BIM相关技术在上海中心大厦的应用

BIM in Shanghai Center Tower

撰文 陈继良 张东升 同济大学建筑设计研究院（集团）有限公司

摘　要 从上海中心大厦设计中应用BIM三维辅助设计出发，分析BIM在复杂设计中所起到的重要作用，强调信息流通的重要性，以及目前BIM所存在的优缺点，指出BIM会带来行业标准的转变。

关键词 上海中心大厦 BIM 复杂设计 行业标准

当前，BIM似乎成为了一种设计时尚，凡事都要和BIM挂钩，其实，BIM早就已经存在了，从我们甩开图板应用计算机绘图开始，BIM就一直伴随着我们，只是我们一直没有重视罢了。BIM的实质就是在计算机中虚拟建造建筑，计算机的架构决定了设计思维的数字化过程，所以在计算机中的任何阶段进行设计都是BIM的建构过程，只是每个阶段的侧重点不同而已。BIM架构的重点是信息，信息在各个阶段的自由流动是BIM的核心。

在上海中心大厦项目中，涉及和应用的BIM相关技术很多，BIM在不同阶段解决了设计中的不同需求，也就是说在不同阶段应当采用适当的BIM软件，更加有助于设计，而不同软件技术间信息的衔接尤为重要。

1 上海中心大厦概况

上海中心大厦是目前在建的中国第一高楼，位于上海市浦东新区陆家嘴金融中心，也是最后一栋浦东规划的超高层建筑。总高632m，项目总用地面积约 30 368m^2，地上可容许建筑面积380 000m^2，总建筑面积573 223m^2，地下部分共5层，共计约17万m^2。基地两侧分别是402.5m的金茂大厦和492m的环球金融中心，这3座大楼将构成浦东新区新的天际线。

上海中心大厦在方案及初步设计和施工图设计两阶段都使用了BIM设计手段。

2 上海中心大厦BIM建构

上海中心大厦设计初期，为了塑造一个自由形体的塔，选择合适的三维软件非常重要。从目前国内应用较多的建筑设计软件来看：Autocad主要用来绘制二维图形，3DSMAX、Maya则被用来绘制效果图和建筑动画，而大多数建筑师喜欢的Sketchup建模软件在处理自由曲面时功能相对较弱。我们最终选择了工业领域的Rhinoceros来完成对自由曲面的构建，而在设计的推敲过程中结合Grasshopper来控制形体的变化，亦即参数化，从而得到建筑师满意的空间形态。同时，通过Rhinoceros Scripts来快速生成表皮（部分脚本代码详见下页）。

从中不难看出，设计渐渐从前台桌面操作逐渐转向后台的

上海中心大厦

项目概况
项目地点 上海市浦东新区陆家嘴金融中心
项目类型 超高层建筑
高度 632m
项目总用地面积/总建筑面积 30 368m^2/573 223m^2
建设单位 上海中心大厦建设发展有限公司
方案及初步设计 美国设计公司Gensler
施工图设计 同济大学建筑设计研究院（集团）有限公司
动工时间/预计竣工时间 2008年11月29日/2014年底

```
"Function  GenerateVstrike(Byval dblR1,Byval dblA1,Byval dblA3,Byval dblL4,Byval dblZ, ByRef dblAngle, Byval intS3)
    Dim dblL1,dblA2,dblL3,dblL5,dblR2,dblL2,dblSL3,dblA4,dblA5,dblL6
  dblL1=dblR1-dblL4
  dblA2=180-dblA3-dblA1
  dblL3=Sin(dblA3*pi/180)*dblL4/Sin(dblA2*pi/180)
  dblL5=Sin(dblA1*pi/180)*dblL3/Sin(dblA3*pi/180)
  dblR2=dblR1-dblL3
  dblL2=dblL5+dblR2                                    '6 Outputs
    dblSL3=(dblR1*dblA1*pi/180+dblR2*dblA2*pi/180)/intS3   '23 Segments
    dblA4=3*(dblSL3*180/dblR2/pi)
  dblA5=95/2-dblA4
  dblL6=4*dblSL3*Sin(dblA5*pi/180)/Sin(dblA4*pi/180)
    Dim arrPoint0,arrPoint1,arrPoint2,arrPoint3,arrPointA,arrPointB,arrPointC,arrPointD,arrPointE
   arrPoint0=Array(-(dblL5+dblR2)*Cos(60*pi/180),-(dblL5+dblR2)*Sin(60*pi/180),dblZ)
   arrPoint1=Array(0,0,dblZ)                                    ' Define the WP1 keypoint array
   arrPoint2=Array(dblL4,0,dblZ)                                ' Define the WP2 keypoint array
   arrPoint3=Array(-(dblL3*Cos(dblA1*pi/180)-dblL4),dblL3*Sin(dblA1*pi/180),dblZ)   ' Define the WP3 keypoint array
   arrPointA=Array(-(dblR1-dblL4),0,dblZ)
   arrPointB=Array(-(dblR1*Cos(dblA1*pi/180)-dblL4),dblR1*Sin(dblA1*pi/180),dblZ)

    arrPointD=Array(-(dblL5+dblL6)*Cos(60*pi/180),-(dblL5+dblL6)*Sin(60*pi/180),dblZ)
```

脚本代码

Rhino及Grasshopper生成的模型

编程写作，这也将是一个设计思维的转变。

施工图深化设计阶段，BIM的重点在于建筑、结构、机电等各专业间的协调。目前基于BIM平台的三维软件很多，包括Autodesk公司的Revit软件系列，GraphiSoft公司的ArchiCAD，以及Gehry Technologies公司的Digital Project等。我们最终选择操作简便、相对完整的Revit Architecture、Structure、MEP这一BIM平台，通过向模型中添加建筑相关信息，如构造、材料、尺寸等构筑了比较完整的信息模型，实现了施工深化的三维模型重构。在这个过程中我们面临着几个问题：首先，目前的国内施工图审查标准还是二维的，因此BIM并不能用于最终的施工依据，还必须将三维模型转化为二维图纸，所以承担施工图设计任务主要还是以二维设计绘图为主；其次，在短时间内要求参与该项工程的几十个建筑师学会并应用Revit来构建模型，有一定的难度，所以只能特别组建BIM小组来配合完成施工图设计；再次，对于几十万平方米的超高层建筑来说，一个完整的建筑模型的信息量会非常大，不利于计算机操作。因此，根据建筑的分区特征将建筑拆分成11个部分，每个部分又分成建筑、结构、机电3部分，依靠外部链接保持彼此间的联系。也就是说由于客观条件的限制，BIM在上海中心大厦中主要起到辅助的作用。

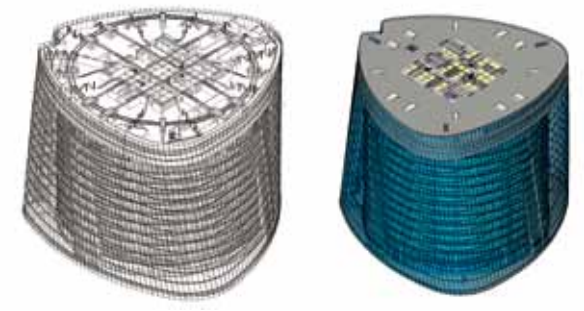
3 上海中心大厦BIM信息流动

上海中心大厦设计的两个阶段采用了不同的设计软件，如何在软件中传递信息非常重要。最初设计中Rhinoceros、Grasshopper以及Rhinoceros Scripts不存在兼容性的问题，而从初期Rhinoceros到深入的Revit存在着数据转化的问题，幸好大多数软件都能够提供几种公用文件格式。从实践来看，从Rhinoceros到Revit有两种较为常用的转换方式。

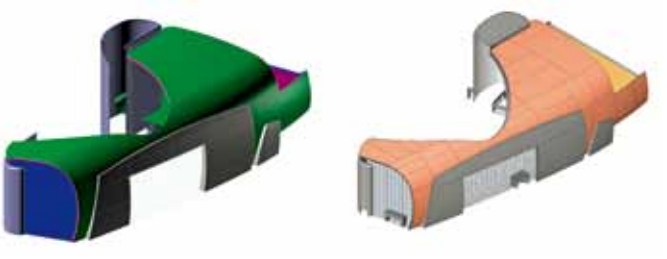
（1）利用公用的存储格式SAT作为数据的转换中介。不过对于复杂的曲面来说，转换过程经常有信息丢失的情况，对于只是起到检测作用的模型来说，可以采用拆分曲面的方法来避免，但这样就使得曲面不够完整，并且由于拆分没有固定的规则可循，信息流动不够顺畅。

（2）通过在Rhinoceros中提取模型结构线，然后在Revit中重建模型，这样能够保证曲面模型的完整度，但是对于复杂曲面来说，在Revit中重构比较困难，所以根据BIM的侧重点不同，采取比较快捷的转换方式更能提高工作效率。

同样，在结构设计中，通常钢结构计算部分往往应用ETABS计算软件，而在ETABS中搭建的模型不能和其他专业进行数据交换，并且很难形成二维图纸，通常都要在二维软件中再绘制一次，这样的重复劳动大大增加了工作量，所以必须转换成Revit能接受的模型格式，这样既可以和其他专业配合，又可以利用Revit的“三维转二维”功能出图，大大提高了效率。通过ETABS到Revit的插件，输出EXR格式文件，将模型从ETABS导入到Revit中，不过在转换过程中，截面尺寸的设置以及杆件的连接方式都会影响模型的传递质量，有时需要人工手动调整模型尺寸，模型的信息流通并不是非常光滑的。

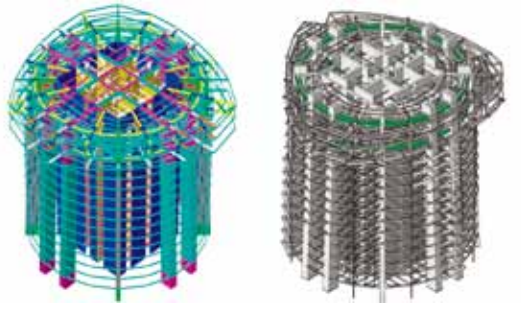


2、3区BIM模型



曲面拆分转换

J幕墙结构线重构转换



从ETABS到Revit

4 BIM对施工图设计的辅助作用

在施工图设计中，主要是应用BIM将建筑、结构、机电模型整合起来，配合检测设计中存在的问题，起到碰撞检测、管线综合以及对复杂空间定位的作用。在这一过程中，Revit系列的Architecture、Structure、MEP 相对完善的功能为设计提供了技术支持。

（1）定位方面。由于当前行业审图还是以二维图形为标准，所以尽管我们通过软件搭建了BIM模型，但最终还是要转为二维图纸以供审核。以主体塔楼的每区设备层（同时也是该区的结构加强层）为例，因为其空间桁架非常复杂，建筑师要想用二维CAD清楚地表示这些桁架间的关系要花费大量时间和精力。随着设计的深入，一旦结构调整桁架尺寸，那么就要再重复一次先前的工作。而通过在Revit Structure中搭建BIM模型调整参数很容易改变构件尺寸，并可轻松导出想要的任意标高平面，节省了设计绘图及调整的时间。

（2）碰撞检测方面。直观的三维模型使建筑师既可直观地观察到模型中的碰撞冲突，又可利用软件本身的碰撞检测功能或者第三方软件（如Navisworks）来完成修改，因此大大减少了出现错、碰、漏的几率。

（3）管线综合方面。三维直观的管道系统更能反映真实的空间状态。还是以设备层为例，由于大量桁架的存在，使可用于管道穿行的空间变化多端并异常紧张，通过Revit MEP搭建BIM三维管道设备模型，发现并检测出各专业间的设计冲突，然后及时反馈给各专业设计者进行调整、修改模型，重新复核后将新的问题再次反馈给设计师。经过这样反复几个过程，最终完成设备层的管道综合。BIM模型的综合过程帮助设计师解决了很多难题，使设计师对方案的施工可行性有了更好的控制。

在上海中心大厦设计中采用三维设计创建一个BIM模型，很好地推动了设计的逐步深化，在此过程中，多种软件并行，每种软件在设计的不同阶段起到不同的作用，如果非要区分哪一种是BIM，哪一种不是，意义不大。

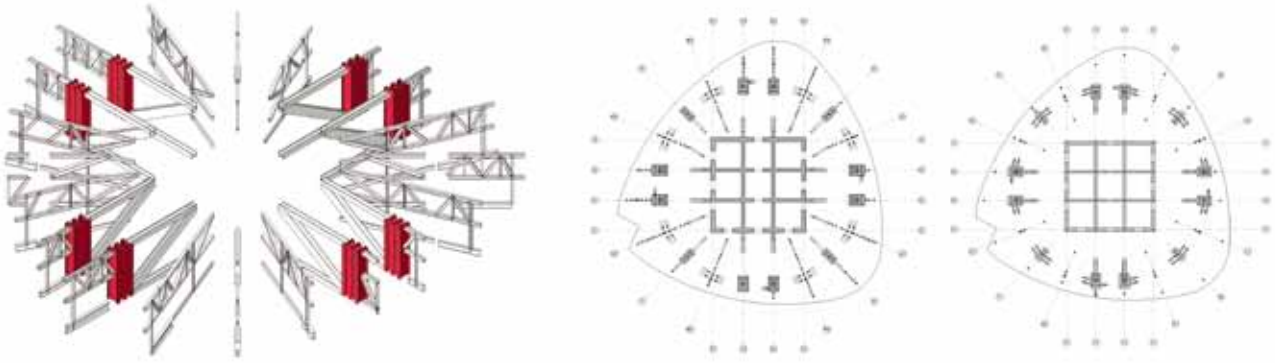
5 BIM的优势与问题

从应用中我们不难发现，BIM模型对于设计的各个阶段都有较大帮助，但是BIM并不是数字设计的全部，BIM更多地体现在模型的梳理上，应该是数字设计的末端。而在目前的工作方式下，BIM既有优势，同时也存在一定的问题。

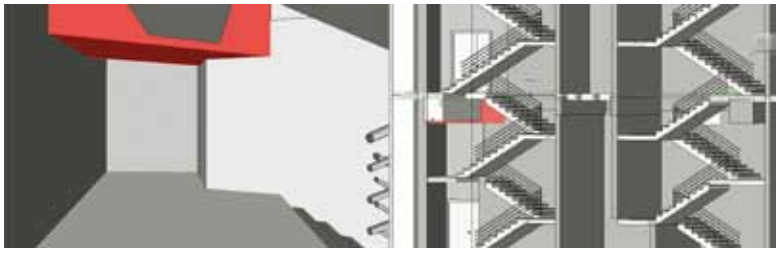
5.1 BIM的优势

(1)模型的创建。在模型创建上，可供选择的三维软件越来越多，其造型能力可谓强悍，同时创建的模型不再只包含几何信息，还可添加诸如构造、材料、造价等物理信息，使得模型可供统计，并可对建筑进行量化，甚至直接支持数字加工。

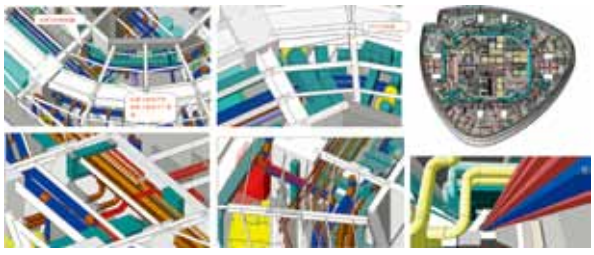
（2）工作方式的改变。BIM使三维协同设计成为新的工作



空间桁架及生成的2 000mm标高平面



检测出楼梯中存在梁净高不满足的情况



设备层管道综合

方式。以Revit为例，其三款软件基本上涵盖了设计所需的各个专业，并通过网络创建中心文件，使本地文件与中心文件保持同步，因此各专业可以在同一模型中工作，并通过工作集开放权限，使多人同时搭建同一模型，协同使设计差错减少，设计协调更加容易；再次，这种工作方式通过网络使越来越多的人可以共同参与一个项目，使建筑分工再次细化。

5.2 目前存在问题

（1）三维模型标准问题。甩图板运动尽管改变了设计工具，但并未改变行业的二维标准。BIM的发展也推动行业内部标准的改变，相信制定一个既不限制创作又可供审核的三维标准才是BIM发展所需要的。

（2）数据流通的问题。任何软件都不是万能的，如Revit本身在创建Nurbs曲面上不够自由，并且本身的内部功能还不够完善，也就是说完成BIM可能需要几种软件，那么在数据的流通上就会出现问题。如在上海中心项目中，把Rhino模型导入到Revit中，曲面信息会发生丢失现象，而导入的模型也不能再编辑，没有完全做到设计的无缝链接，目前这样的问题需要通过编程和脚本对模型信息进行转变来解决，而这种方法恐怕对大部分设计师来说都不是很轻松的事情。

总之，BIM的发展绝对是行业前进的体现，但并不是设计的全部，目前优势和问题同样存在。BIM更不是某一款软件，而是一种工作方式。我们相信随着BIM 的发展，三维替代二维将不是遥远的事。

陈继良

张东升

作者简介

陈继良，同济大学建筑设计研究院（集团）有限公司副总建筑师兼一所副所长，上海中心项目经理。国家一级注册建筑师。学士毕业于合肥工业大学，硕士毕业于东南大学。1992年加入同济大学建筑设计研究院工作至今（2004~2008年期间在美国Greenberg Farrow Architects工作）。

张东升，学士毕业于吉林建筑工程学院建筑系，硕士毕业于同济大学建筑与城市规划学院。现任职于同济大学建筑设计研究院（集团）有限公司技术中心。