

完美的建筑物：现代建筑的数学

Perfect buildings: the maths of modern architecture

Marianne Freiberger / 文 蒋 迅 / 译

建筑在过去曾经为几何做出过伟大的贡献。人们因为建房的需要而产生测量他们所居土地的需要。而这种需要又使他们率先调查了形式和形状的理论。但如今，当大金字塔在埃及建成 4500 年以后，数学还能建筑做些什么呢？在去年的旨在探索数学与艺术和设计之间的联系的 Bridges 会议上，数学网络 Plus 的记者采访了两位建筑设计师布雷迪·皮特斯（Brady Peters）和扎威尔·德·克斯特里尔（Xavier De Kestelier），让我们用数学的眼光来看一下他们的工作。

Foster + Partners 公司是一家由诺曼·福斯特（Norman Foster）及一群资深合伙人领导的世界著名建筑工作室，它创造了诸如伦敦圣玛莉艾克斯 30 号大楼（30 St. Mary Axe，又称小黄瓜，the Gherkin）、伦敦市政厅和大英博物馆大中庭（Great Court）这些地标建筑。正在或已经进行的项目有地球上最大的建筑项目之一，北京国际机场，以及华盛顿特区的史密森学会的庭院和伦敦新温布利体育场（Wembley Stadium）。

许多 Foster + Partners 项目有一个共同之处：它们都非常巨大。这意味着对其周边环境和居民的影响也最大。设计这样的庞然大物是一个微妙的平衡。

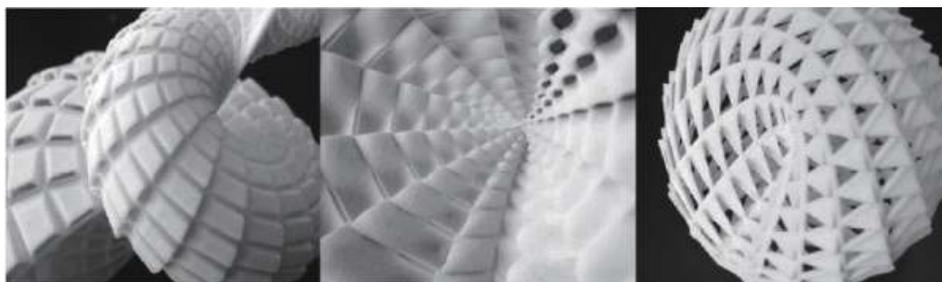


泰晤士河边的伦敦市政厅。注意里面的巨型螺旋楼梯盒。© Foster + Partners.

建筑物不仅需要在结构上是稳固和美观的，同时还必须遵守规划规章，接受预算约束，为了能源效率的最大化而选择最佳场址。设计过程归结为一个复杂的优化问题。解决问题方式上的差异形成了现代建筑和古埃及建筑的最大区别：高级数字工具可以分析和整合令人眼花缭乱的约束条件以找到最优解。数学可以描述要建造的结构形状和必须理解的物理特征。作为计算机的语言，数学成为建模过程中每一步的基础。

专家建模小组

德·克斯特里尔和皮特斯都是 Foster + Partners 专家建模小组 (Specialist Modelling Group, 简称 SMG) 的成员。这个小组成立于 1997 年。它的作用就是帮助设计师们创建他们的项目的虚拟模型。“通常，一个团队带着一个概念找到我们，”德·克斯特里尔说，“可能是从一个草图到一个已经有相当规模的东西。然后我们帮助他们用 CAD 工具去建模型，或者我们为他们开发一些工具。”



面板填充的数学表面。图片来源：Brady Peters

在计算机的辅助下，你几乎可以为一个建筑的每一个方面建模，从它的内在属性到它的外观。计算机模型可以模拟风吹在建筑物周围的方式或声波在其内部的反弹方式。图形程序可以探索不同的数学表面，并用不同纹理的面板填充它们。从这些模型中获得的所有信息可以结合在一起，这可能是近年来建筑工具 CAD 中最重要的创新：参数建模。

参数建模自 20 世纪 60 年代以来就已经存在了，只是到现在建筑师才充分利用它的强有力的价值。这些模型允许人们对建筑物的某些性质进行调整，而无需重新计算因所做更改而影响到的其他功能。以下页右所示的小黄瓜为例。如果你决定让建筑稍微纤细，这将对一些其他功能产生连锁效应。例如，你必须重新计算其外包曲线和其菱形的角度。这会带给计算机相当多的工作。即使它已完成了，你也仍需绘制一个新的草图，无论是手工或通过计算机重新编程。

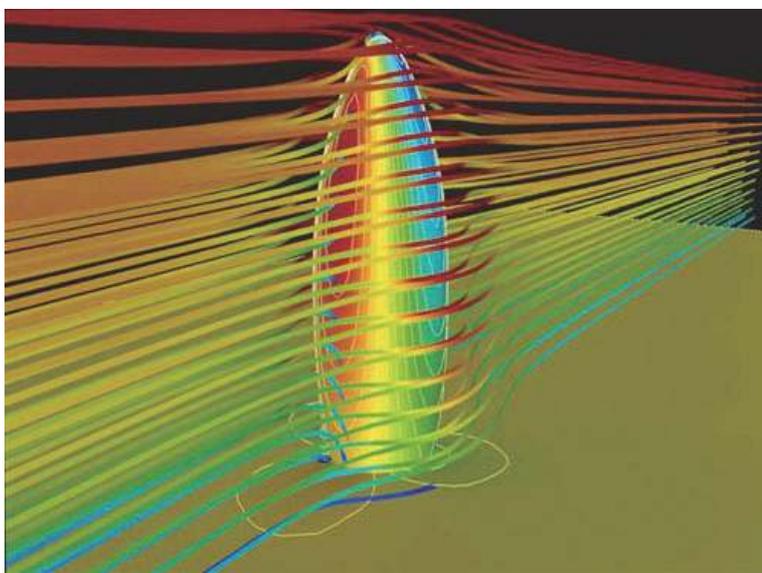
参数模型可以为你做所有这一切。它允许你更改各种几何特征，同时保持你决定不应更改的那些功能。模型的功能有点像电子表格：改变建筑物的特征就像改变电子表格的条目。相应于你的改变，软件会再次生成一个模型，使得预定的关系得以保持，就像电子表格重新计算其所有条目。

在配备了由 SMG 提供的数字工具后，一个设计团队就能在极短的时间内探索各种设计选项。该团队可以更改建筑的几何特征，并知道这些变化所带来的影响，比如空气动力学或声学性质。他们可以探索如何将难以构建的复杂形状分解为更简单的形状，他们也可以快速计算需要多少材料来估算成本。其结果是，由于他们利用了科学与环境的最佳交互，使得在几十年前因为建筑物的复杂形状几乎不可能被建造的建筑物成为可能。

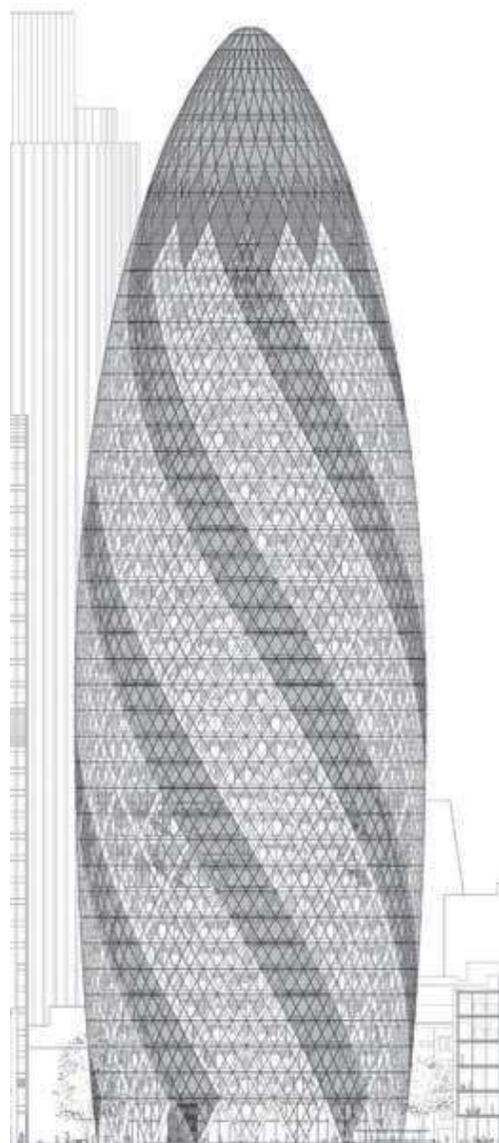
小黄瓜

小黄瓜是 SMG 起作用的项目之一，它是一个通过选择几何条件以满足约束的主要示例。这个官方名称为圣玛莉艾克斯 30 号的大楼有 180 米高，三倍于尼亚加拉大瀑布的高度。有三个主要功能使其从大多数其他摩天大楼中脱颖而出：它是圆形而不是方形的，它在中间凸起来并且朝顶端逐渐变细；它基于螺旋设计。所有这都可以轻易地作为纯粹的审美特征，但它们都满足特殊的约束。

小黄瓜那样大小的建筑物的一个主要问题是围绕它们的气流在基部产生旋风，使其附近成为一个不舒服的地方。为了解决这个问题，SMG 建议建筑师们使用基于湍流的数学模拟的计算机模型来模拟建筑物的空气动力学性质。该模型显示，圆柱形对气流的影响优于方形，可以减少旋风。塔在中间膨胀，在 16 楼达到最大直径的事实，也有助于使经过其较纤细的基地的风达到最小。



流动在小黄瓜周围的气流模型。© Foster + Partners.



建筑师的圣玛莉艾克斯 30 号大楼模型 © Foster + Partners.