



袁烽

同济大学建筑与城市规划学院建筑系副教授。2008~2009年，美国麻省理工学院访问学者，主要从事建筑设计理论与专业方面的设计与教学工作，现任上海创盟国际建筑设计有限公司设计总监。2010年起负责教育部高密度人居环境实验室“数字设计研究中心”的工作，近年主要致力于数字设计方法与数字化建造方法研究。著作有《现实建构》（中国建筑工业出版社，2011年出版），《观演建筑设计》（同济大学出版社，2012年出版），与尼尔·里奇合作编著《建筑数字化建造》和《建筑数字化编程》（同济大学出版社，2012年出版）。

TONGJI DIGITAL DESIGN RESEARCH LAB (DDRC) IN THE TREND OF DIGITAL FABRICATION

数字建造背景下的同济大学新型数字设计研究中心

撰文 袁烽 同济大学建筑与城市规划学院

数字建造的发展背景

近年来，建筑界从仅关注概念发展到更加关注“从虚拟设计到实体建造”的完整过程。在数字化时代的今天，计算机早已融入建筑设计的整个流程中，其作用从计算机辅助设计CAD（Computer Aided Design）逐渐转向计算机辅助建造CAM（Computer Aided Manufacturing）的领域。数字技术已经能够实现一切实体性、物质性的现象与代码（Code）之间进行编码、压缩、传输、转换的可能。^[1]数字化技术的出现改变了人们对以手工艺传统为依托的建构的看法，建筑师也开始思考数字化与建构越发紧密的关系。数字化是对传统建筑设计思路和过程的一种优化和整理，它不仅不会破坏原有的设计环节，还可以使设计师从繁琐的重复劳动中解放出来，而更专注于创造性的设计。

从画图的铅笔、素描纸到CAD画图软件，再到犀牛三维建模软件中一系列画图命令；从传统手工模型制造的美工刀、胶水，到激光雕刻和三维打印技术，再到智能机器人辅助建造技术，建筑师已经逐步从传统的通过二维图纸设计空间发展到依赖对三维的电脑虚拟和实体表达的直观理解和感知来推敲设计。通过对过程模型的反复

测试和修改可以令建筑师更好地理解自己的设计，而数字建造技术在短时间内完成对相对复杂实体的制作，给予建筑师最及时有效的反馈。

数字实验室的发展以及国际先进机构枚举

在传统的建筑思维模式中，建造一直被视为是设计完成后的事情，是对于设计直观的呈现，因此在设计图纸和建筑成果中间总有一些主观或客观的差异。设计与建造的脱节经常会导致设计模型转化为实际建造过程中无法预期的困难，这在复杂结构与形体的现场施工中表现得尤为明显。于是，数字建造的直接和准确性成为了其不可替代的优势。尽管设计业和制造业尝试更多的同步合作，但不可否认当下两者仍是各自独立的。

麻省理工大学在1952年成功地将第一台电脑连接到了铣削机上，标志着数字建造的兴起。^[2] Neil Gershenfeld和其在MIT的同事在上世纪90年代初提出了数字建造工作室的概念，目的是融合设计和建造，实现从设计到生产的简单化、标准化、准确化。对于Gershenfeld来说，建造的数字化不仅仅是把设计数字化，同时材料和加工过程也被数字化了。实验室同时为设计师和大众提供了一个相对开放的平台，而这些设备在当



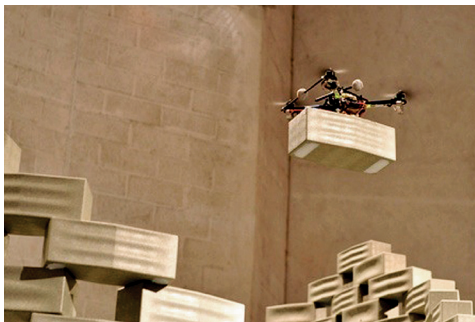
Neil Gershenfeld 教授和Fab-Lab



Neri Oxman的 Mediated Matter设计研究中心作品



Iaac Fablab House



Fabio Gramazio和Mattias Kohler的飞行机器人

时只有大型工厂的专业工程师才有操作的权限。这样的开放平台赋予了设计师对设计作品从设计到生产的全方位把控，在当时的建筑设计界开拓了一个崭新的领域。

Gershenfeld在2001年成立了比特和原子中心，至今该机构仍被公认为数字实验室的标杆。它同时也是一个多学科性的实验中心，研究重点在于挖掘电脑科学和物理科学的关联，比如如何将数据转化为实体，或是将实体转化为数据。^[3]创办者的构想是希望数字中心在未来可以变得更加简单、经济，这样就可以在世界各地成立分部，各分部具备独自经营的能力，并能够结合当地的资源完成地域性的项目。麻省理工的媒介实验室和比特原子中心就是姐妹合作关系，旗下Neri Oxman教授成立的调和物质研究中心致力于生物技术启发的新型设计制造工具和技术，改善了自然环境和人工环境之间的关联，成果显著。^[4]

世界范围内还有数家知名学府成立了数字建造实验室，并在设计的不同领域取得了杰出的成就。苏黎士联邦理工学院的数字实验室由Fabio Gramazio教授和Matthias

Kohler教授带领，专注于对建筑材料和建造工艺的理性数字化和构筑美学设计，以及对非标准化的建筑构件的设计和制造。2011年，该实验室成功使用飞行机器人在无人参与的环境下使用1 500个砌块构筑6m高的建筑模型。^[5]目前，其研究范围已经拓展至流体材料的模块化和建造方式。^[6]此外，加州大学洛杉矶分校的先进技术实验室在Craig Hodgetts、Greg Lynn和Thom Mayne的带领下，与华特迪士尼幻想工程、盖里科技等公司合作，探索数字技术与机器人智能在实际建筑工程中的开发和运用。^[7]

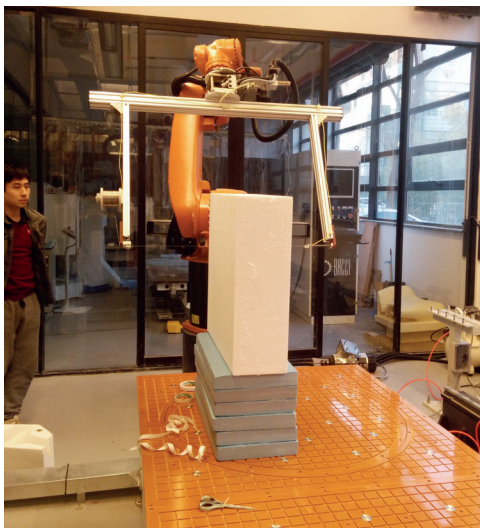
同济大学数字设计研究中心的成立

数字研究设计中心的配备

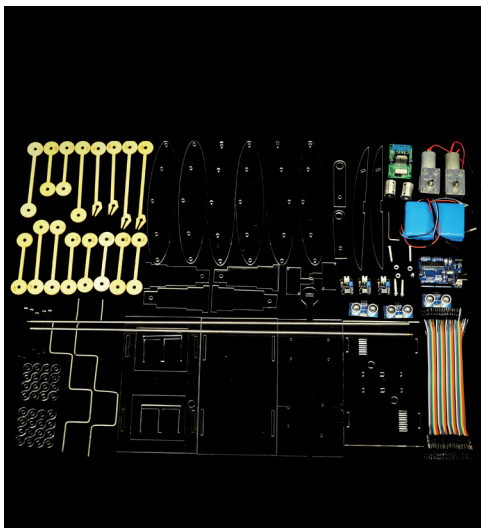
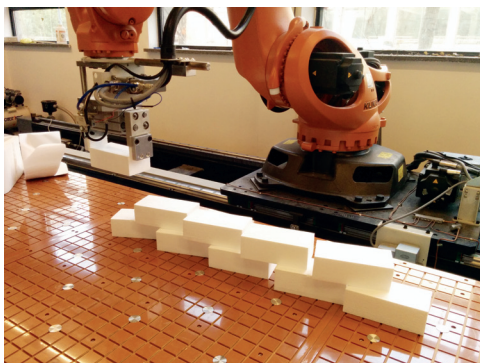
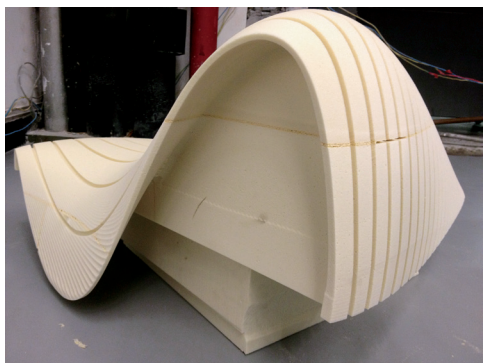
数字设计研究中心（DDRC）作为同济大学建筑与城市规划学院研究数字化建筑设计方法和数字化建造的重要平台，成立于2012年，是钱峰教授主持的教育部重点实验室“高密度人居环境生态与节能”体系的研究范畴的重要组成部分，研究中心下辖数字建造实验室和生态数字表皮实验室两个子实验室。



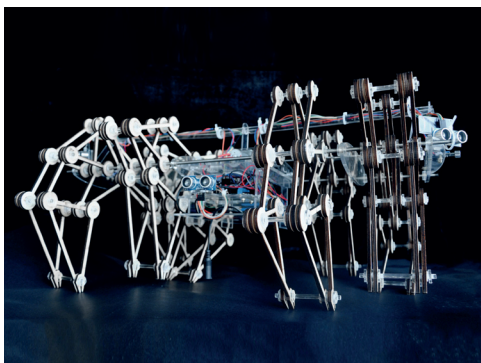
同济DDRC实验室的5轴CNC数控机床



同济DDRC实验室的Kuka高精度机械臂



同济大学14年“数字未来”学生作品



数字设计研究中心目前拥有彩色三维打印机、激光粉末烧结系统、五轴CNC数控机床、激光切割机，以及两台高精度Kuka机械臂组成的机器人数控加工中心。目前，实验室已经实现用五轴CNC数控机床对ZAHA HADID事务所设计的Heydar Aliyev中心建筑模型的一体化加工和对六轴机械臂的铣削、热线切割、夹具以及制陶等工具端的开发和测试，并致力于对已有工具的组合使用、设计创新以及新型工具端的研发测试。

数字研究设计中心与教学的紧密联系

同济大学数字设计研究中心自成立以来，对建筑设计学科的多元化发展起到了很大的推动作用，这不仅体现在学生设计模型的多手法表现上，更体现在学生对设计方法的拓展思维上。

借助数字设计研究中心的平台，同济大学建筑与城市规划学院和美国南加州大学联手成功举办了两届上海“数字未来”系列学术活动。每年针对数字设计和数字化建造提出一个主题，并围绕该主题进行

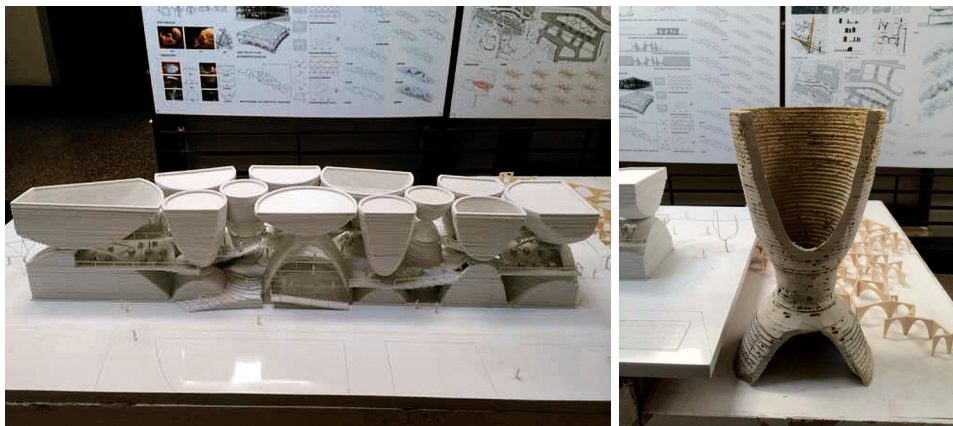
相关的国际会议探讨，开展数字研习班和建造工作营的教学实践以及最终成果展。^[8]参与国际会议的建筑师均来自国内外知名大学院校和事务所。建造工作营强调建造是设计的真实体验，注重过程本身的逻辑性。在建造过程中培养学生们对材料和建造过程的认识，研究算法逻辑如何从手工实现到数控机器的实现。学员首先要学习研究如何合理地把虚拟设计中的建筑信息传送给数控加工，这需要根据具体情况，如加工材料、加工工具等找出相应的解决办法。同时，学员还可以亲身参与到从设计到对建造方法的研究、材料的选择、节点的设计和建造过程的控制，并通过过程的反复来加深对设计本体的认知。

同济大学的建筑设计课程也开始将数字建造带入到对本本科生和研究生的教育培养中，鼓励学生在创作中运用先进的数字技术。通过将设计课程与数字设计研究中心进行搭接，学生在设计的开始就可以走进数字建造实验室实践自己的想法，设计建造的数字设备成为了设计的灵感和手段，为设计创

新提供了实验的平台。数字设计成为了概念构思中理性逻辑的发展基础，建造方法和过程也成为了设计的一个步骤，避免了纸上谈兵的设计方式。

数字研究设计中心与建筑研究实践的合作联系

同济数字研究中心同时也对学者和建筑师开放，鼓励他们参与到对新技术的研究和开发中来。实验室提供了一个学术交流的平台，鼓励知识和资源的分享。上海创盟国际建筑设计有限公司（ARCHI-UNION）的建筑师与研究中心合作，对Kuka机械臂的热线切割功能以及虚拟数字平台的加工模拟进行了深入的研究。借助数字研究中心的先进设备，创盟国际事务所在2013年的公司十年作品展览中完成了一个由机械臂加工的轻拱装置。轻拱的108个高密度泡沫砌块具有由直纹曲面构成的不同大小和形态的孔洞，使装置与光线、视线形成多角度的互动，同时也对建筑自身的结构体系进行了遗传算法的优化。每个砌块的加工都是由Kuka机械臂使用热线切割的工具端在20min以内快速准确地完成的。基于砌块个体加工的高度准确



同济大学袁烽教授指导的未来博物馆设计课学生作业



创盟国际建筑事务所“轻拱”装置

性，整个装置的搭建只用了一天时间，而且没有借助任何辅助支架。

尽管数字加工在制造业已被广泛使用，但在建筑行业还处于萌芽阶段。建筑从业者因为普遍接受传统教育模式，对计算机编程和数控设备的操作并不十分了解，在很大程度上限制了借助数控设备实现其设计理念的可能性。为了跳出这些限制，同济数字研究中心开展了一系列的讲座和研讨会，帮助设计师学习和掌握数字化设备，为他们今后的设计研究铺平道路。研究中心计划利用网络平台的资源继续普及数字建造的知识和方法，希望能在不久的将来让广大设计师在很短的时间内便可以掌握数字设备的基本使用方法。

数字研究设计中心的未来展望

中国的大部分建筑教育，一方面仍是围绕着西方历史建筑理论的思潮发展而前行的；另一方面，则是重视和强调“解决问题”能力的培养，即职业能力的培养。我们似乎缺少了从建筑本体角度自我批判的思考能力。建筑学本体认识与设计方法理论从未

停下发展的脚步，将二者结合可以深刻地推动未来中国建筑学的发展。那么，“发现问题”的研究型教学能否在国内的建筑教育中得到推广？数字研究设计中心正是基于这一目的成立的，希望帮助学生在建筑学习中回归对本体的思考，鼓励学生发现和提出问题，拓展设计思路，从建筑设计建造的全方位进行研究和创新。数字研究设计中心计划整合更多的资源，让学生更快速直接地接触数字设计和建造，并在确保安全的情况下将实验室完全开放给学生，使实验室成为未来设计离不开的实践场所。

数字研究设计中心也将借鉴国外先进研究机构的合作模式，逐步地把研究范围从建筑领域延伸拓展到城市、环境、生态、材料、工业等多个领域，同时与本土以及国际上致力于数字建造研究与开发的公司、个人进行更紧密的联系与交流，通过前沿学术论坛、设计工作营和国际会议的形式交流想法、分享经验，真正实现教学、研究、生产的紧密结合，从而成为孕育中国数字科技新想法的孵化基地。AT

参考文献

- [1] Neil Leach, David Turnbull, Chris Williams. Digital Tectonics. Wiley-Academy, 2004: 8.
- [2] Neil Gershenfeld. The Physics of Information Technology. Cambridge University Press, 2000: 25.
- [3] 麻省比特和原子中心 <http://cba.mit.edu>.
- [4] 麻省调和物质研究中心 <http://web.media.mit.edu/~neri/site/>.
- [5] 苏黎士联邦理工学院 <http://www.dfab.arch.ethz.ch/>.
- [6] Fabio Gramazio, Matthias Kohler. Digital Materiality of Architecture. Lars Muller Publishers, 2008: 57.
- [7] 加州大学洛杉矶分校先进技术实验室 <http://www.aud.ucla.edu/>.
- [8] Philip F.Yuan, Neil Leach. Digital Workshop In China. Tongji University Press, 2013: 13.