

STEM 和创客教育实践

【前言】数字化时代的到来，进一步推动了教育理念和教育装备的发展，促进了教与学的双重革命，为学习者提供更加优质、多样、个性化的学习支持。这一时代背景为发展 STEM 教育与创客教育提供了良好基础，并将深刻地影响着教师的教学模式与学生的学习方式。

STEM 概念 (Science, Technology, Engineering, Mathematics) 首次出现于 1986 年美国国家科学委员会的《本科的科学、数学和工程教育》报告中。

STEM 所包含的概念中，Science (科学) 是反映自然、社会、思维等客观规律的知识体系；Technology (技术) 是解决问题的工具、方法和经验的总称；Engineering (工程) 是运用科学原理和技术手段创造人工物体的过程；Mathematics (数学) 是研究空间形式和数量关系的一门科学。科学、技术、工程、数学之间存在着相互支撑、相互补充和共同发展的关系。在实际问题中它们是相互融合的，如果要深入了解它们，就不能分割成独立的小块，而应该作为整体统一考虑。

2006 年美国总统布什在其国情咨文中公布了一项重要计划——《美国竞争力计划》，提出知识经济时代教育目标之一是培养具有 STEM 素养的人才，并称其为全球竞争力的关键。

2009 年美国国家科学委员会致总统奥巴马一封公开信，明确指出：国家的经济繁荣和安全要求美国保持科学和技术的世界领先和指导地位。大学前的 STEM 教育是建立领导地位的基础，而且应当是国家最重要的任务之一。

近年，又增加了 Art (人文和艺术)，变为 STEAM。

STEM 教育的内涵

STEM 教育是一种通过整合科学、技术、工程和数学领域内容，指引教与学的途径和方法。STEM 综合了各学科的特点，将知识的获取、方法与工具的利用以及创新生产的过程进行了有机的统一。

STEM 不仅综合了不同学科的知识，更加融合了不同学科所经历的不同实践活动、体现的不同精神和内涵，可以认为是一种多元学科文化的融合创新。STEM 教育强调不同学科教育的重要性及其之间的关联性，培养学生的综合素养。

STEM 教育的特征

STEM 教育以整合的教学方式培养学生掌握知识和技能，并能灵活应用解决真实世界的问题。融合的 STEM 教育具备这些核心特征：跨学科、趣味性、体验性、协作性、设计性等。

跨学科。强调融合各个学科，在“学”和“做”中发展学生的多元智能，通过各学科规律性联系，不断培养学生的创新意识、创新能力和创新精神。

体验性。多年的课堂教学经验表明，学习不仅要通过自学或教师讲授习得抽象知识，更

要让学生用脑、用心、动手参与学习过程。

一、国内 STEM 教育发展情况

近年来，虽然 STEM 教育理念传入国内并逐步被大力提倡，但是各地的实施大多尚仍停留在理念的层面。主要原因包括四个方面：

（一）培养路径不清晰。STEM 教育是为了更好地帮助学生打破现有学科的知识体系束缚，使教师在教学过程中更好地进行跨学科融合，鼓励学生跨学科解决问题的方法。但国内目前各层次教育受学科分割与考试进阶影响，导致科学、技术、工程和数学等学科的相互结合不够，学生综合能力和跨学科思维能力较差。总体看，从体制机制上培养学生的 STEM 素养是一件不容易的事情。

（二）STEM 教育专业化师资缺乏。在 STEM 教学中，教师角色更多的是教学设计者、活动组织者、知识讲授者和学习引导者等。教师的角色多元，且需要不同教师相互配合，共同引导学生完成某个具体项目。学生则是积极的参与者，独自参与整个项目，或是在小组合作中共同学习跨学科的综合知识。但国内教育领域师资专业背景相对单一，实际操作经验少，特别是在工程领域方面存在比较明显的短板。

（三）与创客教育的融合有待加强。伴随着创客运动在全球的蓬勃开展，STEM 教育有了新的依托。STEM 教育强调跨学科融合，鼓励学生跨学科解决真实情境中的问题；创客教育的重点是通过数字化工具，使得学生将创意作品化，培养学生的创新精神。可见，创客教育中有一部分含有跨学科的 STEM 教育内容，STEM 教育也有与创客教育交叉的部分，二者既有相同之处，也有明显差异，正在融合互补中有所发展。

（四）性别差异问题未被得到重视。STEM 教育在性别方面的问题目前并未得到广泛关注。多年实践经验表明，在应用实际操作活动中，男性多出现智力的两个极端；而女性的智力发展较为均衡。男性的视觉能力以及理解、抽象逻辑思维能力较强，数学能力比较突出；而女性在形象思维能力、听觉能力、记忆力和想象力上有过人的表现。这提醒我们，STEM 教育要均衡男女在学习方面的优势，在课程设计中要重视性别差异。

二、国内创客教育发展情况

（一）创客与创客教育

创客教育（Maker Education）的兴起与创客运动发展密切相关。创客一词来自英文单词 Maker。首次提出 Web 2.0 概念的戴尔·多尔蒂（Dougherty, 2011）将那些愿意通过动手实践，努力将各种不同想法变成现实的群体称为“创客”。

《连线》（WIRED）杂志前主编克里斯·安德森（Anderson, 2012）在《创客：新工业革命》一书中将创客描述为：“首先，他们运用数字化工具，在屏幕上进行设计，并越来越多地用多种制造工具设计产品；其次，他们同时也是互联网的新一代，因而本能地会通过互联

网分享各自的创意成果，将互联网文化与合作精神带入到整个制造过程中，他们一起联手创造着 DIY 的未来，其规模之大前所未有的。”

由此可见，创客运动正在创造一种文化，一种亟需教育培植的文化。这种文化鼓励学生参与其中并针对现实世界的问题探索创造性的解决方案。创客教育强调行动、分享与合作，并注重与新科技手段相结合，逐渐发展为跨学科创新力培养的新途径。在创客教育中，学生被看作是知识的创作者而不是消费者，学校正从知识传授的中心转变成以实践应用和创造为中心的场所。

在创客运动的带动下，创客教育的实践正在中国蓬勃兴起。创客教育所强调的学习者也是创造者、学习过程也是创造过程、注重将学习者不同的想法变成现实等，与现代教育理念不谋而合。建设创客空间与开展各类创客活动是当前创客教育实践的两大热点，但目前国内没有形成严谨的课程体系和有效的教学实施措施。

（二）创客（教育）的两大特征

经过多年的探索，我们把创客（教育）的特征归纳为“造物”和“分享”。

1. 造物。造物的重要表现，是指从原材料开始创新，即不是拼装各类半成品，并且要防止教学玩具化的倾向。在这个意义上，是要通过鼓励学生进行创造，在创造过程中有效地使用未经加工的原材料以及数字化工具（包括开源硬件、三维打印、计算机、小型车床、激光切割机等），以培养学生动手实践的能力，让学生在学习过程中发现问题、探索问题、解决问题，最终将自己的想法作品化，并具备独立的创造思维与解决问题的综合能力。

2. 分享。分享的基础和意义在于群体创新，这与教育的目标高度一致。学习本身是一个过程，而学习成果的转化是更为重要的。一方面是要让学习分享到实践中、人群中，另一方面是要让学习成为社会创新的原动力。因此，要用分享带动群体性创新，群体是创新产生的主体，他们是无穷的智力资源，也是激发真正发展的动力源泉。一群具有创新潜力的群体，才有可能在创新环境中激发出智慧的火花。

（三）国内创客教育发展阶段

根据创客及创客教育在国内的发展，我把创客教育分为三个阶段。

1. 第一阶段：体验期（2010年-2014年）。从2010年，创客在国内的普及开始，创客教育被国内教育界和舆论界熟知并有所研究。创客群体的快速增长和创客的低龄化也对创客教育提出了更新的要求。中央教育信息化战略的提出，互联网等技术的成熟，创客门槛的大幅降低，为创客教育提供了良好的技术条件和社会环境。

2. 第二阶段：丰富期（2014年-2015年上半年）。2014年9月在夏季达沃斯论坛上以及2015年全国两会上，李克强总理提出“大众创新，万众创业”的“双创”战略，极大地促进了创客和创客教育的发展，各类培训项目层出不穷。各界开始逐步认同，创客教育是培养各类创新型人才为目的，学为中心，互动合作，重在分享，对加快推进创新型国家建设，以及实施科教兴国战略、人才强国战略和创新驱动发展战略具有重大意义的新的新型教育方

式，创客教育形式如雨后春笋在各地生根发芽。

3. 第三阶段：扎根期（2015年下半年至今）。随着双创在社会各界的认同感逐步增加，教育界也就创客教育逐步达成共识，创客教育开始真正由社会文化引起，进入到教育体系并受到重视，并将STEM教育和创客教育结合开展。值得注意的是，创客教育进入第三阶段，既是创客教育发展的过程，也是一个遇到问题、解决问题的过程。最大的问题是创客源自国外草根文化，扎根教育还需要土壤。创客文化的目的是做出有创意的作品来，但扎根教育后的目的就有所不同，教育的目的不是物，而是人。

总体来讲，培养创客仍然是一件不清晰的事情，具体体现在：一是各类创客教育项目都是以“工作坊”的形式在开展，彼此之间缺少联系和连贯性；二是“创客”更像是一种生活和学习的方式，并没有明确的学习目标。创客教育的目的，应更多地开始向培养更多具备创客意识的学生，提升全体受教育者将想法变成现实的创新能力上转变。

三、创客教育和STEM结合的意义

（一）创客教育是STEM教育实施的有效手段。众所周知，传统教育过程中出现分科教育的弊端，学科阻隔不利于探索真实情境中的问题，STEM的融合式教育改变了传统的教育模式。但STEM教育在经过一段时间后，存在了新的问题。STEM教育强调跨学科，强调不同学科的整合固然好，但原创性和创造性特征的不足比较明显。对于STEM来说，创客教育是最好的抓手：数字化设备极大提升了动手实践的效率，使学生有时间进行多种尝试，甚至包括允许学生进行试错。并且，创客教育的造物乐趣可以激发学生的探索热情。通过引导，让学生利用多学科、跨学科知识处理问题，也让分享文化下的群体协作创新成为协作学习的最好注解。

（二）STEM教育是创客教育的必要补充。创客教育过程往往需要运用不同学科的知识，而且好的创客作品背后也一定有跨学科知识的支撑。例如，设计一个远程控制装置，就需要用到简单的科学、数学、技术和工程学知识。如果这个控制装置要美观大方，可能还要用到工艺美术相关的知识。因此，跨学科对创客教育来说是根据需要的选择，对于创客教育来说，STEM理念是Maker扎根教育的保证。数学物理等基础知识的融入是Maker维持进步的保证，只有各学科知识的融合，才是解决真实问题的保证。

（三）两种教育方式结合产生良好效果。从STEM教育到创客教育，学习的边界正在日益模糊。学习逐渐成为一个类似于“平”的系统：碎片化、条块化的知识正在被整体学习和混合学习代替，旧知识和新问题之间的鸿沟需要用更短的时间去填平。这对于两种教育方式的更新换代都是至关重要的。通过观察，二者的结合可能会产生两种倾向：一是借助创客教育来培养STEM素养的学生，目标是通过解决实际问题，培养跨学科应用人才。二是借助STEM理念来开展创客教育，目标是通过造物，培养有创新能力的人。前者可以概括为，STEM为本，“创客”为用。结合香港目前正在开展的STEM教育，下文我们将重点对第一种情况进行

分析。

四、借助创客教育培养学生 STEM 素养的步骤

经研究，学校借助创客教育培养学生 STEM 素养的具体步骤，大体可以分为以下三个阶段。

（一）第一步：开设标准化入门课程。我们所指的标准课程，也就是“卡魅”科技制作课。在这个阶段，我们并不急于要求将创客的众多课程全部展开，而是非常有必要开设一门入门课程，主要好处：一是**提高效率**，让学生从传统的加工设备迁移到数字化设备中来，体验数字化设备带来的效率和试错方便等好处，让学生将主要精力集中在“设计”上，而不是之前的“加工过程”；二是**降低门槛**，学术界已经有明确结论：男女性别差异会导致空间想象能力的较大差异，而在平面想象方面差异不大。因此我们有必要在入门课程上尽量降低男女差异对课程的影响，而卡魅采用一种“降维”设计的思想，用二维方式模拟三维作品，做到男女基本无差别；三是**学科融合**，在入门课程中就将基础的物理、数学、科学知识融入课程，可以培养学生良好的 STEM 素养和学习习惯。

（二）第二步：开设创客三件套为核心的创客课程体系。开设创客三件套为核心的创客课程，并尽可能做到在这个课程体系中，将可能用到的各个知识点按“S”“T”“E”“M”分别描述，进行讲解。这一部分涉及“E”的部分并不多，只是将它作为重点在下一阶段进行专门培养。国内外创客公认的“创客三件套”，作为创新者“造万物”的必要选择。创客三件套为何能造“万物”？

1. 激光切割机。一种利用激光切割材料的数字化加工工具。激光切割机具有加工速度快、精度高、维护成本低的优点，和 3D 打印机配合使用，可以实现作品所需的结构部分。

2. 3D 打印机。一种可以打印三维构件的打印机，现已为大家熟知。动手实践领域，对 3D 打印目前需要用一种发展的眼光来看待，因为它是未来制造业的一个方向，将改变未来的生活，重要性毋庸置疑，但目前 3D 打印使用上还是受到限制，速度慢、材料单一、精度低、强度不够等等。这些缺点也导致学生参与率不高。

3. 开源硬件。指使用开放原始码方式设计的电子硬件。是开源文化的一部分，也是分享精神的体现。其中，Arduino 的诞生可谓开源硬件发展史上的里程碑。

4. 创客“造万物”。世上万物，总结起来由软件+硬件组成，换种说法，从专利描述的角度来说，就是结构单元+逻辑单元。比如一个会唱歌的杯子，就是由杯体加上控制电路板以及内置的软件组成。激光切割机和 3D 打印机可以实现结构功能，开源硬件可以实现逻辑单元功能，这也就是为什么这三种设备就具备了“造万物”的理论可能。创客“造万物”是一种形象的说法，实际实验室里造的是“原型”，真正的产品涉及很多工艺，很多流程，还是需要工厂生产。

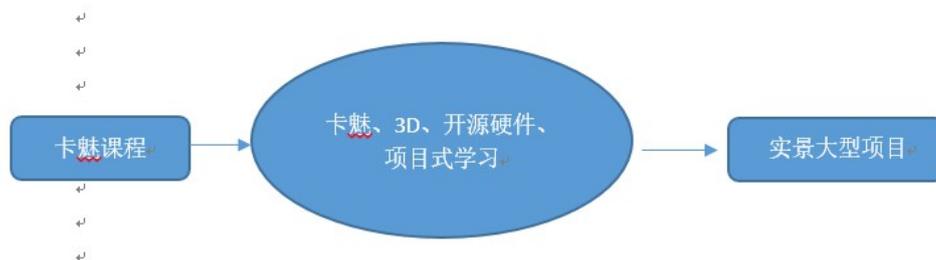
5. 创客三件套实际对应着三门课程，在前述所说的创客发展第一和第二阶段，创客们

以“工作坊”的形式学习这些课程，也是目前一些创客教育项目的主要形式。

要避免这样一种情况：在课程中教会了学生做一些作品，但是没有教学生处理问题的方法和手段；或者只注意教技术，忽略背后的科学和数学知识。如果处理得不好，学生在经过一段时间的学习后，学习曲线并不能按照预期一直向上走，而是出现了明显的拐点。通俗的说就是：一些学生去年会做一些东西，到了今年还是只会做这个东西，无法持续突破自己。这其中的重要原因就是：基础学科知识的欠缺，比如物理和数学，限制了学生能力的进一步提升。

而这一切，都可以归结为创客来到教育领域，急需生长的土壤。显然，这个适合生长的“土壤”，就是STEM。

（三）第三步：开设大型实景项目。这里强调的一个是“大型”，一个是“实景”。实景中遇到的问题远超过课桌上的题目，每一个实景问题都是综合性的，需要跨学科知识才能解决的；而大型活动并非是小活动的比例放大版，它会衍生出无数新的问题，并对于知识的融合有巨大贯通作用，而且，有一定体量或者环节的问题必定会涉及到E（工程）的问题，否则的话，再难的事情，如果只需要一步就可以实现，那只能算T（技术），而不是E（工程）。我们特别强调以E为核心的综合实践，在STEM里面，E是一个提纲挈领的作用，凡涉及到



工程问题，那必定包含其他技术、科学和数学方面的问题，但反过来却未必。所以我们把对于E的学习和实践放在第三阶段。整个三步见下图：

（四）STEM 案例介绍

分科教育容易使学生学到很多孤立的知识。而孤立的知识在处理实际问题时往往束手无策。因此要注重在教学中把知识关联起来。下面是2个案例。

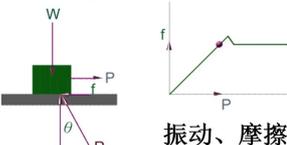
案例1. 无轮小车。

这是给初中学生上的科学课，要求学生在理解科学原理后，自己设计制作出无轮小车，然后进行速度比赛。

开始由我集中讲解科学原理、培训激光机操作技术，然后学生自己分工、讨论、设计、

制作、调试。最后的作品都有鲜明的个性。过程之中鼓励学生探究各个参数（如重心位置、腿的长短、腿的倾斜角度等）对装置运动的影响，鼓励学生在设计中考虑后面修改的方便。

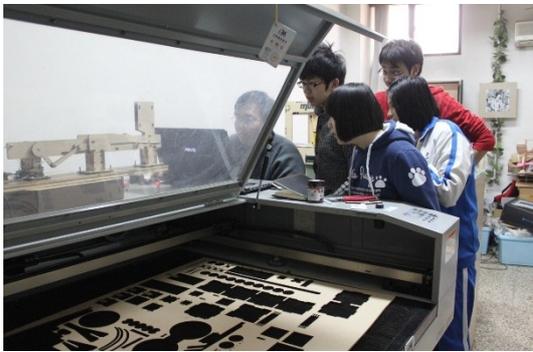
STEM案例：指导中学生设计“无轮小车”

<p>S 科学原理</p>  <p>振动、摩擦</p>	<p>T 技术手段</p> <p>激光切割机</p>
<p>E 工程设计</p> 	<p>M 数学分析</p> $m\omega^2$ $(M +$



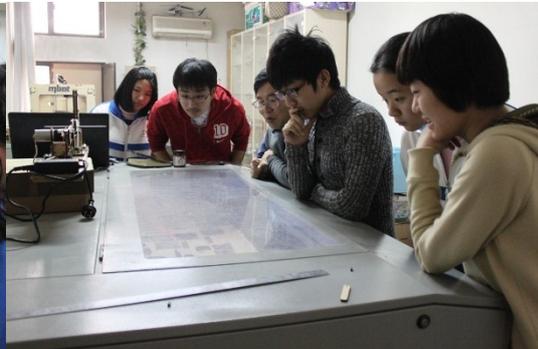
STEM 的一个案例

培训学生 CAD



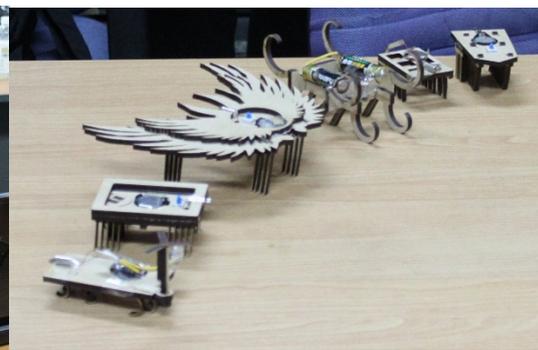
学习激光切割机的操作

讨论方案



设计

切割自己的作品



拼装

最后个性化的作品

案例 2. 幸运之草

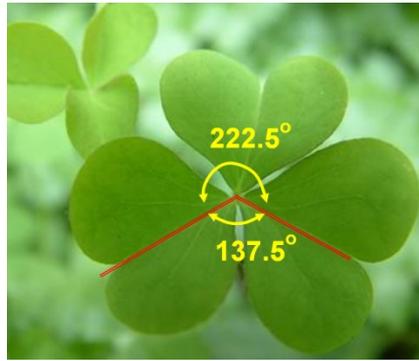
我有时会把艺术元素和人文教育元素融入 STEM 教育中。“幸运之草”是专门设计的一次 STEM 课程，把数学、生物学、童话、机械运动、设计融合在一起，教育学生：“**既然四叶草很难寻找到，为什么我们不去自己创造？**”从而对学生进行更深层次的教育。

引子：首先介绍数学中的斐波那契数列

1, 1, 2, 3, 5, 8, 13, 21, 34, 55, 89, 144, 233, ……

然后让学生寻找隐藏在该数列背后的数值：相邻的 2 个数相除，有什么规律？学生们很快会发现除数趋近于 0.618，黄金分割值！

再转到植物方面：很多植物（非所有植物）在生长的过程中为了能最佳地利用空间（亿万进化的结果），每片叶子和前一片叶子之间的角度是 222.5° ，这个角度称为“黄金角度”，因为它和整个圆周 360° 之比是黄金分割值 0.618。



三叶草

既然斐波那契数列和植物生长都与黄金分割数有关，那植物与斐波那契数列有什么关系呢？如果我们稍微注意一下，会发现自然界中的大部分植物的叶子或花瓣通常是 3、5、8 等数目。例如人类在太空中培养的第一颗植物，就是 13 瓣的菊花！

也许你听过寻找幸运草的故事——找到四叶草就会得到幸福。四叶草的四片叶子分别表示：真爱 (love)，健康 (health)，名誉 (glory)，财富 (riches)。

有理由认为三叶草是自然界优化的结果，而四叶草可能只是变异的结果（这可以成为另一个研究问题）。三叶草很容易找到，而四叶草在自然界中只有百万分之一的概率，很难被找到。既然四叶草很难寻找到，为什么我们不能自己创造？

主题：今天我们的目标，就是设计出一种简单的装置，可以画出四片花瓣。

自然界中真实的四叶草轮廓比较复杂，我们用数学中的“四叶玫瑰线”来代替“四叶草”。

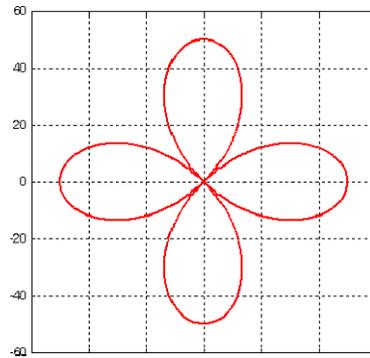
探究问题 1：四叶玫瑰线能否用简单的装置画出来？

探究问题 2：各部分的尺寸和画笔位置如何确定？

我会介绍四叶玫瑰线的方程，让学生从数学和物理的角度理解这个方程（具体过程略），然后根据自己的理解，设计制作装置来完成任务。

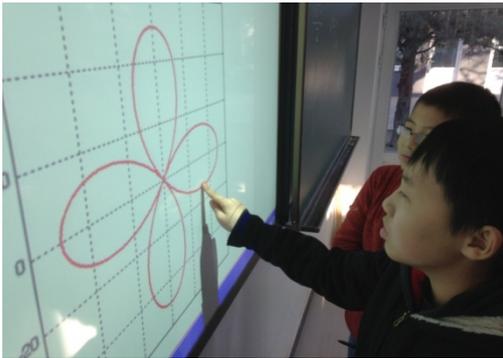


四叶草

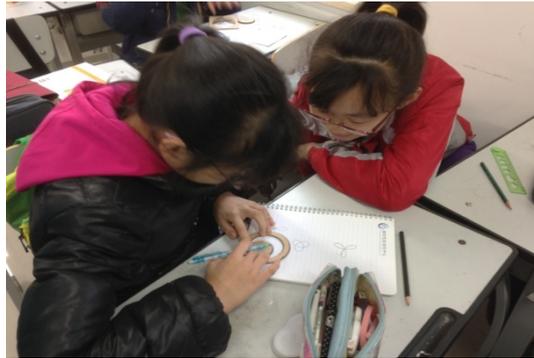


数学上的四叶玫瑰线

学生们开始研究。然后利用卡魅平台做出道具，却发现画出的结果不正确。没有关系，在 STEM 课程中，允许学生试错和修改。最后很多学生可以画出完美的四叶草！



研究



做出道具，但是结果不对

本次课程，既教育学生把不同学科的知识融会贯通，更教育学生要自己创造幸福，把科学、技术与人文有机地融合在一起。

案例 3. 纸桥过车

这是中央电视台《异想天开》栏目改版后的第一个节目，是一个真正异想天开的比赛。

提供 6 吨废报纸，要求设计制作一座纸桥，长 6 米，高 2 米，能让真正的汽车开过去。清华大学队和网友队参加了比赛。限于篇幅，只介绍清华队的情况。

清华队考虑设计纸筒桥，重点提高纸张的抗弯刚度问题。

学生们找了几根纸筒，尝试如何才能捆结实。他们计划用纸带捆绑纸筒，于是他们分工合作来产生纸带：整理报纸、裁切、粘贴、烘干，已经成流水线作业了。

为了获得纸筒的材料参数，学生们因陋就简，利用自己的体重做纸筒的弯曲试验。学生

们只用一把钢尺就测出了纸筒的抗弯刚度。此外他们用了许多简单巧妙的方法做了纸筒的摩擦试验、稳定性试验、破坏试验等，得到了需要的参数，为理论分析提供了依据。



做纸筒的弯曲试验

在造桥时，清华队考虑了比较多的因素，例如纵梁是主要的受力构件，是纸桥的核心；桥墩是为了防止纵梁的变形过大；横梁是为了把汽车的重量均匀分配到纵梁上；垫纸是为了减少汽车过桥时的振动。清华队做了大量的试验和理论计算，从理论上计算出 1.5 吨的汽车过纸筒桥时，最大变形不超过 1 厘米。因此清华队是充满信心参加比赛的。比赛结果并不出乎学生们的意料，在现场几乎看不出清华队的桥有什么变形清华队挑战成功。



吉普车在纸桥上顺利通过

回想整个造桥的历程，每位参赛的学生，在短暂而难忘的十多天中，经历的困难之多，心情起伏之大，应该说远远超出了他们最初的设想。。

最后一天进行比赛，虽然我们预料一定会成功，但是现场的气氛还是很紧张，毕竟以前没有真正的汽车从纸桥上开过。当现场主持说“清华队挑战成功”的话音还在耳边，场下的同学们已经飞跑上场，相互拥抱。他们太兴奋了以至于有的学生嘴唇都碰破了，眼镜都撞飞了…

在真实情景下，会遇到各种问题，需要运用不同的知识去解决，这是培养学生融会贯通

的很好机会。

从培养学生能力的角度看，这一活动涉及到组织、分工、协作、理论分析、试验、制作等多方面，学生们为此自己推选了队长、发言人、工程师、会计等。

下面是他们曾经做过的部分工作：寻找桥梁的计算软件、学习软件的使用、自学材料力学内容、讨论桥的方案、进行理论计算、做摩擦试验、弯曲试验、稳定性试验、破坏试验、上网查有关信息、打电话联系厂家、写合同、给电视台报账、做纸带、去外地工厂联系、计算如何节省经费、做桥墩、做桥身等等。

在这一过程中，他们学会了如何快速、简捷地抓住问题的实质，大刀阔斧地处理问题。以力学分析为例，当需要知道纸筒的各种力学参数时，他们在没有任何正规仪器和工具的条件下（国庆期间实验室都关门了），利用各种简单而巧妙的方法获得了这些参数。

与当前创客的豪华设备相比，我们当时更强调了创意。的确，这一活动结束后，全国多家媒体进行了大量报道，中央电视台、北京电视台拍摄了专题节目。

另外，在整个比赛过程中，学生们置身于数量众多而巨大的困难中，在大部分时间内伴随着失望和绝望，终于赢来了最后的成功和难以抑制的喜悦。学生们亲身经历这些心情和体验，都将成为他们成长过程中一个重要环节。

当困难一个接一个出现，眼前没有任何希望的时候，最能考验人的毅力，也最能发挥人的潜力，磨练人的心理素质。而当学生们解决了所有的问题，他们的自信心、处理问题的能力、协作精神等都得到了充分的锻炼。最重要的是，在他们个人能力得到锻炼的同时，这次活动也能使他们认识到：只有发挥每个人的作用，通力合作，才能做好一件复杂的事情。

通过这次活动，学生们认识到，理论与实际还是有差距的，但是理论的作用是巨大的，它是人们认识自然、改造自然的有力武器。通过与对手的比较，学生们明白了这样的道理：我们的成功是建立在可靠的科学理论分析基础上的，虽然对手可能比我们更辛苦，付出的代价更大，但是好的设计方案是决定性的。

反观目前的创客教育，以技术为主（尤其集中在数字化技术），还缺乏很多科学原理、数学知识的运用，也普遍缺乏人文方面的内容。

五、总结

从教育的角度看，STEM 教育是系统的本质的，而创客教育是零散的表象的。因此正确理解创客教育与 STEM 教育的关系，利用创客教育的热潮整合 STEM 教育，就显得尤为重要。

根据自己的思考和经验，提出下面几点建议。

1. 嵌入创客教育模式，平缓 STEM 教育初始阶段的学习曲线。

创客教育和活动明显可以降低 STEM 起步阶段的难度，对于平缓初始阶段的学习曲线大有裨益。并且，如果融入创客教育，将更加丰富学生的学习内容。但目前遇到的主要问题在于教师和课程。虽然部分教师具有较强的信息技术应用能力和良好的高级编程能力，但更多老师还未达到指导一项复杂的、综合性的教育活动的要求。在具体课程上，STEM 教育基本建立在通畅的知识消化体系的基础之上，如果加入创客课程的内容，就可借助高效的数字化设备（激光切割机、3D 打印机和开源硬件），设计更为实用的课程，通过课程让学生看到学科之间、学科与现实之间的关联，从而让学生了解真实的生活，培养学生的交流技能，促进学生在身体、智力、情感和品德的全面发展。

2. 强调创客教育为用，STEM 为本

现有的创客教育活动，不管是高校还是中小学，都没有形成一套成熟的课程体系，且缺少体系化的培养模型和教材，大部分还处于对科技应用的松散实践阶段，还不能取代学校的系统化教学。为培育众创人才，作为新兴教育活动，创客教育体系迫切需要吸收 STEM 教育的精髓，加强基础学科的建设和培养，形成一套适应创客教育发展的教学方法。

由此可见，目前可行的方案是要做到二者互补结合。既要进行科学知识的发现和创造，又要让学生在杂乱无章的学习情境中提升设计能力、合作能力、问题解决能力。既要深化 STEAM 教育，在学生的创造实验中设置更多 STEAM 课程，又要大力推广数字化设备，让创客教育成为学校开展 STEM 教育的有力抓手，保证学生学习创新的可持续性。

同时注重整合 STEM 教育资源。相关部门可以组织专家整理 STEM 教育的理念，完成相关的专著，讨论形成我国的 STEM 教育大纲；目前创客空间有很多，也有很多零散的作品，可以组织专家提炼整理典型案例，根据知识结构图，补充设计一些新的案例覆盖传统教育的所有知识；组织培训中小学 STEM 教师；鼓励利用科技馆、MOOC、电视节目、科技比赛等不同类型的资源开展 STEAM 教育。

附录：

常见问题

1、如何开设卡魅课程？

答：为更好的完成卡魅课程，我们开发了专用的“卡魅实验室”产品，可以通过整体引进实验室来开设课程。

卡魅实验室主要组成：

- 激光切割机及配件
- 设计软件
- 视频互动教学系统
- 手绘扫描仪
- 学生电脑若干
- 课程资源包（教材、耗材和配件）
- 装饰装修



2、卡魅实验室项目有何其他优点：

- **师资培训保障** 由清华创新教育培训中心专门负责教师培训。
- **创新理念支撑** 实验室由高云峰教授设计并开发，高教授对创新教育、创客教育和STEM均有完整理念和实践形式。
- **耗材成本** 卡魅使用的耗材为环保中纤板，普通建材市场均有销售，价格非常低廉。
- **维护成本** 激光切割机属于非接触加工方式，不容易损坏，学校维护机器成本很低。

3、如何选择3D打印机和开源硬件课程？

答：该类课程选择较多，我们建议学校选择口碑好、产品好、有完整课程的产品。

4、如何引进大型实景项目培养学生STEM素养？

答：高云峰教授在清华创新教育培训中心开设一些经典的大型实景项目，比如纸桥过车、手机吊冰箱、飞针穿玻璃、弹簧称称大象……可以派遣教师和学生来内地学习，并可作为和内地长期的交流培训项目。

5、对于已经开设有三维打印、机器人、无人机 STEM 课程的学校有何建议？

答：高云峰教授有 20 多年创新教育实践经验，他的课程体系来源于实战经验，目的就是为解决目前 STEM 课程出现的各种问题的。如果学校遇到了高教授所提到的类似问题，可以考虑高教授提出的解决方案：即在原有课程的基础上增设卡魅课程和大型实景项目。

【完】