

# Fab Lab 创新模式及其启示

宋刚<sup>1</sup> 陈凯亮<sup>2</sup> 张楠<sup>3</sup> 唐蔷<sup>3</sup> 朱慧<sup>4</sup>

(1、北京大学遥感与地理信息系统研究所,北京 100871; 2、麻省理工学院比特和原子研究中心;  
3、清华大学公共管理学院,北京 100084; 4、北京市市政管理委员会科技处,北京 100032)

**摘要:** 信息技术融合与发展为科技创新模式嬗变提供了新机遇。本文讨论了 Fab Lab 创新模式的发展背景及典型案例,并重点分析了其对我国以用户创新为中心的应用创新实践的理论及现实意义,以期引发研究与实践领域围绕用户参与的创新 2.0 模式发展的深入思考。

**关键词:** 创新 2.0; Fab Lab; 应用创新; 用户创新; 个人制造

## Innovation Mode of Fab Lab and Its Enlightenment

SONG Gang<sup>1</sup>, CHEN Kailiang<sup>2</sup>, ZHANG Nan<sup>3</sup>, TANG Qiang<sup>3</sup>, ZHU Hui<sup>4</sup>

(1, Institute of Remote Sensing and GIS, Peking University;

2, Center for Bits and Atoms, Massachusetts Institute of Technology;

3, School of Public Policy & Management, Tsinghua University;

4, Science and Technology Department, Beijing Municipal Administration Commission)

**Abstract:** The convergence and development of ICT provides new opportunities for evolvement of technology innovation mode. This paper discusses the developing process and typical cases of innovation mode of Fab Lab, analyzes its theoretical and practical implications to application innovation practice in China, with user innovation at its core, in order to trigger in-depth thinking on development of Innovation 2.0 both in academia and practitioners.

**Keywords:** Innovation 2.0, Fab Lab, Application Innovation, User Innovation, Personal Fabrication

信息通讯技术的融合与发展推动了知识社会的形成,也深刻的改变着人们生活、工作方式、组织方式与社会形态<sup>[1]</sup>。信息革命和知识社会不仅使得计算无所不在、网络无所不在,带来了计算与网络的普适,改变了信息获取、处理和传播的方式,使得信息普适、知识普适,以知识为基础的创新活动也变得无所不在<sup>[2]</sup>。社会形态越来越呈现出复杂多变的流体特性,传统的社会组织及其活动边界正在“融化”<sup>[3]</sup>。传统意义的实验室的边界以及创新活动的边界也随之“融化”,真正生活、工作在社会中的用户才是创新的主体<sup>[2]</sup>。以生产者为中心的创新模式正在向以用户为中心的创新模式转变,创新不再是少数人的专利,而应成为民主的参与<sup>[4]</sup>。

应对信息通讯技术发展以及知识社会来临的机遇与挑战,不少国家和地区都在对以用户参与为中心的创新 2.0 模式进行探索。中国正通过体验、试验、检验这“三验”机制的建设,探索以用户为中心、需求为驱动的应用创新园区(AIP)模式,完善城市管理科技创新体系中应用创新与技术进步的“双螺旋”驱动<sup>[5]</sup>。欧盟各国则斥巨资建设 Living Lab 让用户在真实的生活环境中参与共同创新,并将欧洲 Living Lab 网络的建设作为信息社会、知识社会条件下重塑其科技创新能力和全球竞争力的重要举措<sup>[6]</sup>。麻省理工学院(Massachusetts Institute of Technology, MIT)比特和原子研究中心(Center for Bits and Atoms, CBA)发起的 Fab Lab 则基于对从个人通讯到个人计算,再到个人制造的社会技术发展脉络,试图构建以用户为中心的,面向应用的融合从设计、制造,到调试、分析及文档管理各个环节的用户创新制造环境<sup>[7]</sup>。2006年,国际顶级学术期刊 Nature 对 MIT 研究人员围绕 Fab Lab 理念在全球范围内的努力和尝试进行了专题报道和讨论<sup>[9]</sup>。

发明创造将不只发生在拥有昂贵实验设备的大学或研究机构,也将不仅仅属于少数专业科研人员,而有机会在任何地方由任何人完成,这就是 Fab Lab 的核心理念。相关构想和实践对于充分调动社会参与科技创新的热情,丰富公众参与科技创新的手段,构建创新型城市、创新型国家具有重要的借鉴价值。本文从 Fab Lab 的发展历程、主要构建原则及在发展中国家尝试的典型案例入手,分析了这一新兴创新模式的特点及理论与

现实意义，以期对国内相关领域借鉴其有益思路开展实践工作有所裨益。

## 1 Fab Lab的背景及发展历程

Fab Lab即微观装配实验室（Fabrication Laboratory），是美国MIT比特与原子研究中心发起的一项新颖的实验——一个拥有几乎可以制造任何产品和工具的小型工厂。该中心主任Gershenfeld教授认为，迄今为止，数字革命的发展已经经历了两个重要的阶段，分别是个人通讯和个人计算。以移动技术为代表的普适计算的发展通过上述两个阶段的发展，无所不在的个人通讯网络及个人计算已经形成。目前，人类正处于第三次数字革命的前夕，在这次以“个人制造”为核心的革命中，相关的材料技术和信息技术已经露出苗头。从某种意义上说，Fab Lab正是这即将到来的革命大潮前跃起的浪花。

Fab Lab的最初灵感来源于Gershenfeld教授于1998年在MIT开设的一门课程“如何能够创造任何东西”，这很快成为他最受欢迎的一门课。没有技术经验的学生们在课堂上创造出很多令人印象深刻的产品，如为鹦鹉制作的网络浏览器（<http://lab.cba.mit.edu/phm/demos/alex.mpg>），收集尖叫的盒子（<http://lab.cba.mit.edu/phm/demos/scream.mpg>），保护女性人身安全的配有传感器和防御性毛刺的裙子等等。可以制造任何想要的东西，学生们为此而兴奋，而这种可以实现随心所欲的个性化需求的目标，也逐渐成为Fab Lab萌芽的创新研究理念。

学生们的创新活动的热情使Gershenfeld教授受到了鼓舞。Gershenfeld教授认为与其让人们接受科学知识，不如给他们装备、相关的知识以及工具让他们自己来发现科学<sup>[7]</sup>。随后，第一个Fab Lab于2001年在波士顿建立。第一间Fab Lab由美国国家科学基金会（National Science Foundation）拨款建造，旨在提供完成低成本制造实验的所需环境。在Fab Lab中，创造自己想象中的事务的渴望激发着用户。这种用户也被称之为“领导者用户（Lead user）”，Eric von Hippel教授曾指出，“领导者用户”领先于用户总体的主流，而且他们为了自己所遇到的需求，期望从一个解决方案中获取相对较高的收益<sup>[4]</sup>。“领导者用户”在Fab Lab中扮演重要的角色。

Gershenfeld并不仅仅想在美国实践Fab Lab的理念。实际上，Fab Lab与不同文化背景、不同技术成熟度下特定需求碰撞出的火花可能更具价值。目前，全球已经建立了30家遵循类似理念和原则的实验室。第一家国际Fab Lab建立在哥斯达黎加。目前挪威、印度、加纳、南非、肯尼亚、冰岛、西班牙和荷兰等国家也在从事着Fab Lab的相关尝试，在最近六个月内预计还会有五家新的Fab Lab建立。

## 2 Fab Lab的构建模式与运行

### 2.1 Fab Lab的构建模式

Fab Lab是一个快速建立原型的平台，用户通过Fab Lab提供的硬件设施以及材料，开放源代码软件和由MIT的研究人员开发的程序等电子工具来实现他们想象中产品的设计和制造。目前组建一个Fab Lab大约需要2.5~5万美元的硬件设施和0.5~1万美元的维护/材料支出费用。而每个Fab Lab的开发过程、创新成果也并非独立的，而是在整个Fab Lab网络中通过各种手段（如视频会议）进行共享。

### 2.2 Fab Lab的技术运行环境

Fab Lab所提供的技术环境涵盖开发的全流程：从设计、制造，到测试、调试、监控和分析，再到文档整理。尽管有一个基本的工具集作为基础，但根据特定需求充分利用特定环境下的资源和工具同样重要。因此，Fab Lab也为用户提供了制造自己所需工具的能力，用户可以在Fab Lab的技术环境里自行创造实验过程中所需的特定用途工具<sup>[8]</sup>。

目前核心的开发设备包括以下几部分：计算机控制的激光切割器——将二维部件压接装配成为三维结构；标记切割器——生产印刷口罩，灵活电路及天线；精密（微米分辨率）铣床——生产三维模具和表面贴装电路板；更大的（4' \*8'）的数控铣床——制造适合家居（和房屋）大小的部件；聚乙烯切割机；可编程控制工具——低成本高速嵌入式处理器（例如Atmel AVR Mega系列和Tiny系列单片机）

#### 2.2.1 Fab Lab环境里的设计

每一个Fab Lab会配置一台或多台个人计算机，这些计算机用来整合实验室中的其它工具。CAD/CAM软件、二维或三维的机械设计，电子电路的建模、仿真和数据分析，印刷电路版（Printed Circuit Board, PCB）的布线设计，针对其它工具的接口设计和编程，以及出于交流和信息检索目的的网络发布和文档整理，这些工作都离不开计算机。

此外，为了向Fab Lab用户群提供封装好的工具，MIT媒体实验室的草根创新小组（GIG）提供了“罗汉

塔”系统——旨在实现辅助设计和加快商业电子系统原型构建的可扩展、模块化的计算结构单元。“罗汉塔”由若干不同的基本功能模块构成，包括中央处理器和一系列加在它上面的功能电路版，涵盖传感、触发、数据存储、通信、多媒体展现等功能。

用户不仅可以利用“罗汉塔”设计并开展自己的实验活动，而且也能构建自己的工具，例如低成本的示波器、简版的个人计算机以及机床的控制系统。拥有了构建工具的能力，使得用户不仅可以通过增加新的功能模块扩展系统，而且将能够真正的重建系统，甚至设计更加复杂的全新硬件系统。因此，“罗汉塔”系统本身就是一个集中体现Fab Lab研究和实践活动精神的例子：即“利用Fab Lab设备制造出的新的Fab Lab设备”（Things that make things）。

### 2.2.2 Fab Lab环境里的制造

个人制造是Fab Lab理念的主旨。强调将Fab Lab的创新重新应用于Fab Lab的开发环境中去。现有的Fab Lab在使用部分现成的商业制造工具的同时强调自行开发，不断通过个人创新来扩充Fab Lab的软硬件设备。如，Roland公司的高精度数控铣床、切割机和车床既可由标准的商业软件控制，但同时Fab Lab研究组也开发了自己的应用软件 CAD 和 CAM。定制的软件工具提供了更大的设计空间，不仅能够使用户制作绝大多数二维或三维的实物，还将高精度铣床改装成了用于自制印刷电路板（PCB）的工具，极大的缩短了简单单面或双面表面贴装PCB的设计周期，也明显缩短了一项创新从设计、制作到调试的总时间。另一个例子是目前研究人员正在进行通过数控铣床制作“自制精密数控铣床”的研究，这项研究一旦成功将意味着今后从一台精密数控铣床开始，就可以大量复制自制的精密铣床，从而实现硬件设备的“自我复制”。

Fab Lab研究组非常重视设计和制造能力，以及硬件设计的重要性，因为这是在许多环境下实现个人制造的重要一环，例如印度的软件开发已经取得了巨大的成功，但硬件开发却仍遭遇瓶颈。Fab Lab制造电子电路的能力可作为一种突破瓶颈的途径。电子制造过程很难脱离他人而独立进行，这是由于芯片和一些元器件由于较高的制作工艺无法独立制作，但PCB的制作和元器件焊接可在Fab Lab内完成，这也将极大的降低成本和节约开发调试时间。

### 2.2.3 Fab Lab环境里的调试与测试

为了调试和检验PCB的设计，Fab Lab配置了一些基本的电子设备，包括示波器、电压表、信号发生器及可编程微控制器开发工具。Fab Lab也为“罗汉塔”系统元件来代替这些特殊工具提供了可能。

Fab Lab的设备使用的关键是灵活性。MIT物理与媒体组研究人员Esa Masood开发了一种廉价的射频分析器。在小批量生产的条件下，其成本也只有1250美元（大批量生产还可降低100美元的成本）。射频分析器可测量10Hz到300MHz的阻抗，通过测量介电常数而获知物质特性。这一技术正在探索中的应用包括牛奶脂肪含量的分析和邮政信件包含物的分析。另一位研究人员Kenneth Cheung在Fab Lab中设计并测试了抛物天线。在设计过程中，利用Fab Lab软件CAD/CAM对天线抛物面的数学描述和对机器的精确控制，最终能够设计出从几厘米直径到几米直径的木质支架抛物天线，且设计制作周期极短，充分发挥了个人制造“灵活快速”的特点。此外，物理与媒体组的其他相关研究也借用了Fab Lab的设备来进行创新。如Internet 0项目的研究在初期很大程度上依赖于Fab Lab快速制作印刷电路板的特点，使得研究的调试和测试工作变得快速而方便。

### 2.3 Fab Lab的共享模式

Fab Lab开发的全过程需要以技术文档记录以方便知识与创新的激荡、传播和分享。思考圈（Thinking Circle）的理念也使文档整理更加方便。在MIT的Fab Lab中心，有专门的Fab服务器用于提供核心的技术支持；开源的版本控制软件 Git 也被引进Fab Lab体系，用来控制庞大开发项目的文档、代码同步。Fab Lab的用户可以利用计算机、扫描仪、照相机将创新设计在思考圈子传播，并得到他人的建议和评价。Fab Lab之间往往通过频繁的视频会议互相联系、共享，通过核心能力的共享使得使用者和项目也成为共享的资源。致力于促进世界各地Fab Lab人员互动交流的配套的Fab Academy（制造学会）也正在快速的建设当中，可以进一步推动这个Fab Lab圈子的发展。

## 3 Fab Lab的建立与实践

从Fab Lab的发展经验来看，其在美国本土之外的很多的发展中国家，反而焕发出更强大的活力。Fab Lab不仅能够帮助用户设计并最终实现所需的对象和工具，更能为草根科技创新发展贡献力量，使社会在其文化背景下以自身速率发展成为可能<sup>[8]</sup>。

Fab Lab研究组在推广过程中，为Fab Lab的建立过程中的订购、安装、培训、编程及项目发展方面提供

帮助。为了可以更好的支持这些功能，总部通过设在挪威的Fab基金会的协调。日前，Fab lab实验室正在组织越来越多的区域网络，以促进知识与创新的激荡、传播和分享。

### 3.1 哥斯达黎加：推行自主学习理念

于2002年夏天成立的哥斯达黎加技术研究所（TEC）是第一个国际Fab Lab，并将网络自主学习（LIN）的理念引入了哥斯达黎加。

发展中国家通常实践着别的国家和地区基于自身目标而设计的技术。LIN的建立将改变这种现状，它将帮助发展中国家的大学、基金会、公司和非政府组织增强针对自身需求发展技术的能力。Mikhak教授与哥斯达黎加的大学合作紧密，致力于在技术设计方面帮助当地发展新课程、研究计划、技术构架和实施策略。LIN的核心团队把关注点放在了与哥斯达黎加当地低收入农村相关的项目上。

参与Fab Lab的学生利用“罗汉塔”技术构建了自己的无线环境监测模块并应用于农业种植，也发明了用于皮肤病检查的便携式医疗设备。同时，LIN也使当地的学生扩大了知识面，从而切实提高了学校物理、化学等学科的教学水平，同学们甚至自己开发了浮力教学实验。越来越多的崭新应用不断涌现。

### 3.2 印度：在Fab Lab中解决本地棘手问题

在印度，Vigyan Ashram的Fab Lab发映了这一理念带来的技术变迁和社会变迁。Vigyan Ashram是在印度Pabal村旁设立的一个小型教育基地，它也是第二个国际Fab Lab。这个基地关注实践技能的教学，旨在满足传统印度教育体制由于种种原因无法满足的需求，使学生能够在课余实现自己的梦想。由于Vigyan Ashram地处农村，控制成本、方便的制作PCB对于Fab Lab的正常运作非常重要。

值得一提的一个创新应用是可以进行精确时间计算的柴油机引擎。所有Vigyan Ashram的柴油机及后备电源系统均调速不规则，而村民又买不起昂贵的商用柴油机计时器。他们使用“罗汉塔”系统进行自己的计时器的原型建设，并使用Fab Lab的机床来实现。相对于他们负担不起的昂贵的外部资源来说，他们更希望能使用自己制造的柴油机引擎。此外还有诸如用于更替旧打印机的齿轮的设计、牛奶成分检测计和人体血液监测仪等等有趣的发明。这即是Fab Lab的用武之地。Fab Lab模型的基层解决方案即为根据本地的发展水平和期望的数量进行准时的设计和生产，而这些工具正用于解决本地棘手问题。

### 3.3 挪威：因地制宜的创新活动

Fab Lab同样倡导用户根据当地自然条件的特点展开从构思、设计、研发到制作和测试的全流程创新活动。Fab Lab模式在挪威不同自然条件下催生的若干无线通讯应用则是很好的例证。无线通讯技术在山区被牧民们发展为“绵羊通讯”装置，通过这种无线电装置不仅能够使牧人能够管辖超过视野范围的羊群，也能够周期性系统性地追踪到任意一只羊从出生到出售的全过程。原理相近的技术对于海边的渔民则成为事用的“出海船只定位系统”。Fab Lab因地制宜的创新活动无疑能够带来潜在的巨大商机。

### 3.4 西班牙：体验自主学习的快乐

西班牙作为新近加入的Fab Lab成员，在巴塞罗那的Fab Lab正探寻着一个新的发展模式。即在Fab Lab中开设教育项目，使Fab Lab学员在尽情发挥想像力设计、制造的过程中体验自主学习的愉悦。同时通过授予学位提高学员的社会竞争力。这是Fab Lab一直强调的其“社会外延”的另一种新的表达方式。

由于Fab Lab还着眼于通过创新带来经济机遇，在Fab Lab中产生的发明都具有被商业化的潜力。Fab 基金投资机构通过多种金融手法：从网上广告Fab Lab发明，到小额信贷（microfinance），到风险投资（Venture Capital），再到两者的结合体，也就是称之为micro-VC的方法。Fab基金正在开展为企业培育Fab Lab实验室提供进入全球资本及市场的途径。

## 4 Fab Lab的启示

纵观人类社会的发展历程，科技创新的步伐从未停止。20世纪以来，信息通讯技术更是使推动科技创新以前所未有的速度日新月异。而什么将成为人类实现创新的下一个支点？Fab Lab的理论与实践围绕个人制造和草根创新为我们勾勒出一幅值得期待的图景。个人制造将为更广泛的群体自由的施展其创新理念提供重要

的基础平台；草根创新则将使创新活动褪去过往象牙塔赋予的神秘光环，更紧密的结合社会发展的实际需求。二者的交汇恰恰是创新2.0最核心的思想实质。

创新2.0是用户创新，是面向需求的应用创新，是创新模式的创新，与此相关的探索和思考已逐渐升温。而Fab Lab对创新2.0的贡献主要在于，它从微观领域出发的实践主义发展思路为相关理论和思考提供了宝贵的支点。一方面，Fab Lab选择了技术基础迥然不同的国家和地区展开实验，却总能将与当地文化、环境、特定需求的融合主旨贯穿始终，通过使用者和开发者角色的统一，打破了创新和应用间的壁垒，使用户创新有了实现的基础；另一方面，Fab Lab注重实践，尊重客观条件，致力于探索低成本的技术实现方式和教育普及手段，使用户创新看上去不再是空中楼阁，具有的很强的可实现性。“罗汉塔”系统或许对于专业的电子设备研发人员早已并不陌生。但当它神奇的出现在印度农村，并切实创造出了能解决当地需求的产品时，它的价值就需要被重新评估可考量了。

随着技术的发展、社会的进步，以用户为中心、需求为驱动、以社会实践为舞台、以共同创新、开放创新为特点的用户参与的创新2.0模式正在逐步显现<sup>[2]</sup>。与欧洲的Living Lab模式相比，Fab Lab同样希望通过用户的参与来缩短从技术研发到应用需求的链条，但二者各有特点。Living Lab试图根植于发展迅猛、无所不在的移动技术，靠快捷的无线网络缩短创新活动中要素的距离并将创新活动的多方主体紧密地联系在一起，移动技术既是先进服务的载体，也是用户参与创新活动的途径。而Fab Lab则希望通过推动自下而上的创新彻底改变创新主体来实现应用需求与研发创新的融合。Fab Lab的实践和经验为用户参与创新，成为创新主体提供了切实可行的支撑环境，促进了知识与创新的激荡、传播和分享，也将为我国建设以用户为中心、需求为驱动的应用创新园区以及构建应用创新体系提供重要借鉴。总之，无论是AIP还是Fab Lab或Living Lab，都是面向用户需求的应用创新模式，在不同的创新环境下发挥着不同的作用，但也有望在未来创新2.0的大框架下走向融合和共存。

#### 参考文献：

- [1] Song G. Transcending e-Government - a Case of Mobile Government in Beijing[C]//Kushehu I, Kuscu H. Proceedings of the First European Conference on Mobile Government, Brighton: Sussex University, UK, 2005.
- [2]宋刚,唐蕾,陈锐,纪阳. 复杂性科学视野下的科技创新[J]. 科学对社会的影响, 2008, (2): 28-33
- [3]Song G. and Cornford T. Mobile Government: Towards a Service Paradigm[C]// Remenyi D. Proceedings of the 2nd International Conference on e-Government, University of Pittsburgh, USA. 2006: 208-218.
- [4]Hippel E. Democratizing Innovation[M]. Cambridge, MA: MIT Press, 2005
- [5]宋刚,李立明,王五胜. 城市管理“三验”应用创新园区模式探索[J]. 中国行政管理, 2008, (专刊): 98-101
- [6]宋刚,纪阳,唐蕾,张楠. Living Lab创新模式及其启示[J]. 科学管理研究, 2008, 26 (3): 4-7.
- [7]Neil Gershenfeld. FAB: The Coming Revolution on Your Desktop--From Personal Computers to Personal Fabrication. New York: Basic Books, 2005, 4.
- [8]Mikhak B, Leon C, Gonton T, Gershenfeld N, McEnnis C and Taylor J. Fab Lab: An Alternative Model for ICT Development, 2002.
- [9]Mandavilli A. Appropriate Technology: Make Anything, Anywhere [J]. Nature 2006, 442, 862-864.

宋刚, 陈凯亮, 张楠, 唐蕾, 朱慧. Fab Lab创新模式及其启示[J]. 科学管理研究, 2008, 26 (6): 1-4  
SONG Gang, CHEN Kailiang, ZHANG Nan, TANG Qiang, ZHU Hui. (2008) "Innovation Mode of Fab Lab and Its Enlightenment" *Scientific Management Research*, Vol. 26, No. 6, pp.1-4