

优化复杂建筑外墙的性能

Newtecnic 的工程师们正使用多物理场仿真来理解环境、几何和结构变量之间的相互作用，以保证创新的建筑外墙能兼具观赏性和可建造性。

作者：JENNIFER HAND

澳大利亚墨尔本的联邦广场



图 1. 阿塞拜疆巴库的盖达尔·阿利耶夫文化中心。

现代地标性建筑是动态的，它们富于纹理，还颇具象征性，无论是雄心勃勃试图战胜地心引力，还是希望自然融入到现在景观中，通常都会包括相当复杂的外墙。它们的设计初衷不仅是为室内提供保护，同时还要兼顾温度和视觉上的舒适性。

Newtecnic 是这个领域的一家专业公司，负责过一些著名公众项目中的外墙系统设计分析工作，同时还经常与扎哈·哈迪德建筑事务所合作，该事务所一直因其大胆和流线型的建筑形式闻名于业界。Newtecnic 的创始人及现任总监，Andrew Watts 和 Yasmin Watts 也因其其在联邦广场（澳大利亚墨尔本）以及更近期的阿塞拜疆巴库的盖达尔·阿利耶夫文化中心（见图 1）等地标性建筑

中的卓越工作而闻名。

客户定制是 Newtecnic 的工作标准，每个项目中要考虑的也不仅是概念设计本身。建筑师们会提供一个艺术视角，也许还会提供建筑设计中部分表面的建模，之后，Newtecnic 的工程师们会逐层建造外墙，确保在维持设计创意的同时，保证结构的完整性。

“我们的客户希望能有经济可行的解决方案，不仅要能满足所需的性能目标，能够抵御各种环境的影响，同时还要易于维护。” Newtecnic 研发部负责人 Carmelo Galante 这么说道：“因此，我们工作的一个关键方面是描述我们所设计外墙系统的物理行为。”

他们会利用仿真研究日照情况，藉此优化遮阳设计以降低大楼的制冷负

荷，并尽可能提升视觉舒适度；模拟防雨屏固定支架对保温材料完整性的影响，可以说，仿真帮助解决了其中的无数难题。

→ 利用仿真超越概念设计

COMSOL Multiphysics® 软件已经成为 Newtecnic 的一个重要工具。Galante 解释说：“我们可以在这个仿真软件内实现所有我们想要的。我会使用 COMSOL 来研究三维热桥效应（高热材料穿透保温层的方式）对建筑整体能源效率的影响，计算组件的最高温度，以及找出最适宜的产品或材料。我能够在示意图设计阶段就计算建筑结构的覆盖面压力，并能研究需同时进行机械和自然通风的更复杂外墙。我还可以计算不同设计构型对外墙系统湿热性能的影响。”

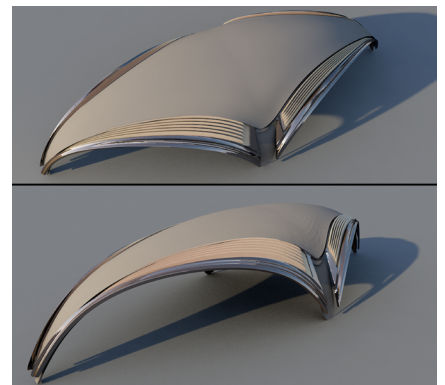


图 2. 从两个角度渲染的单个壳体，许多这样的壳体将成为建筑的一部分。

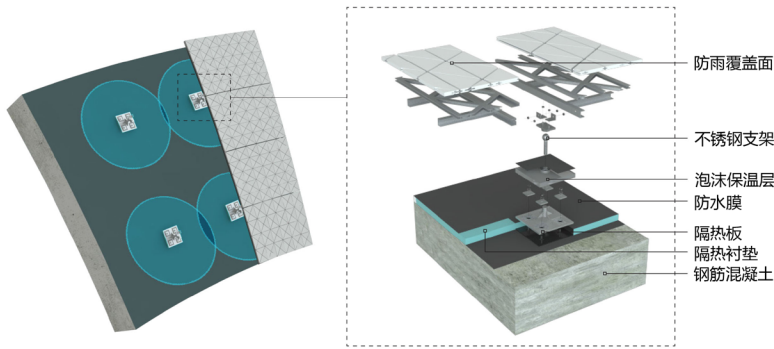


图 3. 带有固定支架的防雨系统的放大视图。

“仿真使承包商能够切实了解到他们需要建造什么，从而最小化建筑成本。”

— FABIO MICOLI, NEWTECNIC
副总监

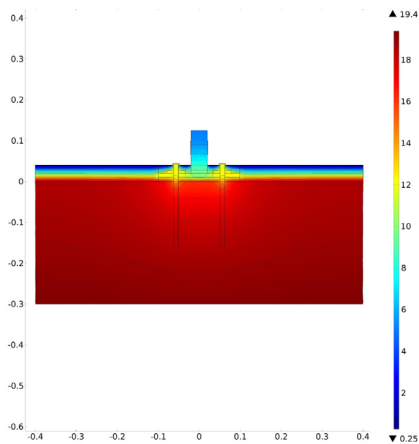


图 4. 仿真结果显示了某个支架截面的等温线和温度剖面 (°C)。

混凝土壳体外覆盖是由陶瓷板制成的防雨外墙系统，陶瓷板为双曲结构，以便精确再现建筑的几何。每块陶瓷板的拐角处由可调整的不锈钢固定支架提供支护。这些支架通过四个后钻锚连接至混凝土结构，如图 3 所示。由于支架穿透保温层，且热导率要远高于混凝土结构，它们会在外墙包层中产生热桥，并明显降低其热性能。

通过在 COMSOL 中执行一个简化的二维研究，Galante 研究了由支架带来的热桥效应会如何影响外墙中的温度分布（见图 4）。然后将仿真结果输入 Grasshopper® 脚本，来评估他所感兴趣的三个区域：受 1 个支架、2 个或更多支架，以及完全不受支架影响的区域（如图 5 中所示区域）。

接下来 Galante 能够为系统准备一个精确的几何，包含建筑物的所有组件。“能够结合这两个工具是一个真正的优势。” Galante 说道：“Grasshopper® 使我们能够在非常大的尺度上分析几何，即整个建筑尺度，然后我会将这些信息输入 COMSOL，创建一个非常详细的三维模型以捕捉系统中的真实物理场。” Galante 利用该方法进行了三维分析，研究支架和周围建筑中的热桥效应（见图 6），并计算外墙的整体传热系数（U 值）。

“多物理场仿真使我能更好地理解真实情况。” Galante 解释说：“我可以结合流体流动与传导、对流和辐射传热，也就是说，我可以充分评估不同物

Galante 经常使用 COMSOL® 软件的 CAD 导入功能从 Autodesk® 的 AutoCAD® 软件和 Rhinoceros® 软件中导入复杂的几何。Newtecnic 对 Autodesk® Revit® 软件的使用正在不断增长，Galante 认为 COMSOL 新增的附加产品 LiveLink™ for Revit® 使用户可以对接他们的仿真与 Revit 环境，因此是一个非常强大的工具。Galante 还结合了 COMSOL 与编程语言 Grasshopper® 之类的参数化设计工具，后者可通过遗传算法来构建和分析复杂的几何。

Newtecnic 正在进行的一个项目包括为一个备受瞩目的私人建筑设计外墙系统，其中包括 10 到 80 米长、最高有 30 米高的一系列自承重型混凝土壳体（见图 2）。

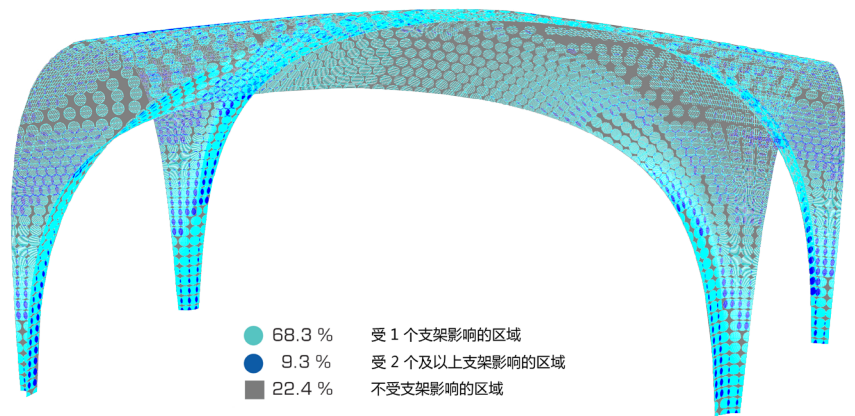


图 5. 该模型模拟了图 2 中的一个壳体，重点显示了受 1 个、2 个或不受支架影响的区域。

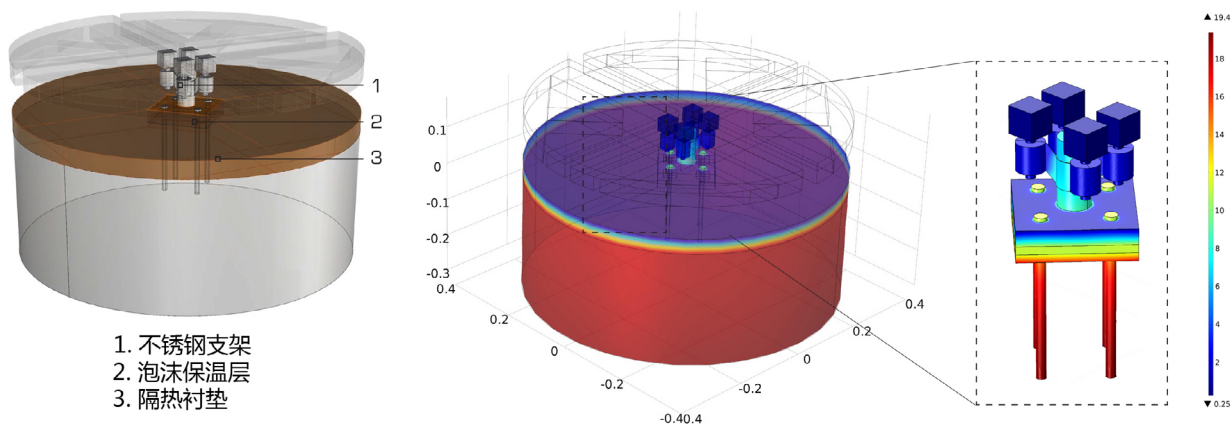


图 6. 左：利用 Rhinoceros® 软件构建的支架和周围保温层的三维模型，该模型被导入到 COMSOL Multiphysics® 软件。中：COMSOL® 软件模型显示了受支架影响区域的温度剖面 (°C)。右：不锈钢支架。

理效应间的相互作用，并能确认不同结构和材料的性能。”

→ 应对设计的不断更改

Newtecnic 的工程师们需要应对由于设计不断变化带来的挑战，并对设计的任何更新进行验证。“仿真帮助我们实现了这一点。” Galante 观察后发现：“我们能够精确演示一项设计更改将带来怎样的影响，是否与诸如能效、结构性能、腐蚀，或组件寿命等因素相关。”

对于 Newtecnic 的总监 Andrew Watts 而言，这一切其实都是在回答以下问题，例如“是否值得做这样的更改来实现其他设计？”，或是“如果我们必须要改的话，还需为此做多少更改？”他评价说：“在仿真的帮助下，我们可以摆脱传统建筑哲学的束缚，即只能研究仅可实现单一功能的单个组件，转而能够考察多功能组件，并将建筑作为一个整体。”

仿真被用来分析建筑的每个组件，这些结果可与图纸完全集成，因此我们的预算评估将会非常清晰和全面。Newtecnic 的副总监 Fabio Micoli 注意到了能向客户提供实时反馈将带来的价值。

“仿真使承包商能够切实了解到

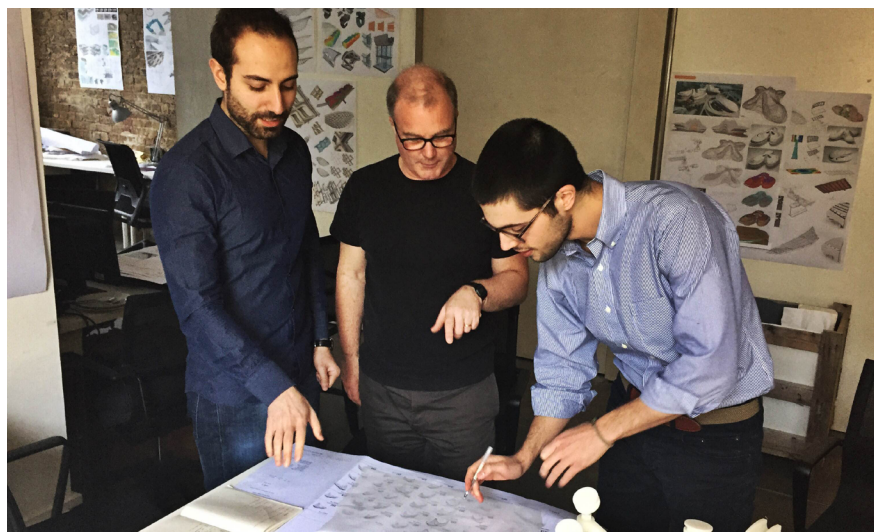
他们需要建造什么，从而最小化建筑成本。这减少了对应急预算的需求或花在未解决设计问题上的时间，使建筑团队能够更加专注于项目的最后期限。”

→ 持续改进

“我们所用的数值工具，例如仿真软件，使我们能够探讨各种新的可能性并改进我们的设计流程。” Galante 说道。他和他的同事们预见到了在 Newtecnic 扩大仿真使用将带来的巨大优势，包括对

COMSOL Multiphysics® 5.0 版本中新增加的 App 开发器的使用。正如 Micoli 注意到的那样，“举个例子，我们可以创建一个 App，使建筑设计师可以通过更改各种参数来了解对设计的更改将会如何影响整体设计，而无需了解背后的多物理场仿真细节，并由此增强与客户的交流。”

总之，比起过去，Newtecnic 可以利用仿真向他们的客户提供有关建筑性能的更深刻见解，并保证了创新的建筑设计可以向最好的方向发展。❖



在 Newtecnic 的英国伦敦办公室，Carmelo Galante (左)、Andrew Watts (中) 和 Fabio Micoli (右) 正在讨论一个新项目。