

Panagiotis Michalatos

哈佛大学设计学院建筑技术课程的助理教授。Panagiotis Michalatos是希腊和英国的注册建筑师。在瑞典的查尔姆斯理工大学获得了应用计算机的硕士学位。

Panagiotis Michalatos目前在位于伦敦的一个结构设计公司AKT从事计算机设计研究工作。在AKT, Panagiotis Michalatos和他的同事Sawako Kajijima为世界一流的事务所所主持的各种高品质的项目提供咨询服务或者计算机解决方案, 如ZHA、Thomas Heatherwick、Fosters and Partners、Future systems等。他们为设计中直觉性和创造性的结构方法的结合开发了一系列的应用软件。

Panagioti在交互设计和数字媒体中的工作使其与位于斯德哥尔摩的现代舞蹈制作公司CCAP有了长期的合作关系。CCAP的表演“挖空和树木”曾在2010年的威尼斯双年展上演出。

THE TECTONICS OF MATERIAL DISTRIBUTIONS

材料分布的构造

撰文 Panagiotis Michalatos 哈佛大学设计学院

“the tectonic is a certain expressivity arising from the static resistance of constructional form in such a way that the resultant expression could not be accounted for in terms of structure and construction alone...”

构造是一种来自于建造形式上静态阻力的表达形式, 以这样的形式而产生的表达不能仅仅归结于结构和建造。

“...Sekler would introduce the counterconcept of the atectonic, ... “Atectonic” is used here to describe a manner in which the expressive interaction of load and support in architecture is visually neglected or obscured.”

“.....Sekler将介绍atectonic的含义.....” “Atectonic” 在这里被用来表示建筑在荷载和支撑表现上的互动, 在视觉上忽略或者掩盖。

——Eduard Franz Sekler: "Structure, Construction, and Tectonics", 1973
as referenced by Kenneth Frampton in “studies in tectonic culture”, 1995

从组装到分布

自工业革命以来, 建筑业和制造业之间的关联, 即建筑与实物化, 常常被理解为构件装配的模式。这种模式的含义是指将材料以某种方式进行组合的建筑行为, 是对分散构件的一系列组合。这些构件可能是真正意义上的离散或者仅是概念上的, 比如某个整体混凝土结构中的混凝土柱。随着数字化设计工具的应用, 另一种方式开始变得广泛起来——边界展示。这需要一个表面作为基础来设计, 同时强调与结构分离的建筑表皮概念, 从而建立建筑内部与外部之间一个尖锐的临界值。随着近年来技术的发展, 包括与数字分析和优化工具相关的加法式制造, 为结构设计提供了一种替代方法。

直到现在, 加法式的制造都被限制于单一的、统一的人工材料, 但在过去的几年中, 我们可以看到复合材料和分层材料使得设计上

一些重要的问题可以被重新评估, 这可能会带来新的材料构造。在一定意义上, 我们可以认为材料按其性能的属性(强度、导电性、透明度、颜色等), 可根据设计的要求在空间上进行分配。因此, 设计师的职责是定义空间使用要求的梯度, 并重新将这些梯度用材料的分布来重新诠释。

这种设计方法始于对设计问题的理解, 这种理解可以是一组边界条件、一个没有特定形状的定义、一个非正式的设计初衷(图1)。

根据在空间中分布物质的想法建造了一个模糊和不确定物体的精神形象, 有着开放的演绎。设计和模拟的过程中创造了一个按照条件属性分布的空间, 由设计概念和制造技术的结合来实体化。

这种方法大致可以理解为由以下4个步骤组成: 1) 定义边界条件, 涉及到为设计定义一个差异化的环境; 2) 确定材料的分布, 以符合上

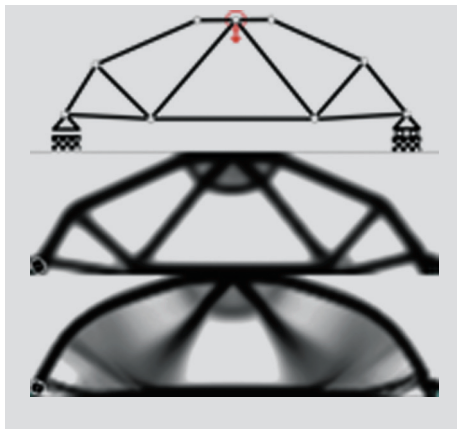


图1



图2

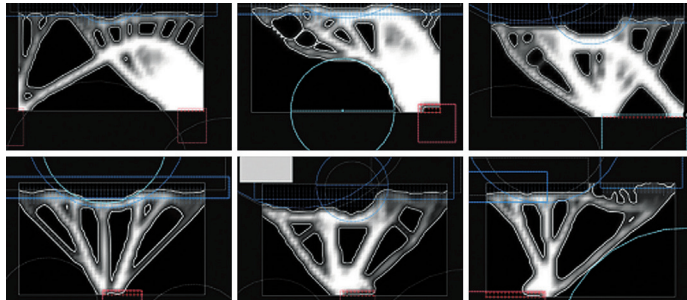
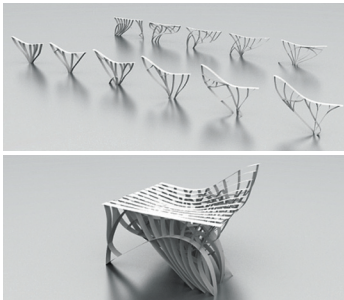
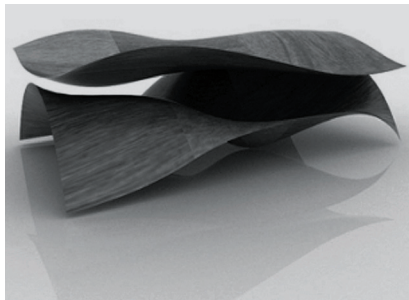


图3

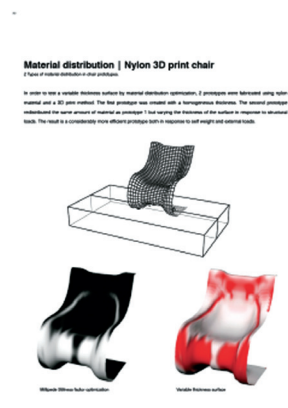


图4

述边界条件的确定；3）对材料元素和组装过程分布进行诠释；4）实体化。

这四个步骤中没有哪一个是完全确定的。在每个阶段，设计者必须给出减少问题复杂性的方案，并且给出使构造表达方式变成最终成品的解决方法。因此，材料的分布方式有很多诠释方法，以一个表面较薄的结构为例，一定的材料分布可以理解成不同的厚度、孔状的纹理或是结构加强的图解。

结构主导的材料分布

下面大多数的讨论将集中于针对结构要求的材料分布，因为根据材料力学性能，材料分布与分析、形式和构造间的关联更加息息相关。

以使用材料分布的方法来设计为例，让我们看看利用拓扑优化来设计椅子时所

遇到的问题。这是一种结构优化的方法，它强调了材料分布的应用，假设材料的硬度是随着空间连续变化的。在下面的例子中（哈佛GSD的学生利用自己的软件进行结构优化设计的项目：“Topostruct”和“Millipede”），我们看到用同样的方法可以有完全不同的应用方式，并产生不同的结果。在第一个案例中（图2），我们假设一个体积作为材料分布和边界条件的主导，由此来确定椅身的接触面积。实际的成品是优化结果的直接透视，并以独立的固体呈现出来。在第二个案例中（图3），我们用了同样的方法，但是利用了截面的几何形态，即设想用金属丝组装和堆叠在一起展现，来重建物体的三维几何形态。用这种方式，椅子的分析和制造方法都符合堆叠的逻辑。在最后一情况下（图4），分布区域被限制在一个薄且细的材料上，并且厚度的变化在尽

图1 典型的桁架装配模式视图（上）和材料分布模式视图（下）

图2 利用拓扑优化设计的椅子（项目研究：P.Michalatos 和Andrew Payne，以及来自Objet/Stratasys的支持）

图3 椅子截面优化（学生作品：Bosuk Hur, Dongige Cho, Nari Yoon，指导老师：P.Michalatos）

图4 椅子刚度优化（学生作品：Juhun Lee，Alejandra Romo，指导老师：P.Michalatos）

图5 边界展示方法目前仍然是浅显的，还不能捕捉到一个锤子内的软、硬铁分布，但是许多自然产生的系统都有连续性材料的特质。

图6 连续桁架的数字化模型（顶部）和实体原型，透明的区域是由软橡胶制成，不透明区域是由硬塑料制成（沿着模糊的边界有连续的混合弹性模量）（项目研究：P.Michalatos 和 Andrew Payne，以及来自Objet/Stratasys的帮助）

图7 承担分布荷载的连续悬挑板的数字化模型（顶部）和实体原型，注意自然树叶状的图案（项目研究：P.Michalatos 和 Andrew Payne，以及来自Objet/Stratasys的帮助）

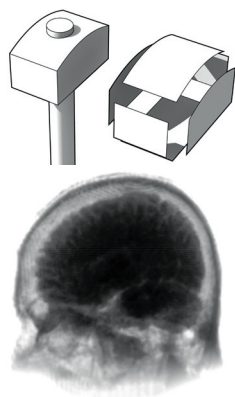


图5

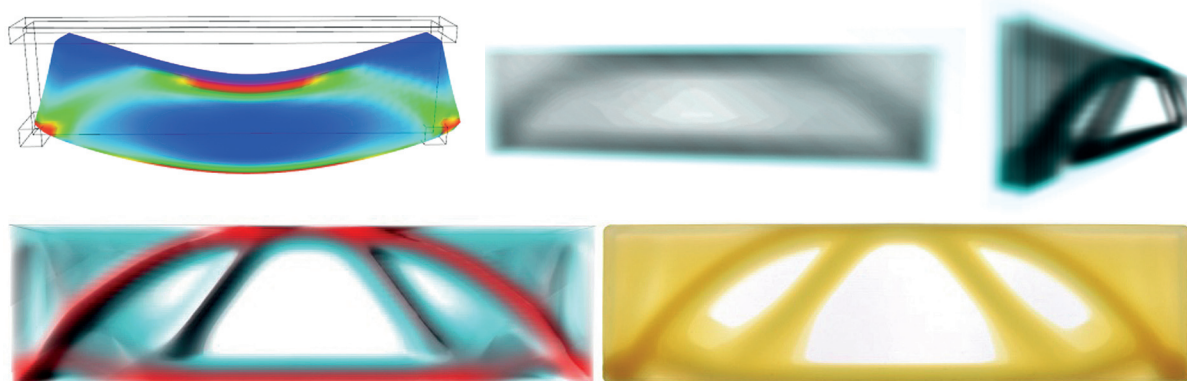


图6

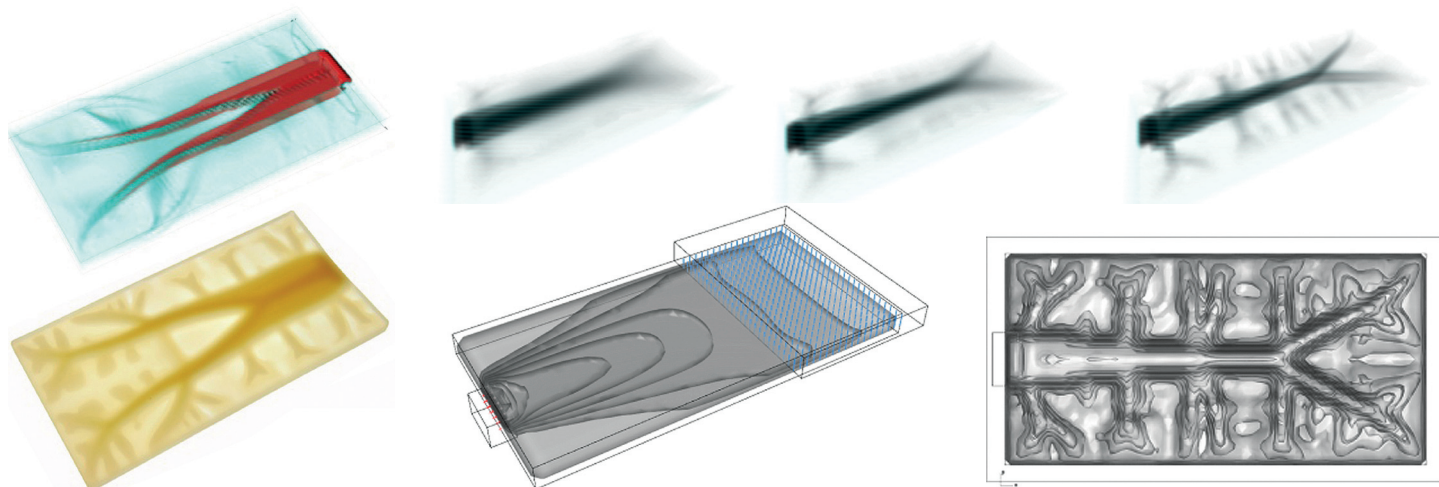


图7

可能减少对整体结构形式影响的情况下，还能满足提高结构整体硬度的要求。在第一个方法中，设计者很难控制最终的结果；在第二种方法中，边界（顶部和底部表面）被明确地确定出来；而在最后一个方法中，椅子的形状在很大程度上被限制，并且材料只能轻微地再分配到周围。因此，人们设定边界条件的方式决定了设计师对于最终结果的主导程度。

新工具

为了在建筑上采用这样的设计，我们需要新的数字化工具。建筑设计一直被基于边界表示的数字化工具主导着，这样的表示方式决定了一种基于建筑表面建模的特定设计方法，其中包括建筑内部与外部明显的区别（图5）。从单一的对象到复杂的建筑，在使用这种软件设计的过程中都贯穿着一些共性。实际上，软件通过其提供的工具、命

令、对象和陈述，在整个过程中给设计者制造了一个框架，从而限制了设计者的思维。

我和我的同事Sawako Kaijima正努力开发基于材料分布理念的新的工作流程和设计工具，使新方法能在从概念设计到加工制作的全过程实现。通过改变对象展现和分析的方式，以及通过设计在操作这些对象时的界面，我们寻求改变设计师在重要设计问题上的思考方式。通过在系统中嵌入结构信息，我们在设计中加入了构造方式（作为非构造的对立），同时也支持从自由建筑表面建模到预调节体量建模的转换。我们希望探索一种可能性，让软件推动设计上的不同方法，至少能使设计的物质性和构造性缩减成数字化的系统，并能贯穿于整个设计阶段。我们有这样的想法不是因为这是一个卓越的方法，而是因为它扩展并质问了主导当下的设计方式。

连续的加强

在我们重新审视材料分布概念和借鉴加法式的制造发展时（尤其是多模量材料的三维打印），遇到的困难之一就是材料的加强。加强一般被认为是高强材料不透明实体中的一个隐蔽嵌入，然而伴随着半透明块状材料的使用，材料加强自身的美学与构造成了设计与审美的对象。

加法式的制造技术允许材料强度在空间上的连续变化，使我们能生产一些介于加强与块体之间边界的成品。取而代之的效果是连续强度的变化，从而避免了应力集中于物体的边界。我们可以建造一些物品甚至是一栋大楼，使其透明度和弹性在空间中的点与点之间都不同，这就带来了新构造的可能性以及新的触觉和视觉体验。根据需要，软橡胶部件可以无缝集成于硬性结构元素中。在下面的例子中（图6，7）我们直接打印了一

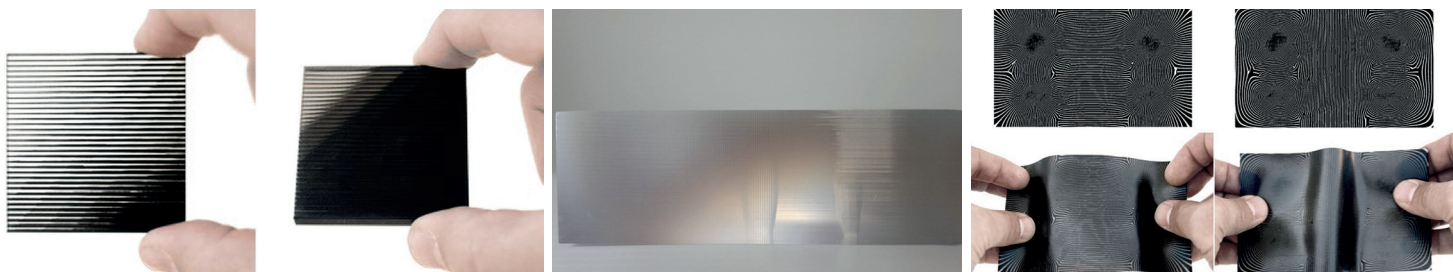


图8

图9

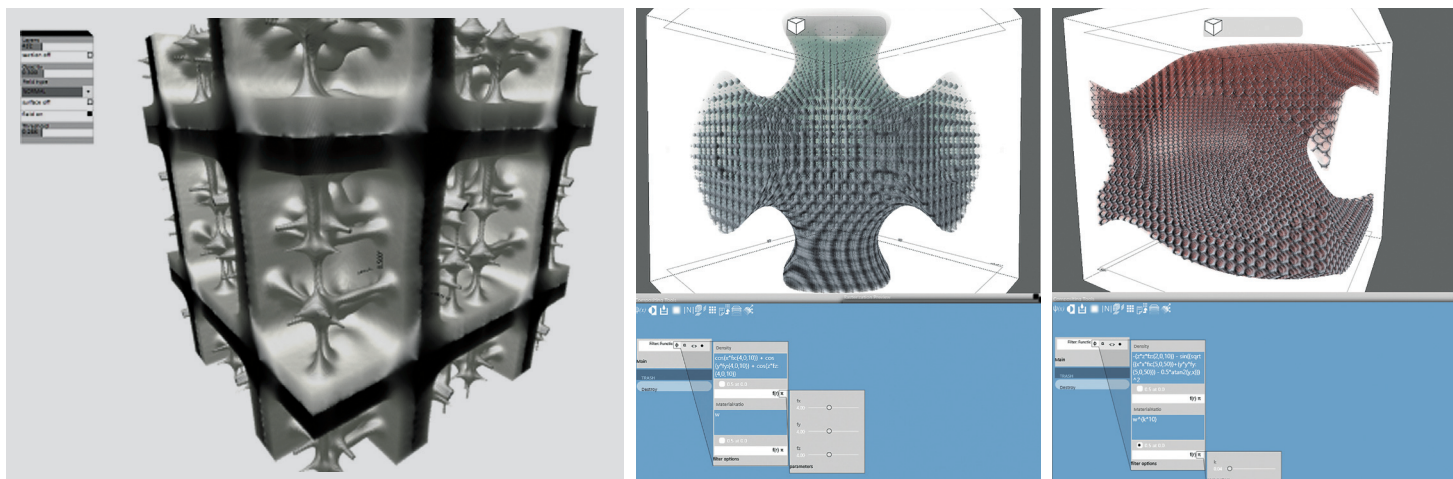


图10

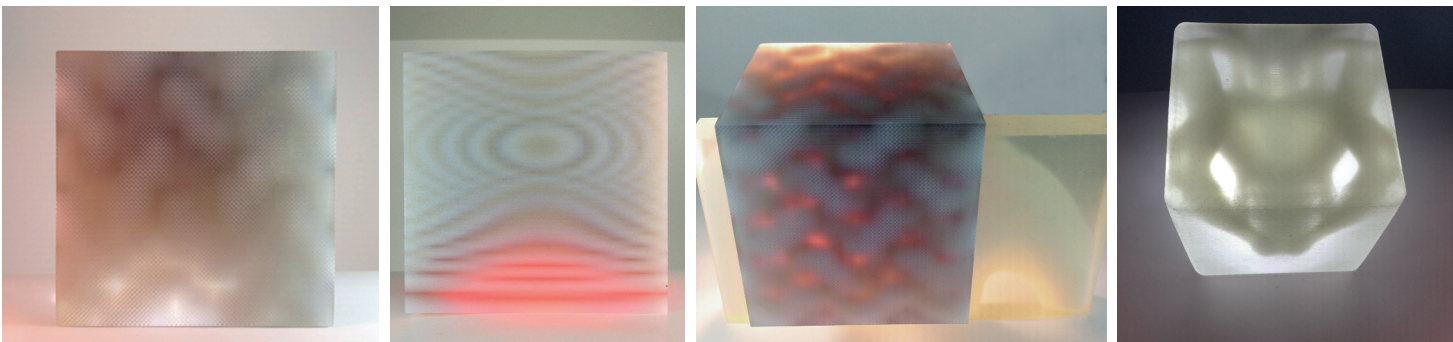


图11

个采用拓扑优化的最小验证桁架。透明的体块是软橡胶，不透明的体块是硬塑料。与传统的加强不同的是，两种材料之间没有明显的界线，取而代之的是两种材料之间渐变的混合，因此构件间分离的危险性被降低，尽管这样的构件感觉上很软，但是在尝试以不同的方式弯曲和扭曲它时，我们能感受到里面刚性的各向异性。

使用这种多模数材料技术，我们甚至能自定义材料的结构层次并控制材料属性的各向异性，包括从某个角度看上去是透明的物体（图8）或以某种方式弯曲和折叠的膜结构（图9）。

为了利用这一技术优势，我们正在开发一个“整体式”的软件（图10，11），这个软件能使设计者更专注于体量和体型的设计，而不是局限于建筑外表。

从密度到指向性

上面例子中的大多数都说明了材料的分布受标量场影响，也就是说它们定义了空间中点到点的一个数字变化的属性，如密度和弹性模量。但是我们可以用同样的方法扩展到包含有当地方向信息的矢量和张量场。这样的技术有很多用处，比如在复合材料中，纤维的位置可以按照主要应力进行布置。

这些技术在19世纪的时候就开始被

图8 各向异性的透明材料

图9 各向异性的膜结构（项目研究：P.Michalatos 和 Andrew Payne，以及来自Objet/Stratasys的帮助）

图10 “整体式”软件基于体量的分层材料设计截图（项目研究：P.Michalatos）

图11 哈佛GSD学院J-Term工作室的学生作品，通过图案和光传递产生连续变化的不透明度（指导老师：P.Michalatos）

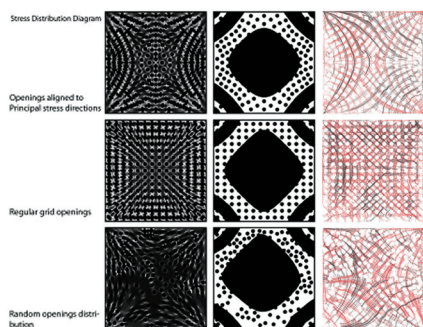


图12

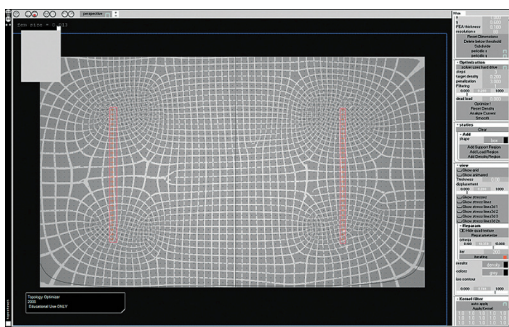


图13

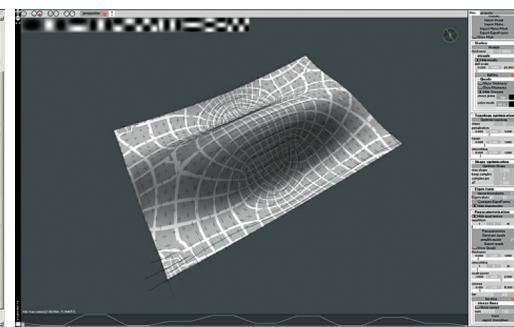


图14

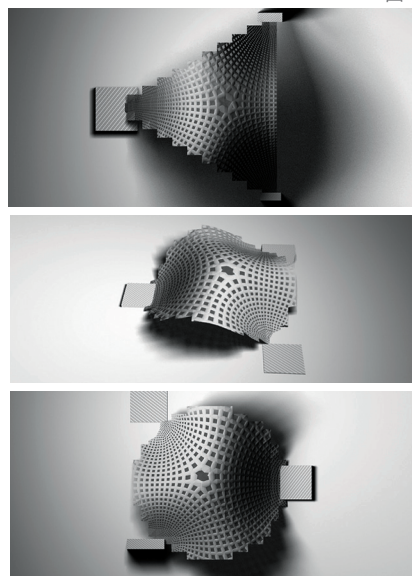


图15

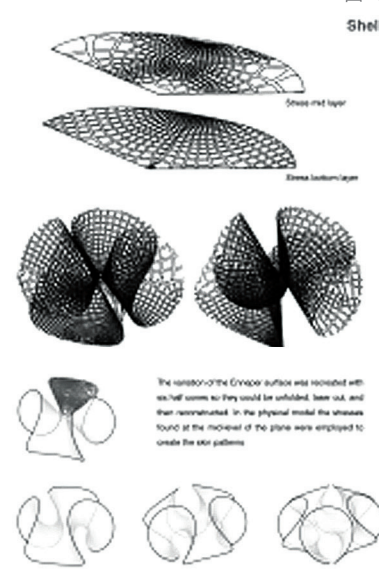
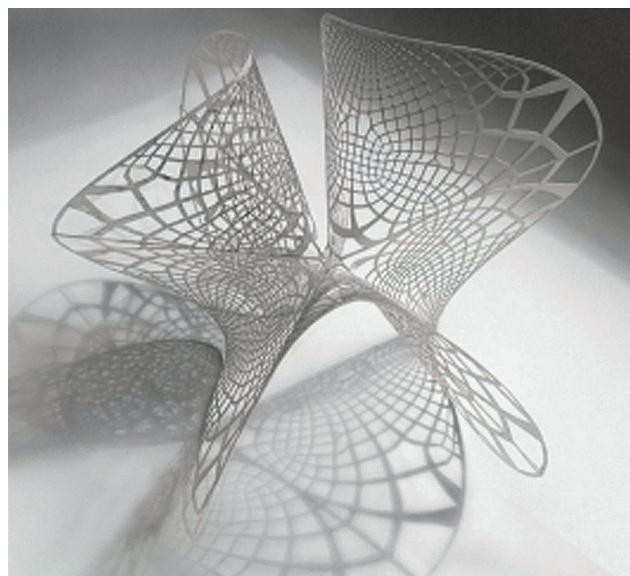


图17

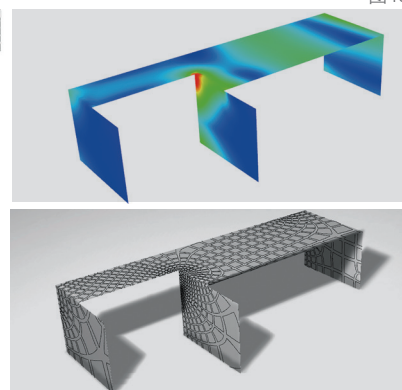
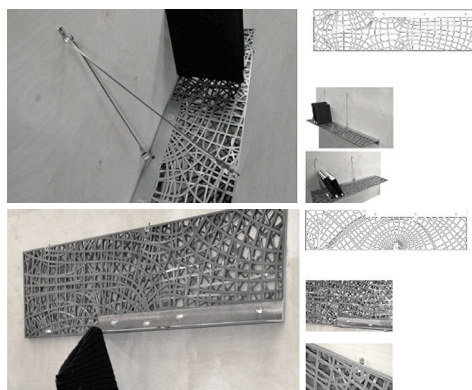
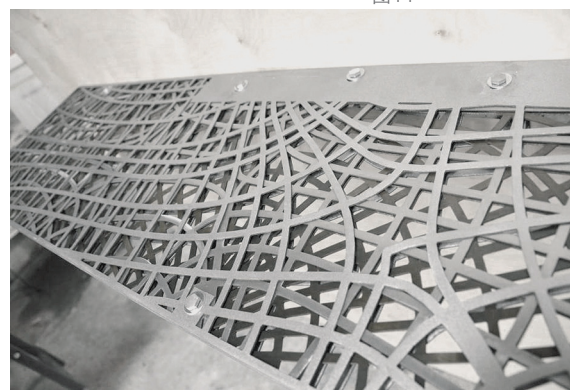


图16

图17

图12 对沿着应力方向布置圆形开孔效果的研究（指导老师：P.Michalatos 和 Sawako Kaijima）
图13 有两个线性支撑的骨架结构楼板（左图）和异形曲面（右图）（指导老师：P.Michalatos 和 Sawako Kaijima）
图14 按照主要应力分布图案的网格壳体结构（项目研究：P.Michalatos 和 Sawako Kaijima）
图15 构件元素按照主要应力分布的网格结构（学生作品：Alejandra Romo，指导老师：P.Michalatos）
图16 沿着面板图案的层压应力，可用于多种地方（学生作品：Elyse Agnelo, Hal Wuerz，指导老师：P.Michalatos）
图17 应力沿着椅子图案分布的研究

人知晓，但是在建筑上的应用一直受到局限。实际上，在空间里，人对倾向方向的选择会依据于一些分析（如弧度、压力等），并依次创造出符合这些方向的图案。这些图案在结构上具有优势，而在外观表现上也很有潜力。比如在前面的例子中，一个人可以用许多方法来重新诠释这种分布的信息。以壳体结构为例，我们可以按照主要应力方向来生成参数化的结构表面，就会得到一种沿着应力方向分布的图案。实施的步骤可能包括沿着这些路径进行开孔从而保持材料沿着主要应力方向的连续性（图12），建立螺旋结构（图13），定义一个网壳（图14~16）或者嵌入加强（图17）。因

此，几何方向的信息和由此从结构分析产生的几何分布可以有多种演绎方法。

结论

新的制造技术使我们在从微观到宏观使用材料时有了前所未有的控制能力。因此，分层材料的组建成了一种现实的选择。但是，当下被广泛应用的数字化设计工具所展现的概念框架还在边界展示方法的逻辑中运行，即一个由明确的材料边界和制造范式所主导的逻辑。为了融入新的制造范式，现行的概念和技术也许都需要一个转变。建立材料分布的设计、分析和处理的工作界面和 workflows，或许是迈向建构的第一步。AT