反映学生完整学习过程的学习进程资料及数据，也为教学质量评估和教学内容迭代改进提供了依据[4]。

1. 建立创客项目验证与支撑平台

项目的实现与验证，是配合成果为导向教学的重要环节。实现验证以多种方式开展，首先，为学生提供创意快速实现的平台，降低想法验证时间与资金成本，有利于推动学生创客项目从创意阶段发展到实现阶段。通过制作实物，学生可以识别一些设计阶段难以发现的问题，针对产品应用进行改进。此外，相比于数字化模型或虚拟现实、增强现实等产品展示交互模式，快速实现的原型产品更有利于学生创意的相互交流，并针对具体的产品特征进行论证。

第二，实现验证可以通过建立跨学科专家团队、跨产业导师团队，并在创新课程中组织学生项目阶段性汇报，邀请专家、导师进行评判来进行。不同学科背景人士从不同侧面表达见解，可以更全面地评估项目的创新性、可行性、实用性。另一方面，专家、导师团队的反馈，从不同方面启发学生思路，在项目评价过程中，也提出了新的研究方向，从而使学生能够围绕目标从不同侧面逐步搭建知识架构，并在不同背景导师的辅助下，完善知识架构，培养解决新问题新挑战的能力[5]。

中心2013年发布的驻校创客导师计划，通过吸纳国内外产业界、科技界、设计界等不同领域的优秀人才，以三个月至一年为周期常驻校园，为学生提供课程讲座、科技咨询、项目指导、创意研讨等服务。例如来自纽约的齐默巴恩斯，以环保、安全防护等领域的项目见长，吸引了具有相同志趣的学生参与到创新教学活动中。在中心创业认识与实践课程上，通过引入国际知名的中国家电品牌集团的工程师，将成熟产品带进校园，结合用户需求分析、市场调研、产品设计等不同方面进行讲解，为学生提供了直观的案例，帮助建立以实际问题为出发点的思维方式。全球创客空间运动的推动者米奇奥特曼，不仅自己在旧金山建立了创客空间，与其他志愿者创客为当地的兴趣爱好者提供技能培训、项目开发、研讨等资源，还带领国际创客进行游学，与不同地区的创客社群进行交流，分享最新的创客项目和科技新知。这些跨文化交流能够刺激学生探索未知的兴趣，并强化全球化发展的观念。

创客作品以解决问题或应对挑战为出发点，提出全新的解决思路，这也符合问题为导向学习的基本逻辑。在中心指导的校园创客团队中，以四旋翼飞机、重力驱动的电灯、夜间自动点亮的骑行服装为代表的项目，通常需要多学科综合性知识的运用，以及多种技能的应用。对此，创客群体通过自学知识，训练技能，来寻找项目开发中各个阶段相应问题的解决方案，或是通过寻找合作伙伴，来补足团队能力的不足。

在教学组织上，学生成效的考核也从知识点考核向成果考核转变。一方面通过课程教授模式的转变，另一方面通过学习过程记录的数据作为支持。在传统工程教育中，教师多扮演知识传授者的角色。而创意创新教学更注重价值引导、能力培养，因此相应地以学生完成特定任务的成果作为学习过程的驱动力，使学生的参与程度更强。另一方面，清华大学近年来提出教学改革要参考建构主义的思想，为学生的学习过程创造情境，然后由学习者从问题出发自主探寻解决路径的过程，自主构建起所需的知识框架，逐渐转化为自身的能力，这正与创客式的产品开发过程极为相像。

5 产业资源引领创客发展

校园中的创新创业教育，是连接知识与产业应用的桥梁。清华iCenter通过驻校创客导师、名家讲师等机制，将产业发展趋势、科技前沿、研究成果带入校园。

在项目开发阶段，中心密切关注新兴的开发套件、软硬件工具等，将通过引导学生进行模块化产品设计，可以通过尝试各个部分不同类型解决方案，寻找最佳技术路线。在创意产品制作、工业系统基础等课程中，中心教师探索将新兴的、创客常用的微型模块化开发平台引入课堂，学生能够以更短的时间入门，借助开发平台丰富的技术库，快速实现基本产品功能。例如，课堂教学中，教师结合教学大纲设置主题，并提出项目开发的挑战，学生借助快速开发平台，提出并实现解决方案的试制。在这一阶段，实践环节会促进学生发现问题，将这些问题进行整理后，教师引导学生围绕共通的问题开展研讨，从而实现了针对学生特点、兴趣、知识体系不足进行定制的课程教学。

第二，在产品制作验证阶段，除了本地化快速原型制造资源的运用，帮助学生对初期想法进行快速验证，中心还帮助项目对接产业资源小批量试生产。这样可以形成完整的产品开发链条，推动学生在与社会进行交流，尽早发现各方面能力的不足。同时这样的资源对接，有助于学生延续课堂中的产品原型，并对低年级学生形成示范，促使低年级学生看到课程中的项目的发展方向，更加认真地对待课堂教学的任务。中心与珠三角、长三角的一些产业联盟进行合作，通过资源筛选，遴选各行业优质供应商，建立合作框架，为校园创客提供单件或小批量设计与加工服务。在运行过程中，团队与产业之间可以形成稳定的合作关系，以能够走向市场的科技产品，激发年轻创客的热情。

第三，打造全球知识网络，通过建立各学校统一数据类型的本地知识库，将各校课程、项目内容进行统合。在全球范围通过互联网进行只是交换。这些可以重组的模块化内容，以近乎零成本的方式传播，并在各地结合在地教学资源和条件，应用于学生创新创业实践学习中。这样的新模式，在知识共享（Creative Commons）等知识产权分享新模式的推动下，吸引越来越多的人参与并进行贡献，从而建立起不断扩大，内容不断优化的全球知识网络。

6创客文化融入教学体系的新挑战

新的教学和考核模式，也对教师及教学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。

传统工程教学中，以知识点为导向设计的课程内容，可以设计成相应挑战性项目开发过程的支撑知识。学生在教师引导下，以挑战性项目为目标，通过自主学习完成教学目标。教学内容设置在项目的情境中，学生建立知识体系的过程自主化，技能训练有目的性，都能够提高学生教学活动的参与度。未来，如何通过创客文化社群，不断为校园创新创业教育注入新的内容，将是各校开展创客融合教学需要持续关注的问题。

1. Dougherty, Dale. We Are Makers, TED Talk [OL]. [2015-07-29]. http://www.ted.com/speakers /dale\_Dougherty.

2. 徐思彦, 李正风. 公众参与创新的社会网络: 创客运动与创客空间[J]. 科学学研究, 2014, (12): 1789-1796.

3. Yu-Yi Zhang, De-Yu Wang, Jian-Xin Yang, Jing Zuo. A product-based engineering training program with multiple machining processes. The 11th International Conference on Modern Industrial Training.

4. De-Yu Wang, Jing Zuo, Ju Gao, Xiu-Hai Zhang. PM-ET Method: A product-based engineering training program in universities. The 11th International Conference on Modern Industrial Training.

5. 王佑镁, 叶爱敏. 从创客空间到众创空间：基于创新2.0的功能模型与服务路径 [J]. 电化教育研究, 2015年第11期

6. 王德宇, 杨建新, 李双寿. 国内创客空间运行模式浅析 [J]. 现代教育技术, 2015年第5期。

7. 顾学雍, 王德宇, 周硕彦, 杨富方, 卢达溶. 分布式学习工作流: 融合信息技术与实体校园的操作系统, 高等工程教育研究, 2013年第2期

8. 钟晓流, 宋述强, 胡敏, 杨现民, 李海霞. 第四次教育革命视域中的智慧教育生态构建, 远程教育杂志, 2015年第4期