

李远晟

华东建筑设计研究总院BIM中心建筑师，主要参与项目：成都国金中心商业及办公楼、虹桥8号地块商业及办公楼、申都大厦改建工程、虹桥能源中心、武汉中心、南京禄口机场等。

孙璐

华东建筑设计研究总院BIM中心主任，主要参与项目：武汉中心、南京禄口国际机场二期航站楼、中国博览中心综合体、外滩金融服务中心、SOHO外滩广场等。

THE PRACTICE OF JIANGSU GRAND THEATRE

BIM 技术成就建筑之美 ——江苏大剧院项目实践

撰文 李远晟 孙璐 华东建筑设计研究总院

摘要 介绍了BIM技术在江苏大剧院项目实践中的诸多应用，运用参数驱动的设计方法构建复杂建筑形体，结合结构设计的流程进行方案比选与优化，通过视线、声学、消防性能化等功能性分析，提供观演类建筑的综合解决方案。

关键词 BIM 参数驱动 功能性分析 可持续设计 三维协同设计

1 项目概况

江苏大剧院项目是一个集演艺、会议、展示、娱乐等功能为一体的大型文化综合体。用地面积19.663 3万m²，总建筑面积271 386m²，建筑高度47.3m（图1）。

在潮起潮落的长江之畔，蓄势兴建的江苏大剧院取意水之灵动，造型如同漂浮在生态绿野之上的四颗水珠。每颗“水珠”内分别容纳了歌剧厅、戏剧厅、音乐厅、综合厅等主要功能，全部坐落在一个公共活动平台之上。场所的存在彰显层次丰富的立体空间设计，在基地内用流水的笔触塑造了自然有机的外部空间体系。夜晚的大剧院，光芒从浮华上演的艺术活动中漫溢而出，似水光摇曳，如画舫凌波般动人（图2）。

2 基于BIM的一体化原创设计

江苏大剧院项目在设计过程中有以下两个难点：

（1）形态复杂——水滴状的建筑体量给幕墙设计、结构设计、机电设计都带来一定的难度，基于复杂曲面进行多专业设计，必然需要BIM技术的介入与支持。

（2）可持续设计——复杂的形体如何更准确地进行可持续设计与分析，以保证设计品质，是摆在设计师面前的一大难题。

为解决上述难点问题，在设计过程中，各专业设计人员将所有的工作对象限定在同一个BIM模型中，利用统一的三维协同工作平台，将各个专业、各个软件之间的数据整合到BIM数据库中，形成设计数据链，以确



图1 夜景效果图

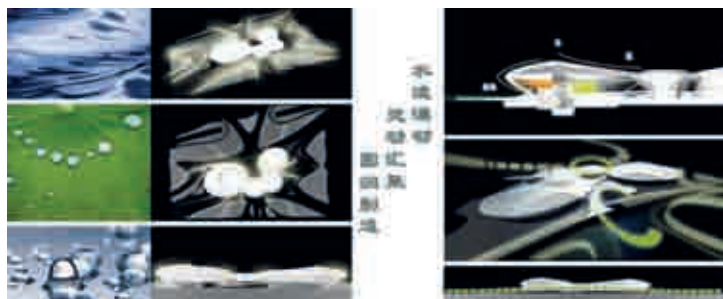


图2 江苏大剧院创意由来

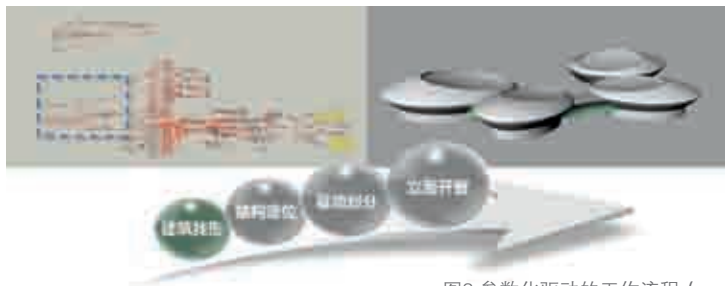


图3 参数化驱动的工作流程（一）

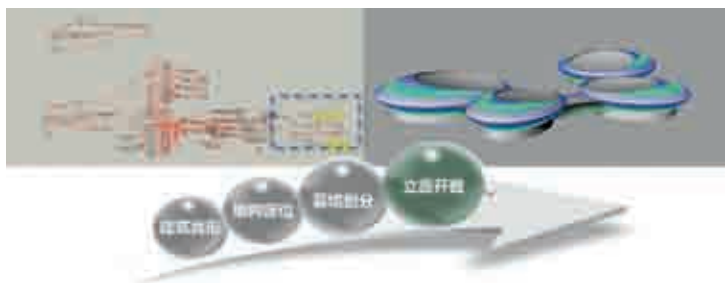


图4 参数化驱动的工作流程（二）



图5 江苏大剧院结构BIM模型

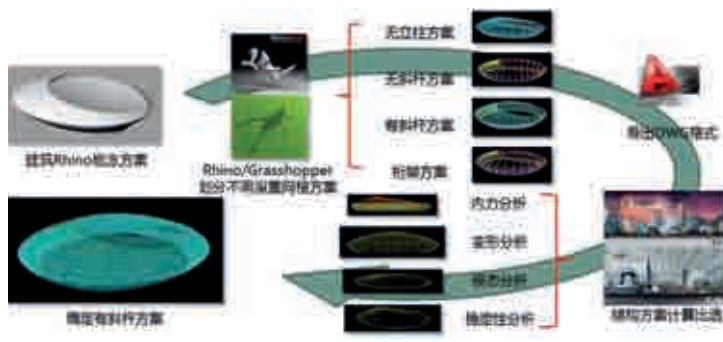


图6 江苏大剧院钢结构设计流程

保协同设计数据能够快速共享，准确传递到下一个设计环节中。依托BIM数据库的设计流程提高了工作效率，保障了本项目的顺利实施。

2.1 参数驱动的 BIM 设计方法

水滴状的建筑外形使得参数化设计成为整个项目贯穿始终的核心技术应用，而参数化设计的前沿技术应是参数驱动，当建筑物任何一个部分发生微小改动时，其他相关元素也随之产生变动。

江苏大剧院项目的参数驱动工作流程如下（图3，4）：

（1）将每个单体解析为由弧形断面沿着闭合曲线扫掠而成，在Rhino软件中用几何参数分别完成对路径和断面

曲线的定义，单轨扫掠而成水滴状建筑外壳。

（2）在确定建筑外壳后，依据结构设计方案构建结构中心线模型，为结构计算提供准确定位。将钢结构体系中立柱个数、轴网角度大小、结构杆件厚度等均设为可调参数，通过调整参数形成不同的结构方案，进行相应的结构分析与比选。

（3）参照结构分析结果确定结构布置方案后，对幕墙进行菱形划分。其中菱形的长宽比例、大小均为可调参数。幕墙划分方案确定后，编写程序确定开窗范围和开窗大小，最终完成立面设计。

由参数驱动的BIM设计方法便于设计

师依据其他专业的分析结果快捷、高效、直观地完成对形体设计的调整，以解决各专业同步的问题。

2.2 基于 BIM 的钢结构设计流程

江苏大剧院项目音乐厅、歌剧厅、戏剧厅、综合厅四个主体结构均以地下室顶板作为整个主体结构的嵌固端，各单体为框架-剪力墙结构体系，屋盖及外围护结构采用空间网架结构（图5）。

对于复杂形体基于BIM技术的结构设计流程如下（图6）。

（1）上部钢结构

a）在确认建筑造型Rhino模型后，根据结构设计方案在Rhino模型中构建结构中心线模型，为结构计算提供准确定位。



图7 江苏大剧院座位视线分析

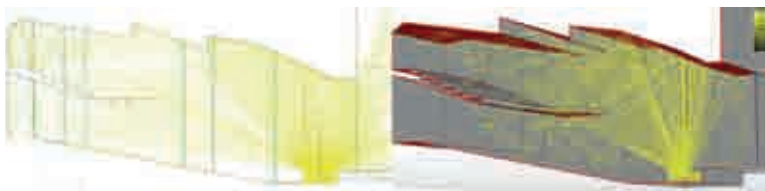


图8 江苏大剧院关联声波线图



图9 江苏大剧院声学分析反馈



图11 可持续分析流程

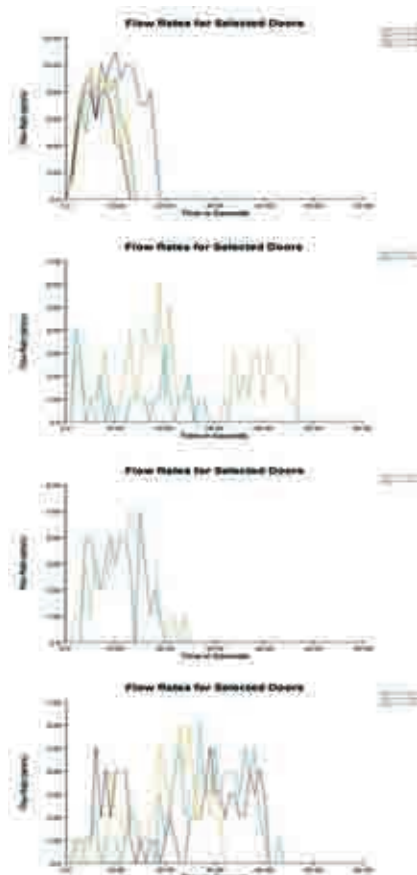


图10 各出入口疏散人流量分析图

b) 按照结构布置方案的不同，分别完成顶盖和主体结构中心线定位模型，然后整合形成无立柱、无斜杆、有斜杆和桁架4种结构体系的钢结构布置模型。

c) 将4种钢结构布置模型以DWG形式导入专业结构计算软件ETABS和SAP中进行计算，研究不同结构布置方案下钢结构的内力、变形、模态、稳定性等方面的力学变化，综合计算结果确定有斜杆结构体系为最终钢结构布置方案。

d) 通过二次开发的软件接口，将钢结构计算模型转化为Revit结构模型。

(2) 下部混凝土结构

a) 参照建筑Revit模型，结构工程师在专业分析软件中构建结构计算模型。

b) 在计算模型中添加荷载并指定连接方式后，导入PKPM中进行计算分析。

c) 通过二次开发的软件接口，将混

凝土结构计算模型转化为Revit结构模型。

(3) 整合

将上部和下部的结构模型整合到项目BIM数据库中，形成设计数据链中重要的一环，与相关专业的的设计数据共同推动项目的顺利实施。

2.3 基于BIM的观演类建筑功能性分析

观演类建筑设计中尤为关键的环节是进行座位的视线分析。借助Rhino软件参数化的特性，将观众厅座位给予一定排布逻辑，同时通过编写计算规则，计算设计方案中每一个座位上观众的水平视角、最大俯角，通过逻辑判断找出不符合剧院设计规范的位置，为设计优化提供依据。通过参数驱动，快速进行座位布置调整，求解到最佳座位布置方案，及时地更新到BIM数据库中，保证了设计数据链中数据的准确性和及时性（图7）。

观演类建筑对声效的要求极为苛刻，在设计过程中声学分析是必不可少的一环。为保证声学分析的准确性，将观众厅BIM模型直接导入Ecotect软件和Odeon声学分析软件中进行专业声学分析。在分析过程中，利用BIM模型经过一定数据格式的转换，能够在短时间内获得精确的声学分析结果，设计师根据声学分析结论调整吊顶及侧墙的造型，以求获得最佳的声学效果。BIM模型的重复利用性缩短了设计周期，提高了工作效率（图8，9）。

利用BIM模型经过一定的数据格式转换，导入Pathfinder软件中，再添加疏散信息、人员等信息，进行消防性能化分析，验证疏散设计是否合理，确保火灾发生时人员能够及时逃生，避免不必要的伤亡（图10）。

3 基于BIM的可持续设计

BIM技术除了实现高效的设计协同，



图12 室外风环境分析图



图13 室内舒适度分析图

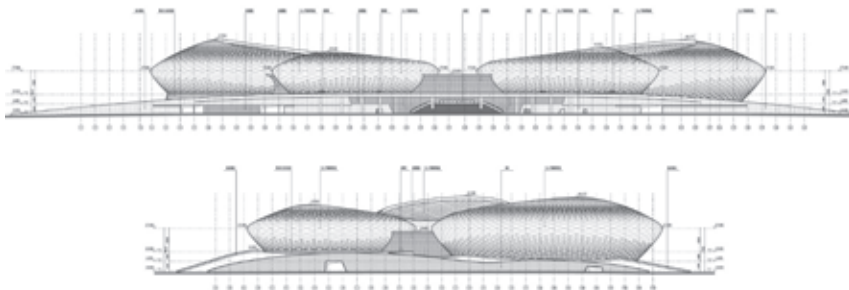


图15 江苏大剧院立面图

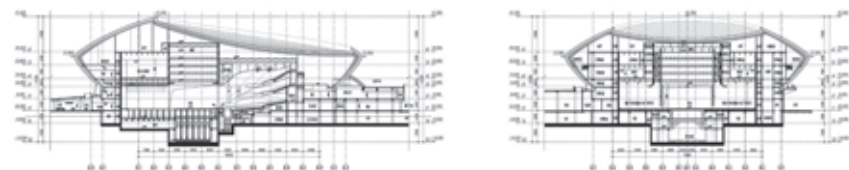


图16 江苏大剧院剖面图

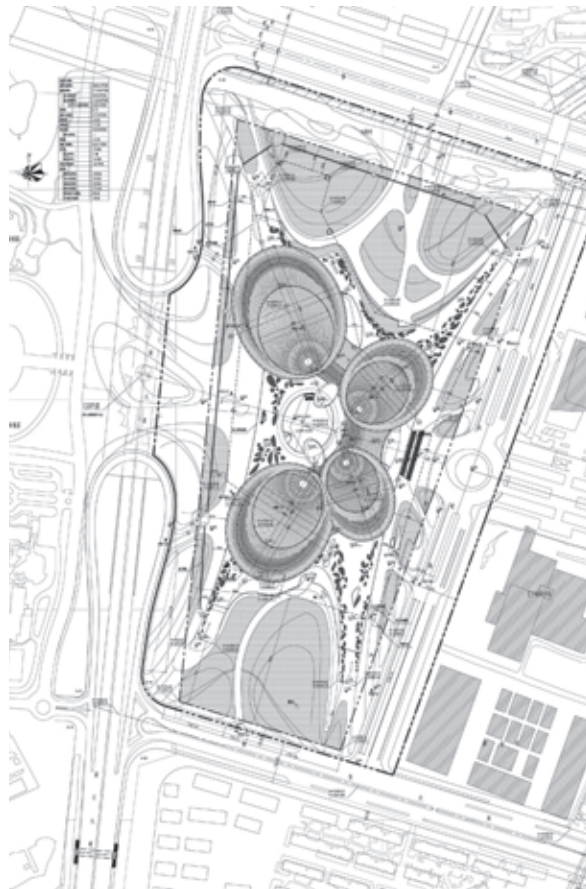


图14 江苏大剧院平面图

业主单位：江苏大剧院工程建设指挥部
 建筑设计单位：华东建筑设计研究总院
 建筑设计项目负责人：崔中芳
 建筑设计团队成员：田园、李立树、梁葆春、孙璐、张伯仑
 BIM团队负责人：孙璐
 BIM团队成员：李远晟、朱洲江、高鹏等
 建设地点：江苏，南京
 总建筑面积：29万 m^2
 项目状态：施工阶段
 设计时间：2012年至今
 竣工时间：预计2016年
 摄影/图片提供：华东建筑设计研究总院

也可在可持续设计中发挥重要的作用。借助BIM模型，设计师通过Vasari、Ecotect、GBS、Simulation CFD、EnergyPlus、eQUEST等专业软件，在方案设计阶段反复推敲建筑性能的优劣，以完善设计，提高品质。

针对可持续设计，我们提出了相应的BIM分析流程（图11），完成了相关分析，并基于分析结论对设计提出了优化建议：

（1）风环境分析

由风环境分析图（图12）可见，靠近地面处速度较小，江苏大剧院附近1.5m高度处速度最大为2m/s，平均速度在1.5m/s左右，满足《绿色建筑评价标准》建筑物周围人行区风速低于1.5m/s的要求。

（2）室内舒适度分析

戏剧厅整体的送风速度皆小于0.25m/s，仅下送风的送风口附近风速大于0.25m/s，满足人员舒适度的基本要求（图13）。

4 基于BIM的三维协同设计

在BIM平台上设计师们能够高效地开展三维设计，BIM技术独有的立体直观、数据联动、随时展现真实空间等特点，使设计师们能将工作重心回归到建筑设计的本身，利于建筑艺术性的完美呈现。同时，协同的工作模式也有助于设计师们减少人为错误，提高服务品质，提升品牌价值（图14~16）。

5 结语

BIM技术将成为未来工程建设领域的一大趋势，作为以建筑设计为主业的设计院，只有掌握BIM的最新技术，才能具备企业的核心竞争力，走在行业的前沿。■

注：该项目获2013年第四届“创新杯”建筑信息模型（BIM）应用设计大赛最佳BIM建筑设计奖二等奖。