

逻辑与建造——数字化设计与建造课程体验

logic and Construction:

Experience of the Courses of Digital Design and Fabrication

撰文 段梦媛 南京大学建筑与城市规划学院硕士研究生

摘要 从课程体验的角度,通过对研究生阶段两个数字化设计与建造课程的实际参与,从设计过程、建造过程、所遇问题的解决和对设计与建造逻辑及手段的思考等方面对数字化设计及建造进行解读。

关键词 数字化建造 逻辑 形态 体验

1 课程简介

自2008年起,参数化设计开始在建筑业界和各大高校中风行,建筑师也逐渐从开始的新奇到后来对参数化形式的审美疲劳。目前在国际上逐渐成为主流的是“数字化建筑”这一新的设计方法和技术。本文起源于笔者在研究生期间参加的两个有关数字化设计与建造的课程。

课程一“数字建筑”是笔者在研究生一年级参加的由南京大学建筑与城市规划学院吉国华教授开设的一门实验性研究生课程,课程合作者为曲珩。课程的题目为“‘亭榭’—参数化生成原型与演绎”,要求学生在宜兴竹海风景区内自选基地,采用数字化设计技术,以Rhino script 或Grasshopper为软件平台,设计一处形态新颖,切合山、水、竹空间环境特色,供人休憩停歇的“亭榭”。课程要求设计必须将构造和建造问题纳入考虑,最终成果必须考虑搭建的可能性。

课程二“QPC Workshop”是笔者在研究生二年级参加的由南京大学建筑与城市规划学院与荷兰代尔夫特理工大学Hyperbody 研究组联合举办的工作坊。Workshop由代尔夫特理工大学的Nimish Bitoria副教授和冯瀚研究员以及南京大学建筑城市规划学院的吉国华教授和童滋雨博士主持。为期两周,参与学生为8名hyperbody研究组成员、6名南大研究生和4名本科生。QPC即量子点云的概念起始于冯瀚研究员的研究,目的是在参数化设计的背景下探讨设计者与程序之间的互动。Workshop准备了基于Rhino、Grasshopper、Processing等主要软件平台的一系列设计辅助程序,并扩展使用了C#、VB.net程序包以及一个外在几何库,在Workshop中讲解并交付学生作为工具进行设计,应用并体会以互动为基础的新的参数化设计手段和理念。题目为设计一个校园活动发生装置,并加工建造出来。

2 课程一:设计过程

课程一中笔者开始接触Rhino script的编写,并以此为工具进行设计。脚本编写限于“赋形”,建造部分仍采用传统设计模式。在这次课程中,两种设计模式的不同让笔者意识到探索新工具对设计产生的巨大影响。

2.1 形态规律及参数模型的建立

设计以“wave”为意向,形态规律由一个简单的正弦曲线出发。笔者按照功能尺寸设定一个7.5m×7.5m的平面为亭榭平面,设定格栅数,提取交点获得点集,在点集内选取波源点,设定波动半径为R,点云沿Z的运动规律遵循以下公式

$$\text{Distance} \leq R, F1(x) = m * x^n (0 < n < 1)$$

$$\text{Distance} > R, F2(x) = b + a * \sin(x + t)$$

以一个波源点为例,按照规律运动后的点集形成的是一个由一个波源点震荡的曲面(图1)。波源点的位置和数量由设计者自行选定,当有多个波源点时,则按选定波源点顺序依次运行函数叠加后得到点集。在本作业中选取的是4个波源点,按照叠加规律运动后的点集形成的是一个由四波源之间相互干涉的震荡后的曲面(图2)。波源的数目、位置、波动半径、振幅大小等均为形态参数,可自行调节得到大量模型,至此参数形态模型已经确立。

2.2 从形态逻辑向建造逻辑转换

首先按照XY坐标系中0.3m为建造单位重新生成mesh曲面,这个曲面即是具有建造意义的模型,是建造逻辑的开始。接下来将曲线转化为杆件。将杆件分为两大部分:落地支撑部分和相互支撑部分。模型中落地的部分打断转化为落地支撑,即形态上的波源点成为落地支撑区域,由数个落地支撑组成。保持落地支撑部分为不间断的连续支撑杆件(图3)。其他杆件按照0.3m为单元打断形成相互支撑杆件。相互支撑杆件间通过相互错位的穿插,形成搭接(图4,5)。

2.3 最终的设计成果展示(图6)。

3 课程二:设计及建造过程

课程二以实际搭建为目的。材料加工工艺限制和总体造价、时间控制是最终设计成果的重要制约因素。从概念到形态到设计控制指标精确控制的全过程压缩在4天内完成。在预制设计辅助软件的帮助下,每一组学生设计都完全符合实际加工建造的要求。在课程中,笔者接触到数字化建造(digital fabrication)的方法,采用参数化工具完成施工图的绘制并导入数控机床进行加工。虽然由于加工机械的限制,实现“文件到文件”(file to file)的无

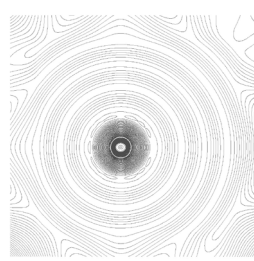
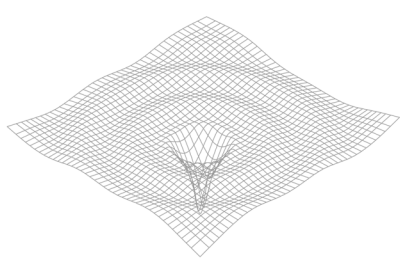
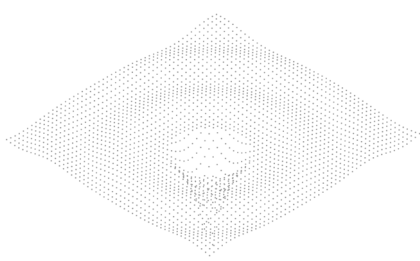
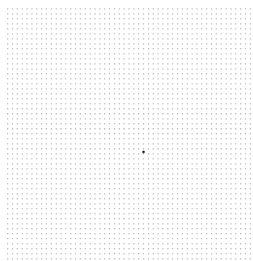


图1 一波源点所成震荡曲面

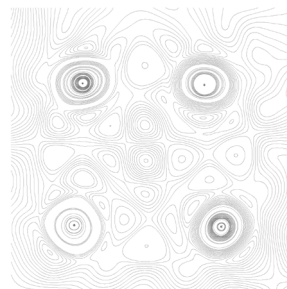
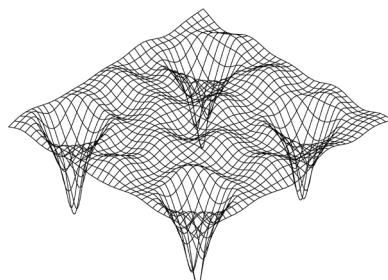
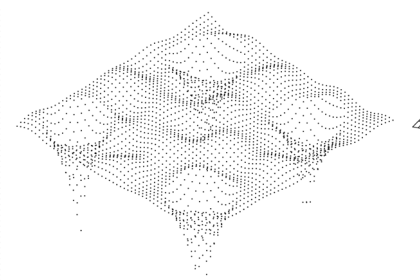
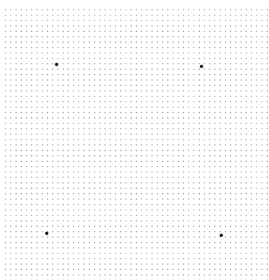


图2 四波源点所成震荡曲面

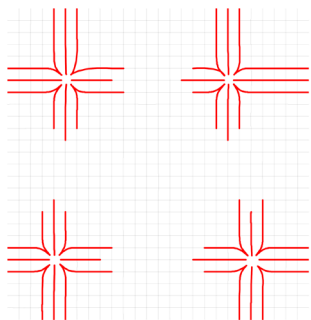


图3 落地支撑

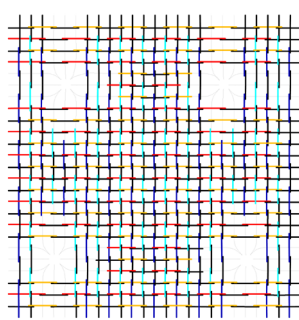


图4 错位搭接



图5 搭接节点

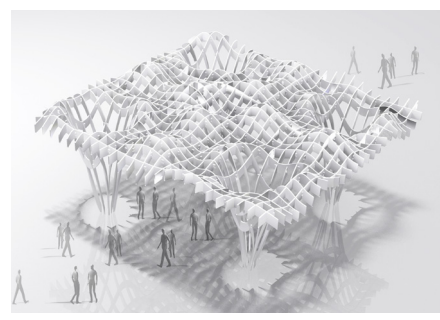


图6 亭榭-“wave”

缝连接是不可能的，但是针对机械的加工特点，设计了一个具备切割体块旋转优化功能的程序来绘制加工图纸，进而确保用最少的材料消耗实现最终的形体搭接。这一过程更让笔者意识到数字化建造的意义所在。

3.1 形态规律及参数模型的建立

学生混合分为5组进行概念设计，选取其中最符合建造和符合功能的两组Emergent Extremities和Energy Flow（笔者所在组）进行合并优化设计。优化方案遵循QPC Workshop的严格规则：制造的规格、建造的逻辑以及经费的使用。通过统一的计算方式，可以预见到在实际条件制约下哪些形态是最优化的结果以及是能够实施的。

优化方案通过对一系列人体工程学尺度的建立和分析，基于对三维曲线的描述以及各种曲线间叠加所呈现的空间类型的分类，来寻找到一个合理的空间（图7）。在所有的结果中，选择出最合理的曲线用以衍生出voronoi组件的三维点云（图8），并依据具有功能的遮阳构件、柱子和座椅，设计得到不同的尺度。在最后选择的曲线里，在曲线转折弧度较大的地方生成了较小的模块，在曲线比较平滑的地方生成了较大的模块。最终导入模型并通过软

件processing减少了总的模块数量并优化连接不同模块间面的数量（图9），由此在最后的空间结果保留了原始曲线的信息的同时，进一步完善最终设计的形态。

3.2 从施工图纸到实体建造

本次Workshop选择采用EPS体块配合热线机切割工艺。EPS材料以其轻质性、易于加工性、环保再利用性和保温性能，在欧洲先锋建筑实验中逐步得到重视和应用。针对EPS材料开发的数控热线切割机床以及基于EPS材料的粘接剂、表面喷涂工艺等的结合使用，给以低造价、快速搭建为要求的项目提供了方便的选择。

在本次Workshop中，笔者深入了解并亲手实践了基于EPS材料和热线切割机综合使用的整套设计、加工和建造方法。首先需要加工的是单体voronoi块，为了确保可以最大限度减少材料的消耗，算出每个voronoi块的bounding box，根据bounding box的尺寸选择不同尺寸的EPS进行切割。采用grasshopper程序，用遗传算法计算出各voronoi块的切割路径和顺序（图10），再导出cad文件并导入数控热线切割机床。之后我们进入位于市郊的工厂进行加工。分组编号切割各voronoi块并标示各个块之间的连接面（图11）。对voronoi块进行磨圆角处理，以使形态更具有表现力，同

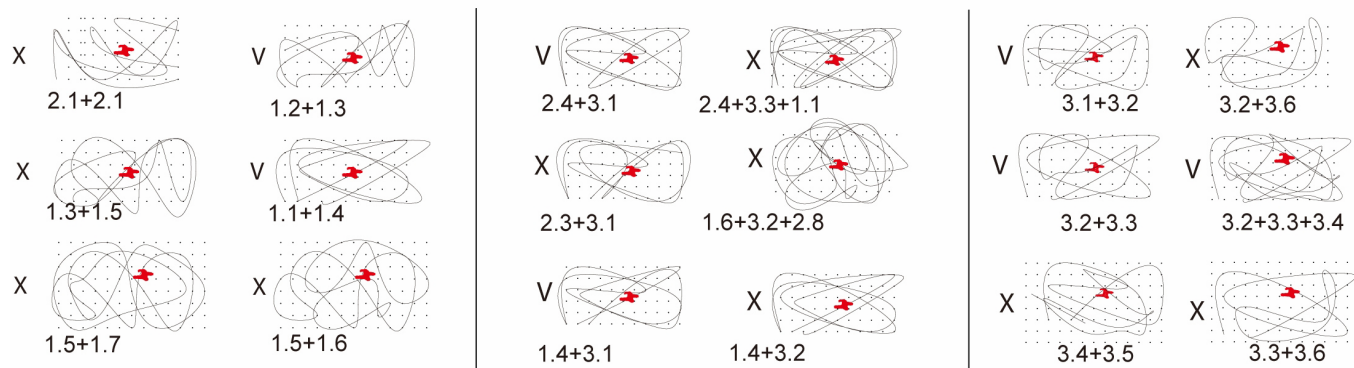


图7 基于人体工程学尺度的曲线叠加

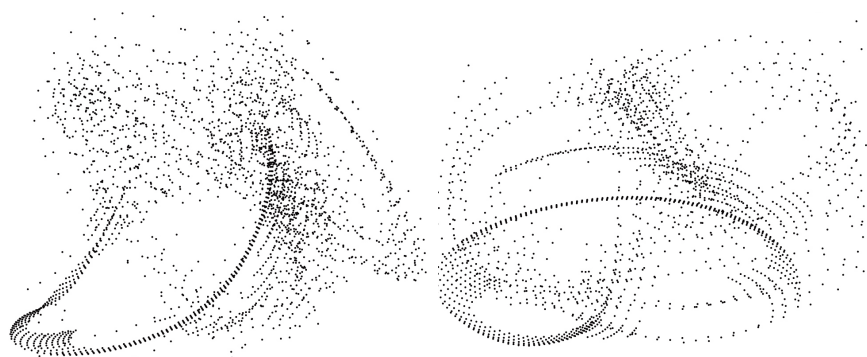


图8 三维点云

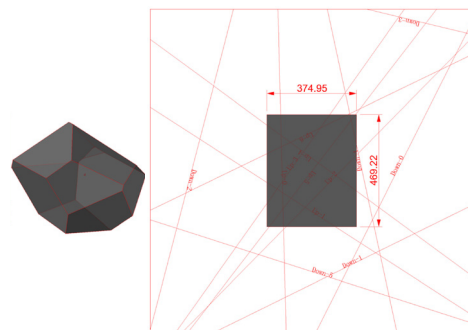


图10 切割路径及顺序

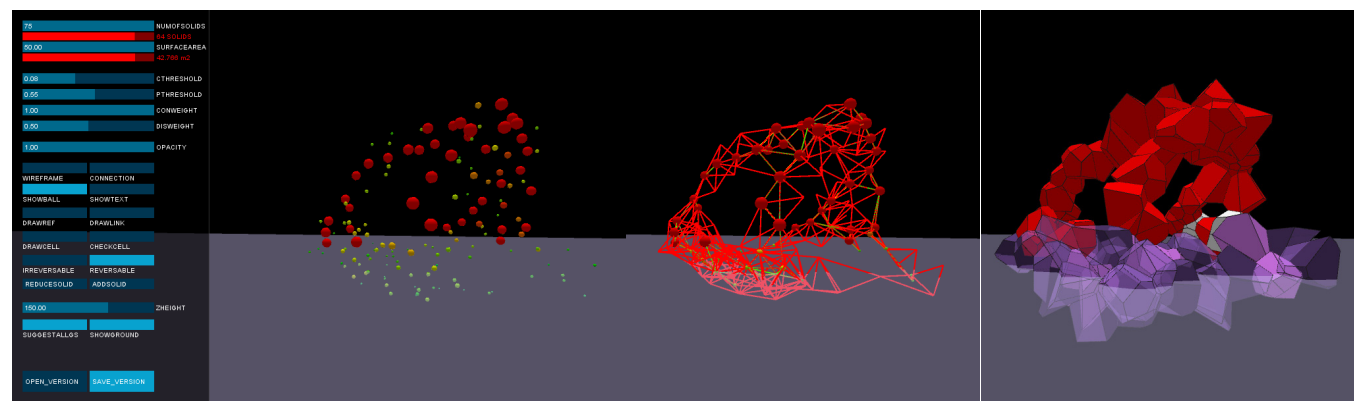


图9 processing优化

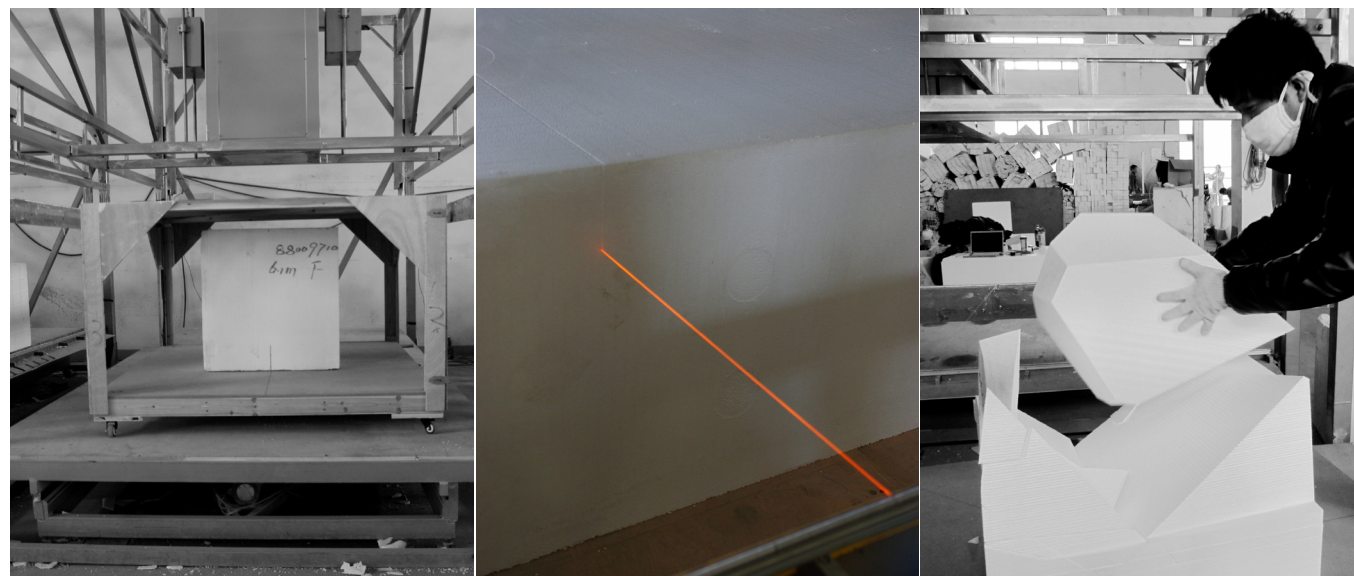


图11 voronoi加工



图12 workshop 成果

时也规避了voronoi块尖锐的角部被撞掉的危险，下一步进行表面贴网处理，旨在增强粘结胶的附着力。最后选择在南京大学仙林校区食堂小广场进行组装，用真石漆进行喷涂。完工后在小广场举行了一个小型Workshop的过程和成果展览，吸引了不少同学观看，从而将人群的活动引入到装置中来。

3.3 最终设计成果展示（图12）。

4 问题与收获

通过课程一的设计过程，笔者对数字化建筑的看法开始有了比较大的改变。在笔者看来，目前数字化手段也许不能带来形式的全面解放，但是作为设计工具，却可以提高效率，简化繁复的工作。课程一中笔者采用并不复杂的脚本可以创造相对复杂的形态，正如人类从自然形态中总结出的形态规律。

课程二Workshop中Processing互动平台的引入使得建筑师可以对形态进行优化和完善，这在数字化手段的推广应用上很

有意义。课程使笔者连贯了从形态设计到建造设计的逻辑，即在Processing进行模块筛选阶段，充分考虑建造的各项要求。在建造过程中，笔者深深体会到模型试验的重要性，因为在设计阶段往往无法预见到全部的建造问题。例如在本次设计中，我们和带队老师就是在去工厂进行试验时发现了热线切割机的缺点从而及时对程序进行了调整；另外也发现EPS作为一种塑料，如果角部不经打磨极易损坏，故而采取磨圆角处理。但是由于试验并未深入，也导致了一些问题的出现，比如在搭建过程中发现表面贴网的处理并不能增强粘结胶的附着力，反而增大了模块间的误差等。

不管怎样，在这两个有关数字化设计和建造的课程中笔者都有极大的收获，无论是对形态逻辑的训练还是对实际建造问题的处理。另外，建筑活动的最终目的都归于建造，笔者作为参与者参与建造的真实体验本身可能就是最为宝贵的知识。 

参考文献

- [1] 徐卫国. 数字建构[J]. 建筑学报, 2009 (1) .
 - [2] 方立新, 周琦, 孙逊. 数字建构的反思[J]. 建筑学报, 2011 (10) .
 - [3] 宋刚, 钟冠球, 肖明慧. 数字建构学的可能性[J]. 城市建筑, 2010 (6) .
- 注：南京大学建筑与城市规划学院教授吉国华为作者课程指导老师。